

秦山三期（重水堆）核电站工程配套重 水精馏设施项目环境影响报告表

秦山第三核电有限公司
2021.12



建设项目环境影响报告表

(污染影响类)

项目名称: 秦山三期(重水堆)核电站工程
配套重水精馏设施项目

建设单位(盖章): 秦山第三核电有限公司

编制日期: 二〇二一年十二月

中华人民共和国生态环境部制

打印编号: 1640683401000

编制单位和编制人员情况表

| | | | |
|------------------|---|----------|---|
| 项目编号 | 10wo2e | | |
| 建设项目名称 | 秦山三期（重水堆）核电站工程配套重水精馏设施项目 | | |
| 建设项目类别 | 55--167核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产、加工、贮存、后处理设施；放射性污染治理项目 | | |
| 环境影响评价文件类型 | 报告表 | | |
| 一、建设单位情况 | | | |
| 单位名称（盖章） | 秦山第三核电有限公司 | | |
| 统一社会信用代码 | 913304241429418854 | | |
| 法定代表人（签章） | 黄潜  | | |
| 主要负责人（签字） | 邹正宇  | | |
| 直接负责的主管人员（签字） | 姚照红  | | |
| 二、编制单位情况 | | | |
| 单位名称（盖章） | 中国核电工程有限公司 | | |
| 统一社会信用代码 | 911100001000027329 | | |
| 三、编制人员情况 | | | |
| 1. 编制主持人 | | | |
| 姓名 | 职业资格证书管理号 | 信用编号 | 签字 |
| 薛娜 | 2016035110350000003512110317 | BH026661 |  |
| 2. 主要编制人员 | | | |
| 姓名 | 主要编写内容 | 信用编号 | 签字 |
| 薛娜 | 全部章节内容 | BH026661 |  |

一、建设项目基本情况

| | | | |
|-------------------|---|---------------------------|---|
| 建设项目名称 | 秦山三期（重水堆）核电站工程配套重水精馏设施项目 | | |
| 项目代码 | 无 | | |
| 建设单位联系人 | 郑奕 | 联系方式 | 0573-86651855 |
| 建设地点 | 浙江省（自治区） <u>嘉兴市海盐县</u> （区） <u>秦山乡</u> （街道） <u>秦山第三核电厂厂区内</u> | | |
| 地理坐标 | （ <u>120度57分3.844秒</u> ， <u>30度26分47.761秒</u> ） | | |
| 国民经济行业类别 | D4414 核力发电 | 建设项目行业类别 | 55-167 核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产、加工、贮存、后处理设施；放射性污染治理项目 |
| 建设性质 | <input type="checkbox"/> 新建（迁建） <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input checked="" type="checkbox"/> 技术改造 | 建设项目申报情形 | <input checked="" type="checkbox"/> 首次申报项目 <input type="checkbox"/> 不予批准后再次申报项目 <input type="checkbox"/> 超五年重新审核项目 <input type="checkbox"/> 重大变动重新报批项目 |
| 项目审批（核准/备案）部门（选填） | / | 项目审批（核准/备案）文号（选填） | / |
| 总投资（万元） | 60358 | 环保投资（万元） | 432 |
| 环保投资占比（%） | 0.72% | 施工工期 | 35 个月 |
| 是否开工建设 | <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是：_____ | 用地（用海）面积（m ² ） | 3264.63 |
| 专项评价设置情况 | 无 | | |
| 规划情况 | 无 | | |
| 规划环境影响评价情况 | 无 | | |

| | |
|-------------------------|---|
| <p>规划及规划环境影响评价符合性分析</p> | <p>根据《海盐中心城区总体规划（2011-2020）》，其规划确定的城市规划区范围为海盐县城区所辖行政范围，包括武原街道、西塘桥街道、元通街道和秦山街道四个行政单元，面积232.2平方千米，其中陆域面积约226.8平方千米。</p> <p>一）空间结构：</p> <p>规划海盐中心城区的空间结构为“一轴一带四片，双心多廊”。</p> <p>“一轴”：为东西大道城市产业与功能发展轴；</p> <p>“一带”：为滨海城市与生态发展带；</p> <p>“四片”：武原、西塘桥、元通、秦山四个街道内的城市发展片区；</p> <p>“双心”：分别为由老城区与滨海新区组成的城市主中心，以及大桥新区（西塘桥街道）的城市次中心。主中心为整个城市以及海盐县域服务，次中心主要为城市北部地区服务；</p> <p>“多廊”：由基础设施走廊防护绿带、各组团间隔离绿道以及滨水绿带组成的生态廊道网络。</p> <p>二）分区发展引导—秦山街道</p> <p>1、空间优化方向</p> <p>（1）严格遵守核电限制区界限，对限制区内的产业与用地按核电相关要求严格控制；</p> <p>（2）功能以核工业、物流为主，配套一定的居住、商贸功能，严格限制常住人口增长；</p> <p>（3）产业引进限制劳动密集型产业，且以核电关联产业为主。</p> |
|-------------------------|---|

| | <p>2、功能引导</p> <p>将秦山街道进一步划分为核电站片、秦山老镇区片、核电关联产业区片和综合配套服务片等四个片区。</p> <p>(1) 核电站片：承载功能为核电生产，加强核电站及周边地区向外疏散的核应急通道体系，并与百尺路、01省道等区域主要交通通道衔接。</p> <p>(2) 秦山老镇区片：近期保留并控制新的城市建设发生，确保其总人口不再有新的机械增长；远期随着人口的减少，逐步将镇区人口和设施向核电限制区外迁移，与武原街道共建共享，与主城区对接发展。</p> <p>(3) 核电关联产业区片：适度发展居住、商贸等功能；处于核电限制区内部的区域，结合现状核电关联产业园区，引进与核电相关的非劳动密集型产业，限制机械人口增长。在何家桥海河联运区，发展港口、仓储、物流等功能。</p> <p>(4) 综合配套服务片区：布置全国性核电运行服务基地，包括核电科研培训中心、核电宣传教育中心、核电备品备件中心及核电技术调试中心等。在北侧布置秦山街道的公共服务中心和居住区块，形成街道新的居住功能区。</p> <p>本项目位于海盐县秦山镇秦山三期厂区内，建设场地均利用核电站厂区内空地或拆除原有建筑物后进行建设，符合规划相关要求。</p> | | | | | | |
|---------|---|-----|------|-----|--------|---|----|
| 其他符合性分析 | <p>1. “三线一单”符合性分析</p> <p>本项目位于海盐县秦山镇秦山三期厂区内，符合“三线一单”相关要求，详见下表。</p> <table border="1" data-bbox="534 1825 1380 1971"> <thead> <tr> <th>类别</th> <th>项目情况</th> <th>符合性</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>生态保护红线</td> <td>本项目拟建于浙江省海盐县秦山核电基地秦山三期原有厂区范围内，不涉及海盐县生态保护红线区域。</td> <td>符合</td> </tr> </tbody> </table> | 类别 | 项目情况 | 符合性 | 生态保护红线 | 本项目拟建于浙江省海盐县秦山核电基地秦山三期原有厂区范围内，不涉及海盐县生态保护红线区域。 | 符合 |
| 类别 | 项目情况 | 符合性 | | | | | |
| 生态保护红线 | 本项目拟建于浙江省海盐县秦山核电基地秦山三期原有厂区范围内，不涉及海盐县生态保护红线区域。 | 符合 | | | | | |

| | | |
|---|---|----|
| 环境质量底线 | 本项目运行期产生的放射性和非放射性废气和废水、固体废物都将会按照相关要求妥善处理 and 处置后排放，辐射环境影响满足相关的法规标准要求。本项目屏蔽泵、冷水机组、冷凝水泵运行时会产生噪声，通过选用低噪声的设备，并采取相应的减振、隔声、吸声等控制措施，对周围声环境影响小。 | 符合 |
| 资源利用上线 | 本项目消防、供电及给排水等均依托现有已批复的工程设施，无高能耗生产设备及工艺，符合资源利用上线要求。 | 符合 |
| 生态环境准入清单 | 本项目为降低秦山三期（重水堆）核电机组高氟运行风险，同时为压力管更换创造便利条件。本项目位于海盐县秦山镇秦山三期厂区内，根据《海盐县“三线一单”生态环境分区管控方案》（盐政办发〔2020〕73号），属于“海盐县秦山核电站生态保障区优先保护单元（ZH33042410002）”，该区域污染物排放管控要求为：严禁水功能在Ⅱ类以上河流设置排污口，区域内工业污染物排放总量不得增加（核电关联工业除外）严禁水功能在Ⅱ类以上河流设置排污口，区域内工业污染物排放总量不得增加（核电关联工业除外）。本项目建设符合相关要求。 | 符合 |
| <p>2. 产业政策相符性分析</p> <p>经查询《产业结构调整指导目录（2019年本）》（国家发展改革委第29号令，2019年10月30日，自2020年1月1日起施行），本项目属于“鼓励类，四十三、环境保护与资源节约综合利用”中的“15、“三废”综合利用与治理技术、装备和工程”。</p> <p>经查询海盐县《市场准入负面清单（2020年）》（盐发改〔2020〕552号），2020年12月17日），本项目不属于其中的相关项目。</p> <p>综上，拟建项目符合相关产业政策要求。</p> | | |

二、建设项目工程分析

| | |
|------|--|
| 建设内容 | <p>1.建设背景</p> <p>秦山第三核电有限公司（以下简称“秦山三核”或“秦山三期”，为便于描述，部分地方称“秦山三厂”）成立于1997年1月，是秦山三期（重水堆）核电站工程的业主单位，位于浙江省海盐县。秦山三期（重水堆）核电站工程于1998年6月8日开工建设，装机容量为2×728MWe，分别于2002年12月31日和2003年7月24日投入商业运行。2005年9月22日，工程通过国家竣工验收。2017年1月1日，根据中核集团统一部署，秦山核电有限公司、核电秦山联营有限公司、秦山第三核电有限公司、中核核电管理运行管理有限公司等四家法人公司按照合署办公的方式运作。</p> <p>随着运行堆年的增加，秦山三核两台机组慢化剂中的氚比活度逐年增长，工作人员的内照射剂量也逐渐增加。如果不采取除氚措施，更换压力管期间的慢化剂系统冲洗工作将可能导致超过我国环境排放限值要求。</p> <p>目前秦山三核的高氚问题已经引起国家生态环境部的关注。尤其在日本福岛核事件后，国家对氚的排放管理越来越严。秦山三核开展慢化剂重水处理、降低重水氚比活度，显得更为重要和紧迫。为了降低秦山三核高氚运行的风险并确保两台机组压力管更换工作的顺利进行，需尽快完成重水堆机组配套重水精馏设施项目的建设以降低机组氚比活度。</p> <p>2.建设内容及建设规模</p> <p>（1）建设内容</p> <p>本项目主要建设内容为：新建重水精馏厂房，建设重水传输管廊及配套室外工程（公用工程），对重水堆机组与精馏设施相关接口进行适应性改造。主要建设内容包括四部分：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 新建重水精馏厂房；2) 建设重水传输管廊； |
|------|--|

3) 堆内接口改造;

4) 室外工程(水、电、风、气等公用工程)。

新增主要工艺设备 8 台(套), 新增建筑面积 7962.66m², 总投资 60358 万元, 资金来源由秦山第三核电有限公司自筹。具体建设内容见表 2-1。

重水精馏厂房长35.0m, 宽31.0m, 总建筑面积7962.66m², 占地面积884.74m², 建筑高度46.2m, 室内外高差300mm。厂房生产火灾危险性分类为丁类, 建筑物耐火等级为一级, 设计使用年限为50年。厂房为混凝土结构, 地下一层, 地上八层。厂房地下一层至地上二层层高均为6.0m, 地上三层至地上五层、地上七层层高均为5.5m, 地上六层层高6.5m, 地上八层层高4.5m。厂房内设置两部电梯用于人员及物料的垂直运输。

重水传输管廊连接重水精馏厂房与核辅助厂房, 为单层框架--剪力墙结构, 底层架空, 管廊净宽1.7m, 净高2.0m。管廊内布置有工艺管道、辅助系统桥架及人员通行格栅板走廊。管廊设计使用年限为50年。

表 2-1 项目主要建设内容一览表

| 序号 | 项目 | 建设内容 | 新建面积 | 新增设备台/套数 |
|----|----------|--|-----------------------|----------|
| 1 | 重水精馏厂房 | 新建精馏系统等主工艺系统; 新建冷冻水系统、通风系统、自控系统、氚浓度监测系统辅助配套系统 | 7962.66m ² | 8 |
| 2 | 建设重水传输管廊 | 新建综合管廊, 主要包括重水传输管道和废液传输管线等 | --- | --- |
| 3 | 堆内接口改造 | 呼吸压空系统; 低氚重水返回系统; 放射性废液输出系统; 降级重水传输系统; 重水原料输入系统; 高氚重水返回系统; 生产上水系统等 | --- | --- |
| 4 | 室外工程 | 水、电、风、气等的供应 | --- | --- |

(2) 运行模式

以三年为一个运行周期, 首先对 1 号机组的重水进行连续处理, 然后切换处理 2 号机组的重水, 照此顺序依次进行。

3. 项目主要生产设备

本项目主工艺系统功能包括重水进料系统、精馏系统、产品水系统、高氘重水贮存系统、不凝气处理系统、重水应急系统、重水分析取样系统、降级重水系统、蒸汽回收系统，各系统及设备配置情况见表 2-2。

表 2-2 工艺系统主要功能及设备配置情况

| 序号 | 系统名称 | 系统功能 |
|----|----------|-------------------------|
| 1 | 重水进料系统 | 进料重水暂存、输送 |
| 2 | 精馏系统 | DTO/D ₂ O 分离 |
| 3 | 产品水系统 | 产品重水暂存、输送 |
| 4 | 高氘重水贮存系统 | 高氘重水贮存、输送 |
| 5 | 不凝气处理系统 | 不凝气冷凝、捕集 |
| 6 | 重水应急系统 | 重水应急暂存、输送 |
| 7 | 重水分析取样系统 | 重水浓度在线分析、取样 |
| 8 | 降级重水系统 | 降级重水暂存、输送 |
| 9 | 蒸汽回收系统 | 重水蒸汽回收 |

4. 公用工程及辅助工程

本项目公用工程及辅助工程主要包括循环冷却水系统、生活给水系统、淋浴热水系统、除盐水系统、局部排风系统、全面通风系统和除湿空调系统，相关系统具体情况详见技术附件。

5. 劳动定员及工作制度

本项目工作人员由秦山三期现有工作人员调配，设施运行将不设置倒班岗位。本项目管理纳入秦山三期统一管理。具体岗位设置、人员配备及其工作制度见表 2-3。

表 2-3 岗位设置、人员配备及其说明

| 领域 | 岗位 | 工作制度 | 岗位人数 | 备注 |
|-------|--------|------|------|-----------|
| | 负责人 | 白班 | 2 | |
| 运行支持组 | 组长 | 白班 | 1 | |
| | 设备工程师 | 白班 | 2 | |
| | 化学分析 | 白班 | 1 | |
| | 辐射防护支持 | 白班 | 1 | |
| | 运行支持 | 白班 | 9 | 重水操作及运行支持 |
| | 重水管理 | 白班 | 1 | |
| 检修组 | 机械维修 | 白班 | 2 | |
| | 仪控维修 | 白班 | 2 | |
| | 合计 | | 21 | |

6. 厂区平面布置

本项目主要由重水精馏厂房（WD81）和重水传输管廊（WD81-1）组成。

6.1 重水精馏厂房（WD81）

场地上原有一座次氯酸钠发生站（50）子项，现已拆除，同时需要拆除部分道路和地下管线设施。厂房整体位于秦三厂的东南角，全年最小风频的下风向。建设用地位于边角地带，呈不规则状。

重水精馏厂房布置宜靠近核岛厂房，减少重水传输管廊长度，方便管廊的设计，同时要避开海水隧道回填区域和其他地下管沟、管线。

新建厂房距离东北角循环水泵房的距离需满足《核电厂总平面及运输设计规范 GB/T50294-2014》要求，考虑到循环水泵房耐火等级及火灾危险性，间距预留至少 15m。

重水精馏东南边由地形图可知，靠近海堤侧基岩高度无法到达地面标高，判断为回填区。故考虑到建筑基础埋深 7m，按照 1:1 放坡，加上施工距离且不破坏越浪沟，需要至少 9m 的距离。

重水精馏厂房与油务车间之间距离满足《核电厂总平面及运输设计规范 GB/T50294-2014》、《建筑设计防火规范 GB50016-2014》（2018 年版）的最小距离 13m 的要求。

重水精馏厂房（WD81）的布置受限于场地北侧地下埋深 20m 左右的海水隧道，也需要考虑与场地南侧的油务厂房的防火间距以及场地的工程地质、水文条件，因此场地的利用程度不高，且建筑物基础需要布置在基岩上，不利于建筑外形设计和总平面布置。为充分适应场地外形不太规则的现状，最大程度利用好场地面积，故本工程新建建筑外形选择与场地外形基本相似，厂房布置在距离油务厂房北侧 13m，距离海水隧道南侧 2.8m 的位置处。

厂房整体位于秦三厂的东南角，在全年最小风频的下风向。建设用地西面和北面为厂房主要道路，建筑物的主要物流、人流出入口面向北侧消防登高场地，方便人员进出。厂房人流出入口新建人行道与厂区新建道路相接。

| | |
|-------------------|--|
| | <p>建筑物南侧有一油务厂房，考虑消防防火要求，未布置无人员、物流出入口及门窗。</p> <p>6.2 重水传输管廊（WD81-1）</p> <p>本工程重水传输管廊（WD81-1）子项为架空布置。</p> <p>根据《秦山三期（重水堆）核电站工程配套重水精馏设施岩土工程详勘中间成果报告》，WD81-1 子项基底以下不满足上部荷载要求，且存在填入层厚度较深地段，建议采用桩基础，以强~微风化岩层作为桩端持力层。</p> <p>根据中核核电运行管理有限公司《次氯酸钠周边沟槽开挖图》以及《地下管线布置图（含海水隧道管沟）》，判断场地多为回填区。如海水隧道管沟开挖二十多米深，用级配碎石回填。由于重水管廊有一级抗震要求，结构无法架设在回填区，回填土不满足结构抗震的强度需求。故根据业主提供的《大面积开挖图》（2020年8月19日），架空重水管廊，将支架结构基础布置在未开挖或开挖回填不深处，架空跨越场地回填区以及厂内主要道路。架空管廊经过道路处，管廊底部与路拱标高保持不小于6m距离。</p> |
| <p>工艺流程和产排污环节</p> | <p>1.项目工艺流程</p> <p>本项目直接操作重水的工艺系统共计9个，包括：重水进料系统、精馏系统、不凝气处理系统、产品水系统、降级重水系统、高氘重水贮存系统、蒸汽回收系统、重水应急系统、重水分析取样系统。</p> <p>为满足主工艺系统对气体、冷冻水、冷冻液和蒸汽的需求，本项目设置了辅助工艺系统，主要包含：供气系统、冷冻水和冷冻液系统、辅助蒸汽及凝结水系统等。其中，供气系统分为厂用压缩空气系统，呼吸压缩空气系统和氦气供应系统；辅助蒸汽及凝结水系统主要包括辅助蒸汽分配系统和凝结水回收系统。主工艺工艺流程简图如图2-1所示。</p> |

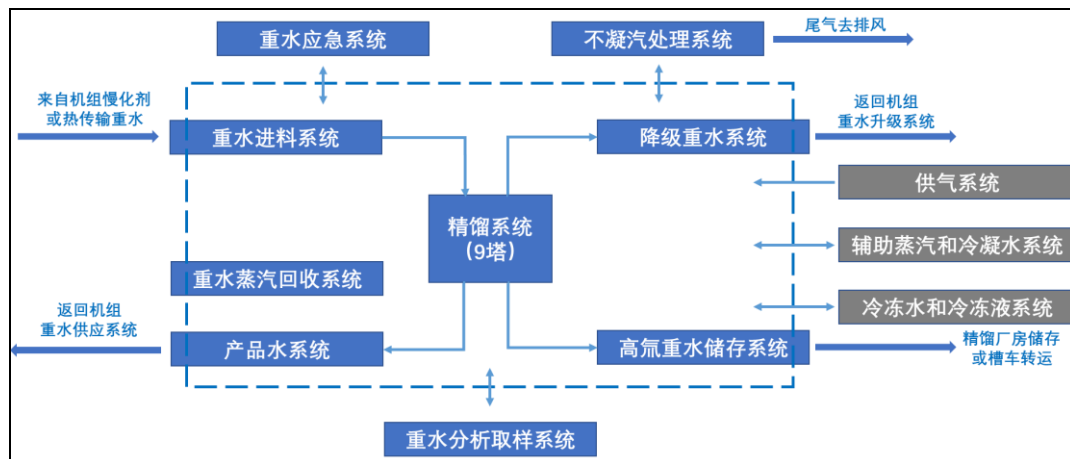


图 2-1 重水精馏厂房主工艺系统与辅助工艺系统组成

反应堆慢化剂重水经重水传输管廊泵送至重水精馏厂房重水进料系统储槽内，分析检测合格后，自流入精馏系统进行分离，其中脱氙后的产品水在产品水系统中净化和分析检测合格后，经重水传输管廊泵送回反应堆慢化剂系统；脱氙后轻水含量较高的降级重水在降级重水系统中分析检测合格后，经重水传输管廊泵送回反应堆重水升级系统；氙含量较高的浓缩液在高氙重水储存系统中净化和分析检测合格后暂存，并适时经重水传输管廊泵送回反应堆或通过槽车转移。设置重水应急系统在事故情况下接收各系统漏液，并收集事故淋洗废液和厂房除湿废水；设置重水分析取样系统对精馏塔及储罐中产品进行分析；设置重水蒸汽回收系统在事故情况下对各房间含氙蒸汽进行回收；设置不凝气处理系统对各系统尾气进行深度处理，保证氙浓度达标排放。

2. 产排污环节及主要污染物

2.1 气载流出物

本项目气载流出物来源主要包括：系统尾气、工作场所排风换气、工艺操作导致的释放。

(1) 系统尾气

系统尾气分三部分，一部分为氙化水辐解产生的氙气，其不会被冷凝系

统冷凝处理；一部分为不凝气处理系统冷凝后残留的水蒸气；另一部分为氟化重水中存在的杂质核素。

高氟重水储罐中的氘气在管路中循环留洞，经氢氧复合装置处理，不对外排放；其余各精馏塔及储罐年产生辐解氢气量总计为 19.186TBq。

本项目主工艺系统为负压操作，在正常运行时厂房空气向主工艺系统渗漏，空气在主工艺系统中随着系统尾气流动，最后经不凝气处理系统处理后，经局排系统排入大气。精馏系统尾气中氟化水年排放量为 10.90TBq/a。

重水中¹⁴C按CO₂考虑，年排放量为4.75E-3TBq/a。⁴¹Ar半衰期为1.83h，重水中的氩随储存时间很快衰减，因此也可以忽略本设施向环境排放的⁴¹Ar气体对环境的影响。其它杂质为不可挥发盐份，由于本设施向环境排放的氟化水总量很小，因此向环境排放量也是可以忽略的。

(2) 工作场所排风换气

工作场所排风换气向环境释放的气态氟是工艺系统各设备泄漏到工作场所的部分。根据不同系统的气相体积和气相水活度计算氟化水总释放量为 5.247TBq/a。

(3) 工艺操作导致的释放

工艺操作过程中，释放源包括在通风柜、手套箱等设备内进行的取样过程以及高氟重水槽车转移过程。经计算，由于工艺操作过程导致氟化水向环境的年排放量为9.94E-2TBq。

表 2-4 重水精馏厂房气载流出物汇总表

| 源项 | | 向环境排放量 TBq/a |
|-----------|---------------------|--------------|
| 系统尾气 | 辐解氢气 | 19.186 |
| | 不凝气夹带水蒸气 | 10.90 |
| | CO ₂ 、Ar | 4.75E-3 |
| 工作场所排风换气 | | 5.247 |
| 工艺操作导致的释放 | | 9.94E-2 |

2.2 液态流出物

本项目运行期间蒸汽回收系统回收的液体收集后经管道输送至1#机组重

水升级系统回收；本项目运行期间不凝气处理系统产生的含氚重水返回到降级重水储罐，返回1#机组重水升级系统处理。

本项目运行期间污染工作人员去污产生的去污废水，年产生量约为 $1\text{m}^3/\text{a}$ ，活度浓度 $<1000\text{Bq/L}$ ；本项目精馏大厅采用循环风方案，通风系统冷凝水产量约 $500\text{m}^3/\text{a}$ ，活度浓度约为 $4.4\times 10^6\text{Bq/L}$ 。

本项目废水产生量为 2.2TBq/a ，废水收集到储罐内，定期输送至1#机组废液处理系统处理后排放。废水转移前取样分析氚活度浓度。

2.3 固体废物

本项目运行期间产生的固体废物主要是干燥剂、取样瓶、金属催化剂、棉织物等。固体废物在本设施内分类收集，包装。

吸水性固体废物，如擦拭产生的棉织物，送1号机组现有固体废物处理系统烘干处理；其它废物经表面污染检测合格后，送至秦山三期现有废物库暂存。

主工艺系统中的高氚重水贮存系统使用的氢氧复合装置含有金属催化剂，装料 $20\text{kg}/\text{台}$ ，更换周期为每两年一次，合计更换量为每2年更换 80kg 。

主工艺系统中的蒸汽回收系统的蒸汽回收装置中含有干燥剂，装料量为 $1\text{吨}/\text{台}$ ，五年更换，产生量为 1t 。

事故情况下，专业人员会穿着整套防护服、手套与呼吸面罩系统进行工作，作业完成后，发生辐射沾染的防护服、手套与呼吸面罩会打包装桶，运输出精馏设施厂房，送至核电站原有的放射性废物处理设施进行统一处理。

生活垃圾由具有资质的单位及时清运。

本工程运行过程中会产生一定量的润滑油、液压油、机油等危险废物，预计平均约 $150\text{kg}/\text{年}$ ；UPS 电池预计约 2400kg （8-10 年更换）。送至核电站危险废物库（正在建设中，预计 2022 年建成投产）进行统一收集和委托专业公司进行处理。

与项目有关的原有环境污染问题

1 现有工程基本情况

秦山核电基地位于浙江省嘉兴市海盐县秦山街道，濒临东海杭州湾。基地内包含秦山一期 1 台机组、秦山二期 4 台机组、秦山三期 2 台机组和方家山 2 台机组，目前共有九台机组投入商业运行。

其中秦山一期是我国自行设计、建造和运行管理的第一座核电站，为一台 30 万千瓦压水堆机组，于 1994 年投入商业运行；秦山二期包含四台 65 万千瓦压水堆机组，分两期建设，均已投入运行；秦山三期工程共有 2 台 CANDU-6 核电机组，电站于 1998 年 6 月开工，2003 年 7 月投产。方家山核电两台机组是秦山一期核电工程的扩建项目，分别在 2014 年 11 月和 2015 年 2 月投产。

2 现有工程审批情况

秦山三期（重水堆）核电工程于 1998 年 6 月开工建设，装机容量为 $2 \times 728\text{MWe}$ ，分别于 2002 年 12 月和 2003 年 7 月投入商业运行。秦山三期运行阶段环境影响报告书于 2002 年 7 月获得原国家环境保护总局的批复环审【2002】188 号。2005 年 9 月，秦山三期核电站工程通过了国家竣工验收。自商业运行以来，秦山三期两台核电机组保持了完全稳定的运行。

3 现有工程污染防治措施

根据《秦山三期（重水堆）核电站工程环境影响报告书（首次装料阶段）》，秦山第三核电厂运行产生的放射性废液根据放射性浓度分为低放废液、放射性废液和特殊废液。秦山第三核电厂的两台机组各有一套独立的放射性废液处理系统，低放废液和放射性废液分别进入系统两个不同的废液暂存箱，液态流出物经取样监测合格后通过暂存箱向环境排放，如果排放不满足要求，则对废液进行净化处理后，经取样监测合格后通过暂存箱向环境排放。特殊废液经检测如重水含量超过 2%，则要首先进入重水净化系统处理，然后进入废液暂存箱，经检测合格后向环境排放。对废液处理的主要设施为过滤器和混床离子交换器，如一次处理后还不符合排放标准，可循环处理，直至符合

排放标准。

秦山第三核电厂放射性废气净化处理系统主要包括反应堆厂房通风净化系统、乏燃料池通风净化系统、辅助厂房通风净化系统。反应堆厂房和乏燃料池的排风通过由前置过滤器、前高效过滤器、活性炭吸附器和后高效过滤器组成的过滤净化装置过滤净化后排向烟囱。辅助厂房的排风经过前置过滤器和高效过滤器过滤净化后排向烟囱。另外，重水蒸汽回收系统可使气体中的氚含量降低 20 倍，其排风送至反应堆厂房通风净化系统处理；来自破损燃料储存器和重水收集系统的放射性废气送至活性炭延迟床装置（两台机组公用，在 1 号机组内）处理后，再送至辅助厂房通风净化系统。

秦山第三核电厂产生的固体废物主要包括废树脂、废过滤器芯子、可压缩废物和不可压缩废物、有机废物。每台机组在辅助厂房内设置两个混凝土贮槽，废树脂暂存在废树脂贮槽内。废过滤器芯子装入混凝土容器内，暂存在固体废物库。可压缩废物、不可压缩废物用 200L 钢桶装桶、压缩打包，暂存在放射性固体废物暂存库内。有机废物包括放射性废油和清洗剂，采用 200L 标准钢桶包装，暂存在放射性固体废物暂存库内。

4 现有工程排污情况

根据《秦山核电环境质量年报（2020 年）》，秦山第三核电厂废液处理系统和废气处理系统运行正常，符合设计要求。秦山第三核电厂严格按照《放射性流出物排放控制和监测》制度对废液、废气进行控制，2020 年度液态流出物排放申请 1133 批次，批准排放 1133 批次，无非计划排放和超标排放。

2020 年，秦三厂放射性固体废物处理、监测、运输、贮存系统运行正常。放射性固体废物使用专用车辆运输，运输过程可控，暂存库内贮存废物状态可控、账物相符。

5 主要环境问题及整改措施

无。

三、区域环境质量现状、环境保护目标及评价标准

| | |
|----------------------|--|
| 区域 环境 质量 现状 | <p>1 社会环境现状</p> <p>本节内容根据中国辐射防护研究院于 2021 年 9 月完成的《秦山核电周边人口、食谱、交通和人为外部事件等调查服务项目》进行编制。</p> <p>(1) 人口分布</p> <p>厂址半径 80km 范围内 2018 年底总人口总数为 20054399 人，陆域平均人口密度为 1001 人/km²，高于浙江省同期平均人口（陆域面积）密度 474 人/km²。</p> <p>厂址半径 80km 范围内有一个集中居住人口超百万的城市，是位于厂址 W~WSW 方位 71km 的杭州市市区（浙江省、杭州市政府驻地），共有集中居住人口 6353005 人。厂址半径 80km 范围内除杭州市外，无其它百万人以上大城市。</p> <p>厂址半径 15km 范围涉及海盐县的全部秦山街道、武原街道，部分澉浦镇、通元镇、于城镇、西塘桥街道的 74 个千人以上行政村（社区、居委会）。厂址半径 15km 范围内最近的千人以上行政村为秦山街道秦山社区，共有人口 1452 人，位于本项目 W 方位约 2.5km；最大的千人以上行政村为武原街道文昌社区，共有人口 10488 人，位于本项目 N 方位约 9.4km。厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的城镇。</p> <p>厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口中心，主要涉及 7 个行政村，38 个自然村。距离厂址最近的自然村为秦山街道秦山社区的钟家桥自然村，共有人口 273 人，位于厂址 W 方位 2.3km。人口数最多的自然村是北团（3 组、4 组、5 组、6 组、7 组、8 组、9 组、15 组、17 组），有人口数 945 人，位于厂址 W 方位约 4.5km。</p> <p>(2) 农业、畜牧业、矿业</p> <p>厂址半径 15km 范围内主要涉及海盐县秦山街道、武原街道、澉浦镇、</p> |
|----------------------|--|

通元镇、望海街道、于城镇。粮食作物播种面积共计 13656 公顷，年产量 80844 吨；油料作物播种面积 229 公顷，年产量 601 吨；蔬菜作物 3636 公顷，年产量 125551 吨；水果播种面积 1737 公顷，年产 56563 吨。所产作物大部分销往北方，少量自给自足。海盐县特色蔬菜产品——包心菜，全部外销，涉及山东、江苏等省。其余蔬菜销售在长三角地区。

厂址半径 15km 范围内没有规模养殖奶牛场，也没有个体户散养情况，无生猪养殖场。2018 年末羊存栏 39956 只，出栏 67357 只；家禽类共存栏 4355651 羽，出栏 10152906 羽；兔存栏 31624 只，出栏 44794 只。

秦山核电厂区域占地类型，目前没有矿产开采。根据十三五《嘉兴市矿产资源和地址环境保护规划(2016~2020 年)》对地热资源开展勘察，其中海盐县西塘桥-平湖市林埭远景勘察区，勘察区秦山一期厂址 N~NNE 方位，距离约 20km，面积约 99 平方公里，暂未开展勘察工作。海盐南北湖远景勘察区，勘察区秦山一期厂址 SW~WSW 方位，距离约 11km，面积约 31 平方公里，区内地热资源勘察处于完成地热井勘探井位设计阶段。

(3) 公共设施

厂址半径 15km 范围内有中学级以上学校 12 所，小学 14 所，幼儿园 33 所。其中距离最近的是海盐县秦山街道海贝幼儿园，有学生 56 人，教职工 7 人，位于厂址 W 位约 1.8km。

厂址半径 15km 范围内有医院、卫生院共 21 所，共有医务人员 2352 人。其中距离厂址最近的海盐县秦山街道社区卫生服务中心，有医务人员 74 人，位于厂址 NW 位约 2.3km 处。医务人员人数最多是海盐县人民医院，有医务人员 837 人，位于厂址 NNW 位约 8.9km 处。

厂址半径 15km 范围内有养老院等福利院共 5 所，2018 年入住 491 人，服务人员共 82 人。其中距离厂址最近的澈浦镇清泉园，入住 29 人，服务人员共 7 人，位于厂址 SW 位 7.5km 处。养老院等福利院人数最多的是海盐县

幸福颐养康复中心，入住 513 人，服务人员共 35 人，位于厂址 NNW 位 7.7km 处。

厂址半径 15km 范围内无监狱。

2. 大气环境质量现状

根据 2021 年 7 月 9 日嘉兴市生态环境保护局海盐分局发布的《2020 年海盐县环境状况白皮书》中相关数据，2020 年，海盐县环境空气质量连续三年达标，细颗粒物（PM_{2.5}）、可吸入颗粒物（PM₁₀）、二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、一氧化碳（CO）及臭氧（O₃）等六项指标全部符合国家《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级及以上浓度限值，其中，二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）及一氧化碳（CO）符合国家环境空气质量一级标准；细颗粒物（PM_{2.5}）年均值为 27ug/m³，可吸入颗粒物（PM₁₀）年均值为 45ug/m³，均达到国家空气质量二级标准。空气质量优良率达到 94.8%。

3. 水环境质量现状

根据 2021 年 7 月 9 日嘉兴市生态环境保护局海盐分局发布的《2020 年海盐县环境状况白皮书》，2020 年，海盐县地表水常规监测水环境质量取得了历史性突破，县控以上断面三类水及以上比例首次达到 100%，根据《地表水环境质量评价办法》，地表水水质定性评价首次达到优秀，南北湖连续六年达到 II 类水标准。8 个市控以上断面水质全部达到 III 类。我县近岸海域包括了海塘外海和秦山外海两个监测点，2020 年，海盐县近岸海域水质有所改善，与去年相比，海塘外海监测点化学需氧量下降 17.4%，无机氮下降 25.2%，活性磷酸盐下降 12.9%；秦山外海监测点化学需氧量下降 6.8%，无机氮下降 24.2%，活性磷酸盐下降 19.7%。

4. 声环境质量现状

根据 2021 年 7 月 9 日嘉兴市生态环境保护局海盐分局发布的《2020 年海盐县环境状况白皮书》中相关数据，海盐县建成区有 116 个监测点位，城

市区域环境噪声等效声级在三级以上的测点合计为 105 个，占总数的 90.5%；城区共有 1 类、2 类、3 类和 4 类四个功能区 8 个监测点位，城市功能区声环境状况均达到了相应功能区的要求。

5.生态环境

根据海盐县 2020 年 10 月发布的《海盐县“三线一单”生态环境分区管控方案》，共划定环境管控单元 27 个，其中建立海盐县秦山核电站生态保障区优先保护单元的态环境准入清单。

根据《海盐县生态文明建设规划（2018-2025 年）》，海盐县共划定水源涵养类、风景名胜资源保护类和生物多样性维护类生态保护红线共 3 个：海盐县千亩荡水源涵养生态保护红线、海盐县南北湖风景名胜资源保护生态保护红线和海盐县澉浦西南部河岸生物多样性维护生态保护红线。

划定 3 个自然生态红线区，分别为南北湖风景名胜区、千亩荡饮用水水源保护区和天仙河饮用水水源保护区。划定 3 个生态功能保障区，分别为千亩荡饮用水水源准保护区、南北湖-滨海一带旅游度假与生物多样性保护区、海盐河道与交通廊道绿带生态屏障区。主导环境功能分别为水源涵养，生物多样性保护、旅游度假和生态屏障。

本项目位于浙江省海盐县秦山核电基地秦山三期原有厂区范围内，不涉及海盐县上述生态保护红线区域。

6.辐射环境

按《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)、《环境核辐射监测规定》(GB12379-1990)、《核电厂环境辐射监测规定》(NB/T20246-2013)要求，《秦山核电环境辐射监测大纲》中确定的陆地监测范围取 50 公里，重点监测在 20 公里以内；海域侧监测范围取 20-30km，重点 5km。

环境 γ 剂量率综合监测未观测到秦山各核电机组功率运行、换料检修工况及秦山第三核电厂乏燃料临时干式贮存设施运行所致的附加剂量，其测值

| | |
|------------------|---|
| | <p>波动基本反映了环境本底的涨落状况。除 ^3H 外，环境各介质中放射性核素浓度处于本底涨落范围或方家山核电厂现状调查涨落范围，与对照点环境辐射水平相当。</p> |
| <p>环境保护目标</p> | <p>本项目运行过程中，主要考虑对可能周围公众造成的辐射影响，其中，距离秦山三期最近的自然村为秦山街道秦山社区的钟家桥自然村，共有人 273 人，位于厂址 W 方位 2.3km；受本项目辐射影响最大的是秦兴社区的王家自然村，共有 173 人，位于厂址 WNW 方位 3km。</p> <p>本项目主要在秦山三期原厂区内进行建设，项目的主要环境影响范围集中在项目周边，根据前期调查资料，项目附近无国家及省级自然保护区、风景旅游地、名胜古迹和疗养院、生态脆弱敏感区等敏感目标。</p> |
| <p>污染物排放控制标准</p> | <p>1. 大气污染物排放标准</p> <p>本项目运营期间不产生大气污染物，不新增废气排放。</p> <p>2. 污水排放标准</p> <p>秦山三期污水排放满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表4 二级标准（其他）。</p> <p>3. 噪声标准</p> <p>建筑施工噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准，即昼间 70dB(A)、夜间 55dB(A)；厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中 3 类标准，即昼间≤65dB(A)，夜间≤55dB(A)。</p> |

4. 固体废弃物排放标准

项目一般固体废物的贮存、处置执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)中相关规定。

危险废物须按照《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2013)中的相关规定,放置于危废库内,并做好防护措施,防止二次污染。

5. 运行状态气液态流出物排放控制值

本项目运行状态下气液态流出物排放控制值执行《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)。

6. 正常运行状态的剂量约束值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)规定:任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量,每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值。秦山核电基地 9 台机组申请的剂量约束值为 0.23mSv/a。

在秦山三期建设期间,《秦山三期(重水堆)核电站工程环境影响报告书(首次装料阶段)》提出秦山三期的 2 个机组确定的评价剂量目标值为 0.05mSv/a。2002 年 7 月 16 日原国家环保总局环审[2002]188 号《关于秦山第三核电厂环境影响报告书(首次装料阶段)审查意见的复函》正式批准了该报告书。

本项目新建的重水精馏设施,是秦山三期重水堆核电站的配套设施。本项目排放的流出物对周围公众造成的最大个人剂量约为 0.0002mSv/a,远小于秦山三期的辐射影响(约 0.01mSv/a),本项目对秦山基地外的公众造成辐射影响的剂量约束值应与秦山三期以及秦山基地各期机组进行综合考虑,使秦山基地对公众造成的有效剂量满足 0.23mSv/a 的剂量约束值的要求。

7. 事故状态下的剂量控制值

根据 GB6249-2011 规定:“在发生一次稀有事故时,非居住区边界上公众

| | |
|---------------|---|
| | <p>在事故后 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。</p> <p>在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 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 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。”</p> |
| <p>总量控制指标</p> | <p>无</p> |

四、主要环境影响和保护措施

| | |
|---------------------------|--|
| 施工 期环 境保 护措 施 | <p>1. 施工期大气污染防治措施分析</p> <p>施工过程中，由于开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会使施工区域尘土飞扬、大气中粉尘含量增高。</p> <p>本工程施工过程中采取以下措施控制扬尘对环境的影响：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 施工现场进出口、主要道路和砂、石堆场，各种加工场地均已硬化；2) 施工区域内的临时道路专人清扫，洒水，各种加工场地及材料堆场划分责任区，由相关施工班组清扫；3) 水泥、砂、土等材料运输时封闭或严密覆盖；4) 建筑工程完工后必须及时清理现场和平整场地，消除各种尘源；5) 有扬尘产生的施工切割、打磨等尽量集中进行，密闭施工或带水作业，不能集中进行的尽量密闭作业；6) 为在粉尘工作环境中的施工人员配备口罩等防尘措施，并随时注意检查、救护；7) 运送各种建筑材料、施工垃圾、渣土的车辆应有遮盖和防护措施，防止建筑材料、建筑垃圾和尘土飞扬、洒落和流溢。 <p>土石方施工完成后，当地的大气质量将很快得以恢复。因此，施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的，对环境的影响是可以接受的。</p> <p>2. 施工期水污染防治措施分析</p> <p>陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水的排放，施工生产用水主要用于消耗和重复利用。</p> <p>本工程部分施工临建区所产生的生活污水，通过相应的收集管网汇集至污水处理站，经处理后达标排放。因此，陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。</p> |
|---------------------------|--|

3. 施工期噪声环境防治措施分析

土石方工程施工期间，各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响，本工程施工期间噪声控制措施主要如下：

1) 施工现场倡导文明施工，尽量减少人为的大声喧哗，增强全体施工人员防噪声扰民的自觉意识；

2) 车辆噪声采取保持技术状态完好和适当减低速度的方法进行控制；

3) 从声源上降低噪声。尽量选用低噪声设备和工艺，尽量选用环保型机械设备；

4) 从传播途径上控制噪声。对于噪声较大的设备，应采取吸声、隔音、隔振和阻尼等声学处理方法降低噪声，必要时设立专用工作间，以降低噪声；

5) 施工现场应切实采取措施，控制噪声的产生。如进场使用的机械设备要定期维护保养，确保机械设备处于完好的技术状态；施工过程中严禁机械设备超负荷运转；禁止夜间使用噪声比较大的机械；模板、脚手架等支拆、搬运、修理应轻拿轻放，维修时禁止使用大锤敲打，尽量降低人为产生的噪声等；

6) 为操作工人配备相应的劳动保护用品。

通过采取上述措施，可以有效降低施工噪声对环境的影响。由于施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，施工完毕，噪声也即消失。本工程在核电厂区施工，最近的居民点距离较远，不会出现扰民现象。

4. 施工期固废环境防治措施分析

施工期间，现场会产生一定数量的固体废弃物，主要是建筑垃圾和生活垃圾，若管理不善可能会对环境造成一定影响。

本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗

撒等。施工现场的生活垃圾应由专人负责清理，集中后由环卫部门定时清运。

5. 生态环境影响及防治措施分析

本工程建设在核电厂厂区内，工程施工期需要对厂址场地进行挖掘工作，可能对场址附近生态环境造成局部破坏，但不会对厂外及周边生态环境造成破坏。

本工程施工期间采取以下措施，减小挖掘等工作造成的影响：

- 1) 严格按照设计要求进行施工；
- 2) 场地平整时，先将具有肥力的表土进行剥离并集中堆放，施工结束后用于绿化；
- 3) 选择合理的施工时间，雨季施工应做好防护措施，对新开挖面采用土工布或塑料布等进行覆盖，防止雨水冲刷；
- 4) 优化施工工序，弃土弃渣要及时清运，弃土场应先拦后弃，防止弃土流失；对新形成的不稳定边坡要及时防护，避免长时间裸露；
- 5) 设置截排水沟，减少雨水冲刷边坡和场地；
- 6) 基础开挖的土石方要集中堆放，并及时回填于需要的地点或指定场地，避免水土流失；
- 7) 场地平整应与地下建筑施工相结合，统筹考虑，杜绝重复挖填，尽量避免或减少土石方来回倒运；
- 8) 施工时要合理安排施工顺序，遵循由深而浅、统筹考虑的原则，临近地下设施尽量同槽一次开挖，同时应确保基坑边坡的稳定；
- 9) 施工结束后，施工场地及厂区可绿化的区域应充分进行绿化，不能绿化的区域应进行硬化或铺设碎石，避免地面裸露。
- 10) 加强对施工人员的管理，严禁在规定的施工作业区以外乱弃、乱倒，严禁施工人员和机械随意扩大作业区和损坏植被面积。

在建设施工过程中，建设单位将有规划地对整个场区和场外道路实施绿

| | |
|--|---|
| | <p>化，注重保护厂址场地的生态环境，预计对局部生态环境的影响是可以接受的。</p> |
| <p>运营 期环 境影 响和 保护 措施</p> | <p>1. 正常运行影响分析</p> <p>1.1 正常运行排放源项分析</p> <p>本项目气载流出物来源主要包括：精馏系统尾气、工作场所排风换气、工艺操作导致的释放。计算得到系统各设备年产生辐解氢气量总计为 19.186TBq/a，精馏系统尾气中氙化水年排放量为 10.9TBq/a，C-14 年排放量分别为 4.75E-3TBq/a。工作场所排风换气导致氙化水向环境排放量最大不超过 5.247TBq/a。由于工艺操作过程导致氙化水向环境的年排放量为 9.94E-2TBq/a。因此，本项目正常运行期间气载流出物排放量最大不超过 35.44TBq/a。</p> <p>本项目运行期间蒸汽回收系统回收的液体收集后经管道输送至 1#机组重水升级系统回收；本项目运行期间不凝气处理系统产生的含氙重水返回到降级重水系统，返回 1#机组重水升级系统处理。</p> <p>本项目运行期间污染工作人员去污产生的去污废水，年产生量约为 1m³/a，活度浓度 < 1000Bq/L；本项目精馏大厅采用循环风方案，通风系统冷凝水产量约 500m³/a，废水产生量为 2.2TBq/a。废水收集到储罐内，定期输送至 1#机组废液处理系统处理后排放。废水转移前取样分析氙活度浓度。</p> <p>1.2 正常运行辐射影响影响分析</p> <p>本项目正常运行时，考虑气液态氙的排放对公众的辐射影响，其中气载氙的排放量按照 35.43TBq/a 考虑，液态流出物转移至秦山三期 1 号机组废液处理系统处理后排放。经计算，气载流出物对公众造成的最大个人剂量约为 2.39E-07Sv/a，液态流出物对公众造成的辐射剂量相比气载途径可以忽略。因此，本项目运行排放的气液态流出物对公众造成的最大个人剂量为</p> |

2.39E-07Sv/a, 仅占厂址剂量约束值 (0.23mSv/a) 的 0.10%, 对厂址周围公众的辐射影响是非常低的。

2. 事故工况影响分析

1.1 事故工况源项分析

本项目设计基准事故为含氙泄漏事故, 根据事故分析, 最大可能的释放源项为高氙重水储槽, 管道断裂 10 分钟后高氙重水泄露量为 $6.73 \times 10^3 \text{kg}$ 。最不利情况下, 蒸汽回收系统未启动, 全排未关闭, 引起的放射性物质泄露 10min 总活度为 $3.03 \times 10^6 \text{Ci}$ 。

1.2 事故工况影响分析

管道破损造成的泄漏可引起氙化重水向厂房中释放, 氙化重水在高氙重水储槽泄漏时气化量更大。高氙重水储罐泄漏考虑了四种工况 (蒸汽回收系统启动, 全排关; 蒸汽回收系统启动, 全排开; 蒸汽回收系统未启动, 全排关; 蒸汽回收系统未启动, 全排开) 对环境释放量的影响。

重水精馏设施位于秦山三期 1#机组核岛厂房东南方向, 与三期非居住区边界的最近距离约为 800m, 与规划限制区边界的最近距离约为 4880m。根据各事故工况向环境释放情况, 采用厂址气象数据, 计算各事故对公众造成的放射性后果。其中事故后果最严重的为蒸汽回收系统未启动, 全排开事故, 事故后 2h 距离释放烟囱 800m 处公众受到的有效剂量为 $8.03\text{E-}04\text{Sv}$, 甲状腺当量剂量为 $5.14\text{E-}04\text{Sv}$; 事故持续期间距离释放烟囱 4880m 处公众受到的有效剂量为 $1.68\text{E-}04\text{Sv}$, 甲状腺当量剂量为 $1.08\text{E-}04\text{Sv}$ 。综上所述, 事故的剂量后果满足 GB6249-2011 中要求的剂量限值。

3. 其他影响分析

3.1 废水

本项目室内卫生间产生生活污水排至室外生活污水管网, 经厂区的污水处理站处理后达标排放。本项目不新增员工, 因此可不考虑新增排放量。

3.2 噪声

本项目中的噪声主要来源于旋转机械，主要设备如下表所示：

| 序号 | 位置 | 名称 | 数量 | 主要规格 | 工作人员接触或操作方式 |
|----|------|-----|----|------|-------------|
| 1 | 地上八层 | 真空泵 | 2 | 85dB | 自动化操作 |
| 4 | 地上八层 | 真空泵 | 2 | 85dB | 自动化操作 |
| 9 | 地上八层 | 真空泵 | 2 | 85dB | 自动化操作 |

本项目屏蔽泵、冷水机组、冷凝水泵运行时会产生噪声。

通过选用低噪声的设备，并采取相应的减振、隔声、吸声和消声等控制措施；大部分生产设备的运行状态在控制室实现集中监控。所有设备均在厂房内部，且在运行期间，厂房内部的门窗均为密闭状态，对外部环境影响较小。

3.3 固体废物

本项目运行期间产生的固体废物主要是干燥剂、取样瓶、金属废物、棉织物等。固体废物在本设施内分类收集，包装。

吸水性固体废物，如擦拭产生的棉织物，送1号机组现有固体废物处理系统烘干处理；其它废物经表面污染检测合格后，送至秦山三期现有废物库暂存。

氢氧复合装置中更换失效催化剂时，将金属催化剂进行打包装桶，运输出精馏设施厂房，送至核电站原有的放射性废物处理设施进行统一处理。

蒸汽回收装置中干燥剂在更换时，将干燥剂进行打包装桶，运输出精馏设施厂房，送至核电站原有的放射性废物处理设施进行统一处理。

事故情况下，专业人员会穿着整套防护服、手套与呼吸面罩系统进行工作，作业完成后，发生辐射沾染的防护服、手套与呼吸面罩会打包装桶，运输出精馏设施厂房，送至核电站原有的放射性废物处理设施进行统一处理。

生活垃圾由具有资质的单位及时清运。

本工程运行过程中会产生一定量的润滑油、液压油、机油等危险废物，预计平均约150kg/年；UPS电池预计约2400kg（8-10年更换）。送至核电站危险废

物库（正在建设中，预计2022年建成投产）进行统一收集和委托专业公司进行处理。

5. 土壤和地下水环境影响分析

本项目地下部分防水等级为 I 级，基础底板及侧壁采用防水混凝土，抗渗等级根据埋深和地下水的压力确定，不得小于 P6；地下防水层材料选用弹性体改性沥青（SBS）防水卷材两层，基础底板防水卷材摩擦系数需达到 0.7 以上。

本项目重水精馏厂房、重水传输管廊设计上均考虑了抗震防渗，避免污染物的跑、冒、滴、漏污染地下水及土壤。

五、环境保护措施监督检查清单

| 内容 要素 | 排放口(编号、 名称)/污染源 | 污染物项目 | 环境保护措施 | 执行标准 |
|--------------|--|-------|------------------------------|--------------------------------------|
| 大气环境 | / | / | / | / |
| | / | / | / | / |
| | / | / | / | / |
| 地表水环境 | / | / | / | / |
| | / | / | / | / |
| | / | / | / | / |
| 声环境 | 屏蔽泵、冷水机组、冷凝水泵等 | 噪声 | 选用低噪声的设备，并采取相应的减振、隔声、吸声等控制措施 | 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 3 类标准 |
| | | | | |
| | | | | |
| 电磁辐射 | / | / | / | / |
| | | | | |
| | | | | |
| 固体废物 | 一般工业固废、生活垃圾和危险废物纳入核电厂统一管理和处理。 | | | |
| 土壤及地下水污染防治措施 | / | | | |
| 生态保护措施 | 加强厂区绿化；规范废气、废水、噪声、固废污染防治措施管理。 | | | |
| 环境风险防范措施 | / | | | |
| 其他环境管理要求 | 气液态流出物排放应满足《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011) 规定的剂量约束值、排放量控制值的要求。 | | | |

六、结论

本项目位于浙江省海盐县秦山镇秦山三期厂区内，符合“三线一单”相关要求。项目的建设符合国家和地方产业政策。拟采用的各项污染防治措施合理、有效；废水污染物可实现达标排放，厂界噪声可达标，固体废物全部综合利用或安全处置。项目投产后，对周边环境的影响是可接受的；环保投资可满足污染控制需要。在严格落实建设单位既定的污染防治措施和本报告中提出的各项环境保护对策前提下，从环保角度看，本项目的建设是可行的。

说明：若项目的建设地点、工程方案、建设规模发生大的变化时，应另行评价。

附表

建设项目污染物排放量汇总表

| 分类 \ 项目 | 污染物名称 | 现有工程 排放量（固体废物 产生量）① | 现有工程 许可排放量 ② | 在建工程 排放量（固体废物 产生量）③ | 本项目 排放量（固体废物 产生量）④ | 以新带老削减量 （新建项目不填）⑤ | 本项目建成后 全厂排放量（固体废物产 生量）⑥ | 变化量 ⑦ |
|--------------|----------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------|----------|
| 废气 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 废水 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 一般工业 固体废物 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 危险废物 | 废润滑油、液 压油、机油 | | | | 150kg/a | | | 150kg |
| | UPS 电池 (8-10 年更换) | | | | 2400kg | | | 2400kg |

注：⑥=①+③+④-⑤；⑦=⑥-①

秦山三期（重水堆）核电站工程配套重水精馏设施项目
环境影响报告表技术附件

目 录

| | |
|---------------------------|-----------|
| 1. 概述 | 35 |
| 1.1 秦山核电基地 | 35 |
| 1.2 项目概述 | 35 |
| 1.3 项目由来及意义 | 36 |
| 1.4 主要设备和厂房 | 38 |
| 1.5 评价依据 | 41 |
| 1.6 保护目标与评价范围 | 41 |
| 2. 厂址与环境 | 43 |
| 2.1 地理位置 | 43 |
| 2.2 人口分布 | 43 |
| 2.3 土地利用和资源概况 | 43 |
| 2.4 气象 | 47 |
| 2.5 水文 | 47 |
| 2.6 地质地震 | 49 |
| 2.7 环境辐射现状 | 50 |
| 3. 项目现状 | 53 |
| 4. 设施与厂房 | 53 |
| 4.1 项目选址及总平面布置 | 53 |
| 4.2 主要工艺系统描述 | 58 |
| 4.3 重水传输管廊结构设计 | 65 |
| 4.4 辐射防护 | 66 |
| 4.5 放射性废物和源项 | 68 |
| 5. 施工期环境影响评价 | 75 |
| 5.1 大气环境影响分析 | 75 |
| 5.2 噪声影响分析 | 75 |
| 5.3 水环境影响分析 | 76 |
| 5.4 生态环境影响分析 | 76 |
| 5.5 固体废弃物影响分析 | 77 |
| 6. 运营期环境影响评价 | 78 |

| | |
|------------------------|-----------|
| 6.1 正常运行辐射环境影响评价 | 78 |
| 6.2 事故工况辐射环境影响评价 | 78 |
| 6.3 非放射性环境影响评价 | 81 |
| 7. 辐射监测..... | 83 |
| 7.1 流出物监测..... | 83 |
| 7.2 工作场所辐射监测..... | 85 |
| 7.3 工作人员个人剂量监测..... | 85 |
| 7.4 环境监测..... | 86 |
| 8. 结论和建议..... | 87 |
| 8.1 项目概况..... | 87 |
| 8.2 环境现状..... | 87 |
| 8.3 设施与厂房..... | 87 |
| 8.4 施工期环境影响评价..... | 88 |
| 8.5 运营期环境影响评价..... | 88 |
| 8.6 辐射监测..... | 88 |
| 8.7 结论..... | 88 |
| 8.8 建议..... | 88 |

1. 概述

1.1 秦山核电基地

秦山地区现有秦山一期、秦山二期、秦山三期和方家山核电厂等四个核电厂，组成核电基地，设施厂址在秦山三核保护区内。距离秦山三核 1 号机组直线距离约 100m，距离秦山三核 2 号机组直线距离约 200m。

中核核电运行管理有限公司是中国核工业集团公司为推动“集团化运作、专业化经营”战略方针而成立的核电专业化运行管理公司，由中国核能电力股份有限公司 100% 控股。公司于 2010 年 9 月 19 日注册成立，实行执行董事会领导下的总经理负责制，下设运行、维修、技术、保健物理、保卫等 58 个职能处室，经营范围包括核电生产的管理与相关技术服务、设备及系统的调试、维修服务、培训服务、劳务派遣等。截止 2019 年 12 月 31 日，公司在职职工 4055 人，中级及以上技术职称人员占 68%，大学本科以上学历人员占 86%。

2012 年 1 月 1 日，中核核电运行管理有限公司正式实体化运作，受秦山核电有限公司、核电秦山联营有限公司、秦山第三核电有限公司委托，承担秦山地区 9 台机组的运行管理，并负责巴基斯坦恰希玛核电 1~4 号机组的运行支持等。公司在核电生产准备、调试、运行支持、核电大修、专项维修、专业培训、技术支持、核电信息化等方面具备保障核电厂全寿期安全经济运行的能力。

秦山第三核电有限公司（以下简称“秦山三核”或“秦山三期”，为便于描述，部分地方称“秦山三厂”）成立于 1997 年 1 月，是秦山三期（重水堆）核电站工程的业主单位，位于浙江省海盐县。秦山三期（重水堆）核电站工程于 1998 年 6 月 8 日开工建设，装机容量为 $2 \times 728 \text{MWe}$ ，分别于 2002 年 12 月 31 日和 2003 年 7 月 24 日投入商业运行。2005 年 9 月 22 日，工程通过国家竣工验收。2012 年 1 月 1 日，根据中核集团核电专业化改革的需要，秦山三核按“小业主”管理模式将两台机组的生产运行委托给中核核电运行管理有限公司，公司主要负责经营管理、机组安全运行监督等方面的工作。2017 年 1 月 1 日，根据中核集团统一部署，秦山核电有限公司、核电秦山联营有限公司、秦山第三核电有限公司、中核核电管理运行管理有限公司等四家法人公司按照合署办公的方式运作。

自商业运行以来，秦山三核两台机组保持安全稳定运行，取得了良好的经济业绩。

1.2 项目概述

本项目为降低秦山三期（重水堆）核电机组高氙运行风险，同时为压力管更换创造便利条件，到 2024 年形成 30kg/h 的重水处理能力。

主要建设内容为新建重水精馏厂房，建设重水传输管廊及配套室外工程（水、电、风、气等公用工程），对重水堆机组与精馏设施相关接口进行适应性改造。

1.3 项目由来及意义

随着运行堆年的增加，秦山三核两台机组慢化剂中的氚比活度逐年增长，工作人员的内照射剂量也逐渐增加。如果不采取除氚措施，更换压力管期间的慢化剂系统冲洗工作将会导致超过我国环境排放限值要求。

目前秦山三核的高氚问题已经引起国家生态环境部的关注。尤其在日本福岛核事件后，国家对氚的排放管理越来越严。秦山三核开展慢化剂重水处理、降低重水氚比活度，显得更为重要和紧迫。为了降低秦山三核高氚运行的风险并确保两台机组压力管更换工作的顺利进行，需尽快完成重水堆机组配套重水精馏设施项目的建设以降低机组氚比活度。

氚是低能 β 射线发射体，最大能量为18.6keV，平均能量为5.6keV，进入人体内会产生内照射危害。HTO和DTO的蒸汽是产生内照射的主要形态，极易通过呼吸和皮肤渗透进入体内。重水堆机组正常运行、检修以及事故工况下，都会有一定量的氚泄漏到环境中，给电站工作人员以及公众造成内照射危害。电站为此采取了大量措施用于氚的防护和减少氚的排放。氚的不断产生和积累大大增加了电站的运营风险和管理成本。

（1）是保证机组安全运行的重要措施

慢化剂系统的任何微小泄漏都会造成核岛厂房内氚水平的显著上升，增加氚向环境的排放量。为了保证机组的安全，即使在泄漏不会对机组运行造成直接影响的情况下，通常也需要考虑停堆检修。

利用重水精馏设施处理慢化剂，可以大幅降低慢化剂的氚比活度，降低系统泄漏情况下反应堆厂房的氚辐射水平，是保证机组安全运行的重要措施。因此，尽早建设秦山重水精馏设施是十分必要的。

（2）是降低工作人员内照射剂量的根本途径

氚是一种可以通过呼吸、皮肤接触、食入等方式进入到人体内，对人体造成内照射。在重水堆机组中，氚以气态、水蒸气、气溶胶的形式存在于工作场所和反应堆厂房内，进入这些区域内作业的电站工作人员存在吸入氚的风险，内照射剂量与氚比活度成正比。研究表明在重水堆机组中，氚是造成核电站工作人员内照射主要原因。随着秦山三核两台机组氚比活度的上升，电站工作人员的集体内照射剂量呈现出持续上升的趋势。随着机组运行堆年的增加，慢化剂中的氚比活度也在逐年上升。

核电站的工作人员每年都会受到一定剂量的辐照。为了保护核电站工作人员的人身健

康，降低辐照对核电站工作人员的健康影响，国家对核电站工作人员的照射剂量有着严格的限制。根据《中华人民共和国电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的规定，核电站辐射工作人员的个人剂量限值连续 5 年内平均每年不超过 20mSv，其中任何一年不超过 50mSv。依据国家法律法规秦山三核对个人剂量限值制定了更加严格的管理目标，最大个人有效剂量限值为每年 15mSv，年度管理目标为每年 12mSv。

为避免工作人员接受超出限值的个人剂量，辐射防护工作有着严格的防护措施，秦山三核对含氚重水系统的相关作业也制订了严格的安全措施，最大程度上保护工作人员。

随着两台机组慢化剂氚比活度逐年上升，工作人员接受超剂量内照射的风险越来越高，辐射防护工作的压力也越来越大。利用重水精馏设施处理慢化剂，可以大幅降低氚比活度，降低工作人员内照射剂量水平，有效降低超剂量照射事故风险。因此，重水精馏设施的早日投入运行，对保护工作人员具有重要意义。

（3）对降低电站排放水平、保护电站周边环境有重要意义

在重水堆核电站中，氚基本均匀分布在慢化剂和冷却剂系统中，氚向电站周边环境排放量与慢化剂和冷却剂中的氚比活度存在线性关系。因此，随着两台机组运行堆年的增加，机组慢化剂和冷却剂中的氚比活度也逐年增加，向环境排放的氚量也逐年增加。两台机组自投入运行以来，秦山三核采取了各种措施来减少和防止氚向电站周边环境的排放，取得了良好的效果。但是减少排放的压力也在增大。

所以，重水精馏设施的尽早建设，对降低电站排放水平，保护环境具有十分重要的意义。

（4）是减少放射性废物的有效手段

秦山三核两台机组由于检修、设备缺陷以及厂房内高低氚边界无法完全隔离导致电站部分高低氚重水交叉污染，大量的冷却剂重水转化为慢化剂重水。多余的慢化剂重水只能长期闲置。同时，电站又需要购买大量的新鲜重水用于补充冷却剂重水损失，造成大量资金占用和积压。由于厂房空气的交叉流动，设备检修开口吹扫等原因，电站每年不可避免的有 1t 左右的主热传输重水转化为慢化剂重水。

电站每 5 年需更换一次重水蒸汽回收系统的干燥剂，每次更换的总量为 40m³，到电站退役，预计更换的总量会超过 500m³。随着电站重水氚比活度的上升，废干燥剂中的氚含量也同步上升，这使废干燥剂的“清洁解控”更加不易，会导致电站放射性固体废物总量的增加及其处置费用的上升。

（5）是消除高氚运行对电站带来安全隐患的有效途径

在目前电站高氙运行的情况下，慢化剂系统的微小泄漏都会造成核岛厂房内氙水平的显著上升，同时对环境排放剂量会有显著增加。因此即使在泄漏不对机组运行造成直接影响的情况下，通常也需要考虑停堆检修。

在电站高氙运行期间，如果发生慢化剂重水泄漏事件，将有可能突破电站全年运行指标，甚至超出国家规定的排放限值，对周边环境的影响和社会的负面影响会很大。

（6）根据中核集团的统一部署进行建设

根据中核集团的统一部署进行建设，将为国家重点项目提供大力支持。

秦山三核针对电站在高氙情况下运行的风险采取了一系列的管理和防护措施：如为降低工作人员内照射剂量，在设计、运行及作业过程中采取了多项优化措施；为降低氙排放，在设计改进和运行控制等方面采取了大量措施。这些措施在一定程度上被动缓解了电站高氙运行的风险，但是不能从根本上消除高氙运行对电站带来的安全隐患。

2012年中核集团组织专家进行了专题论证，结论为：为降低高氙对机组安全运行带来的风险，应尽早启动除氙工作。

综上所述，重水精馏设施的建设，对保证机组安全运行、降低工作人员内照射剂量、降低电站排放水平、保护电站周边环境、减少放射性废物、从根本上消除高氙运行对电站带来的安全隐患等方面具有重要意义，同时对国家重点项目产生大力支持，因此，重水精馏设施的建设是非常必要的。

1.4 主要设备和厂房

（1）建设内容

本项目主要建设内容为：新建重水精馏厂房，建设重水传输管廊及配套室外工程（公用工程），对重水堆机组与精馏设施相关接口进行适应性改造。主要建设内容包括四部分：

- 1) 新建重水精馏厂房；
- 2) 建设重水传输管廊；
- 3) 堆内接口改造；
- 4) 室外工程（水、电、风、气等公用工程）。

具体建设内容见表 1.4-1。

表 1.4-1 项目主要建设内容一览表

| 序号 | 项目 | 建设内容 | 新建面积 | 新增设备台/套数 |
|----|----------|--|------------------------|----------|
| 1 | 重水精馏厂房 | 新建精馏系统等主工艺系统；新建冷冻水系统、通风系统、自控系统、氚浓度监测系统等辅助配套系统 | 7962.66 m ² | 8 |
| 2 | 建设重水传输管廊 | 新建综合管廊，主要包括重水传输管道和废液传输管线等 | —— | —— |
| 3 | 堆内接口改造 | 呼吸压空系统；低氚重水返回系统；放射性废液输出系统；降级重水传输系统；重水原料输入系统；高氚重水返回系统；生产上水系统等 | —— | —— |
| 4 | 室外工程 | 水、电、风、气等的供应 | —— | —— |

(2) 运行模式

以三年为一个运行周期，首先对 1 号机组的重水进行连续处理，然后切换处理 2 号机组的重水，照此顺序依次进行。

(3) 项目主要生产设备

本项目主工艺系统包括重水进料系统、重水分析取样系统、重水精馏系统、重水蒸汽回收系统、降级重水系统、高氚重水贮存系统、不凝气处理系统、产品水收集系统、重水应急系统。其主要组成设备如表 1.4-2。

表 1.4-2 工艺系统主要功能及设备配置情况

| 序号 | 系统名称 | 系统功能 | 主要工艺设备 | 主要物料 |
|----|----------|-------------------------|--|----------------------|
| 1 | 重水进料系统 | 进料重水暂存、输送 | 储罐 | 氟化重水 |
| 2 | 精馏系统 | DTO/D ₂ O 分离 | 精馏塔、冷凝器、二级冷凝器、三级冷凝器、再沸器、分离罐、真空泵、出料泵、汽化器 | 氟化重水、微量氢气 |
| 3 | 产品水系统 | 产品重水暂存、输送 | 储罐、釜式汽化器、列管冷凝器、屏蔽泵 | 氟化重水 |
| 4 | 高氟重水贮存系统 | 高氟重水贮存、输送 | 釜式汽化器、列管冷凝器、储槽、高氟重水暂存槽、屏蔽泵、手套箱、尾气风机、氢氧复合装置、压缩机、气瓶通风柜 | 氟化重水、微量氢气、氦气 |
| 5 | 不凝气处理系统 | 不凝气冷凝、捕集 | 冷凝器、尾气冷凝器、尾气风机、尾气增压机、分离罐、缓冲罐 | 氟化重水、微量氢气、氦气、冷冻液 |
| 6 | 重水应急系统 | 重水应急暂存、输送 | 储槽、屏蔽泵、废水储槽、磁力泵 | 氟化重水、放射性废水 |
| 7 | 重水分析取样系统 | 重水浓度在线分析、取样 | 重水浓度在线检测仪、套管冷却器、储槽、输送泵、取样手套箱、取样通风柜 | 氟化重水、循环冷却水、冷冻水、蒸汽冷凝水 |
| 8 | 降级重水系统 | 降级重水暂存、输送 | 储槽、屏蔽泵 | 氟化重水 |
| 9 | 蒸汽回收系统 | 重水蒸汽回收 | 蒸汽回收装置、储槽 | 氟化重水、空气 |

1.5 评价依据

采用的国家和地方有关环境标准如下：

- 《中华人民共和国核安全法》（2018年1月1日）；
- 《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日）；
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日）；
- 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年10月1日）；
- 《建设项目环境保护管理条例》（2017）国务院令 682 号；
- 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年1月）；
- 《放射性废物安全管理条例》（2012年3月1日）国务院令第 612 号；
- 《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》（GB6249-2011）；
- 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定：任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值。

本项目对秦山两台重水堆机组重水中的含氚重水进行处理，重点考虑设施运行的氚排放情况。秦山三厂正常运行工况下两台机组气载和液态流出物中氚排放量均小于为 120TBq/a，均小于管理目标值（单机组气态氚 150TBq/a，液态氚 150TBq/a，两台机组为 300TBq/a）及国家新批复的秦山两台重水堆机组的氚排放限值（气态氚 616TBq/a，液态氚 504TBq/a）。

1.6 保护目标与评价范围

本项目运行对环境的辐射影响评价范围参考《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），以本项目厂址为中心半径 80km 范围，见图 1.6-1。

秦山三期 1 号反应堆厂房厂址半径 10km 范围内，距离厂址最近的自然村为秦山街道秦山社区的钟家桥 6 组和 7 组，共有人 273 人，位于厂址 W 方位，距厂址最近距离 2.3km。受本项目辐射影响最大的是秦兴社区的王家自然村，共有 173 人，位于厂址 WNW 方位 3km。项目周边没有国家及省级自然保护区，最近的旅游景点在厂址 4km 以外，最近的文物保护单位在厂址 8km 以外，南北湖风景名胜区为生态红线区，在厂址 9km 以外。



图 1.6-1 辐射影响评价范围

2. 厂址与环境

2.1 地理位置

本项目厂址位于秦山三期厂区内，位于浙江省海盐县城东南约 9km 的秦山山麓的南秦山一带，隶属海盐县秦山镇管辖。距离嘉兴市区约 40km，距杭州市市区约 80km，距离上海市市区约 90km。

秦山地区现有秦山一期、秦山二期、秦山三期和方家山核电厂等四个核电厂，组成核电基地，设施厂址在秦山三核保护区内，原次氯酸钠发生站场址内。距离秦山三核 1 号机组直线距离约 100m，距离秦山三核 2 号机组直线距离约 200m。详见图 2.1-1。

2.2 人口分布

本节内容根据中国辐射防护研究院于 2021 年 9 月完成的《秦山核电周边人口、食谱、交通和人为外部事件等调查服务项目》进行编制。其中厂址半径 5km 范围内的相关资料调查中心为秦山三期 1 号机组，厂址 5~80km 范围的资料调查中心为秦山一期 1 号反应堆厂房。本项目距离秦山三核 1 号机组直线距离约 100m，西北距秦山一期约 0.8km，且本项目与一期工程相比，与周边居民点距离更远，因此相关资料对本项目也是适用的。

厂址半径 80km 范围内 2018 年底总人口总数为 20054399 人，陆域平均人口密度为 1001 人/km²，浙江省同期平均人口（陆域面积）密度 474 人/km²。

厂址半径 80km 范围内有一个集中居住人口超百万的城市，是位于厂址 W~WSW 方位 71km 的杭州市市区（浙江省、杭州市政府驻地），共有集中居住人口 6353005 人。厂址半径 80km 范围内除杭州市外，无其它百万人以上大城市。

厂址半径 15km 范围涉及海盐县的全部秦山街道、武原街道，部分澉浦镇、通元镇、于城镇、西塘桥街道的 74 个千人以上行政村（社区、居委会）。厂址半径 15km 范围内最近的千人以上行政村为秦山街道秦山社区，共有人口 1452 人，位于本项目 W 方位约 2.5km；最大的千人以上行政村为武原街道文昌社区，共有人口 10488 人，位于本项目 N 方位约 9.4km。厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的城镇。

厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口中心，主要涉及 7 个行政村，42 个自然村，分布详见表 2.2-2。距离厂址最近的自然村为秦山街道秦山社区的钟家桥自然村，共有人 273 人，位于厂址 W 方位 2.3km。人口数最多的自然村是北团（3 组、4 组、5 组、6 组、7 组、8 组、9 组、15 组、17 组），有人口数 945 人，位于厂址 W 方位约 4.5km。

2.3 土地利用和资源概况

1) 工业

厂址半径 15km 范围内规模以上工业企业 213 家。主要集中在纺织服装服饰业、通用设备制造业、电气机械和器材制造业、金属制品业、纺织业等行业。

厂址半径 15km 范围内共有危险化学品生产、销售企业 18 家。其中：浙江协和首信钢业有限公司是最大的危险化学品储用单位，位于厂址 NNE 方位 14.3km 处，储存各种危化品 120m³；距厂址最近的为海盐金诚新材料科技有限公司，位于厂址 W 方位 3.6km 处，年最大储存甲苯 10t、氢氧化钠 10t。

厂址半径 15km 范围内有加油站 29 家。距厂址最近的是海盐县中国石化经营有限公司秦联加油站，位于厂址 WNW 方位 1.61km 处，最大存储汽油 50m³、柴油 100m³。储量最大的是海盐县天辰石油有限公司（加油点），汽柴油最大储量为 800m³，位于厂址 NW 方位 12.9km。

厂址半径 15km 范围内有燃气站 11 家。储量最大且距离最近的是海盐中燃能源有限公司，位于厂址 NNW 方位 5.4km，液化石油气储量最大 4400m³。

2) 交通

①陆上交通

厂址半径 15km 范围内公路涉及除西塘桥街道、百步镇、沈荡镇之外的 6 个镇（街道）。涉及 3 条高速，分别为 G92 杭州湾环线高速、G15 沈海高速（杭州湾跨海大桥段）和 G15w 常台高速（杭州湾绍兴通道）；2 条国道，丹东线 G228 和平杭线 G525；16 条县道，分别是 X104 嘉盐线、X109 湖盐线、X119 嘉南线、X331 翁金线、X115 硖盐线、X602 盐百线、X603 盐于线、X604 南王线、X605 落许线、X606 核海线、X607 王石线、X608 沈荡萧家堰—通元镇北、X609 秦山—紫金山、X611 武袁线、X613 张桥-大刘、X614 核电二期-秦山大道。乡道 24 条。

厂址半径 15km 范围内没有铁路。

②水上交通

厂址半径 15km 范围内共有 33 条内河航道。其中，宋塘桥线距离厂址最近距离为 1.5km。

厂址半径 15km 范围内，有一条海上航线，距离厂址 2.6km。

厂址半径 15km 范围共有码头 7 个，分别是中铁大桥局集团公司码头（已闲置）、中燃码头（原华电码头）、中港集团二航局码头（已租给第三方，很少使用）、浙江钱塘港口物流公司码头、秦山核电码头、嘉兴海事局码头、浙江林龙港口有限公司码头。其中，仅中燃码头有危险品运输，危险品为液化石油气，距离厂址 5.6km。

根据核安全导则 HAD101/04《核电厂厂址选择的外部人为事件》和《核电厂外部人为事件调查与评价技术规范》(NB/T 20200-2013)中推荐的关系式计算分析,上述所有危险源不会对厂址安全构成影响。

③机场和航空线

厂址半径 16km 范围内无民用机场,厂址半径 4km 范围内没有空中航线。根据核安全导则 HAD101/04 的规定,可不考虑飞机坠毁对厂址安全的影响。

3) 土地和水体的利用

秦山核电基地位于嘉兴市海盐县秦山街道。海盐县土地总面积 107263 公顷,其中陆域面积 58495.6 公顷,占总面积的 54.53%。海域面积 48767.4 公顷,占总面积的 45.47%。

秦山核电厂区域占地类型,目前没有矿产开采。根据十三五《嘉兴市矿产资源和地址环境保护规划(2016~2020 年)》对地热资源开展勘察,其中海盐县西塘桥-平湖市林埭远景勘察区,勘察区秦山一期厂址 N~NNE 方位,距离约 20km,面积约 99 平方公里,暂未开展勘察工作。海盐南北湖远景勘察区,勘察区秦山一期厂址 SW~WSW 方位,距离约 11km,面积约 31 平方公里,区内地热资源勘察处于完成地热井勘探井位设计阶段。

厂址 80km 范围内有 50 个湖泊。距离厂址最近的湖泊是南北湖,距离为 10.6km,位于厂址 SW 方位,约 10.6km 处。海盐县地处杭嘉湖平原东部,是典型的平原水网地区,河网水系十分发达。海盐县境内共有 2746 条河道河浜,距离厂址最近的是长山河,距离 7.4km。海盐县地下水资源分布较广,承压淡水层几乎分布整个平原地区,根据海盐县的水文地址条件及开采现状,从保护环境的角度出发,应大幅限采地下水资源直至全面停止开采。海盐县全县贯通自来水,居民饮用自来水,各村 80%以上拥有水井,仅用来洗车、洗衣等生活用水,并不饮用。

4) 陆生资源

厂址半径 15km 范围内主要涉及海盐县秦山街道、武原街道、澉浦镇、通元镇、望海街道、于城镇。粮食作物播种面积共计 13656 公顷,年产量 80844 吨;油料作物播种面积 229 公顷,年产量 601 吨;蔬菜作物 3636 公顷,年产量 125551 吨;水果播种面积 1737 公顷,年产 56563 吨。所产作物大部分销往北方,少量自给自足。海盐县特色蔬菜产品——包心菜,全部外销,涉及山东、江苏等省。其余蔬菜销售在长三角地区。

厂址半径 15km 范围内没有规模养殖奶牛场,也没有个体户散养情况,无生猪养殖场。2018 年末羊存栏 39956 只,出栏 67357 只;家禽类共存栏 4355651 羽,出栏 10152906 羽;兔存栏 31624 只,出栏 44794 只。

厂址半径 15km 内涉及 3A 级景区 4 家，4A 级景区 2 家。距离最近的是万奥农庄，位于厂址 WSW 方位 4.5km。南北湖风景区，年度游客人数最多，为 287.54 万人次，位于 NW 方向 9.18km。

厂址半径 15km 范围内，共有县级以上文物保护单位 16 家。距离厂址最近为澈浦海港码头遗存文物，位于厂址 SW 方位 8.0km 处。

厂址半径 15km 范围内没有省级以上自然保护区。

5) 水产资源

《海盐县养殖水域滩涂规划（2017-2030）》发布实施，2019 年海盐县海水养殖全部退养。秦山街道、澈浦镇淡水养殖主要以南美白对虾、罗氏沼虾、中华鳖、四大家鱼（青鱼、草鱼、鲢鳙鱼）等为主。

海盐县淡水捕捞、养殖种类主要以鱼类、甲壳类、贝类、其它类为主。其中鱼类产品以青鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼、鲤鱼、鲫鱼、泥鳅等为主；甲壳类以罗氏沼虾、青虾、南美白对虾、克氏原螯虾为主；贝类以螺为主；其它类以中华鳖为主。近几年稻田小龙虾作为海盐县稻渔综合种养重点示范推广模式，小龙虾（克氏原螯虾）产量增加明显。

厂址附近江河入海口处分布有江豚，属国家二级保护动物，近年来开展渔场修复振兴，捕捞强度明显降低渔业资源得到养护。王盘山水产种质资源保护区为省级保护区，距离厂址 35.0km，E 方位。面积 2022 公顷，在 2008 年获批。保护对象为：锯缘青蟹苗、河蟹苗、鳗苗；杭州湾国家级湿地公园为国家级保护区，距离厂址 24.6km，SE 方位，面积 5987 公顷，在 2011 年获批。保护对象为：自然滩涂生境，潮间盐水沼泽和珍稀动植物资源。

6) 公共设施

厂址半径 15km 范围内有中学级以上学校 12 所，小学 14 所，幼儿园 33 所。其中距离最近的是海盐县秦山街道海贝幼儿园，有学生 56 人，教职工 7 人，位于厂址 W 位约 1.8km。

厂址半径 15km 范围内有医院、卫生院共 21 所，共有医务人员 2352 人。其中距离厂址最近的海盐县秦山街道社区卫生服务中心，有医务人员 74 人，位于厂址 NW 位约 2.3km 处。医务人员人数最多是海盐县人民医院，有医务人员 837 人，位于厂址 NNW 位约 8.9km 处。

厂址半径 15km 范围内有养老院等福利院共 5 所，2018 年入住 491 人，服务人员共 82 人。其中距离厂址最近的澈浦镇清泉园，入住 29 人，服务人员共 7 人，位于厂址 SW 位 7.5km 处。养老院等福利院人数最多的是海盐县幸福颐养康复中心，入住 513 人，服务

人员共 35 人，位于厂址 NNW 位 7.7km 处。

厂址半径 15km 范围内无监狱。

2.4 气象

厂址所在区域属于中亚热带湿润气候，是东亚季风盛行的地区，最明显的特征是风向随季节变化显著，雨量集中在夏季。该地区气温适中，四季分明，水热同季，湿润多雨，但变率稍大。6~9 月是长江下游地区的汛期，暴雨和洪涝是主要的灾害性天气。

厂址极端气象设计基准如下：与核安全有关的抗震 I 类构筑物设计基准风速为 53.2m/s（3s 阵风）；设计基准龙卷风风速为 112.0m/s，设计基准龙卷风为 F4 级；百年一遇最高气温为 42.0℃，百年一遇最低气温-12.0℃；百年一遇雪荷载为 1.45kN/m²。

根据代表性气象站海盐站 1990~2020 年的气象资料统计结果，厂址地区年平均风速为 2.5m/s，最大风速为 25.4m/s，极大风速最大达 33.7m/s；年最多风向为 ESE，频率为 12.5%，年次多风向为 E，频率为 11.5%，年静风频率（≤0.5m/s）为 7.3%。年平均气温为 16.7℃，极端最高气温为 40.8℃，极端最低气温为-10.8℃；年平均相对湿度为 79.5%，年平均降雨量为 1287.1mm，一日最大降雨量为 317.9mm；年平均气压为 1016.1hPa，极端最高气压为 1043.9hPa，极端最低气压 980.3hPa；年平均日照时数为 1829.6h，年平均日照百分率为 41.2%；年平均总云量为 6.4，年平均低云量为 3.4 成；年平均蒸发量为 1204.9mm，一日最大蒸发量为 13.9mm。

根据秦山三期地面站 2020 年一整年的实测气象资料，厂址区域年平均风速为 2.8m/s，年最多风向为 E，频率为 19.2%，年次多风向为 ESE，频率为 12.9%，年静风频率为 0.03%，观测期间出现的极大风速为 21.3m/s。年平均气温为 18.7℃，极端最高气温为 37.8℃，极端最低气温为-5.9℃；年平均相对湿度为 81%，最小相对湿度为 14%；年降水量为 1504.8mm，年降水日数为 142d。

根据厂址 2020 年一整年的逐时气象观测资料，采用改进的帕斯奎尔分类法确定大气稳定度，得到厂址区域中性 D 类稳定度占 41.8%，不稳定的 A~C 类占 25.5%，偏稳定的 E~F 类占 32.7%。

2.5 水文

（1）海洋水文

1) 水文描述

杭州湾在地理位置上属钱塘江入海的河口区口外海滨部分，在这里海水起主导作用，江流作用微弱。由于地理形态上杭州湾的漏斗状十分明显，湾口南汇至镇海宽达 100km，

湾顶澉浦至西三宽约 20km，及至大尖山则缩至 11.8km，再向内至海宁时其宽度仅为 2~3km，由于湾面的缩狭，涨潮时能量的集聚，杭州湾和其他漏斗状海湾一样，潮流十分强劲，潮差较一般河口为大，潮差大，使得以淤泥质为边界条件的杭州湾在强劲的潮流作用下，泥沙迁移非常强烈。但也由于涨落潮流量与流速大，因而取排水稀释扩散条件十分优越。

2) 潮汐

杭州湾的潮汐在性质上属非正规半日浅海潮，其特征是一天内有二次高潮和二次低潮，随着月球赤纬的增大，半日周期相邻两潮期的高潮或低潮不相等的现象也随着显著，且涨潮历时也不相等，这种现象逐日改变，在农历每月初一和十五达到潮差最大。

3) 潮流

杭州湾内的潮流纯属往复流性质。但是厂址取排水口附近的潮流特征（涨、落潮的流态，流速以及路径）会随着厂址略有改变，具体数值待可行性阶段进行实测。现根据 1995 年 4 月秦山深槽实测数据大致说明在厂址取水口附近涨落潮流速数据，大潮最大涨潮流速约在 4m/s 左右，落潮最大流速约在 3m/s 左右。

4) 泥沙

钱塘江来沙较少，杭州湾泥沙主要由长江口入海泥沙经南汇边滩与杭州湾口输入。水体平均含沙量 $0.5\sim 4.4\text{kg/m}^3$ ，湾顶澉浦断面附近，大潮含沙量高于中、小潮，冬、春季节高于夏、秋季。

秦山附近水域内的涨落潮含沙量较大，大潮期平均为 $3\sim 6\text{kg/m}^3$ ，最大可达 $5\sim 12\text{kg/m}^3$ 。

秦山附近 1995 年 4 月实测悬沙中值粒径为 $0.01\sim 0.025\text{mm}$ ，底质中值粒径为 $0.037\sim 0.044\text{mm}$ 。

5) 波浪

据乍浦站 1991 年~1997 年共 7 年实测资料统计，年平均波高 0.2m，年平均周期 1.2s，夏季平均波高略高。全年常浪向为 E 和 NW，强浪向为 E 和 ESE。春、夏季的常浪向为 E，秋、冬两季为 NW，全年 1.5m 以上波高仅占 0.6%。多年最大波高大于 2.5m 的方位在 E~ESE，出现在夏季，而 W~N 向的浪较小。9711 号台风过程中，8 月 18 日实测最大波高 3.5m，对应周期 7.2s，波向 ESE，相应风速 26m/s。建站以来，最大实测波高达 6.0m(据调访，该值偏大实际为 4.0m 左右)，该值发生于 1972 年 8 月 17 日的 7209 号台风期。根据乍浦站 91 年~97 年 7 年实测波要素中波型统计，测站附近水域的波浪基本上为

风浪，涌浪所占比例仅 1.4%。

6) 水交换

杭州湾潮强流急，总体上属强潮混合型海湾。根据以往对杭州湾海域进行的对流扩散型的海湾水交换数值模型的模拟计算结果，杭州湾完成 99% 水体交换所需潮周大约为 34 个潮周，即需 17 天以上。

7) 设计基准洪水位、低水位按照安全导则 HAD101/09《滨海核电厂厂址设计基准洪水位的确定》要求，滨海核电厂的设计基准洪水位应是多种因素的最不利的组合：

组合后的厂址设计基准高潮位为 8.27 米。

组合后的厂址设计低潮位-5.61 米。

(2) 陆地水文

杭嘉湖平原和其西部苕溪山区是一个完整的流域系统，在全国水资源分区中属长江流域太湖区的一部分。杭嘉湖平原和西部苕溪山区（包括长兴平原）总面积为 12273.5km²，统称杭嘉湖地区。杭嘉湖地区的西部山区水资源丰富，其洪水径流排入太湖和杭嘉湖平原。杭嘉湖平原本地水资源量不多，主要靠西部山区来水量及太湖和黄浦江倒灌水量补充。而太湖水量不足时又可以从长江翻水补充。本区的河网水系和西部苕溪水系、北部太湖流域水系及东部黄浦江水系构成一个完整网络，而这个网络又和中国最长的河流——长江相沟通。

2.6 地质地震

1) 区域地质条件

根据对场址附近范围基岩区、覆盖区以及海域地区断层的调查与活动性鉴定分析结果，在这 3 个区内都不存在晚更新世以来活动的断层。区内尚无 Ms≥1 级的地震发生。因此，场址附近范围内没有能动断层。

从大的地震活动背景上看，场址所在区域地处地震活动较强的华北地震区向地震活动性相对较弱的华南地震区过渡的地区，南北地震活动呈现显著的差异。场址位于地震活动较弱的地区。

2) 厂址附近范围地质

根据秦山核电基地相关资料，厂址附近 1: 2.5 万地质构造填图、覆盖区 1: 2.5 万综合物化探勘查、海域地震勘察以及断层能动性鉴定结果，根据对上述厂址附近基岩区、覆盖区和海域区断层能动性分析，可以认为厂址附近范围内不存在能动断层。

3) 地震条件

本区域范围涉及了华中地震区的长江中下游～南黄海地震带和华南地震区的雪峰～武夷地震带。秦山三期核电站厂址位于长江中下游～南黄海地震带的南部。本区域地震活动水平较低。厂址近区域不存在发生 6 级以上发震构造。

厂址附近范围内不存在区域性大断裂，线性地貌不发育，也无第四纪火山活动，处于相对稳定的构造环境。根据对厂址附近基岩区、覆盖区和海域区断层能动性分析，可以认为厂址附近范围内不存在能动断层。

2.7 环境辐射现状

秦山基地的辐射环境现状引自《秦山核电环境质量年报（2020 年）》。按《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)、《环境核辐射监测规定》(GB12379-1990)、《核电厂环境辐射监测规定》(NB/T20246-2013)要求，《秦山核电环境辐射监测大纲》中确定的陆地监测范围取 50 公里，重点监测在 20 公里以内；海域侧监测范围取 20-30km，重点 5km。

监测介质有：

- 1) 大气样品和沉降物：气溶胶、沉降物、雨水、空气氡、空气碳-14；
- 2) 土样：陆地表层土、海滩土、海底泥；
- 3) 农畜产品：茶叶、青菜、牛奶、油菜籽、桑叶、萝卜、大米、羊、青毛豆；
- 4) 水产品：鲢鱼、带鱼、海蜇、白虾；
- 5) 水样：海水、饮用水、湖塘水、地下水；
- 6) 指示生物：松叶、牡蛎、苔藓。

对环境介质的监测项目有：

- 1) 环境贯穿辐射：贯穿辐射剂量率连续监测；TLD 贯穿辐射累积剂量监测；田野、道路瞬时贯穿辐射剂量率监测；
- 2) 总 α (气溶胶)、总 β (气溶胶、沉降物)活度；
- 3) ^{90}Sr ——大气样品、农畜产品、水产品，部分土样品、水样品、指示生物；
- 4) ^{131}I ——大气样品、部分农畜产品；
- 5) ^3H 、 ^{14}C ——所有介质样品；
- 6) γ 谱——所有介质样品；
- 7) 水样品、大气样品用 γ 谱分析方法和放化方法同时分析 ^{137}Cs 核素。

监测结果如下：

环境 γ 剂量率综合监测未观测到秦山各核电机组功率运行、换料检修工况及秦山第三核电厂乏燃料临时干式贮存设施运行所致的附加剂量，其测值波动基本反映了环境本底的

涨落状况。除 ^3H 外，环境各介质中放射性核素浓度处于本底涨落范围或方家山核电站现状调查涨落范围，与对照点环境辐射水平相当。



图 2.1-1 厂址地理位置示意图

3. 项目现状

本工程项目建议书 2020 年 4 月已通过了中国核能电力股份有限公司批复，2021 年 2 月秦山第三核电有限公司向中国核能电力股份有限公司发送了报备文件（秦三核经计发〔2021〕1 号），目前正在进行初步设计。

4. 设施与厂房

4.1 项目选址及总平面布置

4.1.1 项目选址及其合理性

本项目厂房建设地址位于秦山第三核电厂厂区东南角，1 号机组汽机厂房东侧，在拆除次氯酸钠发生站后，利用其场地建设。建设场地北侧为空地及循环水泵房，西侧为厂区道路和 1 号机组汽轮机厂房，南侧为油务厂房，东侧为海堤和大海。

建设场地位于距离 1 号核岛和汽轮机厂房较近，重水传输管廊距离短捷，方便联系，管廊的工程造价较低。建设用地位于边角地带，场地形状极不规则，利用程度不高，且厂房基础需要布置在基岩上，建筑物外形受到严重的制约，需要充分考虑建设场地的现有条件以及地上、地下等设施进行平面及竖向布置，场地的面积能满足重水精馏厂房的建设。

根据《秦山三期（重水堆）核电站工程配套重水精馏设施岩土工程详勘中间成果报告》，原次氯酸钠厂房已拆除完毕，经前期厂区建设及土石方开挖后，现场坪平整到标高 11.5m 左右，地势平坦。根据岩土勘察报告，该场地地下岩体中等风化、微风化层岩体普遍分布。拟建场地地下为较为完整的基岩，且场地东侧已修建防浪墙，防止海水入侵。

拟建重水精馏厂房基础持力层跨越不同岩土层，当填土层填土密实度差异较大，均匀性差，不满足上部荷载要求时，在上部荷载作用下，易产生差异沉降问题，未经专门处理不宜直接作为拟建建筑基础持力层，需采用换填垫层等方法处理，换填材料可采用素混凝土或毛石混凝土，换填处理后强度应满足上部荷载要求。

拟建重水传输管廊子项基底以下不满足上部荷载要求，且存在回填层厚度较深地段，建议采用桩基础，以强~微风化岩层作为桩端持力层。

建设场地面积满足建设需求，距离 1 号核岛厂房较近，重水传输廊道长度小，场地地基为中、微风化岩，地基承载力较高，厂房整体位于核电厂最小风频的下风向，从场地面积、场地地基承载力及重水传输管廊的长度等三个重要方面分析，本项目选址适合本工程的建设要求。

工程位置及建设范围示意图具体见图 4.1-1。

4.1.2 总平面布置

4.1.2.1 重水精馏厂房（WD81）

场地上原有一座次氯酸钠发生站（50）子项，现已拆除，同时需要拆除部分道路和地下管线设施。厂房整体位于秦三厂的东南角，全年最小风频的下风向。建设用地位于边角地带，呈不规则状。

重水精馏厂房布置宜靠近核岛厂房，减少重水传输管廊长度，方便管廊的设计，同时要避开海水隧道回填区域和其他地下管沟、管线。

新建厂房距离东北角循环水泵房的距离需满足《核电厂总平面及运输设计规范 GB/T50294-2014》要求，考虑到循环水泵房耐火等级及火灾危险性，间距预留至少 15m。

重水精馏东南边由地形图可知，靠近海堤侧基岩高度无法到达地面标高，判断为回填区。故考虑到建筑基础埋深 7m，按照 1:1 放坡，加上施工距离且不破坏越浪沟，需要至少 9m 的距离。

重水精馏厂房与油务车间之间距离满足《核电厂总平面及运输设计规范 GB/T50294-2014》、《建筑设计防火规范 GB50016-2014》（2018 年版）的最小距离 13m 的要求。

重水精馏厂房（WD81）的布置受限于场地北侧地下埋深 20m 左右的海水隧道，也需要考虑与场地南侧的油务厂房的防火间距以及场地的工程地质、水文条件，因此场地的利用程度不高，且建筑物基础需要布置在基岩上，不利于建筑外形设计和总平面布置。为充分适应场地外形不太规则的现状，最大程度利用好场地面积，故本工程新建建筑外形选择与场地外形基本相似，厂房布置在距离油务厂房北侧 13m，距离海水隧道南侧 2.8m 的位置处。

厂房整体位于秦三厂的东南角，在全年最小风频的下风向。建设用地西面和北面为厂房主要道路，建筑物的主要物流、人流出入口面向北侧消防登高场地，方便人员进出。厂房人流出入口新建人行道与厂区新建道路相接。建筑物南侧有一油务厂房，考虑消防防火要求，未布置无人员、物流出入口及门窗。

4.1.2.2 重水传输管廊（WD81-1）

本工程重水传输管廊（WD81-1）子项为架空布置。

根据《秦山三期（重水堆）核电站工程配套重水精馏设施岩土工程详勘中间成果报告》，WD81-1 子项基底以下不满足上部荷载要求，且存在填入层厚度较深地段，建议采用桩基础，以强~微风化岩层作为桩端持力层。

根据中核核电运行管理有限公司《次氯酸钠周边沟槽开挖图》以及《地下管线布置图（含海水隧道管沟）》，判断场地多为回填区。如海水隧道管沟开挖二十多米深，用级配碎石回填。由于重水管廊有一级抗震要求，结构无法架设在回填区，回填土不满足结构抗震的强度需求。故根据业主提供的《大面积开挖图》（2020年8月19日），架空重水管廊，将支架结构基础布置在未开挖或开挖回填不深处，架空跨越场地回填区以及厂内主要道路。架空管廊经过道路处，管廊底部与路拱标高保持不小于6m距离，管廊具体标高见管廊工艺图。

总平面的具体布置详见图4.1-2。

4.1.2.3 竖向布置及排水

一）竖向设计原则

- （1）合理确定厂房的竖向标高，与厂区主要核岛、常规岛标高相协调。
- （2）根据既有道路的标高、场地坡度和排水考虑竖向布置。
- （3）满足厂区防洪标准设计要求。

二）场坪标高的确定

根据2017年中核核电运行管理有限公司提供（泰山第三核电厂《最终安全分析报告》评价报告），泰山三期核岛厂房和常规岛厂房厂坪标高为11.80m（1956年黄海高程系统）已高于可能最大风暴潮（确定论法考虑溢流后的数值为3.54m，未考虑溢流的数值为3.72m）、10%超越概率的天文潮（4.52m）及25年一遇的洪水（0.03m）进行组合的最高潮位（8.09m黄海基面），及千年一遇的百分之一半波高（即3.05m）的组合0.48m（不溢流时统计值）或0.66m（溢流时统计值）。

在竖向布置上，重水精馏厂房在原有旧厂房场地上建设，场地已经过平整，场坪标高为11.50m，为与核岛厂房竖向保持相协调，保证重水传输管廊在重水厂房与核辅助厂房的连接，以及与原有场地标高（11.50m）和周边道路标高（11.70-11.90m）相适应，设计重水精馏厂房的室内正负零标高为12.30m，室外地坪标高为12.00m，参考核岛厂房标高，且场地东侧已修建防浪墙，本项目所建设厂房满足防洪要求。

重水精馏厂房在原有旧厂房场地上建设，场地已经平整，场坪标高为11.50m，场地挖方量为厂房地下室挖方量与旧管线拆除挖方量。

三）场地排雨水设计

场地排水方式主要采用暗管收集雨水，即场地的雨水汇集到道路上，由道路上的雨水口收集，汇入厂区雨水管线。

竖向布置详见图 4.1.-2。

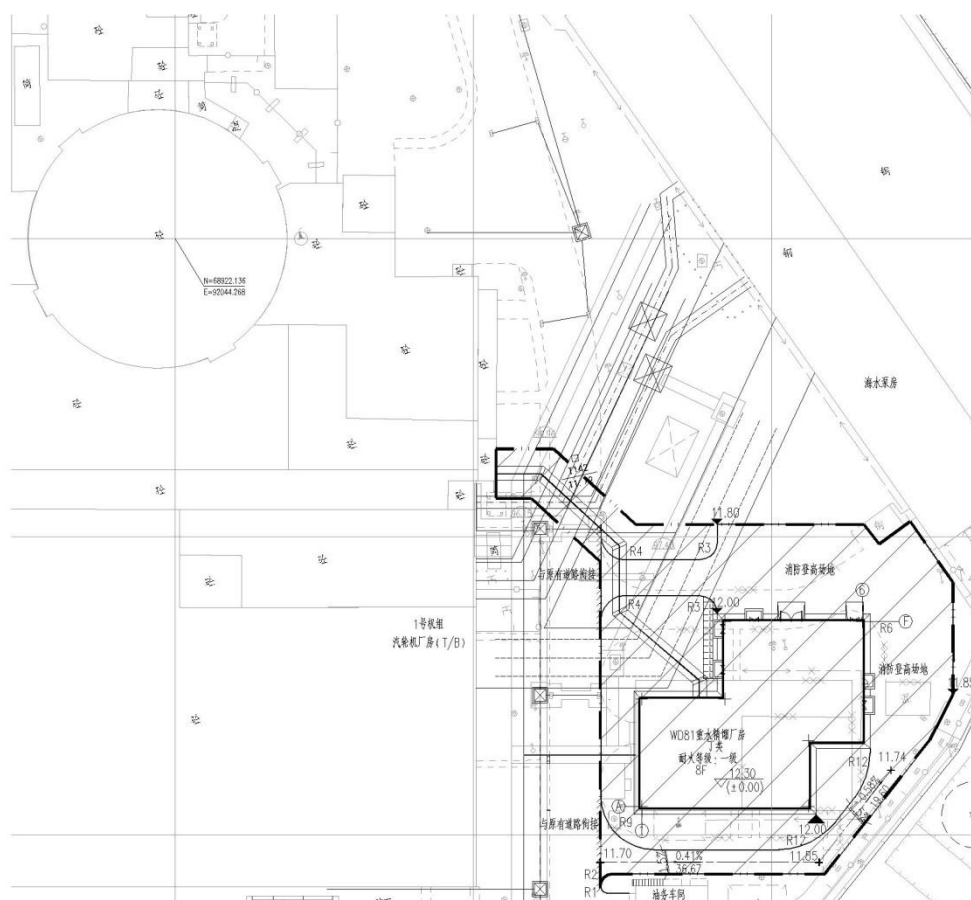


图 4.1-1 工程位置及建设范围示意图

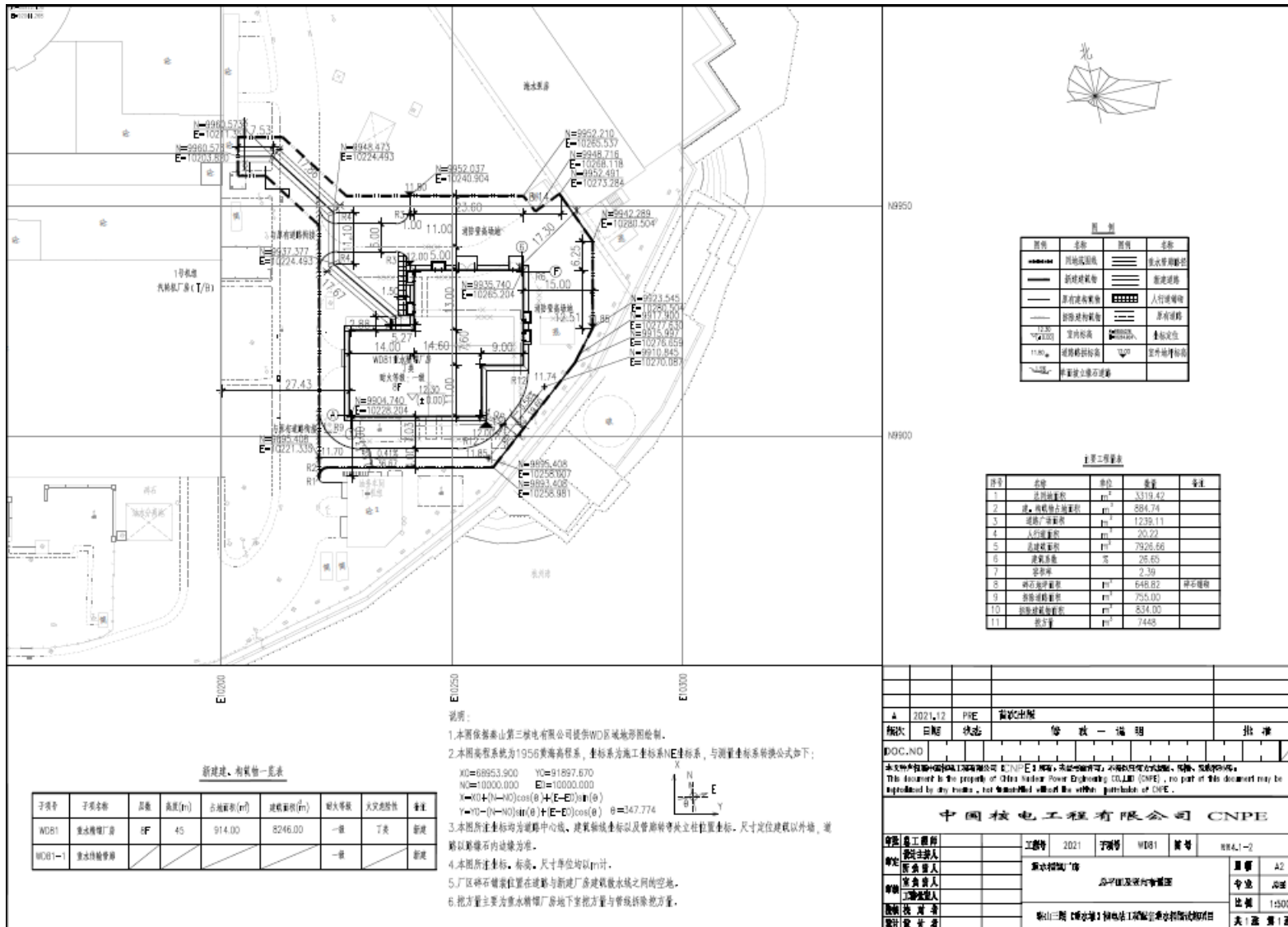


图 4.1-2 总平面及竖向布置图

4.2 主要工艺系统描述

4.2.1 重水进料系统

重水进料系统包括重水储槽，主要用于接收来自重水传输管廊的慢化剂重水，并为热传输重水预留接口。当重水分析取样系统产生的取样液品质满足生产需求时，也可输送至重水进料系统储槽。

重水储槽呼排气送至不凝气处理系统进行处理，储槽出液以 30kg/h 的速率自流至精馏系统的进料汽化器。

4.2.2 精馏系统

精馏系统设备主要包括精馏塔、冷凝器、二三级冷凝器、再沸器、真空机组（含真空泵、换热器、密封水箱）、出料泵、分离罐和汽化器。精馏塔填料采用高效规整填料。

其中，精馏塔主要用于 D_2O 与 DTO 的分离；并用于分离泄漏进入系统内的轻水，以防止系统内重水的降级。

重水由重水进料系统自流进入汽化器，通过 0.45MPa.g 蒸汽加热，以气相进料方式进入精馏系统精馏塔。

精馏塔塔底再沸器产生的重水蒸汽沿塔身上升，在塔顶冷凝器中冷凝为重水，回流液返回塔底再沸器。各精馏塔内上升蒸汽与填料表面形成的液膜逆向接触，发生气液传质和传热。DTO 在液相中不断富集，在塔底得到氘比活度较高的重水，最终在塔底得到浓集的高氘重水，通过出料泵送至高氘重水储存系统。而气相中 DTO 不断贫化，在塔顶冷凝得到氘比活度较低的重水，最终在 01 塔中，脱氘重水在塔底浓集，作为产品水采出，通过出料泵送至产品水系统；轻水含量较高的脱氘重水在塔顶作为降级重水采出，自流进入降级重水系统。

4.2.3 产品水系统

产品水系统主要用于暂存及净化精馏系统采出的低氘重水产品，产品水经检测合格后，采用屏蔽泵经重水传输管廊输送回机组。产品水也用于为精馏系统水环真空泵补水。本系统中的釜式汽化器及列管冷凝器用来除去产品水中的无机盐等杂质。

来自精馏塔塔底的脱氘重水通过输送泵输送至釜式汽化器，经 0.45MPa.g 饱和水蒸气加热汽化后进入列管冷凝器冷凝，冷凝液自流至产品水储槽暂存。产品水检测合格后通过屏蔽泵经重水传输管廊返回机组。釜式汽化器排污重水送至降级重水系统。产品水储槽的呼排气通过管道送入不凝气处理系统进行处理。产品水贮槽出液管道上设置有取样口送重水分析取样系统分析氘浓度。

4.2.4 高氙重水贮存系统

高氙重水贮存系统主要用于净化和贮存精馏系统塔底采出的高氙重水产品，并兼顾高氙重水储槽内辐射分解产生的氙（氙）气体的处理以及副产品³He气体的压缩收集。高氙重水经检测，满足浓度指标后，暂存于高氙重水储槽，适时采用屏蔽泵经重水传输管廊输送回机组或通过槽车转运。本系统中釜式汽化器及列管冷凝器用来除去高氙重水中的杂质。

来自精馏塔塔底的重水通过屏蔽泵输送至釜式汽化器，待积累至一定量后，通过0.45MPa.g饱和水蒸气加热汽化后进入列管冷凝器冷凝，冷凝液自流入高氙重水暂存储槽暂存，通过屏蔽泵送入高氙重水储槽储存。高氙重水检测合格后，可通过屏蔽泵经重水传输管廊返回机组，也可在暂存在高氙重水间通过槽车转运。手套箱用于高氙重水外运时与槽车管道连接，防止重水泄漏并回收接口残液。釜式汽化器排污重水送至降级重水系统暂存。高氙重水储槽出液管道上设置有取样口送重水分析取样系统分析氙浓度等。

高氙重水储槽内的重水在高剂量的情况下会因辐射分解产生氙（氙）气，为保证系统安全，采用氦气保护，氦气保护气以尾气风机为动力，在高氙重水储槽、氢氧复合装置与列管冷凝器内连续循环，当循环管路上的氢气检测装置检测到氦气中氙（氙）浓度达到设定值（爆炸下限25%）时，启动氢氧复合装置，直至氙（氙）浓度低于设定值后停止。操作人员需定期启动压缩机将系统内气体压缩至40L标准气瓶中存储，防止系统压力过高。

4.2.5 不凝气处理系统

不凝气处理系统主要对精馏系统不凝气、各系统重水储罐呼排气、蒸汽回收系统尾气、重水分析系统中手套箱尾气、高氙重水贮存系统中手套箱尾气等气体中携带的重水蒸汽进行深度处理，实现尾气达标排放。

不凝气依据来源和组成为三种处理方式：

来自精馏塔及高氙重水储槽超压排气中含有辐照分解产生的氙（氙）气，该部分气体经过计算为19TBq/a，满足排放限值要求。尾气依次通过缓冲罐、尾气增压机、冷凝器、尾气冷凝器与尾气冷凝器，使露点降低至-60℃。处理后的尾气满足放射性排放限值要求，排入排风系统；

来自精馏塔、各系统重水储槽（高氙重水储槽除外）、蒸汽回收系统尾气的的气体依次通过通过缓冲罐、尾气增压机、冷凝器、尾气冷凝器，使尾气的露点降低至-60℃。处理后的尾气满足放射性排放限值要求，排入排风系统；

来自重水分析系统中手套箱、高氙重水贮存系统的手套箱在操作重水取样或输送的过

程中，尾气中会存在一定的重水蒸汽，尾气依次通过尾气风机、尾气冷凝器，使露点降低至-20℃。处理后的尾气满足放射性排放限值要求，排入排风系统。

重水凝点约3.8℃，通过以-30℃冷冻液和-70℃冷冻液为冷媒的尾气冷凝器时会在管壁上凝结成冰，待累积一定量后，切换至热媒（40℃）进行加热融化，融化重水在分离罐内暂存。分离罐到达指定液位后，所含重水通过取样泵输送至重水分析取样系统，对重水组成合格后分析，通过自流返回降级重水系统。

4.2.6 重水应急系统

重水应急系统主要用于在事故状态下接收和暂存来自精馏系统、重水分析取样系统手套箱集液盘以及各系统泄漏至地漏的重水。同时还用于接收来自卫生通过间事故淋洗水。

事故情况下，来自精馏系统、重水分析取样系统手套箱集液盘以及各系统泄漏至地漏的重水，经管道自流进入重水应急系统重水储槽；重水应急系统可接收除高氙重水储槽外其他单个容器的最大泄漏量。待事故情况解除后，对重水储槽内的液体进行取样分析，根据重水品质，通过屏蔽泵返回降级重水系统。对于重水含量极低或杂质含量较高的漏液，通过放射性废液管道返回机组放射性废液处理系统进行处理。重水储槽的呼排气送至不凝气处理系统进行处理。

卫生通过间事故淋洗水经管道自流进入废水储槽暂存，暂存一定量后通过磁力泵送回机组放射性废液处理系统进行处理。

4.2.7 重水分析取样系统

（1）手动取样

来自各取样点的待测液以泵作为动力不断在取样回路中循环，根据重水氙浓度，将取样口分别设置在取样手套箱和取样通风柜中。

考虑到手套箱操作的安全性，在取样手套箱内设置取样瓶取样方式，手套箱内每个取样点设置取样主回路及取样支路，每次取样前先使用取样瓶进行扫液，取样瓶装液量约50ml，扫液3~6次，扫液量约150~300mL，在手套箱中转移至1L的中转瓶内，然后进行取样操作，使用取样瓶取液约50ml，盖好取样瓶及中转瓶的盖子，将二者一起通过过渡仓转移至实验室。

在通风柜中设置针筒取样方式及备用取样瓶取样方式，针筒取样阀上设置压紧装置，保证膜片的密封性，利用针筒插入膜片进行取样，并及时更换膜片，保证密封性，通风柜中取样瓶取样方式作为当针筒取样阀出现故障时的备用方式，取样操作模式同通风柜。

取样手套箱及取样通风柜底部均设置泄漏液收集盘，当出现泄漏时，液体自流进入

重水应急储槽收集。

(2) 重水浓度在线检测

来自 1 塔底的重水经过套管冷却器冷却后与常温的产品水进入重水浓度在线检测仪分析，切换进样，进液流量均为 100L/h，当其中 1 路取样液处于进样分析状态，约 97L/h 的液量通过大旁路及快速回路直接进入出口管路，返回原系统，经过分析仪后，仅有约 3L/h 的液量通过减压、过滤、经过流通池及流通池旁路排放，排放压力 $\leq 0.068\text{MPa}$ ，至重水储槽中暂存，当高液位报警时，连锁储槽出口气动阀，通过压力差将液体输送至 1 塔底。不进样的管路则全部取样液直接进入出口管路回到原有系统。

来自蒸汽系统的蒸汽冷凝液通过套管冷却器冷却后进入重水浓度在线检测仪分析，操作流程同重水浓度在线检测仪。排放压力 $\leq 0.068\text{MPa}$ 的蒸汽冷凝液进入蒸汽冷凝液储槽暂存，并通过泵输送回原有系统。

来自循环冷却水系统的循环冷却水通过套管冷却器冷却后与来自冷冻水系统的冷冻水进入重水浓度在线检测仪取样分析，每次分析完毕后排空测样管路，以减少冷冻水和循环冷却水的混合，检测仪出口设置循环冷却水储槽和冷冻水储槽各一台，进液管路设置气动阀与重水浓度在线检测仪连锁，当循环冷却水进样分析时，连锁关闭冷冻水储槽进口阀门，液体自流至循环冷却水储槽暂存，当冷冻水进样分析时则相反。循环冷却水储槽出口设置循环冷却水输送泵，冷冻水储槽出口设置冷冻水输送泵，将液体输送回原有系统。

4.2.8 降级重水系统

降级重水系统重水主要来自蒸汽回收系统、重水应急系统以及精馏系统01塔顶采出液的降级重水，不凝气处理系统，精馏系统排污重水，产品水系统排污重水，高氘重水贮存系统排污重水以及重水分析取样系统，通过管道输送至降级重水储槽，储槽出液管道上设置有取样口送重水分析取样系统分析氘浓度等，检测合格后通过屏蔽泵返回机组的重水升级系统，回收其中的重水。降级重水储槽的呼排气通过管道送入不凝气处理系统进行处理。

4.2.9 蒸汽回收系统

蒸汽回收系统设置2套蒸汽回收装置并联使用，互为备用，交替吸附与解吸，处理对象为所有操作重水的房间（包括精馏大厅、产品及降级水间、高氘重水间、重水浓度监测间、重水蒸汽回收间、不凝气处理间、重水传输管廊等）。

蒸汽回收系统与在线氘监测系统及事故排风系统连锁，以层为单位进行事故房间的蒸汽回收，当某一房间氘浓度超标时，连锁关闭事故房间所在层正常送、排风，蒸汽回收系

统自动启动，通过事故排风系统将事故房间所在层排风接入蒸汽回收系统，并将吸附干燥后的气体返回事故房间所在层完成闭式循环。两套蒸汽回收装置交替吸附与解吸，当其中一套蒸汽回收装置吸附饱和时，将其自动切换至解吸状态，并将另一台装置自动切换至吸附状态，直至事故房间内氙浓度降至设定值(5DAC)，事故房间所在层重新开启正常排风。若吸附时间小于解吸时间，如当01装置吸附饱和时，02装置还未解吸完全，则01装置继续保持吸附状态，待02装置解吸完全后，再将01装置自动转入解吸状态。另设置远程手动控制两套蒸汽回收装置的吸附、解吸切换。

解吸阶段，以电加热后的热空气作为载体将干燥床加热至约200℃，解吸下来的重水蒸汽进入冷凝器，以7℃~12℃的冷冻水将重水蒸汽冷凝并回收至重水储槽，自流至降级重水系统进行处理。重水储槽的呼排气送至不凝气处理系统进行处理。

4.2.10 辅助蒸汽及凝结水回收系统

辅助蒸汽分配系统是利用厂区辅助蒸汽系统提供的饱和蒸汽，为精馏厂房内精馏系统、产品水系统和高氙重水贮存系统等用户供汽。蒸汽管道设计压力为 0.71MPa (a)，设计温度 200℃。

凝结水回收系统的功能是将来自精馏厂房内精馏系统、产品水系统和高氙重水贮存系统等蒸汽用户的凝结水汇聚到一条DN150的凝结水回收母管上，通过凝结水回收箱回收，再经输送离心泵通过本厂房外凝结水传输管道输送至启动锅炉房疏水箱。

在凝结水回收母管上设置有连续在线取样点，通过取样离心泵将取样水经通过一条取样管道输送至重水在线监测装置。当其监测到凝结水中的重水浓度超标时，联锁停运凝结水回收系统的凝结水输送离心泵。然后人工关闭阀门 4330-V90038，打开阀门 4330-v90037，启动凝结水输送离心泵，将凝结水回收系统中被重水污染的凝结水通过凝结水废液管道排放至废液传输管道。

WD81-013 房间设置有集水地坑，地坑设置地坑泵，正常运行工况下，用于收集房间内设备及管道检修时地面上的疏放水以及溢流水，并排放至生产废水系统；事故工况下，用于将被污染凝结水打回凝结水箱。地坑泵，泵的扬程为 50m，流量为 6m³/h。

4.2.11 其他系统

(1) 循环冷却水系统

重水精馏厂房内存在需要使用冷却水的设备，冷却水循环使用，接自室外 RCW 检修备用系统。

(2) 生活给水系统

生活用水可就近从室外生活水管网上接入，供至卫生间、淋浴间、洗眼器等用水点。

(3) 淋浴热水系统

本工程淋浴热水采用即热式电热水器供应。共设置 1 台即热式电热水器，单台功率 9kW。最高日淋浴用水量为 1.80m³/d，最大时淋浴用水量 0.60m³/h。

(4) 除盐水系统

工艺专业重水浓度在线检测装置需要除盐水，连续使用。

工艺系统开车调试阶段一次性使用除盐水约 60m³，在管线接入重水精馏厂房入口处预留接口，使用时通过软管连接，除盐水 1~2 天内输送完成即可。

(5) 局部排风系统

局部排风系统主要为精馏大厅通风柜排风，设计风量 2700m³/h，风机选用 1 台轴流风机。风机吊装，位于排风中心房间上方，排风通过屋面烟囱排放。

(6) 全面通风系统

1) P-1 系统为负 1 层到 2 层白区房间服务，风机选用 1 台轴流风机，风机吊装，位于 2 层配电间（上方，排风直接通过外墙双层百叶防雨防尘风口排放到室外。

2) P-2 系统为 1 层白区配电间服务，风机选用 1 台轴流风机。风机吊装，位于 1 层配电间上方，排风直接通过外墙双层百叶防雨防尘风口排放到室外。

3) P-3 系统为 2 层白区配电间服务，风机选用 1 台轴流风机。风机吊装，位于 2 层配电间上方，排风直接通过外墙双层百叶防雨防尘风口排放到室外。

4) P-4 系统为负 1 层到 8 层绿区走廊、楼梯间、过渡间、送、排风中心、加压送风机房、辐射防护检测间等房间服务，设计风量 15230m³/h，风机选用 1 台离心风机。风机落地安装，位于排风机房，排风通过屋面烟囱排放到室外。

5) P-5 系统为 3 层到 4 层的白区控制室+设备间、卫生间、送风中心服务，设计风量 7826m³/h，风机选用 1 台轴流风机。风机吊装，位于 3 层送风中心上方，排风直接通过外墙双层百叶防雨防尘风口排放到室外。

6) P-6 系统为 5 层白区冷冻水间服务，设计风量 3810m³/h，风机选用 1 台轴流风机。风机吊装，位于 5 层白区冷冻水间上方，排风直接通过外墙双层百叶防雨防尘风口排放到室外，通过外墙双层防雨防尘百叶风口补风。

7) P-7 系统为 7 层白区深冷间服务，设计风量 2921m³/h，风机选用 1 台轴流风机。风机吊装，位于 7 层白区深冷间上方，排风直接通过外墙双层百叶防雨防尘风口排放到室外。

8) P-8 系统为-1 层到 8 层的黄区精馏大厅排风，设计风量 1696m³/h，风机选用 1 台轴流风机。风机落地安装，位于排风机房，排风通过屋面烟囱排放到室外。

9) P-9 系统为产品降级水间、高氘重水间、重水蒸汽回收及不凝气体处理间排风排风，设计风量 11040m³/h，风机选用 1 台离心风机。风机落地安装，位于排风机房，排风通过屋面烟囱排放到室外。

(7) 除湿空调系统

除湿空调系统 S-1 为精馏大厅服务，为维持负压，设置部分新风和排风，新风直接与回风混合处理后送入房间，排风从回风管接管，通过 P-8 系统经烟囱排出室外。因涉及黄区回风，除湿机再生风可能有辐射污染风险，再生风排风通过屋面烟囱排放到室外。

(8) 供气系统

供气系统共分为三个系统，分别为厂用压缩空气系统（75110）、呼吸压缩空气系统（75130）和氦气供应系统（75910）。其中，由于仪用压空与原有厂用压空品质相同，本次项目改造两种压空用气为从秦山三期原有厂用压空系统引入一条备用压空管线至本项目作为气源，所以将仪用压缩空气系统和公用压缩空气系统合并为厂用压缩空气系统。

1) 厂用压缩空气系统两种供气用户不同，功能也不相同，相关描述如下：

a) 公用压缩空气主要用于相关装置以及房间的吹扫或者设备检修；

b) 仪用压缩空气为了保证精馏厂房各房间的气动控制装置和气动仪表所需的仪表用压缩空气的分配。

2) 呼吸压缩空气系统用气来源也由原厂区呼吸压缩空气系统供给，一般用于反应堆厂房和辅助厂房中可能存在放射性气溶胶的工作区域，为人员呼吸和人体冷却用的面罩和塑料衣提供清洁的空气。本项目需要同时满足 5 人使用的呼吸压空，电站也能提供相应要求的呼吸用压缩空气。

3) 氦气供应系统的功能是供应高氘重水系统与不凝气处理系统使用，与该系统产生的微量氢气混合，防止爆炸。

在精馏厂房内部设备装置正常运行状态时，厂用压缩空气用于保证各气动控制装置和气动仪表的用气，同时还供应与氢氧复合装置以及重水浓度在线检测装置用气。

厂区原有厂用压缩空气的运行压力为 0.82-0.88MPa，露点温度<5℃，含油低于 3ppm，单台压缩机供气流量约为 1245SCMH（每小时标准流量）。本项目用气压力约为 0.6MPa，所需要压空量约为 120m³/h，厂区原有厂用压缩空气系统可以供给满足本次项目改造所需用气量。

重水除氘工艺流程中相关设备均带有放射性，所在房间无法进行常规检修，需要操作员配备专门的气衣对设备进行巡视，设置呼吸压缩空气系统可以为操作员提供气衣设备用气，保证精馏厂房中带放房间内设备的检修以及维护。

本项目需要同时满足 5 人使用的呼吸压空。电站现有一台 100% 容量的压缩机，流量为 1631m³/h，出口压力为 862kPa，单路管线可满足 16 人同时使用。电站实际运行情况为单路管线同时最大使用人数为 8 人，剩余容量满足本项目对呼吸压空的需求。

氦气供应系统为新增系统，主要提供氦气，用于吹扫设备或工艺运行用保护气体，用户为高氘重水系统及不凝气处理系统，其运行与该系统密切相关。本项目所用气体压力约为 10~20kPa，利用气瓶集装格附带减压装置可以满足用气要求。

4.3 重水传输管廊结构设计

(1) 重水传输管廊的地基情况

根据最新的地质勘察报告，重水传输管廊的四个基础有三个位于基岩区（图 1 中的 TK01、JY02、ZK01 点处），其中一个基础位于回填区（图 4.3-1 中的 JY01 点处）。重水传输管廊基底以下一定深度为中微风化火山集块岩。在核岛厂房的管廊连接处，管线较多，基岩情况暂不明确，需要在此处超挖至基岩处，采用素混凝土回填处理。基底采用素混凝土回填处理后满足《压水堆核电厂核安全有关厂房地基基础设计规范》（NB/T 20308-2014）第 4.1 条的相关要求。即“核安全有关厂房应坐落在地基承载力特征值大于 0.3Mpa 且剪切波速大于 300m/s 的岩土上，人工填土不应作为核安全有关厂房的地基。”

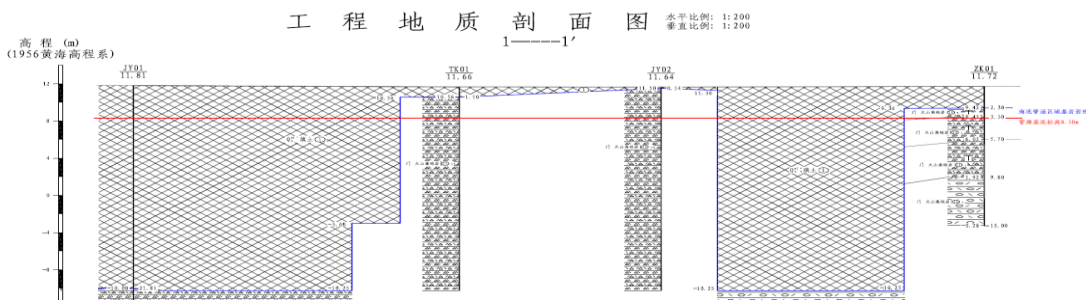


图 4.3-1 重水传输管廊的地质勘察剖面图

(2) 重水传输管廊的设计

重水传输管廊采用 ANSYS 有限元软件对模型在恒荷载、活荷载、风荷载、温度荷载、地震荷载等单工况荷载作用下进行了内力分析。根据相关规范将各单工况荷载下的单元内力进行组合。根据组合内力对单元进行配筋计算，得到承载能力极限状态下的最终计算配筋面积。根据承载能力极限状态下的配筋结果，对结构单元进行裂缝控制下的配筋验算，并将调整后的配筋结果作为最终配筋计算结果，各个构件配筋率合理可靠。

根据结构构件变形验算结果，构件变形均满足《压水堆核电厂核安全相关混凝土结构设计规范》(NB/T 20012-2019) 第 8.2 节受弯构件的允许挠度限值要求。

地基承载力根据《压水堆核电厂核安全有关厂房地基基础设计规范》(NB/T20308-2014) 第 6.2 节的规定进行地基承载力验算，均满足规范要求。

厂房整体抗倾覆验算以及基础底面的抗滑移验算，根据《压水堆核电厂核安全有关厂房地基基础设计规范》NB/T20308-2014 中 6.4 节相关规定进行计算，均满足规范要求。

4.4 辐射防护

本设施进料为机组净化系统净化后的重水，杂质核素含量很小，外照射风险很低，职业照射风险主要是吸入氙化水所致的内照射，设计中主要采取了如下措施：

(1) 降低工作场所污染水平

将辐射工作场所和非辐射工作场所采用物理分隔，将操作氙化水的房间独立布置。

为了减少氙化水向工作场所的释放，直接包容含氙重水的工艺设备、管道作为第一道密封屏障，直接包容含氙重水的工艺设备、管道材质为 304L 不锈钢，所有设备接口采用焊接连接，密封屏障系统泄漏率低于 $10^{-7}\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ 。

为了减少氙化水向相邻房间的扩散，操作氙化水的工艺间（精馏大厅、高氙重水、凝结水、产品+降级水间、重水蒸汽回收、不凝气处理房间）、气密门及其通风系统为第二道密封屏障，房间地面、墙面、顶棚涂防氙防水涂料，并采用气密封堵，泄漏率低于 0.05vol/h 。且操作氙化水的工艺间相对于相邻房间为负压。

为了防止氙化水扩散至非辐射工作场所，控制区与非辐射工作场所之间设有过渡间，且辐射工作场所相对非辐射工作场所为负压状态。

在控制区人流出入口设置卫生出入口，工作人员出入辐射工作场所需进行污染监测和去污。

(2) 尽量减少在辐射工作场所的工作时间

本设施工艺系统在控制室进行生产过程监视和控制，控制室设置在非辐射工作场所内，工作人员每班进入控制区进行巡检。

对进入控制区的人员和时间进行控制，本设施控制区又分为绿区和黄区，不同控制区规定有居留时间要求。

(3) 辐射防护分区

1) 重水精馏厂房

A) 分区原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《压水堆核动力厂厂内辐射分区设计准则》(NB/T20185)的要求,将辐射工作场所分为控制区和监督区和非控制区,为便于辐射防护管理和照射控制,再控制区分为绿区和黄区。划分中,各分区的剂量率控制要求与秦山三期现有的控制要求保持一致。

B) 辐射工作场所分区

工作场所辐射防护分区如下:

监督区:主要包括二层的卫生出入口、过渡间等。

绿区:排风中心、辐射防护检测间、控制区走廊、楼梯间等。

黄区:精馏大厅、产品+降级水间、重水蒸汽回收间、不凝气处理间等。

表 4.4-1 辐射分区控制要求

| 辐射工作场所 | | 场剂量率 (mSv/h) | 气载放射性活度浓度 | 居留特征 |
|--------|--------------|-----------------|-----------|------------------------------|
| 监督区(白) | | ≤0.0005 | 可忽略 | 每季工作少于 500h |
| 控制区 | 常规工作区 (绿) | ≤0.006 | ≤0.1DAC | 每周工作少于 40h, 年均工作量大于 10 人·时/周 |
| | 限定工作区 (黄) | ≤0.025 | ≤1DAC | 每周工作少于 4h, 年均工作量小于 10 人·时/周 |

C) 控制措施

a. 通过分区布置设计,划定辐射控制区域,进入控制区设置有卫生通过间(WD81-214),卫生通过间配置有手脚污染监测装置和全身污染监测装置,采用实体和行政管理两种方式控制工作人员的出入,并与物流分开、避免交叉污染。

控制区人流出口设有卫生出入口,工作人员穿戴好工作服、佩戴好个人剂量监测仪表后,方可进入控制区;工作人员离开控制区前,经监测表面污染合格后,方可离开。

b. 根据《压水堆核动力厂厂内辐射分区设计准则》(NB/T20185)在监督区入口设置醒目的标志,在各控制区入口设置醒目标志以及相应的绿、黄稳定指示;在各分区的入口位置设置辐射水平和污染水平的指示。

c. 本工程至少设置二道密封屏障,一般为三道密封屏障,直接接触含氚重水的工艺设备、管道作为第一道密封屏障;工艺间、气密门及其通风系统为第二道密封屏障。厂房作为第三道密封屏障。第一道密封屏障系统泄漏率为 $10^{-6} \sim 10^{-7} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。第二道密封屏障体积泄漏率低于 0.05vol/h。

d. 控制区与监督区之间设有过渡间,防止污染扩散,控制区通过合理组织气流,使厂房内的气流流向为:低污染区→高污染区。

e. 为确保各分区污染水平控制要求，本工程设置了多种辐射监测仪表，详见“7 辐射监测”。

4.5 放射性废物和源项

4.5.1 气载流出物和源项

本项目气载流出物来源主要包括：工艺系统尾气、工作场所排风换气、工艺操作导致的释放。

(1) 系统尾气

系统尾气分三部分，一部分为氙化水辐解产生的氙气，其不会被冷凝系统冷凝处理；一部分为不凝气处理系统冷凝后残留的水蒸气；另一部分为氙化重水中存在的杂质核素。

高氙重水储罐中的氙气在管路中循环留洞，经氢氧复合装置处理，不对外排放；其余各精馏塔及储罐年产生辐解氙气量总计为 19.186TBq。

本项目主工艺系统为负压操作，在正常运行时厂房空气向主工艺系统渗漏，空气在主工艺系统中随着系统尾气流动，最后经不凝气处理系统处理后，经局排系统排入大气。精馏系统尾气中氙化水年排放量为 10.90TBq/a。重水中 ^{14}C 按 CO_2 考虑，年排放量为 $4.75\text{E-}3\text{TBq/a}$ 。 ^{41}Ar 半衰期为 1.83h，重水中的氙随储存时间很快衰减，因此也可以忽略本设施向环境排放的 ^{41}Ar 气体对环境的影响。其它杂质为不可挥发盐份，由于本设施向环境排放的氙化水总量很小，因此向环境排放量也是可以忽略的。

(2) 工作场所排风换气

工作场所排风换气向环境释放的气态氙是工艺系统各设备泄漏到工作场所的部分，释放量为 5.247TBq/a。

(3) 工艺操作导致的释放

工艺操作过程中，释放源包括在通风柜、手套箱等设备内进行的取样过程以及高氙重水槽车转移过程。经计算，由于工艺操作过程导致氙化水向环境的年排放量为 $9.94\text{E-}2\text{TBq}$ 。

各部分贡献量见表 4.5-1。

表 4.5-1 重水精馏厂房气载流出物汇总表

| 源项 | | 向环境排放量 TBq/a |
|-----------|---------------|------------------|
| 系统尾气 | 辐解氙气 | 19.186 |
| | 不凝气夹带水蒸气 | 10.90 |
| | CO_2 | $4.75\text{E-}3$ |
| 工作场所排风换气 | | 5.247 |
| 工艺操作导致的释放 | | $9.94\text{E-}2$ |

本项目局排及全排尾气均通过屋面烟囱排放，烟囱高度为高出屋面 5m，在屋面烟囱

设置氙化水在线监测、取样监测和烟气流量、流速、温度和湿度监测，可及时探测到排放异常，并可计量排放总量。

4.5.2 废液及其源项

本项目运行期间蒸汽回收系统回收的液体收集后经管道输送至 1#机组重水升级系统回收；本项目运行期间不凝气处理系统产生的含氙重水返回到降级重水系统，返回 1#机组重水升级系统处理。

本项目运行期间污染工作人员去污产生的去污废水，年产生量约为 $1\text{m}^3/\text{a}$ ，活度浓度 $<1000\text{Bq/L}$ ；本项目精馏大厅采用循环风方案，通风系统冷凝水产量约 $500\text{m}^3/\text{a}$ ，活度浓度约为 $4.4 \times 10^6\text{Bq/L}$ 。

本项目废水产生量为 2.2TBq/a ，废水收集到储罐内，定期输送至 1#机组废液处理系统处理后排放。废水转移前取样分析氙活度浓度。

本项目建成运行后，与秦山三厂的氙排放量总量在本项目运行初期可能存在排放量增大的可能性，随着本项目的运行，最终经处理后慢化剂重水中的氙浓度约降低至原来的 $1/4$ ，因此机组的排放量将会减少，综合来看，随着本项目运行一定时间以后，总的气液态流出物排放量将会减少。

4.5.3 固体废物

本项目运行期间产生的固体废物主要是干燥剂、取样瓶、金属催化剂、棉织物等。固体废物在本设施内分类收集，包装。

吸水性固体废物，如擦拭产生的棉织物，送1号机组现有固体废物处理系统烘干处理；其它废物经表面污染检测合格后，送至秦山三期现有废物库暂存。

主工艺系统中的高氙重水贮存系统使用的氢氧复合装置含有金属催化剂，装料 $20\text{kg}/\text{台}$ ，更换周期为每两年一次，合计更换量为每2年更换 40kg 。

主工艺系统中的蒸汽回收系统的蒸汽回收装置中含有干燥剂，装料量为 $1\text{吨}/\text{台}$ ，五年更换，产生量为 1t 。

事故情况下，专业人员会穿着整套防护服、手套与呼吸面罩系统进行工作，作业完成后，发生辐射沾染的防护服、手套与呼吸面罩会打包装桶，运出精馏设施厂房，送至核电站原有的放射性废物处理设施进行统一处理。

4.5.4 事故源项

本工程设计基准事故为含氙重水泄漏事故。

4.5.4.1 事故原因

正常运行时，含氚重水密封在管道和容器内，厂房各房间内氚浓度 $\leq 1\text{DAC}$ ($4 \times 10^5 \text{Bq/m}^3$)。若由于外力冲击、焊缝处腐蚀老化等原因，可能发生管道泄漏事故。

4.5.4.2 事故探测

当发生含氚重水泄漏事故时，工艺间、排风管道及流出物设置氚在线监测装置，可以及时监测到异常的发生。

4.5.4.3 事故源项分析

(1) 基本假设和事故条件

1) 管道泄漏量：

根据 HJ 169-2018（建设项目环境风险评价技术导则），得到精馏设施的管道泄漏的计算方法，见方程 4.5-1。

$$Q_m = C_d A \rho \sqrt{\frac{2(P-P_e)}{\rho} + 2gh} \quad (4.5-1)$$

式中： Q_m 为液体泄漏速率， kg s^{-1} ； C_d 为液体泄漏系数，与管路中液体流速、破口形状有关，量纲为 1； A 为破口面积， m^2 ； ρ 为液体密度， kg m^{-3} ； P 为容器内液体压力， Pa ； P_e 为环境压力， Pa ； g 为重力加速度， m s^{-2} ； h 为破口位置与容器内液面高度差， m 。其中液体泄漏系数的取值见表 4.5-2。

表 4.5-2 管道泄漏系数取值

| 雷诺数 Re | 裂口形状 | | |
|------------|---------|------|------|
| | 圆形（多边形） | 三角形 | 矩形 |
| >100 | 0.65 | 0.60 | 0.55 |
| ≤ 100 | 0.50 | 0.45 | 0.40 |

根据上述计算方法结合实际泄漏过程不难看出，式 4.5-2 适用于瞬态的泄漏速率的计算，即：

$$\frac{dh}{dt} = -C_d \alpha \sqrt{\frac{2(P-P_e)}{\rho} + 2gh} \quad (4.5-2)$$

其中， t 为泄漏时间， s ； α 为破口面积与储罐内液面面积之比，对于本项分析中的研究对象， α 为与时间无关的常数；考虑重水为不可压缩流体，即重水密度为常数，环境压力与储罐内压力相等。

对 4.4-2 进行整理后积分，可得：

$$h = \frac{g}{2}(-\alpha C_d t + C)^2 \quad (4.5-3)$$

其中， C 为常数，与边界条件有关，对于初始条件为：0 时刻储槽内液面高度为 h_0 的情况，则 C 为：

$$C = \pm \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$$

根据实际泄漏情况，则：

$$C = \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$$

则储槽泄漏总量随时间变化关系为：

$$Q_m(t) = A_0 \rho (h_0 - h) \quad (4.5-4)$$

2) 收集时间

从储槽内泄漏出的氟化重水流入围堰，通过地漏收集至地坑。假设从储槽内泄漏出的氟化重水由一个地漏完成收集。计算按流速最慢的横管考虑，根据 GB50019-2019《建筑给排水设计规范》4.5.4 中排水横管的水力计算：

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (4.5-6)$$

式中， v 为液体速度，m/s； R 为水力半径； I 为水力坡度； n 为管渠粗糙程度。

可得出 $v = 0.635\text{m/s}$ ，则泄漏出的氟化重水收集时间为：

$$T = \frac{Q_v}{\pi R^2 v} \quad (4.5-7)$$

3) 高氟重水储槽泄漏源项

a. 泄漏量

高氟重水储槽为卧式储槽，最大容积为 50m^3 ，直径 3m ，即液位最大高度为 3m 。为方便计算考虑其为高度 3m ，直径 4.61m 的直立圆柱，这种假设在泄漏量小于 25m^3 时是偏保守的；考虑管道断裂后储槽内的负压，能够迅速和环境压力平衡，储槽内压力与环境压力差正相关于泄漏量，此种假设也是偏保守的。

泄漏量与破口面积呈正相关关系，故选取截面更大的管道得到的计算结果也更为保守。高氟重水储槽的泄漏计算中选取管道管径为 2 英寸的管道作为计算对象。根据上述条

件，高氟重水储槽泄漏量与时间表达式为：

$$Q_m(t) = -6.005 \times 10^{-4}t^2 + 11.58t$$

根据计算结果，管道断裂 10 分钟后管道断裂引起的放射性物质泄漏 10min 总活度为 $3.03 \times 10^6 \text{Ci}$ 。

b 收集时间

由于蒸发量相对总的泄漏量很小，不考虑由于高氟重水的蒸发对泄漏的高氟重水收集时间的影响。根据式 4.5-7。

c 气化量

高氟重水的气化量分为两部分，一部分为在地漏收集过程中高氟重水的蒸发，另一部分为地漏收集结束后残留在围堰内的部分高氟重水的气化。

蒸发过程分两个阶段，一是在正常工况的相对湿度下计算，围堰内高氟重水的蒸发情况，二是在相对湿度达到 80%后的蒸发情况。重水储槽操作温度为 25°C ，相对湿度最初按 10%计算。

房间体积为 624.96m^3 ，则房间内空气相对湿度从 10%到 80%所需高氟重水质量为 11.17kg 。在相对湿度为 10%时，蒸发速率为 0.0062kg/s ，则需至少需要 1795s 完成第一阶段的蒸发。第二阶段蒸发量速率为 0.0014kg/s ，则蒸发量为 0.88kg 。

因此高氟重水的蒸发总量为 12.05kg (5423Ci)。

假设围堰内剩余的高氟重水均匀分布在围堰底部，形成一层薄薄的液膜。

假设液膜厚度 1mm，则该部分高氟重水质量为 55.35kg ($2.49 \times 10^4 \text{Ci}$)。

因此，总的蒸发量为 67.40kg ($3.03 \times 10^4 \text{Ci}$)。

4) 精馏塔泄漏源项

精馏塔塔径为 2.2m，塔内液位高度 2m，在计算中同样选择位于塔底管径为 50mm 的管道。

a 泄漏量

精馏塔液位高度按 2m 考虑，计算中认为由于管道断裂，精馏塔内压力迅速上升至环境压力。不考虑由于压力较低温度较高引起的重水密度的变化，这种假设也是偏保守的。

精馏塔泄漏量与时间表达式为：

$$Q_m(t) = -2.33 \times 10^{-3}t^2 + 8.85t$$

根据计算结果，管道断裂 10 分钟后高氟重水泄漏量为 $4.12 \times 10^3 \text{kg}$ ，精馏塔中高氟重水比活度 $< 450 \text{Ci/kg}$ ，取其最大值，则由于管道断裂引起的放射性物质泄漏 10min 的总活

度为 $1.86 \times 10^6 \text{Ci}$ 。

b 收集时间

由于精馏塔内氟化重水温度较高，其气化速率相对于地漏的收集速率大到不可忽略，则需考虑由于气化对收集量的影响。则：

$$T = \frac{Q_m}{\rho \pi R^2 v + q_v}$$

式中， q_v 为围堰内氟化重水的蒸发速率，kg/s。为得到较为保守的气化量，取在相对湿度为 80%时的蒸发速率，精馏塔泄漏的氟化重水收集时间为 1405.00s。

c 气化量

该部分的气化量计算方法与高氟重水储槽部分相同。

房间体积为 2860.56m^3 ，则房间内空气相对湿度从 10%到 80%所需高氟重水质量为 51.13kg 。在相对湿度为 10%时，蒸发速率为 0.036kg/s ，则需至少需要 1420s 完成第一阶段的蒸发，该阶段时长大于氟化重水收集时间，则在收集阶段氟化重水蒸发量为 50.58kg ($2.28 \times 10^4 \text{Ci}$)。

残余高氟重水假设围堰内剩余的高氟重水均匀分布在围堰底部，形成一层薄薄的液膜。假设液膜厚度 1mm，则该部分高氟重水质量为 14.39kg (6476Ci)。

因此，总的蒸发量为 64.97kg ($2.92 \times 10^4 \text{Ci}$)。

5) 环境释放量

根据上述描述，可知由于泄漏可引起的气化重水向厂房中释放的气化重水在高氟重水储槽泄漏时气化量更大。考虑可能出现的四种工况（蒸汽回收系统启动，全排关；蒸汽回收系统启动，全排开；蒸汽回收系统未启动，全排关；蒸汽回收系统未启动，全排开）对向环境释放量的影响。

a 蒸汽回收系统启动，全排关闭

蒸汽回收系统启动，全排关闭时，考虑由于房间正压、建筑物缝隙导致的释放，房间体积泄漏率 $\leq 0.05/\text{h}$ 。蒸汽回收系统设置两套蒸汽回收装置其处理能力均为 4000 立方英尺/min (约 $6792 \text{m}^3/\text{h}$)。根据生产实践，蒸汽回收系统每小时回收率 $\geq 90\%$ ，按每小时回收空气中剩余的含氟重水的 90% 计算，工艺间体积泄漏率为 $0.05/\text{h}$ 计算，厂房内的气态氟化重水均匀分布，且泄漏出的气化量全部释放至环境中，0-2 小时向环境中释放量为 350.68Ci 。

b 蒸汽回收系统启动，全排开

蒸汽回收系统启动，全排开时考虑循环风，向环境排风量不超过 0.32 次/h，按每小时向环境排出空气中剩余的含氚重水的 90% 计算，0-2 小时向环境释放量为 2112.60Ci。

c 蒸汽回收系统未启动，全排关闭

蒸汽回收系统未启动，全排关闭时，考虑厂间体积泄漏率为 0.05/h，则 0-2 小时向环境释放量为 2887.43Ci。

d 蒸汽回收系统未启动，全排开

蒸汽回收系统未启动，全排开时考虑循环风次数为 0.32 次/h，则 0-2 小时向环境释放量为 14364.59Ci。

6) 预防和缓解措施

为防止泄漏事故发生，设备和管道材料选择 304L 以上不锈钢，连接方式尽采用焊接，重水输送泵采用屏蔽泵、阀门采用波纹管截止阀。

为及时发现泄漏事故，工艺间、排风管道及流出物设置氚在线监测装置，可以及时监测到泄漏事故的发生。氚在线监测系统应和厂房排风系统、蒸汽回收系统联锁，若监测仪监测到某个房间氚浓度超标，则联锁该房间的排风系统停止向烟囱的排放，同时启动该房间的蒸汽回收系统。

本项目设置有蒸汽回收系统、含氚重水泄漏收集，可能发生，可以及时回收空气中中级地面的含氚重水。

操作含氚重水的工艺间，内墙涂刷环氧树脂，工艺间留洞采用气密封堵，工艺间门为气密门，工艺间体积泄漏率低于 0.05voL/h，减少向周围房间及环境的释放。

5. 施工期环境影响评价

5.1 大气环境影响分析

施工过程中，由于开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会使施工区域尘土飞扬、大气中粉尘含量增高。

本工程施工过程中采取以下措施控制扬尘对环境的影响：

- 1) 施工现场进出口、主要道路和砂、石堆场，各种加工场地均已硬化；
- 2) 施工区域内的临时道路专人清扫，洒水，各种加工场地及材料堆场划分责任区，由相关施工班组清扫；
- 3) 水泥、砂、土等材料运输时封闭或严密覆盖；
- 4) 建筑工程完工后必须及时清理现场和平整场地，消除各种尘源；
- 5) 有扬尘产生的施工切割、打磨等尽量集中进行，密闭施工或带水作业，不能集中进行的尽量密闭作业；
- 6) 为在粉尘工作环境中的施工人员配备口罩等防尘措施，并随时注意检查、救护；
- 7) 运送各种建筑材料、施工垃圾、渣土的车辆应有遮盖和防护措施，防止建筑材料、建筑垃圾和尘土飞扬、洒落和流溢。

土石方施工完成后，当地的大气质量将很快得以恢复。因此，施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的，对环境的影响是可以接受的。

5.2 噪声影响分析

土石方工程施工期间，各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响，本工程施工期间噪声控制措施主要如下：

- 1) 施工现场倡导文明施工，尽量减少人为的大声喧哗，增强全体施工人员防噪声扰民的自觉意识；
- 2) 车辆噪声采取保持技术状态完好和适当减低速度的方法进行控制；
- 3) 从声源上降低噪声。尽量选用低噪声设备和工艺，尽量选用环保型机械设备；
- 4) 从传播途径上控制噪声。对于噪声较大的设备，应采取吸声、隔音、隔振和阻尼等声学处理方法降低噪声，必要时设立专用工作间，以降低噪声；
- 5) 施工现场应切实采取措施，控制噪声的产生。如进场使用的机械设备要定期维护保养，确保机械设备处于完好的技术状态；施工过程中严禁机械设备超负荷运转；禁止夜间使用噪声比较大的机械；模板、脚手架等支拆、搬运、修理应轻拿轻放，维修时禁止使用大锤敲打，尽量降低人为产生的噪声等；

6) 为操作工人配备相应的劳动保护用品。

通过采取上述措施，可以有效降低施工噪声对环境的影响。由于施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，施工完毕，噪声也即消失。本工程在核电厂区施工，最近的居民点距离较远，不会出现扰民现象。

5.3 水环境影响分析

5.3.1 陆域施工对水环境的影响

陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水的排放，施工生产用水主要用于消耗和重复利用。

本工程部分施工临建区所产生的生活污水，通过相应的收集管网汇集至污水处理站，经生化处理和深度处理后达标后排放。因此，陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

5.3.2 海域施工对水环境的影响

本工程不涉及海域施工。

5.4 生态环境影响分析

本工程建设在核电厂厂区内，工程施工期需要对厂址场地进行挖掘工作，可能对场址附近生态环境造成局部破坏，但不会对厂外及周边生态环境造成破坏。

本工程施工期间采取以下措施，减小挖掘等工作造成的影响：

- 1) 严格按照设计要求进行施工；
- 2) 场地平整时，先将具有肥力的表土进行剥离并集中堆放，施工结束后用于绿化；
- 3) 选择合理的施工时间，雨季施工应做好防护措施，对新开挖面采用土工布或塑料布等进行覆盖，防止雨水冲刷；
- 4) 优化施工工序，弃土弃渣要及时清运，弃土场应先拦后弃，防止弃土流失；对新形成的不稳定边坡要及时防护，避免长时间裸露；
- 5) 设置截排水沟，减少雨水冲刷边坡和场地；
- 6) 基础开挖的土石方要集中堆放，并及时回填于需要的地点或指定场地，避免水土流失；
- 7) 场地平整应与地下建筑施工相结合，统筹考虑，杜绝重复挖填，尽量避免或减少土石方来回倒运；
- 8) 施工时要合理安排施工顺序，遵循由深而浅、统筹考虑的原则，临近地下设施尽

量同槽一次开挖，同时应确保基坑边坡的稳定；

9) 施工结束后，施工场地及厂区可绿化的区域应充分进行绿化，不能绿化的区域应进行硬化或铺设碎石，避免地面裸露。

10) 加强对施工人员的管理，严禁在规定的施工作业区以外乱弃、乱倒，严禁施工人员和机械随意扩大作业区和损坏植被面积。

在建设施工过程中，建设单位将注重保护厂址场地的生态环境，预计对局部生态环境的影响是可以接受的。

5.5 固体废弃物影响分析

施工期间，现场会产生一定数量的固体废弃物，主要是建筑垃圾和生活垃圾。

本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。施工现场的生活垃圾应由专人负责清理，集中后由环卫部门定时清运。

6. 运营期环境影响评价

6.1 正常运行辐射环境影响评价

本项目正常运行时，考虑气液态流出物的排放对公众的辐射影响，其中气载氙的排放量按照 35.43TBq/a 考虑，液态流出物转移至秦山三期 1 号机组废液处理系统处理后排放。由于液态流出物的辐射影响相比气载流出物可忽略，因此本次评价中重点考虑气载途径的氙排放。

本工程运行状态下，气载流出物排放到环境后对公众的照射途径可归纳为：空气浸没外照射、吸入空气内照射和食入农牧产品内照射等。

经计算，气载氙对公众造成的最大个人剂量约为 $2.39\text{E-}07\text{Sv/a}$ （位于厂址 WNW 方位 2-3km 处），液态氙对公众造成的辐射剂量相比气载途径可以忽略。因此，本项目运行排放的气液态氙对公众造成的最大个人剂量为 $2.39\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，仅占厂址剂量约束值（ 0.23mSv/a ）的 0.10%，对厂址周围公众的辐射影响是非常低的。

6.2 事故工况辐射环境影响评价

6.2.1 事故后果

根据 GB6249-2011 规定：“在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 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 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 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。”

管道破损造成的泄漏可引起氙化重水向厂房中释放，氙化重水在高氙重水储槽泄漏时气化量更大。高氙重水储罐泄漏考虑了四种工况（蒸汽回收系统启动，全排关；蒸汽回收系统启动，全排开；蒸汽回收系统未启动，全排关；蒸汽回收系统未启动，全排开）对环境释放量的影响。

根据各事故工况向环境释放情况，采用厂址气象数据，计算各事故对公众造成的放射性后果。计算结果显示，其中事故后果最严重的为蒸汽回收系统未启动，全排开事故，事故的剂量后果满足 GB6249-2011 中要求的剂量限值。

6.2.2 事故应急

6.2.2.1 应急可行性

根据厂址人口环境调查结果，截止到 2018 年底，厂址半径 10km 范围内没有 10 万人以上的城镇，半径 5km 范围内没有万人以上的乡镇。厂址半径 5km 范围内共有 2 所学校，

2 所幼儿园和 1 所卫生服务中心，这些都是实施应急预案时需要加以考虑的特殊人群。厂址的气象观测条件有利于应急预案的实施，厂址周围交通方便，有利于事故应急情况下撤离行动的实施。从现有的环境调查资料来看，厂址不存在实施应急预案难以克服的困难，本项目的应急预案应纳入秦山核电基地的场内应急预案统一考虑，下面给出秦山核电基地场内应急预案基本情况介绍。

6.2.2.2 应急组织与职责

秦山核电在核事故应急准备与响应中负有下列主要责任：

- 1) 贯彻执行国家关于核事故应急工作的方针、政策和法规；
- 2) 制定“秦山核电场内核事故应急预案”，建立场内应急组织，做好场内应急准备；
- 3) 确定应急状态等级，协调、指挥秦山核电应急响应行动，必要时向浙江省核电厂事故场外应急委员会提出进入场外应急状态和采取公众应急防护行动的建议；

4) 按规定及时向国家核应急办、国家能源局、国家核安全局、华东核与辐射安全监督站、浙江省核应急办、中国核工业集团有限公司、中国核能电力股份有限公司等有关部门报告事故情况，提供必要的资料；

5) 配合和协助地方应急组织的应急准备和应急响应；

6) 做好信息公开和公众宣传相关工作。

秦山核电应急响应组织设置的基本原则：

- 1) 所有应急功能均被分配到相应的应急专业组和应急岗位；
- 2) 所有应急专业组和应急岗位均赋予明确的应急准备和响应职责；
- 3) 各应急专业组和应急岗位的职责不交叉重复；
- 4) 应急岗位人员承担的应急功能与正常运行管理的职责基本一致。

业主公司负责为秦山核电开展核事故应急准备和响应工作提供资源保障。核事故应急响应期间，业主公司业主代表作为应急指挥部成员参与应急决策。

6.2.2.3 应急状态分级

依据核电厂事故特征、性质、及可能产生的后果，将核电厂应急状态分为以下四级：

应急待命——出现可能导致危及核电厂核安全的特定情况或者外部事件，核电厂有关人员进入戒备状态。

厂房应急——事故后果仅限于核电厂的局部区域，核电厂人员按照场内核事故应急预案的要求采取核事故应急响应行动，通知场外有关核事故应急响应组织。

场区应急——事故后果蔓延至整个场区，场区内的人员采取核事故应急响应行动，通

知省级人民政府指定的部门，某些场外核事故应急响应组织可能采取核事故应急响应行动。

场外应急——事故后果超越场区边界，实施场内和场外核事故应急预案。

当秦山核电任一机组满足应急行动水平入口条件而进入应急状态时，秦山核电统一进入同一等级的应急状态。

6.2.2.4 应急设施

秦山核电专设应急设施包括：应急控制中心、后备应急中心、运行支持中心（现场指挥中心）、应急移动设备库、撤离集合点、主控室、辅助控制室、技术支持中心、环境监测中心、公众信息中心、急救与医疗设施等。

6.2.2.5 应急计划区的划分

应急计划区是为及时有效地在核事故下采取保护公众的防护行动，在电厂周围建立、制定应急计划并做好应急准备的区域。应急计划区分烟羽应急计划区和食入应急计划区。

《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD 002/01-2019）和《核电厂应急计划与准备准则——应急计划区的划分》（GB/T17680.1-2008）推荐了确定我国核电厂应急计划区范围的一般方法和安全准则，同时也建议了应急计划区的范围与实际边界的确定原则：

1) 在烟羽应急计划区以外，所考虑的后果最严重的严重事故序列使公众个人可能受到的最大预期剂量不应超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871）所规定的任何情况下预期均应进行干预的剂量水平；在烟羽应急计划区以外，对于各种设计基准事故和大多数严重事故序列，相应于特定紧急防护行动的预期剂量在数值上一般应不大于GB18871所规定的相应的通用优化干预水平。

2) 在食入应急计划区以外，大多数严重事故序列所造成的食品和饮用水的污染水平不超过GB18871所规定的食品和饮用水通用干预水平。

3) 《核电厂应急计划与准备准则——应急计划区的划分》（GB/T17680.1-2008）6.1.1条对于压水堆核电厂烟羽应急计划区的区域范围的规定，即：外区“在以反应堆为中心、半径7km-10km范围内确定”；内区“在以反应堆为中心、半径3km-5km的范围内确定”。

4) 烟羽和食入应急计划区的实际边界确定时，还应考虑核电厂周围具体的地形、行政区划、人口分布、交通通讯等环境特征，以及社会经济状况和公众心理因素，最终确定的应急计划区实际边界符合实际，便于进行应急准备和应急响应。

2019年1月，国家核安全局进行了批复，据此，确定的秦山核电应急计划区的范围

如下：

● 烟羽应急计划区

1) 内区

包络秦山核电所有“单机组烟羽应急计划区内区”的圆形区域（以秦二厂 1 号反应堆为中心）。即以秦二厂 1 号反应堆为中心，半径为 5.25km 的圆形区域。

2) 外区

以“秦二厂 3 号反应堆为中心、半径 7km 的圆”及与“方家山 2 号反应堆为中心、半径 7km 的圆”所包络的区域。

● 食入应急计划区

以秦二厂 1 号反应堆为中心，半径 30km 的圆形区域，涉及海盐县全部，嘉兴市、平湖市、海宁市以及余姚市、慈溪市的部分地区。

本区域处于人口稠密，河流纵横交错，区内教育、卫生、医疗设施已普及乡村，道路交通也极其发达，除沪杭甬铁路外，还有多条高速公路和干线已与城乡通道一起构成四通八达的格局。

6.3 非放射性环境影响评价

6.3.1 废水

本项目室内卫生间产生生活污水排至室外生活污水管网，经厂区的污水处理站处理后达标排放。本项目工作人员由秦山三期现有工作人员调配，不新增员工，因此可不计入新增排放量。

6.3.2 噪声

本项目中的噪声主要来源于旋转机械，主要设备如下表所示：

| 序号 | 位置 | 名称 | 数量 | 主要规格 | 工作人员接触或操作方式 |
|----|------|-----|----|------|-------------|
| 1 | 地上八层 | 真空泵 | 2 | 85dB | 自动化操作 |
| 4 | 地上八层 | 真空泵 | 2 | 85dB | 自动化操作 |
| 9 | 地上八层 | 真空泵 | 2 | 85dB | 自动化操作 |

本项目屏蔽泵、冷水机组、冷凝水泵运行时会产生噪声。

通过选用低噪声的设备，并采取相应的减振、隔声、吸声和消声等控制措施；大部分生产设备的运行状态在控制室实现集中监控。所有设备均在厂房内部，且在运行期间，厂房内部的门窗均为密闭状态，对外部环境影响较小。

6.3.3 固体废物

本项目运行期间产生的非放固体废物主要是生活垃圾和润滑油、液压油、机油等危险

废物。

生活垃圾由具有资质的单位及时清运。

本工程运行过程中会产生一定量的润滑油、液压油、机油等危险废物，平均约 150kg/年；UPS 电池约 2373.8kg（8-10 年更换）。送至核电站危险废物库（正在建设中，预计 2022 年建成投产）进行统一收集和委托专业公司进行处理。

事故情况下，专业人员会穿着整套防护服、手套与呼吸面罩系统进行工作，作业完成后，发生辐射污染的防护服、手套与呼吸面罩会打包装桶，运出精馏设施厂房，送至核电站原有的放射性废物处理设施进行统一处理。

7. 辐射监测

7.1 流出物监测

流出物监测主要包括气载流出物监测和液态流出物取样。监测内容包括排放总量及排放活度浓度分析。

流出物监测的主要依据包括：

- GB 18871-2002 《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》
- GB11217-1989 《核设施流出物监测的一般规定》
- GB 14500-2002 《放射性废物管理规定》
- GB 6249-2011 《核动力厂环境辐射防护规定》
- GB/T 7165.5-2008 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备第 5 部分：氡监测仪的特殊要求》
- GB/T 10253-2012 《液态排出流和地表水中放射性核素监测设备》
- HJ/21-1998 《核设施水质监测采样规定》
- HJ/22-1998 《气载放射性物质取样一般规定》
- HJ 61-2021 《辐射环境监测技术规范》

7.1.1 监测目的和制定监测计划方案的原则

（1）监测目的

- 判明本设施流出物中的放射性物质的数量，以便与管理限值或运行限值进行比较。
- 为应用适当的环境模式评价环境质量、估算公众所受的剂量提供源项数据和资料。
- 为判明设施的运行以及放射性废物的处理和装置的工作是否正常有效提供数据和资料。
- 使公众确信本设施的放射性释放确实受到严格的控制。
- 迅速发现和鉴定计划外排放的性质（种类）及其规模。
- 给出是否需要启动警报系统或应急警报系统的信息。

（2）主要原则

- 合理选择监测点的位置，使该点的监测结果能够代表实际的排放。监测点应设在核设施内、废物处理系统或控制装置的下游，同时考虑易接近性和可行性。
- 合理确定取样和测量频率以及要监测的样品及核素种类。
- 为了合理地评价监测结果，除了放射性监测之外，还应根据需要测量其他有关的物理和化学参数，流出物的排风流量、污水流量、烟囱和取样管道内的温度和湿

度。

- 用于常规监测的仪表应有足够宽的量程，以适应计划外排放的监测。用于关键释放点的监测仪表，必须考虑冗余度。

7.1.2 气载和液态流出物监测

参考 GB 6249-2011《核动力厂环境辐射防护规定》对于流出物排放管理的要求：气载放射性流出物必须经过净化处理后，经由烟囱释入大气环境；液态放射性流出物排放前应对槽内液态放射性流出物取样监测。

本设施屋面烟囱设置流出物排放活度浓度监测。本设施产生的废水，收集在贮槽内，排放前进行取样监测。

流出物氙监测包括流出物氙在线监测和流出物氙取样监测。

(1) 气载流出物监测

本设施气载流出物监测包括氙在线监测和氙取样监测，设置一台氙浓度在线监测装置和一台固定式氙浓度取样监测装置，用于本工程气载流出物的连续在线监测和连续取样监测。

1) 气载流出物氙在线监测

对排气筒设置氙浓度在线监测，在气载流出物中氙的浓度和氙的总量超过预设控制值时进行报警，若监测到氙浓度超标，对工艺系统及各房间进行异常排查。

烟囱高度高出重水精馏厂房最高点 5m（建筑物高 45m，烟囱高出地面 50m），取样口设置在高出本建筑 3m 处。

气载流出物在线监测装置测量范围：40Bq/L~ 4.0×10^{11} Bq/L。

2) 气载流出物氙取样系统

在排气筒设置固定式氙浓度取样监测和固定式 ^{14}C 取样监测，取样样品利用公司已有的液体闪烁分析仪进行检测。取样口设置在高出本建筑 3m 处。

3) 信号传输

气载流出物氙在线装置监测数据传输至本工程控制室 DCS，固定式取样装置可通过本工程控制室远程启停，气载流出物氙在线监测系统监测数据再从本工程 DCS 传输至 1 号机组控制系统。

(2) 废水监测

本设施产生的放射性废水收集在储罐内，监测氙化水活度浓度后，送 1#机组废液处理系统处理。取样样品利用公司已有的液体闪烁分析仪进行检测。

7.2 工作场所辐射监测

工作场所辐射监测包括空气中氙监测、表面污染监测和辐射水平监测。

(1) 工作场所空气中氙监测

工作场所空气中氙监测包括工作场所氙在线监测系统、工作场所固定式氙取样系统。

1) 工作场所氙在线监测系统

在 WD81 子项操作或贮存含氙重水的房间、放射性区域的排风系统以及 WD81-1 子项重水传输管廊共设置 4 台氙在线监测仪，在线监测仪采用巡测模式，氙在线监测系统应和厂房排风系统、蒸汽回收系统联锁，若监测仪监测到某个房间氙浓度超标，则该房间的排风系统停止向烟囱的排放，同时启动该房间的蒸汽回收系统。

工作场所氙在线监测仪测量范围： $0.037\text{MBq}/\text{m}^3$ - $3700\text{MBq}/\text{m}^3$ ，含显示、控制和报警单元，每台设备接~8 个取样点，可自动进行取样点巡测，也可手动选择取样点，并能实时显示每个取样点的测量数据。

另外，利用公司已有的一台便携式氙测量仪，在检修时进行氙浓度快速测量。

2) 工作场所固定式氙取样

设置 8 台固定式氙取样装置，采用管道式取样，控制室可远程启停和切换，对工作场所氙浓度进行取样监测，取样样品利用公司已有的液体闪烁分析仪进行检测。固定式取样装置取样流量： $2\text{L}/\text{min}$ ，取样效率 $>95\%$ 。

工作场所氙在线装置监测数据传输至本工程控制室 DCS，固定式取样装置可通过本工程控制室远程启停，氙在线监测系统监测数据还需从本工程 DCS 传输至 1 号机组控制系统。

(2) 表面污染监测系统

在卫生出入口设置有一台手脚污染监测装置和一台全身表面污染监测装置，用于工作人员表面污染监测。表面污染测量下限为 $3.7\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

设置氙表面污染监测装置，对工作场所、地面、墙壁、设备等进行表面污染监测，也可采用擦拭法进行表面污染测量。

(3) 辐射水平监测

利用厂区已有的便携式 γ 剂量率仪定期对工作场所辐射水平进行监测。

7.3 工作人员个人剂量监测

本工程工作人员采用电子式个人剂量计和热释光个人剂量计进行外照射监测；采用尿分析的生物检验法定定期对辐射工作人员进行内照射监测，本工程工作人员内照射监测利用

秦山三期已有设施设备进行监测。

7.4 环境监测

本项目作为秦山三期（重水堆）核电站的辅助设施，其环境监测纳入秦山核电《环境管理大纲》管理，统一进行监测。

8. 结论和建议

8.1 项目概况

本项目为降低秦山三期（重水堆）核机组高氚运行风险，同时为压力管更换创造便利条件，到 2024 年形成 30kg/h 的重水处理能力。主要建设内容为新建重水精馏厂房，建设重水传输管廊及配套室外工程（水、电、风、气等公用工程），对重水堆机组与精馏设施相关接口进行适应性改造。

8.2 环境现状

本项目厂址位于秦山三期厂区内，距离嘉兴市区约 40km，距杭州市市区约 80km，距离上海市市区约 90km。

厂址半径 80km 范围内 2018 年底总人口总数为 20054399 人。厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的城镇。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口中心。

厂址半径 15km 范围内共有危险化学品生产、销售企业 18 家、加油站 29 家，经分析计算均不会对厂址安全构成潜在影响。

厂址半径 15km 范围内，共有县级以上文物保护单位 16 家。距离厂址最近为澉浦海港码头遗存文物，位于厂址 SW 方位 8.0km 处。厂址半径 15km 范围内没有省级以上自然保护区。

厂址所在区域属于中亚热带湿润气候，是东亚季风盛行的地区，最明显的特征是风向随季节变化显著，雨量集中在夏季。该地区气温适中，四季分明，水热同季，湿润多雨，但变率稍大。6~9 月是长江下游地区的汛期，暴雨和洪涝是主要的灾害性天气。

环境 γ 剂量率综合监测未观测到秦山各核机组功率运行、换料检修工况及秦山第三核电厂乏燃料临时干式贮存设施运行所致的附加剂量，其测值波动基本反映了环境本底的涨落状况。除 ^3H 外，环境各介质中放射性核素浓度处于本底涨落范围或方家山核电厂现状调查涨落范围，与对照点环境辐射水平相当。

8.3 设施与厂房

本项目厂房建设地址位于秦山第三核电厂厂区东南角，1 号机组汽机厂房东侧，在拆除次氯酸钠发生站后，利用其场地建设。建设场地北侧为空地及循环水泵房，西侧为厂区道路和 1 号机组汽轮机厂房，南侧为油务厂房，东侧为海堤和大海。

本项目主要建设内容为：新建重水精馏厂房，建设重水传输管廊及配套室外工程（公用工程），对重水堆机组与精馏设施相关接口进行适应性改造。本项目主工艺系统功能包括重水进料系统、精馏系统、产品水系统、高氚重水贮存系统、不凝气处理系统、重水应

急系统、重水分析取样系统、降级重水系统、蒸汽回收系统等。

8.4 施工期环境影响评价

施工期间产生的施工扬尘、施工噪声、施工废水、固体废弃物均能得到妥善处理，且能通过控制措施，有效降低施工对环境的影响。施工活动整体上对周围环境的影响是短时的且影响有限，是可接受的。

8.5 运营期环境影响评价

经计算，本项目正常运行气载氚对公众造成的最大个人剂量约为 $2.39\text{E-}07\text{Sv/a}$ （位于厂址 WNW 方位 2-3km 处），液态氚对公众造成的辐射剂量相比气载途径可以忽略。因此，本项目运行排放的气液态氚对公众造成的最大个人剂量为 $2.39\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，仅占厂址剂量约束值（ 0.23mSv/a ）的 0.10%，对厂址周围公众的辐射影响是非常低的。

根据各事故工况向环境释放情况，采用厂址气象数据，计算各事故对公众造成的放射性后果。事故的剂量后果满足 GB6249-2011 中要求的剂量限值要求。

8.6 辐射监测

流出物监测主要包括气载流出物监测和液态流出物取样。监测内容包括排放总量及排放活度浓度分析。本设施屋面烟囱设置流出物排放活度浓度监测。本设施产生的废水，收集在贮槽内，排放前进行取样监测。

工作场所辐射监测包括空气中氚监测、表面污染监测和辐射水平监测。同时对工作人员个人剂量进行监测。

8.7 结论

通过本报告的评价结果表明，从环境保护角度，本项目按照设计目标的要求，通过合理和有保障的施工后，施工和运营期间对环境可能产生的辐射影响以及非放影响均是可以接受的。从环境保护角度出发，本项目的建设是可行的。

8.8 建议

- (1) 本项目严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时”制度。
- (2) 做好施工期间的管理工作，减轻施工扬尘、噪声等对厂外环境以及厂内工作人员的影响，对施工期产生的固体废物、生活废水等有效控制以防止污染环境。