

核技术利用建设项目

放射性药品检验检测平台项目
环境影响报告表

（公示本）

成都市食品药品检验研究院

2020 年 7 月

生态环境部监制

目 录

表 1：项目基本情况.....	2
表 2：放射源.....	18
表 3：非密封放射性物质.....	18
表 4：射线装置.....	20
表 6：评价依据.....	23
表 7：保护目标与评价标准.....	26
表 8：环境质量和辐射现状.....	28
表 9：项目工程分析与源项.....	32
表 10：辐射安全与防护.....	37
表 11：环境影响分析.....	46
表 12：辐射安全管理.....	46
表 13：结论与建议.....	65
表 14：审批.....	70

表 1 项目基本情况

建设项目名称	放射性药品检验检测平台项目				
建设单位	成都市食品药品检验研究院				
法人代表	**	联系人	**	联系电话	**
注册地址	成都市武侯区武兴二路 10 号				
项目建设地点	四川省成都市双流区西航港开发区空港三路 999 号成都纽瑞特医疗科技股份有限公司检验车间 3 楼				
立项审批部门	国家食品药品监督管理总局药品化妆品监管司		批准文号	**	
建设项目总投资(万元)	3000	项目环保投资(万元)	128.6	投资比例（环保投资/总投资）	4.29%
项目性质	☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积(m ²)	
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☒ 使用	☒ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 使用	☐ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			
项目概述					
一、概况 1、建设单位简介 成都市食品药品检验研究院（以下简称“建设单位”）是成都市市场监管局下设事业单位，成立于 1960 年，前身为成都市药检所，主要负责国家及省市政府下达的辖区内食品、药品、保健食品、化妆品、流通环节食用农产品、风险监测及技术研究、标准制（修）订、技术服务及培训工作；承担经成都口岸进口药品的通关检验、注册检验和香港中成药注册检验；承担国家药典委员会下达的药品标准提高、标准复核及标准品制备与标定工作。全院内设科室 28 个，在岗职					

工 384 人（在编 248 人），中高级职称 213 人。

2、项目由来

目前国内外放射性药物研发应用发展迅速，随之而来的放射性药品的注册、检验及日常监管的需求也会急剧增加。但目前我国具有放射性药品检验检测资质的机构不足，一定程度上制约了我国放射性药物的研制与应用以及上市后的监管，为填补国内尚无高剂量放射药品检验的空白，经过前期的准备工作，经国家食品药品监督管理总局药品化妆品监管司同意，并在中国食品药品检定研究院的指导下开展检验检测工作。为建设放射性药物检验检测平台，建设单位拟租用成都纽瑞特医疗科技股份有限公司（以下简称“成都纽瑞特”）预留实验室建设乙级非密封放射性物质工作场所，涉及使用的放射性核素 36 种，开展的检验监测内容包括：放射性药品的注册检验、放射性药品质量监督检查、即时标记放射性药品生产企业的许可检验、医疗机构制备正电子类放射性药品的备案检验及放射性药品的质量标准科研活动。

为加强非密封放射性物质使用的辐射安全和环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保非密封放射性物质的使用不对周围环境、职业人员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防护条例》等相关法律法规要求，建设方须对该项目进行环境影响评价，并申办《辐射安全许可证》。同时，根据中华人民共和国环境保护部第 44 号令《建设项目环境影响评价分类管理名录》和中华人民共和国生态环境部 1 号令《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》，本项目涉及使用“乙级非密封放射性物质工作场所”，应编制环境影响报告表。因此，建设单位委托四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）开展环境影响评价工作（附件 1）。我院接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《放射性药品检验检测平台项目环境影响报告表》。

二、项目概况

1、项目名称、性质、建设地点

项目名称：放射性药品检验检测平台项目

建设单位：成都市食品药品检验研究院

建设性质：新建

建设地点：四川省成都市双流区西航港开发区空港三路 999 号成都纽瑞特医疗科技股份有限公司检验车间 3 楼

2、建设规模

本项目选址于四川省成都市四川省成都市双流区西航港开发区空港三路 999 号，并租用成都纽瑞特医疗科技股份有限公司检验车间 3 楼预留场所建设放射性药物检验检测平台，总建筑面积 411m²，主要分为理化检验区、放化检验区、生物检验区。

理化实验区建筑面积 37m²，包括：液相（薄层扫描、紫外分光光度）实验室、高纯锗（液闪）实验室、气相火焰原子吸收实验室。放化实验区建筑面积 63m²，包括：放射性化学实验室、高温室、活度测量室、天平室等。生物实验区建筑面积 122m²，包括：高温室、培养室、内毒素实验室、阳性对照实验室、微生物限度实验室、放射性无菌分样及检测实验室等。同时整个放射性药物检验检测平台还配套建设有办公室、留样间、接样间、试剂间、气瓶间、灭活间、卫生通过间及放射性固废（废液）暂存间，总建筑面积 189m²。本项目放射性固废、放射性废水和放射性废气收集处理措施均独立设置，不占用成都纽瑞特已有设施，且互不交叉。

整个放射性药物检验检测平台涉及使用 36 种放射性核素包括：碳-11（日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）、氮-13（日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）、碳-14（日等效最大操作量 $1.85 \times 10^3 \text{Bq}$ ，年最大用量 $1.85 \times 10^6 \text{Bq}$ ）、氧-15（日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）、氟-18（日等效最大操作量 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）、磷-32（日等效最大操作量 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）、钙-47（日等效最大操作量 $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ ，年最大用量 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ ）、铬-51（日等效最大操作量 $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ ，年最大用量 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ ）、钴-57（日等效最大操作量 $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ ，年最大用量 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ ）、铁-59（日等效最大操作量 $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ ，年最大用量

$3.7 \times 10^7 \text{Bq}$)、铜-64 (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$, 年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$)、铜-67 (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$, 年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$)、镓-67 (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$, 年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$)、镓-68 (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$, 年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$)、铟-89 (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$, 年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$)、铅-89 (日等效最大操作量 $3.7 \times 10^6 \text{Bq}$, 年最大用量 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$)、铟-90 (日等效最大操作量 $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$, 年最大用量 $3.7 \times 10^6 \text{Bq}$)、钇-90 (日等效最大操作量 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$, 年最大用量 $5.55 \times 10^{10} \text{Bq}$)、钆-94 (日等效最大操作量 $1.85 \times 10^6 \text{Bq}$, 年最大用量 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$)、钆-99 (日等效最大操作量 $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$, 年最大用量 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$)、钆-99m (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$, 年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$)、钇-103 (日等效最大操作量 $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$, 年最大用量 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$)、铟-111 (日等效最大操作量 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$, 年最大用量 $3.7 \times 10^9 \text{Bq}$)、碘-123 (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$, 年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$)、碘-124 (日等效最大操作量 $1.85 \times 10^7 \text{Bq}$, 年最大用量 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$)、碘-125 (日等效最大操作量 $3.7 \times 10^6 \text{Bq}$, 年最大用量 $3.7 \times 10^9 \text{Bq}$)、碘-131 (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$, 年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$)、氙-133 (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$, 年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$)、钐-153 (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$, 年最大用量 $3.7 \times 10^9 \text{Bq}$)、铥-166 (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$, 年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$)、镱-177 (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$, 年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$)、铕-186 (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$, 年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$)、铕-188 (日等效最大操作量 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$, 年最大用量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$)、铽-201 (日等效最大操作量 $3.7 \times 10^6 \text{Bq}$, 年最大用量 $3.7 \times 10^9 \text{Bq}$)、镭-223 (日等效最大操作量 $1.85 \times 10^7 \text{Bq}$, 年最大用量 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$)、钷-232 (日等效最大操作量 3.70Bq , 年最大用量 $3.7 \times 10^4 \text{Bq}$)，其中除钷-226 为自购核素外，其他放射性核素均为药品生产厂家送检的样品，放射性药物检验检测平台每天只接受一种放射性核素检验，放射性药物检验检测平台日等效最大操作量 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ (其场所分级计算见表 1-4)，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

表 1-2 本项目非密封放射性物质用量表

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	用途	使用场所
1	C-11	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	理化检验区、放化检验区、生物检验区
2	N-13	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
3	C-14	1.85E+05	1.85E+06	药品检验	
4	O-15	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
5	F-18	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
6	P-32	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
7	Ca-47	3.70E+06	3.70E+07	药品检验	
8	Cr-51	3.70E+07	3.70E+08	药品检验	
9	Co-57	3.70E+06	3.70E+07	药品检验	
10	Fe-59	3.70E+06	3.70E+07	药品检验	
11	Cu-64	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
12	Cu-67	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
13	Ga-67	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
14	Ga-68	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
15	Sr-89	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
16	Zr-89	3.70E+07	3.70E+08	药品检验	
17	Sr-90	3.70E+05	3.70E+06	药品检验	
18	Y-90	1.85E+09	5.55E+10	药品检验	
19	Tc-94	1.85E+08	1.85E+09	药品检验	
20	Tc-99	3.70E+07	3.70E+08	药品检验	
21	Tc-99m	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
22	Pd-103	3.70E+07	3.70E+08	药品检验	
23	In-111	3.70E+08	3.70E+09	药品检验	
24	I-123	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
25	I-124	1.85E+08	1.85E+09	药品检验	
26	I-125	3.70E+08	3.70E+09	药品检验	
27	I-131	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
28	Xe-133	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
29	Sm-153	3.70E+08	3.70E+09	药品检验	
30	Ho-166	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
31	Lu-177	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
32	Re-186	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
33	Re-188	7.40E+08	7.40E+09	药品检验	
34	Tl-201	3.70E+08	3.70E+09	药品检验	
35	Ra-223	1.85E+06	1.85E+07	药品检验	
36	Th-232	3.70E+03	3.70E+04	药品检验	

3、工作场所分级

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 个特点的非密封放

放射性物质工作场所，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：A、有相对独立、明确的监督区和控制区划分；B、工艺流程连续完整；C、有相对独立的辐射防护措施。理化检验区、放化检验区、生物检验区之间功能房间相互有交叉，不满足前述 3 个条件，同时本项目与检验车间已有非密封放射性物质工作场所（放射性药物检验研究中心和放射性药品研发实验室）工艺、“两区”划分和辐射防护措施不交叉，因此本次评价将放射性药物检验检测平台整体作为一个独立的非密封放射性物质工作场所进行场所分级。

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 非密封放射性物质工作场所的分级判据如表 1-3。放射性同位素日等效操作量计算结果见表 1-4。

表 1-3 非密封放射性物质工作场所的分级表

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 $\sim 2 \times 10^7$

表 1-4 放射性药物检验检测平台场所分级参数取值及计算结果表

序号	核素	日最大操作量（Bq）	形态	毒性分组/修正因子 ^①	操作方式/修正因子 ^①	日等效最大操作量（Bq） ^②
1	C-11	7.40E+08	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	7.40E+06
2	N-13	7.40E+08	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	7.40E+06
3	C-14	1.85E+05	固态	中毒/0.1	简单的操作/10	1.85E+03
4	O-15	7.40E+08	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	7.40E+06
5	F-18	7.40E+08	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	7.40E+06
6	P-32	7.40E+08	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	7.40E+07
7	Ca-47	3.70E+06	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	3.70E+05
8	Cr-51	3.70E+07	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	3.70E+05
9	Co-57	3.70E+06	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	3.70E+05
10	Fe-59	3.70E+06	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	3.70E+05
11	Cu-64	7.40E+08	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	7.40E+06
12	Cu-67	7.40E+08	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	7.40E+07
13	Ga-67	7.40E+08	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	7.40E+07
14	Ga-68	7.40E+08	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	7.40E+06
15	Sr-89	7.40E+08	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	7.40E+07
16	Zr-89	3.70E+07	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	3.70E+06
17	Sr-90	3.70E+05	液态	高毒/1	简单的操作/1	3.70E+05

18	Y-90	1.85E+09	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	1.85E+08
19	Tc-94	1.85E+08	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	1.85E+06
20	Tc-99	3.70E+07	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	3.70E+05
21	Tc-99m	7.40E+08	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	7.40E+06
22	Pd-103	3.70E+07	固态	中毒/0.1	简单的操作/10	3.70E+05
23	In-111	3.70E+08	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	3.70E+07
24	I-123	7.40E+08	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	7.40E+06
25	I-124	1.85E+08	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	1.85E+07
26	I-125	3.70E+08	固态/ 液态 ^③	中毒/0.1	简单的操作/10	3.70E+06
27	I-131	7.40E+08	固态/ 液态 ^③	中毒/0.1	简单的操作/10	7.40E+06
28	Xe-133	7.40E+08	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	7.40E+06
29	Sm-153	3.70E+08	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	3.70E+07
30	Ho-166	7.40E+08	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	7.40E+07
32	Lu-177	7.40E+08	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	7.40E+07
31	Re-186	7.40E+08	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	7.40E+07
33	Re-188	7.40E+08	液态	中毒/0.1	简单的操作/1	7.40E+07
34	Tl-201	3.70E+08	液态	低毒/0.01	简单的操作/1	3.70E+06
35	Ra-223	1.85E+06	液态	极毒/10	简单的操作/1	1.85E+07
36	Th-232	3.70E+03	固态/ 液态 ^③	低毒/0.01	简单的操作/10	3.70

*注：①毒性修正因子和操作方式修正因子根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 确定；②日等效操作量=日最大操作量*毒性修正因子/操作方式修正因子；③存在固态和液态两种操作形式时均按固态操作方式进行保守修正。

根据建设单位提供的资料，放射性药物检验检测平台每天只接受一种放射性核素检验、检测，根据表 1-4，该放射性药物检验检测平台日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，对照表 1-3，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

4、项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要环境问题见表 1-5。

表 1-5 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运行期
主体工程	理化实验区建筑面积 37m^2 ，包括：液相（薄层扫描、紫外分光光度）实验室、高纯锗（液闪）实验室、气相火焰原子吸收实验室。	施工废水、噪声、建筑垃圾等	α 、 β 、 γ 射线、放射性固废、放射性废水、
	放化实验室区建筑面积 63m^2 ，包括：放射性化学实验室、高温室、活度测量室、天平室等。		

	生物实验区建筑面积 122m ² ，包括：清洗（灭菌）准备间、高温室、内毒素实验室、培养室、阳性对照实验室、微生物限度实验室、放射性无菌分样及检测实验室等。			放射性 废气、表 面沾污
	整个放射性药物检验检测平台涉及使用 36 种放射性核素包括：碳-11、氮-13、碳-14、氧-15、氟-18、磷-32、钙-47、铬-51、钴-57、铁-59、铜-64、铜-67、镓-67、镓-68、锝-89、锆-89、锝-90、钇-90、锆-94、锆-99、锆-99m、钷-103、铟-111、碘-123、碘-124、碘-125、碘-131、氙-133、钷-153、钷-166、镱-177、镱-186、镱-188、铊-201、镱-223、钷-232，其中除钷-226 为自购核素外，其他放射性核素均为药品生产厂家送检的样品。放射性药物检验检测平台日等效最大操作量 1.85×10 ⁸ Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。			
辅助工程	留样间、接样间、试剂间、气瓶间、灭活间、卫生通过间及办公室等，总建筑面积 169m ² 。			
环保工程	废水处理设施	设置 1 间放射性固废（废液）暂存间（20m ² ），其中短半衰期放射性废水经暂存衰变 10 个半衰期并监测达标后作为一般废水依托成都纽瑞特已有污水处理设施收集处理；长半衰期放射性废水统一收集后交由有资质单位进行处理。		
		非放射性废水直接依托成都纽瑞特已有废水处理设施收集处理。		
	废气处理设施	非密封放射性物质工作设置独立通排风系统，并设置过滤系统，并最终引至屋顶排放（距离地面 21m）。		
	固体废物处理设施	设置 1 间放射性固废（废液）暂存间（19.5m ² ），其中短半衰期放射性固废经暂存衰变 10 个半衰期并监测达标后作为一般固体废物进行处置；长半衰期放射性固废经统一收集后交由有资质单位处理。		
		非放射性固体废物直接依托成都纽瑞特已有设施收集处理。		
公用工程	排水、配电、供电和通讯系统等。		依托已有工程	/

三、主要原辅材料及设备配置

本项目放射性核素均为药品生产厂家送检的样品和科研外购核素（见表 1-6）。本项目所使用的非放射性原辅材料见表 1-7，本项目使用的仪器设备见表 1-8。

表 1-6 受检代表放射性药物化学及物理特性表

核素	代表性药物名称	代表性化学成分	挥发性	物理形态	用途	单批次最大送检药物量 (mCi)
C-11	碳-11 蛋氨酸注射液、碳-11 胆碱	$^{11}\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{NS}$ 、 $^{11}\text{C}_5\text{H}_{15}\text{NO}_2$	不易挥发	液态	显像诊断	20
N-13	氮-13 氨水注射液	$^{13}\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	易挥发	液态	显像诊断	20
C-14	碳-14 尿素胶囊	$^{14}\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$	易挥发	固态	幽门螺杆菌诊断	0.005
O-15	氧-15 水注射液	H_2^{15}O	不易挥发	液态	显像诊断	20
F-18	氟-18 脱氧葡萄糖注射液	^{18}F -FDG	不易挥发	液态	显像诊断	20
P-32	^{32}P 磷酸钠注射液	$\text{Na}^{32}\text{PO}_4$	不易挥发	液态	治疗真性红细胞增多症	20
Ca-47	Ca-47- Ca^{2+} 注射液	$^{47}\text{Ca}^{2+}$	不易挥发	液态	骨骼代谢检查	0.1
Cr-51	铬-51 乙二胺四乙酸注射液	^{51}Cr -EDTA	不易挥发	液态	肾小球滤过率测定	1
Co-57	维生素 B ₁₂ (氰 ^{57}Co 钴胺) 注射液	$\text{C}_{63}\text{H}_{88}^{57}\text{CoN}_{14}\text{O}_{14}\text{P}$	不易挥发	液态	抗恶性贫血治疗	0.1
Fe-59	枸橼酸 ^{59}Fe 铁注射液	^{59}Fe - $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	不易挥发	液态	显像诊断	0.1
Cu-64	铜-64 标记药物注射液	^{64}Cu -DOTA-TATE	不易挥发	液态	显像诊断	20
Cu-67	铜-64 标记药物注射液	^{67}Cu -PTSM	不易挥发	液态	显像诊断	20
Ga-67	镓-67-柠檬酸注射液	^{67}Ga - $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	不易挥发	液态	显像诊断	20
Ga-68	镓-68 标记药物注射液	^{68}Ga -PVD-P AOL	不易挥发	液态	显像诊断	20
Sr-89	氯化 ^{89}Sr 锶注射液	$^{89}\text{SrCl}_2$	不易挥发	液态	骨癌转移治疗	20
Zr-89	锆-89 标记药物注射液	^{89}Zr -DFO	不易挥发	液态	显像诊断	1
Sr-90	氯化 ^{90}Sr 锶注射液	$^{90}\text{SrCl}_2$	不易挥发	液态	前列腺治疗	0.01
Y-90	三氯化 ^{90}Y 钇注射液、 ^{90}Y 钇微球注射液	$^{90}\text{YCl}_3$	不易挥发	液态	肿瘤治疗	50

Tc-94	锝-99 标记药物注射液	$^{94}\text{Tc-DMP}$	不易挥发	液态	显像诊断	5
Tc-99	锝-99 标记药物注射液	$^{99}\text{Tc-DMP}$	不易挥发	液态	关节病治疗	1
Tc-99m	锝-99m 即时标记药物注射液	$\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$	不易挥发	液态	显像诊断	20
Pd-103	钯-103 籽源	/	不易挥发	固态	肿瘤治疗	1
In-111	三氯化 ^{111}In 注射液	$^{111}\text{InCl}_3$	不易挥发	液体	显像诊断	10
I-123	碘-123 标记药物	$^{123}\text{I-BMIPP}$	不易挥发	液体	显像诊断	20
I-124	碘-124 标记药物	$^{124}\text{I-}\beta\text{-CIT}$	不易挥发	液态	显像诊断	5
I-125	碘-125 籽源	Na^{125}I	易挥发	固态	肿瘤治疗	5
	碘-125 体外放射免疫试剂	^{125}I -人血清白蛋白	不易挥发	液态	放射性免疫检查	5
I-131	碘 ^{131}I 化钠口服液	Na^{131}I	易挥发	液态	甲癌、甲亢治疗	10
	碘 ^{131}I 化钠胶囊	Na^{131}I	易挥发	固态	甲癌、甲亢治疗	10
Xe-133	氙-133 生理盐水注射液	^{133}Xe	易挥发	液态	肺通气显像	20
Sm-153	来昔决南钐 ^{153}Sm 注射液	$^{153}\text{Sm-EDTMP}$	不易挥发	液态	骨癌转移治疗	10
Ho-166	钬-166 标记微球注射液	$^{166}\text{Ho-EDTMP}$	不易挥发	液态	骨癌转移治疗	20
Lu-177	镥-177 标记药物注射液	$^{177}\text{Lu-DOTA TATA}$	不易挥发	液态	前列腺治疗	20
Re-186	铼-186 标记药物注射液	$^{186}\text{Re-HEDP}$	不易挥发	液态	显像诊断	20
Re-188	铼 ^{188}Re 硫混悬注射液	^{188}ReS	不易挥发	液态	关节病治疗	20
Tl-201	氯化亚铊 ^{201}Tl 注射液	$^{201}\text{TlCl}$	不易挥发	液态	显像诊断	10
Ra-223	二氯化 ^{223}Ra 镭注射液	$^{223}\text{RaCl}_2$	不易挥发	液态	前列腺癌治疗	0.05

表 1-7 本项目原料消耗表

名称	年消耗量	规格	储存位置	来源
生理盐水	200 瓶	500ml/瓶	试剂室	外购
鲨试剂	5000 支	0.2ml/支	试剂室	外购
胰酪胨	50 瓶	250g/瓶	试剂室	外购
无水葡萄糖	20 瓶	500g/瓶	试剂室	外购
硫乙醇酸钠	10 瓶	25g/瓶	试剂室	外购

氯化钠	10 瓶	500g/瓶	试剂室	外购
琼脂	5 瓶	250g/瓶	试剂室	外购
磷酸氢二钾	40 瓶	25g/瓶	试剂室	外购
纯化水	500L	/	试剂室	自制
硝酸钍	$3.70 \times 10^4 \text{Bq}$	/	试剂室	外购

表 1-8 本项目设备配置表

实验区	实验室	设备名称	数量
理化实验	高纯锆（液闪）实验室	高纯锆 γ 谱仪	1 台
		液体闪烁计数器	1 台
		除湿机	1 台
	液相（薄层扫描、紫外分光光度）实验室	放射性薄层扫描仪	1 台
		紫外可见分光光度计	1 台
		高效液相色谱仪	1 台
	气相火焰原子吸收实验室	气相色谱仪	1 台
		冷却水循环机	1 台
		空压机	1 台
		原子吸收光谱仪	1 台
		离子色谱仪	1 台
放化实验 室区	活度测量室	同位素活度测量仪	1 台
	放射性化学实验室	放射性屏蔽负压手套箱	1 套
		放射性通风橱	1 套
		冰箱	1 台
		电热恒温水浴锅	1 台
		石墨电热板	1 台
		低速离心机	1 台
		超声波清洗器	1 台
		PH 计	1 台
		万用电炉	1 台
		超纯水机	1 台
	高温室	电热鼓风干燥箱	1 台
		马弗炉	1 台
	天平室	电子天平	2 台
		澄明度检测仪	1 台
		除湿机	1 台
生物实验 区	内毒素实验室	通风橱	1 套
		旋涡混合仪	1 台
	高温间	电热鼓风干燥箱	2 台
		高压蒸汽灭菌锅	1 台
	放射性无菌分样及检测实验室	无菌隔离器	1 台

	培养室	隔水式恒温培养箱	1 台
		生化培养箱	1 台
	阳性对照实验室	生物安全柜	1 台
	微生物限度实验室	生物限度仪	1 套
	清洗（灭菌）准备间	冰箱	2 台
		试管恒温仪	1 台
		电热恒温水浴锅	1 台
	灭活间	压力蒸汽灭菌器	1 台
	留样间	冰箱	2 台

四、产业政策的符合性及实践正当性分析

1、产业政策符合性分析

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中第一类鼓励类（第三十一项科技服务业中第六条“分析、试验、测试以及相关技术咨询与研发服务”）项目，符合国家现行产业政策。同时国家食品药品监督管理局药品化妆品监管司以“**”文同意项目开展“放射性药品检验检测平台”建设（见附件 2）。

2、实践正当性分析

根据《药品注册管理办法》规定，放射性药品在研发过程中和申报注册前，均需要进行全面的处方工艺开发和质量研究，拟定适宜的质量标准。目前国内具有放射性药品检验资质的机构仅 2 家（中国食品药品检定研究院和上海市药品检验所），具有放射性药品注册检验职能的机构仅有中国食品药品检定研究院 1 家，现有检验容量难以满足现今放射药物研发、药品检验和日常监管的需要。本项目拟建设开展放射性药物检验检测平台将开展放射性核素鉴别、放射性活度、放射化学纯度、放射性核纯度、放射性杂质分析、放射性浓度、放射性释放率等测定，各检验、检测手段是其它手段无法替代的，同时项目的建设能保障国内放射性药品市场监管，促进市场健康发展，该项目的实践是必要的。本项目在开展过程中，对非密封放射性物质的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的辐射防护措施，并建立相应的规章制度和辐射事故应急预案。因此，在正确使用和管理的情况下，可以将本项目产生的辐射影响降至尽可能小，该核技术利用的实践具有正当性。

五、工作人员及工作制度

本项目拟配置工作人员 5 人，其中辐射工作人员 3 人，其它非辐射工作人员 2 人。所有人员均实现白班单班制，每天工作 8h，年工作时间 250 天。

六、项目选址及平面布局合理性分析

1、项目选址合理性分析

成都纽瑞特位于四川省成都市双流区西航港开发区空港三路 999 号，同时项目位于西南航空港经济开发区（见附图 2）。根据现场踏勘，成都纽瑞特厂区北侧 6m 为成都紫光生态设备有限公司、北侧 110m 为四川农大正红生物技术有限责任公司，北侧 160m 为四川环太生物科技有限责任公司，厂区东侧紧邻中加美电子科技产业园空地，东侧约 240m 处为成都钺珏科技有限公司、兴发铝业（成都）有限公司，厂区南侧 300m 为四川汉能光伏有限公司，西侧 25m 为仁宝供水加压站，本项目距离最近集中居民区为西南侧的黄甲镇，直线距离约 1500m，另一处集中居民区为公兴镇，位于项目东南侧 1700m。

本项目所在检验车间预留实验室西北约 78m 为食堂住宿综合楼、西北侧约 45m 为放射性药品中试生产车间，北侧约 23m 为动物实验室，南侧为停车区，西侧紧邻检验车间非放射性实验区，西侧约 40m 为成都纽瑞特办公区，东侧约 5m 为厂区内部道路，该道路东侧为厂区预留发展空地，楼下二层为化学实验室和放射性药品研发实验室，楼下一层为放射性药物检验研究中心，楼上为露台，无功能房间。

本项目为租用成都纽瑞特检验车间，并已签订租赁协议（见附件 5、6），该检验车间环境影响评价已取得原四川省环保厅“川环审批[2017]325 号”文批复，且成都纽瑞特整体项目选址合理性已在《成都纽瑞特医疗科技有限公司放射性药物创新平台与产业化（一期）项目环境影响报告书》中进行了论述。本项目主要从事放射性相关活动，而成都纽瑞特也从事放射性相关活动，两者工作性质具有相似性，本项目选址已避开成都纽瑞特人员较为集中的办公、食堂和宿舍区域，且项目评价范围评价范围 50m 内无集中居民区、学校、医院、自然保护区、风景名胜区、保护文物及饮用水源保护区等环境敏感点和生态敏感点，同时项目

运行期将设有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

2、平面布置合理性分析

本项目放射性药物检验检测平台位于成都纽瑞特检验车间三楼，该放射性药物检验检测平台东北、西南和东南侧均无功能房间，西南侧紧邻成都纽瑞特已有非放实验室，本项目非密封放射性物质工作场所与成都纽瑞特已有非放实验室之间有实体墙进行隔离，整个非密封放射性物质工作场相对封闭且独立。本项目物料由东南侧专用物料电梯进出，工作人员通过楼梯进出，整个场所按功能分区从东南向西北依次布置：理化实验区、放化实验区和生物实验区，并设置独立的留样间和放射性液固暂存间。运行期人员及物料流通路径如下：

（1）工作人员流通路径：工作人员通过检验车间楼梯经换鞋间、更衣间进入各个实验区，若工作人员需进入部分对洁净度有要求的生物实验区（阳性对照实验室、生物限度实验室、放射性无菌分样及检测实验室），还需经一更、二更。工作人员实验结束后按原路返回离开，离开前需经表面沾污监测达标后才能正常离开。

（2）放射性原料流通路径：本项目涉及的放射性原料主要为各放射性药物生产厂家送检的放射性药物，该放射性药物经室外专用电梯送达检验车间三层，然后经接样间和传递窗流转至各个相关实验室内。实验结束后产生的放射性固废和放射性废液先统一转存于放射性液固暂存间内，最后再通过专用电梯流出。放射性药物在工作人员实验前进入，而放射性废物在实验结束后离开，两者通过时间隔离避免交叉影响。

综上所述，本项目非密封放射性物质场所设置了相互独立的物流通道和人流通道，且设置了独立的留样间和放射性液固暂存间，避免了交叉影响，场所相对封闭且独立，各功能单元分区明确，满足检验、检测工作要求，既能有机联系，又互不干扰。同时，整个放射性药物检验检测平台采取了有效的实体屏蔽措施，产生的电离辐射经屏蔽后对周围辐射环境影响是可接受的，从辐射安全的角度考虑，其平面布置是合理的。

七、与现有设施的相容性分析

本项目非放射性废水部分直接利用成都纽瑞特现有完善的废水处理设施处理，其处理工艺及处理能力能满足本项目需求，不会对当地水质产生影响；工作人员生活垃圾直接利用纽瑞特现有生活垃圾收集设施进行处理，其收集设施能满足本项目需求。本项目噪声源强为风机，经采取降噪措施后声环境影响较小，不改变区域声环境功能区划；本项目放射性废水、放射性固体废物和放射性废气收集、处理设施独立设施，不与成都纽瑞特放射性废水、放射性固废和放射性废气收集、处理设施交叉，通过采取相应的措施对周围环境影响较小；本项目产生的电离辐射经独立设置的屏蔽设施屏蔽后对周围辐射环境影响较小；同时本项目建设不占用成都纽瑞特消防通道和内部公共设施，与成都纽瑞特内部原有布置及周围环境相容。

八、与本项目有关的原有核技术利用问题

1、本项目所租用的成都纽瑞特检验车间大楼环境影响评价包含在《成都纽瑞特医疗科技有限公司放射性药物创新平台与产业化（一期）项目环境影响报告书》中，原四川省环境保护厅于 2017 年 12 月 1 日以“川环审批[2017]325 号”进行了批复。并于 2020 年 5 月开展了竣工环境保护验收。

2、该检验车间放射性废气通过独立排风系统+碘吸附器+除碘净化机组（过滤效率 $\geq 99.99\%$ ），并经 21m 排气筒引至屋顶排放；短半衰期放射性废水暂存衰变后，经监测达标后排入一体化污水处理设施处理，后排入园区污水管网，接入华阳污水处理厂进行处理，处理达标后排入锦江。长半衰期放射性废液通过放射性废液暂存罐收集后暂存于地下废液间暂存间，达到一定量后直接交由中核四川环保工程有限责任公司进行回收处理；短半衰期固体废物暂存衰变，经监测达标后作为一般工业固体废物处置。长半衰期固体废物收集达到一定量后，交由中核四川环保工程有限责任公司进行回收处理。经现场调查该检验车间不存在环境遗留问题。

3、本项目非放射性废水依托成都纽瑞特已有的废水处理（化粪池+一体化污水处理设施）设施进行处理，达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）预处理标准后排入园区污水管网，接入华阳污水处理厂进行处理，最终处理达标后排入锦江；非放射性固体废物也依托成都纽瑞特已有固废收集设施收集后由环

卫部门统一集中处理。目前成都纽瑞特已于 2020 年 5 月开展了竣工环境保护验收，并对前述环保设施进行了验收。

4、建设单位租用的成都纽瑞特场所现为预留实验室，之前该场所未从事过相关辐射活动，同时建设单位之前也未从事过辐射相关工作，本次为首次申请《辐射安全许可证》。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	
——	——	——	——	——	——	——	——	

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	C-11	液态	使用	7.40E+08	7.40E+06	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作	理化检验区、放化检验区、生物检验区	铅罐密封暂存于留样间
2	N-13	液态	使用	7.40E+08	7.40E+06	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
3	C-14	固态	使用	1.85E+05	1.85E+03	1.85E+06	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
4	O-15	液态	使用	7.40E+08	7.40E+06	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
5	F-18	液态	使用	7.40E+08	7.40E+06	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
6	P-32	液态	使用	7.40E+08	7.40E+07	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
7	Ca-47	液态	使用	3.70E+06	3.70E+05	3.70E+07	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
8	Cr-51	液态	使用	3.70E+07	3.70E+05	3.70E+08	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
9	Co-57	液态	使用	3.70E+06	3.70E+05	3.70E+07	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
10	Fe-59	液态	使用	3.70E+06	3.70E+05	3.70E+07	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
11	Cu-64	液态	使用	7.40E+08	7.40E+06	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
12	Cu-67	液态	使用	7.40E+08	7.40E+07	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
13	Ga-67	液态	使用	7.40E+08	7.40E+07	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间

14	Ga-68	液态	使用	7.40E+08	7.40E+06	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
15	Sr-89	液态	使用	7.40E+08	7.40E+07	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
16	Zr-89	液态	使用	3.70E+07	3.70E+06	3.70E+08	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
17	Sr-90	液态	使用	3.70E+05	3.70E+05	3.70E+06	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
18	Y-90	液态	使用	1.85E+09	1.85E+08	5.55E+10	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
19	Tc-94	液态	使用	1.85E+08	1.85E+06	1.85E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
20	Tc-99	液态	使用	3.70E+07	3.70E+05	3.70E+08	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
21	Tc-99m	液态	使用	7.40E+08	7.40E+06	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
22	Pd-103	固态	使用	3.70E+07	3.70E+05	3.70E+08	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
23	In-111	液态	使用	3.70E+08	3.70E+07	3.70E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
24	I-123	液态	使用	7.40E+08	7.40E+06	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
25	I-124	液态	使用	1.85E+08	1.85E+07	1.85E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
26	I-125	固态/液态	使用	3.70E+08	3.70E+06	3.70E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
27	I-131	固态/液态	使用	7.40E+08	7.40E+06	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
28	Xe-133	液态	使用	7.40E+08	7.40E+06	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
29	Sm-153	液态	使用	3.70E+08	3.70E+07	3.70E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
30	Ho-166	液态	使用	7.40E+08	7.40E+07	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
31	Lu-177	液态	使用	7.40E+08	7.40E+07	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
32	Re-186	液态	使用	7.40E+08	7.40E+07	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
33	Re-188	液态	使用	7.40E+08	7.40E+07	7.40E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
34	Tl-201	液态	使用	3.70E+08	3.70E+06	3.70E+09	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
35	Ra-223	液态	使用	1.85E+06	1.85E+07	1.85E+07	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间
36	Th-232	固态/液态	使用	3.70E+03	3.70	3.70E+04	药品检验、检测	简单的操作		铅罐密封暂存于留样间

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大 能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪器等

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
短半衰期放射性废水	液态	碳-11、氮-13、氧-15、氟-18、磷-32、钙-47、铬-51、铁-59、铜-64、铜-67、镓-67、镓-68、锑-89、锆-89、钇-90、钨-94、钨-99m、钼-103、铟-111、碘-123、碘-124、碘-125、碘-131、氙-133、钷-153、钷-166、钨-177、铊-186、铊-188、铊-201、镭-223	134L	总 $\alpha < 1\text{Bq/L}$, 总 β 小于 10Bq/L	采用短半衰期废液收集桶收集后转入放射性固废（废液）暂存短半衰期废液屏蔽贮存容器	静置衰变 10 个半衰期后经监测达标排入成都纽瑞特非放下水管网，经一体化污水处理实施处理后排入园区污水管网。
长半衰期放射性废水	液态	碳-14、钴-57、锑-90、钨-99、钷-232	17L	/	采用长半衰期废液收集桶收集后转入放射性固废（废液）暂存长半衰期废液屏蔽贮存容器	交有资质单位进行回收处理，不外排。
短半衰期放射性废水	固态	碳-11、氮-13、氧-15、氟-18、磷-32、钙-47、铬-51、铁-59、铜-64、铜-67、镓-67、镓-68、锑-89、锆-89、钇-90、钨-94、钨-99m、钼-103、铟-111、碘-123、碘-124、碘-125、碘-131、氙-133、钷-153、钷-166、钨-177、铊-186、铊-188、铊-201、镭-223	372kg	/	采用短半衰期固废收集桶收集后转入放射性固废（废液）暂存短半衰期固废屏蔽贮存容器	静置衰变 10 个半衰期后监测，经监测达标后作为一般固体废物暂存处置。
长半衰期放射性废水	固态	碳-14、钴-57、锑-90、钨-99、钷-232	48kg	/	采用长半衰期固废收集桶收集后转入放射性固废（废液）暂存长半衰	交有资质单位进行回收处理，不外排。

					期固废屏蔽 贮存容器	
放射性 废气	气 态	/	$2.98 \times 10^5 \text{Bq}$	0.31	/	经过滤系统过 滤后引至检验 车间 3 楼楼顶 排放

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m³；年排放总量用kg。

2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日实施)； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法(2018 年修订)》(2018 年 12 月 29 日实施)； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日实施)； (4) 《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 682 号令)； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2005 年 9 月 14 日国务院第 449 号令发布，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》(国务院令第 709 号)对其进行了修改)； (6) 《放射性废物安全管理条例》(国务院令第 612 号)； (7) 《关于发布<放射性废物分类>的公告》(环境保护部 工业和信息化部 国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号)； (8) 《四川省辐射污染防治条例》(四川省十二届人大常委会第 24 次会议通过，2016 年 6 月 1 日实施)； (9) 《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)； (10) 《关于发布<射线装置分类>的公告》(环境保护部/国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号)； (11) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，2017 年 12 月 12 日《环境保护部关于修改部分规章的决定》(部令第 47 号)对其进行了修改，2019 年 8 月 22 日《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》(生态环境部令第 7 号)对其进行了修改)； (12) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》(环境保护部第 44 号令)； (13) 《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》(生态环境部 1 号令)；
------	--

	(14) 《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 号文）； (15) 《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 日施行）； (16) 《关于<建设项目环境影响评价分类管理名录>中免于编制环境影响评价文件的核技术利用项目有关说明的函》（环办函[2015]1758 号）； (17) 《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400 号）； (18) 《关于印发<四川省生态环境厅（四川省核安全局）辐射事故应急预案（2020 版）>的通知》（川环发[2020]2 号）。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (2) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）； (3) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； (4) 《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB11928-89）； (5) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）； (6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）； (7) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）； (8) 《表面污染测定 第一部分：β 发射体（$E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$）和 α 发射体》（GB/T14056.1-2008）； (9) 《辐射环境保护管理导则 核技术应用项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； (10) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）； (11) 《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WS T613-2018）； (12) 《核技术利用放射性废物最小化》（HAD401/11-2020）。
其他	(1) 《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》（第三版）； (2) 《辐射防护手册》（第一分册、第三分册），李德平、潘自强主编，原子能出版社； (3) 《辐射防护导论》，方杰主编，原子能出版社； (4) 《电离辐射剂量学》，李士骏编（原子能出版社，1986，第

二版），原子能出版社；

（5）《放射卫生学》，章仲侯主编，原子能出版社；

（6）《实用辐射安全手册》，从慧玲主编，原子能出版社；

（7）项目委托书及建设单位提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目为乙级非密封放射性物质工作场所，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的有关规定，本项目评价范围确定为以项目实体边界为中心，半径 50m 范围。

保护目标

本项目的�主要环境影响因素为电离辐射。根据本项目评价范围、辐射工作场所布局及外环境特征，本项目重点关注的环境保护目标见表 7-1 所示。

表 7-1 主要环境保护目标

保护名单		人数（人）	方位/位置	与核素最近距离
职业	实验操作人员	3	本项目实验区内部	0.5m
公众	本项目办公室	2	本项目实验区东北侧	5m
	纽瑞特办公区	20	本项目实验区西北侧	40m
	检验车间三层非放实验室	10	本项目实验区西北侧	5m
	检验车间二层化学实验室	10	本项目实验区楼下	3m
	检验车间一层放射性检验实验室	10	本项目实验区楼下	6m
	放射性药品中试生产车间	5	本项目实验区西北侧	45m
	动物实验室	5	本项目实验区北侧	23m
	厂区内部道路	流动人员	本项目实验区北侧、东侧、南侧	5m

评价标准	
------	--

一、环境质量标准

- (1) **环境空气**：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准。
- (2) **地表水**：执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中III类标准。
- (3) **地下水**：执行《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）III类标准；
- (4) **声环境**：执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 3 类标准。

二、污染物排放标准

- (1) **废气**：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。
- (2) **废水**：放射性废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）第一类污染物排放标准（总 $\alpha < 1\text{Bq/L}$ ，总 $\beta < 10\text{Bq}$ ）；生活污水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准；

(3) 噪声：①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）表 1 中的标准；②运行期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准。

三、电离辐射剂量约束及排放管理

1、剂量约束值

①职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。项目对于职业人员，要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量的 1/4 执行（即 5mSv/a），作为本项目职业照射年有效剂量约束值。

②公众照射：第 B1.2.1 条的规定，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年有效剂量 1mSv。项目要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量的 1/10 执行，即 0.1mSv/a，作为本项目公众照射年有效剂量约束值。

2、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）表 B11 工作场所的放射性表面污染的控制水平见表 7-2。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平表

序号	表面类型		α 放射性物质 (Bq/cm ²)		β 放射性物 (Bq/cm ²)
			极毒性	其它	
1	工作台、设备、	控制区 ⁽¹⁾	4	4×10	4×10
2	墙壁、地面	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
3	工作服、手套、	控制区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
4	工作鞋	监督区			
5	手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹
(1) 该区内的高污染子区除外					

3、放射性固体废物管理

根据《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB11928-89）放射性固废收集容器密封暂存后其表面 1m 处剂量率应小于 0.1mSv/h， β 表面沾污小于 4Bq/cm²。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目主要的污染因子为电离辐射,对环境空气、地表水及地下水影响较小,因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价,重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。为掌握项目拟建地辐射水平,我院对项目拟建地辐射环境进行了现场监测。

一、监测方法与标准

- (1) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001) ;
- (2) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993);
- (3) 《表面污染测定 第一部分: β 发射体 ($E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$) 和 α 发射体》(GB/T14056.1-2008)。

二、监测点位布设

本项目属于新建项目,根据现场踏勘,目前项目所依托的检验车间已建设完成,属于预留实验区,根据本项目平面布置和外环境关系,本次选择在预留实验室内和检验车间外分别布设监测点位以反映区域辐射环境质量状况,主要监测因子为 X- γ 辐射剂量率、 $\alpha\beta$ 表面沾污等。本次共布设 7 个监测点位,能较好反映项目周围辐射环境现状,其监测点位布设合理。具体监测点位布设见表 8-1。

表 8-1 监测布点方案表

序号	监测点位	监测因子	监测频次
1	检验车间三层本项目实验室内东北侧	X- γ 辐射剂量率、 $\alpha\beta$ 表面沾污	监测一次
2	检验车间三层本项目实验室内东南侧	X- γ 辐射剂量率、 $\alpha\beta$ 表面沾污	监测一次
3	检验车间三层本项目实验室内西南侧	X- γ 辐射剂量率、 $\alpha\beta$ 表面沾污	监测一次
4	检验车间三层本项目实验室内西北侧	X- γ 辐射剂量率、 $\alpha\beta$ 表面沾污	监测一次
5	检验车间外东北侧	X- γ 辐射剂量率	监测一次
6	检验车间外东南侧	X- γ 辐射剂量率	监测一次
7	检验车间外西南侧	X- γ 辐射剂量率	监测一次

三、监测时间及现场环境

2020 年 6 月 19 日,建设单位委托我院对本项目现场辐射环境进行了监测,监测时环境温度: 28℃~30℃; 环境湿度: 56%~57%; 天气状况: 晴。

四、监测仪器

本项目现场监测所采用的监测方法和监测仪器见表 8-2。

表 8-2 监测方法和仪器表

项目	监测方法	方法来源	监测仪器
X-γ 辐射剂量率	现场监测	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993)	仪器名称：便携式 X-γ 剂量率仪 仪器型号：BH3103B 仪器编号：015 能量响应范围：25KeV~3MeV 检出限：1×10 ⁻⁸ Gy/h 检定证书编号：检定字第 2020-13 号 检定单位：四川省核工业辐射测试防护设备计量检定站 检定日期：2020 年 04 月 15 日 有效日期：2021 年 04 月 14 日
αβ 表面沾污	现场监测	《表面污染测定 第一部分：β 发射体(E _{βmax} >0.15MeV)和 α 发射体》(GB/T 14056.1-2008)	仪器名称：α、β 表面污染仪 仪器型号：LB124 编号：10-10999 检出限：0Bq/cm ² 检定证书编号：检定字第 2020-54 号 检定单位：四川省核工业辐射测试防护设备计量检定站 检定日期：2020 年 06 月 11 日 有效日期：2021 年 06 月 10 日

五、质量保证

本次监测单位为四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心），具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定证书（编号：160021181133），并在许可范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

①根据《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）、《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）、《表面污染测定 第一部分：β 发射体（E_{βmax}>0.15MeV）和 α 发射体》（GB/T14056.1-2008）和项目实际情况制定监测方案及实施细则；

②严格按照监测单位《质保手册》、《作业指导书》开展现场工作；

③监测仪器每年经过计量部门检定后使用；每次测量前、后均检查仪器的工

作状态是否正常；

④监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑤根据《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993），监测高度 1.5m，合理布设监测点位置，兼顾监测技术规定和实际情况，监测结果具有代表性和针对性，每个测点连续测量 5 次，每次测量时间不小于 15 秒，并读取稳定状态的最大值；

⑥监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

⑦建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

⑧检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

六、监测结果与评价

本项目辐射工作场所本底监测结果见表 8-3 和表 8-4。

表 8-3 X- γ 辐射剂量率监测结果

点 位	监测位置	X- γ 空气吸收剂量率（ $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ）	
		平均值	标准差
1	检验车间三层本项目实验室内东北侧	9.4	0.19
2	检验车间三层本项目实验室内东南侧	9.4	0.17
3	检验车间三层本项目实验室内西南侧	9.3	0.16
4	检验车间三层本项目实验室内西北侧	8.6	0.13
5	检验车间外东北侧	10.3	0.24
6	检验车间外东南侧	9.8	0.19
7	检验车间外西南侧	10.4	0.26

表 8-4 α 、 β 表面沾污监测结果

点 位	监测位置	α 表面沾污（ Bq/cm^2 ）		β 表面沾污（ Bq/cm^2 ）	
		平均值	标准差	平均值	标准差
1	检验车间三层本项目实验室内东北侧	0	/	0.16	0.005
2	检验车间三层本项目实验室内东南侧	0	/	0.17	0.006
3	检验车间三层本项目实验室内西南侧	0	/	0.21	0.008
4	检验车间三层本项目实验室内西北侧	0	/	0.15	0.006
5	检验车间外东北侧	0	/	0.16	0.005

表 8-3 和表 8-4 得出结论：项目建设地周围 X- γ 空气吸收剂量率范围为 $8.6 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 10.4 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ （86nGy/h $\sim$ 104nGy/h），属于成都市正常辐射水平

74.7nGy/h~214.2nGy/h（引自：《中华人民共和国生态环境部 2018 年全国辐射环境质量报告》中成都市自动站监测数据）。 α 表面沾污为 0Bq/cm²， β 表面污染为 0.15 Bq/cm²~0.21Bq/cm²，属于当地正常水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析 根据建设提供资料，本项目主要是接受送检放射性药物进行检验和检测。建设单位在接到送检放射性药物后首先是进行台账记录，然后将其转入放化实验室屏蔽手套箱中，然后根据需要开展的检验、检测内容进行放射性药物的分装制样、留样衰变和恒温培养等，最后根据检验、检测项目开展对应的实验内容，对于半衰期小于 6h 的放射性药物（如：碳-11、氮-13、氧-15、氟-18、锝-94、锝-99m），若无法送检，需由检验人员到企业或医院进行现场检验、检测。 本项目主要开展的项目包括：放射性核素鉴别、放射性活度、放射化学纯度、放射性核纯度、放射性杂质分析、放射性浓度、放射性释放率等测定、杂质分析、酸碱度、无菌、细菌内毒素等检验项目。各检验、监测分析项目及方法见表 9-1，主要操作流程见图 9-1。
污染源项描述 一、施工期工艺及污染源分析 本项目主体大楼已建成不涉及改造施工，本次建设只涉及工作场所的内部装饰工程 and 设备的安装调试。其主要工艺流程见图 9-1。 噪声、建筑废渣、扬尘、包装废材 <pre>graph LR; A[工作场所内部装饰] --> B[设备安装调试]; B --> C[投入运行]; subgraph Box []; A; B; end; Box -.-> D[噪声、建筑废渣、扬尘、包装废材]</pre> 图 9-1 施工期施工工序及产污位置图 本项目是依托成都纽瑞特检验车间主体工程进行建设，主要环境影响表现在后期装修施工过程中，在其施工期，主要环境问题表现为施工噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑废渣等，环评要求：环评要求：①由于项目是在已有建筑内装修修建，首先要保证其它工作单元正常运营。因此在装修施工过程中应加强施工管理，对施工时间、时段，施工进度精心安排、系统规划，对可能受影响和破坏的对象加以保护；②项目施工设备的选择应考虑选择低噪音设备，并在施工中防止机械噪声的超标，禁止夜间施工作业；③施工中产生的废弃物（如废材料、废纸张、废包装材料、废塑料薄膜等）应妥善保管、及时回收处理。

二、运行期工艺分析

1、电离辐射

本项目共涉及使用 36 种放射性核素，根据《 γ 射线屏蔽参数手册》（中国科学院工程力学研究所编著）、《辐射防护手册（一分册）》（潘自强主编）及《核物理主题数据库-原子核特性数据库》（中国原子能科学研究院）查阅，本项目涉及使用的放射性核素主要特性见表 9-2。

根据表 9-2，本项目产生的电离辐射包括： α 粒子（最大能量为 5.72MeV）、 β 粒子（最大能量为 2.83MeV）、 γ 射线（最大能量为 1.69MeV），项目运行期因工作人员近距离操作放射性核素可能受 γ 贯穿外照射影响、核素挥发性吸入内照射影响和表面沾污影响。

2、废气

根据代表性受检药物的化学特性，本项目涉及易挥发的放射性药物包括：氮-13 氨水注射液、碳-14 尿素胶囊、碘-125 籽源、碘^{[131]I}化钠口服液、碘^{[131]I}化钠胶囊、氙-133 生理盐水注射液，对于易挥发性放射性药物其放射性核素挥发率按 1%取值，对于不易挥发放射性药物其挥发率按 0.1%取值。各核素废气排放源强见表 9-3。

表 9-3 放射性废气挥发量计算表

核素	年最大操作量（Bq）	排放系数	年挥发量（Bq）
C-11	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
N-13	7.40E+09	1%	7.40E+07
C-14	1.85E+06	1%	1.85E+04
O-15	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
F-18	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
P-32	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
Ca-47	3.70E+07	0.1%	3.70E+04
Cr-51	3.70E+08	0.1%	3.70E+05
Co-57	3.70E+07	0.1%	3.70E+04
Fe-59	3.70E+07	0.1%	3.70E+04
Cu-64	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
Cu-67	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
Ga-67	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
Ga-68	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
Sr-89	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
Zr-89	3.70E+08	0.1%	3.70E+05

Sr-90	3.70E+06	0.1%	3.70E+03
Y-90	5.55E+10	0.1%	5.55E+07
Tc-94	1.85E+09	0.1%	1.85E+06
Tc-99	3.70E+08	0.1%	3.70E+05
Tc-99m	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
Pd-103	3.70E+08	0.1%	3.70E+05
In-111	3.70E+09	0.1%	3.70E+06
I-123	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
I-124	1.85E+09	0.1%	1.85E+06
I-125	3.70E+09	1%	3.70E+07
I-131	7.40E+09	1%	7.40E+07
Xe-133	7.40E+09	1%	7.40E+07
Sm-153	3.70E+09	0.1%	3.70E+06
Ho-166	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
Lu-177	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
Re-186	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
Re-188	7.40E+09	0.1%	7.40E+06
Tl-201	3.70E+09	0.1%	3.70E+06
Ra-223	1.85E+07	0.1%	1.85E+04
Th-232	3.70E+04	0.1%	3.70E+01

3、废水

(1) 放射性废水

本项目运行过程中产生的放射性废水主要包括：剩余受检液态药品、受检药物稀释原液、实验器具清洗废液和检验检测混合分析液体等，各实验场所放射性废水产生情况详见表 9-4。

表 9-4 放射性废水来源及源强表

实验场所		废水名称	产生量
理化实验区	液相（薄层扫描、紫外分光光度）实验室	受检药物稀释原液	1mL/次
	高纯锗（液闪）实验室	受检药物稀释原液	1mL/次
	气相火焰原子吸收实验室	受检药物稀释原液	1mL/次
放化实验区	放射性化学实验室	剩余受检液态药品	20mL/次
		实验器材清洗液	200mL/次
	高温室	/	/
	活度测量室	/	/
	天平室	/	/
生物实验区	清洗（灭菌）准备间	实验器材清洗消液	200mL/次
	高温室	/	/
	内毒素实验室	/	/

	培养室	/	/
	阳性对照实验室	混合实验分析液	1mL/次
	微生物限度实验室	/	/
	放射性无菌分样及检测实验室	/	/
合计			424mL/次

本项目每天只针对一种放射性核素进行检验、检测，根据表 9-4，单次实验放射性废水产生量约 424mL，每种核素年最大检验、检测次数为 10 次，年放射性废水产生量 148L。其中短半衰期（小于 100 天）放射性废水核素组成包括：碳-11、氮-13、氧-15、氟-18、磷-32、钙-47、铬-51、铁-59、铜-64、铜-67、镓-67、镓-68、锶-89、锆-89、钇-90、锝-94、锝-99m、钡-103、铟-111、碘-123、碘-124、碘-125、碘-131、氙-133、钷-153、钪-166、镱-177、镱-186、镱-188、铊-201、镭-223，产生量约 134L/a；长半衰期（大于 100 天）放射性废水核素组成包括：碳-14、钴-57、锶-90、锝-99、钷-232，产生量约 17L/a。

(2) 非放射性废水

本项目设置工作人员 5 人，用水量按 150L/（人 d）计算，生活用水量为 0.75m³/d。产物系数以 0.8 计，则项目生活污水产生量为 0.6m³/d。

4、固体废物

(1) 放射性固废

本项目运行过程中产生的放射性固体废物主要包括：受检剩余固态药物、生物实验固态培养基、实验一次性耗材和过滤检修更换的过滤器等。各实验场所放射性固废产生情况详见表 9-5。

表 9-5 放射性固废来源及源强表

实验场所		固废名称	产生量
理化实验区	液相（薄层扫描、紫外分光光度）实验室	稀释液玻璃瓶	50g/次
	高纯锗（液闪）实验室	稀释液玻璃瓶	50g/次
	气相火焰原子吸收实验室	稀释液玻璃瓶	50g/次
放化实验区	放射性化学实验室	试验台垫层吸水纸、pH 试纸、纯化测定层析纸、移液器枪头、毛细管、放射性药物空溶液瓶、受检剩余固态药物	500g/次
	高温室	/	/
	活度测量室	/	/
	天平室	/	/
生物实验区	清洗（灭菌）准备间	/	/
	高温室	/	/

	内毒素实验室	试验台垫层吸水纸、擦拭纸、移液器枪头等	100g/次
	培养室	固态培养基	50g/次
	阳性对照实验室	试验台垫层吸水纸、擦拭纸、移液器枪头等	100g/次
	微生物限度实验室	固态培养基	50g/次
	放射性无菌分样及检测实验室	固态培养基	50g/次
其它		一次性实验手套	200g/次
		更换的过滤器	10kg/年

本项目每天只针对一种放射性核素进行检验、检测，根据表 9-5，单次实验放射性固体废物产生量约 1.2kg，每种核素年最大检验、检测次数为 10 次，年放射性固废产生量 420kg。其中短半衰期（小于 100 天）放射性固废核素组成包括：碳-11、氮-13、氧-15、氟-18、磷-32、钙-47、铬-51、铁-59、铜-64、铜-67、镓-67、镓-68、锶-89、锆-89、钇-90、锝-94、锝-99m、钇-103、铟-111、碘-123、碘-124、碘-125、碘-131、氙-133、钐-153、钷-166、钨-177、铈-186、铈-188、铪-201、钨-233，产生量约 372kg/a；长半衰期（大于 100 天）放射性固废核素组成包括：碳-14、钴-57、锶-90、锝-99、钷-232，产生量约 48kg/a。

（2）非放射性固废

本项目非放射性固废，主要包括受检药物的包装废材和工作人员的生活垃圾，每天非放射性固废产生量约 5kg。

5、噪声

本项目噪声源来源于净化空调机组和排风机组，其噪声值不超过 65dB(A)。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作区域管理

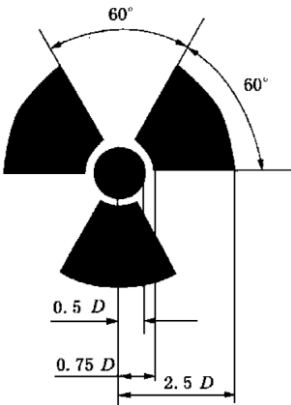
为加强射线装置所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，划定辐射控制区和监督区。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定辐射控制区和监督区。其定义为“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。”本项目项目控制区和监督区划分情况见表10-1。

表 10-1 本项目“两区”划分一览表

控制区	监督区	备注
液相（薄层扫描、紫外分光光度）实验室、高纯锗（液闪）实验室、气相火焰原子吸收实验室、放射性化学实验室、天平室、培养室、内毒素实验室、高温室、清洗（灭菌）准备间、活度测量是、阳性对照实验室、灭活间、放射性固废（废液）暂存间、放射性无菌分析及检测实验室、生物限度实验室、留样间等	接样间、换鞋间、更衣间、试剂室、气瓶间、一更、二更、C级走廊、过道等	控制区内禁止非职业人员进入，以减少不必要的照射。监督区内应尽量限制无关人员进入。

1、控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志（图 10-2）；



a.电离辐射的标志



b.电离辐射警告标志

图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门

禁) 限制进出控制区;

④在卫生通过区域配备个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜等;

⑤定期审查控制区的实际状况, 以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施

2、监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区为边界;

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌;

③定期检查该区的条件, 以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定, 或是否需要更改监督区的边界。

二、辐射安全及防护措施

(一) 电离辐射防护措施

根据本项目放射性核素衰变方式产生的电离辐射包括: α 粒子(最大能量为 5.72MeV)、 β 粒子(最大能量为 2.83MeV)、 γ 射线(最大能量为 1.69MeV), 其中 α 、 β 粒子由于穿透能力较弱, 重点关注内照射防护及表面沾污, γ 射线由于射程较远穿透能力较强, 重点关注外照射防护。

1、内照射防护及表面沾污防治措施

(1) 针对放射性核素的分装操作(特别是以挥发的药物和固体粉末类药物)采用密闭隔离的方法进行防护, 即本项目设置密闭手套箱把放射性核素局限在某一空间内操作, 并保持手套箱内负压, 防止放射性核素逸散到实验室内。同时针对固态类药物检验、检测尽量采取湿法手段, 防治固态物质逸散。

(2) 非密封放射性物质工作场所地面采用环氧树脂自流平地面, 墙面与地面交接作圆角处理, 地面全部敷设易去污并可以拆除更换的材料, 其边缘应高出地面 15~25cm, 且地面光滑, 并具有易去污。

(3) 对于放射性核素的分装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, 以防止放射性药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。

(4) 每天进行实验结束后, 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，应即时按制定的去污操作规程开展去污操作，去污废水和擦拭纸等均需按放射性废物管理。

(5) 辐射工作人员在进行实验前应做好个人防护用品的佩戴，包括：防护工作服、帽子、鞋子、手套、袖套、围裙、口罩、防护眼镜、个人剂量计、个人剂量报警仪等，在完成实验后按指定人员通道离开，同时卫生通过区设置表面沾污监测仪，并经过“洁衣剂量检查（监测不合格需经过“去污”过程）→脱洁衣→穿家常服→穿家常鞋→出口”的流程。

(6) 所有辐射工作人员上岗前应经过专业培训，并熟悉自己岗位的操作流程，并具备相应的技能与防护知识，管理人员需定期进行检查，严禁人员违规操作。

2、外照射防护措施

对于外照射防护，基本防护原则是时间防护、距离防护、屏蔽防护，本项目重点采用屏蔽防护；

(1) 对于时间防护，在满足检验、检测的前提下，每次分装前针对不同特性的放射性核素应优化操作时间，同时本项目共设置 3 名分装操作人员进行轮班操作，尽量减少职业人员的受照射时间。

(2) 对于距离防护，采取在门口张贴醒目的电离辐射警告标志，限制无关人员进入，避免公众收到不必要的照射。同时，整个非密封放射性工作场所划定控制区及监督区，严格控制公众远离辐射源。

(3) 对于屏蔽防护包括：储存场所屏蔽防护、操作过程屏蔽防护等。

①储存过程屏蔽防护

本项目送检的放射性药物在进场前已按《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定货包的要求进行包装，一般采用 5mm~50mm 铅当量的屏蔽罐进行防护，放射性药物货包进场后由接样间接受登记后直接转入放射性化学实验室手套箱内，本项目不存在放射性药物大量贮存的情况，对于需要留样的放射性药物则在分装后采用 20mm 铅罐防护转入留样间双人双锁保险柜内。

②操作过程屏蔽防护

a、放射性药物进场后首先是进行活度测量操作，活度测量室配置一个 50mm 厚的铅井进行防护；对于高活度放射性药物的分装操作，放射性化学实验室配置密闭手套箱，整体防护铅当量为 30mm；对于分装后的低活度放射性药物通过铅

罐转入各实验室的通风橱内，通风橱内配置 20mm 铅当量的“L”形铅屏风。

b、整个操作过程辐射工作人员佩戴防护工作服、帽子、鞋子、手套、袖套、围裙、口罩、防护眼镜等，其铅当量厚度为 0.5mmPb；

c、对于放射性固废和放射性废液收集容器，设置铅当量厚度为 20mm 的贮存容器。

3、安全保卫“六防”措施

(1) 防火：①整个实验室安装烟气报警装置，场所外安装消防栓，同时人员易接触的位置配备干粉式灭火器，各个功能房间需满足《建筑设计防火规范》（GB50016-2006）；②留样间、放射性固废（废液）暂存间等场所禁止储存易燃、易爆、腐蚀性等其他一切与本项目无关的物品。

(2) 防水：①本项目所在地周围无地表水体，所在地的场地标高高于周围地表水体，本项目场地不受洪水位影响，同时高于地下水位线；②控制区场所墙面与地面交接应作圆角处理，地面应全部敷设易去污并可以拆除更换的材料，其边缘应高出地面 15~25cm，且地面光滑，并具有易去污，受辐照后不易老化。

(3) 防盗、防抢和防破坏：①整个实验室进行封闭管理，并设置门禁系统，非相关人员未经许可不能正常进入实验室内；②本项目留样间设置保险柜并设置双人双锁，放射性物料的来源、使用和去向都必须有完整记录并长期保存，并由专人进行管理，并定期对单位内部所有的放射性物料进行核查，确保“物-账”统一；③整个实验室内外设置严密的监控系统，实行 24h 实施监控，当有非密封放射性物质暂存时安排人员进行 24h 值守，防止被盗。

(4) 防泄漏：①本项目使用的各种放射性物料均来自于正规生产厂家，出厂时包装用铅罐密闭，铅罐表面剂量满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）要求；②实验室非密封放射性物质工作场所均采取有效的实体屏蔽措施，其屏蔽体外 γ 剂量率能满足 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 限值要求；③建设单位自行配备有便携式 γ 辐射监测仪及 $\alpha\beta$ 表面沾污仪，并严格落实辐射监测计划，定期对非密封放射性物质工作产生进行巡测，有效防止射线泄漏。

4、辐射防护安全设施综合要求对照

为防止发生辐射事故，根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400 号）中对乙级非密封放射性物质工作场所的要求，本次评价根

据建设单位拟采取的辐射安全装置及设备进行了对照分析，具体情况见表 10-3。

表 10-3 辐射安全防护设施汇总对照分析表

序号	项目	规定的措施和制度	落实情况
1	场所设施	场所分区标识	拟设置
2		场所入口电离辐射警示标识	拟设置
3		卫生通过间	已设计
4		人员出口污染监测仪	拟配置
5		独立的放射性通风设施（流向、排风过滤）	已设计
6		工作箱（箱内保持合适负压、过滤）	拟配置
7		屏蔽防护设施	拟配置
8		易去污的工作台面和防污染覆盖材料	拟配置
9		移动放射性液体容器不易破裂或有不易破裂的套	拟配置
10		放射性废水暂存设施	已设计
11		放射性固废暂存设施	已设计
12		安保设施	拟配置
13	监测设备	便携式辐射剂量率监测仪	拟配置
14		便携式表面沾污监测仪	拟配置
15	个人防护用品	个人剂量计	拟配置
16		个人剂量报警仪	拟配置
17		工作服、防护手套、口罩等个人防护用品	拟配置
18	应急物质	去污用品和试剂	拟配置
19		必备的警示标志和标识线	拟配置
20		灭火器材	拟配置
21		放射性同位素应急包装容器	拟配置

根据表 10-3 对照，本项目非密封放射性物质工作场所在落实相应的辐射安全保卫及防护设施（设备）后能满足相关要求。

三废的治理

一、废水治理措施

1、放射性废水治理措施

本项目运行过程产生的放射性废水包括：剩余受检液态药品、受检药物稀释原液、实验器具清洗废液和检验检测混合分析液体等。本项目不设置放射性废水下水口，实验过程中拟在各操作台分别设置 2L 短半衰期废液收集桶和 2L 长半衰期废液收集桶分类收集放射性废水，然后分别转送至放射性固废（废液）暂存间短半衰期废液和长半衰期废液屏蔽贮存容器进行贮存衰变。

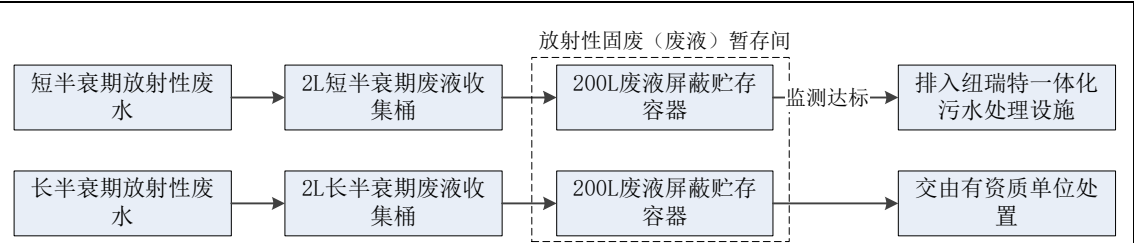


图 10-5 本项目放射性废水处理流程示意图

短半衰期放射性废水产生量约 134L/a（核素组成：碳-11、氮-13、氧-15、氟-18、磷-32、钙-47、铬-51、铁-59、铜-64、铜-67、镓-67、镓-68、锶-89、锆-89、钇-90、锝-94、锝-99m、钇-103、铟-111、碘-123、碘-124、碘-125、碘-131、氙-133、钐-153、钪-166、镱-177、镱-186、镱-188、铊-201、镭-223），拟采用 2 个 200L 废液屏蔽贮存容器轮换收集，静置衰变 10 个半衰期后取样监测，若满足总 α 小于 1Bq/L，总 β 小于 10Bq/L 时，排入成都组瑞特非放下水管网，经一体化污水处理实施处理后排入园区污水管网。长半衰期放射性废水产生量约 17L/a（核素组成：碳-14、钴-57、锶-90、锝-99、钷-232），拟采用 1 个 200L 废液屏蔽贮存容器统一收集达到一定量后，交由资质单位进行回收处理，不外排。针对放射性废水建设单位还需采取如下管理措施：

①禁止短半衰期和长半衰期废液进行混装，同时禁止直接将废液排入成都组瑞特非放下水管网；②对于短半衰期受检剩余液体药物，考虑其活度浓度较大，建议先采用铅罐在留样间衰变 10 个半衰期后再排入废液屏蔽贮存容器；③建立放射性废水收集、排放台账，记录每次排放时间、排放量、去向及监测结果信息并由专人负责台站管理；④废液屏蔽贮存容器不得随意放置，并在表面张贴明显的电离辐射警告标志，并注明废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等信息，同时暂存间需设置防泄漏围堰，并设置防渗和防倾倒措施。

2、非放射性废水治理措施

本项目工作人员生活废水直接依托成都组瑞特已有一体式污水处理设施收集处理后排入园区污水管网。

二、固体废物治理措施

1、放射性固废治理措施

本项目运行过程产生的放射性固废包括：受检剩余固态药物、生物实验固态培养基、实验一次性耗材和过滤检修更换的过滤器等。本项目实验过程中拟在各

操作台分别设置 2L 短半衰期固废收集桶和 2L 长半衰期固废收集桶分类收集放射性固废，然后分别转送至放射性固废（废液）暂存间短半衰期废液和长半衰期固废屏蔽贮存容器进行贮存，对于生物实验产生的放射性固废需先进行灭活处理后再进行下一步处理。

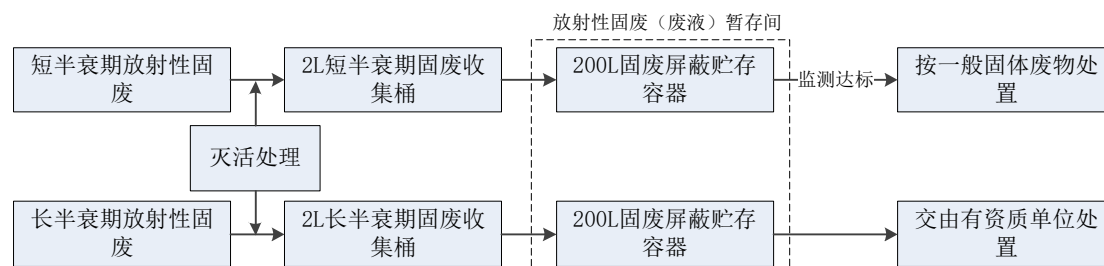


图 10-6 本项目放射性废水处理流程示意图

短半衰期放射性固废产生量约 372kg/a（核素组成：碳-11、氮-13、氧-15、氟-18、磷-32、钙-47、铬-51、铁-59、铜-64、铜-67、镓-67、镓-68、锶-89、锆-89、钇-90、锝-94、锝-99m、钇-103、铟-111、碘-123、碘-124、碘-125、碘-131、氙-133、钐-153、钷-166、钨-177、铈-186、铈-188、铀-201、镭-223），拟采用 2 个 200L 固废屏蔽贮存容器轮换收集，静置衰变 10 个半衰期后监测，经监测达标后（ γ 剂量率接近本底水平， β 表面沾污小于 $0.08\text{Bq}/\text{m}^2$ ）作为一般固体废物暂存处置。长半衰期放射性固废产生量约 48kg/a（核素组成：碳-14、钴-57、锶-90、锝-99、钍-232），拟采用 1 个 200L 固废屏蔽贮存容器统一收集达到一定量后，交由资质单位进行回收处理，不外排。针对放射性固废建设单位还需采取如下管理措施：

①禁止短半衰期和长半衰期固废进行混装；②对于短半衰期受检剩余固体药物，考虑其活度浓度较大，建议先采用铅罐在留样间衰变 10 个半衰期后再排入固废屏蔽贮存容器；③对破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其它包装材料中，然后在装入专用塑料袋内；④固废屏蔽贮存容器不得随意放置，并在表面张贴明显的电离辐射警告标志，并注明废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等信息；⑤建立放射性固废收集、处理台账，记录每次处理时间、处理量、去向及监测结果信息并由专人负责管理；⑥根据《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB11928-89）放射性固废收集容器密封后其表面 1m 处剂量率应小于 $0.1\text{mSv}/\text{h}$ ， β 表面沾污小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

2、非放射性固废治理措施

非放射性固废来源于受检药物的包装废材和工作人员的生活垃圾，该废物依托园区已有垃圾回收系统进行处理。

三、废气治理措施

本项目放射性废气来源于放射性药物操作过程产生的放射性气溶胶，本项目设计排风系统不与纽瑞特已有实验室通排风系统不交叉，且独立设置排放口。本项目涉及放射性药物操作的实验室均设置独立的排风系统引至楼顶排放，排风系统内置高效过滤器，后置除碘净化机组（需要进行碘实验时才开启）；放化实验室内还设置负压密闭手套箱和通风橱分别用于高活度放射性药物操作及低活度放射性药物操作，密闭手套箱和通风橱运行过程中均保持负压状态（运行风速大于 1m/s），防止放射性废气逸散到实验室内，并内置除碘活性炭过滤器，通过独立管道引至楼顶排放，排风管道内置高效过滤器，后置除碘净化机组（需要进行碘实验时才开启）。本项目所有排风管道汇至检验车间楼顶，并设置 1 个排放口，高出屋面 3m，距离地面 21m。针对放射性废气，建设单位还需采取如下管理措施：

①建设单位需定期对通排风系统管道及过滤系统设施设备进行检修和维护，并建立设施设备维护台账，其中活性炭过滤器和高效过滤器需根据设备要求进行过滤效率检定和更换，每半年至少进行一次维护和校正；②更换下的活性炭过滤器和高效过滤器应按放射性固体废物进行管理和处置。

表 10-4 本项目放射性废气处理措施表

序号	房间名称	换气次数（次/h）	排风量（m ³ /h）	废气处理设施	排放方式及去向
1	放射性固废（废液）废暂存	10	490	独立排风管道+高效过滤器（一用一备），过滤效率大于 99%	经高21m 的排气筒排入大气
2	活度测量	20	290	独立排风管道+高效过滤器（一用一备）+后置除碘净化机组，过滤效率大于 99%	
3	放射性化学实验室	19	2120		
4	天平室	12	200		
5	培养室	12	210		
6	内毒素	12	200		
7	液相、薄层扫描	12	350		
8	高纯锗、液闪	12	370		
9	气相/火焰原子吸收	12	380		

10	微生物限度	35	800	前置活性炭过滤器+独立排风管道+高效过滤器（一用一备）+后置除碘净化机组，过滤效率大于 99%	
11	放射性无菌分样及检测	30	1260		
12	阳性对照	20	410		
13	放射性化学实验室密闭手套箱	/	1200		
14	放射性化学实验室通风橱	/	300		
合计		/	8580	/	

四、环保投资估算

本项目总投资 3000 万元，环保投资 128.6 万元，占总投资的 4.29%，见表 10-5。

表 10-5 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

类别	项目	数量	金额（万元）	备 注
辐射屏蔽	负压密闭手套箱	1 套	30.0	新增
	“L”形铅屏风	3 扇	3.0	新增
	备用铅罐	若干	9.0	新增
安全设施（设备）	场所监控系统	1 套	10.0	新增
	双人双锁保险柜	1 个	2.0	新增
	电离辐射警告标志	若干	0.1	新增
	场所分区标识	若干	0.1	新增
	场所门禁系统	1 套	5.0	新增
个人防护用品	防护铅服	3 套	6.0	新增
	去污设备及试剂	/	0.5	新增
	个人剂量报警仪	2 个	2.0	新增
	人员出入口污染监测仪	1 台	2.0	新增
“三废”治理	2L 短半衰期废液收集桶	2 个	0.2	新增
	2L 长半衰期废液收集桶	2 个	0.2	新增
	200L 短半衰期废液屏蔽贮存容器	2 个	4.0	新增
	200L 长半衰期废液屏蔽贮存容器	1 个	2.0	新增
	2L 短半衰期固废收集桶	2 个	0.2	新增
	2L 长半衰期固废收集桶	2 个	0.2	新增
	200L 短半衰期固废屏蔽贮存容器	2 个	4.0	新增
	200L 长半衰期固废屏蔽贮存容器	1 个	2.0	新增
	场所独立排风及过滤系统	1 套	30.0	新增
监测设备	便携式 γ 剂量率监测仪	1 台	2.0	新增
	$\alpha\beta$ 表面沾污仪	1 台	2.0	新增
综合管理	规章制度上墙	/	0.1	新增
	应急和救助的物资准备	/	10.0	新增
合计			128.6	/

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目是依托已建大楼进行建设，无土建施工。施工期主要是对已有建筑物内部装修施工，产生污染物主要包括废气、废水、噪声及废弃的装修材料等。

一、大气环境影响分析

装修过程中产生的废气污染物相对较少，采用“环保型”油漆及涂料，装修工程中加强通风或室内空气净化措施，严格按《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）控制室内环境，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

二、声环境影响分析

根据国家环保局《关于贯彻实施〈中华人民共和国环境噪声污染防治法〉的通知》（环控[1997]066 号）的规定，建设施工单位在施工前应向当地环保部门申请登记，除抢修、抢险作业和因生产工艺要求或者特种要求必须连续作业外，禁止夜间进行产生环境噪声污染的建筑施工作业；“因特种要求必须连续作业的，必须有县级以上人民政府或者有关主管部门的证明”（《中华人民共和国环境噪声污染防治法》）第三十条），并且必须公告附近公民”。

针对本项目而言，施工期噪声污染防治措施具体有：

①合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，并尽量避开周围工作区休息时间，22:00～6:00 禁止施工作业。

②优先选用低噪声设备，以减少施工噪声。

③日常应注意对施工设备的维修、保养，使各种施工机械保持良好的运行状态。

④对施工人员进场进行文明施工教育，施工中或生活中不准大声喧哗，特别是晚 10 点之后，不准发生人为噪声。

经采取上述有效措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

三、水环境影响分析

本项目施工期间，施工人员日常生活会排放一定量的生活污水，可依托园区现有污水收集系统收集处理，经处理后污水进入市政污水管网，不会对周围水环

境产生大的影响。

四、固体废物

固体废弃物主要是生活垃圾、建筑垃圾。施工期生活垃圾产生量较小，应妥善处置，并保持工区环境的洁净卫生。生活垃圾采用垃圾箱集中收集后由园区环卫部门统一清运；并且在施工活动中，应严格禁止影响城市环境和随意抛洒垃圾的行为。项目产生建筑垃圾主要是一些包装袋、包装箱、碎木块、废水泥等。首先对其中可回收利用部分进行回收，其次对建筑垃圾要定点堆放，由施工单位或承建单位与市政部门联系外运至指定的建筑垃圾堆放场。

本项目施工期较短，施工量不大，在建设单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境影响不大，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

运行阶段对环境的影响

一、电离辐射环境影响分析

本项目涉及使用 36 种放射性核素，根据各放射性核素特性，产生的电离辐射包括 α、β、γ，其中对于 α 射线，由于射程较短，穿透能力较弱，人体皮肤基层即可阻挡，因此本次评价重点关注 β、γ 的辐射。

表 11-1 放射性核素射线类型表

射线类型	放射性核素
α 射线	²²³ Ra、 ²³² Th
β 射线	¹³ N、 ¹⁴ C、 ¹⁵ O、 ¹⁸ F、 ³² P、 ⁴⁷ Ca、 ⁵⁹ Fe、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁷ Cu、 ⁶⁸ Ga、 ⁸⁹ Sr、 ⁸⁹ Zr、 ⁹⁰ Sr、 ⁹⁰ Y、 ⁹⁹ Tc、 ¹²⁴ I、 ¹³¹ I、 ¹³³ Xe、 ¹⁵³ Sm、 ¹⁶⁶ Ho、 ¹⁷⁷ Lu、 ¹⁸⁶ Re、 ¹⁸⁸ Re
γ 射线	¹³ N、 ¹⁵ O、 ¹⁸ F、 ⁴⁷ Ca、 ⁵¹ Cr、 ⁵⁷ Co、 ⁵⁹ Fe、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁷ Cu、 ⁶⁷ Ga、 ⁶⁸ Ga、 ⁸⁹ Zr、 ⁹⁴ Tc、 ^{99m} Tc、 ¹⁰³ Pd、 ¹¹¹ In、 ¹²³ I、 ¹²⁴ I、 ¹²⁵ I、 ¹³¹ I、 ¹³³ Xe、 ¹⁵³ Sm、 ¹⁶⁶ Ho、 ¹⁷⁷ Lu、 ¹⁸⁶ Re、 ¹⁸⁸ Re、 ²⁰¹ Tl

2、β 射线辐射影响分析

根据《放射卫生学》（章仲侯主编，P171），β 射线在空气空气中的射程可根据下式近似计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{MAX} \dots\dots\dots \text{式 11-1}$$

式中： d_{max} —射程（cm）；
 E_{max} —β 粒子最大能量（MeV）；
 ρ —屏蔽材料密度（g/cm³），空气密度取 1.29×10⁻³g/cm³，砖的密度

取 1.8 g/cm^3 ，有机玻璃密度取 4.2 g/cm^3 ，铅密度取 11.34 g/cm^3 。

表 11-2 放射性核素射程计算表

核素	β 粒子能量 (MeV)	空气中射程 (cm)	砖中射程 (cm)	铅玻璃射程 (cm)	铅中射程 (cm)
C-11	0.97	376.0	0.27	0.12	0.04
N-13	1.2	465.1	0.33	0.14	0.05
C-14	0.155	60.1	0.04	0.02	0.01
O-15	1.7	658.9	0.47	0.20	0.07
F-18	0.64	248.1	0.18	0.08	0.03
P-32	1.71	662.8	0.48	0.20	0.08
Ca-47	2.0	775.2	0.56	0.24	0.09
Fe-59	0.46	178.3	0.13	0.05	0.02
Cu-64	0.57	220.9	0.16	0.07	0.03
Cu-67	0.391	151.6	0.11	0.05	0.02
Ga-68	1.899	736.0	0.53	0.23	0.08
Sr-89	1.46	565.9	0.41	0.17	0.06
Zr-89	2.83	1096.9	0.79	0.34	0.12
Sr-90	0.544	210.9	0.15	0.06	0.02
Y-90	2.27	879.8	0.63	0.27	0.10
Tc-99	0.29	112.4	0.08	0.03	0.01
I-124	2.15	833.3	0.60	0.26	0.09
I-131	0.61	236.4	0.17	0.07	0.03
Xe-133	0.34	131.8	0.09	0.04	0.01
Sm-153	0.804	311.6	0.22	0.10	0.04
Ho-166	1.84	713.2	0.51	0.22	0.08
Lu-177	0.497	192.6	0.14	0.06	0.02
Re-186	2.24	868.2	0.62	0.27	0.10
Re-188	2.12	821.7	0.59	0.25	0.09

本项目产生 β 射线能量最大的放射性核素为锆-89，其 β 粒子最大能量为 2.83 MeV ，经计算， β 射线在空气中的最大射程为 1096.9 cm ，本项目实验室设置有足够的操作空间；在砖中的最大射程为 0.79 cm ，本项目实验室外围设置有 24 cm 的实心砖墙；在铅玻璃中的最大射程为 0.34 cm ，本项目设置有 20 mm 铅当量的铅玻璃；在铅中的最大射程为 0.12 cm ，本项目辐射工作人员在操作过程中穿戴有 0.5 mmPb 的防护服，且在操作台有 30 mm 的铅进行屏蔽。综上所述，本项目辐射工作场所设置足够的空间和屏蔽设施进行 β 射线的屏蔽，对周围辐射环境影响是很小。

3、轫致辐射（X 射线）影响分析

由于 β 粒子在遇到重质材料屏蔽时，会产生韧致辐射，根据《辐射防护导论》（P133），韧致辐射在空气中的吸收剂量率计算公式如下：

$$D=4.58 \times 10^{-14} A Z (\mu_{\text{en}}/\rho) (E_b/r)^2 \dots\dots\dots \text{式 11-2}$$

式中：D—屏蔽层中 β 粒子产生的韧致辐射在 $r(0.5\text{m})$ 处空气中的吸收剂量率，Gy/h；

μ_{en}/ρ —是平均能量为 E_b ($E_b=0.33E_{\text{max}}$) 的韧致辐射在屏蔽材料中质量能量吸收系数， $\text{m}^2.\text{kg}^{-1}$ ，由《辐射防护导论》附表 1 查得；

A—放射源活度，Bq；

Z—电子屏蔽材料的有效原子序数，根据《辐射防护导论》表 4.4 查得铅玻璃有效原子序数为 5.85，铅有效原子序数为 82。

在放射性核素操作过程中，有 30mm 铅当量的屏蔽层进行防护，根据《辐射防护导论》（P134）经屏蔽体衰减后，屏蔽体外剂量当量率由下式计算：

$$E=D*0.1 (d/\text{TVL}) \dots\dots\dots \text{式 11-3}$$

式中：D—屏蔽层中 β 粒子产生的韧致辐射在 $r(0.5\text{m})$ 处空气中的吸收剂量率，Gy/h；

d—屏蔽层厚度，取 5cm；

TVL—屏蔽层在 β 粒子平均能量下的什值层厚度，cm，由《辐射防护导论》表 3.5 查得。

β 粒子所致韧致辐射空气吸收剂量率及屏蔽体外辐射剂量当量率计算结果见表 11-3。

表 11-3 韧致辐射空气吸收剂量率及屏蔽体外剂量率当量率计算表

核素	β 粒子能量 (MeV)	β 粒子平均 能量 (MeV)	活度 (Bq)	空气质量能 量吸收系数 ($\text{m}^2.\text{kg}^{-1}$)	空气吸收剂 量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	屏蔽体外 剂量当量 率 ($\mu\text{Sv/h}$)
C-11	0.97	0.32	7.40E+08	1.14E-02	2.30	2.81E-03
N-13	1.2	0.40	7.40E+08	9.64E-03	2.97	3.63E-03
C-14	0.155	0.05	1.85E+05	2.02E-02	2.60E-05	5.60E-172
O-15	1.7	0.56	7.40E+08	8.62E-03	5.33	3.44E-01
F-18	0.64	0.21	7.40E+08	1.17E-02	1.03	3.82E-22
P-32	1.71	0.56	7.40E+08	8.57E-03	5.36	3.46E-01
Ca-47	2.0	0.66	3.70E+06	7.32E-03	0.03	2.02E-03
Fe-59	0.46	0.15	3.70E+06	1.62E-02	3.67E-03	2.06E-34
Cu-64	0.57	0.19	7.40E+08	1.31E-02	0.91	1.11E-03

Cu-67	0.391	0.13	7.40E+08	1.19E-02	0.39	2.19E-32
Ga-68	1.899	0.63	7.40E+08	7.71E-03	5.95	3.84E-01
Sr-89	1.46	0.48	7.40E+08	9.04E-03	4.13	5.04E-03
Zr-89	2.83	0.93	3.70E+07	6.81E-03	0.58	3.77E-02
Sr-90	0.544	0.18	3.70E+05	1.37E-02	4.34E-04	1.62E-25
Y-90	2.27	0.75	1.85E+09	3.08E-03	8.49	5.48E-01
Tc-99	0.29	0.10	3.70E+07	1.61E-02	1.45E-02	7.51E-217
I-124	2.15	0.71	1.85E+08	6.81E-03	1.68	1.09E-01
I-131	0.61	0.20	7.40E+08	1.23E-02	0.98	3.65E-22
Xe-133	0.34	0.11	7.40E+08	1.38E-02	0.34	1.77E-215
Sm-153	0.804	0.27	3.70E+08	1.21E-02	0.84	4.57E-06
Ho-166	1.84	0.61	7.40E+08	7.96E-03	5.77	3.72E-01
Lu-177	0.497	0.16	7.40E+08	1.51E-02	0.80	2.98E-22
Re-186	2.24	0.74	7.40E+08	3.12E-03	3.35	2.16E-01
Re-188	2.12	0.70	7.40E+08	6.91E-03	6.65	4.29E-01

*注：对照《辐射防护导论》表 3.5，保守按较高能量查得半值层厚度。

经计算，在操作位距离辐射源 0.5m 处韧致辐射剂量当量率最大为 0.55μSv/h。

3、γ 贯穿辐射影响分析

根据工程分析，本项目对于高活度放射性药物操作均在密闭手套箱内完成，本次评价重点关注在密闭手套箱中操作（分装、制样）过程中职业及公众受 γ 射线照射剂量影响分析。其中职业人员选取距离手套箱 0.5m 作为职业人员受照 γ 射线剂量率的预测点。

（1）预测模式

因预测点位与放射性核素操作位置间的距离比容器的几何尺寸大 5 倍以上，故可视为点源。应用 γ 射线点源剂量率计算公式进行预测。

（2）预测计算所依据参数

根据《辐射防护手册（三分册）》（P27），γ 点源剂量计算公式如下：

$$H = 8.69 \times 10^3 A \cdot \eta \cdot \Gamma / r^2 \dots\dots\dots \text{式 11-4}$$

$$\eta = 0.1 \frac{d}{TVL} \dots\dots\dots \text{式 11-5}$$

式中：A—操作活度，Ci；

Γ—照射量率常数，R m² h⁻¹ Ci，见表 9-2；

r—参考点距离源的距离，m；

η—衰减系数；

d —屏蔽层质量厚度，分装、制样取 4cm 铅；

TVL — γ 射线什值层厚度，cm，由《辐射防护导论》附表 8 查得。

H —屏蔽体外 γ 射线在 $r(0.5m)$ 处剂量当量率， $\mu Sv/h$ 。

(3) 预测结果

屏蔽体外剂量当量率预测结果见表 11-4。

表 11-4 屏蔽体外 γ 射线剂量当量率计算表

操作核素	γ 射线能量(MeV)	活度 (Ci)	剂量当量率 ($\mu Sv/h$)
C-11	0.51	2.00E-02	6.93
N-13	0.51	2.00E-02	6.93
O-15	0.51	2.00E-02	6.93
F-18	0.51	2.00E-02	6.81
Ca-47	1.3	1.00E-04	5.38E-01
Cr-51	0.322	1.00E-03	2.88E-05
Co-57	0.135	1.00E-04	9.89E-09
Fe-59	1.29	1.00E-04	4.96E-01
Cu-64	0.51	2.00E-02	1.43
Cu-67	0.185	2.00E-02	3.62E-14
Ga-67	0.296	2.00E-02	7.65E-04
Ga-68	1.08	2.00E-02	6.69
Zr-89	1.13	1.00E-03	1.00
Tc-94	0.87	5.00E-03	26.13
Tc-99m	0.14	2.00E-02	4.17E-02
Pd-103	0.053	1.00E-03	3.48E-06
In-111	0.247	1.00E-02	7.16
I-123	0.159	2.00E-02	1.87
I-124	1.69	5.00E-03	13.48
I-125	0.035	1.00E-02	2.43E-03
I-131	0.36	2.00E-02	2.87E-01
Xe-133	0.081	2.00E-02	6.95E-03
Sm-153	0.103	1.00E-02	6.88E-03
Ho-166	0.08	2.00E-02	7.79E-02
Lu-177	0.208	2.00E-02	6.26E-03
Re-186	0.328	2.00E-02	1.04E-02
Re-188	0.155	2.00E-02	1.27
Tl-201	0.59	1.00E-02	0.17

*注： γ 射线什值层厚度由《RADIONUCLIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK 2002》及夏益华编《高等电离辐射防护教程》P304 中附表 9 查得。

经计算，在操作位距离辐射源 0.5m 处 γ 射线剂量当量率最大为 23.2 $\mu Sv/h$ 。

4、人员受照射剂量分析

根据表 9-1，在手套箱中单种核素分装、制样操作时间取 44min，每种核素年操作次数为 10 次，假设所有操作均有 1 名辐射工作人员完成，职业人员关注点取距离辐射源 0.5m 处，公众最近关注点取距离辐射源 3m 处，受照射剂量计算结果见表 11-5。

表 11-5 职业人员及公众受照射剂量计算结果表

操作核素	韧致辐射所致剂量当量率 (μSv/h)	γ 射线所致剂量当量率 (μSv/h)	年操作时间 (h)	职业人员受照射剂量 (mSv/a)	公众受照射剂量 (mSv/a)
C-11	2.81E-03	6.93	7.3	5.06E-02	5.62E-03
N-13	3.63E-03	6.93	7.3	5.06E-02	5.63E-03
C-14	5.60E-172	/	7.3	4.08E-174	4.54E-175
O-15	3.44E-01	6.93	7.3	5.31E-02	5.90E-03
F-18	3.82E-22	6.81	7.3	4.97E-02	5.53E-03
P-32	3.46E-01	/	7.3	2.53E-03	2.81E-04
Ca-47	2.02E-03	0.54	7.3	3.94E-03	4.38E-04
Cr-51	/	2.88E-05	7.3	2.10E-07	2.34E-08
Co-57	/	9.89E-09	7.3	7.22E-11	8.02E-12
Fe-59	/	0.50	7.3	3.62E-03	4.02E-04
Cu-64	2.19E-32	1.43	7.3	1.05E-02	1.16E-03
Cu-67	2.19E-32	3.62E-14	7.3	2.64E-16	2.93E-17
Ga-67	/	7.65E-04	7.3	5.58E-06	6.20E-07
Ga-68	3.84E-01	6.69	7.3	5.17E-02	5.74E-03
Sr-89	5.04E-03	/	7.3	3.68E-05	4.09E-06
Zr-89	3.77E-02	1.00	7.3	7.59E-03	8.44E-04
Sr-90	1.62E-25	/	7.3	1.18E-27	1.31E-28
Y-90	5.48E-01	/	7.3	4.00E-03	4.44E-04
Tc-94	/	26.13	7.3	1.91E-01	2.12E-02
Tc-99	7.51E-217	/	7.3	5.48E-219	6.09E-220
Tc-99m	/	4.17E-02	7.3	3.04E-04	3.38E-05
Pd-103	/	3.48E-06	7.3	2.54E-08	2.82E-09
In-111	/	7.16	7.3	5.23E-02	5.81E-03
I-123	/	1.87	7.3	1.36E-02	1.52E-03
I-124	1.09E-01	13.48	7.3	9.92E-02	1.10E-02
I-125	/	2.43E-03	7.3	1.78E-05	1.97E-06
I-131	3.65E-22	0.29	7.3	2.09E-03	2.32E-04
Xe-133	1.77E-215	6.95E-03	7.3	5.07E-05	5.64E-06
Sm-153	4.57E-06	6.88E-03	7.3	5.03E-05	5.59E-06
Ho-166	3.72E-01	0.08	7.3	3.28E-03	3.65E-04
Lu-177	2.98E-22	6.26E-03	7.3	4.57E-05	5.07E-06
Re-186	2.16E-01	1.04E-02	7.3	1.65E-03	1.84E-04

Re-188	4.29E-01	1.27	7.3	1.24E-02	1.38E-03
Tl-201	/	0.17	7.3	1.24E-03	1.38E-04
合计				0.67	7.39E-02

表 11-6 主要环境保护目标受照射剂量表

保护名单		方位/位置	与核素最近距离 (m)	受照射剂量 (mSv/a)
职业	实验操作人员	本项目实验区内部	0.5	0.67
公众	本项目办公室	本项目实验区东北侧	5	2.68E-02
	纽瑞特办公区	本项目实验区西北侧	40	1.68E-05
	检验车间三层非放实验室	本项目实验区西北侧	5	6.70E-07
	检验车间二层化学实验室	本项目实验区楼下	3	7.39E-02
	检验车间一层放射性检验实验室	本项目实验区楼下	6	2.07E-09
	放射性药品中试生产车间	本项目实验区西北侧	45	1.02E-12
	动物实验室	本项目实验区北侧	23	1.93E-15
	厂区内部道路	本项目实验区北侧、东侧、南侧	5	7.72E-17

根据表 11-6，职业人员最大受照射剂量为 0.67mSv/a，满足职业照射年有效剂量 5mSv/a 约束限值，公众最大受照射剂量为 9.39×10^{-2} mSv/a，根据《成都纽瑞特医疗科技有限公司放射性药物创新平台与产业化（一期）项目环境影响报告书》预测结果，质检车间内已有非密封放射性物质工作场所对周围公众最大贡献值为 1.52×10^{-3} mSv/a，叠加后公众最大受照射剂量为 7.54×10^{-2} mSv/a，满足公众照射年有效剂量 0.1mSv/a 约束限值，所以本项目运行期对周围辐射环境影响较小。

二、水环境影响分析

本项目运行期放射性废水产生量约 148L，其中短半衰期放射性废水产生量约 134L/a，拟采用废液屏蔽贮存容器收集衰变 10 个半衰期，经监测达标后，排入成都纽瑞特非放下水管网，经一体化污水处理实施处理后排入园区污水管网；长半衰期废水产生量约 17L/a，拟采用废液屏蔽贮存容器统一收集达到一定量后，交有资质单位进行回收处理，不外排。项目运行期放射性废水对周围环境影响较小。

本项目工作人员生活废水直接依托成都纽瑞特已有一体式污水处理设施收

集处理后排入园区污水管网，对地表水体影响较小。

三、固体废物环境影响分析

本项目运行期放射性固废产生量约 420kg，其中短半衰期放射性固废产生量约 372kg/a，拟采用固废屏蔽贮存容器衰变 10 个半衰期后，经监测达标后作为一般固体废物暂存处置。长半衰期放射性固废产生量约 48kg/a，拟采用固废屏蔽贮存容器统一收集达到一定量后，交有资质单位进行回收处理，不外排。项目运行期放射性固废对周围环境影响较小。

非放射性固废来源于受检药物的包装废材和工作人员的生活垃圾，该废物依托园区已有垃圾回收系统进行处理，对周围环境影响较小。

四、大气环境影响分析

对于易挥发性放射性药物其放射性核素挥发率取 1%，对于不易挥发放射性药物其挥发率取 0.1%，本项目非密封放射性物质工作场所设置有密闭手套箱和通风橱和过滤装置，同时房间内也设置有排风系统和过滤装置，过滤效果>99%，产生的放射性废气引至检验车间楼顶排放（排放口距离地面 21m），排放风量取手套箱风量 1200m³/h，年工作时间取 812h（根据表 9-1 操作时间核算），公众呼吸率取 1.2m³/h，公众年摄入（吸入）量计算结果见表 11-7。

表 11-7 放射性废气排放量汇总表

核素	年挥发量 (Bq)	年最大排 放量(Bq)	排放浓度 (Bq/m ³)	公众年摄 入(吸入) 量 (Bq)	《公众成员的放射性核素年 摄入量限值》(WS T613-2018) 规定的公众成员吸入射性核 素年最小摄入限值
C-11	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	74	6.2×10 ⁶
C-14	1.85E+04	1.85E+02	1.90E-04	1.85E-01	5.2×10 ⁴
F-18	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	7.40E+01	2.3×10 ⁶
P-32	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	7.40E+01	4.5×10 ⁴
Ca-47	3.70E+04	3.70E+02	3.80E-04	3.70E-01	8.3×10 ⁴
Cr-51	3.70E+05	3.70E+03	3.80E-03	3.70	3.8×10 ⁶
Co-57	3.70E+04	3.70E+02	3.80E-04	3.70E-01	2.2 ×10 ⁵
Fe-59	3.70E+04	3.70E+02	3.80E-04	3.70E-01	5.8×10 ⁴
Cu-64	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	7.40E+01	1.7×10 ⁶
Cu-67	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	7.40E+01	4.0×10 ⁵
Ga-67	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	7.40E+01	7.1 ×10 ⁵
Ga-68	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	7.40E+01	2.1×10 ⁶

Sr-89	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	7.40E+01	2.5×10^4
Zr-89	3.70E+05	3.70E+03	3.80E-03	3.70E+00	2.5×10^5
Sr-90	3.70E+03	3.70E+01	3.80E-05	3.70E-02	2.3×10^3
Y-90	5.55E+07	5.55E+05	5.70E-01	5.55E+02	7.6×10^4
Tc-94	1.85E+06	7.40E+04	1.90E-02	1.85E+01	1.0×10^6
Tc-99	3.70E+05	3.70E+03	3.80E-03	3.70	2.4×10^4
Tc-99m	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	7.40E+01	7.6×10^6
Pd-103	3.70E+05	3.70E+03	3.80E-03	3.70	4.0×10^5
In-111	3.70E+06	3.70E+04	3.80E-02	3.70E+01	6.6×10^5
I-123	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	7.40E+01	2.3×10^6
I-124	1.85E+06	7.40E+04	1.90E-02	1.85E+01	1.6×10^5
I-125	3.70E+07	3.70E+05	3.80E-01	3.70E+02	4.1×10^5
I-131	7.40E+07	7.40E+05	7.59E-01	7.40E+02	1.1×10^5
Sm-153	3.70E+06	3.70E+04	3.80E-02	3.70E+01	2.3×10^5
Ho-166	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	7.40E+01	1.6×10^5
Lu-177	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	7.40E+01	1.7×10^5
Re-186	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	7.40E+01	1.1×10^5
Re-188	7.40E+06	7.40E+04	7.59E-02	7.40E+01	1.6×10^5
Tl-201	3.70E+06	3.70E+04	3.80E-02	3.70E+01	2.2×10^6
Ra-223	1.85E+04	1.85E+02	1.90E-04	1.85E-01	31
Th-232	37	3.70E-01	3.80E-07	3.70E-04	18

根据表 11-6，本项目产生放射性废气所致公众年摄入量（吸入）满足《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WS T613-2018）规定的公众成员吸入放射性核素年最小摄入限值，因此本项目放射性废气对周围环境影响较小。

事故影响分析

一、事故分级判断依据

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）和《四川省生态环境厅（四川省核安全局）辐射事故应急预案（2020 版）》，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 11-8。

表 11-8 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果	放射性同位素失控量化指标
特别重大辐射事故（Ⅰ级）	放射性同位素失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0\text{E}+13\text{Bq}$ 的 Sr-90 当量； ②事故造成地表、土壤污染（未造成地下水污染）时

		液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+14Bq$ 的 Sr-90 当量。
重大辐射事故（II 级）	放射性同位素失控导致 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。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+12Bq$ 且小于 $1.0E+13Bq$ 的 Sr-90 当量； ②事故造成地表、土壤污染（未造成地下水污染）时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+13Bq$ 且小于 $1.0E+14Bq$ 的 Sr-90 当量。
较大辐射事故（III 级）	放射性同位素导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+11Bq$ 且小于 $1.0E+12Bq$ 的 Sr-90 当量； ②事故造成地表、土壤污染（未造成地下水污染）时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+12Bq$ 且小于 $1.0E+13Bq$ 的 Sr-90 当量。
一般辐射事故（IV 级）	放射性同位素失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量小于 $1.0E+11Bq$ 的 Sr-90 当量； ②事故造成地表、土壤污染（未造成地下水污染）时液态放射性物质的释放量小于 $1.0E+12Bq$ 的 Sr-90 当量。

二、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最大潜在辐射事故包括：

- ①放射性试剂发生丢失或被盗；
- ②试剂操作时打翻、洒漏造成操作台、地面、仪器设备表面污染；
- ③发生火灾造成的放射试剂瓶撒漏。

根据《四川省生态环境厅（四川省核安全局）辐射事故应急预案（2020 版）》中“一般辐射事故”规定：非密封放射性物质操作时，发生辐射事故判定因子为：事故造成一定范围内环境剂量率、事故造成水环境污染时放射性物质的释放量（以 Sr-90 当量为标准）、事故造成地表、土壤污染时放射性物质的释放量（以 Sr-90 当量为标准）。

2、判定因子：环境剂量率

（1）事故情景假设

①放射性核素分装过程中导致放射性试剂试剂瓶或铅罐打翻或破碎，或放射性试剂分装过程中造成放射性试剂泄漏，本次以核素单日最大操作量计算。

②若发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；

③受照人员不考虑任何屏蔽措施。

(2) 事故后果影响分析

根据事故情景假设条件计算结果见表 11-9。

表 11-9 放射性试剂丢失和撒漏事故下不同距离处剂量率分布表

放射性核素	距离辐射源 0.5m 处 γ 射线剂量率 (mSv/h)	距离辐射源 12.6m 处 γ 射线剂量率 (mSv/h)
C-11	4.03E-01	6.35E-04
N-13	4.03E-01	6.35E-04
O-15	4.03E-01	6.35E-04
F-18	3.96E-01	6.24E-04
Ca-47	1.98E-03	3.12E-06
Cr-51	5.56E-04	8.76E-07
Co-57	3.13E-04	4.93E-07
Fe-59	2.22E-03	3.50E-06
Cu-64	8.34E-02	1.31E-04
Cu-67	3.62E-02	5.69E-05
Ga-67	7.65E-02	1.20E-04
Ga-68	3.89E-01	6.13E-04
Zr-89	7.65E-03	1.20E-05
Tc-94	7.82E-02	1.23E-04
Tc-99m	4.17E-02	6.57E-05
Pd-103	3.48E-06	5.47E-09
In-111	7.16E-02	1.13E-04
I-123	5.91E-02	9.31E-05
I-124	1.25E-01	1.97E-04
I-125	2.43E-03	3.83E-06
I-131	1.53E-01	2.41E-04
Xe-133	6.95E-03	1.09E-05
Sm-153	6.88E-03	1.08E-05
Ho-166	7.79E-02	1.23E-04
Lu-177	6.26E-03	9.85E-06
Re-186	1.04E-02	1.64E-05
Re-188	2.56E-02	4.03E-05
Tl-201	1.70E-01	2.68E-04

(3) 事故后果

根据《四川省生态环境厅（四川省核安全局）辐射事故应急预案（2020 版）》中“一般辐射事故”规定：500m²（半径为 12.6m）范围的环境剂量率超过 0.1mSv/h，结合表 11-31 可知，放射性试剂在撒漏情况下影响范围很小，仅人员操作位能造

成超剂量情况，构成一般辐射事故。

3、判定因子：事故造成水环境、地表、土壤污染时放射性物质的释放量（以Sr-90 当量为标准）

本次评价以本次以核素单日最大操作量最为事故状态下的释放量，各核素事故状态下锶-90 当量释放量见表 11-10。

表 11-10 事故状态下锶-90 当量释放量计算表

核素	评价核素日最大操作量 (Bq)	评价核素食入所致待积 有效剂量 (Sv/Bq) ①	锶-90 当量释放量②(Bq)
C-11	7.40E+08	2.6E-10	8.37E+05
C-14	1.85E+05	1.4E-09	1.13E+03
F-18	7.40E+08	5.3E-10	1.71E+06
P-32	7.40E+08	3.1E-08	9.97E+07
Ca-47	3.70E+06	1.3E-08	2.09E+05
Cr-51	3.70E+07	3.5E-10	5.63E+04
Co-57	3.70E+06	5.4E-08	8.69E+05
Fe-59	3.70E+06	3.9E-08	6.27E+05
Cu-64	7.40E+08	8.3E-10	2.67E+06
Cu-67	7.40E+08	2.7E-09	8.69E+06
Ga-67	7.40E+08	1.8E-09	5.79E+06
Ga-68	7.40E+08	1.2E-09	3.86E+06
Sr-89	7.40E+08	3.6E-08	1.16E+08
Zr-89	3.70E+07	6.5E-09	1.05E+06
Sr-90	3.70E+05	2.3E-07	3.70E+05
Y-90	1.85E+09	3.1E-08	2.49E+08
Tc-94	1.85E+08	1.2E-09	9.65E+05
Tc-99	3.70E+07	1.0E-08	1.61E+06
Tc-99m	7.40E+08	2.0E-10	6.43E+05
Pd-103	3.70E+07	2.2E-09	3.54E+05
In-111	3.70E+08	2.4E-09	3.86E+06
I-123	7.40E+08	2.2E-09	7.08E+06
I-124	1.85E+08	1.2E-07	9.65E+07
I-125	3.70E+08	5.7E-08	9.17E+07
I-131	7.40E+08	1.8E-07	5.79E+08
Sm-153	3.70E+08	8.4E-09	1.35E+07
Ho-166	7.40E+08	1.6E-08	5.15E+07
Lu-177	7.40E+08	6.1E-09	1.96E+07
Re-186	7.40E+08	1.9E-08	6.11E+07
Re-188	7.40E+08	1.8E-08	5.79E+07
Tl-201	3.70E+08	8.4E-10	1.35E+06
Ra-223	1.85E+06	5.3E-06	4.26E+07
Th-232	3.70E+03	4.6E-06	7.40E+04

*注：①食入所致待积有效剂量根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)表 B6 查得；②锶-90 当量释放量=评价核素释放量(Bq)×评价核素食入待积有效剂量(Sv/Bq)/锶-90 食入待积有效剂量 (Sv/Bq)。

根据《四川省生态环境厅(四川省核安全局)辐射事故应急预案(2020 版)》中“一般辐射事故”规定：事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量小于 $1.0\text{E}+11\text{Bq}$ 的 Sr-90 当量时或者事故造成地表、土壤污染(未造成地下水污染)时液态放射性物质的释放量小于 $1.0\text{E}+12\text{Bq}$ 的 Sr-90 当量时为一般辐射事故。根据表 11-32 计算结果，本项目发生辐射事故，各核素事故造成水环境、地表、土壤污染时放射性物质的锶-90 当量释放量均小于上述限值，为一般辐射事故。

综上，本项目非密封放射性物质使用过程中发生辐射事故为一般辐射事故。

4、辐射事故应急措施

发生辐射事故时，采取的应急处理措施如下：

(1) 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沿向中心擦抹，直到擦干污染区。最后用表面沾污仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， α 表面沾污大于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，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 β 表面污染小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， α 表面沾污小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。

(2) 因不慎造成放射性核素大面积污染了地面或台面时，应先用吸收滤纸将其吸干，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。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，之后根据不同核素分别去污，最终去污标准需达到 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

(3) 若发生放射性试剂丢失、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；对放射性同位素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。

（4）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。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

建设单位以“成食药检[2020]46 号”成立了辐射安全管理领导小组，有领导分管、安全机构健全。辐射防护领导小组的职责是：①负责单位辐射安全与防护管理工作；②组织对各项有关辐射安全与防护管理规章制度的制定和修订工作，并负责对全院放射性药品检验监测过程中相关规章制度、防护措施落实情况进行监督和检查；③组织实施辐射安全与防护相关法律法规的培训学习，并落实辐射工作人员上岗培训计划；④负责辐射工作人员个人剂量和健康管理，并组织开展辐射工作场所进行年度监测和年度评估报告的编制工作；⑤负责对全院所有辐射安全与防护设施、设备进行定期保养，做好保养记录，如有损坏及时协同相关部门进行处理。领导小组人员设置如下：

表 12-1 放射防护管理领导小组人员设置表

职务	人员
组长	王立山
成员	郑萍、廉向金、施颖、毛腾宵、张蓉琴、胡泽楷、张聪聪、程龙

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

根据建设单位提供的资料，本项目共设置 3 名辐射工作人员，目前所有辐射工作人员均已参加上岗培训，并取得合格证。环评要求：本项目若涉及新增辐射工作人员应及时组织人员参加上岗学习、考核，并按按照《中华人民共和国生态环境部公告》（2019 年第 57 号）要求，辐射工作人员需通过国家生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.vn>）学习并考核合格后上岗。

辐射安全管理规章制度

一、档案分类管理

建设单位应对本项目辐射相关资料分类归档，档案资料包括以八大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“放射性同位素台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”，并由专人进行管理。

二、规章制度

根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环办发[2016]1400 号）的相关要求中的相关规定，建设单位需制定的规章制度见表 12-2。

表 12-2 需落实管理规章制度汇总表

序号	项目	规定的制度
1	场所设施	辐射安全管理规定
2		非密封放射性物质操作规程
3		去污操作规程
4		辐射安全防护设施的维护与维修制度
5		放射源和非密封放射性物质销售管理制度
6		非密封放射性物质管理规定（购买、领用、保管和盘存）
7		场所分区管理规定（含人流、物流路线图）
8		保安管理制度
9	监测	监测方案
10		监测仪表使用与校验管理制度
11	人员	辐射工人员培训/再培训管理制度
12		辐射工作人员个人剂量管理制度
13	应急	辐射事故应急预案
14	三废	放射性“三废”管理规定

环评要求：建设单位制定的所有规章制度中关于“辐射工作场所安全管理制度、非密封放射性物质操作规程、去污操作规程、辐射工作人员岗位职责和应急响应程序”的相关内容需张贴上墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小于 600mm×400mm，同时建设单位需根据具体实践过程中出现的问题对原有规章的不足之处进行即时修订，以更适应后期运行需求。

综上所述，建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，在落实辐射事故应急预案与安全规章制度后；可满足防护实际需要。对现有场所而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。

辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。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）、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）和中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求如下：

一、个人剂量监测

项目建成投运后，建设单位应保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计，并根据原四川省环境保护厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发[2010]49 号）做好个人剂量管理的工作。加强检测管理和辐射工作人员职业健康检查管理，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测一次，并建立个人剂量档案终生保存。

当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，并进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关；当单年个人剂量超过 50mSv 时，需调查超标原因，确认是辐射事故时启动应急预案。

二、辐射工作场所及环境监测

1、监测内容

X- γ 辐射剂量率、 $\alpha\beta$ 表面沾污及衰变池废水总 α 、总 β 。

2、监测布点及数据管理

监测布点应与环评监测布点、验收监测布点一致，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查；

3、监测频度

对于 X- γ 辐射剂量率和 $\alpha\beta$ 表面沾污应自行配备监测设备每 1 个月监测 1 次，废水总 β 应在每次排放前委托有资质单位进行采样监测。另外建设单位需委托有监测资质的单位在项目正式投运前开展验收监测，并在投运后每年定期开展年度监测，并于每年 1 月 31 日前通过全国核技术利用辐射安全申报系统（<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）提交。

4、监测范围

非密封放射性物质工作场所主要监测控制区人员易接触的工作台、地面、墙面、桌椅等表面沾污，以及控制区内所有场所及控制区外邻近房间（包括楼下）的 X- γ 辐射剂量率。

5、监测设备

X- γ 辐射剂量率仪、 $\alpha\beta$ 表面沾污。

6、质量保证

制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用上级监测部门的监测数据与建设单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案。

表 12-3 监测计划一览表

项目	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
自主监测	$\alpha\beta$ 表面沾污	人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等	每月一次（记录监测数据存档）	$\alpha\beta$ 表面沾污仪
	γ 辐射剂量率	控制区内所有场所、控制区外邻近房间	每月一次（记录监测数据存档）	X- γ 辐射监测仪
委托监测	$\alpha\beta$ 表面沾污	人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等	(1) 竣工环保验收监测；(2) 编制辐射防护年度评估报告（每年）	$\alpha\beta$ 表面沾污仪
	X- γ 射线空气吸收剂量率	控制区、监督区		X- γ 辐射监测仪
	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次（需建立个人剂量档案）	个人剂量计
	总 $\alpha\beta$	衰变池排放口	每次排放前	委托监测

辐射事故应急

为了加强对非密封放射性物质的安全和防护的监督管理，促进非密封放射性物质的安全应用，保障人体健康，保护环境，建设单位需根据最新要求制定《辐射事故应急预案》，其内容应包括：①应急机构和职责分工；②应急人员的组织；③培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；④辐射事故分级及应急响应措施；辐射事故调查、报告和处理程序。

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上报属地生态环境主管部门，若发生放射性药物丢失时同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并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。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：放射性药品检验检测平台项目

建设单位：成都市食品药品检验研究院

建设性质：新建

建设地点：四川省成都市双流区西航港开发区空港三路 999 号成都纽瑞特医疗科技股份有限公司检验车间 3 楼

租用成都纽瑞特医疗科技股份有限公司检验车间 3 楼预留场所建设放射性药物检验检测平台，总建筑面积 411m²，涉及使用 36 种放射性核素，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

二、产业政策符合性分析

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中第一类鼓励类（第三十一项科技服务业中第六条“分析、试验、测试以及相关技术咨询与研发服务”）项目，符合国家现行产业政策。同时国家食品药品监督管理局药品化妆品监管司以“**”文同意项目开展“放射性药品检验检测平台”建设。

三、选址及平面布置合理性分析

本项目为租用成都纽瑞特检验车间，项目评价范围评价范围 50m 内无集中居民区、学校、医院、自然保护区、风景名胜区、保护文物及饮用水源保护区等环境敏感点和生态敏感点，同时项目运行期将建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

本项目非密封放射性物质场所设置了相互独立的物流通道和人流通道，且设置了独立的留样间和放射性液固暂存间，避免了交叉影响，场所相对封闭且独立，各功能单元分区明确，满足检验、检测工作要求，既能有机联系，又互不干扰。同时，整个放射性药物检验检测平台采取了有效的实体屏蔽措施，产生的电离辐

射经屏蔽后对周围辐射环境影响是可接受的，从辐射安全的角度考虑，其平面布置是合理的。

四、所在区域环境质量现状

项目建设地周围 X- γ 空气吸收剂量率范围为 $8.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 10.4 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ($86 \text{nGy/h} \sim 104 \text{nGy/h}$)，属于成都市正常辐射水平 $74.7 \text{nGy/h} \sim 214.2 \text{nGy/h}$ （引自：《中华人民共和国生态环境部 2018 年全国辐射环境质量报告》中成都市自动站监测数据）。 α 表面沾污未检出， β 表面污染为 $0.15 \text{ Bq/cm}^2 \sim 0.21 \text{ Bq/cm}^2$ ，属于当地正常水平。

五、环境影响评价分析结论

1、施工期

由于本项目装饰施工期较短，只要工程按照报告提出的要求施工，就可以使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

2、运行期

（1）辐射环境影响分析

经模式预测，在正常工况下，对职业人员造成的有效剂量低于本次评价 5mSv 的职业人员管理限值；对公众造成的年附加有效剂量低于本次评价 0.1mSv 的公众人员管理限值。

（3）水环境环境影响分析

本项目运行期产生短半衰期放射性废水，拟采用废液屏蔽贮存容器收集衰变 10 个半衰期，经监测达标后，排入成都纽瑞特非下水管网，经一体化污水处理实施处理后排入园区污水管网；产生的长半衰期废水拟采用废液屏蔽贮存容器统一收集达到一定量后，交有资质单位进行回收处理，不外排。项目运行期放射性废水对周围环境影响较小。本项目工作人员生活废水直接依托成都纽瑞特已有一体式污水处理设施收集处理后排入园区污水管网，对地表水体影响较小。

（4）固体废物的环境影响分析

本项目运行产生的短半衰期放射性固废拟采用固废屏蔽贮存容器衰变 10 个半衰期后，经监测达标后作为一般固体废物暂存处置。产生的长半衰期放射性固废拟采用固废屏蔽贮存容器统一收集达到一定量后，交有资质单位进行回收处

理，不外排。项目运行期放射性固废对周围环境影响较小。非放射性固废来源于受检药物的包装废材和工作人员的生活垃圾，该废物依托园区已有垃圾回收系统进行处理，对周围环境影响较小。

(5) 大气环境影响分析

本项目非密封放射性物质工作场所设置有密闭手套箱和通风橱和过滤装置，同时房间内也设置有排风系统和过滤装置，产生的放射性废气引至检验车间楼顶排放，放射性废气所致公众年摄入量（吸入）满足《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WS T613-2018）规定的公众成员吸入放射性核素年最小摄入限值，因此本项目放射性废气对周围环境影响较小。

六、事故风险与防范

建设单位成立了“辐射安全管理领导小组”全面负责公司的辐射安全管理工作以及放射实践中出现的各种防护问题。

七、环保设施与保护目标

建设单位拟配置的环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的环境保护目标所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

八、辐射安全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，在落实辐射事故应急预案与安全规章制度后；可满足防护实际需要。对现有场所而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。

九、项目环保可行性结论

建设单位在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后，本评价认为，本项目在四川省成都市双流区西航港开发区空港三路 999 号成都纽瑞特医疗科技股份有限公司检验车间 3 楼内进行建设，从环境保护和辐射安全角度看是可行的。

建议和承诺

一、要求

(1) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

(2) 定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的放射性核素的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年 1 月 31 日前通过全国核技术利用辐射安全申报系统 (<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>) 提交。

(3) 建设单位在申请辐射安全许可证前，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>），对建设单位所用射线装置及非密封放射性物质的相关信息进行填写。

二、项目竣工验收检查内容

根据《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 682 号令），工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。项目投入运行后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，自行对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。

表 13-1 竣工环境保护验收一览表

类别	项目	数量	备 注
辐射屏蔽	负压密闭手套箱	1 套	新增
	“L”形铅屏风	3 扇	新增
	备用铅罐	若干	新增
安全设施（设备）	场所监控系统	1 套	新增
	双人双锁保险柜	1 个	新增
	电离辐射警告标志	若干	新增
	场所分区标识	若干	新增
	场所门禁系统	1 套	新增
个人防护用品	防护铅服	3 套	新增
	去污设备及试剂	/	新增
	个人剂量报警仪	2 个	新增
	人员出入口污染监测仪	1 台	新增
“三废”治理	2L 短半衰期废液收集桶	2 个	新增
	2L 长半衰期废液收集桶	2 个	新增

	200L 短半衰期废液屏蔽贮存容器	2 个	新增
	200L 长半衰期废液屏蔽贮存容器	1 个	新增
	2L 短半衰期固废收集桶	2 个	新增
	2L 长半衰期废固废收集桶	2 个	新增
	200L 短半衰期固废屏蔽贮存容器	2 个	新增
	200L 长半衰期固废屏蔽贮存容器	1 个	新增
	场所独立排风及过滤系统	1 套	新增
监测设备	便携式 γ 剂量率监测仪	1 台	新增
	$\alpha\beta$ 表面沾污仪	1 台	新增
综合管理	制定辐射事故应急预案及应急和救援的物资准备	/	新增
	个人剂量档案	/	/
	非密封放射性物质管理台账	/	/
	固体废物及废水转移或排放管理台账	/	/
	本项目所有辐射工作人员均应加强辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习，并通过相关考试，持证上岗	/	/
	制定的所有规章制度中关于“辐射工作场所安全管理制度”、“操作规程”、“辐射工作人员岗位职责”和“应急响应程序”的内容需在各辐射工作场所内张贴上墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小于 600mm×400mm	/	/

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：		
		公 章
经办人		年 月 日

审批意见：		
		公 章
经办人		年 月 日