

国电投核素同创（重庆）科技有限公司

重庆创新医用同位素项目（一期工程）

环境影响报告书（重新报批）

公示版

国电投核素同创（重庆）科技有限公司



核技术利用建设项目

重庆创新医用同位素项目（一期工程）

环境影响报告书（重新报批）



建设单位名称：国电投核素同创（重庆）科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：



通讯地址：重庆市高新区含谷镇科翔路4号1幢

邮政编码：400041

联系人：万积俊

电子邮箱：vanjunhust@163.com

联系电话：15683280203

公示确认函

重庆高新区生态环境局：

我公司委托中国原子能科学研究院编制了《重庆创新医用同位素项目（一期工程）环境影响报告书（重新报批）》（以下简称“环评文件”，环评文件编制完成后送我公司审阅确认，经确认，我公司同意环评文件中提出的污染防治措施和评价结论。环评文件公示版中删除了涉及商业秘密内容。我公司对该公示版内容负责，同意在政府公众信息网上进行公示。

特此说明。

国电投核素同创（重庆）科技有限公司

承诺时间：2025年5月23日



编制单位和编制人员情况表

项目编号	uc5005		
建设项目名称	重庆创新医用同位素项目（一期工程）环境影响报告书（重新报批）		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	国电投核素同创（重庆）科技有限公司		
统一社会信用代码	91500107MAC3NXQ45C		
法定代表人（签章）	杨林		
主要负责人（签字）	万积俊		
直接负责的主管人员（签字）	万积俊		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	中国原子能科学研究院		
统一社会信用代码	12100000400000309R		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
陈凌	06351123506110497	BH009720	陈凌
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
黄娟	第一章~第四章	BH028967	黄娟
严源	审核	BH013174	严源
刘昕宇	第五章~第十二章	BH049369	刘昕宇
陈凌	主持编制	BH009720	陈凌

前言

重庆创新医用同位素项目是国核铀业积极响应 2016 年党中央、国务院印发《“健康中国 2030”规划纲要》中提出“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”的要求，以及 2021 年国家原子能机构会同科技部、公安部、生态环境部、交通运输部、国家卫健委、国家医保局、国家药监局等八部委联合发布的《医用同位素中长期发展规划（2021-2035）》中提出“建立稳定自主的医用同位素供应保障体系，满足人民日益增长的健康需求，为建成与社会主义现代化国家相适应的健康国家提供坚强保障”、“掌握加速器制备锆-68/镓-68、铜-225 等新型医用同位素的辐照及分离制备关键技术研发，掌握锆-68/镓-68 发生器制备等关键技术”等指示精神，提出建设的。

项目自 2021 年启动立项准备，2022 年正式成立国电投核素同创（重庆）科技有限公司，2023 年通过投资决策，共历经 3 年，其关键时间节点如下：

（1）2021 年 4 月 28 日，国核铀业 2021 年第六次党总支会和领导班子会听取了关于“申请创新医用同位素研发生产中心项目立项”的汇报，同意项目立项和开展项目选址等前期工作。

（2）2021 年 9 月 7 日，国核铀业第一届董事会第三次会议审议了《关于申请“创新医用同位素研发生产中心项目”立项的议案》，并同意项目立项。

（3）2022 年 10 月，国家电投集团公司人力资源部原则同意重庆医用同位素项目按照主业类项目公司设立，并取得了备案号（国电投组备-GS-01-102-202200929）。

（4）2022 年 11 月，国资委批准同意“国家电投创新医用同位素研发生产项目”作为首批央企的跟投试点项目。

（5）2022 年 12 月 6 日，国电投核素同创（重庆）科技有限公司正式成立。

(6) 2023 年 2 月 17 日，国核铀业党总支会和董事会“同意投资建设重庆医用同位素生产项目，并上报集团公司投资决策”。

从启动立项到投资决策整个时间周期和过程中可见，本项目定位为：**利用加速器开展多种创新医用放射性药物的研发、生产和应用。**

整个项目规划按两个阶段执行，其中第一阶段拟采购国核铀业自主研发的两台强流回旋质子加速器，进行 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{82}Sr 、 ^{68}Ge 四种医用放射性药物的生产；第二阶段市场情况适时启动产能扩建，满足未来市场需求。

第一阶段建设内容中，按照《产业结构调整指导目录（2021 年修正）》，涉及加速器部分属于第六项核能中第六条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”类别，涉及医用放射性药物部分属于第十三、医药中“2、现代生物技术药物、重大传染病防治疫苗和药物、新型诊断试剂的开发和生产，大规模细胞培养和纯化技术、大规模药用多肽和核酸合成、发酵、纯化技术开发和应用，采用现代生物技术改造传统生产工艺”类别，均为国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

针对第一阶段的建设内容，开展相应的环境影响评价工作，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令 第 16 号，2021 年 1 月 1 日实施）：

(1) 五十五-核与辐射，172-核技术利用建设项目：加速器一、二生产厂房使用的射线装置属于 I 类射线装置，非密封放射性物质工作场所均为甲级，需编制环境影响报告书；

(2) 二十四-医药制造业，271-化学药品原料药制造项目：研发中试，不含单纯药品复配、分装，不含化学药品制剂制造，需编制环境影响报告书。

同时依据《建设项目环境影响评价分类管理名录》第四条“建设内容涉及本名录中两个及以上项目类别的建设项目，其环境影响评价类别按照其中单项等级最高的确定”，确定本项目环评文件类别为环境影响报告书。

《重庆创新医用同位素项目环境影响报告书》已于 2023 年 11 月 7 日取得重庆高新区生态环境局环评批复（渝（高新）环准[2023]57 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。

新的建设内容为：

（1）建设加速器一生产厂房，主要包括 1 台 120MeV 质子回旋加速器及配套辅助系统以及放射性药物生产区域，实现 ^{225}Ac 、 ^{227}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{99}Mo 、 ^{82}Sr 、 ^{68}Ge 、 ^{67}Cu 、 ^{123}I 放射性药物的生产、销售和使用，以及 120MeV 加速器的销售（含建造）和使用，年销售量为 1 台；

（2）建设加速器二生产厂房，主要包括 1 台 50MeV 质子回旋加速器及配套辅助系统以及放射性药物生产区域，实现 ^{68}Ge 放射性药物的生产、销售和使用，以及 50MeV 加速器的销售（含建造）和使用，年销售量为 1 台；

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。

目 录_Toc198737794

1	概述.....	1
1.1	项目名称、地点.....	1
1.2	项目概况.....	1
1.2.1	项目背景、意义.....	1
1.2.2	建设单位概况.....	3
1.2.3	项目变动内容.....	3
1.2.4	本次环评内容.....	10
1.2.5	产业政策和规划符合性.....	14
1.2.6	周围环境概况.....	38
1.2.7	核技术利用现状.....	39
1.3	编制依据.....	39
1.3.1	法律、法规和规章.....	39
1.3.2	技术导则、标准.....	46
1.3.3	其它文件、资料.....	47
1.4	评价标准.....	47
1.4.1	辐射评价标准.....	47
1.4.2	环境质量标准.....	52
1.4.3	污染物排放标准.....	57
1.5	辐射评价范围和保护目标.....	60
1.5.1	评价范围.....	60
1.5.2	环境保护目标.....	60
1.6	非辐射评价范围和保护目标.....	61
1.6.1	大气环境影响评价等级及范围.....	61
1.6.2	地表水环境影响评价等级及范围.....	63
1.6.3	地下水环境影响评价等级及范围.....	63
1.6.4	声环境影响评价等级及范围.....	64
1.6.5	生态环境影响评价等级及范围.....	64
1.6.6	土壤环境影响评价等级及范围.....	65

1.6.7	环境风险评价等级及范围.....	65
1.7	非放环境保护目标.....	65
1.7.1	大气环境保护目标.....	65
1.7.2	地表水环境保护目标.....	66
1.7.3	地下水环境保护目标.....	67
1.7.4	声环境保护目标.....	67
1.7.5	生态保护目标.....	67
2	自然环境与社会环境状况	68
2.1	自然环境状况.....	68
2.1.1	地理位置.....	68
2.1.2	地形地貌.....	68
2.1.3	地质构造.....	68
2.1.4	气候特征.....	70
2.1.5	水文.....	70
2.1.6	植被、生物多样性.....	71
2.2	社会环境概况.....	71
2.2.1	社会发展状况.....	71
2.2.2	经济发展状况.....	71
2.2.3	文化教育.....	72
2.2.4	医疗保健.....	72
2.3	环境质量和辐射现状.....	72
2.3.1	辐射环境现状监测.....	72
2.3.2	环境空气质量现状监测.....	84
2.3.3	地表水环境质量现状监测.....	87
2.3.4	声环境质量现状监测.....	89
2.3.5	地下水质量现状监测.....	90
2.3.6	选址适宜性评价.....	96
3	工程分析与源项	97

3.1	项目规模与基本参数.....	97
3.1.1	项目概况.....	97
3.1.2	基本参数.....	100
3.1.3	公用工程.....	105
3.1.4	环保工程.....	106
3.1.1	储运工程.....	107
3.1.2	水平衡.....	107
3.1.1	生产设备.....	111
3.1.2	原辅材料.....	111
3.1.3	劳动定员.....	115
3.2	工程设备与工艺分析.....	116
3.2.1	医用放射性药物生产、使用、销售.....	116
3.2.2	I类射线装置销售（含建造）、使用	122
3.2.3	工作规划.....	129
3.3	人流、物流.....	129
3.4	辐射污染源项分析.....	131
3.4.1	射线装置.....	131
3.4.2	非密封放射性物质工作场所.....	142
3.5	非放污染源项分析.....	143
3.5.1	废气.....	143
3.5.2	废水.....	144
3.5.3	噪声.....	144
3.5.4	固体废物.....	144
4	辐射安全与防护设施	146
4.1	工作场所布局分析.....	146
4.2	辐射工作场所分区.....	147
4.2.1	加速器装置辐射工作场所分区.....	147
4.2.2	非密封放射性物质工作场所分区.....	149
4.3	非密封放射性物质工作场所分级.....	150

4.4	场所屏蔽设计.....	151
4.4.1	加速器装置辐射屏蔽设计.....	151
4.4.2	非密封放射性物质工作场所屏蔽设计.....	151
4.5	辐射安全与防护措施.....	151
4.5.1	加速器装置辐射安全与防护措施.....	151
4.5.2	非密封放射性物质工作场所.....	154
4.5.3	通风系统.....	155
4.5.4	小结.....	157
4.6	放射性三废处理.....	158
4.6.1	加速器装置区域三废处理.....	158
4.6.2	非密封放射性物质工作场所三废处理.....	160
4.7	服务期满后的环境保护措施.....	167
5	辐射环境影响分析	169
5.1	正常运行的环境影响分析.....	169
5.1.1	屏蔽体外剂量率估算结果.....	169
5.1.2	工作人员受照剂量.....	180
5.1.3	公众的受照剂量.....	190
5.1.4	环境保护目标的影响分析.....	196
5.1.5	产品销售运输辐射影响评价.....	197
5.1.6	放射性废物的环境影响分析.....	197
5.2	事故工况下的环境影响.....	199
5.2.1	加速器装置区域.....	199
5.2.2	非密封放射性物质工作场所.....	201
6	非辐射环境影响预测与评价	205
6.1	施工期.....	205
6.1.1	环境空气.....	205
6.1.2	废水.....	205
6.1.3	噪声.....	206

6.1.4	固体废物.....	206
6.1.5	生态环境.....	207
6.2	营运期.....	208
6.2.1	环境空气.....	208
6.2.2	废水.....	208
6.2.3	固体废物.....	209
6.2.4	噪声.....	209
6.2.5	地下水.....	209
6.2.6	土壤.....	210
7	环境风险评价	211
8	环境污染防治措施技术可行性分析	213
8.1	废气治理措施及技术可行性分析.....	213
8.1.1	非放场所废气（试剂配制间实验废气）	213
8.1.2	非密封场所含酸雾放射性废气.....	213
8.1.3	食堂油烟.....	213
8.1.4	无组织排放控制措施.....	214
8.2	废水治理措施技术可行性分析.....	214
8.2.1	废水预处理措施技术可行性论证.....	214
8.2.2	重庆九龙园区污水处理厂依托处理可行性分析.....	215
8.3	噪声防治措施及技术可行性分析.....	215
8.4	固体废物处置技术可行性分析.....	215
8.5	地下水及土壤污染防治措施及可行性分析.....	217
8.5.1	简单防渗区.....	217
8.5.2	一般防渗区.....	217
8.5.3	重点防渗区.....	217
9	辐射安全管理	219
9.1	机构与人员.....	219
9.1.1	辐射安全与环境保护管理机构.....	219

9.1.2	辐射工作人员管理.....	220
9.2	辐射安全管理规章制度.....	220
9.3	辐射监测.....	222
9.3.1	环境监测.....	222
9.3.2	工作场所监测.....	222
9.3.3	个人剂量监测.....	226
9.3.4	监测设备.....	226
9.4	辐射事故应急.....	227
9.5	年度评估报告.....	230
9.6	放射性药品销售.....	231
9.7	申请者从事辐射工作能力评价.....	231
9.7.1	辐射安全与环境保护管理.....	231
9.7.2	辐射工作人员培训.....	232
9.7.3	工作场所的安全防护措施.....	232
9.7.4	个人防护用品及监测仪器.....	233
9.7.5	规章制度.....	233
9.7.6	辐射事故应急预案.....	234
9.7.7	放射性三废治理.....	235
9.7.8	辐射工作能力综合评价.....	237
9.8	环保投资一览表.....	238
9.9	环保竣工验收.....	239
10	环境管理、监测计划及验收方案	241
10.1	环境管理机构设置.....	241
10.2	环境管理台账及环境信息公开.....	242
10.3	排污口设置与规范化管理.....	243
10.4	企业自行监测计划.....	244
10.5	竣工环保验收内容及要求.....	245
10.6	污染源排放清单.....	246
10.6.1	污染物排放量.....	251

10.6.2	总量控制指标.....	251
11	利益-代价分析	252
11.1	利益分析.....	252
11.2	代价分析.....	253
11.3	正当性分析.....	254
12	结论.....	255
12.1	项目工程概况.....	255
12.2	实践的正当性.....	255
12.3	选址、布局合理性分析.....	255
12.4	辐射安全与防护措施.....	256
12.5	辐射环境影响分析.....	256
12.6	放射性三废排放和处理.....	257
12.7	非放射性环境影响分析.....	257
12.7.1	废水治理措施及环境影响.....	257
12.7.2	废气治理措施及环境影响.....	258
12.7.3	固体废物污染防治措施及环境影响.....	258
12.7.4	噪声防治措施及环境影响.....	259
12.7.5	地下水及土壤污染防治措施及环境影响.....	259
12.7.6	环境风险防范措施.....	259
12.8	“三线一单”判定	260
12.9	辐射安全管理.....	260
12.10	公众参与.....	260
12.11	总结.....	260
	附图 1 地理位置示意图	262
	附图 2 项目总设计平面布局图	263

1 概述

1.1 项目名称、地点

项目名称：重庆创新医用同位素项目（一期工程）环境影响报告书（重新报批）

建设地点：重庆高新区生命科技园 B 区巴福片区 Q18-1/05 地块

建设性质：新建

建设单位：国电投核素同创（重庆）科技有限公司

项目规模：项目总占地面积约 51231.30m²，总建筑面积约 61349.48m²，一阶段建筑面积 32204m²。一阶段主要建设加速器一生产厂房、加速器二生产厂房、配套综合楼，并同步配套开关站/变电所等公用工程。二阶段将建设研发生产车间、加速器研发实验厂房、同位素生产厂房、化学实验厂房。本次仅对第一阶段进行评价。

建设周期：项目一期工程已于 2024 年 11 月开工建设，计划厂房设施建设时间 24 个月。二阶段项目视第一阶段项目运营情况适时开展。

项目投资：项目总投资约为 XX 亿元，其中环保投资约 XX 亿元，占总投资的约 XX%。

1.2 项目概况

1.2.1 项目背景、意义

恶性肿瘤是当前影响人民生命健康的主要疾病之一。我国人口占世界不到 1/5，但每年癌症发病人数占世界的 1/4、死亡人数占 1/3，每天大约有 7000-8000 中国人死于恶性肿瘤。开发能够在肿瘤早期筛查、诊断、精准治疗的药物来预防、缓解疼痛和治疗肿瘤，是提升人民健康水平的重要手段。

放射性医用同位素药物是含有放射性同位素的供医学诊断和治疗用的一类特殊药物，是最早用于恶性肿瘤高危人群筛查、早期精确诊断、正确分期的重要手段，目前正在朝着精准治疗的方向发展。在诊断方面，医用同位素可提供人体分子水平

血流、功能和代谢等信息，对尚未出现形态改变的病变进行早期诊断；在治疗方面，医用同位素可利用其放射性杀伤病变组织，实现微小病灶的精准清除，达到较好的治疗效果。此外，癌症病人会遭受非常巨大的痛苦，放射性药物在治疗转移癌性骨痛方面也发挥着重要的作用，可以有效缓解因癌转移引起的骨痛等症状，提高病人生活质量。

目前我国放射性药物的研发、生产和应用与发达国家存在明显差距。2016 年党中央、国务院印发《“健康中国 2030”规划纲要》，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。十九大报告明确提出要实施健康中国战略。2021 年国家原子能机构会同科技部、公安部、生态环境部、交通运输部、国家卫健委、国家医保局、国家药监局等八部委联合发布了《医用同位素中长期发展规划（2021-2035）》。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。

鉴于此，国电投核素同创（重庆）科技有限公司积极响应国家政策，在重庆高新区生命科技园 B 区巴福片区 Q18-1/05 地块建设一座加速器生产医用同位素药物的生产中心，致力于解决我国医用放射性同位素药物，特别是先进治疗、诊断用放射性同位素药物的生产供应问题，填补我国空白，赶超世界技术前沿。

《重庆创新医用同位素项目环境影响报告书》已于 2023 年 11 月 7 日取得重庆高新区生态环境局环评批复（渝（高新）环准[2023]57 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《重庆创新医用同位素项目（一期工程）环境影响报告书（重新报批）》，具体委托书见附件 2。

1.2.2建设单位概况

项目建设单位为国电投核素同创(重庆)科技有限公司(以下简称“核素同创”),国核铀业发展有限责任公司(以下简称“国核铀业”)是核素同创的控股单位,国核铀业隶属于国家电力投资集团有限公司,是核电站燃料供应、铀资源投资开发的专业化平台,也是我国三大天然铀专营企业之一。同时是集团公司核技术应用与核环保的拓展平台,负责集团公司核技术应用与核环保的技术推广与产业化应用、重大项目的投资与运营。

项目起始于 2020 年 6 月,在国核铀业正式实体运作后,即启动重庆创新医用同位素项目前期准备工作。在前期广泛深入调研的基础上,国核铀业于 2020 年开始编制项目建议书。

2021 年 4 月,国核铀业启动了重庆创新医用同位素项目的前期工作,组织召开项目咨询会,会上得到了行业专家对项目的认可,一致认为本项目具有十分重大的卫生经济学意义、广阔的应用前景和临床转化价值。项目的实施将带动我国乃至世界的核药物市场,促进核药学、核医学等相关领域的发展,形成正向驱动。

2022 年 11 月,国资委批准同意“国家电投创新医用同位素研发生产项目”作为首批央企的跟投试点项目,2022 年 12 月 6 日核素同创在重庆高新区完成工商登记(附件 3),2023 年 3 月 21 日完成项目备案,2024 年 7 月 16 日重新备案(见附件 4)。

1.2.3项目变动内容

本项目建设加速器一生产厂房、加速器二生产厂房、配套综合楼,并同步配套开关站/变电所等公用工程。加速器一生产厂房主要包括 1 台 120MeV 质子回旋加速器及配套辅助系统以及放射性药物生产区域;加速器二生产厂房主要包括 1 台 50MeV 质子回旋加速器及配套辅助系统以及放射性药物生产区域;配套综合楼主要功能是作为基地内后勤服务场所;配套综合楼主要功能为食堂、办公用房及宿舍,其中加速器一生产厂房和加速器二生产厂房为辐射工作场所。

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文件发生了变动，项目变动主要体现在加速器一生产厂房和加速器二生产厂房，具体的变动见表 1-1。

通过对比分析可知，变动内容主要包括：

（1）放射性药物：

①放射性药物种类及活动种类：根据市场需求，新增多种放射性药物的生产、销售和使用，由 Ac-225、Ra-223、Sr-82、Ge-68 放射性药物的生产、销售和使用变更为 Ac-225、Ac-227、Ra-223、Pb-212、Mo-99、Ge-68、Sr-82、Cu-67、I-123 放射性药物的生产、销售和使用。

②放射性药物生产场所设备：根据最新的产线对热室和手套箱的数量和屏蔽参数进行了优化设计；

③放射性药物生产场所布局、人流物流：根据最新的产线对场所内部的布局、人流物流进行了优化设计；

④放射性废液和放射固体处理：优化放射性废液的处理流程，放射性固废处理无变动；

⑤通风系统：区域内部布局优化，排风系统优化。

（2）射线装置：

①射线装置种类及活动种类：由 1 台 120MeV 质子回旋加速器的使用和 1 台 50MeV 质子回旋加速器的使用变更为 1 台 120MeV 质子回旋加速器的销售（含建造）和使用，1 台 50MeV 质子回旋加速器的销售（含建造）和使用；

②辐射监测系统：因布局调整优化 γ 和中子探头的布置；

③通风系统：区域内部布局优化，排风系统优化。

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。

表 1-1 变动分析表

项目	生产线/辐射工作场所	变动前		变动后		变动情况分析
放射性药物种类及活动种类	加速器一生产厂房	Ac-225、Ra-223、Sr-82 放射性药物的生产、销售和使用		Ac-225、Ac-227、Ra-223、Pb-212、Mo-99、Ge-68、Sr-82、Cu-67、I-123 放射性药物的生产、销售和使用		根据市场需求，新增多种放射性药物的生产、销售和使用
	加速器二生产厂房	Ge-68 放射性药物的生产、销售和使用		/		加速器二生产厂房原有的 Ge-68 生产线转移至加速器一生产厂房
射线装置种类及活动种类	加速器一生产厂房	1 台 120MeV 质子回旋加速器的使用		1 台 120MeV 质子回旋加速器的销售（含建造）和使用		新增 120MeV 质子回旋加速器的销售（含建造）活动种类
	加速器二生产厂房	1 台 50MeV 质子回旋加速器的使用		1 台 50MeV 质子回旋加速器的销售（含建造）和使用		新增 50MeV 质子回旋加速器的销售（含建造）活动种类
项目	生产线/辐射工作场所	变动前		变动后		变动情况分析
工艺设备设计	生产线	数量	屏蔽材料及厚度	数量	屏蔽材料及厚度	
	加速器一生产厂房-热室	11	混凝土，厚度不低于 1.5 米	10	前区重混，厚度为 1 米，其他区域为 1.5 米混凝土	
	加速器一生产厂房-手套箱	26	Pb，厚度范围为 70~250mm	14	铅	
	加速器二生产厂房-热室	5	混凝土，厚度不低于 1.5 米	1	屏蔽厚度不低于 1.05 米普通混凝土	

项目	生产线/辐射工作场所	变动前		变动后		变动情况分析
	加速器二生产厂房-手套箱	12	200mmPb	/	/	保留加速器二生产厂房中的接收热室，热室、手套箱数量及对应的屏蔽厚度有所调整
项目	场所	变动前		变动后		变动情况分析
靶站系统	加速器一生产厂房 1、2 号靶站	质子轰击钽靶		质子轰击钽靶、锌靶、碘靶		根据市场需求，新增多种放射性药物的生产、销售和使用，增加相应靶件，对应靶站的用途根据需求进行调整
	加速器一生产厂房 3、4 号靶站	质子轰击铷镓串列靶		质子轰击钽铷镓串列靶		
	加速器二生产厂房 1、2、3、4 靶站	质子轰击镓靶		/		
靶件转移	加速器一生产厂房	加速器一生产厂房内 120MeV 质子回旋加速器辐照后的镓靶转移至加速器二生产厂房 Ge-68 放射性药物生产线开展生产活动		加速器一生产厂房内 120MeV 质子回旋加速器辐照后的镓靶在本厂房 Ge-68 放射性药物生产线开展生产活动		Ge-68 放射性药物生产线场所由加速器二生产厂房变更至加速器一生产厂房，加速器二生产厂房内 50MeV 质子回旋加速器辐照后的镓靶转移至加速器一生产厂房 Ge-68 放射性药物生产线开展生产活动
	加速器二生产厂房	加速器二生产厂房内 50MeV 质子回旋加速器辐照后的镓靶在本厂房 Ge-68 放射性药物生产线开展生产活动		加速器二生产厂房内 50MeV 质子回旋加速器辐照后的镓靶转移至加速器一生产厂房 Ge-68 放射性药物生产线开展生产活动		

项目	生产线/辐射工作场所	变动前	变动后	变动情况分析
辐射工作场所布局	加速器一生产厂房射线装置区域	①靶室北侧为过道； ②加速器迷宫西侧外为封闭过道； ③茶水间在厂房西侧（水冷机房南侧）； ④二层靶室上空北侧为过道； ⑤加速器送风机房位于三层加速器厅上空西侧； ⑥三层靶室上厅 A 未有房间； ⑦三层靶室上厅 B 未有房间。	①靶室北侧为贮藏室； ②加速器迷宫西侧外过道新增一个大门； ③茶水间调整到应用物理实验厅西南角，同时新增一个加压送压机房； ④二层靶室上空北侧新增“备用准备间”和“预留生产准备间”； ⑤加速器送风机房位于三层加速器厅上空南侧（占据原放化排风中心位置）； ⑥三层靶室上厅 A 设置跑兔系统设备机房； ⑦三层靶室上厅 B 设置跑兔系统机房 2 和集气室。	由于工艺优化设计，更新或增加房间布局。
	加速器一生产厂房非密封物质工作场所	一、地下一层 1.靶室废液罐区位于热室下方屏蔽墙体东侧； 2.设备间靠近靶室废液储罐。 二、一层 设有 3 条同位素粗分离生产线（Ac-225, Ra-223, Ge-68 和 Sr-82 同位素生产线），共计 11 间热室，每条生产线热室前区为独立房间。 三、二层	一、地下一层 1.靶室废液罐区位于热室下方屏蔽墙体西侧； 2.设备间（现有空压机房）远离靶室废液储罐。 二、一层 1.同位素粗分离生产线顺序变化，热室数量减少到 10 间（原有 Ge-68 和 Sr-82 同位素生产线的过渡仓热室取消），前区由独立房间变更为大开间。 三、二层	1.靶室废液储罐位置调整可较少管道穿插和长度（更接近靶站），设备间位置调整可较少检修人员剂量 2.根据市场需求和公司规划，热室数量和布局进行调整 3.根据 GMP 设计要求，为符合原料药生产要求，调整手套箱区域布局

项目	生产线/辐射工作场所	变动前	变动后	变动情况分析
		非密封区域西侧为三条 GMP 生产线（南北纵向），东侧为预留实验室，南边为质检区域。 四、三层 设有放化排风中心。	取消东侧预留实验室，将手套箱区域改为东西向且设置四条产线（Ac-225、Pb-212、Ge-68 和 Sr-82），并新增四种产品的产线（Ac-227/Ra-223、Mo-99、I-123 和 Cu-67），质检区域从厂房南侧挪到中部，在南侧原质检区域新增试剂配制间及靶件制备间。 四、三层 放化排风中心由三层调整到四层（机房层）。	
	加速器二生产 厂房射线装置 区域	无变化		
	加速器二生产 厂房非密封物 质工作场所	①1 条 ^{68}Ge 粗分离生产场所——5 间热室：1 间拆卸热室、2 间溶解热室、2 间粗分离热室。 ②2 条 ^{68}Ge 分离纯化生产线（GMP）——2×6 台厚屏蔽手套箱：接收手套箱、纯化手套箱、整备手套箱、分装手套箱、发生器制备手套箱、发生器装配手套箱。 ③人员卫生出入口在厂房西北角，产品库区在厂房西南角。 ④设有 1 间样品接收处理间、1 间 TLC 测量室、1 间 ICP 测量室、2 间 γ 测量	① ^{68}Ge 粗分离生产场所仅保留 1 间接收热室。 ②2 条 ^{68}Ge 分离纯化生产线（GMP）取消，由加速器一生产厂房原有的锗-82 同位素生产线生产。 ③人员卫生出入口更换为厂房西南角，产品库区更换为在厂房西北角。 ④原有相关质检分析和生产准备间仅做后续预留场地。	加速器二生产厂房只留 1 间靶件接收热室，Ge-68 同位素生产线转移至加速器一生产厂房进行

项目	生产线/辐射工作场所	变动前	变动后	变动情况分析
		室、酸碱检测间、生产准备间及物料储存间。		
人流	加速器一生产厂房	一层、二层、三层非密封场所工作人员从卫生通道进入生产线工作后返回。	除一二三层外，新增工作人员由三层楼梯间前往四楼更换放化排风中心滤芯。	四层放射性滤芯通过放射性货梯转移到二层吊装口，下至一层热室后区，通过转运系统进入固废处理热室，实现与人流、产品分离。
	加速器二生产厂房	非密封场所工作人员从厂房西北侧的卫生通道进入，工作后返回。	非密封场所工作人员从厂房西南侧的卫生通道进入，工作后返回。	仅进入位置变化
物流	加速器一生产厂房	1.一层放射性废物 废液：热室下部设置废液暂存罐进行废液收集，每条产线共用一个暂存罐。收集满后，后续通过导管转移到地下一层 A 类暂存罐贮存，后续废液在废液热室进行蒸发浓缩处理，废弃浓缩液通过独立导管在地下一层 B 类废液罐中暂存，废弃冷凝液通过独立导管在地下一层 C 类废液罐中暂存。 2.地上二层放射性废物 废液：手套箱下部设置废液暂存罐进行废液收集，每条产线共用一个暂存罐。通过导管转移到地下一层 A 类暂存罐贮存，后续在废液热室进行蒸发浓缩处理，废弃浓缩液通过独立导管在地下一层 B 类废液罐中暂存，废弃冷凝液通过	1.一层放射性废物 废液：热室下部设置废液暂存罐进行废液收集，每条产线共用一个暂存罐。收集满后，后续在废液热室进行蒸发浓缩处理，废弃浓缩液在热室中焙烧后转为固体废物，冷凝液通过独立导管分类暂存于地下一层的冷凝液储存罐中。 2.地上二层放射性废物 废液：手套箱下部设置废液暂存罐进行废液收集，每条产线共用一个暂存罐。将暂存罐通过热室转运系统进入废物装桶热室下方，经废液管负压转移至废液处理热室，后续在废液热室进行蒸发浓缩处理，废弃浓缩液在热室中焙烧后转为固体废物，冷凝液通过独立导管分类暂存于地下一层的冷凝液储存罐中。	优化废液处理流程，并简化废液罐分类

项目	生产线/辐射工作场所	变动前	变动后	变动情况分析
		独立导管在地下一层 C 类废液罐中暂存。 3.辐照后 Ge-68 靶件通过连廊由加速器一生产厂房进入加速器二生产厂房。 4.产品发货路径：完成包装的产品经走道及连廊进入加速器二生产厂房，经加速器二生产厂房一层发货通道发出。	3.辐照后 Ge-68 靶件通过连廊由加速器二生产厂房进入加速器一生产厂房。 4.产品发货路径无变化。	
	加速器二生产厂房	1.放射性废物路径 废液：热室内部设置废液暂存罐，后续转移至后区暂存。 固废：热室内部设置废物暂存罐，后续转移至后区暂存。 上述放射性废物后续经南侧出口运出加速器二生产厂房，通过加速器一生产厂房一层后区西侧入口进入后区。 2.辐照后靶件 加速器一生产厂房辐照的 Ge-68 靶件经连廊进入加速器二生产厂房 2 层货梯转移到 1 层，经物料转移通道进入生产线南侧剪切溶解热室。 3.产品发货路径 生产的 Ge-68 产品完成包装后进过走道，途径产品接收室、产品暂存区以及产品发货区后发出。	1.放射性废物路径 加速器二生产厂房辐照后的镓靶件送入加速器一生产厂房处理，无放射性废液和放射性固废产生。 2.辐照后靶件 加速器二生产厂房辐照的 Ge-68 靶件经连廊进入 1 厂房 2 层货梯，进入二层吊装口转移到 1 层热室后区，然后进入接收热室处理。 3.产品发货路径 Ge-68 产品均由加速器一生产厂房生产，后续再转移至加速器二生产厂房，经加速器二生产厂房一层发货通道发出。	

项目	生产线/辐射工作场所	变动前	变动后	变动情况分析
辐射监测系统	加速器一生产厂房射线装置区域	19 个 γ 探头, 14 个 n 探头	18 个 γ 探头, 13 个 n 探头	由于原非密封区域值班室位于应用物理实验厅东南角——为人员全居留场所, 现为减少工作人员照射, 已将此值班室挪到东侧, 此处改为卫生通道, 故取消此处原有的编号 1-4 γ 和中子监测点
	加速器一生产厂房非密封区域	26 个 γ 探头;	35 个 γ 探头;	一层热室数量从 11 个减少到 10 个, 内部 γ 探头减少 1 个; 热室前区由原来的三个独立房间整合成大通间, 故原来三个房间总共 4 个 γ 探头减少到 2 个, 同时由于废物热室布局调整, 取消原后区废物传送带处的 1 个 γ 探头 (H-7)。 二层由于 GMP 区域布局变化, γ 探头从原来的 6 个新增到 18 个。 机房层放化排放中心从 1 个变成 2 个, 新增 1 个 γ 探头。
	加速器二生产厂房射线装置区域	13 个 γ 探头, 11 个 n 探头	无变化	/

项目	生产线/辐射工作场所	变动前	变动后	变动情况分析
	加速器二生产厂房非密封区域	10 个 γ 探头	3 个 γ 探头	由于加速器二生产厂房取消建设 ^{68}Ge 的 2 个粗分和 2 个溶解热室，减少 4 个热室内部 γ 探头，同时热室数量减少到 1 个，故前区 γ 探头从 2 个减少为 1 个； 由于加速器二生产厂房取消建设 2 条 ^{68}Ge 手套箱生产线，故取消手套箱房间的 γ 探头，共 2 个。
安全联锁系统	加速器一生产厂房和加速器二生产厂房	无变化		
放射性三废处理	加速器一生产厂房射线装置区域	无变化		
	加速器一生产厂房非密封工作场所	1.放射性废液在热室或手套箱下方的暂存罐存满后先导入地下一层废液罐，后续在废液热室进行蒸发浓缩，冷凝液和浓缩液分别通过导管进入废液罐中暂存。 2. 生产线产生的放射性固体废物均可暂存在热室/手套箱下部的废物贮存罐，待贮存罐收集满之后，经加速器一生产厂房一层后区进入放射性固体废物处理热室，根据核素特性区分进行处理。	1.放射性废液在热室或手套箱下方的暂存罐存满后在废液热室中蒸发浓缩，工艺废液浓缩液可经过反复蒸发浓缩后直至烧干为氧化物粉末，取出后作固废处理，工艺废液冷凝液经导管进入废液罐中暂存。 2.放射性固废处理无变动。	优化放射性废液工艺，实现废液减量，减少地下一层的废液罐数量。

项目	生产线/辐射工作场所	变动前	变动后	变动情况分析
	加速器二生产 厂房射线装置 区域	无变化		
	加速器二生产 厂房非密封工 作场所	加速器二生产厂房原定 ^{68}Ge 的 1 条粗分离场所和 2 条分离纯化生产线产生放射性废物。	无放射性固体废物产生。	辐照后的镓靶拆卸后装入铅罐，通过小车运至加速器一生产厂房进行后续分离操作，因此加速器二生产厂房无放射性废物产生。
通风系统	加速器一生产 厂房和加速器 二生产厂房	区域内部布局优化，排风系统优化。		

1.2.4本次环评内容

重庆创新医用同位素项目（一期工程）主要建设加速器一生产厂房、加速器二生产厂房、配套综合楼以及开关站/变电所等建筑，本次评价内容如下：

（1）建设加速器一生产厂房，主要包括 1 台 120MeV 质子回旋加速器及配套辅助系统以及放射性药物生产区域，实现 ^{225}Ac 、 ^{227}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{99}Mo 、 ^{82}Sr 、 ^{68}Ge 、 ^{67}Cu 、 ^{123}I 放射性药物的生产、销售和使用，以及 120MeV 加速器的销售（含建造）和使用，年销售量为 1 台；

（2）建设加速器二生产厂房，主要包括 1 台 50MeV 质子回旋加速器及配套辅助系统以及放射性药物生产区域，实现 ^{68}Ge 放射性药物的生产、销售和使用，以及 50MeV 加速器的销售（含建造）和使用，年销售量为 1 台；

（3）建设配套综合楼，主要功能是作为基地内食堂、办公用房和宿舍。

本项目生产的产品均满足医药标准，产品作为放射性药物或放射性药物原料药供应给医院或药厂。本项目建设内容中仅加速器一生产厂房和加速器二生产厂房为辐射工作场所，涉及的射线装置主要性能参数见表 1-2，非密封放射性物质工作场所内主要核素参数详见表 1-3~表 1-4。

加速器的生产靶站的打靶及传输工艺流程均为远程自动化作业，不涉及人员直接操作的工序，射线装置厂房区域不涉及非密封放射性物质的操作，因此加速器机房不作为非密封放射性物质工作场所考虑。

表 1-2 本项目射线装置主要参数一览表

序号	射线装置名称	规格型号	主要参数	生产厂家	数量（台/年）	类别	工作场所	活动种类
1	120MeV 质子回旋加速器	自研	最大能量：120MeV 最大流强：500μA	国电投核素同创（重庆）科技有限公司	1	I	加速器一生产厂房/用户单位	销售（含建造）、使用
2	50MeV 质子回旋加速器	自研	最大能量：50MeV 最大流强：500μA	国电投核素同创（重庆）科技有限公司	1	I	加速器二生产厂房/用户单位	销售（含建造）、使用

表 1-3 加速器一生产厂房非密封放射性工作场所放射性同位素操作情况

序号	核素	日最大操作量, Ci	日最大操作量, Bq	操作因子	毒性因子	日等效最大操作量, Bq	年最大操作天数（批次）	年操作量, Bq	操作方式	活动种类	操作场所	来源
1	Th-232	1.11E-03	4.10E+07	0.01	0.1	4.10E+08	20	8.20E+08	简单操作	使用		加速器一生产厂房和加速器二生产厂房
2	Ac-225	9.45E+00	3.50E+11	0.001	10	3.50E+15	20	7.00E+12	特别危险 ¹	生产、使用、销售	加速器一生产厂房	
3	Ac-227	2.28E-02	8.44E+08	0.001	10	8.44E+12	20	1.69E+10	特别危险 ¹			
4	Ra-223	1.03E+01	3.81E+11	0.001	10	3.81E+15	20	7.62E+12	特别危险 ¹			
5	Pb-212	7.98E+00	2.95E+11	0.001	0.1	2.95E+13	20	5.90E+12	特别危险 ¹			
6	Mo-99	3.82E+01	1.41E+12	0.001	0.1	1.41E+14	20	2.82E+13	特别危险 ¹			
7	Ge-68	9.28E+00	3.43E+11	0.1	0.1	3.43E+11	20	6.86E+12	简单操作 ²			
8	Sr-82	2.58E+01	9.55E+11	0.001	0.1	9.55E+13	20	1.91E+13	特别危险 ³			
9	Cu-67	6.01E-03	2.22E+08	0.001	0.1	2.22E+10	50	1.11E+10	特别危险 ⁴			
10	I-123	5.72E-04	2.12E+07	0.1	0.01	2.12E+06	200	4.24E+09	简单操作 ⁵			

总计	7.58E+15	甲级
备注： 1. Ac-225、Ac-227、Ra-223、Pb-212、Mo-99 目标核素提取过程中有蒸发的操作，保守按“含有特别危险的操作”的气体进行考虑； 2. Ge-68 目标核素提取过程中涉及靶件拆解以及母材低温加热溶解（约 35°）等操作，不涉及特别危险的操作，操作因子按表面有污染固体的“简单操作”进行考虑。 3. Sr-82 目标核素提取过程中有蒸发的操作，保守按“含有特别危险的操作”的气体进行考虑； 4. Cu-67 目标核素提取过程中有蒸发的操作，保守按“含有特别危险的操作”的气体进行考虑； 5. I-123 目标核素提取过程中不涉及特别危险的操作，操作因子按表面有污染固体的“简单操作”进行考虑。 6. 根据附件 9~附件 13 可知，加速器一生产厂房非密封放射性物质工作场所中各生产线实际操作的核素包括目标核素及其他众多核素，考虑所有核素的日最大操作量进行场所等级评定的话，场所仍为甲级，鉴于本项目最终作为产品进行生产、销售和使用的核素包括 Ac-225、Ac-227、Ra-223、Ge-68、Sr-82、Pb-212、Mo-99、Cu-67、I-123，加速器一生产厂房非密封放射性物质工作场所涉及上述所有核素，此作以上述核素进行场所日等效最大操作量的计算。		

表 1-4 加速器二生产厂房非密封放射性工作场所放射性同位素操作情况

序号	核素	日最大操作量, Ci	日最大操作量, Bq	操作因子	毒性因子	日等效最大操作量, Bq	年最大操作批次, 批次	年操作量, Bq	操作方式	活动种类	操作场所	来源
1	Ge-68	3.13E+00	1.16E+11	0.1	0.1	1.16E+11	20	2.32E+12	简单操作 ¹	生产、使用、销售	加速器二生产厂房	加速器二生产厂房
总计						1.16E+11	甲级					
备注： 1. 50MeV 加速器在加速器二生产厂房打靶产生 Ge-68，加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所仅作为靶件接收场所，后续转移至加速器一生产厂房一层非密封放射性物质工作场所进行后续的操作，因此在加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所内保守按表面有污染的固体的“简单操作”进行考虑； 2. 根据附件 13 可知，加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所中各生产线实际操作的核素包括目标核素及其他众多核素，考虑所有核素的日最大操作量进行场所等级评定的话，场所仍为甲级，鉴于本项目最终作为产品进行生产、销售和使用的核素包括 Ac-225、Ac-227、Ra-223、Ge-68、												

Sr-82、Pb-212、Mo-99、Cu-67 和 I-123，加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所仅涉及 Ge-68，以 Ge-68 进行场所日等效最大操作量的计算。

1.2.5产业政策和规划符合性

1.2.5.1 选址合理性

项目选址位于重庆高新区生命科技园 B 区巴福片区 Q18-1/05 地块，用地属于二类工业用地（M2），项目用地性质符合园区规划及土地利用规划要求。

1.2.5.2 产业政策符合性

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会第 49 号令《产业结构调整指导目录》，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。

项目于 2023 年 3 月取得重庆高新区改革发展局出局的项目备案证（项目代码 2303-500356-04-01-176546），项目安全预评价报告于 2023 年 8 月通过专家审查。

1.2.5.3 与《医用同位素中长期发展规划（2021-2035）》符合性分析

表 1-5 与《医用同位素中长期发展规划（2021-2035）》符合性分析

序号	管理要求	符合性分析
1	(一)加大技术研发，促进创新发展 1.常用医用同位素工程化技术研究。开展以低浓铀裂变为重，反应堆辐照钼-98，加速器轰击钼-100 等多种制备方式为补充的钼-99 规模化制备技术研究。掌握碘-125、碘-131、无载体镭-177、碳-14、锶-89 辐照及纯化等研制技术。突破高放废液提取锶-90 关键工艺及功能材料研制技术；攻克萃取型、电化学型等锶-90/钇-90 发生器关键技术，以及有载体钇-90 及微球辐照制备技术。	项目属于医用同位素制备技术研究和放射性原料药产品研发。
2	2.应用前景广阔医用同位素制备技术研究。开展反应堆照磷-32、钷-47、钷-161、钷-166、铈-186/188、镭-223 等具有良好应用前景的医用同位素辐照及分离制备关键技术研发。掌握加速器制备锆-68/镓-68、铜-64、镉-89、钷-103、钷-225、碘-123/124 等新型医用同位素的辐照及分离制备关键技术研发，掌握锆-68/镓-68 发生器、钷-188/铈-188 发生器制备等关键技术。	

3	3.放射性新药研发。针对国外已应用于临床的放射性诊疗药物，加强技术研发力度，获得一批具备自主知识产权的放射性新药。针对严重威胁人类健康的恶性肿瘤，开展具有精准靶向性、生物活性的多肽、抗体类放射性新药研发。加快新型介入给药技术和剂量控制技术研究，提升放射性药物效能。	项目医用同位素研发，主要针对严重威胁人类健康的恶性肿瘤，具有重大的意义。
---	--	--------------------------------------

由上表可知，本项目符合《医用同位素中长期发展规划（2021-2035）》相关要求。

1.2.5.4 与《关于印发重庆市生物医药产业“十四五”规划的通知》（渝经信医药〔2022〕12号）符合性分析

表 1-6 与《重庆市生物医药产业“十四五”规划》符合性分析

序号	管理要求	符合性分析
1	（二）基本原则。 坚持系统推进。全面提升生物医药产业链供应链现代化水平，优化产业布局和区域布局，推动产业绿色化发展。	项目建设可提升同位素研发产业链现代化水平，符合规划要求。
2	（三）发展目标。 三、重点任务 2……核医药领域，以专用加速器技术为重点，推动创新型靶向抗癌的同位素类药物、医用同位素设备等产品开发，推进高端加速器项目建设。	项目产品属于靶向抗癌的同位素类药物、同步开展医用同位素设备研发，符合规划。

由上表可知，本项目符合《关于印发重庆市生物医药产业“十四五”规划的通知》（渝经信医药〔2022〕12号）相关要求。

1.2.5.5 与《关于严格工业布局和准入的通知》（渝发改工〔2018〕781号）符合性分析

表 1-7 与《关于严格工业布局和准入的通知》符合性分析

序号	管理要求	符合性分析
1	新建有污染物排放的工业项目，除在安全生产或者产业布局等方面有特殊要求外，应当进入工业园区（工业集聚区，下同）。对未进入工业园区的项目，或在工业园区（工业集聚区）以外区域实施单纯增加产能的技改（扩建）的项目，不得办理项目核准或备案手续。	项目属于新建项目，位于重庆高新区生命科技园B区巴福片区，园区已开展规划环境影响评价。
2	严格控制过剩产能和“两高一资”项目，严格限制造纸、印染、煤电、传统化工、传统燃油汽车、涉及	项目总用电量折合标准煤能耗 2458t，能

	重金属以及有毒有害和持久性污染物排放的项目。新建或扩建上述项目，必须符合国家及我市产业政策和布局，依法办理环境保护、安全生产、资源（能源）节约等有关手续。	耗未超过 5000t 标准煤，不属于过剩产能和“两高一资”项目。
--	---	----------------------------------

由上表可知，本项目符合重庆市发展和改革委员会重庆市经济和信息化委员会关于严格工业布局和准入的通知（渝发改工〔2018〕781 号）相关要求。

1.2.5.6 与《长江保护法》符合性分析

根据《中华人民共和国长江保护法》（2020 年 12 月 26 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过，2021 年 3 月 1 日实施）要求：

禁止在长江干支流岸线一公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目。

禁止在长江干流岸线三公里范围内和重要支流岸线一公里范围内新建、改建、扩建尾矿库；但是以提升安全、生态环境保护水平为目的的改建除外。

拟建项目距离长江约 11km，不涉及长江支流（嘉陵江、乌江等），不属于化工项目，不属于尾矿库项目，满足《中华人民共和国长江保护法》规定。

1.2.5.7 与《长江经济带发展负面清单指南（试行，2022 年版）》（长江办〔2022〕7 号）符合性分析

表 1-8 与《长江经济带发展负面清单指南》符合性分析表

序号	政策要求	本项目情况	符合性
1	禁止建设不符合全国和省级港口布局规划以及港口总体规划的码头项目，禁止建设不符合（长江干线过江通道布局规划）的过长江通道项目。	本项目属于医用同位素生产项目，不涉及禁止类。	符合
2	禁止在自然保护区核心区、缓冲区的岸线和河段范围内投资建设旅游和生产经营项目。禁止在风景名胜区核心景区的岸线和河段范围内投资建设与风景名胜资源保护无关的项目。	本项目用地不涉及自然保护区核心区、缓冲区的岸线和河段范围。	符合

序号	政策要求	本项目情况	符合性
3	禁止在饮用水水源一级保护区的岸线和河段范围内新建、改建、扩建与供水设施和保护水源无关的项目，以及网箱养殖、畜禽养殖，旅游等可能污染饮用水水体的投资建设项目。禁止在饮用水水源二级保护区的岸线和河段范围内新建、改建、扩建排放污染物的投资建设项目。	本项目用地不涉及饮用水水源一级保护区及二级保护区。	符合
4	禁止在水产种质资源保护区的岸线和河段范围内新建围湖造田、围海造地或围填海等投资建设项目。禁止在国家湿地公园的岸线和河段范围内挖沙、采矿，以及任何不符合主体功能定位的投资建设项目。	本项目不涉及水产种质资源保护区的岸线和河段范围。	符合
5	禁止违法利用、占用长江流域河湖岸线。禁止在《长江岸线开发保护和开发利用总体规划》划定的岸线保护区和保留区内投资建设除事关公共安全及公众利益的防洪护岸、河道治理、供水、生态环境保护、航道整治、国家重要基础设施以外的项目。禁止在《全国重要江河湖泊水功能区划》划定的河段及湖泊保护区、保留区内投资建设不利于水资源及自然生态保护的项目。	本项目不涉及占用长江流域河湖岸线。	符合
6	禁止未经许可在长江干支流及湖泊新设、改设或扩大排污口	本项目污水排入九龙园区污水处理厂，不新增入河排污口	符合
7	禁止在一江一口两湖七河和332个水生生物保护区开展生产性捕捞。	本项目不涉及上述区域。	符合
8	禁止在长江干支流、重要湖泊岸线一公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目。禁止在长江干流岸线三公里范围内和重要支岸线一公里范围内新建、改建、扩建尾矿库、冶炼渣库和磷石膏库，以提升安全、生态环境保护水平为目的的改建除外。	本项目位于重庆高新区生命科技园B区巴福片区Q18-1/05地块，项目用地红线距离长江干流11km，不涉及长江支流（嘉陵江、乌江等），不属于化工项目，不属于禁止类项目。	符合
9	禁止在合规园区外新建、扩建钢铁、石化、化工、焦化、建材、有色、制浆造纸等高污染项目。	本项目位于重庆高新区生命科技园B区巴福片区，属于合规园区。	符合

序号	政策要求	本项目情况	符合性
10	禁止新建、扩建不符合国家石化、现代煤化工等产业布局规划的项目。	本项目不属于上述禁止类项目。	符合
11	禁止新建、扩建法律法规和相关政策明令禁止的落后产能项目。禁止新建、扩建不符合国家产能置换要求的严重过剩产能行业的项目。禁止新建、扩建不符合要求的高耗能高排放项目。	本项目折合标准煤能耗2458t，小于5000t标准煤，不属于落后产能、高耗能、高污染项目	符合

根据上表，本项目不属于《重庆市长江经济带发展负面清单实施细则（试行）》中禁止的建设项目，符合《实施细则》的要求。

1.2.5.8 与《关于印发四川省、重庆市长江经济带发展负面清单实施细则（试行，2022年版）的通知》（川长江办〔2022〕17号）符合性分析

表 1-9 与川长江办〔2022〕17号文件符合性分析

序号	管理要求	本项目情况	符合性分析
1	第九条 禁止在饮用水水源准保护区的岸线和河段范围内新建、扩建对水体污染严重的建设项目，禁止改建增加排污量的建设项目。	本项目不占用饮用水水源准保护区的岸线和河段范围	符合
2	第十四条禁止违法利用、占用长江流域河湖岸线。禁止在《长江岸线保护和开发利用总体规划》划定的岸线保护区和岸线保留区内投资建设除事关公共安全及公众利益的防洪护岸、河道治理、供水、生态环境保护、航道整治、国家重要基础设施以外的项目。	本项目不占用长江流域河湖岸线	符合
3	第十八条 禁止在长江干支流、重要湖泊岸线一公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目	本项目不涉及长江干支流、重要湖泊岸线1公里范围 不涉及长江支流（嘉陵江、乌江等），不属于化工项目。	符合
4	第十九条 禁止在长江干流岸线三公里范围内和重要支流岸线一公里范围内新建、改建、扩建尾矿库、冶炼渣库、磷石膏库，以提升安全、生态环境保护水平为目的的改建除外。	本项目不涉及长江干流岸线3公里范围，不涉及重要支流岸线1公里范围，不属于尾矿库等项目。	符合
5	第二十一条禁止在合规园区外新建、扩建钢铁、石化化工、焦化、建材、有色、制浆造纸等高污染项目	项目位于工业园区，且不属于上述行业类别。	符合
6	第二十三条 禁止新建、扩建法律法规和相关政策明令禁止的落后产能项目。对《产业结构调整指导目录》中淘汰类项目，禁止投资，限制类的新建项目，禁止投资，对属于限制类的现有生产能力，允许企业在一定期限内采取措施改造升级。	项目属于《产业结构调整指导目录》鼓励类项目	符合

由上表可知，本项目符合《关于印发四川省、重庆市长江经济带发展负面清单实施细则（试行，2022 年版）的通知》（川长江办〔2022〕17 号）相关要求。

1.2.5.9 与《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）符合性分析

表 1-10 与《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）符合性分析

序号	管理要求	本项目情况	符合性分析
1	4 总体要求 4.1 产生、收集、贮存、利用、处置危险废物的单位应建造危险废物贮存设施或设置贮存场所，并根据需要选择贮存设施类型。 4.2 贮存危险废物应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和环境风险等因素，确定贮存设施或场所类型和规模。	危废暂存间位于加速器一生产厂房三层危化品库区，占地面积约 20m²，危废暂存间采取“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”措施，并采取 2mm 厚环氧树脂地坪，设置标识标牌，地面以及大于堆高的墙面进行重点防渗处理。	符合
2	4.3 贮存危险废物应根据危险废物的类别、形态、物理化学性质和污染防治要求进行分类贮存，且应避免危险废物与不相容的物质或材料接触。	项目根据危险废物的类别、形态、物理化学性质和污染防治要求进行分类贮存	符合
3	4.4 贮存危险废物应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取措施减少渗滤液及其衍生废物、渗漏的液态废物（简称渗滤液）、粉尘、VOCs、酸雾、有毒有害大气污染物和刺激性气味气体等污染物的产生，防止其污染环境。	危废暂存间的地面液态危废下方设置托盘、环形导流沟，导流沟内设置集液池，日常管理应加强通风。	符合
4	4.5 危险废物贮存过程产生的液态废物和固体废物应分类收集，按其环境管理要求妥善处理。 4.6 贮存设施或场所、容器和包装物应按 HJ1276 要求设置危险废物贮存设施或场所标志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志。	液态废物和固体废物应分类收集，按要求设置危险废物贮存设施或场所标志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志。	符合
5	6 贮存设施污染控制要求 6.1 一般规定 6.1.1 贮存设施应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施，不应露天堆放危险废物。 6.1.2 贮存设施应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合。	危废暂存间的地面应采取防腐防渗措施，设置警示标识标牌，并设置托盘、环形导流沟，导流沟内设置集液池	

序号	管理要求	本项目情况	符合性分析
	6.1.3 贮存设施或贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等应采用坚固的材料建造，表面无裂缝。 6.1.4 贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。贮存的危险废物直接接触地面的，还应进行基础防渗，防渗层为至少 1m 厚黏土层（渗透系数不大于 10^{-7}cm/s），或至少 2mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于 10^{-10}cm/s），或其他防渗性能等效的材料。 6.1.5 同一贮存设施宜采用相同的防渗、防腐工艺（包括防渗、防腐结构或材料），防渗、防腐材料应覆盖所有可能与废物及其渗滤液、泄漏液等接触的构筑物表面；采用不同防渗、防腐工艺应分别建设贮存分区。		
6	6.2 贮存库 6.2.1 贮存库内不同贮存分区之间应采取隔离措施。隔离措施可根据危险废物特性采用过道、隔板或隔墙等方式。 6.2.2 在贮存库内或通过贮存分区方式贮存液态危险废物的，应具有液体泄漏堵截设施，堵截设施最小容积不应低于对应贮存区域最大液态废物容器容积或液态废物总储量 1/10（二者取较大者）；用于贮存可能产生渗滤液的危险废物的贮存库或贮存分区应设计渗滤液收集设施，收集设施容积应满足渗滤液的收集要求。 6.2.3 贮存易产生粉尘、VOCs、酸雾、有毒有害大气污染物和刺激性气味气体的危险废物贮存库，应设置气体收集装置和气体净化设施；气体净化设施的排气筒高度应符合 GB16297 要求。	危废暂存间的地面应采取防腐防渗措施，设置警示标识标牌，并设置托盘、环形导流沟，导流沟内设置集液池，集液池容积应满足最大物料泄露量。 项目危废实验废液含量低，且浓度低，酸雾挥发量少，不属于易产生粉尘、VOCs、酸雾、有毒有害大气污染物和刺激性气味气体的危险废物贮存库，危废间应加强通风。	符合
7	6.5 贮存罐区 6.5.1 贮存罐区罐体应设置在围堰内，围堰的防渗、防腐性能应满足 6.1.4、6.1.5 的要求。 6.5.2 贮存罐区围堰容积应至少满足其内部最大贮存罐发生意外泄漏时所需要的危险废物收集容积要求。 6.5.3 贮存罐区围堰内收集的废液、废水和初期雨水应及时处理，不应直接排放。	项目酸液贮存罐区下方设置托盘，区域按重点防渗要求落实。集液池内物料按危废处理，不直排。	复合

本项目符合《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求。

1.2.5.10 与园区规划、规划环评及审查意见符合性分析

（一）与《重庆高新区生命科技园A区、B区规划环境影响报告书》符合性分析

（1）规划范围

项目位于生命科技园区B区，园区规划整合范围为重庆高新区生命科技园区A区和B区，用地面积共约30.87 km²。其中A区用地面积约21.48 km²，主要位于为白市驿片区，东连沿山货运通道，南接生命健康产业园二期红梅路，西临科学大道及白市驿机场，北至成渝高速；B区用地面积9.39 km²，位于石板片区及巴福片区，东邻白彭路，南连华福大道，西至高新区区界，北接珊瑚大道东延伸段。

（2）规划目标和定位

生命科技园A区和B区主要包含智能网联新能源汽车及核心器件产业功能区和生物医药产业功能区两大功能区。园区规划总体功能定位确定为西部科学城生物医药产业功能区，发展目标为重点聚焦生物药、医疗器械、数字医疗等细分赛道，打造集研发、制造与服务一体的“西部生命谷”。

（3）规划发展规模

到规划年末，规划区规划人口总计20.17万人，其中规划产业园区人口规模约11.59万人，规划区居住人口约8.58万人。工业总年产值目标1180亿元，其中智能网联新能源汽车及核心器件产业规划产值400亿元，生物医药产业规划产值700亿元，其他规划产值80亿元。

（4）功能分区

生命科技园B区自西向东布局为巴福新能源及新型储能产业区和巴福生物医药产业区、巴福智能制造三大功能区。

（5）产业定位

生物医药产业功能区主要围绕生命健康创新技术成果转化，构建以核药为特色，以生物药及化学药制剂、高端器械为主导的“1+2”生命健康产业体系。主导产业包括核药制造、生物药及化学药制剂研究及制造、医疗器械等。

生命科技园B区产业定位为：汽摩整车及零部件、智能装备、新材料，新能源及新型储能，**核医药**、生物药及化学药制剂研究及制造、医疗器械。

（6）产业布局

规划区生物医药产业处于起步阶段，以增量引入为重点，在核药领域，

引入**国电投医用同位素**项目，在该企业基础上打造核药产业集群……。

(7) 拟引进的重大项目

规划区遵循配套先行、龙头引领的开发原则，规划区拟引进国电投医用同位素项目、思拓凡（Cytiva）生物药高端制造基地项目和亦度疫苗研发中心及产业化基地项目等项目作为生物医药产业区龙头企业。

(8) 符合性分析

本项目位于重庆高新区生命科技园B区巴福片区Q18-1/05地块，主要进行医用同位素特别是先进治疗、诊断用同位素的研发与生产，与生命科技园B区核医药的产业规划相符合，且项目属于规划引进的重大项目。

(9) 规划环评优化调整建议符合性分析

表 1-11 规划区优化调整建议清单

优化调整类型	规划内容	调整建议	调整依据	符合性分析
规划布局	A 区生活配套区北侧为白含智能制造产业区，南侧为白市驿智能制造区	A 区白含智能制造产业区、白市驿智能制造产业区紧邻居住区一侧的 M2 工业用地（Z3-12-3/04、Z4-3/04、Z8-1/03、Z10-1/03、Z18-8/03、Z18-6/03、Z29-1/04）应布局环境影响较小的项目，避免引入异味、噪声较大的项目。	工业用地距商住用地较近，且规划区主导风向为北风，白含智能制造产业区位于生活配套区的上风向，为减轻规划区产业发展对规划区内及周边居住区、行政办公区域的影响。	
	B 区巴福新能源及新型储能产业区和巴福生物医药产业区外西南侧临近交通大学和居住区，巴福智能制造产业区外临近居住区	B 区巴福生物医药产业区紧邻居住区一侧的 M2 工业用地（Q9-5/05）应布局环境影响较小的项目，避免引入异味、噪声较大的项目。 B 区巴福智能制造产业区紧邻居住区一侧的 M2 工业用地（R18-03/08、R20-01-1/05、R06-1-1/06、R28/02、R39-01/04）现有企业应采取严格的废气、噪声污染防治措施进一步减轻工业发展对周边居住区可能造成的不良环境影响。	工业用地距教育用地、居住用地较近，且规划区主导风向为北风，工业区位于学校和居住区上风向，为减轻规划区产业发展对规划区外居住区、学校的影响。	项目位于重庆高新区生命科技园 B 区巴福片区 Q18-1/05 地块，规划环评对本地块未提出布局优化或调整建议，对周边 500m 范围内西和村居委会、巴福镇敬老院均规划拆迁，项目采取废气净化措施、降噪措施等减小对周边环境的影响。
	A 区东侧临近白市驿城市花卉市级森林公园	A 区东侧临近白市驿城市花卉市级森林公园的工业用地（Aa51-2/06、Aa69-1-1/03）布局环境影响较小的项目，新引入项目应优先引进颗粒物、VOCs 等排放量较低的项目。	根据现状监测，白市驿城市花卉市级森林公园 PM ₁₀ 、PM _{2.5} 占标率较高，臭氧存在超标现象，为减轻对白市驿城市花卉市级森林公园的影响。	白市驿城市花卉市级森林公园距离项目边界 5.7km，不属于临近森林公园的工业用地。

(二) 与《重庆高新区生命科技园A区、B区规划环境影响报告书》审查

小组意见符合性分析

表 1-12 与审查小组意见符合性分析

审查意见要求	本项目情况	符合性分析
(一) 严格生态环境准入 强化规划环评与“三线一单”、国间“区三线”等成果接，主要管控措施应符合重庆市及高新区“三线一单”生态环境分区管控要求。规划区入驻项目应满足相关产业和环保准入要求以及报告书提出的生态环境管控要求。	本项目符合重庆市九龙坡区“三线一单”管控要求，不排放重金属和持久性有机污染物，且本项目废水排放量很小。	符合
(二) 强化空间布局约束。 (1) A区白含智能制造产业区、白市驿智能制造产业区临近居住区侧，B区临近交通大学、居住区一侧布局轻污染企业。 (2) 生命科技园A区东侧布局轻污染企业，新入项目应优先引进颗粒物、VOCS等排放量较低的项目。临近森林公园一侧现有排放大气污染物的项目应加强废气收集处理效率，降低对大气环境的影响。	本项目选址产业园区东北侧Q18地块内，项目布局与园区规划相符，属于医用同位素研发项目，位于B区，距离交通大学800m，最近的居住区规划拆迁，根据影响分析，项目不设置环境防护距离。	符合
(三) 加强污染排放管控。 规划实施排放的主要污染物及特征污染物排放量不得突破报告书确定的总量管控指标。 1. 水污染物排放管控 规划区严格实行“雨污分流”排水体制，雨、污截流干管应统一规划雨污管网等市政工程先于开发建设项目建设，保证区内污水做到全收集全处理。规划区不新建集中式污水处理厂，依托现有片区污水处理厂处理区内污水。其中，规划区A区污水接入白含污水厂处理，B区污水接入九龙园区污水处理厂处理。 区内污水处理厂结合区内企业入驻情况及污水处理需求分期扩建并进一步优化建设规模，扩建规模以满足规划区污水处理需求并留有一定的处理余量为宜。规划区内入驻企业废水应进行预处理后，方可排入园区集中式污水处理厂进一步处理达标后排放。废水预处理要求为：第一类污染物及其他有毒有害污染物，应在车间或车间处理设施排放口处理达标其他污染物应预处理满足行业排放标准、地方排放标准、综合排放标准中间接排放要求或排污单位与依托的集中污水处理系统责任单位的协商值要求。禁止引入排放铬、镉、汞、砷、铅五类重金属、剧毒化学品和持久性有机污染物的工业项目。鉴于目前梁滩河、大溪河水环境容量有限，规划区应避免引入用水量、排水量大的项目，以保证水环境容量能够支撑规划区的发展需求。 2. 大气污染物排放管控 严格执行大气污染物特别排放标准限值要求。 优化能源结构，禁止新建、扩建使用高污染燃料的项目，采用先进工艺，提高能源综合利用效率。涉及挥发性有机污染物排放的项目应从源头加强控制，企业应优先使用低(无)VOCS含量的原辅材料。现有燃气锅炉应加快推进低氮	1、本项目不排放重金属，不属于用水量、排水量大的项目，厂区内雨污分流，产生的生活污水及实验废水经预处理后排入市政污水管网进入重庆九龙园区污水处理厂进一步处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准后排放。 2、本项目不适用锅炉，产生的酸雾、有机废气主要为非甲烷总烃，产生量较少，经过处理后可实现达标排放，执行大气污染物特别排放标准限值要求。 3、一般工业固体废物统一收集后暂存于20m²一般工业固废暂存间，定期交回收单位处理。危险废物，收集后暂存于20m²危废暂存间，交有资质	符合

审查意见要求	本项目情况	符合性分析
燃烧改造，新建锅炉应采用低氮燃烧技术。加强工业企业大气污染治理，各入驻企业应采取有效的废气处理措施，确保工艺废气稳定达标排放；强化无组织排放废气的收集和处理，尽量减少无组织排放。严格按照国家及重庆市关于挥发性有机物治理的相关要求落实污染防治措施。加强含尘废气治理，采取先进工艺，配置相应的除尘装置。 3.工业固废排放管控 鼓励企业自行回收利用一般工业固体废物，按照减量化、资源化、无害化原则，加强一般工业固体废物综合利用和处置；严格落实危险废物环境管理制度，对危险废物收集、贮存、运输、利用、处置各环节进行全过程环境监管；生活垃圾经收集后由环卫部门统一清运处置 4.噪声污染管控 合理布局企业噪声源，高噪声源企业选址和布局尽量远离居民区、学校等声环境敏感区。入驻企业应优先选择低噪声设备，采取消声、隔声减振等措施，确保厂界噪声达标。 5.地下水、土污染风险防控 按源头防控的原则，可能产生地下水、土壤污染的企业，应严格落实分区、分级防渗措施，防范规划实施对土壤、地下水环境造成污染。定期开展土壤、地下水跟踪监测，根据监测结果完善污染防控措施，确保规划区土壤、地下水环境质量不恶化。 6.碳排放管控 按照碳达峰、碳中和相关政策要求，规划区做好碳排放控制管理，推动企业采用低碳技术和装备，减少能源消耗和碳排放；优化能源结构，推动产业绿色低碳转型，完善基础设施建设，鼓励清洁生产审核，提高资源利用效率，减少废弃物的排放，从源头减少和控制温室气体排放，促进规划区产业绿色低碳循环发展。	单位处理。 4、项目选择低噪声设备，采取消声、隔声减振等措施，确保厂界噪声达标。 5、项目严格落实分区、分级防渗措施，划定为简单防渗、一般防渗、重点防渗区域，防范规划实施对土壤、地下水环境造成污染。定期开展土壤、地下水跟踪监测。 6、本项目不属于渝环办〔2020〕281号中规定的“五大行业”且本项目采用天然气、电能等清洁能源。	
（五）环境风险防控 在现有环境风险防范体系基础上，持续建立健全环境风险防范体系，强化工业集中片区环境风险防范措施，全面提升环境风险防范和事故应急处置能力，保障环境安全。园区应加强对企业环境风险源的监督管理，相关企业应严格落实各项环境风险防范措施，防范突发性环境风险事故发生。	本项目涉及的环境风险物质主要为盐酸、硝酸、硫酸，储存于危化品库内，储存量较少，环境风险Q值小于1，通过严格落实本项目提出事故废水收集池、防腐防渗措施等环境风险措施，环境风险可防可控。	符合
（六）规范环境管理 加强日常环境监管，执行建设项目环境影响评价和固定污染源排污许可制度。规划区应建立生态、环境空气、地表水、地下水、土壤等环境要素的监控体系，落实环境跟踪监测计划，适时开展环境影响跟踪评价；规划的实施范围、适用期限、规模、结构和布局等方面发生重大调整或修订的，应重新或者补充进行环境影响评价。 规划区拟引入的建设项目，应结合规划环评提出的指导意	本项目执行建设项目环境影响评价和固定污染源排污许可制度。规划区应建立生态、环境空气、地表水、地下水、土壤等环境要素的监控体系，。	符合

审查意见要求	本项目情况	符合性分析
见做好环境影响评价工作，加强与规划环评的联动，严格生态环境准入要求，重点做好工程分析、污染物允许排放量测算和环保措施可行性论证等内容。对与规划主导产业定位相符的建设项目，环境政策符合性、环境现状调查等内容可适当简化。		

项目符合《重庆高新区生命科技园 A 区、B 区规划环境影响报告书》审查小组意见相关要求。

1.2.5.11 与规划区生态环境准入清单符合性分析

重庆高新区生命科技园 A 区、B 区规划环境影响报告书提出的生态环境准入清单如下：

表 1-13 本项目所在规划区生态环境准入清单(B 区)

分类	环境准入要求	本项目符合性分析	符合性
空间布局约束	1.临近重庆交通大学双福校区、福城东苑、九龙西苑公租房的工业用地，应引入环境影响较小的项目。	本项目距离重庆交通大学800m，且采取废气、废水、固废、噪声、辐射安全防护措施，可有效减小对周边环境敏感目标的影响。	符合
	2.规划区涉及环境防护距离的工业企业应通过选址或调整布局，将防护距离严格控制在园区边界或用地红线内，防护距离内不能存在居民、学校等环境保护目标。	根据大气环境影响预测结果，本项目不需划定环境防护距离，且项目周边 200m 范围内环境保护目标均规划拆迁。	符合
	3.通过改造提升、集约布局、关停并转等方式对“散乱污”企业分类治理。对产业定位不相符、布局不合理、装备水平低、环保设施差的小型污染企业进行全面排查，制订综合整治方案。	项目属于放射原料药，符合产业规划定位和发展方向。	符合
	4. 禁止新建和扩建燃煤火电、化工、水泥、采（碎）石场、烧结砖瓦窑以及燃煤锅炉等项目。禁止在合规园区外新建、扩建钢铁、石化、化工、焦化、建材、有色、制浆造纸等高污染项目（高污染项目严格按照《环境保护综合名录(2021 年版)》“高污染”产品名录执行）。新建、改建、扩建“两高”项目须符合生态环境保护法律法规和相关法定规划，满足重点污染物排放总量控制、碳排放达峰目标、生态环境准入清单、相关规划环评和相应行业建设项目环境准入条件、环评文件审批原则要求。	项目不属于“两高”项目，不涉及燃煤锅炉使用，位于工业园区范围内。	符合

		5.规划区现有化学制品制造、涉硫化工艺的橡胶制造企业不得进行扩建，后续适时搬迁。		符合
		6.紧邻居住、科教、医院等环境敏感点的工业用地在引入工业项目时，应优化用地和项目布局，尽量布置新一代信息技术、先进制造业、生命健康产业中环境影响较小的项目，减少对居住区等环境敏感点的影响。	项目未紧邻居住、科教、医院等环境敏感点，属于生命健康产业项目。	符合
污 染 物 排 放 管 控	B 区	1、严格执行大气污染物特别排放标准限值要求。	本项目严格执行《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）表 2 特别排放标准限值要求。	符合
		2.禁止引入《实验室生物安全通用要求》（GB19489-2008）中生物安全防护水平为四级的生物医药研发项目。		符合
		3.避免引入用水量、排水量大的项目。	项目不属于用水量、排水量大的项目。	符合
		4.入区企业应按照国家有关规定对工业污水进行预处理：相关标准规定的第一类污染物及其他有毒有害污染物，应在车间或车间处理设施排放口处理达标；其他污染物应预处理满足行业排放标准、地方排放标准、综合排放标准中间接排放要求或排污单位与依托的集中污水处理系统责任单位的协商值要求。	食堂产生的生活污水经隔油池处理后和办公、宿舍部分产生的生活污水一起进入生化池处理后排入市政污水管网。实验室清洗废水、废气净化系统排水等，经实验室废水处理系统采用“酸碱中和”处理工艺预处理后排入市政污水管网。	符合
		5.新建、改建、扩建涉 VOCs 排放的项目，要加强源头控制，使用低（无）VOCs 含量的原辅料，加强废气收集，安装高效治理设施。涉及恶臭和异味气体排放的，应强化恶臭、异味气体收集和治理。	试剂配制过程产生的酸性气体、有机废气经通风橱收集后经 45m 高排气筒排放，满足《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）、重庆市《大气污染物综合排放标准》（DB50/418-2016）标准限值要求后经 15m 高排气筒（1#）排放。	符合
		6.新建“两高”项目应按照《关于加强重点行业建设项目区域削减措施监督管理的通知》要求制定配套区域污染物削减方案，国家或地方已出台超低排放要求的“两高”行业建设项目应满足超低排放要求。	本项目不属于《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》（环环评〔2021〕45 号）两高项目。	符合
		7.固体废物污染环境防治坚持减量化、资源化和无害化的原则。产生工业固体废物的单位应当建立健全工业固体废物产生、收集、贮存、运输、利用、处置全过程	本项目产生的各类固废妥善贮存或处置，不产生二次污染。	符合

		的污染环境防治责任制度，建立工业固体废物管理台账。		
		8. 除可引入以核医药为特色的化学原料药产业外，规划区禁止引入化学原料药制造。	项目生产同位素产品，属于核医药产业，不属于禁止准入类。	符合
		9. 燃气锅炉应采用低氮燃烧技术，确保废气排放满足《锅炉大气污染物排放标准》(DB50/658-2016)及修改单中标准限值要求。	不涉及燃气锅炉。	符合
环境 风 险 防 控	B 区	1. 禁止引入《企业突发环境事件风险分级方案》(HJ941-2018)中规定的重大环境风险等级的工业项目	根据项目风险物质核算，项目不构成重大环境风险。	符合
		2. 在园区或企业发展过程中，根据实际变化情况，园区管委会或企业应编制并定期修订规划区风险评估报告及应急预案。	项目采取可行的风险防范措施，与园区环境风险应急预案和设施有效联动。	符合
		3. 涉及入渗途径影响的，应根据相关标准规范要求，对设备设施采取相应的防渗措施。	本项目地下水污染防治分区防渗，分为重点防渗区、一般防渗区，布设1处地下水监测井定期监控，及时发现事故泄漏并采取有效的应急措施，以防治土壤及地下水污染。	符合
		4. 入驻企业严格限制使用列入《优先控制化学品名录（第一批）》、《优先控制化学品名录（第二批）》和《中国严格限制的有毒化学品名录》（2020年）的化学品。	不涉及	符合
		5. 依法应当开展土壤污染状况调查或风险评估而未开展或尚未完成调查评估的地块，以及未达到土壤污染风险评估报告确定的风险管控、修复目标的建设用地地块，不得开工建设与风险管控修复无关的项目。	不涉及	符合
		6. 加强对放射性装置的申报登记和许可证管理，从源头控制和防范安全隐患。规范放射性物品运输和废旧放射源安全管理，推动废旧放射源回收再利用。强化放射源、射线装置、高压输变电及移动通讯基站等辐射环境管理，全面提升区域辐射安全水平。	本项目按照国家和重庆市辐射安全规定，办理放射性装置的申报登记和许可证管理手续。	符合
资源 利 用 效 率	B 区	1. 企业新建、改扩建项目不得采购使用能效低于《重点用能产品设备能效先进水平、节能水平和准入水平》准入水平的产品设备准入水平，鼓励使用达到节能水平、先进水平的产品设备。	项目不涉及能效低于《重点用能产品设备能效先进水平、节能水平和准入水平》准入水平的产品设备。	符合
		2. 实施能源领域碳达峰碳中和行动，发展壮大清洁能源产业，推动能源清洁低碳安全高效开发利用，促进重点用能领域能效提升。	本项目主要采用电能等清洁能源，落实低碳安全高效开发利用的要求。	符合
		3. 鼓励企业对标能耗限额标准先进值或国际先进水平，加快主要产品工艺升级与绿色化改造，推动工业窑炉、锅炉、电机、压缩机、泵、变压器等重点用能设备系统节能改造。推动现有企业、园区生产过程清洁化转型，	本项目主要采用电能等清洁能源，落实低碳安全高效开发利用的要求。	符合

	精准提升市场主体绿色低碳水平，引导绿色园区低碳发展。		
	4.新建、扩建“两高”项目应采用先进适用的工艺技术和装备，单位产品物耗、能耗、水耗等达到清洁生产先进水平。	本项目不属于“两高”项目。	符合
	5.禁止新建燃用煤、重油等高污染燃料的工业项目	不涉及	符合
	6.推进企业内部工业用水循环利用、园区内企业间用水系统集成优化。引导区域工业布局和产业结构调整，大力推广工业水循环利用，加快淘汰落后用水工艺和技术。	项目不属于高耗水项目，不涉及落后用水工艺和技术。	符合

1.2.5.12 “三线一单”符合性

根据《重庆市生态环境局关于印发<规划环评“三线一单”符合性分析技术要点（试行）><建设项目环评“三线一单”符合性分析技术要点（试行）>的通知》渝环函〔2022〕397号文件相关要求，进行本项目“三线一单”符合性分析。

本项目位于重庆高新区生命科技园B区内，经查询重庆“三线一单”智检服务系统，项目所在区域属于九龙坡区重点管控单元-长江丰收坝九龙坡段（环境管控单元编码ZH50010720004），项目不涉及生态保护红线，建成后排放的污染物不会导致区域环境功能区的变化，满足环境质量底线，符合资源利用上限的要求。

表 1-14 项目与“三线一单”生态环境分区管控总体要求的符合性分析

层级	管控单元	管控类型	管控要求	项目相关内容简述	符合性分析
重庆市	优先保护单元	空间布局约束	白市驿城市花卉市级森林公园管控要求：严格执行《国家级森林公园管理办法》、《重庆市森林公园管理办法》等。 九龙坡区一般生态空间-水土保持功能管控要求：生态保护红线内的生态功能区严格按照《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》等相关要求管理。	项目用地为 M2，不涉及白市驿城市花卉市级森林公园和九龙坡区一般生态空间-水土保持功能。	符合
	重点管控单元	空间布局约束	1.严格执行《产业结构调整指导目录》、《重庆市产业投资准入工作手册》、《重庆市工业项目环境准入规定》、《重庆市长江经济带发展负面清单指南实施细则（试行）》等文件要求，优化重点区域、流域、产业的空间布局。对不符合准入要求的既有项目，依法依规实施整改、退出等分类治理方案。	项目符合园区引入工业企业的布局管控相关要求。	符合
			2.禁止在长江干流及主要支流岸线 1 公里范围内新建重化工、纺织、造纸等存在污染风险的工业项目，禁止在长江干支流 1 公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目。5 公里范围内除经国家和市政府批准设立、仍在建设的工业园区外，不再新布局工业园区（不包括现有工业园区拓展）。新建有污染物排放的工业项目应进入工业园区或工业集中区，不得在工业园区（集聚区）以外区域实施单纯增加产能的技改（扩建）项目。	项目不属于重化工、纺织、造纸等项目，不属于长江干支流 1 公里范围内项目，满足相应的要求。	符合
			3.在长江鱼嘴以上江段及其一级支流汇入口上游 20 公里、嘉陵江及其一级支流汇入口上游 20 公里、集中式饮用水水源取水口上游 20 公里范围内的沿岸地区（江河 50 年一遇洪水水位向陆域一侧 1 公里范围内），禁止新建、扩建排放重点重金属（铬、镉、汞、砷、铅等五类重金属）、剧毒物质和持久性有机污染物的工业项目。	项目不属于上述禁止类项目。	不涉及
			4.严格执行相关行业企业布局选址要求，优化环境防护距离设置，按要求设置生态隔离带，防范工业园区（工业集聚区）涉生态环境“邻避”问题，将环境防护距离优化控制在园区边界或用地红线以内。	项目东侧为规划绿地，大气评价范围内居民点、养老院规划拆迁，且根据影响分析结果，项目不设置环境防护距离。	符合
			5.加快布局分散的企业向园区集中，鼓励现有工业项目、化工项目分别搬入工业集聚区、化工产业集聚区。	项目位于生命科技园 B 区内。	符合
			6.优化城镇功能布局，开发活动限制在资源环境承载能力之内。科学确定城镇开发强度，提高城镇土地利用效率、建成区人口密度，划定城镇开发边界，从严供给城市建设用地，推动城镇化发展由外延扩张式向内涵提升式转变。精心维护自然山水和	项目建设的开发活动未超出园区资源环境承载能力。	符合

层级	管控单元	管控类型	管控要求	项目相关内容简述	符合性分析
			城乡人居环境，凸显历史文化底蕴，充分塑造和着力体现重庆的山水自然人文特色。		
		污染物排放管控	7.未达到国家环境质量标准的重点区域、流域的有关地方人民政府，应当制定限期达标规划，并采取措施按期达标。	项目园区所在地为环境空气质量达标区。	符合
			8.巩固“十一小”（不符合国家产业政策的小型造纸、制革、印染、染料、炼焦、炼硫、炼砷、炼油、电镀、农药、涉磷生产和使用等企业）取缔成果，防止死灰复燃。巩固“十一大”（造纸、焦化、氮肥、有色金属、印染、农副产品及食品深加工、原料药制造(生化制药)、制革、农药、电镀以及涉磷产品等）企业污染整治成果。	园区按要求执行生态环境保护要求，项目不属于上述“十一小”、“十一大”项目类别。	符合
			9.主城区及江津区、合川区、璧山区、铜梁区二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机物严格执行大气污染物特别排放限值，并逐步将执行范围扩大到重点控制区重点行业。	规划区严格执行大气污染物特别排放限值	符合
			10.新建、改建、扩建涉 VOCs 排放的项目，加强源头控制，使用低（无）VOCs 含量的原辅料，加强废气收集，安装高效治理设施。有条件的工业集聚区建设集中喷涂中心，配备高效治污设施，替代企业独立喷涂工序。	项目 VOCs 排放源采取污染控制收集治理措施，可实现非甲烷总烃达标排放和无组织控制要求。	符合
			11.集中治理工业集聚区水污染，新建、升级工业集聚区应同步规划建设污水集中处理设施并安装自动在线监控装置。组织评估依托城镇生活污水处理设施处理园区工业废水对出水的影响，导致出水不能稳定达标的，要限期退出城镇污水处理设施并另行专门处理。	项目污水依托园区污水处理厂可实现稳定达标。	符合
		环境风险防控	12.健全风险防范体系，制定环境风险防范协调联动工作机制。开展涉及化工生产的工业园区突发环境事件风险评估。长江三峡库区干流流域、城市集中式饮用水源、涉及化工生产的化工园区等按要求开展突发环境事件风险评估。	项目采取风险防范措施后，可实现“装置-企业-园区”三级风险防范联动，并按要求开展突发环境事件风险评估。	符合
			13.禁止建设存在重大环境安全隐患的工业项目。严禁工艺技术落后、环境风险高的化工企业向我市转移。	严格执行该准入要求。	符合
		资源利用效率	14.加强资源节约集约利用。实行能源、水资源、建设用地总量和强度双控行动，推进节能、节水、节地、节材等节约自然资源行动，从源头减少污染物排放。	能源主要为电力；各种用地的容积率、建筑密度等指标满足资源节约集约利用要求。	符合
			15.在禁燃区内，禁止销售、燃用高污染燃料，禁止新建、改建、扩建任何燃用高污染燃料的项目和设备，已建成使用高污染燃料的各类设备应当拆除或者改用管道天然气、页岩气、液化石油气、电或者	不涉及高污染燃料使用，执行相关管理规定。	符合

层级	管控单元	管控类型	管控要求	项目相关内容简述	符合性分析
			其他清洁能源；在不具备使用清洁能源条件的区域，可使用配备专用锅炉和除尘装置的生物质成型燃料。		
			16.电力、钢铁、纺织、造纸、石油石化、化工、食品发酵等高耗水行业达到先进定额标准。	项目不属于高耗水行业，用水指标低。	符合
			17.重点控制区域新建高耗能项目单位产品（产值）能耗要达到国际先进水平。	项目不属于高耗能行业。	符合
			18.水利水电工程应保证合理的生态流量，具备条件的都应实施生态流量监测监控。	/	不涉及。
西部科学城重庆高新区	空间布局约束		第一条 严格执行《产业结构调整指导目录》、《长江保护法》、《长江经济带发展负面清单指南（试行，2022年版）》（长江办〔2022〕7号）、《四川省、重庆市长江经济带发展负面清单实施细则（试行，2022年版）》、《重庆市产业投资准入工作手册》（渝发改投资〔2022〕1436号）等文件要求，优化重点区域、流域、产业的空间布局。	项目满足相关要求	符合
			第二条 禁止在长江干支流、重要湖泊岸线一公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目。禁止在长江干流岸线三公里范围内和重要支流岸线一公里范围内新建、改建、扩建尾矿库、冶炼渣库、磷石膏库，以提升安全、生态环境保护水平为目的的改建除外。	项目不属于、不涉及化工、尾矿库、冶炼渣库、磷石膏库等，满足相应的要求。	不涉及
			第三条 禁止在合规园区外新建、扩建钢铁、石化、化工、焦化、建材、有色、制浆造纸等高污染项目，禁止新建、扩建不符合国家石化、现代煤化工等产业规划布局的项目。新建、改建、扩建“两高”项目须符合生态环境保护法律法规和相关法定规划，满足重点污染物排放总量控制、碳排放达峰目标、生态环境准入清单、相关规划环评和相应行业建设项目环境准入条件、环评文件审批原则要求。	项目位于园区内，符合区域生态环境准入清单要求。	符合
			第四条 严把项目准入关口，对不符合要求的高耗能、高排放、低水平项目坚决不予准入。加快布局分散的企业向园区集中，鼓励现有工业项目、化工项目分别搬入工业集聚区、化工产业集聚区。除在安全或者产业布局等方面有特殊要求的项目外，新建有污染物排放的工业项目应当进入工业集聚区。	项目符合该准入要求。	符合
			第五条 新建、扩建的重有色金属冶炼、电镀、制革企业优先选择布设在依法合规设立并经规划环评的产业园区。	/	不涉及
			第六条 涉及环境防护距离的工业企业或项目应通过选址或调整布局原则上应控制在园区边界或用地红线内。	规划环评提出：应设置工业用地与居住区的隔离带，并优化临近居住区工业用地的产业布局和企业总平面布置，入区企	符合。

层级	管控单元	管控类型	管控要求	项目相关内容简述	符合性分析
				业环境保护距离应执行“渝环办〔2020〕188号”文要求。本项目从环境影响预测分析，无须设置大气环境保护距离，满足规划环评要求。	符合
			第七条 优化城市空间格局和建筑风貌、提高建设用地利用效率。根据水资源承载能力优化城市空间布局、产业结构和人口规模。优化居住、工业、商业、交通、生态等功能空间布局，适当提高居住用地比例。	园区资源环境可承载区内城镇发展规模，支撑本项目建设运行。	符合
			第八条 通过改造提升、集约布局、关停并转等方式对“散乱污”企业分类治理。对布局不合理、装备水平低、环保设施差的小型污染企业进行全面排查，制订综合整治方案，集中整治镇村产业集聚区。	项目不属于布局不合理、装备水平低、环保设施差的小型污染企业。	符合
			第九条 加强对城市建成区等大气环境受体敏感区、辖区西北侧和南侧等大气环境布局敏感区的管控，确保项目引进符合大气环境空间布局的环境要求。	项目选址满足园区规划环评提出的空间布局和调整建议要求。	符合
			第十条 严格梁滩河、莲花滩河、虎溪河干流沿线建筑退距控制、建筑高度控制和建筑色彩控制，河湖边留足绿化缓冲带，新建地块建筑红线后退水岸线 30-50 米以上。	项目不涉及梁滩河、莲花滩河、虎溪河干流沿线建筑。	符合
		污染物排放控制	第一条 新建“两高”项目应按照《关于加强重点行业建设项目区域削减措施监督管理的通知》要求，依据区域环境质量改善目标，制定配套区域污染物削减方案，采取有效的污染物区域削减措施，腾出足够的环境容量。新建、扩建“两高”项目应采用先进适用的工艺技术和装备，单位产品物耗、能耗、水耗等达到清洁生产先进水平，国家或地方已出台超低排放要求的“两高”行业建设项目应满足超低排放要求。	园区严格准入要求，入驻“两高”项目应按照《关于加强重点行业建设项目区域削减措施监督管理的通知》要求管控，本项目不属于“两高”项目。	符合
			第二条 严格按照国家及我市有关规定，对钢铁、水泥熟料、平板玻璃、电解铝等行业新建、扩建项目实行产能等量或减量置换。严控钢铁、化工、水泥等主要用煤行业煤炭消费，新建、改扩建项目实行用煤减量替代。严格落实国家及我市大气污染防治相关要求，对大气环境质量未达标地区，新建、改扩建项目实施更严格的污染物排放总量控制要求。严格落实区域削减要求，所在区域、流域控制单元环境质量未达到国家或者地方环境质量的，建设项目需提出有效的区域削减方案，主要污染物实行区域倍量削减。	园区不涉及钢铁、水泥熟料、平板玻璃、电解铝等行业。严格落实国家及我市大气污染防治相关要求及区域削减要求。	符合
			第三条 在重点行业推进挥发性有机物综合治理，	入驻企业严格执	符合

层级	管控单元	管控类型	管控要求	项目相关内容简述	符合性分析
			推动低挥发性有机物原辅材料和产品源头替代，推广使用低挥发性有机物含量产品，推动纳入政府绿色采购名录。工业涂装企业和涉及喷涂作业的机动车维修服务企业，应当按照规定安装、使用污染防治设施，使用低挥发性有机物含量的原辅材料。有条件的工业集聚区建设集中喷涂工程中心，配备高效治污设施，替代企业独立喷涂工序，对涉及喷漆、喷粉、印刷等废气进行集中处理。	行挥发性有机物控制要求。	符合
			第四条 新、改、扩建重点行业重点重金属污染物排放执行“等量替代”原则。新、改、扩建重点行业项目重点重金属污染物排放总量的来源，原则上应是全口径涉重金属行业企业清单内同一重点行业企业落实减排措施削减的重金属污染物排放量，当同一重点行业企业削减量无法满足时可从其他重点行业调剂。	/	不涉及
			第五条 工业集聚区应当按照有关规定配套建设相应的污水集中处理设施，安装自动监测设备，工业集聚区内的企业向污水集中处理设施排放工业废水的，应当按照国家有关规定进行预处理，达到集中处理设施处理工艺要求后方可排放。	园区依托九龙园区污水处理厂对区内工业废水进行收集处理，并建成自动在线监控装置。	符合
			第六条 长江流域水质超标的水功能区，应当实施更严格的污染物排放总量削减要求。企业事业单位应当按照要求，采取污染物排放总量控制措施。未达到国家大气环境质量的，市、区县(自治县)人民政府应当及时编制限期达标规划并向社会公开，采取措施限期达标。	项目制定了严格的污染物排放控制措施，确保区域环境空气质量不降低。	符合
			第七条 建设分类投放、分类收集、分类运输、分类处理的生活垃圾处理系统。合理布局生活垃圾分类收集站点，完善分类运输系统，加快补齐分类收集转运设施能力短板。强化“无废城市”制度、技术、市场、监管、全民行动建设，巩固提升建设经验，着力突出区域特色，切实解决突出问题，积极培育“无废文化”。	项目所在园区已完善的生活垃圾处理系统。	符合
			第八条 推进乡镇生活污水处理设施达标改造。新建城市生活污水处理厂全部按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标及以上排放设标准设计、施工、验收，建制乡镇生活污水处理施出水水质不得低于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级B标排放标准；对现有截留制排水管网实施雨污分流改造，针对无法彻底雨污分流的老城区，尊重现实合理保留截留制区域，提高截留倍数；对新建的排水管网，全部按照雨污分流模式实施建设。	严格按照雨污分流模式实施建设。	符合
			第九条 推进农村生活垃圾治理和农村生活污水治理，深入实施农村“厕所革命”，基本消除较大面积农村黑臭水体，整治提升农村人居环境。加强畜禽	/	不涉及

层级	管控单元	管控类型	管控要求	项目相关内容简述	符合性分析
			粪污资源化利用，加快推动长江沿线畜禽规模化养殖场粪污处理配套设施装备提档升级，推进畜禽养殖户粪污处理设施装备配套，推行畜禽粪肥低成本、机械化、就地就近还田，推进水产养殖尾水治理，强化水产养殖投入品使用管理。		
			第十条 深化挥发性有机物整治，全面执行《挥发性有机物无组织排放控制标准》，新建、改建、扩建涉挥发性有机物（VOCs）排放的项目，要使用低（无）挥发性有机物（VOCs）含量的原辅料，鼓励汽车整车、汽车配件、汽车维修、包装印刷、家具制造等重点行业企业改用水性涂料、采用高效治理技术。	入驻企业严格执行 VOCs 控制要求。	符合
			第十一条 深化工业锅炉和窑炉综合整治，推进园区废气深度治理。编制实施西永微电园、九龙园区 C 区、金凤园区等工业园区废气专项整治方案，到 2025 年，园区内涉气企业废气收集率和达标率显著提升。	入驻企业加强废气收集率和处理效率满足规划环评要求。	符合
			第十二条 大力优化调整交通运输结构，推进货物运输绿色转型，重点工业企业和工业园区大宗货物由公路运输逐步转向铁路运输。严格实施柴油货车及高排放车辆限行，加强货车通行总量控制，对货运车辆（含运渣车）实施按时段、按路线精细化管控。	项目所在园区物流区主要依托铁路运输，对货运车辆（含运渣车）实施按时段、按路线精细化管控。	符合
			第十三条 继续强化城市扬尘污染治理，加强施工扬尘、道路扬尘、脏车入城、运输扬尘、绿带积尘以及裸露扬尘“六大环节”管控。加强工业堆场、渣场扬尘管控，建筑面积 5 万平方米及以上工地出口必须安装 TSP 在线自动监测和视频监控装置。	项目施工期加强城市扬尘污染治理。	符合
			第十四条 加快推进城镇污水管网新建、改建和维护，完成莲花滩河、智能制造园区、曾家片区等区域截污管网建设和改造，完成西永污水处理厂 C、D 线管网、虎溪主管等扩建工程，推进现有箱涵式污水管网收集系统逐步改造，到 2025 年，力争实现污水全收集全处理。	规划区规划完善的污水管网收集系统，从建设时序满足项目污水处理需求。	符合
			第十五条 协调推动土主污水厂、西永污水处理厂三期工程扩建项目，其尾水均执行《梁滩河流域城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB50/963-2020），2022 年 1 月 1 日起。	/	不涉及
			第十六条 到 2025 年，所有城镇生活污水处理设施安装在线监测设施。	项目依托的污水处理厂已安装在线监测设施、环境风险事故水池。	符合
			第十七条 实施莲花滩河、虎溪河水环境综合整治工程。推进实施梁滩河流域水系连通工程。	/	不涉及。
		环境风险防控	第一条 推进化工行业企业排污许可管理，加大园区外化工企业监管力度，确保达标排放。化工园区应按照分类收集、分质处理的要求，配备专业化工	/	不涉及

层级	管控单元	管控类型	管控要求	项目相关内容简述	符合性分析
			生产废水集中处理设施（独立建设或依托骨干企业）及专管或明管输送的配套管网，实施化工企业“一企一管、明管输送、实时监测”，防范环境风险。		
			第二条 重点行业企业应依法依规完善环境风险防范和环境安全隐患排查治理措施，制定环境应急预案，储备相关应急物资，定期开展应急演练。建立健全重金属污染监控预警体系，提升信息化监管水平。	项目不涉及重金属排放，严格执行环境风险防范要求。	符合
		资源利用效率	第一条 推动工业园区能源系统整体优化和污染综合整治，鼓励工业企业、园区优先利用可再生能源。以市级以上工业园区为重点，推进供热、供电、污水处理、中水回用等公共基础设施共建共享。	/	符合
			第二条 推进企业内部工业用水循环利用、园区内企业间用水系统集成优化。开展火电、石化、有色金属、造纸、印染等高耗水行业工业废水循环利用示范。引导区域工业布局和产业结构调整，大力推广工业水循环利用，加快淘汰落后用水工艺和技术。完善工业园区管网，提高工业水重复利用率。	入驻企业加强水循环利用，提高工业水重复利用率。	符合
			第三条 引导重点行业深入实施清洁生产改造，依法开展自愿性清洁生产评价认证。推动煤炭等化石能源清洁高效利用，推进重点行业超低排放改造。深化重点领域节能，实施高耗能设备能效提升计划。	/	不涉及
			第四条 大型新建公共建筑和政府投资的住宅建筑应当安装建筑中水设施；新建公共建筑应当采用节水器具，鼓励新建小区居民优先选用节水器具。	/	符合
			第五条 大力开展城镇生活节水，推广生活节水器具，严控高耗水服务业用水，加快制定和实施供水管网改造建设实施方案，推动老城区、老校区等管网高漏损区域节水改造，降低供水管网漏损率。	开展城镇生活节水，严控高耗水服务业用水。	符合
			第六条 高污染燃料禁燃区执行相关管理规定；引导新建建筑建成超低能耗建筑、近零能耗建筑；实施全民节能行动计划，大力推进能源节约	区域属于高污染燃料禁燃区，项目不适用高污染燃料。	符合

表 1-15 九龙坡区重点管控单元-长江丰收坝九龙坡段管控要求符合性分析

环境管 控单元 编码	环境 管控 单元 名称	环 境 管 控 单 元 分 类	执 行 的 市 级 总 体 管 控 要 求	管 控 类 别	管 控 要 求	符 合 性 分 析
ZH5001 0720004	九 龙 坡 区 重 点 管 控 单 元- 长 江 丰 收 坝 九 龙 坡 段	重 点 管 控 单 元 4	重 点 管 控 单 元， 主 城 区 总 体 管 控 方 向， 九 龙 坡 区 总 体 管 控 要 求	空 间 布 局 约 束	长江 50 年一遇洪水位向陆域一侧 1 公里沿岸地区，禁止引入排放重金属（铬、镉、汞、砷、铅五类重金属）、剧毒物质和持久性有机污染物的工业项目、单纯电镀行业、危险废物处置设施项目、存在严重环境安全风险的产业项目和其它不符合国家产业政策的项目，以及超出环境资源承载力的项目；不得引入与目前园区产业相冲突的企业。严格控制重庆天泰铝业有限公司电解铝的生产规模，禁止电解铝的扩能增产，保持现有 16 万 t/a 电解铝产能。重庆市油脂公司不符合其规划用地性质，限制规模，禁止增产扩能；居民住宅和医疗卫生、文教单位周边 100m 范围不得新布局二类工业企业，产生有毒有害气体、恶臭、粉尘、噪声的工业企业不得在居住区、学校、医院和其他人口密集的被保护区域内建设；九龙工业园区 C 区内与周边规划居住用地相邻的地块不得引入废气排放较大的企业；限制引进屠宰及肉类加工、淀粉及淀粉制品制造、含发酵工艺的酒精、饮料制造总磷排放大的工业项目；西彭工业园区重庆和友碱胺实业有限公司沿江建设需有序搬迁；长江干流及主要支流 1 公里范围内未入合规园区的化工企业、危化企业、重点风险源全部搬迁。港口、码头、装卸站等建设环保设施，新建及改造的港口、码头应配套建设岸电设施，逐步对规模以上港口实施船舶靠岸停泊期间使用岸电或采取燃料替代措施。	本项目不排放五类重金属和持续性有机污染物，本项目废气排放量少。
			重 点 管 控 单 元， 主 城 区 总 体 管 控 方 向， 九 龙 坡 区 总 体 管 控	污 染 物 排 放 管 控	九龙工业园区 C 区 L 分区建设集中污水处理厂及配套污水管网，实现园区污水统一收集处理。完善巴福镇和陶家镇排水管网建设和配套污水处理厂建设，强化污水处理设施运维管理，确保设施正常运行，出水达标排放。加强科技创新引领，着力引导绿色消费，推进农副产品及食品加工业清洁生产改造或清洁化改造。管控单元内除铜罐驿镇第一社区 1.23 平方公里外所有区域按高污染燃料禁燃区要求管理。开展船舶及码头污水、垃圾治理，实现所有船舶垃圾收集上岸集中处理，船舶及码头污水排放全面达到环保要求，制定港口、码	本项目产生的生活污水及实验室清洗废水、非放场所地面清洁废水预处理后经管网后

环境管控单元编码	环境管控单元名称	环境管控单元分类	执行的市级总体管控要求	管控类别	管控要求	符合性分析
			要求		头污染防范、处置应急预案。	入九龙工业园区污水处理厂。
			重点管控单元，主城区总体管控方向，九龙坡区总体管控要求	环境风险防控	严禁在长江干流 1 公里范围内新建危化品码头。重庆和友碱胺实业有限公司设置相应规模事故池，对重庆和友碱胺实业有限公司废水处理站及液氨储罐区实施在线监控，在金竹沟修建闸坝，防止事故废水直接进入长江。园区工业污水集中处理设施应设置相应规模事故池、西彭工业园区工业污水处理厂应扩容事故池，防止事故废水直接进入江河。西彭工业园区工业污水处理厂应增建相应规模事故池，增设事故废水拦截措施，如在重庆现代石油（集团）有限公司北侧桥头河设闸坝等。	本项目不属于长江干流 1 公里范围内建设项目。
			重点管控单元，主城区总体管控方向，九龙坡区总体管控要求	资源开发效率要求	园区引进项目的水资源消耗水平应优于《重庆市工业项目环境准入规定》中的准入值及行业平均值，企业水耗应达到先进定额标准。园区引进项目的能耗水平应优于《重庆市工业项目环境准入规定》中的准入值及行业平均值，高耗能企业能耗应达到先进定额标准。	本项目不属于高能耗、高耗水项目，项目折合标准煤能耗 2458t。

1.2.6 周围环境概况

本项目建设地点属于重庆市高新技术产业开发区直管范围内，位于重庆高新区生命科技园 B 区巴福片区 Q18-1/05 地块。项目厂区西临广源路，东临景科

路，南临国福路，北临景文支路，地理位置附图 1，项目总设计平面布局图见附图 2。

1.2.7核技术利用现状

核素同创《重庆创新医用同位素项目环境影响报告书》已于 2023 年 11 月 7 日取得重庆高新区生态环境局环评批复（渝（高新）环准[2023]57 号），期间未申请辐射安全许可，本次针对变动内容对获批报告书进行重新报批。

1.3 编制依据

1.3.1法律、法规和规章

（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2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）《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017年第66号，2017年12月5日）；

（8）《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）；

- (9) 《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）；
- (10) 《产业结构调整指导目录》（2019年本，国家发展和改革委员会第49号令，2021年12月27日起施行）；
- (11) 《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）；
- (12) 《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）；
- (13) 《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）；
- (14) 环境保护部关于《发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》（（国环规环评〔2017〕4号，2017年11月22日起施行）；
- (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) 《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）；
- (17) 《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）；
- (18) 《辐射安全与防护监督检查技术程序》（生态环境部，2020年）；
- (19) 《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）；
- (20) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环境保护部环发〔2012〕77号）；
- (21) 《关于放射性药品辐射安全管理有关事项的公告》（环境保护部 公告 2015年 第2号）；

- (22) 《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第338号）；
- (23) 《关于印发重庆市生物医药产业“十四五”规划的通知》（渝经信医药〔2022〕12号）；
- (24) 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022年6月5日起施行）；
- (25) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月26日起施行）；
- (26) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年9月1日起施行）；
- (27) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018年1月1日起施行）；
- (28) 《中华人民共和国水污染防治法实施细则》（国务院令第284号）；
- (29) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019年1月1日起施行）；
- (30) 《中华人民共和国长江保护法》（2021年3月1日起施行）；
- (31) 《中华人民共和国水土保持法》（2010年12月25日修订）；
- (32) 《中华人民共和国城乡规划法》（2019年4月23日修订）；
- (33) 《中华人民共和国土地管理法》（2019年8月26日修订）；
- (34) 《中华人民共和国清洁生产促进法》（2012年7月1日实施）；
- (35) 《中华人民共和国循环经济促进法》（2018年10月26日修订并实施）；
- (36) 《中华人民共和国节约能源法》（2018年10月26日修订并实施）；
- (37) 《中华人民共和国可再生能源法》（2009年12月26日修正）；
- (38) 《中华人民共和国环境保护税法实施条例》（2018年1月1日施行）；

- (39) 《排污许可管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 736 号）；
- (40) 《地下水管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 748 号）；
- (41) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环境保护部环发〔2012〕77 号）；
- (42) 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环境保护部环发〔2012〕98 号）；
- (43) 《关于加强规划环境影响评价与建设项目环境影响评价联动工作的意见》（环发〔2015〕178 号）；
- (44) 《国务院关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》（国发〔2018〕22 号）；
- (45) 《长江保护修复攻坚战行动计划》（环水体〔2018〕181 号）；
- (46) 《国家发展改革委环境保护部印发关于加强长江黄金水道环境污染防控治理的指导意的通知》（发改环资〔2016〕370 号）；
- (47) 《五部委关于加强长江经济带工业绿色发展的指导意见》（工信部联节〔2017〕178 号）；
- (48) 《关于生态环境领域进一步深化“放管服”改革，推动经济高质量发展的指导意见》（环规财〔2018〕86 号）；
- (49) 《中共中央办公厅 国务院办公厅印发<关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见>》（2019.11）；
- (50) 《国家危险废物名录》（2021 年版）；
- (51) 《“十四五”节能减排综合工作方案》（国发〔2021〕33 号）；
- (52) 《国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知》（国发〔2013〕37 号）；

- (53) 《关于落实大气污染防治行动计划严格环境影响评价准入的通知》
(环办〔2014〕30号)；
- (54) 《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》(国发〔2015〕17号)；
- (55) 《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》(国发〔2016〕31号)；
- (56) 《关于做好环境影响评价制度与排污许可制衔接相关工作的通知》
(环办环评〔2017〕84号)；
- (57) 《关于加强规划环境影响评价与建设项目环境影响评价联动工作的意见》
(环发〔2015〕178号)；
- (58) 《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
环评〔2016〕150号)；
- (59) 《长江经济带生态环境保护规划》(环规财〔2017〕88号)；
- (60) 《医用同位素中长期发展规划(2021-2035)》；
- (61) 《关于发布长江经济带发展负面清单指南(试行, 2022年版)的通知》
(长江办〔2022〕7号)；
- (62) 《长江保护修复攻坚战行动计划》(环水体〔2018〕181号)；
- (63) 《关于加强长江黄金水道环境污染防治治理的指导意见》(国发
〔2014〕39号)；
- (64) 《危险化学品安全管理条例》(中华人民共和国国务院令第591
号)；
- (65) 《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018)；
- (66) 《危险废物转移管理办法》(生态环境部令第23号)；
- (67) 《挥发性有机物(VOCs)污染防治技术政策》(环保部公告2013
年31号)；

- (68) 《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》（环大气〔2017〕121号）；
- (69) 《重点行业挥发性有机物综合治理方案》（环大气〔2019〕53号）；
- (70) 《工业和信息化部 财政部关于印发重点行业挥发性有机物削减行动计划的通知》（工信部联节〔2016〕217号）；
- (71) 《重庆市环境保护条例》（2018年7月26日修正）；
- (72) 《重庆市大气污染防治条例》（2018年7月26日修正）；
- (73) 《重庆市主城区尘污染防治办法》（重庆市人民政府令第272号）；
- (74) 《重庆市环境噪声污染防治办法》（渝府令第270号）；
- (75) 《重庆市水污染防治条例》（2020年10月1日施行）；
- (76) 《重庆市水资源管理条例》（2018年7月26日修正）；
- (77) 《重庆市饮用水源污染防治办法》（重庆市人民政府令第159号）；
- (78) 《重庆市生态功能区划（修编）》（渝府〔2008〕133号）；
- (79) 《重庆市重点生态功能区保护和建设规划（2011-2030年）》（渝办发〔2011〕167号）；
- (80) 《重庆市人民政府关于贯彻落实大气污染防治行动计划实施意见》（渝府发〔2013〕86号）；
- (81) 《重庆市“十三五”挥发性有机物大气污染防治工作实施方案》（渝环〔2017〕252号）；
- (82) 《重庆市环境空气质量功能区划分规定》（渝府发〔2016〕19号）；

（83）《重庆市人民政府批转重庆市地表水环境功能类别调整方案的通知》（渝府发〔2012〕4号）；

（84）《重庆市人民政府办公厅关于印发主城区集中式饮用水水源保护区划定方案的通知》（渝办〔2011〕92号）；

（85）《重庆市声环境功能区划分技术规范实施细则（试行）》（渝环〔2015〕429号）；

（86）《重庆市生态环境局关于印发<重庆市中心城区声环境功能区划分方案（2023年）>的函》（渝环〔2023〕61号）；

（87）《重庆市环保局关于印发重庆市排污口规范化清理整治实施方案的通知》（渝环发〔2012〕26号）；

（88）《重庆市人民政府关于加快发展战略性新兴产业的意见》（渝府发〔2011〕35号）；

（89）《重庆市人民政府关于发布重庆市生态保护红线的通知》（渝府发〔2018〕25号）；

（90）《重庆市人民政府关于实行最严格水资源管理制度的实施意见》（渝府发〔2012〕63号）；

（91）《重庆市工业项目环境准入规定（修订）》（渝办发〔2012〕142号）；

（92）《重庆市发展和改革委员会关于印发重庆市产业投资准入工手册的通知》（渝发改投资〔2022〕1436号）；

（93）《重庆市发展和改革委员会关于严格工业布局和准入的通知》（渝发改工〔2018〕781号）；

（94）《重庆市环境保护局关于印发重庆市工业企业排污权有偿使用和交易工作实施细则的通知》（渝环〔2017〕249号）；

(95) 《重庆市人民政府关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的实施意见》（渝府发〔2020〕11号）；

(96) 《重庆市生态功能区划（2008年修编）》；

(97) 《重庆市生态环境保护“十四五”规划（2021-2025年）》；

(98) 《重庆市大气环境保护“十四五”规划（2021-2025年）》；

(99) 《重庆市水生态环境保护“十四五”规划（2021-2025年）》；

(100) 《重庆高新区生态环境保护“十四五”规划和二〇三五年远景目标》；

1.3.2 技术导则、标准

(1) 《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）；

(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

(4) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

(5) 《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）；

(6) 《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）；

(7) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；

(8) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；

(9) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；

(10) 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；

(11) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）；

(12) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；

- (13) 《职业性内照射个人监测规范》（GBZ 129-2016）；
- (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 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- (16) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- (17) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ6010-2016）；
- (18) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；
- (19) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；
- (20) 《环境影响评价技术导则 土壤环境》（HJ964-2018）；
- (21) 《建设项目环境风评价技术导则》（HJ169-2018）；
- (22) 《排污许可证申请与核发技术规范 制药工业-原料药制造》（HJ858.1-2017）；
- (23) 《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ819-2017）；
- (24) 《污染源源强核算技术指南 准则》（HJ884-2018）；
- (25) 《排污许可证申请与核发技术规范 工业噪声》（HJ 1301-2023）；
- (26) 《重庆市典型工业有机废气处理适宜技术选择指南》（2015版）。

1.3.3其它文件、资料

- (1) 《重庆创新医用同位素项目可行性研究报告》；
- (2) 建设单位提供的与本项目相关的其他资料。

1.4 评价标准

1.4.1辐射评价标准

1.4.1.1 剂量限值 and 剂量约束值

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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），本次评价以职业照射剂量限值的 1/4 即 5mSv/a 作为职业人员的年剂量约束值，以公众照射剂量限值的 1/10 即 0.1mSv/a 作为公众人员的年剂量约束值。

1.4.1.2 辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

(1) 射线装置

根据本项目的辐射防护设计资料，职业工作年剂量约束值不超过 5mSv/a，年工作时间不超过 2000h，并参考国内现有质子加速器剂量率限值取值，射线装置所在辐射工作场所屏蔽墙体外剂量率控制水平按表 1-16 执行。

此外，根据文献《恒健质子治疗装置的辐射与屏蔽设计》（吴青彪等，南方能源建设，2016 年第 3 卷第 3 期），同时参考日本 J-PARC 以及中国散裂中子源的辐射防护设计，当混凝土与土壤边界处瞬发辐射剂量率低于 5.5mSv/h 时，可忽略土壤和地下水的感生放射性。因此，本次评价以“5mSv/h”作为各辐射工作场所地板外表面与土壤交界处的剂量率控制水平，具体见表 1-16。

表 1-16 本项目射线装置辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

工作场所	功能区域	位置描述（居留因子）	剂量率控制水平
本项目射线装置辐射工作场所屏蔽墙体外	四侧墙体外、屋顶外、防护门外	居留因子 $T \geq 1/2$	2.5 μ Sv/h
		居留因子 $T < 1/2$	10 μ Sv/h
	地板外表面与土壤交界处	射线装置辐射工作场所地板外表面与土壤交界处	5mSv/h

(2) 非密封放射性物质工作场所

对于非密封放射性物质工作场所，参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中有关规定：

“6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。”

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 1-17。

表 1-17 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	$2\times 10^7\sim 4\times 10^9$
丙级	豁免活度值以上- 2×10^7

1.4.1.4 工作场所表面污染控制水平

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，非密封放射性物质工作场所的表面污染水平按表 1-18 控制。

表 1-18 表面污染控制水平

表面类型		α 放射性物质,		β 放射性物质, Bq/cm ²
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4	40	40
	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、工作	控制区和监督	0.4	0.4	4
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.04	0.4

1.4.1.5 放射性废气

参照《开放性放射性物质实验室辐射防护设计规范》（EJ380-1989）：

“10.1 从事开放性放射性物质工作的各类设备和装置，设计上应采用密封技术。根据其工作特性分别提出密封要求，防止放射性液体泄漏和放射性气体及气溶胶逸出；

10.2 操作易挥发的高毒、极毒放射性物质及产生大量放射性气体和气溶胶的工作，应尽可能把污染源局限于较小的工作容积内并高度密封，限制可能被污染的体积和表面；

10.3 气流流向应是从放射性污染可能性小的方向流向污染可能性大的方向(从白区流向红区)，各区之间维持一定的压差。”

另，本项目涉及 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{227}Ac 、 ^{99}Mo 、 ^{212}Pb 、 ^{82}Sr 、 ^{68}Ge 等放射性药物的批量生产，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（0.1mSv/a）。

1.4.1.6 放射性废液

本项目可能产生的放射性废液主要包含加速器装置区域的活化冷却水及非密封放射性物质工作场所产生的放射性废液，上述放射性废液需在暂存场所进行暂存，满足暂存时长后，经检测满足要求[根据《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 α 和总 β 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。对于不可解控的放射性废液，暂存后委托有资质单位进行处置。

1.4.1.7 放射性固体废物

本项目放射性固体废物主要包括加速器活化部件、放射性药物生产过程中产生放射性固体废物、废过滤器滤芯以及其他类型放射性固废。

对于可解控的放射性固体废物，参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中有关规定：经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 污染小于 0.8Bq/cm²、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm² 的，可对废物进行清洁解控并作为一般固体废物进行处理。

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。

1.4.1.8 汇总表

评价标准汇总表见表 1-19。

表 1-19 评价标准汇总表

项目	依据	具体内容																										
剂量限值和剂量约束值	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 （GB18871-2002）	职业照射年剂量约束值取值 5mSv/a；公众人员的年剂量约束值取值 0.1mSv/a																										
辐射工作场所屏蔽体外剂量率	根据本项目辐射防护设计资料，并参考根据文献《恒健质子治疗装置的辐射与屏蔽设计》	屏蔽体外居留因子≥1/2 处，剂量率控制水平为 2.5μSv/h，屏蔽体外居留因子＜1/2 处，剂量率控制水平为 10μSv/h，射线装置辐射工作场所地板外表面与土壤交界处，剂量率控制水平为 5mSv/h																										
	参照《核医学辐射防护与安全要求》 （HJ1188-2021）	热室及工作箱屏蔽体外 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25 μSv/h。”																										
非密封放射性物质工作场所分级	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 （GB18871-2002）	本项目两个辐射工作场所日等效最大操作量均大于 4.00E+09Bq，均为甲级非密封放射性物质工作场所。																										
工作场所分级工作场所表面污染控制水平	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 （GB18871-2002）	<table><tr><th colspan="2" rowspan="2">表面类型</th><th colspan="2">α 放射性物质，</th><th rowspan="2">β 放射性物质， Bq/cm²</th></tr><tr><th>极毒性</th><th>其他</th></tr><tr><td rowspan="2">工作台、设备、墙壁、地面</td><td>控制区</td><td>4</td><td>40</td><td>40</td></tr><tr><td>监督区</td><td>0.4</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td>工作服、手套、工作手、皮肤、内衣、工作袜</td><td>控制区和监督</td><td>0.4</td><td>0.4</td><td>4</td></tr><tr><td></td><td></td><td>0.04</td><td>0.04</td><td>0.4</td></tr></table>	表面类型		α 放射性物质，		β 放射性物质， Bq/cm ²	极毒性	其他	工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4	40	40	监督区	0.4	4	4	工作服、手套、工作手、皮肤、内衣、工作袜	控制区和监督	0.4	0.4	4			0.04	0.04	0.4
表面类型		α 放射性物质，			β 放射性物质， Bq/cm ²																							
		极毒性	其他																									
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4	40	40																								
	监督区	0.4	4	4																								
工作服、手套、工作手、皮肤、内衣、工作袜	控制区和监督	0.4	0.4	4																								
		0.04	0.04	0.4																								
放射性废气	参照《开放性放射性物质实验室辐射防护设计规范》（EJ380-1989）	“10.1 从事开放性放射性物质工作的各类设备和装置，设计上应采用密封技术。根据其工作特性分别提出密封要求，防止放射性液体泄漏和放射性气体及气溶胶逸出； 10.2 操作易挥发的高毒、极毒放射性物质及产生大量放射性气体和气溶胶的工作，应尽可能把污染源局 限于较小的工作容积内并高度密封，限制可能被污染的体积和表面； 10.3 气流流向应是从放射性污染可能性小的方向流向污染可能性大的方向(从白区流向红 区)，各区之间维持一定的压差 。” 另，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（0.1mSv/a）。																										
放射性废液	参照《污水综合排放标准》（GB8978-1996）	本项目可能产生的放射性废液主要包含加速器装置区域的活化冷却水及非密封放射性物质工作场所产生的放射性废液，上述放射性废液需在暂存场所进行暂存，满足暂存时																										

项目	依据	具体内容
		长后，经检测满足要求[根据《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 α 和总 β 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。对于不可解控的放射性废液，暂存后委托有资质单位进行处置。
放射性固体废物	参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；《放射性废物分类》	本项目放射性固体废物主要包括加速器活化部件、放射性药物生产过程中产生放射性固体废物、废过滤器滤芯以及其他类型放射性固废。对于可解控的放射性固体废物，参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中有关规定：经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 污染小于 0.8Bq/cm ² 、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm ² 的，可对废物进行清洁解控并作为一般固体废物进行处理。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。

1.4.2 环境质量标准

1.4.2.1 环境空气

根据《重庆市环境空气质量功能区划分规定》（渝府发〔2016〕19 号），项目所在区域属于二类功能区。SO₂、NO₂、CO、O₃、PM₁₀、PM_{2.5} 执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；HCl、硫酸、氟化物参照执行《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）“附录 D 其他污染物空气质量浓度参考限值”；非甲烷总烃 1 小时平均浓度限值参照河北省地方标准《环境空气质量非甲烷总烃限值》（DB13/1577-2012）进行分析。各评价指标具体标准值见下表。

表 1-20 环境空气质量标准限值

污染物名称	取值时间	浓度限值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	标准来源
SO ₂	年平均	60	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准
	24小时平均	150	
	1小时平均	500	
NO ₂	年平均	40	
	24 小时平均	80	
	1小时平均	200	
PM ₁₀	年平均	70	

	24小时平均	150	
PM _{2.5}	年平均	35	
	24小时平均	75	
CO	24小时平均	4	
	1小时平均	10	
O ₃	日最大8小时平均	160	
	1小时平均	200	
HCl	24 小时平均	15	参照执行《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）“附录D其他污染物空气质量浓度参考限值”
	1小时平均	50	
硫酸	24 小时平均	100	
	1小时平均	300	
氟化物	24 小时平均	7	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准
	1小时平均	20	
氮氧化物	24 小时平均	100	
	1小时平均	250	
非甲烷总烃	1小时平均	2.0mg/m ³	参照河北省地方标准《环境空气质量 非甲烷总烃限值》（DB13/1577-2012）

1.4.2.2地表水

本项目废水经重庆九龙园区污水处理厂处理后排入肖家河，经大溪河汇入长江。结合《重庆市九龙坡区水功能区划修编报告》（2017 年）（报批版）《重庆高新区生命科技园 A 区、B 区规划环境影响报告书》，大溪河共分 2 个二级水功能区（1 个农业用水区，1 个景观娱乐用水区），其中本次涉及的大溪河九龙坡农业用水区上起西彭镇，下止陶家镇二郎滩，全长 15.5km，水质管理目标为 V 类。按照《重庆市人民政府批转重庆市地表水环境功能类别调整方案的通知》（渝府发〔2012〕4 号），长江主城区段（大溪河口~明月沱）属 III 类水域，执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类水域水质标准。

1-21 地表水环境质量标准限值（mg/L）

序号	项目	III 类标准	V 类标准
1	水温（℃）	人为造成的环境水温变化应限制在：周平均最大温升≤1，周平均最大温降≤2	
2	pH（无量纲）	6~9	

序号	项目	III 类标准	V 类标准
3	DO	≥5	≥2
4	高锰酸盐指数	≤6	≤15
5	COD	≤20	≤40
6	BOD ₅	≤4	≤10
7	NH ₃ -N	≤1.0	≤2.0
8	TP	≤0.2	≤0.4
9	TN（湖、库，以 N 计）	≤1.0	≤2.0
10	铜	≤1.0	≤1.0
11	锌	≤1.0	≤2.0
12	氟化物	≤1.0	≤1.5
13	硒	≤0.01	≤0.02
14	砷	≤0.05	≤0.1
15	汞	≤0.0001	≤0.001
16	镉	≤0.005	≤0.01
17	铬（六价）	≤0.05	≤0.1
18	铅	≤0.05	≤0.1
19	氰化物	≤0.2	≤0.2
20	挥发酚	≤0.005	≤0.1
21	石油类	≤0.05	≤1.0
22	阴离子表面活性剂	≤0.2	≤0.3
23	硫化物	≤0.2	≤1.0
24	粪大肠菌群（个/L）	≤10000	≤40000

1.4.2.3地下水

根据《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中地下水质量分类，评价区域地下水执行 III 类标准，详见下表。

表 1-22 地下水质量标准限值

序号	指标	单位	III类标准值（2017）
1	pH	无量纲	6.5-8.5
2	溶解性总固体	mg/L	1000
3	总硬度	mg/L	≤450
4	氨氮	mg/L	≤0.5
5	硝酸盐	mg/L	≤20

序号	指标	单位	III类标准值（2017）
6	亚硝酸盐	mg/L	≤1.0
7	硫酸盐	mg/L	≤250
8	氯化物	mg/L	≤250
9	氟化物	mg/L	≤1.0
10	氰化物	mg/L	≤0.05
11	挥发性酚类	mg/L	≤0.002
12	耗氧量	mg/L	≤3.0
13	六价铬	mg/L	≤0.05
14	铜	mg/L	≤0.1
15	锌	mg/L	≤0.1
16	铁	mg/L	≤0.3
17	锰	mg/L	≤0.1
18	总大肠菌群	MPN/100mL	≤3.0
19	菌落总数	CFU/mL	≤100
20	石油类*	mg/L	≤0.05
21	总α放射性	Bq/L	≤0.5
22	总β放射性	Bq/L	≤1.0

注：*参照地表水环境质量标准。

1.4.2.4声环境

本项目位于重庆市高新区巴福镇，根据《声环境质量标准》（GB3096-2008）、《重庆市生态环境局关于印发<重庆市中心城区声环境功能区划分方案>（2023年）的函》（渝环〔2023〕61号），本项目所在区域为3类声功能区。执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3类标准，即昼间65分贝，夜间55分贝。

1.4.2.5土壤环境

工业用地土壤执行《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）表1、表2中第二类用地筛选值，详见表1-23。

表 1-23 建设用地土壤污染风险筛选值 单位：mg/kg

序号	污染物项目	CAS 编号	第二类用地	
			筛选值	管制值

重金属和无机物				
1	砷	7440-38-2	60	140
2	镉	7440-43-9	65	172
3	铬（六价）	18540-29-9	5.7	78
4	铜	7440-50-8	18000	36000
5	铅	7439-92-1	800	2500
6	汞	7439-97-6	38	82
7	镍	7440-02-0	900	2000
挥发性有机物				
8	四氯化碳	56-23-5	2.8	36
9	氯仿	67-66-3	0.9	10
10	氯甲烷	74-87-3	37	120
11	1, 1-二氯乙烷	75-34-3	9	100
12	1, 2-二氯乙烷	107-06-2	5	21
13	1, 1-二氯乙烯	75-35-4	66	200
14	顺-1, 2-二氯乙烯	156-59-2	596	2000
15	反-1, 2-二氯乙烯	156-60-5	54	163
16	二氯甲烷	75-09-2	616	2000
17	1, 2-二氯丙烷	78-87-5	5	47
18	1, 1, 1, 2-四氯乙烷	630-20-6	10	100
19	1, 1, 2, 2-四氯乙烷	79-34-5	6.8	50
20	四氯乙烯	127-18-4	53	183
21	1, 1, 1-三氯乙烷	71-55-6	840	840
22	1, 1, 2-三氯乙烷	79-00-5	2.8	15
23	三氯乙烯	79-01-6	2.8	20
24	1, 2, 3-三氯丙烷	96-18-4	0.5	5
25	氯乙烯	75-01-4	0.43	4.3
26	苯	71-43-2	4	40
27	氯苯	108-90-7	270	1000
28	1, 2-二氯苯	95-50-1	560	560
29	1, 4-二氯苯	106-46-7	20	200
30	乙苯	100-41-4	28	280
31	苯乙烯	100-42-5	1290	1290
32	甲苯	108-88-3	1200	1200
33	间二甲苯+对二甲苯	108-38-3, 106-42-3	570	570
34	邻二甲苯	95-47-6	640	640
半挥发性有机物				
35	硝基苯	98-95-3	76	760
36	苯胺	62-53-3	260	663
37	2-氯酚	95-57-8	2256	45000
38	苯并（a）蒽	56-55-3	15	151
39	苯并（a）芘	50-32-8	1.5	15
40	苯并（b）荧蒽	205-99-2	15	151

41	苯并〔k〕荧蒽	207-08-9	151	1500
42	蒽	218-01-9	1293	12900
43	二苯并〔a, h〕蒽	53-70-3	1.5	15
44	茚并〔1, 2, 3-cd〕芘	193-39-5	15	151
45	萘	91-20-3	70	700
46	石油烃 (C ₁₀ ~C ₄₀)	-	4500	9000

注：①具体地块土壤中污染物检测含量超过筛选值，但等于或者低于土壤环境背景值水平的，不纳入污染地块管理。土壤环境背景值可参见《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）附录A。

1.4.3 污染物排放标准

1.4.3.1 废气

本项目产生的废气为试剂配制间实验废气、非密封场所含酸雾放射性废气、食堂油烟，试剂配制间实验废气主要为氮氧化物、氟化物、氯化氢、硫酸雾、非甲烷总烃等，执行《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）表 2 特别排放标准限值要求，GB 37823-2019 未规定的污染物执行重庆市《大气污染物综合排放标准》（DB50/418-2016）表 1 标准限值要求；食堂油烟执行重庆市《餐饮业大气污染物排放标准》（DB50/859-2018），危废暂存间恶臭废气执行《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）二级标准，详见下表。

表 1-24 制药工业污染物排放限值（GB 37823-2019）

序号	污染物项目	大气污染物最高允许排放浓度，mg/m ³	企业边界大气污染物限值浓度，mg/m ³
1	非甲烷总烃	60	-
2	颗粒物	20	-
3	氯化氢	30	0.2

表 1-25 大气污染物排放限值（DB50/418-2016）

序号	污染物项目	适用区域	大气污染物最高允许排放浓度，mg/m ³	与排气筒高度对应的大气污染物最高允许排放速率，kg/h				无组织排放监控点浓度限值，mg/m ³
				15m	20m	30m	40m	
1	氮氧化物	/	200	0.3	0.5	1.2	2.2	0.12
2	氟化物	/	9	0.1	0.17	0.59	1	0.02
3	硫酸雾	/	45	1.5	2.6	8.8	15	1.2

表 1-26 《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）表 A.1

污染物项目	排放限值 mg/m ³	特别排放 限值 mg/m ³	限值含义	无组织排放监控位置
NMHC	10	6	监控点处 1h 平均浓度值	在厂房外设置监控点
	30	20	监控点处任意一次浓度值	

表 1-27 餐饮单位的规模划分

规模	小型	中型	大型
基准灶头数	≥1, <3	≥3, <6	≥6
对应灶头总功率(10 ³ J/h)	1.67, <5.00	≥5.00, <10	≥10
对应集气罩灶面总投影面积(m ²)	≥1.1, <3.3	≥3.3, <6.6	≥6.6
经营场所使用面积(m ²)	≤150	>150, ≤500	>500
就餐座位数(座)	≤75	>75, <150	≥150
注 1: 基准灶头数不足 1 小时按 1 个计;			
注 2: 就餐位>150 的餐饮服务企业每增加 40 个座位视为增加 1 个基准灶头数。			

表 1-28 餐饮业大气污染物排放执行标准限值

规模	污染源	污染物项目	最高允许排放浓度 mg/m³	净化设备的污染物去除效率 %
中型	食堂油烟	油烟	1.0	≥90
		非甲烷总烃	10.0	≥75
注：最高允许排放浓度指任何 1 小时浓度均值不得超过的浓度				

表 1-29 恶臭废气排放标准限值

项目名称	排气筒高度(m)	标准值(无量纲)	厂界标准值(无量纲)
臭气浓度	15	2000	20

1.4.3.2 废水

本项目食堂产生的生活污水经隔油池处理后和办公、宿舍部分产生的生活污水一起进入生化池处理达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准、氨氮参照执行《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T31962-2015)B级限值后进入重庆九龙园区污水处理厂处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准后排入肖家河,经大溪河汇入长江。

生活污水、实验室清洗废水、非放场所地面清洁废水、废气净化系统排水排入市政污水管网后进入重庆九龙园区污水处理厂处理达到《城镇污水处理厂

污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入肖家河，经大溪河进入长江。

表 1-30 污水综合排放标准 单位：mg/L

标准	pH	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	SS	氟化物	动植物油	总 α	总 β
GB8978-1996 三级标准	6~9	500	300	45*	8*	400	20	100	1	10

注：氨氮参照《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）B 级标准；

总 α 和总 β 排放限值执行 GB8978-1996 一类污染物排放标准，单位 Bq/L。

表 1-31 城镇污水处理厂污染物排放标准 单位：mg/L

标准	GB 18918-2002 一级 A 标准
pH	6~9
COD	50
BOD ₅	10
NH ₃ -N	5（8）
TP	0.5
SS	10
氟化物	/
动植物油	1
挥发酚	0.5
粪大肠菌群（个/L）	103

1.4.3.3 噪声

施工期厂界噪声执行《建设施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），昼间 70dB(A)，夜间 55dB(A)。

运营期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 3 类标准，昼间 65dB(A)，夜间 55dB(A)。

1.4.3.4 固体废物

本项目产生的一般工业固体废物参照《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020），采用库房、包装工具（罐、桶、包装袋等）贮存一般工业固体废物过程的污染控制，贮存过程应满足相应防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求。危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》

（GB18597-2023）相关“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”控制要求。

1.5 辐射评价范围和保护目标

1.5.1 评价范围

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：“放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在实体屏蔽物边界外 50m 的范围，对于 I 类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”，本项目的定位为利用加速器开展多种创新医用放射性药物的研发、生产和应用，作为甲级放射性药物生产工作场所，且使用 I 类射线装置，综合本项目气载流出物所致周围公众最大年受照剂量不超过公众年剂量约束值（0.1mSv/a），确定本项目评价范围为本项目辐射工作场所所在建筑四周边界向外 500m 范围内的区域。

1.5.2 环境保护目标

本项目辐射环境保护目标详见表 1-32 和图 1-1，本项目电离辐射评价范围现状区域无自然保护区、风景名胜和文物古迹等需要特殊保护的环境敏感对象，无学校、医院等环境敏感点。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。

根据项目所在区域土地利用规划，项目西侧为中国科学（重庆）研究院有限公司，其他四周当前暂无明确入驻产业及其他规划内容。

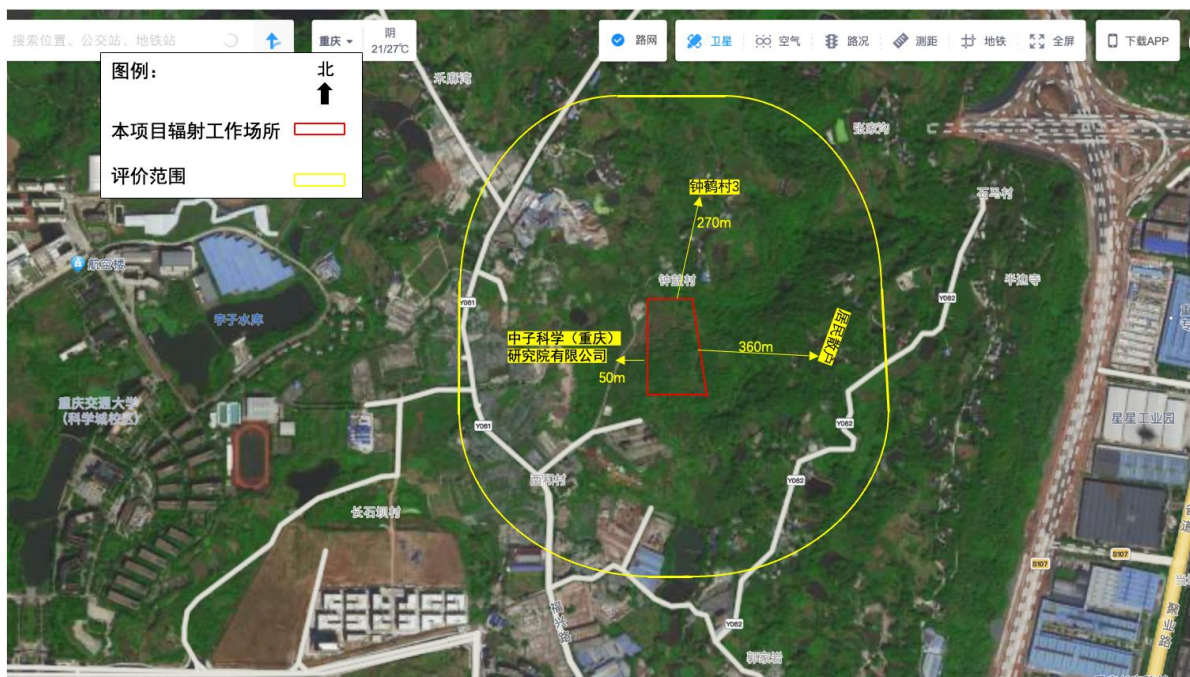


图 1-1 辐射环境影响评价范围和环境保护目标示意图

表 1-32 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		本项目场所内	/	职业照射、公众照射	约 200 人	瞬发辐射、气载流出物	职业照射：5mSv/a；公众照射：0.1 mSv/a
	西侧	中国科学（重庆）研究院有限公司	50	公众照射	约 200 人	气载流出物	0.1mSv/a
	东北侧	钟鹤村 3	240	公众照射	约 4 户	气载流出物	0.1mSv/a
	东侧	居民散户	360	公众照射	约 5 户	气载流出物	0.1mSv/a

1.6 非辐射评价范围和保护目标

1.6.1 大气环境影响评价等级及范围

依据《环境影响评价技术导则-大气环境》(HJ2.2-2018)中 5.3 节工作等级的确定方法，结合项目工程分析结果，选择正常排放的主要污染物及排放参数，

采用附录 A 推荐模型中的 AERSCREEN 模式计算项目污染源的最大环境影响，然后按评价工作分级判据进行分级。

(1) $P_{\max}$ 及 $D_{10\%}$ 的确定

依据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2008)中最大地面浓度占标率 P_i 定义如下：

$$P_i = \frac{C_i}{C_{oi}} 100\% \quad (\text{公式 1-1})$$

P_i ——第 i 个污染物的最大地面空气质量浓度占标率，%；

C_i ——采用估算模型计算出的第 i 个污染物的最大 1h 地面空气质量浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

C_{oi} ——第 i 个污染物的环境空气质量标准， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

(2) 评价等级判别表

评价等级按下表的分级判据进行划分。

表 1-33 评价等级判别表

评价工作等级	评价工作分级判据
一级评价	$P_{\max} \geq 10\%$
二级评价	$1\% \leq P_{\max} < 10\%$
三级评价	$P_{\max} < 1\%$

(3) 评级工作等级确定

表 1-34 $P_{\max}$ 和 $D_{10\%}$ 预测和计算结果一览表

序号	污染源名称	氯化氢	硫酸雾	氟化物	氮氧化物	非甲烷总烃	$D_{10\%}(\text{m})$
1	试剂配制间实验废气 G1	6.89	0.01	0.08	0.03	4.82	/
2	加速器一厂房放射性废气 G2	0	0	0	0.14	0	/
3	食堂油烟废气 G3	0	0	0	0	0.41	
4	加速器一生产厂房放射性	0.99	0	0.02	0.92	0.75	/

	药物生产线(无组织)						
5	各源最大值	6.89	0.01	0.08	0.92	4.82	/

综合以上分析，本项目 $P_{\max}$ 最大值为试剂配制间实验废气排放的氯化氢， $P_{\max}$ 值为 6.89%，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)分级判据，确定本项目大气环境影响评价工作等级为二级，不开展进一步预测。

评价范围：以项目厂址为中心，边长 5km 的矩形区域。

1.6.2 地表水环境影响评价等级及范围

项目污废水经预处理后排入九龙园区污水处理厂处理，属间接排放，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），本次地表水环境影响评价工作等级为三级 B，本环评作依托污水处理设施处理可行性和依托污水处理厂可行性分析。

1.6.3 地下水环境影响评价等级及范围

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）要求：“根据建设项目对地下水环境影响的程度，结合《建设项目环境影响评价分类管理名录》，将建设项目分为四类，I类、II类、III类建设项目的地下水环境影响评价应执行该标准，IV类建设项目不开展地下水环境影响评价。”

地下水环境敏感程度见下表。

表 1-35 地下水环境敏感程度分级表

敏感程度	地下水环境敏感特征
敏感	集中式饮用水源（包括已建成的在用、备用、应急水源，在建和规划的饮用水水源）准保护区；除集中式饮用水水源以外的国家或地方政府设定的与地下水环境相关的其它保护区，如热水、矿泉水、温泉等特殊地下水资源保护区。
较敏感	集中式饮用水源（包括已建成的在用、备用、应急水源，在建和规划的饮用水水源）准保护区以外的补给径流区；未划定准保护区的集中式饮用水源，其保护区以外的补给径流区；分散式饮用水水源地；特殊地下水资源（如矿泉水、温泉等）保护区以外的分布区等其他未列入上述敏感分级的环境敏感区。
不敏感	上述地区之外的其他地区。
注：“环境敏感区”是指《建设项目环境影响评价分类管理名录》中所界定的涉及地下水的环境敏感区。	

本项目所在区域为工业园区，居民用水为市政供水，供水管网完备。项目区内无城镇集中的大、中型供水源地和水源保护区，地下水未利用，无居民将井泉作为饮用水水源。项目地下水评价范围内不涉及地下水饮用水源等环境敏感区。因此，项目厂址区地下水环境敏感程度为“不敏感”。

建设项目地下水评价工作等级分级表见下表。

表 1-36 评价工作等级分级表

项目类别 环境敏感程度	I类项目	II类项目	III类项目
敏感	一	一	一
较敏感	一	二	三
不敏感	二	三	三

根据《环境影响评价技术导则-地下水环境》(HJ610-2016) 附表 A 地下水环境影响评价行业分类表，本项目为放射性原料药项目，项目工艺属于核与辐射项目，行业分类参照“医药-化学药品制造；生物、生化制品制造；单纯药品分装、复配；中成药制造、中药饮片加工；卫生材料及医药用品制造”，属于 I 类项目。地下水敏感程度为不敏感，地下水环境影响评价等级为二级。

地下水评价范围根据地表水系、分水岭、地形地貌和水文地质条件划定一个相对完整的水文地质单元，东至跳洞岩河，南至跳蹬河水库、三百梯水库及肖家河汇合处，西至童家石河，北至冷家河水库，约 16km²。

1.6.4 声环境影响评价等级及范围

本项目区域声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 3 类标准，项目建设前后评价范围内声环境保护目标噪声级增量在 3 dB(A)以下（不含 3 dB(A)），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) 的要求，确定本项目噪声评价等级为三级。评价范围为厂界外 200m 范围。

1.6.5 生态环境影响评价等级及范围

本项目位于工业园区，属于污染影响类建设项目，用地属于工业用地，位于已批准规划环评的产业园区且符合规划环评要求，不涉及生态敏感区，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），可不确定评价等级，直接进行生态影响简单分析。评价范围为项目占地范围为主。

1.6.6土壤环境影响评价等级及范围

本项目属于放射性同位素药项目，从生产工艺、土壤环境影响源、影响途径、影响识别等分析，项目属核与辐射建设项目，不适用于《环境影响评价技术导则 土壤环境》（HJ964-2018），因此项目重点以提出土壤环境防治措施为主，同时进行土壤环境影响途径分析。

1.6.7环境风险评价等级及范围

根据《建设项目环境风评价技术导则》（HJ169-2018），不适用于生态风险评价及核与辐射类建设项目的环境风险评价，考虑实验工艺部分涉及酸碱、有机溶剂等原辅料存放，参照导则开展环境风险评价，建设项目环境风险潜势划分为I、II、III、IV、IV⁺级，根据建设项目涉及的物质和工艺系统的危险性以及所在地的环境敏感程度，结合事故下的环境影响途径，按照表 1-37 确定环境风险潜势。

表 1-37 建设项目环境风险潜势划分

环境敏感程度(E)	危险物质及工艺系统危险性(P)			
	极高危害(P1)	高度危害(P2)	中度危害(P3)	轻度危害(P4)
环境高度敏感(E1)	IV ⁺	IV	III	III
环境中度敏感(E2)	IV	III	III	II
环境低度敏感(E3)	III	III	II	I
注：IV ⁺ 为极高环境风险				

本项目风险物质储存量与附录 B 规定的临界量之比 $q_i/Q_i=0.099<1$ ，未构成重大危险源，根据《建设项目环境风评价技术导则》（HJ169-2018），本项目的环境风险潜势直接判定为 I，对环境风险开展简单分析。

1.7 非放环境保护目标

1.7.1大气环境保护目标

本项目位于重庆高新区生命科技园 B 区巴福片区 Q18-1/05 地块，本项目评价范围内不涉及分散式饮用水源地、饮用水取水口，项目厂界周边 2.5km 范围内主要分布巴福镇、重庆交通大学（双福校区）等保护目标。

表 1-38 大气环境及环境风险保护目标

序号	名称	坐标（m）		保护对象	保护内容	环境功能区	相对厂址方位	相对厂界距离（m）	备注
		X	Y						
1	中国科学（重庆）研究院有限公司	-50	0	工作人员	约 200 人	三类区	W	50	/
2	钟鹤村 3	250	60	居民	约 7 户	三类区	NE	240	/
3	居民散户	350	-80	居民	约 5 户	三类区	E	360	/
4	巴福镇	200	-935	场镇居民、学校	约 1.0 万人	二类区	SW	960	/
5	巴福镇小学	60	-1089	在校师生	约 500 人	二类区	S	1085	/
6	巴福镇中学	-80	-1501	在校师生	约 1000 人	二类区	S	1487	/
7	巴福花园	-436	-1509	居民	约 500 人	二类区	S	1568	/
8	重庆能源职业学院	-2084	100	在校师生	约 1.0 万人	二类区	W	2113	/
9	李子湖畔	-2109	-40	居民	约 1000 人	二类区	SW	2109	/
10	祥瑞西城中心	-2047	-830	居民	约 1000 人	二类区	SW	2257	/
11	金科集美郡	-2048	-1248	居民	约 1500 人	二类区	SW	2409	/
12	福成医院	-2012	-1695	病人、工作人员	床位约 100 张	二类区	SW	2647	/
13	重庆交通大学	-815	-100	校内师生	约 1.2 万余人	二类区	W	803	/
14	西城新苑	1950	-80	居民	约 4000 人	二类区	SE	1914	/
15	天鹤村	20	1290	居民	约 600 人	二类区	N	1290	/

1.7.2 地表水环境保护目标

项目污水预处理后排入重庆九龙园区污水处理厂处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后，经跳蹬河水库、三百梯

水库排入肖家河，再经大溪河汇入长江。地表水保护目标主要包括跳蹬河水库、三百梯水库、肖家河、大溪河、长江等水体，其中跳蹬河水库、三百梯水库、肖家河未划定水域功能，大溪河、长江分别执行 V 类、III 类标准限值。

表 1-39 地表水环境保护目标

序号	保护目标	水体执行标准	方位	距离
1	跳蹬河水库	未划定水域功能	SE	3.7km
2	三百梯水库	未划定水域功能	S	4km
3	肖家河	未划定水域功能	SE	3.1km
4	大溪河	执行 V 类标准	S	6.6km
5	长江	III 类	E	11km

1.7.3地下水环境保护目标

本项目地下水评价范围内不涉及地下水饮用水水源保护区、分散式地下水井等保护目标。

1.7.4声环境保护目标

本项目厂界外 200m 内范围内散居农户均规划拆迁，无学校、养老院、医院、密集居民区等声环境保护目标。

1.7.5生态保护目标

项目距离白市驿城市花卉市级森林公园边界 5.7km，项目生态环境评价范围内不涉及自然保护区、风景名胜区、森林公园、重要湿地、重点保护与珍稀水生生物的栖息地、重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道、水产种质资源保护区等生态保护目标。

2 自然环境与社会环境状况

2.1 自然环境状况

2.1.1 地理位置

本项目所在地块位于重庆市高新区，与周边区域的联动作用较强，可达性较高。距离市中心、江北国际机场、重庆西站、规划中高铁枢纽及中西部航空枢纽等地点 30 分钟到 1 小时车程。区域交通承东启西，布局“2+4”客运枢纽，周边有成渝中线、兰渝、昆渝等 5 条高铁，渝自、渝华、渝遂三条城际铁路及 5 条市域铁路、35 座隧道贯穿东西、10 条轨道交通内畅外联。

2.1.2 地形地貌

重庆市地势由南北向长江河谷逐级降低，西北部和中部以丘陵、低山为主，东南部靠大巴山和武陵山两座大山脉，坡地较多，有“山城”之称。总的地势是东南部、东北部高，中部和西部低，由南北向长江河谷逐级降低。根据《重庆创新医用同位素项目工程地质勘察报告》（重庆市设计院有限公司，2023 年 5 月），拟建场地原始地貌为构造剥蚀浅丘地貌，场地呈现北高南低的态势，坡度 10-20°，局部大于 20°。场地现状标高 393-407m，相对高差 14m，场地内多为素填土，局部粉质粘土，堆积时间大于 10 年，现状边坡高度最大为 7m。

2.1.3 地质构造

（1）地质

根据《重庆创新医用同位素项目工程地质勘察报告》（重庆市设计院有限公司，2023 年 5 月），勘察深度范围内场地自上而下分别由覆盖层为第四系全新统的人工填土层(Q_4^{ml})和残坡积土层(Q_4^{el+dl})，下伏基岩为侏罗系中统沙溪庙组(J_2s)泥岩、砂岩。现将岩土特征简述如下：

① 第四系全新统 (Q_4) 土层

素填土 (Q_4^{ml})：主要由砂岩、泥岩块、碎石及粉质粘土构成，碎石骨粒棱角状，粒径 1-8cm，松散-稍密，均匀性差，稍湿，回填时间大于 5 年，回填方式为机械抛填，为周边道路及房屋修建抛填形成。层厚 0.3m~13.9m。

粉质粘土(Q_4^{el+dl})：黄褐色，多为可塑状，切面稍有光滑；干强度中等，韧性中等，无摇振反应，主要分布在场地北侧和南侧部分区域。钻探揭露厚度 0.6m~6.0m。

② 侏罗系中统沙溪庙组 (J_2s)

泥岩 (Ms)：紫红色、灰褐色，泥质结构，中厚层状构造，主要由粘土矿物组成，局部砂质含量较高，含砂岩团块、条带。分布于整个场地，为场地内主要岩性，最大厚度 30.9m。

砂岩 (Ss)：浅灰色、麻灰色，主要矿物成分为长石、石英，次为云母及暗色矿物，中粒结构，中厚-厚层状构造，层厚 2.3~21.3m，钙质胶结。强风化岩体发育风化裂隙，岩芯呈碎块、短柱状；中等风化带岩芯呈柱状、长柱状，岩质较硬。主要分布于场地北侧。钻孔揭露最大厚度 21.33m。

根据现场地质调查及钻探结果，场内及邻近未发现滑坡、危岩崩塌、泥石流等不良地质现象；也未见河道、沟浜、墓穴、防空洞等项目不利的埋藏物。

(2) 地震

根据《西彭组团 Q7-3/05、Q18-1/05 号地块场地 地震安全性评价报告》（重庆润银工程勘察设计有限公司，2023 年 8 月），区域地震空间分布不均匀，主要集中在工程场地的西南侧；区域内地震绝大多数震源深度分布在 1km~20km 范围内，地震活动深度总体较浅，属于浅源地震；近场区范围内未记录到破坏性地震，以中小地震活动为主，近场区内地震对工程场地的最大影响烈度为 V 度。

工程场地处在四川台坳内的川东陷褶束三级构造单元之中，地壳结构简单；区域新构造运动主要表现为大面积的整体间歇性抬升（或掀斜），未见明

显的差异活动，地壳相对稳定。本工程抗震设防烈度为 6 度，设计地震分组为第一组，设计基本地震加速度为 0.05g，本项目所在区域地壳结构简单未见明显的差异活动，地壳相对稳定。

2.1.4 气候特征

重庆属亚热带季风性湿润气候，年平均气温 16~18℃，最热月份平均气温 26~29℃，最冷月平均气温 4~8℃，采用候温法可以明显地划分四季，年平均降水量较丰富，大部分地区在 1000~1350 毫米，降水多集中在 5~9 月，占全年总降水量的 70%左右，春夏之交夜雨尤甚，素有“巴山夜雨”之说。

重庆年平均相对湿度多在 70%~80%，在中国属高湿区。年日照时数 1000~1400 小时，日照百分率仅为 25%~35%，为中国年日照最少的地区之一。主要气候特点可以概括为：冬暖春早，夏热秋凉，四季分明，无霜期长；空气湿润，降水丰沛；太阳辐射弱，日照时间短；多云雾，少霜雪；光温水同季，立体气候显著，气候资源丰富。本项目地块全年主导风向为东北东。

2.1.5 水文

（1）地表水

重庆的主要河流有长江、嘉陵江、乌江、涪江、綦江、大宁河、阿蓬江、酉水河等。长江干流自西向东横贯全境，流程长达 665 千米，横穿巫山三个背斜，形成著名的瞿塘峡、巫峡和湖北的西陵峡，即举世闻名的长江三峡；嘉陵江自西北而来，三折于渝中区入长江，乌江于涪陵区汇入长江，有沥鼻峡、温塘峡、观音峡，即嘉陵江小三峡。

项目所在区域内地表水多为稻田和鱼塘蓄水、井水、河流。除井水外，其余几种多属季节性水体，东南侧存在一条河流——张家河沟，其流量较小。

（2）地下水

根据工程地质勘察报告，本项目场地地下水主要为素填土层松岩类孔隙水及砂岩及泥岩基岩裂隙水类型。第四系松散层孔隙水主要赋存于第四系土层中，接受大气降雨的补给，大气降雨渗透后，经短途运移后向低洼处排泄。基

岩裂隙水包括基岩风化带网状裂隙水和碎屑岩类孔隙裂隙水。基岩风化带网状裂隙水主要分布在砂岩和泥岩的强风化带中，具有分布广，埋藏浅，径流途径短。由于地处丘陵区，地形坡度大，地表水径流条件和地下水排泄条件均较好，赋水条件差。泥岩裂隙相对不发育，成为相对隔水层，富水性好。勘察期间测到地下水水位，埋深 6-11.1m，水位高程多在 383.8-390.4m 之间。

2.1.6 植被、生物多样性

本项目区域内土壤类型有五个大类。即：水稻土、潮土、紫色土、石灰土、黄壤土。其中，水稻土和紫色土占全区土壤面积的 81.7%。这类土壤适合耕种，有利农作物和森林植被的生长。全区土地面积为 1131294.6 亩，其中耕地面积为 444668.4 亩，林地面积为 27779.1 亩，水域面积 53658.2 亩。

区内矿产资源储藏十分丰富，有煤、磷铁、硫铁、石灰石、石膏、天青石、方解石、白云石、砂石、石英砂、耐火粘土等，另外还有砂岩、河沙、卵石等。特别是非金属矿，品位高、储量大。其中，石灰石 20 亿吨，石膏 10 亿吨、煤上亿吨。

境内自然条件复杂，植被层次丰富，种类繁多。天然生长的森林植被有 7 个植被型。维管束植物有 198 科，776 属，1422 种。

2.2 社会环境概况

2.2.1 社会发展状况

截至 2023 年末，重庆高新区全区常住人口 63.82 万人[1]，其中，城镇常住人口 57.31 万人，常住人口城镇化率为 89.80%，比上年末提高 0.25 个百分点。

2.2.2 经济发展状况

2023 年，重庆高新区全年实现地区生产总值 764.43 亿元，比上年增长 8.3%。按产业分，第一产业增加值 4.96 亿元，增长 4.8%；第二产业增加值 496.13 亿元，增长 8.6%；第三产业增加值 263.35 亿元，增长 7.9%。三次产业结构比为 0.6:64.9:34.5。全年人均地区生产总值达到 119667 元，比上年增长 7.6%。民营经济增加值 307.23 亿元，增长 2.3%，占全区经济总量的 40.2%。

2.2.3文化教育

截至 2023 年末，重庆高新区共有博物馆 3 个，公共图书总藏量 8.19 万册。广播、电视覆盖率达 100%。全年送文化进基层 607 场次。新建 24 小时智慧书房 1 个。全年获国家级奖项 2 个，市级奖项 18 个，组织工作奖 2 个。

截至 2023 年末，重庆高新区共计学校 141 所（含幼儿园，不含高等学校），专任教师 6118 人。全年招生 25847 人，在校学生 99136 人，毕业生 21105 人。全年师生共获国家级奖项及荣誉称号 96 项、市级 838 项；教师获市级以上优质课竞赛、基本功大赛 313 项，其中国家级一等奖 56 项，市级特等奖、一等奖 197 项。

2.2.4医疗保健

截至 2023 年末，重庆高新技术产业开发区共有各级各类医疗卫生机构 321 个。其中，医院 15 个，乡镇卫生院 7 个，社区卫生服务中心（服务站）6 个，门诊部 23 个，村卫生室 30 个。全区共有医疗卫生机构床位 3008 张。全区共有卫生技术人员 3368 人。其中，执业（助理）医师 1568 人，注册护师（护士）1800 人。

截至 2023 年末，重庆高新技术产业开发区有各类收养性社会福利单位（含敬老院）22 个，床位数 1094 张。农村集中、分散特困供养人数 553 人。民政部门救助临时困难群众 590 人，发放困难救助金 485 万元。重大节日慰问困难群众 6379 人次，发放慰问金 104 万元。全区福彩电脑投注站 110 个，销售福利彩票 1.15 亿元，比上年增长 39.14%。

2.3 环境质量和辐射现状

2.3.1辐射环境现状监测

中国原子能科学研究院于 2023 年 4 月对拟建场址及周边进行了辐射现场监测和环境样品取样实验室分析（见附件 5），并于 2023 年 9 月、10 月分别委托中国原子能科学研究院和重庆市辐射环境监督管理站对项目周围环境样品进行了补充监测（见附件 6-附件 8）。

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，本次辐射环境现状调查选取的监测对象为外照射、底泥、气溶胶、土壤和地表水。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	环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率
		中子剂量当量率
2	气溶胶	^{131}I 、 ^7Be 、 ^3H 、总 α 、总 β 活度浓度
3	地表水	^3H 、 ^7Be 、 ^{223}Ra 、 ^{68}Ge 、 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 、总 α 、总 β 活度浓度
4	底泥	^{223}Ra 、 ^{68}Ge 、 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 、总 α 、总 β 活度浓度
5	土壤	^7Be 、 ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{223}Ra 、 ^{68}Ge 、 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、总 α 、总 β 活度浓度
6	地下水	^3H 、 ^7Be 、 ^{223}Ra 、 ^{68}Ge 、 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、总 α 、总 β 活度浓度
备注：1.本项目目标核素 Ac-225 及 Sr-82 目前监测方法无法实现，本次监测不涉及。 2.地表水和地下水中监测核素主要考虑射线装置活化冷却水中关键核素 ^3H 、 ^7Be 以及非密封放射性物质工作场所中废液中暂存后半衰期较长、活度较大且当前可实现监测的核素： ^{223}Ra 、 ^{68}Ge 、 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 。 3.土壤中监测核素主要考虑射线装置的影响的关键核 ^7Be 、 ^{22}Na 、 ^{54}Mn ，以及非密封放射性物质工作场所中废液中暂存后半衰期较长、活度较大且当前可实现监测的核素： ^{223}Ra 、 ^{68}Ge 、 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr ； 4.鉴于本项目气溶胶中涉及 I-131，I-131 作为易挥发核素且属于国内环境气溶胶中常规监测核素，因此将 I-131 作为本项目气溶胶中的监测项目中的特征核素之一。		

2.3.1.2 监测点位

本项目各监测点位示意图见图 2-1~图 2-4。

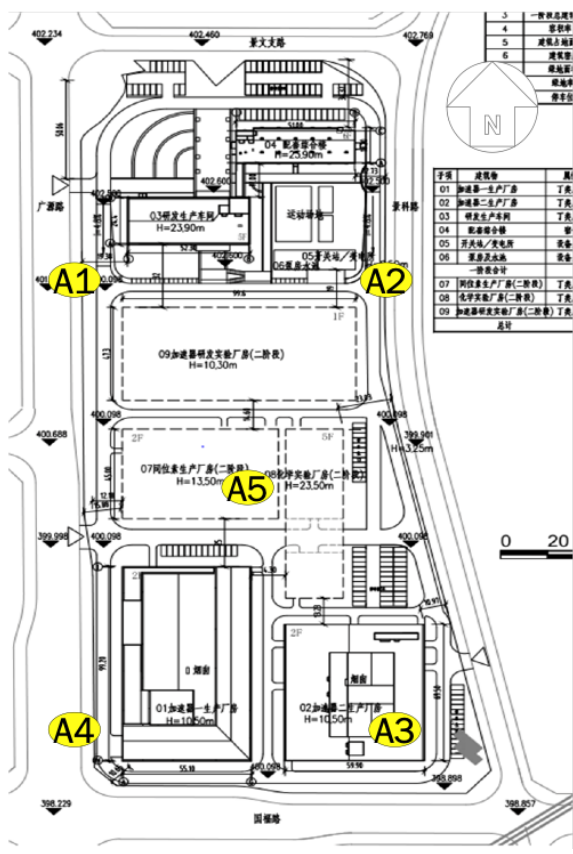


图 2-1 拟建场址工作场所外照射监测点位示意图



图例： 拟建场址周围环境监测点位： ①

图 2-2 拟建场址周围环境外照射监测点位示意图



图 2-3 拟建场址周围环境介质样品取样点位示意图-1



图 2-4 拟建场址周围环境介质样品取样点位示意图-2

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

仪器名称	型号	出厂编号	主要技术性能指标	检定有效日期
辐射测量仪	FH40G+ FHZ672 E-10	024979 +0810	测量范围：10nGy/h~100μGy/h； 能量范围：48keV~6MeV； 相对响应之差：<±15%。 校准因子 1.14	2023 年 8 月 23 日
中子周围当量剂量率仪	LB6411+LB123	178982- 4092+1501	能量范围：热中子~20MeV 相对误差≤6.0%	2024 年 1 月 2 日
低本底 α、β 测量仪	BH1227	2020-022	探测效率：α≥80%； β≥50%。	2024 年 3 月 18 日
高纯锗 γ 谱仪	BE3830P	13490	分辨力 3keV 相对误差≤10.0%	2025 年 3 月 22 日
液闪谱仪	Quantulus 1220	2200266	相对误差≤4.0% 短期稳定性 0.1% 重复性 0.4%	2024 年 10 月 23 日
液闪谱仪	Quantulus 1220	3550	DLhd2023~02014	
流气式低本底 α/β 测量仪	MPC9604	21252570	DLhd2022-02412	
高纯锗 γ 谱仪	GEM-C7080- LB-C-HJ	58-P43199A	DLhd2023-02017	
高纯锗 γ 谱仪	GEM-C65-LB-C	61-P43537B	DLhd2022-02393	

2.3.1.4 监测方法

本次检测方法详见表 2-3。

表 2-3 监测方法

序号	监测对象	监测方法	标准依据
1	γ 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；	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》（GB/T 11713-2015）； 《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 16145-2022）； 《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 16140-2018）； 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； 《水质总 α 放射性的测定厚源法》（HJ 898-2017）； 《水质总 β 放射性的测定厚源法》（HJ 899-2017）； 《水中氚的分析方法》（HJ 1126-2020）；
2	环境样品	在场址周围进行气溶胶、土壤、水样和底泥样品的获取，送实验室按照	

		国家标准或行业标准进行核素分析。	《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(WS/T 184-2017); 《水中总 α 放射性浓度的测定厚源法》(EJ/T1075-1998); 《水中总 β 放射性测定 蒸发法》(EJ/T900-1994)。
--	--	------------------	---

2.3.1.5 监测结果

2.3.1.5.1 外照射

γ 辐射剂量率和中子周围当量剂量率监测结果见表 2-4。

表 2-4 监拟建厂址及周围环境外照射监测结果

监测 点位	场所	点位描述	γ^* nGy/h	n nSv/h
A1	拟建厂址	拟建场址西北侧	55.9±1.4	<LLDn
A2		拟建场址东北侧	52.7±1.3	<LLDn
A3		拟建场址东南侧	55.4±0.2	<LLDn
A4		拟建场址西南侧	60.8±1.1	<LLDn
A5		拟建场址中心	49.9±0.8	<LLDn
1	周围环境	钟鹤村 1 (距离 100m 内, 15 户散户, 规划拆迁)	41.8±1.0	<LLDn
2		拟建场址北侧 500m (长天路, 路边居民散户待拆迁)	47.8±2.4	<LLDn
3		钟鹤村 3 (10 户, 规划拆迁)	45.7±0.6	<LLDn
4		源冠建材公司 (已拆迁)	46.0±1.1	<LLDn
5		大钟鼓居民散户 (钟鹤村 2, 已拆迁)	50.4±1.5	<LLDn
6		拟建场址西南侧 500m (福兴苑小区, 已拆迁)	55.2±1.7	<LLDn
7		重庆科鹏工贸有限公司 (已拆迁)	54.9±1.7	<LLDn
8		源冠建材公司	51.5±0.6	<LLDn
9		巴福镇敬老院 (规划拆迁)	37.3±0.9	<LLDn
10		大林湾小区 (已拆迁)	46.9±0.9	<LLDn
11		拟建场址南侧 500m (重庆成吉思机械制造有限公司, 待拆迁)	59.1±2.4	<LLDn
12		居民散户 (已拆迁)	51.7±0.5	<LLDn
13		曲石路东侧散户 (规划拆迁)	37.5±0.2	<LLDn

注: *监测结果已扣除宇宙射线响应值; LLDn=0.05 μ Sv/h。

由表 2-4 可知, 拟建厂址及周围环境 γ 辐射剂量率监测结果在 37.3nGy/h~60.8nGy/h 范围内, 中子周围当量剂量率监测结果均小于仪表探测限。根据《2022 年全国辐射环境质量报告》(中华人民共和国生态环境部, 2023 年), 重庆市 2022 年环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率小时均值范围在 54.0~87.2nGy/h 之间。因此, 本项目拟建场址及周围环境地表 γ 辐射剂量率水平在重庆市环境地

表 γ 辐射空气吸收剂量率正常涨落范围内,项目周围环境的辐射环境质量现状无异常。

2.3.1.5.2 土壤

土壤样品分析测量结果见表 2-5 和表 2-6。土壤总 α 分析结果在 (2.95~3.90) E+02 Bq/kg, 总 β 分析结果在 (1.04~1.21) E+03 Bq/kg, ^{223}Ra 分析结果在小于探测限~1.27E+01 Bq/kg, ^{90}Sr 分析结果在小于探测限~9.32E-01 Bq/kg, ^{210}Pb 在小于探测限~6.24E+01 Bq/kg, ^{68}Ge 、 ^7Be 、 ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{137}Cs 分析结果均小于仪表探测限,根据《重庆市环境质量报告书(2006—2010 年)》(重庆市环境保护局,2011 年 3 月),2006 年重庆市土壤中总 α 活度浓度为 600Bq/kg,总 β 活度浓度为 1020 Bq/kg。因此,本项目拟建场址土壤中总 α 、总 β 活度浓度在重庆市土壤放射性正常本底波动范围内。

表 2-5 拟建场址四周土壤样品分析结果

样品编号	样品名称	检测项目	结果
1	重庆创新医用拟建场址中心土壤	^{223}Ra	$\leq \text{MDC}=3.6\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		^{68}Ge	$\leq \text{MDC}=9.4\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		^7Be	$\leq \text{MDC}=3.2\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		^{22}Na	$\leq \text{MDC}=6.4\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$
		^{54}Mn	$\leq \text{MDC}=4.2\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$
		总 α	$(3.39\pm 0.33) \text{ E}+02 \text{ Bq/kg}$
		总 β	$(1.04\pm 0.02) \text{ E}+03 \text{ Bq/kg}$
2	重庆创新医用拟建场址北侧土壤	^{223}Ra	$\leq \text{MDC}=4.8\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		^{68}Ge	$\leq \text{MDC}=1.4\text{E}+01 \text{ Bq/kg}$
		^7Be	$\leq \text{MDC}=4.0\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		^{22}Na	$\leq \text{MDC}=8.6\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$
		^{54}Mn	$\leq \text{MDC}=5.8\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$
		总 α	$(3.71\pm 0.26) \text{ E}+02 \text{ Bq/kg}$
		总 β	$(1.21\pm 0.02) \text{ E}+03 \text{ Bq/kg}$
3	重庆创新医用拟建场址西侧土壤	^{223}Ra	$\leq \text{MDC}=4.9\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		^{68}Ge	$\leq \text{MDC}=1.4\text{E}+01 \text{ Bq/kg}$
		^7Be	$\leq \text{MDC}=4.7\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		^{22}Na	$\leq \text{MDC}=8.9\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$

		^{54}Mn	$\leq \text{MDC}=6.0\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$
		总 α	$(3.59\pm 0.26) \text{ E}+02 \text{ Bq/kg}$
		总 β	$(1.20\pm 0.02) \text{ E}+03 \text{ Bq/kg}$
4	重庆创新医用拟建场址南侧土壤	^{223}Ra	$\leq \text{MDC}=2.9\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		^{68}Ge	$\leq \text{MDC}=7.9\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		^7Be	$\leq \text{MDC}=2.4\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		^{22}Na	$\leq \text{MDC}=5.1\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$
		^{54}Mn	$\leq \text{MDC}=3.3\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$
		总 α	$(3.84\pm 0.27) \text{ E}+02 \text{ Bq/kg}$
		总 β	$(1.16\pm 0.02) \text{ E}+03 \text{ Bq/kg}$
5	重庆创新医用拟建场址东侧土壤	^{223}Ra	$\leq \text{MDC}=3.0\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		^{68}Ge	$\leq \text{MDC}=8.5\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		^7Be	$\leq \text{MDC}=2.4\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		^{22}Na	$\leq \text{MDC}=5.7\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$
		^{54}Mn	$\leq \text{MDC}=3.6\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$
		总 α	$(3.14\pm 0.27) \text{ E}+02 \text{ Bq/kg}$
		总 β	$(1.10\pm 0.02) \text{ E}+03 \text{ Bq/kg}$

表 2-6 拟建场址周围环境土壤样品分析结果

样品编号		检测项目	结果
1	拟建场址东北侧 张家沟地表土	总 α	$(3.65\pm 0.25)\text{E}+02 \text{ Bq/kg}$
		总 β	$(1.15\pm 0.02)\text{E}+03 \text{ Bq/kg}$
		Sr-90	$(9.32\pm 0.70)\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$
		Be-7	$\leq \text{MDC}=2.8\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		Ra-223	$(1.27\pm 0.19)\text{E}+01 \text{ Bq/kg}$
		Pb-210	$(6.24\pm 0.94)\text{E}+01 \text{ Bq/kg}$
		Ge-68	$\leq \text{MDC}=8.6\text{E}+00 \text{ Bq/kg}$
		Cs-137	$\leq \text{MDC}=8.3\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$
		Na-22	$\leq \text{MDC}=3.1\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$
		Mn-54	$\leq \text{MDC}=2.2\text{E}-01 \text{ Bq/kg}$
2		总 α	$(3.90\pm 0.25)\text{E}+02 \text{ Bq/kg}$

样品编号		检测项目	结果
	重庆交通大学东 侧地表土	总 β	(1.12±0.02)E+03 Bq/kg
		Sr-90	≤MDC=3.0E-01 Bq/kg
		Be-7	≤MDC=1.9E+00 Bq/kg
		Ra-223	≤MDC=5.0E+00 Bq/kg
		Pb-210	≤MDC=9.1E+00 Bq/kg
		Ge-68	≤MDC=6.7E+00 Bq/kg
		Cs-137	≤MDC=5.7E-01 Bq/kg
		Na-22	≤MDC=1.5E-01 Bq/kg
		Mn-54	≤MDC=3.9E-01 Bq/kg
3	厂区北侧边界 (钟鼓村)地表 土	总 α	(2.95±0.23)E+02 Bq/kg
		总 β	(1.04±0.02)E+03 Bq/kg
		Sr-90	(3.51±0.72)E-01 Bq/kg
		Be-7	≤MDC=3.7E+00 Bq/kg
		Ra-223	≤MDC=8.1E+00 Bq/kg
		Pb-210	≤MDC=9.7E+00 Bq/kg
		Ge-68	≤MDC=9.5E+00 Bq/kg
		Cs-137	≤MDC=6.9E-01 Bq/kg
		Na-22	≤MDC=2.8E-01 Bq/kg
		Mn-54	≤MDC=5.3E-01 Bq/kg

2.3.1.5.3 底泥

底泥样品分析测量结果见表 2-7。监测结果表明，底泥总 α 分析结果为 2.24E+02~3.80E+02 Bq/kg，总 β 分析结果为 8.49E+02~1.53 E+03 Bq/kg， ^{210}Pb 在小于探测限~7.06E+01 Bq/kg， ^{223}Ra 、 ^{68}Ge 、 ^{137}Cs 分析结果均小于仪表探测限。

表 2-7 底泥样品分析结果

样品编号		检测项目	结果
1	拟建建场址东北侧 地表水底泥	Ra-223	≤MDC=2.3E+00 Bq/kg
		Ge-68	≤MDC=7.1E+00 Bq/kg

		总 α	(3.51±0.30) E+02 Bq/kg
		总 β	(1.14±0.02) E+03 Bq/kg
2	拟建场址东北侧张家沟底泥	总 α	(2.24±0.21)E+02 Bq/kg
		总 β	(8.49±0.16)E+02 Bq/kg
		Ra-223	≤MDC=6.8E+00 Bq/kg
		Pb-210	≤MDC=7.5E+00 Bq/kg
		Ge-68	≤MDC=8.4E+00 Bq/kg
		Cs-137	≤MDC=6.8E-01 Bq/kg
3	重庆交通大学东侧底泥	总 α	(3.56±0.26)E+02 Bq/kg
		总 β	(1.26±0.02)E+03 Bq/kg
		Ra-223	≤MDC=2.0E+00 Bq/kg
		Pb-210	(7.06±1.06)E+01 Bq/kg
		Ge-68	≤MDC=6.7E+00 Bq/kg
		Cs-137	≤MDC=6.0E-01 Bq/kg
4	肖家河上游 500m 底泥	总 α	(3.80±0.27)E+02 Bq/kg
		总 β	(1.52±0.02)E+03 Bq/kg
		Ra-223	≤MDC=2.0E+00 Bq/kg
		Pb-210	≤MDC=9.9E+00 Bq/kg
		Ge-68	≤MDC=8.5E+00 Bq/kg
		Cs-137	≤MDC=7.4E-01 Bq/kg
备注：场址东南侧水样取样处底泥不可取，肖家河下游水样取样处底泥不可取			

2.3.1.5.4 地表水

拟建场址地表水样品中放射性分析测量结果见表 2-8。水样总 α 分析结果在小于探测限~4.18E-02 Bq/L，地表水体总 β 分析结果在 1.70 E-01 Bq/L~2.57E-01 Bq/L，根据《2022 重庆市辐射环境质量报告书》，重庆市主要河流总 α 监测结果为 0.014~0.057 Bq/L，重庆市主要河流总 β 监测结果 0.076~0.175Bq/L，本项目周围地表水体监测结果在当地监测范围的正常涨落范围内。项目南侧监测点

位为养殖池塘其总 β 为 $1.73 \text{ E}+00\text{Bq/L}$, ^3H , ^7Be 、 ^{223}Ra 、 ^{68}Ge 、 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 分析结果均小于仪表探测限。另外根据《2022 重庆市辐射环境质量报告书》, ^{90}Sr 全市主要江河流域监测结果为 $1.13\sim 4.66\text{mBq/L}$, 以此数据作为本项目地表水中 ^{90}Sr 的本底水平。

表 2-8 水样样品分析结果

样品编号	样品名称	检测项目	结果
1	重庆创新医用拟建厂址东北侧水	^{223}Ra	$\leq \text{MDC}=1.4\text{E}+00 \text{ Bq/L}$
		^{68}Ge	$\leq \text{MDC}=6.5\text{E}+00 \text{ Bq/L}$
		^7Be	$\leq \text{MDC}=1.3\text{E}+00 \text{ Bq/L}$
		^3H	$< \text{MDC}=2.0 \text{ Bq/L}$
		总 α	$(3.59\pm 0.98) \text{ E-02 Bq/L}$
		总 β	$(2.75\pm 0.07) \text{ E-01 Bq/L}$
2	重庆创新医用拟建厂址南侧（养殖池塘）	^{223}Ra	$\leq \text{MDC}=2.4\text{E}+00 \text{ Bq/L}$
		^{68}Ge	$\leq \text{MDC}=9.4\text{E}+00 \text{ Bq/L}$
		^7Be	$\leq \text{MDC}=2.3\text{E}+00 \text{ Bq/L}$
		^3H	$< \text{MDC}=2.1 \text{ Bq/L}$
		总 α	$< \text{MDC}=5.4\text{E-02 Bq/L}$
		总 β	$(1.73\pm 0.03) \text{ E}+00 \text{ Bq/L}$
3	拟建场址东北侧张家沟地表水	总 α	$(2.71\pm 0.79)\text{E-02 Bq/L}$
		总 β	$(2.57\pm 0.07)\text{E-01 Bq/L}$
		Be-7	$\leq \text{MDC}=1.4\text{E-02 Bq/L}$
		Ra-223	$\leq \text{MDC}=1.8\text{E-02 Bq/L}$
		Pb-210	$\leq \text{MDC}=8.4\text{E-02 Bq/L}$
		Ge-68	$\leq \text{MDC}=4.9\text{E-02 Bq/L}$
		Cs-137	$\leq \text{MDC}=2.2\text{E-03 Bq/L}$
4	重庆交通大学东侧地表水	总 α	$(2.22\pm 0.80)\text{E-02 Bq/L}$
		总 β	$(2.31\pm 0.09)\text{E-01 Bq/L}$
		Be-7	$\leq \text{MDC}=1.2\text{E-02 Bq/L}$
		Ra-223	$\leq \text{MDC}=1.5\text{E-02 Bq/L}$
		Pb-210	$\leq \text{MDC}=6.9\text{E-02 Bq/L}$
		Ge-68	$\leq \text{MDC}=4.8\text{E-02 Bq/L}$
		Cs-137	$\leq \text{MDC}=2.0\text{E-03 Bq/L}$
5	肖家河上游 500m 地表水	总 α	$(2.01\pm 0.71)\text{E-02 Bq/L}$
		总 β	$(1.70\pm 0.07)\text{E-01 Bq/L}$
		Be-7	$\leq \text{MDC}=1.7\text{E-02 Bq/L}$
		Ra-223	$\leq \text{MDC}=1.7\text{E-02 Bq/L}$

样品编号	样品名称	检测项目	结果
		Pb-210	≤MDC=8.0E-02 Bq/L
		Ge-68	≤MDC=4.7E-02 Bq/L
		Cs-137	≤MDC=2.3E-03 Bq/L
6	肖家河下游 500m 地表水	总 α	(4.18±1.03)E-02 Bq/L
		总 β	(2.44±0.08)E-01 Bq/L
		Be-7	≤MDC=2.5E-02 Bq/L
		Ra-223	≤MDC=3.1E-02 Bq/L
		Pb-210	≤MDC=8.0E-02 Bq/L
		Ge-68	≤MDC=7.0E-02 Bq/L
		Cs-137	≤MDC=3.4E-03 Bq/L

2.3.1.5.5 地下水

拟建场址周围地下水样品中放射性分析测量结果见表 2-9。水样总 α 分析结果 2.65E-02~7.19E-02 Bq/L，总 β 分析结果在 4.70E-01~5.25 E-01Bq，根据《2022 年全国辐射环境质量报告》，全国地下水总 α 监测结果范围为 0.01~0.14Bq/L，总 β 监测结果范围为 0.02~0.28 Bq/L，本项目周围地下水体中总 α 和总 β 监测结果在全国监测范围的正常涨落范围内。取样点 1 的 ^3H 为 0.864 Bq/L，取样点 2 的 ^3H < 0.856Bq/L、 ^7Be 的测量结果小于 1.39 Bq/L、 ^{223}Ra 测量结果小于 1.04 Bq/L、 ^{68}Ge 测量结果小于 4.52 Bq/L、 ^{210}Pb 测量结果小于 1.83 Bq/L、 ^{137}Cs 测量结果小于 0.15 Bq/L、取样点 1 的 ^{90}Sr 测量结果为 1.93 mBq/L，取样点 2 ^{90}Sr 测量结果为 1.62 mBq/L。

表 2-9 水样样品分析结果

样品编号	样品名称	检测项目	结果
1	高新区巴福场镇	^7Be	<1.46 Bq/L
		^{137}Cs	<0.150 Bq/L
		^{210}Pb	<1.90 Bq/L
		^3H	0.864 Bq/L
		^{223}Ra	<1.04 Bq/L
		^{68}Ge	<4.84 Bq/L
		^{90}Sr	1.93m Bq/L
		总 α	7.19E-02Bq/L
2	高新区巴福中学	总 β	4.70E-01Bq/L
		^7Be	<1.39 Bq/L
		^{137}Cs	<0.133Bq/L

样品编号	样品名称	检测项目	结果
		^{210}Pb	$<1.83 \text{ Bq/L}$
		^3H	0.864 Bq/L
		^{223}Ra	$<1.19 \text{ Bq/L}$
		^{68}Ge	$<4.52 \text{ Bq/L}$
		^{90}Sr	1.62mBq/L
		总 α	$2.65\text{E-}02\text{Bq/L}$
		总 β	$5.25 \text{ E-}01\text{Bq/L}$

2.3.1.5.6 气溶胶

拟建场址气溶胶样品中放射性分析测量结果见表 2-10。总 α 分析结果在 $8.04\text{E-}05\sim 2.34\text{E-}04\text{Bq/m}^3$ 范围内，总 β 分析结果在 $7.91\text{E-}04\sim 1.26\text{E-}03\text{Bq/m}^3$ 范围内， ^3H 分析结果在小于 $1.45\text{E-}02 \text{ Bq/m}^3$ ， ^7Be 分析结果在 $(1.16\sim 1.35) \text{ E-}02\text{Bq/m}^3$ 范围内、 ^{131}I 分析结果均小于仪表探测限。

表 2-10 气溶胶样品分析结果

序号	取样点位	项目	测量结果, Bq/m^3
1	张家沟村 1 号点位	^{131}I	$\leq \text{MDC}=3.5\text{E-}05$
		^7Be	$(1.16\pm 0.18)\text{E-}02$
		总 α	$(2.18\pm 0.07)\text{E-}04$
		总 β	$(9.07\pm 0.07)\text{E-}04$
2	拟建场址北侧钟鼓村 2 号点位	^{131}I	$\leq \text{MDC}=3.3\text{E-}05$
		^3H	$<1.58\text{E-}02$
		^7Be	$(1.18\pm 0.18)\text{E-}02$
		总 α	$(2.34\pm 0.09)\text{E-}04$
		总 β	$(1.26\pm 0.01)\text{E-}03$
3	拟建场址西南侧 3 号点位	^{131}I	$\leq \text{MDC}=3.1\text{E-}05$
		^3H	$<1.45\text{E-}02$
		^7Be	$(1.34\pm 0.20)\text{E-}02$
		总 α	$(1.67\pm 0.07)\text{E-}04$
		总 β	$(7.91\pm 0.07)\text{E-}04$
4	重庆交通大学东侧 4 号点位	^{131}I	$\leq \text{MDC}=3.8\text{E-}05$
		^7Be	$(1.35\pm 0.20)\text{E-}02$
		总 α	$(8.04\pm 0.78)\text{E-}05$
		总 β	$(1.15\pm 0.01)\text{E-}03$

2.3.2 环境空气质量现状监测

2.3.2.1 区域环境空气达标区判定

本次评价引用《2022 年重庆市生态环境状况公报》九龙坡区以及大气环境影响评价范围涉及的江津区环境质量状况的监测数据，本项目所在的区域为环境空气二类功能区，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、CO、O₃ 年均浓度值及污染指数统计结果见下表。

表 2-11 2022 年九龙坡区环境空气质量状况

污染物	年评价指标	现状浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	标准值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	最大浓度 占标率	达标 情况
SO ₂	年日均值	8	60	13.3%	达标
NO ₂		39	40	97.5%	达标
PM ₁₀		50	70	71.4%	达标
PM _{2.5}		34	35	97.1%	达标
CO	24h 平均值	1400	4000	35.0%	达标
O ₃	日最大 8h 平均值	154	160	96.3%	达标

表 2-12 2022 年江津区环境空气质量状况

污染物	年评价指标	现状浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	标准值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	最大浓度 占标率	达标 情况
SO ₂	年日均值	14	60	23.3%	达标
NO ₂		32	40	80.0%	达标
PM ₁₀		57	70	81.4%	达标
PM _{2.5}		36	35	102.9%	不达标
CO	24h 平均值	900	4000	22.5%	达标
O ₃	日最大 8h 平均值	155	160	96.9%	达标

根据以上数据分析，项目所在九龙坡区 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、CO、O₃ 满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中二级标准，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018），本项目占地所在区域为环境空气质量达标区，评价范围涉及的江津区属于不达标区。

2.3.2.2 特征评价因子

本项目实验室涉及氯化氢、硫酸雾、氮氧化物、氟化物、非甲烷总烃，本次评价非甲烷总烃、氯化氢、硫酸雾、非甲烷总烃数据引用《高新区生命科技园 A、B、C 区环境影响评价监测》中监测数据。

(1) 引用监测布点、因子及频率

表 2-13 环境空气监测点位置及监测因子

点位编号	点位名称	监测因子	监测时间/频率
Q2	重庆交通大学（双福校区）	氟化物、氯化氢、硫酸雾、非甲烷总烃	2023 年 5 月 11 日~17 日，连续监测 7 天，监测小时值。
Q3	巴福镇（巴福小学）		

(2) 评价方法

采用最大占标率对环境空气质量现状进行评价。

公式如下： $P_i = C_i / C_{0i} * 100\%$

式中： P_i —第 i 种污染物的占标率，%；

C_i —第 i 种污染物的实测浓度（ mg/m^3 ）；

C_{0i} —第 i 种污染物的评价标准值（ mg/m^3 ）。

(3) 监测结果

环境空气现状监测及评价结果见表 2-14。

表 2-14 环境空气质量现状监测及评价结果 单位： mg/m^3

监测点	监测项目	监测时间	小时浓度值范围（ mg/m^3 ）	最大浓度占标率/%	标准值（ ug/m^3 ）
Q2 重庆交通大学（双福校区）	氟化物	2023 年 5 月 11 日~17 日	0.0007~0.011	55	20
	氯化氢		未检出	-	50
	硫酸		0.005~0.016	5.33	300
	非甲烷总烃		0.11~0.95	47.5	$2.0\text{mg}/\text{m}^3$
Q3 巴福镇（巴福小学）	氟化物	2023 年 5 月 11 日~17 日	0.0007~0.01	50	20
	氯化氢		未检出	-	50
	硫酸		0.005~0.009	3	300
	非甲烷总烃		0.14~0.81	40.5	$2.0\text{mg}/\text{m}^3$

由表 4-3 可知：项目所在区域监测点位非甲烷总烃 1 小时平均浓度最大值为 $0.95\text{mg}/\text{m}^3$ ，最大占标率 47.5%，满足参照执行的河北省地方标准《环境空气质量非甲烷总烃限值》（DB13/1577-2012）。

监测点中氯化氢未检出，硫酸 1 小时平均浓度最大值为 0.016mg/m³，最大占标率 5.33%，氟化物 1 小时平均浓度最大值为 0.011mg/m³，最大占标率 55%；满足《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）附录 D 其他污染物空气质量浓度参考限值。

2.3.3 地表水环境质量现状监测

本项目所在区域属于大溪河流域，大溪河最后进入长江，本项目废水进入九龙工业园区污水处理厂，废水处理后排入肖家河，经大溪河流入长江，下游长江监测断面为丰收坝断面。根据重庆市生态环境局发布的 2022 年 1 月至 2023 年 3 月重庆市水环境质量状况。长江丰收坝断面水质类别为Ⅱ类。根据《重庆高新区生命科技园 A 区、B 区规划环境影响报告书》，本项目所在大溪河流域区域水质管理目标为 V 类，本次评价引用《重庆高新区生命科技园 A 区、B 区规划环境影响报告书》中“惠源（检）字〔2023〕第 WT828 号”中对大溪河的监测数据，监测时间未超过 3 年，周边环境现状未发生较大的变化，引用有效，详见下表。

表 2-15 监测断面设置情况一览表

地表水体	监测断面编号	采样断面	监测因子	监测频次	监测时间	备注
大溪河	F3	支流汇入大溪河口上游	水温、pH 值、溶解氧、氨氮、化学需氧量、五日生化需氧量、总磷、粪大肠菌群、六价铬、汞、镉、砷、铅、硒、石油类、高锰酸盐指数、铜、锌、氟化物、氰化物、挥发酚、硫化物、阴离子表面活性剂	1 天 1 次，连续监测 3 天	2023.5.13~2023.5.15	引用惠源（检）字〔2023〕第 WT828 号
	F4	支流汇入大溪河口下游 2000m				

地表水评价采用单因子指数法对项目地表水水质现状进行评价，评价模式如下：

（1）一般水质因子

$$Si, j = Cij / Csi \quad (\text{公式 2-1})$$

式中：Si, j-污染物在 j 监测点处的单项污染指数；

Ci, j-污染物在 j 监测点处的实测浓度（mg/L）；

C_{si} -污染物的评价标准值 (mg/L)。

(2) pH 评价模式

当 $pH_j \leq 7.0$ $S_{pH, j} = (7.0 - H_j) / (7.0 - H_{sd})$

当 $pH_j > 7.0$ $S_{pH, j} = (pH_j - 7.0) / (pH_{su} - 7.0)$ 式中,

$S_{pH, j}$ -pH 的单项污染指数;

pH_j -pH 值实测值;

pH_{su} -地表水水质标准中规定的 pH 值上限;

pH_{sd} -地表水水质标准中规定的 pH 值下限

表 2-16 地表水环境质量监测统计与评价结果

监测项目 监测点位	指标	水温	pH	DO	氨氮	COD	BOD ₅	TP	粪大肠菌群	六价铬	汞	镉	砷
V 类	单位	°C	无量纲	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	MPN/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	标准值	/	6~9	≥2	≤2.0	≤40	≤10	≤0.4	40000	≤0.05	≤0.001	≤0.01	≤0.1
	最大超标倍数	/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F3	最小值	22.7	8.0	7.08	0.082	17	3.7	0.15	1100	0.004 L	5×10^{-5}	2.5×10^{-4} L	1.2×10^{-3}
	最大值	23.8	8.1	7.84	0.092	20	3.9	0.15	1800	0.004 L	8×10^{-5}	2.5×10^{-4} L	1.7×10^{-3}
	最大 Si 值	/	0.55	0.28	0.046	0.5	0.39	0.375	0.045	/	0.08	/	0.017
	最大超标倍数	/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F4	最小值	23.1	8.1	8.27	0.155	17	3.5	0.14	2000	0.004 L	6×10^{-5}	2.5×10^{-4} L	1.3×10^{-3}
	最大值	24.2	8.3	9.64	0.180	18	3.6	0.18	2400	0.004 L	7×10^{-5}	2.5×10^{-4} L	2.1×10^{-3}

	最大 Si 值	/	0.65	0.24	0.9	0.45	0.36	0.45	0.06	/	0.07	/	0.021
	最大超标倍数	/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 2-17 地表水环境监测统计与评价结果

监测项目 监测点位	指标	铅	硒	石油类	高锰酸盐指数	铜	锌	氟化物	氰化物	挥发酚	硫化物	阴离子表面活性剂
V 类	单位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	标准值	≤0.1	≤0.02	≤1.0	≤15	≤1.0	≤2.0	≤1.5	≤0.2	≤0.1	≤1.0	≤0.3
F3	最小值	2.50×10 ⁻³ L	4×10 ⁻⁴ L	0.02	5.3	2.5×10 ⁻⁴ L	0.01	0.767	0.001L	0.0003L	0.01L	0.05L
	最大值	2.50×10 ⁻³ L	4×10 ⁻⁴ L	0.03	5.5	2.5×10 ⁻⁴ L	0.04	0.807	0.001L	0.0003L	0.01L	0.05L
	最大 Si 值	/	/	0.03	0.37	/	0.02	0.538	/	/	/	/
	最大超标倍数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F4	最小值	2.50×10 ⁻³ L	4×10 ⁻⁴ L	0.03	5.3	2.5×10 ⁻⁴ L	0.01L	0.580	0.001L	0.0003L	0.01L	0.05L
	最大值	2.50×10 ⁻³ L	4×10 ⁻⁴ L	0.04	5.6	2.5×10 ⁻⁴ L	0.04	0.815	0.001L	0.0003L	0.01L	0.05L
	最大 Si 值	/	/	0.04	0.37	/	0.02	0.54	/	/	/	/
	最大超标倍数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

监测结果表明，大溪河监测断面 pH、DO、氨氮、COD、BOD₅、TP、粪大肠菌群、六价铬、汞、镉、砷等监测因子满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）V 类水质要求。

2.3.4 声环境质量现状监测

根据《声环境质量标准》（GB3096-2008）、《重庆市生态环境局关于印发《重庆市中心城区声环境功能区划分方案（2023 年）的函》（渝环〔2023〕

61 号），本项目所在区域为 3 类声环境功能区，本次评价在厂界外设置了 3 个声环境质量现状监测点位，分别位于东北侧厂界外 44m 处居民房屋（现状已拆迁完毕），西侧厂界处，南侧厂界处。

表 2-18 声环境质量现状监测点位

监测点位编号	监测点位位置	声环境功能区	执行标准（dB）	
			昼间	夜间
N1#	东北侧厂界外 44m 处居民房屋	3 类	65	55
N2#	西侧厂界处	3 类	65	55
N3#	南侧厂界处	3 类	65	55

表 2-19 声环境质量现状监测结果

监测点位编号	监测点位位置	监测时间	监测结果	
			昼间	夜间
N1#	东北侧厂界外 44m 处居民房屋	2023.4.24	48	37
		2023.4.25	46	46
N2#	南侧厂界处	2023.4.24	57	43
		2023.4.25	44	42
N3#	西侧厂界处	2023.4.24	51	36
		2023.4.25	49	42

根据本次声环境质量现状监测结果，项目所在区域声环境满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 3 类声环境功能区环境噪声限值要求。

2.3.5 地下水质量现状监测

本次评价地下水监测数据引用《重庆高新区西彭组团 Q 标准分区（部分）（原九龙园区拓展区（巴福片区）规划）环境影响报告书》、《重庆高新区生命科技园 A 区、B 区规划环境影响报告书》中数据。引用的地下水水质监测点、水位监测点位于本项目上游、中游、下游，具有一定代表性，且监测时间在 3 年有效期内，监测至今区域环境未发生重大变化，引用数据有效。

2.3.5.1 监测布点及因子

采用标准指数法，按照《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）Ⅲ类标准进行评价，对其进行核算，计算公式同地表水评价。

2.3.5.2 监测结果

（1）水位监测

在开展地下水环境质量现状监测的同时，开展了地下水水位监测，各监测点的水位情况如下：

表 2-20 地下水水位监测结果表

监测点	高程/m	水位/m	水位标高/m
A1	404.6	1.5	403.1
A2	390.5	1.6	388.9
A3	402.7	1.8	400.9
A4	396.4	1.7	394.7
A5	316.2	2.3	313.9
D1	382.1	21	366.1
D2	381.6	8	375.6
D3	331.7	3	330.1
D4	330.9	18	314.9
D8	408.2	22	406.8

（2）地下水类型

为了解项目所在区域的地下水类型，本次引用《重庆高新区生命科技园 A 区、B 区规划环境影响报告书》中地下水八大离子（ Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} ）监测数据，监测结果见表 4-10。

表 2-21 水质分析成果汇总评价表

监测因子 监测点位	碳酸盐	重碳酸盐	硫酸盐	氯化物	钾	钠	钙	镁
D1	0.00	2.55×10^2	49.0	21.3	1.99	24.1	64.4	11.2
D2	0.00	1.63×10^2	63.3	49.5	10.9	33.4	62.2	8.25
D3	0.00	1.92×10^2	52.5	7.92	1.83	14.7	63.1	13.7
D4	0.00	3.23×10^2	1.19×10^2	44.5	3.20	57.2	1.02×10^2	28.9

根据舒卡列夫法对地下水类型进行分类，区域地下水化学类型为矿化度不大于 1.5g/L 的 HCO_3^- -Ca 型水（1-A 型）。

（3）地下水水质

根据各地下水监测点水质评价监测结果，各监测点的监测因子均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）Ⅲ类标准限制要求。

表 2-22 地下水监测点位一览表

点位编号	点位名称	相对方位	坐标	监测因子	监测时间
A1	规划①片区外东北侧钟鼓村 1#	东北侧	106.332016E 29.423937N	pH、氨氮、石油类、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发酚、氰化物、砷、汞、六价铬、总硬度、铅、镍、氟化物、镉、铁、锰、铜、锌、铝、溶解性固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氯化物、总大肠菌群、细菌总数、阴离子表面活性剂、水位。	2020.11.30，引用重庆索奥（2020）第环 1860/XG 号
A2	规划①片区内西侧西和村 7 组 2#	西侧	106.320111E 29.417385N		
A3	规划①片区外东南侧 DS1	东南侧	106.333836E 29.412210N		2021.7.29，重庆索奥（2021）第环 1432 号
A4	规划①片区外南侧 DS2	南侧	106.331428E 29.408157N	水位	
A5	规划①片区外南侧 DS3	南侧	106.333006E 29.390908N	水位	
D1	巴福场镇口	南侧	106.322403E 29.429731N	pH 值、总硬度、氰化物、砷、汞、六价铬、挥发酚、总大肠菌群、菌落总数、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、溶解性总固体、耗氧量、氨氮、石油类、铅、铁、锰、镍、镉、氟化物、氯化物、硫酸盐、碳酸盐、重碳酸盐、钙、钠、钾、镁、水位	2023.5.16、2023.5.17、2023.5.20。惠源（检）字〔2023〕第 WT828 号
D2	巴福中学	南侧	106.32721169E 29.41023319N		
D3	古洞村	南侧	106.32815562E 29.394655819N		
D4	生命科技园 A 区西南角	东北侧	106.34220369E 29.4436045219N		
D8	巴福小学东北侧 100 米	南侧	106.33321E 29.411238N	水位	2023.7.7 重庆高新区生命科技园 A 区、B 区规划环境影响报告书

表 2-23 地下水现状监测结果统计及评价结果表

单位: mg/L, pH 除外

检测 点位	检测 项目	pH	氨氮	硝酸盐	挥发性酚类	氰化物	砷	汞	六价铬	总硬度	氟化物	铁	锰	铜	锌
	单位	无量纲	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
A1	浓度 值	7.37	0.06	4.68	0.002L	0.002L	0.00028	0.000025L	0.004L	254	0.2L	0.0488	0.0079	0.009L	0.001
	标准 值	6.5~8.5	0.5	20	0.002	0.05	0.01	0.001	0.05	450	1	0.3	0.1	1	1
	S _{ij} 值	0.25	0.12	0.234	/	/	0.028	/	/	0.564	/	0.163	0.079	/	0.001
	检测 项目	耗氧量	硫酸盐	氯化物	总大肠菌群	细菌总 数	阴离子表面 活性剂	石油类	亚硝酸盐	溶解性总固 体	铝	镍	铅	镉	/
	单位	mg/l	mg/l	mg/l	MPN/l	个/ml	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	/
	浓度 值	1.08	193	26.3	未检出	68	0.100L	0.01L	0.016	346	0.111	0.01L	0.0025L	0.004L	
	标准 值	3	250	250	3	100	0.3	0.05	1	1000	0.2	0.02	0.01	0.005	/
	S _{ij} 值	0.36	0.772	0.105	/	0.68	/	/	0.016	0.346	0.555	/	/	/	
检测 点位	检测 项目	pH	氨氮	硝酸盐	挥发性酚类	氰化物	砷	汞	六价铬	总硬度	氟化物	铁	锰	铜	锌
	单位	无量纲	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
A2	浓度 值	7.42	0.07	0.08	0.002L	0.002L	0.00028	0.000034	0.004L	253	0.2L	0.153	0.0318	0.009L	0.004
	标准 值	6.5~8.5	0.5	20	0.002	0.05	0.01	0.001	0.05	450	1	0.3	0.1	1	1

	S _{i,j} 值	0.28	0.14	0.004	/	/	0.028	0.034	/	0.562	/	0.51	0.318	/	0.004
	检测项目	耗氧量	硫酸盐	氯化物	总大肠菌群	细菌总数	阴离子表面活性剂	石油类	亚硝酸盐	溶解性总固体	铝	镍	铅	镉	/
	单位	mg/l	mg/l	mg/l	MPN/100mL	个/ml	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	/
	浓度值	2.62	229	29.8	未检出	57	0.100L	0.01L	0.004	358	0.060	0.01L	0.0025L	0.004L	

2.3.6 选址适宜性评价

本工程抗震设防烈度为 6 度，设计地震分组为第一组，设计基本地震加速度为 0.05g，本项目所在区域地壳结构简单未见明显的差异活动，地壳相对稳定。地质和地震条件良好，没有影响放射性同位素和射线装置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，项目选址位于工业园内，评价范围内无学校、医院等环境敏感点，区域周边社会环境相对简单，且项目采用一定的屏蔽措施和辐射防护措施，对周围环境的辐射影响较小。

环境现状调查结果表明，项目拟建厂址及周围环境的环境质量达标，项目拟建场址及周围环境的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 项目规模与基本参数

3.1.1 项目概况

本项目主要包括加速器一生产厂房、加速器二生产厂房、配套综合楼，并同步配套开关站/变电所等建筑单体，总建筑面积约 32360m²，其中加速器一生产厂房和加速器二生产厂房为辐射工作场所，其他场所不涉及辐射活动。本次评价建设内容见表 3-1，总设计布局图见图 3-1，加速器一生产厂房、加速器二生产厂房布局图见附图 3~附图 4，具体布局如下：

加速器一生产厂房位于厂区南侧，为地下一层地上四层建筑，主要功能实现 Ac-225、Pb-212、Ac-227、Ra-223、Mo-99、Sr-82、Ge-68、Cu-67、I-123 放射性药物的生产，包含高能强流加速器设备区、放射性药物生产区、产品质量控制区和物理实验区，占地面积 5581m²，总建筑面积 16477m²。

加速器二生产厂房位于厂区南侧，为地上三层建筑，主要功能为实现 Ge-68 放射性药物的生产。包含中能强流加速器设备区、放射性药物生产区、产品出入库区，占地面积 4148m²，总建筑面积 9692m²。

配套综合楼位于厂区北侧，为地上六层建筑，主要功能是为作为基地内后勤服务场所，一层为食堂、二-三层为办公用房、四至六层为宿舍，总占地面积约 940m²，总建筑面积约 5612m²。

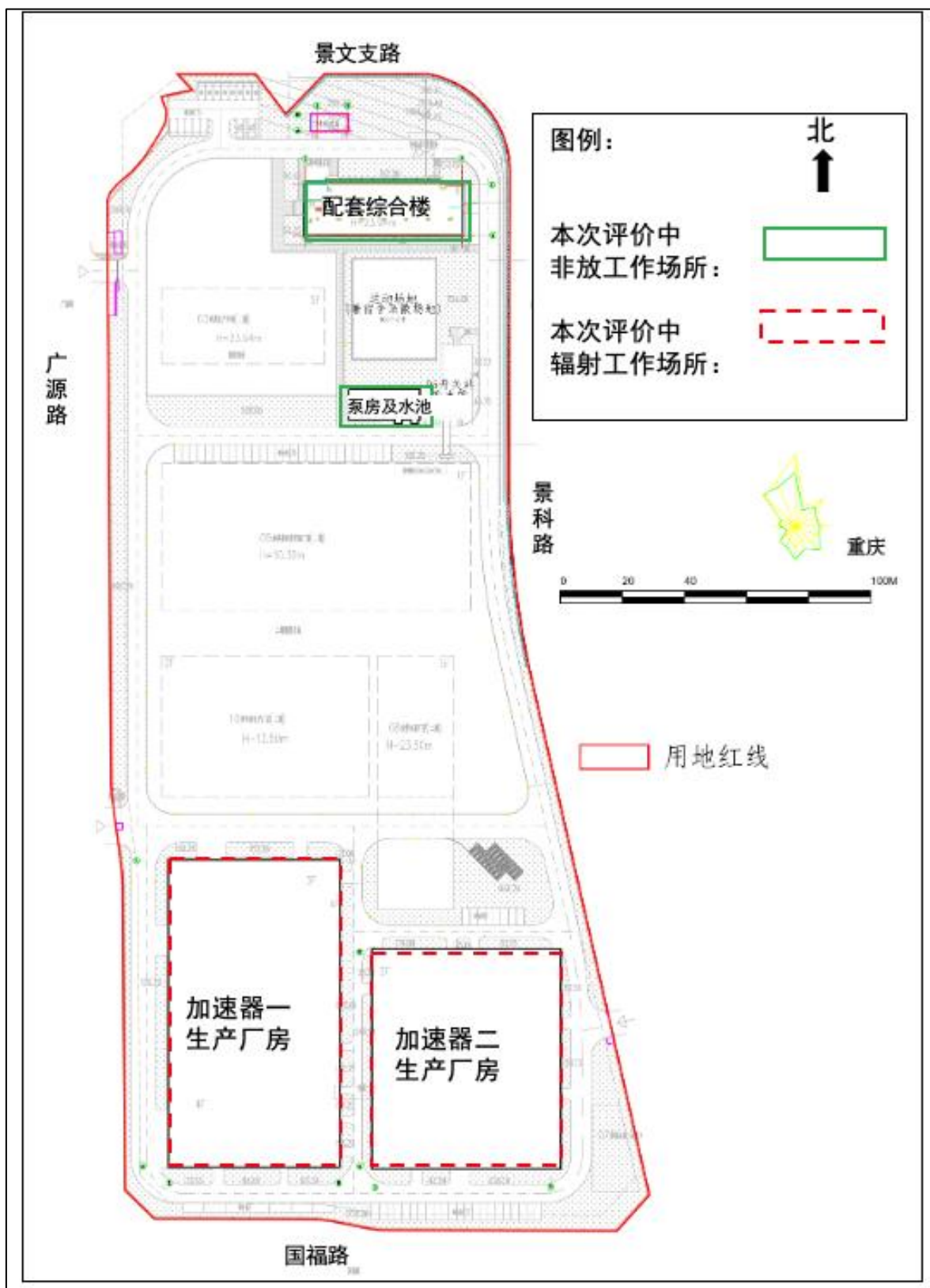


图 3-1 总设计平面布局图

表 3-1 本次评价主要建设内容一览表

项目组成		主要建设内容和规模	备注
主体工程	加速器一生产厂房	-1/3F，位于厂区南侧，主要功能为 Ac-225、Pb-212、Ra-223、Ac-227、Mo-99、Sr-82、Ge-68、I-123、Cu-67 医用同位素药物的生产及相关配套设施和物理实验中心以及 120MeV 和 50MeV 加速器生产和销售场所。包含高能强流加速器设备区、医用同位素生产区、产品质量控制区和物理实验区，占地面积约 5581m ² ，总建筑面积约 16477m ² 。	新建
	加速器二生产厂房	2F，位于厂区南侧，主要功能为 Ge-68 医用同位素药物的生产及相关配套设施。包含中能强流加速器设备区、医用同位素生产区、产品出入库区，占地面积约 4148m ² ，总建筑面积约 9692m ² 。	新建
辅助工程	配套综合楼	6F，位于厂区北侧，总占地面积约 940m ² ，总建筑面积约 5612m ² ，主要功能是为作为基地内后勤服务场所。1F 为食堂、餐厅、2F-3F 为办公用房、4F~6F 为宿舍。	新建
公用工程	供电	供电由区域市政电网供给，厂区内设置 1 座开关站/变电所，10kV，位于厂区北侧，占地面积约 320m ² 。主要用于厂区内供电，采用半埋地设计，一层地坪标高与生产厂房齐平，便于厂区内走线，二层地坪高度与配套综合楼生活楼基本平齐。	新建/依托
	给排水	给水由区域给水管网供给，排水依托市政污水管网。开关站/变电所西侧设置一座泵房水池，占地面积约 185m ² 。	新建/依托
	循环冷却水系统	配备 2 套循环冷却水系统（水冷机组），循环冷却水总规模 2m ³ /h，用于 120MeV 加速器循环冷却水量 1.5 m ³ /h，50MeV 加速器循环冷却水量 0.5 m ³ /h。	新建
	供气	厂区食堂天然气供给依托市政燃气管网。	新建/依托
	压缩空气	位于加速器一生产厂房 1F，加速器压缩空气压力 0.6-0.8Mpa。	新建
	制水间	设有 2 台纯水制备器（离子交换树脂制水工艺），加速器一生产厂房 1F，制备能力 1m ³ /h（超纯水），超纯水用于产品配制；加速器一生产厂房 2F，制备能力 0.5 m ³ /h（去离子水），去离子水主要用于试剂配制及实验器皿润洗。	新建
	消防水池	占地面积 185m ² ，位于二期研发生产车间东南侧，容积约 640m ³ 。	新建
储运工程	靶件制备间	²³² Th、 ^{nat} RbCl、天然镓、碘化钾、锌片厂内储存在靶件制备间内，建筑面积 64m ² ，位于加速器一生产厂房 2F 东南侧。	新建
	酸碱库	酸、碱、有机溶剂等厂内储存在酸碱库内，建筑面积 18m ² ，位于加速器一生产厂房 3F，实验配制内储存于实验内储罐内。	新建

	非放物料储存间	萃取树脂、离子交换树脂、活性炭、包装材料厂内储存在非放物料储存间内，建筑面积 17m ² ，位于加速器一生产厂房 2F 东北侧。	新建
环保工程	废气	试剂配制间实验废废气经通风柜收集后与加速器一厂房 4 号热室经放射性废气尾气净化系统“硝酸+硝酸+碱洗+尿素”处理的废气一起经 1#排气筒（45m）排放，设计风量 70000m ³ /h。	新建
		油烟废气：1 套高效油烟净化器（化效率油烟≥90%，非甲烷总烃≥75%）净处理后通过 24m 高排气筒（2#）排放。	新建
	废水	食堂产生的生活污水经隔油池处理后和办公、宿舍部分产生的生活污水一起进入生化池处理后排入市政污水管网。隔油池设计处理能力 5m ³ /d，生化池设计处理能力 30m ³ /d。	新建
		实验清洗废水、废气净化系统排水进入规模为 2 m ³ /d 实验室废水处理系统（酸碱中和）后排入市政污水管网。	
		纯水制备浓水属于清净水，排入雨水管网。	
	噪声	主要为加速器设备产生的设备噪声及通风柜、冷却塔、风机等设备噪声。	新建
	固废	一般固体废物主要为废离子交换树脂、废零件，统一收集后定期交回收单位处理，暂存于一般工业固废暂存间，位于加速器一生产厂房三层储藏间，占地面积约 20m ² 。	新建
		危险废物：主要为实验室废液、废试剂瓶、材料研发实验废树脂、废活性炭、废过滤棉、含油抹布、手套等。实验室废液经实验室设置的专用收集器收集后与废试剂瓶、废活性炭暂存于危废暂存间，危废暂存间位于加速器一生产厂房酸碱库，占地面积约 20m ² ，危废暂存间采取“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”措施，并采取 2mm 厚环氧树脂地坪，设置标识标牌，地面以及大于堆高的墙面进行重点防渗处理。	
		生活垃圾交由市政环卫部门清运。	
	环境风险	厂房内按要求配备防毒面具、防护服等应急救援器材，原辅材料、放射三废的运输车辆应配备消防器材；各实验室、危废暂存间的地面应采取防腐防渗措施，设置警示标识标牌，并设置托盘、环形导流沟，导流沟内设置集液池；危化品库须配置并辅助泡沫枪、消火栓及小型移动式灭火器等灭火器、防护用品，非放分析实验室试剂罐区、危化品库、危险废物暂存间等环境风险单元，采用 2mm 厚环氧树脂地坪材料等防腐防渗措施，应设计总有效容积应不小于 1263m ³ 的初期雨水收集池，厂区雨水排口末端设置雨污切换阀，可实现装置-企业-园区三级环境风险防控体系联动，制定突发环境事件应急预案并定期演练。	新建

3.1.2基本参数

本项目拟配备的医用射线装置主要参数列于表 3-2，拟使用放射性同位素的情况见表 3-3、表 3-4，产品方案见表 3-5。

表 3-2 本项目射线装置主要参数一览表

序号	射线装置名称	规格型号	主要参数	生产厂家	数量（台/年）	类别	工作场所	活动种类
1	120MeV 质子回旋加速器	自研	最大能量：120MeV 最大流强：500μA	国电投核素同创（重庆）科技有限公司	1	I	加速器一生产 厂房/用户单位	销售（含 建造）、 使用
2	50MeV 质子回旋加速器	自研	最大能量：50MeV 最大流强：500μA	国电投核素同创（重庆）科技有限公司	1	I	加速器二生产 厂房/用户单位	销售（含 建造）、 使用

表 3-3 加速器一生产厂房非密封放射性工作场所放射性同位素操作情况

序号	核素	日最大操作量, Ci	日最大操作量, Bq	操作因子	毒性因子	日等效最大操作量, Bq	年最大操天数（批次）	年操作量, Bq	操作方式	活动种类	操作场所	来源
1	Th-232	1.11E-03	4.10E+07	0.01	0.1	4.10E+08	20	8.20E+08	简单操作	使用	加速器一生产厂房和加速器二生产厂房	加速器一生产厂房和加速器二生产厂房
2	Ac-225	9.45E+00	3.50E+11	0.001	10	3.50E+15	20	7.00E+12	特别危险 ¹	生产、使用、销售		
3	Ac-227	2.28E-02	8.44E+08	0.001	10	8.44E+12	20	1.69E+10	特别危险 ¹			
4	Ra-223	1.03E+01	3.81E+11	0.001	10	3.81E+15	20	7.62E+12	特别危险 ¹			
5	Pb-212	7.98E+00	2.95E+11	0.001	0.1	2.95E+13	20	5.90E+12	特别危险 ¹			
6	Mo-99	3.82E+01	1.41E+12	0.001	0.1	1.41E+14	20	2.82E+13	特别危险 ¹			
7	Ge-68	9.28E+00	3.43E+11	0.1	0.1	3.43E+11	20	6.86E+12	简单操作 ²			
8	Sr-82	2.58E+01	9.55E+11	0.001	0.1	9.55E+13	20	1.91E+13	特别危险 ³			
9	Cu-67	6.01E-03	2.22E+08	0.001	0.1	2.22E+10	50	1.11E+10	特别危险 ⁴			

10	I-123	5.72E-04	2.12E+07	0.1	0.01	2.12E+06	200	4.24E+09	简单操作 ⁵			
总计						7.58E+15	甲级					
备注： Ac-225、Ac-227、Ra-223、Pb-212、Mo-99 目标核素提取过程中有蒸发的操作，保守按“含有特别危险的操作”的气体进行考虑； Ge-68 目标核素提取过程中涉及靶件拆解以及母材低温加热溶解（约 35°）等操作，不涉及特别危险的操作，操作因子按表面有污染固体的“简单操作”进行考虑。 Sr-82 目标核素提取过程中有蒸发的操作，保守按“含有特别危险的操作”的气体进行考虑； Cu-67 目标核素提取过程中有蒸发的操作，保守按“含有特别危险的操作”的气体进行考虑； I-123 目标核素提取过程中不涉及特别危险的操作，操作因子按表面有污染固体的“简单操作”进行考虑。 根据附件 9~附件 13 可知，加速器一生产厂房非密封放射性物质工作场所中各生产线实际操作的核素包括目标核素及其他众多核素，考虑所有核素的日最大操作量进行场所等级评定的话，场所仍为甲级，鉴于本项目最终作为产品进行生产、销售和使用的核素包括 Ac-225、Ac-227、Ra-223、Ge-68、Sr-82、Pb-212、Mo-99、Cu-67、I-123，加速器一生产厂房非密封放射性物质工作场所涉及上述所有核素，此作以上述核素进行场所日等效最大操作量的计算。												

表 3-4 加速器二生产厂房非密封放射性工作场所放射性同位素操作情况

序号	核素	日最大操作量, Ci	日最大操作量, Bq	操作因子	毒性因子	日等效最大操作量, Bq	年最大操作批次, 批次	年操作量, Bq	操作方式	活动种类	操作场所	来源
1	Ge-68	3.13E+00	1.16E+11	0.1	0.1	1.16E+11	20	2.32E+12	简单操作 ¹	生产、使用、销售	加速器二生产厂房	加速器二生产厂房
总计						1.16E+11	甲级					
备注:												

1. 50MeV 加速器在加速器二生产厂房打靶生产 **Ge-68**，加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所仅作为靶件接收场所，后续转移至加速器一生产厂房一层非密封放射性物质工作场所进行后续的操作，因此在加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所内保守按表面有污染的固体的“简单操作”进行考虑；
2. 根据附件 13（两个附件应更新为仅有加速器二生产厂房的镓靶件）可知，加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所中各生产线实际操作的核素包括目标核素及其他众多核素，考虑所有核素的日最大操作量进行场所等级评定的话，场所仍为甲级，鉴于本项目最终作为产品进行生产、销售和使用的核素包括 Ac-225、Ac-227、Ra-223、Ge-68、Sr-82、Pb-212、Mo-99、Cu-67 和 I-123，加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所仅涉及 **Ge-68**，此作以上述核素进行场所日等效最大操作量的计算。

表 3-5 项目产品主要参数一览表

序号	主要产品名称	设计产能 (单批次产量)	生产批 次/年	年总产及销售 量
1	^{225}Ac	9.4 Ci	20	188Ci
2	^{227}Ac	12mCi	2	24 mCi
3	^{223}Ra	6 mCi	20	0.12 Ci
4	^{68}Ge	4.4 Ci	40	176 Ci
5	^{82}Sr	19.6 Ci	20	392Ci
6	^{212}Pb	2 Ci	20	40Ci
7	^{99}Mo	14 mCi	20	0.28 Ci
8	^{123}I	0.1 mCi	200	20 mCi
9	^{67}Cu	2 mCi	50	0.1 Ci

3.1.3公用工程

(1) 供电

供电由区域市政电网供给，厂区内设置 1 座开关站/变电所，10kV，位于厂区北侧，占地面积约 320m²。主要用于厂区内供电，采用半埋地设计，一层地坪标高与生产厂房齐平，便于厂区内走线，二层地坪高度与配套综合楼基本平齐。

项目总用电量约 2 万 MW·h/a，折合标准煤能耗 2458t，能耗未超过 5000t 标准煤，不涉及燃煤或燃气锅炉使用。

(2) 给排水

给水由区域给水管网供给，开关站/变电所西侧设置一座泵房水池，占地面积约 185m²，消防水池容积约 640m³。

厂区雨污分流，雨水排入东侧张家沟（属于石洞溪-磨刀溪-大溪河流域），雨水最终汇入长江。污水依托市政污水管网，进入九龙园区污水处理厂处理后经跳蹬河水库、三百梯水库排入肖家河，再经大溪河汇入长江。

(3) 供气

厂区天然气供给依托市政燃气管网。

(4) 循环冷却水

配备 2 套循环冷却水系统，循环冷却水总规模 $2\text{m}^3/\text{h}$ ，用于 120MeV 加速器循环冷却水量 $1.5\text{m}^3/\text{h}$ ， 50MeV 加速器循环冷却水量 $0.5\text{m}^3/\text{h}$ 。

3.1.4 环保工程

(1) 废气

试剂配制间实验废废气经通风柜收集后与加速器一厂房 4 号热室经放射性废气尾气净化系统“硝酸+硝酸+碱洗+尿素”处理的废气一起经 1#排气筒（45m）排放，设计风量 $70000\text{m}^3/\text{h}$ 。

食堂位于配套综合楼 1F，食堂油烟采用 1 套油烟净化器进行处理后经专用烟道由引风机引至屋顶 24 m 高排气筒（2#）排放。

(2) 废水

食堂产生的生活污水经隔油池处理后和办公、宿舍部分产生的生活污水一起进入生化池处理后排入市政污水管网。隔油池设计处理能力 $5\text{m}^3/\text{d}$ ，生化池设计处理能力 $30\text{m}^3/\text{d}$ 。

实验清洗废水、废气净化系统排水进入规模为 $2\text{m}^3/\text{d}$ 实验室废水处理系统（酸碱中和）后排入市政污水管网。

纯水制备浓水，非放场所地面清洁废水，与预处理后的生活污水、实验室清洗废水、废气净化系系统排水，进入重庆九龙园区污水处理厂处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入肖家河属于清净下水，排入雨水管网。

加速器循环冷却水排水属于放射性废水，见放射环境影响评价章节。

(3) 噪声

主要为加速器设备产生的设备噪声及通风柜、风机、加速器等设备噪声。主要采取选用低噪声设备、基础减振，隔声等措施。

(4) 固体废物

一般固体废物主要为废离子交换树脂、废零件，统一收集后，暂存于一般工业

固废暂存间，位于加速器一生产厂房三层储藏间，占地面积约 20m²，定期交回收单位处理。

危险废物主要为实验室废液、废试剂瓶、废活性炭。实验室废液经实验室设置的专用收集器收集后与废试剂瓶、废活性炭暂存于危废暂存间，危废暂存间位于加速器一生产厂房三层酸碱库，占地面积约 20m²，危废暂存间采取“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”措施，采取 2mm 厚环氧树脂地坪，并设置标识标牌，地面以及大于堆高的墙面进行重点防渗处理。

3.1.1 储运工程

酸、碱、有机溶剂等场内储存在酸碱库内，建筑面积 20m²，位于加速器一生产厂房 3F，实验室内配制好的酸液、有机淋洗液储存于实验内储罐内。

²³²Th、^{nat}RbCl、天然镓、碘化钾、锌片厂内储存在靶件制备间内，建筑面积 64m²，位于加速器一生产厂房 2F 东南侧，具体评价见辐射环境影响评价内容。

萃取树脂、离子交换树脂、活性炭、包装材料厂内储存在非放物料储存间内，建筑面积 60m²，位于加速器一生产厂房 2F 东北侧。

3.1.2 水平衡

（一）用水量计算

本项目用水主要包括生活用水、实验配制用水、实验清洗用水、去离子水制备用水、地面清洁用水、尾气处理系统用水、去离子水制备用水、循环冷却水用水。

（1）生活用水

本项目厂区内设有食堂、宿舍、淋浴间、洗衣房，职工生活用水（办公、住宿）用水定额取 150L / 人·天，包括职工办公、食宿、盥洗、淋浴、工作服清洗等，其中，食堂用水定额取 20L / 人·次，工作服清洗用水定额取 15L / 人·次，具体生活用水量详见表 3-6。

表 3-6 本项目生活用水量计算表

用水项目	用水定额	人数	用水量 (m ³ /d)	用水量 (m ³ /a)
------	------	----	-------------------------	-------------------------

职工生活用水（办公、住宿、食堂、工作服清洗）	150L / 人·天	200 人	30	9000
其中，食堂用水	20L / 人·天	200 人	4	1200
其中，工作服清洗用水	15L / 人·天	200 人	3	900

（2）实验配制用水

本项目实验过程中使用的溶解液或洗脱液（盐酸、硝酸、氢氟酸）、酸碱中和试剂（硫酸、碳酸钠、氢氧化钠）等需要加入纯水配制或稀释，实验室试剂配制纯水用水量为 $0.25\text{m}^3/\text{d}$ ($76.46\text{m}^3/\text{a}$)。

（3）实验清洗用水

本项目设备清洗废水主要为反应瓶等实验设备的清洗，项目实验器皿清洗方式采用人工清洗，实验前器皿润洗、实验结束后两次清洗，均采用纯水（去离子水），实验室清洗用水总量 $0.5\text{m}^3/\text{d}$ ($150\text{m}^3/\text{a}$)。

（4）非放场所地面清洁用水

本项目放射场所清洁采用干法，不涉及地面清洗废水产生，配套综合楼以及加速器一生产厂房二楼试剂配制间地面清洁采用拖把进行，产生地面清洁废水。地面每3d拖地清洁1次，用水标准为 $2.0\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{次}$ ，地面清洁用水量为 $24.82\text{m}^3/\text{次}$ ，折算 $8.27\text{m}^3/\text{d}$ ($2482\text{m}^3/\text{a}$)。

（5）废气净化系统用水

项目试剂配制间实验废气不含放射性污染，配套建设1套“碱洗涤+碱洗涤+水洗+过滤棉吸附+活性炭吸附”实验室废气净化系统，洗涤阶段洗涤塔循环喷淋水 $1\text{m}^3/\text{套}$ ，定期排水 $0.05\text{m}^3/\text{d}$ ，废气净化系统总用水（补水） $0.05\text{m}^3/\text{d}$ 。

（6）去离子水制备用水

项目设有2台纯水制备器，其纯水制备能力为 $1\text{m}^3/\text{h}$ 、 $0.5\text{m}^3/\text{h}$ ，年工作时间为200h，纯水制备率为80%，主要用于试剂配制、实验前仪器器皿润洗和实验后器皿清洗，项目纯水年总用量为 $226.46\text{m}^3/\text{a}$ ，则年制备纯水新鲜用水量为 $283.08\text{m}^3/\text{a}$ 。

（7）循环冷却水用水

配备 2 套循环冷却水系统，循环冷却水总规模 2m³/h，用于 120MeV 加速器循环冷却水量 1.5 m³/h，50MeV 加速器循环冷却水量 0.5 m³/h。设备使用内循环冷却水装置位于加速器机房内，正常状态下，冷却水设备不消耗自来水，冷却水仅进行冷热交换，正常情况下不涉及定期补水及废水排放，如果由于设备维修等原因需要向外排放或者因管道泄漏，每年每台加速器的产生量最多 10L，即 0.01 m³/a，按放射性废水管理。

项目水平衡图如图 3-2 所示。

表 3-7 本项目新鲜水用量一览表

序号	用水项目	日用水量 (m ³ /d)	年用水量 (m ³ /a)
1	生活用水	30	9000.00
2	实验配置用水	0.25	76.46
3	实验清洗用水	0.5	150.00
4	非放场所地面清洁用水	8.27	2482.00
5	废气净化系统用水	0.05	15.00
6	纯水制备用水	0.94	283.08
7	循环冷却水用水	3.33E-05	0.01
8	汇总*	39.27	11780.1

*注：涉及纯水用量折算为新鲜水用量，计入纯水制备用水中。

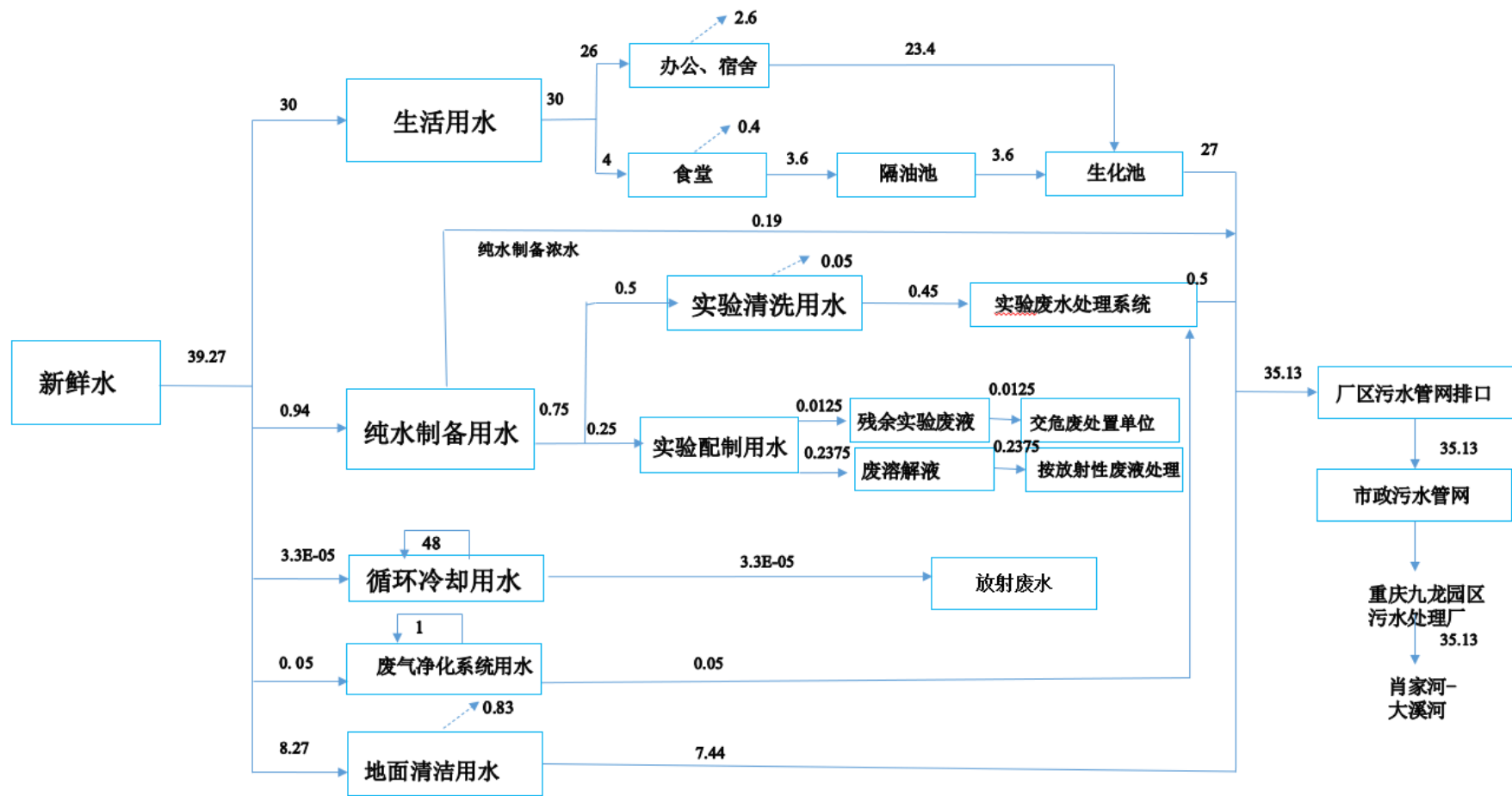


图 3-2 本项目水平衡图 (m³/d)

3.1.1 生产设备

本项目生产设备见表 3-8。

表 3-8 主要设备一览表

序号	设备名称	规格型号	数量	备注
1	120MeV 强流质子回旋加速器	质子能量最高为 120MeV，设计流强 500 μ A	1 台	/
2	50MeV 强流质子回旋加速器	质子能量最高为 50MeV，设计流强 500 μ A	1 台	/
3	生产靶站	固体靶站	8 台	/
4	同位素生产线	²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ⁶⁸ Ge、 ⁸² Sr 放射性药物生产线	5 条	/
5	放射性三废处理设施	位于加速器一生产厂房，用于放射性废液和废物的处理。	/	见辐射环评内容/
6	实验室通风柜	/	87 台	/
7	废气处理系统	设计风量为 L=70000m ³ /h	1 套	加速器一生产厂房 2F 通风配套
8	纯水制备器	1m ³ /h（超纯水）、0.5 m ³ /h（去离子水）	2 台	纯水制备
9	分光光度计	TAS-990AFG	1 台	/
10	电子天平	AL104	10 台	称量
11	ICP-MS	Agilent 8900	1 台	元素分析
12	ICP-OES	Agilent 5900	1 台	元素分析
13	离子色谱仪	ICS-5000+	1 台	溶液分析
14	高效液相色谱仪	Prominence Plus	1 台	溶液分析
15	酸度计	PHSJ-5T	10 台	酸度测量
16	实验室废水处理系统	2 m ³ /d	1 套	实验废水处理

3.1.2 原辅材料

本项目原辅材料见

表 3-9。

表 3-9 主要原辅材料一览表

原辅料名称	规格	年消耗量	单位	储存规格/方式	备注	储存位置
^{232}Th	金属钍	11	kg	固态/瓶装	外购	制靶间
$^{\text{nat}}\text{RbCl}$	氯化铷	2	kg	固态/瓶装	外购	制靶间
天然镓	镓 ($\geq 99.9\%$)	4	kg	固态/瓶装	外购	制靶间
碘化钾	固体	3.2	kg	固态/瓶装	外购	制靶间
锌靶	锌片	1.8	kg	固态/瓶装	外购	制靶间
硝酸	优级纯 GR, 65-68%	10	L	液态/桶装	外购	酸碱库
	分析纯 AR, 65-68%	40		液态/桶装		酸碱库
盐酸	分析纯 AR, 36-38%	10	L	液态/桶装	外购	酸碱库
草酸	分析纯 AR, 99.5%, 二水	2	kg	液态/桶装	外购	酸碱库
硫酸	分析纯 AR, 95-98%	10	L	液态/桶装	外购	酸碱库
氢氟酸	分析纯 AR, 95-98%	2	L	液态/桶装	外购	酸碱库
氟化钙	分析纯 AR, 98.5%	5	kg	固态/瓶装	外购	酸碱库
碳酸钠	分析纯 AR, 无水	5	kg	固态/瓶装	外购	酸碱库
氢氧化钠	分析纯 AR, 粒装	10	kg	固态/瓶装	外购	酸碱库
乙醇	分析纯 AR, 95%	20	L	液态/桶装	外购	酸碱库
碘化钾	分析纯 AR	5	kg	固态/瓶装	外购	酸碱库

丙酮	分析纯 AR, 95%	20	L	液态/桶装	外购	酸碱库
尿素	99.50%	10	kg	粉末/瓶装	外购	酸碱库
氩气	高纯液氩, 99.999%	280	m ³	液态/罐装	外购	气瓶间
氮气	高纯氮, 99.99%	1000	m ³	液态/罐装	外购	气瓶间
金属离子 标准溶液	100ug/mL (硝酸盐/ 盐酸盐溶 液)	若干	瓶	液态/瓶装	外购	酸碱库
萃取树脂	DGA, TRU、 LN2、Sr、 UTEVA 等	50	kg	固态/袋装	外购	非放物料 储存间
离子交换 树脂	制去离子水 制备	200	kg	固态/袋装	外购	非放物料 储存间
活性炭	吸附处理	320	kg	固态/袋装	外购	非放物料 储存间
包装材料	安瓿瓶 10mL	500	件	固态/袋装	外购	非放物料 储存间
	铅罐	500	件	固态/袋装		
	Ge 发生器 包装	200	件	固态/袋装		
	Sr 发生器 包装	200	件	固态/袋装		

表 3-10 本项目主要危险化学品储存方案

序号	类别	品名	CAS 号	储存方式	储存形态	浓度	最大储存量 (L)	储存位置
1	原辅料	硝酸	7697-37-2	桶装	液态	68%	2	酸碱库
2		氢氟酸	7664-39-3	桶装	液态	98%	2	
3		盐酸	7647-01-0	桶装	液态	38%	10	

4		硫酸	7664-93-9	桶装	液态	98%	10	
5		乙醇	64-17-5	桶装	液态	95%	0.3	
6		丙酮	67-64-1	桶装	液态	95%	20	

注：危险化学品在仓库内单独存放。运输、存储均严格执行《危险化学品安全管理条例》、《易制毒化学品管理条例》相关规定，实行双人收发、双人保管制度，并严格执行风险防范措施。

表 3-11 本项目主要原辅材料化学性质

序号	名称	理化性质
1	硝酸优级纯 GR	分子式为 HNO_3 ，无色，易挥发，有刺激性气味，密度为 1.5g/cm^3 ，沸点为 86°C ，能与水以任何比例混和。硝酸不稳定，在常温下见光或受势极易分解；硝酸是一种强氧化剂，几乎能使所有金属发生成盐反应。
2	硝酸分析纯 AR	
3	盐酸分析纯 AR	分子式为 HCl ，无色透明的液体，有强烈的刺鼻气味，具有较高的腐蚀性。沸点为 108.6°C （20%），浓盐酸（质量分数约为 37%）具有极强的挥发性。能与一些活性金属粉末发生反应，放出氢气。遇氰化物能产生剧毒的氰化氢气体。与碱发生中和反应，并放出大量的热。具有强腐蚀性。
4	草酸分析纯 AR	化学式为 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ，无色单斜片状或棱柱体结晶或白色粉末，氧化法草酸无气味，合成法草酸有味。150~160°C 升华。在高温干燥空气中能风化。1g 溶于 7mL 水、2mL 沸水、2.5mL 乙醇、1.8mL 沸乙醇、100mL 乙醚、5.5mL 甘油，不溶于苯、氯仿和石油醚。0.1mol/L 溶液的 pH 为 1.3。相对密度（水=1）1.653。熔点 $101\sim 102^\circ\text{C}$ （ 187°C ，无水）。低毒，半数致死量（兔，经皮）2000mg/kg。
5	硫酸分析纯 AR	化学式为 H_2SO_4 ，纯硫酸一般为无色油状液体，密度 1.84 g/cm^3 ，沸点 338°C ，能与水以任意比例互溶，同时放出大量的热，使水沸腾。浓硫酸具有强腐蚀性、脱水性及强氧化性。
6	碳酸钠分析纯 AR	碳酸钠(Sodium Carbonate)，是一种无机化合物，化学式为 Na_2CO_3 ，分子量 105.99，又叫纯碱。碳酸钠常温下为白色无气味的粉末或颗粒，密度为 2.54g/cm^3 ，熔点为 856°C 。易溶于水，还溶于甘油，20°C 时每一百克水能溶解 20 克碳酸钠，35.4°C 时溶解度最大，100 克水中可溶解 49.7 克碳酸钠，微溶于无水乙醇，难溶于丙醇，1% 水溶液 pH 为 11.5，在水溶液或熔融状态下能导电，并且水溶液有涩味和滑腻感。碳酸钠有吸水性，露置空气中逐渐吸收 1mol/L 水分（约=15%）。
7	氢氧化钠分析纯 AR	化学式为 NaOH ，分子量 40.01，俗称烧碱、火碱、苛性钠，为一种具有强腐蚀性的强碱，一般为片状或颗粒形态，易溶于水(溶于水时放热)并形成碱性溶液，另有潮解性，易吸取空气中的水蒸气(潮解)和二氧化碳(变质)。NaOH 是化学实验室其中一种必备的化学品，亦为常见的化工品之一。纯品是无色透明的晶体。密度 2.130g/cm^3 。熔点 318.4°C 。沸点 1390°C 。工业品含有少量的氯化钠和碳酸钠，是白色不透明的晶体。有块状，片状，粒状和棒状等，氢氧化钠在水处理中可作为碱性清洗剂，溶于乙醇和甘油，不溶于丙醇、乙醚。在高温下对碳酸钠也有腐蚀作用。与氯、溴、碘等卤素发生歧化反应，与酸类起中和作用而生成盐和水。

序号	名称	理化性质
8	乙醇	乙醇是一种有机物，俗称酒精，化学式为 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 或 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 或 EtOH ，是带有一个羟基的饱和一元醇，在常温、常压下是一种易燃、易挥发的无色透明液体，它的水溶液具有酒香的气味，并略带刺激。有酒的气味和刺激的辛辣滋味，微甘。 乙醇液体密度是 0.789g/cm^3 (20°C)，乙醇气体密度为 1.59kg/m^3 ，沸点是 78.3°C ，熔点是 -114.1°C ，相对密度($d_{15.56}$) 0.816 。易燃，其蒸气能与空气形成爆炸性混合物，能与水以任意比互溶。能与氯仿、乙醚、甲醇、丙酮和其他多数有机溶剂混溶。
9	丙酮	分子式: CH_3COCH_3 ，无色透明易流动液体，有芳香气味，极易挥发。熔点: -94.6°C (无水)，沸点: 56.5°C (无水)，蒸汽压: 53.32kPa (39.5°C)，闪点: -20°C ，相对密度(水=1): 0.80 ，相对密度(空气=1): 2.00 。与水混溶，可混溶于乙醇、乙醚、氯仿、油类、烃类等多数有机溶剂。
10	离子交换树脂	网状结构、不溶性的高分子化合物。通常是球形颗粒物。离子交换树脂的全名称由分类名称、骨架（或基因）名称、基本名称组成。孔隙结构分为凝胶型和大孔型两种。
11	氩气	无色、无味的单原子气体，氩气的密度是空气的 1.4 倍，是氢气的 10 倍。氩气是一种惰性气体，在常温下与其他物质均不起化学反应，在高温下也不溶于液态金属中，在焊接有色金属时更能显示其优越性。熔点: -189.2°C ，沸点: -185.9°C ，密度: 1.784kg/m^3 ； 1394kg/m^3 （饱和液氩， 1atm ），外观：无色无臭气体溶解性：微溶于水。
12	氮气	氮气是无色无味的气体，微溶于酒精和水（在 273K 和 100kPa 下 100mL 水能溶解 24mL 氮气），大气中体积分数: 78.1% ，熔点: -209.86°C ，沸点: -196°C ，相对密度 0.81 (-196°C ，水=1)，相对蒸气密度 0.97 (空气=1)，饱和蒸气压 1026.42kPa (-173°C)，临界温度 -147.1°C ，临界压力 3.4MPa ，辛醇/水分配系数: 0.67 。
13	氢氟酸	是氟化氢气体的水溶液，为无色透明至淡黄色冒烟液体，有刺激性气味。分子式 $\text{HF}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ，相对密度 $1.15\sim 1.18$ ，沸点 112.2°C (按重量百分比计为 38.2%)，氢氟酸属弱酸，质量分数可达 35.35% ，无色溶液，有毒，最浓时密度 1.14g/cm^3 ，沸点 393.15K (120°C)。

3.1.3劳动定员

本项目劳动定员 200 人，每台加速器按照每年运行约 300 天，供束时间 210 天，三班制，每班 8 小时。

3.2 工程设备与工艺分析

本项目主工艺包括两大类，医用放射性药物的生产、使用和销售，以及 I 类射线装置的销售（含建造）和使用。

3.2.1 医用放射性药物生产、使用、销售

3.2.1.1 工作原理

本项目利用加速器的带电粒子作为入射粒子，轰击靶核引起相应的核反应生成放射性同位素，放射性同位素经分离、纯化和质检等操作，最终得到放射性药物。本项目生产的放射性药物包括 ^{225}Ac 、 $^{223}\text{Ra}/^{227}\text{Ac}$ 、 ^{212}Pb 、 ^{99}Mo 、 ^{68}Ge 、 ^{82}Sr 、 ^{67}Cu 和 ^{123}I 放射性药物。

以下保密，省略

3.2.1.2 工艺流程

本项目生产工艺流程示意图见**错误!未找到引用源。**，主要工作流程如下：

（1）制靶：热室工作人员在加速器一生产厂房二层靶件制备间进行靶材还原、靶件压制、靶托焊接等操作，完成靶件制备。

（2）靶件辐照前准备工作：热室工作人员在热室操作区完成新靶片的安装，通过全自动生产靶系统传送至靶站；加速器工作人员远程操作靶站抓取与紧固机构将靶体推送到打靶位；加速器工作人员确认符合加速器出束条件；

（3）靶件辐照：加速器出束，束流打靶；

（4）靶件传输：加速器工作人员启动跑兔系统，利用靶件传输系统将完成辐照的靶件自动传输至接收热室；

（5）放射性药物生产：放射性药物生产工作人员完成放射性同位素的分离、纯化、分装、质检等操作，实现放射性药物产品的生产

3.2.1.2.1 制靶

以下保密，省略

3.2.1.2.2 靶件传输系统

以下保密，省略

3.2.1.2.3 靶件辐照

以下保密，省略

3.2.1.2.4 靶件传输系统（靶室至接收热室）

以下保密，省略

3.2.1.2.5 放射性同位素操作场所

以下保密，省略

3.2.1.2.5.1 ^{225}Ac 、 $^{227}\text{Ac}/^{223}\text{Ra}$ 、 ^{212}Pb 、 ^{99}Mo 放射性药物生产线

以下保密，省略

3.2.1.2.5.1.1 粗分离生产阶段

以下保密，省略

3.2.1.2.5.1.2 ^{225}Ac 分离纯化阶段

以下保密，省略

3.2.1.2.5.1.3 $^{227}\text{Ac}/^{223}\text{Ra}$ 分离纯化阶段

以下保密，省略

3.2.1.2.5.1.4 ^{212}Pb 分离纯化阶段

以下保密，省略

3.2.1.2.5.1.5 ^{99}Mo 分离纯化阶段

以下保密，省略

3.2.1.2.5.2 ^{82}Sr 放射性药物生产线

以下保密，省略

3.2.1.2.5.2.1 粗分离生产阶段

以下保密，省略

3.2.1.2.5.2.2 分离纯化阶段

以下保密，省略

3.2.1.2.5.3 ^{67}Cu 放射性药物生产线

以下保密，省略

3.2.1.2.5.4 ^{123}I 放射性药物生产线

以下保密，省略

3.2.1.2.5.5 ^{68}Ge 放射性药物生产线(120MeV 质子回旋加速器产生和 50MeV 质子回旋加速器产生)

以下保密，省略

3.2.1.2.5.5.1 粗分离生产阶段

以下保密，省略

3.2.1.2.5.5.2 分离纯化阶段

以下保密，省略

3.2.1.2.5.6 产品质检、出厂

放射性药物产品制取后取样待检，在加速器一生产厂房二层质量控制室及分析测试室等区域开展放射性元素分析测试、放射性测试、微量放射性同位素分析测试等，完成质检达标分析后方可出厂。

3.2.1.2.5.7 试剂配制间

项目变动后，非放射性管理区仅为加速器一厂房试剂配制间。

配制硝酸、硫酸、氢氟酸、乙醇、丙酮溶液过程产生实验废气，不含放射性，主要是浓酸液挥发产生的酸雾废气、有机溶剂挥发产生的有机废气，主要污染物包括硫酸雾、氯化氢、氟化物、非甲烷总烃等。配制在负压通风柜内操作，实验频次约 1 次/2 月，配置实验时间最大 8h/次，年最大工作时间约 48h。

实验过程废气由通风柜抽吸至非放排风系统，经 45m 排气筒（1#）排放。

3.2.1.2.5.8 发生器回收

本项目定期回收发生器，回收的废发生器送至加速器生产厂房二一层产品包装回收间暂存，后续在各发生器生产区域分离纯化生产线对其进行复用，其中吸附柱具备使用 2-3 次的性能，分别在 Sr-82 生产线、Ge-68 生产线进行性能测试，检测合格则继续使用，不合格的作为放射性固体废物处理，铅屏蔽罐先进行检测，检测未沾污的继续使用，不合格则进行擦拭去污后继续使用，该环节主要产生去污棉纱、废吸附柱等放射性固体废物。

3.2.1.2.5.9 放射性废液处理

本项目放射性废液主要为生产过程中的工艺废液以热室清洗废液。为了使废液量最小化，设置 1 间双工位废液处理热室（2 号废液热室），拟采用蒸发浓缩法及焙烧蒸干法对放射性废液进行减容后作暂存处理。

放射性废液的蒸发浓缩处理是借助在蒸发器加热管外侧空间鼓进的高温蒸汽通过加热管管壁的热传导，将加热管中放射性废液加热沸腾。废液中的水分被逐渐汽化形成水蒸气，随后遇冷凝结成冷凝水。由于废水中大多数放射性核素属于不挥发溶质，因此只有极少量易挥发的放射性核素会随废水蒸气进入冷凝水，而大部分放射性核素留在浓缩液中。冷凝水中的放射性水平远远低于原来的废水，体积大为缩小的浓缩液中则浓集了大部分放射性核素。蒸发法处理效率高，灵活性大，净化系数高，单效蒸发器处理只含不挥发性放射性污染物的废水时，去污系数可达 10^4 以上，而多效蒸发器和带有除雾沫装置的蒸发器去污系数最高能达到 10^8 。尤其适用废水中盐类较多、成分较为复杂的情况，该法不需要任何添加剂，不会带来二次污染，是目前国内外核工业中用于处理放射性废液的一种有效且可靠的方法。

3.2.1.2.5.10 放射性固体废物处理

本项目非密封放射性物质工作场所产生的固体废物主要包括靶件拆卸后产生的废靶托，废包壳；同位素离子交换、纯化过程中产生的交换树脂、过滤柱、滤膜、滤芯；原辅材料使用产生的废包装、试瓶、器皿；废气处理废活性炭、滤芯；辐射工作人员劳动防护用品（废手套、袖套、防护服等）。设置间固废热室（1 号固废热室），位于加速器生产厂房一层，对生产过程的放射性固体废物进行处理。

本项目各生产（研发）线产生的放射性固体废物均可暂存在热室/手套箱下部的废物暂存罐，待暂存罐收集满之后，暂存罐中废物经加速器一生产厂房固体废物传输通道转运进入 1 号热室，之后根据核素特性进行区分并对固体废物进行分拣后装桶，固废容器桶为 200L 不锈钢桶及铅屏蔽桶。工作人员通过吊车将密封后的 200L 桶吊运至地下一层，通过叉车将废物桶运送至地下一层放射性固体废物暂存间指定区域暂存。

固废暂存间分为两类区域，分别存放涉及 α 核素的放射性固体废物和其他放射性固体废物，两类区域根据固废类别再细分为四个区域，分别存放废靶托/包壳、工艺过程中产生的放射性固体废物、废劳保用品和废过滤器芯等。

3.2.1.2.6 成品运输以及销售

3.2.1.2.6.1 产品运输

本项目销售的成品由建设单位委托有资质单位进行运输，运输期间的辐射安全管理由运输单位负责。

建设单位应开展辐射工作人员可能遭受的辐射危害以及应采取的防护措施进行培训，确保限值辐射工作人员的职业照射。本项目从事放射性药品分类、包装、标记、贴标签的人员应开展熟悉《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）一般规定的培训，并接收与其履行职责有关的详细培训，并开展货包操作设备的正确使用和放射性物品恰当贮存办法的培训，并明确现有的应急响应信息，并培训工作人员防护服和防护设备的使用。

建设单位生产和销售的产品，按照《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）等相关法律法规要求，采用专用包装容器，放射性药物产品在出厂运输前必须进行表面剂量率及表面污染水平监测，需满足放射性药物货包外表面任一点的最高辐射水平不超过 2mSv/h， β 和 γ 发射体及低毒性 α 发射体的表面污染水平不超过 4Bq/cm²，对所有其他 α 发射体不超过 0.4Bq/cm²。

运输工作由建设单位委托有资质的专业公司，遵守《放射性物品运输安全管理条例》、《放射性物品运输安全监督管理办法》和《放射性物品安全运输规程》等法律法规的要求，确保放射性物品的运输安全。

另，本项目销售的废发生器需进行回收，回收的废发生器送至加速器生产厂房二一层产品包装回收间暂存，在各发生器生产区域分离纯化生产线对其进行复用的相关操作。

3.2.1.2.6.2 销售

公司针对产品的销售签发、运输、意外退回签收等各个环节制定相应的规程制度来确保销售过程的安全管理，销售模式采用以销定产形式，即产即销，根据销售订单，将包装好的货包从成品仓库中取出，委托有资质单位外运，销售给需求单位。外运前对运输容器、货包表面污染和辐射水平进行检测，满足

运输要求方可发货。货包外黏贴、填写签收单，内容包括：品名、批号、放射性活度、体积、标定时间、发货时间、订购单位以及订购剂量。

在销售放射性药物的过程中，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药物销售合同；

(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；

(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。

3.2.2 I类射线装置销售（含建造）、使用

3.2.2.1 加速器工作原理

本项目中的 120MeV 强流回旋加速器和 50MeV 强流回旋加速器工作原理基本一致。强流回旋加速器是将离子源系统产生的氢负离子在离子源高压作用下经

过注入线进入加速器内部。在加速区域，氢负离子束流在磁场（D 型盒）的作用下做回旋运动，在高频电场多次作用下不断获得能量。能量增加后，其运动半径也随之增大，故而束流的运动轨迹就变成了一种类螺旋形。获得加速的负离子束流通过碳膜时，其与氢结合松散的两个电子被剥离，束流从负电性变成正电性，它所受磁场的作用力的方向也发生改变，带正电荷的束流转向出口通过束流线后轰击靶，产生放射性核素。

强流回旋加速器主要由离子源系统、主磁铁系统、高频系统、束流引出系统、引出开关磁铁、束流诊断系统、真空系统、控制系统、水冷系统、气动系统、束流输运线、剂量监测与安全联锁等系统组成。

3.2.2.1.1 离子源系统

离子源引出的负氢离子束，通过轴向注入线的传输，经螺旋静电偏转板进行 90°偏转然后进入到加速器的中心平面，由中心区的加速结构及高频电压对束流进行加速。

3.2.2.1.2 主磁铁系统

主磁铁系统是高能回旋加速器最主要的部件之一，用来形成等时性和聚焦约束磁场，使得被加速的粒子沿着设计的轨道旋转，主磁铁用于约束加速器内离子束的运动，使粒子轨道呈螺旋形态，从而可多次通过同一个高频腔体不断获得能量增益；主磁铁磁场也提供束流运动过程中的横向聚焦力，使束流尺寸保持在合适范围内而不至于发散。示意图见**错误!未找到引用源。**。

3.2.2.1.3 高频系统

高频系统是回旋加速器子项目中的重要组成部分，为粒子加速提供能量。它主要包括：高频发射机、谐振腔体、传输线及其附属设备，它的供水供电系统，计算机控制及稳定系统等部分。高频发射机通过馈管传输线馈入高频功

率，在高频腔体内建立驻波电磁场，束流在主磁铁系统作用下多次通过高频间隙得到不断加速。

3.2.2.1.4 束流引出系统

剥离引出系统的作用是把加速器内到达目标能量的束流引出加速器外。剥离引出的基本原理是通过剥离膜把 H^- 离子的外层电子剥离转换成质子束，束流偏转方向由向内偏转变为向外旋转，经磁铁边缘场和回轭内的开关磁铁磁场作用而引出加速器外。

3.2.2.1.5 引出开关磁铁系统

为了减小引出的束流包络，将开关磁铁放置到两相邻的磁轭内，以满足束流引出需要。引出开关磁铁的作用，就是调整汇聚在其中心的不同引出能量的束流的引出方向，使不同引出能量的束流从这个中心位置开始将沿着同一个引出轨道引出到后面的束流输运管道上。

3.2.2.1.6 束流诊断系统

束流诊断系统在束流性能调试、加速器的关键参数优化、加速器技术性能改善过程中起着重要作用，力图为加速器的参数调试、常规运行、性能改进提供有效的、便捷的检测手段和可靠、实时的束流信息。

3.2.2.1.7 真空系统

真空系统是回旋加速器的重要组成部分，为粒子加速提供必须的真空环境。真空系统主要包括：真空室、真空管道等真空腔体，和真空获取装置。真空获取装置包含加速器主真空获取系统，由低温泵抽气装置(含压缩机、低温传输线、低温泵本体等)、辅助涡轮分子真空泵、干泵、机械泵、真空度监测仪表等组成。离子源与注入线和束流输运线真空获取系统由分子泵、机械泵等组成。

3.2.2.1.8 加速器总控制系统

计算机控制系统是回旋加速器的重要组成部分，它包含了加速器本体、束流输运系统和靶站的控制，由多个系统的数据采集和控制部分组成。

3.2.2.1.9 水冷系统

循环冷却水系统是保障回旋加速器、束流线、靶站等正常运行，保障主体设备安全的必备系统。

3.2.2.1.10 气动系统

气动系统由无油静音的压缩机提供气源，途经贮气瓶，通过分路阀门送往各配气柜。在配气柜内安装多路电-气转换阀，以实施对加速器各路气动部件的控制。

3.2.2.1.11 束流输运线系统

束流输运线将回旋加速器引出的质子束传输至生产靶或实验终端。

3.2.2.2 工艺流程

本次环评内容包括120MeV 质子回旋加速器和 50MeV 质子回旋加速器的销售（含建造）以及使用。工作流程包括生产、销售、安装调试、维护维修以及正常运行阶段。调试和维护维修阶段以本项目加速器一、二生产厂房为典型场所进行分析。流程图见图 3-3。具体流程如下：

（1）合同签订：公司与用户签订购买合同，明确价格、服务内容、产品技术规格、交货时间等内容，并为购买设备的用户提供工作场所辐射防护设计建议；

（2）回旋加速器生产：合同签订后，公司深化相关设计，委托制造单位生产加速器子系统成品部件；

（3）运输：委托运输单位将各加速器子系统部件运输至客户现场；

(5) 安装调试：由公司安排人员负责 120MeV 和 50MeV 加速器在客户现场的安装和调试，并对用户单位使用人员进行操作培训；(6) 用户涉及售后维修、维护服务的，由用户联系公司维修人员或工程师进行维护维修服务。维修维护期间产生的放射性废物由客户委托有资质单位处置。

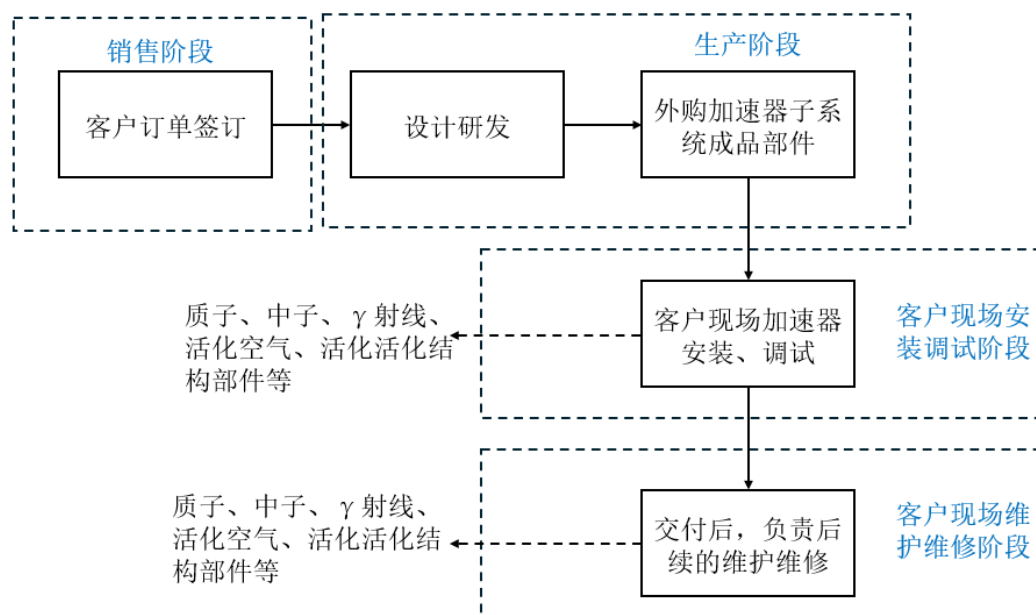


图 3-3 本项目加速器生产、销售、安装调试和维护维修流程图

3.2.2.2.1 生产阶段

接到客户订单后，公司深化相关设计，外购加速器各子系统的成品部件，其中涉及的机械加工在相关制造单位（该环节不涉及辐射源项），各子系统完成制造后直接运输到客户单位现场进行安装、调试。

3.2.2.2.2 销售阶段

销售阶段主要包括销售合同签订和产品发货运输至用户单位，该环节不涉及加速器出束，不会产生辐射源项。

3.2.2.2.3 安装调试阶段

整个设备调试阶段主要分三个主要阶段：1) 设备主体安装阶段；2) 分系统调试阶段；3) 束流调试阶段。

其中设备主体安装节点主要包括：主磁铁系统、电源系统、真空系统、离子源系统、高频系统、束流线系统、靶站系统、控制系统、剂量监测与安全联锁系统等设备的组装。完成设备主体安装后具备分系统调试条件。该阶段的工作不涉及放射性。

分系统调试主要包括：分系统独立调试和分系统联合调试。其中分系统独立调试主要包括：主磁铁系统、电源系统、真空系统、离子源系统、高频系统、束流线系统、靶站系统、控制系统、剂量监测与安全联锁系统等设备的独立调试，调试主要针对各个分系统各自的技术指标的确认。分系统联合调试主要针对相关联的系统间的联合调试，例如：控制系统与各个系统的信号连接与动作测试，以及电源系统与各个系统的电源连接测试。完成分系统调试后具备束流调试条件，该阶段工作不涉及放射性。

束流调试阶段主要针对加速器束流性能进行联合调试。束流调试的必备条件：剥离靶工作正常（靶杆旋转不漏气，控制动作正常，剥离膜安装好，剥离靶束流监测系统经过校准）；真空系统满足真空度要求；离子源系统、主磁铁系统、控制系统、高频系统等主工艺系统在线。

调试流程如下：

- 1) 调整离子源，插入离子源法拉第筒，法拉第桶收到束流信号。
- 2) 拉出离子源法拉第筒，¹¹H 束流通过剥离靶剥离电子，在剥离靶上能看到束流，调试法拉第桶收到束流信号。调试法拉第桶的位置位于加速器引出口，详见[错误!未找到引用源。](#)。
- 3) 通过剥离靶的方位角和主磁场确定引出束斑的位置，通过调试法拉第桶和剥离靶参数给出束斑的对中位置。
- 4) 利用调试法拉第桶监测束流，并根据高频系统的负载能力，增大引出束流的流强。
- 5) 引出束流流强达到 50 μ A 的流强时完成束流调试。

加速器调试期间仅束流调试阶段涉及放射性操作，本项目束流调试阶段，累计调试束时间预计不超过 50h，束流调试期间，人员会进入加速器机房内进行调试，累计时间预计不超过 300h。

3.2.2.2.4 正常运行阶段

加速器产生符合要求的束流后轰击靶站靶件，此时加速器运行人员在加速器控制室及监督区等区域工作。具体的靶件辐照参数详见“3.2.1.2.3”小节。

3.2.2.2.5 维护维修阶段

加速器的维护维修的主要工作内容如下：

（1）不涉及放射性操作的系统故障：主要包括强电、弱电（通讯）、水机、供气等系统的维护维修。

（2）涉及放射性操作的系统故障：主要包括加速器引出系统故障、法拉第桶等设备故障，其辐射源项主要是来自活化部件感生放射性，可参考 3.4.1.3 节。

射线装置的维护维修的操作流程都制定了相应的操作规程，且严格按照相应规程的要求执行。维护维修的操作要求如下：

1）用户单位针对射线装置的运行期间出现的故障，用户通过控制系统的故障提示联系公司提出维修请求，公司现场维修工程师根据维修请求到现场进行故障确认，根据制定的维修操作流程初步排除故障。

2）现场维修工程师无法通过维修操作流程排除现场问题时，公司技术人员根据现场维修工程师反馈情况进行故障评估，明确故障类型。

3）根据故障评估，明确故障维修方案。可通过远程操作的方案，由技术人员通过网络进行故障排除；需进行现场操作的方案，由技术人员配合现场维修工程师进行故障排除。

4）维修替换的活化部件，由用户自行处置。

5）完成故障排除后由现场维修工程师上报公司关闭维修工作。

3.2.3 工作规划

3.2.3.1 120MeV 质子回旋加速器

120MeV 质子回旋加速器每年最长出束时间为 5000h，相关工作人员安排见表 3-12。

表 3-12 120MeV 质子回旋加速装置相关工作人员安排

3.2.3.2 50MeV 质子回旋加速器

50MeV 质子回旋加速器每年最长出束时间为 5000h，相关工作人员安排见表 3-13。

表 3-13 50MeV 质子回旋加速器装置相关工作人员安排

3.2.3.3 非密封放射性物质工作场所

非密封放射性物质工作场所辐射工作人员安排见表 3-14。

表 3-14 非密封放射性物质工作场所辐射工作人员工作规划一览表

3.3 人流、物流

3.3.1.1 加速器一生产厂房非密封放射性物质工作场所

加速器一生产厂房人流物流图见附图 5。

(1) 工作人员：经过一层同位素生产厂房卫生通过间进入走道，进入热室操作区，完成工作后经检测合格后返回；

(2) 二层工作人员：经过一层同位素生产厂房卫生通过间后，经客梯/楼梯进入二层生产线，完成工作后经检测合格后返回；

(3) 一层放射性废物：

废液：热室下部设置废液暂存罐进行废液收集，每条产线共用一个暂存罐。收集满后， α 废液在二号热室进行蒸发浓缩，浓缩液蒸发后焙烧，固体氧化物作为固废处理，冷凝液通过导管转移到地下一层 A 类暂存罐贮存，非 α 废液在二号热室进行蒸发浓缩，浓缩液蒸发后焙烧，固体氧化物作为固废处理，冷凝液通过导管转移到地下一层 B 类暂存罐贮存。C 类罐用于存放来自 3 号热室的含氚/氟废液；D 类罐用于存放 1 至 10 号热室事故工况下产生的清洗废液。

固废：热室下部设置废物暂存罐进行废物收集，待收集满后，在废物整备热室中进行分拣装桶，通过吊车进入地下一层，小车移动至地下一层放射性废物暂存间。

（4）地上二层放射性废物

废液：手套箱下部设置废液暂存罐进行废液收集，每条产线共用一个暂存罐，暂存罐收集满之后通过吊装口运至二号热室进行蒸发浓缩。 α 废液在二号热室进行蒸发浓缩，浓缩液蒸发后焙烧，固体氧化物作为固废处理，冷凝液通过导管转移到地下一层 A 类暂存罐贮存，非 α 废液在二号热室进行蒸发浓缩，浓缩液蒸发后焙烧，固体氧化物作为固废处理，冷凝液通过导管转移到地下一层 B 类暂存罐贮存。

固废：手套箱下部设置废物暂存罐进行废物收集，每条产线共用一个暂存罐。收集满后，暂存在手套箱后区。经过一定衰变时间后，通过放射性货梯运送到一层热室后区，在固废热室进行分拣分类后，通过吊车进入地下一层，小车移动至地下一层放射性废物暂存间。

（5）辐照后靶件：

加速器一生产厂房辐照后靶件通过靶件传输系统将辐照后靶件传送加速器一生产厂房 8 号接收热室，后续进行靶件的处理。

加速器二生产厂房 Ge-68 靶件经过廊道，经连廊进入加速器一生产厂房地上一层，经货梯进入地上一层，经物料转移通道进入 9 号溶解热室。

（6）产品发货路径：完成包装的产品经走道及连廊进入加速器二生产厂房，经加速器生产二生产厂房一层发货通道发出。

由图可知，加速器一生产厂房非密封放射性物质工作场所设置了工作人员、产品成品、放射性固废路线，从图中可以看出，加速器一生产厂房存在产品、加速器二生产厂房 Ge-68 辐照后靶件与辐射工作人员路线有交叉，建设单位通过时间管控避免交叉，并在通道的出、入口设计了单向门禁，无关人员不得入内，可保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射，综合考虑加速器一生产厂房非密封放射性物质工作场所布局及人流、物流路线基本合理。

3.3.1.2 加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所

加速器二生产厂房人流物流图见附图 6。

（1）工作人员：经过一层同位素生产厂房卫生通过间进入走道，进入热室操作区，完成工作后经检测合格后返回；

（2）辐照后靶件：

加速器二生产厂房 Ge-68 靶件经过廊道，经连廊进入加速器一生产厂房地上一层，经货梯进入地上一层，经物料转移通道进入 9 号溶解热室。

（3）产品发货路径：完成包装的产品进过走道，途径产品接收室、产品暂存区以及产品发货区后发出。

由图可知，加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所设置了工作人员、产品成品、放射性固废路线，从图中可以看出，加速器二生产厂房存在辐照后靶件与辐射工作人员路线有交叉，建设单位通过时间管控避免交叉，并在通道的出、入口设计了单向门禁，无关人员不得入内，可保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射，综合考虑加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所布局及人流、物流路线基本合理。

3.4 辐射污染源项分析

3.4.1 射线装置

由于 2 台质子回旋加速器暂时没有具体的用户单位，因此以本项目加速器一、二生产厂房为典型场所进行分析。

3.4.1.1 瞬发辐射场分析

3.4.1.1.1 瞬发辐射源项及束流损失参数

本项目两台质子回旋加速器的主要参数见表 3-15 所示。正常运行时的束流损失参数见表 3-16，调试期间的束流损失参数见表 3-17。

表 3-15 本项目射线装置主要参数一览表

序号	射线装置名称	类别	规格型号	加速粒子	最大能量	最大流强	数量	所在位置
1	120MeV 质子回旋加速器	I	自研	负氢离子	120MeV	500μA	1	加速器一生产厂房
2	50MeV 质子回旋加速器	I	自研	负氢离子	50MeV	500μA	1	加速器二生产厂房

表 3-16 质子回旋加速器束流损失参数表

表 3-17 质子回旋加速器束流损失参数表（调试阶段）

3.4.1.1.2 瞬发辐射场分析

本项目质子加速器运行所产生的辐射场，包括加速器运行时产生的“瞬发辐射场”和加速器停机后依然存在的“残余辐射场”。瞬发辐射决定着加速器的屏蔽厚度，而残余辐射是工作人员所受剂量的主要来源。瞬发辐射是加速器运行期间损失束流与加速器部件和屏蔽体等发生核反应产生，其特点是能量高、辐射强，但会随着加速器的停机而完全消失；残余辐射主要来自加速器部件、设备冷却水、机房内空气被初级带电粒子或次级粒子轰击产生的活化产物，在加速器停机后依然存在。

由于加速器加速的初级带电粒子能量和流强变化大，束流在轰击靶时全部损失。加速器运行时产生的辐射主要为高能粒子引起的核反应而发射的瞬发中子，主要包括由核内级联产生的高能中子及复合核退激出射的蒸发中子（各向同性部分）两部分，至于其它粒子（电子，γ 射线等），其产量和穿透能力皆小于中

子，且对屏蔽外剂量当量的贡献与中子相比较小。因此对于中高能质子加速器，中子是决定屏蔽厚度的主要因素。同时，次级中子也是造成空气、冷却水和屏蔽体活化的主要因素。

3.4.1.2 天空反散射

天空反散射随加速器开机产生，加速器停机便立刻消失。其对人员的剂量贡献取决于屏蔽体的厚度。本项目加速器采取了混凝土（密度不低于 2.35g/cm^3 ）作为屏蔽材料，顶板屏蔽均属于厚屏蔽，且根据模拟计算结果表 5-3，顶板外屏蔽体外剂量率最大为 $2.0\mu\text{Sv/h}$ ，低于剂量率控制限值。因此，可不考虑天空反散射的影响。

3.4.1.3 感生放射性

感生放射性主要是主束或次级中子与靶、加速器部件、设备冷却水及机房内的空气相互作用引起的。其辐射水平取决于加速离子的能量、流强、加速器运行时间、冷却时间和被照材料性质等诸多因素。

本项目装置产生的感生放射性对周围环境的辐射影响较小，主要的影响对象是对停机后，需要进入屏蔽体内的辐射工作人员。本次评价主要对空气、冷却水、结构部件以及土壤和地下水的感生放射性进行分析评价。

3.4.1.3.1 空气的感生放射性

（1）空气感生放射性静态饱和活度浓度及动态饱和活度浓度

加速器运行期间初级粒子或次级粒子与空气的等相互作用产生放射性气体，其放射性同位素主要通过热中子俘获（ $n, 2n$ ）、 (γ, n) 反应和散裂反应而产生，产生 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 和 ^{41}Ar 等放射性同位素，对人体的辐射影响主要通过气体浸没外照射和吸入引起的内照射。本次评价采用 FLUKA 计算质子回旋加速器区域的空气活化，建模模型图见附图 16。

加速器运行期间，加速器大厅的换气次数 1 次/h，维持机房微负压，靶室内暂存 3 天后再开启排风。本次评价计算了不考虑通风情况下运行期间机房内的空

气感生放射性静态饱和活度浓度以及考虑通风情况下运行期间机房内的动态饱和活度浓度。

120MeV 质子加速器考虑束流线 1W/m 以及每个靶站 60kW 的束流损失功率，连续照射 10 天（一个周期），且不考虑通风的情况下，120MeV 质子加速器运行过程中室内空气活化各核素静态饱和活度计算结果见表 3-18 所示。

表 3-18 120MeV 质子加速器空气静态饱和活度计算结果

核素	半衰期	静态饱和活度（Bq）							
		0s 时刻	1h 后	16h 后	3 天后	0s 时刻	1h 后	16h 后	3 天后
		加速器大厅				靶室			
C-11	20.364m	9.36E+05	1.21E+05	0	0	6.79E+09	8.81E+08	0	0
N-13	9.965m	2.41E+06	3.72E+04	0	0	1.31E+10	2.01E+08	0	0
O-15	122.24s	1.02E+06	0	0	0	5.59E+09	7.62E+00	0	0
Ar-41	109.61m	9.41E+06	6.44E+06	2.17E+04	0	4.66E+10	3.19E+10	1.08E+08	0

50MeV 质子加速器考虑束流线 1W/m 以及每个靶站 25kW 的束流损失功率，连续照射 10 天（一个周期），且不考虑通风的情况下，50MeV 质子加速器运行过程中室内空气活化各核素静态饱和活度计算结果见表 3-19 所示。

表 3-19 50MeV 质子加速器大厅空气静态饱和活度计算结果

核素	半衰期	静态饱和活度（Bq）							
		0s 时刻	1h 后	16h 后	3 天后	0s 时刻	1h 后	16h 后	3 天后
		加速器大厅				靶室			
C-11	20.364m	4.96E+03	6.44E+02	0.00E+00	0	5.12E+07	6.64E+06	0	0
N-13	9.965m	4.96E+03	2.54E+03	0.00E+00	0	1.37E+07	1.86E+07	0	0
O-15	122.24s	2.48E+03	0	0.00E+00	0	7.49E+06	0	0	0
Ar-41	109.61m	1.02E+06	6.96E+05	2.35E+03	0.00E+00	1.07E+10	7.35E+09	2.48E+07	0

根据《加速器保健物理》（H.W.帕特森，R.H.托马斯）P296 和 NCRP NO.144 报告 P345，在考虑通风的情况下，机房内空气感生放射性动态饱和活度浓度可由下式计算得到：

$$C_t = \frac{\lambda}{\lambda + r_1} C_{sat} \quad (3-1)$$

式中，

C_t 为考虑通风的情况下，停机时刻机房内空气感生放射性核素的动态饱和活度浓度，Bq/m³；

C_{sat} 为不考虑通风的情况下，停机时刻机房内空气感生放射性核素的静态饱和活度浓度，Bq/m³；

λ 为放射性核素的衰变常数，s⁻¹， $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$ ；

r_1 为正常运行时机房内的换气次数，s⁻¹，本项目为 1 次/h，即 2.78E-04 s⁻¹。

根据上述公式，得到加速器机房内的空气感生放射性核素的动态饱和活度浓度计算结果见表 3-20。

表 3-20 空气动态饱和活度计算结果

核素	120MeV 加速器	50MeV 加速器
	动态饱和 C_t , Bq/m ³	动态饱和 C_t , Bq/m ³
¹¹ C	1.32E+03	1.43E+00
¹³ N	4.08E+03	1.72E+00
¹⁵ O	2.03E+03	1.01E+00
⁴¹ Ar	5.48E+03	1.22E+02
总计	1.29E+04	1.26E+02

(2) 排入环境空气中感生放射性核素的量

根据 NCRP NO.144 报告“6.3.1.4 节”，停机通风期间向周围环境排放的空气感生放射性总活度可由下式计算。

$$Q_t = \int_0^t C_t R_t dt = \int_0^t \frac{\lambda}{\lambda + r_1} N \sigma \phi (1 - e^{-(\lambda + r_1)t}) R_t dt = \frac{\lambda}{\lambda + r_1} N \sigma \phi R_t \int_0^t (1 - e^{-(\lambda + r_1)t}) dt$$

$$= \frac{\lambda}{\lambda + r_1} N \sigma \phi R_t \left(t - \frac{1}{\lambda + r_1} + \frac{e^{-(\lambda + r_1)t}}{\lambda + r_1} \right) \quad (3-2)$$

$$Q_{t_c} = \int_0^{t_c} C_{t_c} R_{t_c} dt = \int_0^{t_c} C_t e^{-(\lambda + r_2)t_c} R_{t_c} dt = C_t R_{t_c} \int_0^{t_c} e^{-(\lambda + r_2)t_c} dt$$

$$= C_t R_{t_c} \frac{1 - e^{-(\lambda + r_2)t_c}}{\lambda + r_2} \quad (3-3)$$

式中，

Q_t 和 Q_{t_c} 分别加速器运行 t 时间和停机排放 t_c 时间向周围环境排放的空气感生放射性的总活度，Bq；

R_t 和 R_{t_c} 分别为正常运行和停机通风状态下的通风速率， m^3/s ；

各机房每年排入环境的空气感生放射性核素总量和年均排放速率计算结果列于表 3-21。

表 3-21 加速器每年排入环境的空气感生放射性核素总量和年均排放速率

核素	120MeV 加速器		50MeV 加速器		两台加速器总计	
	年排放量, Bq	年平均排放速率, Bq/s	年排放量, Bq	年平均排放速率, Bq/s	年排放量, Bq	年平均排放速率, Bq/s
^{11}C	3.14E+09	9.97E+01	6.68E+05	2.12E-02	3.14E+09	9.97E+01
^{13}N	9.74E+09	3.09E+02	8.02E+05	2.54E-02	9.74E+09	3.09E+02
^{15}O	4.85E+09	1.54E+02	4.73E+05	1.50E-02	4.85E+09	1.54E+02
^{41}Ar	1.31E+10	4.15E+02	5.69E+07	1.81E+00	1.32E+10	4.17E+02
总计	3.08E+10	9.78E+02	5.89E+07	1.87E+00	3.09E+10	9.80E+02

3.4.1.3.2 冷却水的感生放射性

加速器在运行过程中，加速器器件的冷却水因受次级粒子的照射而活化，主要是中子引起水中 ^{16}O 的散裂，主要考虑 ^3H 和 ^7Be 。

本次评价采用 FLUKA 计算冷却水活化，建模模型图见附图 16。120MeV 质子加速器冷却水总流量 2m³，考虑束流线 1W/m 以及每个靶站 60kW 的束流损失功率，照射一年，则冷却水活化情况见表 3-22~表 3-24。

表 3-22 120MeV 质子加速器束流线冷却水活化计算结果

核素	半衰期	饱和活度浓度 (Bq/L)
H-3	12.32y	1.88E+00
Be-7	53.22d	5.73E+00

表 3-23 120MeV 质子加速器串联靶冷却水活化计算结果

核素	半衰期	饱和活度浓度 (Bq/L)
H-3	12.32y	1.56E+06
Be-7	53.22d	9.38E+07

表 3-24 120MeV 质子加速器钽靶冷却水活化计算结果

核素	半衰期	饱和活度浓度 (Bq/L)
H-3	12.32y	9.19E+05
Be-7	53.22d	5.60E+06

采用 FLUKA 计算冷却水活化，50MeV 质子加速器冷却水总流量 2m³，考虑束流线 1W/m 以及每个靶站 25kW 的束流损失功率，照射一年，则冷却水活化情况见表 3-25~表 3-26。

表 3-25 50MeV 质子加速器束流线冷却水活化计算结果

核素	半衰期	饱和活度浓度 (Bq/L)
H-3	12.32y	7.53E-02
Be-7	53.22d	3.31E-02

表 3-26 50MeV 质子加速器镓靶冷却水活化计算结果

核素	半衰期	饱和活度浓度 (Bq/L)
H-3	12.32y	2.19E+04
Be-7	53.22d	2.89E+04

3.4.1.3.3 结构部件的感生放射性

加速器结构部件的感生放射性主要是粒子直接与结构材料相互作用产生。加速器产生感生放射性的主要部位是束流损失较大的部位。根据主要的束流损失点位分布，利用 FLUKA 程序，考虑加速器束流线 1%的束流损失功率，照射一年，主要束流损失部位（磁铁）的感生放射性活度计算结果见表 3-27~表 3-32。

表 3-27 120MeV 质子加速器磁铁活化计算结果

核素	半衰期	饱和活度（Bq）					
		冷却 0 秒	冷却 1 小时	冷却 16 小时	冷却 3 天	冷却 1 周	冷却 1 月
H-3	12.32y	1.78E+05	1.78E+05	1.78E+05	1.78E+05	1.78E+05	1.77E+05
Be-7	53.22d	7.83E+03	7.83E+03	7.77E+03	7.53E+03	7.15E+03	5.30E+03
C-14	5700y	1.92E+03	1.91E+03	1.89E+03	1.80E+03	1.67E+03	1.06E+03
Na-22	2.6018 y	1.08E+04	1.08E+04	1.08E+04	1.07E+04	1.05E+04	9.52E+03
Ca-45	162.61 d	2.57E+05	2.57E+05	2.55E+05	2.50E+05	2.42E+05	2.00E+05
Sc-46	83.79d	2.26E+06	2.26E+06	2.20E+06	1.99E+06	1.67E+06	6.15E+05
V-48	15.973 5d	3.04E+06	3.04E+06	3.04E+06	3.03E+06	3.00E+06	2.86E+06
V-49	330d	3.27E+07	3.27E+07	3.22E+07	3.04E+07	2.75E+07	1.54E+07
Cr-51	27.702 5d	6.70E+06	6.67E+06	6.17E+06	4.62E+06	2.81E+06	1.63E+05
Mn-52	5.591d	5.56E+07	5.56E+07	5.55E+07	5.52E+07	5.47E+07	5.20E+07
Mn-54	312.2d	4.37E+07	4.37E+07	4.37E+07	4.36E+07	4.35E+07	4.28E+07
Fe-55	2.744y	3.23E+05	3.23E+05	3.20E+05	3.08E+05	2.90E+05	2.02E+05
Fe-59	44.495 d	2.14E+05	2.14E+05	2.12E+05	2.08E+05	2.01E+05	1.63E+05
Co-56	77.236 d	4.68E+03	4.68E+03	4.67E+03	4.64E+03	4.60E+03	4.34E+03
Co-57	271.74 d	1.68E+03	1.68E+03	1.67E+03	1.63E+03	1.57E+03	1.25E+03
Co-58	70.86d	1.78E+05	1.78E+05	1.78E+05	1.78E+05	1.78E+05	1.77E+05

表 3-28 120MeV 质子加速器靶站真空室铝活化计算结果

核素	半衰期	饱和活度浓度（Bq/g）
----	-----	--------------

		冷却 0 秒	冷却 1 小时	冷却 16 小时	冷却 3 天	冷却 1 周	冷却 1 月
H-3	12.32y	3.98E+03	3.98E+03	3.98E+03	3.98E+03	3.98E+03	3.97E+03
C-14	5700y	6.93E-02	6.93E-02	6.93E-02	6.93E-02	6.93E-02	6.93E-02
Na-22	2.6018y	4.98E+03	4.98E+03	4.97E+03	4.97E+03	4.95E+03	4.87E+03
Al-26	162.61d	9.94E-01	9.94E-01	9.94E-01	9.94E-01	9.94E-01	9.94E-01

表 3-29 50MeV 质子加速器磁铁活化计算结果

核素	半衰期	饱和活度 (Bq)					
		冷却 0 秒	冷却 1 小时	冷却 16 小时	冷却 3 天	冷却 1 周	冷却 1 月
H-3	12.32y	2.51E+02	2.51E+02	2.51E+02	2.51E+02	2.51E+02	2.50E+02
V-49	330d	5.67E+03	5.67E+03	5.66E+03	5.64E+03	5.59E+03	5.33E+03
Cr-51	27.7025d	2.63E+05	2.62E+05	2.58E+05	2.44E+05	2.21E+05	1.24E+05
Mn-52	5.591d	2.56E+04	2.55E+04	2.36E+04	1.76E+04	1.07E+04	6.21E+02
Mn-54	312.2d	1.41E+06	1.41E+06	1.40E+06	1.40E+06	1.38E+06	1.32E+06
Fe-55	2.744y	1.95E+06	1.95E+06	1.95E+06	1.95E+06	1.95E+06	1.91E+06
Fe-59	44.495d	1.58E+04	1.58E+04	1.56E+04	1.51E+04	1.42E+04	9.90E+03

表 3-30 50MeV 质子加速器靶站真空室铝活化计算结果

核素	半衰期	饱和活度浓度 (Bq/g)					
		冷却 0 秒	冷却 1 小时	冷却 16 小时	冷却 3 天	冷却 1 周	冷却 1 月
H-3	12.32y	2.45E+05	2.45E+05	2.45E+05	2.45E+05	2.45E+05	2.44E+05
Be-7	53.22d	1.21E+04	1.21E+04	1.20E+04	1.16E+04	1.10E+04	8.16E+03
C-14	5700y	4.51E+00	4.51E+00	4.51E+00	4.51E+00	4.51E+00	4.51E+00
Na-22	2.6018y	2.83E+05	2.83E+05	2.83E+05	2.82E+05	2.81E+05	2.77E+05
Al-26	162.61d	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01

表 3-31 120MeV 质子加速器活化结构部件 1m 处剂量率计算结果

位置	照射时间	冷却时间	剂量率 (μSv/h)
距束流线及磁铁 1m 处	1 年	16 小时	150
距靶站 1m 处	10 天	1 个月	6000

表 3-32 50MeV 质子加速器活化结构部件 1m 处剂量率计算结果

位置	照射时间	冷却时间	剂量率 (μSv/h)
距束流线及磁铁 1m 处	1 年	16 小时	50
距靶站 1m 处	10 天	1 个月	100

3.4.1.3.4 土壤和地下水的感生放射性

参考我国 CNNS 散裂中子源及日本 J-PARC 等国际质子加速器的相关设计，本项目加速器底部剂量率水平平均低于 5mSv/h，不需要考虑其对土壤、地下水的活化影响。

3.4.1.4 射线装置放射性三废小结

3.4.1.4.1 放射性废气

本项目加速器运行期间产生的感生放射性气体来源于质子束流损失产生的初级和次级粒子引起的空气活化，其主要放射性核素为 ^{11}C ($T_{1/2}[^{11}\text{C}]=20.39\text{min}$)、 ^{13}N ($T_{1/2}[^{13}\text{N}]=9.965\text{min}$)、 ^{15}O ($T_{1/2}[^{15}\text{O}]=2.037\text{min}$) 和 ^{41}Ar ($T_{1/2}[^{41}\text{Ar}]=1.8\text{h}$)。每年排入环境的空气感生放射性核素总量和年均排放速率计算结果列于表 3-21。

3.4.1.4.2 放射性废液

本项目加速器运行期间产生的放射性废液主要是活化的设备冷却水。加速器所用冷却水为去离子水，去离子水在使用过程中，由于 ^{16}O 散裂反应可能形成的放射性核素除 ^7Be 、 ^3H 外，其余核素的半衰期都很短，经过一段时间就基本可以衰变到可以忽略的水平。活化冷却水放射性活度浓度计算结果见表 3-22~表 3-26。

3.4.1.4.3 放射性固体废物

本项目加速器运行期间产生的放射性固体废物主要为活化部件、废靶等，其主要材料为铁、铝等，感生放射性模拟结果列于表 3-27~表 3-32。停机后对活化结构部件剂量率贡献较大的主要是 ^{52}Mn 、 ^{54}Mn 等半衰期较长的核素。

3.4.1.5 臭氧、氮氧化物

O_3 和 NO_2 是当光子能量低于 (γ, n) 反应的阈能时，光子对空气的辐照而产生，同时其产生量与带电粒子的质量密切相关，是电子加速器环境影响评价中需要考虑的因素。对本项目的质子加速器而言，其辐射场主要为中子辐射，光子产

额很小。且质子的质量比电子的质量高几个量级。因此，对质子加速器，其 O_3 和 NO_2 产生量很小，可以不用考虑。

3.4.2非密封放射性物质工作场所

3.4.2.1 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 α 粒子、 β 粒子、 γ 射线。目标核素的主要衰变参数见表 3-33。

表 3-33 本项目目标核素主要性能参数

序号	核素名称	半衰期	衰变模式	主要 γ 、X 射线能量，MeV	α/β 最大能量，MeV
1	^{225}Ac	10d	α 、 β^-	0.099 (1.01)	5.83 (50.7)
2	^{223}Ra	11.44d	α	0.269 (13.7)	5.71 (52.6)
3	^{227}Ac	21.77a	β^-	0.012(0.037)	4.95(0.66)
4	^{99}Mo	2.75d	β^-	0.141 (89.6)	1.21 (82.4)
5	^{212}Pb	10.64h	β^-	0.238(43.3)	0.335(82.5)
6	^{82}Sr	25.55d	EC	0.013 (32.3)	/
7	^{68}Ge	270.8d	EC	0.0093 (25.6)	/
8	^{67}Cu	61.83h	β^-	0.184 (48.7)	0.391 (57.0)
9	^{123}I	13.27h	EC	0.158(83.3)	/
备注：数据源自《简明放射性同位素应用手册》（卢玉楷主编）。					

3.4.2.2 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 α 、 β 表面污染。

3.4.2.3 放射性三废

本项目采用高能量束流质子轰击靶材，目标核素通过核素散裂反应产生，其反应过程中母核会产生多个子核碎片，会产生多种其他核素的杂质。基于各核素的半衰期、活度以及毒性，选取各生产线关键核素进行辐射源项分析，核素会以不同的比例进入气态、液相和固相，核素靶件中关键核素物料平衡见

表 3-34~表 3-37。

放射性核素进入气相、液相和固相的比例按照实际生产经验以及可参照的生产线监测数据获取。

表 3-34 Th 靶（目标核素为 ^{225}Ac 和 ^{223}Ra ）物料平衡一览表

以下保密，省略

表 3-35 铷靶（目标核素为 ^{82}Sr ）物料平衡一览表

以下保密，省略

表 3-36 镓靶（目标核素为 ^{68}Ge ，120MeV 质子回旋加速器）物料平衡一览表

以下保密，省略

表 3-37 镓靶（目标核素为 ^{68}Ge ，50MeV 质子回旋加速器）物料平衡一览表

以下保密，省略

表 3-38 锌靶（目标核素为 ^{67}Cu ）物料平衡一览表

以下保密，省略

表 3-39 碘靶（目标核素为 ^{123}I ）物料平衡一览表

以下保密，省略

表 3-40 废液热室物料平衡一览表

以下保密，省略

3.5 非放污染源项分析

3.5.1 废气

项目运营期非放部分废气主要来源于加速器一生产厂二层试剂配制间实验废气 G1，主要为热室靶材剪切后溶解、淋洗等工序提供所需酸液、有机溶剂过程产生的酸性气体、有机废气，不涉及放射性污染；非密封场所含酸雾放射性废气 G2，来自放射性药物生产线粗分离、分离纯化、放射性废液蒸发浓缩等过程；食堂产生的食堂油烟 G3，主要污染物包括氮氧化物、氟化物、氯化氢、硫酸雾、非甲烷总烃等。

非密封放射性物质工作场所放射性废液经废液热室处理后，浓缩液自流入加速器一生产厂房地下一层 B 类废液罐暂存，冷凝液自流入加速器一生产厂房地下一层

C 类废液罐暂存，放射性废液酸类物质含量低，酸雾废气排放量少，故不开展定量分析。

3.5.2 废水

项目运营期非辐射部分产生的废水主要为生活污水、实验配制废液、实验室清洗废水、非放场所地面清洁废水、废气净化系统排水、纯水制备浓水、循环冷却水排水（放射废水）。

3.5.3 噪声

本项目运营期主要的噪声源为各生产设备噪声，产生噪声的主要设备为实验室通风排气风机和公用工程及辅助设备，如风机、通风柜、加速器、冷却塔、空气压缩机等运行产生的噪声。

3.5.4 固体废物

本项目运营期产生的一般工业固体废物主要为设备维修产生的废零件，废物代码：900-999-99，产生量约 0.05t/a；纯水制备产生的废离子交换树脂，废物代码：900-999-99，产生量约 0.2t/a。

实验室内产生的废试剂瓶属危险废物 HW49，危废代码：900-047-49，产生量为 2t/a，分类收集后暂存于危废暂存间，交有资质单位处理。

实验室产生的实验废液属危险废物 HW49，废物代码：900-047-49，产生量为 3.86t/a，经实验室设置的专用收集桶统一收集暂存于危废暂存间，定期交有资质的单位处置，不外排。

本项目设备维修产生的废抹布、含油手套属危险废物 HW49，废物代码：约 0.5t/a，900-041-49，统一收集暂存于危废暂存间，定期交有资质的单位处置。

废气处理系统产生的废过滤棉属于危险废物 HW49，废物代码：900-047-49，产生量为 0.1t/a，废活性炭属于危险废物 HW49，废物代码：900-039-49，根据《简明通风设计手册》，使用量按照 300kg 废气/1t 活性炭考虑，拟建项目有机废气处理量

0.0214t/a，活性炭使用量为 0.07t/a，废气处理系统产生的废活性炭产生量约为 0.09t/a，收集后暂存于危废暂存间，交有资质单位处理。

4 辐射安全与防护设施

4.1 工作场所布局分析

本项目主要包括加速器一生产厂房、加速器二生产厂房、配套综合楼，并同步配套开关站/变电所等建筑，其中加速器一生产厂房和加速器二生产厂房为辐射工作场所，其他场所不涉及辐射活动。本项目辐射工作场所具体布局如下：

（1）加速器一生产厂房

加速器一生产厂房位于厂区西南侧，为地下一层地上四层建筑，主要功能实现Ac-225、Ac-227/Ra-223、Pb-212、Sr-82、Ge-68、Cu-67、I-123、Mo-99放射性药物的生产。

地下一层：放射性废液和放射性固体废物暂存区域；

地上一层：1台120MeV质子加速器装置（I类射线装置）配套区域（加速器主控制室、水冷机房、物理测量实验厅等），Ac-225、Ac-227/Ra-223、Pb-212、Sr-82、Ge-68、Cu-67、I-123、Mo-99粗分离生产线配套区域；

地上二层：Ac-225、Ac-227/Ra-223、Pb-212、Sr-82、Ge-68、Cu-67、I-123、Mo-99分离纯化生产线配套区域，产品质检区域主要包括ICP-MS、ICP-OES、内毒素、微生物限度、细菌培养间等，以及质量控制室、剂量测试间、靶件制备间、工艺过程分析室和分析测试室等；

地上三层：主要为制靶区域以及产品研发区域，主要包括耗材库、放射性元素分析室、样品准备间、同位素工艺开发实验室等，以及靶室上厅、加速器送风机房、放化送风中心等。

地上四层：放化排风中心。

加速器一生产厂房地下一层、地上一层、二层、三层、四层非密封放射性物质工作场所整体作为甲级非密封放射性物质工作场所管理。

（2）加速器二生产厂房

加速器二生产厂房位于厂区东南侧，为地上三层建筑，主要功能为实现 Ge-68 放射性药物的生产。

地上一层：1 台 50MeV 质子加速器装置（I 类射线装置）配套区域（加速器控制室、高频机房、水泵房等），Ge-68 靶件接收热室以及配套区域（产品库区、产品发货区、产品暂存区、产品接收室、设备维修间等）；

地上二层：主要为靶室上厅、送风空调机房、设备维修间等。

地上三层：主要为加速器排风机房、空调排风机房等。

加速器二生产厂房地上一层非密封放射性物质工作场所作为甲级非密封放射性物质工作场所管理。

加速器厅分别设于加速器一、二生产厂房地上一层，均拟设置入口迷宫，相邻加速器厅拟设置靶室、主控制室以及放射性药物生产线，本项目放射性废液和固体废物拟暂存在加速器一生产厂房地下一层，产品库和发库区拟设置在加速器二生产厂房地上一层西南侧。拟建项目涉及放射性同位素操作的功能用房布局相对集中，项目人流、物流相对独立，生产过程中的放射性废液和固体废物分类分区域暂存，生产物料进出途径相对合理。

拟建厂址位于工业园区内，项目厂区平面布置有利依托了地形及区域道路规划，方便厂区车辆进出及人员流动，加速器一生产厂房以及加速器二生产厂房作为辐射工作场所位于厂区南侧，位于厂区下风向，减少了厂内生产区对生活办公的影响。项目上述设置布局利于辐射防护安全控制，从辐射防护和环境保护的角度，项目的布局总体合理可行。

4.2 辐射工作场所分区

4.2.1 加速器装置辐射工作场所分区

为便于辐射防护管理和职业照射控制，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的规定，应将辐射工作场所分为控制区和监督区。控制

区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指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。

控制区管理要求：控制区入口处明显位置粘贴电离辐射警告标志与工作状态指示灯，以及安全联锁、门禁等防止人员误入的控制措施，以便控制正常照射和防止（或限制）潜在照射，机房门列入安全联锁系统，装置运行期间禁止进入，仅经授权并解除联锁后才能进入控制区内，进入控制区的辐射工作人员必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

监督区管理要求：监督区入口处设标牌表明监督区，并设置门禁，需经授权方可进入，进入监督区的辐射工作人员必须佩戴个人剂量计。由于 2 台质子回旋加速器暂时没有具体的用户单位，因此以本项目加速器一、二生产厂房为典型场所进行分析。本项目加速器区域具体的分区情况见表 4-1 及附图 7、附图 8。

表 4-1 加速器区域辐射工作场所分区情况表

射线装置	楼层	控制区	监督区
120MeV 加速器	一层	加速器厅及迷道内部、0#靶室、1#靶室、2#靶室、3#靶室、4#靶室、应用物理实验厅	120MeV 加速器主控制室、值班室、物理测量实验厅、门厅、走道等
	二层	加速器厅上空、应用物理实验厅上空	走道、备用准备间、预留生产准备间
	三层	加速器厅上空、靶室上厅 A	靶室上厅 B、非放分析实验室 1、非放分析实验室 2、机械手培训室、空调机房等
50MeV 加速器	一层	加速器厅及迷道内部、1#靶室、2#靶室、3#靶室、4#靶室	50MeV 回旋控制室、门厅、弱电间、高频机房、回旋水泵房等
	二层	加速器厅上空	靶室上厅 A、靶室上厅 B、设备维修间、送风与空调机房、备品备件间、预留厂房等
	三层	——	加速器排风机房、送风机房

备注：由于 120MeV 加速器靶室上厅 A 有一个与靶室连通的检查口，而靶室上厅 B 没有检查口，因此靶室上厅 A 作为控制区管理，靶室上厅 B 不作为控制区而作为监督区管理。

4.2.2 非密封放射性物质工作场所分区

4.2.2.1 分区原则

加速器一生产厂房地下一层废物暂存场所、地上一层放射性药物生产区域以及地上二层、三层放射性药物生产、质检和研发区域整体作为甲级场所管理。加速器二生产厂房地上一层放射性药物生产区域作为甲级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》（GB18871-2002）和《开放性放射性物质实验室辐射防护设计规范》（EJ380-1989），分区原则如下：

表 4-2 甲级非密封放射性物质工作场所辐射分区原则

区域名称		居留特性	控制措施
监督区		每年工作时间≤2000h	监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
控制区	I 区	设置门禁，进入该区域的工作人员必须持有工作证，进入辐射工作场所控制区需经值班人员验证后，方可入内。	a) 采用实体边界划定控制区； b) 在控制区的进出口及其他适当位置处设电离辐射警告标志； c) 有居留要求的工艺间设置有门禁； d) 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； e) 控制区的出口处提供监测仪表及去污设施等。
	II 区	控制进入，每年工作不超过 20h	
	III 区	禁止进入或运行时禁止进入	

4.2.2.2 分区

加速器一生产厂房和加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所分区图见附图 7~附图 8，各区域分区详见

表 4-3。

控制区管理要求：出入口处拟设置明显的电离辐射警告标志，出口设置门禁，各生产线生产过程中仅允许辐射工作人员进入，在此区工作的人员必须严格

遵守辐射防护规定和安全操作规程，进入控制区的辐射工作人员必须佩戴个人剂量计；

监督区管理要求：监督区入口处适当位置设置明显的监督区标志。

表 4-3 非密封放射性物质工作场所辐射分区

辐射工作场所		监督区	控制 I 区	控制 II 区	控制 III 区
加速器一生产厂房	地下一层	设备用房等周围相邻区域	/	放射性废液、放射性固废暂存区域	/
	一层	非放物流运输通道、卫生出入口等	热室前区、走道、过渡间、去污间、靶件过渡间、设备维修间、试剂廊道等	后区	热室
	二层	非放物料储存间等控制区周围相邻区域	生产线前区、ICP-MS、ICP-OES、内毒素、微生物限度、细菌培养间等、质量控制室、剂量测试间、靶件制备间、工艺过程分析室和分析测试室等	后区、产品通道	手套箱
	三层	加速器机房、放化送风中心等与控制区相邻区域	放射性元素分析室、耗材库、样品准备间、同位素工艺开发实验室	/	/
	四层	/	放化排风中心	/	/
加速器二生产厂房产厂房	一层	卫生出入口等与控制区相邻区域	热室前区、走道、去污间、产品库区、产品发货区、产品暂存区、产品接收室、设备维修间等	后区	热室
	二层	/	靶件运送期间以及加速器一生产厂房产品运送期间，运送通道作为临时控制 I 区管理	/	/
	三层	送风机房	放化排风机房	/	/

4.3 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）的要求，按最大工作负荷，计算出放射性同位素日等效最大操作量，本项目非密封放射性物质工

作场所日等效最大操作量计算详见表 1-3和表 1-4，加速器一生产厂房和加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所日等效最大操作量分别为 $7.58\text{E}+15\text{Bq}$ 和 $1.16\text{E}+11\text{Bq}$ ，两个场所均为甲级非密封放射性物质工作场所。非密封放射性物质工作场所拟实行严格的分区、分级管理，其辐射防护设计及分区、分级管理措施执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等标准中相关辐射防护安全要求。

4.4 场所屏蔽设计

4.4.1加速器装置辐射屏蔽设计

由于 2 台质子回旋加速器暂时没有具体的用户单位，因此以本项目加速器一、二生产厂房为典型场所进行分析。加速器一生产厂房和加速器二生产厂房加速器辐射工作场所屏蔽设计参数见表 4-4。

表 4-4 加速器辐射工作场所屏蔽设计参数一览表

以下保密，省略

4.4.2非密封放射性物质工作场所屏蔽设计

加速器一生产厂房和加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所辐射影响屏蔽主要源自热室和手套箱，其屏蔽设计主要参数见表 4-5。

表 4-5 热室及手套箱屏蔽设计主要参数一览表

以下保密，省略

4.5 辐射安全与防护措施

4.5.1加速器装置辐射安全与防护措施

由于 2 台质子回旋加速器暂时没有具体的用户单位，因此以本项目加速器一、二生产厂房为典型场所进行分析。

4.5.1.1 120MeV 加速器

4.5.1.1.1 目的及原则

120MeV 加速器辐射安全联锁系统的目的是为了避免人员接近工作中的回旋加速器和束流管线，或者避免在这些区域有人时，给这些区域提供束流；即使在加速器停止供束期间，如果该区域辐射剂量超标，也不允许人员进入。

辐射安全联锁系统的设计遵循以下原则：

（1）分区联锁

根据加速器及辐照靶室的运行模式，利用控制离子源和中心区注入线法拉第筒控制束流的供给。按工艺要求，在加速器供束时，不允许人员进入加速器厅、靶室 1#/2#、靶室 3#/4#、物理实验厅、靶室上厅 A。当任意区域内剂量率超过设定值时，系统发出报警并停止加速器供束。此部分联锁功能需与加速器控制系统进行通信整合。

（2）双重联锁

实现控制区内人员与区域内辐射剂量的双重联锁，即某一区域有束流时，工作人员不能进入该区域；在某一区域有人时，束流不能被送到相应的区域。

（3）冗余设计及独立性

射线装置的控制区的每个门都有三重联锁：一为通道门限位开关；二为身份识别，可对进入隔离区的人员确定其身份，记录每个进出人员的情况，并接入联锁系统的控制逻辑中；三为钥匙箱验证，确保钥匙箱上的钥匙在没有全部归还的情况下，加速器离子源法拉第筒不会被打开。采用冗余设计的多套联锁设备相互独立，不会因为一套设备的失效而影响到其他系统的安全性。

（4）优先切断

联锁系统应尽可能地切断前级控制或是机器的最初始的运行功能（如加速器的离子源法拉第筒等），更好的保证在后级区域的辐射安全。

（5）失效保护

所有线路、电动装置、气动装置均采用失效保护设计。门的限位开关在门关闭后不能立即接通联锁，需要旋转在中控室的区域控制总钥匙才能接通。急停开关在计划停机或被自救人员按下后即处于断开状态，需要工作人员就地进行复位后才能重新开机。

4.5.1.1.2 在线辐射监测系统

120MeV 加速器工作场所设有在线辐射监测系统，在控制区和监督区均配备若干固定式 γ 探头及中子探头，监测结果在主控室实时显示，用于对工作场所的辐射水平进行监测，具体设置点位见附图 9。

4.5.1.2 50MeV 加速器

4.5.1.2.1 目的及原则

50MeV 加速器辐射安全联锁系统的目的是为了减少人员接近工作中的回旋加速器和束流管线，或者避免在这些区域有人时，给这些区域提供束流；即使在加速器停止供束期间，如果该区域辐射剂量超标，也不允许人员进入。

辐射安全联锁系统的设计遵循以下原则：

（1）分区联锁

根据加速器及辐照靶室的运行模式，利用控制离子源和中心区注入线法拉第筒控制束流的供给。按工艺要求，在加速器供束时，不允许人员进入加速器厅、靶室。当任意区域内剂量率超过设定值时，系统发出报警并停止加速器供束。此部分联锁功能需与加速器控制系统进行通信整合。

（2）双重联锁

实现辐射区内人员与区域内辐射剂量的双重联锁，即某一区域有束流时，工作人员不能进入该区域；在某一区域有人时，束流不能被送到相应的区域。

（3）冗余设计及独立性

隔离区的每个门都有三重联锁：一为通道门限位开关；二为身份识别，可对进入隔离区的人员确定其身份，记录每个进出人员的情况，并接入联锁系统

的控制逻辑中； 三为钥匙箱验证，确保钥匙箱上的钥匙在没有全部归还的情况下，加速器离子源法拉第筒不会被打开。采用冗余设计的多套联锁设备相互独立，不会因为一套设备的失效而影响到其他系统的安全性。

（4）优先切断

联锁系统应尽可能地切断前级控制或是机器的最初始的运行功能（如加速器的离子源法拉第筒等），更好的保证在后级区域的辐射安全。

（5）失效保护

所有线路、电动装置、气动装置均采用失效保护设计。门的限位开关在门关闭上后不能立即接通联锁，需要旋转在中控室的区域控制总钥匙才能接通。急停开关在计划停机或被自救人员按下后即处于断开状态，需要工作人员就地进行复位后才能重新开机。

4.5.1.2.2 在线辐射监测系统

50MeV 加速器工作场所设有在线辐射监测系统，在控制区和监督区配备若干固定式 γ 探头及中子探头，监测结果在主控室实时显示，用于对工作场所的辐射水平进行监测，具体设置点位见附图 10。

4.5.2 非密封放射性物质工作场所

4.5.2.1 辐射监测

加速器一生产厂房和加速器二生产厂房放射性同位素操作场所分别设置区域固定式 γ 剂量率监测系统、工作场所气溶胶取样系统、排风系统气溶胶取样系统、表面污染监测系统，另排气口处设置流出物取样系统，各区域监测点位见附图 9~附图 10。

（1）固定式 γ 剂量率监测系统

固定式 γ 剂量率监测系统用于对工作场所的辐射水平进行监测，用于实时监测生产线人员操作区域 γ 剂量率。

（2）工作场所空气取样系统

空气取样系统用于在工作场所进行气溶胶取样，取样样品送至实验室进行分析。

（3）气溶胶流出物连续监测系统

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，监测项目主要为当前可实现在线监测的特征核素（如 I-131）、总 α 和总 β ，设置在排放口，出于冗余考虑，设置两套报警系统，确保气载流出物出现异常数据后立即报警，接收到报警信号后工作人员立即停止生产，紧急将热室或手套箱密闭；

（4）表面污染监测装置

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。

4.5.2.2 卫生出入口

本项目非密封放射性物质工作场所均设置了卫生出入口，设置剂量监测间和去污间，备有人员防护用品，人员检测合格后方可离开辐射工作场所，非密封放射性物质工作场所控制区内，热室后区及手套箱后区的控制 I 区与控制 II 区之前均设置剂量检查间，备有检修用品和个人防护用品。

4.5.2.3 出入控制

本项目进入生产厂房的工作人员必须持有工作证，进入辐射工作场所控制区需经值班人员验证后，方可入内。生产区的辐射工作人员必须经换鞋、更衣、洗手后方可入内。进入放射性操作的工作人员还需换上专用防护服、口罩、防护手套。

4.5.2.4 个人防护措施

本项目为辐射工作人员配备个人防护用品，包括防护铅衣、铅围脖、铅眼镜等，配备防护手套和口罩。任何情况下都不允许放射工作人员用裸露的手直接接

触放射性物质或沾染放射性物质的物件。加强放射工作人员熟练性培训，尽可能减少操作时间并控制与放射性物质接触距离。

4.5.3 通风系统

4.5.3.1 加速器装置通风系统

由于 2 台质子回旋加速器暂时没有具体的用户单位，因此以本项目加速器一、二生产厂房为典型场所进行分析。

2 台加速器均设有通风系统，详见上文 4.5.1 节相关内容。通风系统设计参数列于错误!未找到引用源。和错误!未找到引用源。。送排风管道走向、总排风口位置见附图 11~附图 14。管道穿墙大样图见附图 15。

以下保密，省略

4.5.3.2 非密封放射性物质工作场所

非密封放射物质排风系统设置原则如下：

(1)按照辐射工作场所控制区子区(控制 I 区、控制 II 区、控制 III 区)进行通风系统的设置，辐射工作场所分区详见

表 4-3。

(2)控制 III 区污染程度最高，其负压最低，设置两级过滤，热室/手套箱出口设置一级过滤，排风过滤机房设第二级过滤，控制 II 区和控制 I 区均在排风机房设置一级过滤，各级过滤效率均不低于 99%，各非密封放射性物质工作场所各子区的通风系统结构示意图及管道布置示意图见附图 11~附图 14。

(3)气流组织遵循自清洁区向监督区再向控制区的流向设计，保持工作场所负压，以防止工作场所放射性气体交叉污染。

4.5.3.2.1 加速器一生产厂房

加速器一生产厂房非密封放射性物质工作场所通风系统设置参数见表 4-6。

以下保密，省略

表 4-6 加速器一生产厂房非密封放射性物质工作场所通风系统参数表

4.5.3.2.1.1 排风系统

以下保密，省略

4.5.3.2.1.2 送风系统

以下保密，省略

4.5.3.3 加速器二生产厂房

加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场所通风系统设置参数见下表。

以下保密，省略

4.5.3.3.1.1 排风系统

以下保密，省略

4.5.3.3.1.2 送风系统

以下保密，省略

4.5.4小结

综上，本项目加速器装置拟设置联锁钥匙、清场按钮、门机联锁、紧急停机按钮、通风系统及固定式辐射监测报警仪等辐射防护安全设施，其辐射安全防护措施符合相关标准规范，亦满足辐射安全要求。

加速器一、二生产厂房放射性同位素操作场所均拟设置区域固定式 γ 剂量率监测系统、工作场所气溶胶取样系统、排风系统气溶胶取样系统、表面污染监测系统，以及排气口处流出物取样系统等辐射监测设施设备；非密封放射性物质工作场

所人流、物流(废物)相对独立,拟在各控制区出入口设置卫生通道,并拟设置多个门禁系统;拟设热室以及屏蔽手套箱等设备及各种辅助设施,并配备防护用品、去污措施和表面污染监测设备;放射性同位素生产/研发场所、核素操作台面设计建造为易于去除污染,各操作房间均配置专门的通风系统,放射性废气均经过滤后排放(一级过滤效率不低于 99%),气流组织遵循自清洁区向监督区再向控制区的流向设计,保持工作场所负压,以防止工作场所放射性气体交叉污染,加速器一、二生产厂房屋面均设置 45m 烟囱,场所内放射性废气过滤后排放,各排放口处均设置气载流出物在线监测系统,实时监测气载流出物的活度浓度,并设置超过限值报警功能,确保工作人员和公众的安全。

4.6 放射性三废处理

4.6.1 加速器装置区域三废处理

由于 2 台质子回旋加速器暂时没有具体的用户单位,因此以本项目加速器一、二生产厂房为典型场所进行分析。

4.6.1.1 放射性废气

(1) 加速器一生产厂房 120MeV 质子回旋加速器

加速器大厅及 5 间靶室、应用物理实验厅设有通风系统,换气次数为运行期间 1 次/h、停机 4 次/h,将废气(主要考虑短半衰期核素 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 和 ^{41}Ar)引至屋顶排放至外环境。

(2) 加速器二生产厂房 50MeV 质子回旋加速器

加速器大厅及 4 间靶室设有通风系统,换气次数为运行期间 1 次/h、停机 4 次/h,将废气(主要考虑短半衰期核素 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 和 ^{41}Ar)引至屋顶排放至外环境。

4.6.1.2 放射性废液

加速器一生产厂房及加速器二生产厂房的加速器及束流线设备的放射性废液主要是活化的冷却水，由于冷却水为循环用水，一般情况下不外排，如果由于设备维修等原因需要向外排放或者因管道泄露时，将通过高压差流入集水坑中，根据同类型回旋加速器的运行经验，每次维修一台束流线设备的冷却水管存水最大约为 1L，每年保守按 10 次计算，单台加速器年活化冷却水产生量约 10L，本项目加速器大厅年活化冷却水产生量总计约 20L。加速器一生产厂房的集水坑位于物理实验大厅内（见错误!未找到引用源。），加速器二生产厂房的集水坑位于加速器大厅内（见错误!未找到引用源。），其尺寸均为 3m 长、2m 宽、2m 深，建设单位拟暂存 1-2 年后定期取样测量，经检测放射性满足水污染物排放标准后通过潜水泵排入市政污水管网。

加速器一生产厂房的同位素生产靶站（0 号、1 号、2 号、3 号、4 号靶室）的放射性废液主要是活化的冷却水，由于冷却水为循环用水，一般情况下不外排，如果由于设备维修等原因需要向外排放或者因管道泄露时，将通过高压差流入废液储存罐中。单个靶室年活化冷却水年产生量最大约为 1L，加速器一生产厂房靶室年活化冷却水产生量总计约 5L。加速器一生产厂房的废液储存罐（容量为 1000L×4）位于地下一层的废物储存室内(见错误!未找到引用源。)，建设单位拟暂存 1-2 年后定期取样测量，经检测放射性满足水污染物排放标准后通过潜水泵排入市政污水管网。

加速器二生产厂房单个靶室年活化冷却水年产生量最大约为 1L，加速器二生产厂房靶室年活化冷却水产生量总计约 4L。加速器二生产厂房的废液储存罐位于加速器大厅内的废液储存地坑（见错误!未找到引用源。），地坑进行防水防渗处理，总计设置 4 个的 C 类废液罐，不锈钢材质，储罐总有效容积约 0.2m³，储罐分成独立的 3 格设计，用于收集加速器二生产厂房的靶站泄露循环冷却水。建设单位拟暂存 1-2 年后定期取样测量，经检测放射性满足水污染物排放标准后通过潜水泵排入市政污水管网。

4.6.1.3 放射性固体废物

本项目射线装置产生的固体废物主要包括加速器调试及维修更换产生的废活化部件、靶件拆卸后产生的废靶托，废包壳等，年产生量总计 80kg。

废弃活化部件放入加速器大厅的活化部件地坑暂存(见**错误!未找到引用源。**)。活化部件暂存在屏蔽铅罐(10cmPb, 10L)中，地坑顶部为不锈钢盖板。根据 Fluka 模拟计算结果,单个活化部件 30cm 外剂量率为 150 μ Sv/h，活化部件的发射光子能谱如**错误!未找到引用源。**所示。采用 MCNP 模拟该源项在铅中的衰减曲线见**错误!未找到引用源。**，10cm 厚的铅屏蔽减弱倍数约 100 倍。综上可知，存放单个活化部件器的屏蔽铅罐屏蔽体外剂量率约外表面剂量率为 1.5 μ Sv/h，活化部件放入屏蔽铅罐后暂存在活化部件暂存坑内，暂存坑深 1.5m，因此经距离衰减后单个活化部件暂存坑外剂量率约 0.14 μ Sv/h，一年通常不超过 5 个活化部件，剂量率约 0.7 μ Sv/h。定期对暂存坑外进行剂量巡测，满足清洁解控水平的放射性固体废物申请按照一般固体废物处理，无法满足清洁解控水的放射性固体废物委托有资质单位固化处理后外运。

废靶托和包壳中放射性核素相对其他放射性固体废物略高，其在固废热室完成成分拣分类后，装入 200L 不锈钢桶，通过吊车将其运至放射性固体废物间一区暂存，详见 4.6.2.3 小节的分析。

4.6.2 非密封放射性物质工作场所三废处理

4.6.2.1 放射性废气

本项目各辐射工作场所设置独立的排风系统，且均设置过滤系统，各生产线生产过程中产生的放射性废气经过过滤后排放，各生产线热室/手套箱的废气均经两级过滤后排放，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低于本项目公众人员的年剂量约束值(0.1mSv/a)。

4.6.2.2 放射性废液

4.6.2.2.1 源项

各生产线放射性废液产生量见**错误!未找到引用源。**。

以下保密，省略

本项目中加速器二生产厂房热室仅用于收发靶件，辐照靶件运送至加速器一生产厂房进行剪切溶解等后续操作，故主要考虑放射性废液在加速器一生产厂房的暂存和处理。

加速器一生产厂房放射性废液分为含 α 核素废液、不含 α 核素废液、热室清洗废液等三类，产生的场所包括热室和手套箱，对于热室来讲，放射性废液产生后在热室内部的废液接收罐内就地暂存，存满后转移至指定的热室废液暂存罐中暂存，最终转移至 2 号废液热室进行处理，对手套箱来讲，放射性废液产生后在手套箱内部的废液接收罐内就地暂存，存满后转移至 2 号废液热室进行处理，具体操作流程如下：

（1）含 α 核素废液

含 α 核素废液主要产自 3、4、5、6 号热室。3、5、6 号热室内所产生的含 α 核素废液均先流入本热室的废液接收罐，之后经固体物料传输通道转入 4 号热室，将其与 4 号热室下方的含 α 核素废液暂存罐通过快装接口连接，后将接收罐中的废液抽入暂存罐；4 号热室所产废液先流入本热室接收罐，再进入暂存罐。4 号热室废液暂存罐存满后，再将暂存罐中废液抽吸至接收罐中，经固体物料传输通道转移至 2 号热室，随后将接收罐中废液抽吸入含 α 核素废液蒸发浓缩装置进行处理。

二楼手套箱所产生的含 α 核素废液则分别流入各手套箱下方对应的废液接收罐，存满后将废液接收罐运至 2 号热室后区中，通过热室后区预留的管路与快速接头，将废液抽吸至对应的蒸发浓缩装置进行处理。

此外，3 号热室还会产生含氙、氟废液。靶件在溶解过程中会产生含氙、氟以及氮氧化物的尾气并夹带少量含 α 核素的雾沫，为吸收处理靶件溶解尾气，共设置 4 级尾气吸收罐，1、2 级清洗罐在热室内部，上述尾气成分几乎全部被 1、2 级清洗罐吸收及洗涤，3、4 级清洗罐位于 3 号热室后区，清洗罐的尾气进、出气口

均设置在 3 号热室内部，1、2 级的洗涤液半年更换一次，更换后的废液通过清洗罐下方连接的含氚、氟废液传输管排入地下一层中的含氚、氟废液暂存罐中，后续将长期储存于该类暂存罐中，直至交由有资质单位处理；3、4 级清洗罐的洗涤液定期在后区进行更换，经检测合格后作非放射性废液处理。

（2）不含 α 核素废液

不含 α 核素废液主要产生自 9、10 号热室。9 号热室所产废液先流入本热室内废液接收罐，后将接收罐通过固体物料传输通道转移至 10 号热室中，10 号热室所产废液也先流入对应的接收罐中，9、10 号热室的接收罐通过快装接头与 10 号热室下方的不含 α 核素废液暂存罐相连，接收罐中废液流入该暂存罐中暂存，待暂存罐装满后将罐中废液抽吸至转移用的接收罐中，并将其经固体物料传输通道转移至 2 号热室，随后将接收罐中废液抽吸入不含 α 核素废液蒸发浓缩装置进行处理。

二楼手套箱所产生的不含 α 核素废液则分别流入各手套箱下方对应的废液接收罐，存满后将废液接收罐运至 2 号热室后区中，通过热室后区预留的管路与快速接头，将废液抽吸至对应的蒸发浓缩装置进行处理。

（3）热室清洗废液

当厂房一各热室中发生事故工况时，工作人员会对该热室进行清洗，产生的废液会通过地漏流向地下一层的热室清洗废液暂存罐。当热室清洗废液罐存满后，将通过预留的回取管路将废液抽吸至 2 号热室内不含 α 核素废液蒸发浓缩装置中进行处理，所产冷凝/浓缩液按不含 α 核素废液冷凝液及浓缩液处理。

4.6.2.2.2 处理措施及处理能力评估

（1）处理措施及暂存设备

本项目拟采用蒸发浓缩法及焙烧蒸干法对放射性废液进行减容后作暂存处理。

放射性废液的蒸发浓缩处理是借助在蒸发器加热管外侧空间鼓进的高温蒸汽通过加热管管壁的热传导，将加热管中放射性废液加热沸腾。废液中的水分被逐渐汽化形成水蒸气，随后遇冷凝结成冷凝水。由于废水中大多数放射性核素属于不挥发溶质，因此只有极少量易挥发的放射性核素会随废水蒸气进入冷凝水，而大部分放射性核素留在浓缩液中。冷凝水中的放射性水平远远低于原来的废水，体积大为缩小的浓缩液中则浓集了大部分放射性核素。蒸发法处理效率高，灵活性大，净化系数高，单效蒸发器处理只含不挥发性放射性污染物的废水时，去污系数可达 10^4 以上，而多效蒸发器和带有除雾沫装置的蒸发器去污系数最高能达到 10^8 。尤其适用废水中盐类较多、成分较为复杂的情况，该法不需要任何添加剂，不会带来二次污染，是目前国内外核工业中用于处理放射性废液的一种有效且可靠的方法。

放射性浓缩液的焙烧蒸干工艺，是借助焙烧装置的高温蒸发功能，将经过蒸发浓缩后得到的浓缩液进行蒸干，使得原本盐浓度较高的浓缩液快速结晶并蒸干水分，结晶盐沉淀于焙烧坩埚中，后续对焙烧坩埚进行分拣包装后运至地下一层的固废储存区间即可。

一号生产厂房的放射性废液处理主要在 2 号热室中进行。该热室内设有两套废液蒸发浓缩装置，分别用于蒸发浓缩相应的废液；两套焙烧蒸干装置，分别用于焙烧蒸干相应的蒸发浓缩液。废液处理的工艺流程为将含/不含 α 核素的待处理废液由废液暂存罐中通过负压管抽至对应蒸发浓缩器中，随后开启蒸发浓缩器进行蒸发浓缩，通过蒸发浓缩器上的液位传感器、TDS（溶液电导率）传感器等设备在线测量溶液浓缩程度，当达到所需倍数时停止蒸发浓缩，将浓缩液传送至热室内焙烧装置内继续进行焙烧蒸干，蒸干后所得盐分将留于坩埚中，焙烧坩埚将进行定期更换，连同坩埚内焙烧残渣一并进行放射性固废处理；蒸发浓缩所得冷凝液经离子交换树脂处理后通过独立导管传输至地下一层废液暂存间内对应废液暂存罐中储存，后续定期交由有资质单位处理。

处理过程中产生的放射性挥发气体将通过热室内部的尾气吸收系统对废气进行收集和洗涤，另废液热室出口设置一级过滤装置，并在排风机房另设置二级过滤装置，放射性废气通过独立的排风系统经屋面排气筒排放。

综合考虑上述废液种类及处理流程，将厂房一地下一层废液储存间的废液暂存罐设置为 A、B、C、D 四类。其中 A 类罐用于暂存含 α 核素废液的蒸发冷凝液；B 类罐用于暂存不含 α 核素废液以及热室清洗废液的蒸发冷凝液；C 类罐用于存放来自 3 号热室的含氚/氟废液；D 类罐用于存放 1 至 10 号热室事故工况下产生的清洗废液。为保证暂存罐在长期储存废液时的耐腐蚀性能，各暂存罐均为 316L 不锈钢材质。

（2）暂存能力评估

加速器一生产厂房地下一层的废液屏蔽储存间设有南、北两条放置废液暂存罐的地坑。两段地坑尺寸分别为宽 1.05m×长 13.5m、宽 1.05m×长 16m，深度均为 0.5m，分别可容纳 200L 标准桶约 19、22 个。A、B、C、D 类废液暂存罐数量及布置示意图见图 4-1。

图保密，省略

图 4-1 一生产厂房热室间废液走向及屏蔽储存间废液暂存罐示意图

各类废液罐暂存罐暂存能力评估如下：

以下保密，省略

废液屏蔽储存间热室屏蔽墙延伸到地下室的部分进行屏蔽防护，四周墙体均为 1.5m 厚的混凝土，各类废液罐均位于地下 300mm 处的地坑，地坑贴不锈钢圆角敷面，进行防水防渗处理。各类废液罐均设置液位监测报警仪，地坑设置有一定倾斜度，且末端各有一个收集泄露废液的收集坑，如废液罐发生泄露，可通过预留泵及管道将地坑中的废液抽吸至相应的废液罐中。另废液暂存间外设置固定式 γ 剂量率在线监测仪，对工作场所内剂量率水平进行实时监测和显示，场所内设置防盗监控和防火设置，保障工作人员和公众的安全。

建设单位拟对各类废液罐中废液进行定期取样并检测放射性活度，监测合格方可排放，不合格交由有资质单位处理。

4.6.2.3 放射性固体废物

4.6.2.3.1 源项

本项目非密封放射性物质工作场所产生的固体废物主要包括靶件拆卸后产生的废靶托，废包壳；同位素离子交换、纯化过程中产生的交换树脂、过滤柱、滤膜、滤芯；原辅材料使用产生的废包装、试瓶、器皿；废过滤器芯；辐射工作人员劳动防护用品（废手套、袖套、防护服等），各类放射性固体废物产生量见表4-7。

表 4-7 放射性固体废物产生量一览表

固废名称	来源	主要成分	产生量 kg/a
废靶托、废包壳等部件材料	辐照靶件	主要涉及同位素 ^{56}Co 、 ^{57}Co 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{55}Fe 、 ^{49}V 等	300
废树脂、滤柱等	同位素淋洗、纯化、过滤等工艺环节	含放射性同位素的废树脂、滤柱、滤芯滤膜，主要涉及同位素 ^{228}Th 、 ^{210}Pb 、 ^{147}Pm 、 ^{144}Ce 、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{106}Ru 、 ^{90}Sr 等	150
废过滤器芯	热室/手套箱/通风柜废气处理	活性炭、HEPA 膜，主要涉及同位素 ^{228}Th 、 ^{210}Pb 、 ^{147}Pm 、 ^{144}Ce 、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{106}Ru 、 ^{90}Sr 等等	250
擦拭样片，废试管、试剂瓶等	质检过程	主要涉及同位素 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{68}Ge 、 ^{82}Sr 、 ^{123}I 、 ^{99}Mo 、 ^{212}Pb 等	100
废劳保用品	工作人员个人防护	废手套、防护服等	20
金属废物	溶液过滤残渣、金属镓废物收集、工装损坏替换件	主要涉及同位素 ^{228}Th 、 ^{210}Pb 、 ^{147}Pm 、 ^{144}Ce 、 ^{65}Zn 、 ^{67}Ge 、 ^{68}Ge 、 ^{71}Ge 等	20
浓缩液焙烧残渣	放射性废液浓缩液焙烧蒸干残渣	主要涉及同位素 ^{228}Th 、 ^{210}Pb 、 ^{147}Pm 、 ^{144}Ce 、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{106}Ru 、 ^{90}Sr 等	1
合计			841

4.6.2.3.2 处理措施及暂存能力评估

本项目各生产（研发）线产生的放射性固体废物均可暂存在热室/手套箱下部的废物暂存罐，待暂存罐收集满之后，暂存罐中废物经加速器一生产厂房固体物料传输通道转运进入 1 号热室，之后根据核素特性进行区分并对固体废物进行分拣后装桶，固废容器桶为 200L 不锈钢桶及铅屏蔽桶。工作人员通过吊车将密封后的 200L 桶吊运至地下一层，通过叉车将废物桶运送至地下一层放射性固体废物暂存间指定区域暂存。固废暂存间分为两类区域，分别存放涉及 α 核素的放射性固体废物和其他放射性固体废物（见下图），两类区域根据固废类别再细分为四个区域，分别存放废靶托/包壳、工艺过程中产生的放射性固体废物、废劳保用品和废过滤器芯等。

图保密，省略

图 4-2 加速器一生产厂房地下一层放射性固废暂存区域图

（1）废靶托、包壳

废靶托和包壳中放射性核素相对其他放射性固体废物略高，钚靶在剪切溶解过程需要通过工装将靶托表面活度占比约 90%的靶表面层（厚约 5mm）切下，剩余靶托部分通过托盘经固体物料传输通道转运至 1 号热室暂存并冷却；镅靶则由工装划破包壳，通过冲洗等操作使液态镅流出，后将靶托和包壳通过固体物料传输通道转运至 1 号热室固废暂存并冷却。1 号热室内设有两个尺寸为长 610mm×宽 500mm×深 230mm 的靶托包壳暂存井，可最多同时容纳 46 个靶托/包壳，需半年进行一次分拣装桶处理。本项目废靶托、包壳年产量约 300kg，堆积体积约 0.15m³，经 1 号热室分拣装入 200L 铅屏蔽桶并通过吊车、叉车将其运至放射性固体废物间一区暂存。

（2）工艺过程中产生的放射性固体废物

废树脂、滤柱等放射性固体废物产生于各生产研发线热室及对应手套箱。热室、手套箱内均设置废物暂存井用于废树脂、滤柱的暂存。废物暂存井中废物桶装满后被移送至 1 号热室，在 1 号热室中将废树脂投入盛有柏油的储存罐中进行混合固

化，再与其他废物一并经分拣后装桶，并被运至放射性固体废物间二/七区暂存。废树脂、滤柱等年产量约 150kg，固化后体积约 0.2m³。

擦拭样片，废试管、试剂瓶产生后暂存于生产线操作前区带屏蔽废物桶。三种固废年产量约 100kg，堆积体积约 0.2m³。在 1 号热室内分拣后装入 200L 钢桶内，通过吊车、叉车将其运至放射性固体废物间二/七区暂存。

金属废物（溶液过滤残渣、金属镓废物收集瓶、工装损坏替换等）产生后暂存于生产线热室内部，三种固废年产量约 20kg，约 20L，经分拣后装入 200L 钢桶内，通过吊车将其运至放射性固体废物间三/六区暂存暂存。

本项目浓缩结晶盐/焙烧残渣等固体成分每年产量约 1kg，一年转运一次，通过机械手将焙烧装置内盛放结晶盐/残渣的坩埚取出后经固体物料转运通道转入 1 号热室后进行分类分装，后与靶托包壳等一放入 200L 钢桶，并运至放射性固体废物间一/八区暂存。

（3）废劳保用品等

废劳保用品暂存于生产线操作前区带屏蔽废物桶，年产生量约 20kg，待其装满后移送至后区，在 1 号热室内分拣后装入 200L 钢桶内，通过吊车将其运至放射性固体废物间三/六区暂存。

（4）废过滤器芯

废过滤器芯年产生量约为 250kg，主要来自热室、手套箱、通风柜等。其中加速器一生产厂房废过滤器芯通过固体物料转运通道转移至 1 号热室；手套箱与通风柜换下的过滤器芯则通过转运罐通过 1 号热室后区转运系统进入 1 号热室后再分装入对应的 200L 不锈钢桶，通过吊车将其运至放射性固体废物间四区暂存。

本项目固体废物储存区各区体积均不小于 60m³，综合分析可知项目放射性固体废物经处理后年需要暂存空间不超过 1.5m³，各类放射性固体废物暂存区域的容纳空间可容纳对应固体废物至少四十年的暂存需求，建设单位拟每 10 年委托有资

质单位对放射性固体废物进行处置，放射性固体废物暂存场所空间完全可满足其委托处置前的暂存需求。

固废暂存间外侧墙体采用混凝土（60cm），上述不同贮存区分隔处设置标志物区分，暂存区域设置铅屏风，固废暂存间设置固定式 γ 剂量率在线监测仪，对工作场所内剂量率水平进行实时监测和显示，场所内设置防盗监控和防火设置，进行防水防渗处理，保障工作人员和公众的安全。工作人员定期监测，对于满足清洁解控水平的放射性固体废物申请按照一般固体废物处理，无法满足清洁解控水平的放射性固体废物委托有资质单位固化处理后外运，各固废存储区见下表。

以下保密，省略

4.7 服务期满后的环境保护措施

本项目运行期结束后，建设单位拟按法规标准《核技术利用设施退役》（HAD401/14-2021）规定要求实施退役。建设单位承诺对各种原因导致项目不能正常运行时，按规定实施强制退役。为保证拟建项目服务期满后顺利开展退役工作，建设单位计划在拟建项目建成正式投产后，按照相关要求及拟建项目运行效益定期拨付退役专项资金，并建立退役专项资金账户，根据相关要求实施装置场所退役。在退役实施前，建设单位应开展污染调查，编制相应退役方案、制定退役目标；退役活动首先安全、妥善处理放射源与放射性废物，重点做好退役产生放射性废物的管理及退役实施期间的辐射安全防护等工作，并确保放射性废物得到安全、妥善处理，并按照国家相关法律法规及标准完成该辐射工作场所服务期满后的退役工作。

5 辐射环境影响分析

本项目建设阶段主要为建筑施工、装修以及设备安装等，该阶段无辐射环境影响，主要的污染因子为施工场地扬尘、施工机械噪声、施工废水、工作人员的生活污水及施工过程中产生的建筑垃圾、生活垃圾等，在第六章中进行分析评价，本章节不再进行分析。

5.1 正常运行的环境影响分析

5.1.1 屏蔽体外剂量率估算结果

5.1.1.1 加速器装置区域

由于 2 台质子回旋加速器暂时没有具体的用户单位，因此以本项目加速器一、二生产厂房为典型场所进行分析，包括了正常运行工况和调试工况两种情况。

5.1.1.1.1 计算模型及束损参数

本次评价采用 FLUKA 建模计算加速器装置区域正常运行和调试工况下屏蔽体外剂量率，模型图见附图 16，正常运行考虑的束流损失源项见表 5-1，调试工况下考虑的束流损失源项见表 5-2。

表 5-1 加速器束流损失参数表

以下保密，省略

表 5-2 质子回旋加速器束流损失参数表（调试阶段）

以下保密，省略

5.1.1.1.2 正常运行工况剂量率分布图模拟结果

模拟得到加速器装置各个区域的剂量率分布图如错误!未找到引用源。~错误!未找到引用源。所示。

以下保密，省略

5.1.1.1.3 正常运行屏蔽体外关注点及剂量率计算结果

在加速器装置周围区域设置了若干关注点，如错误!未找到引用源。~错误!未找到引用源。所示。

以下保密，省略

考虑了靶站同时打靶的屏蔽体外剂量率计算结果见表 5-3，根据估算可知，加速器正常运行时，1#、2#厂房加速器厅、靶室四周墙体和顶棚外，其最大剂量率均为 2.00μSv/h;底板下方最大剂量率分别为 1.5mSv/h、1.0mSv/h，加速器墙体、迷宫门口以及顶板外剂量率均低于 2.5μSv/h，底板下方剂量率均低于 5mSv/h，均满足本项目射线装置工作场所屏蔽体外剂量率控制要求。

表 5-3 加速器屏蔽体外剂量率计算结果

源项所在区域	关注点 编号	关注点位置	周围环境	剂量率结果，μSv/h
120MeV 加速器 北侧束流线	1	东墙外	热室后区	1.00E-03
	2	西墙外	走道	1.00E-03
	3	迷宫门口	走道	1.00E-03
	4	顶板上方	屋面	2.00E-01
	5	底板下方	土层	1.00E+02
120MeV 加速器 南侧束流线	6	东墙外	热室后区	1.00E-03
	7	西墙外	走道	1.00E-03
	8	迷宫门口	走道	1.00E-03
	9	顶板上方	屋面	2.00E-01
	10	底板下方	土层	1.00E+02
120MeV 加速器 靶室 1	11	西墙外	走道	1.70E+00
	12	西墙外	120 主控室	8.00E-01
	13	北墙外	走道	1.30E+00
	14	顶板上方	近距离机柜间	1.50E+00
	15	底板下方	土层	1.50E+03
120MeV 加速器 靶室 2	16	东墙外	热室后区	1.70E+00
	17	北墙外	走道	1.30E+00
	18	顶板上方	走道	1.50E+00
	19	底板下方	土层	1.50E+03
120MeV 加速器 靶室 3	20	实验大厅南墙外	门厅	5.00E-02
	21	西墙外	走道	2.00E+00
	22	顶板上方	跑兔系统机房	1.50E+00
	23	底板下方	土层	1.50E+03
120MeV 加速器	24	东墙外	走廊	2.00E+00

源项所在区域	关注点 编号	关注点位置	周围环境	剂量率结果, $\mu\text{Sv/h}$
靶室 4	25	实验大厅南墙外	物理测量实验厅	5.00E-02
	26	顶板上方	靶室上厅 B	1.50E+00
	27	底板下方	土层	1.50E+03
50MeV 加速器 北侧束流线	28	东墙外	高频机房	1.00E-03
	29	东墙外	高频机房东侧走廊	<1.00E-03
	30	西墙外	热室后区	1.00E-03
	31	西墙外	热室前区	<1.00E-03
	32	迷宫门口	门厅	5.00E-03
	33	顶板上方	不上人屋面	1.00E-02
	34	底板下方	土层	1.00E-01
50MeV 加速器 南侧束流线	35	东墙外	电源机房	1.00E-03
	36	东墙外	电源机房东侧走廊	<1.00E-03
	37	东南墙外	加速器主控室	<1.00E-03
	38	西墙外	热室后区	1.00E-03
	39	西墙外	热室前区	<1.00E-03
	40	迷宫门口	门厅	5.00E-03
	41	顶板上方	不上人屋面	1.00E-02
	42	底板下方	土层	1.00E-01
50MeV 加速器 靶室 1	43	东墙外	高频机房	8.00E-01
	44	东墙外	高频机房东侧走廊	<1.00E-03
	45	北墙	门厅	1.50E+00
	46	顶板上方	靶室上厅 A	2.00E+00
	47	底板下方	土层	1.00E+03
50MeV 加速器 靶室 2	48	西墙外	热室后区	1.80E+00
	49	西墙外	Ge-68 产品出口	6.00E-03
	50	西墙外	Ge-68 生产准备间	6.00E-03
	51	北墙外	卫生间	8.00E-01
	52	北墙外	北侧门厅	<1.00E-03
	53	北墙外	值班室	<1.00E-03
	54	顶板上方	靶室上厅 A	2.00E+00
	55	底板下方	土层	1.00E+03
50MeV 加速器 靶室 3	56	西墙外	热室后区	1.80E+00
	57	西墙外	Ge-68 产品出口	6.00E-03
	58	西墙外	Ge-68 生产准备间	6.00E-03
	59	南墙外	弱电间	8.00E-01
	60	南墙外	楼梯间	<1.00E-03
	61	顶板上方	靶室上厅 B	2.00E+00
	62	底板下方	土层	1.00E+03
50MeV 加速器 靶室 4	63	东墙外	电源机房	8.00E-01
	64	东墙外	电源机房东侧走廊	<1.00E-03

源项所在区域	关注点编号	关注点位置	周围环境	剂量率结果, $\mu\text{Sv/h}$
	65	东南墙外	加速器主控室	1.00E-03
	66	南墙外	门厅	1.50E+00
	67	顶板上方	靶室上厅 B	2.00E+00
	68	底板下方	土层	1.00E+03

5.1.1.1.4 调试工况剂量率分布图模拟结果

模拟得到加速器装置各个区域的剂量率分布图如错误!未找到引用源。~错误!未找到引用源。所示。

以下保密，省略

5.1.1.1.5 调试工况屏蔽体外关注点及剂量率计算结果

在加速器装置周围区域设置了若干关注点，如错误!未找到引用源。~错误!未找到引用源。所示。

以下保密，省略

屏蔽体外剂量率计算结果见下表，根据估算可知，加速器调试时，1#、2#厂房屏蔽体外剂量率水平均满足本项目射线装置工作场所屏蔽体外剂量率控制要求。

表 5-4 120MeV 加速器机房调试工况屏蔽体外剂量率计算结果

区域	关注点编号	周围环境	剂量率结果, $\mu\text{Sv/h}$	剂量率控制水平, $\mu\text{Sv/h}$
加速器一生产厂房地上一层	1	北墙外储藏室	5.00E-04	10
	2	北墙外储藏室	1.10E-04	10
	3	东墙外走道	1.80E-02	10
	4	东墙外热室后区	8.60E-01	10
	5	东墙外热室后区	2.30E-02	10
	6	东墙外后区卫生通道	1.10E-03	10
	7	东墙外设备维修间	4.40E-05	10
	8	东墙外男更衣室	2.20E-05	10
	9	南墙外物理测量实验厅	2.10E-06	10
	10	南墙外实验厅门厅	1.80E-06	10
	11	南墙外茶水间	1.10E-06	2.5

区域	关注点编号	周围环境	剂量率结果, $\mu\text{Sv/h}$	剂量率控制水平, $\mu\text{Sv/h}$
	12	西墙外走道	3.20E-05	10
	13	西墙外走道	3.30E-03	10
	14	西墙外走道	1.20E-02	10
	15	迷道外墙走道	8.70E-02	10
	16	迷宫门外走道	2.10E+00	10
	17	西墙外走道	3.20E-01	10
	18	西墙外走道	1.50E-01	10
	19	加速器控制机房	9.80E-01	10
	20	120MeV 加速器主控制室	1.50E-03	2.5
加速器一生产 厂房地上 二层	21	北墙外备用准备间	2.10E-04	10
	22	北墙外预备生产准备间	7.00E-05	10
	23	东墙外走道	6.00E-03	10
	24	东墙外走道	2.87E-01	10
	25	东墙外走道	7.67E-03	10
	26	东墙外走道	3.67E-04	10
	27	样品接收预处理间	1.47E-05	10
	28	南墙外质量控制室 1	5.25E-07	10
	29	南墙外质量控制室 2	4.50E-07	10
	30	南墙外微生物检测	2.75E-07	10
	31	南墙外肉毒素检测	2.20E-07	10
	32	西墙外走道	1.07E-05	10
	33	西墙外走道	1.10E-03	10
	34	西墙外走道	6.00E-02	10
	35	西墙外走道	5.00E-02	10
加速器一生产 厂房地上 三层	36	北墙外走廊	3.20E-01	10
	37	北墙外走廊	8.80E-01	10
	38	东墙外非放分析实验室 1	5.30E-01	2.5
	39	东墙外非放分析实验室 2	1.00E-02	2.5
	40	东墙外非放分析实验室 1	2.10E-03	2.5
	41	南墙外靶室上厅 B	9.90E-01	10
	42	南墙外跑兔系统机房 2	2.40E-01	10
	43	南墙外近距离机柜间 A	1.00E-02	10
	44	西墙外加速器排风机房	3.40E-01	10
屋顶	45	不上人屋面	7.50E+00	10
底板	46	土壤	9.00E+01	5000

表 5-5 50MeV 加速器机房调试工况屏蔽体外剂量率计算结果

区域	关注点编号	周围环境	剂量率结果, $\mu\text{Sv/h}$	剂量率控制水平, $\mu\text{Sv/h}$
加速器二生产 厂房地上一层	1	北墙外卫生间	1.0E-6	10
	2	北墙外设备维修间	1.0E-6	10
	3	东墙外回旋水泵房	3.5E-3	10
	4	东墙外备用间	8.0E-1	10
	5	迷道门外剂量间	1.8E+0	10
	6	迷道墙外剂量间	6.5E-1	10
	7	东墙外电源间	3.0E-2	10
	8	东墙外电源间	1.0E-6	10
	9	东墙外控制机房	1.0E-6	10
	10	50MeV 回旋加速器控制室	1.0E-6	2.5
	11	南墙外设备维修间	1.0E-6	10
	12	南墙外弱电间	1.0E-6	10
	13	西墙外走廊	1.0E-6	10
	14	西墙外热室后区	9.0E-1	10
	15	西墙外预留二期同位素 生产线区域	1.0E-6	10
加速器二生产 厂房地上 二层	16	北墙外靶水冷机房	2.2	10
	17	北墙外靶室上厅 A	2.3	10
	18	东墙外送风与空调机房	4.0E-2	10
	19	东墙外备品备件间	8.0E-4	10
	20	南墙外靶室上厅 B	4.0E-4	10
	21	南墙外靶水冷机房	2.0E-4	10
屋顶	22	不上人屋面	5.0E-2	10
底板	23	土壤	68	5000

5.1.1.2 非密封放射性物质工作场所

本项目目标核素均由加速器打靶产生，通过前面章节的分析可知，靶件中涉及的核素相对较多，且单批次工作时间跨度相对较大，需考虑多种类核素 γ 射线以及 β 粒子的综合影响，并考虑核素的衰变。本项目采用 PHITS（Particle and Heavy Ion Transport code System）程序计算目标核素生产过程中屏蔽体外剂量率的水平，PHITS 是一款多功能的粒子输运模拟软件，由日本理化学研究所(RIKEN)的核科学中心（Nishina Center for Accelerator-Based Science）开发。PHITS 能够模拟各种粒子（包括光子、电子、质子、中子、重离子等）在复杂几何结构中的

输运过程，广泛应用于辐射防护、医学物理、核工程、空间辐射等领域。PHITS 软件的开发始于 1999 年，早期版本的 PHITS 主要基于 MCNP（Monte Carlo N-Particle）软件进行改进和扩展，逐步引入了更多的物理模型和计算方法。经过多年的研发和优化，PHITS 已经成为一个独立且功能强大的粒子输运模拟软件。

本次评价中建立的计算模型见**错误!未找到引用源。**，各生产线中涉及多个热室和手套箱，选取各生产线中剂量率最大的情形作为典型，工作箱室屏蔽体外剂量率分布图见**错误!未找到引用源。**~**错误!未找到引用源。**。

以下保密，省略

各箱室关键核素及其活度见附件 9~附件 13。

非密封放射性物质工作场所各生产线工作箱室屏蔽体外剂量率估算结果见表 5-6，关注点分别为人员操作位、箱室非人员操作位以及箱室顶部外 30cm 处，根据估算可知，工作箱室屏蔽体表面 30cm 处人员操作位以及非正对人员操作位的最大剂量率分别 2.45μSv/h 和 15.3μSv/h，本项目热室/工作箱屏蔽体外表面 30cm 处人员操作位剂量率均低于 2.5μSv/h，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25 μSv/h，满足本项目非密封放射性物质工作场所屏蔽体外剂量率控制要求。

表 5-6 ²²⁵Ac、²²⁷Ac、²²³Ra、²¹²Pb、⁹⁹Mo 放射性药物生产场所屏蔽体外剂量率

工艺阶段 工艺阶段	箱体描述	关注点位	屏蔽材料	屏蔽厚度 mm	测量距离 mm	屏蔽体外 30cm 处剂量 率 μSv/h
钚靶粗分离生 产阶段	靶件接收，8 号热室-接收钚 靶	工作人员操作位	重混凝土	1000	2300	2.52E-01
		后区	混凝土	1500	2800	1.46E-01
		顶部	混凝土	1500	2800	1.45E-01
	靶件接收，8 号热室-接收串 列靶	工作人员操作位	重混凝土	1000	2300	4.70E-01
		后区	混凝土	1500	2800	2.84E-01
		顶部	混凝土	1500	2800	2.88E-01
	3 号热室（钚 靶-串列靶）	工作人员操作位	重混凝土	1000	2300	2.80E-01
		后区	混凝土	1500	2800	1.61E-01
		顶部	混凝土	1500	2800	1.60E-01
		工作人员操作位	重混凝土	1000	2300	2.52E-01

		3 号热室（钚靶）	后区	混凝土	1500	2800	1.46E-01
			顶部	混凝土	1500	2800	1.45E-01
		工艺过程分析	工作人员操作位	Pb	5	750	4.60E-04
			后区	Pb	5	750	4.61E-04
			顶部	Pb	5	700	5.30E-04
Ra-223 放射性药物	分离纯化阶段	Ra--223 研发手套箱	工作人员操作位	Pb	50	675	6.30E-06
			后区	Pb	50	675	6.30E-06
			顶部	Pb	50	750	5.31E-06
	质检阶段	Ra-223 质检	工作人员操作位	Pb	5	630	4.02E-06
			后区	Pb	5	630	4.02E-06
			顶部	Pb	5	700	3.24E-06
		Ac-227 质检	工作人员操作位	Pb	5	630	3.34E-06
			后区	Pb	5	630	3.34E-06
			顶部	Pb	5	700	2.72E-06
	产品液	Ra-223 产品液	工作人员操作位	Pb	30	500	7.19E-01
		Ac-227 产品液	工作人员操作位	Pb	30	500	1.20E+00
Ac-225 放射性药物	分离纯化阶段	Ac-225 接收、纯化、蒸发浓缩手套箱	工作人员操作位	Pb	20	645	2.04E+00
			后区	Pb	20	645	2.04E+00
			顶部	Pb	20	720	1.66E+00
	质检阶段	Ac-225 质检	工作人员操作位	Pb	5	630	9.23E-07
			后区	Pb	5	630	9.23E-07
			顶部	Pb	5	700	7.73E-07
	产品液	Ac-225 产品液	工作人员操作位	Pb	30	500	1.25E+00
Mo-99 分离纯化阶段	分离纯化阶段	Mo-99 研发手套箱	工作人员操作位	Pb	20	645	2.70E-01
			后区	Pb	20	645	2.70E-01
			顶部	Pb	20	720	2.29E-01
	质检阶段	Mo-99 质检	工作人员操作位	Pb	5	630	1.53E-05
			后区	Pb	5	630	1.53E-05
			顶部	Pb	5	700	1.25E-05
	产品液	Mo-99 产品液	工作人员操作位	Pb	50	500	7.71E-01
Pb-212 分离纯化阶段	分离纯化阶段	Pb-212 接收、纯化、蒸发浓缩手套箱	工作人员操作位	Pb	50	675	2.19E+00
			后区	Pb	20	675	1.53E+01
			顶部	Pb	20	750	1.23E+01
	质检阶段	Pb-212 质检	工作人员操作位	Pb	5	630	1.58E-05
			后区	Pb	5	630	1.58E-05
			顶部	Pb	5	700	1.27E-05
	产品液	Pb-212 产品液	工作人员操作位	Pb	30	500	2.40E+00

表 5-7 ^{82}Sr 放射性药物生产场所屏蔽体外剂量率

工艺阶段	箱体描述	关注点位	屏蔽材料	屏蔽厚度 mm	测量距离 mm	屏蔽体外 30cm 处剂 量率 $\mu\text{Sv/h}$
粗分离 生产阶段	9 号热室	工作人员操作位	重混凝土	1000	2300	1.64E-01
		后区	混凝土	1500	2800	1.03E-01
		顶部	混凝土	1500	2800	1.02E-01
	工艺过程分析	工作人员操作位	Pb	5	630	2.42E-04
		后区	Pb	5	630	2.42E-04
		顶部	Pb	5	700	1.96E-04
分离纯化阶段	Sr-82 接收、 纯化、分装手 套箱	工作人员操作位	Pb	66	691	2.45E+00
		后区	Pb	50	691	8.84E+00
		顶部	Pb	50	750	7.36E+00
	Sr-82 发生器 罐装及组装手 套箱	工作人员操作位	Pb	65	690	2.42E+00
		后区	Pb	50	690	7.94E+00
		顶部	Pb	50	750	1.67E+00
	Sr-82 质检	工作人员操作位	Pb	5	630	1.15E-04
		后区	Pb	5	630	1.15E-04
		顶部	Pb	5	700	9.73E-05
	产品液	Sr-82 产品液	工作人员操作位	70	500	2.41E+00

表 5-8 ^{68}Ge 放射性药物(120MeV)生产场所屏蔽体外剂量率

工艺阶段	箱体描述	关注点位	屏蔽材料	屏蔽厚度 mm	测量距离 mm	屏蔽体外 30cm 处剂 量率 $\mu\text{Sv/h}$
粗分离 生产阶段	9 号热室	工作人员操作位	重混凝土	1000	2300	3.17E-02
		后区	混凝土	1500	2800	2.16E-02
		顶部	混凝土	1500	2800	2.16E-02
	工艺过程分析	工作人员操作位	Pb	5	630	1.69E-04
		后区	Pb	5	630	1.69E-04
		顶部	Pb	5	700	1.37E-04
分离纯化阶段	Ge-68 接收、 纯化、分装手 套箱	工作人员操作位	Pb	50	675	2.28E+00
		后区	Pb	50	675	2.28E+00
		顶部	Pb	50	750	2.04E+00
	Ge-68 发生器 罐装及组装手 套箱	工作人员操作位	Pb	50	675	2.43E+00
		后区	Pb	50	675	2.43E+00
		顶部	Pb	50	750	2.03E+00
	Ge-68 质检	工作人员操作位	Pb	5	630	2.00E-04

		后区	Pb	5	630	2.00E-04
		顶部	Pb	5	700	1.64E-04
	产品液	Ge-68 产品液	Pb	70	500	2.34E+00

表 5-9 ^{68}Ge 放射性药物(50MeV)生产场所屏蔽体外剂量率

工艺阶段	箱体描述	关注点位	屏蔽材料	屏蔽厚度 mm	测量距离 mm	屏蔽体外 30cm 处剂量 率 $\mu\text{Sv/h}$
加速器二 生产厂房 接收	接收热室	工作人员操作位	混凝土	1050	1225	1.68E+00
		后区	混凝土	1050	1225	1.63E+00
		顶部	混凝土	1050	1225	1.68E+00
靶件输送	加速器二生 产厂房输送 至加速器一 生产厂房	工作人员操作位	Pb	156	820	1.48E+02
粗分离生 产阶段	8 号热室	工作人员操作位	重混凝土	1000	2300	4.63E-02
		后区	混凝土	1500	2800	2.91E-02
		顶部	混凝土	1500	2800	2.90E-02
	9 号热室	工作人员操作位	重混凝土	1000	2300	4.63E-02
		后区	混凝土	1500	2800	2.91E-02
		顶部	混凝土	1500	2800	2.90E-02
	工艺过程分 析	工作人员操作位	Pb	5	630	1.69E-04
		后区	Pb	5	630	1.69E-04
		顶部	Pb	5	700	1.37E-04
分离纯化 阶段	Ge-68 接收 纯化分装手 套箱	工作人员操作位	Pb	50	675	1.92E+00
		后区	Pb	50	675	1.92E+00
		顶部	Pb	50	750	1.58E+00
	Ge-68 发生 器罐装及组 装手套箱	工作人员操作位	Pb	50	675	1.82E+00
		后区	Pb	50	675	1.82E+00
		顶部	Pb	50	750	1.53E+00
	Ge-68 质检	工作人员操作位	Pb	5	630	9.99E-05
		后区	Pb	5	630	9.99E-05
		顶部	Pb	5	700	8.19E-05
	产品液	工作人员操作位	Pb	70	500	2.34E+00

表 5-10 ^{67}Cu 放射性药物生产场所屏蔽体外剂量率

工艺阶段	箱体描述	关注点位	屏蔽材料	屏蔽厚度 mm	测量距离 mm	屏蔽体外 30cm 处
------	------	------	------	------------	------------	----------------

						剂量率 μSv/h
靶件接收	8 号热室	工作人员操作位	重混凝土	1000	2300	1.42E-03
		后区	混凝土	1500	2800	1.08E-03
		顶部	混凝土	1500	2800	1.08E-03
靶件输送	一层转移至 二层转运罐	工作人员操作位	Pb	156	820	2.11E-03
分离纯化阶段	Cu-67 研发手套箱	工作人员操作位	Pb	50	675	3.14E-01
		后区	Pb	50	675	3.14E-01
		顶部	Pb	50	750	2.55E-01
	工艺过程分析	工作人员操作位	Pb	5	630	2.57E-05
		后区	Pb	5	630	2.57E-05
		顶部	Pb	5	700	2.08E-05
	Cu-67 质检	工作人员操作位	Pb	3	630	5.20E-07
		后区	Pb	3	630	5.20E-07
		顶部	Pb	3	700	4.15E-07
	Cu-67 产品液	工作人员操作位	Pb	30	500	4.92E-05

表 5-11 ¹²³I 放射性药物生产场所屏蔽体外剂量率

工艺阶段	箱体描述	关注点位	屏蔽材料	屏蔽厚度 mm	测量距离 mm	屏蔽体外 30cm 处 剂量率 μSv/h
靶件接收	8 号热室	工作人员操作位	重混凝土	1000	2300	1.35E-05
		后区	混凝土	1500	2800	8.98E-06
		顶部	混凝土	1500	2800	9.02E-06
靶件输送	一层转移至二 层转运罐	工作人员操作位	Pb	156	820	1.94E-02
分离纯化阶段	I-123 研发手套箱	工作人员操作位	Pb	50	675	1.83E+00
		后区	Pb	50	675	1.83E+00
		顶部	Pb	50	750	1.48E+00
	工艺过程分析	工作人员操作位	Pb	5	630	3.38E-04
		后区	Pb	5	630	3.38E-04
		顶部	Pb	5	700	2.73E-04
	I-123 质检	工作人员操作位	Pb	3	630	2.05E-06
		后区	Pb	3	630	2.05E-06
		顶部	Pb	3	700	1.66E-06
	产品液	工作人员操作位	Pb	30	500	1.29E-03

表 5-12 废液热室和固废热室屏蔽体外剂量率

箱体描述	关注点位	屏蔽材料	屏蔽厚度 mm	测量距离 mm	屏蔽体外 30cm 处剂 量率 $\mu\text{Sv/h}$
废液热室	工作人员操作位	重混凝土	1000	2300	2.06E-01
	后区	混凝土	1500	2800	9.80E-02
	顶部	混凝土	1500	2800	9.70E-02
固废热室	工作人员操作位	重混凝土	1000	2300	1.71E+00
	后区	混凝土	1500	2800	1.12E+00
	顶部	混凝土	1500	2800	1.11E+00

5.1.2 工作人员受照剂量

5.1.2.1 加速器装置区域

本项目加速器工作人员包括两类，一类是在本项目加速器生产厂房正常运行的人员，另一类是在用户现场进行加速器调试和后期维护的人员，由于质子加速器还没有具体的用户现场，因此以本项目的两间加速器生产厂房为例进行调试和维修维护期间的受照剂量计算。工作人员工作期间居留场所如下：

(1) 调试和运行束束期间工作人员主要位于主控制室；

(2) 束束前或束束后，进入加速器大厅及靶室等区域进行运维检修等工作。

加速器装置正常运行期间，对工作人员所致外照射剂量可由下式进行计算：

$$H=D \times T \times t \quad (\text{公式 5-1})$$

式中，

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 ；

T 为工作人员的居留因子；

t 为工作人员年受照时间, h/a。

正常运行加速器工作人员年受照剂量计算结果见表 5-13~表 5-14, 由表可知, 正常运行加速器工作人员最大年受照剂量为 4.6mSv, 低于工作人员年剂量约束值 5mSv。

表 5-13 正常运行 120MeV 加速器工作人员年受照剂量估算结果

工作区域	辐射来源	剂量率水平, $\mu\text{Sv/h}$	年受照时间, h	受照剂量, mSv/a
主控室	瞬发辐射照射	8.00E-01	2000	1.60E+00
控制区内	活化部件感生放射性	1.50E+02	20	3.00E+00
总计				4.60E+00
备注: 每名工作人员在控制区内接触活化部件感生放射性工作时间按每年最多 20h 估计。				

表 5-14 正常运行 50MeV 加速器工作人员年受照剂量估算结果

工作区域	辐射来源	剂量率水平, $\mu\text{Sv/h}$	年受照时间, h	受照剂量, mSv/a
主控室	瞬发辐射照射	1.00E-03	2000	2.00E-03
控制区内	活化部件感生放射性	5.00E+01	20	1.00E+00
总计				1.00E+00
备注: 每名工作人员在控制区内接触活化部件感生放射性工作时间按每年最多 20h 估计。				

在用户单位进行调试和维修维护的加速器工作人员年受照剂量计算结果见表 5-15 和表 5-16, 由表 5-15 和表 5-16 可知, 辐射工作人员最大年受照剂量为 4.6mSv, 低于工作人员年剂量约束值 5mSv。

表 5-15 在用户单位 120MeV 加速器工作人员年受照剂量估算结果

工作区域	辐射来源	剂量率水平, $\mu\text{Sv/h}$	年受照时间, h	受照剂量, mSv/a
主控室	瞬发辐射照射	1.50E-03	50	7.5E-05
控制区内	活化部件感生放射性	1.0E+01	300	3.00E+00
总计				3.00E+00
备注: 每名工作人员在控制区内进行调试设备期间佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪, 确保在剂量率水平低于 $10\mu\text{Sv/h}$ 人员才能够进入工作。				

表 5-16 在用户单位 50MeV 加速器工作人员年受照剂量估算结果

工作区域	辐射来源	剂量率水平, $\mu\text{Sv/h}$	年受照时间, h	受照剂量, mSv/a
主控室	瞬发辐射照射	1.0E-06	50	5.0E-08
控制区内	活化部件感生放射性	1.0E+01	300	3.00E+00
总计				3.00E+00
备注: 每名工作人员在控制区内进行调试设备期间佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪, 确保在剂量率水平低于 $10\mu\text{Sv/h}$ 人员才能够进入工作。				

5.1.2.2 非密封放射性物质工作场所

5.1.2.2.1 生产线工作人员

5.1.2.2.1.1 外照射

工作人员因外照射所受辐射剂量利用下式计算, 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 5-17。

$$H=D \times t \times T \quad (\text{公式 5-2})$$

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, 取自表 5-6 ~ 表 5-12 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 3-14。

T 为居留因子, 取值为 1。

表 5-17 生产线辐射工作人员外照射受照剂量计算结果

岗位	单批次工作时间, h	年操作批次, 次/年	年操作时间, h/a·人	剂量率, $\mu\text{Sv/h}$	外照射受照剂量, mSv	岗位人员外照射受照剂量, mSv
^{225}Ac 、 ^{227}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{99}Mo 放射性药物生产场所	靶件解体	0.5	20	10.0	4.70E-01	4.70E-03
	靶件溶解、粗分离等	8	20	160.0	2.80E-01	4.48E-02
	Ac-225 分离纯化(生产线)	4	60	240.0	2.04E+00	4.90E-01
	Ac-225 分离纯化(货包外包等)	0.25	1880	470.0	1.25E+00	5.88E-01
	Ra-223 分离纯化(生产线)	4	20	80.0	6.30E-06	5.04E-07
						4.95E-02
						1.08E+00
						9.60E-03

	Ra-223 分离纯化（货包外包等）	0.25	20	5.0	7.19E-01	3.60E-03	
	Ac-227 分离纯化（货包外包等）	0.25	20	5.0	1.20E+00	6.00E-03	
	Mo-99 分离纯化(生产线)	4	20	80.0	2.70E-01	2.16E-02	2.55E-02
	Mo-99 分离纯化（货包外包等）	0.25	20	5.0	7.71E-01	3.86E-03	
	Pb-212 分离纯化(生产线)	4	1000	1333.3	2.19E+00	2.92E+00	3.00E+00
	Pb-212 分离纯化（货包外包等）	0.25	400	33.3	2.40E+00	8.00E-02	
⁸² Sr 放射性药物生产场所	靶件接收	0.5	20	10.0	1.64E-01	1.64E-03	2.79E-02
	靶件溶解、粗分离等	8	20	160.0	1.64E-01	2.62E-02	
	Sr-82 分离纯化(生产线)	4	2000	1333.3	2.45E+00	3.27E+00	4.46E+00
	Sr-82 分离纯化（货包外包等）	0.25	3920	163.3	2.41E+00	3.94E-01	
	发生器回收复用处理	0.5	3920	326.7	2.45E+00	8.00E-01	
⁶⁸ Ge(120MeV) 放射性药物生产场所	靶件接收	1	20	20.0	3.17E-02	6.34E-04	3.17E-03
	靶件溶解、粗分离等	4	20	80.0	3.17E-02	2.54E-03	
	Ge-68 分离纯化(生产线)	4	1800	1028.6	2.28E+00	2.35E+00	2.63E+00
	Ge-68 分离纯化（货包外包等）	0.25	1168	41.7	2.34E+00	9.76E-02	
	发生器回收复用处理	0.5	1168	83.4	2.28E+00	1.90E-01	
⁶⁸ Ge(50MeV) 放射性药物生产场所	靶件接收	0.5	20	10.0	1.68E+00	1.68E-02	2.98E+00
	靶件输送	1	20	20.0	1.48E+02	2.96E+00	
	靶件溶解、粗分离等	4	20	80.0	4.63E-02	3.70E-03	
	Ge-68 分离纯化(生产线)	4	1200	685.7	1.92E+00	1.31E+00	1.45E+00
	Ge-68 分离纯化（货包外包等）	0.25	594	21.2	2.34E+00	4.96E-02	
	发生器回收复用处理	0.5	594	42.4	1.92E+00	8.13E-02	
⁶⁷ Cu 放射性药物生产场所	靶件接收	0.5	50	25.0	1.42E-03	3.55E-05	8.83E-05
	靶件输送	0.5	50	25.0	2.11E-03	5.28E-05	
	分离纯化	4	50	200.0	3.14E-01	6.28E-02	6.28E-02
	Cu-67 分离纯化（货包外包等）	0.25	50	12.5	4.92E-05	6.15E-07	
¹²³ I 放射性药物生产场所	靶件接收	0.5	200	100.0	1.35E-05	1.35E-06	1.94E-03
	靶件输送	0.5	200	100.0	1.94E-02	1.94E-03	
	分离纯化	4	200	800.0	1.83E+00	1.46E+00	1.46E+00
	I-123 分离纯化（货包外包等）	0.25	200	50.0	1.29E-03	6.45E-05	
工艺过程分析	Th 靶工艺过程分析	1	20	20.0	6.52E-04	1.30E-05	9.35E-05
	铷靶工艺过程分析	1	20	20.0	2.42E-04	4.84E-06	
	镓靶（120MeV）工艺过程分析	1	20	20.0	1.69E-04	3.38E-06	
	镓靶（50MeV）工艺过程分析	1	20	20.0	1.69E-04	3.38E-06	
	锌靶工艺过程分析	1	50	50.0	2.57E-05	1.29E-06	
	碘靶工艺过程分析	1	200	200.0	3.38E-04	6.76E-05	
质量检验	质量检验(Ac-225)	2	60	20.0	1.54E-07	1.85E-08	1.23E-04
	质量检验(Ra-223)	2	20	6.7	6.70E-07	2.68E-08	

质量检验(Ac-227)	2	20	6.7	5.57E-07	2.23E-08
质量检验(Mo-99)	2	20	6.7	2.55E-06	1.02E-07
质量检验(Pb-212)	2	1000	333.3	2.63E-06	5.27E-06
质量检验(Sr-82)	2	2000	666.7	1.92E-05	7.67E-05
质量检验(Ge-68-120MeV)	2	1800	600.0	8.67E-08	3.12E-07
质量检验(Ge-68-50MeV)	2	1200	400.0	1.67E-05	4.00E-05
质量检验(Cu-67)	2	50	16.7	8.67E-08	8.67E-09
质量检验(I-123)	2	200	66.7	3.42E-07	1.37E-07

对于生产线设备维护维修人员，其设备日常维护频率为 2 次/年，根据以往实际经验数据，一般设备表面剂量率小于 25μSv/h。日常维护期间，2 人一组，单次近距离操作时间小于 4h，单次受照剂量为 0.1mSv/a。

5.1.2.2.1.2 内照射

(1) 计算公式

在生产过程中，工作人员受内照射的途径主要为生产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，主要考虑辐照后靶件粗分离及纯化阶段的内照射。

$$D_{inh,i} = C \cdot DF_{inh,i} \cdot R \cdot t \cdot \eta \tag{公式 5-3}$$

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/m³，工作箱室内的核素浓度源自

表 3-34~表 3-40，另参考《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 1.2m³/h；

t 为操作时间；

η 为口罩过滤效率，保守取 0.1。

表 5-18 辐射工作人员内照射受照剂量计算结果

工作阶段		核素	Ct, Bq/m ³	DF, 吸入内照 射剂量转 换因子, Sv/Bq	操作时 间, t, h/a	受照剂 量, mSv/a
目标核 素 Ac- 225、 Ac- 227、 Ra- 223、 Pb-212 及 Mo- 99	Th 靶粗分离 阶段	Ac-224	6.51E-05	8.70E-07	170.00	1.16E-06
		Ac-225	1.18E-01	7.90E-06	170.00	1.90E-02
		Ac-226	4.51E-02	1.20E-06	170.00	1.10E-03
		Ac-227	2.84E-04	6.30E-04	170.00	3.65E-03
		Ac-228	9.04E-05	2.90E-08	170.00	5.35E-08
		Cs-129	6.72E-04	8.10E-11	170.00	1.11E-09
		Cs-131	2.00E-02	4.50E-11	170.00	1.84E-08
		Cs-132	4.82E-02	3.80E-10	170.00	3.73E-07
		Cs-134	3.41E-03	9.60E-09	170.00	6.68E-07
		Cs-136	2.50E-01	1.90E-09	170.00	9.70E-06
		Cs-137	8.28E-04	6.70E-09	170.00	1.13E-07
		I-124	1.40E-03	6.30E-09	170.00	1.81E-07
		I-125	1.77E-03	7.30E-09	170.00	2.63E-07
		I-126	1.47E-02	1.40E-08	170.00	4.21E-06
		I-130	8.60E-03	9.60E-10	170.00	1.68E-07
		I-131	6.62E-01	1.10E-08	170.00	1.49E-04
		I-132	2.46E-01	2.00E-10	170.00	1.00E-06
		I-133	8.69E-02	2.10E-09	170.00	3.72E-06
		I-135	2.25E-04	4.60E-10	170.00	2.11E-09
		Ra-223	1.28E-01	6.90E-06	170.00	1.81E-02
		Ra-224	9.05E-02	2.90E-06	170.00	5.36E-03
		Ra-225	1.94E-03	5.80E-06	170.00	2.29E-04
		Th-227	2.97E-01	1.00E-05	170.00	6.06E-02
		Th-228	2.53E-02	4.00E-05	170.00	2.06E-02
		Th-231	5.52E-01	4.70E-10	170.00	5.29E-06
	Ac-225 分离 纯化阶段	Ra-225	6.78E-06	5.80E-06	255.00	1.20E-06
		Ac-225	4.13E+00	7.90E-06	255.00	9.99E-01
		Ac-226	1.58E-04	1.20E-06	255.00	5.81E-06
		Ac-227	9.97E-07	6.30E-04	255.00	1.92E-05
	Ra-223 分离 纯化阶段	Ac-227	6.39E-03	6.30E-04	85.00	4.10E-02
		Ac-225	4.76E-04	7.90E-06	85.00	3.84E-05
	钼 99 分离纯 化阶段	Mo-99	7.35E-03	1.10E-09	85.00	8.25E-08

	Pb-212 分离 纯化阶段	Pb-212	8.88E-01	3.30E-08	1333.00	4.69E-03
		Ra-224	3.18E-04	2.90E-06	1333.00	1.47E-04
目标核 素：Sr- 82	铷靶粗分离 阶段	Ge-71	5.40E-03	1.10E-11	170.00	1.21E-09
		Br-76	3.13E-02	5.80E-10	170.00	3.71E-07
		Br-77	4.08E-01	1.30E-10	170.00	1.08E-06
		H-3	1.10E-02	0.00E+00	170.00	0.00E+00
		Rb-84	7.82E-01	1.50E-09	170.00	2.39E-05
		Sr-82	3.22E-01	1.00E-08	170.00	6.57E-05
		Sr-83	2.78E-01	4.90E-10	170.00	2.78E-06
		Sr-85	6.34E-02	7.70E-10	170.00	9.96E-07
	发生器生产 阶段	Sr-82	4.29E-01	1.00E-08	1333	6.87E-04
		Sr-83	2.88E-03	4.90E-10	1333	2.26E-07
		Sr-85	1.00E-01	7.70E-10	1333	1.23E-05
目标核 素： Ge-68	50MeV 镓靶 粗分离阶段	As-71	6.83E-01	5.00E-10	110	4.51E-06
		As-72	2.91E-01	1.30E-09	110	4.99E-06
		As-73	1.36E-01	9.30E-10	110	1.67E-06
		As-74	2.18E-01	2.10E-09	110	6.05E-06
		Ga-67	3.18E-01	2.80E-10	110	1.17E-06
		Ge-68	3.91E-02	1.30E-08	110	6.70E-06
		Ge-69	5.64E-01	3.70E-10	110	2.76E-06
		Ge-71	1.54E+00	1.10E-11	110	2.24E-07
		H-3	4.36E-04	0.00E+00	110	0.00E+00
	分离纯化阶 段 (50MeV)	Ge-68	1.30E-01	1.30E-08	700	1.42E-04
		Ge-69	3.96E-04	3.70E-10	700	1.23E-08
		Ge-71	1.61E+00	1.10E-11	700	1.49E-06
	120MeV 镓 靶粗分离阶 段	Ga-67	2.20E+00	2.80E-10	100	7.38E-06
		Ga-68	7.66E-02	4.90E-11	100	4.50E-08
		Ge-68	2.67E-04	1.30E-08	100	4.16E-08
		Ge-69	7.66E-02	3.70E-10	100	3.40E-07
		Ge-71	8.28E-02	1.10E-11	100	1.09E-08
		H-3	4.95E-04	0.00E+00	100	0.00E+00
		Zn-65	1.69E-02	2.20E-09	100	4.45E-07
	分离纯化阶 段 (120MeV)	Ge-68	2.56E-01	1.30E-08	1100	4.39E-04
		Ge-69	3.96E-04	3.70E-10	1100	1.93E-08
		Ge-71	8.66E-02	1.10E-11	250	2.86E-08
目标核 素： Cu-67	分离纯化阶 段	Ga-68	4.08E-02	4.90E-11	250.00	5.99E-08
		Ga-67	6.20E-03	3.80E-10	250.00	7.06E-08
		Ga-66	1.53E-02	7.10E-10	250.00	3.25E-07
		Cu-67	3.03E-03	5.80E-10	250.00	5.27E-08
		Cu-66	6.25E-05	5.80E-10	250.00	1.09E-09
		Cu-64	2.96E-02	1.50E-10	250.00	1.33E-07
		Cu-62	1.13E-03	1.50E-10	250.00	5.10E-09

		Cu-61	1.24E-02	1.20E-10	250.00	4.46E-08
目标核素：I-123	分离纯化阶段	I-128	8.82E-06	2.20E-11	1000.00	2.33E-11
		I-126	1.32E-05	1.40E-08	1000.00	2.23E-08
		I-125	3.52E-06	7.30E-09	1000.00	3.08E-09
		I-124	2.77E-05	6.30E-09	1000.00	2.09E-08
		I-123	2.88E-04	1.10E-10	1000.00	3.80E-09
		I-122	9.02E-05	1.10E-10	1000.00	1.19E-09
		I-121	4.92E-04	3.90E-11	1000.00	2.30E-09
		I-120	2.53E-04	1.90E-10	1000.00	5.77E-09
		I-119	3.33E-06	1.90E-10	1000.00	7.59E-11

5.1.2.2.1.3 小计

生产线工作人员年受照剂量总计见表 5-19，最大年受照剂量为 4.46mSv，低于工作人员年剂量约束值 5mSv。

表 5-19 生产线辐射工作人员年受照剂量小计

岗位		外照射 受照剂 量, mSv	内照射受 照剂量, mSv	设备维护 维修, mSv	总计, mSv
²²⁵ Ac、 ²²⁷ Ac、 ²²³ Ra、 ²¹² Pb、 ⁹⁹ Mo 放射性药物生产场所	靶件解体	4.95E-02	1.29E-01	1.00E-01	2.78E-01
	靶件溶解、粗分离等				
	Ac-225 分离纯化(生产线)	1.08E+00	9.99E-01	/	2.08E+00
	Ac-225 分离纯化（货包外包等）				
	Ra-223 分离纯化(生产线)	9.60E-03	4.11E-02	/	5.07E-02
	Ra-223 分离纯化（货包外包等）				
	Ac-227 分离纯化（货包外包等）				
	Mo-99 分离纯化(生产线)	2.55E-02	8.25E-08	/	2.55E-02
	Mo-99 分离纯化（货包外包等）				
	Pb-212 分离纯化(生产线)	3.00E+00	4.83E-03	/	3.00E+00
	Pb-212 分离纯化（货包外包等）				
⁸² Sr 放射性药物生产场所	靶件接收	2.79E-02	9.48E-05	1.00E-01	1.28E-01
	靶件溶解、粗分离等				
	Sr-82 分离纯化(生产线)	4.46E+00	6.99E-04	/	4.46E+00
	Sr-82 分离纯化（货包外包等）				
	发生器回收复用处理				
⁶⁸ Ge(120MeV+50MeV) 放射性药物生产场所	靶件接收	2.98E+00	3.63E-05	2.00E-01	3.18E+00
	靶件输送				
	靶件溶解、粗分离等				

	Ge-68 分离纯化(生产线)	4.08E+00	5.82E-04	/	4.08E+00
	Ge-68 分离纯化（货包外包等）				
	发生器回收复用处理				
⁶⁷ Cu 放射性药物生产场所	靶件接收	8.83E-05	6.92E-07	1.00E-01	1.00E-01
	靶件输送				
	分离纯化	6.28E-02	6.92E-07	/	6.28E-02
	Cu-67 分离纯化（货包外包等）				
¹²³ I 放射性药物生产场所	靶件接收	1.94E-03	2.65E-09	1.00E-01	1.02E-01
	靶件输送				
	分离纯化	1.46E+00	2.65E-09	/	5.30E-09
	I-123 分离纯化（货包外包等）				
工艺过程分析	Th 靶工艺过程分析	9.35E-05	9.99E-01	/	9.99E-01
	铷靶工艺过程分析				
	镓靶（120MeV）工艺过程分析				
	镓靶（50MeV）工艺过程分析				
	锌靶工艺过程分析				
	碘靶工艺过程分析				
质量检验	质量检验(Ac-225)	1.23E-04	9.99E-01	/	1.00E+00
	质量检验(Ra-223)				
	质量检验(Ac-227)				
	质量检验(Mo-99)				
	质量检验(Pb-212)				
	质量检验(Sr-82)				
	质量检验(Ge-68-120MeV)				
	质量检验(Ge-68-50MeV)				
	质量检验(Cu-67)				
	质量检验(I-123)				
备注：工艺过程分析及质量检验分析中核素的活度远远低于粗分离阶段的活动，内照射辐射影响极低，此处工艺过程分析及质量检验分析处的内照射受照剂量各阶段内照射最大值进行计算。					

5.1.2.2.2 三废处理工作人员

5.1.2.2.2.1 外照射

三废处理工作人员在固废热室和废液热室进行处理期间因外照射所受辐射剂量利用下式计算，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 5-20。

$$H=D \times t \times T \quad (\text{公式 5-4})$$

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, 取自表 5-12 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 3-14。

T 为居留因子, 取值为 1。

表 5-20 三废处理辐射工作人员外照射受照剂量计算结果

场所	岗位	工作时间, h/a	剂量率 ¹ , μSv/h	受照剂量, mSv
加速器一生产厂房非密封放射性物质工作场所	废液处理	8	2000	2.06E-01
	固废处理	8	2000	1.71E+00
	小计			3.83E+00
备注：1.此次剂量率的估算情景为场所内 1 年内所产生的固废和废液整体在热室内进行处理，即各生产线固废和废液处理期间剂量率的总和，工作时间按照 2000h 考虑。				

对于废液和固废热室设备维护维修人员, 其设备日常维护频率为 2 次/年, 根据以往实际经验数据, 一般设备表面剂量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。日常维护期间, 2 人一组, 单次近距离操作时间小于 4h, 单次受照剂量为 0.1mSv/a 。

5.1.2.2.2.2 内照射

(1) 计算公式

在实验过程中, 参照公式 5-5 计算三废处理工作人员内照射受照剂量, 计算结果见表 5-21。

表 5-21 三废处理辐射工作人员内照射受照剂量计算结果

工作阶段	核素	Ct, Bq/m ³	DF, 吸入内照射剂量转换因子, Sv/Bq	R, 呼吸率, m ³ /h	操作时间, t, h/a	口罩过滤效率	受照剂量, mSv/a	
三废处理	I-125	3.54E-02	7.30E-09	1.2	2000	0.1	6.20E-05	3.34E-03
	I-126	2.95E-01	1.40E-08	1.2	2000	0.1	9.92E-04	
	Cs-136	5.01E+00	1.90E-09	1.2	2000	0.1	2.28E-03	

5.1.2.2.2.3 废物搬运等过程

放射性废液在废液热室处理完成后通过导管运送至地下一层废液暂存场所，放射性固废在固废热室处理包装后通过小车运至地下一层暂存区域，设置 1 台吊车，用对废物桶的接收、暂存和转运操作，废物桶的运输和堆码均有工作人员进行远距离遥控操作。三废处理工作人员主要在接触废物桶期间、更换过滤器以及在地下一层废物暂存间进行相关操作期间受到辐射影响。

对于固废转运过程中受照剂量，根据固体废物包装及建设单位要求，包装后废物桶表面 1m 处的剂量率 $<0.1\text{mSv/h}$ ，保守假设运输人员距离废物桶 0.5m，每次固体废物转运时间为 10min，每年最多转运 10 次，则操作人员受照剂量为 $6.67\text{E-}04\text{mSv/a}$ 。

地下一层废物暂存间设置实时监控，正常工作人员仅在需要监测期间进入，工作人员全程佩戴有累积计数功能的个人剂量计和个人剂量报警仪，确保单次最大受照剂量 $<0.1\text{mSv/次}$ ，保守按每年 4 次，工作人员受照剂量约 0.4mSv/a 。工作人员更换过滤器期间全程佩戴有累积计数功能的个人剂量计和个人剂量报警仪，确保单次最大受照剂量 $<0.1\text{mSv/次}$ ，按照加速器一、二生产厂房排风机房过滤器每年更换一次考虑，工作人员受照剂量约 0.2mSv/a 。

5.1.2.2.2.4 小计

综上，三废处理工作人员年最大年受照剂量为 4.54mSv ，低于工作人员年剂量约束值 5mSv 。

5.1.2.3 工作人员受照剂量小结

综上所述，各辐射工作场所辐射工作人员年受照剂量见表 5-22，本项目辐射工作人员最大年受照剂量为 4.60mSv/a ，小于工作人员剂量约束值 5mSv/a 。

表 5-22 本项目辐射工作人员年受照剂量

序号	工作岗位		个人年最大受照剂量，mSv/a
1	加速器装置		4.60
2	非密封放射性物质工作场所	生产线工作人员	4.46
		三废处理工作人员	4.54

5.1.3 公众的受照剂量

5.1.3.1 气载流出物所致

5.1.3.1.1 源项

本项目主要考虑加速器一生产厂房烟囱和加速器二生产厂房烟囱气载流出物对公众造成的辐射影响。在分析气载流出物对周围公众影响时，综合考虑核素排放率和核素有效剂量转换因子的基础上，关键气载流出物源项详见表 5-23。

表 5-23 非密封放射性物质工作场所气载流出物关键核素源项

序号	核素	年排放量, Bq/a
1	Ac-225	6.99E+06
2	Ac-227	1.85E+04
3	Cs-132	2.86E+06
4	Cs-136	1.49E+07
5	I-126	8.76E+05
6	I-131	3.93E+07
7	I-132	1.46E+07
8	I-133	5.16E+06
9	Ra-223	7.63E+06
10	Ra-224	5.38E+06
11	Ra-225	1.15E+05
12	Th-227	1.76E+07
13	Th-228	2.54E+06
14	Br-76	1.86E+06
15	Br-77	2.42E+07
16	H-3	2.71E+09
17	Rb-84	4.65E+07
18	Sr-82	1.91E+07
19	Sr-83	1.65E+07
20	Sr-85	3.77E+06
21	As-71	4.06E+07
22	As-72	1.73E+07
23	As-73	8.46E+06
24	As-74	1.30E+07
25	Ga-67	1.49E+08
26	Ge-68	2.34E+06
27	Ge-69	3.80E+07

表 5-24 加速器气载流出物关键核素源项

核素	120MeV 加速器	50MeV 加速器	两台加速器总计
	年排放量, Bq	年排放量, Bq	年排放量, Bq
¹¹ C	3.14E+09	6.68E+05	3.14E+09
¹³ N	9.74E+09	8.02E+05	9.74E+09
¹⁵ O	4.85E+09	4.73E+05	4.85E+09
⁴¹ Ar	1.31E+10	5.69E+07	1.32E+10
总计	3.08E+10	5.89E+07	3.09E+10

5.1.3.1.2 照射途径

本次评价范围内无农业种植基地, 因此其对公众的照射途径主要是: 空气浸没外照射、地表沉积物外照射、吸入内照射。

5.1.3.1.3 评价方法

本评价将采用 IAEA NO.19 号报告推荐的筛选模式进行评价。评价指标为年最大个人有效剂量。

(1) 大气弥散模式

①对于距离小于 50m 范围的区域;

$$H \leq 2.5H_B \text{ and } x \leq 2.5\sqrt{A_B} \quad (\text{公式 5-5})$$

$$C_{a,i} = \frac{P_p Q_i}{\pi u_a H_b K} \quad (\text{公式 5-6})$$

式中:

$C_{a,i}$ —为下风向 x (m) 距离处的核素 i 的地面空气浓度, Bq/m³;

P_p —年中风吹向接收点所在扇区方位 p 的时间份额, 取 0.25;

Q_i —为放射性同位素 i 的排放率, Bq/s;

U_a —为排放口处的平均风速, 取当地平均风速 1.2m/s;

Hb—临近最高建筑物高度，72m；

K—经验常数，取值为 1m。

②对于距离 50m~500 范围的区域，

$$H \leq 2.5H_B \text{ and } x > 2.5\sqrt{A_B} \quad \text{公式 5-7)}$$

$$C_{a,i} = \frac{P_p B Q_i}{u_a} \quad (\text{公式 5-8})$$

式中：

$C_{a,i}$ —为下风向 x（m）距离处的核素 i 的地面空气浓度，Bq/m³；

B—在下风距离 x 处的高斯扩散因子，1/m²，参考 IAEA19 号报告 P22，表 2；

Q_i —为放射性同位素 i 的排放率，Bq/s；

U_a —为排放口处的平均风速，取当地平均风速 1.2m/s；

(2) 空气浸没外照射

空气浸没外照射剂量由下式计算：

$$H_A = t \cdot S_f \cdot C_{a,i} \cdot G_A \quad (\text{公式 5-9})$$

式中：

H_A —为空气浸没照射所致总受照剂量，Sv；

t—为总受照时间，s/a；

S_f —为建筑物屏蔽因子，对个人取 0.7；

$C_{a,i}$ —下风向 x（m）距离处的核素 i 的地面空气浓度，Bq/m³；

G_A —为各放射性同位素的空气浸没外照射剂量转换因子，取值来自 IAEA NO.19（见表 5-25）；

（3）地面沉积外照射

地面沉积外照射计算公式如下：

$$H_{b,i} = 3600 \cdot G_{g,i} \cdot K_{b,i} \cdot g_{b,i} \cdot b \quad (\text{公式 5-10})$$

$$G_{g,i} = (V_d + V_w) \cdot C_{a,i} \quad (\text{公式 5-11})$$

$$K_{b,i} = \frac{1 - \exp[-(\lambda_i + \lambda_w)t_{b,i}]}{\lambda_i + \lambda_w} \quad (\text{公式 5-12})$$

式中：

$H_{b,i}$ —为沉积在地面上的放射性同位素 i 产生的外照射有效剂量，Sv；

$G_{g,i}$ —为核素 i 在地面上的年均沉积率，Bq/（m²·s）；

$g_{b,i}$ —为放射性同位素 i 的地面辐射产生的外照射有效剂量转换因子，
（Sv/a）/（Bq/m²）（见表 5-25）；

b —为考虑地面粗糙度和渗透到深层土壤的校正因子，取值 1；

V_d —为干沉降速度，m/s；

V_w —为湿沉降速度，m/s；

$C_{a,i}$ —为地面空气浓度，Bq/m³；

λ_i —为放射性同位素 i 的衰变常数，1/h；

λ_w —为放射性同位素 i 在陆地环境中的去除常数，1/h；根据 IAEA NO.19 报告 P64 表 8， λ_w 取值为 5.00E-02d⁻¹，即 2.08E-03h⁻¹；

$t_{b,i}$ —为放射性同位素 i 在地面上的沉积时间，h，取 $t_b=30a$ 。

根据 IAEA NO.19 报告 P27，对气溶胶而言， (V_d+V_w) 可保守取值 1000m/d，即 1.16E-02m/s。

4) 吸入内照射

吸入放射性同位素 i 产生的内照射有效剂量由下式计算：

$$H_{h,i} = T \cdot C_{a,i} \cdot u \cdot g_{h,i}$$

（公式 5-13）

式中： $H_{h,i}$ ---核素 i 产生的吸入内照射有效剂量，Sv/a；

$H_{h,i}$ ---为吸入内照射待积有效剂量，Sv；

T ---为受照时间，8760h/a；

u ---为公众个人正常情况下的呼吸率，m³/h，成人：1.2 m³/h；

$C_{a,i}$ ---为评价点的核素的地面空气浓度，Bq/m³；

$g_{h,i}$ ---为吸入放射性同位素 i 产生的待积有效剂量转换因子，Sv/Bq（见表 5-25）。

表 5-25 有效剂量转换因子

序号	核素	G_A , (Sv/s) / (Bq/m ³)	g_{bi} , (Sv/s) / (Bq/m ²)	g_{hi} , (Sv/Bq)
1	Ac-225	7.21E-16	1.58E-17	8.50E-06
2	Ac-227	5.82E-18	1.57E-19	7.20E-05
3	Cs-132	3.34E-14	6.93E-16	3.00E-10
4	Cs-136	2.09E-15	2.09E-15	2.80E-09
5	I-126	2.15E-14	4.47E-16	9.80E-09
6	I-131	1.82E-14	3.76E-16	7.40E-09
7	I-132	1.12E-13	2.21E-15	1.10E-10
8	I-133	2.94E-14	5.97E-16	1.50E-09
9	Ra-223	6.09E-15	1.47E-15	3.20E-10
10	Ra-224	4.71E-16	9.57E-18	3.40E-06
11	Ra-225	2.79E-16	1.33E-17	7.70E-06
12	Th-227	4.88E-15	1.04E-16	1.00E-05

13	Th-228	9.20E-17	2.35E-18	4.00E-05
14	Br-76	1.34E-13	2.44E-15	4.10E-10
15	Br-77	1.51E-14	3.09E-16	8.40E-11
16	H-3	3.31E-19	0.00E+00	2.60E-10
17	Rb-84	4.47E-14	8.90E-16	1.00E-09
18	Sr-82	6.43E-18	1.82E-18	1.10E-08
19	Sr-83	3.86E-14	7.71E-16	3.40E-10
20	Sr-85	2.42E-14	5.00E-16	8.10E-10
21	As-71	2.74E-14	5.56E-16	4.00E-10
22	As-72	8.78E-14	1.75E-15	9.00E-10
23	As-73	1.90E-16	5.95E-18	1.00E-09
24	As-74	3.65E-14	7.47E-16	2.10E-09
25	Ga-67	7.20E-15	1.49E-16	2.40E-10
26	Ge-68	7.37E-20	2.16E-20	1.40E-08
27	Ge-69	4.27E-14	8.44E-16	2.90E-10
28	Ar-41	6.13E-14	/	/
29	C-11	4.89E-14	1.01E-15	1.80E-11
30	N-13	4.90E-14	1.01E-15	/
31	O-15	4.91E-14	1.01E-15	/

5.1.3.1.4 评价结果

气载流出物对本项目评价范围内不同距离公众造成的影响见表 5-26，本项目评价范围内最大受照剂量为 1.64E-02mSv/a，低于本项目公众人员的年剂量约束值（0.1 mSv/a），关键核素为 Th-227、Th-228、 Ra-223 和 Ac-225，关键照射途径为吸入内照射。

表 5-26 本项目评价范围内气载流出物所致周围公众辐射影响小计

x, m	空气浸没外照射	地表沉积外照射	吸入内照射	总计, mSv/a
50	1.54E-03	3.06E-04	1.46E-02	1.64E-02
100	3.47E-04	5.63E-05	2.08E-03	2.49E-03
150	3.47E-04	5.63E-05	2.08E-03	2.49E-03
200	9.78E-05	1.05E-03	1.04E-03	2.19E-03
250	9.78E-05	1.05E-03	1.04E-03	2.19E-03
300	9.78E-05	1.05E-03	1.04E-03	2.19E-03
350	9.78E-05	1.05E-03	1.04E-03	2.19E-03
400	3.91E-05	4.18E-04	4.16E-04	8.74E-04
450	3.91E-05	4.18E-04	4.16E-04	8.74E-04

500	3.91E-05	4.18E-04	4.16E-04	8.74E-04
-----	----------	----------	----------	----------

5.1.4环境保护目标的影响分析

根据上述分析可知，本项目辐射工作场所屏蔽体外剂量率最大为加速器运行期间，剂量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，本项目周围非本项目区域园区公众距离最近的距离保守按 50m（规划园区紧邻相关单位）考虑，考虑其随距离衰减的特性，可推知屏蔽体外 50m 处的剂量率可降低近 3 个量级，将小于本底水平，且实际传播过程中有墙体等各种屏蔽体，且气载流出物 50m 外所致周围公众年受照剂量低于本项目公众人员的年剂量约束值，由此可推知本项目控制区工作场所边界向外 500m 范围内的各环境保护目标的年受照剂量都低于其剂量约束值，对环境保护目标的影响较小。

5.1.5产品销售运输辐射影响评价

建设单位采用以销定产的形式进行产品的销售，接到用户订单后进行生产，根据销售订单，将产品货包从成品库中区域，委托有资质单位进行运输。

产品货包离开厂区后，运输过程中的辐射安全由运输单位负责，严格执行我国有关《放射性药品安全运输规程》等相关法律法规。

销售过程中建设单位辐射工作人员不会受到辐射影响，运输过程中相关运输人员的受照剂量计管理由运输单位进行管理。

5.1.6放射性废物的环境影响分析

5.1.6.1 放射性废液

本项目放射性废液主要包括加速器装置的活化冷却水，以及非密封放射性物质工作场所的放射性废液。

根据 4.6.1.2 小节可知，加速器装置的活化冷却水为一般情况下不外排，维修期间排量总计约 20L。加速器的活化冷却水分别暂存于加速器一生产厂房物理实验大厅内和加速器二生产厂房加速器大厅内集水坑，暂存的冷却水在排放前必须进行取样测量，经检测放射性满足水污染物排放标准后通过潜水泵排入市政污水管网。

加速器一生产厂房靶站活化冷却水将通过高压差流入加速器一生产厂房的地下一层废液储存罐，排放量总计约 5L，加速器二生产厂房靶站活化冷却水暂存于加速器大厅内的废液储存地坑，排放量总计约 4L，暂存的冷却水在排放前必须进行取样测量，经检测放射性满足水污染物排放标准后通过潜水泵排入市政污水管网。

根据 4.6.2.2 小节可知，非密封放射性物质工作场所废液主要包括生产过程中的工艺废液，年产生量约 324L。放射性废液在 2 号热室中进行蒸发浓缩处理，浓缩液传送至热室内焙烧装置内继续进行焙烧蒸干，蒸干后所得盐分将留于坩埚中，焙烧坩埚将进行定期更换，连同坩埚内焙烧残渣一并进行放射性固废处理；蒸发浓缩所得冷凝液经离子交换树脂处理后通过独立导管传输至地下一层废液暂存间内对应废液暂存罐中储存，后续定期交由有资质单位处理。

综上，本项目放射性废液根据其产生场所和类别分类暂存，暂存于加速器一生产房房地下一层放射性废液暂存区域，公司拟设放射性废物处理管理专项工作人员，并定期委托有资质的单位收贮处理，不会对周围环境产生不利影响。

5.1.6.2 放射性废气

由第 4.5.3 节可知，本项目加速器装置及非密封放射性物质工作场所区域均设置独立排风系统，且各排风系统设置独立排风管道和活性炭过滤装置，放射性废气通过各场所屋面烟囱排放，加速器一、二生产均设置 1 个放射性废气排风口，距离地面高度均为 45m，高出本建筑屋脊。根据通风系统参数的设置，确保气流组织遵循自清洁区向监督区再向控制区的流向设计，保持工作场所负压，以防止工作场所放射性气体交叉污染，同时，废气经过滤后再排放，通过定期检验过滤器有效性等管理措施，并对气载流出物排放进行在线监测，在线监测到异常数值将报警，出于冗余考虑，设置两套报警系统，确保气载流出物出现异常数据后立即报警。通过估算可知气载流出物所致周围公众年受照剂量都低于其剂量约束值，对周围公众对环境的影响是可以接受的。

5.1.6.3 放射性固体废物

本项目放射性固体废物主要来源加速器装置以及非密封放射性物质工作场所。

根据 4.6.1.3 小节可知，本项目射线装置产生的固体废物主要包括加速器调试及维修更换产生的废活化部件、靶件拆卸后产生的废靶托，废包壳等，年产生量 80kg。废弃活化部件放入加速器大厅的活化部件地坑暂存，废靶托和包壳中放射性核素相对其他放射性固体废物略高，其在固废热室完成分拣分类后，装入 200L 不锈钢桶，通过吊车将其运至放射性固体废物间一区暂存。固废定期监测，满足清洁解控水平的放射性固体废物申请按照一般固体废物处理，无法满足清洁解控水的放射性固体废物委托有资质单位固化处理后外运。

根据 4.6.2.3 小节可知，非密封放射性物质工作场所放射性固体废物主要包括生产过程中的废靶托，废包壳；同位素离子交换、纯化过程中产生的交换树脂、过滤柱、滤膜滤芯等；原辅材料使用产生的废包装、试瓶、器皿等；废气处理废活性炭、滤芯等；以及辐射工作人员劳动防护用品，年产生量约 841Kg。

放射性固体废物在各生产线工作箱室内部的废物暂存罐暂存一段时间后，统一在加速器一生产厂房 1 号固废热室进行处理，涉及 α 核素的固体废物与其他废物分类处理，并分别在“涉及 α 核素固废暂存区域”和“其他类型固废暂存区域”分区暂存，各暂存区域细分为四子区，分别包括废靶托和包壳、工艺过程中产生的放射性固体废物、废劳保用品和废过滤器芯。

上述放射性固体废物，按照核素、收贮时间分类处理和分区暂存，做好相应的记录台账，负责专人进行管理，严格按照相应的操作规程执行后，对环境的影响很小。

5.2 事故工况下的环境影响

5.2.1 加速器装置区域

5.2.1.1 事故情景

加速器的核心是加速器，其辐射场是瞬发性的，装置一旦停机，能造成环境影响的辐射源立即消失，且不会再引起周边介质的活化。

加速器运行期间可能发生的事故主要有：

(1) 人员误留：安全联锁系统失效、人员误入机房内部造成的误照射事故；工作人员在机房内部工作期间，加速器出束造成的误照射事故。

(2) 防护门未关：加速器出束时，机房防护门未关造成的误照射事故。

本次评价的事故分析假设在加速器出束期间发生人员误留在加速器大厅，考虑人员在迷道口发现加速器正在出束，立刻就近按下紧急停机按钮，时间经历约5min，则该事故情况下人员的受照剂量计算结果见表 5-27。由计算结果可知，该事故情况下人员单次受照剂量最大为 8.33mSv。

表 5-27 人员误入或误留迷道事故情况下的人员单次受照剂量计算结果

机房	迷道内剂量率， $\mu\text{Sv/h}$	迷道内停留时间， min	单次受照剂量，mSv
120MeV 加速器	1.0E+05	5	8.33
50MeV 加速器	1.0E+05	5	8.33
备注：迷道内剂量率由错误!未找到引用源。错误!未找到引用源。错误!未找到引用源。错误!未找到引用源。表 5-3 得到（图中黄绿色区域对应剂量率不超过 1.0E+05 $\mu\text{Sv/h}$ ）。			

根据计算结果可以，在此类事故下，工作人员受照将来那个超过年剂量限值的照射，属于一般辐射事故，事故发生后需立即启动本单位的辐射安全事故方案，采取必要防范措施，并向当地环境保护部门、公安部门和当地卫生行政部门报告。

此外，若在装置出束期间，项目所在地发生洪水、地震等自然灾害，加速器会在工作人员操作下或是触发安全联锁（如门机联锁、机房外部剂量监测联锁等）的情况下切断束流，其瞬发辐射场立即消失，不会对周围环境造成辐射影响。

5.2.1.2 事故防范措施

加速器设计有功能齐全、安全冗余的高安全等级的安全联锁系统，设有分区控制、清场搜索、紧急停机、声光报警器等安全设备和措施。通过搜索清场功能保障了人员在束流开启前及时离开控制区，防止人员被困在高辐射水平的控制区内；通过急停按钮、紧急开门等功能保障万一发生人员被困或误入正在

出束的控制区内、或设备异常等情况时可以紧急关闭辐射源；声光报警和状态指示功能使工作人员了解工作情况，提示人员远离高辐射水平的区域。通过这些措施能够有效防止误入事故的发生。因此，人员误照射事故发生的概率非常小。此外，为防止人员误照射事故的发生，可采取以下措施加强防范：

（1）为防止各项安全联锁硬件设施失效，应定期检查并确认安全联锁设施的有效性。

（2）开机出束前，撤离加速器机房时应清点人数，必须按照既定的清场搜索路线和顺序对机房各区域进行清场。出束期间一旦发现有人员滞留在机房内，就近按下急停按钮。工作人员进入加速器机房内部工作时应随身佩戴有效的剂量报警仪，以便随时了解机房内的辐射水平并在辐射水平超出阈值时发出报警信号。

（3）辐射工作人员需加强专业知识学习，加强辐射安全与防护培训，严格遵守操作规程和规章制度。管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。

（4）做好设备稳定性检测和状态检测，使设备始终保持在最佳状态下工作。

5.2.2非密封放射性物质工作场所

5.2.2.1 事故分析及措施

（1）过滤器失效事故

事故分析：在实验过程中可能发生过滤器失效事故，使得排放气体未经过滤直接外排。

防范及应对措施：一旦出现此事故，立即停止生产，紧急将热室或手套箱密闭，残余气体过排风中心备用过滤装置进行过滤后排出，此外热室工艺风机按一用一备，排风风机发生故障，可以手动和自动切换到备用风机。

（2）物料掉落

事故分析：放射性物料在转运过程中，由于人员操作不慎，物料掉出转运容器。

防范及应对措施：放射性物料放置在专用容器中，转运过程中专人负责，且有剂量员全程跟踪或视频监控，减少物料掉落发生概率。另外，当发生物料掉出转运容器的情况时，若包装容器不破损，则不会产生污染。若包装容器破损，剂量员利用表面污染仪对可能沾污的区域进行检测，并进行去污处理，多次擦拭去污后，直至利用表面污染仪检测达到环境本底水平。

（3）溶液洒漏

事故分析：本项目大部分工艺过程操作对象为溶液，操作过程中由于操作不慎，导致溶液洒漏造成表面沾污或人员沾污。

防范及应急措施：本项目工艺过程大多在热室或手套箱中由专业人员操作，其发生溶液撒漏的可能性很小；当由于意外导致溶液洒漏时，采用去污材料进行擦拭，对可能沾污的区域多次擦拭后进行表面污染测量，直至达到环境本底水平。人员沾污将在去污间进行干法去污，去污过程中产生的放射性固体废物就地暂存一段时间后送至固废热室处理。

（4）机械手皮老化脱落、窥视窗玻璃破裂

事故分析：机械手和窥视窗在使用过程中，会出现裂纹、脱落等情况，外界空气进入热室，破坏热室的负压环境，导致热室内实验过程中产生的放射性气溶胶泄漏到操作区。

防范及应对措施：每次实验前，工作人员对其机械手皮老化和窥视窗进行检查，一旦发现机械手破裂、窥视窗玻璃破裂，应及时更换。实验过程中，随时观察热室负压计的变化，当发现负压计的负压降低，立刻检查热室各密封部位。如突然出现机械手、窥视窗玻璃破裂现象，应马上停止活动。

5.2.2.2 主要事故后果估算分析

（1）事故源项

假设过滤器失效事故情况下排风系统过滤器完全失效，该情形下释放源项如表 5-28 所示。

表 5-28 过滤器失效事故下气载流出物释放源项

序号	核素	单批次释放量， Bq/次 ¹	事故状态下释放量， Bq/次 ²	排放率，Bq/s
1	Ac-225	8.74E+07	8.74E+07	1.21E+04
2	Ac-227	2.11E+05	2.11E+05	2.93E+01
3	Cs-132	3.58E+07	3.58E+07	4.97E+03
4	Cs-136	1.86E+08	1.86E+08	2.58E+04
5	I-126	1.09E+07	1.09E+07	1.52E+03
6	I-131	4.92E+08	4.92E+08	6.83E+04
7	I-132	1.82E+08	1.82E+08	2.53E+04
8	I-133	6.45E+07	6.45E+07	8.96E+03
9	Ra-223	9.54E+07	9.54E+07	1.32E+04
10	Ra-224	6.72E+07	6.72E+07	9.34E+03
11	Ra-225	1.44E+06	1.44E+06	2.00E+02
12	Th-227	2.21E+08	2.21E+08	3.06E+04
13	Th-228	1.88E+07	1.88E+07	2.61E+03
14	Br-76	2.33E+07	2.33E+07	3.23E+03
15	Br-77	3.03E+08	3.03E+08	4.20E+04
16	H-3	8.86E+06	8.86E+06	1.23E+03
17	Rb-84	5.80E+08	5.80E+08	8.06E+04
18	Sr-82	2.39E+08	2.39E+08	3.32E+04
19	Sr-83	2.06E+08	2.06E+08	2.87E+04
20	Sr-85	4.71E+07	4.71E+07	6.54E+03
21	As-71	5.07E+08	5.07E+08	7.04E+04
22	As-72	2.16E+08	2.16E+08	3.00E+04
23	As-73	1.01E+08	1.01E+08	1.40E+04
24	As-74	1.62E+08	1.62E+08	2.25E+04
25	Ga-67	1.87E+09	1.87E+09	2.59E+05
26	Ge-68	2.92E+07	2.92E+07	4.06E+03
27	Ge-69	5.78E+07	5.78E+07	8.02E+03
备注：1.根据 表 3-34、表 3-35 表 3-36、表 3-37 中对应核素放射性废气的单批次产生量为数据源项，单批次工作时长约 8h，事故情况下保守按 2h 内采取事故应急响应，此处按 2h 释放的源项进行考虑； 2.过滤器失效事故期间，气载流出物过滤效率不计入考虑。				

(2) 事故时公众剂量估算模式

过滤器失效事故下所致周围公众的影响计算公式参照 5.1.3.1.3 评价方法进行估算，本项目评价范围内公众受照剂量估算结果见表 5-29，过滤器失效事故下本项目评价范围内周围公众最大受照剂量为 $9.48\text{E-}02\text{mSv}$ 。

表 5-29 评价范围内事故情况下气载流出物所致周围公众剂量估算结果

x, m	空气浸没外照射	地表沉积外照射	吸入内照射	总计, mSv/a
50	$1.25\text{E-}05$	$2.54\text{E-}03$	$9.22\text{E-}02$	$9.48\text{E-}02$
100	$9.70\text{E-}07$	$1.75\text{E-}04$	$2.08\text{E-}02$	$2.10\text{E-}02$
150	$9.70\text{E-}07$	$1.75\text{E-}04$	$2.08\text{E-}02$	$2.10\text{E-}02$
200	$4.85\text{E-}07$	$8.73\text{E-}05$	$1.04\text{E-}02$	$1.05\text{E-}02$
250	$4.85\text{E-}07$	$8.73\text{E-}05$	$1.04\text{E-}02$	$1.05\text{E-}02$
300	$4.85\text{E-}07$	$8.73\text{E-}05$	$1.04\text{E-}02$	$1.05\text{E-}02$
350	$4.85\text{E-}07$	$8.73\text{E-}05$	$1.04\text{E-}02$	$1.05\text{E-}02$
400	$1.94\text{E-}07$	$3.49\text{E-}05$	$4.16\text{E-}03$	$4.19\text{E-}03$
450	$1.58\text{E-}07$	$3.49\text{E-}05$	$4.16\text{E-}03$	$4.19\text{E-}03$
500	$1.58\text{E-}07$	$3.49\text{E-}05$	$4.16\text{E-}03$	$4.19\text{E-}03$

(3) 事故应急措施

1) 本项目过滤器为一用一备，可及时切换，防止放射性废气未经过滤外排，同时避免放射性废气聚集在箱室内不能排出；

2) 本项目放射性废气排风口处设置气载流出物在线监测系统，一旦出现过滤器失效事故，在线监测到异常数值将报警，出于冗余考虑，设置两套报警系统，确保气载流出物出现异常数据后立即报警，接收到报警信号后工作人员立即停止生产，紧急将热室或手套箱密闭；

3) 本项目设置放射性废气事故应急排风系统，一旦出现过滤器失效事故，立即开启，通过应急排风系统将放射性废气排出；

4) 此外建设单位过滤器装置前后端均设置压力计，用于监测过滤装置的过滤效率，定期更换过滤器，保证其有效性。

6 非辐射环境影响预测与评价

本章节详细内容见《非放射性专题评价报告》，此处仅引用结论部分。

6.1 施工期

6.1.1 环境空气

建设期由于大规模的平场开挖、出渣装卸、混凝土施工和建筑材料运输等施工活动，会引起施工过程以及施工车辆等产生的粉尘、扬尘污染物。施工主要以燃油机械设备为主，施工作业时会产生燃油废气，其主要污染成分含有 HC、NO_x、CO 等。

针对拟建项目施工废气的特点，施工单位应按照《重庆市主城尘污染防治办法》、《重庆市主城蓝天行动实施方案》以及《重庆市人民政府对主城区易撒漏物质实行封闭运输的通告》的有关规定，采取如下减缓措施：

选用先进施工机械，提高设备使用效率，严禁使用油耗高、效率低、废气排放严重的机械设备，加强机械设备的维护管理，合理布局，最大限度地减少施工废气对环境空气的影响；

对易产生粉尘及扬尘的作业点采取洒水抑尘或湿式作业；将水泥及易产生扬尘的建材堆放于库房或采取遮盖措施；主要施工道路实行硬化或半硬化；加强对弃土弃渣和物料运输过程的监督管理，物料应密闭运输，并加强车辆的清洗维护，严禁超重、超高或带泥上路；

施工场地禁止混凝土和沥青现场搅拌，使用商品混凝土和商品沥青，以减少大气污染；施工场界砌筑高度不低于 2.5m 的围挡；

根据重庆市实施清洁能源工程的有关规定，施工人员的生活设施禁止燃煤，必须使用液化气等清洁能源；

加快施工进度，尽量缩短工期；

环评要求：施工期必须严格施工管理制度，落实空气污染减缓措施，尽量减少扬尘对周围环境。施工期扬尘污染将随着施工的结束而停止。

6.1.2 废水

本项目施工过程中产生大量的泥沙和粉尘，雨水产生的地表径流绝大部分通过河涌汇入周边水域。施工期往往缺乏完善的排水设施，其污水排放将影响

施工地表地段的受纳水体，使水体中泥沙含量增加，应引起施工单位的重视。

施工场地设置旱厕，施工人员，产生的少量生活污水排入旱厕，环卫工人定期清掏；施工机械、运输车辆冲洗等产生的含油废水采取隔油措施处理，循环使用，不外排。

6.1.3 噪声

建设单位和施工单位须严格执行《重庆市环境噪声污染防治管理办法》中的各项要求，创造良好的施工环境，文明施工。施工单位应在项目开工 15 日前向当地生态环境主管部门申报，说明施工项目、场所及可能排放的噪声强度和所采取的噪声防治措施等。具体主要噪声防治措施如下：

合理布置高噪机械设备，合理安排施工时间，高噪施工设备尽量远离环境敏感区，防止扰民；按照有关规定：基础施工阶段禁止夜间（22:00~6:00）作业，在中午午休段时间（12:00-2:30）施工现场不作业，或者进行产生噪音强度较低的施工活动；

加强施工机械设备的维护保养，避免由于设备故障增加噪声程度，合理安排车辆运输时间，尽可能昼间进行，以减轻夜间噪声对周围环境敏感点的影响。同时要加强施工期区域内道路交通疏导，避免因车辆阻塞使区域内噪声增加，车辆行经敏感区时应采取减速、禁鸣措施；

施工期间因工艺需要必须 24h 连续作业时，施工单位应提前 3 日按规定程序向当地生态环境主管部门办理夜间施工审批手续，并由施工单位认真实施降噪措施，并将批文或相关材料悬挂于工地显眼处，同时张贴告示，做好公众的宣传解释工作，接受公众和环保执法人员的监督；加强对施工人员的环境宣传和教育，使他们认真落实各项降噪措施，做到文明施工。

6.1.4 固体废物

由于项目场地已平整，施工期间产生的固体废物主要包括工地人员的生活垃圾、施工物料垃圾、维修垃圾等。其中工地人员的生活垃圾主要包括各种食品垃圾以及其它生活日用品废弃物；施工物料垃圾主要是施工中的木质、铁

质、纸质、灰料等残余物料垃圾；维修垃圾主要是破旧机器件废弃物、绳索、铁屑等。

对施工期产生的固体废弃物必须分类堆积，并做好防护措施，避免扬尘和下雨时引发水土流失，同时必须及时清运：建筑垃圾运往指定渣场倾倒，禁止向水体中倾倒，不得排入附近水域中；施工生活垃圾及时运往城市垃圾处理场处置。

6.1.5生态环境

拟建项目应根据工程布局与施工特点，建设单位应采取以下水土保持措施以减缓水土流失影响：

（1）项目建设过程中应结合具体施工情况，设置挡土墙、排水沟，雨水导入排水沟内，减小地表径流对扰动地表的冲刷。对开挖后的边坡及时完善护坡、堡坎等防护措施。可设置锚杆式挡土墙和重力式混凝土挡土墙，使边坡得到稳定和支护，避免滑坡、泥石流等地质灾害发生。

（2）开挖的土石方尽可能及时回填到位或外运处置，最大限度减少临时堆放量；土石方调配运输应做到密闭运输，防止运输撒落；临时堆方四周采用填土编织袋进行临时围护，并采用塑料彩条布覆盖。施工期应设专人负责管理、监督，保证施工过程中挖方的临时堆放以及及时回填和清理。

（3）施工过程中合理安排工期，尽量避免在暴雨季节进行大规模的基础开挖工作，对长时间裸露的开挖面，遇雨季时应用塑料彩条布覆盖，防雨布覆盖范围 0.83hm^2 ，可有效减轻降雨的冲刷。

（4）地基施工应与排水系统施工密切配合，避免地下排水管道施工时地基的二次开挖，施工设置临时排水沟 950m，1 座临时沉砂池，禁止施工废水直排。

（5）在地形变化大的地方修建挡土墙或护坡，挡土墙采用浆砌块石修筑而成，采用水泥喷浆护坡。根据项目绿化设计方案，在厂区道路两侧修建排水

沟，为防止水土流失，在道路两侧和厂区裸露处植树种草进行绿化，景观绿化面积 1.3hm^2 ，主要种植本地树种。

综上所述，拟建项目厂址用地由园区负责开展场地三通一平，现状基本平场完毕，在施工期对区域生态环境影响可接受，通过采取相应的生态保护和恢复措施，尤其是通过施工管理和强化施工期的保护和恢复，拟建项目的建设对生态环境影响是可接受的。

6.2 营运期

6.2.1 环境空气

废气主要来源于主要为加速器一生产厂房试剂配制过程产生的酸性气体、有机废气，非密封场所含酸雾放射性废气、食堂油烟等，主要污染物包括氮氧化物、氟化物、氯化氢、硫酸雾、非甲烷总烃等。

试剂配制间实验废废气经通风柜收集后与加速器一厂房 4 号热室经放射性废气尾气净化系统“硝酸+硝酸+碱洗+尿素”处理的废气一起经 1#排气筒

（45m）排放，设计风量 $70000\text{m}^3/\text{h}$ ，通风柜收集效率约为 90%，处理系统处理活性炭吸附效率按 50%考虑，本项目中有机废气、酸性的浓度较低，处理后排放浓度和速率均可满足《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）、重庆市《大气污染物综合排放标准》（DB50/418-2016）标准限值要求。

加速器一厂房 4 号热室经放射性废气尾气净化系统“硝酸+硝酸+碱洗+尿素”处理的废气一起经 1#排气筒（45m）排放。食堂油烟经 1 套高效油烟净化器处理后引至楼顶排气筒（2#）排放，满足重庆市地方标准《餐饮业大气污染物排放标准》（DB 50/859-2018）限值要求。

6.2.2 废水

厂区雨污分流。实验室废水处理系统排水管道等生产废水管网，应按照重庆市生产废水管理要求，实现可视化。本项目食堂产生的生活污水（ $3.6\text{m}^3/\text{d}$ ）经隔油池处理后和办公、宿舍部分产生的生活污水（ $23.4\text{m}^3/\text{d}$ ）一起进入生化池处理后排入市政污水管网。隔油池设计处理能力 $5\text{m}^3/\text{d}$ ，生化池设计处理能

力 30m³/d，可以满足厂区内产生的生活污水处理。综合废水来自生产工艺中的实验室清洗废水、废气净化系统排水等，综合废水产生量 0.5m³/d，实验室废水处理系统设计处理规模 2m³/d，采用“酸碱中和”处理工艺预处理满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入园区市政污水管网。

纯水制备浓水，非放场所地面清洁废水，与预处理后的生活污水、实验室清洗废水、废气净化系系统排水，进入重庆九龙园区污水处理厂处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入肖家河，经大溪河汇入长江。项目污废水对九龙园区污水处理厂冲击负荷较小，依托园区污水处理厂经济技术可行，对地表水环境影响较小。

6.2.3 固体废物

营运期产生的一般工业固体废物主要为设备维修产生的废零件、纯水制备产生的废离子交换树脂，统一收集后暂存于 20m² 一般工业固废暂存间，定期交回收单位处理。

实验室内产生的废试剂瓶、实验室废液，倒入实验室专用废液收集容器中，交有资质单位处置，不外排。废活性炭、废过滤棉、废抹布、含油手套属于危险废物，收集后暂存于 20m² 危废暂存间，交有资质单位处理。

生活垃圾收集后交由市政环卫部门处置。

采取措施后，固体废物可以实现妥善处置，不会造成二次污染。

6.2.4 噪声

采取选用低噪声设备、基础安装减振器、厂房隔声降噪等噪声治理措施后，厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准限值，声环境保护目标噪声叠加值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准及声环境功能区划要求。

6.2.5 地下水

本项目地下水评价范围及周边无地下水饮用水源及分散式饮用水水源地分布，地下水环境不敏感；对周边地下水环境造成影响有限，环境影响可以接

受。建设单位应积极采取有效的防渗措施，定期监控，及时发现事故泄漏并采取有效的应急措施，避免泄漏持续发生。

6.2.6土壤

本项目的土壤环境影响类型为污染影响型，主要是项目运营期污染物通过酸雾废气沉降等途径对土壤环境产生影响。非放实验废气等酸雾含量少，大气沉降是可能引起土壤污染的影响十分有限，土壤环境影响可接受。

7 环境风险评价

本章节详细内容见《非放射性专题评价报告》，此处仅引用结论部分。

本项目总平面布置严格执行《建筑防火通用规范》（GB 55037-2022），厂房内按要求配备防毒面具、防护服等应急救援器材，原辅材料、放射三废的运输车辆应配备消防器材；各实验室、危废暂存间的地面应采取防腐防渗措施，设置警示标识标牌，并设置托盘、环形导流沟，导流沟内设置集液池；危化品库须配置并辅助泡沫枪、消火栓及小型移动式灭火器材等灭火器、防护用品，非放分析实验室试剂罐区、危化品库、危险废物暂存间等环境风险单元，采用2mm厚环氧树脂地坪材料等防腐防渗措施，应设计总有效容积应不小于1263m³的初期雨水收集池，厂区雨水排口末端设置雨污切换阀，可实现装置-企业-园区三级环境风险防控体系联动，制定突发环境事件应急预案并定期演练。采取风险防范措施后，项目环境风险水平可防可控。

表 7-1 建设项目环境风险简单分析内容表

建设项目名称	重庆创新医用同位素项目			
建设地点	重庆市	高新区	生命科技园 B 区巴福片区	Q18-1/05 地块
地理坐标	经度	106.328237670	纬度	29.425299563
主要危险物质及分布	项目涉及重点关注危险源的物质为硝酸、盐酸、硫酸、氢氟酸、丙酮、加氢煤油，储存于危化学品库内。			
环境影响途径及危害后果（大气、地表水、地下水等）	实验试剂可能发生的事故为包装桶破损引发试剂泄漏，加氢煤油可能发生的风险事故主要是物料发生泄漏对环境的影响。			
环境风险防范措施	项目总平面布置严格执行《建筑防火通用规范》（GB 55037-2022），厂房内按要求配备防毒面具、防护服等应急救援器材，原辅材料、放射三废的运输车辆应配备消防器材；各实验室、危废暂存间的地面应采取防腐防渗措施，设置警示标识标牌，并设置托盘、环形导流沟，导流沟内设置集液池；危化品库须配置并辅助泡沫枪、消火栓及小型移动式灭火器材等灭火器、防护用品，非放分析实验室试剂罐区、危化品库、危险废物暂存间等环境风险单元区，采用 2mm 厚环氧树脂地坪材料等防腐防渗措施，应设计总有效容积应不小于 1263m ³ 的初期雨水收集池，厂区雨水排口末端设置雨污切换阀，可实现装置-企业-园区三级环境风险防控体系联动，可实现装置-企业-园区三级环境风险防控体系联动，制定突发环境事件应急预案并定期演练。			

填表说明（列出项目相关信息）	建设规模：项目总占地面积约 51231.30m²，一阶段主要建设加速器一生产厂房、加速器二生产厂房、配套综合楼，并同步配套开关站、泵房及水池等公用工程。主要新增生产设备及产线包括一台 120MeV/500μA 强流质子回旋加速和一台 50MeV/500μA 强流质子回旋加速器及其束流线，生产靶站、同位素生产线等。
----------------	---

8 环境污染防治措施技术可行性分析

本章节详细内容见《非放射性专题评价报告》，此处仅引用结论部分。

8.1 废气治理措施及技术可行性分析

8.1.1 非放场所废气（试剂配制间实验废气）

酸碱废气洗涤塔处理工艺成熟，国内外应用较为广泛，根据同类废气处理技术进行类比分析，碱液喷淋塔处理装置对酸碱废气污染物去除率达到 80%，废气经处理后经 45m 高排气筒（1#）排放，排放浓度和速率均可满足《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）、重庆市《大气污染物综合排放标准》

（DB50/418-2016）标准限值要求，废气处理系统废水定期转移至实验室废水处理系统处理后达标排放。

8.1.2 非密封场所含酸雾放射性废气

非密封场所含酸雾废气主要来源于加速器一生产厂房、放射性药物生产线靶件粗分离、分离纯化阶段的酸雾挥发，该部分废气产生量小。

加速器一生产厂房 4 号热室产生的含酸雾放射性废气抽风换气收集后经热室内部的废气净化系统“酸洗涤+碱洗涤+碱洗涤+水洗”处理后一起通过 45m 高排气筒（1#）排放。废气处理产生的废弃碱液、酸液和去离子水进入废液暂存罐中。废靶托、废弃吸附材料等固体废物暂存于热室下方的废物暂存罐中，待存储罐收集满后，进入放射性固体废物处理热室进行处理。

8.1.3 食堂油烟

本项目食堂油烟采用 1 套油烟净化器进行处理。油烟净化器的净化原理为静电吸附，依靠静电场的作用将废气中的油粒截留下来，达到净化废气的作用。该项处理措施已在众多工程中进行了实际应用，实践证明其处理效果稳定可靠，能够满足达标排放要求，是切实可行的。

餐饮油烟通过油烟净化器处理（风量 10000m³/h，净化效率油烟≥90%，非甲烷总烃≥75%）后经专用烟道由引风机引至屋顶排气筒（2#）排放，满足重庆市地方标准《餐饮业大气污染物排放标准》（DB 50/859-2018）限值要求。

8.1.4无组织排放控制措施

项目应采取无组织排放控制措施，硝酸、盐酸、硫酸、氢氟酸等原辅材料密闭存储于危化品库，溶液配制在密闭空间内操作，上方设置集气罩收集处理，配制溶液通过密闭管道泵送至热室溶解器，确保厂界无组织排放满足《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）、重庆市《大气污染物综合排放标准》（DB50/418-2016）限值要求。

8.2 废水治理措施技术可行性分析

8.2.1 废水预处理措施技术可行性论证

本项目食堂产生的生活污水（3.6m³/d）经隔油池处理后和办公、宿舍部分产生的生活污水（23.4 m³/d）一起进入生化池处理后排入市政污水管网。隔油池设计处理能力 5m³/d，生化池设计处理能力 30m³/d，可以满足厂区内产生的生活污水处理。

综合废水来自生产工艺中的实验室清洗废水、废气净化系统排水等，综合废水产生量 0.5m³/d，实验室废水处理系统设计处理规模 2m³/d，由于综合废水总磷含量很低，综合废水混合后 TP 浓度 5.5mg/L，可实现 TP 达标排放，故未考虑除磷工艺。综合废水处理系统采用“酸碱中和”处理工艺，实验清洗产生的酸碱废水、废气净化系统排水收集后泵入实验室废水处理系统调节槽均匀水量，进入二级 pH 调节，启动 pH 控制装置，自动调节氢氧化钠加药量，将废水的调节 pH 到 7~9，预处理满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入园区市政污水管网。实验室废水处理系统排水管道等生产废水管网，应按照重庆市生产废水管理要求，实现可视化。

非放场所地面清洁废水，与预处理后的生活污水、实验室清洗废水、废气净化系系统排水，进入重庆九龙园区污水处理厂处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入肖家河，经大溪河汇入长江。

纯水制备浓水属于清净下水，排入雨水管网。

8.2.2重庆九龙园区污水处理厂依托处理可行性分析

本项目经市政管网排入重庆九龙园区污水处理厂的废水包括生活污水、实验室清洗废水、非放场所地面清洁废水、废气净化系统排水，污染因子主要为COD、COD、BOD₅、石油类、SS、NH₃-N、氟化物、动植物油，废水总量为34.89m³/d，重庆九龙园区污水处理厂剩余容量的0.87%，根据项目周边管网规划，项目属于九龙园区污水处理厂纳水范围，南侧已规划DN400污水干管，现状调查周边尚未接通市政污水管网，但项目投产后可实现污水排入市政污水管网，建设时序依托可行。因此本项目营运期产生的废水排入重庆九龙园区污水处理厂处理是可行的。

8.3 噪声防治措施及技术可行性分析

采取选用低噪声设备、基础减振、厂房隔声降噪后，厂界的昼间、夜间噪声贡献值可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中3类标准限值要求，声环境保护目标噪声叠加值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）3类标准要求。

8.4 固体废物处置技术可行性分析

本项目营运期产生的固体废物主要包括一般工业固废、危险废物、生活垃圾。

生活垃圾收集后交由市政环卫部门处置。一般工业固体废物主要为设备维修产生的废零件、纯水制备产生的废离子交换树脂，统一收集后，暂存于一般工业固废暂存间，位于加速器一生产厂房三层储藏间，占地面积约20m²，定期交回收单位处理。危险废物主要为实验室废液、废试剂瓶、废活性炭、废过滤棉、含油抹布手套等。实验室废液经实验室设置的专用收集器收集后与废试剂瓶、废活性炭暂存于危废暂存间，位于加速器一生产厂房三层危化品库，占地面积约20m²。危险废物贮存处置还应采取以下措施：

装载危险废物的容器必须完好无损；盛装危险废物的容器材质和衬里要与危险废物相容（不相互反应），必须有泄漏液体收集装置，同时车间内采取围堰或防渗托盘、导流地沟等防渗措施。应设计堵截泄漏的裙脚，地面与裙脚所围建的有效容积不低于堵截最大容器的最大储量或总储量的五分之一。

暂存库内的危险废物必须分类堆放，并设有隔离间隔断。每个部分都应有防漏裙脚或储漏盘，防漏裙脚或储漏盘的材料要与危险废物相容。每个堆间应留有搬运通道。

危险废物必须装入容器，容器及材质要满足相应的强度要求，装载危险废物的容器必须完好无损；对于各类废液，可注入开孔直径不超过 70 毫米并有放气孔的桶中，容器顶部与液体表面之间保留 100 毫米以上的空间，容器材质和衬里要与危险废物相互不反应；盛装危险废物的容器上必须粘贴清晰表明危险废物名称、种类、数量等的标签。对于在常温常压下不水解、不挥发的固体危险废物可在暂贮库分别堆放，无法装入常用容器的危险废物可用防漏胶袋等盛装。

危险废物暂存间、废液储存地坑、放射性固体废物间、废液暂存间地面与裙角采用耐腐蚀硬化处理，使用专用且具有外在标签的专用容器对危险废物进行分类密封盛装。

禁止将不相容（相互反应）的危险废物在同一容器内混装。危险废物暂存库内清理出来的泄漏物，一律按危险废物处理。放置废液罐的存贮池内地面涂抹大于 2mm 厚的环氧树脂，在废液池池底有防溢槽，一旦发生泄漏，废液将从防溢槽流入边角的收集池，在收集池中有感应器，当液面到达一定的程度，收集池旁边的泵就会自动启动，废液收集后妥善处置。

危险废物暂存库管理员须作好危险废物情况的记录，记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、存放库位、废物出库日期及委托处置接收单位名称。危险废物的记录和货单在危险废物回取后应继续保留 3 年。

危险废物收集、运输过程应满足《危险废物转移管理办法》（部令 第 23 号）的环境保护要求。危险废物必须妥善分类，并采用专用包装袋和周转箱、专用运输车运送到处置单位，装卸完成后对运输车辆进行消毒，为了保证危险废物运输的安全无误，必须遵守国家 and 地方制定的危险废物转移联单管理办法中的有关规定。

本项目固体废物综合处置率达 100%，固体废物可以实现妥善处置，不会造成二次污染，不会对周围环境造成影响，采取的固废防治措施是可行的。

8.5 地下水及土壤污染防治措施及可行性分析

本项目营运期废水处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入市政污水管网进入重庆九龙园区污水处理厂处理，正常情况下废水不会对土壤、地下水造成影响。

项目根据厂区构筑物性质、污染物泄漏的途径、生产功能单元所处的位置，可划分为简单防渗区、一般防渗区和重点防渗区。

8.5.1 简单防渗区

配套综合楼，开关站等区域不涉及生产活动，设置为简单防渗区，地面应采取一般硬化措施。

8.5.2 一般防渗区

加速器一生产厂房、加速器二生产厂房、生化池、隔油池、一般工业固废暂存间设置为一般防渗区，为污染地下水环境的废水或污染物泄漏后，可及时发现和处理的区域或部位，防渗性能应与 1.5m 厚等效粘土层（渗透系数 $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ ）或参照 GB18598 执行。

8.5.3 重点防渗区

非放分析实验室试剂罐区、危化品库、危险废物暂存间、事故废水收集池、放射废液废液暂存罐区、放射性固废暂存区等区域设置为重点防渗区，重点防渗区的防渗性能应与 6.0m 厚粘土层（渗透系数 $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ ）等效，其中危险废物暂存间采用 2mm 厚环氧树脂地坪等措施，危废暂存间按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）等要求，采取“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”措施，并设置标识标牌，地面以及大于堆高的墙面进行重点防渗处理，并设置环形导流沟，导流沟内设置集液池。

采取上述措施后，项目对地下水及土壤污染影响较小。

9 辐射安全管理

9.1 机构与人员

9.1.1 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》（国务院令第 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，建设单位拟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。

辐射安全管理委员会的主要职责是对以下事宜进行调查、协调、审议、建议和决策：

- （1）辐射安全管理工作基本方针的制定；
- （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）其它辐射安全相关重大事项。

在辐射安全管理委员领导下拟设置专门的辐射安全管理部门，负责本项目运行期间的安全和防护工作的统一监督管理，其主要职责是：

- （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）辐射安全系统的运行和维护，
- （3）辐射监测与评价；

- (4) 放射性废物的监测处理；
- (5) 放射性废物的辐射安全管理；
- (6) 辐射工作人员的健康管理；
- (7) 辐射安全教育和培训；
- (8) 参与辐射事故应急处置，以及其他与辐射安全相关的工作。

其他各相关部门设专职或兼职辐射安全员，在部门负责人的领导下，根据规定开展相关工作：

- (1) 认真学习辐射安全相关知识，积极参加主管部门组织的培训；
- (2) 对本部门工作人员进行放射性防护知识和法规的宣传教育；
- (3) 协助制订和督促执行本部门的安全操作规程和防护措施；
- (4) 负责收发本部门人员防护用品和个人剂量计；
- (5) 规定的其他工作。

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，按“使用半衰期大于 60 天的放射性同位素且场所等级达到甲级的单位，辐射安全关键岗位两个，分别为辐射防护负责人、辐射环境监测与评价专职人员，每岗最少在岗人数 1 名”执行。

9.1.2 辐射工作人员管理

核素同创拟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，组织辐射工作人员参加同位素生产人员辐射安全防护培训考核，合格后方可上岗，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。

9.2 辐射安全管理规章制度

为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，拟建立本项目的相关规章制度，制度主要内容详见表 9-1。

表 9-1 本项目辐射安全管理规章制度主要内容一览表

序号	制度名称	主要内容
1.	安全生产工作规定	依据安全生产方针，建立各级领导、职能部门、技术人员、一线操作人员等对安全生产层层负责的制度。
2.	辐射安全与环境保护管理机构文件	通过公司发文明确辐射安全与环境保护管理机构组成、人员（包括辐射安全关键岗位）和职责范围等内容。
3.	辐射工作场所安全管理规定	根据 GB18871-2002 的要求对辐射工作场所实行分区管理，制定辐射防护、安全保卫、人员和物品出入等管理要求。
4.	辐射工作人员岗位职责	规定公司辐射安全管理人员、辐射工作人员、辐射监测人员、检维修人员等的资质条件、岗位职责和基本要求。
5.	放射性物质与射线装置台账管理制度	建立保管、领用、贮存、台账等管理制度，明确专职管理人员和职责，明确放射性物质的名称、活度、用途、来源、储存位置、去向等事项以及射线装置使用台账记录等。
6.	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	对辐射工作场所和周边环境的辐射水平进行监测，明确监测点位、监测频次、监测内容及结果、报告或记录档案管理等。
7.	放射性三废管理规定	明确放射性三废物的产生、收集、暂存、处理、运输、流出物监测与排放等各个环节的管理目标和基本要求。
8.	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容。及时组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训，辐射工作人员须通过考核后方可上岗。
9.	辐射工作人员个人剂量管理	明确辐射工作人员剂量计佩戴、定期送检和个人剂量档案的管理，以及超约束值和超限值情况的上报和整改内容。
10.	职业健康管理程序	明确职业健康体检及档案的管理流程。
11.	劳动保护管理办法	明确个人劳动防护用品的采购、验收与保管、领用、报废等管理。
12.	辐射事故应急预案	明确应急的管理机构、人员和职责，制定应急响应和善后工作流程等。
13.	加速器运行操作规程	明确辐射工作人员的资质条件要求、操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。
14.	放射性核素的生产工艺规程	明确辐射工作人员的资质条件要求、操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。

序号	制度名称	主要内容
15.	辐射安全和防护设施维护维修制度	明确辐射安全和防护设施维修计划、维修记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施。
16.	辐射监测仪表使用与校验管理制度	明确监测仪器仪表日常使用、维护保养与定期校验等相关规定。

9.3 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。

9.3.1 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 9-2。

9.3.2 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。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 9-3。

表 9-2 本项目环境监测计划表

监测模式	监测对象	点位布设	监测项目	监测频次	监测方式
自行监测	外照射	加速器装置主体建筑墙外 30cm 处开展巡测，加速器主体建筑墙外、顶板上方及厂界相应的关注点开展定点监测	γ 辐射空气吸收剂量率、中子剂量当量率	4 次/年	便携式仪表监测
		以非密封放射性物质工作场所为中心，半径 100m 内布点，测量点覆盖控制区和监督区的每个区域、放射性废物暂存库及周围环境敏感点	γ 辐射空气吸收剂量率	甲级场所 1 次/季	
	气溶胶	共 2 个点，加速器一生产厂房和加速器二生产厂房排风口	当前可实现在线监测的特征核素（如 I-131）、总 α 、总 β	在线连续监测	固定式仪表监测
	放射性固体废物	放射性固体废物外表面、贮存容器及贮存室外面	γ 辐射空气吸收剂量率和 α 、 β 表面污染	1 次/年	便携式仪表监测
委托监测	外照射	同自行监测，含辐射工作场所及周围环境敏感点	γ 辐射空气吸收剂量率和中子剂量率	1 次/年	便携式仪表监测
	气载流出物	废气排风口	总 α 、总 β 、特征核素	1 次/年	取样检测
	液态流出物	废液排放处	总 α 、总 β	每次排放前	取样检测
	地表水	附近的地表水体	H-3、Be-7、Ra-223、Ge-68、Pb-210、Sr-90、Cs-137、总 α 、总 β 活度浓度	1 次/年	取样检测
	地下水	附近的地下水水体	H-3、Be-7、Ra-223、Ge-68、Pb-210、Sr-90、Cs-137、总 α 、总 β 活度浓度	1 次/年	取样检测
	土壤	园区边界东南西北四个方位	总 α 、总 β 、 ^7Be 、 ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{223}Ra 、 ^{68}Ge 、 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、总 α 、总 β 活度浓度	1 次/年	取样检测
	放射性固体废物	放射性固体废物外表面、贮存容器及贮存室外面	γ 辐射空气吸收剂量率和 α 、 β 表面污染	1 次/年	便携式仪表监测
验收监测 (委托监测)	外照射	同自行监测，含辐射工作场所及周围环境敏感点	γ 辐射空气吸收剂量率和中子剂量率	项目试运行后	便携式仪表监测
	气载流出物	废气排风口	总 α 、总 β 、特征核素	项目试运行后	取样检测
	地表水	附近的地表水体	H-3、Be-7、Ra-223、Ge-68、Pb-210、Sr-90、Cs-137、总 α 、总 β 活度浓度	项目试运行后	取样检测
	地下水	附近的地下水水体	H-3、Be-7、Ra-223、Ge-68、Pb-210、Sr-90、Cs-137、总 α 、总 β 活度浓度	项目试运行后	取样检测

监测模式	监测对象	点位布设	监测项目	监测频次	监测方式
	土壤	园区边界东南西北四个方位	总 α 、总 β 、 ^7Be 、 ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{223}Ra 、 ^{68}Ge 、 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、总 α 、总 β 活度浓度	项目试运行后	取样检测
	液态流出物	加速器一生产厂房暂存区域	总 α 、总 β	项目试运行后	取样检测
	放射性固体废物	放射性固体废物外表面、贮存容器及贮存室外面	γ 辐射空气吸收剂量率和 α 、 β 表面污染	项目试运行后	便携式仪表监测

表 9-3 本项目辐射工作场所监测计划表

监测模式	工作场所	监测对象	点位布设	监测项目	监测频次	监测方式
自行监测	加速器区域	外照射	根据第四章固定监测布点点位，见附图 9~附图 10	γ 辐射空气吸收剂量率、中子剂量当量率	实时	固定式仪表监测
			加速器区域控制区四周屏蔽墙外 30cm 处、顶板上方、迷道口、防护门外、控制室以及其他人员全居留场所		2 次/年	便携式仪表监测
	靶站	外照射	根据第四章固定监测布点点位，见附图 9~附图 10	γ 辐射空气吸收剂量率、中子剂量当量率	实时	固定式仪表监测
			靶站四周屏蔽墙外 30cm 处、顶板上方、防护门外以及其他人员全居留场所		1 次/季	便携式仪表监测
		表面污染	工作场所、工作人员防护用品、工作场所周围环境	α 、 β 表面污染	每天工作结束后	便携式仪表监测
	非密封放射性物质工作场所	外照射	根据第四章固定监测布点点位，见附图 9~附图 10	γ 辐射空气吸收剂量率	实时	固定式仪表监测
			操作位、四周屏蔽墙外 30cm、防护门、楼上等场所		1 次/季	便携式仪表监测
		表面污染	工作场所（操作位、工作台、墙壁、地面等）、工作人员防护用品（防护服、手套、工作鞋等）、工作场所周围环境	α 、 β 表面污染	每天工作结束后	便携式仪表监测
	气溶胶		辐射工作气溶胶取样点，见附图 9~附图 10	总 α 、总 β 、当前可实现在线监测的特征核素（如 I-131）	1 次/季	取样监测
委托监测	加速器区域、靶站	外照射	同自行监测点位	γ 辐射空气吸收剂量率、中子剂量当量率	1 次/年	便携式仪表监测
		外照射	同自行监测点位	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/年	便携式仪表监测

	非密封放射性物质 工作场所	气溶胶	辐射工作气溶胶取样点，见附图 9~附图 10	总 α 、总 β 、当前可实 现在线监测的特征核素 (如 I-131)	1 次/年	取样监测
		表面污染	同自行监测点位	α 、 β 表面污染	1 次/年	便携式仪表监测
		放射性废水	加速器一生产厂房地下一层废液暂存间	水中总 α 、总 β	排放前	取样监测
		放射性固废	加速器一生产厂房地下一层固废暂存间	γ 辐射空气吸收剂量率 和 α 、 β 表面污染	送贮前	便携式仪表监测

9.3.3个人剂量监测

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。其中加速器系统工作人员个人剂量计和个人剂量报警仪具有监测 X- γ 和中子的功能。

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

本项目从事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

对于非密封工作场所的辐射工作人员，间隔六个月至一年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。

9.3.4监测设备

本项目拟配备监测设备见表 9-4。辐射监测仪器应定期送有资质机构进行刻度检定。

表 9-4 本项目配备监测设备

设备名称	场所	数量
便携式 χ - γ 剂量率仪	加速器一生产厂房射线装置区域及非密封放射性物质工作场所	2 台
	加速器二生产厂房射线装置区域及非密封放射性物质工作场	2 台
便携式中子剂量率仪	加速器一生产厂房射线装置区域	1 台
	加速器二生产厂房射线装置区域	1 台
便携式表面污染测量仪	加速器一生产厂房非密封放射性物质工作场	2 台
	加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场	2 台
固定式剂量率监测系统	加速器一生产厂房射线装置区域及非密封放射性物质工作场所	1 套（53 个 γ 剂量率探头，13 个中子剂量率探头）
	加速器二生产厂房射线装置区域及非密封放射性物质工作场	1 套（16 个 γ 剂量率探头，11 个中

设备名称	场所	数量
		子剂量率探头)
工作场所气溶胶/排风系统取样系统	加速器一生产厂房非密封放射性物质工作场	1 套
	加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场	1 套
表面污染检测系统	加速器一生产厂房非密封放射性物质工作场	1 套
	加速器二生产厂房非密封放射性物质工作场	1 套
流出物在线监测/取样系统	加速器一生产厂房排气口	1 套
	加速器二生产厂房排气口	1 套
个人报警仪	20 台	
个人剂量计	每人一个	

9.4 辐射事故应急

根据相关的法律法规，建设单位拟制定《辐射事故应急预案》，其主要内容将包括：

（1）总则

为了加强对同位素实验室射线装置的安全防护和监督管理，促进装置的安全应用，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

单位成立辐射事故应急响应指挥部，以单位法人代表为总指挥，分管领导为副总指挥，核安全负责部门负责人及其他相关部门负责人为指挥部成员，其主要职责为：负责针对放射性事故的危害程度，发布预警等级，组织实施辐射事故应急预案，并将事故情况上报相关部门。

指挥部下设技术处置组、安全保卫组、后勤保障组和医疗救助及善后处置组等四个专业响应组，分别由相应部门人员组成：

技术处置组：负责辐射监测、确定污染范围、划定控制区域；相应防护装备（服装、器具等）预备。

安全保卫组：负责维护现场秩序、人员出入控制等。

后勤保障组：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。

医疗救助与善后处置组：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：

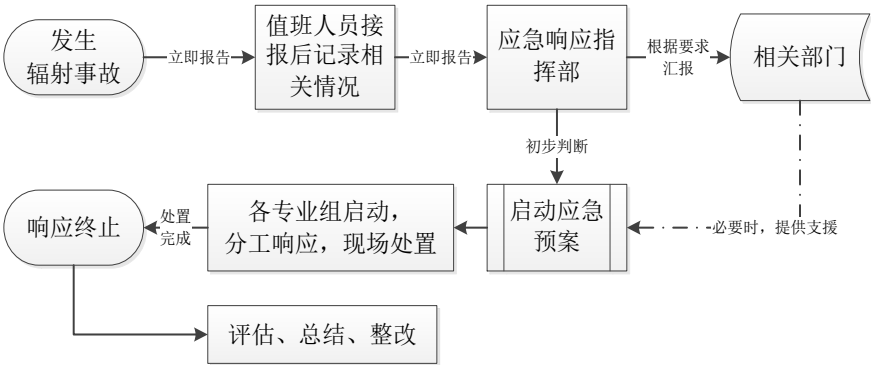


图 9-1 辐射事故应急响应流程图

本项目可能发生的事故类型包括加速器“人源见面”事故和非密封放射性物质工作场所过滤器失效事故，对于加速器“人源见面”事故，一旦发生，应第一时间将停止束流，停止运行加速器，关闭总电源组织人员撤离，并执行下述应急处置措施；对于非密封放射性物质工作场所过滤器失效事故，一旦发生，一旦出现此事故，立即停止生产，紧急将热室或手套箱密闭，残余气体过排风中心备用过滤装置进行过滤后排出，并执行上述下述应急处置措施。

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各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。

9.5 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与射线装置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、射线装置台账；
- (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。

9.6 放射性药品销售

根据《关于放射性药品辐射安全管理有关事项的公告》，放射性药品生产单位应于每年 1 月 31 日前将上一年放射性药品及其原料生产和销售情况以年度报表形式报送至生态环境部以及当地生态环境保护部门。本项目拟制定《放射药物销售管理制度》以及《放射性药物销售台账》等制度，加强对放射性药物销售等相关活动的管理，放射性药品生产、销售以及使用单位应按照相关要求严格执行放射性药品的备案制度。

9.7 申请者从事辐射工作能力评价

9.7.1 辐射安全与环境保护管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 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。

同时，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，使用半衰期大于 60 天的放射性同位素且场所等级达到甲级的单位，辐射安全关键岗位两个，分别为辐射防护负责人、辐射环境监测与评价专职人员，每岗最少在岗人数 1 名。

新申领辐射安全许可证单位的辐射安全关键岗位在取证前由注册核安全工程师担任。

建设单位拟成立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。目前，建设单位已制定相关工作计划，确保在取证前配备齐全具有相应资质的专业人员。

建设单位按此要求建立健全辐射安全与环境保护管理机构，配备齐相应资质的专业人员，方可满足要求。

9.7.2辐射工作人员培训

根据《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），新从事放射性同位素与射线装置生产、销售、使用等辐射活动的人员，应通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

建设单位拟制定辐射工作人员培训计划，新从事辐射活动人员以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，必须通过生态环境部培训平台报名参加辐射安全与防护考核，考核合格后，方可上岗。

在严格落实人员培训计划后，辐射工作人员的能力能够满足相关要求。

9.7.3工作场所的安全防护措施

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，申请者射线装置使用场所满足防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全要求。

本项目使用质子回旋加速器，经预测分析评价，各区域的辐射屏蔽设计均能确保屏蔽体外剂量率水平满足相关标准的要求。各加速器装置区域设计了完备的安全联锁系统，通过门机联锁、紧急开门、紧急停机、清场巡检、工作状态指示灯、剂量联锁等安全设施防止人员误操作、防止工作人员和公众意外照射。本项目的辐射防护设计方案满足辐射防护与安全的要求。

建设单位应按照辐射防护设计方案进行施工建设，并确保经验收合格后投入使用。在此基础上，各射线装置场所和非密封放射物质工作场所能满足防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全要求。

9.7.4个人防护用品及监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，申请者应配备必要的防护用品和监测仪器。

本项目拟为每名放射性工作人员配备个人剂量计，进入辐射工作场所必须佩戴个人剂量计，委托有资质的单位监测，监测周期不超过 90 天。并对非密封放射物质工作场所工作人员开展内照射剂量监测。建立辐射工作人员个人剂量档案，长期进行信息跟踪、监控。总计配备 20 台个人剂量报警仪，用于工作人员在加速器装置区域内部工作时使用，报警仪能够实时显示工作人员该次工作的受照剂量和场所的剂量率水平，能够进行实施剂量预警。

本项目拟在加速器装置区域及非密封放射性物质工作场所生产线设固定式监测仪表，能够对工作场所内的辐射水平进行实时在线监测，并设定了报警阈值。此外，非密封放射性物质工作场所还设置工作场所气溶胶/排风系统取样系统、表面污染检测系统和流出物在线监测/取样系统，另拟配备便携式中子辐射巡测仪、便携式 X-γ 辐射巡测仪、便携式表面污染监测仪以及等监测仪器，定期对工作场所和环境的辐射水平进行巡测。

建设单位按设计方案建成/配备相应的防护用品及监测仪器后，方能满足相关要求。

9.7.5规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，申请者应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护措施、台账管理制度、培训计划和监测方案。

建设单位根据本项目使用的射线装置和放射性同位素情况，正在建立相应的辐射安全管理规章制度，包括《辐射工作场所安全管理规定》、《辐射安全

与环境保护管理机构文件》、《辐射工作人员岗位职责》、《放射性物质与射线装置台账管理制度》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《放射性三废管理规定》、《辐射工作人员培训制度（或培训计划）》、《辐射工作人员个人剂量管理》、《职业健康管理程序》、《劳动保护管理办法》、《辐射事故应急预案》、《加速器运行操作规程》、《放射性核素等核素的生产工艺规程》、辐射安全和防护设施维护维修制度》、《辐射监测仪表使用与校验管理制度》、《放射药物销售管理制度》以及《放射性药物销售台账》。

在以上制度按要求全部制定完成并严格落实的基础上，各项操作规程和管理制度能够满足相关要求。

9.7.6辐射事故应急预案

建设单位应根据《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 2 日修正版）第四章“辐射事故应急处理”、原国家环保总局《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发【2006】145 号）及《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第 17 号，2011 年 5 月 1 日起实施）的有关规定和要求，在本项目申请辐射安全许可证前，制定可行的、符合要求的《辐射事故应急预案》，应包括以下内容：

（1）总则。包括编制目的、编制依据、应急原则、应急任务、适用范围等。

（2）辐射事故应急组织机构和职责分工。应明确辐射事故应急组织机构的总指挥、成员及应急技术支持单位的组成，并明确各类人员的主要职责。

（3）辐射事故分级，根据建设单位可能发生的辐射事故性质、严重程度、可控性和影响范围等，对辐射事故进行分级，通常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，并明确各类辐射事故对应的事故情形。

（4）应急响应。根据不同等级的辐射事故，制定具有可操作性的应急响应程序，应急响应程序包括辐射事故的报告程序、报告方式与内容、各部门和机

构的应急电话、应急处理措施、应急监测、应急人员和公众的安全防护等内容。

具体处置措施可参考如下：

- 1) 询问当事人具体情况，确定污染核素、污染范围及程度；
- 2) 控制污染源，阻止其继续释放；
- 3) 封锁污染区，避免污染继续扩大；
- 4) 疏散污染区域内人员；
- 5) 监测人员分为两组，一组负责监测污染区内人员，若有污染，组织去污；二组负责监测污染情况，组织实施去污；
- 6) 污染物分类过程收集。

(5) 应急终止。应明确应急终止的条件和程序、后期处置工作内容、应急终止后的调查与评估。

(6) 应急保障，包括资金保障、装备保障、通信保障、人员保障、宣传教育、应急培训、应急演练等内容。

项目运行期间发生辐射事故或可能引发辐射事故的运行故障时，应立即启动应急预案，采取应急措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，立即向区、市生态环境主管部门报告。对于造成或可能造成人员超剂量照射的，还应向区、市的公安部门、卫生主管部门报告。

建设单位应对应急预案定期进行更新和修订，完善应急物资准备，开展人员应急培训，并定期进行应急演练，并根据演练修订完善应急预案。

9.7.7 放射性三废治理

本项目放射性废液主要包括加速器装置的活化冷却水，以及非密封放射性物质工作场所的放射性废液。

加速器装置的活化冷却水为一般情况下不外排，加速器的活化冷却水分别暂存于加速器一生产厂房物理实验大厅内和加速器二生产厂房加速器大厅内集水坑，暂存的冷却水在排放前必须进行取样测量，经检测放射性满足水污染物排放标准后通过潜水泵排入市政污水管网。

加速器一生产厂房靶站活化冷却水将通过高压差流入加速器一生产厂房的地下一层废液储存罐，加速器二生产厂房靶站活化冷却水暂存于加速器大厅内的废液储存地坑，暂存的冷却水在排放前必须进行取样测量，经检测放射性满足水污染物排放标准后通过潜水泵排入市政污水管网。

非密封放射性物质工作场所废液主要包括生产过程中的工艺废液，年产生量约 324L。放射性废液在 2 号热室中进行蒸发浓缩处理，浓缩液传送至热室内焙烧装置内继续进行焙烧蒸干，蒸干后所得盐分将留于坩埚中，焙烧坩埚将进行定期更换，连同坩埚内焙烧残渣一并进行放射性固废处理；蒸发浓缩所得冷凝液经离子交换树脂处理后通过独立导管传输至地下一层废液暂存间内对应废液暂存罐中储存，后续定期交由有资质单位处理。

本项目加速器装置及非密封放射性物质工作场所区域均设置独立排风系统，且各排风系统设置独立排风管道和活性炭过滤装置，废气通过各场所屋面烟囱排放，烟囱高度为 45m，高出本建筑屋脊。根据通风系统参数的设置，确保气流组织遵循自清洁区向监督区再向控制区的流向设计，保持工作场所负压，以防止工作场所放射性气体交叉污染，同时，废气经过滤后再排放，通过定期检验过滤器有效性等管理措施，并对气载流出物排放进行在线监测，通过估算可知气载流出物所致周围公众年受照剂量都低于其剂量约束值，对周围公众对环境的影响是可以接受的。

本项目放射性固体废物主要来源加速器装置以及非密封放射性物质工作场所。射线装置产生的固体废物主要包括加速器调试及维修更换产生的废活化部件、靶件拆卸后产生的废靶托，废包壳等，年产生量 80kg。废弃活化部件放入加速器大厅的活化部件地坑暂存，废靶托和包壳中放射性核素相对其他放射性固体废物略高，其在固废热室完成分拣分类后，装入 200L 不锈钢桶，通过吊车将其运至放射性固体废物间一区暂存。固废定期监测，满足清洁解控水平的放

射性固体废物申请按照一般固体废物处理，无法满足清洁解控水的放射性固体废物委托有资质单位固化处理后外运。

非密封放射性物质工作场所放射性固体废物主要包括生产过程中的废靶托，废包壳；同位素离子交换、纯化过程中产生的交换树脂、过滤柱、滤膜滤芯等；原辅材料使用产生的废包装、试瓶、器皿等；废气处理废活性炭、滤芯等；以及辐射工作人员劳动防护用品，年产生量约 841Kg。

放射性固体废物在各生产线工作箱室内部的废物暂存罐暂存一段时间后，统一在加速器一生产厂房 1 号固废热室进行处理，涉及 α 核素的固体废物与其他废物分类处理，并分别在“涉及 α 核素固废暂存区域”和“其他类型固废暂存区域”分区暂存，各暂存区域细分为四子区，分别包括废靶托和包壳、工艺过程中产生的放射性固体废物、废劳保用品和废过滤器芯。

9.7.8 辐射工作能力综合评价

对照根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》最新修订要求，对建设单位从事申请活动种类（使用 I 类射线装置以及放射性同位素）的能力进行综合分析评价，见表 9-5。

表 9-5 建设单位从事辐射活动能力的评价

序号	应具备条件	评价结果
1	使用 I 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	建设单位按要求建立健全辐射安全与环境保护管理机构，配备齐相应资质的专业人员，方可满足要求。
	依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。	应有 2 名注册核安全工程师
2	新从事放射性同位素与射线装置生产、销售、使用等辐射活动的人员以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应通过生态环境部培训平台报名并参加考核。	建设单位拟从事辐射工作的人员上岗前需参加并通过辐射安全与防护考核，考核合格后，方可满足要求。
3	使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	设计满足要求

序号	应具备条件	评价结果
4	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	设计满足要求
5	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	设计满足要求
6	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	规章制度建立完成后方满足要求
7	有完善的辐射事故应急措施。	设计满足要求
8	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	设计满足要求

为了确保加速器安全运行以及非密封放射性物质工作场所正常开展生产活动，建设单位拟制定辐射安全设施设备检查制度，对工作场所各项防护安全设施与安全联锁装置进行定期检查，检查内容和频次见 6-6。

表 9-6 辐射工作场所安全措施检查一览表

检查地点	检查项目	日常检查频率
加速器厅、靶室	电离辐射警告标志、门机联锁、工作状态指示灯、联锁钥匙、剂量联锁装置、警示装置	每日
	紧急停机按钮、清场按钮、在线辐射监测系统	每周
	便携式 γ 剂量测量仪、便携式中子剂量率仪、个人辐射防护用品	每月
非密封放射性物质工作场所	电离辐射警告标志、门禁系统、通风系统、便携式表面污染测量仪	每日
	固定式 γ 剂量率监测系统、气溶胶流出物在线连续监测系统	每周
	便携式 α - γ 剂量率仪、个人辐射防护用品	每月

9.8 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错误!未找到引用源。。

以下保密，省略

9.9 环保竣工验收

本项目建成后，核素同创应按规定组织自主验收，编制验收监测报告书。

本项目的竣工环保验收内容及要求列于表 9-7。

表 9-7 本项目辐射工作场所竣工环保验收一览表

序号	验收内容	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、确定相应的岗位职责、制定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 2 名； 2. 所有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	辐射工作场所屏蔽和屏蔽体外剂量率水平及电场强度	1. 加速器区域及靶站设置混凝土屏蔽层，控制区各墙体及防护门外 30cm 处、屋顶剂量率控制水平 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ； 2. 热室及手套箱屏蔽箱式外人员操作位剂量率控制水平 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非人员操作位剂量率控制水平 $\leq 25\mu\text{Sv/h}$ ；	
5	辐射防护与安全措施	1.辐射工作场所分区：将辐射工作场所按控制区、监督区划分，并设置明显分区标识，设置电离辐射警告标志和中文警示说明； 2.安全联锁系统：由 PLC、门机联锁、紧急开门、紧急停机、清场巡检、工作状态指示灯等部分组成，且所有安全设备均能正常投入使用； 3.通风系统：加速器区域、靶站、放射性同位素药物生产线区域均根据工艺要求，设置通风系统。 4.场所辐射监测系统：设置在线辐射监测系统，监测点位见附图 9~附图 10。	
6	放射性三废处理设施	废气	1. 加速器运行产生的感生放射性废气由控制区排风系统送至排风机房过滤后经烟囱外排。 2. 非密封放射性物质工作场所产生的放射性废气，经过滤后，由排风管道送至烟囱外排。
		废水	1. 加速器机房内设有集水坑，用于暂存排放出来的活化冷却水，其暂存的冷却水在排放前必须进行取样测量，经检测放射性满足水污染物排放标准后通过潜水泵排入市政污水管网。加速器一生产厂房靶站活化冷区污水暂存于地下一层废液储存罐，加速器二生产厂房靶站活化冷却水暂存于废液储存地坑，定期监测，满足清洁解控水平后申请排放。若活化冷却水经衰变后不能达到解控要求，交由有资质单位进行处理； 2. 非密封放射性物质工作场所放射性废液经废液热室处理后，浓缩液自流入加速器一生产厂房地下一层 B 类废液罐暂存，冷凝液自流入加速器一生产

序号	验收内容	验收要求	
7	辐射监测		产厂房地下一层 C 类废液罐暂存，定期监测，满足排放要求的条件下申请排放，若不满足排放要求则委托有资质单位进行处理处置；
		固体废物	加速器装置、靶站以及非密封放射性物质工作场所的固体废物首先暂存在其内部的废物暂存区，经由固废热室处理后分类暂存于加速器一生产厂房地下一层固废暂存区域，定期交由有资质单位进行处理。
		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，具体监测计划列于表 9-3。
		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 9-2。
		个人剂量监测	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. 外照射剂量监测每三个月委托有资质的单位负责测定一次。其中加速器系统工作人员个人剂量计和个人剂量报警仪具有监测 X- γ 和中子的功能。 3. 对非密封放射性物质辐射工作人员进行内照射剂量监测，每间隔三到六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剂量健康档案。
		监测设备	1. 便携式 χ - γ 剂量率仪：4 台 2. 便携式中子剂量率仪：2 台 3. 便携式表面污染测量仪：4 台 4. 固定式剂量率监测系统：2 套 5. 工作场所/排风系统取样系统：2 套 6. 表面污染检测系统：2 套 7. 流出物在线监测系统/取样系统：2 套 8. 个人剂量报警仪：20 台 9. 个人剂量计：每人一个

10 环境管理、监测计划及验收方案

本章节详细内容见《非放射性专题评价报告》，此处仅引用结论部分。

10.1环境管理机构设置

为加强厂区的环境保护管理工作，发挥环境保护管理机构的作用，其主要的职责为：

①贯彻落实建设项目的“三同时”，切实按照设计要求予以实施，以确保环保设施的建设，使工程达到预期的效果。

②建立完善的环境保护规章制度（岗位责任制度、操作规程、安全生产制度、卫生管理规程等）并实施，落实环境监测制度。

③对工程的各种运营设备、器具的正常工作进行监督管理，确保设备正常并高效运营。

④根据污染物监测结果、设备运营指标等，做好统计工作，并建立环境档案库。

⑤编制环境保护年度计划和环境保护统计报表。

⑥定期向环境监测单位和生态环境局报送有关数据（监测统计、设备运营指标等）。

⑦搞好环境保护宣传和职工环保意识教育及技术培训等工作。

⑧负责组织突发事件的应急处理和善后事宜，维护好公众的利益。

⑨推广应用环境保护先进技术。

（1）主管负责人

应掌握生产和环保工作的全面动态情况；负责审批全公司环保岗位制度、工作和年度计划；指挥全公司环保工作的实施；协调公司内外各有关部门和组织间的关系。

（2）公司安全环保部

专职环保管理机构，应由熟悉生产工艺和污染防治措施系统的管理、技术人员组成，其主要职责是：

- ①制订全公司及岗位环保规章制度，检查制度落实情况；
- ②制订环保工作年度计划，负责组织实施；
- ③领导公司内环保监测工作，汇总各产污环节排污、环保设施运营状态及环境质量情况；
- ④提出环保设施运营管理计划及改进建议。

该机构除向主管领导及时汇报工作情况外，还有义务配合地方环境保护主管部门开展各项环保工作。

（3）环保设施运营管理

由涉及环保设施运营的生产操作人员组成，为一兼职组织。每个岗位班次上，至少应有 1 名人员参与环保工作。其任务除按岗位规范进行操作外，应将当班环保设备运营情况记录在案，及时向检查人员汇报情况。

（4）监督巡查

此部分为兼职组织，可由运营班次负责人、生产调度人员组成，每个班次设 1~2 人。其主要职责是监督检查各运营岗位工况，汇总生产中存在的各种环保问题，通知维修部门进行检修，经常向公司主管领导反映情况，并提出技术改造的建议。

（5）工艺技术改造

由生产技术部门和设备管理部门兼职。其职责是在公司负责人部署下，根据各部门反映情况，对环保措施和设备进行拟建措施研究、审定和改造工作。

10.2 环境管理台账及环境信息公开

建设单位应按照 HJ 944 要求建立环境管理台账制度，落实环境管理台账记录的责任单位和责任人，明确工作职责，包括台账的记录、整理、维护和管

理等，台账记录频次和内容须满足排污许可证环境管理要求，并对台账记录结果的真实性、完整性和规范性负责。

排污单位环境管理台账应真实记录基本信息、生产设施运行管理信息、污染防治措施运行管理信息、监测记录信息及其他环境管理信息等。生产设施、污染防治设施、排放口编码应与排污许可证副本中载明的编码一致。

10.3 排污口设置与规范化管理

根据原国家环保总局《关于开展排放口规范化整治工作的通知》（环发[1999]24号）、《排污口规范化整治方案》要求以及重庆市规整排污口（源）技术要求，现就项目污水排放口提出如下方案：

（1）废水

①排污口应具备采样和流量测定条件。

②排污口可以矩形、圆管形或梯形，使其水深不低于 0.1m，流速不小于 0.05m/s。

③设置规范的、便于测量流量、流速的测流段。测流段直线长度应是其水面宽度 6 倍以下，最小 1.5 倍以上。

④排污口必须按照国家颁布有关污染物强制性排放标准的要求，在厂区排放口设置排放口标识牌。

⑤根据重庆市排污口规范化清理整治的相关要求，本项目排污口必须具备采样和流量测定条件。

（2）废气

①有组织排放的废气。本项目对实验室废气、油烟废气排气筒进行编号并设置标志。

②废气监测平台、监测断面和监测孔的设置应符合 HJ75、HJ/T397 等的要求，排气筒应设置便于人工采样、监测的采样口，采样口的设置应符合《污染源监测技术规范》要求。根据《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染源采

样方法》（GB/T16157-1996），废气排污口采样孔设置的位置应该是“距弯头、阀门、变径下游方向不小于 6 倍直径，上游方向不小于 3 倍直径”。如果是矩形烟道的，其当量直径 $D=2AB/(A+B)$ ，式中 A、B 为边长。采样口位置无法满足规范要求的，其位置由当地环境监测部门确认。

③设置无组织废气排放监测点，监测位置在厂界。

（3）固体废物

各类原料仓库、危险废物应设置专门堆放场地，并必须有防扬散、防流失、防渗漏等防护措施。危险废物暂存间四周及地面进行防风、防雨、防晒、防渗漏，基础防渗层也可用厚度在 2 毫米以上的高密度聚乙烯或其他人工防渗材料组成，渗透系数应小于 $\leq 10^{-10} \text{cm/s}$ ，设置明显的专用标志（包括危险废物标签，危险废物贮存分区标志，危险废物贮存设施标志）、配备消防设备，用于存放液体、半固体危险废物的地方，还须有耐腐蚀的硬化地面，地面无裂隙。

（4）噪声

工业企业厂界噪声测点应在厂界外 1m、高度 1.2m 以上处。

（5）设置标志牌要求

一般污染物排放口设置提示标志牌，排放有毒有害等污染物的排放口设置警告式标志牌。

标志牌应设置在排污口（采样点）附近且醒目处，高度为标志牌上缘离地面 2m，排污口附近 1m 范围内有建筑物的，设平面式标志牌，无建筑物的设立式标志牌。排污口的有关设置（如方形标志牌、计量装置、监控装置等）属环保设施，排污单位必须负责日常的维护保养，任何单位和个人不得擅自拆除，如需要变更须报当地环境监理单位同意并办理变更手续。

10.4 企业自行监测计划

根据《排污许可证申请与核发技术规范 制药工业-原料药制造》（HJ858.1-2017）行业自行监测要求，新建排污单位应当在投入生产或使用并产生实际排

污行为之前完成自行监测方案的编制及相关准备工作。HJ858.1-2017 标准未规定的其他监测因子指标按照《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）等规范执行，应开展自行监测的污染源包括产生有组织废气、无组织废气、生产废水等主要污染源。

企业委托有资质的监测机构承担日常环境监测，监测的采样分析方法全部按照生态环境主管部门制定的操作规范进行。

10.5竣工环保验收内容及要求

项目应严格按照“三同时”制度进行环境管理，工程所有环保设施均应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产，结合项目建设环境保护要求。项目竣工后，建设单位应按照《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）和《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）中相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位还应当依法向社会公开验收报告。竣工验收通过后，方可正式投入运营。

10.6污染源排放清单

本项目污染源排放清单及执行标准分别见表 10-1~表 10-5。

表 10-1 项目组成、总量指标及风险防范措施

工程组成	原辅料	废水污染物排放总量	废气污染物排放总量	固体废物污染物排放总量	主要风险防范措施
项目总占地面积约 51231.30m ² ，总建筑面积约 61349.48m ² ，一阶段建筑面积 32204m ² ，主要建设加速器一生产厂房、加速器二生产厂房、配套综合楼，并同步配套开关站、泵房及水池等公用工程。主要新增生产设备及产线包括一台 120MeV/500μA 强流质子回旋加速和一台 50MeV/500μA 强流质子回旋加速器及其束流线、生产靶站、同位素生产线等。	²³² Th2.4kg/a ^{nat} RbCl: 2.5kg/a 天然镓 2.4kg/a 碘-127: 12kg/a Zn-68: 1.5kg/a 硝酸 50L/a 盐酸 10L/a 草酸 2L/a 硫酸 10L/a 氢氟酸 2L/a 氟化钙 5kg/a 碳酸钠 5kg/a 氢氧化钠 10k/a 碘化钾 5kg/a	项目建成后废水各污染物排放总量：COD 排放量 0.527t/a；氨氮排放量 0.053 t/a。	本项目建成后全厂有组织废气：非甲烷总烃排放 0.2021t/a。氯化氢 0.00079t/a；硫酸雾 0.000005t/a 氮氧化物 0.00031t/a；氟化物 0.00000075t/a	项目建成后设备维修产生的废零件约 0.05t/a；纯水制备产生的废离子交换树脂约 0.2t/a；实验室内产生的废试剂瓶约 2t/a；实验废液约 3.86t/a；废气处理系统产生的废活性炭约 0.09t/a；废过滤棉约 0.1t/a。产生的固体废物交回收单位、有资质单位进行处理，无外排。	厂房内按要求配备防毒面具、防护服等应急救援器材，原辅材料、放射三废的运输车辆应配备消防器材；各实验室、危废暂存间的地面应采取防腐防渗措施，设置警示标识标牌，并设置托盘、环形导流沟，导流沟内设置集液池；危化品库须配置并辅助泡沫枪、消火栓及小型移动式灭火器材等灭火器、防护用品，应设计总有效容积应不小于 1263m ³ 的初期雨水收集池，厂区雨水排口末端设置雨污切换阀，可实现装置-企业-园区三级环境风险防控体系联动，制定突发环境事件应急预案并定期演练。

工程组成	原辅料	废水污染物排放总量	废气污染物排放总量	固体废物污染物排放总量	主要风险防范措施
	尿素 10k/a 萃取树脂 50kg/a 乙醇 20L/a 丙酮 20L/a 金属离子标准溶液 (100ug/mL 硝酸盐/盐酸盐溶液)				

表 10-2 本项目废气污染源排放清单及执行标准

污染源	污染因子	排放标准及标准号	有组织排放			无组织排放浓度标准 (mg/m ³)	总量指标 (t/a)
			排放口高度 (m)	排放浓度 (mg/m ³)	排放速率 (kg/h)		
试剂配制间实验废气	氯化氢	《大气污染物综合排放标准》 (DB 50/418-2016)	45	30	0.01596	0.2	0.000577
	硫酸雾		45	45	0.00009	1.2	0.0000033
	氮氧化物		45	200	0.00030	0.12	0.0003043
	氟化物		45	9	0.00006	0.02	0.00000055
	非甲烷总烃	《制药工业污染物排放限值》 (GB 37823-2019)	45	60	0.45	-	0.0214
加速器一生产厂房放射废气	氮氧化物	《大气污染物综合排放标准》 (DB 50/418-2016)	45	200	0.01430	0.12	0.00029
	氟化物		45	9	3.80E-07	0.02	7.60E-09
	氯化氢	《制药工业污染物排放限值》 (GB 37823-2019)	45	30	7.30E-05	0.2	1.46E-06
食堂油烟	非甲烷总烃	《餐饮业大气污染物排放标准》(DB 50/859-2018)	24	1.0	0.1	-	0.18
	油烟		24	10.0	0.01	-	0.018

表 10-3 本项目废水污染源排放清单及执行标准

废水类别	废水量 m ³ /a	污染物产生			治理措施	污染物排入外环境		
		污染物名称	浓度	产生量		污染物名称	浓度	排放量
			mg/L	t/a			mg/L	t/a
非放射	10482.9	pH	6~7	—	食堂产生的生活污水经隔油池处理后和办公、宿舍部分产生的生活污水	pH	6~9	—
		COD	354.5	3.717		COD	50	0.524
		BOD ₅	177.3	1.858		BOD ₅	10	0.105

废水类别 废水	废水量 m³/a	污染物产生			治理措施	污染物排入外环境		
		污染物名称	浓度	产生量		污染物名称	浓度	排放量
			mg/L	t/a			mg/L	t/a
		SS	262.4	2.751	水一起进入生化池处理后排入市政污水管网；综合废水采用“酸碱中和”处理工艺预处理满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入园区市政污水管网	SS	10	0.105
		氨氮	34.8	0.365		氨氮	5	0.052
		总磷	0.1	0.00083		总磷	0.5	0.005
		动植物油	26.1	0.274		动植物油	1	0.010
		氟化物	0.04	0.00041		氟化物	-	0.0004

表 10-4 本项目噪声污染源排放清单及执行标准

噪声源	排放标准及标准号	最大允许排放值	
		昼间（dB）	夜间（dB）
生产设备	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类	65	55

表 10-5 本项目固体废物污染源排放清单及执行标准

序号	污染源	产生量 (t/a)	主要成分	类别	处置方式			排放量 (t/a)	执行标准
					去向	数量 (t/a)	占总 量%		
1	废零件	0.05	金属	一般固体废物 900-999-99	统一收集后暂存于一般工业固废暂存间，定期交回收单位处理	0.05	100	0	《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）
2	废离子交换树脂	0.2	树脂	一般固体废物 900-999-99	统一收集后定期交回收单位处理	0.2	100	0	
3	废过滤棉	0.1	过滤棉	危险废物 HW49，危废代码：900-047-49	暂存于危废暂存间，交有资质单位处理	0.1	100	0	危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关控制要求
4	废试剂瓶	2	沾染酸、碱玻璃瓶	危险废物 HW49，危废代码：900-047-49	暂存于危废暂存间，交有资质单位处理	2	100	0	
5	实验室废液	3.86	酸、碱	危险废物 HW49，危废代码：900-047-49	倒入实验室专用废液收集容器中，交有资质单位处置	3.86	100	0	
6	废活性炭	0.065	活性炭	危险废物 HW49，危废代码：900-039-49	暂存于危废暂存间，交有资质单位处理	0.065	100	0	
7	生活垃圾	30	生活垃圾	生活垃圾	交由当地市政环卫部门统一收运处置	30	100	0	统一收集

10.6.1 污染物排放量

根据工程分析，项目建设后污染物排放情况见表 10-11。

表 10-6 本项目污染物排放总量统计表 (t/a)

项目	污染物	本项目排放量
废水	COD	0.527
	BOD ₅	0.105
	SS	0.105
	氨氮	0.053
	总磷	0.0053
	动植物油	0.011
	氟化物	0.00041
废气	氯化氢	0.000726
	硫酸雾	0.0000033
	氮氧化物	0.000304
	氟化物	0.00000055
	非甲烷总烃	0.2014
固废	危险废物	6.6

10.6.2 总量控制指标

根据原环境保护部《建设项目主要污染物排放总量指标审核及管理暂行办法》（环发[2014]197 号）及重庆市地方有关规定，项目总量控制指标为：化学需氧量、氨氮、非甲烷总烃。

本项目实施后总量控制指标：化学需氧量排放 0.527t/a，氨氮排放 0.053t/a，非甲烷总烃排放 0.2014t/a，氮氧化物排放 0.000304t/a。本项目运营后的污染物总量控制指标需符合当地生态环境主管部门的核准量，项目污染物排放量较小，建议由园区区域平衡替代。

11 利益-代价分析

11.1 利益分析

(1) 经济效益

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%。根据 MEDragsintell 测算，2017 年全球放射性同位素药物市场规模为 48 亿美元，增速为 7%。其中美国占 38%，欧洲占 24%，中国占约 10%（约 35 亿元人民币，出厂价格）。预计到 2030 年，放射性治疗药物占比将达到 60%，市场规模将达到 240 亿美元。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，将实现我国医用 α 同位素及其他高价值医用同位素放射性药物的生产中心，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) 社会效益

本项目的建成会突破以 α 同位素生产技术为代表的“卡脖子”问题，填补国内空白，实现我国医用 α 同位素及其他高价值医用同位素的自主生产，促进我国放射性同位素应用技术创新和技术进步，带动我国抗癌创新靶向核药的量产，带动区域抗癌创新药的研发，是“彻底解决国内医用放射性同位素供应安全问题，推动我国核医学应用进一步普及与发展，全面提升人民医疗健康水平”的重要手段。

本项目建成后还可实现示范效应，促进核医药产业向高端发展，带动和推动当地经济向高端转型，具有带动和示范作用，有助于放射性同位素生产行业

和专业技能人才的聚集，产生虹吸效应，吸引人才，繁荣地方经济，带动地区就业。

本项目建设的加速器束流强度高，很适合开展科学研究，如核能与航天材料辐照、航天芯片辐照、辐射生物研究、核医疗研究等。

综上所述，本项目力争建成一个国家级的基于强流加速器研发平台，在保障同位素生产的同时，为我国科研事业提供重要的科研支撑。

（3）实践国家战略和规划

我国恶性肿瘤发病人数庞大、治愈率低；核医药医疗技术水平和普及率又大大落后于发达国家，成为我国的民生之痛。医用放射性同位素作为癌症诊疗用放射性药物最重要的原材料，中国几乎全部依赖进口，用于生产医用放射性同位素的加速器也几乎全部依赖进口。目前我国医用放射性同位素仅能利用反应堆生产少量 ^{131}I 、 ^{89}Sr 满足部分市场需求，其他医用放射性同位素主要依赖进口。

2021年6月24日，国家原子能机构联合科技部等八部门正式发布《医用同位素中长期发展规划（2021-2035年）》。规划的总目标为“建立稳定自主的医用同位素供应保障体系，满足人民日益增长的健康需要，为建成与社会主义现代化国家相适应的健康国家提供坚强保障”。规划中的重点任务包括“（一）加大技术研发，促进创新发展”，其子任务包括“应用前景广阔医用同位素制备技术研究”；“（二）提升能力水平，实现自主供应”，其子任务包括“积极推进自主化小型回旋加速器的应用与示范推广，形成中高能回旋加速器研制批产能力”。

本项目的建设一方面是中高能强流加速器的研发，一方面是建成新型同位素药物研发生产平台，是对《医用同位素中长期发展规划（2021-2035年）》的任务的积极响应。

11.2 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：本项目总建筑面积 37913.45m²。

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。

11.3 正当性分析

国电投核素同创（重庆）科技有限公司积极响应国家政策，在重庆高新区生命科技园 B 区巴福片区 Q18-1/05 地块建设一座加速器生产医用同位素药物的生产中心，项目将建设成为我国先进医用放射性同位素药物的研发生产中心。项目实现多用途全自动靶站的研发，多种同位素分离纯化技术研发和靶材靶件供应等。项目建成后，将形成 ²²⁵Ac、²²³Ra、⁸²Sr、⁶⁸Ge 放射性药物的稳定生产，从而形成上述放射性同位素药物的稳定供应能力。致力于解决我国医用放射性同位素药物，特别是先进治疗、诊断用放射性同位素药物的生产供应问题，填补我国空白，赶超世界技术前沿，具有重要的社会意义和经济效益。

本项目设计并建造了完善的辐射防护与安全设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环境影响很小，满足国家相关标准要求。本项目带来的利益是大于可能引起的危害的。因此，本项目核技术应用实践活动是正当的。

12 结论

12.1 项目工程概况

国电投核素同创（重庆）科技有限公司拟在重庆高新区生命科技园 B 区巴福片区 Q18-1/05 地块建设重庆创新医用同位素项目（一期工程），该项目第一阶段建设加速器一生产厂房、加速器二生产厂房、配套综合楼以及开关站/变电所，第二阶段将建设加速器研发实验厂房、同位素生产厂房、化学实验厂房，本次仅对第一阶段进行评价，加速器一生产厂房应用物理实验厅作为预留场所，不在此次评价范围内。本项目主要包括 120MeV 加速器的销售（含建造）和使用以及 50MeV 加速器的销售（含建造）和使用，实现 ^{225}Ac 、 ^{227}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{99}Mo 、 ^{82}Sr 、 ^{68}Ge 、 ^{67}Cu 、 ^{123}I 放射性药物的生产、销售和使用。项目总投资约为 XX 亿元，其中环保投资约 XX 亿元，占总投资的约 XX%。

12.2 实践的正当性

国电投核素同创（重庆）科技有限公司积极响应国家政策，在重庆高新区生命科技园 B 区巴福片区 Q18-1/05 地块建设一座加速器生产医用同位素药物的生产中心，项目将建设成为我国先进医用放射性同位素药物的研发生产中心。项目实现多用途全自动靶站的研发，多种同位素分离纯化技术研发和靶材靶件供应等。项目建成后，将形成 ^{225}Ac 、 ^{227}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{99}Mo 、 ^{82}Sr 、 ^{68}Ge 、 ^{67}Cu 、 ^{123}I 放射性药物的稳定生产，从而形成上述放射性同位素药物的稳定供应能力。致力于解决我国医用放射性同位素药物，特别是先进治疗、诊断用放射性同位素药物的生产供应问题，填补我国空白，赶超世界技术前沿，具有重要的社会意义和经济效益。

本项目设计并建造了完善的辐射防护与安全设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环境影响很小，满足国家相关标准要求。本项目带来的利益是大于可能引起的危害的。因此，本项目核技术应用实践活动是正当的。

12.3 选址、布局合理性分析

本项目位于重庆高新区生命科技园 B 区巴福片区 Q18-1/05 地块，区域周边社会环境相对简单，拟建场址及周围环境的环境质量达标。本项目内各辐射工作场所相对独立，且位于厂区下风向位置，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。

12.4 辐射安全与防护措施

（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）辐射工作场所人流物流：各辐射工作场所均设置相对独立的人流物流，避免辐射工作人员受到不必要的照射。

（3）辐射安全联锁系统：射线装置机房均设计了安全、冗余的辐射安全联锁系统，包括门机联锁、清场搜索、急停按钮以及工作状态指示灯、视频监控以及放射性警告标志和中文警示说明等，可有效防止工作人员和公众受到意外照射。

（4）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。

（5）通风系统：各辐射工作场所设有通风系统，其排风量、换气次数、进排风方式、排风高度等的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。

（6）工作场所辐射监测系统：辐射工作场所内均设有固定式场所辐射监测仪表，对工作场所内剂量率水平进行实时监测和显示，确保工作人员和公众的安全。

12.5 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 5mSv/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。

12.6 放射性三废排放和处理

本项目运行期间，主要的放射性三废主要来自射线装置区域和非密封放射性物质工作场所。

射线装置区域和非密封放射性物质工作场所区域均设置独立的通风系统，非密封放射性物质工作场所放射性废气经过滤后经由屋面烟囱排出，通过估算可知气载流出物所致周围公众年受照剂量都低于其剂量约束值，对周围公众对环境的影响是可以接受的。

加速器、靶站区域均设置活化冷却水暂存的场所，非密封放射性物质工作场所设置放射性废液分类暂存以及初步处理的场所，确保其在得到处置前能够安全暂存。经暂存衰变，满足排放要求后排入污水管网，不满足清洁解控要求由有资质单位进行处置。上述放射性废液，按照核素、收贮时间分类处理后分类暂存，公司拟设放射性废物处理管理专项工作人员，并定期委托有资质的单位收贮处理，不会对周围环境产生不利影响。

加速器、靶站区域以及非密封放射性物质工作场所均设置放射性固体废物暂存以及初步处理的场所，确保其在得到处置前能够安全暂存。暂存一定时间后，满足解控标准的，解控后按一般固体废物处理，不满足解控要求的委托有资质单位进行处置。上述放射性固体废物，按照核素、收贮时间分类处理和分区暂存，做好相应的记录台账，负责专人进行管理，严格按照相应的操作规程执行后，对环境的影响很小。

12.7 非放射性环境影响分析

12.7.1 废水治理措施及环境影响

本项目食堂产生的生活污水（3.6m³/d）经隔油池处理后和办公、宿舍部分产生的生活污水（23.4 m³/d）一起进入生化池处理后排入市政污水管网。隔油

池设计处理能力 $5\text{m}^3/\text{d}$ ，生化池设计处理能力 $30\text{m}^3/\text{d}$ ，可以满足厂区内产生的生活污水处理。综合废水来自生产工艺中的实验室清洗废水、废气净化系统排水等，综合废水产生量 $0.5\text{m}^3/\text{d}$ ，实验室废水处理系统设计处理规模 $2\text{m}^3/\text{d}$ ，采用“酸碱中和”处理工艺预处理满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入园区市政污水管网，实验室废水处理系统排水管网可视化。纯水制备浓水属于清净下水，排入雨水管网。

非放场所地面清洁废水，与预处理后的生活污水、实验室清洗废水、废气净化系统排水，进入重庆九龙园区污水处理厂处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入肖家河，经大溪河汇入长江。项目污废水对九龙园区污水处理厂冲击负荷较小，依托园区污水处理厂经济技术可行，对地表水环境影响较小。

12.7.2 废气治理措施及环境影响

废气主要来源于主要为加速器一生产厂房试剂配制过程产生的酸性气体、有机废气，非密封场所含酸雾放射性废气，主要污染物包括氮氧化物、氟化物、氯化氢、硫酸雾、非甲烷总烃等。

通风柜收集效率约为 90%，处理系统处理活性炭吸附效率按 50%考虑，本项目中有机废气、酸性的浓度较低，处理后排放浓度和速率均可满足《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）、重庆市《大气污染物综合排放标准》

（DB50/418-2016）标准限值要求；食堂油烟经 1 套高效油烟净化器处理后引至楼顶排气筒（2#）排放，满足重庆市地方标准《餐饮业大气污染物排放标准》

（DB 50/859-2018）限值要求。

12.7.3 固体废物污染防治措施及环境影响

营运期产生的一般工业固体废物主要为设备维修产生的废零件、纯水制备产生的废离子交换树脂，统一收集后暂存于 20m^2 一般工业固废暂存间，定期交回收单位处理。

实验室内产生的废试剂瓶、实验室废液，倒入实验室专用废液收集容器中，交有资质单位处置，不外排。废活性炭、废过滤棉、废抹布、含油手套属于危险废物，收集后暂存于 20m² 危废暂存间，交有资质单位处理。

生活垃圾收集后交由市政环卫部门处置。

采取措施后，固体废物可以实现妥善处置，不会造成二次污染。

12.7.4 噪声防治措施及环境影响

采取选用低噪声设备、基础安装减振器、厂房隔声降噪等噪声治理措施后，厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准限值，声环境保护目标噪声叠加值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类标准要求。

12.7.5 地下水及土壤污染防治措施及环境影响

非正常状况下废水泄漏对周边地下水环境影响有限，环境影响可以接受。地下水污染防治分区防渗，分为简单防渗区、重点防渗区、一般防渗区。简单防渗区：配套综合楼，开关站等区域不涉及生产活动，设置为简单防渗区，地面应采取一般硬化措施；一般防渗区：加速器一生产厂房、加速器二生产厂房、生化池、隔油池、一般工业固废暂存间等区域，等效黏土防渗层 $M_b \geq 1.5\text{m}$ ， $K \leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ；重点防渗区：非放分析实验室试剂罐区、危化品库、危险废物暂存间、事故废水收集池、放射废液废液暂存罐区、放射性固废暂存区等区域，等效黏土防渗层 $M_b \geq 6.0\text{m}$ ， $K \leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ；建设单位应布设 3 处地下水监测井定期监控，及时发现事故泄漏并采取有效的应急措施。

12.7.6 环境风险防范措施

项目总平面布置严格执行《建筑防火通用规范》（GB 55037-2022），厂房内按要求配备防毒面具、防护服等应急救援器材，原辅材料、放射三废的运输车辆应配备消防器材；各实验室、危废暂存间的地面应采取防腐防渗措施，设置警示标识标牌，并设置托盘、环形导流沟，导流沟内设置集液池；危化品库须配置并辅助泡沫枪、消火栓及小型移动式灭火器材等灭火器、防护用品，非放分析实验室试剂罐区、危化品库、危险废物暂存间等环境风险单元，采用

2mm 厚环氧树脂地坪材料等防腐防渗措施，应设计总有效容积应不小于 1263m³ 的事故废水收集池，厂区雨水排口末端设置雨污切换阀，可实现装置-企业-园区三级环境风险防控体系联动，制定突发环境事件应急预案并定期演练。采取风险防范措施后，项目环境风险水平可防可控。

12.8“三线一单”判定

本项目位于重庆高新区生命科技园 B 区巴福片区 Q18-1/05 地块，经查询重庆“三线一单”智检服务系统，项目所在区域属于重点管控单元-长江丰收坝九龙坡段（环境管控单元编码 ZH50010720004），项目不涉及生态保护红线，建成后排放的污染物不会导致区域环境功能区的变化，满足环境质量底线，符合资源利用上限的要求。

12.9 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。

12.10 公众参与

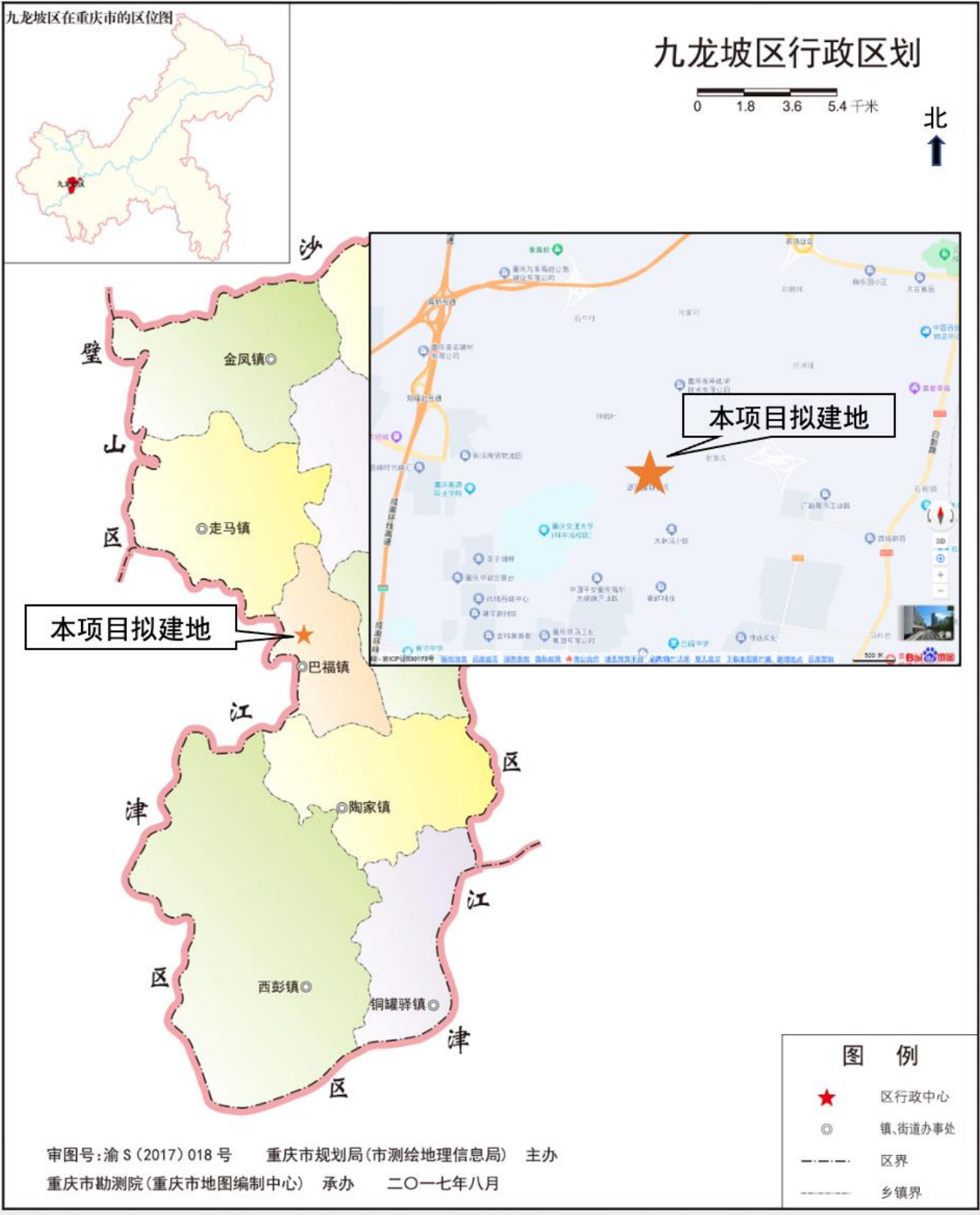
本项目参照《环境影响评价公众参与办法》的要求，主要通过网络公示、报纸媒体公示、现场张贴公告等方式进行了公众参与，在报批前公示期间未收到其他社会公众、国家机关、社会团体、企事业单位以及其他组织的反馈意见。本项目公众参与的开展情况详见《重庆创新医用同位素项目（一期工程）环境影响报告书（重新报批）公众参与说明》。

12.11 总结

综上所述，国电投核素同创（重庆）科技有限公司拟开展的“重庆创新医用同位素项目（一期工程）”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。国电投核素同创（重庆）科技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。

附图 1 地理位置示意图



附图 2 项目总设计平面布局图

