

核技术利用项目  
中核秦山同位素生产基地建设项目（一期）  
环境影响报告书（重新报批）

中核秦山同位素有限公司

二零二四年一月

核技术利用项目  
中核秦山同位素生产基地建设项目（一期）  
环境影响报告书（重新报批）

建设单位名称：中核秦山同位素有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）： 范国民

通讯地址：浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金禾路1号1幢525-3室

邮政编码： 314303

联系人：齐久全

电子邮箱： [qjiuquan@circ.com.cn](mailto:qjiuquan@circ.com.cn)

联系电话：18967335198



## 目录

前言 .....	I
1 概述 .....	1
1.1 项目名称、地点 .....	1
1.2 项目概况 .....	1
1.2.1 项目由来 .....	1
1.2.2 建设单位概况 .....	3
1.2.3 项目变动内容 .....	4
1.2.4 本项目建设内容 .....	6
1.2.5 产业政策和规划符合性分析 .....	9
1.2.6 周围环境概况 .....	13
1.2.7 核技术利用现状 .....	13
1.3 编制依据 .....	17
1.3.1 法律法规 .....	17
1.3.2 技术导则、标准 .....	19
1.3.3 其他 .....	20
1.4 评价标准 .....	20
1.4.1 放射性环境影响评价标准 .....	20
1.4.2 非放射性评价标准 .....	24
1.5 评价范围和保护目标 .....	27
1.5.1 辐射环境评价范围 .....	27
1.5.2 非放射性环境评价等级、评价范围和保护目标 .....	29
2 自然环境与社会环境概况 .....	31
2.1 自然环境概况 .....	31
2.1.1 人口环境 .....	31
2.1.2 地形、地貌 .....	31
2.1.3 气象条件 .....	31
2.1.4 水文概况 .....	34

2.1.5	土壤、土质 .....	36
2.2	社会经济状况 .....	36
2.2.1	人口及行政区划 .....	36
2.2.2	社会经济发展 .....	36
2.2.3	科学技术和教育 .....	37
2.2.4	资源、环境、城市建设 .....	37
2.3	环境质量和辐射现状 .....	38
2.3.1	辐射环境现状监测数据 .....	38
2.3.2	非放环境质量现状调查与评价 .....	47
2.4	场址适宜性评价 .....	51
3	工程分析与源项 .....	52
3.1	项目规模与概况 .....	52
3.2	工程设备与工艺分析 .....	54
3.2.1	业务协作关系 .....	54
3.2.2	工艺流程分析 .....	54
3.2.3	101 子项 .....	56
3.2.4	102 子项 .....	59
3.2.5	103 子项 .....	62
3.2.6	靶件运输、成品运输以及销售 .....	67
3.3	污染源项分析 .....	70
3.3.1	施工期污染源项 .....	70
3.3.2	运行期间非放射性污染源项分析 .....	70
3.3.3	运行期间正常工况下辐射源项分析 .....	71
3.3.4	事故工况下辐射源项分析 .....	71
4	辐射安全与防护设施 .....	73
4.1	辐射工作场所分区 .....	73
4.1.1	分区标准 .....	73
4.1.2	辐射工作场所分区 .....	74

4.2	非密封放射性物质工作场所分级 .....	74
4.3	人流物流 .....	79
4.3.1	101 子项 .....	79
4.3.2	102 子项 .....	79
4.3.3	103 子项 .....	80
4.4	辐射安全与防护措施 .....	81
4.4.1	辐射屏蔽 .....	81
4.4.2	辐射监测 .....	81
4.4.3	出入控制 .....	83
4.4.4	Co-60 放射源原料水池和成品水池 .....	83
4.4.5	个人防护措施 .....	84
4.4.6	其他辐射防护措施 .....	84
4.5	通风系统 .....	84
4.5.1	分类依据 .....	84
4.5.2	各子项区域分类 .....	85
4.5.3	101 子项 .....	85
4.5.4	102 子项 .....	87
4.5.5	103 子项 .....	92
4.5.6	小结 .....	93
4.6	放射性三废的处理 .....	94
4.6.1	放射性废气 .....	94
4.6.2	放射性废液 .....	97
4.6.3	放射性固体废物 .....	104
5	环境影响分析 .....	112
5.1	施工期环境影响分析 .....	112
5.1.1	施工期的大气环境影响分析 .....	112
5.1.2	施工期水环境影响分析 .....	113
5.1.3	施工期噪声影响分析 .....	113
5.1.4	施工期固废环境影响分析 .....	115

5.1.5	生态环境影响分析 .....	115
5.2	正常运行期间的非放射性环境影响分析 .....	115
5.2.1	非放废气 .....	115
5.2.2	废水 .....	116
5.2.3	噪声 .....	116
5.2.4	固体废物 .....	118
5.2.5	环境风险分析 .....	119
5.3	正常运行期间的辐射环境影响分析 .....	120
5.3.1	屏蔽体外剂量率估算结果 .....	120
5.3.2	工作人员年受照剂量 .....	121
5.3.3	小结 .....	125
5.3.4	公众的受照剂量估算 .....	126
5.3.5	环境保护目标的影响分析 .....	131
5.4	事故情况下的辐射环境影响分析 .....	131
5.4.1	过滤器失效或堵塞 .....	131
5.4.2	密封箱室安全裕量降低事故 .....	133
5.4.3	物料洒落事件 .....	134
5.4.4	物料密封箱室局部密封受损事故 .....	135
5.4.5	火灾事故 .....	136
6	辐射安全管理 .....	137
6.1	辐射安全与环境保护管理机构 .....	137
6.2	辐射工作人员管理 .....	138
6.3	辐射安全制度 .....	138
6.4	辐射监测 .....	139
6.4.1	环境监测 .....	139
6.4.2	工作场所监测 .....	139
6.4.3	个人监测 .....	139
6.4.4	监测设备 .....	143
6.4.5	竣工环保验收监测 .....	143

6.5	辐射事故应急 .....	145
6.6	年度评估报告 .....	149
6.7	环保投资一览表 .....	150
6.8	竣工环保验收一览表 .....	150
7	利益代价分析 .....	153
7.1	产品用途 .....	153
7.2	利益分析 .....	153
7.3	代价分析 .....	154
7.4	正当性分析 .....	155
8	结论 .....	156
8.1	项目工程概况 .....	156
8.2	实践的正当性 .....	156
8.3	选址、布局合理性分析 .....	156
8.4	辐射安全与防护设施 .....	156
8.5	环境影响分析 .....	157
8.5.1	施工期环境影响分析 .....	157
8.5.2	非放环境影响分析 .....	157
8.5.3	辐射环境影响分析 .....	157
8.6	辐射安全管理 .....	157
8.7	公众参与 .....	158
8.8	总结 .....	158



## 前言

中核秦山同位素有限公司，依托浙江省嘉兴市海盐县核技术应用（同位素）产业园的地理位置优势及产业园良好的配套条件，打造一个高标准、高质量、国际先进的同位素生产基地，开展中核秦山同位素生产基地建设项目，实现专业化、规模化生产放射性同位素，保障国内放射性同位素的持续稳定供应，将提升我国在核技术应用产业领域的竞争力，并积极带动国内核技术应用产业的发展，同时带动地方产业和经济的发展。

《中核秦山同位素生产基地建设项目（一期）》（以下简称“原环评报告”）已于2022年12月20日取得浙江省生态环境厅的批复（浙环辐[2022]32号），见附件1。

2022年12月底，正式开工建设，现阶段完成情况及下阶段进度安排如下：

101子项：结构施工完成，正进行室内装修和设备安装，热室安装完成；

102子项：结构施工完成，正进行室内装修和设备安装；

103子项：结构施工完成，装修完成，热室安装完成，60m烟囱施工完成，正进行设备安装；

104子项：结构施工完成，正进行室内装修和设备安装；

201子项：结构施工完成，正进行室内装修和设备安装。

目前，随着项目生产工艺和辐射安全与防护措施的不断优化、调整，实际建设方案与已批复环评阶段发生了变动，具体变动内容主要在101子项和102子项生产线辐射工作场所区，通过对比分析可知，变动内容主要在放射性工作及相关的辐射场所，具体包括：

### （1）101子项

①Co-60生产线：固废转运容器厚度调整；

②C-14生产线：设备箱室数量、尺寸及屏蔽设计参数调整，固废转运容器厚度调整；

③通风系统：地下一层通风系统管廊长度调整，一层原料大厅和成品源大厅排风系统新增事故排风系统。

(2) 102 子项

①Sr-89 生产线：原料转运容器厚度调整，设备箱室数量、尺寸及屏蔽设计参数调整，固废转运容器厚度调整；

②I-131 生产线：原料转运容器厚度调整，设备箱室数量、尺寸及屏蔽设计参数调整，固废转运容器厚度调整；

③Lu-177 生产线：原料转运容器厚度调整，设备箱室数量、尺寸及屏蔽设计参数调整，固废转运容器厚度调整；

④布局：地上三层质检区域辐射工作场所布局调整。

⑤通风系统：地上一层 Sr-89 生产线排风系统调整，地上二层、三层非洁净区 C2 区排风系统调整，地上三层放射性洁净区送排风系统调整。

依据《中华人民共和国环境影响评价法》相关要求，项目涉及变动，中国原子能科学研究院受建设单位委托，针对项目变动情况重新进行梳理判断，对项目申请重新报批。

本报告在保留上阶段报告书内容的基础上，重点针对调整变动的情况进行了补充和分析评价，与现阶段变动无影响的章节不做调整和更新，具体说明如下：

①第 1 章概述，增加项目变动内容，其他章节内容无调整。

②第 2 章自然环境与社会环境概况

本章节无调整。

③第 3 章工程分析与源项

根据本次实际设计参数，对 101 子项、102 子项、103 子项的核技术利用相关活动涉及的工程设备与工艺、辐射污染源项进行分析评价。其他章节内容无变动。

④第 4 章辐射安全与防护措施

按照《核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)要求，重新评价变动后辐射工作场所布局与分区、人流物流、辐射屏蔽、辐射安全与防护措施、通风系统、放射性三废处理等。不涉及变动的辐射工作场所该章节结论引用原环评报告。

⑤第 5 章环境影响分析

涉及变动的设备箱室重新开展辐射影响评价，不涉及变动的设备箱室的评价结论引用原环评报告。

⑥第 6 章辐射安全管理

重点梳理评价现阶段辐射安全管理制度、辐射监测的相关内容等，其他章节内容无变动。

⑦第 7 章利益-代价

利益代价分析引用“原环评报告”结论。

⑧第 8 章结论与建议

根据上述评价过程，给出本次环评的结论与建议。

## 1 概述

### 1.1 项目名称、地点

项目名称：中核秦山同位素生产基地建设项目（一期）环境影响报告书（重新报批）

建设地点：浙江省嘉兴市海盐县核技术应用（同位素）产业园

建设单位：中核秦山同位素有限公司

项目投资：项目总投资约为 45994.55 万元，其中环保投资 3930.25 万元，占总投资的 8.54%。

### 1.2 项目概况

#### 1.2.1 项目由来

放射性同位素生产是放射性同位素应用的物质基础，其中医用同位素约占所有放射性同位素总量的 75%。当前，我国核技术应用产业面临产值占 GDP 比重低（仅为 0.4%左右，发达国家为 3%），同位素及同位素产品供应不足等问题，大多数同位素依靠进口，同位素生产源头及环节受制于国际环境的情况仍然存在，同位素国产化迫在眉睫。随着我国经济高速发展和科技快速进步，预计今后我国放射性同位素需求量将呈现爆发式增长。我国的放射性同位素需求量大，但缺乏规模化生产能力，依赖进口存在潜在的“卡脖子”风险。

国家、地方均积极推进放射同位素、核技术利用项目的开展。2016 年党中央、国务院印发《“健康中国 2030”规划纲要》，为全面提升人民健康水平提供了根本遵循。《纲要》明确到 2030 年，我国主要健康指标进入高收入国家行列；到 2050 年，建成与社会主义现代化国家相适应的健康国家。加大放射性同位素发展力度，不断壮大医疗、公共卫生领域的应用规模，充分发挥其在诊断、治疗心血管病、恶性肿瘤等严重威胁人类健康重大疾病中不可替代的作用，是实现我国健康领域治理能力现代化的重要举措。

2021年6月24日，国家原子能机构、科技部、公安部、生态环境部、交通运输部、国家卫生健康委、国家医疗保障局、国家药品监督管理局等8部门联合发布《医用同位素中长期发展规划（2021-2035年）》。这是我国首个针对核技术在医疗卫生应用领域发布的纲领性文件，《规划》明确了“十四五”时期和今后一段时期内我国医用同位素发展的指导思想、主要原则、发展目标、重点任务及保障措施，旨在推动医用同位素技术研发和产业发展，为建设健康中国、增进人民福祉贡献力量。

海盐县人民政府于2021年初发布《关于进一步扶持核电关联及核技术应用产业发展的若干意见的通知》，明确了大力发展核技术产业的政策方针。秦山核电站位于海盐县，拥有两座CANDU重水堆，放射性同位素生产潜力显著。为推动核技术应用产业发展，海盐县在毗邻秦山二期位置规划了海盐核技术应用（同位素）产业园，2021年11月15日产业园完成重大决策社会风险评估报告备案（附件1）。

鉴于此，中核秦山同位素有限公司积极响应国家、地方政策，在浙江省嘉兴市海盐县核技术应用（同位素）产业园（以下简称“产业园”）打造一个高标准、高质量、国际先进的同位素生产基地，开展中核秦山同位素生产基地建设项目，实现专业化、规模化生产放射性同位素，保障国内放射性同位素的持续稳定供应，以核技术利用产业发展带动医疗健康产业发展。

本项目为中核秦山同位素生产基地建设项目（一期），2021年12月31日完成项目建议书（见附件3），2022年3月26日在浙江政务服务网投资在线平台工程审批系统进行投资备案，项目代码为2203-330424-04-01-428072（附件4），2022年4月11日取得建设用地规划许可证（附件5），2022年6月29日完成建设项目可行性研究报告（附件6），2022年8月30日取得《关于中核秦山同位素有限公司》中核秦山同位素生产基地建设项目（一期）水土保持方案的批复（附件7）。

《中核秦山同位素生产基地建设项目（一期）》已于2022年12月20日取得浙江省生态环境厅的批复（浙环辐[2022]32号），见附件1。随着项目生产工艺和辐射安全与防护措施的不断优化、调整，实际建设方案与已批复环评阶段发生了

变动，为了更好保护环境，依据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法规要求，建设单位委托中国原子能科学研究院针对项目变动情况编制了《中核秦山同位素生产基地建设项目（一期）环境影响报告书（重新报批）》，具体委托书见附件 8。

### 1.2.2 建设单位概况

中核秦山同位素有限公司(以下简称“中核秦同”)由中国同辐股份有限公司(以下简称“中国同辐”)、中核核电运行管理有限公司(以下简称“中核运行”)、海盐县国有资本投资有限公司合资成立。

中国同辐作为我国核技术应用龙头企业，业务领域涵盖放射性药物、医学诊断、核医疗装备、放射源、辐照应用、核素制造、进出口贸易等，具备 30 多年的同位素产品研发、生产、销售、服务经验。在放射性药物方面，中国同辐是国内最大的显像诊断及治疗用放射性药品、尿素呼气试验药盒及测试仪、以及放射免疫分析药盒制造商；在放射源方面，中国同辐是中国最大、品种最全的放射源产品生产商，是中国唯一一家具备辐照用  $^{60}\text{Co}$ 、医用  $^{60}\text{Co}$  等生产能力的供应商。中国同辐在  $^{14}\text{C}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  同位素及  $^{60}\text{Co}$  放射源科研、生产和试验等方面具备成熟的技术和生产工艺，掌握了生产工艺及产业化研发技术；具备高水平的专业研发团队、熟练的生产操作人员和运营管理人员；具备专业的放射性物品运输资质和运输团队。同时，中国同辐在建设放射性药物分装中心、辐照站和放射源研发生产基地等系列项目过程中，积累了丰富的设计、建造施工和运营管理等相关的成熟经验。

中核运行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，已有多种同位素的生产技术和经验，2010 年建成工业  $^{60}\text{Co}$  同位素生产能力，为国内市场提供约 70% 的工业  $^{60}\text{Co}$  放射源原料；2019 年建成医用  $^{60}\text{Co}$  同位素生产能力，其产能满足国内需求，未来还有望出口。

海盐县海信股权投资基金有限公司于 2015 年由海盐县人民政府批准，并授权县财政局下属海盐县农业综合开发中心出资成立，主要从事海盐县政府产业引导基金投资运行管理。

中核秦同于 2021 年 12 月 31 日在中国浙江省嘉兴市海盐县注册成立，营业执照见附件 8，主要从事放射性同位素及相关应用的同位素产品研发、生产和销售；核技术咨询与服务；与核技术应用相关产品的研发、生产和销售；与核技术应用相关产品的经营与进出口业务。项目实施过程中，将大力依托中国同辐的技术、人力、管理等资源，充分吸收类似项目设计、建造施工、生产运营中的经验，在原有技术的基础上，深度融合最新的法律法规要求、环境保护政策、生产工艺技术、科技装备与控制技术、自动化智能化技术进行项目设计，实现核与辐射安全管理、放射性三废处理、人员剂量管控、生产工艺技术、设施设备自动化、生产管理系统智能化的全面优化升级，确保建设一个高标准、高质量、国际先进的同位素生产基地。

### 1.2.3 项目变动内容

本项目总建筑面积为 18062m<sup>2</sup>，总占地面积为 29900 m<sup>2</sup>，主要包括 <sup>60</sup>Co 和 <sup>14</sup>C 生产厂房（101 子项）、<sup>89</sup>Sr、<sup>177</sup>Lu 和 <sup>131</sup>I 生产厂房（102 子项）、排风及固废整備中心（103 子项）、仓库及特种车库（104 子项）、研发楼（201 子项）等建筑单体，其中 101 子项、102 子项和 103 子项为辐射工作场所。

随着项目生产工艺和辐射安全与防护措施的不断优化、调整以及 GMP 车间洁净度的要求，实际建设方案与已批复环评阶段发生了变动，项目变动主要体现在 101 子项和 102 子项。

通过对比分析可知，变动内容主要包括：

#### （1）101 子项

①Co-60 生产线：固废转运容器厚度调整；

②C-14 生产线：设备箱室功能、尺寸及屏蔽设计参数调整，固废转运容器厚度调整；

③通风系统：一层原料大厅和成品源大厅排风系统新增事故排风系统。

(2) 102 子项

①Sr-89 生产线：原料转运容器厚度调整，设备箱室功能、数量、尺寸及屏蔽设计参数调整，固废转运容器厚度调整；

②I-131 生产线：原料转运容器厚度调整，设备箱室功能、数量、尺寸及屏蔽设计参数调整，固废转运容器厚度调整；

③Lu-177 生产线：原料转运容器厚度调整，设备箱室功能、数量、尺寸及屏蔽设计参数调整，固废转运容器厚度调整；

④布局：地上三层质检区域辐射工作场所布局细化。

⑤通风系统：地上一层 Sr-89 生产线排风系统调整，地上二层、三层非洁净区 C2 区排风系统调整，地上三层放射性洁净区送排风系统调整。

依据《中华人民共和国环境影响评价法》相关要求，因项目中核技术利用辐射工作场所布局及相关措施发生变化，涉及变动，对项目申请重新报批。



## 1.2.4 本项目建设内容

本项目建设内容如下：

(1) 建设  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{14}\text{C}$  生产厂房（以下简称“101 子项”），主要包括  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{14}\text{C}$  的生产工艺线、退役放射源回收及辅助系统，实现  $^{60}\text{Co}$  放射源和  $^{14}\text{C}$  的批量化生产， $^{60}\text{Co}$  放射源和  $^{14}\text{C}$  的设计产能分别为 800 万 Ci 和 200Ci；

(2) 建设  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  生产厂房（以下简称“102 子项”），主要包括  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  的生产工艺线及辅助系统，实现  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  的批量化生产， $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  的设计产能分别为 100Ci 、30000Ci 和 12000Ci；

(3) 建设排风及固废整备中心（以下简称“103 子项”），主要用于各子项的排风处理、放射性固废整备、倒装和暂存、退役放射源暂存；

(4) 建设仓库及特种车库（以下简称“104 子项”），主要用于放置设备和生产物资，以及运输车辆的停放、检修和清洁，运输车辆在运输货包期间，货包在装车前和卸车后均进行表面污染和剂量率的监测，达标方可运输，根据实际工作经验，运输车辆沾污机率极低，104 子项作为非辐射工作场所管理；

(5) 建设研发楼（以下简称“201 子项”），主要用于技术开发、各生产线运行监控管理和日常办公。

(6) 上述工作场所中 101 子项、102 子项和 103 子项为辐射工作场所，根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号）规定，满足以下特点的放射性药品生产、使用场所，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：有相对独立、明确的监督区和控制区划分；工艺流程连续完整；有相对独立的辐射防护措施。上述三个场所满足作为独立场所的相关要求，各非密封放射性物质工作场所相关参数详见表 1-1~表 1-3。

表 1-1 本项目 101 子项辐射工作场所分级

序号	核素	物理、化学性状	日最大操作量, Bq	操作因子	毒性因子	日等效最大操作量, Bq	年操作量, Bq	操作方式	用途	操作场所
1	<sup>60</sup> Co	固体	7.40E+15	0.01	1	7.40E+17	2.96E+17	特别危险	生产、使用、销售	101 子项
2	<sup>14</sup> C	粉末	5.18E+11	0.001	0.1	5.18E+13	7.40E+12	特别危险	生产、使用、销售	
小计						<b>7.41E+17</b>	<b>甲级</b>			
备注：此处按目标核素进行核算										

表 1-2 本项目 102 子项辐射工作场所分级

序号	核素	物理、化学性状	日最大操作量, Bq	操作因子	毒性因子	日等效最大操作量, Bq	年操作量, Bq	操作方式	用途	操作场所
1	<sup>89</sup> Sr	粉末	3.70E+11	0.001	0.1	3.70E+13	3.70E+12	特别危险	生产、使用、销售	102 子项
2	<sup>131</sup> I	固体	1.11E+13	0.001	0.1	1.11E+15	1.11E+15	特别危险	生产、使用、销售	
3	<sup>177</sup> Lu	粉末	8.29E+12	0.001	0.1	8.29E+14	4.44E+14	特别危险	生产、使用、销售	
小计						<b>1.98E+15</b>	<b>甲级</b>			
备注：此处按目标核素进行核算										

表 1-3 本项目 103 子项辐射工作场所分级

序号	生产线	核素	物理、化学性状	日最大操作量, Bq	操作因子	毒性因子	日等效最大操作量, Bq	操作方式	用途	操作场所
1	<sup>60</sup> Co	<sup>60</sup> Co	固体	7.40E+04	0.01	1	7.40E+06	特别危险 操作	固废 处理	103 子 项
		<sup>95</sup> Zr		4.42E+11	0.01	0.1	4.42E+12			
2	<sup>14</sup> C	<sup>14</sup> C		1.54E+07	0.01	0.1	1.54E+08			
		<sup>95</sup> Zr		4.46E+11	0.01	0.1	4.46E+12			
3	<sup>89</sup> Sr	<sup>89</sup> Sr		3.70E+07	0.01	0.1	3.70E+08			
		<sup>95</sup> Zr		3.68E+12	0.01	0.1	3.68E+13			
4	<sup>131</sup> I	<sup>131</sup> I		1.25E+10	0.01	0.1	1.25E+11			
		<sup>95</sup> Zr		6.80E+11	0.01	0.1	6.80E+12			
5	<sup>177</sup> Lu	<sup>177</sup> Lu		8.27E+11	0.01	0.1	8.27E+12			
		<sup>95</sup> Zr		5.86E+10	0.01	0.1	5.86E+11			
小计							<b>6.15E+13</b>	<b>甲级</b>		
备注：103 子项对 101 子项和 102 子项的放射性固废进行处理、暂存，此处保守考虑 101、102 子项各生产线当天产生的放射性固体废物同一天在 103 子项进行处理，日等效最大操作量的估算中主要考虑各生产线中目标核素和包壳中活度最大的核素；103 子项对放射性固体废物进行整备（分拣、拆解、压缩等操作）、倒装、暂存等处理，根据《辐射防护分册-第三分册》，该类型保守按特别危险操作进行估算。										

## 1.2.5 产业政策和规划符合性分析

### 1.2.5.1 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录》（2021 年本），本项目属于其中**鼓励类**第六项“**核能**”第 6 条“同位素、加速器及辐射应用技术开发”项目，因此，本项目符合国家产业政策。

### 1.2.5.2 规划相容性分析

本项目用地性质为工业用地，满足使用要求，项目所在地块为工业用地。因此本项目符合海盐县主体功能区域及土地利用规划。

### 1.2.5.3 “三线一单”符合性分析

根据《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环评〔2016〕150 号），“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”，项目建设应强化“三线一单”约束作用。

#### （1）与“生态保护红线”的相符性

本项目位于浙江省嘉兴市海盐县核技术应用（同位素）产业园。根据《浙江省人民政府关于发布浙江省生态保护红线的通知》（浙政发〔2018〕30 号）、《浙江省生态保护红线（自然生态红线区）划分方案》和《海盐县环境功能区划》，海盐县划定 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，本项目不在生态功能生态保护红线内（见图 1-1），不触及生态保护红线，因此，本项目的建设符合生态保护红线的要求。

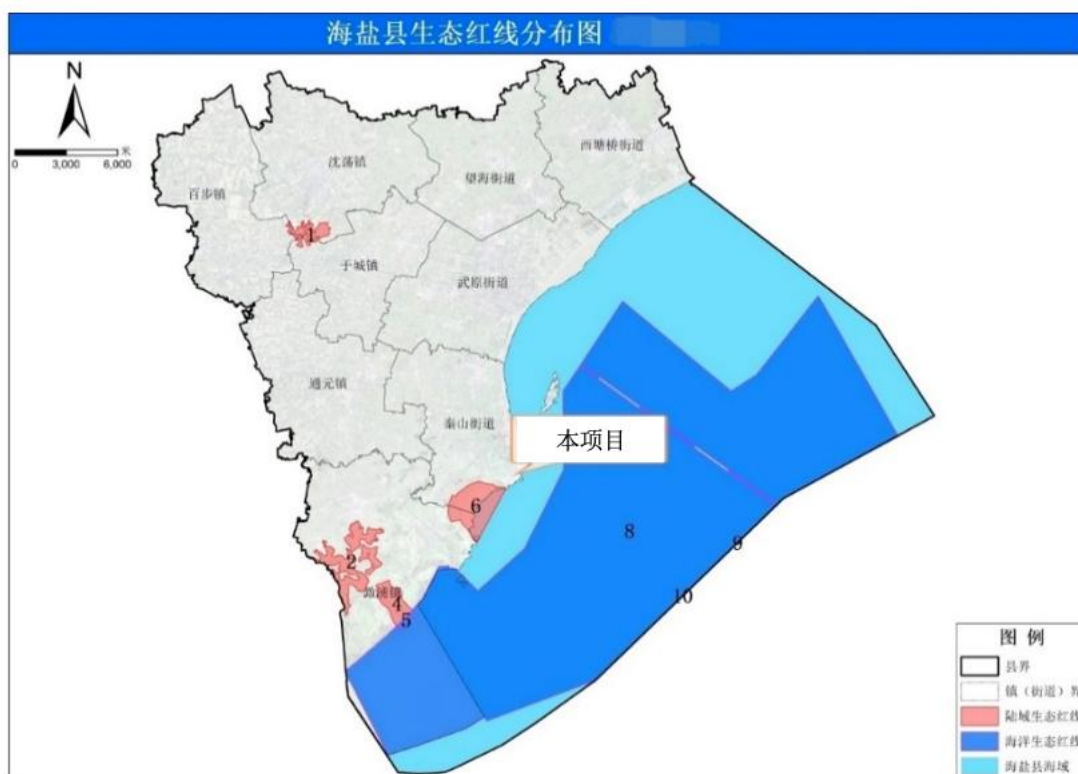


图 1-1 海盐县生态保护红线

(2) 与“环境质量底线”的相符性

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，海盐县空气质量如下：海盐县环境空气质量连续三年达标，城市环境空气质量综合指数为 3.24，居嘉兴市全市第二。因此，海盐县为环境空气质量达标区。同时根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址及周围环境辐射环境质量现状属于正常本底范围，空气、地表水、土壤监测数据和 $\gamma$ 剂量率均未见异常。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，本项目运行不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

(3) 与“资源利用上线”的相符性

本项目位于产业园，根据产业园的对水资源利用、土地利用和能源利用的相关资料可知，产区内万元 GDP 用水量为  $0.95\text{m}^3/\text{万元}$ ，万元工业增加值为  $7.32\text{m}^3/\text{万元}$ ，符合水资源利用上线的要求，产业园内建设用地面积占海盐县城乡建设用

地控制总规划的比例的 0.79%，占比较小，不会超过海盐县土地资源利用上线，产业园内优化能源结构，主要以天然气、电等作为能源，年电用量和天然气量折合标煤量远低于嘉兴市 2020 年的要求，符合能源利用上限目标要求，因此本项目符合资源利用上线的要求。

(4) 与“环境准入负面清单”的相符性

根据《海盐县人民政府办公室关于印发<海盐县“三线一单”生态环境分区管控方案>的通知》（盐政办发[2020]73 号），拟建场址位于海盐县优先保护单元（编码 ZH33042410002），本项目与管控要求对比详见表 1-4，满足环境准入负面清单要求。

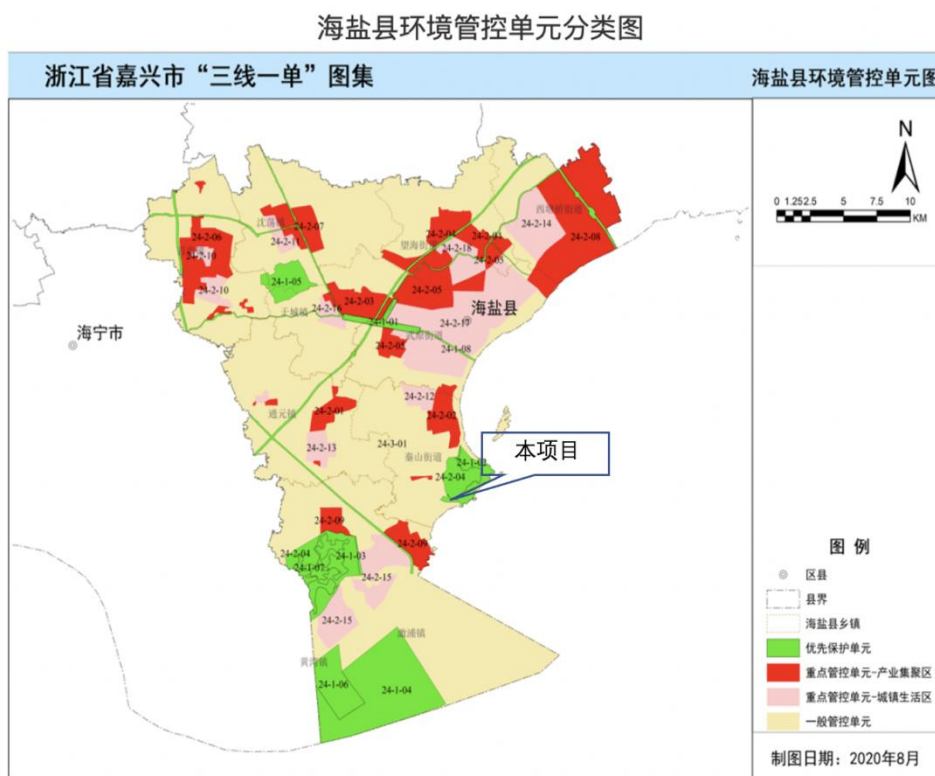


图 1-2 海盐县环境管控单元分类图

表 1-4 本项项目与环境管控单元准入清单的符合性

单元名称	管控要求		符合性分析
海盐县秦山核电站	空间	1) 按照限制开发区域进行管理。 禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工	<b>符合</b> 本项目为放射性同位素生产产业，不属于禁止

单元名称	管控要求		符合性分析
生态保障区优先保护单元	布局约束	<p>业项目改建要削减污染物排放总量，涉及一类重金属和持久性有机污染物排放的现有三类工业项目原则上结合地方政府整治要求搬迁关闭，鼓励其他三类工业项目搬迁或关闭。</p> <p>禁止新建涉及一类重金属和持久性有机污染物排放的二类工业项目，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；二类工业项目的新建、扩建、改建不得增加控制单元污染物排放总量。</p> <p>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。</p> <p>除热电行业外，禁止新建、改建、扩建使用高污染燃料的项目。</p> <p>原有各种对生态环境有较大负面影响的生产、开发建设活动应逐步退出。</p> <p>2) 禁止未经法定许可在河流两岸、干线公路两侧规划控制范围内进行采石、取土、采砂等活动。严格限制矿产资源开发项目，确需开采的矿产资源及必须就地开展矿产加工的新改扩建项目，应以点状开发为主，严格控制区域开发规模。</p> <p>3) 严格执行畜禽养殖禁养规定。</p>	开发建设项目。
	污染物排放管控	<p>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）。</p>	<p style="text-align: center;"><b>符合</b></p> <p>1) 本项目产生的非放射性工业废水与园区生活污水一并接入园区污水管网，进入联合污水处理厂处理达标后，排入杭州湾。</p> <p>2) 本项目主要污染物为放射性“三废”，放射性气载流出物经企业设置的高效过滤装置处理后由排气筒高空排放，经核算，外排气载流出物所致周边评价范围内公众剂量满足国家规定的公众剂量限值和本报告提出的公众剂量管理约束值；放射性废液经暂存衰变后，定期交由产业园三废处理中心进行处置；放射性固废暂存后，达到豁免水平的申请豁免，无法豁免交由有资质单位进行处置。</p>
	环境风险防范	<p>1) 加强区域内环境风险防控，不得损害生物多样性维持与生境保护、水源涵养与饮用水源保护、营养物质保持等生态服务功能。</p> <p>2) 在进行各类建设开发活动前，应加强对生物多样性影响的评估，任何开发建设活动不得破</p>	<p style="text-align: center;"><b>符合</b></p> <p>1) 本项目范围不涉及生物多样性保护、水源涵养与饮用水源保护、珍稀野生动植物的重要栖息地、野生动物的迁徙通道等敏感保护目标。</p> <p>2) 本项目建立企业辐射事故应急体系。运营期</p>

单元名称	管控要求		符合性分析
	控	坏珍稀野生动植物的重要栖息地，不得阻隔野生动物的迁徙通道。	间，加强环境监管。采取上述措施并加强管理的情况下可避免辐射事故发生。

综上，本项目满足海盐县当地的管控措施，不在环境功能区负面清单内，符合环境准入负面清单的要求。

### 1.2.6 周围环境概况

本项目建设地点位于浙江省嘉兴市海盐县核技术应用（同位素）产业园东侧，行政隶属海盐县秦山街道，产业园地理位置示意图见图 1-3，本项目地理位置示意图见图 1-4，本项目总平面布局图见图 1-5，北侧为同兴路，西侧为同柳路，东侧为同核路，南侧为产业园规划用地。

### 1.2.7 核技术利用现状

中核秦同此前未从事过核技术利用相关活动，本次为首次申请环境影响评价审批和辐射安全许可。



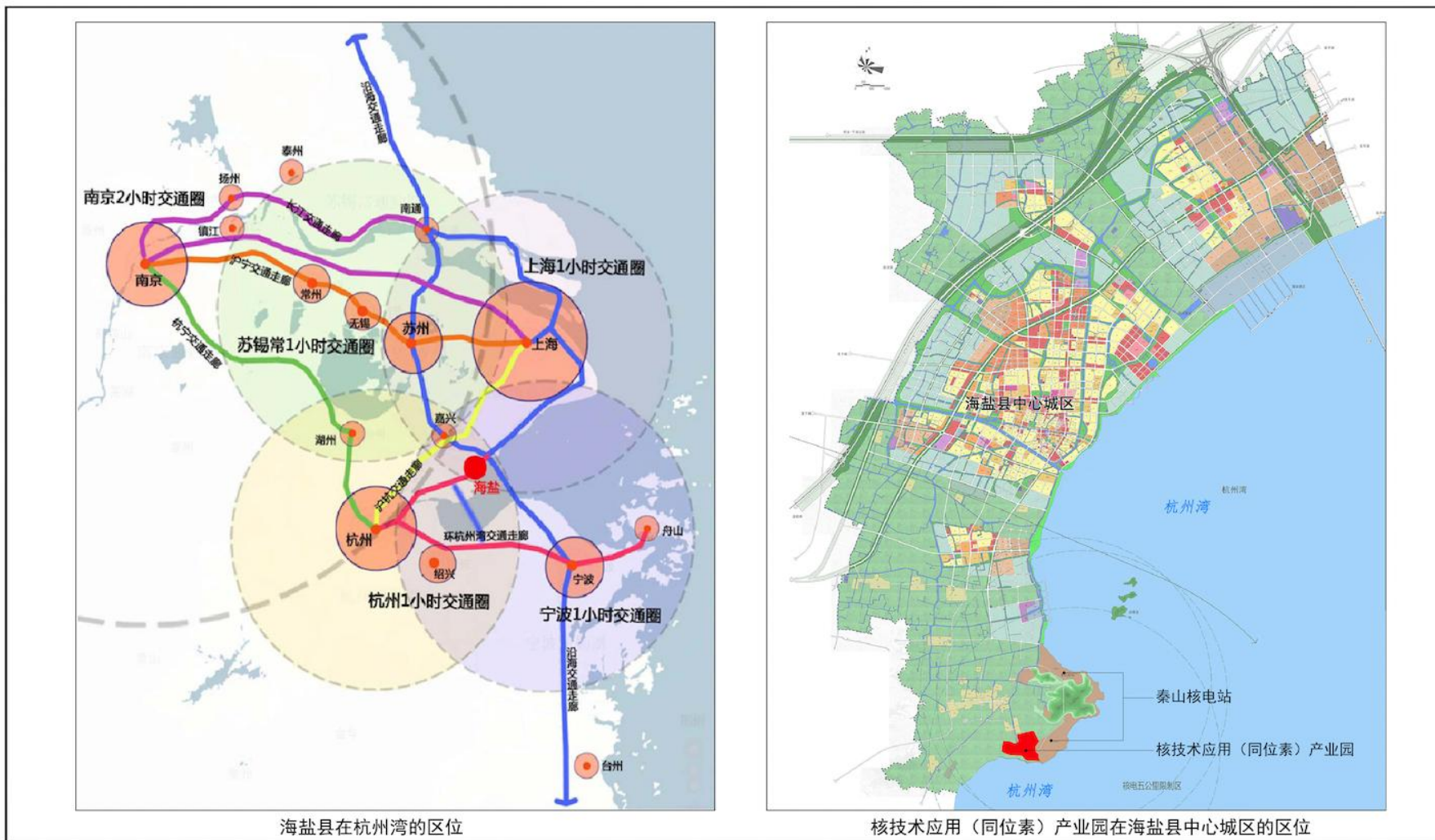


图 1-3 海盐县核技术应用（同位素）产业园地理位置示意图



图 1-4 本项目地理位置图



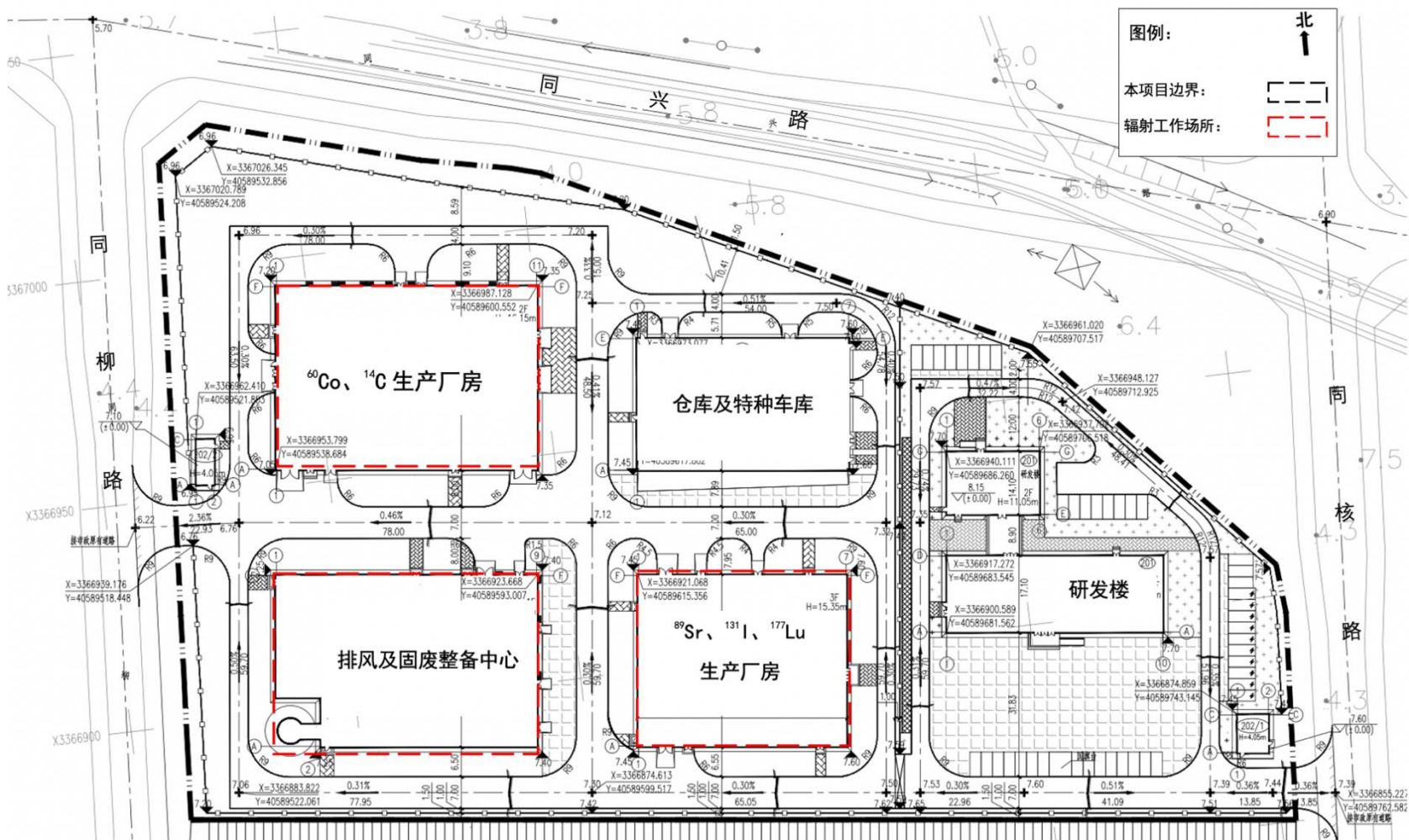


图 1-5 本项目平面布局图

## 1.3 编制依据

### 1.3.1 法律法规

(1) 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第9号, 2015年1月1日施行);

(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(全国人民代表大会常务委员会, 2018年12月29日施行);

(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第6号, 2003年10月1日);

(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第709号, 2019年3月22日修正版);

(5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(生态环境部令第7号, 2019年8月22日第三次修正版, 2021年1月经生态环境部令第20号修改);

(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令第18号, 2011年5月1日施行);

(7) 《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第682号, 2017年10月1日起施行);

(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(生态环境部部令第16号, 2021年1月1日起施行);

(9) 《产业结构调整指导目录》(2021年本)(国家发展和改革委员会令第49号, 2021年12月30日);

(10) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令第9号);

(11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部公告2019年第57号, 2019年12月23日);

(12) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号，2016年3月7日）；

(13) 《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令 第4号，2019年1月1日起施行）；

(14) 《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环保总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日）；

(15) 《关于发布<放射性废物分类>的公告》（公告 2017 年 第 65 号，2017 年 11 月 30 日）；

(16) 《关于征求<放射性物品分类和名录>（征求意见稿）意见的通知》（2020 年 4 月 29 日）；

(17) 《放射性物品运输安全许可管理办法》（环境保护部令 第 11 号，2010 年 9 月 25 日施行）；

(18) 《放射性物品运输安全监督管理办法》（环境保护部令 第 38 号，2016 年 3 月 14 日施行）；

(19) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2021年修正），浙江省人民政府令第288号，2021年2月10日起施行；

(20) 《浙江省辐射环境管理办法》（2021年修正），浙江省人民政府令第 388 号， 2021年2月10日起施行；

(21) 《浙江省人民政府关于发布浙江省生态保护红线的通知》（浙政发〔2018〕30号）；

(22) 《海盐县国民经济和社会发展第十四个五年规划》（盐政发〔2021〕16号；

(23) 《海盐县人民政府办公室关于印发<海盐县“三线一单”生态环境分区管控方案>的通知》（盐政办发[2020]73号）；

(24) 《海盐县人民政府办公室关于印发海盐县声环境功能区划分方案的通知》（盐政办发[2021]49号）。

### 1.3.2 技术导则、标准

- (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；
- (3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- (4) 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；
- (5) 《开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范》（EJ380-1989, 1989 年 10 月 1 日起实施）；
- (6) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；
- (7) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
- (8) 《放射源生产单位贮源水井辐射安全要求》（T/BSRS 059—2021）；
- (9) 《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ1258-2022）；
- (10) 《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）；
- (11) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）；
- (12) 《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》（GBZ2.1-2019）；
- (13) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- (14) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；
- (15) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- (16) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；
- (17) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；
- (18) 《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）；

- (19) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- (20) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
- (21) 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600—2018）；
- (22) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- (23) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- (24) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- (25) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- (26) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- (27) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；
- (28) 《饮食业油烟排放标准》（GB18483-2001）；
- (29) 《公共建筑节能设计标准》（DB33/1036-2021）；
- (30) 《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33\_2169-2018）。

### 1.3.3 其他

- (1) 项目环境影响评价委托书；
- (2) 建设单位提供的与本项目相关的管理制度和其他技术资料。

## 1.4 评价标准

### 1.4.1 放射性环境影响评价标准

#### 1.4.1.1 剂量限值和剂量约束值

##### 1.4.1.1.1 剂量限值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定，工作人员的职业照射和公众照射的剂量限值如下：

### (1) 职业照射

应对任何工作人员职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

审管部门决定连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），  
20mSv。

### (2) 公众照射

实践使公众中关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

#### 1.4.1.1.2 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），本项目辐射工作人员年剂量约束管理目标值为 10mSv（取值依据见附件 8），事故情况下辐射工作人员剂量约束管理目标值为 10 mSv；

正常运行情况下，公众年剂量约束值为 0.1mSv，事故情况下，公众个人有效剂量控制值取 1mSv。

#### 1.4.1.2 辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

本项目 101 子项、102 子项和 103 子项场所内箱室表面剂量率控制水平参照《开放性放射性物质实验室辐射防护设计规范》（EJ-380-1989），将本项目辐射工作场所进行分区设计如下：

(1) 监督区（白区），该区为不从事放射性工作的区域，一般情况，该区无放射性污染，该区域剂量率 $\leq 0.5\mu\text{Sv/h}$ ；

(2) 控制 I 区（绿区），该区域主要包括从事隔离操作放射性物质的工作区，事故时可能出现污染，但能及时发现和清除，该区域生产线生产前区的剂量率控制限值为  $7.5\mu\text{Sv/h}$ ，其他绿区区域管理限值为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 控制 II 区（黄区），该区域为间断工作区，每年工作时间限定，该区域剂量率 $\leq 25\mu\text{Sv/h}$ ；



(4) 控制Ⅲ区（橙区），该区域为限定工作区，只有在进行去污、检修和取样等工作时才进入，该区域剂量率 $\leq 1000\mu\text{Sv/h}$ ；

(5) 控制Ⅳ区（红区），该区域为放射性物质所在的区域，通常禁止进入，该区域剂量率 $> 1\text{mSv/h}$ 。

本项目 103 子项作为放射性固体废物暂存场所，参照《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ1258-2022），库房盖板上方 0.5m 处的最大剂量率不超过  $20\mu\text{Sv/h}$ 。

#### 1.4.1.3 非密封放射性物质工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），非密封放射性物质工作场所按日等效最大操作量的大小进行分级，见表 1-5。

表 1-5 非密封放射性物质工作场所分级

分级	日等效最大操作量, Bq
甲级	$>4\times 10^9$
乙级	$2\times 10^7\text{-}4\times 10^9$
丙级	豁免活度值以上- $2\times 10^7$

##### 1.4.1.3.1 表面污染水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），工作人员体表、内衣、工作服，以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制水平应遵循附录 B 表 B11 所规定的限制要求。详见表 1-6。

表 1-6 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		$\beta$ 放射性物质, Bq/cm <sup>2</sup>
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	40
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区和监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		0.4

#### 1.4.1.4放射性废物管理

##### 1.4.1.4.1 气载流出物

本项目涉及  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{14}\text{C}$  核素和  $^{60}\text{Co}$  放射源的批量生产，各子项控制区采用独立的通风系统，本项目气载流出物的排放所致周围公众年剂量值需满足本项目公众年剂量约束值。

##### 1.4.1.4.2 液态流出物

本项目可能产生的放射性废液主要包含 101 子项、102 子项和 103 子项所产生的放射性废液，放射性废液需在暂存场所进行暂存，满足暂存时长后，经检测满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996），车间或者车间处理设施排放口处总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 排放限值分别为 1 Bq/L 和 10Bq/L，并经审管部门认可后的废液可排放。

对于无法满足排放标准的废液定期交由产业园三废处理中心进行处置。

##### 1.4.1.4.3 放射性固体废物

本项目放射性固体废物主要包括生产线放射性固体废物（废包壳、工艺管线、废填充母材等）、废过滤器滤芯以及其他类型放射性固废（劳保用品等）。

对于可解控的放射性固体废物，清洁解控参照《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）中表 B.2 规定的放射性核素的免管浓度，对于多种人工放射性核素混合物的物料，应当满足各种人工放射性核素的活度浓度与各自的免管浓度值的比值之和小于 1。

对于不可解控的放射性固体废物，处理措施参照《放射性废物分类》中放射性固体废物的处置方法。

##### 1.4.1.5贮源水井

本项目 Co-60 放射源原料和成品水井的管理参照《放射源生产单位贮源水井辐射安全要求》（T/BSRS 059—2021）中相关要求：

贮源水井上方 30cm 处、水井周围剂量率应小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

生产单位贮源水井的水质控制要求：生产原料井的井水电导率 $\leq 10\mu\text{S}/\text{cm}$ ，总氯离子（ $\text{Cl}^-$ ）含量不大于  $1\times 10^{-6}$ ，pH 值为 5.5~8.5，表面水温低于  $40^\circ\text{C}$ ，放射性核素总活度浓度小于  $500\text{Bq}/\text{L}$ ；成品源井和废旧放射源井的井水电导率 $\leq 10\mu\text{S}/\text{cm}$ ，总氯离子（ $\text{Cl}^-$ ）含量不大于  $1\times 10^{-6}$ ，pH 值为 5.5~8.5，表面水温低于  $40^\circ\text{C}$ ，放射性物质活度浓度小于  $10\text{Bq}/\text{L}$ 。

## 1.4.2 非放射性评价标准

### 1.4.2.1 环境质量标准

#### 1.4.2.1.1 环境空气

根据《浙江省空气环境功能区划分》，本项目属于二类功能区，环境空气执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

#### 1.4.2.1.2 水环境

根据《浙江省水功能区、水环境功能区划分方案（2015）》，本项目周边区域附近水域属杭嘉湖平原河网水系，水功能区为长山河海盐农业用水区（编码：F1203109003043），水环境功能区为农业用水区（编码：330424FM220228000450），水环境水质目标为III类，水环境质量执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的 III 类水质标准。

#### 1.4.2.1.3 地下水

本项目拟建地区域地下水尚未划分功能区，地下水参照执行《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中的 III 类标准值。

#### 1.4.2.1.4 土壤

根据《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600—2018），本项目地块用于工业用地（M），因此执行表 1 建设用地土壤污染风险筛选值和管制值（基本项目）中第二类用地的 45 项。

### 1.4.2.1.5 声环境

本项目作为工业功能区，工业单元以工业生产和仓储物流为主，根据《海盐县人民政府办公室关于印发海盐县声环境功能区划分方案的通知》（盐政办发[2021]49号），声环境属3类功能区，详见图 1-7，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中3类标准。



图 1-6 本项目水环境功能区划图



图 1-7 本项目声功能区划图

### 1.4.2.2 污染物排放标准

#### 1.4.2.2.1 废气

本项目主要非放废气为食堂油烟废气，经油烟净化装置处理后满足《餐饮业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）中排放标准后排放。

#### 1.4.2.2.2 废水

本项目非放废水排入园区污水管网，经嘉兴市联合污水处理厂处理，经过污水处理厂后，排水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》

(GB18918-2002)一级 A 标准以及《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB33/2169-2018)中的表 2 标准后排放。

#### **1.4.2.2.3 噪声**

本项目运行期间执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中标准 3 类标准。

施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)中规定的排放限值。

#### **1.4.2.2.4 固体废物**

一般固体废物执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020);危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)相应标准及修改单(环保部2013年36号公告)。

### **1.5 评价范围和保护目标**

#### **1.5.1 辐射环境评价范围**

##### **1.5.1.1 评价范围**

本项目根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)的要求,放射性同位素生产项目的评价范围不小于 3km,本项目评价范围为以气载流出物排放烟囱为中心,半径 3km 的范围。

##### **1.5.1.2 环境保护目标**

本项目辐射环境影响评价范围主要环境保护目标为评价范围内本项目辐射工作人员、周围其他非辐射工作人员以及公众成员,具体情况详见表 1-7。



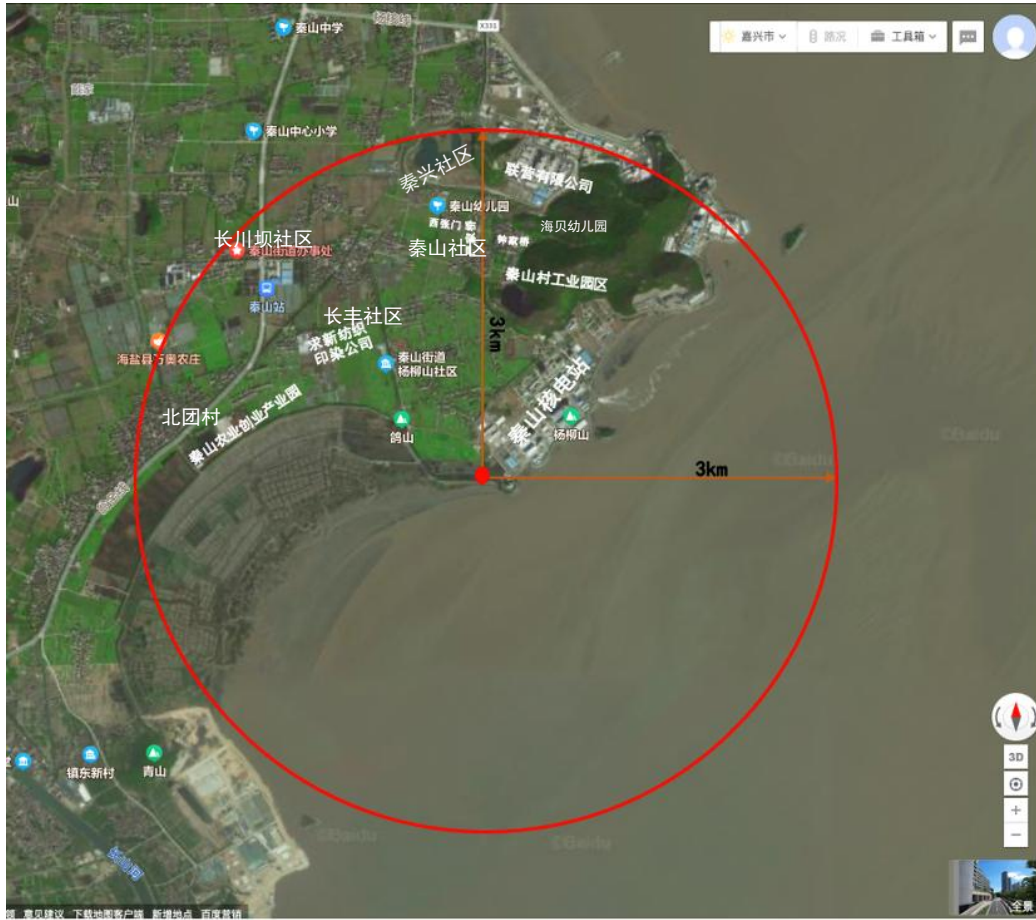


图 1-8 本项目评价范围示意图

表 1-7 本项目电离辐射评价范围内的环境保护目标情况

辐射工作场所	方位	周围环境情况	距离, m	照射类型	规模	照射途径	评价标准
本项目	四周	本项目园区内	0-50	职业照射	约 30 人	瞬发辐射、气载流出物	10mSv/a
		本项目园区内	0-50	公众照射	约 100 人	瞬发辐射、气载流出物	0.1mSv/a
		产业园内其他企业等	50-500	公众照射	约 1000 人	瞬发辐射、气载流出物	0.1mSv/a
	北侧	秦山社区	2~2.5km	公众照射	约 1000 人	气载流出物	0.1mSv/a
		秦兴社区	2.5~3km	公众照射	约 1000 人	气载流出物	0.1mSv/a
		秦山幼儿园	2.6km	公众照射	约 400 人	气载流出物	0.1mSv/a
		海贝幼儿园	2.6km	公众照射	约 50 人	气载流出物	0.1mSv/a
	西北侧 西北侧	杨柳山社区	0.5~1km	公众照射	约 2000 人	气载流出物	0.1mSv/a
		长丰社区	2.2km	公众照射	约 600 人	气载流出物	0.1mSv/a
		长川坝社区	2.5~3km	公众照射	约 1000 人	气载流出物	0.1mSv/a
	西侧	北团村	2.8~3km	公众照射	约 1000 人	气载流出物	0.1mSv/a
东侧	秦山核电基地	0.2~2km	公众照射	约 2000 人	气载流出物	0.1mSv/a	

## 1.5.2 非放射性环境评价等级、评价范围和保护目标

### 1.5.2.1 评价等级及范围

#### (1) 大气环境

本项目施工期主要的大气污染源为施工扬尘，主要污染物是 TSP，经合理的施工管理，其对大气环境的影响是短暂且较小的。根据《环境影响评价技术导则—大气环境》（HJ2.2-2018），确定其大气评价等级为三级，评价范围为施工厂界以及厂址附近的大气环境保护目标，本次评价对其施工期扬尘和运营期的防护措施进行简要分析。根据《环境影响评价技术导则—大气环境》（HJ2.2-2018），三级评价无需设置评价范围。

#### (2) 地表水环境

本项目运营期各类污水采用不同的方式处理达标后纳入市政污水管网，污水的排放不会对周围地表水环境质量造成明显的影响。根据《环境影响评价技术导则—地表水环境》（HJ2.3-2018），本项目废水为间接排放，确定本项目地表水环境影响评价等级为三级 B，无评价范围要求，本次环评对排水依托进行简要的环境影响分析。

#### (3) 声环境

本项目位于产业园内，执行所处的声环境功能区为《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类标准，建设前后评价范围内敏感目标噪声级增加量较小，且受影响人口数量变化不大。按照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）中的有关规定，声环境评价工作等级为三级，对厂界外 200m 声环境开展达标分析。

#### (4) 地下水环境

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）中附录 A 的有关规定，本项目属于 IV 类建设项目，根据导则“4.1 一般要求”可知，IV 类建设项目不开展地下水环境影响评价。

#### (5) 土壤环境影响评价范围及等级



根据《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ 964-2018），对照“附录 A 表 A.1 土壤环境影响评价项目类别”可知，本项目属于 IV 类建设项目，不需要开展土壤环境影响评价。

### 1.5.2.2 环境保护目标

评价区域内未见文物古迹、风景名胜等需要特殊保护的對象，非放环境保护目标如表 1-8 所示。

表 1-8 本项目非放环境保护目标情况

保护目标	方位	距离	保护要素	级别与要求
环境空气	范围内	/	大气	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准
地表水	范围内	/	地表水	《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的 III 类水质标准
产业园内其他产业	西、北侧	50m	声环境	《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 3 类标准

## 2 自然环境与社会环境概况

### 2.1 自然环境概况

#### 2.1.1 人口环境

截止2020年底，海盐县户籍人口383079人，比上年增加197人。其中，女性195257人，男性187822人。全年出生人口2631人，出生率6.87‰；死亡人口2687人，死亡率7.02‰。人口自然增长率-0.15‰，较上年减少1.76个千分点。全年迁入人口 2859人， 迁出人口2605人，人口机械增长率0.66‰，比上年度上升0.12个千分点。

#### 2.1.2 地形、地貌

海盐县地形似一个顶角朝南的等腰三角形，东西最宽处相距约 31 公里，南北最远处相距约 33 公里。海拔平均 3~4 米，整个地势从东南向西北倾斜，大致可分三个部分：南部为平原孤丘区，山丘高度大多在 100 米左右，与海宁市交界的高阳山为县境最高处，主峰高 251.6 米；东部为平原海涂区，地势稍高于西部平原；西部为平原水网区，面积约占全县 2 / 3。全县陆地土地总面积 584.96 平方公里，海湾面积 487.67 平方公里。境内陆地海岸自澉浦镇（南北湖风景区）永乐村起至海盐经济开发区（西塘桥街道）东港村止，全长 53.48 公里，是浙北海岸线最长的县（市）。

项目规划地点地处杭州湾北岸，长江三角洲之南缘。附近除秦山、方家山和杨柳山山体外，其余均为平坦开阔的平原，属剥蚀残丘地貌。规划场址用地及其北侧、西侧现状为农田，场地现状地形标高约为 4.2~4.6m。

#### 2.1.3 气象条件

海盐县地处北亚热带南缘，是典型的东亚季风气候。全年平均气温15.9℃，年平均高温累计日数明显低于长江中下游同纬度城市。年平均雨量1189.7毫米，全年无霜期约为240天，全年日照时数平均为1919.7小时。

##### （1）区域气候

本项目所在区域位于浙江省杭州湾钱塘江口北岸，属东亚季风气候区中的华中亚热带湿润地区，其气候明显特征是风向随季节变化，雨量集中于夏季。杭州湾地区冬季盛行偏北风，春季盛行东、东南或南风，夏季以西南及东南风为主，秋季以偏北风为主。本节内容根据海盐气象站近 30 年的气象观测要素统计资料，概述场址当地气象条件。

气温：多年平均气温 16.6℃，最热月 7 月的平均气温 28.6℃，最冷月 1 月的平均气温 4.4℃，气温的年变化幅度中等偏大。多年极端最高气温为 40.8℃，出现在 8 月，多年极端最低气温为-10.8℃，出现在 1 月。

相对湿度：年平均相对湿度为 79.2%，月平均相对湿度变化在 75.5~83.3% 之间，6 月份最高，为 83.3%；12 月最低，为 75.5%。累年最小相对湿度为 9%，出现在 3 月。

气压：年平均气压为 1016.2hpa。12 月份最高，为 1026.5hpa；7 月份最低，为 1004.6hpa。累年极端最高气压为 1043.9hpa，出现于 1 月；极端最低气压为 983.7hpa，出现在 8 月。

风：年平均风速 2.6m/s，各月平均风速比较均匀，秋冬季节的风速略小，夏季略大，8 月台风的影响稍频繁，平均风速 3.1 m/s，居各月首位。当地常年静风频率约 3.2%。海盐盛行风向为偏东南风。

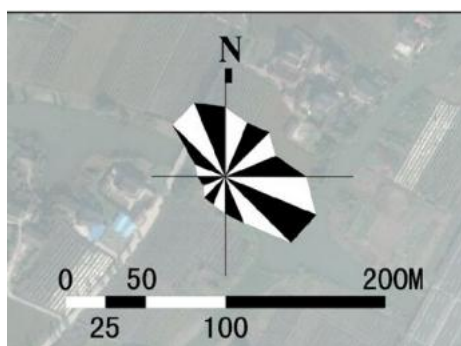


图 2-1 海盐县风玫瑰图

降水：多年平均降雨量 1286mm。月平均降雨量最大出现在 6 月份，为 199.8mm；最小出现在 12 月份，为 47.1mm。一年当中降雨主要集中在 3~9 月份。

年降水日数平均约 140 天，各月的日数差别相对较小。最多出现在 6 月，平均 14.7 天，10、11、12 月较少，约 8 天。

日照：年平均日照数为 1824.3h。日照时数最多月份为 7 月，为 217.6h；最少月份为 2 月，为 107.1h。

蒸发：年平均蒸发量为 1257.1mm。平均蒸发量最多月份为 8 月，为 188.5mm；最少月份为 1 月，只有 38.4mm。

## (2) 主要天气现象

### 1) 热带气候

本区域在 6~9 月份间常受到台风侵袭，台风登陆过境带来强风，暴风的灾害性天气。据 1972 年至 1994 年统计，有影响的热带风暴、强热带风暴、台风（过程降水 $\geq 50\text{mm}$  或风速 $\geq 17\text{m/s}$ ）共有 24 次，海盐县出现的最强台风的风速为 27m/s，最大过程降水量为 159.4mm。

### 2) 梅雨

本区域处于梅雨中心带，多年平均入梅期为 6 月 15 日，出梅期为 7 月 9 日。梅雨期的特点是雨量充沛，连续性降水多，常伴有大雨和暴雨出现，相对湿度大、云多、日照时间短。

### 3) 龙卷风

浙江省龙卷风以湖州、嘉兴、宁波和绍兴地区为最多，1921 年至 1989 年间共记录到 25 例。龙卷风直径多在 200~300m，最大风速达 34~100m/s。根据嘉兴地区近 20 年发生龙卷风的统计资料表明，嘉兴地区有龙卷风存在，龙卷风风速达 70m/s 左右。但秦山地区所在的海盐县未发现有龙卷风发生的记载。

### 4) 雷暴

本区域平均每年出现雷暴日数 30~40 天，出现雷暴的初始时间在 3 月份，终止时间为 9 月份。

## (3) 大气弥散条件

杭州湾以北的长江中下游平原，地势开阔平坦，平均流场较均匀，流线曲率小且简单。项目建设地点属滨海场址，但由于杭州湾地区海水与陆上的温差不大，因此，不利于扩散的海陆风环流出现的频率均很低。

本项目所在地区的年平均风速较大，静风频率相对较低，2002 年度平均风速为 3.3 米/秒，年静风频率仅为 2.19%。年度最多风向 E 风，频率为 14.56%，次最多风向是 ESE 风，频率为 13.05%；主导风向为偏东风（ENE、E、ESE）占年风向频率的 32.62%，平均风速为 3.5 米/秒；年最少风向是 SSE 风，年频率仅为 2.48%；年度极大风速为 ESE 风，21.7 米/秒，出现在 2002 年 3 月 21 日 14 时 52 分。

#### 2.1.4 水文概况

海盐县河流水量丰富，多年实测日平均水位 2.97 米，常水位时河湖总蓄积量约有 0.51 亿立方米，平均年径流量为 2.03 亿立方米。县境南部和东部濒临钱塘江和杭州湾。境内河道纵横，总长 1860.7 公里，骨干河流有盐平塘河、盐嘉塘河、长山河、白洋河等。

##### （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。杭州湾总水域面积约 5000km<sup>2</sup>，平均水深 8~10m。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) 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%。

### 4) 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。

## (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 12273.5km<sup>2</sup>，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，与长江相沟通。

### (3) 溪流与江河中可能最大洪水

本项目规划场址属于滨海场址，河流（钱塘江）中的可能最大洪水影响远小于风暴潮，故不予考虑。

#### 2.1.5 土壤、土质

全县黄斑田土属共有面积189976.05亩，占水稻田总面积的45.8%，主要分布在本县水网地区，系水网地区的当家土属之一。成土母质为河海相沉积物，质地均细，主要由粉砂和粘粒组成，以重壤为主。粉泥田土属全县共有面积46489.35亩，占水稻田总面积11.2%，主要分布在沿海稻棉轮作的海塘、西塘、武原、秦山等地。

## 2.2 社会经济状况

### 2.2.1 人口及行政区划

截止2020年底，全县户籍人口383079人，比上年增加197人。其中，女性195257人，男性187822。全年出生人口2631人，出生率6.87‰；死亡人口2687人，死亡率7.02‰。人口自然增长率-0.15‰，较上年减少1.76个千分点。全年迁入人口 2859人，迁出人口2605人，人口机械增长率0.66‰，比上年度上升0.12个千分点。

截至2019年4月，海盐县辖4街道、5镇，武原街道、西塘桥街道、望海街道、秦山街道、沈荡镇、百步镇、于城镇、澉浦镇、通元镇。

### 2.2.2 社会经济发展

海盐县经济总量持续增加。初步核算，截止2020年底，全年实现生产总值544.51亿元，按可比价格计算，比上年增长3.1%。第一产业增加值17.83亿元，比上年增长2.5%；第二产业增加值313.74亿元，比上年增长0.4%；第三产业增加值212.95亿元，比上年增长7.3%。第二产业中工业增加值290.78亿元，比上年增长0.8%。扣除核电工业，县内生产总值428.97亿元，比上年增长3.5%，县

内工业增加值175.24亿元，比上年增长0.2%。三次产业结构调整为3.3：57.6：39.1。按户籍人口计算，人均生产总值为142178元（折合20613美元）。

### 2.2.3 科学技术和教育

全县研究与试验发展经费（R&D）占GDP的比重为3.06%。全县一般公共预算支出中科学技术支出3.26亿元，比上年增长4.3%。全县高新技术企业251家，比上年增加71家；省科技型中小企业567家，比上年增加127家。全县专利申请总量4942件，比上年增长0.5%，专利授权总量3412件，比上年增长4.3%；专利授权总量中发明专利授权量184件，比上年增长38件。

全县有幼儿园46所，在园幼儿14088人，教师964人；小学21所，在校学生25455人，教师1520人；普通中学16所，在校学生15976人，教师1521人。九年义务教育对象入学率100%。初中、高中毕业生的升学率分别为99.37%和81.22%。有职业中学2所，在校学生4586人，教师356人。

### 2.2.4 资源、环境、城市建设

县内规模以上工业企业能源消费量146.56万吨标准煤，比上年下降6.1%；县内规模以上工业增加值能耗下降6.4%。全社会用电量47.89亿千瓦时，比上年下降2.9%。

全年空气质量指数（AQI）优良率达到94.8%，其中优的天数达到142天，同比增加25天；PM2.5年平均浓度下降至27微克/立方米，同比改善3.6%。省跨行政区域交接断面水质考核为“优秀”评价，12个主要河道断面Ⅲ类水及以上水质占比100%。8个嘉兴市控以上断面中Ⅲ类水占比达100%，同比提高25个百分点。城市污水处理率97.49%，生活垃圾无害化处理率100%。2020年获评国家生态文明建设示范县。

全县供水普及率、燃气普及率、生活垃圾处理率均为100%。县城市政公用设施建设固定资产投资10.91亿元。县城建成区面积24.97平方公里，比上年扩大14.38%，建成区人口16.09万人，比上年增长3.14%。年末实有城市道路面积553.75万平方米，比上年增长23.79%；排水管道长度460.35公里，比上年增长1.20%。建成区绿地面积940公顷，比上年增长10.90%，人均公园绿地面积



积18.02 平方米，比上年增长10.62%。2020 年成功入选第六届全国文明城市名单。

## 2.3 环境质量和辐射现状

### 2.3.1 辐射环境现状监测数据

本项目委托浙江亿达监测技术有限公司（CMA：211112051235）于2022年5月19日对拟建场址及其周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率进行了检测，并委托浙江国辐环境科技有限公司（CMA：171112050484）对土壤和沉积物中的总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 进行了检测，委托国家卫生健康委职业安全卫生研究中心（CMA：170121130393）对环境样品进行了检测，监测报告见附件11。

#### 2.3.1.1 监测内容

根据本项目主要辐射污染因子的类别和特征，辐射环境现状监测对象和监测项目列于表2-1。

表 2-1 监测对象和项目

序号	监测对象	监测项目
1	外照射剂量率	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率
2	空气	特征核素
3	土样	特征核素，总 $\alpha$ ，总 $\beta$
4	水样	特征核素，总 $\alpha$ ，总 $\beta$

#### 2.3.1.2 取样点位

本项目 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测点位示意图见图2-2图2-4，空气、水样和土壤样品取样点位示意图见图2-5~图2-7。



图 2-2 场址 50m 范围内环境γ辐射空气吸收剂量率检测布点示意图



图 2-3 场址周围 0.8km 范围内环境γ辐射空气吸收剂量率检测布点示意图



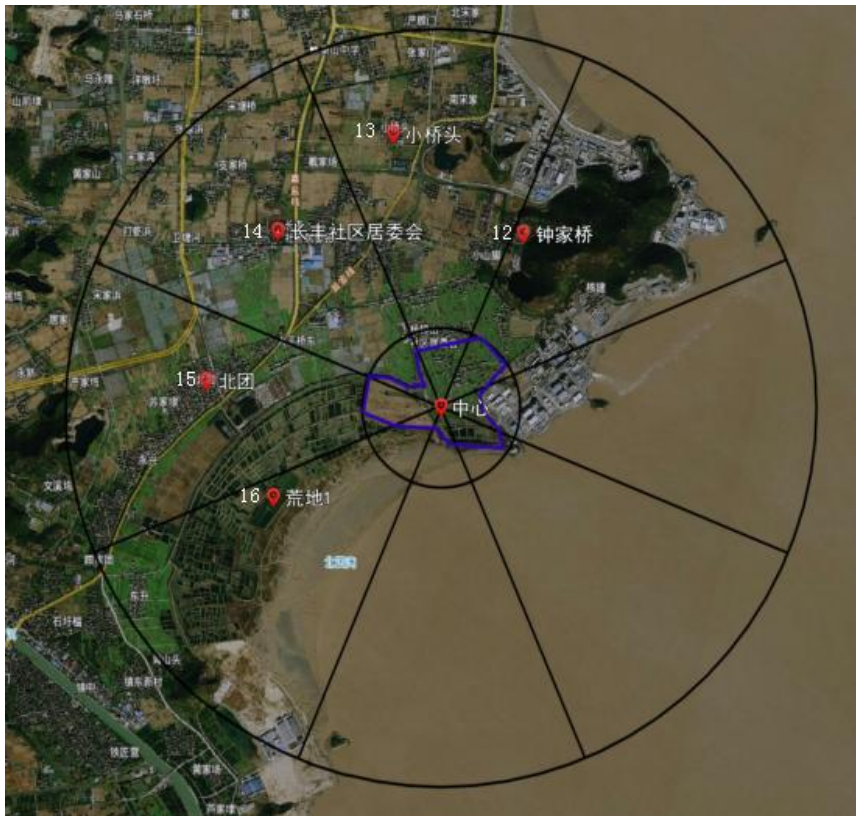


图 2-4 场址周围 3km 范围内环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率检测布点示意图



图 2-5 场址周围土壤样品采样点示意图



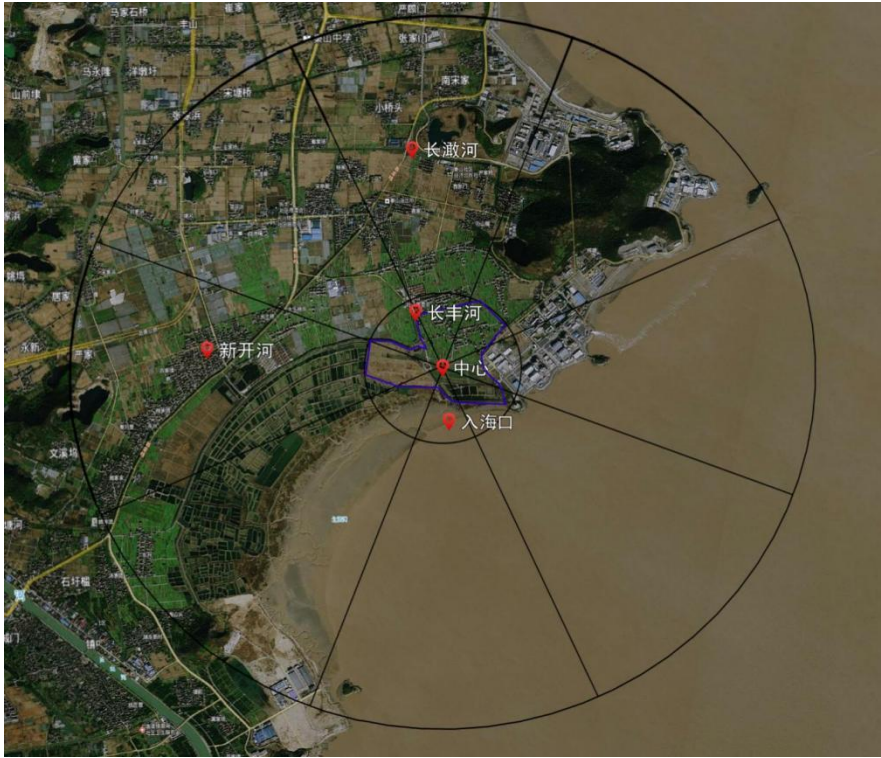


图 2-6 场址周围地表水采样点示意图



图 2-7 场址周围空气采样点示意图

### 2.3.1.3监测设备

本次监测使用的仪器设备详见表 2-2。

表 2-2 仪器设备及性能指标

设备名称	设备型号	设备编号	检定有效期
X、 $\gamma$ 辐射周围剂量当量率仪	6150 AD 6（内置探头： 6150 AD-b/H 外置探头： 6150 AD 6/H）	167510+165455	202202.18-2023.02.17
高纯锗 $\gamma$ 能谱测量系统	GR5021	FS-015	2021.08.09-2023.08.08
低本底液闪测量仪	Quantulus GCT 6220	FS-017	2021.08.09-2023.08.08
低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪	LB-4200	FS-052	2021.06.23-2023.06.22
低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 计数器	MPC9604	GF-12-2-2019	2022.4.28-2023.4.27

### 2.3.1.4监测方法

本次监测使用的仪器设备详见表 2-3。

表 2-3 监测方法

序号	监测对象	监测方法	标准依据
1	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数以 10s 为间隔读取 10 个数据；	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）
2	环境样品	在场址周围进行空气、土壤和水样品的获取，送实验室按照国家标准或行业标准进行核素分析。	《高纯锗 $\gamma$ 能谱分析通用方法》（GB/T11713-2015）； 《土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（GB/T 11743-2013）； 《水质总 $\alpha$ 放射性的测定 厚源法》（HJ 898-2017）； 《水质总 $\beta$ 放射性的测定 厚源法》（HJ 899-2017）； 《水中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（GB/T 16140—2018）； 《空气中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（WS/T 184-2017）；

### 2.3.1.5监测结果

外照射剂量率监测结果见表 2-4、表 2-5，空气、土样及水样监测结果见表 2-6~表 2-9。

表 2-4 场址 50m 范围内外照射剂量率监测结果

点位编号	点位描述	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率（nGy/h）	
		平均值	标准差
A1	拟建场址中心	69	5

A2	拟建场址西北侧	93	7
A3	拟建场址西侧	70	5
A4	拟建场址西南侧	83	6
A5	拟建场址南侧	89	6
A6	拟建场址东南侧	87	3
A7	拟建场址东侧	84	4
A8	拟建场址北侧	90	2
A9	望秦海家庭农场	90	3
A10	井巷公司	97	2
A11	花光苗	89	4
A12	秦山核电站西侧道路	86	2

注：1.γ辐射空气吸收剂量率均已扣除宇宙射线响应值 30nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，A1-A12 点位取 1；  
2.本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393；  
3.本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据。

表 2-5 场址周边外照射剂量率监测结果

点位编号	点位描述	γ辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)	
		平均值	标准差
1	中心	107	5
2	杨柳山 2 区	126	6
3	杨柳村 3 区 1	95	5
4	荒地 2	108	3
5	交叉口	102	6
6	荒地 3	117	2
7	荒地 4	102	1
8	荒地 5	107	4
9	荒地 6	87	4
10	荒地 7	88	2
11	杨柳村 3 区 2	87	2
12	钟家桥	156	2
13	小桥头	133	2
14	长丰社区居委会	135	2
15	北团	89	2
16	荒地 1	95	3

注：1.γ辐射空气吸收剂量率均已扣除宇宙射线响应值 30nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，1-16 点位取 1；  
 2.本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393；  
 3.本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据。

表 2-6 土壤及沉积物中特征核素活度浓度检测结果

样品名称	样品编号	核素名称	检测结果 (Bq/kg)
中心土壤	FS2022009-001	Co-60	$<6.00 \times 10^{-1}$
		I-131	$<6.02 \times 10^{-1}$
		Lu-177	$<5.11$
荒地 3 土壤	FS2022009-004	Co-60	$<6.55 \times 10^{-1}$
		I-131	$<6.78 \times 10^{-1}$
		Lu-177	$<4.91$
荒地 4 土壤	FS2022009-005	Co-60	$<6.60 \times 10^{-1}$
		I-131	$<6.99 \times 10^{-1}$
		Lu-177	$<6.12$
荒地 6 土壤	FS2022009-006	Co-60	$<6.61 \times 10^{-1}$
		I-131	$<6.72 \times 10^{-1}$
		Lu-177	$<5.80$
荒地 7 土壤	FS2022009-007	Co-60	$<6.19 \times 10^{-1}$
		I-131	$<6.43 \times 10^{-1}$
		Lu-177	$<4.74$
杨柳村 3 区 2 土壤	FS2022009-008	Co-60	$<6.76 \times 10^{-1}$
		I-131	$<7.13 \times 10^{-1}$
		Lu-177	$<6.06$
钟家桥土壤	FS2022009-009	Co-60	$<7.01 \times 10^{-1}$
		I-131	$<7.11 \times 10^{-1}$
		Lu-177	$<4.72$
北团土壤	FS2022009-011	Co-60	$<6.55 \times 10^{-1}$
		I-131	$<6.90 \times 10^{-1}$
		Lu-177	$<5.17$
荒地 1 土壤	FS2022009-012	Co-60	$<6.63 \times 10^{-1}$
		I-131	$<6.86 \times 10^{-1}$
		Lu-177	$<5.97$
长丰河沉积物	FS2022009-019	Co-60	$<6.98 \times 10^{-1}$
		I-131	$<7.15 \times 10^{-1}$
		Lu-177	$<5.05$
入海口沉积物	FS2022009-020	Co-60	$<6.67 \times 10^{-1}$
		I-131	$<6.66 \times 10^{-1}$
		Lu-177	$<4.36$

新开河沉积物	FS2022009-021	Co-60	$<6.97 \times 10^{-1}$
		I-131	$<6.93 \times 10^{-1}$
		Lu-177	$<4.37$
长澱河沉积物	FS2022009-022	Co-60	$<6.58 \times 10^{-1}$
		I-131	$<6.84 \times 10^{-1}$
		Lu-177	$<5.12$

备注：“<”后值为测量活时间 24h，该核素检测的最小探测下限。

表 2-7 土中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性检测结果

样品名称	采样地点	核素含量 (Bq/kg)	
		总 $\alpha$	总 $\beta$
土壤	钟家桥	487±23	830±13
	北团	440±22	792±12
	荒地 1	400±21	755±12
	中心	285±18	685±12
	荒地 3	455±22	811±13
	荒地 4	479±23	790±13
	荒地 6	422±23	770±13
	荒地 7	229±17	647±11
沉积物	杨柳村 3 区 2	520±23	823±13
	长丰河	442±23	823±13
	入海口	287±20	669±12
	新开河	555±25	892±13
	长澱河	518±23	931±14

备注：“<”后值为测量活时间 24h，该核素检测的最小探测下限。

表 2-8 水中特征核素活度浓度检测结果

样品名称	样品编号	核素名称	检测结果 (Bq/g)
中心北偏东 500 m 处地下水	FS2022009-013	Co-60	$<3.84 \times 10^{-6}$
		I-131	$<3.79 \times 10^{-6}$
		Lu-177	$<2.76 \times 10^{-5}$
中心北偏东 500 m 处地下水	FS2022009-014	Co-60	$<3.81 \times 10^{-6}$
		I-131	$<3.89 \times 10^{-6}$
		Lu-177	$<2.79 \times 10^{-5}$
长丰河地表水	FS2022009-015	Co-60	$<3.71 \times 10^{-6}$
		I-131	$<3.89 \times 10^{-6}$
		Lu-177	$<2.75 \times 10^{-5}$
入海口地表水	FS2022009-016	Co-60	$<4.25 \times 10^{-6}$
		I-131	$<4.07 \times 10^{-6}$



		Lu-177	$<2.90 \times 10^{-5}$
新开河地表水	FS2022009-017	Co-60	$<3.72 \times 10^{-6}$
		I-131	$<3.85 \times 10^{-6}$
		Lu-177	$<2.71 \times 10^{-5}$
长澱河地表水	FS2022009-018	Co-60	$<3.71 \times 10^{-6}$
		I-131	$<3.90 \times 10^{-6}$
		Lu-177	$<2.75 \times 10^{-5}$
备注：“<”后值为测量活时间 24h，该核素检测的最小探测下限。			

表 2-9 水中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性检测结果

样品名称	样品编号	总 $\alpha$ 活度浓度 (Bq/L)	总 $\beta$ 活度浓度 (Bq/L)
中心北偏东 450 m 处地下水	FS2022009-013	0.20±0.03	0.44±0.01
中心北偏东 500 m 处地下水	FS2022009-014	0.43±0.06	0.27±0.01
长丰河地表水	FS2022009-015	0.28±0.05	0.32±0.01
入海口地表水	FS2022009-016	<MDL ( $\alpha$ )	1.71±0.01
新开河地表水	FS2022009-017	0.34±0.05	0.40±0.01
长澱河地表水	FS2022009-018	0.28±0.06	0.35±0.01
注：MDL ( $\alpha$ ) =0.01 Bq/L；MDL ( $\beta$ ) =0.01 Bq/L。			

表 2-10 空气中特征核素活度浓度检测结果

样品名称	样品编号	核素名称	检测结果 (Bq/m <sup>3</sup> )
杨柳山 3 区空气	FS2022009-023	Co-60	$<5.07 \times 10^{-6}$
		I-131	$<5.09 \times 10^{-6}$
		Lu-177	$<3.80 \times 10^{-5}$
杨柳山居委会空气	FS2022009-024	Co-60	$<5.31 \times 10^{-6}$
		I-131	$<5.41 \times 10^{-6}$
		Lu-177	$<4.05 \times 10^{-5}$
长丰社区居委会空气	FS2022009-025	Co-60	$<5.10 \times 10^{-6}$
		I-131	$<5.51 \times 10^{-6}$
		Lu-177	$<4.17 \times 10^{-5}$
北团空气	FS2022009-026	Co-60	$<5.09 \times 10^{-6}$
		I-131	$<5.35 \times 10^{-6}$
		Lu-177	$<3.90 \times 10^{-5}$
备注：“<”后值为测量活时间 24h，该核素检测的最小探测下限。			

综上，本项目场址及周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率处在（69~156）nGy/h 范围内，根据《浙江环境陆地 $\gamma$ 辐射剂量水平调查》，嘉兴市道路 $\gamma$ 辐射剂量率在（28~117）nGy/h，本项目拟建场址及周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率水平处在嘉兴市环境地表 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率波动范围内，项目周围环境的辐射环境质量现状基本无异常。

本项目土壤、水样和空气样品中各核素的活度浓度检测结果处在探测限以下，土壤样品中总 $\alpha$ 处在（229~555）Bq/kg 之间，总 $\beta$ 处在（647~931）Bq/kg 之间，该活度浓度水平处在 2020 年全国辐射环境质量报告中土壤监测结果波动范围内，数据无异常。

表 2-11 全国辐射监测质量报告中土壤监测结果

监测项目	U-238	Th-232	Ra-226	Cs-136
监测结果 Bq/kg	3~306	9~468	6~226	0.2~11

水样样品中总 $\alpha$ 处在（0.2~0.43）Bq/L 之间，总 $\beta$ 处在（0.21~1.71）Bq/L 之间，总 $\beta$ 的活度浓度相对较高，可能是受到了海水倒灌的影响。

### 2.3.2 非放环境质量现状调查与评价

2022 年 5 月 25 日委托嘉兴中一检测研究院有限公司(CMA:1811031111547)对拟建项目场址及周围环境空气和地表水进行补充了检测。

#### 2.3.2.1 大气环境现状评价

根据嘉兴市生态环境局海盐分局发布的《2021 年海盐县环境状况白皮书》，2021 年海盐县环境空气质量数据具体如表 2-12 所示。

表 2-12 环境空气监测结果

污染物	评价指标	现状浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	标准值( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	占标率%	达标情况
SO <sub>2</sub>	年平均质量浓度	6	60	10.00%	达标
NO <sub>2</sub>	年平均质量浓度	25	40	62.50%	达标
CO	日均值第 95 百分位数	900	4000	22.50%	达标
O <sub>3</sub>	日最大 8 小时平均值第 90 百分位数	152	160	95.00%	达标

PM <sub>10</sub>	年平均质量浓度	49	70	70.00%	达标
PM <sub>2.5</sub>	年平均质量浓度	27	35	77.14%	达标

根据海盐县 2021 年环境空气质量现状监测数据统计可知,项目所在区域的环境空气中各项指标均能达到《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中的二级标准,项目所在区域属于达标区。

同时分别在本项目上下风向各设 1 个取样点,对环境空气进行了补充监测,监测结果见表 2-13。

表 2-13 环境空气监测结果

监测点位		1#场址边界东南角(上风向)	2#杨柳山居委会(下风向)	标准值	达标情况
监测内容	可吸入颗粒物(PM <sub>10</sub> ), mg/m <sup>3</sup>	0.018	0.021	0.15	达标
	总悬浮颗粒物, mg/m <sup>3</sup>	0.061	0.068	0.30	达标
	二氧化硫	0.017	0.015	0.15	达标
	二氧化氮	0.009	0.011	0.08	达标
	非甲烷总烃	0.42	0.40	0.60	达标
	氮氧化物	0.018	0.018	0.10	达标
	氯化氢	0.035	0.030	0.05	达标
	苯	< 5.0×10 <sup>-4</sup>	< 5.0×10 <sup>-4</sup>	0.11	达标
	甲苯	< 5.0×10 <sup>-4</sup>	< 5.0×10 <sup>-4</sup>	0.20	达标
	二甲苯(间二甲苯、对二甲苯、邻二甲苯)	< 5.0×10 <sup>-4</sup>	< 5.0×10 <sup>-4</sup>	0.20	达标

综上,项目周边区域监测环境空气的常规和特征污染因子现状情况良好,均满足相应标准限值要求。

### 2.3.2.2 地表水环境现状评价

2021 年海盐县内六条主要河流和一个湖泊共设 13 个县控以上地表水监测断面,13 个断面水质全部达标且符合水环境功能区要求。其中,II类水质 2 个,III类水质 11 个,无IV类及以下水质断面,2020 年全县地表水水质状况总体评价为优秀。2021 年海盐县全县地表水内河河网(南北湖除外)的主要污染物统计分析结果如表 2-14 所示。

表 2-14 近年来海盐地表水内河河网（南北湖除外）主要污染物统计

指标	2021年均值(mg/L)	平均值类别	超标倍数
DO	6.8	II类	达标
高锰酸盐指数	4.2	III类	达标
COD <sub>Cr</sub>	14.3	I类	达标
BOD <sub>5</sub>	2.9	I类	达标
NH <sub>3</sub> -N	0.41	II类	达标
T-P	0.135	I类	达标
石油类	0.02	I类	达标

根据本项目所处地理位置及现场踏勘调研情况，分别在本项目周围 3km 范围内的长丰河、长澉河设置 2 个监测断面进行了补充监测，监测结果见表 2-15。

表 2-15 地表水监测结果

监测点位		3#长丰河	4#长澉河
监测内容	pH 值	7.5	7.4
	溶解氧	5.2	4.9
	氨氮	0.285	0.358
	总磷	0.26	0.17
	总氮	1.83	2.52
	石油类	0.01	<0.01
	悬浮物	36	30
	高锰酸盐指数	4.70	6.02
	五日生化需氧量 (BOD <sub>5</sub> )	2.7	0.011

采用单项水质参数评价模式，在各项水质参数评价中，对某一水质参数的现状浓度采用多次监测的平均浓度值。单因子污染指数计算公式为：

$$S_{ij}=C_{ij}/C_{sj}$$

式中：S<sub>ij</sub>：第 i 种污染物在第 j 点的标准指数；

C<sub>ij</sub>：第 i 种污染物在第 j 点的监测平均浓度值，mg/L；

C<sub>sj</sub>：第 i 种污染物的地表水水质标准值，mg/L；

其中：

pH 的标准指数为:

$$S_{pH,j} = \frac{7.0 - pH_j}{7.0 - pH_{sd}} \quad pH_j \leq 7.0$$

$$S_{pH,j} = \frac{pH_j - 7.0}{pH_{su} - 7.0} \quad pH_j > 7.0$$

式中:  $S_{pHj}$ : 为水质参数 pH 在 j 点的标准指数;

$pH_j$ : 为 j 点的 pH 值;

$pH_{su}$ : 为地表水水质标准中规定的 pH 值上限;

$pH_{sd}$ : 为地表水水质标准中规定的 pH 值下限。

DO 的标准指数为:

$$S_{DOj} = \frac{|Q_s - DO_j|}{Q_s - DO_s}, \quad DO_j \geq DO_s$$

$$S_{DOj} = 10 - 9 \frac{DO_j}{DO_s}, \quad DO_j < DO_s$$

$$Q_s = \frac{468}{31.6 + T}$$

式中:  $S_{DOj}$ : 为水质参数 DO 在 j 点的标准指数;

$DO_j$ : 为 j 点的 DO 值;

$O_s$ : 为饱和 DO 浓度;

T: 水温, °C;

$DO_j$ : 为水质参数 DO 在 j 点的浓度。

$DO_s$ : 为地表水水质标准中规定的 DO 标准。

其评价结果见下表。

表 2-16 地表水环境质量现状评价结果一览表

项目名称	标准指数		评价结果	
	长丰河	长澍河	长丰河	长澍河
pH	0.31	0.2	III类	III类

项目名称	标准指数		评价结果	
	长丰河	长濑河	长丰河	长濑河
DO	0.94	1.18	Ⅲ类	Ⅳ类
COD <sub>Mn</sub>	0.78	1.00	Ⅲ类	Ⅳ类
BOD <sub>5</sub>	0.73	0.68	Ⅲ类	Ⅲ类
NH <sub>3</sub> -N	0.29	0.36	Ⅲ类	Ⅲ类
总磷	1.30	0.85	Ⅳ类	Ⅲ类
总氮	1.83	2.52	V类	劣V类
石油	0.20	<0.20	Ⅲ类	Ⅲ类

由表中可以看出，长丰河水质总磷和总氮标准指数大于1，其他评价因子监测结果均满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中Ⅲ类标准；长濑河水质中溶解氧、高锰酸盐指数、总氮的标准指数均大于1，其他评价因子均满足GB3838-2002中Ⅲ类标准。

改进措施：目前海盐县政府部门已进入“五水共治”工作巩固提升阶段，在不断抓好各治水主体的同时，引入第三方运维机制，进一步推动企业污水管网和农村生活污水管网建设，根据不同水体，进行不同水生植物种植等工程，严格环境执法、完善排污许可制度和总量控制等措施，确保水质持续改善。

## 2.4 场址适宜性评价

本项目所在区域地质和地震条件良好，没有影响放射性同位素和放射源安全使用的颠覆性因素。

结合本项目特征辐射污染因子和电离辐射环境影响评价范围，区域周边社会环境相对简单，条件较好。

环境现状调查结果表明，项目拟建场址及周围环境的环境质量良好，环境电离辐射水平均处于当地天然本底波动范围内。

综上所述，本项目选址适宜开展所申请的核技术利用活动。

### 3 工程分析与源项

#### 3.1 项目规模与概况

本项目总建筑面积为 18062m<sup>2</sup>，总占地面积为 29900 m<sup>2</sup>，主要包括 <sup>60</sup>Co 和 <sup>14</sup>C 生产厂房（101 子项）、<sup>89</sup>Sr、<sup>177</sup>Lu 和 <sup>131</sup>I 生产厂房（102 子项）、排风及固废整备中心（103 子项）、仓库及特种车库（104 子项）、研发楼（201 子项）等建筑单体，项目鸟瞰图见图 3-1，整体平面布局图见附图 1，其中 101 子项、102 子项和 103 子项为辐射工作场所，具体布局如下：

<sup>60</sup>Co 和 <sup>14</sup>C 生产厂房位于生产区西北角。其东侧为仓库及特种车库，间距为 21.80m；南侧为排风及固废整备中心，间距为 23.00m；西侧为周界出入口；北侧为场地实包围墙；

<sup>131</sup>I、<sup>89</sup>Sr 和 <sup>177</sup>Lu 生产厂房位于生产区东南角，其东侧为实包围墙，间距为 11.60m；南侧为场地实包围墙；西侧为排风及固废整备中心，间距为 22.00m；北侧为仓库及特种车库，间距为 22.84m；

排风及固废整备中心位于厂区西南角，负责固废的处理和废气的排放，其东侧为 <sup>131</sup>I、<sup>89</sup>Sr 和 <sup>177</sup>Lu 生产厂房，间距为 22.00m；南侧和西侧为实包围墙；北侧为 <sup>60</sup>Co 和 <sup>14</sup>C 生产厂房，间距为 23.00m；

仓库及特种车库位于生产区东北角，主要用于停放、检修和清洗运输车辆及放置设备和生产物资，其东侧为实包围墙，间距为 11.15m；南侧为 <sup>131</sup>I、<sup>89</sup>Sr 和 <sup>177</sup>Lu 生产厂房，间距为 22.84m；西侧为 <sup>60</sup>Co 和 <sup>14</sup>C 生产厂房，间距为 21.80m；北侧为实包围墙；

厂前区位于厂区东侧，主要包括研发楼、周界出入口、绿化广场及停车设施。研发楼位于厂前区北侧，研发楼周边为厂前区绿化广场，南侧为厂前区硬化广场。

各建筑物的主要信息见表 3-1，相关图纸见附图 1~附图 6。



图 3-1 本项目厂区鸟瞰图

表 3-1 本项目建筑物相关信息一览表

编号	建筑面积	占地面积	层数	主要功能用途
101 子项	$^{60}\text{Co}$ 和 $^{14}\text{C}$ 生产厂房	4314 $\text{m}^2$	2378 $\text{m}^2$	地下一层：主要布置排风过滤器间、废液暂存间和通风管廊等。
				地上一层： ① 工艺区 工艺区主要包括 $^{60}\text{Co}$ 生产区和 $^{14}\text{C}$ 生产区。 $^{60}\text{Co}$ 生产区主要包括 4 间热室、原料水池、成品源水池、原料吊装大厅、成品源吊装大厅、池水冷却净化间、运输容器库房、汽车门斗、冷源制备间、焊接实验室等。 $^{14}\text{C}$ 生产区主要包括 $^{14}\text{C}$ 生产线（主要由 1 个屏蔽工作箱、1 个干馏箱和 1 个氮气保护箱组成）、气瓶间、发货间、备品备件间、化学试剂间等。 ② 辅助区 房间主要有门厅、生产准备间、备用间（科研用）、楼梯间、卫生间、变配电间、卫生出入口、参观走廊等。
				地上二层：主要房间有送风机房、排烟机房、分析室、机柜间、生产人员办公室、卫生间、通信设备间、去离子水制备间等。
102 子项	$^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 和 $^{177}\text{Lu}$ 生产 厂房	5617 $\text{m}^2$	1777 $\text{m}^2$	地上一层：主要布置 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{131}\text{I}$ 工艺生产线及配套的放化实验室和废物暂存间等。房间主要有门厅、卫生间、卫生通过间、电气间、 $^{89}\text{Sr}$ 工艺生产线、 $^{177}\text{Lu}$ 工艺生产线、 $^{131}\text{I}$ 工艺生产线、科研生产线、包装间和暂存间等。
				地上二层：主要用于送排风系统、辅助系统布置等。房间主要有送风机房、排风过滤器间、纯化水制备间等。
				地上三层：主要用于布置质量检验系统。房间主要有化学实验室、放射性实验室、阳性检测室、微生物检测室、无菌室、培养室、样品接收间、样品处理室、试剂间、标准品间、仪器间、质量准备间、质量档案室等。



					地上局部四层。主要用于排烟风机房、电梯机房等。
103 子项	排风及固废 整备中心	2164 m <sup>2</sup>	2152 m <sup>2</sup>	地上一层， 层高 8.3m	主要包括转入操作区、整备倒装区、放射性固废储存区、卫生出入口、辅助设施区、排风中心等。
	排气塔	/	/	高 60m	排风风速在 8-16m/s 之间
104 子项	仓库及特种 车库	1387 m <sup>2</sup>	1387 m <sup>2</sup>	地上一层， 层高 7.9m	仓库存放区、车辆停放间、回收包装容器整理间、淋浴间等。
201 子项	研发楼	4471 m <sup>2</sup>	1196 m <sup>2</sup>	局部地下一 层，地上四 层，层高 16.65m	局部地下一层：泵房、消防水池、楼梯间等
					地上一层：展厅、中央控制室、值班室、消防控制室、通信设备间等
					地上二层：大会堂、办公室、会议室等
					地上三层：档案馆、休息区、办公室等
					地上四层：信息档案馆、休息区等
202 /1	研发楼区域 对外出入口	52 m <sup>2</sup>	52 m <sup>2</sup>	地上一层	人员通道、车辆通道、保卫值班室等
202 /2	生产区域对 外出入口	45 m <sup>2</sup>	45m <sup>2</sup>	地上一层	人员通道、车辆通道、保卫值班室、设备间等
	总计	1806 2m <sup>2</sup>	2990 0 m <sup>2</sup>	/	/

## 3.2 工程设备与工艺分析

### 3.2.1 业务协作关系

(1) 本项目生产原料（辐照后靶件），由秦山核电提供，2011年首批工业<sup>60</sup>Co源头在秦山三期重水堆出堆，至今已稳定生产超过10年，2022年4月，首批<sup>14</sup>C靶件装入秦山三期重水堆2号机组，预计2024年4月出堆，另<sup>89</sup>Sr、<sup>131</sup>I、<sup>177</sup>Lu靶件通过秦山三期重水堆观察孔生产，秦山三期共有2台重水堆机组，每台机组考虑利用1个观察孔辐照靶件，1个观察孔(导向管)内安装6个指套管，每个指套管可同时放置37根靶件，根据计算结果，秦山三期重水堆有能力为本项目提供足量、合格的辐照后靶件。

(2) 本项目生产辅助原料（非放原材料、试剂等），均外购。

### 3.2.2 工艺流程分析

本项目拟建 5 条放射性同位素生产线，各生产线的设计产能见表 3-2，接收秦山核电重水堆辐照后的靶件（接收靶件参数见表 3-3），在各生产线内将靶件切割、生产、提取、检验合格后，分装作为产品外运，各放射性同位素特性见表 3-4。

表 3-2 生产线设计产能一览表

序号	核素	产品形式	产能（Ci/年）	产品成品形式 <sup>1</sup>
1	<sup>60</sup> Co	<sup>60</sup> Co 放射源	800 万	0.5-2.5 万 Ci 安全使用寿命：20 年
2	<sup>14</sup> C	Ba <sup>14</sup> CO <sub>3</sub> 粉末	200	活度：5Ci
3	<sup>89</sup> Sr	<sup>89</sup> SrCl <sub>2</sub> 溶液	100	活度：5Ci
4	<sup>131</sup> I	Na <sup>131</sup> I 溶液	30000	活度：15Ci
5	<sup>177</sup> Lu	<sup>177</sup> LuCl <sub>3</sub> 溶液	12000	活度：10Ci

备注：1.产品成品活度均为单个产品的活度。

表 3-3 接收靶件参数一览表

序号	项目	靶件组成
1	<sup>60</sup> Co <sup>1</sup>	工业钴调节棒组件包括 6 个或 16 个棒束、1 个锆合金中心棒及相关的定位和连接部件组成。1 个棒束内有钴（或 AlN）棒，钴棒和 AlN 棒数量共 3-4 个。钴（或 AlN）棒包壳为锆合金，内部为钴块或 AlN 粉末。
		医用钴调节棒组件包括 6 个棒束、1 个锆合金中心棒及相关的定位和连接部件组成。1 个棒束内有钴棒，钴棒数量为 3-4 个。钴棒包壳为锆合金，内部为钴块。
2	<sup>14</sup> C	采用双层锆合金包壳，内包壳内填充 AlN 粉末。
3	<sup>89</sup> Sr	采用双层包壳，外层为锆合金，内层为石英玻璃管，其内填装 <sup>89</sup> SrCO <sub>3</sub> 粉末。
4	<sup>131</sup> I	采用双层包壳，外层为锆合金，内层为石英玻璃管，其内填充天然 TeO <sub>2</sub> 靶件。
5	<sup>177</sup> Lu	采用双层包壳，外层为锆合金，内层为石英玻璃管，其内填装 Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 粉末。

备注：  
1.<sup>60</sup>Co 和 <sup>14</sup>C 单棒在棒束架等其他定位部件的固定下同时进堆辐照，堆照后一起运至本项目厂区，<sup>60</sup>Co 和 <sup>14</sup>C 靶件出堆后在秦山核电站放置 2 月后运至本项目厂房；  
2. <sup>89</sup>Sr、<sup>177</sup>Lu 和 <sup>131</sup>I 靶件辐照出堆后放置 48h 后再进行操作；  
3.靶件从秦山核电站运输至本项目厂区由建设单位负责。

表 3-4 核素放射性特性一览表

核素	半衰期	β粒子能量, Mev	γ能量, MeV
<sup>60</sup> Co	5.27a	0.315 (99.74%)	1.17 (100)、1.33 (100)
<sup>14</sup> C	5730a	0.155 (100%)	/
<sup>89</sup> Sr	50.5d	1.488 (~100%)	/
<sup>131</sup> I	8.02d	0.6065 (86%)、0.336 (13%)	0.28 (7.46)、0.36 (81%, 100)、

			0.64 (8.94)
<sup>177</sup> Lu	6.6d	0.177 (11.64%)、0.2486 (0.012%)、 0.3854 (9.1%)、0.4983 (79.3%)	-

### 3.2.3 101 子项

#### 3.2.3.1 工艺设施

101 子项主要生产设施具体参数见表 3-5。

表 3-5 101 子项主主要生产设施参数一览表

子项	生产线	生产箱室/容器	屏蔽厚度
101	<sup>60</sup> Co 生产线	原料接收容器	27.8cmPb
		1#热室	长 3m*宽 2m*高 3.5m, 120cm 重混凝土
		2#热室	长 4m *宽 2m *高 3.5m, 120 cm 重混凝土
		3#、4#热室	长 3m *宽 2m *高 3.5m, 120 cm 重混凝土
		固废转运容器	φ486*735mm, 11.5cmPb
		原料水池	3.5m 长*3.0m 宽*7.3m 高, 四周混凝土厚度 ≥1.5m, 水面高度≥5.5m
		产品成品水池	
	产品容器	长 1.2m*宽 1.2m*高 1.2m, 26.6cmPb	
	<sup>14</sup> C 生产线	原料转运容器	φ311*475mm, 10cmPb
		原料水池	2m 长*1m 宽*3m 高, 四周混凝土厚度 1.0m, 水面高度 2.2m
		屏蔽工作箱	长 2.0m*宽 0.9m*高 1.3m, 10.5cmPb
		干馏箱	长 2.44m*宽 1.38m*高 1.35m, 前方 60mm, 上下左右 40mm, 后方 20mm, 屏蔽材料 304 不锈钢
		氮气保护箱	长 1.4m*宽 1.48m*高 1.2m, 5mm 不锈钢
		固废转运容器	φ311*475mm, 11cmPb
产品容器		9cmPb	

备注：1.<sup>60</sup>Co 和 <sup>14</sup>C 作为一个整体运输至厂区，均在 1#热室进行棒束架的拆解，得到的 <sup>60</sup>Co 单棒在 <sup>60</sup>Co 原料水池暂存，得到的 <sup>14</sup>C 单棒在 <sup>14</sup>C 水池暂存。

2. 普通混凝土： $\rho \geq 2.3\text{g/cm}^3$ ，重混凝土： $\rho \geq 3.55\text{g/cm}^3$ ，铁： $\rho \geq 7.6\text{g/cm}^3$ ，铅： $\rho \geq 11.3\text{g/cm}^3$ 。

#### 3.2.3.2 工作流程

##### 3.2.3.2.1 <sup>60</sup>Co 生产线工作流程

工业 <sup>60</sup>Co 放射源生产流程见图 3-2。

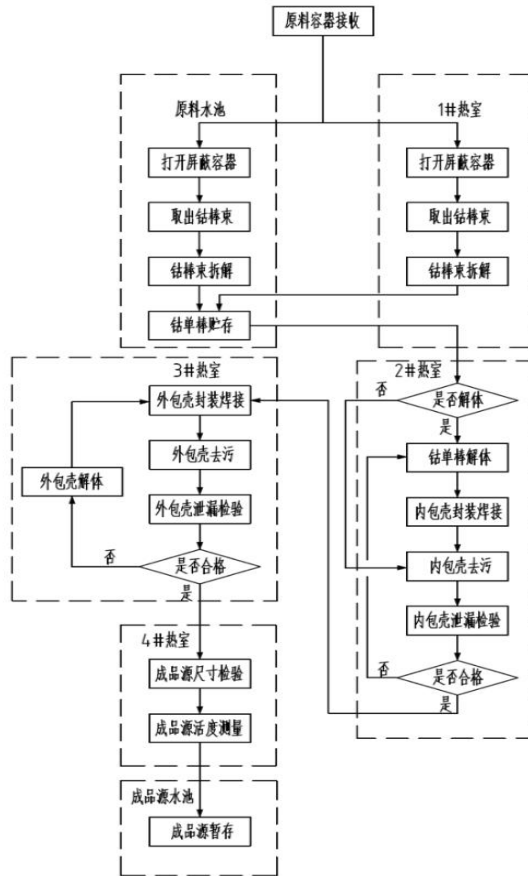


图 3-2 工业 Co-60 生产工艺流程图示意图

### 3.2.3.2.2 <sup>14</sup>C 生产线工作流程

<sup>14</sup>C 生产流程图见图 3-3。

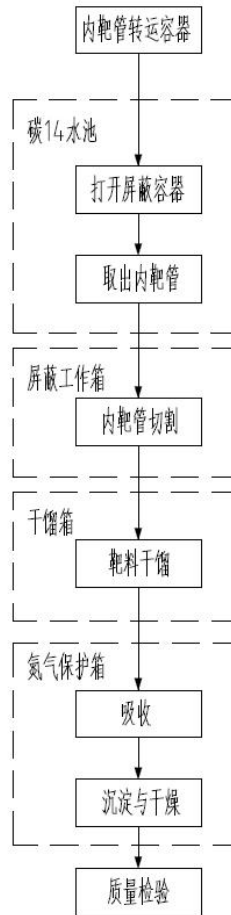


图 3-3<sup>14</sup>C 生产工艺流程图

### 3.2.3.3 工作负荷

101 子项辐射工作人员均在箱室前的机械手远距离操作，工作负荷见表 3-6。

表 3-6 101 子项辐射工作人员工作负荷一览表

场所	核素	工作步骤	单次最大操作活度, Ci	单次最大操作时间, min	每年工作次数, 次/年	工作人员数量, 人
101	<sup>60</sup> Co	原料接收	20 万	10	40	5 人
		拆解棒束架 (1#热室)	20 万	30	40	
		单棒解体、焊接、去污、检验、活度测量及存放。(2、3、4#热室)	6 万	150	133	
	<sup>14</sup> C	原料接收	14	10	14	3 人
		拆解棒束架 (1#热室)	14	30	14	
		内靶管切割 (屏蔽工作箱)	4.2	6	46	
		干馏及吸收 (氮气保护箱)	14	300	14	
		质量检验	0.005	30	14	

### 3.2.4 102 子项

102 子项  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  生产线的工作人员在工作箱室人员操作位进行手动操作，距离工作箱室屏蔽体约 0.2m。

#### 3.2.4.1 工艺设施

102 子项主要生产设施具体参数见表 3-5。

表 3-7 102 子项主主要生产设施参数一览表

子项	生产线	生产箱室/容器	屏蔽厚度
102	$^{89}\text{Sr}$ 生产线	原料转运容器	12cmPb
		1#箱室	长*宽*高 (1.6m*0.9m*1.3), 13.5cmPb
		2-1#箱室	长*宽*高 (1.0m*0.9m*1.3), 5cmPb
		2-2#箱室	长*宽*高 (1.0m*0.9m*1.3), 5cmPb
		产品转出工作箱	长*宽*高 (0.8m*0.9m*1.3), 5cmPb
		产品容器	2cmPb
		固废转运容器	9.5cm 钨合金
	$^{131}\text{I}$ 生产线	原料转运容器	12cmPb
		1#箱室	长*宽*高 (1.4m*0.9m*1.3), 14.5cmPb
		2#、3#箱室	长*宽*高 (2.5m*0.9m*1.3), 12.5cmPb
		4#箱室	长*宽*高 (0.8m*0.9m*1.3), 8cmPb
		产品容器	7cmPb
		固废转运容器	9.5cm 钨合金
	$^{177}\text{Lu}$ 生产线	原料转运容器	12cmPb
		1#箱室	长*宽*高 (1.6m*0.9m*1.3), 12cmPb
		2#箱室	长*宽*高 (1.8m*0.9m*1.3), 5cmPb
		3#箱室	长*宽*高 (1.4m*0.9m*1.3), 2.5cmPb
		产品转出工作箱	长*宽*高 (0.8m*0.9m*1.3), 2.5cmPb
		产品容器	7cmPb
		固废转运容器	9.5cm 钨合金
	备注：1. 普通混凝土： $\rho \geq 2.3\text{g}/\text{cm}^3$ ，铅： $\rho \geq 11.3\text{g}/\text{cm}^3$ ，钨合金： $\rho \geq 17.5\text{g}/\text{cm}^3$		

#### 3.2.4.2 工作流程

##### 3.2.4.2.1 $^{89}\text{Sr}$ 生产线工作流程

$^{89}\text{Sr}$  生产流程图见

图 3-4。

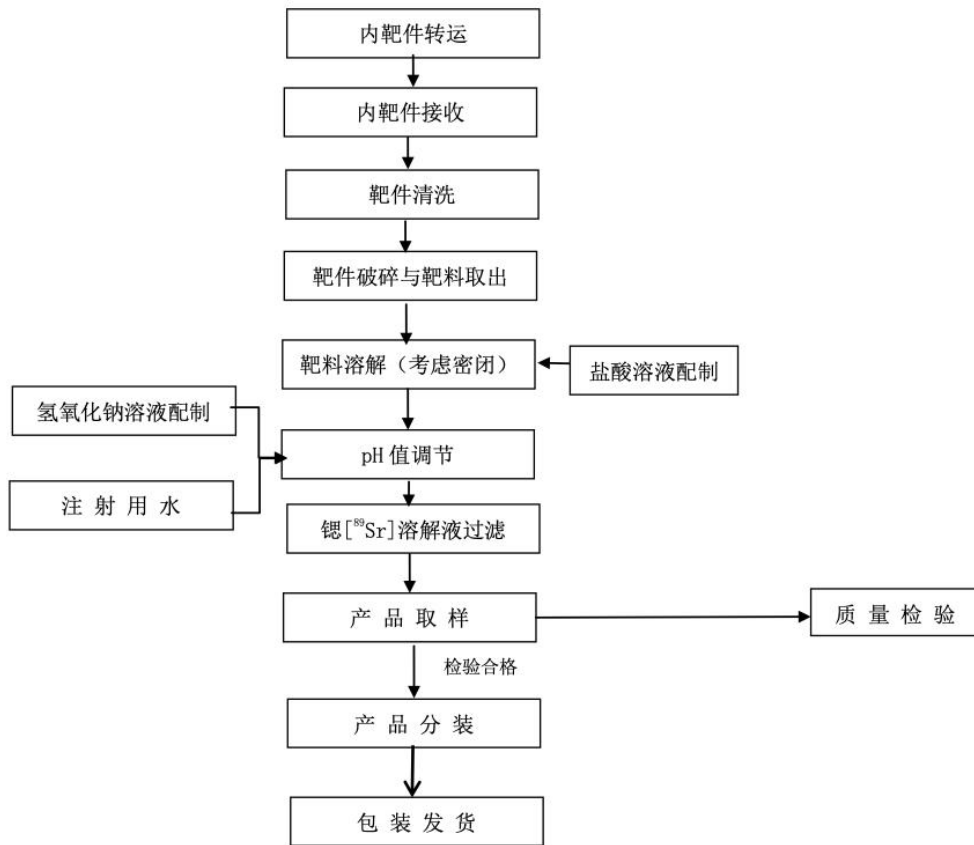


图 3-4<sup>89</sup>Sr 生产工艺流程图示意图

### 3.2.4.2.2 <sup>131</sup>I 生产线工作流程

<sup>131</sup>I 生产流程图见图 3-5。

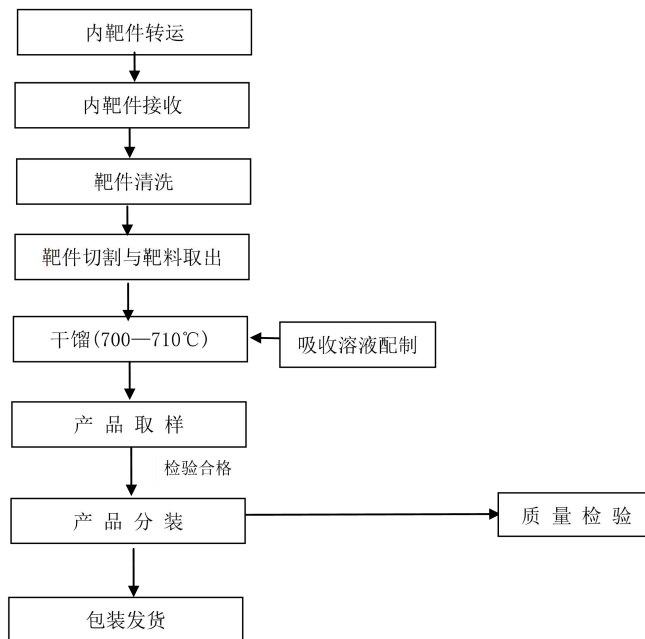


图 3-5  $^{131}\text{I}$  生产工艺流程图示意图

### 3.2.4.2.3 $^{177}\text{Lu}$ 生产线工作流程

$^{177}\text{Lu}$  生产流程示意图见图 3-6。

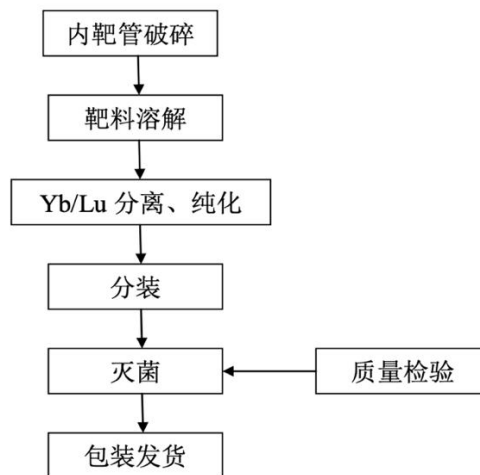


图 3-6  $^{177}\text{Lu}$  生产工艺流程图示意图

### 3.2.4.2.4 二层、三层质检区域的工作流程、内容

接收 101 和 102 子项送来的检验样品，按产品要求和质量检验操作程序开展质量检验项目，主要检验内容包括性状、放射性浓度（比活度）、pH、放化



纯度、核纯度等。质检过程中产生的放射性废液主要为取样、留样和质检废液，先收集在废液桶中，后期定期将废液移送至 102 子项一层暂存间废液储罐中。

### 3.2.4.3 工作负荷

102 子项辐射工作人员均在箱室前的机械手远距离操作，工作负荷见表 3-8，质检工作人员工作负荷见表 3-9。

表 3-8 102 子项辐射工作人员工作负荷一览表

场所	核素	工作步骤	单次最大操作活度 (Ci)	单次最长操作时间 (min)	每天操作次数	每年工作天数	工作人员, 人
102	<sup>89</sup> Sr	靶件接收	10	10	1	10	3 人
		靶件切割、内靶管清洗、转运 (1#)	10	60	1	10	
		<sup>89</sup> Sr 溶液制备 (2-1#)	10	120	1	10	
		产品检验取样、自动分装 (2-2#)	0.05	5	1	10	
	<sup>131</sup> I	靶件接收	60	10	5	100	4 人
		靶件切割、内靶管清洗、转运 (1#)	60	60	5	100	
		<sup>131</sup> I 溶液制备 (2#)	300	120	1	100	
		产品检验取样、自动分装 (3#)	1	5	1	100	
		产品包装 (4#)	15	5	20	100	
	<sup>177</sup> Lu	靶件接收	224	10	1	54	4 人
		靶件切割、内靶管清洗、转运 (1#)	224	30	1	54	
		<sup>177</sup> Lu 溶液制备 (2#)	224	120	1	54	
产品检验取样、自动分装 (3#)		0.5	5	1	54		

表 3-9 102 子项质检辐射工作人员工作负荷一览表

场所	核素	工作步骤	单次最大操作活度, Ci	单次最大操作时间, min	每年工作次数, 次/年	工作人员数量, 人
102	<sup>89</sup> Sr	质量检验	0.05	120	10	4 人
	<sup>131</sup> I	质量检验	1	120	100	
	<sup>177</sup> Lu	质量检验	0.5	180	54	

### 3.2.5 103 子项

本项目 101 子项、102 子项产生的放射性固体废物进行统一处理、暂存。放射性固体废物主要包括三类：废靶管、钴棒束架、废母材等放射性固体废物、

废过滤滤芯以及其他常规放射性固体废物（劳保用品、更换的废工艺管、玻璃器皿、擦拭去污抹布等）。

### 3.2.5.1 工艺设备

103 子项固废整备中心主要工艺设备如下：

（1）废物转运/起吊设备：主要包括 5t 悬挂吊车（101 子项、102 子项放射性固废转入操作区的运输，见图 3-7）、5t 数控吊车（用于 200L 钢桶在废物暂存区域的运输，见图 3-8）、废物运输辊道（见图 3-9）、运输平板车等。

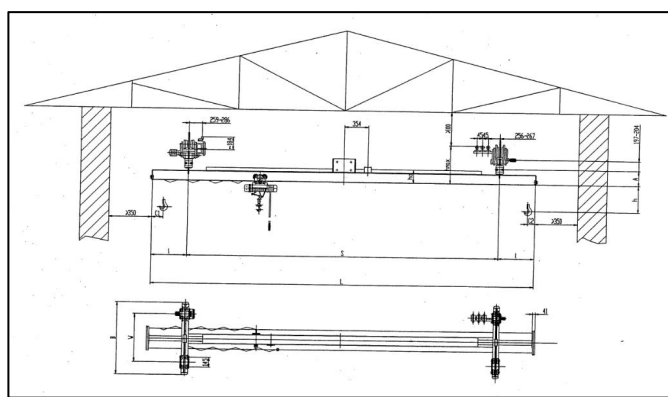


图 3-7 5t 悬挂吊车示意图

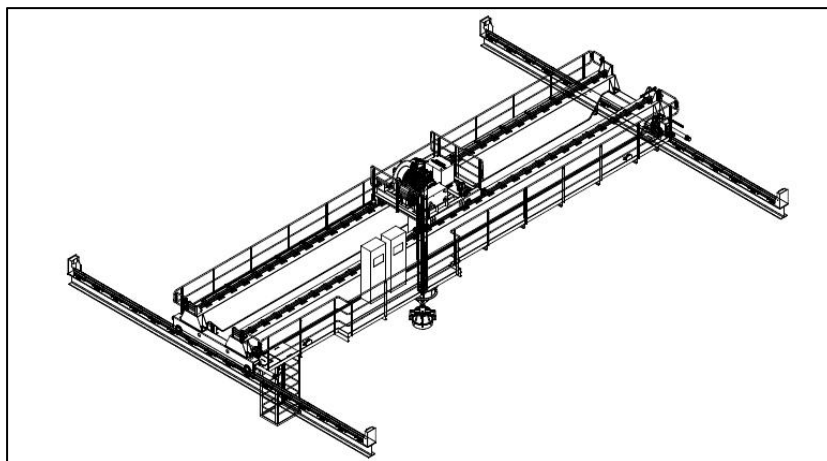
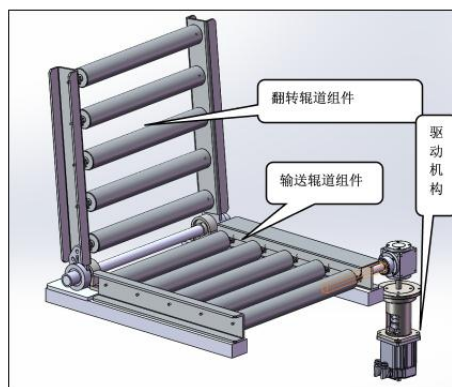


图 3-8 5t 数控吊车示意图



直辊道示意图



翻转辊道台示意图

图 3-9 废物运输辊道示意图

(2) 废物整备手套箱：主要用于常规类固体废物（劳保用品、更换的废工艺管、玻璃器皿、擦拭去污抹布等）进行分拣、拆解、剪切、压缩等操作，示意图见图 3-10，手套箱内包括进料舱室、分拣作业工位、液压剪作业工位、往复锯作业工位、暂存工位、压缩及出料工位。固废整备手套箱支撑框架结构采用 10mm 后不锈钢板焊接组成，前面板为亚克力玻璃，并集成有操作手套孔。人员操作站台供操作人员站立进行分拣整备工作。压缩工位与 200L 钢桶配合使用，以防止将钢桶压坏。剪切工位用于对薄壁金属件或小管径管道进行剪切。分拣箱内部设置有反光镜，方便操作人员可以直接或间接观察到桶内的废物盛装高度。

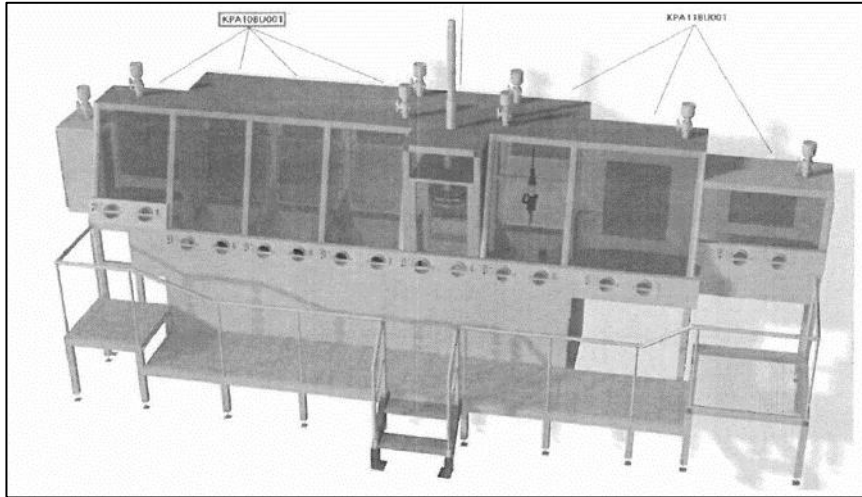


图 3-10 固废整备手套箱示意图

(3) 废靶管倒装设备：用于废靶管、钻棒束架、废母材等废物包装容器的封焊、倒装工作，主要由倒装热室（长\*宽\*高（4m\*2m\*3.5m），70cm 重混凝土）及热室内数控桁架及机械臂、封焊装置等组成。废物倒装热室设有检修屏蔽门、电动屏蔽门、密封门、机械手及窥视窗等，电动屏蔽门及密封门与容器运输辊道联锁，当容器运输至电动屏蔽门边缘时，屏蔽门打开。容器通过电动屏蔽门后电动屏蔽门关闭。容器到达热室底部预定位置后密封门开启，完成容器内废物吊装后密封门关闭，容器按相反过程退出热室底部。封焊设备焊台具有回转和装夹功能，暂存容器就位后，夹紧容器缓慢旋转，焊机对暂存容器进行焊接工作。

(4) 钢桶整备设备：主要包括取封盖装置、水泥灌装装置。取封盖装置负责 200L 钢桶装固废前的取盖和盛装完固体废物后封盖工作，因钢桶盛装固体废物后桶外表面剂量率水平较高，工作人员无法近距离操作，钢桶取封盖装置（见图 3-11）可实现自动定位钢桶螺栓位置并完成松开/紧固螺栓工作。水泥灌装装置（图 3-12）主要功能为将暂存期满的 200L 钢桶进行水泥固定，考虑到暂存衰变后的钢桶剂量仍较高，所以水泥灌装设备考虑放置于固废转入操作区通过屏蔽墙上的贯穿件将水泥输送管道布置到运输通道间，运输通道间设置有伸缩机械臂，可以将水泥输送管道伸进 200L 钢桶内，浇灌完成后机械臂缩回并将剩余水泥卸料至尾料收集桶内。

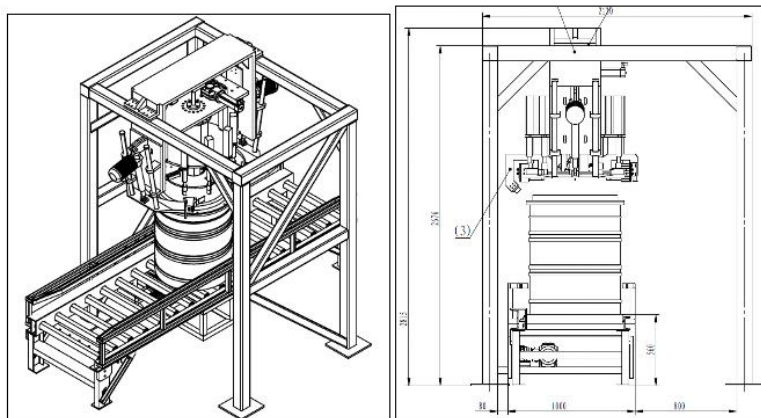


图 3-11 钢桶取封盖设备示意图

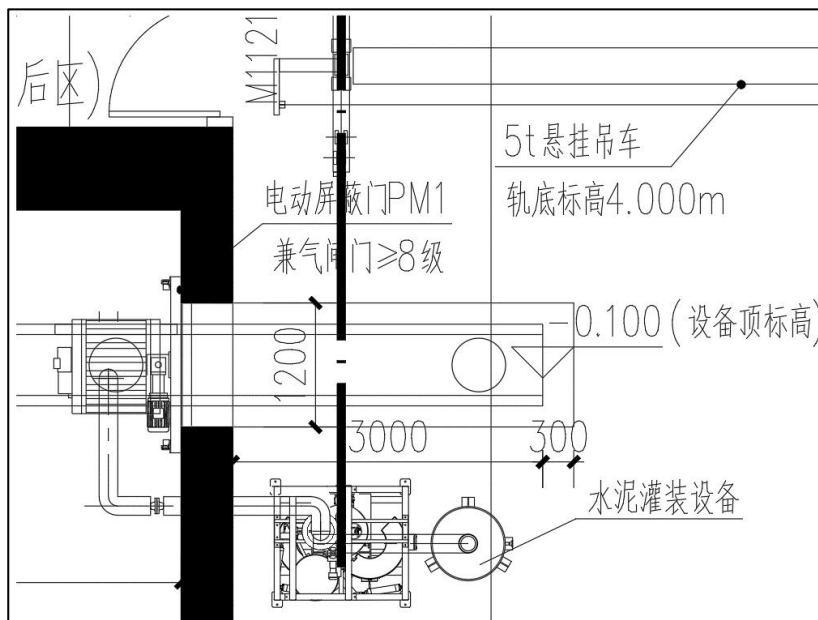


图 3-12 水泥灌装装置示意图

### 3.2.5.2 工作人员负荷

103 子项辐射工作人员主要内容如表 3-10 所示：

表 3-10 103 子项辐射工作人员工作负荷一览表

序号	工作内容	操作位置	操作方式	人数
1	接收废物包(运输屏蔽容器、钢桶、钢箱等)	转入操作区	工作人员通过使用悬挂吊车完成废物包的卸车及转运工作。	总计 3 人, 平均分配工作量
2	大型过滤器芯入库暂存	转入操作区、	通过悬挂吊车将袋封好的大型滤	

		气闸间、大型滤芯存放区	芯放置于平板车上，人工将滤芯运输至大型滤芯存放区存放。
3	退役放射源入库暂存	转入操作区、气闸间、退役放射源存放区	通过使用悬挂吊车完成退役放射源容器的卸车并转运存放区地坑。
4	废靶件倒装	倒装热室前区	通过远程操作数控桁架机械臂以及主从机械手完成倒装工作
5	其他干杂废物整备	整备手套箱操作面	通过手套孔对沾污劳保用品、去污抹布等废物进行整备减容
6	废物包子项内的转运, 钢桶入库	控制室	工作人员通过控制室内的设备控制台实现远程控制
7	200L 钢桶水泥灌装	转入操作区	工作人员使用悬挂吊车将水泥料投入料斗，操作就地控制台搅拌完成后将水泥浆输送至灌装工位
备注：103 子项内工作人员为长白班，工作时长为 8 小时，本项目废物运输至 103 子项的频率与各类同位素生产批次相关。上述工作内容中，仅废靶管倒装和其他干杂废物整备需工作人员进行近距离操作，其他均通过远程操作完成。			

### 3.2.6 靶件运输、成品运输以及销售

#### 3.2.6.1 靶件运输

靶件从秦山核电运输至本项目各子项，其中 Co-60 和 C-14 靶件一起运送至 101 子项，该靶件的运输为一类放射性物品的运输，I-131、Sr-89 和 Lu-177 靶件运送至 102 子项，该靶件的运输为二类或更低级别放射性物品的运输。上述靶件的运输按照厂内运输的形式进行，运输的主体责任为中核秦同。运输路径拟从秦山核电二厂 4 号门运输至本项目东门，靶件运输期间对道路和区域进行临时管控（协议见附件 12），靶件运输前后分别在秦山核电和本项目子项均需进行表面剂量率和表面污染的测定。

#### 3.2.6.2 放射源成品、放射性同位素成品运输

本项目成品运输中，Co-60 放射源成品的运输为一类放射性物品的运输，C-14、I-131、Sr-89 和 Lu-177 成品的运输为二类或更低级别放射性物品的运输。

参照《放射性物品运输安全许可管理办法》，主要运输流程如下：

(1) 靶件运输前进行审评/备案：本项目运输中，一类放射性物品的运输需编制放射性物品运输的和核与辐射安全分析报告书，报国务院核安全监管部门审查批准；二类或其他类别需编制放射性物品运输的辐射监测报告，报国务院核安全监管部门备案。

(2) 监测：如运输物品为一类放射性物品，则启运前均委托有资质的辐射监测机构对运输货包的表面污染和辐射水平进行监测，出具监测报告；并办理一类放射性物品启运前备案、主管公安部门办理道路运输许可证；如运输物品为二、三类，在运输前应当对表面污染和辐射水平实施监测，编制监测报告，存档备查。

(3) 运输过程：

1) 针对本项目运输的特点及运输线路的实际情况，对参加人员进行培训和考核，考核合格者方能上岗；

2) 严格执行运输计划，运输途中，控制好车速，保持好车距；

3) 临时停车时，做好现场的警戒守卫工作；

4) 运输车辆启运前要认真检查、保养、保证车辆处于良好的运行状态；

5) 运输车队中配备相应的劳保用品，检修工具，红白相间的三角旗及警戒绳索等物品；

6) 发生其他突发事件时，按应急预案规定的程序执行。

(4) 运输至用户指定的装卸位置，货包卸载后，核与辐射安全责任由用户承担。

另，根据法规要求，本项目销售的放射源到达使用年限，废旧源如返回本项目厂区，则需参照《放射性物品运输安全许可管理办法》中相关规定，将废旧放射源运输至本项目厂区。

### **3.2.6.3放射源及放射性同位素的销售**

中核秦同建立放射性同位素产品台账，并按照国务院环境保护主管部门制定的编码规则，对生产的放射源统一编码，放射性同位素产品台账和放射源编码清单报国务院环境保护主管部门备案。

#### **3.2.6.3.1 $^{60}\text{Co}$ 放射源的销售**

(1) 接到用户委托及询价后，确认用户资质，是否具有辐射安全许可证，是否满足使用需采购放射源的要求，以及对相应产品的参数需求；

(2) 签订销售合同或委托书；

(3) 向相关生态环境部门申请销售前的相关许可、审批资料等；

(4) 放射源完成表面剂量监测后，制作产品编码卡、交接单交给用户，货物运抵用户所在地签收交接文件，运输相关内容详见 3.2.6.2 小节；

(5) 货物交接完毕后用户需在所在地生态环境主管部门进行放射源的申报备案；

(6) 在密封放射源达到使用年限后，由密封源生产厂家回收进行处置。

#### **3.2.6.3.2 放射性同位素的销售**

公司在销售放射性同位素的过程中，将严格按照相关法律法规的要求，严格按照销售流程进行销售：

(1) 用户与公司签订放射性同位素销售合同；

(2) 审查用户具有辐射安全许可证，确认该用户的许可证的有效期和许可的种类和范围可以满足相关要求；

(3) 与用户签订《非密封放射性物质转让协议》；

(4) 由用户在国家核技术利用辐射安全监管系统中填写转让核素名称和数量，提交审批表申请并打印；



(5) 将协议、转让审批表，或审批时要求提供的其他材料连同公司《辐射安全许可证》正副本复印件加盖公司公章后交用户单位，由用户单位去当地省级环保部门办理非密封放射性物质转让审批；

(6) 全部手续办理完成后，与用户确定送药的时间地点。公司依照用户提前预订告知的放射性药品种类、剂量和数量，制备放射性药物，并配备专门的运输车辆进行配送；运输相关内容详见 3.2.6.2 小节；

(7) 公司在进行放射性药物转移前，需进行在《非密封放射性物质销售台账》上进行登记确认，做到账物相符；

放射性药物运输到用户单位后，填写药品交接单。每次的转让活动，双方人员应履行交接手续，并在交接单上签字确认。

#### **3.2.6.4 工作负荷**

本项目拟配备 3 辆运输车辆，共计 6 名辐射工作人员。

### **3.3 污染源项分析**

#### **3.3.1 施工期污染源项**

本项目在施工期间的污染源项主要包括噪声、废气、固体废弃物和废水等污染物。其中废气主要包括施工期间的扬尘；废水主要包括施工废水和生活污水；噪声主要为机械噪声、施工作业噪声和施工车辆噪声。

#### **3.3.2 运行期间非放射性污染源项分析**

##### **3.3.2.1 废气**

本项目非放废气主要为 201 食堂产生的烟气废气，经烟净化装置处理后经专用烟道于楼顶排放。

##### **3.3.2.2 废水**

本项目废水主要为生活废水，生活废水主要为淋浴和卫生器具排水，以及极少量的 104 子项的生产废水，上述非放废水排入产业园市政污水管网，送至嘉兴市联合污水处理厂进行处理，处理达标后排放。

### 3.3.2.3 噪声

本项目运行后主要的噪声源于设备生产设施和设备产生的噪声，主要包括风机、冷水机组等，各设备均采取了隔声减振的措施。

### 3.3.2.4 固体废物

本项目产生的非放固体废物主要来自于工作人员产生的生活垃圾，设置若干个垃圾桶收集后，交由环卫部门统一处理，不会对环境造成明显影响；一般工业固废主要为废包装材料，收集后外售处置。非放固体废物主要为废机械泵油，交由有资质单位进行处理。

## 3.3.3 运行期间正常工况下辐射源项分析

### 3.3.3.1 放射性核素衰变过程

上述辐射工作场所进行各类放射性核素制备过程中，各放射性核素自身发生衰变，衰变过程中伴随产生的 $\beta$ 粒子、 $\gamma$ 射线。具体见表 3-4。

### 3.3.3.2 表面污染

上述辐射工作场进行各类放射性同位素操作过程中，会产生 $\beta$ 表面污染。

### 3.3.3.3 放射性三废

本项目包括  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{14}\text{C}$  的 5 条生产线，各生产线正常运行期间会产生放射性废气、放射性废液和放射性固体废物。

## 3.3.4 事故工况下辐射源项分析

本项目事故情况主要包括密封箱室安全裕量降低、物料洒落、排风系统过滤器失效、密封箱室局部受损等事故。

密封箱室安全裕量降低事件的辐射污染源项主要为放射性气溶胶释放至工作场所的份额变大；物料洒落事件会导致表面污染；排风系统过滤器失效事件的辐射源项主要为气载流出物未经完全过滤后排出，对周围公众的辐射影响

变大；密封箱室局部密封受损事故下假定由于人为疏忽或其它原因，手套孔塞未关闭，且手套运行过程中由于未固定好而脱落，导致部分放射性物质从手套孔释放到工作场所。

## 4 辐射安全与防护设施

### 4.1 辐射工作场所分区

#### 4.1.1 分区标准

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中“6.4 辐射工作场所分区”规定,将辐射工作场所分为控制区和监督区。

**控制区:**为需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域,以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散,并预防潜在照射或限制潜在照射范围。对于该区域,设有可靠的个人安全防护和剂量监测措施,且对进入该区域工作的工作人员配备必须防护用品。

**监督区:**为通常不需要专门的防护手段或安全措施,但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

综上,结合《开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范》(EJ380-1989)的规定,同时考虑放射性同位素生产的辐射防护要求,以工作场所辐射水平、空气中放射性污染程度以及表面污染程度将同位素生产厂房划分为监督区(白)、控制区(包括控制I区(绿)、控制II区(黄)、控制III区(橙)及控制IV区(红))。辐射防护分区标准见表 4-1。

表 4-1 本项目辐射工作场所分区标准一览表

区域名称	有效剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	居留特征	控制措施
监督区 (白区)	$\leq 0.5$	每年工作时间 $\leq 2000\text{h}$	a) 采用适当的手段划出监督区的边界; b) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌;
控制区	控制 I 区 (绿区) <sup>1</sup>	偶尔居留	a) 采用实体边界划定控制区; b) 在源的运行或开启只是间歇性的或仅是把源从一处移至另一处的情况下,采用与主导情况相适应的方法划定控制区,并对照射时间加以规定;
	控制 II 区 (黄区)	主要为生产线操作时间	c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设警告标志,并给出相应的辐射水平和污染水平的指示;
		间断工作区,每年工作时间 $\leq 200\text{h}$	d) 制定职业防护与安全措施,包括适用于控制区的规则与程序; e) 运用行政管理程序(如进入控制区的工作许可证制度和实体

区域名称		有效剂量率 μSv/h	居留特征	控制措施
控制 III区 (橙 区)	控制 III区 (橙 区)	≤1000	限定工作区, 管理进入, 每年有效工作时间 ≤10h	屏障(包括门锁和联锁装置)限制进出控制区; f) 控制区的入口处提供防护衣具、监测设备和个人衣物贮存柜; g) 控制区的出口处提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的贮存柜; h) 有居留要求的工艺间设置有门禁, 人员进出需要刷卡, 根据刷卡时间计算工作人员居留时间, 并结合其受照剂量, 控制工作人员的工作时间。
	控制 IV区 (红 区)	> 1000	高辐射区, 通常禁止进入	

备注: 对于控制I区(绿区), 各生产线生产前区的剂量率控制限值为 7.5μSv/h, 其他绿区区域管理限值为 2.5μSv/h。

#### 4.1.2 辐射工作场所分区

依据分区标准, 本项目各辐射工作场所具体分区见表 4-2, 各辐射工作场所分区示意图见附图 7~附图 9。

#### 4.2 非密封放射性物质工作场所分级

根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(环办辐射函[2016]430号)规定, 满足以下特点的放射性药品生产、使用场所, 应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算: 有相对独立、明确的监督区和控制区划分; 工艺流程连续完整; 有相对独立的辐射防护措施。

本项目 101 子项、102 子项、103 子项各辐射工作场所之间有明显的物理隔断, 可以划分出明确的监督区和控制区范围, 各种放射性药物的生产场所均有独立的卫生通过间和人流物流走向, 且各个辐射工作场所有独立的辐射防护措施。因此, 本项目 101 子项、102 子项、103 子项所按照独立的非密封放射性物质工作场所管理。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)附录 C 非密封源工作场所的分级规定, 放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量 (Bq) 与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。由《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 及《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(环

办辐射函[2016]430号)可知,本评价项目的非密封放射性物质工作场所使用的各放射性核素的毒性组别修正因子、操作方式修正因子、日实际操作量和日等效操作量见表 4-3~表 4-5, 从表中可以看出三个场所均为甲级场所。

表 4-2 本项目辐射工作场所分区一览表

辐射工作场所		监督区	控制 I 区 (绿区)		控制 II 区 (黄区)	控制 III 区 (橙区)	控制 IV 区 (红区)
			$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	$\leq 7.5\mu\text{Sv/h}$	$\leq 25\mu\text{Sv/h}$	$\leq 1\text{mSv/h}$	$> 1\text{mSv/h}$
101 子项	一层 $^{60}\text{Co}$ 和 $^{14}\text{C}$ 生产厂房	卫生出入口、叉车 门斗等	原料吊装大厅、化学 试剂间、成品源吊装 大厅等	$^{60}\text{Co}$ 和 $^{14}\text{C}$ 操作大厅	取样间、工作服服 间、过渡间；	碳-14 生产线后区、热室 后区、池水冷却净化间、 检测间、脱辐射用配件 等；	$^{60}\text{Co}$ 热室、 $^{14}\text{C}$ 箱室内部
	地下一层	楼梯间	交接间	/	走道、过渡间	排风过滤器间、废液暂存 间、管廊等	/
	二层	过渡间等	分析室、走廊、转运 小室顶板、成品源转 运大厅上方等	/	排风过滤器间	/	/
102 子项	一层 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 和 $^{131}\text{I}$ 生产厂房	进料与固废转运 大厅、发货大厅卫 生出入口等	暂存间、辐射防护设 备、绿区走廊等	生产前区	过渡间二、检测间、 脱防护用品间等 地下产品运输通道	生产后区、废液暂存间	各生产线箱室
	二层	过渡间	放化实验室、设备管 线区域等	/	排风过滤器间	/	/
	三层	卫生通过间、过渡 间等	预留备用生产线、放 射性实验室、培养 室、阳性检测室等	/	/	/	/
103 子项	一层	卫生出入口、车辆 过渡门斗、流出物 取样间等；	固废转入操作区、排 风中心、控制室/机 柜间、走道等；	热室操作面、整备作 业区	后区、气闸间、放射 源罐存放井、大型过 滤器芯存放间；	/	放射性设备区，如倒装热 室、整备手套箱内部等； 放射性物料转运吊装区， 如固废暂存间、运输通道 间等。

表 4-3 本项目 101 子项辐射工作场所分级

序号	核素	物理、化学性状	日最大操作量, Bq	操作因子	毒性因子	日等效最大操作量, Bq	年操作量, Bq	操作方式	用途	操作场所
1	<sup>60</sup> Co	固体	7.40E+15	0.01	1	7.40E+17	2.96E+17	特别危险	生产、使用、销售	101 子项
2	<sup>14</sup> C	粉末	5.18E+11	0.001	0.1	5.18E+13	7.40E+12	特别危险	生产、使用、销售	
小计						<b>7.41E+17</b>	<b>甲级</b>			
备注：此处按目标核素进行核算										

表 4-4 本项目 102 子项辐射工作场所分级

序号	核素	物理、化学性状	日最大操作量, Bq	操作因子	毒性因子	日等效最大操作量, Bq	年操作量, Bq	操作方式	用途	操作场所
1	<sup>89</sup> Sr	粉末	3.70E+11	0.001	0.1	3.70E+13	3.70E+12	特别危险	生产、使用、销售	102 子项
2	<sup>131</sup> I	固体	1.11E+13	0.001	0.1	1.11E+15	1.11E+15	特别危险	生产、使用、销售	
3	<sup>177</sup> Lu	粉末	8.29E+12	0.001	0.1	8.29E+14	4.44E+14	特别危险	生产、使用、销售	
小计						<b>1.98E+15</b>	<b>甲级</b>			
备注：此处按目标核素进行核算										



表 4-5 本项目 103 子项辐射工作场所分级

序号	生产线	核素	物理、化学性状	日最大操作量, Bq	操作因子	毒性因子	日等效最大操作量, Bq	操作方式	用途	操作场所
1	<sup>60</sup> Co	<sup>60</sup> Co	固体	7.40E+04	0.01	1	7.40E+06	特别危险	固废处理	103 子项
		<sup>95</sup> Zr		4.42E+11	0.01	0.1	4.42E+12			
2	<sup>14</sup> C	<sup>14</sup> C		1.54E+07	0.01	0.1	1.54E+08			
		<sup>95</sup> Zr		4.46E+11	0.01	0.1	4.46E+12			
3	<sup>89</sup> Sr	<sup>89</sup> Sr		3.70E+07	0.01	0.1	3.70E+08			
		<sup>95</sup> Zr		3.68E+12	0.01	0.1	3.68E+13			
4	<sup>131</sup> I	<sup>131</sup> I		1.25E+10	0.01	0.1	1.25E+11			
		<sup>95</sup> Zr		6.80E+11	0.01	0.1	6.80E+12			
5	<sup>177</sup> Lu	<sup>177</sup> Lu		8.27E+11	0.01	0.1	8.27E+12			
		<sup>95</sup> Zr		5.86E+10	0.01	0.1	5.86E+11			
小计							<b>6.15E+13</b>	<b>甲级</b>		
备注：103 子项对 101 子项和 102 子项的放射性固废进行处理、暂存，此处按 101、102 子项各生产线当天产生的放射性固体废物同一天在 103 子项进行处理进行保守考虑，日等效最大操作量的估算中主要考虑各生产线中目标核素和包壳中活度最大的核素；103 子项对放射性固体废物进行整备（分拣、拆解、压缩等操作）、倒装、暂存等处理，根据《辐射防护分册-第三分册》，该类型操作保守按特别危险估算。										

## 4.3 人流物流

### 4.3.1 101 子项

#### (1) 人流:

①生产线生产工作期间：通过门厅进入子项，通过参观走廊进入卫生出入口，更换工作服后进入控制区，经过绿区走廊后进入生产线操作前区，完成工作后经检测合格后，原路返回；

②维修、去污期间：经卫生出入口，更换工作服后进入控制区，通过绿区走廊、工作服间、检测间进入各生产线后区等区域进行维修、去污等工作，完成工作后检测合格后，原路返回。

#### (2) 物流:

本子项生产所需的原料由运输车运至原料吊装大厅外，由叉车通过叉车门斗将原料容器转运至原料吊装大厅内。在原料大厅内使用吊车将原料送入原料水池，或使用平板小车通过转运小室将原料送入热室。 $^{60}\text{Co}$  原料在工业和医用钴源生产线的热室内加工为成品后，将成品转入成品源水池暂存，或直接通过成品源转运大厅和叉车门斗转出厂房。 $^{14}\text{C}$  原料在碳-14 生产线加工为成品后，成品经剂量率和表污检测合格后转出厂房。放射性固体废物在热室（或生产箱室）内装入包装容器，后装入固废转运容器，固废转运容器与热室（或生产箱室）底部对接，经热室底部传出热室，固废转运容器经表污检测合格后经原料吊装大厅运出，运送至 103 子项。

### 4.3.2 102 子项

#### (1) 人流

工作人员从东侧门厅进入：

①生产线生产工作期间：往南经一更、走廊、洁净区卫生通过间进入 1 层各生产线工艺操作前区，完成工作后经检测合格后，原路返回；

②维修、去污期间：经卫生出入口，更换工作服后进入控制区，通过绿区

走廊、工作服间、检测间等房间后进入各生产线后区，完成工作后检测合格后，原路返回；

## (2) 物流

- ① 原料靶件：从北侧进料与固废转运大厅进入。
- ② 其余非放原料：经东侧门厅、走廊、各级传递窗进入。
- ③ 产品：各生产线产品经地下运输通道送至地上一层南侧发货大厅，经剂量率和表污检测合格后运出。
- ④ 放射性固废：放射性固体废物在热室（或生产箱室）内装入包装容器，后装入固废转运容器，固废转运容器与热室（或生产箱室）底部对接，经热室底部传出热室，固废转运容器经表污检测合格后经北侧进料与固废转运大厅运出，运送至 103 子项。

### 4.3.3 103 子项

#### (1) 人流

工作人员经过厅、家常服间、工作常服间后通过走廊分别进入固废转入操作区、倒装操作间、整备操作间等房间工作。当工作完成离开本子项时先通过检测间 1 进行表面污染检测，检测合格后通过工作常服间、过渡间、家常服间、过厅离开 103 子项。如在检测间 1 内检测表面污染超标则进入去污间进行去污，去污达标后依次通过工作常服间、过渡间、过厅离开 103 子项。

#### (2) 物流

①各生产线产生的废靶管、棒束架等固废经车辆过渡门斗进入固废转入操作区，进入倒装热室封焊后装入 200L 废物桶封盖密封后进入放射性固废暂存间的存放地坑储存。

②101 和 102 子项产生的废过滤器芯经车辆过渡门斗进入固废转入操作区，103 子项产生的废过滤器芯经车辆过渡门斗进入固废转入操作区；大型滤芯由平板车经过气闸间 2 进入大型滤芯存放区储存。小型滤芯进入倒装热室装入

200L 桶封盖密封后进入放射性固废暂存间的 200L 桶地上/地下存放区储存。

③其它类型固体废物经车辆过渡门斗进入固废转入操作区，工作人员将废物包装进整备手套箱投料舱室，经过整备手套箱分拣、剪切、切割、压缩后装入 200L 废物桶，通过运输辊道将 200L 钢桶运输至封盖工位进行封盖密封后进入放射性固废暂存间的 200L 桶地上存放区储存。

④放射性固废暂存间内，200L 桶地下存放区的地坑之间用通孔连接，并有独立送排风系统保障通风。200L 桶最大暂存时间为 10 年。可采取不定期抽检的方式检查 200L 桶表面老化情况。如有老化现象发生，可将 200L 桶送至热室下方，将其中的固废包装容器送至热室内，再用新的 200L 桶盛装固废包装容器。更换下来的空载的 200L 桶通过转运辊道送至固废转运操作区进行处理。另，200L 桶外运前，在固废转运操作区，对桶外表面进行表面污染检测。检测达标后方可外运。

## 4.4 辐射安全与防护措施

### 4.4.1 辐射屏蔽

本项目各辐射工作场所内主要通过场所内密闭箱室的屏蔽材料进行辐射屏蔽，屏蔽材料为铁、铅、普通混凝土、重晶石混凝土（以下简称为“重混凝土”）等，根据第五章屏蔽体外剂量率的估算可知，各场所内屏蔽体外剂量率可满足相关要求。

### 4.4.2 辐射监测

101 子项、102、103 子项分别设置空气污染检测系统（气溶胶连续监测系统、工作场所固定空气取样系统、排风系统空气取样系统）、辐射水平监测系统（区域 $\gamma$ 在线监测系统）和表面污染检测系统，103 设置流出物监测系统（流出物在线监测系统和流出物取样系统），上述系统的数据在研发楼中央控制室集中显示，辐射监测系统结构示意图见表 4-6。

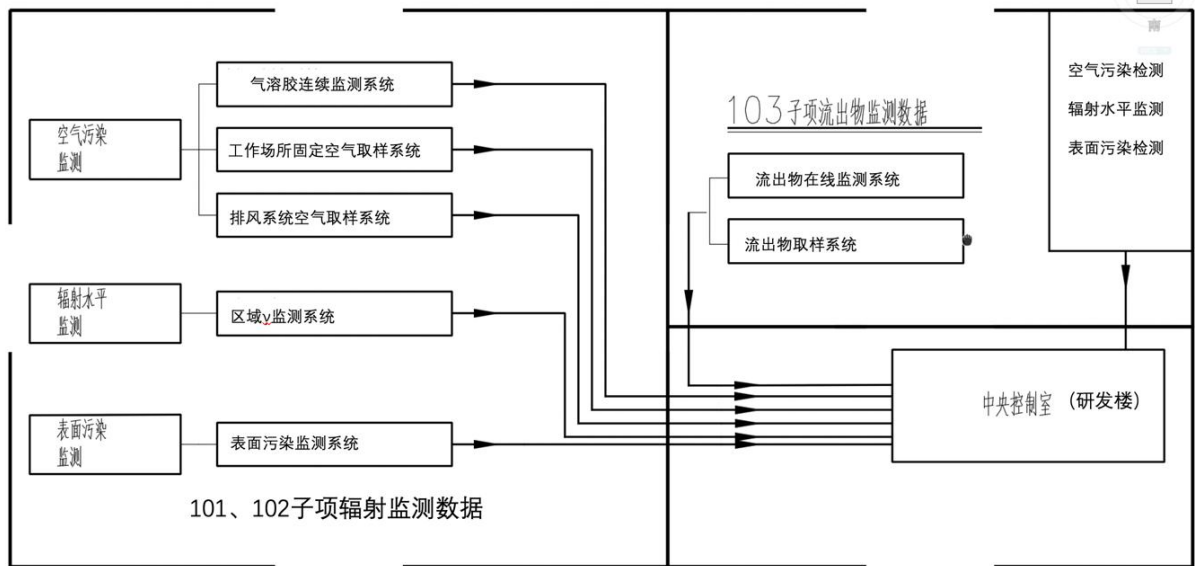


表 4-6 本项目辐射监测数据结构示意图

#### (1) 工作场所辐射监测

在空气污染水平有可能发生急剧变化的场所，设置气溶胶连续监测仪；在所有可能产生气载放射性物质的场所、放射性区域的排风系统等，设置固定式空气取样系统，取样样品送实验室进行分析。

采用移动式气溶胶取样装置对固定式空气取样系统探测不到的地方进行取样监测，取样样品送实验室进行分析。

设置区域 $\gamma$ 监测系统对工作场所中操作或暂存大量放射性物质的区域的辐射水平进行监测；

设置便携式 $\gamma$ 剂量率仪和便携式长杆 $\gamma$ 剂量率仪对进出厂房的物料容器、废物桶等放射性物品的包装体表面剂量率进行监测，或进行工作场所的巡测；

设置 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染监测仪、便携式 $\alpha$ 、 $\beta$ 计数器，对工作场所、地面、墙壁、设备等进行表面污染监测。

#### (2) 气载流出物监测

在排气筒设置有气载流出物在线监测系统和气载流出物空气取样系统。

##### 1) 气载流出物在线监测系统

气载流出物在线监测系统可对流出物进行在线连续监测，实时显示气载流出物的活度浓度，在气载流出物中放射性核素的浓度超过预设控制值时进行报警，监测项目包括放射性气溶胶、碘等。

## 2) 气载流出物空气取样系统

气载流出物空气取样系统可对气载流出物进行取样，取样结果经分析，可准确得出气载流出物的活度浓度。

### (3) 卫生出入口辐射监测

在卫生出入口设置有表面污染监测装置，用于工作人员表面污染监测。

各子项辐射监测设备布置点位图见附图 14~附图 16。

## 4.4.3 出入控制

### (1) 出入口设置

本项目设置有人流出入口、物流出入口和应急疏散口，辐射工作场所工作人员经卫生出入口进出。

### (2) 人流出入控制

进入生产厂房的工作人员必须持有岗位作业卡，经值班人员验证后，方可入内。

辐射工作人员进入卫生出入口脱家常服，穿工作服，佩带个人防护用品，进入本车间；工作人员出本厂房在卫生出入口进行表面污染检查、脱工作服、穿家常服。

### (3) 物流出入控制

在物流出入口处，利用 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染监测仪和便携式 $\gamma$ 剂量率仪，对准备转移进或转移出厂房的物料容器或放射性废物桶的表面污染和辐射水平进行检测，并进行数量记录，交接记录等。

## 4.4.4 Co-60 放射源原料水池和成品水池

### 4.4.4.1 原料/成品源水池冷却系统

原料水池和成品源水池各设置有一套水池冷却系统，均设置液位联锁，水池液位信号到达低液位时联锁开启补水阀，液位信号达到高液位时关闭补水阀。均设置液位联锁温度联锁，水池温度 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 时，自动启动泵；当温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ 时，自动停止泵。

#### 4.4.4.2原料/成品源净化系统

原料水池和成品源水池各设置有一套水池净化系统，用于对池水进行过滤和净化，对池水进行过滤和净化，原料水池中活度浓度低于 500Bq/L，成品水池中活度浓度低于 10Bq/L。

#### 4.4.4.3原料/成品存放场所

原料/成品存放场所均设置防盗锁，设置明显的警示标识，设置入侵报警装置、视频监控装置以及电子巡更装置，其出入口均设置出入口控制系统，确保场所的辐射安全。

#### 4.4.5 个人防护措施

个人防护用品主要包括：口罩、手套、工作服、鞋、个人剂量计等。在正常运行时，卫生出入口为工作人员配备的防护用品主要有口罩、手套、工作服、鞋、个人剂量计等。

所有进入辐射工作场所的工作人员，应穿工作服、口罩、手套和鞋套。对于管理和参观人员，应穿实验室外套、鞋套。离开辐射工作场所的工作人员在卫生出入口应当脱掉工作服和防护用品。

#### 4.4.6 其他辐射防护措施

本项目辐射工作场所设置电离辐射警告标志；

101 子项、102 子项和 103 子项辐射工作场出入口处设置门禁系统；

101 子项、102 子项和 103 子项辐射工作场所内设置实时摄像装置；

### 4.5 通风系统

#### 4.5.1 分类依据

为优化通风与净化系统，根据放射性物质扩散对各个独立区域的污染程度，考虑表面污染和空气污染，将辐射工作场所分为不同的污染区域，污染区域分级见表 4-7。

表 4-7 本项目辐射工作场所污染区域分类

类别	预料的正常污染和/或偶然污染		负压
C1	在正常运行情况下，存在非常低的表面污染和空气污染风险的区域。仅在特殊情况下，即发生事件或事故时，出现非常低的污染风险。		≤20Pa/室外
C2	C2-1	在正常运行情况下，存在比较低的表面污染和空气污染风险的区域。仅在特殊情况下，即发生事件或事故时，出现污染风险。因此，必须采取适当的防护措施加以控制。	30-50Pa/室外
	C2-2		50-70Pa/室外
	C2-3		70-90Pa/室外
C3	C3-1	有少量表面污染和空气污染的区域。在某些情况下，即发生事件或事故时，可能会出现比 C2 区更严重的表面污染或空传污染。因此，必须采取适当的防护措施加以控制。	110-130Pa/室外
	C3-2		130-150Pa/室外
C4	永久或临时污染程度高、除非佩戴合适的防护装备，否则不允许人员进入的区域。		200-300Pa/所在房间

#### 4.5.2 各子项区域分类

本项目各辐射工作场所控制区内气流区域分区见表 4-8。

表 4-8 本项目辐射工作场所气流区域分区一览表

辐射工作场所	C2			C3		C4
	C2-1	C2-2	C2-3	C3-1	C3-2	
101 子项	原料吊装大厅、成品源装运大厅、化学试剂间、备用间、走廊等；	转运小室、工作服间等；	碳-14 生产线操作大厅、工业和医用钴源生产线操作大厅、二层排风过滤器间；	与 C3-2 区相连的检测间	地下一层排风过滤器间、碳-14 生产线后区、 <sup>60</sup> Co 热室后区、池水冷却净化间等；	<sup>60</sup> Co 热室、 <sup>14</sup> C 箱室内部
102 子项	一层走廊、气闸、检测间、去污间；二层放化实验室、三层放射性实验室等；	与 C2-3 相邻的缓冲间、过渡间；地下运输通道；二层设备管线；	生产前区；	与 C3-2 区相连的检测间；	生产后区；二层排风过滤器间等；	放射性设备区，如手套箱内部等。
103 子项	控制室/机柜间、固废转入操作区等、去污间、检测间 1；	倒装操作面、整备作业区、检测间、排风中心等；	/	与 C3-2 区相连的气闸间；	过滤器间、运输通道间、放射性固废存放间；	放射性设备区，如倒装热室、整备手套箱内部等。

#### 4.5.3 101 子项

101 子项控制区内通风系统流程示意图，送、排风管道布置示意图见附图 10~附图 15。



### 4.5.3.1排风系统

#### (1) $^{14}\text{C}$ , C4 区

C4 区：设独立局排系统 JP-1，为  $^{14}\text{C}$  生产线中 C4 区 3 套箱室服务，换气次数约 20 次/h，设计排风量约 400m<sup>3</sup>/h，静压 3500Pa，在出每套箱室时各设一组就地 1 级高效过滤器，1 用 1 备，在地下一层排风过滤器间设 1 级高效净化装置，1 用 1 备。排风机设于排风中心 103 子项，1 用 1 备。排风经净化装置过滤后从排风中心由排风塔高空排放。

#### $^{14}\text{C}$ , C3 区

C3 区：设全面排风系统 P-1，为  $^{14}\text{C}$  生产线中 C3 区服务（含排风过滤器间排风），换气次数约 5-6 次/h，排风量约 10000m<sup>3</sup>/h，静压 3000Pa，在过滤器间设 1 级中效+1 级高效净化装置，1 用 1 备。排风机设于排风中心 103 子项，1 用 1 备。排风经净化装置过滤后从排风中心由排风塔高空排放。

#### (2) $^{60}\text{Co}$ , C4 区

设局部排风系统 JP-2 为  $^{60}\text{Co}$  生产线中 C4 区热室服务，换气次数约 20 次/h，设计排风量约 3450m<sup>3</sup>/h，静压 4000Pa，在出每处热室各设一组就地 1 级高效过滤器，1 用 1 备，在过滤器间设 2 级高效净化装置，1 用 1 备。排风机设于排风中心 103 子项，1 用 1 备。排风经净化装置过滤后从排风中心由排风塔高空排放。

#### (3) $^{60}\text{Co}$ , C3 区

设全面排风系统 P-2 为钴 60 生产线中 C3 区服务（含池水冷却净化间、废液暂存间、橙区走道等），换气次数约 5-6 次/h，设计排风量约 10500m<sup>3</sup>/h，静压 3000Pa，在过滤器间设 1 级中效+1 级高效净化装置，1 用 1 备。排风机设于排风中心 103 子项，1 用 1 备。排风经净化装置过滤后从排风中心由排风塔高空排放。

#### (4) C2区

设全面排风系统 P-3 为 101 子项内 C2 区服务，C2-1 区换气次数 3 次/h，C2-2、C2-3 区换气次数 4 次/h，排风量约 49300m<sup>3</sup>/h，静压 2500Pa，在低放过滤器间设 1 级高效净化装置，共 3 台。排风机设于排风中心 103 子项，共 1 台。排风经净化装置过滤后从排风中心由排风塔高空排放。

101 子项排风管道经高压引至 103 子项，离地约 5m，采用不锈钢材质，密封焊接，焊接部位进行无损检测保证其密封性。

#### (5) 原料吊装大厅和成品源装备大厅

原料水池和成品源水池产生氢气，根据工艺提资，原料吊装大厅和成品源大厅为非爆炸危险区域，水池与大厅空气流通性好，氢气不会在水池顶部聚集。厂房 C2 区所有房间设有一套全排系统 P-3，两大厅平时排风均接入该系统；同时每个大厅分别设置备用排风系统 P-4、P-5。每个大厅的备用排风系统（P-4、P-5）分别设置两台排风机直接排至室外，互为备用。单台风机风量均为 1000m<sup>3</sup>/h。平时全排系统 P-3 在两大厅设置下部排风口和顶部排风口。在原料吊装大厅及成品源大厅的顶棚设置氢气监测及报警装置，当全排系统 P-3 故障停运时，连锁启动 1 台风机；当氢气浓度达到 0.4%（体积分数，爆炸下限的 10%）时，氢气浓度监测装置报警并连锁启动 2 台风机。

### 4.5.3.2 送风系统

#### (1) C2 区

设全新风送风系统 K-1 为子项内 C2 区服务，送风量约为排风量的 90%，设计风量约 43500m<sup>3</sup>/h，室外新风经过滤后送入 C2 区。

#### (2) C3、C4 区

设全新风送风系统 K-2 为子项内 C3、C4 区服务，送风量约为排风量的 85%，设计风量约 20000m<sup>3</sup>/h，室外新风经过滤后送入 C3 区，C4 区各箱室及热室送风通过在 C3 区内设就地 1 级高效过滤器转送进入。

### 4.5.4 102 子项

#### 4.5.4.1 排风系统

#### (1) <sup>131</sup>I, C4 区

设局部排风系统 JP-1 为一层的 <sup>131</sup>I 箱室区服务，换气次数为 25 次/h，排风机按 2x100%设置，排风量 500m<sup>3</sup>/h，风机静压 6000Pa，1 用 1 备，风机位于 103 子项内。箱室进风经进风过滤器（1 级高效过滤器）处理后由生产后区进入箱室，排风先通过就地碘吸附器机组（初效过滤+1 级高效过滤+1 级碘吸附+亚高效过

滤)处理后,再经过滤器间的碘吸附器机组(3级碘吸附+1级高效过滤)净化后送入排风中心经排风塔排放。排风就地碘吸附器机组1用1备,位于本厂房2层过滤器间内。

#### (2) $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 和备用生产线, C4 区

设局部排风系统 JP-2~4 分别为一层的  $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  和备用生产线箱室区服务,换气次数为 25 次/h,排风机按 2x100%设置,1用1备,风机位于 103 子项内。箱室进风经进风过滤器(1级高效过滤)处理后由生产后区进入箱室,排风先通过就地 1 级高效过滤器处理(各箱室内单独设置),再经过滤器间的 1 级高效过滤器净化后送入排风中心经排风塔排放。 $^{177}\text{Lu}$  和备用生产线排风就地过滤器 1 用 1 备; $^{89}\text{Sr}$  生产线 1#箱室排风就地过滤器 1 用 1 备,其他箱室不备用,位于本厂房 2 层过滤器间内。

#### (3) $^{131}\text{I}$ , C2 区

设全面排风系统 P-1 为  $^{131}\text{I}$  生产前区、工作服间、洁净走廊和卫生通过间服务。排风量为送风量的 85%,排风量为 6000 $\text{m}^3/\text{h}$ ,排风机按 1x100%设置,风机静压 3500Pa,排风机位于 103 子项内。过滤器间设碘吸附器机组(初效过滤+1级高效过滤+1级碘吸附+亚高效过滤),设 1 台碘吸附器机组。排风经碘吸附器机组净化后送入排风中心经排风塔排放,排风过滤器位于本厂房内。

#### (4) $^{131}\text{I}$ , C3 区

设全面排风系统 P-2 为  $^{131}\text{I}$  生产后区、脱辐防用品、监测间服务。排风量为送风量的 85%,为 9000 $\text{m}^3/\text{h}$ ,排风机按 1x100%设置,风机静压 3500Pa,排风机位于 103 子项内。过滤器间设碘吸附器机组(初效过滤+1级高效过滤+1级碘吸附+1级高效过滤),设 1 台碘吸附器机组。排风经碘吸附器机组净化后送入排风中心经排风塔排放,排风过滤器位于本厂房内。

#### (5) $^{177}\text{Lu}$ , C2 区

设全面排风系统 P-3 为  $^{177}\text{Lu}$  生产前区、工作服间、洁净走廊和卫生通过间服务,排风量为送风量的 85%,为 6400 $\text{m}^3/\text{h}$ ,排风机按 1x100%设置,风机静压 2500Pa,排风机位于 103 子项内。过滤器间设过滤器机组(初效过滤+1级高效

过滤), 设 1 台过滤器机组。排风经过滤器机组净化后送入排风中心经排风塔排放, 排风过滤器位于本厂房内。

#### (6) $^{177}\text{Lu}$ , C3 区

设全面排风系统 P-4 为  $^{177}\text{Lu}$  生产后区、脱辐防用品、监测间服务。排风量为送风量的 85%, 为  $3100\text{m}^3/\text{h}$ , 排风机按 1x100%设置, 风机静压 2500Pa, 排风机位于 103 子项内。过滤器间设过滤器机组(初效过滤+2 级高效过滤), 设 1 台过滤器机组。排风经过滤器机组净化后送入排风中心经排风塔排放, 排风过滤器位于本厂房内。

#### (7) $^{89}\text{Sr}$ , C2 区

设全面排风系统 P-5 为  $^{89}\text{Sr}$  生产前区、工作服间、洁净走廊和卫生通过间服务, 排风量为送风量的 85%, 为  $5600\text{m}^3/\text{h}$ , 排风机按 1x100%设置, 风机静压 2500Pa, 排风机位于 103 子项内。过滤器间设过滤器机组(初效过滤+1 级高效过滤), 设 1 台过滤器机组。排风经过滤器机组净化后送入排风中心经排风塔排放, 排风过滤器位于本厂房内。

#### (8) $^{89}\text{Sr}$ , C3 区

设全面排风系统 P-6 为  $^{89}\text{Sr}$  生产后区、脱辐防用品、监测间服务。排风量为送风量的 85%, 为  $2500\text{m}^3/\text{h}$ , 排风机按 1x100%设置, 风机静压 2500Pa, 排风机位于 103 子项内。过滤器间设过滤器机组(初效过滤+2 级高效过滤), 设 1 台过滤器机组。排风经过滤器机组净化后送入排风中心经排风塔排放, 排风过滤器位于本厂房内。

#### (9) 备用生产线, C2 区

设全面排风系统 P-7 为备用线生产前区、工作服间、洁净走廊和卫生通过间服务, 排风量为送风量的 85%, 为  $5900\text{m}^3/\text{h}$ , 排风机按 1x100%设置, 风机静压 2500Pa, 排风机位于 103 子项内。过滤器间设过滤器机组(初效过滤+1 级高效过滤), 设 1 台过滤器机组。排风经过滤器机组净化后送入排风中心经排风塔排放, 排风过滤器位于本厂房内。

#### (10) 备用生产线, C3 区

设全面排风系统 P-8 为备用线生产后区、脱辐防用品、监测间服务。排风量为送风量的 85%，为 3200m<sup>3</sup>/h，排风机按 1x100%设置，风机静压 2500Pa，排风机位于 103 子项内。过滤器间设过滤器机组（初效过滤+2 级高效过滤），设 1 台过滤器机组。排风经过滤器机组净化后送入排风中心经排风塔排放，排风过滤器位于本厂房内。

#### （11）三层放射性区域，C2 区

设全面排风系统 P-9 为三层带放射性洁净区无菌室服务。排风量为送风量的 85%，为 2500m<sup>3</sup>/h，排风机按 1x100%设置，风机静压 2500Pa，排风机位于 103 子项内。过滤器间设过滤器机组（初效过滤+1 级高效过滤），设 1 台过滤器机组。排风经过滤器机组净化后送入排风中心经排风塔排放，排风过滤器位于本厂房内。

#### （12）一层，C2 区

设全面排风系统 P-10 为厂房一层的非洁净区 C2 区服务。排风量为送风量的 115%，排风量为 10800m<sup>3</sup>/h，排风机按 1x100%设置，风机静压 2500Pa，排风机位于 103 子项内。过滤器间设过滤器机组（初效过滤+1 级高效过滤），设 1 台过滤器机组。排风经过滤器机组净化后送入排风中心经排风塔排放，排风过滤器位于本厂房内。

#### （13）二层、三层 C2 区

设全面排风系统 P-11-1 为厂房二、三层的非洁净区 C2 区服务。排风量为送风量的 115%，排风量为 5300m<sup>3</sup>/h，排风机按 1x100%设置，风机静压 2500Pa，排风机位于 103 子项内。过滤器间设过滤器机组（初效过滤+1 级高效过滤），设 1 台过滤器机组。排风经过滤器机组净化后送入排风中心经排风塔排放，排风过滤器位于本厂房内。

设全面排风系统 P-11-2 为厂房三层试剂配置间、放射性实验室、和伽马谱仪间 C2 区服务。排风量为送风量的 115%，排风量为 10800m<sup>3</sup>/h，排风机按 1x100%设置，风机静压 2500Pa，排风机位于 103 子项内。过滤器间设过滤器机组（初效过滤+1 级高效过滤），设 1 台过滤器机组。排风经过滤器机组净化后送入排风中心经排风塔排放，排风过滤器位于本厂房内。

#### (14) 二层排风过滤器间，C3 区

设全面排风系统 P-12 为二层过滤器间服务。排风换气次数为 6 次/h，排风量为 10800m<sup>3</sup>/h，排风机按 1x100%设置，风机静压 2500Pa，排风机位于 103 子项内。过滤器间设过滤器机组（初效过滤+2 级高效过滤），设 1 台过滤器机组。排风经过过滤器机组净化后送入排风中心经排风塔排放，排风过滤器位于本厂房内。

#### (15) 三层放射性阳性检测室，C2 区

设全面排风系统 P-21 为三层放射性阳性检测室服务。排风量为 2500m<sup>3</sup>/h，排风机按 1x100%设置，风机静压 670Pa，排风机位于 102 子项屋面。排风机为过滤净化风机箱，内部设初效过滤和高效过滤段。排风经过过滤净化风机箱净化后高出屋面 5m 排放。

设全面排风系统 P-25 为三层放射性阳性检测室卫生通过间服务。排风量为 1200m<sup>3</sup>/h，排风机按 1x100%设置，风机机外静压 400Pa，排风机位于 102 子项屋面。排风机为过滤净化风机箱，内部设初效过滤和高效过滤段。排风经过过滤净化风机箱净化后高出屋面 5m 排放。

102 子项排风管道经高压引至 103 子项，离地约 5m，采用不锈钢材质，密封焊接，焊接部位进行无损检测保证其密封性。

### 4.5.4.2 送风系统

(1) 设送风系统 K-1 为一层、二层的 C2 非洁净区服务，送风量为排风量的 85%，风量为 12500m<sup>3</sup>/h，室外新风经过滤后送入房间，空调机组位于本厂房二层送风机房内。

(2) 设送风系统 K-2 为三层的试剂配置间、放射性实验室和伽马谱仪间服务，送风量为排风量的 85%，风量为 5100m<sup>3</sup>/h，室外新风经过滤后送入房间，空调机组位于本厂房二层送风机房内。

(3) 设送风系统 K-3 为三层的 C2 非洁净区服务, 送风量为排风量的 85%, 风量为 7200m<sup>3</sup>/h, 室外新风经过滤后送入房间, 空调机组位于本厂房二层送风机房内。

(4) 设净化空调系统 JH-1 为一层的 <sup>131</sup>I 生产线生产前区、后区、洁净走道和卫生通过间服务。送风量按换气次数 25 次/h, 机组风量为 11000m<sup>3</sup>/h, 室外新风经过滤后送入房间, 空调机组位于本厂房二层送风机房内。

(5) 设净化空调系统 JH-2 为一层的 <sup>177</sup>Lu 生产线生产前区、后区、洁净走道和卫生通过间服务。送风量按换气次数 25 次/h, 机组风量为 11000m<sup>3</sup>/h, 室外新风经过滤后送入房间, 空调机组位于本厂房二层送风机房内。

(6) 设净化空调系统 JH-3 为一层的 <sup>89</sup>Sr 生产线生产前区、后区、洁净走道和卫生通过间服务。送风量按换气次数 25 次/h, 机组风量为 8200m<sup>3</sup>/h, 室外新风经过滤后送入房间, 空调机组位于本厂房二层送风机房内。

(7) 设净化空调系统 JH-4 为一层的备用生产线生产前区、后区、洁净走道和卫生通过间服务。送风量按换气次数 25 次/h, 机组风量为 9600m<sup>3</sup>/h, 室外新风经过滤后送入房间, 空调机组位于本厂房二层送风机房内。

(8) 设净化空调系统 JH-5 为三层带放射性洁净区无菌室服务。送风量按换气次数 25 次/h, 机组风量为 1800m<sup>3</sup>/h, 室外新风经过滤后送入房间, 空调机组位于本厂房二层送风机房内。

(9) 设净化空调系统 JH-8 为三层带放射性洁净区阳性检测室服务。送风量按换气次数 25 次/h, 机组风量为 3700m<sup>3</sup>/h, 室外新风经过滤后送入房间, 空调机组位于本厂房二层送风机房内。

#### **4.5.5 103 子项**

##### **4.5.5.1 排风系统**

###### **(1) C4 区**

C4 区设 1 个局排系统 JP-1，倒装热室换气次数为 20 次/h，整备手套箱换气次数为 25 次/h，总排风量为 1250m<sup>3</sup>/h，静压 3000Pa，排风机按 2x100%设置，就地排风过滤器为 1 级高效，在机房排风过滤器为 1 级高效，过滤器 1 用 1 备，排风经就地过滤和机房高效过滤后送入排风中心经排风塔排放。

### (2) C3 区

C3 区设 1 个全面排风系统 P-2，换气次数为放射性固废暂存间、管束架及靶管存放地坑 2 次/h，其余 C3 区房间为 5~6 次/h，排风量为 14500m<sup>3</sup>/h，静压 2800Pa，排风机按 2x100%设置。机房排风过滤器为 1 级中效+1 级高效，过滤器 1 用 1 备，排风经过滤器净化后送入排风中心经排风塔排放。

### (3) C2 区

C2 区设 1 个全面排风系统 P-1，换气次数为 3 次/h，排风量为 17000m<sup>3</sup>/h，静压 2500Pa，排风机按 1x100%设置，机房排风过滤器为 1 级高效，排风经过滤器净化后送入排风中心经排风塔排放。

## 4.5.5.2 送风系统

(1) C2 区设置空调系统 K-1，送风量 13000m<sup>3</sup>/h，静压 1500Pa。室外新风经过滤后送入房间，空调机组位于本厂房送风机房内。

(2) C3、C4 区（不包含控制室/机柜间、倒装操作面、整备作业区）共设置 1 个空调系统 K-2，送风量 14000m<sup>3</sup>/h，静压 1000Pa。室外新风经过滤后送入 C3 区房间，C4 区箱室及热室送风通过在 C3 区内设就地 1 级高效过滤器转送进入，空调机组位于本厂房送风机房内。

(3) 控制室/机柜间、倒装操作面、整备作业区设置 1 个空调系统 K-3，送风量 2500m<sup>3</sup>/h，静压 1500Pa。室外新风经过滤后送入房间，空调机组位于本厂房送风机房内。

## 4.5.6 小结



本项目放射性物质的操作均在密闭的箱室、设备内，箱室密封性不低于《密封箱室密封性分级及其检验方法》（EJ1096-1999）中规定的2级，小时泄漏率 $\leq 2.5E-03 h^{-1}$ ，且各生产线密封箱室局部设置独立的排风系统，保持密封箱室相对其他区域的相对负压，减少放射性气体向其他区域的释放。

不同的密封区域设置实体隔离，根据实际情况对各子区进一步细分，控制不同区域之间的负压，使气流从低污染区箱高污染区流动，并设置负压监测，气流流向为C1→C2→C3→C4，减少放射性物质的扩散。

## 4.6 放射性三废的处理

### 4.6.1 放射性废气

本项目各辐射工作场所排风系统设置过滤系统，各生产线生产过程中产生的放射性废气经过高效过滤器过滤（I-131生产线还需除碘）后，送入排风中心排气筒排放，废气排放量见表4-9。

$^{60}Co$ 生产线废气活度较高，箱室考虑就地1级高效过滤器+排风机房2级高效过滤器； $^{14}C$ 生产线箱室考虑就地1级高效过滤器+排风机房1级高效过滤器； $^{89}Sr$ 生产线箱室考虑就地1级高效过滤器+排风机房1级高效过滤器； $^{177}Lu$ 生产线箱室考虑就地1级高效过滤器+排风机房1级高效过滤器； $^{131}I$ 生产线操作碘及其包壳，箱室设2级高效+4级碘吸附过滤；各生产线的废气经过过滤后排放，根据第五章气载流出物所致周围公众的影响可知，气载流出物所致周围公众的辐射影响在 $3.75E-04mSv/a$ 。

表 4-9 各子项放射性废气排放量

子项	生产线		半衰期	产生量	处理效率，%	处理效率保守取值，%	预估排放量，Bq/a	
101	$^{60}Co$	母材	Co-60	5.27y	2.96E+11	99.999	99.99	2.96E+07
			Fe-59	44.49d	4.60E+07			4.60E+03
			Co-58	70.86d	7.54E+05			7.54E+01
			Ni-63	100.1y	3.63E+04			3.63E+00
			H-3	12.32y	1.97E+09			1.97E+09
	包壳	Zr-95	64.03d	1.77E+07	1.77E+03			

			Sn-117m	13.76d	4.80E+06			4.80E+02
			Nb-95	34.99d	3.18E+06			3.18E+02
			Cr-51	27.70d	2.74E+06			2.74E+02
			Sn-113	115.09d	2.82E+05			2.82E+01
			Sn-123	129.2d	7.14E+04			7.14E+00
			Fe-55	2.74y	3.61E+04			3.61E+00
	<sup>14</sup> C	母材	C-14	5700y	7.40E+06	99.99	99.9	7.40E+03
			H-3	12.32y	9.64E+11			9.64E+11
		包壳	Zr-95	64.03d	2.15E+07			2.15E+04
			Sn-117m	13.76d	5.81E+06			5.81E+03
			Nb-95	34.99d	3.84E+06			3.84E+03
			Cr-51	27.70d	3.32E+06			3.32E+03
			Sn-119m	293.1d	4.95E+05			4.95E+02
			Sn-113	115.09d	3.42E+05			3.42E+02
Fe-55	2.74y	4.38E+04	4.38E+01					
102		母材	Sr-89	50.53d	3.70E+06	99.99	99.9	3.70E+03
			Sr-85	64.84d	9.45E+03			9.45E+00
			Y-90	64.10h	1.26E+03			1.26E+00
			C-14	5700y	3.79E+00			3.79E-03
			Sr-90	28.8y	2.41E+00			2.41E-03
			Rb-86	18.6d	2.36E+00			2.36E-03
			Y-91	58.5d	7.19E-02			7.19E-05
			H-3	12.3y	6.47E+03			6.47E+03
			Be-10	1.51e+06y	9.68E-04			9.68E-07
			内包壳	P-32	14.26d			5.45E+02
	C-14	5700y		6.08E+00	6.08E-03			
	外包壳	Zr-95	64.03d	3.68E+07	3.68E+04			
		Nb-95	34.99d	1.66E+07	1.66E+04			
		Sn-117m	13.76d	6.08E+06	6.08E+03			
		Cr-51	27.70d	4.58E+06	4.58E+03			
		Zr-97	16.74h	5.06E+07	5.06E+04			
		Sn-119m	293.1d	9.95E+05	9.95E+02			
		Y-90	64.10h	1.58E+06	1.58E+03			
		Sn-121	27.03h	4.35E+06	4.35E+03			
		Sn-113	115.09d	6.41E+05	6.41E+02			
		Nb-95m	3.61d	3.82E+05	3.82E+02			
		Sn-123	129d	1.64E+05	1.64E+02			
		Fe-55	2.75y	9.07E+04	9.07E+01			
		Sb-125	2.76y	7.02E+04	7.02E+01			
		Y-91	58.5d	5.64E+04	5.64E+01			
	Sn-125	9.64d	5.09E+04	5.09E+01				
<sup>89</sup> Sr								

			Fe-59	44.5d	3.54E+04			3.54E+01
			Sr-89	50.5d	2.42E+04			2.42E+01
			Sb-122	2.72d	4.07E+04			4.07E+01
			Mn-54	312d	5.69E+03			5.69E+00
			Sn-121m	43.9y	6.41E+01			6.41E-02
			Zr-93	1.53e+06y	2.03E+01			2.03E-02
	<sup>177</sup> Lu	母材	Lu-177	6.65d	4.44E+08	99.99	99.9	4.44E+05
			Yb-175	4.18d	1.89E+08			1.89E+05
			Yb-169	32.3d	1.35E+07			1.35E+04
			Tm-170	129d	1.16E+04			1.16E+01
			Er-169	9.39d	7.75E+03			7.75E+00
			Tm-171	1.92y	1.36E+01			1.36E-02
			Lu-177m	160d	6.27E+00			6.27E-03
		内包壳	P-32	14.26d	9.62E+01			9.62E-02
			C-14	5700y	2.62E+00			2.62E-03
		外包壳	Zr-95	64.03d	3.14E+06			3.14E+03
			Sn-117m	13.76d	9.27E+05			9.27E+02
			Nb-97	72.1m	1.38E+07			1.38E+04
			Zr-97	16.74h	1.38E+07			1.38E+04
			Nb-95	34.99d	4.33E+05			4.33E+02
			Cr-51	27.70d	5.05E+05			5.05E+02
			Y-90	64.10h	4.21E+05			4.21E+02
			Sn-121	27.03h	1.18E+06			1.18E+03
			Sn-119m	293.1d	7.11E+04			7.11E+01
			Sn-113	115d	4.96E+04			4.96E+01
			Nb-95m	3.61d	2.38E+04			2.38E+01
			Sn-123	129d	1.25E+04			1.25E+01
			Sn-125	9.64y	9.27E+03			9.27E+00
			Fe-55	2.74y	6.27E+03			6.27E+00
			Sb-125	2.76y	4.78E+03			4.78E+00
	Sn-121m	43.9y	4.36E+00	4.36E-03				
	Zr-93	1.53E+06y	1.38E+00	1.38E-03				
	<sup>131</sup> I	母材	I-131	8.02d	3.33E+12	99.99	99.9	3.33E+09
Te-127			9.35h	1.02E+10	1.02E+07			
Te-123m			119d	6.12E+07	6.12E+04			
Te-131m			1.39d	2.36E+08	2.36E+05			
Si-31			2.62d	2.86E+08	2.86E+05			
Te-127m			109d	3.97E+07	3.97E+04			
Te-129m			33.6d	2.87E+07	2.87E+04			
Te-121			19.2d	9.57E+06	9.57E+03			

		Te-125m	57.4d	3.54E+06		3.54E+03
		Xe-131m	11.8d	1.42E+12		1.42E+12
	内包壳	P-32	14.26d	4.39E+02		4.39E-01
		C-14	5700y	3.75E+01		3.75E-02
	外包壳	Zr-95	64.03d	3.02E+08		3.02E+05
		Nb-97	72.1m	4.33E+09		4.33E+06
		Zr-97	16.74h	4.34E+09		4.34E+06
		Sn-117m	13.76d	1.04E+08		1.04E+05
		Sn-121	27.03h	3.49E+08		3.49E+05
		Cr-51	27.70d	5.13E+08		5.13E+05
		Y-90	64.10h	9.27E+07		9.27E+04
		Nb-95	34.99d	1.21E+07		1.21E+04
		Sn-119m	293.1d	6.41E+06		6.41E+03
		Sn-113	115.09d	4.56E+06		4.56E+03
		Nb-95m	3.61d	1.03E+06		1.03E+03
		Sn-123	129.2d	1.15E+06		1.15E+03
		Sn-125	9.64d	1.16E+06		1.16E+03
		Fe-55	2.74y	5.62E+05		5.62E+02
	Sb-125	2.76y	4.23E+05		4.23E+02	
	Sn-121m	43.9y	3.89E+02		3.89E-01	

## 4.6.2 放射性废液

### 4.6.2.1 源项

各生产线放射性废液产生量见表 4-10 和表 4-11。

表 4-10 101 子项放射性废液排放量

生产线	废液种类	废液产生量
<sup>60</sup> Co 生产线	检漏液	7L/年
	工具、零部件等清洁废液	50L/年
<sup>14</sup> C 生产线	生产工艺系统清洗废液	6L/年
	过滤及沉淀清洗废液	5L/年
	检修切割机、机械手人员洗手废液	8L/年
总计		76L

表 4-11 102 子项放射性废液排放量

生产线	废液种类	产生位置	废液产生量
<sup>89</sup> Sr 生产线	取样、留样及质检废液	质检放化实验室	0.03L/年
	生产工艺系统清洗废液	生产箱体	30L/年

177Lu 生产线	取样、留样及质检废液	质检放化实验室	0.12L/年
	分离废液（含 176Yb）	分离纯化箱体	0.15L/年
	纯化废液	分离纯化箱体	1000L/年
	灭菌废液	分装箱体	10L/年
	生产工艺系统清洗废液	分离纯化箱体	60L/年
131I 生产线	取样、质检废液	质检放化实验室	0.02L/年
	生产工艺系统清洗废液	生产箱体	200L/年
总计			1300L

#### 4.6.2.2 处理措施及处理能力评估

101 子项和 102 子项分别设置废液暂存场，对两个场所的废液进行分类暂存。

##### 4.6.2.2.1 101 子项

###### (1) 处理措施及暂存设备

<sup>60</sup>Co 生产线生产废液先在生产热室内进行处理，拟采用物理吸附和化学置换相结合的处理方法进行处理，待处理到 1000Bq/L 后的废液根据热室自流管线流入地下一层储罐内暂存，热室内处理方法的主要工艺原理如下：

①吸附柱由上下双层吸附材料构成，上层由金属微球和永磁材料组成，下层为活性炭；

②在弱酸性的钴-60 废液中，钴以二价离子形态存在，当二价钴离子通过金属微球和永磁材料时，被置换成单质钴，顺磁性单质钴被永磁材料吸附；

③如果钴-60 废液中的二价钴离子有少量未被置换成单质钴，在通过下层活性炭时被物理吸附。

<sup>60</sup>Co 生产线热室底部设置有废液地漏，地漏出口连接有废液管线，废液管线在热室内首先向下敷设，并与地下一层废液暂存间内的废液储罐连接，废液管线敷设时有一定坡度，保证废液从热室内自流进入废液储罐。

<sup>14</sup>C 生产线的废液先通过箱室内的地漏和废液管线自流进入生产后区地坑内的废液暂存桶，定期将 <sup>14</sup>C 废液进行化学沉淀处理，主要操作步骤如下：

①测定碳-14 废液的 pH 值，再将废液 pH 值调整为弱碱性；

②向废液中加入适量的碳酸钠溶液，搅拌并加入氯化钡溶液，碳-14 经反应形成碳酸盐沉淀；

③经一定时间的静置，废液中的碳酸根充分沉淀，抽取上层清液；

④剩余废液经过滤得到沉淀物和滤液；

⑤检测上层清液和滤液的放射性浓度。如废液浓度仍高于 1000Bq/L ，则重复以上述，直至废液浓度低于 1000Bq/L。

处理完的废液通过移动式小型泵将废液暂存桶内的废液输送至地坑底部的地漏。地漏出口连接有废液管线，废液管线在热室内首先向下敷设，并与地下一层废液暂存间内的废液储罐连接，废液管线敷设时有一定坡度，保证废液从热室内自流进入废液储罐。

地下一层废液暂存间总计 2 个废液储罐（图 4-1），用于暂存 101 子项废液，储罐为不锈钢材质，单个储罐有效容积不小于 2m<sup>3</sup>，废液暂存间内废液的操作为设备远程操作，人员通常不进入，废液间四周墙体采用混凝土材料。

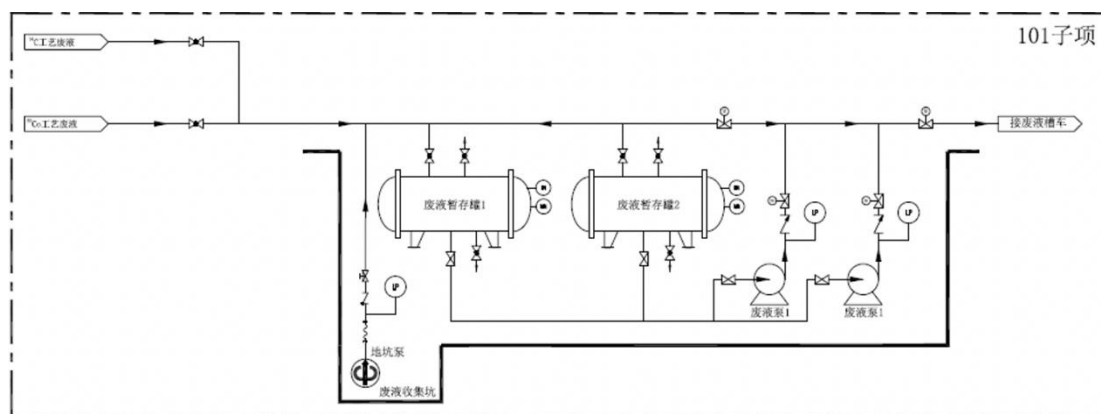


图 4-1 101 子项废液储罐示意图

## (2) 101 子项废液暂存能力评估

通过表 4-10 可知，两条生产线年放射性废液产生量约 70L，101 子项地下一层总计配备 2 个 2m<sup>3</sup> 的储罐用于 <sup>60</sup>Co 生产线和 <sup>14</sup>C 生产线放射性废液的暂存，1 个储罐可暂存约 28 年，根据公司的规划安排，放射性废液 5 年处理一次，101 子项废液的暂存能力可满足，放射性废液暂存 5 年后废液的的活度浓度值见表

4-12, 从表中可以看出经过 5 年的暂存, 放射性废液的活度相对较低, 估算结果为按照设计生产量进行保守估计, 实际运行中放射性废液的产量及废液中放射性核素的活度低于理论估计值, 且在实际运行过程中定期对废液进行监测, 后续定期交由产业园三废处理中心进行处置。

表 4-12 101 子项放射性废液处理运输前活度一览表

子项	生产线		半衰期	暂存前活度浓度, Bq/L	预估运输前活度浓度, Bq/L	
101	<sup>60</sup> Co	母材	Co-60	5.27y	1.00E+03	5.18E+02
			Fe-59	44.49d	8.07E+00	0.00E+00
			Co-58	70.86d	1.32E-01	0.00E+00
			Ni-63	100.1y	6.37E-03	6.15E-03
			H-3	12.32y	0.00E+00	0.00E+00
		包壳	Zr-95	64.03d	1.13E+02	2.97E-07
			Sn-117m	13.76d	3.05E+01	0.00E+00
			Nb-95	34.99d	2.02E+01	0.00E+00
			Cr-51	27.70d	1.75E+01	7.93E-20
			Sn-113	115.09d	1.80E+00	3.01E-05
		Sn-123	129.2d	4.55E-01	2.51E-05	
		Fe-55	2.74y	2.30E-01	6.49E-02	
		总计				
	<sup>14</sup> C	母材	C-14	5700y	1.00E+03	9.99E+02
			H-3	12.32y	0.00E+00	0.00E+00
		包壳	Zr-95	64.03d	1.95E+03	5.11E-06
			Sn-117m	13.76d	5.28E+02	3.09E-37
			Nb-95	34.99d	3.49E+02	7.08E-14
			Cr-51	27.70d	3.02E+02	7.30E-18
Sn-119m			293.1d	4.50E+01	6.01E-01	
Sn-113			115.09d	3.11E+01	5.20E-04	
Fe-55	2.74y	3.98E+00	1.10E+00			
总计					约 1.00E+03	

### (3) 人员去污废水

101 子项内卫生出入口去污间内设置废液收集地坑, 用于收集工作人员清洁去污、洗手、洗澡产生的废液, 地坑有效容积为 1m<sup>3</sup> (2 格设计, 单格容积

为  $0.5\text{m}^3$ ），设不锈钢覆面，排放前通过取样对其进行放射性水平检测，检测结果满足污水排放标准则通过污水系统排放。

根据生产实际经验，人员主要采用干法去污的方法，应急洗手和淋浴的频率较低，产生的放射性废水中主要为各生产线目标核素，活度浓度较低，同时建设单位加强对去污用水的控制，用水开关平常处于常闭状态，禁止随意使用，并带有水量控制装置控制单次用水量。

#### 4.6.2.2.2 102 子项

##### (1) 处理措施及暂存设备

102 子项  $^{89}\text{Sr}$  生产线、 $^{177}\text{Lu}$  生产线、 $^{131}\text{I}$  生产线、备用生产线产生的放射性废液经地下废液管沟送至废液暂存间的废液储罐内进行暂存衰变。废液暂存间内设置 5 个废液储罐，均为不锈钢衬聚四氟乙烯材料，用于暂存 102 子项废液。每个废液储罐的有效容积  $2\text{m}^3$ 。

废液暂存间隔壁为泄漏废液收集间。收集间内设置泄漏废液收集储罐和收集地坑。废液暂存间和泄漏废液收集间地面均为钢覆面。如储罐发生泄漏，泄漏废液随钢覆面坡度方向流向地坑内，再经地坑泵泵回至泄漏废液收集储罐内。泄漏废液收集储罐有效容积  $2\text{m}^3$ 。

废液收集暂存与输送系统流程图见图 4-2 所示。废液暂存间和泄漏废液收集间内废液的操作均为设备远程操作，房间四周墙体采用混凝土。

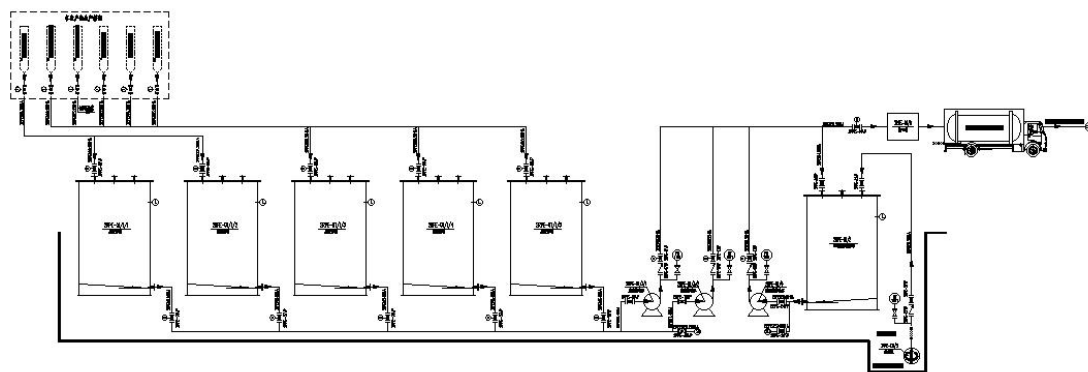


图 4-2 102 子项废液储罐示意图

##### (2) 102 暂存能力评估



通过表 4-11 可知，102 子项生产线年放射性废液产生量约 1.3m<sup>3</sup>，102 子项废液暂存间储罐容积为 10m<sup>3</sup>，可满足暂存超过 5 年，建设单位拟 5 年处理一批次废液，暂存 5 年后放射性废液的活度值见表 4-13，从表中可以看出经过 5 年的暂存，放射性废液的活度较低，估算结果为按照设计生产量进行保守估计，实际运行中放射性废液的产量及废液中放射性核素的活度低于理论估计值，且在实际运行过程中定期对废液进行监测，后续定期交由产业园三废处理中心进行处置。

表 4-13 102 子项放射性废液处理运输前活度一览表

子项	生产线		半衰期	暂存前活度浓度， Bq/L	预估运输前活度浓度， Bq/L	
102	<sup>89</sup> Sr	母材	Sr-89	50.53d	1.23E+05	2.10E-06
			Sr-85	64.84d	3.15E+02	1.12E-06
			Y-90	64.10h	4.20E+01	0.00E+00
			C-14	5700y	1.26E-01	1.26E-01
			Sr-90	28.8y	8.04E-02	7.12E-02
			Rb-86	18.6d	7.87E-02	0.00E+00
			Y-91	58.5d	2.40E-03	0.00E+00
			H-3	12.3y	2.16E-04	1.63E-04
			Be-10	1.51e+06y	3.23E-05	3.23E-05
		内包壳	P-32	14.26d	4.29E-09	0.00E+00
			C-14	5700y	4.29E-09	4.28E-09
		外包壳	Zr-95	64.03d	1.23E+03	3.21E-06
			Nb-95	34.99d	5.53E-01	0.00E+00
			Sn-117m	13.76d	2.03E-01	0.00E+00
			Cr-51	27.70d	1.53E-01	3.69E-21
			Zr-97	16.74h	1.69E+00	0.00E+00
			Sn-119m	293.1d	3.32E-02	4.43E-04
			Y-90	64.10h	5.25E-02	0.00E+00
			Sn-121	27.03h	1.45E-01	0.00E+00
	Sn-113		115.09d	2.14E-02	3.58E-07	
	Nb-95m		3.61d	1.27E-02	0.00E+00	
	Sn-123		129d	5.46E-03	3.01E-07	
	Fe-55	2.75y	3.02E-03	8.57E-04		
	Sb-125	2.76y	2.34E-03	6.67E-04		
	Y-91	58.5d	1.88E-03	0.00E+00		
	Sn-125	9.64d	1.70E-03	0.00E+00		
Fe-59	44.5d	1.18E-03	0.00E+00			

			Sr-89	50.5d	8.07E-04	0.00E+00	
			Sb-122	2.72d	1.36E-03	0.00E+00	
			Mn-54	312d	1.90E-04	3.30E-06	
			Sn-121m	43.9y	2.14E-06	1.98E-06	
			Zr-93	1.53e+06y	6.76E-07	6.76E-07	
	总计						2.00E-01
	<sup>177</sup> Lu	母材	Lu-177	6.65d	4.40E+08	0.00E+00	
			Yb-175	4.18d	1.87E+09	0.00E+00	
			Yb-169	32.3d	1.34E+08	0.00E+00	
			Tm-170	129d	1.15E+05	1.58E+02	
			Er-169	9.39d	7.67E+04	0.00E+00	
			Tm-171	1.92y	1.35E+02	2.18E+01	
			Lu-177m	160d	6.20E+01	2.29E-02	
			C-14	5700y	1.34E+00	1.34E+00	
		内包壳	P-32	14.26d	9.52E-05	0.00E+00	
			C-14	5700y	2.59E-06	2.59E-06	
		外包壳	Zr-95	64.03d	3.11E+00	8.14E-09	
			Sn-117m	13.76d	9.18E-01	0.00E+00	
			Nb-97	72.1m	1.36E+01	0.00E+00	
			Zr-97	16.74h	1.36E+01	0.00E+00	
Nb-95			34.99d	4.29E-01	0.00E+00		
Cr-51			27.70d	5.00E-01	0.00E+00		
Y-90			64.10h	4.16E-01	0.00E+00		
Sn-121			27.03h	1.17E+00	0.00E+00		
Sn-119m			293.1d	7.04E-02	9.40E-04		
Sn-113			115d	4.91E-02	8.21E-07		
Nb-95m	3.61d		2.35E-02	0.00E+00			
Sn-123	129d		1.24E-02	6.85E-07			
Sn-125	9.64y		9.18E-03	6.41E-03			
Fe-55	2.74y		6.21E-03	1.75E-03			
Sb-125	2.76y	4.74E-03	1.35E-03				
Sn-121m	43.9y	4.32E-06	3.99E-06				
Zr-93	1.53E+06y	1.37E-06	1.37E-06				
总计						1.81E+02	
<sup>131</sup> I	母材	I-131	8.02d	2.78E+10	0.00E+00		
		Te-127	9.35h	5.11E+07	0.00E+00		
		Te-123m	119d	3.06E+05	7.41E+00		
		Te-131m	1.39d	1.18E+06	0.00E+00		
		Si-31	2.62d	1.43E+06	0.00E+00		
		Te-127m	109d	1.99E+05	1.81E+00		
		Te-129m	33.6d	1.43E+05	0.00E+00		

			Te-121	19.2d	4.79E+04	0.00E+00
			Te-125m	57.4d	1.77E+04	4.77E-06
			Xe-131m	11.8d	2.78E+10	0.00E+00
		内包壳	P-32	14.26d	2.19E-03	0.00E+00
			C-14	5700y	1.87E-04	1.87E-04
		外包壳	Zr-95	64.03d	1.51E+03	3.96E-06
			Nb-97	72.1m	2.16E+04	0.00E+00
			Zr-97	16.74h	2.17E+04	0.00E+00
			Sn-117m	13.76d	5.18E+02	0.00E+00
			Sn-121	27.03h	1.75E+03	0.00E+00
			Cr-51	27.70d	2.57E+03	0.00E+00
			Y-90	64.10h	4.64E+02	0.00E+00
			Nb-95	34.99d	6.07E+01	0.00E+00
			Sn-119m	293.1d	3.21E+01	4.28E-01
			Sn-113	115.09d	2.28E+01	3.82E-04
			Nb-95m	3.61d	5.16E+00	0.00E+00
			Sn-123	129.2d	5.75E+00	3.17E-04
			Sn-125	9.64d	5.82E+00	0.00E+00
			Fe-55	2.74y	2.81E+00	7.94E-01
			Sb-125	2.76y	2.12E+00	6.03E-01
		Sn-121m	43.9y	1.95E-03	1.80E-03	
		总计				1.11E+01

### (3) 人员去污废水

102 子项内卫生出入口去污间内设置废液收集地坑，用于收集工作人员清洁去污、洗手、洗澡产生的废液，地坑有效容积为 1m<sup>3</sup>（2 格设计，单格容积为 0.5m<sup>3</sup>），设不锈钢覆面，排放前通过取样对其进行放射性水平检测，检测结果满足污水排放标准则通过污水系统排放。

根据生产实际经验，人员主要采用干法去污的方法，应急洗手和淋浴的频率较低，产生的放射性废水中主要为各生产线目标核素，活度浓度较低，同时建设单位加强对去污用水的控制，用水开关平常处于常闭状态，禁止随意使用，并带有水量控制装置控制单次用水量。

#### 4.6.3 放射性固体废物

#### 4.6.3.1源项

各生产线放射性固体废物产生量见表 4-14。

表 4-14 本项目各子项放射性废固体废物产生量一览表

子项	生产线	固体废物种类	规格尺寸	主要核素及年产生量
101 子项	<sup>60</sup> Co	钴棒束架、废靶管	单根靶件尺寸： Ø8x186mm 和 Ø8x212mm 钴束 架尺寸： Ø62.8x214.3mm	主要为极短半衰期核素，半衰期超过 100d 的核素主要包括 Sn-121、 Fe-55、 Sn-113 等。约 300 个棒束架（重量 0.18kg/个，共 54kg），约 1000 根废靶管（重量 13.55g/个，约 14kg），合计约 70kg。
		擦拭去污后的纱布、湿巾等	/	主要核素：Co-60 去污 10 次/年，2.5kg/次，合计 25kg。主要来源于 2#热室切割、分装工序。
	<sup>14</sup> C	内包壳	外包壳尺寸： Ø10x212mm，内 包壳尺寸： Ø8.3x200mm	主要为极短半衰期核素，半衰期超过 100d 的核素主要包括 Sn-121、 Fe-55、 Sn-113 等。Sn-121、Fe-55、Sn-113 等。288 根内靶管，单个质量 0.014kg，总重 4kg。
		干馏后剩余的 AlN 粉末（含石英舟）	/	主要长寿命核素：C-14 等。 288 根内靶，单个 AlN 质量 0.014kg，石英舟 10 个，单个重量 0.1kg，总重 5kg。
102 子项	<sup>89</sup> Sr	废靶管（内、外）	单根靶件尺寸： Ø20x 50 mm	主要为极短半衰期核素，半衰期超过 100d 的核素主要包括 Sn-119m、Sn-113、Sn-123、Fe-55、Sb-125 等。 约 150 根靶件（内外靶管），8.82g/内包壳，38.21/外包壳，总重约 7kg。
		更换的工艺管线、过滤器芯等	/	主要核素：Sr-89。 约 10kg/年。
	<sup>177</sup> Lu	废靶管（内、外）	单根靶件尺寸： Ø20x 50 mm	主要为极短半衰期核素，半衰期超过 100d 的核素主要包括 Sn-119m、Sn-113、Sn-123、Fe-55、Sb-125 等。 约 268 根靶件（内外靶管），8.82g/内包壳，38.21/外包壳，总重约 13kg。
		更换的工艺管线、过滤器芯等	/	主要核素：Lu-177。 约 10kg/年。
	<sup>131</sup> I	废靶管（内、外）	单根靶件尺寸： Ø20x 50 mm	主要为极短半衰期核素，半衰期超过 100d 的核素主要包括 Sn-119m、Sn-113、Sn-123、Fe-55、Sb-125 等。 约 13300 根靶件（内外靶管），8.82g/内包壳，38.21g/外包壳，总重约 627kg。
		更换的工艺管线、玻璃器皿、过滤器芯	/	主要核素：I-131，约 20kg/年。

子项	生产线	固体废物种类	规格尺寸	主要核素及年产生量
		干馏后的填充母材、干馏石英舟皿等	/	主要为极短半衰期核素，半衰期超过 100d 的核素主要包括 Te-123m、Te-127m 等，TeO <sub>2</sub> 粉末 7kg/年，石英舟 14kg/年，总重 21kg/年。
废树脂		主要源于 Co-60 原料/成品水池废离子交换树脂以及 Lu-177 工艺交换废树脂，年产量约 5kg。		
劳保用品		每人每天产生 0.25kg，年产生约 2000kg。		
废过滤器		101 子项、102 子项、103 子项产生的废过滤器芯规格主要分三种：初效过滤器（610 mm×610 mm×50mm）、高效过滤器（610 mm×610 mm×292mm）、除碘过滤器（610 mm×610 mm×292 mm）。		

#### 4.6.3.2 处理措施及处理能力评估

本项目 103 子项对放射性固废主要包括靶管、钴棒束架、废母材等放射性活度相对较高的放射性固体废物，沾污的劳保用品、更换的废工艺管、玻璃器皿、擦拭去污抹布等放射性活度较低的放射性固体废物，通风废过滤器芯等，对上述放射性固体废物进行分类、处理、暂存，具体如下：

##### （1）靶管、钴棒束架、废母材等废物

各生产线产生的废靶管、钴棒束架、废母材等废物每年产生的 200L 废物桶约为 22 桶，放射性固废暂存间西侧设置地坑区，地坑区设置有 100 个地坑，每个地坑内存放 2 个 200L 废物桶，共计能储存 200 个废物桶。废物在暂存间内充分衰变后，先后通过数控吊车和轨道小车将 200L 废物桶运至热室下方，使用水泥灌装设备对 200L 废物桶进行水泥固定，完成养护后送处置场处置。

##### （2）通风废过滤器芯等

各子项大尺寸过滤器芯装入 FA-IV 型钢箱内装入运输车辆，车辆经车辆过渡门斗进入固废转入操作区，由 5t 悬挂吊车将运输钢箱卸下，使用吊车将钢箱内的滤芯吊运至运输平板车上，人工将平板车通过气闸间 2 转运至放射性固废暂存间的大型滤芯存放区储存，103 子项自身产生的废过滤器芯袋封后通过平

板车从进入固废转入操作区；放射性固废暂存间东侧设置大型滤芯存放区，该区域设有 98 个滤芯存放位，大型通风滤芯在存放区暂存衰变达到清洁解控水平后委托滤芯拆解处理厂家按常规废物进行处理。如经过暂存衰变后无法达到解控水平则暂存期满后转入整备手套箱内进行拆解后装入 200L 钢桶进行水泥固定，最终送往处置场进行处置。

对于热室、箱室设置的就地小型滤芯，在滤芯产生地首先经过袋封保证包装的密封性，然后装入 200L 钢桶内，通过运输车辆将钢桶运至 103 子项固废转入操作区内，对于装有  $^{60}\text{Co}$  生产线就地过滤器芯的 200L 钢桶由 5t 数控吊车将 200L 钢桶运输至地坑内存放，其他生产线装有小型滤芯的 200L 钢桶由 5t 数控吊车吊运至 200L 桶地上存放区储存。200L 桶地上存放区为地上两层堆垛存放，共计有 240 个钢桶存放位。小型滤芯暂存期满后需核实是否达到清洁解控水平，如达到则作为常规废物处理，如未达到则考虑对 200L 钢桶进行水泥固定后送处置场处置。

### （3）其他常规固体废物

其他常规固体废物主要包括沾污的劳保用品、更换的废工艺管、玻璃器皿、擦拭去污抹布等，通过 103 子项整备手套箱进行分拣、液压剪操作、往复锯操作、固废暂存和压缩后，整备后的固废废物装入在整备手套箱下部提前已完成对接的 200L 钢桶内，装填完成后运输辊道将 200L 钢桶运输至取封盖工位完成钢桶封盖工作后进入放射性固废暂存间，通过数控吊车将钢桶运输至 200L 钢桶地上存放区暂存。暂存期满的废物需测量是否已达到清洁解控水平，如达到则作为常规废物处理，如未达到对于可进一步压缩减容的固体废物运输至核电厂超压设备进一步压缩后进行水泥固定，废物类型如不可压缩则在 103 子项内使用水泥灌装设备对 200L 钢桶进行水泥固定后送处置场处置。

### （4）废树脂

按照《危险废物管理名录》（2021 年版），本项目废树脂废物类型/代码为 900-015-13，主要源于 101 子项 Co-60 原料/成品水池废离子交换树脂以及 Lu-177 工艺交换废树脂，年产量约 5kg，在本项目作为放射性固体废物处理。

各子项的废树脂产生后装入暂存容器内，贴上标签和日期等信息，并做好记录，转移至 101 子项废液暂存间固定区域暂存，暂存区域设置防护栅栏，定期监测，对符合清洁解控树脂及时申请解控，对不满足解控条件的废树脂委托有资质单位进行处理。

#### (5) 废旧放射源回收暂存

废旧放射源在 101 子项完成倒装后，将退役源贮存容器从成品源水池吊至运输车辆，通过运输车辆将退役源贮存容器转移至 103 子项退役源地坑暂存。103 子项放射性固废暂存间内大型滤芯存放区一侧设置有 16 个废旧放射源屏蔽容器存放井，存放井尺寸 1000mm（长）×1000mm（宽）×1800mm（深），容器最大装载量为  $1 \times 10^5 \text{Ci}$ ，废旧放射源在 103 子项指定区域进行干式贮存，后续委托有资质单位进行处置。

#### (6) 暂存能力评估

通过上述的描述可知，对于废靶管等废物放射性活度相对较高的放射性固体废物，每年产生量 20 余桶，用于暂存该类放射性固废的区域可容纳 200 个废物桶，空间可满足暂存时长 10 年以上。根据建设单位的规划，放射性固体废物暂存至少 5 年，充分衰变后，进行水泥固定，完成养护后委托有资质单位进行外运处置。

各生产线放射性固废中各核素在经过 5 年的暂存后活度变化见表 4-13，从表中可以看出，各生产线放射性固废暂存前活度浓度的主要占比源于极短半衰期核素（半衰期  $< 100\text{d}$ ），估算结果为按照设计生产量进行保守估计，实际运行中放射性固体废物的产量于理论估计值，经过 5 年的暂存期后，各类放射性固体废物中活度浓度总和均低于  $4.0\text{E}+11\text{Bq/kg}$ ，根据《放射性废物分类》，属于低水平放射性废物，可进行近地表处置。

表 4-15 主要放射性固体废物处置前活度一览表

子项	生产线	半衰期	暂存前活度浓度, Bq/kg	预估处置运输前活度浓度, Bq/kg

101	<sup>60</sup> Co	母材	Co-60	5.27y	1.18E+05	6.13E+04
			Fe-59	44.49d	0.00E+00	0.00E+00
			Co-58	70.86d	0.00E+00	0.00E+00
			Ni-63	100.1y	0.00E+00	0.00E+00
			H-3	12.32y	0.00E+00	0.00E+00
		包壳	Zr-95	64.03d	2.45E+12	6.46E+03
			Sn-117m	13.76d	6.64E+11	0.00E+00
			Nb-95	34.99d	4.40E+11	8.91E-05
			Cr-51	27.70d	3.80E+11	0.00E+00
			Sn-113	115.09d	3.90E+10	6.54E+05
			Sn-123	129.2d	9.88E+09	3.01E-03
	Fe-55	2.74y	5.00E+09	1.41E+09		
	总计					1.41E+09
	<sup>14</sup> C	母材	C-14	5700y	1.48E+08	1.48E+08
			H-3	12.32y	0.00E+00	0.00E+00
		包壳	Zr-95	64.03d	5.37E+12	1.40E+04
			Sn-117m	13.76d	1.45E+12	0.00E+00
			Nb-95	34.99d	9.61E+11	1.95E-04
			Cr-51	27.70d	8.30E+11	2.01E-08
			Sn-119m	293.1d	1.24E+11	1.65E+09
			Sn-113	115.09d	8.54E+10	1.43E+06
			Fe-55	2.74y	1.09E+10	3.03E+09
	总计					4.69E+09
102	<sup>89</sup> Sr	母材	Sr-89	50.53d	3.70E+03	6.29E-08
			Sr-85	64.84d	9.45E+00	3.35E-08
			Y-90	64.10h	1.26E+00	0.00E+00
			C-14	5700y	3.79E-03	3.79E-03
			Sr-90	28.8y	2.41E-03	2.14E-03
			Rb-86	18.6d	2.36E-03	0.00E+00
			Y-91	58.5d	7.19E-05	0.00E+00
			H-3	12.3y	0.00E+00	0.00E+00
			Be-10	1.51E+06y	9.68E-07	9.68E-07
		内包壳	P-32	14.26d	4.29E-09	0.00E+00
			C-14	5700y	4.29E-09	4.28E-09
		外包壳	Zr-95	64.03d	5.26E+12	1.38E+04
			Nb-95	34.99d	2.37E+12	6.20E+03
			Sn-117m	13.76d	8.69E+11	2.27E+03
			Cr-51	27.70d	6.55E+11	1.71E+03
			Zr-97	16.74h	7.23E+12	0.00E+00
			Sn-119m	293.1d	1.42E+11	1.90E+09
Y-90	64.10h	2.25E+11	0.00E+00			



			Sn-121	27.03h	6.21E+11	0.00E+00	
			Sn-113	115.09d	9.16E+10	1.53E+06	
			Nb-95m	3.61d	5.46E+10	0.00E+00	
			Sn-123	129d	2.34E+10	1.29E+06	
			Fe-55	2.75y	1.30E+10	3.67E+09	
			Sb-125	2.76y	1.00E+10	2.85E+09	
			Y-91	58.5d	8.06E+09	2.73E+00	
			Sn-125	9.64d	7.27E+09	2.46E+00	
			Fe-59	44.5d	5.05E+09	1.71E+00	
			Sr-89	50.5d	3.46E+09	1.17E+00	
			Sb-122	2.72d	5.81E+09	1.97E+00	
			Mn-54	312d	8.14E+08	2.76E-01	
			Sn-121m	43.9y	9.16E+06	8.47E+06	
			Zr-93	1.53E+06y	2.90E+06	2.68E+06	
	总计						8.43E+09
	<sup>177</sup> Lu	母材	Lu-177	6.65d	4.40E+12	0.00E+00	
			Yb-175	4.18d	1.87E+13	0.00E+00	
			Yb-169	32.3d	1.34E+12	0.00E+00	
			Tm-170	129d	1.15E+09	0.00E+00	
			Er-169	9.39d	7.68E+08	0.00E+00	
			Tm-171	1.92y	1.35E+06	2.18E+05	
			Lu-177m	160d	6.21E+05	2.29E+02	
			C-14	5700y	1.35E+04	1.34E+04	
		内包壳	P-32	14.26d	4.06E+07	0.00E+00	
			C-14	5700y	1.11E+06	1.11E+06	
		外包壳	Zr-95	64.03d	3.07E+11	8.02E+02	
			Sn-117m	13.76d	9.04E+10	2.37E+02	
			Nb-97	72.1m	1.34E+12	0.00E+00	
			Zr-97	16.74h	1.34E+12	0.00E+00	
			Nb-95	34.99d	4.22E+10	8.56E-06	
			Cr-51	27.70d	4.93E+10	0.00E+00	
			Y-90	64.10h	4.10E+10	0.00E+00	
			Sn-121	27.03h	1.15E+11	0.00E+00	
			Sn-119m	293.1d	6.94E+09	9.26E+07	
			Sn-113	115d	4.83E+09	6.45E+07	
			Nb-95m	3.61d	2.32E+09	3.09E+07	
			Sn-123	129d	1.22E+09	1.63E+07	
		Sn-125	9.64y	9.04E+08	6.31E+08		
Fe-55		2.74y	6.11E+08	4.27E+08			
Sb-125		2.76y	4.67E+08	3.26E+08			
Sn-121m		43.9y	4.25E+05	2.97E+05			

			Zr-93	1.53E+06y	1.35E+05	9.40E+04
		总计				
<sup>131</sup> I	母材		I-131	8.02d	2.64E+11	0.00E+00
			Te-127	9.35h	4.86E+14	0.00E+00
			Te-123m	119d	2.91E+12	7.06E+07
			Te-131m	1.39d	1.13E+13	0.00E+00
			Si-31	2.62d	1.36E+13	0.00E+00
			Te-127m	109d	1.89E+12	1.73E+07
			Te-129m	33.6d	1.36E+12	6.14E-05
			Te-121	19.2d	4.56E+11	0.00E+00
			Te-125m	57.4d	1.68E+11	4.54E+01
			Xe-131m	11.8d	0.00E+00	0.00E+00
	内包壳		P-32	14.26d	3.73E+06	0.00E+00
			C-14	5700y	3.19E+05	3.19E+05
	外包壳		Zr-95	64.03d	5.94E+11	1.55E+03
			Nb-97	72.1m	8.49E+12	0.00E+00
			Zr-97	16.74h	8.52E+12	0.00E+00
			Sn-117m	13.76d	2.03E+11	0.00E+00
			Sn-121	27.03h	6.86E+11	0.00E+00
			Cr-51	27.70d	1.01E+12	2.44E-08
			Y-90	64.10h	1.82E+11	0.00E+00
			Nb-95	34.99d	2.38E+10	4.83E-06
			Sn-119m	293.1d	1.26E+10	1.68E+08
			Sn-113	115.09d	8.95E+09	1.50E+05
			Nb-95m	3.61d	2.02E+09	0.00E+00
			Sn-123	129.2d	2.26E+09	1.25E+05
			Sn-125	9.64d	2.29E+09	0.00E+00
			Fe-55	2.74y	1.10E+09	3.12E+08
		Sb-125	2.76y	8.31E+08	2.37E+08	
		Sn-121m	43.9y	7.64E+05	7.06E+05	
	总计					7.17E+08

## 5 环境影响分析

### 5.1 施工期环境影响分析

#### 5.1.1 施工期的大气环境影响分析

施工期产生的废气主要包括土建施工过程产生的扬尘、车辆机械运行产生的尾气。

根据有关研究资料，施工扬尘的起尘量与许多因素有关，挖土机等在工作时的起尘量与挖坑深度、挖土机抓斗与地面的相对高度、风速、土壤的颗粒度、土壤含水量等因素有关。对于渣土堆场而言，起尘量还与堆放方式、起动风速及堆场有无防护措施等有关。国内研究结果和类比调查表明，在起动风速以上，影响起尘量的主要因素分别为：防护措施、风速、土壤湿度、挖土方式或土堆的堆放方式等。在不同的风速和稳定度下，挖土的扬尘对环境的浓度贡献都较大。但随着距离的增加，浓度贡献衰减很快。在土壤湿度较大的情况下，其浓度贡献大的区域一般在施工现场 100 米以内。建议采取以下施工期大气污染防治措施：

(1) 工程施工产生扬尘污染活动的相关责任主体，应当采取扬尘污染防治措施，并做到方案完善、措施有效、手续齐全、人员落实、监控到位和资源配置齐全。

(2) 工程施工现场扬尘污染防治应当做到工地周边围挡、物料堆放覆盖、路面硬化、土方开挖湿法作业、出入车辆清洗、渣土车辆密闭运输。

(3) 施工期间，应在物料、渣土、垃圾运输车辆的出口内侧设置洗车平台，车辆驶离工地前，应在洗车平台清洗轮胎及车身，不得带泥上路。

(4) 施工期间，应当对工地建筑结构脚手架外侧设置密目防尘网或防尘布。

(5) 施工现场建筑材料实行集中、分类堆放。施工现场禁止焚烧沥青、油毡、橡胶、垃圾等易产生有毒有害烟尘和恶臭气体的物质。

(6) 物料、渣土、垃圾运输车辆，应采用密闭车斗，保证物料不遗撒外漏。建筑垃圾、工程渣土等应当及时清运，在 48 小时内未能清运的，应当在施工工地内设置临时堆放场内临时堆放，临时堆放场应采取围挡、遮盖等有效防尘措施。

(7) 施工过程中使用水泥、石灰、砂石、涂料、铺装材料等易产生扬尘的材料，应当密闭存储。若工地内堆放，应当采用防尘布，或采取其他有效的防尘措施。需使用混凝土的，应当使用预拌商品混凝土，或者进行密闭搅拌并采取相应的扬尘防治措施，不得现场露天搅拌混凝土、消化石灰及拌石灰土等。

(8) 施工工地内及工地出口至铺装道路间的车行道路应铺设钢板、混凝土、细石等材料，并辅以洒水、喷洒抑尘剂等措施。施工工地道路积尘可采用吸尘或水冲洗的方法清洁路面。

项目施工期会增加施工现场的起尘量，但是施工期相对较短，施工活动引起粉尘、扬尘增加仅在施工区内和周围地区，对项目周边环境空气质量影响较小。

### 5.1.2 施工期水环境影响分析

施工过程中产生的废水主要为施工人员排放的生活污水和施工作业产生的废水。

施工废水主要产生于施工机械清洗等，废水中主要污染物为泥沙、悬浮物等。施工期可在场区设置简易沉淀池，施工废水经沉淀池处理后回用，不外排。

本项目施工人员排放的生活污水和城市居民生活污水水质相似，污水中主要污染物为 pH、SS、COD、BOD 等。污水经化粪池初步处理后排入市政污水管网。

采取这些措施以后，施工期产生的污水对环境的影响会降到最低水平，施工期产生的废水其对环境的影响是短暂的，一旦施工结束，其影响随之消失。

### 5.1.3 施工期噪声影响分析

施工期的噪声包括施工现场的各类机械设备噪声及物料运输时运输车辆产生的交通噪声，本项目施工期的主要噪声源以施工机械噪声为主，运输车辆辐射噪声为辅。

施工机械噪声可近似视为点声源处理，根据点声源噪声衰减模式，估计距离声源不同距离处的噪声值，预测模式如下：

$$L_p(r) = L_p(r_0) - 20 \lg(r / r_0) \quad (\text{公式 5-1})$$

式中： $L_p(r)$  —距声源  $r$  处的 A 声级，dB (A)；

$L_p(r_0)$  —参考位置  $r_0$  处（声源）的 A 声级，dB (A)；

根据上述计算模式，施工期距施工机械不同距离处的噪声值见表 5-1。

**表 5-1 施工期距施工机械不同距离处的噪声值 单位：dB (A)**

施工设备名称	5m	10m	20m	50m	100m	150m	200m
液压挖掘机	86	80	74	66	60	56	54
轮式装载机	93	87	81	73	67	63	61
推土机	86	80	74	66	60	56	54
重型运输车	86	80	74	66	60	56	54
静力压桩机	73	67	61	53	47	43	41
混凝土输送泵	92	86	80	72	66	62	60
风镐	90	84	78	70	64	60	58
压路机	85	79	73	65	59	55	53
木工电锯	96	90	84	76	70	66	64
商砼搅拌车	88	82	76	68	62	58	56
云石机、角磨	93	87	81	73	67	63	61

根据《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的规定，施工场界昼间的噪声值为 70dB (A)，从表 5-1 可知，昼间施工机械在距施工机械 100m 外可以达到标准限值。

由于施工机械噪音强度较大，对周边环境有一定影响，本工程在施工期间应采取如下降噪措施：

(1) 合理安排施工时间

制定施工计划，避免大量高噪音设备同时施工，严禁夜间施工。

(2) 降低设备噪音

设备选型上尽量采用低噪声设备；对动力机械设备进行定期的维修、养护，防止松动部件的振动或消声器的损坏而增加其工作时声级；闲置不用的设备应及时关闭，运输车辆进入现场应减速，并减少鸣笛。

### （3）合理布局施工场地

施工时应在工程条件允许的前提下，尽量避免将高噪声设备布置在施工工地临近敏感点的区域。

### （4）降低人为噪音

按规定操作机械设备；模板、支架拆卸过程中，遵守作业规定，减少碰撞噪音。

## 5.1.4 施工期固废环境影响分析

施工现场的固体废物主要来源于施工过程中产生的建筑垃圾及生活垃圾等。建筑废料其数量比较多，包括施工中砖、水泥、钢材等废料，将其中可回收的部分回收作为建筑材料进行再利用，其余的运送至渣土堆放场统一处理，以免造成环境污染和物质浪费。

施工人员将产生的少量生活垃圾，平均每人每天 0.5kg 左右。施工场地临时宿营地应自建垃圾箱，定时清运。

项目施工期较短，采取如上措施后，施工期产生的建筑垃圾及生活垃圾对环境的影响较小。

## 5.1.5 生态环境影响分析

本项目位于产业园内，其项目的建设对场所内现有地表植物造成一定的破坏，不会造成当地生物量大量减少和生物多样性的破坏。另外，随着施工建设结束，场所内将进行人工绿化，因此，本项目建设对当地的生态影响是可以接受的。

## 5.2 正常运行期间的非放射性环境影响分析

### 5.2.1 非放废气

#### （1）食堂油烟

本项目工作人员约 100 人，201 子项内设置食堂，食堂油烟废气经油烟净化装置处理后经专用烟道于楼顶排放，食堂油烟经油烟净化装置净化效率 $\geq 85\%$ ，处理后可满足达到《饮食业油烟排放标准》（GB18483-2001）以及浙江省《公共建筑节能设计标准》（DB33/1036-2021）油烟最高允许排放浓度为  $1.0\text{mg}/\text{m}^3$  的要求，排气筒位于屋面，距离地面约 19m。

## （2）汽车尾气

本项设置地上停车场，机动车位约 44 个，汽车在低速运行期间产生  $\text{CO}$ 、 $\text{NO}_x$  和碳氢化合物等污染物污染，本项目停车场场地开阔，汽车尾气经过大气的稀释和扩散，对环境的影响很小。

### 5.2.2 废水

本项目运行期间产生的非放废水主要为工作人员生活污水，本项目劳动定员约 100 人，生活用水按  $100\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$  计，排水系数取 0.85，则生活废水日产量为  $8.5\text{t}/\text{d}$ （年产量为  $2125\text{t}/\text{d}$ ），生活废水水质相对简单，非放废水排入产业园园区污水管网，对于食堂含油废水，经专用隔油器和室外地理式隔油池两级隔油处置后，达到《污水排入城市下水道标准》后排入室外生活污水管网，后续排入产业园园区污水管网，104 子项非放生产废水主要为车辆冲洗废水，废水量极少，排入产业园园区污水管网。

产业园废水纳管执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准，最终送至嘉兴市联合污水处理厂进行处理，联合污水处理厂现状处理规模约  $60\text{万 m}^3/\text{d}$ ，本项目产生的废水总量占比较小，其废水送至联合污水处理厂后对其运行不会造成冲击，且对联合污水处理厂的运行不会造成影响。联合污水处理厂出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准以及《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33\_2169-2018）中的表 2 中标准后，最终排入杭州湾海域。

### 5.2.3 噪声

本项目噪声主要来源于风机、空调机组等设备运行产生的噪音，根据《环境评价技术导则 声环境》（HJ2.4—2021）推荐的方法，可以把上述声源当作点声源处理，等效点声源位置在声源本身的中心。

(1) 点声源几何发散在预测点（厂界处）产生的 A 声级的计算采用公式 5-1:

(2) 预测点的预测等效声级（ $L_{eq}$ ）计算公式:

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{pi}}{10}}$$

式中:

$L$  — 受声点处  $n$  个噪声源的总声级，dB(A);

$L_{pi}$  — 第  $i$  个噪声源的声级;

$n$  — 噪声源的个数。

项目噪声源强表 5-2。

表 5-2 噪声源强一览表

序号	场所	场所	设备名称	源强/dB(A)	降噪效果/dB(A)	设备噪声叠加后源强/dB(A)
1	101 子项	101 子项送风机房	风机	80	10	84.94
		101 子项排风过滤器间	风机	80	10	
		101 子项冷却水设备间	冷水机组	75	15	
			真空泵	85	15	
2	102 子项	102 子项排风过滤间	风机	80	10	88.13
		102 子项送风机房	风机	80	10	
3	103 子项	103 子项送风机房	风机	80	10	83.01
		103 子项排风中心	风机	80	10	
备注：上述设备均采用低噪声设备，基础防震措施等。						

本项目噪声预测结果见表 5-3。本项目夜间不生产，因此仅对昼间噪声值进行预测，根据预测结果可知，项目建成后，项目四个厂界噪声排放均能满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 3 类标准要求。



表 5-3 厂界边界噪声预测结果

预测点	主要声源	噪声源强 /dB(A)	至厂界距离/m	厂界处噪声叠加值/dB(A)	标准限值（昼间）/dB(A)	达标情况
东侧厂界	101 子项	84.94	156	48.10	65	达标
	102 子项	88.13	118			
	103 子项	83.01	199			
南侧厂界	101 子项	84.94	95	59.11	65	达标
	102 子项	88.13	33			
	103 子项	83.01	33			
西侧厂界	101 子项	84.94	50	53.87	65	达标
	102 子项	88.13	124			
	103 子项	83.01	51			
北侧厂界	101 子项	84.94	59	52.56	65	达标
	102 子项	88.13	92			
	103 子项	83.01	120			

此外，建设单位拟采取以下措施，减少噪声的影响：

- (1) 选用低噪声设备，降低设备噪声源强；
- (2) 设备安装时采取基础减振、部分风机安装消音箱等；
- (3) 风机和泵类设备底部设减振台座，其进出口接管处，均设置柔性接管；设置消声器，采用吸声材料，机房的内墙面及顶棚均作吸音构造，并选用隔声门和隔音窗；
- (4) 加强设备管理和维修、确保设备正常运行；

基于以上分析可知，本项目噪声对周围保护目标的影响较小。

#### 5.2.4 固体废物

本项目运行期间产生的非放射性固体废物主要来自于工作人员产生的生活垃圾，生活垃圾产量按每人 0.5kg/d 计，项目工作人员约为 100 人，则本项目生活垃圾产生量为 12.5t/a，另外还包括原料及产品包装产生的废包装材料。本项目涉及的非放危险废物主要为废机械泵油，对于酸碱溶液，在生产线工艺中用于放射性原料的溶解，最终的产物作为产品进行销售，或用于质量检验工作

中的化学纯度分析，最终产物作为放射性废物处理。废树脂均作为放射性固体废物处理，上述放射性废物的处理详见 4.6 小节，本项目涉及的非放固体废物的的主要信息和处理方式见表 5-4。

表 5-4 非放固体废物分析结果汇总表

序号	固废名称	属性（危险废物、一般工业固体废物或待鉴别）	产生工序	形态	主要成分	危险特性鉴别方法	危险特性	废物类别	废物代码	估算产生量 t/a	利用处置方式
1	生活垃圾	生活垃圾	职工生活	固	生活垃圾	《国家危险废物名录》 (2021 版)	/	99	900-999-99	12.5	环卫清运
2	废包装材料	一般固废	包装	固	包装材料		/	99	99-999-99	10	外售处理
3	废机械泵油	危险废物	更换机械泵油	液	机械泵油		T, I	HW08	900-249-08	0.02	委托有资质单位处理

综上，本项目产生的非放固体废物，主要为生活垃圾，针对生活垃圾设置若干个垃圾桶收集后由环卫部门统一清运，一般固废外售处理，危险废物（废机械泵油）委托有资质单位处理，项目固废均得到妥善安全处理处置，不会产生二次污染，对厂内外环境基本无影响。

### 5.2.5 环境风险分析

本项目运营期使用的风险物质远远小于其临界量，为减少风险事故发生可能性，应采取以下措施：

(1) 化学品贮存场所应配备专业技术人员负责管理，做好化学品入库、出库、取用登记台账。同时配备必要的个人防护用品。

(2) 应制定化学品泄漏物和包装物的废弃处理程序，加强对废弃物的管理。凡有化学危险物品存放、使用场所，都应在醒目位置张贴《安全须知卡》。

(3) 化学品贮存场所应建立检查制度，定期进行全面检查，检查是否有泄漏现象。

(4) 库内物质应分类存放，禁忌混合存放。易燃物与毒害物应分隔存放。库房内加强通风。对于盐酸、硝酸等腐蚀性化学品，应放置于有通风的阴凉地方，远离禁忌物工作场所，贮存地区设有防腐蚀地板，进行重点防渗处理，设有防渗漏收集装置，当液体原料发生泄漏时，及时收集处置必要时迅速撤离泄漏污染区人员至安全区。人员操作时，应穿戴防护服、手套和眼镜等防护措施。

(5) 设灭火设备及警示标语，区域内禁止烟火，配备一定数量的灭火器材；应配备专业管理人员及技术人员，并建立完善的安全生产规章制度和操作规程，严格按操作规程操作。

### 5.3 正常运行期间的辐射环境影响分析

#### 5.3.1 屏蔽体外剂量率估算结果

##### 5.3.1.1 计算公式

屏蔽体外剂量率水平可采用点源公式，参照公式 5-2。

$$\dot{H} = \frac{A}{R^2} \times \Gamma \times 0.1^{\frac{d}{TVL}} \quad (\text{公式 5-2})$$

式中，

$\dot{H}$  -关注点处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A-单次操作最大活度，MBq；

$\Gamma$ -照射量率常数， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}\cdot\text{MBq}$ ；

R-计算点与源点的距离，m；

d-屏蔽体厚度，mm；

TVL-十分之一值层厚度，mm

##### 5.3.1.2 计算结果

101 子项、102 子项和 103 子项进行剂量率估算期间，Co-60 和 C-14 靶件按其出堆后放置 2 月衰变后的活度进行估算，C-14 生产线主要考虑外靶管的辐

射影响，Sr-89、Lu-177 和 I-131 靶件按其出堆后放置 2 天衰变后的活度进行估算，倒装热室内的废靶保守按 Co-60 生产线估算，核素衰变时间考虑其出堆放置的 2 个月以及在生产线的暂存时间约 1 个月。

### 5.3.2 工作人员年受照剂量

#### 5.3.2.1 生产线工作期间

本项目工作人员在生产线工作期间主要考虑工作人员进行操作期间受到的瞬发辐射外照射以及内照射的辐射影响。

##### 5.3.2.1.1 外照射

工作人员因外照射所受辐射剂量利用公式 5-3 计算，各生产线辐射工作人员因外照射年受照剂量估算结果见表 5-5 和表 5-6。

$$H=D \times t \times T \quad (5-3)$$

$H$  为工作人员年受照剂量，mSv/a；

$D$  为工作人员所在区域剂量率，mSv/h，对应流程剂量率；

$t$  为工作人员年受照时间，h/a，取自各生产线工作人员不同工作阶段的工作负荷，详见表 3-6、表 3-8、表 3-10。

$T$  为居留因子，取值为 1。

表 5-5 生产线辐射工作人员外照射受照剂量计算结果

生产线	工作阶段	剂量率， $\mu\text{Sv/h}$	年受照时间，h	受照剂量，mSv/a	总计
$^{60}\text{Co}$	原料接收 <sup>1</sup>	2.55E+02	6.67	1.70E+00	2.58
	拆解棒束架	2.36E+00	20.00	4.72E-02	
	单棒解体、焊接、去污、检验、活度测量及存放	7.07E-01	333.33	2.36E-01	
	废物运送 <sup>2</sup>	7.95E+01	7.50	5.96E-01	
	废源倒装 <sup>3</sup>	5.35E-06	18.67	9.98E-08	

<sup>14</sup> C	内靶管切割	3.79E+00	4.60	1.74E-02	5.81E-02
	废物运送 <sup>2</sup>	7.99E+00	5.08	4.06E-02	
<sup>89</sup> Sr	靶件接收	1.78E+01	0.83	1.48E-02	2.62E-01
	靶件切割、内靶管清洗、转运(1#)	6.97E+00	10.00	6.97E-02	
	<sup>89</sup> Sr 溶液制备(2-1#)	1.69E-01	20.00	3.38E-03	
	<sup>89</sup> Sr 产品检验取样、自动分装(2-2#)	1.32E-02	0.83	1.10E-05	
	废物运送 <sup>2</sup>	8.58E+01	2.03	1.74E-01	
<sup>131</sup> I	靶件接收	9.11E+00	0.83	7.59E-03	6.75E-01
	靶件切割、转运(1#)	1.05E+00	10.00	1.05E-02	
	内靶管清洗、 <sup>131</sup> I 溶液制备(2#)	1.72E-01	20.00	3.43E-03	
	产品检验取样、自动分装(3#)	1.72E-01	0.83	1.43E-04	
	包装(4#)	1.27E+00	0.83	1.05E-03	
	废物运送 <sup>2</sup>	1.61E+01	40.54	6.52E-01	
<sup>177</sup> Lu	靶件接收	4.20E-01	4.50	1.89E-03	3.55E-02
	靶件切割、转运(1#)	5.18E-01	27.00	1.40E-02	
	内靶管清洗、 <sup>177</sup> Lu 溶液制备(2#)	1.88E-08	108.00	2.03E-09	
	产品检验取样、自动分装(3#)	2.72E-02	4.50	1.22E-04	
	废物运送 <sup>2</sup>	5.34E+00	3.65	1.95E-02	
103子项	101子项-倒装等操作 <sup>4</sup>	1.12E+00	20.00	2.24E-02	1.29E+00
	102子项-倒装等操作 <sup>4</sup>	6.87E+00	184	1.26E+00	
备注：1.Co-60 和 C-14 靶件整体运送至厂区，主要考虑 Co-60 靶件的影响，接收靶件 2 人一组； 2.对于废物运送，按照每次运送时间 0.5h 考虑，运送次数为总废靶管数除以单次运送废靶管数； 3.对于 Co-60 废旧放射性源倒装，剂量率按照成品源处水井水面剂量率估算，工作时间为每年不超过 16 次，单次总操作时间约 70min； 4.103 子项废物处理主要根据 101 子项和 102 子项废物运送频次相关，对上述子项运送的放射性固废单次操作保守按 8h 考虑。					

表 5-6 质检工作人员辐射工作人员外照射受照剂量计算结果

核素	剂量率, $\mu\text{Sv/h}$	年受照时间, h	受照剂量, mSv/a	总计
$^{89}\text{Sr}$	1.32E-02	20	2.63E-04	5.43E-01
$^{131}\text{I}$	2.41E+00	200	4.82E-01	
$^{177}\text{Lu}$	3.73E-01	162	6.04E-02	

### 5.3.2.1.2 内照射

#### (1) 计算公式

在实验过程中, 工作人员受内照射的途径主要为实验期间吸入由热室或工作箱弥散至热室前区的气体和气放射性气溶胶。计算见公式 5-4。

$$D_{inh,i} = C \cdot DF_{inh,i} \cdot R \cdot t \cdot \eta \quad (5-4)$$

$D_{inh,i}$  为吸入放射性同位素  $i$  造成的吸入内照射, mSv/a;

$C$  为空气中核素的浓度, Bq/m<sup>3</sup>, 参考《Jordan H, Gordon D J, Whicker J J, et al. Predicting Worker Exposure from a Glovebox Leak[R]》P17, 对于负压场所的泄露率保守取 1.0E-06;

$DF_{inh,i}$  为核素  $i$  的吸入内照射剂量转换因子, Sv/Bq, 取自 GB18871-2002 表 B7;

$R$  为呼吸率, 取 1.2m<sup>3</sup>/h;

$t$  为操作时间;

$\eta$  为口罩过滤效率, 保守取 0.5。

### 5.3.2.2 设备日常维护期间

101 子项 Co-60 生产线配备 1 套生产工艺系统, 依据以往实际生产经验, 每年需进行检修 4 次, 单次检修需检修人员 2 人 1 组配合, 单次检修时间为 2h, 检修时剂量率约 500 $\mu\text{Sv/h}$ , 生产工艺系统检修期间年受照剂量约 4mSv; 101 子项配备 9 支主从机械手和 4 支电动机械手, 依据以往实际生产经验, 主从机械手检修频率 2 年 1 次, 电动机械手检修频率 1 年 1 次, 每年需进行机械手检修约 9 次。单次机械手检修需检修人员 2 人 1 组配合, 单次检修时间为 2h, 检

修时剂量率约  $500\mu\text{Sv/h}$ ，机械手检修期间年受照剂量为  $9\text{mSv}$ 。101 子项总计配备 8 名辐射工作人员，在设备日常维护期间个人年受照剂量约  $3.25\text{mSv/a}$ 。

102 子项共计 3 套生产工艺系统设备，依据以往实际生产经验，每套系统每年需进行检修 2 次，每年总计检修 6 次，单次检修需检修人员 2 人 1 组，单次检修时间为 1h，检修时剂量率约  $200\mu\text{Sv/h}$ ，生产工艺系统检修期间年受照剂量约  $1.2\text{mSv}$ ；102 子项总计 20 支主从式机械手，依据以往实际生产经验，主从式机械手检修频率 2 年 1 次，每年需进行机械手检修 10 次。单次机械手检修需检修人员 2 人 1 组，检修时间为 2h，检修时剂量率约  $1000\mu\text{Sv/h}$ ，机械手检修期间年受照剂量为  $20\text{mSv}$ 。101 子项总计配备 11 名辐射工作人员，在设备日常维护期间个人年受照剂量约  $4.24\text{mSv/a}$ 。

103 子项总计 2 支主从式机械手和 1 支电动机械手，依据以往实际生产经验，主从式机械手检修频率 2 年 1 次，电动机械手检修频率 1 年 1 次，每年需进行机械手检修约 3 次，单次机械手检修需检修人员 2 人 1 组，检修时间为 1h，检修时剂量率约  $200\mu\text{Sv/h}$ ，机械手检修期间年受照剂量为  $0.6\text{mSv}$ 。103 子项总计配备 3 名辐射工作人员，在设备日常维护期间个人年受照剂量约  $0.6\text{mSv/a}$ 。

### 5.3.2.3 工作箱室后区去污期间

101 子项生产线定期对热室和后区去污总计 8 次/年，单次去污操作人员 2 人一组，去污时间 1h，剂量率约  $200\mu\text{Sv/h}$ ，去污期间受照剂量约  $1.6\text{mSv}$ ，101 子项总计配备 8 人，去污期间个人年受照剂量约  $0.4\text{mSv/a}$ 。

102 子项生产线定期对热室和后区去污总计 12 次/年，单次去污操作人员 2 人一组，去污时间 1h，剂量率约  $100\mu\text{Sv/h}$ ，去污期间受照剂量约  $1.2\text{mSv}$ ，102 子项总计配备 11 人，去污期间个人年受照剂量约  $0.24\text{mSv/a}$ 。

103 子项生产线定期对热室等去污总计 2 次/年，单次去污操作人员 2 人一组，去污时间 0.25h，剂量率约  $200\mu\text{Sv/h}$ ，去污期间受照剂量约  $0.1\text{mSv}$ ，对暂存区去污总计 2 次/年，单次去污操作人员 2 人一组，去污时间 0.25h，剂量率

约 500 $\mu$ Sv/h，去污期间受照剂量约 0.25mSv，102 子项总计配备 3 人，去污期间个人年受照剂量约 0.35mSv/a。

#### 5.3.2.4 通风系统过滤器芯更换期间

101 子项有过滤器共计约 20 个。依据以往实际生产经验，按照更换频率 1 年 2 次，每年需进行过滤器芯更换 40 次，单次更换操作人员 1 名，更换时间约 15min，更换时剂量率约 2000 $\mu$ Sv/h，更换过滤器芯期间年受照剂量为 20mSv，101 子项工作人员总计 8 人，更换过滤器芯期间个人年受照剂量约 2.5 mSv/a。

102 子项有过滤器共计约 22 个。依据以往实际生产经验，按照更换频率 1 年 2 次，每年需进行过滤器芯更换 44 次，单次更换操作人员 1 名，更换时间约 15min，更换时剂量率约 2000 $\mu$ Sv/h，更换过滤器芯期间年受照剂量为 22mSv，101 子项工作人员总计 8 人，更换过滤器芯期间个人年受照剂量约 2.75mSv/a。

103 子项有过滤器共计约 10 个。依据以往实际生产经验，按照更换频率 1 年 2 次，每年需进行过滤器芯更换 20 次，单次更换操作人员 1 名，更换时间约 15min，更换时剂量率约 2000 $\mu$ Sv/h，更换过滤器芯期间年受照剂量为 10mSv，101 子项工作人员总计 3 人，更换过滤器芯期间个人年受照剂量约 3.33 mSv/a。

### 5.3.3 小结

综合考虑外照射和内照射的影响见表 5-7，工作人员年受照剂量小于剂量约束值 10mSv/a。

表 5-7 辐射工作人员年受照剂量总计

生产线	外照射, mSv/a	内照射, mSv/a	设备维护, mSv/a	去污, mSv/a	更换过滤器滤芯, mSv/a	小计, mSv/a
Co-60	2.58E+00	1.11E-01	3.25	0.4	2.5	8.84E+00
C-14	5.81E-02	1.17E-02	3.25	0.4	2.5	6.22E+00
Sr-89	2.62E-01	6.37E-05	4.24	0.24	2.75	7.49E+00
Lu-177	6.75E-01	1.21E-05	4.24	0.24	2.75	7.91E+00
I-131	3.55E-02	2.73E-01	4.24	0.24	2.75	7.54E+00
103 子项	1.29E+00	9.23E-05	0.6	0.35	3.33	5.57E+00
质检区域	5.43E-01	5.32E-03	/	/	/	5.48E-01



对于运输工作人员来讲，靶件运输过程中，单次运输时间不超过 0.5h，每年总运输次数约 200 次，成品运输过程中，根据本项目各成品的设计产能，对于 I-131、Lu-177 和 Sr-89 成品来讲，每年的运输次数总计约 75 次，单次发货时长按 2h 考虑，Co-60 放射源每年运输次数约 40 次，单次运输时长按照 3 天，每天运输 8h 计算，废旧放射源按每年不超过 16 次，单次运输时长按照 3 天，每天运输 8h 计算，总计年受照时长约 1588h，根据历史靶件容器表面剂量率可知，活度相近的 Co-60 靶件运输容器外表面 1m 处剂量率不超过 8 $\mu$ Sv/h，运输人员距离靶件距离超过 1m，且驾驶座设置屏蔽，本项目总计配备 6 名运输人员，单次运输配备 2 人，保守按 8 $\mu$ Sv/h 估算运输人员运输过程中的个人年受照剂量约 4.23mSv/a，不超过本项目工作人员剂量约束值。

### 5.3.4 公众的受照剂量估算

本项目正常运行期间，对公众的辐射影响主要来自放射性同位素操作期间产生的外照射以及感生放射性气体的排放，本项目放射性同位素的操作主要在密闭的箱室内进行，且箱室针对源项设计屏蔽材料，公众距离放射性同位素操作位较远，因此公众因外照射的受照剂量可不计，主要考虑气载流出物的辐射影响。

#### 5.3.4.1 气载流出物造成的辐射剂量

##### 5.3.4.1.1 源项

本项目主要考虑排气塔处气载流出物对公众造成的辐射影响。主要废气源项详见表 5-8。

表 5-8 主要气载流出物排放源项

序号	核素	年排放量, Bq
1	I-131	3.33E+09
2	Co-60	2.96E+07
3	Te-127	1.02E+07
4	H-3	9.68E+11
5	Lu-177	4.44E+05
6	Zr-95	3.67E+05
7	Nb-95	3.30E+04

8	C-14	7.40E+03
9	Sr-89	3.70E+03

#### 5.3.4.1.2 照射途径

放射性气载流出物排放时，对周围公众照射的途径可分为以下几类：① 空气浸没照射；② 地表沉积物外照射；③ 吸入内照射；④ 食入内照射。

#### 5.3.4.1.3 计算模式与参数

本次评价对公众所致剂量计算使用的是核设施正常环境影响评价程序，该程序是美国橡树岭国立实验室为美国环保局编制的 AirDos 程序的修订，采用的计算模式为修正的高斯烟羽模式。

在国内外的有关核电厂大气扩散模式的导则中，无论涉及正常运行，还是事故工况，都是应用高斯烟羽模式，高斯烟羽模式是计算释入大气中的气载核素下风向浓度的应用最广的模式。我国现行的《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）中推荐使用的程序也是基于高斯烟羽模式开发的。

##### （1）计算参数

本次评价气象数据根据秦山地面气象站 2020 年 1 月至 2021 年 12 月两年观察资料统计得出大气稳定度三维联合频率等气象参数，以及秦山人口及饮食习惯数据。

##### （2）释放点参数

本次评价以本项目中心所在位置为中心点，以南北方向为 y 轴，东西方向为 x 轴建立坐标系，本项目气载流出物烟囱排放口相关参数见下表。

**表 5-9 气载流出物烟囱排放参数**

排放源	高度, m	内径, m	出口流速, m/s	邻近建筑物的高度, m
排气塔	60	1	10	50

##### （3）剂量计算参数

本项目气载流出物剂量转换因子取值如下：惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子、其余核素的食入和吸入内照射剂量转换因子分别取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），其余核素的空气浸没外照射剂量转换因子和地表沉积外照射剂量转换因子（包括空气中和水中）取自美国联邦导则 12 号报告（1993）《空气、水和土壤中核素导致的外照射》；各核素的转移系数和浓集因子取自 IAEA 安全丛书 19 号报告，详见表 5-10。

#### 5.3.4.1.4 计算结果

##### （1）大气弥散

大气扩散因子最大值出现在 0-0.5km WNW 方向，其值为  $2.86E-06s/m^3$ 。

##### （2）地面核素浓度

主要气载流出物 I-131 和 Co-60 致使周围 3km 范围各子区的地面核素浓度情况见表 5-11 和表 5-12，从表中可知，核素最大落地点均为 WNW 方位 0-0.5km 子区。

##### （3）公众最大剂量

本项目出排放的气载流出物所致公众最大个人有效剂量模拟结果见表 5-13，从表中可以看出，公众最大受照剂量约  $3.75E-04mSv/a$ 。

表 5-10 剂量技术参数一览表

序号	核素	衰变常数, 1/s	空气浸没, Sv.m <sup>3</sup> /Bq.s	地表沉积, Sv.m <sup>2</sup> /Bq.s	浓集因子		转移系数		吸入, Sv/Bq				食入, Sv/Bq			
					农作物	饲料作物	肉	奶 d/L	幼儿	儿童	青少年	成人	幼儿	儿童	青少年	成人
							d/kg									
1	I-131	9.97E-07	1.82E-14	3.76E-16	0.02	0.1	0.05	0.01	1.50E-08	4.70E-09	3.40E-09	2.40E-09	1.80E-07	5.20E-08	3.40E-08	2.20E-08
2	Co-60	4.17E-09	1.26E-13	2.35E-15	0.08	2	0.07	0.01	3.40E-08	1.50E-08	1.20E-08	1.00E-08	2.70E-08	1.10E-08	7.90E-09	3.40E-09
3	Te-127	2.05E-05	2.42E-16	5.18E-18	1	10	0.07	0.005	7.30E-10	2.40E-10	1.60E-10	1.30E-10	1.20E-09	3.60E-10	2.10E-10	1.70E-10
4	H-3	1.78E-09	3.31E-19	0	4.8	4.8	1	0.012	2.70E-10	8.20E-11	5.30E-11	4.50E-11	4.80E-11	2.30E-11	1.80E-11	1.80E-11
5	Lu-177	1.19E-06	1.62E-15	3.39E-17	0	0	0	0	3.80E-09	1.60E-09	1.40E-09	1.10E-09	3.90E-09	1.20E-09	6.60E-10	5.30E-10
6	Zr-95	1.25E-07	3.60E-14	7.23E-16	0.001	0.1	1.00E-05	6.00E-06	1.60E-08	6.80E-09	5.90E-09	4.80E-09	5.60E-09	1.90E-09	1.20E-09	9.50E-10
7	Sr-89	1.58E-07	7.73E-17	2.27E-18	0.3	10	0.01	0.003	2.40E-08	9.10E-09	7.30E-09	6.10E-09	1.80E-08	5.80E-09	4.00E-09	2.60E-09
8	Nb-95	2.28E-07	3.74E-14	7.48E-16	0.01	0.2	3.00E-06	4.00E-06	5.20E-09	2.20E-09	1.90E-09	1.50E-09	3.20E-09	1.10E-09	7.40E-10	5.80E-10
9	C-14	3.83E-12	2.24E-19	1.61E-20	5.5	5.5	0.012	0.031	6.60E-09	2.80E-09	2.50E-09	2.00E-09	1.60E-09	8.00E-10	5.70E-10	5.80E-10

表 5-11 地面核素浓度情况 (I-131) , Bq/m<sup>3</sup>

距离 方位	0-0.5km	0.5-1km	1-1.5km	1.5-2km	2-3km
N	1.45E+00	7.43E-01	4.24E-01	2.90E-01	1.99E-01
NNE	1.50E+00	3.56E-01	2.04E-01	1.42E-01	1.01E-01
NE	5.67E-01	5.94E-01	3.70E-01	2.67E-01	1.92E-01
EEN	2.13E+00	1.06E+00	7.05E-01	5.25E-01	3.79E-01
E	1.19E+00	8.07E-01	5.81E-01	4.43E-01	3.21E-01
EES	1.92E+00	9.58E-01	6.25E-01	4.49E-01	3.10E-01
SE	2.46E+00	1.09E+00	6.62E-01	4.57E-01	3.04E-01
SSE	2.34E+00	8.87E-01	5.40E-01	3.76E-01	2.52E-01
S	9.58E-01	9.49E-01	7.49E-01	6.27E-01	4.92E-01
SSW	6.68E-01	5.07E-01	2.85E-01	1.89E-01	1.23E-01
SW	6.49E-01	4.10E-01	2.44E-01	1.67E-01	1.12E-01
WWS	7.63E-01	4.76E-01	2.81E-01	1.92E-01	1.29E-01
W	6.45E+00	2.50E+00	1.32E+00	8.54E-01	5.42E-01
WWN	6.99E+00	2.56E+00	1.47E+00	1.01E+00	6.64E-01
NW	1.82E+00	8.81E-01	5.61E-01	4.10E-01	2.94E-01
NNW	8.19E-01	4.94E-01	3.16E-01	2.34E-01	1.70E-01

表 5-12 地面核素浓度情况 (Co-60) , Bq/m<sup>3</sup>

距离 方位	0-0.5km	0.5-1km	1-1.5km	1.5-2km	2-3km
N	9.39E-01	3.69E-01	2.19E-01	1.55E-01	1.08E-01
NNE	9.99E-01	1.79E-01	1.06E-01	7.48E-02	5.27E-02
NE	4.78E-01	3.07E-01	1.85E-01	1.32E-01	9.30E-02
EEN	1.70E+00	5.81E-01	3.54E-01	2.56E-01	1.80E-01
E	1.30E+00	4.54E-01	2.85E-01	2.06E-01	1.46E-01
EES	1.52E+00	5.03E-01	3.05E-01	2.16E-01	1.49E-01
SE	1.71E+00	5.56E-01	3.29E-01	2.31E-01	1.58E-01
SSE	1.41E+00	4.54E-01	2.69E-01	1.90E-01	1.31E-01
S	6.30E-01	5.07E-01	3.34E-01	2.54E-01	1.87E-01
SSW	4.70E-01	2.31E-01	1.36E-01	9.41E-02	6.43E-02
SW	4.41E-01	1.87E-01	1.12E-01	7.92E-02	5.47E-02
WWS	4.99E-01	2.17E-01	1.31E-01	9.26E-02	6.41E-02
W	3.32E+00	1.26E+00	7.34E-01	5.14E-01	3.52E-01

WWN	3.52E+00	1.32E+00	7.92E-01	5.63E-01	3.89E-01
NW	1.12E+00	4.52E-01	2.83E-01	2.05E-01	1.45E-01
NNW	5.94E-01	2.51E-01	1.56E-01	1.13E-01	8.08E-02

表 5-13 气载流出物所致公众最大年有效剂量, Sv/a

序号	核素	空气浸没	地面照射	吸入	农产品食入	动物产品食入	途径合计
1	I-131	3.19E-11	1.76E-08	1.52E-09	1.44E-07	1.14E-07	2.77E-07
2	Co-60	1.95E-12	8.79E-08	5.63E-11	7.34E-10	6.68E-10	8.94E-08
3	Te-127	1.29E-15	1.66E-14	2.53E-13	2.41E-14	5.18E-15	3.00E-13
4	H-3	1.69E-13	0.00E+00	8.34E-09	3.24E-11	1.06E-11	8.38E-09
5	Lu-177	3.77E-16	8.16E-14	9.29E-14	2.12E-13	0.00E+00	3.87E-13
6	Zr-95	7.06E-15	1.38E-11	3.42E-13	1.01E-12	1.76E-16	1.52E-11
7	Sr-89	7.68E-19	1.55E-15	2.20E-14	1.34E-13	2.19E-14	1.80E-13
8	Nb-95	6.47E-16	6.97E-13	9.41E-15	4.66E-14	2.44E-18	7.54E-13
9	C-14	8.70E-22	3.37E-16	2.82E-15	1.98E-14	4.84E-16	2.34E-14
合计		3.40E-11	1.06E-07	9.92E-09	1.44E-07	1.15E-07	3.75E-07

#### 5.3.4.1.5 小结

综上所述, 公众年最大受照剂量约 3.75E-04mSv/a, 低于本项目约束值 0.1mSv/a。

#### 5.3.5 环境保护目标的影响分析

本项目辐射工作场所距离项目边界最近距离约 30m, 各子项进行非密封放射性物质操作期间产生的瞬时辐射照射通过距离的衰减, 项目边界之外的保护目标的瞬时剂量率将衰减至少 2 个数量级, 因此瞬时辐射影响对环境保护目标的影响很小, 综合气载流出物所致周围公众影响的结果可知, 本项目边界外环境保护目标的年最大受照剂量不会超过 3.75E-04mSv/a。

### 5.4 事故情况下的辐射环境影响分析

#### 5.4.1 过滤器失效或堵塞

本项目运行期间, 对周围环境造成辐射影响的最严重事故为 102 子项进行 I-131 生产期间过滤器失效或者堵塞事故。

### 5.4.1.1 事故影响分析

#### 5.4.1.1.1 事故源项

假设 102 子项单次进行 1-131 生产期间，假设该批次生产过程中的放射性废气未经过滤后直接通过排气塔外排或经房屋泄露，排放源项见下表。

表 5-14 过滤器失效或堵塞事故下排放源项

序号	核素	单次排放量, Bq
1	I-131	3.33E+10
2	Te-127	1.02E+08
3	Te-123m	6.12E+05
4	Te-131m	2.36E+06
5	Te-127m	3.97E+05
6	Te-129m	2.87E+05
7	Te-121	9.57E+04
8	Te-125m	3.54E+04
9	Xe-131m	1.42E+10

#### 5.4.1.1.2 事故后果模拟计算

事故剂量计算采用的外照射剂量转换因子和吸入内照射剂量转换因子取自 GB18871-2002、联邦导则 12 号报告 (EPA-402-R-93-081) 以及 ICRP71 号报告；气象资料选用秦山气象站两年 (2020.1.1-2021.12.31) 的数据；过滤器失效事故气载流出物的排放方式为从 60m 烟囱处未经过滤直接释放。

采用 PAVAN 程序计算得出过滤器失效或者过滤器堵塞事故时厂界外公众最大受照剂量情况分别见表 5-15，从结果可知，极端假设事故情况下所致周围公众最大剂量为 5.77E-01mSv，低于事故剂量约束值 1mSv。

表 5-15 过滤器失效或堵塞事故情况下事故剂量估算值

序号	核素	浸没外照射, mSv	地面沉积外照射, mSv	吸入, mSv	合计, mSv
1	I-131	1.45E-03	1.69E-03	1.50E-01	1.53E-01
2	Te-127	5.89E-08	3.07E-08	8.64E-06	8.73E-06
3	Te-123m	9.51E-09	5.35E-09	1.89E-06	1.91E-06
4	Te-131m	3.95E-07	1.94E-07	1.35E-06	1.94E-06
5	Te-127m	1.39E-10	2.74E-10	2.36E-06	2.36E-06
6	Te-129m	1.06E-09	6.63E-10	1.37E-06	1.38E-06

7	Te-121	6.18E-09	3.33E-09	2.38E-08	3.33E-08
8	Te-125m	3.83E-11	7.80E-11	8.99E-08	9.00E-08
9	Xe-131m	4.24E-01	0.00E+00	0.00E+00	4.24E-01
合计		4.25E-01	1.69E-03	1.50E-01	5.77E-01

#### 5.4.1.1.3 事故预防和处理措施

(1) 本项目工作箱放射性废气的过滤器均设置就地过滤，过滤器为一用一备，且设置至少两级过滤；

(2) 事件探测：过滤器设置差压变送器，可及时发现过滤器异常。

(3) 预防与纠正措施：

①严格按照操作规程，及时更换过滤器。

②过滤器设计和采购时，应加强质保控制。

③工作人员停止岗位操作，转出物料，立即更换过滤器。

④采用气溶胶连续监测和气溶胶取样装置，加强对相应的排风系统以及排风总管的监测。

#### 5.4.2 密封箱室安全裕量降低事故

##### 5.4.2.1事故分析

本项目所有放射性物料均在密封箱室内操作。由于箱室内锋利物品刺破手套；手套老化未及时更换，在运行期间出现裂缝；由于外力冲击导致窥视窗裂缝等原因，将导致密封箱室安全裕量降低。

##### 5.4.2.2事故预防和处理措施

(1) 密封箱室窥视窗或手套破损通常是工作人员误操作导致损坏。例如当工作人员观察到窥视窗有明显痕迹时，或操作不慎尖锐物体碰到手套时，均可认为密封箱室安全裕量降低。工艺间内设置有气溶胶取样装置、预留了气溶胶连续监测仪接口，可在事件发生后及时进行监测。



- (2) 物料加工过程中，手套孔通过手套孔盖关闭，避免手套故障。
- (3) 手套定期更换，避免老化。
- (4) 箱室为不低于二级密封，进排风均设置过滤器，防止从过滤器处逆流。
- (5) 工艺间设置有气密门，进排风就地设置有过滤器，防止气溶胶扩散。
- (6) 密封箱室设计时，考虑事故情况下，手套脱落，开口风速不低于 1m/s。
- (7) 对放射性物料设置不小于两道密封屏障。

(8) 当负压监测装置探测到负压无法保持时，将联锁变风量调节阀增大排风量。密封箱室设计时，考虑事故情况下，2 个手套脱落，开口风速不低于 1m/s。

(9) 采用气溶胶连续监测装置对相关区域进行监测，当监测到厂房内气溶胶浓度异常时，停止该房间内的生产操作，增大房间排风换气次数，工作人员佩戴呼吸面罩对现场可能出现的泄漏进行排查。

(10) 对手套箱所在房间的气溶胶浓度和场所表面污染进行监测，对现场进行去污，合格后方可恢复生产。

### **5.4.3 物料洒落事件**

#### **5.4.3.1事件分析**

本项目涉及粉末敞开操作的工序主要为 C-14 靶料装舟。假定误操作，活度为 20 根靶件的粉末全部洒落。

#### **5.4.3.2事件预防和处理措施**

(1) 工作人员在现场操作，粉末洒落事件发生后，可及时发现并撤离，撤离时间 $\leq 1\text{min}$ ；

(2) 另外，箱室内设置有摄像头，工作人员在控制室可及时发现异常状况。工艺间内设置有气溶胶取样装置，预留了气溶胶连续监测仪接口，粉末洒落事件发生后，可及时进行监测。

(3) 本项目对放射性物质设置有不小于两道密封屏障，放射性气溶胶泄漏后将被限制在手套箱/热室、工艺间和建筑物内。工艺间设置有气闸，进排风就地设置有过滤器，防止气溶胶扩散。

(4) 工作人员严格遵守岗位操作规程，待物料容器固定好后方可进行其他操作。

(5) 当观察到发生粉末洒落事件时，停止该房间内的生产操作，维持箱室负压同时适当降低箱室排风换气次数，增大房间排风换气次数。收集清理热室台面的粉末，并称量记录。

(6) 采用气溶胶连续监测装置对相关区域进行监测，当监测到厂房内气溶胶浓度异常时，停止该房间内的生产操作，增大房间排风换气次数，工作人员佩戴呼吸面罩对现场可能出现的泄漏进行排查。

(7) 对手套箱所在房间的气溶胶浓度和场所表面污染进行监测，对现场进行去污，合格后方可恢复生产。

#### **5.4.4 物料密封箱室局部密封受损事故**

##### **5.4.4.1 事故分析**

正常运行情况下，手套箱的手套孔均设置手套孔塞，假定由于人为疏忽或其它原因，手套孔塞未关闭，且手套运行过程中由于未固定好而脱落，导致部分放射性物质从手套孔释放到工作场所。

##### **5.4.4.2 事故预防和处理措施**

(1) 设置不小于两道密封屏障，且维持一定的负压。

(2) 手套孔脱落可由工作人员及时发现。

(2) 整个生产过程可通过摄像头监控，可及时发现异常状况。

(3) 密封箱室未关闭手套孔塞且手套脱落会使负压无法保持，密封箱室负压监测装置可监测到压力异常。

(4) 工艺间内设置有气溶胶取样装置、预留了气溶胶连续监测仪接口，事故发生后，可及时进行监测。

(5) 当监测到厂房内气溶胶浓度异常时，停止该房间内的生产操作，增大房间排风换气次数，工作人员佩戴呼吸面罩对现场可能出现的泄漏进行排查。

(6) 对手套箱所在房间的气溶胶浓度和场所表面污染进行监测，对现场进行去污，合格后方可恢复生产。

#### **5.4.5 火灾事故**

##### **5.4.5.1 事故分析**

极端情况下，如电机过热、设备短路等，引燃附近的可燃物，导致工艺间起火，且未及时扑灭。

##### **5.4.5.2 事故预防和处理措施**

(1) 工艺间设置有火灾探测装置，一旦探测到火灾，将报警，提醒开启灭火系统。

(2) 本项目设计时，考虑了多种减少可燃物质和防止火灾发生的措施，如：对穿越防火边界的孔洞缝隙采用防火材料封堵。

(3) 对于在火灾情况下要求持续运行的受放射性污染区域的通风系统的净化设备，如过滤器，以及其他通风部件均选用全耐火结构。

(4) 在灭火系统启动并确认火灾熄灭后，打开该工艺间的送风系统，房间内温度及氧气浓度恢复正常后，根据摄像头和气溶胶在线和取样监测的结果初步判断密封屏障受损程度和气溶胶浓度，工作人员佩戴呼吸面罩，修复受损的密封屏障。

(5) 对手套箱所在房间的气溶胶浓度和场所表面污染进行监测，对现场进行去污，直至合格。

## 6 辐射安全管理

### 6.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号），生产、使用非密封放射性物质的单位申请辐射安全许可证，应有专门的辐射安全和防护管理机构或者专职/兼职辐射安全管理人员，并配备必要的防护用品和监测仪器。

本项目运行后，为保障项目工作人员与公众的健康和安全，保护项目所在区域周围环境，结合项目辐射安全与防护工作的实际情况，建设单位设置辐射安全管理委员会作为辐射安全工作的最高管理机构，主要成员为单位负责人、项目分管领导、安全分管领导以及各相关部门负责人等。

在辐射安全管理委员会领导下设置辐射安全办公室，作为辐射安全管理委员会日常事务的办事机构，办公室设在安全环保部，其他部门协同办理相关工作，主要职责包括：

- (1) 贯彻落实国家有关辐射安全的法律法规及标准，建立辐射安全规章制度；
- (2) 辐射安全规程的修订；
- (3) 向上级审管部门申请、汇报或提交相关资料；
- (4) 在异常或事故情况下，采取紧急措施和进行事故调查；
- (5) 辐射监测与评价；
- (6) 放射性废物的监测处理；
- (7) 放射性废物的辐射安全管理；
- (8) 辐射工作人员的健康管理；
- (9) 辐射安全教育和培训；
- (10) 参与辐射事故应急处置，以及其他与辐射安全相关的工作。

根据国家核安全局文件《关于规范核技术利用领域辐射安全关键岗位从业人员管理的通知》（国核安发[2015]40号）的规定，“生产放射性同位素（放射性药物除外）的单位，辐射安全关键岗位四个，分别为辐射防护负责人、辐射防护专职人员、质量保证专职人员和辐射环境监测与评价专职人员，每岗最少在岗人数1名”本项目拟配备4名注册核安全工程师，分别为辐射防护负责人、辐射防护专职人员、质量保证专职人员和辐射环境监测与评价专职人员。

## 6.2 辐射工作人员管理

中核秦同制定辐射工作人员培训和考核计划，单位承诺新上岗及调入人员，在上岗前参加生态环境部门认可的电离辐射安全与防护考核，考核合格者方可从事辐射工作，以后每五年接受一次再考核，现有辐射工作人员在现有培训合格证书过期前参与考核，不再考核的人员或者考核不合格的人员，不得从事辐射工作。单位定期安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立健康体检档案。

## 6.3 辐射安全制度

保障本项目运行时候的辐射安全，保护工作人员、公众和环境，根据本项目特点，中核秦同已建立本项目的相关规章制度，主要包括：

序号	程序名称	主要内容
1	中核秦山同位素公司管理手册	根据 GMP 规范、ISO 质量、环境和职业健康安全标准建立公司管理体系，对公司组织机构和资源配置、公司生产相关环境管理、辐射安全和职业健康风险管理做出总体要求。
2	辐射防护管理规定	辐射防护总体程序，明确辐射防护原则，辐射管理组织及职责以及辐射安全相关的工作分区、辐射风险、个人剂量和职业健康安全管理等总体要求。
3	安全环保培训教育管理	明确公司及各部门各岗位在安全环保培训教育的要求，包含辐射安全、职业健康安全、环境环保等培训要求在各岗位的管理和执行要求
4	事故（事件）管理	包含辐射事件事故、环境事件事故、职业病危害事件事故的界定、调查处理及信息报告等要求
5	劳动保护管理	劳动保护用品的配备及管理要求，包含辐射防护和职业健康相关保护用品的配置、使用等要求。
6	放射性物质管理	公司放射性物质全生命周期管理，包括采购、生产、检测、销售、出厂、回收、贮存、使用、报废及处置等。
7	辐射工作场所管理	辐射工作场所分区、区域辐射警示、进出管理及区域内作业

		管理等要求
8	辐射风险作业管理	辐射作业风险分级、许可及控制要求
9	放射性废物管理	放射性三废分类、收集、处理、暂存、转移等管理要求
10	辐射监测管理	公司正常生产及应急情况下厂区及辐射工作场所辐射监测管理要求
11	职业健康管理	职业健康管理和职业病防治管理要求，包含职业危害警示告知、健康体检、健康档案管理、职业病申报等要求。
12	辐射工作人员剂量监测与管理	辐射工作人员剂量监测内容、计量计算和评价，计量档案管理要求
13	辐射事故专项应急预案	辐射事件事故应急组织、应急分级及各响应流程；应急设施，演习等要求
14	保卫管理	公司生产场所安全保卫分级及管控要求，包括人员、车辆等出入控制，保卫监控和值守等要求。
15	标识标牌管理	明确公司生产相关安全环保标识、区域标识、设备标识、状态标识管理职责和标识要求，包含辐射和职业病危害相关的设备状态标识、区域标识、警示标识等要求。
16	设备管理	明确公司各类设备管理职责分工，以及设备操作使用、定期维修和日常维护保养的总体要求。

## 6.4 辐射监测

本项目辐射监测总体包括工作场所监测、个人剂量监测和环境监测。工作场所监测采用固定式在线区域辐射监测和巡测相结合的方式；环境监测以在线辐射监测和巡测结合的方式进行；个人剂量监测采取累积式个人剂量监测计监测为主，个人剂量报警仪为辅的方式进行。

### 6.4.1 环境监测

本项目环境监测包括自行监测和委托有资质单位监测两种类型，每年至少进行一次，监测数据记录存档，具体环境监测计划列于表 6-1。

### 6.4.2 工作场所监测

本项目工作场所监测包括自行监测和委托监测两种。其中，自行监测采用固定式在线区域辐射监测和巡测相结合的方式，具体监测计划列于表 6-2、表 6-3。

### 6.4.3 个人监测

本项目辐射工作人员个人剂量监测采取累积式个人剂量监测计监测为主，个人剂量报警仪为辅的方式进行。

本项目个人剂量监测包括外照射剂量监测和内照射剂量监测。

(1) 外照射剂量监测

每名辐射工作人员均配备个人剂量计，工作人员工作时严格按照要求佩戴个人剂量计，每季度委托有资质的单位负责测定一次。

(2) 内照射剂量监测

对于工作场所空气中存在  $^{131}\text{I}$  的辐射工作人员，每月进行一次内照射监测；其余辐射工作人员，每间隔三个月进行一次内照射监测。

建设单位对本项目辐射工作人员建立个人健康档案。

表 6-1 本项目环境监测计划表

监测对象		监测项目	监测点位	监测频次
外照射	便携式仪表巡测	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	以工作场所为中心，半径 50~300m 以内	4 次/年
环境介质取样	环境土壤样品	总 $\beta$ 、Co-60、C-14、I-131、Sr-89、Lu-177	园区边界 4 个方位	1 次/年
	地表水	总 $\beta$ 、Co-60、C-14、I-131、Sr-89、Lu-177	废水排放口上、下游 500 m 处	1-2 次/年
	底泥	总 $\beta$ 、Co-60、C-14、I-131、Sr-89、Lu-177	废水排放口上、下游 500 m 处	1 次/年
	废气	总 $\beta$ 、Co-60、C-14、I-131、Sr-89、Lu-177	103 子项排放口	1 次/年

表 6-2 本项目辐射工作场所监测计划表

监测方式	监测内容	监测项目	监测点位	监测频次
固定式仪表监测	外照射剂量率	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	根据第四章固定监测布点点位	实时
便携式仪表监测	外照射剂量率		操作位、四周屏蔽墙外 30cm、防护门、楼上等场所	4 次/年
	表面污染水平	$\beta$ 表面污染水平	放射性核素操作台面、设备表面、墙体和地面，工作人员防护用品（防护服、手套、工作鞋等）	每天工作结束后
气载流出物	固定式仪表监测	I-131	根据第四章监测布点点位	在线连续监测
	取样检测	总 $\beta$ 、I-131 等		定期监测
放射性废水		放射性总活度	101 地下一层废液暂存间、102 子项废液暂存间	运送前



放射性固废	表面剂量率&表面污染	103 子项固废暂存区域	运输前
-------	------------	--------------	-----

#### 6.4.4 监测设备

本项目拟配备监测设备见表 6-3。

表 6-3 本项目配备监测设备

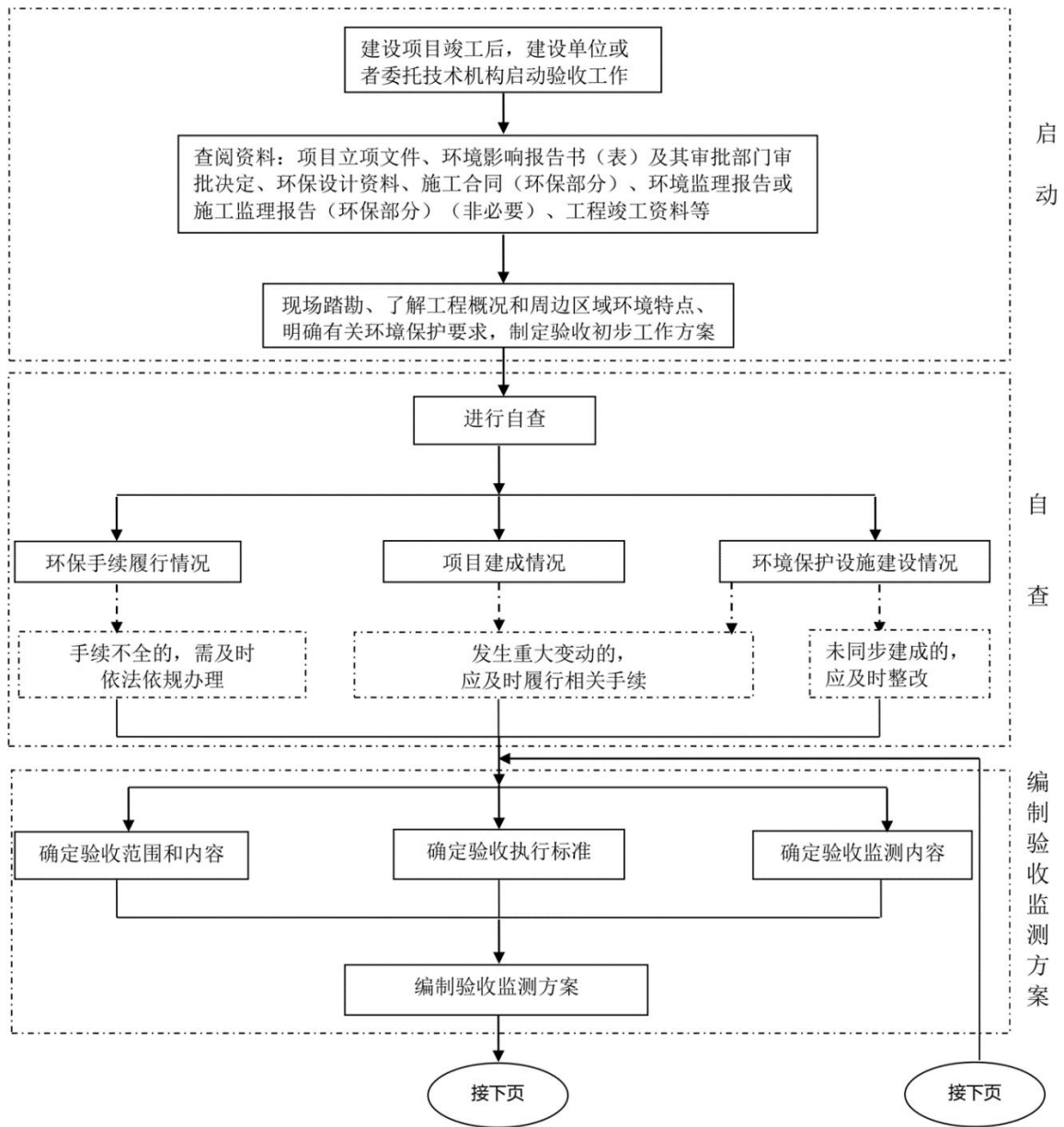
设备名称	数量
便携式 $\chi$ - $\gamma$ 剂量率仪	若干
表面污染测量仪	若干
区域 $\gamma$ 连续监测系统	3 套
工作场所固定/排风系统取样系统	3 套
气溶胶浓度连续监测系统	3 套
表面污染检测系统	3 套
流出物在线监测/取样系统	1 套
个人报警仪	若干
个人剂量计	每人一个

#### 6.4.5 竣工环保验收监测

为有效落实环境保护“三同时”要求，确保环保设施的有效性，根据《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法规的要求，本项目竣工后，建设单位应自主开展竣工环保验收工作，对本项目相关环境保护设施的建设、调试、管理及其效果和污染物排放情况开展查验和监测工作，编制验收监测报告。

##### 6.4.5.1 工作流程

建设单位承诺将对本项目周围环境开展竣工环保验收监测。参照《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》，本项目竣工环保验收监测的工作流程如图 6-1 所示。



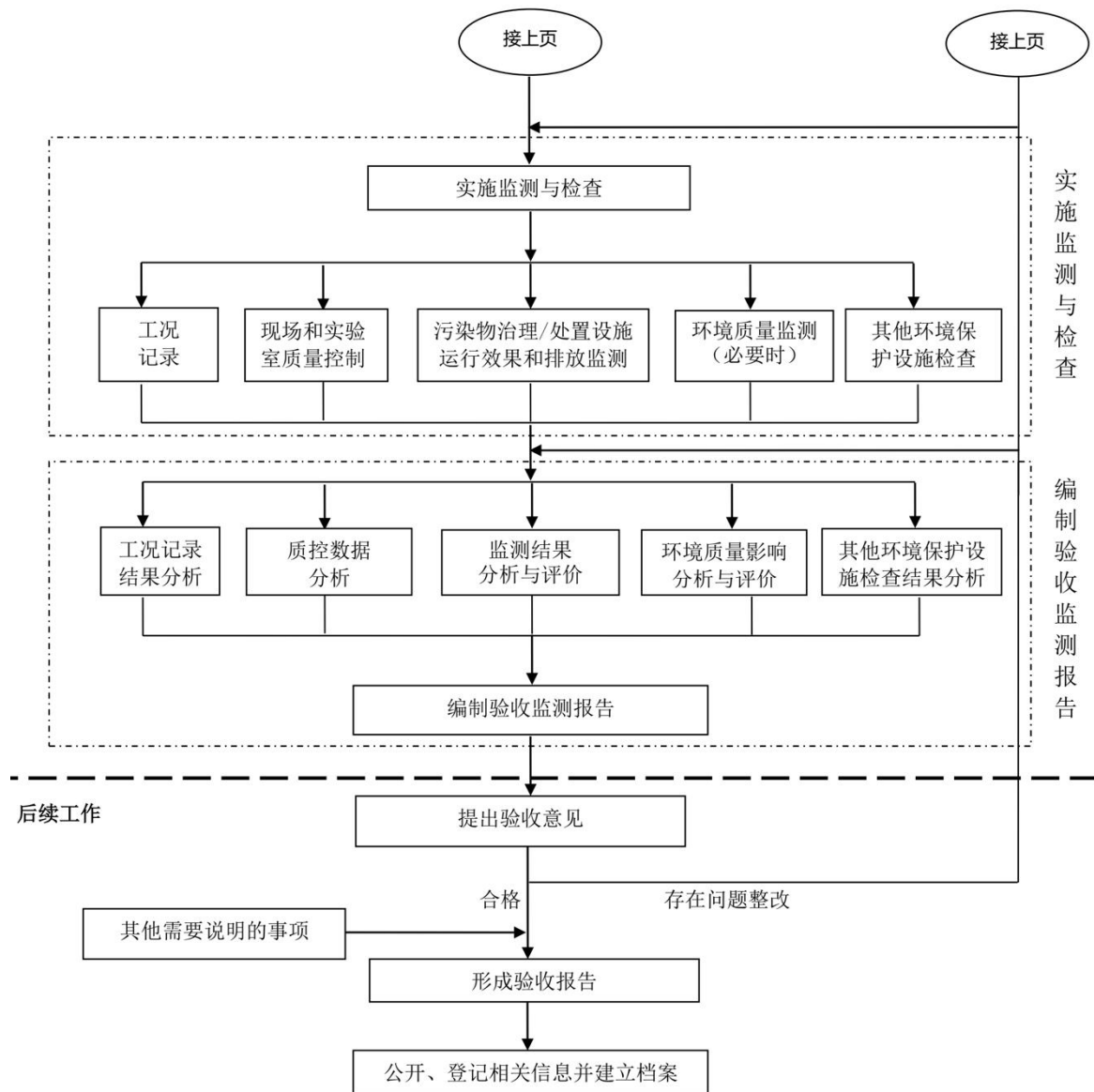


图 6-1 竣工环保验收工作流程

## 6.5 辐射事故应急

根据相关的法律法规，建设单位已制定《辐射事故应急预案》，其主要内容将包括：

### (1) 总则

为了加强对本项目各辐射工作场所的安全防护和监督管理，有效预防并及时控制和消除潜在的辐射事故，规范突发辐射事故的应急处置工作，提高应对辐射事故的能力，保障人员健康，维护环境安全，按照《中华人民共和国放射

性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规的要求，结合本单位设施的特点，制定本预案。

## （2）辐射事故分级

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，结合本单位装置的特点，各个等级分别为：

特别重大辐射事故，是指射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。

重大辐射事故，是指射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。

较大辐射事故，是指射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。

一般辐射事故，是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

## （3）应急组织体系与职责分工

单位成立辐射事故/事件应急工作组，设置应急指挥部，应急指挥部以公司总经理为总指挥，分管安全领导为副总指挥，公司其他领导为成员，其主要职责为

①提供辐射事故/事件应急准备和响应所需的资源（包括人员、资金、物资等）；

②根据辐射事故/事件专项应急预案或现场处置方案的规定，履行应急响应职责；

③负责决定辐射事故/事件I级和II级应急响应行动的启动或终止。

设立辐射事故/事件专项办公室(以下简称办公室)，作为辐射专项辐射事故/事件管理的日常机构，办公室设在安全环保部，其他部门协同办理相关工作。

设置辐射事故/事件处置组，由组长、专业队组成，组长为安全环保部负责人。各专业队由公司技术处置、安全保卫、后勤保障、医学救助与善后处理等专业人员组成。

组长主要职责包括向应急指挥部提出启动或终止辐射事故/事件应急响应行动的建议，负责组织和协调各应急专业队开展应急响应行动。

技术处置队：负责辐射监测、人员去污、防止污染扩散等工作

安全保卫队：负责维护现场秩序、人员出入控制，对丢失放射源进行调查、追缴等。

后勤保障队：负责应急响应物资的准备，应急期间的通讯、交通、水电等的保障。

医疗救助与善后处理队：负责事故人员的初步救治、安抚；设施的恢复等善后工作；对事故的基本情况定性定量描述，对整个事故进行评估，进行工作总结。

#### (4) 辐射事故应急响应措施

辐射事故应急响应流程如下图所示：

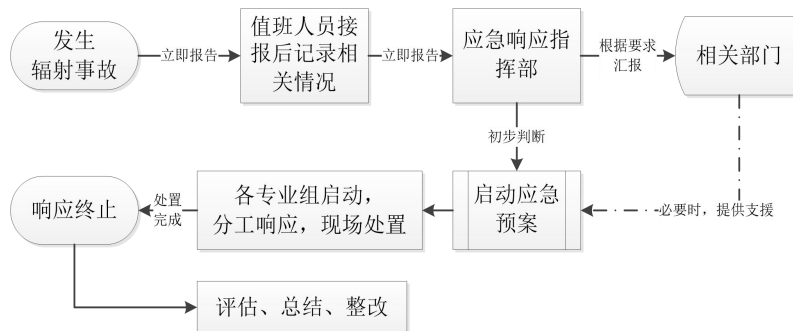


图 6-2 辐射事故应急响应流程图

当发生辐射事故时，有关单位和现场人员应立即通过电话等各种方式报告安全与防护部门值班人员，值班人员记录相关情况（事故发生地点、时间、事故影响等）后，立即报告应急响应指挥部值班领导；

应急指挥部值班领导初步判断后立即启动辐射应急预案，通知应急响应指挥部其他成员和专业组启动，并根据要求向地方生态环境、公安等部门汇报，同时汇报上级主管部门，必要时请求外部支援；

各专业组到现场后根据事故现场实际情况提出事故处置方案，并按照制定的应急响应程序实施现场处置工作，并随时向应急响应指挥部汇报，发生较大及以上辐射事故时，应急响应指挥部相关成员到现场指挥，处置措施包括：

①立即组织工作人员按照应急逃生路线撤离事故现场，设置警戒线，防止闲杂人员进入事故区域；

②根据现场处置方案，采取清点和控制放射源，停止工作箱室的操作，开启排风系统等有效措施控制事态发展扩大；

③携带辐射剂量报警仪、辐射防护用品等装备，排查事故隐患或影响范围，迅速抢救受照射人员。

事故处置期间的事故汇报工作按照地方生态环境部门辐射应急预案的要求严格实施，事故处置完成后响应终止；

善后处置组人员负责收集、整理所有应急日志、记录和相关书面信息，在应急响应指挥部的指导下编制应急总结报告，按规定提交相关部门；并提出相应的整改措施，并根据应急响应的实践修定应急预案。

#### （5）应急响应能力的维持

##### ①培训

本预案中规定的应急响应指挥部和专业组人员均需要接受全面的初始培训，了解国家和地方对辐射应急准备和响应的要求和相关基本知识、了解各应急岗位的基本职责，掌握本岗位的技能要求，培训方式包括参加国家和地方组织的辐射事故应急培训和本单位组织的相关培训。

##### ②演习

辐射事故应急演习分为专项演练和综合演习，专项演练可由应急指挥部和各专业小组分别开展，一般一年 1 次；综合演习为应急指挥部和各专业组人员共同参加，一般二年 1 次。

培训和演习应有计划、方案和程序，以及总结和报告。

### ③应急物资和装备保障

应急管理机构应随时作好必要的应急物资、资金储备，以便辐射事故发生时能及时调用。如便携式辐射监测报警设备、通讯联络器材、个人防护用品、应急车辆、应急电源、应急照明器材、辐射装置的技术资料、登记文档等物资，并确保始终处于正常工作状态。

### (6) 附则

应急预案应根据国家和地方法律、法规、标准和规章的要求，以及培训、演习和实际应急响应的实践及时进行修订。

## 6.6 年度评估报告

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）第十二条的规定，建设单位应对其放射性同位素的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交上一年度的评估报告。评估报告主要包括以下内容：

- (1) 辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- (2) 辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- (3) 辐射工作人员变动及接受辐射安全与防护考核情况；
- (4) 放射性同位素进出口、转让或者送贮情况以及放射性同位素；
- (5) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- (6) 辐射事故及应急响应情况；
- (7) 核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；



(8) 存在的安全隐患及其整改情况；

(9) 其他有关法律、法规规定的落实情况。

## 6.7 环保投资一览表

本项目拟采取的环境保护措施及环保投资一览表见表 6-4。

表 6-4 本项目拟采取的环境保护措施及环保投资一览表

序号	项目	环境保护措施	预计投资(万元)
1	辐射安全管理	辐射安全管理机构：成立辐射安全管理领导小组	20
		辐射安全管理制度：制定操作规程，岗位职责，辐射防护和安全保卫制度，设备检修维护制度，人员培训计划，监测方案，辐射事故应急预案等	
2	人员培训与考核	辐射工作人员参加辐射安全与防护考核	50
3	监测仪器与防护用品	固定式区域 $\gamma$ 监测仪、气溶胶在线监测系统、便携式X- $\gamma$ 监测仪、表面污染检查仪、个人剂量计和个人剂量报警仪等	720.75
		工作服、口罩、手套等	
4	三废处理设施设备		1414
5	辐射防护设施工程		1655
6	环境影响评价、验收监测和环境监理		58
7	绿化费用		12.5
总计			3930.25

## 6.8 竣工环保验收一览表

本项目建成后，公司应按规定组织自主验收。本项目的竣工环保验收内容及要求列于表 6-5、表 6-6。

表 6-5 本项目非放部分“三同时”竣工环保验收一览表

项目	污染源	环保设施	处理效果	验收标准
废气	油烟废气	油烟净化装置+19米排气筒	达标排放	《饮食业油烟排放标准》(GB18483-2001)
废水	生活污水	排入产业园园区污水管网，最终送至嘉兴市联合污水处理厂进行处理	满足纳管要求	嘉兴市联合污水处理厂接管标准
固废	生活垃圾	垃圾桶集中收集，交由	满足环保要求	零排放

项目	污染源	环保设施	处理效果	验收标准
废		环卫部门统一处理		
	一般固废	收集后外售处理	满足环保要求	零排放
	危险废物	收集后委托有资质单位处理	满足环保要求	零排放
噪声	风机、空调机组等设备	选用低噪声设备、厂房封闭、减振等	3类： 昼间：65 dB（A） 夜间：55dB（A）	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中3类标准

表 6-6 本项目辐射类竣工环保验收一览表

序号	项目	验收要求
1	环保资料	本项目审批后的环境影响报告书、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等。
2	辐射安全管理	建立辐射安全管理机构、确定了相应的安全责任、制定了相应的规章制度和应急预案等。
3	人员要求	1. 设置辐射安全关键岗位，配备注册核安全工程师至少 4 名； 2. 辐射工作人员参加辐射安全与防护考核，考核合格后上岗。
4	辐射工作场所屏蔽体外剂量率水平	1.101 子项、102 箱和 103 子项辐射工作场所工作箱表面剂量率 $\leq 7.5\mu\text{Sv/h}$ ； 2.贮源水井上方 30cm 处、水井周围剂量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。
5	辐射安全防护措施	1.工作箱室：101 子项，Co-60 生产线内配备四个热室，屏蔽材料为重混凝土，厚度不低于 120cm，原料及产品水池四周混凝土厚度不低于 1.5m，水面高度不低于 5.5m，固废转运容器屏蔽设计不低于 11.5cmPb）；C-14 生产线内配 1 个屏蔽工作箱（10cmPb）、1 个干馏箱（前方 60mmFe，上下左右 40mmFe，后方 20mmFe）、1 个氮气保护箱（5mmFe）、固废转运容器（11cmPb）。102 子项，Sr-89 生产线内，1#箱室（13.5cmPb），2-1#箱室（5cmPb）、2-2#箱室（5cmPb）、产品转出工作箱（5cmPb）；I-131 生产线内，1#箱室（14.5cmPb），2~3#箱室（12.5cmPb），4#箱室（8cmPb）；Lu-177 生产线内，1#箱室（12cmPb）、2#箱室（5cmPb）、3#箱室（2.5cmPb）、产品转出工作箱（2.5cmPb），固废转运容器（9.5cm 钨合金）。103 子项：整备手套箱（10mm 不锈钢），倒装热室（70cm 重混凝土）； 2.辐射分区：辐射工作场所控制区门口设置电离辐射警告标识，进出口处设置表面污染检测仪表，有居留要求的工艺间设置门禁；监督区设置标识表明监督区； 3.通风系统：101 子项、102 子项和 103 子项根据工艺要求，设置独立的通风系统； 4.辐射监测系统：101 子项、102、103 子项分别设置空气污染检测系统（气溶胶连续监测系统、工作场所固定空气取样系统、排风系统空气取样系统）、辐射水平监测系统（区域 $\gamma$ 在线监测系统）和表面污染检测系统，103 设置流出物监测系统（流出物在线监测系统和流出物取样系统）。

6	放射性三废处理措施	放射性废气	101 子项设置独立的通风系统,放射性废气在子项内完成过滤后通过高架引至 103 子项排风塔排放; 102 子项设置独立的通风系统,放射性废气在子项内完成过滤后通过高架引至 103 子项排风塔排放; 103 子项设置独立的通风系统,放射性废气完成过滤后通过排风塔排放。
		放射性废液	101 子项地下一层废液暂存间设置 2 个储罐,用于暂存放射性废液,单个储罐容积约 2m <sup>3</sup> ; 102 子项地上一层废液暂存间设置 5 个废液储罐,用于暂存 102 子项废液,单个储罐为总容积为 2m <sup>3</sup> 。定期对 101 子项和 102 子项废液暂存间储罐内废液进行放射性总活度的监测,放射性废液后续定期交由产业园三废处理中心进行处置。。
		放射性固体废物	对 103 子项内各类放射性固体废物进行分类处理、暂存,定期对放射性固废进行表面剂量率和表面污染的监测,满足解控标准解控,对于无法解控的进行水泥固定,完成养护后委托有资质单位进行外运处置。对于放射性废树脂,暂存 101 子项废液暂存间固定区域暂存,暂存区域设置防护栅栏,定期监测,对符合清洁解控树脂及时申请解控,对不满足解控条件的废树脂委托有资质单位进行处理。
7	辐射监测	工作场所监测	包括自行监测和委托监测。其中自行监测采用固定式在线区域辐射监测和巡测相结合的方式,具体环境监测计划列于表 6-2。
		环境监测	包括自行监测和委托监测。其中自行监测采用固定式在线区域辐射监测和巡测相结合的方式,具体环境监测计划列于表 6-1。
		个人监测	1. 本项目辐射工作人员个人剂量监测采取累积式个人剂量监测计监测为主,个人剂量报警仪为辅的方式进行。 2. 外照射剂量监测每季度委托有资质的单位负责测定一次。 3. 对从事 I-131 生产线的辐射工作人员进行内照射剂量监测,每月开展一次内照射监测委托有资质单位监测一次。其余生产线的辐射工作人员三个月进行一次内照射监测。 4. 建设单位对本项目辐射工作人员建立个人健康档案。
		监测设备	1.101 子项: 设置 1 套固定式γ剂量率在线监测系统,总计 14 个探头;设置 1 套表面污染检测系统;1 套气溶胶浓度连续监测系统,点位总计 11 处,设置 15 处空气取样口。 2.102 子项: 设置 1 套固定式γ剂量率在线监测系统,总计 14 个探头;设置 1 套表面污染检测系统;1 套气溶胶浓度连续监测系统,监测点位总计 12 处,设置 22 处空气取样口。 3.103 子项: 设置 1 套固定式γ剂量率在线监测系统,总计 6 个探头;设置 1 套表面污染检测系统;1 套气溶胶浓度连续监测系统,监测点位总计 7 处,设置 9 处空气取样口;设置 1 套流出物在线监测系统。

## 7 利益代价分析

### 7.1 产品用途

本项目建成后用于  $^{60}\text{Co}$  放射源以及  $^{14}\text{C}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  放射性同位素的生产、销售和使用，建设 5 条同位素生产线，打造一个高标准、高质量、国际先进的同位素生产基地，实现  $^{14}\text{C}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  核素和  $^{60}\text{Co}$  放射源的批量化生产，为解决国内同位素产品严重依赖进口的“卡脖子”问题做出贡献，项目建成后，整体技术水平将处于国内领先行列。

### 7.2 利益分析

#### (1) 提升国内核技术应用产业市场地位

目前世界上有 150 多个国家开展了核技术应用的研究。核技术应用在发达国家已形成庞大的产业链。美国核技术应用产业的年产值占国民经济总产值的比例约为 4%~5%，日本和欧洲相应所占比例为 2%~3%，全世界核技术产业规模超过万亿美元。国内核技术应用产业的年产值在 2010 年已达 1000 亿元，占当年 GDP 的 0.3%，到 2015 年相关产值已达 3000 亿元，占当年 GDP 的 0.4%。与美国、欧洲、日本等发达国家和地区相比，中国核技术应用产业仍有非常大的发展空间，未来预计可达万亿级别的市场。

本项目建成后，将打造一个批量化国产化放射源、放射性同位素及相关应用的同位素产品产业基地，成为国产化放射性同位素及相关应用的同位素产品行业的引领者，产品出口海外，布局国际市场，发展成为国内外工业、农业、医学和科研等领域核技术应用整体解决方案的供应商，将积极带动国内核技术应用产业的发展。

#### (2) 社会经济利益

本项目的实施能整合各项优势资源，面向国际国内市场销售、投放放射性同位素及后端产品，扩宽各方的销售渠道，提高国内放射性同位素的市场竞争力及国际市场占有率，为国内外工业、农业、医学和科研等用户提供优质的产

品和服务，同时以市场为导向，积极研发新的放射性同位素产品，以满足不断增强的用户需求，从而促进经济发展和社会进步。

### （3）响应国家、地方政策

国家、地方均积极推进放射同位素、核技术利用项目的开展。2016 年党中央、国务院印发《“健康中国 2030”规划纲要》，为全面提升人民健康水平提供了根本遵循。《纲要》明确到 2030 年，我国主要健康指标进入高收入国家行列；到 2050 年，建成与社会主义现代化国家相适应的健康国家。加大放射性同位素发展力度，不断壮大医疗、公共卫生领域的应用规模，充分发挥其在诊断、治疗心血管病、恶性肿瘤等严重威胁人类健康重大疾病中不可替代的作用，是实现我国健康领域治理能力现代化的重要举措。2021 年 6 月 24 日，国家原子能机构、科技部、公安部、生态环境部、交通运输部、国家卫生健康委、国家医疗保障局、国家药品监督管理局等 8 部门联合发布《医用同位素中长期发展规划（2021-2035 年）》。这是我国首个针对核技术在医疗卫生应用领域发布的纲领性文件。《规划》明确了“十四五”时期和今后一段时期内我国医用同位素发展的指导思想、主要原则、发展目标、重点任务及保障措施，旨在推动医用同位素技术研发和产业发展，为建设健康中国、增进人民福祉贡献力量。海盐县人民政府于 2021 年初发布《关于进一步扶持核电关联及核技术应用产业发展的若干意见的通知》，明确了大力发展核技术产业的政策方针。秦山核电站位于海盐县，拥有两座 CANDU 重水堆，具有显著的放射性同位素生产潜力。为推动核技术应用产业发展，海盐县在毗邻秦山二期位置规划了海盐核技术应用（同位素）产业园。本项目的建设符合地方政府对产业发展的需求。

综上，本项目建成后，将建立稳定自主的 Co-60 放射源和放射性同位素供应保障体系，积极推进国内核技术利用产业的发展，同时有利于就业或再就业，本项目的发展为社会提供了一定就业机会，随着公司研究和业务范围的进一步扩大，可使更多的合格人员参加工作，为保障社会安定起到积极作用，有利于推动海盐县地区经济、社会效益增长。

## 7.3 代价分析

### (1) 社会代价

本项目的社会代价主要考虑两个方面：资源和能源。

资源方面：本项目总用地面积 29900 m<sup>2</sup>。

能源方面，项目运行期间需用水、电等能源。

### (2) 经济代价

本项目的经济代价主要包括建筑场地成本、设备投资成本和环保投资等三个方面的成本。

### (3) 环境代价

本项目的环境代价主要为：少量的辐射穿过屏蔽层进入周围环境，工作人员和周围公众受到少量的辐射照射；少量的放射性物质和有害气体进入大气环境和水环境；每年将有少量的放射性固体废物产生等。根据前面章节的分析，给环境带来的这些影响均低于国家标准中规定的限值。

## 7.4 正当性分析

综上所述，本项目建设带来的利益远高于付出的代价，其建设将造福于广大人民。因此，本项目的实施是正当的。

## 8 结论

### 8.1 项目工程概况

中核秦山同位素有限公司拟在浙江省嘉兴市海盐县核技术应用（同位素）产业园东侧建设  $^{60}\text{Co}$  和  $^{14}\text{C}$  生产厂房， $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  和  $^{131}\text{I}$  生产厂房，仓库及特种车库，排风及固废整备中心，研发楼，周界出入口和室外工程。打造一个高标准、高质量、国际先进的同位素生产基地，实现  $^{14}\text{C}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  核素和  $^{60}\text{Co}$  放射源的批量化生产，解决国内同位素产品严重依赖国外进口的“卡脖子”问题，以期更好地为国民经济发展做出贡献，为人民健康事业提供服务。项目总投资约为 45994.55 万元，其中环保投资 3930.25 万元，占总投资的 8.54%。

### 8.2 实践的正当性

本项目建成后，将打造一个批量化国产化放射源、放射性同位素及相关应用的同位素产品产业基地，成为国产化放射性同位素及相关应用的同位素产品行业的引领者，产品出口海外，布局国际市场，发展成为国内外工业、农业、医学和科研等领域核技术应用整体解决方案的供应商，将提升我国在核技术应用产业领域的竞争力，并积极带动国内核技术应用产业的发展，同时带动地方产业和经济的发展。

本项目各个辐射工作场所采取安全的辐射安全与防护措施，以尽量降低对工作人员和公众的辐射影响。经分析评价，本项目对工作人员和公众的辐射影响满足国家相关标准要求。本项目对社会所带来的利益是大于可能引起的辐射危害的。因此，本项目核技术利用实施活动是正当的。

### 8.3 选址、布局合理性分析

本项目建设地点位于浙江省嘉兴市海盐县核技术应用（同位素）产业园，与周围环境敏感点距离较远。本项目内各辐射工作场所相对独立，并拟设置物理隔离及人员和物流通道，有利于辐射安全防护。从辐射防护与环境保护的角度，项目的选址可行，平面布局合理。

### 8.4 辐射安全与防护设施

(1) 辐射工作场所分区：按照控制区和监督区对辐射工作场所进行划分，采取安全控制措施严防人员进入控制区内。

(2) 辐射屏蔽：根据我国法规标准要求确定各辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平，经计算各辐射工作场所屏蔽体外瞬时剂量率均低于其剂量率控制水平。

(3) 通风系统：各辐射工作场所设有通风系统，其气流走向设计均能满足相关标准要求，确保工作场所内部和排放到环境中的污染物浓度能够满足相关标准要求。

## **8.5 环境影响分析**

### **8.5.1 施工期环境影响分析**

本项目施工期间主要的污染源为废水、废气、噪声及建筑垃圾，其影响随着施工期结束而结束，且在施工期合理安排施工时段，采取一定措施，做到文明施工，对其周围环境影响较小。

### **8.5.2 非放环境影响分析**

经分析，本项目正常运行期间，产生的非放射性废气、废水、固体废物及噪声，在采取一定措施后对周围环境影响较小。

### **8.5.3 辐射环境影响分析**

通过理论预测，本项目正常运行期间，工作人员受照剂量和公众年受照剂量均低于本次评价确定的 10mSv/a 的职业照射剂量约束值和 0.1mSv/a 的公众照射剂量约束值。

## **8.6 辐射安全管理**

公司拟设置专门的辐射安全管理机构；目前正在按照人员岗位职责、辐射防护、设备检修、废物管理、人员培训、辐射监测等方面内容建立一系列的辐射安全管理制度；制定辐射工作人员培训制度，确保辐射工作人员在参加辐射



安全与防护考核，并考核合格后方可上岗；目前制定的辐射环境监测方案、辐射工作场所监测方案能够满足本项目运行的要求。

## 8.7 公众参与

本项目参照《环境影响评价公众参与办法》的要求，主要通过网络公示、报纸媒体公示、现场张贴公告等方式进行了公众参与。本项目公众参与的开展情况详见《中核秦山同位素生产基地建设项目《一期》环境影响报告书（重新报批）公众参与说明》。

## 8.8 总结

综上所述，中核秦山同位素有限公司拟开展的“中核秦山同位素生产基地建设项目（一期）”在严格按照环评中的要求进行建设后，项目运行期间对工作人员和周围环境的影响符合环境保护的要求，该项目对环境的影响是可以接受的。中核秦山同位素有限公司在落实本报告书中的各项污染防治措施和管理措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护能力，故从环境保护的角度考虑，本项目的建设是可行的。