

核技术利用建设项目

使用 II 类射线装置
(生物学 X 射线辐照设备) 项目
环境影响报告表

北京大学医学部

二〇二一年七月

核技术利用建设项目

使用 II 类射线装置
(生物学 X 射线辐照设备) 项目
环境影响报告表

建设单位名称：北京大学医学部

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：北京市海淀区学院路38号

邮政编码：100083

联系人：崔洪伟

电子邮箱：lukuangda@bjmu.edu.cn 联系电话：010-82801646

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	10
表 3 非密封放射性物质.....	10
表 4 射线装置.....	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	12
表 6 评价依据.....	13
表 7 保护目标与评价标准.....	15
表 8 环境质量和辐射现状.....	19
表 9 项目工程分析与源项.....	20
表 10 辐射安全与防护.....	24
表 11 环境影响分析.....	30
表 12 辐射安全管理.....	38
表 13 结论与建议.....	42
表 14 审批.....	44

表1 项目基本情况

建设项目名称		使用Ⅱ类射线装置（生物学 X 射线辐照设备）项目			
建设单位		北京大学医学部			
法人代表	郝平	联系人	崔洪伟	联系电话	010-82801646
注册地址		北京市海淀区学院路 38 号			
项目建设地点		北京市昌平区生命园路 8 号北大医疗产业园 12 号楼二层 212 房间			
立项审批部门		无		批准文号	无
建设项目总投资（万元）		308.5	项目环保投资（万元）	15	投资比例（环保投资/总投资） 4.9%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积（m ² ）	30.2m ²
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> Ⅰ类 <input type="checkbox"/> Ⅱ类 <input type="checkbox"/> Ⅲ类 <input type="checkbox"/> Ⅳ类 <input type="checkbox"/> Ⅴ类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> Ⅰ类（医疗使用） <input type="checkbox"/> Ⅱ类 <input type="checkbox"/> Ⅲ类 <input type="checkbox"/> Ⅳ类 <input type="checkbox"/> Ⅴ类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	制备PET用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> Ⅱ类 <input type="checkbox"/> Ⅲ类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> Ⅱ类 <input type="checkbox"/> Ⅲ类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> Ⅱ类 <input type="checkbox"/> Ⅲ类		
	其它	/			

1.1 建设单位概况

北京大学医学部（简称“北医”）地处北京市海淀区学院路 38 号，是中国政府创办的第一所西医院校，是国家“211 工程”首批建设的高等学校之一，具有百年历史，集教学、科研、医疗为一体，学科覆盖医学门类中的基础医学、临床医学、口腔医学、药学、公共卫生和预防医学、护理学、医学技术、中西医结合以及理学、工学、教育学、哲学、文学等门类的部分学科。教学贯穿了本科、研究生及继续教育全过程。现有 89 个博士学位授权点（12 个一级学科点，77 个二级学科点），95 个硕士学位授权点（14 个一级学科点，81 个二级学

科点)，9个博士后流动站。设有5个学院：基础医学院、药学院、公共卫生学院、护理学院、医学人文学院。6家直属附属医院、4家共建附属医院和15家教学医院，承担相关学科的教学、科研、实习任务，并向社会提供医疗保健服务。

本项目建设地点位于北京市昌平区生命科学园生命园路8号北大医疗产业园12号楼，北大医疗产业园东侧为北大资源大健康产业园，南侧为生命园中路，西侧为生命园路，北侧为生命园路，北大医疗产业园地理位置见附图1，平面布局示意图见附图2。北大医疗产业园已将产业园12号楼和13号楼出租给北京大学医学部使用，并签订了物业租赁合同，租赁合同和情况说明详见附件1。

1.2 核技术利用应用情况

北京大学医学部目前持有北京市生态环境局颁发的辐射安全许可证（京环辐证[F0689]，见附件2），有效期至2022年10月18日，已许可的活动种类和范围包括：使用II类放射源，使用III类射线装置，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

(1) 已许可使用的放射源：北医已获许可使用的放射源见表1.1。

表 1.1 已许可使用的放射源（1枚II类源）

序号	核素	出厂日期	类别	出厂活度 (Bq)	放射源编码	来源
1	Cs-137	1999	II	2.40E+13	CA09CS042282	加拿大

(2) 已许可使用的非密封放射性物质：北医已获许可使用的非密封放射性物质汇总情况，见表1.2。

表 1.2 已许可使用的非密封放射性物质（乙级1处，丙级2处）

使用场所	场所等级	同位素名称	批准的日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)
医药卫生分析中心同位素实验室	丙	Zr-89	1.85E+07	3.70E+10
		Au-198	1.85E+07	3.70E+10
		I-123	1.85E+07	7.40E+10
		Cu-64	1.85E+07	7.40E+10
		Ga-68	3.70E+07	7.40E+10
		F-18	1.85E+07	7.40E+10
		Ca-45	3.70E+06	3.70E+09
		S-35	3.70E+06	3.70E+09
		P-33	7.40E+07	3.70E+09
		P-32	1.85E+06	3.70E+09
		Tc-99m	1.11E+07	3.70E+11
		Re-188	1.85E+07	7.40E+09
		Cr-51	1.85E+06	3.70E+09
C-14	7.40E+06	3.70E+09		

		I-131	1.85E+07	3.70E+09
		Cd-109	7.40E+06	3.70E+09
		Co-57	3.70E+06	3.70E+09
		H-3	7.40E+06	3.70E+09
		Y-90	1.85E+07	7.40E+09
		Lu-177	1.85E+07	7.40E+09
		In-111	1.85E+07	7.40E+09
		I-125	7.40E+09	9.25E+09
放射性同位素及废物 暂存间	丙	P-33	2.00E+07	5.00E+09
		Cr-51	2.00E+03	5.00E+09
		C-14	2.20E+04	5.50E+10
		I-131	7.40E+06	1.85E+12
		Cd-109	2.00E+04	5.00E+09
		Co-57	7.40E+04	1.85E+10
		H-3	3.70E+04	9.25E+10
		Lu-177	7.40E+06	1.85E+12
		I-125	3.70E+06	1.85E+12
		Ca-45	2.00E+04	5.00E+09
		S-35	3.70E+05	9.25E+10
		P-32	2.00E+04	5.00E+09
		Ag-110m	2.20E+05	5.50E+10
		基础医学院放射医学 系	乙	Sr/Y
Co-57	3.70E+09			7.40E+12
H-3	2.20E+08			4.20E+11
P-32	2.20E+08			4.40E+11
C-14	2.20E+08			4.40E+11
Ag-110m	2.20E+08			4.40E+11
Tc-99m	3.70E+09			7.40E+12
Re-188	3.70E+09			7.40E+12
I-131	3.70E+09			7.40E+12
Y-90	3.70E+09			7.40E+12
Lu-177	3.70E+09			7.40E+12
In-111	3.70E+09			7.40E+12
I-125	3.70E+09			7.40E+12

(3) 已许可使用的射线装置：北医已获许可使用的射线装置见表1.3。

表 1.3 已许可使用的射线装置（III类 6 台）

序号	设备名称	型号	类别	工作场所
1	X射线单晶衍射仪	XtaLAB Synergy	III	天然药物与仿生药物国家重点实验室
2	X射线单晶衍射仪	MicroMax003	III	天然药物与仿生药物国家重点实验室
3	X射线生物照射系统	RS2000PRO	III	基础医学院生化系 X 射线实验室
4	X射线粉末衍射仪	MiniFlex600	III	天然药物与仿生药物国家重点实验室

5	SPECT-CT	nanoScan SC CT	III	医药卫生分析中心同位素室
6	X射线生物照射系统	Ultero Focus	III	公卫学院预防医学实验教学中心

1.3 近几年履行环保审批情况

北医自 2016 年以来，开展的核技术利用项目均履行了环保审批手续，详见表 1.4 所示。

表 1.4 近几年履行环保审批手续情况一览表

编号	项目名称	环保审批	竣工环保验收
1	使用III射线装置项目	京环审[2016]25号	III类设备，已检测合格并登证。
2	使用III射线装置项目	京环审[2016]81号	III类设备，已检测合格并登证。
3	X射线单晶衍射仪使用项目	201811010800002320	III类设备，已检测合格并登证。

1.4 放射性废物管理情况

北医严格按照《核技术利用放射性废物、废放射源收贮准则》（DB11/639-2009）的要求，及时将产生的放射性废物送交北京市放废中心废物库集中贮存。2020 年北医产生的放射性废物共计 11 个标准桶，已全部安全送至市放废中心废物库集中贮存。

1.5 辐射安全管理情况

（一）辐射环境安全管理机构

为了保证放射性同位素和射线装置的安全使用和有效管理，保障辐射工作人员的健康与安全，以北京大学校长为第一负责人，北医设立了放射防护管理委员会，委员会主任由医学部副主任担任，副主任由设备与实验室管理处（以下简称“设实处”）处长、保卫处处长担任，成员由设实处主管副处长、各学院主管院长、直属单位主管负责人组成。委员会下设放射防护委员会办公室，负责医学部辐射防护和安全的日常管理工作，办公室挂靠设在设实处。办公室主任由设实处主管副处长担任，成员包括设实处实验室管理办公室主任、副主任及放射防护技术人员，北医放射防护委员会和办公室人员组成见附件 3。

（二）已建立的辐射防护规章制度及执行情况

北医依照《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》，结合多年实践，已制定一套较完善的管理制度和操作规程，其中包括《辐射安全管理体系和岗位职责》、《辐射防护操作规程》、《辐射防护及安保措施》、《设备检修维护制度》、《人员培训制度》、《台账管理制度》、《监测方案等制度》以及《辐射应急预案及演练》。

（三）辐射工作人员培训

北医严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。目前，北医从事放射工作的职业人员和管理人员共计 14 人，放射医学系及分析中心同位素室研究生 15 人，共计 29 人，均参加了生态环境主管部门认可的单位组织的辐射安全与防护培训或复训和国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习及考核，并取得合格证书，通过辐射安全培训人员名单见附件 4。

今后如需新增辐射工作人员，应及时安排其报名并参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，并报名参加考核，考核通过后方可从事辐射工作。现有辐射工作人员培训证书到期后，须在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台复习相关知识，报名参加考核，考核通过后方可继续从事辐射工作。

(四) 个人剂量监测和场所监测情况

(1) 个人剂量监测

北医所有辐射工作人员均佩戴 TLD 个人剂量计，按照《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2016)、《放射工作人员职业健康管理办法》(卫生部令第 55 号)和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环保部 18 号令)的要求，建立个人剂量档案。

北医指定专人负责个人剂量监测管理工作。目前，北医的个人剂量监测工作委托北京市疾病预防控制中心放射卫生防护所承担，个人剂量档案齐全。全部的辐射工作人员均配置了个人剂量计，每季度由学校专人负责收集更换，并将每季度的个人剂量监测结果和每年度的个人剂量监测报告存档备案。根据北医提供的 2020 年度的个人剂量监测结果(见附件 5)，参与个人剂量监测的 29 名人员，个人剂量监测结果未见异常。

2020 年度参与个人剂量监测的 29 名人员中，放射工作人员吕平、许雅君 2 人已于 2020 年脱离辐射工作岗位，研究生李立强、高立权、侯睿、姚美男、杜帅樊、卢德华、冯薰、张运帷 8 人已于 2020 年毕业。2020 底新加入的肖倩倩、孙秀媛、卢旷达 3 名医学部放射工作人员和 7 名研究生已安排开展 2021 年个人剂量监测，详情见附件 4 和附件 5。

北医今后将继续加强个人受照剂量的监管，如果某位职业人员的单季度个人剂量监测结果高于年剂量约束值 1/4，将对其受照原因进行调查，结果由本人签字后存档；如果单季度个人剂量监测结果高于剂量约束值，追查超标原因，将采取调离工作岗位或控制从事辐射工作时间等措施，保障辐射工作人员的健康。

(2) 工作场所、环境辐射水平监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环保部令第 18 号)的要求，

每年委托有资质单位对射线装置和非密封放射性物质工作场所进行 1 次工作场所环境辐射水平监测和工作场所表面污染水平监测，监测数据记录存档。

1) **委托检测：**2020 年 11 月 26 日，北医委托核工业北京地质研究院分析测试研究中心对全部放射工作场所进行了工作场所环境辐射水平监测和表面污染水平监测。

2) **工作场所自行监测：**根据《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》要求，北医定期开展工作场所环境辐射水平或表面污染水平自行监测，监测数据记录并存档。

（五）辐射监测仪器和防护用品配备情况

北医已配备有 X-γ 剂量率仪、表面污染检测仪和个人剂量报警仪等辐射监测设备。监测设备统计表见表 1.5。

表 1.5 医院现有辐射监测仪器统计

序号	仪器名称	型号	购置日期	仪器状态	数量
1	X-γ 剂量率仪	BH3103B	2017/3/24	正常	1
2	表面污染检测仪	RAM-SURF-1	2011/1/1	正常	3
5	表面沾污仪	RadEye B20	2019/12/6	正常	1
6	辐射监测仪	INSPECTOR.EXP	2016/8/31	正常	1
7	辐射监测仪	INSPECTOR.EXP	2011/1/1	正常	2
9	辐射检测仪	Surveyor 2000	2002/1/1	正常	3
12	环境 γ 辐射检测仪	FD-3013B	2013/1/1	正常	1
13	个人剂量报警仪	BH3084	2017/3/10	正常	5
18	辐射剂量报警仪	RG1000	2020/12/1	正常	1
19	个人剂量率仪	RadEye G-10	2019/12/6	正常	3
22	个人剂量仪	PDM-117	2002/1/1	正常	1

表 1.6 医院现有辐射防护用品统计

辐射防护用品			
名称	数量	名称	数量
铅衣	2	铅帽	4
铅手套	4	铅眼镜	4
铅围裙	4	铅围脖	4
铅屏风	5	个人剂量计	29
其它	有机玻璃面罩 2 个	/	/

（六）辐射应急措施

北医根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条，原国家环境保护总局《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)的规定,针对可能造成人员超剂量照射事故(件)、环境污染事故(件)及其他辐射环境突发事件(件)的意外情况,制定了《辐射应急预案及演练》制度,一旦发生辐射事故,北医将立即启动本单位的辐射应急预案,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》,向当地生态环境主管部门和公安部门报告,造成或可能造成人员超剂量照射的,还将向当地卫生行政部门报告。北医每年至少组织一次辐射事故应急演练。

1.6 本项目概况

1.6.1 本项目背景

北大医学部生物医学工程系计划开展精准深部诊疗一体化平台应用项目,该项目的研究方向和目前承担的国家级、省部级重点课题及国际合作课题均是围绕着肿瘤的发生、发展、转移以及相关免疫学、病理学等的分子机制,其中均涉及到了探索基因、蛋白和药物分子等在活体细胞中的动态表达、分布及相互作用等方面的研究,大部分实验均需利用X射线辐照设备来得到实验结果。为保证该科研项目的顺利推进,北大医学部计划新增1台生物学X射线辐照仪开展肿瘤学和生物技术的研究工作。

1.6.2 本项目环境影响评价内容

本项目北大医学部拟在北京市昌平区生命园路8号北大医疗产业园12号楼二层212房间内新增使用1台X-RAD 320型生物学X射线辐照仪,该辐照仪自带防护铅房,用于生物学样品(小鼠、细胞或组织器官)的辐照研究,以模拟临床放疗效果。本项目使用射线装置基本情况见表1.7。

表 1.7 本项目射线装置具体情况表

名称	型号	最高管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	射线管最大功率 (W)	工作场所
生物学 X 射线 辐照仪	X-RAD 320	320	45 (320kV 时 12.5mA)	4000	北大医疗产业园 12 号楼二层 212 房间

本项目使用的生物学X射线辐照仪,用于生物学样品(小鼠、细胞或组织器官)的照射,根据原环保部、原国家卫生和计划生育委员会《关于发布<射线装置分类>的公告》(2017年第66号公告)的规定,生物学X射线辐照仪应当属于II类射线装置。上海市生态环境局颁发给本项目设备的销售单位——汇佳生物仪器(上海)有限公司的辐射安全许可证(沪环辐证[37631])中,也将该设备确定为II类射线装置。

故本项目为新建使用II类射线装置,根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办

法》、《射线装置分类办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》的相关要求，本项目应当进行环境影响评价，并编制环境影响报告表，报生态环境主管部门审批。

根据生态环境部《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（2019年生态环境部部令第9号）的要求，核工业北京化工冶金研究院符合第九条第一款规定，不属于该条第二款所列单位，无该条第三款所列情形，核工业北京化工冶金研究院有专职环评工程师，有能力开展环境影响评价工作。受北京大学医学部的委托，核工业北京化工冶金研究院组织技术人员对本项目进行了现场踏勘和辐射环境现状监测，收集相关技术资料，整理编制完成了本项目环境影响报告表。评价重点是设备运行期间对职业工作人员、周围公众和环境所产生的辐射影响。

1.6.3 本项目产业政策符合性及实践正当性

本项目拟新增的生物学 X 射线辐照仪具备独一无二的空间剂量均一性和双向剂量控制的精确性，最大程度的减小了动物辐照的样本偏差，高效的自带屏蔽单元保证了实验人员自身的健康安全。多元化、综合全面的附属模块涵盖了从细胞到小动物，从整体辐照到局部精确辐照，从微小剂量辐照到高剂量的所有需求。该设备是目前全球范围内功能最为全面、指标配件最为专业、用户数量最大、相关文献数量最多的 X 射线辐照品牌，是 X 射线辐照领域的领导者和行业标准。

本项目生物学 X 射线辐照仪的引进将在很大程度上改善北医生物医学学科的实验条件及实验效率，促进生物医学学科科研水平的进一步提升，无论在学术贡献上还是在人才培养上都具有重要的意义。此外，该设备不仅可以满足北医在肿瘤研究中的应用，也可以对进行 DNA 损伤、Cell cycle、细胞培养、干细胞（骨髓移植及分化，饲养细胞制备、细胞诱变等）、血制品照射、肿瘤、信号转导、免疫、基因治疗、放射生物学、药物研发等方面与生物技术研究单位开展科研合作。本项目为推动肿瘤学与其它学科的区域性合作搭建良好的平台，极大地促进国家临床前基础研究的发展。本项目生物学 X 射线辐照仪自带防护铅房和可靠的安全连锁系统，设备周围的辐射剂量水平接近本底水平。北医在实验研究过程中，将严格按照相关标准采取辐射防护措施，建立射线装置安全管理规章制度，故该设备的使用对职业人员、公众以及环境带来的不利影响，远低于其对社会带来的利益，故该核技术利用项目符合“实践正当性”原则。

1.6.4 工作人员配置及工作负荷

根据北大医学部提供的信息，本项目拟配备 2 名辐射工作人员，工作人员不参与其他辐射工作，2 名人员均已报名参加电离辐射辐射安全与防护考核。本项目运行后，预计每日待辐照的实验样品至多 12 个批次，每批次样品辐照时间不超过 5min，故本项目生物学 X 射线辐照仪日照射时间最多 1h，年工作 250 天，辐照仪年累计照射时间最多为 250h。生物学 X 射线辐照仪工作负荷统计表详见表 1.8。

表 1.8 本项目射线装置工作负荷统计表

设备名称	生物学 X 射线辐照仪
设备型号	X-RAD 320
照射样品种类	小鼠、细胞或组织器官
每日最大辐照批次	12 批
单批次样品辐照时间	5min
日照射时间	1h
年工作天数	250 天
年累计照射时间	250h

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
	/									

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、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
1	生物学 X 射线辐照仪	II	1	X-RAD 320	320	45	生物学样品辐照研究	北大医疗产业园 12 号楼 二层 212 房间	自带防护铅房 定向出束，垂直向下

(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 (mA)	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6 评价依据

法规 文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，主席令第九号，2015年1月1日起实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003年10月1日起实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，主席令第二十四号，2018年12月29日修订并实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号修订，2017年6月21日公布，2017年10月1日起实施；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第709号第二次修订，2019年3月2日第二次修订版公布并实施；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，生态环境部部令第16号，2020年11月30日公布，2021年1月1日起实施；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年9月20日公布，2019年11月1日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，经生态环境部部令第20号修订，2021年1月4日公布并实施；</p> <p>(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，2011年4月18日公布，2011年5月1日起实施；</p> <p>(10) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，2017年12月5日公布并实施；</p> <p>(11) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评[2017]4号，2017年11月20日公布并实施；</p> <p>(12) 《北京市环境保护局办公室关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作的通知》，北京市生态环境局办公室，京环办[2018]24号，2018年1月25日公布；</p> <p>(13) 关于印发《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》的通知，原北京市环境保护局，京环发[2011]347号，2012年1月1日起实施；</p> <p>(14) 《中国核与辐射安全管理体系 现场监督检查和执法程序》，生态环境部，2020年；</p>
----------	---

	<p>(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，2019年12月24日印发，2020年1月1日起实施；</p> <p>(16) 《北京市禁止违法建设若干规定》，北京市人民政府令第295号，2020年11月15日起实施。</p>
技术标准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）；</p> <p>(7) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）。</p>
其他	<p>(1) 北京大学医学部环境影响评价咨询协议书；</p> <p>(2) 北大医学部提供的与本项目相关的建筑图纸、文件材料和技术资料；</p> <p>(3) 设备厂商提供的设备说明书、用户手册、剂量报告等相关技术资料。</p>

表7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

7.1.1 评价内容

本项目主要就射线装置运行过程中对周围环境以及工作人员、公众等产生的辐射影响进行分析。

7.1.2 评价因子

主要评价因子为射线装置使用过程中产生的 X 射线，以及运行过程中产生的臭氧、氮氧化物等有害气体。

7.1.3 评价范围

根据本项目评价内容，按照《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》（HJ 10.1-2016）的规定，并结合本项目的辐射特点，确定本项目辐射环境影响评价的范围：以生物学 X 射线辐照仪使用场所 12 号楼 212 房间的墙体向外围扩展 50m 的区域作为评价范围。评价范围示意图如图 7.1 所示。



图 7.1 本项目评价范围示意图

7.2 保护目标

本项目建设地点位于北京市昌平区生命园路 8 号北大医疗产业园 12 号楼二层 212 房间，北大医疗产业园 12 号楼东侧 10 号和 11 号实验楼，南侧为园区道路，西侧为 14 号实验楼，北

侧为 13 号实验楼。生物学 X 射线辐照仪所在的 212 房间位于 12 号楼二层东南角，212 房间东侧和南侧均为楼外道路，西侧为精密仪器室，北侧为走廊，楼上为仪器间，楼下为会议室。212 房间周围 50m 评价范围内主要为北大医疗产业园区内建筑物和市政道路。因此，本项目环境保护目标主要为工作场所辐射工作人员和途经或在工作场所附近停留的公众。评价范围内保护目标分布见表 7.1，12 号楼二层平面布局示意图见图 7.2。

表 7.1 评价范围内保护目标分布情况

辐射场所	方位	距离	场所	长居留人数	保护对象
12 号楼 二层 212 房间	212 房间内	紧邻	设备操作区域	2 人	辐射工作人员
	东侧	12~50m	10 号实验楼	约 100 人	公众
		25~50 m	11 号实验楼	约 100 人	
	南侧	30m	门岗室	2 人	
	西侧	紧邻	精密仪器室	5 人	
		0~50m	12 号实验楼	约 150 人	
	北侧	紧邻	走廊	偶尔有人停留	
		30~50m	13 号实验楼	约 100 人	
上方	紧邻	仪器间	5 人		
下方	紧邻	会议室	20 人		

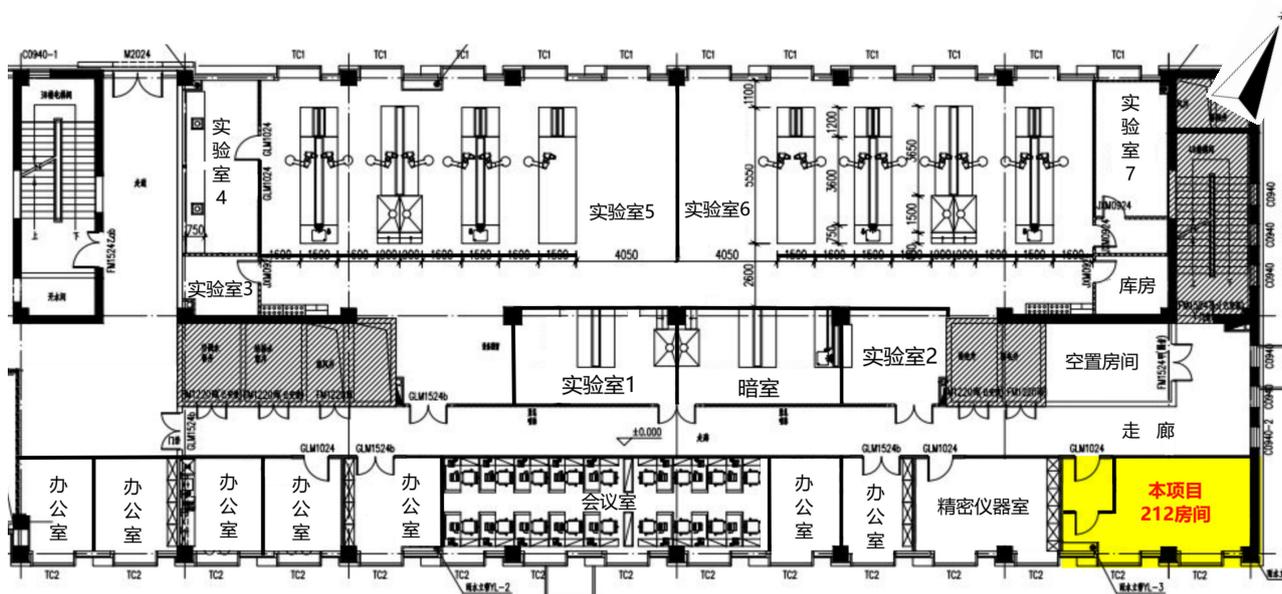


图 7.2 北大医疗产业园 12 号楼 2 层平面布局示意图

7.3 评价标准

7.3.1 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，工作人员的职

业照射和公众照射的剂量限值如下：

(1) 职业照射

应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：（a）由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量，20mSv；（b）任何一年中的有效剂量，50mSv；（c）眼晶体的年当量剂量，150mSv；（d）四肢（手和足）或皮肤的年当量剂，500mSv。

(2) 公众照射

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，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv；（c）眼晶体的年当量剂量 15mSv；（d）皮肤的年当量剂量 50mSv。

7.3.2 年剂量约束值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定职业照射连续 5 年的年平均有效剂量不超过 20mSv；公众照射中关键人群组的成员所受的年有效剂量不超过 1mSv。

本项目新增使用的生物 X 射线辐照仪拟配备 2 名辐射工作人员。综合考虑北医射线装置的使用现状，本评价对职业照射和公众分别设定了年受照剂量约束值：

- （1）本项目辐射工作人员的年受照剂量约束值取 2mSv/a；
- （2）本项目公众的年受照剂量约束值取 0.1mSv/a。

7.3.3 工作场所周围剂量率控制水平

本项目距生物学 X 射线辐照仪外表面 30cm 处的辐射剂量率应不大于 2.5 μ Sv/h。

7.3.4 非放射性控制值

本项目运行过程中，将会产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），其中氮氧化物以二氧化氮（NO₂）为主，根据《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》（GBZ2.1-2019），工作场空气中 O₃ 和 NO₂ 的浓度限值分别为 0.3mg/m³ 和 5mg/m³。

7.4 评价目的

- （1）对建设项目环境辐射现状进行调查或监测，以评价该地区辐射环境状况及场址周围的辐射环境现状水平；
- （2）评价项目在运行过程中对工作人员及公众成员所造成的辐射影响；
- （3）评价辐射防护措施效果，提出减少辐射危害的措施，为生态环境行政主管部门的管

理提供依据；

（4）通过项目辐射环境影响评价，为使用单位保护环境和公众利益给予技术支持；

（5）对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”；

（6）评价项目的可行性，从环境保护角度为生态环境主管部门和北京大学医学部进行辐射环境管理提供依据。

7.5 评价原则

依据国家相关法律、法规及部门规章展开评价，严格执行国家和北京市的有关标准。要求辐射防护设计和安全措施必须满足相关标准的规定，并保证各类人员受照剂量在规定的限值以内，满足辐射实践的正当性、辐射防护与安全的最优化原则。

表8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

(1) 监测内容

为掌握拟建生物学 X 射线辐照仪室的辐射环境背景水平，核工业北京化工冶金研究院于 2021 年 6 月 21 日对本项目拟定辐射工作场所和周围环境进行了环境本底水平监测。

(2) 监测仪器与规范

本次监测使用 X- γ 射线剂量率的辐射环境检测仪器，监测仪器的参数与规范见表 8.1。

表 8.1 X- γ 剂量率仪参数与规范

仪器名称	X- γ 剂量率仪
仪器型号	AT1121
生产厂家	ATOMIEX
仪器编号	YQ-HJ-0034
测量范围	50nSv/h~10 Sv/h
固有误差	$\leq\pm 15\%$
检定单位	中国计量科学研究院
校准因子	0.81
检定证书号	DLjl2021-12481
检定有效期	2021 年 4 月 9 日-2022 年 4 月 8 日
检定结论	合格
监测规范	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）

(3) 监测结果及分析

本项目拟定辐射工作场所周围环境本底监测结果见表 8.1。

表 8.2 本项目辐射工作场所周围辐射环境监测结果(nSv/h)

监测点位	位置描述	监测结果 (nSv/h)
1	212 房间内部	92~101
2	212 房间北侧走廊	94~97
3	212 房间西侧精密仪器室	94~102
4	12 号楼入口处	101~107
5	北大医疗产业园东南门	99~112

由监测结果可知，本项目辐射工作场所及周围环境 γ 辐射剂量率为 92~112nSv/h，处于北京市的天然本底范围（42.3~151.6nGy/h）之内，未发现辐射水平异常。

表9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备概述

北大医学部拟购置的 X-RAD 320 型生物学 X 射线辐照仪生产厂家为 Precision X-ray Inc.，是按照自屏蔽式设计的单独立柜式设备，是遵从美国联邦法规法典 21 CFR 1020.40 制造的整机，设备外观和内部结构详见图 9.1。该设备最大管电压 320kV，最大管电流 45mA，射线管最大功率 4000W，辐照的物品为小鼠、细胞或组织器官。项目运行后，预计每日最多开展 12 次辐照实验，每次照射时间不超过 5min，每天辐照时间不超过 1h，每年工作天数 250 天，年出束时间最多 250h。

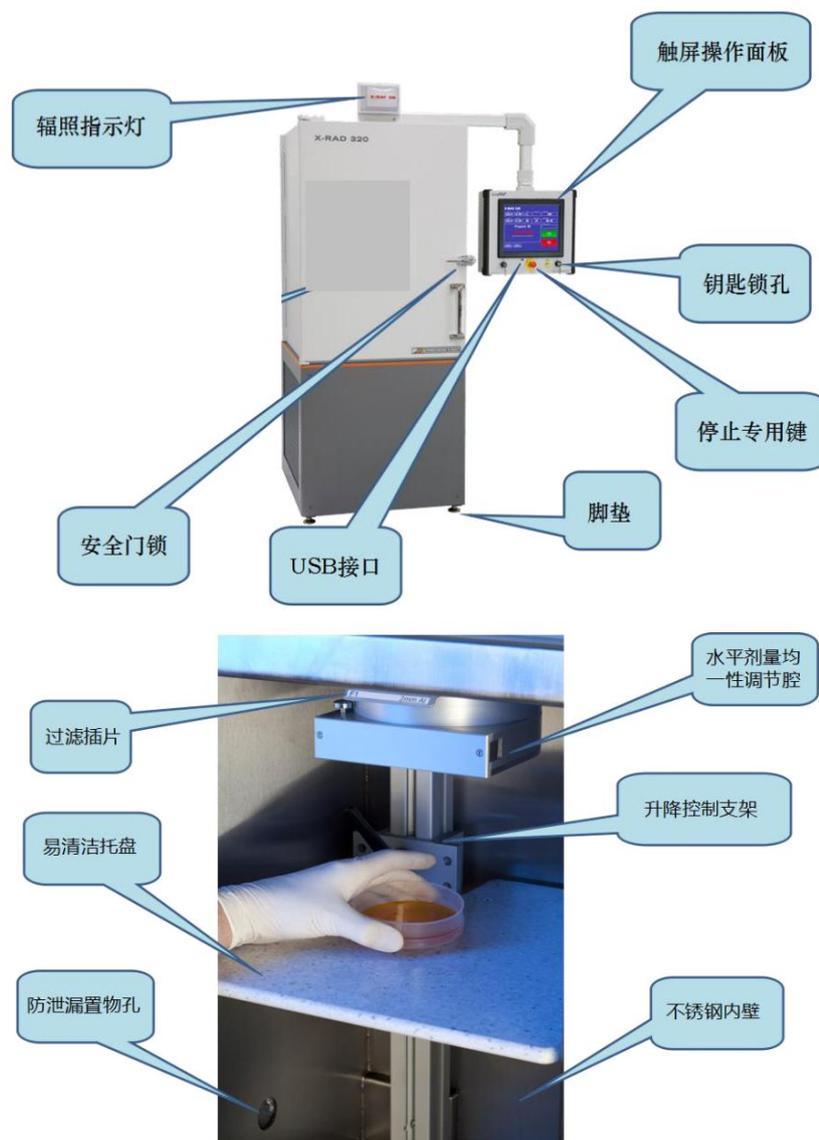


图9.1 X-RAD 320型生物学X射线辐照仪

9.1.2 工作原理和设备组成

生物学 X 射线辐照仪是利用 X 射线对细胞和小动物进行辐照的装置。通过仪器内置的高压发生器，将 220 V 的普通电压转换成 320kV 的高电压，激发 X 射线球管产生 X 射线，然后在完全屏蔽的辐照腔体内进行辐照。在某一预定的时间段内通过较高能量的具有电离辐射效应的 X 射线照射生物体，产生电离和激发，释放出轨道电子，形成自由基，从而使被照射的生物体产生生物效应或受到不可恢复的损伤和破坏，满足生物学研究的目的。可用于放射性治疗、肿瘤治疗、基因治疗、DNA 损伤、细胞诱变、饲养层细胞制备、免疫治疗、多种治疗方式联合治疗等。

生物学 X 射线辐照仪主要由高压发生器、X 射线管、冷却系统、控制系统组成，高压发生器与射线管之间通过高压电缆拦截。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钽等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构图如图 9.2 所示。

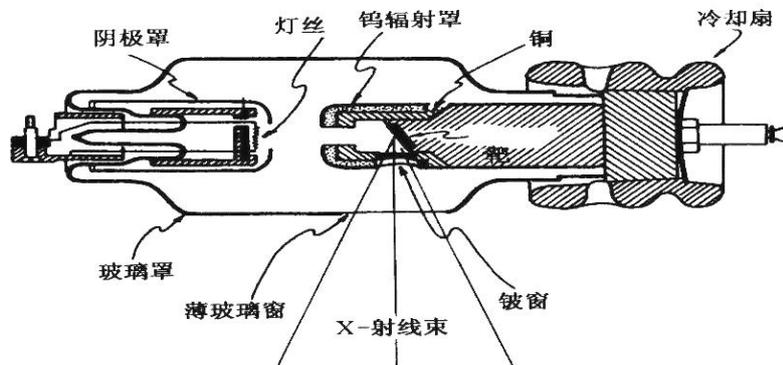


图 9.2 典型 X 射线管结构图

9.1.3 技术指标

本项项目使用的 X-RAD 320 型生物学 X 射线辐照仪具体性能参数详见表 9.1。

表 9.1 本项目生物学 X 射线辐照仪具体性能参数统计表

编号	指标	技术参数
1	外观尺寸	95cm宽×105cm深×195cm高
2	辐照室	75cm宽×86cm深×102cm高
3	重量	2050kg
4	X射线管类型	金属陶瓷，固定阳极，钨靶，水冷

5	管电压范围	5kV-320kV
6	管电流范围	0.5mA-45mA
7	标准最大输出	320kV/12.5mA
8	功率	4000W
9	焦点大小	7.5mm
10	固有过滤	1mm铍+0.3mm铜
11	辐照剂量	343cGy/min(320kV/12.5mA, SSD=50cm, 固有过滤)
12	照射距离 (SSD)	20-90cm
13	照射时间	1-9999s
14	照射方向	垂直向下
15	剂量控制模式	(a) 剂量自动控制模式: 直接输入需要照射的总剂量, 当样本照射剂量达到设定值, 停止照射; (b) 手动时间控制模式: 通过照射的总剂量和剂量率计算出需要照射的总时间, 当时间倒计时为零时仪器停止辐照。
16	安全控制系统	具备多重安全及故障报警装置。操控面板设置有工作状态指示灯, 急停按钮, 辐照室防护门设置门机安全联锁装置。
17	泄漏辐射水平	设备周围的泄漏辐射水平满足 21 CFR 1020.40要求: 设备表面外5cm处的泄漏辐射水平低于0.5mR/h (约相当于5 μ Gy/h)。

9.1.4 工作流程

生物学 X 射线辐照仪工作流程如下:

检查设备→开机, 输入工作密码, 启动设备→钥匙→设备自检→预热→放置样品→设定辐照程序, 输入辐照剂量 (或者照射时间)→运行辐照程序, 启动辐照按钮, 进行辐照→辐照结束, 取出样品→关闭电源→登记仪器工作状况。

9.1.5 主要放射性污染物

本项目中涉及的放射性污染源为 X 射线, X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此, 在射线装置开机作业期间, 透射、泄漏及散射的 X 射线是主要污染因子。

9.1.6 非放射性污染物

射线装置工作时发出的 X 射线电离空气分子产生微量的臭氧和氮氧化物。

9.1.7 正常工况的污染途径

射线装置发出的 X 射线经透射、漏射及散射, 对作业场所及周围环境产生 X 射线辐射, 会对工作人员和公众产生一定的外照射。

9.1.8 事故工况的污染途径

本项目生物学 X 射线辐照仪的铅门设置门-机安全联锁装置。安全联锁采用串联方式, 当铅门未关闭时, 辐照仪无法就绪和出束, 若铅门在设备出束状态下意外开启, 辐照仪将立

即停止工作，以保护人员安全。

本项目在运行过程中可能发生的事故有：

（1）门-机安全联锁失效，铅门未完全关闭就开始照射或照射过程中铅门意外打开，对工作人员及公众造成额外的照射；

（2）设备经多年使用后，设备自带的防护铅房可能出现老化和损坏的情况，可能导致铅房外某些区域辐射水平显著增加。

表10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所分区及屏蔽设计情况

(1) 工作场所分区情况：为加强辐射工作场所的管理，限制无关人员受到不必要的照射，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，应对本项目辐射工作场所实行分区管理。

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中控制区和监督区的定义如下：对于需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区；未被定为控制区，通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域定为监督区。结合定义及现场实际，本项目工作场所的控制区和监督区划分见表 10.1 和图 10.1。

表10.1 辐射工作场所分区管理情况

分区	控制区	监督区
区域描述	生物学 X 射线辐照仪铅房内部区域	人员操作位和房间内其他区域
管理要求	设置门-机联锁装置，铅门未关闭时设备无法出束。设备铅房外设置明显的电离辐射警示标识和中文警示说明，铅门上方设置工作状态指示灯。	实验室入口门上方安装工作指示灯，门外张贴电离辐射警示标识和中文警示说明，禁止无关人员随意进出。

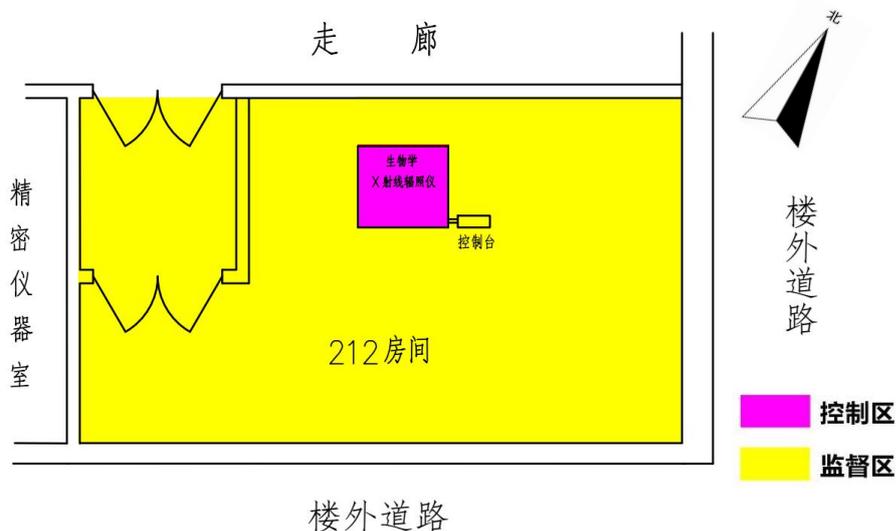


图 10.1 辐射工作场所分区管理示意图

(2) 辐射屏蔽设计情况：根据设备厂家提供的设备尺寸和屏蔽参数信息，本项目生物学 X 射线辐照仪自带防护铅房，铅房位于设备上部，设备下部为底座，铅房采用钢板+铅结构设计，铅灌注的方式制作。设备外部尺寸为 95cm×105cm×195cm（宽×深×高），铅房内部尺寸为 75cm×86cm×102cm（宽×深×高），主照方向（铅房底部）屏蔽厚度为 50mmPb，

非主照方向（铅房四侧立面、防护门、顶部）屏蔽厚度为 30mmPb。X 射线管密封在铅房内工作，铅房内壁和设备外表面均为不锈钢板。X 射线泄漏辐射水平满足 FDA CDRH 21CFR.1020.40 要求：设备表面的泄漏辐射水平低于 0.5mR/h（约相当于 5 μ Sv/h），设备铅房屏蔽设计示意图见图 10.2。

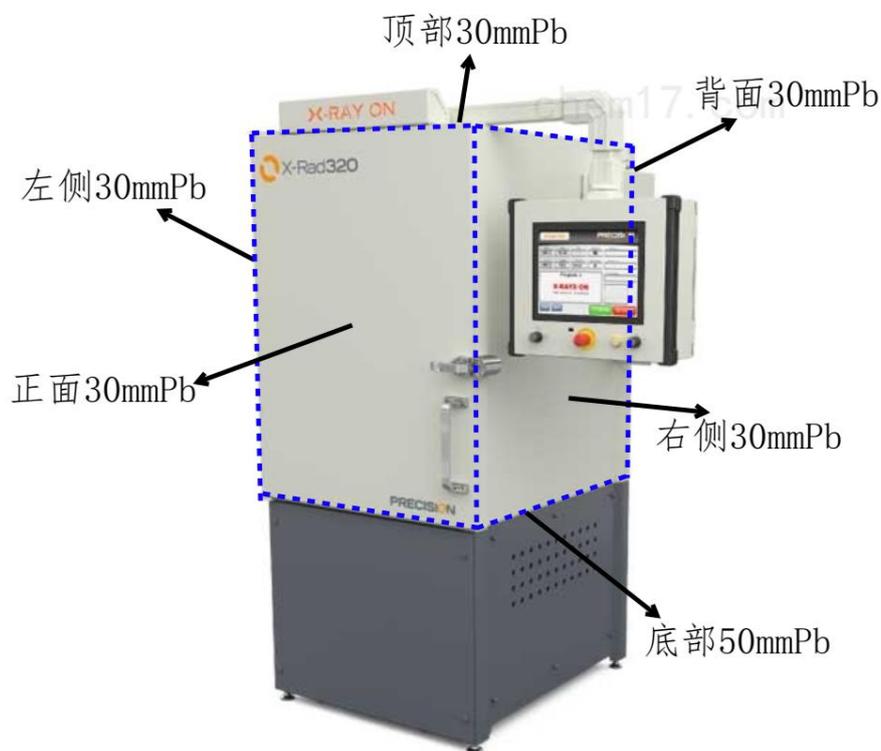


图 10.2 设备铅房屏蔽设计示意图（蓝色虚线框表示辐照室铅房）

10.1.2 辐射安全与防护设施

（1）辐照仪设置安全联锁系统。铅房防护门安装有连接到安全回路的门联锁开关，门关好后，高压发生器和辐照仪上的电源才能接通，当门开启时立即切断高压，设备无法出束；通气孔/屏蔽挡板（通气孔是带有铅制迷道的防泄漏置物孔，见图 9.1 所示）设置有 2 个连接到安全回路的联锁开关，只有通气孔/屏蔽挡板被正确的安装时，设备才允许开机出束；设备下部柜体两侧的面板各含有 1 个连接到安全回路的联锁开关，只有保侧面板严密闭合时设备才能开机出束；

（2）辐照仪防护门外拟张贴电离辐射警示标识和中文警示说明，防护门上方设有“X-Ray On”工作状态指示灯，并与辐照仪的出束状态联锁；如果指示灯出现故障，设备将停止出束，操作界面将显示“指示灯错误”，X 射线将被禁用，直到指示灯故障排除后方可恢复；

（3）辐照仪操作面板上拟设置 1 个紧急停机按钮，当急停按钮被按下时，设备立即停止出束。急停按钮必须采用手动方式才能复位；

(4) 辐照仪操作面板拟设置钥匙开关，只有当钥匙处于“ON”位置时设备才能出束，控制台钥匙由设备操作人员妥善保管；

(5) 辐照仪所在的实验室为独立、专用房间，实验室入口门外拟张贴电离辐射警示标识和中文警示说明，实验室入口门上方拟设置工作指示灯，灯箱显示“射线有害，灯亮误入”的警示标语；

(7) 本项目拟新增配备 1 台便携式 X-γ剂量率仪和 2 台个人剂量报警仪，2 名辐射工作人员均配备个人剂量计。工作人员在进行设备操作时，应佩戴个人剂量计并携带个人剂量报警仪；

(8) 工作人员定期对设备运行状况进行检查并详细记录，为防护检修提供依据；督促使用人员进行维护保养，并做好维护记录，保证设备完好。

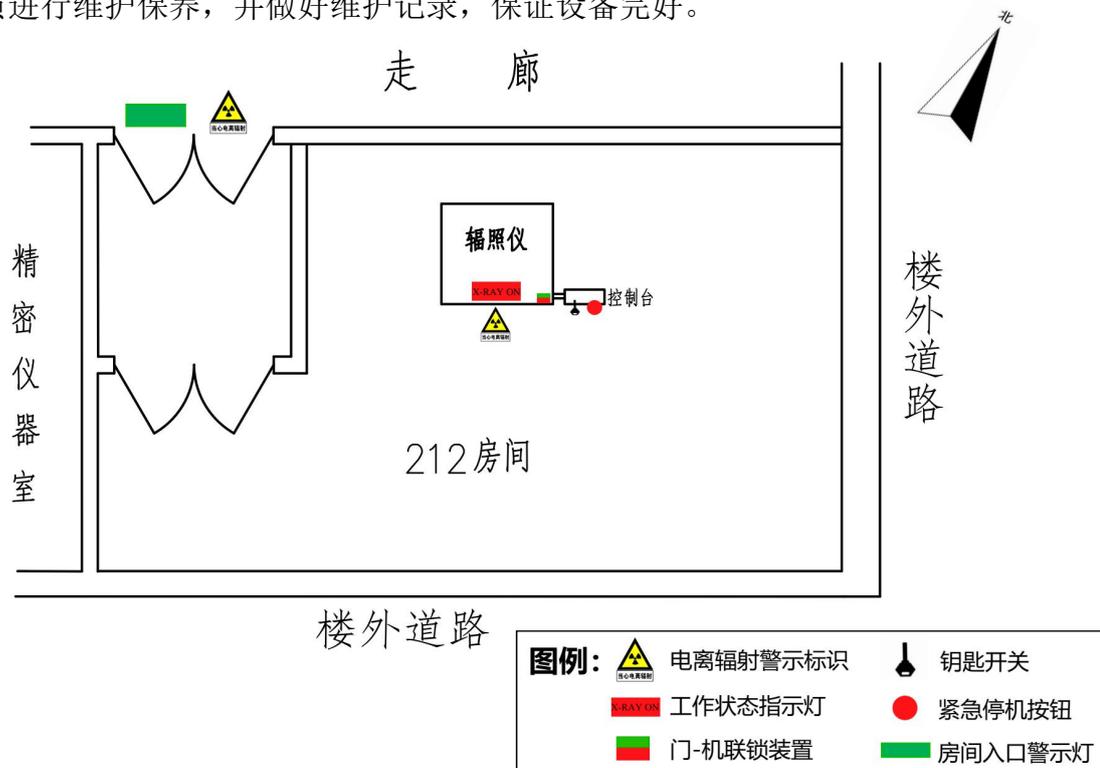


图 10.3 本项目辐射安全和防护措施布置图

10.2 工作场所安全防护设施管理

根据生态环境部《II类非医用 X 线装置监督检查技术程序》，表 10.2 列出了本项目拟采取的安全防护设施与运行设计方案。

表 10.2 II 类非医用 X 线装置辐射安全防护设施与运行设计要求

内容	检查项目	是否拟设置	本项目设计情况	
辐射安	A 场所设施 (固定式)	入口处电离辐射警告标志	√	设备表面及实验室入口处
		入口处机器工作状态显示	√	设备铅房上方设置
		隔室操作	√	工作人员在铅房外操作

全 防 护 设 施 与 运 行		迷道	/	/
		防护门	√	30mmPb 防护门
		控制台有钥匙控制	√	√
		门机联锁系统	√	√
		照射室内监控设施	√	设备铅房内设置
		通风设施	√	房间内设有通风设施
		照射室内紧急停机按钮	/	/
		控制台上紧急停机按钮	√	1 个
		出口处紧急开门开关	/	/
		准备出束声光提示	√	灯光提示
	C 监测设备	便携式辐射监测仪	√	拟配备 1 台便携式辐射监测仪
		个人剂量报警仪	√	拟配备 2 台个人剂量报警仪
		个人剂量计	√	2 支
	D 应急物资	灭火器材	√	√
管 理 制 度	A 综合	辐射安全管理规定	√	拟更新辐射安全管理规定
		操作规程		拟制定本项目射线装置操作规程
		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等）		拟更新设备使用与维修制度
	B 监测	监测方案	√	拟更新监测方案和监测仪表使用与校验管理制度
		监测仪表使用与校验管理制度		
	C 人员	辐射工作人员培训/再培训	√	拟更新辐射工作人员培训制度
		辐射工作人员个人剂量管理制度		拟更新辐射工作人员个人剂量监测和健康管理制度
	D 应急	辐射事故应急预案	√	拟更新辐射安全事故应急预案

10.3 本项目法规符合情况

10.3.1 与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的符合情况

环保部 2011 年第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与“18 号令”要求的对照情况见表 10.3。

表10.3 安全和防护能力对照检查情况

安全和防护管理办法要求	单位情况	符合情况
第五条 射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目生物学 X 射线辐照仪拟设置安全联锁系统，辐照仪防护门拟安装门机联锁装置，辐照仪防护门外拟张贴电离辐射警告标识和中文警示说明，辐照仪上方拟安装工作状态指示灯。辐照仪控制台上拟设置急停按钮和钥匙开关。辐照仪所在的 212 实验室拟设置	落实后符合

	为独立、专用房间，实验室入口门外拟设置电离辐射警告标识和工作警示灯。	
第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	北医每年均委托有资质单位进行1次射线装置工作场所和环境辐射水平监测，监测数据记录存档。	近期符合
第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射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。	北医每年1月31日前向生态环境主管部门提交上一年度的辐射安全与防护状况年度评估报告。	近期符合
第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的不得上岗。	北医现有的辐射工作人员均已通过辐射安全和防护培训和考核，并取得合格证书；本项目拟配备2名辐射工作人员须通过生态环境部门组织的考核后方可上岗从事辐射工作。	落实后符合
第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	北医所有从事辐射工作的人员均配备了个人剂量计，并委托有资质的监测机构开展了个人剂量监测工作，个人剂量计要求每季度送检1次。	落实后符合

以上分析表明，北医承诺将按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求采取辐射安全和防护管理措施，北医在落实上述各项措施后可满足管理办法要求。

10.3.2 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》符合情况

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原环保部“3号令”，2021年1月4日生态环境部部令第20号修正）第十六条的规定，对使用射线装置的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与法规要求的对照检查见表10.4。

表10.4 与“3号令”要求对照检查情况

“3号令”要求	单位落实情况	是否符合
---------	--------	------

设专门的辐射安全与环境保护管理机构	北医设立了放射防护管理委员会，负责北医辐射安全与防护工作的领导工作。委员会下设放射防护委员会办公室，负责具体开展辐射安全和防护管理工作，放射防护管理机构内部职责明确。	近期符合
从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	北医现有的辐射工作人员均已通过辐射安全和防护培训和考核，并取得合格证书；本项目拟配备 2 名辐射工作人员须通过生态环境部门组织的考核后方可上岗从事辐射工作。	落实后符合
放射性同位素与射线装置使用场所防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目生物学 X 射线辐照仪拟设置安全联锁系统，辐照仪防护门拟安装门机联锁装置，辐照仪防护门外拟张贴电离辐射警告标识和中文警示说明，辐照仪上方拟安装工作状态指示灯。辐照仪控制台上拟设置急停按钮和钥匙开关。辐照仪所在的 212 实验室拟设置为独立、专用房间，实验室入口门外拟设置电离辐射警告标识和工作警示灯。	落实后符合
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	北医拟新增配置 1 台 X-γ 辐射剂量率仪和 2 台个人剂量报警仪。	落实后符合
有完善的辐射事故应急措施。	北医拟更新现有的辐射安全事故应急预案，以满足本项目的要求。	落实后符合
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	北医目前已拥有较完善辐射安全管理制度。北医拟根据本项目建设内容，更新现有的辐射安全管理制度，并增加本项目射线装置操作规程。	落实后符合

以上分析表明，在落实各项辐射防护措施和修订各项辐射安全管理制度后，北医将具备使用射线装置的单位申请领取辐射安全许可证应当具备的条件。

10.4 三废的治理

本项目运行期间不产生放射性“三废”。生物学 X 射线辐照仪运行过程中产生的 X 射线会电离空气产生微量的臭氧和氮氧化物，微量的有害气体通过自然对流方式排放至房间内，再通过房间的通风系统排至室外，不会形成累积，对周围人员和环境的影响可以忽略。

表11 环境影响分析

11.1 建设或安装过程的环境影响

本项目建设过程中，将会对房间进行简单的室内装修，并开展设备的安装工作，设备安装由设备厂家派专业安装人员完成，安装过程十分简单，对公众和周围环境的影响很小，此处不做详细评价。

11.2 运行（使用）后对环境的影响

11.2.1 运行情况

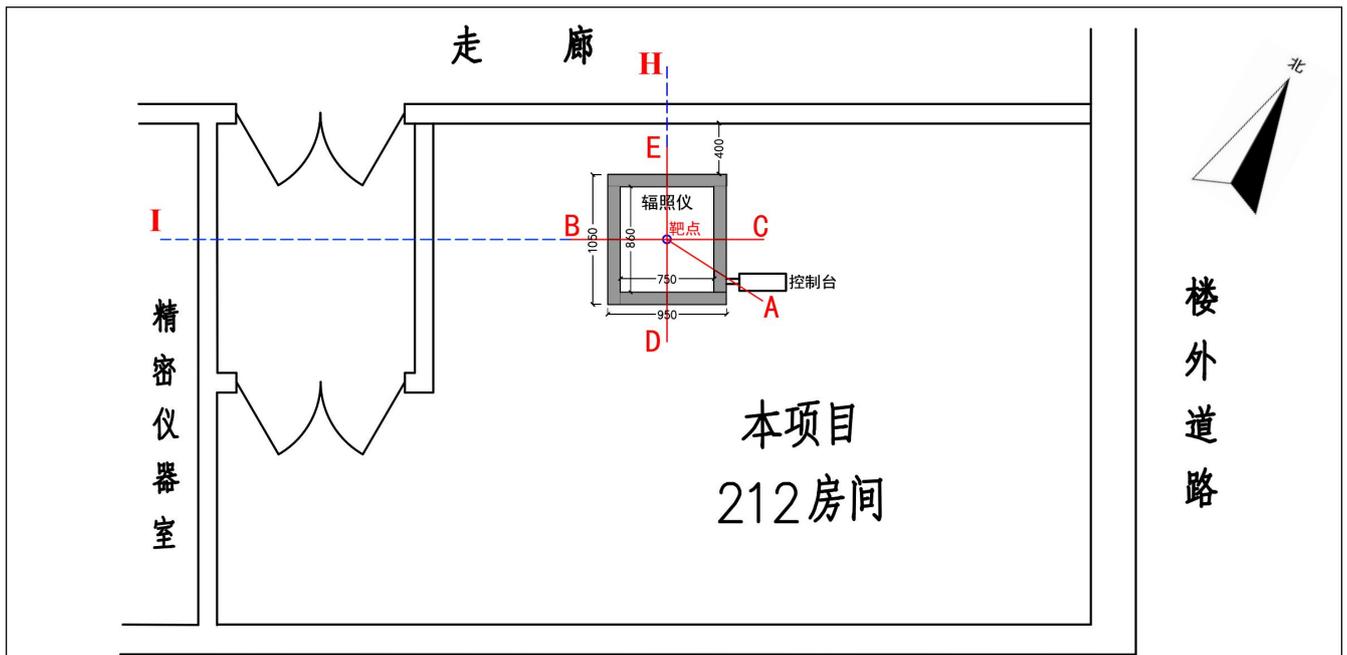
本项目建设地点位于北京市昌平区生命园路8号北大医疗产业园12号楼二层212房间内，根据建设单位提供的信息，本项目运行后，预计每日待辐照的实验样品最多12批次，每批次样品辐照时间不超过5min，故辐照仪日出束时间最多1h，年工作250天，计算可得设备年累计出束时间最多为250h。

本项目生物学X射线辐照仪出束方向垂直向下，射线管最大管电压为320kV（电压可调范围5~320kV），最大管电流45mA（电流可调范围0.5mA~45mA），射线管最大功率为4000W，经计算得出射线管在最大管电压（320kV）下的最大管电流为12.5mA。本次评价参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关数据和计算方法，对本项目设备运行过程中产生的主射线、漏射线和散射线对环境、工作人员及公众的影响进行分析。

11.2.2 工作场所周围关注点位置选取

本项目生物学X射线辐照仪外部尺寸为95cm×105cm×195cm（宽×深×高），铅房内部尺寸为75cm×86cm×102cm（宽×深×高），X射线管固定于铅房内，X射线管靶点与铅房顶面的距离为30cm，X射线管靶点与控制台的距离 $d_A=0.9m$ ，靶点与铅房外表面30cm处的距离分别为 $d_B=0.77m$ ， $d_C=0.77m$ ， $d_D=0.82m$ ， $d_E=0.82m$ ， $d_F=0.70m$ ， $d_G=1.12m$ 。

辐照仪拟安装在北大医疗产业园12号楼二层212房间内，212房间东侧和南侧均为楼外道路，西侧为精密仪器室，北侧为走廊，楼上为仪器间，楼下为会议室。该房间东西长约7m，南北宽约4.0m，层高约为3.5m，北墙和西墙均为轻质龙骨隔墙，楼板为12cm厚钢筋混凝土。X射线管靶点与房间北墙外30cm处的距离 $d_H=1.4m$ ，与房间西墙外30cm处的距离 $d_I=4.0m$ ，与楼上仪器间地面上方30cm处的距离 $d_J=2.4m$ ，与楼下会议室高度2m处（会议室内人员可到达的最大高度）的距离 $d_K=3.1m$ 。生物学X射线辐照仪及工作场所周围关注点示意图见图11.1和图11.2。



楼外道路

图11.1 本项目工作场所周围关注点位示意图（平面图）

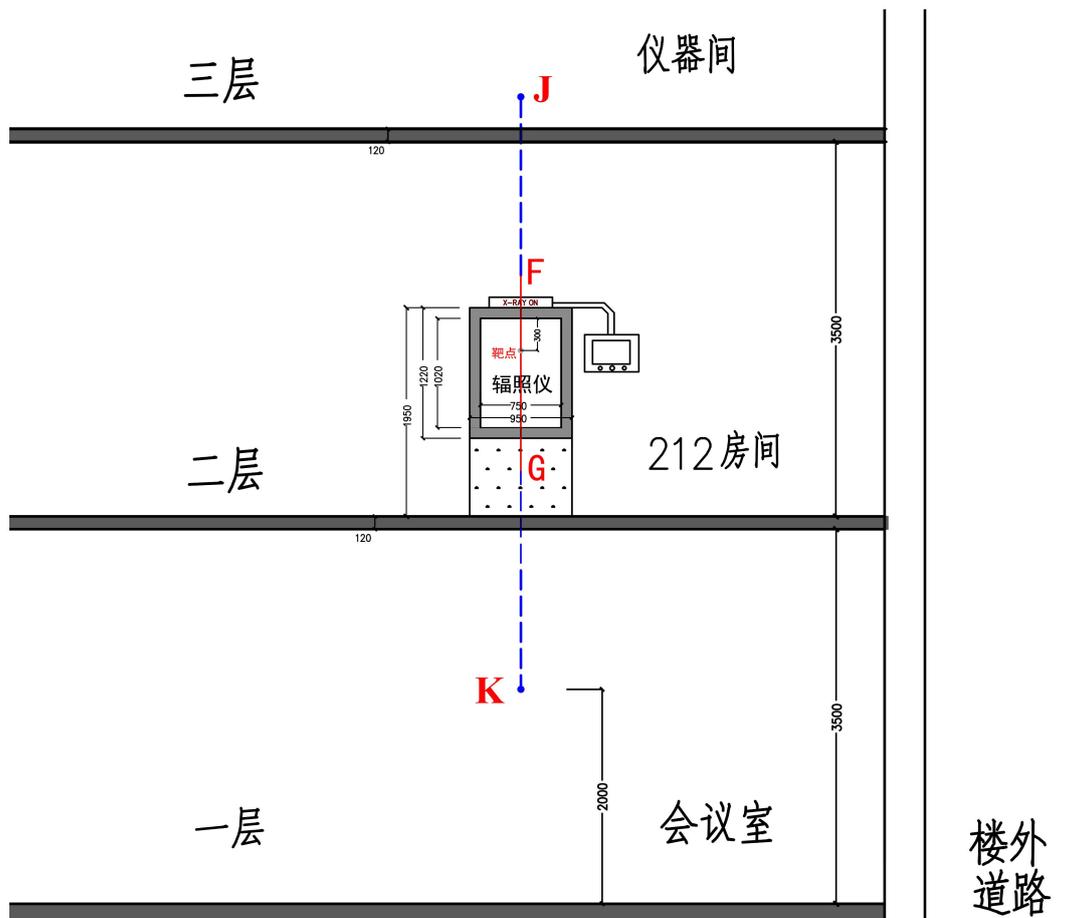


图11.2 本项目工作场所周围关注点位示意图（剖面图）

11.2.3 附加剂量率估算公式

根据设备厂商提供的本项目辐照仪 X 射线管的剂量率测量报告（见附件 6）可知，该设备的 X 射线管在处于最大工况（管电压电压 320kV，管电流 12.5mA）时，在固有过滤条件下，距离射线管靶点等中心 50cm 处的输出剂量率为 343.3cGy/min。由此推算，X 射线辐照仪在最大工况下正常工作时，距射线管靶点等中心 1m 处的最大输出剂量率为 $5.15 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$ 。故本项目取射线管靶点等中心 1m 处最大输出剂量率 $5.15 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$ 作为源项进行评价。

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的辐射屏蔽估算方法，本项目生物学 X 射线辐照仪周围附加剂量率可由式（11-1）~式（11-4）进行估算。

（1）有用线束剂量率估算公式

有用线束所致剂量率可由式（11-1）和式（11-2）计算得到。

$$\dot{H} = \frac{K \cdot B}{R^2} \quad (11-1)$$

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (11-2)$$

式中：

\dot{H} — 有用线束所致关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

K — 距靶点等中心 1m 处 X 射线管输出剂量率，取 $5.15 \times 10^7 \mu\text{Sv/h}$ （保守取 $1\text{Gy}=1\text{Sv}$ ）；

B — 屏蔽透射因子；

R — 靶点至关注点的距离，m；

X — 屏蔽材料厚度，mm；

TVL — X 射线束在屏蔽材料中的什值层厚度，参照 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，管电压为 320kV 的 X 射线在在铅中的什值层取 6.2mm，在混凝土中的什值层取 100mm。

（2）泄漏辐射剂量率估算公式

泄漏辐射所致剂量率可由式（11-3）估算得到。

$$\dot{H}_L = \frac{\dot{H}_{L(1)} \cdot B}{R^2} \quad (11-3)$$

式中：

\dot{H}_L — 漏射线所致关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_{L(1)}$ — 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，本项目取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；

B — 屏蔽透射因子，可由式（11-2）计算得到；

R — 靶点至关注点的距离，m。

（3）散射线辐射剂量率估算公式

散射线所致关注点处附加剂量率可由式（11-4）计算得到。

$$\dot{H}_s = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (11-4)$$

式中：

\dot{H}_s — 散射线所致关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$I \cdot H_0$ — 射线管在最高管电压下的最大管电流与射线管靶点 1m 处输出量的乘积。本项目设备厂家已给出射线管在最大工况下距靶点 1m 处的输出剂量率，故 $I \cdot H_0$ 取 $5.15 \times 10^7 \mu\text{Sv/h}$ （保守取 $1\text{Gy}=1\text{Sv}$ ）；

B — 屏蔽透射因子，可由式（11-2）计算得到；参考 GBZ/T 250-2014 中表 2 及附录 B 表 B.2，管电压为 320kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 250kV。250kV 的 X 射线在铅中的半值层 2.9mm，在混凝土中的半值层取 90mm；

F — R_0 处的辐射野面积， m^2 ，根据设备厂家提供的用户手册，X 射线管安装有可调准直器，当靶点距离散射体的距离（SSD）等于 50cm 时，辐射野最大面积为 $(20 \times 20) \text{cm}^2 = 0.04 \text{m}^2$ ；

α — 散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比，即 $\alpha_w \cdot 10000/400$ ，参照 GBZ/T 250-2014 附录表 B.3，本项目中 α_w 保守取 $1.9\text{E}-3$ ，则 α 为 0.0475；

R_0 — 靶点至散射体的距离，本项目取设备常用条件 $R_0=50\text{cm}$ （SSD=50cm）；

R_s — 散射体至关注点的距离，m。

表11.1 数字射线检测系统附加剂量率估算参数选择

射线类型	有用束	泄漏辐射	散射辐射
参数	$K: 5.15 \times 10^7 \mu\text{Sv/h};$ $TVL_{Pb}: 6.2\text{mm};$ $TVL_{\text{混凝土}}: 100\text{mm}。$	$H_{L(1)}: 5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h};$ $TVL_{Pb}: 6.2\text{mm};$ $TVL_{\text{混凝土}}: 100\text{mm}。$	$I \cdot H_0: 5.15 \times 10^7 \mu\text{Sv/h};$ $TVL_{Pb}: 2.9\text{mm} (250\text{kV});$ $TVL_{\text{混凝土}}: 90\text{mm} (250\text{kV});$ $F: 0.04\text{m}^2;$ $\alpha: 0.0475;$ $R_0: 0.5\text{m}。$

11.2.4 附加剂量率估算结果

本项目 X 射线辐照仪出束方向为定向，出束方向垂直向下，因此对于辐照仪防护铅房底面和下方考虑有用线束的影响，其他立面及顶部考虑泄漏辐射和散射辐射的叠加影响。辐照仪防护铅房周围 30cm 处和 212 房间周围附加剂量率估算结果详见表 11.2。

表 11.2 X 射线辐照仪运行所致工作场所周围各关注点附加剂量率估算结果

位置	距离 (m)	屏蔽厚度	射线束	透射因子 B	附加剂量率 (μSv/h)	总附加剂量率 (μSv/h)
A 控制台处	0.9	30mmPb	泄漏辐射	1.45E-05	8.95E-02	8.95E-02
			散射辐射	4.52E-11	2.18E-05	
B 辐照仪铅房西侧 30cm	0.77	30mmPb	泄漏辐射	1.45E-05	1.22E-01	1.22E-01
			散射辐射	4.52E-11	2.98E-05	
C 辐照仪铅房东侧 30cm	0.77	30mmPb	泄漏辐射	1.45E-05	1.22E-01	1.22E-01
			散射辐射	4.52E-11	2.98E-05	
D 辐照仪铅房南侧 30cm	0.82	30mmPb	泄漏辐射	1.45E-05	1.08E-01	1.08E-01
			散射辐射	4.52E-11	2.63E-05	
E 辐照仪铅房北侧 30cm	0.82	30mmPb	泄漏辐射	1.45E-05	1.08E-01	1.08E-01
			散射辐射	4.52E-11	2.63E-05	
F 辐照仪铅房上方 30cm	0.70	30mmPb	泄漏辐射	1.45E-05	1.48E-01	1.48E-01
			散射辐射	4.52E-11	3.61E-05	
G 辐照仪铅房下方 30cm	1.12	50mmPb	有用线束	8.62E-09	3.54E-01	3.54E-01
H 212 房间北侧走廊	1.4	30mmPb	泄漏辐射	1.45E-05	3.70E-02	3.70E-02
			散射辐射	4.52E-11	9.03E-06	
I 212 房间西侧精密仪器室	4.0	30mmPb	泄漏辐射	1.45E-05	4.53E-03	4.53E-03
			散射辐射	4.52E-11	1.11E-06	
J 212 房间楼上仪器间	2.4	30mmPb+120mm 混凝土	泄漏辐射	9.15E-07	7.94E-04	7.94E-04
			散射辐射	2.10E-12	1.43E-07	
K 212 房间楼下会议室	3.1	50mmPb+120mm 混凝土	有用线束	5.44E-10	2.91E-03	2.91E-03

通过表 11.2 的估算数据可知，本项目生物学 X 射线辐照仪设备外表面 30cm 处和工作场所周围各关注点的附加剂量率最大值为 0.354μSv/h（即辐照仪铅房下方 30cm 处，处于辐照仪底座内部，人员无法进入），满足本评价提出的剂量率控制水平：即距生物学 X 射线辐照仪外表面 30cm 处的辐射剂量率应不大于 2.5μSv/h。

根据辐射剂量率与距离的平方成反比的规律以及评价范围内各建筑物的屏蔽作用, 预计本项目 212 房间周围 50m 评价范围内保护目标所处区域的附加剂量率将远小于 2.5 μ Sv/h, 基本处于正常本底水平。

11.2.5 公众及工作人员附加剂量估算

(1) 估算公式

辐射工作人员和周围公众的附加年有效剂量可参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的公式来估算:

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (11-5)$$

式中: H —附加年有效剂量, μ Sv/a;

\dot{H} —关注点处附加剂量率, μ Sv/h;

U —使用因子, 本项目 X 射线管定向出束, 取 1;

T —居留因子;

t —年出束时间, h/a;

(2) 附加有效剂量估算结果

根据公式 11-5, 可估算得本项目生物学 X 射线辐照仪在运行过程中所致工作人员和公众的附加年有效剂量, 估算结果见表 11.3。

表 11.3 X 射线辐照仪运行所致人员年附加剂量估算结果

位置	附加剂量率最大值 (μ Sv/h)	年运行时间 (h)	居留 因子	年附加有效剂量 (mSv/a)	估算对象
控制台	8.95E-02	250	1	2.24E-02	工作人员
辐照仪四周	1.22E-01	250	1	3.05E-02	工作人员
212 房间北侧走廊	3.70E-02	250	1/4	2.31E-03	公众
212 房间西侧精密仪器室	4.53E-03	250	1	1.13E-03	公众
212 房间楼上仪器间	7.94E-04	250	1	1.99E-04	公众
212 房间楼下会议室	2.91E-03	250	1	7.28E-04	公众

由表 11.3 的估算结果可知, 本项目生物学 X 射线辐照仪运行期间所致辐射工作人员年附加有效剂量不超过 3.05E-02mSv/a, 本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作。公众受照剂量不超过 2.31E-03mSv/a。以上估算结果均低于本评价设定的职业人员 2mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束值要求。

11.2.6 臭氧及有害气体分析

本项目生物学 X 射线辐照仪运行过程中产生的 X 射线会电离空气产生微量的 O₃ 和 NO_x 等有害气体，辐照室内微量的有害气体通过自然对流方式排放至房间内，再通过房间配备的通风系统排至室外，不会形成累积，对周围人员和环境影响可以忽略。

11.3 事故影响分析

11.3.1 可能发生的事故

本项目可能发生辐射事故的环节是在射线装置运行期间，安全联锁系统出现故障。防护门未完全关闭时设备出束或在运行期间防护门意外开启，将会对工作人员和周围公众造成误照射。包括防泄漏置物孔未正确安装或者设备柜体面板未完全关闭，可能导致设备周围辐射水平升高。故工作人员在进行操作前，须检查设备的安全联锁系统是否正常。

另外，设备经过多年使用后，铅房屏蔽材料和结构可能出现老化和损坏的情况，可能导致铅房外某些区域辐射剂量率显著增加。

11.3.2 辐射事故应急处置措施及预防措施

(1) 若发生辐射事故，应立即采取以下措施：

- ① 立刻切断设备总电源，强制实行停机；
- ② 立即向部门领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；
- ③ 立即启动本单位的辐射事故应急预案，向当地生态环境部门和公安部门报告，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；
- ④ 若怀疑人员可能受到较大剂量照射，应及时送往医院进行救治；
- ⑤ 积极配合生态环境主管部门、卫生部门和公安部门调查事故原因，并做好后续工作。

(2) 北医应加强辐射安全管理工作，采取以下措施预防辐射事故的发生：

- ① 操作人员须严格按照操作规程操作设备，并携带个人剂量报警仪；
- ② 加强辐射工作人员的辐射安全知识和操作培训，增强辐射工作人员的安全意识；
- ③ 应定期检查安全控制系统和设备各项功能，发现问题及时联系厂家进行维修。当设备门机联锁系统出现问题时，应停止使用，防止意外发生；
- ④ 应严格落实设备使用与维护制度。设备的日常检查由设备使用单位负责，使用单位仅负责检查设备的功能和各项辐射安全防护措施是否正常，禁止使用单位私自对设备进行拆卸和维修。设备的年度保养、维修工作由设备厂家指派专业人员负责，在设备保养和维修期间，须设立维修警示标牌，并制定专人巡逻，保证设备维护维修期间的辐射安全；
- ⑤ 应严格落实个人剂量监测和辐射工作场所监测方案，利用辐射监测仪器开展辐射环境

自行监测，监测记录存档。如发现设备周围辐射剂量率异常的，应立即停止使用，并及时联系设备厂家进行维修；

⑥ 应建立健全相关规章制度并严格落实，定期检查辐射安全管理制度落实情况，发现问题及时纠正。

表12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构

为了保证放射性同位素和射线装置的安全使用和有效管理，保障辐射工作人员的健康与安全，北医设立了放射防护管理委员会，委员会主任由医学部副主任担任，副主任由设实处处长、保卫处处长担任，成员由设实处主管副处长、各学院主管院长、直属单位主管负责人组成。委员会下设放射防护委员会办公室，负责医学部辐射防护和安全的日常管理工作，北医放射防护委员会和办公室人员组成见附件 3。

12.2 辐射安全管理规章制度

北医依照《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》，结合多年实践，已制定一套较完善的放射防护管理制度、操作规程和辐射事故应急预案。

本项目实施后，北医辐射安全许可证的活动种类和范围将发生变化。北医将结合新项目的开展，在重新申领辐射安全许可证前，组织相关人员修订并完善相关放射防护管理制度，增加本项目设备的操作规程、监测方案、辐射突发环境事件应急预案等规章制度，确保全部辐射工作有章可循。同时，组织相关部门人员进行学习，确保放射性同位素和射线装置的安全使用。

12.3 人员配置和辐射安全与防护培训

北医制定有周密的辐射工作人员培训计划。目前，北医从事放射工作的职业人员和管理人员共计 14 人，放射医学系及分析中心同位素室研究生 15 人，共计 29 人，均参加了生态环境主管部门认可的单位组织的辐射安全与防护培训或复训和国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习及考核，并取得合格证书，通过辐射安全培训人员名单见附件 4。

本项目拟配置 2 名辐射工作人员，应在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加培训和考核，考核通过后方可上岗从事辐射工作。北大医学部将严格按照要求，确保辐射工作人员均通过考核后方可上岗从事辐射工作，并定期安排工作人员进行复训。

12.4 辐射监测

(1) 个人剂量监测

北医依据现有的监测方案开展个人剂量监测工作，从事放射工作的人员均佩戴个人剂量计，并计划按每个季度 1 次的频度委托有资质的机构进行个人剂量监测。北医已根据《职业性

外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射工作人员职业健康管理辦法》（卫生部令第55号）的要求建立了放射工作人员个人剂量档案并终生保存。北医2020年度的个人剂量监测结果见附件5。若发现人员个人剂量监测结果异常的（每季度超出0.5mSv/a，或者显著高于其它辐射工作人员），应当立即核实和调查，并将有关情况进行文字记录。

（2）工作场所辐射水平监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部令第18号）的要求，北医每年均委托有资质单位对本院所有射线装置工作场所进行1次工作场所环境辐射水平监测，监测数据记录存档。根据《北京市辐射工作场所辐射环境自行检测办法（试行）》要求，北医将利用本项目配备的X-γ剂量率仪对射线装置和工作场所周围的辐射水平开展自行监测，自行监测频次不少于1次/季度，监测记录应连同设备工况、监测仪器、监测时间等一同记录并妥善保存妥善归档。

- 1) 监测项目：X-γ剂量率；
- 2) 监测设备：X-γ剂量率仪；
- 3) 监测频次：不少于1次/季度；

4) X-γ剂量率监测点位设置：包括工作人员操作位、辐照仪防护门外30cm处、辐照仪防护门四周缝隙、辐照仪四周外30cm处、辐照仪顶部上方30cm处、212房间西侧精密仪器室、212房间北侧走廊、212房间楼上和楼下等点位。本项目工作场所监测点位图见图12.1，数据记录表格如表12.1所示。

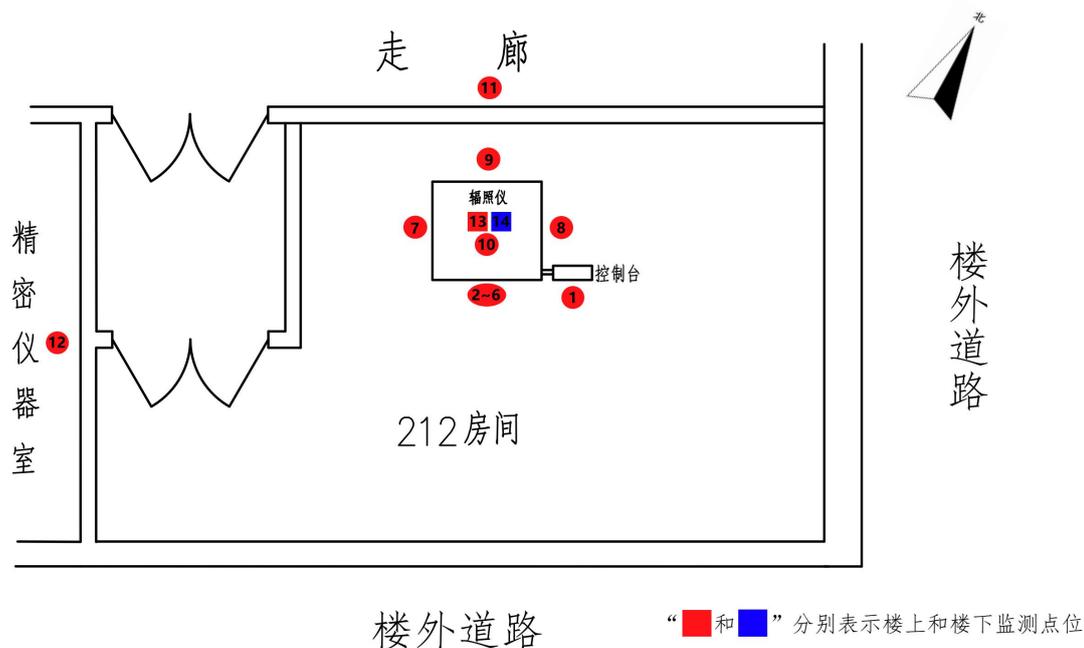


图 12.1 辐照仪工作场所自行监测布点图

表 12.1 辐照仪工作场所自行监测数据记录表

监测日期		监测仪器	
监测工况	管电压： 管电流：	记录人	
监测点位	监测点位描述		X-γ剂量率 (μSv/h)
1	人员操作位		
2	防护门外 30cm 处		
3	防护门左侧门缝		
4	防护门右侧门缝		
5	防护门上侧门缝		
6	防护门下侧门缝		
7	设备西侧外 30cm 处		
8	铅房东侧外 30cm 处		
9	铅房北侧外 30cm 处		
10	铅房顶部上方 30cm 处		
11	212 房间北侧走廊		
12	212 房间精密仪器室		
13	212 房间楼上仪器室		
14	212 房间楼下会议室		

(3) 辐射监测设备

本项目拟新增配置 1 台 X-γ辐射剂量率仪和 2 台个人剂量报警仪，能够满足辐射防护和环境保护的要求。

12.5 辐射事故应急

北医针对可能造成人员超剂量照射事故（件）、环境污染事故（件）及其他辐射环境突发事件（件）的意外情况，制定了《辐射应急预案及演练》制度，一旦发生辐射事故，北医将立即启动本单位的辐射应急预案，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》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还将向当地卫生行政部门报告。北医每年至少组织一次辐射事故应急演练。

12.6 项目环保手续流程及竣工环保验收内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017] 4 号）规定，自项目竣工之日起 3 个月内，北大医学部应开展自主验收工作，编制竣工环境保护验收监测报告，并向

社会公开相关信息，接受社会监督。环评建议本项目竣工环保验收内容见表 12.2。

表12.6 本项目竣工环保验收内容

验收内容	验收要求
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）规定和环评预测结果，本项目对公众和职业照射的剂量约束值分别执行0.1mSv/a 和 2mSv/a。
剂量率控制水平	本项目距生物学 X 射线辐照仪表面 30cm 处最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。
电离辐射标志和中文警示	在辐照仪防护门外张贴明显的电离辐射警示标识和中文警示说明，铅房上方设有工作状态指示灯。实验室入口门外张贴电离辐射警示标识和中文警示说明，实验室入口处设置工作警示灯。
场所布局和屏蔽设计	生物学 X 射线辐照仪所在房间为独立专用房间，设备铅房设计与环评报告描述一致，设备铅房屏蔽射线的能力满足辐射防护的要求。
辐射安全与防护设施	本项目生物学 X 射线辐照仪设置安全联锁系统，辐照仪防护门安装门机联锁装置，辐照仪控制台上设置急停按钮和钥匙开关。具体措施参照表 10 中的内容。
规章制度	制定并更新的辐射安全管理制度和操作规程满足管理要求，且得到有效落实。
辐射监测	制定满足管理要求的辐射监测制度，监测记录存档。新增配备 1 台 X- γ 辐射剂量率仪和 2 台个人剂量报警仪。辐射工作人员开展个人剂量监测，并建立个人剂量档案和健康管理档案。
人员培训	本项目新增配备的 2 名辐射工作人员须通过辐射安全与防护培训考核。
应急预案	辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确了的应急处理组织机构及职责、处理原则、信息传递、处理程序和处理技术方案等，配备必要的应急器材、设备。

表13 结论与建议

13.1 结论

1. 实践正当性：本项目北大医学部拟在北京市昌平区生命园路8号北大医疗产业园12号楼二层212房间内新增使用1台X-rad 320型生物学X射线辐照仪，用于生物学样品（小鼠、细胞或组织器官）的辐照研究，以模拟临床放疗效果。该设备的引进将在很大程度上改善北医生物医学学科的实验条件及实验效率，促进生物医学学科科研水平的进一步提升，无论在学术贡献上还是在人才培养上都具有重要的意义。本项目拟新增的生物学X射线辐照仪自带防护铅房和可靠的安全联锁系统，设备周围的辐射剂量水平接近本底水平，故该设备的使用对职业人员、公众以及环境带来的不利影响，远低于其对社会带来的利益，故该核技术利用项目符合“实践正当性”原则。

2. 辐射屏蔽能力分析：本项目辐射工作场所的设置综合考虑了设备性能、运行特点和周围工作场所的防护与安全。北大医学部在落实了本环评提出的实体屏蔽和辐射防护措施后，设备的屏蔽能力符合辐射安全与防护的要求，对公众和职业人员所致剂量均低于本次评价的剂量约束值要求。

3. 本项目周围辐射环境现状：评价区域内 γ 辐射剂量水平处于北京市天然本底水平范围内，未发现环境辐射水平异常。

4. 辐射安全与防护措施：本项目生物学X射线辐照仪工作场所为独立、专用房间，工作场所拟实行分区管理，监督区和控制区入口处拟张贴电离辐射警示标识和中文警示说明。X射线辐照仪防护门拟设置门-机安全联锁，防护门上方拟设置工作状态指示灯，控制台拟设置急停按钮和钥匙开关。北大医学部拟新增配置1台X- γ 辐射剂量率仪和2台个人剂量报警仪。上述各项辐射安全与防护措施落实后，可有效避免工作人员和公众受到意外照射。

5. 辐射环境影响分析：本项目生物学X射线辐照仪自带铅屏蔽防护措施，设备外表面30cm处和工作场所周围附加剂量率最大值为 $0.354\mu\text{Sv/h}$ ，满足本评价提出的剂量率控制水平。设备运行所致工作人员附加剂量不超过 $3.05\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，公众人员附加剂量不超过 $2.31\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，均满足本评价设定的工作人员 2mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束值要求。

6. 辐射安全管理：北医已设立了放射防护管理委员会，并设置放射防护委员会办公室，负责具体开展辐射安全防护管理工作。北医拟制定并完善《辐射安全管理体系和岗位职责》、《辐射防护操作规程》、《辐射防护及安保措施》、《设备检修维护制度》、《人员培训制度》、《台账管理制度》、《监测方案等制度》等各项辐射安全与防护管理规章制度和《辐射应急预

案及演练》。北医现有的辐射工作人员全部通过了辐射安全与防护培训，本项目拟配置 2 名辐射工作人员将按要求报名参加辐射安全与防护考核，考核通过后方可上岗从事辐射工作。

7. 与生态环境部 2021 年修订的《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和原环保部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》提出的具体要求进行对照评估，环评报告中描述的辐射安全和防护措施如果得到落实，能够满足本项目运行的要求。

综上所述，北京大学医学部使用 II 类射线装置（生物学 X 射线辐照仪）项目在充分落实本报告表提出的各项辐射防护措施后，北京大学医学部将具备从事相应辐射工作的技术能力和安全防护措施，射线装置运行对周围环境的产生的辐射影响符合环境保护的要求，故从辐射环保角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议和承诺

为保护环境，促进射线装置的安全应用，保障公众和工作人员身体健康，预防事故发生，建议加强辐射安全管理，北京大学医学部郑重承诺：

（1）在项目运行过程中，严格依照操作规程操作设备，不弄虚作假、违规操作；

（2）不断加强医学部的辐射安全管理工作，进一步完善辐射安全管理规章制度，落实辐射安全管理责任；

（3）严格按照辐射监测方案定期对辐射工作场所进行监测，并将监测记录保存留档；

（4）加强辐射工作人员管理，对于新增的辐射工作人员和培训证书即将到期的辐射工作人员，及时组织其参加辐射安全与防护考核，考核通过后方能从事辐射工作；

（5）项目审批后，及时办理辐射安全许可证变更手续，严格落实建设项目环境保护“三同时”制度。在项目建设投入运行后，及时组织竣工环境保护自行验收。在运行过程中接受生态环境主管部门的监督检查。

表14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公章

年 月 日

审批意见：

经办人

公章

年 月 日

