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）核电站工程配套全堆芯压力管更换项目

建设单位（盖章）：秦山第三核电有限公司

编制日期：2025 年 4 月

中华人民共和国生态环境部制

打印编号：1745886198000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	rkpq1s
建设项目名称	秦山三期（重水堆）核电站工程配套全堆芯压力管更换
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 黄潜
主要负责人（签字）	吴明亮 吴明亮
直接负责的主管人员（签字）	宋电子 宋电子
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	上海核工程研究设计院股份有限公司
统一社会信用代码	91310104132672722W
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
邱志靓	20160353103520133101010000138	BH021034	邱志靓

2.主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
印舒蔚	区域环境质量现状、主要环境影响和保护措施	BH023751	印舒蔚
郑征	建设项目工程分析	BH075710	郑征
毛兰方	建设项目工程分析	BH037258	毛兰方

程硕	建设项目基本情况、建设项目工程分析、区域环境质量现状、环境保护目标及评价标准、主要环境影响和保护措施	BH068807	程硕
亢一博	区域环境质量现状、主要环境影响和保护措施	BH068803	亢一博
邱志靓	建设项目基本情况、建设项目工程分析、主要环境影响和保护措施、环境保护措施监督检查清单、结论	BH021034	邱志靓
李明	建设项目工程分析	BH075711	李明
傅振豪	建设项目工程分析	BH075712	傅振豪

秦山三期（重水堆）核电站工程配套全堆芯压力管更换项目

环境影响报告表

上海核工程研究设计院股份有限公司编制

审核：

杜风雷 杜风雷 环境影响评价工程师信用编号 BH025127

梅其良 梅其良

董文曙 董文曙

卢　佳 卢佳

校核：

裴　娟 裴娟 环境影响评价工程师信用编号 BH010699

付亚茹 付亚茹

黎　辉 黎辉

张海峰 张海峰

李霄玺 李霄玺

一、建设项目基本情况

建设项目名称	秦山三期（重水堆）核电站工程配套全堆芯压力管更换项目		
项目代码	无		
建设单位联系人	宋电子	联系方式	13758364276
建设地点	浙江省（自治区）嘉兴市海盐县（区） 秦山乡（街道）秦山第三核电厂厂区		
地理坐标	（东经 120 度 57 分，北纬 30 度 25 分）		
国民经济行业类别	D4414　核力发电	建设项目行业类别	167、核动力厂
建设性质	☐新建（迁建） ☐改建 ☐扩建 √技术改造	建设项目申报情形	√首次申报项目 ☐不予批准后再次申报项目 ☐超五年重新审核项目 ☐重大变动重新报批项目
项目审批（核准/备案）部门（选填）	中国核工业集团公司	项目审批（核准/备案）文号（选填）	
总投资（万元）		环保投资（万元）	
环保投资占比（%）		施工工期	6 年
是否开工建设	√否 ☐是：＿＿＿＿	用地（用海）面积（m^2）	10790.32m^2
专项评价设置情况	无		
规划情况	《海盐县环境功能区划》 《海盐县国土空间总体规划》（2021-2035 年） 《海盐县生态环境分区管控动态更新方案》（盐政办发[2024]22 号）		
规划环境影响评价情况	无		
规划及规划环境影响评价符合性分析	本项目为技术改造项目，地点位于海盐县秦山镇秦山第三核电厂（以下称“秦三厂”）厂区，根据《海盐县环境功能区划》，本项目位于秦山核电站生态保障区（0424-II-4-3），符合环境功能区划要求。 根据《海盐县国土空间总体规划（2021-2035 年）》（2023 年 8 月），海盐县主体功能区定位为农产品主产区，厂址所在地秦山街道为城镇化优势地区，项目与当地规划相容。		

其他符合性分析	**1.1 其它符合性分析** **1.1.1 “三线一单”符合性** 本项目与《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》（浙环发[2024]18 号）的符合性分析如下： 1.1.1.1 生态保护红线 厂址半径 15km 范围内生态保护红线有 5 处，分别为钱塘江河口生态保护红线、海盐秦山滨海湿地生态保护红线、海盐县南北湖风景名胜资源保护红线、浙江嘉兴钱江潮源省级湿地公园生态保护红线、浙江杭州湾国家湿地公园生态保护红线，其中距离厂址最近的生态保护红线是钱塘江河口生态保护红线，位于厂址 NE~SSW 方位海域，最近距离约 1.4km。本项目为技术改造项目，地点位于浙江省海盐县秦山核电基地秦三厂厂区（含秦三厂乏燃料临时干式贮存设施所在场地），不涉及生态保护红线。符合生态保护红线要求。 1.1.1.2 环境质量底线 本项目为技术改造项目，地点位于浙江省海盐县秦山核电基地秦三厂厂区，技术改造施工阶段和技术改造后投运阶段排放的流出物总量和浓度符合《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）。技术改造后投运阶段放射性固体废物年产生量与技改前相比无变化，收集后在厂内贮存，最终转运至国家指定的处置场进行处置。秦三厂堆内构件贮存模块及乏燃料临时干式贮存设施所在场地周边辐射水平满足要求。技术改造施工阶段的非放射性排放对环境影响符合要求，所产生的影响在技术改造施工阶段结束后消失，技术改造后投运阶段非放射性排放对环境影响符合要求。本项目技改完成后，秦三厂对环境的影响与技改前无变化。符合环境质量底线要求。 1.1.1.3 资源利用上线 本项目实体保卫、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。 1.1.1.4 生态环境准入清单 根据《海盐县环境功能区划》的负面清单，本项目为核电厂技术改造项目，所属行业、规划选址及环境保护措施等均满足环境准入基本条件，项目不列入环境准入负面清单内。符合《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》（浙环发[2024]18 号）要求。 1.1.1.5 生态环境分区管控单元符合性分析 根据《海盐县生态环境分区管控动态更新方案》（盐政办发

	[2024]22 号），海盐县共划定陆域生态环境管控单元 28 个，其中优先保护单元 9 个，总面积为 90.59 平方公里，占县域面积的 15.21%。主要为饮用水源涵养区、滨海湿地、南北湖风景名胜资源保护和环境敏感区、南北湖-滨海一带旅游度假与生态多样性保护区、湿地公园、河道与交通廊道绿带生态屏障区等区域。重点管控单元 18 个，总面积为 175.79 平方公里，占县域面积的 29.51%，主要为工业发展集中区域和城镇建设集中区域。其中，产业集聚类重点管控单元 9 个，面积 101.11 平方公里，占县域面积的 16.97%；城镇生活重点管控单元 9 个，面积 74.68 平方公里，占县域面积的 12.54%。一般管控单元 1 个，总面积 379.29 平方公里，该区域以农居和农业为主导，占县域面积的 55.28%。 厂址所在地属于海盐县一般管控单元 ZH33042430001。 单元空间布局约束为：1、原则上禁止新建三类工业项目，现有三类工业项目扩建、改建不得增加污染物排放总量并严格控制环境风险；2、禁止新建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放的二类工业项目，改建、扩建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放的二类工业项目不得增加管控单元污染物排放总量；禁止在工业功能区（小微园区、工业集聚点）外新建其他二类工业项目，一二产融合的加工类项目、利用当地资源的加工项目、工程项目配套的临时性项目等确实难以集聚的二类工业项目除外；工业功能区（小微园区、工业集聚点）外现有二类工业项目改建、扩建，不得增加污染物排放总量；3、新建涉 VOCs 排放的工业企业全部进入工业功能区，严格执行相关污染物排放量削减替代管理要求；4、建立集镇居住商业区、耕地保护区与工业功能区等集聚区块之间的防护带；5、严格执行畜禽养殖禁养区规定，根据区域用地和消纳水平，合理确定养殖规模；6、加强基本农田保护，严格限制非农项目占用耕地。 单元污染物排放管控要求为：1、落实污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量；2、加强农业面源污染治理，严格控制化肥农药施加量，合理水产养殖布局，控制水产养殖污染，逐步削减农业面源污染物排放量，推动农业领域减污降碳协同；3、依法严禁秸秆露天焚烧；4、因地制宜选择适宜的技术模式对农田退水进行科学治理，有序推进农田退水“零直排”工程建设。 环境风险防控要求为：1、加强生态公益林保护与建设，防止水

	土流失；2、禁止向农用地排放重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污水、污泥，以及可能造成土壤污染的清淤底泥、尾矿、矿渣等；3、加强农田土壤、灌溉水的监测及评价，对周边或区域环境风险源进行评估。 本项目为核电厂技术改造项目，不增加污染物排放总量，不会造成环境风险，不占用耕地，符合《海盐县生态环境分区管控动态更新方案》（盐政办发[2024]22 号）海盐县一般管控单元 ZH33042430001 的单元空间布局约束、单元污染物排放管控、环境风险防控要求。 **1.1.2 国土空间规划“三区三线”的符合性** 根据《海盐县国土空间总体规划（2021-2035）》的“三区三线”分布，本项目所建区域在嘉兴市海盐县城镇开发区，不涉及生态保护红线和基本农田保护区，符合要求。 **1.1.3 环境保护法规政策的符合性** 本项目为技术改造项目，地点位于浙江省海盐县秦山核电基地秦三厂厂区，技术改造施工阶段和技术改造后投运阶段排放的流出物总量和浓度符合《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025），技术改造后投运阶段放射性固体废物年产生量与技改前相比无变化，收集后在厂内贮存，最终转运至国家指定的处置场进行处置。秦三厂堆内构件贮存模块及乏燃料临时干式贮存设施所在场地周边辐射水平满足要求。技术改造施工阶段的非放射性排放对环境影响较小，所产生的影响在技术改造施工阶段结束后消失，技术改造后投运阶段非放射性排放对环境影响较小。本项目技改完成后，秦三厂对环境的影响与技改前无变化。符合环境保护法规标准的要求。 本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展和改革委员会令第 7 号）中“鼓励类——六、核能——1、核电厂建设与运行：核电厂建设，核电厂延寿及退役技术和设备”项目，符合国家的产业政策，不属于限制类和淘汰类。 **1.1.4 生态环境保护规划的符合性** 根据《嘉兴市生态环境保护“十四五”规划》，嘉兴市在十四五期间将加快构建绿色低碳工业结构。推进新材料、新一代信息技术、新能源、高端装备制造、高端时尚产业、生命健康产业等绿色产业。发展，加快建设海盐核电关联产业基地。

	根据《海盐县生态环境保护“十四五”规划》，海盐县在十四五期间将高质量发展核能利用产业。充分发挥核电绿色清洁能源优势，加快推进零碳能源综合供应平台建设。强化核与辐射环境安全监管，加强秦山核电辐射环境监管。 本项目为核电厂技术改造项目，无新增用地，符合功能区要求；项目周边给排水、供电等基础设施均依托现有已批复的工程设施，可以满足项目需要。因此，本项目的建设符合嘉兴市、海盐县生态环境保护规划要求。

二、建设项目工程分析

建设内容

2.1 建设项目

2.1.1 项目由来

秦山核电基地位于浙江省海盐县，包括秦山核电厂、秦山第二核电厂、秦山第三核电厂以及方家山核电厂共 9 台核电机组，上述核电机组的运营由中核核电运行管理有限公司负责运营。秦山核电基地地理位置示意图见附图 1。秦三厂 2 台 CANDU-6 型重水堆机组（以下简称“重水堆”）从加拿大原子能有限公司 AECL（现为加拿大 Candu 能源公司，简称“CE”）引进，以重水作为慢化剂和冷却剂、以天然铀为燃料，机组设计寿命 40 年。高温高压的重水冷却剂流经压力管，将燃料核裂变反应所产生的热量带到蒸汽发生器并传给二次侧，二次侧的轻水经加热后变为蒸汽，驱动汽轮发电机组发电。

基于重水堆堆芯的固有设计特点，由端部组件、压力管等组成的燃料通道组件，长期处于高辐照和高温高压工况下。随着电厂的连续运行，压力管将不可避免地发生老化和性能降级最终导致其不满足设计安全要求，因此，为保障机组安全稳定运行，在机组设计寿期内，需要对全堆压力管进行一次更换。

秦三厂重水堆两台机组设计寿命为 40 年，两台机组分别运行到 2042 年 12 月和 2043 年 7 月。由于压力管延寿后机组运行寿命仍然小于设计寿命 40 年，因此拟进行全堆压力管更换，以满足机组安全可靠运行 40 年的设计寿命要求，并为机组后续延寿奠定基础。

秦山三期（重水堆）核电站工程配套全堆芯压力管更换项目（以下简称“换管项目”）的主要工作目标包括：完成重水堆机组燃料通道组件（含压力管、排管、端部组件及附属部件）、主热传输支管（以下简称“FEEDER 管”）及附属部件等的更换、换管相关辅助设施的建设、重水相关系统设备的改造等。

本报告表针对换管项目的全过程开展环境影响评价。

2.1.2 项目内容

换管项目属于技术改造项目，按顺序主要包括：辅助设施建设投运、机组卸料疏水和端面准备、更换部件拆除、堆腔检查试验、新部件安装、重水回装和装料、机组检查和复役等工作。本项目包括技术改造施工阶段和技术改造后运行阶段，其中技术改造施工阶段按照各个子项的工作性质，可以分

为换管相关辅助设施的建设和换管主体工艺的实施两个部分。

2.1.2.1　技术改造施工阶段

1）换管相关辅助设施的建设

换管项目需要配置一系列辅助设施以支持换管实施，厂址辅助设施中，部件联合厂房、换管工器具储存厂房、去污和维修厂房、堆内构件贮存模块以及现场换管控制中心等建（构）筑物为新建设施，重水供应系统扩容设施和办公室为原有基础设施改造，上述换管辅助设施均位于秦三厂厂区（含秦三厂乏燃料临时干式贮存设施所在场地）（后文表述统一简称为“秦三厂厂区”）内。危险品贮存厂房、废物贮存库、固化物库等利用电厂及秦山核电基地现有设施。非放射性危险废物、一般固废及生活垃圾依托电厂及秦山核电基地现有设施分类贮存并外运，非放生产废水及生活污水依托秦三厂现有污水处理系统进行处理。

（1）部件联合厂房

厂区内新建建筑物，包含了模拟培训、给水管预制、新燃料通道预制及压空机房等主要功能，并提供一定的办公区域，满足日常工作需求。其中，模拟培训区用于提供压力管更换的关键步骤的培训，为操作人员提供培训所需要的软硬件培训平台，包括燃料通道组件拆装模拟体、FEEDER 管培训模拟体和排管容器拆装模拟体等；给水管区用于接收已预制的新给水管，检查物项是否满足要求后进行分类和储存；新燃料通道区用于在安装新燃料通道之前对其进行清洁检查、分类和储存，并为反应堆部件的预制以及相关工器具的存储和校准调试提供区域。

（2）换管工器具储存厂房

厂区内新建建筑物，专用于换管工器具进行长期贮存的配套设施，包括集装箱贮存区、燃料模拟通道区等。换管工器具经使用和去污后可能仍带有一定放射性，因此本厂房设有人员卫生出入口，为保证仓库储存功能和转运功能的正常操作，在设置储存和转运系统的同时还设置有辐射监测系统、空调通风系统、供电系统、控制系统、通信系统和给排水系统等。

（3）去污和维修厂房

厂区内新建建筑物，专用于受放射性污染的换管工具和波纹管等部件进行清洗去污、检修和临时贮存的配套设施。

为避免放射性工作人员接受不必要的照射，根据放射性污染程度的不同对厂房进行辐射分区，采取合理的出入控制。为保证厂房正常和有效的运行，保证清洗去污、维修功能的正常操作，厂房在设置去污系统的同时还将设置服务于去污系统的辐射监测系统、空调通风系统、供电系统、控制系统、通

信系统和给排水系统等。

厂房内主要分布有装卸区、拆解/擦洗/检测区、去污区、维护区、存放区、配电间、弱电控制间、送排风机房。去污和维修厂房为辐射控制区。人员进出门位于去污区，与 1 号机组去污中心相连，共用 1 号机组主卫生出入口，不单独设置卫生出入口。

（4）堆内构件贮存模块

位于秦三厂乏燃料干式贮存场地内东侧，通过管理实体屏障隔离为单独区域。换管项目中拆除的压力管、排管、排管插入件、端部件和屏蔽塞等带有高放射性的固体废物，将通过屏蔽运输容器从反应堆厂房转运至堆内构件贮存场地，存放于堆内构件贮存模块中。

堆内构件贮存模块是一个采用钢筋混凝土建造的矩形整体结构，模块内设数十个钢制贮存筒，每个钢制贮存筒内设有 3 个贮存腔室。每个钢制贮存筒上部均设置一个混凝土屏蔽塞。

（5）现场换管控制中心（ROC）

厂区内新建建筑物，为机组压力管更换活动和反应堆厂房监控提供监督管理和质量控制管理等功能，并提供必需的人机接口（HSI）。通过视频监控，ROC 人员能够监管现场操作，确保换管工作正确、安全、有效地执行。

（6）重水供应系统扩容设施

拟将厂区内核岛厂房内的 S2-015 房间进行改造后作为重水供应系统扩容设施的存放间，用于分别贮存 1、2 号机组换管期间卸出的主系统和慢化剂系统重水。S2-015 房间目前现状为空置房间，无其他设备布置。

（7）办公室

利用已有的建构筑物改造，主要作用是作为压力管更换项目团队及相关人员办公场所。秦三厂厂区范围内主要的办公设施位于秦三厂出入口处的 25-B 楼，考虑对这座办公楼内部进行局部改造，划分出可供压力管更换项目团队及相关人员办公的场所。

（8）危险品贮存厂房

压力管更换实施过程中，在去污等环节将使用到如丙酮等危险化学品。根据秦山核电危险化学品相关管理程序，秦山核电基地的化学品采购与仓库管理由中国核电采购中心统一负责，相关危险品拟存放于秦山第一核电厂危化品仓库，以备使用。新增的存放危险化学品不改变原有建筑的功能、分类及防火设计，满足规范的相关要求。

（9）废物贮存库

换管项目实施更换实施的多个环节中都会产生放射性污染的手套、防护

服、塑料和橡胶材料制成的防护用品等技术废物和保温材料，这些废物属于低放射性固体废物。相关废物将按规定装桶或钢箱，转运至秦三厂已建的废物贮存库进行暂存。

（10）固化物库

FEEDER 管及仪表管等低放射性金属废物在反应堆厂房拆除、切割后装入钢箱。根据《关于同意秦山核电基地共用放射性固体废物贮存设施的复函》（国核安函[2020]121 号），秦山核电基地内的放射性固体废物贮存设施可以共用，本项目低放金属废物钢箱最终转运至秦山第一核电厂固化物库贮存。该固化物库能够满足压力管更换期间产生的装有金属废物的钢箱的中间贮存要求。

（11）非放射性危险废物、一般固废贮存设施及生活垃圾站

非放射性危险废物、一般固废及生活垃圾依托电厂及秦山核电基地现有设施分类处置。其中，危险废物分类贮存在秦山第二核电厂厂区范围内的危险废物贮存库（秦山核电基地共用）；一般固废分类贮存在秦山第一核电厂和秦山第二核电厂的两座一般工业固体废物贮存库（秦山核电基地共用）。生活垃圾统一运送至秦三厂办公区的生活垃圾站，委托第三方外运处置。

（12）非放生产废水及生活污水处理设施

非放生产废水及生活污水依托秦三厂污水处理系统进行处理，其中，生活污水处理设施位于秦三厂厂区内，设计处理能力 $2\times23m^3/h$，经处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排放；生产废水处理设施设计处理能力 $50m^3/h$，非放生产废水经处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后汇入海水温排水 CC 井，和循环冷却水掺混后排放。

2）换管主体工艺的实施

本项目换管主体工艺实施过程中，先对 1 号机组开始停堆并实施换管，期间 2 号机组正常运行；待 1 号机组完成水压试验和装料后，2 号机组再开始停堆并实施换管。1、2 号机组的换管主体工艺一致。按照时间顺序，换管实施的主要内容包括：

（1）全堆芯卸料

为配合压力管更换工作，采用秦三厂现有燃料操作系统，将全堆芯乏燃料清空后传输至乏燃料贮存池中进行临时储存。卸出的乏燃料从装卸料机到乏池的操作流程与正常卸料操作时一致。使用现有系统及设备即可完成燃料通道清空操作，现有乏燃料池也具备存放全堆芯燃料组件的贮存能力。

（2）重水疏排及暂存

秦山重水堆以重水作为慢化剂和冷却剂，主热传输系统和慢化剂系统中的重水中的氘在反应堆中受长期照射后会产生不同浓度的氚，需要进行隔离储存。在进行压力管更换前，需首先将主热传输系统和慢化剂系统的所有重水分别传输至满足重水储存管理要求的设备中临时储存，并在完成压力管更换后将重水回装至主热传输系统和慢化剂系统。

主系统重水疏排系统用于在压力管更换期间对主系统的重水进行疏水，整个疏水过程分为两个步骤：重力疏排和真空疏排。主系统内重水储量大部分通过重力疏排排出，剩余在系统内局部低点重水无法通过重力疏排排出，需使用真空疏排装置进行疏排。

慢化剂系统是一个低温、低压、封闭的重水循环系统，因其存在高氚重水，因此为减少换管期间的辐照剂量，需要按照重力疏水、冲洗和干燥三个步骤将慢化剂系统内残存的重水排空。

（3）反应堆端面准备

作为压力管更换的前期准备工作，反应堆端面准备分为转运路径设计、换管前反应堆端面准备相关物项的拆除和改造及临时设施安装。

换管前应确认已具备压力管更换的前提条件，燃料已清空，相关系统已隔离，重水已排空，将压力管更换工作移交给实施小组。

压力管更换过程中需要转移或运输一些物项，同时为了换管过程需要使用相关工具、设备等，应为换管相关物项设计转运路径。

换管过程中转运的主要设备及工具有 PT/CT 屏蔽运输容器、端部件运输容器及其他工具和设备等，在转运过程中应满足厂房转运空间要求，同时应安装临时设备转运轨道及转运工具，便于转运设备的保护和核岛地面的保护，同时有利于人员出行控制。压实、打包完成的屏蔽运输容器将从核岛厂房内经设备闸门运出，经由 1、2 号机组西侧的厂区道路和 1 号机组南侧道路，运至主厂区南侧的辅助出入口，再经过厂区南侧道路运至堆内构件贮存模块场地。

反应堆端面的风管、风机、保温装置等一些影响换管工作的设备会被拆除，并在端面增设换管时使用的辅助设备。

（4）FEEDER 管及仪表管拆除

FEEDER 管及仪表管拆除方案总体分为四个步骤：拆除前准备、FEEDER 管及附属设备拆除、拆除后部件运输和储存、拆除后部件检测。FEEDER 管及关联部件拆除范围包括所有 FEEDER 管、连接组件（Grayloc 组件）、支吊架、流量孔板、压降孔板、适配器、保温仓。

（5）燃料通道等拆除

在与燃料通道相连的 FEEDER 管拆除后开展燃料通道等的拆除工作。

燃料通道等拆除主要包括如下几个实施内容；拆除定位装置；拆除燃料通道密封塞；拆除给水管；拆除定位组件；切割端部组件和波纹管连接处的焊缝；切割压力管使其与端部组件分离；端部组件拆除及外运；排管插入件的拆除和外运；压力管和排管的联合拆除、减容及外运等。

（6）新燃料通道等安装

开展新燃料通道的安装工作，包括排管容器的清洁与检查，针对新燃料通道组件安装的端面尺寸测量，根据安装要求依次安装排管、燃料通道组件下属各部件等。

（7）FEEDER 管及仪表管安装

FEEDER 管及关联部件安装总体分为三个步骤：安装前准备、FEEDER 管及关联部件安装、安装后部件的检测和试验。FEEDER 管及关联部件安装范围包括所有 FEEDER 管、连接组件（Grayloc 组件）、支吊架、流量孔板、压降孔板、适配器、保温仓。FEEDER 管及关联部件安装部分与拆除部分相同。

（8）反应堆端面恢复

作为压力管更换的后期工作，反应堆端面恢复主要是临时设施拆除、转运，换管后反应堆端面及相关物项的复位、安装等。

（9）重水回装

换管完成且反应堆端面恢复后，需进行重水回装，包括主热传输系统重水回装以及慢化剂系统重水回装。回装前，须对重水储存箱内的重水进行取样分析。

（10）换管后系统检查试验及调试重启

秦三厂重水堆换管后的调试工作分为四个阶段：A 阶段为预运行试验阶段，涵盖冷态试验（系统功能检查、重水充装）和热态试验（升温钝化、功能验证），支持装料流程灵活调整；B/C 阶段通过临界及功率试验验证换管后机组动态性能和保护系统可靠性，沿用新机组标准流程；D 阶段机组进入试运行和性能试验阶段，可通过运行规程控制机组状态及执行定期试验，不属于本次换管实施后的调试工作范畴。

调试范围聚焦受换管直接影响的六大核心系统（主热传输系统及其受换管直接影响的部分辅助系统、主慢化剂系统及其受换管直接影响的部分、反应堆调节系统、一号停堆系统、二号停堆系统、环隙气体系统），并根据换管工作产生的具体影响对压力管/排管等更换部件补充验证功能。对换管实施工作影响较小或者几乎没有影响的系统，如常规岛及 BOP（辅助系统）系统，

按原电厂的运维管理和运行规程进行操作，不涉及冷态、热态调试。

（11）全堆芯装料

结合秦三厂的实际情况，推荐采用 A、C 两侧装卸料机错列同时操作，进行燃料通道的新燃料填装燃料。全堆芯装料所需设备为电厂正常运行过程中的装料设备，无需额外配置。

2.1.2.2 技术改造后运行阶段

技术改造完成后，秦三厂主体工程及环保工程无变化，均依托现有设施。主体工程方面，反应堆厂房、汽轮机厂房等核心设施沿用原有设计方案，土建结构、空间布局及抗震等级均保持不变，主工艺系统与改造前保持技术一致性。环保工程方面，三废处理设施（包括与主体工程同期投运的放射性废物处理设施，以及厂区新增的重水精馏设施）、辐射监测体系等均依托既有成熟系统运行，未新增环保构筑物或工艺改造。

堆内构件贮存模块后续计划逐步外运至国家规划建成的中放废物接收场或国家低放废物处置场，完成堆内构件外运及场地恢复。

2.1.3 项目工程组成

本项目技术改造施工阶段工程组成一览表见表 2.1-1。

表 2.1-1 本项目技术改造施工阶段工程一览表

类别	项目	工程内容	依托情况
主体工程	换管实施	燃料通道组件、FEEDER 管及附属部件的更换。	本次新增
	辅助设施	新建部件联合厂房、换管工器具储存厂房、去污和维修厂房、堆内构件贮存模块以及现场换管控制中心等建（构）筑物，在原有基础设施上改造重水供应系统扩容设施和办公室，利用危险品贮存厂房、废物贮存库、固化物库、非放射性危险废物、一般固废贮存设施及生活垃圾站、非放生产废水及生活污水处理设施等电厂及秦山核电基地设施。	部分新增，部分依托现有设施
辅助工程（依托工程）	实体保卫	依托厂区现有实体保卫。	依托现有设施
	消防	依托现有消防设施。	依托现有设施
公用工程（依托工程）	供电	依托厂区现有供电系统。	依托现有设施
	给排水	依托现有给排水系统。	依托现有设施
环保工	辐射	依托现有放射性废物处理设施及屏蔽设施；本项目	部分新增，

程		技改施工期间，核电厂气液态流出物依托现有放射性废物处理设施处理达标后排放，符合要求。堆内构件等高放废物转运至本项目新建的堆内构件贮存模块内进行贮存，其他放射性废物按是否可压实分别转运至秦三厂废物贮存库和秦一厂固化物库贮存。	部分依托现有设施
	噪声	本项目技改施工期间，核电厂产生施工噪声，通过合理安排施工时段和施工机械减少噪声影响，厂界施工噪声符合要求。	依托现有设施
	非放废水	本项目技改施工期间，核电厂产生的非放生产废水和生活污水依托生产废水及生活污水处理设施处理达标后排放，符合要求。	依托现有设施
	非放废气	本项目技改施工期间，核电厂产生的非放废气采用局部集气收集处理、厂房集中排风口排放等措施控制向大气环境中的排放，符合要求。	-
	固废	本项目技改施工期间，核电厂产生非放固体废物，依托现有设施收集分类并委托有资质的第三方进行处置，符合要求。	依托现有设施

本项目技术改造后运行阶段工程组成一览表见表 2.1-2。

表 2.1-2　本项目技术改造后运行阶段工程一览表

类别	项目	工程内容	依托情况
主体工程	主工艺系统	依托现有主体设施。	依托现有设施
辅助工程（依托工程）	实体保卫	依托厂区现有实体保卫。	依托现有设施
	消防	依托现有消防设施。	依托现有设施
公用工程（依托工程）	供电	依托厂区现有供电系统。	依托现有设施
	给排水	依托现有给排水系统。	依托现有设施
环保工程	辐射	依托现有放射性废物处理设施和屏蔽设施；本项目技改后运行期间，核电厂气液态流出物排放与技改实施前一致。核电厂放射性物质经三废处理系统处理后，气载、液态流出物达标排放，符合要求。	依托现有设施

	堆内构件贮存模块后续计划逐步外运至国家规划建成的中放废物接收场或国家低放废物处置场，完成堆内构件外运及场地恢复。		
	噪声	本项目技改后运行期间，核电厂噪声排放与技改实施前一致，厂界噪声符合要求。	依托现有设施
	电磁辐射	本项目技改后运行期间，核电厂变电站等的电磁辐射影响与技改实施前一致，符合要求。	依托现有设施
	非放废水	本项目技改后运行期间，核电厂非放生产废水及生活污水排放与技改实施前一致，依托生产废水及生活污水处理设施处理达标后排放，符合要求。	依托现有设施
	非放废气	本项目技改后运行期间，核电厂非放废气排放与技改实施前一致，符合要求。	-
	固废	本项目技改后运行期间，核电厂产生的非放固体废物与技改实施前一致，非放固体废物依托现有设施收集分类并委托有资质的第三方进行处置，符合要求。	依托现有设施

2.1.4 主要设备

本项目技术改造施工阶段所涉及设备如表 2.1-3 所示。

本项目技术改造后运行阶段所涉及设备与技改实施前一致，无新增设备。

表 2.1-3 项目技术改造施工阶段主要设备表

序号	物项	备注
1	燃料通道组件	包含压力管、排管等多个零部件
2	FEEDER 管及附属部件	包含 FEEDER 管及仪表管等多个零部件
3	全堆芯燃料清空工具	包含抓取工具的适配器、抓取工具延伸件等多个零部件
4	乏燃料托盘	-
5	主热传输系统重水真空疏排装置	包括一台真空泵、两台热交换器和一台重水冷凝液箱
6	重水储存罐	-
7	慢化剂系统重水干燥装置	包括送风装置单元和排放装置单元
8	重水储存辅助系统	包含重水传输泵、阀门、管道和仪表等
9	反应堆端面准备组件	包含 FEEDER 管操作平台、辐射监测系统设备等设备
10	模拟体设备	包含燃料通道组件模拟体、FEEDER

		管模拟体、排管容器模拟体，用于换管实施的模拟及培训
11	堆内构件贮存模块	包含钢制贮存筒和配套的取样系统设备以及辐射监测系统
12	去污和维修设备	包含除盐水、清洗机等工艺系统设备及辐射监测系统

2.1.5 工作制度及劳动定员

本项目技改实施阶段计划投入中核运行专职 180 人（核心管理及技术岗位，负责换管技术、工器具运维、辐射防护等关键职能）、兼职 120 人（按需抽调专业对口人员），并配置承包商 500 人（经培训授权后，在专职人员管理下参与项目执行），共 800 人。技术改造实施阶段的工作制度考虑如下：1）在换管准备阶段，换管项目组织机构下的换管项目人员，按 8 小时工作制；2）在机组停堆换管实施阶段，换管关键路径工作直接参与人员，按 4~5 班 3 倒。

本项目技术改造实施完成、电厂进入运行状态后，电厂恢复正常发电运维体系，电厂劳动定员与技改实施前一致，两台机组运营人数约 1000 人。

根据本报告“四、主要环境影响和保护措施”分析结果，本项目属于技术改造，实施本项目后，秦山第三核电厂的排放源项没有显著增加。根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》规定，本项目须开展环境影响评价工作；对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部第 16 号令），本项目属于“五十五、核与辐射——167、核动力厂——主生产工艺或安全重要构筑物的重大变更，但源项不显著增加”类别，**应编制环境影响报告表，由建设单位上报生态环境保护主管部门审查。**

工艺流程和产排污环节

2.2 工艺流程和产排污环节

2.2.1 施工期

本项目属于技术改造项目，主要在秦三厂厂区内进行，施工期分为辅助设施土建施工阶段及换管实施阶段。

辅助设施土建施工阶段过程产生的主要污染物为厂区内新增建筑物建设施工过程中产生的废水、废气、噪声、固体废物。废水包括冲洗废水、养护废水等生产废水及施工人员日常活动产生的生活污水；废气主要来自于土方开挖、施工机械运转以及装修等过程产生的施工扬尘、机械尾气等；噪声主要来自于施工机械运转、车辆运输等；固体废物包括土方开挖、厂房拆除施工及装修产生的渣土余土、建筑垃圾、废弃包装等一般固体废物和废油漆、

废机油、废电池等危险废物，以及施工人员日常活动产生的生活垃圾。

换管实施阶段的主要污染物为放射性固体废物、气液态流出物，以及非放射性废气、废水和固体废物。其中，放射性固体废物主要包括受中子辐照而被活化的压力管、排管、排管插入件、环形定位圈、端部件等部件，以及沾染放射性物质的技术废物。换管实施过程中产生的气液态流出物主要来源于去污和维修、重水疏排、乏池蒸发等过程中排放的气液态流出物。换管实施过程中产生的非放射性废气来自于模拟培训、新燃料通道安装等工艺中的焊接、切割、喷漆烟尘；换管实施过程中产生的非放射性废水来自于厂房使用及模拟培训过程中产生的生产废水以及施工人员日常活动产生的生活污水；非放射性固体废物包括包装拆除后产生的废塑料、废金属等一般固体废物和调试维保过程中产生的少量废试剂、废油、废油漆等危险废物；以及施工人员日常活动产生的生活垃圾。

2.2.2　运营期

本项目完成技术改造投运后，核电厂运行过程产生的主要污染物与技改前运行情况一致。包括气载、液态流出物排放、放射性固废产生、非放废水及生活污水排放、噪声、危险废物及生活垃圾、电磁辐射等。

2.2.3　主要污染工序

本项目为技改项目。

1）施工期：

辅助设施土建施工阶段产生的主要污染物为厂区内新增建筑物建设施工过程中产生的噪声、施工扬尘、机械尾气、渣土余土、建筑垃圾、废弃包装、施工废水以及施工人员日常活动产生的生活污水和生活垃圾。

换管实施阶段的主要污染物为受中子辐照而被活化的堆内构件及沾染放射性物质的技术废物等放射性固体废物，去污和维修、重水疏排、乏池蒸发等过程中产生的气液态流出物，其他工艺产生的非放射性废气、生产废水和固体废物以及施工人员日常活动产生的生活污水和生活垃圾。

2）运营期：

本项目完成技术改造投运后，核电厂运行过程产生的主要污染物与技改前运行情况一致。包括气载、液态流出物排放、放射性固废产生、非放废水及生活污水排放、噪声、危险废物及生活垃圾、电磁辐射等。

与项目有关的原有环境污染问题	**2.3　与项目有关的原有环境污染问题** **2.3.1　环保手续履行情况** 秦山第三核电厂已取得环境影响报告书（首次装料阶段）的批复。此外，针对规划限制区、应急计划区、环保执行标准及排放控制要求也取得相应批复。批复情况具体见下： — 原国家环境保护总局《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》（环审[2002]188 号） — 《秦山三期（重水堆）核电站工程核建设项目竣工环境保护验收申请报告》（环核验[2004]2 号） — 浙江省人民政府《浙江省人民政府办公厅关于设置秦山核电基地规划限制区的复函》（浙政办函[2008]3 号） — 《关于批准秦山第三核电厂气态放射性流出物 C-14 的排放量管理目标值的通知》（国核安全[2010]186 号） — 浙江省核电厂事故场外应急委员会《关于同意调整秦山核电基地统一应急计划区的批复》（浙核委[2013]3 号） — 原国家环境保护总局《关于同意秦山核电基地公众辐射剂量限值和放射性物质排放量控制值申请的通知》（环函[2001]333 号） 秦山第三核电厂乏燃料临时干式贮存设施的批复情况具体见下： — 原环境保护部《关于秦山第三核电有限公司乏燃料临时干式贮存设施环境影响报告书（装料阶段）的批复》（环审[2009]435 号） — 原环境保护部《关于秦山第三核电厂乏燃料临时干式贮存设施竣工环境保护验收意见的函》（环验[2010]223 号） — 原环境保护部《关于秦山第三核电厂乏燃料临时干式贮存设施 3、4 号模块竣工环境保护验收意见的函》（环验[2013]279 号） — 生态环境部《关于秦山第三核电厂乏燃料临时干式贮存设施环境影响报告表的批复》（环审[2022]84 号） — 生态环境部《关于秦山第三核电厂乏燃料临时干式贮存设施运行阶段环境影响报告表的批复》（环审[2024]30 号） 秦山三期（重水堆）核电站工程配套重水精馏设施的批复情况具体见下： — 生态环境部《关于秦山三期（重水堆）核电站工程配套重水精馏设施环境影响报告表的批复》（环审[2022]139 号） **2.3.2　现有工程污染物排放情况** 秦山第三核电厂正常运行的环境影响，主要为反应堆产生的流出物对公

众的辐射影响。根据《秦山核电环境质量评价年报》（2024 年），2024 年秦山核电基地各核电厂的流出物排放控制情况良好。秦三厂气、液态放射性排放量远低于基地管理目标值。

（1）三废处理设施

秦山第三核电厂设置有完整的放射性废物处理设施，包括废液处理系统、废气处理系统和固体废物处理系统。

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，系统的主要设施为过滤器和混床离子交换器。经处理后的液态流出物取样监测合格后通过暂存箱向环境排放。

2024 年秦三厂废液处理系统运行正常，符合设计要求。

秦三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、活性碳吸附器和后高效过滤器组成的过滤净化装置处理后通过烟囱排放。辅助厂房的排风经过前置过滤器和高效过滤器处理后通过烟囱排放。另外，重水蒸汽回收系统（使气体中的氚含量降低 20 倍）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碳延迟床装置（两台机组共用，在 1 号机组内）处理后，再送至辅助厂房通风净化系统，最终通过烟囱排放。

2024 年秦三厂废气处理系统运行正常。废气处理系统的净化效果良好，符合设计要求。

秦三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。秦三厂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 废油桶包装，暂存在方家山 QR 厂房中（《关于同意秦山核电基地共用放射性固体废物贮存设施的复函》（国核安函[2020]121 号））。2024 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。

（2）流出物及环境监测设施

秦三厂所在秦山核电基地实施统一的流出物和环境监测管理。

秦山核电基地制定了《流出物监测大纲》（QS-5CY-MNCY-0025）等规定，并设置了气载、液态流出物在线连续监测系统及取样监测系统，对秦三厂流出物排放进行监测。取得的样品在流出物监测实验室进行分析。

秦山核电基地对基地半径 50km 范围内开展环境 γ 辐射水平监测，半径 30km 范围内开展空气、水体、土壤、农畜水产及指示生物的放射性核素活度浓度监测。环境 γ 辐射监测系统、自动气象站和环境监测实验室（配有环境监测车与环境介质采样车）已设置。

（3）应急计划与准备

秦山核电基地制定了《秦山核电厂、秦山第二核电厂、秦山第三核电厂和方家山核电厂场内核事故应急预案》（EP-QX-2），建立了统一的应急组织机构并实施统一的应急管理。

（4）非放监测

2024 年秦山核电各电厂定期对取水口和排水口进行非放取样分析，分析的项目有 pH 值、电导率、溶解氧、磷酸盐、硫酸盐、联氨、氨氮、余氯、硼、钠、镍、铁、锰、油类、阴离子、悬浮物等，分析结果表明取、排水口海水的监测结果无明显差异，所有机组的取水口、排水口监测因子均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）四类标准规定限值。

2024 秦山核电委托宁波华测检测技术有限公司及苏州华测检测技术有限公司对秦山各电厂排放的非放生产废水和生活污水，非放废气（包括污水处理设施的恶臭）、土壤及电磁环境进行了监测。各监测点位昼间、夜间噪声均达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准的要求。各监测点位工频电磁辐射符合《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中的有关规定要求。

各监测点位的废气监测结果显示，厂界区域颗粒物无组织排放满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）要求，污水处理设施周边恶臭浓度同时满足《恶臭污染物排放标准》和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）要求，危废库区域挥发性有机物（VOCs）无组织排放满足《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）要求。土壤监测结果满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）要求。

2024 年，秦山核电污废水排放口化学物质在线监测仪器运行正常，系统的数据总体获取率在 99%以上。各点位监测结果满足排放标准。

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

3.1 区域环境质量现状

3.1.1 地表水

本项目为技术改造项目，地点位于海盐县秦山镇秦山核电基地内秦三厂厂区。

秦山核电基地附近水体为杭州湾海域，海水水质执行浙江省发展和改革委员会与浙江省生态环境厅联合发布的《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》，秦山附近海域均为“嘉兴乍浦四类区”（JX02DIV），该功能区的海水水质保护目标为四类水质标准，海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的四类标准。

根据《2023 年浙江省生态环境状况公报》（2024 年 6 月），全省近岸海域水质稳中趋好，一、二类海水占 56.3%，三、四类海水占 19.6%，劣四类海水占 24.1%，主要超标指标为无机氮和活性磷酸盐。根据浙江省近岸海域海水类别分布图可知，厂址周边杭州湾海域水质为劣四类海水水质。

3.1.2 环境空气及气象观测

1）环境空气

根据嘉兴市生态环境局发布的《2024 年 1-9 月环境空气质量情况》中相关监测数据，嘉兴市海盐县 2024 年 1-9 月的 $PM_{2.5}$ 平均浓度为 26.7μg/m^3，厂址所在的海盐县秦山街道 2024 年 5-9 月的 $PM_{2.5}$ 平均浓度为 19.4μg/m^3，PM_{10} 平均浓度为 31.9μg/m^3，达到了《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）中的二级标准。

秦三厂委托宁波市华测检测技术有限公司进行现场监测，现场监测于 2023 年 10 月 15 日~2023 年 10 月 19 日开展，监测因子为 CO、O_3、PM_{10}、$PM_{2.5}$、SO_2 和氮氧化物，根据监测结果可知，厂址下风向（厂界外）所有大气监测指标均能达到《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）中的二级标准。

2）气象观测

根据《秦山地区气象观测年报（2024 年）》（QS-5EM-RCEM-25011001）中的观测结果，以一厂厂区地面气象站作为秦山地区气象代表点，分析结果如下：

（1）温度

年平均气温为 18.7 摄氏度；年最高气温为 40.1 摄氏度，出现在 7 月 18 日、8 月 11 日；年最低气温出现在 1 月 23 日，为-4.4 摄氏度。

（2）风

年度平均风速为2.6米/秒，年风频统计分析得出：本年度最多风向是ESE风向，出现频率为17.33%，次最多风向是E风向，出现频率为14.97%；年出现最少风向是SSW风向，年出现频率为2.33%；年静风出现频率1.91%；年极大风速17米/秒，出现在7月26日5时33分ESE风向。

（3）降水

年降水量为1440.1毫米。降水天数为142天，一小时最大降水量为26.5毫米，出现在5月27日12~13时。

（4）大气稳定度

大气稳定度分类主要采用太阳辐射—10米地面风（一厂太阳辐射与一厂地面风），使用改进的帕斯奎尔分类方法。全年A类天气占5.28%，B类天气占13.95%，C类天气占7.10%，D类天气占39.27%，E类天气占24.99%；F类天气占9.41%；不稳定天气类（A、B、C）占26.33%，中性天气类（D）占39.27%，稳定天气类（E、F）占34.40%。

3.1.3 声环境

根据《秦山核电环境质量评价年报（2024年）》（QS-5EM-RCEM-202455），厂址边界处昼间、夜间噪声均达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准的要求。

3.1.4 辐射环境

辐射环境现状引用《秦山地区环境辐射监测年报（2024年）》（QS-5EM-RCEM-202429）中辐射环境监测的相关内容。

1）监测介质：

（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）大气样品：气溶胶、沉降物，雨水，空气^{3}H、空气^{14}C。

（3）土样品：陆地表层土、海底淤泥、湖塘水底泥。

（4）农畜产品：茶叶、叶菜、油菜籽、萝卜、大米、羊。

（5）水产品：鲻鱼、带鱼、白虾。

（6）水样品：海水、井水、湖塘水、厂区地下水。

（7）指示生物：松叶、牡蛎、苔藓。

除环境贯穿辐射剂量率监测外，对环境介质的监测项目为：

（1）总α（气溶胶）、总β（气溶胶、沉降物、水）活度。

（2）^{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。

（3）^{131}I——大气样品、部分农畜产品。

（4）^{3}H、^{14}C——所有介质样品。

（5）γ 核素——所有介质样品。

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。

2）监测布点

陆地监测范围取半径 50km，重点监测在半径 20km 范围；海域侧监测范围取半径 20km，重点半径 5km。

半径 50km 范围内布设 69 个 TLD 累积剂量监测点，同时测量路面和田野瞬时 γ 剂量率。半径 10km 范围内布设 14 个环境 γ 剂量率连续监测点，其中 8 个点同时采集空气样品。半径 20km 范围内布设环境样品取样点，半径 15km 范围内陆地表层土、农产品（叶菜、萝卜、稻米）采样点。秦山邻近海域布设海洋介质样品采样点。

3）监测结果

（1）贯穿辐射剂量率连续监测结果

对 2024 年 1-12 月测得的剂量率进行综合分析表明：厂区 2024 年环境贯穿辐射剂量率由于环境变化（降雨）、探测器更换（校准因子变化）等原因，部分监测点环境 γ 剂量率测值与历史值存在一定的偏差。考虑上述因素影响，并比照秦山地区前 5 年的年均值变化，可以认为：2024 年度秦山核电周围环境贯穿辐射剂量率基本处于本底涨落范围。

（2）大气和沉降物监测结果

2024 年度，气溶胶及沉降物的各项测值对照近五年测量结果无明显变化。2024 年 8 个监测点的气载 ^{131}I 以及秦山地区气氚、空气 ^{14}C 的浓度对照近五年测量结果无明显变化。

秦山地区 2024 年厂址区域部分季度雨水中 ^{3}H 含量高于场外区域，对比近几年监测结果无明显变化，雨水中 ^{3}H 含量波动与相应监测点气氚浓度变化趋势相关。

（3）TLD 累积剂量监测和贯穿辐射剂量率就地监测结果

2024 年测量结果与近 5 年测量结果无明显变化。核电厂水泥固化车间、低放废物库、固体废物库及秦三厂乏燃料干式临时贮存设施附近辐射剂量率较其余各点稍高。

（4）土壤样品中放射性核素监测结果

所有测值与近 5 年测量结果无明显变化，与对照点乔司（陆地）、舟山（海洋）监测结果处于同一水平。

（5）水产品中放射性核素监测结果

各监测项目与近 5 年测值结果无明显变化。

（6）农畜产品中放射性核素监测结果

秦山地区农畜产品各放射性核素的测值与近 5 年测量结果无明显变化。

（7）指示生物中放射性核素监测结果

2024 年对秦山周围的指示生物松针、牡蛎、苔藓开展监测。其中，5 月第一次检测分析结果，杨柳山松针组织自由水氚的结果超过近五年均值与三倍标准偏差之和，但未超过近十年均值与三倍标准偏差之和，且低于近十年均值与一倍标准偏差之和，6 月对杨柳山松针进行第二次样品取样，检测结果未超过近五年均值与三倍标准偏差之和。结果表明：各指示生物放射性核素与近 5 年测量结果无明显变化。

（8）水样中放射性核素监测结果

2024 年井水、湖塘水中放射性核素监测结果为：井水总 α、总 β 活度浓度处于本底涨落范围内，其他人工放射性核素浓度活度未见异常；湖塘水总 β 活度浓度处于本底涨落范围内，其他人工放射性核素浓度活度未见异常。

海水中各监测项目与近 5 年测量结果无明显变化。厂区地下水中各监测项目与近 5 年测量结果无明显变化。

环境保护目标

3.2 环境保护目标

依据《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），本项目的评价范围为以厂址为中心半径 80km 范围。

3.2.1 人口密度及分布

人口资料收集和统计的基准为 2022 年度，以当地政府有关部门的正式统计资料为准。

以秦三厂 1 号反应堆厂房为中心作为评价区域。厂址所在浙江省、嘉兴市、海盐县平均陆域人口密度分别为 494 人/km^2、885 人/km^2、644 人/km^2。厂址半径 80km 范围平均陆域人口密度为 919 人/km^2，高于浙江省、嘉兴市、海盐县平均陆域人口密度；厂址半径 15km 范围平均陆域人口密度为 735 人/km^2，高于浙江省、海盐县平均陆域人口密度，低于嘉兴市平均陆域人口密度；厂址半径 5km 平均陆域人口密度为 447 人/km^2，低于浙江省、嘉兴市、海盐县平均陆域人口密度。

3.2.1.1　厂址半径 5km 范围内居民点或自然村人口分布

以秦三厂 1 号反应堆厂房为中心，厂址半径 5km 范围涉及海盐县秦山街道 7

个社区和 2 个行政村，共有户籍人口 10680 人（2022 年底数据，下同）。厂址半径 5km 范围内，距离厂址最近的自然村为秦山社区钟家桥，距离厂址 W 方位 1.9km，有户籍人口 285 人。人口最多的居民点为长丰社区，位于厂址 W 方位 4.4km，有户籍人口 568 人。

3.2.1.2　厂址半径 15km 范围内千人以上行政村人口分布

厂址半径 15km 范围涉及海盐县秦山街道、澉浦镇、武原街道、通元镇、望海街道、于城镇的 66 个行政村（社区），共有户籍人口 219273 人。厂址半径 15km 范围内除秦山街道长丰社区、澉浦镇澉川社区、南山村、武原街道光明社区、于城镇枫桥居委会外，其他均为千人以上行政村，共有 61 个。距离厂址最近的行政村为秦山街道秦山社区，位于厂址 NW 方位 2.5km 处，有户籍人口 1238 人；厂址半径 15km 范围内人口最多的行政村为武原街道南门社区，位于厂址 N 方位 8.4km 处，2022 年底有户籍人口 16077 人。

3.2.1.3　厂址半径 80km 范围万人以上人口分布

厂址半径 80km 范围内的万人以上城、镇共有 172 个。距离厂址最近的万人以上城镇为海盐县武原街道，位于 N 方位，距离厂址 10.5km，相对集中居住人口 9.98 万人。人口最多的城镇为杭州市市区，包含上城区、拱墅区和临平区的街道，城镇人口 225.6 万人，位于厂址 W~WSW 方位，距离厂址 62.6~81km。

3.2.1.4　流动人口

秦三厂 1 号机组半径 5km 范围涉及秦山街道的 6 个社区（行政村）。流入人口多于流出人口，流入的目的多为务工。

秦三厂 1 号机组半径 15km 范围主要包括海盐县的秦山街道、澉浦镇、武原街道、通元镇、望海街道、于城镇 6 个乡镇的流动人口。

流动人口在每年春节过后的 3 月份达最高峰，次年 1 月时，流动人口达最低峰，流动人口返乡导致。流动人口绝大多数来自湖北、河南、四川、安徽等劳务输出大省，也有少量来自省内周边县市。

3.2.1.5　特殊人口

（1）养老院

厂址半径 15km 范围内涉及 4 所养老院，共有床位 1021 张，工作人员 83 人，目前入住人数 326 人。距离厂址最近的养老院是澉浦镇清泉园，位于厂址 WSW 方位 8km 处。

（2）学校

厂址半径 15km 范围内涉及 65 所学校，共有学生 44182 人，住校生 4610 人，教职工 4160 人。距离厂址最近的学校是海盐县秦山街道海贝幼儿园和海盐县秦山

中心幼儿园，均位于厂址 W 方位 2.5km 处，共有学生 133 人，教职工 30 人，无住校生。

（3）医疗机构

厂址半径 15km 范围内共有医疗机构 10 所，其中距离厂址最近的医疗机构是秦山街道社区卫生服务中心，位于厂址 W 方位 3.3km 处，有床位 25 张，医护人员 82 人。

（4）监狱

厂址半径 15km 范围内无监狱。

3.2.1.6　人口分布结论

厂址半径 5km 范围内无人口集中地区。

厂址半径 10km 范围内无十万人以上城镇。

3.2.2　居民食谱与生活习性

3.2.2.1　居民食谱

厂址半径 80km 范围内居民食谱资料来自《浙江调查年鉴 2022》的城、乡居民年食物消费量统计数据；不同年龄组（划分为≤1 岁、1～7 岁（含 7 岁）、7～17 岁（含 17 岁））食谱、年食物消费量数据根据厂址半径 5km 调查结果中儿童组、青少年组与成人组食物消费量的比例关系估算得到；≤1 岁婴儿食谱参考《中国婴幼儿喂养指南 2022》结果及现场调查结果给出。

厂址半径 80km 范围涉及的居民饮食习惯接近，粮食以大米为主，蔬菜以叶类菜为主，肉类以猪肉为主，水产品以鱼类为主，蛋类及消费也比较多，奶类及其制品婴儿组和儿童组消费比较高。

厂址半径 5km 范围主要涉及秦山街道的北团村、杨柳山社区、秦山社区、秦兴社区、落塘社区、庆丰社区、丰山村、长川坝社区、新联社区等。这些区域主要以大米为主，辅以少量面粉、玉米、薯类；肉类消费主要以猪肉为主；蛋类消费量也比较大；叶类菜消费量相对较大；水果种类有橘子等，当地出产的应季水果消费量大；奶产品主要以婴幼儿、儿童和青少年消费为主，成年人量少。处于哺乳期的婴儿组主要以母乳和奶粉喂养为主。厂址周边居民耕地主要种植有大米、橘子、蔬菜等农作物及水果。

3.2.2.2　生活习性

（1）厂址半径 80km 范围内居民生活习性

厂址半径 80km 范围有海岸线的县市包括浙江省嘉兴市、海盐县等。厂址所在水域内居民生活习性调查按照居民不同职业构成、不同年龄组分别进行调查和

统计，走访涉及的市、县统计局和农业农村局收集相关的不同职业、不同年龄居民人数，按沿岸地区居民活动频度分别推算出不同职业构成、不同年龄组居民，在厂址水域内岸边活动、游泳和划船等活动的活动地点、活动人数、年人均小时数和总人年小时数。

厂址半径 80km 范围内居民岸边活动主要是上下船装卸货物、岸边修补渔具、退潮时赶海，游泳主要是海边游泳，划船主要是出海捕鱼、近海养殖等；其中，农村居民岸边活动主要是退潮时赶海、岸边散步等，游泳主要是海边游泳，划船主要是出海捕鱼、近海养殖等；城镇居民岸边活动多为海边散步游玩、岸边垂钓，游泳和划船属于娱乐休闲活动。未成年组中，≤1 岁年龄组，无岸边活动、游泳、划船等活动；由于安全原因，1-7 岁年龄段的儿童只有在家长监护下，有岸边活动，但没有划船和游泳活动；7-17 岁年龄段的青少年在家长陪同下，有划船和岸边活动，无游泳活动。

（2）厂址半径 5km 范围内居民生活习性

厂址半径 5km 范围为沿海区域，当地居民亦工亦农，从事水产养殖及捕捞工作的渔民较少，在厂址半径 5km 范围无划船活动；厂址半径 5km 海域不适合游泳，因此游泳活动较少，居民在夏季岸边散步活动较多，每天散步约 0.5~1 小时。厂址附近关键居民生活习性均与厂址半径 5km 范围内居民生活习性相似。

3.2.3 土地和资源利用

3.2.3.1 土地利用情况

根据《海盐县国土空间总体规划（2021-2035 年）》：全县共划定农田保护区、生态保护区、生态控制区、城镇发展区、乡村发展区、海洋发展区、其他保护利用区 7 个。厂址半径 10km 范围土地利用规划涉及涉及上述 7 个区。厂址所在地土地规划为城镇发展区。

3.2.3.2 水资源利用情况

海盐县地处浙江省东北部杭嘉湖平原，除南部沿海有部分低丘外，大部分属于平原水网地区，河道密布，地势平坦。

（1）地表水利用情况

海盐县属运河水系，境内地势平坦，河道、湖泊密布。全县共有河道、湖泊和其他水域三种水域类型，水域总面积 38.97km²（不含钱塘江），水面率 7.27%。全县共有河道 1963 条，总长度 1473.6km，水域面积 35.5km²，其中市级河道 6 条，县级河道 6 条，乡级河道 1951 条；共有湖泊 1 个，总面积 1.18km²；共有其他水域 229 处，水域面积 2.29km^2。

厂址半径 15km 范围有市级河道 2 条，分别是长山河与海盐塘；县级级河道 4 条，分别是武通港、里洪塘、酱园港与大麻泾港。距离厂址最近的河道是武通港（WNW~NNW 方位约 7.4km）。湖泊 1 个，即南北湖（WSW 方位约 11.5km）。

（2）地下水利用情况

鉴于海盐县地下水资源量有限，根据 2005 年县政府《关于控制地下水资源开采的实施意见》，现状全县地下水已全面禁采，规划地下水留作特殊干旱年份应急备用水源。

（3）居民饮用水利用情况

厂址半径 15km 范围内无饮用水水源分布。

千亩荡是海盐县现状唯一的本地水取水水源，位于县域西北部的沈荡镇、百步镇和于城镇交汇地带，位于厂址 NW 方位，其取水口距离厂址中心约 18km。区域面积 4.83km^2，其中水域面积 1.02km^2，平均水深 3m。海盐县域外引水供水一期工程于 2019 年 5 月 25 日开工，建设任务是对接千岛湖引水工程，构建千亩荡与千岛湖双水源供水系统，为海盐县提供优质饮用水。2021 年 6 月，嘉兴市域外配水工程正式通水，海盐分配的千岛湖水量为 6 万吨/日，约占全县日供水量的一半。

3.2.3.3 海域利用情况

厂址半径 15km 海域共划分为 2 个一级类海洋基本功能区，即农渔业区和港口航运区。其中农渔业区划分 1 个二级类功能区，为海盐捕捞区；港口航运区划分划分 3 个二级类功能区，共 5 个功能区，分别为海盐港口区、海盐港进港航道区、乍浦至杭州航道区（海盐段）、白塔山锚地区和汤山锚地区（海盐部分）。

3.2.4 环境敏感区

3.2.4.1 文物古迹

厂址半径 15km 范围内有全国重点文物保护单位 2 个，分别是钱塘江海塘海盐敕海庙段和海宁段（海盐敕海庙段）（N 方位约 8.7km）、绮园（N 方位约 9.3km）；省级文物保护单位 2 个，分别是千佛阁（含镇海塔）（NNW 方位约 9.5km）、云岫庵（SW 方位约 13.0km）；县级文物保护单位 28 个，距离厂址最近的是县级文物保护单位是秦山南麓碉堡（W 方位，约 2.5km）。

3.2.4.2 旅游风景区

厂址半径 15km 范围内有 2 个 4A 级景区，分别是绮园景区（N 方位约 9.3km）、南北湖风景区（SW~WSW 方位约 11.7km）；有 2 个 3A 级景区，分别是核电小镇景区（N 方位约 5.3km）、三毛乐园景区（NNW 方位约 10.6km）。

3.2.4.3　自然保护区

厂址半径 15km 范围无自然保护区分布。

厂址半径 15km 范围有 1 个自然保护地，即南北湖省级风景名胜区，总面积为 2762.22 公顷，均为一般控制区，位于厂址 SW~WSW 方位，其边界最近处距厂址中心约 7.7km。海盐县钱江潮源湿地公园整体位于南北湖风景名胜区范围内，根据《海盐县自然保护地整合优化方案》（2023 年 3 月），海盐县对自然保护地进行了优化整合，撤销省级钱江潮源湿地公园。

3.2.5　工业、交通

3.2.5.1　工业

厂址半径 15km 范围规模以上工业企业有 304 家，其中秦山街道有 69 家、武原街道 49 家、望海街道 51 家、西塘桥街道 6 家、澉浦镇 34 家、通元镇 52 家、于城镇 43 家。规上企业主要经营范围为高端紧固件、集成家居、电子信息及高端装备制造等。距离厂址最近的规上企业（核电秦山联营有限公司、秦山第三核电有限公司、秦山核电有限公司除外）是嘉兴三喜新材料有限公司，位于厂址 W 方位约 2.5km。

3.2.5.2　交通

厂址半径 15km 范围主要涉及海盐县的秦山街道、西塘桥街道、武原街道、望海街道、于城镇、通元镇及澉浦镇厂址，主要有高速公路 G92 杭州湾环线高速、G15 沈海高速；国道 G525；省道 S303、S207 嘉南公路；县道 X331、X614、X609、X104、X611、X606、X605、X613、X608、X604、X115、X602、X603 及其他乡道村道。厂址半径 15km 范围无铁路。

厂址半径 5km 范围有县道 X605、X331、X104、X606、X614、X609 共 6 条。其中 2 条道路可以直接到达秦山核电基地，分别是秦山大道（X104）和老沪杭公路乍秦线（X331），其中秦山大道为秦山核电基地的应急大道。当发生紧急情况时，撤往生活区的路线有三条：①沿应急大道至秦山大道后达生活区；②顺海堤沿沪杭公路至生活区；③经沪杭公路秦山——六里段——通元转东西大道至生活区。

厂址半径 15km 范围内距离厂址最近的外海航道为秦山航道，最近距离为 2.7km，位于 NNE 方位。厂址半径 15km 范围有 VII 级以上内河航道 11 条，距离厂址最近的内河航道为何家桥线，最近距离为 2.7km，位于 NW 方位。

厂址半径 16km 范围内无机场，厂址半径 4km 范围内无空中航线。

污染物排放控制标准	**3.3 污染物排放标准** **3.3.1 法规文件** ● 《中华人民共和国核安全法》（2017.9.1） ● 《中华人民共和国环境保护法》（2015.1.1） ● 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003.10.1） ● 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018.12.29） ● 《中华人民共和国水污染防治法》（2018.1.1） ● 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018.10.26） ● 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022.6.5） ● 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部第 16 号令，2021.1.1） ● 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017.10.1） ● 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002，根据 2011 年 1 月 8 日《国务院关于废止和修改部分行政法规的决定》修订） **3.3.2 技术标准** ● 《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） ● 《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-1989） ● 《环境核辐射监测规定》（GB12379-1990） ● 《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） ● 《核动力厂厂址评价安全规定》HAF101（2023） ● 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》HAD002/01（2019） ● 《地方政府对核动力厂的应急准备》HAD002/02（1990） ● 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》HAD101/03（1987） ● 《核电厂厂址选择的外部人为事件》HAD101/04（1989） ● 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单 ● 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002） ● 《声环境质量标准》（GB3096-2008） ● 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996） ● 《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019） ● 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）及 2006 年修改单

- 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）
- 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）
- 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）
- 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）
- 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）
- 其它有关国家标准和核行业标准

3.3.3 其他参考文件

- 《秦山三期（重水堆）核电站工程配套压力管更换项目初步设计总报告》
- 《秦山第三核电厂环境影响报告书（首次装料阶段)》
- 《秦山核电厂扩建工程（方家山核电项目）环境影响报告书（设计阶段)》
- 《秦山第三核电厂乏燃料临时干式贮存设施运行阶段环境影响报告表》
- 《秦山第三核电厂重水精馏设施环境影响报告表》
- 《秦山核电环境质量评价年报（2024 年)》（QS-5EM-RCEM-202455）
- 《秦山地区环境辐射监测年报（2024 年)》（QS-5EM-RCEM-202429）
- 《秦山地区气象观测年报（2024 年)》（QS-5EM-RCEM-25011001）
- 《流出物监测大纲》（QS-5CY-MNCY-0025）
- 《秦山核电厂、秦山第二核电厂、秦山第三核电厂和方家山核电厂场内核事故应急预案》（EP-QX-2）
- 《秦三厂 2 号机组新增堆顶辐照生产同位素装置 EPC 总包服务项目环境资料调查报告》

3.3.4 评价标准

1）放射性标准

（1）正常运行状态（含本项目换管实施阶段）的剂量约束值

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）6.1 条的规定：正常运行工况下，任何厂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。

原国家环境保护总局在《关于同意秦山核电基地公众辐射剂量限值和放射性物质排放量控制值申请的通知（环函[2001]333 号)》中提出：一、“同意秦山核电基地作为整体申请以 0.25mSv/a 作为公众的辐射剂量限值”。二、“核电基地作为整体对公众的辐射影响是难以区分的。”

根据核安全局要求，秦山核电基地各期机组对公众造成的有效剂量按

0.23mSv/a 限值执行。因此，本项目换管实施阶段以及建设完成后，作为整个秦山第三核电厂的一部分，其对秦山核电基地外公众造成的有效剂量应与秦山核电基地各期机组进行综合考虑，使秦山核电基地对公众造成的有效剂量满足 0.23mSv/a 的限值。

（2）事故状态下的剂量控制值

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）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 100mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1000mSv 以下。"秦三厂运行期间，其设计基准事故工况下的事故后果应满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的要求。

（3）运行状态下（含本项目换管实施阶段）的流出物浓度限值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025），对于受纳水体为海洋的核动力厂厂址，其槽式排放口处的液态流出物中氚的活度浓度不应超过 3×10^7Bq/L，^{14}C 的活度浓度不应超过 3×10^3Bq/L，其他放射性核素总活度浓度不应超过 1000Bq/L。

（4）运行状态下（含本项目换管实施阶段）的放射性物质排放控制值

秦山第三核电厂及秦山核电基地其他核电机组流出物排放量应符合《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）要求。

2）非放射性标准

（1）本项目换管实施阶段以及换管后运行阶段，生产废水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级标准的 A 标准，经处理达标后排入海水温排水 CC 井，和循环冷却水掺混后排放；生活污水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级标准的 A 标准，经处理达标后排放。见表 3.3-1。

表 3.3-1　生产废水及生活污水主要污染物排放执行标准限值（单位：mg/L）

项目	标准限值（mg/L）（pH 值无量纲）	标准来源
化学需氧量（COD）	50	《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准
氨氮（以 N 计）	5（8）	
总氮（以 N 计）	15	
总磷（以 P 计）	0.5	
生化需氧量（BOD_5）	10	

悬浮物（SS）	10	
pH	6~9	
注 1：括号外数值为水温>12°C 时的控制指标，括号内数值为水温≤12°C 时的控制指标。		

（2）本项目换管实施阶段，大气污染物有组织排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）要求，无组织排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）要求以及《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）要求。

（3）本项目换管实施阶段，厂界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），即昼间为 70dB(A)，夜间为 55dB(A)；本项目换管后运行阶段，运营期厂界噪声执行《工业企业厂界噪声标准》（GB12348-2008）中的 3 类标准，即昼间为 65dB(A)，夜间为 55dB(A)。本项目换管实施阶段以及换管后运行阶段，声环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）。

（4）本项目换管后运行阶段，电磁辐射环境执行《电磁环境控制限值》（GB8702-2014），即工频电场强度限值：4kV/m，工频磁感应强度限值 0.1mT。

（5）根据浙江省发展和改革委员会与浙江省生态环境厅联合发布的《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》，秦山附近海域均为“嘉兴乍浦四类区”（JX02DIV），该功能区的海水水质保护目标为四类水质标准，海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的四类标准，四类环境功能区以外海域为二类功能区，相应的水质保护目标为二类海水水质标准。

《近岸海域环境功能区管理办法》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、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、四类海水水质：人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃。

（6）本项目换管实施阶段以及换管后运行阶段，产生的危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

总量控制指标	无

四、主要环境影响和保护措施

<table>
<tr><td>施工期环境保护措施</td><td>

4.1　施工期环境保护措施

本项目属于技术改造项目，主要在秦三厂厂区内进行，施工期分为辅助设施土建施工阶段及换管实施阶段。

4.1.1　辅助设施土建施工阶段环境影响和保护措施

4.1.1.1　水污染影响预测

土建施工阶段总工期约 33 个月，对水环境的影响主要来自于施工工艺、冲洗养护等过程产生的生产废水和人员日常活动产生的生活污水。

其中，土建施工阶段预计共产生生产废水约 1.45 万立方米，其中，新建构筑物使用的混凝土搅拌及养护废水占比约 45%，车辆及其他设备的冲洗废水占比约 50%，其余为施工设备冷却及场地抑尘洒水等过程产生。土建施工阶段产生的生产废水由施工单位采用自然沉淀法进行处理，修建三级串联沉淀池（初沉池、二沉池、清水池），处理后三级沉淀池中清水池的水作为车辆冲洗、抑尘洒水或泥浆制配用水进行回用，多余回水流入三级沉淀池循环使用，实现生产废水全部回用。沉淀杂质或泥浆委托有资质的单位合规运输至电厂外符合地方生态环境部门要求的处理厂进行处理。

土建施工阶段高峰期人数约 220 人，根据《生活污染源产排污系数手册》，人均生活污水日排放量保守按 $0.2m^3$/人/d 估算。施工现场在秦三厂保护区内，叠加秦三厂正常运行工况两台机组运营人数约 1000 人，污水处理站总负荷峰值约为 $10.2m^3/h$，可以依托秦三厂现有污水处理系统，通过厂区管网分别接入生活污水处理站（处理能力 $2\times23m^3/h$），经达标处理后排放。

秦三厂已完成固定污染源排污登记工作，登记内容包括非放污废水，执行标准为 GB18918-2002 一级 A 标准，登记备案内容不涉及排放总量。秦三厂非放废水实施在线监测。本项目辅助设施土建施工期间，秦三厂的非放废水排放将继续严格执行 GB18918-2002 一级 A 标准。

综上，辅助设施土建施工阶段不会对水环境产生不良影响。

4.1.1.2　大气污染影响预测

土建施工阶段总工期约 33 个月，土建施工阶段对大气环境的影响主要来自于土方开挖、施工机械运转以及装修等过程产生的施工扬尘、机械尾气等。

土建施工阶段由于开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输

</td></tr>
</table>

会使施工区域尘土飞扬、大气中粉尘含量增高。采取覆盖防尘网、安排临时道路专人清扫洒水等防尘抑尘措施，控制扬尘对环境的影响，预计施工区域扬尘无组织排放能够满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）要求。土建施工阶段完成后，扬尘对于大气环境的影响将会消失。

土建施工阶段施工机械日均作业时长 8 小时，使用柴油动力设备（如挖掘机、装载机、打桩机等）共约 30 台，尾气中主要污染物为一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO_x）和颗粒物（PM_{10}、$PM_{2.5}$）。所有柴油机械都将加装尾气净化装置，并加强机械设备的检查维护工作，确保设备燃烧效率优化，最大程度减少机械尾气向大气环境的释放。

土建施工阶段涉及厂房内部施工和装修，包括所有厂房内部管道等焊接工艺以及去污维修厂房、部件联合厂房、工器具厂房内部地坪防水、墙面、钢构防腐等油漆作业，上述焊接、油漆作业量较小，同时作业场所位于厂房内部，焊接作业产生的细颗粒物以及油漆作业产生的 VOCs 的无组织排放浓度满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）要求和《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）要求，不会对环境产生影响。厂房内部施工和装修完成后，上述作业对于大气环境的影响将会消失。

综上，辅助设施土建施工阶段不会对大气环境产生不良影响。

4.1.1.3　施工机械噪声防治

土建施工阶段对声环境的影响主要来源于施工机械（如挖掘机、打桩机等）及运输车辆运行噪声，噪声源强范围约 70~90dB(A)。施工期间将尽可能选择先进的工程安装工艺和低噪声的机械设备，采取隔振降噪措施，严格限制夜间高噪声作业，确需施工时申报夜间施工许可。经采用先进工艺设备并采用隔振降噪措施后，厂界噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）限值（昼间≤70dB(A)，夜间≤55dB(A)）。

本项目土建施工期不会对声环境产生不良影响，且在土建施工完成后，噪声源同步消除，声环境恢复至原有水平，无遗留影响。

4.1.1.4　固体废物处置

土建施工阶段产生挖方量约 17000 立方米，填方量约 17000 立方米，挖填方平衡，无余方产生；产生建筑垃圾约 3000 吨（主要为旧厂房拆除混凝土地坪和混凝土基础）及废弃包装约 800 吨等一般固体废物，由施工单位分类回收利用或外运至环卫部门统一处理；危险废物包括废油漆、废机油、废电池等共约 2.5 吨（其中废油漆约 1.2 吨，废机油约 0.8 吨，废电池及其他危险废物约 0.5 吨），通过设置临时危险废物贮存设施存放危险废物、定期

清理外运的方式进行处理。

土建施工阶段施工人员生活垃圾单位产生量以 0.5kg/d 计，叠加秦三厂人员生活垃圾产生量，整个土建施工阶段产生的生活垃圾总量约 610 吨，由专人负责清理，集中后由环卫部门定时清运。

本项目对施工单位提出固废处置环保要求，施工单位规范固废运输管理，减少随路散落，不随意堆放倾倒建筑垃圾；辅助设施所在建筑竣工后，施工单位在 1~2 个月内将施工场所的剩余垃圾处理干净。

4.1.2　换管实施阶段环境影响和保护措施

4.1.2.1　换管实施阶段环境影响

换管实施阶段的主要污染物为放射性固体废物、气液态流出物，以及非放射性废气、废水和固体废物。

4.1.2.2　换管实施阶段环境保护措施

1）放射性废液处理

换管实施阶段中产生的液态流出物主要来源于换管工具和堆内拆除部件的去污与维修、重水疏排等过程。所有放射性废液均通过专用管道进行收集，收集后通过放射性液体废物处理系统进行处理，取样监测达到排放要求后可向环境排放。

2）放射性废气处理

换管实施阶段中产生的气载流出物主要来源于去污和维修、重水疏排、乏池蒸发等过程。废气经收集后排入三厂放射性排气系统，最终通过烟囱排向大气，在烟囱排放口设有一台监测器，对气载流出物排放开展监测。

3）放射性固体废物处理

换管实施阶段中产生的放射性固体废物主要为受中子辐照而被活化的堆内构件及沾染放射性物质的技术废物。

其中，堆内构件均按照高放废物进行记录、处理，拆除后通过 PT/CT 屏蔽运输容器、端部件运输容器及其他工具和设备等转运至本项目新建的堆内构件贮存模块内进行妥善贮存。

通过 PT/CT 屏蔽运输容器、端部件运输容器及其他工具和设备等转运堆内构件时，转运前开展运输容器监测。堆内构件贮存模块场地配置了辐射监测系统，包括辐射监测仪、剂量仪、便携式 α/β 表面污染监测仪等对场地内的辐射水平进行监测。

可压实的低放废物中如保温材料、技术废物等经废物装填和桶内压实，

并对钢桶进行表面污染测量、剂量水平测量及活度测量，测量满足条件后张贴固体废物标签并转运至秦三厂废物贮存库进行暂存；不可压实的低放金属废物则在反应堆厂房拆除、切割后装入钢箱，参照钢桶监测方式，最终转运至秦一厂固化物库贮存。

4）其他环保设施

换管实施过程中产生的非放射性废气来自于模拟培训、新燃料通道安装等工艺中的焊接、切割、喷漆产生的非放废气，通过局部集气收集处理、厂房集中通风，由厂房排风口向大气环境中的排放。

换管实施过程中产生的非放射性废水来自于厂房使用及模拟培训过程中产生的生产废水以及施工人员日常活动产生的生活污水，其中，非放生产废水依托秦三厂生产废水处理设施处理达标后排入海水温排水 CC 井，和循环冷却水掺混后排放，生活污水经秦三厂生活污水处理设施处理达标后排放。

换管实施过程中产生的固体废物包括危险废物、一般工业固体废物和生活垃圾。换管实施过程中产生包装废物等一般固体废物，和少量废试剂、废油、废油漆等危险废物，将纳入秦三厂现有非放固废管理体系，依托电厂现有设施分类贮存并委托有资质的第三方进行处置。生活垃圾由专人负责清理，集中后由环卫部门定时清运。

4.1.2.3 换管实施阶段气液态排放源项

1）换管实施阶段秦山第三核电厂正常排放源项

换管实施阶段的排放源项需考虑 1 台运行机组正常运行工况的排放源项和另外 1 台机组换管期间的排放源项。

本项目 1 台机组换管期间的排放源项根据换管工艺分析得到。

换管期间气态流出物排放源项考虑释放途径包括：

- 主热传输系统重水疏排、真空干燥、重水回装，过程中产生的含氚气体排入蒸汽回收系统进行回收，少量排入环境；
- 慢化剂系统重水疏排、重水冲洗、干燥、重水回装，过程中产生的含氚气体排入蒸汽回收系统进行回收，少量排入环境；
- 重水供应系统扩容设施泄漏排放，泄漏率结合设施内阀门等设备的数量和性能分析得到，泄漏后的重水由蒸汽回收系统进行回收，少量排入环境；
- 去污和维修厂房设备去污产生的废液蒸发排放；
- 全堆芯卸料后乏池蒸发排放。

换管期间的液态流出物主要来自慢化剂系统重水疏排后产生的冲洗废液，以及去污和维修厂房设备去污产生的废液。

2）事故分析

针对换管实施期间的屏蔽运输容器跌落、贮存罐跌落等事故进行分析。

屏蔽运输容器跌落、贮存罐跌落事故发生时，屏蔽运输容器的设计保证在跌落工况下仍能保持结构完整性，废物材料保持在贮存罐内部，并且贮存罐可以取出；贮存罐和贮存筒的设计保证在跌落工况下贮存罐和贮存筒仍然可以保证结构完整性，发生的形变在允许范围内，可以实现贮存罐从贮存筒中的回取，因此屏蔽运输容器跌落、贮存罐跌落均无安全影响，不会造成放射性物质向环境的泄漏。

4.1.2.4　换管实施阶段气液态流出物环境影响分析

秦三厂换管期间的气液态流出物的年排放量能满足 GB6249-2025 单机组排放量限值要求，且低于正常运行工况年排放量。

换管实施阶段秦山核电基地各机组气载和液态流出物的年排放量能满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）要求。

4.1.2.5　换管实施阶段流出物排放浓度

正常运行机组的槽式排放口处的液态流出物符合《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）要求。

总排水口 ^{90}Sr、^{106}Ru、^{134}Cs、^{137}Cs、^{60}Co 等 5 种核素的浓度均小于《海水水质标准》（GB3097-1997）中的限值要求。

4.1.2.6　换管实施阶段流出物所致公众照射评价

对秦三厂以及秦山核电基地换管实施阶段的公众照射剂量进行环境影响预测及评价。

4.1.2.6.1　照射途径

1）气载途径

换管实施阶段，秦三厂通过气载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附图 2 所示。气态流出物排放至大气中进入环境，在环境中经由不同的照射途径，最终到达人体，照射途径分为内照射和外照射。

- 气载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。
- 气载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。

- 气载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。
- 气载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。
- 气载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。

在估算对周围公众造成的辐射剂量时考虑了以上照射途径。

2）液态途径

换管实施阶段，秦三厂产生的经处理合格后的液态流出物，集中与循环冷却水混合后一起排入受纳海域水体。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附图 3 所示。液态流出物排放至水体中经弥散进入环境，在环境中经由不同的照射途径，最终到达人体，照射途径分为内照射和外照射。

- 内照射途径主要为食物链。液态流出物排入受纳水体，放射性核素在水体中稀释扩散，被水生生物摄取后在体内蓄积，人在食入受纳水体中生活的水生生物后，对人体组织和器官造成的内照射。
- 液态流出物排入受纳水体，人在含放射性核素的受纳水体中游泳、划船造成外照射。
- 液态流出物排入受纳水体后，部分放射性核素在岸边沉积，对岸边活动人员所造成外照射。

在估算对周围公众造成的辐射剂量时考虑了以上照射途径。

本项目受纳水体为海洋，不向河流湖泊等淡水排放液态流出物。厂址液态流出物排放对附近居民的饮用水、农田灌溉用水、畜牧养殖用水等无影响，所以在液态流出物对公众照射途径中不考虑饮用水的内照射，动物产品（肉、奶等）的内照射，食入用水灌溉的作物（蔬菜、粮食、水果等）的内照射三种照射途径。

4.1.2.6.2 计算模式与参数

1）气载途径

（1）弥散因子计算模式

大气弥散计算采用《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）推荐的计算模式，见附录一。

（2）气载流出物剂量模式

气载流出物对居民所致的剂量计算模式见附录一。

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）、IAEA 第 19 号报告和《空气、水和土壤中核素导致的外照射》（美国联邦导则 12 号报告，1993）的推荐值。

考虑到秦山核电基地附近的居民分布以及不同年龄段人群的饮食差异，因此居民厂址食入量取秦山社区、秦兴社区、杨柳山社区各年龄段居民饮食的数据。

根据 IAEA TRS 第 421 号报告《IAEA LibraryCataloguing in Publication Data Management of waste containing tritium and carbon-14》，秦三厂（重水堆）气载 ^{14}C 按 CO_2 占比 100%考虑，秦山核电基地其他各电厂（轻水堆）气载 ^{14}C 按 CO_2 占比 25%考虑。

2）液态途径

（1）水体扩散计算模式

秦山核电基地9台核电机组各自针对其总排水口附近的水体扩散情况进行了数值模拟计算和物理模型试验研究，得到各电厂的水体稀释因子。

（2）液态途径剂量计算模式

液态流出物对居民所致的剂量计算模式见附录二。

为了计算人体通过食用水生生物、在厂址附近被放射性物质污染的岸滩上活动等水环境途径所致的内外照射剂量，本报告采用的剂量转换因子为我国国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、IAEA 第 19 号报告和《空气、水和土壤中核素导致的外照射》（美国联邦导则 12 号报告，1993）的推荐值。

4.1.2.6.3 大气弥散和水体稀释

1）大气弥散

根据秦山核电基地各机组排放参数及秦山气象观测设施 2023 年~2024 年两整年观测成果计算得到年均长期大气弥散因子和年均沉积因子。

2）水体稀释

各电厂稀释因子引用自秦山核电基地各电厂环境影响报告书中的研究结果。

4.1.2.6.4 公众的最大个人剂量

分别考虑换管实施阶段秦山第三核电厂和秦山核电基地全部 9 台核电机组正常运行工况下的辐射影响，其中根据居民分布、大气弥散条件等因素，

	确定对秦山社区、秦兴社区、杨柳山社区各年龄段居民的个人受照剂量进行辐射影响评价。计算中考虑了当地居民的生活习惯，并采用了偏保守的假设条件。 换管实施阶段秦三厂所致秦山社区钟家桥儿童组的个人受照剂量最大，秦山核电基地各机组所致秦山社区钟家桥儿童组的个人受照剂量最大，因此对秦山社区钟家桥儿童组进行“三关键”分析。 1）气载途径 （1）换管实施阶段秦三厂气载流出物所致剂量 根据气载途径剂量计算结果，换管实施阶段秦三厂由气载途径所致厂址附近秦山社区钟家桥（厂址 W 方位 1.9km 处）的个人最大受照有效剂量（儿童）为 4.05E-02mSv/a。换管实施阶段秦三厂由气载流出物造成居民最大个人（儿童）有效剂量的主要途径是吸入途径，对气载途径剂量的贡献为 87.29%。气载途径所致居民最大个人（儿童）有效剂量的主要核素为 ^{3}H，对气载途径所致剂量的贡献为 86.41%，其次为 ^{14}C，对气载途径所致剂量的贡献为 11.04%。 换管实施阶段秦三厂由气载途径所致厂址半径 80km 范围内居民集体有效剂量为 3.05 人·Sv/a。 （2）换管实施阶段秦山核电基地各机组气载流出物所致剂量 根据气载途径剂量计算结果，换管实施阶段秦山核电基地各机组由气载途径所致厂址附近秦山社区钟家桥的个人最大受照有效剂量（儿童）为 4.46E-02mSv/a。换管实施阶段秦山核电基地各机组气载流出物造成居民最大个人（儿童）有效剂量的主要途径是吸入途径，对气载途径剂量的贡献为 84.01%。气载途径所致居民最大个人（儿童）有效剂量的主要核素为 ^{3}H，对气载途径所致剂量的贡献为 80.65%，其次为 ^{14}C，对气载途径所致剂量的贡献为 13.74%。 换管实施阶段秦山核电基地各机组由气载途径所致厂址半径 80km 范围内居民集体有效剂量 3.33 人·Sv/a。 2）液态途径 （1）换管实施阶段秦三厂液态流出物所致剂量 根据液态途径剂量计算结果，换管实施阶段秦三厂所致厂址附近秦山社区钟家桥居民（各年龄组）中的个人（儿童）最大受照有效剂量为 2.97E-04mSv/a。换管实施阶段秦三厂运行期间由液态流出物造成居民最大个人（儿童）有效剂量的主要途径是食入水生生物途径，它们对液态途径所

	致剂量的贡献为 94.46%。液态途径所致居民最大个人（儿童）有效剂量的主要核素为 ^{60}Co，对液态途径所致剂量的贡献为 38.31%；其次为 ^{55}Fe，对液态途径所致剂量的贡献为 28.27%。 换管实施阶段秦三厂由液态途径所致厂址半径 80km 范围内居民集体有效剂量 2.66E-02 人·Sv/a。 （2）换管实施阶段秦山核电基地各机组液态流出物所致剂量 根据液态途径剂量计算结果，换管实施阶段由液态途径所致厂址附近秦山社区钟家桥居民（各年龄组）中的个人（儿童）最大受照有效剂量为 5.17E-04mSv/a。秦山核电基地各机组由液态流出物造成居民最大个人（儿童）有效剂量的主要途径是食入水生生物途径，它们对液态途径所致剂量的贡献为 95.08%。液态途径所致居民最大个人（儿童）有效剂量的主要核素为 ^{60}Co，对液态途径所致剂量的贡献为 30.13%；其次为 ^{14}C，对液态途径所致剂量的贡献为 20.94%。 换管实施阶段秦山核电基地各机组由液态途径所致厂址半径 80km 范围内居民集体有效剂量 4.36E-02 人·Sv/a。 3）年辐射剂量汇总 本项目换管实施阶段以及建设完成后，作为整个秦山第三核电厂的一部分，其对秦山核电基地外公众造成的有效剂量应与秦山核电基地各期机组进行综合考虑，使秦山核电基地对公众造成的有效剂量满足 0.23mSv/a 的限值。 （1）换管实施阶段秦三厂流出物所致剂量 换管实施阶段秦三厂运行期间排放的放射性物质由气载途径和液态途径排放所致的最大个人为位于秦山社区钟家桥（厂址 W 方位 1.9km 处）的儿童，其受照总有效剂量为 4.08E-02mSv/a，为 0.23mSv/a 的 17.74%。在气载和液态两种途径中，气载排放途径是主要的，它占总剂量的 99.26%，气载途径中，吸入所致有效剂量为 3.53E-02mSv/a，约占总有效剂量的 86.52%，而气载核素 ^{3}H 所致有效剂量 3.50E-02mSv/a，约占总有效剂量的 85.78%；液态途径中，食入水生生物途径所致有效剂量 2.80E-04mSv/a，约占总有效剂量的 0.69%，液态核素 ^{60}Co 所致有效剂量 1.14E-04mSv/a，约占总有效剂量的 0.28%。 厂址半径 80km 范围内集体有效剂量为 3.07 人·Sv/a。 （2）换管实施阶段秦山核电基地各机组流出物所致剂量 换管实施阶段秦山核电基地各机组正常运行期间排放的放射性物质由气载途径和液态途径排放所致的最大个人为秦山社区钟家桥（厂址 W 方位

	1.9km 处）的儿童，其受照总有效剂量为 4.52E-02mSv/a，为 0.23mSv/a 的 19.65%。在气载和液态两种途径中，气载排放途径是主要的，它占总剂量的 98.89%，气载途径中，吸入途径所致有效剂量为 3.75E-02mSv/a，约占总有效剂量的 82.96%，而气载核素 ^{3}H 所致有效剂量 3.60E-02mSv/a，约占总有效剂量的 79.65%；液态途径中，食入水生生物途径所致有效剂量 4.92E-04mSv/a，约占总有效剂量的 1.09%，液态核素 ^{60}Co 所致有效剂量 1.56E-04mSv/a，约占总有效剂量的 0.35%。 厂址半径 80km 范围内集体有效剂量为 3.37 人·Sv/a。 （3）结论 上述计算、分析结果表明，换管实施阶段秦三厂及秦山核电基地各机组所致最大个人的有效剂量小于 0.23mSv。因此，本项目对环境的辐射影响是可以接受的。 4.1.2.7　换管实施阶段非人类生物的辐射剂量 采用欧共体非人类生物辐射评价模式对本项目换管实施阶段所致非人类生物的辐射剂量开展评价，陆生生物和水生生物的非人类生物辐射评价模式见附录三。 4.1.2.7.1　对陆生生物的影响 对两栖类、环节动物、节肢动物、鸟类、飞行昆虫、苔藓、大型哺乳类、小型哺乳类、软体动物、爬行动物、灌木、树进行了评价。 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：10μGy/h。 换管实施阶段秦三厂对陆生生物造成的危害商最大为节肢动物（8.55E-03），秦山核电基地各机组对陆生生物造成的危害商最大为两栖类动物（1.31E-02），均远小于 1，因此，可以认为，本项目换管实施阶段不会对厂址周边陆生生物产生影响。 4.1.2.7.2　对水生生物的影响 对底层鱼类、甲壳类、大型海藻、软体动物、中上层鱼类、浮游植物、环节动物的多毛类、脉管类植物、浮游动物进行了评价。 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：10μGy/h。 换管实施阶段秦三厂对厂址邻近海域的水生生物造成的危害商最大为多毛类环节动物（4.33E-02），秦山核电基地各机组对厂址邻近海域的水生生物造成的危害商最大为多毛类环节动物（5.79E-01），均远小于 1。因此

	可以认为，本项目换管实施阶段液态流出物排放不会对厂址邻近海域中的水生生物造成不良影响。 4.1.2.8　换管实施阶段放射性固体废物环境影响分析 换管实施阶段中产生的放射性固体废物主要为受中子辐照而被活化的堆内构件及沾染放射性物质的技术废物。 堆内构件等高放废物转运至本项目新建的堆内构件贮存模块内进行贮存，其他放射性废物按是否可压实分别转运至秦三厂废物贮存库和秦一厂固化物库贮存。其中，堆内构件均按照高放废物进行处理，拆除后通过 PT/CT 屏蔽运输容器、端部件运输容器及其他工具和设备等转运至本项目新建的堆内构件贮存模块内进行妥善贮存。小型废物运输容器、大型废物运输容器的设计在存储所有类型的废物（压力管、排管、排管插入件、端部件和屏蔽塞等）时满足运输容器外部剂量率的要求。经建模分析，堆内构件贮存模块及乏燃料临时干式贮存设施所在场地对实体保卫边界处最大的辐射剂量率满足屏蔽设计要求。 综上，换管实施阶段产生的放射性固体废物不会对环境产生不良影响。 4.1.2.9　非放射性环境影响分析 4.1.2.9.1　非放废气 换管实施过程中会产生非放射性废气，主要来自于模拟培训、新燃料通道安装等工艺中的焊接、切割、喷漆产生的废气。 部件联合厂房内的焊接（模拟培训、新燃料通道/FEEDER 管/仪表管安装）及切割作业（模拟培训/FEEDER 管预制）分别产生约 100kg 和 10kg 细颗粒物，喷漆作业（模拟演练、调试维保，喷涂面积 160m^2 ）约产生 40kgVOCs。部件联合厂房拟在焊接、切割、喷漆作业所在区域设置局部集气收集处理装置，用于收集焊接、切割作业产生的细颗粒物以及喷漆作业产生的 VOCs。同时焊接、切割、喷漆作业所在房间配备有通风系统，上述废气进入通风系统经屋顶向外排放。 反应堆厂房焊接（端面恢复，80kg）和切割作业（端面恢复，10kg）产生的细颗粒物，依托反应堆厂房现有的主动通风系统、反应堆厂房通风系统和反应堆厂房重水蒸汽回收系统，通过反应堆厂房设置的烟囱排放。 综上，换管实施阶段，各厂房焊接、切割、喷漆作业的废气产生量较小，通过局部集气收集处理、厂房排风口排放等措施，细颗粒物以及 VOCs 排放浓度满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）要求和《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）要求。

4.1.2.9.2　非放废水

换管实施过程中，常规岛及 BOP（辅助系统）系统不涉及冷态、热态调试，因此不会产生加药非放生产废水。

换管实施过程中产生的非放射性废水来自于厂房使用及模拟培训过程中产生的生产废水以及施工人员日常活动产生的生活污水。

换管实施过程中产生的非放射性废水均为不加药非放生产废水。其中包括部件联合厂房、换管工器具储存厂房、换管控制中心使用及模拟培训过程中，设备管道安装后的冲洗、清洗工具和设备产生的废水 20 吨以及清洁场地产生的废水 40 吨。上述废水涉及的污染因子主要为悬浮物，依托秦三厂生产废水处理设施（最大处理能力 50m^3/h）处理达标后排入海水温排水 CC 井，和循环冷却水掺混后排放。

换管实施阶段场内人员高峰期人数约 1800 人（1 台机组换管实施阶段 800 人，叠加秦三厂正常运行工况两台机组运营人数约 1000 人），根据《生活污染源产排污系数手册》，人均生活污水日排放量保守按 0.2m^3/人/d 估算。生活污水产生量约 15.0m^3/h，经秦三厂 2×23m^3/h 生活污水处理设施处理达标后排放。

秦三厂已完成固定污染源排污登记工作，登记内容包括非放污废水，执行标准为 GB18918-2002 一级 A 标准，登记备案内容不涉及排放总量。秦三厂非放废水实施在线监测。本项目换管实施期间，秦三厂的非放废水排放将继续严格执行 GB18918-2002 一级 A 标准。

4.1.2.9.3　噪声

本项目换管实施阶段对声环境的影响主要来源于容器、管道的安装、切割、焊接设备以及运输车辆运行噪声，噪声源强范围约 70~90dB(A)。容器、管道的安装、切割、焊接作业位于厂房内部，厂房距离厂界距离较远，对周边的声环境影响较小。施工期间将会尽可能选择先进的工程安装工艺和低噪声的机械设备，并合理安排运输车辆通行时段和速度，禁止鸣笛。经采用先进工艺设备以及隔振降噪措施后，厂界噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）限值（昼间≤70dB(A)，夜间≤55dB(A)）。本项目换管实施期间不会对声环境产生不良影响，且在换管完成后，噪声源同步消除，声环境恢复至原有水平，无遗留影响。

4.1.2.9.4　非放固废

换管实施过程中产生的固体废物包括危险废物、一般工业固体废物和生活垃圾。其中，包装废物等一般固体废物约 13.8 吨，少量废试剂、废油、

废油漆等危险废物约 0.55 吨，见表 2.9-1。上述非放固废纳入秦三厂现有非放固废管理体系，依托电厂及秦山核电基地现有设施分类贮存并委托有资质的第三方进行处置。其中，危险废物分类贮存在秦山第二核电厂厂区范围内的危险废物贮存库（秦山核电基地共用）；一般固废分类贮存在秦山第一核电厂和秦山第二核电厂的两座一般工业固体废物贮存库（秦山核电基地共用）。

换管实施过程中土建施工阶段施工人员生活垃圾单位产生量以 0.5kg/d 计，叠加秦三厂人员生活垃圾产生量，整个工期期间产生的生活垃圾总量约 1400 吨，由专人负责清理，集中后由环卫部门定时清运。

表 2.9-1 换管实施阶段非放固废产生量

分类	类型	产生量（t）
一般固废	废木材	9.2
	废纸箱	0.8
	废塑料	0.7
	废金属	3
	其他	2
危险废物	废试剂	0.2
	废油	0.2
	废油漆	0.15

综上，本工程换管实施阶段不会对非放射性环境产生不良影响。

运营期环境影响和保护措施

本项目技术改造完成、机组投运后，与技术改造前电厂运行工况相同，核电厂正常运行排放源项和事故源项没有变化。

本项目技术改造完成、机组投运后的环境影响与《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）》环境影响结论相同，对环境的影响符合生态环境法规标准要求。

堆内构件贮存模块后续计划逐步外运至国家规划建成的中放废物接收场或国家低放废物处置场，完成堆内构件外运及场地恢复。

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	气载流出物烟囱排放口	气载流出物	通过秦三厂废气处理系统统一处理排放	《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）、
	技改施工期非放废气	细颗粒物、VOCs	覆盖防尘网、加装尾气净化装置、局部集气收集处理、厂房排风口排放等措施	《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）、《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822-2019）
地表水环境	液态流出物槽式排放口、总排水口	液态流出物	秦三厂废液处理系统统一处理排放	《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）、《海水水质标准》（GB3097-1997）
	生产废水	化学需氧量、氨氮、总氮、总磷、生化需氧量、悬浮物、pH	换管项目土建施工产生的生产废水经处理后回用 换管实施期间和换管后投运期间产生的生产废水经秦三厂生产废水处理系统统一处理排放至海水温排水CC井，和循环冷却水掺混后排放	《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）
	生活污水	化学需氧量、氨氮、总氮、总磷、生化需氧量、悬浮物、pH	秦三厂生活污水处理系统统一处理排放	《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）
声环境	风机、泵等	机械噪声	通过确保设备正常运行、设备隔振、厂房隔声等方式确保厂界噪声达标。	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）
	施工机械	机械噪声	选择先进工艺设备、设备隔振、厂房隔声等方式确保厂界噪声达标。	《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）
电磁辐射	500kV 变电站	电磁辐射		《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）
固体废物	本项目土建施工和换管实施期间产生的固体废物分类收集贮存和处置。 本项目换管实施后投运期间产生的固体废物与换管实施前一致。			
土壤及地下水污染防治措施	/			

<table>
<tr><td>生态保护措施</td><td>/</td></tr>
<tr><td>环境风险防范措施</td><td>本项目不涉及有毒有害和易燃易爆危险物质的生产、使用和贮存。</td></tr>
<tr><td>其他环境管理要求</td><td>
5.1 其他环境管理要求
5.1.1 环境监测
5.1.1.1 辐射环境监测
按秦山核电基地现有的环境监测相关大纲《秦山核电环境辐射监测大纲》（QS-2EMS-TGEM-0001）执行。
5.1.1.2 非放环境监测
1）技术改造期间
技术改造期间，秦三厂厂区除按照《秦山核电非放环境监测大纲》（QS-2EMS-TPEM-1004）开展非放环境监测外，针对换管实施阶段特点补充开展的环境监测计划按表 5.1-1 执行。
表5.1-1 环境监测计划
辅助设施土建施工阶段
<table>
<tr><th>序号</th><th>监测内容</th><th>监测因子</th><th>监测频次</th><th>监测点位</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td rowspan="2">无组织排放废气</td><td>颗粒物、氮氧化物、二氧化硫</td><td>1 次/季</td><td>进场道路入口处</td></tr>
<tr><td>非甲烷总烃</td><td>1 次/季</td><td>新建换管相关辅助设施四周</td></tr>
<tr><td>2</td><td>大气环境</td><td>二氧化硫、二氧化氮、TSP、PM_{10}、$PM_{2.5}$、CO、O_3</td><td>1 次/季</td><td>居民点(秦山社区钟家桥</td></tr>
</table>
换管实施阶段
<table>
<tr><th>序号</th><th>监测内容</th><th>监测因子</th><th>监测频次</th><th>监测点位</th></tr>
<tr><td>1</td><td>无组织排放废气</td><td>颗粒物、非甲烷总烃</td><td>1 次/半年</td><td>部件联合厂房四周</td></tr>
<tr><td>2</td><td>有组织排放废气</td><td>颗粒物、非甲烷总烃</td><td>1 次/半年</td><td>部件联合厂房排风口</td></tr>
<tr><td>3</td><td>大气环境</td><td>二氧化硫、二氧化氮、TSP、PM_{10}、$PM_{2.5}$、CO、O_3</td><td>1 次/半年</td><td>居民点(秦山社区钟家桥</td></tr>
</table>
除秦三厂厂区外的秦山核电基地按照《秦山核电非放环境监测大纲》（QS-2EMS-TPEM-1004）开展非放环境监测。
2）技术改造后运行期间
技改后运行期间，秦山核电基地按照《秦山核电非放环境监测大纲》（QS-2EMS-TPEM-1004）开展非放环境监测。
</td></tr>
</table>

	5.1.2　辐射事故应急 　　秦山核电基地已按《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）等法规标准建立了完善的应急响应组织机构。场内核事故应急预案按照《秦山核电厂、秦山第二核电厂、秦山第三核电厂和方家山核电厂场内核事故应急预案》（EP-QX-2）执行。

六、结论

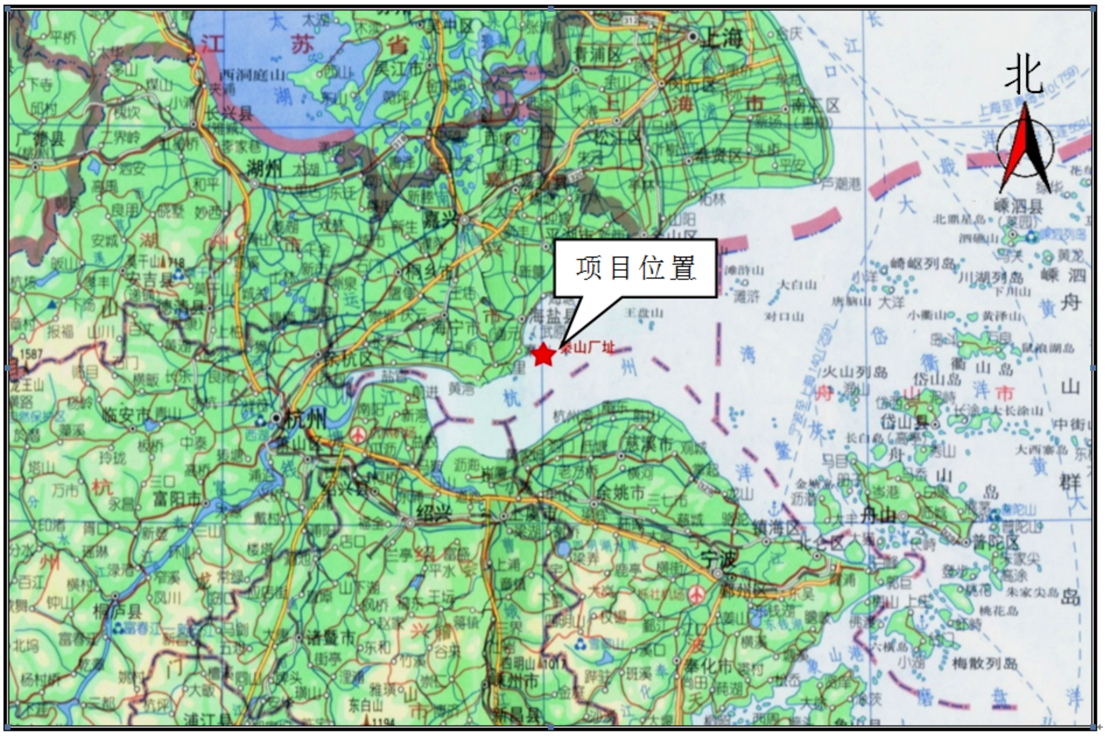
综上所述，秦山三期（重水堆）核电站工程配套全堆芯压力管更换项目实施后，秦三厂排放源项无显著变化，对本项目实施后的环境影响分析表明，本项目换管实施阶段和换管后投运阶段的环境影响符合我国有关法律法规、标准的要求。从生态环境保护角度，本项目的环境影响可行。

附表

建设项目污染物排放量汇总表

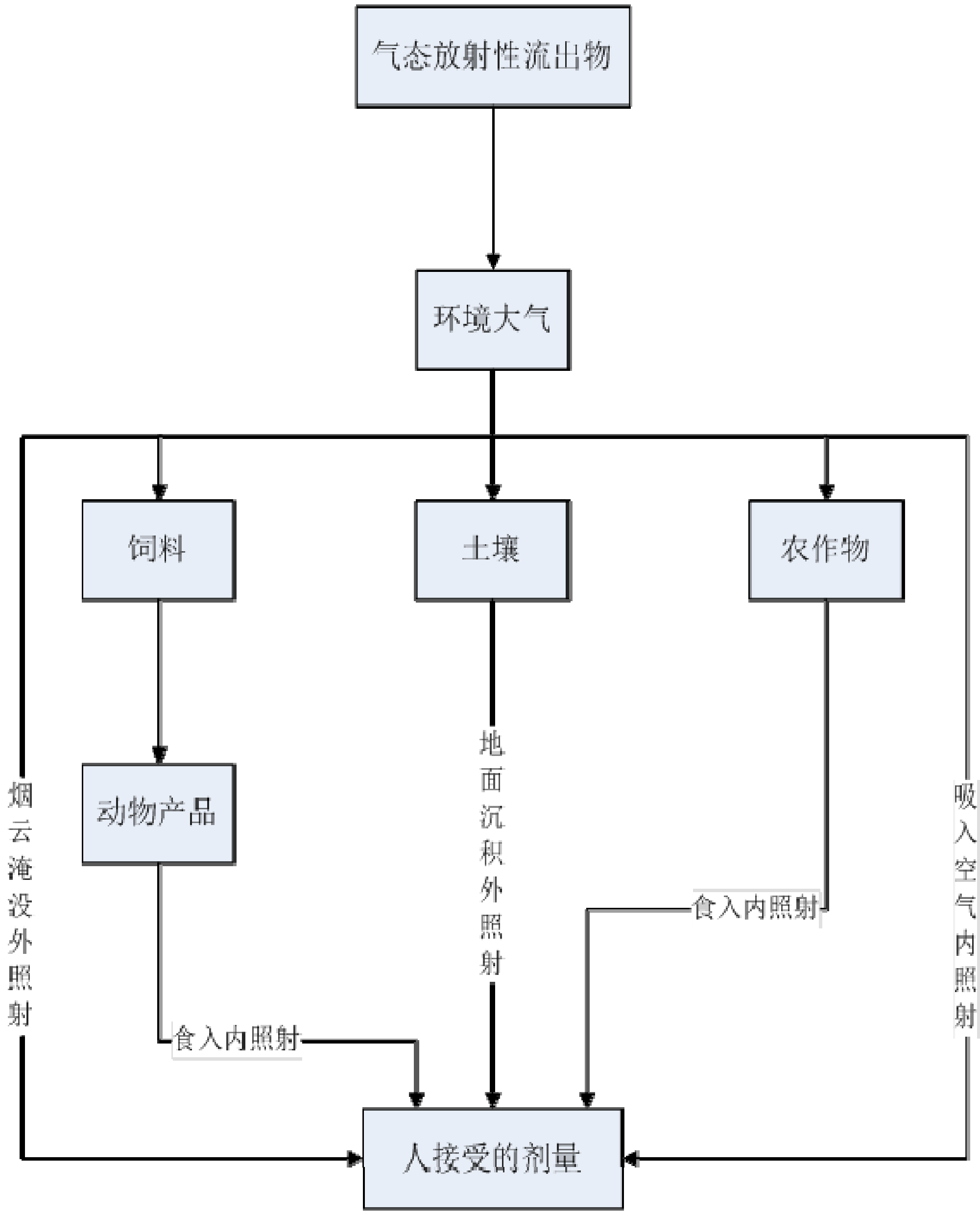
项目 分类	污染物名称	现有工程 排放量（固体废物产生量）①	现有工程 许可排放量 ②	在建工程 排放量（固体废物产生量）③	本项目 排放量（固体废物产生量）④	以新带老削减量 （新建项目不填）⑤	本项目建成后 全厂排放量（固体废物产生量）⑥	变化量 ⑦
废气	/	/	/	/	/	/	/	/
废水	COD	<25.55kg/a	/	/	0	0	<25.55kg/a	0
	BOD_5	<5.11kg/a	/	/	0	0	<5.11kg/a	0
	总氮	<7.67kg/a	/	/	0	0	<7.67kg/a	0
	总磷	<0.25kg/a	/	/	0	0	<0.25kg/a	0
	氨氮	<4.08kg/a	/	/	0	0	<4.08kg/a	0
一般工业 固体废物	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/	/	/	/
危险废物	/	/	/	/	/	/	/	/

注：⑥=①+③+④-⑤；⑦=⑥-①

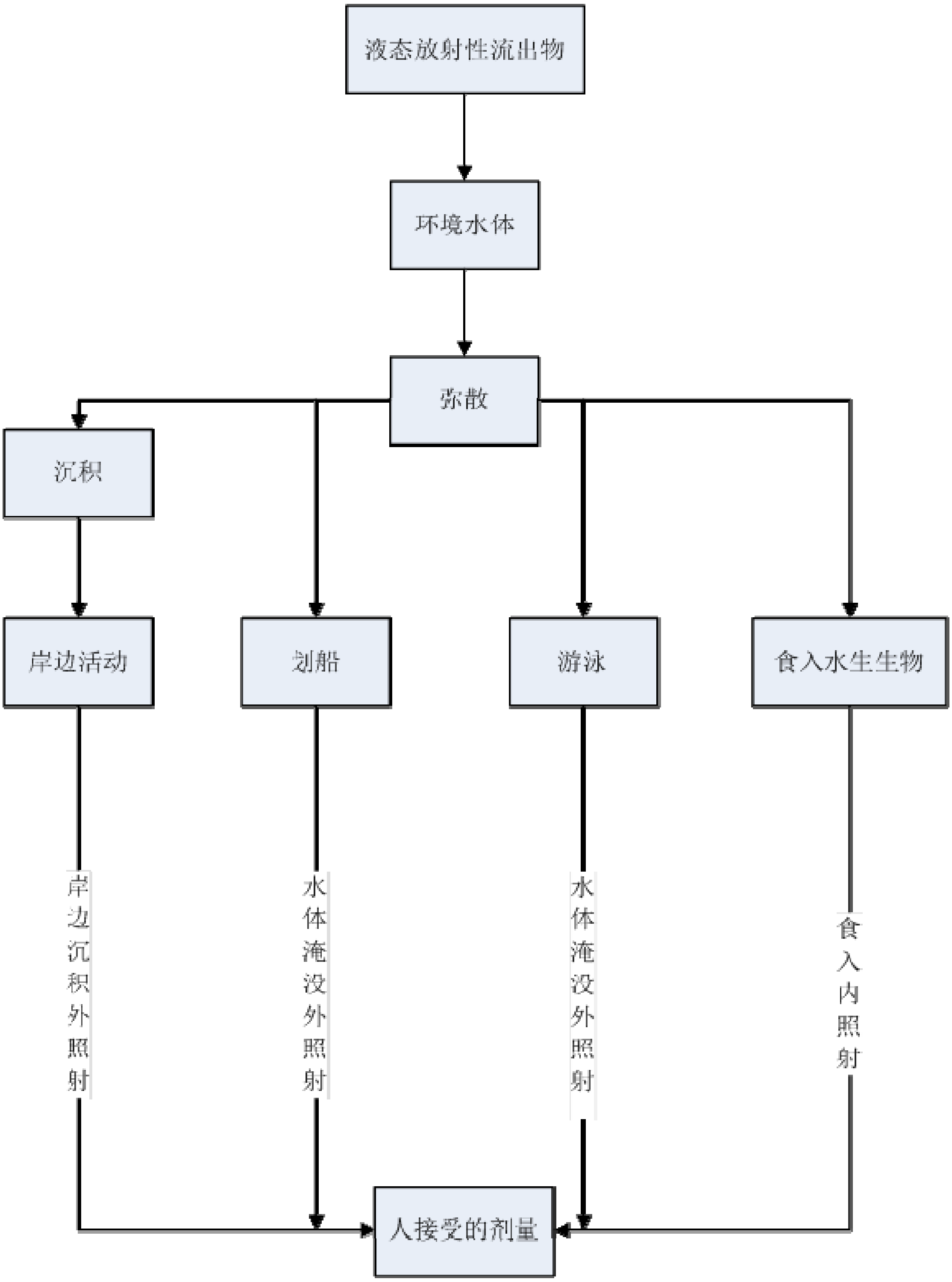


附图 1（1/2）　项目地理位置示意图

附图 1（2/2）　项目地理位置示意图



附图 2　核电厂正常运行工况下的气载流出物对人体的照射途径



附图 3　核电厂正常运行工况下的液态流出物对人体的照射途径

附录一　正常情况下的气载途径弥散因子及剂量计算模式

1　弥散因子计算模式

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。

（1）高架源排放

考虑到干、湿沉积损耗修正，放射性衰变修正，以及混合层影响的高架源排放时 i 风向的长期大气弥散因子$(\chi/Q)_{i,高}$按（1-1）式计算：

$$\begin{cases}(\chi/Q)_{i,高}=\dfrac{8}{\pi x}\displaystyle\sum_{j=1}^{6}f_{D,j}f_{F,j}f_{w,j}\frac{1}{L_j}\sum_{k=1}^{6}\frac{f_{i,j,k}}{\bar{u}_{j,k}} & x\ge 2x_{L,j}\\ (\chi/Q)_{i,高}=\dfrac{2.032}{x}\displaystyle\sum_{j=1}^{6}f_{D,j}f_{F,j}f_{w,j}\frac{1}{\sigma_{z,j}}\exp\left(-\frac{H_{e,j}^2}{2\sigma^2_{z,j}}\right)\sum_{k=1}^{6}\frac{f_{i,j,k}}{\bar{u}_{j,k}} & x\le x_{L,j}\end{cases}\qquad（1\text{-}1）$$

式中：

$(\chi/Q)_{i,高}$—高架源排放情况下i风向的长期大气弥散因子，s/m^3。

x—下风向距离，m。

$f_{D,j}$—j 稳定度时的干沉积耗减修正因子，无量纲。

$f_{F,j}$—j 稳定度时的放射性核素衰变修正因子，无量纲。

$f_{w,j}$—j 稳定度时的湿沉积损耗修正因子，无量纲。

L_j—j 稳定度时的混合层高度，m。

$f_{i,j,k}$—出现 i 风向，j 稳定度，k 风速组的联合频率，无量纲。

$\bar{u}_{j,k}$—j 稳定度 k 风速组的平均风速，m/s。

$\sigma_{z,j}$—j 稳定度时垂直弥散参数，m。

$H_{e,j}$—j 稳定度时烟羽有效排放高度，m。

$x_{L,j}$—j 稳定度下烟羽上边缘达到混合层顶部的下风向距离，m。$X_{L,j}$ 由公式 $\sigma_{z,j}(x=x_{L,j})=(L_j-H_{e,j})/2.15$ 确定，$x\le x_{L,j}$ 时不考虑混合层影响，$x\ge 2x_{L,j}$ 时考虑混合层的充分影响。对于 $x_{L,j}<x\leqslant 2x_{L,j}$ 处的$(\chi/Q)_{i,高}$值，则由（1-1）中两式计算结果线性内插得到。

其中，干沉积耗减修正因子、放射性核素衰变修正因子和湿沉积损耗修正因子分别由下式计算：

$$f_{D,j}=\exp\left\{-\sqrt{\frac{2}{\pi}}\frac{V_d}{\bar{u}_j}\int_0^x\exp\left(-\frac{H_{e,j}^2}{2\sigma_{z,j}^2}\right)\frac{dx'}{\sigma_{z,j}(x')}\right\}\quad（1\text{-}2）$$

$$f_{F,j}=\exp\left(-\lambda_r\bullet\frac{x}{\bar{u}_j}\right)\quad（1\text{-}3）$$

$$f_{w,j}=\exp\left(-\Lambda\bullet\frac{x}{\bar{u}_j}\right)\quad（1\text{-}4）$$

式中：

V_d—放射性核素的干沉积速度，m/s；

$\bar{u}_j$—j 稳定度时平均风速，m/s。

λ_r—放射性核素的衰变常数，s^{-1}。

Λ—放射性核素的冲洗因子，s^{-1}。

（2）地面源排放

考虑到干、湿沉积损耗修正，放射性衰变修正的地面源排放时 i 风向的年均大气弥散因子$(\chi/Q)_{i,地}$按（1-5）式计算：

$$(\chi/Q)_{i,地}=\frac{2.032}{x}\sum_{j=1}^{6}f_{D,j}f_{F,j}f_{w,j}\frac{1}{\Sigma_{z,j}}\sum_{k=1}^{6}\frac{f_{i,j,k}}{\bar{u}_{j,k}} \quad (1\text{-}5)$$

式中：

$(\chi/Q)_{i,地}$—地面源排放情况下 i 风向的年均大气弥散因子，s/m^3。

x—下风向距离，m。

$f_{D,j}$—j 稳定度时的干沉积耗减修正因子，无量纲。

$f_{F,j}$—j 稳定度时的放射性核素衰变修正因子，无量纲。

$f_{w,j}$—j 稳定度时的湿沉积损耗修正因子，无量纲。

$\Sigma_{z,j}$—j 稳定度时，考虑建筑物尾流影响的垂直弥散参数，m。

$f_{i,j,k}$—出现 i 风向，j 稳定度，k 风速组的联合频率，无量纲。

$\bar{u}_{j,k}$—j 稳定度 k 风速组的平均风速，m/s。

其中，干沉积耗减修正因子、放射性核素衰变修正因子、湿沉积损耗修正因子和考虑建筑物尾流影响的垂直弥散参数分别由下式计算：

$$f_{D,j}=\exp\left\{-\sqrt{\frac{2}{\pi}}\frac{V_d}{\bar{u}_j}\int_0^x\exp\left(-\frac{H_{e,j}^2}{2\sigma_{z,j}^2}\right)\frac{dx'}{\sigma_{z,j}(x')}\right\} \quad (1\text{-}6)$$

$$f_{F,j}=\exp\left(-\lambda_r\bullet\frac{x}{\bar{u}_j}\right) \quad (1\text{-}7)$$

$$f_{w,j}=\exp\left(-\Lambda\bullet\frac{x}{\bar{u}_j}\right) \quad (1\text{-}8)$$

$$\Sigma_{z,j}=\min[(\sigma_{z,j}^2+0.5D_z^2/\pi)^{0.5},\ \sqrt{3}\sigma_{z,j}] \quad (1\text{-}9)$$

式中：

V_d—放射性核素的干沉积速度，m/s。

$\bar{u}_j$—j 稳定度时地面平均风速，m/s。

λ_r—放射性核素的衰变常数，s^{-1}。

Λ—放射性核素的冲洗因子，s^{-1}。

D_z—排放点附近最高建筑物的高度，m。

$\sigma_{z,j}$—j 稳定度时，未考虑建筑物尾流影响的垂直弥散参数，m。

（3）混合排放

当烟囱高度高于邻近建筑物但低于邻近建筑物高度 2 倍时，部分时间可视为高架排放，部分时间应视为地面源排放，其时间分配比例取决于 w_0/u 的比值（w_0 为烟囱出口处烟气流速，u 为烟羽排放高度处的风速），此种情况称为混合释放方式，其 i 风向的年均混合释放大气弥散因子$(\chi/Q)_{i,混}$按（1-10）式计算：

$$(\chi/Q)_{i,混}=\sum_{j=1}^{6}[\xi_{i,j,1}(\chi/Q)_{i,地}+\xi_{i,j,2}(\chi/Q)_{i,高}+(1-\xi_{i,j,1}-\xi_{i,j,2})$$
（1-10）

$$Et_{i,j}(\chi/Q)_{i,地}+(1-\xi_{i,j,1}-\xi_{i,j,2})(1-Et_{i,j})(\chi/Q)_{i,高}]$$

式中：

$(\chi/Q)_{i,混}$—混合排放情况下 i 风向的年均大气弥散因子，s/m^3。

$(\chi/Q)_{i,地}$—地面源排放情况下 i 风向的年均大气弥散因子，s/m^3。

$(\chi/Q)_{i,高}$—高架源排放情况下 i 风向的年均大气弥散因子，s/m^3。

$\xi_{i,j,1}$与$\xi_{i,j,2}$按（1-11）式计算：

$$\xi_{i,j,1}=\frac{n_{i,j,1}}{n_{i,j}}，\ \xi_{i,j,2}=\frac{n_{i,j,2}}{n_{i,j}} \quad（1\text{-}11）$$

式中：

n_{ij}—一年中出现 i 风向、j 稳定度天气的小时数，h。

$n_{i,j,1}$—一年中 i 风向 j 稳定度且烟羽出口风速满足 $w_0/u_{i,j,n}<1.0$ 的小时数，h。

$n_{i,j,2}$—一年中 i 风向 j 稳定度且烟羽出口风速满足 $w_0/u_{i,j,n}>5.0$ 的小时数，h。

$u_{i,j,n}$—出现 i 风向 j 稳定度时的第 n 小时排放高度处的风速值（$n=l,2,\ldots n_{i,j}$）。

$Et_{i,j}$—在 i 风向 j 稳定度时的测量次数中，$Et_{i,j}$ 的份额为地面释放，（$1-Et_{i,j}$）的份额为高架释放，$Et_{i,j}$ 由下式确定：

$$Et_{i,j}=\begin{cases}1 & w_0/u_{i,j,n}\le 1.0，\text{地面源释放}\\ 2.58-1.58(w_0/u_{i,j,n}) & 1.0<w_0/u_{i,j,n}\le 1.5，\text{混合释放}\\ 0.30-0.06(w_0/u_{i,j,n}) & 1.5<w_0/u_{i,j,n}\le 5.0，\text{混合释放}\\ 0 & w_0/u_{i,j,n}>5.0，\text{高架源释放}\end{cases} \quad（1\text{-}12）$$

正常运行条件下年均干沉积因子和湿沉积因子按（1-13）式和（1-14）式计算

$$W_{D,i}=(\chi/Q)_i\cdot V_d \quad（1\text{-}13）$$

$$W_{wi}=\frac{N}{2\pi x}\sum_{j,k,l}f_{i,j,k,l}\frac{\Lambda_l}{\bar{u}_{j,k}} \quad（1\text{-}14）$$

式中：

W_{Di}—i 风向下的年均干沉积因子，m^{-2}。

W_{wi}—i 风向下的年均湿沉积因子，m^{-2}。

$(\chi/Q)_i$—i 风向下的年均大气弥散因子，s/m^3。

V_d—放射性核素的干沉积速度，m/s。

N—16 个扇形方位数（N＝16），无量纲。

Λ—相应于 l 降水强度组的冲洗系数，s^{-1}。

$f_{i,j,k,1}$—i 风向、j 稳定度、k 风速组、1 降水强度组的四维联合频率，无量纲。

$\bar{u}_{j,k}$—j 稳定度、k 风速组的年均风速，m/s。

2　气载流出物剂量模式

气载流出物对居民所致的剂量计算模式描述如下：

（1）空气浸没剂量

居民浸没在放射性烟云中所受到的外照射剂量按下式计算：

$$D_{Bi}=1000\cdot S_F\cdot Q\cdot(\chi/Q)_i\cdot g_B \quad (1\text{-}15)$$

式中：

D_{Bi}—i 风向下风向扇形区内受照个人的年剂量，mSv/a。

S_F—建筑物屏蔽因子，无量纲。

Q—放射性核素的释放率，Bq/a。

$(\chi/Q)_i$—i 风向下风向扇形区内 x 距离处的年均大气弥散因子，s/m^3。

g_B—烟云浸没照射的全身剂量转换因子，$(Sv/s)/(Bq/m^3)$。

（2）烟羽吸入剂量

吸入烟羽中放射性核素所致内照射剂量按下式计算：

$$D_{Ai}^{a}=\frac{1}{3.15\times10^{4}}\bullet Ra\bullet Q\bullet(\chi/Q)_i\bullet g_{Aa} \quad (1\text{-}16)$$

D_{Ai}^{a}—i 风向下风向扇形区内年龄组 a 的个人年吸入待积有效剂量，mSv/a。

Ra—年龄组 a 的个人呼吸率，m^3/a。

Q—放射性核素的释放率，Bq/a。

$(\chi/Q)_i$—i 风向下风向扇形区内 x 距离处的年均大气弥散因子，s/m^3。

g_{Aa}—年龄组 a 的吸入剂量转换因子，Sv/Bq。

（3）地面沉积外照射剂量

地面沉积外照射剂量按下式计算：

$$D_{Gi}=3.15\times10^{10}\cdot S_F\cdot C_i^G g_G \quad (1\text{-}17)$$

式中：

D_{Gi}—i 风向下风向扇形区内由干、湿沉积外照射所致的年全身剂量，mSv/a。

S_F—建筑物屏蔽因子，无量纲。

C_i^G—i 风向下风向扇形区内放射性核素 i 的干、湿沉积量，Bq/m^2。

g_G—沉积外照射全身剂量转换因子，$(Sv/s)/(Bq/m^2)$。

其中，C_i^G 由下式计算：

$$C_i^G = \frac{(w_{Di} + w_{wi})Q}{\lambda_e^s}(1 - e^{-\lambda_e^s \cdot t_b}) \quad (1\text{-}18)$$

式中：

w_{Di}—i 风向下风向扇形区内年干沉积因子，m^{-2}。

w_{wi}—i 风向下风向扇形区内年湿沉积因子，m^{-2}。

Q—放射性核素的释放率，Bq/a。

λ_e^s—放射性核素由地表面清除的有效速率常数，a^{-1}。$\lambda_e^s = \lambda + \lambda_s$，λ 为放射性核素的物理衰变常数，$a^{-1}$，$\lambda_s$ 为除放射性衰变外其他清除过程的速率常数，a^{-1}。

t_b—放射性核素的地面累积时间，a。

（4）食入内照射剂量

食入内照射剂量按下式计算：

$$D_{Fi}^a = 1000\ g_{Fa} \sum_p u_p^a f_p c_i^p \quad (1\text{-}19)$$

式中：

D_{Fi}^a—i 风向下风向扇形区内 a 年龄组个人的食入待积有效剂量，mSv/a。

g_{Fa}—a 年龄组的食入剂量转换因子，Sv/Bq。

u_a^p—a 年龄组个人对 p 类农产品的年摄入量，kg/a 或 a^{-1}。

f_p—食入关心地区生产的 p 类农产品的份额，无量纲。

C_i^p—p 类农产品中放射性核素浓度，Bq/kg 或 Bq/L。

各类农产品中的放射性核素浓度计算公式如下：

（a）蔬菜、谷类、水果等农作物中核素浓度

$$C_i^p = Q(w_{Di} + w_{wi})\left\{\frac{RT_{iv}[1 - \exp(-\lambda_e^v \cdot t_e)]}{Y_v \cdot \lambda_e^v} + \frac{B_v[1 - \exp(-\lambda_e^s \cdot t_b)]}{p\lambda_e^s}\right\}\exp(-\lambda t_h) \quad (1\text{-}20)$$

式中：

C_i^p—p 类农产品中放射性核素浓度，Bq/kg。

Q—放射性核素的释放率，Bq/a。

w_{Di}—i 风向下风向扇形区内年干沉积因子，m^{-2}。

w_{wi}—i 风向下风向扇形区内年湿沉积因子，m^{-2}。

R—滞留份额，即放射性沉积物保留在植物上的份额，无量纲。

T_{iv}—易位因子，即沉积于植物外部的放射性核素向植物食用部分的转移系数，无量纲。

λ_e^v—放射性核素由植物清除的有效速率常数，a^{-1}。$\lambda_e^v = \lambda + \lambda_W$，$\lambda_W$为物理消除速率常数，无量纲。

t_e—农作物在生长季节受污染的时间，a。

Y_v—收获时农作物的单位面积产量，kg/m^2。

B_v—农作物食用部分相对于土壤中核素的浓集因子，(Bq/kg 鲜作物)/(Bq/kg 干土壤)。

p—土壤有效表面密度，kg(干土壤)/m^2。

t_h—农作物由收获到消费的时间，a。

（b）饲料作物中的核素浓度

饲料作物中的核素浓度计算公式同前描述的农作物中核素浓度计算公式，但式中的参数取值不同。

（c）奶、肉等动物产品中的核素浓度

$$C_i^a = F_m C_i^p Q_F \exp(-\lambda t_f) \quad (1\text{-}21)$$

式中：

C_i^a—动物产品中核素浓度，Bq/kg 或 Bq/L。

F_m—动物每天摄入放射性核素出现在每千克（或每升）动物产品中的份额，d/kg 或 d/L。

C_i^p—动物饲料中核素浓度，Bq/kg(干重)。

Q_F—动物每天消耗的饲料量，kg(干重)/d。

t_f—放射性核素由屠宰或挤奶到人消费的平均迁移时间，a。

考虑到鲜饲料和贮存饲料的区别，动物饲料浓度C_i^p由下式计算：

$$C_i^p = f_f C_{if}^p + f_s C_{is}^p \quad (1\text{-}22)$$

式中：

f_f—饲料中鲜饲料的份额，无量纲。

f_s—饲料中贮存饲料的份额，无量纲。

C_{if}^p—鲜饲料中放射性核素的浓度，Bq/kg。

C_{is}^p—贮存饲料中放射性核素的浓度，Bq/kg。

（d）^3H 在农作物中浓度

当计算 ^3H 在农作物中浓度时，只考虑来自大气水中的氚，未考虑经土壤向植物的转移。

$$C_i^T = \frac{1}{3.15\times10^4}\cdot Q_H\cdot(\chi/Q)_i\cdot 0.75\cdot\frac{0.5}{H} \quad (1\text{-}23)$$

式中：

C_i^T—i 风向下风向扇形区内农作物中 ^3H 浓度，Bq/kg。

Q_H—^3H 的年释放率，Bq/a。

$(\chi/Q)_i$—i 风向下风向扇形区内在 x 距离处的大气弥散因子，s/m^3。

H—评价点的年均绝对湿度，g/m^3。

0.75—农作物总质量中水份所占的份额，无量纲。

0.5—农作物水份中氚浓度与大气水份中氚浓度的比值，无量纲。

$1/(3.15\times10^4)$—单位转换系数，(g·a)/(kg·s)。

（e）^{14}C 在农作物中浓度

农作物中 ^{14}C 的浓度是按农作物中 ^{14}C 浓度与天然 C 浓度的比值和农作物周围空气中 ^{14}C 浓度与天然 C 浓度的比值相同的假定进行计算。

$$C_i^T = \frac{1}{3.15\times10^4}\cdot p\cdot Q_C\cdot(\chi/Q)_i\cdot\frac{0.11}{0.16} \quad (1\text{-}24)$$

式中：

C_i^T—i 风向下风向扇形区内农作物中 ^{14}C 浓度，Bq/kg。

p—相对平衡比，无量纲，对于连续释放，p=1。

Q_c—^{14}C 的年释放率，Bq/a。

$(\chi/Q)_i$—i 风向下风向扇形区内在 x 距离处的大气弥散因子，s/m^3。

0.11—植物总量中天然碳所占的份额，无量纲。

0.16—大气中天然碳的浓度，g/m^3。

$1/(3.5\times10^4)$—单位转换系数，(g·a)/(kg·s)。

（5）集体剂量

$$D = \sum_d\sum_a p_{da}D_{da} \quad (1\text{-}25)$$

式中：

D—某一半径区域内的居民所接受的年集体剂量，人·Sv/a。

p_{da}—d 子区内 a 年龄组的居民总数，人。

D_{da}—d 子区内 a 年龄组个人接受的年平均剂量，Sv/a。

附录二　正常情况下的液态途径剂量计算模式

液态流出物致公众个人和集体剂量的计算依据《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），主要考虑海产品食入内照射、岸边沉积外照射、海水浸没外照射和海上活动外照射四种主要照射途径下的公众剂量。

（1）海产品食入内照射

海产品一般分为海鱼、甲壳类、软体类和海藻四大类，公众食入海产品造成的内照射剂量计算公式：

$$D_{EP}=\sum_i C_{PKi}\cdot U_p\cdot e^{(-\lambda_i T_p)}\cdot Df_{EEi} \quad （2-1）$$

式中：

D_{EP}—通过食入途径造成的公众个人年有效剂量，Sv/a。

C_{PKi}—海产品中放射性核素 i 的浓度，Bq/kg。

U_p—公众个人的海产品消费量，kg/a。

λ_i—核素 i 的衰变常数，h^{-1}。

T_p—海产品从捕捞到被消费的时间间隔，h。

Df_{EEi}—食入放射性核素 i 对人体的有效剂量转换因子，Sv/Bq。

海产品中放射性核素 i 的浓度基于下式计算：

$$C_{PKi}=C_{WKi}\cdot B_{Pi} \quad （2-2）$$

式中：

C_{PKi}—海产品 P 中放射性核素 i 的浓度，Bq/kg。

C_{WKi}—海水中放射核素 i 的浓度，Bq/L。

B_{Pi}—海产品 P 对放射性核素 i 的浓集因子，L/kg。

（2）岸边沉积外照射

岸边沉积外照射剂量基于下式计算：

$$D_{ES}=\sum_i C_{Bi}\cdot W\cdot Df_{ESi}\cdot T_S \quad （2-3）$$

式中：

D_{ES}—通过岸滩沉积物途径造成的公众个人年有效剂量，Sv/a。

C_{Bi}—岸边放射性核素 i 的沉积量，Bq/m^2。

W—岸宽因子，无量纲。

Df_{ESi}—岸边沉积物中核素 i 对人体的有效剂量转换因子，(Sv/h)/(Bq/m^2)。

T_s—每年公众在岸边的活动时间，h/a。

岸边放射性核素 i 的沉积量基于下式计算：

$$C_{Bi}=\frac{(0.1)(0.001)\cdot K_{di}\cdot D_S\cdot C_{wi}}{1+(0.001)S_s\cdot K_{di}}\cdot\frac{1-e^{-\lambda_i\cdot T_e}}{\lambda_i\cdot T_e} \quad （2-4）$$

式中：

C_{Bi}—岸边放射性核素 i 的沉积量，Bq/m^2。

K_{di}—海水中悬浮物对核素 i 的吸附分配因子，L/kg。

D_s—悬浮物在岸边的有效沉积密度，kg/m^2，据《Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment》（IAEA Safety Reports Series No. 19），该参数取值 60。

C_{wi}—海水中放射性核素的浓度，Bq/m^3。

S_s—海水中悬浮物的浓度，kg/m^3，据《Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment》（IAEA Safety Reports Series No. 19），近海取值 1×10^{-2}。

λ_i—放射性核素 i 的衰变常数，h^{-1}。

T_e—沉积物中放射性累积时间，h，取 8760。

0.1—底部沉积物吸附分配因子与悬浮物吸附分配因子之比，无量纲。

0.01—体积转换系数，m^3/L。

（3）海水浸没外照射

海水浸没（包括游泳、水下作业等）外照射剂量基于下式计算：

$$D_{EWs}=\sum_i C_{wi}\cdot T_s\cdot Df_{EWi} \quad （2\text{-}5）$$

式中：

D_{EWs}—游泳或海中作业时海水中放射性核素对公众个人产生的有效剂量，Sv/a。

C_{Wi}—水中放射性核素 i 的浓度，Bq/m^3。

T_s—每年公众个人游泳或海水中作业的时间，h/a。

Df_{EWi}—放射性核素 i 对人体的水体浸没有效剂量转换因子，$(Sv/h)/(Bq/m^3)$。

（4）海上活动外照射

公众划船、捕捞等海上活动受到的外照射剂量：

$$D_{EWf}=\sum_i C_{wi}\cdot g\cdot T_f\cdot Df_{EWi} \quad （2\text{-}6）$$

式中：

D_{EWf}—海上作业时海水中放射性核素对公众个人产生的有效剂量，Sv/a。

C_{Wi}—水中放射性核素 i 的浓度，Bq/m^3。

g—海上作业的几何因子，无量纲，取 0.5。

T_f—每年公众个人在海面上作业的时间，h/a。

Df_{EWi}—浸没于无限大水体中放射性核素 i 对人体的有效剂量转换因子，$(Sv/h)/(Bq/m^3)$。

（5）集体剂量

$$D_{ip} = P\sum_{a} D_a \cdot f_a \quad （2\text{-}7）$$

式中：

D_{ip}—核素 i 通过途径 p 所致的居民年集体剂量，人·Sv/a。

P—半径 80km 范围内居民数，人。

D_a—年龄组 a 中个人所接受的年剂量，Sv/a。

f_a—居民中年龄组 a 所占的份额。

附录三　欧共体非人类生物辐射评价模式

1　模式组成

欧共体非人类生物辐射评价模式由三级筛选组成：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，同时程序还允许用户进行核素参数设置（包括分布系数、生物参数设置等）；三级筛选的特点是用户在进行核素参数设置时，不但可以输入或采用程序提供的默认值，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）。

欧共体非人类生物辐射评价模式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：

$$RQ=\frac{\text{预测的生物剂量率}}{\text{认定安全的剂量率基准值}}\quad(3\text{-}1)$$

由上述公式可知，如果危害商小于 1，说明不可能对环境产生危害。

2　对陆生生物的影响

陆生生物受到的辐射照射主要来自宇宙射线、天然放射性物质及核设施气态排放物，这些照射形成了外照射剂量和内照射剂量。其中外照射剂量来源于地表辐射（土壤中天然放射性核素）和空气浸没照射；内照射剂量则通过食物链传递，陆生生物摄入被放射性核素污染的植物或水源后，核素在体内产生生物蓄积效应。

采用二级筛选模式，模式中陆生生物辐射剂量计算模式和参数如下所述：

1）浓度平衡比

$$CR=\frac{\text{放射性核素在生物体中的浓度}(\mathrm{Bq/kg}\text{干重})}{\text{放射性核素在介质中的浓度}(\mathrm{Bq/kg}\text{或}\mathrm{Bq/m^3})}\quad(3\text{-}2)$$

2）剂量转换因子

- 对于单能源的剂量转换因子

内照射剂量转换因子：

$$DCC_{int}=5.77\times10^{-4}\times E\times\Phi_E\quad(3\text{-}3)$$

外照射剂量转换因子：

$$DCC_{ext}=5.77\times10^{-4}\times E\times(1-\Phi_E)\quad(3\text{-}4)$$

式中：

DCC—剂量转换因子，$(\mu Gy\cdot h^{-1})/(Bq\cdot kg^{-1})$。

E—单能源的能量，MeV。

Φ_E—特定能量的吸收系数，无量纲。

5.77×10^{-4}—转换因子。

● 对于多能源的剂量转换因子

$$DCC_{int}=wf_{low\ \beta}\times DCC_{int,\ low\ \beta}+wf_{\beta+\gamma}\times DCC_{int,\ \beta+\gamma}+wf_{\alpha}\times DCC_{int,\ \alpha}$$

$$DCC_{ext}=wf_{low\ \beta}\times DCC_{ext,\ low\ \beta}+wf_{\beta+\gamma}\times DCC_{ext,\ \beta+\gamma} \quad (3\text{-}5)$$

式中：

wf—各能量源的权重因子（β，β+γ 和 α），无量纲。

3）陆生生物辐射剂量

● 内照射剂量率

$$D_{int}^{b}=\sum_{i} C_{i}^{b}\times DDC_{int,i}^{b} \quad (3\text{-}6)$$

式中：

D_{int}^{b}—生物体 b 的内照射吸收剂量率，$\mu Gy\cdot h^{-1}$。

C_{i}^{b}—核素 i 在生物体 b 内的平均浓度，Bq/kg 干重。

$DDC_{int,i}^{b}$—内照射剂量率转换因子，$(\mu Gy\cdot h^{-1})/(Bq\cdot kg^{-1})$。

● 外照射剂量率

$$D_{ext}^{b}=\sum_{Z} V_{Z}\sum_{i} C_{Zi}^{ref}\times DDC_{ext,Zi}^{b} \quad (3\text{-}7)$$

式中：

V_Z—居留因子，即生物体 b 在介质 Z 所停留时间的份额，无量纲。

C_{Zi}^{ref}—核素 i 在介质 Z 中的平均浓度，Bq/kg 干重或 Bq/L。

$DDC_{ext,Zi}^{b}$—外照射剂量转换因子，$(\mu Gy\cdot h^{-1})/(Bq\cdot kg^{-1})$。

● 总照射剂量

$$D=D_{int}+D_{ext} \quad (3\text{-}8)$$

3　对水生生物的影响

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并通过代谢过程在生物体内浓集。

采用二级筛选模式，水生生物辐射剂量计算模式和参数如下所述：

1）浓度平衡比和分配系数

浓度平衡比：

$$CR=\frac{\text{放射性核素在生物体中的浓度(Bq/kg干重)}}{\text{放射性核素在水中的浓度(Bq/L)}} \quad (3\text{-}9)$$

分配系数：

$$K_{d}=\frac{\text{放射性核素在沉积物中的浓度(Bq/kg干重)}}{\text{放射性核素在水中的浓度(Bq/L)}} \quad (3\text{-}10)$$

2）剂量转换因子

- 对于单能源的剂量转换因子

内照射剂量转换因子：

$$DCC_{int}=5.77\times10^{-4}\times E\times\Phi_E \quad (3\text{-}11)$$

外照射剂量转换因子：

$$DCC_{ext}=5.77\times10^{-4}\times E\times(1-\Phi_E) \quad (3\text{-}12)$$

式中：

DCC—剂量转换因子，$\mu Gyh^{-1}/Bq\ kg^{-1}$。

E—单能源的能量，MeV。

Φ_E—特定能量的吸收系数，无量纲。

5.77×10^{-4}—转换因子。

- 对于多能源的剂量转换因子

$$DCC_{int}=wf_{low\ \beta}\times DCC_{int,\ low\ \beta}+wf_{\beta+\gamma}\times DCC_{int,\ \beta+\gamma}+wf_{\alpha}\times DCC_{int,\ \alpha}$$

$$DCC_{ext}=wf_{low\ \beta}\times DCC_{ext,\ low\ \beta}+wf_{\beta+\gamma}\times DCC_{ext,\ \beta+\gamma} \quad (3\text{-}13)$$

式中：

wf—各能量源的权重因子（β，β+γ 和 α），无量纲。

3）水生生物辐射剂量

- 内照射剂量率

$$D_{int}^{b}=\sum_{i}C_{i}^{b}\times DDC_{int,i}^{b} \quad (3\text{-}14)$$

式中：

D_{int}^{b}—生物体 b 的内照射吸收剂量率，$\mu Gy\cdot h^{-1}$。

C_{i}^{b}—核素 i 在生物体 b 内的平均浓度，Bq/kg 干重。

$DDC_{int,i}^{b}$—内照射剂量转换因子，$(\mu Gy\cdot h^{-1})/(Bq\cdot kg^{-1})$。

- 外照射剂量率

$$D_{ext}^{b}=\sum_{z}V_{z}\sum_{i}C_{zi}^{ref}\times DCC_{ext,Zi}^{b} \quad (3\text{-}15)$$

式中：

V_Z—居留因子，即生物体 b 在介质 Z 所停留时间的份额，无量纲。

C_{Zi}^{ref}—核素 i 在介质 Z 中的平均浓度，Bq/kg 干重或 Bq/L。

$DDC_{ext,Zi}^{b}$—外照射剂量转换因子，$(\mu Gy\cdot h^{-1})/(Bq\cdot kg^{-1})$。

- 总照射剂量

$$D=D_{int}+D_{ext} \quad (3\text{-}16)$$