

核技术利用建设项目

阵列工厂项目

环境影响报告书

(公示本)

JYY-107950074623

四川启源同位素科技有限公司



2026年6月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

阵列工厂项目

环境影响报告书

2024-10-26 09:00:00

建设单位名称：四川启源同位素科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：623

通讯地址：四川省绵阳市经开区贾家店街89号

邮政编码：621000

联系人：张**

电子邮箱：j***hang@long-beam.com

联系电话：158****8775



目 录

第一章 概述	1
1.1 项目名称、地点.....	1
1.2 项目概况.....	1
1.3 编制依据.....	35
1.4 评价标准.....	39
1.5 评价范围和保护目标.....	44
第二章 自然环境与社会环境状况	51
2.1 自然环境状况.....	51
2.2 社会经济状况.....	57
2.3 绵阳经济技术开发区产业发展园区环评情况.....	58
2.4 环境质量和辐射现状.....	60
2.5 场址适宜性评价.....	63
第三章 工程分析与源项	66
3.1 项目规模与基本参数.....	66
3.2 工程设备与工艺分析.....	113
3.3 污染源项.....	117
3.4 废弃物.....	131
3.5 总量控制.....	171
第四章 辐射防护与安全措施	173
4.1 场所布局与屏蔽.....	173
4.2 辐射安全与防护措施.....	194
4.3 三废治理.....	218
4.4 服务期满后的环境保护措施.....	224
第五章 环境影响分析	226
5.1 建设阶段对环境的影响.....	226
5.2 运行阶段辐射环境影响.....	229
5.3 运行阶段非放射性环境影响.....	239
5.4 事故影响分析.....	241
第六章 辐射安全管理	255
6.1 机构与人员.....	255
6.2 辐射安全管理规章制度.....	255

6.3 辐射监测	257
6.4 辐射事故应急	262
6.5 从事辐射活动能力综合分析	265
第七章 利益-代价简要分析	270
7.1 利益分析	270
7.2 代价分析	271
7.3 正当性分析	275
第八章 结论与建议	276
8.1 项目工程概况	276
8.2 辐射安全与防护	276
8.3 环境影响分析	278
8.4 辐射安全管理	279
8.5 公众参与	280
8.6 项目环保可行性结论	280
8.7 建议和承诺	280
8.8 竣工验收要求	281

第一章 概述

1.1 项目名称、地点

1.1.1 项目名称

阵列工厂项目

1.1.2 建设地点

本项目位于四川省绵阳市经开区城南街道群文村 4、5、6、7 社及塘汛街道三元社区 5 组（坐标：东经 104.77490699°，北纬 31.40764825°）。

1.2 项目概况

1.2.1 建设单位概况

四川玖谊源粒子科技有限公司（以下简称“玖谊源”，统一社会信用代码 91510700MA633P590G）成立于 2017 年 2 月，属于国资参股、主创团队持股结合民营资本的混合所有制企业，是中国绵阳科技城实施国家战略、倡导军民融合和军转民的重点示范企业，专注于医用回旋加速器研发制造及放射性同位素生产，产品涵盖 7MeV、11MeV、20MeV 等能级设备，为国内唯一实现医用回旋加速器国产化的企业。为聚焦并实现放射性同位素的专业化生产，2020 年 6 月以玖谊源作为母公司在四川省绵阳市经开区注册成立全资子公司四川启源同位素科技有限公司（以下简称“启源同位素”，统一社会信用代码：91510704MA6AP0RG6C），主要经营开展：工程和技术研究和试验发展，技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广，医学研究和试验发展，信息咨询服务等。

1.2.2 项目由来

2021 年 5 月，国家原子能机构、科技部、生态环境部等 8 部委联合发布了《关于印发〈医用同位素中长期发展规划（2021-2035）〉的通知》（国原发〔2021〕2 号），指出了我国在医用同位素创新发展和应用与国外存在较大差距的现状，鼓励针对国外已应用于临床的放射性诊疗药物，加强放射性药物研发力量，协调推进临床转化与应用；2023 年中共四川省委军民融合发展委员会办公室、四川省科学技术厅、四川省生态环境厅等 8 部门联合发布了《关于印发〈四川省医用同位素及放射性药物产业发展行动计划（2022-2025 年）〉的通知》，明确以建立稳定自主的医用同位素供应保障体系为根本依托，以放射性药物和高端诊疗设备研发生产为主攻方向，进一步

促进我省相关产业供应链创新协同发展；2024年四川省人民政府出台《关于促进核医疗产业高质量发展的意见》提出“推动钨-225、铜-64、镅-68（镓-68）等主要医用同位素稳定供应”的重点任务。为积极响应国家及地方推动核医疗产业高质量发展的行动，建设单位结合自身技术实力以及市场布局规划的需求，拟在绵阳经济技术开发区产业发展园区投资建设“阵列工厂项目”。该项目拟建设1栋阵列工厂大楼，拟安装使用1台36MeV花瓣加速器、1台20MeV单质子回旋加速器、2台35MeV多粒子回旋加速器和1台35MeV单质子回旋加速器，用于打靶生产氟-18、钪-44、钪-47、锰-52、铜-61、铜-64、铜-67、镅-68、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、锆-89、钼-99、锝-99m、钇-103、碘-123、碘-124、镧-133、镧-135、铽-155、镱-177、铊-201、铅-203、铋-211、钨-225等26种放射性同位素，并配套建设23条放射性同位素原料生产线、2条放射性标记物研发制剂线及质检区；同时建设拟开展BNCT销售（含建造），并安装使用1台BNCT开展前期研发调试。根据《射线装置分类》，其中4台加速器用于非正电子发射计算机断层显像装置（PET）用放射性同位素生产，属于I类射线装置；硼中子俘获治疗装置（BNCT）属于中子产额大于等于 10^{12}n/s 的中子源装置，参照I类射线装置进行管理；放射性同位素原料生产线、放射性标记物研发制剂线和质检区均属于甲级非密封放射性物质工作场所。

为加强射线装置、非密封放射性物质及其场所的辐射安全管理，防止放射性污染和意外辐射事故/事件的发生，确保运行过程不对周围环境、职业及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设单位须对该项目进行环境影响评价。同时，根据《建设项目环境影响评价分类管理目录（2021版）》本项目属于中“生产放射性同位素的（制备PET用放射性药物的除外），销售（含建造）、使用I类射线装置的”核技术利用项目，应编制环境影响报告书。

为此，启源同位素委托四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心）（以下简称“评价单位”）对该项目进行环境影响评价工作。评价单位接受建设单位委托后，通过现场勘察、现场监测和资料收集等工作，结合本项目的特点，按照国家有关法律法规及标准规范要求，编制完成《阵列工厂项目项目环境影响报告书》。

1.2.3 建设内容概况

1.2.3.1 建设性质：新建**1.2.3.2 项目总投资：**万元****1.2.3.3 工程占地情况**

本项目总占地面积 21828.84m² (含二期用地 3160.42m²)，用地性质为工业用地。目前该地块土地使用权人为建设单位母公司四川玖谊源粒子科技有限公司（不动产权证编号：川（2023）绵阳市不动产权第 3004434 号），后期该地块产权将转让给启源同位素。

1.2.3.4 建设内容

本项目主要建设 1 栋阵列工厂大楼（地上 2 层，局部地下 1 层，高 20.1m）及值班室（地上 1 层，高 3.55m²），总建筑面积 16339.36m²，其中地下一层布置放射性废物暂存区、衰变池区和配电消防区等，一层布置射线装置区和质检区，二层布置放射性同位素原料生产区和放射性标记物研发制剂区。

厂房一层建筑面积 8956.33m²，拟建设 2 个甲级非密封放射性物质工作场所（包括镭-226 靶件操作区、放射性质检区）和 6 个 I 类射线装置工作场所（花瓣加速器机房、1#单质子回旋加速器机房、1#多粒子回旋加速器机房、2#多粒子回旋加速器机房、2#单质子回旋加速器机房、BNCT 调试机房）及相关配套辅助功能房间，主要开展放射性同位素的打靶生产、放射性产品质检和 BNCT 研发调试。

同时，本项目还涉及 BNCT 的对外销售（含建造），其中建造调试数量为 5 台/年，维修维保数量约 10 台/年。销售环节采取零库存模式管理，建设单位不设置 BNCT 暂存场所，不涉及装置制造和装配工艺，对外建造的装置部件均委托定制加工。

表 1.2-1 一层射线装置场所一览表

一层场所		射线装置名称	数量 (台)	射线装置类别	最大粒子能量 (MeV)		最大束流强度 (μA)	备注
花瓣加速器机房	H3 主机厅、H1 靶室、H2 靶室	36MeV 花瓣加速器	1	I类	电子	36	3000	放射性同位素打靶生产
1#单质子回旋加速器机房	20M-D 大厅	20MeV 单质子回旋加速器	1	I类	质子	20	200	
1#多粒子回旋加速器机房	A3 主机厅、A1 靶室、A2 靶室	35MeV 多粒子回旋加速器	1	I类	质子	35	1000	
					氘核	17.5	100	
					氦核	35	100	

一层场所		射线装置名称	数量(台)	射线装置类别	最大粒子能量(MeV)		最大束流强度(μA)	备注
2#多粒子回旋加速器机房	B3 主机厅、	35MeV 多粒子回旋加速器	1	I类	质子	35	1000	
	B1 靶室、B2 靶室				氦核	35	100	
2#单质子回旋加速器机房	C3 主机厅、C1 靶室、C2 靶室	35MeV 单质子回旋加速器	1	I类	质子	35	1500	
BNCT 调试机房	主机厅、测试间	1BNCT	1	I类	质子	35	1500	研发调试

表 1.2-2 一层非密封放射性物质工作场所一览表

一层场所	核素来源	涉及核素	日等效最大操作量(Bq)	场所等级	备注
质检区(3号场所)	放射性同位素原料生产区、放射性标记物研发制剂区	^{18}F 、 ^{44}Sc 、 ^{47}Sc 、 ^{52}Mn 、 ^{61}Cu 、 ^{64}Cu 、 ^{67}Cu 、 ^{68}Ge 、 ^{68}Ga 、 ^{75}Se 、 ^{86}Y 、 ^{88}Y 、 ^{89}Zr 、 ^{99}Mo 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{103}Pd 、 ^{123}I 、 ^{124}I 、 ^{133}La 、 ^{135}La 、 ^{155}Tb 、 ^{177}Lu 、 ^{201}Tl 、 ^{208}Pb 、 ^{211}At 、 ^{225}Ac	8.33E+09	甲级	产品质量检
镭-226 靶件操作区(4号场所)	外购成品靶件	^{226}Ra	3.70E+13	甲级	靶件传送

厂房二层建筑面积 5729.6m²，拟建设 2 个甲级非密封放射性物质工作场所（1 号场所 15 条生产线、2 号场所 8 条生产线及 2 条研发制剂线），主要开展放射性同位素原料的生产以及放射性标记物的研发生产。

表 1.2-3 二层非密封放射性物质工作场所一览表

二层场所	核素来源	涉及核素	日等效最大操作量(Bq)	场所等级	备注	
1 号场所	h1-1 生产线	H1 靶室	^{226}Ra 、 ^{225}Ac	8.51E+14	甲级	放射性同位素原料生产
	h1-2 生产线	H1 靶室	^{47}Sc			
	h2-1 生产线	H2 靶室	^{47}Sc 、 ^{67}Cu 、 ^{99}Mo			
	A 内生产线	A3 主机厅	^{211}At			
	a1-1 生产线	A1 靶室	^{226}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{68}Ge			
	a1-2 生产线	A1 靶室	^{123}I 、 ^{211}At			
	a2-1 生产线	A2 靶室	^{18}F 、 ^{44}Sc 、 ^{47}Sc 、 ^{61}Cu 、 ^{64}Cu 、 ^{67}Cu 、 ^{68}Ge 、 ^{68}Ga 、 ^{75}Se 、 ^{86}Y 、 ^{88}Y 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{124}I 、 ^{133}La 、 ^{135}La 、 ^{177}Lu 、 ^{208}Pb			
	d1 生产线	20M-D	^{18}F 、 ^{44}Sc 、 ^{61}Cu 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 、			

二层场所		核素来源	涉及核素	日等效最大操作量(Bq)	场所等级	备注
	大厅		^{75}Se 、 ^{86}Y 、 ^{88}Y 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{124}I			
	b1-1 生产线	B1 靶室	^{211}At			
	b1-2 生产线	B1 靶室	^{44}Sc			
	b1-3 生产线	B1 靶室	^{124}I			
	b1-4 生产线	B1 靶室	^{68}Ge			
	c1-1 生产线	C1 靶室	^{61}Cu			
	c1-2 生产线	C1 靶室	^{89}Zr			
	c1-3 生产线	C1 靶室	^{64}Cu			
2 号场所	b2-1 生产线	B2 靶室	^{201}Tl	1.15E+13	甲级	放射性同位素原料生产
	b2-2 生产线	B2 靶室	^{86}Y 、 ^{88}Y			
	b2-3 生产线	B2 靶室	^{103}Pd			
	b2-4 生产线	B2 靶室	^{133}La 、 ^{135}La			
	c2-1 生产线	C2 靶室	^{52}Mn			
	c2-2 生产线	C2 靶室	^{68}Ga			
	c2-3 生产线	C2 靶室	^{155}Tb			
	c2-4 生产线	C2 靶室	^{123}I			
	z1 研发制剂线	放射性同位素原料生产线	^{18}F 、 ^{44}Sc 、 ^{47}Sc 、 ^{52}Mn 、 ^{61}Cu 、 ^{64}Cu 、 ^{67}Cu 、 ^{68}Ga 、 ^{75}Se 、 ^{86}Y 、 ^{88}Y 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{103}Pd 、 ^{123}I 、 ^{124}I 、 ^{133}La 、 ^{135}La 、 ^{155}Tb 、 ^{177}Lu 、 ^{201}Tl 、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{225}Ac			
	z2 研发制剂线	放射性同位素原料生产线	^{18}F 、 ^{44}Sc 、 ^{47}Sc 、 ^{52}Mn 、 ^{61}Cu 、 ^{64}Cu 、 ^{67}Cu 、 ^{68}Ga 、 ^{75}Se 、 ^{86}Y 、 ^{88}Y 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{103}Pd 、 ^{123}I 、 ^{124}I 、 ^{133}La 、 ^{135}La 、 ^{155}Tb 、 ^{177}Lu 、 ^{201}Tl 、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{225}Ac			

1.2.4 产业政策符合性

本项目为医用放射性同位素生产项目，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 7 号），本项目属鼓励类第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”。本项目不属于国家发展改革委、商务部印发的《市场准入负面清单（2020 年版）》（发改体改规〔2020〕1880 号）中规定的禁止准入类与许可准入类事项，为准入行业。

本项目不属于产业政策禁止投资建设，不属于实行核准或审批管理的项目，已在

绵阳经济技术开发区经济发展局备案(备案号:川投资备【2506-510796-04-01-492483】FGQB-0123号)。

因此,项目的建设符合国家和当地的产业政策。

1.2.5 规划符合性分析

1、与《医用同位素中长期发展规划(2021-2035)》符合性分析

2021年5月,国家原子能机构、科技部、公安部、生态环境部、交通运输部、国家卫生健康委、国家医疗保障局、国家药品监督管理局等8部委联合发布了《关于印发〈医用同位素中长期发展规划(2021-2035)〉的通知》(国原发〔2021〕2号),将医用同位素制备技术研究作为重点任务,指出“掌握加速器制备锗-68/镓-68、铜-64、镉-89、钷-103、铷-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”。

本项目为医用放射性同位素生产项目,涉及生产的放射性同位素包括锗-68/镓-68、铜-64、镉-89、钷-103、铷-225、碘-123/124等新型核素,符合《医用同位素中长期发展规划(2021-2035)》。

2、与《核技术应用产业高质量发展三年行动方案(2024-2026年)》符合性分析

国家原子能机构、国家发展改革委、教育部、科技部、工业和信息化部、公安部、生态环境部、交通运输部、农业农村部、国家卫生健康委、国务院国资委、国家药监局等十二部门联合发布了《关于印发〈核技术应用产业高质量发展三年行动方案(2024-2026年)〉》(国原发〔2024〕5号)。该《行动方案》明确,到2026年,我国核技术应用产业自主创新能力显著提升,产业领域进一步拓展。围绕核技术在医学诊疗、农业育种、食品加工、材料改性、安检安保等重点方向或领域的应用,突破一批关键技术,建设一批创新平台,培育一批专精特新企业,力争核技术应用产业年直接经济产值达4000亿元,为传统产业转型升级注入强劲动能。行动方案指出要“加速实现放射性同位素自主供应。持续推进反应堆生产、加速器制备、高放废液提取等放射性同位素生产技术研究。推动钼-99、碘-125、碘-131、无载体镭-177、碳-14、铯-89、钇-90等规模化生产,保障常用医用同位素的稳定供给。提前布局钷-47、铽-161、镱-186/188、镭-223/226、锗-68、铜-64、镉-89、钷-103、铷-225、碘-123/124等前景好的医用同位素技术研发,开展铷-192、硒-75、氙-85、镍-63、铯-137、镅-241、镅-252等工业同位素制备技术研发。”

本项目为医用放射性同位素生产项目，涉及生产的放射性同位素包括钼-99、镭-177、钷-47、锆-68、铜-64、镉-89、钷-103、铟-225、碘-123/124 等新型核素，符合《核技术应用产业高质量发展三年行动方案（2024-2026 年）》。

3、与《四川省医用同位素及放射性药物产业发展行动计划（2022-2025 年）》符合性分析

2023 年 1 月，中共四川省委军民融合发展委员会办公室、四川省经济和信息化厅、四川省科学技术厅、四川省生态环境厅、四川省交通运输厅、四川省卫生健康委员会、四川省医疗保障局和四川省药品监督管理局联合发布了《四川省医用同位素及放射性药物产业发展行动计划（2022-2025 年）》。《行动计划》以建立稳定自主的医用同位素供应保障体系为根本依托，以放射性药物和高端诊疗设备研发生产为主攻方向，围绕加快同位素生产基础设施建设、加强科研创新能力建设、瞄准薄弱环节精准发力、推动三级综合医院核医学科全覆盖、持续完善产业发展政策等 5 个方面，明确 19 项具体“硬举措”。《行动计划》提出，鼓励中国同辐等龙头单位联合各类研发团队、重点药企共同打造贯穿“政产学研用”全流程的医用同位素和放射性药物产业联盟和创新联合体。同时，四川将推广核医学科建设，着力将四川省建设成为国内核医学科建设的示范省。

本项目为医用放射性同位素生产项目，项目建成后能够积极推进国内医用同位素药物及相关医疗健康产业链的发展，促进西南地区乃至全国核医学的发展，为患者创造更多高效的治疗途径。因此，项目建设符合《四川省医用同位素及放射性药物产业发展行动计划（2022-2025 年）》。

4、与《关于促进核医疗产业高质量发展的意见》（川府发〔2024〕13 号）符合性分析

2024 年 7 月 23 日，四川省人民政府发布了《关于促进核医疗产业高质量发展的意见》（川府发〔2024〕13 号）。为充分发挥四川核工业大省独特资源优势，大力发展自主可控的核医疗产业，加快补齐我国医用同位素、放射性药物、高端核医疗装备和核医学转化应用短板，全力打造世界级核医疗产业高地，提出了相关意见。

意见明确了总体要求，到 2027 年，实现 10 种以上主要医用同位素国产化自主供应，5 个以上放射性药物和高端核医疗装备完成或进入临床试验，形成医用同位素、放射性药物、核医疗装备的标准体系，以及完善的核医学临床转化及研学诊疗体系，建成国内领先的核医疗产业集群。到 2030 年，建成全球最大的医用同位素生产

基地、全国最大的放射性药物和核医疗装备生产聚集地、全国最好的核医疗中心，形成世界级核医疗产业发展高地。

意见明确了多项重点任务，主要包括推动主要医用同位素稳定供应、加大放射性药物研发生产力度、实现高端核医疗装备国产化突破和建立完善核医疗临床应用体系等，指出“推进溶液型医用同位素专用生产堆建成投产，加快完成岷江试验堆改造，提升堆照医用同位素分离提纯等生产配套能力，实现钼-99、镱-177 等医用同位素稳定生产供应。加快建成中高能加速器同位素生产项目，实现铟-225、铜-64、镓-68（镓-68）等医用同位素稳定供应。”

本项目为医用放射性同位素生产项目，项目建成后，有利于加大医用放射性同位素供应力度，项目建设符合《关于促进核医疗产业高质量发展的意见》（川府发〔2024〕13号）。

5、与绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环评符合性分析

本项目位于绵阳经济技术开发区产业发展园区，该园区于 2015 年编制完成了《绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环境影响报告书》，并取得了四川省环境保护厅《关于绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环境影响报告书的审查意见函》（川环建函〔2015〕176号）。由该规划环评报告书及其审查意见可知：

（1）规划范围

总规划面积 13.02km²，四至范围为：北起贾家店街、塘坊大道，南与丰谷镇接壤，西起六一堂路、木龙河，东至绵州大道、涪江。

（2）产业定位

以数字家电、化工、环保与机械制造产业为主导产业，大力发展新一代信息技术、节能环保、新材料、包装、物流和机械制造等战略性新兴产业。

（3）鼓励、禁止入园行业类型及清洁生产要求

鼓励入园行业：符合园区主导产业的项目；与园区主导产业相配套产业，企业效益明显，对区域不造成明显污染，遵循清洁生产及循环经济的项目。

禁止入园行业：不符合产业政策及行业准入条件的项目；禁止引入皮革、屠宰、造纸、制药、印染、焦化、黄磷、冶金类企业。

清洁生产要求：入园企业必须采用国际、国内先进水平的生产工艺、设备及污染治理技术，能耗、物耗、水耗等均应达到相应行业的清洁生产水平二级或国内先进水平。

本项目选址于绵阳经济技术开发区产业发展园区，根据园区国土空间用地规划图，项目地块规划用地性质为工业用地，项目符合绵阳经济技术开发区产业发展园区的用地规划要求。

项目的建设 with 园区规划环评及审查意见符合性分析见下表。

表 1.2-4 与绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环评及审查意见符合性分析表

项目	《绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环境影响报告书》及审查意见函（川环建函〔2015〕176号）中相关要求	本项目建设情况	符合性
鼓励入园行业	符合园区主导产业（以数字家电、化工、环保与机械制造产业为主导产业，大力发展新一代信息技术、节能环保、新材料、包装、物流和机械制造等战略性新兴产业）的项目；与园区主导产业相配套产业，企业效益明显，对区域不造成明显污染，遵循清洁生产及循环经济的项目。	本项目主要进行医用放射性同位素生产，不属于园区主导产业，但根据中华人民共和国国家发展和改革委员会 2023 年第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家当前产业发展政策。	符合
禁止入园行业	不符合产业政策及行业准入条件的的项目；禁止引入皮革、屠宰、造纸、制药、印染、焦化、黄磷、冶金类企业。	本项目主要进行医用放射性同位素生产，不属于禁止入园行业。	符合
清洁生产要求	入园企业必须采用国际、国内先进水平的生产工艺、设备及污染治理技术，能耗、物耗、水耗等均应达到相应行业的清洁生产水平二级或国内先进水平。	<p>①生产工艺及装备 本项目主要进行医用放射性同位素生产，生产工艺及设备均为国内外先进水平。</p> <p>②资源能源消耗 本项目主要消耗电能，属于小规模用能企业。项目用水主要为生活用水，年用水量较小。</p> <p>③污染物产生和排放 本项目主要进行医用放射性同位素生产，运营期主要环境污染物为电离辐射与放射性“三废”。射线装置机房设有混凝土屏蔽，产线设有热室工作箱屏蔽，质检区设有手套箱屏蔽，经分析屏蔽体设计满足相关辐射防护要求，所致职业人员和公众受照剂量低于GB18871 规定的职业照射剂量限值和本报告提出的职业照射剂量管</p>	符合

项目	《绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环境影响报告书》及审查意见函（川环建函〔2015〕176号）中相关要求	本项目建设情况	符合性
		理约束值。气载流出物所致周边评价范围内公众剂量满足GB18871规定的公众剂量限值和本报告提出的公众剂量管理约束值。放射性废水主要为冷却水、应急去污冲淋废水和洁具清洁废水，经暂存衰变并经检测达标后经厂房东侧沉砂格栅池预处理后排入市政污水管网；放射性固废经分类收集后交有资质单位处置；危险废物收集后交有资质单位处理处置。项目采用国内外先进的生产技术与生产设备，工艺用水量较少，采取的环保治理措施可使“三废”达标排放，可达到清洁生产二级水平。	
规划区制约因素对	临近主城区、塘汛场镇周边工业区域布置无污染或轻污染企业，园区与相邻的主城区、塘汛场镇边界处设置宽度不小于50m的隔离带。	本项目距离主城区约2km，距离塘汛场镇约200m。本项目主要进行医用放射性同位素生产，运营期主要环境污染物为电离辐射与放射性“三废”，经预测分析期所致周边公众剂量低于本报告提出的公众剂量约束值。项目产生废水主要为生活污水，少量放射性废水经暂存衰变并经检测达标后排入市政污水管网。危险固废收集后委托有资质单位处置，少量放射性固废衰变达到清洁解控水平后作为一般工业固废处置或交由有资质单位处置。因此，本项目属于轻污染企业。	符合
策措施	维持洪恩村拆迁居民安置区现有用地规模，小区周围100m范围内调整为园区配套服务用地，该区域除现有企业节能改造外，不得新建其他工业企业。	本项目距离洪恩村拆迁居民安置区约2.7km，距离最近居民区长虹橡树郡小区约303m。	符合
	对园区职工倒班房仅能作为园区的倒班宿舍，不得作为居民居住区。	本项目不涉及。	/
	化工及其他较重污染企业应尽量远离城区、塘汛场镇、洪恩村拆迁居民安置区等环境保护目标布设，对	不属于化工项目及较重污染项目。	符合

项目	《绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环境影响报告书》及审查意见函（川环建函〔2015〕176号）中相关要求	本项目建设情况	符合性
	引入化工等环境敏感的项目在选址及平面布局等方面进行充分论证，确保人居环境质量及环境安全。		

本项目为医用放射性同位素生产项目，不属于园区主导产业，但属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》中鼓励类第六项“核能”中第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家当前产业发展政策，且本项目不属于禁止入园行业，因此符合绵阳经济技术开发区产业发展园区规划。

6、与绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环境影响跟踪评价报告书的符合性分析

2023年4月，绵阳经济技术开发区管委会委托四川省环科源科技有限公司开展了绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环境影响跟踪评价工作，并于2023年8月取得专家论证意见。由该规划环境影响跟踪评价报告书及其审查意见可知，规划范围和产业定位不变，对生态环境准入、规划实施过程中存在的主要环境问题、对策措施及优化调整提出建议。

本项目与绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环境影响跟踪评价报告书的符合性分析见下表，本项目符合跟踪环评相关建议。

表 1.2-5 与绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环境影响跟踪评价报告书的符合性分析

规划环评优化调整建议	本项目建设情况	符合性
<p>(1) 生态环境准入清单</p> <p>报恩街以北区域：①临近居住区域新引入项目应在环评阶段加强选址的环境相容性论证，建议引入电子器件组装、机械组装等轻污染企业。②禁止引入不符合重金属污染防治相关要求的项目。③对可能涉及耗、排水量大的集成电路、光电显示器件制造等项目，应在确保不影响规划区受纳水体涪江水环境质量达标、规划区集中污水处理设施有条件接纳的前提下，充分论证环境合理性后适度引入。④新(改、扩)建电子信息项目的资源消耗和污染排放需满足绵阳市“三线一单”电子信息产业差异化管控要求。⑤配套的机械制造行业符合《机械行业清洁生产评价指标体系（试行）》提出的污染物及资</p>	<p>本项目位于报恩街以北区域，为医用放射性同位素生产项目，项目性质为新建项目，不属于园区主导产业，但属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》中鼓励类第六项“核能”中第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家当前产业发展政策，且本项目不属于禁止入园行业，根据后续分析，项目建设符合所在区域生态环境分区管控要求。</p>	符合

规划环评优化调整建议	本项目建设情况	符合性
源能源消耗指标值。		
<p>(2) 规划实施过程中存在的主要环境问题、对策措施及优化调整建议</p> <p>规划区距主城区较近，与塘汛街道紧邻，园区中北部建有多个居民小区，对规划实施形成制约。</p> <p>对策措施：①报恩街西段南侧和群涪中路东侧临近塘汛街道居住区的工业用地应设置距离居住区不低于 50m 的隔离带，不布置废气排放量大、异味明显的工业企业。②维持洪恩村拆迁居民安置区现有用地规模，不得扩大；小区周围 100m 范围内调整为园区配套服务用地，该区域除现有企业节能环保改造外，不得新建其他工业项目。③对报恩街以北的工业用地与居住用地混杂，建议该区域主要引入废气排放量小、无明显异味的企业项目。④大气污染控制重点企业应尽量远离城区、塘汛场镇、洪恩村拆迁居民安置区等环境保护目标布设。⑤原规划范围内对未纳入国土空间规划城镇开发边界范围内的用地，在完成区域规划修编前，在规划实施过程中应采取有效的保护和避让措施。</p>	<p>项目周围 300m 范围内不涉及居民区，距离本项目厂房最近的居民区为西南侧 303m 的长虹橡树郡小区；项目用地为工业用地，符合用地规划；且不属于化工及其他较重污染企业。本项目废气无明显异味，经计算，气载流出物所致周边评价范围内公众剂量满足 GB18871 规定的公众剂量限值和本报告提出的公众剂量管理约束值。项目废水、噪声经相应的污染防治措施处理后，能够实现达标排放，对固体废物采取妥善处理措施，对项目周边环境影响较小。</p>	符合

综上所述，本项目的建设符合国家和当地相关规划政策。

1.2.6 与所在区域“生态环境分区管控”符合性分析

1、与《绵阳市人民政府办公室关于加强生态环境分区管控的通知》（绵府办函〔2024〕42号）符合性分析

(1) 绵阳市生态环境分区管控及其要求

全市行政区域从生态环境保护角度划分为优先保护、重点管控和一般管控三类环境管控单元，共 70 个环境管控单元。

①优先保护单元。以生态环境保护为主的区域，全市划分优先保护单元 20 个，主要包括生态保护红线、自然保护地、饮用水水源保护区和重点生态环境敏感区、脆弱区等，以生态环境保护优先为原则，严格执行相关法律法规要求，严守生态环境质量底线，确保生态环境功能不降低。

②重点管控单元。涉及水、大气、土壤等资源环境要素重点管控的区域，全市划分重点管控单元 43 个，主要包括人口密集的城镇规划区和产业集聚的工业园区（产业集聚区）等，不断提升资源利用效率，有针对性地加强污染物排放控制和环境风险

防控，解决生态环境质量不达标、生态环境风险突出等问题，制定差别化的生态环境准入要求。

③一般管控单元。除优先保护单元和重点管控单元之外的其他区域，全市共划分一般管控单元 7 个。执行区域生态环境保护的基本要求，重点加强农业、生活等领域污染治理。

绵阳市生态环境管控单元分布见图 1.2-1。根据绵阳市生态环境管控单元分布图，本项目所在地属于工业重点管控单元。

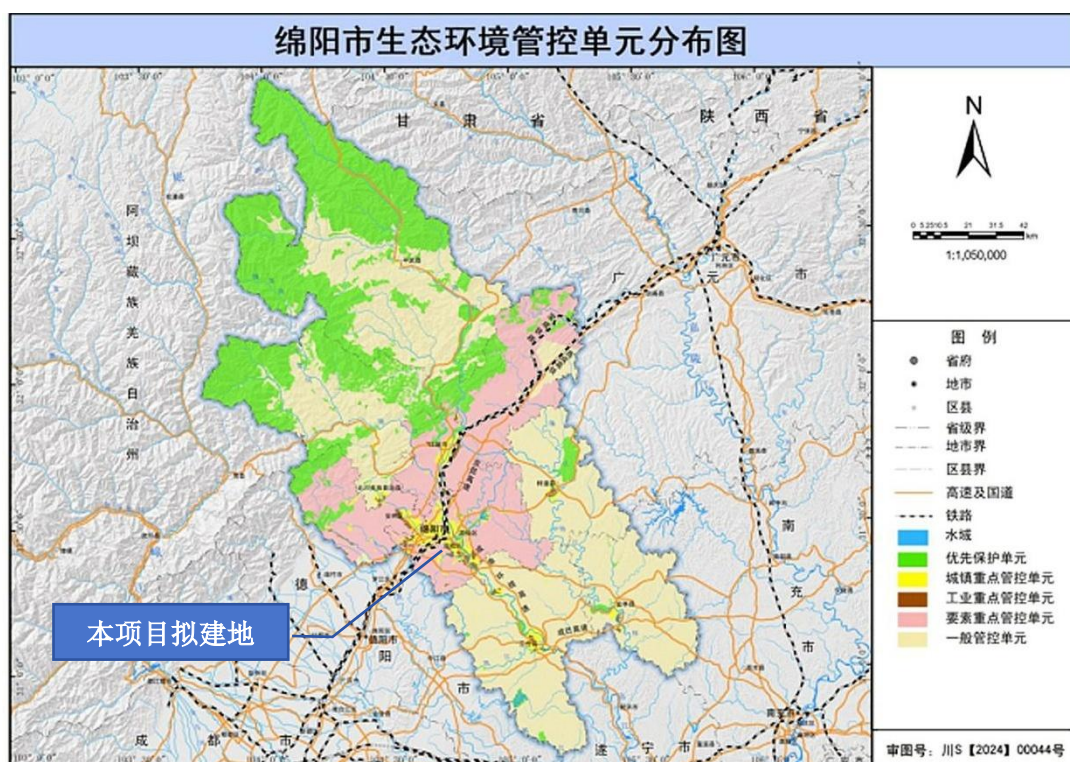


图 1.2-1 绵阳市生态环境管控单元分布图

(2) 绵阳市及涪城区总体生态环境管控要求

本项目位于涪城区。由下表可知，本项目符合绵阳市及涪城区总体生态环境管控要求。

表 1.2-6 项目与《绵府办函〔2024〕42 号相关要求的符合性分析

文件	相关要求	本项目情况	符合性	
《绵阳市人民政府办公室关于加强生态环境分区管控的	绵阳市总体生态环境管	(1)电子信息行业引入严格执行其行业资源环境绩效指标准入要求。统筹城区发展与园区的关系，优化园区布局，严控城市上风向引入大气污染物排放量大的企业，推进城区以及布局不合理的高污染、高能耗企业退城入园。	本项目为医用放射性同位素生产项目，不属于电子信息、化工等涉重企业，本项目重金属排风污染物排	符合

文件	相关要求	本项目情况	符合性
《通知》 (绵府办 函 (2024) 42号)	控要 求 (2)新建、改建、扩建增加重点重金属(汞、镉、铬、铅、砷)污染物排放的建设项目需满足区域重点重金属总量管控要求,对电子信息、化工等涉重点企业重点重金属执行严格的准入条件,严控环境风险。 (3)严格控制高污染、高能耗项目;严格执行能源消费总量和强度双控制度,严格执行煤炭消费总量控制要求。	放,不属于高污染、高能耗项目。	
	涪城 区生 态环 境管 控要 求 (1)优化调整产业结构,严格生态环境准入要求。 (2)统筹城区发展与园区的关系,优化园区布局,引导工业园区及城市发展方向,推动城市建成区内企业“退城入园”,严格控制园外企业无序扩张。 (3)推进城镇污水管网全覆盖,提高农村生活污水收集处理率。 (4)加强重点区域和重点行业大气污染物治理,推进电子信息、汽车、高端装备制造等重点行业废气深度治理,突出重点时段、重点区域大气污染联防联控,加强细颗粒物和臭氧协同控制。 (5)加强工业污染源监测、农业污染源监测及评价体系建设。 (6)加强涉危涉化企业管控,严控环境风险。 (7)加强绿色生态文化建设及宣传,推动城乡生态环境保护基础设施建设。 (8)加强涪江良好水体保护,严格控制涪江流域水环境风险突出项目。	本项目为医用放射性同位素生产项目,位于绵阳经济技术开发区产业发展园区内,为国家鼓励类产业,不属于禁止入园行业。本项目主要为电离辐射影响,项目新增用水量小,气载流出物、废水及噪声排放满足相关要求,固废妥善处理,在落实本项目辐射防护、废气、废水、噪声、固废治理和环境风险防控措施后,项目产生的辐射影响可接受,对所在区域环境影响较小。	符合

2、识别所在的环境管控单元

在四川省政务服务网“生态环境分区管控智能应用系统”中查询,项目涉及生态环境管控单元见表 1.2-7,项目与生态环境管控单元的位置关系见图 1.2-2、图 1.2-3。

根据查询,本项目涉及 1 个生态环境管控单元和 6 个环境要素管控分区,详见下表。

表 1.2-7 项目涉及环境管控单元一览表

序号	涉及环境管控单元名称	涉及环境管控单元编码	行政区划		环境管控单元类型
1	绵阳经济技术开发区	ZH51070320006	绵阳市涪城区		工业重点管控单元
序号	涉及环境要素管控分区名称	涉及环境要素管控分区编码	行政区划	环境要素类型	环境要素细类
1	涪江-涪城区-丰谷-控制单元	YS5107032210004	绵阳市涪城区	水	水环境工业污染重点管控区
2	涪城区城镇开发边界	YS5107032530001	绵阳市涪城区	自然资源	土地资源重点管控区
3	涪城区高污染燃料禁燃区	YS5107032540001	绵阳市涪城区	自然资源	高污染燃料禁燃区
4	涪城区自然资源重点管控区	YS5107032550001	绵阳市涪城区	自然资源	自然资源重点管控区
5	涪城区其他区域	YS5107033110001	绵阳市涪城区	生态	一般管控区
6	绵阳经济技术开发区	YS5107042310001	绵阳市游仙区	大气	大气环境高排放重点管控区

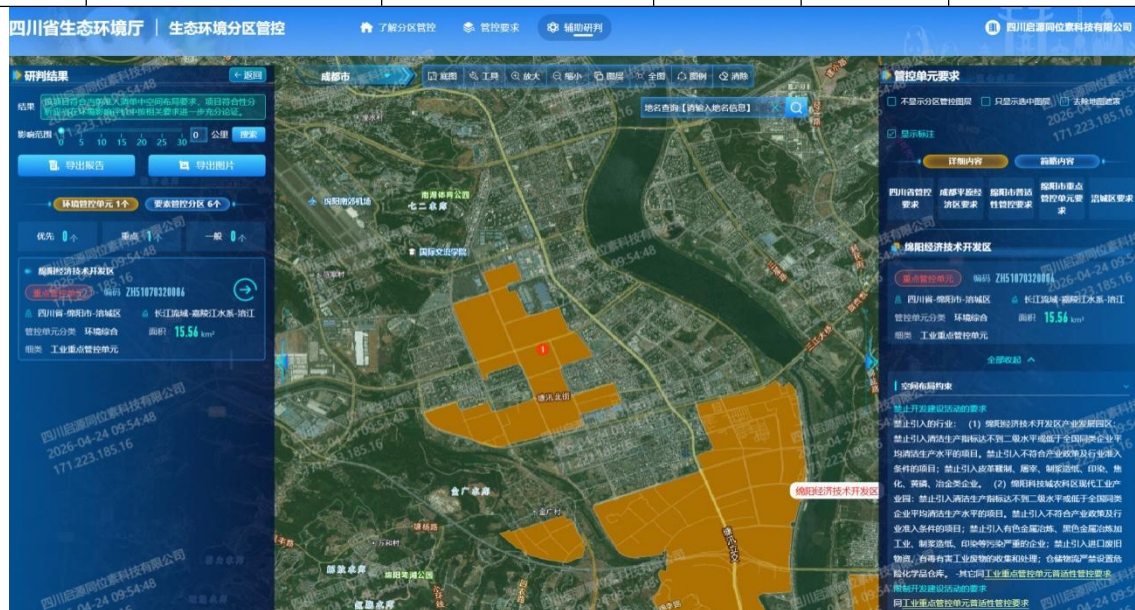


图 1.2-2 生态环境分区管控查询界面

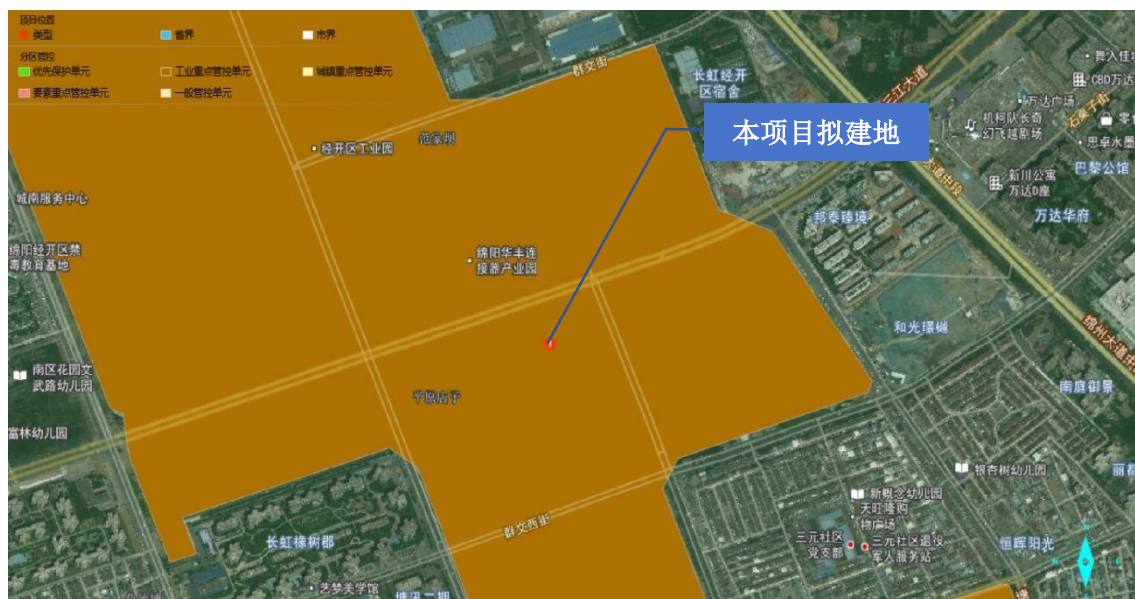


图 1.2-3 项目与生态环境管控单元的位置关系图

3、“生态环境分区管控”符合性分析

经查询四川省政务服务网“生态环境分区管控智能应用系统”，得到项目所在地所属环境管控单元管控要求，本项目与环境管控单元管控要求符合性分析详见下表。

本项目为医用放射性同位素生产项目，符合国家和当地的产业政策，不属于绵阳经济技术开发区产业发展园区禁止入园行业。本项目在严格落实辐射防护、“三废”治理和环境风险防控措施后，对所在区域环境影响较小。因此，本项目的建设符合所在区域生态环境分区管控要求。

表 1.2-8 项目与所属经济区要求符合性分析

经济区名称	标题	所属经济区要求	符合性分析	是否符合
成都平原经济区	区域特点	成都、德阳、绵阳、眉山、乐山、资阳、遂宁、雅安 8 市大部分区域属于国家层面重点开发区，是重点管控单元的集中分布区域。该区域发展定位为全省第一经济增长极。到 2025 年，区域生产总值目标为 3 万亿元，人口城镇化率要达到 68%，发展与环境承载压力最为突出。	本项目为医用放射性同位素生产项目，位于绵阳经济技术开发区产业发展园区内，为国家鼓励类产业，不属于禁止入园行业。本项目主要为电离辐射影响，项目新增用水量小，气载流出物、废水及噪声排放满足相关要求，固废妥善处理，在落实本项目辐射防护、废气、废水、噪声、固废治理和环境风险防控措施后，项目产生的辐射影响可接受，对所在区域环境影响较小。	符合
	发展定位与目标	改革创新试验的先导区、现代高端产业的集聚区、西部内陆开放的前沿区、区域协同发展的样板区以及全面建成小康社会的先行区。重点发展电子信息、装备制造、先进材料、食品饮料产业和数字经济，建设全国重要的先进制造业基地，打造世界级新一代信息技术、高端装备制造产业集群和国内领先的集成电路、新型显示、航空航天、轨道交通、汽车、生物医药、新型材料等产业集群。		
	区域突出生态环境问题	1、水资源时空分布不均，用水排水矛盾突出，岷江流域单位面积水污染排放量大，氮磷污染并重，结构性污染短期内难以彻底解决，水质改善压力大。 2、区域城市开发活动集中，发展与环境资源承载矛盾突出，属深盆地形，扩散条件差，冬季灰霾污染严重，夏季臭氧污染问题凸显，环境空气质量改善压力大。 3、长江主要支流岷江流域沿江、临城产业聚集，流域性、区域性环境风险形势严峻，重金属、持久性有机物、危险废物和危险化学品等累积性环境风险隐患较大。		
	总体管控要求	1、针对突出生态环境问题，大力优化调整产业结构； 2、实施最严格的环境准入要求； 3、加快 GDP 贡献小、污染排放强度大的产业如建材、家具 等产业替代升级，结构优化； 4、对重点发展的电子信息、装备制造、先进材料、食品饮料、生物医药等产业提出最严格的环境准入门槛； 5、岷沱江流域执行		

经济区名称	标题	所属经济区要求	符合性分析	是否符合
		岷沱江污染物排放标准； 6、优化涉危涉化产业布局，严控环境风险，保障人居安全。		

表 1.2-9 项目与绵阳市工业重点管控单元普适性管控要求符合性分析

市州	涉及县区	区域名称	管控类别	管控要求	符合性分析	是否符合
绵阳市	涪城区+游仙区+安州区+三台县+盐亭县+梓潼县+平武县+北川羌族自治县+江油市	涪城区+游仙区+安州区+三台县+盐亭县+梓潼县+平武县+北川羌族自治县+江油市	空间布局约束	<p>【禁止开发建设活动的要求】 -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。 -禁止引入清洁生产水平达不到行业清洁生产标准二级标准要求或低于全国同类企业平均清洁生产水平的项目。 -未通过认定的化工园区，不得新建、改扩建化工项目（安全、环保、节能和智能化改造项目除外），按属地原则依法依规妥善做好未通过认定化工园区及园内企业的转型、关闭、处置及监管工作。</p> <p>【限制开发建设活动的要求】 现有属于园区禁止引入产业门类的企业，原则上限制发展，污染物排放只降不增。</p> <p>【允许开发建设活动的要求】 现有属于禁止引入产业门类的企业，应按相关规定限期整治或退出。 -二类、三类工业用地 50m 范围内，不新增居住、教育、卫生用地。 -新建、扩建石化、化工、焦化、有色金属冶炼、平板玻璃项目应布设在依法合规设立并经规划环评的产业园区。</p> <p>【其他空间布局约束要求】 绵阳市 2025 年水污染物允许排放量 COD34843.7t，氨氮 4803.37t，TP1179.87t；绵阳市 2025 年大气污染物一次 PM2.5 8986t、SO2 5368t、</p>	本项目为医用放射性同位素生产项目，位于绵阳经济技术开发区产业发展园区内，为国家鼓励类产业，不属于禁止入园行业，不属于绵阳市禁止和限制类行业，也不在长江干支流岸线一公里范围内，符合管控要求。	符合

市州	涉及县区	区域名称	管控类别	管控要求	符合性分析	是否符合
				NOx18634t、VOCs21242t		
			污染物排放管控	<p>【现有源提标升级改造】 -污水收集处理率达 100%； -到 2025 年底前，现有钢铁行业 80%以上产能完成超低排放改造，烧结机机头、球团焙烧烟气颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度小时均值分别不高于 10、35、50 毫克立方米；其他主要污染源颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度小时均值原则上分别不高于 10、50、200 毫克立方米。 -有行业标准的工业炉窑，要求严格执行已有的行业排放标准，配套建设高效除尘脱硫脱硝设施，确保稳定达标排放。有排污许可证的，应严格执行许可要求。暂没有行业标准的，要求参照有关行业标准执行，其中，铸造行业烧结、高炉工序污染排放控制按照钢铁行业相关标准要求执行；颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放限值分别不高于 30、200、300 毫克立方米实施改造，其中，日用玻璃、玻璃棉氮氧化物排放限值不高于 400 毫克立方米。 -完善园区及企业雨污分流系统，全面推进医药、化工等行业初期雨水收集处理，推动有条件的园区实施入园企业“一企一管、明管输送、实时监测”。加强企业废水预处理和排水管理，鼓励纳管企业与园区污水处理厂运营单位通过签订委托处理合同等方式协同处理废水。</p> <p>【新增源等量或倍量替代】 1.新增源等量或倍量替代： -上一年度水环境质量未完成目标的，新建排放水污染的建设项目按照总量管控要求进行倍量削减替代。 -上一年度空气质量年平均浓度不达标的城市，建设项目新增相关污染物按照总量管控要求进行倍量削减替代。 -对新建排放二氧化硫、氮氧化物、工业烟粉尘和 VOCs 的项目实施现役源倍量削减量替代。 -严禁钢铁、水泥、电解铝、</p>	<p>本项目为医用放射性同位素生产项目，属于核技术应用产业，主要为电离辐射影响，不使用锅炉或蒸汽发生器，项目新增用水量小，项目产生废水主要为生活污水，经塘汛污水处理厂处理达标后排放，气载流出物、废水排放满足相关要求，厂区内实施雨污分流，符合管控要求。</p>	符合

市 州	涉及 县区	区域 名称	管控 类别	管控要求	符合性分析	是否符合
				<p>平板玻璃等行业新增产能，对确有必要新建的必须实施等量或减量置换，防范过剩和落后产能跨地区转移。 2.污染物排放绩效水平准入要求：-工业固体废弃物利用处置率达 100%，危险废物处置率达 100%。 -重金属重点排污企业达标排放率达 100%，重有色金属矿采选业、重有色金属冶炼行业、金属表面处理及热处理加工行业、皮革及其制品制造业、化学原料及化学制品制造业、铅酸蓄电池制造行业等应满足重点重金属排放行业污染治理相关要求，重金属重点行业清洁生产总体上达到国内先进水平。 -禁止露天和敞开式汽修喷漆作业，严禁露天焚烧建筑垃圾；新建涉及 VOCs 排放的工业企业入园区。 -按照“减量置换”或“等量置换”的原则，前置审批新（改、扩）建重点行业（包括重有色金属矿采选业（铅锌矿采选、铜矿采选、铋矿采选、金矿采选等）、重有色金属冶炼业（铅锌冶炼、铜冶炼等）、金属表面处理及热处理加工业（电镀）、铅蓄电池制造业、皮革制造业、化学原料及化学制品制造业（聚氯乙烯、铬盐等基础化学原料制造、硫化物矿制酸等））生产类项目重金属总量替代与削减要求。 -2030 年，涪江流域水总量控制在 41.16 亿 m³ 以内，COD 排放总量限制在 3.61 万 ta 内、NH₃-N 排放总量限制在 0.41 万 ta 内。全面推进涪江流域水环境保护工作，确保流域相关控制断面水质达标。全面推进流域水生生态保护及修复工作。 -以“两高”行业为主导产业的园区规划环评应增加碳排放情况与减排潜力分析，推动园区绿色低碳发展。 -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，依法制定并严格落实防治土壤与地下水污染的措施。 -电子信息重点行业新建应参考绵阳市“三线一单”生态环境分区管控中电子信息行业资源环境绩效准入门槛。 3.化工园区应按照分类收集，分质处理的要求，配备专业化工生产废水集中处理设施（独立建设或依托</p>		

市州	涉及县区	区域名称	管控类别	管控要求	符合性分析	是否符合
				<p>骨干企业)及专管或明管输送的配套管网,化工生产废水纳管率达到100%。入河排污口设置应符合相关规定。 4.重点行业建设项目应遵循重点重金属污染物排放“等量替代”原则。按国家规定,建设单位在提交环境影响评价文件时应明确重点重金属污染物排放总量及来源,无明确具体总量来源的,各级生态环境部门不得批准相关环境影响评价文件。重金属污染物排放总量替代管理豁免的情形参见《四川省“十四五”重金属污染防控工作方案》;重点行业、重点重金属的界定参见《四川省“十四五”重金属污染防控工作方案》。 5.落实《四川省深入打好重污染天气消除、臭氧污染防治和柴油货车污染治理攻坚战实施方案》要求,推进重点行业超低排放改造和深度治理,加快实施低 VOCs 含量原辅材料替代,持续开展 VOCs 治理设施提级增效,强化 VOCs 无组织排放整治,加强非正常工况废气排放管控,推进涉 VOCs 产业集群治理提升,推进油品 VOCs 综合管控。</p> <p>【新增源排放标准限值】 涪江流域干流建设流域突发环境事件监控预警体系。</p> <p>【污染物排放绩效水平准入要求】 1.企业环境风险防控要求:涉及有毒有害、易燃易爆物质新建、改扩建项目,严控准入要求。(根据 GB 8978 中第一类污染物以及《优先控制化学品名录有毒有害大气污染物名录有毒有害水污染物名录》确定)园区环境风险防控要求:严格限制高风险化学品生产、使用,并逐步淘汰替代。优化调整高风险化学品企业布局,逐步退出环境敏感区。 2.用地环境风险防控要求:化工、电镀等行业企业拆除生产设施设备、构筑物 and 污染治理设施,要事先制定残留污染物清理和安全处置方案,要严格按照有关规定实施安全处理处置,防范拆除活动污染土壤。 -有色金属矿采选、</p>		

市 州	涉及 县区	区域 名称	管控 类别	管控要求	符合性分析	是否符合
				<p>有色金属冶炼、石油加工、化工、焦化、电镀、制革、天然（页岩）气开采、铅蓄电池、汽车制造、农药、危废处置、电子拆解等行业企业及其他可能影响土壤环境质量的生产设施设备、构筑物和污染治理设施的拆除，按照有关规定制定残留污染物清理和安全处置方案，要严格按照有关规定实施安全处理处置，防范拆除活动污染土壤。 3.化工园区应具有安全风险监控体系、建立生态环境监测监控体系、建立必要的突发环境事件应急体系。</p> <p>【其他污染物排放管控要求】</p> <p>-新、改扩建项目污染水耗指标满足《四川省省级生态工业园区指标》综合类生态工业园区要求。 -到 2025 年，全市万元 GDP、万元工业增加值用水量分别降低到 61m³和 25m³，比 2020 年再降低 29%、26%。-工业用水重复利用率提高至 95%。</p>		
			<p>环境 风险 防控</p>	<p>【严格管控类农用地管控要求】 绵阳市 2025 年地下水开采控制量以省市下发指标为准</p> <p>【安全利用类农用地管控要求】 启动实施碳达峰行动。实施二氧化碳排放总量和强度“双控”，从严从紧控制煤炭消费，持续挖掘存量碳减排空间。有序推进风能、生物质等新能源开发，严控以化石能源为燃料的火力发电项目，稳定并逐步降低火电运行小时数。 -实施水泥等行业产能减量和减量置换，提高钢铁行业能效煤效，推动水泥熟料原料替代和能源梯级利用。推动生活清洁替代和电能替代，扩大可再生能源电力调入和消纳规模，提升工业用能终端电气化水平。 -国家大气污染防治重点区域(以下简称重点区域)内新建耗煤项目还应严格按照规定采取煤炭消费减量替代措施，不得使用高污染燃料作为煤炭</p>	<p>本项目用地为工业用地，为自有存量用地，目前为空地，不属于污染地块。</p>	<p>符合</p>

市州	涉及县区	区域名称	管控类别	管控要求	符合性分析	是否符合
				减量替代措施。 -实施煤炭消费总量控制：严格控制煤炭消费总量；严格控制新建、改建、扩建耗煤项目，新增耗煤项目实行煤炭消耗减量倍量替代 【污染地块管控要求】 禁燃区内任何单位不得新建、改建、扩建任何高污染燃料燃用设施，不得将其他燃料燃用设施改造为高污染燃料燃用设施。高污染燃料销售单位应按照规定逐步取消禁燃区内的销售网点。对于现有的高污染燃料燃用设施，有关单位和个人应当按照规定予以拆除或者改用电、天然气、生物质成型燃料等清洁能源。对逾期继续使用高污染燃料的，各县市区政府、各园区管委会要依法依规查处。 【园区环境风险防控要求】 △		
			资源开发利用效率要求	/	/	/

表 1.2-10 项目与涪城区普适性管控要求符合性分析

县区	区域名称	管控类别	单元特性管控要求	符合性分析	是否符合
涪城区	涪城区	空间布局约束	【限制开发建设活动的要求】 (1) 加强涪江良好水体保护，严格控制涪江流域水环境风险突出项目。 【允许开发建设活动的要求】	本项目为医用放射性同位素生产项目，位于绵阳经济技术开发区产业发展园区内，	符合

县区	区域名称	管控类别	单元特性管控要求	符合性分析	是否符合
			(1) 统筹城区发展与园区的关系，优化园区布局，引导工业园区及城市发展方向，严格控制园外企业无序扩张；严控城市上风向引入大气污染物排放量大的企业，推进城区以及布局不合理的高污染、高能耗企业退城入园。(2) 优化调整产业结构，严格生态环境准入要求；	为国家鼓励类产业，不属于禁止入园行业。本项目主要为电离辐射影响，项目产生废水主要为生活污水，废水排放满足相关要求，符合管控要求。	
		污染物排放管控	<p>【现有源提标升级改造】</p> <p>(1) 推进城镇污水管网全覆盖，提高农村生活污水收集处理率；(2) 加强工业污染源监测、农业污染源监测及评价体系建设；(3) 加强绿色生态文化建设及宣传，推动城乡生态环境保护基础设施建设。</p> <p>【新增源等量或倍量替代】</p> <p>(1) 加强重点区域和重点行业大气污染物治理，推进电子信息、汽车、高端装备制造等重点行业废气深度治理，突出重点时段、重点区域大气污染联防联控，加强细颗粒物和臭氧协同控制；</p> <p>【污染物排放绩效水平准入要求】</p> <p>(1) 加强涉危涉化企业管控，严控环境风险</p>	本项目为新建项目，不属于电子信息、汽车、高端装备制造等重点行业，项目建成后及时开展环境风险应急预案工作，配备必要的应急设施和应急物资，并定期进行应急演练。	符合
		环境风险防控	/	/	/
		资源开发利用效率要求	/	/	/

表 1.2-11 项目与环境管控单元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	管控单元类型	所属县区	管控类别	单元特性管控要求	符合性分析	是否符合
ZH51070320006	绵阳经济技术开发区	重点管控单元	绵阳市涪城区	空间布局约束	<p>【禁止开发建设活动的要求】 禁止引入的行业：（1）绵阳经济技术开发区产业发展园区：禁止引入清洁生产指标达不到二级水平或低于全国同类企业平均清洁生产水平的项目。禁止引入不符合产业政策及行业准入条件的项目；禁止引入皮革鞣制、屠宰、制浆造纸、印染、焦化、黄磷、冶金类企业。（2）绵阳科技城农科区现代工业产业园：禁止引入清洁生产指标达不到二级水平或低于全国同类企业平均清洁生产水平的项目。禁止引入不符合产业政策及行业准入条件的项目；禁止引入有色金属冶炼、黑色金属冶炼加工业、制浆造纸、印染等污染严重的企业；禁止引入进口废旧物资、有毒有害工业废物的收集和处理；仓储物流严禁设置危险化学品仓库。-其它同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>【限制开发建设活动的要求】 同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>【允许开发建设活动的要求】 △</p> <p>【不符合空间布局要求活动的退出要求】 已有企业处理情况：现有的生物医药企业不得新增污染物、风险隐患不得增大。-其他同工业重点管控单元普适性管控要求。</p> <p>【其他空间布局约束要求】 △</p>	<p>本项目为医用放射性同位素生产项目，位于绵阳经济技术开发区产业发展园区内，为国家鼓励类产业，不属于禁止入园行业，不属于绵阳市禁止和限制类行业，项目采用国内外先进的生产技术与生产设备，可达清洁生产二级水平，本项目符合工业重点管控单元普适性管控要求。</p>	符合

环境管控单元编码	环境管控单元名称	管控单元类型	所属县区	管控类别	单元特性管控要求	符合性分析	是否符合
				污染物排放管控	<p>【现有源提标升级改造】 与城镇空间紧邻区域控制发展，避免干扰影响。区域用地以工业用地为主，控制场镇规模，不新增居住、商业、教育、卫生用地。①经开区邻近主城区、塘汛场镇周边工业区域布置无污染或轻污染企业，园区与相邻的主城区、塘汛场镇边界处设置宽度不少于 50m 的隔离带；维持洪恩村拆迁居民安置区现有用地规模，不得扩大；小区周围 100m 范围内调整为园区配套服务用地，该区域除现有企业节能环保改造外，不得新建其他工业项目。对园区职工倒班房仅能作为园区的倒班宿舍，不得作为居民住宅区。化工及其他污染较重企业应尽量远离城区、塘汛场镇、洪恩村拆迁居民安置区等环境保护目标布设，对引入化工等环境敏感的项目在选址及平面布局等方面进行充分论证，确保人居环境质量及环境安全。②农科区现代工业产业园 1 号路及 6 号路间隔相邻的工业区与居住区应该在工业区一侧设置宽 50m 绿化隔离带。-其它同工业重点管控单元普适性管控要求。</p> <p>【新增源等量或倍量替代】 同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>【新增源排放标准限值】 同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>【污染物排放绩效水平准入要求】 同工业重点管控单元普适性管控要求。</p> <p>【其他污染物排放管控要求】 △</p>	<p>本项目为医用放射性同位素生产项目，属于核技术应用产业，不属于化工及其他污染较重企业。项目厂外周边设置有绿化隔离带，项目周围 300m 范围内不涉及居民区。项目运营期主要环境污染物为电离辐射与放射性“三废”，拟采取相应辐射屏蔽和废气废水处理措施，气载流出物、废水排放满足相关要求，放射性固废经分类收集后交有资质单位处置，危险废物收集后交有资质单位处置。项目不使用锅炉或蒸汽发生器，项目新增用水量小，项目产生废水主要为生活污水，经塘汛污水处理厂处理达标后排放，厂区内实施雨污分流，符合管控要</p>	符合

环境管控单元编码	环境管控单元名称	管控单元类型	所属县区	管控类别	单元特性管控要求	符合性分析	是否符合
						求。	
				环境风险防控	<p>【严格管控类农用地管控要求】 同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>【安全利用类农用地管控要求】 同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>【污染地块管控要求】 同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>【园区环境风险防控要求】 同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>【企业环境风险防控要求】 同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>【其他环境风险防控要求】 △</p>	本项目为医用放射性同位素生产项目，位于绵阳经济技术开发区产业发展园区内，项目用地为工业用地，本项目主要为电离辐射影响。经事故影响分析，本项目的辐射事故等级为一般辐射事故，环境风险潜势为 I，不存在重大危险源，环境风险可接受，建设单位拟制定事故应急预案，符合管控要求。	符合
				资源开发利用效率要求	<p>【水资源利用效率要求】 至 2025 园区污水处理厂中水回用率不低于 25%，工业用水重复利用率大于 90%。其他同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>【地下水开采要求】 同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>【能源利用效率要求】 同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>【其他资源利用效率要求】</p>	本项目不属于高耗水行业，项目主要消耗电能，消耗量相对较少，由市政供给，符合管控要求。	符合

环境管控单元编码	环境管控单元名称	管控单元类型	所属县区	管控类别	单元特性管控要求	符合性分析	是否符合
					△		

表 1.2-12 项目与要素管控分区管控要求符合性分析

管控分区编码	管控分区名称	管控区分类	环境要素	要素细类	所属县区	管控类别	管控分区管控要求	符合性分析	是否符合
YS5107042310 001	绵阳经济技术开发区	重点管控区	大气	大气环境高排放重点管控区	绵阳市游仙区	空间布局约束	/	/	/
						污染物排放管控	【现有源提标升级改造】 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）：二级 【新增源等量或倍量替代】 是	本项目为新建项目，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。	符合
						环境风险防控	【严格管控类农用地管控要求】 1、全面淘汰 10 蒸吨小时及以下燃煤锅炉，原则上不再新建 35 蒸吨小时及以下的燃煤锅炉，推进县级及以上城市建成区淘汰 35 蒸吨小时及以下燃煤锅炉，以工业余热、电厂热力、清洁能源等替代煤炭。 2、加快推进火电、钢铁、铸造（含烧结、球团、高炉工序）水泥、焦化行业燃煤锅炉和工业炉窑超低排放改造及深度治理。稳步实施陶瓷、玻璃、铁合金、有色、砖瓦等行业企业深度治理，推进工业炉窑煤改电（气）和低氮燃烧改造。全面加强钢铁、建	本项目为医用放射性同位素生产项目，属于核技术应用产业，主要为电离辐射影响，不使用锅炉或蒸汽发生器，本项目不属于涉高 VOCs 排放的石化、化工等重点行业，本项目涉及 VOCs 物料主要是生产及质检用化学试剂，原料为密闭包装储存，在密闭装置内使用，经通排风系统收集处理后排放。因单次	符合

管控分区编码	管控分区名称	管控区分类	环境要素	要素细类	所属县区	管控类别	管控分区管控要求	符合性分析	是否符合
							<p>材、有色、焦化、铸造重点行业无组织排放治理。生物质锅炉采用专用锅炉，配套布袋等高效除尘设施，禁止掺烧煤炭、垃圾等其他物料。</p> <p>【企业环境风险防控要求】 加快实施低 VOCs 含量原辅材料替代。持续开展 VOCs 治理设施提级增效，对采用单一低温等离子、光氧化、光催化以及非水溶性 VOCs 废气采用单一喷淋吸收等治理技术且无法稳定达标的，加快推进升级改造。强化 VOCs 无组织排放整治。石化、化工等行业加强非正常工况废气排放管控。推进涉 VOCs 产业集群治理提升</p>	用量较少，因此其产生量也较少，同时经过滤器过滤后其排放量较小。	
						资源开发利用效率要求	/	/	/
YS5107032540 001	涪城区高污染燃料禁燃	重点管控区	自然资源	高污染燃料禁燃区	绵阳市涪城区	空间布局约束	【禁止开发建设活动的要求】 坚决遏制“两高一低”项目盲目发展。	本项目不属于“两高一低”项目。	符合
						污染物排放管控	/	/	/
						环境风险	【园区环境风险防控要求】	本项目主要消耗电能，消耗	符合

管控分区编码	管控分区名称	管控区分类	环境要素	要素细类	所属县区	管控类别	管控分区管控要求	符合性分析	是否符合
	区					防控	能源消耗、污染物排放不得超过能源利用上线控制性指标。	量相对较少,由市政供给,项目用电不会触及区域资源利用上线。	
						资源开发利用效率要求	/	/	/
YS5107032550 001	涪城区自然资源重点管控区	重点管控区	自然资源	自然资源重点管控区	绵阳市涪城区	空间布局约束	/	/	/
						污染物排放管控	/	/	/
						环境风险防控	【园区环境风险防控要求】 能源消耗、污染物排放不得超过能源利用上线控制性指标。	本项目主要消耗电能,消耗量相对较少,由市政供给,项目用电不会触及区域资源利用上线。	符合
						资源开发利用效率要求	/	/	/
YS5107032210 004	涪江-涪城区-丰谷-控	重点管控区	水	水环境工业污染重	绵阳市涪城区	空间布局约束	【限制开发建设活动的要求】 严控磷铵、黄磷等产业违规新增产能。加快退出不符合产业政策和环保要求、不满足安全生产条件的涉磷企业。	本项目磷铵、黄磷等产业,本项目生产及质检原辅材料涉及少量磷酸,废水污染物涉及总磷的排放,能够满足《污	符合

管控分区编码	管控分区名称	管控区分类	环境要素	要素细类	所属县区	管控类别	管控分区管控要求	符合性分析	是否符合
	制单元			点管控区				水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准和《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T31962-2015) B 级标准。	
						污染物排放管控	<p>【新增源等量或倍量替代】</p> <p>1、深入实施工业企业污水处理设施升级改造，全面实现工业废水达标排放。2、强化工业集聚区污水治理，推进工业污水集中处理设施及配套收集系统建设与提标升级改造，大力推进现有污水收集、处理设施问题排查及整治；完善园区及企业雨污分流系统，全面推进医药、化工等行业初期雨水收集处理，推动有条件的园区实施入园企业“一企一管、明管输送、实时监测”。3、化工园区应按照分类收集，分质处理的要求，配备专业化工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，化工生产废水纳管率达到100%；入河排污口设置应符合相关规定。4、加强工业园区集中污水处理设施运行监管，加强企业废水预处理和排水管理，鼓励纳管企业与园区污水处理厂运营单位通过签订委托处理合</p>	项目新增用水量小，项目产生废水主要为生活污水。少量放射性废水经暂存衰变并经检测达解控标准后，和非放射性生产废水、生活污水一起经厂房东侧沉砂格栅池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)中一级 A 标准后经木龙河排入涪江。厂区内实施雨污分流，符合管控要求。	符合

管控分区编码	管控分区名称	管控区分类	环境要素	要素细类	所属县区	管控类别	管控分区管控要求	符合性分析	是否符合
							同等方式协同处理废水。5、加强新化学物质环境管理，严格执行《新化学物质环境管理登记办法》，落实企业新化学物质环境风险防控主体责任。落实国家《优先控制化学品名录（第一批）》《优先控制化学品名录（第二批）》《重点管控新污染物清单（2023年版）》环境风险管控措施。		
						环境风险防控	/	/	/
						资源开发利用效率要求	/	/	/
YS5107032530 001	涪城区城镇开发边界	重点管控区	自然资源	土地资源重点管控区	绵阳市涪城区	空间布局约束	<p>【禁止开发建设活动的要求】</p> <p>1.以城镇开发建设现状为基础，综合考虑资源承载能力、人口分布、经济布局、城乡统筹、城镇无序蔓延。科学预留一定比例的留白区，为未来发展留有开发空间。城镇建设和发展不得违法违规侵占河道、湖面、滩地。2.城镇开发边界调整报国土空间规划原审批机关审批。</p>	本项目位于绵阳经济技术开发区产业发展园内，项目用地为自有存量土地，无新增用地，项目周边主要为工业用地及居住用地，布局合理。	符合
						污染物排放管控	/	/	/

管控分区编码	管控分区名称	管控区分类	环境要素	要素细类	所属县区	管控类别	管控分区管控要求	符合性分析	是否符合
						环境风险防控	【园区环境风险防控要求】 能源消耗、污染物排放不得超过能源利用上线控制性指标。	本项目主要消耗电能，消耗量相对较少，由市政供给，项目用电不会触及区域资源利用上线。	符合
						资源开发利用效率要求	/	/	/
YS5107033110 001	涪城区其他区域	一般管控区	生态	一般管控区	绵阳市涪城区	空间布局约束	/	/	/
						污染物排放管控	/	/	/
						环境风险防控	/	/	/
						资源开发利用效率要求	/	/	/

1.2.7 项目外环境关系与选址合理性分析

1.2.7.1 外环境关系

本项目地处绵阳经济技术开发区产业发展园区。根据现场调查，本项目所在地目前为待建空地，本项目阵列工厂厂房北侧为三江大道，厂房北侧约 112m 为绵阳华丰科技股份有限公司（光/电连接器、线缆组件研发生产）、东北侧约 168m 为绵阳海立电气有限公司（空调压缩机研发、制造），东侧为文武路，厂房东侧约 141m 为绵阳艾萨斯电子材料有限公司（电子湿化学品研发生产），厂房南侧约 15m 为四川玖谊源粒子科技有限公司（建设单位母公司，高端核医疗设备研发生产），厂房西侧约 20m 为绵阳苏科产业园开发有限公司（目前为空地）。

本项目 500m 范围内主要为道路、园区企业和空地，居民住宅包括西南侧约 303m 的长虹橡树郡小区、西南侧约 458m 的塘汛 501 小区、东北侧约 420m 的长虹锦绣华庭小区、东南侧约 380m 的三元社区居民点。

本项目 3km 辐射环境影响评价范围为经开区塘汛街道、涪城区（石塘街道、吴家镇、杨家镇）、游仙区小观镇。

1.2.7.2 选址合理性分析

本项目为医用放射性同位素生产项目，不属于绵阳经济技术开发区产业发展园区的主导产业，但属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家当前产业发展政策，且本项目不属于禁止入园行业，因此符合属于绵阳经济技术开发区产业发展园区规划，同时本项目已在绵阳经济技术开发区经济发展局备案（备案号：川投资备【2506-510796-04-01-492483】FGQB-0123 号）。

由项目外环境关系分析可知，本项目相邻外环境主要是园区内的其他企业、道路和空地，与本项目之间不存在因污染物排放而相互影响，项目建设与周边环境具有相容性。

距离本项目最近的居民住宅为西南侧约 303m 的长虹橡树郡小区，该处环境敏感目标距离本项目较远，中间间隔了空地、道路，且项目拟建的辐射工作场所设计有良好的实体屏蔽设施和辐射防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和周边公众造成的有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值和本报告书提出的剂量约束值管理要求，因此对本项目的建设无

明显环境制约。

项目拟建地基础设施较完善，项目产生的放射性废水经衰变检测达标后和生活污水等非放射性废水一起经厂房东侧沉砂格栅池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后经木龙河排入涪江。

因此，从辐射安全防护和环境保护角度分析，项目的选址是合理的。

1.2.8 原有项目环保手续履行情况

本项目为新建，建设单位为四川启源同位素科技有限公司，本次为首次环评，项目拟建地此前未涉及相关辐射活动，不存在原有核技术利用情况和辐射污染问题。

1.3 编制依据

1.3.1 国家相关法律

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起实施；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日起实施；
- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施；
- (4) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018 年 10 月 26 日起实施；
- (5) 《中华人民共和国水污染防治法》，2018 年 1 月 1 日起实施；
- (6) 《中华人民共和国噪声污染防治法》，2022 年 6 月 5 日起实施；
- (7) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日起实施；
- (8) 《中华人民共和国原子能法》，2026 年 1 月 15 日起实施。

1.3.2 国家相关行政法规、条例

- (1) 《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，2019 年 3 月 2 日起施行）；
- (2) 《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起施行）；
- (3) 《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号，2011 年 12 月 20 日起施行）；
- (4) 《放射性物品运输安全管理条例》（国务院令第 562 号，2010 年 1 月 1 日起施行）；
- (5) 《危险化学品安全管理条例》（国务院令第 645 号，2013 年 12 月 7 日起

施行)；

(6) 《放射性药品管理办法》(国务院令第 25 号, 2022 年修订, 2022 年 5 月 1 日起施行)。

1.3.3 部门规章、规范性文件

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

(2) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年, 国家环境保护总局令第 31 号, 2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改, 2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改, 2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改, 2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改)；

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

(4) 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号, 2024 年 2 月 1 日起施行)；

(5) 《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》(公告 2017 年第 65 号, 2018 年 1 月 1 日起施行)；

(6) 《放射性物品分类和名录(试行)》(公告 2010 年第 31 号, 2010 年 3 月 18 日起施行)；

(7) 《国家危险废物名录(2025 年版)》(生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第 36 号公布, 自 2025 年 1 月 1 日起施行)；

(8) 《环境保护部办公厅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)；

(9) 《放射性物品运输安全监督管理办法》(环保部令第 38 号, 2016 年 5 月 1 日起施行)；

(10) 《放射性物品道路运输管理规定(2016 年修正版)》(交通运输部令 2016 年第 71 号, 2016 年 9 月 2 日起施行)；

(11) 《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)；

(12) 《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）；

（13）《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，2020年1月1日起实施）。

1.3.4 地方环境法规和政府规章文件

（1）《四川省环境保护条例》（四川省第十二届人民代表大会常务委员会第三十六次会议通过）；

（2）《四川省辐射污染防治条例》（四川省第十二届人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过）；

（3）《四川省环境保护厅关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知》（川环办〔2010〕49号），2010年3月29日实施；

（4）《绵阳市人民政府办公室关于加强生态环境分区管控的通知》（绵府办函〔2024〕42号）。

1.3.5 技术规范和标准

1.3.5.1 放射性相关技术规范和标准

- （1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- （2）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；
- （3）《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；
- （4）《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB5172-2025）；
- （5）《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）；
- （6）《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
- （7）《低、中水平放射性固体废物包安全标准》（GB12711-2018）；
- （8）《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB11928-1989）；
- （9）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- （10）《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；
- （11）《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）；
- （12）《放射性物质运输包装质量保证》（GB/T15219-2009）；
- （13）《超导回旋质子加速器辐射屏蔽规范》（GB/T39325-2020）；
- （14）《15MeV~30MeV 可变能量强流质子回旋加速器》（GB/T34128-2017）；
- （15）《核安全导则 核技术利用放射性废物最小化》（HAD401/11-2020）；

- (16) 《核技术利用设施退役》（HAD401/14-2021）；
- (17) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；
- (18) 《职业性内照射个人监测规范》（GBZ129-2016）；
- (19) 《开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范》（EJ380-1989）；
- (20) 《粒子加速器工程设施辐射防护设计规范》（EJ346-88）；
- (21) 《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WS/T613-2018）；
- (22) 《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》（T/CIRA5-2019）。

1.3.5.2 非放射性相关技术规范和标准

- (1) 《环境空气质量标准》（GB3095-2026）；
- (2) 《声环境质量标准》(GB3096-2008)；
- (3) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- (4) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- (5) 《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）；
- (6) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- (7) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；
- (8) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB 18599-2020)；
- (9) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
- (10) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- (11) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；
- (12) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- (13) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- (14) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；
- (15) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；
- (16) 《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）；
- (17) 《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）；
- (18) 《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB51/2682-2020）；
- (19) 《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》（DB51/2377-2017）。

1.3.6 参考资料

- (1) 《生态环境部（国家核安全局）核技术利用监督检查技术程序》（2020年发布版）；

(2) 《四川省生态环境厅关于印发〈四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)〉》(川环函〔2025〕616号)；

(3) 《四川省生态环境厅关于印发〈核医疗项目入园落地开展前期环境影响评价工作指引〉的函》(川环函〔2025〕760号)；

1.4 评价标准

1.4.1 环境质量标准

(1) 环境空气

项目所在地属于《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中的环境空气质量二类功能区,常规污染物SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、CO、O₃执行《环境空气质量标准》(GB3095-2026)二级标准。大气环境质量指标详见表1.4-1。

表 1.4-1 大气环境质量标准

污染物	过渡阶段浓度限值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			浓度限值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			依据
	1小时 平均	日平均	年平均	1小时 平均	日平均	年平均	
SO ₂	500	150	60	150	50	20	《环境空气质量标准》(GB3095-2026)二级,其中过渡阶段是从2026年3月1日起至2030年12月31日
NO ₂	200	80	40	200	50	30	
PM ₁₀	/	120	60	/	100	50	
PM _{2.5}	/	60	30	/	50	25	
CO	10000	4000	/	10000	4000	/	
O ₃	200	160(日 最大8小时 平均)	/	200	160(日 最大8小时 平均)	/	
TSP	/	300	200	/	300	200	
NO _x	250	100	50	250	70	40	

(2) 地表水

本项目废水经园区污水管网收集后排入塘汛污水处理厂,处理达标后排入涪江。本项目所在涪江河段属于III类水体,执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中III类标准。主要指标见表1.4-2。

表 1.4-2 地表水环境质量评价标准

指标	标准值	依据
pH（无量纲）	6~9	《地表水环境质量标准》 (GB3838-2002) III类标准
高锰酸盐指数	≤6mg/L	
BOD ₅	≤4mg/L	
COD	≤20mg/L	
NH ₃ -N	≤1.0mg/L	

(3) 地下水

地下水环境执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准，地下水总 $\alpha \leq 0.5\text{Bq/L}$ ，总 $\beta \leq 1.0\text{Bq/L}$ 。

(4) 土壤环境

土壤环境评价标准执行《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地筛选值；未列入 GB 36600-2018 中的污染物项目，执行《四川省建设用地土壤污染风险管控标准》（DB51 2978-2023）中第二类用地筛选值。

(5) 声环境

本项目位于工业园区，属于《声环境质量标准》（GB3096-2008）中划定的 3 类区域，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类标准，交通干线两侧执行 4a 类标准。本项目厂区北侧厂界位于交通干线三江大道（属于交通干线中的“城市主干路”）红线南侧 23m，项目厂区东侧厂界位于交通干线文武路（属于交通干线中的“城市次干路”）红线西侧 8m。根据《绵阳市人民政府关于印发〈绵阳市声环境功能区划方案〉的通知》（绵府发〔2019〕28 号），三江大道（绵州大道以西）红线两侧 25m 内、文武路红线两侧 25m 内执行 4a 类标准。

因此项目拟建地所在厂区北侧和东侧处于 4a 类控制范围的区域，执行 4a 类标准，其他区域执行 3 类标准，详见表 1.4-3。

表 1.4-3 环境噪声限值

适用区域	标准值（Leq: dB (A)）		依据
	昼间	夜间	
3 类	65	55	《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 3 类标准
4a 类	70	55	《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 4a 类标准

1.4.2 污染物排放标准

(1) 大气污染物

施工期扬尘排放执行《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB51/2682-2020)相关要求;运营期总挥发性有机物(TVOC)排放执行《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》(DB51/2377-2017)表5要求。

表 1.4-4 大气污染物排放标准限值

污染物		排放浓度		执行标准
施工期	TSP	土方开挖/土方回填阶段	600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB51/2682-2020)
		其他工程阶段	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
运营期	VOCs	2.0 mg/m^3		《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》(DB51/2377-2017)表5中其他(无组织排放)

(2) 水污染物

本项目施工期和运营期废水不直接排入环境水体。

本项目废水经厂房东侧沉砂格栅池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理,出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)中一级A标准后经木龙河排入涪江(木龙河为涪江一级支流)。本项目废水执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准和《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T31962-2015)B级标准,详见表 1.4-5。

表 1.4-5 废水排放标准限值

类别	污染物	最高允许排放浓度	依据	
第一类污染物 (车间排放口) ^①	总 β 放射性	10Bq/L	《污水综合排放标准》(GB8978-1996)表1	
第二类 污染物 (厂区 排放 口)	排入塘汛 污水处理 厂	pH	6~9(无量纲)	《污水综合排放标准》(GB8978-1996)表4中第二类污染物最高允许排放浓度中三级标准
		COD	500 mg/L	
		BOD ₅	300 mg/L	
		悬浮物	400 mg/L	《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T31962-2015)表1中B级标准
		氨氮	45 mg/L	
		总磷	8 mg/L	
	总氮	70 mg/L		

注:①本项目车间排放口指:放射性废水衰变池排放口。

(3) 噪声

项目施工期噪声排放执行《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025),运营期执

行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008），具体指标详见表 1.4-6。

表 1.4-6 噪声排放标准

阶段	噪声限值 (Leq: dB (A))		依据	备注
	昼间	夜间		
施工期	70	55	《建筑施工噪声排放标准》 (GB12523-2025)	/
运营期	65	55	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准	厂区南侧、西侧厂界
运营期	70	55	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）4类标准	厂区北侧、东侧厂界

(4) 固体废物

一般工业固体废物执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

1.4.3 电离辐射相关标准

1.4.3.1 个人剂量控制

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的相关标准：

(1) **职业照射**：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 B 剂量限值：应对任何工作人员的职业水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv。

根据辐射防护最优化的原则，结合本项目实际情况，本环评确定项目职业照射年有效剂量约束值按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）职业照射剂量限值 20mSv 的四分之一执行，即 5mSv/a。

(2) **公众照射**：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B 剂量限值：实践使公众中有关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。

根据辐射防护最优化的原则，结合本项目实际情况，本环评确定公众照射年有效剂量约束值按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）公众照射剂量限值的十分之一执行，即 0.1mSv/a。

1.4.3.2 剂量率水平控制限值

参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号）《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）

和《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》(T/CIRA-2019)中关于工作场所屏蔽要求,本次评价以从严为原则,确定本项目剂量率控制目标值如下:

(1) 热室工作箱、手套箱、通风橱外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$; 距非密封放射性物质辐射工作场所各控制区内房间墙体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域(人员居留因子 $<1/2$), 其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 加速器主机厅、靶室、大厅墙体及屋顶等屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。BNCT 主机厅、测试间防护门、墙体及屋顶等屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

1.4.3.3 放射性表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定,工作人员的衣物、体表及工作场所的设备、工具、地面等放射性表面污染控制水平见表 1.4-7。

表 1.4-7 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		α 放射性物质 (Bq/cm^2)		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(该区内的高污染子区除外)	4	4×10	4×10
	监督区	4×10^{-1}	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10^{-1}	4×10^{-1}	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-2}	4×10^{-2}	4×10^{-1}

1.4.3.4 放射性废水

(1) 放射性活度浓度控制标准

总 α 、总 β 属于一类污染物,根据《污水综合排放标准》(GB8978-1996)规定,车间内废水排放限值:总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ 。

(2) 放射性排放总量控制

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002),放射性废水经审管部门确认后,可直接排入流量大于 10 倍排放注量的普通下水道,并应对每次排放做好记录。其排放标准为:每月排放的总活度不超过 $10\text{ALI}_{\text{min}}$ (ALI_{min} 是相应于职

业照射的食入和吸入 ALI 值的较小者)，每次排放活度不超过 $1ALI_{min}$ ，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

本项目射线装置检修过程排放的冷却水主要来源于高能中子引起水中 ^{16}O 的散裂反应而产生的核素：氚（12.33a）、碳-11（20.39min）、氧-15（2.03min）、氮-13（10min），其中核素碳-11、氮-13、氧-15 半衰期较短，放射性废水排放时均已衰变殆尽，不会对周围环境造成影响，本次主要考虑氚。经计算，氚的 $1ALI_{min}$ 值取 $1.11 \times 10^9 Bq$ 。

1.4.3.5 放射性固体废物清洁解控水平

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），本项目放射性固体废物申请解控应满足下列要求：

①所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物暂存时间超过30天、所含核素半衰期大于24小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的10倍、含碘-131核素的放射性固体废物暂存超过180天；②经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平；③ α 表面沾污小于 $0.08 Bq/cm^2$ ， β 表面污染小于 $0.8 Bq/cm^2$ 。

不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 $0.1 mSv/h$ ，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于 $4 Bq/cm^2$ 、其他 α 发射体应小于 $0.4 Bq/cm^2$ 。

1.5 评价范围和保护目标

1.5.1 评价等级

1.5.1.1 大气（非放射性）环境评价等级

本项目营运期大气污染物包含放射性气载流出物和非放射类大气污染物（TVOC、挥发性酸雾）。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），放射性气载流出物主要评价其所致项目周围关注点人员所受最大年有效剂量是否满足确定的剂量管理约束值；对于非放射类大气污染物，需依据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）进行评价工作分级判定。根据污染源项分析，项目营运期使用有机试剂、酸性试剂，单次用量和年用量均较少，产生的 TVOC、挥发性酸雾产生量也较小，同时经过高效/活性炭过滤器过滤后其排放量较小，影响程度和影响范围有限，因此定性分析，不再进行评价等级判

定。

1.5.1.2 地表水环境评价等级

本项目产生的废水主要为工作人员产生的生活污水、非放射性生产废水（洗衣废水、洁具清洁废水、非放材料清洗废水和纯水制备废水）和放射性生产废水，水质复杂程度为简单。

本项目放射性生产废水包括冷却废水、应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水，经暂存衰变且检测达标（冷却废水氡单次排放活度小于 $1ALI_{\min}$ 值 $1.11 \times 10^9 \text{Bq}$ 、总 $\beta \leq 10 \text{Bq/L}$ ，应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水总 $\alpha \leq 1 \text{Bq/L}$ 、总 $\beta \leq 10 \text{Bq/L}$ ）后，与生活污水、非放射性生产废水（洗衣废水、洁具清洁废水、非放材料清洗废水、纯水制备废水）一起经厂房东侧沉砂格栅池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后经木龙河排入涪江。本项目排放废水水质简单，主要为场所和设备卫生清洁废水，以及清洁下水，与生活污水水质相近，能达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准和《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）B 级标准。

本项目排放的废水对地表水环境影响较小，为间接排放。涪江评价河段属于Ⅲ类水域，塘汛污水处理厂排污口下游 10km 河段无集中式饮用水取水功能。根据《2025 年绵阳市环境质量状况年报》，涪江的丰谷渡口、华严寺、龙门监测断面年度监测平均类别为Ⅱ类，地表水水体达标。

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）评价工作等级划分原则与方法，本项目的地表水环境影响评价工作等级定为三级 B，可不进行地表水环境影响预测，仅对项目废水纳管可行性进行分析。

1.5.1.3 声环境评价等级

本项目位于工业园区区域内、交通干线三江大道南侧、交通干线文武路西侧，属于 3 类及 4 类声环境功能区，运营期主要噪声源为净化空调和排风机等，项目建设前后评价范围内声环境保护目标噪声级增量在 3dB（A）以下[不含 3dB（A）]，且受影响人口数量变化不大，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021），评级等级确定为三级。

1.5.1.4 地下水环境评价等级

根据《建设项目环境影响评价分类管理目录（2021 版）》（生态环境部令 16

号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目”，对照《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）附录 A，未提及本项目所属行业，评价参考附录 A 中“M 医药”中“单纯药品分装、复配”行业分类，属于 IV 类建设项目，本项目位于工业园区内，项目用水来源于市政管网，项目所在区域无集中式饮用水源地、特殊地下水资源保护区以及分散式居民饮用水水源等环境敏感区，地下水敏感程度为不敏感，本项目不需要开展地下水环境影响评价。

1.5.1.5 土壤环境评价等级

本项目属于核与辐射类建设项目，不适用于《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）。由于本项目产生的各类污染物排放量很小，并且采用了严格的分区防渗措施，所以本项目对土壤环境的影响很小，本项目所处区域土壤环境不敏感，参考《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）评价等级的判定，本项目可不开展土壤环境影响评价工作。

1.5.2 评价范围

1.5.2.1 声环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）相关规定，本次声环境影响评价工作等级为三级，声环境评价范围为建设项目厂界 200m 范围内。

1.5.2.2 辐射环境评价范围

本项目为医用放射性同位素生产项目，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016），电离辐射评价范围为以辐射工作场所实体边界（保守以本项目厂房边界）为中心，半径 3km 的范围。

1.5.3 环境保护目标

本项目选址在四川省绵阳市的绵阳经济技术开发区产业发展园区内，本项目周围主要是其他工业企业、道路和空地。

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）中对于声敏感目标的定义：“指医院、学校、机关、科研单位、住宅、自然保护区等对噪声敏感建筑物或区域。”本项目声环境评价范围（200m）均为其他工业企业、道路和空地，不列入声环境敏感目标。

本项目 3km 辐射环境评价范围内主要有：（1）厂界内；（2）厂界外的塘汛街道、涪城区（石塘街道、吴家镇、杨家镇）、游仙区小观镇。

主要环境保护目标详见表 1.5-1。

表 1.5-1 主要环境保护目标一览表

环境要素	方位	保护目标	最近距离(m)	人数(人)	备注	
辐射环境 (半径3km 评价范围)	本项目厂区内		射线装置区、非密封放射性物质 工作场所工作人员、BNCT 建造 调试和维修维保人员	0.5	57	职业
			门卫	20	2	公众
	厂区外 0~500m (属于经开区塘汛 街道)	东侧(企业)	绵阳艾萨斯电子材料有限公司	141	约 117	公众
		东侧(企业)	绵阳市金华洋电器制造有限公司	237	约 56	公众
		东侧(企业)	四川卓越信创科技有限责任公司	343	约 30	公众
		东侧(企业)	四川金达诺科技有限公司 (目前为空地)	422	流动人群	公众
		东南侧 (居民住宅)	三元社区居民点	380	约 3000	公众
		南侧(企业)	四川玖谊源粒子科技有限公司	15	约 120	公众
		南侧(企业)	绵阳宏发一海机电制造有限公司	150	约 50	公众
		南侧(企业)	四川中科经永投资发展集团有限 公司(在建)	350	流动人群	公众
		西南侧 (工业用地)	空地	150	流动人群	公众
		西南侧 (居民住宅)	塘汛 501 小区	458	约 900	公众
		西侧(企业)	绵阳苏科产业园开发有限公司 (目前为空地)	20	流动人群	公众
		西南侧 (居民住宅)	长虹橡树郡小区	303	约 7000	公众
		西侧(企业)	四川长虹电源股份有限公司	290	约 900	公众
		西北侧(企业)	四川长虹空调有限公司	306	约 2200	公众
		北侧(企业)	绵阳华丰科技股份有限公司	112	约 2100	公众
		北侧(企业)	四川长虹电器股份有限公司 (在建)	275	流动人群	公众
		东北侧(企业)	绵阳海立电气有限公司	168	约 200	公众
		东北侧 (居民住宅)	长虹锦绣华庭小区	420	约 3000	公众

环境要素	方位	保护目标	最近距离 (m)	人数 (人)	备注
厂区外 500~3km	北侧（企业）	经开区塘汛街道：长虹 pdp 工业园、绵投、富达、金喜鹤、烟草公司、顺洁、东虹、辉众、恒信磁材、柏瑞、通力、莱斯豪、波鸿实业、同立、南鑫二手车交易市场、才灵、创能科技、水务集团普润供水公司、科发长泰、德力西集团、华晨瑞安、福特继电器、富临精工、长和科技、金兴建材市场等	525	约 20000	公众
	北侧（居民住宅学校等）	经开区塘汛街道：长虹经开区宿舍、中梁壹号院小区、群文街 248 号院、绵阳经开区实验小学、鸿越瑞樾小区、涪滨印象小区、粼江云境小区、神州南都小区、博雅海润广场小区、嘉来·板桥小区、昱鑫居小区、三江国际丽城·澜岸小区、南城公园世家幸福里小区、红星小区、晶蓝湖小区、三汇·四季公园小区、四川文化艺术学院绵阳校区、东原华宇·朗阔小区、恒大翡翠龙庭小区、恒大翡翠华庭小区等	502	约 70000	公众
	东侧（企业）	经开区塘汛街道：大盛禽畜、奥星日化、雪宝乳业、金象机械、富邦物流园、中联机器制造、天旋气门、兴绵建设、九星制冷、长凡科技、蜀旺、吉瑞电子、兴盛电子、乔亚斯、鑫涪州电缆、长茂、利尔美、奥美特塑料、金润、孟林能源、力源、泰源、新康实业、三里包装、金洋实业等	808	约 1500	公众
	东侧（居民住宅学校医院等）	经开区塘汛街道：邦泰臻境小区、和光璟樾小区、群文小区、银杏树幼儿园、南庭御景小区、丽都花漾年小区、恒晖阳光小区、瑞祥居、	534	约 85000	公众

环境要素	方位	保护目标	最近距离(m)	人数(人)	备注
		同立悦城小区、博艺文化艺术学校、福泽源小区、自由心岸小区、南城誉峰小区、公交南耀府小区、三元社区居民点、世纪阳光幼儿园、金科童程幼儿园、万达广场、万达华府小区、万达·观澜小区、万达天澜小区、璟上江澜小区、九洲三江屿小区、绵阳三江医院、璟上江澜澜庭小区(在建)、中玮海润城小区、绵阳经开区三江启航小学、沿涪社区居民点、西城·君悦华府小区、中恒翰林府小区、绵阳市少年宫君悦华府幼儿园、福阳广场、卓信金楠天街小区、金和天府小区、斯坦福绵阳幼儿园、富临·江山天宸小区、恒大翡翠湾小区、中心社区居民点、新星幼儿园、云境浣溪台小区等			
	东侧(居民住宅学校等)	游仙区小观镇: 大发朗诗江屿湾小区、绵州水郡·玖玺洲小区、绵州水郡·源峯小区、富临绵州水郡小区、领地兰台府小区、华宇锦绣玺岸小区、阳光城江山悦小区、富乐第二中学等	2370	约 8000	公众
	南侧(企业)	经开区塘汛街道: 中缝重工、瑞可达、蓝奥机器、骏玛、通潮精密、中三市场、正阳科技、方大水泥、黄河电子、虹源科技、中科云通等	740	1500	公众
	南侧(居民住宅学校医院等)	经开区塘汛街道: 塘汛小学、城南星河印象小区、南山中学新校区、绵阳博美实验高级中学、圣菲实验幼儿园、圣菲实验幼儿园、友谊社区居民点、群丰小区、九九佳园小区、经开区保障住房(友谊公租房)、中心社区居民点、金广村居	1350	约 25000	公众

环境要素	方位	保护目标	最近距离(m)	人数(人)	备注
		民点、绵阳十一中、高兴瑞璟小区、鼎盛花园小区、绵阳经开综合医院、学府花苑小区、兴塘小区、绵阳师范学院继续教育中心等			
	西侧(企业)	经开区塘汛街道: 经开区电子制造产业园、积家工业园、西金科技、西金科技、豫中卓龙二手车市场、西望达(原重业齿轮)、科发、卓龙金属、欧意达、先进制造业服务中心、经开区政务服务中心、华晨瑞安、智慧家庭产业园、二手车智慧市场、绵阳晨龙混凝土有限公司等	880	约 5000	公众
	西侧(居民住宅学校医院等)	经开区塘汛街道: 塘汛公租房、橡树郡幼儿园、桃园社区居民点、绵阳肾病医院、万为玺园小区、桃李苑小区、城南壹号小区、南区花园小区、文武路幼儿园、南区花园双语蓓蕾幼儿园、科发泰升府小区、锦鹿少儿森林自然教育基地等	580	约 20000	公众
	西侧(企业居民住宅等)	涪城区吴家镇: 四川龙华光电薄膜股份有限公司新厂、绵阳皓华光电科技有限公司、中国水环境集团、零散农户(约 10 户)等	2220	约 700	公众
	西侧(企业居民住宅等)	涪城区石塘街道: 南郊机场、范家村第七组居民点、绵阳惠科显示科技有限公司、康宁显示科技(绵阳)有限公司、示润智慧显示产业园、中南高科·湾城智能电子产业园、龙泰钢构城等	2170	约 3000	公众
	西侧(企业居民住宅等)	涪城区杨市镇: 绵阳市公共卫生医疗中心(城南院区)、龚平轮胎经营部、零散农户(约 7 户)等	2300	约 350	公众
地表水环境	涪江	项目厂界外东侧约 1.7km, 自北向南流		GB3838-2002III类标准	纳污水体

第二章 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

绵阳市位于四川盆地西北部，涪江中上游地带，东邻广元市青川县、剑阁县和南充市南部县、西充县；南接遂宁市射洪市、大英县；西邻德阳市罗江区、中江县、绵竹市；西北与阿坝藏族羌族自治州的九寨沟县、松潘县、茂县和甘肃省陇南市文县接壤。介于东经 103°45'~105°43'、北纬 30°42'~33°02'之间，呈西北—东南向狭长带状，东西最宽约 187km，南北最长约 256km，总面积 20248.4km²。

本项目位于绵阳经济技术开发区产业发展园区内。

2.1.2 地质地貌

绵阳市境主要地质构造类型有摩天岭东西向褶皱带、龙门山北东向构造带和旋扭构造三类。在摩天岭东西向褶皱带上主要有青溪大断裂、营坪断裂和虎牙断裂三个断裂构造。而龙门山北东向构造带位于四川盆地西北侧，全长 450km。在龙门山北东向大断层中，区域性大断层有江油——灌县大断层、北川——映秀深断裂带、青溪大断层。其中北川——映秀深断裂带北起广元茶坝以南，南达泸定县一带，其间穿过彭灌——九里岗复式背斜东南侧，宝兴复式背斜西北侧，长达 400 余 km。总体作北东 40 度延伸。这一断裂可分为南北两段，市境为北段称北川大断裂，南段称为映秀断裂或中碓铺断裂带，发生于龙门山台缘褶皱带内。北川断裂带走向北东 40 度左右，倾向北西，倾角 50 度-70 度，在北川羌族自治县显示最清楚，由北川向东北延伸，在曲山至邓家渡一段的湔江东南岸可见到断层三角面。再向北东延伸入平武南坝一带，即称南坝大断层。

绵阳市域以江油大断裂为界，分跨我国两个一级构造单元。地势北高南低，高差悬殊大，地貌类型多，海拔在 302.7~5400m 之间。土地类型按地貌分为平原、丘陵和山地，平原占 18.6%、丘陵占 20.4%、山地占 61%。西北部面对四川盆地的首列山脉为东北西南向的龙门山脉，海拔 1000~3000 多 m；其西面的岷山山脉和北面的摩天岭山脉，海拔多在 3000m 以上。最高点为平武县与松潘县接壤的岷山山脉第二峰，海拔高达 5440m。东南部属四川盆地盆中丘陵，一般海拔 400~600m，最低点位于三台县建中乡郪江河谷短沟口，海拔 307.2m。市境南北约 300km 距离内，最高点与

最低点高差达 5092.8m。绵阳市区平均海拔 700m。

本项目拟建地属于涪江冲洪积一级阶地地貌，场地较平坦开阔。

2.1.3 地层结构、地震

2.1.3.1 地层结构

经工程地质测绘、调查，勘探深度范围内，场地地层从上至下依次为：第四系全新统人工填土层（ $Q4^{ml}$ ）、第四系全新统冲洪积层（ $Q4^{al+pl}$ ）。地层岩性分述如下：

（1）第四系全新统人工填土层（ $Q4^{ml}$ ）

①素填土：灰褐色为主，局部杂色，多松散状，稍湿，主要物质成分为粉土和粉质粘土，偶夹少量碎砖块等建筑垃圾，局部含卵石较集中，硬质含量约 10%，填土填筑时间约为 1~2 年，尚未完成自重固结。该层在场地内广泛分布，本次勘察揭露层厚 0.7~2.5m。

（2）第四系全新统冲洪积层（ $Q4^{al+pl}$ ）

②粉土：灰黄色、灰褐色，灰褐色，稍湿~湿，松散~稍密，干强度低，无摇晃反应，局部可见铁锰质结核，局部含少量粉砂，无光泽反应，干强度低，韧性低，以粉粒为主，局部含细砂较多。该层场地内广泛分布，本次揭露层厚 0.5~5.6m。

③细砂：灰黄色、灰色，湿~饱和，主要矿物成分为石英和长石，松散为主。该层主要分布在卵石层上部，局部尖灭，局部呈透镜体状分布于卵石层中，本次勘察揭露层厚 0.5~4.1m。

④卵石：灰色，饱和，卵石含量约 55%~75%，粒径 2~20cm，圆砾含量约 5%~15%，粒径 0.2~2cm，母岩成分以石英砂岩、花岗岩为主，呈亚圆状，局部扁平状，级配良好，充填物以中细砂为主。

通过超重型动力触探击数，按密实程度将卵石层分为稍密卵石、中密卵石、密实卵石 3 个亚层：

④稍密卵石：青灰色、黄灰色，饱和，稍密，呈亚圆状，卵石含量约 55~60%，粒径一般为 2~12cm，最大粒径为 15cm，颗粒级配一般，分选性一般，主要矿物为石英、长石及云母，充填有圆砾、中细砂等，局部含有少量漂石。主要呈层分布，分布层厚 0.7~3.1m。N120 修正击数一般为 2.3~8.2 击/10cm，平均 4.8 击/10cm。

④中密卵石：青灰色、黄灰色，饱和，中密，呈亚圆状，卵石含量约 60~70%，粒径一般为 2~15cm，最大粒径为 20cm，颗粒级配一般，分选性一般，主要矿物为石英、长石及云母，充填有圆砾、中细砂等，局部含有漂石。主要呈层分布，本次揭露

层厚 1.7~6.7m。N120 修正击数一般为 5.6~11.3 击/10cm，平均 8.2 击/10cm。

④密实卵石：青灰色、黄灰色，饱和，中密，呈亚圆状，卵石含量约 70%，粒径一般为 2~18cm，最大粒径超过 20cm，颗粒级配一般，分选性一般，主要矿物为石英、长石及云母，充填有圆砾、中细砂等，局部含有漂石。主要呈层分布，本次揭露层厚 1.8~3.5m。N120 修正击数一般大于 11 击/10cm，平均 12.6 击/10cm。

2.1.3.2 地震

经工程地质测绘、调查，根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）及《建筑抗震设计标准》（GB/T50011-2010）（2024 年版）附录 A，勘察区位于绵阳市塘汛街道，抗震设防烈度为 7 度，设计地震分组为第二组，峰值加速度值为 0.10g，反应谱特征周期为 0.40s。

2.1.4 水文概况

2.1.4.1 地表水

绵阳市境内河流属嘉陵江水系，涪江是绵阳市的主要河流、嘉陵江右岸的一级支流，发源于岷山东麓松潘县的三舍驿雪宝顶（海拔 5555m），经平武、江油、绵阳、三台、遂宁、合川注入嘉陵江，全长 670km，流域面积 36400km²。支流呈树枝状，涪江左岸有芙蓉溪、梓江；右岸有平通河、通口河、安昌江等较大支流流入。

涪江，自江油市飞凤山向南流入绵阳市，于丰谷镇赵家脊流出区境，此段河长 39.25km，天然落差 63.7m，平均比降 1.6‰，汇水面积 1012.6km²。河床宽阔，最宽可达 1~2km。河床枯水期水面宽 100~200m，洪水期水面宽可达 1000m 以上，属顺直微变型，两岸边有边滩交错分布：心滩发育，并断续出现，水流多转折，岔道较多，河床底部多为砂、砾、卵石，间有基岩出露。据涪江桥水文站实测资料统计，最大流量 10400m³/s，最小流量 34.6m³/s，多年平均流量 280m³/s；枯水期流量约 100m³/s。涪江水域功能为Ⅲ类。

木龙河，为涪江右岸一级支流，源头在德阳，纵贯绵阳涪城区、经开区；涪城段长 34.3km，经开区段 6.8km，流经金峰、吴家、石塘、塘汛等地，最终在塘汛牛角湾汇入涪江，多年平均流量约 2.5-3.0m³/s。

本项目废水经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后经木龙河排入涪江。

本项目拟建场地内及周边无地表水分布，涪江位于场地东侧，距离本项目直线距离约 1.7km，木龙河位于场地南侧，距离本项目直线距离约 1.8km。

2.1.4.2 地下水

(1) 含水岩组及富水性

按地下水赋存的介质特征,区内含水层(带)主要是第四系全新统冲积砂卵石层 Q_4^{al} 和白垩系下统剑阁组浅部(砂)泥岩风化带(K_1^{jn})组成。

①第四系全新统砂卵石含水岩组

第四系全新统冲积层 Q_4^{al} ,厚5~20m,含水层为砂卵石层,含水层水位埋深一般为3.0~6.0m,结构松散,富水性较强,据1:20万绵阳幅区域水文地质资料,该含水层单井涌水量1000~9000吨/昼夜,区内主要工业用水和大部分农灌打井开采此层地下水。

②白垩系下统剑阁组浅部(砂)泥岩风化裂隙含水层(K_1^{jn})

含水岩组为泥岩夹数层中细粒钙质砂岩,底部常见组织疏松的含长石石英砂岩,该类岩组砂、泥岩在结构上呈薄层状。根据区域水文地质普查资料,该含水岩组泉流量0.01L/s~0.1L/s,单井涌水量1-50吨/昼夜。

本地区基岩风化裂隙带发育深度一般为20m~30m,下部新鲜基岩形成相对隔水层。

(2) 地下水补径排特征

区内地下水在地形限定的范围内就地补给,并以垂向补给为主,补给来源主要是大气降水等。影响补给量大小的因素取决于有效降雨量、包气带岩性和地形地貌条件。当有效降水量一定时,包气带岩性的渗透性愈强,地势相对平缓地段,降水入渗补给就愈多。

区内多年平均降雨量810.4mm,年降雨量起伏较大,最大年降雨量为1044.2mm(2007年),最小年为592.4mm(2006年)。降雨年内分布不均,多集中于5~9月,占全年降雨量83.91%,10月至次年4月仅占年降雨量的16.09%。多年平均蒸发量为865.5mm,年均最大值1000.4mm(2006年),年均最小值804.2mm(2010年)。

区内岩石浅部风化裂隙较发育,大气降水入渗径流途径顺畅,降水通过风化孔隙裂隙网络渗入地下,地下水接受补给后,一般根据地形顺谷坡由高向低径流。由于斜坡地带地形相对较陡,水力坡度大,地下水循环交替强,因此,其径流条件较好。沟谷、凹地区地形较平缓,主要为风化带裂隙孔隙水富集埋藏区,地下水径流速度慢,径流条件相对较差。

地下水顺坡向向其下游径流，径流过程中受沟谷切割时，一部分则在沟谷形成的陡坎下或低洼地呈下降泉排泄于地表，另一部分则继续向沟谷或低洼地带径流，于沟谷内形成地下水埋藏径流区，并继续向下游径流，最终于区内最低侵蚀基准面涪江排泄。

(3) 地下水化学类型

区内地下水主要接受大气降雨及地表水入渗补给，其化学成分主要与交替、径流条件和含水介质有关。区内降雨丰富，浅层地下水交替、径流畅通，水质属雨水成因型。

(4) 地下水埋深及动态特征

区内第四系砂卵石松散堆积层孔隙水主要接受大气降水补给，因此，地下水的动态变化主要受大气降水量控制，季节变化明显。

区内覆盖层广泛分布，总厚度大于 50m。地下水类型主要为第四系松散堆积层孔隙水，主要赋存于卵石土中。地下水水位埋深 3.00m~5.00m。场地地下水主要由大气降水补给，向沟渠及河床排泄。地下水量、水位随季节变化较大，降水量大时，地下水水量增加，水位上升，干旱时，地下水水量急剧减少，水位大幅下降。地下水水位与安昌河水位变化呈一致性，水位年变幅为 2~3m。卵石层是主要含水层，富水性和透水性均较好。

2.1.5 气候条件

本项目所在区域地处中国东部季风区的四川盆地亚热带湿润季风气候区。冬半年受偏北气流控制，气候干冷少雨；夏半年受偏南气流控制，气候炎热、多雨、潮湿。

绵阳市气候四季分明，以冬季最长，为 95~115 天；春、夏季次，为 81~91 天和 82~118 天；秋季最短，为 71~76 天。多年平均气温：16.3℃，多年极端最高气温：39.4℃，多年极端最低气温：-4.5℃，多年平均日照时数：1298.1 小时，全年无霜期：272 天，多年平均相对湿度：79%，多年平均降水量：963.2mm，常年主导风向：NE，最大风速：15.7m/s，多年平均风速：1.1m/s。

2.1.6 矿产资源及土壤情况

绵阳自然资源丰富，全境水能总量 293.28 万 kW，可开发水能 138.35 万 kW。天然气储量 100 亿 m³，有铁、金、铝、铜、煤、铅、锌、钨、锰、锡、铂、汞、银、磷、石灰石、石英石、重晶石、石油、天然气、大理石、油页岩、玻璃砂岩、耐火粘土、膨润土、高岭土、方解石、白矾、石棉、水晶、萤石等有工业开采价值的矿产资

源 57 种，已有 26 种矿产探明储量，已开发利用的矿产 21 种。开采价值大、储量居四川重要地位的共 15 种。其中黄金、锰、熔剂白云岩、膨润土的探明储量居全省首位；重晶石、玻璃砂岩居第二位；天然气、水泥灰岩、水泥配料、铸型砂居第三位；熔剂灰岩列第四位，磷块岩居第六位。有矿产地 335 处，其中黑色金属 73 处，贵金属 69 处，燃料矿产 13 处，非金属矿产 155 处；全市各类矿产具有一定工业矿床规模的产地共 74 处：其中黑色金属 17 处，有色金属 4 处，贵金属 14 处，燃料矿产 4 处，非金属矿产 35 处。

绵阳市市境土壤类型分为 8 个土纲、15 个土类、21 个亚类、38 个土属和上百个土种。黄壤集中分布在西北部山地海拔 1500m 以下的中、低山；在东南部丘陵地域第三、四级阶地也有分布。黄壤以其脱硅富铝化程度的不同划分为黄壤和粗骨性黄壤两个亚类。黄棕壤分布于西北部山地海拔 1500-2300m 左右地带，成土作用比棕壤强比黄壤弱，黄棕壤按侵蚀程度和发育阶段的差异分为黄棕壤和粗骨性黄棕壤两个亚类，黄棕壤不再划分土属，粗骨性黄棕壤的农耕地划分了冷性石块黄泥土 1 个土属。褐土集中分布于平武县白马乡白马河谷侵蚀的中、高山地山坡下部海拔 2100~3300m 地段。土壤盐基饱和度高，呈微碱性反应。褐土类农耕地按不同母质划分为坡、残积褐土和黄土性褐土 2 个土属。紫色土广泛分布于市境东南部丘陵与低山地域。中性紫色土亚类，分布于江油市和安县龙门山前缘高丘及低山中部。成土母质以物理风化为主，伴有一定的化学风化作用。沼泽土分布面积很小，只在平武县泗耳乡、黄羊关乡和王朗自然保护区竹根岔高山河谷地带零星分布，属亚高山河滩型次生沼泽土。亚高山草甸土广泛分布在市境西北部山地海拔 3000~3500m 地段。土壤有明显的淋溶和淀积现象，淋溶、淀积层黄化明显，并有较弱的黏化现象。土壤以微酸性为主。水稻土系人工土壤，是自然土或旱作土经人工水耕熟化而发育的特殊土壤。遍布市境丘陵、平坝地域，在海拔 1200m 以下的中、低山亦有分布。

2.1.7 生物多样性

绵阳市植物资源种类繁多，据不完全统计，全市有维管束植物 4500 余种，其中，主要植物有 2471 种。有 39 种属特有、珍稀资源及保护资源。如：珙桐、四川红杉、连香树（山白果）、杜仲等。林木：全市有主要林木树种 60 余科、300 余种。绵阳市属亚热带常绿阔叶林带，北部山区植被垂直分带明显，随海拔的增加依次为：亚热带常绿阔叶林带——常绿阔叶林及落叶阔叶混交林带——针、阔叶混交林带——山地针叶林带——高山灌丛和高山草甸带。

森林野生植物资源全市已知野生植物 294 科 4159 种，占全省 9254 种的 44.9%，占全国 27150 种的 15.3%。其中，菌类植物 25 科 297 种，地衣植物 17 科 110 种，苔藓植物 30 科 155 种，蕨类植物 35 科 143 种，裸子植物 10 科 56 种，被子植物 177 科 3398 种。列入国家重点保护的珍稀植物 48 种，其中珍稀树种有珙桐、连香树、厚朴、杜仲、四川红杉、水杉、水青树等 39 种，占全省保护树种的 52%，占全国保护树种的 10.1%。

绵阳市动物资源种类繁多，据不完全统计，全市有动物 352 种（不含害虫天敌）。其中有家养动物 57 种，野生动物 330 种，其中属全省重点保护的珍稀动物 42 种，列入全国重点保护的珍稀动物 26 种。尤以大熊猫、金丝猴、牛羚、黑颈鹤、小熊猫、毛冠鹿等驰名中外。水生动物以鱼类为主，多为鲫鱼、鳊鱼、鲤鱼等常见种，此外还有白甲、中华倒刺鲃、麦穗鱼、红尾副鳅、短体副鳅、中华细鲫、青鳉、圆尾斗鱼、鲢鱼、泥鳅、黄鳝等。

绵阳市涪城区属亚热带常绿阔叶林区，但由于长期的农业开发，原生植物已荡然无存，经过多年悠久的垦殖，形成了广阔的农田植被和小片人工林地，以及一些疏林灌丛、草丛。

2.1.8 小结

根据对区域自然社会环境调查结果可知，项目所在区域位于绵阳经济技术开发区产业发展园区，区域供水、供电、排水等配套设施完善，所在区域以人工生态环境为主。

2.2 社会经济状况

绵阳经济技术开发区（简称绵阳经开区）成立于 2000 年 8 月，2012 年 2 月与绵阳科技城现代农业科技示范区整合，同年 10 月升级为国家级经济技术开发区。管辖塘汛街道和松垭镇，总面积 65km²，纳入城市控规 45km²，建成区面积 27.32km²，七普人口约 16.7 万，常住人口 21 余万。绵阳经开区是国家级绿色工业园区、四川省优秀工业园区、四川省新型工业示范基地，拥有四川省首批化工园区、国家级中小企业连接器特色产业集群、省级中小企业智能家电终端核心零部件特色产业集群，正向着“加快建成千亿园区、奋力挺进全国 50 强，打造西部高质量发展示范区”的目标阔步前行。2024 年，实现地区生产总值增长 8.7%，规上工业增加值增速 16.9%，全社会固定资产投资增长 6.4%，社会消费品零售总额增速 7.7%，一般公共预算收入增长

11.7%。

绵阳经开区发展思路明确，优势产业突出。坚持一张蓝图绘到底，始终践行把经开区建成“先进制造业集聚区和区域经济增长极”这个初心和使命，突出发挥新型工业化主导作用，坚持科技创新引领，把发展经济的着力点放在实体经济上，着力构建以先进制造业为核心的现代化产业体系，努力探索工业化与信息化融合、制造业与服务业融合、产业与城市融合的发展道路。专注发展智能终端、新型功能材料、智能装备三大主导产业和精细化工、电子元器件两大特色产业，战略布局核医疗（学）产业、低空制造、人工智能三大未来产业，打造“3+2+3”产业体系。绵阳经开区区位优势独特，生产要素富集。距市中心约 2km，距绵阳火车客站货站 5km 余。经过区内的绵阳城市二环路、成渝环线高速（G93）与京昆高速（G5）成绵广段、九绵高速等互通相融。位于区内的绵阳南郊机场开通航线 80 条，通航北上广深等 38 个城市。南湖汽车站开行城际线路 40 条、日发 120 班次。园区土地资源较丰富，供地手续便捷。水电气网及道路骨架网络等基础设施齐全。辖区日供水 9.3 万吨，日供气 300 万 m³，3 座污水处理厂日处理 51 万吨，有 220kV 等级变电站 1 座、110kV 变电站 4 座。已建成 21.2 万 km² 的电子制造产业园、9.7 万 m² 的生物医药产业园、8.2 万 m² 的先进制造业服务中心、4.3 万 m² 长虹包装印务、2.4 万 m² 精密制造产业园、23.4 万 m² 的智慧家庭产业园，正在加快建设 2.6 万 m² 的智慧化物流产业园、约 19 万平方米的中国（绵阳）科技城连接器产业园。推行“管委会+公司”市场化开发模式，拥有主体信用等级为 AA+、年融资达 50 亿元的平台公司鑫耀集团，并与科发集团、绵投集团、新投集团等投资平台合作紧密。辖区有工商银行、农业银行、建设银行、中国银行等金融分支机构，可多方位满足企业融资需求。

2.3 绵阳经济技术开发区产业发展园区环评情况

2.3.1 规划环评情况

本项目位于绵阳经济技术开发区产业发展园区，该园区于 2015 年编制完成了《绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环境影响报告书》，并取得了四川省环境保护厅《关于绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环境影响报告书的审查意见函》（川环建函〔2015〕176 号）。由该规划环评报告书及其审查意见可知：

（1）规划范围

总规划面积 13.02km²，四至范围为：北起贾家店街、塘坊大道，南与丰谷镇接

壤，西起六一堂路、木龙河，东至绵州大道、涪江。

(2) 产业定位

以数字家电、化工、环保与机械制造产业为主导产业，大力发展新一代信息技术、节能环保、新材料、包装、物流和机械制造等战略性新兴产业。

(3) 鼓励、禁止入园行业类型及清洁生产要求

鼓励入园行业：符合园区主导产业的项目；与园区主导产业相配套产业，企业效益明显，对区域不造成明显污染，遵循清洁生产及循环经济的项目。

禁止入园行业：不符合产业政策及行业准入条件的项目；禁止引入皮革、屠宰、造纸、制药、印染、焦化、黄磷、冶金类企业。

清洁生产要求：入园企业必须采用国际、国内先进水平的生产工艺、设备及污染治理技术，能耗、物耗、水耗等均应达到相应行业的清洁生产水平二级或国内先进水平。

2.3.2 规划环境影响跟踪评价情况

2023年4月，绵阳经济技术开发区管委会委托四川省环科源科技有限公司开展了绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环境影响跟踪评价工作，并于2023年8月取得专家论证意见。

由该规划环境影响跟踪评价报告书及其审查意见可知，规划范围和产业定位不变，对生态环境准入、规划实施过程中存在的主要环境问题、对策措施及优化调整提出建议：

(1) 生态环境准入清单

报恩街以北区域：①临近居住区域新引入项目应在环评阶段加强选址的环境相容性论证，建议引入电子器件组装、机械组装等轻污染企业。②禁止引入不符合重金属污染防治相关要求的项目。③对可能涉及耗、排水量大的集成电路、光电显示器件制造等项目，应在确保不影响规划区受纳水体涪江水环境质量达标、规划区集中污水处理设施有条件接纳的前提下，充分论证环境合理性后适度引入。④新（改、扩）建电子信息项目的资源消耗和污染排放需满足绵阳市“三线一单”电子信息产业差异化管控要求。⑤配套的机械制造行业符合《机械行业清洁生产评价指标体系》（试行）提出的污染物及资源能源消耗指标值。

(2) 规划实施过程中存在的主要环境问题、对策措施及优化调整建议

规划区距主城区较近，与塘汛街道紧邻，园区中北部建有多个居民小区，对规划

实施形成制约。

对策措施：①报恩街西段南侧和群涪中路东侧临近塘汛街道居住区的工业用地应设置距离居住区不低于 50m 的隔离带，不布置废气排放量大、异味明显的工业企业。②维持洪恩村拆迁居民安置区现有用地规模，不得扩大；小区周围 100m 范围内调整为园区配套服务用地，该区域除现有企业节能环保改造外，不得新建其他工业项目。③对报恩街以北的工业用地与居住用地混杂，建议该区域主要引入废气排放量小、无明显异味的企业项目。④大气污染控制重点企业应尽量远离城区、塘汛场镇、洪恩村拆迁居民安置区等环境保护目标布设。⑤原规划范围内对未纳入国土空间规划城镇开发边界范围内的用地，在完成区域规划修编前，在规划实施过程中应采取有效的保护和避让措施。

2.4 环境质量和辐射现状

2.4.1 环境质量现状

本项目所在地行政区划属于绵阳市经开区，项目所在区域达标判定，优先采用国家或地方生态环境主管部门公开发布的评价基准年环境质量公告或环境质量报告中的数据或结论。因此，本项目选取绵阳市生态环境局发布的《2025 年绵阳市环境质量状况年报》中环境质量监测数据和结论进行区域达标判断。

2.4.1.1 环境空气质量

根据《2025 年绵阳市环境质量状况年报》，2025 年，绵阳市经开区环境空气质量监测结果见下表。根据下表，项目所在区域 PM_{2.5} 年均浓度不满足《环境空气质量标准》（GB3095-2026）要求，其他污染物均达标，因此，项目所在区域为不达标区。

表 2.4-1 2025 年绵阳市经开区环境空气质量监测结果

污染物	年评价指标	经开区监测结果	标准值	达标情况
SO ₂	年平均浓度	3.6	60μg/m ³	达标
NO ₂	年平均浓度	19.5	40μg/m ³	达标
PM ₁₀	年平均浓度	53.7	60μg/m ³	达标
PM _{2.5}	年平均浓度	30.5	30μg/m ³	不达标
CO	日平均第95百分位数浓度	1.0	4.0mg/m ³	达标
O ₃	日最大8h平均第90百分位数浓度	148.0	160μg/m ³	达标

注：标准值按《环境空气质量标准》（GB3095-2026）。

2.4.1.2 地表水环境质量

根据《2025年绵阳市环境质量状况年报》，2025年，绵阳市国、省、市地表水断面水质类别均为I~III类（优良水体），地表水优良率100%。河流中，涪江、通口河、凯江、梓江、安昌河、平通河、青竹江、秀水河整体水质优；芙蓉溪、魏城河水水质良。其中，涪江的丰谷渡口、华严寺、龙门监测断面年度监测平均类别为II类，地表水水体达标。

2.4.1.3 项目周围声环境质量

根据监测，项目各监测点昼夜噪声监测值满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中相应功能区标准要求（3类区标准（昼间 $\leq 65\text{dB(A)}$ 、夜间 $\leq 55\text{dB(A)}$ 、4a类区标准（昼间 $\leq 70\text{dB(A)}$ 、夜间 $\leq 55\text{dB(A)}$ ））要求，区域声环境质量较好。

2.4.2 辐射环境现状

本项目为新建核技术利用项目，建设内容涉及使用I类射线装置，生产、使用和销售非密封放射性物质（甲级）。

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)和《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)对应用非密封放射性物质项目应用前的辐射环境监测要求，本次监测包含拟建厂址及周围环境的 γ 辐射、大气、土壤、沉积物、地表水和地下水等环境介质中的放射性核素含量现状水平。

对于环境介质中的放射性核素监测，本项目为新建，涉及使用的核素种类较多，综合项目拟建地环境特征和本项目特点，本次选择半衰期相对较长、具备技术检测条件的特征核素钷-47、锰-52、锆-68、硒-75、钇-88、碘-124、镭-177、铀-201、钍-225、镭-226进行监测（此外由于镭-226衰变会产生氡-222废气，因此环境空气还需监测氡浓度，以下报告中的氡仅指氡-222），同时用总 α 、总 β 来替代未监测的放射性核素。

2.4.2.1 X- γ 辐射剂量率

项目所在区域X- γ 辐射剂量率监测值与绵阳市生态环境局发布的《2024年绵阳市生态环境状况公报》中环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果基本一致，处于天然本底涨落范围内。

2.4.2.2 气溶胶

项目所在区域监测点环境空气气溶胶中总 α 活度浓度范围为 $5.23 \times 10^{-5} \sim 6.25 \times 10^{-4} \text{Bq/m}^3$ ，总 β 活度浓度范围为 $1.23 \times 10^{-4} \sim 1.19 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ ，钷-47、锰-52、锆-68、硒-75、

钷-88、碘-124、镭-177、铯-201、铀-225、镭-226 活度浓度均小于探测下限，氡浓度范围为 13~15Bq/m³，与《中国天然放射性水平》（中国原子能出版社）室外空气中氡浓度均值范围（3.3~40.8Bq/m³）基本一致，无明显异常。

2.4.2.3 地表水

项目所在区域木龙河（涪江一级支流）、涪江河段总 α 监测值为 0.028~0.038Bq/L，总 β 监测值为 0.050~0.307Bq/L，钷-47、锰-52、锆-68、硒-75、钷-88、碘-124、镭-177、铯-201、铀-225 活度浓度均小于探测下限，镭-226 监测值为 $2.04\times 10^{-2}\sim 2.35\times 10^{-2}$ Bq/L，与《中国天然放射性水平》（中国原子能出版社）涪江镭-226 监测值范围（0.50~14mBq/L，即 $5\times 10^{-4}\sim 1.4\times 10^{-2}$ Bq/L）基本一致，无明显异常。

2.4.2.4 地下水

项目所在区域地下水监测点位总 α 监测值为 0.001Bq/L，总 β 监测值为 0.065Bq/L，满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中III类标准总 $\alpha\leq 0.5$ Bq/L、总 $\beta\leq 1$ Bq/L 的限值要求，钷-47、锰-52、锆-68、硒-75、钷-88、碘-124、镭-177、铯-201、铀-225 活度浓度均小于探测下限，镭-226 监测值为 2.42×10^{-2} Bq/L，与《中国天然放射性水平》（中国原子能出版社）四川省井水中镭-226 监测值范围（0.50~9.9mBq/L，即 $5\times 10^{-4}\sim 9.9\times 10^{-3}$ Bq/L）基本一致，无明显异常。

2.4.2.5 土壤

项目所在区域土壤总 α 监测值为 704Bq/kg~775Bq/kg，总 β 监测值为 671Bq/kg~849Bq/kg，钷-47、锰-52、锆-68、硒-75、钷-88、碘-124、镭-177、铯-201、铀-225 活度浓度均小于探测下限，镭-226 监测值为 17.1~18.8Bq/kg，与《中国天然放射性水平》（中国原子能出版社）绵阳市土壤中镭-226 监测值范围（15.9Bq/L~63.1Bq/kg）基本一致，无明显异常。

2.4.2.6 沉积物

项目所在区域木龙河（涪江一级支流）、涪江河段沉积物总 α 监测值为 438~826Bq/kg，总 β 监测值为 533~950Bq/kg，钷-47、锰-52、锆-68、硒-75、钷-88、碘-124、镭-177、铯-201、铀-225 活度浓度均小于探测下限，镭-226 监测值为 12.8~21.2Bq/kg，与《中国天然放射性水平》（中国原子能出版社）绵阳市土壤中镭-226 监测值范围（15.9Bq/L~63.1Bq/kg）基本一致，无明显异常。

2.4.2.7 中子剂量当量率

项目拟建地及周围环境中子剂量当量率均小于探测下限，未检出。

2.4.2.8 α 、 β 表面污染活度

项目拟建地及周围环境 α 表面污染活度、 β 表面污染活度均小于探测下限，未检出。

2.5 场址适宜性评价

2.5.1 本项目对外环境影响关系分析

本项目地处绵阳经济技术开发区产业发展园区。根据现场调查，本项目所在地目前为待建空地，本项目阵列工厂厂房北侧为三江大道，厂房北侧约 112m 为绵阳华丰科技股份有限公司（光/电连接器、线缆组件研发生产）、东北侧约 168m 为绵阳海立电气有限公司（空调压缩机研发、制造），东侧为文武路，厂房东侧约 141m 为绵阳艾萨斯电子材料有限公司（电子湿化学品研发生产），厂房南侧约 15m 为四川玖源源粒子科技有限公司（建设单位母公司，高端核医疗设备研发生产），厂房西侧约 20m 为绵阳苏科产业园开发有限公司（目前为空地）。

根据外环境关系分析，本项目场址具有以下特点：

（1）项目拟建地周围主要以产业园区内的其他工业企业、道路和空地为主，无铁路、码头、机场、交通要道以及散发大量粉尘和有害气体的工厂、仓储、堆场。

（2）场址周围交通便利，可以减小因交通不便增加运输时间而带来的放射性药品的衰变损失。

（3）根据园区国土空间用地规划图，项目地块规划用地性质为工业用地，项目符合绵阳经济技术开发区产业发展园区的用地规划要求。

2.5.2 外环境对本项目环境影响关系分析

（1）企业外环境方面

根据对本项目周边企业的排污情况调查可知，周围没有与本项目性质不相容的生产企业和建筑物存在，周围生产企业和建筑物也不会对本项目产生制约因素。

（2）总平面布置方面

根据项目总平面布置图可知，本项目在进行项目整体规划时，将生产区域（与办公区域分开，人流与物流实现最大限度分离，满足 GMP（药品生产质量管理规范）中“企业应当有整洁的生产环境；厂区的地面、路面及运输等不应当对药品的生产造成污染；生产、行政、生活和辅助区的总体布局应当合理，不得互相妨碍；厂区和厂房内的人、物流走向应当合理”的相关要求。

(3) 生产厂房及工艺平面布局方面

厂房内各生产线之间相互独立,不会有造成交叉污染的风险,生产区域按照 GMP 要求设置洁净区域。洁净区内表面平整光滑、无裂缝、接口严密、无颗粒物脱落。进入洁净区的人流和物流相对分开,针对生产和清洁人员设置有换鞋间、更衣间、风淋室、检测间、去污间、洁具间、缓冲间等功能间,针对物料设置有传递窗。

送入洁净区的空气,都经过空调净化系统的净化,气流控制总原则为使气流从非放区流向放射性区,由低污染区流向高污染区。

由此可见,周边企业排污对本项目建成后生产过程中的影响较小,满足 GMP 中对药品生产企业“厂房所处的环境应当能够最大限度地降低物料或产品遭受污染的风险”的相关要求。厂区外环境满足 GMP 中对药品生产企业“厂房所处的环境应当能够最大限度地降低物料或产品遭受污染的风险”。

2.5.3 场址环境相容性分析

根据项目外环境关系,本项目厂址周围主要以园区内的其他工业企业、道路和空地为主,无易燃、易爆物品的生产和贮存区,无本项目建设的限制性因素。

本项目解控的放射性生产废水、非放射性生产废水和生活污水一起经厂房东侧沉砂格栅池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理,处理达标后经木龙河排入涪江;本项目生产线研发制剂线质检区放射性废液采用专用容器单独分类收集,经监测达到清洁解控水平/检测达标后,废液随同收集瓶作为危险废物处置,长半衰期放射性废液收集达一定量后,委托有资质单位处置;本项目产生的非放射性固废依托厂区垃圾处理回收系统进行统一回收,放射性固废分类收集后暂存于放射性废物暂存间待其衰变,经监测达清洁解控水平后作为一般工业固体废物/危险废物处置,其中灭活培养基、注射器、废过滤器滤芯和废活性炭达到清洁解控水平后作为危险废物处置,长半衰期放射性固废收集达一定量后,委托有资质单位处置;本项目整个厂房设有高效过滤器及活性炭对气载流出物进行吸附处理,产生的电离辐射经有效防护设施屏蔽后对周围辐射环境影响较小;同时根据项目事故状态环境影响分析,在最大潜在事故状态下,本项目的环境影响范围也是很小的,不会对周围环境造成不可控的影响。

本项目位于绵阳经济技术开发区产业发展园区,根据项目所在区域自然环境分析可知,项目所在区域无地表水或地下水集中式饮用水水源,不涉及矿产资源压覆,无天然林和重点保护的珍稀、濒危动植物及古、珍树木,无明显制约项目建设的自然

环境因素。本项目拟建地属于涪江冲洪积一级阶地地貌，场地较平坦开阔，地貌形态单一，场区无不良地质作用，区域构造稳定，整体稳定性较好。

项目所在区域目前已建有较完善的交通、给排水、供配电、通讯等配套设施，污水处理厂已建成运行，园区配套设施及环境适合本项目建设。拟建场地内及周边无地表水分布，场地东侧距离涪江直线距离约 1.7km，场地南侧距离木龙河直线距离约 1.8km，距离以上地表水体较远，受其洪水影响可能性很小。

经现场监测，拟建厂址噪声监测值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）要求，区域声环境质量较好；根据辐射环境监测结果，项目拟建场址及周围评价区域 X- γ 辐射剂量率水平处于四川省天然本底涨落范围内，中子周围剂量当量率、 α 表面污染和 β 表面污染均未检出，所在区域空气、地表水、沉积物、地下水及土壤中总 α 、总 β 和放射性核素活度浓度监测值均未见异常。

综上所述，项目评价范围内无明显环境制约因素，项目的建设及周边环境相容，区域内环境质量良好，辐射环境水平属于区域天然辐射本底水平。因此，从辐射安全和环境保护角度分析，项目选址较适宜。

第三章 工程分析与源项

3.1 项目规模与基本参数

3.1.1 项目建设内容

本项目主要建设 1 栋阵列工厂大楼（地上 2 层，地下 1 层，高 20.1m）及值班室（地上 1 层，高 3.55m），总占地面积 21828.84m²（含二期用地 3160.42m²），总建筑面积 16339.36m²，其中地下一层建设放射性废物暂存区、衰变池区和配电消防区，一层建设射线装置区和质检实验区，二层建设放射性同位素原料生产区和放射性标记物研发生产区。

3.1.1.1 厂房一层

厂房一层建筑面积 8956.33m²（含设备夹层区），涉及 2 个甲级非密封放射性物质工作场所（包括镭-226 靶件操作区、质检区），同时涉及 5 台 I 类射线装置工作场所和 1 个 II 类射线装置工作场所，主要开展放射性同位素的打靶生产、BNCT 的调试以及二层制备的放射性同位素原料、放射性标记物的质检。

3.1.1.1.1 射线装置区

（1）射线装置使用

射线装置区布置于厂房一层中部区域，主要功能房间包括：花瓣加速器机房（含 H3 主机厅、H1 靶室、H2 靶室）、1#单质子回旋加速器机房（仅 20M-D 大厅）、1#多粒子回旋加速器机房（含 A3 主机厅、A1 靶室、A2 靶室）、2#多粒子回旋加速器机房（含 B3 主机厅、B1 靶室、B2 靶室）、2#单质子回旋加速器机房（含 C3 主机厅、C1 靶室、C2 靶室）、BNCT 调试机房（含主机厅、测试间），以及控制室（1#、2#、3#）、设备间、操作间、非放制靶间、出货大厅、放射性成品库、容器清洗间、容器存放间、空压机房、气瓶间等配套辅助用房。

花瓣加速器机房（含 H3 主机厅、H1 靶室、H2 靶室）拟安装使用 1 台电子花瓣加速器，其最大电子能量为 36MeV，最大束流强度为 3000μA，年最大出束时间 6000h，属于 I 类射线装置。H1 靶室通过嬗变生产钷-225、钷-47，H2 靶室通过嬗变生产钷-99、铜-67、钷-47。嬗变产生的放射性同位素通过跑兔系统自动传输至二层对应放射性同位素生产线，详见表 3.1-1。

表 3.1-1 花瓣加速器机房放射性同位素生产一览表

场所	目标核素	靶核素	核反应	加速粒子	束流能量 (MeV)	束流强度 (μA)	产额 (Ci) 次	每天最大生产次数	单次辐照时间	年最大生产次数	对应生产线	
花瓣加速器机房	H1 靶室	^{225}Ac	^{226}Ra	$^{226}\text{Ra}(\gamma,n)^{225}\text{Ra} \rightarrow ^{225}\text{Ac}$	e^-	36	2500	1	1	10d	20	h1-1
		^{47}Sc	^{51}V	$^{51}\text{V}(\gamma,\alpha)^{47}\text{Sc}$	e^-	36	2500	0.1	1	12h	100	h1-2
	H2 靶室	^{99}Mo	^{100}Mo	$^{100}\text{Mo}(\gamma,n)^{99}\text{Mo}$	e^-	36	2500	4.25	1	24.4h	100	h2-1
		^{67}Cu	^{68}Zn	$^{68}\text{Zn}(\gamma,p)^{67}\text{Cu}$	e^-	36	2500	0.03	1	12h	100	
		^{47}Sc	^{51}V	$^{51}\text{V}(\gamma,\alpha)^{47}\text{Sc}$	e^-	36	2500	0.1	1	12h	100	

1#单质子回旋加速器机房（仅 20M-D 大厅）拟安装使用 1 台单质子回旋加速器，其最大质子能量为 20MeV，最大束流强度为 200 μA ，年最大出束时间 6000h，属于 I 类射线装置。通过打靶生产氟-18、钪-44、铜-61、铜-64、镓-68、钇-86、钇-88、锆-89、锝-99m、硒-75、碘-124，打靶产生的放射性同位素通过跑兔系统自动传输至二层对应放射性同位素生产线，详见表 3.1-2。

表 3.1-2 1#单质子回旋加速器机房放射性同位素生产一览表

场所	目标核素	靶核素	核反应	加速粒子	束流能量 (MeV)	束流强度 (μA)	产额 (Ci) 次	每天最大生产次数	单次辐照时间	年最大生产次数	对应生产线	
1#单质子回旋加速器机房	20M-D 大厅	^{18}F	^{18}O	$^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$	p	18	100	30	2	2h	500	d1
		^{44}Sc	^{44}Ca	$^{44}\text{Ca}(p,n)^{44}\text{Sc}$	p	11	50	2	1	4h	250	
		^{61}Cu	^{64}Zn	$^{64}\text{Zn}(p,\alpha)^{61}\text{Cu}$	p	14	30	0.4	1	3h	250	
		^{64}Cu	^{64}Ni	$^{64}\text{Ni}(p,n)^{64}\text{Cu}$	p	14	50	2.4	1	6h	250	
		^{68}Ga	^{68}Zn	$^{68}\text{Zn}(p,n)^{68}\text{Ga}$	p	13	100	2	2	1h	500	
		^{86}Y	^{86}Sr	$^{86}\text{Sr}(p,n)^{86}\text{Y}$	p	14	50	0.015	1	10h	100	
		^{88}Y	^{88}Sr	$^{88}\text{Sr}(p,xn)^{88}\text{Y}$	p	14	100	0.01	1	10h	100	
		^{89}Zr	^{89}Y	$^{89}\text{Y}(p,n)^{89}\text{Zr}$	p	14	30	0.1	1	3h	250	
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{100}Mo	$^{100}\text{Mo}(p,2n)^{99\text{m}}\text{Tc}$	p	20	200	4.253	1	6h	250	
		^{75}Se	^{75}As	$^{75}\text{As}(p,n)^{75}\text{Se}$	p	10	10	0.006	1	4h	250	
^{124}I	^{124}Te	$^{124}\text{Te}(p,n)^{124}\text{I}$	p	12	10	0.02	1	6h	250			

1#多粒子回旋加速器机房（含 A3 主机厅、A1 靶室、A2 靶室）拟安装使用 1 台多粒子回旋加速器，其中质子、氘核、氦核最大能量分别为 35MeV、17.5MeV、35MeV，最大束流强度分别为 1000 μA 、100 μA 、100 μA ，年最大出束时间 6000h，属于 I 类射线装置。A3 主机厅通过打靶生产碲-211，A1 靶室通过打靶生产锆-68、碘-123、铜-

225、碲-211, A2 靶室通过打靶生产氟-18、钷-44、钷-47、铜-61、铜-64、铜-67、锗-68、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、铈-89、铈-99m、碘-124、镧-133、镧-135、铅-203、铷-177, 打靶产生的放射性同位素最终通过跑兔系统或气体吹扫自动传输至二层对应放射性同位素生产线, 详见表 3.1-3。

表 3.1-3 1#多粒子回旋加速器机房放射性同位素生产一览表

场所	目标核素	靶核素	核反应	加速粒子	束流能量 (MeV)	束流强度 (μA)	产额 (Ci/次)	每天最大生产次数	单次辐照时间	年最大生产次数	对应生产线	
1#多粒子回旋加速器机房	A3 主机厅	^{211}At	^{209}Bi	$^{209}\text{Bi}(\alpha,2n)^{211}\text{At}$	α	28.5	50	0.5	1	6h	250	A 内
	A1 靶室	^{68}Ge	^{69}Ga	$^{69}\text{Ga}(p,2n)^{68}\text{Ge}$	p	30	400	2.4	1	120h	50	a1-1
		^{225}Ac	^{226}Ra	$^{226}\text{Ra}(p,2n)^{225}\text{Ac}$	p	20	100	0.1	1	20h	50	
	A1 靶室	^{123}I	^{124}Xe	$^{124}\text{Xe}(p,2n)^{123}\text{Cs}$ $\rightarrow^{123}\text{Xe}\rightarrow^{123}\text{I}$	p	28	100	4	1	6h	50	a1-2
		^{211}At	^{209}Bi	$^{209}\text{Bi}(\alpha,2n)^{211}\text{At}$	α	28.5	50	0.5	1	6h	250	
	A2 靶室	^{18}F	^{18}O	$^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$	p	18	100	30	2	2h	500	a2-1
		^{44}Sc	^{44}Ca	$^{44}\text{Ca}(p,n)^{44}\text{Sc}$	p	11	50	2	1	4h	250	
		^{61}Cu	^{64}Zn	$^{64}\text{Zn}(p,\alpha)^{61}\text{Cu}$	p	14	500	0.4	1	3h	250	
		^{64}Cu	^{64}Ni	$^{64}\text{Ni}(p,n)^{64}\text{Cu}$	p	14	500	2.4	1	6h	250	
		^{47}Sc	^{50}Ti	$^{50}\text{Ti}(p,\alpha)^{47}\text{Sc}$	p	24	90	0.04	1	4h	250	
		^{67}Cu	^{70}Zn	$^{70}\text{Zn}(p,\alpha)^{67}\text{Cu}$	p	16	500	0.03	1	12h	150	
		^{68}Ge	^{69}Ga	$^{69}\text{Ga}(p,2n)^{68}\text{Ge}$	p	30	400	2.4	1	120h	50	
		^{68}Ga	^{68}Zn	$^{68}\text{Zn}(p,n)^{68}\text{Ga}$	p	13	500	2	2	1h	500	
		^{75}Se	^{75}As	$^{75}\text{As}(p,n)^{75}\text{Se}$	p	10	10	0.006	1	4h	250	
		^{86}Y	^{86}Sr	$^{86}\text{Sr}(p,n)^{86}\text{Y}$	p	14	50	0.015	1	10h	100	
		^{88}Y	^{88}Sr	$^{88}\text{Sr}(p,xn)^{88}\text{Y}$	p	14	100	0.01	1	10h	100	
		^{89}Zr	^{89}Y	$^{89}\text{Y}(p,n)^{89}\text{Zr}$	p	14	30	0.1	1	3h	250	
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{100}Mo	$^{100}\text{Mo}(p,2n)^{99\text{m}}\text{Tc}$	p	20	200	4.253	1	6h	250	
		^{124}I	^{124}Te	$^{124}\text{Te}(p,n)^{124}\text{I}$	p	12	10	0.02	1	6h	100	
	^{133}La	^{133}Ba	$^{133}\text{Ba}(p,2n)^{133}\text{La}$	p	22	50	0.16	1	3h	250		
^{135}La	^{135}Ba	$^{135}\text{Ba}(p,x)^{135}\text{La}$	p	22	50	0.16	1	3h	250			
^{203}Pb	^{203}Tl	$^{203}\text{Tl}(p,3n)^{203}\text{Pb}$	p	24	40	0.2	1	3h	100			
^{177}Lu	^{176}Yb	$^{176}\text{Yb}(d,p)^{177}\text{Yb}$ $\rightarrow^{177}\text{Lu}$	d	15	50	1	1	7d	50			

2#多粒子回旋加速器机房 (含 B3 主机厅、B1 靶室、B2 靶室) 拟安装使用 1 台

多粒子回旋加速器，其质子、氦核最大能量分别为 35MeV、35MeV，最大束流强度分别为 1000 μ A、100 μ A，年最大出束时间 6000h，属于I类射线装置。B1 靶站通过打靶生产钷-44、锆-68、碘-124、碲-211，B2 靶站通过打靶生产钷-86、钷-88、钷-103、镧-133、镧-135、铈-201，打靶产生的放射性同位素最终通过跑兔系统自动传输至二层对应放射性同位素生产线，详见表 3.1-4。

表 3.1-4 2#多粒子回旋加速器机房放射性同位素生产一览表

场所	目标核素	靶核素	核反应	加速粒子	束流能量 (MeV)	束流强度 (μ A)	产额 (Ci/次)	每天最大生产次数	单次辐照时间	年最大生产次数	对应生产线	
多粒子回旋加速器机房	B1 靶室	^{211}At	^{209}Bi	$^{209}\text{Bi}(\alpha,2n)^{211}\text{At}$	α	28.5	50	0.5	1	6h	250	b1-1
		^{44}Sc	^{44}Ca	$^{44}\text{Ca}(p,n)^{44}\text{Sc}$	p	11	50	2	1	4h	250	b1-2
		^{124}I	^{124}Te	$^{124}\text{Te}(p,n)^{124}\text{I}$	p	12	10	0.02	1	6h	250	b1-3
		^{68}Ge	^{69}Ga	$^{69}\text{Ga}(p,2n)^{68}\text{Ge}$	p	30	400	2.4	1	120h	50	b1-4
	B2 靶室	^{201}Tl	^{208}Tl	$^{208}\text{Tl}(p,3n)^{201}\text{Pb} \rightarrow ^{201}\text{Tl}$	p	28	50	2.4	1	8h	100	b2-1
		^{86}Y	^{86}Sr	$^{86}\text{Sr}(p,n)^{86}\text{Y}$	p	14	50	0.015	1	10h	100	b2-2
		^{88}Y	^{88}Sr	$^{88}\text{Sr}(p,xn)^{88}\text{Y}$	p	14	100	0.01	1	10h	100	
		^{103}Pd	^{103}Rh	$^{103}\text{Rh}(p,n)^{103}\text{Pd}$	p	19	100	1	1	50h	100	b2-3
		^{133}La	^{133}Ba	$^{134}\text{Ba}(p,2n)^{133}\text{La}$	p	22	50	0.07	1	3h	250	b2-4
		^{135}La	^{135}Ba	$^{135}\text{Ba}(p,x)^{135}\text{La}$	p	22	50	0.09	1	3h	250	

2#单质子回旋加速器机房（含 C3 主机厅、C1 靶室、C2 靶室）拟安装使用 1 台单质子回旋加速器，其质子最大能量为 35MeV，最大束流强度均为 1500 μ A，年最大出束时间 6000h，属于I类射线装置。C1 靶站通过打靶生产铜-61、铜-64、铅-89，C2 靶站通过打靶生产锰-52、镓-68、碘-123、铯-155，打靶产生的放射性同位素最终通过跑兔系统或气体吹扫自动传输至二层对应放射性同位素生产线，详见表 3.1-5。

表 3.1-5 2#单质子回旋加速器机房放射性同位素生产一览表

场所	目标核素	靶核素	核反应	加速粒子	束流能量 (MeV)	束流强度 (μ A)	产额 (Ci/次)	每天最大生产次数	单次辐照时间	年最大生产次数	对应生产线	
2#单质子	C1 靶室	^{61}Cu	^{64}Zn	$^{64}\text{Zn}(p,\alpha)^{61}\text{Cu}$	p	14	500	0.4	1	3h	250	c1-1
		^{89}Zr	^{89}Y	$^{89}\text{Y}(p,n)^{89}\text{Zr}$	p	14	30	0.1	1	3h	250	c1-2

场所	目标核素	靶核素	核反应	加速粒子	束流能量 (MeV)	束流强度 (μA)	产额 (Ci/次)	每天最大生产次数	单次辐照时间	年最大生产次数	对应生产线	
回旋加速器机房	C2靶室	^{64}Cu	^{64}Ni	$^{64}\text{Ni}(p,n)^{64}\text{Cu}$	p	14	500	2.4	1	6h	250	c1-3
		^{52}Mn	^{52}Cr	$^{52}\text{Cr}(p,n)^{52}\text{Mn}$	p	14.5	30	1.5	1	3h	250	c2-1
		^{68}Ga	^{68}Zn	$^{68}\text{Zn}(p,n)^{68}\text{Ga}$	p	13	500	2	2	1h	500	c2-2
		^{155}Tb	^{156}Gd	$^{156}\text{Gd}(p,xn)^{155}\text{Tb}$	p	23	50	1.56	1	6h	250	c2-3
		^{123}I	^{124}Xe	$^{124}\text{Xe}(p,2n)^{123}\text{Cs}$ $\rightarrow^{123}\text{Xe}\rightarrow^{123}\text{I}$	p	28	100	4	1	6h	50	c2-4

BNCT 调试机房（含主机厅、测试间）拟固定安装使用 1 台自主研发的 BNCT，仅用于研发测试固定使用，不进行对外销售，其质子最大能量分别为 35MeV，最大束流强度为 1500 μA ，通过 $^9\text{Be}(p,n)^9\text{B}$ 核反应产生高能中子，再经靶及束流整形装置（BSA）产生超热中子，年最大出束时间 500h，属于 II 类射线装置。

(2) BNCT 销售（含建造）

建设单位每年对外销售（含建造）BNCT 5 台，其质子最大能量分别为 35MeV，最大束流强度为 1500 μA ，每年维修维保数量约 10 台。销售环节采取零库存管理模式，建设单位不设置 BNCT 暂存场所，不涉及装置制造和装配工艺，对外建造的 BNCT 部件均委托定制加工。对外销售后的 BNCT，建设单位仅在履行相应环评手续的用户方现场开展装配调试、维修维保工作。

3.1.1.1.2 镭-226 靶件操作区（4 号场所）

镭-226 靶件操作区（4 号场所）位于厂房一层西侧区域，建筑面积 148.1 m^2 ，主要由一更、二更、缓冲间、检测间、去污间、洁具间、放射性传靶间、储源室等功能房间组成。

电子花瓣加速器涉及使用的镭-226 靶件为外购，不涉及镭-226 的制靶操作，该区域仅进行镭-226 靶件的临时暂存和传靶操作。放射性传靶间内设置 1 套热室工作箱（机械臂操作），外购镭-226 靶件经临时暂存后通过热室自动传入 H1 靶站进行辐照。

镭-226 靶件操作区（4 号场所）镭-226 日最大操作量为 3.70 $\times 10^{10}\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 3.70 $\times 10^{13}\text{Bq}$ ，年最大操作量为 7.40 $\times 10^{11}\text{Bq}$ ，活动种类为使用，属于甲级非密封放射性物质工作场所。

3.1.1.1.3 质检区（3号场所）

质检区（3号场所）位于厂房一层东侧区域，建筑面积92.4m²，主要对放射性同位素原料及放射性标记物进行相关质检，包括放射性质检区和非放射性质检区两个区域，两个功能区之间为共用的换鞋间、更衣室、卫生间等用房。

放射性质检区进行放射性理化、放化、微生物等质检，主要功能房间包括：百万分之天平室、天平室、防护用品间、放化实验室（1#、2#）、样品接收间、精密仪器室（3#、4#）、放射性废物暂存间、涉放理化实验室、高温室、气相室、气相仪器室、液相室、液相仪器室、药品稳定性考察室（放射）、涉放留样间（常温）、涉放留样间（阴凉）、取样间、放射性无菌检查室、放射性培养室、放射性阳性对照室、灭菌室、放射性微生物限度室、放射性内毒素室、检测间、去污间、洁具间、一更、二更等。

非放射性质检区进行非放理化微生物实验，主要功能房间包括：非放样品收发室、百万分之天平室、天平室、对照品标液室、理化实验室、试剂库、原子吸收光谱室、药品稳定性考察室、高温室、非放废弃物暂存间、非放样品留样间（常温）、非放样品留样间（阴凉）、普通仪器间、暗室、菌种库、准备间、灭菌间、无菌检查室、内毒素室、非放样品取样间、阳性对照室、培养室、微生物限度室、洗衣房、洁具间、一更、二更等。

质检区涉及26种放射性核素，包括：氟-18、钪-44、钪-47、锰-52、铜-61、铜-64、铜-67、锆-68、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、锆-89、钼-99、钨-99m、钷-103、碘-123、碘-124、镧-133、镧-135、铽-155、镱-177、铊-201、铅-203、铋-211、铯-225。日最大操作量、日等效最大操作量和年最大操作量详见表3.1-6，活动种类为使用。质检区每天最多操作5种核素，取日等效操作量最大的五种核素（钼-99、镧-133、镱-177、铋-211、铯-225）进行工作场所分级。

由下表可知，3号场所（质检区）的日等效最大操作量为 $8.33 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所。

表 3.1-6 3号场所（质检区）核素操作量情况一览表

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年操作天数 (d)	年最大操作量 (Bq)
1	¹⁸ F	3.70E+09	3.70E+07	250	9.25E+11
2	⁴⁴ Sc	1.85E+09	1.85E+07	250	4.63E+11
3	⁴⁷ Sc	3.70E+08	3.70E+07	250	9.25E+10

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年操作天数 (d)	年最大操作量 (Bq)
4	⁵² Mn	1.85E+09	1.85E+08	250	4.63E+11
5	⁶¹ Cu	1.85E+09	1.85E+07	250	4.63E+11
6	⁶⁴ Cu	3.70E+09	3.70E+07	250	9.25E+11
7	⁶⁷ Cu	1.11E+09	1.11E+08	150	1.67E+11
8	⁶⁸ Ge	2.59E+09	2.59E+08	50	1.30E+11
9	⁶⁸ Ga	3.70E+09	3.70E+07	250	9.25E+11
10	⁷⁵ Se	2.22E+08	2.22E+07	250	5.55E+10
11	⁸⁶ Y	1.85E+08	1.85E+07	100	1.85E+10
12	⁸⁸ Y	3.70E+08	3.70E+07	100	3.70E+10
13	⁸⁹ Zr	7.40E+08	7.40E+07	250	1.85E+11
14	⁹⁹ Mo	3.70E+09	3.70E+08	100	3.70E+11
15	^{99m} Tc	7.40E+09	7.40E+07	250	1.85E+12
16	¹⁰³ Pd	3.70E+09	3.70E+07	100	3.70E+11
17	¹²³ I	5.55E+08	5.55E+06	100	5.55E+10
18	¹²⁴ I	1.85E+08	1.85E+07	250	4.63E+10
19	¹³³ La	5.55E+08	5.55E+08	250	1.39E+11
20	¹³⁵ La	5.55E+08	5.55E+06	250	1.39E+11
21	¹⁵⁵ Tb	5.55E+08	5.55E+06	250	1.39E+11
22	¹⁷⁷ Lu	1.85E+10	1.85E+09	20	3.70E+11
23	²⁰¹ Tl	1.85E+09	1.85E+07	100	1.85E+11
24	²⁰³ Pb	1.85E+09	1.85E+07	100	1.85E+11
25	²¹¹ At	1.85E+09	1.85E+09	250	4.63E+11
26	²²⁵ Ac	3.70E+08	3.70E+09	50	1.85E+10

3.1.1.2 厂房二层

厂房二层建筑面积约 5729.6m²，布置 23 条生产线（生产放射性同位素原料，三排平行）、2 条研发制剂线（生产放射性标记物）及配套的辅助房间。

厂房二层共有 2 个非密封放射性物质工作场所，1 号场所（包括 15 条生产线）和 2 号场所（包括 8 条生产线和 2 条研发制剂线），场所等级均为甲级。

3.1.1.2.1 15 条生产线（1 号场所）

1 号场所位于厂房二层北部、中部区域，总建筑面积约 1686.9m²，包括 15 条生产线，为两排平行布置的生产线，从厂房北往南依次为第一排、第二排生产线，第一排布置 8 条生产线，第二排布置 7 条生产线。每排的最西侧为生产线配套的包装间（1#、2#包装间，建筑面积分别约 30.36m²、44.28m²，每排生产线共用），1 号场所

西侧设置有共用检测间和去污间。

第一排生产线从西向东依次为h1-1、h2-1、h1-2、A内、d1、a1-1、a1-2和a2-1生产线，第二排生产线从西向东依次为b1-1、b1-2、b1-3、b1-4、c1-1、c1-2和c1-3生产线。具体建设内容如下：

(1) h1-1 生产线（1号场所）

h1-1生产线位于厂房二层北部区域，建筑面积约121.15m²，主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、冷实验室（主要用于非放射性实验操作，包括设备验证、工艺熟悉和标准品制备等，兼拆包功能，下同）、准备间、操作间（前区）、操作间（后区）、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置1套热室工作箱（机械臂操作），通过外购镭-226靶件、辐照（厂房一层射线装置区，辐照均在该区域，下同）、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产铯-225放射性同位素原料，同时对镭-226进行回收，铯-225产品规格为1-10mCi/瓶，日最大生产/销售1000瓶，年最大生产/销售20000瓶。

h1-1生产线涉及放射性核素铯-225和镭-226。其中铯-225日最大操作量为 3.70×10^{10} Bq，日等效最大操作量为 3.70×10^{14} Bq，年最大操作量为 7.40×10^{11} Bq，活动种类为生产、使用和销售；镭-226日最大操作量为 3.70×10^{10} Bq，日等效最大操作量为 3.70×10^{14} Bq，年最大操作量为 7.40×10^{11} Bq，活动种类为使用。

(2) h2-1 生产线（1号场所）

h2-1生产线位于厂房二层北部区域，建筑面积约117.17m²，主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间、准备间、操作间（前区）、操作间（后区）、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置1套热室工作箱（机械臂操作），通过制靶（厂房一层非放制靶间，非放制靶均在该区域，下同）、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产钷-47、铜-67、钷-99放射性同位素原料。其中钷-47产品规格为20-50mCi/瓶，日最大生产/销售4瓶，年最大生产/销售400瓶；铜-67产品规格为5-10mCi/瓶，日最大生产/销售5瓶，年最大生产/销售500瓶；钷-99产品规格为50-100mCi/瓶，日最大生产/销售78瓶，年最大生产/销售7800瓶。

h2-1生产线涉及放射性核素钷-47、铜-67、钷-99。其中钷-47日最大操作量为 3.70×10^9 Bq，日等效最大操作量为 3.70×10^{11} Bq，年最大操作量为 3.70×10^{11} Bq；铜-67日最大操作量为 1.11×10^9 Bq，日等效最大操作量为 1.11×10^{11} Bq，年最大操作量为

$1.11 \times 10^{11} \text{Bq}$; 钼-99 日最大操作量为 $1.57 \times 10^{11} \text{Bq}$, 日等效最大操作量为 $1.57 \times 10^{13} \text{Bq}$, 年最大操作量为 $1.57 \times 10^{13} \text{Bq}$, 以上核素活动种类均为生产、使用和销售。h2-1 生产线单日最多操作 1 种核素。

(3) h1-2 生产线 (1 号场所)

h1-2 生产线位于厂房二层北部区域, 建筑面积约 119.56m^2 , 主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间、准备间、操作间(前区)、操作间(后区)、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱(机械臂操作), 通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产钷-47 放射性同位素原料, 钷-47 产品规格为 $20\text{-}50 \text{mCi/瓶}$, 日最大生产/销售 4 瓶, 年最大生产/销售 400 瓶。

h1-2 生产线涉及放射性核素钷-47, 日最大操作量为 $3.70 \times 10^9 \text{Bq}$, 日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^{11} \text{Bq}$, 年最大操作量为 $3.70 \times 10^{11} \text{Bq}$, 活动种类为生产、使用和销售。

(4) A 内生产线 (1 号场所)

A 内生产线位于厂房二层北部区域, 建筑面积约 117.94m^2 , 主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间、准备间、操作间(前区)、操作间(后区)、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱(机械臂操作), 通过制靶、辐照、分离纯化、淋洗收集、分装、灭菌装罐等工序生产碲-211 放射性同位素原料, 碲-211 产品规格为 $20\text{-}50 \text{mCi/瓶}$, 日最大生产/销售 18 瓶, 年最大生产/销售 4500 瓶。

A 内生产线涉及放射性核素碲-211, 日最大操作量为 $1.85 \times 10^{10} \text{Bq}$, 日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^{13} \text{Bq}$, 年最大操作量为 $4.63 \times 10^{12} \text{Bq}$, 活动种类为生产、使用和销售。

(5) d1 内生产线 (1 号场所)

d1 生产线位于厂房二层北部区域, 建筑面积约 118.61m^2 , 主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间(和 a1-1 生产线共用)、准备间、操作间(前区)、操作间(后区)、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱(机械臂操作), 通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、浓缩、分装、灭菌装罐等工序生产放射性同位素原料包括氟-18、钷-44、铜-61、铜-64、镓-68、硒-75、钷-86、钷-88、锆-89、钨-99m、碘-124, 共计 11 种核素。其中氟-18 产品规格为 $500\text{-}1000 \text{mCi/瓶}$, 日最大生产/销售 54 瓶, 年最大生产/销售 13500 瓶; 钷-44 产品规格为 $50\text{-}100 \text{mCi/瓶}$, 日最大生产/销售 27 瓶, 年最大生产/销售 6750 瓶;

铜-61产品规格为10-50mCi/瓶，日最大生产/销售25瓶，年最大生产/销售6250瓶；铜-64产品规格为50-100mCi/瓶，日最大生产/销售34瓶，年最大生产/销售8500瓶；镓-68产品规格为50~100mCi/瓶，日最大生产/销售40瓶，年最大生产/销售10000瓶；硒-75产品规格为0.5~1mCi/瓶，日最大生产/销售11瓶，年最大生产/销售2750瓶；钷-86产品规格为5~10mCi/瓶，日最大生产/销售2瓶，年最大生产/销售200瓶；钷-88产品规格为5~10mCi/瓶，日最大生产/销售1瓶，年最大生产/销售100瓶；铈-89产品规格为10~20mCi/瓶，日最大生产/销售9瓶，年最大生产/销售2250瓶；铈-99m产品规格为100~200mCi/瓶，日最大生产/销售32瓶，年最大生产/销售8000瓶；碘-124产品规格为5~10mCi/瓶，日最大生产/销售3瓶，年最大生产/销售300瓶。

d1 生产线涉及 11 种放射性核素，包括氟-18、钷-44、铜-61、铜-64、镓-68、硒-75、钷-86、钷-88、铈-89、铈-99m、碘-124。其中氟-18 日最大操作量为 2.22×10^{12} Bq，日等效最大操作量为 2.22×10^{10} Bq，年最大操作量为 1.11×10^{15} Bq；钷-44 日最大操作量为 7.40×10^{10} Bq，日等效最大操作量为 7.40×10^{11} Bq，年最大操作量为 1.85×10^{13} Bq；铜-61 日最大操作量为 1.48×10^{10} Bq，日等效最大操作量为 1.48×10^{11} Bq，年最大操作量为 3.70×10^{12} Bq；铜-64 日最大操作量为 8.88×10^{10} Bq，日等效最大操作量为 8.88×10^{11} Bq，年最大操作量为 2.22×10^{13} Bq；镓-68 日最大操作量为 1.48×10^{11} Bq，日等效最大操作量为 1.48×10^{12} Bq，年最大操作量为 7.40×10^{13} Bq；硒-75 日最大操作量为 2.22×10^8 Bq，日等效最大操作量为 2.22×10^{10} Bq，年最大操作量为 5.55×10^{10} Bq；钷-86 日最大操作量为 5.55×10^8 Bq，日等效最大操作量为 5.55×10^{10} Bq，年最大操作量为 5.55×10^{10} Bq；钷-88 日最大操作量为 3.70×10^8 Bq，日等效最大操作量为 3.70×10^{10} Bq，年最大操作量为 3.70×10^{10} Bq；铈-89 日最大操作量为 3.70×10^9 Bq，日等效最大操作量为 3.70×10^{11} Bq，年最大操作量为 9.25×10^{11} Bq；铈-99m 日最大操作量为 1.57×10^{11} Bq，日等效最大操作量为 1.57×10^{12} Bq，年最大操作量为 3.93×10^{13} Bq；碘-124 日最大操作量为 7.40×10^8 Bq，日等效最大操作量为 7.40×10^{10} Bq，年最大操作量为 7.40×10^{10} Bq，以上核素活动种类均为生产、使用和销售。d1 生产线单日最多操作 2 种核素。

表 3.1-7 d1 生产线核素操作量情况一览表

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)
1	^{18}F	2.22E+12	2.22E+10	1.11E+15
2	^{44}Sc	7.40E+10	7.40E+11	1.85E+13
3	^{61}Cu	1.48E+10	1.48E+11	3.70E+12

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)
4	⁶⁴ Cu	8.88E+10	8.88E+11	2.22E+13
5	⁶⁸ Ga	1.48E+11	1.48E+12	7.40E+13
6	⁷⁵ Se	2.22E+08	2.22E+10	5.55E+10
7	⁸⁶ Y	5.55E+08	5.55E+10	5.55E+10
8	⁸⁸ Y	3.70E+08	3.70E+10	3.70E+10
9	⁸⁹ Zr	3.70E+09	3.70E+11	9.25E+11
10	^{99m} Tc	1.57E+11	1.57E+12	3.93E+13
11	¹²⁴ I	7.40E+08	7.40E+10	7.40E+10

(6) a1-1 内生产线 (1 号场所)

a1-1 生产线位于厂房二层北部区域, 建筑面积约 113.17m², 主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间 (和 d1 生产线共用)、准备间、操作间 (前区)、操作间 (后区)、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱 (机械臂操作), 通过制靶 (生产锆-68 的非放制靶在厂房一层非放制靶间, 生产铟-225 的放射制靶在 a1-1 生产线)、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产锆-68、铟-225 放射性同位素原料。其中锆-68 产品规格为 20~70mCi/瓶, 日最大生产/销售 117 瓶, 年最大生产/销售 5850 瓶; 铟-225 产品规格为 1-10mCi/瓶, 日最大生产/销售 86 瓶, 年最大生产/销售 4300 瓶。

a1-1 生产线涉及放射性核素锆-68、铟-225 和镭-226。其中锆-68 日最大操作量为 8.88×10^{10} Bq, 日等效最大操作量为 8.88×10^{12} Bq, 年最大操作量为 4.44×10^{12} Bq, 活动种类为生产、使用和销售; 铟-225 日最大操作量为 3.70×10^9 Bq, 日等效最大操作量为 3.70×10^{13} Bq, 年最大操作量为 1.85×10^{11} Bq, 活动种类为生产、使用和销售; 镭-226 日最大操作量为 1.85×10^9 Bq, 日等效最大操作量为 1.85×10^{13} Bq, 年最大操作量为 9.25×10^{10} Bq, 活动种类为使用。a1-1 生产线单日最多操作 1 种核素。

(7) a1-2 内生产线 (1 号场所)

a1-2 生产线位于厂房二层北部区域, 建筑面积约 103.46m², 主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间 (和 a2-1 生产线共用)、准备间、操作间 (前区)、操作间 (后区)、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱 (机械臂操作), 通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产碘-123、碲-211 放射性同位素原料。其中碘-123 产品规格为 50-100mCi/瓶, 日最大生产/销售 64 瓶, 年最大生产/销售 3200 瓶; 碲-

211 产品规格为 20-50mCi/瓶，日最大生产/销售 18 瓶，年最大生产/销售 4500 瓶。

a1-2 生产线涉及放射性核素碘-123、碲-211。其中碘-123 日最大操作量为 1.48×10^{11} Bq，日等效最大操作量为 1.48×10^{12} Bq，年最大操作量为 7.40×10^{12} Bq；碲-211 日最大操作量为 1.85×10^{10} Bq，日等效最大操作量为 1.85×10^{13} Bq，年最大操作量为 4.63×10^{12} Bq，以上核素活动种类为生产、使用和销售。a1-2 生产线单日最多操作 1 种核素。

(8) a2-1 内生产线（1 号场所）

a2-1 生产线位于厂房二层北部区域，建筑面积约 99.80m^2 ，主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间（和 a1-2 生产线共用）、准备间、操作间（前区）、操作间（后区）、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱（机械臂操作），通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、浓缩、分装、灭菌装罐等工序生产放射性同位素原料包括氟-18、钷-44、钷-47、铜-61、铜-64、铜-67、锗-68、镓-68、硒-75、钷-86、钷-88、锗-89、镓-99m、碘-124、镧-133、镧-135、镱-177、铅-203，共计 18 种核素。a2-1 生产线的氟-18 产品规格为 500-1000mCi/瓶，日最大生产/销售 54 瓶，年最大生产/销售 13500 瓶；钷-44 产品规格为 50-100mCi/瓶，日最大生产/销售 27 瓶，年最大生产/销售 6750 瓶；钷-47 产品规格为 5-10mCi/瓶，日最大生产/销售 7 瓶，年最大生产/销售 1750 瓶；铜-61 产品规格为 10-50mCi/瓶，日最大生产/销售 25 瓶，年最大生产/销售 6250 瓶；铜-64 产品规格为 50-100mCi/瓶，日最大生产/销售 34 瓶，年最大生产/销售 8500 瓶；铜-67 产品规格为 10-30mCi/瓶，日最大生产/销售 2 瓶，年最大生产/销售 300 瓶；锗-68 产品规格为 20~70mCi/瓶，日最大生产/销售 117 瓶，年最大生产/销售 5850 瓶；镓-68 产品规格为 50~100mCi/瓶，日最大生产/销售 40 瓶，年最大生产/销售 10000 瓶；硒-75 产品规格为 0.5~1mCi/瓶，日最大生产/销售 11 瓶，年最大生产/销售 2750 瓶；钷-86 产品规格为 5~10mCi/瓶，日最大生产/销售 2 瓶，年最大生产/销售 200 瓶；钷-88 产品规格为 5~10mCi/瓶，日最大生产/销售 1 瓶，年最大生产/销售 100 瓶；锗-89 产品规格为 10~20mCi/瓶，日最大生产/销售 9 瓶，年最大生产/销售 2250 瓶；镓-99m 产品规格为 100~200mCi/瓶，日最大生产/销售 32 瓶，年最大生产/销售 8000 瓶；碘-124 产品规格为 5~10mCi/瓶，日最大生产/销售 3 瓶，年最大生产/销售 300 瓶；镧-133 产品规格为 5~10mCi/瓶，日最大生产/销售 16 瓶，年最大生产/销售 4000 瓶；镧-135 产品规格为 5~10mCi/瓶，日最大生产/销售 26 瓶，年最大生产/销售 6500 瓶；

镭-177 产品规格为 200~500mCi/瓶，日最大生产/销售 4 瓶，年最大生产/销售 80 瓶；铅-203 产品规格为 20~50mCi/瓶，日最大生产/销售 8 瓶，年最大生产/销售 800 瓶。

a2-1 生产线涉及 18 种放射性核素，包括氟-18、钷-44、钷-47、铜-61、铜-64、铜-67、锗-68、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、锆-89、锝-99m、碘-124、镧-133、镧-135、镭-177、铅-203。其中氟-18 日最大操作量为 2.22×10^{12} Bq，日等效最大操作量为 2.22×10^{10} Bq，年最大操作量为 1.11×10^{15} Bq；钷-44 日最大操作量为 7.40×10^{10} Bq，日等效最大操作量为 7.40×10^{11} Bq，年最大操作量为 1.85×10^{13} Bq；钷-47 日最大操作量为 1.48×10^9 Bq，日等效最大操作量为 1.48×10^{11} Bq，年最大操作量为 3.70×10^{11} Bq；铜-64 日最大操作量为 8.88×10^{10} Bq，日等效最大操作量为 8.88×10^{11} Bq，年最大操作量为 2.22×10^{13} Bq；铜-67 日最大操作量为 1.11×10^9 Bq，日等效最大操作量为 1.11×10^{11} Bq，年最大操作量为 1.67×10^{11} Bq；锗-68 日最大操作量为 8.88×10^{10} Bq，日等效最大操作量为 8.88×10^{12} Bq，年最大操作量为 4.44×10^{12} Bq；镓-68 日最大操作量为 1.48×10^{11} Bq，日等效最大操作量为 1.48×10^{12} Bq，年最大操作量为 7.40×10^{13} Bq；硒-75 日最大操作量为 2.22×10^8 Bq，日等效最大操作量为 2.22×10^{10} Bq，年最大操作量为 5.55×10^{10} Bq；钇-86 日最大操作量为 5.55×10^8 Bq，日等效最大操作量为 5.55×10^{10} Bq，年最大操作量为 5.55×10^{10} Bq；钇-88 日最大操作量为 3.70×10^8 Bq，日等效最大操作量为 3.70×10^{10} Bq，年最大操作量为 3.70×10^{10} Bq；锆-89 日最大操作量为 3.70×10^9 Bq，日等效最大操作量为 3.70×10^{11} Bq，年最大操作量为 9.25×10^{11} Bq；锝-99m 日最大操作量为 1.57×10^{11} Bq，日等效最大操作量为 1.57×10^{12} Bq，年最大操作量为 3.93×10^{13} Bq；碘-124 日最大操作量为 7.40×10^8 Bq，日等效最大操作量为 7.40×10^{10} Bq，年最大操作量为 7.40×10^{10} Bq；镧-133 日最大操作量为 5.92×10^9 Bq，日等效最大操作量为 5.92×10^{12} Bq，年最大操作量为 1.48×10^{12} Bq；镧-135 日最大操作量为 5.92×10^9 Bq，日等效最大操作量为 5.92×10^{10} Bq，年最大操作量为 1.48×10^{12} Bq；镭-177 日最大操作量为 3.70×10^{11} Bq，日等效最大操作量为 3.70×10^{12} Bq，年最大操作量为 7.40×10^{11} Bq；铅-203 日最大操作量为 7.40×10^9 Bq，日等效最大操作量为 7.40×10^{10} Bq，年最大操作量为 7.40×10^{11} Bq。以上核素活动种类均为生产、使用和销售。a2-1 生产线单日最多操作 2 种核素。

表 3.1-8 a2-1 生产线核素操作量情况一览表

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)
1	¹⁸ F	2.22E+12	2.22E+10	1.11E+15
2	⁴⁴ Sc	7.40E+10	7.40E+11	1.85E+13
3	⁴⁷ Sc	1.48E+09	1.48E+11	3.70E+11
4	⁶¹ Cu	1.48E+10	1.48E+11	3.70E+12
5	⁶⁴ Cu	8.88E+10	8.88E+11	2.22E+13
6	⁶⁷ Cu	1.11E+09	1.11E+11	1.67E+11
7	⁶⁸ Ge	8.88E+10	8.88E+12	4.44E+12
8	⁶⁸ Ga	1.48E+11	1.48E+12	7.40E+13
9	⁷⁵ Se	2.22E+08	2.22E+10	5.55E+10
10	⁸⁶ Y	5.55E+08	5.55E+10	5.55E+10
11	⁸⁸ Y	3.70E+08	3.70E+10	3.70E+10
12	⁸⁹ Zr	3.70E+09	3.70E+11	9.25E+11
13	^{99m} Tc	1.57E+11	1.57E+12	3.93E+13
14	¹²⁴ I	7.40E+08	7.40E+10	7.40E+10
15	¹³³ La	5.92E+09	5.92E+12	1.48E+12
16	¹³⁵ La	5.92E+09	5.92E+10	1.48E+12
17	¹⁷⁷ Lu	3.70E+10	3.70E+12	7.40E+11
18	²⁰³ Pb	7.40E+09	7.40E+10	7.40E+11

(9) b1-1 内生产线 (1 号场所)

b1-1 生产线位于厂房二层中部区域, 建筑面积约 127.18m², 主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、冷实验室 (兼拆包)、准备间、操作间 (前区)、操作间 (后区)、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱 (机械臂操作), 通过制靶、辐照、分离纯化、淋洗收集、分装、灭菌装罐等工序生产碲-211 放射性同位素原料, 碲-211 产品规格为 20-50mCi/瓶, 日最大生产/销售 18 瓶, 年最大生产/销售 4500 瓶。

b1-1 生产线涉及放射性核素碲-211, 日最大操作量为 1.85×10^{10} Bq, 日等效最大操作量为 1.85×10^{13} Bq, 年最大操作量为 4.63×10^{12} Bq, 活动种类为生产、使用和销售。

(10) b1-2 内生产线 (1 号场所)

b1-2 生产线位于厂房二层中部区域, 建筑面积约 111.88m², 主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间 (和 b1-3 生产线共用)、准备间、操作间 (前区)、操作间 (后区)、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱（机械臂操作），通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产钐-44 放射性同位素原料，钐-44 产品规格为 50-100mCi/瓶，日最大生产/销售 27 瓶，年最大生产/销售 6750 瓶。

b1-2 生产线涉及放射性核素钐-44，日最大操作量为 7.40×10^{10} Bq，日等效最大操作量为 1.85×10^{13} Bq，年最大操作量为 1.85×10^{13} Bq，活动种类为生产、使用和销售。

(11) b1-3 内生产线（1 号场所）

b1-3 生产线位于厂房二层中部区域，建筑面积约 116.67m²，主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间（和 b1-2 生产线共用）、准备间、操作间（前区）、操作间（后区）、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱（机械臂操作），通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产碘-124 放射性同位素原料，碘-124 产品规格为 5~10mCi/瓶，日最大生产/销售 3 瓶，年最大生产/销售 300 瓶。

b1-3 生产线涉及放射性核素碘-124，日最大操作量为 7.40×10^8 Bq，日等效最大操作量为 7.40×10^{10} Bq，年最大操作量为 7.40×10^{10} Bq，活动种类为生产、使用和销售。

(12) b1-4 内生产线（1 号场所）

b1-4 生产线位于厂房二层中部区域，建筑面积约 118.52m²，主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间、准备间、操作间（前区）、操作间（后区）、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱（机械臂操作），通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产锆-68 放射性同位素原料，锆-68 产品规格为 20~70mCi/瓶，日最大生产/销售 117 瓶，年最大生产/销售 5850 瓶。

b1-4 生产线涉及放射性核素锆-68，日最大操作量为 8.88×10^{10} Bq，日等效最大操作量为 8.88×10^{12} Bq，年最大操作量为 4.44×10^{12} Bq，活动种类为生产、使用和销售。

(13) c1-1 内生产线（1 号场所）

c1-1 生产线位于厂房二层中部区域，建筑面积约 116.42m²，主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间、准备间、操作间（前区）、操作间（后区）、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱（机械臂操作），通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产铜-61 放射性同位素原料，铜-61 产品规格为 10-50mCi/瓶，日最大生产/销售 25 瓶，年最大生产/销售 6250 瓶。

c1-1生产线涉及放射性核素铜-61，日最大操作量为 1.48×10^{10} Bq，日等效最大操作量为 1.48×10^{11} Bq，年最大操作量为 3.70×10^{12} Bq，活动种类为生产、使用和销售。

(14) c1-2 内生产线（1号场所）

c1-2生产线位于厂房二层中部区域，建筑面积约 108.50m^2 ，主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间（和c1-3生产线共用）、准备间、操作间（前区）、操作间（后区）、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置1套热室工作箱（机械臂操作），通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产锆-89放射性同位素原料，锆-89产品规格为 $10\sim 20\text{mCi}/\text{瓶}$ ，日最大生产/销售9瓶，年最大生产/销售2250瓶。

c1-2生产线涉及放射性核素锆-89，日最大操作量为 3.70×10^9 Bq，日等效最大操作量为 3.70×10^{11} Bq，年最大操作量为 9.25×10^{11} Bq，活动种类为生产、使用和销售。

(15) c1-3 内生产线（1号场所）

c1-3生产线位于厂房二层中部区域，建筑面积约 99.87m^2 ，主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间（和c1-2生产线共用）、准备间、操作间（前区）、操作间（后区）、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置1套热室工作箱（机械臂操作），通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、浓缩、分装、灭菌装罐等工序生产铜-64放射性同位素原料，铜-64产品规格为 $50\sim 100\text{mCi}/\text{瓶}$ ，日最大生产/销售34瓶，年最大生产/销售8500瓶。

c1-3生产线涉及放射性核素铜-64，日最大操作量为 8.88×10^{10} Bq，日等效最大操作量为 8.88×10^{11} Bq，年最大操作量为 2.22×10^{13} Bq，活动种类为生产、使用和销售。

综上，1号场所包括15条生产线，总的日等效最大操作量为 8.51×10^{14} Bq，属于甲级非密封放射性物质工作场所。

3.1.1.2.2 8条生产线和2条研发制剂线（2号场所）

2号场所位于厂房二层南侧区域，总建筑面积约 1836.5m^2 ，包括8条生产线和2条研发制剂线。其中8条生产线紧邻，从厂房北往南为第三排生产线，生产线最西侧为配套的包装间（3#包装间，建筑面积约 32.69m^2 ，生产线共用）。2号场所西侧设置有共用检测间和去污间。

8条生产线从西向东依次为b2-1、b2-2、b2-3、b2-4、c2-1、c2-2、c2-3、c2-4。2条研发制剂线位于厂房二层厂房东南部区域，从西向东依次为z1、z2。

具体建设内容如下：

(1) b2-1 内生产线 (2 号场所)

b2-1 生产线位于厂房二层南部区域, 建筑面积约 138.38m², 主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、冷实验室 (兼拆包)、准备间、操作间 (前区)、操作间 (后区)、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱 (机械臂操作), 通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产铯-201 放射性同位素原料, 铯-201 产品规格为 20~50mCi/瓶, 日最大生产/销售 110 瓶, 年最大生产/销售 11000 瓶。

b2-1 生产线涉及放射性核素铯-201, 日最大操作量为 8.88×10^{10} Bq, 日等效最大操作量为 8.88×10^{11} Bq, 年最大操作量为 8.88×10^{12} Bq, 活动种类为生产、使用和销售。

(2) b2-2 内生产线 (2 号场所)

b2-2 生产线位于厂房二层南部区域, 建筑面积约 138.85m², 主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间、准备间、操作间 (前区)、操作间 (后区)、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱 (机械臂操作), 通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产钷-86、钷-88 放射性同位素原料。其中钷-86 产品规格为 5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 2 瓶, 年最大生产/销售 200 瓶; 钷-88 产品规格为 5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 1 瓶, 年最大生产/销售 100 瓶。

b2-2 生产线涉及放射性核素钷-86、钷-88。其中钷-86 日最大操作量为 5.55×10^8 Bq, 日等效最大操作量为 5.55×10^{10} Bq, 年最大操作量为 5.55×10^{10} Bq; 钷-88 日最大操作量为 3.70×10^8 Bq, 日等效最大操作量为 3.70×10^{10} Bq, 年最大操作量为 3.70×10^{10} Bq, 以上核素活动种类为生产、使用和销售。b2-2 生产线单日最多操作 1 种核素。

(3) b2-3 内生产线 (2 号场所)

b2-3 生产线位于厂房二层南部区域, 建筑面积约 128.70m², 主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间 (和 b2-4 生产线共用)、准备间、操作间 (前区)、操作间 (后区)、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱 (机械臂操作), 通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产钷-103 放射性同位素原料, 钷-103 产品规格为 50~100mCi/瓶, 日最大生产/销售 18 瓶, 年最大生产/销售 1800 瓶。

b2-3 生产线涉及放射性核素钷-103, 日最大操作量为 3.70×10^{10} Bq, 日等效最大操作量为 3.70×10^{11} Bq, 年最大操作量为 3.70×10^{12} Bq, 活动种类为生产、使用和销售。

(4) b2-4 内生产线 (2 号场所)

b2-4 生产线位于厂房二层南部区域, 建筑面积约 125.05m², 主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间 (和 b2-3 生产线共用)、准备间、操作间 (前区)、操作间 (后区)、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱 (机械臂操作), 通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产镧-133、镧-135 放射性同位素原料。镧-133、产品规格为 5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 16 瓶, 年最大生产/销售 4000 瓶; 镧-135 产品规格为 5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 26 瓶, 年最大生产/销售 6500 瓶。

b2-4 生产线涉及放射性核素镧-133、镧-135。其中镧-133 日最大操作量为 $5.92 \times 10^9 \text{Bq}$, 日等效最大操作量为 $5.92 \times 10^{12} \text{Bq}$, 年最大操作量为 $1.48 \times 10^{12} \text{Bq}$; 镧-135 日最大操作量为 $5.92 \times 10^9 \text{Bq}$, 日等效最大操作量为 $5.92 \times 10^{10} \text{Bq}$, 年最大操作量为 $1.48 \times 10^{12} \text{Bq}$, 以上核素活动种类为生产、使用和销售。b2-4 生产线单日最多操作 1 种核素。

(5) c2-1 内生产线 (2 号场所)

c2-1 生产线位于厂房二层南部区域, 建筑面积约 127.33m², 主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间 (和 c2-2 生产线共用)、准备间、操作间 (前区)、操作间 (后区)、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱 (机械臂操作), 通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产锰-52 放射性同位素原料, 锰-52 产品规格为 50~100mCi/瓶, 日最大生产/销售 28 瓶, 年最大生产/销售 7000 瓶。

c2-1 生产线涉及放射性核素锰-52, 日最大操作量为 $5.55 \times 10^{10} \text{Bq}$, 日等效最大操作量为 $5.55 \times 10^{12} \text{Bq}$, 年最大操作量为 $1.39 \times 10^{13} \text{Bq}$, 活动种类为生产、使用和销售。

(6) c2-2 内生产线 (2 号场所)

c2-2 生产线位于厂房二层南部区域, 建筑面积约 122.74m², 主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间 (和 c2-1 生产线共用)、准备间、操作间 (前区)、操作间 (后区)、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱 (机械臂操作), 通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产镓-68 放射性同位素原料, 镓-68 产品规格为 50~100mCi/瓶, 日最大生产/销售 40 瓶, 年最大生产/销售 10000 瓶。

c2-2 生产线涉及放射性核素镓-68, 日最大操作量为 $1.48 \times 10^{11} \text{Bq}$, 日等效最大操

作量为 $1.48 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40 \times 10^{13} \text{Bq}$ ，活动种类为生产、使用和销售。

(7) c2-3 内生产线 (2 号场所)

c2-3 生产线位于厂房二层南部区域，建筑面积约 109.95m^2 ，主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间（和 c2-4 生产线共用）、准备间、操作间（前区）、操作间（后区）、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱（机械臂操作），通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产铯-155 放射性同位素原料，铯-155 产品规格为 $5\text{-}10 \text{mCi/瓶}$ ，日最大生产/销售 298 瓶，年最大生产/销售 74500 瓶。

c2-3 生产线涉及放射性核素铯-155，日最大操作量为 $5.77 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $5.77 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.44 \times 10^{13} \text{Bq}$ ，活动种类为生产、使用和销售。

(8) c2-4 内生产线 (2 号场所)

c2-4 生产线位于厂房二层南部区域，建筑面积约 107.59m^2 ，主要由一更、二更、风淋室、检测间、去污间、洁具间、洁净通道、拆包间（和 c2-3 生产线共用）、准备间、操作间（前区）、操作间（后区）、缓冲间、风淋间等用房组成。

操作间内设置 1 套热室工作箱（机械臂操作），通过制靶、辐照、靶件溶解、分离纯化、分装、灭菌装罐等工序生产碘-123 放射性同位素原料，碘-123 产品规格为 $50\text{-}100 \text{mCi/瓶}$ ，日最大生产/销售 64 瓶，年最大生产/销售 3200 瓶。

c2-4 生产线涉及放射性核素碘-123，日最大操作量为 $1.48 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.48 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，活动种类为生产、使用和销售。

(9) z1 研发制剂线、z2 研发制剂线 (2 号场所)

z1 研发制剂线位于厂房二层西南部区域，建筑面积约 124.71m^2 ，主要由一更、二更、风淋室、退缓间、去污间、洁具间、洁净通道、冷实验室（兼拆包）、试剂配置间、操作间（前区）、操作间（后区）、包装间（和 z2 研发制剂线共用）、缓冲间、风淋间等用房组成。

z2 研发制剂线位于厂房二层西南部区域，建筑面积约 148.87m^2 ，主要由一更、二更、风淋室、退缓间、去污间、洁具间、洁净通道、冷实验室（兼拆包）、试剂配置间、操作间（前区）、操作间（后区）、包装间（和 z1 研发制剂线共用）、缓冲间、风淋间等用房组成。

两条研发制剂线的操作间内均设置 1 套热室工作箱（机械臂操作），两条研发制剂线生产工艺、产品均相同，通过标记、分装、灭菌装罐等工序生产氟-18、钷-44、

钷-47、锰-52、铜-61、铜-64、铜-67、镓-68、硒-75、钷-86、钷-88、铈-89、铈-99m、钷-103、碘-123、碘-124、镧-133、镧-135、铷-155、镭-177、铊-201、铅-203、碲-211、铯-225放射性标记物。产品规格约0.1~18mCi/瓶，日最大生产/销售1瓶~76瓶，年最大生产/销售100瓶~19000瓶。

两条研发制剂线均涉及 24 种放射性核素，包括氟-18、钷-44、钷-47、锰-52、铜-61、铜-64、铜-67、镓-68、硒-75、钷-86、钷-88、铈-89、铈-99m、钷-103、碘-123、碘-124、镧-133、镧-135、铷-155、镭-177、铊-201、铅-203、碲-211、铯-225，两条研发制剂线单日均最多操作 5 种核素，核素来自放射性同位素原料生产线。

两条研发制剂线的核素操作量均相同，其中氟-18 日最大操作量为 $7.40 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.85 \times 10^{13} \text{Bq}$ ；钷-44 日最大操作量为 $1.85 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $4.62 \times 10^{12} \text{Bq}$ ；钷-47 日最大操作量为 $1.48 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.48 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48 \times 10^{11} \text{Bq}$ ；铜-64 日最大操作量为 $1.85 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $4.63 \times 10^{12} \text{Bq}$ ；铜-67 日最大操作量为 $1.11 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.11 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.11 \times 10^{11} \text{Bq}$ ；镓-68 日最大操作量为 $3.70 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $9.25 \times 10^{12} \text{Bq}$ ；硒-75 日最大操作量为 $2.22 \times 10^8 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $2.22 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $5.55 \times 10^{10} \text{Bq}$ ；钷-86 日最大操作量为 $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $5.55 \times 10^5 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $5.55 \times 10^8 \text{Bq}$ ；钷-88 日最大操作量为 $3.70 \times 10^6 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^5 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $3.70 \times 10^8 \text{Bq}$ ；铈-89 日最大操作量为 $3.70 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $9.25 \times 10^{11} \text{Bq}$ ；铈-99m 日最大操作量为 $1.85 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.85 \times 10^{12} \text{Bq}$ ；钷-103 日最大操作量为 $1.85 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.85 \times 10^{12} \text{Bq}$ ；碘-123 日最大操作量为 $1.85 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.85 \times 10^{12} \text{Bq}$ ；碘-124 日最大操作量为 $7.40 \times 10^8 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$ ；镧-133 日最大操作量为 $1.48 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.48 \times 10^9 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $3.79 \times 10^{11} \text{Bq}$ ；镧-135 日最大操作量为 $1.48 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.48 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $3.70 \times 10^{11} \text{Bq}$ ；铷-155 日最大操作量为 $1.85 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $4.63 \times 10^{12} \text{Bq}$ ；镭-177 日最大操作量为 $3.70 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^8 \text{Bq}$ ，

年最大操作量为 $7.40 \times 10^{10} \text{Bq}$ ；铊-201 日最大操作量为 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$ ；铅-203 日最大操作量为 $7.40 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40 \times 10^{11} \text{Bq}$ ；碲-211 日最大操作量为 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $4.62 \times 10^{11} \text{Bq}$ ；铟-225 日最大操作量为 $3.70 \times 10^7 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $9.25 \times 10^9 \text{Bq}$ ，以上核素活动种类为生产、使用和销售。

表 3.1-9 z1、z2 研发制剂线核素操作量情况一览表

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	来源
1	^{18}F	$7.40\text{E}+10$	$7.40\text{E}+08$	$1.85\text{E}+13$	d1 生产线
2	^{44}Sc	$1.85\text{E}+10$	$1.85\text{E}+08$	$4.62\text{E}+12$	d1 生产线
3	^{47}Sc	$1.48\text{E}+09$	$1.48\text{E}+08$	$1.48\text{E}+11$	h2-1 生产线
4	^{52}Mn	$1.85\text{E}+09$	$1.85\text{E}+08$	$4.63\text{E}+11$	c2-1 生产线
5	^{61}Cu	$1.48\text{E}+10$	$1.48\text{E}+08$	$3.70\text{E}+12$	d1 生产线
6	^{64}Cu	$1.85\text{E}+10$	$1.85\text{E}+08$	$4.63\text{E}+12$	d1 生产线
7	^{67}Cu	$1.11\text{E}+09$	$1.11\text{E}+08$	$1.11\text{E}+11$	h2-1 生产线
8	^{68}Ga	$3.70\text{E}+10$	$3.70\text{E}+08$	$9.25\text{E}+12$	a2-1 生产线
9	^{75}Se	$2.22\text{E}+08$	$2.22\text{E}+07$	$5.55\text{E}+10$	d1 生产线
10	^{86}Y	$5.55\text{E}+06$	$5.55\text{E}+05$	$5.55\text{E}+08$	d1 生产线
11	^{88}Y	$3.70\text{E}+06$	$3.70\text{E}+05$	$3.70\text{E}+08$	d1 生产线
12	^{89}Zr	$3.70\text{E}+09$	$3.70\text{E}+08$	$9.25\text{E}+11$	d1 生产线
13	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$1.85\text{E}+10$	$1.85\text{E}+08$	$1.85\text{E}+12$	d1 生产线
14	^{103}Pd	$1.85\text{E}+10$	$1.85\text{E}+08$	$1.85\text{E}+12$	h2-1 生产线
15	^{123}I	$1.85\text{E}+10$	$1.85\text{E}+08$	$1.85\text{E}+12$	d1 生产线
16	^{124}I	$7.40\text{E}+08$	$7.40\text{E}+07$	$1.85\text{E}+11$	b2-3 生产线
17	^{133}La	$1.48\text{E}+09$	$1.48\text{E}+09$	$3.70\text{E}+11$	c2-4 生产线
18	^{135}La	$1.48\text{E}+09$	$1.48\text{E}+07$	$3.70\text{E}+11$	d1 生产线
19	^{155}Tb	$1.85\text{E}+10$	$1.85\text{E}+08$	$4.63\text{E}+12$	a2-1 生产线
20	^{177}Lu	$3.70\text{E}+09$	$3.70\text{E}+08$	$7.40\text{E}+10$	a2-1 生产线
21	^{201}Tl	$1.85\text{E}+09$	$1.85\text{E}+07$	$1.85\text{E}+11$	c2-3 生产线
22	^{203}Pb	$7.40\text{E}+09$	$7.40\text{E}+07$	$7.40\text{E}+11$	a2-1 生产线
23	^{211}At	$1.85\text{E}+09$	$1.85\text{E}+09$	$4.62\text{E}+11$	b2-1 生产线
24	^{225}Ac	$3.70\text{E}+07$	$3.70\text{E}+08$	$9.25\text{E}+09$	a2-1 生产线

综上，2号场所包括8条生产线和2条研发制剂线，总的日等效最大操作量为 $1.15 \times 10^{13} \text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所。

3.1.1.3 配套及辅助工程

1. 与生产配套的辅助房间

厂房一层建设与生产配套的放射性成品库、出货大厅、容器清洗间、容器存放间等涉放辅助房间，建设与生产配套的非放物流大厅、设备机房、非放物料库、研发办公用房等非放辅助房间。厂房二层建设与生产配套的设备机房、非放物料库、洗衣间、清洗消毒灭菌间、研发办公用房等非放辅助房间。

厂房负一层建设与生产配套的放射性废物暂存间、配电机房、消防水池、柴油发电机房和衰变间（内有衰变池）等。

2. 供电

由市政高压开关站引来2路10kV高压电源。10kV电力电缆经室外手孔井进入地下室（负一层）后，采用电缆桥架敷设引至高压进线柜。本工程建筑为多层公共建筑，负荷等级为特级、一级、二级、三级负荷。一级负荷包括计算机网络系统用电、安防系统用电、走道公共照明用电，二级负荷包括消防风机等消防设备、应急照明用电、空气净化机组、客梯等用电，三级负荷包括办公照明及其他普通动力用电。设置1个变电所。本工程高压配电装置采用环网柜或中置柜，内置中压真空断路器加微机保护装置，10kV短路分断能力为进线31.5KA，出线25kA。本期工程变电所装机总容量为：10400kVA，变压器（发电机）为4（台）×1600kVA（容量）、2（台）×2000kVA（容量），其中1台2000kVA为后期楼栋预留。柴油发电机房变压器（发电机）为800kW（常载）/800kW（备载）。

3. 给排水工程

（1）给水：本工程给水系统均由市政给水直接供水，拟从南侧厂区环状给水管网引出2根DN150的供水管，水量、水质能满足本工程及普通生产给水要求。

（2）排水：本工程排水对象主要为生活及生产废水、屋面雨水、空调冷凝水，设计上采用雨、污分流的排水体制，对上述排水对象分别进行组织排放，本工程放射性废水经管道收集后在衰变池/冷却水检修收集池暂存衰变后排至厂区污水管网，普通污废水直接排至厂区内污水管网，经沉砂格栅池拦截大颗粒污物后然后排至市政污水管网。屋面雨水采用重力流排水系统，阳台雨水管、冷凝水管单独设置。

（3）消防给水：根据《消防给水及消火栓系统技术规范》（GB50974-2014）的相关规定，本地块同一时间内的火灾次数为1次。室内消防系统采用临时高压消防体系，室外消防系统采用加压消防给水系统。本工程一次灭火用水量按阵列厂房确

定，室内消火栓系统用水量为 20L/s，火灾持续时间 3h，室外消火栓系统用水量为 40L/s，火灾持续时间 3h，自动喷水灭火系统用水量 40L/s，火灾持续时间 1h，总用水量为 794m³。消防用水均储存在地下室消防水池（有效容积 794m³）中。室外消防水池在室外道路附近设有取水口，水深保证消防车取水处地面至最低有效水位不超过 5.0m，消防取水口距建筑外墙的距离不小于 5m。消防水箱位于同位素阵列工厂屋顶（总有效容积 V=18m³），消防水箱最低有效水位至最不利消火栓的静水压力不满足 0.10MPa 的要求，在水箱附近设置消防稳压装置，以满足所需压力要求。消防水池及屋顶消防水箱的水位在消防控制中心均有显示。

4.生活设施

本项目不设置住宿和食堂等生活设施。

5.配套环保工程

（1）非放射性处理/治理设施

①非放射性废气处理设施

本项目非放射性废气主要为加速器运行产生的臭氧、使用乙醇、甲醇、乙腈、异丙醇和丙酮等有机试剂产生的 TVOC、使用盐酸、硫酸和硝酸等酸性试剂产生的挥发性酸雾，产生量较小，经高效过滤器/活性炭过滤器过滤后引至所在楼楼顶排放。

②非放射性废水处理设施

本项目非放射性废水包含生活污水、非放射性生产废水（生活污水、洗衣废水、非放洁具清洁废水、非放材料清洗废水、纯水制备废水）一起经厂房东侧格栅沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后经木龙河排入涪江。

③非放射性固体废物处理设施

工作人员生活垃圾由各产生点袋装收集后转入厂区设置的垃圾收集桶，再由环卫部门统一处理与处置。

原料包装废材、产品包装废材、非放射性沾染的一次性口罩、手套、鞋套、擦拭物等实行最大程度的资源化分类处置，对可回收的固体废物交由废品收购站处置，对不可回收的固体废物集中收集后由环卫部门统一处理与处置。

危险废物：本项目产生的危险废物包括有机废液、废酸、废碱和废试剂瓶等，非放射性或清洁解控后的灭活培养基、注射器，清洁解控后的排风管道废过滤器滤芯和废活性炭，在厂房一层东侧危废品库（建筑面积为 4.6m²）暂存，定期交有资质的单

位处理。

④噪声治理设施

选用低噪声设备，采用消声、减振、隔声等措施。

(2) 放射性处理设施

①气载流出物处理设施

各涉放场所排风通过独立管道接至楼顶高效过滤风机组/活性炭过滤风机组，过滤后引至楼顶 1#、2#排气筒排放。各生产线研发制剂线的工艺热室工作箱排风，质检区手套箱排风，先经前置管道过滤器过滤后，通过独立管道接至楼顶的活性炭过滤风机组，过滤后引至楼顶 1#、2#排气筒排放。1#、2#排气筒距地面高度不低于 23m，顶部安装锥形风帽。

②放射性废水处理设施

本项目设置 2 间衰变间，包括位于厂房北侧地下的 1#衰变间和厂房负一层东侧区域的 2#衰变间。其中 1#衰变间建筑面积为 125.40m²，内有两格冷却水检修收集池、四格长半衰期衰变池和三格短半衰期衰变池，用于收集暂存冷却废水、产线工作人员应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水；2#衰变间建筑面积为 48.33m²，内有三格长半衰期衰变池，用于收集质检区的工作人员应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水，以上衰变池均为并联式。

本项目放射性生产废水包括冷却废水、应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水，经暂存衰变且检测达标（冷却废水氡单次排放活度小于 1ALI_{min} 值 $1.11 \times 10^9 \text{Bq}$ 、总 $\beta \leq 10 \text{Bq/L}$ ，应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水总 $\alpha \leq 1 \text{Bq/L}$ 、总 $\beta \leq 10 \text{Bq/L}$ ）后，经厂房东侧格栅沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后经木龙河排入涪江。

生产线研发制剂线的放射性废液暂存于 1#、2#放射性废物暂存间。质检区的放射性废液先临时暂存其场所内的放射性废物暂存间，收集达一定量且衰变一定时间后，转至厂房负一层西侧区域的 1#、2#放射性废物暂存间。

③放射性固体废物处理设施

本项目设置 5 间放射性废物暂存间，其中 1 间位于厂房一层东侧质检区，该放射性废物暂存间建筑面积为 10.52m²，主要用于临时暂存质检区的放射性废物/废液；剩余 4 间位于厂房负一层西侧区域，1#~4#放射性废物暂存间建筑面积分别为 30.83m²、

30.22m²、44.93m²、41.87m²，1#~2#放射性废物暂存间主要用于暂存涉放区域产生的放射性废液，3#~4#放射性废物暂存间主要用于暂存涉放区域产生的放射性废物。

3.1.2 产品方案及生产规模

根据建设单位提供的资料，本项目生产规模及具体产品方案见表3.1-10~表3.1-11。

表 3.1-10 本项目厂房二层 1 号场所产品方案及生产规模表

产线名称	产品名称	单批次最大操作量 (Bq)	生产批次次数 (次/天)	生产批次次数 (次/年)	年生产天数 (天)	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	产品规格及规模	盛装容器
h1-1	²²⁵ Ac 同位素原料	3.70E+10	1	20	20	3.70E+10	7.40E+11	1-10mCi/瓶, 日最大生产/销售 1000 瓶, 年最大生产/销售 20000 瓶	西林瓶 + 铅罐
h2-1	⁴⁷ Sc 同位素原料	3.70E+09	1	100	100	3.70E+09	3.70E+11	20-50mCi/瓶, 日最大生产/销售 4 瓶, 年最大生产/销售 400 瓶	西林瓶 + 铅罐
	⁶⁷ Cu 同位素原料	1.11E+09	1	100	100	1.11E+09	1.11E+11	5-10mCi/瓶, 日最大生产/销售 5 瓶, 年最大生产/销售 500 瓶	西林瓶 + 铅罐
	⁹⁹ Mo 同位素原料	1.57E+11	1	100	100	1.57E+11	1.57E+13	50-100mCi/瓶, 日最大生产/销售 78 瓶, 年最大生产/销售 7800 瓶	西林瓶 + 铅罐
h1-2	⁴⁷ Sc 同位素原料	3.70E+09	1	100	100	3.70E+09	3.70E+11	20-50mCi/瓶, 日最大生产/销售 4 瓶, 年最大生产/销售 400 瓶	西林瓶 + 铅罐
A 内	²¹¹ At 同位素原料	1.85E+10	1	250	250	1.85E+10	4.63E+12	20-50mCi/瓶, 日最大生产/销售 18 瓶, 年最大生产/销售 4500 瓶	西林瓶 + 铅罐
a2-1	¹⁸ F 同位素原料	1.11E+12	2	500	250	2.22E+12	1.11E+15	500-1000mCi/瓶, 日最大生产/销售 54 瓶, 年最大生产/销售 13500 瓶	西林瓶 + 铅罐
	⁴⁴ Sc 同位素原料	7.40E+10	1	250	250	7.40E+10	1.85E+13	50-100mCi/瓶, 日最大生产/销售 27 瓶, 年最大生产/销售 6750 瓶	西林瓶 + 铅罐
	⁴⁷ Sc 同位素原料	1.48E+09	1	250	250	1.48E+09	3.70E+11	5-10mCi/瓶, 日最大生产/销售 7 瓶, 年最大生产/销售 1750 瓶	西林瓶 + 铅罐
	⁶¹ Cu 同位素原料	1.48E+10	1	250	250	1.48E+10	3.70E+12	10-50mCi/瓶, 日最大生产/销售 25 瓶, 年最大生产/销售 6250 瓶	西林瓶 + 铅罐
	⁶⁴ Cu 同位素原料	8.88E+10	1	250	250	8.88E+10	2.22E+13	50-100mCi/瓶, 日最大生产/销售 34 瓶, 年最大生产/销售 8500 瓶	西林瓶 + 铅罐

产线名称	产品名称	单批次最大操作量 (Bq)	生产批次次数 (次/天)	生产批次数 (次/年)	年生产天数 (天)	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	产品规格及规模	盛装容器
	⁶⁷ Cu 同位素原料	1.11E+09	1	150	150	1.11E+09	1.67E+11	10~30mCi/瓶, 日最大生产/销售 2 瓶, 年最大生产/销售 300 瓶	西林瓶+铅罐
	⁶⁸ Ge 同位素原料	8.88E+10	1	50	50	8.88E+10	4.44E+12	20~70mCi/瓶, 日最大生产/销售 117 瓶, 年最大生产/销售 5850 瓶	西林瓶+铅罐
	⁶⁸ Ga 同位素原料	7.40E+10	2	500	250	1.48E+11	7.40E+13	50~100mCi/瓶, 日最大生产/销售 40 瓶, 年最大生产/销售 10000 瓶	西林瓶+铅罐
	⁷⁵ Se 同位素原料	2.22E+08	1	250	250	2.22E+08	5.55E+10	0.5~1mCi/瓶, 日最大生产/销售 11 瓶, 年最大生产/销售 2750 瓶	西林瓶+铅罐
	⁸⁶ Y 同位素原料	5.55E+08	1	100	100	5.55E+08	5.55E+10	5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 2 瓶, 年最大生产/销售 200 瓶	西林瓶+铅罐
	⁸⁸ Y 同位素原料	3.70E+08	1	100	100	3.70E+08	3.70E+10	5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 1 瓶, 年最大生产/销售 100 瓶	西林瓶+铅罐
	⁸⁹ Zr 同位素原料	3.70E+09	1	250	250	3.70E+09	9.25E+11	10~20mCi/瓶, 日最大生产/销售 9 瓶, 年最大生产/销售 2250 瓶	西林瓶+铅罐
	^{99m} Tc 同位素原料	1.57E+11	1	250	250	1.57E+11	3.93E+13	100~200mCi/瓶, 日最大生产/销售 32 瓶, 年最大生产/销售 8000 瓶	西林瓶+铅罐
	¹²⁴ I 同位素原料	7.40E+08	1	100	100	7.40E+08	7.40E+10	5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 3 瓶, 年最大生产/销售 300 瓶	西林瓶+铅罐
	¹³³ La 同位素原料	5.92E+09	1	250	250	5.92E+09	1.48E+12	5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 16 瓶, 年最大生产/销售 4000 瓶	西林瓶+铅罐
	¹³⁵ La 同位素原料	5.92E+09	1	250	250	5.92E+09	1.48E+12	5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 26 瓶, 年最大生产/销售 6500 瓶	西林瓶+铅罐

产线名称	产品名称	单批次最大操作量 (Bq)	生产批次次数 (次/天)	生产批次数 (次/年)	年生产天数 (天)	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	产品规格及规模	盛装容器
	¹⁷⁷ Lu 同位素原料	3.70E+10	1	20	20	3.70E+10	7.40E+11	200~500mCi/瓶, 日最大生产/销售 4 瓶, 年最大生产/销售 80 瓶	西林瓶+铅罐
	²⁰³ Pb 同位素原料	7.40E+09	1	100	100	7.40E+09	7.40E+11	20~50mCi/瓶, 日最大生产/销售 8 瓶, 年最大生产/销售 800 瓶	西林瓶+铅罐
a1-1	⁶⁸ Ge 同位素原料	8.88E+10	1	50	50	8.88E+10	4.44E+12	20~70mCi/瓶, 日最大生产/销售 117 瓶, 年最大生产/销售 5850 瓶	西林瓶+铅罐
	²²⁵ Ac 同位素原料	3.70E+09	1	50	50	3.70E+09	1.85E+11	1-10mCi/瓶, 日最大生产/销售 86 瓶, 年最大生产/销售 4300 瓶	西林瓶+铅罐
a1-2	¹²³ I 同位素原料	1.48E+11	1	50	50	1.48E+11	7.40E+12	50-100mCi/瓶, 日最大生产/销售 64 瓶, 年最大生产/销售 3200 瓶	西林瓶+铅罐
	²¹¹ At 同位素原料	1.85E+10	1	250	250	1.85E+10	4.63E+12	20-50mCi/瓶, 日最大生产/销售 18 瓶, 年最大生产/销售 4500 瓶	西林瓶+铅罐
d1	¹⁸ F 同位素原料	1.11E+12	2	500	250	2.22E+12	1.11E+15	500-1000mCi/瓶, 日最大生产/销售 54 瓶, 年最大生产/销售 13500 瓶	西林瓶+铅罐
	⁴⁴ Sc 同位素原料	7.40E+10	1	250	250	7.40E+10	1.85E+13	50-100mCi/瓶, 日最大生产/销售 27 瓶, 年最大生产/销售 6750 瓶	西林瓶+铅罐
	⁶¹ Cu 同位素原料	1.48E+10	1	250	250	1.48E+10	3.70E+12	10-50mCi/瓶, 日最大生产/销售 25 瓶, 年最大生产/销售 6250 瓶	西林瓶+铅罐
	⁶⁴ Cu 同位素原料	8.88E+10	1	250	250	8.88E+10	2.22E+13	50-100mCi/瓶, 日最大生产/销售 34 瓶, 年最大生产/销售 8500 瓶	西林瓶+铅罐
	⁶⁸ Ga 同位素原料	7.40E+10	2	500	250	1.48E+11	7.40E+13	50~100mCi/瓶, 日最大生产/销售 40 瓶, 年最大生产/销售 10000 瓶	西林瓶+铅罐
	⁷⁵ Se 同位素原料	2.22E+08	1	250	250	2.22E+08	5.55E+10	0.5~1mCi/瓶, 日最大生产/销售 11 瓶	西林瓶

产线名称	产品名称	单批次最大操作量 (Bq)	生产批次次数 (次/天)	生产批次数 (次/年)	年生产天数 (天)	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	产品规格及规模	盛装容器
	素原料							瓶, 年最大生产/销售 2750 瓶	+铅罐
	⁸⁶ Y 同位素原料	5.55E+08	1	100	100	5.55E+08	5.55E+10	5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 2 瓶, 年最大生产/销售 200 瓶	西林瓶 +铅罐
	⁸⁸ Y 同位素原料	3.70E+08	1	100	100	3.70E+08	3.70E+10	5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 1 瓶, 年最大生产/销售 100 瓶	西林瓶 +铅罐
	⁸⁹ Zr 同位素原料	3.70E+09	1	250	250	3.70E+09	9.25E+11	10~20mCi/瓶, 日最大生产/销售 9 瓶, 年最大生产/销售 2250 瓶	西林瓶 +铅罐
	^{99m} Tc 同位素原料	1.57E+11	1	250	250	1.57E+11	3.93E+13	100~200mCi/瓶, 日最大生产/销售 32 瓶, 年最大生产/销售 8000 瓶	西林瓶 +铅罐
	¹²⁴ I 同位素原料	7.40E+08	1	100	100	7.40E+08	7.40E+10	5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 3 瓶, 年最大生产/销售 300 瓶	西林瓶 +铅罐
b1-1	²¹¹ At 同位素原料	1.85E+10	1	250	250	1.85E+10	4.63E+12	20-50mCi/瓶, 日最大生产/销售 18 瓶, 年最大生产/销售 4500 瓶	西林瓶 +铅罐
b1-2	⁴⁴ Sc 同位素原料	7.40E+10	1	250	250	7.40E+10	1.85E+13	50-100mCi/瓶, 日最大生产/销售 27 瓶, 年最大生产/销售 6750 瓶	西林瓶 +铅罐
b1-3	¹²⁴ I 同位素原料	7.40E+08	1	100	100	7.40E+08	7.40E+10	5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 3 瓶, 年最大生产/销售 300 瓶	西林瓶 +铅罐
b1-4	⁶⁸ Ge 同位素原料	8.88E+10	1	50	50	8.88E+10	4.44E+12	20~70mCi/瓶, 日最大生产/销售 117 瓶, 年最大生产/销售 5850 瓶	西林瓶 +铅罐
c1-1	⁶¹ Cu 同位素原料	1.48E+10	1	250	250	1.48E+10	3.70E+12	10-50mCi/瓶, 日最大生产/销售 25 瓶, 年最大生产/销售 6250 瓶	西林瓶 +铅罐
c1-2	⁸⁹ Zr 同位素原料	3.70E+09	1	250	250	3.70E+09	9.25E+11	10~20mCi/瓶, 日最大生产/销售 9 瓶, 年最大生产/销售 2250 瓶	西林瓶 +铅罐

产线名称	产品名称	单批次最大操作量 (Bq)	生产批次 数 (次/ 天)	生产批次数 (次/年)	年生产天 数 (天)	日最大 操作量 (Bq)	年最大 操作量 (Bq)	产品规格及规模	盛装 容器
c1-3	⁶⁴ Cu 同位素原料	8.88E+10	1	250	250	8.88E+10	2.22E+13	50-100mCi/瓶, 日最大生产/销售 34 瓶, 年最大生产/销售 8500 瓶	西林瓶 +铅罐

表 3.1-11 本项目厂房二层 2 号场所产品方案及生产规模表

产线名称	产品名称	单批次最大操作量 (Bq)	生产批次 数 (次/ 天)	生产批次数 (次/年)	年生产天 数 (天)	日最大 操作量 (Bq)	年最大 操作量 (Bq)	产品规格及规模	盛装 容器
b2-1	²⁰¹ Tl 同位素原料	8.88E+10	1	100	100	8.88E+10	8.88E+12	20~50mCi/瓶, 日最大生产/销售 110 瓶, 年最大生产/销售 11000 瓶	西林瓶 +铅罐
b2-2	⁸⁶ Y 同位素原料	5.55E+08	1	100	100	5.55E+08	5.55E+10	5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 2 瓶, 年最大生产/销售 200 瓶	西林瓶 +铅罐
	⁸⁸ Y 同位素原料	3.70E+08	1	100	100	3.70E+08	3.70E+10	5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 1 瓶, 年最大生产/销售 100 瓶	西林瓶 +铅罐
b2-3	¹⁰³ Pd 同位素原料	3.70E+10	1	100	100	3.70E+10	3.70E+12	50~100mCi/瓶, 日最大生产/销售 18 瓶, 年最大生产/销售 1800 瓶	西林瓶 +铅罐
b2-4	¹³³ La 同位素原料	5.92E+09	1	250	250	5.92E+09	1.48E+12	5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 16 瓶, 年最大生产/销售 4000 瓶	西林瓶 +铅罐
	¹³⁵ La 同位素原料	5.92E+09	1	250	250	5.92E+09	1.48E+12	5~10mCi/瓶, 日最大生产/销售 26 瓶, 年最大生产/销售 6500 瓶	西林瓶 +铅罐
c2-1	⁵² Mn 同位素原料	5.55E+10	1	250	250	5.55E+10	1.39E+13	50-100mCi/瓶, 日最大生产/销售 28 瓶, 年最大生产/销售 7000 瓶	西林瓶 +铅罐

产线名称	产品名称	单批次最大操作量 (Bq)	生产批次次数 (次/天)	生产批次次数 (次/年)	年生产天数 (天)	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	产品规格及规模	盛装容器
c2-2	⁶⁸ Ga 同位素原料	7.40E+10	2	500	250	1.48E+11	7.40E+13	50~100mCi/瓶, 日最大生产/销售 40 瓶, 年最大生产/销售 10000 瓶	西林瓶+铅罐
c2-3	¹⁵⁵ Tb 同位素原料	5.77E+10	1	250	250	5.77E+10	1.44E+13	5-10mCi/瓶, 日最大生产/销售 298 瓶, 年最大生产/销售 74500 瓶	西林瓶+铅罐
c2-4	¹²³ I 同位素原料	1.48E+11	1	50	50	1.48E+11	7.40E+12	50-100mCi/瓶, 日最大生产/销售 64 瓶, 年最大生产/销售 3200 瓶	西林瓶+铅罐
z1 或 z2 研发制剂线	¹⁸ F 标记物	7.40E+10	1	250	250	7.40E+10	1.85E+13	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 76 瓶, 年最大生产/销售 19000 瓶	西林瓶+铅罐
	⁴⁴ Sc 标记物	1.85E+10	1	250	250	1.85E+10	4.62E+12	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 24 瓶, 年最大生产/销售 6000 瓶	西林瓶+铅罐
	⁴⁷ Sc 标记物	1.48E+09	1	100	100	1.48E+09	1.48E+11	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 2 瓶, 年最大生产/销售 200 瓶	西林瓶+铅罐
	⁵² Mn 标记物	1.85E+09	1	250	250	1.85E+09	4.63E+11	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 3 瓶, 年最大生产/销售 750 瓶	西林瓶+铅罐
	⁶¹ Cu 标记物	1.48E+10	1	250	250	1.48E+10	3.70E+12	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 18 瓶, 年最大生产/销售 4500 瓶	西林瓶+铅罐
	⁶⁴ Cu 标记物	1.85E+10	1	250	250	1.85E+10	4.63E+12	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 26 瓶, 年最大生产/销售 6500 瓶	西林瓶+铅罐
	⁶⁷ Cu 标记物	1.11E+09	1	100	100	1.11E+09	1.11E+11	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 2 瓶, 年最大生产/销售 200 瓶	西林瓶+铅罐
	⁶⁸ Ga 标记物	3.70E+10	1	250	250	3.70E+10	9.25E+12	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 48 瓶, 年最大生产/销售 12000 瓶	西林瓶+铅罐
⁷⁵ Se 标记物	2.22E+08	1	250	250	2.22E+08	5.55E+10	约 6mCi/瓶, 日最大生产/销售 1	西林瓶	

产线名称	产品名称	单批次最大操作量 (Bq)	生产批次次数 (次/天)	生产批次次数 (次/年)	年生产天数 (天)	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	产品规格及规模	盛装容器
								瓶, 年最大生产/销售 250 瓶	+铅罐
	⁸⁶ Y 标记物	5.55E+06	1	100	100	5.55E+06	5.55E+08	约 0.15mCi/瓶, 日最大生产/销售 1 瓶, 年最大生产/销售 100 瓶	西林瓶 +铅罐
	⁸⁸ Y 标记物	3.70E+06	1	100	100	3.70E+06	3.70E+08	约 0.1mCi/瓶, 日最大生产/销售 1 瓶, 年最大生产/销售 100 瓶	西林瓶 +铅罐
	⁸⁹ Zr 标记物	3.70E+09	1	250	250	3.70E+09	9.25E+11	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 6 瓶, 年最大生产/销售 1500 瓶	西林瓶 +铅罐
	^{99m} Tc 标记物	1.85E+10	1	100	100	1.85E+10	1.85E+12	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 26 瓶, 年最大生产/销售 2600 瓶	西林瓶 +铅罐
	¹⁰³ Pd 标记物	1.85E+10	1	100	100	1.85E+10	1.85E+12	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 31 瓶, 年最大生产/销售 3100 瓶	西林瓶 +铅罐
	¹²³ I 标记物	1.85E+10	1	100	100	1.85E+10	1.85E+12	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 27 瓶, 年最大生产/销售 2700 瓶	西林瓶 +铅罐
	¹²⁴ I 标记物	7.40E+08	1	250	250	7.40E+08	1.85E+11	约 18mCi/瓶, 日最大生产/销售 1 瓶, 年最大生产/销售 250 瓶	西林瓶 +铅罐
	¹³³ La 标记物	1.48E+09	1	250	250	1.48E+09	3.70E+11	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 2 瓶, 年最大生产/销售 500 瓶	西林瓶 +铅罐
	¹³⁵ La 标记物	1.48E+09	1	250	250	1.48E+09	3.70E+11	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 2 瓶, 年最大生产/销售 500 瓶	西林瓶 +铅罐
	¹⁵⁵ Tb 标记物	1.85E+10	1	250	250	1.85E+10	4.63E+12	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 31 瓶, 年最大生产/销售 7750 瓶	西林瓶 +铅罐
	¹⁷⁷ Lu 标记物	3.70E+09	1	20	20	3.70E+09	7.40E+10	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 6 瓶, 年最大生产/销售 120 瓶	西林瓶 +铅罐

产线名称	产品名称	单批次最大操作量 (Bq)	生产批次 数 (次/ 天)	生产批次数 (次/年)	年生产天 数 (天)	日最大 操作量 (Bq)	年最大 操作量 (Bq)	产品规格及规模	盛装 容器
	²⁰¹ Tl 标记物	1.85E+09	1	100	100	1.85E+09	1.85E+11	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 3 瓶, 年最大生产/销售 300 瓶	西林瓶 +铅罐
	²⁰³ Pb 标记物	7.40E+09	1	100	100	7.40E+09	7.40E+11	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 12 瓶, 年最大生产/销售 1200 瓶	西林瓶 +铅罐
	²¹¹ At 标记物	1.85E+09	1	250	250	1.85E+09	4.62E+11	约 15mCi/瓶, 日最大生产/销售 3 瓶, 年最大生产/销售 750 瓶	西林瓶 +铅罐
	²²⁵ Ac 标记物	3.70E+07	1	250	250	3.70E+07	9.25E+09	约 1mCi/瓶, 日最大生产/销售 1 瓶, 年最大生产/销售 250 瓶	西林瓶 +铅罐

3.1.3 非密封放射性物质工作场所分级

根据中华人民共和国环境保护部办公厅文件《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），满足以下3个特点的放射性药物生产、使用场所，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：①有相对独立、明确的监督区和控制区划分；②工艺流程连续完整；③有相对独立的辐射防护措施。

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录C提供的放射性同位素工作场所放射性核素日等效最大操作计算方法和建设单位提供的放射性同位素最大日操作量，可以计算出核素的日等效最大操作量。非密封放射性物质工作场所的分级判据如表3.1-12。核素毒性修正因子见表3.1-13、操作方式修正因子见表3.1-14。

表 3.1-12 非密封放射性物质工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

*注：日等效操作量=日操作量×毒性修正因子/操作方式的修正因子。

表 3.1-13 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 3.1-14 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平 较低的固体	液体、溶液、悬 浮液	表面有污染 的固体	气体、蒸汽、粉末、 压力很高的液体、固 体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

本项目生产线的核素来源于射线装置区，因此场所等级需考虑射线装置区的生产运行计划、选择的生产线及核素，综合得出场所的日等效最大操作量，以进行场所等级判定。

a2-1 和 d1 生产线均单日最多生产 2 种放射性同位素原料，氟-18 和镓-68 单日最多生产 2 批次，其他放射性同位素原料单日生产 1 批次，因此生产模式包括：①生产 1 批次氟-18 和 1 批次镓-68；②生产 2 批次氟-18 或生产 2 批次镓-68；③生产 1 批次氟-18 或镓-68，再生产 1 批次其他放射性同位素原料；④生产 2 种其他放射性同位素原料，生产线日等效操作量取不同生产模式中的最大值。其他生产线单日最多生产 1 种放射性同位素原料。

z1、z2 两条研发制剂线的核素来源于生产线，单日最多生产 5 种放射性标记物，取 5 种日等效操作量最大的核素（氟-18、镓-68、镧-133、镱-177 和碲-211）进行场所日等效最大操作量核算。该 5 种核素来自 1 号场所的生产线，其中氟-18、镓-68 来自 d1 生产线，镧-133、镱-177 来自 a2-1 生产线，碲-211 来自 a1-2 生产线，与生产线核素操作量和种类相符，不会与 2 号场所的生产线核素重复计算场所日等效最大操作量，且符合射线装置区域生产计划。

质检区的核素来源于生产线和研发制剂线，单日最多操作 5 种放射性核素，取 5 种日等效操作量最大的核素进行场所日等效最大操作量核算。

因此，根据核算：

1 号场所（厂房二层 15 条生产线）日等效最大操作量为 $8.51 \times 10^{14} \text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所。

2 号场所（厂房二层 8 条生产线和 2 条研发制剂线）日等效最大操作量为 $1.15 \times 10^{13} \text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所。

3 号场所（厂房一层质检区）日等效最大操作量为 $8.33 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

4 号场所（厂房一层镭-226 靶件操作区）日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^{13} \text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所。

表 3.1-15 1号场所（15条生产线）非密封放射性物质工作场所分级核算表

产线名称	核素名称	性状	活动种类	日最大操作量 (Bq)	毒性分组	毒性因子	操作方式与放射源状态修正因子		日等效最大操作量 (Bq)	场所等级
							操作方式	修正因子		
h1-1	²²⁶ Ra (靶核素)	固态	使用	3.70E+10	极毒	10	特别危险操作	0.001	3.70E+14	甲级（操作量合计 8.51E+14）
	²²⁵ Ac (目标核素)	液态	生产、使用、销售	3.70E+10	极毒	10	特别危险操作	0.001	3.70E+14	
h2-1	⁴⁷ Sc	液态	生产、使用、销售	3.70E+09	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	3.70E+11	
	⁶⁷ Cu	液态	生产、使用、销售	1.11E+09	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	1.11E+11	
	⁹⁹ Mo	液态	生产、使用、销售	1.57E+11	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	1.57E+13	
h1-2	⁴⁷ Sc	液态	生产、使用、销售	3.70E+09	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	3.70E+11	
A 内	²¹¹ At	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	高毒	1	特别危险操作	0.001	1.85E+13	
a2-1	¹⁸ F	液态	生产、使用、销售	2.22E+12	低毒	0.01	简单操作	1	2.22E+10	
	⁴⁴ Sc	液态	生产、使用、销售	7.40E+10	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	7.40E+11	
	⁴⁷ Sc	液态	生产、使用、销售	1.48E+09	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	1.48E+11	
	⁶¹ Cu	液态	生产、使用、销售	1.48E+10	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	1.48E+11	
	⁶⁴ Cu	液态	生产、使用、销售	8.88E+10	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	8.88E+11	
	⁶⁷ Cu	液态	生产、使用、销售	1.11E+09	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	1.11E+11	
	⁶⁸ Ge	液态	生产、使用、销售	8.88E+10	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	8.88E+12	
	⁶⁸ Ga	液态	生产、使用、销售	1.48E+11	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	1.48E+12	
	⁷⁵ Se	液态	生产、使用、销售	2.22E+08	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	2.22E+10	
	⁸⁶ Y	液态	生产、使用、销售	5.55E+08	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	5.55E+10	
⁸⁸ Y	液态	生产、使用、销售	3.70E+08	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	3.70E+10		

产线名称	核素名称	性状	活动种类	日最大操作量 (Bq)	毒性分组	毒性因子	操作方式与放射源状态修正因子		日等效最大操作量 (Bq)	场所等级
							操作方式	修正因子		
	⁸⁹ Zr	液态	生产、使用、销售	3.70E+09	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	3.70E+11	
	^{99m} Tc	液态	生产、使用、销售	1.57E+11	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	1.57E+12	
	¹²⁴ I	液态	生产、使用、销售	7.40E+08	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	7.40E+10	
	¹³³ La	液态	生产、使用、销售	5.92E+09	高毒	1	特别危险操作	0.001	5.92E+12	
	¹³⁵ La	液态	生产、使用、销售	5.92E+09	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	5.92E+10	
	¹⁷⁷ Lu	液态	生产、使用、销售	3.70E+10	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	3.70E+12	
	²⁰³ Pb	液态	生产、使用、销售	7.40E+09	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	7.40E+10	
a1-1	⁶⁸ Ge	液态	生产、使用、销售	8.88E+10	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	8.88E+12	
	²²⁶ Ra (靶核素)	固态	使用	1.85E+09	极毒	10	特别危险操作	0.001	1.85E+13	
	²²⁵ Ac (目标核素)	液态	生产、使用、销售	3.70E+09	极毒	10	特别危险操作	0.001	3.70E+13	
a1-2	¹²³ I	液态	生产、使用、销售	1.48E+11	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	1.48E+12	
	²¹¹ At	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	高毒	1	特别危险操作	0.001	1.85E+13	
d1	¹⁸ F	液态	生产、使用、销售	2.22E+12	低毒	0.01	简单操作	1	2.22E+10	
	⁴⁴ Sc	液态	生产、使用、销售	7.40E+10	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	7.40E+11	
	⁶¹ Cu	液态	生产、使用、销售	1.48E+10	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	1.48E+11	
	⁶⁴ Cu	液态	生产、使用、销售	8.88E+10	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	8.88E+11	
	⁶⁸ Ga	液态	生产、使用、销售	1.48E+11	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	1.48E+12	
	⁷⁵ Se	液态	生产、使用、销售	2.22E+08	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	2.22E+10	
	⁸⁶ Y	液态	生产、使用、销售	5.55E+08	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	5.55E+10	

产线名称	核素名称	性状	活动种类	日最大操作量 (Bq)	毒性分组	毒性因子	操作方式与放射源状态修正因子		日等效最大操作量 (Bq)	场所等级
							操作方式	修正因子		
	⁸⁸ Y	液态	生产、使用、销售	3.70E+08	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	3.70E+10	
	⁸⁹ Zr	液态	生产、使用、销售	3.70E+09	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	3.70E+11	
	^{99m} Tc	液态	生产、使用、销售	1.57E+11	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	1.57E+12	
	¹²⁴ I	液态	生产、使用、销售	7.40E+08	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	7.40E+10	
b1-1	²¹¹ At	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	高毒	1	特别危险操作	0.001	1.85E+13	
b1-2	⁴⁴ Sc	液态	生产、使用、销售	7.40E+10	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	7.40E+11	
b1-3	¹²⁴ I	液态	生产、使用、销售	7.40E+08	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	7.40E+10	
b1-4	⁶⁸ Ge	液态	生产、使用、销售	8.88E+10	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	8.88E+12	
c1-1	⁶¹ Cu	液态	生产、使用、销售	1.48E+10	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	1.48E+11	
c1-2	⁸⁹ Zr	液态	生产、使用、销售	3.70E+09	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	3.70E+11	
c1-3	⁶⁴ Cu	液态	生产、使用、销售	8.88E+10	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	8.88E+11	

注：表中加粗字体的核素为进行场所日等效最大操作量核算的核素。

表 3.1-16 2 号场所（8 条生产线和 2 条研发制剂线）非密封放射性物质工作场所分级核算表

产线名称	核素名称	性状	活动种类	日最大操作量 (Bq)	毒性分组	毒性因子	操作方式与放射源状态修正因子		日等效最大操作量 (Bq)	场所等级
							操作方式	修正因子		
b2-1	²⁰¹ Tl	液态	生产、使用、销售	8.88E+10	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	8.88E+11	甲级（操作量合计 1.15E+13）
b2-2	⁸⁶ Y	液态	生产、使用、销售	5.55E+08	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	5.55E+10	
	⁸⁸ Y	液态	生产、使用、销售	3.70E+08	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	3.70E+10	
b2-3	¹⁰³ Pd	液态	生产、使用、销售	3.70E+10	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	3.70E+11	
b2-4	¹³³ La	液态	生产、使用、销售	5.92E+09	高毒	1	特别危险操作	0.001	5.92E+12	
	¹³⁵ La	液态	生产、使用、销售	5.92E+09	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	5.92E+10	

产线名称	核素名称	性状	活动种类	日最大操作量 (Bq)	毒性分组	毒性因子	操作方式与放射源状态修正因子		日等效最大操作量 (Bq)	场所等级
							操作方式	修正因子		
c2-1	⁵² Mn	液态	生产、使用、销售	5.55E+10	中毒	0.1	特别危险操作	0.001	5.55E+12	
c2-2	⁶⁸ Ga	液态	生产、使用、销售	1.48E+11	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	1.48E+12	
c2-3	¹⁵⁵ Tb	液态	生产、使用、销售	5.77E+10	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	5.77E+11	
c2-4	¹²³ I	液态	生产、使用、销售	1.48E+11	低毒	0.01	特别危险操作	0.001	1.48E+12	
z1 研发制剂线	¹⁸ F	液态	生产、使用、销售	7.40E+10	低毒	0.01	简单操作	1	7.40E+08	
	⁴⁴ Sc	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+08	
	⁴⁷ Sc	液态	生产、使用、销售	1.48E+09	中毒	0.1	简单操作	1	1.48E+08	
	⁵² Mn	液态	生产、使用、销售	1.85E+09	中毒	0.1	简单操作	1	1.85E+08	
	⁶¹ Cu	液态	生产、使用、销售	1.48E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.48E+08	
	⁶⁴ Cu	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+08	
	⁶⁷ Cu	液态	生产、使用、销售	1.11E+09	中毒	0.1	简单操作	1	1.11E+08	
	⁶⁸ Ga	液态	生产、使用、销售	3.70E+10	低毒	0.01	简单操作	1	3.70E+08	
	⁷⁵ Se	液态	生产、使用、销售	2.22E+08	中毒	0.1	简单操作	1	2.22E+07	
	⁸⁶ Y	液态	生产、使用、销售	5.55E+06	中毒	0.1	简单操作	1	5.55E+05	
	⁸⁸ Y	液态	生产、使用、销售	3.70E+06	中毒	0.1	简单操作	1	3.70E+05	
	⁸⁹ Zr	液态	生产、使用、销售	3.70E+09	中毒	0.1	简单操作	1	3.70E+08	
	^{99m} Tc	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+08	
	¹⁰³ Pd	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+08	
	¹²³ I	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+08	
¹²⁴ I	液态	生产、使用、销售	7.40E+08	中毒	0.1	简单操作	1	7.40E+07		
¹³³ La	液态	生产、使用、销售	1.48E+09	高毒	1	简单操作	1	1.48E+09		

产线名称	核素名称	性状	活动种类	日最大操作量 (Bq)	毒性分组	毒性因子	操作方式与放射源状态修正因子		日等效最大操作量 (Bq)	场所等级
							操作方式	修正因子		
	¹³⁵ La	液态	生产、使用、销售	1.48E+09	低毒	0.01	简单操作	1	1.48E+07	
	¹⁵⁵ Tb	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+08	
	¹⁷⁷ Lu	液态	生产、使用、销售	3.70E+09	中毒	0.1	简单操作	1	3.70E+08	
	²⁰¹ Tl	液态	生产、使用、销售	1.85E+09	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+07	
	²⁰³ Pb	液态	生产、使用、销售	7.40E+09	低毒	0.01	简单操作	1	7.40E+07	
	²¹¹ At	液态	生产、使用、销售	1.85E+09	高毒	1	简单操作	1	1.85E+09	
	²²⁵ Ac	液态	生产、使用、销售	3.70E+07	极毒	10	简单操作	1	3.70E+08	
z2 研发制剂线	¹⁸ F	液态	生产、使用、销售	7.40E+10	低毒	0.01	简单操作	1	7.40E+08	
	⁴⁴ Sc	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+08	
	⁴⁷ Sc	液态	生产、使用、销售	1.48E+09	中毒	0.1	简单操作	1	1.48E+08	
	⁵² Mn	液态	生产、使用、销售	1.85E+09	中毒	0.1	简单操作	1	1.85E+08	
	⁶¹ Cu	液态	生产、使用、销售	1.48E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.48E+08	
	⁶⁴ Cu	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+08	
	⁶⁷ Cu	液态	生产、使用、销售	1.11E+09	中毒	0.1	简单操作	1	1.11E+08	
	⁶⁸ Ga	液态	生产、使用、销售	3.70E+10	低毒	0.01	简单操作	1	3.70E+08	
	⁷⁵ Se	液态	生产、使用、销售	2.22E+08	中毒	0.1	简单操作	1	2.22E+07	
	⁸⁶ Y	液态	生产、使用、销售	5.55E+06	中毒	0.1	简单操作	1	5.55E+05	
	⁸⁸ Y	液态	生产、使用、销售	3.70E+06	中毒	0.1	简单操作	1	3.70E+05	
	⁸⁹ Zr	液态	生产、使用、销售	3.70E+09	中毒	0.1	简单操作	1	3.70E+08	
	^{99m} Tc	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+08	
¹⁰³ Pd	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+08		

产线名称	核素名称	性状	活动种类	日最大操作量 (Bq)	毒性分组	毒性因子	操作方式与放射源状态修正因子		日等效最大操作量 (Bq)	场所等级
							操作方式	修正因子		
	¹²³ I	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+08	
	¹²⁴ I	液态	生产、使用、销售	7.40E+08	中毒	0.1	简单操作	1	7.40E+07	
	¹³³La	液态	生产、使用、销售	1.48E+09	高毒	1	简单操作	1	1.48E+09	
	¹³⁵ La	液态	生产、使用、销售	1.48E+09	低毒	0.01	简单操作	1	1.48E+07	
	¹⁵⁵ Tb	液态	生产、使用、销售	1.85E+10	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+08	
	¹⁷⁷Lu	液态	生产、使用、销售	3.70E+09	中毒	0.1	简单操作	1	3.70E+08	
	²⁰¹ Tl	液态	生产、使用、销售	1.85E+09	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+07	
	²⁰³ Pb	液态	生产、使用、销售	7.40E+09	低毒	0.01	简单操作	1	7.40E+07	
	²¹¹At	液态	生产、使用、销售	1.85E+09	高毒	1	简单操作	1	1.85E+09	
	²²⁵ Ac	液态	生产、使用、销售	3.70E+07	极毒	10	简单操作	1	3.70E+08	

注：表中加粗字体的核素为进行场所日等效最大操作量核算的核素。

表 3.1-17 3 号场所（质检区）非密封放射性物质工作场所分级核算表

核素名称	性状	活动种类	日最大操作量 (Bq)	毒性分组	毒性因子	操作方式与放射源状态修正因子		日等效最大操作量 (Bq)	场所等级
						操作方式	修正因子		
¹⁸ F	液态	使用	3.70E+09	低毒	0.01	简单操作	1	3.70E+07	甲级（操作量合计 8.33E+09）
⁴⁴ Sc	液态	使用	1.85E+09	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+07	
⁴⁷ Sc	液态	使用	3.70E+08	中毒	0.1	简单操作	1	3.70E+07	
⁵² Mn	液态	使用	1.85E+09	中毒	0.1	简单操作	1	1.85E+08	
⁶¹ Cu	液态	使用	1.85E+09	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+07	
⁶⁴ Cu	液态	使用	3.70E+09	低毒	0.01	简单操作	1	3.70E+07	
⁶⁷ Cu	液态	使用	1.11E+09	中毒	0.1	简单操作	1	1.11E+08	

核素名称	性状	活动种类	日最大操作量 (Bq)	毒性 分组	毒性 因子	操作方式与放射源状态修正因子		日等效最大操 作量 (Bq)	场所 等级
						操作方式	修正因子		
⁶⁸ Ge	液态	使用	2.59E+09	中毒	0.1	简单操作	1	2.59E+08	
⁶⁸ Ga	液态	使用	3.70E+09	低毒	0.01	简单操作	1	3.70E+07	
⁷⁵ Se	液态	使用	2.22E+08	中毒	0.1	简单操作	1	2.22E+07	
⁸⁶ Y	液态	使用	1.85E+08	中毒	0.1	简单操作	1	1.85E+07	
⁸⁸ Y	液态	使用	3.70E+08	中毒	0.1	简单操作	1	3.70E+07	
⁸⁹ Zr	液态	使用	7.40E+08	中毒	0.1	简单操作	1	7.40E+07	
⁹⁹Mo	液态	使用	3.70E+09	中毒	0.1	简单操作	1	3.70E+08	
^{99m} Tc	液态	使用	7.40E+09	低毒	0.01	简单操作	1	7.40E+07	
¹⁰³ Pd	液态	使用	3.70E+09	低毒	0.01	简单操作	1	3.70E+07	
¹²³ I	液态	使用	5.55E+08	低毒	0.01	简单操作	1	5.55E+06	
¹²⁴ I	液态	使用	1.85E+08	中毒	0.1	简单操作	1	1.85E+07	
¹³³La	液态	使用	5.55E+08	高毒	1	简单操作	1	5.55E+08	
¹³⁵ La	液态	使用	5.55E+08	低毒	0.01	简单操作	1	5.55E+06	
¹⁵⁵ Tb	液态	使用	5.55E+08	低毒	0.01	简单操作	1	5.55E+06	
¹⁷⁷Lu	液态	使用	1.85E+10	中毒	0.1	简单操作	1	1.85E+09	
²⁰¹ Tl	液态	使用	1.85E+09	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+07	
²⁰³ Pb	液态	使用	1.85E+09	低毒	0.01	简单操作	1	1.85E+07	
²¹¹At	液态	使用	1.85E+09	高毒	1	简单操作	1	1.85E+09	
²²⁵Ac	液态	使用	3.70E+08	极毒	10	简单操作	1	3.70E+09	

注：表中加粗字体的核素为进行场所日等效最大操作量核算的核素。

表 3.1-18 4 号场所（镭-226 靶件操作区）非密封放射性物质工作场所分级核算表

核素名称	性质	活动种类	日最大操作量 (Bq)	毒性分组	毒性因子	操作方式与放射源状态修正因子		日等效最大操作量 (Bq)	场所等级
						操作方式	修正因子		
²²⁶ Ra	固态	使用	3.70E+10	极毒	10	简单操作	0.01	3.70E+13	甲级

3.1.4 项目组成及主要环境问题

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 3.1-19。

表 3.1-19 项目组成内容及主要环境问题

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	<p>（1）射线装置区</p> <p>射线装置区位于厂房一层中部区域，主要包括：花瓣加速器机房、1#单质子回旋加速器机房、1#多粒子回旋加速器机房、2#多粒子回旋加速器机房、2#单质子回旋加速器机房、BNCT 调试机房及配套辅助功能房间等组成。</p> <p>①花瓣加速器机房（含 H3 主机厅、H1 靶室、H2 靶室）拟安装使用 1 台电子花瓣加速器，其最大电子能量为 36MeV，最大束流强度为 3000μA，年最大出束时间 6000h，属于 I 类射线装置。H1 靶室通过嬗变生产铜-225、钷-47，H2 靶室通过嬗变生产钼-99、铜-67、钷-47。</p> <p>②1#单质子回旋加速器机房（仅 20M-D 大厅）拟安装使用 1 台单质子回旋加速器，其最大质子能量为 20MeV，最大束流强度为 200μA，年最大出束时间 6000h，属于 I 类射线装置。通过打靶生产氟-18、钷-44、铜-61、铜-64、镓-68、钷-86、钷-88、镉-89、镉-99m、硒-75、碘-124。</p> <p>③1#多粒子回旋加速器机房（含 A3 主机厅、A1 靶室、A2 靶室）拟安装使用 1 台多粒子回旋加速器，其中质子、氦核、氮核最大能量分别为 35MeV、17.5MeV、35MeV，最大束流强度分别为 1000μA、100μA、100μA，年最大出束时间 6000h，属于 I 类射线装置。A3 主机厅通过打靶生产砷-211，A1 靶室通过打靶生产锗-68、铜-225、碘-123、砷-211，A2 靶室通过打靶生产氟-18、钷-44、铜-61、铜-64、钷-47、</p>	施工扬尘、施工废水、施工噪声、建筑垃圾、施工人员生活污水和生活垃圾	α 、 β 、 γ 射线、韧致辐射、中子、废气（放射性废气、非放射性废气）、废水（非放射性废水、放射性废水）、固体废物（非放射性固体废物、放射性固体废物）、危险废物

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
	<p>铜-67、锗-68、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、锆-89、铟-99m、碘-124、镧-133、镧-135、铅-203、镭-177。</p> <p>④2#多粒子回旋加速器机房（含 B3 主机厅、B1 靶室、B2 靶室）拟安装使用 1 台多粒子回旋加速器，其质子、氦核最大能量分别为 35MeV、35MeV，最大束流强度分别为 1000μA、100μA，年最大出束时间 6000h，属于 I 类射线装置。B1 靶站通过打靶生产钷-44、锗-68、碘-124、碲-211，B2 靶站通过打靶生产钇-86、钇-88、钇-103、镧-133、镧-135、铪-201。</p> <p>⑤2#单质子回旋加速器机房（含 C3 主机厅、C1 靶室、C2 靶室）拟安装使用 1 台单质子回旋加速器，其质子最大能量为 35MeV，最大束流强度均为 1500μA，年最大出束时间 6000h，属于 I 类射线装置。C1 靶站通过打靶生产铜-61、铜-64、锆-89，C2 靶站通过打靶生产锰-52、镓-68、碘-123、铪-155。</p> <p>⑥BNCT 调试机房（含主机厅、测试间）拟固定安装使用 1 台自主研发的 BNCT，仅用于研发测试固定使用，不进行对外销售，其质子最大能量分别为 35MeV，最大束流强度为 1500μA，年最大出束时间 500h，属于 II 类射线装置。同时，每年对外销售（含建造）BNCT 5 台，其质子最大能量分别为 35MeV，最大束流强度为 1500μA，每年维修维保数量约 10 台。销售环节采取零库存模式管理，建设单位不设置 BNCT 暂存场所，不涉及装置制造和装配工艺，对外建造的 BNCT 部件均委托定制加工。对外销售后的 BNCT，建设单位仅在履行相应环评手续的用户方现场开展装配调试、维修维保工作。</p> <p>（2）镭-226 靶件操作区</p> <p>4 号场所位于厂房一层西侧，主要由放射性传靶间、储源室及配套辅助功能房间等组成，用于镭-226 靶件原料的暂存以及 A1 靶站的传靶。4 号场所涉及使用镭-226 日，日等效最大操作量为 3.70×10^{13} Bq，属于甲级非密封放射性物质工作场所。</p> <p>（3）质检区（3 号场所）</p> <p>质检区（3 号场所）位于厂房一层东侧，主要由放射性质检区和非放射性质检区组成，用于放射性同位素原料及放射性标记物相关质检，涉及使用氟-18、钷-44、钷-47、锰-52、铜-61、铜-64、铜-67、锗-68、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、锆-89、钼-99、铟-99m、钇-103、碘-123、碘-124、镧-133、镧-135、铪-155、</p>		

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
	<p>镭-177、铊-201、铅-203、碲-211、镅-225 等 26 种核素，日等效最大操作量为 $8.33 \times 10^9 \text{Bq}$，属于甲级非密封放射性物质工作场所。</p>		
厂房 二层	<p>(1) 15 条产生线（1 号场所）</p> <p>1 号场所布置于二层北侧、中部区域，主要包括：h1-1、h2-1、h1-2、A 内、d1、a1-1、a1-2、a2-1、b1-1、b1-2、b1-3、b1-4、c1-1、c1-2、c1-3 生产线，其中 h1-1 生产线涉及生产、使用、销售铀-47、铜-67、钼-99，h2-1 生产线涉及生产、使用、销售铀-47、铜-67、钼-99，h1-2 生产线涉及生产、使用、销售铀-47，A 内生产线涉及生产、使用、销售操作碲-211，d1 生产线涉及生产、使用、销售氟-18、钷-44、铜-61、铜-64、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、锆-89、锝-99m、碘-124，a1-1 生产线涉及使用镭-226 并生产、使用、销售锆-68、镅-225，a1-2 生产线涉及生产、使用、销售碘-123、碲-211，a2-1 生产线涉及生产、使用、销售氟-18、钷-44、钷-47、铜-61、铜-64、铜-67、锆-68、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、锆-89、锝-99m、碘-124、镧-133、镧-135、镭-177、铅-203，b1-1 生产线涉及生产、使用、销售碲-211，b1-2 生产线涉及生产、使用、销售铀-44，b1-3 生产线涉及生产、使用、销售碘-124，b1-4 生产线涉及生产、使用、销售锆-68，c1-1 生产线涉及生产、使用、销售铜-61，c1-2 生产线涉及生产、使用、销售锆-89，c1-3 生产线涉及生产、使用、销售铜-64。1 号场所总的日等效最大操作量为 $8.51 \times 10^{14} \text{Bq}$，属于甲级非密封放射性物质工作场所。</p> <p>(2) 8 条生产线和 2 条研发制剂线（2 号场所）</p> <p>1 号场所布置于二层南侧区域，主要包括：b2-1、b2-2、b2-3、b2-4、c2-1、c2-2、c2-3、c2-4 生产线和 z1、z2 研发制剂线。其中，b2-1 生产线涉及生产、使用、销售铊-201，b2-2 生产线涉及生产、使用、销售钇-86、钇-88，b2-3 生产线涉及生产、使用、销售钷-103，b2-4 生产线涉及生产、使用、销售镧-133、镧-135，c2-1 生产线涉及生产、使用、销售锰-52，c2-2 生产线涉及生产、使用、销售镓-68，c2-3 生产线涉及生产、使用、销售铯-137，c2-4 生产线涉及生产、使用、销售碘-123，z1 研发制剂线涉及生产、使用、销售氟-18、钷-44、钷-47、锰-52、铜-61、铜-64、铜-67、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、锆-89、锝-</p>		

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
		99m、钫-103、碘-123、碘-124、镭-133、镭-135、铯-155、镭-177、铀-201、铅-203、碲-211、钷-225，z2 研发制剂线涉及生产、使用、销售氟-18、钷-44、钷-47、锰-52、铜-61、铜-64、铜-67、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、锆-89、锝-99m、钫-103、碘-123、碘-124、镭-133、镭-135、铯-155、镭-177、铀-201、铅-203、碲-211、钷-225。总的日等效最大操作量为 $1.15 \times 10^{13} \text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所。		
辅助工程	辅助房间	厂房一层建设与生产配套的放射性成品库、出货大厅、容器清洗间、容器存放间等涉放辅助房间，建设与生产配套的非放物流大厅、设备机房、非放物料库、研发办公用房等非放辅助房间。厂房二层建设与生产配套的设备机房、非放物料库、洗衣间、清洗消毒灭菌间、研发办公用房等非放辅助房间。厂房负一层建设与生产配套的放射性废物暂存间、配电机房、消防水池、柴油发电机房等。		非放射性废水、非放射性废气、非放射性固体废物、噪声
配套环保工程	<p>(1) 气载流出物：各涉放场所排风通过独立管道接至楼顶高效过滤风机组/活性炭过滤风机组，过滤后引至楼顶1#、2#排气筒排放。各生产线研发制剂线的工艺热室工作箱排风，质检区手套箱排风，先经前置管道过滤器过滤后，通过独立管道接至楼顶的活性炭过滤风机组，过滤后引至楼顶1#、2#排气筒排放。1#、2#排气筒距地面高度不低于23m，顶部安装锥形风帽</p> <p>(2) 非放射性废气：本项目非放射性废气，经高效过滤器/活性炭过滤器过滤后引至所在楼楼顶排放。</p>			放射性废气、非放射性废气
	<p>(1) 放射性废水：本项目设置2间衰变间，包括位于厂房北侧地下的1#衰变间和厂房负一层东侧区域的2#衰变间。其中1#衰变间建筑面积为125.40m²，内有两格冷却水检修收集池、四格长半衰期衰变池和三格短半衰期衰变池，用于收集暂存冷却废水、产线工作人员应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水；2#衰变间建筑面积为48.33m²，内有三格长半衰期衰变池，用于收集质检区的工作人员应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水，以上衰变池均为并联式。放射性生产废水包括冷却废水、应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水，经暂存衰变且检测达标（冷却废水氚单次排放活度小于1ALlmin值 $1.11 \times 10^9 \text{Bq}$、总$\beta \leq 10 \text{Bq/L}$，应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水总$\alpha \leq 1 \text{Bq/L}$、总$\beta \leq 10 \text{Bq/L}$）后，经厂房东侧格栅沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级A标准后经木龙河排入涪江。</p> <p>生产线研发制剂线的放射性废液暂存于1#、2#放射性废物暂存间。质检区的放射性废液先临时暂存其场所内</p>			生产废水（放射性废水、非放射性废水）、生活污水

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
	<p>的放射性废物暂存间，收集达一定量且衰变一定时间后，转至厂房负一层西侧区域的1#、2#放射性废物暂存间。</p> <p>(2) 非放射性废水：本项目非放射性废水包含生活污水、非放射性生产废水（生活污水、洗衣废水、非放洁具清洁废水、非放材料清洗废水、纯水制备废水）一起经厂房东侧格栅沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级A标准后经木龙河排入涪江。</p>		
	<p>(1) 放射性固废：本项目设置5间放射性废物暂存间，其中1间位于厂房一层东侧质检区，该放射性废物暂存间建筑面积为10.52m²，主要用于临时暂存质检区的放射性废物/废液；剩余4间位于厂房负一层西侧区域，1#~4#放射性废物暂存间建筑面积分别为30.83m²、30.22m²、44.93m²、41.87m²，1#~2#放射性废物暂存间主要用于暂存涉放区域产生的放射性废液，3#~4#放射性废物暂存间主要用于暂存涉放区域产生的放射性废物。</p> <p>(2) 非放射性固废：运营期产生的生活垃圾交由环卫部门统一处理与处置；包装废材、非放射性污染的一次性口罩、手套、鞋套、擦拭物等实行最大程度的资源化分类处置，对可回收的固体废物交由废品收购站处置，对不可回收的固体废物集中收集后由环卫部门统一处理与处置。有机废液、废酸、废碱和废试剂瓶等，以及含有前述物质的解控后放射性废液，非放射性或清洁解控后的灭活培养基、注射器，清洁解控后的排风管道废过滤器滤芯废活性炭，非放射性靶件电镀、酸洗废水等经分类收集后，定期交由有资质单位进行处置</p>		放射性固废、生活垃圾、一般固废、危险废物
	<p>噪声：选用低噪声设备，采用消声、减振、隔声等措施。</p>		噪声
公用工程	项目供水、供电及排水均依托已建市政设施。		/

3.1.5 原辅材料及理化性质

略

3.1.6 劳动定员

本项目拟定工作人员59人，其中57人为新增辐射工作人员，2人为新增辐射工作人员具体人员配置情况见表3.1-20。本项目工作制度为每天最大工作时间为8h，每年250天，年工作时间为2000h。

表 3.1-20 项目劳动人员配置一览表

工作场所		工艺环节	人数 (人)	备注
厂房 一层	射线装置区	射线装置控制	16	加速器：3人/台，5台，三班倒 轮流操作；BNCT 1人，均为辐 射工作人员
	质检区	质控实验、转运、拆包	6	辐射工作人员，轮流操作
	镭-226 靶件 操作区	镭-226 靶件传靶（兼非 放射性靶件制备）	2	辐射工作人员，轮流操作
厂房 二层	放射性同位素 原料生产场所	生产	18	单日最多9条生产线运行，2人 /线，轮流操作，辐射工作人员
		转运、拆包、打包	6	3个包装间，2人/包装间，轮流 操作，辐射工作人员
	放射性标记物 生产场所	生产	4	2条研发制剂线，2人/线，轮流 操作，辐射工作人员
		转运、拆包、打包	2	1个包装间，2人/间，轮流操 作，辐射工作人员
BNCT 建造调试和维修维保人员			3	辐射工作人员
厂区门卫			2	非辐射工作人员
合计			59	/

建设单位承诺，将依据生态环境部《关于做好2020年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853号）要求，积极组织项目新增辐射工作人员上岗前参加辐射安全和防护学习、考核，并在考核合格后上岗。同时建设单位将按照《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）对关键岗位配备足额的注册核安全工程师执业人员。

3.2 工程设备与工艺分析

3.2.1 主要工艺设备配置

略

3.2.2 工艺流程分析

略

3.2.3 辐射工作场所流通过程规划

3.2.3.1 厂区内人流、物流规划

整个厂区内为尽量缩短放射性物料和放射性废物的流通过程，各个功能布局较为紧凑，同时各个场所根据不同的生产要求和用途可以划分为独立的功能单元，减少了厂内人员的交叉流通。同时为减少物料、废物与工作人员的交叉污染，整个厂区分设 1 个物流通道和 1 个人流通道，其中物流通道布设于厂区东南侧，人流通道布设于厂区北侧，人流物流相对分开，尽量做到互不干扰，保持了厂区的安全性和秩序性，便于管理。

3.2.3.2 场所内人流、物流规划

3.2.3.2.1 厂房一层

厂房一层有射线装置区、质检区（3号场所）和镭-226靶件操作区（4号场所），人流、物流路径如下：

（1）射线装置区

①人流路径：辐射工作人员进入和退出辐射工作场所均需按照规定的路线行进：

进入路线：加速器工作人员从厂房东北侧门厅进入→一层总更（换常服、换鞋）→走道→控制室。BNCT 工作人员从厂房南侧门厅进入→操作间→控制室。

退出路线：加速器工作人员从加速器室控制室→走道→一层总更（换常服、换鞋）→厂房东北侧门厅退出。BNCT 工作人员从控制室→操作间→厂房南侧门厅退出。

②原料流入路径：A、外购的放射性镭-226 靶件（带铅罐），通过厂房一层西侧出货大厅进入，在厂房一层储源室暂存，需使用时，经储源室传递窗→放射性传靶间的放射性传靶间热室工作箱，经跑兔系统自动传输至 H3 花瓣加速器的 H1 靶室；B、外购的放射性镭-226 原料（带铅罐）通过厂房一层西侧出货大厅、涉放货梯和厂房二层 a1-1 生产线操作间（后区）直接传入热室工作箱内，制靶完成后，靶件经跑兔系统自动传输至从厂房一层 A3 多粒子回旋加速器的 A1 靶室；C、其他外购原料均

为非放射性，通过厂房一层西侧大厅、非放货梯 → 二层非放物料库暂存，需使用时从非放物料库 → 非放货梯 → 走道 → 非放制靶间进行制靶，制靶完成后，通过厂房一层西侧出货大厅、涉放货梯和厂房二层各生产线操作间（后区）直接传入热室工作箱内，靶件经跑兔系统或气动装置吹扫自动传输至厂房一层对应的各加速器靶室。

③辐照产物流出路径：从各加速器靶室，经跑兔系统或气动装置吹扫自动传输至厂房二层对应的生产线热室工作箱内。

④放射性废物路径：射线装置活化部件及耗材由铅废物桶收集后暂存于机房内，交由有相应资质的单位处理。

（2）质检区（3号场所）

①人员路径

工作人员从东北侧门厅进入 → 质检区换鞋间（换鞋） → 男更/女更（换常服、消毒） → 走廊 → 质检区各房间（如需进入取样间、放射性无菌检查室、放射性阳性对照室、放射性微生物限度室，还需再二次换鞋、脱外衣、换洁净服或无菌内衣外衣）；工作结束后工作人员由质检区各房间 → 走廊 → 检测间（检测是否带有放射性污染物） → 去污间（如带有放射性污染物，进行去污，脱常服，经再次监测合格后离开） → 走廊 → 男更/女更（脱常服、消毒） → 换鞋间（换鞋），东北侧门厅退出。

②送检的放射性物料及放射性废物路径

本项目涉及质检的放射性物料由经各生产线/研发制剂线操作间（后区） → 缓冲间 → 走廊 → 厂房二层东侧药物提升梯 → 质检区的样品接收间。

质检结束后产生的放射性废物，经由各房间 → 走廊 → 放射性废物暂存间，放射性废物暂存衰变并监测达标后解控，经缓冲间 → 走廊运出厂房。

（3）镭-226靶件操作区（4号场所）

①人员路径

进入路线：从东北侧门厅进入 → 厂房一层总更换鞋间（换鞋、换常服、消毒） → 走廊 → 一更（脱常服、换鞋、消毒） → 二更（换洁净服） → 缓冲间 → 放射性传靶间。

退出路线：放射性传靶间 → 缓冲间 → 检测间（检测是否带有放射性污染物） → 去污间（如带有放射性污染物，进行去污，脱洁净服，经再次监测合格后离开） → 一更（穿常服、换鞋、消毒） → 走廊 → 厂房一层总更换鞋间（脱常服、换鞋） → 东北侧门厅退出。

②放射性原料路径

外购的放射性核素镭-226靶件（带铅罐），由厂房一层西侧出货大厅进入→储源室暂存，需使用时，经储源室传递窗→放射性传靶间。

3.2.3.2.2 厂房二层

厂房一层有1号场所（15条生产线）和2号场所（8条生产线和2条研发制剂线），生产线和研发制剂线人流、物流路径如下：

①人员路径

进入路线：A、前区生产人员：从东北侧电梯厅进入→换鞋间（换鞋）→男更/女更（换常服）→走廊→一更（脱常服、换鞋、消毒）→二更（换洁净服）→风淋室→洁净通道→操作间（前区）；**B、后区生产人员：**从东北侧电梯厅进入→换鞋间（换鞋）→男更/女更（换常服）→走廊→缓冲间（换洁净服）→操作间（后区）。

退出路线：A、前区生产人员：操作间（前区）→洁净通道→风淋室→检测间（检测是否带有放射性污染物）→去污间（如带有放射性污染物，进行去污，脱洁净服，经再次监测合格后离开）→一更（穿常服、换鞋、消毒）→走廊→男更/女更（脱常服）→换鞋间（换鞋）→东北侧电梯厅退出；**B、后区生产人员：**操作间（后区）→缓冲间→走廊→检测间（检测是否带有放射性污染物）→去污间（如带有放射性污染物，进行去污，脱洁净服，经再次监测合格后离开）走廊→男更/女更（脱常服）→换鞋间（换鞋）→东北侧电梯厅退出。

②非放射性原料路径

非放射性原料由厂房一层西侧非放物流大厅进入→厂房西侧非放货梯→二层非放物料库暂存，非放射性原料需使用时，经非放物料库→走廊→拆包间/冷实验室→洁净通道→准备间/试剂配制间→操作间（前区）。

③放射性原料路径

A、生产线：从厂房一层射线装置区经跑兔系统或气动装置吹扫自动传输至厂房二层生产线热室工作箱内。

B、研发制剂线：研发制剂线的放射性原料均源自生产线，由各生产线操作间（后区）→缓冲间→走廊→研发制剂线操作间（后区），传入热室工作箱。

④产品路径

产品由操作间（后区）→缓冲间→走廊→包装间→走廊→厂房西侧涉放货梯→厂房一层西侧出货大厅，产品需临时暂存时，暂存于放射性成品库。

⑤放射性废物路径

放射性废物由操作间热室工作箱→操作间(后区)→走廊→厂房西侧涉放货梯→厂房负一层西侧放射性废物暂存间,放射性废物暂存衰变并监测达标后解控,经厂房西侧涉放货梯运出厂房。

3.2.3.3 人流、物流路径规划合理性分析

本项目主体工程仅一栋生产厂房,由上述各场所人流、物流路径分析可见,本项目厂房唯一人流通道设置在厂房东北侧,物流通道设置在厂房西侧(放射性和非放射性物流通道分开,分别位于厂房西北侧和西南侧),人流与物流路径分开布设,可避免交叉影响。同时,项目将射线装置区集中布置在厂房一层,生产线布置在相应加速器楼上二层区域,放射性成品库布置在出货大厅旁,放射性废物暂存间单独布置在厂房负一层,送检的放射性物料经药物提升梯统一运送至质检区,本项目放射性物料和产品的进出路径较短且便捷。与生产配套的设备机房、非放物料库、研发办公用房等非放辅助房间均位于辐射工作场所外。在便于生产组织的同时,可有效减少事故工况下的交叉污染区域,便于日常监管。且本项目放射性同位素原料是在生产前由射线装置区经跑兔系统/气动装置吹扫自动传输至各生产线热室工作箱,放射性产品是在生产完成后转至放射性成品库及出货大厅发货,放射性废物是在工作人员工作结束后转至放射性废物暂存间,通过时间管控,和其他人员路径不存在交叉。从平面布局而言,本项目人流、物流路径规划符合生产工艺需求,又便于日常辐射安全监管,本评价认为项目人流、物流路径规划合理。

3.3 污染源项

3.3.1 施工期污染源

本项目为生产厂房及配套设施建设项目,施工环节主要包括基础工程、主体工程、装饰工程、设备安装及工程验收等,施工期主要产生噪声、废气、固体废弃物、废水等污染物,排放量随工期和施工强度不同而有所变化。施工期工艺流程及产污环节如下图所示。

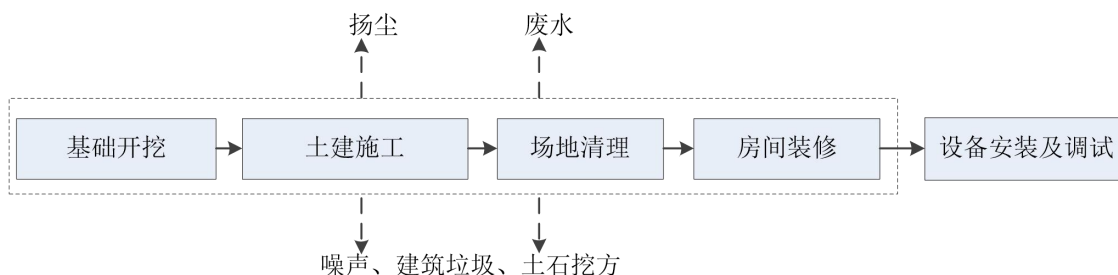


图 3.3-1 施工期工艺流程及产污环节示意图

3.3.1.1 施工废气

本项目施工废气主要来源于主体工程施工阶段产生的施工扬尘、装修过程中产生的少量有机废气及施工机械设备排放的少量无组织废气。

3.3.1.2 施工废水

施工期废水包括施工废水及施工人员生活污水。施工废水主要包括土方阶段施工排水和车辆冲洗废水等，废水中主要污染物为 COD、氨氮、BOD₅ 和 SS。施工高峰期工人人数可达 50 人左右，生活用水量按每人 0.1m³/d 计算，用水量为 5m³/d，排放系数以 0.8 计，生活污水排放量为 4m³/d。

3.3.1.3 施工噪声

施工期的噪声主要来源于施工现场的各类机械设备，包括挖掘机、装载机、空压机、电锤、载重汽车、电锯和角磨机等。

3.3.1.4 固体废物

施工期固体废物主要包括建筑垃圾、装修垃圾、弃土、施工人员生活垃圾。

项目施工过程中产生的建筑垃圾(如水泥袋、铁质弃料、木材弃料等)约为 50kg/d; 装修垃圾按总建筑面积 16339.36m²、每 1.3t/100m² 计，则产生的装修垃圾共约 212.4t; 拟建地场地较平坦，地下负一层建筑、衰变池和建筑物基础等施工开挖将产生土石方，项目弃土全部用于绿地和路面铺设，就地平衡，无弃土外运；施工期生活垃圾，施工人员约 50 人，生活垃圾按 0.5kg/人日计，产生量约为 25kg/d。

3.3.2 运营期放射性污染源

3.3.2.1 射线装置区（厂房一层）放射性污染源项

加速器产生的辐射场，包括运行时产生的“贯穿辐射”和停机后依然存在的“剩余辐射”。贯穿辐射决定着屏蔽厚度，而剩余辐射是工作人员所受剂量的主要来源。贯穿辐射加速器运行时产生的质子、中子和γ射线等，特点是能量高、辐射强，但会随着停机而完全消失；剩余辐射主要来自高能中子与加速器靶周围部件、靶站、屏蔽体、空气和冷却水等物质相互作用产生活化产物，在停机后依然存在。

(1) 贯穿辐射

回旋加速器出束期间产生的贯穿辐射包括γ射线和中子，质子和氦离子输运过程离子射束轰击靶材时发生(p, xn)、(α,xn)核反应产生中子，同时中子与回旋加速器

机体材质或空气介质作用发生中子捕获反应 (n, γ) 产生 γ 射线。

花瓣加速器运行时, 被加速电子从加速器的真空腔引出后, 轰击转换靶产生大量高能光子 (γ), 同时光子在辐照靶材料涉及 (γ, xn) 反应产生中子。其贯穿辐射场与电子的能量和流强有密切关系, 还受靶核厚度、材料的影响。本次评价选择加速器粒子能量及束流强度较大, 且能发生 (p, xn) 核反应的打靶过程作为源项分析。

(2) 感生放射性

感生放射性主要来源于初始粒子与加速器部件相互作用产生, 以及束流损失产生的次级中子散裂及热中子捕获引起的感生放射性, 核素衰变过程伴生 β 、 γ 射线。感生放射性强度取决于加速器粒子的能量、种类、流强、加速器运行时间、被照材料性质等因素。本项目主要考虑加速器结构部件、空气、冷却水等部位的感生放射性。

加速器运行产生的感生放射性不会对屏蔽体外的环境有贯穿辐射影响, 其主要是对加速器停机后, 需要进入机房进行检查、操作的工作人员造成辐射影响, 以及排放到环境中的空气活化物质对周围公众造成的辐射影响。

① 加速器结构部件的活化

回旋加速器运行维护产生加速器活化部件及耗材, 产生量为 1kg/次, 主要含铍-7、钠-22、锰-54、钴-56、钴-57、钴-58、铁-59、钴-60、锌-65、钇-88、铯-124 等。本项目碳-11、氮-13、氧-15、氩-41 气载流出物年排放量分别为 $2.58 \times 10^6 \text{Bq}$ 、 $4.42 \times 10^{11} \text{Bq}$ 、 $4.94 \times 10^{10} \text{Bq}$ 、 $2.33 \times 10^{12} \text{Bq}$ 。

③ 冷却水活化

加速器运行过程中, 用于冷却靶站和机体的冷却水, 在束流损失产生的中子辐射场的照射下会被活化。高能中子与冷却水中的 ^{16}O 发生散裂反应或者通过联级反应, 产生 ^3H 、 ^7Be 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 等放射性核素。正常运行情况下, 设备冷却水闭路循环使用, 不外排。加速器检修过程冷却水系统的活化冷却水经室内管网重力收集后排至地下一层冷却水池, 经取样检测合格后, 排至室外污水管网。

⑤ 土壤的活化

各加速器在长期运行过程土壤中放射性核素饱和总活度为 $1.94 \times 10^3 \text{Bq} \sim 6.07 \times 10^7 \text{Bq}$, 活度浓度为 $8.38 \times 10^{-6} \text{Bq/g} \sim 0.263 \text{Bq/g}$, 低于土壤辐射环境本底监测结果 (总 β : $671 \text{Bq/kg} \sim 849 \text{Bq/kg}$), 基本属于正常辐射水平。

3.3.2.2 放射性同位素原料生产 (厂房二层 1 号场所) 放射性污染源项

针对加速器打靶过程中产生的活化杂质核素, 根据建设单位提供资料, 打靶过程

中杂质核素活化量约为主体核素的 $1/10^6$ ，且经过冷却衰变，其活化含量可忽略不计。

3.3.2.2.1 h1-1 生产线

(1) 电离辐射

h1-1 生产线生产的铯-225，是经核反应衰变链为 $^{226}\text{Ra}(\gamma, n)^{225}\text{Ra} \rightarrow ^{225}\text{Ac}$ 而得。本项目放射性镭-226 靶件经花瓣加速器辐照 10 天后主要核素组成包括：靶核素镭-226，中间产物核素镭-225 及其他杂质核素（如镭-224、镭-223、铯-226、镧-135、镧-140，加速器可通过精确控制打靶能量大幅度降低杂质核素含量，其含量约为主体核素的 $1/10^6$ ，可忽略不计），为使镭-225 衰变产生目标核素铯-225，同时去除部分短半衰期杂质核素，靶件需冷却 7 天。

(2) 气载流出物

在靶件溶解环节和回收工艺环节均涉及加热，部分镭-226、铯-225、中间产物镭-225 和杂质核素会形成气溶胶流出。

(3) 放射性废液

放射性废液主要来源于铯-225 分离纯化、镭-226 回收环节产生的含镭-226、铯-225、镭-225 及其子体核素的纯化柱清洗废液，以及分装环节分装容器残留的含铯-225 废液。

(4) 放射性固废

放射性固废主要来源于含镭-226、铯-225、镭-225 及其子体核素的废靶衬底、密封箔、原料瓶、反应瓶、液体传输管、废纯化柱等。

3.3.2.2.2 h2-1 生产线

h2-1 生产线生产放射性同位素原料钷-47、铜-67、钼-99。

(1) 电离辐射

根据生产线涉及的放射性核素，运行过程可产生的电离辐射包括： β 、 γ 射线和韧致辐射。

(2) 气载流出物

钷-47、铜-67、钼-99 属于非挥发性核素，在靶件溶解环节会进行高温蒸煮，部分会形成气溶胶流出。

(3) 放射性废液

放射性废液主要来源于分离纯化环节产生的含钷-47、铜-67、钼-99 的纯化柱清洗废液，以及分装环节产生的含钷-47、铜-67、钼-99 的分装残留废液。

(4) 放射性固废

放射性固废主要来源于含钷-47、铜-67、钼-99 的废靶件、废纯化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜等。

3.3.2.2.3 h1-2 生产线

h1-2 生产线生产放射性同位素原料钷-47，生产工艺、产品、操作量及产污均与 h2-1 生产线相同，详见“3.3.3.2.2 h2-1 生产线”章节。

3.3.2.2.4 A 内生产线

A内生产线生产放射性同位素原料碲-211。

(1) 电离辐射

放射性核素产生电离辐射。

(2) 气载流出物

碲-211 属于非挥发性核素，在分离纯化环节会进行高温干馏，部分会形成气溶胶流出。

(3) 放射性废液

放射性废液主要来源于淋洗收集环节产生的含碲-211 的清洗废液，以及分装环节产生的含碲-211 的分装残留废液。

(4) 放射性固废

放射性固废主要来源于含碲-211 的废靶件、废冷凝管、反应瓶、过渡瓶、滤膜等。

3.3.2.2.5 a2-1 生产线

a2-1 生产线生产放射性同位素原料氟-18、钷-44、钷-47、铜-61、铜-64、铜-67、锆-68、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、锆-89、锝-99m、碘-124、镧-133、镧-135、镭-177、铅-203，共计18种核素。

(1) 电离辐射

根据生产线涉及的放射性核素，运行过程可产生的电离辐射包括： β 、 γ 射线和韧致辐射。

(2) 气载流出物

靶件溶解环节进行高温蒸煮，或加热溶解靶件时，部分核素会形成气溶胶流出。

(3) 放射性废液

放射性废液主要来源于分离纯化环节产生的含放射性核素的纯化柱清洗废液，

以及分装环节产生的含放射性核素的分装残留废液。

(4) 放射性固废

放射性固废主要来源于含放射性核素的废靶件、废纯化柱、废冷凝管、反应瓶、过渡瓶、滤膜等。

3.3.2.2.6 a1-1 生产线

a1-1生产线生产放射性同位素原料锆-68、镭-225，其中锆-68生产工艺、产品、操作量及产污与a2-1生产线相同，放射性污染源项详见“3.3.3.2.5 a2-1生产线”章节。以下主要介绍生产放射性同位素原料镭-225的产污。

(1) 电离辐射

a1-1生产线生产的镭-225，是经核反应 $^{226}\text{Ra}(p,2n)^{225}\text{Ac}$ 而得。本项目放射性镭-226靶件经多粒子加速器辐照20h后主要核素组成包括：靶核素镭-226，目标核素镭-225及其他杂质核素（加速器可通过精确控制打靶能量大幅度降低杂质核素含量，其含量约为主体核素的 $1/10^6$ ，可忽略不计），同时去除部分短半衰期杂质核素，靶件需冷却5天。

(2) 气载流出物

在靶件溶靶环节和镭-226回收工艺环节均涉及加热，核素镭-226、镭-225会形成气溶胶流出。

(3) 放射性废液

放射性废液主要来源于分离纯化环节产生的含镭-225、镭-226的纯化柱清洗废液，分装环节产生的含镭-225分装残留废液，镭-226回收环节产生的含镭-226的纯化柱清洗废液。

(4) 放射性固废

放射性固废主要来源于含镭-226、镭-225及其子体核素的废靶衬底、密封箔、原料瓶、反应瓶、液体传输管、废纯化柱等。

3.3.2.2.7 a1-2 生产线

a1-2生产线生产放射性同位素原料碘-123、碲-211，其中碲-211生产工艺、产品、操作量及产污与a2-1生产线相同，放射性污染源项详见“3.3.3.2.4 A内生产线”章节。以下主要介绍生产放射性同位素原料碘-123的产污。

(1) 电离辐射

根据生产线涉及的放射性核素，运行过程可产生的电离辐射包括： γ 射线。

(2) 气载流出物

加热溶解靶件时，核素会形成气溶胶流出。

(3) 放射性废液

放射性废液主要来源于分离纯化环节产生的含碘-123 的纯化柱清洗废液，以及分装环节产生的含碘-123 的分装残留废液。

(4) 放射性固废

放射性固废主要来源于含碘-123 的废纯化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜等。

3.3.2.2.8 d1 生产线

d1 生产线生产放射性同位素原料氟-18、钷-44、铜-61、铜-64、镓-68、硒-75、钷-86、钷-88、锆-89、锝-99m、碘-124，共计 11 种核素。各放射性同位素原料生产工艺、产品、操作量及产污均与 a2-1 生产线相同，放射性污染源项详见“3.3.3.2.5 a2-1 生产线”章节。

3.3.2.2.9 b1-1 生产线

b1-1 生产线生产放射性同位素原料碲-211，生产工艺、产品、操作量及产污与 A 内生产线相同，放射性污染源项详见“3.2.2.2.4 A 内生产线”章节。

3.3.2.2.10 b1-2 生产线

b1-2 生产线生产放射性同位素原料钷-44，生产工艺、产品、操作量及产污均与 a2-1 生产线相同，放射性污染源项详见“3.3.3.2.5 a2-1 生产线”章节。

3.3.2.2.11 b1-3 生产线

b1-3 生产线生产放射性同位素原料碘-124，生产工艺、产品、操作量及产污均与 a2-1 生产线相同，放射性污染源项详见“3.3.3.2.5 a2-1 生产线”章节。

3.3.2.2.12 b1-4 生产线

b1-4 生产线生产放射性同位素原料锆-68，生产工艺、产品、操作量及产污均与 a2-1 生产线相同，放射性污染源项详见“3.3.3.2.5 a2-1 生产线”章节。

3.3.2.2.13 c1-1 生产线

c1-1 生产线生产放射性同位素原料铜-61，生产工艺、产品、操作量及产污均与 a2-1 生产线相同，放射性污染源项详见“3.3.3.2.5 a2-1 生产线”章节。

3.3.2.2.14 c1-2 生产线

c1-2 生产线生产放射性同位素原料锆-89，生产工艺、产品、操作量及产污均与 a2-1 生产线相同，放射性污染源项详见“3.3.3.2.5 a2-1 生产线”章节。

3.3.2.2.15 c1-3生产线

c1-3生产线生产放射性同位素原料铜-64，生产工艺、产品、操作量及产污均与a2-1生产线相同，放射性污染源项详见“3.3.3.2.5 a2-1生产线”章节。

3.3.2.3 放射性同位素原料和标记物生产（厂房二层2号场所）放射性污染源项

针对加速器打靶过程中产生的活化杂质核素，根据建设单位提供资料，打靶过程中杂质核素活化量约为主体核素的 $1/10^6$ ，且经过冷却衰变，其活化含量可忽略不计。

3.3.2.3.1 b2-1生产线

b2-1生产线生产放射性同位素原料铊-201。核反应衰变链为 $^{203}\text{Tl}(p,3n)^{201}\text{Pb}\rightarrow^{201}\text{Tl}$ ，靶核素为铊-203，中间产物核素为铅-201，目标核素为铊-201，其中 $^{201}\text{Pb}\rightarrow^{201}\text{Tl}$ 衰变过程在生产线热室工作箱内进行（分离纯化环节，收集液静置衰变32小时，使铅-201完全衰变为铊-201）。

（1）电离辐射

根据生产线涉及的放射性核素，运行过程可产生的电离辐射包括： γ 射线。

（2）气载流出物

加热溶解靶件时，核素会形成气溶胶流出。

（3）放射性废液

放射性废液主要来源于分离纯化环节产生的含铊-201的纯化柱清洗废液，以及分装环节产生的含铊-201的分装残留废液。

（4）放射性固废

放射性固废主要来源于含铊-201的废靶件、废纯化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜等。

3.3.2.3.2 b2-2生产线

b2-2生产线生产放射性同位素原料钷-86、钷-88，生产工艺、产品、操作量及产污与a2-1生产线相同，放射性污染源项详见“3.3.3.2.5 a2-1生产线”章节。

3.3.2.3.3 b2-3生产线

b2-3生产线生产放射性同位素原料钷-103。

（1）电离辐射

根据生产线涉及的放射性核素，运行过程可产生的电离辐射包括： γ 射线。

（2）气载流出物

加热溶解靶件时，核素会形成气溶胶流出。

(3) 放射性废液

放射性废液主要来源于分离纯化环节产生的含钷-103 的纯化柱清洗废液，以及分装环节产生的含钷-103 的分装残留废液。

(4) 放射性固废

放射性固废主要来源于含钷-103 的废靶件、废纯化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜等。

3.3.2.3.4 b2-4生产线

b2-4生产线生产放射性同位素原料镧-133、镧-135，生产工艺、产品、操作量及产污与a2-1生产线相同，放射性污染源项详见“3.3.3.2.5 a2-1生产线”章节。

3.3.2.3.5 c2-1生产线

c2-1生产线生产放射性同位素原料锰-52。

(1) 电离辐射

根据生产线涉及的放射性核素，运行过程可产生的电离辐射包括： β 、 γ 射线和韧致辐射。

(2) 气载流出物

加热溶解靶件时，核素会形成气溶胶流出。

(3) 放射性废液

放射性废液主要来源于分离纯化环节产生的含锰-52 的纯化柱清洗废液，以及分装环节产生的含锰-52 的分装残留废液。

(4) 放射性固废

放射性固废主要来源于含锰-52 的废靶件、废纯化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜等。

3.3.2.3.6 c2-2生产线

c2-2生产线生产放射性同位素原料镓-68，生产工艺、产品、操作量及产污均与a2-1生产线相同，放射性污染源项详见“3.3.3.2.5 a2-1生产线”章节。

3.3.2.3.7 c2-3生产线

c2-3生产线生产放射性同位素原料铽-155。

(1) 电离辐射

根据生产线涉及的放射性核素，运行过程可产生的电离辐射包括： γ 射线。

(2) 气载流出物

加热溶解靶件时，核素会形成气溶胶流出。

(3) 放射性废液

放射性废液主要来源于分离纯化环节产生的含铯-155 的纯化柱清洗废液，以及分装环节产生的含铯-155 的分装残留废液。

(4) 放射性固废

放射性固废主要来源于含铯-155 的废靶件、废纯化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜等。

3.3.2.3.8 c2-4生产线

c2-4生产线生产放射性同位素原料碘-123，生产工艺、产品、操作量及产污均与a1-2生产线相同，放射性污染源项详见“3.3.3.2.7 a1-2生产线”章节。

3.3.2.3.9 z1研发制剂线

z1研发制剂线通过标记、分装、灭菌装罐等工序生产氟-18、钷-44、钷-47、锰-52、铜-61、铜-64、铜-67、镓-68、硒-75、钷-86、钷-88、锆-89、锝-99m、钷-103、碘-123、碘-124、镧-133、镧-135、铯-155、镭-177、铊-201、铅-203、碲-211、铜-225放射性标记物，共计24种核素。

(1) 电离辐射

根据生产线涉及的放射性核素，运行过程可产生的电离辐射包括： β 、 γ 射线和韧致辐射。

(2) 气载流出物

氟-18、碘-123、碘-124 属于易挥发的非金属核素，其他核素均为非挥发性金属核素，研发制剂线主要进行标记、分装、灭菌装罐等工序，不涉及高温蒸煮等工艺，性状为悬浮液，因此放射性气溶胶产生量较少。

(3) 放射性废液

放射性废液主要来源于标记、分装、灭菌环节产生的含放射性核素的少量工艺废液和模块清洗废液（一批次产品生产完毕后，需对热室内设备管路进行冲洗清洁，下同）

(4) 放射性固废

放射性固废主要来源于含放射性核素的废试剂瓶、注射器、吸水纸、棉球、手套、卡套等。

3.3.3.3.10 z2研发制剂线

z2研发制剂线操作核素种类、生产工艺、产品、操作量及产污均与z1研发制剂线

相同，放射性污染源项详见“3.3.2.3.9 z1研发制剂线”章节。

3.3.2.4 质检区（厂房一层3号场所）污染源项

（1）电离辐射

本项目质检区涉及使用的放射性核素包括：氟-18、钪-44、钪-47、锰-52、铜-61、铜-64、铜-67、锆-68、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、锆-89、钼-99、钨-99m、钷-103、碘-123、碘-124、镧-133、镧-135、铽-155、镱-177、铊-201、铅-203、碲-211、铯-225，运行过程可产生的电离辐射包括： β 、 γ 射线和韧致辐射。

（2）气载流出物

氟-18、碘-123、碘-124 属于易挥发的非金属核素，其他核素均为非挥发性金属核素，质检区放射性核素操作量相对较少，且为常温下操作，性状为悬浮液，因此放射性气溶胶产生量较少。

（3）放射性废水

本项目质检区产生的放射性废水主要包括：剩余受检样品、稀释原液、实验器具清洗废液和检验混合分析液体等。

因各生产线各产品生产天数及送检样品不同，每天最多操作 5 种核素，实验过程中放射性核素主要残留于放射性固体废物中，放射性废水中核素残留较少。

（4）放射性固废

质检区产生的放射性固体废物主要包括：灭活培养基、注射器、实验一次性耗材（废西林瓶、移液枪枪头、毛细管、废试纸、一次性口罩、手套、擦拭物等）。实验过程放射性气溶胶产生量较少，不考虑放射性核素衰变的情况下，放射性核素主要残留于放射性固体废物中。

3.3.2.5 镭-226靶件操作区（厂房一层4号场所）放射性污染源项

镭-226靶件操作区（厂房一层4号场所）涉及使用的镭-226靶件为外购，不涉及镭-226的制靶操作，该区域仅进行镭-226靶件的临时暂存和传靶工作。外购靶件密封，不开靶，放射性产污仅考虑电离辐射。

3.3.2.6 其他放射性污染源项

（1）过滤器

本项目各涉放场所设置的排风过滤系统将定期进行过滤器滤芯和活性炭更换，更换下的废过滤器滤芯和废活性炭将作为放射性固体废物进行分类收集处理。

（2）铅罐清洁擦拭物

本项目产品包装铅罐采取回收重复利用方式。铅罐回收后，经暂存超过所含核素最长半衰期的 10 倍后，监测满足要求（辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）后可回用。若个别铅罐经监测不满足要求，则需延长暂存时间至满足要求为止；或进行清洁去污，去污方式拟采用擦拭法进行清洁，产生含有放射性核素的擦拭废纸或棉签，不涉及水洗，不产生放射性废水。

实际生产营运期间，因铅罐内的放射性药品盛装在密封的产品瓶中，铅罐不直接与放射性药品接触，通常情况下铅罐沾污几率较低，去污擦拭废纸或棉签中核素活度也较低。

（4）去污废弃材料和污染衣物

本项目辐射工作人员每日离开时需进行场所及自身表面污染监测，正常情况下，不会产生污染；若出现监测不达标，则需进行去污清洁，并将去污废弃材料和污染衣物作为放射性固体废物处理，主要包括：废弃的瓶子、标签、擦拭物、一次性口罩、手套、鞋套、洁净服等用品。单次应急去污按单条生产线/研发制剂线/质检区最多 2 人计算，每人产生 $1\text{kg}/\text{次}$ ，沾污频次按 1 次/季度，去污废弃材料和污染衣物产生量最多为 $208\text{kg}/\text{a}$ 。

（5）应急去污冲淋废水

本项目辐射工作人员每日离开涉放场所时需进行自身表面污染监测，正常情况下，辐射工作人员不会产生沾污，无冲淋废水产生。若出现监测不达标，被污染的物品和去污用品将作为放射性固体废物进行收集处理。人员需进行去污清洁，此时手部清洗废水或淋浴废水为放射性废水。此外热室工作箱检修或发生放射性核素溶液洒漏等意外事故时，辐射工作人员将进行应急冲淋。

根据行业生产经验，应急去污冲淋发生次数一般较少。

（5）涉放场所洁具清洁废水

根据建设单位提供资料，保守考虑，本项目生产线/研发制剂线/质检区/镭-226 靶件操作区涉放场所进行清洁后的洁具清洁废水考虑为放射性废水，排至衰变池。用水主要采用制备的纯化水进行清洗。

实际生产营运期间，本项目辐射工作人员每日离开时需进行场所监测，有污染首先进行去污，去污废物按放射性废物收集和管理，无污染后才进行卫生清洁，且场所不直接与放射性核素接触，因此通常情况下场所沾污几率较低，洁具清洗废水中核素

活度也较低。镭-226 靶件操作区涉及使用的镭-226 靶件为外购，不涉及镭-226 的制靶操作，该区域仅进行镭-226 靶件的临时暂存和传靶工作，外购靶件密封，不开靶，一般情况下不产生放射性废水，本次保守考虑产生放射性废水。

3.3.3 营运期非放射性污染源

3.3.3.1 废气

(1) 臭氧及氮氧化物

空气主要吸收 γ 射线辐射能量，分子发生辐射分解，重新结合形成臭氧和氮氧化物。经计算，在连续运行条件下，臭氧的饱和浓度为 $2.53 \times 10^{-4} \text{mg/m}^3$ ，氮氧化物饱和浓度为 $8.42 \times 10^{-5} \text{mg/m}^3$ ，远小于《工业场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中臭氧的一小时平均浓度值 0.3mg/m^3 ，氮氧化物的一小时平均浓度值 5mg/m^3 。本次评价可忽略臭氧和氮氧化物对环境的影响。

(2) 酸雾和总挥发性有机物（TVOC）

本项目使用的盐酸、硫酸和硝酸等酸性试剂挥发产生酸雾，以及乙醇、甲醇、乙腈、异丙醇和丙酮等产生的挥发性有机物。由于在使用过程中很少进行开放液面使用，主要采取移液器或注射器进行液体转移或操作，同时根据建设单位提供的资料，酸性试剂、乙醇、甲醇、乙腈、异丙醇和丙酮等试剂单次用量和年用量均较少，酸雾和挥发性有机物产生量较少，同时经过滤器过滤后其排放量较小。

3.3.3.2 废水

本项目非放射性废水主要来源于工作人员产生的生活污水、洗衣废水、非放洁具清洁废水、非放材料清洗废水、纯水制备废水。年工作日为 250 天。

(1) 生活污水

本项目共有工作人员 59 人，本项目不设置住宿和食堂等生活设施，仅设置办公场所和卫生间，工作为白班制。

(2) 洗衣废水

本项目在厂房二层设有洗衣间，辐射工作人员需洗整衣物，用水主要采用制备的纯化水进行清洗。

(4) 非放洁具清洁废水

根据设计，厂房内非放场所进行卫生清洁，产生废水。

(5) 非放材料清洗废水

生产线研发制剂线清洗用水主要来源于非放射性一次性耗材用品在进入工作箱

前需进行清洗灭菌，质检区清洗用水主要来源于非放实验器具玻璃器皿的清洗，用水主要采用制备的纯化水进行清洗，产生废水。

(5) 非放射性靶件制备废水

本项目非放射性靶件制备过程涉及电镀工艺，涉及靶件电镀、酸洗废水，用水主要为纯化水，用量约 2L，电镀液和酸洗液一般采取进行重复使用，特殊情况下（如：设备检修、溶液污染）才进行排放。

(6) 纯水制备废水

厂房二层纯水机房制备纯化水，主要用于洁净区域清洁和非放材料清洗，包括涉放场所洁具清洁用水、洗衣用水、非放材料清洗用水、非放洁具清洁用水、非放射性靶件制备用水等。本项目纯水制备产生废水，为清洁下水。

3.3.3.3 固体废物

本项目非放射性固体废物主要来源于工作人员产生的生活垃圾、废包装、一次性材料及危险废物等。

(1) 生活垃圾

本项目共有工作人员59人，生活垃圾按0.5kg/（人·d）计，产生量为29.5kg/d。

(2) 废包装和一次性材料

本项目生产线研发制剂线质检区等生产场所原辅料耗材在拆包过程产生废包装材料（废纸盒、废塑料袋等）、产品外包发货环节产生废包装材料（废缓冲泡沫边角料、废塑料袋、废纸箱等）、非放射性沾染的一次性口罩、手套、鞋套、擦拭物等，产生量约 15kg/d。

(3) 危险废物

本项目生产线研发制剂线质检区产生使用过的非放射性或清洁解控后的注射器、灭活培养基等，根据《国家危险废物名录（2025年版）》，属于危险废物中 HW49 其他废物。

本项目生产线研发制剂线质检区产生的有机废液、废酸、废碱和废试剂瓶等，以及含有以上物质的解控后放射性废液（在放射性废物暂存间暂存衰变的），属于《国家危险废物名录》（2025年版）中 HW49 其他废物。

本项目生产线研发制剂线质检区等涉放场所及工作箱等排风管道的废过滤器滤芯和废活性炭经暂存衰变达到放射性废物清洁解控水平后作为危险废物处置，根据《国家危险废物名录（2025年版）》，属于危险废物中HW49其他废物。

本项目非放射性靶件制备过程涉及电镀工艺，涉及靶件电镀、酸洗废水，电镀液和酸洗液一般采取进行重复使用，特殊情况下（如：设备检修、溶液污染）才进行排放，根据《国家危险废物名录（2025版）》，属于HW17表面处理废物。

3.3.3.4 噪声

本项目运营期主要噪声源于空调机组（位于空调机房）和通排风机（位于厂房屋面）等。空调机组、通排风机噪声源强一般不超过80dB（A）。项目拟采用低噪声设备，同时拟采取管道消声（空调系统设置消声器或消声静压箱）、减振安装、增加软管接头和利用建筑物隔声等降噪措施，降噪效果能达到15~20dB（A），经降噪措施后噪声源强不超过65dB（A）。

3.4 废弃物

3.4.1 放射性废弃物

3.4.1.1 气载流出物

根据源项分析，本项目气载流出物主要来源于各射线装置区、非密封放射性物质工作场所产生的含放射性核素的气溶胶，具体气载流出物产生及排放情况见表3.4-1、表3.4-2。

3.4.1.2 放射性废水

根据源项分析，本项目放射性废水主要来源于射线装置区冷却废水、生产线产生的纯化柱清洗废液和分装残留废液、研发制剂线和质检区产生的放射性废液、辐射工作人员应急去污冲淋废水，涉放场所的洁具清洁废水，具体放射性废水产生及排放情况见表3.4-3~3.4-5。

3.4.1.3 放射性固体废物

根据源项分析，本项目放射性固体废物来源于射线装置区产生的活化部件及耗材，生产线产生的废靶件、废纯化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜，研发制剂线和质检区产生的放射性固体废物，铅罐清洁擦拭物、去污废弃材料和污染衣物、废过滤器滤芯和废活性炭等，具体放射性固体废物产生及排放情况见表3.4-6、表3.4-7。

表3.4-1 射线装置区气载流出物产生及排放情况表

场所		核素组成	处理措施及去向	年排放量 (Bq/a)
厂房一层 射线装置区	36MeV 花瓣加速器	^{11}C	通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后, 引至1#排气筒排放, 距地面高度不低于23m。 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{41}Ar 核素为活化气, 不考虑净化效率。	3.82E+05
		^{13}N		2.64E+10
		^{15}O		1.61E+10
		^{41}Ar		1.67E+12
	1#20MeV 单质子回旋加速器	^{13}N	通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后, 引至1#排气筒排放, 距地面高度不低于23m。 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{41}Ar 核素为活化气, 不考虑净化效率。	4.94E+10
		^{15}O		5.25E+06
		^{41}Ar		2.58E+10
	1#35MeV 多粒子回旋加速器	^{11}C	通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后, 引至1#排气筒排放, 距地面高度不低于23m。 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{41}Ar 核素为活化气, 不考虑净化效率。	2.18E+06
		^{13}N		9.41E+10
		^{15}O		2.10E+10
		^{41}Ar		5.51E+07
	2#35MeV 多粒子回旋加速器	^{11}C	通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后, 引至1#排气筒排放, 距地面高度不低于23m。 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{41}Ar 核素为活化气, 不考虑净化效率。	1.72E+04
		^{13}N		1.20E+11
		^{15}O		1.22E+10
		^{41}Ar		4.35E+10
	2#35MeV 单质子回旋加速器	^{11}C	通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后, 引至1#排气筒排放, 距地面高度不低于23m。 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{41}Ar 核素为活化气, 不考虑净化效率。	2.60E+03
^{13}N		1.52E+11		
^{15}O		5.95E+07		
^{41}Ar		6.58E+10		
BNCT	^{41}Ar	通过独立管道引至楼顶1#排气筒排放, 距地面高度不低于23m。	5.23E+11	

表3.4-2 1号、2号、3号场所气载流出物产生及排放情况表

场所		气载流出物核素组成		气载流出物产生量 (Bq/批次)	年操作批次(次/a)	年过滤量 (Bq/a)	处理措施及去向	年排放量 (Bq/a)	
厂房 二层 (1号场所)	h1-1 生产线	²²⁶ Ra (靶核素)		9.25E+04	20	1.83E+06	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后, 引至1#排气筒排放, 距地面高度不低于23m。对于 ²²² Rn总净化效率不小于30%, 其他核素总净化效率不小于99%。	1.85E+04	
		²²⁶ Ra 子体	²²² Rn		1.17E+08	20		7.02E+08	1.64E+09
			²¹⁸ Po		1.16E+05	20		2.30E+06	2.32E+04
			²¹⁴ Pb		1.16E+05	20		2.30E+06	2.32E+04
			²¹⁴ Po		1.16E+05	20		2.30E+06	2.32E+04
			²¹⁴ Bi		1.16E+05	20		2.30E+06	2.32E+04
			²¹⁰ Pb		9.45E+01	20		1.87E+03	1.89E+01
			²¹⁰ Bi		4.78E+01	20		9.46E+02	9.56E+00
			²¹⁰ Po		1.30	20		2.57E+01	2.60E-01
		²²⁵ Ra (中间产物核素)		2.07E+05	20	4.10E+06		4.14E+04	
	²²⁵ Ra 子体	²²⁵ Ac (目标核素)		3.72E+07	20	7.37E+08	7.44E+06		
		²²¹ Fr		4.74E+07	20	9.39E+08	9.48E+06		
		²¹⁷ At		4.74E+07	20	9.39E+08	9.48E+06		
		²¹³ Bi		4.71E+07	20	9.33E+08	9.42E+06		
		²¹³ Po		4.60E+07	20	9.11E+08	9.20E+06		
		²⁰⁹ Tl		1.02E+06	20	2.02E+07	2.04E+05		
		²⁰⁹ Pb		4.55E+07	20	9.01E+08	9.10E+06		
	h2-1 生产线	⁴⁷ Sc		3.70E+06	100	3.66E+08	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后, 引至1#排气筒排放, 距地面高度不低于23m。过滤器总净化效率不小于99%。	3.70E+06	
		⁶⁷ Cu		1.11E+06	100	1.10E+08		1.11E+06	
		⁹⁹ Mo		1.57E+08	100	1.55E+10		1.57E+08	

场所		气载流出物核素组成	气载流出物产生量 (Bq/批次)	年操作批次 (次/a)	年过滤量 (Bq/a)	处理措施及去向	年排放量 (Bq/a)
h1-2 生产线		⁴⁷ Sc	3.70E+06	100	3.66E+08	经前置管道过滤器过滤后，通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后，引至1#排气筒排放，距地面高度不低于23m。过滤器总净化效率不小于99%。	3.70E+06
	A内 生产线	²¹¹ At	1.85E+07	250	4.58E+09	经前置管道过滤器过滤后，通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后，引至1#排气筒排放，距地面高度不低于23m。过滤器总净化效率不小于99%。	4.63E+07
a2-1 生产线		¹⁸ F	1.11E+09	500	5.49E+11	经前置管道过滤器过滤后，通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后，引至1#排气筒排放，距地面高度不低于23m。过滤器总净化效率不小于99%。	5.55E+09
		⁴⁴ Sc	7.40E+07	250	1.83E+10		1.85E+08
		⁴⁷ Sc	1.48E+06	250	3.66E+08		3.70E+06
		⁶¹ Cu	1.48E+06	250	3.66E+08		3.70E+06
		⁶⁴ Cu	8.88E+07	250	2.20E+10		2.22E+08
		⁶⁷ Cu	1.11E+06	150	1.65E+08		1.67E+06
		⁶⁸ Ge	8.88E+07	50	4.40E+09		4.44E+07
		⁶⁸ Ga	7.40E+06	500	3.66E+09		3.70E+07
		⁷⁵ Se	2.22E+05	250	5.49E+07		5.55E+05
		⁸⁶ Y	5.55E+04	100	5.49E+06		5.55E+04
		⁸⁸ Y	3.70E+04	100	3.66E+06		3.70E+04
		⁸⁹ Zr	3.70E+05	250	9.16E+07		9.25E+05
		^{99m} Tc	1.57E+08	250	3.89E+10		3.93E+08
		¹²⁴ I	7.40E+05	100	7.33E+07		7.40E+05
	¹³³ La	5.92E+06	250	1.47E+09	1.48E+07		

场所	气载流出物核素组成	气载流出物产生量 (Bq/批次)	年操作批次 (次/a)	年过滤量 (Bq/a)	处理措施及去向	年排放量 (Bq/a)	
a1-1 生产线	¹³⁵ La	5.92E+06	250	1.47E+09		1.48E+07	
	¹⁷⁷ Lu	3.70E+07	20	7.33E+08		7.40E+06	
	²⁰³ Pb	7.40E+06	100	7.33E+08		7.40E+06	
	⁶⁸ Ge	8.88E+07	50	4.40E+09	经前置管道过滤器过滤后，通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后，引至1#排气筒排放，距地面高度不低于23m。对于 ²²² Rn总净化效率不小于30%，其他核素总净化效率不小于99%。	4.44E+07	
	²²⁶ Ra (靶核素)	4.63E+03	50	2.29E+05		2.32E+03	
	²²⁶ Ra 子体	²²² Rn	4.73E+06	50		7.10E+07	1.66E+08
		²¹⁸ Po	4.73E+03	50		2.34E+05	2.37E+03
		²¹⁴ Pb	4.73E+03	50		2.34E+05	2.37E+03
		²¹⁴ Po	4.68E+03	50		2.32E+05	2.34E+03
		²¹⁴ Bi	4.68E+03	50		2.32E+05	2.34E+03
		²¹⁰ Pb	1.31E+00	50		6.48E+01	6.55E-01
		²¹⁰ Bi	3.38E-01	50		1.67E+01	1.69E-01
		²¹⁰ Po	3.18E-03	50		1.57E-01	1.59E-03
	²²⁵ Ac (目标核素)	3.71E+06	50	1.84E+08		1.86E+06	
	²²⁵ Ac 子体	²²¹ Fr	6.94E+06	50		3.44E+08	3.47E+06
		²¹⁷ At	6.94E+06	50		3.44E+08	3.47E+06
		²¹³ Bi	6.97E+06	50		3.45E+08	3.49E+06
		²¹³ Po	6.81E+06	50		3.37E+08	3.41E+06
		²⁰⁹ Tl	1.51E+05	50		7.47E+06	7.55E+04
		²⁰⁹ Pb	7.07E+06	50		3.50E+08	3.54E+06
a1-2 生产线	¹²³ I	1.48E+08	50	7.33E+09	经前置管道过滤器过滤后，通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后，引至1#排气筒排放，	7.40E+07	
	²¹¹ At	1.85E+07	250	4.58E+09		4.63E+07	

场所	气载流出物核素组成	气载流出物产生量 (Bq/批次)	年操作批次 (次/a)	年过滤量 (Bq/a)	处理措施及去向	年排放量 (Bq/a)
					距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	
d1 生产线	¹⁸ F	1.11E+09	500	5.49E+11	经前置管道过滤器过滤后，通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后，引至 1#排气筒排放，距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	5.55E+09
	⁴⁴ Sc	7.40E+07	250	1.83E+10		1.85E+08
	⁶¹ Cu	1.48E+06	250	3.66E+08		3.70E+06
	⁶⁴ Cu	8.88E+07	250	2.20E+10		2.22E+08
	⁶⁸ Ga	7.40E+06	500	3.66E+09		3.70E+07
	⁷⁵ Se	2.22E+05	250	5.49E+07		5.55E+05
	⁸⁶ Y	5.55E+04	100	5.49E+06		5.55E+04
	⁸⁸ Y	3.70E+04	100	3.66E+06		3.70E+04
	⁸⁹ Zr	3.70E+05	250	9.16E+07		9.25E+05
	^{99m} Tc	1.57E+08	250	3.89E+10		3.93E+08
	¹²⁴ I	7.40E+05	100	7.33E+07		7.40E+05
b1-1 生产线	²¹¹ At	1.85E+07	250	4.58E+09	经前置管道过滤器过滤后，通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后，引至 2#排气筒排放，距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	4.63E+07
b1-2 生产线	⁴⁴ Sc	7.40E+07	250	1.83E+10	经前置管道过滤器过滤后，通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后，引至 2#排气筒排放，距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	1.85E+08
b1-3 生产线	¹²⁴ I	7.40E+05	100	7.33E+07	经前置管道过滤器过滤后，通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后，引至 2#排气筒排放，	7.40E+05

场所	气载流出物核素组成	气载流出物产生量 (Bq/批次)	年操作批次 (次/a)	年过滤量 (Bq/a)	处理措施及去向	年排放量 (Bq/a)	
					距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。		
b1-4 生产线	^{68}Ge	8.88E+07	50	4.40E+09	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后, 引至 2#排气筒排放, 距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	4.44E+07	
c1-1 生产线	^{61}Cu	1.48E+06	250	3.66E+08	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后, 引至 2#排气筒排放, 距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	3.70E+06	
c1-2 生产线	^{89}Zr	3.70E+05	250	9.16E+07	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后, 引至 2#排气筒排放, 距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	9.25E+05	
c1-3 生产线	^{64}Cu	8.88E+07	250	2.20E+10	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后, 引至 2#排气筒排放, 距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	2.22E+08	
厂房 二层 (2 号场 所)	b2-1 生产线	^{201}Tl	8.88E+07	100	8.79E+09	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后, 引至 2#排气筒排放, 距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	8.88E+07
		^{201}Pb (中间产物核素)	9.36E+08	100	9.27E+10		9.36E+08
	b2-2 生产线	^{86}Y	5.55E+04	100	5.49E+06	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后, 引至 2#排气筒排放, 距	5.55E+04
		^{88}Y	3.70E+04	100	3.66E+06		3.70E+04

场所	气载流出物核素组成	气载流出物产生量 (Bq/批次)	年操作批次 (次/a)	年过滤量 (Bq/a)	处理措施及去向	年排放量 (Bq/a)
					地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	
b2-3 生产线	^{103}Pd	3.70E+07	100	3.66E+09	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后, 引至 2#排气筒排放, 距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	3.70E+07
b2-4 生产线	^{133}La	5.92E+06	250	1.47E+09	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后, 引至 2#排气筒排放, 距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	1.48E+07
	^{135}La	5.92E+06	250	1.47E+09		1.48E+07
c2-1 生产线	^{52}Mn	5.55E+07	250	1.37E+10	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后, 引至 2#排气筒排放, 距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	1.39E+08
c2-2 生产线	^{68}Ga	7.40E+06	500	3.66E+09	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后, 引至 2#排气筒排放, 距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	3.70E+07
c2-3 生产线	^{155}Tb	5.77E+07	250	1.43E+10	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经高效过滤风机组处理后, 引至 2#排气筒排放, 距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	1.44E+08
c2-4 生产线	^{123}I	1.48E+08	50	7.33E+09	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后, 引至 2#排气筒排放,	7.40E+07

场所	气载流出物核素组成	气载流出物产生量 (Bq/批次)	年操作批次 (次/a)	年过滤量 (Bq/a)	处理措施及去向	年排放量 (Bq/a)
z1 研发制剂线					距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	
	¹⁸ F	7.40E+07	250	1.83E+10	经前置管道过滤器过滤后，通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后，引至 2#排气筒排放，距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不小于 99%。	1.85E+08
	⁴⁴ Sc	1.85E+06	250	4.58E+08		4.63E+06
	⁴⁷ Sc	1.48E+05	100	1.47E+07		1.48E+05
	⁵² Mn	1.85E+05	250	4.58E+07		4.63E+05
	⁶¹ Cu	1.48E+06	250	3.66E+08		3.70E+06
	⁶⁴ Cu	1.85E+06	250	4.58E+08		4.63E+06
	⁶⁷ Cu	1.11E+05	100	1.10E+07		1.11E+05
	⁶⁸ Ga	3.70E+06	250	9.16E+08		9.25E+06
	⁷⁵ Se	2.22E+04	250	5.49E+06		5.55E+04
	⁸⁶ Y	5.55E+02	100	5.49E+04		5.55E+02
	⁸⁸ Y	3.70E+02	100	3.66E+04		3.70E+02
	⁸⁹ Zr	3.70E+05	250	9.16E+07		9.25E+05
	^{99m} Tc	1.85E+06	100	1.83E+08		1.85E+06
	¹⁰³ Pd	1.85E+06	100	1.83E+08		1.85E+06
	¹²³ I	1.85E+07	100	1.83E+09		1.85E+07
	¹²⁴ I	7.40E+05	250	1.83E+08		1.85E+06
	¹³³ La	1.48E+05	250	3.66E+07		3.70E+05
	¹³⁵ La	1.48E+05	250	3.66E+07		3.70E+05
	¹⁵⁵ Tb	1.85E+06	250	4.58E+08		4.63E+06
¹⁷⁷ Lu	3.70E+05	20	7.33E+06	7.40E+04		
²⁰¹ Tl	1.85E+05	100	1.83E+07	1.85E+05		

场所	气载流出物核素组成	气载流出物产生量 (Bq/批次)	年操作批次 (次/a)	年过滤量 (Bq/a)	处理措施及去向	年排放量 (Bq/a)
z2 研发制剂线	²⁰³ Pb	7.40E+05	100	7.33E+07	经前置管道过滤器过滤后，通过独立管道引至楼顶经活性炭过滤风机组处理后，引至2#排气筒排放，距地面高度不低于23m。过滤器总净化效率不小于99%。	7.40E+05
	²¹¹ At	1.85E+05	250	4.58E+07		4.63E+05
	²²⁵ Ac	3.70E+03	250	9.16E+05		9.25E+03
	¹⁸ F	7.40E+07	250	1.83E+10		1.85E+08
	⁴⁴ Sc	1.85E+06	250	4.58E+08		4.63E+06
	⁴⁷ Sc	1.48E+05	100	1.47E+07		1.48E+05
	⁵² Mn	1.85E+05	250	4.58E+07		4.63E+05
	⁶¹ Cu	1.48E+06	250	3.66E+08		3.70E+06
	⁶⁴ Cu	1.85E+06	250	4.58E+08		4.63E+06
	⁶⁷ Cu	1.11E+05	100	1.10E+07		1.11E+05
	⁶⁸ Ga	3.70E+06	250	9.16E+08		9.25E+06
	⁷⁵ Se	2.22E+04	250	5.49E+06		5.55E+04
	⁸⁶ Y	5.55E+02	100	5.49E+04		5.55E+02
	⁸⁸ Y	3.70E+02	100	3.66E+04		3.70E+02
	⁸⁹ Zr	3.70E+05	250	9.16E+07		9.25E+05
	^{99m} Tc	1.85E+06	250	1.83E+08		1.85E+06
	¹⁰³ Pd	1.85E+06	100	1.83E+08		1.85E+06
	¹²³ I	1.85E+07	100	1.83E+09		1.85E+07
	¹²⁴ I	7.40E+05	250	1.83E+08		1.85E+06
	¹³³ La	1.48E+05	250	3.66E+07		3.70E+05
¹³⁵ La	1.48E+05	250	3.66E+07	3.70E+05		
¹⁵⁵ Tb	1.85E+06	250	4.58E+08	4.63E+06		
¹⁷⁷ Lu	3.70E+05	20	7.33E+06	7.40E+04		

场所		气载流出物核素组成	气载流出物产生量 (Bq/批次)	年操作批次 (次/a)	年过滤量 (Bq/a)	处理措施及去向	年排放量 (Bq/a)
		²⁰¹ Tl	1.85E+05	100	1.83E+07		1.85E+05
		²⁰³ Pb	7.40E+05	100	7.33E+07		7.40E+05
		²¹¹ At	1.85E+05	250	4.58E+07		4.63E+05
		²²⁵ Ac	3.70E+03	250	9.16E+05		9.25E+03
厂房 一层 (3 号场 所)	质检区	¹⁸ F	3.70E+06	250	9.16E+08	经前置管道过滤器过滤后, 通过独立管道引至楼顶 经活性炭过滤风机组处理后, 引至 1#、2#排气筒排 放, 距地面高度不低于 23m。过滤器总净化效率不 小于 99%。	9.25E+06
		⁴⁴ Sc	1.85E+05	250	4.58E+07		4.63E+05
		⁴⁷ Sc	3.70E+04	250	9.16E+06		9.25E+04
		⁵² Mn	1.85E+05	250	4.58E+07		4.63E+05
		⁶¹ Cu	1.85E+05	250	4.58E+07		4.63E+05
		⁶⁴ Cu	3.70E+05	250	9.16E+07		9.25E+05
		⁶⁷ Cu	1.11E+05	250	2.75E+07		2.78E+05
		⁶⁸ Ge	2.59E+05	250	6.41E+07		6.48E+05
		⁶⁸ Ga	3.70E+05	250	9.16E+07		9.25E+05
		⁷⁵ Se	2.22E+04	250	5.49E+06		5.55E+04
		⁸⁶ Y	1.85E+04	250	4.58E+06		4.63E+04
		⁸⁸ Y	3.70E+04	250	9.16E+06		9.25E+04
		⁸⁹ Zr	7.40E+04	250	1.83E+07		1.85E+05
		⁹⁹ Mo	3.70E+05	250	9.16E+07		9.25E+05
		^{99m} Tc	7.40E+05	250	1.83E+08		1.85E+06
		¹⁰³ Pd	3.70E+05	250	9.16E+07		9.25E+05
¹²³ I	5.55E+05	250	1.37E+08	1.39E+06			
¹²⁴ I	1.85E+05	250	4.58E+07	4.63E+05			
¹³³ La	5.55E+04	250	1.37E+07	1.39E+05			

场所	气载流出物核素组成	气载流出物产生量 (Bq/批次)	年操作批次 (次/a)	年过滤量 (Bq/a)	处理措施及去向	年排放量 (Bq/a)
	¹³⁵ La	5.55E+04	250	1.37E+07		1.39E+05
	¹⁵⁵ Tb	5.55E+04	250	1.37E+07		1.39E+05
	¹⁷⁷ Lu	1.85E+06	250	4.58E+08		4.63E+06
	²⁰¹ Tl	1.85E+05	250	4.58E+07		4.63E+05
	²⁰³ Pb	1.85E+05	250	4.58E+07		4.63E+05
	²¹¹ At	1.85E+05	250	4.58E+07		4.63E+05
	²²⁵ Ac	3.70E+04	250	9.16E+06		9.25E+04

表3.4-3 射线装置区放射性废水产生及排放情况表

场所	废水核素组成	废水种类	产生量		年产生次数 (次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			m ³ /次	Bq/次		Bq/a	m ³ /a	
厂房一层射线装置区	36MeV 花瓣加速器	冷却废水	0.007	1.24E+05	1	1.24E+05	0.007	经特排管道排入冷却水检修收集池内贮存衰变，经检测达标（低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的单次排放限值 1AL _{min} （ ³ H 核素的 AL _{min} 为 1.11×10 ⁹ Bq）后，排入流量大于 10 倍排放注量的普通下水道，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，经厂房东侧
				<9.16E+04		<9.16E+04		
				<2.30E+04		<2.30E+04		
				<1.41E+06		<1.41E+06		
	1#20MeV 单质子回旋加速器		0.075	9.86E-02	1	9.86E-02	0.075	
			<6.21E-01	<6.21E-01				
	1#35MeV 多粒子回旋加速器		0.075	3.67E+04	1	3.67E+04	0.075	
			<2.42E+04	<2.42E+04				
			<7.21E+07	<7.21E+07				
			<2.31E+05	<2.31E+05				
	2#35MeV 多粒子回		0.075	2.48E+06	1	2.48E+06	0.075	

	旋加速器	¹¹ C			<1.57E+06		<1.57E+06	格栅沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，处理达标后经木龙河排入涪江。	
		¹³ N			<5.97E+05		<5.97E+05		
		¹⁵ O			<1.16E+07		<1.16E+07		
	2#35MeV 单质子回旋加速器	³ H		0.075	1	0.075	8.12E+04		8.12E+04
		¹¹ C		<5.35E+04	<5.35E+04				
		¹³ N		<1.21E+04	<1.21E+04				
		¹⁵ O		<5.11E+05	<5.11E+05				
	BNCT	³ H		0.075	1	0.075	7.21E+07		7.21E+07
		¹¹ C		<1.13E+08	<1.13E+08				
		¹³ N		<5.15E+07	<5.15E+07				
		¹⁵ O		<4.54E+08	<4.54E+08				

表3.4-4 1号、2号、3号场所放射性废液产生及排放情况表

场所	废水核素组成	废水种类	废水产生量		比活度 (Bq/L)	年操作批次 (次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			L/次	Bq/次			Bq/a	m ³ /a	
厂房二层 (1号场所)	²²⁶ Ra (靶核素) 及子体	纯化柱清洗废液和分装残留废液	2	7.40E+07	3.70E+07	20	1.48E+09	0.04	(1) 生产线的放射性废液盛装在收集瓶 (外套 10mm 铅罐屏蔽) 置于热室工作箱/手套箱内, 待收集至一定量后, 通过小推车转移至放射性废物暂存间内分区暂存, 收集达一定量后, 委托有资质单位处置。
	²²⁵ Ra (中间产物核素) 及子体			1.66E+08	8.30E+07		3.32E+09		
	²²⁵ Ra 子体			²²⁵ Ac (目标核素)	7.40E+07		3.70E+07		
h2-1	⁴⁷ Sc	纯化柱清洗废液	0.11	7.40E+07	6.73E+08	100	7.40E+09	0.011	

场所	废水核素组成	废水种类	废水产生量		比活度 (Bq/L)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			L/次	Bq/次			Bq/a	m ³ /a	
生产线	⁶⁷ Cu	液和分装残留	0.11	8.88E+06	8.07E+07	100	8.88E+08	0.011	(2) 研发制剂线和质检区的放射性废液盛装在收集瓶(外套 10mm 铅罐屏蔽)置于热室工作箱/手套箱内暂存衰变, 待衰变一定时间且收集至一定量后, 通过小推车转移至放射性废物暂存间内分区暂存衰变, 所含核素半衰期小于 24h 的废液暂存超过 30 天并经监测达到清洁解控水平后, 所含核素半衰期大于 24h、小于 100d 的废液暂存超过 10 个半衰期并经检测达标后, 废液随同收集瓶作为危险废物处置。所含核素半衰期大于 100d 的废液, 收集达一定量后, 委托有资质单位处置。
	⁹⁹ Mo	废液	0.35	3.14E+09	8.97E+09	100	3.14E+11	0.035	
h1-2 生产线	⁴⁷ Sc	纯化柱清洗废液和分装残留	0.11	7.40E+07	6.73E+08	100	7.40E+09	0.011	
A 内 生产线	²¹¹ At	废液	0.07	1.85E+08	2.64E+09	250	4.63E+10	0.0175	
a2-1 生产线	¹⁸ F	纯化柱清洗废液和分装残留废液	0.08	1.11E+10	1.39E+11	500	5.55E+12	0.04	
	⁴⁴ Sc		0.05	3.70E+08	7.40E+09	250	9.25E+10	0.0125	
	⁴⁷ Sc		0.05	1.48E+07	2.96E+08	250	3.70E+09	0.0125	
	⁶¹ Cu		0.073	2.96E+08	4.05E+09	250	7.40E+10	0.01825	
	⁶⁴ Cu		0.35	7.10E+08	2.03E+09	250	1.78E+11	0.0875	
	⁶⁷ Cu		0.11	7.77E+07	7.06E+08	150	1.17E+10	0.0165	
	⁶⁸ Ge		0.35	8.88E+08	2.54E+09	50	4.44E+10	0.0175	
	⁶⁸ Ga		0.07	7.40E+08	1.06E+10	500	3.70E+11	0.035	
	⁷⁵ Se		0.35	6.66E+06	1.90E+07	250	1.67E+09	0.0875	
	⁸⁶ Y		0.05	2.78E+07	5.56E+08	100	2.78E+09	0.005	
	⁸⁸ Y		0.05	1.85E+07	3.70E+08	100	1.85E+09	0.005	
	⁸⁹ Zr		0.073	7.40E+07	1.01E+09	250	1.85E+10	0.01825	
^{99m} Tc	0.35	2.67E+09	7.63E+09	250	6.68E+11	0.0875			
¹²⁴ I	0.02	7.40E+07	3.70E+09	100	7.40E+09	0.002			
¹³³ La	0.1	2.96E+08	2.96E+09	250	7.40E+10	0.025			

场所	废水核素组成	废水种类	废水产生量		比活度 (Bq/L)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向	
			L/次	Bq/次			Bq/a	m ³ /a		
	¹³⁵ La		0.1	2.96E+08	2.96E+09	250	7.40E+10	0.025		
	¹⁷⁷ Lu		1	5.55E+08	5.55E+08	20	1.11E+10	0.02		
	²⁰³ Pb		0.23	5.55E+08	2.41E+09	100	5.55E+10	0.023		
	a1-1 生产线	⁶⁸ Ge	纯化柱清洗废液和分装残留废液	0.35	8.88E+08	2.54E+09	50	4.44E+10		0.0175
		²²⁶ Ra(靶核素)及子体		2	3.70E+06	1.85E+06	50	1.85E+08		0.1
		²²⁵ Ac(目标核素)及子体			7.42E+06	3.71E+06		3.71E+08		
	a1-2 生产线	¹²³ I	纯化柱清洗废液和分装残留废液	0.6	4.44E+09	7.40E+09	50	2.22E+11		0.03
		²¹¹ At		0.07	1.85E+08	2.64E+09	250	4.63E+10		0.0175
	d1 生产线	¹⁸ F	纯化柱清洗废液和分装残留废液	0.08	1.11E+10	1.39E+11	500	5.55E+12		0.04
		⁴⁴ Sc		0.05	3.70E+08	7.40E+09	250	9.25E+10		0.0125
		⁶¹ Cu		0.073	2.96E+08	4.05E+09	250	7.40E+10		0.01825
		⁶⁴ Cu		0.35	7.10E+08	2.03E+09	250	1.78E+11		0.0875
⁶⁸ Ga		0.07		7.40E+08	1.06E+10	500	3.70E+11	0.035		
⁷⁵ Se		0.35		6.66E+06	1.90E+07	250	1.67E+09	0.0875		
⁸⁶ Y		0.05		2.78E+07	5.56E+08	100	2.78E+09	0.005		
⁸⁸ Y		0.05		1.85E+07	3.70E+08	100	1.85E+09	0.005		
⁸⁹ Zr		0.073		7.40E+07	1.01E+09	250	1.85E+10	0.01825		
^{99m} Tc		0.35		2.67E+09	7.63E+09	250	6.68E+11	0.0875		

场所	废水核素组成	废水种类	废水产生量		比活度 (Bq/L)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			L/次	Bq/次			Bq/a	m ³ /a	
	¹²⁴ I		0.02	7.40E+07	3.70E+09	100	7.40E+09	0.002	
b1-1 生产线	²¹¹ At	纯化柱清洗废液和分装残留废液	0.07	1.85E+08	2.64E+09	250	4.63E+10	0.0175	
b1-2 生产线	⁴⁴ Sc	纯化柱清洗废液和分装残留废液	0.05	3.70E+08	7.40E+09	250	9.25E+10	0.0125	
b1-3 生产线	¹²⁴ I	纯化柱清洗废液和分装残留废液	0.02	7.40E+07	3.70E+09	100	7.40E+09	0.002	
b1-4 生产线	⁶⁸ Ge	纯化柱清洗废液和分装残留废液	0.35	8.88E+08	2.54E+09	50	4.44E+10	0.0175	
c1-1 生产线	⁶¹ Cu	纯化柱清洗废液和分装残留废液	0.073	2.96E+08	4.05E+09	250	7.40E+10	0.01825	
c1-2 生产线	⁸⁹ Zr	纯化柱清洗废液和分装残留废液	0.073	7.40E+07	1.01E+09	250	1.85E+10	0.01825	
c1-3 生产线	⁶⁴ Cu	纯化柱清洗废液和分装残留	0.35	7.10E+08	2.03E+09	250	1.78E+11	0.0875	

场所	废水核素组成	废水种类	废水产生量		比活度 (Bq/L)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			L/次	Bq/次			Bq/a	m ³ /a	
		废液							
厂房 二层 (2 号 场 所)	b2-1 生产线	²⁰¹ Tl	纯化柱清洗废 液和分装残留 废液	0.5	8.88E+08	1.78E+09	100	8.88E+10	0.05
	b2-2 生产线	⁸⁶ Y	纯化柱清洗废 液和分装残留 废液	0.05	2.78E+07	5.56E+08	100	2.78E+09	0.005
		⁸⁸ Y		0.05	1.85E+07	3.70E+08	100	1.85E+09	0.005
	b2-3 生产线	¹⁰³ Pd	纯化柱清洗废 液和分装残留 废液	0.35	1.85E+09	5.29E+09	100	1.85E+11	0.035
	b2-4 生产线	¹³³ La	纯化柱清洗废 液和分装残留 废液	0.1	2.96E+08	2.96E+09	250	7.40E+10	0.025
		¹³⁵ La		0.1	2.96E+08	2.96E+09	250	7.40E+10	0.025
	c2-1 生产线	⁵² Mn	纯化柱清洗废 液和分装残留 废液	0.12	7.22E+08	6.02E+09	250	1.81E+11	0.03
	c2-2 生 产 线	⁶⁸ Ga	纯化柱清洗废 液和分装残留 废液	0.07	7.40E+08	1.06E+10	500	3.70E+11	0.035
c2-3 生 产 线	¹⁵⁵ Tb	纯化柱清洗废 液和分装残留	0.35	5.77E+08	1.65E+09	250	1.44E+11	0.0875	

场所	废水核素组成	废水种类	废水产生量		比活度 (Bq/L)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			L/次	Bq/次			Bq/a	m ³ /a	
		废液							
c2-4 生产线	¹²³ I	纯化柱清洗废液和分装残留废液	0.6	4.44E+09	7.40E+09	50	2.22E+11	0.03	
z1 研发 制剂线	¹⁸ F	工艺废液和模块清洗废液	0.2	3.70E+09	1.85E+10	250	9.25E+11	0.05	
	⁴⁴ Sc		0.2	1.85E+08	9.25E+08	250	4.63E+10	0.05	
	⁴⁷ Sc		0.2	1.48E+07	7.40E+07	100	1.48E+09	0.02	
	⁵² Mn		0.2	3.70E+07	1.85E+08	250	9.25E+09	0.05	
	⁶¹ Cu		0.2	1.48E+08	7.40E+08	250	3.70E+10	0.05	
	⁶⁴ Cu		0.2	1.30E+09	6.50E+09	250	3.25E+11	0.05	
	⁶⁷ Cu		0.2	1.11E+07	5.55E+07	100	1.11E+09	0.02	
	⁶⁸ Ga		0.2	1.11E+09	5.55E+09	250	2.78E+11	0.05	
	⁷⁵ Se		0.2	1.11E+07	5.55E+07	250	2.78E+09	0.05	
	⁸⁶ Y		0.2	2.78E+05	1.39E+06	100	2.78E+07	0.02	
	⁸⁸ Y		0.2	7.40E+04	3.70E+05	100	7.40E+06	0.02	
	⁸⁹ Zr		0.2	7.40E+07	3.70E+08	250	1.85E+10	0.05	
	^{99m} Tc		0.2	5.55E+08	2.78E+09	100	5.55E+10	0.02	
	¹⁰³ Pd		0.2	5.55E+08	2.78E+09	100	5.55E+10	0.02	
¹²³ I	0.2	7.40E+08	3.70E+09	100	7.40E+10	0.02			
¹²⁴ I	0.2	5.18E+07	2.59E+08	250	1.30E+10	0.05			
¹³³ La	0.2	1.48E+07	7.40E+07	250	3.70E+09	0.05			

场所	废水核素组成	废水种类	废水产生量		比活度 (Bq/L)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			L/次	Bq/次			Bq/a	m ³ /a	
z2 研发 制剂线	¹³⁵ La	工艺废液和模 块清洗废液	0.2	1.48E+07	7.40E+07	250	3.70E+09	0.05	
	¹⁵⁵ Tb		0.2	3.70E+08	1.85E+09	250	9.25E+10	0.05	
	¹⁷⁷ Lu		0.2	2.96E+08	1.48E+09	20	5.92E+09	0.004	
	²⁰¹ Tl		0.2	3.70E+07	1.85E+08	100	3.70E+09	0.02	
	²⁰³ Pb		0.2	1.48E+08	7.40E+08	100	1.48E+10	0.02	
	²¹¹ At		0.2	1.85E+07	9.25E+07	250	4.63E+09	0.05	
	²²⁵ Ac		0.2	3.70E+05	1.85E+06	250	9.25E+07	0.05	
	¹⁸ F	工艺废液和模 块清洗废液	0.2	3.70E+09	1.85E+10	250	9.25E+11	0.05	
	⁴⁴ Sc		0.2	1.85E+08	9.25E+08	250	4.63E+10	0.05	
	⁴⁷ Sc		0.2	1.48E+07	7.40E+07	100	1.48E+09	0.02	
	⁵² Mn		0.2	3.70E+07	1.85E+08	250	9.25E+09	0.05	
	⁶¹ Cu		0.2	1.48E+08	7.40E+08	250	3.70E+10	0.05	
	⁶⁴ Cu		0.2	1.30E+09	6.50E+09	250	3.25E+11	0.05	
	⁶⁷ Cu		0.2	1.11E+07	5.55E+07	100	1.11E+09	0.02	
	⁶⁸ Ga		0.2	1.11E+09	5.55E+09	250	2.78E+11	0.05	
	⁷⁵ Se		0.2	1.11E+07	5.55E+07	250	2.78E+09	0.05	
	⁸⁶ Y		0.2	2.78E+05	1.39E+06	100	2.78E+07	0.02	
	⁸⁸ Y		0.2	7.40E+04	3.70E+05	100	7.40E+06	0.02	
	⁸⁹ Zr		0.2	7.40E+07	3.70E+08	250	1.85E+10	0.05	
	^{99m} Tc		0.2	5.55E+08	2.78E+09	100	5.55E+10	0.02	
¹⁰³ Pd	0.2	5.55E+08	2.78E+09	100	5.55E+10	0.02			

场所	废水核素组成	废水种类	废水产生量		比活度 (Bq/L)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			L/次	Bq/次			Bq/a	m ³ /a	
			0.2	7.40E+08	3.70E+09	100	7.40E+10	0.02	
			0.2	5.18E+07	2.59E+08	250	1.30E+10	0.05	
			0.2	1.48E+07	7.40E+07	250	3.70E+09	0.05	
			0.2	1.48E+07	7.40E+07	250	3.70E+09	0.05	
			0.2	3.70E+08	1.85E+09	250	9.25E+10	0.05	
			0.2	2.96E+08	1.48E+09	20	5.92E+09	0.004	
			0.2	3.70E+07	1.85E+08	100	3.70E+09	0.02	
			0.2	1.48E+08	7.40E+08	100	1.48E+10	0.02	
			0.2	1.85E+07	9.25E+07	250	4.63E+09	0.05	
			0.2	3.70E+05	1.85E+06	250	9.25E+07	0.05	
厂房一层 (3号场所)	质检区	剩余受检样品、稀释原液、实验器具清洗废液和检验混合分析液体等	0.2	3.70E+07	1.85E+08	250	9.25E+09	0.05	
			0.2	1.85E+07	9.25E+07	250	4.63E+09	0.05	
			0.2	3.70E+06	1.85E+07	250	9.25E+08	0.05	
			0.2	1.85E+07	9.25E+07	250	4.63E+09	0.05	
			0.2	1.85E+07	9.25E+07	250	4.63E+09	0.05	
			0.2	3.70E+07	1.85E+08	250	9.25E+09	0.05	
			0.2	1.11E+07	5.55E+07	150	1.67E+09	0.03	
			0.2	2.59E+07	1.30E+08	50	1.30E+09	0.01	
			0.2	3.70E+07	1.85E+08	250	9.25E+09	0.05	
			0.2	2.22E+06	1.11E+07	250	5.55E+08	0.05	
0.2	1.85E+06	9.25E+06	100	1.85E+08	0.02				

场所	废水核素组成	废水种类	废水产生量		比活度 (Bq/L)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			L/次	Bq/次			Bq/a	m ³ /a	
	⁸⁸ Y		0.2	3.70E+06	1.85E+07	100	3.70E+08	0.02	
	⁸⁹ Zr		0.2	7.40E+06	3.70E+07	250	1.85E+09	0.05	
	⁹⁹ Mo		0.2	3.70E+07	1.85E+08	100	3.70E+09	0.02	
	^{99m} Tc		0.2	7.40E+07	3.70E+08	250	1.85E+10	0.05	
	¹⁰³ Pd		0.2	3.70E+07	1.85E+08	100	3.70E+09	0.02	
	¹²³ I		0.2	5.55E+06	2.78E+07	100	5.55E+08	0.02	
	¹²⁴ I		0.2	1.85E+06	9.25E+06	250	4.63E+08	0.05	
	¹³³ La		0.2	5.55E+06	2.78E+07	250	1.39E+09	0.05	
	¹³⁵ La		0.2	5.55E+06	2.78E+07	250	1.39E+09	0.05	
	¹⁵⁵ Tb		0.2	5.55E+06	2.78E+07	250	1.39E+09	0.05	
	¹⁷⁷ Lu		0.2	1.85E+08	9.25E+08	20	3.70E+09	0.004	
	²⁰¹ Tl		0.2	1.85E+07	9.25E+07	100	1.85E+09	0.02	
	²⁰³ Pb		0.2	1.85E+07	9.25E+07	100	1.85E+09	0.02	
	²¹¹ At		0.2	1.85E+07	9.25E+07	250	4.63E+09	0.05	
	²²⁵ Ac		0.2	3.70E+06	1.85E+07	50	1.85E+08	0.01	

表3.4-5 1号、2号、3号、4号场所工作人员应急去污冲淋废水、洁具清洁废水产生及排放情况表

场所		废水核素组成	废水种类	废水产生量(L/次)	年产生次数(次/a)	年最大产生量(m ³ /a)		处理措施及去向
厂房二层(1)	h1-1 生产线	²²⁵ Ac	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108	1号场所共计15条生产	(1) A内、a1-2、b1-1、b1-2、c1-1、
			涉放场所洁具清洁废水	27	20	0.54		

场所		废水核素组成	废水种类	废水产生量 (L/次)	年产生次数 (次/a)	年最大产生量 (m ³ /a)		处理措施及去向
号场所)	h2-1 生产线	47Sc、67Cu、99Mo	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108	线, 单日最多7条线运行, 则工作人员应急去污冲淋废水年最大产生量为1.512m ³ /a (7条线 0.108*7+ 后区共用 0.756), 涉放场所洁具清洁废水年最大产生量为18.9m ³ /a (7条线 1.35*7+ 后区共用 9.45)。	c1-3、b2-4、c2-2、c2-4 生产线的放射性废水, 排至厂房北侧地下的1#衰变间内短半衰期衰变池; (2)h1-1、h2-1、h1-2、a2-1、a1-1、d1、b1-3、b1-4、c1-2、b2-1、b2-2、b2-3、c2-1、c2-3 生产线, z1、z2 研发制剂线, 镭-226 靶件操作区的放射性废水, 1号场所、2号场所后区共用去污间洁具间的放射性废水, 排至厂房北侧地下的1#衰变间内长半衰期衰变池; (3) 质检区的放射
			涉放场所洁具清洁废水	27	20	0.54		
	h1-2 生产线	47Sc	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	20	0.54		
	A 内生生产线	211At	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	a2-1 生产线	18F、44Sc、47Sc、64Cu、64Cu、67Cu、68Ge、68Ga、75Se、86Y、88Y、89Zr、99mTc、124I、133La、135La、177Lu、203Pb	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	a1-1 生产线	68Ge、226Ra、225Ac	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	a1-2 生产线	123I、211At	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	d1 生产线	18F、44Sc、64Cu、64Cu、68Ga、75Se、86Y、88Y、89Zr、99mTc、124I	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	b1-1 生产线	211At	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
b1-2 生产线	44Sc	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108			
		涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35			
b1-3 生	124I	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108			

场所		废水核素组成	废水种类	废水产生量 (L/次)	年产生次数 (次/a)	年最大产生量 (m ³ /a)		处理措施及去向
	产线		涉放场所洁具清洁废水	27	20	0.54		性废水排至厂房负一层东侧 2#衰变间内长半衰期衰变池； (4) 1#衰变间短半衰期衰变池的废水暂存时间超过 30 天后，1#、2#衰变间长半衰期衰变池的废水经有资质单位检测达标（总α≤1Bq/L、总β≤10Bq/L）后，经厂房东侧沉砂格栅池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一
	b1-4 生 产线	⁶⁸ Ge	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	c1-1 生 产线	⁶¹ Cu	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	c1-2 生 产线	⁸⁹ Zr	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	c1-3 生 产线	⁶⁴ Cu	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	1 号场 所后区 共用	¹⁸ F、 ⁴⁴ Sc、 ⁴⁷ Sc、 ⁶¹ Cu、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁷ Cu、 ⁶⁸ Ge、 ⁶⁸ Ga、 ⁷⁵ Se、 ⁸⁶ Y、 ⁸⁸ Y、 ⁸⁹ Zr、 ⁹⁰ Mo、 ^{99m} Tc、 ¹²³ I、 ¹²⁴ I、 ¹³³ La、 ¹³⁵ La、 ¹⁷⁷ Lu、 ²⁰³ Pb、 ²¹¹ At、 ²²⁵ Ac、 ²²⁶ Ra	工作人员应急去污冲淋废水	189	4	0.756		
			涉放场所洁具清洁废水	189	50	9.45		
	厂房二 层（2 号场 所）	b2-1 生 产线	²⁰¹ Tl	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108	
涉放场所洁具清洁废水				27	20	0.54		
b2-2 生 产线		⁸⁶ Y、 ⁸⁸ Y	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	20	0.54		
b2-3 生 产线		¹⁰³ Pd	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	20	0.54		
b2-4 生 产线	¹³³ La、 ¹³⁵ La	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108			

场所		废水核素组成	废水种类	废水产生量 (L/次)	年产生次数 (次/a)	年最大产生量 (m ³ /a)		处理措施及去向
	产线		涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35	线运行,则工作人员应急去污冲淋废水年最大产生量为0.648m ³ /a(2条生产线0.108*2+后区共用0.432),涉放场所洁具清洁废水年最大产生量为8.1m ³ /a(2条生产线1.35*2+后区共用5.4)。	级 A 标准后经木龙河排入涪江。
	c2-1 生产产线	⁵² Mn	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	c2-2 生产产线	⁶⁸ Ga	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	c2-3 生产产线	¹⁵⁵ Tb	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	c2-4 生产产线	¹²³ I	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	z1 研发制剂线	¹⁸ F、 ⁴⁴ Sc、 ⁴⁷ Sc、 ⁵² Mn、 ⁶¹ Cu、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁷ Cu、 ⁶⁸ Ga、 ⁷⁵ Se、 ⁸⁶ Y、 ⁸⁸ Y、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹⁰³ Pd、 ¹²³ I、 ¹²⁴ I、 ¹³³ La、 ¹³⁵ La、 ¹⁵⁵ Tb、 ¹⁷⁷ Lu、 ²⁰¹ Tl、 ²⁰³ Pb、 ²¹¹ At、 ²²⁵ Ac	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	z2 研发制剂线	¹⁸ F、 ⁴⁴ Sc、 ⁴⁷ Sc、 ⁵² Mn、 ⁶¹ Cu、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁷ Cu、 ⁶⁸ Ga、 ⁷⁵ Se、 ⁸⁶ Y、 ⁸⁸ Y、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹⁰³ Pd、 ¹²³ I、 ¹²⁴ I、 ¹³³ La、 ¹³⁵ La、 ¹⁵⁵ Tb、 ¹⁷⁷ Lu、 ²⁰¹ Tl、 ²⁰³ Pb、 ²¹¹ At、 ²²⁵ Ac	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	50	1.35		
	2 号场	¹⁸ F、 ⁴⁴ Sc、 ⁴⁷ Sc、 ⁵² Mn、 ⁶¹ Cu、	工作人员应急去污冲淋废水	108	4	0.432		

场所		废水核素组成	废水种类	废水产生量 (L/次)	年产生次数 (次/a)	年最大产生量 (m ³ /a)		处理措施及去向
	所后区 共用	⁶⁴ Cu、 ⁶⁷ Cu、 ⁶⁸ Ga、 ⁷⁵ Se、 ⁸⁶ Y、 ⁸⁸ Y、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹⁰³ Pd、 ¹²³ I、 ¹²⁴ I、 ¹³³ La、 ¹³⁵ La、 ¹⁵⁵ Tb、 ¹⁷⁷ Lu、 ²⁰¹ Tl、 ²⁰³ Pb、 ²¹¹ At、 ²²⁵ Ac	涉放场所洁具清洁废水	108	50	5.4		
厂房一层 (3号场所)	质检区	¹⁸ F、 ⁴⁴ Sc、 ⁴⁷ Sc、 ⁵² Mn、 ⁶¹ Cu、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁷ Cu、 ⁶⁸ Ge、 ⁶⁸ Ga、 ⁷⁵ Se、 ⁸⁶ Y、 ⁸⁸ Y、 ⁸⁹ Zr、 ⁹⁹ Mo、 ^{99m} Tc、 ¹⁰³ Pd、 ¹²³ I、 ¹²⁴ I、 ¹³³ La、 ¹³⁵ La、 ¹⁵⁵ Tb、 ¹⁷⁷ Lu、 ²⁰¹ Tl、 ²⁰³ Pb、 ²¹¹ At、 ²²⁵ Ac	工作人员应急去污冲淋废水	162	4	0.648		
			涉放场所洁具清洁废水	108	50	5.4		
厂房一层 (4号场所)	镭-226 靶件操作区	²²⁶ Ra	工作人员应急去污冲淋废水	27	4	0.108		
			涉放场所洁具清洁废水	27	20	0.54		

注：工作人员应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水所含核素活度均较低。镭-226靶件操作区涉及使用的镭-226靶件为外购，不涉及镭-226的制靶操作，该区域仅进行镭-226靶件的临时暂存和传靶工作，外购靶件密封，不开靶，一般情况下不产生放射性废水，本表格保守考虑产生放射性废水。

表3.4-6 射线装置区放射性固体废物产生及排放情况表

场所		核素组成	种类	年产生量 (kg/a)	处理措施及去向
厂房一层射线 装置区	36MeV 花瓣 加速器	⁵² Mn、 ⁵³ Mn、 ⁵⁴ Mn、 ⁵⁶ Mn、 ⁵³ Fe、 ⁵⁵ Fe、 ²⁴ Na、 ²⁷ Mg、 ²⁶ Al、 ²⁸ Al 等感生放射性核素	活化部件及耗材	1	活化部件及耗材由铅废物桶收集后暂存于机房内，交有相应资质的单位处理。废活性炭用放
		/	废活性炭	50 (含配套的镭-226靶件操作区废过滤材)	

场所	核素组成	种类	年产生量 (kg/a)	处理措施及去向	
	1#20MeV 单质子 回旋加速器	${}^7\text{Be}$ 、 ${}^{22}\text{Na}$ 、 ${}^{54}\text{Mn}$ 、 ${}^{56}\text{Co}$ 、 ${}^{57}\text{Co}$ 、 ${}^{58}\text{Co}$ 、 ${}^{59}\text{Fe}$ 、 ${}^{60}\text{Co}$ 、 ${}^{65}\text{Zn}$ 、 ${}^{88}\text{Y}$ 、 ${}^{124}\text{Sb}$ 等感生放射性核素	活化部件及耗材	1	射性固废收集桶收集后转入放射性废物暂存间贮存衰变超过30天并经监测达到清洁解控水平后作为危险废物处置。
		/	废活性炭	15	
	1#35MeV 多粒子 回旋加速器	${}^7\text{Be}$ 、 ${}^{22}\text{Na}$ 、 ${}^{54}\text{Mn}$ 、 ${}^{56}\text{Co}$ 、 ${}^{57}\text{Co}$ 、 ${}^{58}\text{Co}$ 、 ${}^{59}\text{Fe}$ 、 ${}^{60}\text{Co}$ 、 ${}^{65}\text{Zn}$ 、 ${}^{88}\text{Y}$ 、 ${}^{124}\text{Sb}$ 等感生放射性核素	活化部件及耗材	1	
		/	废活性炭	15	
	2#35MeV 多粒子 回旋加速器	${}^7\text{Be}$ 、 ${}^{22}\text{Na}$ 、 ${}^{54}\text{Mn}$ 、 ${}^{56}\text{Co}$ 、 ${}^{57}\text{Co}$ 、 ${}^{58}\text{Co}$ 、 ${}^{59}\text{Fe}$ 、 ${}^{60}\text{Co}$ 、 ${}^{65}\text{Zn}$ 、 ${}^{88}\text{Y}$ 、 ${}^{124}\text{Sb}$ 等感生放射性核素	活化部件及耗材	1	
		/	废活性炭	15	
	2#35MeV 单质子 回旋加速器	${}^7\text{Be}$ 、 ${}^{22}\text{Na}$ 、 ${}^{54}\text{Mn}$ 、 ${}^{56}\text{Co}$ 、 ${}^{57}\text{Co}$ 、 ${}^{58}\text{Co}$ 、 ${}^{59}\text{Fe}$ 、 ${}^{60}\text{Co}$ 、 ${}^{65}\text{Zn}$ 、 ${}^{88}\text{Y}$ 、 ${}^{124}\text{Sb}$ 等感生放射性核素	活化部件及耗材	1	
		/	废活性炭	15	
	BNCT	${}^7\text{Be}$ 、 ${}^{22}\text{Na}$ 、 ${}^{54}\text{Mn}$ 、 ${}^{56}\text{Co}$ 、 ${}^{57}\text{Co}$ 、 ${}^{58}\text{Co}$ 、 ${}^{59}\text{Fe}$ 、 ${}^{60}\text{Co}$ 、 ${}^{65}\text{Zn}$ 、 ${}^{88}\text{Y}$ 、 ${}^{124}\text{Sb}$ 等感生放射性核素	活化部件及耗材	1	

表3.4-7 其他场所放射性固体废物产生及排放情况表

场所	废物核素组成		废物种类	废物产生量		比活度 (Bq/g)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向	
				g/次	Bq/次			Bq/a	kg/a		
厂房 二层 (1 号 场 所)	h1-1 生产线	²²⁶ Ra(靶核素)及子体		废靶衬底、密封箔、原料瓶、反应瓶、液体传输管、废纯化柱等	1000	1.11E+08	20	2.22E+09	20	(1) 生产线放射性固废、废活性炭(h1-1、a1-1生产线,四个放射性废物暂存间):用放射性固废收集桶收集后转入放射性废物暂存间,收集达一定量后,委托有资质单位处置。 (2) 其他废过滤器滤芯废活性炭、研发制剂线质检区放射性固废、铅罐清洁擦拭物、去污废弃材料和污染衣物:用放射性固废收集桶收集后转入放射性废物暂存间贮存衰变,根据废物所含核素种类,所含核素半衰期小于24h的废物暂存超过30天并经监测达到清	
		²²⁵ Ra(中间产物核素)及子体				2.49E+08		2.49E+05			4.98E+09
		²²⁵ Ra子体	²²⁵ Ac(目标核素)			2.98E+08		2.98E+05			5.96E+09
		²²⁶ Ra、 ²²⁵ Ra、 ²²⁵ Ac及子体				/		/			/
	h2-1 生产线	⁴⁷ Sc		废靶件、废纯化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜等	760	3.70E+07	4.87E+04	100	3.70E+09		76
		⁶⁷ Cu			760	4.44E+06	5.84E+03	100	4.44E+08		76
		⁹⁹ Mo			700	4.71E+08	6.73E+05	100	4.71E+10		70
		⁴⁷ Sc、 ⁶⁷ Cu、 ⁹⁹ Mo			/	/	/	/	1.60E+10		45
	h1-2 生产线	⁴⁷ Sc		废靶件、废纯化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜等	760	3.70E+07	4.87E+04	100	3.70E+09		76
		⁴⁷ Sc			/	/	/	/	3.66E+08		45
A内 生产线	²¹¹ At		废靶件、废冷凝管、反应瓶、过渡瓶、滤膜等	760	1.85E+08	2.43E+05	250	4.63E+10	190		

场所	废物核素组成	废物种类	废物产生量		比活度 (Bq/g)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			g/次	Bq/次			Bq/a	kg/a	
a2-1 生产线	²¹¹ At	废过滤器滤芯	/	/	/	/	4.58E+09	45	清洁控水平后,所含核素半衰期大于24h、小于100d的废物暂存超过10个半衰期并经监测达到清洁解控水平后,作为一般工业固体废物或危险废物处理,所含核素半衰期大于100d的废物,收集达一定量后,委托有资质单位处置。灭活培养基、注射器、废过滤器滤芯废活性炭达到清洁解控水平后作为危险废物处置。
	¹⁸ F	废靶件、废纯化柱、废冷凝管、反应瓶、过渡瓶、滤膜等	500	8.88E+09	1.78E+07	500	4.44E+12	250	
	⁴⁴ Sc		650	3.70E+08	5.69E+05	250	9.25E+10	162.5	
	⁴⁷ Sc		650	8.88E+07	1.37E+05	250	2.22E+10	162.5	
	⁶¹ Cu		700	2.96E+08	4.23E+05	250	7.40E+10	175	
	⁶⁴ Cu		700	7.10E+09	1.01E+07	250	1.78E+12	175	
	⁶⁷ Cu		760	4.44E+07	5.84E+04	150	6.66E+09	114	
	⁶⁸ Ge		700	8.88E+08	1.27E+06	50	4.44E+10	35	
	⁶⁸ Ga		700	1.48E+09	2.11E+06	500	7.40E+11	350	
	⁷⁵ Se		700	6.66E+06	9.51E+03	250	1.67E+09	175	
	⁸⁶ Y		650	2.78E+07	4.28E+04	100	2.78E+09	65	
	⁸⁸ Y		650	1.85E+07	2.85E+04	100	1.85E+09	65	
	⁸⁹ Zr		700	7.40E+07	1.06E+05	250	1.85E+10	175	
	^{99m} Tc		700	2.67E+09	3.81E+06	250	6.68E+11	175	
	¹²⁴ I		500	7.40E+06	1.48E+04	100	7.40E+08	50	
	¹³³ La		520	5.92E+07	1.14E+05	250	1.48E+10	130	
	¹³⁵ La		520	5.92E+07	1.14E+05	250	1.48E+10	130	
	¹⁷⁷ Lu		400	3.70E+08	9.25E+05	20	7.40E+09	8	
	²⁰³ Pb		400	3.70E+08	9.25E+05	100	3.70E+10	40	
¹⁸ F、 ⁴⁴ Sc、 ⁴⁷ Sc、 ⁶¹ Cu、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁷ Cu、 ⁶⁸ Ge、 ⁶⁸ Ga、 ⁷⁵ Se、 ⁸⁶ Y、 ⁸⁸ Y、 ⁸⁹ Zr、	废活性炭	/	/	/	/	6.42E+11	55		

场所	废物核素组成	废物种类	废物产生量		比活度 (Bq/g)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			g/次	Bq/次			Bq/a	kg/a	
a1-1 生产线	^{99m}Tc 、 ^{124}I 、 ^{133}La 、 ^{135}La 、 ^{177}Lu 、 ^{203}Pb								
	^{68}Ge	废靶件、废纯化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜等	700	8.88E+08	1.27E+06	50	4.44E+10	35	
	^{226}Ra (靶核素) 及子体	废靶衬底、密封箔、原料瓶、反应瓶、液体传输管、废纯化柱等	1000	5.55E+06	5.55E+03	50	2.78E+08	50	
	^{225}Ac (目标核素) 及子体			2.97E+07	2.97E+04		1.49E+09		
	^{68}Ge 、 ^{226}Ra (靶核素) 及子体、 ^{225}Ac (目标核素) 及子体	废活性炭	/	/	/	/	6.38E+09	55	
a1-2 生产线	^{123}I	废靶件、废纯化柱、废冷凝管、反应瓶、过渡瓶、滤膜等	400	1.48E+09	3.70E+06	50	7.40E+10	20	
	^{211}At		760	1.85E+08	2.43E+05	250	4.63E+10	190	
	^{123}I 、 ^{211}At	废活性炭	/	/	/	/	8.24E+09	55	
d1 生产线	^{18}F	废靶件、废纯化柱、废冷凝管	500	8.88E+09	1.78E+07	500	4.44E+12	250	
	^{44}Sc		650	3.70E+08	5.69E+05	250	9.25E+10	162.5	

场所	废物核素组成	废物种类	废物产生量		比活度 (Bq/g)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			g/次	Bq/次			Bq/a	kg/a	
	⁶¹ Cu	管、反应瓶、 过渡瓶、滤膜 等	700	2.96E+08	4.23E+05	250	7.40E+10	175	
	⁶⁴ Cu		700	7.10E+09	1.01E+07	250	1.78E+12	175	
	⁶⁸ Ga		700	1.48E+09	2.11E+06	500	7.40E+11	350	
	⁷⁵ Se		700	6.66E+06	9.51E+03	250	1.67E+09	175	
	⁸⁶ Y		650	2.78E+07	4.28E+04	100	2.78E+09	65	
	⁸⁸ Y		650	1.85E+07	2.85E+04	100	1.85E+09	65	
	⁸⁹ Zr		700	7.40E+07	1.06E+05	250	1.85E+10	175	
	^{99m} Tc		700	2.67E+09	3.81E+06	250	6.68E+11	175	
	¹²⁴ I		500	7.40E+06	1.48E+04	100	7.40E+08	50	
	¹⁸ F、 ⁴⁴ Sc、 ⁶¹ Cu、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁸ Ga、 ⁷⁵ Se、 ⁸⁶ Y、 ⁸⁸ Y、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹²⁴ I	废活性炭	/	/	/	/	1.38E+11	55	
b1-1 生产线	²¹¹ At	废靶件、废冷 凝管、反应 瓶、过渡瓶、 滤膜等	760	1.85E+08	2.43E+05	250	4.63E+10	190	
	²¹¹ At	废过滤器滤芯	/	/	/	/	4.58E+09	45	
b1-2 生产线	⁴⁴ Sc	废靶件、废纯 化柱、反应 瓶、过渡瓶、 滤膜等	650	3.70E+08	5.69E+05	250	9.25E+10	162.5	
	⁴⁴ Sc	废过滤器滤芯	/	/	/	/	1.83E+10	45	

场所	废物核素组成	废物种类	废物产生量		比活度 (Bq/g)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			g/次	Bq/次			Bq/a	kg/a	
b1-3 生产线	¹²⁴ I	废靶件、废冷 凝管、反应 瓶、过渡瓶、 滤膜等	500	7.40E+06	1.48E+04	100	7.40E+08	50	
	¹²⁴ I	废活性炭	/	/	/	/	7.33E+07	55	
b1-4 生产线	⁶⁸ Ge	废靶件、废纯 化柱、反应 瓶、过渡瓶、 滤膜等	700	8.88E+08	1.27E+06	50	4.44E+10	35	
	⁶⁸ Ge	废过滤器滤芯	/	/	/	/	4.40E+09	45	
c1-1 生产线	⁶¹ Cu	废靶件、废纯 化柱、反应 瓶、过渡瓶、 滤膜等	700	2.96E+08	4.23E+05	250	7.40E+10	175	
	⁶¹ Cu	废过滤器滤芯	/	/	/	/	3.66E+08	45	
c1-2 生产线	⁸⁹ Zr	废靶件、废纯 化柱、反应 瓶、过渡瓶、 滤膜等	700	7.40E+07	1.06E+05	250	1.85E+10	175	
	⁸⁹ Zr	废过滤器滤芯	/	/	/	/	9.16E+07	45	
c1-3 生产线	⁶⁴ Cu	废靶件、废纯 化柱、反应	700	7.10E+09	1.01E+07	250	1.78E+12	175	

场所	废物核素组成	废物种类	废物产生量		比活度 (Bq/g)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			g/次	Bq/次			Bq/a	kg/a	
1号场所后区 走道、 洁具 间、去 污间、检 测间		瓶、过渡瓶、 滤膜等							
	⁶⁴ Cu	废过滤器滤芯	/	/	/	/	2.20E+10	45	
	/	废活性炭	/	/	/	/	/	15	
厂房二 层(2号 场所)	b2-1 生产线	²⁰¹ Tl	废靶件、废纯 化柱、反应 瓶、过渡瓶、 滤膜等	400	7.10E+08	1.78E+06	100	7.10E+10	40
		²⁰¹ Tl 及 ²⁰¹ Pb (中间产 物核素)	废过滤器滤芯	/	/	/	/	1.01E+11	45
	b2-2 生产线	⁸⁶ Y	废靶件、废纯 化柱、反应 瓶、过渡瓶、 滤膜等	650	2.78E+07	4.28E+04	100	2.78E+09	65
		⁸⁸ Y		650	1.85E+07	2.85E+04	100	1.85E+09	65
		⁸⁶ Y、 ⁸⁸ Y	废过滤器滤芯	/	/	/	/	9.16E+06	45
	b2-3	¹⁰³ Pd	废靶件、废纯	700	3.70E+08	5.29E+05	100	3.70E+10	70

场所	废物核素组成	废物种类	废物产生量		比活度 (Bq/g)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			g/次	Bq/次			Bq/a	kg/a	
生产线		化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜等							
	¹⁰³ Pd	废过滤器滤芯	/	/	/	/	3.66E+09	45	
b2-4 生产线	¹³³ La	废靶件、废纯	520	5.92E+07	1.14E+05	250	1.48E+10	130	
	¹³⁵ La	化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜等	520	5.92E+07	1.14E+05	250	1.48E+10	130	
	¹³³ La、 ¹³⁵ La	废过滤器滤芯	/	/	/	/	2.93E+09	45	
c2-1 生产线	⁵² Mn	废靶件、废纯 化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜等	700	7.22E+08	1.03E+06	250	1.81E+11	175	
	⁵² Mn	废过滤器滤芯	/	/	/	/	1.37E+10	45	
c2-2 生产线	⁶⁸ Ga	废靶件、废纯 化柱、反应瓶、过渡瓶、滤膜等	700	1.48E+09	2.11E+06	500	7.40E+11	350	
	⁶⁸ Ga	废过滤器滤芯	/	/	/	/	3.66E+09	45	
c2-3 生产线	¹⁵⁵ Tb	废靶件、废纯 化柱、反应瓶、过渡瓶、	600	5.77E+08	9.62E+05	250	1.44E+11	150	

场所	废物核素组成	废物种类	废物产生量		比活度 (Bq/g)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			g/次	Bq/次			Bq/a	kg/a	
c2-4 生产线		滤膜等							
	¹⁵⁵ Tb	废过滤器滤芯	/	/	/	/	1.43E+10	45	
	¹²³ I	废纯化柱、反 应瓶、过渡 瓶、滤膜等	400	1.48E+09	3.70E+06	50	7.40E+10	20	
z1 研发 制剂线	¹²³ I	废活性炭	/	/	/	/	7.33E+09	55	
	¹⁸ F	废试剂瓶、注 射器、吸水 纸、棉球、手 套、卡套等	1000	4.44E+09	4.44E+06	250	1.11E+12	250	
	⁴⁴ Sc		700	5.55E+08	7.93E+05	250	1.39E+11	175	
	⁴⁷ Sc		200	1.48E+07	7.40E+04	100	1.48E+09	20	
	⁵² Mn		200	1.85E+07	9.25E+04	250	4.63E+09	50	
	⁶¹ Cu		500	4.44E+08	8.88E+05	250	1.11E+11	125	
	⁶⁴ Cu		700	7.40E+08	1.06E+06	250	1.85E+11	175	
	⁶⁷ Cu		200	1.11E+07	5.55E+04	100	1.11E+09	20	
	⁶⁸ Ga		600	1.11E+09	1.85E+06	250	2.78E+11	150	
	⁷⁵ Se		200	2.22E+06	1.11E+04	250	5.55E+08	50	
	⁸⁶ Y		200	5.55E+04	2.78E+02	100	5.55E+06	20	
	⁸⁸ Y		200	3.70E+04	1.85E+02	100	3.70E+06	20	
	⁸⁹ Zr		200	3.70E+07	1.85E+05	250	9.25E+09	50	
	^{99m} Tc		700	5.55E+08	7.93E+05	100	5.55E+10	70	
	¹⁰³ Pd		700	5.55E+08	7.93E+05	100	5.55E+10	70	
¹²³ I	700		5.55E+08	7.93E+05	100	5.55E+10	70		
¹²⁴ I	200	7.40E+06	3.70E+04	250	1.85E+09	50			

场所	废物核素组成	废物种类	废物产生量		比活度 (Bq/g)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			g/次	Bq/次			Bq/a	kg/a	
z2 研发 制剂线	¹³³ La		200	1.48E+07	7.40E+04	250	3.70E+09	50	
	¹³⁵ La		200	1.48E+07	7.40E+04	250	3.70E+09	50	
	¹⁵⁵ Tb		700	5.55E+08	7.93E+05	250	1.39E+11	175	
	¹⁷⁷ Lu		300	3.70E+07	1.23E+05	20	7.40E+08	6	
	²⁰¹ Tl		200	1.85E+07	9.25E+04	100	1.85E+09	20	
	²⁰³ Pb		350	7.40E+07	2.11E+05	100	7.40E+09	35	
	²¹¹ At		200	1.85E+07	9.25E+04	250	4.63E+09	50	
	²²⁵ Ac		200	3.70E+05	1.85E+03	250	9.25E+07	50	
	¹⁸ F、 ⁴⁴ Sc、 ⁴⁷ Sc、 ⁵² Mn、 ⁶¹ Cu、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁷ Cu、 ⁶⁸ Ga、 ⁷⁵ Se、 ⁸⁶ Y、 ⁸⁸ Y、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹⁰³ Pd、 ¹²³ I、 ¹²⁴ I、 ¹³³ La、 ¹³⁵ La、 ¹⁵⁵ Tb、 ¹⁷⁷ Lu、 ²⁰¹ Tl、 ²⁰³ Pb、 ²¹¹ At、 ²²⁵ Ac	废活性炭	/	/	/	/	2.37E+10	50	
	¹⁸ F	废试剂瓶、注 射器、吸水 纸、棉球、手 套、卡套等	1000	4.44E+09	4.44E+06	250	1.11E+12	250	
	⁴⁴ Sc		700	5.55E+08	7.93E+05	250	1.39E+11	175	
	⁴⁷ Sc		200	1.48E+07	7.40E+04	100	1.48E+09	20	
	⁵² Mn		200	1.85E+07	9.25E+04	250	4.63E+09	50	
	⁶¹ Cu		500	4.44E+08	8.88E+05	250	1.11E+11	125	
	⁶⁴ Cu		700	7.40E+08	1.06E+06	250	1.85E+11	175	
⁶⁷ Cu	200		1.11E+07	5.55E+04	100	1.11E+09	20		
⁶⁸ Ga	600		1.11E+09	1.85E+06	250	2.78E+11	150		

场所	废物核素组成	废物种类	废物产生量		比活度 (Bq/g)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			g/次	Bq/次			Bq/a	kg/a	
	⁷⁵ Se		200	2.22E+06	1.11E+04	250	5.55E+08	50	
	⁸⁶ Y		200	5.55E+04	2.78E+02	100	5.55E+06	20	
	⁸⁸ Y		200	3.70E+04	1.85E+02	100	3.70E+06	20	
	⁸⁹ Zr		200	3.70E+07	1.85E+05	250	9.25E+09	50	
	^{99m} Tc		700	5.55E+08	7.93E+05	100	5.55E+10	70	
	¹⁰³ Pd		700	5.55E+08	7.93E+05	100	5.55E+10	70	
	¹²³ I		700	5.55E+08	7.93E+05	100	5.55E+10	70	
	¹²⁴ I		200	7.40E+06	3.70E+04	250	1.85E+09	50	
	¹³³ La		200	1.48E+07	7.40E+04	250	3.70E+09	50	
	¹³⁵ La		200	1.48E+07	7.40E+04	250	3.70E+09	50	
	¹⁵⁵ Tb		700	5.55E+08	7.93E+05	250	1.39E+11	175	
	¹⁷⁷ Lu		300	3.70E+07	1.23E+05	20	7.40E+08	6	
	²⁰¹ Tl		200	1.85E+07	9.25E+04	100	1.85E+09	20	
	²⁰³ Pb		350	7.40E+07	2.11E+05	100	7.40E+09	35	
	²¹¹ At		200	1.85E+07	9.25E+04	250	4.63E+09	50	
	²²⁵ Ac		200	3.70E+05	1.85E+03	250	9.25E+07	50	
	¹⁸ F、 ⁴⁴ Sc、 ⁴⁷ Sc、 ⁵² Mn、 ⁶¹ Cu、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁷ Cu、 ⁶⁸ Ga、 ⁷⁵ Se、 ⁸⁶ Y、 ⁸⁸ Y、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹⁰³ Pd、 ¹²³ I、 ¹²⁴ I、 ¹³³ La、 ¹³⁵ La、 ¹⁵⁵ Tb、 ¹⁷⁷ Lu、 ²⁰¹ Tl、 ²⁰³ Pb、 ²¹¹ At、 ²²⁵ Ac	废活性炭	/	/	/	/	2.37E+10	50	

场所	废物核素组成	废物种类	废物产生量		比活度 (Bq/g)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向	
			g/次	Bq/次			Bq/a	kg/a		
2号场所后区走道、洁具间、去污间、检测间	/	废活性炭	/	/	/	/	/	15		
厂房一层(3号场所)	质检区	灭活培养基、注射器、实验一次性耗材(废西林瓶、移液枪枪头、毛细管、废试纸、一次性口罩、手套、擦拭物等)	2000	¹⁸ F	3.66E+09	1.83E+06	250	9.16E+11	500	
				⁴⁴ Sc	1.83E+09	9.15E+05	250	4.58E+11		
				⁴⁷ Sc	3.66E+08	1.83E+05	250	9.16E+10		
				⁵² Mn	1.83E+09	9.15E+05	250	4.58E+11		
				⁶¹ Cu	1.83E+09	9.15E+05	250	4.58E+11		
				⁶⁴ Cu	3.66E+09	1.83E+06	250	9.16E+11		
				⁶⁷ Cu	1.10E+09	5.50E+05	150	1.65E+11		
				⁶⁸ Ge	2.56E+09	1.28E+06	50	1.28E+11		
				⁶⁸ Ga	3.66E+09	1.83E+06	250	9.16E+11		
				⁷⁵ Se	2.20E+08	1.10E+05	250	5.49E+10		
				⁸⁶ Y	1.83E+08	9.15E+04	100	1.83E+10		
				⁸⁸ Y	3.66E+08	1.83E+05	100	3.66E+10		
				⁸⁹ Zr	7.33E+08	3.67E+05	250	1.83E+11		
				⁹⁹ Mo	3.66E+09	1.83E+06	100	3.66E+11		
^{99m} Tc	7.33E+09	3.67E+06	250	1.83E+12						

场所	废物核素组成	废物种类	废物产生量		比活度 (Bq/g)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			g/次	Bq/次			Bq/a	kg/a	
	¹⁰³ Pd			3.66E+09	1.83E+06	100	3.66E+11		
	¹²³ I			5.49E+08	2.75E+05	100	5.49E+10		
	¹²⁴ I			1.83E+08	9.15E+04	250	4.58E+10		
	¹³³ La			5.49E+08	2.75E+05	250	1.37E+11		
	¹³⁵ La			5.49E+08	2.75E+05	250	1.37E+11		
	¹⁵⁵ Tb			5.49E+08	2.75E+05	250	1.37E+11		
	¹⁷⁷ Lu			1.83E+10	9.15E+06	20	3.66E+11		
	²⁰¹ Tl			1.83E+09	9.15E+05	100	1.83E+11		
	²⁰³ Pb			1.83E+09	9.15E+05	100	1.83E+11		
	²¹¹ At			1.83E+09	9.15E+05	250	4.58E+11		
	²²⁵ Ac			3.66E+08	1.83E+05	50	1.83E+10		
	¹⁸ F、 ⁴⁴ Sc、 ⁴⁷ Sc、 ⁵² Mn、 ⁶¹ Cu、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁷ Cu、 ⁶⁸ Ge、 ⁶⁸ Ga、 ⁷⁵ Se、 ⁸⁶ Y、 ⁸⁸ Y、 ⁸⁹ Zr、 ⁹⁹ Mo、 ^{99m} Tc、 ¹⁰³ Pd、 ¹²³ I、 ¹²⁴ I、 ¹³³ La、 ¹³⁵ La、 ¹⁵⁵ Tb、 ¹⁷⁷ Lu、 ²⁰¹ Tl、 ²⁰³ Pb、 ²¹¹ At、 ²²⁵ Ac	废活性炭	/	/	/	/	2.57E+09	130	
厂房负一层四个放射性废物暂存间	/	废活性炭	/	/	/	/	/	15	
厂房一层	¹⁸ F、 ⁴⁴ Sc、 ⁴⁷ Sc、 ⁵² Mn、	铅罐清洁拭	0.05	/	/	5020(年	/	251	

场所	废物核素组成	废物种类	废物产生量		比活度 (Bq/g)	年操作批 次(次/a)	年最大产生量		处理措施及去向
			g/次	Bq/次			Bq/a	kg/a	
容器清洗间	^{61}Cu 、 ^{64}Cu 、 ^{67}Cu 、 ^{68}Ge 、 ^{68}Ga 、 ^{75}Se 、 ^{86}Y 、 ^{88}Y 、 ^{89}Zr 、 ^{99}Mo 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{103}Pd 、 ^{123}I 、 ^{124}I 、 ^{133}La 、 ^{135}La 、 ^{155}Tb 、 ^{177}Lu 、 ^{201}Tl 、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{225}Ac	物				生产批次 合计)			
厂房一层、二 层各生产线/研 发制剂线/质检 区/镭-226 靶件 操作区	^{18}F 、 ^{44}Sc 、 ^{47}Sc 、 ^{52}Mn 、 ^{61}Cu 、 ^{64}Cu 、 ^{67}Cu 、 ^{68}Ge 、 ^{68}Ga 、 ^{75}Se 、 ^{86}Y 、 ^{88}Y 、 ^{89}Zr 、 ^{99}Mo 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{103}Pd 、 ^{123}I 、 ^{124}I 、 ^{133}La 、 ^{135}La 、 ^{155}Tb 、 ^{177}Lu 、 ^{201}Tl 、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{225}Ac 、 ^{226}Ra	去污废弃材料 和污染衣物	/	/	/	/	/	208	

3.4.2 非放射性废弃物

3.4.2.1 非放射性废气

根据源项分析，本项目非放射性废气主要来源于加速器运行产生的臭氧，使用的盐酸、硫酸和硝酸等酸性试剂挥发产生酸雾，以及乙醇、甲醇、乙腈、异丙醇和丙酮等产生的挥发性有机物。由于在使用过程中很少进行开放液面使用，主要采取移液器或注射器进行液体转移或操作，同时根据建设单位提供的资料，酸性试剂、乙醇、甲醇、乙腈、异丙醇和丙酮等试剂单次用量和年用量均较少，酸雾和挥发性有机物产生量较少，同时经过滤器过滤后其排放量较小。

3.4.2.2 非放射性废水

根据源项分析，本项目非放射性废水主要来源于工作人员产生的生活污水、洗衣废水、非放洁具清洁废水、非放材料清洗废水、纯水制备废水，非放射性废水产生及排放情况见下表。

表3.4-8 非放射性废水产生及排放情况表

种类	日产生量 (m ³ /d)	年产生天数 (d)	年产生量 (m ³ /a)	处理措施及去向
生活污水	2.655	250	663.75	经厂房东侧格栅沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达标后经木龙河排入涪江。
洗衣废水	0.288	250	72	
非放洁具清洁废水	0.189	250	47.25	
非放材料清洗废水	0.54	250	135	
纯水制备废水	0.768	250	192	
合计	4.44	/	1110	

3.4.2.3 非放射性固体废物

根据源项分析，本项目非放射性固体废物主要来源于工作人员产生的生活垃圾、废包装、一次性材料及危险废物等。本项目非放射性固体废物产生及排放情况见下表。

表3.4-9 非放射性固体废物产生及排放情况表

种类	日产生量 (kg/d)	年产生天数 (d)	年产生量 (kg/a)	处理措施及去向
生活垃圾	29.5	250	7375	集中收集后由环卫部门统一处理与处置。
包装废材、非放射性污染的一次性口罩、手套、鞋套、擦拭物等	15	250	3750	分类收集后，可回收的交由废品收购站处置，不可回收的由环

种类	日产生量 (kg/d)	年产生天 数 (d)	年产生量 (kg/a)	处理措施及去向
				卫部门统一处理与处 置。
有机废液、废酸、废碱和废试剂瓶等，以及含有以上物质的解控后放射性废液（在放射性废物暂存间暂存衰变的）	/	/	3000	属于危险废物，交有 资质单位处置。
非放射性或清洁解控后的灭活培养基、注射器	/	/	300	
非放射性靶件电镀、酸洗废水	/	/	500mL/次	
清洁解控后的排风管道过滤器滤芯、废活性炭	/	/	1490	

3.5 总量控制

3.5.1 总量控制因子

本项目为医用放射性同位素生产项目，主要环境污染因素为电离辐射，以及少量非放工艺废水和生活污水等。因此，项目总量指标主要考虑项目外排废水中的 COD 和 NH₃-N。

3.5.2 项目总量控制指标核算

本项目放射性生产废水包括冷却废水、应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水，经暂存衰变且检测达标（冷却废水氚单次排放活度小于 1ALI_{min} 值 1.11×10^9 Bq、总 $\beta \leq 10$ Bq/L，应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水总 $\alpha \leq 1$ Bq/L、总 $\beta \leq 10$ Bq/L）后，与生活污水、非放射性生产废水（洗衣废水、洁具清洁废水、非放材料清洗废水和纯水制备废水）一起经厂房东侧格栅沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后经木龙河排入涪江。

本项目生产废水水质简单，主要为场所设备卫生清洁废水以及清洁下水，与生活污水水质相近。本项目废水合计排放量为 1147.384m³/a，水质情况为 COD350mg/L、NH₃-N30mg/L，达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准和《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）B 级标准。综上可得本项目废水出厂界排放量为 COD0.402t/a，氨氮 0.034t/a。

经塘汛污水处理厂处理后，尾水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准相应排放限值要求（ $\text{COD} \leq 50\text{mg/L}$ ， $\text{NH}_3\text{-N} \leq 5\text{mg/L}$ ）。COD 外环境控制排放量为 0.057t/a，氨氮外环境控制排放量为 0.006t/a。

3.5.3 总量控制建议指标

由于本项目废水最终进入塘汛污水处理厂处理达标后排放，塘汛污水处理厂收集废水的污染物总量指标已在其项目中核算。因此，本项目不再单独核算水污染物总量控制指标。

第四章 辐射防护与安全措施

4.1 场所布局与屏蔽

4.1.1 场所布局

4.1.1.1 总平面布置及合理性分析

(1) 厂区平面布置情况

厂区整体呈西南-东北走向布局,厂区人流出入口布置于西北侧由三江大道接入,物流出入口布置于东北侧由文武路接入,阵列工厂大楼布置于厂区西南侧(地上2层,地下1层,高20.1m),综合研发厂房(二期规划预留)布置于东北侧(5层,3.45m高23.95m),地理式衰变池布置于厂区西侧,紧邻阵列工厂大楼;厂区四周布置7m宽的内部道路,值班室(1层,高3.55m)布置于西北侧人流出入口。

本项目整体采取辐射工作场所和非辐射工作场所分开布置的方式,且保持一定的防护距离,人流和物流分开布置,各区域相互独立,互不干扰,因此从环保角度分析其厂区平面布置合理。

(2) 阵列工厂大楼平面布置及合理性分析

阵列工厂大楼分2层布置(地上2层,地下1层):地下一层为放射性废物暂存区、配电消防区、衰变池区等,一层为射线装置区、质检区等,二层为放射性同位素原料生产区、放射性标记物研发生产区等。

①地下一层布置

放射性废物暂存区布置于地下一层西南侧,共设计4间放射性废物暂存间(1#、2#、3#、4#),用于放射性废物/废液的分类收集暂存。衰变池区布置于地下一层西北侧和东北侧,其中西北侧衰变池区域为1#衰变间,布置2套放射性废水收集系统(用于二层放射性同位素原料生产区、放射性标记物研发生产区放射性废水的收集、衰变和排放),1套检修冷却水收集系统(用于射线装置机房检修状态下冷却水的收集、衰变和排放);东北侧衰变池区域为2#衰变间,布置1套质检区放射性废水收集系统(用于质检区放射性废水的收集、衰变和排放)。

②一层平面布置

射线装置区布置于一层的北侧和南侧区域,包括加速器及BNCT,用于打靶生产同位素及BNCT主机调试,主要功能房间包括花瓣加速器机房(含H3主机厅、H1

靶室、H2 靶室)、1#单质子回旋加速器机房(仅 20M-D 大厅)、1#多粒子回旋加速器机房(含 A3 主机厅、A1 靶室、A2 靶室)、2#多粒子回旋加速器机房(含 B3 主机厅、B1 靶室、B2 靶室)、2#单质子回旋加速器机房(含 C3 主机厅、C1 靶室、C2 靶室)、BNCT 调试机房(含主机厅、测试间),以及控制室(1#、2#、3#)、设备间、操作间、镭-226 靶件操作区、非放制靶间、出货大厅、放射性成品库、容器清洗间、容器存放间、空压机房、气瓶间等配套辅助用房。

质检区布置于一层东北侧,主要对自产产品进行相关质检,包括放射性质检区和非放射性质检区两个区域,两个功能区之间为共用的换鞋间、更衣室、卫生间等用房。放射性质检区进行放射性理化、放化、微生物等质检,主要功能房间包括:百万分之天平室、天平室、防护用品间、放化实验室(1#、2#)、样品接收间、精密仪器室(3#、4#)、放射性废物暂存间、涉放理化实验室、高温室、气相室、气相仪器室、液相室、液相仪器室、药品稳定性考察室(放射)、涉放留样间(常温)、涉放留样间(阴凉)、取样间、放射性无菌检查室、放射性培养室、放射性阳性对照室、灭菌室、放射性微生物限度室、放射性内毒素室、检测间、去污间、洁具间、一更、二更等。非放射性质检区进行非放理化微生物实验,主要功能房间包括:非放样品收发室、百万分之天平室、天平室、对照品标液室、理化实验室、试剂库、原子吸收光谱室、药品稳定性考察室、高温室、非放废弃物暂存间、非放样品留样间(常温)、非放样品留样间(阴凉)、普通仪器间、暗室、菌种库、准备间、灭菌间、无菌检查室、内毒素室、非放样品取样间、阳性对照室、培养室、微生物限度室、洗衣房、洁具间、一更、二更等,以及气瓶间、危废品库、危化品库。

③二层平面布置

放射性同位素原料生产区布置于西南侧,主要用于辐照后的靶材经分离、纯化、分装制备放射性同位素,放射性标记物研发生产区布置于东北侧,主要功能房间包括:空调机房、非放物料库、纯水机房、冷实验室、包装间、清洗灭菌间、一般洗衣间、洁净洗衣间、23 条(h1-1、h2-1、h2-2、A 内、a2-1、a1-1、a1-2、d1、b1-1、b1-2、b1-3、b1-4、c1-1、c1-2、c1-3、b2-1、b2-2、b2-3、b2-4、c2-1、c2-2、c2-3、c2-4)生产线(均含:一更、二更、检测间、去污间、风淋间、洁具间、生产前区、后区、缓冲间、准备间、拆包间等)和 2 条(z1、z2)研发制剂线(均含:一更、二更、退更间、检测/去污间、风淋间、洁具间、生产前区、后区、缓冲间、试剂配置间、包装间、冷实验室等)。

根据地下一层、一层、二层平面布置情况，对于可能涉及放射性污染的场所均采取集中布置方式，并根据工艺需要独立布置换鞋、更衣、检测、去污、清洁、缓冲等配套辅助用房，同时通过设置独立的人流、物流通道，保障各辐射工作场所的相对独立性，避免放射性交叉污染影响。综合分析，本项目各放射性工作场所布局既相对独立又互相有机联系，既能减少放射性污染扩散，又能保障生产工艺及研发工艺的需求，因此其平面布局是合理的。

4.1.1.2 辐射工作场所分区

(1) 控制区、监督区划分

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，应把放射性工作场所分为控制区、监督区以便于辐射防护管理和职业照射控制，需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，对控制区运用行政管理程序(如工作许可证制度)限制进入。监督区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。同时，《粒子加速器辐射安全与防护规定》(GB5172-2025)的要求。应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，主要包括加速器室、束流终端室和放射性废物贮存区域等。与控制区相邻的、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划定为监督区

本项目辐射工作场所分区综合考虑区域的辐射水平、放射性污染水平及潜在辐射风险，结合设施内工艺系统布置、工艺特点以及人流、物流通道，以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围等因素。本项目辐射工作场所控制区和监督区划分情况见表 4.1-1。

表 4.1-1 本项目辐射工作场所两区划分一览表

工作场所		控制区	监督区
地下一层		放射性废物暂存间(1#、2#、3#、4#)、衰变池区(1#衰变间、2#衰变间)	缓冲间、走道
一层	射线装置区	镭-226 靶件操作区房间(储源室、放射性传靶间、缓冲间、检测间、去污间、洁具间)、H1 靶室、H2 靶室、H3 花瓣加速器主机厅、A3 多粒子回旋加速器主机厅、A1 靶室、A2 靶室、20M-D 回旋加速器大厅、控制室、BNCT 主机厅、BNCT 测试间、B1 靶室、B2 靶室、B3 多粒子回旋加速器主机厅、C3 单质子回旋加速器主机厅、C1 靶室、	镭-226 靶件操作区房间(一更、二更、缓冲间)、非放制靶间及配套房间、中部走道、设备间、控制室

工作场所	控制区	监督区
	C2 靶室等	(1#、2#、3#)、 操作间
质检区	放射性质检区的百万分之天平室、天平室、防护用品间、放化实验室(1#、2#)、样品接收间、精密仪器室(3#、4#)、放射性废物暂存间、涉放理化实验室、高温室、气相室、气相仪器室、液相室、液相仪器室、药品稳定性考察室(放射)、涉放留样间(常温)、涉放留样间(阴凉)、取样间、放射性无菌检查室、放射性培养室、放射性阳性对照室、灭菌室、放射性微生物限度室、放射性内毒素室、洁具间、一更、二更、涉放走廊、涉放微生物走廊、药物提升梯等	检测间、去污间、 缓冲间
其他区域	放射性成品库、容器存放间、容器清洗间	/
二层	包装间、生产线(h1-1、h2-1、h2-2、A内、a2-1、a1-1、a1-2、d1、b1-1、b1-2、b1-3、b1-4、c1-1、c1-2、c1-3、b2-1、b2-2、b2-3、b2-4、c2-1、c2-2、c2-3、c2-4)前区/后区、研发制剂线(z1、z2)前区/后区、缓冲间(进出后区)、洁净通道、内部走道(进出后区)、洁具间(前区、后区)、准备间、风淋室(出前区)、检测间去污间(出前区)、试剂配制间、药物提升梯及缓冲间等	风淋室(进前区)、一更、二更、检测间去污间(出后区)、产线控制室、退更间、退缓冲间、拆包间、冷实验室

4.1.2 屏蔽设计

4.1.2.1 射线装置辐射屏蔽措施

本项目涉及的射线装置机房包括：H3 花瓣加速器主机厅、H1 靶室、H2 靶室，A3 多粒子回旋加速器主机厅、A1 靶室、A2 靶室，20M-D 回旋加速器大厅，B3 多粒子回旋加速器主机厅、B1 靶室、B2 靶室，C3 单质子回旋加速器主机厅、C1 靶室、C2 靶室，BNCT 主机厅、BNCT 测试间，其中多粒子型、单质子型回旋加速器主机厅和靶室采取相同的屏蔽结构设计。所有射线装置机房整体设计采用密度为 2.35t/m^3 钢筋混凝土一次性浇筑，地下为土层，无构筑物。

(1) 花瓣加速器机房

H3 花瓣加速器主机厅净空尺寸为：长 13m ×宽 8m ×高 4.4m ，西北侧、东南侧墙体厚度为 2300mm ，东北侧墙体厚度为 2500mm （局部 2000mm ），西南侧墙体厚度为 3000mm ，顶板厚度为 2500mm ；H1、H2 靶室净空尺寸均为：长 6m ×宽 4.75m ×高 4.4m ，共用墙体厚度为 2000mm ，其余墙体厚度均为 3000mm ，顶板厚度均为 3000mm 。

各防护门采用与该侧墙体同等厚度的“凸”形混凝土活塞门进行屏蔽，并设计为地轨机械传动实现开闭合。

(2) 回旋加速器机房

A3 多粒子回旋加速器主机厅、20M-D 回旋加速器大厅、B3 多粒子回旋加速器主机厅、C3 单质子回旋加速器主机厅净空尺寸均为：长 8m×宽 8m×高 4.4m，20M-D 回旋加速器大厅四周墙体均为 2500mm，顶板厚度为 3000mm；A3 多粒子回旋加速器主机厅、B3 多粒子回旋加速器主机厅、C3 单质子回旋加速器主机厅与靶室共用墙体厚度均为 2000mm，其余墙体厚度均为 2500mm，顶板厚度均为 2500mm；A1 靶室、A2 靶室、B1 靶室、B2 靶室、C1 靶室、C2 靶室净空尺寸为：长 5.6m×宽 3m×高 4.4m，其与主机厅共用墙体以及靶室共用墙体厚度均为 2000mm，其余墙体厚度均为 2500mm，顶板厚度均为 3000mm。各防护门采用与该侧墙体同等厚度的“凸”形混凝土活塞门进行屏蔽，并设计为地轨机械传动实现开闭合。

(3) BNCT 机房

BNCT 主机厅净空尺寸均为：长 8m×宽 8m×高 4.4m，东北、西北、东南侧墙体厚度均为 2500mm，西南侧设计为长 9m 的 L 形迷路，迷路内墙厚度为 1500mm，迷路外墙厚度为 2500mm，顶板厚度为 3000mm；BNCT 测试间净空尺寸均为：长 10.8m×宽 8m×高 4.4m，西北、西南、东南侧墙体厚度均为 2500mm，东北侧设计为长 9m 的 L 形迷路，迷路内墙和外墙厚度均为 2500mm，顶板厚度为 3000mm。各人员通道防护门为 250mm 聚乙烯+50mm 铅。

表 4.1-2 射线装置机房屏蔽设计一览表

场所		东北侧	东南侧	西南侧	西北侧	顶板	防护门
花瓣加速器机房	H3 主机厅	2500mm(局部 2000mm)混凝土	2300mm 混凝土	3000mm 混凝土	2300mm 混凝土	2500mm 混凝土	2300mm 混凝土活塞门
	H1 靶室	3000mm 混凝土	2000mm 混凝土	3000mm 混凝土	3000mm 混凝土	3000mm 混凝土	3000mm 混凝土活塞门
	H2 靶室	3000mm 混凝土	3000mm 混凝土	3000mm 混凝土	2000mm 混凝土	3000mm 混凝土	3000mm 混凝土活塞门
1#多粒子回旋	A3 主机厅	2000mm 混凝土	2500mm 混凝土	2500mm 混凝土	2500mm 混凝土	2500mm 混凝土	2500mm 混凝土活塞门

场所		东北侧	东南侧	西南侧	西北侧	顶板	防护门
加速器			土			土	
	A1靶室	2500mm 混凝土	2000m m 混凝土	2000mm 混凝土	2500mm 混凝土	3000m m 混凝土	2500mm 混凝土 土活塞门
	A2靶室	2500mm 混凝土	2500m m 混凝土	2000mm 混凝土	2000mm 混凝土	3000m m 混凝土	2500mm 混凝土 土活塞门
2#多粒子回旋加速器机房	B3主机厅	2500mm 混凝土	2500m m 混凝土	2000mm 混凝土	2500mm 混凝土	2500m m 混凝土	2500mm 混凝土 土活塞门
	B1靶室	2000mm 混凝土	2000m m 混凝土	2500mm 混凝土	2500mm 混凝土	3000m m 混凝土	2500mm 混凝土 土活塞门
	B2靶室	2000mm 混凝土	2500m m 混凝土	2500mm 混凝土	2000mm 混凝土	3000m m 混凝土	2500mm 混凝土 土活塞门
1#单质子回旋加速器机房	20M-D大厅	2500mm 混凝土	2500m m 混凝土	2500mm 混凝土	2500mm 混凝土	3000m m 混凝土	2500mm 混凝土 土活塞门
1#单质子回旋加速器	C3主机厅	2000mm 混凝土	2000m m 混凝土	2000mm 混凝土	2500mm 混凝土	2500m m 混凝土	2500mm 混凝土 土活塞门
	C1靶室	2500mm 混凝土	2000m m 混凝土	2000mm 混凝土	2500mm 混凝土	3000m m 混凝土	2500mm 混凝土 土活塞门
	C2靶室	2500mm 混凝土	2500m m 混凝土	2000mm 混凝土	2000mm 混凝土	3000m m 混凝土	2500mm 混凝土 土活塞门
BNCT	主机厅	2500mm 混凝土	2500m m 混凝土	迷路内墙 1500mm 混凝土, 迷路外墙 2500mm 混凝土	2500mm 混凝土	3000m m 混凝土	人员通道门为 250mm 聚乙烯 +50mm 铅; 设备 通道门为 2500mm 混凝土 活塞门
	测试间	迷路外墙、内墙 均为2500mm 混凝土	2500m m 混凝土	2500mm 混凝土	2500mm 混凝土	3000m m 混凝土	人员通道门为 250mm 聚乙烯 +50mm 铅; 设备

场所	东北侧	东南侧	西南侧	西北侧	顶板	防护门
						通道门为 2500mm 混凝土 活塞门

注：射线装置机房屏蔽结构均采用 2.35t/m³ 钢筋混凝土浇筑。

(4) 管线穿墙设计

①管道穿墙

本项目穿墙管线包括：排风管、水冷管、电缆管等，由于本项目水冷机房、控制室等位于一层，①控制电缆和水冷管均采用地沟穿墙，孔径为 60mm~150mm，埋深为 300mm~500mm；②主机厅或靶室排风管穿墙口距离地面标高 5m，以多折 45°穿墙，直径约 300mm，穿墙内和穿墙外均采用 3mm 铅进行二次补偿；③本项目所有热室工作箱均位于二层，放射性固态原料输送管道均采用多折 45°穿墙，直径约 100mm。

②人员通道门和防护门补偿

各活塞门采用与该侧墙体同等厚度的“凸”形混凝土进行屏蔽，并设计为地轨机械传动实现开闭合，活塞门闭合后间隙控制在 5mm，根据建设单位已投运回旋加速器调试机房自行监测结果，活塞门下部辐射剂量率为 0.7μSv/h。人员迷道防护门关闭后墙体保持至少 100mm 重叠。

对于机房屏蔽体施工，建设单位及施工单位需落实以下要求：

①在施工过程中施工单位应严格按照设计单位提供的设计方案进行施工作业，浇筑过程应使用设计要求的水泥标号进行连续浇筑，并确保无浇筑缝隙和气泡，拼接过程应严格控制人员防护门以及设备活塞门与墙体的搭接宽度以及缝隙宽度，提前做好穿墙管道的预埋预穿，严禁出现屏蔽体从内向外的直穿缝隙，同时严禁施工结束后进行开洞穿墙，施工过程中若出现较大施工缝时应采取灌注钢砂或铁砂的方式进行补偿，并确保有效的防护当量。

②建设单位应加强施工安全及施工质量管理，并监督施工单位严格按图施工作业，严禁偷工减料，杜绝屏蔽体坍塌事故发生。

③建设单位在首次进行回旋加速器开机出束时应对屏蔽体四周，特别是穿墙孔洞，人员及设备门等进行巡测，确保屏蔽体外辐射剂量率满足 2.5μSv/h 限值要求后才能进行下一次调试出束。

4.1.2.2 非密封放射性物质工作场所实体屏蔽措施

同位素整列工厂大楼为钢筋混凝土框架结构，建筑外墙为240mm厚砖墙，建筑

内根据各功能布局采用5mm厚净化彩钢板进行隔离。本项目放射性传靶间传靶、各放射性同位素及放射性标记物研发/生产均在热室工作箱/手套箱中进行，热室采用密闭工作箱设计且配置机械臂进行辅助操作，手套箱采用密闭双孔手套设计，防护性能满足人操作位剂量率水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求，非人员操作位剂量率水平不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

加速器生产的放射性原料由靶室管线自动送入接收热室工作箱中，各热室工作箱之间传递通过内部管线连接，放射性同位素或放射性标记物制备后通过内部机构经内部的顶升装置将药品下降至运输小车，然后装运至放射性成品库及出货大厅，等待发货。热室工作箱下部还设计有放射性固废及废液收集容器，便于废物收集。

本项目各生产线、研发制剂线、放射性传靶间热室工作箱/手套箱具体屏蔽设计参数见表4.1-3。

表 4.1-3 各生产线、研发制剂线、放射性传靶间工作箱/手套箱屏蔽设计一览表

场所/热室名称		操作方式	操作核素	屏蔽材质及厚度	备注
放射性传靶间热室工作箱		机械臂	^{226}Ra 及子体核素	人员操作位 70mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 60mm 铅	
hl-1 生产线	1#接收回收热室工作箱	机械臂	^{226}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{225}Ra 及子体核素	人员操作位 160mm 铅	二级密封包容, 2级密封等级
				非人员操作位 140mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂	^{226}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{225}Ra 及子体核素	人员操作位 160mm 铅	二级密封包容, 2级密封等级
				非人员操作位 140mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	^{226}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{225}Ra 及子体核素	人员操作位 160mm 铅	二级密封包容, 2级密封等级
				非人员操作位 140mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂	^{225}Ac 及子体核素	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 70mm 铅	
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套	^{225}Ac 及子体核素	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 70mm 铅	
h2-1 生产	1#接收热室工作箱	机械臂	$^{99}\text{Mo}/^{67}\text{Cu}/^{47}\text{Sc}$	人员操作位 90mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 70mm 铅	
	2#溶解热室工作	机械	$^{99}\text{Mo}/^{67}\text{Cu}/^{47}\text{Sc}$	人员操作位 90mm 铅	三级包容, 3

场所/热室名称		操作方式	操作核素	屏蔽材质及厚度	备注
线	箱	臂		非人员操作位 70mm 铅	级密封等级
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	$^{99}\text{Mo}/^{67}\text{Cu}/^{47}\text{Sc}$	人员操作位 90mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 70mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂	$^{99}\text{Mo}/^{67}\text{Cu}/^{47}\text{Sc}$	人员操作位 90mm 铅	三级包容, 3级密封等级
非人员操作位 70mm 铅					
5#装罐灭菌手套箱	双孔手套	$^{99}\text{Mo}/^{67}\text{Cu}/^{47}\text{Sc}$	人员操作位 90mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
			非人员操作位 70mm 铅		
hl-2 生产线	1#接收热室工作箱	机械臂	^{47}Sc	人员操作位 10mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂	^{47}Sc	人员操作位 10mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	^{47}Sc	人员操作位 10mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂	^{47}Sc	人员操作位 10mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套	^{47}Sc	人员操作位 10mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
A 内 生 产 线	1#接收热室工作箱	机械臂	^{211}At 及子体核素	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 20mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂	^{211}At 及子体核素	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 20mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	^{211}At 及子体核素	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级
非人员操作位 20mm 铅					
4#分装热室工作箱	机械臂	^{211}At 及子体核素	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
			非人员操作位 20mm 铅		
5#装罐灭菌手套箱	双孔手套	^{211}At 及子体核素	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
			非人员操作位 20mm 铅		
a2-1 生 产 线	1#接收热室工作箱	机械臂	$^{18}\text{F}/^{44}\text{Sc}/^{47}\text{Sc}/^{61}\text{Cu}/^{64}\text{Cu}/^{67}\text{Cu}/^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}/^{75}\text{Se}/^{86}\text{Y}/^{88}\text{Y}/^{89}\text{Zr}/^{99\text{m}}\text{Tc}/^{124}\text{I}/^{133}\text{La}/^{135}\text{La}/^{177}\text{Lu}/^{203}\text{Pb}$	人员操作位 150mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 130mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂		人员操作位 150mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 130mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂		人员操作位 150mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 130mm 铅	

场所/热室名称		操作方式	操作核素	屏蔽材质及厚度	备注	
	4#分装热室工作箱	机械臂		人员操作位 150mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 130mm 铅		
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套		人员操作位 150mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 130mm 铅		
al-1 生产线	1#接收回收热室工作箱	机械臂	^{226}Ra 、 ^{225}Ac 及子体核素或 ^{68}Ge	人员操作位 110mm 铅	二级密封包容, 2级密封等级	
				非人员操作位 90mm 铅		
	2#溶解热室工作箱	机械臂		人员操作位 110mm 铅	二级密封包容, 2级密封等级	
				非人员操作位 90mm 铅		
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂		人员操作位 110mm 铅	二级密封包容, 2级密封等级	
				非人员操作位 90mm 铅		
	4#分装热室工作箱	机械臂		^{225}Ac 及子体核素或 ^{68}Ge	人员操作位 110mm 铅	二三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 90mm 铅	
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套			人员操作位 110mm 铅	三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 90mm 铅	
al-2 生产线	1#接收回收热室工作箱	机械臂	^{211}At 及子体核素或 ^{125}I		人员操作位 40mm 铅	三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 30mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂			人员操作位 40mm 铅	三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 30mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂			人员操作位 40mm 铅	三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 30mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂		人员操作位 40mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 30mm 铅		
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套		人员操作位 40mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 30mm 铅		
dl 生产线	1#接收热室工作箱	机械臂	$^{18}\text{F}/^{44}\text{Sc}/^{61}\text{Cu}/^{64}\text{Cu}/^{68}\text{Ga}/^{75}\text{Se}/^{86}\text{Y}/^{88}\text{Y}/^{89}\text{Zr}/^{99\text{m}}\text{Tc}/^{124}\text{I}$	人员操作位 150mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 130mm 铅		
	2#溶解热室工作箱	机械臂		人员操作位 150mm 铅	三级包容, 3级密封等级	

场所/热室名称		操作方式	操作核素	屏蔽材质及厚度	备注	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂		非人员操作位 130mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				人员操作位 150mm 铅		
	4#分装热室工作箱	机械臂		非人员操作位 130mm 铅		三级包容, 3级密封等级
				人员操作位 150mm 铅		
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套		非人员操作位 130mm 铅		三级包容, 3级密封等级
				人员操作位 150mm 铅		
b1-1 生产线	1#接收热室工作箱	机械臂	^{211}At 及子体核素	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 20mm 铅		
	2#溶解热室工作箱	机械臂		人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 20mm 铅		
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂		人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 20mm 铅		
	4#分装热室工作箱	机械臂		人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 20mm 铅		
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套		人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 20mm 铅		
b1-2 生产线	1#接收热室工作箱	机械臂	^{44}Sc	人员操作位 150mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 130mm 铅		
	2#溶解热室工作箱	机械臂		人员操作位 150mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 130mm 铅		
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂		人员操作位 150mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 130mm 铅		
	4#分装热室工作箱	机械臂		人员操作位 150mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 130mm 铅		
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套		人员操作位 150mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 130mm 铅		
b1-3	1#接收热室工作	机械	^{124}I	人员操作位 70mm 铅	三级包容, 3	

场所/热室名称		操作方式	操作核素	屏蔽材质及厚度	备注
生 产 线	箱	臂		非人员操作位 50mm 铅	级密封等级
	2#溶解热室工作箱	机械臂	^{124}I	人员操作位 70mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 50mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	^{124}I	人员操作位 70mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 50mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂	^{124}I	人员操作位 70mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 50mm 铅	
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套	^{124}I	人员操作位 70mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 50mm 铅	
	b1-4 生 产 线	1#接收热室工作箱	机械臂	^{68}Ge 及子体核素	人员操作位 100mm 铅
非人员操作位 80mm 铅					
2#溶解热室工作箱		机械臂	^{68}Ge 及子体核素	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
3#分离纯化热室工作箱		机械臂	^{68}Ge 及子体核素	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
4#分装热室工作箱		机械臂	^{68}Ge 及子体核素	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
5#装罐灭菌手套箱		双孔手套	^{68}Ge 及子体核素	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
c1-1 生 产 线	1#接收热室工作箱	机械臂	^{61}Cu	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂	^{61}Cu	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	^{61}Cu	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂	^{61}Cu	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	

场所/热室名称		操作方式	操作核素	屏蔽材质及厚度	备注
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套	^{61}Cu	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
c1-2 生产线	1#接收热室工作箱	机械臂	^{89}Zr	人员操作位 80mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 60mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂	^{89}Zr	人员操作位 80mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 60mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	^{89}Zr	人员操作位 80mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 60mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂	^{89}Zr	人员操作位 80mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 60mm 铅	
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套	^{89}Zr	人员操作位 80mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 60mm 铅	
c1-3 生产线	1#接收热室工作箱	机械臂	^{64}Cu	人员操作位 80mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 60mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂	^{64}Cu	人员操作位 80mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 60mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	^{64}Cu	人员操作位 80mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 60mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂	^{64}Cu	人员操作位 80mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 60mm 铅	
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套	^{64}Cu	人员操作位 80mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 60mm 铅	
b2-1 生产线	1#接收热室工作箱	机械臂	^{201}Pb 、 ^{201}Tl	人员操作位 170mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 150mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂	^{201}Pb 、 ^{201}Tl	人员操作位 170mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 150mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	^{201}Pb 、 ^{201}Tl	人员操作位 170mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 150mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂	^{201}Pb 、 ^{201}Tl	人员操作位 170mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 150mm 铅	
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手	^{201}Pb 、 ^{201}Tl	人员操作位 170mm	三级包容, 3级密封等级

场所/热室名称		操作方式	操作核素	屏蔽材质及厚度	备注
	箱	套		铅	级密封等级
				非人员操作位 150mm 铅	
b2-2 生产线	1#接收热室工作箱	机械臂	$^{86}\text{Y}/^{88}\text{Y}$	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂	$^{86}\text{Y}/^{88}\text{Y}$	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	$^{86}\text{Y}/^{88}\text{Y}$	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂	$^{86}\text{Y}/^{88}\text{Y}$	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套	$^{86}\text{Y}/^{88}\text{Y}$	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
b2-3 生产线	1#接收热室工作箱	机械臂	^{103}Pd	人员操作位 10mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂	^{103}Pd	人员操作位 10mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	^{103}Pd	人员操作位 10mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂	^{103}Pd	人员操作位 10mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套	^{103}Pd	人员操作位 10mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
b2-4 生产线	1#接收热室工作箱	机械臂	$^{133}\text{La}/^{135}\text{La}$	人员操作位 20mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂	$^{133}\text{La}/^{135}\text{La}$	人员操作位 25mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	$^{133}\text{La}/^{135}\text{La}$	人员操作位 25mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂	$^{133}\text{La}/^{135}\text{La}$	人员操作位 25mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手	$^{133}\text{La}/^{135}\text{La}$	人员操作位 25mm 铅	三级包容, 3级密封等级

场所/热室名称		操作方式	操作核素	屏蔽材质及厚度	备注
	箱	套		非人员操作位 10mm 铅	级密封等级
c2-1 生产线	1#接收热室工作箱	机械臂	^{52}Mn	人员操作位 170mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 150mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂	^{52}Mn	人员操作位 170mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 150mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	^{52}Mn	人员操作位 170mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 150mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂	^{52}Mn	人员操作位 170mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 150mm 铅	
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套	^{52}Mn	人员操作位 170mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 150mm 铅	
c2-2 生产线	1#接收热室工作箱	机械臂	^{68}Ga	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂	^{68}Ga	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂	^{68}Ga	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
	4#分装热室工作箱	机械臂	^{68}Ga	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套	^{68}Ga	人员操作位 100mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 80mm 铅	
c2-3 生产线	1#接收热室工作箱	机械臂	^{155}Tb	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	2#溶解热室工作箱	机械臂	^{155}Tb	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 10mm 铅	
	3#分离纯化热室工作	机械	^{155}Tb	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3

场所/热室名称		操作方式	操作核素	屏蔽材质及厚度	备注	
c24 生 产 线	箱	臂	^{155}Tb	非人员操作位 10mm 铅	级密封等级	
	4#分装热室工作箱	机械臂		人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套	^{155}Tb	非人员操作位 10mm 铅	级密封等级	
				人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 10mm 铅	级密封等级	
z1 生 产 线	1#进料热室工作箱	机械臂	$^{18}\text{F}/^{44}\text{Sc}/^{47}\text{Sc}/^{52}\text{Mn}/^{67}\text{Cu}/^{64}\text{Cu}/^{67}\text{Cu}/^{68}\text{Ga}/^{75}\text{Se}/^{86}\text{Y}/^{88}\text{Y}/^{89}\text{Zr}/^{99}\text{Tc}/^{103}\text{Pd}/^{123}\text{I}/^{124}\text{I}/^{137}\text{Cs}/^{135}\text{La}/^{155}\text{Tb}/^{177}\text{Lu}/^{201}\text{Tl}/^{203}\text{Pb}/^{211}\text{At}/^{225}\text{Ac}$	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 20mm 铅	级密封等级	
	2#溶解热室工作箱	机械臂		^{123}I	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 20mm 铅	级密封等级
	3#分离纯化热室工作箱	机械臂		^{123}I	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 20mm 铅	级密封等级
	4#分装热室工作箱	机械臂		^{123}I	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 20mm 铅	级密封等级
	5#装罐灭菌手套箱	双孔手套		^{123}I	人员操作位 30mm 铅	三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 20mm 铅	级密封等级
z2 生 产 线	1#进料热室工作箱	机械臂	$^{18}\text{F}/^{44}\text{Sc}/^{47}\text{Sc}/^{52}\text{Mn}/^{67}\text{Cu}/^{64}\text{Cu}/^{67}\text{Cu}/^{68}\text{Ga}/^{75}\text{Se}/^{86}\text{Y}/^{88}\text{Y}/^{89}\text{Zr}/^{99}\text{Tc}/^{103}\text{Pd}/^{123}\text{I}/^{124}\text{I}/^{137}\text{Cs}/^{135}\text{La}/^{155}\text{Tb}/^{177}\text{Lu}/^{201}\text{Tl}/^{203}\text{Pb}/^{211}\text{At}/^{225}\text{Ac}$	人员操作位 130mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 110mm 铅	级密封等级	
	2#合成标记热室工作箱	机械臂		^{123}I	人员操作位 130mm 铅	三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 110mm 铅	级密封等级
	3#分装热室工作箱	机械臂		^{123}I	人员操作位 130mm 铅	三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 110mm 铅	级密封等级
	4#装罐灭菌手套箱	双孔手套		^{123}I	人员操作位 130mm 铅	三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 110mm 铅	级密封等级
z2 生 产 线	1#进料热室工作箱	机械臂	$^{18}\text{F}/^{44}\text{Sc}/^{47}\text{Sc}/^{52}\text{Mn}/^{67}\text{Cu}/^{64}\text{Cu}/^{67}\text{Cu}/^{68}\text{Ga}/^{75}\text{Se}/^{86}\text{Y}/^{88}\text{Y}/^{89}\text{Zr}/^{99}\text{Tc}/^{103}\text{Pd}/^{123}\text{I}/^{124}\text{I}/^{137}\text{Cs}/^{135}\text{La}/^{155}\text{Tb}/^{177}\text{Lu}/^{201}\text{Tl}/^{203}\text{Pb}/^{211}\text{At}/^{225}\text{Ac}$	人员操作位 130mm 铅	三级包容, 3级密封等级	
				非人员操作位 110mm 铅	级密封等级	
	2#合成标记热室工作箱	机械臂		^{123}I	人员操作位 130mm 铅	三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 110mm 铅	级密封等级
	3#分装热室工作箱	机械臂		^{123}I	人员操作位 130mm 铅	三级包容, 3级密封等级
					非人员操作位 110mm 铅	级密封等级

场所/热室名称		操作方式	操作核素	屏蔽材质及厚度	备注
	4#装罐灭菌手套箱	双孔手套		人员操作位 130mm 铅	三级包容, 3级密封等级
				非人员操作位 110mm 铅	

4.1.2.3 质检区屏蔽设计

质检区对于高活度的放射性实验（大于1mCi）在手套箱内操作，对于高活度（大于10mCi）放射性核素选择在手套箱进行操作，低活度（小于1mCi）放射性选择在通风橱、生物安全柜或生物隔离器操作。各手套箱及通风橱屏蔽情况见下表。

表 4.1-4 质检区蔽设计一览表

场所	数量	屏蔽措施	涉及操作的核素	备注
1#放射性化学实验室	2	屏蔽手套箱（70mm铅）	^{18}F 、 ^{61}Cu 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ge 、 ^{68}Ga 、 ^{89}Zr 、 ^{133}La 、 ^{135}La	高活度操作
	1	屏蔽手套箱（130mm铅）	^{44}Sc 、 ^{52}Mn 、 ^{86}Y 、 ^{88}Y	
	1	屏蔽手套箱（60mm铅）	^{123}I 、 ^{124}I 、 ^{211}At 、 ^{225}Ac 、 ^{99}Mo	
	2	屏蔽手套箱（20mm铅）	^{47}Sc 、 ^{67}Cu 、 ^{75}Se 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{105}Pd 、 ^{155}Tb 、 ^{177}Lu 、 ^{201}Tl 、 ^{205}Pb	
样品接收间	7	存样屏蔽柜（50mm铅）	/	来料暂存
	1	通风橱（内置20mm或60mm厚“L”形铅玻璃）	所有核素	低活度操作
涉放理化实验室	2	通风橱（内置20mm或60mm厚“L”形铅玻璃）	所有核素	低活度操作
取样间	1	生物安全柜（内置20mm或60mm厚“L”形铅玻璃）	所有核素	低活度操作
	1	手套箱（130mm铅）	除 ^{68}Ge 、 ^{99}Mo 外所有核素	高活度操作
放射性无菌检测室	1	无菌隔离器（内置20mm或60mm厚“L”形铅玻璃）	除 ^{68}Ge 、 ^{99}Mo 外所有核素	低活度操作
放射性阳性对照室	1	生物安全柜（内置20mm或60mm厚“L”形铅玻璃）	除 ^{68}Ge 、 ^{99}Mo 外所有核素	低活度操作
放射性微生物限度室	1	生物安全柜（内置20mm或60mm厚“L”形铅玻璃）	除 ^{68}Ge 、 ^{99}Mo 外所有核素	低活度操作
涉放留样间（常温）	4	留样屏蔽柜（50mm铅）	/	留样暂存

场所	数量	屏蔽措施	涉及操作的核素	备注
涉放留样间 (阴凉)	5	留样屏蔽柜(50mm铅)	/	留样暂存

注：铅玻璃密度为 4.36g/cm³，铅的密度为 11.34g/cm³。

4.1.2.4 产品、放射性废物暂存实体屏蔽措施

(1) 原料及产品暂存实体屏蔽措施

本项目涉及的放射性原料仅镭-226。放射性原料及产品铅罐屏蔽详见表4.1-5。

表 4.1-5 本项目各生产线铅罐屏蔽设计一览表

工作场所	核素	原料活度 (Ci/罐)	最大产品活度 (mCi)	预计最大铅罐 厚度 (mm)	铅罐表面剂量率 (μ Sv/h)
h1-1	²²⁶ Ra	1	/	130	376.4
	²²⁵ Ac	/	10	15	269.6
h2-1	⁹⁹ Mo/ ^{99m} Tc	/	100	40	258.8
	⁶⁷ Cu	/	10	5	13.3
	⁴⁷ Sc	/	50	5	1.07
h1-2	⁴⁷ Sc	/	50	5	1.07
A 内	²¹¹ At	/	50	5	35.4
a2-1	¹⁸ F	/	1000	50	244.9
	⁴⁴ Sc	/	100	80	359.5
	⁶¹ Cu	/	50	40	316.3
	⁶⁴ Cu	/	100	35	151.3
	⁴⁷ Sc	/	10	5	0.21
	⁶⁷ Cu	/	30	5	39.8
	⁶⁸ Ge/ ⁶⁸ Ga	/	70	40	278.3
	⁶⁸ Ga	/	100	45	228.0
	⁷⁵ Se	/	1	5	58.5
	⁸⁶ Y	/	10	70	240.3
	⁸⁸ Y	/	10	70	323.7
	⁸⁹ Zr	/	20	50	293.3
	^{99m} Tc	/	200	5	0.48
	¹²⁴ I	/	10	45	266.9
	¹³³ La	/	10	25	224.7
¹³⁵ La	/	10	5	96.7	
²⁰³ Pb	/	50	10	367.8	
¹⁷⁷ Lu	/	500	5	301.4	
a1-1	⁶⁸ Ge/ ⁶⁸ Ga	/	70	40	278.3

工作场所	核素	原料活度 (Ci/罐)	最大产品活度 (mCi)	预计最大铅罐 厚度 (mm)	铅罐表面剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
	^{226}Ra	0.1	/	90	410.6
	^{225}Ac	/	10	15	269.6
a1-2	^{123}I	/	100	15	222.3
	^{211}At	/	50	5	35.4
d1	^{18}F	/	1000	50	244.9
	^{44}Sc	/	100	80	359.5
	^{61}Cu	/	50	40	316.3
	^{64}Cu	/	100	35	151.3
	^{68}Ga	/	100	45	228.0
	^{86}Y	/	10	70	240.3
	^{88}Y	/	10	70	323.7
	^{89}Zr	/	20	50	293.3
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	/	200	5	0.48
	^{75}Se	/	1	5	58.5
	^{124}I	/	10	45	266.9
b1-1	^{211}At	/	50	5	35.4
b1-2	^{44}Sc	/	100	80	359.5
b1-3	^{124}I	/	10	45	266.9
b1-4	$^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$	/	70	40	278.3
c1-1	^{61}Cu	/	50	40	316.3
c1-2	^{89}Zr	/	20	50	293.3
c1-3	^{64}Cu	/	100	35	151.3
b2-1	^{201}Tl	/	50	5	0.49
b2-2	^{86}Y	/	10	70	240.3
	^{88}Y	/	10	70	323.7
b2-3	^{103}Pd	/	100	5	4.99
b2-4	^{133}La	/	10	25	224.7
	^{135}La	/	10	5	96.7
c2-1	^{52}Mn	/	100	95	356.3
c2-2	^{68}Ga	/	100	50	137.1
c2-3	^{155}Tb	/	10	5	101.2
c2-4	^{123}I	/	100	15	222.3
z1、z2	^{18}F	/	15	30	137.5
	^{44}Sc	/	15	55	378.4
	^{47}Sc	/	15	5	0.34

工作场所	核素	原料活度 (Ci/罐)	最大产品活度 (mCi)	预计最大铅罐 厚度 (mm)	铅罐表面剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
	^{52}Mn	/	15	70	308.2
	^{61}Cu	/	15	30	288.6
	^{64}Cu	/	15	20	196.9
	^{67}Cu	/	15	5	19.9
	^{68}Ga	/	15	30	216.1
	^{75}Se	/	6	5	349.4
	^{86}Y	/	0.15	15	229.9
	^{88}Y	/	0.1	10	212.3
	^{89}Zr	/	15	45	354.1
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	/	15	5	0.04
	^{103}Pd	/	15	5	0.75
	^{123}I	/	15	5	203.2
	^{124}I	/	18	50	335.6
	^{133}La	/	15	25	337.1
	^{135}La	/	15	5	141.3
	^{155}Tb	/	15	5	151.8
	^{177}Lu	/	15	5	9.04
	^{201}Tl	/	15	5	0.15
	^{203}Pb	/	15	10	110.3
	^{211}At	/	15	5	10.6
	^{225}Ac	/	1	5	118.0

(2) 放射性废物暂存实体屏蔽措施

本项目射线装置区、生产线、研发制剂线和质检区域针对放射性废液和放射性固废均设置屏蔽容器进行废物的分类收集和暂存。

表 4.1-6 放射性固废、废液收集容器屏蔽设计一览表

场所	设施	屏蔽材质及厚度	容积(L)	放置位置	
射线装置区	放射性固废收集/暂存容器	20mm 铅	10	各机房内	
1 号 场所	h1-1 生产线	放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
		放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	5	热室下方
	h2-1 生产线	放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
		放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
	h1-2 生产线	放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
		放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
A 内	放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方	

场所	设施	屏蔽材质及厚度	容积(L)	放置位置	
2号 场所	生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
	a2-1 生产线	放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
	a1-1 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	5	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
	a1-2 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	5	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
	d1 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
	b1-1 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
	b1-2 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
	b1-3 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
	b1-4 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
	c1-1 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
	c1-2 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
c1-3 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方	
	放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方	
2号 场所	b2-1 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
	b2-2 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
	b2-3 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
	b2-4 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
	c2-1 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
		放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
c2-2 生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方	
	放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方	
c2-3	放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方	

场所	设施	屏蔽材质及厚度	容积(L)	放置位置	
3号场所	生产线	放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
	c2-4 生产线	放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
		放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	2	热室下方
	z1 研发 制剂线	放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
		放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	5	热室下方
	z2 研发 制剂线	放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	热室下方
放射性废液收集/转运/暂存容器		10mm 铅	5	热室下方	
3号 场所	质检区	放射性固废收集/转运容器	10mm 铅	10	质检区内
		放射性废液收集/转运/暂存容器	10mm 铅	5	
放射性废物 暂存间		长半衰期放射性固废暂存容器	10mm 铅	50、100	放射性废物
		短半衰期放射性固废暂存容器	10mm 铅	50、100	暂存间内

4.2 辐射安全与防护措施

4.2.1 加速器的辐射安全与防护措施

4.2.1.1 加速器固有安全性

(1) 全自动启动生产系统，可以自动启动、监控优化参数，达到最高级别的自动化生产规程。从原料到最后的放射性同位素输送，全程自动化操作，减少职业人员受照剂量。从回旋加速器启动到靶设定以及到化学过程（包括射束优化）在内的所有回旋加速器常规操作均为完全自动化；靶操作为全自动，并由回旋加速器的程控系统实施监测。每个靶均配有图形显示以表示靶的状态。当用户选定一个预设射束时，相应的靶操作（如填充、转移、冷却等）将自动启动。在射束辐照结束后，放射性同位素将通过专用的传输管道自动转移到生产车间接收热室。用户只需按下相应的功能键便可使用手动操作模式。

(2) 在加速器出束前，会对磁场系统、射频系统、引出系统、真空系统、束流诊断系统等进行测量，如果实测值达不到预设值，或者各个分系统冷却水流量达不到最低阈值，此时系统将报警，无法开启离子源，从而预防事故的发生。

(3) 回旋加速器运行时，系统实时监控磁场系统、射频系统、引出系统、真空系统、束流诊断系统等的安全回路，如果回路泄漏（表现为温度异常、真空压力异常等），此时系统将立刻关闭离子源电源、高频功率源输出及磁铁电源输出，从而停止打靶，防止产生过量的感生放射性或避免对加速器内部器件构成破坏。

(4) 加速器将设置登陆页面，所有进行加速器操作的人员均将设置不同的登录

名和密码。在进行加速器操作前，操作人员需先进行登录，只有密码输入正确，操作人员方可登陆系统。加速器对不同的用户开放不同的权限等级，当操作人员下达没有使用权限的加速器指令时，加速器将不会执行相应的指令。

4.2.1.2 安全装置设施

(1) 安全装置设置原则

纵深防御原则：即多级防御，将人为因素降至最低限度，以便在万一发生事故或故障时得到必要的补偿或校正。这里所指的“人为因素”包括不携带剂量率报警装置进入辐照室，关门不巡视等，减少人为因素是指尽量通过技术手段的方法而非管理手段来保证安全，达到：防止可能引起照射事故；减轻可能发生事故的后果；在任何事故之后，恢复到安全状态。

冗余性：采用比完成某一安全功能所必须的最少数目物项更多物项，以防在运行过程中某一道物项失败或不起作用时导致其整体丧失功能。

多元性：用于提高装置的可靠性，可以采用不同的运行原理，不同的物理变量，不同的运行工况，不同的元器件等。

独立性：指某一安全部位发生故障时，不会造成其他安全部件的功能故障或失去作用。多道联锁各部件之间完全独立，多级防御各部件之间也是完全独立的。

表 4.2-1 安全装置布置一览表

安装装置	数量 (套)	位置
门-束流联锁	3	H3 主机厅、H1 靶室、H2 靶室活塞门
	1	20M-D 大厅活塞门
	3	A3 主机厅、A1 靶室、A2 靶室活塞门
	3	B3 主机厅、B1 靶室、B2 靶室活塞门
	3	C3 主机厅、C1 靶室、C2 靶室活塞门
	4	BNCT 主机厅、测试间人员防护门及活塞门
工作状态指示装置	3	H3 主机厅、H1 靶室、H2 靶室各活塞门外
	1	20M-D 大厅活塞门外
	3	A3 主机厅、A1 靶室、A2 靶室各活塞门外
	3	B3 主机厅、B1 靶室、B2 靶室各活塞门外
	3	C3 主机厅、C1 靶室、C2 靶室各活塞门外
	2	BNCT 主机厅、测试间各人员防护门外
语音播报	6	H3 主机厅内、H1 靶室内、H2 靶室内以及各活塞门外
	2	20M-D 大厅内以及活塞门外
	6	A3 主机厅内、A1 靶室内、A2 靶室内以及各活塞门外

安装装置	数量 (套)	位置
	6	B3 主机厅内、B1 靶室内、B2 靶室内以及各活塞门外
	6	C3 主机厅内、C1 靶室内、C2 靶室内以及各活塞门外
	4	BNCT 主机厅内、测试间内以及人员防护门外
门-剂量联锁 (含固定式 γ 探头)	3	H3 主机厅、H1 靶室、H2 靶室活塞门
	3	A3 主机厅、A1 靶室、A2 靶室活塞门
	1	20M-D 大厅活塞门
	3	B3 主机厅、B1 靶室、B2 靶室活塞门
	3	C3 主机厅、C1 靶室、C2 靶室活塞门
	2	BNCT 主机厅、测试间各人员防护门及活塞门
固定式 γ 剂量率监测探头	6	H3 主机厅内、H1 靶室内、H2 靶室及各活塞门外
	2	放射性传靶间内、储源间内、非放制靶间内
	2	20M-D 大厅内
	6	A3 主机厅内、A1 靶室内、A2 靶室内及各活塞门外
	1	1#控制室内
	6	B3 主机厅内、B1 靶室内、B2 靶室内及各活塞门外
	5	C3 主机厅内、C1 靶室内、C2 靶室内及各活塞门外
	1	2#控制室内
	4	BNCT 主机厅内、测试间内及各活塞门外
固定式中子剂量率监测探头	2	放射性传靶间内、非放制靶间内
	3	1#、2#、3#控制室内
通风联锁	3	H3 主机厅、H1 靶室、H2 靶室
	1	20M-D 大厅
	3	A3 主机厅、A1 靶室、A2 靶室
	3	B3 主机厅、B1 靶室、B2 靶室
	3	C3 主机厅、C1 靶室、C2 靶室
	2	BNCT 主机厅、测试间
钥匙控制	3	1#控制室 (对应花瓣加速器、1#20MeV 单质子回旋加速器、1#35MeV 多粒子回旋加速器)
	2	2#控制室 (2#35MeV 多粒子回旋加速器、2#35MeV 单质子回旋加速器)
	1	3#控制室
紧急停机按钮	13	H3 主机厅内、H1 靶室内、H2 靶室内、1#控制室
	4	20M-D 大厅内、1#控制室
	13	A3 主机厅内、A1 靶室内、A2 靶室内、1#控制室
	13	B3 主机厅内、B1 靶室内、B2 靶室内、2#控制室
	13	C3 主机厅内、C1 靶室内、C2 靶室内、2#控制室

安装装置	数量 (套)	位置
	11	BNCT 主机厅、BNCT 测试间、3#控制室
紧急开门按钮	3	H3 主机厅、H1 靶室、H2 靶室活塞门内侧
	1	20M-D 大厅活塞门内侧
	3	A3 主机厅、A1 靶室、A2 靶室活塞门内侧
	3	B3 主机厅、B1 靶室、B2 靶室活塞门内侧
	3	C3 主机厅、C1 靶室、C2 靶室活塞门内侧
	2	BNCT 主机厅、BNCT 测试间人员防护门内侧
清场巡检按钮	8	H3 主机厅内、H1 靶室内、H2 靶室内
	4	20M-D 大厅内
	8	A3 主机厅内、A1 靶室内、A2 靶室内
	8	B3 主机厅内、B1 靶室内、B2 靶室内
	8	C3 主机厅内、C1 靶室内、C2 靶室内
	10	BNCT 主机厅、测试间
视频监控装置	6	H3 主机厅内、H1 靶室内、H2 靶室内
	2	放射性传靶间内、非放制靶间内
	2	20M-D 大厅内
	6	A3 主机厅内、A1 靶室内、A2 靶室内
	6	B3 主机厅内、B1 靶室内、B2 靶室内
	6	C3 主机厅内、C1 靶室内、C2 靶室内
	6	BNCT 主机厅、BNCT 测试间
跑兔系统联锁	23	h1-1、h2-1、h2-2、A 内、a2-1、a1-1、a1-2、d1、b1-1、b1-2、b1-3、b1-4、c1-1、c1-2、c1-3、b2-1、b2-2、b2-3、b2-4、c2-1、c2-2、c2-3、c2-4 热室

4.2.2 非密封放射性物质工作场所辐射安全与防护措施

非密封放射性物质在操作过程中为保护职业人员主要采取的辐射安全与防护措施包括：气流组织及净化通排风、个人防护措施。

4.2.2.1 场所气流组织及净化通排风

(1) 气流组织

本项目为同时满足 GMP 洁净区正压气流组织要求及气载性流出物负压气流组织，各辐射工作场所以邻近接近走廊为最高压力区，压差往两边邻近连通房间逐级递减，可保证放射性气溶胶局部流动方向为：低活区→高活度区，同时在风淋室设置气闸联锁，即两道通过门不能同时打开，需采取一闭一开的方式才能正常通过，避免放射性气溶胶扩散。

(2) 新风

送入洁净区的空气，都经过空调净化新系统净化，新风经初效过滤后，再经表冷（夏季）、风机加压、加热（冬季）加湿、中效过滤后，由臭氧发生器消毒后送入洁净区域。

（3）排风

本项目射线装置机房、放射性同位素原料生产区、放射性标记物研发生产区、质检区、放射性废物暂存间、衰变池区等共设置 70 套排风系统（负一层 1 套，一层 17 套，二层 52 套），各排风单元均独立设计，互不干扰，可独立开启。其中对于热室工作箱、手套箱、通风橱设计独立局排系统，气载性流出物进行两级过滤器过滤后引至楼顶 1#、2#排气筒进行排放；辐射工作场所设计全排系统，气载性流出物经一级过滤器过滤后引至楼顶 1#、2#排气筒（不低于 23m）进行排放。

表 4.2-2 射线装置排风量及措施一览表

场所		排风量 (m ³ /h)	房间体积 (m ³)	换气次数 (次/h)	排放措施		
花瓣加速器	H3 主机厅	3200	613.6	5.22	独立管道+活性炭过滤机组	过滤后引至屋顶 1#排气筒排放，排放高度大于 23m	
	H1 靶室	600	168.15	3.57			
	H2 靶室	600	168.15	3.57			
	配套的	镭-226 靶件操作区的放射性传靶间热室工作箱	2600	/	/		独立管道+前置活性炭管道过滤器+后置活性炭过滤机组
		镭-226 靶件操作区的储源室、放射性传靶间、洁具间、去污间、检测间、一更、二更、缓冲间	3000	/	/		独立管道+活性炭过滤机组
多粒子回旋加速器	A3 主机厅	1800	377.6	4.77	独立管道+活性炭过滤机组		
	A1 靶室	400	99.12	4.04			
	A2 靶室	400	99.12	4.04			
多粒子回旋加速器	B3 主机厅	1800	377.6	4.77	独立管道+活性炭过滤机组		
	B1 靶室	400	99.12	4.04			
	B2 靶室	400	99.12	4.04			
单质子回旋加速器	20M-D 大厅	1800	377.6	4.77	独立管道+活性炭过滤机组		
单质子回旋加速器	C3 主机厅	1800	377.6	4.77	独立管道+活性炭过滤机组		
	C1 靶室	400	99.12	4.04			
	C2 靶室	400	99.12	4.04			
BNCT	BNCT 主机厅	1400	377.6	3.71	独立管道		
	BNCT 测试间	1800	509.76	3.53	独立管道		

表 4.2-3 放射性同位素原料生产区、放射性标记物研发生产区、质检区及配套房间排风量及措施一览表

场所		排风量 (m ³ /h)	排放措施				
h1-1、a1-1 生产线（涉氡区）	局排	1#、2#、3#、4#、5#热室工作箱	4500	各生产线的热室工作箱分别设置独立管道+前置活性炭管道过滤器+后置活性炭过滤机组			
	全排	前区、后区、准备间、洁净通道、洁具间、去污间、检测间、一更、二更、缓冲间（进出后区）	6900		各生产线分别设置独立管道+活性炭过滤机组		
a1-2、a2-1、d1 生产线（涉碘区）	局排	1#、2#、3#、4#、5#热室工作箱	4500		过滤后引至屋顶 1#排气筒排放，排放高度大于 23m；		
	全排	前区、后区、准备间、洁净通道、洁具间、去污间、检测间、一更、二更、缓冲间（进出后区）	6900			各生产线分别设置独立管道+活性炭过滤机组	
h2-1、h1-2、A 内生产线	局排	1#、2#、3#、4#、5#热室工作箱	4500			各生产线的热室工作箱分别设置独立管道+前置高效管道过滤器+后置高效过滤机组	
	全排	前区、后区、准备间、洁净通道、洁具间、去污间、检测间、一更、二更、缓冲间（进出后区）	6900				各生产线分别设置独立管道+高效过滤机组
b1-1、b1-2、b1-4、c1-1、c1-2、c1-3、b2-1、b2-2、	局排	1#、2#、3#、4#、5#热室工作箱	4500	各生产线的热室工作箱分别设置独立管道+前置高效管道过滤器+后置高效过滤机组			过滤后引至屋顶 2#排气筒排放，排放高度大于 23m。

场所		排风量 (m ³ /h)	排放措施		
b2-3、b2-4、c2-1、c2-2、c2-3生产线	全排	前区、后区、准备间、洁净通道、洁具间、去污间、检测间、一更、二更、缓冲间（进出后区）	6900	各生产线分别设置独立管道+高效过滤机组	
b1-3、c24生产线 (涉碘区)	局排	1#、2#、3#、4#、5#热室工作箱	4500	各生产线的热室工作箱分别设置独立管道+前置活性炭管道过滤器+后置活性炭过滤机组	
	全排	前区、后区、准备间、洁净通道、洁具间、去污间、检测间、一更、二更、缓冲间（进出后区）	6900	各生产线分别设置独立管道+活性炭过滤机组	
z1、z2 研发制剂线	局排	1#、2#、3#、4#热室工作箱	4500	各研发制剂线的热室工作箱分别设置独立管道+前置活性炭管道过滤器+后置活性炭过滤机组	
	全排	前区、后区、试剂配制间、洁净通道、洁具间、去污间、退缓间、一更、二更、缓冲间（进出后区）	7150	各生产线分别设置独立管道+活性炭过滤机组	
质检区	局排	1#放化实验室手套箱（1#、2#、3#、4#、5#、6#、7#）	4000	各手套箱分别设置独立管道+前置活性炭管道过滤器+后置活性炭过滤机组	过滤后引至屋顶 1#排气筒排放，排放高度大于 23m。
		取样间手套箱生物安全柜、放射性无菌检查室无菌隔离器、放射性微生物限度室生物安全柜	2500	手套箱前置活性炭管道过滤器，独立管道+活性炭过滤机组	过滤后引至屋顶 2#排气筒排放，排放高度大于 23m。

场所		排风量 (m ³ /h)	排放措施		
		阳性对照生物安全柜	500	独立管道+活性炭过滤机组	
		液相仪器室通风橱	5000	独立管道+活性炭过滤机组	
		气相仪器室通风橱、涉放理化实验室通风橱	4000	独立管道+活性炭过滤机组	
	全排	百万分之天平室、天平室、防护用品间、放化实验室(1#、2#)、样品接收间及通风橱、精密仪器室(3#、4#)、放射性废物暂存间、涉放理化实验室、高温室、气相室、气相仪器室、液相室、液相仪器室、药品稳定性考察室(放射)、涉放留样间(常温阴凉)、放射性内毒素室、涉放走廊、涉放微生物走廊、检测间、去污间等	5500	独立管道+活性炭过滤机组	过滤后引至屋顶 1#排气筒排放, 排放高度大于 23m。
	全排	取样间、放射性无菌检查室、放射性微生物限度室、一更、二更	3100	独立管道+活性炭过滤机组	过滤后引至屋顶 2#排气筒排放, 排放高度大于 23m。
全排	放射性阳性对照室、一更、二更	1000	独立管道+活性炭过滤机组		
其他	全排	厂房负一层 1#、2#、3#、4#放射性废物暂存间	2800	独立管道+活性炭过滤机组	过滤后引至屋顶 1#排气筒排放, 排放高度大于 23m。
	全排	厂房二层 1 号场所后区走道、洁具间、去污间、检测间	1950	独立管道+活性炭过滤机组	
	全排	厂房二层 2 号场所后区走道、洁具间、去污间、检测间	2750	独立管道+活性炭过滤机组	过滤后引至屋顶 2#排气筒排放, 排放高度大于 23m。

4.2.2.2 个人防护措施

(1) 本项目辐射工作人员上岗前均进行辐射安全与防护知识培训，并在学习考核合格后上岗，同时各生产线制定严格的操作制度，所有辐射工作人员在上岗前均先进行冷试验操作，并熟悉操作流程后才能正式开展放射性物质的操作生产。

(2) 所有辐射工作人员进入辐射工作场所均需佩戴个人剂量计，同时进入高放射性场所需佩戴个人剂量报警仪，必要时携带便携式辐射监测仪，并按要求定期进行辐射工作人员个人剂量进行检测和职业健康体检。

(3) 辐射工作人员均需按照规定的人流路径规划进入和退出辐射工作场所，退出辐射工作场所时若经表面沾污监测存在超标情况，则须进行清洁去污，去污监测达标后方可离开，且不可将使用过的个人防护用品携带出工作场所。

(4) 放射性溶液的分装、质检过程中在易去除污染的工作台上放置的搪瓷盘内进行，并铺以吸水性好的材料，以防止放射性溶液洒漏造成操作台污染。保持工作台面清洁，定期对工作台面采用湿法擦拭清洁，防止放射性核素沉降经伤口或皮肤渗透转移至体内，且严禁工作人员在开放性工作场所内进食、饮水和吸烟。

(5) 每天工作结束后，对场所内易接触的部位进行表面沾污监测，若出现超标情况，应及时按制定的去污操作规程开展去污操作，去污废物等均需按放射性废物管理。

(6) 定期采用移动式气溶胶监测系统对场所进行室内气溶胶采样，若出现气溶胶异常应及时进行场所热室/手套箱密闭性或通排风系统检修。

(7) 对于放射设备的检修和维护时，如热室的开箱检修或过滤器滤芯/活性炭的更换时，应做好个人防护措施（如佩戴口罩、手套、个人剂量报警仪等），同时对于辐射剂量率高值区应根据实际情况采取必要的屏蔽措施或采取轮换操作减少受照时间。

4.2.3 产品货包的辐射安全与防护措施

根据《放射性物品分类和名录》（环境保护部公告 2010 年第 31 号），本项目销售的放射性产品货包属于 I 级和 II 级 A 型货包（外表面上任一点的最高辐射水平 $\leq 0.5\text{mSv/h}$ ）。

根据放射性核素的种类和活度，对放射性产品经过了多层包装，出厂放射性物品分为 2 层包装和 4 层包装，分别为内容器、内层辅助包装、外容器和外层辅助包装。

(1) 内容器：用以盛装放射性物品用，并保证使其不漏，放射性同位素制剂如

果是液体的，一般使用玻璃安瓿瓶或有金属封口的小玻璃瓶或磨口瓶。

(2) 内层辅助包装：是内容器的衬垫物，起防震作用，以免内容器与外容器互相碰撞。如果是液体物质，当内容器发生破裂时，它可以吸收液体，使其不致渗透外流。常用的衬垫材料包括纸、棉絮、海绵、泡沫塑料等。

(3) 外容器：即主要包装，用以屏蔽射线和保护内容器。不同类型射线的放射性物品，其外容器的材料也不相同：①主要产生 α 射线和 β 射线的药物，一般是用几毫米厚的塑料或金属铝制成，一般称这种外容器为塑料罐和铝罐，因为塑料或金属铝只要有几毫米厚就足以屏蔽 α 射线和 β 射线；②主要产生 γ 线的药物，一般是用厚度不等的铅、铁或铅铁组合制成的铅罐、铁罐或铅铁组合罐等。

(4) 外层辅助包装：用以保护外容器不受损伤和防止人员、放置场所、搬运工具或其他物品的污染。通常可用木箱、纸箱、铁筒、金属箱等。外包装可保持货包在储运过程中的稳定，不易倾倒。

4.2.4 安全保卫措施

4.2.4.1 防盗、防抢、防破坏措施

(1) 监控系统

为满足生产需要、改善生产条件和加强安全生产措施，本工程在各个放射性工作场所和厂区内分别设置视频监控系统。可为工作人员及操作人员提供必要、直观的图片信息；厂区视频监控系统可对厂区进出口、周界、重要厂房进出口进行监控，防止非法人员进入，保障生产人员、放射性物质的安全。加速器视频监控系统主机放置在控制室，摄像机设置在加速器大厅、靶室及外围走廊等区域；非密封放射性物质工作场所视频监控系统主机放置在总控制室，摄像机设置在门厅、生产/研发线、放射性实验室、货物大厅、普通区走廊、放射性废物暂存间及放射性物料库房等。整个阵列工厂大楼有保卫人员 24h 值守，并采取定期和不定期巡查，确保放射性同位素处于安全位置。

(2) 双人双锁及台账管理

本项目使用的储源室、放射性废物暂存间和放射性成品库均设置双人双锁，钥匙由一名安防负责人和一名生产负责人分别持有，确保放射性物质不被盗窃。同时，放射性原料及放射性废物的来源和去向都有完整记录并长期保存，并由专人进行管理，建设单位还将定期对单位内部所有的放射性物质进行核查，确保“物-账”统一。

(3) 人员出入控制

为限制无关人员进入辐射工作场所，在重要场所人流出入口设置门禁系统，防止非授权人员进入，并对进入厂房的授权人员进行统计和管理。把所有持卡人员的姓名、卡号、部门、职务等个人资料输入电脑（或门控器），同时设置每张卡的级别，不同级别的门禁卡可进入场所不同，便完成了感应卡的输入程序。登记完成以后的感应卡，便有了合规进出的权力。辐射工作场所门禁点位设置：①辐射工作场所的人流、物流总出入口设置门禁；②在不同危险程度的区域交界处设置，如控制区与监督区、监督区与普通区；③在放射性物质（原料、产品、废物）存放间设置门禁系统和机械门锁。

表 4.2-4 辐射工作场所部分重要门禁/门锁设置一览表

场所	安装点位	类别
地下 一层	放射性废物暂存间（1#、2#、3#、4#）入口	门禁+机械锁
	1#、2#衰变间入口	机械锁
一层	储源室入口	门禁+机械锁
	放射性传靶间、A3 主机厅外操作间入口、A1 靶室外操作间入口、A2 靶室外操作间入口、20M-D 大厅外操作间入口、B3 主机厅外操作间入口、B1 靶站外操作间入口、B2 靶站外操作间入口、C3 主机厅外操作间入口、C1 靶站外操作间入口、C2 靶站外操作间入口、H1 靶室外设备间入口、H3 主机厅和 H2 靶站外走廊入口、BNCT 主机厅、调试机房外操作间、控制室（1#、2#、3#）	门禁
	放射性成品库入口	门禁+机械锁
	容器存放间入口	门禁
	质检区大厅入口、检测间入口	门禁
	质检区放射性废物暂存间入口	机械锁
二层	h1-1、h2-1、h2-2、A 内、a2-1、a1-1、a1-2、d1、b1-1、b1-2、b1-3、b1-4、c1-1、c1-2、c1-3、b2-1、b2-2、b2-3、b2-4、c2-1、c2-2、c2-3、c2-4 生产线一更入口及缓冲间入口，z1、z2 研发制剂线一更入口及缓冲间入口	门禁

4.2.4.2 防火措施

为及早发现和通报火灾，防止和减少火灾对生产造成的危害，根据《火灾自动报警系统设计规范》，阵列工厂大楼按二级保护对象设置火灾自动报警系统。火灾报警控制器（联动型）设置在消防值班室，在厂房内火灾危险的房间或区域内设置离子型感烟探测器或感温探测器连续进行监测，一旦发生火灾，立即自动发出火灾报警信号，在场所内按要求设置手动报警按钮及声光报警器。火灾报警系统各种设备之间均

采用总线制式的探测报警连线，所有报警信号、反馈信号均传送至火灾报警控制器，由消防值班人员进行判断确认，然后采取消防联动措施进行灭火及人员疏散。同时考虑各生产场所布局的复杂性，在各生产线通向走廊区域设置有安全门，紧急情况下工作人员可进行破门逃生。

4.2.4.3 防水（防渗）其地下室污染防治措施

本项目各生产线主要集中于阵列工厂大楼内，建设单位应关注项目可能发生的地下水污染，地下水污染防治措施按照“源头控制、分区防治、污染监控、应急响应”相结合的原则，从污染物的产生、入渗、扩散、应急响应全方位进行控制。

(1) 地下水污染防渗区划分

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)，本工程为IV类项目，因此可不开展地下水环境影响评价，本次评价重点是参考《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)和项目实际特点提出防渗措施和要求，将全厂物料或者污染物泄漏的途径和生产功能单元所处的位置划分为重点防渗区、一般防渗区、简单防渗区三类污染防治区域，本项目防渗区划分见下表。

表 4.2-5 地下水污染防治区防渗结构型式建议

分区类别		场所		防渗要求	设计情况
重点 防渗 区	是指生产功能单元，污染地下水环境的污染介质泄漏后不容易被及时发现和处理的区域或部位	地下一层	放射性废物暂存间(1#、2#、3#、4#)、衰变间(1#、2#，内有衰变池)	满足等效黏土防渗层 $M_b \geq 6.0m$ 、渗透系数 $K \leq 10^{-7}cm/s$ 的要求；或参照GB18598执行。	铺设防渗卷材，防渗等级渗透系数 $K \leq 10^{-10}cm/s$
			放射性下水管路		
			柴油发电机房、储油间		
		一层	储源室、放射性成品库、容器清洗间、设备间(水冷)、去污间、花瓣加速器机房区(H3、H1、H2)、多粒子回旋加速器机房区(A3、A1、A2、B3、B1、B2)、单质子回旋加速器机房区(20M-D、C3、C2、C1)、BNCT调试机房区(主机厅、测试间)		
			质检实验整体区域、危废品库、易制毒库、易制爆库、危化品库、剧毒品库、试剂间		
			放射性废水下水管路		
二层	h1-1、h2-1、h2-2、A内、a2-1、a1-				

分区类别		场所		防渗要求	设计情况
			1、a1-2、d1、b1-1、b1-2、b1-3、b1-4、c1-1、c1-2、c1-3、b2-1、b2-2、b2-3、b2-4、c2-1、c2-2、c2-3、c2-4 生产线(含前区、后区、洁净通道、洁具间、风淋间、检测间、去污间、一更、二更、冷实验室、包装间等), z1、z2 研发制剂线(含前区、后区、试剂制备间、洁净通道、洁具间、风淋间、检测间、去污间、一更、二更、冷实验室、包装间等)		
			放射性废水下水管路		
一般 防渗 区	指一般不会对地下水环境造成污染的区域	/	阵列工厂大楼内其他区域	满足等效黏土防渗层Mb≥1.5m、渗透系数K≤10 ⁻⁷ cm/s的要求;或参照GB18598执行。	铺设防渗混凝土,渗透系数K≤10 ⁻⁷ cm/s
简单 防渗 区	除重点防渗区和一般防渗区以外的其他区域	/	阵列工厂大楼外地面	地面硬化	地面硬化

(2) 防水、防渗方案

本项目阵列工厂大楼外四周墙角均设置有排水沟,射线装置机房和非密封放射性物质工作场所铺设防水、防渗材质,其中地面铺设1.5mm厚自流坪环氧胶泥+1.5mm厚聚氨酯防水涂膜层,墙角铺设2mm厚同质透芯抗菌PVC+5mm自流坪环氧,高出地面20mm,并做圆角处理,该材质具有易去污、易拆除、耐水性、耐油性、耐酸碱性等特点,且受辐照后不易老化,渗透系数 $K \leq 10^{-10} \text{cm/s}$ 。

本项目衰变池区位于地下一层西北侧和东北侧,所有池体均设计为S304组合式不锈钢板水箱,顶板不锈钢板以及2.0m以上侧板不锈钢板厚度为1.5mm,底板不锈钢板以及2.0m以下侧板不锈钢板厚度为2.0mm,具有较好的防水、防渗性。

4.2.4.4 防泄漏措施

本项目射线装置机房、生产线、研发制剂线和放射性质检区已设计有各项实体屏蔽设施(见4.1.2章节),同时建设单位还需制定严密的监测计划,定期或不定期对辐射工作场所进行辐射环境监测(监测计划6.3章节)。同时,为防止射线泄漏,各辐射工作场所还设计有固定式剂量率监测报警仪,当发生射线泄漏,辐射剂量率超过

阈值时将触动报警装置，提示人员进行应急处理。

表 4.2-6 辐射工作场所固定式剂量监测报警仪配置一览表

场所	安装点位	设备	数量 (个)
地下一层	放射性废物暂存间内（1#、2#、3#、4#）	固定式 γ 剂量率监测报警仪	4
	1#、2#衰变间内	固定式 γ 剂量率监测报警仪	2
一层	H3 主机厅、H1 靶室、H2 靶室活塞门外，A3 主机厅、A1 靶室、A2 靶室活塞门外，1#控制室内，B3 主机厅、B1 靶室、B2 靶室活塞门外，C3 主机厅、C2 靶室活塞门外，2#控制室内，BNCT 主机厅人员防护门外，BNCT 测试间人员防护门外	固定式 γ 剂量率监测报警仪	33
	放射性传靶间内、非放制靶间内，1#、2#、3#控制室内	固定式中子当量剂量率监测报警仪	5
	储源室、放射性成品库	固定式 γ 剂量率监测报警仪	2
	1#放化实验室、放射性废物暂存间、样品接收间、涉放留样间（常温/阴凉）、取样间	固定式 γ 剂量率监测报警仪	6
二层	h1-1、h2-1、h2-2、A 内、a2-1、a1-1、a1-2、d1、b1-1、b1-2、b1-3、b1-4、c1-1、c1-2、c1-3、b2-1、b2-2、b2-3、b2-4、c2-1、c2-2、c2-3、c2-4 生产线前区、后区，z1、z2 研发制剂线前区、后区	固定式 γ 剂量率监测报警仪	50

注：监测探头距离地面 1.4m 高。

4.2.5 辐射安全与防护措施要求对照分析

根据前述分析内容，并根据《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（川环函〔2025〕616 号）《加速器生产放射性同位素场所监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-008）《甲级非密封放射性物质工作场所监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-005）中关于加速器生产放射性同位素场所、甲级非密封放射性物质工作场所的辐射安全防护设施监督要求，建设单位已设计及拟采取的辐射安全防护措施对照见下表。

表 4.2-7 加速器生产放射性同位素场所辐射安全与防护措施要求对照一览表

一、加速器大厅（靶厅）		
序号	辐射安全防护设施检查项目	落实情况

1*	A 工作指示 和警示	入口处电离辐射警示标志	拟配备
2*		入口有加速器工作状态显示	已设计
3*		灯光和声音报警指示装置	已设计
4*		门内紧急开门按钮（指示、说明）	已设计
5*		紧急出口标志及应急照明	拟配备
6*	B 安全联锁	控制台和大厅门钥匙控制	已设计
7*		门与加速器束流联锁	已设计
8*		门与加速器高压触发联锁	已设计
9		辐射报警灯与加速器出束状态联锁	已设计
10*		辐射剂量与门联锁	已设计
11*		清场巡更系统与门联锁	已设计
12*		束流阻挡器位置与束流联锁	设备自带
13		靶厅门与束流阻挡器位置联锁	已设计
14*	C 场所设施	控制台上有关复位确认按钮	已设计
15		大厅内有清场巡更系统	已设计
16*		大厅内有紧急停机按钮	已设计
17*		按钮位置醒目及文字说明	已设计
18*		控制台有紧急停机按钮	已设计
19*		紧急停机按钮能自锁及复位	已设计
20*	D 监测设备	控制区内固定式辐射剂量监测仪	拟配备
21		气溶胶监测仪或采样装置（气态靶）	拟配备
22		放射性气体监测仪或采样装置(气态靶)	拟配备
23*		个人剂量报警仪（ γ ）	拟配备
24*		个人剂量计（ γ 、中子）	拟配备
25*		便携式 γ 剂量测量仪	拟配备
26		便携式表面污染仪	拟配备
27*	E 其他	强活化部件应有专门贮存容器和存放地点，容器表面应有电离辐射标志	已设计
28*		排风过滤净化系统	已设计
29		灭火器材	拟配备
二、同位素生产场所			
序号	辐射安全防护设施检查项目		落实情况
1*	A 场所设施	工作场所功能、设置及分区布局	已设计
2*		场所分区的管控措施及标识	拟配备
3*		入口处有电离辐射警告标志	拟配备
4*		卫生通过间	已设计
5*		通风系统完整性及效能	已设计
6*		工作箱或热室	已设计

7*		屏蔽防护设施	已设计
8		防过热或超压保护（有易燃易爆和高温高压操作时）	已设计
9		防止放射性液体操作造成污染的措施	已设计
10*		机械手或其它远距离操作工具	已设计
11*		放射性废水处理系统及标识	已设计
12*		放射性物料与成品暂存场所设施	已设计
13*		放射性固体废物暂存场所或设施	已设计
14*		安保设施	已设计
15		B 监测设备	固定式辐射监测报警仪
16*	固定式或移动式气溶胶取样监测设备		拟配备
17	放射性液态流出物取样监测设备		拟配备
18*	气载放射性流出物取样监测设备		拟配备
19*	便携式辐射监测仪（污染、辐射水平等）		拟配备
20*	个人剂量计		拟配备
21	个人剂量报警仪		拟配备
22	C 防护用品	个人辐射防护用品	拟配备
23	D 应急物资	去污用品和应急物资	拟配备
24		合适的灭火器材	拟配备
25		放射性同位素应急容器	拟配备

注：加*的项目是重点项。

表 4.2-8 甲级非密封放射性物质工作场所辐射安全与防护措施要求落实对照一览表

序号	辐射安全防护设施检查项目		落实情况
1*	A 场所设施	工作场所功能、设置及分区	已设计
2*		场所分区的管控措施及标识	拟配备
3*		入口处电离辐射警示标志	拟配备
4*		卫生通过间	已设计
5*		通风系统完整性及效能	已设计
6*		排风过滤器	已设计
7*		工作箱或热室	已设计
8*		屏蔽防护设施	已设计
9		防过热或超压保护	已设计
10*		防止放射性液体操作造成污染的措施	已设计
11*		机械手或其它远离操作工具	已设计
12*		火灾报警仪	拟配备
13*		放射性废水处理系统及标识	已设计
14*		放射性物料与成品暂存场所设施	已设计
15*		放射性固体废物暂存场所或设施	已设计

序号	辐射安全防护设施检查项目		落实情况
16*		安保设施	已设计
17		防火设备、应急出口	已设计
18*	B 监测设备	人员出口污染监测仪	拟配备
19*		固定式辐射监测报警仪	拟配备
20*		移动式气溶胶取样监测设备	拟配备
21		气载放射性流出物取样监测设备	拟配备
22*		便携式辐射监测仪	拟配备
23*		个人剂量计	拟配备
24		个人剂量报警仪	拟配备
25*		C 防护用品	个人辐射防护用品
26*	D 应急物资	去污用品和应急物资	拟配备
27		合适的灭火器材	拟配备
28*		放射性同位素应急包装容器	拟配备

注：加*的项目是重点项。

表 4.2-9 与《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）符合性分析

序号	标准要求	本项目执行情况	备注
安全操作 一般要求	为开展辐射防护管理工作并对职业照射进行控制非密封源工作场所应实行严格的分区、分级管理,分区、分级管理的措施,应遵循 GB18871-2002 的要求。	本项目各非密封放射性物质工作场所进行了控制区和监督区划分,具体见 4.1.1.2 章节。	符合
	宜在辐射工作场所的醒目位置悬挂(张贴)辐射警告标志,人员通行和放射性物质传递的路线应严格执行相关规定,防止发生交叉污染。应制定严格的辐射防护规程和操作规程。	项目拟在控制区和监督区出入口张贴辐射警告标志;项目合理设计了合理的人流和物流线路,确保不交叉;项目后期拟制定辐射防护规程和操作规程。	符合
	操作非密封源的单位应制定辐射防护大纲并对其实施和评价负全面责任。单位应设立相应的安全与防护机构(或专兼职安全与防护人员),并用文件的形式明确规定其职责。	建设单位拟以文件形式成立辐射防护与安全管理小组,并配备专职辐射安全管理人员,关键岗位配备注册核安全工程师,全面辐射单位辐射安全管理责任。	符合
	应建立安全与防护培训制度培植和保持工作人员良好的安全文化素养,自觉遵守规章制度,掌握辐射防护基本原则、防护基本知识及辐射防护技能。	建设单位拟制定人员培训制度,所有辐射工作人员均在辐射安全与防护学习考核合格后上岗,上岗前还将进行岗位培训,熟悉掌握辐射防护基本原则、防护基本知识及辐射防护技能。	符合
	辐射工作人员对某些操作程序必要时应事先进行模拟试验、冷试验、热试验,当熟练掌握操作技能后方可正式开展工作。	在进行高活度放射性物质操作时,建设单位将先进行模拟冷试验,以熟悉基本操作流程后再进行低活度放射性物质操作热试验,并验证各项操作参数正常后才进行最终的生产操作。	符合
	如果操作过程中发现异常情况,应及时报告,并分析原因,采取措施,防止重复发生类似事件。	建设单位拟制定辐射事故应急预案,后期运行过程中若出现异常情况,将及时报告、分析原因、采取措施,防止重复发生类似事件。	符合
	应定期检查工作场所各项防护与安全措施的有效性,针对不安全因素制定相应的补救措施,并认真落实,确保工作场所处在良好的运行状态。	建设单位拟制定辐射安全和防护设施维护维修制度,定期对各辐射工作场所的辐射安全设施设备进行检查,发现问题及时整改,确保辐射安全设施设备的正常安全运行。	符合
	在原有设施条件下开展新工作(包括工艺流程的重大改变和提	本项目不涉及原有辐射工作场所和设施。	/

序号	标准要求	本项目执行情况	备注
	高放射性核素日等效最大操作量),如果计划操作的放射性核素种类,操作量、操作方式以及防护设施和设备的要求超出原设计规范,应事先向主管部门提交防护与安全分析报告,经主管部门审查批准后方可进行。		
安全操作 条件	非密封源的操作应根据所操作的放射性物质的量和特性,选择符合安全和防护要求的条件,尽可能在通风橱、工作箱或手套箱内进行。	本项目生产线研发制剂线质检区均设计了密闭热室工作箱和手套箱等,根据计算分析,各屏蔽设施满足防护要求,屏蔽体外正对人员操作位辐射剂量率小于 2.5 μ Sv/h,非正对人员操作位辐射剂量率小于 25 μ Sv/h。	符合
	操作过程中所用的设备、仪器、仪表、器械和传输管道等应符合安全和防护要求。吸取液体的操作应使用合适的负压吸液器械,防止放射性液体溅出、溢出,造成污染。储存放射性溶液的容器应由不易破裂的材料制成。	本项目拟采购符合安全和防护要求的设备、仪器、仪表、器械和传输管道;采用合适的负压吸液器械吸取液体;采用不易破裂的材料制成的容器储存放射性溶液。	符合
	有可能造成污染的操作步骤应在铺有塑料或不锈钢等易于去污的工作台面上或搪瓷盘内进行。	本项目热室工作箱和手套箱均为不锈钢工作台面,通风橱、生物安全柜和无菌隔离器内均设置有吸水垫纸和搪瓷盘。	符合
	操作中使用的容器,必要时应在其外面加一个能足以容纳其全部放射性溶液的不易破裂的套桶。	本项目放射性原料和放射性产品均按《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)进行货包包装,且均外包有屏蔽铅罐或套筒,防止放射性溶液的破裂。	符合
	操作易燃易爆物质,或操作中使用高温、高电压和高气压设备时,应有可靠的防止过热或超压的保护措施,并遵守国家有关安全规定。	本项目核素操作过程中设置有屏蔽箱体,防止事故状态下的放射性物质扩散。	符合
	伴有强外照射的操作,应尽可能缩短操作时间,利用合适的屏蔽或使用长柄操作机械等防护措施。	本项目生产线研发制剂线均设置有屏蔽箱体,自动化模块操作;设置机械臂及电脑控制操作,同时在操作过程中,辐射工作人员提前熟悉操作工艺,并定期对操作规程进行优化,尽量缩短操作	符合

序号	标准要求	本项目执行情况	备注
		时间。	
	若需要进行开启密闭工作箱门放入或取出物品及其他危险性较大的操作时,应采取安全与防护措施,并在防护人员监督下进行。	在进行放射性原料/放射性产品转移/屏蔽箱体检修时,可能涉及开启热室工作箱/手套箱后门,操作过程中,将配置1名辐射工作人员进行监督操作,操作人员和监督人员将配备个人剂量报警仪、便携式辐射监测仪对设施、设备进行监测,同时在操作间前区、后区还安装有固定式剂量报警仪对该高剂量操作实时进行监测,当出现超标情况将进行报警。	符合
	进行污染设备检修时,应当事先拟出计划。主要的工作内容及采取的防护措施,经现场防护人员审查同意并落实辐射防护措施后方可进行。	建设单位拟制定设备检修规程,在进行污染设备检修时(如过滤器更换),建设单位安全环保部门专职辐射安全管理人员将进行现场监督,并进行辐射监测。	符合
安全操作 个人防护	辐射工作人员应熟练掌握安全与防护技能,取得相应资质。	建设单位拟制定人员培训制度,所有辐射工作人员均在参加辐射安全与防护学习并考核合格后上岗,上岗前还将进行岗位培训,熟练掌握辐射防护基本原则、防护基本知识及辐射防护技能。	符合
	辐射工作人员应根据实际需要配备适用、足够和符合标准的个人防护用具(器械、衣具),并掌握其性能和使用方法。个人防护用具应有备份,均应妥善保管,并应对其性能进行定期检验。	本项目配备的个人防护用品包括:铅衣、口罩、手套、洁净服、个人剂量报警仪、个人剂量计、便携式辐射监测仪和表面污染监测仪等,同时建设单位安全还另行配备有备份防护用品,其中个人剂量报警仪、个人剂量计、便携式辐射监测仪和表面污染监测仪等还将定期进行检验,确保其有效性。	符合
	在任何情况下均不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件的操作。	建设单位拟配备长杆辐射监测仪和配备长柄夹,在各项操作规程中将明确禁止徒手操作或解除非密封放射性物质。	符合
	辐射工作场所应根据所操作非密封源的特点配备适当的医学防护用品和急救药品箱,供处理事故时使用。严重污染事件的医学处理应在医学防护人员的指导下进行。	建设单位拟根据要求配备医学防护用品和急救药品箱,同时制定辐射事故应急预案,并明确提出医学处理的操作要求。	符合

序号	标准要求	本项目执行情况	备注
放射性废物管理一般要求	放射性废物的管理应遵循 GB188712002, GB 14500 的相关规定, 进行优化管理。应从源头控制、减少放射性废物的产生, 防止污染扩散。应分类收储废物, 采取有效方法尽可能进行减容或再利用, 努力实现废物最小化。应做好废物产生、处理、处置(包括排放)的记录, 建档保存。	建设单位将设计合理工艺, 在操作过程中将尽量减少放射性废物产生, 同时各产线将按放射性核素的种类、活度、半衰期等参数进行放射性废物的分类, 尽量实现废物最小化, 制定放射性废物管理制度, 并建设放射性废物的管理台账, 详细记录放射性废物的产生、处理和处置情况, 并建档保存。	符合
放射性废水管理	操作非密封源的单位, 一般应建立放射性废水处理系统, 确保产生的废液得到妥善处理。不得将放射性废水排入普通下水道, 相关控制应遵循 GB18871-2002 的要求, 不允许利用生活污水下水系统洗涤被放射性污染的物品; 不允许用渗井排放废液。	对于冷却废水、工作人员应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水(放射性废水), 设计有专用放射性下水口和下水管道, 废水排入衰变间的衰变池内暂存衰变, 经监测达标后经厂房东侧沉砂格栅池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理, 处理达标后经木龙河排入涪江。对于生产线研发制剂线质检区放射性废液, 盛装在收集瓶(外套铅罐)转至放射性废物暂存间内分区暂存衰变, 经监测达到清洁解控水平/检测达标后, 废液随同收集瓶作为危险废物处置。长半衰期放射性废液收集达一定量后, 委托有资质单位处置。	符合
	废液应妥善地收集在密闭的容器内。盛装废液的容器除了其材质应不易吸附放射性物质外, 还应采取适当措施保证在容器万一破损时其中的废液仍能收集处理。遇有强外照射时, 废液收集地点应有外照射防护措施。	放射性废液将采用收集瓶及铅罐收集, 分类暂存于放射性废物暂存间内。冷却废水、工作人员应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水通过特排管道进入衰变池, 暂存衰变。放射性废物暂存间和衰变池均具备防渗防泄漏, 并采取实体屏蔽措施以防止外照射。	符合
	经过处理的废液在向环境排放前, 应先送往监测槽逐槽分析, 符合排放标准后方可排放。	本项目收集的放射性废水经衰变池贮存衰变一定时间后, 将通过取样监测分析达标后进行排放。	符合
放射性固体废物管理	产生放射性固体废物较多的单位应当建立固体废物暂存库, 确保储存的废物可回取。	本项目已设计有放射性废物暂存间, 短半衰期固废贮存衰变一定时间后经监测达到清洁解控水平后作为普通固体废物进行处理,	符合

序号	标准要求	本项目执行情况	备注
理	操作非密封源的单位产生的废物(包括废弃的放射源), 应按要求送指定的废物库暂存。送贮的废物应符合送贮条件。	可以实现放射性废物减量化要求。	符合
	对于半衰期短的废物可用放置衰变的办法,待放射性物质衰变到清洁解控水平后作普通废物处理,以尽可能减少放射性废物的数量。		符合
放射性废气管理	对工作场所放射性废气或气溶胶的排放系统,应经常检查其净化过滤装置的有效性。	本项目射线装置机房和非密封放射性物质工作场所均设置有独立排风系统,运行过程中产生的气载性流出物均在过滤后引至楼顶排放,排放高度不低于23m,同时建设单位拟制定设备维护维修制度,定期对净化过滤装置进行维护和维修,确保其运行有效性,同时建设单位拟配备移动气溶胶采样设备,定期对辐射工作场所内进行气溶胶监测,废气排放口拟设置人工采样口,每年进行一次气载性流出物监测。	符合
	凡预计会产生大量放射性废气或气溶胶而可能污染环境的一次性操作,亦应采取有效的防护与安全措施和监测手段。		符合
非密封放射性物质的管理	操作非密封源的单位应配备专(兼)职人员负责放射性物质的管理,应建立非密封放射源的账目(如交收账、库存账、消耗账),并建立登记保管、领用、注销和定期检查制度。	本项目外购的放射性原料在进场后均将先在安全环保部门进行台账登记,同时各生产线还建立有放射性原料和产品的台账制度,建设单位还将定期对台账进行核查。	符合
	非密封放射源应存放在具备防火、防盗等安全防范措施的专用贮存场所妥善保管,不得将其与易燃、易爆及其他危险物品放在一起。	本项目设置有独立的储源室和放射性成品库,不存放易燃、易爆及其他危险物品。	符合
	辐射工作场所贮存的非密封放射源数量应符合防护与安全的要求,对于不使用的非密封放射源应及时贮存在专用贮存场所。	本项目生产线为订单式生产,即产即销,一般不暂存放射性原料和产品。必要时放射性产品临时暂存在放射性成品库,同时将进行台账记录。放射性原料在每日生产结束后及时返回至储源室内,不在操作场所内暂存。同时放射性原料的领取、返回均将进行台账记录。	符合

序号	标准要求	本项目执行情况	备注
	贮存非密封放射源的保险橱和容器在使用前应经过检漏。容器外应贴有明显的标签(注明元素名称、理化状态、射线类型、活度水平、存放起始时间和存放负责人等)。	储源室和放射性成品库内拟按核素种类进行分类暂存管理，暂存容器将在明显位置标注名称、理化状态、射线类型、活度水平、存放起始时间和存放负责人等信息。	符合
	存放非密封放射源的库房应采取安保措施严防被盗、丢失。	储源室和放射性成品库设置有固定式剂量报警仪、监控摄像头、双人双锁和防盗报警装置。	符合
	应定期清点非密封放射源的种类、数量、做到账物相符。工作人员如发现异常情况应按相关规定及时报告。	建设单位将根据生产情况适时进行放射性物料清点，并进行核算，做到账物相符，发现异常将及时报告。	符合
	应做好非密封放射源的领用和注销工作领用人一般应做到：①掌握辐射防护基本知识；②履行登记手续、按期归还；③不允许擅自转借；④用毕办理注销手续。	建设单位拟制定放射性同位素管理制度，明确相关管理要求，落实专人（辐射工作人员）进行放射性物料的实物和台账管理，防止发生放射性物料擅自转让、丢失、被盗等情况。	符合

4.3 三废治理

4.3.1 放射性污染物治理措施

4.3.1.1 放射性废气处理措施

射线装置（花瓣加速器、多粒子回旋加速器、单质子回旋加速器、BNCT）运行过程主要产生短半衰期核素活化气，为防止气体扩散，整个射线装置机房设计独立排风系统，运行过程保持机房内为负压状态（换气次数为 3.53 次/h-5.22 次/h），并通过独立管道接至活性炭过滤机组（涉及碘-123 和碘-124 打靶生产的射线装置机房配套除碘活性炭过滤机组）或直接引至楼顶进行排放（BNCT 主机厅和测试间无过滤装置）。

放射性同位素原料生产区、放射性标记物研发生产区和质检区辐射工作区域设计房间全排系统和热室工作箱/手套箱局排系统，独立管道接至高效或活性炭过滤风机组（其中涉碘涉氡场所设计为活性炭过滤风机组）。

本项目阵列工厂设置两个废气排放口（1#、2#排气筒），1#排气筒位于大楼楼顶西北侧，2#排气筒位于大楼楼顶西南侧，排放高度均大于 23m（高于周围 200m 范围最高建筑物 3m 以上），顶部安装锥形风帽。两个排气筒拟按要求预留人工取样口。

废气排放管理措施：

①建设单位需定期对通排风系统管道及净化系统设施设备进行检修和维护，并建立设施设备维护台账，其中各型过滤装置需根据设备要求定期进行过滤效率检定和更换，并将更换下的滤芯/活性炭按半衰期进行分类收集暂存衰变或处置；②为尽量减少公众不必要的照射，建设单位应对各排放口进行信息标识，并对废气排放口楼顶进行封闭管理，除监测采样、设备维护、检修等特殊情况下，禁止人员在楼顶长期居留，同时禁止设置长期人员居留场所。

4.3.1.2 放射性废水处理措施

射线装置区冷却废水经特排管道排入冷却水检修收集池内贮存衰变，经检测达标（低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的单次排放限值 1ALImin 后，经厂房东侧格栅沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，处理达标后经木龙河排入涪江，对地表水影响较小。

生产线的放射性废液盛装在收集瓶（外套 10mm 铅罐屏蔽）置于热室工作箱/手套箱内暂存衰变，待衰变一定时间且收集至一定量后，通过小推车转移至放射性废物

暂存间内分区暂存衰变，收集达一定量后，委托有资质单位处置。研发制剂线和放射性质检区的放射性废液盛装在收集瓶（外套 10mm 铅罐屏蔽）置于热室工作箱/手套箱内暂存衰变，待衰变一定时间且收集至一定量后，通过小推车转移至放射性废物暂存间内分区暂存衰变，所含核素半衰期小于 24h 的废液暂存超过 30 天并经监测达到清洁解控水平后，所含核素半衰期大于 24h 的废液暂存超过 10 个半衰期并经检测达标后，废液随同收集瓶作为危险废物处置。所含核素半衰期大于 100d 的废液，收集达一定量后，委托有资质单位处置。

工作人员应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水所含核素活度均较低，对于工作人员应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水：所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废水排至短半衰期衰变池；所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废水排至长半衰期衰变池；废水经检测达标（总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ ）后，经厂房东侧沉砂格栅池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后经木龙河排入涪江。

本项目 23 条生产线单日最多 9 条线运行，实际废水产生量更小。综上，本项目放射性废水采取以上措施后，处理可行。

放射性废水管理措施：

①建设单位应对放射性废水衰变运行严格管理，安排专职人员进行管理，并建立暂存和处理台账，详细记录放射性废水所含的核素名称、体积、产生起始日期、责任人员、排放时间和监测结果等信息，并妥善保管。

②定期对放射性废水特排管道进行检修，防止“跑、冒、滴、漏”情况出现，不得随意对特排管道进行改线或接入非下水管道，若需新建或改造特排管道不得设置 U 型下水管路，保持管道内径光滑并具有一定的下水坡度，防止出现放射性物质沉积。

③本项目产生的放射性废水在日常监测中发现监测结果异常时，应分析原因并及时采取管控措施，确保废水达标排放。

④长半衰期衰变池排放前应监测总 α 、总 β 的活度浓度，冷却水检修收集池排放前应监测氡的活度浓度并监测达标后排入流量大于 10 倍排放注量的普通下水道，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，由专人记录每次排放时间、排水量及监测结果等，并纳入日常辐射安全管理档案。

⑤衰变间的检修口平时上锁并设防腐轻质盖板，周围设置围栏进行隔离并张贴

电离辐射警告标志，仅检修及取样时打开。

4.3.1.3 放射性固废处理措施

根据《核技术利用放射性废物最小化》（HAD401/11-2020），本项目产生的放射性固体废物均属于可压缩、非感染性废物，根据项目实际产生核素种类按核素半衰期分为：A类固废（半衰期 $\leq 24\text{h}$ ）、B类固废（ $24\text{h} < \text{半衰期} \leq 100\text{d}$ ）和C类固废（半衰期（含子体核素） $> 100\text{d}$ ）。

射线装置区活化部件及耗材由铅废物桶收集后暂存于加速器机房内，交有相应资质的单位处理。

生产线放射性固废、废过滤器滤芯（h1-1、a1-1生产线，衰变池房间、四个放射性废物暂存间）：用放射性固废收集桶收集后转入放射性废物暂存间贮存衰变，收集达一定量后，委托有资质单位处置。

其他废过滤器滤芯、研发制剂线放射性质检区放射性固废、铅罐清洁擦拭物、去污废弃材料和污染衣物：用放射性固废收集桶收集后转入放射性废物暂存间贮存衰变，根据废物所含核素种类，A类废物暂存超过30天并经监测达到清洁解控水平后，B类废物暂存超过10个半衰期并经监测达到清洁解控水平后，作为一般工业固体废物或危险废物处置，C类废物收集达一定量后，委托有资质单位处置。灭活培养基、注射器、废过滤器滤芯达到清洁解控水平后作为危险废物处置。

放射性废物管理：

①定期对放射性废物产生环节进行审查，制定废物最小化大纲，采取工艺、设备、产品方案优化方案，从源头减少放射性废物产生量。

②固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。放射性废物每袋的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h ，重量不超过 20kg 。

③装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间。放射性废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

④建设单位应建立放射性废物收集、暂存、排放管理台账，安排专职人员进行管理，明确放射性废物的来源、去向，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息，做好记录并存档备案。

⑤放射性固体废物应在监测达到清洁解控水平后排放，其中废物包（非屏蔽状

态) 表面辐射剂量率满足所处环境本底水平, β 表面污染应小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$, α 表面污染应小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

4.3.2 非放射性污染物治理措施

4.3.2.1 非放射性废气治理措施

本项目使用的盐酸、硫酸和硝酸等酸性试剂挥发产生酸雾, 以及乙醇、甲醇、乙腈、异丙醇和丙酮等产生的挥发性有机物。由于在使用过程中很少进行开放液面使用, 主要采取移液器或注射器进行液体转移或操作, 同时根据建设单位提供的资料, 酸性试剂、乙醇、甲醇、乙腈、异丙醇和丙酮等试剂单次用量和年用量均较少, 酸雾和挥发性有机物产生量较少, 引至所在楼楼顶经高效过滤器/活性炭过滤器过滤后排放, 排放量较小。

射线装置在运行过程中因室内空气被连续辐照电离产生少量臭氧和氮氧化物, 经活性炭过滤器过滤后引至所在楼楼顶排放。在工作中建设单位应保证通风设施完好和正常工作, 在此前提下臭氧和氮氧化物等有害气体将不会对人员和设备产生危害。

4.3.2.2 非放射性废水治理措施

本项目非放射性废水主要来源于工作人员产生的生活污水、非放射性生产废水(洗衣废水、非放洁具清洁废水、非放材料清洗废水、纯水制备废水)。

本项目非放射性生产废水主要为场所设备卫生清洁废水以及清洁下水, 与生活污水水质相近。本项目非放射性废水产生量约 $4.45\text{m}^3/\text{d}$, 主要污染物为 BOD_5 、 COD 、 SS 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 TP 、 TN 等, 水质简单, 经厂房东侧格栅沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理, 出水达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 中一级 A 标准后经木龙河排入涪江。

根据调查, 塘汛污水处理厂已建成投运, 市政污水管网已敷设到位, 本项目非放射性废水水质简单, 且废水排放量小, 根据“第五章 环境影响分析”, 塘汛污水处理厂可以满足本项目非放射性废水处理需求, 纳管可行。

4.3.2.3 噪声治理措施

本项目运营期主要噪声源于空调机组(位于空调机房)和通排风机(位于厂房屋面)等。项目拟采用低噪声设备, 同时采取管道消声(空调系统设置消声器或消声静压箱)、减振安装、增加软管接头和利用建筑物隔声等降噪措施减轻噪声影响。

4.3.2.4 非放射性固体废物处理措施

本项目非放射性固体废物主要来源于工作人员产生的生活垃圾、废包装、一次性材料及危险废物等。

(1) 一般固体废物

①生活垃圾：设垃圾桶，生活垃圾袋装收集后，定期交由环卫部门统一收运处置。

②非放射性工艺固体废物：建设单位对产生的包装废材、非放射性污染的一次性口罩、手套、鞋套、擦拭物等非放射性固体废弃物实行最大程度的资源化利用和分类处置，对可回收的固体废物交由废品收购站处置，对不可回收的固体废物集中收集后交由环卫部门统一收运处置。

(2) 危险废物

本项目危险废物主要是有机废液、废酸、废碱和废试剂瓶等，以及含有以上物质的解控后放射性废液（在放射性废物暂存间暂存衰变的），非放射性或清洁解控后的灭活培养基、注射器，非放射性靶件电镀、酸洗废水，清洁解控后的排风管道废过滤器滤芯废活性炭，其中非放射性靶件电镀、酸洗废水属于《国家危险废物名录》（2025年版）中HW17表面处理废物，其他属于《国家危险废物名录》（2025年版）中HW49其他废物。危险废物收集后暂存于危废品库内，定期交由有资质单位进行处置。危废品库位于厂房一层东侧，厂房整体已进行较好的防水和防渗设计，四周墙角处设置排水沟，并可有效防止雨水渗入和意外积水的倒灌。

危险废物在收集时，应清楚废物的类别及主要成分，以方便委托处置单位进行处理，根据危险废物的性质和形态，可采用不同大小和不同材质的容器进行包装，所有包装容器应足够安全，并经过周密检查，严防在装载、搬移或运输途中出现渗漏、溢出、抛洒等情况。

本项目产生的危险废物暂存于危废品库，暂存达一定数量后由资质单位统一收集处理，并按照国家有关危险废物申报登记、转移联单等管理制度的要求，向当地生态环境主管部门进行危险废物的申报、转移等。日常的生产管理过程中须做好危险固体废物情况的台账记录，记录上须标明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、存放库位、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的记录和货单在危险固体废物转运后应继续保留三年。

危险废物暂存场所设置及管理要求应按《危险废物贮存污染控制标准》

(GB18597-2023) 进行设置，并做到以下几点：

①危险废物贮存

A、危险废物贮存设施需按《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ1276-2022) 的规定设置警示标志。

B、贮存设施应采取必要的防风、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。

C、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。

D、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。

E、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。

F、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。

G、贮存设施应采取技术和管理措施防止无关人员进入。

H、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。

②危险废物管理

A、危险废物存入贮存设施前应对危险废物类别和特性与危险废物标签等危险废物识别标志的一致性进行核验，不一致的或类别、特性不明的不应存入。

B、应定期检查危险废物的贮存状况，及时清理贮存设施地面，更换破损泄漏的危险废物贮存容器和包装物。

C、作业设备及车辆等结束作业离开贮存设施时，应对其残留的危险废物进行清理，清理的废物或清洗废水应收集处理。

D、贮存设施运行期间，应按规定建立危险废物管理台账并保存。

E、贮存设施所有者或运营者应建立贮存设施环境管理制度、管理人员岗位职责

制度、设施运行操作制度、人员岗位培训制度等。

F、建立贮存设施全部档案，包括设计、施工、验收、运行、监测和环境应急等，应按国家有关档案管理的法律法规进行整理和归档。

4.4 服务期满后的环境保护措施

本项目射线装置和非密封放射性物质工作场所服务期满后，建设单位需根据相关要求实施场所退役。

4.4.1 设计阶段对退役实施的考虑

(1) 本项目非密封放射性物质工作场所为相对独立的场所，且对于易挥发和易洒漏的放射性物质均局限在空间较小的热室工作箱或手套箱内操作，尽可能减少非密封放射性物质的扩散，并减小污染区域的面积。

(2) 各辐射工作场所地面铺设采用光滑耐磨、易去污、易拆卸的地坪设计，且墙角做圆角处理，防止洒漏放射性物质扩散到土壤中。

(3) 项目设置了专用放射性废物暂存场所和放射性废水收集暂存设施，对放射性废物进行分类、集中处理，并采用先进工艺，尽可能减少“三废”的产生量、处理量、排放量和存留量，实现废物最小化。

(4) 为尽量减少含长半衰期核素固废产生，在满足工艺需求的前提下，对于射线装置主要束流损失部位（如束流管、束流闸等）和机房内的通排风管道尽量采用活化水平较低的铝质材料，尽量实现放射性固体废物减量化。

4.4.2 退役环保措施

(1) 建设单位需根据《核技术利用设施退役》（HAD401/14-2021）要求编制退役方案，并在正式开展退役活动前编制退役环境影响评价文件，并取得生态环境主管部门许可后才能正式按照方案实施退役活动。

(2) 在退役过程中需先进行源项调查，对无法达到解控水平的设施、设备需先进行去污工作，对无法去污的需进行集中暂存收集衰变或交由资质单位进行处置。

(3) 实施退役工作人员应作为辐射工作人员进行管理，并做好个人防护。

(4) 退役过程按《核安全导则 核技术利用放射性废物最小化》（HAD401/11-2020）进行放射性废物的分类和整备，并通过源头控制、再循环与再利用、清洁解控、处理优化及强化管理，使最终放射性固体废物产生量（体积和活度）减小至可合理达到的尽量低的水平。

(5) 线装置退役时需进行去功能化，具体方式主要包括对射线装置的高压射线管进行拆解，或对射线装置球管的玻璃或陶瓷部件进行拆解和破碎，以及将装置主机的电源线绞断，使射线装置无法再通电运行和产生高压。

第五章 环境影响分析

5.1 建设阶段对环境的影响

施工期排放的污染物主要包括大气污染物、水污染物、噪声及固体废物，这些污染物的排放只存在于建设施工阶段，因此其对环境的影响也仅限于建设施工阶段。

5.1.1 施工期大气环境影响分析

本项目废气主要来源于施工阶段产生的施工扬尘、少量装修废气及少量施工机械设备废气，其中以施工扬尘对空气环境质量的影响最大。

(1) 施工扬尘

本项目在已建成标准化厂房内施工，施工面积不大，位于产业园区内，周边均为已硬化的路面。通过采取合理措施，可将项目施工的影响控制到尽可能小的范围。项目施工期产生的扬尘对环境的影响是暂时的，项目施工结束后，施工扬尘的影响即可消失。

为尽可能减小项目施工期对周围大气环境的影响，施工期应做到以下措施：

①施工前须制定控制工地扬尘方案，施工期间接受相关部门的监督检查，采取有效防尘措施。

②施工工艺尽量采用湿法破碎的低尘工艺，施工场地在非雨天时适时洒水，最大程度地减少粉尘污染。

③风速四级以上易产生扬尘时，建议施工单位应采取覆盖堆料、湿润等措施，有效减少扬尘污染。

④及时清运施工废弃物，暂时不能清运的应采取覆盖等措施，工程完毕后及时清理施工场地；

⑤湿法作业：工程围挡、建筑物四周应设置雾状喷淋。

⑥施工必须使用商品混凝土，禁止使用袋装水泥。

⑦施工运输车辆严禁不经过冲洗直接进入城市道路。

⑧建设工地施工现场应沿四周连续设置封闭围挡。

综上，只要项目施工期做到文明施工，严格落实各项扬尘控制措施，可有效控制施工期扬尘对大气环境质量影响。

(2) 装修废气

项目装修废气向环境中释放,污染源性质为无组织面源,对周围环境产生一定影响。由于此类废气属间断性排放,排放源分散,其产生、排放量很小,且该类废气的挥发释出是一个较为缓慢的过程,因此对项目所在区域的环境空气质量影响不大。

为减轻有机挥发气体对周边的影响,建议施工单位采取以下防治措施:

①装修工程提倡绿色装修,采用符合国家标准的室内装饰和装修材料,从根本上降低装修废气对周围大气的污染;

②涂料和涂料喷涂产生的废气对近距离接触的人体有一定危害,施工人员应采取必要的安全防护措施,如防护面具或口罩等。

(3) 机械施工废气

施工期间使用机动车运送原材料、设备和建筑机械设备的运转,会排放一定量的CO、NO_x以及未完全燃烧的THC等,其特点是排放量小、属间断性无组织排放,加之施工场地开阔,扩散条件良好,因此无需采取特别治理措施。

综上所述,项目的施工将会对项目所在地环境空气质量造成一定的影响,主要影响因子是施工扬尘。施工期通过严格落实施工场地围挡和湿法作业等降尘措施后,对周围大气环境影响较小。施工期的粉尘影响为暂时性的,项目施工结束后,施工扬尘的影响即可消除。

5.1.2 施工期废水环境影响分析

施工期主要废水包括施工废水及施工人员生活污水。

(1) 施工废水

施工期的生产废水主要来源于机械的冲刷、地面和车辆的冲洗等,该部分废水中的主要污染因子为COD、SS和石油类。本项目占地面积较小,施工废水产生量较少。通过设置沉淀池对施工废水简易沉淀后重复利用,不外排,对环境几乎无影响。

(2) 施工人员生活污水

本项目施工高峰期工人人数可达50人左右,项目不设施工营地,租赁周围居民住房解决施工人员办公生活,生活用水量按每人0.05m³/d计算,用水量为2.5m³/d,排放系数以0.9计,生活污水排放量为2.25m³/d,主要污染物为COD、氨氮、BOD₅和SS。施工人员生活污水利用既有设施排入塘汛污水处理厂处理达标后排入涪江,对地表水环境影响甚微。

5.1.3 施工期噪声环境影响分析

项目施工期对声环境的影响主要是各种施工机械噪声和车辆行驶的交通噪声。

施工过程中，大型机械设备和运输车辆的运行等都将产生较强的噪声。

引起声波衰减的因素有距离、空气吸收、围墙阻隔等。保守估算，预测只考虑距离衰减。施工场地的施工机械可近似视为点声源处理，预测模式采用《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）无指向性点声源几何发散衰减公式。

$$L_A=L_0-20\lg(r_A/r_0) \dots\dots\dots\text{式 5.1-1}$$

式中： L_A —计算点处的声压级，dB（A）；

L_0 —噪声源强，dB（A）；

r_0 —参考距离，m；

r_A —声源距计算点的距离，m。

根据计算，单台施工机械噪声昼间最远在距声源 282m 以外可满足《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）昼间标准限值（不超过 70dB（A）），夜间在 1600m 以外才可满足《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）夜间标准限值（不超过 55dB（A））。

施工期的噪声影响是短期的，项目建成后，施工期噪声的影响也随之结束。由于施工机械均为强噪声源，施工期间噪声影响范围较大。由项目外环境关系可知，项目周边 200m 声环境影响评价范围内均为其他工业企业、道路和空地，无声环境敏感目标。

为尽量降低施工噪声对周边企业的影响，施工单位应采取以下措施，严格施工期管理，尽可能减小施工噪声对环境的影响：

①严格执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）对施工阶段的噪声要求。合理安排高噪声施工作业的时间，每天 22 点至次日晨 6 点禁止高噪声机械作业。因特种要求必须连续作业的，须有县级以上人民政府或者有关主管部门的证明，并及时公告附近企业。

②优化高噪声施工机械布局，选用低噪声设备，以减少施工噪声。

③应注意对施工机械设备的维修和保养，使各种施工机械保持良好的运行状态。经采取上述有效措施后，可大大降低项目施工噪声对周围环境的影响。

5.1.4 施工期固体废物环境影响分析

施工期固体废物主要包括建筑垃圾、施工人员生活垃圾。

（1）建筑垃圾

建筑垃圾主要来自装修施工设备安装产生的废砂石、废建材等。本项目建筑垃圾产生量约 10.0t。建筑垃圾收集堆放于指定地点，其中可回收的交由相关单位回收，

其余运至当地相关部门指定填埋场处置。

(2) 生活垃圾

本项目施工高峰期工人人数为 50 人，生活垃圾产生量按 0.5kg/人.d 计，产生量为 25kg/d。生活垃圾定点集中收集后，交由环卫部门统一清运处理。

施工过程中，严禁向周围水体倾倒生活垃圾和建筑垃圾，建筑垃圾要及时清运、加以利用；生活垃圾如不及时清运处理，则会腐烂变质，滋生蚊虫苍蝇，产生恶臭，传染疾病，从而对周围环境和作业人员的健康带来不利影响，因此应及时清运并进行处置。

综上所述，项目施工期间对环境存在一定的影响，但是这些影响是暂时性的，将随着施工期的结束而消除。只要工程在施工期严格执行相关环境保护措施，可以使施工期的环境影响降到最低程度。

5.2 运行阶段辐射环境影响

5.2.1 项目运行期射线装置辐射环境影响

5.2.1.1 墙体贯穿辐射环境影响评价

由于传统的经验方法由于不能逼近真实的物理过程，本次评价通过采用 Geant4 程序建立加速器机房计算模型并计算剂量分布，对本项目辐射防护屏蔽防护设计方案进行分析和评价。

(1) Geant4 简介

Geant4 (Geometry and tracking, 几何和跟踪) 由欧洲核子中心 (CERN) 于 1994 年开发，是一个以 C++ 为底层语言，以蒙特卡罗方法为基础的模拟粒子在材料中的运输过程的工具。核心功能是模拟粒子 (包括中子、光子、电子、质子、离子以及更广泛的强子、介子等数百种粒子) 穿过任意复杂几何结构时的轨迹、相互作用及能量沉积过程。其模拟的能量范围极其宽广，理论上可以从亚电子伏特到太电子伏特，覆盖了从原子物理到高能物理的几乎所有尺度。Geant4 现已广泛应用于高能物理与核物理实验设计、空间辐射探测、医学物理 (如放射治疗、成像、剂量计算)、加速器设计、辐射屏蔽、核安保、考古测年等诸多科学与工程领域。其原理是 Geant4 中的粒子源会发射一个指定的粒子，该粒子会与用户设置的材料进行相互作用，其相互作用的种类/沉积能量/作用时间等属性由蒙特卡洛抽样来决定，而进行抽样基于的概率来自 Geant4 自带的粒子与材料相互作用的数据库，这些数据库有些是实验测量

的结果,有些是理论计算的结果。一个粒子从发射到与材料进行相互作用再到最后沉积到材料内部进入稳定状态或者是飞出本次模拟的几何范围是一个粒子的生命周期,为一个事例,在 Geant4 中被称为“Event (事件)”。粒子与材料进行的相互作用可能因为次级粒子的产生而有多条轨迹,如光子与材料相互作用,产生的次级粒子包括电子,这个电子将继续与材料进行相互作用而产生一条轨迹。在 Geant4 中,每个粒子或者是次级粒子在材料中行进的轨迹,被称为“Track”。

(2) 模型建立

根据建设单位提供的设计图纸,采用 Geant4 进行模型建立,建立的场所包括: H3 主机厅、H1 靶室、H2 靶室、A3 主机厅、A1 靶室、A2 靶室、20M-D 大厅、B3 主机厅、B1 靶室、B2 靶室、BNCT 主机厅和测试间,靶点距离地面高度 1m,建模过程中考虑屏蔽材质为普通混凝土、土壤。

(3) 通量-剂量转换

通量剂量转换系数取自《外照射放射防护剂量转换系数标准》(WS/T 830-2024),并按照对数尺度划分 100 个能量区间进行插值。

(4) 束流损失

根据建设单位提供资料,本项目使用的各型加速器束流损失点均包括:偏转磁铁准直器、铝制真空盒、束流输运线及靶点。其中,花瓣加速器粒子输运过程总的束流损失量 $\leq 2.4\%$,打靶最大束流损失量为 97.6%;回旋加速器粒子输运过程总的束流损失量约 2%~5%,打靶最大束流损失量为 95%~98%。

(5) 打靶选择

本项目加速器涉及打靶生产的放射性核素种类较为复杂,打靶过程中产生的次级中子和次级光子产量取决于束流能量、束流强度和靶材料,根据前期试算,本次选择具有初级中子产生的 (γ,n) 、 (p,xn) 或 $(\alpha,2n)$ 核反应且中子产率和光子产率较大的打靶过程进行分析评价,各场所预测参数见下表。

表 5.2-1 各加速器打靶预测参数选择

射线装置	预测场所	核反应	质子能量(MeV)	束流(μA)	束流角度
花瓣加速器	H3 主机厅	/	35	60	/
	H1 靶室	$^{226}\text{Ra}(\gamma,n)^{225}\text{Ra}$	35	2500	135°
	H2 靶室	$^{100}\text{Mo}(\gamma,n)^{99}\text{Mo}$	35	2500	225°
1#单质子回旋加速器	20M-D 大厅	$^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$	18	100	315°

射线装置	预测场所	核反应	质子能量(MeV)	束流(μ A)	束流角度
1#多粒子回旋加速器	A3 主机厅	$^{209}\text{Bi}(\alpha,2n)^{211}\text{At}$	28.5	50	/
	A1 靶室	$^{69}\text{Ga}(p,2n)^{68}\text{Ge}$	30	400	15°
	A2 靶室	$^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$	18	100	285°
2#多粒子回旋加速器	B3 主机厅	/	30	20	/
	B1 靶室	$^{69}\text{Ga}(p,2n)^{68}\text{Ge}$	30	400	105°
	B2 靶室	$^{203}\text{Tl}(p,3n)^{201}\text{Pb}$	28	50	195°
2#单质子回旋加速器	C3 主机厅	/	28	5	/
	C1 靶室	$^{64}\text{Ni}(p,n)^{64}\text{Cu}$	14	500	15°
	C2 靶室	$^{124}\text{Xe}(p,2n)^{123}\text{Cs}$	28	100	285°
BNCT	主机厅	$^9\text{Be}(p,n)^9\text{B}$	35	1500	315°
	测试间	/	/	/	225°

(6) 射线装置机房屏蔽体外辐射剂量率及年受照剂量统计结果

根据 Geant4 预测结果,各射线装置机房屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率为 $1.15 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h} \sim 1.38 \mu\text{Sv/h}$ 之间,满足 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 控制剂量限值要求。

5.2.1.2 巡检过程辐射环境影响分析

(1) 花瓣加速器

经计算,巡检人员进入机房受剩余活化气照射剂量为 $9.918 \times 10^{-44} \text{mSv}$,影响很小,可以忽略不计。

(2) 20MeV~35MeV 回旋加速器

对于 20MeV~35MeV 回旋加速器采取类比监测进行预测,类比对象选择昆明回旋医药科技有限公司使用非自屏蔽回旋加速器(加速粒子为质子)。

停机 2 天(48h)后,回旋加速器机房内剩余辐射剂量率不大于 $126.1 \mu\text{Sv/h}$,假设辐射工作人员进入机房巡检时间 30min,年巡检次数为 10 次,年巡检时间为 5h,受照剂量为 0.6mSv/a 。

在特殊情况下(如设备故障),生产结束后,辐射工作人员可能直接进入机房或进行部件更换,该特殊情况,建设单位需经过特定的内部许可程序,严格控制辐射工作人员受照剂量不超过 1.25mSv ,建议措施分为:源项控制、距离防护、时间防护。

①源项控制:在条件允许的情况下,尽可能延长进入机房时间,从而降低机房内剩余辐射剂量率,同时辐射工作人员进入机房可采用一定的源项屏蔽措施,如穿着铅服或者设置移动式铅屏蔽进行局部源项屏蔽控制,从而尽可能的降低受照剂量。

②距离防护：在进入机房后，辐射工作人员应尽可能远离回旋加速器机体、偏转磁铁及靶站，在工艺允许条件下尽量采用长柄工具进行相关的操作。

③时间防护：首先辐射工作人员需熟悉进入机房操作的工序流程，尽量减少操作时间。进入机房前先根据室内固定式剂量率监测报警仪读取机房内实时剩余辐射剂量率，初步估算辐射工作人员可居留时间，进入机房内辐射工作人员须佩戴个人剂量报警仪和便携式 γ 辐射监测仪，再次确认机房内剩余辐射剂量率，并再次估算可居留时间，特殊情况下还可采取多人轮流操作的方式控制受照时间。

5.2.1.3 土壤及混凝土活化影响分析

(1) 混凝土活化影响分析

根据源项分析，混凝土中主要长半衰期放射性核素包括：钍-152、钍-154、铯-134、钴-60等，其母体核素在普通混凝土中的含量分别为：1.08ppm、21.9ppm、3.21ppm。为了确定混凝土长期运行活化深度，并简化计算工作量，本次建模将主机厅混凝土和靶室内壁划分为 $50\times 50\times 10\text{cm}^3$ 单元，用于计算透射的中子通量，侧壁预测深度为100cm~200cm，屋顶预测深度为50cm。本次假设加速器连续运行约 $1.5\times 10^5\text{h}$ （按建筑设计年限计，50年）混凝土中放射核素总活度与豁免活度的比值（CI值）进行评价（若 $CI>1$ 表示混凝土达不到清洁解控水平，若 $CI\leq 1$ 表示混凝土达到清洁解控水平）。

表 5.2-2 放射性核素豁免活度

核素	豁免活度 (Bq/g)	核素	豁免活度 (Bq/g)
^{152}Eu	0.1	^{134}Cs	0.1
^{154}Eu	0.1	^{60}Co	0.1

(2) 预测结果

根据 MCNP 计算结果，加速器运行 $1.5\times 10^5\text{h}$ ，主机厅混凝土放射性核素总的比活度为 24Bq/g ，活化深度（ $CI>1$ 区域）可以达到70cm；靶室混凝土放射性核素总的比活度为 $4.10\times 10^3\text{Bq/g}$ ，最大活化深度（ $CI>1$ 区域）可以达到140cm。

加速器连续运行 $1.5\times 10^5\text{h}$ 停机后，混凝土中放射性核素在不断减少，停机20年后主机厅混凝土中总的放射性核素比活度为 $6.30\times 10^2\text{Bq/g}$ ，靶室混凝土中总的放射性核素比活度约 $9.32\times 10^3\text{Bq/g}$ ，主要贡献核素为 ^{152}Eu ，CI值仍然大于1，达不到清洁解控水平，因此建设单位在开展场所退役时，应将混凝土作为放射性固体废物进行处置。

(3) 土壤活化影响分析

各加速器在长期运行过程土壤中放射性核素饱和总活度为 $1.94 \times 10^3 \text{Bq} \sim 6.07 \times 10^7 \text{Bq}$ ，活度浓度为 $8.38 \times 10^{-6} \text{Bq/g} \sim 0.263 \text{Bq/g}$ ，低于土壤辐射环境本底监测结果（总 β ：671Bq/kg \sim 849Bq/kg），基本属于正常辐射水平。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。当地板混凝土厚度大于130cm时，地板外表面与土壤交接处的剂量率水平小于5mSv/h，本项目实际设计地板混凝土厚度为260cm，因此本次评价不考虑土壤活化影响。

5.2.1.4 BNCT 建造调试及维修维保受照剂量估算

本次选择福建中科核医学科技有限公司《妈祖重离子医院硼中子俘获治疗系统建设项目环境影响报告表》作为源项类比报告。

根据预测结果，BNCT治疗机房外最大辐射剂量率为 $0.36 \mu\text{Sv/h}$ ，建设单位年建造调试出束时间为2500h，维修维保年调试出束时间50h，受照剂量为 0.92mSv/a 。在维修维保过程中，技术人员需进入机房内部进行检修，根据预测结果，BNCT在连续出束1000h，停机10min后机房内的剩余剂量小于 $20 \mu\text{Sv/h}$ ，年受照时间为50h，受照剂量为 1mSv/a ，叠加后总的受照剂量为 1.92mSv/a ，满足职业人员 5mSv/a 剂量约束值。

5.2.2 运行期非密封放射性物质工作场所辐射环境影响

5.2.2.1 职业人员受照剂量计算模型

本项目非密封放射性物质工作场所职业工作人员的受照剂量，主要包括外照射和内照射剂量两个部分，本项目涉及使用的核素种类较多，包括 α 核素、 β 核素和 γ 核素，其中 β 核素产生的 β 粒子在遇到重质材料时会产生韧致辐射，由于本项目各生产线和实验室均采用重质材料铅进行屏蔽， α 、 β 粒子穿透能量较弱，本次外照射剂量不考虑 α 、 β 射线辐射影响，主要考虑 γ 射线和韧致辐射的外照射影响，对于内照射，需考虑 α 核素和 β 核素的辐射影响，详见下表。

表 5.2-3 放射性核素影响因子表

放射性核素	射线类型	影响因素
^{68}Ge 、 ^{75}Se 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{103}Pd 、 ^{123}I 、 ^{135}La 、 ^{155}Tb 、 ^{201}Tl 、 ^{203}Pb	γ	γ 贯穿外照射、内照射、浸没外照射
^{18}F 、 ^{44}Sc 、 ^{52}Mn 、 ^{61}Cu 、 ^{64}Cu 、 ^{67}Cu 、 ^{68}Ga 、 ^{86}Y 、 ^{88}Y 、 ^{89}Zr 、 ^{99}Mo 、 ^{124}I 、 ^{133}La 、 ^{177}Lu	β 、 γ	γ /韧致辐射贯穿外照射、内照射、浸没外照射

放射性核素	射线类型	影响因素
^{211}At 及子体、 ^{225}Ac 及子体、 ^{226}Ra 及子体	α 、 β 、 γ	γ /韧致辐射贯穿外照射、内照射、浸没外照射

(1) 职业人员贯穿外照射剂量估算模式

① γ 射线贯穿外照射剂量率计算

由于本项目核素种类较多，且部分核素涉及子体核素，为提高计算效率和准确性，对于 γ 射线贯穿辐射剂量率计算采用美国Grove Software公司开发的专业级辐射屏蔽计算、剂量率评估与核素分析软件MicroShield@ 8进行计算，该软件广泛应用于屏蔽体设计与屏蔽外参考点剂量率计算（点核积分法）等方面，IAEA在其技术文件、安全报告中，将MicroShield作为屏蔽计算和剂量评估的典型示例或推荐工具之一。该软件内置有点源、线源、圆面源等16种源项模型，并自带一个含铅、铁、混凝土等12种屏蔽材料的材料库以及多个放射性核素数据库（Grove和ICRP-38），通过内嵌的RadDecay（衰变）可用于单一核素、核素混合物以及涉及衰变子体的动态剂量计算。在放射性物质操作过程中，由于辐射源尺寸相对操作距离较小，本次选择点源模型进行计算。

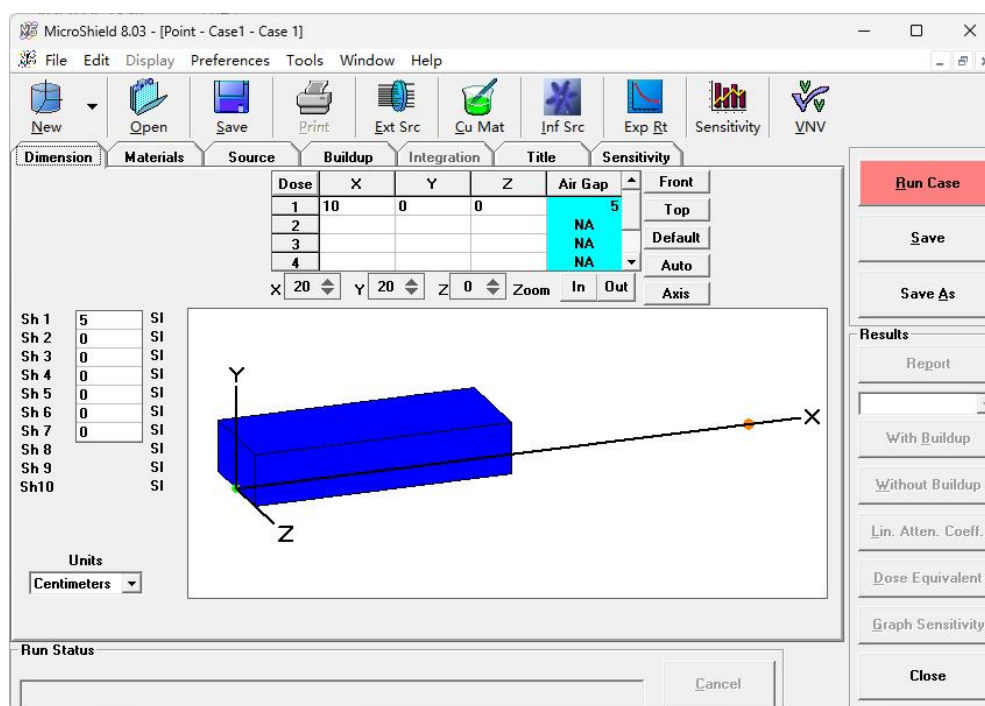


图 5.2-1 MicroShield@ 8 计算界面

② 韧致射线贯穿辐射剂量率计算公式

韧致辐射在空气中的吸收剂量率计算公式如下：

$$H_0 = 0.873 * 1.71 * AZ \left(\frac{E}{r} \right)^2 \dots \dots \dots \text{式5.2-1}$$

$$H_r = H_0 \cdot 0.1^{d/TVL} \dots \dots \dots \text{式5.2-2}$$

式中：

H_0 —屏蔽前轫致辐射在 rm 处的剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A —源活度，Ci；

Z —吸收 β 射线的屏蔽材料的原子序数；

E — β 粒子最大能量，MeV；

r —计算点与辐射源之间的距离，m；

H_r —屏蔽后 rm 处的剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

d —屏蔽材料厚度，mm；

TVL —轫致辐射屏蔽材料的什值层厚度（mm）。

根据计算，除 h1-2 (^{47}Sc) 生产线、a2-1 (^{68}Ga) 生产线、b1-3 (^{124}I) 生产线、b1-4 ($^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$) 生产线、b2-4 (^{133}La 、 ^{135}La) 生产线、c2-2 (^{68}Ga) 生产线、z1/z2 (^{68}Ga) 生产线轫致辐射剂量率贡献相对 γ 辐射剂量率较大外，其余生产线及研发制剂线质检区轫致辐射剂量率贡献均较小。

(2) 年受照剂量计算

$$E = \sum_i W_T \cdot D_i \cdot t_i \dots \dots \dots \text{式 5.2-3}$$

式中：

W_T —组织权重因子；

D_i —第 i 种放射性核素屏蔽体外的当量剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t_i —第 i 种放射性核素的年操作时间，h。

(3) 气溶胶所致内照射剂量估算模式

$$E_\alpha = W_T \sum_i e_i \cdot R \cdot C_i \cdot t \dots \dots \dots \text{式 5.2-4}$$

式中：

E_α —吸入放射性核素所致有效剂量，Sv/a；

W_T —组织权重因子；

e_i —对应第 i 种放射性核素的吸入剂量转换因子；

R —空气呼吸率， m^3/h ；

C_i —第 i 种放射性核素的活度浓度， Bq/m^3 ；

t —年工作时间，h。

(4) 气溶胶所致浸没外照射剂量估算模式

$$E_{\beta}=W_T \sum_i D_{im} C_i t \dots \dots \dots \text{式 5.2-5}$$

式中：

C_i —核素 i 的空气活度浓度， Bq/m^3 ；

W_T —组织权重因子；

D_{im} —烟云浸没外照射剂量转换因子， $\text{Sv} \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^3$ ；

t —年工作时间，s。

5.2.2.2 贯穿外照射所致职业照射剂量分析

根据计算，各生产线、研发制剂线和质检区屏蔽体外操作位和非操作位辐射剂量率分别满足 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 和 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ 控制剂量率要求，辐射工作人员最大受照剂量为 $1.74\text{mSv}/\text{a}$ 。

5.2.2.3 气溶胶所致职业人员照射剂量分析

经计算，各生产线、研发制剂线和质检区辐射工作人员吸入内照射和浸没外照射所致年有效剂量最大约 $3.59 \times 10^{-1} \text{mSv}/\text{a}$ 。

5.2.2.4 职业人员受照剂量综合分析

经叠加剂量后，本项目职业人员最大受照剂量为 $2.12\text{mSv}/\text{a}$ ，满足本项目 $5\text{mSv}/\text{a}$ 剂量约束限值要求。

5.2.3 项目运行期对公众辐射环境影响

针对公众的受照剂量分析，主要包括外照射和内照射剂量两个部分。根据对本项目辐射污染源项及相应的照射途径分析，本项目运行期对公众辐射环境影响主要来自：放射性气载流出物和贯穿外照射影响。

5.2.3.1 贯穿外照射所致公众照射剂量分析

根据项目辐射污染源项及相应的照射途径分析，结合厂区布局及外环境关系可知，项目主体工程仅有一栋阵列工厂大楼，项目正常营运期间，通过严格的门禁管理禁止无关人员进入，厂房内部工作人员均为职业人员，不考虑公众受照剂量。

由于辐射剂量率与距离的平方成反比，本次环评在计算周围公众受照剂量时，综合考虑选取厂房各侧最近的、辐射源强较大且操作时间较长的辐射区域作为计算源强，选取厂房各侧公众可能居留位置。

经计算，本项目对公众外照射剂量最大为 $8.62 \times 10^{-3} \text{mSv}/\text{a}$ ，满足 $0.1\text{mSv}/\text{a}$ 剂量

约束限值。

5.2.3.2 放射性气载流出物所致公众照射剂量分析

放射性气载流出物所致公众照射剂量见下表。

表 5.2-4 距排气筒不同距离处公众受照剂量统计表 (mSv/a)

距离 (m)	地表沉积外照射	烟云浸没外照射	吸入内照射	合计
15 (四川玖源源粒子科技有限公司)	7.54E-14	6.97E-02	1.45E-02	8.42E-02
20 (门卫)	7.54E-14	6.97E-02	1.45E-02	8.42E-02
103	7.54E-14	6.97E-02	1.45E-02	8.42E-02
112 (绵阳华丰科技股份有限公司)	6.05E-14	5.61E-02	1.16E-02	6.77E-02
141 (绵阳艾萨斯电子材料有限公司)	4.73E-14	4.39E-02	9.11E-03	5.30E-02
150 (绵阳宏发一海机电制造有限公司)	4.45E-14	4.11E-02	8.53E-03	4.97E-02
168 (绵阳海立电气有限公司)	3.93E-14	3.65E-02	7.62E-03	4.41E-02
237 (绵阳市金华洋电器制造有限公司)	2.72E-14	2.52E-02	5.27E-03	3.05E-02
275 (四川长虹电器股份有限公司)	2.32E-14	2.15E-02	4.49E-03	2.60E-02
290 (四川长虹电源股份有限公司)	2.20E-14	2.04E-02	4.69E-03	2.51E-02
303 (长虹橡树槽小区)	2.77E-14	2.47E-02	1.32E-02	3.79E-02
306 (四川长虹空调有限公司)	2.75E-14	2.44E-02	1.30E-02	3.74E-02
343 (四川卓越言论科技有限责任公司)	2.43E-14	2.16E-02	1.15E-02	3.31E-02
350 (四川中科经永投资发展集团有限公司)	2.38E-14	2.11E-02	1.12E-02	3.24E-02
380 (三元社区居民点)	2.19E-14	1.94E-02	1.07E-02	3.01E-02
420 (长虹锦绣华庭小区)	1.98E-14	1.76E-02	9.67E-03	2.73E-02
422 (四川金达诺科技有限公司)	1.94E-14	1.73E-02	9.18E-03	2.64E-02
458 (塘汛501 小区)	1.77E-14	1.58E-02	8.41E-03	2.42E-02
502 (经开区塘汛街道长虹pdp 工业园等企业等环境保护目标)	1.60E-14	1.43E-02	7.62E-03	2.19E-02
525 (经开区塘汛街道长虹经开区宿舍等环境保护目标)	1.53E-14	1.36E-02	7.25E-03	2.09E-02
534 (经开区塘汛街道邦泰臻境小区等环境保护目标)	1.50E-14	1.34E-02	7.11E-03	2.05E-02
580 (经开区塘汛街道塘汛公租房等环境保护目标)	1.38E-14	1.23E-02	6.75E-03	1.91E-02
740 (经开区塘汛街道中缝重工等环	1.06E-14	9.42E-03	5.18E-03	1.46E-02

距离 (m)	地表沉积外照射	烟云浸没外照射	吸入内照射	合计
境保护目标)				
808 (经开区塘汛街道大盛禽畜的等环境保护目标)	9.58E-15	8.53E-03	4.55E-03	1.31E-02
880 (经开区塘汛街道经开区电子制造产业园等环境保护目标)	8.75E-15	7.78E-03	4.14E-03	1.19E-02
1350 (经开区塘汛街道塘汛小学等环境保护目标)	5.52E-15	4.92E-03	2.62E-03	7.54E-03
2170 (涪城区石塘街道范家村第七组等环境保护目标)	3.35E-15	2.98E-03	1.58E-03	4.56E-03
2220 (涪城区吴家镇四川龙华光电薄膜股份有限公司等环境保护目标)	3.27E-15	2.91E-03	1.55E-03	4.46E-03
2300 (涪城区杨家镇绵阳市公共卫生医疗中心等环境保护目标)	3.14E-15	2.80E-03	1.49E-03	4.29E-03
2370 (游山区小枧镇大发朗诗江屿湾小区等环境保护目标)	3.05E-15	2.72E-03	1.45E-03	4.16E-03
3000	2.39E-15	2.12E-03	1.13E-03	3.25E-03

根据上表统计结果,本项目关键人群组为0~103m范围内的公众,其关键照射途径为烟云浸没外照射(占比84%),关键核素为氩-41(主要来源于花瓣加速器和BNCT),所致公众最大受照射剂量为 $8.42 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$,同时叠加四川玖谊源粒子科技有限公司回旋加速器生产及同位素应用研发基地和中高能医用回旋加速器生产研发及应用中心气载流出物贡献($6.38 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$ 、 $2.69 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$),最终评价范围公众最大受照射剂量为 $8.69 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$,满足 0.1mSv/a 剂量约束值。

5.2.4 放射性废水环境影响分析

射线装置区冷却废水经特排管道排入冷却水检修收集池内贮存衰变,经检测达标(低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的单次排放限值 1ALImin)后,经厂房东侧格栅沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理,处理达标后经木龙河排入涪江,对地表水影响较小。

生产线的放射性废液盛装在收集瓶(外套10mm铅罐屏蔽)置于热室工作箱/手套箱内暂存衰变,待衰变一定时间且收集至一定量后,通过小推车转移至放射性废物暂存间内分区暂存衰变,收集达一定量后,委托有资质单位处置。研发制剂线和放射性质检区的放射性废液盛装在收集瓶(外套10mm铅罐屏蔽)置于热室工作箱/手套箱内暂存衰变,待衰变一定时间且收集至一定量后,通过小推车转移至放射性废物暂

存间内分区暂存衰变，所含核素半衰期小于 24h 的废液暂存超过 30 天并经监测达到清洁解控水平后，所含核素半衰期大于 24h 的废液暂存超过 10 个半衰期并经检测达标后，废液随同收集瓶作为危险废物处置。所含核素半衰期大于 100d 的废液，收集达一定量后，委托有资质单位处置。

工作人员应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水所含核素活度均较低，对于工作人员应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水：所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废水排至短半衰期衰变池；所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废水排至长半衰期衰变池；废水经检测达标（总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ ）后，经厂房东侧沉砂格栅池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后经木龙河排入涪江，对地表水影响较小。

5.2.5 放射性固体废物环境影响分析

射线装置区活化部件及耗材由铅废物桶收集后暂存于加速器机房内，交有相应资质的单位处理。

生产线放射性固废、废过滤器滤芯（h1-1、a1-1 生产线，衰变池房间、四个放射性废物暂存间）：用放射性固废收集桶收集后转入放射性废物暂存间贮存衰变，收集达一定量后，委托有资质单位处置。

其他废过滤器滤芯、研发制剂线放射性质检区放射性固废、铅罐清洁擦拭物、去污废弃材料和污染衣物：用放射性固废收集桶收集后转入放射性废物暂存间贮存衰变，根据废物所含核素种类，分为 A 类废物（半衰期小于 24h）、B 类废物（半衰期大于 24h 小于 100d）、C 类废物（半衰期大于 100d），A 类废物暂存超过 30 天并经监测达到清洁解控水平后，B 类废物暂存超过 10 个半衰期并经监测达到清洁解控水平后，作为一般工业固体废物或危险废物处置，C 类废物收集达一定量后，委托有资质单位处置。灭活培养基、注射器、废过滤器滤芯达到清洁解控水平后作为危险废物处置。采取以上措施后，放射性固体废物对环境的影响较小。

5.3 运行阶段非放射性环境影响

5.3.1 大气环境影响

本项目非放射性废气主要为射线装置运行时产生的臭氧和氮氧化物，本项目使用的盐酸、硫酸和硝酸等酸性试剂挥发产生酸雾，以及乙醇、甲醇、乙腈、异丙醇和

丙酮等产生的挥发性有机物。

由于在使用过程中很少进行开放液面使用，主要采取移液器或注射器进行液体转移或操作，同时根据建设单位提供的资料，酸性试剂、乙醇、甲醇、乙腈、异丙醇和丙酮等试剂单次用量和年用量均较少，酸雾和挥发性有机物产生量较少。臭氧和氮氧化物产生量较少，且易分解。项目射线装置区、生产线、研发制剂线质检区等区域均设置有独立的排风系统，酸雾、挥发性有机物和臭氧等非放射性废气经排风管道引至楼顶，经高效过滤器/活性炭过滤器过滤后排放，排放量较小，对大气环境影响很小。

5.3.2 废水环境影响

本项目属水污染影响型建设项目，废水排放方式为间接排放；废水排放量小，水质简单。因此，本项目地表水环境影响评价等级为三级 B，可不进行地表水环境影响预测，仅对项目废水纳管可行性进行分析。

本项目放射性生产废水包括冷却废水、应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水，经暂存衰变且检测达标后，与生活污水、非放射性生产废水（洗衣废水、洁具清洁废水、非放材料清洗废水和纯水制备废水）一起经厂房东侧格栅沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后经木龙河排入涪江。

本项目位于绵阳经济技术开发区产业发展园区，项目废水处理依托塘汛污水处理厂进行处理，处理工艺、处理水量、水质依托可行，因此，本项目塘汛进入园区污水处理厂，不会造成冲击，可以依托园区污水处理厂处理本项目废水。本项目废水经塘汛污水处理厂处理，不直接排入周围地表水体，因此项目建设对地表水环境影响较小。

5.3.3 固体废物环境影响

本项目运营期产生的生活垃圾由各产生点袋装收集后转入厂区设置的垃圾收集桶，再由环卫部门统一处理与处置；包装废材、非放射性沾染的一次性口罩、手套、鞋套、擦拭物等实行最大程度的资源化分类处置，对可回收的固体废物交由废品收购站处置，对不可回收的固体废物集中收集后由环卫部门统一处理与处置。

有机废液、废酸、废碱和废试剂瓶等，以及含有以上物质的解控后放射性废液（在放射性废物暂存间暂存衰变的），非放射性或清洁解控后的灭活培养基、注射器，清洁解控后的排风管道废过滤器滤芯废活性炭，均属于《国家危险废物名录》（2025

年版)中 HW49 其他废物;非放射性靶件电镀、酸洗废水属于《国家危险废物名录》(2025 年版)中 HW17 表面处理废物。危险废物收集后暂存于危废品库内,定期交由有资质单位进行处置。

综上,本项目产生的非放射性固体废物量小,采取以上措施妥善分类处理后,对环境的影响较小。

5.3.4 噪声环境影响

本项目运营期主要噪声源于空调机组(位于空调机房)和通排风机(位于厂房屋面)等。空调机组、通排风机噪声源强一般不超过 80dB(A)。项目拟采用低噪声设备,同时拟采取管道消声(空调系统设置消声器或消声静压箱)、减振安装、增加软管接头和利用建筑物隔声等降噪措施,降噪效果能达到 15~20dB(A),经降噪措施后噪声源强不超过 65dB(A)。且本项目生产集中在昼间,夜间不生产,再通过距离进一步衰减后,项目厂界噪声值能满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)相关标准限值。本项目声环境评价范围(200m)均为其他工业企业、道路和空地,项目周边无声环境保护目标,因此,项目对周边声环境影响较小。

5.4 事故影响分析

5.4.1 事故分级判断依据

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 449 号),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(I级)、重大辐射事故(II级)、较大辐射事故(III级)和一般辐射事故(IV级)等四级,详见表 5.4-1。

表 5.4-1 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故(I级)	放射性同位素或射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡。
重大辐射事故(II级)	放射性同位素或射线装置失控导致 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(III级)	放射性同位素或射线装置失控导致 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(IV级)	放射性同位素或射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)急性放射病发生参

考剂量见表 5.4-2。

表 5.4-2 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50Gy~100Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

5.4.2 辐射事故影响分析

5.4.2.1 射线装置工作场所辐射事故影响分析

(1) 事故类型

根据污染源项分析，本项目射线装置可能潜在的辐射事故类型包括：

①安全装置或设备控制系统出现故障，人员非法闯入正在运行的机房，操作人员开启高压导致人员误照射。

②运行操作人员未按操作规程对各机房进行清场巡检，导致人员滞留机房内，操作人员开启高压导致人员误照射。

③机房通风联锁失效或排风系统失效，人员误入机房，受到剩余辐射误照射。

④射线装置靶站冷却系统失效或火灾事故，导致靶站破裂或传输管道破裂，造成液态或气态放射性物质泄漏。

⑤辐照后的固态靶件在传输过程中因传输管道堵塞导致卡靶或停靶。

(2) 非法闯入或人员滞留事故后果影响分析

经计算，在事故状态下人员最大受照剂量均超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业 20mSv 的剂量限值，构成一般辐射事故；同时，BNCT 可能导致人员受照剂量超过 3Gy，可能引发人员重度骨髓型急性放射病发生，

构成较大辐射事故，若事故持续发生，可能导致人员受照剂量超过 100Gy，可能引发人员脑死亡，构成重大辐射事故。

(3) 停机后人员误入机房事故后果影响分析

经计算，职业人员最大受照射剂量为 $7.21 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员20mSv的剂量限值，不构成辐射事故，属于辐射事件。

(3) 排风失效事故后果影响分析

经计算，职业人员最大受照射剂量为0.18mSv，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员20mSv的剂量限值，不构成辐射事故，属于辐射事件。

(4) 液态/气态放射性物质泄漏事故后果影响分析

本项目涉及生产的液态放射性物质为氟-18，若发生泄漏，经计算，事故持续发生5min左右将导致工作人员受照剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业20mSv的剂量限值，构成一般辐射事故。

本项目涉及生产的气态放射性物质为碘-123，若发生泄漏，经计算，超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业20mSv的剂量限值，构成一般辐射事故。

(5) 卡靶或停靶事故后果影响分析

当发生卡靶或停靶时，辐照后的放射性固体靶将可能长时间滞留于跑兔系统管道中，由于靶件通过靶站墙体内置管道直接传送至热室工作箱中，不存在裸露状态，停留期间有混凝土墙体或热室工作箱屏蔽，因此对周围辐射环境影响较小，属于辐射事件。若工作人员违规操作进行跑兔系统管道拆卸，可能导致放射性物质泄漏，造成工作人员受照剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业20mSv的剂量限值，构成一般辐射事故。

5.4.2.2 非密封放射性物质工作场所辐射事故影响分析

(1) 事故类型

根据污染源分析本项目可能存在的潜在辐射事故类型包括：

①工作人员误操作、转运、火灾或因管理不善而丢失被盗，导致放射性物质（原料、产品和废物）撒漏；

②工作箱负压不足、破损泄漏或排风系统失电，导致放射性气溶胶不能有效排出

热室工作箱使其逸散到操作区；

③过滤装置因饱和、失压或受潮引发过滤失效，导致过量放射性气溶胶逸散到环境空中。

(2) 热室工作箱泄漏或排风系统失电事故状态下的影响分析

①事故情景假设

A、断电致使通排风系统全部停止运转，热室内气载流出物均匀分布在箱体内，通过箱体缝隙逸散至操作区。根据项目供电设计，在外部突然断电的情况下，项目排风系统可在 5min 内自动启动备用电源进行排风系统供电，评价假设通排风系统失电持续时间为 5min。

B、当工作箱泄漏时，人员操作位的放射性核素浓度与工作箱内浓度相同（即气溶胶在操作间内均匀分布）；

C、本项目选择影响较大的 h1-1 生产线涉及的核素作为代表进行评价。

D、经前述“5.2.3.2 放射性气载流出物所致公众照射剂量分析”章节预测结果，事故状态下的关键照射途径为吸入内照射。

②事故后果影响分析

经计算在工作箱泄漏或通风失效的状态下，职业人员单次受照剂量为 327mSv，造成工作人员受照剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中职业 20mSv 的剂量限值，构成一般辐射事故。

(3) 过滤器失效态下的影响分析

①事故情景假设

A、假设过滤装置完全失效，h1-1 挥发的的气态流出物全部释放到环境空气中，释放周期按 24h 计；

B、经前述“5.2.3.2 放射性气载流出物所致公众照射剂量分析”章节预测结果，事故状态下的关键照射途径为吸入内照射。

②事故后果影响分析

经计算，过滤器失效状态下，h1-1 生产线气载性流出物所致公众吸入内照射最大受照剂量为 0.20mSv，小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中公众 1mSv 的剂量限值，不构成辐射事故，属于辐射事件。

(4) 放射性物质撒漏事故状态下影响分析

对于使用热室工作箱的各类生产线和研发制剂线，生产过程中基本为自动化操

作，工作人员近距离接触的时间很少，加上放射性溶液通常处于负压容器或专用屏蔽容器中，工作人员工作中身穿专用洁净服，放射性溶液洒漏不会直接沾染工作人员手部皮肤，只局限在热室工作箱内，因此直接洒漏沾染工作人员手部或身体皮肤的可能性很小，对人体的影响不大。放射性溶液洒漏主要考虑放射性质控实验操作和放射性物质转运。

①放射性同位素原料跌落情况下的影响分析

对于放射性同位素原料转运过程中的跌落存在两种情景，一种是溶液罐出现破损，在地面溅射形成半径 0.5m 的面源，另外一种为溶液罐未破损，在地面形成点源，假设，人体受照等效高度为 1.2m。不同时间段人员受照剂量，经 MicroShield 计算结果如下。本次评价选择的代表性核素包括：氟-18、钷-44、锰-52、铜-61、镓-68、锆-89、碘-124，活度取单瓶的最大规格。

经计算，放射性溶液跌落，破损情景下 1h 内公众最大受照剂量为 2.49mSv，非破损情境下 1h 内公众最大受照剂量为 3.46mSv，均超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）公众 1mSv 的剂量限值，构成一般辐射事故。

②放射性质控实验操作时放射性溶液洒漏

A、事故情景假设

在质检区通风橱、生物安全柜等半开敞式环境下进行质检操作，操作不慎有可能发生放射性溶液洒漏。

a、假设发生事故时溅洒活度为单次实验最大操作量，选择操作活度最大的核素镭-177；

b、假设溅洒溶液在手部均匀分布；

c、假设事故处理时间持续 1min。

B、事故后果影响分析

经计算，工作人员质检操作时洒漏所致皮肤受照剂量为 1.76Sv，超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量 500mSv 的限值，构成一般辐射事故。

③放射性废液转运时洒漏

使用屏蔽容器收集的放射性废液在转运过程中，操作不慎有可能会洒漏。

A、事故情景假设

本项目生产线研发制剂线和质检区的放射性废液均采用专用容器收集后，通过

小推车人工转入负一层放射性废物暂存间内暂存。转运路径限制在厂房内部辐射工作区域内。放射性废液转运时若误操作，导致放射性溶液洒漏，会对工作人员造成辐射影响。本次主要对放射性废液产生频次、产生量和活度相对较大的 h2-1 生产线含核素钼-99 放射性废液转运时的情景进行估算（放射性废液在转运前，已在热室工作箱/手套箱内暂存一定时间，因此不考虑半衰期较短的核素）。

- a、假设发生事故时溅洒活度为单次转运的最大操作活度；
- b、假设溅洒溶液在手部均匀分布；
- c、假设事故处理时间持续 1min。

B、事故后果影响分析

经计算，工作人员放射性废液转运时洒漏所致皮肤受照剂量为 1.42Sv，超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量 500mSv 的限值，构成一般辐射事故。

5.4.2.3 辐射事故风险防范措施

针对项目建设内容和事故风险源项，本项目拟采取的辐射事故防范措施主要包括辐射安全管理和辐射防护设施、措施两方面。

（1）辐射安全管理

①建设单位承诺成立辐射安全与环境保护管理机构，负责全公司的辐射安全管理工作。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规要求，针对项目特点制定辐射安全防护规章制度，按照制度严格做好落实，并定期检查各种制度的贯彻落实情况。

②制定放射性同位素操作规程，对上岗人员进行公司内部操作培训，采用冷实验的方式进行操作模拟，熟悉操作流程后再进行放射性同位素操作，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置，确保辐射工作人员按操作规程执行，并做好个人防护。

③根据项目可能发生的辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等情况，制定辐射事故应急预案和事故应急响应程序，并将辐射事故应急预案和应急响应程序悬挂于辐射工作场所醒目位置。

④定期对各工作箱和放射性气体排风过滤装置的安全防护效果和过滤效果等进行检查、检测及维护保养，对发现的隐患或问题立即整改，避免发生辐射事故。

⑤根据项目需要组织辐射工作人员参加辐射安全与防护知识学习，对于新增辐

射工作人员应在其上岗前组织参加辐射安全与防护知识培训考核，确保辐射人员全部持证上岗。

⑥加强辐射工作场所控制区和监督区管理，通过“两区”划分和在控制区和监督区进出口附近设置电离辐射警告标志等措施，限制公众在监督区滞留。

(2) 辐射防护设施、措施

针对本项目可能发生的各种辐射事故，建设单位拟采取以下防范措施：

①做好射线装置及机房相关屏蔽体、安全联锁装置、辐射监测设备及通排风系统的建设和运行维护，确保相关设施设备正常运行。非密封放射性物质工作场所拟采用合适的负压吸液器械吸取液体，采用不易破裂的材料制成的容器储存放射性溶液。各生产线研发制剂线使用的屏蔽生产工作箱为不锈钢工作台面，质检过程中在屏蔽箱体内部或操作台面设置搪瓷盘和吸水垫纸，以防溶液洒漏；采购符合国家相关质量安全和辐射防护要求的屏蔽箱设备，定期对防护屏蔽箱的气密性、安全性等进行维保检查，发现问题及时进行维修，当发现工作箱显示负压不足时，应立即对放射性同位素进行封罐，停止操作活动。拟配备移动式气溶胶监测设备，定期开展自行巡测，并定期委托有资质的监测单位进行场所气溶胶监测。

②做好供电保障和备用电源配置，定期检查、维护供配电设施设备，保证供配电设施的正常运行。

③气载流出物过滤装置设置压差表，实时监测过滤装置前后管道压力，合理设置并定期检查通排风和过滤净化系统，确保其正常运行，效率达不到使用要求时，及时对过滤器滤芯/活性炭进行更换。在气载流出物排放口设置人工取样口，定期取样监测，发现异常及时处理，保证净化系统运行正常。

④放射性原料、产品、废物暂存场所禁止存放易燃、易爆、易腐蚀物品。定期对放射性原料、产品、废物进行清查，作为账物对应；定期对放射性原料、产品、废物暂存场所安全保卫设施进行巡检维护，确保其正常运行；各类放射性原料、产品、废物暂存场所应作为厂区安防重点区域，需加强人员巡视和保卫。

综上，建设单位在严格落实以上各项事故防范措施的前提下，可减少或避免辐射事故的发生，从而保证项目的正常运营，保障工作人员和公众的健康与安全。

5.4.2.4 辐射事故应急措施

建设单位拟依据可能发生的辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围制定辐射事故应急预案和事故应急响应程序，一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案。

拟采取的应急处理措施主要如下：

(1) 一旦发现发生人员误入射线装置机房情况，现场人员应立即就近按下急停开关，使射线装置断电停止出束。对误入人员进行询问调查，必要时送医就诊。

(2) 当发生过滤装置失效、通风系统失效时，停止对应房间放射性同位素生产或操作，立即组织人员对排风系统进行检修。

(2) 工作箱泄漏时，立即组织操作人员进行撤离，待房间排风换气一段时间后，进行气溶胶采样，确定房间气溶胶降低至本底水后组织技术人员对工作箱进行检修。

(3) 由于操作不慎，有少量的液态药物溅洒。发生这种事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边缘向中心擦抹，直到擦干污染区。最后用表面沾污仪测量污染区，如果 α 表面污染大于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 α 表面污染小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。处理过程中产生的沾污物品应采用专用塑料袋和屏蔽铅桶收集，按放射性固体废物处理。

(3) 因不慎造成放射性核素大面积污染了地面或台面时，应先用吸水纸将其吸干，以防扩散，并立即标记污染范围，注明放射性核素名称、日期。根据污染程度及时报告上级领导和有关部门。

(4) 人体溅污放射性核素时，应先用吸水纸吸干体表，避免污染面积扩大，脱下被污染的衣物、鞋帽和手套等，将其放入专用塑料袋和屏蔽铅桶内。之后根据不同核素分别去污。去污前，严禁用手触摸口鼻、眼睛等黏膜部位，禁止吸烟、饮水、进食，防止污染核素通过黏膜或消化道进入体内。去污时避免用力搓洗、刮擦皮肤，防止皮肤破损，使用专用污染表面清洁剂，与放射性核素形成稳定络合物，促进其从皮肤表面脱离， α 表面污染需小于 $0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染需小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。处理过程中产生的沾污物品应采用专用塑料袋和屏蔽铅桶收集，按放射性固体废物处理。之后可根据情况使用流动水冲洗污染部位。

(5) 若发生放射性原料/产品丢失、被盗，应立即启动辐射事故应急预案；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性同位素，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；对丢失前存放场所进行监测，根据现场辐射剂量率的大

小确定是否受污染。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

(6) 放射性废物处置或管理不当造成污染时，立即划定警戒区，并设置放射性污染标识，限制无关人员靠近，由专业人员处理，经监测满足解控要求后再解除警戒。

5.4.3 其他环境风险分析

5.4.3.1 风险调查

本项目使用硫酸、磷酸、乙醇、硝酸、盐酸、异丙醇、甲醇、乙腈、丙酮、乙酸（醋酸）、氨水、正己烷、氢氟酸、二氯甲烷、硝酸铵、硫酸镍、三氧化二砷、砷、二氧化硫、柴油。根据企业提供的资料和《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 B，本项目危险物质使用和储存情况见下表。

表 5.4-3 项目主要危险物质情况

名称	CAS 号	形态	包装方式	设计最大储量(t)	临界量 Q _n (t)	储存场所
硫酸	7664-93-9	液态	箱装（玻璃瓶）	0.05124	10	易制毒库
磷酸	7664-38-2	液态	箱装（玻璃瓶）	0.03553	10	危化品库
乙醇	64-17-5	液态	箱装（玻璃瓶）	0.158	500	危化品库
硝酸	7697-37-2	液态	箱装（玻璃瓶）	0.075	7.5	易制爆库
盐酸	7647-01-0	液态	箱装（玻璃瓶）	0.1032	7.5	易制毒库
异丙醇	67-63-0	液态	箱装（玻璃瓶）	0.158	10	危化品库
甲醇	67-56-1	液态	箱装（玻璃瓶）	0.158	10	危化品库
乙腈	75-05-8	液态	箱装（玻璃瓶）	0.158	10	危化品库
丙酮	67-64-1	液态	箱装（玻璃瓶）	0.0152	10	易制毒库
乙酸（醋酸）	64-19-7	液态	箱装（玻璃瓶）	0.00819	10	危化品库
氨水(浓度≥20%)	1336-21-6	液态	箱装（玻璃瓶）	0.01274	10	危化品库
正己烷	110-54-3	液态	箱装（玻璃瓶）	0.132	10	危化品库
氢氟酸	7664-39-3	液态	箱装（玻璃瓶）	0.00756	1	危化品库
二氯甲烷	75-09-2	液态	箱装（玻璃瓶）	0.266	10	危化品库
硝酸铵	6484-52-2	固态	箱装（玻璃瓶）	0.000625	50	危化品库
硫酸镍	7786-81-4	固态	箱装（玻璃瓶）	0.002	0.25	危化品库
三氧化二砷	1327-53-3	固态	箱装（玻璃瓶）	0.000025	0.25	剧毒品库
砷	7440-38-2	固态	箱装（玻璃瓶）	0.00025	0.25	危化品库
二氧化硫	7446-09-5	液态 气态	钢质气瓶	0.2288	2.5	气瓶间

名称	CAS 号	形态	包装方式	设计最大储量(t)	临界量 $Q_n(t)$	储存场所
柴油	/	液态	金属桶	0.9	2500	储油间

5.4.3.2 环境风险潜势初判

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 C 和表 5.4-3，本项目厂界内的危险物质数量与临界量的比值 $Q=q_1/Q_1+q_2/Q_2+\dots+q_n/Q_n=0.23$ ， $Q<1$ ，风险潜势为 I，本项目环境风险仅进行简单分析。

5.4.3.3 环境风险识别

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），环境风险类型包括危险物质泄漏，以及火灾、爆炸等引发的伴生/次生污染物排放。

（1）泄漏

危险物质在贮存、转移或使用过程中，因操作失误或坠落导致包装破损而倾倒地于地面，若得不到及时收集，则二氧化硫、甲醇、乙醇和氨水等易挥发物质挥发至周边环境空气中，影响周围环境空气，处置不当进入外环境可能引起周边地表水、地下水及土壤环境污染。

（2）火灾、爆炸等引发的伴生/次生污染物排放

甲醇、乙醇、乙腈、异丙醇、柴油等可燃物质在贮存或使用过程中若操作不当，遇到火源可能引发燃烧、爆炸事故，二次污染物排入周边大气环境，对周围环境造成污染。灭火过程产生的消防废水处置不当，经雨水管网进入地表水体，可能对水环境及土壤产生影响。

5.4.3.4 环境风险分析

（1）泄漏环境风险分析

本项目危险物质在原包装内密封储存（箱装玻璃瓶、钢质气瓶或金属桶），正常情况下不会产生泄漏。在贮存、转移或使用过程中，可能因操作失误或坠落导致包装破损而导致危险物质泄漏。由于本项目原料包装规格较小，泄漏量较少，可用抹布 10min 内完成擦拭处理。本项目阵列厂房生产线研发制剂线质检区、易制爆库、易制毒库、危化品库、剧毒品库、非放物料库、危废品库、放射性废物暂存间、储油间等地面已进行防腐蚀、防渗漏设计，对防渗破裂处及时修复，本项目阵列厂房设计有排风系统和过滤装置，前述泄漏事故污染可控。泄漏后产生的少量废气（主要污染物为二氧化硫、甲醇、乙醇和氨水等）挥发至周边环境空气，很快在大气中扩散、稀释，

不会对周围大气环境造成明显不利影响。

(2) 火灾

本项目所用甲醇、乙醇、乙腈、异丙醇、柴油等属于可燃物质。若操作不当引起泄漏遇火源可能会引发火灾爆炸。火灾爆炸燃烧产物中一氧化碳、二氧化碳和烟雾可能会对园区周边及下风向环境空气在短时间内产生一定影响，但不存在长期影响。本项目厂区设有消防给水和灭火系统，本项目工作场所内设有灭火器、消防栓等，一旦发生此类事故，建设单位应立即启动事故应急预案，及时安排救援和疏散厂区职工及附近人员，并迅速采取灭火堵漏措施。

发生火灾事故时需要用水消防灭火，会产生次生消防废水，灭火产生的消防废水可能会由于沾染物料含有少量甲醇、乙醇、乙腈、异丙醇、柴油等，若消防废水排至雨水管网，可能会造成地表水体的污染。为避免消防废水污染水环境，建设单位应第一时间围堵园区雨水排口，使消防废水截留在园区内，在确保消防要求的情况下尽量避免事故水排出厂外。

如出于消防要求或采取措施控制不力，消防废水可能经雨水管网排入地表水体，可能会造成地表水体局部污染，但由于本项目物料存储量很小，造成的污染范围很小，短期可恢复。

5.4.3.5 环境风险防范措施及应急要求

(1) 危险化学品贮运防范措施

①危化品储存的房间内各种原辅料分区贮存，分类存放。各类危险品不与禁忌物料混合贮存，制定严格管理制度，非操作人员不得随意进入。

②贮存的药剂有明显标志，入库时严格检验物品数量、质量、包装等情况，入库后定期检查。物料贮存、运输、使用制定安全条例，严禁靠近明火。建立定期汇总登记制度，记录使用情况。

③定期检查物料容器的密封性能及强度，及时淘汰出现安全隐患、超期服务的容器。对操作人员进行试剂使用过程中的规范化培训，避免使用时泄漏。

④每天对设备进行检查，防止因为设备故障而引起火灾。对员工进行上岗培训，使其了解作业中应该注意的具体事项，不允许吸烟。

⑤加强火源管理，严禁烟火带入。配备完善的安全消防措施，包括消防栓、灭火器等。

⑥定期进行安全环保宣传教育及紧急事故模拟演习，提高事故应变能力。

⑦雨水排放口设置截止阀，非降水天气保持关闭状态，并配备应急物资。

(2) 危险废物风险防范措施

①定期检查危险废物的包装桶，发现破损及时处理；存放上述包装桶的区域设置托盘，防止物料遗撒流入户外雨水管道造成水体污染；

②危险废物分类收集，采用专桶储存；在危废暂存场所应设立警示标牌，收集桶按照相关规范要求采用规定颜色、规格的容器；及时、妥善清运危废，尽量减少危险废物临时贮存量。

③危险废物均贮存于容器内进行转运，以保证危险废物从生产工艺环节运输到暂存场所的过程中不会散落和泄漏。一旦泄漏，迅速将其转移至其他桶内，泄漏的环境风险物质及污染的土壤作为危险废物委托有资质单位进行处理。

④危险废物厂内运输设置固定路线；运输过程采取密闭运输方式，严防震动、撞击、摩擦和倾倒。

(3) 泄漏环境事故

迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，禁止无关人员进入污染区，并进行隔离，严格限制出入。现场人员做好个人防护，迅速将试剂瓶、包装桶倾斜，使破损处朝上，防止继续泄漏，然后将其转移至空桶内，对已经泄漏的，用消防沙或其他不燃材料进行吸收，将吸收材料收集至应急桶内。最终应急废物委托有资质单位处理。

(4) 火灾环境事故

射线装置区、生产线、研发制剂线、质检区、物料库房均设置火灾自动报警系统。储源室、放射性成品库及放射性废物暂存间内禁止储存易燃、易爆、腐蚀性等其他一切与项目无关的物品，并在场所内人员易于接触的地方配备干粉灭火器。

发现起火，应立即报警，停止相关工作，启动相应事故级别应急预案，及时对周围人员进行疏散，同时利用室内消防设施进行扑救，并及时与消防、环保等部门取得联系，多方配合尽量将事故损失降到最低。发生小范围火灾事故时，使用干粉灭火器进行灭火，不会产生消防废水。发生大范围火灾事故时，使用消防栓进行灭火，会产生消防废水，使用水泵等抽水设施将废水收集至专用容器内。事故结束后对消防废水进行检测。若消防废水不满足排放要求，则将事故废水交由有资质单位处理。园区雨水排放口设置截止阀，在紧急情况下关闭总排口，防止雨水、消防水和泄漏物进入外环境。

(5) 应急预案

根据《企业事业单位突发环境事件应急预案备案管理办法(试行)》(环发〔2015〕4号)要求,企业应在本项目建成后,根据生产过程中可能存在的风险编制企业突发环境事件应急预案,并向相关部门进行备案。烟台东诚核源技术开发有限公司拟制定完善的突发环境事件应急预案,明确组织指挥体系、主要任务、安全风险及防范措施,建立与园区及有关部门的应急联动机制,定期开展应急演练,加强演练评估,包括应急预案可操作性和实用性,指挥协调和应急联动机制的运行情况,应急人员的处置情况,演练所用设备装备的适用性等。通过建立完善的突发环境事件应急预案,可有效保证应急响应、处置以及救援能力,减小事故对环境和社会造成不良影响。

5.4.3.6 环境风险评价结论

本项目无重大危险源,环境风险事故类型少、发生概率低。通过健全日常环境管理制度,落实各项风险防控工程措施,开展全员环境风险防范及应急处置能力培训,编制并定期演练突发环境事件应急预案,可有效降低事故发生概率,控制事故环境影响范围与程度。项目各项风险管控措施合理可行、可靠性强,总体环境风险处于可防控、可接受水平。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)》要求,建设项目环境风险简单分析内容汇总见下表。

表 5.4-4 建设项目环境风险简单分析内容表

建设项目名称	阵列工厂项目				
	(四川)省	(绵阳)市	(经济技术 开发区)区	(/)县	(产业发展)园 区
建设地点	(四川)省	(绵阳)市	(经济技术 开发区)区	(/)县	(产业发展)园 区
地理坐标	经度	104.77490699°	纬度	31.40764825°	
主要危险物质及分布	易制毒库: 硫酸、盐酸、丙酮 易制爆库: 硝酸 危化品库: 磷酸、乙醇、异丙醇、甲醇、乙腈、乙酸(醋酸)、氨水、正己烷、氢氟酸、二氯甲烷、硝酸铵、硫酸镍、砷 剧毒品库: 三氧化二砷 气瓶间: 二氧化硫 储油间: 柴油				
环境影响途径及危害后果(大气、地表水、地下水等)	消防灭火过程消防废水随雨水系统排入地表水、地下水和土壤环境。				
风险防范措施要求	①本项目所在厂房类别为丙类,总平面布置、防火设计满足《建筑设计防火规范》(GB50016-2014[2018版])的相关要求。共设6个防火分区,防				

	<p>火分区之间设≥ 3小时防火墙分隔，每个防火分区安全出口数量均不少于2个，直通疏散走道的方向疏散门至最近安全出口的直线距离$\leq 60\text{m}$。</p> <p>②本项目室内消防系统采用临时高压消防体系，室外消防系统采用加压消防给水系统，消防用水由阵列厂房地下室的消防水池和泵房提供。</p> <p>③消火栓配置符合《消防给水及消火栓系统技术规范》（GB50974-2014）的规定。室外布设有消防通道。</p> <p>④根据《建筑灭火器配置设计规范》（GB50140-2005）配置灭火器。</p> <p>⑤本项目阵列厂房楼项设置有高位消防水箱和消防稳压装置，本项目厂房内设置消火栓，发生火灾时，高位消防水箱可用于初期灭火。</p>
<p>填表说明（列出项目相关信息及评价说明）</p> <p>本项目主要环境风险事故为火灾。在落实本报告书环境风险防范措施的前提下，发生环境风险事故的概率很小，环境风险可接受。</p>	

第六章 辐射安全管理

6.1 机构与人员

6.1.1 辐射安全与环境保护组织机构

本项目属于新建项目，建设单位承诺在项目建成时将按照有关规定成立辐射安全与环境保护管理机构“辐射防护与安全管理小组”，由公司法人担任组长，并配备专职辐射安全管理人员，管理机构职责如下：

①全面负责公司内的辐射安全管理工作；②认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合公司实际制定安全规章制度并检查监督实施；③负责公司内辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；④检查辐射安全环保设施，开展辐射环境监测，对公司内使用非密封放射性物质安全防护情况进行年度评估；⑤实施辐射工作人员的个人剂量检测、职业健康体检并做好档案管理工作；⑥编制辐射事故应急预案，并妥善处理公司有可能发生的辐射事故；⑦定期向生态环境和主管部门报告辐射安全工作，接受环保监督、检查和指导。

在营运期间，管理机构应定期总结经验，提升管理实效，并根据国家相关法规等要求，及时修订完善各项规章制度。

6.1.2 辐射工作人员配备情况

建设单位拟设置辐射工作人员 57 人，均为新增人员。建设单位承诺，将依据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）要求，积极组织辐射工作人员上岗前参加辐射安全和防护学习、考核，并在考核合格后上岗。同时根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《关于发布《注册核安全工程师执业资格关键岗位名录》（第一批）的通知》（国核安发〔2010〕25 号），辐射安全关键岗位由注册核安全工程师担任。

本项目所有辐射工作人员在上岗前，公司将组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。

6.2 辐射安全管理规章制度

6.2.1 制度要求及落实

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的相关管理要求，使用射线装置、非密封放射性物质工作场所的单位应当具备健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。并根据生态环境部（国家核安全局）《加速器生产放射性同位素场所监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-008）《甲级非密封放射性物质工作场所监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-005）的相关要求，建设单位规章制度落实情况见表 6.2-1。

表 6.2-1 建设单位辐射安全管理规章制度落实情况对照表

制度	具体制度要求	落实情况
综合	辐射安全与防护管理大纲	需制定
放射性物质	非密封放射性物质的管理规定	需制定
	物料平衡管理规定	需制定
场所管理	场所分区管理规定	需制定
	操作规程	需制定
	安保管理规定	需制定
	去污操作规程	需制定
	安全防护设施的维修与维护制度	需制定
监测	监测方案	需制定
	监测仪表使用与校验管理制度	需制定
人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	需制定
	辐射工作人员个人剂量管理制度	需制定
应急	辐射事故应急预案	需制定
三废	放射性“三废”管理规定	需制定

参照《关于印发〈四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）〉的通知》（川环函〔2025〕616号），建设单位应根据《辐射事故应急预案》编制《辐射事故应急响应程序》，并将《辐射事故应急响应程序》悬挂于辐射工作场所醒目位置处，制度的内容应字体醒目、简单清楚，体现可操作性和实用性，尺寸不得小于600mm×400mm。建设单位承诺，在后期实践过程中，辐射防护与安全管理小组还将定期对辐射安全管理规章制度执行情况进行评议，并根据具体实践存在的问题及时进行修改和完善。

6.2.2 档案管理

参照《关于印发〈四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）〉的

通知》（川环函〔2025〕616号），建设单位应对本项目辐射相关资料分类归档。档案资料可参考以下分类：“单位许可制度执行资料”“项目环保手续履行资料”“台账管理档案”“辐射工作人员管理档案”“工作场所档案管理”“辐射事故应急管理资料”“年度评估报告”“整改落实资料”等，并由专人进行管理。

6.3 辐射监测

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的相关规定，本项目监测内容包括：个人剂量监测、工作场所监测、流出物（废物）监测、环境监测、产品监测。建设单位拟制定辐射环境监测方案并据此执行辐射监测工作及建立辐射环境监测档案，由专职辐射安全管理人员管理。

6.3.1 个人剂量监测

本项目辐射工作人员均为新增人员，建设单位承诺为其配备个人剂量计，对于进入控制区的辐射工作人员还拟配备直读式个人剂量报警仪（可以即时显示工作人员操作现场的 γ 辐射水平和工作人员的累积剂量，如果现场 γ 辐射水平超过设定的报警阈值，仪器将发出报警），热释光个人剂量计定期（常规监测周期一般为1个月，最长不超过3个月）送有资质单位进行检测，并按《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求做好个人剂量管理工作。

①应为每位辐射工作人员建立个人剂量档案，并终生保存；②对于某一季度个人剂量检测数据超过1.25mSv的辐射工作人员，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在情况调查报告上签字确认。对于全年累计检测数值超过5mSv的，要查明原因，采取暂停开展放射性工作等进一步干预手段，并撰写调查报告，经本人签字确认后，上报辐射安全许可证发证机关；③当单年个人剂量超过50mSv时，需调查超标原因，上报辐射安全许可证发证机关，确认是否启动辐射事故应急预案。③在每年1月31日前上报的辐射安全和防护状况自查评估报告中，应包含辐射工作人员剂量监测数据及安全评估的内容。

6.3.2 工作场所监测

对于工作场所监测分为：区域中子/ γ 辐射剂量率监测、区域空气放射性监测和表面沾污。

（1）区域中子/ γ 辐射监测

区域中子辐射监测用于监测射线装置运行时机房四周的中子剂量当量率水平，通过设置固定式中子剂量率监测仪和便携式中子剂量率巡测仪进行监测。区域 γ 辐射监测用于监测射线装置机房、生产线、研发制剂线和质检区等辐射工作场所的 γ 辐射水平，拟设置固定式区域 γ 监测点，对于固定式监测点覆盖不到的场所使用便携式 γ 测量仪进行监测。

(2) 区域空气放射性监测

区域空气放射性监测拟采用便携式气溶胶取样仪和氡测量仪进行辐射工作场所空气中气溶胶放射性活度浓度测量，确保工作人员的辐射安全。

(3) α 、 β 表面污染监测

场所中的表面污染监测对象包括辐射工作场所的工作台面、地面、设备表面、墙壁等。在卫生通道门口设置表面污染监测仪用于手脚表面污染监测，当其超过预先设定的报警阈值时，仪器报警，提醒工作人员对手脚进行去污处理。

表 6.3-1 工作场所监测计划表

场所	监测点位	监测项目	监测频次	备注
厂房一层射线装置区	花瓣加速器机房、1#单质子回旋加速器机房、1#多粒子回旋加速器机房、2#多粒子回旋加速器机房、2#单质子回旋加速器机房、BNCT 机房四周墙体及邻近房间	γ 辐射剂量率、中子剂量当量率	每月一次	自行监测
			每年一次	委托监测
厂房负一层、一层、二层非密封放射性物质工作场所(包括各生产线、研发制剂线、质检区、放射性传靶间、储源室、放射性废物暂存间、放射性成品库、衰变间等配套房间)	控制区内所有房间，控制区内职业人员操作位，控制区外相邻的监督区房间等区域	γ 辐射空气吸收剂量率	每月一次	自行监测
			每年一次	委托监测
	h1-1 生产线、a1-1 生产线	气溶胶(总 α 、总 β 、氡浓度)	根据运行计划定期监测	自行监测
	人员易接触或放射性物品易洒漏的墙面、地面、工作台等区域	a、 β 表面污染	每月一次	自行监测
			每次生产结束后	自行监测
工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋和帽子等	a、 β 表面污染	每年一次	委托监测	
		每次涉及放射性操作后离开场所前	自行监测	

6.3.3 放射性废物监测

(1) 气载流出物监测

气载流出物包括各放射性气溶胶、氦气。本项目共设置 2 个气载流出物排放口（1#、2#排气筒），位于厂房楼顶，拟设置人工采样口。根据生产工艺、气载流出物排放量、核素特性和现有核素分析检测技术等因素综合分析，项目拟采取取样监测方式，以监测并记录放射性气溶胶、氦气的排放量和浓度。

（2）液态流出物监测

液态流出物主要为射线装置检修维护产生的冷却废水、由于事故应急产生的应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水，暂存在两间衰变间中。1#衰变间内有两格冷却水检修收集池、四格长半衰期衰变池和三格短半衰期衰变池，2#衰变间内有三格长半衰期衰变池。

（3）放射性固体废物监测

对于放射性固体废物监测，本项目放射性固体废物达到衰变时间后进行监测。

（4）监测计划

根据本项目气载流出物、液态流出物和放射性固体废物特性及项目实际情况，其监测计划见表 6.3-2。

表 6.3-2 放射性流出物及放射性固废监测计划表

监测对象		监测因子	监测频次	备注
1#排气筒（气载流出物）		总 α 、总 β 、氦浓度	每年一次	委托监测
2#排气筒（气载流出物）		总 α 、总 β	每年一次	委托监测
放射性 废水	1#衰变间格冷却水检修收集池	总 β 、氦	排放前	委托监测
	1#衰变间四格长半衰期衰变池	总 α 、总 β 、如总 α 大于 0.5Bq/L，总 β 大于 1.0Bq/L，分析应用核素*	排放前	委托监测
	1#衰变间三格短半衰期衰变池	总 β	暂存时间超过 30 天无需监测，暂存时间未超过 30 天时进行监测	委托监测
	2#衰变间三格长半衰期衰变池	总 α 、总 β 、如总 α 大于 0.5Bq/L，总 β 大于 1.0Bq/L，分析应用核素*	排放前	委托监测
放射性固体废物	放射性废物桶和包装袋表面	α 、 β 表面污染、 γ 辐射空气吸收剂量率	清洁解控前	自行监测

注：*只关注可能对环境有影响的应用核素，如应用核素难以分析，可用总放替代。

6.3.4 过滤器效率监测

根据设备性能要求定期对过滤器的阻力进行监测，并做好记录，高效空气过滤器的阻力达到初阻力的两倍或出现无法修补的渗漏时予以更换。此外，当过滤器两端压差异常（如穿漏）时亦予以更换。

6.3.5 产品监测

每批次生产结束装罐后，在进行打包时需对货包表面进行监测，监测内容包括： α 、 β 表面污染， γ 辐射剂量率，货包表面任意一点的 γ 辐射剂量率需满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）要求，若不满足需对铅罐表面进行去污或变更铅罐屏蔽设计。

6.3.6 环境监测

6.3.6.1 辐射环境监测

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中“5.3.1 应用非密封放射性物质”的辐射环境监测要求，本项目辐射环境监测计划见表 6.3-3。

表 6.3-3 辐射环境监测内容

监测对象	监测项目	监测点位	监测频次	备注
γ 辐射	γ 辐射空气吸收剂量率	以厂房为中心，半径50~300m范围内，详细点位可参照表6.3-1中场所 γ 辐射监测点位，及环境保护目标。	4次/年	自行监测
			1次/年	委托监测
中子	中子剂量当量率		4次/年	自行监测
			1次/年	委托监测
土壤	总 α 、总 β *	以厂房为中心，半径50~300m范围内。	1次/年	委托监测

注：*只关注可能对环境有影响的应用核素，如应用核素难以分析，可用总放替代。

6.3.6.2 非辐射环境监测

本项目为放射性同位素生产项目，营运期主要环境影响因素为电离辐射，主要非放类环境影响因素为噪声、废水，按照《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ819-2017）、《排污许可证申请与核发技术规范 工业噪声》（HJ1301-2023）并结合本项目产排污特征，评价建议的营运期非辐射环境监测计划见下表。

表 6.3-4 非辐射环境监测计划

监测对象	监测项目	监测点位	监测频次	备注
厂界噪声	等效连续 A 声级	四周厂界外 1m 处	1 次/季度 (昼间)	委托监测

废水	BOD ₅ 、COD、NH ₃ -N、SS、TN、TP	厂房废水排口	1次/季度	委托监测
----	---	--------	-------	------

6.3.7 监测设备

根据前述监测计划，建设单位拟配备的监测设备情况见表 6.3-5。

表 6.3-5 辐射环境监测设备

监测设备名称	规格型号	数量（个/台）	场所
固定式 γ 剂量率监测报警仪	未定	93	（1）厂房负一层：4间生产线放射性废物暂存间； （2）厂房一层：射线装置区（H3主机厅内、H1靶室内、H2靶室及各活塞门外，放射性传靶间内、储源间内、非放制靶间内，20M-D大厅内、A3主机厅内、A1靶室内、A2靶室内及各活塞门外，1#控制室内，B3主机厅内、B1靶室内、B2靶室内及各活塞门外，C3主机厅内、C1靶室内、C2靶室内及各活塞门外，2#控制室内，BNCT主机厅内、测试间内及各活塞门外）、质检区（1#放化实验室、放射性废物暂存间、样品接收间、涉放留样间（常温/阴凉）、取样间）、放射性成品库； （3）厂房二层：23条生产线及2条研发制剂线的前区、后区（h1-1、h2-1、h2-2、A内、a2-1、a1-1、a1-2、d1、b1-1、b1-2、b1-3、b1-4、c1-1、c1-2、c1-3、b2-1、b2-2、b2-3、b2-4、c2-1、c2-2、c2-3、c2-4、z1、z2）。
固定式中子当量剂量率监测报警仪	未定	5	放射性传靶间内、非放制靶间内，1#、2#、3#控制室内
便携式 γ 剂量率仪	未定	5	生产线研发制剂线2台，射线装置区镭-226靶件操作区1台，质检区1台，其他放射性成品库、放射性废物暂存间、衰变间、容器清洗间等共用1台
便携式中子剂量率监测仪	未定	1	厂房一层射线装置区
便携式表面沾污监测仪	未定	13	生产线9台，研发制剂线2台，射线装置区镭-226靶件操作区1台，质检区1台，其他放射性成品库、放射性废物暂存间、衰变间、容器清洗间等共用1台
a、 β 污染手脚沾污仪	未定	2	生产线研发制剂线2台（每个非密场所1台）
长杆便携式 γ 剂量率仪	未定	1	全厂区内
便携式气溶胶取样仪	未定	1	全厂区内
氡测量仪	未定	1	全厂区内
个人剂量计	未定	45	辐射工作人员佩戴
个人剂量报警仪	未定	30	辐射工作人员佩戴

6.4 辐射事故应急

6.4.1 应急响应机构

建设单位拟成立“辐射应急领导小组”，由总经理（第一责任人）统一指挥本单位的应急响应行动，下设：应急办公室、技术支援组、应急执行组、保障组。应急领导小组职责包括：①负责公司的辐射事故应急预案的建立、发布和实施；②负责制定辐射安全事故处理方案；③负责辐射安全事故分级、调查与分析；④指挥和管理辐射安全事故救援和处置；⑤负责与公安、职业健康和环境保护相关的上级机关沟通、联络和报告工作；⑥负责组织辐射事故应急响应演习；⑦负责应急物资的采购和应急资金的调配；⑦负责与园区管理部门联动。

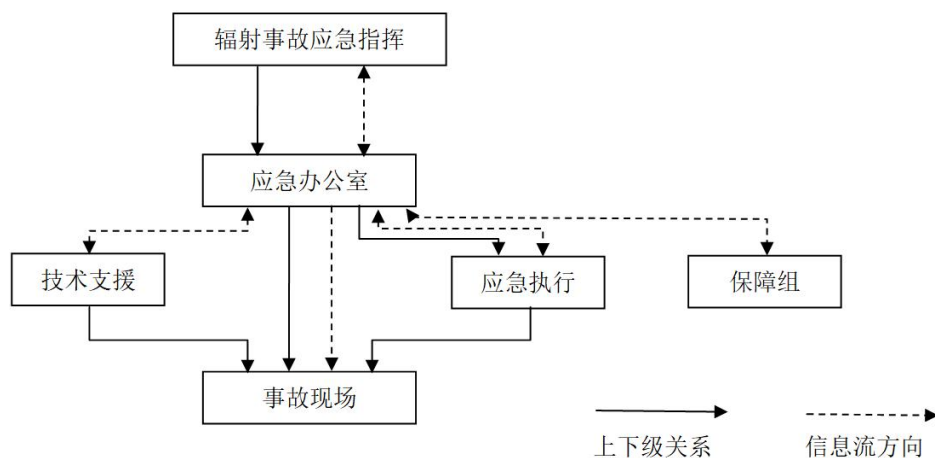


图 6.4-1 应急组织体系

6.4.2 辐射应急响应预案

(1) 辐射事故响应等级

根据预估事故严重性，分为以下三个等级：

①一级，非常严重；属于较大辐射事故。包括：非密封放射性物质失控、丢失、被盗。

②二级，严重；属于一般辐射事故。包括：除①所列之外的放射性物质失控、丢失、被盗，人员误食或恶意投放非密封放射性物质，人员剂量超过年剂量限值，非密封放射性物质工作箱或手套箱外洒漏可能导致环境污染，过滤器饱和、受潮、失效造成过滤效率下降导致的超限释放，火灾、水淹或地震致放射性物质泄漏或不确定放射性物质是否泄漏。

③三级，一般；属于辐射事件。包括：人员剂量超管理限值但未超年剂量限值，非密封放射性物质工作箱或手套箱内洒漏污染。

(2) 辐射事故应急响应程序

建设单位拟制定《辐射事故应急预案》，可能出现的6种辐射事故和2种辐射事件类型包括：非密封放射性物质失控、丢失、被盗辐射事故；人员误食或恶意投放非密封放射性物质辐射事故；人员剂量超过年剂量限值辐射事故；非密封放射性物质工作箱或手套箱外洒漏可能导致环境污染辐射事故；过滤器饱和、受潮、失效造成过滤效率下降导致的超限释放辐射事故；火灾、水淹或地震致放射性物质泄漏辐射事故；人员剂量超管理限值但未超年剂量限值事件；非密封放射性物质工作箱或手套箱内部洒漏污染事件。针对每种事故/事件，拟分别制定应急响应程序（包括：上报流程、处置程序），同时制定内部应急联系通讯录和政府机构应急通讯录，并张贴于各辐射工作场所。建设单位拟加强与园区管理部门沟通，将厂内环境风险防控系统纳入园区环境风险防控体系，明确风险防控设施、管理的衔接要求，按分级响应，实现厂内与园区环境风险防控设施及管理有效联动，有效防控环境风险。

一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案，采取必要的应急措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，由应急领导小组按程序逐级上报生态环境主管部门，若发生放射性物品丢失、被盗时同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向卫生行政部门报告，同时及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

(3) 应急终止

应急终止需满足以下条件：

- (1) 事故得到控制，事故影响已经消除。
- (2) 放射性物质的泄漏或释放已降到规定限值以下。
- (3) 事故现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要。

应急总指挥确认终止条件和时机，发布应急终止命令。公司向上级主管部门提交辐射事故后续报告表，组织事故原因调查和经验反馈，改进安全措施。

6.4.2 应急保障措施

根据应急预案的职责分工，准备好应对辐射事故的人力、物资、车辆、通信和资金等保障工作，本项目拟储备的辐射应急响应保障物资见下表。建设单位应定期检查应急物资的性能状况，确保随时处于可用状态。

表 6.4-1 项目辐射应急响应保障物资

类型	应急物资	主要功能	存放地点
应急通信器材	对讲机	应急联络	厂房库房内
	手机		个人留存
应急处置用品	长柄夹具	远距离操作，夹取放射性物质及其盛装容器	厂房库房内
	警戒隔离带、电离辐射警示牌	现场管控，警示、防止非应急人员进入	
	铅衣、铅帽、铅眼镜、铅围脖	应急人员个人防护	
	实验服、手套、口罩	防止吸入和沾染放射性物质	辐射工作场所内，详见表 6.3-5
	便携式表面污染监测仪	应急场所表面污染水平监测	
	便携式 γ 剂量率仪	应急场所辐射水平监测	
	个人剂量报警仪	应急人员个人剂量监测	
	个人剂量计		
	无纺纸、棉纱	吸附液体放射性物质	厂房各涉放工作场所内
	污染表面清洁剂	表面污染去污处理	
屏蔽铅桶	应急处理废物收纳	厂房各涉放工作场所内	
应急后勤保障用品	汽车	交通保障	园区停车场

6.4.3 应急人员的培训及演练

承担应急任务的人员每年不低于一次培训本项目辐射事故专项应急预案，熟悉事故类型、危害与处置程序，使之正确理解应急响应要求，有效执行应急响应。应急培训应形成记录并保存。

(1) 每年开展不低于一次的辐射事故专项应急预案的应急演练，使相关人员熟悉应急预案、应急处置方案，并能有序、协调配合；

(2) 每次演练后，针对演练中发现的问题，及时对应急预案加以必要修改和完善，以提高应对突发辐射异常事故的应急处置能力。

6.4.4 小结

建设单位结合项目实际情况，拟制定较为完善的辐射事故应急预案，预案内容能满足本项目在营运期间可能发生的辐射事故应急需要，具有较强的针对性和可操作性，项目辐射事故应急预案可行。公司在营运期间应严格执行各项辐射安全管理规章制度，将辐射安全和防范措施落实到工作实处，防患于未然。

6.5 从事辐射活动能力综合分析

依据《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（环境保护部令第3号）和《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）规定，建设单位从事本项目辐射活动能力评价综合分析列于表6.5-1和表6.5-2中。

表 6.5-1 项目执行“环保部3号令”要求对照表

序号	环保部3号令要求	建设单位落实情况	备注
1	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构。	建设单位拟成立“辐射防护与安全管理小组”，由公司法人担任组长，同时建设单位拟配备专职辐射安全管理人员，专职负责日常辐射安全与环保管理工作。	符合
2	有不少于5名核物理、放射化学、核医学和辐射防护等相关专业的技术人员，其中具有高级职称的不少于1名（生产半衰期大于60天的放射性同位素的单位，前项所指的专业技术人员应当不少于30名，其中具有高级职称的不少于6名）。	本项目不涉及生产半衰期大于60天的放射性同位素，建设单位拟严格落实人员配备，包括不少于5名核物理、放射化学、核医学和辐射防护等相关专业的技术人员，其中具有高级职称的不少于1名。	符合
3	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，其中辐射安全关键岗位应当由注册核安全工程师担任。	建设单位拟设置辐射工作人员57人，均为新增人员。建设单位承诺将积极组织辐射工作人员参加辐射安全与防护专业知识及相关法律法规的学习考核，并在考核合格后上岗，同时辐射安全关键岗位由注册核安全工程师担任。	符合
4	有与设计生产规模相适应，满足辐射安全和防护、实体保卫要求的放射性同位素生产场所、生产设施、暂存库或暂存设备，并拥有生产场所和生产设施的所有权。	建设单位已按相关标准要求设计有放射性同位素生产车间和热室工作箱等，并设计有放射性成品库，同时建设单位拟取得场所所有权（后期玖谊源拟转让项目建设用地使用权给建设单位）。	符合
5	具有符合国家相关规定要求的运输、贮存放射性同位素的包装容器。	建设单位在放射性同位素运输、贮存过程中，将按《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定进行货包进行设计和制造。	符合
6	具有符合国家放射性同位素运输要求的运输工具，并配备有5年以上	建设单位将委托有资质单位进行运输。	符合

序号	环保部 3 号令要求	建设单位落实情况	备注
	驾龄的专职司机。		
7	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、固定式和便携式辐射监测、表面污染监测、流出物监测等设备。	建设单位将按要求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，详见 6.3 章节。	符合
8	建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护制度、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度、台帐管理制度和监测方案。	建设单位将按要求落实操作规程、岗位职责、辐射防护制度、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度、台帐管理制度和监测方案等规章制度的制定。建设单位拟将《辐射事故应急响应程序》张贴上墙，同时在后期实践过程中还将定期对辐射安全管理规章制度执行情况进行评议，并根据具体实践存在的问题及时进行修改和完善，详见 6.2.1 章节。	符合
9	建立事故应急响应机构，制定应急响应预案和应急人员的培训演习制度，有必要的应急装备和物资准备，有与设计生产规模相适应的事故应急处理能力。	建设单位拟成立“辐射应急领导小组”，由总经理（第一责任人）统一指挥本单位的应急响应行动，并落实应急装备和物资准备，以及应急人员的培训及演练，使其具有与设计生产规模相适应的事故应急处理能力，详见 6.4 章节。	符合
10	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。	①对于气载流出物，已设计有独立排风系统和过滤系统，最终经过滤后的废气引至楼顶排放，并设置取样口，按监测计划落实监测。 ②对于放射性废水，已设计有特排管道、衰变间和衰变池，用于本项目冷却废水、工作人员应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水的收集、衰变，经监测达标后经厂房东侧沉砂格栅池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，处理达标后经木龙河排入涪江。对于生产线研发制剂线质检区放射性废液，盛装在收集瓶（外套铅罐）转至放射性废物暂存间内分区暂存衰变，经监测达到清洁解控水平/检测达标后，废液随同收集瓶作为危险废物处置。长半衰期放射	符合

序号	环保部 3 号令要求	建设单位落实情况	备注
		性废液收集达一定量后，委托有资质单位处置。 ③对于放射性固废，已设计有放射性废物暂存间，放射性固废收集暂存衰变，经监测达到清洁解控水平后作为一般工业固体废物/危险废物处置。其中灭活培养基、注射器、废过滤器滤芯废活性炭达到清洁解控水平后作为危险废物处置。长半衰期放射性固废收集达一定量后，委托有资质单位处置。	

表 6.5-2 项目执行“环保部 18 号令”要求对照表

序号	安全和防护管理办法要求	实际情况	备注
1	生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。	本项目辐射工作场所拟按要求设置明显的电离辐射警告标志，并按要求设置“两区”划分标识。	符合
2	射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目辐射工作场所拟按要求安装固定式剂量报警仪，实时显示场所辐射水平，当辐射水平超过设定限值时，将进行声光报警提示，防止人员误照射，同时在辐射工作场所入口还设置有门禁系统，防止非相关人员误入。	符合
3	放射性同位素的包装容器、含放射性同位素的设备和射线装置，应当设置明显的放射性标识和中文警示说明；放射源上能够设置放射性标识的，应当一并设置。运输放射性同位素和含放射源的射线装置的工具，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志或者显示危险信号。	建设单位将配备与销售的放射性同位素匹配的包装容器，对外销售的放射性同位素按《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定货包的要求进行包装，并经监测达标后委托有资质单位进行货包运输。	符合
4	生产、使用放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定采取有效措施，防止运行故障，并避免故障导致次生危害。	建设单位拟制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫管理制度、监测管理制度、设备检修制度、人员培训制度、销售管理制度、辐射工作场所分区	符合

序号	安全和防护管理办法要求	实际情况	备注
		管理制度预防运行故障发生，同时拟制定辐射事故应急处理预案和相应应急措施防止次生危害。	
5	放射性同位素和被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。	本项目设计有放射性成品库、放射性废物暂存间和衰变间，放射性产品和废物将分开独立存放，并由专人实行双人双锁管理。本项目涉及使用的易燃、易爆、腐蚀性物品等将单独存放在非危化品库、剧毒品库、易制毒库、易制爆库和气瓶间，不与放射性同位素和被放射性污染的物品存放。	符合
6	贮存、领取、使用、归还放射性同位素时，应当进行登记、检查，做到账物相符。对放射性同位素贮存场所应当采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的安全措施。	建设单位拟按要求制定放射性物料和产品管理规程，并建立放射性同位素管理台账，将严格落实放射性同位素台账管理制度，同时建设单位已针对“六防”进行设计并将后期建设，采取的措施情况见 4.2.3 章节。	符合
7	生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	建设单位拟按要求制定辐射监测管理规程，并将按要求严格落实自行监测计划，同时每年建设单位还将委托有资质单位进行年度监测，具体监测计划见表 6.3 章节。	符合
8	生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当加强对本单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况的日常检查。发现安全隐患的，应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的环境保护主管部门，经发证机关检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。	建设单位拟制定辐射防护监督检查管理规定，将严格落实放射性同位素与射线装置安全和防护状况的日常检查规定。	符合
9	生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射	后期运行过程中，建设单位拟按要求编制年度安全和防护状况评估报告，并上	符合

序号	安全和防护管理办法要求	实际情况	备注
	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日前向发证机关提交上一年度的评估报告	报发证机关。	
10	生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每五年接受一次再培训。	建设单位拟制定辐射安全培训管理规程，严格落实中华人民共和国生态环境部2019年第57号公告相关要求，组织所有辐射工作人员通过核技术利用辐射安全与防护培训平台进行相关知识学习，并考核合格后上岗。	符合
11	生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测，并安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	建设单位拟制定个人剂量监测管理规程，每个季度将个人剂量计送有资质单位进行检测，并建立个人剂量档案，若出现个人剂量异常情况，将进行核实和调查，并上报发证机关。	符合

综上所述，建设单位严格落实上述要求后，对于本项目具备从事辐射活动综合能力。

第七章 利益-代价简要分析

7.1 利益分析

核技术应用的发展深刻影响着世界各国的科技进步、经济发展和人民健康，成为世界大国必争的战略制高点和优先发展的重要方向，西方发达国家核技术的产值甚至远超核电。与美国、欧洲、日本等发达国家和地区相比，我国核技术应用产业的产值在国民经济中占比较低，核技术应用的市场拓展还处于初级阶段。2018年10月发布的《中国民用核技术产业发展主旨报告》显示，我国民用核技术发展迅速，未来十年的增长速度有望继续保持在20%左右，到2030年有望突破万亿。

随着我国国民经济持续增长、居民物质文化生活水平稳步提升，加之人口老龄化程度不断加深，社会对优质、高效医疗健康服务的需求日益凸显。放射性药物作为体内精准诊疗的重要组成部分，具备独特的应用优势，在肿瘤、心脑血管、神经等疾病的早期筛查、精准诊断与靶向治疗领域具有不可替代的重要作用。

相较于化学药物、生物药物，放射性药物行业特性鲜明：产品多为低剂量给药属性，研发投入相对可控，研发成功率可达80%以上，远高于普通化学药物约30%的研发成功率。同时，放射性药物行业具备技术、资质、辐射防护等多重高准入壁垒，项目建成运营后收益稳定性强，可实现长期可持续盈利，具备良好的经济社会效益。

2024年国家原子能机构、国家发展改革委、教育部、科技部、工业和信息化部、公安部、生态环境部、交通运输部、农业农村部、国家卫生健康委、国务院国资委、国家药监局等十二部门联合发布了《关于印发〈核技术应用产业高质量发展三年行动方案（2024-2026年）〉的通知》（国原发〔2024〕5号），行动方案指出要“加速实现放射性同位素自主供应。持续推进反应堆生产、加速器制备、高放废液提取等放射性同位素生产技术研究。推动钼-99、碘-125、碘-131、无载体镭-177、碳-14、铯-89、钷-90等规模化生产，保障常用医用同位素的稳定供给。提前布局钷-47、铽-161、镱-186/188、镭-223/226、锆-68、铜-64、镓-67、钪-44、钪-47、钪-48、钪-49、钪-50、钪-51、钪-52、钪-53、钪-54、钪-55、钪-56、钪-57、钪-58、钪-59、钪-60、钪-61、钪-62、钪-63、钪-64、钪-65、钪-66、钪-67、钪-68、钪-69、钪-70、钪-71、钪-72、钪-73、钪-74、钪-75、钪-76、钪-77、钪-78、钪-79、钪-80、钪-81、钪-82、钪-83、钪-84、钪-85、钪-86、钪-87、钪-88、钪-89、钪-90、钪-91、钪-92、钪-93、钪-94、钪-95、钪-96、钪-97、钪-98、钪-99、钪-100、钪-101、钪-102、钪-103、钪-104、钪-105、钪-106、钪-107、钪-108、钪-109、钪-110、钪-111、钪-112、钪-113、钪-114、钪-115、钪-116、钪-117、钪-118、钪-119、钪-120、钪-121、钪-122、钪-123、钪-124、钪-125、钪-126、钪-127、钪-128、钪-129、钪-130、钪-131、钪-132、钪-133、钪-134、钪-135、钪-136、钪-137、钪-138、钪-139、钪-140、钪-141、钪-142、钪-143、钪-144、钪-145、钪-146、钪-147、钪-148、钪-149、钪-150、钪-151、钪-152、钪-153、钪-154、钪-155、钪-156、钪-157、钪-158、钪-159、钪-160、钪-161、钪-162、钪-163、钪-164、钪-165、钪-166、钪-167、钪-168、钪-169、钪-170、钪-171、钪-172、钪-173、钪-174、钪-175、钪-176、钪-177、钪-178、钪-179、钪-180、钪-181、钪-182、钪-183、钪-184、钪-185、钪-186、钪-187、钪-188、钪-189、钪-190、钪-191、钪-192、钪-193、钪-194、钪-195、钪-196、钪-197、钪-198、钪-199、钪-200、钪-201、钪-202、钪-203、钪-204、钪-205、钪-206、钪-207、钪-208、钪-209、钪-210、钪-211、钪-212、钪-213、钪-214、钪-215、钪-216、钪-217、钪-218、钪-219、钪-220、钪-221、钪-222、钪-223、钪-224、钪-225、钪-226、钪-227、钪-228、钪-229、钪-230、钪-231、钪-232、钪-233、钪-234、钪-235、钪-236、钪-237、钪-238、钪-239、钪-240、钪-241、钪-242、钪-243、钪-244、钪-245、钪-246、钪-247、钪-248、钪-249、钪-250、钪-251、钪-252、钪-253、钪-254、钪-255、钪-256、钪-257、钪-258、钪-259、钪-260、钪-261、钪-262、钪-263、钪-264、钪-265、钪-266、钪-267、钪-268、钪-269、钪-270、钪-271、钪-272、钪-273、钪-274、钪-275、钪-276、钪-277、钪-278、钪-279、钪-280、钪-281、钪-282、钪-283、钪-284、钪-285、钪-286、钪-287、钪-288、钪-289、钪-290、钪-291、钪-292、钪-293、钪-294、钪-295、钪-296、钪-297、钪-298、钪-299、钪-300、钪-301、钪-302、钪-303、钪-304、钪-305、钪-306、钪-307、钪-308、钪-309、钪-310、钪-311、钪-312、钪-313、钪-314、钪-315、钪-316、钪-317、钪-318、钪-319、钪-320、钪-321、钪-322、钪-323、钪-324、钪-325、钪-326、钪-327、钪-328、钪-329、钪-330、钪-331、钪-332、钪-333、钪-334、钪-335、钪-336、钪-337、钪-338、钪-339、钪-340、钪-341、钪-342、钪-343、钪-344、钪-345、钪-346、钪-347、钪-348、钪-349、钪-350、钪-351、钪-352、钪-353、钪-354、钪-355、钪-356、钪-357、钪-358、钪-359、钪-360、钪-361、钪-362、钪-363、钪-364、钪-365、钪-366、钪-367、钪-368、钪-369、钪-370、钪-371、钪-372、钪-373、钪-374、钪-375、钪-376、钪-377、钪-378、钪-379、钪-380、钪-381、钪-382、钪-383、钪-384、钪-385、钪-386、钪-387、钪-388、钪-389、钪-390、钪-391、钪-392、钪-393、钪-394、钪-395、钪-396、钪-397、钪-398、钪-399、钪-400、钪-401、钪-402、钪-403、钪-404、钪-405、钪-406、钪-407、钪-408、钪-409、钪-410、钪-411、钪-412、钪-413、钪-414、钪-415、钪-416、钪-417、钪-418、钪-419、钪-420、钪-421、钪-422、钪-423、钪-424、钪-425、钪-426、钪-427、钪-428、钪-429、钪-430、钪-431、钪-432、钪-433、钪-434、钪-435、钪-436、钪-437、钪-438、钪-439、钪-440、钪-441、钪-442、钪-443、钪-444、钪-445、钪-446、钪-447、钪-448、钪-449、钪-450、钪-451、钪-452、钪-453、钪-454、钪-455、钪-456、钪-457、钪-458、钪-459、钪-460、钪-461、钪-462、钪-463、钪-464、钪-465、钪-466、钪-467、钪-468、钪-469、钪-470、钪-471、钪-472、钪-473、钪-474、钪-475、钪-476、钪-477、钪-478、钪-479、钪-480、钪-481、钪-482、钪-483、钪-484、钪-485、钪-486、钪-487、钪-488、钪-489、钪-490、钪-491、钪-492、钪-493、钪-494、钪-495、钪-496、钪-497、钪-498、钪-499、钪-500、钪-501、钪-502、钪-503、钪-504、钪-505、钪-506、钪-507、钪-508、钪-509、钪-510、钪-511、钪-512、钪-513、钪-514、钪-515、钪-516、钪-517、钪-518、钪-519、钪-520、钪-521、钪-522、钪-523、钪-524、钪-525、钪-526、钪-527、钪-528、钪-529、钪-530、钪-531、钪-532、钪-533、钪-534、钪-535、钪-536、钪-537、钪-538、钪-539、钪-540、钪-541、钪-542、钪-543、钪-544、钪-545、钪-546、钪-547、钪-548、钪-549、钪-550、钪-551、钪-552、钪-553、钪-554、钪-555、钪-556、钪-557、钪-558、钪-559、钪-560、钪-561、钪-562、钪-563、钪-564、钪-565、钪-566、钪-567、钪-568、钪-569、钪-570、钪-571、钪-572、钪-573、钪-574、钪-575、钪-576、钪-577、钪-578、钪-579、钪-580、钪-581、钪-582、钪-583、钪-584、钪-585、钪-586、钪-587、钪-588、钪-589、钪-590、钪-591、钪-592、钪-593、钪-594、钪-595、钪-596、钪-597、钪-598、钪-599、钪-600、钪-601、钪-602、钪-603、钪-604、钪-605、钪-606、钪-607、钪-608、钪-609、钪-610、钪-611、钪-612、钪-613、钪-614、钪-615、钪-616、钪-617、钪-618、钪-619、钪-620、钪-621、钪-622、钪-623、钪-624、钪-625、钪-626、钪-627、钪-628、钪-629、钪-630、钪-631、钪-632、钪-633、钪-634、钪-635、钪-636、钪-637、钪-638、钪-639、钪-640、钪-641、钪-642、钪-643、钪-644、钪-645、钪-646、钪-647、钪-648、钪-649、钪-650、钪-651、钪-652、钪-653、钪-654、钪-655、钪-656、钪-657、钪-658、钪-659、钪-660、钪-661、钪-662、钪-663、钪-664、钪-665、钪-666、钪-667、钪-668、钪-669、钪-670、钪-671、钪-672、钪-673、钪-674、钪-675、钪-676、钪-677、钪-678、钪-679、钪-680、钪-681、钪-682、钪-683、钪-684、钪-685、钪-686、钪-687、钪-688、钪-689、钪-690、钪-691、钪-692、钪-693、钪-694、钪-695、钪-696、钪-697、钪-698、钪-699、钪-700、钪-701、钪-702、钪-703、钪-704、钪-705、钪-706、钪-707、钪-708、钪-709、钪-710、钪-711、钪-712、钪-713、钪-714、钪-715、钪-716、钪-717、钪-718、钪-719、钪-720、钪-721、钪-722、钪-723、钪-724、钪-725、钪-726、钪-727、钪-728、钪-729、钪-730、钪-731、钪-732、钪-733、钪-734、钪-735、钪-736、钪-737、钪-738、钪-739、钪-740、钪-741、钪-742、钪-743、钪-744、钪-745、钪-746、钪-747、钪-748、钪-749、钪-750、钪-751、钪-752、钪-753、钪-754、钪-755、钪-756、钪-757、钪-758、钪-759、钪-760、钪-761、钪-762、钪-763、钪-764、钪-765、钪-766、钪-767、钪-768、钪-769、钪-770、钪-771、钪-772、钪-773、钪-774、钪-775、钪-776、钪-777、钪-778、钪-779、钪-780、钪-781、钪-782、钪-783、钪-784、钪-785、钪-786、钪-787、钪-788、钪-789、钪-790、钪-791、钪-792、钪-793、钪-794、钪-795、钪-796、钪-797、钪-798、钪-799、钪-800、钪-801、钪-802、钪-803、钪-804、钪-805、钪-806、钪-807、钪-808、钪-809、钪-810、钪-811、钪-812、钪-813、钪-814、钪-815、钪-816、钪-817、钪-818、钪-819、钪-820、钪-821、钪-822、钪-823、钪-824、钪-825、钪-826、钪-827、钪-828、钪-829、钪-830、钪-831、钪-832、钪-833、钪-834、钪-835、钪-836、钪-837、钪-838、钪-839、钪-840、钪-841、钪-842、钪-843、钪-844、钪-845、钪-846、钪-847、钪-848、钪-849、钪-850、钪-851、钪-852、钪-853、钪-854、钪-855、钪-856、钪-857、钪-858、钪-859、钪-860、钪-861、钪-862、钪-863、钪-864、钪-865、钪-866、钪-867、钪-868、钪-869、钪-870、钪-871、钪-872、钪-873、钪-874、钪-875、钪-876、钪-877、钪-878、钪-879、钪-880、钪-881、钪-882、钪-883、钪-884、钪-885、钪-886、钪-887、钪-888、钪-889、钪-890、钪-891、钪-892、钪-893、钪-894、钪-895、钪-896、钪-897、钪-898、钪-899、钪-900、钪-901、钪-902、钪-903、钪-904、钪-905、钪-906、钪-907、钪-908、钪-909、钪-910、钪-911、钪-912、钪-913、钪-914、钪-915、钪-916、钪-917、钪-918、钪-919、钪-920、钪-921、钪-922、钪-923、钪-924、钪-925、钪-926、钪-927、钪-928、钪-929、钪-930、钪-931、钪-932、钪-933、钪-934、钪-935、钪-936、钪-937、钪-938、钪-939、钪-940、钪-941、钪-942、钪-943、钪-944、钪-945、钪-946、钪-947、钪-948、钪-949、钪-950、钪-951、钪-952、钪-953、钪-954、钪-955、钪-956、钪-957、钪-958、钪-959、钪-960、钪-961、钪-962、钪-963、钪-964、钪-965、钪-966、钪-967、钪-968、钪-969、钪-970、钪-971、钪-972、钪-973、钪-974、钪-975、钪-976、钪-977、钪-978、钪-979、钪-980、钪-981、钪-982、钪-983、钪-984、钪-985、钪-986、钪-987、钪-988、钪-989、钪-990、钪-991、钪-992、钪-993、钪-994、钪-995、钪-996、钪-997、钪-998、钪-999、钪-1000、钪-1001、钪-1002、钪-1003、钪-1004、钪-1005、钪-1006、钪-1007、钪-1008、钪-1009、钪-1010、钪-1011、钪-1012、钪-1013、钪-1014、钪-1015、钪-1016、钪-1017、钪-1018、钪-1019、钪-1020、钪-1021、钪-1022、钪-1023、钪-1024、钪-1025、钪-1026、钪-1027、钪-1028、钪-1029、钪-1030、钪-1031、钪-1032、钪-1033、钪-1034、钪-1035、钪-1036、钪-1037、钪-1038、钪-1039、钪-1040、钪-1041、钪-1042、钪-1043、钪-1044、钪-1045、钪-1046、钪-1047、钪-1048、钪-1049、钪-1050、钪-1051、钪-1052、钪-1053、钪-1054、钪-1055、钪-1056、钪-1057、钪-1058、钪-1059、钪-1060、钪-1061、钪-1062、钪-1063、钪-1064、钪-1065、钪-1066、钪-1067、钪-1068、钪-1069、钪-1070、钪-1071、钪-1072、钪-1073、钪-1074、钪-1075、钪-1076、钪-1077、钪-1078、钪-1079、钪-1080、钪-1081、钪-1082、钪-1083、钪-1084、钪-1085、钪-1086、钪-1087、钪-1088、钪-1089、钪-1090、钪-1091、钪-1092、钪-1093、钪-1094、钪-1095、钪-1096、钪-1097、钪-1098、钪-1099、钪-1100、钪-1101、钪-1102、钪-1103、钪-1104、钪-1105、钪-1106、钪-1107、钪-1108、钪-1109、钪-1110、钪-1111、钪-1112、钪-1113、钪-1114、钪-1115、钪-1116、钪-1117、钪-1118、钪-1119、钪-1120、钪-1121、钪-1122、钪-1123、钪-1124、钪-1125、钪-1126、钪-1127、钪-1128、钪-1129、钪-1130、钪-1131、钪-1132、钪-1133、钪-1134、钪-1135、钪-1136、钪-1137、钪-1138、钪-1139、钪-1140、钪-1141、钪-1142、钪-1143、钪-1144、钪-1145、钪-1146、钪-1147、钪-1148、钪-1149、钪-1150、钪-1151、钪-1152、钪-1153、钪-1154、钪-1155、钪-1156、钪-1157、钪-1158、钪-1159、钪-1160、钪-1161、钪-1162、钪-1163、钪-1164、钪-1165、钪-1166、钪-1167、钪-1168、钪-1169、钪-1170、钪-1171、钪-1172、钪-1173、钪-1174、钪-1175、钪-1176、钪-1177、钪-1178、钪-1179、钪-1180、钪-1181、钪-1182、钪-1183、钪-1184、钪-1185、钪-1186、钪-1187、钪-1188、钪-1189、钪-1190、钪-1191、钪-1192、钪-1193、钪-1194、钪-1195、钪-1196、钪-1197、钪-1198、钪-1199、钪-1200、钪-1201、钪-1202、钪-1203、钪-1204、钪-1205、钪-1206、钪-1207、钪-1208、钪-1209、钪-1210、钪-1211、钪-1212、钪-1213、钪-1214、钪-1215、钪-1216、钪-1217、钪-1218、钪-1219、钪-1220、钪-1221、钪-1222、钪-1223、钪-1224、钪-1225、钪-1226、钪-1227、钪-1228、钪-1229、钪-1230、钪-1231、钪-1232、钪-1233、钪-1234、钪-1235、钪-1236、钪-1237、钪-1238、钪-1239、钪-1240、钪-1241、钪-1242、钪-1243、钪-1244、钪-1245、钪-1246、钪-1247、钪-1248、钪-1249、钪-1250、钪-1251、钪-1252、钪-1253、钪-1254、钪-1255、钪-1256、钪-1257、钪-1258、钪-1259、钪-1260、钪-1261、钪-1262、钪-1263、钪-1264、钪-1265、钪-1266、钪-1267、钪-1268、钪-1269、钪-1270、钪-1271、钪-1272、钪-1273、钪-1274、钪-1275、钪-1276、钪-1277、钪-1278、钪-1279、钪-1280、钪-1281、钪-1282、钪-1283、钪-1284、钪-1285、钪-1286、钪-1287、钪-1288、钪-1289、钪-1290、钪-1291、钪-1292、钪-1293、钪-1294、钪-1295、钪-1296、钪-1297、钪-1298、钪-1299、钪-1300、钪-1301、钪-1302、钪-1303、钪-1304、钪-1305、钪-1306、钪-1307、钪-1308、钪-1309、钪-1310、钪-1311、钪-1312、钪-1313、钪-1314、钪-1315、钪-1316、钪-1317、钪-1318、钪-1319、钪-1320、钪-1321、钪-1322、钪-1323、钪-1324、钪-1325、钪-1326、钪-1327、钪-1328、钪-1329、钪-1330、钪-1331、钪-1332、钪-1333、钪-1334、钪-1335、钪-1336、钪-1337、钪-1338、钪-1339、钪-1340、钪-1341、钪-1342、钪-1343、钪-1344、钪-1345、钪-1346、钪-1347、钪-1348、钪-1349、钪-1350、钪-1351、钪-1352、钪-1353、钪-1354、钪-1355、钪-1356、钪-1357、钪-1358、钪-1359、钪-1360、钪-1361、钪-1362、钪-1363、钪-1364、钪-1365、钪-1366、钪-1367、钪-1368、钪-1369、钪-1370、钪-1371、钪-1372、钪-1373、钪-1374、钪-1375、钪-1376、钪-1377、钪-1378、钪-1379、钪-1380、钪-1381、钪-1382、钪-1383、钪-1384、钪-1385、钪-1386、钪-1387、钪-1388、钪-1389、钪-1390、钪-1391、钪-1392、钪-1393、钪-1394、钪-1395、钪-1396、钪-1397、钪-1398、钪-1399、钪-1400、钪-1401、钪-1402、钪-1403、钪-1404、钪-1405、钪-1406、钪-1407、钪-1408、钪-1409、钪-1410、钪-1411、钪-1412、钪-1413、钪-1414、钪-1415、钪-1416、钪-1417、钪-1418、钪-1419、钪-1420、钪-1421、钪-1422、钪-1423、钪-1424、钪-1425、钪-1426、钪-1427、钪-1428、钪-1429、钪-1430、钪-1431、钪-1432、钪-1433、钪-1434、钪-1435、钪-1436、钪-1437、钪-1438、钪-1439、钪-1440、钪-1441、钪-1442、钪-1443、钪-1444、钪-1445、钪-1446、钪-1447、钪-1448、钪-1449、钪-1450、钪-1451、钪-1452、钪-1453、钪-1454、钪-1455、钪-1456、钪-1457、钪-1458、钪-1459、钪-1460、钪-1461、钪-1462、钪-1463、钪-1464、钪-1465、钪-1466、钪-1467、钪-1468、钪-1469、钪-1470、钪-1471、钪-1472、钪-1473、钪-1474、钪-1475、钪-1476、钪-1477、钪-1478、钪-1479、钪-1480、钪-1481、钪-1482、钪-1483、钪-1484、钪-1485、钪-1486、钪-1487、钪-1488、钪-1489、钪-1490、钪-1491、钪-1492、钪-1493、钪-1494、钪-1495、钪-1496、钪-1497、钪-1498、钪-1499、钪-1500、钪-1501、钪-1502、钪-1503、钪-1504、钪-1505、钪-1506、钪-1507、钪-1508、钪-1509、钪-1510、钪-1511、钪-1512、钪-1513、钪-1514、钪-1515、钪-1516、钪-1517、钪-1518、钪-1519、钪-1520、钪-1521、钪-1522、钪-1523、钪-1524、钪-1525、钪-1526、钪-1527、钪-1528、钪-1529、钪-1530、钪-1531、钪-1532、钪-1533、钪-1534、钪-1535、钪-1536、钪-1537、钪-1538、钪-1539、钪-1540、钪-1541、钪-1542、钪-1543、钪-1544、钪-1545、钪-1546、钪-1547、钪-1548、钪-1549、钪-1550、钪-1551、钪-1552、钪-1553、钪-1554、钪-1555、钪-1556、钪-1557、钪-1558、钪-1559、钪-1560、钪-1561、钪-1562、钪-1563、钪-1564、钪-1565、钪-1566、钪-1567、钪-1568、钪-1569、钪-1570、钪-1571、钪-1572、钪-1573、钪-1574、钪-1575、钪-1576、钪-1577、钪-1578、钪-1579、钪-1580、钪-1581、钪-1582、钪-1583、钪-1584、钪-1585、钪-1586、钪-1587、钪-1588、钪-1589、钪-1590、钪-1591、钪-1592、钪-1593、钪-1594、钪-1595、钪-1596、钪-1597、钪-1598、钪-1599、钪-1600、钪-1601、钪-1602、钪-1603、钪-1604、钪-1605、钪-1606、钪-1607、钪-1608、钪-1609、钪-1610、钪-1611、钪-1612、钪-1613、钪-1614、钪-1615、钪-1616、钪-1617、钪-1618、钪-1619、钪-1620、钪-1621、钪-1622、钪-1623、钪-1624、钪-1625、钪-1626、钪-1627、钪-1628、钪-

原发〔2021〕2号），将医用同位素制备技术研究作为重点任务，指出“掌握加速器制备锶-68/镓-68、铜-64、镉-89、钷-103、铜-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”。在此形势下，放射性同位素生产技术不断发展，放射性药物应用场景不断拓宽，市场刚性需求将保持稳步增长，我国放射性药物的市场发展潜力巨大。

本项目为医用放射性同位素生产项目，项目建成后，有利于加大医用放射性同位素供应力度，加速实现放射性同位素自主供应，本项目医用放射性同位素作为放射性药物的原料，能加快新型放射性药物创新转化，实现国产化。

由于放射性药物具有自然衰变的特殊性，运输过程太长会造成极大的浪费，给患者增加负担。本项目的生产和经营将覆盖我国西南地区，其建设可推进区域患者总体诊疗费用下降、医药分离、推广经验和方案等医改目标。项目建成后，将对研发、生产技术、销售及其他职能人员有一定的需求，并为新型研发人才打造了很好的就业平台，这对减轻社会就业或再就业压力，保障社会安定起到了积极作用。

综上所述，本项目的建设符合新兴产业发展需要，有利于加快实现区域产业发展布局的总体规划，有利于促进当地经济快速发展，增强企业的综合经济能力，增加就业机会，具有明显的经济和社会效益。

7.2 代价分析

7.2.1 社会代价

社会代价主要考虑两个方面，一是资源，二是能源。

资源方面，项目在绵阳经济技术开发区产业发展园区内建设，项目建设用地目前为空地（该项目建设用地使用权人为建设单位母公司玖谊源，后期玖谊源拟转让产权给建设单位），项目无土地、农作物和其他经济作物征购问题。项目拟建地周边基础设施已建成，也不存在新建道路问题，项目运行依托绵阳经济技术开发区的基础设施，不单独建设供水、排水系统，故社会损失可忽略。

能源方面，项目单位运行期间需用水、电等能源，年耗量见表 7.2-1。

表 7.2-1 项目运行期间能源消耗情况一览表

名称	年耗量	来源	主要化学成分
电能	300 万 kWh	市政电网	/
水	1200t	市政水网	H ₂ O

7.2.2 经济代价

经济代价主要包括以下三个方面的成本：

- (1) 建筑场地成本；
- (2) 设备投资成本；
- (3) 环保投资：包含环保设施、环境管理、环境监测及事故防范措施等费用。

项目拟采取的污染防治（辐射防护）措施及环保投资估算见下表。

本项目总投资**万元，其中环保投资**万元，约占总投资的**%。

表 7.2-2 项目污染防治（辐射防护）措施及环保投资一览表

场所		设施（措施）	数量	投资金额(万元)
厂房一层 射线装置 区	屏蔽设施	花湖加速器机房（含H3主机厅、H1靶室、H2靶室）、1#单质子回旋加速器机房（仅20M-D大厅）、1#多粒子回旋加速器机房（含A3主机厅、A1靶室、A2靶室）、2#多粒子回旋加速器机房（含B3主机厅、B1靶室、B2靶室）、2#单质子回旋加速器机房（含C3主机厅、C1靶室、C2靶室）、BNCT调试机房（含主机厅、测试间）主体屏蔽	6座	纳入主体工程投资
	辐射安全防护措施	门-束流联锁系统	17套	*
		工作状态指示装置	15套	*
		语音播报系统	30套	*
		门-剂量联锁装置	15套	*
		固定式γ剂量率监测探头	33个	*
		固定式中子探头	5个	*
		通风联锁系统	15套	*
		钥匙控制系统	6套	*
		紧急停机按钮	67个	*
		紧急开门按钮	15个	*
		清场巡检按钮	46个	*
		视频监控装置	34个	*
		跑兔系统联锁	23套	*
		电离辐射警告标志、“两区”划分标识	若干	*
		人员出入口门禁系统	18套	*
厂房一层 质检区	屏蔽设施	手套箱	9个	*
		屏蔽柜	16个	*
		“L”形铅玻璃	7个	*
		原料铅罐	若干	*

场所		设施(措施)	数量	投资金额(万元)
	辐射安全防护措施	电离辐射警告标志、“两区”划分标识	若干	*
		人员出入口门禁系统	1套	*
		视频监控系统	1套	*
		放射性废物暂存间机械锁	1套	*
		固定式 γ 剂量率监测报警仪	6套	*
厂房一层 镭-226靶 件操作区	屏蔽设施	热室工作箱	1套	*
	辐射安全防护措施	电离辐射警告标志、“两区”划分标识	若干	*
		人员出入口门禁系统、储源室门禁+机械锁	2套	*
		视频监控系统	1套	*
厂房二层 23条生产 线及2条 研发制剂 线	屏蔽设施	热室工作箱	25套	*
		产品铅罐	若干	*
	辐射安全防护措施	电离辐射警告标志、“两区”划分标识	若干	*
		人员出入口门禁系统	25套	*
		放射性废物收集/转移铅桶	若干	*
		视频监控系统	25套	*
		卫生通过间气闸联锁系统	25套	*
		固定式 γ 剂量率监测报警仪	50套	*
其他	厂房负一层：4个放射性废物暂存间门禁+机械锁、2个衰变间机械锁；厂房一层：放射性成品库门禁+机械锁、容器存放间门禁、人员总出入口门禁、发货大厅等区域门禁系统；厂房二层：人员总出入口门禁		11套	*
	射线装置区、生产线、研发制剂线、质检区、放射性成品库、容器清洗间、放射性废物暂存间、危废品库、易制毒库、易制爆库、危化品库、剧毒品库、试剂间等房间及衰变间衰变池防渗、防水处理		/	*
	辐射安全规章制度上墙		/	*
	固定式 γ 剂量报警仪（1#、2#、3#、4#放射性废物暂存间内，1#、2#衰变间，储源室、放射性成品库）		8	*
辐射监测 设备	便携式 γ 剂量率仪		5台	*
	便携式中子剂量率监测仪		1台	*
	便携式表面沾污监测仪		13台	*
	a、 β 污染手脚沾污仪		2台	*
	长杆便携式 γ 剂量率仪		1台	*
	便携式气溶胶取样仪		1台	*
	氡测量仪		1台	*

场所	设施(措施)	数量	投资金额(万元)	
	个人剂量计	57 个	*	
	个人剂量报警仪	30 个	*	
辐射工作人员防护	洁净工作服、一次性口罩、手套、污染表面清洗剂等。	若干	*	
辐射工作人员培训		/	*	
辐射事故应急响应物资	应急通讯器材(对讲机)、应急处置用品。	/	*	
放射性“三废”治理	放射性废水	衰变间、衰变池、放射性废水特排管道系统	/	纳入主体工程投资
		放射性废液收集、暂存容器	若干	*
	放射性固废	放射性固废收集容器	若干	*
	放射性废气	放射性废气排风、过滤系统	70 套	纳入主体工程投资
1#、2#排气筒		2 个		
非放射性“三废”治理措施	非放射性废水	非放射性废水排放管道系统	/	纳入主体工程投资
	非放射性固废	生活垃圾、非放射性工艺固体废物: 分类收集后由环卫部门处置。	/	*
		危险废物: 分类收集暂存于危废品库, 定期交由有资质单位收集处置。	/	*
	非放射性废气	同放射性废气排风、过滤系统	/	不重复计入
1#、2#排气筒		2 个		
合计			*	

7.2.3 环境代价

本项目环境代价主要表现在:

(1) 项目建设施工阶段, 将产生噪声、施工扬尘、施工建渣及施工人员产生的生活污水、生活垃圾等, 如果不加强施工管理将对周围环境造成一定影响。但是这些影响具有时效性, 随着施工期间的结束, 对环境的影响也消除。只要工程在施工期严格执行上述基本要求, 可以使施工期的环境影响降到最低程度。

(2) 项目运营阶段, 将产生气载流出物、放射性废水和放射性固废, 同时对职业人员及公众造成一定辐射影响。

通过理论预测, 本项目运营期间排入环境的气载流出物所致评价范围内的公众剂量低于本报告提出的剂量管理约束值 0.1mSv/a ; 电离辐射对辐射工作人员和周边公众造成的附加剂量值低于本报告提出的剂量管理约束值 (职业人员 5mSv/a 、公众 0.1mSv/a)。

本项目运营期产生的含短半衰期核素废水暂存衰变一定时间后取样监测，若监测结果满足排放标准限值要求（总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ ；总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ ），经沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后经木龙河排入涪江，对地表水影响较小。对于含长半衰期核素废水分类收集暂存，达到一定量后交由有资质单位进行处理，对地表水环境影响较小。

运营期间产生的放射性固废送入放射性废物暂存间暂存，解控后作为一般固体废物处置或按危险废物交由有资质单位进行处置，不会对项目所在区域环境造成影响。

7.3 正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于辐射防护“实践的正当性”要求，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

本项目生产的医用放射性同位素用于新型放射性药物创新转化、临床核医学诊断及治疗可以达到一般非放射性治疗方法所不能及的诊断及治疗效果，对保障人民群众身体健康、拯救生命起到了十分重要的作用，项目竣工营运以后，为西南地区病人和医护人员提供一个充足、及时的药品供给，具有明显的经济效益和社会效益。

因此，本项目为接受治疗的个人和给社会所带来的利益远大于其引起的辐射影响，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

第八章 结论与建议

8.1 项目工程概况

四川启源同位素科技有限公司拟在四川省绵阳市经开区城南街道群文村 4、5、6、7 社及塘汛街道三元社区 5 组新增占地面积 21828.84m²（含二期用地 3160.42m²）建设“阵列工厂项目”，主要建设内容：拟建设 1 栋阵列工厂大楼，总建筑面积 16339.36m²，其中地下一层布置放射性废物暂存区、衰变池区和配电消防区等，一层布置射线装置区和质检区，二层布置放射性同位素原料生产区和放射性标记物研发制剂区。一层拟建设 2 个甲级非密封放射性物质工作场所（包括镭-226 靶件操作区、放射性质检区）和 6 个 I 类射线装置工作场所（花瓣加速器机房、1#单质子回旋加速器机房、1#多粒子回旋加速器机房、2#多粒子回旋加速器机房、2#单质子回旋加速器机房、BNCT 调试机房）及相关配套辅助功能房间，主要开展放射性同位素的打靶生产（包括：氟-18、钷-44、钷-47、锰-52、铜-61、铜-64、铜-67、锆-68、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、锆-89、钼-99、锝-99m、钷-103、碘-123、碘-124、镧-133、镧-135、铽-155、镱-177、铊-201、铅-203、碲-211、镅-225）、放射性产品质检和 BNCT 研发调试。本项目还涉及 BNCT 的对外销售（含建造），建设单位不设置 BNCT 暂存场所，不涉及装置制造和装配工艺，对外建造的装置部件均委托定制加工。二层拟 2 个甲级非密封放射性物质工作场所（1 号场所 15 条生产线、2 号场所 8 条生产线及 2 条研发制剂线），主要开展放射性同位素原料的生产以及放射性标记物的研发生产，涉及使用镭-226，生产、使用、销售氟-18、钷-44、钷-47、锰-52、铜-61、铜-64、铜-67、锆-68、镓-68、硒-75、钇-86、钇-88、锆-89、钼-99、锝-99m、钷-103、碘-123、碘-124、镧-133、镧-135、铽-155、镱-177、铊-201、铅-203、碲-211、镅-225。本项目总投资**万元，其中环保投资**万元。

8.2 辐射安全与防护

8.2.1 电离辐射防护

本项目拟建设的射线装置机房包括：花瓣加速器机房（含 H3 主机厅、H1 靶室、H2 靶室）、1#单质子回旋加速器机房（仅 20M-D 大厅）、1#多粒子回旋加速器机房（含 A3 主机厅、A1 靶室、A2 靶室）、2#多粒子回旋加速器机房（含 B3 主机厅、B1 靶

室、B2靶室）、2#单质子回旋加速器机房（含C3主机厅、C1靶室、C2靶室）、BNCT调试机房（含主机厅、测试间），整体设计采用密度为 2.35t/m^3 钢筋混凝土一次性浇筑。根据预测，屏蔽体外30cm处辐射剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足辐射防护要求。

二层放射性同位素原料生产线和放射性标记物研发制剂线为钢筋混凝土框架结构，建筑外墙为240mm厚砖墙，顶板为150mm现浇混凝土，建筑内根据各功能布局采用净化岩棉彩钢板进行隔离。本项目放射性同位素原料和放射性标记物生产环节均在热室工作箱中进行，工作箱组由若干个相连的密闭屏蔽工作箱组成，主要用于放射性物料的接受、溶解、分离纯化、分装灭菌或分装、标记等，放射性工作箱采用密闭机械臂设计，工作箱箱体密闭性符合《密封箱室密封性分级及其检验方法》(EJ/T1096-1999)要求，同时人员操作位辐射剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 控制剂量率要求，非人员操作位辐射剂量小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 控制剂量率要求。

质检区对于高活度的放射性实验在手套箱内操作，低活度的放射性实验在通风橱内、生物安全柜内操作，手套箱和通风橱均设置屏蔽设施，屏蔽体外辐射剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 控制剂量率要求。

经预测分析，拟采取的各类屏蔽设施和措施满足相关标准要求，可使辐射工作人员受照剂量满足GB18871提出的职业人员剂量照射限值和本报告提出的职业人员剂量管理约束值。同时，各涉放工作场所按相关要求划定控制区与监督区进行管理，人流、物流路径分离，尽可能限制放射性污染范围。

8.2.2 放射性“三废”治理

8.2.2.1 气载流出物治理措施

控制区房间排风通过风管汇集后，经过滤装置过滤后引至楼顶1#、2#排气筒排放；考虑防护工作箱自带风机开启台数变化，为保证房间内压差稳定，工作箱排风系统排风机设置变频器；防护工作箱自带排风机，由于自带排风机余压不足，为保证防护箱内压差稳定，自带排风机处需经过接力风机（高效过滤排风机箱/活性炭过滤排风机箱）排放至屋面；同时排风机前后设置压差监测口，用于过滤效率实验的取样，同时设置在线压差监测装置，实时监控过滤装置有效性。

8.2.2.2 放射性废水治理措施

根据废液中核素半衰期，将放射性废水划分为含长半衰期核素废水、含短半衰期核素废水，分别采取不同的处理方式。含短半衰期核素废水暂存衰变一定时间后，委托有资质单位进行监测，并在监测达标后排放。含长半衰期核素废水分类收集暂存

后，最终交由有资质单位收集处理。

8.2.2.3 放射性固废治理措施

根据项目实际产生核素种类按半衰期分为 A 类废物（半衰期小于 24h）、B 类废物（半衰期大于 24h 小于 100d）和 C 类废物（半衰期大于 100d）。

其中 A 类废物暂存 30d 后，取样监测达清洁解控水平后作为一般固体废物进行处理，B 类废物暂存 10 倍半衰期最长半衰期（固体废物包中所含最长半衰期核素），取样监测达清洁解控水平后作为一般固体废物进行处理。C 类废物分类收集暂存后，达到一定量后交由有资质单位收集处置。

8.3 环境影响分析

8.3.1 施工期环境影响分析结论

项目施工期间对环境存在一定的影响，但是这些影响具有时效性，随着施工期间的结束，对环境的影响也消除。只要工程在施工期严格执行上述基本要求，可以使施工期的环境影响降到最小程度。

8.3.2 运营期环境影响分析结论

8.3.2.1 辐射环境影响分析

（1）职业人员受照剂量分析

射线装置和非密封放射性物质产生的贯穿辐射以及剩余辐射对职业人员最大受照剂量满足 5mSv/a 剂量约束限值要求，公众最大受照射剂量满足 0.1mSv/a 约束限值要求。3km 范围气态流出物影响的关键组人群为 0~103m 范围内的公众，其关键照射途径为烟云浸没外照射，关键核素为氫-41，气态流出物所致公众受照剂量满足 0.1mSv/a 约束限值要求。

（2）液态流出物影响

本项目运营期产生的含短半衰期核素废水暂存衰变一定时间后取样监测，若监测结果满足排放标准限值要求（总 α ≤1Bq/L，总 β ≤10Bq/L），经格栅沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后经木龙河排入涪江，对地表水影响较小。对于含长半衰期核素废水分类收集暂存，达到一定量后交由有资质单位进行处理，对地表水环境影响较小。

（3）放射性固废影响

A类废物暂存30d后，取样监测达清洁解控水平，后作为一般固体废物进行处理，B类废物暂存10倍半衰期最长半衰期（固体废物包中所含最长半衰期核素），取样监测达清洁解控水平后，作为一般固体废物进行处理。C类废物单独分类收集暂存，最终交由有资质单位进行处理。采取该措施后放射性固体废物对环境的影响较小。

8.3.2.2 非放环境影响分析结论

(1) 工艺非放射性废气经排风系统送至屋顶废气总排口的末端治理设施，通过过滤装置处理后达标排放，对环境空气影响很小。

(2) 本项目经监测达标后的冷却废水、应急去污冲淋废水和涉放场所洁具清洁废水，与生活污水、非放射性生产废水（洗衣废水、洁具清洁废水、非放材料清洗废水和纯水制备废水）一起经格栅沉淀池预处理后经市政污水管网进入塘汛污水处理厂进行处理，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级A标准后经木龙河排入涪江，对地表水环境影响较小。

(3) 运营期产生的生活垃圾交由环卫部门统一处理与处置；包装废材、非放射性沾染的一次性口罩、手套、鞋套、擦拭物等实行最大程度的资源化分类处置，对可回收的固体废物交由废品收购站处置，对不可回收的固体废物集中收集后由环卫部门统一处理与处置。有机废液、废酸、废碱和废试剂瓶等，以及含有前述物质的解控后放射性废液，非放射性或清洁解控后的灭活培养基、注射器，清洁解控后的排风管道废过滤器滤芯废活性炭，非放射性靶件电镀、酸洗废水等经分类收集后，定期交由有资质单位进行处置。

(4) 运营期产生的噪声通过采取隔声降噪措施后，厂界噪声值能满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类、4标准限值要求。

8.4 辐射安全管理

建设单位承诺在项目建成时按有关要求成立辐射安全与环境保护管理机构，并按有关规定和环评要求建立各项规章制度和应急预案，新增辐射工作人员按要求进行岗前辐射安全和防护学习、考核，关键岗位配备足额的注册核安全工程师执业人员。

本项目各涉放工作场所均拟配备相应的辐射监测仪器仪表，并制定相应的环境监测制度。环境监测方案包含工作场所监测计划、流出物监测计划和个人剂量监测计

划，各监测计划包含监测项目、监测频次、监测点位及监测方法，监测方案满足相关环境监测规范要求，满足本项目辐射环境监管要求。

8.5 公众参与

根据《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第4号）的相关规定，建设单位开展了公众参与工作，对本工程的环境影响评价信采用了网络公示、报纸公示以及项目现场张贴告示等方式开展。

环境影响评价信息发布后，截至意见反馈截止日期，未收到与本项目环境影响和环境保护措施有关的建议和意见。

8.6 项目环保可行性结论

本项目符合国家产业政策，正常工况下，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员及公众照射的要求，在坚持“三同时”的原则时，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，本评价认为，本项目的建设及运营从辐射安全和环境保护的角度是可行的。

8.7 建议和承诺

8.7.1 建议

（1）本项目在建设和运营过程中须严格落实项目设计及本报告书提出的各项污染防治措施与辐射安全防护措施。

（2）建设单位应在申请辐射安全许可证之前，注册并登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn/>），对本项目所用射线装置、非密封放射性物质及其场所的相关信息进行申报。

（3）定期对辐射安全防护设施进行检查、维护，发现问题及时维修，保证各项设施有效运行。

（4）建设单位应按照国家环境保护部令第3号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第四十二条之规定编写辐射防护安全与防护状况年度评估报告，并按时（每年1月31日前）在生态环境主管部门网站申报辐射安全与防护状况年度自查评估报告。报告内容应包括单位放射性工作场所采取的辐射安全防护设施、放射性工作

场所管理制度、辐射工作人员年剂量和事故应急预案等。

(5) 定期进行辐射事故应急演练, 检验应急预案的可行性、可操作性, 并根据演练反映的问题, 总结、完善事故应急预案。

(6) 建设单位应加强核安全文化建设, 开展核安全文化培育、评估和持续改进, 不断提升核安全文化水平, 强化法律意识, 自觉应用核与辐射安全法规开展相关工作, 推动核安全文化成为基本价值观。

8.7.2 承诺

(1) 在项目投运前完成各项辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案的制定, 并在后续运营期间, 根据相关法律法规的更新及运营过程中发现的问题, 及时组织修订, 使其具有针对性、可操作性。

(2) 在项目投运前完成所有辐射工作人员的辐射安全与防护考核, 保证所有辐射工作人员考核通过持证上岗。并在后续的运营期间, 按相关规定对辐射工作人员进行再培训教育。

(3) 放射性核素产品只销售给持有辐射安全许可证的单位, 并在转入单位的辐射安全许可证规定的种类和范围内。

8.8 竣工验收要求

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4号)规定, 建设单位四川启源同位素科技有限公司是建设项目竣工环境保护验收的责任主体, 应当按照规定的程序和标准, 组织对配套建设的环境保护设施进行验收, 编制验收报告, 公开相关信息, 接受社会监督, 确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用, 并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责, 不得在验收过程中弄虚作假。验收报告分为验收监测报告、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

验收的程序和内容: 建设项目竣工后, 建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况, 编制验收监测报告。

公示: 除按照国家需要保密的情形外, 建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式, 向社会公开下列信息:

(一) 建设项目配套建设的环境保护设施竣工后, 公开竣工日期;

(二) 对建设项目配套建设的环境保护设施进行调试前, 公开调试的起止日期;

(三) 验收报告编制完成后 5 个工作日内, 公开验收报告, 公示的期限不得少于 20 个工作日。

建设单位在公开上述信息的同时, 应当向所在地县级以上环境保护主管部门报送相关信息, 并接受监督检查。

验收期限: 本项目环境保护设施的验收期限不超过 3 个月。验收期限是指自建设项目环境保护设施竣工之日起至建设单位向社会公开验收报告之日止的时间。

验收报告公示期满后 5 个工作日内, 建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息系统(网址: <https://cepc.lem.org.cn/#/login>), 填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息, 环境保护主管部门对上述信息予以公开。

建设单位应当将验收报告以及其他档案资料存档备查。

本项目竣工环保验收检查内容见表 8.8-1。

表 8.8-1 竣工环境保护验收一览表

场所	设施(措施)	数量	要求
厂房一层射线装置区	屏蔽设施 花溅加速器机房(含H3主机厅、H1靶室、H2靶室)、1#单质子回旋加速器机房(仅20M-D大厅)、1#多粒子回旋加速器机房(含A3主机厅、A1靶室、A2靶室)、2#多粒子回旋加速器机房(含B3主机厅、B1靶室、B2靶室)、2#单质子回旋加速器机房(含C3主机厅、C1靶室、C2靶室)、BNCT调试机房(含主机厅、测试间)主体屏蔽	6座	屏蔽体外30cm处控制剂量率满足2.5 μ Sv/h
	辐射安全防护措施	门-束流联锁系统	17套
		工作状态指示装置	15套
		语音播报系统	30套
		门-剂量联锁装置	15套
		固定式 γ 剂量率监测探头	33个
		固定式中子探头	5个
		通风联锁系统	15套
		钥匙控制系统	6套
		紧急停机按钮	67个
		紧急开门按钮	15个
		清场巡检按钮	46个
		视频监控装置	34个

场所	设施（措施）	数量	要求	
	跑兔系统联锁	23 套		
	电离辐射警告标志、“两区”划分标识	若干	/	
	人员出入口门禁系统	18 套	/	
厂房一层质检区	屏蔽设施	手套箱	9 个	人员操作位置辐射剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非人员操作位置辐射剂量率 $\leq 25\mu\text{Sv/h}$
		屏蔽柜	16 个	
		“L”形铅玻璃	7 个	
		原料铅罐	若干	
	辐射安全防护措施	电离辐射警告标志、“两区”划分标识	若干	/
		人员出入口门禁系统	1 套	正常使用
		视频监控系统	1 套	
		放射性废物暂存间机械锁	1 套	
	固定式 γ 剂量率监测报警仪	6 套		
	厂房一层镭-226 靶件操作区	屏蔽设施	热室工作箱	1 套
产品铅罐			若干	/
辐射安全防护措施		电离辐射警告标志、“两区”划分标识	若干	/
		人员出入口门禁系统、储源室门禁+机械锁	2 套	正常使用
	视频监控系统	1 套		
厂房二层 23 条生产线及 2 条研发制剂线	屏蔽设施	热室工作箱	25 套	人员操作位置辐射剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非人员操作位置辐射剂量率 $\leq 25\mu\text{Sv/h}$
		产品铅罐	若干	/
	辐射安全防护措施	电离辐射警告标志、“两区”划分标识	若干	/
		人员出入口门禁系统	25 套	正常使用
		放射性废物收集/转移铅桶	若干	/
		视频监控系统	25 套	正常使用
		卫生通过间气闸联锁系统	25 套	正常使用
		固定式 γ 剂量率监测报警仪	50 套	
其他	厂房负一层：4 个放射性废物暂存间门禁+机械锁、2 个衰变间机械锁；厂房一层：放射性成品库门禁+机械锁、容器存放间门禁、人员总出入口门禁、发货大厅等区域门禁系统；厂房二层：人员总出入口门禁	11 套	正常使用	

场所	设施（措施）	数量	要求	
	射线装置区、生产线、研发制备线、质检区、放射性成品库、容器清洗间、放射性废物暂存间、危废品库、易制毒库、易制爆库、危化品库、剧毒品库、试剂间等房间及衰变间衰变池防渗、防水处理	/	满足防渗要求	
	辐射安全规章制度上墙	/	/	
	固定式 γ 剂量报警仪（1#、2#、3#、4#放射性废物暂存间内，1#、2#衰变间，储源室、放射性成品库）	8套	正常使用	
辐射监测设备	便携式 γ 剂量率仪	5台	正常使用	
	便携式中子剂量率监测仪	1台		
	便携式表面沾污监测仪	13台		
	α 、 β 污染手脚沾污仪	2台		
	长杆便携式 γ 剂量率仪	1台		
	便携式气溶胶取样仪	1台		
	氡测量仪	1台		
	个人剂量计	57个		
个人剂量报警仪	30个			
辐射工作人员防护	洁净工作服、一次性口罩、手套、污染表面清洗剂等。	若干	/	
辐射事故应急响应物资	应急通讯器材（对讲机）、应急处置用品。	/	正常使用	
放射性“三废”治理	放射性废水	衰变间、衰变池、放射性废水特排管道系统	/	正常运行
		放射性废液收集、暂存容器	若干	正常运行
	放射性固废	放射性固废收集容器	若干	正常运行
	放射性废气	放射性废气排风、过滤系统	70套	正常运行
1#、2#排气筒		2个		
非放射性“三废”治理措施	非放射性废水	非放射性废水排放管道系统	/	正常运行
	非放射性固废	生活垃圾、非放射性工艺固体废物：分类收集后由环卫部门处置。	/	/
		危险废物：分类收集暂存于危废品库，定期交由有资质单位收集处置。	/	/
	非放射	同放射性废气排风、过滤系统	/	正常运行

场所	设施（措施）	数量	要求	
	性废气	1#、2#排气筒	2个	
综合管理	辐射安全管理机构	需要有专职辐射安全管理部门及人员负责，且分工明确	/	/
	规章制度上墙	“辐射事故应急响应程序”张贴上墙，上墙制度的尺寸不小于400mm×600mm	/	/
	档案管理	规章制度及应急预案文件、环保手续及辐射安全许可资料、射线装置台账、非密封放射性物质台账、监测和检查记录、个人剂量及健康档案、培训档案、三废排放记录、辐射应急、危险货物道路运输作业查验（记录）制度资料等需健全，并由专人进行管理	/	/
	人员配置	所有辐射工作人员需进行学习考核，并考核合格后上岗	57人	/