

核技术利用建设项目

南京医科大学
新建同位素实验室项目
环境影响报告表
(公示版)

南京医科大学

(盖章)

2020 年 7 月

生态环境部监制

表 1 项目基本情况

建设项目名称		南京医科大学新建同位素实验室项目					
建设单位		南京医科大学					
法人代表		沈洪兵	联系人	XXX	联系电话	XXXXXXXXXX	
注册地址		江苏省南京市江宁区龙眠大道 101 号					
项目建设地点		江苏省南京市江宁区龙眠大道 101 号					
立项审批部门		/		批准文号	/		
建设项目总投资 (万元)		1000	项目环保投资 (万元)	100	投资比例（环保 投资/总投资）	10%	
项目性质		■新建 □改建 □扩建 □其它			占地面积（m ² ）	约 500	
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：

1. 建设单位情况、项目建设规模、目的和任务由来

南京医科大学是首批教育部、国家卫生健康委与省政府共建医学院校和江苏高水平大学建设高校。学校创建于 1934 年，时名江苏省立医政学院。1957 年，由镇江迁至南京，更名为南京医学院。1962 年，被列为全国首批六年制医药院校。1981 年，被批准为全国首批博士、硕士学位授予单位。1993 年，更名为南京医科大学。

学校设有 19 个学院（包含康达学院）。拥有 27 所附属医院和 50 多所教学医院。学校校本部现有在职教职工 1800 多人，其中学校编制专任教师 952 人。有教授 302 人、副教授 255 人，有博士生导师 720 人、硕士生导师 2317 人。学校现有中国工程院院士 2 名，美国国

家医学院外籍院士 1 名，“长江学者奖励计划”特聘教授 3 名、青年学者 2 名，国家百千万人才工程 7 人，国家杰出青年科学基金获得者 10 人，优秀青年基金获得者 16 人，国家级教学名师 1 人，全国优秀教师 1 人，全国模范教师 1 人，江苏特聘教授 32 人，“国家级教学团队”3 个，教育部“创新团队”1 个。

学校建有江宁校区、五台校区以及康达学院连云港校区。江宁校区位于南京市江宁区大学城，江宁区龙眠大道 101 号，占地面积 1300 亩，是行政、教学和科研中心。五台校区位于南京市鼓楼区五台山南麓，鼓楼区汉中路 140 号，占地 120 亩，是临床教学和研究中心。

南京医科大学五台校区目前在用一个同位素实验室，为已许可的乙级非密封放射性物质工作场所，仍将继续使用。

由于学校科研及教学需要，南京医科大学拟在其江宁校区内新建一座同位素实验楼（共 2 层），同位素实验室区域位于楼内东侧半栋的上下两层，与楼西侧普通实验室在走廊上有实体防护门隔离，具有独立的楼梯和出入口。江宁校区同位素实验室拟使用的非密封放射性物质与五台校区一致，仍为 ^3H 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{51}Cr 、 ^{14}C 。根据对江宁校区同位素实验室非密封放射性物质的日等效最大操作量核算，其属于乙级非密封放射性物质工作场所。以上为本次环评内容。

根据南京医科大学提供的资料，本项目涉及的常规辐射工作人员，均为学校同位素实验室现有人员，共计 3 人，暂时不增加辐射工作人员。辐射工作人员将根据课程安排和工作需要，在五台校区同位素实验室和江宁校区同位素实验室两地办公。

南京医科大学新建的同位素实验室属于乙级非密封放射性物质工作场所。为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《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》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2018 年修订版）等法律法规的规定，南京医科大学应办理核技术应用项目环境影响评价手续。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2018 年修订版）的分类，本项目新建乙级非密封放射性物质工作场所，属于“191 核技术利用建设项目（不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置）”中的“乙级非密封放射性物质工作场所”范畴，应编制环境影响报告表。

受南京医科大学的委托，江苏辐环环境科技有限公司承担了南京医科大学新建同位素实验室项目的环境影响评价工作。我单位通过资料调研、项目工程分析，并在结合现场勘察和

现场监测（委托江苏核众环境监测技术有限公司监测）等工作的基础上，编制了本项目环境影响报告表。

2. 项目选址及周边保护目标情况

本项目拟建设于南京医科大学江宁校区，位于南京市江宁区龙眠大道 101 号，南京医科大学地理位置图见附图一。本项目所在的江宁校区平面布置及项目位置和周围环境示意图见附图二。

南京医科大学江宁校区新建同位素实验楼位于校区内西侧，靠近龙眠大道。同位素实验楼拟建址周围 50m 范围，除南侧 25m 到学校围墙、50m 到龙眠大道外，其余方向均在学校内，无居民区、宿舍等环境敏感点。

3. 单位原有核技术利用项目许可情况

南京医科大学系已申领辐射安全许可证单位（见附件 4），证书编号：苏环辐证[00413]，许可种类和范围：使用Ⅱ类、Ⅴ类放射源；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。有效期至 2023 年 7 月 24 日。

南京医科大学的核技术应用项目情况见下表：

放射源									
序号	放射源名称	数量	活度 Bq	放射源类别	工作场所名称	使用情况	环评情况及审批文号	许可情况	验收情况
1	^{60}Co	5	$1.67\times10^{12}\text{Bq/枚}$ ，共 5 枚	Ⅱ类	五台校区 生物照射室	在用	苏核表复 [2008]195 号	已 许可	已验收， 2008.12
2	^{137}Cs	1	$4.4\times10^5\text{Bq/枚}$	V 类	五台校区 同位素实验室	在用			
3	^{137}Cs	1	$4.4\times10^5\text{Bq/枚}$	V 类	拟由五台校区搬 迁至江宁校区同 位素实验室	拟 迁建	另行填报登 记表	已 许可	-
4	^{137}Cs	1	$4.4\times10^5\text{Bq/枚}$	V 类	江宁校区 同位素实验室	拟购	另行填报登 记表	未 许可	-
非密封放射性物质									
序号	工作场所等级	核素名称	日等效最大操作量 Bq	工作场所名称	使用情况	环评情况及 审批文号	许可 情况	备注	
1	乙级	^3H	1.85×10^8	五台校区 同位素实验室	在用	苏核表复 [2008]195 号	已 许可	已验收， 2008.12	
		^{125}I	3.7×10^8						
		^{131}I	3.7×10^8						
		^{32}P	3.7×10^8						

		³⁵ S	1.85×10 ⁸					
		⁵¹ Cr	1.85×10 ⁷					
		¹⁴ C	1.85×10 ⁷					
2	乙级	³ H	3.7×10 ⁷	江宁校区 同位素实验室	拟购	本次环评	未 许可	未验收
		¹²⁵ I	3.7×10 ⁸					
		¹³¹ I	3.7×10 ⁸					
		³² P	3.7×10 ⁸					
		³⁵ S	3.7×10 ⁸					
		⁵¹ Cr	3.7×10 ⁷					
		¹⁴ C	3.7×10 ⁸					

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	^3H	液态/低毒 $T_{1/2}=12.3\text{a}$	使用	3.7×10^9	3.7×10^7	7.4×10^{11}	教学及科研实验	分装、标记/简单操作	江宁校区 同位素实验室	贮存于江宁校区同位素实验楼的放射源贮存室贮存柜/贮存冰箱内，有教学任务或科研任务时按需求量取出
2	^{125}I	液态/中毒 $T_{1/2}=60.2\text{d}$	使用	3.7×10^9	3.7×10^8	7.4×10^{11}	教学及科研实验	分装、标记/简单操作		
3	^{131}I	液态/中毒 $T_{1/2}=8.04\text{d}$	使用	3.7×10^9	3.7×10^8	7.4×10^{11}	教学及科研实验	分装、标记/简单操作		
4	^{32}P	液态/中毒 $T_{1/2}=14.3\text{d}$	使用	3.7×10^9	3.7×10^8	7.4×10^{11}	教学及科研实验	分装、标记/简单操作		
5	^{35}S	液态/中毒 $T_{1/2}=87.38\text{d}$	使用	3.7×10^9	3.7×10^8	7.4×10^{11}	教学及科研实验	分装、标记/简单操作		
6	^{51}Cr	液态/低毒 $T_{1/2}=27.703\text{d}$	使用	3.7×10^9	3.7×10^7	7.4×10^{11}	教学及科研实验	分装、标记/简单操作		
7	^{14}C	液态/中毒 $T_{1/2}=5730\text{a}$	使用	3.7×10^9	3.7×10^8	7.4×10^{11}	教学及科研实验	分装、标记/简单操作		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（GB18871-2002）。

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、分析等用途

序号	名称	类别	数量 (台)	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 (μ A)	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	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
被放射性核素污染的量杯、试管、注射器、吸附有溅出的放射性液体的吸水纸、操作人员一次性手套等，通风橱更换的废弃活性炭	固体	^3H 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{51}Cr 、 ^{14}C	不大于 10kg	不大于 100kg	$^3\text{H} \leq 1 \times 10^6 \text{Bq/g}$ $^{35}\text{S} \leq 1 \times 10^5 \text{Bq/g}$ $^{14}\text{C} \leq 1 \times 10^4 \text{Bq/g}$	分类、按日期分别存放于放射性废物库内	(略)
含有放射性核素的小动物尸体	固体		不大于 1kg	不大于 10kg	^{125}I 、 ^{32}P 、 ^{51}Cr $\leq 1 \times 10^3 \text{Bq/g}$ ^{131}I $\leq 1 \times 10^2 \text{Bq/g}$		
长半衰期 (^3H 、 ^{14}C) 放射性废水的水泥固化物	固体		-	10 年收集一桶，固化水泥块不超过 5kg			
含有放射性核素的实验废水及清洗废水	放射性废水	^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{51}Cr	不大于 2m^3	不大于 20m^3	总 $\beta < 10 \text{Bq/L}$	短半衰期放射性废水流入衰变池内	短半衰期 (^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{51}Cr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$) 放射性废水流入衰变池，贮存十个半衰期后，作为医疗废水处置
(略)	放射性废水	^3H 、 ^{14}C	0.2L	2L	^3H 或 ^{14}C $\geq 37 \text{Bq/L}$	长半衰期废水暂存不锈钢放射性废液桶内	(略)

放射性废气	气体	^3H 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{51}Cr 、 ^{14}C	微量	微量	微量	不暂存	经活性炭过滤（吸附）后，由通风橱排风管道引至本楼屋顶排入大气
/	/	/	/	/	/	/	/

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、年排放总量用分别用比活度(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》(2014 年修订版), 2015 年 1 月 1 日起施行; (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年修正版), 2018 年 12 月 29 日起施行; (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003 年 10 月 1 日起施行; (4) 《放射性废物安全管理条例》, 国务院令第 612 号, 2012 年 3 月 1 日起施行; (5) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修改版), 国务院令第 682 号, 2017 年 10 月 1 日发布施行; (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019 年修改版), 国务院令第 709 号, 2019 年 3 月 2 日起施行; (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2019 年修正版), 生态环境部 部令第 7 号, 2019 年 8 月 22 日起施行; (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2018 年修订版), 生态环境部令第 1 号, 2018 年 4 月 28 日起施行; (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 环境保护部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起施行; (10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》, 国家环境保护总局文件, 环发[2006] 145 号文; (11) 关于发布《放射源分类办法》的公告, 国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号; (12) 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 2017 年第 65 号公告, 2018 年 1 月 1 日起施行; (13) 关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南(试行)》的通知, 环办[2013]103 号, 2014 年 1 月 1 日起施行; (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, 2016 年 3 月 7 日起施行; (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 日起施行;
------	---

	(16) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部 部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行； (17) 《关于发布<建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部 2019 年 第 38 号公告，2019 年 11 月 1 日起施行； (18) 《江苏省辐射污染防治条例》，(2018 年修改版)，江苏省人大常委会公告第 2 号，自 2018 年 5 月 1 日起施行； (19) 《江苏省辐射安全许可证办理等工作程序和规范》，苏环规〔2019〕4 号，自 2019 年 12 月 10 日起施行。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2011)； (2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)； (3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)； (4) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93)； (5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (6) 《医学与生物学实验室使用非密封放射性物质的放射卫生防护基本要求》(WS457-2014)； (7) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB 11930-2010)； (8) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)； (9) 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)； (10) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)。
其他	(一) 参考资料： (1) 《辐射防护导论》，方杰主编。 (2) 《简明放射性同位素应用手册》，卢玉楷主编。 (3) 《辐射防护手册》(第一分册)，李德平、潘自强主编。 (4) 《辐射防护技术与管理(电离辐射防护技术与管理)》，张丹枫、赵兰才。 (5) 江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究。刘明，王承保。辐射防护，1993 年第 13 卷第 2 期。

江苏省天然贯穿辐射水平调查结果（单位：nGy/h）

	室外剂量率	室内剂量率
均值	79.5	115.1
标准差 s	7.0	16.3
(均值±3s) *	(79.5±21.0) 58.5~100.5	(115.1±48.9) 66.2~164

取均值±3 倍标准差范围作为现状评价时参考的数值

(二) 相关附表：

- (1) “三同时”措施一览表

(三) 相关附件：

- (1) 项目委托书（附件 1）；
- (2) 放射同位素使用承诺书（附件 2）；
- (3) 放射性废物处置承诺书（附件 3）；
- (4) 南京医科大学辐射安全许可证正副本复印件（附件 4）；
- (5) 南京医科大学钴-60 生物照射室机同位素应用环评报告表及批复（附件 5）；
- (6) 南京医科大学钴-60 生物照射室机同位素应用竣工验收报告（附件 6）；
- (7) 南京医科大学辐射工作人员辐射安全培训证书一览表（附件 7）；
- (8) 南京医科大学个人剂量检测报告（附件 8）；
- (9) 江苏核众环境监测技术有限公司出具的南京医科大学新建同位素实验室辐射环境现状检测报告（附件 9）。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目建设于南京市江宁区龙眠大道 101 号，南京医科大学江宁校区拟建同位素楼东侧半栋内。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》（HJ 10.1-2016）的要求，以及根据对本项目的评价分析，本项目的评价范围保守取以南京医科大学江宁校区新建同位素楼为中心、周围 50m 的范围。见图 7-1。



图 7-1 本项目评价范围（50m）位置示意图
（注：红虚线框为同位素楼的拟建址，共 2 层）

保护目标

本项目同位素实验楼建设地址位于南京市江宁区龙眠大道 101 号，南京医科大学江宁校区内西侧，同位素实验室占据同位素楼东端的一层和二层，西端一、二层为其他实验室（非辐射类）。拟建址周围 50m 范围除南侧 25m 到学校围墙、50m 到龙眠大道外，其余方向均在校园内，无居民区、学生宿舍等环境敏感点。本项目环境保护目标为南京医科大学的辐射工作人员、普通工作人员，以及参与教学及科研实验的学生、老师，以及 50m 评价范围内的普通公众。详见表 7-1：

表 7-1 本项目保护目标一览表

编号	保护目标名称	方位	距离	人口规模
1	本项目同位素实验室辐射工作人员	同位素实验楼东侧半栋	-	3 人
2	同位素实验楼内普通工作人员	同位素实验楼西侧半栋	0~20m	约 10 人
3	参与同位素实验室教学及科研实验的学生、老师	同位素实验室内	-	约千余人次/年
4	楼外公众	同位素楼四周，包括校园内及龙眠大道	10m-50m	不定

评价标准

(1) 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，本项目辐射工作人员及公众的年照射剂量限值，见表 7-1：

表 7-1 照射剂量限值

对象	要求
职业照射 剂量限值	应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值： a) 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； b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；
	对于年龄为 16 岁~18 岁接受涉及辐射照射就业培训的学徒工和年龄为 16 岁~18 岁在学习过程中需要使用放射源的学生，应控制其职业照射使之不超过下述限值： a) 年有效剂量，6mSv；
公众照射 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： a) 年有效剂量，1mSv； b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv；

(2) 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3 mSv/a）的范围之内。”的规定，遵循辐射防护最优化原则，制定的本项目剂量约束值管理目标见表 7-2。

表 7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量 (包括学生在内)	5mSv/a
公众有效剂量	0.25mSv/a

(3) 辐射管理分区

根据《医学与生物学实验室使用非密封放射性物质的放射卫生防护基本要求》（WS457-2014），应将以下功能区域确定为控制区，控制其辐射水平和表面放射性污染水平：

- a) 直接从事非密封放射性物质操作的场所；
- b) 施用了放射性核素的实验动物的饲养场所；
- c) 含放射性核素实验动物组织、脏器的样品存放场所；
- d) 非密封放射性物质储存场所；
- e) 放射性废弃物暂存场所。

应将以下场所设置在紧邻控制区，并确定为监督区，以防止放射性污染向清洁区的扩散：

- a) 含放射性核素生物样品的检测与测量场所；
- b) 与密封源操作场所相邻的，有可能受到放射性污染并有人员驻留的场所。

(4) 医学与生物学实验室使用非密封放射性物质的布局

根据《医学与生物学实验室使用非密封放射性物质的放射卫生防护基本要求》（WS457-2014）的要求，医学与生物学实验室使用非密封放射性物质的布局应做到：

- a) 依据放射性活度由高到低梯次设置，并避免无关人员通过；
- b) 应合理组织整个实验室的气流方向，确保非密封放射性物质操作的场所处于低压区。
- c) 非密封放射性物质操作场所使用的铅通风橱，工作中应有足够的风速（一般不小于 1m/s），排气口应高于本建筑物屋脊，同时根据需要设置活性炭过滤或其他专用过滤。
- d) 应分别设置人员通道和非密封放射性物质传递通道，防止发生交叉污染。

此外，WS457-2014 对乙级场所的表面和结构要求如下：地面易清洗且不易渗透，表面易清洗，应安装通风橱，室内通风良好，应设立特殊下水系统，并配有清洁与去污设备。乙级场所出入口处设有卫生通过间。

(5) 工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 规定的非密封源工作场所的分级，应按表 7-3 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-3 非密封源工作场所的分级

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 $\sim 2 \times 10^7$

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量(Bq)与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表 7-4 和表 7-5。

表 7-4 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 7-5 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	毒性组别修正因子			
	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

(6) 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)中表 B11 的规定, 对于工作场所的放射性表面污染, 应满足表 7-6 的控制水平。

表 7-6 工作场所放射性表面污染控制水平单位: Bq/cm²

表面类型		α 放射性物质		β 放射性 物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区	4	40	40
	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区	0.4	0.4	4
	监督区			

手、皮肤、内衣、工作袜	0.04	0.04	0.4
1) 该区内的污染子区除外			

(7) 放射性废水排放活度浓度限值

参考《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）及《医学与生物学实验室使用非密封放射性物质的放射卫生防护基本要求》（WS457-2014）的要求，本项目污水排放放射性，在衰变池排放口执行“总 $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ ，总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ”的要求。

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）的要求，含放射性核素的有机闪烁废液，应存放在不锈钢或玻璃钢容器内。含放射性核素的有机闪烁液，其活度浓度大于或等于 37Bq/L ，应按放射性废液处理。

(8) 放射性固废比活度浓度限值

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）的规定，本项目放射性固废在放射性固废贮存设施中暂存衰变，在满足表 7-8 的条件下，方能作为医疗废物处理。

表 7-8 以核素活度浓度表示的清洁解控水平推荐值

解控水平 (Bq/g)	核素
1×10^6	^3H
1×10^5	^{35}S
1×10^4	^{14}C
1×10^3	^{32}P 、 ^{125}I 、 ^{51}Cr
1×10^2	^{131}I
注 1：上述解控水平推荐值原则上只适用于在组织良好、人员训练有素的工作场所对产生小量放射性固体废物的医学应用或实验室。 注 2：严禁为申报清洁解控而采用人工稀释等方法来降低核素活度浓度。 注 3：本表数值取自 GB18871-2002 附录 A，并与 GBZ167-2005 附录 B 的取值相一致。	

其他相关评价标准

(9) 《临床核医学卫生防护标准》（GBZ120-2006）；

(10) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；

(11) 《开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范》（EJ 380-1989）。

表 8 环境质量和辐射现状

1.项目地理位置、周边环境和选址合理性分析

南京医科大学江宁校区位于南京市江宁区龙眠大道 101 号，新建同位素实验楼位于该校区内西侧，靠近龙眠大道。

同位素实验楼拟建址周围 50m 范围，北侧依次为绿地、道路，路对面为学校的动物繁殖中心和中央冷站；东侧为绿地和道路；南侧 25m 到学校围墙、围墙外为龙眠大道；西侧为绿地。

该同位素实验楼共二层，无地下建筑。同位素实验室区域位于楼内东侧半栋，占据上下两层，具有独立的楼梯和出入口，与楼西侧普通实验室在各走廊上均有实体防护门隔离。同位素实验室区域一楼分布有 7 间同位素实验室和配套的 1 间同位素标记室，二楼分布有 3 间同位素实验室和配套的 1 间同位素标记室，以及 1 间放射性冷冻切片室、1 间放射性冷冻染片室、1 间放射源贮存室、1 间放射性废物库。

本项目周围环境示意图见附图二，环境现状见图 8-1。本项目选址周边 50m 范围内无居民区、宿舍等本项目环境敏感点，选址合理。



图 8-1 拟建同位素楼现状

2. 辐射环境现状评价对象、检测因子和检测点位

本项目活动种类及范围及使用非密封放射性物质，乙级放射性非密封物质工作场所。根据项目工作原理及特点，项目运行期间主要环境污染因子为 γ 射线及 β 表面污染，项目在进行现状调查时，主要调查南京医科大学江宁校区同位素实验室拟建址现状辐射水平。

检测单位：江苏核众环境监测技术有限公司（CMA 资质认定证书编号：171012050259）

环境现状评价对象：南京医科大学江宁校区同位素实验室拟建址辐射环境

检测日期：2019.7.28。天气状况：晴。

检测因子：X- γ 辐射剂量率

检测点位：在南京医科大学江宁校区同位素实验室拟建址及周围环境布点。

3. 监测方案、质量保证措施、监测结果及评价

（1）监测方案

① 检测目的：南京医科大学江宁校区同位素实验室辐射环境现状检测

② 检测内容：X- γ 辐射剂量率

③ 检测仪器：

FH40G 型辐射巡测仪+FHZ672E-10 探头，编号：030360+11395

检定有效期：2018.8.31~2019.8.30

能量响应范围：40keV~4.4MeV

测量范围：1nSv/h~100 μ Sv/h

④ 布点原则：在南京医科大学江宁校区同位素实验室拟建址及周围环境布点，共计布设 X- γ 辐射剂量率检测点位 4 个，检测点位见图 8-2。

⑤ 检测方法：X- γ 辐射剂量率检测按照《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T4583-1993）中的相关要求开展。

⑥ 评价方法：参照江苏省天然贯穿辐射水平调查结果，评价拟建址的辐射环境现状。

（2）质量保证措施

江苏核众环境监测技术有限公司辐射环境现状检测质量保证措施：

① 合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。

② 检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持有合格证书上岗。

③ 检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

- ④ 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- ⑤ 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- ⑥ 检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人签发。

（3）监测结果及评价

南京医科大学江宁校区同位素实验室辐射现状检测报告见附件 9，检测结果见表 8-1，检测点位示意图见图 8-2。

表 8-1 本项目周围 X-γ 辐射剂量率检测结果

测点号	点位描述		测量结果 (nSv/h)	备注
1	同位素实验室 建设地点	建设地点北	72	环境本底检测
2		建设地点东	76	
3		建设地点南	74	
4		建设地点西	70	

注：表中结果未扣除仪器宇宙射线响应值。

表 8-1 现场检测结果表明，项目建设地点 X-γ 辐射剂量率为（70~76）nSv/h，在江苏省天然贯穿辐射水平范围内。

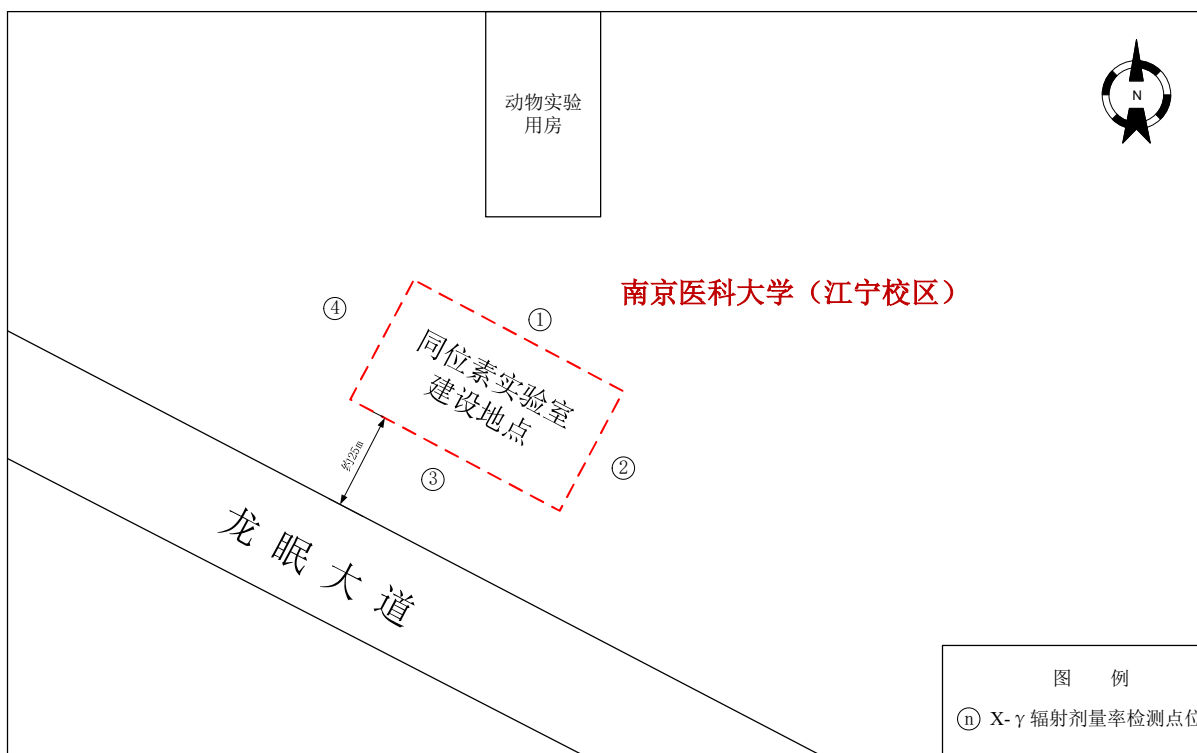


表 9 项目工程分析与源项

一.工作原理及工艺流程

(1) 工作原理

放射性核素标记，就是将放射性核素以一定的化学形式引入到物质的分子之中，使之成为物质分子中的重要组成成分的一门技术。带有放射性核素的分子称为放射性核素标记化合物。它包括放射性核素的标记、分离、纯化和鉴定等步骤。放射性核素的选择条件，要求①放射性核素和化合物的结合要紧密，稳定性要好。②要有合适的半衰期。③射线容易测量， γ 射线要优于 β 射线。标记常用的方法有：同位素交换法、化学合成法、生物化学合成法、热原子反冲标记法。标记化合物的储存，都是低温储存，因此，一般都存放在超低温冰箱内。如 ^{14}C 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、卤素一般保存温度在 -40° ，而 ^3H 标记化合物需用液氮快速冷冻保存。

放射免疫分析 (radioimmunoassay, RIA) 是以放射性核素为标记物的标记免疫分析法，用于定量测定受检标本中的抗原。本项目放免分析标记用的核素为 ^{125}I ，但单日使用活度 (日最大使用量 $3.7\text{E}+9\text{Bq}$) 超过《关于实施碘-125 放射免疫体外诊断试剂使用有条件豁免管理的公告》(环保部公告 2013 年 第 74 号) 中规定的豁免活度 (日最大使用量 $1\text{E}+6\text{Bq}$)，仍需纳入本项目非密封放射性物质工作场所管理。

^3H 是一种低能 β 核素，其半衰期长达 12.3 年，在空气中 β 粒子的径迹长度约为 0.6cm，易屏蔽。常用于细胞增殖、葡萄糖摄取，细胞代谢等实验，因其测定仪器简单，探测效率高，半衰期较长，无需衰变校正，是目前最常用于标记的同位素。

^{14}C 用于细胞摄取、细胞代谢、蛋白功能实验，也是一种低能 β 核素，易屏蔽，但半衰期长达 5730 年。与 ^3H 一样使用液闪仪测定，也是最常用于标记和示踪的同位素之一。

同位素实验室常用的其他核素用途如下： ^{131}I 用于微量蛋白和药物标记， ^{32}P 用于分子生物学、放射自显影实验， ^{35}S 用于分子生物学、蛋白、酶功能测定， ^{51}Cr 用于标记红细胞，测定红细胞、血小板寿命。

(略)

本项目使用的核素特性见表 9-2。

表 9-2 核素特性一览表

核素种类	半衰期	衰变类型及分支比 (%)	主要 α 、 β 辐射能量 (keV) 与绝对强度 (%)	主要 γ 、X 射线能量 (keV) 与绝对强度 (%)	空气比释动能率常数 ($\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)
^3H	12.3a	β^- (100)	18.5866(100)	-	-
^{125}I	60.1d	EC (100)	-	35.4919 (6.67) XL: 3.77 (15.5) XK β : 31.0 (25.9) XK α 2:27.2017 (39.9) XK α 1:27.4723 (74.5)	3.5 E-14
^{131}I	8.0d	β^- (100)	247.9 (2.1)	284.305 (6.14) 364.489 (81.7) 636.989 (7.17)	5.2 E-14
^{32}P	14.3d	β^- (100)	1710.3 (100.0)	-	-
^{35}S	87.4d	β^- (100)	166.84 (100.0)	-	-
^{51}Cr	27.7d	EC (100)	-	320.0835 (9.87) XK α 2:4.94464 (6.6) XK α 1:4.9522 (13.1)	4.176E-15
^{14}C	5730a	β^- (100)	156.467(100)	-	-

2. 工作流程

(略)

二. 日等效最大操作量核算

南京医科大学江宁校区同位素实验室核素日最大操作量和年总用量见表 9-3。

表 9-3 南京医科大学江宁校区同位素实验室核素日最大操作量和年总用量核算表

^3H	日最大用量	单次使用量 $3.7\times 10^7\text{Bq}$ (1mCi) $\times$ 日最高峰实验人数 80 人 + 科研用量 20mCi=100mCi= $3.7\times 10^9\text{Bq}$
	年总用量	日均用量 100mCi $\times$ 年工作日 200 天=20Ci= $7.4\times 10^{11}\text{Bq}$
^{125}I	日最大用量	单次使用量 $3.7\times 10^7\text{Bq}$ (1mCi) $\times$ 日最高峰实验人数 80 人 + 科研用量 20mCi=100mCi= $3.7\times 10^9\text{Bq}$
	年总用量	日均用量 100mCi $\times$ 年工作日 200 天=20Ci= $7.4\times 10^{11}\text{Bq}$

^{131}I	日最大用量	单次使用量 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ (1mCi) $\times$ 日最高峰实验人数 80 人 + 科研用量 $20 \text{mCi} = 100 \text{mCi} = 3.7 \times 10^9 \text{Bq}$
	年总用量	日均用量 $100 \text{mCi} \times$ 年工作日 200 天 $= 20 \text{Ci} = 7.4 \times 10^{11} \text{Bq}$
^{32}P	日最大用量	单次使用量 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ (1mCi) $\times$ 日最高峰实验人数 80 人 + 科研用量 $20 \text{mCi} = 100 \text{mCi} = 3.7 \times 10^9 \text{Bq}$
	年总用量	日均用量 $100 \text{mCi} \times$ 年工作日 200 天 $= 20 \text{Ci} = 7.4 \times 10^{11} \text{Bq}$
^{35}S	日最大用量	单次使用量 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ (1mCi) $\times$ 日最高峰实验人数 80 人 + 科研用量 $20 \text{mCi} = 100 \text{mCi} = 3.7 \times 10^9 \text{Bq}$
	年总用量	日均用量 $100 \text{mCi} \times$ 年工作日 200 天 $= 20 \text{Ci} = 7.4 \times 10^{11} \text{Bq}$
^{51}Cr	日最大用量	单次使用量 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ (1mCi) $\times$ 日最高峰实验人数 80 人 + 科研用量 $20 \text{mCi} = 100 \text{mCi} = 3.7 \times 10^9 \text{Bq}$
	年总用量	日均用量 $100 \text{mCi} \times$ 年工作日 200 天 $= 20 \text{Ci} = 7.4 \times 10^{11} \text{Bq}$
^{14}C	日最大用量	单次使用量 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ (1mCi) $\times$ 日最高峰实验人数 80 人 + 科研用量 $20 \text{mCi} = 100 \text{mCi} = 3.7 \times 10^9 \text{Bq}$
	年总用量	日均用量 $100 \text{mCi} \times$ 年工作日 200 天 $= 20 \text{Ci} = 7.4 \times 10^{11} \text{Bq}$

查阅 GB18871-2002 得到的各核素的毒性组别及使用因子，见表 9-4。

参考《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）的内容，及本项目工作流程分析，本项目使用上述放射性物质时涉及有放射性同位素的分装、标记等活动，因此将使用因子视为“简单操作”。

根据核素的日最大操作量，经过毒性组别及使用因子的双重修正，南京医科大学江宁校区同位素实验室的各核素日等效最大操作量核算见表 9-4。并根据日等效最大操作量总和，判断其工作场所分级。

表 9-4 南京医科大学江宁校区同位素实验室核素的日等效最大操作量计算

序号	核素	日最大操作量 (Bq)	毒性组别 (系数)	物理状态及操作方式 (系数)	日等效最大操作量 (Bq)
1	^3H	3.7×10^9	低毒 (0.01)	液态，简单操作 (1)	3.7×10^7
2	^{125}I	3.7×10^9	中毒 (0.1)	液态，简单操作 (1)	3.7×10^8
3	^{131}I	3.7×10^9	中毒 (0.1)	液态，简单操作 (1)	3.7×10^8
4	^{32}P	3.7×10^9	中毒 (0.1)	液态，简单操作 (1)	3.7×10^8
5	^{35}S	3.7×10^9	中毒 (0.1)	液态，简单操作 (1)	3.7×10^8
6	^{51}Cr	3.7×10^9	低毒 (0.01)	液态，简单操作 (1)	3.7×10^7
7	^{14}C	3.7×10^9	中毒 (0.1)	液态，简单操作 (1)	3.7×10^8
日等效最大操作量： $1.924 \times 10^9 \text{Bq}$					

南京医科大学江宁校区同位素实验室非密封放射性物质工作场所的日等效最大操作量为 $1.924 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属乙级非密封放射性物质工作场所范围 ($2 \times 10^7 \text{Bq} \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$)。

污染源项描述

● 施工期

南京医科大学同位素楼的土建施工会对周围环境产生如下影响：

(1) 大气：本项目在建设施工期需进行的基础开挖、混凝土浇筑、砌砖墙等作业，施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘。

(2) 噪声：整个建筑施工阶段，施工设备及载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。

(3) 固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物。

(4) 废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生。

本项目放射性同位素试剂未运抵之前，均不会对周围环境产生辐射污染。

● 运行期

由上述工程分析和产污环节可知，本项目运行后主要产生以下放射性污染：

(1) 电离辐射：放射性同位素贮存、分装、使用等操作过程中产生的 γ 射线和 β 表面污染。以上电离辐射会造成辐射工作人员、实验人员和公众的外照射。应确保其防护措施满足辐射防护要求，确保辐射工作人员、实验人员和公众的辐射安全。

(2) 放射性废气：液态放射性核素在各同位素实验室通风橱内进行标记、分装、活度测量时，空气中挥发的微量放射性同位素；污染途径为放射性药物在通风橱中的挥发散逸，若未被通风系统及时排出，则可能会被操作人员吸入造成体内的内照射。

(3) 放射性废水：包括实验完毕后残留的含放射性核素的放射性试剂；非密封工作场所含放射性核素的清洗废水等。污染途径为残留在工作场所台面或地面，若未及时清理会造成表面污染和外照射，以及在衰变池内贮存衰变时对工作人员和周围公众产生的外照射。

(4) 放射性固体废物：（略）

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1. 工作场所两区划分合理性及布局合理性分析

南京医科大学江宁校区同位素楼一楼及二楼平面布局见附图三。

南京医科大学江宁校区同位素实验区位于同位素实验楼（共 2 层）的东侧一楼和二楼，与一楼和二楼西侧普通实验室在走廊上均有实体防护门隔离。该同位素实验区域具有独立的楼梯和出入口，满足 WS457-2014 中“实验室设置于建筑物的底层一端或单独的建筑”的要求。

本项目中南京医科大学江宁校区同位素实验区涉及的辐射工作场所包括：

一楼的 7 间同位素实验室和 1 间同位素标记室；同位素实验区走廊和仪器间、专用卫生间、专用楼梯间。二楼的 3 间同位素实验室和 1 间同位素标记室、1 间放射性冷冻切片室和 1 间放射性冷冻染片室、1 间放射源贮存室和 1 间放射性废物库；同位素实验区走廊和专用卫生间、专用楼梯间。

本次项目涉及的辐射工作场所按两区划分：其中一楼的 7 间同位素实验室和 1 间同位素标记室；二楼的 3 间同位素实验室和 1 间同位素标记室、1 间放射性冷冻切片室和 1 间放射性冷冻染片室、1 间放射源贮存室和 1 间放射性废物库；上述同位素实验室和同位素标记室是“直接从事非密封放射性物质操作的场所”，放射性冷冻切片室和放射性冷冻染片室是“含放射性核素实验动物组织、脏器的样品存放场所”，放射源贮存室是“非密封放射性物质贮存场所”，放射性废物库是“放射性废弃物暂存场所”，需要控制其辐射水平和表面放射性污染水平，属于 WS457-2014 定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计。其余区域，如仪器间存放不涉及放射性同位素的仪器（比色仪，离心机等），专用卫生间供实验区工作人员使用，同位素实验区走廊是进入各同位素实验室及配套房间的通道，属“与密封源操作场所相邻的、有可能受到放射性污染并有人员驻留的场所”，需要防止放射性污染向清洁区的扩散，为 WS457-2014 定义的监督区，需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

本项目辐射工作场所平面布置与控制区、监督区划分、工作人员的路线图见附图三。

本项目辐射工作场所位于独栋建筑内一端，具有独立的楼梯和出入口，与楼另一端普通实验室在走廊上有实体防护门隔离。本项目的布局能够保证放射性活度由高到低设置。其中：

涉及放射性同位素日常操作的放射性同位素实验室多位于一楼；用于贮存放射性同位素的放射源贮存室及用于暂存放射性废物的放射性废物库均位于二楼人员较少到达的区域，避免无关人员靠近，减少不必要的辐射照射。上述布局最大限度的减少了实验人员的流动性，有助于实施工作程序；同位素实验区的辐射工作人员和实验人员具有独立的出入口和通道及专用卫生间；控制区各房间依据放射性活度由高到低梯次设置，满足 WS457-2014 中非密封放射性物质操作场所对于布局的要求以及 GB11930-2010 中关于安全操作的要求，布局合理。

（略）

二楼的放射源贮存室为独立的房间，具有屏蔽、防盗、防雨淋条件，参照源库要求管理，双人双锁并安装有监控和防盗报警装置，监控显示屏位于学校 24 小时值守监控室内，布局合理。

二楼的放射性废物库为独立的房间，具有屏蔽、防盗、防雨淋条件，容积满足本单位产生的放射性固废存放要求，布局合理。

目前同位素实验区的装修设计方案，卫生间采用地砖带防水层地面，走廊、楼梯间、办公室采用地砖地面，其余涉及放射性同位素的房间均采用自流平 PVC 塑胶地板；各涉及放射性同位素的房间墙面采用耐擦洗涂料，顶棚采用纸面石膏板吊顶。同位素实验室操作台及通风橱拟采购自专业供货商，尚待招标，但能确保其台面及材质满足理化试验要求。上述装修设计方案基本满足 WS457-2014“非密封放射性物质操作场所的装修要有利于清洁，实验室墙面、天花板、地板和实验台面应光滑、耐酸碱、耐辐射，便于去除放射性污染”的装修要求。环评建议同位素实验区参照 EJ 380-1989 对非密封放射性物质操作场所的要求，PVC 地面与墙面之间过渡设计为圆弧结构，避免积灰，易于清洁；且 PVC 材料做至墙裙高度，更易于清除表面污染。同时建议进行同位素操作的台面和地面上铺设可移除的垫层，便于在发生辐射事故时及时去污或移除。

2.辐射工作场所辐射防护屏蔽设计

根据南京医科大学提供的资料，本项目辐射工作场所屏蔽防护一览表见表 10-1。

表 10-1 南京医科大学同位素实验区屏蔽防护施工方案

(略)

注：双排孔混凝土多孔砖平均密度约为 1.6g/cm^3 ，现浇砼密度约为 2.35 g/cm^3 ，Pb 密度约为 11.3 g/cm^3 。

3.辐射安全措施评价

(1) 电离辐射警告标志

单位拟在控制区出入口处，包括一楼同位素实验区出入口大门、一楼和二楼走廊门、各同位素实验室、标记室、切片室、染片室、放射源贮存室、放射性废物库门口粘贴符合GB18871-2002 规范的当心电离辐射警告标志。

(2) 门禁系统

因消防安全要求，同位素实验区与相邻普通实验室间隔的一楼和二楼走廊无法完全封闭，仅在走廊上使用实体防护门隔离。该处防护门安装有双向门禁系统，平时保持常闭状态，仅楼内常规辐射工作人员和常规工作人员具有门禁权限，断电时门禁同时失效。可保证在满足消防安全要求的前提下，避免无关人员进入控制区。此外，同位素实验区一楼的出入口防护门也设置有门禁，仅常规辐射工作人员具有开门权限，出门时可按门内侧的开门按钮，该设计能够有效避免公众误入控制区。

(3) 放射源贮存室

由于本项目所购放射性同位素试剂均存放在放射源贮存室内，同位素实验室将放射源贮存室参照源库管理，双人双锁，并安装有监控和防盗报警装置，监控显示屏位于学校 24 小时值守监控室内。上述措施满足放射性同位素试剂安全管理要求。

(4) 辐射防护用品

本项目医学与生物学实验室可参考表 10-2 配备足够种类和数量的辐射防护用品，能进一步保证非密封放射性物质工作场所的辐射安全。

表 10-2 医学与生物学实验室辐射防护用品配置要求

(略)

三废的治理

针对放射性核素在使用过程中产生的放射性废水、废气、固体废物，评价该单位设计的处理措施是否满足新建非密封工作场所的要求。

1、放射性废水

(略)

本项目衰变池日放射性废水流入量约 0.1m^3 (主要是实验室的含微量放射性试剂的清洗用水、实验人员洗手用水等。实验清洗用水按 20L/日计；实验人员操作时都带一次性手套，个别手套破裂的需要洗手，按单个人员洗手 2L，日均 40 人洗手计)，由于学校有寒暑假，同位素实验室使用放射性同位素试剂的时间一年最多为 200 天，故衰变池 60m^3 的容积可容纳同位素实验室约 3 年的放射性废水流入。目前同位素实验室内流入衰变池的短半衰期放射性废水中，半衰期最长的核素是 ^{35}S ，十个半衰期为 874 天，本项目设计的衰变池容积能够满足使放射性废水衰变 10 个以上半衰期的能力。

(略)

2. 放射性废气：

在进行液态放射性同位素分装与操作过程中，由于试剂液面处于开放状态，空气中可能挥发微量放射性同位素，污染途径为放射性药物在空气中挥发散逸造成人员吸入的内照射。江宁校区每间同位素实验室均配备有通风橱，涉及非密封放射性物质的大量操作，均在通风橱内进行，满足 WS457-2014 中非密封放射性物质的操作要求。上述通风橱拟采购自有资质供货商，确保工作时风速不小于 1m/s ，排风管道集中引至本楼屋顶排放，并在各通风橱顶部排风管道内设置活性炭吸附装置，定期更换（一般每年更换一次），以降低排出的放射性气溶胶浓度。上述非密封放射性物质通风橱的设计满足 WS457-2014 的通风要求。

3.放射性固体废物：

本项目放射性试剂操作过程中将产生少量受放射性污染的固体废物，如一次性手套、试管、量杯和擦拭滤纸等带微量放射性同位素的固体废弃物，以上常规放射性固废日产生量不超过 0.5kg 。此外，动物实验会产生少量含有放射性核素的小动物尸体，均为鼠类，年产生量不超过 10kg 。

该同位素楼二楼设置有专用的放射性废物库，进行了良好的屏蔽防护设计，并在靠近天花板的外墙上安装有 $30\text{cm}\times 30\text{cm}$ 尺寸的排风扇。每天产生的常规放射性固废标注核素名称、

存入日期、重量的信息标签后，按半衰期长短分类，再按存入时间顺序存放入库。

（略）

操作非密封放射性物质的通风橱定期更换的活性炭，因吸附有放射性核素，也需按放射性固废处理。

综上所述，南京医科大学作为乙级非密封工作场所的江宁校区同位素实验室在完善上述要求后，能够满足乙级非密封工作场所的放射性三废的处置要求。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目辐射工作场所在建设施工时会对环境产生如下影响：

(1) 大气:本项目在建设施工期进行砌墙砖、混凝土浇筑等作业，施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：**a.**及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；**b.**车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；**c.**施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

(2) 噪声：整个施工阶段，如混凝土搅拌机、卷扬机及载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围的环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

(3) 固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废物，委托有资质的公司清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

(4) 废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

该单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在校内的局部区域，对周围环境的影响较小。

混凝土浇筑时若需昼夜连续施工需办理有关环保手续。

本项目放射性同位素试剂未运抵之前，不会对周围环境产生辐射污染。

运行阶段对环境的影响

1.关注点辐射水平估算

本项目使用的 ^3H 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{14}C ，为纯 β 衰变核素，其发射的电子易屏蔽。即使考虑韧致辐射，其中 β 射线能量最高的 ^{32}P ，《辐射防护手册-辐射源与屏蔽》（第一分册）估算结果表明，在 ^{32}P 的活度不超过 50mCi 的情况下，1cm 厚有机玻璃通风橱外韧致辐射所致辐射水平不超过 25 $\mu\text{Sv/h}$ ，可以不附加重材料屏蔽层。本项目单个通风橱有机玻璃不低于 1cm 厚，单次使用的 ^{32}P 活度不超过 20mCi，无需考虑韧致辐射屏蔽。

本项目使用的 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{51}Cr ，其发射的 γ 射线，是同位素实验室内实验人员主要的外照射辐射来源。由于放射性同位素装在试剂瓶或试管、注射器等小体积容器内，其尺寸远小于与周围关注点距离，故放射性同位素周围空气比释动能率可近似按照点源模式计算，采用方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算关注点的空气比释动能率：

$$\dot{K}_\alpha = \frac{A\Gamma_k}{r^2} \times \eta \quad \text{.....公式 11-1}$$

上式中： $\dot{K}_\alpha$ —关注点空气比释动能率（ $\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ）；

A —放射源活度（Bq）；

Γ_k —放射源周围空气比释动能率常数($\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)，详见表 9-2 核素特性一览表；

r —放射源到关注点的距离（m）；

η —透射比，无屏蔽情况下取 1；有屏蔽情况下，按照点源的平均射线能量及屏蔽材料的厚度查表得到相应的透射比。

按公式 11-1 分别核算控制区墙外、门外、窗外及顶上、地板下各典型关注点处 γ 射线的空气比释动能率。

本项目中，学生教学实验时使用的放射性同位素，均为单人小剂量操作，每人每次使用活度最多 1mCi；科研人员实验时使用的放射性同位素，每天使用活度也不会超过 20mCi，每人每次使用活度最多 10mCi。表 11-1 给出了单次最大操作量的 ^{131}I 放射性试剂在无屏蔽状态下，其周围不同距离位置的空气比释动能率。

表 11-1（1）教学实验时无屏蔽状态下不同距离的放射性试剂周围空气比释动能率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

距离	0.3m	0.5 m	1m	2m	3m
^{125}I 单次使用 $3.7\times 10^7\text{Bq}$ (1mCi) 时空气比释动能率	14.4	5.2	1.3	0.3	0.1
^{131}I 单次使用 $3.7\times 10^7\text{Bq}$ (1mCi) 时空气比释动能率	21.4	7.7	1.9	0.5	0.2
^{51}Cr 单次使用 $3.7\times 10^7\text{Bq}$ (1mCi) 时空气比释动能率	1.7	0.6	0.2	<0.1	<0.1

表 11-1（2）科研实验时无屏蔽状态下不同距离的放射性试剂周围空气比释动能率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

距离	0.3m	0.5 m	1m	2m	3m
^{125}I 单次使用 $3.7\times 10^8\text{Bq}$ (10mCi) 时空气比释动能率	144	52	13	3	1.4
^{131}I 单次使用 $7.4\times 10^8\text{Bq}$ (10mCi) 时空气比释动能率	214	77	19	5	2
^{51}Cr 单次使用 $3.7\times 10^8\text{Bq}$ (10mCi) 时空气比释动能率	17	6	2	0.4	0.1

从表中结果看出：

教学实验时的单人小剂量操作，发射 γ 射线的放射性试剂在 1m 内近距离接触时，辐射水平较高，实验人员受到的照射剂量率也较大。对于此类放射性试剂的操作，应根据辐射防护三原则，采用加强屏蔽（在试剂瓶、试管等外包裹铅套）、增加操作距离、减少近距离接触时间（如采用事先预练习操作的方式熟悉实验过程，提高正式实验时的熟练程度）的方式，尽量减少实验人员的受照剂量。

对于科研实验而言，由于单次使用活度较大，辐射水平要远高于教学实验时的情况。对于此类放射性试剂的操作，必须在有良好屏蔽的通风橱内进行。由于科研实验项目的不确定性，同位素实验室无法给每个同位素实验室配备固定的铅通风橱，而是准备了足够数量的 10mm 铅当量的铅砖，当有需要时，将在有机玻璃通风橱内堆放铅砖增加通风橱的辐射屏蔽。

本项目使用的发射 γ 射线的放射性试剂中，射线能量最高的是 ^{131}I ，同样活度下其辐射影响要远大于 ^{125}I 、 ^{51}Cr ，故后续计算以 ^{131}I 为例，若屏蔽设计能够满足 ^{131}I 的使用要求，也肯定能满足 ^{125}I 、 ^{51}Cr 的使用要求。

这里以科研实验情况下，单次操作 10mCi 的 ^{131}I 最大工况，计算同位素实验室内及周边各关注点辐射水平。以对周边公众影响最大的典型同位素实验室为例，选取的各关注点位置见附图四，计算结果见表 11-2。

表 11-2 南京医科大学江宁校区同位素实验室关注点处辐射水平估算结果一览表

关注点		估算条件/药物活度	屏蔽措施	透射比 ^①	衰减距离		估算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
序号	位置				数值(m)	说明	
1	通风橱表面 30cm	通风橱内有 10mCi 的 ^{131}I 放射性试剂待使用	通风橱内加铅砖 10mmPb, 铅衣 0.25mmPb	(略)	0.5	实验人员在通风橱旁进行操作, 躯干离试剂 0.5m	(略)
2	一楼同位素实验室 防护门外 30cm		通风橱内加铅砖 10mmPb, 门 2mmPb	(略)	3	通风橱与防护门外关注点之 间距离约 3m	(略)
3	一楼同位素实验室顶 上二楼地面 30cm		现浇 20cm 砼	(略)	2.5	室内净空高度 3m, 通风橱内 试剂离顶 2m, 地板厚 0.2m	(略)
4	一楼同位素实验室北 采光窗外 30cm		通风橱内加铅砖 10mmPb, 普通采光窗	(略)	5	通风橱与北窗外关注点之间 距离约 5m	(略)
5	一楼同位素实验室西 墙外冰箱室		通风橱内加铅砖 10mmPb, 20cm 厚 双排孔混凝土多孔砖	(略)	4.5	通风橱与西墙之间距离约 4m, 墙厚 0.2m	(略)
6	二楼同位素实验室西 墙外走廊	通风橱内有 10mCi 的 ^{131}I 放射性试剂待使用	通风橱内加铅砖 10mmPb, 20cm 厚 双排孔混凝土多孔砖	(略)	1.5	通风橱与西墙外普通实验人 员之间距离约 1.5m	(略)
7	二楼同位素实验室北 门外 30cm		通风橱内加铅砖 10mmPb, 门 2mmPb	(略)	3	通风橱与防护门外关注点之 间距离约 3m	(略)
8	二楼同位素实验室楼 下一楼同位素实验室 地面 2m		现浇 20cm 砼	(略)	2.2	通风橱离地 1m, 顶厚 0.2, 关注点位于顶下 1m	(略)

关注点		估算条件/药物活度	屏蔽措施	透射比 ^①	衰减距离		估算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
序号	位置				数值(m)	说明	
9	二楼放射源贮存室防护门外 30cm	所有放射性核 ^3H 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{51}Cr 、 ^{14}C 各 100mCi 均贮存在放射源贮存室冰箱内，每种试剂自带不同厚度的铅屏蔽容器，确保表面 5cm 辐射水平不超过 $5\mu\text{Sv/h}$ ^②	门 5mmPb	(略)	3	贮存冰箱与门外关注点之间距离约 3m	(略)
10	二楼放射源贮存室南墙外 30cm		现浇 20cm 砼	(略)	3	贮存冰箱与南墙外关注点之间距离约 3m	(略)
11	二楼放射源贮存室楼下一楼同位素实验室地面 2m		现浇 20cm 砼	(略)	2.2	贮存冰箱离地 1m，顶厚 0.2，关注点位于顶下 1m	(略)
12	二楼放射源贮存室北墙外 30cm		现浇 20cm 砼	(略)	3	贮存冰箱与北墙外关注点之间距离约 3m	(略)

注：(略)

从表中 11-2 中的理论估算结果可以看出：

在铅砖通风橱内进行 ^{131}I 放射性试剂的近距离操作时，尽管通风橱有铅砖的屏蔽，实验人员躯干处辐射剂量率仍然较高，达到了 $8.5\mu\text{Sv/h}$ 。

公众或辐射工作人员所处的其余各关注点，因距离衰减，辐射水平降低至不超过 $0.2\mu\text{Sv/h}$ ，接近环境本底水平。

2. 保护目标的有效剂量计算

关注点人员的有效剂量按照方杰主编的《辐射防护导论》中的公式 11-2 算出：

$$D_{\text{Eff}} = K_a \cdot t \cdot T \cdot U \quad \text{.....公式 11-2}$$

上式中： D_{Eff} — 关注点人员有效剂量（Sv）；

K_a — 关注点的周围空气比释动能率（Gy/h）；

t — 关注点处年近距离受照时间（h）；

T — 居留因子，取值在 $1/32 \sim 1$ ，典型值：全部居留 $T=1$ ，部分居留 $T=1/4$ ，偶尔居留 $T=1/16$ 。对于近距离操作而受照的辐射工作人员，取值为 1；

U — 使用因子，对于各向同性发射光子的放射性核素，以点源考虑，取值为 1。

简化估算： 1mGy 近似为 1mSv 。

根据表 11-2 预测的各关注点处的辐射剂量率，结合工作时间，辐射工作人员和公众停留概率，代入公式 11-2，即可得到各关注点处公众及辐射工作人员的年受照剂量，见表 11-3。

表 11-3 江宁同位素实验室关注点公众及辐射工作人员年有效剂量的估算

关注点位置			关注对象	居留因子	年工作时间（h）	关注点辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	人员年有效剂量（mSv）
1	通风橱表面 30cm		辐射工作人员	1	每天近距离操作约 1h，年工作 200 天	8.5	1.7
2	一楼同位素实验室	防护门外	辐射工作人员	1/16	年工作 200 天，每天 8h	0.2	0.02
3		顶上二楼	辐射工作人员	1/4	年工作 200 天，每天 8h	0.15	0.06
4		北采光窗外	公众	1/16	年工作 200 天，每天 8h	<0.1	<0.01
5		西墙外普通实验室	公众	1	年工作 200 天，每天 8h	<0.1	<0.16
6	二楼同位素	西墙外普通实验室	公众	1	年工作 200 天，每天 8h	0.14	0.224

7	实验室	防护门外	辐射工作人员	1/16	年工作 200 天， 每天 8h	0.17	0.02
8		楼下一楼同位素实验室	辐射工作人员	1/4	年工作 200 天， 每天 8h	0.2	0.08
9	二楼放射源贮存室	防护门外	辐射工作人员	1/16	年工作 200 天， 每天 8h	<0.1	0.02
10		南墙外	辐射工作人员	1/16	年工作 200 天， 每天 8h	<0.1	<0.01
11		楼下一楼同位素实验室	辐射工作人员	1/4	年工作 200 天， 每天 8h	<0.1	<0.04
12		北墙外	-	-	-	-	-

根据上述结果可知：

本项目辐射工作人员的年有效剂量，即使考虑所有关注点的叠加，仍不超过 2mSv/a，能满足本项目职业人员年有效剂量约束值 $\leq 5\text{mSv/a}$ 的管理目标。

根据单位提供的最近一年的辐射工作人员个人剂量报告（见附件 8），本项目年累积剂量最大值的辐射工作人员为周大虎，最大值达到 0.099mSv/a。即使叠加由于本项目造成的年有效剂量 2mSv/a，辐射工作人员年有效剂量最多为 2.099mSv/a，仍能满足本项目职业人员年有效剂量约束值 $\leq 5\text{mSv/a}$ 的管理目标。

作为受到特殊职业照射的参与同位素教学实验的学生及科研实验的师生，考虑其特殊职业照射仅持续某一段时间，要少于本项目辐射工作人员的年辐射工作时间 200 天，因此推断其年有效剂量也小于本项目辐射工作人员的年有效剂量，即不超过 2mSv/a，同样能满足本项目职业人员年有效剂量约束值 $\leq 5\text{mSv/a}$ 的管理目标。

而同位素实验室外公众关注点的年有效剂量，最大值为 0.224mSv/a，能够满足本项目公众年有效剂量约束值 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ 的管理目标。

事故影响分析

本项目属新建乙级非密封放射性物质工作场所。在放射性同位素的使用过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对接触非密封放射性物质的人员造成永久性损伤。主要辐射事故风险为：

- 1) 实验操作时，移液分装或者标记时失误，造成放射性试剂泼洒，操作台面、地面或仪器设备受到放射性沾污。若不慎吸入或者食入，还会造成内照射。
- 2) 长半衰期（ ^3H 、 ^{14}C ）放射性废水误排入水池，流入衰变池，导致放射性废水排放总

放超标。长半衰期固废误混入短半衰期固废，未达到清洁解控水平就作为医疗废物处置。

3) 放射性试剂被盗、丢失等。

针对以上可能发生的事故风险，南京医科大学应根据发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围，制定辐射事故应急方案。环评建议采用以下预防措施，避免辐射事故的发生或尽量减轻辐射事故的后果：

- 1) 为杜绝事故隐患，南京医科大学应加强管理，建立各种同位素操作规程并张贴于相应实验室墙上醒目位置，要求实验人员严格执行。在实验人员每次进行放射性同位素操作前，务必预先练习操作步骤，熟练后方可正式进行放射性同位素的操作。操作时，务必尽快完成并保持与放射性同位素的适当距离。
- 2) 定期监测实验室周围的辐射水平，发现污染及时去污，确保工作安全有效运转。充分利用配备的紧急辐射泄漏处理包的各种物品，减少处理泼洒污染辐射事故时对辐射工作人员的辐射影响。
- 3) 凡涉及放射性试剂操作的台面，均采用易于去污及拆除的材质，当发生液态放射性试剂泼洒导致的表面污染事故时，应及时去污，尽量将放射性核素转移至放射性固废，如：迅速用吸附衬垫或滤纸吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。去污结束后，需用表面沾污仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到去污控制标准，这时应用去污清洗剂及表面沾污擦拭用干、湿纸巾擦拭，直到该污染区 β 表面污染小于控制区对 β 表面污染的要求为止；如果工作服、手套、工作鞋的 β 表面污染大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，应及时脱下更换清洗或作为放射性固废收贮；如果手、皮肤、内衣、工作袜的 β 表面污染大于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，应进一步清洗去污直至满足对 β 表面污染的要求。
- 4) 使用 (^3H 、 ^{14}C) 长半衰期放射性试剂前，告之实验人员注意事项，妥善处置放射性废物并及时做好收集和标记工作，避免与其他短半衰期放射性废物混淆。
- 5) 放射性试剂所在的放射源贮存室有双人双锁专人保管，确保无关人员不得靠近。所有放射性试剂出入库均登记，定期核查购入量、取用量及库存量，发现异常及时调查。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用乙级非密封放射性物质工作场所的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。南京医科大学已成立辐射工作安全领导小组负责辐射安全与环境保护管理工作，并以正式文件形式任命。

本项目辐射工作人员不增加，仍为南京医科大学现有 3 名辐射工作人员，均已参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，并考核合格，见附件 7。

(略)

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用放射性同位素的单位，应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、放射性同位素使用登记制度、人员培训制度、台帐管理制度和监测方案；

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，使用放射性同位素的单位，应当对本单位的放射性同位素和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。

南京医科大学已制定了较完善的辐射安全管理规章制度，参考《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，本报告对其各项制度的补充完善提出以下建议。

1) **操作规程：**针对放射性药物，考虑核素特性，应明确具体步骤，以及操作过程中采取的具体防护措施。重点是：①严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故。②从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪或剂量检测仪器，正确使用和穿戴个人防护用品。③新的或改进的非密封放射性物质操作程序必要时进行模拟实验、冷实验。④易挥发放射性物质和放射性气体以及伴有发烟、发尘、蒸发、沸腾等的操作，应当在通风橱、工作箱内进行。液态放射性药物的分装及注射等操作，应在铺有吸水纸的塑料或不锈钢等易去污的台面上或搪瓷盘内进行。非密封放射性物质的取放、施用均应有适当的屏蔽防护。⑤在满足医学和生物学实验要求的基础上，选用的放射性核素活度尽量小、毒性尽可能低。伴有强 γ 外照射的操作，应注重提高操作熟练程度，合理使用时间防护、距离防护和屏蔽防护，伴有

强 β 外照射的操作，还应注意晶状体与皮肤的防护。⑥不应裸手直接进行非密封放射性物质操作和去除放射性污染操作，在非密封开放性工作场所严禁吸烟、进食。⑦放射性“三废”的处理，尤其是含长半衰期核素的，需严格按照操作规程执行。在通风橱内进行放射性核素操作前务必提前打开排风装置，保持通风橱在整个操作过程中的负压排气状态，避免放射性气溶胶的溢出。⑧建立清洁卫生制度，明确控制区清洁工具专用，不得拿至其他区域使用，以防污染扩散。

2) **岗位职责：**明确管理人员、台账登记人员、实验人员等的岗位职责，并落实到人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

3) **辐射防护和安全保卫制度：**根据项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度。重点是：①放射源贮存室必须具备双人双锁的安全管理，放射性同位素试剂的台账登记、盘查及保管要落实到个人，定期查验。②控制区走廊的门禁系统应有效运行，避免公众误入同位素实验室控制区；辐射监测仪器，如环境辐射巡测仪、表面沾污仪、个人剂量报警仪等，发现问题及时修理或更换，不能存在拖延和侥幸心理；③辐射工作人员配备数量足够的医学与生物学实验室辐射防护用品，详见表 10-2，在开展辐射工作时正确穿戴并备用。④辐射工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护并建立个人剂量档案、职业健康监护档案。

4) **放射性核素使用登记制度：**建立放射性试剂的使用登记台账，从购入到使用均有据可查，并有专人管理，确保正确无误，帐物相符。

5) **人员培训计划：**为了提高辐射工作人员辐射防护意识，该单位需制定辐射工作人员辐射安全培训计划，重点是：①明确辐射工作人员的培训内容、培训对象、培训方式、培训周期及考核办法；②相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、操作技术。其现有的辐射安全培训证书在有效期内继续有效，后续应按要求在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上报名并接受考核，取得电离辐射安全与防护考核成绩报告单方可上岗，有效期 5 年。

6) **监测方案：**辐射监测主要包括环境监测、场所监测以及个人剂量监测及相关记录档案等内容，该单位辐射环境监测方案应包括上述内容，并明确监测频次、监测项目等。具体内容可参考本报告辐射监测章节制定。根据环保部十八号令要求，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（含监测报告）。年度检测发现安全隐患的，应当立即整改。

7) 事故应急制度：为了保障辐射工作人员的安全与健康，及时控制突发事件，该单位还应对辐射事故处理、应急处置规章制度及放射性同位素突发性环境污染事故应急预案进行完善，重点是：①在处理辐射事故之前，必须制定出具体的处理方案和步骤，并做好充分准备工作。如：发生放射性溶液泼洒时，必须明确先用滤纸完全吸附再湿法擦拭的处置方法，尽量将放射性核素转移至放射性固废；②在处理辐射事故过程中，必须进行现场环境监测，且有充分了解核素特性的人员参与，并有严格的防护设施，防止超剂量与表面沾污事故发生；③发现辐射事故必须迅速组织人力、物力采取有效措施进行处理，决不能延误处理时间；④辐射事故处理完毕，必须对相关场所和设备进行全面检查和检测，确定安全后方可使用；⑤在处理放射事故过程中，必须在有资格的安全防护人员指导下进行，不得随意违背处理方案和步骤；⑥努力做好辐射事故中的剂量监测工作，认真分析事故发生原因；⑦认真做好辐射事故资料整理归档工作；⑧明确辐射应急小组的成员与分工；⑨增加辐射应急小组成员的联络方式。在今后的工作中，还应根据实际情况不断完善相应的辐射事故应急方案和措施。⑩当发生事故时，应当立即启动单位的辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 1 小时内向当地生态环境部门、公安和卫生部门报告。

辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，使用非密封放射性物质及密封源的单位，应“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。”，“对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。”

南京医科大学现已为五台校区同位素实验室配备 1 台环境辐射巡测仪，1 台表面沾污仪及 2 台个人剂量报警仪。还应为江宁校区同位素实验室配备 1 台环境辐射巡测仪，1 台表面沾污仪及 2 台个人剂量报警仪，方能够满足本次新建乙级非密封放射性物质工作场所的要求。

辐射工作人员现有的个人防护用品，建议根据表 10-2 进一步完善辐射防护用品的配置，方满足个人防护的要求。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，使用非密封放射性物质的单位，应制定完善的监测计划和监测方案，对本单位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。辐射监测主要包括环境监测、工作场所监测以及个人剂量监测，以及相关记录档案等内容，故本环评对该单位监测方案提出如下建议：

- 1) 环境辐射巡测：（略）
- 2) 工作场所监测：（略）

表 12-1 本项目辐射工作场所建议监测内容
(略)

3) 辐射工作场所年度检测及年度评估：请有资质的单位定期对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，周期：1 次/年。监测结果连同单位的年度辐射安全评估报告一起，在次年的 1 月 31 日之前，上报发放辐射安全许可证的生态环境部门备案。

4) 个人剂量检测：本项目所有辐射工作人员均已配备个人剂量计，定期（不少于 1 次/季度）送有资质部门进行个人剂量检测，并建立个人剂量档案，终生保存。

5) 职业健康监护：本项目辐射工作人员，上岗前均已进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，已定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立个人职业健康档案。

6) 竣工环保验收：辐射工作场所竣工后，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，对配套建设的环境保护设施进行验收，并在相关网站上进行验收备案。

7) 关键参数改变监测：辐射防护设备（如通风橱、铅防护用品）更换或大修后，均应使用环境辐射巡测仪及表面沾污仪对辐射工作场所和周围环境进行全面辐射检测和辐射安全评价，确认辐射水平无异常方能继续开展工作。

上述监测方案在执行过程中，如遇到工作场所和周围环境监测、个人剂量监测发现异常（未超标）的情况，应当及时查明原因并予以改正；若发现超过本项目辐射剂量率控制水平或表面污染控制水平的监测结果，以及超过职业人员年有效剂量管理目标的个人剂量监测结果，构成辐射事故的，则应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市环境保护行政主管部门报告。

辐射事故应急

为加强辐射工作过程中的辐射安全和管理，预防和控制放射性突发事件的发生而造成的危害，保障辐射工作人员和周围公众的健康与安全，南京医科大学应根据本项目可能产生的

辐射事故制定事故应急预案，应急预案内容应包括：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (3) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (4) 应急演习计划；
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序。

同时该单位应加强管理，加强职工辐射防护知识的培训，学习结束后应进行总结，积极开展辐射应急演习，发现问题及时解决，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生，还应经常监测辐射工作场所的环境辐射水平，确保辐射工作安全有效运转。

根据原国家环保总局《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145号文），辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大事故、较大事故和一般辐射事故。考虑本项目使用的为半衰期较短的医用放射性核素及能量较低的长半衰期纯 β 衰变核素，日等效最大操作量在非密封放射性物质工作场所乙级范围，参考前述可能发生的辐射事故风险分析，本项目辐射事故多为人员超剂量受照的一般辐射事故。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，在事故发生后1小时内向所在地环境保护和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生部门报告。

落实以上措施后，该单位的辐射事故应急措施方能够满足辐射安全的要求。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

南京医科大学拟在江宁校区内新建一座同位素实验楼（共 2 层），同位素实验室区域位于楼内东侧半栋的上下两层，与楼西侧普通实验室在走廊上有实体防护门隔离，具有独立的楼梯和出入口。江宁校区同位素实验室使用的非密封放射性物质与五台校区一致，仍为 ^3H 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{51}Cr 、 ^{14}C 。上述项目属于南京医科大学新建乙级非密封放射性物质工作场所。

2、辐射安全与防护评价

(1) 工作场所布局与分区评价：

本项目辐射工作场所按控制区、监督区进行划区管理。

一楼的 7 间同位素实验室和 1 间同位素标记室；二楼的 3 间同位素实验室和 1 间同位素标记室、1 间放射性冷冻切片室和 1 间放射性冷冻染片室、1 间放射源贮存室和 1 间放射性废物库设置为控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余区域，如仪器间、专用卫生间、同位素实验区走廊等设置为监督区。

本项目辐射工作场所位于独栋建筑内一端，具有独立的楼梯和出入口，与楼另一端普通实验室在走廊上有实体防护门隔离。本项目的布局能够保证放射性活度由高到低设置。涉及放射性同位素日常操作的放射性同位素实验室多位于一楼；用于贮存放射性同位素的放射源贮存室及用于暂存放射性废物的放射性废物库均位于二楼人员较少到达的区域，避免无关人员靠近，减少不必要的辐射照射。放射性同位素人流及物流采用错时方式避免交叉污染，满足 WS457-2014 中非密封放射性物质操作场所对于布局的要求以及 GB11930-2010 中关于安全操作的要求，布局合理。

(2) 辐射安全措施评价：

南京医科大学拟在控制区入口处，包括一楼同位素实验区入口大门、各同位素实验室、标记室、切片室、染片室、放射源贮存室、放射性废物库门口粘贴符合 GB18871-2002 规范的当心电离辐射警告标志。

同位素实验区在一、二楼走廊上使用实体防护门与相邻普通实验室隔离，该处防护门安装有双向门禁系统，能够避免无关人员进入控制区；一楼入口防护门也设置有门禁，能够有效避免公众误入控制区。上述门禁系统满足 WS457-2014 中对非密封放射性物质操作

场所控制区的安全要求。

同位素实验室将放射源贮存室参照源库管理，双人双锁，并安装有监控和防盗报警装置，监控显示屏位于学校 24 小时值守监控室内。上述措施满足放射性同位素试剂安全管理要求。

(3) 辐射防护措施评价：

本项目控制区进行了专门的屏蔽防护设计。由预测计算可知，最大工况下，在铅砖通风橱内进行 ^{131}I 放射性试剂的近距离操作时，辐射水平较高，达到了 $8.5\mu\text{Sv/h}$ ，但这种近距离操作持续时间每日不超过 1h。公众或辐射工作人员所处的其余各关注点，因距离衰减，辐射水平降低至不超过 $0.2\mu\text{Sv/h}$ ，接近环境本底水平。

(4) 保护目标剂量估算：

根据理论估算结果，本项目辐射工作人员、周围公众的最大年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标要求（职业人员年剂量约束值不超过 5mSv ，公众年剂量约束值不超过 0.25mSv ）。

(5) 辐射安全管理评价：

南京医科大学已成立辐射工作安全领导小组负责辐射安全与环境保护工作，并以正式文件形式任命，现有辐射工作人员已参加辐射安全与防护专业知识及相关法律法规的培训，考核合格，具备上岗资格。辐射培训证到期前还应按《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》的要求取得电离辐射安全与防护考核成绩报告单方能继续上岗。单位应按照本报告提出的要点，尽快完善其现有的辐射管理制度，并在工作中落实。

南京医科大学还应为江宁校区同位素实验室配备 1 台环境辐射巡测仪，1 台表面沾污仪及 2 台个人剂量报警仪，方能够满足本次新建乙级非密封放射性物质工作场所的要求。本项目不新增辐射工作人员，单位原有辐射工作人员已开展个人剂量监测工作，建立个人剂量档案，已开展职业健康监护并建立职业健康监护档案。

3、环境影响分析

(1) 辐射环境影响评价：

本项目新建的同位素实验室通过双排孔混凝土多孔砖墙、现浇混凝土地板和顶板、含铅防护门对射线进行防护。根据理论预测，在最大工况下，控制区外边界屏蔽墙、屋顶和地板、防护门窗外表面的辐射剂量率均能够满足本项目辐射剂量率控制水平要求。辐射工作人员及周围公众的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和本项目制定的管理目标的要求。项目投入运行后对项目工作场所及周围环境

辐射影响较小。

(2)放射性“三废”处置评价：

放射性废水：南京医科大学拟在同位素实验楼南侧地下建设一个专用的埋地三级衰变池，容积约为 60m³，池表面覆盖 20cm 厚混凝土盖板，仅同位素实验室内短半衰期同位素（¹²⁵I、¹³¹I、³²P、³⁵S、⁵¹Cr、^{99m}Tc）的放射性废水流入该衰变池。其容积能够满足排入其中的放射性废水（T_{1/2} 最长为 ³⁵S）存放十个半衰期（874 天）的要求，衰变池盖板能够满足放射性废水的屏蔽防护要求。衰变池出水接入学校污水处理管网，经消毒处理后排入市政污水管网。（略）

放射性废气：江宁校区每间同位素实验室均配备有通风橱，涉及非密封放射性物质的大量操作，均在通风橱内进行，上述通风橱拟采购自有资质供货商，确保工作时风速不小于 1m/s，排风管道集中引至本楼屋顶排放，并在各通风橱顶部排风管道内设置活性炭吸附装置，定期更换（一般每年更换一次），以降低排出的放射性气溶胶浓度。上述非密封放射性物质通风橱的设计满足 WS457-2014 的通风要求。更换下来的活性炭等吸附剂应作为放射性固废处理。

放射性固废：本项目放射性试剂操作过程中将产生少量受放射性污染的固体废物，如一次性手套、试管、量杯和擦拭滤纸等带微量放射性同位素的固体废弃物。（略）

该单位放射性三废处理措施完善，满足相关管理要求。

4、项目建设可行性评价

南京医科大学新建同位素实验室项目，本项目的实施有利于提高南京医科大学江宁校区师生开展放射性同位素实验教学及科学研究。根据理论估算分析，其运行时产生的辐射经屏蔽防护后对公众和周围环境的辐射影响较小，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

5、总结论

南京医科大学新建同位素实验室项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

(略)

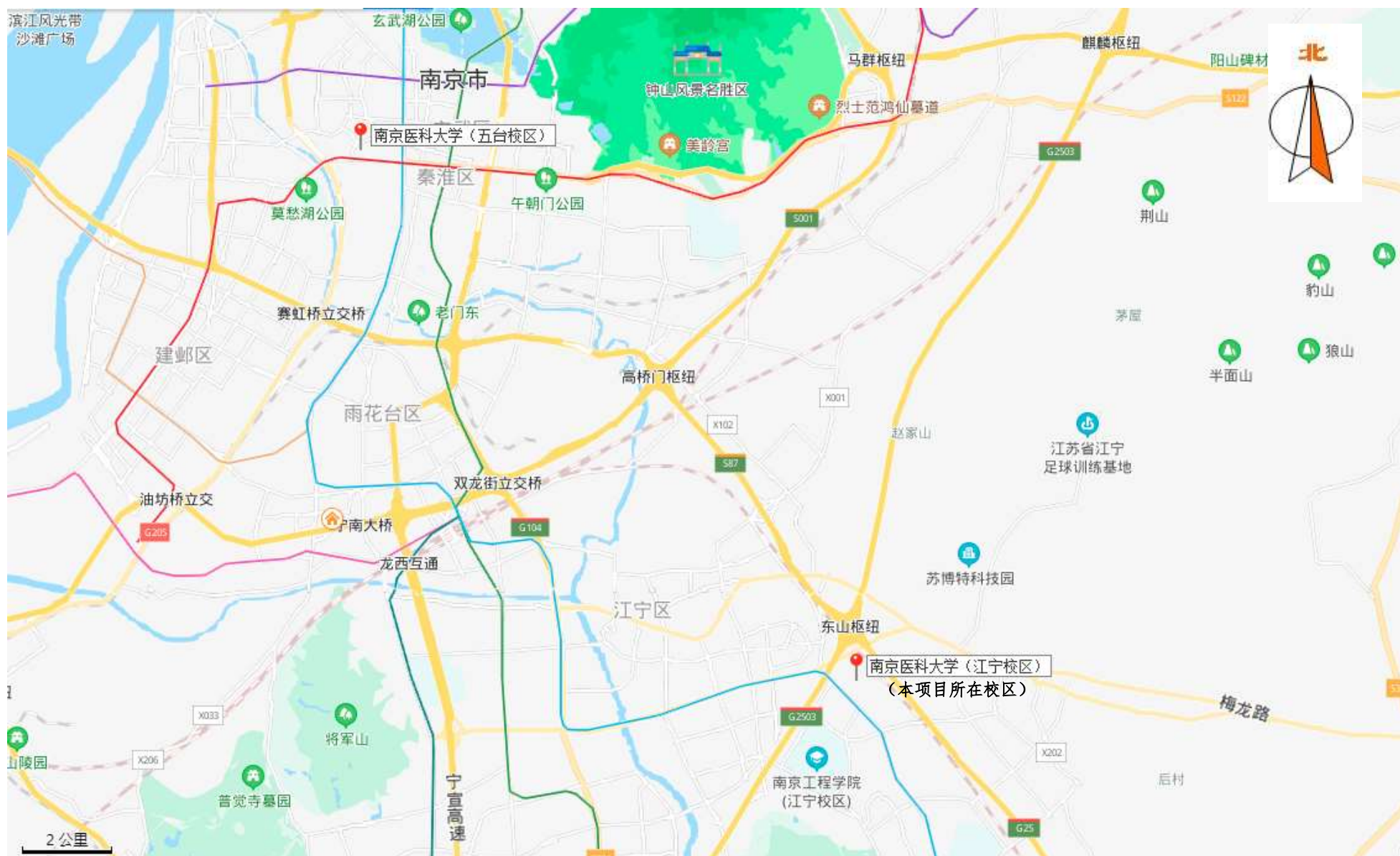
附表 污染防治措施“三同时”措施一览表

结合本环评报告建议，南京医科大学应严格落实“三同时”制度：建设项目中辐射防护和安
全措施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。为达到“三同时”效果，该单位
应完成的污染防治措施“三同时”措施见下表：

（略）

表 14 审批

下一级环保部门预审意见	
公 章	
年 月 日	经 办 人
审批意见	
公 章	
年 月 日	经 办 人



附图一 南京医科大学地理位置示意图



附图二 南京医科大学江宁校区平面布局图