

三门核电项目 3、4 号机组

# 环境影响报告书

（运行阶段）

三门核电有限公司  
二〇二五年八月



# 目 录

## 第一章 概述

- 1.1 建设项目名称和建设性质
- 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划
- 1.3 建设项目经费和环保设施投资
- 1.4 建设目的
- 1.5 建设项目的进度
- 1.6 环境影响报告书编制依据
- 1.7 评价标准
- 1.8 工程组成
- 1.9 环境保护措施
- 1.10 评价范围

## 第二章 厂址与环境

- 2.1 厂址地理位置
- 2.2 人口分布与饮食习惯
- 2.3 土地利用及资源概况
- 2.4 气象
- 2.5 水文
- 2.6 地形地貌

## 第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

## 第四章 核电厂

- 4.1 厂区规划及平面布置
- 4.2 反应堆和蒸汽-电力系统

- 4.3 核电厂用水和散热系统
- 4.4 输电系统
- 4.5 专设安全设施
- 4.6 放射性废物管理系统和源项
- 4.7 非放射性废物处理系统
- 4.8 放射性物质厂内运输

## 第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

- 5.1 土地利用
- 5.2 水的利用
- 5.3 施工影响控制

## 第六章 核电厂运行的环境影响

- 6.1 散热系统的环境影响
- 6.2 正常运行的辐射影响
- 6.3 其它环境影响

## 第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

- 7.1 核电厂放射性事故和后果评价
- 7.2 严重事故
- 7.3 场内运输事故
- 7.4 其他事故
- 7.5 事故应急

## 第八章 流出物监测与环境监测

- 8.1 辐射监测
- 8.2 其它监测
- 8.3 监测设施
- 8.4 质量保证

## 第九章 利益代价分析

### 9.1 利益分析

### 9.2 代价分析

## 第十章 结论与承诺

### 10.1 核电厂建设项目

### 10.2 环境保护设施

### 10.3 放射性排放

### 10.4 辐射环境影响评价结论

### 10.5 非辐射环境影响评价结论

### 10.6 承诺

## 第一章 概述

### 1.1 建设项目名称和建设性质

#### 1.1.1 核电厂名称及其建设与运营单位

本工程名称为“三门核电项目 3、4 号机组”。

本工程是在三门核电厂址已投运 2 台 AP1000 压水堆核电机组基础上，建设 2 台 CAP1000 压水堆核电机组。

三门核电有限公司全面负责本工程的建设管理和运营。三门核电有限公司由中国核能电力股份有限公司控股，成立于 2005 年 4 月 17 日，全面负责三门核电工程的建造、调试、运营和管理，全面履行核安全责任。

#### 1.1.2 建设性质

本工程作为三门核电项目 1、2 号机组基础上的扩建工程，其机组类型采用 CAP1000 自主化标准设计，实现核电的自主化、标准化和本地化。国家发展改革委于 2009 年（发改办能源〔2009〕817 号）同意本工程开展前期工作，原环境保护部于 2016 年 3 月 2 日批复本工程选址阶段环境影响报告书（环审〔2016〕26 号），生态环境部于 2022 年 6 月 21 日批复本工程建造阶段环境影响报告书（环审〔2022〕85 号）。

三门核电有限公司与上海核工程研究设计院股份有限公司（以下简称“上海核工院”）签订工程核岛总承包合同，在三门核电有限公司的监管下，由上海核工院提供合同范围内全厂设计、核岛设备（包括备品备件）采购和交货、土建、安装、项目管理、并提供调试技术支持与服务、取证技术支持、培训等。中国能源建设集团浙江火电建设有限公司负责常规岛建安总承包。

### 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

三门核电厂规划容量为 6 台百万千瓦级核电机组。厂区一次规划，分期建设。1、2 号机组建设规模为 2 台 AP1000 核电机组，1 号机组于 2018 年 6 月 29 日并网，2 号机组于 2018 年 8 月 24 日并网。本工程为 3、4 号机组，建设 2 台 CAP1000 压水堆核电机组。后续工程 5、6 号机组为 2 台华龙一号核电机组，于 2025 年 4 月 27 日经国务院决定核准。

三门核电厂遵循《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）等相关国家标准规定，保证本工程所在三门核电厂址在环境辐射防护方面实施统一的流出物排放量申请、流出物和环境监测管理以及应急管理。

#### 1) 统一废物管理

厂址废物处理设施（SRTF）由三门核电有限公司负责营运。

#### 2) 统一环境监测

三门核电厂建立全厂统一的环境监测工作体系，设置全厂统一的监督性监测系统、环境辐射监测系统，制定统一的辐射环境监测大纲。具体见本报告第八章描述。

三门核电厂环境监测站、气象观测站已投入使用。

#### 3) 统一应急管理

三门核电厂建立全厂统一的应急管理工作体系，制定统一的场内核事故应急预案。具体见本报告第七章描述。

### 1.3 建设项目经费和环保设施投资

本工程的工程建成价总投资为 4249929 万元。

核电厂主要环境保护设施及相关投资为 1531323 万元，其中建设期环保投资为 42952 万元，占本工程项目工程建成价总投资（4249929 万元）比例为 1.01%；运行期环保投资为 1488371 万元。

### 1.4 建设目的

#### 1.4.1 浙江省、台州市及三门县国民经济和社会发展状况

浙江省是我国重要的人口大省、资源大省和经济大省。“十三五”期间，浙江省地区生产总值达到 64613 亿元，年均增长 6.5%；台州市地区生产总值达到 5262.72 亿元，年均增长 7%以上；三门县生产总值达到 273.4 亿元，年均增长 8.4%。

根据《浙江省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》，浙江省二〇三五年远景目标为：基本实现人与自然和谐共生的现代化，生态环境质量、资源能源集约利用、美丽经济发展全面处于国内领先和国际先进水平，碳排放达峰后稳中有降，诗画浙江大花园全面建成，成为美丽中国先行示范区。根据《台州市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目

标纲要》（台政发〔2021〕14号），台州市二〇三五年远景目标为：率先建成美丽中国样板城市，实现人与自然和谐共生的现代化，广泛形成绿色生产生活方式，生态环境质量、资源能源集约利用、美丽经济发展处于国内领先、国际先进水平。根据《三门县国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》，三门县二〇三五年远景目标为：生态环境质量明显改善，生产和生活方式加快向绿色、低碳转型。主要污染物指标达到国家要求。能源资源开发利用效率大幅提高，单位 GDP 能耗降幅、单位生产总值二氧化碳排放量降幅均达到省市下达目标内。空气质量优良天数比率达到 95%以上，地表水达到或好于 III 类水体比例保持 100%，森林覆盖率达到 62.75%。生态海岸带建设成效显著。

#### 1.4.2 电力需求预测

##### 1.4.2.1 电力电量预测

随着浙江省产业结构优化调整，第三产业和居民用电比重不断上升。2024 年浙江电网全社会用电量为 6780 亿千瓦时，同比增长 9.49%；全社会最高负荷实绩 12334 万千瓦，同比增长 11.89%。

结合浙江地区经济发展规划、经济发展布局，用电量历史发展趋势开展浙江电网电力需求预测。根据《浙江省“十四五”电力发展规划实施中期评估报告》（送审版），预测 2030 年，全省全社会最高负荷、用电量将分别达到 15600~16500 万千瓦、7800~8300 亿千瓦时，“十五五”年均增长分别为 4.7~5.2%、3.9~4.5% 左右。

浙江全省最高负荷和用电量预测结果见表 1.4-1。

##### 1.4.2.2 电力平衡

根据《浙江省“十四五”电力发展规划实施中期评估报告》（送审版），按全社会负荷预测，对浙江电网 2026 年~2031 年逐年、2035 年进行电力平衡分析。按夏季高峰和冬季高峰开展电力平衡。

根据全省电力平衡计算结果，在仅考虑省内已核准电源及明确的区外来电（含甘浙直流浙江 2026 年底受电 750 万千瓦）、不考虑本工程的情况下，如果不考虑负荷侧需求侧响应，夏季高峰，2030 年出现 853 万千瓦电力缺口，2035 年出现 2603 万千瓦电力缺口；冬季高峰，2030 年出现 99 万千瓦电力缺口，2035 年出现 2099 万千瓦电力缺口。如果计及负荷侧需求侧响应，夏季高峰，2035 年

出现 1653 万千瓦电力缺口；冬季高峰，2035 年出现 1244 万千瓦电力缺口。

浙江省电力平衡见表 1.4-2。

本项目的建设和运行将有助于缓解浙江省内电力缺口，减少夏、冬季用电负荷高峰带来的压力。

### 1.4.3 建设的必要性

#### 1) 符合国家能源发展的产业政策

未来二十年，我国国民经济仍将保持快速稳步发展，与此同时，需要电力供应保持与国民经济协调发展。水电是我国优先开发的清洁能源，但我国的水电资源全部开发利用也只有 3 亿多千瓦。而大力发展火电将受到环境保护和煤炭运输条件的双重压力。特别是我国政府已发布《国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》（2021.09.22），未来几年我国二氧化碳的减排压力将日益突出，火电厂的发展将会受到一定的限制。

随着我国国民经济的持续快速稳步发展，能源供应的安全和节能减排的压力越来越受到国家的重视。长期以来，我国煤炭消费占能源消费总量的比例一直较高，占能源消费的总量近七成，同时，由于石油消费的不断增长，我国作为一个石油净进口国，石油消费对外部的依赖越来越严重。未来相当长时期内，煤炭仍将是中国的主要能源，化石能源在中国能源结构中仍占主体地位。

在常规能源资源日益减少和生态环境保护日益受到公众关注的情况下，我国除了积极推进资源节约型和环境友好型社会建设外，寻找节能环保的替代能源，是保障国民经济可持续发展的必然选择。通过发展核电，可避免过分依赖石油、煤炭、天然气等不可再生能源，实现能源供应多元化，提高能源的安全性。

2017 年 3 月，国务院正式批复了《核安全与放射性污染防治“十三五”规划及 2025 年远景目标》，规划中提出“保持新建核电厂高安全水平。科学开展核电厂选址，做好厂址特性的安全评价，保护已选核电厂址，必要时开展厂址复核。汲取日本福岛核事故经验教训，修订《核动力厂设计安全规定》，将安全改进项纳入新建机组标准设计，提高机组设计安全水平。新建核电机组实现从设计上实际消除大量放射性物质释放。”

党的十九大提出到 2035 年基本实现社会主义现代化的阶段性宏伟目标，强调要构建清洁低碳安全高效的能源体系，这为新时代我国能源发展指明方向。核

电具有清洁低碳安全高效等特点，相对传统火电以及风电、光伏等新能源均具有其比较优势，发展核电是我国构建清洁低碳安全高效能源体系的重要途径。

2025 年 2 月 27 日，国家能源局印发《2025 年能源工作指导意见》（国能发规〔2025〕16 号），提到“核准一批条件成熟的沿海核电项目，因地制宜推动核能综合利用。”

本项目的建设符合国家当前的核电产业政策要求。

## 2) 经济可持续发展的需要

随着国民经济的快速发展，我国的电力需求旺盛，电力供应日趋紧张。为保证我国能源的长期稳定供应，核能将成为必不可少的替代能源。通过高效安全的发展核电，实现能源供应多元化，减少对煤炭、进口石油等传统不可再生化石能源的依赖，提高能源的安全性，实现经济可持续发展。

浙江省经济的持续快速发展，需要电力工业的稳步发展。根据《浙江省能源发展“十四五”规划》（浙政办发〔2022〕29 号），“十四五”期间浙江省能源消费总量控制在 3.05 亿吨标准煤以内，非化石能源（含省外调入部分）占一次能源消费比重达到 24.0%。全省能源综合生产能力达到 4377 万吨标准煤左右（均为非化石能源），能源自给率提高到 15%左右。全省境内电力装机容量达到 1.37 亿千瓦左右，非化石能源装机比重逐步提高到 45%左右。根据《台州市能源发展“十四五”规划》（台发改能源〔2022〕128 号），到 2025 年，台州市能源消费总量控制在 1788 万吨标准煤内，全社会用电量达到 441 亿千瓦时，全社会最高用电负荷达到 911 万千瓦，全市非化石能源占一次能源消费比重达到 25%。因此，为保证能源的长期稳定供应，核能将成为必不可少的替代能源。发展核电可改善浙江省和台州市的能源供应结构，减少对煤炭的依赖，保障浙江省和台州市能源安全 and 经济安全，是浙江省和台州市经济可持续发展的需要。

## 3) 缓解煤炭供应和运输压力，有利于生态环境保护

我国在保持国民经济快速增长的同时，生态环境保护面临了严峻的形势，环境问题已成为社会经济持续发展的制约条件。

随着经济和社会的不断发展，浙江省需要从省外大量调入发电用煤，由于煤炭供应和运煤能力的日趋紧张，使能源供应局面越来越严峻。本工程的建设可以减少浙江煤电的建设规模，减缓煤炭供应和运输的压力。此外，核电作为清洁能源，在发挥保障社会能源供应作用的同时，对环境保护的作用也十分显著。

本工程单台核电机组替代相应容量百万千瓦级脱硫煤发电机组后，每年可以大约减少二氧化硫排放量 997t、氮氧化物排放量 7050t，烟尘排放量 85t，减少温室气体（CO<sub>2</sub>）排放量约 500 万 t。

为满足经济快速发展的需要，需要妥善解决电力发展与生态环境保护之间的矛盾。同火电相比，发展核电可以大大减少大气污染物和温室气体排放，有利于浙江省环境质量的改善和社会经济的可持续发展。

#### 4) 提高核电机组国产自主化设计能力，推动国内核电工业发展

我国坚持核电自主化发展方针，将充分依靠中国二十多年来核电研发和工程建设的技术基础，结合引进国际上先进成熟的核电技术，通过消化吸收再创新，形成中国自己的新一代核电技术，并推广应用，进行批量化建设。

考虑到核岛设备设计要求高，技术难度大，目前国内核电装备技术还跟不上需要，部分核岛设备部件和原材料尚需国外采购。因此，本工程在设备国产化方面，主要通过中外合作、引进技术及驱动项目的建设，实现国产化目标。

本工程核岛设备国产化拟分阶段进行，逐步提高。经过 20 多年努力，我国已经具备自主建设百万千瓦级核电厂的能力，具有一批有核设备设计、制造、建造、运行和核安全监督等方面经验的技术和管理人员，为我国后续核电持续发展奠定了良好基础。通过本工程的建设，可以进一步推动我国的设备制造能力，特别是大型国有企业在为核电等重点工程提供配套设备的同时，对其生产技术的提高也将起到较大的促进作用。

综上所述，在浙江沿海地区建设核电厂，符合我国在沿海缺少一次能源地区适当发展核电的方针政策，也符合全国核电发展的总体布局，同时也使浙江省电源结构及电网布局更趋合理。因此，高效安全的发展核电已成为浙江省必然的和最为现实的选择，也是改善电源结构、保持能源可持续发展的重要举措。

表 1.4-1 浙江全省最高负荷和用电量预测结果

单位：万千瓦、亿千瓦时

| 预测方法 |      | 年份    |       |       | 年均增速 |
|------|------|-------|-------|-------|------|
|      |      | 2026  | 2027  | 2030  | 十五五  |
| 高方案  | 最高负荷 | 13500 | 14220 | 16500 | 5.2% |
|      | 用电量  | 6965  | 7280  | 8300  | 4.5% |
| 低方案  | 最高负荷 | 13010 | 13620 | 15600 | 4.7% |
|      | 用电量  | 6700  | 6960  | 7800  | 3.9% |

表 1.4-2 浙江省电力平衡

单位：万千瓦

夏季高峰

|   |             | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2035 |
|---|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 一 | 需要装机容量      | 1512 | 1592 | 1675 | 1760 | 1848 | 1929 | 2128 |
| 1 | 全省最高负荷      | 1350 | 1422 | 1496 | 1572 | 1650 | 1723 | 1900 |
| 2 | 备用率（%）      | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   |
| 二 | 省调装机容量      | 1116 | 1200 | 1269 | 1347 | 1472 | 1499 | 1639 |
| 1 | 常规水电        | 170  | 170  | 170  | 170  | 170  | 170  | 170  |
| 2 | 抽水蓄能        | 558  | 773  | 1163 | 1428 | 1908 | 2178 | 2178 |
| 3 | 火电          | 7873 | 7873 | 7873 | 7873 | 7873 | 7873 | 7873 |
|   | 其中：煤电       | 6185 | 6185 | 6185 | 6185 | 6185 | 6185 | 6185 |
|   | 气电          | 1688 | 1688 | 1688 | 1688 | 1688 | 1688 | 1688 |
| 4 | 核电          | 660  | 785  | 785  | 905  | 1268 | 1268 | 1268 |
| 5 | 新能源         | 1903 | 2403 | 2703 | 3103 | 3503 | 3503 | 4903 |
|   | 其中：风电       | 1078 | 1478 | 1678 | 1978 | 2278 | 2278 | 3278 |
|   | 光伏          | 825  | 925  | 1025 | 1125 | 1225 | 1225 | 1625 |
| 三 | 非统调装机容量     | 5848 | 6168 | 6388 | 6608 | 6828 | 6828 | 7428 |
| 1 | 常规水电        | 424  | 424  | 424  | 424  | 424  | 424  | 424  |
| 2 | 火电          | 1086 | 1106 | 1126 | 1146 | 1166 | 1166 | 1166 |
|   | 其中：煤电       | 477  | 477  | 477  | 477  | 477  | 477  | 477  |
|   | 燃油          | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    |
|   | 燃气          | 184  | 204  | 224  | 244  | 264  | 264  | 264  |
|   | 生物质发电       | 43   | 43   | 43   | 43   | 43   | 43   | 43   |
|   | 垃圾发电        | 252  | 252  | 252  | 252  | 252  | 252  | 252  |
|   | 余热余压余气      | 128  | 128  | 128  | 128  | 128  | 128  | 128  |
| 3 | 新能源         | 4338 | 4638 | 4838 | 5038 | 5238 | 5238 | 5838 |
|   | 其中：风电       | 145  | 145  | 145  | 145  | 145  | 145  | 145  |
|   | 光伏          | 4192 | 4492 | 4692 | 4892 | 5092 | 5092 | 5692 |
|   | 海洋能         | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| 四 | 华东统调机组      | 1412 | 1412 | 1412 | 1412 | 1412 | 1412 | 1412 |
| 1 | 常规水电        | 121  | 121  | 121  | 121  | 121  | 121  | 121  |
| 2 | 抽蓄          | 660  | 660  | 660  | 660  | 660  | 660  | 660  |
| 3 | 核电          | 631  | 631  | 631  | 631  | 631  | 631  | 631  |
| 五 | 统调下半年投产机组   | 703  | 679  | 415  | 620  | 817  | 0    | 200  |
| 六 | 统调不参与平衡容量   | 1885 | 2297 | 2682 | 2999 | 3364 | 3567 | 4702 |
| 七 | 统调出力        | 8678 | 9128 | 9672 | 9935 | 1061 | 1142 | 1154 |
| 八 | 非统调出力       | 1772 | 1848 | 1909 | 1965 | 2021 | 2036 | 2146 |
| 九 | 省内电源可用出力    | 1045 | 1097 | 1158 | 1190 | 1263 | 1346 | 1368 |
| 十 | 华东分电浙江电力    | 844  | 844  | 844  | 844  | 844  | 844  | 844  |
| 十 | 区外机组输入电力    | 3396 | 4146 | 4146 | 4146 | 4146 | 4146 | 4146 |
| 十 | 电力盈亏（需求侧响应） | 245  | 751  | 564  | 70   | -28  | 15   | -    |
|   | 电力盈亏        | -430 | 40   | -184 | -716 | -853 | -846 | -    |

注：仅考虑已核准电源和明确的区外来电；未考虑本工程。

表 1.4-2 续 浙江省电力平衡

单位：万千瓦

## 冬季高峰

|   |             | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2035 |
|---|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 一 | 需要装机容量      | 1360 | 1433 | 1508 | 1584 | 1663 | 1736 | 1915 |
| 1 | 全省最高负荷      | 1215 | 1279 | 1346 | 1414 | 1485 | 1550 | 1710 |
| 2 | 备用率(%)      | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   |
| 二 | 省调装机容量      | 1116 | 1200 | 1269 | 1347 | 1472 | 1499 | 1639 |
| 1 | 常规水电        | 170  | 170  | 170  | 170  | 170  | 170  | 170  |
| 2 | 抽水蓄能        | 558  | 773  | 1163 | 1428 | 1908 | 2178 | 2178 |
| 3 | 火电          | 7873 | 7873 | 7873 | 7873 | 7873 | 7873 | 7873 |
|   | 其中：煤电       | 6185 | 6185 | 6185 | 6185 | 6185 | 6185 | 6185 |
|   | 气电          | 1688 | 1688 | 1688 | 1688 | 1688 | 1688 | 1688 |
| 4 | 核电          | 660  | 785  | 785  | 905  | 1268 | 1268 | 1268 |
| 5 | 新能源         | 1903 | 2403 | 2703 | 3103 | 3503 | 3503 | 4903 |
|   | 其中：风电       | 1078 | 1478 | 1678 | 1978 | 2278 | 2278 | 3278 |
|   | 光伏          | 825  | 925  | 1025 | 1125 | 1225 | 1225 | 1625 |
| 三 | 非统调装机容量     | 5848 | 6168 | 6388 | 6608 | 6828 | 6828 | 7428 |
| 1 | 常规水电        | 424  | 424  | 424  | 424  | 424  | 424  | 424  |
| 2 | 火电          | 1086 | 1106 | 1126 | 1146 | 1166 | 1166 | 1166 |
|   | 其中：煤电       | 477  | 477  | 477  | 477  | 477  | 477  | 477  |
|   | 燃油          | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    |
|   | 燃气          | 184  | 204  | 224  | 244  | 264  | 264  | 264  |
|   | 生物质发电       | 43   | 43   | 43   | 43   | 43   | 43   | 43   |
|   | 垃圾发电        | 252  | 252  | 252  | 252  | 252  | 252  | 252  |
|   | 余热余压余气      | 128  | 128  | 128  | 128  | 128  | 128  | 128  |
| 3 | 新能源         | 4338 | 4638 | 4838 | 5038 | 5238 | 5238 | 5838 |
|   | 其中：风电       | 145  | 145  | 145  | 145  | 145  | 145  | 145  |
|   | 光伏          | 4192 | 4492 | 4692 | 4892 | 5092 | 5092 | 5692 |
|   | 海洋能         | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| 四 | 华东统调机组      | 1412 | 1412 | 1412 | 1412 | 1412 | 1412 | 1412 |
| 1 | 常规水电        | 121  | 121  | 121  | 121  | 121  | 121  | 121  |
| 2 | 抽蓄          | 660  | 660  | 660  | 660  | 660  | 660  | 660  |
| 3 | 核电          | 631  | 631  | 631  | 631  | 631  | 631  | 631  |
| 五 | 统调下半年投产机组   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 六 | 统调不参与平衡容量   | 2496 | 2956 | 3226 | 3591 | 3956 | 3955 | 5226 |
| 七 | 统调出力        | 8669 | 9048 | 9468 | 9888 | 1076 | 1103 | 1116 |
| 八 | 非统调出力       | 1675 | 1747 | 1799 | 1851 | 1903 | 1903 | 2023 |
| 九 | 省内电源可用出力    | 1034 | 1079 | 1126 | 1173 | 1266 | 1293 | 1318 |
| 十 | 华东分电浙江电力    | 872  | 872  | 872  | 872  | 872  | 872  | 872  |
| 十 | 区外机组输入电力    | 2992 | 2992 | 2992 | 2992 | 2992 | 2992 | 2992 |
| 十 | 电力盈亏（需求侧响应） | 1207 | 965  | 724  | 465  | 643  | 210  | -    |
|   | 电力盈亏        | 599  | 325  | 51   | -243 | -99  | -565 | -    |

## 1.5 建设项目的进度

本工程为3、4号机组，3号机组与4号机组开工时间间隔8个月。3号机组建设总工期从浇灌核岛第一罐混凝土至机组投入商业运行约56个月，4号机组建设总工期从浇灌核岛第一罐混凝土至机组投入商业运行约56个月。

## 1.6 环境影响报告书编制依据及主要法规、标准和导则

### 1.6.1 厂址所在区域规划

#### 1) 国家、省、市级各项规划

- 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》
- 《核安全与放射性污染防治“十三五”规划及 2025 年远景目标》（国函〔2017〕29 号文批复）
- 《“十四五”现代能源体系规划》（发改能源〔2022〕210 号）
- 《浙江省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》
- 《浙江省“十四五”生态环境保护规划》（浙发改规划〔2021〕204 号）
- 《浙江省能源发展“十四五”规划》（浙政办发〔2022〕29 号）
- 《台州市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》（台政发〔2021〕14 号）
- 《台州市生态环境保护“十四五”规划》
- 《台州市能源发展“十四五”规划》（台发改能源〔2022〕128 号）
- 《三门县国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》
- 《三门县“十四五”生态环境保护规划》
- 《三门县工业经济发展“十四五”规划》
- 《三门县综合交通运输发展“十四五”规划》
- 《宁海县综合交通运输发展“十四五”规划》
- 《三门县燃气专项规划修编（2024~2035）》
- 《台州港健跳港区规划修订方案（2021-2030 年）》

#### 2) 国家、省、市级各项功能区划

- 《浙江省国土空间规划（2021-2035）》（国函〔2023〕150号文批复）
- 《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（浙政函〔2024〕28号文批复）
- 《浙江省主体功能区规划》（浙政发〔2013〕43号）
- 《浙江省海洋主体功能区规划》（浙政函〔2017〕38号文批复）
- 《浙江省水功能区、水环境区划分方案》（2015年）
- 《台州市国土空间总体规划（2021-2035）》（浙政函〔2024〕43号文批复）
- 《关于印发台州市生态环境分区管控动态更新方案的通知》（台环发〔2024〕31号）
- 《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》（浙政函〔2024〕92号文批复）
- 《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8号）
- 《宁海县国土空间总体规划（2021-2035年）》（浙政函〔2024〕157号文批复）
- 《宁海县人民政府关于印发宁海县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（宁政发〔2024〕14号）
- 《三门县声环境功能区划局部调整方案（2022年）》（三政规〔2022年〕20号）

### 3) 其它

- 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年国家发展改革委令 第7号）

## 1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则以及专题报告

### 1) 主要法规、条例

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015.01.01）
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018.12.29）
- 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003.10.01）
- 《中华人民共和国核安全法》（2018.01.01）

- 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018.10.26）
- 《中华人民共和国水污染防治法》（2018.01.01）
- 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2022.06.05）
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020.09.01）
- 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2018.08.31）
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2023.10.24）
- 《中华人民共和国水土保持法》（2011.03.01）
- 《中华人民共和国土地管理法》（2019.08.26）
- 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017.10.01）
- 《放射性物品运输安全管理条例》（国务院令第 562 号，2010.01.01）
- 《放射性物品运输安全许可管理办法》（第二次修正版，2021.01.08）
- 《中华人民共和国核材料管制条例》（HAF501）
- 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021.01.01）
- 《放射性废物分类》（原环境保护部 工业和信息化部 国家国防科技工业局 公告 2017 年 第 65 号）
- 《固体废物分类与代码目录》（生态环境部 2024 年第 4 号公告）
- 《关于印发<核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）>的通知》（国核安发〔2020〕44 号）
- 《关于印发<核电厂流出物放射性自行监测管理要求>的通知》（国核安发〔2025〕120 号）
- 《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》（环发〔2012〕16 号文）
- 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002，2011.01.08）
- 《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101，2023）
- 《放射性废物安全监督管理规定》（HAF401，1997.11.05）
- 《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第 4 号，2019.01.01）
- 《浙江省生态环境保护条例》（2022.08.01）
- 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2021.02.10）
- 《浙江省辐射环境管理办法》（2021.02.10）

- 《浙江省大气污染防治条例》（2020.11.27）
- 《浙江省水污染防治条例》（2020.11.27）
- 《浙江省固体废物污染环境防治条例》（2023.01.01）
- 《浙江省土壤污染防治条例》（2024.03.01）
- 《浙江省海洋环境保护条例》（2017.09.30）
- 《浙江省水土保持条例》（2020.11.27）
- 《浙江省生活垃圾管理条例》（2021.05.01）
- 《浙江省国土空间用途管制规则（试行）》（浙自然资规〔2024〕13号）
- 《台州市扬尘污染防治管理办法》（台政办发〔2022〕52号）

## 2) 技术标准和导则

### （1）综合

- 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）

### （2）辐射

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）
- 《环境核辐射监测规定》（GB12379-90）
- 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）
- 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）
- 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）
- 《放射性物质安全运输货包泄漏检验》（GB/T17230-1998）
- 《密封放射源 一般要求和分级》（GB4075-2009）
- 《密封放射源的泄漏检验方法》（GB/T15849-1995）
- 《核电厂应急计划与准备准则—应急计划区的划分》（GB/T17680.1-2008）
- 《核电厂应急计划与准备准则—场内应急设施功能与特征》（GB/T17680.7-2003）
- 《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）

- 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）
- 《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）
- 《核设施水质监测采样规定》（HJ/T21-1998）
- 《气载放射性物质取样一般规定》（HJ/T22-1998）
- 《核级容器制造质量保证》（EJ/T619-1991）
- 《乏燃料运输容器技术条件》（EJ/T565-1991）
- 《核电厂运行状态下气载放射性流出物辐射环境影响评价技术规范》（NB/T20181-2012）
- 《滨海核电厂液态放射性流出物辐射环境影响评价技术规范》（NB/T20199-2013）
- 《核电厂事故工况气载放射性物质释放辐射环境影响评价技术规范》（NB/T20182-2012）
- 《核电厂烟囱的气载放射性物质取样》（NB/T20374-2016）
- 《压水堆核电厂设计基准事故源项分析准则》（NB/T20444-2017RK）
- 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02，1987.11.20）
- 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03，1987.11.20）
- 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04，1989.11.28）
- 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05，1991.04.26）
- 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06，1991.04.26）
- 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09，1990.05.19）
- 《核电厂厂址选择的极端气象事件》（HAD101/10，1991.04.26）
- 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11，1991.04.26）
- 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01，2019）

### （3）大气

- 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）
- 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单（生态环境部公告 2018 年 第 29 号）
- 《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）
- 《恶臭污染物排放标准》（GB14554-1993）

- 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）
- 《建设工程施工扬尘控制技术标准》（DB33/T1203-2020）
- （4）水
  - 《海水水质标准》（GB3097-1997）
  - 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）
  - 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）及修改单（环发〔1999〕285号）
  - 《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）
  - 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）
  - 《海洋沉积物质量标准》（GB18668-2002）
  - 《海洋监测规范》系列（GB17378-2007）
  - 《城市污水再生利用 工业用水水质》（GB/T19923-2024）
  - 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）
  - 《近岸海域环境监测技术规范》系列（HJ442-2020）
  - 《水质采样样品的保存和管理技术规定》（HJ493-2009）
  - 《水质采样技术指导》（HJ494-2009）
  - 《水质采样方案设计技术规定》（HJ495-2009）
  - 《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）
- （5）噪声与振动
  - 《声环境质量标准》（GB3096-2008）
  - 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）
  - 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）
  - 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）
  - 《城市区域环境振动标准》（GB10070-1988）
  - 《城市区域环境振动测量方法》（GB10071-1988）
- （6）固废
  - 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）
- （7）电磁
  - 《辐射环境保护管理导则-电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T10.3-1996）

- 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）
- 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2020）
- （8）环境风险
  - 《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）
  - 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）
- （9）生态
  - 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）
  - 《生态环境状况评价技术规范》（HJ192-2015）
  - 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）
- （10）其它
  - 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（原国家海洋局，2002年4月）
  - 《全国海岛资源综合调查简明规程》
  - 《第二次全国海洋污染基线调查报告》（第二分册）
  - 《数值修约规则与极限数值的表示和判定》（GB/T8170-2008）
  - 《核设施退役场址土壤中残留放射性可接受水平》（GB45437-2025）
  - 《水土保持监测技术规程》（SL277-2002）
  - 《滨海核电厂温排水卫星遥感监测技术规范（试行）》（HJ1213-2021）
  - 《核电厂建设项目经济评价方法》（NB/T20048-2011）
  - 《核电厂人员的配备、招聘、培训和授权》（HAD103/05-2013）
  - 《核设施实物保护》（HAD501/02-2018）

### 3) 专题报告

- 中国辐射防护研究院编制的《三门核电项目厂址周围人口环境及其外部人为事件补充调查专题报告》（2025.04）
- 中核第四研究设计工程有限公司编制的《三门核电厂址附近陆域生态环境调查及分析评价成果报告》（2025.04）
- 自然资源部第三海洋研究所编制的《三门核电项目 5、6 号机组工程厂址附近海域生态环境现状调查及分析评价（含渔业资源调查）报告》（2024.12）
- 中国辐射防护研究院编制的《三门核电项目 5、6 号机组工程厂址区域

- 常规气象和极端气象补充调查及统计分析报告》（2023.05）
- 苏州热工研究院有限公司编制的《三门核电气象观测系统 2023~2024 年观测数据统计分析报告》（2025.04）
  - 中国辐射防护研究院编制的《三门核电站厂址大气扩散补充试验总结报告》（2006）
  - 中国辐射防护研究院编制的《浙江三门核电项目大气扩散模式研究总报告》（2013.04）
  - 浙江海测科技有限公司编制的《三门核电厂址水文泥沙测验综合分析项目》（2025.04）
  - 浙江省水利河口研究院（浙江省海洋规划设计研究院）编制的《三门核电厂址岸滩稳定性分析及数模计算》（2025.05）
  - 太湖流域水文水资源监测中心（太湖流域水环境监测中心）编制的《三门核电项目 3、4 号机组水资源论证报告书》（2018.04）
  - 浙江省辐射环境监测站编制的《三门核电厂二期工程辐射环境现状调查》（2025.04）
  - 中国核电工程有限公司编制的《三门核电项目 3、4 号机组厂址周围大气和噪声环境现状调查及评价报告》（2025.03）
  - 中国核电工程有限公司编制的《三门核电项目 3、4 号机组厂址周围电磁环境现状调查及评价报告》（2025.01）
  - 《三门核电 3、4 号机组工程施工期悬浮泥沙扩散及事故溢油风险分析数值模拟计算报告》（2021）
  - 核工业航测遥感中心编制的《三门核电 3、4 号机组工程施工期陆域环境监测评价项目中期报告》（2025.03）
  - 宁波市海洋环境监测中心编制的《三门核电附近海域海洋环境跟踪监测报告（2024 年）》（2025.03）
  - 中国水电顾问集团华东勘测设计研究院编制的《三门核电项目 3、4 号机组工程水土保持方案报告书》（2013.06）
  - 《浙江三门核电项目 3、4 号机组水土保持监测年报》（2022 年-2024 年度）
  - 太原理工大学建筑设计研究院有限公司编制的《三门核电 5、6 号机组

温排水及余氯的原型观测和模型校验研究 温排水数模验证报告》  
(2023.04)

- 太原理工大学建筑设计研究院有限公司编制的《三门核电项目厂址温排水、液态流出物数模专题 温排水三维数值模拟计算报告》(2025.06)
- 太原理工大学建筑设计研究院有限公司编制的《厂址温排水、液态流出物数模专题 温排水和液态流出物二维数值模拟计算报告》(2025.06)
- 华东师范大学编制的《三门核电项目 5、6 号机组工程厂址受纳海域泥沙对放射性核素吸附特性研究项目报告》(2020.11)
- 浙江省水利河口研究院(浙江省海洋规划设计研究院)编制的《三门核电项目 3、4 号机组工程海域使用论证报告书》(2021.12)
- 《三门核电项目 5、6 号机组工程海域使用论证报告书》
- 自然资源部第三海洋研究所编制的《三门核电五六号机组厂址附近水生生物及海域重要代表物种的调查及评价 取水生物损失量调查最终成果报告》(2023.11)

### 1.6.3 许可文件和批准文件

#### 1) 许可文件

- 《国家发展改革委办公厅关于同意浙江三门核电项目 3、4 号机组开展前期工作的复函》(发改办能源〔2009〕817 号)
- 《国家发展改革委关于核准浙江三门核电站 3、4 号机组项目的批复》(发改能源〔2022〕739 号)
- 土地证：浙(2021)三门县不动产权第 0010663 号、浙(2021)三门县不动产权第 0010746 号
- 《自然资源部办公厅关于三门核电项目 3、4 号机组工程用海的函》(自然资办函〔2024〕331 号)
- 《自然资源部办公厅关于三门核电项目 5、6 号机组工程用海预审意见的函》(自然资办函〔2023〕268 号)
- 《关于浙江台州三门核电 3、4 号机组接入系统方案意见的函》(浙电函〔2023〕6 号)
- 水利部太湖流域管理局《三门核电项目 3、4 号机组工程取水许可准予

行政许可决定书》（太许可决〔2021〕6号）

- 《水利部关于浙江三门核电项目 3、4 号机组水土保持方案的批复》（水保函〔2013〕324 号）
- 《浙江省生态环境厅 浙江省发展和改革委员会关于要求调整三门核电站近岸海域环境功能区划请示的复函》（浙环函〔2023〕70 号）
- 三门核电有限公司《关于三门核电项目非放射性环境影响评价执行标准的请示》（三门核环发〔2020〕151 号）
- 《浙江省生态环境厅关于三门核电项目非放射性环境影响评价执行标准的复函》（2020.06.09）
- 《浙江省人民政府关于划定三门核电站规划限制区的批复》（浙政函〔2024〕76 号）
- 《三门县人民政府关于同意重新设置三门核电站址非居住区边界的复函》（三政函〔2025〕72 号）
- 原浙江省国土资源厅《关于浙江三门核电站项目用地范围内无重要矿床压覆的证明》（浙土资储压字〔2008〕24 号）
- 浙江省文物局《关于三门核电站建设项目工程范围内考古调查结果的复函》（浙文物函〔2008〕第 22 号）

## 2) 批准文件

- 原环境保护部《关于三门核电站 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）的批复》（环审〔2016〕26 号）
- 生态环境部《关于三门核电站 3、4 号机组环境影响报告书（建造阶段）的批复》（环审〔2022〕85 号）
- 生态环境部《关于三门核电站 1、2 号机组环境影响报告书（运行阶段）的批复》（环审〔2018〕7 号）
- 《浙江省生态环境厅关于台州三门核电工期 500 千伏送出工程环境影响报告书的审查意见》（浙环辐〔2024〕25 号）
- 台州市生态环境局《关于三门核电站二期 220kV 启备电源线路工程环境影响报告表的审查意见》（台环建（三）〔2023〕59 号）；自主竣工环保验收工作已完成
- 原台州市环境保护局《关于三门核电有限公司重件设备码头工程环境影

响报告书的批复》（台环建〔2008〕138号）；竣工环保验收批复文号：三环验〔2016〕01号

- 原三门县环境保护局《关于三门核电进出厂隧道复线及其连接线工程环境影响报告书的批复》（三环建〔2012〕58号）；自主竣工环保验收工作已完成
- 原三门县环境保护局《关于三门核电厂放射源采购建设项目环境影响登记表的批复》（三辐环〔2012〕02号）；竣工环保验收批复文号：三辐环验〔2017〕01号
- 原三门县环境保护局《关于三门核电厂核技术应用项目环境影响登记表的批复》（三辐环〔2015〕06号）；竣工环保验收批复文号：三环辐验〔2018〕1号
- 《台州市环境保护局关于三门核电有限公司放射性同位素应用项目（扩建）核技术应用项目环境影响报告表的批复》（台环辐〔2014〕7号）

#### 1.6.4 “三线一单”符合性

根据《关于印发<“十三五”环境影响评价改革实施方案>的通知》（环评〔2016〕95号）的要求，需要“在项目环评中建立‘三线一单’约束机制，强化准入管理”，其中“三线一单”是指生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单。对于生态保护红线，应按照中共中央办公厅及国务院办公厅印发的《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》执行。

##### 1) 国土空间总体规划

根据《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》，本工程厂区位于其他保护利用区，本工程取排水设施位于工矿通信用海区。

本工程厂区、进场道路、应急道路、取排水设施不涉及生态保护区和生态控制区，不涉及陆域和海域生态保护红线。

本工程取排水设施不涉及陆域和海域生态保护红线。

##### 2) “三线一单”生态环境分区

根据《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8号），本工程厂区位于台州市三门县健跳沿海产业集聚重点管控单元（ZH33102220107），属于产业集聚重点管控单元。本工程取排水

设施位于台州三门临海一带海域重点管控单元（HY33100020002），属于海域重点管控单元。

本工程厂区、进场道路、应急道路、取排水设施位于三门县生态空间一般管控区（YS3310223110001），不涉及生态保护红线和一般生态空间。

本工程厂区位于三门县大气环境高排放重点管控区44（YS3310222310004）和浙江省台州市三门县水环境工业污染重点管控区3（YS3310222210003），均属于重点管控区。

本工程厂区与《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8号）的相符性分析见第二章2.3节，本工程取排水设施与《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8号）的相符性分析见第六章6.1节。

根据环境现状监测结果（见第三章），本工程所在厂址周边区域的环境质量基本满足各自的区划要求，本工程的建设运行特点及环境影响预测结果（参见第六章）也表明其不会对当地环境质量产生影响。

根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年国家发展改革委令第7号）中“六、核能”的“1 核电站建设与运行”，本工程属于鼓励类项目。

综上所述，本工程符合“三线一单”管理要求。

## 1.7 评价标准

### 1.7.1 辐射环境影响评价标准

本报告正常运行工况和事故条件下的剂量评价标准，遵循国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）有关规定。

本报告中在正常运行状态的剂量约束值以及放射性物质环境排放控制值这两部分内容的评价中将按照浙江三门核电厂址已投运的2台 AP1000 压水堆核电机组和本工程2台 CAP1000 压水堆核电机组来考虑。

#### 1) 运行状态下的辐射防护要求

运行状态下的辐射防护要求，遵循国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的规定：

（1）任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过 0.25mSv。

浙江三门核电厂址除了本工程以外，2 台 AP1000 压水堆核电机组已投运，整个厂址按照 0.25mSv 控制。

根据上海核工程研究设计院股份有限公司（原上海核工程研究设计院）编制的《三门核电一期工程环境影响报告书（运行阶段）》，2 台 AP1000 压水堆核电机组正常运行期间的剂量约束值为：对公众中任何个人造成的年有效剂量小于 0.08mSv。

因此，结合 2 台 AP1000 压水堆核电机组剂量约束值，并考虑为浙江三门核电厂址后续工程留有余量，本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组运行状态下的剂量约束值为 0.08mSv。

### （2）多堆场址所有反应堆的流出物年排放总量控制值

本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组流出物排放申请值按流出物排放设计值的 100%考虑。

本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组流出物排放申请值和流出物排放控制值见表 1.7-1。

本工程与三门核电一期工程已投运 2 台 AP1000 压水堆核电机组流出物排放申请值总和，以及多堆厂址所有反应堆流出物年排放总量控制值见表 1.7-1。

由表 1.7-1 可见，本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组流出物排放量申请值满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定的流出物排放控制值要求。同时，本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组以及三门核电一期工程已投运的 2 台 AP1000 压水堆核电机组流出物排放申请值总和满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定的多堆场址所有反应堆流出物年排放总量控制值要求，同时也为后续核电机组的扩建留有一定的空间。

本工程投运后，运营单位将根据 2 台 CAP1000 压水堆核电机组运行期间的排放量监测结果，适时提出流出物排放申请值优化。

（3）对于受纳水体为海洋的核动力厂场址，其槽式排放口处的液态流出物中氚的活度浓度不应超过  $3 \times 10^7 \text{Bq/L}$ ，碳-14 的活度浓度不应超过  $3 \times 10^3 \text{Bq/L}$ ，其他放射性核素总活度浓度不应超过  $1000 \text{Bq/L}$ ，各核素活度浓度应满足国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）附录 D 的要求，见表 1.7-2。

本工程槽式排放口处的除氚和碳-14 外放射性活度浓度排放控制值均为  $1000 \text{Bq/L}$ ，氚的放射性活度浓度排放控制值为  $3 \times 10^7 \text{Bq/L}$ ，碳-14 的放射性活度

浓度排放控制值为  $3 \times 10^3 \text{Bq/L}$ 。

## 2) 事故工况下的辐射防护要求

事故工况下的辐射防护要求，遵循国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的规定：

核动力厂事故工况的环境影响评价可采用设计基准事故，在设计中应采取针对性措施，对除小型模块化核动力厂外的核动力厂，使设计基准事故的潜在照射后果符合下列要求：

a) 在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。

b) 在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 100mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1000mSv 以下。

## 5) 海水放射性核素浓度

《海水水质标准》（GB3097-1997）对海水放射性核素浓度的规定如下：

- $^{60}\text{Co}$ : 0.03Bq/L;
- $^{90}\text{Sr}$ : 4Bq/L;
- $^{106}\text{Ru}$ : 0.2Bq/L;
- $^{134}\text{Cs}$ : 0.6Bq/L;
- $^{137}\text{Cs}$ : 0.7Bq/L。

## 1.7.2 非辐射环境影响评价标准

### 1) 国土空间总体规划、近岸海域环境功能区划与海水水质标准

#### (1) 国土空间总体规划

根据《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》，浙江三门核电厂址以东附近海域为工矿通信用海区。

#### (2) 近岸海域环境功能区划

- 《浙江省生态环境厅 浙江省发展和改革委员会关于要求调整三门核电厂近岸海域环境功能区划请示的复函》（浙环函〔2023〕70号）

厂址近岸海域环境功能区划调整如下：将“三门湾二类区（B09 II）”中面

积约为 98.33km<sup>2</sup> 的海域调整为三类环境功能区，使现状“三门临港工业三类区（TZC10III）”面积扩大达至 141.86km<sup>2</sup>（扣除混合区面积），由节点 C01~C22 及大陆岸线围成，因本次功能区调整范围除了涉及三门县外，还涉及宁海县，故名称改为：三门宁海临港工业三类区，编号仍为 TZC10III，主要使用功能为临港核电工业，海域水质目标水温 III 类，其余指标执行 II 类海水水质标准。同时将三门核电排放口附近温排水混合区面积增大 4.95km<sup>2</sup> 达到 9.33km<sup>2</sup>，命名为三门核电温排水混合区，编号“ZJ01H”，由节点 H1~H8 及大陆岸线围成，该混合区范围内海域水温不设标准，其余指标执行 II 类海水水质标准。调整后，三门湾二类区功能区（B09 II），面积则相应缩小 98.33km<sup>2</sup>，水质保护目标仍为 II 类海水水质标准；核电周边其他邻近的 TZD35III、TZC11II、TZD37II 近岸海域环境功能区则保持不变。

- 《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（浙政函〔2024〕28 号文批复）

与《浙江省生态环境厅 浙江省发展和改革委员会关于要求调整三门核电厂近岸海域环境功能区划请示的复函》（浙环函〔2023〕70 号）相比，混合区和三类环境功能区名称、编号、范围、面积均有调整：

三门核电温排水三类区（台州）（ZJ10C II）：该功能区面积 118.96 平方千米，市级代码 TZ02C II，主要使用功能为核电厂温排水用海，海水水温执行三类，其余水质指标执行二类。

该功能区内含三门核电温排水混合区，面积 9.27 平方千米，混合区内人为温升不执行水质标准，其余指标仍执行二类海水水质标准。

### （3）海水水质标准

《近岸海域环境功能区管理办法》（原国家环境保护总局令第 8 号，1999）第九条规定：对入海河流河口、陆源直排口和污水排海工程排放口附近的近岸海域，可确定为混合区。

《海水水质标准》（GB3097-1997）对海水温升的要求如下：

- 一类、二类海水水质：人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1℃，其他季节不超过 2℃；
- 三类、四类海水水质：人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃。

## 2) 非放射性废水和生活污水

### （1）非放射性废水

本工程建造期间，非放射性废水尽可能按照《城市污水再生利用 工业用水水质》（GB/T19923-2024）进行回用，无法回用时按照《污水综合排放标准》（GB8978-1996）二级标准处理达标排放，主要项目的控制值为：

- pH : 6-9;
- 色度 : 80 倍;
- 悬浮物: 150mg/L;
- BOD<sub>5</sub> : 30mg/L;
- COD<sub>Cr</sub>: 150mg/L;
- 石油类: 10mg/L;
- 动植物油: 15mg/L;
- 氨氮 : 25mg/L;
- 磷酸盐: 1.0mg/L;
- 阴离子表面活性剂（LAS）: 10mg/L;
- 总铜 : 1.0mg/L;
- 总锌 : 5.0mg/L。

本工程运行期间，非放射性废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）二级标准。

### （2）生活污水

本工程建造期间，施工区域（生产临建区）生活污水、核电厂生活污水收集并通过纳管方式排入健跳镇污水处理厂，执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。施工现场厕所生活污水清掏外运。

本工程运行期间，核电厂生活污水收集并通过纳管方式排入健跳镇污水处理厂，执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。

### 3）声环境

本工程建造期间，建筑施工厂界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。

- 昼间: 70dB;
- 夜间: 55dB。

本工程运行期间，厂界环境噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》

(GB12348-2008) 3 类标准。

- 昼间：65dB；
- 夜间：55dB。

厂址周边村庄声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)1 类标准。

- 昼间：55dB；
- 夜间：45dB。

厂址周边交通噪声执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 4a 类标准。

- 昼间：70dB；
- 夜间：55dB。

## 5) 大气环境

本工程建设和运行期间，大气环境执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 及修改单（生态环境部公告 2018 年 第 29 号）二级浓度限值。

- 二氧化硫( $\text{SO}_2$ ):  $0.06\text{mg}/\text{m}^3$ (年平均)、 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ (24h 平均)、 $0.50\text{mg}/\text{m}^3$ (1h 平均)；
- 二氧化氮( $\text{NO}_2$ ):  $0.04\text{mg}/\text{m}^3$ (年平均)、 $0.08\text{mg}/\text{m}^3$ (24h 平均)、 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ (1h 平均)；
- 一氧化碳( $\text{CO}$ ):  $4\text{mg}/\text{m}^3$ (24h 平均)、 $10\text{mg}/\text{m}^3$ (1h 平均)；
- 臭氧( $\text{O}_3$ ):  $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ (日最大 8h 平均)、 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ (1h 平均)；
- 颗粒物(粒径 $\leq 10\mu\text{m}$ )( $\text{PM}_{10}$ ):  $0.07\text{mg}/\text{m}^3$ (年平均)、 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ (24h 平均)；
- 颗粒物(粒径 $\leq 2.5\mu\text{m}$ )( $\text{PM}_{2.5}$ ):  $0.035\text{mg}/\text{m}^3$ (年平均)、 $0.075\text{mg}/\text{m}^3$ (24h 平均)。

本工程建设和运行期间，常规大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 无组织排放监控浓度限值。

- 二氧化硫( $\text{SO}_2$ ):  $0.4\text{mg}/\text{m}^3$ ；
- 氮氧化物( $\text{NO}_x$ ):  $0.12\text{mg}/\text{m}^3$ ；
- 颗粒物(TSP):  $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ ；
- 非甲烷总烃(VOCs):  $4.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本工程运行期间无常规大气污染物有组织排放，二次生产废水处理设施执行《恶臭污染物排放标准》(GB14554-1993)。

#### 6) 固体废物

本工程建设和运行期间，危险废物处置执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)。

#### 7) 电磁辐射环境

本工程建设和运行期间，电磁辐射环境执行《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)的相关限值：

- 工频电场强度限值：4kV/m；
- 工频磁感应强度限值：0.1mT。

表 1.7-1 三门核电厂正常运行工况下的排放量

单位：Bq/a

| 项目                                                   | 排放量申请值 | 气态流出物    |          |                             |          |          | 液态流出物    |          |          |
|------------------------------------------------------|--------|----------|----------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                                      |        | 惰性气体     | 碘        | 粒子<br>( $T_{1/2} \geq 8d$ ) | 碳-14     | 氚        | 氚        | 碳-14     | 其余核素     |
| 本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组 <sup>[1]</sup>               |        | 1.34E+14 | 2.90E+09 | 6.72E+09                    | 7.88E+11 | 1.00E+13 | 9.02E+13 | 5.26E+10 | 1.17E+10 |
| 国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》<br>(GB6249-2025) 规定 (针对本工程 2 台机组) |        | 2.00E+14 | 6.67E+09 | 1.67E+10                    | 9.33E+11 | 2.00E+13 | 1.00E+14 | 2.00E+11 | 1.67E+10 |
| 占国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》<br>(GB6249-2025) 规定的比例 (%)       |        | 67.00    | 43.50    | 40.32                       | 84.43    | 50.10    | 90.20    | 26.30    | 70.20    |

| 项目                                                       | 排放量申请值 | 气态流出物    |          |                          |          |          | 液态流出物    |          |          |
|----------------------------------------------------------|--------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                                          |        | 惰性气体     | 碘        | 粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ ) | 碳-14     | 氚        | 氚        | 碳-14     | 其余核素     |
| 一期工程 2 台 AP1000 压水堆核电机组 <sup>[2]</sup>                   |        | 1.34E+14 | 4.00E+09 | 6.00E+09                 | 6.40E+11 | 9.46E+12 | 8.52E+13 | 7.10E+10 | 1.12E+10 |
| 本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组 <sup>[1]</sup>                   |        | 1.34E+14 | 2.90E+09 | 6.72E+09                 | 7.88E+11 | 1.00E+13 | 9.02E+13 | 5.26E+10 | 1.17E+10 |
| 合计：<br>(2 台 AP1000 压水堆核电机组以及<br>本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组) |        | 2.68E+14 | 6.90E+09 | 1.27E+10                 | 1.43E+12 | 1.95E+13 | 1.75E+14 | 1.24E+11 | 2.29E+10 |
| 国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》<br>(GB6249-2025) 规定 (全厂址)             |        | 6.00E+14 | 2.00E+10 | 5.00E+10                 | 2.80E+12 | 6.00E+13 | 3.00E+14 | 6.00E+11 | 5.00E+10 |
| 占国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》<br>(GB6249-2025) 规定的比例 (%)           |        | 44.67    | 34.50    | 25.44                    | 51.00    | 32.47    | 58.47    | 20.60    | 45.72    |

注：

[1] 本工程 CAP1000 压水堆核电机组流出物排放申请值，氚、碳-14 及其余核素按设计值的 100%考虑。本工程 CAP1000 压水堆核电机组流出物排放设计值以及国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025) 符合性见第四章 4.6 节。

[2] 依据《三门核电一期工程流出物年排放量优化》提出的排放量申请值。

表 1.7-2 液态流出物中的放射性核素活度浓度推荐值

| 放射性核素            | 推荐值 (Bq/L) | 放射性核素              | 推荐值 (Bq/L) |
|------------------|------------|--------------------|------------|
| <sup>55</sup> Fe | 190        | <sup>106</sup> Ru  | 45         |
| <sup>63</sup> Ni | 90         | <sup>110m</sup> Ag | 70         |
| <sup>90</sup> Sr | 10         | <sup>124</sup> Sb  | 20         |
| <sup>51</sup> Cr | 40         | <sup>125</sup> Sb  | 60         |
| <sup>54</sup> Mn | 15         | <sup>134</sup> Cs  | 20         |
| <sup>58</sup> Co | 200        | <sup>137</sup> Cs  | 30         |
| <sup>59</sup> Fe | 10         | <sup>131</sup> I   | 10         |
| <sup>60</sup> Co | 120        | <sup>133</sup> I   | 10         |
| <sup>65</sup> Zn | 10         | -                  | -          |

注：<sup>55</sup>Fe、<sup>63</sup>Ni 及 <sup>90</sup>Sr 等难测核素排放前的活度浓度合理估值应低于推荐值，在留样测量中进行复核。不同放射性核素之间的浓度推荐值可根据其衰变能量比值进行适当调整，但除氚和碳-14 外其他核素总活度浓度不应超过 1000Bq/L。

## 1.8 工程组成

本报告针对本工程建设、运行期间对外部环境的影响以及受到外部环境的影响进行评价。

本工程由主厂房群和厂区内与环境相关的重要辅助设施组成。主厂房群由反应堆厂房、辅助厂房、汽机厂房、附属厂房、柴油发电机厂房和放射性废物厂房等组成。厂区内与环境相关的重要辅助设施包括厂址废物处理设施、循环水泵房、循环水处理室、水处理厂、除盐车间、海水淡化厂房、动力辅助厂房、放射性废物区、生产废水处理厂房、生活污水收集设施、应急指挥中心、环境监测站等构成，其中厂址废物处理设施、应急指挥中心、环境监测站等为全厂共用设施。

本工程配套设施包括进场及应急道路、500kV 及 220kV 输变电工程、大件码头。其中输变电工程的核电厂开关站和出线走廊的第一跨为本报告评价范围。

本工程进场及应急道路、大件码头为全厂共用设施，一期工程已建成投运。环评批复及环保竣工验收情况如下：

应急道路：环评文件经原三门县环境保护局批复，批文为《关于三门核电进出厂隧道复线及其连接线工程环境影响报告书的批复》（三环建〔2012〕58 号）；自主竣工环保验收工作已于 2019 年 1 月完成。

大件码头：环评文件经台州市生态环境局批复，批文为《关于三门核电有限公司重件设备码头工程环境影响报告书的批复》（台环建〔2008〕138 号）；对应的竣工环保验收批复文号为：三环验〔2016〕01 号。

本工程 500kV 及 220kV 输变电工程（除核电厂开关站和出线走廊的第一跨）为本项目新增配套设施，环评批复及环保竣工验收情况如下：

500kV 输变电工程：环评文件经浙江省生态环境厅批复，批文为《浙江省生态环境厅关于台州三门核电工期 500 千伏送出工程环境影响报告书的审查意见》（浙环辐〔2024〕25 号）。预计于 2025 年 12 月投运。

220kV 输变电工程：环评文件经台州市生态环境局批复，批文为《关于三门核电厂二期 220kV 启备电源线路工程环境影响报告表的审查意见》（台环建〔2023〕59 号）；自主竣工环保验收工作已于 2025 年 2 月完成。

此外，本工程施工场地 35kV 施工变电站属于环评豁免范围；本工程施工场地通信基站设施由运营商完成环评工作。本工程共用放射源库及计量实验室，共涉及 3 份环评文件，均批复并完成环保竣工验收工作。分别为：（1）原三门县

环境保护局《关于三门核电厂放射源采购建设项目环境影响登记表的批复》（三辐环〔2012〕02 号）；对应的竣工环保验收批复文号为：三辐环验〔2017〕01 号；（2）原三门县环境保护局《关于三门核电厂核技术应用项目环境影响登记表的批复》（三辐环〔2015〕06 号）；对应的竣工环保验收批复文号为：三环辐验〔2018〕1 号；（3）《台州市环境保护局关于三门核电有限公司放射性同位素应用项目（扩建）核技术应用项目环境影响报告表的批复》（台环辐〔2014〕7 号）；已完成竣工环保验收。运营单位已取得辐射安全许可证（浙环辐证〔J2020〕）。

## 1.9 环境保护措施

为了尽可能减少核电厂运行过程中对环境的影响，本工程采取一系列的环境保护措施。

对于放射性污染物，本工程配置有放射性液体废物处理系统（WLS）、放射性气体废物处理系统（WGS）、放射性固体废物处理系统（WSS）、厂址废物处理设施（SRTF）。放射性液体废物处理系统（WLS）用于控制、收集、处理、输送和贮存本工程正常运行及预期运行事件下产生的放射性废液，并可控制地向环境排放。放射性气体废物处理系统（WGS）的主要功能是接收本工程正常运行以及预期运行事件期间产生的含氢气体和放射性气体，并对其进行处理和排放。放射性固体废物处理系统（WSS）用于收集和暂存本工程正常运行以及预期运行事件产生的废树脂、深床过滤器介质、活性炭、废（水）过滤器滤芯、放射性干废物和混合固体废物。这些废物先收集暂存在辅助厂房和放射性废物厂房内，后送往厂址废物处理设施（SRTF）进一步处理和中间贮存。厂址废物处理设施（SRTF）是一个集中式放射性废物处理设施，位于 BOP 区域。它作为核岛三废处理系统的补充，提供完整、适宜的手段来处理核岛产生但无法直接处理的放射性废液与放射性固体废物。

此外，本工程设置核岛流出物监测设施，共用一期工程 BOP 区域流出物监测设施，监测方式包括在线连续监测和取样监测。本工程共用全厂环境辐射与气象观测系统。

对于非放污染物，本工程采取了如下环境保护措施：非放射性废水经处理后达标，并与循环冷却水掺混排放；施工区域（生产临建区）生活污水、核电厂生活污水收集并通过纳管方式排入健跳镇污水处理厂，施工现场厕所生活污水清掏

外运。生活垃圾收集暂存并送到指定的垃圾场处理，危险废物存放于危险废物贮存设施内并委托有危险废物处置资质的专业单位进行回收处置。

本工程通过建立完善的核安全体系和核应急体系来确保本工程的环境友好。

采取上述环境保护措施后，本工程所产生的各类污染物均能得到有效的控制，满足环境保护要求。

### 1.10 评价范围

辐射环境影响评价范围为以本工程 3 号 CAP1000 核电机组反应堆为中心，半径 80km 范围内的区域，包括气态和液态流出物排放对半径 80km 范围内公众的辐射影响。

非辐射环境影响评价范围如下：

- 大气

环境空气评价范围包括本工程厂区边界和厂址周边环境敏感点，其中本工程建造期间主要关注施工期废气无组织排放对厂区边界的影响。

- 海水

海水评价范围为排水温升 0.5℃ 以上影响区域范围及液态流出物排放后经稀释水质达标范围。重点考虑取排水口附近海域及相关功能区的管理要求，以及环境敏感目标的环境保护要求。

- 噪声

噪声评价范围为本工程厂区边界向外 200m 范围以及厂址周边环境敏感点。

- 电磁

电磁环境评价范围为本工程 220kV 开关站界外 40m 范围和架空线路（第一跨）边导线地面投影外两侧各 40m 范围，以及 500kV 开关站界外 50m 范围和架空线路（第一跨）边导线地面投影外两侧各 50m 范围。

- 生态环境

生态环境评价范围主要为本工程陆上永久占地和临时施工占地范围和周边间接受影响的陆域，以及取排水工程范围和周边间接受影响的海域。

### 1.11 环境影响报告书批复的落实情况

#### 1.11.1 选址阶段环境影响报告书批复的落实情况

原环境保护部于 2016 年 3 月 1 日批复《三门核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）》。

《关于三门核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）的批复》（环审〔2016〕26 号）提出的在工程设计阶段及今后一个时期应重点做好的工作如下：

“（一）项目建设应严格执行配套建设的环境保护措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。

（二）加强三门核电厂 3、4 号机组施工期间管理，落实施工期间环境监测方案。

（三）进一步推动落实三门核电厂低、中水平放射性固体废物的最终处置去向。

（四）结合物理模型试验和数值模拟计算，进一步优化三门核电厂 3、4 号机组工程温排放方案。

（五）持续关注和跟踪规划限制区的发展变化，配合地方政府做好核电厂周围规划限制区的管理。”

对选址阶段环评文件的批复要求应对如下：

1) 项目建设应严格执行配套建设的环境保护措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度：本工程运营单位严格执行环境保护“三同时制度”。本工程建造期间，本工程运营单位确保各项配套建设的环保设施与主体工程同时设计和同时施工，同时确保配套建设的环保设施按既定计划与主体工程同时投产使用。

2) 加强三门核电厂 3、4 号机组施工期间管理，落实施工期间环境监测方案：本工程运营单位自本工程施工准备期开始启动施工期环境管理工作，包括开展施工期陆域、海域监测，危险废物管理等措施，以达到严格执行施工期间的环境保护要求及防治、处理措施，尽可能减小施工环境影响的目的。见本报告第五章描述。

3) 进一步推动落实三门核电厂低、中水平放射性固体废物的最终处置去向：中国核能电力股份有限公司已与中核环保甘肃金安隆科技有限公司、中核清原环境技术工程有限责任公司签订中国核电放射性废物外运及处置服务采购框架协议（处于有效期内），负责运营单位产生的极低放射性固体废物、可燃低中水平

放射性固体废物外运与处置服务。本工程投运后将放射性废物运输至中核环保甘肃金安隆科技有限公司运行的近地表处置场处置。见本报告第四章描述。

4) 结合物理模型试验和数值模拟计算,进一步优化三门核电厂 3、4 号机组工程温排放方案:《三门核电厂 3、4 号机组环境影响报告书(建造阶段)》中描述了优化后的三门核电厂 3、4 号机组工程温排放方案,并结合物理模型试验和数值模拟计算成果开展相应的环境影响评估工作。

5) 持续关注和跟踪规划限制区的发展变化,配合地方政府做好核电厂周围规划限制区的管理:本工程所在三门核电厂取得《浙江省人民政府关于划定三门核电厂规划限制区的批复》(浙政函〔2024〕76 号),本工程运营单位根据该批复要求,依据国家有关法律法规和标准,支持三门县规划限制区内的经济社会发展,并配合台州市和三门县严格控制规划限制区内人口机械增长,对规划限制区内的新建和扩建项目加以引导或限制,便于在核事故应急情况下采取紧急防护措施。见本报告第二章描述。

#### 1.11.2 建造阶段环境影响报告书批复的落实情况

生态环境部于 2022 年 6 月 21 日批复《三门核电厂 3、4 号机组环境影响报告书(建造阶段)》。

《关于三门核电厂 3、4 号机组环境影响报告书(建造阶段)的批复》(环审〔2022〕85 号)提出的在工程建造阶段及今后一个时期应重点做好的工作如下:

“ (一) 对于本项目温排水影响范围的模拟预测,应综合前期物模、二维数模结果,利用三门核电厂 1、2 号机组温排水实测结果对三维数学模型的相关参数进行进一步校核,完成本项目温排水影响面积预测及综合分析工作。

(二) 结合近年来三门东部滩涂湿地的生态调查情况及温排水对滩涂湿地主要生物物种影响研究,开展温排水对该滩涂湿地环境影响评价。

(三) 进一步明确放射性固体废物的最终去向和处置方案,确保本项目放射性固体废物的安全处置。”

《关于三门核电厂 3、4 号机组环境影响报告书(建造阶段)的批复》(环审〔2022〕85 号)同时提出:“密切跟踪浙江省生态保护红线的实施方案,在三门核电厂 3、4 号机组运行前解决本项目温排水影响与生态红线区的相容性问

题。”

对建造阶段环评文件的批复要求应对如下：

1) 对于本项目温排水影响范围的模拟预测，应综合前期物模、二维数模结果，利用三门核电厂 1、2 号机组温排水实测结果对三维数学模型的相关参数进行进一步校核，完成本项目温排水影响面积预测及综合分析工作：本工程运营单位委托太原理工大学建筑设计研究院有限公司完成《三门核电 5、6 号机组温排水及余氯的原型观测和模型校验研究 温排水数模验证报告》（2023.04），该专题成果综合前期物模、二维数模结果，利用三门核电厂 1、2 号机组温排水实测结果对三维数学模型的相关参数进行进一步校核，完成温排水影响面积预测及综合分析工作。本工程运营单位委托太原理工大学建筑设计研究院有限公司编制《三门核电项目厂址温排水、液态流出物数模专题 温排水三维数值模拟计算报告》（2025.06），进一步针对本工程和已投运的 1、2 号机组产生的温排水影响范围进行模拟预测。见本报告第六章描述。

2) 结合近年来三门东部滩涂湿地的生态调查情况及温排水对滩涂湿地主要生物物种影响研究，开展温排水对该滩涂湿地环境影响评价：《三门核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（建造阶段）》提及的三门东部滩涂湿地是指《浙江省人民政府关于印发浙江省海洋生态红线划定方案的通知》（浙政办发〔2017〕103 号）中海洋生态红线管控区 33-Xd07 范围。根据《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》、《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8 号），三门东部滩涂湿地所在区域不属于生态保护红线。根据温排水专题成果报告以及温排水范围与《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》、《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8 号）相符性分析，本工程和已投运的 1、2 号机组产生的温排水对三门东部滩涂湿地影响有限，不会破坏其基本生态功能，本项目温排水用海影响符合国土空间总体规划及生态环境分区管控动态更新方案的管控要求，与《三门核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（建造阶段）》结论一致。见本报告第六章描述。

3) 进一步明确放射性固体废物的最终去向和处置方案，确保本项目放射性固体废物的安全处置：见前文部分。

4) 密切跟踪浙江省生态保护红线的实施方案，在三门核电厂 3、4 号机组运

行前解决本项目温排水影响与生态红线区的相容性问题：《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》、《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8号）已正式发布，厂址排水口附近海域无生态保护区及生态保护红线分布，见本报告第一章 1.6.4 节及第二章描述。根据温排水专题成果报告以及温排水范围与《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》、《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8号）相符性分析，本工程投运后，三门核电厂 1~4 号机组温排水排放形成的冬季半月潮 2℃最大温升包络范围和夏季半月潮 1℃最大温升包络范围均不涉及生态保护红线。见本报告第六章描述。

## 第二章 厂址与环境

### 2.1 厂址地理位置

#### 2.1.1 厂址位置

三门核电厂地处浙江省东部沿海，位于台州市三门县健跳镇辖区内，为滨海厂址。厂址坐落于健跳镇东北部约 6km 的猫头山嘴半岛——娘娘殿岗上，濒临三门湾，北、东、南三面临海，西面靠猫头山，猫头山脉南北长约 7km，东西宽约 1.6km。

台州市三门县城位于厂址 W 方位约 26km，台州城区位于厂址 SSW 方位约 50km 处，宁波市宁海城区位于厂址 NW 方位约 30km，宁波城区位于厂址 N 方位约 83km。

三门核电厂自西向东规划建设 6 台百万千瓦级核电机组，以厂区西端为固定端，依次为 1~6 号机组。建设将采用一次规划、分期建设的方式。1、2 号机组建设规模为 2 台 AP1000 核电机组，1 号机组于 2018 年 6 月 29 日并网，2 号机组于 2018 年 8 月 24 日并网。本工程为 3、4 号机组，建设 2 台 CAP1000 压水堆核电机组。后续工程 5、6 号机组为 2 台华龙一号核电机组，于 2025 年 4 月 27 日经国务院决定核准。本工程地理位置图见图 2.1-1。

#### 2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

##### 2.1.2.1 厂址边界

三门核电厂征地范围内为建设用地，厂址已征用地为 207.63hm<sup>2</sup>，1~6 号机组厂区用地面积合计 180.86hm<sup>2</sup>，其他用地（含应急道路、淡水管线、大小猫头村生产配套设施等）为 26.77hm<sup>2</sup>。

##### 2.1.2.2 非居住区

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的要求：应在核动力厂周围设置非居住区。非居住区边界根据选址假想事故和场址环境特征进行测算，并考虑场址的行政区划、地形、地貌、气象、交通等具体条件确定。非居住区边界与反应堆的距离不得小于 500m。

根据《三门县人民政府关于同意重新设置三门核电厂址非居住区边界的复函》（三政函〔2025〕72 号），三门核电厂的非居住区范围为以 1~4 号机组反应堆

为中心半径 800m、5~6 号机组反应堆为中心半径 500m 以及核电厂前区确权红线所耦合围成的区域。

非居住区的土地属国家所有，三门核电厂陆域非居住区（征地边界以外的厂址西侧银子岗等地区除外）已在三门核电厂的征地范围内，三门核电厂对这些土地具有使用权和管辖权，但没有土地所有权和转让权，对于非居住区范围内的厂址西侧银子岗等地区，三门核电厂具有管辖权。在非居住区域内三门核电厂有权确定所有活动，包括核电厂的建设、营运以及人员和物品进出该区域必须得到三门核电厂的批准和同意。

厂址非居住区范围内无公路、铁路和水运航道，不存在需要废弃和改造公路、铁路等问题。

根据本报告第七章 7.1 节结论，厂址非居住区边界处的事故后果辐射影响符合《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的要求。

#### 2.1.2.3 规划限制区

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的要求：应在核动力厂周围设置规划限制区。规划限制区边界根据选址假想事故和场址环境特征进行测算，并考虑场址的行政区划、地形、地貌、气象、交通等具体条件确定。规划限制区外边界与反应堆的距离不得小于 5km。

本工程规划限制区半径为 5km。浙江省政府出具《浙江省人民政府关于划定三门核电厂规划限制区的批复》（浙政函〔2024〕76 号），同意设置半径 5km（以各反应堆为中心）的规划限制区。本工程运营单位根据该批复要求，依据国家有关法律法规和标准，支持三门县规划限制区内的经济社会发展，并配合台州市和三门县严格控制规划限制区内人口机械增长，对规划限制区内的新建和扩建项目加以引导或限制，便于在核事故应急情况下采取紧急防护措施。

根据本报告第七章 7.1 节结论，厂址规划限制区外边界处的事故后果辐射影响符合《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的要求。



图 2.1-1 本工程厂址地理位置图

## 2.2 人口分布与饮食习惯

统计数据截至年份为 2023 年，以本工程 3 号 CAP1000 核电机组为中心。

### 2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

#### 2.2.1.1 厂址半径 5km 范围内的居民点分布

截止到 2023 年底，厂址半径 5km 范围内的户籍总人口数为 10782 人，常住人口数为 8252 人。厂址半径 5km 范围内平均陆域人口密度为 461 人/km<sup>2</sup>（按户籍总人口数计算），低于浙江省同期平均人口密度 486 人/km<sup>2</sup>。

与 2018 年厂址半径 5km 范围内户籍总人口数 15450 人相比，2023 年厂址半径 5km 范围内人口减少了 4668 人。

#### 2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的行政村分布

截止到 2023 年底，厂址半径 15km 范围户籍人口共有 121817 人，常住人口共有 80541 人。千人以上行政村共计 61 个。

厂址半径 15km 范围内无万人以上城镇。

与 2018 年厂址半径 15km 范围内户籍总人口数 114427 人相比，2023 年厂址半径 15km 范围内人口增加了 7390 人，主要原因为三门县近年人口机械增长所致。

#### 2.2.1.3 厂址半径 15km 范围内的流动人口

厂址半径 5km 范围内所涉及行政村的短期流入人口（居住期在半年以内，无暂住证）总计 4125 人，长期流入人口（居住期在半年以上，由公安局统计并发放暂住证）总计 249 人。流入人口的主要原因为外来务工。

厂址半径 15km 范围内的流动人口主要集中在健跳镇、蛇蟠乡、浦坝港镇、横渡镇和海润街道。各乡镇的短期流动性人口和长期流动性人口的流入原因均主要为外来务工，流入人员没有明显的特点和季节性。三门县当地政府及公安部门未统计流出人口数据。

厂址半径 10km 范围内涉及台州市三门县蛇蟠岛景区和三门县农博园景区。其中三门县蛇蟠岛景区 2023 年接待旅客人数 354709 人，日高峰人数 9500 人（2023 年 5 月 1 日）。三门县农博园景区 2023 年接待旅客人数约 150306 人，日高峰人数 7000 人（2023 年 5 月 1 日）。

#### 2.2.1.4 厂址半径 15km 范围内的特殊人群

厂址半径 15km 范围内无监狱分布。

厂址半径 15km 范围内有 3 所养老院。

厂址半径 15km 范围内有 26 所学校（包括中学 4 所，小学 8 所，幼儿园 14 所），厂址半径 15km 范围内无大学、职业学校分布。

厂址半径 15km 范围内有 4 家卫生院。

厂址半径 15km 范围内有企业单位 30 家。

#### 2.2.1.5 厂址半径 5km 范围内的人口集中地区

厂址半径 5km 范围内共有 2 处人口集中地区。其中一处为学校、医院和村庄连片地区，位于厂址 WSW 方位约 5.0km 处，共涉及人口数 6994 人；另一处为三门县农博园景区，位于厂址 W 方位约 4.5km 处，2023 年接待旅客日高峰人数 7000 人（2023 年 5 月 1 日）。

厂址半径 5km 范围内无万人以上人口集中地区。

#### 2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

##### 2.2.1.1 厂址半径 80km 范围内的现有人口分布

厂址半径 80km 范围内截止到 2023 年底的户籍总人口数为 6054359 人。按评价区陆域面积计算，2023 年平均人口密度为 525 人/km<sup>2</sup>，高于浙江省同期平均人口密度 486 人/km<sup>2</sup>。与 2018 年厂址半径 80km 范围内户籍总人口数为 6691634 人相比，2023 年厂址半径 80km 范围内人口减少 637275 人。主要原因为浙江省近几年人口呈负增长所致。

##### 2.2.1.2 厂址半径 80km 范围内的预期人口

本工程 3 号 CAP1000 核电机组计划于 2027 年建成发电，设计寿期为 60 年。由此推算本工程 3 号机组运行第一年（2027 年）以及寿期内每隔 10 年即 2037 年、2047 年、2057 年、2067 年、2077 年和 2087 年厂址半径 80km 范围内各子区的人口分布。在进行人口预测计算时，综合考虑近十年全国、80km 范围内省市、三门县人口自然增长率情况及人口生育政策等相关因素，保守估计采取“0‰”作为本次人口预测的预期人口自然增长率，对厂址 80km 范围子区人口进行预测。

计算时采用下列人口预测模式进行推算：

$$N=N_0(1+\alpha)^T \quad (2.2-1)$$

式中：

N: 各子区域预测年的人口数, 人。

$N_0$ : 各子区域 2023 年度的人口数, 人。

$\alpha$ : 预测采用的人口自然增长率, ‰。

T: 预测年的时间间隔, 年。

由此计算可知, 厂址评价区内总人口数在 2023 年达到峰值。故本工程 3 号机组投产年 2027 年及寿期内每隔 10 年即 2037 年、2047 年、2057 年、2067 年、2077 年及 2087 年厂址半径 80km 范围内的人口数均为 6054359 人。

#### 2.2.2.3 厂址半径 80km 范围内的城镇分布

截至到 2023 年底, 本工程厂址半径 80km 范围内万人以上城镇有 46 个, 十万人以上城市共有 8 个。其中 13 个人口万人以上城镇 (包括 3 个十万人以上城市——椒江城区、宁海城区、象山城区) 位于厂址半径 50km 范围内。

厂址半径 80km 范围内无百万人以上大城市。

2018 年厂址半径 80km 范围内有 46 个万人以上城镇, 与 2023 年万人以上城镇数量一致。新增两个十万人以上城市——象山城区 (包括丹东街道、丹西街道、爵溪街道) 和鄞州城区 (包括首南街道、下应街道、钟公庙街道)。

#### 2.2.2.4 城镇发展规划

根据《三门县国土空间总体规划 (2021-2035)》(浙政函 (2024) 92 号文批复), 规划至 2025 年, 三门县常住人口规模约 40-42 万人, 城镇化水平达到 60%, 城镇人口达到 24~25 万人; 至 2035 年, 三门县常住人口规模约 47~48 万人, 城镇化水平达到 70%, 城镇人口达到 33 万人左右。

#### 2.2.2.5 厂址人口分布类别

根据国家核安全导则《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》(HAD101/03) 附录 I.2 表推荐的人口密度法对厂址进行人口分布分类, 厂址半径 20km 范围内的人口分布属于 I~II 类厂址。厂址周围人口分布符合浙江省 I~II 类厂址条件, 厂址人口分布现状满足《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025) 要求。

### 2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

#### 2.2.3.1 居民的年龄构成

厂址半径 80km 范围内的  $\leq 1$  岁、1~7 岁 (含 7 岁)、8~17 岁 (含 17 岁) 和  $>17$  岁四个年龄组别的人口比例见表 2.2-1。

### 2.2.3.2 居民的饮食和生活习惯

#### 1) 厂址半径 5km 范围内居民饮食和生活习惯调查

厂址半径 5km 范围内居民消费的米、面粉、羊肉、牛奶等多为评价区外提供，蔬菜，禽类及水产品等多为本地提供。当地渔民多从事养殖业，与当地村民同吃同住，饮食上无明显差异。

根据居民生活习惯调查结果可知，除渔民外，年龄>17 岁的农民岸边活动较多，游泳时间较少。对于渔民来说，岸边活动时间最多，其次为划船时间较多。儿童和青少年的岸边活动时间较少，儿童没有划船和游泳的现象。

#### 2) 厂址半径 80km 范围内居民饮食习惯调查

厂址半径 80km 范围内居民食谱的调查方式为资料收集方式。厂址半径 80km 范围内主要涉及浙江省台州市、宁波市及绍兴市，资料来源于《浙江调查年鉴（2023 年）》，此范围内的居民分为城镇居民、农民和渔民，年龄分组为≤1 岁、1~7 岁（含 7 岁）、7~17 岁（含 17 岁）、>17 岁。统计得到厂址半径 80km 范围内城镇居民和农民的人均食物消费量调查结果。

表 2.2-1 厂址半径 80km 范围内的年龄构成（2023 年）

| 区域        | 各年龄段所占比例（%） |       |        |       |
|-----------|-------------|-------|--------|-------|
|           | ≤1 岁        | 1~7 岁 | 7~17 岁 | >17 岁 |
| 厂址半径 80km | 0.57        | 4.07  | 9.97   | 85.39 |
| 厂址半径 5km  | 0.92        | 5.44  | 11.22  | 82.42 |

## 2.3 土地利用及资源概况

本工程厂址半径 80km 范围内的土地利用及资源概况统计数据来源于 2025 年进行的厂址环境调查工作，统计数据截至年份为 2023 年，以本工程 3 号 CAP1000 核电机组为中心进行调查。

### 2.3.1 土地和水体的利用

#### 2.3.1.1 土地利用

##### 1) 土地利用现状

本工程厂址位于浙江省台州市所辖三门县健跳镇，三门县东西长 52.65km，南北宽 40.5km，其中山地丘陵区面积占比 70.1%，平原地区面积占比 29.9%。

三门县陆域现状非建设用地中，耕地主要分布在县域东部平原及西部谷地，呈现“东西两片集聚、中部零散分布”的特点；园地主要分布在东南部的浦坝港镇、花桥镇等；林地主要分布在中县域西部山体，呈现“山高林茂、层峦叠翠”的特征；湿地主要分布在陆海交界处；农业设施建设用地零散分布在各乡镇（街道）；陆地水域主要分布在县域东、北部；现状建设用地中，城镇建设用地较为集中分布在中心城区、临港产业城、沿海工业城等，村庄建设用地零散分布在各乡镇（街道）。

厂址半径 10km 范围土地类型有耕地、种植园用地、林地、草地、商业服务业用地、工矿用地、住宅用地、公共管理与公共服务用地、特殊用地、交通运输用地、水域及水利设施用地及其他土地共 12 类，其中水域及水利设施用地最多，占总面积的 42.06%；林地次之，占总面积的 26.45%；最少的土地类型是商业服务业用地，占总面积的 0.21%。厂区范围的土地类型是工业用地。

##### 2) 土地利用规划

根据《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》（浙政函〔2024〕92 号文批复），厂址半径 10km 国土空间规划用途分区为生态保护区、生态控制区、农田保护区、城镇发展区、乡村发展区、海洋发展区及其他保护利用区 7 类。

厂区范围规划为其他保护利用区。本工程厂区不涉及基本农田、不涉及城镇开发边界、不涉及生态红线。本工程厂区符合《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》（浙政函〔2024〕92 号文批复）国土空间规划用途分区要求。

##### 3) 陆域功能区划及环境保护要求

## ● 台州市“三线一单”生态环境分区

根据《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8号），厂址所在的台州市三门县健跳沿海产业集聚重点管控单元（ZH33102220106），属于产业集聚重点管控单元，

本工程厂区符合《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8号）重点管控单元要求。

### 2.3.1.2 水体利用

#### 1) 地表水利用

##### （1）河流

三门县境内山丘溪流众多，平原河网纵横交错，沿海港湾发育。有“五港八溪”之称。五港：自北至南分别为旗门港、海游港、健跳港、浦坝港、洞港。八溪：自北至南分别为清溪、珠游溪、亭旁溪、头岙溪、园里溪、白溪、花桥溪、山场溪。各溪流均单独入港，属于山溪性河流，集水面积不大，源短流急，水位季节变化明显，易涨易落，下游易受潮汐影响；宁海县主要水系倚山势走向，全县大于10km<sup>2</sup>的独立水系有14条，其中，主要有白溪、大溪（杨溪）、鳧溪、清溪、中堡溪等五大溪流。

其中，厂址半径15km范围涉及的河流是三门县的市级河道海游港，位于厂址W方位，约9.5km。海游港位于三门县城北面，东临蛇蟠洋，南接亭旁溪，西连珠游溪，海游街道、海润街道的河道溪流基本上汇总于此，为县城主要河道；西起善岙杨，终于巡检司，河道自西向东汇入三门湾，全长15.49km，河道宽度约130~960m。

厂址半径5km范围内涉及的河流是乡级河流，有8条，分别是环塘东河道、前门塘溪、门头港、大冲港、小沙港、大沙港、盐灶港及现代农业园区景观河。

##### （2）水库

厂址半径15km范围内共有16座水库，其中中型水库1座，为宁海县长街镇的胡陈港水库，位于厂址N方位，约10.4km；小（I）型水库有4座，距离厂址最近的是三门县尖坑山水库，位于厂址WSW方位，约7.7km；小（II）型水库有11座，距离厂址最近的是三门县里峙水库，位于厂址SW方位，约2.5km。厂址半径15km范围内涉及的16座水库中均可用于防洪、灌溉，其中有2座水库可作为居民饮用水源地水库，分别是罗岙水库和施家岙水库。

### （3）地表水功能区、水环境功能区

根据《浙江省水功能区、水环境区划分方案》（2015 年），厂址半径 15km 范围内水功能区有 3 个，分别是健跳港三门渔业用水区；浦坝港三门渔业用水区；罗岙、木桥塘、施家岙、石门水库三门饮用水源区。水环境功能区为渔业用水区和饮用水水源一级保护区，其中渔业用水区现状水质和目标水质均为Ⅲ类、饮用水水源一级保护区现状水质和目标水质均为Ⅱ类。

### 2）地下水利用

厂址附近范围分为 3 个独立的水文地质单元：厂区猫头山低山丘陵基岩风化裂隙水区（Ⅰ），厂区南部海湾平原表层孔隙潜水区（Ⅱ）和永丰塘海湾平原孔隙潜水承压水区（Ⅲ）。

目前，三门县境内已经完成了农村集中式饮用水的全覆盖，是居民生产生活用水的主要来源。根据厂址附近调查结果，厂址半径 5km 范围内没有利用地下水作为饮用水和农业灌溉用水及工业用水的情况。根据厂址区的地形特点和水文地质单元分区特征，厂址附近Ⅰ区、Ⅱ区、Ⅲ区分属三个相对独立的水文地质单元，大部分区域处在Ⅰ区的三门核电厂不会对厂址附近的地下水产生不利影响。

### 3）海水利用

根据《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》（浙政函〔2024〕92 号文批复），三门核电厂址以东附近海域为工矿通信用海区。

根据《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8 号）、《宁海县人民政府关于印发宁海县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（宁政发〔2024〕14 号）和《象山县人民政府关于印发象山县生态环境分区管控动态更新方案（发布稿）的通知》（象政发〔2024〕24 号），厂址排水口半径 15km 范围内共涉及台州市三门县、宁波市宁海县、象山县海域环境管控单元 11 个，其中优先保护单元 6 个，重点管控单元 3 个。厂址排水口所在的环境管控单元为：台州三门临海一带海域重点管控单元（HY33100020002）。

根据《浙江省自然资源厅关于启用“三区三线”划定成果的通知》（浙自然资发〔2022〕18 号），排水口与三门县后坑涂海岸重要生态保护红线最近距离为 8.13km，与宁海县青山港湿地生态保护红线最近距离为 10.12km，与象山县花岙岛国家海洋公园生态保护红线最近距离为 11.74km。

根据《浙江省生态环境厅浙江省发展和改革委员会关于要求调整三门核电厂近岸海域环境功能区划请示的复函》（浙环函〔2023〕70号），同意调整三门核电厂址近岸海域环境功能区划，调整后的近岸海域环境功能区划将“三门湾二类区（B09II）”中面积约为98.33km<sup>2</sup>的海域调整为三类环境功能区，使“三门临港工业三类区（TZC10III）”面积扩大达至141.86km<sup>2</sup>（扣除混合区面积），同时将三门核电排放口附近温排水混合区面积增大4.95km<sup>2</sup>达到9.33km<sup>2</sup>，命名为三门核电温排水混合区，编号“ZJ01H”，该区域内海域水温不设标准。2024年3月，浙江省发布了关于《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（浙政函〔2024〕28号文批复），对浙江省近岸海域功能区名称和编号进行了全面更新，三门核电厂址近岸海域功能区划相应进行了调整，将原规划中的“三门临港工业三类区（TZC10III）”更新为“三门核电温排水三类区（台州）（ZJ10CII）”，原“三门临港工业三类区（TZC10III）”中部分海域调整为四类环境功能区（分别为“三门湾六鳌四类区（ZJ39DII）”和“三门湾洋市涂四类区（ZJ44DII）”）。

### 2.3.1.3 生态环境敏感区

#### 1) 名胜古迹

厂址半径10km范围内共有1处省级保护文物和3处县级保护文物。

##### （1）健跳抗倭古城

省级保护文物，位于厂址SSW方位7.0km。

##### （2）戚继光去思碑

县级保护文物，位于厂址SSW方位7.2km。

##### （3）高湾山烽火台

县级保护文物，位于厂址SSE方位6.3km。

##### （4）黄泥洞石屋古村落

县级保护文物，位于厂址WSW方位6.0km。

与2018年相比，厂址半径10km范围内省级保护文物情况保持一致。

#### 2) 风景旅游区

厂址半径10km范围内A级以上旅游风景区有2处，分别是台州市三门县蛇蟠岛景区（4A）和三门县农博园（3A）。

##### （1）浙江省台州市三门县蛇蟠岛景区（4A）

4A级景区，位于厂址WNW~NW方位约7.8km处。

## (2) 三门县农博园 (3A)

3A 级景区，位于厂址 W 方位约 4.5km 处。

与 2018 年相比，厂址半径 10km 范围内景区情况保持一致。

## 3) 自然保护区

厂址半径 10km 范围内无自然保护区。

与 2018 年相比，厂址半径 10km 范围内自然保护区情况保持一致。

## 2.3.2 陆生资源及生态概况

### 2.3.2.1 农、牧、林业概况

#### 1) 农业

##### (1) 厂址半径 15km 范围农业情况

厂址半径 15km 范围的陆域面积包括三门县健跳镇、浦坝港镇、蛇蟠乡、海润街道、横渡镇，宁海县力洋镇、一市镇、长街镇，其中海润街道不涉及农业种植。主要种植农产品有粮食作物、油料作物、蔬菜作物、水果及青饲料。

##### (3) 厂址半径 80km 范围农业情况

厂址半径 80km 范围内主要涉及浙江省台州市、宁波市、绍兴市。主要种植的粮食作物以稻谷、小麦为主，小麦的生长期为 180 天左右，稻谷分为早稻、单季稻和连作晚稻，生长季节不同；蔬菜主要包括叶菜、根菜、果实类和水生类，其中叶菜的生长期较短，在 3~4 个月左右，其他蔬菜的生长期在 280~300 天左右；经济作物的生长期在 100~150 天左右。

厂址半径 80km 范围内农作物总播种面积为 346233.47 公顷，其中粮食播种面积 157215.2 公顷，总产量 1057904 吨；蔬菜作物播种面积 124942 公顷，总产量 3593401 吨；瓜果类播种面积 22210.33 公顷，总产量 708346 吨；油料作物播种面积 36109.6 公顷，总产量 38932 吨；其他经济作物播种面积 5749.93 公顷，总产量 18924 吨；饲料作物播种面积 6.4 公顷。

#### 2) 牧业

##### (1) 厂址半径 15km 范围内畜牧业生产情况

厂址半径 15km 范围涉及三门县健跳镇、浦坝港镇、蛇蟠乡、海润街道、横渡镇，宁海县力洋镇、一市镇、长街镇。厂址半径 15km 范围内共有家畜养殖场 14 家，距离厂址最近的养殖场是三核村林虾春的养殖场。

厂址半径 15km 范围内 2023 年牛的出栏数 807 头，产肉量 138.448 吨；猪的出栏数 117117 头，产肉量 12042.1715 吨；羊的出栏数 4328 头，产肉量 73.659 吨；家禽的出栏数 1795477 头，产肉量 2188.785 吨，产蛋量 3850.149 吨；奶牛的存栏量 1059 头，产奶量 5223 吨。

#### (2) 厂址半径 50km 范围内奶牛场情况

三门县无奶牛场分布；宁海县奶牛养殖场主要有 3 家，分别是：宁海县永兴奶牛养殖场、宁海县天和奶牛养殖场、宁海县利丰牧业有限公司。

#### (3) 厂址半径 80km 范围内畜牧业生产情况

厂址半径 80km 范围内主要涉及浙江省台州市、宁波市、绍兴市。厂址半径 80km 范围内牛、羊的饲养方式均为散养，猪的饲养方式为圈养；鸡、鸭、鹅的饲养方式均为圈养；家畜家禽的饲料品种均为颗粒料，牛、羊和奶牛的饲料除颗粒料外还配合青草和豆渣，饲料来源为购买，饮水来源为饮用水。

厂址半径 80km 范围内 2023 年牛的出栏数 8605 头，产肉量 662 吨；猪的出栏数 1279168 头，产肉量 95681 吨；羊的出栏数 48836 头，产肉量 583 吨；家禽的出栏数 34294000 头，产肉量 35908 吨，产蛋量 39561 吨；奶牛的存栏量 2168 头，产奶量 10159 吨。

### 3) 林业

厂址半径 10km 范围内主要涉及三门县下辖的健跳镇、蛇蟠乡和浦坝港镇，所辖乡镇各类林地面积主要涉及乔木林和灌木林，其中乔木林地占地 15518.33 公顷，灌木林地占地 5957.4 公顷。蓄积量最多的为活立木，达 817390 立方米；其次为乔木，达 807038 立方米。

#### 2.3.2.2 陆生生态调查

厂址周边的陆生生态调查统计数据来源于 2024~2025 年进行的陆生生态调查工作。

陆生生态调查范围为：资料收集的调查范围为厂址半径 80km 的陆域，现场调查的调查范围为厂址半径 10km 的陆域。

陆生生态现场调查时间为：2024 年 8 月开展植物调查和夏季动物调查，2024 年 12 月开展冬季动物调查，2025 年 3 月开展春季动物调查。

陆生生态调查情况如下：

##### 1) 陆生植物调查

陆生植物调查主要采用样线法和样方法。

调查范围样方样线的布置原则为考虑不同的方位，与厂址不同的距离，同时考虑不同具有代表性的生态系统类型（包括自然和人工生态系统等）典型地段和近密远疏的原则。

通过对调查区进行现场调查和资料查阅，统计得到共有苔藓植物 9 科 12 属 14 种，其中苔类植物 2 科 2 属 3 种，藓类植物 7 科 10 属 11 种。维管束植物 128 科 348 属 515 种（含种下等级及变种），其中蕨类植物 15 科 17 属 21 种；裸子植物 7 科 9 属 11 种；被子植物 106 科 322 属 483 种。调查区的植被主要包括针叶林、落叶阔叶林、常绿阔叶林、常绿阔叶灌丛、灌草丛等 5 个植被型以及农作植物的水田植被、旱地植被、常绿果林植被等。主要资源植物有木材与纤维资源、果蔬资源、粮食及淀粉植物资源、饲料植物资源、油脂植物资源、药用植物资源、观赏植物资源等 7 大类。

现场调查过程中发现的重点保护植物和古树名木包括：

（1）《国家重点保护野生植物名录》国家Ⅱ级重点保护野生植物 1 种，为野大豆（*Glycine soja*）；浙江省重点保护野生植物 2 种，为柃木（*Eurya japonica*）和海滨木槿（*Hibiscus hamabo*）。最近的重点保护野生植物为柃木，位于厂址 W 方位 1.4km 处。

（2）古树名木 2 种 11 株，分别为樟和苦槠，分别为 10 株和 1 株。距离厂址最近的古树名木为位于健农村的樟树，位于厂址 SSW 方位 5.9km，树龄 150 多年。

综上，厂区周边 1km 范围内无国家和省级重点保护野生植物以及古树名木分布。

## 2) 陆生动物调查

陆生动物调查样线涵盖了调查区域内的典型生境，包括林地、滩涂、村庄农田、养殖塘、水库等等生态景观。

调查区域范围内三季现场共记录鸟类 12 目 35 科 82 种，其中调查区域范围内夏季共记录鸟类 10 目 28 科 47 种，冬季共记录鸟类 9 目 28 科 64 种，春季共记录鸟类 9 目 30 科 51 种。结合调查区周边文献资料共统计获得调查区鸟类 14 目 44 科 149 种。其中留鸟 62 种，旅鸟 30 种，冬候鸟 36 种，夏候鸟有 21 种。

调查区内分布有国家一级重点保护鸟类 2 种，分别为黄嘴白鹭和小青脚鹬，

全为资料调查所得。调查区内分布有国家二级重点保护鸟类 24 种，其中黑颈鸛、黑翅鸛、松雀鷹、普通鵲、白胸翡翠、画眉共 6 种为现场调查所见，其余均为资料调查。调查区分布有省级重点保护野生鸟类 13 种，分别为琵嘴鸭、赤颈鸭、斑嘴鸭、绿头鸭、绿翅鸭、黑尾鸥、戴胜、虎纹伯劳、红尾伯劳、棕背伯劳、灰伯劳、楔尾伯劳和叉尾太阳鸟；其中红尾伯劳、灰伯劳和楔尾伯劳共 3 种为资料调查所得，其余均为现场调查所见。现场调查到最近的重点保护鸟类为棕背伯劳，位于厂址 SSW 方位 2.8km 处。

根据实地调查、结合周边区域历史调查数据资料整理，共统计到哺乳动物种类有 5 目 8 科 12 种。其中，啮齿目的种类最多有 5 种，食肉目、鲸偶蹄目和劳亚食虫目均有 2 种，兔形目 1 种。根据调查数据，调查区未记录国家重点保护野生哺乳动物，记录有浙江省重点保护野生哺乳动物黄鼬（*Mustela sibirica*）。现场调查到最近的重点保护哺乳动物为黄鼬，位于厂址 E 方位 4.5km 处。

根据实地调查、结合周边区域历史调查数据资料整理，共统计到两栖动物种类有 1 目 4 科 8 种。其中数量较多种类有泽陆蛙、黑斑侧褶蛙为优势种，现场调查区未记录到国家重点保护野生两栖动物。

根据实地调查、结合周边区域历史调查数据资料整理，共统计到爬行动物种类有 1 目 5 科 8 种。其中北草蜥、铜蜓蜥为优势种，现场调查区未记录到国家重点保护野生爬行动物。

综上，厂区周边 1km 范围内无国家和省级重点保护野生动物分布。

### 3) 陆生生态系统简述

调查区域范围位于亚热带季风气候区。调查区陆域生态系统由自然生态系统和人工生态系统组成。自然生态系统有森林生态系统、湿地生态系统、灌丛生态系统，人工生态系统有农业生态系统、城镇生态系统。其中，森林生态系统主要由针叶林、阔叶林构成。主要分布在调查区的低山丘陵、村庄边缘，是调查区内分布重要的生态系统。湿地生态系统主要为河流和坑塘湿地以及海边滩涂，分布于调查区内的一些溪流、农田水网、沟渠、小型水库等区域，面积较小。农业生态系统有一定面积较大的农田、园地，主要分布于村镇周边的农田、旱地、果园地等，农田主要种蔬菜、瓜果、辣椒、番薯等蔬菜作物。

现阶段的植被以半天然林、半人工林为主，其演替规律受到自然因素和人类社会活动的共同影响。调查范围内植被类型分为常绿阔叶林、暖热性灌草丛、水

域湿地、农田植被等。

调查区域范围内的生态景观类型主要包括滩涂湿地与海洋生态景观、候鸟栖息地与生物多样性景观、山林自然景观、农业与乡村生态景观、工业与自然融合景观和文化遗产与民俗景观。

#### 4) 生态环境现状综合分析评价

根据调查结果,采用《生态环境状况评价技术规范》(HJ192-2015)对调查区域范围内的生态环境现状进行了综合评价。根据生态功能指数、生态结构指数、生态胁迫指数、污染负荷指数和环境质量指数的评价指标的计算结果,得到调查区域范围内的生态环境状况指数为  $FEI=61.13$ ,生态环境状况为自然生态相对较好,生态功能相对稳定。

### 2.3.3 水产资源及生态概况

#### 2.3.3.1 渔业生产及水产养殖概况

##### 1) 渔业生产

核电厂址所在位置位于浙江省三门湾,为浙江省三大半封闭型港湾之一。旗门港、海游港、健跳港、浦坝港等港湾水域宽阔,水深适宜、滩涂平缓、淡水注入丰盈,生物资源丰富,是三门县海水养殖的重点区域。同时,三门县水系发达,有清溪、珠游溪、亭旁溪、白溪、山场溪、头岙园里溪、花桥溪等七大溪流,适合开展溪流水产增养殖。大小水库 49 座,平均地表水资源量为  $1.016 \times 10^9 m^3$ ,有利于淡水养殖的发展。

根据台州市三门县,宁波市宁海县近四年(2020-2023年)和象山县近四年(2020-2023年)海洋渔业统计年报中关于海洋捕捞产品和产量的统计数据可知:捕捞产品中的鱼类有海鳗、鳓鱼、鲢鱼、沙丁鱼、鲱鱼、石斑鱼、鲷、蓝圆鲹、白姑鱼、黄姑鱼、鲂鱼、大黄鱼、小黄鱼、梅童鱼、带鱼、金线鱼、梭鱼、鲐鱼、鲅鱼、马面鲀、鲳鱼、鲮鱼、方头鱼等种类。其中海鳗、蓝圆鲹、小黄鱼、带鱼、鲐鱼、鲳鱼、鲅鱼(马交鱼)、白姑鱼等是主要鱼类产品。捕捞产品中的甲壳类有毛虾、对虾、鹰爪虾、虾蛄、梭子蟹、青蟹等种类。其中梭子蟹、毛虾、对虾和虾蛄是主要甲壳类产品。捕捞产品中的头足类主要有乌贼、鱿鱼、章鱼等一些种类,其中鱿鱼为主要产品。三门县、宁海县、象山县近四年海洋捕捞产量较稳定,捕捞渔具和方式主要是拖网、围网、流刺网、张网、钓具等。

## 2) 水产养殖

三门湾海域内的养殖区域主要涉及宁海、三门及象山三个县市。三门县和宁海县海域内养殖类型包括池塘养殖、普通网箱、深水网箱、筏式、底播和工厂化。象山县海域内养殖类型包括池塘养殖、普通网箱、筏式和吊笼。

### 2.3.3.2 海洋生态概况

#### 1) 海洋生态现状

根据调查结果，厂址排水口半径 15km 范围内海洋生态现状如下：

##### (1) 叶绿素 $a$ 和初级生产力

厂址排水口半径 15km 范围叶绿素  $a$  和初级生产力统计如下：

春季大潮期调查海域表层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $1.47\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $0.54\sim 2.44\text{mg}/\text{m}^3$  之间；底层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $1.23\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $0.47\sim 2.08\text{mg}/\text{m}^3$  之间。春季小潮期调查海域表层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $0.79\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $0.11\sim 1.33\text{mg}/\text{m}^3$  之间；底层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $0.67\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $0.04\sim 1.16\text{mg}/\text{m}^3$  之间。夏季大潮期调查海域表层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $5.93\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $0.72\sim 13.84\text{mg}/\text{m}^3$  之间；底层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $6.09\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $2.09\sim 13.89\text{mg}/\text{m}^3$  之间。秋季大潮期调查海域表层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $0.65\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $0.36\sim 1.34\text{mg}/\text{m}^3$  之间；底层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $0.59\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $0.36\sim 1.12\text{mg}/\text{m}^3$  之间。冬季大潮期调查海域表层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $0.49\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $0.26\sim 0.82\text{mg}/\text{m}^3$  之间；底层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $0.42\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $0.23\sim 0.78\text{mg}/\text{m}^3$  之间。

春季大潮期间调查海域初级生产力的平均值为  $5.53\text{mgC}/(\text{m}^2\text{h})$ ，变化范围在  $2.20\sim 13.41\text{mgC}/(\text{m}^2\text{h})$  之间。春季小潮期间调查海域初级生产力的平均值为  $9.66\text{mgC}/(\text{m}^2\text{h})$ ，变化范围在  $0.72\sim 22.66\text{mgC}/(\text{m}^2\text{h})$  之间。夏季大潮期间调查海域初级生产力的平均值为  $18.35\text{mgC}/(\text{m}^2\text{h})$ ，变化范围在  $5.14\sim 39.25\text{mgC}/(\text{m}^2\text{h})$  之间。秋季大潮期间调查海域初级生产力的平均值为  $5.13\text{mgC}/(\text{m}^2\text{h})$ ，变化范围在  $1.58\sim 19.65\text{mgC}/(\text{m}^2\text{h})$  之间。冬季大潮期间调查海域初级生产力的平均值为  $1.92\text{mgC}/(\text{m}^2\text{h})$ ，变化范围在  $1.08\sim 6.46\text{mgC}/(\text{m}^2\text{h})$  之间。

调查海域表层和底层叶绿素  $a$  浓度呈现出夏季>春季(大潮)>春季(小潮)>秋季>冬季的规律，初级生产力呈现出夏季>春季(小潮)>春季(大潮)>秋

季>冬季的规律,出现这样的原因可能是夏季调查站位的透明度远远高于其他三个季节,而光照是影响浮游植物进行光合作用的重要因素之一。

## (2) 浮游植物

厂址排水口半径 15km 范围浮游植物统计如下:

春季大潮期调查海区表、底层浮游植物平均丰度分别为  $73.36 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$  和  $42.40 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ , 丰富度 ( $d$ ) 分别为 0.41 和 0.30, 均匀度 ( $J'$ ) 分别为 0.86 和 0.88, 多样性指数 ( $H'$ ) 分别为 1.67 和 1.43, 主要优势种为具槽帕拉藻。春季小潮期调查海区表、底层浮游植物平均丰度分别为  $19.45 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$  和  $23.71 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ , 丰富度 ( $d$ ) 分别为 0.56 和 0.61, 均匀度 ( $J'$ ) 分别为 0.81 和 0.83, 多样性指数 ( $H'$ ) 分别为 1.84 和 2.00, 主要优势种为具槽帕拉藻。夏季调查海区表、底层浮游植物平均丰度分别为  $9559.09 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$  和  $2535.00 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ , 丰富度 ( $d$ ) 分别为 1.20 和 1.21, 均匀度 ( $J'$ ) 分别为 0.51 和 0.60, 多样性指数 ( $H'$ ) 分别为 2.06 和 2.33, 主要优势种为中肋骨条藻。秋季调查海区表、底层浮游植物平均丰度分别为  $61.68 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$  和  $90.87 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ , 丰富度 ( $d$ ) 分别为 0.77 和 0.71, 均匀度 ( $J'$ ) 分别为 0.68 和 0.77, 多样性指数 ( $H'$ ) 分别为 1.88 和 2.08, 主要优势种为中肋骨条藻。冬季调查海区表、底层浮游植物平均丰度分别为  $56.03 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$  和  $28.73 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ , 丰富度 ( $d$ ) 分别为 0.37 和 0.38, 均匀度 ( $J'$ ) 分别为 0.70 和 0.74, 多样性指数 ( $H'$ ) 分别为 1.33 和 1.41, 主要优势种为菱形海线藻。

春季调查海区共记录赤潮生物 20 种,含硅藻 16 种,甲藻 4 种。优势种主要有具槽帕拉藻、琼氏圆筛藻和辐射圆筛藻。表层硅藻平均丰度为  $71.20 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ , 甲藻平均丰度为  $6.67 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ 。底层硅藻平均丰度为  $44.18 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ , 甲藻仅一种多边屋甲藻,总丰度为  $12.00 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ 。夏季调查海区共记录赤潮生物 53 种,含硅藻 38 种,甲藻 14 种,蓝藻 1 种。优势种主要有中肋骨条藻、旋链角毛藻、玛氏骨条藻、尖刺伪菱形藻和微小细柱藻。表层硅藻平均丰度为  $5354.25 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ , 甲藻平均丰度为  $27.21 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ 。底层硅藻平均丰度为  $1125.50 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ , 甲藻平均丰度为  $15.33 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ 。秋季调查海区共记录赤潮生物 35 种,含硅藻 25 种,甲藻 8 种,金藻 2 种。优势种主要有中肋骨条藻和菱形海线藻。表层硅藻平均丰度为  $48.79 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ , 甲藻平均丰度为  $0.93 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ 。底层硅藻平均丰度为  $81.87 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ , 甲

藻平均丰度为  $0.67 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ 。冬季调查海区共记录赤潮生物 24 种，含硅藻 18 种，甲藻 6 种。优势种主要有菱形海线藻和中肋骨条藻。表层硅藻平均丰度为  $53.33 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ ，甲藻平均丰度为  $0.56 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ 。底层硅藻平均丰度为  $25.33 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ ，甲藻平均丰度为  $0.47 \times 10^2 \text{cells/dm}^3$ 。

### (3) 浮游动物

厂址排水口半径 15km 范围浮游动物统计如下：

春季大潮期调查海区浮游动物湿重生物量的均值为  $68.00 \text{mg/m}^3$ ，总个体数的均值为  $137.51 \text{ind./m}^3$ ，丰富度 ( $d$ ) 均值为 2.52，均匀度 ( $J'$ ) 均值为 0.61，多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 2.17，优势种为中华胸刺水蚤。

春季小潮期调查海区浮游动物湿重生物量的均值为  $47.56 \text{mg/m}^3$ ，总个体数的均值为  $82.22 \text{ind./m}^3$ ，丰富度 ( $d$ ) 均值为 2.81，均匀度 ( $J'$ ) 均值为 0.72，多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 2.36，优势种为中华哲水蚤。

夏季调查海区浮游动物湿重生物量的均值为  $187.77 \text{mg/m}^3$ ，总个体数的均值为  $599.60 \text{ind./m}^3$ ，丰富度 ( $d$ ) 均值为 2.94，均匀度 ( $J'$ ) 均值为 0.66，多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 2.92，优势种为针刺拟哲水蚤。

秋季调查海区浮游动物湿重生物量的均值为  $56.17 \text{mg/m}^3$ ，总个体数的均值为  $33.07 \text{ind./m}^3$ ，丰富度 ( $d$ ) 均值为 5.04，均匀度 ( $J'$ ) 均值为 0.92，多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 3.75，优势种为背针胸刺水蚤。

冬季调查海区浮游动物湿重生物量的均值为  $12.68 \text{mg/m}^3$ ，总个体数的均值为  $12.97 \text{ind./m}^3$ ，丰富度 ( $d$ ) 均值为 2.85，均匀度 ( $J'$ ) 均值为 0.92，多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 2.31，优势种为三叶针尾涟虫。

### (4) 大型底栖生物

厂址排水口半径 15km 范围大型底栖生物统计如下：

春季大型底栖生物平均密度  $85 \text{ind./m}^2$  (范围值  $20 \sim 230 \text{ind./m}^2$ ，环节动物平均密度最高，为  $39 \text{ind./m}^2$ )，平均总生物量为  $52.76 \text{g/m}^2$  (范围值  $0.10 \sim 221.20 \text{g/m}^2$ ，棘皮动物平均生物量最大，为  $49.05 \text{g/m}^2$ )，丰富度 ( $d$ ) 均值为 1.53，均匀度 ( $J'$ ) 均值为 0.88，多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 2.48，优势度指数 ( $D$ ) 均值为 0.24，优势种有双鳃内卷齿蚕、叶须内卷齿蚕等。

夏季大型底栖生物平均密度  $51 \text{ind./m}^2$  (范围值  $0 \sim 135 \text{ind./m}^2$ ，环节动物平均密度最高，为  $30 \text{ind./m}^2$ )，平均总生物量为  $28.20 \text{g/m}^2$  (范围值  $0 \sim 118.95 \text{g/m}^2$ ，

棘皮动物平均生物量最大,为  $25.86\text{g/m}^2$ ),丰富度( $d$ )均值为 1.31,均匀度( $J'$ )均值为 0.90,多样性指数( $H'$ )均值为 2.13,优势度指数( $D$ )均值为 0.27,优势种有双鳃内卷齿蚕、叶须内卷齿蚕、白沙簪海鳃、奇异稚齿虫和西奈索沙蚕等。

秋季大型底栖生物平均密度  $81\text{ind./m}^2$  (范围值  $15\sim 495\text{ind./m}^2$ ,环节动物平均密度最高,为  $33\text{ind./m}^2$ ),平均总生物量为  $15.18\text{g/m}^2$  (范围值  $0.10\sim 127.05\text{g/m}^2$ ,棘皮动物平均生物量最大,为  $12.42\text{g/m}^2$ ),丰富度( $d$ )均值为 1.56,均匀度( $J'$ )均值为 0.90,多样性指数( $H'$ )均值为 2.46,优势度指数( $D$ )均值为 0.23,优势种有双鳃内卷齿蚕和白沙簪海鳃等。

冬季大型底栖生物平均密度  $93\text{ind./m}^2$  (范围值  $20\sim 565\text{ind./m}^2$ ,环节动物平均密度最高,为  $40\text{ind./m}^2$ ),平均总生物量为  $27.61\text{g/m}^2$  (范围值  $0.15\sim 145.25\text{g/m}^2$ ,棘皮动物平均生物量最大,为  $25.17\text{g/m}^2$ ),丰富度( $d$ )均值为 1.68,均匀度( $J'$ )均值为 0.90,多样性指数( $H'$ )均值为 2.56,优势度指数( $D$ )均值为 0.21,优势种有双鳃内卷齿蚕、叶须内卷齿蚕和中华螺赢蜚等。

#### (5) 潮间带生物

春季岩相潮间带生物平均栖息密度  $347\text{ind./m}^2$  (软体动物平均栖息密度最高,为  $266\text{ind./m}^2$ ),平均生物量为  $590.20\text{g/m}^2$  (软体动物平均生物量最大,为  $347.70\text{g/m}^2$ ),丰富度( $d$ )均值为 2.39,均匀度( $J'$ )均值为 0.64,多样性指数( $H'$ )均值为 2.48,优势度( $D$ )均值为 0.26;软相潮间带生物平均栖息密度  $312\text{ind./m}^2$  (软体动物密度最高,为  $172\text{ind./m}^2$ ),平均生物量为  $70.56\text{g/m}^2$  (软体动物平均生物量最大,为  $51.35\text{g/m}^2$ ),丰富度( $d$ )均值为 5.48,均匀度( $J'$ )均值为 0.69,多样性指数( $H'$ )均值为 3.36,优势度( $D$ )均值为 0.18。

夏季岩相潮间带生物平均栖息密度  $197\text{ind./m}^2$  (软体动物平均栖息密度最高,为  $143\text{ind./m}^2$ ),平均生物量为  $535.90\text{g/m}^2$  (软体动物平均生物量最大,为  $373.80\text{g/m}^2$ ),丰富度( $d$ )均值为 1.89,均匀度( $J'$ )均值为 0.76,多样性指数( $H'$ )均值为 2.64,优势度( $D$ )均值为 0.2;软相潮间带生物平均栖息密度  $191\text{ind./m}^2$  (软体动物密度最高,为  $110\text{ind./m}^2$ ),平均生物量为  $31.46\text{g/m}^2$  (软体动物平均生物量最大,为  $14.77\text{g/m}^2$ ),丰富度( $d$ )均值为 4.50,均匀度( $J'$ )均值为 0.67,多样性指数( $H'$ )均值为 3.09,优势度( $D$ )均值为 0.22。

秋季岩相潮间带生物平均栖息密度  $204\text{ind./m}^2$  (节肢动物平均栖息密度最高,为  $149\text{ind./m}^2$ ),平均生物量为  $788.59\text{g/m}^2$  (节肢动物平均生物量最大,为

604.68g/m<sup>2</sup>), 丰富度( $d$ )均值为 1.69, 均匀度( $J'$ )均值为 0.47, 多样性指数( $H'$ )均值 1.55, 优势度( $D$ )均值为 0.53; 软相潮间带生物平均栖息密度 155ind./m<sup>2</sup> (软体动物密度最高, 为 64ind./m<sup>2</sup>), 平均生物量为 17.01g/m<sup>2</sup> (软体动物平均生物量最大, 为 11.89g/m<sup>2</sup>), 丰富度( $d$ )均值为 4.24, 均匀度( $J'$ )均值为 0.68, 多样性指数( $H'$ )均值为 2.99, 优势度( $D$ )均值为 0.20。

冬季岩相潮间带生物平均栖息密度 413ind./m<sup>2</sup> (软体动物平均栖息密度最高, 为 342ind./m<sup>2</sup>), 平均生物量为 427.19g/m<sup>2</sup> (节肢动物平均生物量最大, 为 308.13g/m<sup>2</sup>), 丰富度( $d$ )均值为 1.66, 均匀度( $J'$ )均值为 0.61, 多样性指数( $H'$ )均值为 2.12, 优势度( $D$ )均值为 0.33; 软相潮间带生物平均栖息密度 396ind./m<sup>2</sup> (软体动物密度最高, 为 257ind./m<sup>2</sup>), 平均生物量为 8.18g/m<sup>2</sup> (软体动物平均生物量最大, 为 4.64g/m<sup>2</sup>), 丰富度( $d$ )均值为 3.82, 均匀度( $J'$ )均值为 0.57, 多样性指数( $H'$ )均值为 2.44, 优势度( $D$ )均值为 0.33。

#### (6) 鱼卵和仔稚鱼

厂址排水口半径 15km 范围鱼卵和仔稚鱼统计如下:

春季水平拖网鱼卵总个体数平均为 165.9ind./100m<sup>3</sup> (范围为 0~617.7ind./100m<sup>3</sup>, 主要密集出现在测区北部水域, 以鲮科和斑鲮鱼卵为主); 水平拖网仔稚鱼总个体数平均为 95.4ind./100m<sup>3</sup> (范围为 8.3~260.0ind./100m<sup>3</sup>, 主要密集出现在测区南部水域, 以鰕虎鱼为主)。

夏季水平拖网鱼卵总个体数平均为 38.2ind./100m<sup>3</sup> (范围为 0~168.7ind./100m<sup>3</sup>, 主要密集出现在测区中部和南部水域, 以黄姑鱼属为主); 水平拖网仔稚鱼总个体数平均为 57.6ind./100m<sup>3</sup> (范围为 0.3~552.6ind./100m<sup>3</sup>, 主要密集出现在测区北部水域, 以小公鱼为主)。

秋季水平拖网鱼卵未见分布; 水平拖网仔稚鱼总个体数平均为 0.6ind./100m<sup>3</sup> (范围为 0~1.5ind./100m<sup>3</sup>, 全区数量低, 以鰕虎鱼为主)。

冬季水平拖网鱼卵未见分布; 水平拖网仔稚鱼总个体数平均为 0.05ind./100m<sup>3</sup> (范围为 0~0.9ind./100m<sup>3</sup>, 仅出现在测区南部水域)。

厂址排水口半径 15km 范围内游泳生物各个季节优势种如下:

春季: 共有优势种 4 种, 重要种 7 种。其中鱼类优势种为中华栉孔虾虎鱼和孔虾虎鱼, 重要种包括鲮、黑鳃舌鳎、棘头梅童鱼和矛尾虾虎鱼等 4 种; 虾类无优势种, 重要种包括脊尾白虾和扁足异对虾 2 种; 蟹类有优势种为三疣梭子蟹和

日本蟳；虾蛄类无优势种，重要种 1 种为窝纹网虾蛄。

夏季：共有优势种 6 种，重要种 7 种。其中鱼类优势种为龙头鱼和黑斑多指马鲛，重要种包括凤鲚、黑鳃舌鳎和孔虾虎鱼等 3 种；虾类优势种为哈氏仿对虾和脊尾白虾，重要种为中华管鞭虾；蟹类优势种为三疣梭子蟹，重要种包括拟穴青蟹和日本蟳 2 种；虾蛄类优势种为窝纹网虾蛄，重要种为口虾蛄。

秋季：共有优势种 4 种，重要种 10 种。其中鱼类优势种为孔虾虎鱼和棘头梅童鱼，重要种有 6 种；虾类无优势种，重要种为脊尾白虾；蟹类优势种为三疣梭子蟹，重要种为拟穴青蟹；虾蛄类优势种为窝纹网虾蛄，重要种有 2 种。

冬季：共有优势种 5 种，重要种 5 种。其中鱼类优势种 3 种，为矛尾虾虎鱼、黑鳃舌鳎和棘头梅童鱼，重要种 2 种；虾类优势种为脊尾白虾，重要种 1 种；蟹类优势种为三疣梭子蟹，重要种为日本蟳；虾蛄类重要种 1 种。

#### （7）污损生物

在取水口附近海域开展了污损生物周年挂板试验，试验旨在了解该海域污损生物的群落及多样性组成、附着期、附着量等生态特征。采用 15cm×15cm×2cm 的水泥试板挂放，月板、季板、半年板和年板的收放周期分别按逐月、逐季、每半年和周年收取。每组试板分表、底两层挂放，试板面与海面垂直，表层试板上沿与水面齐平，底层试板置于水深约 5m 处。

观测结果如下：（1）表层月板主要以泥管藤壶、长鳃麦杆虫和亚洲侧花海葵为优势种，以中胚花筒螽、双叉蕞枝螽、异须沙蚕、网纹纹藤壶为常见种，附着厚度介于 0.50~49.00mm 之间，覆盖面积率介于 0.50~100.00%之间。底层月板主要以泥管藤壶、长鳃麦杆虫和亚洲侧花海葵为优势种，以中胚花筒螽和角突麦杆虫为常见种，附着厚度介于 1.00~50.00mm 之间，覆盖面积率介于 1.00~97.50%之间。（2）表层季板主要以泥管藤壶、长鳃麦杆虫和亚洲侧花海葵为优势种，以网纹纹藤壶、别藻苔虫、旗须沙蚕、双叉蕞枝螽、异须沙蚕、中胚花筒螽为常见种，附着厚度介于 4.00~35.00mm 之间，覆盖面积率介于 1.00~100.00%之间。底层月板主要以泥管藤壶、长鳃麦杆虫和亚洲侧花海葵为优势种，以加尔板钩虾、旗须沙蚕和中胚花筒螽为常见种，附着厚度介于 8.00~29.00mm 之间，覆盖面积率介于 4.00~90.00%之间。冬季底层板几乎无生物附着。（3）12 月~5 月半年板表层主要以泥管藤壶和长鳃麦杆虫为优势种，以底蚶、巴西地钩虾、异须沙蚕、别藻苔虫、牡蛎、加尔板钩虾为常见种，附着厚度介于 17.50~18.00mm 之间，覆

盖面积率介于 50.00~100.00%之间。6 月~11 月半年板主要以泥管藤壶和长鳃麦杆虫为优势种，以加尔板钩虾、理石叶钩虾、日本岩瓷蟹、中胚花筒蛄、光背节鞭水虱为常见种，附着厚度介于 42.50~69.00mm 之间，覆盖面积率介于 55.00~100.00%之间。表层试板和底层试板的附着物种数、附着厚度和覆盖面积率季节变化规律大体一致。（4）年板表层以亚洲侧花海葵、泥管藤壶、僧帽牡蛎、珠肋须蚶、长鳃麦杆虫附着密度和附着生物量占优势；年板底层以双叉薏枝蛄、亚洲侧花海葵、泥管藤壶、僧帽牡蛎、长鳃麦杆虫附着密度和附着生物量占优势。年板表层试板和底层试板的附着厚度介于 23.00~31.50mm，覆盖面积率均达 100.00%之间。

## 2) 厂址周围海域海洋生态现状评价

厂址附近海域海洋生态生物多样性指数评价结果见表 2.3-1。由表 2.3-1 可见：

厂址附近海域表层浮游植物在春季大潮期、春季小潮期、夏季、秋季、冬季的生物多样性指数均值分别为 1.67、1.84、2.06、1.88 和 1.36（在 1~3 之间），底层浮游植物在春季大潮期、春季小潮期、夏季、秋季、冬季四期的生物多样性指数均值分别为 1.43、2.00、2.33、2.08 和 1.41（在 1~3 之间），反映了厂址邻近海域浮游植物的物种丰富度较低，个体分布比较匀。

厂址附近海域浮游动物在春季大潮期、春季小潮期、夏季、秋季、冬季的生物多样性指数均值分别为 2.17、2.36、2.92、3.75 和 2.31（在 2~4 之间），反映了厂址临近海域浮游动物的物种丰富度较低，个体分布比较匀。

厂址附近海域大型底栖生物春、夏、秋、冬四季的生物多样性指数均值分别为 2.48、2.13、2.46 和 2.56（在 2~3 之间），反映了厂址邻近海域大型底栖生物的物种丰富度较高，个体分布比较均匀。

厂址附近海域岩相潮间带生物在春、夏、秋、冬四季的生物多样性指数均值分别为 2.48、2.64、1.55 和 2.12（在 1~3 之间），厂址附近海域软相潮间带生物在春、夏、秋、冬四季的生物多样性指数均值分别为 3.36、3.09、2.99 和 2.44（在 2~4 之间），反映了厂址临近海域潮间带生物的物种丰富度较低，个体分布比较匀。

总体而言，厂址附近海域的海洋生物中，底栖生物生境质量较好，物种丰富度较高；浮游植物、浮游动物和潮间带生物的生境质量一般，物种丰富度较低。

## 3) 海洋生物质量及沉积物质量

(1) 生物质量调查站及潮间带海洋生物质量调查结果为:

春季航次鱼类、甲壳类、软体类中铜、铅、锌、镉、汞含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中规定的标准值,石油烃含量低于《第二次全国海洋污染基线调查报告》(第二分册)中规定的标准值。蚶、缢蛏中铜、锌、镉、铬、汞和石油烃均符合海洋生物质量第一类标准,铅和砷均符合海洋生物质量第二类标准。裂纹格特蛤中铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油烃均符合海洋生物质量第一类标准。青蛤中铜、锌、镉、铬、汞、砷和石油烃均符合海洋生物质量第一类标准,铅均符合海洋生物质量第二类标准。牡蛎中铬和汞均符合海洋生物质量第一类标准;铅、镉、砷和石油烃均符合海洋生物质量第二类标准;锌均符合海洋生物质量第三类标准;铜含量超海洋生物质量第三类标准。

夏季航次鱼类、甲壳类、软体类中铜、铅、锌、镉、汞含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中规定的标准值,石油烃含量低于《第二次全国海洋污染基线调查报告》(第二分册)中规定的标准值。毛蚶中铜、锌、铬、汞和石油烃均符合海洋生物质量第一类标准,镉、铅和砷均符合海洋生物质量第二类标准。缢蛏中铜、镉、铬、汞和石油烃均符合海洋生物质量第一类标准,铅、锌和砷均符合海洋生物质量第二类标准。菲律宾蛤仔中铜、铅、锌、铬、汞、砷和石油烃均符合海洋生物质量第一类标准,镉均符合海洋生物质量第二类标准。青蛤中铜、锌、镉、铬、汞和石油烃均符合海洋生物质量第一类标准,铅和砷均符合海洋生物质量第二类标准。

秋季航次鱼类、甲壳类、软体类中铜、铅、锌、镉、汞含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中规定的标准值,石油烃含量低于《第二次全国海洋污染基线调查报告》(第二分册)中规定的标准值。菲律宾蛤仔、文蛤中铜、铅、锌、铬、汞、镉和石油烃均符合海洋生物质量第一类标准,砷符合海洋生物质量第二类标准。毛蚶中铜、锌、铬、汞和石油烃均符合海洋生物质量第一类标准,镉、铅和砷均符合海洋生物质量第二类标准。牡蛎中铬、汞均符合海洋生物质量第一类标准;铅、镉、砷均符合海洋生物质量第二类标准;锌符合海洋生物质量第三类标准;铜含量超海洋生物质量第三类标准。

冬季航次鱼类、甲壳类、软体类中铜、铅、锌、镉、汞含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中规定的标准值,石油烃含量低于《第二次全国海洋污染基线调查报告》(第二分册)中规定的标准值。菲律宾蛤仔、文蛤中铜、铅、

锌、铬、汞、镉和石油烃均符合海洋生物质量第一类标准，砷符合海洋生物质量第二类标准。毛蚶中铜、锌、铬、汞和石油烃均符合海洋生物质量第一类标准，镉、铅和砷均符合海洋生物质量第二类标准。牡蛎中铬、汞均符合海洋生物质量第一类标准；铅、镉、砷均符合海洋生物质量第二类标准；锌符合海洋生物质量第三类标准；铜含量超海洋生物质量第三类标准。

(2) 大面站沉积物质量调查结果为：沉积物中硫化物、有机碳、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油类、666、DDT 含量均符合海洋沉积物质量标准第一类标准。除 1 个站位铜含量符合海洋沉积物质量标准第二类标准，其余站位的铜含量符合海洋沉积物质量标准第一类标准。

### 2.3.3.3 渔业资源概况

根据调查结果，厂址附近海域渔业资源概况（鱼卵和仔稚鱼见 2.3.3.2 节）如下：

#### 1) 渔业资源

##### (1) 游泳动物

春季拖网调查共鉴定游泳动物 52 种，其中鱼类 28 种，虾类 11 种，蟹类 9 种，虾蛄类 3 种，头足类 1 种；渔业资源重量和尾数密度分别为  $87.41\text{kg}/\text{km}^2$  和  $6847\text{ind.}/\text{km}^2$ ；鱼类优势种为中华栉孔虾虎鱼，蟹类优势种为三疣梭子蟹和日本蟳，虾类、虾蛄类、头足类均无优势种；渔获物重量多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 1.36 (范围 0.46~1.92)，丰富度指数 ( $D$ ) 均值为 1.36 (范围 0.78~1.85)，均匀度指数 ( $J'$ ) 为 0.56 (范围 0.19~0.76)；尾数多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 1.60 (范围 0.98~1.90)，丰富度指数 ( $D$ ) 均值为 2.01 (范围 1.33~2.82)，均匀度指数 ( $J'$ ) 为 0.66 (范围 0.39~0.81)。

夏季拖网调查共鉴定游泳动物 50 种，其中鱼类 23 种，虾类 10 种，蟹类 12 种，虾蛄类 3 种，头足类 2 种；渔业资源重量和尾数密度分别为  $284.12\text{kg}/\text{km}^2$  和  $46045\text{ind.}/\text{km}^2$ ；鱼类优势种为龙头鱼和黑斑多指马鲛，虾类优势种为哈氏仿对虾和脊尾白虾，蟹类优势种为三疣梭子蟹，虾蛄类优势种为窝纹网虾蛄，头足类无优势种；渔获物重量多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 1.97 (范围 1.38~2.34)，丰富度指数 ( $D$ ) 均值为 2.01 (范围 1.42~2.70)，均匀度指数 ( $J'$ ) 为 0.69 (范围 0.50~0.83)；尾数多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 1.86 (范围 1.24~2.15)，丰富度指数 ( $D$ ) 均值为 2.58 (范围 1.89~3.58)，均匀度指数 ( $J'$ ) 为 0.65 (范围 0.45~0.76)。

秋季拖网调查共鉴定游泳动物 62 种，其中鱼类 30 种，虾类 12 种，蟹类 14 种，虾蛄类 5 种，头足类 1 种；渔业资源重量和尾数密度分别为  $408.77\text{kg}/\text{km}^2$  和  $24772\text{ind.}/\text{km}^2$ ；鱼类优势种为孔虾虎鱼，蟹类优势种为三疣梭子蟹，虾类、虾蛄类、头足类均无优势种；渔获物重量多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 1.40 (范围 0.66~2.07)，丰富度指数 ( $D$ ) 均值为 1.64 (范围 0.96~2.19)，均匀度指数 ( $J'$ ) 为 0.51 (范围 0.27~0.70)；尾数多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 1.84 (范围 1.04~2.33)，丰富度指数 ( $D$ ) 均值为 2.41 (范围 1.63~3.11)，均匀度指数 ( $J'$ ) 为 0.67 (范围 0.42~0.82)。

冬季拖网调查共鉴定游泳动物 26 种，其中鱼类 15 种，虾类 4 种，蟹类 4 种，虾蛄类 2 种，头足类 1 种；渔业资源重量和尾数密度分别为  $123.19\text{kg}/\text{km}^2$  和  $13152\text{ind.}/\text{km}^2$ ；鱼类优势种为矛尾虾虎鱼、黑鳃舌鳎和棘头梅童鱼，虾类优势种为脊尾白虾，蟹类优势种为三疣梭子蟹和日本蟳，虾蛄类、头足类均无优势种；渔获物重量多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 1.77 (范围 1.48~2.10)，丰富度指数 ( $D$ ) 均值为 1.19 (范围 0.85~1.73)，均匀度指数 ( $J'$ ) 为 0.77 (范围 0.66~0.91)；尾数多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 1.70 (范围 1.38~1.92)，丰富度指数 ( $D$ ) 均值为 1.70 (范围 1.21~2.49)，均匀度指数 ( $J'$ ) 为 0.74 (范围 0.60~0.90)。

## (2) 海洋生物遗传多样性分析

在生物生长旺期进行调查，选择当地常见的、有代表性的、在核电厂运行期间可获取的贝类、藻类、定居性鱼类和甲壳类生物样品，开展生物遗传多样性的调查分析。分析结果表明，调查海域选取的哈氏仿对虾、巨指长臂虾、脊尾白虾、三疣梭子蟹、口虾蛄、窝纹网虾蛄、多棘牡蛎、福建牡蛎、棘头梅童鱼、短吻红舌鳎、刀鲚和矛尾鰕虎鱼群体的遗传多样性处于较高水平，熊本牡蛎和青蚶群体的遗传多样性处于中等水平，龙头鱼、孔鰕虎鱼和曲浒苔群体的遗传多样性处于较低水平。各物种个体间遗传距离较小，均低于种间的遗传距离，属于种内差异。

## 2) 厂址周围海域渔业资源变化分析

自然资源部第二海洋研究所于 2019~2020 年对三门湾海域进行了渔业资源调查，将本次调查春季 (4 月)、夏季 (8 月)、秋季 (11 月) 和冬季 (1 月) 的调查结果与 2020 年 5 月、2019 年 8 月、11 月和 2020 年 2 月的调查结果比较，见表 2.3-2。结果表明，在种类组成上本次调查春季共出现游泳动物 46 种，略高于 2020 年 5 月的调查结果 (43 种)；在夏季、秋季和冬季航次中，本次调查中

共出现游泳动物种类均低于历史调查,其中夏季主要是由于鱼类种类数减少所致,秋季鱼类和甲壳类种类数均有降低,秋季甲壳类种类数降低。

从资源密度上看,本次调查除秋季与历史调查相近外,其它三个季节资源密度均低于 2019~2020 年的调查结果。优势种组成、资源量空间分布的对比分析表明,春季资源密度的降低主要是由于优势种类三疣梭子蟹的减少所致,在 2020 年 5 月的调查中,三疣梭子蟹占总资源密度的 71.13%,贡献了绝大部分的渔获量,而本次调查中三疣梭子蟹仅占 34.68%,这可能与三疣梭子蟹生活习性有关,资料表明,浙江中南部三疣梭子蟹在 4~6 月开始生殖洄游,本次调查在 4 月中上旬,尚未到三疣梭子蟹的繁殖盛期,致使调查中三疣梭子蟹渔获量较低,从而导致调查海域游泳动物资源密度较低。而夏季资源密度下降,主要是由于鱼类资源密度下降所致,优势种中龙头鱼的资源密度降低,此外在 2020 年出现了大量的集群性种类如银鲳,在本次调查中并未出现。

#### 2.3.3.4 主要经济鱼类和保护性海洋生物概况

##### 1) 保护区及保护性海洋生物

厂址半径 50km 范围内的海域无国家级自然保护区、无海洋特别保护区、无产卵场保护区,涉及一处国家级海洋公园——浙江象山花鸟岛国家海洋公园。

该海洋公园的范围包括花鸟岛及其附近 24 个岛礁和周边海域,主要分成重点保护区、生态与资源恢复区和适度利用区三个功能区,重点保护区包括东侧火山岩与海蚀海岩地貌、明末张苍水抗清兵营遗址、东部岛礁沙滩及生态系统。

本工程距离浙江象山花鸟岛国家海洋公园最近距离约 13km,本工程排水口和取水口距离象山花鸟岛国家海洋公园的最近距离分别为 13.5km 和 14.3km。

##### 2) 水产种质资源保护区

厂址半径 50km 范围海域分布有 2 处国家级水产种质资源保护区,分别为象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护区和东海带鱼国家级水产种质资源保护区。其中,象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护区位于取水口和排水口的西北方向,最近距离分别为 35.93km 和 36.82km;东海带鱼国家级水产种质资源保护区位于工程取水口和排水口的东面,最近距离分别为 14.19km 和 12.74km。

##### 3) 主要经济鱼类“三场一通道”分布

三门湾紧邻鱼山渔场,依靠半封闭海湾及其岛屿众多的优势,三门湾是多种经济鱼类生长、繁育的优良场所,特别是湾内的猫头洋,是大黄鱼的重要产卵场。

紧邻三门湾外侧的海域，也是经济鱼类小黄鱼、银鲳和白姑鱼等的产卵场。

## 2.3.4 工业、交通及其它相关设施

### 2.3.4.1 工业

#### 1) 工矿企业现状

##### (1) 矿业企业

厂址半径 5km 范围内矿产资源主要有 2 处。分别是三门县六敖镇晒谷岩建筑石料矿和三门县六敖镇白饒山普通建筑石料矿，其矿产均为建筑用凝灰岩。

##### (2) 工业企业

厂址半径15km范围内分布有12家年产值亿元以上的企业，主要从事砂石建材、船舶制造、电机电线（缆）制造等。厂址半径5km范围内分布有3家企业，为浙江三门永泰建材有限公司、浙江新洲造船股份有限公司和浙江成洲船业有限公司。

#### 2) 工矿企业规划

##### (1) 矿业企业

厂址半径5km范围内规划有1个省级建筑用石料矿集中开采区，即浙江省三门县健跳沿海建筑用石料矿集中开采区（CJ014），该开采区位于三门县。矿区开采时的炸药由专门爆破企业负责，矿山企业不贮存炸药。

##### (2) 工业企业

根据《三门县国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》和《三门县工业经济发展“十四五”规划》，三门县将贯彻落实工业4.0发展战略，以迈向产业链、价值链中高端为目标，提高产业链供应链稳定性和竞争力，推动制造业高质量发展，提升现代服务业专业化水平，促进产业平台高能级建设，加快构建具有竞争力的现代产业体系。

在产业布局上，发展“4+3+X”现代产业体系，坚定不移建设制造强县，巩固提升橡塑产业、电力能源产业、汽摩配、装备制造等四大优势产业，引导支持生物医药、冲锋衣、新型建材等三大特色领域发展，加快培育新材料、海洋装备、通航产业等若干新兴产业。其中，电力能源以核电、火电项目为切入点，重点推进三门核电二期和三期建设，稳步开发风力、光伏、潮汐发电和抽水蓄能等，引导核电、火电产业链向前后延伸，打造涵盖核电关联、能源装备及零部件等于一

体的清洁能源全产业链，力争成为全国领先的绿色能谷和浙江清洁能源基地。大力发展核电及其关联产业，引导核电、火电产业链向前后延伸。稳步开发风力、光伏、潮汐发电和抽水蓄能等，打造涵盖核电关联、能源装备及零部件等于一体的清洁能源全产业链，力争成为全国引领的绿色能谷和浙江清洁能源基地。到2025年，实现规上产值100亿元以上。

根据《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》（浙政函〔2024〕92号文批复）和《三门县工业经济发展“十四五”规划》，三门县将优化制造业园区布局，打造“1+X”高能级产业平台。整合1个省级开发区，强化三门经济开发区龙头地位。深入推进三门经济开发区整合提升，加快形成开发区“一区二片”总体布局。以“一区”经济开发区核心区为核心统领、临港产业城片区、沿海工业城片区“二片”为重要支点，打造浙江海洋经济重要节点、环三门湾区域统筹发展的重要引擎。其中，三门经济开发区核心区重点改造提升橡塑制品、汽摩配、装备制造等三大传统主导产业，东片区重点发展新材料、生物医药及新兴产业和现代服务业，同时着力抓好科创中心建设和孵化器建设，近期重点建设三门经济开发区医化园区；沿海工业城片区重点发展装备制造、新型建材、橡塑制品、汽摩配、生物医药、港口物流等产业；临港产业城片区重点发展船舶、海洋高端装备、清洁能源及电力产业和港口物流等现代临港产业。其中，临港产业城片区规划面积约30平方公里，南部为岙口塘、黄门塘、七市塘、下沙塘、洋市涂区块，北部包含六敖北塘原船厂海域、三门核电、农业园区非基本农田区块、大沙湾工业集聚区、六敖城镇发展区。

本工程位于临港产业城片区，与工业发展布局规划相符。其中临港产业城片区涉及厂址半径5km范围（规划限制区）的产业规划将依据规划限制区的管控要求，对新建和扩建项目加以引导或限制，确保不与核电厂发展冲突；三门经济开发区核心区和沿海工业城片区均位于厂址半径10km范围之外。

#### 2.3.4.2 危险品设施

##### 1) 固定危险源

###### (1) 危险品生产、贮存、销售企业

厂址半径15km范围危险品生产、贮存、销售企业主要是加油站和船舶、机电制造等企业，以及1个液化石油气储配站，共有25家。

厂址半径 15km 范围内共有 10 个加油站（含油库 1 座），距离厂址最近的

加油站为中国石化销售股份有限公司浙江台州三门石油支公司六敖加油站，位于厂址 WSW 方位约 5.6km 处，贮存和使用危险品为汽油、柴油，单罐最大贮存汽油 21.37t，柴油 24.22t。中国石化销售股份有限公司浙江台州三门石油支公司（健跳油库）位于厂址 SSW 方位约 7.1km 处，有 500m<sup>3</sup> 和 2000m<sup>3</sup> 的 0 号柴油贮罐各一座，以及 1 个 200m<sup>3</sup> 的燃料油罐。目前该油库仅贮存柴油，不对外销售，单罐最大贮存量为 421t。

厂址半径 15km 范围内共有 13 家生产、储存危险品企业，主要危险品为天然气、液氨和柴油等。其中距离厂址最近的贮存天然气的企业为浙江新洲造船股份有限公司，位于厂址 WNW 方位约 1.6km 处，单罐最大贮存量为 0.16t；天然气单罐贮存量最大的企业为台州海滨船舶修造股份有限公司，位于厂址 S 方位约 6.3km 处，单罐最大贮存量为 210m<sup>3</sup>；柴油单罐贮存量最大的企业为三门县盛峰石油化工有限公司，位于厂址 W 方位 11.8km 处，单罐最大贮存量为 330m<sup>3</sup>。

厂址半径 15km 范围内共有 1 家生产销售、贮存烟花爆竹企业，为三门银辉日用品有限公司，位于厂址 SSW 方位约 6.8km 处，最大贮存量不超过 22t。

厂址半径 15km 范围内有 1 个液化石油气储配站，为浙江省三门县六健液化气储配站，位于厂址 WSW 方位约 5.5km 处，单罐最大贮存量为 50m<sup>3</sup>。

## 2) 移动危险源

### (1) 危险品运输

厂址半径 15km 范围内易燃易爆危险品运输道路主要是：甬莞高速 G1523、国道 G228 及健跳镇城市道路海堤北路。主要运输物品包括炸药、烟花爆竹、液化石油气、汽油、柴油等，运输柴油的槽罐车最大装载量为 35t，运输炸药的专用车最大运输量不超过 8t。距离厂址最近的运输危险品的线路是海堤北路，运输的最近点位位置为赤头村附近，距离厂址 W 方位约 2.1km，一次最大运输量为 33t。

有毒有害化学品主要运输道路为甬莞高速 G1523 和国道 G228，运输的危险化学品有：甲酸、二氯乙烷、丁烷、丙丁烷、甲苯、丙酮、甲醇、乙醇、异丙醇等。甬莞高速 G1523 上运输有毒有害化学品的路线距离厂址最近处位于厂址 W 方位 5.8km，国道 G228 上运输有毒有害化学品的路线距离厂址最近处位于厂址 SW 方位 3.5km。

厂址半径15km范围内无危险品贮存和运输码头，不存在危险品装卸货情况。

## (2) 管线

厂址半径15km范围内无高压/次高压输气管线、无中压燃气管线主线；仅涉及位于健跳镇的镇域中压管网，均为入户燃气管线，管径管压均较小（管径在DN15~60，管压 $\leq 0.2\text{MPa}$ ）。

根据《三门县燃气专项规划修编（2024~2035）》（成果批复稿，2024年3月），厂址半径15km范围内规划建设三门城镇高压（次高压）输气管线（从门站至浦坝港镇），距离厂址最近的规划次高压管道为位于厂址WSW方位约7km处的海润调压撬至浦坝港次高压管道，设计压力为1.6MPa，管径为DN400，长度29km。厂址半径15km范围内近期规划建设92km中压管道，远期规划建设190km中压管道，其中距离厂址最近的规划中压主干线位于厂址W方位约2.5km处，设计压力为0.4MPa，管径为DN225。

## 3) 与上一阶段对比情况

对于固定危险源，与2018年相比，厂址半径15km范围危险品生产、贮存、销售企业由2018年的11家增加至2023年的25家，主要新增了13家危险品贮存企业、1家加油站和1家烟花爆竹企业；2018年有1个炸药库，2023年无炸药库分布。

对于移动危险源，与2018年相比，厂址半径15km范围移动危险源除了炸药、油、气等危险品运输外，新增有毒有害化学品的运输。2018年和2023年厂址半径15km范围内均无高压/次高压输气管线、无中压燃气管线主线分布。

经评估，上述危险品生产/贮存/销售企业、危险品运输及输/燃气管线的存在或运行不会影响本工程的建设 and 安全运行。

## 2.3.4.3 交通

### 1) 陆上交通

#### (1) 公路交通

##### ● 厂区外围现有道路

本工程厂址半径15km范围内主要由高速公路甬莞高速G1523和常台高速G1522、国道G228、省道S224、城市道路、县乡道等构成的交通运输网络。其中，甬莞高速G1523和常台高速G1522、国道G228、省道S224、城市道路海堤北路（进厂道路）和疏港公路为一级公路，城市道路海堤南路（应急道路）为二级公路，其余道路均为三级或四级公路。除进厂道路和应急道路外，距离厂址最

近的道路为县道 X508，位于厂址 W 方位 1.6km 处，厂址附近交通便利。

### ● 厂区外围规划道路

根据《三门县综合交通运输发展“十四五”规划》，厂址半径 15km 范围内主要规划公路为：纵 1、纵 2、纵 3，通道 1，疏港 1。其中，“纵 1”为国道 G228 宁海一市（指宁海县一市镇）至三门桃渚段（距厂址 SW 方位 3.7km）；“纵 2”为沿海高速公路（距厂址 W 方位 5.5km），北接宁波，南连温州；“纵 3”为宁海一市一三门蛇蟠一六敖一横渡公路（距厂址 WSW 方位 4.4km）；“通道 1”为三门湾二通道（距厂址 ESE 方位 4.2km），起自疏港公路一期，经龙山岛、田湾岛，至宁海，为三门经三门湾至宁海的第二通道；“疏港 1”为疏港公路（距厂址 S 方位 7.1km），起自现状疏港公路一期与国道 G228 相交处，经健跳港、牛头山作业区、浦坝港，与国道 G228 相交。

另外，厂址半径 15km 范围宁海县境内规划建设宁海联络线（距厂址 NNE 方位 5.2km），双向四车道，长约 58.3km；S204 鄞州至玉环公路（距厂址 NW 方位 14.4km），为一级公路，长约 42km；S314 象山至天台段（距厂址 N 方位 7.7km），为一级公路，长约 66km。力洋王通连接线（距厂址 N 方位 8.5km），为一级公路，长约 16km；桑泳线—蛇蟠连接线（距厂址 N 方位 5.5km），为二级公路，长约 39km。

### ● 进场道路和应急道路

三门核电厂的应急道路和进场道路均在一期工程已建设完毕并通车。目前进出核电厂区较为便捷。

应急道路为海堤南路，沿线经过大冲村、里峙村后向东北穿过猫头山隧道（长约 700m）到达三门核电厂区西南角。目前应急道路为人员进出核电厂主要道路。

本工程进厂道路为海堤北路段，与国道 G228（原 74 省道）在马庄附近交汇，从马庄附近下国道 G228 后向北即进入进场道路，进场道路在盐灶村附近拐向东面，经过永丰、门头和赤头村后到达核电厂的西北角。

### （2）铁路交通

本工程厂址半径 15km 范围内无铁路分布。距离厂址最近的铁路位于厂址 W 方位 22km 处，为甬台温铁路。

根据《三门县综合交通运输发展“十四五”规划》和《宁海县综合交通运输发展“十四五”规划》，厂址半径 15km 范围内不涉及宁海县铁路规划、三门县

主要规划铁路为：纵 3、横 2、横 3。其中，“纵 3”为头门港-健跳港铁路支线（距厂址 SSW 方位 5.7km）；“横 2”为甬台温铁路健跳支线（距厂址 SSW 方位 5.6km）；“横 3”为台州市域铁路 S1 线三门段（距厂址 SW 方位 4.7km）。

## 2) 海上交通

### (1) 港口与码头

厂址半径 15km 范围内涉及的港口为台州港健跳港区。健跳港区是台州港六大港区之一，位于台州港北部，陆域北起蛇蟠岛北端，南至洞港。北接宁波宁海县、象山县，南邻台州临海市，西临台州天台县。健跳港区分为六敖作业区、洋市涂作业区、七市塘作业区、牛山作业区 4 个作业区和浦坝港点。目前这 4 个作业区和浦坝港点均处于开发和建设中，具体的产业规划和设计如下：

- 六敖作业区（中心点位于厂址 WNW 方位，约 3.7km）

位于健跳镇北侧、猫头山以西，以水泥、矿石、矿建材料、钢铁等大宗散货、件杂货运输为主，具备仓储、堆存、物流、临港工业等功能，服务周边地区物资运输和后方临港产业发展，是近期重点集聚发展区域。规划六敖作业区陆域纵深约 150 米—550 米，陆域面积约 1.6 平方千米，岸线总长约 4.0 千米。规划布置 1 万—3.5 万吨级通用泊位共 18 个，根据后方产业需求可适当布置重件码头，通过能力约 2150 万吨。

- 洋市涂作业区（中心点位于厂址 SSE 方位，约 7.5km）

位于健跳江口门处高湾山东侧，主要服务于后方临港工业。规划形成码头岸线约 1.9 千米。由柴爿花嘴向下游布置 3.5 万—7 万吨级的通用泊位 5 个，陆域纵深约 150 米—450 米，通过能力约 800 万吨。

- 七市塘作业区（中心点位于厂址 SSW 方位，约 7.5km）

位于健跳港南岸，以散货、件杂货运输为主，近期兼顾发展临港工业，配套为渔船等提供加油服务。远期主要为城市生产、生活提供物资运输。规划自西向东顺岸布置 2 千—1 万吨级码头泊位 12 个，健跳大桥至健跳多用途码头之间可布置 3—4 个 2000 吨级泊位（含油品泊位 1 个），在口门位置（原金茂船厂至门头嘴）处可布置万吨级泊位，通过能力约 630 万吨。

- 牛山作业区（中心点位于厂址 SSE 方位，约 11.7km）

以煤炭运输为主，主要服务后方电厂生产，为地区生产生活提供电力能源供应保障。规划布置 3.5 万—7 万吨级煤炭泊位 2 个，3 千吨级通用泊位 1 个，通

过能力约 950 万吨。

- 浦坝港点（不在厂址半径 15km 范围内）

暂未进行相关规划。

厂址半径 15km 范围内不涉及危险品储存和海上运输。

厂址半径 15km 范围内共有现状码头 13 座和规划建设码头 4 座，除本厂址重件设备海运码头外，距离厂址最近的码头为台州港健跳港区台州市北部湾区集团现代建材产业项目码头，位于厂址 WNW 方位约 2.3km 处。根据现场调查，规划建设码头中除三门恒投工贸有限公司 3.5 万吨级码头处于待建设状态外，其余码头现均已完工。厂址半径 15km 范围内码头无危险品贮存和运输。

## （2）水道

三门湾内港汊航道水道较多，主要有猫头水道、蛇蟠水道等，两个水道也是船舶进出三门湾内各港汊的主要水道，各水道概况如下：

a) 蛇蟠水道介于蛇蟠岛与南侧大陆之间，呈东~西走向，宽约 1.5km，水道东口与猫头水道、青山水道相接，西口连接旗门、正屿、海游三港。该水道最近处位于厂址 N 方位 3.8km 处。由于浦西片区没有停泊大型船只的能力，所以目前通过该水道的均是一些吨位不大的小型货船，主要运载沙石、建材等。

b) 猫头水道介于下万山，田湾岛与西南侧的大陆之间，呈西北~东南走向，宽约 2.2km，北口与蛇蟠水道、青山水道相接，该水道是进出三门湾内西北部各港汊的主要通道，北口猫头半岛为本工程所在厂址，中段设有小轮锚地，进出船舶相对较多。该水道最近处位于厂址 E 方位 2km。

## （3）航道

根据《台州港健跳港区规划修订方案（2021-2030 年）》（2024 年 3 月批复），厂址半径 15km 范围内有 4 条航道，分别为健跳港主进港航道、猫头水道支航道、牛山作业区支航道、恒投工贸接线航道。其中，健跳港主进港航道可满足 3.5 万吨级满载乘潮通航，航道长度 51.2km，航道宽度 400m，位于厂址 S 方位上约 7.0km 处，主要装载货物为水泥、非金属矿石等；猫头水道支航道可满足 5000 吨级货船满载乘潮通航，航道长度 13.65km，航道宽度 200m，位于厂址 NE 方位上约 1.5km 处，主要装载货物为煤炭、水泥、非金属矿石等，厂址附近船厂船只的下水作业均会通过该航道进行；牛山作业区支航道可满足 3.5 万吨级散货船满载乘潮双向通航，航道长度 5.3km，航道宽度 200m，位于厂址 SW 方位上约

11.5km 处，主要装载货物煤炭等；恒投工贸接线航道可满足 5000 吨级货船满载单向通航，航道长度 2.6km，航道宽度 100m，位于厂址 NW 方位上约 2.5km 处。

规划健跳港区进港航道包括健跳港区进港主（北）航道、健跳港区进港南航道、洋市涂作业区支航道、猫头水道支航道、牛山作业区支航道、健跳江支航道和三门湾支航道。厂址半径 15km 范围内航道无危险品运输。

本工程已在取排水口堤头设置标示设施以标示其位置，提示船舶及其他设施航行或锚定时避开，避免与取排水构筑物发生碰撞，确保取排水口安全。

#### （4）锚地

根据《台州港健跳港区规划修订方案（2021-2030 年）》（2024 年 3 月批复），厂址半径 15km 范围内共涉及健跳港区已建成的 4 块锚地，分别为大甲山待泊锚地（位于厂址 ESE 方位约 11.5km 处）、三门湾大中型船舶避风锚地 1 号（位于厂址 ENE 方位约 2.5km 处）、三门湾大中型船舶避风锚地 2 号（位于厂址 ESE 方位约 3.7km 处）、三门湾引航检疫锚地（位于厂址 ESE 方位约 10.0km 处）。

厂址半径 15km 范围内涉及健跳港区规划建设 2 块锚地，分别为三门湾大中型船舶避风锚地 3 号（位于厂址 N 方位约 2.3km 处），主要功能为应急与避风；健跳危险品锚地（位于厂址 SE 方位约 9.0km 处），主要功能为应急和待泊。

#### （5）渔港

三门健跳港原为二级渔港，现已建设为国家一级渔港，有浮码头 6 个，泊位长度 270m，趸船 6 艘，引桥 3 座，围堤 1180m，陆域回填 4.5 万 m<sup>2</sup>，港区道路 1.26 万 m<sup>2</sup>，综合执法办证中心 800m<sup>2</sup>，港区水电、通讯导航等配套设施齐全，集渔货装卸、物资补给、航运停泊、集市贸易等多种功能于一体。健跳渔港位于厂址 S~SSE 方位 7.5km 处。

### 3）机场及航空线

厂址半径 16km 范围内没有民用机场，距离厂址最近的机场是位于厂址 SW 方位约 60km 处的台州路桥机场（原为黄岩路桥机场）。2021 年，台州路桥机场共完成旅客吞吐量 133.8960 万人次，货邮吞吐量 1.0151 万吨，飞机起降 1.2081 万架次。

台州路桥机场改扩建项目于 2024 年 12 月 26 日正式投运。台州路桥机场改扩建工程包括在跑道东侧建设一条长 2500 米、宽 30 米的平行滑行道，两侧道肩各宽 7 米；在平行滑行道和跑道之间建设两条端联络道，考虑增补后道面宽 31

米，两侧道肩各宽 7.5 米；在站坪与平行滑行道之间建设三条垂直联络道，北侧两条道面宽 39 米，两侧道肩各宽 7.5 米，南侧一条道面宽 25 米，两侧道肩各宽 5 米。新建 3.5 万平方米航站楼和塔台等设施，新建 6 架登机桥和楼前高架桥，新建站坪尺寸为 820 米×101 米，共设置 16 个机位（2B14C），其中 1 个 B 类机位兼做除冰机位，北端 1 个 C 类机位为隔离机位，可满足年旅客吞吐量 250 万人次、货邮吞吐量 2.5 万吨的使用需求。

厂址半径 15km 范围宁海县境内规划宁海通用机场，位于厂址 N 方位约 7.8km。宁海通航机场位于宁海县下洋涂区域，总投资约 6.44 亿元，用地规模约 32.47 公顷，一期跑道规模 800×30 米，远期拓展预留 1800×45 米，属 A1 类通航机场，飞行区等级指标 1B。项目建成后主要用于工农业生产、航空器试飞、飞行培训、航空应急救援、航空短途运输、航空旅游运动等活动。目前，机场仍在建设中。该通用机场对核电厂厂址发生的坠机频率小于核电厂外部人为事件筛选值 1.0E-07 次/年，对三门核电厂厂址安全不构成影响。

厂址半径 15km 范围三门县规划有三门花鼓漫岛水上通用机场，距离厂址 13.2km，W 方位，其性质为基地型水上机场，使用（设计）机型为塞斯纳 208B-EX 水陆两栖型，拟开展的飞行活动包括短途运输、航空消费、飞行训练和应急作业等，机场类别为 A2 类水上机场，拟选址于花鼓漫岛金鳞大道东侧金鳞湖水域，后续需关注该机场的航线规划，保证不会影响核电厂的正常运行。

台州路桥机场有 9 家航司在此运营 22 条航线，通航 23 座城市的 25 座机场。

厂址半径 4km 范围内没有民航飞机航线通过。

表 2.3-1 2023~2024 年厂址附近海域海洋生态生物多样性指数统计

| 物种 \ 季节   | 春<br>(大潮期) | 春<br>(小潮期) | 夏    | 秋    | 冬    |
|-----------|------------|------------|------|------|------|
| 浮游植物 (表层) | 1.67       | 1.84       | 2.06 | 1.88 | 1.33 |
| 浮游植物 (底层) | 1.43       | 2.00       | 2.33 | 2.08 | 1.41 |
| 浮游动物      | 2.17       | 2.36       | 2.92 | 3.75 | 2.31 |
| 大型底栖生物    | 2.55       |            | 2.02 | 2.61 | 2.63 |
| 岩相潮间带生物   | 2.48       |            | 2.64 | 1.55 | 2.12 |
| 软相潮间带生物   | 3.36       |            | 3.09 | 2.99 | 2.44 |

表 2.3-2 渔业资源调查本次结果与历史调查结果对比表

| 调查航次                  | 类群  | 种类数 |    |    |    | 资源密度               |                    |                    |                    | 优势种                                                                                                                                 |
|-----------------------|-----|-----|----|----|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |     |     |    |    |    | 春季                 | 夏季                 | 秋季                 | 冬季                 |                                                                                                                                     |
|                       |     | 春季  | 夏季 | 秋季 | 冬季 | kg/km <sup>2</sup> | kg/km <sup>2</sup> | kg/km <sup>2</sup> | kg/km <sup>2</sup> |                                                                                                                                     |
| 本次调查                  | 鱼类  | 24  | 20 | 21 | 11 | 37.16              | 103.02             | 125.07             | 77.78              | 春季：中华栉孔虾虎鱼、孔虾虎鱼、三疣梭子蟹和日本蟳；<br>夏季：龙头鱼、黑斑多指马鲛、哈氏仿对虾、脊尾白虾、三疣梭子蟹、窝纹网虾蛄；<br>秋季：孔虾虎鱼、棘头梅童鱼、三疣梭子蟹、窝纹网虾蛄；<br>冬季：矛尾虾虎鱼、黑鳃舌鳎、棘头梅童鱼、脊尾白虾、三疣梭子蟹 |
|                       | 甲壳类 | 21  | 21 | 19 | 9  | 62.08              | 154.38             | 263.51             | 47.48              |                                                                                                                                     |
|                       | 头足类 | 1   | 2  | 1  | 1  | 2.36               | 0.58               | 0.56               | 0.57               |                                                                                                                                     |
| 历史调查<br>(2019~2020 年) | 鱼类  | 14  | 48 | 27 | 15 | 39.96              | 559.94             | 97.85              | 299.81             | 春季：三疣梭子蟹和中华栉孔虾虎鱼；<br>夏季：口虾蛄和龙头鱼；<br>秋季：三疣梭子蟹和龙头鱼；<br>冬季：三疣梭子蟹                                                                       |
|                       | 甲壳类 | 28  | 19 | 32 | 15 | 306.67             | 247.48             | 421.23             | 54.3               |                                                                                                                                     |
|                       | 头足类 | 1   | 2  | 0  | 0  | 0.22               | 2.15               | 0                  | 0                  |                                                                                                                                     |

## 2.4 气象

### 2.4.1 区域气候

#### 2.4.1.1 一般气候

三门核电厂址区域位于浙江省的东部沿海，台州地区东北部，属中亚热带季风气候区，总的气候特点是：四季分明，温和湿润，雨量充沛，日照较多，气候资源多样、丰富。受东亚季风影响，该地区冬夏盛行风向有显著变化，降水有明显的季节变化。冬季盛行从大陆吹来的偏北风，气温较低，雨水较少；夏季盛行从海洋吹来的偏南风，湿大雨多，气温较高。由于位于中低纬度的沿海地区，加之地形起伏较大，同时受西风带和东风带天气系统的双重影响，主要的气象灾害有热带气旋、暴雨、干旱、冰雹、低温、大雾等。

春季，东亚季风处于冬季风向夏季风转换的交替季节，南北气流交汇频繁，低气压和锋面活动加剧。浙江春季气候特点为阴冷多雨，沿海和近海时常出现大风，全省雨水增多，天气晴雨不定。春季主要气象灾害有暴雨、冰雹、大风、倒春寒等。

夏季，随着夏季风环流系统建立，浙江境内盛行东南风，西北太平洋上的副热带高压活动对浙江天气有重要影响，而北方南下冷空气对浙江天气仍有一定影响。初夏，浙江各地逐步进入汛期，俗称“梅雨”季节，暴雨、大暴雨出现概率增加，易造成洪涝灾害；盛夏，受副热带高压影响，浙江易出现晴热干燥天气，造成干旱现象；夏季是热带风暴影响浙江概率最大的时期。浙江夏季气候特点为气温高、降水多、光照强、空气湿润，气象灾害频繁。夏季主要气象灾害有台风、暴雨、干旱、高温、雷暴、大风、龙卷风等。

秋季，夏季风逐步减弱，并向冬季风过渡，气旋活动频繁，锋面降水较多，气温冷暖变化较大。浙江秋季气候特点：初秋，易出现淅淅沥沥的阴雨天气；仲秋，受高压天气系统控制，易出现天高云淡、风和日丽的秋高气爽天气；深秋，北方冷空气影响开始增多，冷与暖、晴与雨的天气转换过程频繁，气温起伏较大。秋季主要气象灾害有台风、暴雨、低温、阴雨寡照、大雾等。

冬季，东亚冬季风的强弱主要取决于蒙古冷高压的活动情况，浙江天气受制于北方冷气团（即冬季风）的影响，天气过程种类相对较少。浙江冬季气候特点是晴冷少雨、空气干燥。冬季主要的气象灾害有寒潮、冻害、大风、大雪、大雾等。

#### 2.4.1.2 区域气象的平均值与极端值

根据厂址代表性气象站石浦气象站 1956~2022 年的气象观测资料,统计区域常规气象参数如下:

##### (1) 气压

累年平均气压为 1001.5hPa, 12 月平均气压最高, 为 1010.2hPa, 7 月平均气压最低, 为 991.6hPa。极端最高气压为 1025.1hPa, 出现在 2000 年 1 月 31 日, 极端最低气压为 954.5hPa, 出现在 2012 年 8 月 8 日。

##### (2) 气温

累年平均气温为 16.6℃, 8 月平均气温最高, 为 27.3℃, 1 月平均气温最低, 为 5.9℃。极端最高气温为 38.8℃, 出现在 1971 年 8 月 20 日, 极端最低气温为 -7.5℃, 出现在 1967 年 1 月 16 日。

##### (3) 湿度

累年平均相对湿度为 80%, 6 月平均相对湿度最高, 为 90%, 12 月平均相对湿度最低, 为 71%。累年最小相对湿度为 4%, 出现在 2 月。

##### (4) 日照

累年平均日照时数为 1899.6h, 7 月平均日照时数最多, 为 242.0h, 2 月平均日照时数最少, 为 110.2h。累年平均日照百分率为 43%, 8 月平均日照百分率最高, 为 59%, 6 月平均日照百分率最低, 为 31%。

##### (5) 蒸发

累年平均蒸发量为 1308.5mm, 7 月平均蒸发量最多, 为 177.5mm, 2 月平均蒸发最少, 为 59.7mm; 累年各月最大蒸发量最高值出现在 8 月, 为 278.3mm, 累年各月最小蒸发量最低值出现在 12 月, 为 37.0mm。

##### (6) 降水

累年平均降水量为 1434.5mm, 年降水量的年际变化较大, 最大值出现在 2021 年, 为 2182.0mm, 最小值出现在 2003 年, 为 778.9mm。降水大多集中在夏半年, 6 月降水日数最多, 为 17.6 天, 12 月降水日数最少, 为 9.7 天; 6 月平均降水量最大, 为 212.7mm, 其次为 9 月份, 平均月降水量为 188.3mm, 12 月平均降水量最小, 为 55.5mm。历年一日最大降水量为 286.7mm, 出现在 2017 年 10 月 15 日; 一小时最大降水量为 82.1mm, 出现在 1991 年 8 月 13 日 4 时。最大连续日降水量为 482.1mm, 自 1963 年 9 月 8 日~9 月 19 日, 持续 12 天; 最长连续

降水日数为 24 天，自 2009 年 2 月 14 日~3 月 9 日，总降水量为 201.1mm。

(7) 风

累年平均风速为 5.1m/s；记录范围内极大风速为 57.9m/s（风向 ENE），出现在 1989 年 7 月 21 日；最大风速为 40.0m/s（风向 ENE），出现在 1979 年 8 月 24 日。全年最多风向为 N，频率为 15.8%；次最多风向为 NE，频率为 12.2%；全年静风频率为 3.3%，2006 年起自动站单轨运行后，静风频率为 1.6%。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 热带气旋

本工程所在厂址于 2022 年开展热带气旋复核，在前期成果的基础上，补充收集至 2020 年的热带气旋资料。2013~2020 年期间，穿越或登陆厂址 400km 半径范围内的热带气旋共有 29 个，平均每年 4.14 个。其中，超强台风 4 个、强台风 5 个、台风 3 个、强热带风暴 5 个，热带风暴 7 个，热带低压 5 个。主要发生于 6~10 月份，发生次数分别为 2 次、9 次、10 次、7 次和 1 次，11 月~翌年 5 月均没有过程发生。穿越或登陆工程海域的强台风多发生在西北和东北方向上。2013~2020 年期间，西北向型的台风共出现 12 次，其中，发生的最强台风为 1909 号台风；东北向型的台风共出现 12 次，其中，发生的最强台风为 1913 号台风。

1949~2020 年共 72 年中，热带气旋影响厂址区域最多的年份是 1985 年，出现 7 个，次多的一年有 6 个热带气旋，出现年份为 1955 年、1960 年、1966 年、1989 年、1990 年、2000 年、2013 年和 2018 年。有 10 个年份热带气旋只出现过 1 次。厂址区域没有遭到热带气旋影响的年份共有 3 年，分别为 1991 年、1993 年和 1996 年。

根据 1949~2020 年厂址 400km 半径范围内热带气旋资料，每年选择一个年热带气旋中心最低气压，如果某年没有热带气旋进入该区域，该年最低气压就取热带气旋中心气压年极值样本中的最高值（998hPa）作为统计样本。根据 P-III 型统计法计算结果，千年一遇热带气旋中心气压为 891hPa，与原建造阶段设计基准 888.82hPa 基本一致，且被原设计基准所包络，因此维持原设计基准  $P_0$  不变，复核后的设计基准热带气旋参数：

|            |           |
|------------|-----------|
| 中心气压 $P_0$ | 888.82hPa |
| 边缘气压 $P_n$ | 1007.5hPa |

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| 最大风速半径 R                      | 30km    |
| 气旋平移速度 T                      | 25km/h  |
| 百年一遇热带气旋 10min 最大风速 $V_{max}$ | 54.6m/s |

#### 2.4.2.2 龙卷风

龙卷风调查范围为厂址为中心经度和纬度各  $3^\circ$  区域，调查时按照行政区县市开展工作，实际调查面积约为  $53681\text{km}^2$ 。收集了调查范围内 1949 至 2022 年共 74 年龙卷风资料，经统计，收集到厂址划定区域有记录的龙卷风个例 139 例。

1949~2022 年，在划定区域内有 37 个县区均出现过龙卷风，其中慈溪市龙卷风出现的次数最多，发生 19 次，占总次数的 13.7%；其次是温岭市，出现过 13 次，占总次数的 9.4%；余姚市位居第三，出现过 11 次，占总次数的 7.9%。

龙卷风活动的年际差异较大，活动少的年份可连续几年都没有记录，而活动频繁的年份达到 8 次。1996 年和 2003 年最多，出现了 8 次；1984 年、1986 年和 2000 年出现了 7 次龙卷风；1983 年、1987 年出现了 6 次龙卷风；有 4 年每年出现了 5 次龙卷风，分别是 1977 年、1998 年、2001 年和 2005 年；有 24 个年份没有龙卷风的记录；有 20 个年份龙卷风只出现过 1 次；11 个年份出现 2 次龙卷风；4 个年份出现 3 次龙卷风；4 个年份出现 4 次龙卷风；出现 3 次以上龙卷风的年份较少。

龙卷风多发生在春、夏二季。其中夏季最多，占总的 59.7%；春季次之，占总的 27.3%；秋季和冬季各占 12.2%和 0.7%。7 月份发生龙卷风的次数最多，约占总的 37.4%；其次是 8 月份，占 15.8%；4 月份位居第三，占 12.9%。

调查结果显示，厂址区域在 1949~2022 年内有 139 例龙卷风记录，可用于分级的灾情记录有 134 次，其中评定 F3 级 1 次，F2 级 19 次，F1 级 67 次，F0 级 47 次。

根据《核电厂厂址选择的极端气象事件（不包括热带气旋）》（HAD101/10）的要求，龙卷风的设计基准按照每年  $10^{-7}$  概率来进行评价。采用区域内总样本做出各强度级别龙卷风的累积频数曲线和拟合函数，经龙卷风流场模型计算得到： $10^{-7}$  概率对应的风速为 84m/s，设计基准龙卷风为 F3 级。

本次复核计算所得设计基准龙卷风最大风速为 84m/s，原建造阶段设计基准为 92m/s。基于合理偏保守考虑，设计基准龙卷风维持原设计基准，即设计基准龙卷风特征参数为：

|          |           |
|----------|-----------|
| 最大风速     | 92m/s     |
| 最大旋转风速   | 74.1m/s   |
| 最大旋转风速半径 | 50.0m     |
| 最大平移速度   | 17.9m/s   |
| 总压降      | 63.7hPa   |
| 最大压降速率   | 22.8hPa/s |

#### 2.4.2.3 极端温度

本厂址于 2023 年对极端气温开展复核，分别收集厂址周边 80km 范围内宁海站、三门站、石浦站、临海站、洪家站截至 2022 年极端最高和最低气温并开展 Gumbel 分布拟合，结果表明极端最高温度以三门站最保守，为 43.3℃；极端最低温度以宁海站最保守，为-11.6℃。

原设计基准气温为：厂址百年一遇极端最高气温为 39.9℃，百年一遇极端最低气温为-8.9℃。本次复核结果较原设计基准更保守，因此推荐以本次复核结果为设计基准，即厂址百年一遇极端最高气温为 43.3℃，百年一遇极端最低气温为-11.6℃。

#### 2.4.2.4 极端风速

本厂址于 2023 年对极端风速开展复核，分别收集厂址周边 80km 范围内宁海站、三门站、石浦站、临海站、洪家站截至 2022 年最大风速并开展 Gumbel 分布拟合，结果表明最大风速以石浦站最保守，百年一遇最大风速为 45.4m/s；极大风速以石浦站极大风速—最大风速相关关系拟合得到的结果最为保守，百年一遇极大风速拟合结果为 65.3m/s。

原设计基准风速为：厂址百年一遇最大风速为 45.1m/s，厂址百年一遇极大风速为 62.3m/s。2023 年复核结果表明，台站风百年一遇最大风速为 45.4m/s、百年一遇极大风速为 65.3m/s；热带气旋百年一遇最大风速为 54.6m/s、百年一遇极大风速为 76.4m/s，结合国家核安全局 2024 年 10 月颁发的《三门核电厂 5、6 号机组场址选择审查意见书》（国核安证字第 2420 号），以热带气旋风速成果为设计基准，即厂址百年一遇最大风速为 54.6m/s，厂址百年一遇极大风速为 76.4m/s。

#### 2.4.2.5 极端降水

根据截至 2012 年的降水资料，计算 PMP：

### 1) 概率论方法

历年最大日降水量序列，资料年限为 1956 年~2012 年。

历年最大小时降水量序列，资料年限为 1961 年~2012 年。采用 P-III 分布对核电厂不同重现期最大 5min、最大 10min、最大小时、最大一日及最大三日极端降水进行极值统计计算。

### 2) 确定论方法

分别采用查《浙江省 PMP 暴雨图集》法、水汽放大法、移置暴雨放大法推求厂址的可能最大降水。按照“安全合理”原则，采用结果偏安全的移置暴雨放大法计算值作为推荐值，确定厂址 24 小时 PMP 为 1200mm。采用厂址附近代表雨量站海游站的万年一遇暴雨参数，用以推求短历时可能最大暴雨。

综合上述成果，推荐三门核电厂各历时 PMP 设计基准值分别为：5min PMP 为 54mm，10min PMP 为 86mm，1h PMP 为 285mm，24h PMP 为 1200mm。

#### 2.4.2.6 极端积雪

本厂址于 2023 年对极端积雪开展复核，分别收集厂址周边 80km 范围内宁海站、三门站、石浦站、临海站、洪家站截至 2022 年积雪深度和冬季 48h 降雨资料并分别开展 P-III 分布及 Gumbel 分布拟合，取该地区平均积雪密度来计算雪水当量，即取  $\rho = 0.2\text{t/m}^3$ 。叠加各站积雪和冬季 48h 降雨的计算结果表明，石浦站 P-III 分布拟合结果最保守，百年一遇雪压为  $2.522\text{kN/m}^2$ 。

原设计基准积雪为：厂址百年一遇雪压  $2.17\text{kN/m}^2$ 。本次复核结果较原设计基准更保守，因此推荐以本次复核结果为设计基准，即厂址百年一遇雪压为  $2.522\text{kN/m}^2$ 。

#### 2.4.2.7 其他灾害事件

根据厂址周边 80km 范围内天台、鄞州、奉化、象山、宁海、三门、石浦、临海、洪家和大陈共 10 个气象站自建站至 2022 年观测资料，统计其他灾害事件如下：

##### 1) 雷暴和闪电

自建站至 2013 年，天台出现雷暴日数最多，年均为 44.3 天；临海次之，年均 43.0 天；象山出现雷暴日数最少，年均 22.0 天。雷暴较多出现于夏季 6、7、8 月份；冬季雷暴记录较少。

厂址附近区域自建站到 2013 年累年出现闪电日数介于 1.8~42.5 天之间，其

中洪家站出现闪电日数最多，年均 42.5 天；大陈站次之，年均 40.2 天；象山出现闪电日数最少，年均 1.8 天。闪电也多出现于夏季 6、7、8 月份；春、秋季较少，冬季几乎没有闪电的记录。

## 2) 飏线

自建站到 2022 年，天台站出现飏最多，共出现 71 天，年均 1.37 天；鄞州站次之，共出现 65 天，年均 0.93 天。

## 3) 暴雨

自建站至 2022 年，洪家出现暴雨以上强度的日数最多，累年总计为 337 天；其次是宁海，累年总计为 335 天；象山站出现暴雨以上强度的累计日数最少，为 93 天。

## 4) 冰雹

自建站至 2022 年，鄞州和洪家出现冰雹的日数最多，年均 0.3 天；其次是天台、宁海、石浦、临海和大陈，年均 0.2 天。一日之中，冰雹多出现在午后到前半夜。主要分布在春、夏、秋三季，冬季冰雹天气记录较少。

## 5) 大风

大风是指瞬时风力 $\geq 8$ 级（风速 17m/s）。

自建站至 2022 年，大陈出现大风的日数最多，年均 129.5 天；其次是石浦，年均 67.7 天；洪家最少，年均只有 3.4 天。大风多发生于春、夏季，7、8 月份为大风的高峰期。

## 6) 大雾

自建站至 2022 年，大陈年均雾日数出现最多，为 103.2 天；其次是石浦，年均出现雾日数为 59.9 天；最少是象山，年均出现大雾的日数为 12.7 天。

## 7) 干旱

干旱往往与热浪相连。高温日数是指日最高气温 $\geq 35.0^{\circ}\text{C}$ 日数。

自建站至 2022 年，天台高温日数出现天数最多，年均 22.5 天；其次为临海，年均 19.4 天；大陈站高温日数出现最少，年均 0.02 天；石浦站出现高温日数较少，累年年均 2.3 天。

## 8) 霜冻

自建站至 2022 年，鄞州累年平均霜冻日数最多，为 35.2 天；其次是宁海，累年平均霜冻日数为 30.9 天；石浦站累年平均霜冻日数为 10.0 天；大陈最少，

累年平均霜冻日数为 1.8 天。霜冻天气主要集中出现在 1、2 和 12 月。冬季霜冻最多。

#### 9) 寒潮

自建站以来到 2022 年,天台站寒潮过程最多,累年平均寒潮天气为 2.1 天;其次是象山和石浦,累年平均寒潮天气为 2.0 天;三门累年平均寒潮天气最少,为 1.1 天。

### 2.4.3 当地气象条件

根据厂址气象站 2023 年 1 月~2024 年 12 月两整年气象观测资料,以及代表性气象站石浦气象站 1956~2022 年的气象观测资料,分析厂址区域的气压、气温、湿度、降水、风速、风向等气象参数值如下:

#### 1) 气压

厂址气象站年平均气压为 1007.5hPa, 1 月平均气压最高,为 1017.6hPa, 8 月平均气压最低,为 996.5hPa。

石浦气象站累年平均气压为 1001.5hPa, 12 月平均气压最高,为 1010.2hPa, 7 月平均气压最低,为 991.6hPa。

#### 2) 气温

厂址地面气象站观测的年平均气温为 18.1℃, 7 月平均气温最高,为 29.2℃, 1 月平均气温最低,为 7.1℃。观测期间,极端最高气温为 37.7℃,出现在 2023 年 7 月 4 日;极端最低气温为-3.8℃,出现在 2024 年 1 月 23 日。

石浦气象站累年平均气温为 16.6℃, 8 月平均气温最高,为 27.3℃, 1 月平均气温最低,为 5.9℃。极端最高气温为 38.8℃,出现在 1971 年 8 月 20 日,极端最低气温为-7.5℃,出现在 1967 年 1 月 16 日。

#### 3) 露点温度

厂址气象站年平均露点温度 14.9℃, 最高 7 月平均露点温度 26.6℃, 最低 1 月平均露点温度 2.4℃, 观测期间最高露点温度 30.0℃, 最低露点温度-19.8℃。

#### 4) 相对湿度

厂址气象站年平均相对湿度为 83%。6 月平均相对湿度最高,为 93%, 12 月平均相对湿度最低,为 71%。

石浦气象站累年平均相对湿度为 80%, 6 月平均相对湿度最高,为 90%, 12

月平均相对湿度最低，为 71%。累年最小相对湿度为 4%，出现在 2 月。

#### 5) 降水

厂址气象站年平均降水量为 1830.3mm，7 月平均降水量最大，为 342.2mm，12 月平均降水量最小，为 35.2mm。年平均降水小时数为 1038h，其中，4 月降水时数最多，达到 149h，8 月降水时数最少，为 41h。年平均降水日数为 165 天，其中 4 月降水日数最多，达 22 天，12 月降水日数最少，仅 8 天。一小时最大降水量为 58.0mm，出现在 2024 年 6 月；一日最大降水量为 155.6mm，出现在 2023 年 7 月 27 日。观测期间一次持续时间最长和最大的降水过程均出现在 2024 年 10 月 31 日 8 时至 11 月 1 日 18 时，持续 35h，降水量为 179.2mm。

厂址气象站两年观测期间 W 风向年均降水量最大为 192.3mm，NNE 风向年均降水量最小为 25.3mm。

石浦气象站累年平均降水量为 1434.5mm，年降水量的年际变化较大，最大值出现在 2021 年，为 2182.0mm，最小值出现在 2003 年，为 778.9mm。降水大多集中在夏半年，6 月降水日数最多，为 17.6 天，12 月降水日数最少，为 9.7 天；6 月平均降水量最大，为 212.7mm，其次为 9 月份，平均月降水量为 188.3mm，12 月平均降水量最小，为 55.5mm。历年一日最大降水量为 286.7mm，出现在 2017 年 10 月 15 日；一小时最大降水量为 82.1mm，出现在 1991 年 8 月 13 日 4 时。最大连续日降水量为 482.1mm，自 1963 年 9 月 8 日~9 月 19 日，持续 12 天；最长连续降水日数为 24 天，自 2009 年 2 月 14 日~3 月 9 日，总降水量为 201.1mm。

#### 6) 风

厂址气象塔 10m、30m、80m、100m 高度处年平均风速分别为 3.2m/s、4.1m/s、4.6m/s、4.7m/s。2023 年观测到最大风速和极大风速出现在 2023 年第 5 号台风“杜苏芮”影响期间：10m 高度最大风速为 18.5m/s，极大风速为 27.5m/s；30m 高度最大风速为 21.0m/s，极大风速为 30.9m/s；80m 高度最大风速为 22.4m/s，极大风速为 28.4m/s；100m 高度最大风速为 24.1m/s，极大风速为 29.5m/s。2024 年观测到最大风速和极大风速出现在 2024 年第 3 号台风“格美”影响期间：10m 高度最大风速为 16.2m/s，极大风速为 28.0m/s；30m 高度最大风速为 22.3m/s，极大风速为 28.2m/s；80m 高度最大风速为 22.5m/s，极大风速为 28.3m/s；100m 高度最大风速为 22.8m/s，极大风速为 28.9m/s。

厂址气象塔 10m、30m、80m、100m 高度处最多和次多的风向分别为 W(11.9%)

和NNW(10.6%)、NNW(11.5%)和NW(11.1%)、NNW(14.0%)和WNW(11.3%)、NW(13.0%)和NNW(12.8%)。厂址气象塔各高度年静风出现极少,10m、30m、80m、100m高度处年静风频率分别为0.1%、0.2%、0.1%、0.2%。

石浦气象站累年平均风速为 5.1m/s; 记录范围内极大风速为 57.9m/s (风向 ENE), 出现在 1989 年 7 月 21 日; 最大风速为 40.0m/s (风向 ENE), 出现在 1979 年 8 月 24 日。全年最多风向为 N, 频率为 15.8%; 次最多风向为 NE, 频率为 12.2%; 全年静风频率为 3.3%, 2006 年起自动站单轨运行后, 静风频率为 1.6%。

#### 2.4.4 大气稳定度

根据 2023 年 1 月~2024 年 12 月(两整年)的厂址气象铁塔逐时观测数据(数据联合获取率>90%), 采用核安全导则《核电厂厂址选择的大气弥散问题》(HAD101/02)所推荐温度梯度-风速法对厂址地区全年各类稳定度所占比率进行了统计, 统计得到当地出现频率最高的大气稳定度类型为中性天气类(D), 出现频率为 42.7%, 稳定天气类(E、F)出现频率为 13.0%, 不稳定天气类(A、B、C)出现频率为 44.3%。

#### 2.4.5 联合频率

根据 2023 年 1 月~2024 年 12 月(两整年)的厂址气象铁塔逐时观测数据, 计算得到厂址气象铁塔 10m 和 80m 高度风向、风速、大气稳定度三维联合频率以及有雨或无雨条件下的风向、风速、稳定度四维联合频率分布。

#### 2.4.6 混合层高度及扩散参数值

三门核电厂位于浙江省三门县东侧的猫头山半岛东端, 厂址北、东、南三面环海, 西面与猫头山相连, 是一个滨海厂址。鉴于厂址所处滨海丘陵山地的地形较为复杂, 为了了解厂址区域气流类型以及弥散特征专门开展了多项专题研究:

苏州热工研究院有限公司于 1994 年 1 月 13 日~1 月 29 日和 1994 年 7 月 30 日~8 月 19 日在厂址区域进行低空探空和平衡球观测, 于 1994 年 11 月~1995 年 10 月和 1996 年 1 月~1996 年 12 月在厂址气象塔进行湍流测量。

中国辐射防护研究院于 2005 年 7 月 10 日~8 月 15 日和 2005 年 12 月 24 日~2006 年 2 月 6 日开展了厂址附近 80km×80km 范围的中小尺度风场研究, 于 2005

年 7 月 25 日~8 月 3 日进行 SF<sub>6</sub> 示踪实验研究扩散规律，并开展大气扩散数值模拟研究，此外，还于 2011 年 4 月 23 日~2011 年 5 月 23 日在厂址地区开展了大气边界层特征观测工作及其相关大气试验工作，于 2012~2013 年开展了厂址区域风洞模拟实验。

#### 2.4.6.1 海陆风

苏州热工研究院有限公司在厂址进行的冬夏两季现场大气扩散试验中对海陆风发生情况进行了观测。在冬季为期 15 天的测试期间共有 4 天出现过局地海陆风环流，厂址地区冬季陆风转成海风的时间范围为 10:00~13:00。海风转成陆风的时间范围为 18:00~20:00。在夏季 19 天的测试期间，共观测到 10 天出现了局地海陆风环流，夏季陆风转海风的时间范围为 8:00~13:00。海风转成陆风的时间范围为 18:00~22:00。

冬季海风伸入内陆的最远距离为 17km；夏季伸入内陆的最远距离约 50km。

#### 2.4.6.2 逆温分析

苏州热工研究院有限公司统计了冬夏两季现场大气测试期间空中逆温情况，见表 2.4-13。从表可见，厂址测点冬季空中逆温的出现频率高于夏季，分别为 69.0% 和 43.3%，冬季空中逆温的高度高于夏季，厚度则略小于夏季，盐灶测点夏季空中逆温出现频率略高于厂址，为 45.8%，其高度和厚度均大于厂址测点。厂址测点冬季贴地逆温的平均强度为 1.4℃/100m，最大强度为 2.5℃/100m；夏季贴地逆温的平均强度为 1.1℃/100m，最大强度为 1.6℃/100m。盐灶测点夏季贴地逆温的平均强度为 1.1℃/100m，最大强度为 3.8℃/100m。总体来说逆温都不强，对污染物大气弥散影响有限。

#### 2.4.6.3 沿海热内边界层

三门核电厂作为一个沿海厂址，处于水陆交界处。当气流横越过这个交界处时，由于下垫面发生变化，可能会形成沿海热内边界层。

从冬季测试资料统计看，白天向岸流期间，地面风速不大于 6m/s 的温度廓线有 12 份，其中有 10 份资料明显存在温度不连续的现象，鉴于无内陆对照点，不能确定为沿海热内边界层。夏季大气测试期间，在内陆设置测点进行了同步的温度廓线探测。夏季测试期间，获得白天期间（08:00~18:00）向岸流温度廓线资料 36 份，厂址附近测点近地层几十米高度处大多存在温度梯度不连续现象。然而，对照内陆测点的温度廓线发现，温度梯度不连续的高度也在几十米处，没

有观测到内陆点温度梯度拐点明显高于海边的现象。由此可见，由于厂址三面环海及周围复杂的丘陵地形可能破坏热内边界层结构，厂址出现沿海热内边界层的可能性较小。

#### 2.4.6.4 混合层高度

中国辐射防护研究院于 2011 年 4 月 23 日~2011 年 5 月 23 日在厂址地区开展了大气边界层特征观测工作及其相关大气试验工作，取得有效资料 240 组，各类稳定度样本数分别为：A-B 类 29 组，C 类 43 组，D 类 147 组，E-F 类 21 组。根据温度廓线的温度跃变层和采用干绝热上升曲线法确定混合层高度，结果表明 A-B 类混合层高度平均值为 870m，C 类混合层高度平均值为 790m，D 类混合层高度平均值为 640m。

#### 2.4.6.5 扩散参数值

中国辐射防护研究院于 2012 年~2013 年针对厂址地区大气扩散研究开展了风洞模拟实验，并编制完成了《浙江三门核电项目大气扩散模式研究总结报告》。

《浙江三门核电项目大气扩散模式研究总结报告》结合厂址实际扩散情况，考虑到风洞试验只获得了中性天气（D 类）的试验数据，而前期大气扩散试验研究获得了不同稳定度类天气的扩散参数，且风洞推荐扩散参数与前期结果较接近。因此，在推荐 D 类天气取风洞实验结果的基础上，利用前期大气扩散试验研究得到的各类天气扩散参数进行类比的方法推荐了强不稳定类天气（A 类）、不稳定类天气（B~C 类）和稳定类天气（E~F 类）的扩散参数。即：（1）采用前期推荐的 A 类天气的曲线和 D 类曲线（风洞试验结果为 D 类，前期推荐结果为 D 类，下同）的相对比例与形状模拟推荐 A 类曲线；（2）采用前期的 B~C 类结果和 D 类曲线的相对比例与形状推荐 B~C 类曲线；（3）采用前期的 E~F 类曲线和 D 类曲线的相对比例与形状推荐 E~F 类曲线。

SF<sub>6</sub> 示踪实验主要覆盖两个风向范围，第一个是 ESE~SE 风向，布置的采样点最远距释放点约 10km；第二个是 SSW~SW 风向，布置的采样点最远距释放点约 13km。由于风洞试验模拟区范围为 6km，且风洞试验与 SF<sub>6</sub> 示踪试验推荐的 D 类扩散参数在此范围内很接近，仅在近距离风洞试验受厂区建造物群影响有所差异，根据风洞流场探测结果可以看出下风向 6km 若无地形等扰动，流场已基本恢复来流状态，故近距离 6km 选用的风洞推荐扩散参数。由于风洞试验近距离受建筑物及地形影响扩散参数在近距离要明显大于 P~G 曲线，随着下风

向距离增加逐渐向 P~G 曲线接近，因此，风洞扩散试验推荐的扩散参数随着下风向距离增加扩散参数相对于 P~G 曲线来说减小趋势较快，在远距离存在过保守情形。因此，在远距离推荐选用 SF<sub>6</sub> 示踪试验推荐的扩散参数。

结合厂址实际扩散情况，扩散参数分段考虑，近距离采用修正后的风洞试验结果，远距离采用前期大气扩散试验研究结果。考虑近距离和远距离的衔接问题，近距离扩散参数在风洞试验推荐的结果上进行适当修正。近距离扩散参数处理方法：将 100m 处风洞推荐扩散参数与 6km 处前期推荐的扩散参数结果按照幂函数重新拟合。

#### 2.4.7 运行前的厂址气象观测

运行前，为了解厂址气象条件并为评估电厂正常运行和事故工况下气态流出物排放的辐射影响提供气象数据，三门核电厂建立了厂址气象梯度观测系统（气象塔和地面观测站），对气象要素进行逐时连续观测，2023 年度联合数据获取率为 96.0%，2024 年联合数据获取率为 99.1%。2023~2024 年间两年度联合数据获取率为 97.5%，均达到 HAD101/02 不低于 90%的要求。

其中气象观测站站址选择的原则为：

- 1) 所选位置可以代表厂址及其附近地区的风、温场和大气弥散条件的气象特征，具有较好的气象条件代表性；
- 2) 为使观测数据能够较好反映厂址沿海特征的气象条件，遵照相关导则中有关气象站建站位置的要求，气象站距离海面距离不少于 100m；
- 3) 所选位置有较好的地质和接地条件，便于气象观测装置的施工；
- 4) 所选位置必须有可靠的电源供应保障。

参照上述站址选择原则，以及对三门核电厂址进行详细的查勘，充分考虑厂区平面布置方案和区域气象条件、厂址地形条件并兼顾未来总平面布置的可能变化，确定观测站站址位置。

原厂址气象梯度观测系统于 2009 年 7 月初安装完毕并投入试运行，自 8 月 1 日起开始正式运行。其中，原气象塔在 10m、30m、80m、100m 高度进行风向、风速、温度的自动观测。地面观测站对气压、空气温度和湿度、降水、地表温度、天空总辐射和净辐射项目进行自动观测，厂区内 10m 气象小塔同步测量 10m 风向、风速、温度项目。

原厂址气象梯度观测系统观测至 2015 年 4 月，其后因核电厂建设需要进行搬迁，搬迁至核电厂西北部的赤头山（位于环境监测楼后山），新气象塔的底部标高为 60m，于 2015 年 10 月建成开始试运行，11 月 1 日开始正式运行。厂区内 10m 气象小塔未搬迁，仍在厂区内测量。

2017 年，在现气象观测系统内北侧新增 10m 气象小塔，观测 10m 风向、风速和温度项目。小塔距气象塔约 20m，底部标高为 60m。

现厂址气象梯度观测系统（气象塔和地面观测站）的现气象观测设备和观测项目如下：

1) 气象站 100m 铁塔：位于 3 号机组 W 方位约 1.6km，设置 10m、30m、50m（2024 年 11 月新增）、80m 和 100m 五个观测层，各层观测风向、风速、温度气象要素；

2) 地面观测站：设置风速风向温度传感器（10m）、温湿度传感器（1.5m）、总辐射和净辐射传感器、雨量传感器、地表温度传感器及自动气象站主机内的气压传感器；

同时，厂区内 10m 气象小塔设置风向、风速、温度传感器，MES 监测子站（位于厂外不同方位处）设置风向、风速、温度、湿度、气压、雨量传感器（10m、3m）。

现场数据采集系统为苏州热工研究院研发定制，采集系统对各气象要素进行实时采集和数据汇总统计，按照 1 分钟、10 分钟和 1 小时数据进行本地存储，并通过光纤传输至三门核电应急楼专用气象服务器内做备份存储记录。

厂址气象梯度观测系统（气象塔和地面观测站）将在运行后继续保持观测，具体观测内容根据运行和核应急预案的要求作适当调整。其中，数据获取率须满足《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）中“数据测量和处理系统（包括其探测元件）的可靠性，应能使同时观测的数据达到全年的 90%”的要求。

## 2.5 水文

### 2.5.1 地表水

本节除特别说明外，高程系统均为 1985 国家高程系。

#### 2.5.1.1 陆域水文

##### 2.5.1.1.1 河流和水库

厂址所在三门县的河流均为山溪性河道，源短流急，沿山区地形直接流入大海，有“五港、八溪”之称，其中，五港：自北至南分别为旗门港、海游港、健跳港、浦坝港和洞港；八溪：自北至南分别为清溪、珠游溪、亭旁溪、头岙溪、园里溪、白溪、花桥溪和山场溪，各溪流均单独入港。

#### 1) 主要河流

三门县境内主要溪流情况如下：

清溪位于三门县北部，发源于天台县苍山北麓杨家岙，入三门县境后经流洋、路上周至沙柳镇于外黎将军山注入三门湾旗门港，流域总面积 $164\text{km}^2$ ，主流河长 $39\text{km}$ 。

珠游溪是三门县最大的山溪性河流，发源于临海市羊岩山西楼坑，经海游镇注入海游港，流域面积 $202.5\text{km}^2$ ，河长 $35\text{km}$ 。

亭旁溪发源于大尖山，在珠游溪中下游与其汇合后注入海游港，珠游溪、亭旁溪、海游港所在流域合成海游溪流域，流域面积 $146\text{km}^2$ ，河长 $29\text{km}$ 。

头岙溪发源于湫水山北麓，向北注入海游港，流域面积 $18.5\text{km}^2$ ，河长 $7\text{km}$ 。

园里溪发源于湫水山东北麓龙母山横渡岭，经叶家、后林、东严、园里与头岙溪汇合，向北注入海游港，流域面积 $18.3\text{km}^2$ ，河长 $7.2\text{km}$ 。

白溪为健跳港上游主要河流，上游主流为桥头溪，主要支流有东屏溪、长林溪和溪洋溪，三条支流在桥头~白溪一带汇合后折向东北，于大横渡下游汇入健跳港，流域面积 $114.8\text{km}^2$ ，河长 $18.5\text{km}$ 。

花桥溪发源于石笋山脉东北支花桥乡溪头村附近，自西南向东北方向汇入浦坝港。

山场溪发源于临海市山炮岭，入三门县境后流经山场、小雄、泗淋三个乡镇，流入洞港，流域面积 $26\text{km}^2$ ，河长 $7.4\text{km}$ 。

厂址半径  $15\text{km}$  范围内的主要河流是海游港，位于厂址 W 方位，约  $9.5\text{km}$ 。海游港位于三门县城北面，为三门县主要河道，东临蛇蟠洋，南接亭旁溪，西连

珠游溪，河道自西向东汇入三门湾，全长 15.49km，河道宽度约 130~960m。

## 2) 水利工程

厂址所在三门县境内各类水利工程有：

### (1) 蓄水工程

三门县有中型水库 1 座（佃石水库），有效库容 2563 万  $\text{m}^3$ ；小（一）型水库 9 座，有效库容 2124.7 万  $\text{m}^3$ ；小（二）型水库 40 座，有效库容 979 万  $\text{m}^3$ ；1 万  $\text{m}^3$  以上的山塘 180 座，蓄水量 515.9 万  $\text{m}^3$ ；1 万  $\text{m}^3$  以下的山塘 735 处，蓄水量 129.92 万  $\text{m}^3$ 。中型水库设计年供水能力 2035 万  $\text{m}^3$ ，小型水库设计年供水能力 3174 万  $\text{m}^3$ 。

### (2) 塘坝水源

三门县共有塘坝 915 座，总库容 839.3 万  $\text{m}^3$ ，现状年塘坝水源供水能力为 1122 万  $\text{m}^3$ 。

### (3) 引水工程

三门县县域的引水工程为小型堰坝，现状年引水工程供水能力达到 1178 万  $\text{m}^3$ 。

### (4) 提水工程

三门县现状年提水工程供水能力为 1530 万  $\text{m}^3$ 。

### (5) 河网蓄水工程

三门县县城的河网蓄水工程共 53 处，现状年总供水能力达到 2052 万  $\text{m}^3$ 。

### (6) 自来水厂

三门县已建水厂 11 座，村级供水站 321 座，供水总人口 40 余万。除县城外，全县共有 6 家供水能力在 1 万  $\text{t/d}$  以上的水厂。

#### 2.5.1.1.2 淡水水源

三门核电厂的淡水主要用于核电厂的生活饮用水，化学水原水，生活饮用水水质的工业用水以及消防水的补充水，在施工阶段还需要供应施工用水。根据《三门核电项目 3、4 号机组水资源论证报告书》，本工程 3、4 号机组将主要采用自建海水淡化设施的方式满足施工期和运行期的淡水需求，仅少量生活用水需从罗岙水库取水。3、4 号机组施工期最大年用水量预计为 194.5 万  $\text{m}^3$ ，其中施工人员生活用水量 19.2 万  $\text{m}^3$ 。正常运行期年淡水用水总量为 226.6 万  $\text{m}^3$ ，其生活用水 3.4 万  $\text{m}^3$  由一期节水供应，取水保证率 97%。

2018 年，水利部太湖流域管理局准予三门核电项目 3、4 号机组取水许可。

### 2.5.1.2 海洋水文

#### 2.5.1.2.1 潮汐

2024年7月、2024年12月至2025年1月在厂址附近海域开展了夏、冬季的同步水文测验，夏季测次观测时间为2024年7月9日至2024年8月8日，冬季测次观测时间为2024年12月18日至2025年1月17日。根据观测资料统计分析，厂址海域潮汐类型为规则半日潮。冬季各站月平均潮差在295~405cm之间，夏季在290~416cm之间，最大潮差为718cm。各站平均涨潮历时介于5h59min~6h19min之间，平均落潮历时介于6h05min~6h25min之间；月平均高潮位在150~255cm之间，月平均低潮位在-112~-179cm之间。

根据健跳站 1975 年~2012 年实测潮位资料统计：

|         |         |
|---------|---------|
| 多年平均高潮位 | 2.41m   |
| 多年平均低潮位 | -1.72m  |
| 多年平均潮差  | 4.13m   |
| 平均涨潮历时  | 6h17min |
| 平均落潮历时  | 6h9min  |
| 平均海平面   | 0.245m  |

#### 2.5.1.2.2 潮流

2024年7月、2024年12月至2025年1月在厂址附近海域13个点位开展了夏、冬季同步水文测验，测站N01、N02、N03、N04和N09位于湾口断面，测站N10、N11和N12位于湾内北部水域，测站N02、N05、N06和N11位于猫头水道，测站N03、N07和N12位于满山水道，另有ZD1座底连续测流站位于南海滩水域。夏季小潮观测时间为7月14日~7月15日，中潮观测时间为7月18日~7月19日，大潮观测时间为7月21日~7月22日；冬季小潮观测时间为12月23日~12月24日，中潮观测时间为12月29~12月30日，大潮观测时间为2025年1月1日~1月2日。冬夏季大、中、小潮分别连续观测27h。

##### （1）观测期间的天气情况

##### ● 夏季同步水文观测过程

大潮观测期间，天气晴，海况 1~3 级，气温 28.9~33.4℃，各测站平均风速介于 4.8~7.2m/s。主导风向为南到西南偏西向，风频介于 63%~75%。

中潮观测期间, 天气晴, 海况 1~3 级, 气温 28.7~32.4℃, 各测站平均风速介于 3.3~5.9m/s。主导风向为东南到西南偏西向, 风频介于 44%~88%。

小潮观测期间, 天气多云转晴, 在 7 月 14 日 16 时出现雷阵雨, 海况 1~3 级, 气温 25.3~30.2℃, 各测站平均风速介于 2.2~2.8m/s。主导风向为南到西南偏西向, 风频介于 56%~88%。

#### ● 冬季同步水文观测过程

大潮观测期间, 天气晴, 海况 1~2 级, 气温 6.35~14.08℃, 各测站平均风速介于 1.9~2.3m/s。主导风向为东到西北偏北向, 风频介于 60%~80%。

中潮观测期间, 天气晴, 海况 1~2 级, 气温 4.01~11.21℃, 各测站平均风速介于 1.6~2.0m/s。主导风向为东南到西北向, 风频介于 43%~71%。

小潮观测期间, 天气晴, 海况 1~2 级, 气温 8.24~15.05℃, 各测站平均风速介于 3.0~4.8m/s。主导风向为西到西北偏北向, 风频介于 80%~87%。

#### (2) 实测海流成果

##### ● 夏季测次

湾口断面各测站实测全潮垂线平均涨潮流速介于 0.34~0.46m/s, 平均值为 0.41m/s; 全潮垂线平均落潮流速介于 0.37~0.45m/s, 平均值为 0.42m/s。

湾内北部水域各测站实测全潮垂线平均涨潮流速介于 0.25~0.37m/s, 平均值为 0.31m/s; 全潮垂线平均落潮流速介于 0.27~0.35m/s, 平均值为 0.30m/s。

猫头水道各测站实测全潮垂线平均涨潮流速介于 0.37~0.46m/s, 平均值为 0.41m/s; 全潮垂线平均落潮流速介于 0.35~0.45m/s, 平均值为 0.42m/s。

满山水道各测站实测全潮垂线平均涨潮流速介于 0.25~0.46m/s, 平均值为 0.35m/s; 全潮垂线平均落潮流速介于 0.27~0.39m/s, 平均值为 0.34m/s。

猫头山嘴附近水域各测站实测全潮垂线平均涨潮流速介于 0.32~0.43m/s, 平均值为 0.38m/s; 全潮垂线平均落潮流速介于 0.33~0.45m/s, 平均值为 0.40m/s。

##### ● 冬季测次

湾口断面各测站实测全潮垂线平均涨潮流速介于 0.32~0.46m/s, 平均值为 0.39m/s; 全潮垂线平均落潮流速介于 0.35~0.45m/s, 平均值为 0.41m/s。

湾内北部水域各测站实测全潮垂线平均涨潮流速介于 0.28~0.41m/s, 平均值为 0.36m/s; 全潮垂线平均落潮流速介于 0.28~0.39m/s, 平均值为 0.35m/s。

猫头水道各测站实测全潮垂线平均涨潮流速介于 0.40~0.45m/s, 平均值为

0.42m/s；全潮垂线平均落潮流速介于 0.37~0.48m/s，平均值为 0.42m/s。

满山水道各测站实测全潮垂线平均涨潮流速介于 0.28~0.46m/s，平均值为 0.36m/s；全潮垂线平均落潮流速介于 0.28~0.45m/s，平均值为 0.37m/s。

猫头山嘴附近水域各测站实测全潮垂线平均涨潮流速介于 0.38~0.42m/s，平均值为 0.40m/s；全潮垂线平均落潮流速介于 0.37~0.40m/s，平均值为 0.38m/s。

测验期间，各区域涨、落潮流速差介于 0.00~0.04m/s，总体相差不大。各区域实测垂线平均流速均表现为大潮>中潮>小潮，其中满山水道流速的潮汛变化相对较小，湾口断面次之，其余区域流速的潮汛变化相对较大。流速的平面分布规律整体呈现从湾口至湾内递减的趋势，湾口断面和猫头水道区域平均流速相对较大，湾内北部水域平均流速相对较小。各区域流速的垂向分布规律总体中上部大于下部，其中湾内北部水域流速的垂向变化相对较大，湾口断面区域流速的垂向变化相对较小，整个测验区域 0.2H、0.6H、0.8H 平均流速夏季测次分别为 0.42m/s、0.38m/s、0.33m/s，冬季测次分别为 0.42m/s、0.39m/s、0.36m/s，流速的垂向变化夏季较冬季明显。

### （3）潮流状况

#### ● 潮流性质

各测站潮流性质系数 $(W_{K1}+W_{O1})/W_{M2}$ 均小于 0.5，表征浅水效应强弱的垂线平均  $W_{M4}/W_{M2}$  在 0.03~0.25 之间，因此测验区域潮流类型为规则半日潮流，浅水效应较为显著。

#### ● 潮流的运动形式

各测站  $M_2$  分潮流的椭圆率垂线平均  $|K|$  在 0.00~0.06 之间，潮流运动形式以往复流为主。N05、N10、N15、N18 测站垂线平均  $K$  值均为正，潮流呈逆时针向旋转；N03、N06、N07、N09 测站垂线平均  $K$  值均为负，潮流呈顺时针向旋转；其余测站不同季节潮流旋转方向不同。

#### ● 潮流可能最大流速

根据潮流调和分析结果，各测站潮流可能最大垂线平均流速夏季测次介于 1.02~1.78m/s，冬季测次介于 0.86~1.63m/s。

### （4）余流

#### ● 夏季测次

大潮期间，各测站垂线平均余流流速在 0.02~0.12m/s 之间，猫头水道 N05 测站余流流速最大，湾内北部水域近岸 N12 测站和猫头山嘴北部 N15 测站余流流速最小；垂线平均余流流向，N01、N04、N05、N06、N07、N09、N12 测站为落潮向，其余测站为涨潮向。

中潮期间，各测站垂线平均余流流速在 0.01~0.10m/s 之间，珠门港 N04 测站余流流速最大，三门湾口近岸 N01 测站和湾内北部水域 N10 测站余流流速最小；垂线平均余流流向，N04、N05、N06、N09、N10 测站为落潮向，其余测站为涨潮向。

小潮期间，各测站垂线平均余流流速在 0.02~0.11m/s 之间，珠门港 N04 测站余流流速最大，湾内北部水域近岸 N12 测站余流流速最小；垂线平均余流流向，N04、N07、N15、N18 测站为落潮向，其余测站为涨潮向。

#### ● 冬季测次

大潮期间，各测站垂线平均余流流速在 0.02~0.12m/s 之间，湾内北部水域近岸 N12 测站余流流速最大，湾口 N01 测站余流流速最小；垂线平均余流流向，N05、N07、N09 测站为落潮向，其余测站为涨潮向。

中潮期间，各测站垂线平均余流流速在 0.02~0.11m/s 之间，湾内北部水域近岸 N12 站余流流速最大，满山水道 N07 测站余流流速最小；垂线平均余流流向，N05、N07、N09 测站为落潮向，其余测站为涨潮向。

小潮期间，各测站垂线平均余流流速在 0.00~0.07m/s 之间，湾口 N03 测站余流流速最大，湾口 N01 测站余流流速最小；垂线平均余流流向，N05、N07、N09、N18 测站为落潮向，其余测站为涨潮向。

#### 2.5.1.2.3 波浪

根据厂址站的实测波浪资料，波浪类型以风浪为主，年平均风浪频率83%。年平均 $H_{1/10}$ 波高0.30m，平均周期为2.4s， $H_{1/10}$ 最大波高为2.4m，对应最大周期5.7s。最大波高达2.6m，波向NNW。厂址前沿海域常年以小风区风浪为主。

浪向具有明显的季节变化特征，冬季波浪集中于NW~N向，频率67%，且浪较大，平均 $H_{1/10}$ 波高为0.35m；平均周期为2.8s，最大波高1.6m。春季风向多变，波向以ESE~SSE向居多，出现频率为52%，浪较小，平均 $H_{1/10}$ 波高为0.19m；平均周期为2.7s，最大波高1.1m。夏季以偏SE向浪为主，ESE~SSE向浪频率为57%，平均 $H_{1/10}$ 波高为0.26m；平均周期为3.1s，最大波高1.0m。秋季偏NW~W向浪频

率为46%，平均 $H_{1/10}$ 波高为0.38m；平均周期为2.7s，实测最大波高2.6m，周期为3.8s。

该海域有两个主浪向，即ESE~SSE向和NW~N向，它们既是主浪向又是强浪向。

#### 2.5.1.2.4 泥沙

根据2024年7月、2024年12月至2025年1月厂址海域夏、冬季同步水文测验成果，夏季大潮各站平均含沙量介于 $0.087\sim 0.168\text{kg/m}^3$ ，中潮平均含沙量介于 $0.017\sim 0.047\text{kg/m}^3$ ，小潮平均含沙量介于 $0.014\sim 0.032\text{kg/m}^3$ 。冬季大潮各站平均含沙量介于 $0.208\sim 0.462\text{kg/m}^3$ ；中潮平均含沙量介于 $0.130\sim 0.309\text{kg/m}^3$ ；小潮平均含沙量介于 $0.072\sim 0.255\text{kg/m}^3$ 。

夏季测次测验区域平均含沙量为 $0.055\text{kg/m}^3$ ，整体呈现从湾口至湾内递减的趋势。其中珠门港 N04 测站全潮平均含沙量相对最大，为 $0.079\text{kg/m}^3$ ；湾内北部水域 N11、N12 测站全潮平均含沙量相对最小，为 $0.041\text{kg/m}^3$ 。冬季测次测验区域平均含沙量为 $0.217\text{kg/m}^3$ ，其中湾口 N03 测站全潮平均含沙量相对最大，为 $0.342\text{kg/m}^3$ ；湾内北部水域 N12 测站全潮平均含沙量相对最小，为 $0.142\text{kg/m}^3$ 。

各测站悬沙组成以粉砂为主体，其次为粘土，粉砂含量大潮>中潮>小潮，粘土含量小潮>中潮>大潮。悬沙分选等级属于分选差级别；偏态多为近对称和负偏分布；峰态多为中等峰态。

各测站底质组成以粉砂为主体，其次为粘土。夏季测次中值粒径变化范围在 $4.65\mu\text{m}\sim 18.96\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $7.89\mu\text{m}$ ，最大值出现在 N04 测站；冬季测次底质中值粒径变化范围在 $4.32\mu\text{m}\sim 14.22\mu\text{m}$ 之间，平均值为 $6.83\mu\text{m}$ ，N03 测站最大。

#### 2.5.1.2.5 海水水温

根据2024年7月、2024年12月至2025年1月厂址海域夏、冬季同步水文测验成果：

夏季最高水温出现在 N18 测站大潮 0.2H，为 $35.76^{\circ}\text{C}$ 。大潮各测站垂线平均水温介于 $28.37\sim 31.54^{\circ}\text{C}$ ，平均值为 $30.56^{\circ}\text{C}$ ；中潮测各测站垂线平均水温介于 $29.05\sim 31.11^{\circ}\text{C}$ ，平均值为 $30.18^{\circ}\text{C}$ ；小潮各测站垂线平均水温介于 $28.37\sim 31.54^{\circ}\text{C}$ ，平均值为 $28.79^{\circ}\text{C}$ 。

冬季最高水温出现在 N06 测站小潮表层，为 $15.58^{\circ}\text{C}$ 。大潮各测站垂线平均水温介于 $9.58\sim 10.48^{\circ}\text{C}$ ，平均值为 $10.09^{\circ}\text{C}$ ；中潮测各测站垂线平均水温介于

9.26~10.37℃，平均值为 9.75℃；小潮各测站垂线平均水温介于 9.48~10.68℃，平均值为 10.07℃。

#### 2.5.1.2.6 海水盐度

根据 2024 年 7 月、2024 年 12 月至 2025 年 1 月厂址海域夏、冬季同步水文测验成果：

测验区域海水盐度大潮>中潮>小潮，夏季>冬季。夏季测验期间，最高盐度出现在三门湾口 N01 测站大潮底层，为 32.37‰；冬季测验期间，最高盐度出现在三门湾口 N09 测站大潮底层，为 28.04‰。盐度平面分布规律较为明显，三门湾口海水盐度较高，湾内北部水域海水盐度较低，海水盐度整体呈现从湾口到湾内逐渐降低的趋势，夏季、冬季湾口比湾内分别高约 2.56‰、0.81‰。盐度垂向分布整体表层小于底层。

#### 2.5.1.2.7 岸滩稳定性

##### （1）岸线特征

厂址所在三门湾岸线总长约 304km，其中人工和淤泥质海岸 112km，基岩及砂砾质海岸 186km。基岩海岸由坚硬的火山岩系组成，抗冲力强，海岸后退不明显。淤泥质海岸处于缓慢淤涨状态，以海湾北部下洋涂最显著。下洋涂以内青珠农场一带岸线，明末至今，已向海推移了 8~10km。湾顶及潮汐通道的淤泥质海岸，由于湾内泥沙来源量并不丰富，悬沙浓度较低，淤积缓慢，岸线也处于稳定状态；在小海湾、港汊，由于人工的堵港、围塘的影响，岸线才向海推进。

厂址濒临猫头深潭，原本岸线曲折，且以基岩岸线为主，随着核电厂区的逐步建设，逐渐过渡为以平直的人工岸线为主。

##### （2）水下地形与冲淤现状

厂址所在三门湾地处浙中沿海，为一半封闭状海湾。海湾总体上呈西北~东南走向，湾口面向东南，以金七门—三门岛—牛头山的连线为界与东海相连，宽约 26km；口门至湾北底部纵深约 42km，湾内水深一般为 5~10m，属港身较短的宽浅型港湾。

厂址南侧、北侧有潮滩分布，南潮滩呈南北向展布，直至健跳港口，长约 6km，宽度约 2~3km，整个潮滩中高滩较为平坦，临近厂址的低滩，因濒临猫头水道，坡度明显变大。北潮滩指赤头山咀~几分咀头之间的潮滩，现宽度不足 100m，2003 年赤头山咀~几分咀头间开始建设厂区北堤，北潮滩低滩濒临蛇蟠水道深槽，

坡度较陡。

厂址西北侧水域为蛇蟠水道，是三门湾西部主要港汊（青山港、旗门港、正峙港、海游港）的汇聚、出口区，水深在 5~10m 之间。厂区东~东南为猫头水道，上接蛇蟠水道，下连猫头洋，为三门湾西部诸港汊水体的出海通道。猫头水道最窄处位于猫头山咀与青门山之间，宽约 2.6km。在青门山与下万山岛的西南侧和猫头山东侧有两个水深大于 20m 的椭圆形深潭。前者称青门山深潭，后者称猫头深潭，两深潭延伸方向与水道方向一致。厂址东北侧的猫头深潭，紧靠娘娘田岗山岬（黄岩咀头和老鹰咀头）发育，其东西向约 1.1km，南北向约 0.75km，深潭位于黄岩咀头正东，距岸约 200m，据 2024 年 8 月地形测图所示，深潭中心最深点高程为-28.0m，距咀头岸线约 150m。

三门湾历史上处于缓慢的淤积过程，1964 年以前，由于人类活动较少，三门湾潮滩变化较小，2003 年以来潮滩和深槽总体表现为淤涨，且淤涨速率不断加快，这可能与三门湾 2003 年以来大规模的人类活动有一定关系。

比较历次测图，1964 年猫头深潭存在低于-50m 水深区，1993 年完全消失。-10m、-20m、-30m、-40m、-45m 等高线向深潭内移，面积减小，表示深潭以及边坡在淤积。尤其是深槽西北边坡和深潭-45m 以下底部淤积较明显。2003~2024 年，-10m 等高程线往外推移，2013 年厂区北侧-20m 等高线随小深潭消失，原突出冲刷槽退缩至大深潭边缘，而大深潭-20m 所围面积进一步缩小，-30m、-40m 和-45m 等深线消失，大深潭萎缩十分明显。

## 2.5.2 地下水

厂址位于三门县境内的猫头山向东偏北的半岛顶端，厂址三面环海，厂区由娘娘殿岗、狮子山、乌龟山等侵蚀、剥蚀丘陵及其周围的海涂滩地构成。丘陵呈 NNE、EW 向展布，海拔高程一般为 41~91m。

### （1）水文地质单元概况

根据三门核电厂的水文地质普查成果，三门核电厂厂址附近范围分为 3 个独立的水文地质单元：厂区猫头山低山丘陵基岩风化裂隙水区（I 区），厂区南部海湾平原表层孔隙潜水区（II 区）和永丰塘海湾平原孔隙潜水承压水区（III 区）。其中：

I 区位于中部低山丘陵地带，含水层为基岩中强风化带，该地下水接受大气

降水补给，在南部因山体总体走向近南北，沟谷多以北东-西南切割，为地表分水岭，区内地下水分水岭与地表分水岭相同，地下水向山体两侧东、西方向排泄。在厂址区域段因山体走向近东西，沟谷多近南北，地下水以地表分水岭为界，向山体两侧南、北向排泄。

II区和III区被中部的宽度400~1800m完整较厚的火山岩系所组成山体隔离，期间未发现大的断层，节理不发育。两侧平原区的岩性结构和水文地质条件也不尽相同。

## (2) 地下水类型

厂址附近地下水类型较简单，可分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水（在娘娘殿岗、泥湾岗头、狮子山、乌龟山等一带基岩丘陵区分布）。

基岩裂隙水：厂区基岩裂隙水受大气降水补给，但渗入山体的降水甚微；其排泄方式主要是沿山坡向山脚渗流排向大海或以间歇性泉水方式排泄；基岩裂隙水与周围海水水力联系不大，仅表层与海水相通；基岩渗透性等级为弱透水~微透水。

孔隙潜水：厂区丘陵周围海涂滩地的孔隙潜水，主要接受大气降水和附近丘陵基岩裂隙水补给，在高潮位和长期干旱条件下，亦接受周围海水补给；一般情况下就近向附近海水排泄。

本工程所在厂址区现已整平至厂坪标高约11.70m，原始的低山丘陵区域被开挖、地形较低的平原和海岸地段接受回填。厂区基岩类型主要为：英安流纹质含角砾玻屑熔结凝灰岩（中等风化~微风化）、玄武岩（中等风化~微风化）、流纹质含晶屑玻屑凝灰岩（微风化）、凝灰质砂岩（强风化~微风化）、潜霏细斑岩（中等风化~微风化）和潜流纹斑岩（微风化）。厂区上部节理裂隙较发育的基岩强风化带基本被剥除。厂区现有地下水类型主要是第四系孔隙潜水和基岩裂隙水。根据核电厂前期岩土工程勘察结果：

第四系孔隙水主要分布范围在厂区四周的东北、东南及西南部。孔隙潜水主要赋存于地表爆破破碎层、人工回填碎石层、第四系全新统海相沉积层含粘性土中砂和第四系中更新统坡~残积层含砾粉质粘土中。地表爆破破碎层、人工回填碎石层透水性强。陆域部分地下水埋深约3.60~9.63m，标高约1.42~9.08m；第四系全新统海相沉积层含粘性土中砂渗透系数为 $2.07 \times 10^{-3} \sim 2.39 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，为中等透水层；第四系中更新统坡~残积层含砾粉质粘土渗透系数为

$1.03 \times 10^{-3} \sim 1.16 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，为中等透水层。

场地基岩裂隙地下水赋存以地表的爆破裂隙为主，风化裂隙为辅。地表的表层由爆破造成的破碎及破裂层构成，深度为 0.00~2.00m（标高 9.50m），其中 0.00~0.60m 为破碎层，破碎层下约 1.40m 厚为破裂层。破碎层透水性强，渗透系数为  $1.02 \times 10^{-3} \sim 2.07 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，岩体属中等透水。破裂层在地表岩体地段形成相对较统一的暂时含水系统和地下水位，不具有统一的地下水面。风化裂隙水赋存在基岩强风化岩体风化裂隙中，分布范围较小，分化裂隙小，含水层厚度较小，地下水赋存空间相对较小。微风化岩体节理裂隙不发育，贯通性较差，岩体透水率较小，整体上岩体透水性能较弱，渗透系数为 0.001~0.075m/d，为弱透水~微透水，局部不透水。岩体的透水规律为由浅入深节理裂隙相对减少，透水性逐渐减弱。

### （3）地下水补径排情况

厂址附近范围内地下水属贫乏类型，地下水以降水补给为主，顺山势下泄，流向指向海区或海湾滩涂，以下降泉形式排泄于山体斜坡和坡脚地带，表现为就地补给，就近排泄，无明显径流区的浅循环机制。

电厂厂区基岩裂隙水主要受大气降水补给，水位变化具有季节性和地段性差异，径流条件较差。陆域第四系孔隙水主要受大气降水补给及基岩裂隙水侧向补给，径流条件、赋水性受地层岩性影响大，主要以面状流的形式排泄，动态变化大。

厂址区基岩裂隙水受大气降水补给，其径流条件受岩性、构造裂隙和非构造裂隙发育程度控制。电厂基岩裂隙不发育，岩体较完整~完整，构造裂隙主要为微张~闭合裂隙，少数张性裂隙为方解石、绿泥石等充填、胶结，基岩裂隙水很少，只在局部赋存脉状系列水。

由于场地平整后地面将硬化，相对富水的浅部裂隙被挖除，场坪下主要为基岩裂隙水，厂址区地下水与区域水文地质单元没有水力联系且为独立的局部地下水体，在硬化后，厂区地下水被切断了接受大气降水的直接补给途径，降雨将通过电厂的排洪沟收集后最终排入大海。

### （4）厂址附近地下水用户情况

目前，三门县境内已经完成了农村集中式饮用水的全覆盖，集中式饮用水是居民生产生活用水的主要来源。根据厂址附近调查结果，厂址半径5km范围内没

有利用地下水作为饮用水和农业灌溉用水及工业用水的情况。根据厂址区的地形特点和水文地质单元分区特征，厂址附近 I 区、II 区、III 区分属三个相对独立的水文地质单元，大部分区域处在 I 区的三门核电厂不会对厂址附近的地下水产生不利影响。

### 2.5.3 洪水

根据《核动力厂厂址评价安全规定》(HAF101)和《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》(HAD101/09)的要求，并结合核电厂海域地理环境和工程布置特点，厂址洪水起因事件和基准水位的组合采用：

- 1) 10%超越概率天文高潮位；
- 2) 可能最大风暴潮增水；
- 3) 海平面的异常现象；
- 4) 风浪活动的影响。

三门核电厂址的设计基准洪水位 (DBF) = 10%超越概率天文潮 + 可能最大风暴增水 + 海平面上升 + 溢流影响 =  $3.92\text{m} + 4.71\text{m} + 0.15\text{m} + (-0.56\text{m}) = 8.22\text{m}$ ，考虑台风浪影响的设计基准洪水位 = 10%超越概率天文潮 + 可能最大风暴增水 + 海平面上升 + 溢流影响 + 可能最大台风浪影响 =  $3.92\text{m} + 4.71\text{m} + 0.15\text{m} + (-0.56\text{m}) + 0.6 \times 5.74\text{m} = 11.66\text{m}$ 。

三门核电厂厂坪标高为 12.0m，主厂区零米标高为 12.30m，高于考虑台风浪影响的设计基准洪水位 11.66m，因此，三门核电厂不受洪水的侵袭。

## 2.6 地形地貌

### 2.6.1 厂址附近地形地貌

三门核电厂位于三门县健跳镇北约 6km 的猫头半岛上，在猫头山东北侧大陆湾—猫头山嘴一带，厂址三面临海，西连大陆。

厂址附近地貌可分为陆地（含岛屿）和海域两部分。陆地地貌可分为低山丘陵、平原：

低山丘陵：属构造—剥蚀地貌，主要为猫头山低山丘陵组成（最高峰猫头山海拔 271.6m）；

平原：主要由西部最大的健康塘海湾平原组成，海湾平原海拔 2~3m 左右。

海域地貌可分为 4 个类型：潮滩、水下岸坡、冲刷槽和水下堆积平原。厂址北面为蛇蟠洋，东南面为猫头洋；周围海域内大小岛屿星罗棋布，海岸曲折。

### 2.6.2 厂区地形地貌

三门核电厂建于猫头山嘴头部娘娘殿岗周围，厂区由娘娘殿岗、泥湾岗头、狮子山、乌龟山等侵蚀、剥蚀丘陵及其周围的海涂滩地构成。丘陵呈 NNE、E~W 向展布，海拔高程一般为 41~91m，山体浑圆，山坡舒缓，自然坡角一般为 18~30°（东、南坡缓，北西坡较陡）。山体基岩表面覆盖有 0.5~3m 厚的残坡积物（局部地段基岩直接裸露），山麓残坡积物较厚，有时厚达 8m。

厂区南北海域分布有海涂滩地，滩地地形平坦，标高一般为 -2.0~2.0m，其中：

厂区南侧：海滩广布，地形平均坡降 1/2000，已建围堤内能防高潮海水淹没；

厂区北侧：海滩面积较小，地形坡降较南侧陡；

厂区东侧：潮间带宽度较小，水下岸坡较平坦，最大坡降为 6.7/100。

另外在丘陵边缘沿海岸线分布有海岸悬崖，总长度为 3.2km，岩壁陡峭，高 10~27m，坡度约 50~85°。

三门核电厂整个厂区场地平整工作已基本完成，主厂区现有厂坪标高为 11.7m，临海岸处已修筑护堤，厂区部分地貌已不复存在。

## 第三章 环境质量现状

### 3.1 辐射环境质量现状

#### 3.1.1 辐射环境现状调查

浙江省辐射环境监测站于 2023 年 1 月起对本工程所在厂址及周边区域的辐射环境水平开展调查与监测工作，于 2025 年 4 月完成了《三门核电厂二期工程辐射环境现状调查报告》。本节采用 2023 年 1 月~2024 年 12 月，共 24 个月的观测数据作为报告编制依据，部分监测项目的周期为一年。目前正在针对土壤和水生生物开展补充监测。

##### 3.1.1.1 辐射环境现状调查方案

###### 1) 调查内容、范围及布点原则

调查内容及布点原则参考《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》(HJ969-2018)。

###### (1) $\gamma$ 辐射剂量率、 $\gamma$ 辐射累积剂量

$\gamma$  辐射瞬时剂量率监测布点原则上近密远疏，一般选在居民点附近，尽量兼顾山丘、原野和道路。监测点布设在距建筑物 30m 以外的开阔地带，一般为田地、公园草地、山坡空地；道路监测点布设在道路中心线上，并尽量远离建筑物。监测点在厂址主导风向下风向及人口稠密区等敏感区适当增加。 $\gamma$  辐射瞬时剂量率监测共布设 84 个监测点。其中 82 个点位以本工程 3 号机组反应堆为中心，于半径 2km、5km、10km、20km、30km、40km、50km 与 16 个方位角形成的扇形区域内布点，包括半径 2km 范围内 5 个点位，半径 2~5km 范围内 5 个点位，半径 5~10km 范围内 17 个点位，半径 10~20km 范围内 18 个点位，半径 20~30km 范围内 13 个点位，以及半径 30~50km 范围内 24 个点位。另有 2 个点位位于厂址 50km 外（含对照点）。 $\gamma$  辐射瞬时剂量率的监测频次为 1 次/季。宇宙射线的测量于 2023 年 11 月 15 日在宁波东钱湖进行。

$\gamma$  辐射累积剂量监测点位与  $\gamma$  辐射瞬时剂量率监测点位保持一致，共设置 84 个监测点位。除了 2 个点位位于厂址 50km 外（含对照点），按本工程 3 号机组反应堆半径 2、5、10、20、30、40、50km 的 16 个方位间隔交叉布点。 $\gamma$  辐射累积剂量的监测频次为 1 次/季。

在厂址周围设 7 个  $\gamma$  辐射连续剂量率监测点位，监测频率为连续监测。

## (2) 空气

空气采样共布设 5 个固定采样点。空气样品包括气溶胶、沉降物、气体和降水。气溶胶样品的分析项目包括每个月一次的  $\gamma$  核素分析 ( $^7\text{Be}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ )，气溶胶年度混合样分析  $^{90}\text{Sr}$ 。沉降物样品的分析项目包括每季度一次的  $\gamma$  核素分析 ( $^7\text{Be}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ ) 和  $^{90}\text{Sr}$  分析。由于采集的样品量较少，因此降水监测项目为每月一次的  $^3\text{H}$ 。气体监测项目为每月一次的  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  和气碘。

## (3) 非受纳水体、沉积物及水生生物

地表水：地表水采样共布设 6 个采样点，监测频次为 2 次/年。地表水监测项目为总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ )，在 1 个采样点补充监测了  $^{14}\text{C}$ 。

饮用水：饮用水采样共布设 5 个采样点，监测频次为 2 次/年。饮用水监测项目为总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ )，在 1 个采样点补充监测了  $^{14}\text{C}$ 。

地下水：地下水采样共布设 5 个采样点，监测频次为 2 次/年。地下水监测项目为总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ )，在 2 个采样点补充监测了  $^{14}\text{C}$ 。

岸边沉积物：岸边沉积物采样共布设了 7 个采样点，布点原则和地表水类似，监测频度为 1 次/年。岸边沉积物监测项目为  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ )，在 1 个采样点补充监测了  $^{239+240}\text{Pu}$ 。

底泥：底泥采样共布设了 5 个采样点，布点原则和地表水类似，监测频度为 1 次/年。监测项目为  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ )，在 2 个采样点补充监测了  $^{239+240}\text{Pu}$ 。

非受纳水体水生生物：非受纳水体水生生物共布设了 2 个采样点采集水生植物和水生动物，主要针对当地居民主要食用的水生植物和水生动物。监测频度为 1 次/年。水生植物为莲藕，水生动物为鲫鱼。监测项目为  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$  和  $\gamma$  核素 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ )。

## (4) 土壤

土壤采样共布设了 22 个采样点, 其中 21 个采样点在厂址(本工程 3 号机组反应堆为中心)半径 5km、10km、20km、30km 与 8 个方位角形成的扇形区域内布设, 与  $\gamma$  辐射累积剂量监测点、 $\gamma$  辐射瞬时剂量率监测点重合。重点关注关键居民组、主导风下风向、人口集中区域和环境敏感区。监测频次为 1 次/年。土壤样品的监测项目包括  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ ), 每个方位角最近采样点进行  $^{239+240}\text{Pu}$  分析, 共有 7 个点位。

#### (5) 陆生生物

陆生生物包括陆生植物、陆生动物和牛奶。陆生植物包括粮食作物(大米)、蔬菜(番薯、茼蒿、青菜和西兰花)、水果(柑橘和葡萄)、陆生指示生物(松针和茶叶)、牧草。陆生动物包括鸭肉和羊肉。共布设了 5 个采样点采集陆生生物, 主要考虑关键居民组食用产地、主导风下风向、气态食入途径剂量较大区域、作物主产区。其中, 牧草样品均为国外进口牧草(干样)。监测频度为 1 次/年。监测项目为  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、自由水氚、有机氚、和  $\gamma$  核素( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ )。

共布设了 2 个采样点采集牛奶, 监测频度为 1 次/半年。监测项目为  $^{131}\text{I}$ 。

#### (6) 海水、海底沉积物、潮间带沉积物、海洋生物

海水: 海水采样点位以厂址排水口为中心, 于半径 5km、10km 与 8 个方位角形成的扇形区域内布点; 在取水口、排放口、周围大型排污口、海湾出口、养殖区集中处、环境敏感区考虑增设针对性采样点。监测频次为 2 次/年。监测项目包括  $^3\text{H}$  和  $\gamma$  核素( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ )。在 1 个采样点还补充监测了  $^{14}\text{C}$ , 核电外围采样点补充监测了  $^{90}\text{Sr}$ 。

海底沉积物: 海底沉积物采样点与海水采样点重合, 共布设了 20 个采样点, 监测频次为 1 次/年。监测项目包括  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ )。在 2 个采样点补充监测  $^{239+240}\text{Pu}$ 。

潮间带沉积物: 潮间带沉积物采样共布设 7 个采样点, 监测频次为 1 次/年。监测项目包括  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ )。在 2 个采样点补充监测  $^{239+240}\text{Pu}$ 。

海洋生物: 海洋生物包括海洋植物和海洋动物。海洋植物为海带和紫菜, 共布设了 4 个采样点。海洋动物包括杂鱼、对虾、鲳鱼、带鱼、鲮鱼、蛏子、青蟹

和牡蛎，其中牡蛎为海洋指示生物，共布设了 7 个采样点。监测频次为 1 次/年。监测项目包括  $\gamma$  核素 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ )、 $^{14}\text{C}$ 、自由水氚、有机氚、 $^{90}\text{Sr}$ 。

#### (7) 放射性环境资料收集

调查和收集本工程所在厂址及周边区域的放射性环境水平历史资料，以及厂址周边核与辐射设施情况，包括：厂址半径 30km 范围内核设施以及铀、钍矿设施概况；厂址半径 15km 范围内“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施以及同位素生产、非密封放射性同位素应用概况；厂址半径 5km 范围内 I、II 类放射源应用概况。

#### 3.1.1.2 辐射环境现场测量、样品采集和预处理

##### 1) $\gamma$ 辐射剂量率、 $\gamma$ 辐射累积剂量

###### (1) $\gamma$ 辐射剂量率监测

$\gamma$  辐射瞬时剂量率监测共布设 84 个点位，选在居民点附近，尽量兼顾山丘、原野和道路。监测点一般与附近高大建筑物的距离大于 30m。如果是针对道路的监测点，点位布设在道路中心线上，并尽量远离建筑物。采用便携式 X- $\gamma$  辐射剂量率仪进行监测，每季度测量一次  $\gamma$  辐射瞬时剂量率。测量结果扣除宇宙射线的贡献。

$\gamma$  辐射连续剂量率监测共布设 7 个点位，采用高气压电离室进行监测，每 30 秒读取一个辐射剂量率数据，实行全天 24 小时连续监测，最后根据 24 小时连续监测数据计算日平均值及月平均值（未扣除宇宙射线的贡献）。

宇宙射线的测量按照《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）要求，选取水深大于 3m，距岸边大于 1km 的淡水湖面作为测量点位，在晴朗、无风或微风条件下，将测量仪器分别放置于浮筒平台测量仪器的宇宙射线响应值，每组测量 100 个数据。

###### (2) $\gamma$ 辐射累积剂量监测

$\gamma$  辐射累积剂量监测共布设 84 个点位，与  $\gamma$  辐射瞬时剂量率监测点位一致。热释光剂量计采用具有较好的抗破损性和能量响应特性的 LiF (Mg、Cu、P) 圆片形，分散性为 1%。热释光剂量计在布放到监测点之前，对其进行多重包装，以便消除  $\beta$  辐射干扰，达到电平衡。每季度布放下一季度的热释光剂量计、回收

上一季度的热释光剂量计。测量累积剂量并根据布放时间计算累积剂量按小时平均值（未扣除宇宙射线的贡献）。

## 2) 空气

### (1) 气溶胶

空气中气溶胶样品采集采用华瑞核安 HRHA01-LFS120D/B 型及浙江恒达 ZC-Q1001 型大流量采样器，采样滤纸使用可灰化滤纸，滤膜尺寸为 180mm×230mm。样品采集时，采样口高出基面 1~1.5m。现场确认采样器能正常工作后，设置采样流量为 1m<sup>3</sup>/min。2 天更换一次滤纸，采样后，把滤纸载尘面向里折叠成小尺寸，用塑料盒装好密封。每个点位连续采集 8 天，采样体积不低于 10000m<sup>3</sup>。

### (2) 沉降物

沉降物采集采用华瑞核安 HRHA01-DWS560B 型、浙江恒达 ZJC-VI 型干湿沉降采样器或面积为 0.28m<sup>2</sup>的不锈钢桶。采样器放置于周围开阔无遮掩的地方，底面要保持水平，向其中加入少量去离子水，防止刮风吹走沉降物。沉降物收集时间为 1 个季度，每个采样点采集 1 个季度的累积混合样。采样结束后，把整个采集期间接收到的沉降物全部移入塑料样品桶内，附着在采样器上的沉降物用去离子水冲洗干净，倒入样品容器中。

### (3) 降水

降水收集器为雨量筒，收集雨水混合样，采集器边沿离地面高 1~1.5m。在降雨过后，及时将收集瓶内的雨水转移至样品桶内，以防止外溢。降水每个月底收集 1 次，测量混合样 <sup>3</sup>H 活度浓度。

### (4) 空气中 <sup>3</sup>H、<sup>14</sup>C 和气碘

空气中 <sup>3</sup>H: 采用除湿机收集空气中的冷凝水，采样器进气口距离地面 1~1.5m。采样期间每天记录一次温度和湿度。样品收集后转移至 2.5L 采样容器内，密封保存。测量时将收集到的样品进行蒸馏，收集蒸馏冷凝液，加闪烁液后，置于测量室内暗适应，然后用低本底液闪谱仪测量计数。

空气中 <sup>14</sup>C: 采用 <sup>14</sup>C 采样设备采集，空气中二氧化碳经碱液吸收，生成碳酸钠，加氯化钙生成碳酸钙沉淀，碳酸钙粉末悬浮于 Tmton-x100 甲苯闪烁液中，用低本底液闪谱仪测量 <sup>14</sup>C 放出的 β 射线，从而计算出空气中 <sup>14</sup>C 的活度浓度。

气碘: 使用气碘采样器采集，安装在距地面 1~1.5m 高的支架上或百叶箱内，流量设置为 90L/min 左右，连续采样约两天。采样空气体积不低于 200m<sup>3</sup>。采样

结束，将滤膜与活性炭盒放进样品盒，密封好后尽快送至实验室测量，测量活时间为 24 小时，并考虑测量期间的衰变校正。

### 3) 非受纳水体、沉积物及水生生物

#### (1) 非受纳水体

地表水：采集的地表水包括水库水和河湖水。用塑料（聚乙烯）桶采集水样。采样前先用净水冲洗干净备用，采样时用待采水样洗涤 2~3 次后开始采集，取样时尽量防止扰动水体和杂物进入。有排放水和支流汇入处，则选在其汇合点的下游，在两者充分混合的地方采样。河水涨水时，当有浊流等情况出现时，暂停取样。水库水取样避开河川的流入或流出处，采取表面水。取样以后，立即在样品中加入硝酸，使水样酸化至  $\text{pH}<2$ ，监测  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  的水样不加酸。分析  $^3\text{H}$  的水样贮存在玻璃容器中，不进行过滤等处理，若为了排除沉淀物的影响而采用过滤（澄清）时，将在采样记录表上记录。

饮用水、地下水：采样时，让采样水（井水或自来水）先放水几分钟，并冲洗采样器具 2~3 次，用漏斗把样品采集到容器中。取样以后，立即在样品中加入硝酸，使水样酸化至  $\text{pH}<2$ ，监测  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  的水样不加酸。

水样预处理：测量  $^3\text{H}$  时，加高锰酸钾蒸馏至电导率低于  $5\mu\text{s}/\text{cm}$ ，收集蒸馏冷凝液，加闪烁液后，置于测量室内暗适应，然后放入低本底液闪谱仪测量计数；测量总  $\alpha$ 、 $\beta$  时，用蒸发法使水中放射性核素浓集到少量固体物质上，再把固体物质制成样品源测定  $\alpha$ 、 $\beta$  放射性，用低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  计数装置测量样品计数，样品测量时间为 1000 分钟；测量  $^{90}\text{Sr}$  时，采用二-（2-乙基己基）磷酸酯萃取色层法，水样体积为 30L，化学回收率 40% 左右，测量仪器为低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  计数装置，样品铺在直径为 20mm 滤纸上，再置于不锈钢盘测量计数。测量  $\gamma$  核素时，取 60L 水，加入载体，充分搅拌时加碱，生成沉淀并分离，经反复沉淀载带，得到的沉淀物置于  $105^\circ\text{C}$  温度下持续 48h 烘干，称重并磨碎，封装于样盒中，再用  $\gamma$  谱仪分析测量。

#### (2) 岸边沉积物、底泥

底泥采用专用的抓斗式底泥采样器采集，岸边沉积物采用塑料勺直接采取。采集后封装于双层自封袋内。

#### (3) 非受纳水体水生生物

非受纳水体水生生物直接到采样点采购（在采样点采集或者捕捞）。鱼类在其新鲜时用净水迅速洗净。直接供分析和测定用的小鱼、鱼苗等全体样品，放入竹篓等器具内，控水 10~15min。大鱼用纸张之类擦干，去鳞，去内脏，称鲜重（骨肉分离后分别称重）。

#### 4) 土壤

采样工具为土壤采样铲，在 10m×10m 的范围内采用梅花形布点，条件不具备时采用蛇形布点。采集 0~10cm 的表层土，在现场充分混合，去除石头、草根等杂物后取 2~3kg 装入双层塑料袋内保存。经烘干、粉碎，过筛混匀至 60 目以上，压实并密封于  $\phi 75\text{mm} \times H 50\text{mm}$  园柱形塑料样品盒中，称量待测量。

#### 5) 陆生生物

粮食作物、蔬菜、水果：主要收集大米、番薯、莴苣、青菜、西兰花、柑橘、葡萄、牧草。在收获季节，在指定点位的种植区域农家购买，分别购买约 25~30kg。

奶类：在指定点位的奶场购买，购买量约 10L。

陆生动物：主要是鸭肉和羊肉。在指定点位的养殖区域采购，样品去除骨头后取其可食部分，称量鲜重，每个样品采集量约 15~20kg。

松针：选择树高 4m 以下、树干直径小于 10cm 并且尚未经过人工修枝的年青松树采集松针，采集到的样品直接运回实验室处理。

茶叶：在指定点位的种植区域农家购买，购买量约 7kg。

生物样品（除牛奶外）经洗净与整理后，烘干、炭化与灰化，装入  $\phi 75\text{mm} \times H 50\text{mm}$  园柱形塑料盒中压实，称量、密封。测量  $\gamma$  核素时，采用  $\gamma$  谱仪，测量时间一般为 24h 左右；测量  $^{90}\text{Sr}$  时，采用二-（2-乙基己基）磷酸酯萃取色层法，测量仪器为低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  计数装置；测量自由水氚时，对样品进行真空冷冻干燥，而后通过蒸馏纯化后采用低本底液闪谱仪测出其中的氚浓度。测量有机氚时，将冻干或烘干后的生物样品放入氧化燃烧装置中，通过冷凝收集冷凝水，冷凝水进一步纯化后与闪烁液混匀，用低本底液闪计数器测定有机氚的放射性活度浓度。测量  $^{14}\text{C}$  时，将样品氧化燃烧，用 NaOH 溶液吸收产生的二氧化碳，之后加入氯化钙溶液形成碳酸钙沉淀。碳酸粉末悬浮于闪烁液中，采用低本底液闪谱仪检测，从而可得到生物样品中  $^{14}\text{C}$  的浓度。

牛奶样品中  $^{131}\text{I}$  用强碱性阴离子交换树脂浓集。经过次氯酸钠解吸、四氯化碳萃取、亚硫酸氢钠还原、水反萃后，制成碘化银。用低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  计数装置测量。

#### 6) 海水、海底沉积物、海洋生物

(1) 海水样品采集：乘船到指定区域，采用聚乙烯水桶直接采集海水样品。取样后在样品中加入适量硝酸，使水样酸化至  $\text{pH}<2$ ，监测  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  的水样不加酸。

(2) 海底沉积物样品采集：海底沉积物采用专用的抓斗式底泥采样器采集，潮间带沉积物采用采样铲（勺）直接采样。采集后沉积物封装于双层自封袋内。

(3) 海洋生物样品采集：前往监测海域附近的市場或当地养殖户直接购买，并确认其来自于监测海域。海带、紫菜、对虾、带鱼、鲳鱼、杂鱼、鲮鱼在监测海域附近的市場购买。蛭子、牡蛎在当地的养殖户以及监测海域附近的市場购买。青蟹在当地的养殖户购买。挑选大小大致相似的个体，保证足够数量，放入双层聚乙烯袋中冰冻保存。动物样品采集后去除骨头和大壳，滤干水分后取可食部分称量鲜重。

#### 3.1.1.3 监测仪器及分析方法

监测、分析仪器设备及测量方法严格按照相关标准执行。

#### 3.1.1.4 辐射环境现状调查结果

##### 1) 放射性环境资料收集

截止 2025 年 3 月 31 日，厂址半径 30km 范围内除三门核电有限公司外无其它核设施和铀、钍矿设施。

厂址半径 15km 范围内无人為活动引起的天然放射性明显增加（NORM）设施。

厂址半径 15km 范围内除三门核电有限公司外无同位素生产以及非密封放射性同位素使用企业。

厂址半径 5km 范围内除三门核电有限公司外无其他放射源使用企业。

##### 2) $\gamma$ 辐射剂量率、 $\gamma$ 辐射累积剂量测量结果

###### (1) $\gamma$ 辐射瞬时剂量率测量结果

监测结果已扣除宇宙射线响应值。

$\gamma$  辐射瞬时剂量率的测量范围为 34.8~134.9nGy/h, 均值为  $85.8 \pm 12.3$ nGy/h。  
对照点  $\gamma$  辐射瞬时剂量率的测量范围为 75.0~81.7nGy/h, 平均值为  $78.8 \pm 3.2$ nGy/h。  
三门核电一期本底调查项目  $\gamma$  辐射瞬时剂量率的测量范围为 25.8~138.0nGy/h, 均值为  $78.5 \pm 14.9$ nGy/h。

## (2) $\gamma$ 辐射连续剂量率测量结果

监测结果未扣除宇宙射线响应值。

$\gamma$  辐射连续剂量率的测量范围为 84.6~104.3nGy/h, 均值为  $94.4 \pm 6.6$ nGy/h。  
对照点  $\gamma$  辐射连续剂量率点位的测量范围为 95.2~100.4nGy/h, 平均值为  $98.7 \pm 1.6$ nGy/h。

## (3) $\gamma$ 辐射累积剂量测量结果

监测结果未扣除宇宙射线响应值。

$\gamma$  辐射累积剂量的测量范围为 64.8~149.5nGy/h, 均值为  $101.3 \pm 12.8$ nGy/h。  
对照点  $\gamma$  辐射累积剂量的测量范围为 93.6~105.5nGy/h, 平均值为  $100.6 \pm 5.0$ nGy/h。  
三门核电一期本底调查项目  $\gamma$  辐射累积剂量的测量范围为 49.5~172.4nGy/h, 均值为  $94.3 \pm 16.2$ nGy/h。

# 3) 空气测量结果

## (1) 气溶胶

气溶胶  $\gamma$  谱核素分析 ( $^7\text{Be}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ ) 测量结果中,  $^7\text{Be}$  活度浓度范围为 1.06~8.79mBq/m<sup>3</sup>, 均值为  $4.20 \pm 1.88$ mBq/m<sup>3</sup>。其余核素测量结果低于探测限。对照点的  $^7\text{Be}$  测量结果范围为 1.41~8.31mBq/m<sup>3</sup>。

气溶胶放化分析项目  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度范围为 0.21~0.48 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , 均值为  $0.32 \pm 0.13$  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 。由于对照点的样品丢失, 缺少对照点  $^{90}\text{Sr}$  的监测结果。根据《2024 中国辐射环境质量报告》, 2024 年 1 月到 2024 年 12 月对照点气溶胶年度混合样中  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度为  $0.15 \pm 0.04$  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 。三门核电一期本底调查项目气溶胶中  $^{90}\text{Sr}$  的测量结果范围为 0.2~22.5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

## (2) 沉降物

沉降物  $\gamma$  谱核素分析 ( $^7\text{Be}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ ) 测量结果中,  $^7\text{Be}$  活度浓度范围为 110~8432mBq/(m<sup>2</sup>·d), 均值为  $1187 \pm 2037$ mBq/(m<sup>2</sup>·d)。其余核素测量结果均低于探测限。对照点的  $^7\text{Be}$  活度浓度范围为 1458~5076mBq/m<sup>3</sup>。

沉降物放化分析的分析项目为 $^{90}\text{Sr}$ ，活度浓度范围为 $0.39\sim 1.94\text{mBq}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，均值为 $0.79\pm 0.40\text{mBq}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。对照点的 $^{90}\text{Sr}$ 活度浓度范围为 $0.29\sim 1.63\text{mBq}/\text{m}^3$ 。三门核电一期本底调查项目沉降物中 $^{90}\text{Sr}$ 的活度浓度范围为 $1.1\sim 10.3\text{mBq}/\text{m}^3$ 。

### (3) 降水

降水中 $^3\text{H}$ 活度浓度范围为 $<0.4\sim 2.7\text{Bq}/\text{L}$ （ $^3\text{H}$ 沉降量活度浓度范围为 $<99.4\sim 296.9\text{mBq}/\text{km}^2$ ），均值为 $0.9\pm 0.6\text{Bq}/\text{L}$ （ $^3\text{H}$ 沉降量活度浓度均值为 $95.1\pm 10.2\text{mBq}/\text{km}^2$ ）。对照点的 $^3\text{H}$ 活度浓度范围为 $<1.0\sim 1.8\text{Bq}/\text{L}$ （ $^3\text{H}$ 沉降量活度浓度范围为 $<93.8\sim 199\text{mBq}/\text{km}^2$ ）。三门核电一期本底调查项目降水中 $^3\text{H}$ 测量结果低于探测限（ $^3\text{H}$ 沉降量活度浓度范围为 $0.8\sim 253.2\text{mBq}/\text{km}^2$ ）。

### (4) 空气 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 和气碘

空气 $^3\text{H}$ 活度浓度范围为 $<0.5\sim 4.6\text{Bq}/\text{L}$ （ $<6.9\sim 29.8\text{mBq}/\text{m}^3\text{ air}$ ），均值为 $1.5\pm 0.3\text{Bq}/\text{L}$ （ $14.6\pm 3.3\text{mBq}/\text{m}^3\text{ air}$ ）。对照点的 $^3\text{H}$ 活度浓度范围为 $<0.9\sim 2.3\text{Bq}/\text{L}$ 。三门核电一期本底调查项目 $^3\text{H}$ 测量结果低于探测限。

空气 $^{14}\text{C}$ 活度浓度范围为 $0.18\sim 0.29\text{Bq}/\text{g C}$ （ $0.036\sim 0.058\text{Bq}/\text{m}^3$ ），均值为 $0.23\pm 0.01\text{Bq}/\text{g C}$ （ $0.047\pm 0.002\text{mBq}/\text{m}^3$ ）。对照点的 $^{14}\text{C}$ 活度浓度范围为 $0.19\sim 0.28\text{Bq}/\text{g C}$ 。三门核电一期本底调查项目 $^{14}\text{C}$ 活度浓度范围为 $0.12\sim 0.30\text{Bq}/\text{g C}$ 。

空气中 $^{131}\text{I}$ 、 $^{133}\text{I}$ 所有点位测量结果均低于探测限。

## 4) 非受纳水体、沉积物及水生生物测量结果

### (1) 地表水

地表水 $\gamma$ 谱核素分析（ $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ ）测量结果均低于探测限。

地表水放化分析项目中总 $\alpha$ 活度浓度范围为 $<0.04\sim 0.08\text{Bq}/\text{L}$ 。总 $\beta$ 活度浓度范围为 $0.05\sim 0.19\text{Bq}/\text{L}$ ，均值为 $0.13\pm 0.04\text{Bq}/\text{L}$ 。 $^{90}\text{Sr}$ 活度浓度范围为 $0.47\sim 2.54\text{mBq}/\text{L}$ ，均值为 $1.49\pm 0.73\text{mBq}/\text{L}$ ； $^3\text{H}$ 活度浓度范围为 $<0.5\sim 1.6\text{Bq}/\text{L}$ ； $^{14}\text{C}$ 活度浓度范围 $3.42\sim 4.45\text{mBq}/\text{L}$ （ $0.22\sim 0.24\text{Bq}/\text{g C}$ ），均值为 $3.94\pm 0.73\text{mBq}/\text{L}$ （ $0.23\pm 0.01\text{Bq}/\text{g C}$ ）。

对照点的总 $\alpha$ 活度浓度范围为 $<0.03\text{Bq}/\text{L}$ ，总 $\beta$ 活度浓度范围为 $0.10\sim 0.13\text{Bq}/\text{L}$ ， $^{90}\text{Sr}$ 活度浓度范围为 $1.37\sim 1.67\text{mBq}/\text{L}$ ， $^3\text{H}$ 活度浓度范围为 $<0.9\sim 0.5\text{Bq}/\text{L}$ 。三门核电一期本底调查项目总 $\alpha$ 活度浓度范围为 $<0.02\sim 0.15\text{Bq}/\text{L}$ ，

总  $\beta$  活度浓度范围为 0.03~0.51Bq/L,  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为 0.5~5.2mBq/L,  $^3\text{H}$  活度浓度范围为 0.27~0.93Bq/L。

## (2) 底泥

底泥  $\gamma$  谱核素分析 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ ) 测量结果中,  $^{238}\text{U}$  活度浓度范围为 34.6~54.7Bq/kg, 均值为  $41.5 \pm 9.0\text{Bq/kg}$ ;  $^{226}\text{Ra}$  活度浓度范围为 25.2~33.8Bq/kg, 均值为  $28.5 \pm 3.7\text{Bq/kg}$ ;  $^{232}\text{Th}$  活度浓度范围为 61.4~67.8Bq/kg, 均值为  $63.8 \pm 2.8\text{Bq/kg}$ ;  $^{40}\text{K}$  活度浓度范围为 834~1073Bq/kg, 均值为  $916 \pm 107\text{Bq/kg}$ ;  $^{137}\text{Cs}$  的活度浓度范围为  $<0.21 \sim 5.42\text{Bq/kg}$ , 均值为  $1.43 \pm 2.66\text{Bq/kg}$ ; 其余核素测量结果均低于探测限。对照点的  $^{238}\text{U}$  活度浓度为  $48.8 \pm 1.7\text{Bq/kg}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  活度浓度为  $34.8 \pm 5.5\text{Bq/kg}$ ,  $^{232}\text{Th}$  活度浓度为  $51.8 \pm 4.6\text{Bq/kg}$ ,  $^{40}\text{K}$  活度浓度为  $515 \pm 35\text{Bq/kg}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  的测量结果均低于探测限。三门核电一期本底调查项目  $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围为 2.36~9.26Bq/kg。

底泥放化分析项目  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为 0.22~0.54Bq/kg, 均值为  $0.33 \pm 0.15\text{Bq/kg}$ 。对照点的  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度为  $0.16 \pm 0.03\text{Bq/kg}$ 。三门核电一期本底调查项目  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为 0.18~2.42Bq/kg。

底泥  $^{239+240}\text{Pu}$  活度浓度范围为 0.103~0.113Bq/kg, 均值为  $0.108 \pm 0.007\text{Bq/kg}$ 。

## (3) 岸边沉积物

岸边沉积物  $\gamma$  谱核素分析 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ ) 测量结果中,  $^{238}\text{U}$  活度浓度范围为 34.8~51.8Bq/kg, 均值为  $41.6 \pm 6.7\text{Bq/kg}$ ;  $^{226}\text{Ra}$  活度浓度范围为 25.5~53.6Bq/kg, 均值为  $34.5 \pm 10.4\text{Bq/kg}$ ;  $^{232}\text{Th}$  活度浓度范围为 39.6~124Bq/kg, 均值为  $70.8 \pm 28.1\text{Bq/kg}$ ;  $^{40}\text{K}$  活度浓度范围为 558~1535Bq/kg, 均值为  $974 \pm 334\text{Bq/kg}$ ;  $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围为  $<0.21 \sim 3.92\text{Bq/kg}$ , 均值为  $1.48 \pm 1.51\text{Bq/kg}$ ; 其余核素测量结果均低于探测限。对照点的  $^{238}\text{U}$  活度浓度为  $11.7 \pm 0.9\text{Bq/kg}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  活度浓度为  $16.8 \pm 1.3\text{Bq/kg}$ ,  $^{232}\text{Th}$  活度浓度为  $25.3 \pm 2.0\text{Bq/kg}$ ,  $^{40}\text{K}$  活度浓度为  $344 \pm 29\text{Bq/kg}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  活度浓度为  $1.15 \pm 0.13\text{Bq/kg}$ 。三门核电一期本底调查项目  $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围为 0.61~5.90Bq/kg。

岸边沉积物放化分析项目  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为 0.20~0.54Bq/kg, 均值为  $0.33 \pm 0.12\text{Bq/kg}$ 。对照点的  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度为  $0.36 \pm 0.04\text{Bq/kg}$ 。三门核电一期本底调查项目  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为 0.40~1.62Bq/kg。

岸边沉积物  $^{239+240}\text{Pu}$  活度浓度为  $0.105 \pm 0.054 \text{Bq/kg}$ 。

### (3) 地下水

地下水  $\gamma$  谱核素分析 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ ) 测量结果均低于探测限。

地下水放化分析项目中总  $\alpha$  活度浓度范围为  $<0.04 \sim 0.47 \text{Bq/L}$ 。总  $\beta$  活度浓度范围为  $0.07 \sim 2.32 \text{Bq/L}$ ，均值为  $0.80 \pm 0.83 \text{mBq/L}$ 。 $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $0.22 \sim 2.54 \text{mBq/L}$ ，均值为  $0.96 \pm 0.75 \text{mBq/L}$ 。

地下水  $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $<0.5 \sim 37.9 \text{Bq/L}$ 。

地下水  $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为  $0.67 \sim 11.67 \text{mBq/L}$  ( $0.16 \sim 0.26 \text{Bq/g C}$ )，均值为  $5.91 \pm 3.56 \text{mBq/L}$  ( $0.21 \pm 0.03 \text{Bq/g C}$ )。

对照点的总  $\alpha$  活度浓度范围为  $<0.04 \sim 0.01 \text{Bq/L}$ ，总  $\beta$  活度浓度范围为  $0.07 \sim 0.08 \text{Bq/L}$ ， $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $1.48 \sim 1.63 \text{mBq/L}$ ， $^3\text{H}$  的测量结果低于探测限。三门核电一期本底调查项目总  $\alpha$  活度浓度范围为  $<0.02 \sim 0.15 \text{Bq/L}$ ，总  $\beta$  活度浓度范围为  $0.06 \sim 0.87 \text{Bq/L}$ ， $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $0.6 \sim 4.2 \text{mBq/L}$ ， $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $0.22 \sim 0.67 \text{Bq/L}$ 。

### (4) 饮用水

饮用水  $\gamma$  谱核素分析 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ ) 和  $^3\text{H}$  测量结果均低于探测限。

饮用水放化分析项目中，总  $\alpha$  活度浓度范围  $<0.04 \sim 0.05 \text{Bq/L}$ ；总  $\beta$  活度浓度范围  $0.05 \sim 0.11 \text{Bq/L}$ ，均值为  $0.07 \pm 0.02 \text{Bq/L}$ ； $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围  $0.47 \sim 1.68 \text{mBq/L}$ ，均值为  $1.01 \pm 0.43 \text{mBq/L}$ 。

饮用水  $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为  $0.34 \sim 0.69 \text{mBq/L}$  ( $0.22 \sim 0.25 \text{Bq/g C}$ )，均值为  $0.49 \pm 0.25 \text{mBq/L}$  ( $0.47 \pm 0.02 \text{Bq/g C}$ )。

对照点的总  $\beta$  活度浓度为  $0.08 \text{Bq/L}$ ， $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $0.91 \sim 0.97 \text{mBq/L}$ ，总  $\alpha$  和  $^3\text{H}$  的测量结果低于探测限。三门核电一期本底调查项目总  $\alpha$  的测量结果低于探测限，总  $\beta$  活度浓度范围为  $0.02 \sim 0.07 \text{Bq/L}$ ， $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $0.6 \sim 4.0 \text{mBq/L}$ ， $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $0.24 \sim 0.85 \text{Bq/L}$ 。

### (5) 水生生物

水生生物  $\gamma$  谱核素分析 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ) 测量结果均低于探测限。

水生生物放化分析:2023 年 11 月水生植物  $^{90}\text{Sr}$  测量结果为  $185.9\pm4.2\text{mBq/kg}$  鲜 ( $8.33\pm0.19\text{mBq/g}$  灰), 2024 年 8 月水生动物  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度为  $32.3\pm7.8\text{mBq/kg}$  鲜 ( $0.77\pm0.19\text{mBq/g}$  灰)。2023 年 11 月水生植物所含碳的  $^{14}\text{C}$  活度浓度为  $18.4\pm4.8\text{Bq/kg}$  鲜 ( $0.21\pm0.06\text{Bq/g C}$ ), 2024 年 8 月水生动物所含碳的  $^{14}\text{C}$  活度浓度为  $21.7\pm5.4\text{Bq/kg}$  鲜 ( $0.20\pm0.06\text{Bq/g C}$ )。

对照点 2024 年 5 月水生植物  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度为  $24.3\pm1.7\text{mBq/kg}$  鲜 ( $2.06\pm0.14\text{mBq/g}$  灰), 2024 年 8 月水生动物  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度为  $64.3\pm3.7\text{mBq/kg}$  鲜 ( $1.82\pm0.11\text{mBq/g}$  灰)。对照点 2024 年 11 月水生植物所含碳的  $^{14}\text{C}$  活度浓度为  $19.1\pm4.5\text{Bq/kg}$  鲜 ( $0.21\pm0.05\text{Bq/g C}$ ), 2024 年 8 月水生动物所含碳的  $^{14}\text{C}$  活度浓度为  $23.4\pm5.7\text{Bq/kg}$  鲜 ( $0.26\pm0.06\text{Bq/g C}$ )。

#### 5) 土壤测量结果

土壤  $\gamma$  谱核素分析 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ ) 测量结果中,  $^{238}\text{U}$  活度浓度范围为  $23.7\sim63.7\text{Bq/kg}$ , 均值为  $43.3\pm10.6\text{Bq/kg}$ ;  $^{226}\text{Ra}$  活度浓度范围为  $18.6\sim45.1\text{Bq/kg}$ , 均值为  $28.8\pm6.5\text{Bq/kg}$ ;  $^{232}\text{Th}$  活度浓度范围为  $32.0\sim80.8\text{Bq/kg}$ , 均值为  $59.6\pm11.7\text{Bq/kg}$ ;  $^{40}\text{K}$  活度浓度范围为  $468\sim1347\text{Bq/kg}$ , 均值为  $974\pm262\text{Bq/kg}$ ;  $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围为  $<0.29\sim5.62\text{Bq/kg}$ , 均值为  $2.45\pm1.58\text{Bq/kg}$ , 其余核素测量结果均低于探测限。对照点的  $^{238}\text{U}$  活度浓度为  $32.5\pm3.9\text{Bq/kg}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  活度浓度为  $32.8\pm3.6\text{Bq/kg}$ ,  $^{232}\text{Th}$  活度浓度为  $46.4\pm6.0\text{Bq/kg}$ ,  $^{40}\text{K}$  活度浓度为  $490\pm54\text{Bq/kg}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  活度浓度为  $0.65\pm0.12\text{Bq/kg}$ 。三门核电一期本底调查项目  $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围为  $<0.58\sim5.97\text{Bq/kg}$ 。

土壤放化分析项目  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $0.14\sim0.42\text{Bq/kg}$ , 均值为  $0.26\pm0.07\text{Bq/kg}$ 。对照点的  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度为  $0.48\pm0.06\text{Bq/kg}$ 。三门核电一期本底调查项目  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $0.32\sim3.35\text{Bq/kg}$ 。

土壤  $^{239+240}\text{Pu}$  活度浓度范围为  $0.092\sim0.305\text{Bq/kg}$ , 均值为  $0.177\pm0.077\text{Bq/kg}$ 。

#### 6) 陆生生物测量结果

陆生生物  $\gamma$  谱核素分析 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ) 测量结果中,  $^{137}\text{Cs}$  部分样品的测量结果高于探测限, 其余核素测量结果均低于探测限。

陆生生物放化分析项目样品所含碳的  $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为  $3.0\sim 115.0\text{Bq/kg}$  鲜 ( $0.15\sim 0.27\text{Bq/g C}$ )；有机氚活度浓度范围为  $< 1.16\sim 0.80\text{Bq/kg}$  鲜 ( $< 1.6\sim 2.85\text{Bq/L}$ )；自由水氚活度浓度范围为  $< 1.40\sim 2.25\text{Bq/kg}$  鲜 ( $< 0.5\sim 2.3\text{Bq/L}$ )。 $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $6.92\sim 2944\text{mBq/kg}$  鲜 ( $0.87\sim 189.75\text{mBq/g}$  灰)。 $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围为  $< 2.7\times 10^{-2}\sim 1.72\text{Bq/kg}$  鲜 ( $< 8.8\times 10^{-4}\sim 2.9\times 10^{-2}\text{Bq/g}$  灰)。

对照点的陆生生物有机氚、自由水氚、 $^{137}\text{Cs}$  的测量结果均低于探测限，样品所含碳的  $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为  $3.3\sim 60.3\text{Bq/kg}$  鲜 ( $0.14\sim 0.26\text{Bq/g C}$ )， $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $10.5\sim 377.9\text{mBq/kg}$  鲜 ( $0.89\sim 31.44\text{mBq/g}$  灰)。三门核电一期本底调查项目陆生生物  $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为  $0.15\sim 0.25\text{Bq/g C}$ ， $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $4.9\sim 2091.0\text{mBq/kg}$  鲜， $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围为  $< 3.6\times 10^{-1}\sim 1.15\text{Bq/kg}$  鲜。

牛奶的测量结果均低于探测限。

## 7) 海水、海底沉积物、海洋生物测量结果

### (1) 海水

海水  $\gamma$  谱核素分析 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ) 测量结果中， $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围  $< 0.52\sim 1.33\text{mBq/L}$ ，均值为  $0.95\pm 0.30\text{mBq/L}$ ；其它核素测量结果均低于探测限。对照点  $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围  $< 0.53\sim 0.79\text{mBq/L}$ 。三门核电一期本底调查项目  $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围  $< 1.4\sim 3.2\text{mBq/L}$ 。

海水放化分析项目 ( $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ ) 测量结果中， $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围  $0.78\sim 2.51\text{mBq/L}$ ，均值为  $1.51\pm 0.50\text{mBq/L}$ ； $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $< 0.9\sim 6.8\text{Bq/L}$ ，均值为  $2.30\pm 1.74\text{Bq/L}$ ； $^{14}\text{C}$  主要对排放口外  $1\text{km}$  开展测量，活度浓度范围为  $3.47\sim 6.40\text{mBq/L}$  ( $0.16\sim 0.27\text{Bq/g C}$ )，均值为  $4.94\pm 2.07\text{mBq/L}$  ( $0.22\pm 0.08\text{Bq/g C}$ )。

对照点  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围  $0.65\sim 2.13\text{mBq/L}$ ， $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $0.4\sim 1.0\text{Bq/L}$ 。三门核电一期本底调查项目  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围  $0.40\sim 3.70\text{mBq/L}$ ， $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $0.22\sim 0.95\text{Bq/L}$ 。

### (2) 海底沉积物、潮间沉积物

海底沉积物  $\gamma$  谱核素分析 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ ) 测量结果中， $^{238}\text{U}$  的活度浓度范围为  $26.7\sim 46.3\text{Bq/kg}$ ，均值为  $38.4\pm 5.2\text{Bq/kg}$ ； $^{226}\text{Ra}$  的活度浓度范围为  $22.4\sim 32.8\text{Bq/kg}$ ，均值为  $26.8\pm 2.5\text{Bq/kg}$ ； $^{232}\text{Th}$  的活度浓度范围为  $36.5\sim 65.7\text{Bq/kg}$ ，均值为  $46.2\pm 6.5\text{Bq/kg}$ ； $^{40}\text{K}$  的活度浓度范围为  $577\sim 1319\text{Bq/kg}$ ，均值为  $837\pm 174\text{Bq/kg}$ ； $^{137}\text{Cs}$  的活度浓度

范围为 $<0.23\sim 2.66\text{Bq/kg}$ ，均值为 $1.43\pm 0.56\text{Bq/kg}$ ；其它核素测量结果均低于探测限。对照点的 $^{238}\text{U}$ 活度浓度为 $32.4\pm 2.1\text{Bq/kg}$ ， $^{226}\text{Ra}$ 活度浓度为 $28.7\pm 1.3\text{Bq/kg}$ ， $^{232}\text{Th}$ 活度浓度为 $46.9\pm 4.1\text{Bq/kg}$ ， $^{40}\text{K}$ 活度浓度为 $699\pm 46\text{Bq/kg}$ ， $^{137}\text{Cs}$ 活度浓度为 $1.11\pm 0.13\text{Bq/kg}$ 。三门核电一期本底调查项目 $^{137}\text{Cs}$ 活度浓度范围为 $<0.63\sim 3.01\text{Bq/kg}$ 。

海底沉积物放化分析项目（ $^{90}\text{Sr}$ ）测量结果中， $^{90}\text{Sr}$ 的活度浓度范围为 $0.10\sim 1.72\text{Bq/kg}$ ，均值为 $0.74\pm 0.60\text{Bq/kg}$ 。对照点的 $^{90}\text{Sr}$ 活度浓度为 $1.37\pm 0.12\text{Bq/kg}$ 。三门核电一期本底调查项目 $^{90}\text{Sr}$ 活度浓度范围为 $0.16\sim 1.84\text{Bq/kg}$ 。

海底沉积物 $^{239+240}\text{Pu}$ 活度浓度范围为 $0.102\sim 0.165\text{Bq/kg}$ ，均值为 $0.135\pm 0.042\text{Bq/kg}$ 。

潮间带沉积物 $\gamma$ 谱核素分析（ $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ ）测量结果中， $^{238}\text{U}$ 的活度浓度范围为 $27.2\sim 43.4\text{Bq/kg}$ ，均值为 $36.4\pm 6.0\text{Bq/kg}$ ； $^{226}\text{Ra}$ 的活度浓度范围为 $22.2\sim 30.8\text{Bq/kg}$ ，均值为 $25.7\pm 2.9\text{Bq/kg}$ ； $^{232}\text{Th}$ 的活度浓度范围为 $30.7\sim 57.5\text{Bq/kg}$ ，均值为 $50.8\pm 10.5\text{Bq/kg}$ ； $^{40}\text{K}$ 的活度浓度范围为 $565\sim 1200\text{Bq/kg}$ ，均值为 $922\pm 178\text{Bq/kg}$ ； $^{137}\text{Cs}$ 的活度浓度范围为 $<0.35\sim 2.18\text{Bq/kg}$ ，均值为 $1.37\pm 0.94\text{Bq/kg}$ ；其它核素测量结果均低于探测限。对照点的 $^{238}\text{U}$ 活度浓度为 $34.4\pm 7.9\text{Bq/kg}$ ， $^{226}\text{Ra}$ 活度浓度为 $24.5\pm 1.7\text{Bq/kg}$ ， $^{232}\text{Th}$ 活度浓度为 $57.5\pm 6.1\text{Bq/kg}$ ， $^{40}\text{K}$ 活度浓度为 $805\pm 49\text{Bq/kg}$ ， $^{137}\text{Cs}$ 活度浓度为 $1.66\pm 0.16\text{Bq/kg}$ 。三门核电一期本底调查项目 $^{137}\text{Cs}$ 活度浓度范围为 $<0.57\sim 4.54\text{Bq/kg}$ 。

潮间带沉积物放化分析项目（ $^{90}\text{Sr}$ ）测量结果中， $^{90}\text{Sr}$ 的活度浓度范围为 $0.19\sim 0.41\text{Bq/kg}$ ，均值为 $0.30\pm 0.08\text{Bq/kg}$ 。对照点的 $^{90}\text{Sr}$ 活度浓度为 $0.29\pm 0.06\text{Bq/kg}$ 。三门核电一期本底调查项目 $^{90}\text{Sr}$ 活度浓度范围为 $0.28\sim 1.61\text{Bq/kg}$ 。

潮间带沉积物 $^{239+240}\text{Pu}$ 活度浓度范围为 $0.110\sim 0.137\text{Bq/kg}$ ，均值为 $0.123\pm 0.019\text{Bq/kg}$ 。

### （3）海洋生物

海洋生物 $\gamma$ 谱核素分析（ $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ ）测量结果中， $^{137}\text{Cs}$ 大部分样品的测量结果高于探测限，范围为 $<0.19\sim 6.2\times 10^{-2}\text{Bq/kg}$ 鲜（ $<1.7\times 10^{-3}\sim 5.1\times 10^{-3}\text{Bq/g}$ 灰），其余核素测量结果均低于探测限。

海洋生物放化分析项目 ( $^{90}\text{Sr}$ 、自由水氚、有机氚、 $^{14}\text{C}$ ) 测量结果中,  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为 1.2~1078.9mBq/kg 鲜 (0.12~11.91mBq/g 灰); 有机氚活度浓度范围为  $<0.43\sim0.5\text{Bq/kg}$  鲜 ( $<1.2\sim6.4\text{Bq/L}$ ); 自由水氚活度浓度范围为  $<0.33\sim1.97\text{Bq/kg}$  鲜 ( $<0.5\sim2.4\text{Bq/L}$ );  $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为 13.8~109.0Bq/kg 鲜 (0.18~0.32Bq/g C)。

对照点的海洋生物  $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围为  $<3.1\times10^{-2}\sim9.6\times10^{-2}\text{Bq/kg}$  鲜 ( $<1.4\times10^{-3}\sim4.5\times10^{-3}\text{Bq/g}$  灰), 有机氚活度浓度范围为  $<0.21\sim0.4\text{Bq/kg}$  鲜 ( $<1.2\sim2.8$ ), 自由水氚活度浓度范围为  $<0.33\sim3.05\text{mBq/kg}$  鲜 ( $<0.4\sim4.4$ ),  $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为 15.1~127.0Bq/kg 鲜 (0.19~0.29Bq/g C),  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为 11.3~407.7mBq/kg 鲜 (0.50~4.58mBq/g 灰)。三门核电一期本底调查项目海洋生物  $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围为  $<5.6\times10^{-2}\sim0.52\text{Bq/kg}$  鲜,  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为 10.2~990.0mBq/kg 鲜。

#### 3.1.1.5 辐射环境现状调查质量保证

##### 1) 采样方案的质量控制

根据监测目的、最新的监测标准规范确定采样方式、数量、点位布设、采样频次以及质量控制样品采集要求等, 确保采集样品具有的代表性、可靠性和有效性。本项目涉及空气、土壤、非受纳水体、受纳水体、生物等样品的采集参考《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)。

##### 2) 样品采集、预处理、运输及保存过程的质量控制

样品采集和预处理按照浙江省辐射环境监测站的有关作业指导书进行, 在采集前按照采样方案提前做好采样器材, 包括采样设备、采样容器以及辅助材料。采样过程中认真填写现场采样记录单, 记录完整的采样信息, 包括评定后续测量不确定度所需的信息。使用数码相机拍照, 通过 GPS 记录经纬度。每次采样前不同的样品按要求选用不同的采样容器盛装, 确保容器对样品的影响达到最小; 在痕量分析中, 应配备专用器皿, 以免产生可能的交叉污染。采样前须对所有待用容器彻底清洗, 防止污染。同时采集质控样。采样工作由二人以上共同完成, 其中一人承担监督的职责, 监督人员对采样的全过程进行有效的监督, 确保采集的样品具有代表性、可靠性和有效性。

样品运输时, 对样品进行了防护。盛放水样的聚乙烯桶拧紧桶盖, 玻璃瓶运输过程进行了固定, 防止破损; 土壤、沉积物样品存放于塑料框内; 装袋后的生物样, 存放于放置冰块的泡沫箱, 通过冷链运输, 低温保存。采样记录随样品放

置，防止丢失。到达实验室后，样品接收人员对照监测方案和采样记录检查样品的名称、样品数量、形态等内容是否一致，包装是否符合要求。在样品检查完毕后，进行样品登记，确定样品唯一性编号，将样品唯一性标签固定在样品上。样品在制备、前处理和分析过程中均保留样品唯一性标签，确保标识的可追溯性。

为了避免监测的样品在存储、处置和监测过程中发生非正常损坏，样品分析监测区域及样品库配备有适当的设施和环境条件、安全措施等进行分类定位存放，以保证监测结果的准确可靠。接收的样品分区存放，水样和固体样品存放于各自的样品区域，生物样品存放于样品冰柜内，样品区有明显标识，防止混淆和交叉污染。监测人员按规定领取样品，及时分析测量。对于监测结束后的样品，监测人员通知样品管理员取回样品，入库保存。

## 2) 仪器设备的控制

### (1) 仪器设备的管理

- 所有设备都有清晰的标志，这些标志标识在明显位置，并不易脱落。
- 设备标志由识别标志和状态标志组成。
- 设备识别标志标明设备的统一编号，标准物质还标明其成分或名称。
- 设备状态标志标明了设备的检定/校准状态，注明了有效期限，检定/校准执行单位和执行人。状态标志均为“合格”。
- 设备管理员根据设备的有效证书，填写相应标识内容后将标识粘贴在设备的明显位置上。

### (2) 仪器设备的使用

监测人员在设备使用前，首先对环境条件进行了控制并记录，检查了设备状况标志，未经检定/校准或不合格的设备不进行使用。在设备使用过程中需对设备进行了日常维护，在两次校准和检定之间按照要求进行期间核查，以鉴别其校准状态的可信性。监测人员严格按照仪器设备操作规程的要求进行操作，没有相应证件的人员操作时，在有证人员的指导下按现行有效版本的作业指导书中规定的程序实施。设备使用完毕后，将使用情况记录于“仪器设备使用记录”中；该记录使用完毕后按年度归档。

### (3) 测量仪器的检定/校准

根据浙江省辐射环境监测站质信室制订下年度测量仪器设备周期检定/校准计划进行检定/校准，保证检定/校准结果能够溯源到国家计量基准，提供的测量结果以及相应的测量不确定度应符合相关规范的要求。

凡属无法直接溯源的设备，质信室会同有关人员制定校准方法，提供测量结果相互比较的合适证据。必要时，参加适当的实验室间比对。

#### （4）测量仪器的期间核查和性能检验

定期测量仪器的本底或长寿命样品源的计数率，对仪器进行长期可靠性检验，通过泊松分布检验进行。定期用检验源对低本底测量装置进行了泊松分布检验。源的计数率较高时，采用源表面盖有纸片方式降低计数率，使之在合适的区间范围内。期间核查和设备的维护保养工作由各岗位人员按计划定期开展。辅助仪器设备（万用电热器、加热板等）定期做好功能检查。

#### （5）标准物质和刻度源的管理和使用

标准物质和刻度源广泛用于测量装置的校准、分析方法或实验方法的评价、检验测量仪器的准确性和稳定性等，以达到该系统长期的质量保证。本站的标准物质和刻度源均能溯源至国家计量标准，均为有证标准物质。

标准物质和刻度源的管理和使用参照仪器设备执行，确保溯源的有效性。

### 3) 测量分析实施过程的质量控制

质量控制措施包括平行样分析、加标样分析、室间比对。按照生态环境部辐射环境监测技术中心发布的《2024 年全国辐射环境监测质量保证方案》（环辐监〔2024〕7号）要求，质控样品数选取总样品数的 10%。

#### （1）平行样品的分析

为确定分析测量的精密度，进行平行样品分析测量。根据样品活度浓度的不同，平行样品测量的相对平均偏差一般控制在 20%~40%。各监测项目的平行样相对偏差范围为 0.00%~21.2%，均在 40%以内，表明本次监测工作分析测量的精密度较好。

#### （2）加标样品的分析

为确定分析测量的准确度，进行相应加标样品的分析测量。加标回收率控制在 80%~120%之间。按照实验室分析项目，选取一定比例的样品开展加标样品分析并给出分析结果。各监测项目的加标回收率为 83.3%~99.7%，均在控制指标范围内，表明本次监测工作分析测量的准确度较好。

### （3）实验室间比对与能力验证

浙江省辐射环境监测站参加国际原子能机构（IAEA）的能力验证，定期与日本化学分析中心（JCAC）、韩国核能安全所（KINS）进行比对交流。近年参加全球能力验证比对结果详见表 3.1-1。

## 4）数据处理过程的质量控制

### （1）实验室分析测量的控制

监测技术记录（包括样品采集、现场监测、样品运输和保存、样品制备、分析测试等监测全过程的技术活动记录）应由监测人员在监测时及时真实填写，不得凭追忆事后填写或抄录。需对技术记录更改时，应由原记录人员在记录错误的文字符号上划一横，在近旁写上正确的文字符号并签名或盖章，标注更改日期，不得在错误的文字符号上涂改。对于影响监测结果的重要更改，应说明更改的原因。

### （2）数据检查复审

在对原始数据进行必要的整理、分析之前，首先要逐一检查原始记录是否按照规定的要求填写正确。如发现有误，要反复核算后予以纠正。在数据处理过程中，必须选择合适的统计技术，对计算方法和结果进行复审。复审由 2 人独立进行计算或由未参加计算的人员进行核算。审查无误后由审核人签名。

### （3）数据处理

有效数字和数值修约执行《数值修约规则与极限数值的表示和判定》（GB/T8170-2008）和相关监测标准方法的有关规定：

- 在计算过程中多保留一位或几位有效数字。
- 监测结果的有效数字位数反映的相对误差限与测量值的相对误差相当，一般取 2~3 位，同时有效数字所能达到的数位不能超过探测下限有效数字所能达到的数位。
- 不确定度一般取 1~2 位有效数字，同时监测结果末位与不确定度末位要对齐。

小于探测下限数据的处理按以下方式进行：

- 一个样品重复测量时，不管测量值是否小于探测下限（甚至净计数小于零）都取其实际测量值参与平均。

- 计算不同点位（断面）或不同时段样品测量值的平均值时，若测量值大于等于判断限，不管其是否小于探测下限都尽可能取其实测值参与平均，若测量值小于判断限，一般可取其判断限值参与平均。当样品数较多，如大于 15，且小于判断限的样品数所占比例不大时，如小于 1/3，可采用概率纸作图法，依据大于判断限的测量值的分布特性求均值，概率纸作图法参见《数据的统计处理与解释 正态性检验》（GB/T4882-2001）。
- 在给出含有小于探测下限的统计结果（如范围、平均值）时，同时说明小于判断限和小于探测下限的测量值是如何参与统计的，以及相应的小于判断限和小于探测下限的测量值在全部测量值中的比例。

## 5) 组织机构和人员资质

本次辐射环境现状调查工作由浙江省辐射环境监测站具体执行，该站拥有国家实验室认可证书、国家级检验检测机构资质认定证书、质量管理体系认证证书、环境管理体系认证证书。调查工作由项目经理、项目质量负责人和项目技术负责人、项目联系人全面负责调查工作，项目联系人负责收集项目分析数据，编写项目报告。采样分析工作按采样前准备、现场采样、实验室分析、质量保证等进行分工，分为现场组、采样组、分析组、质保组，由项目联系人统一协调管理。

项目实施过程中各人员资质如下：

项目经理：具有高级工程师专业技术职称，掌握本项目所开展的环境监测工作范围内的相关专业知识和经验，有丰富的专业技术工作经验和实验室组织管理经验。

项目质量负责人：具有高级工程师专业技术职称，熟悉环境监测领域的质量管理要求和本项目所开展的环境监测工作范围内的相关专业知识和经验。

项目技术负责人：具有高级工程师专业技术职称，拥有监测工作相对应的专业技术知识和经验，掌握本项目所开展的环境监测工作范围内的相关专业知识和经验，有丰富的专业技术工作经验和实验室组织管理经验。

项目联系人：具有工程师职称，掌握本项目所开展的环境监测工作范围内的相关专业知识和经验。

监测人员（现场组、采样组和分析组人员）：化学或核物理等相关专业，拥有与从事的监测工作相对应的专业技术知识和经验，持有生态环境部辐射环境监测技术中心颁发的监测项目上岗证，能独立高效准确地完成从事的监测工作，中级及以上专业技术职称或同等能力的人员数量占监测人员总数的 68%。

质保组人员：化学或核物理等相关专业，均具有工程师以上专业技术职称，熟悉本站管理体系及本部门监测工作，全面了解相应岗位开展的监测方法，能正确地检查相应岗位所有的监测结果的准确性和可靠性，掌握分析测量不确定度评定的方法，并能就所负责的检测项目进行测量不确定度评定。

### 3.1.2 辐射环境质量评价

#### 3.1.2.1 厂址周边核与辐射设施情况

截止 2025 年 3 月 31 日，厂址半径 30km 范围内除三门核电有限公司外无其它核设施和铀、钍矿设施。

厂址半径 15km 范围内无人工活动引起的天然放射性明显增加（NORM）设施。

厂址半径 15km 范围内除三门核电有限公司外无同位素生产以及非密封放射性同位素使用企业。

厂址半径 5km 范围内除三门核电有限公司外无其他放射源使用企业。

#### 3.1.2.2 厂址辐射环境现状调查情况

2023 年 1 月~2024 年 12 月的放射性环境现状调查工作完成  $\gamma$  辐射剂量率、 $\gamma$  辐射累积剂量测量工作以及空气（气溶胶、沉降物、降水、气体）、非受纳水体（地表水、底泥、岸边沉积物、地下水、饮用水、水生生物）、土壤、陆生生物以及海水、沉积物和海洋生物的采样分析工作。

##### 1) $\gamma$ 辐射剂量率、 $\gamma$ 辐射累积剂量

$\gamma$  辐射瞬时剂量率测量结果范围为 34.8~134.9nGy/h，对照点  $\gamma$  辐射瞬时剂量率测量结果范围为 75.0~81.7nGy/h，两者监测结果相比处于同一水平。三门核电一期本底调查项目各监测点位  $\gamma$  辐射瞬时剂量率测量结果范围为 25.8~138.0nGy/h，与本次调查项目监测结果相比处于同一水平。

$\gamma$  辐射连续剂量率测量结果范围为 84.6~104.3nGy/h，对照点  $\gamma$  辐射连续剂量率测量结果范围为 95.2~100.4nGy/h，两者监测结果相比处于同一水平。

$\gamma$  辐射累积剂量测量结果范围为 64.8~149.5nGy/h，对照点  $\gamma$  辐射累积剂量测量结果范围为 93.6~105.5nGy/h，两者监测结果相比处于同一水平。三门核电一期本底调查项目各监测点位  $\gamma$  辐射累积剂量测量结果范围为 49.5~172.4nGy/h，与本次调查项目监测结果相比处于同一水平。

## 2) 空气

气溶胶  $\gamma$  谱核素分析检测 ( $^7\text{Be}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ ) 除  $^7\text{Be}$  外其余核素测量结果均低于探测限, 和对照点的  $^7\text{Be}$  测量结果相比, 两者监测结果相比处于同一水平。

气溶胶放化分析项目  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度范围为  $0.21\sim 0.48\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , 对照点的  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度为  $0.15\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , 两者监测结果相比处于同一水平。三门核电一期本底调查项目气溶胶中  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度范围为  $0.2\sim 22.5\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 。可能是受除铯方法的影响, 三门核电一期本底调查项目监测结果稍高于本次测量结果, 但处于同一水平。

沉降物  $\gamma$  谱核素分析 ( $^7\text{Be}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ ) 除  $^7\text{Be}$  外其余核素测量结果均低于探测限, 和对照点的  $^7\text{Be}$  测量结果相比, 两者监测结果相比处于同一水平。沉降物放化分析项目  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度范围为  $0.39\sim 1.94\text{mBq}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ , 对照点的  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $0.29\sim 1.63\text{mBq}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ , 两者监测结果相比处于同一水平。三门核电一期本底调查项目沉降物中  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $1.1\sim 10.3\text{mBq}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。可能是受除铯方法的影响, 三门核电一期本底调查项目监测结果稍高于本次测量结果, 但处于同一水平。

降水中  $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $<0.4\sim 2.7\text{Bq}/\text{L}$ , 对照点降水中  $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $<1.0\sim 1.8\text{Bq}/\text{L}$ , 两者监测结果相比处于同一水平。三门核电一期本底调查项目降水中  $^3\text{H}$  测量结果低于探测限, 本次调查项目的监测结果稍高于一期的监测结果, 但处于同一水平, 属于环境正常本底涨落。

空气  $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $<0.5\sim 4.6\text{Bq}/\text{L}$ , 对照点空气  $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $<0.9\sim 2.3\text{Bq}/\text{L}$ , 两者监测结果相比处于同一水平。三门核电一期本底调查项目空气  $^3\text{H}$  测量结果低于探测限, 本次调查项目的监测结果稍高于一期的监测结果, 但处于同一水平, 属于环境正常本底涨落。

空气  $^{14}\text{C}$  测量结果与对照点、三门核电一期本底调查项目相比, 均处于同一水平, 未发现异常。

## 3) 非受纳水体、沉积物及水生生物

非受纳水体中饮用水、地下水、地表水  $\gamma$  谱分析中  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{103}\text{Ru}$  和  $^{106}\text{Ru}$  测量结果均低于探测限,  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$  (除地下水外) 及总  $\alpha$ 、总  $\beta$  的活度浓度与对照点和三门核电一期本底调查项目处于同一水平。

地下水的  $^3\text{H}$  活度浓度范围为 $<0.5\sim 37.9\text{Bq/L}$ ，除了电厂观察井以外的其他点位的测量结果均低于探测限。电厂观察井的  $^3\text{H}$  的活度浓度范围为  $1.1\sim 37.9\text{Bq/L}$ ，其中一个采样点的两次监测结果分别为  $37.9\pm 0.9$  和  $18.3\pm 0.6\text{Bq/L}$ 。

底泥和岸边沉积物  $\gamma$  谱分析中  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$  测量结果均低于探测限， $\gamma$  谱分析中的其余核素 ( $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ ) 和  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度与对照点处于同一水平。 $^{137}\text{Cs}$  和  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度和三门核电一期本底调查项目处于同一水平。 $^{90}\text{Sr}$  的结果略低于三门核电一期本底调查项目，可能是受除铯方法的影响。

水生生物  $\gamma$  谱分析中  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$  测量结果均低于探测限， $\gamma$  谱分析中的其余核素 ( $^{137}\text{Cs}$ )、 $^{90}\text{Sr}$  和  $^{14}\text{C}$  的活度浓度与对照点处于同一水平。

#### 4) 土壤

土壤  $\gamma$  谱分析中  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$  测量结果均低于探测限， $\gamma$  谱分析中的其余核素 ( $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ ) 和  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度与对照点处于同一水平。 $^{137}\text{Cs}$  和  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度和三门核电一期本底调查项目处于同一水平。

#### 5) 陆生生物

陆生植物中的  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  (部分样品) 测量结果高于探测限，莴苣、西兰花、松针的自由水氚的测量结果高于探测限，莴苣、青菜、葡萄和松针的有机氚的测量结果高于探测限，其余核素测量结果均低于探测限。 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、自由水氚、有机氚的活度浓度与对照点处于同一水平。 $^{90}\text{Sr}$  和  $^{137}\text{Cs}$  的活度浓度和三门核电一期本底调查项目相比，处于同一水平，未发现异常。

陆生动物中的  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  (部分样品) 测量结果高于探测限，其中 1 个采样点的羊肉和鸭肉的自由水氚测量结果高于探测限，其余核素测量结果均低于探测限。 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、自由水氚、有机氚的活度浓度与对照点处于同一水平。 $^{90}\text{Sr}$  和  $^{137}\text{Cs}$  的活度浓度和三门核电一期本底调查项目相比，处于同一水平，未发现异常。

牛奶中  $^{131}\text{I}$  的测量结果均低于探测限。

#### 6) 海水、海底沉积物、海洋生物

海水  $\gamma$  谱分析中  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$  的测量结果均低于探测限， $\gamma$  谱分析中的其余核素（ $^{137}\text{Cs}$ ）和  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度与对照点处于同一水平。 $^{137}\text{Cs}$  和  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度和三门核电一期本底调查项目处于同一水平，未发现异常。

海水中  $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $<0.9\sim 6.8\text{Bq/L}$ ，对照点海水中  $^3\text{H}$  监测值范围为  $0.4\sim 1.0\text{Bq/L}$ ，三门核电一期本底调查项目海水中  $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $0.22\sim 0.95\text{Bq/L}$ 。

海底沉积物  $\gamma$  谱分析中  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$  测量结果均低于探测限， $\gamma$  谱分析中的其余核素（ $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ ）和  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度与对照点处于同一水平。 $^{137}\text{Cs}$  和  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度和三门核电一期本底调查项目处于同一水平，未发现异常。

海洋植物中的  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$  的测量结果高于探测限，1 个采样点的自由水氚测量结果高于探测限，其余核素测量结果均低于探测限。 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$  的活度浓度与对照点处于同一水平。 $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度和三门核电一期本底调查项目相比，处于同一水平，未发现异常。

海洋动物中的  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ （部分样品）的测量结果高于探测限，对虾、蛏子、牡蛎和青蟹的自由水氚测量结果高于探测限，蛏子、牡蛎和青蟹的有机氚测量结果高于探测限，其余核素测量结果均低于探测限。 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、自由水氚、有机氚的活度浓度与对照点处于同一水平。 $^{90}\text{Sr}$  和  $^{137}\text{Cs}$  的活度浓度和三门核电一期本底调查项目相比，处于同一水平，未发现异常。

### 3.1.2.3 厂址辐射环境现状调查结论

2023 年 1 月~2024 年 12 月的放射性环境现状调查工作完成  $\gamma$  辐射瞬时剂量率、 $\gamma$  辐射连续剂量率、 $\gamma$  辐射累积剂量测量工作以及空气（气溶胶、沉降物、降水、气体）、非受纳水体（地表水、底泥、岸边沉积物、地下水、饮用水、水生生物）、土壤、陆生生物以及海水、沉积物和海洋生物的采样分析工作，得到如下结论：

$\gamma$  辐射剂量率及环境介质放射性水平（除个别海水和地下水监测点位的  $^3\text{H}$ ）处于放射性环境本底水平。

表 3.1-1 近年参加全球能力验证比对结果

| 年份类别           | 参加项目                                                                                                                    | 比对结果 |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2024 年 IAEA 比对 | 1 号水样中 $\gamma$ 核素、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{234}\text{U}$ 、 $^{235}\text{U}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^3\text{H}$        | 满意   |
|                | 总 $\text{U}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{137}\text{Cs}$         | 满意   |
|                | 3 号沉积物中 $\gamma$ 核素                                                                                                     | 满意   |
|                | 4 号土壤中 $^{40}\text{K}$ 、 $\gamma$ 核素                                                                                    | 满意   |
|                | 5 号表面污染 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$                                                                            | 满意   |
| 2023 年 IAEA 比对 | 1 号水样中 $\gamma$ 核素、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{234}\text{U}$ 、 $^{235}\text{U}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^3\text{H}$        | 满意   |
|                | 2 号水样中 $\gamma$ 核素、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ | 满意   |
|                | 4 号土壤中 $\gamma$ 核素                                                                                                      | 满意   |
| 2022 年 IAEA 比对 | 1 号水样中 $\gamma$ 核素、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$                     | 满意   |
|                | 2 号水样中 $\gamma$ 核素、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$                                              | 满意   |
|                | 3 号水样中 $\gamma$ 核素、总 $\alpha$ 、总 $\beta$                                                                                | 满意   |
|                | 5 号表面污染总 $\alpha$ 、总 $\beta$                                                                                            | 满意   |
|                | 7 号土壤中 $\gamma$ 核素                                                                                                      | 满意   |
| 2021 年 IAEA 比对 | 1 号水样中 $\gamma$ 核素                                                                                                      | 满意   |
|                | 2 号水样中 $\gamma$ 核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、总 $\beta$                                                          | 满意   |
|                | 5 号水样中 $\gamma$ 核素                                                                                                      | 满意   |

## 3.2 非辐射环境质量现状

### 3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

#### 3.2.1.1 厂址大气环境现状描述

##### 1) 厂址大气环境相关描述

厂址半径 5km 范围内的环境空气保护目标为居民点，居民点分布见第二章 2.2 节描述。

本次大气环境现状调查由北京浩达建通技术检测有限公司完成，具体调查情况见 3.2.1.2。调查期间，核电厂区内 1、2 号机组处于正常运行状态，不排放非放废气，不会对周围大气环境造成污染；3、4 号机组处于土建施工高峰期，土方开挖和堆放、机械作业以及施工人员生活区会产生扬尘及废气排放；5、6 号机组处于前期准备阶段，场地存在零星的施工作业，可能因部分机械作业等产生少量扬尘及粉尘等污染。厂区内移动大气污染源主要为砂石运输车辆装卸运输扬尘和尾气，以及全厂工程车辆和通勤车辆行驶产生的颗粒物与尾气。

本次大气环境现状调查期间，核电厂区外主要固定大气污染源为紧邻厂区北门的建材有限公司（主要经营品种为混凝土制品）以及混凝土搅拌站。同时，厂区西门及西门外 300 米的楼栋正在建设施工，这些施工活动也会产生大气污染。居民点生活污染源主要为居民生活产生的油烟排放。厂区外移动大气污染源主要为交通线路上来往运输车辆及进出厂车辆产生的扬尘、尾气等。

厂址所在区域的大气环境为二类环境空气功能区，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单（生态环境部公告 2018 年 第 29 号）二级浓度限值标准。

##### 2) 厂址所在区域的大气环境质量资料

依据台州市生态环境局 2024 年 6 月发布的《台州市生态环境状况公报》（2023 年）可知，三门县的环境空气质量优良天数为 355 天，优良率为 97.3%，同比上升 0.4 个百分点。环境空气主要污染物可吸入颗粒物（ $\text{PM}_{10}$ ）、二氧化氮（ $\text{NO}_2$ ）和二氧化硫（ $\text{SO}_2$ ）年均浓度，以及一氧化碳（CO）日均浓度第 95 位百分位数浓度值分别为  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $0.8\text{mg}/\text{m}^3$ ，达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单（生态环境部公告 2018 年 第 29 号）一级标准（ $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $4\text{mg}/\text{m}^3$ ）；细颗粒物（ $\text{PM}_{2.5}$ ）年均浓度、臭氧（ $\text{O}_3$ ）日最大 8 小时平均浓度第 90 百分位数浓度值分别为  $23\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $129\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，

达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单（生态环境部公告 2018 年 第 29 号）二级标准（ $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。城市环境空气质量的所有评价指标（ $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{CO}$  和  $\text{O}_3$ ）全部达标，本项目所在区域属于达标区。

### 3.2.1.2 大气环境质量现状监测

北京浩达建通技术检测有限公司于 2023 年 12 月 14 日~20 日期间对本项目厂址周围大气环境开展现场调查与监测工作，共取得 7 天有效数据。设置大气环境监测点 7 个，包括 3、4 号机组监测点 1 个；环境空气保护目标监测点 2 个；交通道路监测点 2 个；大气污染源监控点 2 个。

监测因子包括大气中的二氧化硫、二氧化氮、氮氧化物、一氧化碳、总悬浮颗粒物、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 。监测结果如下：

1#点位：监测期间二氧化硫日均值范围为  $8\sim 11\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮日均值范围为  $13\sim 22\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物日均值范围为  $17\sim 26\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳日均值范围为  $0.5\sim 0.8\text{mg}/\text{m}^3$ ，总悬浮颗粒物日均值范围为  $90\sim 135\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{10}$  日均值范围为  $48\sim 74\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$  日均值范围为  $35\sim 50\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；二氧化硫时均值范围为  $7\sim 17\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮时均值范围为  $12\sim 32\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物时均值范围为  $16\sim 36\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳时均值范围为  $0.4\sim 0.9\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2#点位：监测期间二氧化硫日均值范围为  $7\sim 9\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮日均值范围为  $12\sim 20\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物日均值范围为  $16\sim 23\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳日均值范围为  $0.5\sim 0.7\text{mg}/\text{m}^3$ ，总悬浮颗粒物日均值范围为  $55\sim 106\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{10}$  日均值范围为  $25\sim 55\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$  日均值范围为  $16\sim 37\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；二氧化硫时均值范围为  $7\sim 15\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮时均值范围为  $11\sim 28\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物时均值范围为  $13\sim 32\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳时均值范围为  $0.4\sim 0.8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

3#点位：监测期间二氧化硫日均值范围为  $7\sim 9\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮日均值范围为  $11\sim 20\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物日均值范围为  $14\sim 24\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳日均值范围为  $0.5\sim 0.7\text{mg}/\text{m}^3$ ，总悬浮颗粒物日均值范围为  $59\sim 111\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{10}$  日均值范围为  $22\sim 60\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$  日均值范围为  $15\sim 41\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；二氧化硫时均值范围为  $7\sim 15\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮时均值范围为  $11\sim 25\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物时均值范围为  $14\sim 29\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳时均值范围为  $0.4\sim 0.7\text{mg}/\text{m}^3$ 。

4#点位：监测期间二氧化硫日均值范围为 10~13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮日均值范围为 16~23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物日均值范围为 19~27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳日均值范围为 0.6~0.9 $\text{mg}/\text{m}^3$ ，总悬浮颗粒物日均值范围为 95~153 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{10}$  日均值范围为 48~79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$  日均值范围为 34~58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；二氧化硫时均值范围为 9~19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮时均值范围为 14~33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物时均值范围为 17~38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳时均值范围为 0.5~1.0 $\text{mg}/\text{m}^3$ 。

5#点位：监测期间二氧化硫日均值范围为 9~11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮日均值范围为 15~21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物日均值范围为 19~25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳日均值范围为 0.6~0.7 $\text{mg}/\text{m}^3$ ，总悬浮颗粒物日均值范围为 72~120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{10}$  日均值范围为 45~63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$  日均值范围为 30~46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；二氧化硫时均值范围为 8~18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮时均值范围为 13~31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物时均值范围为 17~35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳时均值范围为 0.4~0.9 $\text{mg}/\text{m}^3$ 。

6#点位：监测期间二氧化硫日均值范围为 10~13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮日均值范围为 13~21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物日均值范围为 18~26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳日均值范围为 0.5~0.8 $\text{mg}/\text{m}^3$ ，总悬浮颗粒物日均值范围为 100~166 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{10}$  日均值范围为 55~88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$  日均值范围为 38~69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；二氧化硫时均值范围为 10~23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮时均值范围为 13~29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物时均值范围为 18~34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳时均值范围为 0.4~1.0 $\text{mg}/\text{m}^3$ 。

7#点位：监测期间二氧化硫日均值范围为 12~14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮日均值范围为 17~25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物日均值范围为 20~29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳日均值范围为 0.5~0.8 $\text{mg}/\text{m}^3$ ，总悬浮颗粒物日均值范围为 124~191 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{10}$  日均值范围为 69~107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$  日均值范围为 49~69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；二氧化硫时均值范围为 11~22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮时均值范围为 16~34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，氮氧化物时均值范围为 19~39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳时均值范围为 0.4~0.9 $\text{mg}/\text{m}^3$ 。

### 3.2.1.3 大气环境质量现状调查质量保证

上述监测结果由北京浩达建通技术检测有限公司出具，质量保证措施如下：

- (1) 监测方法采用国家和行业标准，监测人员经培训考核并持有合格证上岗；
- (2) 监测仪器经由相应资质的计量部门检定合格，并处于有效期内；

(3) 每次测量前后,对仪器的工作状态进行检查,确保仪器处于良好的工作状态;

(4) 由专业人员按操作规程操作仪器,并做好记录;

(5) 监测报告严格实行三级审核制度。

#### 3.2.1.5 大气环境质量现状结论

三门核电厂址周围大气环境质量监测期间,各监测点位二氧化硫、二氧化氮、氮氧化物、一氧化碳 1 小时平均质量浓度和 24 小时平均质量浓度的监测结果,以及 TSP、PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 日均值监测结果均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及修改单(生态环境部公告 2018 年 第 29 号)二级标准限值要求。

#### 3.2.2 声环境质量现状调查与评价

##### 3.2.2.1 厂址声环境现状描述

###### 1) 厂址声环境相关描述

厂址半径 5km 范围内的主要声环境敏感目标为居民点以及幼儿园,居民点分布见第二章 2.2 节描述。

厂址半径5km范围内主要为海域和山地丘陵,厂址半径5km范围内有74省道经过,还有部分乡村公路。本次现状监测期间,厂区内的固定噪声源主要包括核电1、2号机组运行的工业噪声、3、4号机组土建施工的施工噪声、大件码头吊运噪声,以及生活办公区的社会生活噪声。移动噪声源来自厂区道路上的通行车辆,如运输车、施工车、班车和社会车辆。厂区外固定噪声源主要来自混凝土搅拌站的生产运输噪声、企业的工业噪声以及居民区的社会生活噪声。移动噪声源主要为交通干线上的车辆噪声,以及恒投工贸接线航道和猫头水道支航道上的货船与船舶噪声。

根据《三门县声环境功能区划局部调整方案(2022 年)》(三政规〔2022〕20 号)文件,评价区域内厂址区域和蛇蟠水道沿岸区域为 3 类声环境功能区,厂外村庄环境敏感点为 1 类声环境功能区,分别执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)3 类和 1 类声环境功能区对应的环境噪声限值标准。

###### 2) 厂址所在区域的声环境质量资料

依据台州市生态环境局 2024 年 6 月发布的《台州市生态环境状况公报》(2023 年)显示,台州市城市区域及各县级市区域声环境质量昼间平均等效声级处于

50.4~57.9dB(A)区间，道路交通声环境昼间平均等效声级为 61.9~68.8dB(A)。各类声环境功能区的声环境质量达标率昼夜差异较明显，1至4类功能区昼间达标率为78.6~100%，夜间达标率为35.7~100%。

### 3.2.2.3 声环境质量现状监测

北京浩达建通技术检测有限公司于2023年12月16日~21日对本项目厂址周围声环境开展噪声质量现状调查及评价。依据三门核电有限公司《关于三门核电项目非放射性环境影响评价执行标准的请示》（三门核环发〔2020〕151号）和《浙江省生态环境厅关于三门核电项目非放射性环境影响评价执行标准的复函》（2020年6月9日），本项目厂址区域声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的3类标准（昼间65dB(A)、夜间55dB(A)），厂址周边村庄声环境质量执行1类标准（昼间55dB(A)、夜间45dB(A)），交通噪声执行4a类标准（昼间70dB(A)、夜间55dB(A)）；建筑施工场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）（昼间70dB(A)、夜间55dB(A)）；企业厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的3类标准（昼间65dB(A)、夜间55dB(A)）。

监测结果如下：

#### 1) 厂内噪声监测结果

- 1、2号机组主体工程边界的噪声昼间为56.6~58.5dB(A)，夜间为48.3~49.8dB(A)；
- 3、4号机组主体工程施工区域边界的噪声昼间为66.0~67.7dB(A)，夜间为53.2~54.3dB(A)；
- 厂址其他区域（5、6号机组场界、大件码头、厂界）的噪声昼间为57.4~63.6dB(A)，夜间为49.1~53.2dB(A)。

#### 2) 厂外噪声监测结果

- 居民点的环境噪声昼间为47.1~53.9dB(A)，夜间为38.1~44.2dB(A)；
- 固定噪声源的环境噪声昼间为51.2~54.2dB(A)，夜间为41.5~44.9dB(A)；
- 网格监测的环境噪声昼间为43.6~54.1dB(A)，夜间为37.1~43.1dB(A)；
- 交通噪声监测点的环境噪声昼间为62.3~66.6dB(A)，夜间为50.1~53.6dB(A)；
- 厂外海域的环境噪声昼间为53.8~62.3dB(A)，夜间为47.5~53.4dB(A)。

### 3) 定点噪声监测结果

- 3、4号机组主体工程施工区域东南边界的噪声昼间为50.7~82.7dB(A)，夜间为47.8~53.4dB(A)；
- 居民点的环境噪声昼间为43.8~65.0dB(A)，夜间为43.4~49.6dB(A)；
- 企业的环境噪声昼间为48.4~67.6dB(A)，夜间为53.6~62.1dB(A)。

#### 3.2.2.4 声环境质量现状调查质量保证

上述监测结果由北京浩达建通技术检测有限公司出具，质量保证措施如下：

- (1) 监测方法采用国家和行业标准，监测人员经培训考核并持有合格证上岗；
- (2) 监测仪器经由相应资质的计量部门检定合格，并处于有效期内；
- (3) 每次测量前后，对仪器的工作状态进行检查，确保仪器处于良好的工作状态；
- (4) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- (5) 监测报告严格实行三级审核制度。

#### 3.2.2.5 声环境质量现状调查结论

根据监测数据与分析结果表明：

厂界噪声监测点昼夜监测值满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）规定的声环境功能区昼夜间噪声标准限值的要求。

厂外的居民点、固定噪声源、网格噪声监测点昼夜监测值符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的1类标准；交通噪声监测点昼夜监测值符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的4a类标准。

定点噪声监测的居民点监测点位于村内道路邻近区域，受交通噪声叠加村民日常生产生活的商业及社会活动噪音影响，其昼夜间部分时段的噪声监测结果未达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的1类标准的噪声限值要求。查阅2014年-2015年台州市环境监测中心站在不同季节所测的三次历史数据，也曾出现两次噪声现状未达标情况，该处噪声达标率33%，并非三门核电运行和施工造成的影响。

### 3.2.3 水体环境质量现状调查与评价

#### 3.2.3.1 厂址水环境现状描述

### 1) 厂址水环境相关描述

厂址周边海域情况见第二章 2.5 节描述。

海水水质调查于 2023 年 4 月、2023 年 8 月、2023 年 11 月及 2024 年 1 月开展。海水水质调查开展期间，根据《浙江省近岸海域环境功能区划》（2001）、《浙江省生态环境厅 浙江省发展和改革委员会关于要求调整三门核电厂近岸海域环境功能区划请示的复函》（浙环函〔2023〕70 号），共涉及 6 个环境功能区划，分别为三门宁海临港工业三类区（TZC10III）、三门核电温排水混合区（ZJ01H）、三门核电码头四类区（TZD35III）、三门电厂温排水三类区（TZC11II）、三门湾二类区（B09II）和浙江中部一类区（A04I）。共有 10 个站执行海水水质第一类标准，共有 36 个站执行海水水质第二类标准，2 个站执行海水水质第三类标准。

### 2) 厂址所在区域的水环境质量历史资料

根据《2022 年台州市生态环境状况公报》，春季、夏季和秋季符合第一、二类海水水质标准的海域面积分别为 3554 平方千米、5255 平方千米和 2981 平方千米，劣于第四类海水水质标准的海域面积分别为 1400 平方千米、376 平方千米和 1083 平方千米。近岸海域优良水质（一、二类）56.8%。主要超标指标为无机氮和活性磷酸盐，劣四类海水主要分布在三门湾一台州段、台州湾等海域。

#### 3.2.3.2 水环境质量现状调查方案

自然资源部第三海洋研究所分别在春季大潮期和小潮期（2023 年 4 月）、夏季（2023 年 8 月）、秋季（2023 年 11 月）和冬季（2024 年 1 月）开展了春、夏、秋、冬季航次的调查工作。以核电厂排水口为中心半径不小于 50km 的海域，布设水质大面调查站位 48 个站。

大面站监测项目水化学要素共 32 类，包括 pH、悬浮物、溶解氧、COD、BOD<sub>5</sub>、总氮、无机氮（铵盐、硝酸盐、亚硝酸盐）、非离子氨、总磷、活性磷酸盐、活性硅酸盐、氰化物、硫化物、氟化物、挥发性酚、石油类、汞、镉、铅、铜、总铬、锌、镍、砷、硼、硒、余氯、阴离子洗涤剂、氯化物、总碱度等。此外还对粪大肠菌群进行了监测。连续站监测项目水化学要素共 10 类，包括 pH、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐）、活性磷酸盐、活性硅酸盐、余氯等。大面站和连续站监测项目水文要素共 7 类，包括水温、盐度、水深、水色、透明度、浊度、电导率。

水质样品采样层次的确定按《海洋监测规范》（GB17378-2007）执行，根据现场水深决定采样层次，其中石油类、挥发性酚只采集表层样品，水深、水色、透明度按照规范观测。其余项目的采集均按以下要求进行：

- 当水深小于 10 米时，采集表层水样；
- 当水深大于等于 10 米小于 15 米时，采集表、底两层水样；
- 当水深大于等于 15 米时，采表层、10m 层、底层水样。

### 3.2.3.3 水环境质量现状监测结果

厂址半径 15km 范围内水环境质量现状监测结果如下：

#### 1) 水化学要素及粪大肠菌群

pH: 大面站四季范围值 7.96~8.16, 连续站四季范围值 7.96~8.16, 均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一、二类海水水质标准要求（7.8~8.5）。

悬浮物：大面站四季范围值 8.43~1321.54mg/L，连续站四季范围值 15.09~1016.49mg/L。

溶解氧：大面站四季范围值 5.01~9.78mg/L，除夏季表层 9.68%的站位溶解氧含量符合《海水水质标准》（GB3097-1997）二类海水水质标准要求（ $>5\text{mg/L}$ ），其余均符合一类海水水质标准要求（ $>6\text{mg/L}$ ）；连续站四季范围值 6.11~9.79mg/L，均符合一类海水水质标准要求（ $>6\text{mg/L}$ ）。

COD: 大面站四季范围值 0.36~2.90mg/L，除春季大潮期表层 38.71%的站位、底层 28.57%的站位 COD 含量符合海水水质二类标准（ $\leq 3\text{mg/L}$ ），其余均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准要求（ $\leq 2\text{mg/L}$ ）；连续站四季范围值 0.20~3.12mg/L，除春季大潮期排水口（11 号）66.67%的站位、取水口（31 号）表层 55.56%的站位、10m 层 66.67%的站位、底层 77.78%的站位 COD 含量符合海水水质二类标准（ $\leq 3\text{mg/L}$ ），其余均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准要求（ $\leq 2\text{mg/L}$ ）。

BOD<sub>5</sub>：大面站四季范围值 0.01~0.97mg/L，均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准（ $\leq 1.0\text{mg/L}$ ）。

总氮：大面站四季范围值 0.456~2.910mg/L。

无机氮：大面站四季范围值 0.186~0.840mg/L，大部分站位属于或超过《海水水质标准》（GB3097-1997）四类海水水质标准（ $>0.40\text{mg/L}$ ）。连续站四

季范围值 0.358~0.779mg/L，部分样品超过《海水水质标准》（GB3097-1997）四类海水水质标准（>0.40mg/L）。

总磷：大面站四季范围值 0.009~0.712mg/L。

活性磷酸盐：大面站四季范围值 0.005~0.092mg/L，大部分站位属于或超过《海水水质标准》（GB3097-1997）四类海水水质标准（>0.030mg/L）；连续站四季范围值 0.016~0.078mg/L，大部分样品属于或超过《海水水质标准》（GB3097-1997）四类海水水质标准（>0.030mg/L）。

活性硅酸盐：大面站四季范围值 0.120~1.647mg/L，连续站四季范围值 0.444~1.647mg/L。

氰化物：大面站四季均未检出。

硫化物：大面站四季范围值未检出~15.10μg/L，均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准要求（≤0.02mg/L）。

氟化物：大面站四季范围值 0.83~1.15mg/L。

挥发性酚：大面站四季均未检出。

非离子氨：大面站四季范围值未检出~6.68μg/L，均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一至四类海水水质标准要求（≤0.02mg/L）。

石油类：大面站四季范围值 14.1~65.5μg/L，除秋季 6.45%的站位石油类含量符合《海水水质标准》（GB3097-1997）三类海水水质标准要求（≤0.30mg/L），其余均符合一、二类海水水质标准要求（≤0.05mg/L）。

汞：大面站四季范围值 0.0148~0.1130μg/L，春季大潮期大部分站位符合《海水水质标准》（GB3097-1997）二、三类海水水质标准（≤0.0002mg/L），春季小潮期、夏季和冬季大部分站位符合一类海水水质标准（≤0.00005mg/L），秋季均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准（≤0.00005mg/L）。

镉：大面站四季范围值 0.0789~0.718μg/L，均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准要求（≤0.001mg/L）。

铅：大面站四季范围值 0.142~1.920μg/L，大部分站位符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准要求（≤0.001mg/L）。

铜：大面站四季范围值 0.384~4.950μg/L，均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准要求（≤0.005mg/L）。

总铬：大面站四季范围值 1.13~2.47 $\mu\text{g/L}$ ，均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准要求（ $\leq 0.05\text{mg/L}$ ）。

锌：大面站四季范围值 0.314~19.100 $\mu\text{g/L}$ ，均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准要求（ $\leq 0.020\text{mg/L}$ ）。

镍：大面站四季范围值 0.318~3.280 $\mu\text{g/L}$ ，均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准要求（ $\leq 0.005\text{mg/L}$ ）。

砷：大面站四季范围值 1.17~3.05 $\mu\text{g/L}$ ，均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准要求（ $\leq 0.020\text{mg/L}$ ）。

硼：大面站四季范围值 3.00~4.04 $\text{mg/L}$ 。

硒：大面站四季范围值 0.392~3.770 $\mu\text{g/L}$ ，均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准要求（ $\leq 0.010\text{mg/L}$ ）。

余氯：大面站四季范围值未检出~0.04 $\text{mg/L}$ 。

阴离子洗涤剂：大面站四季范围值未检出~0.030 $\text{mg/L}$ ，均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一类海水水质标准要求（ $\leq 0.030\text{mg/L}$ ）。

总碱度：大面站四季范围值 1.95~2.46 $\text{mmol/L}$ 。

氯化物：大面站四季范围值 13.3~18.5 $\text{g/L}$ 。

粪大肠菌群：大面站四季范围值 3~5973 个/L，春季、秋季、冬季均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一至三类海水水质标准（ $\leq 2000$  个/L）。夏季大部分站位符合《海水水质标准》（GB3097-1997）一至三类海水水质标准（ $\leq 2000$  个/L）。

## 2) 水文要素

水深：调查海域四季水深范围值 1.0m~27.5m。

透明度：调查海域四季透明度范围值 0.1m~1.0m。

水色：调查海域四季水色范围值 15~17。

水温：大面站春季大潮期表层平均 15.7 $^{\circ}\text{C}$ ，10m 层 15.4 $^{\circ}\text{C}$ ，底层平均 14.7 $^{\circ}\text{C}$ ；春季小潮期表层平均 17.0 $^{\circ}\text{C}$ ，10m 层 16.8 $^{\circ}\text{C}$ ，底层平均 16.0 $^{\circ}\text{C}$ ；夏季表层平均 30.9 $^{\circ}\text{C}$ ，10m 层平均 30.4 $^{\circ}\text{C}$ ，底层平均 29.9 $^{\circ}\text{C}$ ；秋季表层平均 16.5 $^{\circ}\text{C}$ ，10m 层 16.3 $^{\circ}\text{C}$ ，底层平均 16.6 $^{\circ}\text{C}$ ；冬季表层平均 10.3 $^{\circ}\text{C}$ ，10m 层 10.2 $^{\circ}\text{C}$ ，底层平均 10.2 $^{\circ}\text{C}$ 。连续站（取水口）春季大潮期平均 19.8 $^{\circ}\text{C}$ ，春季小潮期平均 17.2 $^{\circ}\text{C}$ ，夏季平均 30.9 $^{\circ}\text{C}$ ，

秋季平均 17.1℃，冬季平均 10.6℃；连续站（排水口）春季大潮期平均 17.5℃，春季小潮期平均 19.8℃，夏季平均 31.4℃，秋季平均 18.7℃，冬季平均 12.8℃。

盐度：大面站四季范围值 24.167~29.656。连续站（取水口）范围值 25.730~29.322，连续站（排水口）范围值 26.234~28.664。

电导率：大面站四季范围值 29.473~51.483mS/cm。连续站（取水口）范围值 30.851~50.541mS/cm，连续站（排水口）范围值 31.458~53.715mS/cm。

浊度：大面站四季范围值 8.4~969NTU。连续站（取水口）范围值 12.2~1231NTU，连续站（排水口）范围值 23.3~1000NTU。

#### 3.2.3.4 水环境质量现状调查质量保证

自然资源部第三海洋研究所严格按照其质量管理体系的质量控制方法进行任务实施全程质量控制工作。项目质保组组织开展调查项目的航前检查、航次内控和外控样测试等检查。实验室分析人员严格按照规程、规范、技术工作大纲的要求操作，并对样品分析测试的质量负责。专题开展过程中，每个航次按照不少于大面站总数 10%数量进行水质平行样测试。并针对水体营养盐、重金属以及其它污染要素采用采用加标法、内控样来控制样品分析质量。通过以上措施进行调查工作质量控制，以保证调查结果符合质量要求。

#### 3.2.3.5 水环境质量现状调查结论

厂址附近海域的海水水质现状调查结论如下。

1) 春季大潮调查中，溶解氧、pH 值、氰化物、COD、铅、铜、锌、镉、铬、汞、砷、镍、硒、石油类、BOD<sub>5</sub>、非离子氨、硫化物、阴离子洗涤剂、挥发酚含量、粪大肠菌群均符合近岸海域环境功能区划要求；而超过近岸海域环境功能区划要求的参数为无机氮、活性磷酸盐。

2) 春季小潮调查中，溶解氧、pH 值、氰化物、COD、铅、铜、锌、镉、铬、汞、砷、镍、硒、石油类、BOD<sub>5</sub>、非离子氨、硫化物、阴离子洗涤剂、挥发酚含量、粪大肠菌群含量均符合近岸海域环境功能区划要求；而超过近岸海域环境功能区划要求的参数为无机氮、活性磷酸盐。

3) 夏季调查中，溶解氧、pH 值、氰化物、COD、铅、铜、锌、镉、铬、汞、砷、镍、硒、石油类、BOD<sub>5</sub>、非离子氨、硫化物、阴离子洗涤剂、挥发酚含量均符合近岸海域环境功能区划要求；而超过近岸海域环境功能区划要求的参数为无机氮、活性磷酸盐、粪大肠菌群。

4) 秋季调查中, 溶解氧、pH 值、氰化物、COD、铅、铜、锌、镉、铬、汞、砷、镍、硒、石油类、BOD<sub>5</sub>、非离子氨、硫化物、阴离子洗涤剂、挥发酚含量、粪大肠菌群均符合近岸海域环境功能区划要求; 而超过近岸海域环境功能区划要求的参数为无机氮、活性磷酸盐。

5) 冬季调查中, 溶解氧、pH 值、氰化物、COD、铅、铜、锌、镉、铬、汞、砷、镍、硒、石油类、BOD<sub>5</sub>、非离子氨、硫化物、阴离子洗涤剂、挥发酚含量、粪大肠菌群均符合近岸海域环境功能区划要求; 而超过近岸海域环境功能区划要求的参数为无机氮、活性磷酸盐。

厂址附近海域的无机氮、活性磷酸盐各季节监测结果大部分属于或超过四类海水水质标准, 超标原因可能为: 根据 2021 年~2023 年《浙江省生态环境状况公报》的近岸海域水质状况, 春、秋季本工程厂址附近海域水质均为劣四类, 台州乃至浙江沿岸海域水质基本为劣四类和四类, 主要超标指标为无机氮和活性磷酸盐。监测区域的无机氮、活性磷酸盐浓度与浙江沿岸海水水质状况基本一致, 严重营养盐污染海域主要由于湾内陆地径流以及湾外受来自长江口和杭州湾低盐、高营养盐南下沿岸流的影响。整体来讲, 监测海域水质状况符合浙江省沿海区域水质状况特征。粪大肠菌群仅在夏季部分点位超标, 其原因可能为夏季采样期前暴雨不断, 大大增加陆源污染物进入海域的概率, 从而导致粪大肠菌群浓度的增加。

### 3.2.4 电磁环境现状调查与评价

#### 3.2.4.1 厂址电磁环境现状描述

厂区范围内敏感目标主要为综合办公楼、职工生活区、酒店、专家村等。厂址半径 5km 范围内 (不包括厂区范围内) 的敏感目标为居民点、学校、医院、旅游景点和工业企业。厂区南侧有光伏项目。厂区外敏感目标分布具体可见第二章描述。

厂址半径 5km 范围内现有电磁辐射源有运行中的三门核电 1、2 号机组、500kV 出线、220kV 应急输电线路、500kV 出线开关站、220kV 应急开关站; 三门核电厂区 35kV 施工用电变电站; 220kV 光伏变电站、220kV 汇琴输电线路。另有通信基站 17 个。此外, 三门核电 3、4 号机组 220kV 启备用电源线路于 2025 年 2 月完成竣工验收。

厂址半径 5km 范围内无民用雷达站、微波站等电磁设施分布。

厂址区域电磁环境执行《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）标准。

### 3.2.4.2 电磁环境现状调查方案

中国核电工程有限公司于 2023 年 12 月 14 日~12 月 18 日对本工程所在厂址区域及厂址半径 5km 范围内电磁辐射环境进行了现场调查和监测工作。根据敏感目标和电磁辐射源的分布设置监测点，具体如下：

厂区内敏感目标的监测点共设置 33 个，在厂区边界设 4 个（东南西北），5、6 号机组施工场界设 4 个（东南西北），厂区内 25 个，编号 N1~N33，每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强。

开关站（变电站）的监测点共设置 18 个，编号 K1~K18，每个监测点监测工频电场、工频磁场强度。在三门核电厂 500kV 出线开关站（1~6 号机组公用开关站）、220kV 应急开关站、35kV 施工用电变电站和厂区外 220kV 光伏变电站设置监测点。在每个开关站（变电站）东、南、西、北边界外 5m 处监测工频电场、工频磁场强度。在 500kV 出线和 220kV 应急输电线路第一跨以导线档距中央弧垂最低位置地面投影处。

主变压器的监测点共设置 66 个，每个监测点监测工频电场、工频磁场强度。对三门核电厂已建和拟建的 6 个主变压器进行监测。选择以每个主变围墙为起点，在远离进出线一侧设监测点，按 5m 间距，在 0~50m 范围设点，共设 11 个监测点。

地下输电廊道地表面的监测点共设置 6 个，编号 L1~L6，每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度。

输电线路的监测断面共设置 3 个，编号 P1~P3。其中，P1 为 500kV 出线输电线路监测断面，P2 为 220kV 应急输电线路监测断面，P3 为 220kV 汇琴输电线路监测断面。各输电线路均会设置垂直方向和平行方向的监测断面。垂直方向的监测断面沿输电线路边相导线外设双侧设置。断面上的监测点按 5m 间距，在 0~50m 范围设点，两侧各设 11 个，共设 22 个监测点；平行方向的监测断面在边相导线对地面投影点外 15m（220kV）或 20m（500kV）处，与输电线路方向平行，在此路径上按 10m 间隔设 3 个监测点，共 6 个监测点。每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度。

厂区外敏感目标的监测点共设置 21 个，编号 1~21，按照居民点、学校、养老院、卫生院和较大企事业单位设置监测点。每个监测点分别监测工频电场强度、工频磁场强度和射频综合场强。

厂区通信基站的监测点共布设 17 个，编号 T1~T17，每个监测点监测射频综合场强。

#### 3.2.4.3 电磁环境现状监测结果

##### 1) 工频电磁环境

本工程所在厂址半径 5km 范围内敏感目标和电磁辐射源的工频电场强度、工频磁感应强度监测结果为：工频电场强度为 0.06~1708.50V/m，工频磁感应强度为 0.0032~23.65 $\mu$ T。上述监测结果符合《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中工频电场限值 4kV/m，工频磁感应强度限值 100 $\mu$ T 的规定。

本工程 220kV 启备用电源线路的其竣工监测结果为：工频电场强度为 4.34~607.90V/m，工频磁感应强度为 0.0091~0.2903 $\mu$ T。上述监测结果符合《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中工频电场限值 4kV/m，工频磁感应强度限值 100 $\mu$ T 的规定。

##### 2) 射频电磁环境

本工程所在厂址半径 5km 范围内敏感目标和通信基站的射频综合场强监测结果为：电场强度为 0.15~1.53V/m。上述监测结果符合《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中电场强度限值 12V/m 的规定。

#### 3.2.4.4 电磁环境现状调查质量保证

本次调查及评价工作采取的主要质量措施有：

- 监测方法采用国家和行业标准，监测人员经考核并持有资格证上岗。
- 质保人员进行现场数据采集同步跟踪和同步记录，确保监测数据的有效性。
- 根据质量保证大纲及监测规范的要求，监测仪器经由相应资质的计量检定部门检定合格，并处于有效期内。每次监测前后，都检查仪器的工作状态，确保仪器处于良好的工作状态。
- 保存反映各监测点原貌的文字及图片等资料。
- 提交的项目成果应符合技术任务书的要求。

#### 3.2.4.5 电磁环境现状调查结论

本工程所在厂址半径 5km 范围内敏感目标和电磁辐射源的工频电场强度、工频磁感应强度符合《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中工频电场限值 4kV/m, 工频磁感应强度限值 100 $\mu$ T 的规定。

本工程 220kV 启备用电源线路的工频电场强度、工频磁感应强度符合《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中工频电场限值 4kV/m, 工频磁感应强度限值 100 $\mu$ T 的规定。

本工程所在厂址半径 5km 范围内敏感目标和通信基站的的射频综合场强监测结果符合《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中电场强度限值 12V/m 的规定。

## 第四章 核电厂

### 4.1 厂区规划及平面布置

#### 4.1.1 厂区规划

三门核电厂规划总装机容量为6台百万千瓦级核电机组。三门核电一期工程1、2号机组2台AP1000核电机组已建成投运，本工程为3、4号机组，建设2台CAP1000核电机组。

全厂总平面布置原则如下：

- (1) 厂区总平面布置应满足总体规划要求；
- (2) 厂区总平面布置应满足生产流程和运输的要求；
- (3) 循环冷却水供排水系统的布置应尽可能靠近汽轮机厂房，以缩短循环冷却水管线和降低运行费用；
- (4) 合理布置汽轮机厂房、主变压器和开关站三者之间的平面位置，应尽可能使主变压器和开关站之间的连线短捷并使输电线路出线方便；
- (5) 在满足生产流程的前提下注意功能分区，合理区划放射性厂房和非放射性厂房的位置。尽可能使放射性厂房布置在非放射性厂房的下风向，并尽可能使运输放射性废物的道路与厂区主要道路分开；
- (6) 总平面布置必须符合核安全要求，如与核安全相关的建筑物和构筑物应尽可能避开汽轮机飞射物的影响区；
- (7) 道路布置应短捷，人车分流，以满足生产、大件运输、消防和安全等要求；
- (8) 厂区场地的设计标高应适宜，既满足核安全要求，又合理降低汽轮机厂房的标高以降低运行费用；
- (9) 充分利用地形条件，尽可能使土石方工程量既小又平衡，以降低造价和缩短工期；
- (10) 在满足生产流程、运输、防火、卫生、管网布置和施工安装等要求的前提下，总平面应紧凑布置，使生产管理方便和节约用地，并使道路和工程管线短捷；
- (11) 主厂房群四周应留足够的场地，以满足布置道路和工程管线以及施工需要；

(12) 满足分期建设的要求, 尽可能减少后期工程施工对前期工程运行的影响, 同时, 为后期工程的扩建留好发展余地。

#### 4.1.2 厂区平面布置

根据三门核电厂总体规划, 本工程3号和4号机组采用并联布置的方式, 并且核岛布置在常规岛的北侧。3号机组与三门核电一期工程2号机组的反应堆厂房中心的距离为240m, 以保证3、4号机组工程的建造不影响一期工程的正常运行。此外, 3号和4号机组的反应堆厂房中心距离为210m, 这样布置不仅能够满足本工程施工运行要求, 同时也为后续工程预留了足够的用地。

##### (1) 主厂房的布置

根据核电机组规模、厂址地形、地质条件、水工及电力出线等因素, 将主厂房群(由11子项反应堆厂房、12子项辅助厂房、20子项汽轮机厂房、40子项附属厂房、50子项放射性废物厂房、60子项柴油发电机厂房等组成)布置在岩性条件较好的娘娘殿岗、狮子山、乌龟山基岩面上。汽轮机厂房布置在核岛的南侧, 根据汽轮机厂房内部工艺布置将变压器区域(015子项)紧靠布置在汽轮机厂房的西侧, 这样布置既方便变压器与汽轮机厂房的连接, 又可使变压器与开关站的连接方便和短捷。事故放油池(034子项)靠近变压器区域北侧布置, 方便事故状态下使用。

柴油发电机厂房(60子项)布置在核岛厂房的西侧, 靠近核岛厂房布置, 以缩短电缆长度; 柴油储存罐和轻水泡沫储罐站(61子项)布置在柴油发电机厂房的南侧及西侧, 便于管线连接; 供核岛使用的除盐水储存箱(13子项)和硼酸箱(14子项)靠近核岛厂房的西北侧布置; 同样供核岛使用的非能动安全壳冷却水辅助贮存箱(15子项)布置在核岛厂房的东南侧。凝结水箱(16子项)布置在非能动安全壳冷却水辅助贮存箱(15子项)的东南侧, 靠近使用端, 如此布置可有效减少管线的长度, 从而减少投资。精处理除盐水储存箱(23子项)靠近布置在汽轮机厂房的东侧。润滑油储油罐(22子项)布置在汽轮机厂房的西侧, 紧靠变压器区域布置。

每个反应堆机组均设一座柴油驱动消防泵房(26子项)、一座电动消防泵房和两个消防水池(27子项消防水池A和28子项消防水池B)。柴油驱动消防泵房和两个消防水池布置在汽轮机厂房的东南侧, 电动消防泵房布置在汽轮机厂房内。

## （2）开关站的布置

开关站为全厂共用，布置在全厂主厂区的西南侧，即银子岗东南侧。220kV开关站（012子项）布置在开关站区域的北侧，靠近主厂房的区域，在其南侧依次布置网控楼（014子项）和500kV开关站（011子项）。一期工程和本工程的四台机组主变至开关站连线均采用500kV GIL方案。

## （3）循环水取、排水工程的布置

根据海水取排水方案，三门核电厂采用北取南排的方式，即循环水泵房（71子项）和加氯车间（74子项）布置在主厂房的北侧。循环水通过循环水压力供水管（72子项）从汽轮机厂房东侧进入，西侧穿出，再通过循环水排水管（731子项）经虹吸井（732子项）及循环水排水口（734子项）排入大海。

本工程的循环水泵房位于一期工程循环水泵房的东侧，3、4号机组主厂房的北侧。

## （4）放射性废物区的布置

放射性废物区为全厂共用，布置在本工程主厂区的西南侧，即开关站区域的东侧，它位于全厂主导风向的下风侧。放射性废物区包括：厂址废物处理设施（51子项，它包含放射性废物暂存库）、特种汽车库（52子项）、去污和热检修车间（53子项）、放射源库和流出物实验室（532子项）以及外运废物暂存设施（533子项）。这样布置一方面使放射性废物区靠近北侧的主厂区，方便放射性废物运输，另一方面将来放射性固体废物外运也较方便。

## （5）辅助生产设施的布置

化学品库（031子项）、应急指挥中心（06子项）、移动泵和移动电源储存间（061子项）、水处理厂（30子项）、海水淡化厂房（31子项）、除盐水厂房（32子项）、仓库（66子项）、电离辐射计量实验室和金属材料实验室（894子项）、模拟体厂房与技能培训中心（673子项）和环境监测站（696子项）等辅助生产设施均为全厂共用，它们布置在主厂区的周围，这样布置一方面能够保证后续机组建造时，不会对一期工程的正常运行产生影响；另一方面在一期工程和本工程投入运行时，能够满足相应的使用需求，同时为三期工程也作好了预留。

化学品库（031子项）布置在放射性废物区的东侧，主厂区的南侧。

应急指挥中心（06子项）布置在水处理厂的西侧，与主厂区的直线距离约600m，它的位置比较合理，通过便捷的道路，可使应急指挥中心与主厂房和办

办公楼方便、快捷的联系。

移动泵和移动电源储存间（061子项）布置在2号机组的南侧，主厂区保护区与放射性废物区保护区之间的区域，其东侧为一期工程低压氢气站（032子项），西侧为2号机组虹吸井（732子项），厂房内的车辆可以通过南侧和北侧的厂区道路到达主厂区内。

非放废水二次处理设施（39子项）布置在废水处理厂房（38子项）的东侧以及4号机组虹吸井的西侧（732子项），通过北侧的厂区道路可以方便到达主厂区，同时可以与废水处理厂房共用道路及部分场地，以节约用地。

水处理厂（30子项）布置在主厂区西侧、银子岗的北侧，该处离淡水原水管距离较近，环境较好，同时方便向全厂供水。

海水淡化厂房（31子项）以及除盐水厂房（32子项）紧邻布置在一期工程主厂区的西侧，以缩短管线长度。

仓库（66子项）位于开关站南侧，它离银子岗南侧隧道口较近。

综合检修厂房（671子项）、电离辐射计量实验室和金属材料实验室（894子项）和模拟体厂房与技能培训中心（673子项）集中布置在除盐水厂房（32子项）的西侧，该处离主厂区的出入口较近。

环境监测站（696子项）布置在调试检修楼（81子项）的西侧，靠近厂区西侧大门处。

本工程的低压氢气站（032子项）为双堆共用，将其布置主厂区以外，虹吸井（732子项）东侧的空地上，既满足氢气罐的运输要求，又能方便地向主厂房供应氢气。

本工程的高压氢气站（036子项）和气体厂房（033子项）为单堆布置，它们分别布置在汽轮机厂房的东侧，这样布置可以使之与汽轮机厂房之间的管线连接比较短捷，既方便使用，又使高压氢气站（036子项）距离主厂房有一定间距，即比较安全。

压缩空气站（038子项）布置在汽轮机厂房的东侧，为单堆布置，这样布置可以使之与汽轮机厂房之间的管线连接比较短捷，方便使用。

本工程的废水处理厂房（38子项）同样是双堆共用，将其布置在3、4号机组主厂区的南侧，虹吸井（732子项）之间的空地，以满足使用要求。

#### （6）厂前区的布置

按照三门核电厂的总体规划，厂前区布置在厂区的西南侧。其中，综合办公楼（65子项）、培训中心（651子项）、食堂（653子项）及外方专家办公和技术交流中心（68子项）等集中布置在职工现场生活区南侧。厂前区靠近厂区出入口，方便人员的外出和与外界的联系，并且厂前区邻近南边大海，视野开阔。

此外，警卫营房（694子项）布置在水处理厂（30子项）的北侧。消防站（695子项）位于水处理厂（30子项）的西侧。

生产技术支持楼（41子项）主要为一期工程和本工程服务。因此，它布置在一期工程主厂区的北侧，靠近一期工程和本工程主厂区的主出入口。

#### （7）绿化布置

核电厂厂区由于有剂量防护、卫生防护、安全保卫等方面的特殊要求，对厂区绿化的要求不同于一般的电厂。由于核电厂厂区面积较大，从总体上讲，厂区四周绿化面积较大，可以形成一个优美的绿化环境。

核电厂的绿化布置首先必须保证核电厂的安全和环境保护，即厂区核岛四周环形道路内和带有放射性物质的厂房等区域不宜绿化，同时厂区有瞭望要求的围墙内外6m以内禁止种植乔木和灌木，保护区实体屏障隔离带内严禁种植乔木和灌木。本工程内无新增绿化面积。

#### 4.1.3 排放口布置

本工程两台机组产生的放射性废气经过放射性气体废物处理系统（WGS）处理后，气态流出物通过两台机组各自位于辅助厂房顶部的烟囱排放至大气。本工程配置了柴油发电机组，位于每台机组核岛厂房的西北侧的柴油发电机厂房，作为备用应急电源，使用机会少、时间短，产生的非放射性废气通过柴油发电机厂房的烟囱直接排放至大气。

本工程两台机组产生的放射性废液经过放射性液体废物处理系统（WLS）处理后进入液态流出物贮罐系统（LES）的贮罐，经监测符合设定的排放控制值后，经液态流出物贮罐槽式排放至虹吸井，经与循环冷却水掺混后排放入海。本工程产生的非放射性生产废水经非放射性废水处理系统处理后，与循环水排水混合后排入厂址邻近海域。

本工程雨水主要通过一期循泵房东侧设置的2#排放口和厂区东南侧4#排放口排放入海。本工程生活污水管线将接入三门核电生活污水处理设施改造工程的

输送系统，采用纳管排放方案，厂区内生活污水汇集后经污水提升泵站输送至健跳镇污水处理厂进行处理。

## 4.2 反应堆和蒸汽-电力系统

### 4.2.1 概述

根据我国已有的核电设计、制造、建设和运行技术水平及能力，并满足核电设计自主化和设备本地化的要求，本工程采用 CAP1000 核电机组。每台机组由核岛（NI）、常规岛（CI）和电厂配套设备（BOP）三大部分组成：

- NI 包括整个核蒸汽供应、相关辅助和支持的系统设备，涉及的厂房包括反应堆厂房、屏蔽厂房、辅助厂房、附属厂房、放射性废物厂房、柴油机厂房等。
- CI 包括二回路常规岛相关的系统设备，主要涉及汽轮机厂房；
- BOP 包括 NI、CI 以外的辅助系统设备及厂房构筑物。

本工程每台机组的核蒸汽供应系统（NSSS）的额定功率为 3415MWt，反应堆堆芯额定功率为 3400MWt，机组电功率（毛）约 1251MWe；堆芯热工裕量 > 15%，堆芯损伤频率为  $<10^{-6}$ /堆年，大量放射性释放频率为  $<10^{-7}$ /堆年；机组设计寿命为 60 年，机组年平均可利用率 93%。

CAP1000 在传统成熟的压水堆核电技术的基础上，运用非能动安全设计理念，采用非能动专设安全系统，系统简单，不依赖交流电和能动设备即可确保电厂安全功能，事故发生后 72 小时内可不需要操纵员干预，极大的降低了由于人因失误导致的事故风险。

### 4.2.2 核岛

核岛厂房由反应堆厂房和辅助厂房组成，其基础是一个整体。

#### 4.2.2.1 燃料元件性能的描述

本工程反应堆堆芯装载 157 组 AP1000 型燃料组件。燃料组件由 17×17 正方形排列的燃料棒和燃料组件骨架组成。燃料组件骨架由上管座、下管座、15 层格架、24 根导向管和 1 根仪表管组成。在燃料组件骨架未装上、下管座之前，先插入燃料棒，然后再装上、下管座，组成完整的燃料组件。每个燃料组件共有 289 个棒位，其中 24 个由导向管占据，1 个由仪表管占用，其余 264 个装有燃料棒或装整体燃料-可燃毒物（IFBA）棒。燃料棒装入燃料组件骨架内由格架夹持，使之保持在确定的轴向和径向位置上。燃料棒端部与上、下管座之间留有足够的

间隙，以补偿燃料棒与导向管间不同的热膨胀和辐照生长。

AP1000 型燃料组件的一些主要特点如下：

- 采用一体化上管座，减少产生松脱件的可能性；
- 燃料棒内设置上、下轴向低富集度段，减少中子轴向泄漏从而改善中子利用；
- 采用防异物下管座、保护格架和下部包壳预氧化，有效防止燃料棒的异物磨损破坏；
- 燃料棒内设置上、下气腔，降低堆芯下板的中子辐照损伤，并有效降低燃料棒内压；
- 采用 ZIRLO 合金作为包壳和结构件材料；
- 组件上半部装有四层搅混格架（IFM），提高堆芯热工安全性能；
- 导向管壁厚增加，提高组件整体刚度，降低控制棒不完全插入风险；
- 使用先进的 IFBA 可燃毒物（芯块柱面涂  $\text{ZrB}_2$ ）；
- 增加燃料棒与格架刚凸及弹簧的接触面积，采用优化搅混翼布置形式，增加底部格架弹簧力，以减少燃料棒振动磨蚀破坏可能性；
- 堆内测量仪表从燃料组件上部插入，与压力容器底部无贯穿件设计相匹配；
- 4.27m（14 英尺）活性段燃料组件有丰富运行使用经验。

反应堆本体主要由反应堆压力容器、堆内构件、燃料组件和相关组件、控制棒驱动机构以及一体化堆顶组件组成。

#### 4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

反应堆冷却剂系统（RCS）由两个传热环路组成，每个环路包括一台蒸汽发生器、两台反应堆冷却剂泵、一条热段主管道和两条冷段主管道。系统还包括一台稳压器、相关连接管道、阀门和用于运行控制和专设驱动的仪表。系统的主要功能包括：

- 维持反应堆冷却剂压力边界，限制放射性向安全壳的释放，限制一次侧系统向非放二次侧系统和大气泄漏。
- 循环冷却剂，排出显热和衰变热，提供均匀的温度分布和化学性，补偿控制棒插入引起的负反应性。
- 监测反应堆冷却剂压力边界内的过程参数，向保护和安全监测系统

（PMS）和操纵员提供所需信号。

- 在小破口失水事故时自动卸压，使非能动堆芯冷却系统（PXS）可以充分地冷却堆芯。

- 提供应急下泄以防止事故期间稳压器液位升高引起的长期满溢。

- RCS能够排出可能聚集在稳压器和反应堆压力容器上封头的不凝性气体，以增强事故后的堆芯冷却能力。

- 在事故工况下，将其产生的热量传递给蒸汽发生器系统（SGS），避免非能动余热排出系统启动。

- 通过稳压器喷雾和电加热器控制系统压力，有助于阻止非能动安全系统的启动。

- 在所有电厂运行工况下，监测反应堆冷却剂压力边界内的过程参数，向多样化驱动系统（DAS）和操纵员提供所需的信号。

- 手动可控卸压以缓解蒸汽发生器传热管破裂（SGTR），并防止多重失效状况下的高压熔堆。

- 在电厂功率运行、热备用、电厂冷却第一阶段时，循环冷却剂，将热量传递给SGS以冷却堆芯，正常运行时保证RCS温度的均匀分布和反应堆冷却剂中化学物质的均匀性，功率运行期间维持堆芯的中子链式反应和功率分布均匀并提供反应性控制，停堆运行期间补偿控制棒插入带来的负反应性，在电厂冷却第二阶段、冷停堆、换料和启动前期阶段，RCS通过正常余热排出系统（RNS）排出堆芯衰变热。

- 除开盖换料外的电厂所有正常运行期间，控制系统压力，冷停堆模式至热备用模式期间控制系统压力和温度，向电厂控制系统（PLS）提供各种信号以控制RCS平均温度和控制棒、RCS压力和稳压器液位等。

- 在电厂所有正常运行工况、电厂冷却和启动运行期间，监测反应堆冷却剂压力边界内的参数。

#### 4.2.2.3 辅助系统

##### 1) 化学和容积控制系统

化学和容积控制系统（CVS）由再生和下泄热交换器、树脂床和过滤器、补给水泵、水箱和相关阀门、管道以及仪表组成。系统的主要功能包括：

- 净化：维持冷却剂纯度和活化程度在一个可接受的水平。

- 控制和补充反应堆冷却剂装量：维持RCS要求的冷却剂装量；电厂正常运行时维持设定的稳压器水位。

- 化学补偿和化学控制：在电厂启动时维持反应堆冷却剂的化学性能、正常稀释以补偿燃料消耗的反应性效应，以及停堆后的硼化，并通过维持合适的氢氧化锂浓度来控制RCS的pH值。

- 氧含量控制：在功率运行期间提供维持冷却剂中合适的氧浓度的手段，并在每次停堆后使氧浓度达到启动前合适的浓度。

- RCS充满和压力试验：为RCS充满和压力试验提供手段。CVS补水泵用于执行维修换料后的RCS水压试验，但不执行RCS的初始水压试验，CVS可提供临时水压试验泵接口以支持该功能。

- 向辅助设备补充硼酸溶液：向需要硼化水的一次侧系统补充硼化水。

- 稳压器辅助喷淋：提供稳压器辅助喷淋以帮助降压。

## 2) 正常余热排出系统

正常余热排出系统（RNS）由两个系列组成，每个系列包含一台泵和一台热交换器以及相关的阀门、管道和仪表，两个系列共用一根连接到RCS的入口母管以及一根出口母管。系统的主要功能包括：

- 停堆热量排出：在电厂冷停堆期间排出堆芯衰变热和RCS显热。

- 停堆净化：换料期间提供从RCS到CVS的净化流。

- 安全壳内置换料水箱（IRWST）冷却：对IRWST进行冷却，保证RNS长期运行期间IRWST水温低于100℃，正常运行期间水温不大于49℃。

- 低压RCS补水和冷却：从IRWST或装料池向RCS提供低压补水，为堆芯冷却提供额外裕量。

- 低温超压保护：在启堆和停堆操作期间为RCS提供低温超压保护。

- 事故后安全壳水装量长期补充通道：在假想的安全壳泄漏事故情况下，为事故后安全壳水装量的长期补给提供通道。

- 事故后恢复：在PXS成功缓解事故后，从堆芯和RCS排出热量。

- 乏燃料池冷却：提供备用的乏燃料池冷却。

## 3) 乏燃料池冷却系统

乏燃料池冷却系统（SFS）由两个机械系列组成，每个系列包括一台泵、一台热交换器、一台除盐床、一台过滤器以及相关的阀门、管道和仪表，两个系列

共用入口母管和回流母管。系统的主要功能包括：

- 乏燃料池冷却：运行期间从乏燃料池中排出衰变热，以维持其温度在可接受限值内。
- 乏燃料池净化：运行期间对乏燃料池水进行净化。
- 换料水池净化：换料操作期间对换料水池进行净化。
- 转运水：换料期间在IRWST和换料水池之间转运水。
- IRWST净化：正常运行期间对IRWST进行净化和冷却。

#### 4) 设备冷却水系统

设备冷却水系统（CCS）由两个系列组成，每个系列包括一台泵和一台热交换器、一台波动箱以及相关的阀门、管道和仪表。各系列单独设置供水/回水管道。两个波动箱分别连接在两个系列的设备冷却水回水管上。系统的主要功能包括：

- 在正常停堆时，向RNS的热交换器及泵提供冷却。
- 在换料和半充水运行时，向RNS的热交换器及泵提供冷却。
- 向化学和容积控制系统补水泵的小流量热交换器提供冷却。
- 向乏燃料池热交换器提供冷却。
- 在非能动余热排出热交换器运行时，向RNS热交换器提供冷却水以冷却IRWST的水。

- 在PXS缓解事故后的电厂恢复阶段，向RNS提供冷却水带走堆芯热量。

#### 5) 蒸汽发生器系统

蒸汽发生器系统（SGS）包括两个相同的系列，每台蒸汽发生器对应一个系列。每个系列包括四个主要的部分：安全有关主蒸汽管道及其相关管道、安全有关主给水管道、安全有关启动给水管道和安全有关蒸汽发生器排污管道。系统的主要功能包括：

- 安全壳内的SGS管道与蒸汽发生器壳侧，以及传热管，形成隔离屏障，分隔工艺流体与安全壳大气。同时，系统为贯穿安全壳的主给水、启动给水、主蒸汽以及蒸汽发生器排污管道提供安全壳隔离，限制厂外辐射量。

- 发生蒸汽、主给水、启动给水、排污管道破裂、任一台主蒸汽安全阀或大气释放阀误开或卡开后，通过提供隔离措施，限制超过一台蒸汽发生器失控排放，维持反应堆压力容器完整性，避免燃料损坏。

- 蒸汽管道破裂事故后，通过隔离给水和启动给水，限制向安全壳的质能释放，限制厂外辐射量。
- 通过主蒸汽安全阀为蒸汽发生器二次侧和主蒸汽管道提供超压保护。
- 监测蒸汽发生器液位、蒸汽管线流量、蒸汽管线压力、启动给水流量等工艺参数，并提供PMS所必需的信号。
- 特定事故后，将RCS产生的热量通过蒸汽发生器、主蒸汽系统输送至二回路或将蒸汽排至大气，释放衰变热。
- 监测蒸汽发生器、主蒸汽和给水的工艺参数，向DAS和操纵员提供蒸汽发生器宽量程液位信号。
- 利用大气释放阀提供蒸汽发生器二次侧超压保护。
- 正常运行期间，将加热的给水从主给水系统输送到蒸汽发生器，并将蒸汽发生器内产生的蒸汽输送到主蒸汽系统，供汽轮机发电。
- 功率运行期间连续运行，带走RCS产生的热量，并由蒸汽发生器传递至二次侧。
- 提供蒸汽发生器内、主蒸汽隔离阀上游的蒸汽管道以及蒸汽发生器给水的工艺参数监测。
- 在主给水流量和启动给水流量之间提供可靠稳定的自动切换，防止低功率运行时反应堆的不必要停堆，并避免启动给水管嘴处的热冲击。
- 正常停堆工况下提供非安全有关衰变热导出功能。
- 在电厂启动、停堆和正常功率运行时，提供二次侧连续排污。
- 提供主蒸汽管道暖管、疏水、取样。

## 6) 蒸汽发生器排污系统

蒸汽发生器排污系统（BDS）设有两个系列，每个系列包括一台再生热交换器、一个隔离阀、一个流量控制阀、一套电离除盐装置以及其他相关的阀门、管道和仪表等。系统的主要功能包括：

- 正常运行期间，BDS通过排出蒸汽发生器二次侧的排污流对蒸汽发生器二次侧的水化学性质进行控制。
- 停堆期间，BDS通过再循环运行进行蒸汽发生器湿保养。
- 停堆期间，BDS为蒸汽发生器设置疏水通道，排空蒸汽发生器以进行检查和维修。

- BDS通过从蒸汽发生器管板上部冲入二次侧水，带走淤积在管板上的淤泥。

- 恢复异常的蒸汽发生器水化学特性。

#### 7) 启动给水系统

启动给水系统由并联的两台启动给水泵以及相应的阀门、管道和仪表等组成。系统的主要功能包括：

- 为SGS提供备用的给水隔离功能。
- 在某些设计基准事件中，向蒸汽发生器提供启动给水，执行排出RCS热量的纵深防御功能，防止非能动安全有关衰变热排出系统动作。
- 在热备用、启动、低功率运行和停堆冷却工况下，向蒸汽发生器提供所需压力和流量的给水并维持蒸汽发生器的液位。
- 为PLS提供每个蒸汽发生器的主给水流量信号。

#### 4.2.3 常规岛

本工程主机采用单轴、四缸六排汽、中间汽水分离再热的凝汽式汽轮发电机组，由一个双流高压缸、三个双流低压缸及一个直连发电机组成，两台两级再热的外置 MSR（汽水分离再热器）分别布置于汽轮机两侧，采用氢冷定子铁芯和转子、水冷定子线圈。配套系统包括完整的汽轮发电机组轴承润滑油系统、带监视仪表的数字电液（DEH）控制系统、汽轮机轴封系统、超速保护装置、盘车装置、定子线圈冷却水系统、氢气和二氧化碳气体控制系统、密封油系统、整流器和调压器。凝汽器采用单背压、三壳体、表面冷却式设计，以海水作为冷却介质，传热管采用钛材质。凝汽器的每个壳体结构包括接颈、壳体、热井和水室，壳体部分由碳钢制造。

### 4.3 核电厂用水和散热系统

#### 4.3.1 核电厂用水

本工程全厂用水分为循环冷却水、厂用水、除盐水车间用水、工业用水、生活用水、消防补水等。循环冷却水系统和厂用水系统采用直流系统，直接取三门湾海水作为冷却水；全厂的淡水水源由罗岙水库和海水淡化联合提供，罗岙水库水源经水处理厂处理后提供生活用水等，海水淡化厂提供除盐水原水及生产水。

间接冷却水循环水量  $187200\text{m}^3/\text{d}$ ，蒸汽冷凝水回用量  $326400\text{m}^3/\text{d}$ ，工业水重复利用水量为  $513600\text{m}^3/\text{d}$ ，总用水量为  $520268\text{m}^3/\text{d}$ ，重复利用率为 98.7%。

#### 4.3.2 核电厂散热系统

三门核电厂采用“北取南排”的取排水布置方案，即从厂区东北面的大深潭取水，而在厂区南侧海域滩采用盾构隧道排水。

### 4.4 输电系统

#### 4.4.1 接入系统

本工程接入系统专题已通过国网经济技术研究院有限公司的评审，根据评审意见，推荐方案为本工程2回500kV线路出线段与回浦~宁海2回500kV线路在回浦站外搭接，形成三门核电3、4号机组~宁海2回500kV线路。

#### 4.4.2 电气主接线

本工程开关站延续一期工程设计，采用屋内式气体绝缘金属封闭开关设备（GIS），电气主接线采用3/2接线形式，以提高机组运行可靠性。对应本工程审定接入系统方案，为满足电厂“2、2”分母的运行要求，本工程和一期工程1、2号机组位于分段开关的两侧。

本工程500kV超高压系统在一期工程1、2号机组工程500kV母线南侧扩建。500kV线路弧垂离地高度最低27m。

本工程两台机组接入500kV配电装置，并以两回出线接入系统，即两回进线、两回出线。与一期工程母线通过分段开关相连，在一期500kV母线南侧扩建，本工程投产后，与一期工程机组合并送出。500kV系统的短路电流水平按63kA/3s考核。

在本工程建设3、4号机组GIS设备，包括2组进出线串（完整串），2个分段开关，共8组开关间隔。

#### 4.4.3 备用电源

本工程新建1回220kV启备电源线，接入点为220kV琴江变。架空线、电缆导线截面分别为 $400\text{mm}^2$ 、 $1000\text{mm}^2$ 。220kV仍采用屋内GIS方案，220kV GIS厂房

已按6台机组最终规模已在一期工程1、2号机组建设完毕，本工程仅扩建设备本体和基础。220kV输电导线弧垂离地高度最低14m。

本工程辅助变电源接入系统方案考虑以1回220kV线接入至220kV琴江变。本工程220kV系统仍采用双母线接线方式，在三门核电一期工程1、2号机组220kV配电装置基础上扩建。本工程将三门核电3~6号机组的进线间隔一次性建设，最终规模达到六进两出。220kV GIS为屋内布置，除主母线采用三相共箱结构外，分支母线及其他设备均采用分相隔离式。采用SF<sub>6</sub>作为绝缘介质，布置在#1机主厂房区域西南侧的升压站区域内。220kV系统的短路电流水平按50kA/3s考核。

## 4.5 专设安全设施

### 4.5.1 概述

专设安全设施是专门用来应对设计基准事故，以减轻其后果使之符合安全准则的规定要求。专设安全设施主要包括非能动堆芯冷却系统、非能动安全壳冷却系统、安全壳氢气控制系统、安全壳系统、主控制室应急可居留系统。

### 4.5.2 非能动堆芯冷却系统

#### 4.5.2.1 系统功能

非能动堆芯冷却系统（PXS）的主要功能是在假想的设计基准事件发生后提供应急堆芯冷却。系统的主要功能包括：

- 应急堆芯衰变热排出

在瞬态、事故或任何正常热量排出路径丧失时提供堆芯衰变热排出。该热量排出功能适用于包括停堆在内的RCS的各种工况。在换料期间，当IRWST水排入换料水池时，可利用其他非能动方法排出堆芯衰变热。

- RCS应急补给和硼化

当发生CVS提供的正常RCS补给不可用或不足的瞬态或事故时，PXS为RCS提供紧急补给和硼化。

- 安全注射

在发生所有破口范围内的冷却剂丧失事故，直至并包括RCS最大主管道双端断裂时，PXS为RCS提供安注以提供足够的堆芯冷却。

- 安全壳pH值控制

在事故工况后，PXS在安全壳内添加化学物质来控制内部环境的pH值。该pH

值同时满足抑制放射性核素析出和在长期淹没条件下防止腐蚀安全壳内设备的要求。

#### 4.5.2.2 系统组成

非能动堆芯冷却系统（PXS）是一个抗震 I 类安全系统。系统包括一台非能动余热排出热交换器、两台安注箱、两台堆芯补水箱、一个 IRWST、两台鼓泡器、五台 pH 调节篮、三台 IRWST 滤网、两台安全壳再循环滤网和相关的阀门、管道及仪表组成。属于 RCS 一部分的自动卸压系统的管道及阀门，也提供重要的非能动堆芯冷却功能。

#### 4.5.2.3 工艺流程

电厂正常运行期间，系统处于备用状态。事故工况下，PXS 投入运行，以实现其安全功能。在发生 LOCA 事故时，堆芯补水箱通过直接注射管向 RCS 注入含硼水，当 RCS 压力降到安注箱静压以下，安注箱中含硼水通过直接注射管线快速注射到 RCS。当 RCS 压力降到 IRWST 注射压力以下时，IRWST 依靠重力向 RCS 进行安注。堆芯补水箱冷却水注入时，当堆芯补水箱液位降低到自动卸压系统的整定值时，自动卸压系统动作，逐渐降低 RCS 的压力，使得安注箱和 IRWST 能够连续投入。当安注箱、堆芯补水箱和 IRWST 注水完成后，安全壳内水淹达到相当高的水位，可以通过再循环管向堆芯注水以建立再循环。

### 4.5.3 非能动安全壳冷却系统

#### 4.5.3.1 系统功能

非能动安全壳冷却系统（PCS）的主要功能包括：

- 通过将安全壳大气中的热量传递至环境，限制并降低设计基准事故（DBA）后安全壳内的温度和压力。
- 提供一个安全级乏燃料池补水源。
- 为保护和安全监测系统（PMS）提供安全壳压力信号。

#### 4.5.3.2 系统组成

非能动安全壳冷却系统（PCS）为安全有关系统，由一台与屏蔽厂房结构为一体的非能动安全壳冷却水箱（PCCWST）、向安全壳输水的冷却水输送流道、位于屏蔽厂房内绕安全壳一周的空气流道、用于安全壳水分配的围堰和分水斗、非能动安全壳冷却辅助水箱（PCCAUST）、再循环回路（包括两台再循环泵、

一台化学添加箱等）、移动式应急柴油机补水泵以及相关的仪表、管道及阀门组成。

#### 4.5.3.3 工艺流程

非能动安全壳冷却系统（PCS）利用钢制安全壳壳体作为一个传热表面，蒸汽在安全壳内表面冷凝并加热内表面，然后通过导热将热量传递至钢安全壳。加热的安全壳外表面通过水和空气的对流、辐射和物质传递（水蒸发）等热传递机理冷却。热量以显热和水蒸汽的形式通过自然对流的空气带出。来自环境的空气通过一个“常开”流道进入，沿安全壳外壁上升，最终通过一个高位排气口返回环境。安全壳壳体由位于安全壳上方、与屏蔽厂房结构为一体的 PCCWST 利用重力排水洒湿。PCCWST 重力排水由安全壳高 2 压力或安全壳高温信号自动触发，冷却水流量满足至少在 3 天内不需要操纵员干预的要求。PCS 利用了钢制安全壳、环绕安全壳的混凝土屏蔽厂房，以及安全壳与屏蔽厂房之间的空气导流板结构即空气流道。

#### 4.5.4 安全壳氢气控制系统

##### 4.5.4.1 系统功能

安全壳氢气控制系统（VLS）的功能是限制安全壳大气中的氢浓度，从而在发生各类假想事件后，不会威胁安全壳完整性。系统的主要功能包括：

- 在设计基准事故期间和事故后，利用安全级非能动氢气复合器（PAR）防止安全壳氢气浓度达到可燃限值。
- 利用氢气点火器控制严重事故后安全壳内的氢气浓度。
- 在正常运行和事故后监测安全壳大气中的氢气浓度。

##### 4.5.4.2 系统组成

位于安全壳内的两台安全级 PAR 能在设计基准事故后维持安全壳总体氢气浓度在较低水平。安全壳内安装了 66 台氢气点火器，在严重事故后，通过燃烧（爆燃）相对低浓度的氢气，以防止氢气浓度达到爆炸水平。三台氢浓度监测仪表分布在安全壳内，为操纵员提供安全壳大气氢气浓度的连续指示。

##### 4.5.4.3 工艺流程

- 两台安全级 PAR 安装在安全壳内高于操作平台的区域，能适应丧失冷却剂事故（LOCA）后预期的氢气产生速率。

- 在严重事故后，假定100%的燃料包壳与水发生反应。锆-水蒸气反应产生氢的速率足够快，基于PAR运行时不可能防止安全壳内氢气浓度超过最低可燃浓度限值，特别是局部区域。因此，当安全壳内任一区域的氢气浓度达到最低可燃浓度限值后，预先启动的氢气点火器引发氢气的燃烧。在较低氢浓度可燃范围内燃烧氢气可防止在较高氢浓度时发生事故性氢燃烧。这可确保氢燃烧期间维持安全壳的完整性，并且保证氢燃烧期间及以后安全有关设备可持续运行。

- 对于氢快速产生的事故序列，通过点火器的运行也可限制安全壳内总体氢气浓度，从而防止氢气爆炸的发生。为达到这个目的，点火器布置在安全壳内氢气可能释放、流动或聚集的区域。

- 分布在安全壳内的氢浓度监测仪表为操纵员提供安全壳大气氢浓度的连续指示。这些监控能力为操纵员监控和事故后执行缓解措施提供参考信息。

#### 4.5.5 安全壳系统

##### 4.5.5.1 系统功能

安全壳系统（CNS）的主要功能包括：

- 完整性：在假定的冷却剂失水事故、蒸汽管道破裂和给水管道的破裂时，安全壳系统能承受最大的安全壳内压力和温度。系统设计考虑了严重事故下的完整性要求。

- 隔离：安全壳系统在事故中隔离贯穿安全壳边界的工艺管道，以降低放射性物质向环境的释放。

- 转移热量：安全壳在安全壳大气和非能动安全壳冷却系统之间提供换热表面。

- 泄漏率试验：对钢制安全壳和贯穿件进行泄漏率试验。

- 进口/出口：设备闸门和人员闸门留有足够的空间以便在任何正常或异常情况下设备和人员可以容易进出。

- 燃料运输：在安全壳内换料通道和辅助厂房的燃料处理区之间的燃料运输通过安全壳燃料运输贯穿件进行。

##### 4.5.5.2 系统组成和工艺流程

系统是分隔钢制安全壳与电厂结构和外部环境的边界。安全壳系统的边界包括钢制安全壳、电气和机械贯穿件、燃料运输贯穿件、设备闸门和人员闸门、蒸

汽发生器外壳、蒸汽发生器蒸汽侧仪表连接件、以及安全壳内的蒸汽、给水和排污管线。

#### 4.5.6 主控室应急可居留系统

主控制室应急可居留系统（VES）为主控制室提供可呼吸空气并防止气态放射性核素进入，保证主控制室的可居留性。在设计基准事故下本系统也用来限制电厂特定区域内的温度上限。

##### 4.5.6.1 系统功能

本系统为非能动专设安全有关系统，执行以下功能：

- 为主控制室人员提供可呼吸空气。
  - 维持主控制室相对周围区域为正压，以防止气态放射性核素进入。
  - 利用构筑物的蓄热能力，为设计基准事故后仍需保持功能的电厂部分区域的设备提供非能动冷却。
- 为主控制室提供非能动再循环过滤气流，在本系统运行期间维持主控制室放射性剂量低于允许水平。

##### 4.5.6.2 系统组成

本系统由应急空气储存罐和相关的管路，阀门以及仪表等组成，系统利用辅助厂房钢筋混凝土墙体、地板以及附带散热片的顶板的蓄热能力，来保证相关设备和人员停留房间的温度维持在可接受水平内。

##### 4.5.6.3 工艺流程

系统包括四个压缩空气储存罐模块（共 32 个罐），每个模块包括 8 个独立的空气罐，空气罐内装有可供呼吸的压缩空气。每个模块的储存罐连接至一根集管，四根模块集管再连接至一根公用集气管。公用集气管上接出通往主控制室的两根管路，分别为主送风管路和备用送风管路。两根管路在主控制室内合并为一根供气管后连接至非能动过滤管线上的喷射器，通过喷射器诱导一定量的室内空气进入非能动过滤机组，以保证主控制室的人员剂量低于允许水平。非能动过滤机组包括 HEPA 过滤器，活性炭吸附器和后置高效过滤器。

在核岛非放射性通风系统（VBS）不可运行后，本系统利用非能动热阱，限制主控制室、仪控间和直流设备间内的空气温度不超过相应的设计限值。

## 4.6 放射性废物系统和源项

本节对核电厂中放射性废物处理系统和放射性源项进行描述。放射性源项主要包括堆芯放射性总量、一回路及二回路的放射性核素的活度浓度。放射性废物处理系统主要包括放射性液体、气体和固体废物处理系统，并给出了液态和气态流出物的释放量、固体放射性废物的产生量。

### 4.6.1 放射性源项

本节阐述由放射性液体及气体废物处理系统处理的放射性源项。在燃料芯块内产生的放射性物质（裂变产物）可能通过破损的燃料包壳泄漏进入到反应堆冷却剂系统中。堆芯辐射场导致了冷却剂中的物质活化后形成  $^{14}\text{C}$  以及氚，而且反应堆冷却剂系统材料表面的腐蚀产物也被活化成为具有放射性的活化腐蚀产物。

#### 4.6.1.1 堆芯放射性总量

本工程平衡循环寿期末堆芯放射性积存量计算中，考虑了燃料管理方案变化的包络性及反应堆热功率测量的不确定性。

#### 4.6.1.2 一回路冷却剂源项

##### 1) 裂变产物

对于设计基准源项，假设燃料包壳小破损存在于能产生 0.25% 的堆芯功率输出的燃料棒中（也称之为 0.25% 燃料包壳破损率），并且破损燃料棒均匀分布在整个堆芯中。

设计基准一回路冷却剂中裂变产物核素活度浓度的确定以与时间相关的堆芯积存量为基础。

基于 0.25% 包壳破损率计算得到的设计基准一回路冷却剂中主要裂变产物核素的活度浓度。该值为反应堆从启动到平衡循环的整个燃料循环过程中核素活度浓度的最大值。因此，该源项不代表燃料循环中任何特定时间点的值，但它是保守值。

用于设计排放源项分析的反应堆冷却剂剂量等效  $^{131}\text{I}$  活度浓度为 5GBq/t，该源项是在参考核电厂运行经验数据的基础上，又保守考虑了电厂运行中可能的各种瞬态情况而确定的。用于现实排放源项分析的反应堆冷却剂剂量等效  $^{131}\text{I}$  活度浓度为 0.1GBq/t，该源项是在国内核电厂正常运行经验数据统计的基础上确定的。上述反应堆冷却剂源项通过对设计基准源项按照剂量等效  $^{131}\text{I}$  活度浓度的比例调

整得到。

## 2) 腐蚀产物

反应堆冷却剂中的活化腐蚀产物来自两方面：一方面是堆内部件，另一方面是堆外的主回路管道和主回路设备。前者在发生腐蚀并释放到冷却剂中之前已经受到中子照射而具有放射性；后者产生的腐蚀产物流经堆芯时受到堆芯及其附近区域中子照射之后才具有放射性。

反应堆冷却剂中腐蚀产物活度浓度的确定以运行电厂数据为基础，并且与燃料包壳破损率无关。只要所考虑的核电厂的系统流程和系统内核素的去除途径与参考核电厂相同或相似，就可以将参考核电厂各主要流体内核素的活度浓度调整为所考虑的核电厂的相应数值。

对参考电厂核素活度浓度的调整是通过调整因子实现的，即将参考电厂的已有数值，乘以调整因子即得出待算电厂的相应数值。

对于腐蚀产物，考虑到本电厂采取了一系列降低腐蚀产物的措施，比如从电厂开堆时起，即向反应堆冷却剂中注入贫化锌；减少钴含量；主冷却剂的 pH 值控制；材料表面处理及减少设备数量等，以上措施预期会降低反应堆冷却剂中腐蚀产物的活度浓度。其中，根据实验室相关数据，加锌电厂材料腐蚀释放速率降低为未加锌电厂的三分之一。同时根据国际上压水堆的运行经验，预期采取以上控制腐蚀产物措施将使反应堆冷却剂中腐蚀产物的活度浓度至少降低二分之一，因此本文假设腐蚀产物的现实源项为设计基准腐蚀产物源项的二分之一，用于设计排放源项分析的腐蚀产物源项与设计基准腐蚀产物源项相同。

## 3) 氚

一回路冷却剂中主要的产氚途径如下：

- 燃料裂变（三元裂变）产生的氚通过燃料包壳扩散或燃料包壳破损处泄漏进入一回路冷却剂中；
- 在一回路冷却剂中可溶硼与中子的反应；
- 可燃的中子吸收体中产生的氚通过扩散或包壳破损进入一回路冷却剂中；
- 在一回路冷却剂中可溶锂与中子的反应；
- 一回路冷却剂中氘与中子的反应；
- 次级源棒产生的氚通过扩散进行到一回路冷却剂中。

前两种途径为一回路冷却剂中氚的主要来源。

计算时考虑了如下的假设条件：

- 设计产生量计算时，假设了通过燃料棒包壳和可燃毒物棒包壳的氚释放份额为 1%。在计算现实产生量时，假设为 0.5%；
- 主冷却剂中采用 LiOH 作为 pH 值控制剂，Li 的最大浓度为 3.5ppm，平均浓度为 3.0ppm。设计产生量计算时，假设了 pH 值控制剂 LiOH 的  $^7\text{Li}$  浓度为 99.9%，现实产生量计算时则采用了 99.96%；
- 在计算设计产生量时，假定电厂可利用因子为 1.0。计算现实产生量时，考虑了 0.93 的电厂可利用因子。

#### 4) $^{14}\text{C}$

$^{14}\text{C}$  主要是反应堆冷却剂水中的  $^{17}\text{O}$  和溶解在反应堆冷却剂中的  $^{14}\text{N}$  分别通过  $^{17}\text{O}(n,\alpha)^{14}\text{C}$  和  $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$  反应生成的。由于  $^{14}\text{C}$  的半衰期非常长，为 5730 年，在核电厂运行期间内可以不考虑  $^{14}\text{C}$  的衰减。因此，在计算  $^{14}\text{C}$  源项时不考虑  $^{14}\text{C}$  的衰变量。

计算时考虑了如下的假设条件：

- 用于设计排放源项计算时，假设循环平均氮浓度为 15ppm。用于现实排放源项计算时，假设循环平均氮浓度为 10ppm；
- 在计算设计产生量时，假定电厂可利用因子为 1.0。计算现实产生量时，考虑了 0.93 的电厂可利用因子。

#### 4.6.1.3 二回路冷却剂源项

以设计基准反应堆冷却剂中核素的活度浓度等为基础计算得到的设计基准蒸汽发生器二次侧水和蒸汽中放射性核素的活度浓度。

在计算用于设计排放源项分析的二回路源项时，参考运行电厂经验反馈，假定二回路总的活度浓度水平为 20Bq/L。用于设计排放源项分析的二回路源项核素谱与设计基准二回路源项的核素谱保持一致。

考虑到现实情况下二回路活度水平非常低，因此不对二回路的现实源项进行分析。

#### 4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

#### 4.6.2.1 液态流出物排放源项

液体废物的放射性来自于反应堆冷却剂（主要来自于反应堆冷却剂调硼排水和反应堆冷却剂的泄漏）、二回路冷却剂（主要来自于蒸汽发生器排污流的处理和二回路的泄漏）和 SRTF 的排放（主要来自于洗衣废液、各种冷凝液以及设备/地面疏水）。

液态流出物向环境排放前，流出物分析人员会对待排放的液体进行取样分析，确定其放射性浓度在控制值范围内（GB6249-2025）后进行排放，同时记录取样结果。若取样结果发现废液放射性活度浓度超过排放控制值，则将待排废液返回上游，进行再处理。同时，排放管线设有辐射监测仪表，达到报警值时排放管线隔离阀自动关闭，中止废液系统排放，防止系统误排放。通过上述措施可以确保运行过程中废液的排放浓度不会超过 GB6249-2025 中的排放控制值 1000Bq/L（氚和碳 14 除外）。

本文分析得到了液态流出物的两套排放源项，包括设计排放源项和现实排放源项。基于反应堆冷却剂剂量等效  $^{131}\text{I}$  活度浓度为 5GBq/t 时的源项，经过废液处理系统的处理，核岛液态流出物排放浓度低于 GB6249-2025 中规定的 1000Bq/L 的控制值要求。在计算核岛液态流出物设计排放源项时，以各类废液的设计产生量为基础，同时考虑了废液处理系统对各类废液中不同核素的去污因子。

核岛液态流出物现实排放量计算时，以各类废液的现实产生量为基础，同时考虑了废液处理系统对各类废液中不同核素的去污因子。在计算液态流出物现实排放源项时，假定反应堆冷却剂中裂变产物的剂量等效  $^{131}\text{I}$  活度浓度为 0.1GBq/t。该源项是在核电厂正常运行经验数据的基础上确定的，通过对设计基准源项按照剂量等效  $^{131}\text{I}$  活度浓度的比例调整得到。对于腐蚀产物，考虑其反应堆冷却剂源项为设计基准源项的一半。

对于二回路设计排放源项，假定二回路排污流的排放份额为 10%，活度水平为 20Bq/L。由于二回路现实源项的活度水平非常低，因此不对现实排放源项进行分析。

SRTF 产生的放射性废液主要为洗衣废液、处理热检修车间化学废液而产生的冷凝液、其他各类冷凝液以及设备/地面疏水。在计算本项目 SRTF 的排放源项时，根据各类废液产生量，并参考核电厂运行经验或设计基准反应堆冷却剂的

核素谱，计算得到各类废液的放射性排放量。

单机组液态氚年设计排放量为 45.1TBq/a，年现实排放量为 37.6TBq/a。

单机组液态  $^{14}\text{C}$  年设计排放量为 26.3GBq/a，年现实排放量为 23.5GBq/a。

在表 4.6-1 给出了单台机组的液态流出物年排放量与 GB6249-2025 中控制值的比较。可以看出，单台机组的液态流出物年排放量均能满足 GB6249-2025 规定的排放量控制值要求。

槽式排放口处液态流出物中氚、 $^{14}\text{C}$  以及其他核素的平均排放浓度满足 GB6249-2025 中规定的槽式排放口处液态流出物中氚、 $^{14}\text{C}$  以及其他核素的活度浓度的限值要求。

#### 4.6.2.2 系统概述及组成

##### 1) 放射性废液处理系统

###### (1) 系统概述

放射性废液处理系统主要包含放射性液体废物处理系统（WLS）和液态流出物贮罐系统（LES）。

放射性液体废物处理系统（WLS）设计用于控制、收集、处理、输送和贮存正常运行及预期运行事件下产生的放射性废液。

液态流出物贮罐系统（LES）设计用于接收和贮存来自核岛和厂址废物处理设施（SRTF）的废液，并对废液进行混匀、取样和监测排放。

###### (2) 系统功能

WLS 执行的安全有关功能主要包括安全壳隔离和防止事故工况下安全壳内水淹倒流至不允许水淹的隔间。该系统的非安全有关功能为：

- 分类收集不同类型的放射性废液；
- 通过固定式处理设备（过滤器/化学絮凝处理装置/离子交换床），处理电厂预期产生的废液；
- 能够承受处理设备故障情况下的预期废液量和由于过量泄漏可能导致的波动量；
- 考虑到在电厂寿期内可预见的技术革新，保留接口使更为先进的工艺通过移动式设备的方式与WLS固定式设备串联使用。

LES 不执行安全有关功能。该系统的非安全有关功能为：

- 接收和暂存核岛侧经处理后的放射性废液（除氚和 $^{14}\text{C}$ 之外的核素浓度均

满足排放要求)，并对其混合均匀。

- 将混匀后取样检测满足GB6249-2025排放限值要求的液态流出物进行槽式排放。

### (3) 废液来源

WLS 放射性废液分成四类：

- 反应堆冷却剂流出液（含硼废液）

反应堆冷却剂流出液（含硼废液）来自 CVS 下泄的 RCS 流出液、取样系统取样疏水以及设备引漏水和疏水。反应堆冷却剂流出液通过真空脱气塔去除溶解氢和裂变废气。脱气塔排放泵将脱气后废液输送至指定的流出液暂存箱。

- 地面疏水和含较多颗粒杂质的废液

地面疏水来自可能受污染地面疏水地坑的废液和其他含高颗粒物废液，收集在废液暂存箱中。

- 洗手废液

洗手废液为放射性热淋浴水、洗手水和附属厂房内相应房间的地面疏水。这类废液放射性水平较低，收集在两个洗手废液箱内。

- 化学废液

化学废液来自放化实验室、可能含有大量化学物质的废液。它可能含危险性和放射性废物或其他高溶解性固体杂质的放射性废物，收集在化学废液箱中。

### (4) 部件描述

WLS 的主要部件包括泵、热交换器、箱体、过滤器、化学絮凝处理装置、深床过滤器、离子交换床等。LES 的主要部件包括液态流出物贮罐和泵。

- 泵

- ✧ 2 台反应堆冷却剂疏水箱泵，可循环箱内的流出液，将其排至脱气塔或流出液暂存箱；

- ✧ 2 台安全壳地坑泵，将安全壳地坑内的废液排至废液暂存箱；

- ✧ 2 台脱气塔真空泵，维持脱气塔内的低压，以保证有效脱气；

- ✧ 2 台脱气塔分离器泵，回收从脱气塔分离器排放的水，并送回真空泵；

- ✧ 气动双隔膜泵，包括 2 台脱气塔排放泵、2 台流出液暂存箱泵、2 台废液暂存箱泵、8 台监测箱泵、1 台化学废液箱泵、2 台洗手废液箱泵；

- ✧ 2 台液态流出物贮罐泵，用于液态流出物的循环和排放。

- 热交换器

- ✧ 1 台反应堆冷却剂疏水箱热交换器，为卧式 U 型管式热交换器，热交换器的设计防止反应堆冷却剂疏水箱内收集的高温泄漏水沸腾；

- ✧ 1 台蒸汽冷凝器，为卧式 U 型管式热交换器，辅助真空泵分离气水，将气体送入放射性气体废物处理系统中；

- ✧ 1 台真空泵工作液冷却器，为板式热交换器，用于冷却真空泵的工作液。

- 箱体

- ✧ 1 台反应堆冷却剂疏水箱，卧式圆筒形箱体；

- ✧ 1 台安全壳地坑，嵌入混凝土中的矩形不锈钢地坑水箱；

- ✧ 2 台流出液暂存箱，卧式圆筒形箱体；

- ✧ 2 台废液暂存箱，立式圆筒形箱体；

- ✧ 8 台监测箱，立式圆筒形箱体；

- ✧ 1 台化学废液箱，立式圆筒形箱体；

- ✧ 2 台洗手废液箱，立式圆筒形箱体；

- ✧ 1 台脱气塔，单级（净化）不锈钢脱气塔，流出液呈喷雾状进入脱气塔的顶部，并分为小股水流沿壁面流下，低压脱出的不凝性气体经真空接口排出；

- ✧ 1 台脱气塔分离器，不锈钢材质，从真空泵排放流中分离出压缩液回用；

- ✧ 4 台液态流出物贮罐，立式圆筒形贮罐。

- 化学絮凝处理装置

- ✧ 1 套，包括化学添加箱、化学添加泵、管道混合器等。

- 移动式加药装置

- ✧ 1 套，包括加药箱、加药泵以及相应的加药管路等部件。

- 过滤器

- ✧ 1 台前过滤器，收集工艺流中的杂质颗粒；

- ✧ 1 台后过滤器，收集碎树脂等。

- 深床过滤器

- ✧ 1 台。床体顶部活性炭用于截留絮凝体与杂质颗粒，单独更换活性炭时可避免影响床体下层选择性介质，可有效减少固体放射性废物的产生量。

- 离子交换床

✧ 5 台串联的离子交换床，设有工艺流进出口以及用于树脂添加、排出和疏水的接口。工艺流出口、冲洗水出口和溢流口都装有树脂截流滤网。

#### （5）系统运行

##### ● 反应堆冷却剂流出液

子系统接收两个来源的含硼和含氢废液：反应堆冷却剂疏水箱以及化学和容积控制系统。该类废液通常含氢和裂变气体。因此，废液在进入流出液暂存箱之前，需先经过脱气塔、蒸汽冷凝器、脱气塔分离器等设备，将含氢和裂变气体与废液分离，脱气后的废液送往 WLS 流出液暂存箱。一台脱气塔排放泵将脱气后废液送至指定的流出液暂存箱。如果化容下泄流的管线和反应堆冷却剂疏水箱同时疏水至脱气塔，则优先处理下泄流，疏水箱疏水自动暂缓处理。

该系统设置两台流出液暂存箱。一台水箱接收废液，当箱内的液体装到适当液位时，向操纵员发出该水箱已满，准备进行处理的报警。在水箱发出高高液位报警时，自动切换阀门，将流出液排往另一台水箱。

反应堆冷却剂流出液通常经由化学絮凝处理装置、深床过滤器、离子交换床处理。当电厂发生如 0.25%燃料元件包壳破损（0.25%FD）等特殊事件时，WLS 系统可额外投入两台离子交换床运行，以满足处理要求。

经化学絮凝和离子交换处理后的废液送入监测箱，根据监测箱取样分析结果，返回上游废液暂存箱重新处理，或送往 LES 监测排放。

LES 设有 4 台贮罐，具有足够的储存容量，可接收容纳来自核岛 WLS 和 SRTF 处理后的废液。这些废液除氚和  $^{14}\text{C}$  之外，其余核素浓度均满足 GB6249-2025 排放要求。通常贮罐内待排放废液通过泵进行循环均匀，并进行取样。当取样结果满足 GB6249-2025 排放限值要求，对液态流出物进行槽式排放。

本工程新建 LES 的主要目的是为槽式排放口的氚和  $^{14}\text{C}$  提供展平能力。在 LES 建成前（机组第一循环）：（1）氚的产生量较低，通过电厂合理的管控可满足 GB6249-2025 排放要求；（2）液态  $^{14}\text{C}$  通过离子交换床（原用于应对 0.25% 燃料包壳破损）装填活性炭等介质进行处理，可满足 GB6249-2025 排放要求。

如果排放管线的放射性监测仪监测到较高的放射性，排放阀将自动关闭，并向操纵员发出高放射性报警，要求采取纠正措施后恢复排放。

在 RCS 脱气期间，流出液暂存箱泵将液体排至 CVS 补水泵吸入口。该运行模式适用于反应堆冷却剂脱气运行工况。CVS 的反应堆冷却剂下泄流在脱气塔

中脱气后，收集在一台流出液暂存箱内，由泵不断地输送回 CVS 补水泵入口。补水泵再将脱气后的冷却剂送回主系统。

- 地面疏水和含较多颗粒杂质的废液

该类废液通常包括放射性地面疏水、设备疏水和辅助厂房地坑收集水以及放射性固体废物处理系统的过剩排水。该废液收集到两个废液暂存箱中。当一台水箱充满，需准备处理时，向操纵员发出水箱高液位报警。在出现高高液位报警时，入口管转换阀自动将液体转送至另一台废液暂存箱。废液暂存箱泵启动，循环水箱内废液，根据需要取样。在废液暂存箱内可以按需加入添加剂，优化过滤和离子交换处理工艺。

来自安全壳地坑的地面疏水也排入废液暂存箱。地坑液位高时，自动打开安全壳隔离阀，启动一台地坑泵输送地坑内的废液。地坑液位低时，自动停泵，关闭隔离阀。安全壳地坑液位出现异常高液位时，向操纵员发出报警，并自动启动备用泵。由于该类废液的放射性水平低于冷却剂类废液，一般情况下可以旁路化学絮凝处理装置。废液通过前过滤器处理，去除大量颗粒杂质，再通过离子交换床处理后，进入监测箱。对监测箱内的废液进行取样，根据取样分析结果，将废液送回废液暂存箱重新处理，或送往 LES 监测排放。

- 洗手废液

核岛厂房洗手废液由人员洗手产生。这类废液通常不适用上述离子交换方法处理，收集在 2 台洗手废液箱内。通常此类废液的放射性水平较低，可不经处理直接监测排放。

- 化学废液

化学废液产生量小，通常核岛内只作收集，不处理。但可在化学废液箱中添加化学试剂用以调节 pH 和其它化学性质等。化学废液可通过屏蔽转运装置送至厂址废物处理设施进行处理。

- 蒸汽发生器排污

正常运行工况下，蒸汽发生器排污流不送往 WLS 系统处理。如果蒸汽发生器传热管发生泄漏导致蒸汽发生器排污流出现放射性高报时，排污流则需送往 WLS。在该工况下，一台废液暂存箱排空用于接收排污水。排污水可由离子交换床处理，与地面疏水废液的处理流程一致。蒸汽发生器排污系统的系统描述参见

#### 4.2.2.3 节。

### 2) 生产废水系统 (WWS)

#### (1) 系统功能

- 系统的一般功能

- 排除附属厂房，辅助厂房、柴油发电机厂房、常规岛区域的非放控制区域的生产废水；

- 排除柴油机燃油存储区域、变压器区域废水（含油）及雨水；

- 将上部环廊的废水排至厂区雨水排放系统；

- 排放消防水以控制水淹；

- 去除核电厂产生的混合废水中的油和/或悬浮固体。

- 系统的安全功能

核岛非放射性生产废水系统主控室内隔离闸阀、管道及部件支持安全有关功能，在设计基准事故情况下，承担主控制室的隔离功能。除此之外，WWS 系统不执行其它安全功能。

#### (2) 系统描述

核岛非放射性生产废水系统收集核电厂非放射性区域的生产废水及消防排水。辅助厂房、附属厂房和柴油发电机厂房的非放射性区域内、汽机厂房以及柴油储存区和输送区都设有生产废水地坑。每个地坑都从地漏、设备排水管和其它类型的排水管中收集排水。核岛厂房非放生产废水经地漏收集后除辅助厂房部分生产废水直接排至汽机厂房含油废水池、放射性废物厂房生产废水（非放冷凝水）直接排至室外雨水管网外，其余都排至位于核岛厂房的各个地坑。地坑的排水经地坑泵提升输送至汽轮机厂房含油废水池，再经排水泵排至厂区含油废水处理系统进行油水分离处理。柴油储存区和输送区的地坑泵直接将废水排放至厂区含油废水处理系统处理。

核岛厂房地坑都装有气动双隔膜泵以便于排放收集的废水。这些气动双隔膜泵由地坑内的液位控制器控制其启动和关闭，如果气动双隔膜泵有两台，则按照先/后模式运行。

为保证在事故工况下主控室人员的可居留性，在穿越主控室压力边界的排水管上设置常闭的抗震闸阀。

汽轮机厂房内的地面和设备排水（包括润滑油房间排水）被收集在汽轮机厂

房的含油废水池中。然后由排水泵升压排至厂区含油废水处理系统。

各种含油废水经过厂区含油废水处理系统的油水分离器去除其中的含油废物，合格水排至接收排放监测箱进行槽式排放。

汽轮机厂房的含油废水池排水泵排水总管和废水处理厂房槽式排放排水总管上都设有放射性监测设备，一旦检测到水中放射性水平超过报警阈值，则停运排水泵，隔离污染源，通过厂址废物处理设施的移动式处理设备对含放废水进行处理。

冷凝器的水室排水直接排入位于汽轮机厂房内的海水废水池，并通过排水泵排往厂区SWS排水井。

汽轮机排污水箱的排水和冲洗排污水收集在汽机厂房内的热废水池内，并通过排水泵排往厂区废水处理站。

循环水泵房内的废水被收集并被排往滤网反冲洗排水管道。

汽轮机厂房内的凝结水精处理系统化学废水、化学试剂库的拖布池及洗眼器废水（含酸或碱）以及 BOP 厂区的酸性废水，由各区域收集并通过各自的排水泵升压排至 WWS 系统的废水中和处理系统。经 pH 中和后排至全厂非放废水二次处理系统进行处理，去除氨氮、COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、TN 等污染物后排至 WWS 系统的槽式排放系统。

#### 4.6.2.3 放射性释放和监测

放射性废液管理系统配置了监测仪表，用于连续测量放射性液体废物处理系统核岛废液监测箱向环境排放的液体中放射性活度浓度。

### 4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

#### 4.6.3.1 气态流出物排放源项

气态流出物主要通过下列途径，向环境大气排放：

- 因安全壳中空气活化，以及从反应堆冷却剂系统泄漏到安全壳和辅助厂房大气中的  $^{41}\text{Ar}$  通过通风向环境的释放；
- 从反应堆冷却剂系统泄漏到安全壳大气中的放射性核素通过安全壳通风向环境的释放；
- 工艺流体泄漏的放射性核素通过辅助厂房向环境的释放；

- 燃料操作区域通风导致的放射性核素的释放；
- 放射性核素通过放射性废气处理系统的释放；
- 通过二回路系统的释放。

在计算气态流出物设计排放源项时，保守假定反应堆冷却剂中裂变产物的剂量等效  $^{131}\text{I}$  活度浓度为  $5\text{GBq/t}$ 。该源项保守考虑了电厂运行中可能的各种瞬态情况导致的反应堆冷却剂中核素活度浓度的增加，通过对设计基准源项按照剂量等效  $^{131}\text{I}$  活度浓度的比例调整得到。对于腐蚀产物，则保守考虑其冷却剂源项与设计基准源项相同。

在计算气态流出物现实排放源项时，假定反应堆冷却剂中裂变产物的剂量等效  $^{131}\text{I}$  活度浓度为  $0.1\text{GBq/t}$ 。该源项是在核电厂正常运行经验数据的基础上确定的，通过对设计基准源项按照剂量等效  $^{131}\text{I}$  活度浓度的比例调整得到。对于腐蚀产物，考虑其冷却剂源项为设计基准源项的一半。

对于废气处理系统，则基于年脱气产生量考虑相应的  $\text{Kr}$  和  $\text{Xe}$  的延迟衰变时间，即可计算得到惰性气体的年排放量。

对于  $^{41}\text{Ar}$  的排放量分析，一方面考虑安全壳内空气活化产生的  $^{41}\text{Ar}$  通过安全壳通风向环境释放，另一方面考虑反应堆冷却剂中溶解的  $\text{Ar}$  气活化后随冷却剂系统泄漏至安全壳和辅助厂房，并通过通风向环境的释放。

通过以上各途径的气态流出物排放量的分析过程如下：

### 1) 反应堆厂房

反应堆厂房的气态放射性核素主要来自反应堆厂房设备的泄漏液，由于反应堆厂房泄漏液的压力和温度相对较高，泄漏液以一定的闪蒸份额变为蒸气后进入反应堆厂房气空间，然后经过通风过滤系统中的活性炭过滤器和高效过滤器的净化后排入环境中。

### 2) 辅助厂房

辅助厂房的气态放射性核素主要来自辅助厂房设备的泄漏液，由于辅助厂房冷却剂泄漏液的温度较低，泄漏液以一定的气水分配变为蒸气后进入辅助厂房气空间，然后通过厂房通风系统进入环境中。分析时，保守假设冷却剂泄漏到辅助厂房中的气态放射性核素没有衰变和沉积，直接释放到环境中。

### 3) 燃料操作区域

换料期间，换料通道将乏燃料池和反应堆压力容器连通，因此，反应堆冷却

剂水将与乏燃料池水、燃料运输通道中的水（包括门和连接体积）和换料腔中的水混合，冷却剂水的活度被稀释。同时，乏燃料池中存放的破损乏燃料组件中的核素也会以一定的释放份额进入冷却剂中。以上两部分是乏燃料水池放射性的主要来源，池水的放射性通过蒸发的形式进入燃料操作区域气空间，通过厂房通风系统进入环境中。

#### 4) 放射性废气处理系统

在计算放射性废气处理系统的气态流出物排放量时，考虑了化学与容积控制系统下泄流和反应堆冷却剂疏水箱中废液脱气产生的废气。根据反应堆冷却剂源项，并考虑了延迟床对氦和氩的延迟作用后，得到废气处理系统处理后的放射性废气的排放量。

#### 5) 二回路

对于二回路系统，未经冷凝的放射性气体主要是通过真空泵的抽气释放进入环境。计算时，以二回路气态源项为基础，保守考虑放射性废气的排放流量为二回路蒸汽流量，同时考虑一定的气水分配系数后得到通过二回路系统释放的气态流出物排放量。由于二回路现实源项的活度水平非常低，因此不对二回路的气态现实排放源项进行分析。

单机组气态氚年设计排放量为 5.01TBq/a，年现实排放量为 4.18TBq/a。

单机组气态  $^{14}\text{C}$  年设计排放量为 394GBq/a，年现实排放量为 353GBq/a。

在表 4.6-2 中给出了单台机组的气态流出物年设计排放量与 GB6249-2025 中规定的年排放量控制值的比较。可以看出，单台机组的气态流出物年设计排放量均能满足 GB6249-2025 规定的排放量控制值要求。

#### 4.6.3.2 系统概述及组成

在反应堆运行期间，燃料裂变产生放射性同位素氚、氦和碘。因为少量燃料包壳的破损，部分核素会释放到反应堆冷却剂中。反应堆冷却剂的泄漏又导致放射性惰性气体释放到安全壳内大气中。通过严格限制反应堆冷却剂泄漏以及反应堆冷却剂系统内惰性气体和碘的放射性浓度，可控制气态放射性核素释放。

除放射性气体废物处理系统（WGS）释放途径以外，各厂房通风系统也是向环境释放气态放射性核素的途径。

#### 1) 放射性气体废物处理系统（WGS）

##### （1）系统功能

WGS 的主要功能是接收系统运行期间产生的含氢气体和放射性气体，并对其进行处理和排放。WGS 不执行安全有关功能，其非安全有关功能为：

- 收集含氢气体和放射性气体；
- 处理和排放废气，保持厂外放射性释放在可接受的限值以内；
- 排放管线上设置辐射监测仪表连续监测 WGS 的放射性释放。系统还可对释放流进行取样分析。

## （2）废气来源

WGS 接收工艺系统运行期间产生的含氢气体和放射性气体。WGS 输入如下：

- RCS 调硼时的下泄流。含有少量放射性气体的含氢气体进入 WGS；
- RCS 脱气时的下泄流。含有少量放射性气体的含氢气体进入 WGS；
- 维持反应堆冷却剂疏水箱液位。间歇产生含有少量放射性气体的氢气和氮气；
- 反应堆冷却剂疏水箱排气。

## （3）部件描述

WGS 是一个直流常温活性炭延迟处理系统，包括一台气体冷却器、一台气水分离器、一台活性炭保护床、两台活性炭延迟床、一套气体取样装置等。

### ● 气体冷却器

气体冷却器将废气充分冷却，以便有效除湿。

### ● 气水分离器

去除气体冷却形成的水分。

### ● 活性炭保护床

活性炭保护床防止活性炭延迟床因过高水汽或化学污染物受到损害。正常运行时，活性炭保护床可增加氙和氪的延迟处理时间。

### ● 活性炭延迟床

系统设置两台活性炭延迟床串联运行。由于气流进出延迟床都是在其顶部，所以延迟床不需要活性炭截流筛网。

### ● 取样装置

配置两台取样泵。通常一台取样泵连续运行输送废气至氢气、氧气分析仪。另一台泵将各取样点的废气定期送至取样筒内，并作为向氢气、氧气分析仪输送

废气的备用泵。

#### (4) 系统运行

WGS 为间歇运行。没有废气进入 WGS 时，在排放管线的隔离阀入口处有小流量的氮气注入，以维持 WGS 处于正压，防止废气流量低时空气进入系统。

WGS 为非能动运行，借助气体输入源的压力，使废气通过本系统。进气先通过气体冷却器，由冷冻水对废气进行冷却。气水分离器去除由气体冷却形成的水分。气水分离器的疏水排往 WLS 脱气塔分离器。

放射性气体流经保护床，去除多余的水分。然后，放射性气体流经两台活性炭延迟床，通过动态吸附过程使氙、氪得以延迟衰变。离开 WGS 的废气在排往电厂通风系统前先经过一个辐射监测仪表。该仪表在放射性高整定值时联锁关闭 WGS 出口控制/隔离阀。出口隔离阀也在通风系统低流量时关闭，防止氢气在通风管道内的累积。此外，出口隔离阀在系统低压力整定值时关闭，维持 WGS 系统正压。

放射性气体在延迟床的吸附不需能动设备或运行人员操作。运行人员误操作或能动设备失效不会引起放射性向环境的非受控释放。若由于失去冷冻水或其他原因，废气进入延迟床之前未能去除水分，将导致 WGS 性能逐渐下降。

WGS 设置独立、冗余的监测仪进行连续氧含量分析。系统氧含量过高时，将向运行人员发出警报。当氧含量在操纵员可调控范围内的高值时，WLS 脱气塔真空泵自动停泵，防止可能含氧的气流进入 WGS，同时自动打开氮气阀门，使用氮气吹扫。系统出口隔离阀前用氮气连续加压，防止出口管路空气倒灌入系统。

## 2) 供热、通风与空调系统

### (1) 系统功能及组成

本工程的供热、通风与空调系统（HVAC）的功能是：

- 对每个可能污染的厂房进行供热、通风和空气调节以提供一个合适的环境，确保操作人员的舒适、安全、健康以及设备的有效运行和完整性；
- 控制空气气流从污染较少的区域流向污染逐渐增加的区域，并使各厂房内可能被污染区域的全部通风经监测后，通过烟囱排放；

- 对相关系统的排风进行过滤和除碘处理，以减少气态放射性核素向大气环境的释放。HVAC 系统中对于未被放射性污染的排风从天花板或者从排气口直接排入大气；对于可能污染区域的全部通风气体经过监测后，通过核岛烟囱排入大气。

HVAC 系统中与气态放射性核素排放有关的主要包括以下系统，正常运行时总排风量约为 147000m<sup>3</sup>/h。

- 放射性控制区通风系统（VAS）；
- 安全壳空气过滤系统（VFS）；
- 放射性废物厂房通风空调系统（VRS）；
- 核岛保健物理和热机修车间通风空调系统（VHS）。

## （2）放射性控制区通风系统

放射性控制区通风系统（VAS）服务于辅助厂房的燃料操作区域以及辅助/附属厂房中除VHS系统服务区域以外放射性控制区。

### （i）系统功能

VAS 不执行安全相关的功能，它的非安全相关功能为：

- 提供通风以维持余热排出泵房和 CVS 补水泵房在其设计温度范围之内；
- 提供通风以维持厂房的气态放射性核素处于电厂人员的安全水平之内；
- 维持区域内总的空气气流的方向从低放射性污染区流向高放射性污染区；
- 维持每个厂房区域处于轻微负压，以防止气态放射性核素不受控制的释放至大气或邻近的清洁电厂区域中；
- 当在排风管道中出现高气态放射性核素或探测到厂房相对环境高压或低压时，通过关闭排风和排风管道隔离阀，自动将异常区域与外部环境隔离，并启动安全壳空气过滤系统（VFS）。

### （ii）系统描述

VAS包括两个子系统：辅助/附属厂房通风子系统和燃料操作区通风子系统。

#### ● 辅助/附属厂房通风子系统

辅助/附属厂房通风子系统服务于放射性控制的设备、管道和阀门房间以及邻近的通道、楼梯区域。该系统包括2×50%容量的送风空气处理机组（总风量约为56200m<sup>3</sup>/h）、送风和排风管路系统、隔离阀门、空气分布器、排风风机、

自动控制器和附件。送风空气处理机组位于附属厂房的空气处理机组设备房间。每套送风空气处理机组包括一台低效过滤器组、一台高效过滤器组、一个热水加热盘管、一个冷冻水冷却盘管和一台送风风机。设置 $2\times 50\%$ 容量的排风风机，设计风量可维持放射性控制区轻微负压。风管系统布置便于送风气流从低放射性区域流向高放射性区域。此外排风系统接收放射性废液疏水系统（WRS）地坑的排风，以维持疏水地坑轻微负压，从而防止潜在放射性污染的空气泄漏至周围环境。排风管道留有与流出液贮存箱的接口，以防止流出液贮存箱内气态放射性核素或氢气的积累。排风通过排风机直接排至电厂烟囱。

本子系统的送风管和排风管均设置隔离阀，当探测到排风的高气态放射性核素浓度或厂房相对环境高、低压时，自动关闭送、排风管上的隔离阀，并切换至安全壳空气过滤系统（VFS）。此时，VFS系统承担排风除碘，减小放射性泄漏，并维持厂房的轻微负压。

#### ● 燃料操作区通风子系统

燃料操作区通风子系统服务于燃料操作区、轨道车平台、过滤器贮存区、树脂输送泵/阀门间、废树脂箱间、废物处置容器区域、固体废物系统（废树脂）阀/管道区。燃料操作区通风子系统包括 $2\times 50\%$ 容量送风空气处理机组（总风量约为 $17900\text{m}^3/\text{h}$ ）、送风和排风管路系统、隔离阀、空气分布器、排风机、自动控制器和附件。送风空气处理机组位于附属厂房的空气处理设备房间。空气处理机组通过管道系统将空气分配至辅助厂房的燃料操作区和轨道车隔间/过滤器贮存区。设置 $2\times 50\%$ 容量的排风机，设计风量可维持厂房轻微负压。风管系统布置便于送风气流从低放射性区域流向高放射性区域。排风通过排风机直接排至电厂烟囱。

本子系统的送风管和排风管均设置隔离阀，当探测到排风的高气态放射性核素浓度或厂房相对环境高、低压时，自动关闭送、排风管上的隔离阀，并切换至安全壳空气过滤系统（VFS）。此时，VFS系统承担排风除碘，减小放射性泄漏，并维持厂房的轻微负压。

#### （iii）系统运行

电厂正常运行期间，每个子系统的两台送风空气处理机组和两台排风风机都连续运行，以直流模式对所服务的区域提供通风。调节送风流量使得服务区相对于周围环境保持负压状态。排出的空气不经过过滤并直接向电厂烟囱排放，同时

对排放至厂区的气态放射性核素浓度进行监测。

电厂异常运行期间，当辅助/附属厂房或燃料操作区的排风中探测到高气态放射性核素时，对应子系统的送风和排风管道隔离阀会自动关闭，将相应区域与外部环境隔离。启动安全壳空气过滤系统（VFS），以维持该隔离区相对于外部环境及邻近未受影响的电厂区间轻微负压，进而限制气态放射性核素未经过滤的泄漏。当辅助/附属厂房或燃料操作区的正常通风被破坏，造成厂房相对于室外环境高压或低压时，送风管上和排风管上的隔离阀自动关闭，此时通过VFS系统维持隔离区相对室外轻微负压，直至燃料操作区通风子系统重新正常运行。

### （3）安全壳空气过滤系统

安全壳空气过滤系统（VFS）为安全壳、燃料装运区域和辅助及附属厂房的其他放射性控制区提供服务，热机修车间和保健物理区域除外。除安全壳隔离以保持安全壳的完整性以及安全壳真空卸压功能之外没有其他安全相关功能。

#### （i）系统功能

VFS执行以下非安全相关的功能：

- 测量、显示和记录电厂排气烟囱排放至大气的气态放射性核素浓度，并提供主控制室报警和指示；
- 在电厂正常运行期间，间歇供应外部新风以清洗安全壳大气；在电厂热停堆或冷停堆工况下，向安全壳提供连续的气流；
- 过滤燃料装运区、辅助/燃料厂房的放射性控制区排风，以维持这些区域相对于邻近的区域有轻微的负压差。

#### （ii）系统描述

VFS包括2×100%容量的送风空气处理机组和排风过滤机组，分为两个序列。

VFS送风空气处理机组送风至安全壳，由VCS的再循环机组分配净化后的空气。排风过滤机组位于附属厂房的放射性控制区。排风过滤机组的HEPA过滤器和活性炭吸附器净化来自安全壳、燃料装卸区、辅助和附属厂房的排风。排风过滤机组下游设有一个气体放射性监测器，它在探测到异常气体释放时发出报警。电厂烟囱处设有向环境的气体、粒子和碘的释放的监测装置。

#### （iii）系统运行

电厂正常运行期间，由主控制室运行人员定期运行本系统，净化安全壳内空

气以降低气态放射性核素水平或维持安全壳内压力在正常运行范围内。过滤后的安全壳排风经电厂烟囱排至大气。在单个送风和排风子系统运行期间，如运行序列失效，运行人员可手动启动备用的送风和排风机组。

在电厂停堆前和停堆期间，VFS系统的一个或两个序列运行，以便在人员进入前除去气态放射性核素。当安全壳内环境温度低时，送风由电厂热水加热系统提供热水。排风过滤机组内的电加热器用来控制进入过滤机组的排风相对湿度不高于70%。当两个序列一起运行时，本系统提供约等于0.21次换气次数的最大通风量。

本系统为非安全有关系统，假定在设计基准事故时或之后不运行。但如果排风机可运行，可用来过滤和排风至电厂烟囱。在这此情况下，VFS电厂放射性监测器必须对大气排放进行监测。

燃料操作区，辅助厂房的放射性控制区和附属/辅助区的排风气态放射性核素由VAS系统的放射性探测器持续监测。高放射性信号自动隔离受影响区域的正常通风系统，并启动VFS系统的排风过滤机组，以减轻未过滤空气的排放。

排风过滤机组的活性炭吸附器段设置水淹没灭火系统，在活性炭发生火灾时提供灭火措施。

当电厂在冬季失去厂外电源，安全壳内出现高真空度，VFS系统位于安全壳内侧的安全壳真空卸压隔离阀自动打开，同时位于安全壳外侧的安全壳真空卸压止回阀自动打开，缓解安全壳内真空度，保护安全壳。

#### （4）放射性废物厂房通风空调系统

放射性废物厂房通风空调系统（VRS）服务于放射性废物厂房。它包括清洁的电气/机械设备房间和潜在被污染的排风机房、废物贮存间、废液监测箱间、移动设施区以及卡车运输区。

##### （i）系统功能

本系统没有安全相关的功能，其执行的非安全相关功能主要包括：

- 向工作区域提供经处理的空气，使环境温度满足区域内设备和工作人员的需要；
- 确保空气的流动方向是从清洁区域向有潜在污染的区域，使空气污染减到最小；

- 收集从有潜在污染设备的排出气体；
- 气体排放到环境中前，监测其放射性剂量；
- 保持放射性废物厂房相对于环境为负压，防止未经监测的气体释放到环境中。

#### （ii）系统描述

本系统为直流式通风系统，包括两个完整的子系统：送风系统和排风系统。这两个系统共同运行维持服务区域的温度，使厂房对周围大气保持负压。

送风系统包括2×50%容量的空气处理机组、一个送风分配系统、控制仪表及附件。两台空气处理机组通过独立室外新风口引入100%的新风，在风机出风口处合并成一个共用的送风系统，由主风管上的支管通过风量调节送入各服务区域。

排风系统包括2×50%容量维持厂房负压的离心风机、一个排风集合系统、控制仪表及附件。排风机通过共用风管接至厂房烟囱，辐射监测器记录排风机出口处的放射性剂量浓度，当浓度超标时在主控制室报警。

#### （iii）系统运行

VRS系统在电厂60年服务期里连续运行，只有当通风空调设备需维修时才会停止运行。

在正常运行工况下，二台空气处理机组和二台排风机连续运行维持废物厂房内的温度。送风机进口处的送风量通过压差控制器自动调节风机入口导叶，保持厂房负压。

空气处理机组的送风温度是由各自的加热和冷却控制器进行调节，冷却控制器调节空气处理机组冷冻水进口阀门，加热控制器调节空气处理机组热水盘管迎风旁通阀。

检测通过空气处理机组过滤器的压力降，当任何压力降升至预先设置的需更换过滤器的设定值时，会有相对应的报警。为替换过滤器，有关的送风风机和排风风机停止运行，并通过密闭阀从风管系统中隔离出来。在替换过滤器时，送风和排风系统各运行50%容量，在这种运行模式下，卡车通道门不能打开，并且需要调整厂房工艺运行以达到可接受的厂房温度。

维持一般的室内温度通常不需运行移动设施区和卡车运输区中的单元式热

水加热器，只有当卡车通道门打开时通过就地运行加热器。

单元式热水加热器通过就地温感器控制维持室内最低温度。

#### (5) 核岛保健物理和热机修车间通风空调系统

核岛保健物理和热机修车间通风空调系统（VHS）系统服务于保健物理区和热机修车间，保证人员舒适性和设备正常运行所需的环境条件。

##### (i) 系统功能

系统具体功能如下：

- 提供处理过的空气，维持室内所要求的温湿度条件；
- 保证气流从干净区域流向有潜在污染危险的区域；
- 监测排风放射性；
- 维持保健物理区和热机修车间相对于室外轻微负压；
- 提供直流式通风。

##### (ii) 系统描述

VHS系统是直流式系统，包括一套送风子系统和一套排风子系统。送排风系统相互连锁运行。

送风子系统包括2×100%容量空气处理机组、一套送风管系统、相应的自控系统以及各种附件。

排风子系统包括2×100%容量的排风机、一套排风管系统、相应的自控系统以及各种附件。

##### (iii) 系统运行

VHS系统在电厂60年服务期里连续运行，只有当通风空调设备需维修时才会停止运行。

空气处理机组通过风管系统将处理过的新风送至保健物理区和热机修车间。保健物理区的墙上装有温度控制器，通过控制冷冻水阀门或迎风旁通阀来调节保健物理区内的温度。冬季时，通过风管内的电蒸汽加湿器来维持房间相对湿度 $\geq 35\%$ 。夏季时，通过送风总管电加热盘管维持房间相对湿度 $\leq 75\%$ 。

通过压差控制器自动控制送风量，维持所服务的房间相对于室外大气负压，保证气流从附属厂房内干净区域流向保健物理区、从安全壳出入口通道流向热机修车间。位于保健物理区的压差传感器将信号送至送风机入口导叶，保证保健物

理区相对于室外大气轻微负压。另外一个压差传感器位于热机修车间。该传感器将信号送至位于热机修车间送风管上的调节阀，调节风阀保证热机修车间相对于室外大气轻微负压。

排风子系统排风机通过排风管将排风排至厂房烟囱。在VHS系统排风干管上装有放射性粒子监测器。该监测器与辐射监测系统（RMS）有接口，能够对放射性物质的扩散进行记录并在主控制室报警。

#### （6）常规岛主厂房通风

常规岛主厂房通风包括：

- 汽机厂房通风：汽机厂房通风系统通过从汽机厂房外引入室外较低温空气对汽机厂房内部进行通风降温。核电厂运行期间，当汽机厂房内温度高于要求值时，室外新风地上部分由建筑外窗及电动百叶窗自然进风，地下部分由新风机组机械送风，经各层的主要散热设备周围开设的格栅、检修孔、楼梯间、吊物孔等处，吸收室内余热、余湿后，有组织地经安装在汽机厂房及除氧间屋面上的防爆屋顶风机排至室外。为消除汽机厂房通风死角，汽机厂房设置扰动风机加强空气循环，防止热点形成。

- 汽机厂房第一跨通风：汽机厂房第一跨通风系统从厂房外引入室外较低温空气对第一跨内部进行通风降温。核电厂运行期间，当第一跨内温度高于要求值时，室外新风由安装在第一跨各层的混流风机机械送风，吸收室内余热、余湿后，经安装在汽机厂房第一跨各层的混流风机排至室外。

- 电气设备间通风：常规岛主厂房电气设备间通风空调用于消除室内余热，控制房间温度，为电气设备提供必要的运行环境。电气设备间通风设备用于满足电气设备间灭火后通风换气要求，在室外温度较低或所设空调设备故障时，电气设备间通风设备可兼作通风降温使用。

- 化学房间通风：化学房间通风用于排出生产过程中可能产生的有害气体或有爆炸危险的气体，降低室内有害物浓度，保证运行巡检人员安全。

- 润滑油室通风排烟：润滑油室通风主要用于排除室内余热及排除室内可能产生的油蒸汽，维持室内温度并降低室内有害物质浓度，保证运行巡检人员安全。

- 汽机厂房辅助设备间通风：消防气瓶间设置墙上电动防雨百叶自然进风，钢制轴流风机机械排风系统，以排出室内有害气体。

- 防烟楼梯间及消防电梯前室防烟：常规岛主厂房不具备自然排烟条件的防烟楼梯间和消防电梯前室设置机械防烟设施。其风量满足：疏散门关闭时，防烟楼梯间可保持加压部位与走道之间的压差为 40~50Pa，开启着火层疏散门时，可保持门洞处一定风速 ( $\geq 0.7\text{m/s}$ )；消防电梯前室可保持加压部位与走道之间的压差为 25~30Pa；开启着火层疏散门时，可保持门洞处一定风速 ( $\geq 1.0\text{m/s}$ )。

### 3) 凝汽器抽真空系统 (CMS)

#### (1) 系统功能

通过凝汽器抽真空系统 (CMS) 完成凝汽器的排气。在机组启动、冷却和正常运行过程中，抽真空系统将凝汽器中的不凝性气体和空气排除，并在凝汽器中建立和维持一定的真空度。这一过程由水环真空泵完成。

#### (2) 系统描述

抽真空系统由3台水环真空泵组成，用来排除在正常运行过程中三个凝汽器壳体中的空气和不凝结气体。凝汽器壳体中的不凝性气体连同水蒸汽一起被排除，通过凝汽器空气冷却区域的管束进入真空泵的吸入口。

这些不凝结气体主要包括空气、氮气和氨气。在系统中不允许氢气聚集。在凝结水中存在一定的溶解氧。由于在凝汽器中仅有少量的氧释放出来，而且这些量相比于被排除气体和蒸汽的量可以忽略不计，因此在凝汽器抽真空系统中不存在爆炸混合物的潜在危险。

汽机房闭式冷却水系统 (TCS) 为真空泵水封换热器提供冷却水。密封水温度保持在凝汽器饱和温度以下，以维持真空泵良好的工作性能。

排放到大气中的不凝结气体和蒸汽混合物通常不具有放射性。然而在一次侧向二次侧泄漏的过程中，混合物也有可能被污染。对凝汽器排出的由真空泵排放到大气中的不凝性气体的放射性进行监测。当放射性水平达到不可接受范围时，将启动操作程序。

一旦凝汽器抽真空系统失效，不凝性气体的聚集会导致凝汽器的背压逐渐增大。背压的增加将导致汽轮机循环效率的降低。如果凝汽器抽真空系统失效，凝汽器背压就会增大到汽轮机跳机值，从而引起汽轮机跳机。凝汽器真空度的损失

会引起汽轮机跳机但并不会关闭主蒸汽隔离阀。

凝汽器真空破坏将通过打开位于主凝汽器上的电动真空破坏阀来实现。当汽轮机转速小于600rpm时运行人员手动执行该操作，或者在汽轮机跳机后运行人员想立即进行汽轮机停机时执行该操作。

### （3）设备描述

水环真空泵为模块化供货。每个模块中的主要部件包括一台真空泵、密封水热交换器以及气/水分离器。密封水用于密封泵的间隙以及凝结水泵入口处的蒸汽。密封水流经热交换器的壳侧，而汽机房闭式冷却水则流经管侧。密封水的补水由凝结水系统（CDS）和除盐水供水存储系统（DWS）供水。管道和阀门为碳钢材料。

### （4）系统运行

在启动运行中，通过运行三个水环真空泵来排除凝汽器中的空气。

在机组正常运行中，通过一台或者两台真空泵排除凝汽器中的不凝结气体。如果一台真空泵发生脱扣，在主控制室就会报警同时备用泵将被启动。

#### 4.6.3.3 放射性释放和监测

放射性气体废物处理系统（WGS）配置了监测仪表，监测通过 WGS 系统向外释放的气态流出物的放射性活度浓度水平。

#### 4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

放射性固体废物处理系统（WSS）设计用于收集和暂存正常运行以及预期运行事件产生的废树脂、深床过滤器过滤介质、废（水）过滤器滤芯、放射性干废物和混合固体废物。这些废物先收集暂存在辅助厂房和放射性废物厂房内，后送往厂址废物处理设施（SRTF）进一步处理和中间贮存。本系统布置在辅助厂房和放射性废物厂房内。SRTF的描述参见第4.6.5节。

##### 4.6.4.1 系统功能

WSS 系统的主要功能包括：

- 接收并贮存来自 WLS、CVS、SFS 的废树脂和深床过滤器过滤介质；
- 提供混合、取样、输送废树脂和深床过滤器过滤介质的手段；

- 更换、输送、收集废（水）过滤器滤芯时，降低对人员的放射性照射和污染扩散；

- 收集电厂废通风过滤器滤芯；
- 根据放射性水平对固体废物进行分类和临时贮存；
- 收集含有害物质的放射性废物；
- 分类收集放射性控制区（RCA）产生的废物；
- 在废物送往厂址废物处理设施前（运输设备由厂址废物处理设施提供）

可提供至少 6 个月的贮存时间；

- 为设置在辅助厂房有轨车辆平台和放射性废物厂房移动式设备提供场地和辅助服务；

- 将废树脂接收槽内废液送回 WLS 进行处理后监测排放；
- 提供核岛与厂址废物处理设施之间的接口。

#### 4.6.4.2 废物产生量

废树脂和深床过滤器过滤介质首先贮存在位于辅助厂房的废树脂接收槽内。当贮存一定时间后，将被输送至屏蔽转运容器中。

预期的放射性废物产生量计算依据如下：

- 每个换料周期更换的离子交换树脂床废树脂（包含深床过滤器过滤介质）；
- 每个换料周期更换 WGS 活性炭保护床内的活性炭；
- 每十年更换 WGS 活性炭延迟床内的活性炭；
- 每个换料周期更换全部水过滤器的滤芯；
- 使用电厂历史运行数据估计的可压实废物、不可压实废物和混合废物总量。

放射性废物最大产生量的计算依据如下：

- WLS 深床、离子交换树脂及水过滤器滤芯，考虑在年最大废液产生量下运行产生的废物量；

- 除 WLS 外，其余包含离子交换树脂床和水过滤器滤芯的系统，在 0.25% 燃料包壳破损率下运行产生的废固量；

- 每个换料周期更换两次 WGS 活性炭保护床内的活性炭；

- 每五年更换 WGS 活性炭延迟床内的活性炭；
- 预期可压实废物废物量增加约 50%，不可压实废物、混合固体废物量增加约 100%；
- 一回路向二回路系统泄漏时，更换受污染的凝结水精处理系统和蒸汽发生器排污系统的树脂和膜。

废物的年预期产生量和最大产生量见表 4.6-3。

#### 4.6.4.3 部件描述

- 箱体

2 台废树脂接收槽，每台废树脂接收槽内的树脂通过混合喷射器进行混合。在排气口和溢流口设置树脂截留滤网避免废树脂的意外排放。

- 泵

1 台树脂混合泵，为废树脂接收槽内树脂的流动和混合提供动力，在废树脂槽之间进行水流输送，将槽内多余的水排至放射性液体废物处理系统，以及冲洗树脂输送管线。

1 台树脂输送泵，为废树脂接收槽内的废树脂循环混合和取样提供动力。树脂输送泵也用于向位于辅助厂房有轨车平台的屏蔽转运容器输送废树脂。

- 过滤器

1 台树脂碎片过滤器，树脂碎片过滤器将最大限度地防止树脂碎片的扩散，并过滤掉管线冲洗水或废树脂接收槽向 WLS 的排放水中的杂质颗粒。

- 树脂取样装置

树脂取样装置在废树脂循环时进行取样。设备配置一台移动式屏蔽桶用于取样后样品的输送。

- 废过滤器滤芯更换、运输装置

废过滤器滤芯屏蔽运输容器便携式操作工具（MH60）及废过滤器滤芯屏蔽桶（MR40）能够远距离更换废（水）过滤器滤芯，无泄漏输送至辅助厂房滤芯贮存区，无泄漏输送至辅助厂房过滤器滤芯贮存区。

#### 4.6.4.4 系统运行

- 废树脂的装运

废树脂装运主要包含以下几个工况：废树脂接收、废树脂混合、废树脂转屏

蔽转运装置装填。

### （1）废树脂接收

WSS 设置 2 个废树脂接收槽用于接收和临时贮存各离子交换树脂床产生的废树脂，以废树脂接收槽 A 为例进行说明（废树脂接收槽 B 接收树脂可通过远程切换废树脂接收槽树脂流入口气动阀实现）如下：①废树脂接收槽 A 废树脂装填物位记录情况，确认废树脂接收槽 A 是否具有足够容量接收该批次树脂浆液；（废树脂接收槽装填物位在废树脂接收完成后，通过树脂混合泵将废树脂接收槽内液位降至树脂物位高度以下后记录确定槽内物位高度。）②除盐水将上游系统产生的废树脂冲排进入废树脂接收槽 A，直至废树脂接收槽入口管道上窥视镜闭路电视监视画面中连续几分钟未观察到冲排流体中不包含树脂，则表示废树脂接收槽已完成废树脂接收且输送管道已完成重新；③若接收过程中，废树脂接收槽 A 液位过高，则启动树脂输送泵将余液转运至废树脂接收槽 B 或者经过树脂碎片过滤器过滤后排放至 WLS 废液暂存箱。

### （2）废树脂混合

废树脂混合以废树脂接收槽 A 为例进行说明（废树脂接收槽 B 混合可通过远程切换相应树脂混合泵吸入口和返回口气动阀实现）如下：①废树脂混合的主要目的是将废树脂接收槽内的废树脂进行充分的混合搅动，保证废树脂处于混合或流化状态，便于后续的再循环取样或者装填；②将废树脂接收槽 A 相应树脂混合泵吸入口和返回口气动阀打开，启动树脂混合泵，废树脂接收槽 A 内废液经树脂混合泵吸入口（设置树脂截留滤网拦截树脂）、树脂混合泵和废树脂接收槽 A 内喷射器返回废树脂接收槽 A，通过喷射器的喷射对废树脂接收槽 A 的树脂进行有效混合；③同时，通过切换树脂混合泵吸入口气动阀，可将废树脂接收槽 B 内废液经树脂混合泵和废树脂接收槽 A 内喷射器进入废树脂接收槽 A，以利用废树脂接收槽 B 废液对废树脂接收槽 A 内树脂进行混合；④此外，还可采用除盐水和压缩空气对废树脂接收槽 A 内树脂进行混合，该工况需要操作人员就地打开通道上的常关手动阀门。

### （3）废树脂屏蔽转运装置装填

在输送前先检查用于接收的废树脂接收槽，并确认有足够容量接收树脂床的废树脂。此外，还需确认系统已设置废树脂混合泵将过量的转运水通过树脂碎片过滤器排放至 WLS。装填步骤如下：①在树脂混合工况时，废树脂接收槽通过

树脂截流滤网向外疏水。疏水通过混合喷射器再回到槽内。在该运行模式下，（废树脂接收槽内）废树脂层产生局部流态化。在循环或屏蔽转运装置装填工况时，运行树脂取样装置可获取有代表性的树脂样品。②开启屏蔽转运装置填充阀开始废物装填。冲排水回流至废树脂接收槽内，由此保持系统的水装量，并截留下系统中树脂碎片，去除杂质颗粒。③当装填操作完成时，手动开启管线冲洗控制器，自动运行泵和阀门，冲洗树脂输送管线，冲洗水再回流至废树脂接收槽。废树脂接收槽充填阀短时间开启，将残余树脂冲洗入接收槽内。废树脂混合泵输送废树脂接收槽内过滤后的冲洗水。

#### ● 废（水）过滤器滤芯的处理操作

废过滤器滤芯屏蔽运输容器便携式操作工具（MH60）及废过滤器滤芯屏蔽桶（MR40）用于 CVS、SFS、WLS 和 WSS 放射性过滤器滤芯的更换。当更换废过滤器滤芯时，先将滤芯吊入 MR40 中，然后转运至辅助厂房滤芯贮存区进行临时贮存。待滤芯贮存一段时间后，再利用 MR40 将滤芯转运至屏蔽转运容器中。放射性（水）过滤器滤芯通过屏蔽转运容器运往厂址废物处理设施（SRTF）处理。暖通设备的放射性过滤器滤芯装袋后和其他放射性干废物一起运往 SRTF 处理。

#### ● 干废物的处理操作

1) 较高放干废物预期在 SRTF 内分类取出可复用的物项，如防护服和工具、有害废物和大型不可压实废物。剩余的废物通常在 SRTF 内打包处理。

2) 较低放干废物一般含有大量的非放射性物质。通常，这些废物将在 SRTF 内通过辐射监测和分拣系统取出可复用或就地处置的非放射性物项。其他放射性废物通常采用合适的方式压实或包装作中间储存。

3) 待解控废物一般是指含有少量放射性的碘过滤器和通风过滤器、检修废物等。根据实际运行及废物特性，可将该类废物打包送至外运废物暂存设施，待其衰变一段时间后达到清洁解控标准，经审管部门批准后直接处理。

4) 其他放射性控制区内非表面污染区的废物，收集在废物袋或容器内，然后输送至废物厂房临时贮存区。通常，这些废物通过厂址废物处理设施辐射监测系统确定为非放射性废物并适合在当地废物掩埋场处置。

此外，根据国内核电厂可燃废物外运焚烧的良好实践，干废物也可根据可燃废物和不可燃废物进行分类收集，可燃废物转运至外运废物暂存设施打包暂存并

外运焚烧，不可燃废物分为可压实和不可压实废物转运至厂址废物处理设施内进一步处理和中间贮存。

#### 4.6.4.5 放射性释放和监测

放射性固体废物管理系统配置了监测仪表，用于监测暂存的放射性固体废物的放射性活度浓度。

#### 4.6.5 厂址废物处理设施

厂址废物处理设施（SRTF）为全厂共用子项，一期工程中已完成本子项的建设和投用。厂址废物处理设施对于各类废物的处理能力和废物库暂存能力均按 6 机组考虑，可满足本工程核岛废物的处理需求。

厂址废物处理设施是一个集中式放射性废物处理设施，位于核岛 BOP 区域。它作为核岛三废处理系统的补充，提供完整、适宜的手段来处理核岛产生但无法直接处理的放射性废液与放射性固体废物。根据该设施执行的功能，可划分为：废物处理厂房、洗衣房、废物暂存库三大区域。厂房部分墙体和楼板厚度除需满足结构要求外还需满足屏蔽要求。废物暂存库为单层单跨钢筋混凝土排架结构，局部有夹层。洗衣房为单层现浇钢筋混凝土框架结构，局部有一层地下室。设施内处理达标的废液将通过 SRTF 排放总管汇至指定排放区域。经该设施处理后的废物均采用统一包装容器（200L 钢桶）进行包装，并送往设施内的废物暂存库进行暂存。

##### 4.6.5.1 设计基准

厂址废物处理设施不执行安全有关基准，但其放射性排放应符合对应的法规要求。其设计时考虑了如下基准：

- 6 台机组采用错峰停堆换料模式；
- 换料时间约为 17 天（每 18 个月）；
- 废物处理采用成熟减容工艺，充分贯彻“废物最小化”理念；
- 厂址废物处理设施职业照射剂量不超过核电厂的剂量约束值，且可合理达到尽量低；
- 洗衣房的处理容量依据换料大修期间员工 1000 人/机组\*天，正常运行期间员工 100 人/机组\*天的基准来设计；
- 各类废物都通过屏蔽转运装置和专用车辆转运至厂址废物处理设施；

- 废物暂存库按照暂存全厂 6 台机组 5 年产生的放射性废物总量设计；
- 厂址废物处理设施内产生的所有废物均在本子项内完成处理，无须再回到核岛或其它设施进行再处理。厂址废物处理设施处理合格的废液将通过本子项排放总管槽式监测排放，并汇入全厂指定排放区域。

#### 4.6.5.2 总体描述

核岛的各类废物流通过屏蔽转运装置和专用车辆送往厂址废物处理设施。除一回路废树脂、水过滤器滤芯的收集在核岛辅助厂房中，其余固体废物都先从核岛各区域集中至放射性废物厂房临时暂存，随后送往厂址废物处理设施。

##### 1) 废物处理厂房

废物处理厂房分三层布置，设有局部二层，局部地下层。其中废液、废固处理工艺主要布置在底层。废物处理厂房包含了废液、废固处理工艺以及配套辅助系统，如：厂址废物处理设施水过滤器滤芯处理系统（FCS）、厂址废物处理设施通风过滤器滤芯/干废物/混合废物处理系统（HVS）、厂址废物处理设施废树脂处理系统（RES）、厂址废物处理设施化学废液处理系统（CTS）、厂址废物处理设施移动式处理系统（MBS）等。

##### （1）厂址废物处理设施水过滤器滤芯处理系统（FCS）

屏蔽转运装置在核岛辅助厂房卡车区接收来自核岛的废水过滤器滤芯，随后运送至厂址废物处理设施。

在厂址废物处理设施指定区域，由专用抓具将 200L 钢桶从屏蔽转运装置内吊出。装有废水过滤器滤芯的 200L 钢桶通过辊道送往水泥灌浆区进行灌浆固定。灌浆固定完成的 200L 钢桶经短期养护后，送至剂量检测间进行桶体剂量监测，最终送往废物暂存库存放。工艺流程归纳如下：

水过滤器滤芯→厂址废物处理设施指定区域→卸出钢桶→灌浆→检测→中间贮存

##### （2）厂址废物处理设施通风过滤器滤芯/干废物/混合废物处理系统（HVS）

核岛产生的通风过滤器滤芯/干废物/混合废物等由专用车辆运送至厂址废物处理设施。

放射性较低的通风过滤器滤芯作为极短半衰期废物运往指定区域等待清洁解控。放射性较高的通风过滤器滤芯运往厂址废物处理设施的预压装置进行处理。通风过滤器滤芯通过一套专用的预压装置进行预处理，再送往超级压实机进行超

压处理。其中湿的可压实干废物装入 160L 桶后,送往 12 桶干燥器进行烘干处理,随后再送往干废物分拣装置进行预压实;干的干废物/混合废物则通过分拣、切割后装入 160L 桶或 200L 钢桶内。其中装入 160L 桶内的可压实废物经预压实处理后,随后再送超级压实机进行超压处理。装入 200L 钢桶内的不可压实废物则直接送水泥灌浆固定。

经超压形成的压实饼通过测高、测重、测剂量率,在指定区域集中存放,并通过优选组合的方式装桶(200L 钢桶)。压实饼在 200L 钢桶内由水泥灌浆固定,最终送往废物暂存库存放。

通风过滤器滤芯处理的工艺流程归纳如下:

通风过滤器滤芯→厂址废物处理设施指定区域→通风过滤器滤芯挤压与预压装置→装桶(160L 桶)→超压→装桶(200L 钢桶)→灌浆→检测→中间贮存

干废物处理的工艺流程归纳如下:

干废物(不可压实)→装桶(200L 钢桶)→灌浆→检测→中间贮存

干废物(可压实,不含水)→装桶(160L 桶)→超压→装桶(200L 钢桶)→灌浆→检测→中间贮存

干废物(可压实,含水)→装桶(160L 桶)→12 桶干燥器→超压→装桶(200L 钢桶)→灌浆→检测→中间贮存

### (3) 厂址废物处理设施废树脂处理系统(RES)

废树脂处理系统(RES)采用热态压实的减容工艺实现废树脂的稳定化处理。废物包的性能符合处置相关要求。废树脂通过接收、除水、烘干、装桶(160L 桶)完成预处理工序。随后,装满烘干废树脂的 160L 桶送往减容主要工序,即超级压实机进行超压处理。压实饼经优化组合后装入 200L 桶,送至灌浆固定。

废树脂处理系统(RES)的工艺流程归纳如下:

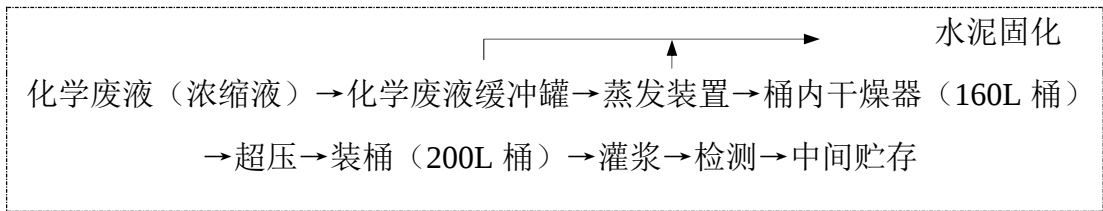
核岛废树脂→废树脂屏蔽转运装置→废树脂缓冲罐→锥型干燥器→装桶(160L 钢桶)→超压→装桶(200L 钢桶)→灌浆→检测→中间贮存

### (4) 厂址废物处理设施化学废液处理系统(CTS)

核岛产生的化学废液由屏蔽转运装置运送至厂址废物处理设施的化学废液

缓冲罐内。厂址废物处理设施内产生的化学废液、移动式设备产生的浓缩液等均通过该系统进行收集和处理。

收集在厂址废物处理设施化学废液缓冲罐内的化学废液，通过输送泵送往一套小型蒸发装置进行预处理。经过蒸发预处理，废液中的放射性核素大多浓集于蒸残液中，并随蒸残液去化学废液烘干装置进一步干燥处理或固化处理。蒸发后的蒸残液通过输送泵分批送往桶内干燥器。化学废液桶内干燥处理后形成的盐块，通过超压处理后，吊运至 200L 钢桶内，进行水泥灌浆固定。最终形成的废物包装体送往废物暂存库存放。加热烘干时产生的蒸汽，将送往冷却回路冷凝。冷凝液排往指定的冷凝液箱。化学废液处理系统的工艺流程归纳如下：



（5）厂址废物处理设施移动式处理系统（MBS）

厂址废物处理设施移动式处理系统（MBS）是一个可移动的废液处理设备，装载在一个 20 英尺的标准集装箱体内，集装箱固定于配套挂车上，该设备通常泊位于厂址废物处理设施内。MBS 可用于处理二回路的放射性沾污水。如果二回路水被放射性核素沾污需要处理时，MBS 将通过配套牵引头运送至常规岛非放废水处理厂房内投入运行。移动式设备产生的浓缩液则通过 CTS 的化学废液屏蔽转运装置送往厂址废物处理设施进一步处理。MBS 的处理能力为 5m<sup>3</sup>/h，主要通过膜工艺处理，处理达标的液态流出物输送至非放废水处理厂房的槽式排放系统进行监测排放。

2）洗衣房

在核电厂正常运行和维修期间，会产生程度不同的被放射性污染的工作服和工作鞋等衣物。对污染严重的直接作为放射性固体废物处理，否则将其去污清洗、脱水、烘干和熨平，使其满足卫生、剂量标准后回收重复使用。

洗衣的操作程序根据衣物的种类和污染程度制定。电厂正常运行期间，采用一洗二漂的操作程序。洗衣房分为：脏工作服接收间、洗衣间、烘干间、平整间、工具洗涤剂存放间、废液暂存间及相关配套设施。

3）废物暂存库

厂址废物处理设施(SRTF)废物暂存库用于贮存6台机组5年内产生的(200L)桶装废物。SRTF 废物暂存库共分为准备区、贮存区和转运区三部分。

废物桶来自于 SRTF 废物处理厂房经相关工艺处理后产生的 200L 钢桶桶装废物。废物暂存库可分为2个贮存区,分别用于存放放射性活度较低废物桶和放射性活度较高废物桶。含有废树脂及化学盐块的废物桶将送往外运废物暂存设施(533子项),进一步装入混凝土 HIC 包装体灌浆固定后外运;其余废物桶在废物库中以 200L 钢桶包装体形式外运。

#### 4.6.5.3 放射性释放和监测

厂址废物处理设施的放射性废液经处理后送往监测箱、再进入液态流出物贮罐内进行槽式排放。每次排放前,液态流出物贮罐内的废液循环后取送化学分析室分析,取样结果符合排放标准后进行排放。排放管上设置有流出液辐射监测通道,连续测量厂址废物处理设施向环境排放的液态流出物的放射性水平,并保证流出液排放符合标准要求。当流出液放射性活度浓度超过设定值时,自动关闭排放阀并停泵,停止对外排放,发出报警。来自厂址废物处理设施排放管的液态流出物将送往全厂指定排放区域。

厂址废物处理设施内设置了必要的设备和仪表,能对处理过程中的固体废物进行检测和控制,为厂址废物处理设施的正常运行提供必要的依据。固体包装废物将采用统一的 200L 钢桶作为包装容器,200L 钢桶入库前会对放射性核素及比活度进行测量和记录。

厂址废物处理设施的工艺及暖通排气经高效过滤器过滤后对外排放。排放总管上设有辐射监测措施,监测厂址废物处理设施对外排气的放射性活度浓度及总量。

#### 4.6.6 废物最小化

核电厂废物最小化的原则在国际上已得到充分的重视,本工程在设计、建造、运行乃至退役等各个阶段将积极考虑先进的技术和管理方法,在废物政策上落实最小化的原则。

核电厂放射性废物的体积和活度的量通过合理的设计手段和运行、退役措施保持在切实可行的最小水平,这些措施包括设备材料的选择和控制、材料的再循环和再利用、合理的运行程序的应用等,重点在于不同类型废物和材料的隔离以

减少放射性废物的体积并利于管理。

“废物最小化”可从管理和技术安全两方面进行考虑：

- 管理：建立废物管理和废物最小化的程序和合理可靠的废物清洁和排放程序以及相应的质量保证系统，并对运行人员进行培训和论证等；

- 技术安全：核电厂在设计和建造阶段对废物最小化的考虑对将来运行和退役阶段废物的产生有直接的影响。本工程在设计时将考虑如下因素：

- ✧ 选择合适的材料（抗腐蚀、高质量的表面处理、不会或较低可能被活化或产生其它放射性核素）。

- ✧ 应用最有效、可靠和先进的技术以确保设备尽可能长时间维持可运行状态，而不需要更换和/或维修。

- ✧ 采用高性能的设备，避免废物的无序积累，减少泄漏或排放以避免维修的设备被污染而产生额外的废物。

- ✧ 严格区分非放射性物质和放射性物质，合理地根据物质的特性和放射性活度进行分离。

需要指出的是，核电厂不可避免地将产生放射性废物，由于现有废物贮存设施和处理设备的限制以及保护环境和公众的考虑，在“废物最小化”原则中也包含了待处理和贮存放射性废物的体积和放射性最小化的含义，减少已产生废物的体积和放射性的措施主要有：

- 在处理已产生的放射性废物前放置足够长的时间，通过衰变来降低废物的放射性，这对于短半衰期核素特别有用。这也可以简化废物处理的过程并相应提高处理效率。

- 对于电厂日常维护和大修、以及电厂退役后产生的非放射性金属废物应区分出来，可用作民用建筑材料再循环复用。

#### 4.6.7 乏燃料贮存系统

##### 4.6.7.1 乏燃料的贮存

反应堆换料时从堆芯卸出的乏燃料贮存在核岛辅助厂房的乏燃料贮存水池中，采用水下密集型布置方式。

贮存设施包括乏燃料贮存水池和乏燃料贮存格架。乏燃料贮存格架位于乏燃

料贮存水池内。乏燃料贮存水池是池底和四壁衬有不锈钢板覆面的钢筋混凝土结构，与燃料厂房构成整体结构。池内充以含硼去离子水，池水由冷却和净化系统保持其水质条件。

乏燃料组件贮存在格架的贮存腔内。贮存格架分为 I 区和 II 区，每个机组的乏燃料贮存格架由 3 台 I 区乏格架、3 台 II 区 A 型乏格架、1 台 II 区 B 型乏格架及 1 台 II 区乏格架（破损）组成。乏燃料贮存格架可以贮存反应堆 11 次平衡换料卸出的乏燃料组件及一个完整堆芯，共设置 888 个贮存位置。其中，I 区共设置 243 个贮存位置，可以贮存一个完整堆芯及一次平衡换料的乏燃料组件。

乏燃料贮存的设计准则如下：

- 在最佳中子慢化条件和反应性最大几何排列条件（燃料浓度为可能的最高值、装载量为可能的最大值等）下，须保证在任何正常和事故工况下始终保持在次临界状态。

- 乏燃料贮存格架的设计，应能承受正常和假定的静载荷、动载荷以及由于热效应产生的载荷和由安全停堆地震产生的载荷。应能承受一个燃料组件从抓取机上的最高位置上掉落的冲击能量。应能承受燃料抓取机的最大提升载荷。此外还应具有稳定、不会倾倒或意外晃动、移动的结构性能。

- 乏燃料水池和水层高度应有足够的防护能力，确保水面以上操作大厅满足辐射限值要求。

- 乏燃料贮存格架的设计，应为乏燃料贮存提供安全、有效的措施。即便于乏燃料组件的插入和取出、能防止燃料组件不适当的插入及具有保护组件不受损伤的措施、有贮存破损或泄漏燃料组件的专用贮腔。

- 乏燃料贮存格架的材料应与环境（正常及应急工况下的贮存水）相容。

- 乏燃料贮存格架为抗震 I 类设备，设备安全等级为 D 级。

- 乏燃料贮存格架的设计，应便于贮存水池中的冷却水能够在格架内自由循环，以冷却贮存的乏燃料组件。

- 用于密集型贮存方式的贮存格架的每个贮存栅格围板中包含有中子吸收体材料，以保证满足密集型贮存的要求。

- 贮存水池应有足够的密封性，使冷却水泄漏保持在可接受的限值内。

#### 4.6.7.2 贮存及设施描述

从堆芯卸出的乏燃料组件转运至辅助厂房后，插入乏燃料贮存格架，进行贮存和冷却。如果检测到有破损的组件，可将其存放于破损组件贮存腔内。

乏燃料贮存格架采用奥氏体不锈钢制造。贮存腔围板由方形截面的套管构成，贮存腔外围包覆有中子吸收材料。贮存腔用于垂直存放乏燃料组件，其端口设有导向喇叭口。

乏燃料水池中的含硼水浓度为 2700ppm，水池设有冷却和净化系统，以排出乏燃料组件的余热，并保证水池的水温、水质和水位。同时，限制放射性物质水平在规定的范围内，保证水池表面的剂量率低于限值。

乏燃料水池同时还设有水位、水温监测系统和水池检漏系统，可随时监测水池的水位、水温和水池密封情况。

乏燃料贮存区域设有通风系统，系统能及时净化燃料贮存区域的空气。

乏燃料贮存区域还设置有剂量监测点，以保证操作人员的辐射安全。

表 4.6-1 本工程单机组液态流出物年设计排放量与控制值的比较

| 核素                             | GB6249-2025 中规定的单机组排放量控制值<br>(Bq/a) | 单机组排放量计算值<br>(Bq/a) |
|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| 除氚和 $^{14}\text{C}$ 外的<br>其余核素 | 9.00E+09                            | 5.85E+09            |
| 氚                              | 7.50E+13                            | 4.51E+13            |
| $^{14}\text{C}$                | 1.50E+11                            | 2.63E+10            |

表 4.6-2 单机组气态流出物年设计排放量与控制值的比较

| 核素                        | GB6249-2025 中规定的单机组排放量控制值<br>(Bq/a) | 单机组排放量计算值<br>(Bq/a) |
|---------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| 惰性气体                      | 1.00E+14                            | 6.70E+13            |
| 碘                         | 3.00E+09                            | 1.45E+09            |
| 粒子(半衰期 $\geq 8\text{d}$ ) | 9.00E+09                            | 3.36E+09            |
| 氚                         | 1.50E+13                            | 5.01E+12            |
| $^{14}\text{C}$           | 7.00E+11                            | 3.94E+11            |

表 4.6-3 预期固体废物量（单机组）

| 废物来源                                 | 预期产生量[m <sup>3</sup> /a] | 最大产生量[m <sup>3</sup> /a] |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>湿废物</b>                           |                          |                          |
| 一回路树脂（包括废树脂和湿活性炭）                    | 7.07                     | 13.41                    |
| 化学废液                                 | 9.97                     | 19.94                    |
| 凝结水精处理树脂 <sup>(1)</sup>              | 0                        | 5.83                     |
| 蒸汽发生器排污 <sup>(1)(2)</sup> 介质（树脂和过滤膜） | 0                        | 15.29                    |
| 一回路过滤器（包括中、低放过滤器滤芯）                  | 0.06                     | 0.06                     |
| <b>湿废物总量</b>                         | <b>17.1</b>              | <b>54.53</b>             |
| <b>干废物</b>                           |                          |                          |
| 可压实干废物                               | 104.90                   | 157.35                   |
| 不可压实干废物                              | 5.10                     | 10.20                    |
| 混合固体废物                               | 0.14                     | 0.28                     |
| <b>干废物总量</b>                         | <b>110.14</b>            | <b>167.83</b>            |
| <b>干、湿废物总量</b>                       | <b>127.24</b>            | <b>222.36</b>            |

注：（1）由一回路向二回路泄漏（如蒸汽发生器传热管泄漏）产生的二回路放射性树脂和膜；

（2）树脂和膜随同电离除盐装置整体更换，不作为湿废物贮存。

## 4.7 非放射性废物处理系统

### 4.7.1 化学污染物

本工程排放的化学物质主要来自于：

- 海水淡化系统；
- 除盐水处理系统；
- 凝结水精处理系统；
- 循环水加药系统；
- 化学药剂注入系统；
- 非放射性生产废水系统及全厂非放废水二次处理系统。

本工程各系统描述如下。

#### 4.7.1.1 海水淡化系统（WDS）

海水淡化系统将经混凝澄清和过滤的海水，经海水膜反渗透淡化处理，向除盐水处理系统连续提供符合进水要求的生产用水。海水淡化系统能满足四台机组除盐水处理正常原水需求。

海水淡化系统项目由下述三部分组成：

- 海水淡化原水预处理系统；
- 海水淡化膜处理系统；
- 污泥浓缩处理系统。

海水淡化原水预处理系统：海水淡化采用膜法淡化技术，其水源为取自循环水系统虹吸井堰上游的取水池（冬季）或循环水泵房旋转滤网后（夏季）的海水，海水经混凝澄清和过滤，为海水淡化装置提供符合进水条件的水源。

即取自循环水系统的海水经反应沉淀池澄清，除去大固体悬浮杂质后，其产水至 V 形滤池，以过滤掉细小颗粒杂质，其产水作为海水淡化、除盐水制备的水源；反应沉淀池排泥则排入污泥沉淀池进行固液分离，其出水回到反应沉淀池，排泥输送至污泥浓缩池。

海水淡化膜处理工艺流程为：

来自预处理经澄清和过滤的海水→清水池→清水泵→自清洗过滤器→超滤膜组件→超滤产水箱→超滤产水泵→海水膜反渗透保安过滤器→海水膜反渗透

升压泵→能量回收装置→海水膜反渗透组件→淡水箱（及一期超滤产水箱）→淡水  
水泵（及一期超滤产水泵）→除盐水处理系统

海水淡化系统使用了 31%盐酸、32%氢氧化钠、10%混凝剂、含 10%有效氯的次氯酸钠、15%亚硫酸氢钠及 25%阻垢剂、纯度 $\geq 90\%$ 凝聚助剂等。海水淡化系统需考虑合适的化学加药系统，海水淡化系统的加药装置布置在海水淡化系统的加药间内。加药装置有：超滤、反渗透运行及化学清洗部分药品投加设备，即超滤装置化学清洗装置、混凝剂投加装置、反渗透化学清洗装置、反渗透阻垢剂投加装置、还原剂投加装置、酸碱及次氯酸钠投加装置、助凝剂投加装置，以及加药间安全淋浴器等。加药间上设用于药品搬用的电动单轨吊。考虑到海水淡化药品使用量较大，故在加药间的北端设置药品贮存间。海水淡化原水需进行次氯酸钠消毒及混凝反应，混凝反应沉淀池以及 V 形滤池产生的排污水经厂区污泥沉淀池沉淀后，清水回用。污泥水进入污泥浓缩池，浓缩池的处理需要投加助凝剂。

次氯酸钠、混凝剂、阻垢剂、亚硫酸氢钠被投加到海水淡化膜处理系统中。化学杀菌剂次氯酸钠、混凝剂被加到超滤的上游。阻垢剂以及化学还原剂亚硫酸氢钠被加到反渗透膜单元的上游。阻垢剂以及还原剂的加入率是由计量泵根据被淡化的水的入口流量信号控制的。杀菌剂的加入率与阻垢剂以及还原剂相同。

污泥浓缩和脱水系统是在污泥浓缩池接纳上述污泥沉淀池排泥后，使污泥得到进一步浓缩，浓缩分离后的出水流至污泥沉淀池进行循环固液分离，排泥输送至脱水机进行脱水成形，经脱水后的泥饼由有资质的专业单位外运处置，水则自流至污泥沉淀池。

#### 4.7.1.2 除盐水处理系统（DTS）

除盐水处理系统的功能，是将经预处理合格的产水，再经反渗透脱盐处理和离子交换处理，向除盐水贮存和分配系统（DWS）提供符合标准要求的除盐水，满足机组的除盐水补水要求。除盐水处理系统能满足四台机组的除盐水供水需求。

除盐水处理系统是一个由超滤装置、各类水泵、反渗透装置、除盐单元（一级除盐加混床）、各类水箱及有关的管道、阀门和仪表组成的水净化和离子去除系统。

当从海水淡化系统得到合格的淡化水之后，水被泵入除盐水处理系统。将清水通过自清洗过滤器输送到超滤装置，使清水通过超滤膜，在这过程中几乎大多数的悬浮固体和部分 COD 被除去。

除盐水处理系统使用了 31%盐酸、32%氢氧化钠。循环水系统需考虑合适的化学加药系统，循环水系统的加药设备布置在循泵房附近的加氯间内。加药装置有：酸加药装置、碱加药装置。

#### 4.7.1.3 凝结水精处理系统

凝结水精处理系统能被用于去除在核电厂启动、热备用、功率运行时非正常的二回路化学、安全停机和冷态停机期间来自凝结水系统的腐蚀产物和离子污染物。

在核电厂运行时，凝结水精处理系统只在二回路存在不正常的情况下使用。在凝汽器管连续泄漏量 0.001gpm 或故障泄漏小于 0.1gpm 时，使用凝结水精处理系统能维持核电厂的连续运行直到维修或接到停机的命令。

失效的树脂从精处理器中移走，加入新树脂或再生后的树脂。失效的树脂直接从精处理器（或前置阳离子交换器）输送到树脂再生系统使其恢复交换能力。

当容器中的树脂发生放射污染事件，对容器安装临时的屏蔽设施，监视有关的蒸汽发生器排污系统、蒸汽发生器（主蒸汽）、汽机岛排汽，疏水和减压系统以断定二回路是否已受到放射污染。当罐体发生事故，使用防外溅污染围栅围住污染树脂罐或凝结水精处理罐。防外溅污染围栅是一个将用过树脂的罐或凝结水精处理容器包围起来的建筑并要有足够的高度将箱体或容器全部包起来。

失效的树脂从精处理器中移走之后，冲洗精处理器并通过管道将阴阳树脂放入容器后，加入除盐水直到水位高于树脂床。从核电厂服务空气系统来的压缩空气被注入到树脂床层使树脂充分混合。在核电厂启动之前，装有新树脂的精处理器被清洗，树脂性能被确认，精处理器置于运行或备用状态。

#### 4.7.1.4 循环水加药系统

为满足核电厂运行的要求，循环冷却水系统需通过化学加药进行水质控制，该系统的加药设备布置在循泵房附近的加氯间内。

系统采用连续加氯处理流经循环水冷却系统的海水，投加次氯酸钠溶液作为

生物杀灭剂。连续加药量浓度控制在 1.0mg/L，冲击加药量浓度控制在 3.0mg/L，每天两次，每次 30min。本工程获取次氯酸钠方式同三门核电一期工程 1、2 号机组，采用就地电解海水的工艺来获取次氯酸钠，即海水经过滤网过滤后进入次氯酸钠发生器。从次氯酸钠发生器中出来的次氯酸钠溶液进入次氯酸钠贮罐中，氢气在其中被分离并排入大气，次氯酸钠从次氯酸钠贮罐被送入循环冷却水。同时，联氨被投加到闭式循环冷却水系统中以防止腐蚀/水垢。防止腐蚀/结垢的化学加药定期调节以维持适当的浓度。

#### 4.7.1.5 化学药剂注入系统

常规岛化学加药系统（CFS）将所需的氨、联氨和 ETA 加到凝结水系统和给水系统。CFS 凝结水、给水的加药设备布置在汽机房内。

化学加药泵和箱用于存储和将化学药品投加到凝结水、给水系统中。

全挥发的化学加药系统用于凝结水、给水的水化学控制。除氧剂联氨投加到凝结水精处理系统下游的凝结水系统以控制溶解氧水平，通过维持一个剩余量的联氨来控制给水化学。通过除氧器将进入蒸汽发生器入口的溶解氧控制在不大于 5ppb。

给水除氧剂的投加点在启动给水泵进口管和除氧器水箱以及凝汽器紧急补水处。为了控制 pH，氨被投加到凝结水精处理系统下游的凝结水系统，用以将蒸汽发生器入口的 pH 维持在 9.2 以上。

➤ 氨加药流程如下：

25%的槽车装氨水→卸药泵→氨水贮存箱→氨水输送泵→氨溶液箱（除盐水，搅拌）→过滤器→氨计量泵→加药点

➤ 联氨加药流程如下：

51.2%的槽车装联氨→卸药泵→浓联氨溶液箱→过滤器→浓联氨计量泵→稀联氨溶液箱（除盐水，搅拌）→过滤器→稀联氨计量泵→加药点

↑  
浓联氨计量泵→加药点

➤ 乙醇胺加药流程如下：

99.5%的槽车装乙醇胺→卸药泵→乙醇胺贮存箱→乙醇胺输送泵→乙醇胺溶液箱  
(除盐水, 搅拌)→过滤器→凝结水加乙醇胺计量泵→加药点

#### 4.7.1.6 硼酸的排放

本工程含硼废液的排放主要包括化学和容积控制系统 (CVS) 调硼动作、燃料运输通道排水及运行期间放射性液体废物处理系统 (WLS) 排水, 单台机组向海水年排放的硼质约为 2 吨硼, 即 11.44 吨硼酸 ( $H_3BO_3$ ), 且不考虑非计划停堆及调峰。

#### 4.7.1.7 非放射性生产废水系统及全厂非放废水二次处理系统

本工程非放射性生产废水系统处理的废水包括酸碱废水和含油废水, 为全自动连续处理。本工程产生的非放射性生产废水排放满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 要求, 酸碱废水经中和后的 pH 值 (25° C): 6~9。含油废水: 隔油箱除油率: >75%; 油水分离器出水含油量: <5mg/L, 油水分离器出水设计指标按照《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 中的一级标准。设计指标可满足本报告生产废水排放执行标准《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 二级排放要求。

全厂非放废水二次处理系统总处理水量为 1200m<sup>3</sup>/d, 废水处理工艺采用传统 A<sup>2</sup>/O+ABFT 双生物反应器+电催化氧化联合工艺, 臭气处理工艺采用生物除臭+化学吸收法联合工艺。

废水处理工艺流程: 各期来废水或应急缓冲池→水解酸化池→缺氧池→好氧池→二沉池→提升水池→曝气生物流化床设备 (含 MBR 膜池)→中间水池→电催化氧化装置→清水池, 处理后进入各期废水处理子项槽式排放系统, 应急情况下可接入应急缓冲池。

废水经酸碱中和后进入水解酸化池, 改善其可生化性; 随后在缺氧池与好氧池中进一步去除有机物和转化氨氮; 曝气生物流化床设备利用微生物和 MBR 膜深度净化; 电催化氧化设备进一步降低主要污染物; 剩余污泥收集后经脱水机将含水率降低至 80%左右, 脱水后的污泥袋装, 定期由有资质的专业单位外运处理。

非放废水二次处理系统以削减氨氮为主要目标, 确保出水氨氮指标满足《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB33/2169-2018) 要求。经处理后, 废

水中的 COD、总氮和总磷也能够满足标准《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）要求，除石油类外的其余污染物排放满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准要求，石油类满足一级 B 标准要求。设计指标可满足本报告生产废水排放执行标准《污水综合排放标准》（GB8978-1996）二级排放要求。

臭气处理工艺流程：“臭气收集→生物除臭→氧化喷淋→引风机→15m 排气筒高空排放”。臭气经处理后，排放设计指标执行《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）标准。

#### 4.7.2 生活废物

本工程运行期产生的生活废物主要包括生活垃圾和生活污水。

本工程运行期产生的非放射性固体生活废物按生活垃圾处理规定收集处理。本工程运行期峰值人员约 2070 人，人员生活垃圾单位产生量以 0.5kg/d 计，本工程运行期生活垃圾日峰值产生量约为 1.04t。在核电厂非控制区及厂外附属、辅助区产生的非放射性固体生活废物应按规定收集暂存并由有资质的专业单位送到指定的垃圾场处理。

本工程运行期产生的生活污水主要来源于各厂房卫生设施等。生活污水排水系统采用重力流管道收集产生的生活污水，并经提升泵站送到厂外的市政污水处理厂进行统一处理。

#### 4.7.3 其它废物

本工程运行期间产生的其它废物主要包括一般固体废物和危险废物。

运行期间产生的一般固体废物可分为可再生废物和其他工业固体废物，严格依据《固体废物分类与代码目录》（生态环境部 2024 年第 4 号公告）进行细化分类并标注废物代码，实现规范化暂存与处置。目前一般固体废物暂存于厂区废旧物资堆场及一般工业固体暂存箱，并采取布料覆盖等防扬尘措施。所有废物最终委托具备相应资质的专业单位进行无害化处理，确保符合一般固体废物处理的环保标准。

危险废物种类包括：废包装桶、废试剂、废溶剂，过期化学品，废油，废弃擦拭纸/吸油棉，油泥、过期药品，废树脂，废旧灯管，废旧蓄电池，废油漆等。机组运行后，建设单位将建立危险废物台帐，做好暂存工作，并委托送交有资质的专业单位处理。

危险废物暂存库由厂区原水处理厂内现有设施改建，位于厂区北区范围、厂内应急指挥中心东侧。危险废物暂存库按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中的相关规定开展，地面和裙角刷环氧树脂，设置有泄漏收集槽、池，不同危险废物间用墙作隔断。暂存库外张贴警示标志，暂存库内配有吸油棉等应急物资和灭火器等消防设施。

#### **4.8 放射性物质厂内运输**

运进核电厂的放射性物质有初级中子源和未经辐照的新燃料组件。为了安全运输初级中子源，应根据《密封放射源 一般要求和分级》（GB4075-2009）中密封中子源分级对应的试验要求对密封中子源的试样进行试验，每项试验后应按《密封放射源的泄漏检验方法》（GB/T15849-1995）的规定对试样进行泄漏试验。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造应能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

运出核电厂的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

##### **4.8.1 新燃料运输**

本工程的首炉和换料组件将由中核包头核燃料元件股份有限公司制造生产，该燃料厂具备每年约 740 组燃料组件的制造能力，能够满足本工程需求。

##### **4.8.1.1 新燃料运输容器**

新燃料组件在运输过程中必须放在专用的运输容器内，使新燃料组件在运输过程中得到充分的保护而避免受到损伤。

新燃料运输容器能够满足核材料国际运输管理导则的要求，并应满足《放射性物品运输安全管理条例》（国务院令 第 562 号，2010.01.01）、《放射性物品运输安全许可管理办法》（第二次修正版，2021.01.08）和《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的规定。在正常运输工况和事故工况下（如火烧、

跌落、水淹等），新燃料运输容器能够保证运输容器内燃料组件的结构完整性。新燃料运输容器能够保证在最佳慢化条件下， $k_{\text{eff}} < 0.95$ 。

新燃料组件存放在专用的新燃料组件运输容器内运输。新燃料运输容器用于保护新燃料组件，避免新燃料组件在正常运输或操作过程中受到振动和冲击而造成损坏；保证正常运输条件下对新燃料组件的屏蔽能力；保持新燃料组件在正常运输条件下的次临界状态。同时容器还需保持新燃料组件在运输事故条件下的次临界状态。新燃料运输容器基本结构为不锈钢上下外壳加铝合金内壳，附件包括减震器，聚氨酯泡沫填充等。新燃料运输容器可提供新燃料组件垂直装卸等功能，使新燃料组件在整个运输过程中便于实行由公路、铁路和海路分段运输之间的中转、转换等操作。

#### 4.8.1.2 新燃料的厂内运输

新燃料组件装在专用的新燃料运输容器内由专用运输车辆运至核岛辅助厂房，用辅助厂房吊车吊运至新燃料运输容器停放区；然后吊走容器盖，将新燃料组件倾翻竖直，人员通过新燃料开箱检查平台、抓取机及操作工具对燃料组件进行外观检查及控制棒插入试验等技术条件规定项目的检查，表明符合新燃料组件接收的技术条件要求后，用燃料抓取机将新燃料组件吊至新燃料贮存格架贮存。

新燃料贮存格架内的总贮存容量或能力应能保证充分满足堆芯一次平衡换料所需的新燃料组件的数量。新燃料组件采用干法密集的方式贮存。经检查合格的新燃料组件一次一个地被吊到新燃料贮存格架内。反应堆换料之前，用燃料抓取机把新燃料组件从新燃料贮存格架内吊至新燃料升降机，然后由新燃料升降机把新燃料组件降到乏燃料贮存水池底部，再用燃料抓取机把新燃料组件吊入乏燃料贮存架内暂存，换料时通过辅助厂房的燃料运输设备把新燃料组件传送到反应堆厂房。

对于首炉新燃料的贮存，在新燃料到厂后，超过新燃料贮存区的贮存容量部分，则都采用暂时贮存在乏燃料贮存池中的贮存格架内的方法。

#### 4.8.1.3 新燃料的厂外运输

由中核包头核燃料元件股份有限公司制造的新燃料组件可通过全程公路的运输形式运至本核电现场。

### 4.8.2 乏燃料运输

乏燃料的运输可分为厂内干式贮存和厂外运输。运输容器也可分为密封容器、转运容器、干式贮存容器、厂外运输容器。

#### 4.8.2.1 乏燃料的厂内运输

乏燃料的厂内运输包括乏燃料组件装入乏燃料运输容器，至厂外运输前的全过程。

乏燃料的厂内运输由乏燃料运输容器吊车、燃料抓取机、容器专用运输卡车及相应的操作工具完成。乏燃料组件装入专用的密封乏燃料运输容器中外运。乏燃料组件装入运输容器的操作以及容器的清洗、检查等操作分别在装料池和清洗池内进行。装料池和清洗池为两个毗邻的水池，均位于辅助厂房内乏燃料贮存水池旁。

乏燃料组件通常贮存在乏燃料贮存水池中，直到裂变产物的活性降低到允许外运的程度。然后，将乏燃料组件装入到乏燃料运输容器中。

乏燃料运输容器装料操作的典型步骤如下：

- 1) 装料池已经充满了水，且装料池和乏燃料贮存水池之间的水闸门已经打开；
- 2) 乏燃料运输容器被运到清洗池，用去离子水洗净。同时容器顶盖在其它部分清洗时被移走并贮存起来；
- 3) 乏燃料运输容器被吊运至充满水的装料池中；
- 4) 燃料抓取机定位在待运出乏燃料组件的贮腔上方；
- 5) 燃料组件被提起，经水闸门在水下移至装料池，并运送进装料池中的容器内。在运送的过程中，需保持燃料组件活性区顶部有足够的屏蔽水层；
- 6) 重复步骤 4) 和 5) 直至装满乏燃料运输容器，运输容器盖被重新安置到运输容器上。
- 7) 将乏燃料运输容器转移到清洗池，完成去污处理且符合外运容器表面剂量限值后，容器可被提升出清洗池。

#### 4.8.2.2 乏燃料的厂外运输

乏燃料组件的厂外运输目的地包含集中式干式贮存设施以及商业后处理设施，可直接自乏燃料贮存水池将乏燃料装载入厂外运输容器中进行外运，也可自厂内干法贮存设施中将装载了乏燃料的密封容器导入厂外运输容器进行外运。为确保运输过程的核与辐射安全，乏燃料外运前应先湿法贮存一定年限，以使得乏

燃料组件的衰变热以及中短寿命放射性核素的放射性强度显著减弱。

乏燃料厂外运输的主要设备为专用厂外运输容器，该容器主体结构包含中子屏蔽层与 $\gamma$ 射线屏蔽层，具备多重放射性物质包容边界，可通过自然对流、热辐射、热传导等多种机制将所装载的乏燃料的衰变热导出，并配套减震器、运输托架、人员防护罩等附件。该容器用于核电厂内的装料作业、乏燃料的厂外运输以及后端接受设施的卸料作业，同时确保整个过程中的核安全和辐射防护（包括反应性控制、辐射防护、放射性物质的包容以及乏燃料衰变热的排出），并提供必要的工艺操作功能。在执行运输作业时，乏燃料组件将被装载入符合辐射防护要求和安全运输规定的指定型号的容器中采用公路、铁路和海上联运方案，将乏燃料运输容器运至国家指定的后端接受设施，并制定操作和运输规程，说明正常、异常和事故情况下的应对预案。

根据现有设计方案，3、4号机组乏燃料可在乏燃料水池内贮存10年以上，在此期间无需外运。后续建设单位将结合运行实际情况，进一步确定乏燃料贮存或外运方案。

#### 4.8.3 放射性固体废物的转运

##### 4.8.3.1 放射性固体废物的场内转运

核岛无法直接处理的各类放射性废物，将根据其废物类型，采用适宜的运输形式，转运至厂址废物处理设施进行处理。废物类型主要包括废树脂、水过滤器滤芯、化学废液及其他废物。

放射性各类废物转运至厂址废物处理设施后，通过对应的处理工艺，最终以200L钢桶的包装形式在厂址废物处理设施的废物暂存库内进行中间贮存，暂存期间废物桶外不另设屏蔽外包装，在外运送至最终处置场时再根据废物表面剂量水平加装外屏蔽。

废物暂存库按照废物放射性水平分区存放。废物暂存库具有暂存全厂址5年内产生的放射性废物的能力。电厂处理产生的最终废物包装体符合《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（GB9132-2018）。这些废物桶最终将运至低、中放固体废物区域处置场作最终处置。

##### 4.8.3.2 放射性固体废物的厂外运输

本工程统一采用200L钢桶作为废物中间贮存包装容器，在厂外运输前，含

有化学盐块和废树脂的 200L 钢桶需要进一步放入混凝土高完整性容器（HIC）中灌浆固定，其余废物以 200L 钢桶包装体形式外送。

对于表面剂量率小于等于 2mSv/h 的废物包装体，可直接通过转运车辆运输，对于表面剂量率大于 2mSv/h 的废物包装体，则在外加屏蔽体后通过转运车辆运输。在运输过程中将严格遵守《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）中的有关要求，防止事故发生，确保所致运输人员和沿途公众辐射影响控制在合理可行尽量低的水平，维护其安全和健康。

放射性废物运输的起点为本工程厂址废物处理设施（SRTF）废物暂存库和外运废物暂存设施，运输终点为低、中放固体废物区域处置场。

放射性中、低放固体废物的厂外运输应保证所致运输人员和公众的辐射影响照射控制在可合理做到的尽可能低的水平，厂外运输可通过铁路、公路等方式，并符合《放射性物品运输安全管理条例》（国务院令 562 号，2010.01.01）、《放射性物品运输安全许可管理办法》（第二次修正版，2021.01.08）和《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）等规定。

## 第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

### 5.1 土地利用

#### 5.1.1 工程用地概况

三门核电厂自西向东规划建设 6 台百万千瓦级核电机组，采用一次规划、分期建设的方式。三门核电一期工程 2 台 AP1000 机组已建成投运，本工程建设 2 台国产化 CAP1000 核电机组。

三门核电厂址已征用地为 207.63hm<sup>2</sup>，1~6 号机组厂区用地面积合计 180.86hm<sup>2</sup>，其他用地（含应急道路、淡水管线、大小猫头村生产配套设施等）为 26.77hm<sup>2</sup>。上述用地已包含了本工程用地。

本工程未新增项目用地。按照集约化的用地原则，本工程新建的功能区包括主厂房区（含核岛和常规岛）、循环水泵房区和海水淡化区，其余绝大多数设施（包括放射性废物处理设施、配电装置、维修设施与仓库设施、厂前建筑等）均与三门核电一期工程共用，即利用三门核电一期工程已有的设施。

#### 5.1.2 施工活动对环境的影响

##### 5.1.2.1 施工作业的总体环境影响

###### 1) 社会环境的影响

本工程的建设永久占用土地。本工程非居住区边界范围内无常住居民，因此无搬迁人口。此外，由于本工程不涉及新征用地，对社会环境的影响十分有限。

本工程建设期间，大量外来施工人员进驻施工现场，并在该地区居住和生活，增加该地区的消费能力和当地居民的就业机会，一定程度上促进该地区经济的发展。

###### 2) 大气环境的影响

本工程建设永久占用土地，工程场地的开挖和填充，以及工程建构物的建设，改变当地的局部地形和下垫面粗糙度，但与当地的地形相比，还不足以影响厂址边界以外的大气环境。

土石方工程施工过程中，由于爆破、开挖、填充、临时道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会造成施工区域尘土飞扬，大气中粉尘含量增高。

三门核电一期工程建设期间已对本工程区域开展场平工作，且本工程施工和运行期间共用三门核电一期工程部分已有设施，因此本工程与一期工程相比，施工量更少。本工程涉及的施工作业场地主要集中于新建主体工程周边区域，施工影响范围有限。本工程施工过程中产生的粉尘在采取覆盖、定期洒水等措施后，施工粉尘及扬尘的影响将局限于施工场地周围，对大气环境影响范围有限。另外，由于部分粉尘的粒径和质量较大，将很快在空气中自然沉降，大规模扩散的粉尘量较小。施工结束后这部分大气污染源将不再存在，影响时段有限。

### 3) 水环境的影响

本工程建设期间对水环境（厂区附近海域）的污染主要来自于施工期间土石方和建筑材料的流失、施工废水和施工人员的生活污水以及安装调试期间的废水排放。

#### （1）土石方和建筑材料的流失

本工程建设期间，由于外界条件（如大风、降水等）的作用，造成小部分开挖的土石方和堆放的建筑材料随风或水扩散，落入附近的水体，污染水环境，造成局部海域海水含沙量和浊度的增加。

#### （2）施工废水和生活污水

- 生活污水：施工临建区域内已建设生活污水收集设施，通过污水管道收集并输送到生活污水收集设施，再由生活污水收集设施接至市政污水管网处理；对于主体工程施工区域产生的无法接入地下污水管网的生活污水，定期由相关资质单位安排清运车辆外运并纳入市政污水管网处置。
- 施工废水：施工废水来自场地冲洗水、混凝土拌合水、砂石料洗涤用水和车辆冲洗废水，污染物主要为悬浮颗粒物。施工单位在各施工项目区设置沉淀池，施工废水经沉淀后回用于车辆冲洗等，不外排。设备维修冲洗等含油废水收集后由相关资质单位回收外运处置。

#### （3）安装调试废水

非加药废水主要包括：核岛的管道冲洗废水，常规岛的凝结水、给水、加热器疏水冷水循环冲洗废水、汽轮机旁排系统蒸汽吹扫废水、定子冷却水系统湿保养和冲洗废水，以及辅助系统的除盐水供水存储系统和凝结水精处理系统冲洗排水、非放射性生产废水系统排水、系统管道循环冲洗未加药废水（VWS/VYS）、消防系统冲洗废水等，主要污染物为悬浮物，总排放量共计约 202160m<sup>3</sup>。

加药废水主要包括：

- 核岛中系统维护保养的加药废水（FWS/SGS/BDS/CCS）：主要污染因子为氨氮，总排放量约为 3800m<sup>3</sup>。
- 常规岛中凝结水、给水、加热器疏水热水循环冲洗加药废水、二回路系统水质调节加药废水、汽机房闭式冷却水系统冲洗与再充水试验废水：主要污染因子为氨氮，总排放量约为 21000m<sup>3</sup>。
- 辅助系统中树脂床再生排水、系统管道循环冲洗加药废水（VWS/VYS）：主要污染因子为 COD，总排放量约为 2020m<sup>3</sup>。

安装调试废水中污染因子主要包含氨氮、悬浮物、COD 等，将通过非放射性废水二次处理设施进行处理。调试废水经水解酸化、缺氧好氧和 MBR 膜过滤等生物处理、电催化氧化和沉淀处理后，废水中的 COD、氨氮、总氮和总磷满足标准《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）要求、其余污染物满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准（其中石油类执行一级 B 标准）后排放，可满足本报告生产废水排放执行标准《污水综合排放标准》（GB8978-1996）二级排放要求。各单元所产生的臭气经收集、生物除臭、氧化喷淋等方式处理满足《恶臭污染物排放标准》（GB 14554-93）后通过 15m 排气筒高空排放。

非放射性废水二次处理设施的总处理水量为 1200m<sup>3</sup>/d，同时设置有效容积为 2949.41m<sup>3</sup>、设计水量为 1200m<sup>3</sup>/d 的应急缓冲池。若调试期废水排放流量超过系统处理能力，则通过安排计划、错峰处理结合采购临时处理设施的方式实现调试期加药废水的全部处理。若在调试阶段非放废水二次处理设施无法运行，将会采用有效措施对调试废水进行处理后达标排放。

综上，施工期间产生的水土和材料流失、生活、生产废水的排放在采取合理有效的预防措施（如加强对材料和管理、废水沉淀池、生活污水收集设施和非放废水二次处理设施等）后，其产生的环境影响范围有限。随着施工结束，水环境质量将得到恢复。

#### 4) 噪声的影响

核电厂施工过程中，厂区内可能产生噪声的活动包括场地负挖，土石方爆破、道路平整、主厂房（核岛、常规岛）的建设和厂区辅助配套设施的建设，另外设备安装和汽车运输也会产生一定噪声。

基础施工阶段，主要施工机械是各种打桩机、空压机等，打桩机为主要噪声源，其声级为 100-116dB(A)，结构施工阶段主要施工机械是混凝土搅拌机和振捣棒，其声级为 109-117dB(A)。爆破产生的瞬间噪声水平可超过 120dB(A)；工程建设期运送材料及固体废物的车辆等运行噪声为随机移动声源，施工期大型运输设备正常行驶时噪声最大可达 86dB(A)。在实际施工过程中，通常是多台机械设备同时作业，各台设备产生的噪声会互相叠加；同一地点同时作业的机械设备多为 2~6 台，一般不会超过 10 台，叠加后的噪声增值约 3~10dB。

三门核电一期工程建设期间已对本工程区域开展场平工作，且本工程施工和运行期间共用三门核电一期工程部分已有设施，因此本工程与一期工程相比，施工量更少。本工程涉及的施工作业场地主要集中于新建主体工程周边区域，施工影响范围有限。土石方工程施工期间的开挖爆破、各类施工机具作业、车辆的运输等所产生的噪声对厂址周围的声环境影响属于暂时性影响，且影响范围有限。施工期噪声影响将在施工完成后不复存在。

#### 5) 固体废物的影响

本工程施工过程中会产生一定量的生活垃圾和工业废弃物。

本工程自开工建设至 2025 年 5 月，生活垃圾共产生 7555 车（约 37775t），年均产生量约 2605 车（约 13025t），由当地环卫部门定期外运处置。

本工程产生的一般工业固废（主要包括可再生类废物和部分其他工业固体废物）由厂区进行统一收集，堆放在厂区内道路侧，通过布料进行覆盖，最终送往浙江顺源环境治理有限公司进行最终处置。

本工程产生的弃渣回填在后续工程的低标高地段，弃渣处置得到合理落实。

本工程施工过程中的部分工业废弃物属于危险固废，如油漆桶、废油，毒性、易燃性、腐蚀性废物等，本工程自开工建设至 2025 年 5 月，危险废物产生量为 87.495t。三门核电厂设立危险废物暂存间，施工承包单位在施工临建区内设立危险废物暂存间（见 5.1.2.2 节描述），对危险废物进行集中统一存储并交由有资质的处理单位处置。

#### 6) 生态环境的影响

本工程施工区域以及厂址 1km 范围内无名贵动植物资源、风景名胜和文物古迹。

本工程建设期间在征地边界范围内占用土地、表土和植被剥离，对征地范围

内的生态环境产生永久性影响，同时也对厂址附近的动、植物资源及其生存环境造成暂时的影响。

三门核电一期工程建设期间已对本工程区域开展场平工作，且本工程施工和运行期间共用三门核电一期工程部分已有设施，因此本工程与一期工程相比，施工量更少。本工程涉及的施工作业场地主要集中于新建主体工程周边区域，施工影响范围有限。本工程严格执行水土流失防治措施，在厂区内及海岸施工区域内合理开展施工作业，工程建设后期有规划地进行厂区绿化和景观恢复，形成精心布置、与周围环境相协调的人文景观。本工程建设不会对当地的生态环境造成不良影响。

#### 5.1.2.2 施工临建区

施工临建区指厂区外部的临时建筑布置（不包括厂区以内部分）。施工临建区北侧紧邻厂址区，南侧紧邻厂区应急道路。施工临建区主要包括由中核二二公司、中核五公司等承包单位负责管理的核岛土建安装施工临建区（包括如管道预制车间、切割焊接车间、喷漆喷砂车间等各类加工车间、危险废物暂存库、化学品库、露天堆场等）、浙江火电等承包单位负责管理的常规岛土建及安装施工临建区（包括如管道预制车间、切割焊接车间、喷漆车间等各类加工车间、危险废物暂存库、化学品库、露天堆场等），以及位于厂区最南侧的中核混凝土股份有限公司三门分公司负责管理的混凝土搅拌站。

施工临建区在核电厂施工过程中产生的环境影响是局部的和暂时的。在采取必要的防护措施后可降低施工过程中的环境影响。施工过后，当地的环境质量将很快得以恢复。施工临建区的环境影响因素及相应控制措施如下：

1) 大气：施工临建区内的各类加工车间（如管道预制车间、切割焊接车间、喷漆喷砂车间等）主要会产生金属粉尘、焊接烟尘、VOCs 及漆雾等污染物，混凝土搅拌站中的装卸料过程及水泥制备过程中会产生粉尘等污染物。针对各类大气污染物所采取的措施有：

- 管道预制车间：主要采用氩弧焊及自动焊接机，可有效减少焊接过程中金属蒸发和氧化产生的烟尘及有害气体。
- 切割焊接车间：设有移动式烟尘收集净化装置，及时收集过滤产生的金属粉尘及焊接烟尘。

- 喷漆喷砂车间：设有单独喷漆间和喷砂间及移动式伸缩喷漆房，喷漆间（12m\*3.5m\*4.2m）侧向接有两级活性炭过滤装置，VOCs 及漆雾经过滤后屋顶排放；喷砂间（12m\*3.5m\*4.2m）侧向接有过滤装置，粉尘经过滤后屋顶排放；移动式伸缩喷漆房配备活性炭环保箱，产生的废气经过滤后排放。
- 木工车间：加工过程中产生的粉未经设备内置的鼓风机吸入收集到后置帆布袋内，产生的锯末统一倒入垃圾池，定期由专业的固废公司清运处置。
- 混凝土搅拌站：料场为半封闭式料仓，内部配备有喷雾系统及扫尘车辆，通过高压喷雾装置将雾化水与粉尘颗粒结合沉降，从而抑制粉尘扩散，再由扫尘车辆对沉降的粉尘进行收集可防止二次扬尘污染；水泥制备系统中配备有脉冲除尘器及布袋式除尘器。

2) 水：施工临建区内的废水主要来自场地冲洗、车辆冲洗废水和施工人员产生的生活污水。施工临建区域内已建设生活污水收集设施，通过污水管道收集并输送到生活污水收集设施，再由生活污水收集设施接至市政污水管网处理。混凝土搅拌站设有车辆冲洗废水回收和泥浆砂石分离系统，以及废水二级沉淀池；经收集的车辆冲洗废水及经砂石分离机和压滤机处理的混凝土废水通过二级沉淀池沉淀后回用于车辆冲洗等，不外排。

3) 噪声：施工临建区内噪声相对施工区来说较小，噪声主要来源于核电设备的组装加工，施工人员日间的生产活动（工程建设用物资和材料的搬运等）以及车辆在施工临建区与厂区间的运输。本工程施工期间，施工单位会合理统筹安排高噪声设备工作时间并尽量选用低噪声设备、施工车辆的交通噪声通过合理安排进出路线、减少鸣笛等措施以减少其环境影响。

4) 固体废物：固体废物包括施工临建区污水处理站的污泥、加工车间的金属屑、机械保养等产生的固体废弃物以及施工人员日常生活产生的生活垃圾等，固体废物将分类收集并统一处理。此外，各施工承包单位在其施工临建区内设立危险废物暂存库或危险废物暂存集装箱等危险废物暂存设施，废油、废油漆等危险废物集中堆放在危险废物暂存设施内部，由具备危险废物处置资质的单位定期回收并进行后续的处理。危险废物暂存设施满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求，包括：危险废物贮存于专用设施内；各类危险废物分

类存放并置于符合规定的容器内；设施内加装排风机以保持设施内通风良好，以减少挥发出的有害气体积聚；地面考虑防渗措施。

### 5.1.3 施工期环境监测

#### 5.1.3.1 施工期环境监测方案

本小节引用《三门核电 3、4 号机组工程施工期陆域环境监测评价中期报告》描述的施工期环境监测方案。本工程施工期环境监测工作方案如下。

##### 1) 环境空气监测

###### (1) 监测项目

厂区内无组织排放监测点、厂外无组织排放监测点和厂外大气污染源监测因子为  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、颗粒物（TSP）等 3 项，同时根据施工特点，在不同区域和阶段增加 VOCs 等监测项目。其他环境空气质量监测点监测因子为  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{O}_3$ 、TSP、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$  等 8 项。

###### (2) 监测点位

根据厂址所在地的地形条件、风频分布等季节性气象特征，结合厂址施工建设计划及敏感区分布等情况，参照本工程施工前开展的厂址大气环境现状调查时的监测布点情况，在施工场地、厂址附近居民点以及厂内外大气污染源布设监测点。布设原则包括：厂区内以本工程施工场地为主，包括土建施工区、施工准备区和生活区等；厂界附近（兼顾陆地各方位，其中主导风向下风向设置 1~2 个无组织排放监控点）；厂外进厂、应急道路沿线及周边敏感点。

###### (3) 监测频次

监测期间每季安排至少监测 1 次，并结合施工进度适当调整监测次数，每次应至少取得有季节代表性的 7 天有效监测数据（包括小时平均值和日平均值）。各污染物的监测分析方法按《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单（生态环境部公告 2018 年 第 29 号）和《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的相关要求执行。

##### 2) 生活污水监测

三门核电有限公司将生活污水接入健跳镇污水管网，并由健跳镇污水处理厂处理后达标排放，本工程施工期间生活污水不回用。

##### 3) 噪声监测

### (1) 监测项目

等效声级  $L_{eq}$ 、夜间最大声级  $L_{max}$ 。

### (2) 监测点位

结合厂址施工建设计划及厂址周围声环境敏感目标（考虑距核电厂较近、人口数较多且在施工前现状监测有布点的点位）、噪声源和道路分布等情况，根据本项目施工前开展的厂址噪声现状监测时的布点情况，在施工场界、厂区内外声环境敏感目标、噪声源及道路交通污染源处设置监测点，进行施工期噪声监测。其中，监测点位 1#~4#及 12#~13#分别为厂区内主体工程场界及办公楼区的布点，仅作为跟踪监测点位，监测结果不开展环境评价。

### (3) 监测频次

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）要求，所有监测点在昼间和夜间分别进行测量，昼间监测时段为 6:00~22:00，夜间监测时段为 22:00~次日 6:00，每年 4 期（安装调试阶段为每年 2 期），每季 1 期，每期两天。昼夜间各一次。

#### 5.1.3.2 施工期环境监测结果

本工程 3、4 号机组施工期陆域环境监测与评价工作从 2022 年第 3 季度开始（本工程 3 号机组于 2022 年 6 月 28 日开工），覆盖 3、4 号机组整个施工期。监测工作主要针对核电厂 3、4 号机组施工厂区范围及附近的环境敏感点开展，其中监测内容包括空气质量监测、水质监测和噪声监测，其中 2024 年的监测结果如下：

#### 1) 大气污染物

##### (1) 无组织排放

监测开展期间，主厂区边界  $SO_2$  无组织排放最大监测值范围为  $0.014\sim0.028\text{mg}/\text{m}^3$ ， $NO_x$  无组织排放最大监测值范围为  $0.043\sim0.07\text{mg}/\text{m}^3$ ，TSP 无组织排放最大监测值范围为  $0.15\sim0.263\text{mg}/\text{m}^3$ 。施工区边界  $SO_2$  无组织排放最大监测值范围为  $0.014\sim0.037\text{mg}/\text{m}^3$ ， $NO_x$  无组织排放最大监测值范围为  $0.049\sim0.081\text{mg}/\text{m}^3$ ，TSP 无组织排放最大监测值范围为  $0.149\sim0.274\text{mg}/\text{m}^3$ 。上述监测结果满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中厂界无组织排放监控浓度限值要求。

##### (2) 主体工程厂界 VOCs 排放

监测开展期间，主体工程厂界 VOCs 的检测项目中，12 个检测项目（二氯甲烷，三氯甲烷，苯，甲苯，四氯乙烯，乙苯，间、对二甲苯，邻二甲苯，苯乙烯，1,2,4-三甲基苯，1,3-二氯苯，氯苯）有检出。其中苯、甲苯、四氯乙烯、间、对二甲苯、邻二甲苯、1,2,4-三甲基苯、1,3-二氯苯的检出结果远小于《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）排放限值，其余检出项无排放限值要求。

### （3）环境空气敏感点

监测开展期间，厂区外环境空气敏感点 SO<sub>2</sub> 最大监测小时值范围为 0.011~0.026mg/m<sup>3</sup>，最大监测日均值范围为 0.008~0.013mg/m<sup>3</sup>；NO<sub>2</sub> 最大监测小时值范围为 0.029~0.052mg/m<sup>3</sup>，最大监测日均值范围为 0.019~0.028mg/m<sup>3</sup>；NO<sub>x</sub> 最大监测小时值范围为 0.045~0.06mg/m<sup>3</sup>；CO 最大监测小时值范围为 0.46~0.80mg/m<sup>3</sup>，最大监测日均值范围为 0.37~0.70mg/m<sup>3</sup>；O<sub>3</sub> 最大监测小时值范围为 0.063~0.090mg/m<sup>3</sup>；PM<sub>2.5</sub> 最大监测日均值范围为 0.035~0.045mg/m<sup>3</sup>；PM<sub>10</sub> 最大监测日均值范围为 0.067~0.099mg/m<sup>3</sup>；TSP 最大监测日均值范围为 0.121~0.165mg/m<sup>3</sup>。上述监测结果均满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及修改单（生态环境部公告 2018 年 第 29 号）中二级标准限值要求。

## 2）噪声

### （1）厂界噪声

监测开展期间，厂界昼间等效 A 声级最大监测值范围为 56.3~65.1dB(A)，夜间等效 A 声级最大监测值范围为 41.8~54.3dB(A)，夜间最大 A 声级最大监测值范围为 52.6~64.7dB(A)，各时段各监测点位的昼间、夜间等效 A 声级和夜间最大 A 声级的监测值均满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）厂界环境噪声限值（昼间 70dB(A)，夜间 55dB(A)，夜间突发 70dB(A)）要求。

### （2）交通道路噪声

监测开展期间，进厂道路和应急道路昼间等效 A 声级最大监测值范围为 59.6~68.4dB(A)，夜间等效 A 声级最大监测值范围为 47.8~54.4dB(A)，夜间最大 A 声级最大监测值范围为 56~63.7dB(A)，各时段各监测点位的昼间、夜间等效 A 声级和夜间最大 A 声级的监测值均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类功能区噪声限值（昼间 70dB(A)，夜间 55dB(A)，夜间突发 70dB(A)）要求。

### （3）环境敏感点噪声

监测开展期间，环境敏感点昼间等效 A 声级最大监测值范围为

48.1~54.6dB(A)，夜间等效 A 声级最大监测值范围为 40.7~44.0dB(A)，夜间最大 A 声级最大监测值范围为 48.3~62.4dB(A)。2024 年第三季度夜间最大 A 声级监测值超过《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类功能区夜间突发环境噪声限值（夜间 60dB(A)）要求，其余时段各监测点位的昼间、夜间等效 A 声级和夜间最大 A 声级的监测值均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类功能区噪声限值（昼间 55dB(A)，夜间 45dB(A)）要求。

2024 年第三季度厂界各监测点的昼间、夜间等效 A 声级和夜间最大 A 声级的监测值均满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）厂界环境噪声限值（昼间 70dB(A)，夜间 55dB(A)，夜间突发 70dB(A)），2024 年第三季度环境敏感点夜间最大 A 声级监测值超标，仅该季度门头村点位出现超标现象，其余点位（包括距厂址更近的赤头村点位）各季度均符合限值要求，故可能为夜间偶发情况，非核电厂施工活动导致。

#### 5.1.4 水土保持

中国水电顾问集团华东勘测设计研究院受三门核电有限公司委托编制本工程水土保持方案。《浙江三门核电项目3、4号机组水土保持方案报告书(报批稿)》于2013年4月完成，报告书主要结论为：通过对工程区实地调查勘测、主体工程设计分析评价、工程建设可能造成水土流失预测、水土流失防治措施布局和设计、投资估算、工程建设损益分析，从水土保持角度而言，工程建设无限制性因素，工程建设是可行的。

水利部于2013年9月以“水保函〔2013〕324号”文对方案报告书予以批复，同意本工程水土保持方案。

##### 5.1.4.1 水土流失现状

本工程位于浙江省台州市三门县健跳镇东北部的猫头山嘴半岛上，濒临三门湾，北、东、南三面环海。根据浙江省第五次水土流失普查《浙江省水土保持公报》，项目涉及县镇的土壤侵蚀程度以轻度和中度为主。结合现场实地查勘，厂址区以石方开挖回填为主，厂址边界砌筑有砌石海堤，进厂道路和应急道路路面为沥青混凝土路面，路基两侧已修建浆砌石排水沟，路堑边坡已采取喷混护坡，应急道路和进厂道路路堤边坡已绿化，淡水管线区现已恢复为耕地和林地，水土流失类型以降雨和地表径流冲刷引起的水力侵蚀为主，土壤侵蚀程度轻微，项目

区现状土壤侵蚀模数为 $500\text{t}/\text{km}^2 \text{ a}$ 。

三门县属于浙江省水土流失重点监督区。

按全国水土流失类型区的划分，三门县属以水力侵蚀为主的类型区——南方红壤丘陵区。水土流失的类型主要是水力侵蚀，主要分布在缓坡低山丘陵区。水力侵蚀的表现形式主要为坡面面蚀，丘陵区亦有浅沟侵蚀及小切沟侵蚀。其次为矿业开采、水工程和交通运输等开发建设项目施工过程中形成的裸露面和弃土弃渣等，部分地段存在滑坡、崩塌等重力侵蚀，土壤容许流失量为 $500\text{t}/\text{km}^2 \text{ a}$ 。

#### 5.1.4.2 水土流失的影响

##### 1) 水土流失可能造成的影响

工程建设造成的水土流失主要表现在主厂房和循环水泵房基础负挖、海水淡化厂房和开关站建设、施工生产区的临时堆料及碾压、临时堆渣场堆渣等活动对地表扰动或再塑，使地表失去固土防冲的能力，造成水土流失。可能造成水土流失危害主要表现在以下几个方面。

##### (1) 基础施工可能造成水土流失危害

主厂房和循环水泵房基础负挖量较大，约 $76.00\text{万m}^3$ ，开挖石料等形成的开挖边坡，如不及时采取防治措施，可能局部有松动岩块及危石失稳滑塌，同时，工程产生的大量松散石料，堆置在工程区周边，由于工程区汇水面积较大，水流侵蚀冲刷较大。在施工过程中，如不采取临时拦挡、支护、排水等措施，在水力侵蚀和重力侵蚀的双重作用下，易造成堆体失稳、渣体坍塌等地质灾害。

##### (2) 工程弃渣对厂区的影响

工程建设弃渣总量 $48.10\text{万m}^3$ ，包括淤泥、石方和钻渣。淤泥和石方根据主体工程设计，在临时堆渣场集中堆置，用于后续工程（5、6号机组）的东南海堤填筑和施工临时围堰填筑，临时堆渣场在无防护措施条件下，经雨水击溅和坡面径流冲刷，加上本身的重力作用，会诱发水土流失，对厂区及周边造成不利影响；钻渣含水量大，易流淌，堆放过程中，受降雨和地面径流冲刷，易产生水土流失。

##### (3) 对周边海域的影响

厂区北、东、南三面环海，工程施工期间，建构筑物基础开挖、回填、部分基础灌注桩施工、淤泥及石方临时堆置等施工活动，产生的水土流失，可能增加近海域局部水体浑浊度，含沙量增大，将对近海域局部水质产生负面影响。

##### 2) 水土流失预测

本工程建设扰动地表面积 $50.99\text{hm}^2$ ，全部在厂区永久征地范围内，厂区在“四通一平”阶段已完成场地整治，无损坏的水土保持设施。

工程建设弃渣总量 $48.10\text{万m}^3$ ，包括淤泥 $2.11\text{m}^3$ ，石方 $45.61\text{万m}^3$ ，钻渣 $0.38\text{万m}^3$ 。施工期，灌注桩施工产生的钻渣，在各分项工程区设沉淀池固化处理；淤泥和石方根据主体工程设计，在临时堆渣场集中堆置，用于后续工程（5、6号机组）的东南海堤填筑和施工临时围堰填筑。

工程建设可能造成水土流失总量 $18243\text{t}$ ，新增水土流失总量 $16642\text{t}$ 。在新增水土流失总量中，工程施工期新增水土流失量 $16567\text{t}$ ，自然恢复期新增水土流失量 $75\text{t}$ ，施工期新增水土流失量占新增水土流失总量的99%，因此工程施工期是产生水土流失的重点时段。主厂房区、循环水系统区、临时堆渣场区是水土流失产生、防治和水土保持监测的重点部位。

#### 5.1.4.3 防治责任范围及防治分区

防治责任范围及防治分区根据“谁开发谁保护，谁造成水土流失谁负责治理”的原则和《开发建设项目水土保持方案技术规范》的规定进行确定。本工程防治责任范围包括项目建设区和直接影响区。

项目建设区主要指建设项目征地范围、占地范围、用地范围及其管理范围。项目建设区主要包括主厂房区、循环水系统区、海水淡化厂房、 $500\text{kV}$ 开关站（扩建区）、施工生产区和临时堆渣场的占地范围。项目建设区面积为 $50.99\text{hm}^2$ 。

直接影响区是指在项目建设过程中可能对项目建设区以外造成水土流失危害的地域，主要包括循环水泵房和取排水口施工影响海域，海水淡化厂房沿山侧影响区。直接影响区面积为 $35.44\text{hm}^2$ 。

综上所述，本工程水土流失防治责任范围总计为 $86.43\text{hm}^2$ 。

#### 5.1.4.4 水土保持投资估算及效益分析

##### 1) 水土保持投资估算

本工程水土保持估算总投资为 $1946.22$ 万元。

##### 2) 效益分析

开发建设项目水土保持作为项目建设的组成部分，其主要任务是恢复和改善生态环境，保障生产建设安全运行，其效益总体上是反映在对社会和自然环境的贡献，对本工程自身而言则集中反映在保证建设安全上，即不致因水土流失而造成重大经济损失，从而使工程总体效益达到最高事实上。水土保持效益分析和评

价应首先考虑生态效益和社会效益，即“生态社会效益优先”。

### （1）扰动土地整治效益

本方案实施后，从施工结束到方案设计水平年，工程范围内 50.99hm<sup>2</sup> 的扰动土地面积将全部得到治理，其中部分扰动地表将被主厂房、循环水泵房、海水淡化厂房和 500kV 开关站（扩建区）建构筑物、道路等永久建筑物覆盖；其余的扰动区域也采取了相应的拦挡、排水措施以及植物防护措施，到设计水平年，随着水土保持工程措施、植物措施、临时防护措施、以及预防管护措施的全面实施，扰动土地整治率大于 95%，达到 95%的防治目标。

### （2）水土流失治理及控制效益

工程建设结束后，随着主体设计中具有水土保持功能工程的完工，以及本水土保持方案的实施，水土流失面积22.48hm<sup>2</sup>基本得到治理，因工程建设带来的水土流失将会得到有效控制；随着水土保持综合措施效益的逐渐发挥，到工程设计水平年，水土流失总治理度大于97%，达到97%的防治目标。

工程建设预测水土流失总量1.82万t，在本水土保持方案新增水土保持措施和主体工程中已有水土保持功能的工程实施后，水土流失将大大减轻，减少水土流失总量1.63万t，水土流失控制率达90%。工程所在地属南方红壤丘陵区土壤容许流失量为500t/km<sup>2</sup> a，到方案设计水平年，随着所有水土保持措施的效益发挥，项目区土壤侵蚀模数下降到500t/km<sup>2</sup> a，土壤流失控制比为1.00，达到1.00的防治目标。

### （3）拦渣效益

施工期主厂房和循环水泵房基础负挖将产生约48.10万m<sup>3</sup>的弃渣，其中淤泥2.11万m<sup>3</sup>，石方45.61万m<sup>3</sup>，钻渣0.38万m<sup>3</sup>。根据主体工程设计，淤泥和石方在临时堆渣场集中堆置，用于后续工程（5、6号机组）的东南海堤填筑和施工临时围堰填筑，堆置期淤泥采取填土草袋临时拦挡，石方采取浆砌石挡墙临时拦挡；钻渣施工期设沉淀池固化处理，本方案采取的临时防护措施，使水土流失得到基本控制，项目建设期至设计水平年，拦渣率大于95%，达到95%的防治目标。

### （4）林草植被恢复与林草覆盖效益

通过本方案对循环水系统、海水淡化厂房和施工生产区采取绿化美化措施的实施，项目建设区内可绿化面积 10.24hm<sup>2</sup> 全部绿化，至设计水平年林草植被恢复率大于 99%，达到 99%的防治目标。

#### 5.1.4.5 水土保持监测

本工程的水土保持现场工作依据中国水电顾问集团华东勘测设计研究院编制的《浙江三门核电项目 3、4 号机组水土保持方案报告书（报批稿）》开展。

根据本工程3、4号机组水土流失影响分析和工程布局，结合工程建设水土流失预测结果，选取循环水泵房区、海水淡化厂房、临时堆渣场、施工生产区的BOP施工场地和砂石料加工厂的临时堆土（料）场作为水土保持的重点监测地段，共布设5个相对固定的地面水土保持监测点，分别位于循环水泵房西北角，海水淡化厂房区东南角，厂区东侧的临时堆渣场东侧、BOP施工场地西北角和砂石料加工厂的东北角，采用沉沙池法动态监测水土流失情况。

##### （1）监测内容

本项目水土保持监测的主要内容包括：主体工程建设进度、工程建设扰动土地面积、水土流失灾害隐患、水土流失及造成的危害、水土保持工程建设情况、水土流失防治效果，以及水土保持工程设计、水土保持管理等方面的情况。本项目水土保持监测的重点包括：水土保持方案落实情况、安全要求落实情况、扰动土地及植被压占情况、水土保持措施（含临时防护措施）实施情况、水土保持责任制度落实情况等。

##### （2）监测方法

水土保持监测采取地面观测、调查监测和场地巡查相结合的方法。监测期的降水量等气象要素不进行现场观测，拟通过向当地气象站收集同期实测资料的方式解决。

##### ● 地面观测

地面观测采用沉沙池法。利用循环水泵房区、海水淡化厂房、临时堆渣场、施工场地和临时堆土（料）场周边修建的临时排水沟作为集流槽，与之连接的沉沙池作为观测池，定期对侵蚀性降水后沉沙池中的泥沙进行取样，实测淤积情况，从而完成各监测区的水土流失情况监测。发生侵蚀性降水后观测沉沙池中的泥沙淤积情况，分析推算该区的土壤流失量和土壤侵蚀模数。

##### ● 调查监测和场地巡查

在主厂房区、循环水泵房区、海水淡化厂房、500kV开关站（扩建区）、施工生产区和临时堆渣场布设相对固定的临时监测点位，作为6项防治目标控制监测依据。即通过定期调查监测和场地巡查，了解工程建设扰动土地面积、水土流

失灾害隐患、水土流失及造成的危害、水土保持工程建设情况、水土流失防治效果，以及水土保持工程设计、水土保持管理等方面的情况。

### （3）监测时段与频次

按建设类项目水土保持监测要求，本工程水土保持监测时段为整个工程施工期开始至设计水平年末结束地面观测在梅雨、台风雨期4~10月的汛期每月1次，其他期间每2个月监测1次。遇暴雨（降水50mm/d以上）和大风（风速17.2m/s以上）后加测。调查监测和场地巡查频次对正在实施的水土保持措施建设情况等每10d至少监测记录1次；扰动地表面积、水土保持工程措施拦挡效果等至少每1个月监测记录1次；主体工程建设进度、水土流失影响因子、水土保持植物措施生长情况等至少每3个月监测记录1次；因降雨、大风或人为原因发生严重水土流失及危害事件的，在事件发生后1周内完成监测并报告有关情况。监测过程中发现异常情况及时反馈给相关部门，以便及时采取措施。

### （4）监测结果

根据《浙江三门核电项目3、4号机组水土保持监测年报》（2022~2024年度）评价结果，2022~2024年度本工程未发生水土流失灾害性事件，总体来说水土保持工作处于可控状态，水土保持监测评价为“绿色”。

## 5.2 水的利用

### 5.2.1 施工用水对水体环境的影响

本工程施工期间所用淡水分为施工生产用水、施工生活用水、施工消防用水等。根据《三门核电项目 3、4 号机组水资源论证报告书（报批稿）》，本工程施工期间三门核电厂生产和生活用水由海水淡化设施供应，三门核电海水淡化工程位于 1 号机组常规岛西侧，年供水能力 300 万  $\text{m}^3$ ，海水经处理后系统出水水量水质稳定，本工程最大年用水量 194.5 万  $\text{m}^3$ ，能够满足本工程最大年用水量需求。

本工程采用海水淡化设施用水，不占用地表水资源，不会对地表水体环境造成影响。

### 5.2.2 取排水工程施工对水体环境的影响

#### 5.2.2.1 取排水工程方案

本工程取排水系统建（构）筑物、水工建筑物布置在厂区北、南侧涂滩填海区。本工程循环水系统及重要厂用水系统均采用海水直流供水冷却系统，以大海为其最终热阱，冷却水源取自三门湾的猫头洋。本工程取排水系统主要流程：厂址区北侧海域→多点式取水头→自流引水管→循环泵房进水间→循环水泵→压力供水管→凝汽器→压力排水管→虹吸井→排水盾构隧道→多点式排水头→排入厂址区东南侧的三门湾海域。

本工程 3、4 号机组取排水方案采用“北取南排（深排）”方案，取水方案为自流引水管取水，取水头部设置在厂区东北的猫头水道深潭附近，采取多点式取水，每台机组设一个多点式取水头。排水采取深排方案，排水口布置在厂区东南护堤外侧，通过排水盾构隧道至厂址东南侧海域-10m 等高线附近。每台机组设一个多点式排水盾构隧道。

根据《三门核电项目 3、4 号机组工程海域使用论证报告书》（（2021 年 12 月），本项目用海总面积为 90.7726 $\text{hm}^2$ ，其中取、排水口的“取、排水口用海”面积 6.5495 $\text{hm}^2$ ；排水口防撞墩的“透水构筑物用海”1.7022 $\text{hm}^2$ ，取水管道的“海底电缆管道用海”14.1456 $\text{hm}^2$ 。取排水工程挖泥约为 12.6 万  $\text{m}^3$ ，主要用于厂区内一、二期排水箱涵区域回填。

#### 5.2.2.2 取排水工程施工影响

1) 本工程取排水工程建设阶段对海洋水环境的影响主要为对水质环境的影响。

取排水工程建设阶段对海洋水质环境主要来自于取排水口抛石工程、防撞墩施工以及东南护堤施工的悬浮泥沙影响。

本工程取水工程建设与东南护堤施工同步进行，然后是排水工程和取排水口防撞墩的建设。取排水工程施工建设过程中主要有取排水口抛石工程、防撞墩施工以及东南护堤施工等会导致附近海域悬浮泥沙量的增大和海水水质下降。根据《三门核电3、4号机组工程施工期悬浮泥沙扩散及事故溢油风险分析数值模拟计算报告》（2021），对取排水口、防撞墩、东南护堤等施工过程中全潮悬浮泥沙的影响范围为：全潮期悬浮泥沙大于10mg/L浓度包络面积为24.89km<sup>2</sup>；大于20mg/L浓度包络面积为16.87km<sup>2</sup>；大于30mg/L浓度包络面积为13.38km<sup>2</sup>；大于50mg/L浓度包络面积为9.70km<sup>2</sup>；大于100mg/L浓度包络面积为6.15km<sup>2</sup>；大于150mg/L浓度包络面积为4.72km<sup>2</sup>。

本工程排水管道和自流引水管均采用盾构法隧道施工方式，取排水头部采用垂直顶升法施工，相比1、2号机组施工期间排水明渠的建设，施工量更少、施工方式更环保。取排水工程建设的悬浮泥沙影响仅限于取排水工程建设阶段，该影响是暂时性的，随着施工的结束，水环境质量将逐步得到恢复。

根据本工程防撞墩施工内容和特征，本项目可预见的主要风险因素为施工期船舶发生碰撞引发溢油污染事故。建设单位通过采取施工前划定施工通航区域、施工船舶在规定海域内航行、注意施工船只的日常维修保养、施工船舶内配备吸油毡等应急环保物质、加强对施工船只人员的安全教育和管理等措施，减少溢油污染事故对海洋水质环境造成的影响。

2）本工程取排水工程建设阶段对海洋生态环境影响主要为取排水工程建设造成的直接和间接生态损失。

本工程施工期间暗涵排水隧洞建设工程产生的悬沙扩散、水下爆破和抛石占用可能会对海洋生态环境产生一定影响。上述施工影响导致海洋生物资源的损失量采用《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）中的推荐方法计算。

由计算可知，预计悬沙扩散施工作业造成鱼卵损失量约  $1.87 \times 10^7$  粒，仔稚鱼损失量约  $3.46 \times 10^7$  尾，游泳生物损失量约 1.04t（其中厂址取排水口附近海域悬沙扩散施工作业造成鱼卵损失量约  $1.62 \times 10^7$  粒，仔稚鱼损失量约  $3.22 \times 10^7$  尾，游泳生物损失量约 0.787t）；预计水下爆破挤淤造成的游泳生物

损失量约 6.08t；预计取排水口附近防撞墩占用海域造成底栖生物损失量为  $2.11 \times 10^{-2}t$ ，鱼卵损失量约 1419 粒，仔稚鱼损失量约 2823 尾，游泳生物损失量约  $6.89 \times 10^{-5}t$ 。

悬浮泥沙和爆破挤淤造成的损失均是一次性的海洋资源损失。其中，取排水工程施工期间产生的悬浮泥沙使周围海水中悬浮物浓度增大，透明度降低，引起浮游植物的光合作用的减少，同样会对浮游动物产生一定的影响和破坏作用。但由于悬浮沙排放的时间相对较短，随着施工作业结束，停止悬浮沙的排放，其影响将会逐渐减轻，故施工悬沙扩散对海洋生物的影响是暂时的、可逆的。

取排水工程施工期间水下爆破时，会在瞬间变成高温高压气体，并伴随产生强大的冲击波，对附近海域的海洋生物造成致命影响。本工程水下爆破时拟采用毫秒微差延期爆破法，采用“小包密布”减小单段的用药量，严格控制一次爆破的总药量（200kg 以内）；在敏感目标方向处设置气泡帷幕，减轻冲击波的影响；同时应避开鱼类繁殖和生长季节（一般为 3-6 月份）以减轻对海洋生物、渔业资源的影响。

本工程排水口防撞墩（下层墩体直径为 7m，共 7 个）占用海域面积  $269.255m^2$ ，对这部分占用面积海域底栖生物和渔业资源的损失较难恢复，根据上述计算结果可知，防撞墩占用海域对海洋生物的影响有限，也不会对海洋生物多样性产生影响。

本工程取排水工程相邻海域内无珍稀或保护性海洋生物，无重要湿地、特殊生境（红树林、珊瑚礁、海草床、海藻场）分布，无自然保护地、生态保护红线分布。

结合 2024 年本工程附近海域海洋环境跟踪监测结果与既往调查结果、生物多样性评价结果（见 5.2.3 节），本工程海域施工活动对海洋生物多样性影响很小。

综上所述，取排水工程建设施工引起的生态环境影响是局部的，且主要不良影响是暂时的，当施工结束后，影响也将随之消失。

### 5.2.3 海洋环境监测

#### 5.2.3.1 海洋环境监测方案

三门核电有限公司委托宁波市海洋环境监测中心开展取排水工程施工期海

洋环境监测工作，编制完成《三门核电附近海域海洋环境跟踪监测报告（2024年）》。

宁波市海洋环境监测中心于2024年春季（4月7日~4月13日）和秋季（10月16日~10月27日）开展了海洋生态环境跟踪监测调查，该监测时段均属于取水工程施工阶段，调查内容为全要素（水文泥沙、水质、生物、沉积物）。在施工期间春、秋季进行水文泥沙、水质、生物和沉积物调查。

### 1) 监测范围

根据《三门核电附近海域海洋环境跟踪监测报告（2024年）》，本工程海工工程施工期监测范围如下：自本工程向东延伸15km，向三门湾顶延伸10km，向三门湾口延伸25km，即基本覆盖整个三门湾海域。

### 2) 监测项目

在本工程海工工程施工过程中对水文泥沙、水质、沉积物和生物进行调查，及时了解本工程海工工程建设对海洋环境的影响。分析其对周边用海活动及海洋功能区的影响范围、程度等。

（1）水文泥沙：水深、水温、盐度、海流（流速、流向）、悬沙含沙量、悬沙颗粒、底质颗粒。

（2）水质：透明度、水温、盐度、悬浮物、pH、溶解氧、COD、浊度、余氯、硼、无机氮（氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮）、粪大肠菌群，非离子氨（计算获取）、活性硅酸盐、活性磷酸盐、石油类、汞、砷、铜、锌、铅、镉、总铬。

（3）沉积物：沉积物类型、有机碳、硫化物、石油类、总汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬。

（4）生物生态：叶绿素a、初级生产力（计算获取）、浮游植物、浮游动物、大型底栖生物、潮间带生物。

### 3) 监测站位

根据海工工程施工区域实际情况，本工程建设过程中海洋环境监测共布设水文泥沙测站2个，海水水质测站20个，海洋沉积物测站10个，海洋生物生态测站12个，潮间带生物调查断面3条。

### 4) 监测时间与频率

本工程海工工程于2022年9月开工，海洋生态环境监测（包括水文泥沙、

水质、沉积物、生物生态) 分别于 2024 年春季(4 月 7 日~4 月 13 日)和秋季(10 月 16 日~10 月 27 日) 各开展 1 次, 监测时段均处于施工期间。

### 5.2.3.2 海洋环境监测结果

#### 1) 海洋生态

(1) 监测时段: 2024 年 4 月 7 日~4 月 13 日

叶绿素 a 与初级生产力: 调查海域(表层海水)含量范围为(0.274~0.83)  $\mu\text{g/L}$ , 平均值为 0.477  $\mu\text{g/L}$ ; 调查海域(底层海水)含量范围为(0.221~0.656)  $\mu\text{g/L}$ , 平均值为 0.333  $\mu\text{g/L}$ ; 调查海域初级生产力平均为 4.66  $\text{mgC/m}^2 \text{ d}$ 。

浮游植物: 调查海域出现 49 种(硅藻 47 种, 绿藻和蓝藻各 1 种), 水样浮游植物平均密度为  $4.07 \times 10^3 \text{ cells/dm}^3$ , 网采样浮游植物平均密度  $5.67 \times 10^5 \text{ cells/m}^3$ 。优势种为琼氏圆筛藻、弯菱形藻、强氏圆筛藻等, 生物多样性指数( $H'$ ) 范围为 3.01~3.90, 平均值为 3.58; 均匀度指数( $J$ ) 范围为 0.80~0.93, 平均值为 0.85; 丰富度指数( $d$ ) 范围为 0.60~1.33, 平均值为 1.02。

浮游动物: 调查海域出现浮游动物七大类 24 种和浮游幼体 6 种, 生物量平均值为 127.1  $\text{mg/m}^3$ , 浮游动物密度平均值为 60.8  $\text{ind/m}^3$ , 优势种为刺唇角水蚤、腹针胸刺水蚤等, 生物多样性指数( $H'$ ) 范围为 1.4~2.99, 平均值为 2.30; 均匀度指数( $J$ ) 范围为 0.47~0.92, 平均值为 0.78; 丰富度指数( $d$ ) 范围为 0.71~1.97, 平均值为 1.27。

底栖生物: 调查海域出现大型底栖生物六大类 31 种, 生物量变化范围为(0.08~49.52)  $\text{g/m}^2$ , 平均值为 11.18  $\text{g/m}^2$ , 生物密度范围为(4~68)  $\text{ind/m}^2$ , 平均值为 29.7  $\text{ind/m}^2$ , 优势种为不倒翁虫、双鳃内卷齿蚕和棘刺锚参, 生物多样性指数( $H'$ ) 范围为 0~2.92, 平均值为 1.67; 均匀度指数( $J$ ) 范围为 0~1, 平均值为 0.76; 丰富度指数( $d$ ) 范围为 0~1.35, 平均值为 0.66。

潮间带生物: 调查海域出现六大类 52 种, 生物量变化范围为(13.52~426.7)  $\text{g/m}^2$ , 平均值为 135.08  $\text{g/m}^2$ , 生物密度变化范围为(148~536) 个/ $\text{m}^2$ , 平均值为 264.2  $\text{ind/m}^2$ , 优势种为短滨螺。生物多样性指数( $H'$ ) 范围为 0.76~2.99, 平均值为 1.86; 均匀度( $J$ ) 范围为 0.55~0.99, 平均值为 0.78; 丰度( $d$ ) 范围为 0.13~1.99, 平均值为 0.81。

(2) 监测时段: 2024 年 10 月 16 日~10 月 27 日

叶绿素 a: 调查海域（表层海水）含量范围为（0.341~0.756） $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.576 $\mu\text{g/L}$ ；调查海域（底层海水）含量范围为（0.198~0.573） $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.382 $\mu\text{g/L}$ ；调查海域海水初级生产力平均为 4.67 $\text{mgC/m}^2 \text{ d}$ 。

浮游植物：调查海域出现浮游植物二门 42 种（硅藻 41 种，甲藻 1 种），水样浮游植物平均密度为  $5.36 \times 10^3 \text{ cells/dm}^3$ ，网采样浮游植物平均密度  $6.20 \times 10^5 \text{ cells/m}^3$ 。优势种为威氏圆筛藻、琼氏圆筛藻、虹彩圆筛藻、中肋骨条藻、布氏双尾藻等，生物多样性指数（ $H'$ ）范围为 1.65~3.35，平均值为 2.93；均匀度指数（ $J$ ）范围为 0.42~0.91，平均值为 0.75；丰富度指数（ $d$ ）范围为 0.59~0.92，平均值为 0.77。

浮游动物：调查海域出现浮游动物八大类 18 种和浮游幼体 6 种，生物量平均值为 103.1 $\text{mg/m}^3$ ，浮游动物密度平均值为 62.4 $\text{ind/m}^3$ ，优势种为背针胸刺水蚤、亚强真哲水蚤、长尾类幼体、针刺拟哲水蚤，生物多样性指数（ $H'$ ）范围为 1.29~3.07，平均值为 2.37；均匀度指数（ $J$ ）范围为 0.65~0.89，平均值为 0.78；丰富度指数（ $d$ ）范围为 0.36~2.42，平均值为 1.27。

底栖生物：调查海域出现大型底栖生物六大类 46 种，生物量变化范围为（0.63~73.97） $\text{g/m}^2$ ，平均值为 18.54 $\text{g/m}^2$ ，生物密度范围为（19.99~83.32） $\text{ind/m}^2$ ，平均值为 46.4 $\text{ind/m}^2$ ，优势种为不倒翁虫、双鳃内卷齿蚕、双形拟单指虫，生物多样性指数（ $H'$ ）范围为 0~3.3，平均值为 2.29；均匀度指数（ $J$ ）范围为 0~0.97，平均值为 0.80；丰富度指数（ $d$ ）范围为 0~1.82，平均值为 0.66。

潮间带生物：调查海域出现六大类 54 种，生物量变化范围为（5.16~1023.2） $\text{g/m}^2$ ，平均值为 198.85 $\text{g/m}^2$ ，生物密度变化范围为（102~356）个/ $\text{m}^2$ ，平均值为 190.1 $\text{ind/m}^2$ ，优势种为短滨螺。生物多样性指数（ $H'$ ）范围为 0.62~3.24，平均值为 2.19；均匀度（ $J$ ）范围为 0.62~0.93，平均值为 0.82；丰度（ $d$ ）范围为 0.13~1.59，平均值为 0.82。

### （3）施工期海洋生态现状评价

厂址附近海域春季浮游植物和秋季浮游植物的生物多样性指数均值分别为 3.58、2.93，反映了厂址邻近海域浮游植物的物种丰富度较低，个体分布比较均匀。

厂址附近海域春季浮游动物和秋季浮游动物的生物多样性指数均值分别为

2.30、2.37，反映了厂址临近海域浮游动物的物种丰富度低，个体分布不均匀。

厂址附近海域春季大型底栖生物和秋季大型底栖生物的生物多样性指数均值分别为 1.67、2.29，反映了厂址邻近海域大型底栖生物的物种丰富度低，个体分布不均匀。

厂址附近海域春季潮间带大型底栖生物和秋季潮间带大型底栖生物的生物多样性指数均值分别为 1.86、2.19，反映了厂址邻近海域潮间带生物的物种丰富度低，个体分布不均匀。

总体而言，厂址附近海域的海洋生物中，浮游植物、浮游动物和潮间带生物的生境质量一般，物种丰富度较低。

施工期厂址附近海域海洋生物调查结果与既往调查结果的比较可知，2024 年浮游植物、浮游动物、大型底栖生物密度和生物量均在历史同期波动范围内。

## 2) 沉积物

春季（4 月 7 日~4 月 13 日）和秋季（10 月 16 日~10 月 27 日）监测海域表层沉积物中的石油类、有机碳、硫化物、重金属（汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬）等监测结果均符合第一类海洋沉积物质量标准要求；沉积物类型均为粘土质粉砂。

## 3) 海水水质

春季（4 月 7 日~4 月 13 日）监测海域水体中的 pH 值、溶解氧、石油类、重金属（汞、砷、铜、锌、铅、镉、总铬）、粪大肠菌群、非离子氨均符合第一类海水水质标准；化学需氧量 95.0%样品符合第一类海水水质标准；活性磷酸盐 40.0%样品符合第二、三类海水水质标准，60.0%样品符合第四类海水水质标准；无机氮 95.0%样品超第四类海水水质标准。

秋季（10 月 16 日~10 月 27 日）监测海域水体中的 pH 值、溶解氧、化学需氧量、石油类、重金属（汞、砷、铜、锌、铅、镉、总铬）、粪大肠菌群、非离子氨均符合第一类海水水质标准；活性磷酸盐均超第三类海水水质标准，但均符合第四类海水水质标准；无机氮均超第四类海水水质标准。

根据本工程厂址及周边近岸海域环境功能区划对水质环境保护的要求，海水水质应执行不劣于第二类海水水质标准。可见，水质除活性磷酸盐和无机氮外，其余监测指标均符合近岸海域环境功能区划水质目标。根据 2021 年~2023 年《浙江省生态环境状况公报》的近岸海域水质状况，春、秋季本工程厂址附近海域水

质均为劣四类，台州乃至浙江沿岸海域水质基本为劣四类和四类，主要超标指标为无机氮和活性磷酸盐。监测区域的无机氮、活性磷酸盐浓度与浙江沿岸海水水质状况基本一致，严重营养盐污染海域主要由于湾内陆地径流以及湾外受来自长江口和杭州湾低盐、高营养盐南下沿岸流的影响。整体来讲，监测海域水质状况符合浙江省沿海区域水质状况特征。加之本工程施工期不向厂址附近海域排放生产废水，因此监测区域的无机氮、活性磷酸盐超标非本工程施工导致。

#### 4) 水文泥沙

(1) 监测时段：2024 年 4 月 7 日~4 月 13 日

悬沙含沙量：调查海域含沙量范围为  $0.094\text{kg/m}^3 \sim 1.674\text{kg/m}^3$ ，本次监测平均含沙量为  $0.686\text{kg/m}^3$ 。调查海域垂向平均含沙量范围为  $0.376\text{kg/m}^3 \sim 1.194\text{kg/m}^3$ ，垂向变化明显，随着水深的增加，含沙量逐渐升高，最高含沙量出现在底层，最低含沙量出现在表层。

悬沙颗粒：调查海域悬沙颗粒中值粒径范围为  $3.590 \sim 5.470\mu\text{m}$ ，平均粒径范围为  $5.490 \sim 7.990\mu\text{m}$ ，均为粉砂类。悬沙颗粒中值粒径的空间分布较均匀。

底质颗粒：调查海域底质颗粒中值粒径范围为  $9.51 \sim 9.73\mu\text{m}$ ，平均粒径范围为  $6.08 \sim 6.49\mu\text{m}$ ；测区内底质以细颗粒的粉砂（T）（占比 60.11%）和粘土（Y）（占比 38.06%）为主，还有少量砂（S），均为粘土质粉砂底质类型。

(2) 监测时段：2024 年 10 月 16 日~10 月 27 日

悬沙含沙量：调查海域含沙量范围为  $0.041\text{kg/m}^3 \sim 0.891\text{kg/m}^3$ ，本次监测平均含沙量为  $0.412\text{kg/m}^3$ 。调查海域垂向平均含沙量范围为  $0.164\text{kg/m}^3 \sim 0.657\text{kg/m}^3$ ，垂向变化明显，随着水深的增加，含沙量逐渐升高，最高含沙量出现在底层，最低含沙量出现在表层。

悬沙颗粒：调查海域悬沙颗粒中值粒径范围为  $4.510 \sim 7.980\mu\text{m}$ ，平均粒径范围为  $5.540 \sim 13.540\mu\text{m}$ ，均为粉砂类。悬沙颗粒中值粒径的空间分布较均匀。

底质颗粒：调查海域底质颗粒中值粒径范围为  $8.64 \sim 13.92\mu\text{m}$ ，平均粒径范围为  $5.87 \sim 10.51\mu\text{m}$ ；测区内底质以细颗粒的粉砂（T）（占比 58.92%）和粘土（Y）（占比 34.09%）为主，还有少量砂（S），均为粘土质粉砂底质类型。

### 5.3 施工影响控制

本工程施工期间对陆域和海域环境的影响主要是不同工程阶段和工程子项建设期间对生态环境、大气环境、水环境和声环境等方面的影响。为最大限度降低对环境的不利影响，采取以下缓解措施，主要包括：

#### 5.3.1 大气污染的控制

本工程施工期间对大气污染的防治主要是减少扬尘和尾气的释放，相应的防治措施包括：

- 施工区和车辆运输相关道路上散落的灰土及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润。
- 在环境保护目标附近使用隔离板使施工区与周围环境隔离。
- 开挖出的土方尽可能及时运至填方地段充填，尽量减少土方的堆置时间，应注意防止二次扬尘。
- 渣土临时堆放场加盖布条进行防护。
- 水泥等粉状建筑材料妥善保管，不得露天随意存放。
- 加强施工管理，合理调度运输车辆等。

本工程施工期间喷涂工序是将油漆主剂、固化剂和适量稀释剂混合均匀后，使用喷涂设备施涂到喷砂后的管道、板材、支架等物项表面，以形成固态漆膜。采取的防控措施如下：

- 优先考虑源头控制，选择使用环保型涂料；
- 喷涂车间设置排气筒、排风管道等废气收集装置，配备活性炭处理设施。

针对焊接烟尘，采取的防控措施有：

- 采用焊接烟尘收集装置，减少烟尘向空间的排放；
- 核岛安装的重要核级管道焊接使用钨极氩弧焊工艺，从源头上避免烟尘和有害气体的产生；
- 对焊接工艺进行优化，焊接工程量较大的物项（如水池钢覆面，钢结构支撑梁等）采用气体保护焊代替传统的焊条电弧焊，减少焊接烟尘。

#### 5.3.2 水污染的控制

本工程施工期间对水环境的污染主要考虑对海水水质的影响，影响虽然短暂

而且有限，但仍需要采取适当的防治措施以使污染最小化。海水污染防治措施主要包括：

- 海域工程施工采用合理可行的方法，尽量减少对海水的影响。
- 施工材料妥善保管，堆放地宜远离海岸，且需采取一定的防护措施。
- 加强对车辆、设备使用的油品以及船舶的管理，防止油品进入施工生产废水，严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物和在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器，避免污染水环境。
- 加强施工人员环保意识，禁止将生产废水和生活污水乱排或就近排海。本工程调试阶段，生产废水将通过非放废水二次处理设施进行处理后达标排放，确保生产废水的排放不会对海域环境造成明显的不利影响；生活污水经污水管网汇集至生活污水收集设施，纳入市政污水管网处理，不回用。
- 加强海洋监督管理体系建设。本工程建设期间重视用海环保要求。建立完善的组织管理与保障体系，对于工程建设期可能发生的各种事故，采取科学的对策和相应的应急措施，以保障本工程施工期安全生产。

### 5.3.3 生态污染的控制

本工程施工期间的场地开挖、车辆运输等会对陆生生态造成一定的不利影响，建设过程中通过恢复植被、增设水土保持设施等措施减少对陆生生态的影响。

本工程施工期间的取排水构筑物建设施工、防撞墩施工等会对海洋生态造成一定的不利影响，建设过程中通过合理选择施工方案、安排施工进度、采用先进机械等措施减少对海洋生态的影响。

### 5.3.4 噪声污染的控制

本工程施工期间可以通过以下措施来降低噪声水平或减少噪声对敏感点的影响：

- 建议使用低噪声施工设备，在高噪声源设备上加装消音、减震装置，经常对设备进行保养，维持设备处于良好的运转状态。
- 合理安排施工进度，避免在施工期间同步使用高噪声设备，严格控制夜间施工过程，对于可能影响到声环境敏感点的项目，禁止夜间施工，或

夜间施工禁止使用重型机械和车辆。

- 对于土石方爆破、场地负挖和设备安装带来的振动和噪声影响，采取深孔爆破方法，合理选择装药量，划定安全防护距离、装卸设备轻拿轻放等方式，来控制噪声及振动影响的范围。
- 厂区绿化，选用灌木和草坪等对噪声吸收效果较好的植物构成绿化带，减轻对周围声环境的影响。

#### 5.3.5 固体废弃物的控制

本工程施工期间实行严格的施工环境管理规定，对不同类别的施工垃圾和生活垃圾按分类进行处理。施工垃圾中不可回收利用的无毒无害废弃物由有相应处理资质的单位进行处理，可回收利用废弃物应尽量回收再利用；有毒有害废弃物按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）设置专门的危废贮存设施，具体管理措施包括：

- 禁止随意倾倒、丢弃所产生的危险废物，按照国家有关安全管理和环境保护的规定进行处理和回收。
- 危险废物交由相应承包商和具有相应处理资质的单位进行统一回收和处理。
- 在收集和外送处置的过程中，危险废物建立台帐，做到帐物相符。

通过采取上述措施，使本工程施工产生的固体废弃物尽可能实现回收利用和合理处置，以减轻对环境的影响。

## 第六章 核电厂运行的环境影响

### 6.1 散热系统运行的影响

#### 6.1.1 散热系统方案

三门核电厂位于浙江省东部三门湾南岸猫头山东北的大路湾至猫头山嘴一带。三门核电厂厂址三面环水，北面为蛇蟠水道，东面和东南面为猫头水道，南面为潮滩，西面为猫头山体。综合考虑多种因素后，本工程采用“北取南排”的取排水布置方案，即从厂区东北面的大深潭取水，在厂区南侧海域采用盾构隧道排水。

本工程运行过程中，需抽取大量海水用于散热系统的冷却，循环冷却水系统和厂用水系统采用直流系统，直接取三门湾海水作为冷却水。三门核电一期工程1、2号机组为AP1000核电机组，本工程3、4号机组为CAP1000核电机组。2台CAP1000核电机组的夏季冷却水流量为 $156.86\text{m}^3/\text{s}$ ，冬季冷却水流量为 $94.7\text{m}^3/\text{s}$ ，与三门核电一期工程2台AP1000核电机组相同。

三门核电一期工程1、2号机组的取、排水工程已建成运行，本工程3、4号机组的取排水方案也已确定。

#### 6.1.2 散热系统对水体的物理影响

##### 6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

##### 1) 对海域造成的水动力影响

本工程3、4号机组在三门核电一期工程1、2号机组基础上实施，叠加一期工程对海域造成的水动力影响。本工程3、4号机组取排水工程实施没有对海域流态造成明显影响。涨、落急流矢没有发生明显偏转。方案实施后，取水口附近流速变化细微，排水口附近，受排水口管阻水及排水流量影响，涨、落潮平均流速有所减小，形成了狭长的流速减小带。经统计，涨潮期平均流速减少 $0.02\text{m/s}$ 以上的海域面积约为 $0.12\text{km}^2$ ，涨潮期平均流速增加 $0.02\text{m/s}$ 以上的海域面积约为 $0.08\text{km}^2$ 。

##### 2) 冲淤影响

本工程3、4号机组在三门核电一期工程1、2号机组基础上实施，叠加一期工程的冲淤影响。本工程3、4号机组排水工程实施并运营会阻挡涨落潮流并形

成条状的淤积带。本工程 3、4 号机组取排水工程实施、机组投运首年，排水口附近淤积幅度大于 0.2m 以上的海域面积约为 0.04km<sup>2</sup>；本工程 3、4 号机组取水口附近未见明显冲淤，幅度在-0.1m~0.1m 之间。

本工程 3、4 号机组取排水工程实施、机组投运约五年，排水口附近淤积幅度大于 0.2m 以上的海域面积约为 0.36km<sup>2</sup>，淤积幅度大于 1m 以上的海域面积约为 0.006km<sup>2</sup>。

#### 6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

三门核电一期工程（1、2 号机组）为 2 台 AP1000 机组，已建成投入运行，主厂房位于乌龟山；本工程为二期工程（3、4 号机组），建设 2 台 CAP1000 机组，主厂房位于狮子山。核电厂循环水系统采用直流供水系统，用海水作为冷却水。经处理合格并达到排放标准后的液态流出物，考虑将其随温排水一起排入海域。

为了验证温排水数学模型计算结果的合理性，受三门核电有限公司委托，由太原理工大学（协调项目开展，完成数学模型验证工作）、核工业遥感中心（负责遥感测量工作）和浙江海测科技有限公司（负责水面流场、温度分布测量）联合完成 1、2 号机组运行后温排水影响的测量和验证计算工作。利用 1、2 号机组运行期间开展的水文同步测量潮流、海水温度资料和温排水测量资料，分析计算 1、2 号机组运行温排水的影响范围，并与数模计算结果比较。

结果表明，在前期数模计算的基础上，采用 2022 年夏季水文测验资料验证潮流场，流场模拟结果合理的反映了计算水域的潮流特征，可作为温排水验证计算的流场基础。采用厂址气象站的气象资料概化计算域的气象条件，计算 1、2 号机组运行工况三门湾海水温度的分布，与测量结果吻合较好。通过与原体温度场观测结果比较，表明前期完成的数模计算方法和成果合理可信。

太原理工大学于 2025 年完成浙江三门核电厂址 1~4 号机组（即本工程与三门核电一期工程 1、2 号机组）正常运行时的温排水排放三维数值模拟分析工作。温排水数学模型预测采用的水文同步测验资料为 2025 年由浙江海测科技有限公司开展的三门核电厂址水文泥沙测验综合分析报告，其中同步水文数据观测时间为 2024 年 7 月~2024 年 8 月（夏季）和 2024 年 12 月~2025 年 1 月（冬季）。

由于其他电厂排水口位于本工程 3、4 号机组排水口东南侧海域，因此对三门核电厂址 1~4 号机组温排水影响范围进行模拟时，考虑了与其他电厂二期 2

台机组的排水热量叠加效应。

由于三维数值模型更贴近取、排水口附近海域温排水三维水力热力特性，且连续半月潮中的某一潮型的温升分布包含了它的前一不同潮型的累积影响，更接近实际情况；因此，本报告基于三维数模的半月潮垂向投影最大结果进行分析。

### （1）三维数学模型及数值方法

#### （i）基本方程

##### 1）控制方程

描述不可压缩实际液体运动的基本方程为三维非线性 Navier -Stokes（简称 N-S）方程。对于河口、大型水库和海洋环境，由于垂向加速度与重力加速度相比很小可以忽略，因此可假定压强沿水深的分布为静压分布；同时热量和液态流出物对密度的影响仅考虑对动量方程中质量力项的影响，将粘性项、惯性力项和压力项中的密度视为常数，即采用 Boussinesq 近似。依据上述假设，对 N-S 方程简化得到准三维不可压缩实际液体的基本方程。

##### 2）数值方法

采用内外模式分裂技术将潮位和三维流速分开予以求解。

#### （ii）边界和初始条件

- 岸壁边界
- 水边界

给出外海潮位变化过程，其潮位过程由实测资料或附近水文站长期资料推求。流速和温度（浓度）采用基于对流的外延插值法获得。

- 初始条件
- 取排水口边界

速度及温升、核素相对浓度由不同工况下取排水流量、热量和质量守恒推出，排水出口温升为取水口的取水温升加排水温升，排水浓度考虑取水口浓度回归。

#### （iii）模拟范围

数模计算范围北至象山港，南至头门岛，纵向长约 143km，离岸水边界取在 40m 等深线处，模拟水域面积约 8150km<sup>2</sup>。模拟范围可覆盖 0.1℃等温升线的包络范围，能较好地反映核电厂排出的温排水的对流、扩散、回归和累积效果，水边界处理能满足计算精度要求。为了减小由于网格嵌套以及边界条件等带来的计算误差。

#### (iv) 网格步设

采用能适应天然不规则边界的三角形网格对模拟水域进行剖分,并根据不同地形情况、水流条件和工程布置要求而使网格疏密程度不同。三角形网格能很好地处理岸边曲线和滩槽相间的水下地形,并能较好地模拟水流归槽现象。网格大小由取排水口处向外逐步扩大。垂向平均划分为 10 层。

#### (v) 主要参数选择

计算参数参考类似工程,结合经验给出。具体有:

##### ● 水平涡粘性系数和扩散系数:

在对流作用较强的近岸海域,对流效应远大于紊动扩散效应,涡粘性系数和扩散系数的取值对计算结果的影响并不大,可根据其它工程实践经验取值。

##### ● 垂向涡动粘性系数和垂向热扩散系数:

垂向涡动粘性系数  $K_m$  和垂向热扩散系数  $K_h$  由嵌套的 2.5 阶湍流闭合模型求得。

##### ● 糙率系数

取  $n=0.02\sim0.032$ 。湾内汊道多,地形变化大,取  $n=0.03$ ,湾外取  $n=0.02$ 。此外,厂址以南的南海滩区域分布有光伏发电项目,由于大量桩群的阻水作用,导致水流阻力增大,河床等效糙率增加。通过海港桩群阻力效应与等效糙率的关系,求得该区域平均附加糙率系数  $n_D=0.012$ ,则桩群区域综合糙率系数  $n_{综}=n+n_D=0.02+0.012=0.032$ 。

##### ● 计算时间步长

$\Delta t=0.8s$

##### ● 水面综合散热系数

根据《工业循环水冷却水设计规范》(GB/T 50102-2014),采用通用公式。

#### (vi) 稳定性分析

稳定性分析是考虑计算过程中温升和浓度在计算域内的平衡过程,分析达到基本平衡所需要计算的时间,同时考虑机组停运后海域浓度和温升的稀释过程和恢复接近自然状态所需的时间。温排水的数值模拟计算时间取 4 个半月潮或 50 个典型潮 ( $25\times50=1250$  小时)。

#### (3) 温排水对水体的物理影响分析

专题报告成果以典型半月潮工况下 1~4 号机组正常运行时(叠加其他电厂二

期 2 台机组温排水热影响) 温排水排放形成的温升范围结果作为推荐结果。由于三门湾的潮流速较大, 温排水影响水域随潮变化明显, 涨潮时段热水主要影响排水口至湾顶水域, 落潮时影响排水口至湾口水域, 不同时刻重复影响水域的范围较小, 因此全潮最大温排水影响范围较大, 而全潮平均温升等值线包络面积较小。温排水最大温升等值线包络线与全潮平均温升等值线基本上沿三门湾西岸呈长条形分布, 由于大潮与小潮相比, 潮流量大, 热水更加贴岸。1、2 号机组排水口和温排水主要影响水域水深较小, 热水分层不明显, 3、4 号机组排水口附近水深、流急, 热水垂线掺混剧烈, 只在排水口附近存在热水分层, 离开排水口水域, 温排水很快掺混垂线分布趋于一致。实测半月潮包含有大潮、中潮和小潮, 更真实的反映了工程水域的潮流特征和变化过程。连续半月潮中的某一潮型的温升分布包含了它的前一不同潮型的累积影响, 更接近实际情况, 温排水在三门湾需要 40 个典型潮或 4 个半月潮才能达到动态平衡, 是长期累积的结果, 具有较长时期的概念, 半月潮最大温升热水影响包括不同潮型的热水影响到的水域, 其面积较大, 但持续时间较短。

根据三维数模试验结果, 浙江三门核电厂址在 1~4 号机组正常运行时(叠加其他电厂二期 2 台机组温排水热影响) 温排水排放形成的温升范围结果为:

夏季:

— 0.5℃全潮垂线投影最大温升包络面积为 214.7km<sup>2</sup>。

— 1℃全潮垂线投影最大温升包络面积为 74.34km<sup>2</sup>。(三门核电附近区域为 70.70km<sup>2</sup>)

— 2℃全潮垂线投影最大温升包络面积为 8.09km<sup>2</sup>。(三门核电附近区域为 7.57km<sup>2</sup>)

— 3℃全潮垂线投影最大温升包络面积为 4.93km<sup>2</sup>。(三门核电附近区域为 4.73km<sup>2</sup>)

— 4℃全潮垂线投影最大温升包络面积为 3.61km<sup>2</sup>。(三门核电附近区域为 3.51km<sup>2</sup>)

冬季:

— 0.5℃全潮垂线投影最大温升包络面积为 258.0km<sup>2</sup>。

— 1℃全潮垂线投影最大温升包络面积为 96.11km<sup>2</sup>。(三门核电附近区域为 87.53km<sup>2</sup>)

— 2℃全潮垂线投影最大温升包络面积为 11.43km<sup>2</sup>。（三门核电附近区域为 10.71km<sup>2</sup>）

— 3℃全潮垂线投影最大温升包络面积为 5.73km<sup>2</sup>。（三门核电附近区域为 5.46km<sup>2</sup>）

— 4℃全潮垂线投影最大温升包络面积为 4.24km<sup>2</sup>。（三门核电附近区域为 4.11km<sup>2</sup>）

#### （4）功能区划相符性分析

本节进行温排水影响评价时，采用三维数模成果中的 1~4 号机组正常运行时（叠加其他电厂二期 2 台机组温排水热影响）温排水排放形成的半月潮垂向投影最大等温升线包络面积。

##### （i）温排水用海相符性分析

浙江省水利河口研究院编制完成了《三门核电项目 3、4 号机组工程海域使用论证报告书（报批稿）》（2021 年 12 月），该报告已取得《自然资源部办公厅关于三门核电项目 3、4 号机组工程用海的函》（自然资办函〔2024〕331 号），同一厂址后续工程 5、6 号机组已取得《自然资源部办公厅关于三门核电项目 5、6 号机组工程用海预审意见的函》（自然资办函〔2023〕268 号）。

根据太原理工大学完成的温排水排放三维数模工作成果，1~4 号机组正常运行时（叠加其他电厂二期 2 台机组温排水热影响），冬季半月潮 4℃垂向投影最大温升包络面积为 4.24km<sup>2</sup>（三门核电附近区域为 4.11km<sup>2</sup>），夏季半月潮 4℃垂向投影最大温升包络面积为 3.61km<sup>2</sup>（三门核电附近区域为 3.51km<sup>2</sup>）。1~4 号机组正常运行时（叠加其他电厂二期 2 台机组温排水热影响）温排水排放形成的 4℃最大温升影响范围位于批准的温排水用海范围内。

##### （ii）近岸海域环境功能区划相符性分析

2024 年 3 月，《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（浙政函〔2024〕28 号文批复）正式发布，对浙江省近岸海域功能区名称和编号进行了全面更新，三门核电厂址近岸海域功能区划相应进行了调整，将原规划中的“三门临港工业三类区（TZC10III）”更新为“三门核电温排水三类区（台州）（ZJ10CII）”，该功能区面积 118.96 平方千米，市级代码 TZ02CII，主要使用功能为核电厂温排水用海，海水水温执行三类，其余水质指标执行二类，该功能区内含三门核电温排水混合区，面积 9.27 平方千米，混合区内人为温升不执行水质标准，其余指

标仍执行二类海水水质标准。原“三门临港工业三类区（TZC10III）”中部分海域调整为四类环境功能区（分别为“三门湾六鳌四类区（ZJ39DII）”和“三门湾洋市涂四类区（ZJ44DII）”）。

根据太原理工大学完成的温排水排放三维数模工作成果，1~4号机组正常运行时（叠加其他电厂二期2台机组温排水热影响），冬季半月潮2℃垂向投影最大温升包络面积为11.43km<sup>2</sup>（三门核电附近区域为10.71km<sup>2</sup>），4℃垂向投影最大温升包络面积为4.24km<sup>2</sup>（三门核电附近区域为4.11km<sup>2</sup>），夏季半月潮1℃垂向投影最大温升包络面积为74.34km<sup>2</sup>（三门核电附近区域为70.70km<sup>2</sup>），4℃垂向投影最大温升包络面积为3.61km<sup>2</sup>（三门核电附近区域为3.51km<sup>2</sup>）。1~4号机组正常运行时（叠加其他电厂二期2台机组温排水热影响）温排水排放形成的夏季1℃和冬季2℃最大温升影响范围位于三门核电温排水三类区（台州）（ZJ10CII）（三类海水水质标准）、三门核电码头四类区 ZJ40DIII（四类海水水质标准）和三门湾六鳌四类区（ZJ39DII）（四类海水水质标准）环境功能区，满足三类海水水质标准（温排水造成冬季海水温升不超过当时当地2℃，夏季海水温升不超过当时当地1℃）。4℃温升包络区域位于三门核电温排水三类区（台州）（ZJ10CII）内的三门核电温排水混合区区域内。

综上所述，1~4号机组正常运行时（叠加其他电厂二期2台机组温排水热影响）温排水排放形成的4℃最大温升影响范围处于《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（浙政函〔2024〕28号文批复）规定的三门核电温排水混合区范围内；1~4号机组正常运行时（叠加其他电厂二期2台机组温排水热影响）温排水排放形成的夏季1℃和冬季2℃最大温升影响范围处于《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（浙政函〔2024〕28号文批复）规定的三门核电温排水三类区（台州）（ZJ10CII）（三类海水水质标准）范围内。

### （iii）海洋生态红线影响分析

根据《浙江省自然资源厅关于启用“三区三线”划定成果的通知》（浙自然资发〔2022〕18号），浙江三门核电厂址周边海域共有6处海洋生态红线。

根据太原理工大学完成的温排水排放三维数模工作成果，1~4号机组正常运行时（叠加其他电厂二期2台机组温排水热影响），冬季半月潮2℃垂向投影最大温升包络面积为11.43km<sup>2</sup>（三门核电附近区域为10.71km<sup>2</sup>），夏季半月潮1℃垂向投影最大温升包络面积为74.34km<sup>2</sup>（三门核电附近区域为70.70km<sup>2</sup>）。1~4号

机组正常运行时（叠加其他电厂二期2台机组温排水热影响）温排水排放形成的夏季1℃和冬季2℃最大温升影响范围不涉及厂址附近海域海洋生态红线。

根据近岸海域环境功能区划相符性分析结果，1~4 号机组正常运行时（叠加其他电厂二期 2 台机组温排水热影响）温排水排放形成的夏季 1℃和冬季 2℃最大温升影响范围处于《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（浙政函〔2024〕28 号文批复）规定的三门核电温排水三类区（台州）（ZJ10CII）（三类海水水质标准）范围内，符合三类海水水质标准。

温排水对海洋生态的影响分析见 6.1.3 节。

#### （iv）国土空间总体规划相符性分析

根据《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》，三门核电厂址以东附近海域为工矿通信用海区，本工程所在厂址的海工工程以及 1~4 号机组正常运行时（叠加其他电厂二期 2 台机组温排水热影响）温排水排放形成的夏季 1℃和冬季 2℃最大温升影响范围涉及的用海方式为工矿通信用海区、交通运输用海区、渔业用海区，满足相关管控要求。

根据近岸海域环境功能区划相符性分析结果，1~4 号机组正常运行时（叠加其他电厂二期 2 台机组温排水热影响）温排水排放形成的夏季 1℃和冬季 2℃最大温升影响范围处于《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（浙政函〔2024〕28 号文批复）规定的三门核电温排水三类区（台州）（ZJ10CII）（三类海水水质标准）范围内，符合三类海水水质标准。

综上，本工程所在厂址的海工工程以及 1~4 号机组正常运行时（叠加其他电厂二期 2 台机组温排水热影响）温排水排放形成的夏季 1℃和冬季 2℃最大温升影响范围满足国土空间总体规划的管控要求。

#### （v）生态环境管控单元相符性分析

根据《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8 号）、《宁海县人民政府关于印发宁海县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（宁政发〔2024〕14 号）和《象山县人民政府关于印发象山县生态环境分区管控动态更新方案（发布稿）的通知》（象政发〔2024〕24 号），厂址排水口半径 15km 范围内共涉及台州市三门县、宁波市宁海县、象山县海域环境管控单元 11 个，其中优先保护单元 6 个，重点管控单元 3 个。厂址排水口所在的环境管控单元为：台州三门临海一带海域重点管控单元。

本工程所在厂址的海工工程、排水口位置以及 1~4 号机组正常运行时（叠加其他电厂二期 2 台机组温排水热影响）温排水排放形成的夏季 1℃和冬季 2℃最大温升影响范围满足海域生态环境管控单元、生态空间管控分区的管控要求，海工工程及温排水影响范围（夏季 1℃和冬季 2℃最大温升影响范围）满足生态环境分区管控动态更新方案的管控要求。

### 6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

取排水系统各个部分对海洋生物可能产生的影响主要通过机械因素、热因素和化学因素实现。在所有这些影响因素中，最主要的是排水系统的热影响以及取水系统的卷载撞击效应的影响。

#### 6.1.3.1 取水工程对水生生物的影响

取水系统对生物影响主要表现为取水的卷载效应，即水生物随核电厂抽取循环冷却水而进入冷却系统，并在其中受到热、压力等物理因素和氯化等化学因素综合影响而死亡的现象。一般取排水产生的卷载效应只对那些能通过取水系统滤网的鱼卵、仔鱼、仔虾、浮游生物及其它游泳类生物幼体产生明显的伤害。

##### 1) 卷载效应对浮游生物的影响

关于机械冲击，法国沿海电站的观测表明，对浮游植物并未产生明显的影响，对浮游动物的影响亦很小，死亡率低于 10%。但据东北师范大学的观测报告，机械冲击对进入冷却系统中的浮游植物造成的损伤率达到 11.98%-27.08%。经过 72 小时后，浮游藻类损伤后恢复的数量与自然海水中的数量相同，经过 3 天后即可恢复到原来的数量。浮游动物个体相对较大，对机械冲击较为敏感，经过冷却系统，其损伤率可能重些，其中部分个体立即致死。浮游动物的总损伤率为 55%，高于浮游植物。但浮游动物生殖周期短（一般 1~7 天），繁殖快，生物量周转率较高，浮游动物各种类恢复到原来数量的时间为 30 小时~6 天。

本工程运行期间，其取水系统产生的卷载效应对厂址附近海域的浮游生物造成一定影响，将使取水口附近小范围内的浮游生物（尤其是浮游动物）的生物量有所减少，局部范围的海洋初级生产力会有所降低。但由于浮游生物的生殖周期较短，繁殖较快，分布广泛，可认为卷载造成的损伤对海区的浮游生物总量及种群结构等的影响将是有限的。

##### 2) 卷载对仔稚鱼的影响

根据相关研究成果,在环境良好的实验条件下,大部分鱼虾类生长发育过程中的成活率约为1%~20%之间,但自然条件下生长环境较恶劣,鱼卵仔鱼的成活率更低,一般都要低于10%。本工程取水量有限,由卷载效应造成的海洋鱼虾类的仔鱼死亡数量要远低于这些海洋渔业资源在自然环境下的死亡数量。国内若干电厂的现场实测结果,进入电厂冷却系统的梭鱼幼鱼(体长25~40mm)的损伤率为31.6%~46.3%。国外有关报道认为,卷吸效应造成的幼鱼致死率与幼鱼的体长有关,两者呈负相关关系。幼鱼体长在14~40mm范围内体长每增加1mm,幼鱼因卷吸而造成的死亡率减少约3%。冷却系统对仔虾的损伤实验表明,因卷吸进入冷却系统的仔虾致死率为24.3%~56.9%,平均为40.7%。仔虾损伤率随其密度的增加而增加,两者呈正相关关系。然而,在加氯情况下,进入冷却系统的海洋生物的死亡率要大于上述结果。

根据自然资源部第三海洋研究所完成的《三门核电项目5、6号机组工程厂址附近海域生态环境现状调查及分析评价(2024.12)》中的四季调查结果(调查海域涵盖1~4号机组取水口附近海域),依照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007)计算取排水引起的海洋生物资源损失量,取水卷载对鱼卵和仔稚鱼造成的损失分别为 $3.73 \times 10^9$ 粒/a和 $5.71 \times 10^9$ 尾/a。

三门核电一期工程1、2号机组运行工况下,结合2台机组取水量,2022年8月~2023年7月卷载生物合计 $7.62 \times 10^9$  ind.,其中鱼卵 $2.67 \times 10^9$  ind.,仔稚鱼 $4.95 \times 10^9$  ind.。卷载生物个体数的高峰期在4月~7月份,其中6月份的个体数最大( $3.38 \times 10^9$  ind.),其他月份卷载生物个体数较少,12月份的个体数最少( $1.59 \times 10^5$  ind.)。本工程3、4号机组运行工况下,结合本工程取水量,总理论损失个体数为 $8.15 \times 10^9$  ind.,其中鱼卵 $2.92 \times 10^9$  ind.,仔稚鱼 $5.24 \times 10^9$  ind.。与海洋生物资源损失量估算结果处于同一水平。

综上所述,可以认为取排水对仔稚鱼的影响较小,其机械损伤造成的存活率变化在可接受范围内。

### 3) 卷载对底栖生物的影响

底栖生物成体的生活方式为底埋或底表方式,因此受核电厂取水口卷载作用的影响甚微。底栖生物的早期发育阶段主要为浮游幼虫形态,个体非常微小(大小一般为50~100微米),在繁殖季节,浮游幼虫有可能被核电厂取水口少量吸入;但总体而言,卷载的机械冲击损伤对个体微小的底栖生物浮游幼虫不会产生明显

影响。

#### 4) 卷载对环境敏感区的影响

本工程厂址半径 15km 范围内没有省级以上的自然保护区，根据《浙江省自然资源厅关于启用“三区三线”划定成果的通知》（浙自然资发〔2022〕18 号），排水口与生态保护红线最近距离为 8.13km，本工程运行期间取水不会对周围海域分布的生态保护红线产生影响。

本工程厂址半径 5km 范围内无国家级水产种质资源保护区分布，最近的国家级水产种质资源保护区位于 10km 外。因此本工程运行期间取水不会对周围海域分布的水产种质资源保护区产生影响。

#### 5) 取水系统设计

本工程取水设施口设有拦网；同时采用了取水口流速控制的方式，使得取水口附近的流速与周围海域的潮流流速接近一致，以此减少取水设施对海洋生物的卷载效应影响。

### 6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

#### 1) 对海洋生物的影响

核电厂运行过程中，大量的冷却水经过散热装置后升温，其后排入周围水体中，将导致周围水体有一定的温升。如果环境水体升温后超过海洋生物生长的适宜温度，温度的升高将可能导致海洋生物的生长受到抑制或死亡。另外，自然水体经过冷却系统后骤然形成的高温差，亦有可能使海洋生物不适应而造成死亡。但如果在适温范围内，环境水体温度的升高，则会促进海洋生物的生长和繁殖。

##### （1）对浮游生物的影响

根据太原理工大学完成的温排水排放三维数模工作成果，1~4 号机组正常运行时（叠加其他电厂二期 2 台机组温排水热影响），冬季半月潮 3℃垂向投影最大温升包络面积为 5.73km<sup>2</sup>（三门核电附近区域为 5.46km<sup>2</sup>），夏季半月潮 3℃垂向投影最大温升包络面积为 4.93km<sup>2</sup>（三门核电附近区域为 4.73km<sup>2</sup>），其影响范围仅局限于排水口周围的小范围区域内。而多数浮游生物在生存水体温度不超过 35℃时，不会被抑制生长或造成死亡。本工程所在厂址附近海域在夏季最高水温时温排水造成 4℃温升包络线以外的海水温度将低于 35℃，不会对浮游生物的生长造成不可逆的影响。

##### （2）对鱼虾贝类的影响

水温对鱼类、虾类和贝类的各种生命活动过程有很大的影响。一般而言，在适温范围内，水温的升高会提高鱼类、虾类和贝类的摄食能力，促进其性成熟加快、生长加速。但是，如果水温超过适温范围，将会抑制其新陈代谢和发育生长；如果超过其忍受限，还将会有导致其死亡的危险。此外，对于鱼类和虾类等具有游泳能力的海洋生物，它们能感受到环境水温的微弱变化，对超出适温范围的高温或低温水体，具有回避反应。

《三门核电五六号机组厂址附近水生生物及海域重要代表物种的调查及评价取水生物损失量调查最终成果报告》（2023年11月）中根据三门RIS物种筛选结果，结合样品的可获得性和室内暂养情况，选择了7个物种进行了热影响实验。结果表明，各受试物种在不同季节受温排水胁迫的程度不同，在三门湾附近海域，夏季海水温度较高，夏季的热胁迫影响最为显著。根据中国辐射防护研究院完成的《三门核电项目5、6号机组工程厂址区域常规气象和极端气象补充调查及统计分析》（2023年5月）结果，冬季水温取最冷3个月平均温度为11.5℃，夏季取最热3个月平均温度29.8℃。温升范围为4℃时，均未达到上述7个物种的最大临界温度范围。

夏季时，温排水导致排水口附近海域局部升温，部分温升范围（4℃温升区）将超过鱼类的适宜温度。鱼类为游泳生物，能回避不适的热环境。本次调查所捕获的大部分鱼类均为适温广的暖温性鱼类，适应温度的能力比较强，对其影响相对较小。

根据厂址附近海域的海洋生态和渔业资源专题调查成果，本工程所在厂址邻近海域无重要鱼类的产卵场、索饵场和越冬场、洄游通道、天然渔场分布，本工程温排水对厂址以东的东海海域的鱼类产卵场、索饵场和越冬场、洄游通道、天然渔场等重要生态敏感区无影响。

依照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）计算取排水引起的海洋生物资源损失量，结果如下：

每年温排水造成的鱼卵、仔鱼损失量分别约为  $2.01 \times 10^8$  粒/a 和  $3.08 \times 10^8$  尾/a，造成的游泳动物损失约为  $9.39 \times 10^5$  尾/a。

### （3）对底栖生物的影响

水温升高对底栖生物的影响与其对鱼虾贝类的影响类似；此外，海水的温升效应会使底栖生物的繁殖期提前。

三门湾的主要分布类群为多毛类和软体动物。软体动物双壳类和多毛类主要是底埋性栖息类群，运动性低。软体动物中的腹足类如红螺，为底爬性生态习性，具备一定的爬行运动能力。厂址海域出现的底栖生物种类，均为暖温带生物种类，最适宜的海水温度为14~25℃，在28℃以下海水温度条件下，能正常生存。虽然厂址邻近海域4℃温升区内的海水温度将超过一些重要底栖生物正常生存温度的上限，对底栖生物可产生一定损害，但影响范围仅限于厂址邻近海域。

本工程温排水涉及的三门东部滩涂湿地区域原属于《浙江省人民政府关于印发浙江省海洋生态红线划定方案的通知》（浙政办发〔2017〕103号）中海洋生态红线管控区33-Xd07范围。根据《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》、《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8号），三门东部滩涂湿地所在区域不属于生态保护红线。根据6.1.2.2节温排水影响范围与《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》、《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8号）相符性分析，本项目温排水用海影响符合国土空间总体规划及生态环境分区管控动态更新方案的管控要求，本工程和已投运的三门核电一期工程1、2号机组产生的温排水对三门东部滩涂湿地影响有限，不会破坏其基本生态功能。

#### （4）对污损生物的影响

污损生物对核电厂的影响主要为其附着在核电厂取排水设施（如管道）上所带来的影响。厂址附近的海水温度较低，不利于污损生物的附着生长，同时本工程排水工程布置方案为“北取南排”的取排水布置方案，即从厂区东北面的大深潭取水，在厂区南侧海域采用盾构隧道排水。即使因温度升高导致附着在取排水口的污损生物增加，也不会影响本工程的正常运行。

#### （5）对环境敏感区的影响

1~4号机组正常运行时（叠加其他电厂二期2台机组温排水热影响）温排水排放形成的夏季1℃和冬季2℃最大温升影响范围不涉及生态保护红线。夏季1℃和冬季2℃最大温升影响范围位于三门核电温排水三类区（台州）（ZJ10C II），符合水质要求。

### 2）对水产养殖的影响

#### （1）对养殖区的影响

根据台州市三门县、宁波市宁海县近四年（2020-2023年）和象山县近四年

（2020-2023 年）海水养殖产量和面积（按水域和养殖方式分）统计，水域养殖主要是在海上，滩涂和其它方式，养殖方式主要有池塘、筏式、吊笼、底播以及网箱等。三门县海水养殖产量和面积均有所增加，宁海县和象山县海水养殖产量和面积变化小。

厂址半径 5km 范围内有渔光互补；网箱养殖（主要养殖鲈鱼、大黄鱼和鲷鱼等经济鱼类）；缢蛏滩涂养殖；青蟹、泥蚶和脊尾白虾池塘养殖；野生泥螺分布区。渔光互补区域无养殖场分布。

本工程依据 1~4 号机组正常运行时（叠加其他电厂二期 2 台机组温排水热影响）温排水排放形成的夏季 1℃和冬季 2℃最大温升影响范围判断其对厂址周围海域海水养殖及滩涂养殖的影响。温排水夏季 1℃温升线包络范围内仅涉及厂址周边渔光互补（渔光互补区域无养殖场分布）和三门湾内的牡蛎养殖，温排水夏季 1℃温升线边缘涉及田湾岛青蟹养殖区域，不涉及缢蛏等养殖区域。根据《三门核电五六号机组厂址附近水生生物及海域重要代表物种的调查及评价取水生物损失量调查最终成果报告》（2023 年 11 月）中调查的 7 个物种的最大临界温度范围下限为 38.6℃，而根据中国辐射防护研究院完成的《三门核电项目 5、6 号机组工程厂址区域常规气象和极端气象补充调查及统计分析》（2023 年 5 月）结果，夏季最热 3 个月平均海水温度为 29.8℃，远低于 38.6℃，因此不会对养殖造成影响。对于滩涂养殖，三门核电厂在《三门核电项目 5、6 号机组用海利益相关者协调方案》中进行说明，与三门县人民政府、宁海县人民政府分别签订《关于项目用海的协议》，委托三门县人民政府、宁海县人民政府对温排水 1℃温升线包络范围内涉及的用海利益相关者进行用海补偿。

综合分析而言，本工程产生的温排水对附近区域的养殖区基本没有影响。

## （2）对水产种质资源保护区的影响

本工程半径 5km 范围内无国家级水产种质资源保护区分布，最近的国家级水产种质资源保护区位于 10km 外。本工程排放的温排水夏季 1℃和冬季 2℃最大温升影响范围不涉及国家级水产种质资源保护区核心区和试验区，温排水夏季 1℃温升线距试验区边界的最近距离大于 3km。

因此本工程运行期间不会对周围海域分布的水产种质资源保护区产生影响。

### 6.1.3.3 海洋生态影响分析

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）附录 F，对

本工程对海洋生态影响程度进行判定。经分析，本工程对厂址附近海域生态敏感区、生物资源、重要物种的影响程度为弱，对特殊生境的影响为无(参见表 6.1-1)，因此本工程对海洋生态的影响是可接受的。

表 6.1-1 本工程海洋生态影响程度分级表

| 影响要素  | 影响程度 | 判定依据                                                                                                                                                                     |
|-------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 生态敏感区 | 弱    | 本工程距生态保护红线、自然保护区等生态敏感区较远，工程未占用、损害或阻隔海洋生态敏感区。<br>本工程 4℃温升包络区域不贴岸，本工程与三门核电一期工程 1、2 号机组夏季 1℃和冬季 2℃最大温升影响范围位于三门核电温排水三类区（台州）（ZJ10CII），符合水质要求；温排水夏季 1℃和冬季 2℃温升包络区域不涉及海洋生态保护红线。 |
| 生物资源  | 弱    | 本工程附近海域无重要水生生物“三场一通道”。<br>本工程施工期和运行期会对工程海域的生物资源造成轻微损害，生产能力略受损害。                                                                                                          |
| 重要物种  | 弱    | 本工程附近海域无珍稀濒危动植物。<br>本工程施工期和运行期温排水会导致海工施工区 and 高温升区生物数量和种群规模略有减小，工程占用和温排水高温升区会间接干扰重要物种生境，使其活动空间略有受限。                                                                      |
| 特殊生境  | 无    | 本工程附近海域未发现红树林、珊瑚礁、海草床、海藻场等特殊生境。                                                                                                                                          |

## 6.2 正常运行的辐射影响

本工程 3、4 号机组与三门核电一期工程 1、2 号机组位于同一厂区内，属一址多堆厂址，3、4 号机组采用 CAP1000 技术方案。本节将对 3、4 号机组 2 台 CAP1000 压水堆核电机组正常运行工况下排放的气态和液态流出物所造成的辐射影响进行估算及评价，同时将综合考虑三门核电一期工程 1、2 号机组的叠加影响。

### 6.2.1 流出物排放源项

本报告估算环境介质中的放射性核素浓度、公众的最大个人剂量和非人类生物的辐射剂量时，采用本工程流出物的排放申请值；在分析关键人群组、关键核素、关键照射途径时，采用本工程流出物的排放预期值。

### 6.2.2 照射途径

#### 6.2.2.1 气态途径

在正常运行工况下，本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组产生的气态流出物通过烟囱排放。通过气态途径释放到大气中的流出物在大气弥散过程中对公众造成辐射照射的途径如图 6.2-1 所示。在估算对周围公众造成的辐射剂量时考虑了如下的照射途径：

1) 气态流出物排放至大气中后，人员吸入含放射性核素的空气造成的内照射。

2) 气态流出物排放至大气中后，放射性核素因干、湿沉降导致在农作物中积累，人食入含放射性核素的粮食、蔬菜等食物造成的内照射。

3) 气态流出物排放至大气中后，放射性核素因干、湿沉降导致在饲料作物中积累，并通过饲料进入家禽家畜体内，人员食入由含放射性核素的肉、奶及其制品造成的内照射。

4) 气态流出物排放至大气中后，人员浸没于含放射性核素的空气中受到的烟云浸没外照射。

5) 气态流出物排放至大气中后，放射性核素由于干、湿沉降导致地面沉积，人员在该区域内活动受到的地面沉积外照射。

在气态食入途径中，以  $\text{CO}_2$  形式存在的  $^{14}\text{C}$  可被植物通过光合作用吸收，从

而通过食物摄入的形式进入食物链，对摄入者造成内照射影响。根据 IAEA 第 421 号技术报告，压水堆堆型通过气态途径释放到环境中的  $^{14}\text{C}$  主要为碳氢化合物形态（占比约 75%~95%），仅有少部分  $^{14}\text{C}$  为  $\text{CO}_2$  的形式。因此，针对  $^{14}\text{C}$  在气态食入途径下的影响，保守考虑二氧化碳形态排放的  $^{14}\text{C}$  占  $^{14}\text{C}$  气态排放总量的 25%开展评估。

#### 6.2.2.2 液态途径

在正常运行工况下，本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组产生的液态流出物，经处理合格后排入厂址附近海域。在辐射环境影响评价中，液态流出物对公众造成辐射照射的途径如图 6.2-2 所示。在估算对周围公众造成的辐射剂量时考虑了如下的照射途径：

- 1) 液态流出物排放至水体中，人员食用在受纳水域生长的水产品（或水生生物）所致的内照射；
- 2) 液态流出物排放至水体中，人员在受纳水域中游泳或划船等活动造成的外照射；
- 3) 液态流出物排放至水体中，岸边沉积的放射性核素对岸边活动公众所造成的外照射。

#### 6.2.2.3 其他途径

本工程排放方式仅为：1、通过液态流出物排放口排放液态流出物；2、通过烟囱排放气态流出物，无其他排放途径，因此不考虑其他照射途径。

### 6.2.3 计算模式与参数

#### 6.2.3.1 气态途径

本工程气态流出物通过气态途径对公众所致剂量的计算模式、主要输入参数和计算结果见下述描述。

在大气弥散因子计算中考虑了建筑物尾流影响，以及混合层高度的修正，同时也考虑了干、湿沉积损耗，核素衰变损耗的修正。 $\bar{u}$

大气弥散参数  $\sigma_y$ 、 $\sigma_z$  是进行大气弥散计算的基本参数，本阶段采用的大气弥散参数综合考虑了三门核电厂址大气扩散试验、风洞模拟实验所得到的结果。

本工程气态流出物大气弥散计算所需的风向、风速、稳定度联合频率取自厂

址气象观测设施 80m 高度的联合频率。在大气弥散因子计算中考虑了不同类别混合层高度的影响，取值为：A-B 类 870m，C 类 790m，D 类 640m。

本工程气态流出物排放烟囱的高度为 74.84m，安全壳高度为 69.8m。

本工程 2 台核电机组在正常运行时，按照图 6.2-1 所示照射途径计算放射性流出物通过气态途径释放对人的受照剂量。

#### 6.2.3.2 液态途径

太原理工大学于 2025 年完成浙江三门核电厂址 1~4 号机组正常运行时的液态流出物、余氯排放二维数值模拟分析工作。

##### 1) 受纳水体的稀释因子

###### (1) 模型方程

从不可压缩流体运动的基本方程——N-S 方程出发，忽略物理量沿水深方向的变化，将其沿水深方向积分，即求得深度平均的平面二维水流运动方程。

###### (2) 计算条件

水动力模拟计算原理、边界条件详见前文 6.1.2 节中温排水数值模拟计算的部分。

###### (3) 模型参数选择

关键参数取值详见前文 6.1.2 节中温排水数值模拟计算的部分。

不同核素半衰期如表 6.2-1 所示。

###### (4) 计算范围

计算液态流出物稀释 1000 倍的影响范围，确定数模计算范围北至象山港，南至头门岛，纵向长约 143km，离岸水边界取在 40m 等深线处，模拟水域面积约 8150km<sup>2</sup>。

##### 2) 液态流出物对人体的受照有效剂量

液态途径剂量计算采用《滨海核电厂液态流出物辐射环境影响评价技术规范》（NB/T20199-2013）推荐的计算模式。

#### 6.2.4 大气弥散和水体稀释

##### 6.2.4.1 大气弥散

表 6.2-2~6.2-7 分别列出了厂址半径 80km 范围内各子区代表性放射性核素 <sup>85</sup>Kr、<sup>133</sup>Xe、<sup>131</sup>I、<sup>137</sup>Cs、<sup>3</sup>H 和 <sup>14</sup>C 混合释放情况下年均长期大气弥散因子值。

厂址半径 80km 范围因干、湿沉积所致的元素碘和粒子态核素年均沉积因子见表 6.2-8~表 6.2-9。

#### 6.2.4.2 水体稀释

液态流出物在受纳水体中的稀释扩散，与受纳水体的水文气象条件、取排水构筑物的形式以及废水排放方式有密切关系。

根据《三门核电项目温排水和液态流出物排放二维数值模拟计算报告》(2025 年 6 月)，综合考虑冬、夏季半月潮全潮平均情况，在距离排放口约 1km 处的稀释因子为 0.2，约 2km 处的稀释因子为 0.1，约 10km 处的稀释因子小于 0.04，相对浓度等值线包络面积见表 6.2-10 和表 6.2-11。

采用数模半月潮全潮平均相对浓度计算结果，并考虑到本工程周围岸边居民点、海上活动人群等与核电厂排水口的相对位置，因此，在计算厂址附近居民个人最大有效剂量、80km 范围内的集体有效剂量时，稀释因子取 0.1。

### 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

#### 6.2.5.1 大气中主要核素浓度

表 6.2-12~6.2-17 分别列出了厂址半径 80km 范围内各子区代表性放射性核素  $^{85}\text{Kr}$ 、 $^{133}\text{Xe}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  混合释放情况下空气中的平均活度浓度。由表可见，各核素浓度最大值出现在 SSE 方位 0~1km 处。

#### 6.2.5.2 海水中主要放射性核素浓度

《海水水质标准》(GB3097-1997)中规定了 5 种放射性核素的限值，本工程单台 CAP1000 压水堆核电机组的液态流出物年排放量约为  $7700\text{m}^3$ ，排放方式为间歇排放，排放速率最大为  $300\text{m}^3/\text{h}$ 。1 台 CAP1000 压水堆核电机组冬季冷却水流量约为  $47.35\text{m}^3/\text{s}$ ，考虑本工程 2 台机组中的 1 台机组大修、1 台机组运行的工况，该工况下仅有 1 台机组的循环冷却水处于正常运行状态，根据 5 种核素的年排放量申请值计算得到总排放口各核素的浓度见表 6.2-18。由表 6.2-18 可见，总排放口 5 种核素的浓度均小于《海水水质标准》(GB3097-1997)中规定的限值。

### 6.2.6 公众的最大个人剂量

#### 6.2.6.1 本工程气态途径辐射剂量

气态途径剂量转换因子采用我国国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、国际原子能机构报告和美国联邦导则报告等。

根据 CAP1000 核电机组正常运行工况下气态流出物排放申请值、放射性核素平均长期大气弥散因子、地面沉积因子、食物摄入量、剂量转换因子等数据，计算了三门核电厂 3、4 号机组在正常运行工况下由气态途径对厂址周围居民可能造成的最大个人有效剂量。

根据气态途径剂量计算结果，三门核电厂 3、4 号机组由气态途径所致婴儿、儿童、青少年和成人的最大个人剂量分别为  $3.28\text{E-}04\text{mSv/a}$ 、 $7.02\text{E-}04\text{mSv/a}$ 、 $5.43\text{E-}04\text{mSv/a}$  和  $4.63\text{E-}04\text{mSv/a}$ 。

#### 6.2.6.2 本工程液态途径辐射剂量

液态途径剂量转换因子采用剂量转换因子采用我国国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和美国联邦导则报告。

根据液态途径剂量计算结果，三门核电厂 3、4 号机组由液态途径所致厂址附近的婴儿、儿童、青少年和成人的最大有效剂量为  $1.88\text{E-}05\text{mSv/a}$ 、 $1.94\text{E-}04\text{mSv/a}$ 、 $1.68\text{E-}04\text{mSv/a}$ 、 $2.04\text{E-}04\text{mSv/a}$ 。

#### 6.2.6.3 本工程辐射剂量汇总

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定：任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过  $0.25\text{mSv}$ 。

三门核电厂 3、4 号机组在正常运行期间由气态途径和液态途径排放所致的最大个人受照有效剂量为  $8.96\text{E-}04\text{mSv/a}$ ，为《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定的  $0.25\text{mSv/a}$  的 0.36%。气态途径所致厂址半径 80km 范围内居民集体有效剂量  $1.19\text{E-}01\text{人}\cdot\text{Sv/a}$ 。液态途径所致厂址半径 80km 范围内居民集体有效剂量  $1.16\text{E-}02\text{人}\cdot\text{Sv/a}$ 。厂址半径 80km 范围内集体有效剂量为  $1.31\text{E-}01\text{人}\cdot\text{Sv/a}$ 。

#### 6.2.6.4 本工程和三门核电一期工程 1、2 号机组的辐射剂量汇总

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定：任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过  $0.25\text{mSv}$ 。

根据本工程 3、4 号核电机组流出物排放申请值和 1、2 号核电机组流出物排放申请值进行公众剂量评估，考虑当地居民的生活习惯，并采用偏保守的假设条件，计算得到的公众最大受照剂量如下：

根据气态途径剂量计算结果，三门核电厂 1~4 号机组由气态途径所致厂址附近的婴儿、儿童、青少年和成人的最大个人剂量分别为  $6.61\text{E-}04\text{mSv/a}$ 、 $1.50\text{E-}03\text{mSv/a}$ 、 $1.12\text{E-}03\text{mSv/a}$ 、 $9.41\text{E-}04\text{mSv/a}$ 。

根据液态途径剂量计算结果，三门核电厂 1~4 号机组由液态途径所致厂址附近的婴儿、儿童、青少年和成人的最大个人剂量分别为  $4.02\text{E-}05\text{mSv/a}$ 、 $4.29\text{E-}04\text{mSv/a}$ 、 $3.67\text{E-}04\text{mSv/a}$ 、 $4.24\text{E-}04\text{mSv/a}$ 。

三门核电厂 1~4 号四台机组正常运行期间流出物排放所致最大个人有效剂量为  $1.93\text{E-}03\text{mSv}$ ，为位于厂址 W 方位 2-3km 处的赤头村的儿童，所致最大个人有效剂量占《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定（ $0.25\text{mSv/a}$ ）的 0.77%。

气态途径所致厂址半径 80km 范围内居民集体有效剂量  $2.25\text{E-}01 \text{ 人}\cdot\text{Sv/a}$ 。液态途径所致厂址半径 80km 范围内居民集体有效剂量  $2.33\text{E-}02 \text{ 人}\cdot\text{Sv/a}$ 。厂址半径 80km 范围内集体有效剂量为  $2.48\text{E-}01 \text{ 人}\cdot\text{Sv/a}$ 。

## 6.2.7 非人类生物的辐射剂量

### 6.2.7.1 非人类水生生物的辐射剂量

水生生物受到的辐射照射主要来自宇宙射线、天然放射性及核设施液态流出物，这些照射导致了水生生物的外照射剂量和内照射剂量。其中外照射剂量来源于水体照射和底泥照射；内照射剂量来源于生物直接摄入放射性核素。

基于欧洲模式的非人类生物辐射评价方法采用了危害商的定义，危害商的定义是剂量估算值与参考值的比值，具体公式如下：

$$RQ = \frac{\text{预测的生物剂量率}}{\text{认定安全的剂量率基准值}}$$

由公式可知，如果危害商小于 1，说明生物的辐射影响是可以接受的。

基于欧洲模式的非人类生物辐射评价方法由三级筛选组成：一级筛选中只需输入要评价的生态系统、选择核素、输入核素在介质中的活度浓度，导出危害商，若危害商大于 1 则进入二级筛选；二级筛选在一级筛选的基础上增加了生物种类

的选择，同时允许核素参数设置（包括分布系数、生物参数设置等）；三级筛选的特点是核素参数设置时，不但可以输入或采用默认值，也可以根据选择的分布类型计算其分布值（可选择 7 种，包括指数分布、正态分布、三角分布、均匀分布、对数正态分布、对数三角分布、对数均匀分布）。

根据《三门核电项目 5、6 号机组工程厂址附近海域生态环境现状调查及分析评价（含渔业资源调查）报告》（2025 年 4 月），结合欧洲模式的非人类生物辐射评价方法，选取鸟类、底层鱼、甲壳类、大型海藻（藻类）、软体双壳类、浅层鱼、浮游植物、多毛纲动物（蠕虫）、维管植物、浮游动物等 10 类水生生物，对本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组的水生生物的辐射剂量进行了计算。本次计算采用二级筛选模式，同时采用默认值。

表 6.2-19 给出了厂址受纳海域代表性生物及本工程 2 台机组和 1~4 号机组正常运行时液态流出物排放对受纳海域中水生生物造成的危害商，本次评价保守的采用基于欧洲模式的非人类生物辐射评价方法中默认的剂量率基准值： $10\mu\text{Gy/h}$ 。考虑到液态流出物进入受纳海域后会马上被海水所稀释，同时各类生物也会具有一定的移动能力，因此计算时各核素浓度考虑 5 倍的稀释倍数。

由表 6.2-19 可知，本工程 2 台机组正常运行时液态流出物排放对受纳海域中水生生物造成的危害商最大为多毛类，其值为  $2.50\text{E-}02$ ，小于 1，无需进一步开展三级筛选评价，且二级筛选评价模式评价使用的参数具有保守性。1~4 号机组正常运行时液态流出物排放对受纳海域中水生生物造成的危害商最大为多毛类，其值为  $3.72\text{E-}02$ ，小于 1，无需进一步开展三级筛选评价，且二级筛选评价模式评价使用的参数具有保守性。

因此，可以认为，本工程 2 台机组和 1~4 号机组正常运行工况下，液态流出物排放不会对受纳海域中的水生生物产生影响。

#### 6.2.7.2 非人类陆生生物的辐射剂量

根据《三门核电厂址附近陆域生态环境调查及分析评价成果报告》（2025 年 5 月）并结合欧共体非人类生物辐射评价模式，选取两栖动物、环节动物、食腐类节肢动物、鸟类、飞行类昆虫、草本植物、苔藓类植物、大型哺乳动物、小型掘穴类哺乳动物、腹足纲软体动物、爬行动物、灌木、乔木等 13 类陆生生物开展评价。基于欧洲模式的非人类生物辐射评价方法计算

采用本工程气态流出物排放申请值进行非人类陆生生物的辐射剂量评估，表 6.2-20 给出了本工程 2 台机组和 1~4 号机组正常运行时气态流出物排放对陆生生物造成的危害商，本次评价保守的采用欧共体非人类生物辐射评价模式中默认的剂量率基准值：10 $\mu$ Gy/h。

本工程 2 台机组正常运行时气态流出物排放对陆生生物造成的危害商最大为鸟类，其值为 1.25E-03，远小于 1。可以认为，本工程 2 台机组正常运行工况下，气态流出物排放对陆生生物影响很小。叠加三门核电一期工程 1、2 号机组后，危害商最大仍为鸟类，其值为 2.62E-03，远小于 1，可以认为，本工程 3、4 号机组和 1~4 号机组在正常运行工况下，气态流出物排放对陆生生物影响很小。

## 6.2.8 辐射影响评价

### 6.2.8.1 排放量和排放浓度评价

本工程 CAP1000 核电机组气态流出物和液态流出物的年排放量申请值和槽式排放口处排放浓度，以及本工程 3、4 号核电机组及本工程所在三门核电厂址已投运的 1、2 号核电机组气态流出物和液态流出物年排放量申请值之和均满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定。

本工程槽式排放口处液态流出物中氚的平均排放浓度满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）中规定的槽式排放口处液态流出物中氚的活度浓度不应超过 3.0E+07Bq/L 的限值要求。<sup>14</sup>C 的平均排放浓度满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）中规定的槽式排放口处液态流出物中 <sup>14</sup>C 的活度浓度不应超过 3.0E+03Bq/L 的限值要求。其他核素的活度浓度满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规范性附录 D 的要求。

### 6.2.8.2 辐射剂量评价

#### 1) 公众

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定：任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过 0.25mSv。

采用本工程和三门核电一期工程 1、2 号核电机组流出物排放申请值进行公众剂量评估，考虑当地居民的生活习惯，并采用偏保守的假设条件。本工程 2 台 CAP1000 核电机组正常运行期间所致最大个人有效剂量为 8.96E-04mSv/a。本工

程 2 台 CAP1000 与已投运的 1、2 号核电机组正常运行期间所致最大个人有效剂量为  $1.93\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，占《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定（ $0.25\text{mSv/a}$ ）的 0.77%。因此，本工程正常运行期间对环境的辐射影响是可以接受的。

## 2) 非人类生物

采用本工程和三门核电一期工程 1、2 号核电机组流出物申请值进行非人类生物的辐射剂量评估，本工程 3、4 号核电机组正常运行时，以及 1~4 号机组正常运行期间液态流出物排放对受纳海域中水生生物造成的危害商小于 1（即辐射剂量率小于辐射剂量率基准值  $10\mu\text{Gy/h}$ ），液态流出物排放不会对受纳海域中的水生生物产生影响。

本工程 3、4 号正常运行时，以及 1~4 号机组正常运行期间气态流出物排放对陆生生物造成的危害商小于 1（即辐射剂量率小于辐射剂量率基准值  $10\mu\text{Gy/h}$ ），气态流出物排放不会对陆生生物产生影响。

表 6.2-1 不同放射性核素衰变系数

| 半衰期               | 5a                      | 250d                    | 70d                     | 8d                      | 1.5h                    |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 衰变常数 ( $s^{-1}$ ) | $4.3959 \times 10^{-9}$ | $3.2090 \times 10^{-8}$ | $1.1461 \times 10^{-7}$ | $1.0028 \times 10^{-6}$ | $1.2836 \times 10^{-4}$ |

表 6.2-2 厂址半径 80km 范围内长期大气弥散因子

$^{85}\text{Kr}$

单位:  $\text{s/m}^3$

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 3.98E-07 | 1.84E-07 | 1.16E-07 | 7.34E-08 | 3.76E-08 | 1.64E-08 | 8.38E-09 | 5.38E-09 | 3.89E-09 | 2.76E-09 | 2.27E-09 | 1.92E-09 |
| NNE              | 2.22E-07 | 1.08E-07 | 7.22E-08 | 4.88E-08 | 2.73E-08 | 1.29E-08 | 6.85E-09 | 4.46E-09 | 3.23E-09 | 2.31E-09 | 1.89E-09 | 1.60E-09 |
| NE               | 1.26E-07 | 6.37E-08 | 4.46E-08 | 3.23E-08 | 2.01E-08 | 1.04E-08 | 5.82E-09 | 3.85E-09 | 2.81E-09 | 2.05E-09 | 1.67E-09 | 1.41E-09 |
| ENE              | 4.82E-08 | 3.45E-08 | 2.76E-08 | 2.29E-08 | 1.65E-08 | 9.57E-09 | 5.57E-09 | 3.75E-09 | 2.76E-09 | 2.07E-09 | 1.69E-09 | 1.41E-09 |
| E                | 2.12E-07 | 9.82E-08 | 7.01E-08 | 5.32E-08 | 3.53E-08 | 1.94E-08 | 1.10E-08 | 7.37E-09 | 5.40E-09 | 4.03E-09 | 3.28E-09 | 2.74E-09 |
| ESE              | 6.11E-07 | 2.49E-07 | 1.60E-07 | 1.05E-07 | 5.74E-08 | 2.68E-08 | 1.43E-08 | 9.25E-09 | 6.68E-09 | 4.81E-09 | 3.93E-09 | 3.30E-09 |
| SE               | 5.15E-07 | 2.14E-07 | 1.29E-07 | 7.77E-08 | 3.71E-08 | 1.50E-08 | 7.36E-09 | 4.67E-09 | 3.36E-09 | 2.36E-09 | 1.95E-09 | 1.66E-09 |
| SSE              | 7.35E-07 | 2.94E-07 | 1.72E-07 | 9.99E-08 | 4.51E-08 | 1.69E-08 | 7.97E-09 | 4.95E-09 | 3.52E-09 | 2.39E-09 | 1.98E-09 | 1.68E-09 |
| S                | 3.69E-07 | 1.53E-07 | 9.08E-08 | 5.39E-08 | 2.48E-08 | 9.38E-09 | 4.50E-09 | 2.82E-09 | 2.04E-09 | 1.41E-09 | 1.17E-09 | 1.00E-09 |
| SSW              | 1.63E-07 | 7.56E-08 | 4.67E-08 | 2.89E-08 | 1.39E-08 | 5.50E-09 | 2.70E-09 | 1.70E-09 | 1.23E-09 | 8.53E-10 | 7.12E-10 | 6.10E-10 |
| SW               | 1.81E-07 | 8.57E-08 | 5.30E-08 | 3.27E-08 | 1.56E-08 | 6.11E-09 | 2.98E-09 | 1.88E-09 | 1.37E-09 | 9.59E-10 | 8.01E-10 | 6.86E-10 |
| WSW              | 2.06E-07 | 9.91E-08 | 6.10E-08 | 3.75E-08 | 1.81E-08 | 7.32E-09 | 3.57E-09 | 2.28E-09 | 1.66E-09 | 1.19E-09 | 9.88E-10 | 8.43E-10 |
| W                | 1.79E-07 | 8.71E-08 | 5.47E-08 | 3.44E-08 | 1.74E-08 | 7.47E-09 | 3.79E-09 | 2.44E-09 | 1.78E-09 | 1.28E-09 | 1.06E-09 | 8.99E-10 |
| WNW              | 2.21E-07 | 9.92E-08 | 6.00E-08 | 3.67E-08 | 1.79E-08 | 7.39E-09 | 3.69E-09 | 2.34E-09 | 1.71E-09 | 1.24E-09 | 1.03E-09 | 8.74E-10 |
| NW               | 4.53E-07 | 1.85E-07 | 1.08E-07 | 6.45E-08 | 3.08E-08 | 1.26E-08 | 6.22E-09 | 3.96E-09 | 2.88E-09 | 2.08E-09 | 1.72E-09 | 1.46E-09 |
| NNW              | 3.47E-07 | 1.53E-07 | 9.59E-08 | 6.03E-08 | 3.08E-08 | 1.34E-08 | 6.86E-09 | 4.39E-09 | 3.18E-09 | 2.25E-09 | 1.85E-09 | 1.57E-09 |

表 6.2-3 厂址半径 80km 范围内长期大气弥散因子

 $^{133}\text{Xe}$ 单位:  $\text{s/m}^3$ 

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 3.97E-07 | 1.83E-07 | 1.16E-07 | 7.30E-08 | 3.72E-08 | 1.60E-08 | 8.02E-09 | 5.05E-09 | 3.59E-09 | 2.50E-09 | 2.02E-09 | 1.68E-09 |
| NNE              | 2.21E-07 | 1.08E-07 | 7.20E-08 | 4.85E-08 | 2.70E-08 | 1.26E-08 | 6.54E-09 | 4.18E-09 | 2.97E-09 | 2.08E-09 | 1.67E-09 | 1.39E-09 |
| NE               | 1.26E-07 | 6.35E-08 | 4.45E-08 | 3.21E-08 | 1.98E-08 | 1.01E-08 | 5.51E-09 | 3.57E-09 | 2.54E-09 | 1.82E-09 | 1.45E-09 | 1.19E-09 |
| ENE              | 4.81E-08 | 3.44E-08 | 2.74E-08 | 2.27E-08 | 1.62E-08 | 9.21E-09 | 5.22E-09 | 3.42E-09 | 2.45E-09 | 1.79E-09 | 1.42E-09 | 1.16E-09 |
| E                | 2.12E-07 | 9.80E-08 | 6.98E-08 | 5.28E-08 | 3.47E-08 | 1.88E-08 | 1.05E-08 | 6.84E-09 | 4.90E-09 | 3.58E-09 | 2.85E-09 | 2.33E-09 |
| ESE              | 6.10E-07 | 2.49E-07 | 1.60E-07 | 1.04E-07 | 5.67E-08 | 2.62E-08 | 1.37E-08 | 8.77E-09 | 6.24E-09 | 4.43E-09 | 3.56E-09 | 2.94E-09 |
| SE               | 5.14E-07 | 2.14E-07 | 1.28E-07 | 7.73E-08 | 3.68E-08 | 1.46E-08 | 7.09E-09 | 4.43E-09 | 3.14E-09 | 2.17E-09 | 1.77E-09 | 1.48E-09 |
| SSE              | 7.34E-07 | 2.93E-07 | 1.71E-07 | 9.95E-08 | 4.47E-08 | 1.67E-08 | 7.76E-09 | 4.76E-09 | 3.35E-09 | 2.24E-09 | 1.83E-09 | 1.54E-09 |
| S                | 3.69E-07 | 1.53E-07 | 9.05E-08 | 5.36E-08 | 2.45E-08 | 9.17E-09 | 4.33E-09 | 2.67E-09 | 1.89E-09 | 1.29E-09 | 1.06E-09 | 8.90E-10 |
| SSW              | 1.63E-07 | 7.54E-08 | 4.65E-08 | 2.87E-08 | 1.37E-08 | 5.35E-09 | 2.57E-09 | 1.59E-09 | 1.13E-09 | 7.63E-10 | 6.25E-10 | 5.25E-10 |
| SW               | 1.80E-07 | 8.55E-08 | 5.28E-08 | 3.24E-08 | 1.54E-08 | 5.95E-09 | 2.84E-09 | 1.76E-09 | 1.26E-09 | 8.61E-10 | 7.05E-10 | 5.92E-10 |
| WSW              | 2.06E-07 | 9.89E-08 | 6.08E-08 | 3.72E-08 | 1.79E-08 | 7.12E-09 | 3.41E-09 | 2.13E-09 | 1.52E-09 | 1.07E-09 | 8.72E-10 | 7.31E-10 |
| W                | 1.79E-07 | 8.69E-08 | 5.45E-08 | 3.42E-08 | 1.72E-08 | 7.26E-09 | 3.60E-09 | 2.27E-09 | 1.62E-09 | 1.14E-09 | 9.27E-10 | 7.71E-10 |
| WNW              | 2.20E-07 | 9.90E-08 | 5.98E-08 | 3.64E-08 | 1.77E-08 | 7.19E-09 | 3.52E-09 | 2.19E-09 | 1.57E-09 | 1.12E-09 | 9.07E-10 | 7.58E-10 |
| NW               | 4.53E-07 | 1.85E-07 | 1.08E-07 | 6.41E-08 | 3.04E-08 | 1.23E-08 | 5.97E-09 | 3.73E-09 | 2.67E-09 | 1.89E-09 | 1.54E-09 | 1.28E-09 |
| NNW              | 3.47E-07 | 1.53E-07 | 9.55E-08 | 6.00E-08 | 3.05E-08 | 1.31E-08 | 6.57E-09 | 4.13E-09 | 2.93E-09 | 2.04E-09 | 1.65E-09 | 1.37E-09 |

表 6.2-4 厂址半径 80km 范围内长期大气弥散因子

$^{131}\text{I}$

单位:  $\text{s/m}^3$

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 3.78E-07 | 1.61E-07 | 9.84E-08 | 5.86E-08 | 2.81E-08 | 1.13E-08 | 5.09E-09 | 2.93E-09 | 1.87E-09 | 1.27E-09 | 9.69E-10 | 7.23E-10 |
| NNE              | 2.10E-07 | 9.50E-08 | 6.13E-08 | 3.90E-08 | 2.04E-08 | 8.94E-09 | 4.18E-09 | 2.44E-09 | 1.57E-09 | 1.07E-09 | 8.15E-10 | 6.07E-10 |
| NE               | 1.20E-07 | 5.59E-08 | 3.78E-08 | 2.57E-08 | 1.49E-08 | 7.13E-09 | 3.46E-09 | 2.03E-09 | 1.30E-09 | 8.94E-10 | 6.73E-10 | 4.94E-10 |
| ENE              | 4.57E-08 | 3.03E-08 | 2.33E-08 | 1.82E-08 | 1.22E-08 | 6.48E-09 | 3.27E-09 | 1.94E-09 | 1.25E-09 | 8.80E-10 | 6.58E-10 | 4.79E-10 |
| E                | 2.01E-07 | 8.63E-08 | 5.95E-08 | 4.24E-08 | 2.62E-08 | 1.33E-08 | 6.64E-09 | 3.96E-09 | 2.56E-09 | 1.81E-09 | 1.36E-09 | 1.00E-09 |
| ESE              | 5.80E-07 | 2.19E-07 | 1.36E-07 | 8.37E-08 | 4.27E-08 | 1.85E-08 | 8.63E-09 | 5.01E-09 | 3.20E-09 | 2.19E-09 | 1.66E-09 | 1.23E-09 |
| SE               | 4.89E-07 | 1.88E-07 | 1.09E-07 | 6.19E-08 | 2.77E-08 | 1.03E-08 | 4.44E-09 | 2.52E-09 | 1.60E-09 | 1.07E-09 | 8.18E-10 | 6.11E-10 |
| SSE              | 6.98E-07 | 2.58E-07 | 1.46E-07 | 7.97E-08 | 3.37E-08 | 1.18E-08 | 4.86E-09 | 2.71E-09 | 1.71E-09 | 1.10E-09 | 8.50E-10 | 6.39E-10 |
| S                | 3.51E-07 | 1.35E-07 | 7.71E-08 | 4.30E-08 | 1.85E-08 | 6.48E-09 | 2.73E-09 | 1.53E-09 | 9.75E-10 | 6.41E-10 | 4.96E-10 | 3.74E-10 |
| SSW              | 1.55E-07 | 6.65E-08 | 3.96E-08 | 2.30E-08 | 1.04E-08 | 3.79E-09 | 1.62E-09 | 9.16E-10 | 5.84E-10 | 3.83E-10 | 2.96E-10 | 2.23E-10 |
| SW               | 1.71E-07 | 7.53E-08 | 4.50E-08 | 2.60E-08 | 1.16E-08 | 4.22E-09 | 1.80E-09 | 1.02E-09 | 6.55E-10 | 4.36E-10 | 3.38E-10 | 2.55E-10 |
| WSW              | 1.96E-07 | 8.71E-08 | 5.17E-08 | 2.99E-08 | 1.35E-08 | 5.03E-09 | 2.15E-09 | 1.22E-09 | 7.85E-10 | 5.33E-10 | 4.10E-10 | 3.07E-10 |
| W                | 1.70E-07 | 7.65E-08 | 4.63E-08 | 2.74E-08 | 1.29E-08 | 5.10E-09 | 2.24E-09 | 1.28E-09 | 8.18E-10 | 5.55E-10 | 4.22E-10 | 3.13E-10 |
| WNW              | 2.09E-07 | 8.71E-08 | 5.08E-08 | 2.92E-08 | 1.33E-08 | 5.06E-09 | 2.21E-09 | 1.24E-09 | 8.00E-10 | 5.48E-10 | 4.19E-10 | 3.13E-10 |
| NW               | 4.30E-07 | 1.62E-07 | 9.19E-08 | 5.14E-08 | 2.29E-08 | 8.64E-09 | 3.74E-09 | 2.12E-09 | 1.36E-09 | 9.29E-10 | 7.10E-10 | 5.29E-10 |
| NNW              | 3.29E-07 | 1.35E-07 | 8.13E-08 | 4.81E-08 | 2.30E-08 | 9.23E-09 | 4.13E-09 | 2.37E-09 | 1.51E-09 | 1.01E-09 | 7.73E-10 | 5.75E-10 |

表 6.2-5 厂址半径 80km 范围内长期大气弥散因子

$^{137}\text{Cs}$

单位:  $\text{s/m}^3$

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 3.78E-07 | 1.61E-07 | 9.85E-08 | 5.86E-08 | 2.81E-08 | 1.14E-08 | 5.13E-09 | 2.96E-09 | 1.90E-09 | 1.29E-09 | 9.89E-10 | 7.40E-10 |
| NNE              | 2.10E-07 | 9.51E-08 | 6.14E-08 | 3.90E-08 | 2.05E-08 | 9.00E-09 | 4.23E-09 | 2.48E-09 | 1.60E-09 | 1.09E-09 | 8.39E-10 | 6.27E-10 |
| NE               | 1.20E-07 | 5.59E-08 | 3.78E-08 | 2.57E-08 | 1.49E-08 | 7.13E-09 | 3.46E-09 | 2.03E-09 | 1.30E-09 | 8.96E-10 | 6.75E-10 | 4.95E-10 |
| ENE              | 4.57E-08 | 3.03E-08 | 2.33E-08 | 1.82E-08 | 1.22E-08 | 6.48E-09 | 3.26E-09 | 1.94E-09 | 1.25E-09 | 8.78E-10 | 6.56E-10 | 4.77E-10 |
| E                | 2.01E-07 | 8.63E-08 | 5.95E-08 | 4.24E-08 | 2.63E-08 | 1.34E-08 | 6.69E-09 | 4.00E-09 | 2.59E-09 | 1.84E-09 | 1.39E-09 | 1.02E-09 |
| ESE              | 5.80E-07 | 2.19E-07 | 1.36E-07 | 8.37E-08 | 4.28E-08 | 1.85E-08 | 8.67E-09 | 5.04E-09 | 3.23E-09 | 2.21E-09 | 1.68E-09 | 1.24E-09 |
| SE               | 4.89E-07 | 1.88E-07 | 1.09E-07 | 6.19E-08 | 2.77E-08 | 1.03E-08 | 4.45E-09 | 2.53E-09 | 1.61E-09 | 1.07E-09 | 8.23E-10 | 6.15E-10 |
| SSE              | 6.98E-07 | 2.58E-07 | 1.46E-07 | 7.98E-08 | 3.37E-08 | 1.18E-08 | 4.88E-09 | 2.72E-09 | 1.72E-09 | 1.11E-09 | 8.57E-10 | 6.45E-10 |
| S                | 3.51E-07 | 1.35E-07 | 7.71E-08 | 4.30E-08 | 1.85E-08 | 6.50E-09 | 2.74E-09 | 1.54E-09 | 9.84E-10 | 6.47E-10 | 5.02E-10 | 3.79E-10 |
| SSW              | 1.55E-07 | 6.65E-08 | 3.96E-08 | 2.30E-08 | 1.04E-08 | 3.80E-09 | 1.63E-09 | 9.23E-10 | 5.90E-10 | 3.87E-10 | 3.00E-10 | 2.27E-10 |
| SW               | 1.72E-07 | 7.54E-08 | 4.50E-08 | 2.61E-08 | 1.16E-08 | 4.24E-09 | 1.82E-09 | 1.03E-09 | 6.64E-10 | 4.43E-10 | 3.45E-10 | 2.61E-10 |
| WSW              | 1.96E-07 | 8.71E-08 | 5.17E-08 | 2.99E-08 | 1.35E-08 | 5.04E-09 | 2.16E-09 | 1.23E-09 | 7.91E-10 | 5.37E-10 | 4.14E-10 | 3.11E-10 |
| W                | 1.70E-07 | 7.65E-08 | 4.63E-08 | 2.74E-08 | 1.29E-08 | 5.09E-09 | 2.24E-09 | 1.28E-09 | 8.15E-10 | 5.52E-10 | 4.20E-10 | 3.11E-10 |
| WNW              | 2.09E-07 | 8.71E-08 | 5.08E-08 | 2.92E-08 | 1.33E-08 | 5.07E-09 | 2.21E-09 | 1.25E-09 | 8.02E-10 | 5.49E-10 | 4.20E-10 | 3.14E-10 |
| NW               | 4.30E-07 | 1.62E-07 | 9.20E-08 | 5.14E-08 | 2.29E-08 | 8.64E-09 | 3.74E-09 | 2.12E-09 | 1.36E-09 | 9.31E-10 | 7.12E-10 | 5.30E-10 |
| NNW              | 3.29E-07 | 1.35E-07 | 8.13E-08 | 4.81E-08 | 2.30E-08 | 9.25E-09 | 4.15E-09 | 2.38E-09 | 1.52E-09 | 1.02E-09 | 7.81E-10 | 5.81E-10 |

表 6.2-6 厂址半径 80km 范围内长期大气弥散因子

 $^3\text{H}$ 单位:  $\text{s/m}^3$ 

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 3.98E-07 | 1.84E-07 | 1.16E-07 | 7.34E-08 | 3.76E-08 | 1.64E-08 | 8.38E-09 | 5.38E-09 | 3.89E-09 | 2.76E-09 | 2.27E-09 | 1.92E-09 |
| NNE              | 2.22E-07 | 1.08E-07 | 7.22E-08 | 4.88E-08 | 2.73E-08 | 1.29E-08 | 6.85E-09 | 4.46E-09 | 3.23E-09 | 2.31E-09 | 1.89E-09 | 1.60E-09 |
| NE               | 1.26E-07 | 6.37E-08 | 4.46E-08 | 3.23E-08 | 2.01E-08 | 1.04E-08 | 5.82E-09 | 3.85E-09 | 2.81E-09 | 2.05E-09 | 1.67E-09 | 1.41E-09 |
| ENE              | 4.82E-08 | 3.45E-08 | 2.76E-08 | 2.29E-08 | 1.65E-08 | 9.57E-09 | 5.57E-09 | 3.75E-09 | 2.76E-09 | 2.07E-09 | 1.69E-09 | 1.41E-09 |
| E                | 2.12E-07 | 9.82E-08 | 7.01E-08 | 5.32E-08 | 3.53E-08 | 1.94E-08 | 1.10E-08 | 7.37E-09 | 5.40E-09 | 4.03E-09 | 3.28E-09 | 2.74E-09 |
| ESE              | 6.11E-07 | 2.49E-07 | 1.60E-07 | 1.05E-07 | 5.74E-08 | 2.68E-08 | 1.43E-08 | 9.25E-09 | 6.68E-09 | 4.81E-09 | 3.93E-09 | 3.30E-09 |
| SE               | 5.15E-07 | 2.14E-07 | 1.29E-07 | 7.77E-08 | 3.71E-08 | 1.50E-08 | 7.36E-09 | 4.67E-09 | 3.36E-09 | 2.36E-09 | 1.95E-09 | 1.66E-09 |
| SSE              | 7.35E-07 | 2.94E-07 | 1.72E-07 | 9.99E-08 | 4.51E-08 | 1.69E-08 | 7.97E-09 | 4.95E-09 | 3.52E-09 | 2.39E-09 | 1.98E-09 | 1.68E-09 |
| S                | 3.69E-07 | 1.53E-07 | 9.08E-08 | 5.39E-08 | 2.48E-08 | 9.38E-09 | 4.50E-09 | 2.82E-09 | 2.04E-09 | 1.41E-09 | 1.17E-09 | 1.00E-09 |
| SSW              | 1.63E-07 | 7.56E-08 | 4.67E-08 | 2.89E-08 | 1.39E-08 | 5.50E-09 | 2.70E-09 | 1.70E-09 | 1.23E-09 | 8.53E-10 | 7.12E-10 | 6.10E-10 |
| SW               | 1.81E-07 | 8.57E-08 | 5.30E-08 | 3.27E-08 | 1.56E-08 | 6.11E-09 | 2.98E-09 | 1.88E-09 | 1.37E-09 | 9.59E-10 | 8.01E-10 | 6.86E-10 |
| WSW              | 2.06E-07 | 9.91E-08 | 6.10E-08 | 3.75E-08 | 1.81E-08 | 7.32E-09 | 3.57E-09 | 2.28E-09 | 1.66E-09 | 1.19E-09 | 9.88E-10 | 8.43E-10 |
| W                | 1.79E-07 | 8.71E-08 | 5.47E-08 | 3.44E-08 | 1.74E-08 | 7.47E-09 | 3.79E-09 | 2.44E-09 | 1.78E-09 | 1.28E-09 | 1.06E-09 | 8.99E-10 |
| WNW              | 2.21E-07 | 9.92E-08 | 6.00E-08 | 3.67E-08 | 1.79E-08 | 7.39E-09 | 3.69E-09 | 2.34E-09 | 1.71E-09 | 1.24E-09 | 1.03E-09 | 8.74E-10 |
| NW               | 4.53E-07 | 1.85E-07 | 1.08E-07 | 6.45E-08 | 3.08E-08 | 1.26E-08 | 6.23E-09 | 3.96E-09 | 2.88E-09 | 2.08E-09 | 1.72E-09 | 1.46E-09 |
| NNW              | 3.47E-07 | 1.53E-07 | 9.59E-08 | 6.03E-08 | 3.08E-08 | 1.34E-08 | 6.86E-09 | 4.39E-09 | 3.18E-09 | 2.25E-09 | 1.85E-09 | 1.57E-09 |

表 6.2-7 厂址半径 80km 范围内长期大气弥散因子

 $^{14}\text{C}$ 单位:  $\text{s/m}^3$ 

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 3.98E-07 | 1.84E-07 | 1.16E-07 | 7.34E-08 | 3.76E-08 | 1.64E-08 | 8.38E-09 | 5.38E-09 | 3.89E-09 | 2.76E-09 | 2.27E-09 | 1.93E-09 |
| NNE              | 2.22E-07 | 1.08E-07 | 7.22E-08 | 4.88E-08 | 2.73E-08 | 1.29E-08 | 6.85E-09 | 4.46E-09 | 3.23E-09 | 2.31E-09 | 1.89E-09 | 1.60E-09 |
| NE               | 1.26E-07 | 6.37E-08 | 4.46E-08 | 3.23E-08 | 2.01E-08 | 1.04E-08 | 5.82E-09 | 3.85E-09 | 2.81E-09 | 2.05E-09 | 1.67E-09 | 1.41E-09 |
| ENE              | 4.82E-08 | 3.45E-08 | 2.76E-08 | 2.29E-08 | 1.65E-08 | 9.57E-09 | 5.57E-09 | 3.75E-09 | 2.76E-09 | 2.07E-09 | 1.69E-09 | 1.41E-09 |
| E                | 2.12E-07 | 9.82E-08 | 7.01E-08 | 5.32E-08 | 3.53E-08 | 1.94E-08 | 1.10E-08 | 7.37E-09 | 5.40E-09 | 4.03E-09 | 3.28E-09 | 2.74E-09 |
| ESE              | 6.11E-07 | 2.49E-07 | 1.60E-07 | 1.05E-07 | 5.74E-08 | 2.68E-08 | 1.43E-08 | 9.25E-09 | 6.68E-09 | 4.81E-09 | 3.93E-09 | 3.30E-09 |
| SE               | 5.15E-07 | 2.14E-07 | 1.29E-07 | 7.77E-08 | 3.71E-08 | 1.50E-08 | 7.36E-09 | 4.67E-09 | 3.36E-09 | 2.36E-09 | 1.95E-09 | 1.66E-09 |
| SSE              | 7.35E-07 | 2.94E-07 | 1.72E-07 | 9.99E-08 | 4.51E-08 | 1.69E-08 | 7.97E-09 | 4.95E-09 | 3.52E-09 | 2.39E-09 | 1.98E-09 | 1.68E-09 |
| S                | 3.69E-07 | 1.53E-07 | 9.08E-08 | 5.39E-08 | 2.48E-08 | 9.38E-09 | 4.50E-09 | 2.82E-09 | 2.04E-09 | 1.41E-09 | 1.17E-09 | 1.00E-09 |
| SSW              | 1.63E-07 | 7.56E-08 | 4.67E-08 | 2.89E-08 | 1.39E-08 | 5.50E-09 | 2.70E-09 | 1.70E-09 | 1.23E-09 | 8.53E-10 | 7.12E-10 | 6.10E-10 |
| SW               | 1.81E-07 | 8.57E-08 | 5.30E-08 | 3.27E-08 | 1.56E-08 | 6.11E-09 | 2.98E-09 | 1.88E-09 | 1.37E-09 | 9.59E-10 | 8.01E-10 | 6.86E-10 |
| WSW              | 2.06E-07 | 9.91E-08 | 6.10E-08 | 3.75E-08 | 1.81E-08 | 7.32E-09 | 3.57E-09 | 2.28E-09 | 1.66E-09 | 1.19E-09 | 9.88E-10 | 8.43E-10 |
| W                | 1.79E-07 | 8.71E-08 | 5.47E-08 | 3.44E-08 | 1.74E-08 | 7.47E-09 | 3.79E-09 | 2.44E-09 | 1.78E-09 | 1.28E-09 | 1.06E-09 | 8.99E-10 |
| WNW              | 2.21E-07 | 9.92E-08 | 6.00E-08 | 3.67E-08 | 1.79E-08 | 7.39E-09 | 3.70E-09 | 2.34E-09 | 1.71E-09 | 1.24E-09 | 1.03E-09 | 8.74E-10 |
| NW               | 4.53E-07 | 1.85E-07 | 1.08E-07 | 6.45E-08 | 3.08E-08 | 1.26E-08 | 6.23E-09 | 3.96E-09 | 2.88E-09 | 2.08E-09 | 1.72E-09 | 1.46E-09 |
| NNW              | 3.47E-07 | 1.53E-07 | 9.59E-08 | 6.03E-08 | 3.08E-08 | 1.34E-08 | 6.86E-09 | 4.39E-09 | 3.18E-09 | 2.25E-09 | 1.85E-09 | 1.57E-09 |

表 6.2-8 厂址半径 80km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致）

元素碘

单位：1/m<sup>2</sup>

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 5.75E-09 | 2.43E-09 | 1.52E-09 | 9.56E-10 | 4.95E-10 | 2.23E-10 | 1.19E-10 | 7.91E-11 | 5.87E-11 | 4.38E-11 | 3.64E-11 | 3.11E-11 |
| NNE              | 4.06E-09 | 1.70E-09 | 1.09E-09 | 7.19E-10 | 3.96E-10 | 1.91E-10 | 1.06E-10 | 7.10E-11 | 5.28E-11 | 3.99E-11 | 3.31E-11 | 2.83E-11 |
| NE               | 2.57E-09 | 1.07E-09 | 7.07E-10 | 4.86E-10 | 2.88E-10 | 1.48E-10 | 8.42E-11 | 5.71E-11 | 4.25E-11 | 3.23E-11 | 2.68E-11 | 2.27E-11 |
| ENE              | 2.61E-09 | 1.05E-09 | 7.00E-10 | 4.95E-10 | 3.07E-10 | 1.67E-10 | 9.81E-11 | 6.78E-11 | 5.12E-11 | 4.00E-11 | 3.32E-11 | 2.83E-11 |
| E                | 5.69E-09 | 2.17E-09 | 1.42E-09 | 9.78E-10 | 5.91E-10 | 3.13E-10 | 1.82E-10 | 1.25E-10 | 9.37E-11 | 7.28E-11 | 6.03E-11 | 5.12E-11 |
| ESE              | 8.96E-09 | 3.45E-09 | 2.17E-09 | 1.41E-09 | 7.64E-10 | 3.63E-10 | 2.00E-10 | 1.33E-10 | 9.86E-11 | 7.41E-11 | 6.13E-11 | 5.20E-11 |
| SE               | 7.94E-09 | 3.07E-09 | 1.85E-09 | 1.13E-09 | 5.58E-10 | 2.43E-10 | 1.29E-10 | 8.66E-11 | 6.47E-11 | 4.90E-11 | 4.10E-11 | 3.52E-11 |
| SSE              | 9.45E-09 | 3.64E-09 | 2.14E-09 | 1.26E-09 | 5.91E-10 | 2.39E-10 | 1.22E-10 | 7.95E-11 | 5.86E-11 | 4.30E-11 | 3.59E-11 | 3.08E-11 |
| S                | 4.78E-09 | 1.90E-09 | 1.13E-09 | 6.76E-10 | 3.21E-10 | 1.30E-10 | 6.68E-11 | 4.38E-11 | 3.25E-11 | 2.40E-11 | 2.01E-11 | 1.73E-11 |
| SSW              | 2.10E-09 | 9.13E-10 | 5.60E-10 | 3.48E-10 | 1.71E-10 | 7.06E-11 | 3.64E-11 | 2.37E-11 | 1.75E-11 | 1.28E-11 | 1.07E-11 | 9.23E-12 |
| SW               | 4.71E-09 | 1.83E-09 | 1.11E-09 | 6.90E-10 | 3.50E-10 | 1.58E-10 | 8.79E-11 | 6.04E-11 | 4.60E-11 | 3.60E-11 | 3.04E-11 | 2.62E-11 |
| WSW              | 5.31E-09 | 2.08E-09 | 1.26E-09 | 7.81E-10 | 3.98E-10 | 1.82E-10 | 1.01E-10 | 6.92E-11 | 5.27E-11 | 4.14E-11 | 3.49E-11 | 3.01E-11 |
| W                | 3.39E-09 | 1.40E-09 | 8.67E-10 | 5.44E-10 | 2.81E-10 | 1.28E-10 | 6.98E-11 | 4.72E-11 | 3.55E-11 | 2.73E-11 | 2.29E-11 | 1.97E-11 |
| WNW              | 4.15E-09 | 1.64E-09 | 9.89E-10 | 6.09E-10 | 3.09E-10 | 1.39E-10 | 7.58E-11 | 5.12E-11 | 3.87E-11 | 3.01E-11 | 2.52E-11 | 2.17E-11 |
| NW               | 6.99E-09 | 2.67E-09 | 1.58E-09 | 9.52E-10 | 4.71E-10 | 2.08E-10 | 1.11E-10 | 7.47E-11 | 5.61E-11 | 4.31E-11 | 3.61E-11 | 3.09E-11 |
| NNW              | 5.30E-09 | 2.14E-09 | 1.32E-09 | 8.32E-10 | 4.30E-10 | 1.95E-10 | 1.05E-10 | 7.01E-11 | 5.21E-11 | 3.91E-11 | 3.26E-11 | 2.79E-11 |

表 6.2-9 厂址半径 80km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致）

粒子态核素

单位：1/m<sup>2</sup>

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 3.06E-09 | 1.07E-09 | 6.49E-10 | 4.07E-10 | 2.15E-10 | 1.05E-10 | 6.17E-11 | 4.35E-11 | 3.35E-11 | 2.70E-11 | 2.28E-11 | 1.97E-11 |
| NNE              | 2.99E-09 | 1.03E-09 | 6.26E-10 | 3.95E-10 | 2.12E-10 | 1.05E-10 | 6.23E-11 | 4.41E-11 | 3.40E-11 | 2.75E-11 | 2.32E-11 | 2.01E-11 |
| NE               | 2.08E-09 | 7.15E-10 | 4.35E-10 | 2.77E-10 | 1.50E-10 | 7.56E-11 | 4.49E-11 | 3.18E-11 | 2.45E-11 | 1.98E-11 | 1.67E-11 | 1.44E-11 |
| ENE              | 3.23E-09 | 1.10E-09 | 6.65E-10 | 4.21E-10 | 2.29E-10 | 1.16E-10 | 6.93E-11 | 4.93E-11 | 3.82E-11 | 3.10E-11 | 2.62E-11 | 2.27E-11 |
| E                | 5.57E-09 | 1.88E-09 | 1.14E-09 | 7.23E-10 | 3.93E-10 | 1.98E-10 | 1.18E-10 | 8.39E-11 | 6.49E-11 | 5.27E-11 | 4.45E-11 | 3.85E-11 |
| ESE              | 4.89E-09 | 1.68E-09 | 1.02E-09 | 6.40E-10 | 3.43E-10 | 1.70E-10 | 9.99E-11 | 7.04E-11 | 5.43E-11 | 4.38E-11 | 3.69E-11 | 3.19E-11 |
| SE               | 4.71E-09 | 1.61E-09 | 9.67E-10 | 6.02E-10 | 3.17E-10 | 1.55E-10 | 9.12E-11 | 6.45E-11 | 4.99E-11 | 4.05E-11 | 3.42E-11 | 2.96E-11 |
| SSE              | 3.88E-09 | 1.34E-09 | 8.02E-10 | 4.94E-10 | 2.55E-10 | 1.22E-10 | 7.10E-11 | 4.99E-11 | 3.85E-11 | 3.10E-11 | 2.62E-11 | 2.27E-11 |
| S                | 2.00E-09 | 6.98E-10 | 4.18E-10 | 2.58E-10 | 1.34E-10 | 6.39E-11 | 3.72E-11 | 2.62E-11 | 2.02E-11 | 1.63E-11 | 1.37E-11 | 1.19E-11 |
| SSW              | 8.67E-10 | 3.10E-10 | 1.87E-10 | 1.17E-10 | 6.08E-11 | 2.89E-11 | 1.68E-11 | 1.18E-11 | 9.05E-12 | 7.25E-12 | 6.12E-12 | 5.30E-12 |
| SW               | 4.54E-09 | 1.54E-09 | 9.25E-10 | 5.77E-10 | 3.06E-10 | 1.51E-10 | 9.01E-11 | 6.41E-11 | 4.98E-11 | 4.06E-11 | 3.43E-11 | 2.97E-11 |
| WSW              | 5.08E-09 | 1.72E-09 | 1.04E-09 | 6.47E-10 | 3.43E-10 | 1.70E-10 | 1.01E-10 | 7.19E-11 | 5.58E-11 | 4.55E-11 | 3.85E-11 | 3.33E-11 |
| W                | 2.58E-09 | 8.87E-10 | 5.34E-10 | 3.34E-10 | 1.77E-10 | 8.74E-11 | 5.18E-11 | 3.67E-11 | 2.84E-11 | 2.31E-11 | 1.95E-11 | 1.69E-11 |
| WNW              | 3.14E-09 | 1.07E-09 | 6.43E-10 | 4.01E-10 | 2.12E-10 | 1.05E-10 | 6.20E-11 | 4.40E-11 | 3.41E-11 | 2.77E-11 | 2.35E-11 | 2.03E-11 |
| NW               | 4.14E-09 | 1.41E-09 | 8.46E-10 | 5.25E-10 | 2.76E-10 | 1.35E-10 | 7.99E-11 | 5.66E-11 | 4.38E-11 | 3.56E-11 | 3.01E-11 | 2.60E-11 |
| NNW              | 3.09E-09 | 1.07E-09 | 6.45E-10 | 4.03E-10 | 2.14E-10 | 1.05E-10 | 6.17E-11 | 4.36E-11 | 3.37E-11 | 2.72E-11 | 2.30E-11 | 1.99E-11 |

表 6.2-10 相对浓度等值线全潮平均包络面积

(1~4 号机组)

| 潮型    | 半衰期  | 相对浓度影响面积 (km <sup>2</sup> ) |      |       |       |       |       |
|-------|------|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
|       |      | 0.5                         | 0.2  | 0.1   | 0.05  | 0.01  | 0.005 |
| 夏季半月潮 | 8d   | 0.31                        | 2.44 | 14.67 | 81.14 | 418.2 | 749.3 |
|       | 70d  | 0.35                        | 3.37 | 38.88 | 146.0 | 1095  | 1800  |
|       | 250d | 0.35                        | 3.50 | 41.63 | 165.3 | 1238  | 1907  |
|       | 5a   | 0.36                        | 3.55 | 42.62 | 173.3 | 1280  | 1940  |
| 冬季半月潮 | 8d   | 0.20                        | 1.32 | 4.59  | 45.33 | 263.1 | 422.9 |
|       | 70d  | 0.23                        | 1.60 | 8.46  | 69.80 | 589.5 | 1050  |
|       | 250d | 0.24                        | 1.64 | 9.80  | 74.76 | 660.4 | 1350  |
|       | 5a   | 0.24                        | 1.66 | 10.35 | 77.33 | 688.4 | 1438  |

表6.2-11 相对浓度等值线全潮最大包络面积

(1~4 号机组)

| 潮型    | 半衰期  | 相对浓度影响面积 (km <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |
|-------|------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |      | 0.5                         | 0.2   | 0.1   | 0.05  | 0.01  | 0.005 |
| 夏季半月潮 | 8d   | 4.35                        | 27.26 | 118.5 | 250.0 | 852.7 | 1297  |
|       | 70d  | 4.76                        | 64.55 | 175.2 | 371.7 | 1752  | 2567  |
|       | 250d | 4.81                        | 67.93 | 183.4 | 391.3 | 1894  | 2690  |
|       | 5a   | 4.83                        | 69.01 | 186.3 | 396.9 | 1963  | 2731  |
| 冬季半月潮 | 8d   | 3.01                        | 7.71  | 69.84 | 145.7 | 471.2 | 716.6 |
|       | 70d  | 3.21                        | 12.04 | 93.64 | 218.7 | 982.3 | 1748  |
|       | 250d | 3.23                        | 13.12 | 97.18 | 227.5 | 1097  | 1991  |
|       | 5a   | 3.24                        | 13.47 | 98.50 | 230.9 | 1140  | 2067  |

表 6.2-12 厂址半径 80km 范围内放射性物质空气浓度活度

$^{85}\text{Kr}$

单位: Bq/m<sup>3</sup>

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 2.65E-01 | 1.22E-01 | 7.72E-02 | 4.89E-02 | 2.51E-02 | 1.09E-02 | 5.58E-03 | 3.58E-03 | 2.59E-03 | 1.84E-03 | 1.51E-03 | 1.28E-03 |
| NNE              | 1.47E-01 | 7.20E-02 | 4.81E-02 | 3.25E-02 | 1.82E-02 | 8.59E-03 | 4.56E-03 | 2.97E-03 | 2.15E-03 | 1.54E-03 | 1.26E-03 | 1.06E-03 |
| NE               | 8.41E-02 | 4.24E-02 | 2.97E-02 | 2.15E-02 | 1.34E-02 | 6.95E-03 | 3.87E-03 | 2.56E-03 | 1.87E-03 | 1.36E-03 | 1.11E-03 | 9.36E-04 |
| ENE              | 3.21E-02 | 2.30E-02 | 1.83E-02 | 1.53E-02 | 1.10E-02 | 6.37E-03 | 3.71E-03 | 2.49E-03 | 1.84E-03 | 1.38E-03 | 1.12E-03 | 9.41E-04 |
| E                | 1.41E-01 | 6.54E-02 | 4.67E-02 | 3.54E-02 | 2.35E-02 | 1.29E-02 | 7.35E-03 | 4.91E-03 | 3.60E-03 | 2.68E-03 | 2.18E-03 | 1.83E-03 |
| ESE              | 4.07E-01 | 1.66E-01 | 1.07E-01 | 6.99E-02 | 3.82E-02 | 1.78E-02 | 9.49E-03 | 6.16E-03 | 4.45E-03 | 3.21E-03 | 2.62E-03 | 2.20E-03 |
| SE               | 3.43E-01 | 1.43E-01 | 8.57E-02 | 5.17E-02 | 2.47E-02 | 9.96E-03 | 4.90E-03 | 3.11E-03 | 2.24E-03 | 1.57E-03 | 1.30E-03 | 1.10E-03 |
| SSE              | 4.89E-01 | 1.95E-01 | 1.14E-01 | 6.65E-02 | 3.00E-02 | 1.13E-02 | 5.31E-03 | 3.30E-03 | 2.35E-03 | 1.59E-03 | 1.32E-03 | 1.12E-03 |
| S                | 2.46E-01 | 1.02E-01 | 6.05E-02 | 3.59E-02 | 1.65E-02 | 6.25E-03 | 3.00E-03 | 1.88E-03 | 1.36E-03 | 9.36E-04 | 7.81E-04 | 6.69E-04 |
| SSW              | 1.09E-01 | 5.04E-02 | 3.11E-02 | 1.92E-02 | 9.27E-03 | 3.66E-03 | 1.80E-03 | 1.13E-03 | 8.21E-04 | 5.68E-04 | 4.74E-04 | 4.06E-04 |
| SW               | 1.20E-01 | 5.71E-02 | 3.53E-02 | 2.17E-02 | 1.04E-02 | 4.07E-03 | 1.98E-03 | 1.25E-03 | 9.12E-04 | 6.39E-04 | 5.33E-04 | 4.57E-04 |
| WSW              | 1.37E-01 | 6.60E-02 | 4.06E-02 | 2.49E-02 | 1.21E-02 | 4.87E-03 | 2.38E-03 | 1.51E-03 | 1.11E-03 | 7.91E-04 | 6.58E-04 | 5.61E-04 |
| W                | 1.19E-01 | 5.80E-02 | 3.64E-02 | 2.29E-02 | 1.16E-02 | 4.98E-03 | 2.52E-03 | 1.62E-03 | 1.18E-03 | 8.52E-04 | 7.05E-04 | 5.98E-04 |
| WNW              | 1.47E-01 | 6.60E-02 | 3.99E-02 | 2.44E-02 | 1.19E-02 | 4.92E-03 | 2.46E-03 | 1.56E-03 | 1.14E-03 | 8.25E-04 | 6.84E-04 | 5.82E-04 |
| NW               | 3.02E-01 | 1.23E-01 | 7.22E-02 | 4.29E-02 | 2.05E-02 | 8.36E-03 | 4.14E-03 | 2.64E-03 | 1.92E-03 | 1.38E-03 | 1.14E-03 | 9.70E-04 |
| NNW              | 2.31E-01 | 1.02E-01 | 6.38E-02 | 4.02E-02 | 2.05E-02 | 8.92E-03 | 4.56E-03 | 2.92E-03 | 2.11E-03 | 1.50E-03 | 1.23E-03 | 1.04E-03 |

表 6.2-13 厂址半径 80km 范围内放射性物质空气浓度活度

 $^{133}\text{Xe}$ 单位: Bq/m<sup>3</sup>

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 1.26E+00 | 5.83E-01 | 3.68E-01 | 2.32E-01 | 1.18E-01 | 5.08E-02 | 2.55E-02 | 1.61E-02 | 1.14E-02 | 7.96E-03 | 6.44E-03 | 5.35E-03 |
| NNE              | 7.05E-01 | 3.43E-01 | 2.29E-01 | 1.54E-01 | 8.59E-02 | 4.00E-02 | 2.08E-02 | 1.33E-02 | 9.45E-03 | 6.62E-03 | 5.33E-03 | 4.41E-03 |
| NE               | 4.02E-01 | 2.02E-01 | 1.42E-01 | 1.02E-01 | 6.30E-02 | 3.22E-02 | 1.75E-02 | 1.14E-02 | 8.10E-03 | 5.78E-03 | 4.62E-03 | 3.79E-03 |
| ENE              | 1.53E-01 | 1.09E-01 | 8.72E-02 | 7.23E-02 | 5.17E-02 | 2.93E-02 | 1.66E-02 | 1.09E-02 | 7.81E-03 | 5.71E-03 | 4.53E-03 | 3.70E-03 |
| E                | 6.75E-01 | 3.12E-01 | 2.22E-01 | 1.68E-01 | 1.11E-01 | 5.97E-02 | 3.33E-02 | 2.18E-02 | 1.56E-02 | 1.14E-02 | 9.07E-03 | 7.42E-03 |
| ESE              | 1.94E+00 | 7.93E-01 | 5.08E-01 | 3.32E-01 | 1.81E-01 | 8.34E-02 | 4.37E-02 | 2.79E-02 | 1.99E-02 | 1.41E-02 | 1.13E-02 | 9.37E-03 |
| SE               | 1.64E+00 | 6.81E-01 | 4.08E-01 | 2.46E-01 | 1.17E-01 | 4.66E-02 | 2.26E-02 | 1.41E-02 | 1.00E-02 | 6.91E-03 | 5.63E-03 | 4.71E-03 |
| SSE              | 2.34E+00 | 9.33E-01 | 5.45E-01 | 3.17E-01 | 1.42E-01 | 5.31E-02 | 2.47E-02 | 1.52E-02 | 1.07E-02 | 7.13E-03 | 5.84E-03 | 4.91E-03 |
| S                | 1.18E+00 | 4.87E-01 | 2.88E-01 | 1.71E-01 | 7.81E-02 | 2.92E-02 | 1.38E-02 | 8.50E-03 | 6.03E-03 | 4.10E-03 | 3.36E-03 | 2.83E-03 |
| SSW              | 5.20E-01 | 2.40E-01 | 1.48E-01 | 9.14E-02 | 4.37E-02 | 1.70E-02 | 8.18E-03 | 5.07E-03 | 3.59E-03 | 2.43E-03 | 1.99E-03 | 1.67E-03 |
| SW               | 5.74E-01 | 2.72E-01 | 1.68E-01 | 1.03E-01 | 4.90E-02 | 1.89E-02 | 9.04E-03 | 5.61E-03 | 4.00E-03 | 2.74E-03 | 2.24E-03 | 1.88E-03 |
| WSW              | 6.56E-01 | 3.15E-01 | 1.93E-01 | 1.18E-01 | 5.69E-02 | 2.27E-02 | 1.08E-02 | 6.78E-03 | 4.85E-03 | 3.41E-03 | 2.78E-03 | 2.33E-03 |
| W                | 5.69E-01 | 2.77E-01 | 1.73E-01 | 1.09E-01 | 5.48E-02 | 2.31E-02 | 1.15E-02 | 7.22E-03 | 5.16E-03 | 3.64E-03 | 2.95E-03 | 2.46E-03 |
| WNW              | 7.02E-01 | 3.15E-01 | 1.90E-01 | 1.16E-01 | 5.63E-02 | 2.29E-02 | 1.12E-02 | 6.97E-03 | 5.00E-03 | 3.55E-03 | 2.89E-03 | 2.41E-03 |
| NW               | 1.44E+00 | 5.87E-01 | 3.44E-01 | 2.04E-01 | 9.69E-02 | 3.91E-02 | 1.90E-02 | 1.19E-02 | 8.50E-03 | 6.03E-03 | 4.90E-03 | 4.09E-03 |
| NNW              | 1.10E+00 | 4.87E-01 | 3.04E-01 | 1.91E-01 | 9.70E-02 | 4.16E-02 | 2.09E-02 | 1.32E-02 | 9.34E-03 | 6.49E-03 | 5.25E-03 | 4.36E-03 |

表 6.2-14 厂址半径 80km 范围内放射性物质空气浓度活度

$^{131}\text{I}$

单位: Bq/m<sup>3</sup>

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 6.13E-06 | 2.62E-06 | 1.60E-06 | 9.51E-07 | 4.56E-07 | 1.84E-07 | 8.26E-08 | 4.75E-08 | 3.04E-08 | 2.05E-08 | 1.57E-08 | 1.17E-08 |
| NNE              | 3.42E-06 | 1.54E-06 | 9.95E-07 | 6.33E-07 | 3.31E-07 | 1.45E-07 | 6.79E-08 | 3.96E-08 | 2.54E-08 | 1.73E-08 | 1.32E-08 | 9.85E-09 |
| NE               | 1.95E-06 | 9.08E-07 | 6.14E-07 | 4.18E-07 | 2.42E-07 | 1.16E-07 | 5.61E-08 | 3.30E-08 | 2.11E-08 | 1.45E-08 | 1.09E-08 | 8.02E-09 |
| ENE              | 7.43E-07 | 4.92E-07 | 3.78E-07 | 2.95E-07 | 1.98E-07 | 1.05E-07 | 5.30E-08 | 3.15E-08 | 2.03E-08 | 1.43E-08 | 1.07E-08 | 7.77E-09 |
| E                | 3.27E-06 | 1.40E-06 | 9.65E-07 | 6.88E-07 | 4.26E-07 | 2.16E-07 | 1.08E-07 | 6.43E-08 | 4.15E-08 | 2.94E-08 | 2.21E-08 | 1.63E-08 |
| ESE              | 9.42E-06 | 3.56E-06 | 2.20E-06 | 1.36E-06 | 6.94E-07 | 3.00E-07 | 1.40E-07 | 8.14E-08 | 5.20E-08 | 3.56E-08 | 2.70E-08 | 2.00E-08 |
| SE               | 7.93E-06 | 3.06E-06 | 1.77E-06 | 1.01E-06 | 4.49E-07 | 1.67E-07 | 7.21E-08 | 4.09E-08 | 2.60E-08 | 1.73E-08 | 1.33E-08 | 9.92E-09 |
| SSE              | 1.13E-05 | 4.19E-06 | 2.37E-06 | 1.29E-06 | 5.46E-07 | 1.91E-07 | 7.90E-08 | 4.40E-08 | 2.77E-08 | 1.79E-08 | 1.38E-08 | 1.04E-08 |
| S                | 5.70E-06 | 2.19E-06 | 1.25E-06 | 6.98E-07 | 3.00E-07 | 1.05E-07 | 4.43E-08 | 2.48E-08 | 1.58E-08 | 1.04E-08 | 8.05E-09 | 6.07E-09 |
| SSW              | 2.52E-06 | 1.08E-06 | 6.42E-07 | 3.74E-07 | 1.68E-07 | 6.15E-08 | 2.64E-08 | 1.49E-08 | 9.49E-09 | 6.21E-09 | 4.81E-09 | 3.62E-09 |
| SW               | 2.78E-06 | 1.22E-06 | 7.30E-07 | 4.23E-07 | 1.88E-07 | 6.85E-08 | 2.93E-08 | 1.66E-08 | 1.06E-08 | 7.08E-09 | 5.48E-09 | 4.14E-09 |
| WSW              | 3.18E-06 | 1.41E-06 | 8.40E-07 | 4.85E-07 | 2.19E-07 | 8.17E-08 | 3.49E-08 | 1.98E-08 | 1.27E-08 | 8.65E-09 | 6.65E-09 | 4.99E-09 |
| W                | 2.76E-06 | 1.24E-06 | 7.52E-07 | 4.45E-07 | 2.10E-07 | 8.28E-08 | 3.64E-08 | 2.08E-08 | 1.33E-08 | 9.00E-09 | 6.85E-09 | 5.08E-09 |
| WNW              | 3.40E-06 | 1.41E-06 | 8.25E-07 | 4.74E-07 | 2.16E-07 | 8.22E-08 | 3.58E-08 | 2.02E-08 | 1.30E-08 | 8.89E-09 | 6.81E-09 | 5.08E-09 |
| NW               | 6.99E-06 | 2.64E-06 | 1.49E-06 | 8.34E-07 | 3.71E-07 | 1.40E-07 | 6.07E-08 | 3.44E-08 | 2.21E-08 | 1.51E-08 | 1.15E-08 | 8.58E-09 |
| NNW              | 5.34E-06 | 2.19E-06 | 1.32E-06 | 7.81E-07 | 3.73E-07 | 1.50E-07 | 6.71E-08 | 3.84E-08 | 2.45E-08 | 1.65E-08 | 1.26E-08 | 9.33E-09 |

表 6.2-15 厂址半径 80km 范围内放射性物质空气浓度活度

$^{137}\text{Cs}$

单位: Bq/m<sup>3</sup>

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 1.24E-05 | 5.31E-06 | 3.24E-06 | 1.93E-06 | 9.26E-07 | 3.75E-07 | 1.69E-07 | 9.73E-08 | 6.26E-08 | 4.24E-08 | 3.25E-08 | 2.44E-08 |
| NNE              | 6.93E-06 | 3.13E-06 | 2.02E-06 | 1.28E-06 | 6.73E-07 | 2.96E-07 | 1.39E-07 | 8.15E-08 | 5.26E-08 | 3.60E-08 | 2.76E-08 | 2.06E-08 |
| NE               | 3.95E-06 | 1.84E-06 | 1.25E-06 | 8.47E-07 | 4.90E-07 | 2.35E-07 | 1.14E-07 | 6.69E-08 | 4.28E-08 | 2.95E-08 | 2.22E-08 | 1.63E-08 |
| ENE              | 1.51E-06 | 9.96E-07 | 7.67E-07 | 5.99E-07 | 4.02E-07 | 2.13E-07 | 1.07E-07 | 6.38E-08 | 4.10E-08 | 2.89E-08 | 2.16E-08 | 1.57E-08 |
| E                | 6.63E-06 | 2.84E-06 | 1.96E-06 | 1.40E-06 | 8.64E-07 | 4.40E-07 | 2.20E-07 | 1.32E-07 | 8.53E-08 | 6.05E-08 | 4.57E-08 | 3.37E-08 |
| ESE              | 1.91E-05 | 7.22E-06 | 4.47E-06 | 2.76E-06 | 1.41E-06 | 6.10E-07 | 2.85E-07 | 1.66E-07 | 1.06E-07 | 7.28E-08 | 5.53E-08 | 4.09E-08 |
| SE               | 1.61E-05 | 6.20E-06 | 3.59E-06 | 2.04E-06 | 9.10E-07 | 3.40E-07 | 1.47E-07 | 8.31E-08 | 5.30E-08 | 3.53E-08 | 2.71E-08 | 2.02E-08 |
| SSE              | 2.30E-05 | 8.50E-06 | 4.80E-06 | 2.63E-06 | 1.11E-06 | 3.87E-07 | 1.61E-07 | 8.96E-08 | 5.66E-08 | 3.66E-08 | 2.82E-08 | 2.12E-08 |
| S                | 1.15E-05 | 4.44E-06 | 2.54E-06 | 1.42E-06 | 6.09E-07 | 2.14E-07 | 9.02E-08 | 5.07E-08 | 3.24E-08 | 2.13E-08 | 1.65E-08 | 1.25E-08 |
| SSW              | 5.11E-06 | 2.19E-06 | 1.30E-06 | 7.58E-07 | 3.41E-07 | 1.25E-07 | 5.37E-08 | 3.04E-08 | 1.94E-08 | 1.28E-08 | 9.88E-09 | 7.46E-09 |
| SW               | 5.64E-06 | 2.48E-06 | 1.48E-06 | 8.58E-07 | 3.83E-07 | 1.39E-07 | 5.98E-08 | 3.39E-08 | 2.19E-08 | 1.46E-08 | 1.13E-08 | 8.58E-09 |
| WSW              | 6.44E-06 | 2.87E-06 | 1.70E-06 | 9.83E-07 | 4.44E-07 | 1.66E-07 | 7.09E-08 | 4.04E-08 | 2.60E-08 | 1.77E-08 | 1.36E-08 | 1.02E-08 |
| W                | 5.59E-06 | 2.52E-06 | 1.52E-06 | 9.01E-07 | 4.25E-07 | 1.68E-07 | 7.37E-08 | 4.20E-08 | 2.68E-08 | 1.82E-08 | 1.38E-08 | 1.02E-08 |
| WNW              | 6.89E-06 | 2.87E-06 | 1.67E-06 | 9.60E-07 | 4.37E-07 | 1.67E-07 | 7.27E-08 | 4.10E-08 | 2.64E-08 | 1.81E-08 | 1.38E-08 | 1.03E-08 |
| NW               | 1.42E-05 | 5.35E-06 | 3.03E-06 | 1.69E-06 | 7.53E-07 | 2.84E-07 | 1.23E-07 | 6.99E-08 | 4.48E-08 | 3.06E-08 | 2.34E-08 | 1.75E-08 |
| NNW              | 1.08E-05 | 4.44E-06 | 2.68E-06 | 1.58E-06 | 7.56E-07 | 3.04E-07 | 1.37E-07 | 7.82E-08 | 5.00E-08 | 3.37E-08 | 2.57E-08 | 1.91E-08 |

表 6.2-16 厂址半径 80km 范围内放射性物质空气浓度活度

 $^3\text{H}$ 单位:  $\text{s/m}^3$ 

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 1.26E-01 | 5.83E-02 | 3.68E-02 | 2.33E-02 | 1.20E-02 | 5.20E-03 | 2.66E-03 | 1.71E-03 | 1.24E-03 | 8.77E-04 | 7.23E-04 | 6.11E-04 |
| NNE              | 7.04E-02 | 3.43E-02 | 2.29E-02 | 1.55E-02 | 8.68E-03 | 4.10E-03 | 2.18E-03 | 1.42E-03 | 1.03E-03 | 7.33E-04 | 6.01E-04 | 5.07E-04 |
| NE               | 4.01E-02 | 2.02E-02 | 1.42E-02 | 1.03E-02 | 6.38E-03 | 3.32E-03 | 1.85E-03 | 1.22E-03 | 8.92E-04 | 6.51E-04 | 5.32E-04 | 4.46E-04 |
| ENE              | 1.53E-02 | 1.10E-02 | 8.75E-03 | 7.29E-03 | 5.26E-03 | 3.04E-03 | 1.77E-03 | 1.19E-03 | 8.76E-04 | 6.58E-04 | 5.36E-04 | 4.49E-04 |
| E                | 6.74E-02 | 3.12E-02 | 2.23E-02 | 1.69E-02 | 1.12E-02 | 6.15E-03 | 3.51E-03 | 2.34E-03 | 1.72E-03 | 1.28E-03 | 1.04E-03 | 8.71E-04 |
| ESE              | 1.94E-01 | 7.92E-02 | 5.09E-02 | 3.34E-02 | 1.82E-02 | 8.51E-03 | 4.53E-03 | 2.94E-03 | 2.12E-03 | 1.53E-03 | 1.25E-03 | 1.05E-03 |
| SE               | 1.63E-01 | 6.81E-02 | 4.09E-02 | 2.47E-02 | 1.18E-02 | 4.75E-03 | 2.34E-03 | 1.48E-03 | 1.07E-03 | 7.50E-04 | 6.20E-04 | 5.26E-04 |
| SSE              | 2.33E-01 | 9.33E-02 | 5.46E-02 | 3.17E-02 | 1.43E-02 | 5.38E-03 | 2.53E-03 | 1.57E-03 | 1.12E-03 | 7.59E-04 | 6.28E-04 | 5.35E-04 |
| S                | 1.17E-01 | 4.87E-02 | 2.89E-02 | 1.71E-02 | 7.88E-03 | 2.98E-03 | 1.43E-03 | 8.97E-04 | 6.47E-04 | 4.47E-04 | 3.73E-04 | 3.19E-04 |
| SSW              | 5.19E-02 | 2.40E-02 | 1.48E-02 | 9.18E-03 | 4.42E-03 | 1.75E-03 | 8.57E-04 | 5.41E-04 | 3.92E-04 | 2.71E-04 | 2.26E-04 | 1.94E-04 |
| SW               | 5.74E-02 | 2.72E-02 | 1.68E-02 | 1.04E-02 | 4.95E-03 | 1.94E-03 | 9.47E-04 | 5.99E-04 | 4.35E-04 | 3.05E-04 | 2.54E-04 | 2.18E-04 |
| WSW              | 6.55E-02 | 3.15E-02 | 1.94E-02 | 1.19E-02 | 5.75E-03 | 2.33E-03 | 1.13E-03 | 7.23E-04 | 5.27E-04 | 3.77E-04 | 3.14E-04 | 2.68E-04 |
| W                | 5.68E-02 | 2.77E-02 | 1.74E-02 | 1.09E-02 | 5.54E-03 | 2.37E-03 | 1.20E-03 | 7.74E-04 | 5.65E-04 | 4.07E-04 | 3.36E-04 | 2.86E-04 |
| WNW              | 7.01E-02 | 3.15E-02 | 1.91E-02 | 1.16E-02 | 5.68E-03 | 2.35E-03 | 1.17E-03 | 7.44E-04 | 5.44E-04 | 3.94E-04 | 3.26E-04 | 2.78E-04 |
| NW               | 1.44E-01 | 5.87E-02 | 3.44E-02 | 2.05E-02 | 9.77E-03 | 3.99E-03 | 1.98E-03 | 1.26E-03 | 9.16E-04 | 6.60E-04 | 5.45E-04 | 4.63E-04 |
| NNW              | 1.10E-01 | 4.87E-02 | 3.05E-02 | 1.92E-02 | 9.79E-03 | 4.26E-03 | 2.18E-03 | 1.40E-03 | 1.01E-03 | 7.15E-04 | 5.88E-04 | 4.98E-04 |

表 6.2-17 厂址半径 80km 范围内放射性物质空气浓度活度

$^{14}\text{C}$

单位:  $\text{s/m}^3$

| 距离<br>(km)<br>方位 | 0-1      | 1-2      | 2-3      | 3-5      | 5-10     | 10-20    | 20-30    | 30-40    | 40-50    | 50-60    | 60-70    | 70-80    |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                | 9.93E-03 | 4.59E-03 | 2.90E-03 | 1.83E-03 | 9.41E-04 | 4.09E-04 | 2.09E-04 | 1.34E-04 | 9.72E-05 | 6.90E-05 | 5.68E-05 | 4.81E-05 |
| NNE              | 5.53E-03 | 2.70E-03 | 1.80E-03 | 1.22E-03 | 6.83E-04 | 3.22E-04 | 1.71E-04 | 1.11E-04 | 8.07E-05 | 5.76E-05 | 4.73E-05 | 3.99E-05 |
| NE               | 3.16E-03 | 1.59E-03 | 1.12E-03 | 8.08E-04 | 5.02E-04 | 2.61E-04 | 1.45E-04 | 9.62E-05 | 7.01E-05 | 5.12E-05 | 4.18E-05 | 3.51E-05 |
| ENE              | 1.20E-03 | 8.62E-04 | 6.88E-04 | 5.73E-04 | 4.13E-04 | 2.39E-04 | 1.39E-04 | 9.36E-05 | 6.89E-05 | 5.17E-05 | 4.22E-05 | 3.53E-05 |
| E                | 5.30E-03 | 2.45E-03 | 1.75E-03 | 1.33E-03 | 8.81E-04 | 4.84E-04 | 2.76E-04 | 1.84E-04 | 1.35E-04 | 1.01E-04 | 8.19E-05 | 6.85E-05 |
| ESE              | 1.53E-02 | 6.23E-03 | 4.00E-03 | 2.62E-03 | 1.43E-03 | 6.69E-04 | 3.56E-04 | 2.31E-04 | 1.67E-04 | 1.20E-04 | 9.82E-05 | 8.24E-05 |
| SE               | 1.29E-02 | 5.35E-03 | 3.22E-03 | 1.94E-03 | 9.28E-04 | 3.74E-04 | 1.84E-04 | 1.17E-04 | 8.41E-05 | 5.90E-05 | 4.88E-05 | 4.14E-05 |
| SSE              | 1.84E-02 | 7.33E-03 | 4.29E-03 | 2.50E-03 | 1.13E-03 | 4.23E-04 | 1.99E-04 | 1.24E-04 | 8.80E-05 | 5.97E-05 | 4.94E-05 | 4.21E-05 |
| S                | 9.23E-03 | 3.83E-03 | 2.27E-03 | 1.35E-03 | 6.19E-04 | 2.34E-04 | 1.12E-04 | 7.05E-05 | 5.08E-05 | 3.51E-05 | 2.93E-05 | 2.51E-05 |
| SSW              | 4.08E-03 | 1.89E-03 | 1.17E-03 | 7.22E-04 | 3.48E-04 | 1.37E-04 | 6.74E-05 | 4.26E-05 | 3.08E-05 | 2.13E-05 | 1.78E-05 | 1.53E-05 |
| SW               | 4.51E-03 | 2.14E-03 | 1.32E-03 | 8.16E-04 | 3.90E-04 | 1.53E-04 | 7.45E-05 | 4.71E-05 | 3.42E-05 | 2.40E-05 | 2.00E-05 | 1.71E-05 |
| WSW              | 5.15E-03 | 2.48E-03 | 1.52E-03 | 9.36E-04 | 4.53E-04 | 1.83E-04 | 8.92E-05 | 5.68E-05 | 4.15E-05 | 2.97E-05 | 2.47E-05 | 2.11E-05 |
| W                | 4.47E-03 | 2.18E-03 | 1.37E-03 | 8.61E-04 | 4.36E-04 | 1.87E-04 | 9.46E-05 | 6.09E-05 | 4.44E-05 | 3.20E-05 | 2.64E-05 | 2.25E-05 |
| WNW              | 5.51E-03 | 2.48E-03 | 1.50E-03 | 9.16E-04 | 4.47E-04 | 1.85E-04 | 9.23E-05 | 5.85E-05 | 4.28E-05 | 3.10E-05 | 2.57E-05 | 2.18E-05 |
| NW               | 1.13E-02 | 4.62E-03 | 2.71E-03 | 1.61E-03 | 7.68E-04 | 3.14E-04 | 1.56E-04 | 9.89E-05 | 7.20E-05 | 5.19E-05 | 4.29E-05 | 3.64E-05 |
| NNW              | 8.66E-03 | 3.83E-03 | 2.40E-03 | 1.51E-03 | 7.70E-04 | 3.35E-04 | 1.71E-04 | 1.10E-04 | 7.93E-05 | 5.62E-05 | 4.63E-05 | 3.91E-05 |

表 6.2-18 总排放口浓度（5 种放射性核素）

（3、4 号机组）

| 放射性核素             | I ~IV类海域浓度标准<br>(Bq/L) | 单机组排放量<br>(Bq/a) | 液态流出物排放量<br>(m <sup>3</sup> /a) | 液态流出物排放速率<br>(m <sup>3</sup> /h) | 单机组冬季循环冷却<br>水排放量<br>(m <sup>3</sup> /s) | 总排放口浓度<br>(Bq/L) | 占比   |
|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|------------------|------|
| <sup>60</sup> Co  | 0.03                   | 2.15E+07         | 7700                            | 300                              | 47.35                                    | 9.79E-03         | 0.33 |
| <sup>90</sup> Sr  | 4                      | 3.58E+04         | 7700                            | 300                              | 47.35                                    | 1.63E-05         | 0.00 |
| <sup>106</sup> Ru | 0.2                    | 2.11E+04         | 7700                            | 300                              | 47.35                                    | 9.61E-06         | 0.00 |
| <sup>134</sup> Cs | 0.6                    | 1.46E+09         | 7700                            | 300                              | 47.35                                    | 6.65E-01         | 1.11 |
| <sup>137</sup> Cs | 0.7                    | 1.17E+09         | 7700                            | 300                              | 47.35                                    | 5.33E-01         | 0.76 |

表 6.2-19 水生生物危害商

| 水生生物名称    | 危害商（3、4 号机组）    | 危害商（1~4 号机组）    |
|-----------|-----------------|-----------------|
| 鸟类        | 1.52E-04        | 3.34E-04        |
| 底层鱼       | 1.18E-02        | 1.77E-02        |
| 甲壳类       | 1.14E-02        | 1.70E-02        |
| 大型海藻（藻类）  | 1.26E-02        | 1.87E-02        |
| 软体双壳类     | 1.24E-02        | 1.86E-02        |
| 浅层鱼       | 1.31E-04        | 3.04E-04        |
| 浮游植物      | 6.45E-05        | 1.45E-04        |
| 多毛纲动物（蠕虫） | <b>2.50E-02</b> | <b>3.72E-02</b> |
| 维管植物      | 1.24E-02        | 1.84E-02        |
| 浮游动物      | 1.17E-04        | 2.69E-04        |

表 6.2-20 陆生生物危害商

| 陆生生物      | 危害商（3、4 号机组）    | 危害商（1~4 号机组）    |
|-----------|-----------------|-----------------|
| 两栖动物      | 1.18E-03        | 2.46E-03        |
| 环节动物      | 7.26E-05        | 1.37E-04        |
| 食腐类节肢动物   | 1.17E-03        | 2.44E-03        |
| 鸟类        | <b>1.25E-03</b> | <b>2.62E-03</b> |
| 飞行类昆虫     | 1.24E-03        | 2.59E-03        |
| 草本植物      | 6.35E-05        | 1.20E-04        |
| 苔藓类植物     | 1.18E-03        | 2.47E-03        |
| 大型哺乳动物    | 7.63E-04        | 1.57E-03        |
| 小型掘穴类哺乳动物 | 1.18E-03        | 2.46E-03        |
| 腹足纲软体动物   | 1.16E-03        | 2.43E-03        |
| 爬行动物      | 1.13E-03        | 2.36E-03        |
| 灌木        | 7.06E-05        | 1.32E-04        |
| 乔木        | 5.32E-05        | 1.02E-04        |

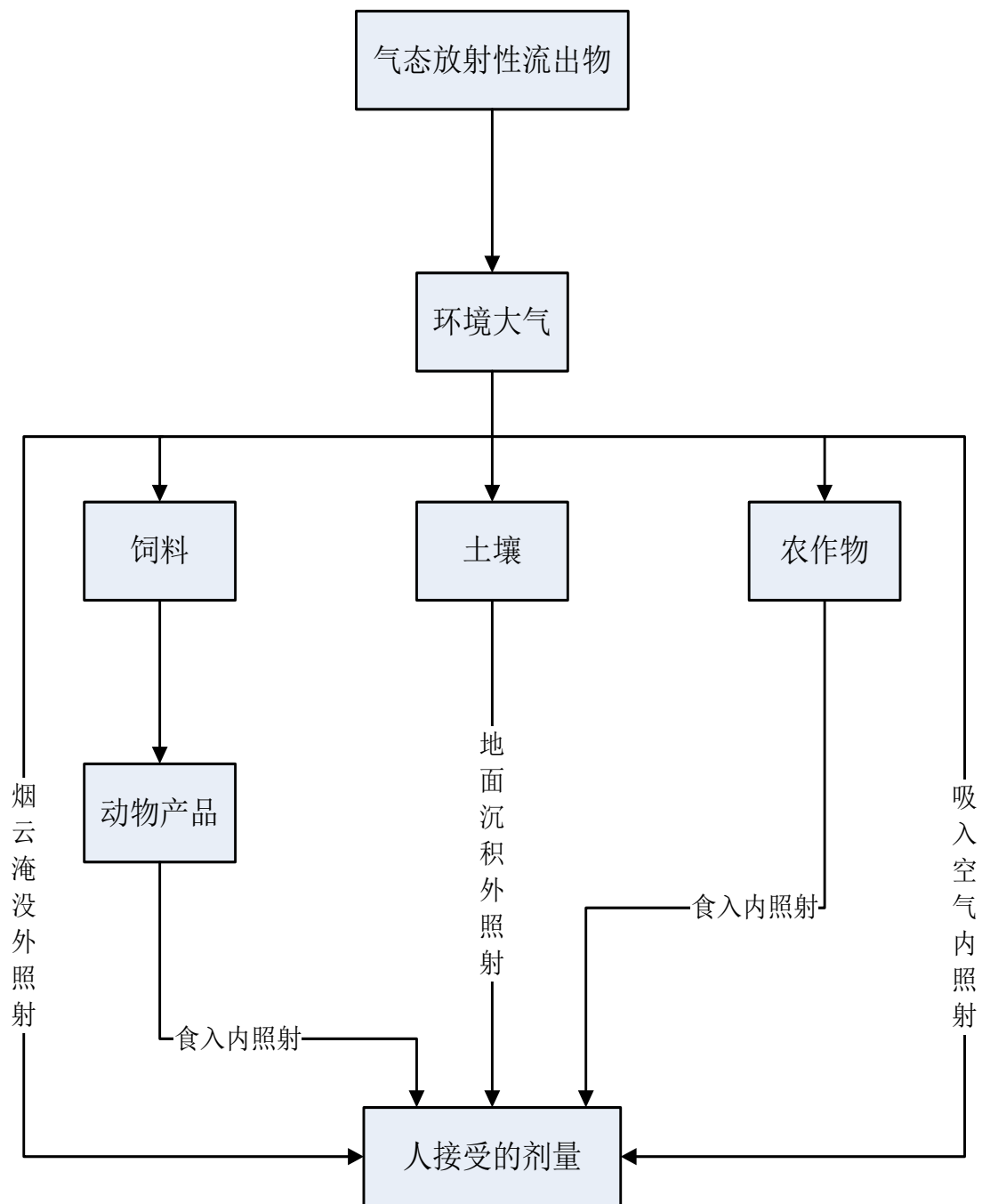


图 6.2-1 正常运行时气态流出物对人体的照射途径

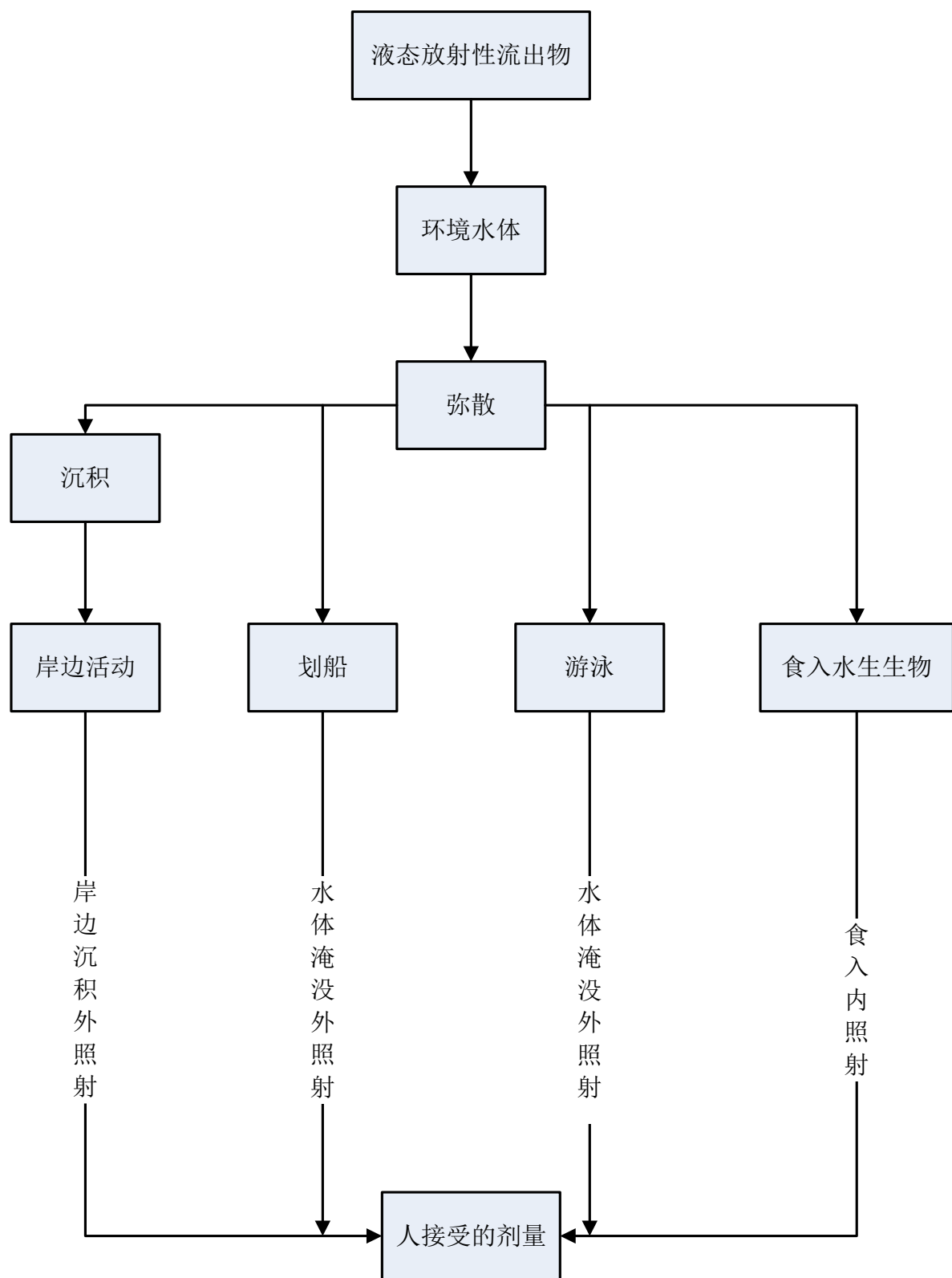


图 6.2-2 正常运行时液态流出物对人体的照射途径

## 6.3 其它影响

根据本工程 2 台 CAP1000 核电机组的系统工艺流程和运行特点，机组正常运行期间除放射性和温排放外，其它影响主要包括：电厂向海域排放的化学物质、海水加氯处理的余氯、排放的非放射性污水以及暂时贮存的固废，噪声和电磁对环境造成的影响。

### 6.3.1 化学污染物的环境影响

三门核电厂 3、4 号机组各系统使用的化学物质及影响如下：

#### 6.3.1.1 海水淡化系统（WDS）

海水淡化系统是将经混凝澄清和过滤的海水，经海水膜反渗透淡化处理，向除盐水处理系统连续提供符合进水要求的生产用水。海水淡化系统设计出力为  $2 \times 177 \text{ m}^3/\text{h}$ ，能满足四台机组除盐水处理的正常原水需求。海水淡化系统需考虑合适的化学加药系统，海水淡化系统的加药装置布置在海水淡化系统的加药间内。加药装置有：超滤、反渗透运行及化学清洗部分药品投加设备，即超滤装置化学清洗装置、混凝剂投加装置、反渗透化学清洗装置、反渗透阻垢剂投加装置、还原剂投加装置、酸碱及次氯酸钠投加装置、助凝剂投加装置，以及加药间安全淋浴器等。

#### 6.3.1.2 除盐水处理系统

除盐水处理系统是将经海水淡化系统预处理合格的产水，再经反渗透脱盐处理和离子交换处理，向除盐水贮存和分配系统（DWS）提供符合标准要求的除盐水，满足机组的除盐水补水要求。

#### 6.3.1.3 凝结水精处理系统

凝结水精处理系统被用于去除在核电厂启动、热备用、功率运行时非正常的二回路化学、安全停机和冷态停机期间来自凝结水系统的腐蚀产物和离子污染物。

在核电厂运行时，凝结水精处理系统只在二回路存在不正常的情况下使用。在凝汽器管连续泄漏量  $0.001 \text{ gpm}$  或故障泄漏小于  $0.1 \text{ gpm}$  时，使用凝结水精处理系统能维持核电厂的连续运行直到维修或接到停机的命令。

#### 6.3.1.4 循环水加氯系统

为满足核电厂运行的要求，循环冷却水系统需通过化学加药进行水质控制，该系统的加药设备布置在循泵房附近的加氯间内。系统采用连续加氯处理流经循环水冷却系统的海水，投加次氯酸钠溶液作为生物杀灭剂。本工程获取次氯酸钠方式同三门核电一期工程 1、2 号机组，采用就地电解海水的工艺来获取次氯酸钠。

#### 6.3.1.5 化学药剂供给系统

常规岛化学加药系统（CFS）将所需的氨、联氨和 ETA 加到凝结水系统和给水系统。CFS 凝结水、给水的加药设备布置在汽机房内。

本工程产生的非放射性生产废水经处理后满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）二级标准要求，其与循环冷却水掺混后排放至厂址附近海域。由于循环冷却水排水量远远大于生产废水排水量，污染物的浓度在进入受纳水体前已被充分稀释；此外参考液态流出物排放数模成果，经厂址排放口附近的海水扩散稀释后，进入受纳水体环境的排放物预计不会对厂址附近海域产生明显的影响。

#### 6.3.1.6 硼酸的排放

本工程含硼废液的排放主要包括化学和容积控制系统（CVS）调硼动作、燃料运输通道排水及运行期间放射性液体废物处理系统（WLS）排水，单机组约为 2 吨硼，即 11.44 吨硼酸（ $H_3BO_3$ ），且不考虑非计划停堆及调峰。

《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中未对硼排放的浓度制定限值，参照上海市地方标准《污水综合排放标准》（DB31/199-2018）第二类污染物排放限值一级标准，总硼不高于 2mg/L。经计算，总排放口处硼的浓度远小于海水本身含硼量 3~4mg/L，因此不会对厂址附近海域的水质产生影响。

#### 6.3.1.7 含油废水的排放

核电厂正常运行期间产生的非放射性生产废水除含有化学物质的生产废水外，还包括含油废水。

含油废水主要来自汽机房地下楼面的冲洗水、设备放水、核岛附属厂房、辅助厂房、柴油发电机厂房的非放射性含油废水，上述废水经非放生产废水处理系统处理后达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）的一级标准（排放口执行二级标准）后，与冷却水掺混后排放，不会对排放口周围海域造成影响。

### 6.3.2 其他污染物的环境影响

#### 6.3.2.1 生活污水

三门核电厂厂区生活污水由生活污水管网收集后接入市政污水管网，排入健跳镇污水处理厂进行处理，执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。

#### 6.3.2.2 非放射性固废的环境影响

##### 1) 生活垃圾

本工程运行期间产生的生活垃圾主要来源于厂区及员工生活区的生活垃圾，包括员工的生活垃圾、公共建筑和餐饮垃圾等。

本工程运行期产生垃圾实行袋装分类收集，并委托当地环卫所集中收集处理；餐饮废弃物中厨房下脚料、食物残渣、鱼类内脏等有机废物由有资质的专业单位上门清运用作饲料，废食用油加强回收利用。

通过上述有效控制，本工程营运期间产生的生活垃圾不会对当地环境造成不利影响。

##### 2) 一般工业固体废物

核电厂运行期间产生的非放射性一般工业固体废物主要来自核电厂在正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等产生一定量的工业固废，运行期间产生的一般固体废物可分为可再生废物和其他工业固体废物，严格依据《固体废物分类与代码目录》（生态环境部 2024 年第 4 号公告）进行细化分类并标注废物代码，实现规范化暂存与处置。

运营单位在厂区范围内设有可回收/不可回收一般工业固废堆场/中转地，用于堆放一般工业固体废物，由有资质的专业单位外运处置。

此外，原水处理厂的固体废物主要为水处理过程中通过絮凝和沉淀产生的污泥，污泥定期清掏并由有资质的专业单位外运处置。

##### 3) 危险废物

核电厂运行期间产生的非放射性危险废物包括废包装桶、废试剂、废溶剂、过期化学品、废油、废弃擦拭纸/吸油棉、油泥、过期药品，废树脂，废旧灯管，废旧蓄电池，废油漆等。机组运行后，建设单位将建立危险废物台账，做好暂存工作，并委托送交有资质的专业单位处理。

危险废物暂存库由厂区原污水处理厂内现有设施改建，位于厂区北区范围、厂内应急指挥中心东侧。危险废物暂存库按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中的相关规定开展，地面和裙角刷环氧树脂，设置有泄漏收集槽、池，不同危险废物间用墙作隔断。暂存库外张贴警示标志，暂存库内配有吸油棉等应急物资和灭火器等消防设施。

#### 6.3.2.3 常规大气污染物排放

柴油发电机产生的废气由备用柴油发电机组工作时燃烧柴油（-10#柴油 GB19147）产生，主要成分包含二氧化碳、硫氧化物、可见颗粒等。备用柴油发电机排气管出口高于地面 12m，废气排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）。

柴油发电机组作为备用应急电源，使用机会少，每年总运行时长约 10 小时，时间短，污染物排放极小，预计不会对周围大气环境造成不良影响。

#### 6.3.2.4 噪声影响

核电厂运行期间的噪声源主要来自汽轮机厂房、循环水泵房、空压机房、通风机房等建筑内的汽轮机、发电机、循环水泵、送风机及引风机等设备的运行。为了降低噪声对环境的影响，各噪声源采用了隔声罩、厂房吸音、厂房封闭隔声等降噪措施。

通过采取降噪措施并考虑建筑隔声、距离衰减等因素，本工程 2 台机组和三门核电一期工程 2 台机组正常运行产生的噪声，对厂界外居民点造成的噪声影响可满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 1 类标准：昼间 55dB(A)，夜间 45dB(A)。对厂界造成的噪声影响满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 3 类标准：昼间 65dB(A)；夜间 55dB(A)。

#### 6.3.2.5 电磁辐射影响

本工程新建三门核电二期 2 回 500kV 线路出线段与回浦~宁海 2 回 500kV 线路在回浦站外搭接，形成三门核电二期~宁海 2 回 500kV 线路。本工程开关站延续三门核电一期工程设计，采用 GIS 设备，电气主接线采用 3/2 接线形式，以提高机组运行可靠性。为满足电厂“2、2”分母的运行要求，3、4 号机组和 1、2 机组位于分段开关的两侧。本期建设的 3、4 号两台机组接入 500kV 配电装置，并以两回出线接入系统，即两回进线、两回出线。与一期工程母线通过分段开关

相连，在 1 期 500kV 母线南侧扩建，本工程投产后，与 1、2 号机组合并送出。

根据三门核电一期工程的竣工监测结果，三门核电 1 号机组变压器、2 号机组变压器、220kV 开关站、500kV 开关站以及环境敏感点周围工频电场最大值为 1576V/m，工频磁感应强度最大值为 4457nT，均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）要求（工频电场强度 $<4\text{kV/m}$ ，工频磁感应强度 $<0.1\text{mT}$ ）。

类比一期的结果，本工程电磁影响可以满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的限值。

## 6.4 退役

核电厂的退役是指为解除核电厂的部分或全部监管控制而采取的行政和技术行动。其中，核电厂退役的重点是反应堆装置的退役，其退役受多方面的制约，其中包括政治、经济、科学技术和政策法规等的影响。

本工程运营单位已制定《初步退役计划》（2025 年 5 月）。辐射环境水平现状调查见本报告第 3 章 3.1 节描述。

### 6.4.1 退役策略

核电厂退役策略如下：

#### 1) 立即拆除

立即拆除策略一般在核设施永久停堆之后便立即开始着手实施一系列的退役活动。本策略目标是在较短的时间内，便可将厂址内特定放射性水平（一般指放射性解控值）以上的所有核材料全部移除，以实现所属厂址或设施的安全解控或无需任何核安全监管限制下的再利用。

采用立即拆除策略可以最大限度地利用现有的人力资源及技术知识储备实施去污、拆除和解体等作业；但是这个策略选项无法实现待退役核设施的放射性源项的显著衰减，同时要求退役核设施的废物及乏燃料管理设施可用。另外，由于没有缓冲期，退役资金也必须充足或得到充分保证。

#### 2) 延缓拆除

延缓拆除策略，也称安全关闭或安全贮存，采用这个策略意味着永久停堆后的核设施完成最终处置的时间将会延后。一般采用此策略的核设施从永久停堆到最终完成去污、拆除、解体并实现解控最长可达 50 年。为实现如此长时间内的

安全关闭（或贮存），退役核设施的运行阶段收集和累积的废物都必须移除。

这个策略的好处是可以使待退役核设施的大部分放射性源项有效地衰减，可以减少退役实施过程中达到辐射防护目标所需的资源，同时有利于保障作业人员的安全；另外，延缓拆除策略也可以降低对退役资金筹集的时间压力。但对于独立核设施采用此策略，同样也具有以下缺点：

- 首先在安全关闭期间，现有资质人员及待退役核设施相关的技术和知识储备必然大幅度流失；
- 采用此策略的核设施，为降低长时间内核设施整体风险水平，需要在进入长期安全关闭之前移除厂内的乏燃料；
- 需要在安全关闭期间建立起核设施的监测和维护保养，并维持实体保卫。

在有合适的放射性废物处置场或放射性废物暂存设施来处理并处置放射性废物以及退役资金充足的条件下，本工程两台机组应实施立即拆除的退役策略。厂址规划情况若有变化，本工程两台机组的退役计划将根据实际情况进一步优化。

浙江三门核电项目共规划六台机组分三期建设，最先进入退役的机组在制定退役计划时需进行统筹考虑，避免在进行退役活动时对其他机组的运行造成影响。退役机组与其他设施之间的影响以及接口要求在退役前需要详细规划，如利用厂址共用的厂址废物处理设施、去污和热检修车间等。多机组厂址针对退役中的机组应当结合《核设施实物保护》（HAD501/02-2018）的要求，在退役期间，独立采取适宜的安保措施，以保障退役安全。

#### 6.4.2 退役技术研究

核电厂退役涉及多种技术，主要包括源项调查技术、去污技术、拆除和解体技术、废物管理技术等，每类技术针对不同的对象需要用到不同的方法、技术和装备。目前国内在各技术领域均有一定进展，源项调查技术如放射性残留量模拟计算和数据分析、现场和实验室测量技术等，去污技术如高压水喷射、喷丸法等，拆除和解体技术如水下等离子切割、超高压磨料水射流切割、爆炸拆除等，废物管理技术如外运焚烧、水泥固化、混凝土 HIC 等。与国际上相比，退役技术在国内仍处于起步阶段，部分技术还需要进行进一步发展，比如在退役技术的远程实施方面，可以加强退役技术的机械化程度，如远程切割、水下切割、使用专门的去污机器人等，使退役工艺流程得到简化，而且可以降低实施期间人员受到的

放射性危害。同时，如何将复杂环境感知、智能控制、远程操作等技术相结合并更好的应用在退役实施过程中也是将来技术的发展方向。

本项目核设施退役将按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核设施退役安全要求》（GB/T19597-2004）、《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）的要求实施，拆下的混凝土和金属部件的处理和处置工作遵循辐射防护最优化原则和废物最小化原则，包括：（1）遵循辐射防护的最优化原则，确保辐射安全；（2）退役过程中贯彻废物最小化原则，尽量减少二次废物产生量；（3）退役过程中采取有效措施，防止污染扩大或交叉污染。

正式实施退役活动前的安全关闭时间为3~5年，在此期间，活度浓度较低或半衰期较短的放射性核素将衰变到较低水平，最大限度地减少退役过程中的辐射风险，保障人员和环境的安全。

核电厂退役技术方案及主要任务如下：

（1）首先移除所有乏燃料，乏燃料组件可直接运往专门的暂存设施或场所、或送至乏燃料后处理厂（如有）进行处置；

（2）对系统主回路进行去污，剩余放射性废液和部分去污废液尽量采用原有核岛或厂址废物处理设施中已有的废物处理系统；

（3）同步开展退役前的准备工作（确定退役目标和策略，制定退役计划，筹集退役资金，申请退役许可，建立组织机构，培训人员，辅助设施改造，退役设备准备）；

（4）随后进行源项调查、去污和切割，最终放射性废物送往处置厂进行处置；

（5）待退役拆除和废物清理工作全部结束，对残留放射性进行终态放射性特性调查，以判断退役结果是否符合《核设施退役场址土壤中残留放射性可接受水平》（GB45437-2025）要求。

### 6.4.3 废物管理措施

#### 6.4.3.1 废物管理原则

退役废物管理是整个退役的重要活动，废物管理的成本是整个退役成本的重要部分，所以退役要高度重视废物最小化和废物优化管理。废物管理过程中，需

要关注与贯彻如下原则：

- 废物最小化，严格控制气态和液态流出物的排放，降低对公众与环境的影响。
- 废物分类，从源头做好分类工作，防止交叉污染。
- 废物包装到位，尽量同时满足贮存、运输和处置的要求，避免重复包装。
- 退役前需要解决废物的贮存/处置场所。
- 尽可能利用原有的退役处理和贮存设施，进行处理和临时贮存。
- 分类收集处理废物，尤其是可待解控废物，以便减少最终需处置的废物量。
- 重视含石棉、汞等危险废物的收集、暂存、外运处置。
- 重视工作人员的培训和安全文化修养。

#### 6.4.3.2 退役废物量评估

退役产生的物料和放射性废物有三条出路：

- 清洁解控允许无限制使用。
- 授权在核工业内部使用。
- 作为放射性废物贮存和处置。

退役实施单位需结合核电厂固有设计特点、核电厂运行记录、拟定退役方案以及国内外核设施退役经验对退役废物量进行评估，为后续退役废物管理奠定基础。

#### 6.4.3.3 废物处理设施的准备

##### 1) 放射性废液处理

放射性废液主要产生于：

- 离线去污和切割过程：退役过程中部分拆除产生的放射性固体废物通过离线去污可能达到降级或解控的目的，对于这类废物考虑进行离线去污操作，离线去污和切割过程、特别是采用水力喷射去污或切割会产生放射性废液；
- 系统倒空及串洗：监护封存期内需将待退役的核设施系统中残留的放射性废液排干、收集并进行处理，主要涉及系统倒空及串洗过程中产生的放射性废液、一回路系统及与一回路相连的辅助系统疏水、待退役核设

施废液处理系统残留退役核设施、其它相关设备/地面疏水等；

- 退役工作人员进行身体表面清洗：退役工作人员从事放射性工作，需要对体表进行清洗去污，该过程产生放射性废液。

由于系统排空和串洗时，待退役核设施废液处理系统仍可用，故系统排空及串洗产生的放射性废液可利用原有废液处理系统进行处理。离线去污时，需要与原有废液处理系统相连，产生的去污废液可直接送至废液处理系统进行处理，待废液处理系统完成退役后，去污废液利用小型移动式废液处理装置进行收集、处理及检测，检测合格后监测排放。退役工作人员身体表面清洗去污产生的废液通过放射性废水疏排系统收集，收集后取样分析，达到排放标准后监测排放，若超过排放标准则送回废液处理系统再处理。在放射性废水疏排系统退役后，后续清洗去污产生的废液可由小型移动式废液处理装置进行收集、处理及检测，检测合格后监测排放。

## 2) 放射性废气处理

退役期间的放射性废气主要产生于切割、去污和清洗过程产生的气溶胶和污染烟尘，以及反应堆冷却剂脱气产生的工业废气。反应堆冷却剂脱气可由待退役的核设施废气处理系统处理。

在对放射性物项进行切割、去污和清洗时，会产生含有放射性的气溶胶和污染烟尘等，若被工作人员吸入可造成一定程度的内照射。对于此类情况可以考虑在操作工位附近设置配备高效过滤器的移动式通风装置进行过滤，过滤后的气体进入厂房排风系统。

对于厂房建（构）筑物进行表面剥离去污的过程中可能产生一定量的放射性粉尘，可将表面剥离机与配有高效过滤器的工业吸尘器配套使用，由吸尘器收集粉尘，过滤后的气体也进入厂房排风系统。上述气体进入排风系统后利用厂房原有的废气处理手段进行处理后监测排放。

## 3) 放射性固体废物处理

退役产生的放射性固体废物种类最多，如污染的废钢铁、废电缆、工具、滤芯、建筑废物、劳保用品等。该类废物具有数量大、污染程度低、体积大且可能含有化学毒性物质等特点。主要包括主设备、辅助设备、泵、阀及拆除工具，废金属管道，废电缆，废建筑废物，非金属废物（塑料、木材等），通风过滤器，

可压废物，场址清理产生的污染土壤等。

退役过程中产生的废物类型及废物量与运行期间存在很大差异，待退役的核设施固体废物处理设施在处理手段和能力上不能完全满足退役废物的处理要求。因此，除利用原有固体废物处理系统外，在退役工作开始前有必要增设备所需功能及足够处理能力的废物处理手段，其要求能够完成对退役过程中产生的固体废物进行必要的解控监测、处理整备、包装、检测等，还可考虑增加废油和废有机溶剂焚烧手段，并应具备足够容量的固体废物暂存设施，其容量应能满足固体废物解控或送去最终处置前暂存的需求。

上述所需的废物处理手段可利用原有子项进行改扩建或新建废物处理设施以满足废物处理的需要。具体采用何种方案，应综合考虑是否由适宜厂址、工期是否允许以及是否存在与退役无关且足够大的子项可进行改扩建工作。

具备了必要的废物处理手段后，对退役废物进行处理整备，不同放射性水平的放射性固体废物处理整备途径有：

(1) 高中水平放射性废物主要为活化废物，全部来自反应堆压力容器及堆内构件，解体这些废物则需将废物解体为适当大小，装入屏蔽转运容器运出厂房，暂存后送深地质处置或中等深度处置。

(2) 低水平放射性废物包括活化的金属废物、污染金属废物和活化的非金属废物。这类废物放入屏蔽转运容器或经适当包装后送至废物处理设施，对于去污后可降级或解控地废物考虑进行离线去污，对于可循环利用的废物进行再循环利用，其它废物进行整备处理，暂存后送近地表处置。

(3) 极低水平放射性废物包括一些建筑废物如混凝土、污染土壤、劳保用品等。这类废物包装后进行整备处理，后送至填埋处置。

#### 6.4.4 退役经费安排

足够的退役资金是完成核设施退役的重要前提。对退役费用有直接影响的因素包括堆型、退役策略的选择和废物处置方案等。因此，退役费用不仅各国的处理方法不同，不同厂址之间由于不同的堆型、厂址条件等因素也会有所不同。

国际上现在使用三个宽泛的类别来估计退役费用：

1) 直接与退役活动有关的项目，如源项调查、拆卸、去污、运输和处置工作等费用；

2) 与完成退役期限有关的项目, 如退役项目的工程管理、质量监督、安全保障、许可证申请等费用;

3) 特殊项目, 如为退役服务的特殊设备采购等。

资金筹措办法因国而异, 也有多种方案, 其中较常用的一种筹集资金方法是通过从消费者支付的电费中提取一定的百分数而逐步筹集资金以便退役使用, 我国也采用了类似的方案。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》, 核设施的退役费用和放射性废物处置费用应当预提, 列入投资概算或生产成本。我国在《国家核电发展专题规划(2005-2020 年)》中规定: 核电厂从投入商业运行开始时, 即可在核电厂发电成本中强制提取、积累核电厂退役处理费用, 在中央财政设立核电厂退役专项基金账户, 在各核电厂商业运行期内提取。

目前国内所有核电机组从未完成或正在进行退役, 因此核电机组退役过程中产生的费用明细和额度还不得而知。在国家出台关于核电厂年退役基金提取标准规范之前, 只能参照国家能源局发布的标准《核电厂建设项目经济评价方法》

(NB/T20048-2011)的相关规定进行计算。根据《核电厂建设项目经济评价方法》

(NB/T20048-2011)的相关描述, 我国在核电厂建设前期决策过程中, 对退役资金是通过计提退役基金来考虑的。标准中对退役基金定义为核电厂运行寿命结束后, 对电厂采取拆除或封闭等措施准备的资金, 计入发电成本, 由用户最终承担。

退役基金的总额为核电厂建设工程固定资产原值的 10%, 从核电厂投产后第一年开始平均提取。计算公式如下:

年退役基金=工程固定资产原值×年退役基金提取率

退役基金=年退役基金×评价期=工程固定资产原值×退役基金提取率

## 6.4.5 知识管理

### 6.4.5.1 组织管理

核电厂退役是一项专门的工程, 为安全、有序、全面、有效地实施退役, 应建立以营运单位为主体, 依靠核电厂的人员和技术力量、并兼有设计等技术后援单位的配合、以及退役分包单位参与的退役组织机构。本工程按照退役工程开展的实际需要, 在不同的阶段设置相匹配的组织机构, 而随着退役工程的深入, 其组织机构也会有所变化。

在运行期间，由技术部门（退役管理部门）负责组织开展退役准备阶段的工作；负责退役的总体管理；负责退役管理体系和流程的建立与优化；负责退役计划制订/修订；负责运行期间退役相关文档的收集与管理；负责退役相关的技术研究、退役资金和风险管理、退役许可申请、以及退役安全等方面的工作。公司相关部门根据自身的职责分工配合开展退役相关事宜。

#### 6.4.5.2 人员培训

退役相关工作人员的培训方法参照国际原子能机构推荐的系统化培训方法进行。依据核安全法规《核电厂人员的配备、招聘、培训和授权》（HAD103/05-2013）的规定，制定电厂的“培训与授权政策”和“培训与授权管理大纲”。

退役相关工作人员的培训主要分基础理论培训、基本安全授权培训、电厂系统设备培训、技能培训和在岗培训等五个部分。

退役相关工作人员只有在按照岗位培训大纲的规定完成了相关的培训，并取得必要的资格，才能获得相应的授权。

#### 6.4.6 记录保存

在运行期间，由技术部门（退役管理部门）根据实际情况定期审查文档管理系统，以确保准确地标记出退役需要的档案文件，并逐步从运行阶段的文档管理系统中筛选出退役需要的文档，信息文档部门需提供支持，以此建立退役文档管理系统。

过渡阶段和退役阶段产生的档案文件在通过退役管理部门审查后，由信息文档部门按照管理程序要求录入退役文档管理系统中。

信息文档部门制定文档的分类标准，并选择合适的载体进行储存。退役文档管理系统的各项功能指标符合国家相关法规、标准的要求。

信息文档部门对本工程各阶段的档案文件进行分类和编码，由退役管理部门标识出其退役的属性。在建立退役文档管理系统后，退役管理部门筛选出退役相关的档案文件，由信息文档部门将其迁移到该系统。在退役的实质性工作开始之前，信息文档部门组织相关人员对退役相关的档案文件进行审查，以确保其准确性、完整性和可追溯性。

信息文档部门根据档案文件的不同用途确定其保存等级和保存期限，并将原始文档与备份文档储存在不同地点加以保护。信息文档部门制定信息访问控制程

序和变更控制程序,防止档案文件的丢失、损坏或未经授权的修改、删除或复制。

信息文档部门对档案文件进行定期检测,对出错的载体进行有效地修正或更新。对于电子档案文件,信息文档部门还需定期进行迁移,以保证信息的可用性。

## 第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

### 7.1 核电厂放射性事故和后果评价

#### 7.1.1 事故描述和事故源项

##### 7.1.1.1 事故描述

##### 7.1.1.1.1 事故分类

根据国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)的要求：按可能导致环境危害程度和发生概率的大小，可将核动力厂事故工况分为设计基准事故（包括稀有事故和极限事故）和严重事故。

本报告 7.1 节核动力厂事故工况的环境影响评价采用设计基准事故。

##### 1) 稀有事故

在核动力厂运行寿期内发生频率很低事故（预计为  $10^{-4}$ /堆年~ $10^{-2}$ /堆年），这类事故可能导致少量燃料元件损坏，但单一的稀有事故不会导致反应堆冷却剂系统或安全壳屏障丧失功能。

##### 2) 极限事故

在核动力厂运行寿期内发生频率极低的事故（预计为  $10^{-6}$ /堆年~ $10^{-4}$ /堆年），这类事故的后果包含了大量放射性物质释放的可能性，但单一的极限事故不会造成应对事故所需的系统（包括应急堆芯冷却系统和安全壳）丧失功能。

##### 7.1.1.1.2 事故选取

依据本工程最终安全分析报告，对 7 类共 10 种具有代表性的、放射性后果为所属类型中最严重的设计基准事故进行分析，确定与不同释放时间相对应的放射性释放量，用来计算所致本工程周边区域公众的剂量。

对 7 类事故分类如下所示：

| 事故                          | 事故类别 |
|-----------------------------|------|
| 安全壳外主蒸汽管道破裂事故（MSLB）-事故并发碘尖峰 | 极限事故 |
| 安全壳外主蒸汽管道破裂事故-事故前碘尖峰        | 极限事故 |
| 主泵卡转子/断轴事故-启动给水不可用          | 极限事故 |
| 主泵卡转子/断轴事故-启动给水可用           | 极限事故 |
| 弹棒事故                        | 极限事故 |

|                            |      |
|----------------------------|------|
| 蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）-事故并发碘尖峰 | 稀有事故 |
| 蒸汽发生器传热管破裂事故-事故前碘尖峰        | 极限事故 |
| 安全壳外载有反应堆冷却剂的小管道破裂事故       | 稀有事故 |
| 燃料操作事故                     | 极限事故 |
| 设计基准失水事故（DBA LOCA）         | 极限事故 |

### 7.1.1.1.3 事故描述

#### （1）安全壳外主蒸汽管道破裂事故（MSLB）

主蒸汽管道大破口是“一次侧热输出增加”这类事故中最严重的反应堆冷却剂降温瞬态，计算时选择最极限的发生在安全壳外的主蒸汽管道双端断裂事故。

主蒸汽管道破裂将导致蒸汽从破口排放。破口发生后，破口蒸汽流量将在短时间内迅速增加，而后，随着蒸汽发生器（SG）内压力下降而减小。反应堆冷却剂系统（RCS）能量的过量移出将导致 RCS 降温降压。由于堆芯具有负的慢化剂温度系数，RCS 降温将引入正的反应性。

如果在反应堆停堆后有一束具有最大反应性价值的控制棒组件卡在它完全抽出的位置上，将增加堆芯重返临界和重返功率的可能性。在热态零功率主蒸汽管道破裂（HZP SLB）事故下堆芯重返功率可能是一个潜在的重要问题，因为假设一束具有最大反应性价值的控制棒组件卡在它完全抽出的位置上，堆芯将会产生一个高的功率峰值因子。由非能动堆芯冷却系统（PXS）注入的硼酸溶液最终将使堆芯重新进入次临界状态。

分析表明主蒸汽管道破裂事故满足堆芯偏离泡核沸腾设计准则的要求。根据该准则，主蒸汽管道破裂后，堆芯偏离泡核沸腾和包壳穿孔并非不可接受。但分析表明，主蒸汽管道破裂后，在假设一束具有最大反应性价值的控制棒组件卡在完全抽出位置的工况下，堆芯没有发生偏离泡核沸腾。反应堆最终将由非能动堆芯冷却系统带至停堆。

#### （2）主泵卡转子/断轴事故

主泵卡转子/断轴事故是“反应堆冷却剂系统流量下降”这类事故中产生最严重放射性释放的事故，可以包络其他此类型事故造成的放射性后果。

该事故假设一台（一共四台）反应堆冷却剂泵转轴瞬时卡死。受影响环路的冷却剂流量迅速减小，将由冷却剂低流量停堆信号触发反应堆停堆。

随着反应堆停堆，储存于燃料棒中的热量持续传给冷却剂，这将导致冷却剂

温度上升、体积膨胀。同时，故障环路蒸汽发生器传热管外侧的传热量减少。反应堆堆芯内冷却剂的快速膨胀以及蒸汽发生器传热量减少，将导致反应堆冷却剂的波动流入稳压器、反应堆冷却剂系统压力升高。波动流量进入稳压器将会压缩蒸汽空间，将会触动稳压器自动喷淋系统。基于保守考虑，本分析中不考虑稳压器喷淋的降压效应，但考虑稳压器安全阀有效。

在主泵卡转子事故中，堆芯最小偏离泡核沸腾比（DNBR）高于安全分析限值，燃料棒不会发生损坏。燃料包壳最高温度低于设计限值。反应堆冷却剂系统的峰值压力低于设计限值。

在本工况中，堆芯衰变热由非能动堆芯冷却系统导出。

### 3) 弹棒事故

弹棒事故定义为一个控制棒机构承压壳套机械损坏导致一束控制棒组件（RCCA）及其驱动杆弹出堆芯。这种机械损坏的后果是在堆芯快速引入正反应性并且产生不利的堆芯功率分布，可能导致局部燃料棒损坏。

弹棒事故中燃料棒热工瞬态可能会导致偏离泡核沸腾（DNB）发生和有限的燃料损坏。控制棒组件弹出可能损害堆芯的长期冷却能力，或者可能会导致堆芯压力边界的损坏。在这些后果出现之前，该事故瞬态将会由燃料温度升高引起的多普勒效应等予以缓解，并由中子注量率信号引发的反应堆停堆终止。本事故属于极限事故。

核电厂采取多种措施防止弹棒事故的发生或限制事故发生后的后果。这些措施包括控制棒机构承压壳套合理而保守的机械设计以及在装配过程中完整的质量控制程序。堆芯核设计方面尽量减少弹出控制棒的价值，并且使高功率工况下插入堆芯的控制棒数目最少。

### 4) 蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）

蒸汽发生器传热管破裂事故属于“反应堆冷却剂系统装量减少”事故中放射性后果最为严重的两个事故之一（另一个是 LOCA 事故）。事故分析中，假设一根传热管完全断裂。事故发生时处于功率运行，反应堆冷却剂含有的放射性物质处于在技术规格书规定允许的有限数量的燃料棒破损情况下连续运行时的最大平衡浓度。由于带有放射性的冷却剂经由破口流入蒸汽发生器的二次侧，这将导致二回路系统放射性增加。如果在事故期间核电厂丧失厂外电源或者冷凝器蒸汽旁排失效，放射性将通过蒸汽发生器动力卸压阀或安全阀排至大气中。这种情况

将导致最大的放射性释放。

在事故分析中，假设发生单根传热管完全断裂是保守的，因为蒸汽发生器传热管的材料是一种耐腐蚀的高韧性金属。蒸汽发生器传热管更加可能发生的破损模式是一个或多个小裂缝。在核电厂运行期间，二次侧的放射性是连续监测的，这样的泄漏引起的放射性积累不允许超过技术规格书规定的限值。

本工程设计为 SGTR 事故提供了自动保护措施。自动保护措施包括反应堆停堆、非能动余热排出系统（PRHR）热交换器投入、启动堆芯补水箱（CMT）、关闭稳压器电加热器、以及由蒸汽发生器（SG）高-3 水位信号或 SG 高水位与反应堆停堆（P-4）相符隔离化学和容积控制系统（CVS）和启动给水流量。这些保护措施可实现反应堆冷却剂系统（RCS）自动降温降压，以终止破口流量和向大气的蒸汽释放，并将 RCS 长期保持在稳定状态下。这些保护系统还可防止 SG 发生满溢以使厂外放射性剂量保持在设计基准事故所允许的限值范围内。

事故发生后通过一系列报警信号，操纵员可以很容易判断 SGTR 事故的发生，识别并隔离破损蒸汽发生器，并完成要求的恢复操作以稳定核电厂和终止一次侧向二次侧的破口流量。恢复规程必须在一定时间范围内完成，以便在破损蒸汽发生器发生满溢之前终止向二次侧的破口流量。核电厂为操纵员执行这些功能提供了足够的指示和控制。SGTR 事故后操纵员的这些操作进一步的缓解了事故的后果，使得预期的结果小于保守分析的情况。

分析中采取了下列保守假设：

- 反应堆处于满功率运行状态，并且假定一、二次侧的初始水装量为运行名义值减去允许的不确定度（使得放射性浓度更大）；
- 极限单一故障为破损蒸汽发生器大气释放阀失效，失效模式为阀门卡在开启位置，这将导致破损蒸汽发生器的不可控的降压，从而增大一次侧向二次侧的泄漏量和蒸汽向大气的排放量。假定破损蒸汽发生器的大气释放阀失效卡开发生在稳压器水位低-2 信号产生时，这将导致累积的一次侧向二次侧破口流量闪蒸量最大。随后，将由保护系统的主蒸汽低压力信号触动相关的隔离阀自动关闭，从而使该阀门隔离；
- 保守认为破口位置在传热管顶部，使可能的裸露时间更长（闪蒸更多的放射性）。

最终，堆芯的剩余热量由非能动堆芯冷却系统导出，使得主系统压力最终将

会降至破损 SG 二次侧压力。破口流量将终止，并且系统将稳定在安全状态，向环境排放的蒸汽也将停止。在本工况中，SG 二次侧不会发生满溢。

#### 5) 安全壳外载有反应堆冷却剂的小管道破裂事故

安全壳外载有反应堆冷却剂的小管道包括反应堆冷却剂系统取样管和从化学容积控制系统至放射性废液处理系统的排放管。这些管道仅周期性使用。安全壳外没有含有反应堆冷却剂的仪表管道。

当因硼稀释运行产生过多的一次侧冷却剂时，化学和容积控制系统的净化流量将排至安全壳外的核岛放射性废液处理系统。在排出安全壳之前，流体将经过化学和容积控制系统热的交换器和除盐床。因此，排至安全壳外时，流体温度低于 60℃，而且已经经过化容混床净化。这些假想的管道破口流量受到化学和容积控制系统 22.71m<sup>3</sup>/h 净化流量的限制。由于流体温度低，而且经过除盐处理后碘的放射性活度降低，因此，对该事件不作分析。假想的取样管破裂事故是较不利的事故工况。

安全壳内、外的取样管道隔离阀只有在取样时才开启。假设取样管破口发生在安全壳外隔离阀和取样盘之间。因为隔离阀只在取样时打开，所以核电厂人员可根据丧失取样流量，判定出现破口。此外，取样管道破口也会导致放射性释放，从而导致区域和空气辐射监测器报警。丧失冷却剂将会使稳压器水位降低，需要对反应堆冷却剂系统进行补水。根据取样管破口指示，操纵员将会采取操作措施，隔离破口。

根据伯努利方程和取样管内外的压力差和流体的密度，计算出管道内流速。再根据管径得到管道内的流量，并将该流量保守作为液体取样管线的破口流量，为 5.63m<sup>3</sup>/h。根据事故分析结果，保守假设在 30min 后隔离破口。

#### 6) 燃料操作事故

燃料操作事故可能发生在安全壳内或辅助厂房的燃料操作区域，该事故定义为燃料操作过程中，一个乏燃料组件发生跌落，导致该组件所有燃料棒包壳破损，包壳间隙中的放射性释放出来，通过水层进入安全壳或辅助厂房内，进而泄漏到外界环境中。

如果燃料操作事故发生在安全壳内，一旦探测到高放射性出现，安全壳净化管线就会立即关闭，终止放射性的释放。为保守起见，分析时不考虑这个作用，并且进一步忽略净化管线的过滤器对气态碘的去除作用。对于发生在乏燃料水池

的燃料操作事故，假设从乏燃料水池释放出的放射性物质直接排向环境，放射性在厂房的释放途径中没有经过过滤，也不考虑在厂房内的滞留或延迟。在此假设下，该事故无论发生在安全壳或辅助厂房，其释放到外界环境中的放射性源项是相同的。

由于燃料操作中有许多的管理控制措施和设备操作限制，燃料操作事故发生的可能性是很低的。每次只吊起一个乏燃料组件，以低速移动，且移动中注意不要撞击到其它东西。安全壳、辅助厂房、换料水池、乏燃料水池均设计成抗震 I 类，能够保证在安全停堆地震时结构的完整性。乏燃料池储存格架的位置可预防外部飞射物到达储存的乏燃料组件。燃料操作装置的设计可防止倾翻装置倾翻在压力容器内的燃料组件和乏燃料池内的燃料组件上面。设施的设计使重物体的吊装，如乏燃料运输罐，不会横垮或跌入乏燃料水池。

#### 7) 设计基准失水事故 (DBA LOCA)

设计基准失水事故是反应堆冷却剂系统压力边界管道发生破损的事故。对于本分析，定义为总的破口横截面积大于或等于  $0.09\text{m}^2$  的破口。

热工分析表明在设计基准失水事故中堆芯能保持完整性，不会出现熔化。

失水事故 (LOCA) 是反应堆冷却剂系统压力边界管道发生破损的事故。小破口定义为反应堆冷却剂系统压力边界发生的总的破口横截面积小于  $0.09\text{m}^2$  且上充系统的流量不足以维持稳压器水位和压力的破口。小破口失水事故为稀有事故，在核电厂寿期内可能发生。大破口定义为总的破口横截面积大于或等于  $0.09\text{m}^2$  的破口。大破口失水事故为极限事故。在整个核电厂寿期内，预计不会发生，但仍然保守地假设为设计基准事故。

在发生小破口失水事故后，当 RCS 降压至稳压器低-2 压力整定值时，将触发反应堆停堆信号。当达到稳压器低-3 压力安注整定值时，将产生“S”信号，并触动非能动的堆芯冷却系统投入。非能动的堆芯冷却系统包括两个堆芯补水箱 (CMT)、两个安注箱 (ACC)、一个大的堆内换料水箱 (IRWST) 和 PRHR 热交换器。

在发生大破口失水事故后，RCS 的压力下降将会导致稳压器压力下降。当达到稳压器低-2 压力整定值时，将会触发反应堆停堆信号。当达到适当的整定值后，还会触发“S”信号，非能动堆芯冷却系统投入使用。

热工分析表明在设计基准失水事故中非能动堆芯系统能够为堆芯提供足够

的冷却，保证堆芯完整性，不会出现熔化。

#### 7.1.1.1.4 事故分析保守性说明

在对核电厂进行的事故分析中，为了使结果具有代表性和包容性，在分析中作一定的假设，使结果处于合理保守的程度。主要包括以下四个方面：

##### 1) 失去厂外电源

这个假设对本工程事故分析中的影响包括：二回路蒸汽旁排至冷凝器的导热失效，为了导出堆芯余热保证堆芯的完整性，此时蒸汽直接排向大气环境，放射性就混合于蒸汽释放，保守地考虑事故放射性后果。

##### 2) 最大价值棒卡在堆外

此时停堆系统引入的负反应性最小，使停堆深度最小，从反应性的角度使事故放射性后果更加保守。

##### 3) 仅考虑安全级设备的缓解作用

本工程为了提高整个核电厂的经济性，很多系统设计为非安全级，如：正常余热排出系统（RNS）、柴油机供电系统、二回路辅助给水系统（本工程对应为启动给水系统（SFW，Startup Feed Water））。事故分析中均保守假设这些系统在事故后失效。如果这些系统的投入反而会导致事故剂量的增加，则要分别进行计算。如主泵卡转子/断轴事故，当 SFW 可用时，蒸汽发生器传热管不裸露，则不发生一回路泄漏液在 SG 内的闪蒸，但事故将持续更长的时间，可能使最终的剂量结果比 SFW 不可用时更大，所以要对两种情况均进行分析。

##### 4) 假设极限的单一故障

事故后，考虑某些系统设备失效，但只选择可能导致放射性后果最严重的设备失效，而不是所有设备均失效。如 SGTR 事故，事故后放射性通过二回路蒸汽管线的阀门释放，并假设其打开后失效（卡开不能回位），此时放射性释放将持续。当二回路压力继续降到一定程度，另外一种类型的隔离阀将在低压信号下隔离该释放管线，从而终止释放。

#### 7.1.1.2 事故源项

##### 7.1.1.2.1 堆芯源项及冷却剂源项

##### 1) 堆芯源项

采用堆芯核素放射性总量作为堆芯源项，热功率在 3400MWt 的基础上考虑了功率测量 1%的不确定性，增加到 3434MWt。

## 2) 一回路及二回路源项

事故发生时,认为反应堆已经运行足够长的时间,一回路冷却剂源项已经达到电厂允许的最大值。计算该源项的主要参数和假设有:

- 与时间相关的堆芯放射性总量作为输入条件之一;
- 假设堆芯存在 0.25%的燃料包壳破损率,破损燃料棒均匀分布在整个堆芯中,该值与电厂技术规格书中一致;
- 裂变产物逃脱率系数(裂变产物从燃料芯块释放到间隙的速率)、冷却剂下泄流量及除盐床净化效率等相关数据也为主要的输入条件之一;
- 根据上述假设,对冷却剂活度建立核素产生和消失的微分方程,求解得到各核素浓度随时间的变化关系,并取其最大值。

一回路冷却剂中惰性气体及碘活度浓度达到技术规格书中规定的限值,碱金属活度浓度对应于设计基准燃料棒破损水平。

对于二回路的源项:保守地假定事故时二回路中核素的活度浓度为一回路的1%。

### 7.1.1.2.2 分析中的假设与说明

#### 1) 放射性物质形态分类

本工程事故分析时,假设放射性物质释放出来后以气体和气溶胶等形态存在。对于碘核素,进一步分为三类:

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 粒子碘 (Particulate) | 95%   |
| 元素碘 (Elemental)   | 4.85% |
| 有机碘 (Organic)     | 0.15% |

核素形态的划分,主要是考虑到其在迁移及释放过程中的去除机制不同。对以气体形态存在的放射性物质,如惰性气体,释放后就直接进入安全壳或外环境。对于粒子碘、碱金属和其他放射性核素假设均以气溶胶形式存在,在空气中由于各种沉积机制被去除。对于有机碘假设不能被去除,元素碘则会由沉积去除。

#### 2) 碘尖峰释放

堆芯内的燃料棒存在一定的破损,当运行出现瞬态时,由于堆芯功率、一回路的压力、温度等的变化,造成破损燃料棒中的放射性在短时间内向冷却剂的释放增加,使冷却剂中碘等同位素的活度浓度大幅增加。

在事故分析中考虑以下两种情况:

- 事故并发（accident-initiated）碘尖峰释放

这种情况认为，事故发生时出现瞬态，使碘尖峰释放与事故同时发生。

- 事故前（pre-accident）碘尖峰释放

考虑事故前碘尖峰时，认为在事故发生之前一回路已经发生了瞬态，使得一回路内碘同位素的浓度达到了技术规格书中规定的数值的 30 倍。

### 3) 放射性的自然去除（natural removal）

除了衰变外，放射性核素在迁移过程中还存在其它形式的损耗。本工程在设计中，采用了“非能动”的先进理念，通过自然的力量来减轻事故后的后果，对放射性进行自然去除。本工程主要的非能动设计之一即为“非能动安全壳冷却系统（PCS）”。PCS 主要由钢安全壳和屏蔽厂房顶部的冷却水箱构成。事故后，如果安全壳出现高温高压，会触发该系统的投入。此时水箱的水就会通过重力作用流到钢安全壳的外表面，对钢安全壳起到冷却作用，以散热的方式带走事故后从堆芯释放到安全壳内的能量。钢安全壳里，事故后大量高温冷却剂释放到安全壳大气内产生带有放射性的蒸汽，当这些高温蒸汽遇到温度较低的钢安全壳时，就会冷凝并顺着内壁流下，先回到地坑，再回到堆芯，最终形成安全壳内的自然循环。与采用混凝土安全壳的传统电厂相比，这些设计的效果使得安全壳内的换热效率提高，从而加剧了事故后安全壳内流体的流动性，除了可以高效地导出热量外，还增强了对安全壳大气中放射性的去除效果。

对以气溶胶形态（粒子碘、碱金属和其它裂变产物）存在的放射性核素来说，主要有三种去除方式：重力沉降、扩散泳、热泳。

### 4) 闪蒸（flashing）现象与分配系数

事故分析中假设一回路冷却剂通过破口泄漏到压力温度较低的环境时，就会发生闪蒸，液相中的放射性在汽化时释放到气相中，形成气态放射性。此时保守假设释放到气相中的放射性份额与液相汽化的份额相同，称之为“闪蒸份额（flash fraction）”。

根据泄漏液的泄漏率和闪蒸份额计算出闪蒸到气相的放射性物质的释放率。泄漏液闪蒸后剩余的液相将与泄漏进入的液相混合，然后通过蒸发继续释放放射性。

低于饱和温度的液体蒸发比闪蒸轻微得多，此时液相中的放射性核素向气相的转移速率也慢得多。此时放射性活度存在一个分配效应：气相与液相中有一个

稳定的核素浓度之比（分配系数）。事故分析中，根据液相的活度浓度和热工水力分析得到的蒸汽释放量求出释放到气相或环境的放射性总量。

#### 7.1.1.2.3 事故进程及源项分析

##### 1) 安全壳外主蒸汽管道破裂事故

主蒸汽管道大破口是“一次侧热输出增加”这类事故中最严重的反应堆冷却剂降温瞬态，计算时选择最极限的安全壳外主蒸汽管道双端断裂事故。

主蒸汽管道破裂引起的蒸汽释放，起初引起蒸汽流量快速增加，而后，随着蒸汽压力下降，蒸汽流量逐渐减小。一次侧排出热量过多导致反应堆冷却剂系统降温降压。由于存在负的慢化剂温度系数，反应堆冷却剂降温将向堆芯引入正的反应性。分析时假设反应堆初始状态为热态无负荷状态并且不考虑衰变热的影响，这是因为衰变热可缓解反应堆冷却剂降温过程，从而降低了堆芯重返功率的可能性。

分析表明主蒸汽管道破裂事故满足堆芯偏离泡核沸腾设计准则的要求。根据该准则，主蒸汽管道破裂后，堆芯偏离泡核沸腾和包壳穿孔并非不可接受。但分析表明，主蒸汽管道破裂后，在假设一束具有最大反应性价值的控制棒组件卡在完全抽出位置的工况下，堆芯没有发生偏离泡核沸腾。反应堆最终将由非能动堆芯冷却系统带至停堆。

事故后的放射性释放分析假设破损回路的蒸汽发生器通过破口处在短时间内喷放蒸干，该回路碘和碱金属全部释到环境中；热工分析表明完好回路蒸汽发生器的传热管不会裸露，该回路部分碘和碱金属以蒸发形式释放到环境中。同时，考虑事故期间从一回路按技术规格书中蒸汽发生器假想的设计泄漏率，泄漏到二回路的碱金属、碘（分别计算事故前碘尖峰和事故并发碘尖峰两种情况）及惰性气体。

本事故有以下释放途径：

- 假设破损回路蒸汽发生器中的二回路冷却剂以蒸汽形式从破口释放出去，冷却剂中所有碘和碱金属全部释放出去。
- 虽然完好蒸汽发生器不会蒸干，但放射性后果分析中仍保守的假设二回路冷却剂中所有碘和碱金属在 72h 内全部释放出去。
- 假设泄漏到破损回路蒸汽发生器的反应堆冷却剂，不考虑汽水分配效应及在蒸汽发生器内的沉积，全部直接排放到环境。

- 鉴于事故中完好回路 SG 传热管处于淹没状态，完好回路 SG 中水层对泄漏到二次侧的反应堆冷却剂中非气态放射性物质有一定的滞留作用，假设泄漏到该回路的碘和碱金属需要考虑汽水分配后释放到环境中（汽水分配系数分别取 0.01 及 0.003），惰性气体不需考虑汽水分配作用。

考虑放射性物质在事故过程中的衰变，一旦释放到环境后，不再考虑衰变。

## 2) 主泵卡转子/断轴事故

主泵卡转子/断轴事故是“反应堆冷却剂系统流量下降”这类事故中产生最严重放射性释放的事故，可以包络其他此类型事故造成的放射性后果。

该事故假设一台（一共四台）反应堆冷却剂泵转轴瞬时卡死。受影响环路的冷却剂流量迅速减小，将由冷却剂低流量停堆信号触发反应堆停堆。

随着反应堆停堆，储存于燃料棒中的热量持续传给冷却剂，这将导致冷却剂温度上升、体积膨胀。同时，故障环路蒸汽发生器传热管壳侧的传热量减少。

反应堆堆芯内冷却剂的快速膨胀以及蒸汽发生器传热量减少，将导致冷却剂的波动流量进入稳压器、整个反应堆冷却剂系统压力升高。波动流量进入稳压器压缩了蒸汽空间，将依次触动稳压器自动喷淋系统，并使得稳压器安全阀开启。基于保守考虑，分析中不考虑稳压器喷淋的降压效应。

热工水力分析结果显示，在瞬态期间，反应堆冷却剂系统的峰值压力小于使应力超过故障条件下应力限值的压力，燃料包壳表面最高温度远低于 1482.2℃。表明事故中没有燃料棒损坏，所以燃料棒包壳间隙中的放射性不会释放到反应堆冷却剂中。但放射性分析中保守假定有 10% 的燃料棒损坏。反应堆冷却剂活度考虑为事故前碘尖峰释放模式。

本事故释放到环境中的放射性包括：

- 二回路初始的碘和碱金属；
- 技术规格书中规定的蒸汽发生器的设计泄漏率，从一回路泄漏到二回路的碱金属、碘及惰性气体；
- 从破损燃料棒间隙中释放到反应堆冷却剂中的碱金属、碘及惰性气体，最终通过泄漏到二回路释放。

该事故释放到环境的主要放射性核素为碘、碱金属和惰性气体。另外，考虑到破损燃料棒的间隙份额可能高于堆芯平均水平，因此，源项还需考虑乘以径向功率峰因子。

事故放射性释放中有两个途径：

- 二回路中初始的放射性随蒸汽排放而释放；
- 假设泄漏到蒸汽发生器的反应堆冷却剂与二回路冷却剂混合，来自反应堆冷却剂的放射性与二回路冷却剂混合。蒸汽释放时，冷却剂中的部分放射性碘和碱金属被排放出去，所释放的放射性份额取决于蒸汽发生器假定的闪蒸因子和分配系数。进入二回路的放射性惰性气体均释放到环境。这些释放持续到蒸汽排放结束为止。

考虑放射性核素在事故过程中的衰变，一旦释放到环境后衰变不再考虑。

### 3) 弹棒事故

该事故定义为一个控制棒机构承压壳套机械损坏导致一束控制棒组件及其驱动杆弹出堆芯。这种机械损坏的后果是在堆芯快速引入正反应性并且产生不利的堆芯功率分布，可能导致局部燃料棒损坏。该事故是堆芯“反应性和功率分布异常”这类型事故中最为严重的，最有可能导致燃料棒破损甚至部分熔化，造成更大的放射性释放。其放射性后果可以包络此类型的其他事故造成的影响。

发生弹棒事故后，将导致堆芯反应性快速引入，使得中子注量率迅速增大，此时反应堆“保护和安全监测系统”将由高中子注量率停堆和中子注量率高的正变化速率停堆提供反应堆停堆保护，之后核功率激增被终止，使反应堆维持在安全状态。

通过大量的堆芯物理、热工水力分析结果表明，最不利工况下，发生燃料棒破损的份额将小于 10%，分析中保守认为最大发热点在发生弹棒前后重合。但预期发生弹棒事故不会导致燃料芯块发生熔化。放射性后果分析中仍然保守假设有 0.25% 的燃料发生熔化，燃料棒破损的份额也保守取 10%。

弹棒事故导致释放的重要放射性核素有碘同位素、碱金属及惰性气体。与部分堆芯损坏释放的裂变产物相比，初始反应堆冷却剂活度是次要的。反应堆冷却剂活度考虑为事故前碘尖峰释放模式。具体的初始源项包括：

- 二回路初始的碘和碱金属；
- 按技术规格书中规定的蒸汽发生器的设计泄漏率，从一回路泄漏到二回路的碱金属、碘及惰性气体；
- 从破损燃料棒间隙中释放到一回路冷却剂中的碱金属、碘及惰性气体，最终通过泄漏到二回路释放。

释放途径：

- 一回路的放射性先从压力容器顶盖破口处释放到安全壳内，然后通过安全壳再泄漏到外环境；

- 来自一回路的放射性通过蒸汽发生器泄漏到二回路，与二回路的初始放射性混合后，再通过蒸汽管道的安全阀或者动力卸压阀释放到环境。

#### 4) 蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）

蒸汽发生器传热管破裂事故属于“反应堆冷却剂系统装量减少”事故中放射性后果最为严重的两个事故之一（另一个是 LOCA 事故）。事故分析中，假设一根传热管完全断裂。事故发生时处于功率运行，反应堆冷却剂含有的放射性物质处于技术规格书规定允许的有限数量的燃料棒破损情况下连续运行时的最大平衡浓度。由于带有放射性的冷却剂经由破口流入蒸汽发生器的二次侧，这将导致二回路系统放射性增加。如果在事故期间核电厂丧失厂外电源或者冷凝器蒸汽旁排失效，放射性将通过蒸汽发生器动力卸压阀或安全阀排至大气中。这种情况将导致最大的放射性释放。

在事故分析中，假设发生单根传热管完全断裂是保守的，因为蒸汽发生器传热管的材料是一种耐腐蚀的高韧性金属。蒸汽发生器传热管更加可能的破损模式是一个或多个小裂缝。在核电厂运行期间，二次侧的放射性是连续监测的，这样的泄漏引起的放射性积累不允许超过技术规格书规定的限值。

本工程设计为 SGTR 事故提供了自动保护措施。自动保护措施包括反应堆停堆、非能动余热排出系统（PRHR）热交换器投入、启动堆芯补水箱（CMT）、关闭稳压器电加热器、以及由蒸汽发生器（SG）高-3 水位信号或 SG 高水位与反应堆停堆（P-4）相符隔离化学和容积控制系统（CVS）和启动给水流量。这些保护措施可实现反应堆冷却剂系统（RCS）自动降温降压，以终止破口流量和向大气的蒸汽释放，并将 RCS 长期保持在稳定状态下。这些保护系统还可防止 SG 发生满溢以使厂外放射性剂量保持在设计基准事故所允许的限值范围内。

事故发生后通过一系列报警信号，操纵员可以很容易判断 SGTR 事故的发生，识别并隔离破损蒸汽发生器，并完成要求的恢复操作以稳定核电厂和终止一次侧向二次侧的破口流量。恢复规程必须在一定时间范围内完成，以便在破损蒸汽发生器发生满溢之前终止向二次侧的破口流量。核电厂为操纵员执行这些功能提供了足够的指示和控制。SGTR 事故后操纵员的这些操作进一步的缓解了事故

的后果，使得预期的结果小于保守分析的情况。

分析中采取了下列保守假设：

- 反应堆处于满功率运行状态，并且假定一、二次侧的初始水装量为运行名义值减去允许的不确定度（使得放射性浓度更大）；

- 极限单一故障为破损蒸汽发生器大气释放阀失效，失效模式为阀门卡在开启位置，这将导致破损蒸汽发生器的不可控的降压，从而增大一次侧向二次侧的泄漏量和蒸汽向大气的排放量。假定破损蒸汽发生器的大气释放阀失效卡开发生在稳压器水位低-2 信号产生时，这将导致累积的一次侧向二次侧破口流量闪蒸量最大。随后，将由保护系统的主蒸汽低压力信号触动相关的隔离阀自动关闭，从而使该阀门隔离；

- 保守认为破口位置在传热管顶部，使可能的裸露时间更长（闪蒸更多的放射性）。

最终，堆芯的剩余热量由非能动堆芯冷却系统导出，使得主系统压力最终将会降至破损 SG 二次侧压力。破口流量将终止，并且系统将稳定在安全状态，向环境排放的蒸汽也将停止。

SGTR 事故释放的主要放射性核素为惰性气体、气态的碱金属和碘，它们作为事故后的放射性释放到环境中。具体的源项包括：

- 事故过程中通过受损蒸汽发生器破口和完好蒸汽发生器正常泄漏到二回路的一回路源项，包括碘（分别计算事故前碘尖峰和事故并发碘尖峰两种情况）、碱金属和惰性气体；

- 二回路初始的源项，主要是碱金属和碘。

只要存在通向环境的出口，泄漏进入完好蒸汽发生器和通过破口进入破损蒸汽发生器反应堆冷却剂里的放射性惰性气体立即向环境释放。碘和碱金属的释放模式一共有三种：

- 完好环路的蒸发释放，考虑碘和碱金属的分配效应；

- 通过破损环路反应堆冷却剂的闪蒸释放，不考虑覆盖水层的水洗作用（保守假设破口位于传热管顶部）；

- 破损环路的蒸发释放，考虑闪蒸释放后余下的碘和碱金属的蒸发时的分配效应。

这些放射性最终都通过二回路的安全阀或者动力卸压阀释放到环境，释放持

续到蒸汽排放结束为止。在释放到环境之前考虑放射性核素的衰变。一旦释放到环境中，则不考虑放射性核素的衰变。

#### 5) 安全壳外载有反应堆冷却剂的小管道破裂事故

安全壳外载有反应堆冷却剂的小管道包括反应堆冷却剂系统取样管和从化学容积控制系统至放射性废液处理系统的排放管。这些管道仅周期性使用。安全壳外没有含有反应堆冷却剂的仪表管道。

当因硼稀释运行产生过多的一次侧冷却剂时，化学和容积控制系统的净化流量将排至安全壳外的核岛放射性废液处理系统。在排出安全壳之前，流体将经过化学和容积控制系统热的交换器和除盐床。因此，排至安全壳外时，流体温度低于 60℃，而且已经经过化容混床净化。这些假想的管道破口流量受到化学和容积控制系统 22.71m<sup>3</sup>/h 净化流量的限制。由于流体温度低，而且经过除盐处理后碘的放射性活度降低，因此，对该事件不作分析。假想的取样管破裂事故是较不利的事故工况。

安全壳内、外的取样管道隔离阀只有在取样时才开启。假设取样管破口发生在安全壳外隔离阀和取样盘之间。因为隔离阀只在取样时打开，所以核电厂人员可根据丧失取样流量，判定出现破口。此外，取样管道破口也会导致放射性释放，从而导致区域和空气辐射监测器报警。丧失冷却剂将会使稳压器水位降低，需要对反应堆冷却剂系统进行补水。根据取样管破口指示，操纵员将会采取操作措施，隔离破口。

根据伯努利方程和取样管内外的压力差和流体的密度，计算出管道内流速。再根据管径得到管道内的流量，并将该流量保守作为液体取样管线的破口流量。根据事故分析结果，保守假设在 30min 后隔离破口。

事故后释放到环境中具有重要影响的放射性核素是碘、惰性气体和碱金属。分析假设反应堆在连续运行的条件下，反应堆冷却剂中的碘含量达到技术规格书所允许的最高水平。另外，事故时并发碘尖峰。反应堆冷却剂中惰性气体浓度达到平衡运行限值对应的值。反应堆冷却剂中的碱金属活度浓度达到设计基准的燃料破损水平（0.25%）对应的值。

假设从破口处释放的反应堆冷却剂为高温高压，则大部分流体将闪蒸为蒸汽，液体中的碘就变成气态碘。

尽管预期大部分的气态碘和气态碱金属将沉积在周围建筑物的表面，但假设

碘、惰性气体和碱金属毫无损失地直接释放到环境。释放到环境后不再考虑放射性核素的衰变。

## 6) 燃料操作事故

燃料操作事故是在换料期间装卸核燃料组件时，发生组件跌落，导致燃料棒损坏，包壳间隙内的放射性释放出来。

假想的燃料操作事故可发生在安全壳内或辅助厂房的燃料操作区域。事故定义为一个乏燃料组件跌落，保守认为组件中所有燃料棒包壳破损，燃料和包壳间隙中的放射性释放出来。

事故发生时，可能释放出的裂变产物总量与很多因素有关，如燃料组件的功率历史、停堆到换料操作时经过的衰变时间和核素的挥发特性等。换料时，所有的组件操作都在安全壳内进行，为了使事故具有包容性，保守假定发生事故的组件中的所有燃料棒曾以最大燃料功率因子运行，即最大功率组件。根据技术规格书中的规定，燃料操作事故前裂变产物经历的衰变时间至少为 48h。

在功率运行过程中，燃料芯块中产生的一部分裂变产物会扩散到燃料棒和包壳的间隙中。间隙中裂变产物的份额由核素的扩散速率和其放射性衰变率共同决定。发生燃料操作事故时，间隙中的气体和挥发性放射核素直接释放出来，主要关注的放射性核素是惰性气体（Kr 和 Xe）与碘。

## 7) 设计基准失水事故

设计基准失水事故是反应堆冷却剂系统压力边界管道发生破损的事故。对于本分析，定义为总的破口横截面积大于或等于  $0.09\text{m}^2$  的破口。

热工分析表明在设计基准失水事故中堆芯能保持完整性，不会出现熔化。根据 NB/T20444-2017RK，该事故放射性释放分为反应堆冷却剂系统中的放射性的初始释放和堆芯间隙释放两个阶段：

### ➤ 反应堆冷却剂放射性初始释放

假设反应堆冷却剂的活度达到技术规格书中的限值。本工程为“先漏后破（Leak-before-break）”型的电厂，假设反应堆冷却剂向安全壳喷放 10min，且在这 10min 内流量为常数。这段时间内释放到安全壳的放射性主要为一回路冷却剂中的碘、碱金属和惰性气体。

### ➤ 堆芯间隙释放

堆芯间隙释放，假设发生在反应堆冷却剂释放结束后（事故后 10min），持

续 30min。如 NB/T20444-2017RK 所述，间隙释放的放射性分三组核素：惰性气体、碘和碱金属（铯、铷）。

碘的形态与 NB/T20444-2017RK 的模型一致。模型中，碘的各形态中以非挥发性的碘化铯为主，附带少量元素碘。此外模型中还假设元素碘和安全壳内的有机物反应生成有机碘化合物。

不考虑能动系统对安全壳内大气中放射性的去除。在安全壳内部，放射性元素碘和气溶胶考虑自然去除作用。元素碘通过表面沉积去除。气溶胶的去除方式有重力沉降、扩散泳（蒸汽冷凝驱动的沉积）、热泳（传热引起的沉积）等。有机碘假设不能去除。

事故后所有的放射性将释放到安全壳内，通过安全壳这个唯一的途径释放到外环境。安全壳释放包括两种方式：安全壳净化管线泄漏和安全壳正常泄漏。事故开始到安全壳隔离之前，假设安全壳净化管线在运行，放射性的释放将持续到净化管线阀门关闭。不考虑净化管线的过滤作用。事故发生后 24h 内的安全壳泄漏率为设计泄漏率，此后的泄漏率为设计泄漏率的一半。

## 7.1.2 事故后果计算

### 7.1.2.1 事故大气弥散条件

计算方法采用《核电厂事故工况气载放射性物质释放辐射环境影响评价技术规范》(NB/T20182-2012)推荐的模式,该模式适用于大多数地形较为开阔平坦的厂址。

计算释放点下风向不同距离处的逐时大气弥散因子( $\chi/Q$ )值,把算得的每个方位某给定距离处的所有逐时( $\chi/Q$ )值由大到小顺序排列,则可截取相应于某累积概率水平的 $\chi/Q$ 值。对16个方位的某个给定距离,可得到16个相应于某概率水平的小时短期大气弥散因子。取其最大者,用于短期释放(持续时间在1小时以内)的后果评价。

对持续时间长于1小时的事故释放,按事故过程划分不同的时间段。各时间段的短期大气弥散因子,可由小时短期大气弥散因子与年均弥散因子对数线性内插求取。

对于设计基准事故先逐一计算非居住区边界和规划限制区边界处每个方位的大气弥散因子,选择全厂址95%概率水平和各方位99.5%概率水平中较大的大气弥散因子(保守值)以及全厂址50%概率水平的大气弥散因子(现实值)两组大气弥散因子进行个人剂量评价。

表7.1-1和表7.1-2分别给出了厂址非居住区边界(0~2h)和规划限制区边界(30d)上短期大气弥散因子。

### 7.1.2.2 事故剂量

本工程事故放射性释放造成的剂量后果估算主要考虑事故期间起主要作用的3个照射途径:

- 烟云浸没外照射;
- 烟云吸入内照射;
- 地面沉积外照射。

采用《核电厂事故工况气载放射性物质释放辐射环境影响评价技术规范》(NB/T20182-2012)推荐的剂量计算模式,该模式适用于核电厂选址、建造和运行等阶段事故工况下的辐射环境影响评价。具体如下:

放射性后果分析的目的是确定由假想事故造成的总有效剂量。总有效剂量包括吸入气态放射性物质造成的待积有效剂量（也就是体内各种器官长期的剂量累积）和浸没在放射性烟羽中造成的有效剂量，以及地面沉积所造成的有效剂量。

### 7.1.3 事故后果评价

本工程所在厂址的非居住区陆域范围以核电厂厂址征地边界作为核电厂非居住区边界，但将厂区内的接待中心划出非居住区范围，厂址 W 方位的西侧银子岗等地区纳入非居住区范围。

本工程所在厂址的厂址规划限制区范围为各机组反应堆为以中心半径 5km 的区域。

本工程所在厂址的非居住区范围和规划限制区范围及批复情况见第二章 2.1 节。

针对本工程所在厂址的非居住区边界和规划限制区外边界进行事故放射性后果计算。

对于事故环境影响评价的标准，《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定：

核动力厂事故工况的环境影响评价可采用设计基准事故，在设计中应采取针对性措施，使设计基准事故的潜在照射后果符合下列要求：

—在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。

—在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 100mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1000mSv 以下。

表 7.1-3 给出了按照偏保守和偏现实大气弥散因子计算的设计基准事故后果与国家标准的比较。从表中可以看出，在本节所考虑的设计基准事故工况下，均能满足国家相关标准的要求。

从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，本工程安全设施的设计性能可靠，厂址周围各类边界的设置是合理的，核电厂设计基准事故导致的环境放射性后果满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的相应要求。

表 7.1-1 厂址非居住区边界 0—2 小时短期大气弥散因子

(各方位角 99.5%和全厂址 95%、50%概率水平)

| 方位      | 距离 (m) | 0-2h 弥散因子 (s/m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup> |
|---------|--------|----------------------------------------------|
| S       | 800    | 5.34E-05                                     |
| SSW     | 800    | 5.23E-05                                     |
| SW      | 1000   | 6.11E-05                                     |
| WSW     | 1500   | 3.82E-05                                     |
| W       | 1300   | 3.55E-05                                     |
| WNW     | 800    | 6.85E-05                                     |
| NW      | 800    | 8.65E-05                                     |
| NNW     | 800    | 8.62E-05                                     |
| N       | 800    | 8.84E-05                                     |
| NNE     | 800    | 7.79E-05                                     |
| NE      | 800    | 8.70E-05                                     |
| ENE     | 800    | 1.84E-04                                     |
| E       | 800    | 1.96E-04                                     |
| ESE     | 800    | 9.91E-05                                     |
| SE      | 800    | 6.99E-05                                     |
| SSE     | 800    | 7.03E-05                                     |
| 全厂址 50% | --     | 2.87E-05                                     |
| 全厂址 95% | --     | 1.38E-04                                     |
| 最大值     | --     | 1.96E-04                                     |

注：(1) 用于计算任意 2h 内公众所受剂量。

表 7.1-2 厂址规划限制区边界 30 天内短期大气弥散因子

(各方位角 99.5%和全厂址 95%、50%概率水平)

单位:  $\text{s/m}^3$

| 方位      | 规划限制区外边界 (5000m) |          |          |          |          |
|---------|------------------|----------|----------|----------|----------|
|         | 0-2h             | 0-8h     | 8-24h    | 24-96h   | 96-720h  |
| S       | 4.98E-06         | 2.39E-06 | 1.65E-06 | 7.44E-07 | 2.36E-07 |
| SSW     | 4.87E-06         | 2.30E-06 | 1.58E-06 | 7.02E-07 | 2.18E-07 |
| SW      | 9.18E-06         | 4.44E-06 | 3.09E-06 | 1.40E-06 | 4.52E-07 |
| WSW     | 9.05E-06         | 4.39E-06 | 3.06E-06 | 1.39E-06 | 4.52E-07 |
| W       | 6.56E-06         | 3.06E-06 | 2.09E-06 | 9.15E-07 | 2.79E-07 |
| WNW     | 7.09E-06         | 3.29E-06 | 2.25E-06 | 9.78E-07 | 2.96E-07 |
| NW      | 1.01E-05         | 4.91E-06 | 3.42E-06 | 1.57E-06 | 5.11E-07 |
| NNW     | 1.01E-05         | 4.85E-06 | 3.36E-06 | 1.51E-06 | 4.80E-07 |
| N       | 1.04E-05         | 4.99E-06 | 3.45E-06 | 1.55E-06 | 4.92E-07 |
| NNE     | 9.03E-06         | 4.25E-06 | 2.92E-06 | 1.29E-06 | 3.99E-07 |
| NE      | 1.08E-05         | 4.96E-06 | 3.36E-06 | 1.45E-06 | 4.32E-07 |
| ENE     | 2.81E-05         | 1.41E-05 | 9.98E-06 | 4.72E-06 | 1.61E-06 |
| E       | 3.01E-05         | 1.57E-05 | 1.14E-05 | 5.61E-06 | 2.04E-06 |
| ESE     | 1.41E-05         | 6.43E-06 | 4.35E-06 | 1.86E-06 | 5.52E-07 |
| SE      | 8.30E-06         | 4.04E-06 | 2.81E-06 | 1.29E-06 | 4.19E-07 |
| SSE     | 8.13E-06         | 4.06E-06 | 2.87E-06 | 1.35E-06 | 4.57E-07 |
| 全厂址 50% | 2.01E-06         | 1.64E-06 | 1.48E-06 | 1.19E-06 | 8.68E-07 |
| 全厂址 95% | 2.14E-05         | 1.18E-05 | 8.79E-06 | 4.61E-06 | 1.83E-06 |
| 最大值     | 3.01E-05         | 1.57E-05 | 1.14E-05 | 5.61E-06 | 2.04E-06 |

表 7.1-3 (1/4) 事故后果与国家标准的比较 (保守值)

| 事故              | 事故类别 | 非居住区边界        |             |             |               |             |             |
|-----------------|------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
|                 |      | 有效剂量          |             |             | 甲状腺当量剂量       |             |             |
|                 |      | 最大剂量<br>(mSv) | 限值<br>(mSv) | 限值占比<br>(%) | 最大剂量<br>(mSv) | 限值<br>(mSv) | 限值占比<br>(%) |
| MSLB 事故-事故并发碘尖峰 | 极限事故 | 8.29E-01      | 100         | 0.83        | 1.47E+01      | 1000        | 1.47        |
| MSLB 事故-事故前碘尖峰  | 极限事故 | 2.47E-01      | 100         | 0.25        | 2.50E+00      | 1000        | 0.25        |
| 卡转子事故-启动给水不可用   | 极限事故 | 1.70E+00      | 100         | 1.70        | 2.39E+01      | 1000        | 2.39        |
| 卡转子事故-启动给水可用    | 极限事故 | 3.08E+00      | 100         | 3.08        | 4.95E+01      | 1000        | 4.95        |
| 弹棒事故            | 极限事故 | 9.50E+00      | 100         | 9.50        | 9.59E+01      | 1000        | 9.59        |
| SGTR 事故-事故并发碘尖峰 | 稀有事故 | 1.76E+00      | 5           | 35.10       | 2.54E+01      | 50          | 50.70       |
| SGTR 事故-事故前碘尖峰  | 极限事故 | 4.11E+00      | 100         | 4.11        | 6.83E+01      | 1000        | 6.83        |
| 小管道破裂事故         | 稀有事故 | 1.71E+00      | 5           | 34.17       | 2.69E+01      | 50          | 53.75       |
| 燃料操作事故          | 极限事故 | 1.99E+01      | 100         | 19.87       | 3.52E+02      | 1000        | 35.16       |
| DBA LOCA 事故     | 极限事故 | 1.15E+01      | 100         | 11.51       | 1.20E+02      | 1000        | 11.99       |

注：依据全厂址 95%概率水平和各方位 99.5%概率水平中较大的大气弥散因子计算。

表 7.1-3 (2/4) 事故后果与国家标准的比较 (保守值)

| 事故              | 事故类别 | 规划限制区边界 (5km) |             |             |               |             |             |
|-----------------|------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
|                 |      | 有效剂量          |             |             | 甲状腺当量剂量       |             |             |
|                 |      | 最大剂量<br>(mSv) | 限值<br>(mSv) | 限值占比<br>(%) | 最大剂量<br>(mSv) | 限值<br>(mSv) | 限值占比<br>(%) |
| MSLB 事故-事故并发碘尖峰 | 极限事故 | 8.61E-01      | 100         | 0.86        | 1.14E+01      | 1000        | 1.14        |
| MSLB 事故-事故前碘尖峰  | 极限事故 | 1.05E-01      | 100         | 0.11        | 1.17E+00      | 1000        | 0.12        |
| 卡转子事故-启动给水不可用   | 极限事故 | 1.70E-01      | 100         | 0.17        | 1.97E+00      | 1000        | 0.20        |
| 卡转子事故-启动给水可用    | 极限事故 | 7.88E-01      | 100         | 0.79        | 9.58E+00      | 1000        | 0.96        |
| 弹棒事故            | 极限事故 | 2.96E+00      | 100         | 2.96        | 2.45E+01      | 1000        | 2.45        |
| SGTR 事故-事故并发碘尖峰 | 稀有事故 | 3.50E-01      | 5           | 7.00        | 4.19E+00      | 50          | 8.38        |
| SGTR 事故-事故前碘尖峰  | 极限事故 | 4.87E-01      | 100         | 0.49        | 6.34E+00      | 1000        | 0.63        |
| 小管道破裂事故         | 稀有事故 | 1.78E-01      | 5           | 3.56        | 2.22E+00      | 50          | 4.44        |
| 燃料操作事故          | 极限事故 | 1.87E+00      | 100         | 1.87        | 2.86E+01      | 1000        | 2.86        |
| DBA LOCA 事故     | 极限事故 | 1.69E+00      | 100         | 1.69        | 1.53E+01      | 1000        | 1.53        |

注：依据全厂址 95%概率水平和各方位 99.5%概率水平中较大的大气弥散因子计算。

表 7.1-3 (3/4) 事故后果与国家标准的比较 (现实值)

| 事故              | 事故类别 | 非居住区边界        |             |             |               |             |             |
|-----------------|------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
|                 |      | 有效剂量          |             |             | 甲状腺当量剂量       |             |             |
|                 |      | 最大剂量<br>(mSv) | 限值<br>(mSv) | 限值占比<br>(%) | 最大剂量<br>(mSv) | 限值<br>(mSv) | 限值占比<br>(%) |
| MSLB 事故-事故并发碘尖峰 | 极限事故 | 1.21E-01      | 100         | 0.12        | 2.15E+00      | 1000        | 0.22        |
| MSLB 事故-事故前碘尖峰  | 极限事故 | 3.61E-02      | 100         | 0.04        | 3.66E-01      | 1000        | 0.04        |
| 卡转子事故-启动给水不可用   | 极限事故 | 2.49E-01      | 100         | 0.25        | 3.50E+00      | 1000        | 0.35        |
| 卡转子事故-启动给水可用    | 极限事故 | 4.51E-01      | 100         | 0.45        | 7.25E+00      | 1000        | 0.73        |
| 弹棒事故            | 极限事故 | 1.39E+00      | 100         | 1.39        | 1.40E+01      | 1000        | 1.40        |
| SGTR 事故-事故并发碘尖峰 | 稀有事故 | 2.57E-01      | 5           | 5.14        | 3.71E+00      | 50          | 7.42        |
| SGTR 事故-事故前碘尖峰  | 极限事故 | 6.02E-01      | 100         | 0.60        | 1.00E+01      | 1000        | 1.00        |
| 小管道破裂事故         | 稀有事故 | 2.50E-01      | 5           | 5.00        | 3.94E+00      | 50          | 7.87        |
| 燃料操作事故          | 极限事故 | 2.91E+00      | 100         | 2.91        | 5.15E+01      | 1000        | 5.15        |
| DBA LOCA 事故     | 极限事故 | 1.68E+00      | 100         | 1.68        | 1.76E+01      | 1000        | 1.76        |

注：依据全厂址 50%概率水平的大气弥散因子计算。

表 7.1-3 (4/4) 事故后果与国家标准的比较 (现实值)

| 事故              | 事故类别 | 规划限制区边界 (5km) |             |             |               |             |             |
|-----------------|------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
|                 |      | 有效剂量          |             |             | 甲状腺当量剂量       |             |             |
|                 |      | 最大剂量<br>(mSv) | 限值<br>(mSv) | 限值占比<br>(%) | 最大剂量<br>(mSv) | 限值<br>(mSv) | 限值占比<br>(%) |
| MSLB 事故-事故并发碘尖峰 | 极限事故 | 1.32E-01      | 100         | 0.13        | 1.74E+00      | 1000        | 0.17        |
| MSLB 事故-事故前碘尖峰  | 极限事故 | 1.52E-02      | 100         | 0.02        | 1.72E-01      | 1000        | 0.02        |
| 卡转子事故-启动给水不可用   | 极限事故 | 1.77E-02      | 100         | 0.02        | 2.06E-01      | 1000        | 0.02        |
| 卡转子事故-启动给水可用    | 极限事故 | 8.23E-02      | 100         | 0.08        | 1.00E+00      | 1000        | 0.10        |
| 弹棒事故            | 极限事故 | 3.31E-01      | 100         | 0.33        | 2.72E+00      | 1000        | 0.27        |
| SGTR 事故-事故并发碘尖峰 | 稀有事故 | 4.03E-02      | 5           | 0.81        | 4.85E-01      | 50          | 0.97        |
| SGTR 事故-事故前碘尖峰  | 极限事故 | 5.21E-02      | 100         | 0.05        | 6.78E-01      | 1000        | 0.07        |
| 小管道破裂事故         | 稀有事故 | 1.86E-02      | 5           | 0.37        | 2.32E-01      | 50          | 0.46        |
| 燃料操作事故          | 极限事故 | 1.95E-01      | 100         | 0.20        | 2.99E+00      | 1000        | 0.30        |
| DBA LOCA 事故     | 极限事故 | 1.82E-01      | 100         | 0.18        | 1.68E+00      | 1000        | 0.17        |

注：依据全厂址 50%概率水平的大气弥散因子计算。

## 7.2 严重事故

### 7.2.1 事故描述

对压水堆核电厂，尽管严重事故的发生概率极低，但是一旦发生，将会导致堆芯损伤，如果不采取相应的缓解措施，不仅会导致反应堆压力容器失效，还可能导致安全壳失效，引起放射性物质不可控地向环境大量释放，后果极其严重。因此，需要采用充分可靠的措施来防止设计基准事故发展为严重事故，并设置相关的措施在严重事故发生后缓解事故的后果。

严重事故发生后，烟羽中的放射性气体和气溶胶会随着风向在大气中输运。输运过程中，放射性物质会对人体产生辐射影响。为全面评价潜在的事故造成的厂外剂量风险，针对每一类别的释放，均选取了一个代表性源项，作为该释放类别的包络值。共确定 6 类典型的释放类别，概述如下：

- **IC**：事故中安全壳始终保持完整，放射性物质向环境的释放量与安全壳设计基准泄漏率相关。
- **BP**：裂变产物从反应堆冷却剂系统通过旁通安全壳的二回路系统和其它连接系统，释放到环境中。安全壳在堆芯开始损伤之前失效。
- **CI**：裂变产物通过那些失效的用于隔离安全壳与环境之间连接的系统和阀门释放。安全壳在堆芯开始损伤之前失效。
- **CFE**：裂变产物通过失效安全壳释放，安全壳失效由发生在堆芯开始损伤之后堆芯熔融物再就位之前的严重事故现象造成。这些现象包括：氢气爆炸、氢气扩散火焰、蒸汽爆炸以及压力容器失效。
- **CFI**：裂变产物通过失效安全壳释放，安全壳失效由发生在堆芯熔融物再就位之后 24h 之内的严重事故现象造成。这些现象包括：氢气爆炸和氢气爆燃。
- **CFL**：裂变产物通过失效安全壳释放，安全壳失效由在 24h 后发生的一些严重事故现象造成。这些严重事故现象包括：安全壳热排出失效（非能动安全壳冷却系统失效）。

### 7.2.2 事故后果

厂址不同距离处的通用干预水平超越概率和厂址半径 80km 范围内公众集体剂量风险值计算均采用基于概率论方法的严重事故后果评价方法。评价计算包括大气扩散模拟、事故早期剂量评估、事故中长期剂量评估。

大气扩散模拟中主要考虑天气条件的分类取样、释放量的计算、烟羽抬升高度的计算、烟羽长度的计算、烟羽扩散和输运计算、核素浓度计算。

早期剂量评估主要考虑 4 种途径：1) 烟羽中放射性物质的直接外照射（烟云浸没外照射）；2) 放射性物质沉积在地面上的照射（地面沉积外照射）；3) 吸入烟羽中放射性物质造成的照射（空气吸入内照射）；4) 吸入再悬浮物质造成的照射（再悬浮吸入内照射）。

中长期剂量评估主要考虑 3 种途径：1) 放射性物质沉积在地面上的照射（地面沉积外照射）；2) 吸入再悬浮物质造成的照射（再悬浮吸入内照射）；3) 摄入食物和水造成的照射（污染食物和水的摄入内照射）。

严重事故评估计算如下：

#### 1) 大气扩散相关数据

大气弥散因子计算基于概率论的严重事故评价模型采用气象序列抽样得到厂址典型气象序列，通过分段烟羽模型计算不同气象序列中的核素迁移与扩散。

气象序列抽样中单个气象序列的长度为 120 小时，抽样方法为结构化的蒙特卡罗取样法，即按照选取条件对全年的天气序列进行分类，再从每一个类别中随机抽取一定数量的天气序列分别作为一次大气输运和扩散计算的输入，天气序列的分类和抽取是按照序列的起始时刻进行标记的，一年的气象文件包含 8760 小时的数据，也就是存在 8760 个天气序列的起始时刻。

核素在大气环境中的扩散采用高斯烟羽扩散模型，其基本假设为核素浓度在侧风向与垂向均满足高斯分布，同时将地面和逆温层作为全反射边界处理，得到烟羽中心线空气浓度和中心线以下地面空气浓度。

此外，模型还考虑了烟团抬升、地面粗糙度修正、烟羽由于沉积、衰变的耗散等现象。

气象数据采用厂址气象铁塔 2024 年全年 8760 小时的逐时气象数据，主要的观测要素为本工程所在厂址气象观测设施 10m 高度风速、风向、降雨量和大气稳定度。

混合层高度参数的设置参考厂址的混合层高度推荐值，具体数值见本报告第二章 2.4 节。

## 2) 剂量计算相关数据

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的适于应急照射情况下的通用干预水平：隐蔽为 10mSv、撤离为 50mSv、开始临时避迁为 30mSv、永久再定居为 1Sv。

《核电厂应急计划与准备准则第 1 部分：应急计划区的划分》（GB/T17680.1-2008）规定对于压水堆核电厂，在满足安全准则的前提下，其烟羽应急计划区的区域范围，一般应考虑反应堆热功率的大小，在以反应堆为中心、半径 7km~10km 的范围内确定；烟羽应急计划区内区的范围，一般应考虑反应堆热功率的大小，在以反应堆为中心、半径 3km~5km 的范围内确定。

本工程烟羽应急计划区为以 3、4 号机组反应堆为中心、半径 10km 的包络范围，其中内区为以 3、4 号机组反应堆为中心、半径 5km 的包络范围；食入应急计划区为以 3、4 号机组反应堆为中心、半径 50km 的包络范围。

根据浙江省核电厂事故场外应急委员会（以下简称“浙江省核应急委”）发布的《关于同意建立三门核电厂应急计划区的批复》（浙核委〔2016〕1 号），浙江三门核电厂的烟羽应急计划区为以 1 号机组反应堆为中心、半径 10km 的范围，其中内区为以 1 号机组反应堆为中心、半径 5km 的范围；食入应急计划区为以 1 号机组反应堆为中心、半径 50km 的范围。考虑到浙江三门核电厂属于多堆厂址，应确定一个统一的应急计划区。即烟羽应急计划区为以各机组反应堆为中心、半径 10km 包络范围，其中内区为 5km，外区为 10km；食入应急计划区为以各机组反应堆为中心、半径 50km 的包络范围。应急计划区的范围和大小将在编制场外核应急预案时最终确定。

计算距反应堆 3~10km 各距离段，各类严重事故加权综合的个人剂量超越通用优化干预水平概率结果见表 7.2-1。

结合本厂址气象条件、地形特征及人口分布特征，计算得到功率运行工况下，由于假想的裂变产物释放造成 80km 范围内公众集体剂量总风险为 7.64E-04 人 Sv/堆年。

## 7.2.3 严重事故预防和缓解方案

本工程采用先进非能动型压水堆核电厂设计，其系统和设备采用先进、成熟和保守的设计，满足我国法律法规和 IAEA、美国 URD 的要求，根据 PSA 分析结果，其发生堆芯损伤的概率比美国 URD 的要求低得多。另外，在设计上充分考虑了严重事故相关的预防和缓解措施，其目标是缓解严重事故后果，尽可能保持安全壳完整，防止放射性物质向环境的大量释放。

主要的严重事故预防和缓解措施包括：

- 预防界面 LOCA——界面系统采用全压设计。
- 预防保护和安全监测系统（PMS）共因失效及未能实现反应堆紧急停堆的预期瞬态（ATWS）——设置多样化驱动系统。
- 事故下堆芯应急冷却——采用非能动堆芯冷却系统设计。
- 事故下安全壳热量移出——设计非能动安全壳冷却系统。
- 防止高压熔堆——设计非能动余热排出系统和自动卸压系统。
- 缓解事故下产生的氢气——设置安全壳内氢气控制系统。
- 防止反应堆压力容器失效——采取熔融物堆内滞留策略，采用事故下淹没堆腔设计并考虑堆腔淹没系统功能，使得在事故下反应堆压力容器淹没在冷却水中，从而使堆芯熔融物保持在反应堆压力容器内。
- 防止堆外严重事故条件下安全壳失效——采用合理的堆腔设计，使其能够承受堆外严重事故现象产生的载荷。

此外，本工程还通过对人因、应急运行规程、核电厂场内核事故应急预案、可能的高级别严重事故响应、堆芯损伤后投入操作的利弊和严重事故进程及时间表的综合考虑，建立严重事故管理导则，可在严重事故下为操纵员提供技术指导。其内容主要包括如下三个部分：（1）主控室严重事故管理导则；（2）技术支持中心严重事故管理导则；（3）技术支持中心严重挑战响应导则。

下面对严重事故下的主要预防和缓解措施进行简单评价：

#### 1) 界面系统采用全压设计

界面系统 LOCA（ISLOCA）是指反应堆冷却剂系统（RCS）压力边界在与一个低压系统的交界面处发生泄漏，RCS 冷却剂将会进入到低压系统。低压的界面系统不能承受 RCS 的高压力，在其边界（安全壳外）发生破口，从而将会导致反应堆冷却剂直接向环境的释放。由于冷却剂直接释放至安全壳外而大量流失，从而可能直接导致堆芯损伤。

对本工程而言，最重要的 ISLOCA 途径为正常余热排出系统（RNS）入口管和出口管。

RNS 管道设计为极限破裂强度不小于 RCS 的运行压力，并且位于安全壳外的 RNS 设备设计符合抗震 I 类的要求。对于 RNS 暴露在正常的反应堆冷却剂系统压力事件中，RNS 管道发生破裂的概率极低。

## 2) 设置多样化驱动系统

本工程设置了多样化驱动系统（DAS）来提供必要的仪控功能，以减少与 PMS 相关的共因失效所带来的风险。DAS 主要有以下三项功能：

- 在核电厂参数超出整定值的情况下，提供多样、备用、自动的驱动信号以使反应堆停堆，并启动选定系列的专设安全设施；
- 为反应堆停堆和选定的专设安全设施的启动提供一个多样、备用的独立手动启动能力；
- 为选定的核电厂参数提供专门独立的指示。

上述功能的目的是：

- 缓解 ATWS 的后果；
- 降低概率安全评价（PSA）中由于 PMS 的共因失效导致的堆芯熔化和安全壳超压事故概率。

## 3) 采用非能动堆芯冷却系统设计

本工程非能动堆芯冷却系统（PXS）包括一个非能动余热排出热交换器、两个堆芯补水箱、两个安注箱和一个 IRWST。另外的 PXS 设备还包括 IRWST 滤网、IRWST 重力注射管线、安全壳再循环管线和事故后 pH 值调节篮等。非能动堆芯冷却系统可以在事故下为堆芯提供非能动的堆芯冷却，并可提供反应堆冷却剂系统的应急补水和硼化。PXS 可以完成如下功能：

- 应急堆芯余热排出

在设计基准瞬态、事故或丧失正常余热排出系统时，非能动余热排出系统可提供应急堆芯冷却功能。在功率运行 RCS 条件及停堆状态下，只要 RCS 压力边界维持完整，其热移出功能均可用。从长期而言，非能动余热排出系统可将 RCS 冷却至安全停堆状态。

- 反应堆冷却剂系统应急补水和硼化

在事故下，当化学和容积控制系统（CVS）的正常补水不可用或不足时，为 RCS 提供补水和硼化。

- 安全注射

对各种破口尺寸直至主管道双端断裂破口 LOCA 事故提供非能动安全注射，从而为堆芯提供充分的冷却。

- 安全壳 pH 值控制

在事故发生后，通过添加化学物质调节安全壳内的 pH 值，以支持安全壳内高剂量放射性物质的包容，并防止在长期淹没过程中安全壳设备的应力腐蚀。

#### 4) 非能动安全壳热量移出

本工程安全壳由非能动安全壳冷却系统进行冷却，能够将热量通过钢安全壳直接传至大气环境。在事故工况下，安全壳外的冷却水依靠蒸发带走热量，为安全壳提供长期冷却并限制安全壳压力。当发生概率极低的非能动安全壳冷却系统冷却水丧失事故时，通过环形空间的空气自然对流也能持续为安全壳提供重要的冷却，减缓安全壳升压速度，在较长时间内防止安全壳超压。

在接收到自动触发或手动打开信号后，非能动安全壳冷却系统阀门将打开，并依靠从顶部喷淋水的自然蒸发带走热量，通过设置导流板使得流道内气体流量较大，可以有效带走热量。阀门采用并联设计并采用不同型号，防止发生共因失效，此外，还可以通过消防水源或消防车为该系统提供水源。因此，该系统热移出能力足够并且可靠性高。

#### 5) 防止高压熔堆

本工程在设计上考虑了防止高压熔堆的措施。这些措施主要包括非能动余热排出系统和自动卸压系统。非能动余热排出系统可以可靠地导出反应堆余热，自动卸压系统可以保证系统成功卸压。

非能动余热排出系统主要依靠重力自然循环形成冷却剂流动环路，将存有大量水源的内置换料水箱作为热阱。整个系统除阀门外没有能动部件，阀门采用并联设计，由安全级电源供电。通过合理设置换热器排管数量和优化流道设计，非能动余热排出系统热移出能力足够并高度可靠。

自动卸压系统采用双列设计，各级阀门尺寸不完全相同，在丧失交流电的情况下依靠蓄电池传递信号或触动阀门即可运行。通过设置合理的时间延迟和阀门打开顺序，自动卸压系统能够快速、有效地将系统压力降低至安全壳压力附近。

## 6) 安全壳内氢气控制

本工程由安全壳内氢气控制系统控制氢气，该系统包括氢气浓度监测器、非能动氢气复合器和氢气点火器。氢气控制系统执行如下监测和控制安全壳内氢气浓度的功能：

- 氢气浓度监测—分布在安全壳内的氢气监测器可以为操纵员提供安全壳内氢气浓度的连续指示。该监测功能可使操纵员能够监测并启动事故后的缓解措施，包括启动氢气点火器。
- 非能动氢气复合器—在设计基准事故下，氢气复合器将自动使安全壳内的整体氢气浓度维持在较低水平。对严重事故，非能动氢气复合器协助氢气点火器降低安全壳内的整体氢气浓度。
- 氢气点火器—分布在安全壳内的氢气点火器通过对局部燃烧相对较低浓度的氢气，防止氢气浓度达到可能的爆炸限值。

本工程反应堆冷却剂系统的自动卸压系统第 4 级阀门开启可以防止大量的氢气释放至内置换料水箱和非能动堆芯冷却系统隔间。ADS 第 4 级阀门出口位于环路隔间，而环路隔间与安全壳壳体相互隔开，并且通过安全壳内自然循环提供稳定的氧气源。在环路隔间内，氢气以扩散火焰方式燃烧，不会危及安全壳的完整性。如果自动卸压系统第 4 级阀门失效，本工程在内置换料水箱处设计了排气口，以缓解安全壳壁附近的扩散火焰。

本工程设计由于没有能直接导致氢气爆炸的足够能量，因此燃爆转变(DDT)是唯一可能导致安全壳内发生氢气爆炸的原因。在严重事故后，当安全壳内任一区域的氢浓度达到最低可燃浓度限值不久后，安全壳氢气控制系统的氢点火器启动以促进氢气的燃烧，从而防止安全壳内氢浓度达到燃爆转变限值。

氢气控制系统在没有外电源的情况下依靠蓄电池以及非能动部件仍然可以正常运行，因而，通过合理的氢气点火器和氢气复合器布置，氢气控制系统可有效地降低安全壳内氢气浓度。

## 7) 防止反应堆压力容器失效

通过反应堆压力容器外水冷实现堆芯熔融物堆内滞留是本工程严重事故关键缓解措施。在假想的严重事故期间，利用内置换料水箱的水淹没反应堆堆腔，并使反应堆压力容器浸于水中，这一严重事故管理策略可有效地防止压力容器失效。利用水冷却压力容器外表面，可防止反应堆下封头内的堆芯熔融物使压力容

器失效和向安全壳迁移。通过将堆芯熔融物滞留在压力容器内，可限制发生某些与安全壳完整性相关且具有很大大不确定性的压力容器外的严重事故现象（如：压力容器外蒸汽爆炸、堆芯熔融物—混凝土反应等），以保持安全壳的完整性。

本工程在设计上具有如下改善反应堆压力容器外的冷却特性，以实现熔融物堆内滞留：

- 设置了可靠的多级反应堆冷却剂系统卸压系统，可保证在系统卸压后压力容器壁面将承受较小的应力；
- 反应堆压力容器下封头未设置贯穿件，除了压力容器壁面自身的蠕变失效外，不会发生与容器贯穿件相关的失效；
- 来自内置换料水箱的水可淹没反应堆堆腔，使反应堆容器浸没至高于反应堆冷却剂环路；
- 反应堆压力容器外保温层设计为水和蒸汽的流动提供了一个流道，在该流道内水大量汽化并从顶部出口排出，在流道内形成很大的流量。

熔融物堆内滞留策略完全是非能动的，通过设计保证压力容器外壁面热流密度低于临界热流密度，可以保证熔融物堆内滞留的成功。

#### 8) 防止堆外严重事故条件下安全壳失效

本工程熔融物堆内滞留策略的有效性极高，但为了提供更高的安全性评价，仍假设会发生堆外严重事故。对本工程构成较大威胁的堆外严重事故现象主要包括堆外蒸汽爆炸和熔融物—混凝土相互作用。由于本工程采用非能动堆芯冷却系统设计，使得严重事故期间堆腔内肯定存在一定量的水。通过合理设计堆腔结构，使得堆腔可以承受蒸汽爆炸产生的瞬间高压载荷。在熔融物和混凝土相互作用过程中，水的存在可以减缓熔融物侵蚀速度，在相当长时间内保持安全壳底板不被熔穿，最终熔融物非常可能被冷却并终止对混凝土的侵蚀。

由于采用非能动设计，以上各个系统都可以在丧失常规电源的情况下正常工作，保证严重事故缓解措施的有效性，因此，本工程严重事故缓解措施合理可行，各个系统互不干扰且高度可信，裕量充分，在假想的严重事故期间能有效保证不会发生大量放射性物质向环境的释放。

表 7.2-1 个人有效剂量当量高于通用优化干预水平的条件概率

| 剂量 (Sv)<br>距离 (km) | 0.01<br>(隐蔽) | 0.05<br>(撤离) | 0.03<br>(临时避迁) | 1.00<br>(永久再定居) |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|-----------------|
| 3                  | 7.54%        | 7.54%        | 7.54%          | 4.69%           |
| 4                  | 7.54%        | 7.54%        | 7.54%          | 4.11%           |
| 5                  | 7.54%        | 7.14%        | 7.54%          | 3.64%           |
| 6                  | 7.54%        | 6.71%        | 7.54%          | 3.38%           |
| 7                  | 7.54%        | 6.43%        | 7.54%          | 3.03%           |
| 8                  | 7.54%        | 6.17%        | 7.54%          | 2.80%           |
| 9                  | 7.54%        | 5.82%        | 7.54%          | 2.65%           |
| 10                 | 7.54%        | 5.50%        | 7.38%          | 2.53%           |

## 7.3 场内运输事故

### 7.3.1 新燃料场内运输事故

本工程采用在 17×17 Robust 和 17×17 XL Robust 基础上加以改进的 AP1000 型燃料组件，首炉和后续燃料组件将由中核包头核燃料元件股份有限公司制造。对于国内新燃料的运输，运营单位委托有资质的承运人承担，并开展新燃料运输容器在中国使用的申请批准手续。

在正常运输工况和事故工况下（如火烧、跌落、水淹等），新燃料运输容器能够保证运输容器内燃料组件的结构完整性。新燃料运输容器能够保证在最佳慢化条件下， $k_{\text{eff}} < 0.95$ 。

根据国内其它核电厂燃料运输的经验，在严格遵循国家标准的技术规范下运输燃料组件时，组件的抗震和密封性能可确保不对环境产生任何有害的影响。

新燃料运输容器设计时应充分考虑可能的事故工况，即使发生运输事故，容器本身发生变形，燃料组件也不会产生临界反应，同时燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料散落。加上新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。

总体而言，新燃料运输事故不会污染周围环境和危害人员健康。

### 7.3.2 乏燃料场内运输事故

乏燃料的转移和运输包括可能的燃料装卸事故和乏燃料罐坠落事故。

乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提。乏燃料运输必须遵循《中华人民共和国核材料管制条例》（HAF501）、《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）、《放射性物质安全运输货包泄漏检验》（GB/T17230-1998）、《乏燃料运输容器技术条件》（EJ/T565-1991）、《核级容器制造质量保证》（EJ/T619-1991）和《放射性物质安全运输条例》（IAEA No.SSR-6）准则。应证实容器在承受正常运输条件下和运输中事故条件下的种种试验后，仍能保持符合密封性能与屏蔽性能的要求。

除了运输容器本身具有高的安全性外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。

● 根据 7.1 节分析结果，燃料操作事故的放射性后果的计算分析表明其对公众的影响是可以接受的。

- 乏燃料容器坠落事故主要发生在由容器吊车进行的燃料装卸过程中，由于乏燃料组件在装入乏燃料容器之前要在乏燃料水池中至少贮存 5 年，事故发生后放射性的释放极少，事故后果可以被燃料操作事故的后果包络，其后果也是可以接受的。

- 乏燃料厂外运输由专用的密封屏蔽运输容器、专用的铁路和公路车辆及配套的辅助操作工具进行，考虑采用公路运输方案或“铁路+公路”联运方案运至国家规定的专用乏燃料后处理基地。即使乏燃料厂外运输事故发生后，运输容器也能提供足够的放射性物质包容和辐射屏蔽，从而避免给工作人员、公众及环境造成不可接受的辐射危害。

### 7.3.3 放射性固体废物场内运输事故

本工程运行产生的放射性固体废物储存在废物暂存库内。废物暂存库按中、低放废物进行分区储存。低放废物桶活度水平较低，一般无需屏蔽即可满足表面剂量率要求；中放废物桶可通过废物库的结构屏蔽后满足剂量率要求。

放射性固体废物由放射性废物厂房送往厂址废物处理设施（SRTF）为内部转运，不涉及厂外道路运输。运输有严格的规程确保不发生事故；另一方面，即使发生事故，运输容器也可以确保放射性物质不外泄。

因此，预期的放射性物质场内运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

## 7.4 其它事故

### 7.4.1 化学物质容器破裂、泄漏或爆炸

本工程运行期间使用的氨、氢、苯酚、丙酮、联氨、盐酸、硝酸、次氯酸钠等物料中，包括了易燃易爆、有毒有害及较强的腐蚀性物料，在使用这些物料时存在发生爆炸、火灾、化学灼伤等潜在非放射性事故的风险。

由于本工程在系统设计中考虑了运行期间所使用物料的安全性，并制定了严格的使用规范，可以最大限度地降低发生爆炸、泄漏等事故的发生，同时，本工程在设计和运行管理上采取的措施也可使火灾的发生概率及发生火灾后对安全 and 环境的影响降到最低。

#### 1) 核岛

核岛使用的危险化学品有：氢气、联氨、氢氧化钠和过氧化氢。参照《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）的规定，本工程各项化学品储存量均小于临界量，因此核岛内所用化学品及存储量不构成危险化学品重大危险源。

核电厂核岛生产工艺从核裂变到蒸汽发电的整个过程都是在密闭的容器和管道内进行的，除了放射性气溶胶外，主工艺过程基本不产生化学品危害。在辅助生产运行中可能使用或产生的化学品主要有联氨、氢氧化钠和过氧化氢等。这些物质有腐蚀性，可能产生有毒、有害气体、灼伤危害。此外，机加工车间可能使用多种焊材，在焊接过程中会接触电焊烟尘、有毒气体（如臭氧、一氧化碳、氮氧化物等）。

对联氨、氢氧化钠和过氧化氢等化学品的贮存和运送都是在密闭的容器管道内进行的，现场使用时加强管理和个人防护，避免人员直接接触。除上述措施外，设计中加强了加药处的通风，将可能逸出的有害气体排到室外。

辅助锅炉房化学加药的贮存和运送都是在密闭的容器管道内进行的，避免人员直接接触。锅炉的排污水直接排至室外降温池，同样避免与人员直接接触。

## 2) 常规岛

常规岛使用的危险品有：氢、氢氧化钠、盐酸、氨和联氨。常规岛的危险化学品储存数量均不构成重大危险源。

酸碱贮罐位于地面零米层，酸罐顶部设置酸雾吸收器，以使酸雾经酸雾吸收器洗涤吸收，不直接向大气挥发。酸、碱管道的法兰、接头处均采取防护措施，避免直接滴漏；酸、碱设施附近设置围堰及排水设施。酸碱间设置自然进风，机械排风的通风系统。通风量按不小于每小时 15 次换气。通风系统设备和管道均有防腐措施。

氨溶液箱、联氨溶液箱本体上设计有空气隔离装置，同时加药间设计有强制通风设备，以有效快速地降低挥发性气体在空气中的浓度。

酸碱贮存区域设有安全淋洗器、洗眼器、防毒面具和手套等。

除盐水厂房通风系统均采用自然进风、机械排风系统，将维持各区域及房间保持负压。

## 3) 化学品库

危险化学品的贮存按照《化学品仓储管理》（G-PM-GBP-146）程序规定执行，程序按照法规及存储的基本要求做出如下规定：根据化学品安全技术说明书分区、

分类、分库贮存，化学性质、防护和灭火方法不兼容的物资，不得在同一库房存放，各类危险品不得与禁忌物料混合贮存。在危险化学品存放区域设立对应化学品的“危险化学品安全警示卡”标识和安全技术说明书（MSDS）。存储期间，严格按照 MSDS 的要求进行存储和保养，定期检查并形成维护保养记录，通过风机、空调等维持房间温度，定期检查应急设施。明确化学品仓库区域产生的化学废弃物，如需报废的化学品、化学品包装材料、受化学品污染的物品，不得随意抛弃，必须根据其不同的性质，隔离存放到专门设定的存储点或储罐、存储容器中，明显标识，妥善保管，统一处理。如发生泄漏或火灾，除了参考《危险化学品突发事件应急预案》（G-EP-GBP-110）外，化学品库归口管理部门还编制了《化学品库火灾事故及泄漏处置方案》（G-FP-GMP-001）实施细则，具体指导在应急情况下的响应。同时化学品库已列为公司三级安防环保风险点，根据安防环保风险等级明确了督办、检查及隐患处理方面的具体要求。

#### 4）环境风险评价

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）对本工程所在三门核电厂化学物质贮存和使用开展环境风险评价：

鉴于三门核电厂化学品贮存、使用存在全厂共用的情况，因此按照全厂址范围开展评价，危险物质及工艺系统危险性（P）分级如下：

保守取各类化学品在不同贮存地点中的最大贮存量作为最大存在总量，危险物质最大存在总量与其临界量比值（Q）计算值为  $5.31E+01$ ， $1E+01 \leq Q < 1E+02$ 。

核电工程为其他行业，行业及生产工艺（M）取值为 5。

因此，危险物质及工艺系统危险性等级判断（P）为轻度危害（P4）。

三门核电厂不位于地表水和地下水敏感区，但部分化学品贮存场所岩土层单层厚度小于 0.5m，包气带防污性能分级属于 D1，因此地下水环境敏感程度（E）为 E2。厂址半径 5km 范围内人口为 10782 人，因此大气环境敏感程度（E）为 E2。

综上，环境风险潜势为 II 级，应当进行三级评价。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）要求，参照《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）进行风险预测及分析。由于《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）未对核电厂进行项目分类，参照“其他能源发电”、“海水淡化、其他水处理和利用”分类为 IV 类，此外厂址

附近无集中式饮用水水源准保护区及补给径流区、分散式饮用水水源地特殊地下水资源保护区及分区等环境敏感区，因此参照《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）无需开展地下水评价。

三门核电厂使用的化学品均在厂房或储罐内贮存，采取了一系列化学品泄漏风险防范措施，确保不出现盐酸、氢氧化钠、氨水、联氨等化学品泄漏至环境情况，并设置防渗地面及泄漏应急处置设施，确保泄漏后不会扩散至周边地表水和地下水，有毒气体（主要为氨气）不会大量飘散至室外；设置防火及防爆措施防止氢气、柴油泄漏发生火灾爆炸。因此，在做好相关管控防护措施后，危险化学品储存设施的环境风险可接受。

## 7.4.2 火灾

为了隔离潜在的火灾发生，使火灾蔓延的风险和腐蚀气体、灭火产物、烟气、放射性污染合成的间接损害减到最小程度，把核电厂划分为若干个防火区。防火区为三维的空间，设计成能抑制内部可能会出现的火灾。防火区通过防火屏障，防火屏障贯穿件防护和其它装置，例如空调通风管道内的防火阀进行隔离，这样就把火灾隔离在防火区内。

为了能对可燃物、火灾的探测以及灭火系统的类型及位置进行更精确的辨认，有些防火区再细分为若干个防火小区。防火小区是根据每个防火区内部墙体和楼板的外形轮廓以及主设备的位置细分的，是防火区内的一个三维空间，是与特定区域内其它的防火小区有着不同的防火特征或属性的唯一的区域。

辅助厂房被分为放射性控制区域和非放射性控制区域，由结构墙和楼板进行实体隔离，这些结构墙和楼板能够防止火灾通过防火区的边界进行蔓延。

辅助厂房被进一步细分为各防火区，由具有相应耐火极限的防火屏障进行隔离，这些防火屏障实现了 4 个 1E 级电气通道之间的实体隔离，以及这 4 个 1E 级电气通道和非安全相关区域的实体隔离。

在安全壳内，定义了火灾影响区，即容纳火灾的整个防火小区。安全壳内作为一个防火区，通过结构件或距离划分为多个防火小区。对于任何一个防火小区，应认为小区内发生火灾时其所有设备均可能会失效，除非火灾危害性分析能够论证在足够的防护措施下防火小区内的某些设备不会受到火灾的影响。在安全壳外部，没有定义火灾影响区，在安全壳外部发生的火灾被假定为会影响它所在的整

个防火区。

核电厂设置防火屏障,将耐火极限为3小时的防火屏障环绕容纳安全相关部件的防火区。耐火极限为3小时的防火屏障为冗余安全停堆部件提供了完全的隔离。

核岛厂房各区域设置自动灭火系统和人工灭火系统。反应堆厂房和含有安全停堆部件的核辅助厂房区域由非能动消防系统(抗震消防立管系统)保护,核辅助厂房其它区域、附属厂房、放射性废物厂房和柴油机厂房的等由能动的消防系统保护。

综上所述,预期不会有来自火灾造成的重大安全威胁和明显的环境影响。

## 7.5 事故应急

国务院颁布的《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002-2011）要求新建核电厂必须在其场内和场外核事故应急预案审查批准后方可装料，《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01-2019）要求运行阶段营运单位应制定应急预案，并作为运行申请材料之一于首次装料前与最终安全分析报告一并报国务院核安全监督管理部门审查。在首次装料前，核动力厂营运单位应完成应急准备工作，并进行装料前场内综合应急演练。

核事故应急的目的是在核电厂发生放射性物质可能向环境大量释放的事故时，使事故迅速得到控制，以防止或减少放射性物质向环境的释放，并采取防护行动保护核电厂内所有人员的安全，迅速向厂外提供保护居民安全与健康的建议。

核电厂核事故应急预案的制定和实施应遵循“常备不懈、积极兼容、统一指挥、大力协同、保护公众、保护环境”的方针，本阶段对应急计划区、应急状态、应急设施、核事故应急对策及实施核事故应急预案的可行性给出详细论述。

浙江三门核电厂执行统一的核应急预案，设置统一的应急计划区。根据国家《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002-2011）、《核电厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01-2019）的有关规定，三门核电厂已编制并多次更新了《三门核电厂 1、2 号机组场内核事故应急预案》，三门核电厂场外核事故应急预案已制定发布。本工程 3、4 号机组的核事故应急对策将基于三门核电一期工程 1、2 号机组场内核应急预案、三门核电厂场外核事故应急预案并结合实际情况制定与完善。

### 7.5.1 应急计划区

应急计划区为在事故能及时有效地采取保护公众的防护行动，事先在核电厂周围建立的、制定核事故应急预案并作好应急准备的区域。我国目前将应急计划区分为两类：针对烟羽照射途径的烟羽应急计划区和针对食入照射途径的食入应急计划区。

烟羽应急计划区为针对烟羽照射途径（烟羽浸没外照射、烟羽吸入内照射和地面沉积外照射）而建立的应急计划区，这种应急计划区分为内、外两区，在内区做好预防性撤离的安排，在外区做好采取隐蔽、服碘、撤离防护行动的准备。

食入应急计划区为针对食入照射途径（食入被污染食品和水的内照射）而建立的应急计划区，该区域内需做好食物和饮用水的管控工作。

本工程烟羽应急计划区为以 3、4 号机组反应堆为中心、半径 10km 的包络范围，其中内区为以 3、4 号机组反应堆为中心、半径 5km 的包络范围；食入应急计划区为以 3、4 号机组反应堆为中心、半径 50km 的包络范围。

根据浙江省核应急委发布的《关于同意建立三门核电厂应急计划区的批复》（浙核委〔2016〕1 号），三门核电厂的烟羽应急计划区为以 1 号机组反应堆为中心、半径 10km 的范围，其中内区为以 1 号机组反应堆为中心、半径 5km 的范围；食入应急计划区为以 1 号机组反应堆为中心、半径 50km 的范围。

考虑到三门核电厂属于多堆厂址，应确定一个统一的应急计划区。即烟羽应急计划区为以各机组反应堆为中心、半径 10km 包络范围，其中内区为 5km，外区为 10km；食入应急计划区为以各机组反应堆为中心、半径 50km 的包络范围。应急计划区的范围和大小将在编制场外核应急预案时最终确定。

## 7.5.2 应急状态

核事故应急状态分为四级：

### 1) 应急待命

应急待命的基本特征是出现可能危及核动力厂安全的异常事件或工况，在这类事件或工况下，预计不会出现需要场外应急响应或进行场外辐射监测的放射性物质释放。

### 2) 厂房应急

厂房应急的基本特征是一些事件已经发生或正在进展，核电厂安全水平实际上或有可能明显下降；预计已经或可能即将发生放射性物质的释放，对公众造成的辐射照射仅仅是通用优化干预水平的一小部分；事故实际的或可能的辐射后果只局限于核电厂的有限区域内，主要在厂房内。

### 3) 场区应急

场区应急的基本特征是事件一些事件已经发生或正在进展，核电厂保护公众和场内工作人员所需要的安全功能实际或可能出现严重丧失；这些事件包括：保护堆芯的水平明显降低，任何附加的功能丧失可能导致堆芯损坏。事故的辐射后果已经或可能扩大到整个场区，预计放射性物质的释放使场内出现高辐射剂量、场外出现接近但不超过针对隐蔽的通用优化干预水平的辐射剂量。

### 4) 场外应急

场外应急的基本特征是事故已经发生或正在进展，核反应堆堆芯实际上或预计发生损坏甚至熔化，而且安全壳的完整性可能丧失，预计核电厂极可能释放出大量放射性物质；事故的辐射后果以及或预测超出场区边界，致使公众受到的照射超过通用优化干预水平，需要实施场内和场外的总体应急响应行动。

### 7.5.3 应急组织

#### 7.5.3.1 场内应急组织机构

三门核电厂建立全厂统一的核应急响应组织机构，由电厂应急指挥部及其领导下的运行控制组、技术支持组、辐射防护组、应急抢修组、保卫消防组、环境影响评价组、公众信息组、抢修支持组、工程管理组组成。

核电厂 1~4 号机组核应急响应组织主要职责包括：

- a) 确定核应急状态等级，统一指挥本单位的核应急响应行动；
- b) 及时采取措施，缓解事故后果；
- c) 保护场区边界以内的人员安全，包括承包商办公区域、宿舍、食堂、会所、超市、宾馆内所有长期工作和临时来访人员；
- d) 进行场内的辐射监测，必要时进行场外的辐射监测；
- e) 及时向国家和浙江省核应急组织、主管部门和国家核安全监管部门及规定的部门报告事故情况，并保持在事故过程中的紧密联系；
- f) 提出进入场外应急状态和场外采取应急防护措施的建议；
- g) 配合和协助浙江省核应急组织做好核应急响应工作。

#### 1) 电厂应急指挥部

电厂应急指挥部为全厂统一的应急指挥部，主要由应急总指挥、电厂应急指挥、总协调员以及其他辅助成员组成。应急指挥部的主要职责为：

- 全面负责和指挥应急状态下三门核电厂的应急响应行动；
- 确定和宣布应急状态的进入、升级或终止（场外应急除外）；
- 向场外应急组织和上级主管部门的报告、联络；
- 组织实施场内应急防护行动；
- 提出进入场外应急状态和场外采取应急防护措施的建议；
- 组织与公众信息相关的活动。

应急指挥部各主要成员的职责如下：

应急总指挥担当人由公司董事长、党委书记担任，负责全面领导三门核电厂的应急响应，在应急状态下具体负责：

- 全面组织和指挥场内应急响应行动；
- 批准进入和终止“应急待命”、“厂房应急”、“场区应急”状态；
- 批准向场外应急组织提出进入“场外应急”和终止“场外应急”的建议；
- 批准电厂进入或退出严重事故管理；
- 批准缓解严重事故所采取的应对策略；
- 批准应急指挥部对场外应急组织的通报、报告、公众信息等；
- 批准场内应急防护行动；
- 批准向场外应急组织提供采取公众防护行动的建议；
- 批准向国家、地方及主管部门应急组织和中国人民解放军发出的支援请求；
- 指挥应急状态终止后的早期恢复行动。

电厂应急指挥在应急总指挥领导下指挥和协调机组的应急响应行动，指挥运行控制组、技术支持组、辐射防护组、应急抢修组、抢修支持组的应急响应行动。其职责有：

- 在应急总指挥未到位前，行使应急总指挥职责；
- 向应急总指挥报告，接受应急总指挥的直接领导，组织实施机组的应急响应行动和应急人员的辐射防护行动；
- 向应急总指挥提出进入应急状态和应急状态变更的建议；
- 领导事故原因分析、反应堆及其系统的安全状态评价、发展趋势预估以及制定应急对策；
- 提出电厂进入或退出严重事故管理的建议，参与电厂缓解严重事故的应对策略的讨论和决策；
- 协调和领导旨在将反应堆引入长期安全状态的技术工作、纠正行动、工程抢险、应急抢修活动；
- 参与应急指挥部决策。

总协调员协助和支持应急总指挥开展应急决策，并具体负责：

- 跟踪应急组织启动就位情况；
- 组织对场外应急信息报告、通告；

- 协调和跟踪与场外应急组织相关的应急响应行动；
- 指挥应急指挥部辅助人员的响应行动；
- 根据应急总指挥指令，协助其协调相关专业组的响应行动；
- 参与应急指挥部决策讨论。

应急指挥部其他辅助成员根据场内核事故应急预案及执行程序规定要求开展应急响应行动。

## 2) 运行控制组（应急状态下岗位在主控室）

运行控制组根据已运行的机组设置，分别由对应机组的当班运行人员组成。在电厂应急指挥的领导下承担事故机组和非事故机组运行控制的任務。

作为事故机组运行控制组负责：

- 按照应急响应程序和有关规程，控制事故工况，恢复和维持机组的安全状态，减少事故的后果和影响；
- 在严重事故情况下，执行已批准的严重事故应对策略；
- 根据《应急状态分级初始条件和行动水平》（G-EP-GBP-207）初步评价应急状态，向电厂应急指挥提出应急状态进入、升级或终止的建议；
- 应急指挥部启动前，发布应急通知、通告和事故报警信号；
- 向应急指挥部和应急工作组提供有关事故的性质、规模、并向指挥部报告事故发展情况；
- 负责与电网调度的信息传递；
- 参与厂房内失踪人员搜救；
- 应急总指挥和电厂应急指挥都没有到位前，事故机组当班值长代行应急总指挥和电厂应急指挥的职责；
- 当班值长在应急指挥部未启动前负责向场外应急通告和报告。

作为非事故机组运行控制组负责：

- 根据事故机组状况和应急指挥部的决策对本电厂机组采取相应的规避措施；
- 必要时为事故电厂事故处置提供支持。

## 3) 技术支持组（应急状态下关键岗位在技术支持中心 TSC 启动）

技术支持组按照 1~4 号机组设置一个技术支持组，负责在电厂应急指挥的领导下进行核电厂的应急响应行动，技术支持组的主要职责包括：

- 分析、评价事故机组的状态和发展趋势，根据评价结果向电厂应急指挥提出控制和缓解事故的措施和建议；

- 组织实施堆芯损伤评价并估算环境释放源项；
- 协助运行控制组和应急抢修组解决技术问题，提供其它技术支持；
- 负责管理和组织实施严重事故管理导则，向应急指挥部提出进入和终止严重事故管理的建议；

- 开展电厂系统内化学取样分析工作。

#### 4) 辐射防护组（应急状态下关键岗位在技术支持中心 TSC 启动）

辐射防护组按照 1~4 号机组设置一个辐射防护组，在电厂应急指挥的领导下进行核电厂的应急响应行动，辐射防护组的主要职责包括：

- 负责监督、指导电厂内应急响应人员辐射安全；
- 对受事故影响区域内场所、人员和车辆的辐射监测和去污；
- 监督辐射控制区内应急响应行动；
- 控制应急工作人员的辐射照射；
- 负责组织辐射控制区以内失踪人员的搜救；
- 开展医学救护工作。

#### 5) 应急抢修组（应急状态下关键岗位在技术支持中心 TSC 启动）

应急抢修组按照每两台机组设置一个应急抢修组，在电厂应急指挥的领导下进行核电厂的应急响应行动，应急抢修组的主要职责包括：

- 组建应急抢修力量，必要时请求人员增援和技术支持；
- 参与制定机组纠正行动的实施方案；
- 制定抢修方案，实施设备与系统损坏的探查、控制与抢修；
- 负责福岛事故后改进行动项移动设备检查维护和操作；
- 参与厂房内失踪人员搜救；
- 参加其它抢险行动。

#### 6) 保卫消防组

保卫消防组按照整个厂址配置一个保卫消防组，在应急总指挥的领导下开展应急响应行动，保卫消防组的主要职责包括：

- 负责电厂保卫和出入口控制；
- 负责场内治安和交通管制；

- 组织并实施灭火行动；
- 参与抢险抗灾行动；
- 协调武警、消防、公安等外部救援力量；
- 组织非应急人员集合清点与撤离，汇总应急集合点人员清点信息；
- 组织辐射控制区以外的失踪人员搜救；
- 参与失踪人员救援工作。

#### 7) 环境评价组

环境评价组按照整个厂址配置一个环境评价组，在应急总指挥的领导下开展应急响应行动，环境评价组的主要职责包括：

- 开展核电厂应急辐射环境监测工作；
- 开展核电厂事故后果评价工作；
- 向应急指挥部提出场外公众应急防护行动建议；
- 向应急指挥部提出场内非应急人员防护行动建议；
- 协调场外应急监测和评价工作。

#### 8) 公众信息组

公众信息组按照整个厂址配置一个公众信息组，在应急总指挥的领导下开展应急响应行动，公众信息组的主要职责包括：

- 通过多种渠道收集公众、社会的反映，以便开展适当的沟通；
- 为新闻发布准备和提供有关资料；
- 接待新闻媒体、地方或社会组织的公众代表，对他们的信息要求给予响应；
- 在经授权后，公众信息组可代表营运单位回答新闻媒体、公众代表提出的有关电厂事故的问题。

#### 9) 抢修支持组

抢修支持组按照整个厂址配置一个物资供应组，在电厂应急指挥的领导下开展应急响应行动，抢修支持组的主要职责包括：

- 负责场内外通信保障；
- 保障电厂开展应急响应所需的生产物资供应。

#### 10) 工程管理组

工程管理组按照整个厂址配置一个工程管理组，在应急总指挥的领导下开展

应急响应行动，工程管理组的主要职责包括：

- 负责组织和协调与工程现场有关的应急响应工作；
- 协调工程现场施工单位的应急响应；
- 协调工程现场施工人员的撤离行动。

#### 7.5.3.2 应急组织值守和启动

为了在核电厂发生突发事件/事故时，保证应急响应组织能及时启动，电厂按“常备不懈”原则建立了应急值守制度。确保每天每个应急值守岗位均有满足岗位资格和授权要求人员参与应急值守，电厂通过定期开展应急值守核查检验应急岗位值守情况。

在电厂宣布进入核应急状态后，将按照规定程序要求发出场内和场外应急通知，核应急值守岗位人员接到应急启动通知后将按要求启动到岗开展应急响应。

#### 7.5.3.3 场外应急组织接口

三门核电厂应急组织在事故时向国家核安全局、生态环境部华东核与辐射安全监督站、国家核事故应急办公室、国家能源局、浙江省核电厂事故场外应急委员会、中核集团以及中国核电进行应急报告。

##### （1）国家核事故应急协调委员会（国家核事故应急办公室）

三门核电厂进入应急待命或以上状态时，三门核电厂应急指挥部将及时向其报告事故情况，并按规定提供后续报告，必要时场内应急组织将向其请求援助。

##### （2）国家能源局

在核事故应急状态下，三门核电厂应急指挥部将向其报告事故情况和应急信息。

##### （3）国家核安全局

国家核安全局是根据国家核安全监督法规、导则对全国民用核设施的安全实施监督管理的部门。在核事故应急情况下，三门核电厂应急指挥部根据核安全相关法规和要求向其报告事故情况和应急信息，并接受其监督管理。

##### （4）生态环境部华东核与辐射安全监督站

在核事故应急情况下，三门核电厂应急指挥部根据核安全相关法规和要求向其报告事故情况和应急信息，并接受其现场监督管理。

##### （5）中国核工业集团有限公司（中核集团）

中核集团是三门核电厂的上级部门，在事故应急状态下，核电厂应急指挥部

向中核集团报告事故情况和应急信息，并根据事态发展向中核集团提出应急支援请求，中核集团协调与调动应急支援后援单位的有关专业技术人员、事故抢险人员和救援物资对电厂实施救援行动。

#### （6）中国核能电力股份有限公司（中国核电）

中国核能电力股份有限公司是中国核工业集团公司下属成员公司，分管中核集团内所有核电厂。

中国核电的应急管理工作职责包括：

- 负责监督、指导中国核电成员公司核应急准备工作，参与和应急演练；
- 跟踪、指导事故电厂核事故应急响应行动，协调电厂所需的应急支援；
- 电厂发生核事故时，及时了解事故状况，向公司领导及上级主管部门进行报告；

- 对核电厂应急响应行动进行检查，组织开展核应急经验反馈。

#### （7）浙江省核电厂事故场外应急委员会（浙江省核电厂事故应急指挥部）

浙江省核电厂事故场外应急委员会统一领导和协调浙江省的场外应急准备工作。在核事故应急状态下，三门核电厂应急指挥部将向其通报事故情况和应急信息。在事故严重恶化，放射性物质可能或已经严重影响核电厂以外区域时，场内应急指挥部向其提出进入场外应急状态并采取场外应急防护措施的建议，必要时通过其请求地方和军队提供交通运输、治安保卫、医疗急救、洗消去污、气象预报和通信保障等方面的支援。

### 7.5.4 应急设施

根据《核电厂应急计划与准备准则—场内应急设施功能与特征》（GB/T17680.7-2003）的要求，核电厂 1~4 号机组需设置的主要应急设施包括：主控室、远程停堆站、技术支持中心、应急指挥中心、环境监测站、消防站、现场医务室等。

其中主控室、远程停堆站、技术支持中心都设置在每台机组核岛厂房。应急指挥中心设置在 3 号机组核岛西面约 1.1km 位置，厂区消防站紧挨应急指挥中心西面布置，武警营房紧挨应急指挥中心北面布置。环境监测站位于 3 号机组核岛西北偏西方向约 1.4km 处。现场医务室位于 3 号机组核岛西南方向 1.2km 处。

应急指挥中心、环境监测站、消防站、现场医务室等为全厂址共用应急设施，

目前均已建成并投入使用。

### 1) 主控室

主控室是对核电厂运行和事故状态实施运行控制的场所,对电厂运行状态和事故状态进行集中的监测和控制,提供并显示电厂运行参数。在应急响应期间,对电厂已经发生或潜在发生的事故工况或严重事故进行诊断、分析和预测,并采取控制措施缓解事故或使电厂恢复到安全状态。在应急响应的启动和初始阶段,作为应急指挥中心履行应急启动、应急指挥等应急响应功能。

主控制室(MCR)位于每台机组核岛抗震 I 类辅助厂房的 EL 105.690(118'-8")。主控制室设置必要的仪表、控制、显示设备和通讯设备。它可以完成或指挥完成从电厂启动准备和启动、正常运行、停堆、保持热停堆、冷停堆和事故处理的全部操作。发生事故情况下,它是第一个事故处理和指挥中心。在事故后 72 小时内由非能动主控制室可居留系统(VES)维持可居留性;MCR 也可由非放射性控制区通风系统(VBS)的新风过滤机组维持可居留性。

### 2) 远程停堆站

远程停堆站是独立于控制室设置的专用控制场所。其主要的控制功能是在控制室丧失执行其基本安全功能时,能实施停堆、保持停堆状态、导出余热和监测电厂基本参数。

远距离停堆室(对应核安全导则《核电厂营运单位的应急准备和应急响应》(HAD002/01-2019)的辅助控制室,RSR),位于每台机组核岛抗震 I 类辅助厂房的 EL 100.178(100'-7"),是核电厂的一项专设核事故应急设施。其主要的控制功能是当主控制室丧失执行其基本安全功能时,能实施应急停堆、导出余热和监测电厂基本参数,以确保核电厂处于安全状态。由不带过滤机组的 VBS 的子系统通风,维持该房间的相对正压和温湿度环境。当 MCR 处于异常条件(如发生火灾)需要撤离时,操纵员通过远距离停堆室的控制和监测手段将电厂带入并维持在安全停堆工况。远距离停堆室的设计仅考虑发生主控制室撤离的同时发生丧失厂外电和单一能动故障。

### 3) 技术支持中心

技术支持中心是在应急响应期间作为技术支持组、辐射防护组、应急抢修组的组长与助理人员启动就位并开展应急响应的场所。在整个应急响应期间,该中心对核电厂已经发生和潜在发生的事故工况或严重事故的诊断、分析和预测提供

技术支持和指导；对缓解事故或使电厂恢复到安全状态可采取的控制措施提供技术咨询或建议。

技术支持中心（TSC）位于每台机组核岛附属厂房，EL 105.334(117'-6")的抗震 II 类区域，可容纳 25 人。技术支援中心内配备四个 Ovation 操作站，每个操作站带两台平板显示器。由 VBS 系统提供空调通风（HVAC），可维持该房间的相对正压和温湿度环境，通风系统设有新风过滤机组，在主控制室送风管中放射性气体超标时，可对新风进行过滤净化；当放射性剂量高时，TSC 的功能将转移到应急指挥中心。

#### 4) 应急指挥中心

应急指挥中心是核电厂运营单位应急响应的指挥、管理和协调中枢，是应急期间应急响应指挥部和国家有关部门指派代表的工作场所。该指挥中心指挥和全面管理、协调厂内应急响应；按规定与厂外有关应急组织和国家有关部门进行通讯联络，通报事故信息、应急状态和应急响应的信息；负责与厂外有关应急组织进行协调。

应急指挥中心内设置电厂安全参数和辐射数据的获取、显示系统；环境事故后果评价系统；包括程控电话、传真机、视频会议等多种形式的通信设备，并设置有海事卫星电话作为严重事故时的应急通讯手段；应急广播报警控制系统；环境监测、气象观测数据实时显示系统；独立的通风过滤系统；备用应急柴油发电系统；个人防护用品；必要的生活用品、食品以及文档资料等。

#### 5) 应急启动待命场所

电厂综合检修厂房紧挨北海堤旁，位于 3 号机组核岛西面 900m 处。综合检修厂房是电厂维修处人员日常办公地点，同时也作为应急抢修组除组长和助理以外的工作人员启动待命地点。综合检修厂房内配置有维修工器具库房，存有各类维修工器具。此外，厂房内所有维修人员日常办公工位、电脑、会议室，满足应急抢修组工作人员待命条件。当综合检修厂房丧失可居留性或丧失功能时，应急抢修组内工作人员将后撤至电厂应急指挥中心待命。

电厂在每台机组核岛附属厂房设置有卫生出入口。卫生出入口作为进出辐射控制区的边界对出入辐射控制区进行管理。在电厂进入核应急状态时，核岛卫生出入口将作为辐射防护组工作人员启动待命地点。在卫生出入口区域配有保健物理办公室、库房、去污间，并存放有各类辐射监测仪表、辐射防护用品和去污洗

消用品物资。当卫生出入口区域丧失可居留性时，辐射防护组工作人员将后撤至电厂应急指挥中心待命。

核岛运行值班室位于每台机组附属厂房 2 层 EL 117'-6" 的抗震 II 类区域，紧挨技术支持中心，房间编号 40409。运行值班室作为运行值班员日常工作场所并在此接受主控室指挥。在电厂进入核应急状态时，运行值班室作为运行控制组运行值班员启动待命地点。当运行值班室丧失可居留性时，运行值班员将后撤至电厂应急指挥中心内待命。

#### 6) 监测评价系统

核电厂的监测与评价系统在核电厂应急响应期间，监测、诊断和预测电厂事故状态；监测电厂运行状态和事故状态下的气态或液态放射性释放；监测事故状态下电厂厂房内有关场所、场区和场区附近的辐射水平和放射性污染水平；监测场址地区气象参数和其他自然现象；预期和估算事故的厂外辐射后果。电厂各机组监测评价系统利用布置在应急指挥中心、技术支持中心等场所内，利用电厂局域网络传递各类实时参数和评价结果。

#### 7) 应急通讯系统

应急通讯是指指挥、管理和协调场内应急响应以及保持运营单位应急组织与厂外应急组织联系的一个极其重要的方面。在应急响应期间该系统保障核电厂运营单位内有关应急设施、应急组织之间的通讯联络和数据信息传输；保障核电厂运营单位与厂外有关应急组织之间的通讯联络；保障核电厂向规定的国家有关部门和厂外应急组织传输数据信息。

### 7.5.5 通知方法与程序

#### 7.5.5.1 应急状态的通知和启动

##### 1) 应急状态等级

应急状态等级应按照应急行动水平确定。

- 当初步判断应进入“应急待命”、“厂房应急”、“场区应急”状态时，事故机组当班值长向电厂应急指挥报告（应急指挥部启动前直接向值班应急总指挥报告），并由应急总指挥批准。

- 当需进入“场外应急”状态，由事故机组当班值长向电厂应急指挥报告（应急指挥部启动前直接向值班应急总指挥报告），经应急指挥部成员讨论后由

应急总指挥批准后向浙江省核电厂事故应急指挥部提出进入场外应急状态的建议。

● 若上述过程中出现通信联络故障时应按以下要求执行：若应急总指挥的通信联络故障且事态紧急，则依次由电厂应急指挥、事故机组当班值长代行应急总指挥职责，负责批准进入应急状态或向浙江省核电厂事故应急指挥部提出进入“场外应急”状态的建议。

#### 2) 应急状态的对内通知

当应急总指挥批准应急状态进入或升级的建议后，由应急指挥部总协调员指令应急通知员发出场内应急通知。当应急指挥部还未启动前，由当班值长根据应急总指挥批准的应急状态指令应急通知员发出场内应急通知，包括应急广播通知和应急短信通知。

#### 3) 通知扩建项目参建单位、承包商、参观访问人员和其它人员

工程现场参建单位：电厂进入应急状态后，工程管理组立即通过电话等方式通知各参建单位应急值班人，了解工程现场参建单位准备情况；

其他承包商：由项目监管部门通知，其工作人员由承包商负责人通知；

参观访问人员：由负责对口接待的部门通知；

其他人员：由公司内对口部门通知。

同时，以上各类人员还可以通过覆盖整个场区的应急广播和音响报警得到通知。

#### 4) 通知场外应急支援组织

凡由上级部门规定承担三门核电厂应急支援任务的单位或由三门核电厂与其签定有关应急支援协议的单位，在核电厂提出需要的时候由三门核电厂应急总指挥负责通知。

当核电厂提出需要其它外部有关机构提供应急支援时，由三门核电厂应急总指挥负责向上级有关部门和地方当局提出请求。

#### 7.5.5.2 场外通告和报告

当电厂进入或变更应急状态且应急指挥部还未启动时，由事故机组值长负责组织对外应急通告和报告。

应急指挥部启动以后，总协调员立即与主控室取得联系，了解之前对外应急通告和报告情况并告知电厂应急指挥部已经启动并接管对外通告和报告。技术助

理和秘书配合总协调员开展相关工作。

#### 1) 应急通告

当确认三门核电厂发生事故并进入应急待命状态或以上应急状态 15 分钟内, 利用电话和传真方式向国家核安全局、生态环境部华东核与辐射安全监督站、国家核事故应急办公室、国家能源局、浙江省核电厂事故场外应急委员会、中国核工业集团公司以及中国核电发出应急通告。通告的内容包括事故发生的时间、机组、事故前机组的工况、事故后的概况、已采取的和将采取的应急措施等。

#### 2) 应急报告

三门核电厂在进入厂房应急或者高于厂房应急状态后的 1 小时内, 通过电话和传真向国家核安全局、生态环境部华东核与辐射安全监督站、国家核事故应急办公室、国家能源局、浙江省核电厂事故场外应急委员会、中核集团和中国核电报告。此后, 三门核电厂每隔 1 小时用电话和传真向上述单位报告 1 次, 直至应急状态变更或终止。在事故态势出现大的变化时, 将随时发出应急报告。

在事故态势得到控制后, 每隔 4 小时用电话和传真方式报告一次, 直至应急状态终止。

#### 3) 事故源项报告和场外防护行动建议

在电厂应急响应过程中, 三门核电将根据事故进程和对环境影响情况编制详细的“三门核电厂事故源项评估报告”和“三门核电厂场外防护行动建议表”, 并作为“应急报告—综合信息”的附表进行发送。

### 7.5.6 核事故应急对策

#### 7.5.6.1 应急道路

三门核电厂的应急道路和进场道路已建设完毕并投用。

#### 7.5.6.2 场内应急防护行动

##### 1) 警报、通知场内人员的方法

对场内人员的警报和通知手段包括: 程控电话、生产和厂区广播系统等。在出现“场区应急”或“场外应急”时, 撤离的通知需要在最快的时间内传达到场内必须撤离的所有人员, 包括电厂内部无应急任务的电厂职工、承包商、参观者等人员。

##### 2) 疏散

疏散是指场区内局部区域存在危险时，人员离开事件发生点，进入其它不受事件影响区域。

#### a) 疏散的条件

工作人员所在场所发生下列情况并确认后，即应安排人员疏散：

- 辐射监测探测器报警；
- 放射性物质意外泄漏事件；
- 发生不可居留的条件时。

#### b) 通知方法

疏散时，由值长用厂房内电话或广播通知，在电厂辐射防护工作人员的指导下，离开现场，疏散到不受影响的建筑物内。

#### c) 污染检查

电厂指派辐射防护工作人员，对现场以及离开现场的人员进行表面污染检查。

- 如果发现现场存在污染，则立即对现场进行隔离，并报告值长。
- 如果有人员受到污染，立即对受污染人员进行去污工作。人员同时受到内、外污染时，必须对人员进行外污染的去污，去污后及时送到场内医学救护设施。

### 3) 隐蔽

隐蔽是指人员离开事件发生地点进入可隐蔽建筑，或是从野外进入可隐蔽建筑。

#### a) 隐蔽的条件

下列情况发生并确认后，即应安排人员隐蔽：

- 满足隐蔽的通用优化干预水平；
- 放射性物质释放或潜在释放对场区人员造成影响、尚不满足人员撤离的条件并有足够的时间安排人员隐蔽。

#### b) 隐蔽地点

场区非应急人员接到隐蔽通知后，立即找就近的可隐蔽建筑隐蔽，留在室内关闭门窗和通风系统，若有条件可采取简易必要的个人防护措施，时刻留意应急广播的通知，未接到进一步指令前不要擅自离开可隐蔽建筑物。

选择厂区范围内的部分建筑物作为人员隐蔽的场所。按建筑物的构造情况，分成 3 类：

1 类建筑物：砖墙结构，通过关闭门窗能达到一定的密封性，屏蔽效果一般。

2 类建筑物：砖墙结构，通过关闭门窗能达到一定的密封性，离交通主干道较近，屏蔽效果较好。

3 类建筑物：钢筋混凝土结构，有独立的通风过滤设施，屏蔽效果最好。

#### c) 污染检查

辐射防护人员和环境监测人员检查厂房内和场区范围辐射水平，如果发现有放射性辐射存在，则考虑更换隐蔽地点，同时对所有的人员进行污染检查。

- 如果有表面污染，应立即组织去污；
- 如果有体内污染，送往医学救护设施，进行后续处理；
- 必要时，根据实际情况将受污染人员外送至场外医学应急后援单位进行去污救护。

#### 4) 场内人员的清点、集合与撤离

##### a) 撤离的条件

当判别事故进展符合以下情况并经确认后，应立即安排场区非应急人员离开工作地点并撤出场区：

- 满足撤离的通用优化干预水平；
- 放射性物质的释放即将对场区的局部或全部造成影响；
- 进入场区应急后，根据应急指挥部的决定实施预防性撤离。

##### b) 场内人员的集合清点

当收到应急集合的广播通知时，所有非应急响应人员立即到最近的应急集合点集合。

各应急集合点负责人按部门为单位快速组织清点工作，统计本集合点实到人数和可能失踪人员名单，并将相关信息报告保卫消防组。保卫消防组汇总各点集合清点信息，确认失踪人员名单并报告应急指挥部。

应急指挥部根据现场风向选择撤离路线。

##### c) 撤离场区的路线、交通工具、撤离时间

##### ● 车辆调配

应急指挥部客车调度助理统计可用于撤离人员的现有车辆数目，车辆来源包括公司车辆和场外支援的车辆。一旦应急指挥部决定实施人员撤离，客车调度助理根据各应急集合点的人数统一调配车辆到 1-10 号应急集合点载运人员，各应

急集合点负责人组织已集合人员上车撤离。车辆通过场外应急道路和进场道路将人员撤离至三门核电厂烟羽应急计划区外的临时安置点，然后空车返回继续载运人员撤离，直至所有应撤离人员全部撤离为止。

考虑场区撤离对地方道路带来的压力，撤离车辆为大巴和中巴客车，原则上禁止动用私家车撤离。

由各承包商用承包商单位自备车辆负责本单位撤离人员的运输，车辆不足的单位可向三门核电厂应急指挥部请求支援。

#### ● 撤离路线和撤离时间估计

撤离路线由应急指挥部根据环境评价组的建议和场外交通状况选定。场内撤离路线有南区和北区两条，场外撤离路线预设有西线和南线两条。

—西线（29.5km）：三门核电厂应急集合点—进场道路或应急道路—省道 224 南山隧道—湘山大桥—广济路—三门县安置点

—南线（22.5km）：三门核电厂应急集合点—进场道路或应急道路—省道 224—健跳大桥—74 省道南延—黄四线—小雄安置点

两条撤离路线道路情况良好，大部分道路为双向 4 车道，设计时速 60~80km/h，少量县城内道路为双向单车道或单行车道。预计单趟撤离正常情况约 90 分钟，恶劣情况 120 分钟。所有人员全部撤离最短时间考虑情况为道路通畅、天气良好、撤离目的地为小雄安置点，所需往返时间 3 小时 35 分钟；当道路、天气恶劣情况下，非应急人员撤离时间会延长。

#### ● 人员安置

撤离人员在三门核电厂烟羽应急计划区外的临时安置点进行污染监测，必要时进行洗消去污。准备承担替换任务的武警、保卫、消防、医疗、救护和应急维修等人员留在临时安置点待命，其他人员继续撤至三门县城和其他安置地点。撤离烟羽应急计划区人员的车辆和其他来自烟羽应急计划区的车辆亦在临时安置点进行污染监测和去污。

#### ● 场外支援的获取

考虑在路况和天气恶劣情况下，核电厂员工、承包商人员撤离人数较多，需要车辆较多。三门核电厂应急指挥部将通过浙江省核应急组织请求地方车辆支援。

应急情况下还需要由地方应急组织开展撤离路线上交通控制和交通保障，保证应急车辆畅通行驶，并避免无关车辆和人员进入烟羽应急计划区。

撤离至临时安置点的人员将在场外应急组织安排下开展必要的体表污染监测和洗污去污。

#### e) 事故现场的隔离和通道控制

事故现场的隔离和出入通道的控制, 目的在于减少无关人员受到不必要辐射剂量并控制放射性污染的扩散, 为应急工作人员进入事故地点执行任务创造条件。

根据预测的事故后果及辐射监测结果确定受放射性污染的区域, 并加以标志; 对事故现场加以隔离, 除执行特殊任务的人员外, 其他人员一律不准进入。在场区应急和场外应急状态下, 不仅对事故现场加以隔离, 而且对场区和应急指挥中心等应急设施也加以隔离, 只有执行应急任务并持有特别通行证的人员允许进入。

保卫消防组负责非污染区域内的现场隔离和通道控制, 通道控制也包括道路的清理、交通控制和疏导车辆的任务, 劝阻误入人员和车辆。

#### f) 撤离人员和车辆的辐射监测与去污

进入场区应急后, 环境评价组立即开展场内巡测, 测量各应急集合点的污染情况, 若有污染立即联系辐射防护组给予辐射防护指导。

进入场区应急后, 辐射防护组视情况前往主保护区出入口, 对人员通道辐射测量仪和车辆通道辐射测量仪进行监控, 一旦出现通道监测仪报警, 确认属于污染报警, 受污染的撤离人员应进行简单的清洗和去污(包括脸部、手部清洗、更换污染的衣服、鞋子以及必要时剃剪污染的头发等)。头面部污染、有伤口和污染较严重的需要在医护人员的指导或协助下进行去污, 头面部以下和污染程度较轻的在辐射防护人员的指导下进行去污。

辐射控制区内受污染的人员在对应机组附属厂房、SRTF 或流出物实验室辐射控制区出入口的去污间进行清洗去污, 如果去污不净, 则转至人体去污中心进行去污。

如果厂房内出现较重污染, 去污间不具备去污条件, 受污染人员可就近到应急指挥中心的淋浴间进行简单清洗, 或到人体去污中心进行洗消。

如果在人体去污中心仍然不能去污, 则由医学救护助理负责将受污染人员转至中国核工业总医院进行去污。

#### g) 对应急工作人员的防护措施

对必须坚持在(或进入)场区工作的应急人员(其中包括应急指挥人员, 各专业人员, 消防人员和武警战士等)实施的防护措施包括:

- 提供个人防护衣具。这些衣具存放在厂房内的重要岗位和应急指挥中心，应急时由防护人员根据需要发放。在后备应急中心也保存有部分防护衣具，专供事故状态下必须由生活区进入场区工作的人员使用。

- 发放稳定性碘片。稳定性碘片事先发放至每个班组或工作岗位并处于良好保存状态。应急时根据防护人员的指示服用。其它抗放药品由医学救护人员负责保管与发放。

- 食物和饮料的控制。严格限制应急人员摄入受污染的食物和饮料。主控室和应急指挥中心都贮存有可供食用的食物和饮料，并备有简易炊事用具。

- 提供辐射监测，实施照射控制。

- 对受伤受污染人员提供急救和医学处理。

#### h) 对场内非应急人员的防护措施

场内非应急人员在听到应急广播通知后，在室外活动的人员要立即就近回到室内，并向领导报告自己所处的位置，在室内的人员要关闭门窗，尽可能采取防护措施减少直接照射和吸入照射，保持通信联络。在听到撤离广播通知后，应尽快到指定的集合点集合，途中要采取一些简单的防护措施减少吸入照射和污染。场内非应急人员服用碘片由集合点负责人分发。在厂区医学救护设施和应急集合点都储存有一定数量的碘片。

三门核电厂核应急组织机构中，工程管理组负责与工程现场建安承包商接口。在应急情况下，当工程现场建安承包商接到三门核电厂集合清点与撤离通知后，各承包商将按照各自的核事故应急预案组织人员在应急撤离集合点进行人员集合清点，并按三门核电厂应急指挥部指定的撤离路线撤离。撤离到指定地点后，向三门核电厂应急指挥部报告撤离结果。

### 7.5.7 其他应急相关内容概述

#### 7.5.7.1 应急补救行动

应急补救行动主要包括：消防、防抗热带风暴（台风）、抗震和抗洪等。所有的应急补救行动均按照预先制定好的方案和有关的应急响应程序实施。

#### 7.5.7.2 医学救护

三门核电厂建立了三级医疗救护体系，包括场内医学救护、场外医学干预、外部医学支援。

### 7.5.7.3 应急状态终止和恢复正常

#### 1) 应急状态终止

当三门核电厂应急指挥部讨论确认：核电厂事故已受到控制，放射性释放已降低至可接受的水平，以及场区的辐射水平已趋于稳定时，将考虑终止应急状态和进入恢复阶段。下述具体特征将作为终止场内应急状态的参考条件：

- 事故已得到控制，事故机组处于稳定、安全状态；
- 放射性物质的释放已停止或下降到可接受水平；
- 已采取必要的措施保护公众和工作人员免受污染；
- 不存在危及电厂和场内人员安全的大火或其它可能导致应急的事件。

若满足上述应急状态终止的条件，则按照批准程序，发布终止应急状态。在宣布应急终止后，厂区辐射监测和环境监测应作适当维持，继续跟踪辐射水平的状况。

#### 2) 正常状态的恢复

发布终止应急状态后，三门核电厂进入恢复正常状态阶段。

在恢复阶段，由三门核电厂应急组织先代行恢复组织的职责，之后再逐步转移给正常的运行组织。其职责主要是指并组织实施三门核电厂场内恢复阶段的所有恢复活动，使其尽快恢复到正常运行状态；如果损坏严重，则使其转入长期安全停堆状态。

### 7.5.7.4 公众信息与沟通

为了使核应急预案得以有效地执行，得到公众的理解与合作是非常重要的，为此，三门核电厂将与国家、省和县的有关管理和监督部门以及有关教育单位密切配合，作好公众信息与沟通工作。

应急公众信息沟通的内容包括以下几方面：

- 三门核电厂最新安全状况（反应堆和机组状态）；
- 当前环境影响情况；
- 电厂正在采取的应急响应措施；
- 短期事故趋势预测；
- 可能影响电厂周围居民日常活动的内容；
- 要求电厂周围居民配合做好防护工作的内容；
- 公众和媒体所关心的热点问题的回应；

- 对误传或谣传作必要的澄清；
- 需要说明的其它问题等。

应急信息需要通过中核集团和三门核电厂以及其他相关部门审核批准后发布。

#### 7.5.7.5 培训和演习

##### 1) 培训

应急培训的目的在于使三门核电厂的所有人员，熟知各自在应急准备和应急响应中所承担的职责，以便在应急状态下，应急响应人员能及时到岗并按应急预案和应急程序的规定采取响应行动，非应急响应人员能熟悉广播通知、应急警报，按要求执行有关应急防护行动。

应急培训根据内容不同分为应急基础知识培训（一级、二级）与应急专业组培训。

##### a) 应急基础知识培训

对于应急基础知识培训要求全厂人员均必须参加，其中非应急人员参加一级培训，各应急岗位担当者参加二级培训。通过应急基础知识培训是公司员工进入三门核电厂现场工作的必要条件。

现场承包商在进场工作前需要参加三门核电厂应急基础知识培训，培训内容主要为核安全法规、应急通知与警报、非应急人员防护行动要求等，与电厂非应急人员培训要求基本一致。三门核电厂现场范围内承包商人员的应急培训主要由各承包商负责，每两年进行一次基础培训。应急培训记录将由三门核电厂统一收集整理。

##### b) 专业组培训

在应急基础知识培训的基础上，应急组织中各专业组成员需要参加专业组培训，内容包括各组开展应急响应所需的各项专业知识和技能。通过应急专业组培训是承担应急岗位的人员上岗的必要条件。

各应急响应组的专业组培训要求每年复训 1 次。

##### 2) 演习

演习分为单项演习、电厂综合演习和场内外联合演习三种。

a) 对于每次演习，均应由考评员对演习进行考评。

b) 举行综合演习或联合演习时，国家核安全局、生态环境部华东核与辐射

安全监督站、国家核事故应急办公室、国家能源局、浙江省核电厂事故场外应急委员会、中核集团、中国核电和其他监督、管理部门的代表、专家按规定或应邀参加考评或观察。

c) 演习后，参加演习的有关人员应认真总结。

d) 举行综合演习或联合演习后，应及时安排召开总结会，根据总结会的结论写出演习总结报告，经批准后报送国家核安全局、生态环境部上海核与辐射安全监督站、国家核事故应急办公室、国家能源局、浙江省核电厂事故场外应急委员会、中核集团、中国核电及其他有关部门。

e) 其他演习由责任部门总结并报送保健物理处备案。

#### 7.5.7.6 应急设施设备管理

三门核电厂各有关处室根据所管辖的应急设施、设备及器材的定期试验和维修大纲，已建立相应的设施设备器材管理制度。各有关处室按管理制度要求对各自所辖的应急设施、设备、器材及物资进行管理，环境应急处负责对工作落实情况进行监督与跟踪，确保所有设施、设备、器材和物资处于可用状态。

#### 7.5.7.7 场内核事故应急预案的维持和修改

三门核电厂至少每 5 年对场内核事故应急预案进行一次全面修订，并在周期届满前至少 6 个月报国务院核安全监督管理部门，经审查认可后方可生效。

三门核电厂通过组织内部评估对应急预案的内容进行审评，对场内核事故应急预案的审议内容包括：

- 1) 本预案是否与最新法律、法规、标准、导则等保持一致；
- 2) 本预案及执行程序的可行性、有效性和对各种紧急情况的适应性；
- 3) 本预案与场外核事故应急预案的衔接性；
- 4) 各应急设施的性能；
- 5) 应急设施设备及物资、器材的信息；
- 6) 应急组织岗位设置是否合理，应急职责的划分是否恰当；
- 7) 在实际应急响应或演习中发现的问题、提出针对应急预案的改进建议是否已经落实到应急预案的升版内容中；
- 8) 对应急执行程序的修订内容是否已经涵盖在应急预案的升版内容中。

根据应急预案审评结论，应及时修改应急预案或应急响应程序。在审评和修改预案时，还应对预案和应急响应程序中涉及的电话号码、人员的姓名和职务、

仪器的刻度数据、布局图和地图、图表等进行复核并及时更新。

#### 7.5.8 实施核应急预案的可行性

浙江三门核电厂执行统一的核应急预案，设置统一的应急计划区。浙江三门核电厂已编制并多次更新了《三门核电厂 1、2 号机组场内核事故应急预案》，三门核电厂场外核事故应急预案已制定发布。本工程 3、4 号机组的核事故应急对策将基于 1、2 号机组场内核应急预案、三门核电厂场外核事故应急预案并结合实际情况制定与完善。

按照我国核安全法规《核动力厂厂址评价安全规定》(HAF101-2023)和《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》(HAD002/01-2019)的要求，必须考虑下述与厂址有关的因素，来评价执行核应急预案的可行性：

- 人口密度和分布，离人口中心的距离，以及在核动力厂整个预计寿期内的变化；
- 在应急状态下难以隐蔽或撤离的人群，例如在医院或监狱内的人员或中、小学生；
- 特殊的地理特征，例如半岛、山地地形、河流；
- 当地的运输和通信网络的能力；
- 厂址周边和区域的经济、工业、农业、生态和环境特征；
- 可能导致应急状态或限制应急响应有效性的灾害性外部事件或可预见的自然灾害。

以下环境背景资料基准年为 2023 年。

##### 7.5.8.1 人口分布

厂址半径 5km 范围截至 2023 年底共有户籍人口 10782 人，常住人口 8252 人，陆域平均人口密度为 461 人/km<sup>2</sup>（按户籍总人口数计算）。

厂址半径 5km 范围内有一处人口集中地区，位于厂址 WSW 方位约 5.0km 处，共涉及人口数 6994 人，无万人以上人口集中地区。

厂址半径 5km 范围内无养老院分布。厂址半径 5km 范围内有 4 所幼儿园、1 所小学和 1 所中学。

厂址半径 5km 范围内没有监狱。

厂址半径 5km 范围内有 1 家卫生院。

厂址半径 5km 范围内无难以撤离的人群。

厂址 10km 范围内千人以上行政村共有 25 个。

厂址距最近的万人以上城镇（三门城区（包括海润街道、海游街道、沙柳街道））约 26km，厂址距最近的 10 万人以上人口中心（宁海城区（包括跃龙街道、桃源街道、梅林街道、桥头胡街道））约 30km。

厂址半径 10km 范围内的人口分布不会降低核电厂实施事故应急响应的有效性。

#### 7.5.8.2 隐蔽和撤离条件

##### 1) 隐蔽条件

近年来随着当地经济的发展，城镇和农村居民的住房条件良好，住房的建筑结构对外照射有较好的屏蔽减弱能力。如果关闭门窗并辅以简单的个人呼吸防护，对吸入内照射也有较好的防护效果。

##### 2) 撤离条件

本工程厂址半径 15km 范围内主要由高速公路甬莞高速 G1523 和常台高速 G1522、国道 G228、省道 S224、城市道路、县乡道等构成的交通运输网络。其中，甬莞高速 G1523 和常台高速 G1522、国道 G228、省道 S224、城市道路海堤北路（进场道路）和疏港公路为一级公路，城市道路海堤南路（应急道路）为二级公路，其余道路均为三级或四级公路。厂址附近交通便利。

三门核电厂的应急道路和进场道路已建设完毕并投用。

三门核电厂位于三门县健跳镇东北部约 6km 的猫头半岛上，在猫头山东北侧大陆湾—猫头山嘴一带，厂址三面临海，西连大陆。人员通过进场道路或应急道路接入省道 224 后，可不受半岛地形的限制，分别选择向西或者向南两个方向分别撤离至三门县安置点和小雄安置点。

厂址半径 5km 范围内分布的岛屿均为无人岛，不存在常住人口或需隐蔽撤离的居民点。厂址 WNW~NW 方位约 7.8km 处有一处景区，为台州市三门县蛇蟠岛景区（4A），该景区位于台州市第一大岛，拥有独立道路系统，不影响厂址周边应急状态下的通行能力。对厂址烟羽应急计划区内的游客、居民等公众的撤离，业主单位协助规划制定相应的应急撤离路线、撤离集中点、隐蔽点，并针对隐蔽设施、撤离设施、洗消设施等存在不足的地方，在地方政府的领导下，业主单位将向地方政府援建公共隐蔽点、撤离集中点，并在厂址烟羽应急计划区边

界附近选址援建应急撤离洗消点。

综上所述，本工程在核事故应急撤离方面不存在不可克服的困难。

#### 7.5.8.3 其它环境条件

##### 1) 医疗

三门核电厂建立了三级医疗救护体系，包括场内医学救护、场外医学干预、外部医学支援。

场内医学救护组织由医学救护助理和医务室医务人员组成，其中医学救护助理由保健物理处负责职业卫生管理人员担任，医务人员则由三门核电厂合作医疗机构派驻，派驻医师需具备主治医师及以上职称，护理人员需达到护师及以上资质。同时，三门核电厂与三门县人民医院签订医疗服务协议，为三门核电厂提供医疗服务支持。

对于需场外医学干预的伤员，经初步分类诊断后，各种急性放射病、放射复合伤和内污染者以及一级医疗单位不能处理的非放射损伤人员将转送至二级医疗救治单位，包括核工业总医院及通过 120 网络联动的三门县、台州市、杭州市急救中心。

外部医学支援机制由医学救护助理根据事故进展及伤员伤情启动，经辐射防护组组长审核后报应急总指挥批准。中度以上急性放射病、放射复合伤和严重内污染者，将直接转送至三级医疗救治单位，优先对接中国人民解放军医学应急组织，或由应急总指挥批准的其他国家级专业救援机构。

##### 2) 通信

厂址半径 15km 范围内通信网络均已覆盖，可以满足应急通讯的需求，只需要根据本工程核应急预案的特殊要求作适当补充后即可满足本工程对应急通讯系统的要求。

##### 3) 外部人为事件

厂址半径 10km 范围内不存在会对本工程构成潜在危害的外部人为事件。

##### 4) 外部自然事件

本工程厂址选择和工程设计中对可能对本工程构成潜在危害的外部自然事件进行了考虑。但对于核应急预案执行而言，需重视外部自然事件（如热带气旋、暴雨、地震及其并发灾难）发生时对道路运输、通讯、工农业生产等造成的破坏及由此造成的人员撤离的困难，因此在核应急预案的制定过程中应对此给予充分

考虑。

#### 5) 经济、工业特征

厂址半径 15km 范围内分布有 12 家年产值亿元以上的企业，主要从事砂石建材、船舶制造、电机电线（缆）制造等。本工程位于临港产业城片区，临港产业城片区涉及厂址半径 5km 范围（规划限制区）的产业规划将依据规划限制区的管控要求，对新建和扩建项目加以引导或限制。因此，厂址周边现有产业布局及规划不会与本工程核应急预案的制定和实施产生冲突。

#### 6) 敏感的农业活动

厂址附近无对放射性核素释放敏感的农业活动。

#### 7) 生态和环境特征

厂址生态环境状况为自然生态相对较好，生态功能相对稳定，不会影响本工程核应急预案的制定和实施。

综上所述，本工程在实施场外核应急预案方面没有不可克服的困难。

## 第八章 流出物监测与环境监测

### 8.1 辐射监测

#### 8.1.1 流出物监测

本工程流出物监测包括营运单位的监测和地方政府的监督性监测。

核电厂营运单位对核电厂流出物中的放射性核素总量实施监测，用于定期向相关部门报告监测结果，证明流出物排放总量遵守国家规定的排放限值。

地方政府使用辐射环境现场监督性监测系统，对厂址机组流出物中的放射性水平实施监督性监测，核电厂营运单位为该系统中流出物的连续监测和定期取样提供支持。

##### 8.1.1.1 监测目的

本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组产生的流出物是对周围环境造成影响的重要因素之一，流出物的监测和排放控制是减少对环境造成影响的重要措施。流出物监测的目的是：

- 测量流出物中放射性物质的种类和数量，为判断流出物排放是否遵守管理限值或运行限值提供依据。
- 为评价环境质量、估算公众受照射剂量提供源项数据。
- 为判断三废处理系统和排放系统工作是否正常提供依据。
- 迅速发现和鉴别非计划排放的性质和规模。
- 给出是否启动报警系统的信息。

##### 8.1.1.2 监测内容

本工程流出物监测主要包括气态流出物监测和液态流出物监测。

###### 1) 气态流出物监测

- 电厂烟囱辐射监测仪

电厂烟囱是电厂向周围环境释放放射性物质的主要设计通道。电厂烟囱正常量程辐射监测仪（VFS-JS-01）和电厂烟囱事故量程辐射监测仪（VFS-JS-02）分别在正常和事故量程范围内，对电厂烟囱中的放射性活度浓度进行连续测量。电厂烟囱辐射监测仪还用作事故后监测仪，变量定义为 C 类 2 级（C2）和 E 类 2 级（E2），满足 RG1.97 和 NUREG-0737 的要求。

电厂烟囱辐射监测仪还具有气溶胶、碘和惰性气体的手动取样功能。

电厂烟囱辐射监测仪接收电厂烟囱排风流量传感器（VFS-JE-FE105）的模拟信号，并计算标准状态下的放射性气体活度浓度、释放量和流量。这些模拟信号还用来计算在操纵员选定的时间段内的总取样流量、总排放量。

当探测到的放射性活度浓度超过报警阈值时，辐射监测仪提供就地报警，该报警信号还送往主控制室。

当电厂烟囱正常量程辐射监测探测到的放射性活度浓度超过正常量程范围时，正常量程的气溶胶、碘和惰性气体探测器将自动旁路。样品中的一小部分将通过旁路绕过正常量程探测器，进入事故量程气溶胶和碘过滤器以及惰性气体探测器进行测量。这样不仅可以防止正常量程探测器的损坏，还可以在放射性水平降低后重新使用正常量程探测器来测量正常量程探测器范围内的放射性活度浓度。

此外，电厂烟囱辐射监测通道还设置取样回路组合装置（VFS-JY-108），用于对气溶胶、碘、惰性气体、氡和碳-14 取样，样品定期送至实验室进行测量和分析。取样回路组合装置通过独立的取样装置（VFS-JE-PB002）从烟囱中获取样品，并通过返回管返回烟囱。取样位置的选取、取样嘴以及取样管道的设计满足《核电厂烟囱的气载放射性物质取样》（NB/T20374-2016）的要求，且应保证在电厂各种运行工况期间从烟囱获取的样品都具有代表性。取样回路组合装置内包含两路独立、并行的取样支路，每路包含一组气溶胶和碘取样器和一个惰性气体取样接头，正常运行期间，两路取样支路同时运行。在返回管上，RMS 还设置了两组氡和碳-14 取样装置。为了提升通道可靠性，取样回路组合装置包含两台互为备用的取样泵。

事故量程辐射监测仪（VFS-JS-02）设置了两条并行固定的过滤器和气体手动取样连接器，用于收集样品中高放射性活度浓度的气溶胶和碘。

事故量程辐射监测仪每条取样回路的气溶胶、碘过滤器和气体手动取样连接器的安装、设计及制造应易于拆卸，以便送现场实验室分析。

电厂烟囱辐射监测仪示意图见图 8.1-1。

#### ● 凝汽器抽真空系统辐射监测仪

凝汽器抽真空系统辐射监测仪（CMS-JS-01）连续测量凝汽器抽真空系统（CMS）通风排放管道中的放射性活度浓度。放射性物质的存在，表明蒸汽发

生器管道泄漏导致一次侧向二次侧泄漏。该监测仪还用作事故后监测仪，变量定义为 C 类 2 级（C2）和 E 类 2 级（E2），满足 RG1.97 的要求。当探测到的放射性活度浓度超过报警阈值时，辐射监测仪提供就地报警，该报警信号还送往主控制室。

凝汽器抽真空系统辐射监测仪属于管内/管旁辐射监测仪，示意图见图 8.1-2、图 8.1-3。

- 主蒸汽管道惰性气体辐射监测仪

主蒸汽管道惰性气体辐射监测仪（SGS-JS-26A 和 SGS-JS-27A）连续测量两条主蒸汽管道中放射性物质活度浓度。主蒸汽管道中存在的放射性物质来自于蒸汽发生器内一次侧向二次侧的泄漏。

主蒸汽管道惰性气体辐射监测仪安置在蒸汽管道附近。探测器的布置便于其灵敏体积暴露在来自被测主蒸汽管道的辐射场中，并屏蔽掉另一个主蒸汽管道的辐射。

主蒸汽管道惰性气体辐射监测仪满足 RG1.97 关于测量“从蒸汽发生器安全阀或大气释放阀释放的惰性气体”和 RG1.97 规定的 C2 和 E2 类变量的要求。

当放射性物质活度浓度超过预置阈值时，主蒸汽管道辐射监测仪将在主控制室内产生报警。如果蒸汽发生器安全阀或大气释放阀打开，那么主蒸汽管道辐射监测仪的放射性活度浓度数据可以用来计算向环境释放的放射性。

主蒸汽管道辐射监测仪属于管旁辐射监测仪，示意图见图 8.1-3。

- BOP 气态流出物排放监测

本工程厂址废物处理设施（SRTF）、去污和热检修车间均为全厂共用子项，已在三门核电一期工程中建造并投用。

## 2) 液态流出物监测

- 放射性液体废物排放（厂区废液大贮罐）辐射监测仪

放射性液体废物排放（厂区废液大贮罐）辐射监测仪（LES-JS-119）连续监测厂区液态流出物贮罐系统（LES）贮罐的液态流出物排放总管中的液态流出物放射性活度浓度。这些液体经过充分混合并在释放前取样分析，分析结果满足排放标准后进行排放，以便确认排放的放射性活度浓度和总量都在允许的范围内。

当放射性活度浓度超过预置阈值或仪表故障时，监测仪将发出报警信号和停止排放联锁信号，阻止流出物排放。

放射性液体废物排放（厂区废液大贮罐）辐射监测仪设置在液态流出物贮罐区（516 子项）中，随 516 子项一起投入使用。

放射性液体废物排放（厂区废液大贮罐）辐射监测仪属于管旁辐射监测仪，示意图见图 8.1-3。

- 放射性液体废物排放辐射监测仪

放射性液体废物排放辐射监测仪（WLS-JS-229）连续测量从放射性液体废物处理系统核岛废液监测箱向环境排放的液体中放射性活度浓度。这些液体经过充分混合并在取样后排放。在排放前必须就地取样分析，以便确认其排放物的放射性活度浓度和排放总量都在允许的范围内。当放射性活度浓度超过预置阈值或仪表故障时，监测仪将发出报警信号和停止排放联锁信号，阻止流出物排放。516 子项投用后，本项目核岛液态流出物通过放射性液体废物排放（厂区废液大贮罐）辐射监测仪（LES-JS-119）进行排放监测，本监测仪不再执行液态流出物排放监测功能。

液体放射性废物排放辐射监测仪属于管旁辐射监测仪，示意图见图 8.1-3。

- 常规岛生产废水排放辐射监测仪

常规岛生产废水排放辐射监测仪（WWS-JS-23）连续测量二回路接收排放监测水箱排放总管中的放射性物质活度浓度。当放射性活度浓度超过预置阈值或仪表故障时，监测仪将发出报警信号和停止排放联锁信号，阻止流出物排放。

常规岛生产废水排放辐射监测仪属于管旁辐射监测仪，示意图见图 8.1-3。

- BOP 液态流出物排放监测

本工程厂址废物处理设施（SRTF）中放射性疏水和洗衣房废水、去污热车间中液态流出物以及流出物与放化实验室液态流出物也都采用槽式监测排放。这些子项均为全厂共用子项，已在三门核电一期工程中建造并投运。

#### 8.1.1.3 监测取样代表性

按照《核电厂烟囱的气载放射性物质取样》（NB/T20374-2016）的要求，本项目通过烟囱等比例模型试验、现场验证试验相结合的方式，对核电厂烟囱气态流出物的取样代表性进行验证，以证明取样截面处的气流是混合均匀的。

在预运行试验前，在烟囱等比例模型上对取样截面处的速度、气旋角、示踪气体、示踪气溶胶的分布情况进行了测试，试验结果表明取样位置满足以下验收准则：

| 序号 | 试验项目      | 验收指标        | 合格标准 | 备注           |
|----|-----------|-------------|------|--------------|
| 1  | 气旋角       | 平均气旋角       | <20° | 所有网格点        |
| 2  | 速度分布      | 速度 COV      | <20% | 中央 2/3 截面网格点 |
| 3  | 示踪气体浓度分布  | 示踪气体浓度 COV  | <20% | 中央 2/3 截面网格点 |
|    |           | 最大浓度与平均浓度偏差 | <30% | 所有网格点        |
| 4  | 示踪气溶胶浓度分布 | 示踪颗粒物浓度 COV | <20% | 中央 2/3 截面网格点 |

注：COV 为变异系数，定义为截面上所有选定网格点上测量值的标准偏差与算术平均值的比值。

在预运行试验期间，在烟囱实体上取样截面处开展速度分布测试，结果表明烟囱实体与烟囱等比模型的速度 COV 相差小于 5%。因此，由于烟囱等比例模型与烟囱实体满足《核电厂烟囱的气载放射性物质取样》（NB/T20374-2016）中的试验结果传递准则，那么烟囱实体可以采用烟囱等比例模型的试验结论，即烟囱气态流出物的取样位置是充分混合均匀的。

对于液态流出物监测，槽式排放前对液态流出物贮罐系统（LES）的贮罐内的液态流出物进行充分混合，然后再取样，使得样品具有代表性。

### 8.1.2 辐射环境监测

本工程运营单位已制定《辐射环境监测方案》（G-XXER-X6P-111），应用于三门核电一期工程运行期间放射性环境监测。本工程运行期间环境监测范围、布点及监测项目参考三门核电一期工程运行期间放射性环境监测布点并补充部分监测点位，本工程运营单位将在本工程投运前结合本工程情况对该方案进一步补充完善。

#### 8.1.2.1 监测目的

本工程运行期间辐射环境监测的主要目的是：

- 跟踪本工程气态和液态流出物所引起的厂址周围环境介质变化情况，为评价环境辐射安全和估算公众所受剂量提供依据。
- 测定环境介质中放射性核素浓度或辐射剂量率的变化。

- 发现本工程周围地区放射性污染变化的异常现象，及时查找原因，鉴别污染来源，追踪污染趋势，提出环保措施建议及修正监测计划。
- 为核应急预案实施提供依据。

#### 8.1.2.2 监测内容、考虑原则及监测项目

##### 1) 监测内容

本工程所在厂址周围环境样品监测的目的核素为： $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 等。主要的监测项目包括环境 $\gamma$ 辐射水平、空气放射性水平、陆地介质放射性水平、海洋介质放射性水平、指示生物放射性水平。监测内容如下：

- 环境 $\gamma$ 辐射水平（陆地环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率和累积剂量）：重点监测厂址半径20km范围。
- 空气放射性水平：主要包括气体（ $^3\text{H}$ （HTO）、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）、气溶胶（ $\gamma$ 核素、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ ）、沉降物（总 $\beta$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{90}\text{Sr}$ ）和降水（ $^3\text{H}$ ）。重点监测厂址半径10km范围。
- 陆地介质中放射性水平：陆地介质主要包括地表水（ $\gamma$ 核素、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ ）、底泥（ $\gamma$ 核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ）、饮用水（总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ ）、地下水（ $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{14}\text{C}$ ）、土壤（ $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{239+240}\text{Pu}$ ）和陆地生物（ $^3\text{H}$ （TFWT、OBT）、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{131}\text{I}$ ）。重点监测厂址半径10km范围。
- 海洋介质中放射性水平：海洋介质主要包括海水（ $^3\text{H}$ 、总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{14}\text{C}$ ）、海底沉积物（ $\gamma$ 核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ）、潮间带沉积物（ $\gamma$ 核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ）和海洋生物（ $^3\text{H}$ （TFWT、OBT）、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 核素）。重点监测厂址半径10km范围。
- 指示生物放射性水平： $\gamma$ 核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ （TFWT、OBT）。

##### 2) 考虑原则

- 重点关注关键人群组位置、关键途径和关键放射性核素。
- 充分考虑厂址的地域特征，监测方案应与厂址周围的地理特征、气候特征、社会环境以及居民生活习惯相适应。
- 考虑厂址辐射源排放途径、排放方式、照射途径等。
- 考虑与厂址本底调查内容有效衔接。

- 监测内容和样品的种类要覆盖厂址辐射源对公众的主要照射途径，并选择可疑浓集放射性核素指示生物，用以强化监视放射性水平变化趋势。
- 监测方案应保持相对稳定，监测点位应选择不易受自然破坏和人为干扰的固定地点。
- 采用的监测技术方法与厂址周围的特征相适应。
- 遵循相关法律法规及标准规范的规定。

### 8.1.2.3 监测项目

#### 1) 大气（空气介质）

##### （1）环境 $\gamma$ 辐射

环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率连续监测点布设在厂区或边界附近、关键居民组附近、人口密集居住区、主要城镇和环境敏感区；最大污染方位适当增设监测点。考虑与监督性监测站点互补的原则，保证电厂周围 16 个方位的陆域、对照点原则上都布设至少 1 个自动监测站房。各点实施实时在线监测  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率，测量的采样周期为 1 分钟，小时数据获取率应在 90% 以上，在失去外部电源的情况下应保证至少 7 天的数据传输能力。共设置 9 个  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率固定连续监测点，其中厂内 4 个，厂外 4 个以及对照点 1 个。采样频次：连续；分析频次：连续。

$\gamma$  辐射瞬时测量的对象是开阔的路面与田野，按照 22.5° 方位角、近密远疏原则布点，同时兼顾地理、地形、居民分布、交通、土地利用等因素。总监测点位数 42 个，采样频次：1 次/季；分析频次：1 次/季。

$\gamma$  辐射累积剂量采用热释光剂量计，放置在厂界外，以 3 号机组为中心，8 个方位半径为 2km、5km、10km、20km 的圆所形成的各扇形区域内陆地（岛屿）上布点测量。总监测点位数 43 个，除对照点外，其余点位布设及点位数量同就地瞬时测量。采样频次：连续；分析频次：1 次/季。

##### （2）气溶胶、气碘、沉降物

气溶胶：

- $\gamma$  核素：监测点位（除里七市）采样频次：累积采样，1 次/月，采样体积  $\geq 10000\text{m}^3$ ；分析频次：1 次/月。里七市采样频次：连续；分析频次：1 次/周。
- 总  $\alpha$ 、总  $\beta$ ：采样频次：累积采样，1 次/月，采样体积  $\geq 10000\text{m}^3$ ；

分析频次：1 次/月。

- $^{90}\text{Sr}$ ：采样频次：累积采样，1 次/月，采样体积 $\geq 10000\text{m}^3$ ；分析频次：1 次/年，年度混合样品分析。

气碘：采样频次：累积采样，1 次/月，采样体积 $\geq 500\text{m}^3$ ，分析频次：1 次/月。

沉降物：

- $\gamma$  核素、总  $\beta$ ：采样频次：累积采样，1 次/季；分析频次：1 次/季。
- $^{90}\text{Sr}$ ：采样频次：累积采样，1 次/季；分析频次：1 次/年，年度混合样品分析。

### (3) 空气氡、空气 $^{14}\text{C}$ 、降水氡

空气氡： $^3\text{H}$  (HTO)。监测点位（除环境监测楼）采样频次：累积采样，1 次/月；分析频次：1 次/月。环境监测楼采样频次：连续；分析频次：1 次/周。

空气  $^{14}\text{C}$ ：采样频次：累积采样，1 次/月，采样体积 $> 3\text{m}^3$ ；分析频次：1 次/月。

降水氡：采样频次：累积采样，有雨、雪、冰雹时混合，1 次/月；分析频次：1 次/月。

## 2) 陆地介质

### (1) 地表水、底泥

地表水取样点共设 6 个监测点，同时采集水库底泥样品（1 个点位不采集底泥）。监测项目和频次如下：

地表水： $\gamma$  核素、总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 。采样频次：1 次/半年，平水期、枯水期各一次；分析频次：1 次/半年。其中  $^{14}\text{C}$  仅监测 1 个点位。

底泥： $\gamma$  核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 。采样频次：1 次/年；分析频次：1 次/年。其中对照点的底泥不测  $^{239+240}\text{Pu}$ 。

### (2) 饮用水

饮用水设 3 个采样点（含对照点），监测项目和频次如下：

总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $\gamma$  核素、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 。采样频次：1 次/半年，平水期、枯水期各一次；分析频次：1 次/半年。其中  $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  仅监测 1 个点位。

### (3) 地下水

地下水设 9 个采样点（含对照点），监测项目和频次如下：

$^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{14}\text{C}$ ：厂外监测点的采样频次：1次/半年，平水期、枯水期各一次；分析频次：1次/半年。其中 $^{14}\text{C}$ 仅监测1个点位。

$^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{14}\text{C}$ ：厂内电厂观察井的采样频次：1次/月；分析频次：1次/月。每月抽测一个电厂观察井，其中W5每季度一次。其中 $^{14}\text{C}$ 仅监测W5。

#### (4) 土壤

调查范围为半径20km，重点调查10km范围，设10个采样点（含对照点），监测项目和频次如下：

$\gamma$ 核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ：采样频次：1次/年；分析频次：1次/年。其中2个点位（含对照点）的土壤不测 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

#### (5) 陆生生物

柑橘： $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ （TFWT、OBT）。采样点设4个（含对照点）。采样频次：1次/年，选收获期；分析频次：1次/年。

大米、番薯、青菜： $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ （TFWT、OBT）。采样点设5个（含对照点）。采样频次：1次/年，选收获期；分析频次：1次/年。

羊肉和猪肉： $\gamma$ 核素、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ （TFWT、OBT）。采样点设4个（含对照点）。采样频次：1次/年；分析频次：1次/年。

猪骨： $^{90}\text{Sr}$ 。采样点设4个（含对照点）。采样频次：1次/年；分析频次：1次/年。

牛奶： $^{131}\text{I}$ 。采样点设2个（含对照点）。采样频次：1次/季；分析频次：1次/季。

### 3) 海洋介质

#### (1) 海水、海底沉积物和潮间带沉积物

采样范围为厂址半径15km海域。海水和海底沉积物共设12个采样点（含对照点、本工程取排水口及附近）。潮间带沉积物共设7个采样点（含对照点）。监测项目和频次如下：

海水： $^3\text{H}$ 、总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{14}\text{C}$ 。采样频次：1次/半年；分析频次：1次/半年。其中 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 核素只监测8个点位。 $^{14}\text{C}$ 只监测5个点位。

海底沉积物： $\gamma$ 核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 。采样频次：1次/年；分析频次：1次/年。其中 $^{239+240}\text{Pu}$ 只监测5个点位。

潮间带沉积物： $\gamma$ 核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 。采样频次：1次/年；分析频次：1

次/年。其中  $^{239+240}\text{Pu}$  只监测 3 个点位。

## (2) 海洋生物

海洋生物重点关注厂址半径 10km 范围内滩涂养殖区,主要采集虾类、蟹类、缢蛏、蛤蜊、带鱼。其中虾类、蛤蜊设 3 个采样点;蟹类设 4 个采样点;缢蛏设 3 个采样点;带鱼设 2 个采样点。监测项目和频次如下:

蟹类、虾类、缢蛏、蛤蜊、带鱼:  $^3\text{H}$  (TFWT、OBT)、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  核素。  
采样频次: 1 次/年; 分析频次: 1 次/年。

(3) 一、二期排水工作井(二期排水工作井为本项目增设)开展总  $\beta$ 、 $\gamma$  核素、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  监测工作。采样频次: 1 次/月; 分析频次: 1 次/月。

## 4) 指示生物

根据本地区的调查资料,监测的指示生物有:牡蛎、茶叶和松针,牡蛎设 3 个采样点,茶叶和松针设 3 个采样点。监测项目和频次如下:

松针、茶叶:  $\gamma$  核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$  (TFWT、OBT)。采样频次: 1 次/年; 分析频次: 1 次/年。

牡蛎:  $\gamma$  核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$  (TFWT、OBT)。采样频次: 1 次/年; 分析频次: 1 次/年。

## 8.1.3 应急监测

### 8.1.3.1 厂内辐射监测

厂内辐射监测系统为核电厂提供流出物监测、工艺流监测和气态监测,并对有需要的核电厂各区域的放射性环境进行连续监测。在事故情况下,厂内辐射监测是开展堆芯损伤评价、应急照射控制、向环境释放源项估算等评价工作的数据来源和基础。

### 8.1.3.2 事故条件下的环境监测

事故条件下的环境监测的任务是对放射性物质事故释放的大小、核素组成进行监测,为评价事故的性质和源项提供数据;对环境  $\gamma$  剂量率和空气、土壤、蔬菜、食品和水源的污染水平进行监测,确定污染区域和水平,为采取防护措施提供依据。根据《三门核电厂场外核应急预案》,应急环境监测任务由浙江省场外核应急组织中监测评价专业组负责组织实施,具体由场外核应急组织、三门核电厂和部队承担。

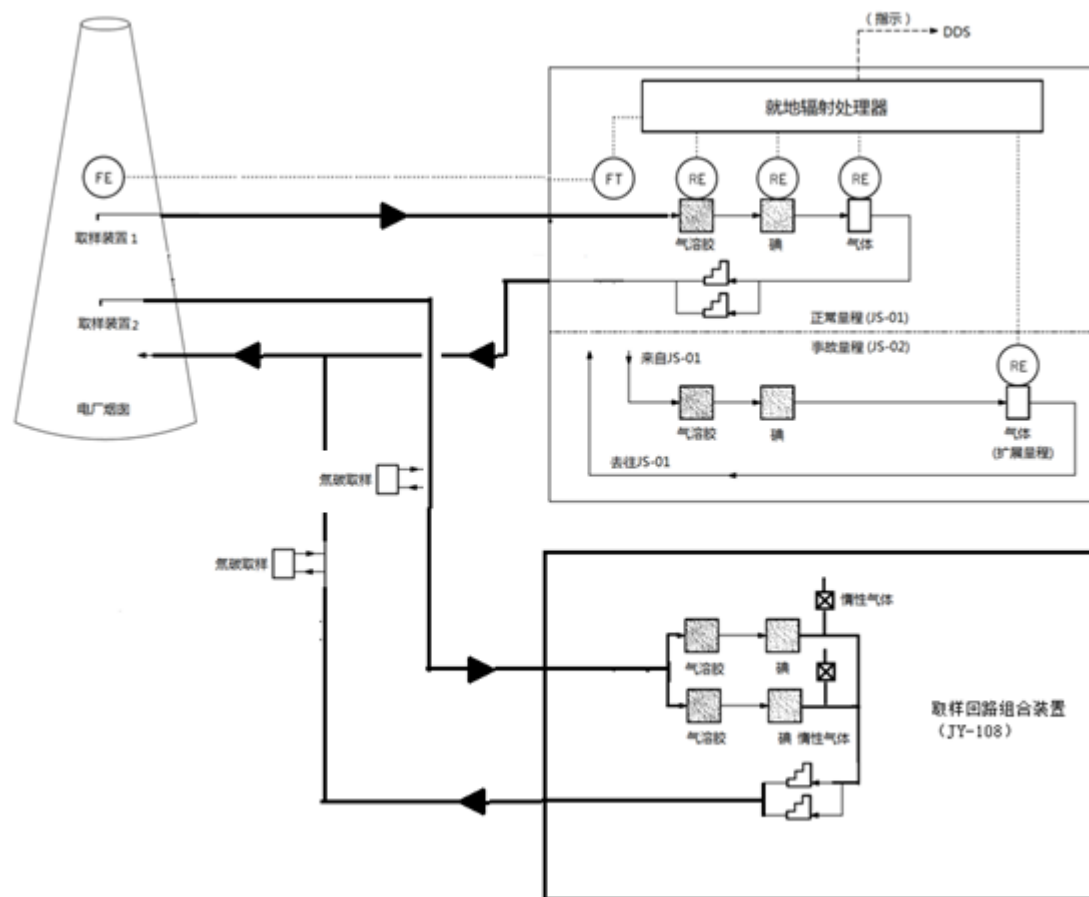


图 8.1-1 电厂烟囱辐射监测仪示意图

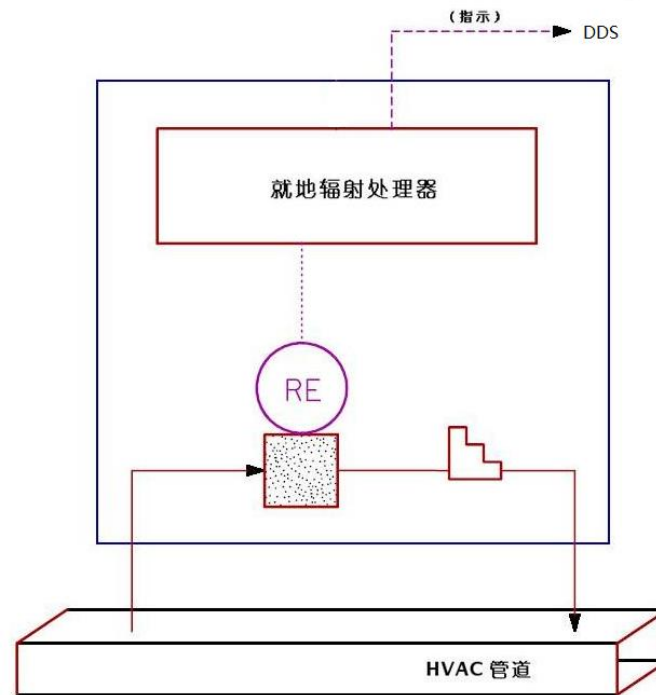


图 8.1-2 HVAC 管道离线辐射监测仪

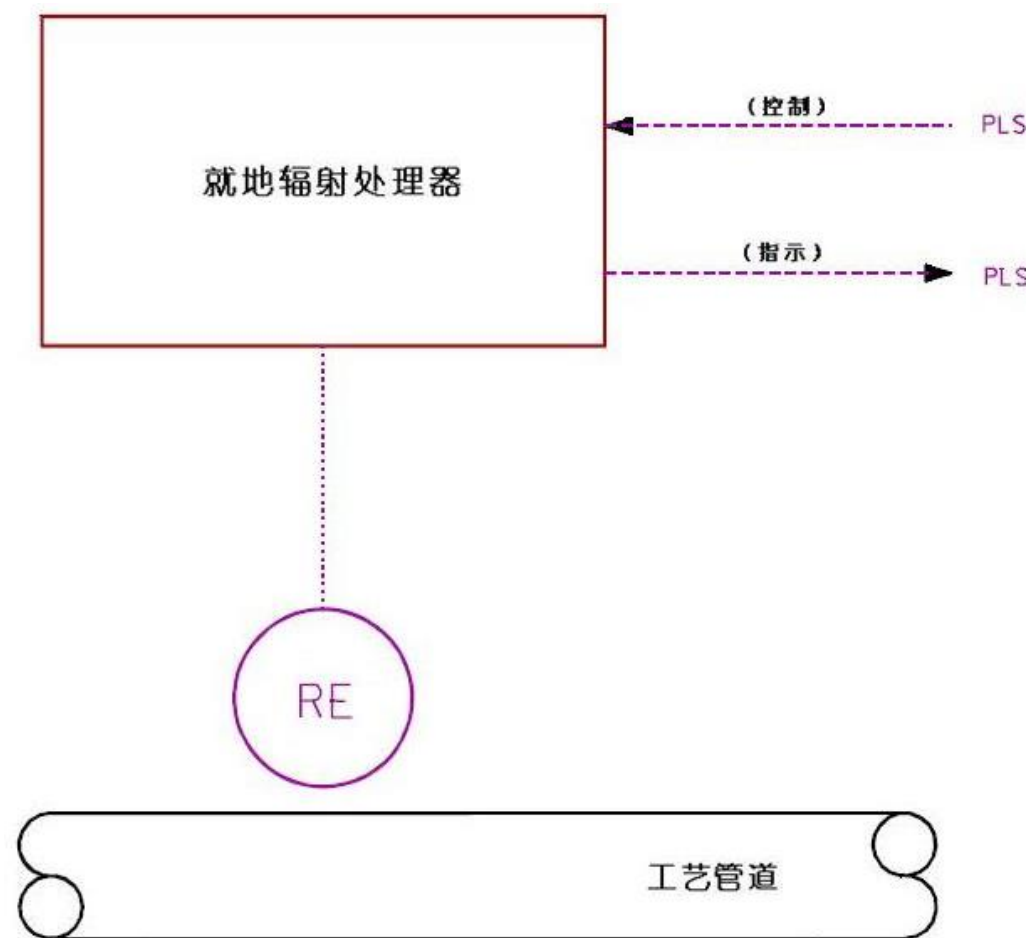


图 8.1-3 管旁辐射监测仪示意图

## 8.2 其它监测

### 8.2.1 热影响监测

本工程将在运行期间开展温排水监测，监测的主要目的是确定温排水影响范围和程度，评估其对厂址临近海域生态的影响。

#### 8.2.1.1 范围

依据《滨海核电厂温排水卫星遥感监测技术规范（试行）》（HJ1213-2021）并参照运行前监测，运行期间拟调查范围如下：航空遥感调查以浙江三门核电厂为中心，范围覆盖1~4号机组最大可能的1℃温升包络范围，海域面积不少于100km<sup>2</sup>。

海面实测工作在取排水口附近水域布设测线，观测范围覆盖最大可能的1℃温升包络范围。每条测线采用走航式测量方式同步测验和记录，获取点位与温度值等信息，船速需满足测温仪器响应时间等要求。

#### 8.2.1.2 航天数据获取及海面实测

##### 1) 航天数据获取

收集航天遥感数据，将其中符合质量要求数据制作温度场遥感图件数据。

##### 2) 海面测量数据获取

航空遥感测量期间与船测单位近同步开展海面实测工作。

### 8.2.2 化学污染物和生活污水监测

#### 8.2.2.1 监测目的

- 1) 反映三门核电厂运行期间的化学污染物和生活污水的排放情况及环境影响。
- 2) 判明化学污染物和生活污水是否正常运行。
- 3) 确定核电厂化学污染物和生活污水是否达标排放。

#### 8.2.2.2 循环冷却水排放监测

监测点位为本工程取水前池、本工程排水工作井，其中本工程取水前池为对照点。

监测项目参考三门核电一期工程循环冷却水排放监测要求，并根据本工程可能排放的化学物质种类，结合常规海水理化参数等确定，包括：

- pH、溶解氧、电导率、悬浮物、余氯、氨氮、联氨、亚硝酸盐，取样频率：季。
- 硼、油类、锂、镍、总铁、钠、硫酸盐、阴离子表面活性剂（LAS），取样

频率：季。

#### 8.2.2.2 生产废水排放监测

监测点位为本工程排水工作井（与循环冷却水掺混前）。

监测项目参考三门核电一期工程生产废水排放监测要求，并根据本工程可能排放的化学物质种类确定，包括：

- pH、悬浮物、BOD<sub>5</sub>、COD<sub>Cr</sub>、石油类、氨氮、磷酸盐、阴离子表面活性剂(LAS)，  
取样频率：月。

#### 8.2.2.4 海水淡化系统排放监测

监测点位为海水淡化系统排水口。

监测项目包括：

- pH，取样频率：月。

#### 8.2.2.5 生活污水排放监测

本工程生活污水采用纳管排放方案。三门核电厂已将生活污水接入城镇污水管网，经健跳镇污水处理厂处理后排放，三门核电生活污水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的三级标准。

监测点位为生活污水一体化调节池，监测项目为悬浮物、动植物油、pH值、五日生化需氧量、化学需氧量、阴离子表面活性剂，监测频率为1次/季度。

### 8.2.3 气象观测

三门核电厂现有的厂址气象梯度观测系统（气象塔和地面观测站）相关描述（包括系统所有传感器的性能指标、气象要素采集指标等）见本报告书 2.4.7 节。观测站所用仪器在进行观测前均经过具备相关资质的单位对观测仪器进行的标定，经标定检验合格后才用于气象观测。

本工程投运后，将继续使用现有的厂址气象梯度观测系统（气象塔和地面观测站）。厂址气象梯度观测系统（气象塔和地面观测站）的气象观测设备和观测项目如下：

- 1) 气象站 100m 铁塔：设置 10m、30m、50m、80m 和 100m 五个观测层，各层观测风向、风速、温度气象要素；
- 2) 地面观测站：设置风速风向温度传感器（10m）、温湿度传感器（1.5m）、总辐射和净辐射传感器、雨量传感器、地表温度传感器及自动气象站主机内的气压传

感器；

同时，厂区内 10m 气象小塔设置风向、风速、温度传感器，MES 监测子站（位于厂外不同方位处）设置风向、风速、温度、湿度、气压、雨量传感器（10m、3m）。

厂址气象塔及地面站观测系统、厂区 10m 小塔与 MES 监测子站观测系统全年有效数据获取率均保证在 90%以上，满足《核电厂址选择的大气弥散问题》(HAD101/02)规定的全年的数据联合获取率不小于 90%的要求。

## 8.2.4 水文观测

### 8.2.4.1 厂址区域海洋水文观测

本工程运行期间，拟利用厂址大件码头北侧已建的海洋自动观测站进行水文观测，观测项目主要包括潮位、水温、盐度等。

### 8.2.4.2 厂址区域地下水观测

地下水环境监测井点布设主要考虑厂区地下水分布特征、含水层性质、地下水径流排泄特征以及核电厂地下水污染影响的可能范围，主要布设在核电厂厂区内环境敏感点及厂区内地下水可能的污染源地点，监测井点的层位以可能受影响含水层为主。

本工程运行期间，根据厂址区水文地质条件、本工程和三门核电一期工程总平面布置方案以及地下水监测目的，布置 5 个监测井（W1、W2、W4、W5、W9，均已设置完成）。

## 8.2.5 生态监测

### 8.2.5.1 监测范围与点位

监测范围为本工程厂址附近海域，布点应符合近密远疏的原则。

### 8.2.5.2 监测项目

水质评价标准依据《海水水质标准》（GB3097-1997），监测点位适用标准类别根据《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（浙政函〔2024〕28号文批复）判定。监测项目：pH、水温、溶解氧、化学需氧量、总无机氮、活性磷酸盐、粪大肠菌群、汞、镉、铅、铜、锌等。

沉积物评价标准依据《海洋沉积物质量标准》（GB18668-2002）。监测项目包括有机碳、硫化物、石油类、汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷。

海洋生物监测项目包括底栖生物、潮间带生物、叶绿素a、浮游动物、浮游植物。

海水水质、海洋沉积物和海洋生物监测的监测频率为：每隔5年调查一次，调查时间为一年，进行春、秋两个季节的调查。

#### 8.2.6 噪声监测

本工程运行期间将开展厂界噪声监测，并在厂址附近的环境敏感点布设噪声监测点位。

##### 8.2.6.1 监测范围与点位

厂区边界、周边环境敏感点。

##### 8.2.6.2 监测项目

监测项目为昼间、夜间 $L_{eq}$ 。

本工程运行期间，厂界环境噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准。

对于环境敏感点，监测结果评价标准为《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的1类标准，监测项目和频率同厂界噪声。

##### 8.2.6.3 监测频度

监测频次为1次/半年。厂界噪声测量时间分为昼间（06:00~22:00）和夜间（22:00~次日06:00）。

#### 8.2.7 电磁环境监测

本工程运行期间将开展工频电磁场监测。

##### 8.2.7.1 监测范围与点位

厂区边界、周边环境敏感点。

##### 8.2.7.2 监测项目

工频电场强度、工频磁感应强度。

##### 8.2.7.3 监测频度

监测频度为1次/年。

### 8.3 监测设施

#### 8.3.1 流出物实验室

流出物实验室用于核电厂液态和气态流出物样品的预处理、样品制备、 $\gamma$  能谱分析、总  $\alpha/\beta$  放射性测量和核素分析，以确定排放的液态和气态流出物的放射性水平，保证环境不受污染，并为编写核电厂放射性物质排放的年度评价报告提供数据。流出物实验室位于主厂区三废处理区，处于放射源库和流出物实验室（532 子项）的一层，有流出物测量间 1、流出物测量间 2、制样间和天平间等房间。流出物实验室为三门核电厂全厂共用，已在三门核电一期工程中建造并投运。

流出物实验室设计满足六台机组流出物样品的制样和检测。

#### 8.3.2 环境监测设施

本工程将按照相关法规要求，充分利用三门核电一期工程 1、2 号机组环境监测设施，开展全厂的统一环境监测。

##### 8.3.2.1 环境实验室

环境实验室主要用于环境  $\gamma$  辐射累积剂量测量、以及各类环境介质中放射性核素的分析测量。气象与环境监测系统开展空气样品取样，环境  $\gamma$  辐射剂量率实时监测，并同步获取气象观测信息。

环境实验室配备有大体积介质采样车与小体积介质采样车，在核电厂正常运行期间对厂址半径 20km 范围内的环境介质实施取样，并对  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率固定连续监测点开展巡检。

在事故工况及严重事故应急情况下，配备有应急监测设备与取样设备的专用应急监测车，可对环境  $\gamma$  辐射水平实施监测，并显示在数字地图上，同时可采集气溶胶、气碘样品。

环境实验室配备的测量仪器有：

- 高纯锗  $\gamma$  谱仪：用于分析水、土壤与沉积物、气溶胶、生物样品等介质中的  $\gamma$  放射性核素的浓度。
- 低本底  $\alpha/\beta$  计数器：用于测量环境介质的  $\alpha$ 、 $\beta$  计数。
- 低本底液闪谱仪：要用于测量环境介质中的  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  等。
- $\gamma$  辐射剂量率仪：用于测量环境空气中的  $\gamma$  剂量率。

- 热释光剂量仪：用于测读热释光剂量片记录的环境  $\gamma$  累积剂量。

环境实验室配置其它必要的辅助设备，以及分析测量过程中所需的化学试剂与玻璃器皿等。同时环境实验室还需配备大量的采样装置，如底泥采样器、土壤取样铲以及必要的采样运输工具。

三门核电后备环境实验室于 2016 年建成。目前后备环境实验室依据《场外应急指挥实验室管理规定》（G-EED-GBY-303）进行管理。后备环境实验室便携式仪器存放于三门核电现场环境实验室，由仪器负责人员参照《环境实验室测量仪器管理》（G-EED-GBY-102）在三门核电环境实验室开展仪器设备的日常维护保养、期间检查以及检定/校准。应急情况下由核应急专业组中的环境评价组实验室分析队负责运送至后备环境实验室，以便执行应急监测任务。

#### 8.3.2.2 气象与环境监测系统

三门核电厂设置气象与环境监测系统，该系统主要包括：

- 厂址气象观测系统
- 厂内环境  $\gamma$  辐射监测站（4 个）
- 厂外环境  $\gamma$  辐射监测站（5 个，包括 1 个对照点）
- 厂址气象与环境监测系统中央站

##### 1) 气象观测系统

三门核电厂现有的厂址气象梯度观测系统（气象塔和地面观测站）相关描述（包括系统所有传感器的性能指标、气象要素采集指标等）见本报告书 2.4.7 节。

气象观测系统自动采集的气象数据经中央站自动处理后，储存在计算机中，通过无线或有线传送到核电厂主控室、应急指挥中心，也可以在数据记录仪上进行数据显示或打印。

##### 2) 环境 $\gamma$ 辐射监测站

厂区内有 4 个环境  $\gamma$  辐射监测站，厂区外有 4 个大气  $\gamma$  辐射监测站以及 1 个对照点。

##### 3) 气象与环境监测系统中央站

气象与环境监测系统中央站位于环境实验室内，是气象与环境监测系统的运行管理和数据处理中心，由环境  $\gamma$  辐射数据采集工作站、气象数据采集工作站、气象与

环境监测系统数据图形工作站、环境监测车数据采集工作站、气象与环境监测系统网络服务器、气象与环境监测系统局域网及打印机等硬件设备和软件组成。气象数据采集工作站和环境  $\gamma$  辐射数据采集工作站通过无线传输等方式分别对自动气象站和厂内和厂外环境  $\gamma$  辐射监测站进行远程控制和管理，自动收集气象站和环境  $\gamma$  辐射监测站采集的数据生成磁盘数据文件，存入网络服务器，形成环境监测数据库，气象和  $\gamma$  数据图形工作站对数据进行分析处理，自动生成报表。网络服务器运行服务器/客户机模式数据库将发挥对数据库强有力的管理功能，为气象与环境监测系统局域网提供环境监测数据共享服务。

应急指挥中心、主控室的数据监测工作站通过气象与环境监测系统局域网可显示、调用、打印及存档所需的环境监测数据。

#### 8.3.2.3 监督性监测

按照《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》（环发〔2012〕16 号文）的要求，三门核电厂辐射环境现场监督性监测系统由核电厂外围辐射环境监测系统和核电厂流出物监测系统两部分组成，与主体工程同时投入试运行。

三门流出物实验室坐落于三门县滨海新城，用于对三门核电厂流出物样品实施监督性监测。该实验室于 2016 年建成，2018 年 7 月通过了生态环境部组织的总体验收。实验室设有接样室、前处理、物理测量室、放化测量室、废液室等功能区，配备有高纯锗  $\gamma$  谱仪、低本底液闪、低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  计数器等大型测量设备及其它辅助设备，具备核岛烟囱惰性气体、气碘、气溶胶、气氙、碳-14 及液态流出物中  $\gamma$  核素、氡、总  $\beta$  监测能力，符合《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》（环发〔2012〕16 号文）要求和监督性监测工作需要，该实验室设计有独立的进出口、楼梯及通风系统，确保不同区域的完全物理隔离。

#### 8.3.2.4 地下水监测

见 8.2.4.2 节。

## 8.4 质量保证

在核电厂正常运行情况下，需要对流出物和环境进行监测，以保障公众的安全，增加公众对核电的信心，确保核电厂的运行对环境不会造成不可接受的影响。因此流出物和环境监测质量保证是至关重要的，其目的是通过有计划/system行动，对监测过程进行全面控制（如监测过程的组织管理，参与人员的素质要求与岗位培训，仪器设备的管理与维护，样品采集布点与频度的设计，分析过程的质量控制，监测数据的记录、复核与审核等），使测量结果具有适当置信度，保证测量结果的可信性、有效性和可比性。

流出物和环境监测的质量保证计划依据下列标准：

- 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）
- 《核设施水质监测采样规定》（HJ/T21-1998）
- 《气载放射性物质取样一般规定》（HJ/T22-1998）
- 《水质采样样品的保存和管理技术规定》（HJ493-2009）
- 《水质采样技术指导》（HJ494-2009）
- 《水质采样方案设计技术规定》（HJ495-2009）

### 8.4.1 质量控制

#### 1) 样品和材料

- 实验室接收样品时应检查和记录样品的状态和外观。适用时，检查项目应包括但不限于：标识、样品体积或数量、外观及包装、是否添加保存剂等。
- 应合理保存样品，对那些有检测时效性要求的待测（或待分析）物品，应规定最长保留时间并在规定的时间内检测。
- 严格遵守实验室各类样品的采样、包装、运输、交接、验收、贮存和领用的相关程序规定。样品在采样、包装、运输、交接、验收、贮存过程中应防止样品被污染或样品对环境造成污染。采取预防措施，避免样品中放射性物质通过化学、物理或生物作用产生损失或沾污等。
- 确保样品检测全过程保持唯一标识，且标明状态，使样品在运输、接收、检

测、保留和清理各环节实施控制管理保证其代表性、有效性、完整性。

## 2) 分析测量

- 实验室内质量控制通过质量控制样品实施，质量控制样品一般包括平行样、加标样和空白样。质量控制样品的组成应尽量与所测量分析的环境样品相同，其待测组分浓度尽量与待测的环境样品相近，且波动不大。
- 分析测量的每种质量控制样品数不低于分析测量总样品数的 5%，而且应该均匀地分布在每批样品之中。对分析测量装置的性能定期进行核查，操作步骤应严格按程序实施，分析测量装置性能稳定性检验的结果应予以记录。在分析测量的操作过程中应注意防止样品之间的交叉污染。
- 对于不符合质量控制要求的数据结果，立即组织实验人员开展样品分析测量情况的核实与原因分析，以排除因标准源、仪器、实验环境、测量条件，本底、样品问题、数据录入和计算错误等引起的数值异常，采取纠正措施，并开展同一质控样品的复测，若仍不符合质量控制要求，则应核查两次质控实验期间的监测数据的有效性。

## 3) 数据处理

- 各种原始监测数据应按照数据处理规程进行处理，监测结果至少应由计算者和审核者独立计算完成，审核者核对无误后签字确认。对于异常结果，计算者和审核者应及时查明原因，及时采取纠正或补救措施。
- 对数据处理、计算中的假设、计算方法、原始数据、计算结果的合理性、一致性和准确性必须确认满足使用要求后方可使用。
- 缺少数据、丢失数据或不按规定涂改原始记录的，均按不符合（项）处理。

## 8.4.2 质量管理

### 1) 组织机构

建立合适的辐射监测机构并实施管理是流出物和环境监测质量保证的重要因素。建立健全的辐射监测和质量保证机构，明确其职责。

### 2) 人员的资格和培训

- 关键技术人员应掌握检测项目的不确定度评定的方法。实验室应制订程序对新进技术人员和现有技术人员新的技术活动进行培训，并定期开展复训。实

实验室应对培训活动进行适当安排，并保留培训记录。

- 实验室所有监测人员必须经过基本安全授权、岗位授权培训，培训项目考核合格后才予以岗位授权。监测人员应根据环境应急处岗位授权培训的要求定期接受再培训。

### 3) 实验室内部质量控制

- 应按质量控制计划的要求开展实验室内部质量控制活动。
- 当检测或校准方法中规定了质量控制要求时，实验室应符合该要求。实验室应在检测方法中或其他文件中规定对应检测或校准方法的质量控制方案。
- 对于不符合质量控制要求的数据结果，立即组织实验人员开展样品分析测量情况的核实与原因分析，以排除因标准源、仪器、实验环境、测量条件，本底、样品问题、数据录入和计算错误等引起的数值异常，采取纠正措施，并开展同一质控样品的复测，直至结果符合质控要求。

### 4) 实验室外部质量控制

- 外部质量控制方案包括CNAS认可要求参加的能力验证计划，适当时，还应包含实验室间比对计划。
- 实验室按照要求参加能力验证活动，相关部门组织的质量考核以及实验室间比对，检查实验室是否存在系统误差，确定误差来源，提高实验室的监测分析水平。结果不合格时，应及时整改并实施纠正措施。
- 对于不符合能力验证要求或实验室间比对结果不满意的情况，组织实验室人员开展样品分析测量情况的核实与原因分析，以排除标准源、仪器、前处理过程、实验环境、测量条件，本底、样品问题、数据录入和计算错误等引起的数值结果不满意，采取纠正措施，如有必要可向组织方申请样品再次分析测量并编制结果报告报送组织方。
- 当参加外部单位组织的能力验证、实验室间比对、质量考核等质量控制活动时，除按照外部单位要求填写结果报告外，应按照各检测项目分析测量程序的要求填写分析测量原始记录，并及时存档。

## 第九章 利益代价分析

### 9.1 利益分析

#### 9.1.1 运行带来的直接利益

三门核电项目3、4号机组工程采用第三代CAP1000压水堆核电站。CAP1000是基于AP1000引进技术的核电型号，2台机组的额定功率达到了2500MW，按80%的负荷因子估算，正常年份2台机组的年上网电量可达到162亿kWh。经测算，三门核电项目3、4号机组工程投产后其上网电价为0.405元/kWh，按此电价水平计算三门核电项目3、4号机组工程的年发电产值约为59亿。三门核电项目3、4号机组工程的2台机组设计寿命为60年，在其整个商业运行寿期内，将取得显著的经济效益。

#### 9.1.2 建设和运行带来的间接利益

##### 9.1.2.1 对周边环境的利益

本工程给环境带来的间接效益主要来自于其替代燃煤发电带来的减排效应，煤炭燃烧的主要污染物是CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>以及烟尘等。本工程的建成可有效替代燃煤机组，大量减少CO<sub>2</sub>排放量，并缓解酸雨现象。

按照CO<sub>2</sub>减排因子为800克/kWh考虑，本工程投产后正常年份可实现CO<sub>2</sub>减排1400万吨，CO<sub>2</sub>减排效益按15元/吨计算，正常年份内CO<sub>2</sub>减排可实现经济效益约2.1亿元。

##### 9.1.2.2 对关联产业的利益

本工程投资建设对相当多产业形成了直接和间接拉动。根据国务院发展研究中心产业经济研究部所作测算，1元的核电建设投资，对关联产业的拉动作用如下：一是对42个行业门类中的37个行业产出的拉动作用超过0.01元；二是对通用、专用设备制造业等14个行业产出的拉动作用超过0.1元。核电生产运营也对相关产业产生较强的拉动，1元的核电产出将拉动主要行业的产出增长为：石油加工、炼焦及核燃料业0.11元，农业0.10元，化学工业0.08元，金融保险业0.08元。由此可见，关联面较大的核电是拉动我国经济增长、促进经济结构优化与升级的难得的驱动项目。

##### 9.1.2.3 对区域经济的利益

本工程能够推动和促进地方经济的发展，本工程对地方财政收入的影响主要来自于税收，包括增值税、城市维护建设税及教育费附加等，本工程投产后年均贡献5.22亿元左右的售电销售税金及附加，以及年均约4.51亿元的所得税。除此之外，本工程能够为地方创造大量的就业机会，不仅在建设期需要大量的不同层次的劳动力，而且运行期间也能直接或间接的提供大量的就业岗位。

#### 9.1.2.4 对社会发展的利益

本工程投产后，核电厂职工的货币购房和生活消费等，将促进当地的房地产业、零售业、通讯、教育、医疗卫生及其他市政设施和社会福利事业的发展，繁荣当地经济。核电厂职工受教育水平和文化水平较高，在融入地方的过程中，也会产生积极的影响，带动整个社会发展水平的提高。

## 9.2 代价分析

### 9.2.1 直接代价

#### 9.2.1.1 工程建设经济代价

根据本工程初步设计概算，本工程工程建成价总投资折人民币4249929万元，建成价单位投资16986元/千瓦。

#### 9.2.1.2 工程运行的经济代价

本工程并网投入商业运行后，运行期间的经济代价包括：基本折旧费、摊销费、核燃料费、大修理费、运行维护费、核后处理费、退役基金、财务费用和管理费用等。

经测算本项目计算期平均发电成本为0.246元/千瓦时。

#### 9.2.1.3 环境代价

核电厂主要环境保护设施及相关投资为1531323万元，具体组成见表9.2-1。其中建设期环保投资为42952万元，占本工程项目工程建成价总投资（4249929万元）比例为1.01%；运行期环保投资为1488371万元。

本工程设置了各种放射性废物净化和处理系统、流出物与辐射监测系统、屏蔽防护及应急设施等，以控制并确保核电厂在正常运行和事故期间向环境释放的放射性物质低于国家标准限值，从而保障核电厂工作人员和周围居民的安全。

为达到保护环境及人身安全的目的，必须对放射性三废进行严格的治理。因此，核电厂专门设置了放射性废液、废气和固体废物处理和贮存设施，尽可能降

低放射性废物对公众的照射。

具体的监测和应急措施包括：

1) 环境监测设施：对核电厂运行期间的环境状况进行监测，同时为检验放射性废物处理系统是否满足要求提供对照测量，包括：辐射监测设备、数据采集及试验仪表、气象设施、保安和放射性监测等。

2) 流出物监测设施：对核电厂运行期间的气态和液态流出物进行监测，用于测量流出物中放射性物质的种类和数量，为判断核电厂放射性排放是否满足国家标准限值或运行限值提供依据。

3) 应急设施：核电厂除考虑正常运行情况下的生态环境保护和人身安全外，还考虑了在事故状态下人员的紧急疏散和医疗措施。

## 9.2.2 间接代价

### 9.2.2.1 交通运输问题

本工程的运输包括施工期间设备、大型设备、建筑材料的运输；运行期间的换料、乏燃料、固体废物运输；正常的人员进出等，其运输量非常大，不可避免增加当地的运输负担。

为解决本工程建设和运行期间的运输问题，采取以水运为主，陆运为辅的运输方式。在陆运方面投入一定量的资金用于厂外公路的建设，包括新建、改造道路。此外专门开辟应急道路，本工程进场道路和应急道路已在一期工程阶段建成投用。

### 9.2.2.2 工程建设对当地市政建设设施产生的影响

本工程的建设和运行，使厂址所在地区的人口数量有所增加，这势必造成医疗、学校、商业和基础设施如道路、供排水、供热等市政工程和生活服务设施的紧张局面，加重了当地政府的负担。

### 9.2.2.3 对当地社会安全、稳定的影响

本工程建设期间将不可避免地带动当地第三产业的发展，同时也会引起当地人口数量的增加，从而影响当地的社会秩序、安全和稳定。为使当地有一个安定的生活环境和经济持续发展的社会环境，当地政府须增加治安、社会服务等方面的投入。

## 第十章 结论与承诺

### 10.1 核电厂建设项目

三门核电项目 3、4 号机组位于浙江省台州市三门县健跳镇东北部约 6km 的猫头山嘴半岛——娘娘殿岗上，濒临三门湾。三门县城（海游街道）位于厂址 W 方位约 26km，台州市区（椒江区）位于厂址 SSW 方位约 50km 处，宁海市区（属宁波市）位于厂址 NW 方位约 30km，宁波市区位于厂址 N 方位约 83km。

本工程为扩建工程。本工程在三门核电项目 1、2 号机组基础上，建设 2 台 CAP1000 压水堆核电机组。

本工程厂址半径 5km 范围内无万人以上人口集中地区。厂址 15km 范围内无万人以上城镇。厂址半径 10km 范围内的固定和移动危险源不会对本工程的建设及安全带来影响。本工程厂区位于其他保护利用区，本工程取排水设施位于工矿通信用海区，本工程厂区、进场道路、应急道路、取排水设施不涉及生态保护区和生态控制区，不涉及陆域和海域生态保护红线。本工程符合《三门县国土空间总体规划（2021-2035）》、《三门县人民政府关于印发三门县生态环境分区管控动态更新方案的通知》（三政规〔2024〕8 号）的管控要求。本工程周边环境与本工程建设前相比无较大变化。

### 10.2 环境保护设施

本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组的放射性气体废物处理系统（WGS）、放射性液体废物处理系统（WLS）、放射性固体废物处理系统（WSS）、厂址废物处理设施（SRTF）等一并构成了完整的放射性三废处理系统，其设计性能满足本工程预期放射性废物处理的要求。本工程对非放射性污染物的处理也采取了相应的环保设施及措施，如设置生产废水处理设施以及共用一期工程建设投运的生活污水收集设施、危险废物贮存设施、生活垃圾收集措施等，以确保本工程运营过程中产生的非放射性污染物处理达标，处置规范。本工程设置核岛流出物监测设施，共用一期工程 BOP 区域流出物监测设施，监测方式包括在线连续监测和取样监测。本工程共用全厂环境辐射与气象观测系统。

1) 放射性液体废物处理系统（WLS）用于控制、收集、处理、输送和贮存本工程正常运行及预期运行事件下产生的放射性废液，并可控制地向环境排放。

2) 放射性气体废物处理系统 (WGS) 的主要功能是接收本工程正常运行以及预期运行事件期间产生的含氢气体和放射性气体, 并对其进行处理和排放。

3) 放射性固体废物处理系统 (WSS) 用于收集和暂存本工程正常运行以及预期运行事件产生的废树脂、深床过滤器介质、活性炭、废 (水) 过滤器滤芯、放射性干废物和混合固体废物。这些废物先收集暂存在辅助厂房和放射性废物厂房内, 后送往厂址废物处理设施 (SRTF) 进一步处理和中间贮存。厂址废物处理设施 (SRTF) 是一个集中式放射性废物处理设施, 位于BOP区域。它作为核岛三废处理系统的补充, 提供完整、适宜的手段来处理核岛产生但无法直接处理的放射性废液与放射性固体废物。

4) 本工程设置生产废水处理设施 (包括生产废水处理系统和二次生产废水处理设施), 用于收集本工程非放射性区域设备和地漏的排水并处理达标排放。本工程共用一期工程建设投运的生活污水收集设施, 收集核电厂生活污水并通过纳管方式排入健跳镇污水处理厂。本工程共用一期工程建设投运的危险废物贮存设施, 用于贮存本工程运行期间产生的危险废物, 危险废物委托具备危险废物处置资质的单位定期外送处置。

5) 本工程设置核岛流出物监测设施, 共用一期工程BOP区域流出物监测设施, 并制定流出物排放控制大纲, 本工程投运后依据流出物排放控制大纲开展流出物监测工作。

本工程共用一期工程建设投运的厂区环境辐射与气象观测系统, 并制定环境监测大纲, 本工程投运后依据环境监测大纲、气象观测大纲开展环境辐射与气象观测工作。

### 10.3 放射性排放

本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组的气态和液态流出物的年排放量以及液态流出物槽式排放口处排放浓度符合《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025) 要求, 总排放口处 5 种核素浓度低于《海水水质标准》(GB3097-1997) 限值要求。

本工程气态流出物申请值为:

- 惰性气体:  $1.34\text{E}+14\text{Bq/a}$ ;
- 碘:  $2.90\text{E}+09\text{Bq/a}$ ;

- 粒子（半衰期 $\geq 8$ 天）：6.72E+09Bq/a；
- 碳 14：7.88E+11Bq/a；
- 氚：1.00E+13Bq/a。

本工程液态流出物申请值为：

- 氚：9.02E+13Bq/a；
- 碳 14：5.26E+10Bq/a；
- 其余核素：1.17E+10Bq/a。

## 10.4 辐射环境影响评价结论

### 10.4.1 核电厂正常运行期间的辐射影响

#### 1) 公众最大个人剂量

运行状态下的辐射防护要求，遵循国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的规定：任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过 0.25mSv。

采用本工程流出物排放申请值进行公众剂量评估，考虑当地居民的生活习惯，并采用偏保守的假设条件。本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组在正常运行期间放射性物质由气态和液态途径排放所致的最大个人受照有效剂量为 8.96E-04mSv/a。本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组与一期工程 2 台 AP1000 压水堆核电机组正常运行期间所致最大个人的有效剂量为 1.93E-03mSv，占《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定（0.25mSv/a）的 0.77%。

#### 2) 非人类生物

采用本工程流出物排放申请值进行非人类生物的辐射剂量评估，本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组正常运行时，以及本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组与一期工程 2 台 AP1000 压水堆核电机组正常运行期间液态流出物排放对受纳海域中水生生物造成的危害商小于 1（即辐射剂量率小于辐射剂量率基准值 10 $\mu$ Gy/h），液态流出物排放不会对受纳海域中的水生生物产生影响。

本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组正常运行时，以及本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组与一期工程 2 台 AP1000 压水堆核电机组正常运行期间气态流出物排放对陆生生物造成的危害商小于 1（即辐射剂量率小于辐射剂量率基准值 10 $\mu$ Gy/h），气态流出物排放不会对陆生生物产生影响。

#### 10.4.2 核电厂设计基准事故的潜在照射后果

本工程以厂址征地边界（包括银子岗地区，不包括厂区接待中心）作为厂址陆域非居住区边界（以各机组反应堆为中心，除 SW 方位 1000m、WSW 方位 1500m、W 方位 1300m 外，其余陆域边界方位距离为 800m），以各机组反应堆为中心、半径 800m 海上边界作为厂址海域非居住区边界。

本工程规划限制区边界范围为以各机组反应堆为中心、半径 5km 的圆周边界线。

事故工况下的辐射防护要求，遵循国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的规定：

核动力厂事故工况的环境影响评价可采用设计基准事故，在设计中应采取针对性措施，对除小型模块化核动力厂外的核动力厂，使设计基准事故的潜在照射后果符合下列要求：

a) 在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。

b) 在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 100mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1000mSv 以下。

采用 CAP1000 压水堆核电机组的设计基准事故源项进行事故后果计算和评价。计算结果表明，在 CAP1000 压水堆核电机组所考虑的 7 类设计基准事故工况下，设计基准事故导致的环境放射性后果满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的相应要求。从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，本工程的工程安全设施的设计性能可靠，本工程非居住区边界和规划限制区边界的设置合理。

#### 10.4.3 应急

本工程烟羽应急计划区为以 3、4 号机组反应堆为中心半径 10km 的包络范围，其中内区为以 3、4 号机组反应堆为中心半径 5km 的包络范围；食入应急计划区为以 3、4 号机组反应堆为中心，半径 50km 的包络范围。根据浙江省核应

急委发布的《关于同意建立三门核电厂应急计划区的批复》（浙核委〔2016〕1号），浙江三门核电厂的烟羽应急计划区为以1号机组反应堆为中心半径10km的范围，其中内区为以1号机组反应堆为中心半径5km的范围；食入应急计划区为以1号机组反应堆为中心，半径50km的范围。考虑到浙江三门核电厂属于多堆厂址，应确定一个统一的应急计划区。即烟羽应急计划区为以各个机组为中心半径10km包络范围，其中内区为5km，外区为10km；食入应急计划区为以各个机组为中心半径50km的包络范围。具体边界由浙江省核应急主管部门进行划定。

根据CAP1000压水堆核电机组的严重事故工况下对环境和公众的影响分析结果以及严重事故风险防范措施，本工程环境风险可接受，设置的应急计划区合理可行。

本工程制定了场内核事故应急预案。本工程所在厂址周围的人口分布特征、土地利用情况和应急道路设置等方面满足应急撤离、疏散和运输要求，不存在不可克服的实施场外核事故应急预案的困难。

## **10.5 非辐射环境影响评价结论**

### **10.5.1 施工期非辐射环境影响评价结论**

施工过程中产生的污染对本工程所在区域环境的影响是局部的和暂时的。在实施适当有效的防护措施后，施工过后当地的环境质量将很快得以恢复。

大气：主要来自土石方工程、场地平整、建构筑物建设过程中爆破、开挖、填充、道路修建、渣土堆放、车辆运输、涂装、切割、焊接等产生的大气污染物、扬尘和尾气。采取路面浇洒、达标排放、及时清扫等防护措施来减少环境影响。

水：主要来自于施工期间生产废水（包括调试期间的生产废水）和施工人员的生活污水排放，以及取排水工程施工引起的海水悬浮物含量升高等。采取建设二次生产废水处理设施、使用生活污水收集设施、环卫抽水外运、控制取排水工程施工作业区域等防护措施来减少环境影响。

噪声：主要来自于土石方工程施工期间开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声。采取建立隔声屏障、合理安排施工机械作业时间段等防护措施来减少环境影响。

生态：主要来自于施工期永久及临时土地占用等带来的生态变化。采取厂区

绿化、表土分层剥离回填、植被移植、景观恢复等防护措施来减少环境影响。

水土保持：主要来自于施工期永久及临时土地占用等带来的水土流失。通过实施水土保持方案来控制因本工程建设造成的新增水土流失，恢复和重建因本工程建设而破坏的植被和水土保持设施，保护本工程所在区域及周边环境。

社会环境：主要来自于本工程施工建设占地、征地等带来的影响。厂址征地工作已于一期工程完成，无搬迁居民；厂址非居住区边界范围内无常住居民。此外，由于本工程占地有限，因此对社会环境的影响十分有限。

根据本工程施工期陆域环境监测和施工期海洋跟踪监测结果，本工程施工期符合施工期相关生态环境保护标准的要求，个别监测项目超标非本工程施工影响导致。运营单位应确保施工期环保设施正常运行、环境监测结果符合环保要求。

### 10.5.2 运行期非辐射环境影响评价结论

1) 根据温排水排放数模成果，本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组与三门核电一期工程 2 台 AP1000 压水堆核电机组投入运行时（叠加台二电厂二期 2 台机组温排水热影响），产生的温排水 4℃温升包络区域位于经批准的温排水用海范围内，也位于《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（浙政函〔2024〕28 号文批复）规定的三门核电温排水混合区范围；温排水形成的冬季 2℃温升包络区域和夏季 1℃温升包络区域位于《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（浙政函〔2024〕28 号文批复）规定的三门核电温排水三类区（台州）（ZJ10C II）范围。本工程的海工工程不涉及海洋生态保护红线，本工程与三门核电一期工程产生的温排水冬季 2℃温升包络区域和夏季 1℃温升包络区域不涉及海洋生态保护红线。本工程所在厂址的海工工程以及温排水形成的冬季 2℃温升包络区域和夏季 1℃温升包络区域满足厂址周边海域的国土空间总体规划、生态环境分区管控动态更新方案的管控要求。

2) 本工程取水口附近的浮游生物、仔稚鱼、鱼卵等发育成长相对少，加上取水设施采用底层取水、取水流速很低，故对大的成鱼吸引作用不大，即使有到拦污栅上的成鱼，仍有逃脱的可能，所以取水设施运行时的卷载效应对海洋生物的影响限于局部小范围。取水口附近无名贵鱼卵和仔稚鱼，多为非经济鱼种，因此取水对鱼类的撞击效应仅限于取水口附近且均为经济价值较低的物种。国内外有关研究资料显示，核电厂取水对鱼、虾、贝及其他游泳生物幼体的卷载率基本上湮没于其物种在自然条件下生长的成活率涨落范围内。因此本工程取水造成的

卷载和撞击效应是有限的。

对于本工程所在厂址附近的养殖场，温排水引起的厂址附近海域的海水温升范围有限，养殖区域的海水温升后的平均温度仍在各类养殖品种的适温范围内。因此，本工程产生的温排水对养殖区的影响也较小。

3) 本工程排放的含化学物质的各种废水经酸碱中和、隔油、生物法除氨氮等工艺处理后符合《污水综合排放标准》（GB8978-1996）二级标准，并经循环冷却水掺混后排放至厂址附近海域，因此化学物质排放不会对核电厂所在海域产生明显的不利影响。

4) 本工程设置生活污水收集设施，收集核电厂生活污水并通过纳管方式排入健跳镇污水处理厂。

5) 本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组投运后的厂界噪声符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准，本工程所在厂址周边居民点等环境敏感区域符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准。

6) 本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组投运后的电磁辐射影响符合《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）工频电场强度及工频磁感应强度限值要求。

## 10.6 结论与承诺

根据对本工程所在浙江三门核电厂址的自然条件和社会条件、本工程废物处理系统和专设安全设施的设计性能分析，在浙江三门核电厂址已批准运行的 2 台 AP1000 压水堆核电机组的基础上，本工程施工建设对环境影响、厂址环境对本工程影响以及本工程正常运行和事故工况对环境影响符合我国核安全及生态环境保护有关法规、标准的要求，本工程 2 台 CAP1000 压水堆核电机组的建设和运行对环境的影响是可接受的。

针对本工程的特点和评价结果，从运行期间需进一步开展的工作方面提出以下建议：

1) 本工程投运后，运营单位继续做好整个核电厂址的环境监测、三废处置以及应急管理等方面的统一管理工作。

2) 本工程投运后，运营单位继续做好陆域和海洋环境跟踪监测及评价、温排水跟踪影响监测及评价工作，反映本工程对环境的实际影响情况。