

编号：GABG-FBJ2172001

核技术利用建设项目

新增使用1台 II 类射线装置项目

环境影响报告表

北京航空航天大学

2021年9月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

新增使用1台 II 类射线装置项目 环境影响报告表

建设单位名称：北京航空航天大学

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 37 号

邮政编码：100191

联系人：纪玲辉

电子邮箱：JLH0351@buaa.edu.cn

联系电话：18501950807

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	8
表 3 非密封放射性物质	8
表 4 射线装置	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6 评价依据	11
表 7 保护目标与评价标准	13
表 8 环境质量和辐射现状	19
表 9 项目工程分析与源项	24
表 10 辐射安全与防护	28
表 11 环境影响分析	34
表 12 辐射安全管理	45
表 13 结论与建议	50
表 14 审批	52

附图

附图 1 项目地理位置示意图

附图 2 北京航空航天大学平面布局示意图

附图 3 北京航空航天大学为民楼 4 层东侧平面布局示意图

附图 4 设备用房及周围环境现状图

附图 5 X 射线 3D 检测仪铅房的屏蔽防护设计图

附件

附件 1 环评委托书

附件 2 辐射安全许可证

附件 3 个人剂量检测

附件 4 同类设备出厂监测数据

附件 5 设备技术文件

附件 6 拟利用辐射工作场所及周围环境辐射水平检测报告

附件 7 43307 现有 XD7500VR 型 X 射线检测系统监测报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新增使用 1 台 II 类射线装置项目			
建设单位		北京航空航天大学			
法人代表	徐惠彬	联系人	纪玲辉	联系电话	18501950807
注册地址		北京市海淀区学院路 37 号			
项目建设地点		北京市海淀区学院路 37 号北京航空航天大学为民楼 4 层东侧 433 室 43302 房间			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	242.25	项目环保投资 (万元)	3	投资比例 (环保投资/总投资)	1.24%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		建筑面积(m 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	<input type="checkbox"/> 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		
其他	/				
<h4>1.1 建设单位概况</h4> <p>北京航空航天大学（简称北航）成立于 1952 年，是一所具有航空航天特色和工程技术优势的多科性、开放式、研究型大学，肩负着高层次人才培养和基础性、前瞻性科学研究，以及战略高技术研究的历史使命。作为新中国第一所航空航天高等学府，北航一直是国家重点建设的高校。学校现隶属于工业和信息化部，是国家“211 工程”和“985 工程”建设的重点高校和教育部、北京市人民政府与中国工程院共建学校。</p> <p>北京航空航天大学注册于北京市海淀区学院路 37 号；学校设有 2 个校区，分别为学院路校区和沙河校区；本项目位于学院路校区。</p> <h4>1.2 核技术利用及辐射安全管理现状</h4> <h5>1.2.1 核技术利用现状情况</h5> <p>北京航空航天大学持有北京市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》（京环辐证</p>					

[F0070],有效期至2022年5月7日,见附件2),许可的种类和范围是:使用V类放射源,使用II类、III类射线装置。已获许可使用的射线装置见表1-1,已许可使用的放射源情况见表1-2。

表 1-1 北京航空航天大学已许可的射线装置情况

序号	名称	类别(类)	数量(台)	备注
1	三维显微层析扫描成像系统	III	1	
2	X射线粉末衍射仪	III	2	
3	强脉冲粒子束装置	II	1	
4	口内数字化X-光成像系统	III	2	
5	工业CT机	II	1	
6	X射线探伤机	II	1	
7	X射线衍射仪	III	8	
8	X射线晶体取向分析仪	III	1	
9	微焦点X射线机	III	1	
10	多功能粒子注入装置	III	1	
11	电子衍射仪	III	1	
12	X射线检测系统	III	4	
13	移动式拍片机	III	1	
14	骨密度仪	III	1	
合计	—	—	26	

表 1-2 北京航空航天大学已许可的密封源情况(共13枚)

序号	名称	类别(类)	活度×枚数	备注
1	Am-241	V	7.4E+4Bq×3	
2	Cs-137	V	7.4E+4Bq×3	
3	Cs-137	V	7.4E+7Bq×1	
4	Cs-137	V	1.85E+5Bq×2	
5	Cs-137	V	7.4E+4Bq×2	
6	Sr-90	V	5.55E+7Bq×2	

1.2.2 近几年履行环保审批手续情况

北京航空航天大学近几年环评和竣工验收情况见表1-3,由表1-3可知,现有辐射类项目均按要求履行了环保手续。

表 1-3 北京航空航天大学近几年履行环保手续情况

序号	项目名称	环评批复文号	验收文号
1	使用 X 射线衍射仪项目	京环审【2013】117 号	京环验【2014】09 号
2	改建“十一五”国防特色学科专业辐射类建设项目	京环审【2015】330 号	京环验【2017】16 号
3	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	登记备案号：201911010800000357	
4	X 射线计算机体层摄影设备	登记备案号：201911010800000358	
5	X 射线检测系统	登记备案号：201911010800001187	
6	镀层测厚仪	登记备案号：201911010800001188	
7	三维显微层析扫描成像系统	登记备案号：201911010800001190	
8	X 射线数字成像系统应用项目	登记备案号：201911010800001191	
9	离体 Micro-CT 应用项目	登记备案号：201911010800001192	
10	活体 Micro-CT 应用项目	登记备案号：201911010800001193	
11	小动物科研试验用 X 光机	登记备案号：201911010800001955	
12	使用多功能粒子注入装置和 V 类放射源项目	登记备案号：201911010800002476	
13	北京航空航天大学沙河校区 V 类放射源库（核物理教学实验中心）	登记备案号：202111011400000008	
14	X 射线检测系统房间内位置变更	登记备案号：202111010800000365	
15	镀层测厚仪位置变更	登记备案号：202111010800000366	
16	智能微纳公共创新中心 X 射线干涉衍射仪/X 射线粉末衍射仪应用项目	登记备案号：202111010800000439	
17	螺旋 CT（16 排）	登记备案号：202111010800000463	
18	牙科 X 射线机（其他）	登记备案号：202111010800000464	
19	X 射线衍射仪改建项目	登记备案号：202111011400000127	
20	离体 MICRO-CT/活体 MICRO-CT/X 射线数字成像系统/骨密度仪/小动物科研试验用 X 光机五台 X 射线装置改建	登记备案号：202111011100000885	
21	台式 X 射线衍射仪改建项目	登记备案号：202111011400000157	
22	电子衍射仪改建项目	登记备案号：202111011400000158	

23	X 射线衍射仪改建项目	登记备案号：202111011400000159	
24	多功能离子注入装置改建项目	登记备案号：202111011400000160	
25	沙河路校区前沿科学技术创新研究院、化学学院射线装置建设项目	登记备案号：202111011400000205	
26	搬迁使用II类射线装置项目	京环审【2021】40号	项目已经搬迁完毕，尚未使用

1.2.3 辐射安全管理情况

(1) 辐射安全管理机构

北京航空航天大学成立了以校长为负责人，学校教学、科研、校医院业务主管部门负责人、辐射作业二级单位负责人为成员的辐射安全领导小组，由专门机构和专职人员负责日常管理工作。

(2) 已建立的辐射防护规章制度及执行情况

北京航空航天大学在辐射安全管理工作中，能够认真贯彻执行国家相关法律、法规和北京市生态环境局相关规定，结合学校实际情况，制定了一系列辐射安全管理制度，主要包括《辐射安全管理体系和岗位职责》、《辐射防护安全操作规程》、《辐射安全防护及安保管理细则》、《设备检修维护制度》、《辐射工作培训制度》、《台账管理制度》、《辐射监测方案》和《辐射事故应急预案》。随着环保相关法规的不断调整，北京航空航天大学也在现有制度的基础上对辐射安全管理制度进行不断修订和完善，能够满足最新辐射安全管理的要求，确保对实际工作起到指导作用。

(3) 辐射工作人员培训

北京航空航天大学现有辐射工作人员 20 人，均取得了辐射安全的培训合格证书。本项目拟布置场所属于可靠性与系统工程学院下设的元器件中心，拟新增 2 名辐射工作人员。

(4) 个人剂量监测

北京航空航天大学所有从事辐射工作的人员均佩戴了个人剂量计，并委托北京市疾病预防控制中心对辐射工作人员进行个人剂量监测，每季度一次，个人剂量档案齐全。根据学校提供的 2020 年度辐射工作人员的个人剂量检测报告（见附件 3），从检测报告可知，2020 年度的个人剂量最大值为 0.136mSv，满足规定的职业照射年剂量约束值 2mSv 以下。

(5) 工作场所及辐射环境监测

学校定期对辐射工作场所进行场所监测，并委托有资质的第三方机构（具有 CMA 证书）每年进行一次工作场所和环境监测，监测数据记录存档。根据学校提供的 2020 年辐射工作场所监测报告可知，学校委托了有资质单位对学校的辐射工作场所进行了监测，结果表明各监测点周围剂量当量率符合相关标准要求。

(6) 辐射事故应急管理

学校制定了辐射应急预案，预案中明确了应急指挥机构的职责、人员组成及分工、应急部门及人员职责、应急器材，发生辐射事故时的报告、通讯联络方式、应急处置方式等，并规定每年至少进行一次应急事故演习。

(7) 辐射监测仪器

学校现有监测仪器情况见表 1-4，监测仪器定期送有资质的机构进行校准。

表 1-4 现有监测仪器

序号	仪器名称	型号	数量	备注
1	X-γ 辐射巡检仪	CM5001	3	
2		RDS-110	1	
3	固定式辐射报警仪	CM1001-Z	3	
4	个人剂量监测报警仪	CM5002	8	
5		RG600	1	

1.3 本项目概况

1.3.1 项目总体情况介绍

航空航天电子产品的可靠性要求高，许多产品在筛选、验收和鉴定中都提出了 X 射线检查的要求；同时在 SJ20642 半导体光电模块总规范中也明确规定，在光电模块的鉴定检验过程中，X 射线检查是必做项目。

常规的 X 射线检查系统为 X 射线穿过样品后，被探测器接收，通过分析看到实时的图像，所形成了图像为两维的叠加，无法直接对 Z 方向进行检查，需通过倾斜、转动等方式协助检查，对复杂结构或材料较厚有相互遮挡时，很难获得清晰的图像，特别是对于电连接器、新型传感器等内部结构复杂的元件类的质量检查和评判。随着国内新型封装技术的发展和北航电子元器件公共服务能力条件建设任务的需要，对 BGA 焊球工艺的质量、焊球牢固度、平整度等都提出了许多新的要求，常规的二维的投射式的 X

射线检查设备在某些程度上已经不能满足新的需求；因此增购一台用于对电子元器件进行无损检查的 X 射线 3D 检测仪是必要的。

1.3.2 建设内容及规模

本项目建设地点位于北京市海淀区学院路 37 号北京航空航天大学为民楼 4 层东侧 433 室 43302 房间。

本项目建设内容和规模见表 1-5，设备相关技术资料见附件 4、附件 5。

表 1-5 本项目建设内容和规模一览表

序号	名称、型号	数量	拟安装位置	类别	主要参数	备注
1	英国 DAGE PRECISION INDUSTRIES LIMITED Dage Quadra™ 5 X 射线 3D 检测仪	1 台	为民楼 4 层东 侧 433 室 43302 房间	II 类	最大管电压 160kV 最大管电流 0.3804mA	新增 使用

表 1-6 Dage Quadra™ 5X 射线 3D 检测仪相关参数

装置型号/名称	Dage Quadra™ 5 X 射线 3D 检测仪
生产厂家	英国 DAGE PRECISION INDUSTRIES LIMITED
X 射线最大管电压	160kV
最大管电流	0.3804mA
铅房尺寸	1.57m（长）×1.5m（宽）×1.9m（高）
屏蔽体厚度(Pb 当量)	左侧、右侧、顶部、底部、背部、防护门均为 6.3mmPb 铅板； 观察窗为 4.6mmPb 的铅玻璃
系统组成	X 射线源系统、探测采集传输系统、机械系统、控制系统、图像重建处理 系统、辐射安全防护系统
辐射防护设施	包括铅房、安全连锁系统（急停按钮、门机连锁开关）、安全报警系统（工 作警示灯连锁）、辐射安全标识和安全管理制度的。

1.3.3 检测工况

本项目使用 X 射线 3D 检测仪对电子元器件进行无损检测，根据建设单位提供的资料，X 射线 3D 检测仪最大检测工件尺寸为 $\phi 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ ，检测时每天出束时间约 1-2h，年工作 150-250d，则设备年工作最长时间为 500h。

1.3.4 劳动定员

本项目辐射工作人员劳动定员 2 人。

1.3.5 目的和任务的由来

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，项目建设前，应组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报生态环境主管部门审批。

对照《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），X 射线 3D 检测仪属于工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置的分类范围，为Ⅱ类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用Ⅱ类射线装置”，环境影响评价文件形式应为编制环境影响报告表。

北京航空航天大学委托浙江建安检测研究院有限公司开展“新增使用 1 台Ⅱ类射线装置项目”的环境影响评价工作。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了资料收集、现场勘察等工作，并结合项目特点，按照《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）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。

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
无								

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
无										

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	装置名称	类别	数量	型号	加速粒籽	最大射线能量	活动种类	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
无											

(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	装置名称	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
1	X 射线 3D 检测仪	II类	1 台	Dage Quadra™ 5	160	0.3804	对电子元器件进行无损检查	为民楼 4 层东侧 433 室 43302 房间	新增使用

(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	
无													

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	排放口浓度	月排放量	年排放总量	暂存情况	最终去向
无							

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 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	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第九号), 2015年1月1日施行;</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》(2002年10月28日通过, 自2003年9月1日起施行; 2016年7月2日第一次修正; 2018年12月29日第二次修正);</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第六号), 2003年10月1日施行;</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》(1998年11月29日中华人民共和国国务院令第253号发布施行; 2017年7月16日中华人民共和国国务院第682号令修订, 自2017年10月1日起施行);</p> <p>(5)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, (2005年9月14日经国务院令第449号公布, 2014年7月29日经国务院令第653号修改, 2019年3月2日经国务院令第709号修改);</p> <p>(6)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006年1月18日经国家环境保护总局令第31号公布, 2008年12月6日经环境保护部令第3号修改; 2017年12月20日经环境保护部令第47号修改, 2019年8月22日经生态环境部令第7号修改, 2021年1月4日经生态环境部令第20号修改);</p> <p>(7)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(中华人民共和国环境保护部令第18号), 自2011年5月1日起施行;</p> <p>(8)《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), 自2017年12月6日起施行;</p> <p>(9)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021版)》(生态环境部令第16号), 自2021年1月1日起施行;</p> <p>(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》(国家环保总局, 环发[2006]145号);</p> <p>(11)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令第9号), 2019年11月1日施行;</p> <p>(12)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生</p>
------------------	---

	<p>态环境部公告 2019 年第 57 号), 2020 年 1 月 1 日起施行。</p> <p>(13)《北京市环保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通知》(京环办[2018]24 号, 2018 年 1 月 25 日);</p>
<p>技 术 标 准</p>	<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》(HJ10.1-2016);</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)《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015);</p> <p>(6)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014);</p> <p>(7)《工业射线探伤辐射安全和防护分级管理要求》(DB11/T1033-2013);</p> <p>(8)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 环评委托书;</p> <p>(2) 辐射安全许可证;</p> <p>(3) 建设单位提供的其它相关技术资料。</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

本项目为新增 1 台 Dage Quadra™ 5 X 射线 3D 检测仪，主要对射线装置使用过程中对周围环境以及辐射工作人员、公众产生的影响进行分析评价。

7.1.2 关注问题

- (1) 屏蔽厚度是否满足国家相关标准的要求。
- (2) 辐射安全管理情况及污染防治措施是否满足射线装置安全使用要求。

7.1.3 评价因子

X 射线。

7.1.4 评价范围

本项目使用II类射线装置为工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，参照《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)的相关规定，将本项目 X 射线 3D 检测仪铅房外 50m 的区域作为评价范围。评价范围内东侧隔校园内部道路为智能快递服务站；南侧隔校园内部道路为北航实验学校(小学部)操场；评价范围内西侧、北侧均为为民楼。为民楼西侧隔校园内部道路为工训楼；北侧隔校园内部道路为电磁工程实验室。评价范围内除南侧有北航实验学校(小学部)操场外，其余全部为本学校内部建筑或道路，本项目评价范围见图 7-1 所示。



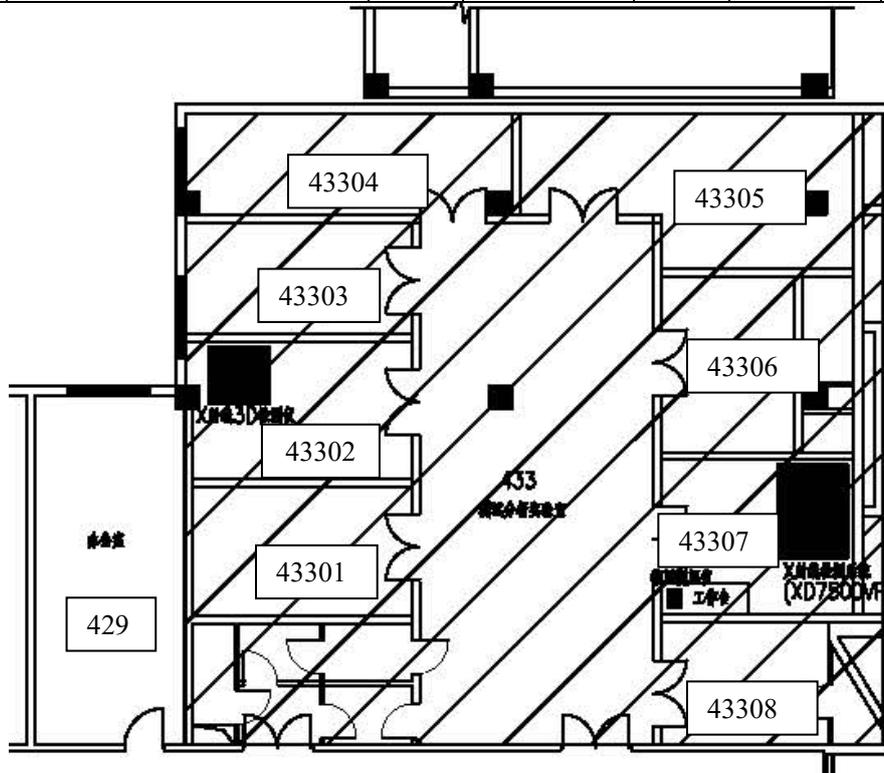
图 7-1 本项目评价范围示意图

7.2 保护目标

根据本项目周边环境情况调查，评价范围内主要为学校内部建筑、道路及北航实验学校(小学部)操场，评价范围内主要保护目标是辐射工作人员、公众人员。其正上方为办公室（535、537），正下方为实验室（325）。本项目环境保护目标具体情况见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

场所	场所名称	方位	影响因子	与射线装置的最近距离	人员类别	人员数量估计(人)	保护要求
X 射线 3D 检测仪铅房周围	X 射线 3D 检测仪备用房 (43302)	/	X 射线	0.30m	辐射工作人员	2	个人受照剂量约束值 2mSv/a
	东侧实验室 (433)	东		3.20m	公众人员	7	个人受照剂量约束值 0.1mSv/a
	南侧实验室 (43301)	南		1.83m		2	
	西侧办公室 (429)	西		0.39m		12	
	北侧实验室 (43303)	北		0.32m		2	
	办公室 (535、537)	上方		1.80m		49	
	实验室 (325)	正下方		3.00m		3-5	
50 米范围 (本项目评价范围)	北航实验学校(小学部)操场	南	38m		10-30		
	智能快递服务站	东	30m		9-10		
	为民楼 1 楼南出入口	西	38m		流动		
	为民楼		2-50m		约 50 人		
	校园内部道路		2-50m		流动		



注：43302 房间仅布置了 X 射线 3D 检测仪。

图 7-2 X 射线 3D 检测仪周围区域示意图

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐照的防护和实践中源的安全。

附录 B

B1.1 职业照射

B1.1.1.1 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（但不可作任何追溯性平均）
20mSv。
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；
- c) 眼晶体的年当量剂量不超过 150mSv。
- d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。

B1.2 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，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 关于辐射工作人员的照射和公众照射的剂量限值规定摘录列于表 7-2。

表 7-2 辐射工作人员职业照射和公众照射剂量限值

职业工作人员		公众	
身体器官	年有效剂量 或年当量剂量	身体器官	年有效剂量 或年当量剂量
全身有效剂量	≤20mSv	全身有效剂量	≤1mSv
眼晶体	≤150mSv	眼晶体	≤15mSv
四肢或皮肤	≤500mSv	皮肤	≤50mSv

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》11.4.3.2 节，规定了个人受照射剂量约束值，按辐射防护最优化原则设计的年剂量控制值应小于或等于该剂量约束值。剂量约束值是剂量限值的一个分数，公众剂量约束值通常应在 0.1~0.3mSv/a 范围内。取取

业照射年有效剂量限值的 1/10，作为该学校本项目辐射工作人员的年受照剂量约束值，即 2mSv/a；取公众年有效剂量限值的 1/10 作为周围公众的年受照剂量约束值，即 0.1 mSv/a。

剂量率控制水平：

参考《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），铅房外表面 30cm 处剂量率控制水平为 2.5 μ Sv/h。

7.3.2 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置(以下简称 X 射线装置或探伤机)进行探伤的工作。

4.1 防护安全要求

4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 100 μ Sv/周,对公众不大于 5 μ Sv/周；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

第 4.1.4 条探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤工作间旁邻近建筑物在自辐射点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 4.1.3。

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，并保证在门（包括人员门和货物门）关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.11 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

7.3.3 《工业射线探伤辐射安全和防护分级管理要求》(DB11/T1033-2013)

《工业射线探伤辐射安全和防护分级管理要求》(DB11/T 1033-2013) (注：凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件)，固定使用工业 X 射线探伤机属于四级管理。主要要求有：

(1) X 射线探伤装置应满足 GBZ117 的要求。

(2) 探伤室及安全设施：屏蔽设计应充分考虑有用线束照射的方向和范围、装置的工作负荷及周围环境情况。应安装门机联锁安全装置，应具有以下功能：安全门开启时射线装置不能启动照射，在照射过程中安全门一旦开启射线装置自动停止，重新启动被中止的照射只能通过控制台进行。紧急停止按钮应清晰标记和说明；被探伤物件出入口门外醒目位置应安装电离辐射警告标志和工作状态指示灯；探伤作业开始前，应有声音警示，探伤过程中指示灯应醒目显示禁止入内的标识。

(3) 辐射监测：X 射线探伤装置的泄漏辐射监测应符合 GBZ117 的要求；探伤室应配备便携式辐射监测仪；对 X 射线探伤室应采取定点监测和巡测相结合的方式监测其周围的辐射水平；探伤室建成后应由有资质的机构进行验收监测，投入使用后每年至少进行 1 次常规监测。

(4) 安全检查和维护：每次工作前，操作人员应检查安全联锁装置的性能及警示信号的状态，确认探伤室内无人且门已关闭、所有安全装置起作用后才能启动照射；应定期检查探伤室安全门-机联锁装置，以及出束信号指示灯等安全措施；辐射安全和防护负责人应至少每半年组织一次对联锁安全装置和紧急停止按钮的安全检查，发现问题应及时组织检修和维护，保存检查和维修记录。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

北京航空航天大学位于北京市海淀区学院路 37 号。学校东邻学院路，南侧为知春路，西侧为大运村路，北邻北四环中路。大学地理位置见附图 1，大学总平面布局图见附图 2，工作场所平面布置见附图 3。

本项目拟布置的设备用房位于北京航空航天大学为民楼 4 层东侧 433 室 43302 房间，设备用房周围毗邻关系见表 7-1。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

8.2.1 环境现状评价的对象

拟布置设备用房及周边 50m 评价范围内环境辐射现状水平。

8.2.2 监测因子

X- γ 辐射剂量率。

8.2.3 监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) 有关布点原则，本次共布点 11 个，分别布设在拟布置设备用房及周边办公室及实验室；在北航实验学校(小学部)操场、正上方办公室、正下方实验室、为民楼一楼南侧出入口等区域也布设了监测点。具体监测点位详见图 8-1 和图 8-2。



注：■代表室外监测点。

图 8-2 拟布置设备用房评价范围内其它监测点位示意图

8.3 监测方案、质量保证措施和监测结果

8.3.1 监测方案

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- (2) 监测日期：2021 年 7 月 28 日
- (3) 监测方式：现场检测
- (4) 监测条件：温度：29.1℃，相对湿度：78.2%，天气：阴
- (5) 监测依据
 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）
- (6) 监测仪器：X、 γ 射线巡测仪

表 8-1 监测仪器相关信息

仪器名称	X、 γ 射线巡测仪
仪器型号	FH40G-L10+FHZ672E-10
生产厂家	Thermo SCIENTITIC
仪器编号	05035404
能量范围	30KeV~4.4MeV
量程	10nSv/h~100mSv/h
校准单位	上海市计量测试技术研究院，华东国家计量测试中心
校准证书	2021H21-10-3059578001
校准有效期	2021 年 02 月 26 日~2022 年 02 月 25 日

8.3.2 质量保证措施

①结合现场实际情况及监测点的可到达性，在项目拟建场址内和评价范围内辐射工作人员活动区域、人流量相对较大的区域布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性和可重复性，以保证监测结果的科学性和可比性。

②根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）采用即时测量方法进行测量。

③监测仪器每年经有资质的计量部门检定、校准，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本次监测实行全过程的质量控制，严格按照公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。

⑥监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人批准。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状监测结果详见表 8-2，详见附件 6。

表 8-2 X- γ 辐射剂量率监测结果一览表

测点编号	测量位置	监测结果 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
1#	设备用房北侧实验室 (43303)	81	6.1	室内
2#	设备用房东侧实验室 (433)	85	4.8	室内
3#	设备用房南侧实验室 (43301)	85	7.0	室内
4#	设备用房西侧办公室 (429)	93	4.2	室内
5#	设备用房内 (43302)	75	3.3	室内

6#	设备用房上方办公室（537室）	111	2.4	室内
7#	设备用房上方办公室（535室）	108	7.5	室内
8#	设备用房正下方实验室（325室）	84	5.4	室内
9#	智能快递服务站（道路旁）	41	3.0	室外
10#	北航实验学校(小学部)操场处（道路旁）	43	1.4	室外
11#	为民楼一层南侧出入口	82	1.6	室外

注：1、测量时探头垂直距离地面 1m；
2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，所有测量值均已扣除仪器对宇宙射线的响应值 12nGy/h；
3、测量值经校准因子修正，辐射剂量率和周围剂量当量率的换算系数取 1.20Sv/Gy；

8.3.4 辐射环境现状评价

由表 8-2 的监测结果可知，本项目拟布置设备用房及周围环境的室内辐射空气吸收剂量率为 75~111nGy/h，室外辐射空气吸收剂量率为 41~82nGy/h。根据《北京市环境天然贯穿辐射水平调查研究》（吴增新等，辐射防护，第12 卷第6 期，1992 年11 月），北京市室内 γ 辐射剂量率水平范围为 42.3nGy/h ~ 151.6nGy/h，道路 14.7nGy/h-105.0nGy/h。可见，本项目拟布置设备用房和邻近区域的辐射剂量率水平与当地天然辐射正常水平相当。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工艺设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

X 射线 3D 检测仪是新一代的无损检测设备，以实时成像的技术，取代传统的拍片方式。通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检物体后衰减，由图像增强器接收并转换成数字信号，利用半导体传感技术、计算机图像处理技术和信息处理技术，将检测图像直接显示在显示器屏幕上，可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测的目的。

其整体外观图如图 9-1 所示。

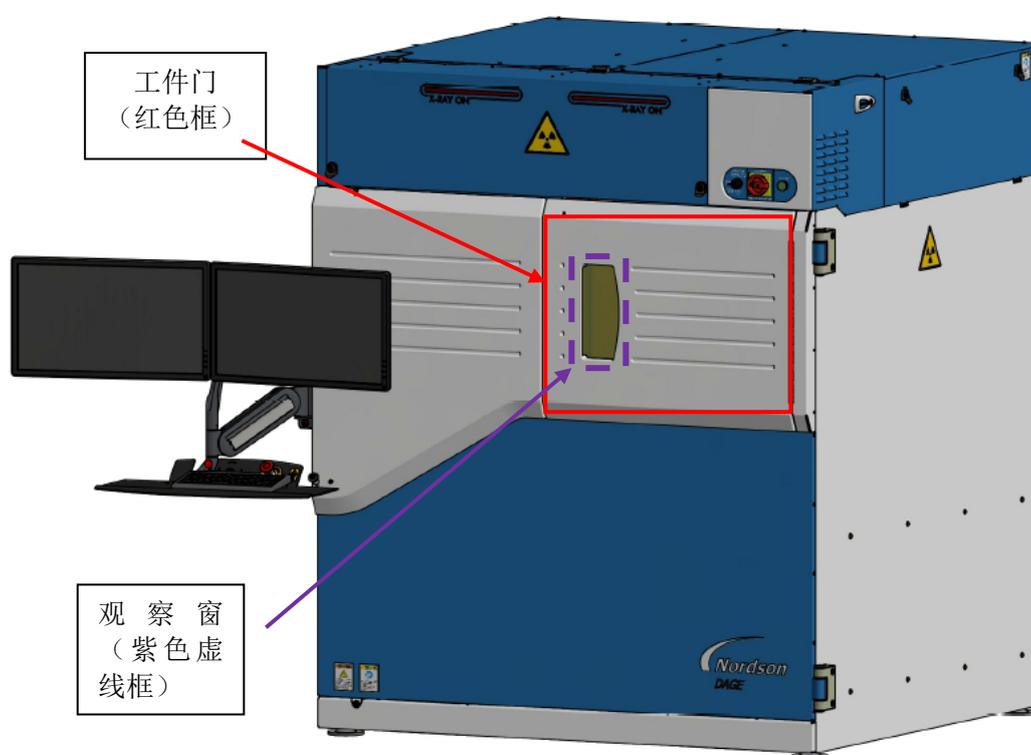


图 9-1 X 射线 3D 检测仪整体外观示意图

本项目 X 射线 3D 检测仪主要对电子元器件进行无损检查。本项目拟设置 2 名辐射工作人员，检测时每天出束时间约 1-2h，年工作 150-250d，则设备年工作最长时间为 500h。

9.1.2 工作原理

产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，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。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。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 X 射线管结构详见图 9-2。

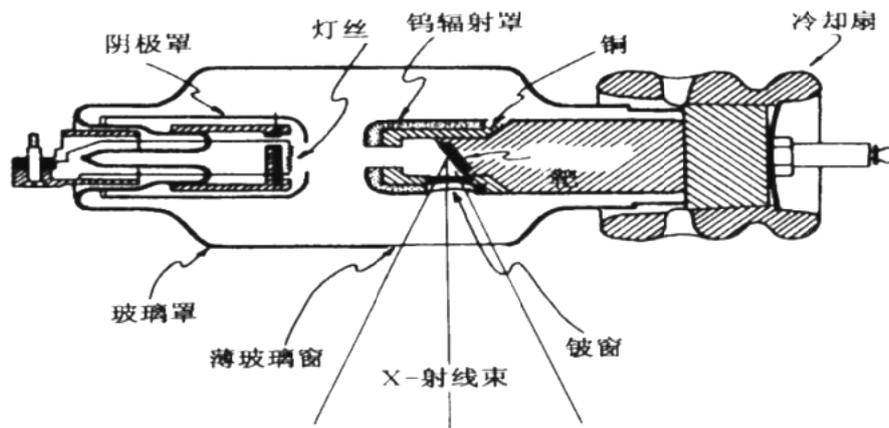


图 9-2 典型 X 射线管结构图

本项目 X 射线 3D 检测仪利用 X 射线的穿透能力，用于检测物品内部缺陷。因不同物质和不同的物体结构对 X 射线衰减系数不相同，有缺陷的材料与没缺陷的材料吸收射线的的能力不同，当 X 射线照射工件时，在 X 射线发生器对侧设置了数据接收器，自动将接收到的辐射信号转换成电信号并传到扩张板中，并在电脑中转换成特定的信号，通过专用的软件将图像在显示器中显示出来，借助于放大的图像可以判断工件缺陷的性质、大小、形状和部位。本项目使用的 X 射线 3D 检测仪从下往上出束，工件放置在内置载物台上进行检测；扫描时靶点不动，内置载物台及图像探测器移动。

。



图 9-3 拟购置 X 射线 3D 检测仪内部图

9.1.3 操作流程及产污环节

本项目新增的 X 射线 3D 检测仪的工艺流程主要有：启动电脑，开启扫描系统，待无任何报错信息后打开防护门（见图 9-1 防护门），将工件摆放在测试平台上并调整位置，之后关闭防护门，开启 X 射线管进行扫描，工作时辐射工作人员可以通过观察窗观察内部情况；X 射线管开启后，设备的工作警示灯会亮起提示是否成功开启；扫描完成后，工作警示灯熄灭，设备防护门会自动打开。

43302 房间仅布置了 X 射线 3D 检测仪（见附图 4）。本项目 2 名辐射工作人员还操作 43307 实验室现有 XD7500VR 型 X 射线检测系统（已许可，见附件 2 辐射安全许可证-台账登记明细-（三）射线装置-序号 22）。

本项目工作流程及产污环节分析图如图 9-4 所示：

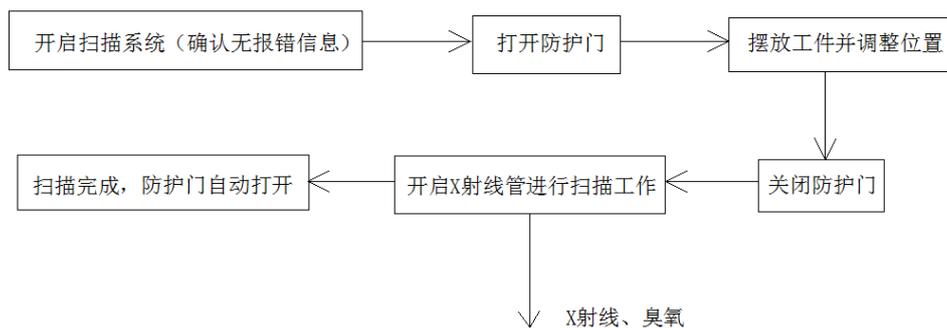


图 9-4 工作流程及产污环节分析图

由图 9-4 可知，本项目 X 射线 3D 检测仪运营中产生的主要污染物为扫描工作过程中产生的 X 射线、少量的臭氧。

9.2 污染源项描述

本项目X射线3D检测仪为Ⅱ类射线装置，由X射线装置的工作原理可知，X射线是随机器的开、关而产生和消失。学校使用的X射线装置在非曝光状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出X射线。因此，在开机期间，X射线成为污染环境的主要因子。此外，X射线将空气电离，产生少量臭氧。本项目X射线3D检测仪采用先进的数字成像技术，不使用显影液、定影液和胶片，无废水和固体废物产生。

9.2.1 正常工况

射线装置运行过程中，由球管源组件释放出的 X 射线通常分为二类：一类为有用线束（又称初级辐射），是直接由 X 射线管出射口经过限束装置准直能使受检部位成像的一种辐射束；另一类为非有用线束（又称次级辐射），包括有用线束照射到工件或其他物体时的散射辐射和球管源组件泄漏辐射。有用线束能量相对较高，剂量较大，而泄漏辐射的剂量相对较小。

9.2.2 事故工况

根据 X 射线 3D 检测仪的使用特点，在以下几种异常情况下辐射工作人员或其他人员可能接触到高剂量 X 射线照射：

- （1）射线装置的门机联锁失效，设备 X 射线泄漏，造成有关人员被误照。
- （2）射线装置检修期间，门机联锁失效，设备被其他人员误操作启动，造成检修人员被误照射。

异常运行或事故状态下主要辐射源同正常运行状态。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射防护分区管理

(1) 分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警告标志；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

(2) 本项目分区管理情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关标准对控制区和监督区的定义，结合本项目辐射防护情况，将 X 射线 3D 检测仪铅房内部划为控制区，将 43302 房间除控制区外其他区域划为监督区。本项目辐射工作场所分区情况见图 10-1，红色区域为控制区，黄色区域为监督区。

表 10-1 X 射线 3D 检测仪控制区和监督区的划分情况

序号	场所名称	控制区	监督区
1	X 射线 3D 检测仪铅房周围	X 射线 3D 检测仪铅房内部	43302 房间除控制区外其他区域

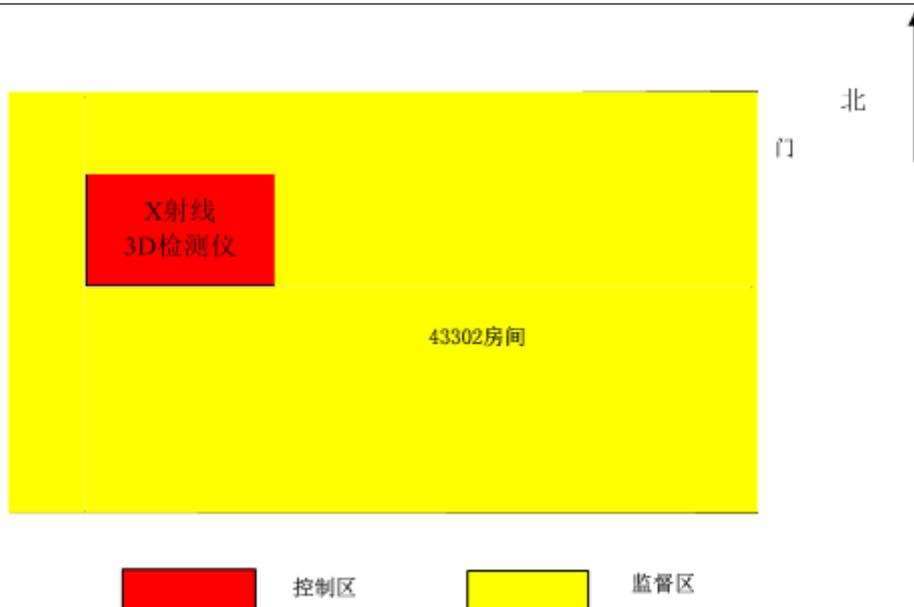


图 10-1 X 射线 3D 检测仪平面布局及分区管理图

10.1.2 辐射屏蔽设计

本项目 X 射线 3D 检测仪铅房长 1.57m，宽 1.5m，高 1.9m，X 射线主射方向为由下向上。本项目 X 射线 3D 检测仪铅房的屏蔽防护设计详见表 10-2，详见附图 5。

表 10-2 X 射线 3D 检测仪铅房屏蔽防护设计一览表

项目名称	尺寸及材料
X 射线 3D 检测仪铅房顶部	6.3mm 铅板
X 射线 3D 检测仪铅房背部	6.3mm 铅板
X 射线 3D 检测仪铅房左侧	6.3mm 铅板
X 射线 3D 检测仪铅房右侧	6.3mm 铅板
X 射线 3D 检测仪铅房防护门	6.3mm 铅板
X 射线 3D 检测仪铅房观察窗	4.6mmpb 的铅玻璃
X 射线 3D 检测仪铅房底部	6.3mm 铅板

10.1.3 辐射安全措施

① 安全联锁

在工件入口铅防护门上设置与操作台控制器联锁，系统采用门机联锁的方式进行安全控制。铅防护门未关闭的情况下不能打开高压产生射线；铅防护门关闭后，在开高压产生射线的情况下，铅防护门不能打开；铅防护门打开时立即停止 X 射线照射，铅防护门闭合后不能自动开始 X 射线照射。

②紧急止动装置

控制台及设备上拟设置紧急止动按钮，以使辐射工作人员按动紧急止动按钮就能停止出束。

③操作警示装置

安装工作警示灯，并与检测系统联锁，在打开高压，发出射线的同时，铅房正面上方的工作警示灯同时也能进行警示。

④警告标志

X 射线 3D 检测仪铅房外的醒目位置拟设置明显的电离辐射警告标志。X 射线 3D 检测仪设备用房入门处拟设置明显的电离辐射警告标志和门禁系统。

⑤ 通风装置

设备用房拟设置机械通风设施，排风管道外口避免朝向人员活动密集区；拟设计排风量为 300m³/h，换气次数为 4 次/h。

⑥观察窗

通过观察窗可对设备内部工作情况进行监控。

10.1.4 人员的安全和防护

(1) 辐射工作人员

辐射工作人员在工作时应佩戴个人剂量计。当辐射水平达到设定的报警阈值时，个人剂量监测报警仪报警，辐射工作人员应立即离开辐射工作场所，同时禁止其他无关人员进入辐射工作场所，一旦发现应立即向辐射防护负责人报告。在实际工作中，为减少辐射工作人员的照射剂量，还可采取以下防护措施：

①屏蔽防护

X 射线 3D 检测仪设置有足够屏蔽防护能力的防护机柜，形成自密封屏蔽整体，以减弱射线对辐射工作人员的照射。

②时间防护

提高工作效率，尽量减少辐射工作人员接触射线的的时间。

③距离防护

尽量增大辐射工作人员与 X 射线源的距离。

(2) 其他工种

对其他公众也可采取屏蔽防护、时间防护和距离防护的方式。

10.2 法规符合情况

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定，现对北京航空航天大学从事本项目辐射活动能力评价列于表 10-3 和表 10-4。

表 10-3 项目执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求对照表

序号	许可管理办法要求	本项目落实情况	是否符合
1	应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	成立辐射安全领导小组，设有专职管理人员负责辐射安全与环境保护管理工作。	符合
2	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。	本项目拟配置 2 名辐射工作人员从事探伤工作，拟通过生态环境部培训平台报名并考核合格。	符合
3	使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体防卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及。	-
4	放射性同位素与射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	铅房拟装门机联锁；铅房外拟设工作警示灯和电离辐射警告标志等。X 射线 3D 检测仪设备用房入门处拟设置明显的电离辐射警告标志和门禁系统。	符合
5	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。	本项目拟新增 1 台辐射监测仪和 1 台个人剂量监测报警仪。	符合
6	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	有健全的规章制度、操作规程、岗位职责及辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。	符合
7	有完善的辐射事故应急措施。	对事故情况制定了《辐射应急预案》。	符合
8	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不涉及。	-

表 10-4 项目与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对照检查表

序号	安全和防护管理办法要求	本项目落实情况	是否符合
1	第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其出口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全连锁、报警装置或者工作信号。	铅房拟装门-机连锁；铅房外拟设工作警示灯和电离辐射警告标志等。X 射线 3D 检测仪设备用房入门处拟设置明显的电离辐射警告标志和门禁系统。	符合
2	第七条 放射性同位素被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。	本项目不涉及放射性同位素。	-
3	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	本项目拟新增 1 台辐射监测仪和 1 台个人剂量监测报警仪。拟委托有辐射水平监测资质单位每年对辐射工作场所及其周围环境进行 1 次监测。	符合
4	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。	学校于 2021 年 1 月 26 日向环保部门提交了 2020 年度评估报告。	符合
5	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。	本项目拟配置 2 名辐射工作人员从事探伤工作，拟通过生态环境部培训平台报名并考核合格。	符合
6	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，	建立辐射监测制度，监测报告存档；拟为从事辐射工作的人员配备个人剂量计。	符合

	并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。		
7	第二十四条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。	拟委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测。	符合

以上分析可知，建设单位从事本项目辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

10.3 三废的治理

10.3.1 废水治理措施

本项目不产生放射性废水，辐射工作人员产生的生活污水依托学校已有的环保设施进行处理。

10.3.2 废气治理措施

扫描过程中，设备内会产生少量的臭氧，经设备两侧通风口排出后，再通过设备用房西北角及西南角顶棚机械排风排出，对周围环境及辐射工作人员不会产生明显影响。

10.3.3 固废处理措施

本项目不产生危险废物及放射性废物，辐射工作人员产生的生活垃圾依托已有的环保设施进行处理，集中回收并交由环卫部门统一处理，不外排。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工活动对环境的影响主要是设备用房改造过程中产生的噪声、粉尘以及振动等，为了不影响周围环境，在设备用房改造过程中，将采取一些降噪、防尘措施。如在施工现场设置隔离带、设立声障，这样既可有效的减少扬尘的污染，又可降低噪声；合理安排施工时间，对振动较大的施工，尽量安排在下班或节假日进行。本项目是对原有房间进行改造，工程量小，无裸露地面，因此产生的扬尘相对较小，因此基本不影响单位和周围其他单位的正常工作。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目通过理论计算评价方法来预测运行期 X 射线 3D 检测仪建成投入使用后的辐射环境影响。

11.2.1 理论计算

1、计算公式及参数选取

为评价拟建X射线3D检测仪的辐射屏蔽设计方案，采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中关于探伤室辐射屏蔽的估算方法。

本项目 X 射线 3D 检测仪主射方向是定向扫描，方向为由下向上，因此对 X 射线 3D 检测仪主射方向以有用线束照射的主射面进行估算，而对其余方向则以泄漏辐射和散射辐射（非有用线束）照射进行估算；X 射线 3D 检测仪尺寸：1.57m（长）×1.5m（宽）×1.9m（高）；探伤工件为电子元器件，最大尺寸为 $\phi 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 。

根据建设单位的提供的资料，最大管电压为 160kV，最大管电流为 0.3804mA，本次环评预测分析在 X 射线 3D 检测仪正常工作的情况下对周围环境的影响。

（1）有用线束的屏蔽估算

本项目的关注点分布如图 11-1、11-2、11-3 所示：

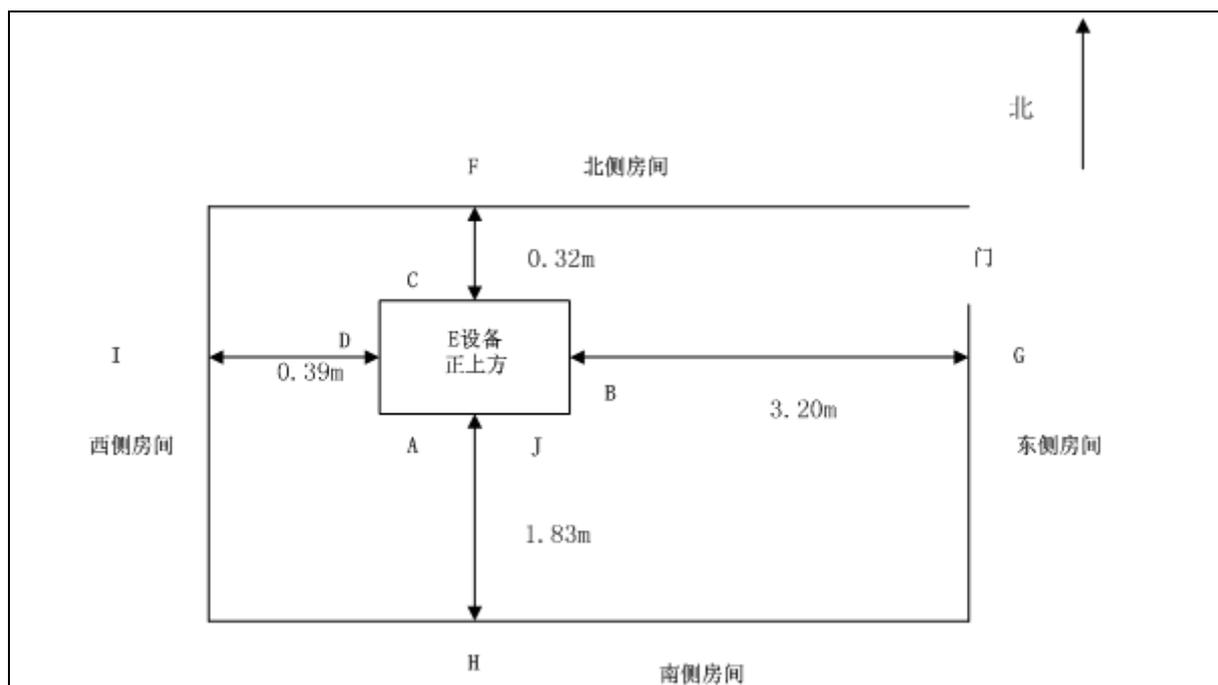


图 11-1 关注点分布示意图（一）

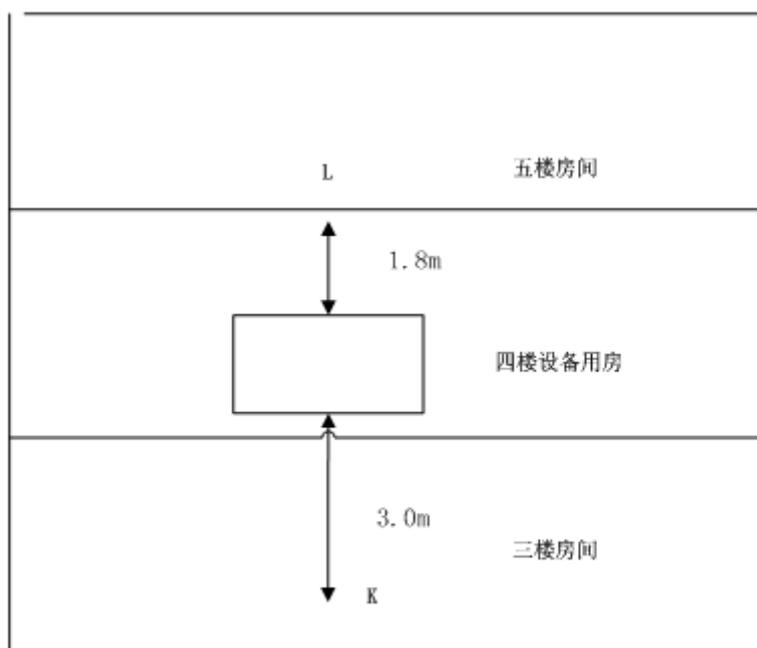


图 11-2 关注点分布示意图（二）

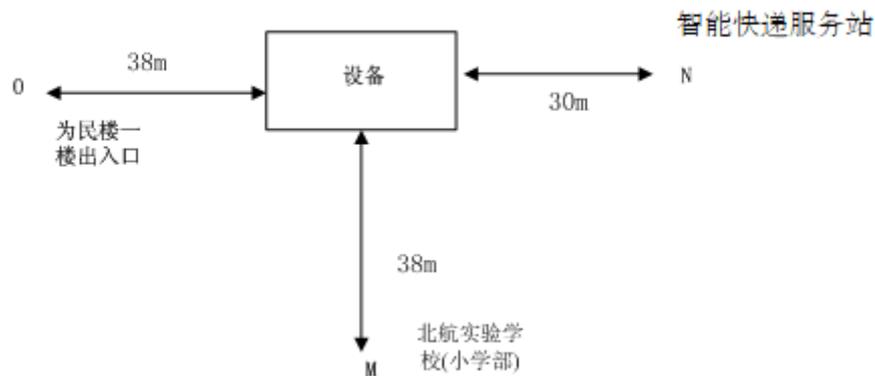


图 11-3 关注点分布示意图（三）

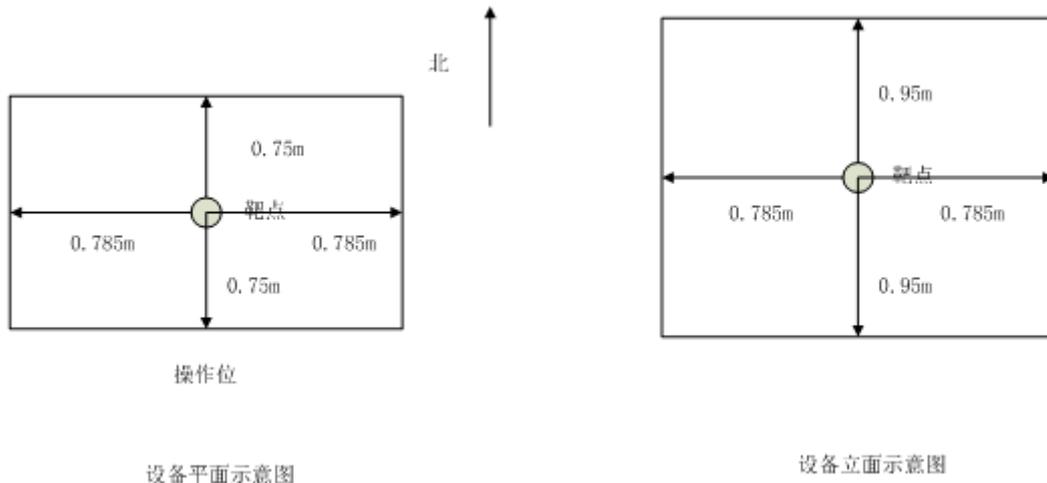


图 11-4 设备平面、立面示意图

①关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 (11-1) 计算:

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (11-1)$$

式中:

B : 屏蔽透射因子;

R : 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为 m ;

I : X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为 mA ;

H_0 : 距辐射源点 (靶点) $1m$ 处输出量, 单位为 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$, 为单位的值乘以 6×10^4 , 本项目保守估计, 取 $28.7\times 6\times 10^4=1.722\times 10^6$ (GBZ/250-2014);

以辐射原点 (靶点) 位于曝光室内部二分之一位置, 计算各面屏蔽体 (防护门)

关注点的辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表11-1。

表 11-1 X 射线 3D 检测仪主射方向辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	关注点描述	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$	R m	I mA	X mm	B $\times 10^{-5}$	\dot{H} $\mu\text{Sv}/\text{h}$
E	X射线3D检测仪设备正上方 30cm处	1.722×10^6	1.25	0.3804	6.3 (铅)	0.1	0.42
L	X射线3D检测仪上方办公室 (535、537) 距地面30cm处 *	1.722×10^6	3.05	0.3804	6.3 (铅)*	0.1	0.07

*相邻房间未进行辐射屏蔽设计，保守估算时仅考虑铅房的屏蔽作用。

在 X 射线 3D 检测仪正常工作下，主射方向辐射剂量率贡献值为 $0.42 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)规定的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

(2) 泄漏辐射和散射辐射屏蔽估算

对于给定屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按下面公式 (11-2) 计算，

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

式中：

X：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位，单位为 mm；

TVL：半值层厚度，单位为 mm。

表 11-2 X 射线束在铅中的半值层厚度

X射线管电压 (kV)	半值层厚度TVL
	铅, mm
150	0.96
200	1.4
250	2.9
300	5.7
400	8.2

注：表 11-2 摘自 GBZ/T250-2014 附表 B.2

根据表 11-2，利用内插法计算本项目 X 射线在铅中的半值层厚度见表 11-3。

表 11-3 本项目 X 射线束在铅中的什值层厚度

X射线管电压 (kV)	什值层厚度TVL
	铅, mm
160	1.05

① 泄漏辐射屏蔽的估算方法如下:

泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} , 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$) 可按下式计算:

$$\dot{H} = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \quad (11-3)$$

式中:

B : 屏蔽透射因子;

R : 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为 m 。

H_L : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位为 $\mu\text{Sv/h}$, 取值见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 表 1, 本项目保守取值 2.5×10^3 。

② 散射辐射屏蔽的估算方法如下:

对于给定屏蔽物质厚度 X , 相应的辐射屏蔽透射因子 B , 确定 90° 散射辐射的 TVL 关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 (11-4) 计算:

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

式中:

R : 散射体至关注点的距离, 单位为 m

B : 屏蔽透射因子;

I : X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为: mA ;

H_0 : 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, 单位为 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$, 此处取值为 $28.7 \times 6 \times 10^4 = 1.722 \times 10^6$;

R_0 : 辐射源点 (靶点) 至探伤件的距离; F : R_0 处的辐射野面积, α : 散射因子,

$\frac{F \cdot a}{R_0^2}$: 本项目取 1/50。

泄漏辐射计算结果见表 11-4，散射辐射计算结果见表 11-5。

表 11-4 X 射线 3D 检测仪非主射方向泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	关注点描述	H_L $\mu\text{Sv/h}$	R m	X mm	TVL mm	B	\dot{H} $\mu\text{Sv/h}$
A	X 射线 3D 检测仪设备南侧外表面 30cm 处（操作位）	2.5×10^3	1.05	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	2.27×10^{-3}
B	X 射线 3D 检测仪设备东侧外表面 30cm 处	2.5×10^3	1.085	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	2.12×10^{-3}
C	X 射线 3D 检测仪设备北侧外表面 30cm 处	2.5×10^3	1.05	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	2.27×10^{-3}
D	X 射线 3D 检测仪设备西侧外表面 30cm 处	2.5×10^3	1.085	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	2.12×10^{-3}
F	X 射线 3D 检测仪北侧实验室（43303）墙外表面 30cm 处*	2.5×10^3	1.37	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	1.33×10^{-3}
G	X 射线 3D 检测仪东侧实验室（433）墙外表面 30cm 处*	2.5×10^3	4.285	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	1.36×10^{-4}
H	X 射线 3D 检测仪南侧实验室（43301）墙外表面 30cm 处*	2.5×10^3	2.88	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	3.01×10^{-4}
I	X 射线 3D 检测仪西侧办公室（429）墙外表面 30cm 处*	2.5×10^3	1.475	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	1.14×10^{-3}
J	X 射线 3D 检测仪观察窗外 30cm 处	2.5×10^3	1.05	4.6 铅	1.05 铅	4.16×10^{-5}	9.43×10^{-2}
K	X 射线 3D 检测仪下方实验室（325）距地面 100cm 处*	2.5×10^3	3.95	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	1.60×10^{-4}
M	北航实验学校(小学部)操场*	2.5×10^3	38.75	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	1.66×10^{-6}
N	智能快递服务站*	2.5×10^3	30.785	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	2.62×10^{-6}
O	为民楼 1 楼南出入口*	2.5×10^3	38.785	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	1.66×10^{-6}

*正上方、正下方、相邻房间未进行辐射屏蔽设计，保守估算时仅考虑铅房的屏蔽作用。

表 11-5 X 射线 3D 检测仪非主射方向散射辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	关注点描述	H_L $\mu\text{Sv/h}$	I (mA)	R m	X mm	TVL mm	B	\dot{H} $\mu\text{Sv/h}$
A	X 射线 3D 检测仪设备南侧外表面 30cm 处（操作位）	1.722×10^6	0.3804	1.05	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	1.19×10^{-2}

B	X射线3D检测仪设备东侧外表面30cm处	1.722×10^6	0.3804	1.085	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	1.11×10^{-2}
C	X射线3D检测仪设备北侧外表面30cm处	1.722×10^6	0.3804	1.05	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	1.19×10^{-2}
D	X射线3D检测仪设备西侧外表面30cm处	1.722×10^6	0.3804	1.085	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	1.11×10^{-2}
F	X射线3D检测仪北侧实验室(43303)墙外表面30cm处*	1.722×10^6	0.3804	1.37	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	6.98×10^{-3}
G	X射线3D检测仪东侧实验室(433)墙外表面30cm处*	1.722×10^6	0.3804	4.285	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	7.13×10^{-4}
H	X射线3D检测仪南侧实验室(43301)墙外表面30cm处*	1.722×10^6	0.3804	2.88	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	1.58×10^{-3}
I	X射线3D检测仪西侧办公室(429)墙外表面30cm处*	1.722×10^6	0.3804	1.475	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	6.02×10^{-3}
J	X射线3D检测仪观察窗外30cm处	1.722×10^6	0.3804	1.05	4.6 铅	1.05 铅	4.16×10^{-5}	4.94×10^{-1}
K	X射线3D检测仪下方实验室(325)距地面100cm处*	1.722×10^6	0.3804	3.95	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	8.40×10^{-4}
M	北航实验学校(小学部)操场*	1.722×10^6	0.3804	38.75	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	8.72×10^{-6}
N	智能快递服务站*	1.722×10^6	0.3804	30.785	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	1.38×10^{-5}
O	为民楼1楼南出入口*	1.722×10^6	0.3804	38.785	6.3 铅	1.05 铅	1.0×10^{-6}	8.71×10^{-6}

*正上方、正下方、相邻房间未进行辐射屏蔽设计，保守估算时仅考虑铅房的屏蔽作用。

表 11-6 X 射线 3D 检测仪四周辐射剂量率水平预测结果 单位: (μ Sv/h)

关注点	关注点描述	主射辐射	泄漏辐射	散射辐射	合计
A	X射线3D检测仪设备南侧外表面30cm处(操作位)	/	2.27×10^{-3}	1.19×10^{-2}	1.42×10^{-2}
B	X射线3D检测仪设备东侧外表面30cm处	/	2.12×10^{-3}	1.11×10^{-2}	1.32×10^{-2}
C	X射线3D检测仪设备北侧外表面30cm处	/	2.27×10^{-3}	1.19×10^{-2}	1.42×10^{-2}

D	X 射线 3D 检测仪设备西侧外表面 30cm 处	/	2.12×10^{-3}	1.11×10^{-2}	1.32×10^{-2}
E	X 射线 3D 检测仪设备正上方 30cm 处	0.42	/	/	4.20×10^{-1}
F	X 射线 3D 检测仪北侧实验室 (43303) 墙外表面 30cm 处	/	1.33×10^{-3}	6.98×10^{-3}	8.31×10^{-3}
G	X 射线 3D 检测仪东侧实验室 (433) 墙外表面 30cm 处	/	1.36×10^{-4}	7.13×10^{-4}	8.49×10^{-4}
H	X 射线 3D 检测仪南侧实验室 (43301) 墙外表面 30cm 处	/	3.01×10^{-4}	1.58×10^{-3}	1.88×10^{-3}
I	X 射线 3D 检测仪西侧办公室 (429) 墙外表面 30cm 处	/	1.14×10^{-3}	6.02×10^{-3}	7.16×10^{-2}
J	X 射线 3D 检测仪观察窗外 30cm 处	/	9.43×10^{-2}	4.94×10^{-1}	5.88×10^{-1}
K	X 射线 3D 检测仪下方实验室 (325) 距地面 100cm 处	/	1.60×10^{-4}	8.40×10^{-4}	1.00×10^{-3}
L	X 射线 3D 检测仪上方办公室 (535、537) 距地面 30cm 处	0.07	/	/	7.00×10^{-2}
M	北航实验学校(小学部)操场	/	1.66×10^{-6}	8.72×10^{-6}	1.03×10^{-5}
N	智能快递服务站	/	2.62×10^{-6}	1.38×10^{-5}	1.64×10^{-5}
O	为民楼 1 楼南出入口	/	1.66×10^{-6}	8.71×10^{-6}	1.03×10^{-5}

因此, 本项目 X 射线 3D 检测仪正常工作时, X 射线 3D 检测仪四周的周围剂量当量率最大为 $0.588\mu\text{Sv/h}$, X 射线 3D 检测仪防护屏蔽性能满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015) 规定的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 要求。

(3) 探伤室外有关人员辐射年有效剂量估算

① 居留因子的选取

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的要求, 不同场所条件下的居留因子取值见表 11-7。

表 11-7 不同场所的居留因子

场所	居留因子 T	停留位置
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

② 剂量估算

按照联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) --2000 年报告附录 A, X 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算:

$$H_{E-r} = \dot{H} \times t \times 10^{-3} (mSv/a) \quad (11-5)$$

式中：

H_{E-r} ：X 射线外照射人均年有效剂量当量， mSv/a ；

\dot{H} ：关注点的剂量率， $\mu Sv/h$ ；

t ：X 射线照射时间， h/a ；

根据建设单位提供的资料，本项目拟设置 2 名辐射工作人员，检测时每天出束时间约 1-2h，年工作 150-250d，则设备年工作最长时间为 500h。

由前面预测计算出各关注点的辐射剂量率贡献值和 X 射线 3D 检测仪的出束年累积时间，并考虑相关的居留因子计算了辐射工作人员和公众的年剂量，具体见表 11-8。

表 11-8 X 射线 3D 检测仪运行时周围辐射工作人员和公众的年剂量估算值

关注点	关注点辐射剂量率 $\mu Sv/h$	居留因子 T	出束时间 h	年剂量估算值 mSv/a	关注人群
X 射线 3D 检测仪设备用房 (43302)	0.588	1	500	0.294	辐射工作人员
北侧实验室 (43303)	8.31×10^{-3}	1		公众	
东侧实验室 (433)	8.49×10^{-4}	1		公众	
南侧实验室 (43301)	1.88×10^{-3}	1		公众	
西侧办公室 (429)	7.16×10^{-2}	1		公众	
办公室 (535、537)	7.00×10^{-2}	1		公众	
实验室 (325)	1.00×10^{-3}	1		公众	
北航实验学校 (小学部)操场	1.03×10^{-5}	1/4		公众	
智能快递服务站	1.64×10^{-5}	1/4		公众	
为民楼 1 楼南出入口	1.03×10^{-5}	1/4		公众	

由表 11-8 可知，辐射工作人员最大年剂量为 $0.294mSv/a$ ，公众最大年剂量为 $0.0358mSv/a$ 。

③原有辐射设备叠加影响

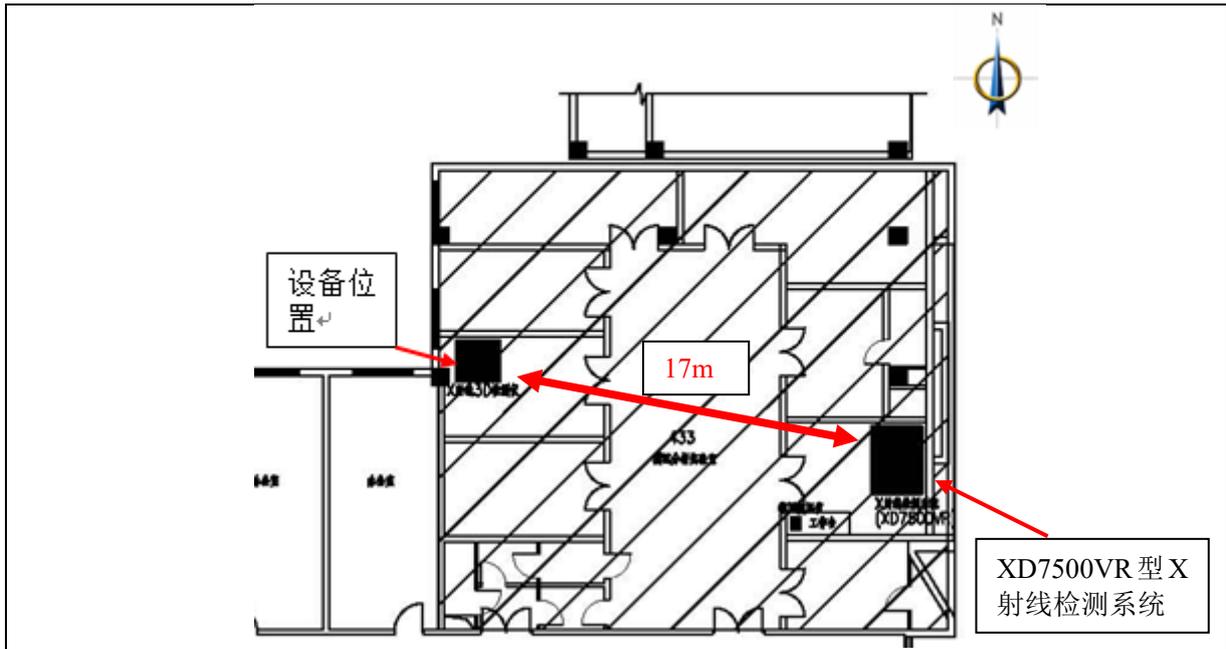


图 11-5 现有设备与本项目设备位置示意图

本项目增加的 X 射线 3D 检测仪位于 4 层 433 室西侧 43302 房间；433 室东侧 43307 实验室现有 1 台 XD7500VR 型 X 射线检测系统，属 III 类射线装置，其设备外表面 5cm 辐射剂量率最大值为 $0.202 \mu\text{Sv/h}$ （距源点约 1m，检测报告见附件 7）；两设备相距 17m，经距离平方衰减后为对本项目公众的年剂量影响很小，故本项目的公众的年剂量估算不考虑现有装置的影响。

本项目辐射工作人员拟操作现有 XD7500VR 型 X 射线检测系统；根据附件 3，操作 XD7500VR 型 X 射线检测系统辐射工作人员 2020 度年剂量最大值为 0.136mSv （见附件 3），保守估计叠加本项目辐射环境影响后，本项目辐射工作人员最大年剂量为 0.43mSv/a 。

综上，辐射工作人员最大年剂量为 0.43mSv/a ，公众最大年剂量为 0.0358mSv/a ；符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应“剂量限值”的要求和本次评价提出的剂量约束值（辐射工作人员 2mSv/a ，公众 0.1mSv/a ）要求。

11.2.2 其它污染物对环境的影响分析

本项目 X 射线 3D 检测仪在运行过程中会产生少量的臭氧，本项目每次扫描时长约 3-5min，然后需要取出探伤工件并对数据进行分析，分析完成后进行下一次的探伤工作，期间间隔大约 30-60min。由于每次扫描时长很短，X 射线 3D 检测仪铅房内产生的臭氧量也比较少，很快通过铅房两侧通风口排出。根据现场调查，本项目设备用房西北角及西南角顶棚设置了机械排风，机械排风将室内空气排出；本项目产生的臭

氧排入大气环境后，经自然分解和稀释，对大气环境的影响符合国家标准的要求。

11.3 异常事件分析与防范建议

11.3.1 潜在的辐射事故

(1) 联锁装置失效

由于联锁装置失效，铅防护门未关闭或 X 射线系统工作时铅防护门被开启，在检测仪工作时，射线仍然能发射，造成射线外泄，可能对辐射工作人员及公众产生大剂量照射；

(2) 出现较预定值更高的束流强度

电器元件故障，电源不稳，控制器失误等原因使束流加大，造成过压，导致高强度束流射向铅房（有可能不足以屏蔽）。

(3) 出现机械故障

在 X 射线 3D 检测仪出束前，关闭屏蔽挡板过程中，有杂物卡住屏蔽挡板，导致屏蔽挡板未关严，造成射线泄漏。

(4) 人员失误

不了解 X 射线机的基本结构和性能，缺乏操作经验和防护知识，安全观念淡薄，违反操作规程和有关规定，操作失误，造成设备损坏；管理不善、领导失察等，人为失误是造成辐射事故的最大原因。

11.3.2 事故风险预防处理措施

(1) 检修、调试应有专业技术人员进行，绝不允许随便拆走系统屏蔽材料；

(2) 定期检查检测系统的工作警示灯及联锁装置的有效性，发现故障及时排除，严禁违规操作；

(3) 为设备提供稳压电源，过压、欠压及过流报警，消除电流冲击；

(4) X 射线 3D 检测仪工作时，周围随时有辐射工作人员工作，发现问题及时关闭高压发生器；

(5) 配备辐射监测仪及个人剂量监测报警仪，并使其处于完好状态；

(6) 辐射工作人员必须加强学习，加强防护知识培训，加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守规章制度和操作规程，管理人员强化管理。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

北京航空航天大学现已成立了辐射安全领导小组；辐射安全与防护管理工作实行学校、二级单位（教学科研二级单位与校医院）、辐射工作场所（实验室与放射科室）三级管理制度，责任落实到人。学校科研工作委员会负责统筹协调全校辐射安全与防护工作。

表 12-1 学校管理机构人员名单

职位	姓名	职务或职称	工作部门	联系电话	专/兼职
委员长	徐惠彬	校长	学校	82317584	兼职
副委员长	王荣桥	校长助理	科学技术研究院	82315933	兼职
常务委员	刘刚	处长	实验室建设与管理处	82315852	兼职
委员	高静	党总支副书记	校医院	82317761	兼职
委员	马朝利	分党委书记	材料科学与工程学院	82338780	兼职
委员	韩慧瑜	分党委书记	生物与医学工程学院	82339429	兼职
委员	王自力	分党委书记	可靠性与系统工程学院	82316750	兼职
委员	李广超	分党委书记	物理学院	61716756	兼职
委员	李红捷	分党委书记	化学学院	82317615	兼职
委员	孙毅	处长	安全保卫处	82317119	兼职
委员	肖洪	分党委书记	后勤保障处	82317080	兼职
委员	徐震	副处长	实验室与设备管理处	82339723	专职

辐射安全与防护领导小组主要职责包括：

- (1) 贯彻执行国家有关法律法规及标准，制定学校辐射安全和防护工作方针和规划。
- (2) 组织制订并实施学校有关辐射安全和防护管理规章制度。
- (3) 支持经费投入，保证经费投入的有效实施。
- (4) 组织开展学校辐射安全检查及隐患整改。
- (5) 组织制订辐射事故应急预案并定期开展应急演练，辐射事故发生时启动应急

预案并协助上级主管部门做好事故处置。

(6) 指导学校有关部门履行工作职责，配合并接受上级主管部门的监督管理。

本项目实施后，将依托现有的辐射安全管理体系，可满足管理要求。

12.2 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》，使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。学校已制定了《辐射安全管理体系和岗位职责》、《辐射防护安全操作规程》、《辐射安全防护及安管理细则》、《设备检修维护制度》、《辐射工作培训制度》、《台账管理制度》、《辐射监测方案》和《辐射事故应急预案》。

建设单位已制定的各项管理制度具有较好的可行性，本项目实施后，学院拟将本项目的相关内容纳入现有管理制度体系中。只要在日常工作中严格落实，即能够满足本项目的管理。

12.3 辐射工作人员的培训

根据生态环境部《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》（2019年，第57号）的相关要求，自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

本项目拟配置辐射工作人员2名，配备的辐射工作人员拟在上岗前参加辐射安全与防护知识培训，并取得培训合格证书后上岗。在岗期间，接受五年一次的再培训。

12.4 辐射监测

12.4.1 辐射监测要求

学校按照国家和北京市有关管理规定，配备个人防护用品和个人剂量计，同时配备必要的辐射监测仪器对工作场所及周围环境进行辐射监测。个人剂量监测报警仪应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，在辐射水平较高或者可能突然升高的地方工作时，辐射工作人员应使用个人剂量监测报警仪。在项目运行过程中，学校将定期对项目中涉及的辐射屏蔽措施进行检查，每年委托具有资质的监测机构对工作场所辐射水平进行监测，判断射线装置是否处于有效屏蔽状态，防止意外发生。工作场所辐射监测报告随本单位辐射安全和防护年度评估报告一并提交北京市生态环境局。

12.4.2 个人剂量监测

学校制定了辐射工作人员个人剂量监测管理制度，所有从事放射性工作的辐射工作人员均佩戴 TLD 个人剂量计，按每季度 1 次的频度，按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令 18 号）要求建立个人剂量档案。

12.4.3 工作场所和辐射环境监测

学校已制定辐射工作场所监测方案。监测方案包括工作场所辐射水平监测和环境辐射水平监测；包括实施部门、监测项目、点位及频次等，辐射工作场所的辐射环境监测记录或报告。

12.4.4 辐射监测计划

本项目辐射监测方式包括竣工环境保护验收监测和运行期辐射监测。监测报告和监测记录妥善保存。学校配备辐射监测设备开展监测，同时委托有监测资质的单位进行辐射工作场所及周围环境辐射监测。本项目辐射监测计划见表 12-2 所示，监测点位图见图 12-1。本项目拟新增 1 台辐射监测仪器。

表 12-2 辐射监测计划

监测方式	监测项目	监测频度	监测范围	备注
验收监测	X- γ 周围剂量当量率	试运行后 3 个月内委托有资质的单位监测	X 射线 3D 检测仪铅房四周、防护门、观察窗及邻近区域。	
自行监测	X- γ 周围剂量当量率	定期监测，每季度至少一次；	同上	
委托监测	X- γ 周围剂量当量率	每年一次，委托有资质的单位监测	同上	
	职业性外照射个人剂量	每个季度送有资质的单位监测	辐射工作人员	

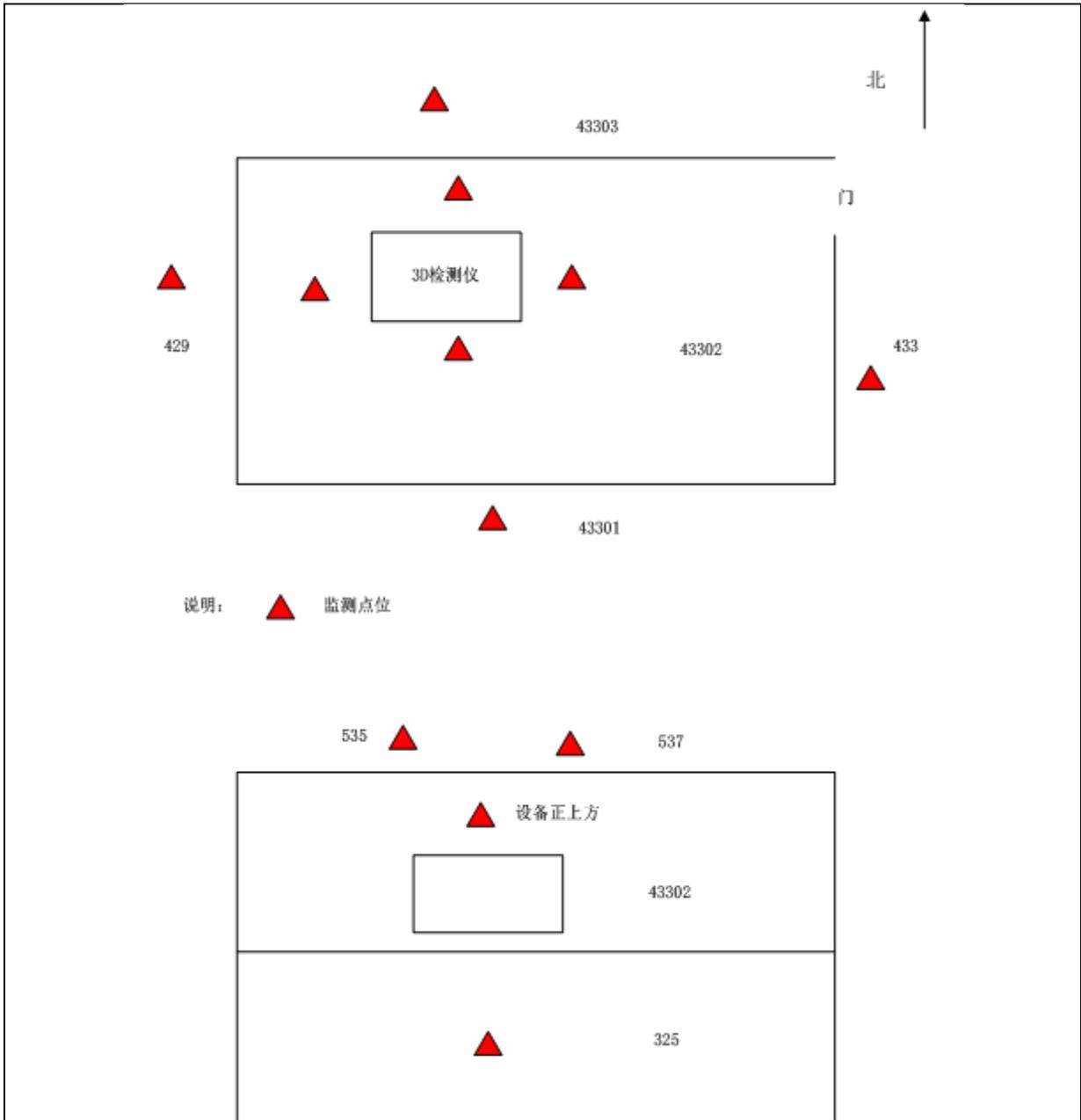


图12-1 辐射监测点位示意图

12.5 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和《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》的规定，一旦发生辐射事故，立即启动辐射事故应急预案，并采取必要的应急措施。

学校已制定了辐射应急预案，明确了应急指挥机构的职责、人员组成和分工，规定了应急部门及人员职责要求，发生辐射事故时的报告、通讯联络方式、应急处理方法和救援管理规定和要求。学校每年组织一次辐射事故应急处理演练；该预案能够满

足本项目的需求。

12.6 环境保护竣工验收建议内容

依据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（环境保护部，国环规环评〔2017〕4 号）和北京市环境保护局相关规定，建设单位应当按照环境保护行政主管部门规定的标准和程序，组织对建设项目配套建设的环境保护设施进行验收，并编制验收报告。建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。建设单位对受委托的技术机构编制的验收监测（调查）报告结论负责。

根据项目实际情况，评价单位建议本项目竣工环保验收的内容见表12-3。

表 12-3 项目竣工环境保护验收内容建议表

验收内容	验收要求
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剂量约束值执行 2mSv/a；公众剂量约束值执行 0.1 mSv/a。
剂量率控制水平	铅房外表面30cm的剂量率不大于2.5 μ Sv/h。
电离辐射标志和中文警示	铅房外贴有电离辐射警告标志和中文警示。
布局与屏蔽设计	辐射工作场所建设和布局与环评报告表描述内容一致。铅房防护门和观察窗的屏蔽能力满足辐射防护的要求。
辐射安全设施	铅房设有安全联锁、工作警示灯等。
监测仪器	拟新增1台辐射监测仪和1台辐射剂量监测报警仪。
规章制度	已经制定有各项安全管理制度、操作规程、辐射工作人员培训计划等。辐射安全管理制度和操作规程得到宣贯和落实。
人员考核	辐射工作人员进行个人剂量监测，建立健康档案；辐射工作人员拟参加生态环境部培训平台报名并考核合格。
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。针对使用射线装置过程中可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急装备。进行过辐射事故（件）应急演练。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 工程项目概况

北京航空航天大学拟在北京市海淀区学院路北京航空航天大学为民楼 4 层东侧 433 室 43302 房间新增使用 1 台 X 射线 3D 检测仪，设备属 II 类射线装置，用于对电子元器件进行无损检查。

13.1.2 实践正当性分析

本项目新增使用 1 台 X 射线 3D 检测仪，目的是为了对电子元器件进行无损检测，其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的“剂量限值”和本次评价提出的剂量约束值（辐射工作人员 2mSv/a，公众 0.1mSv/a）要求。因而，只要按规范操作，建设单位使用 X 射线 3D 检测仪是符合辐射防护“正当实践”原则。因此，本项目使用 X 射线 3D 检测仪的目的是正当可行的。

13.1.3 选址合理性

本项目位于北京航空航天大学为民楼 4 层东侧 433 室 43302 房间，X 射线 3D 检测仪铅房周围 50m 范围内除北航实验学校(小学部)操场（距离 38m）外无环境敏感区域，且 X 射线 3D 检测仪铅房考虑了工作场所及周围场所的屏蔽防护与安全，故其选址是合理可行的。

13.1.4 主要环境问题

本项目 X 射线 3D 检测仪运行时产生 X 射线对周围环境以及辐射工作人员、公众等产生的影响。

13.1.5 环境影响分析

本项目运行期间，辐射工作人员受照剂量为 0.43mSv/a，小于辐射工作人员剂量约束值 2mSv/a；周围公众受照剂量最大值为 0.0358mSv/a，小于公众剂量约束值 0.1 mSv/a。

13.1.6 辐射安全和放射防护管理

(1) 学校设有辐射安全领导小组，负责学校的辐射安全管理和监督工作。制定有辐射安全管理制度、岗位职责、安全保卫制度、人员培训制度、辐射安全事故应急预案等；

(2) 进行分区管理：辐射工作场所分为控制区和监督区；

(3) 辐射工作场所辐射工作人员按要求佩戴个人剂量计，并严格实施辐射工作人员个人剂量检测计划，每季度检测一次，建立个人剂量档案；

(4) 本项目拟配置辐射工作人员 2 名，配备的辐射工作人员拟在上岗前参加辐射安全与防护知识培训，并取得培训合格证书后上岗。在岗期间，接受五年一次的再培训；

(5) 制定环境辐射水平和工作场所监测计划，并存档；委托有资质的监测单位进行工作场所和环境监测，监测频次为 1 次/年；

(6) 安全连锁系统：拟设置门机连锁系统，同时拟设置紧急制动按钮等措施；

(7) 警示标识：铅房显著位置上标有电离辐射警告标识及中文警示说明。

综上所述，北京航空航天大学开展新增使用 1 台 II 类射线装置项目，在落实项目实施方案及辐射安全与防护措施后，其运行对辐射工作人员、公众和环境产生的辐射影响，符合环境保护的要求。从辐射环境保护角度论证，本项目建设是可行的。

13.2 建议和承诺

(1) 项目严格按照报批的设备类型、数量、场所建设，项目竣工后，按照国家相关法律法规尽快进行验收。

(2) 接受生态环境主管部门的监督检查。

(3) 按要求每年向发证机关提交本单位辐射安全和防护年度评估报告。

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