

编号: ZFHK-FB21220121

核技术利用建设项目

新增使用Ⅱ类射线装置项目

环境影响报告表



生态环境部监制

## 核技术利用建设项目

### 新增使用Ⅱ类射线装置项目

### 环境影响报告表

建设单位名称：北京师范大学

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：北京市海淀区新街口外大街 19 号

邮政编码：100091

联系人：仝金辉

电子邮箱：jhtong@mail.bnu.edu.cn 联系电话：13717783031

## 目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	9
表 3 非密封放射性物质.....	9
表 4 射线装置.....	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	11
表 6 评价依据.....	12
表 7 保护目标与评价标准.....	14
表 8 环境质量和辐射现状.....	19
表 9 项目工程分析与源项.....	23
表 10 辐射安全与防护.....	27
表 11 环境影响分析.....	36
表 12 辐射安全管理.....	44
表 13 结论与建议.....	48
表 14 审批.....	51

**表1 项目基本情况**

建设项目名称	新增使用II类射线装置					
建设单位	北京师范大学					
法人代表	董奇	联系人	全金辉	联系电话	13717783031	
注册地址	北京市海淀区新街口外大街 19 号					
项目建设地点	北京市海淀区学院南路 12 号 57 号实验楼一层					
立项审批部门	/		批准文号	/		
建设项目总投资（万元）	645	项目环保投资（万元）	10	投资比例(环保投资/总投资)	1.6%	
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它（迁建）			占地面积(m <sup>2</sup> )	57.6	
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	/				

## 1.1 项目概述

### 1.1.1 建设单位简介

北京师范大学（Beijing Normal University）是中华人民共和国教育部直属、教育部与北京市共建的全国重点大学，位列“双一流”、“985工程”、“211工程”，国家“七五”、“八五”首批重点建设十所大学之一，首批学位授权自主审核单位；为中国高校行星科学联盟、京港大学联盟、粤港澳大湾区物流与供应链创新联盟成员；入选“珠峰计划”、“强基计划”、“2011计划”、“111计划”、“国培计划”、卓越法律人才培养计划、卓越教师培养计划、国家大学生创新性实验计划、国家级大学生创新创业训练计划、国家建设高水平大学公派研究生项目。

学校的前身是 1902 年创立的京师大学堂师范馆，1908 年改称京师优级师范学堂，

独立设校，1912年改名为北京高等师范学校。1923年学校更名为北京师范大学。1931年、1952年北平女子师范大学、辅仁大学先后并入北京师范大学。1959年，被中央确定为首批全国重点大学。2017年，学校进入国家“世界一流大学”建设A类名单。

### 1.1.2 项目建设目的和任务由来

目前，微纳米X射线工业CT检测设备已经广泛应用于材料、地质、考古及其他方面的研究，并取得了显著成果。设备主要用于土壤、植物根系、微生物及其它方面的研究，能够无损地再现样本的微观结构，并进行相应的计算分析。近年来，结合VGMax等图像处理软件，能够在主要功能无损条件下实现土壤、植物根系及微生物群落空间结构的三维可视化和空间量化，并能模拟土壤及微生物群落结构演变、植物根系生长、水分及溶质运移等。

本项目高精度微焦点X射线三维检测系统包括1台蔡司CT METROTOM 1500 225kV G3型微纳米X射线工业CT设备（下文简称“工业CT设备”）及配套附属设施，检测系统最大管电压为225kV，最大管电流为3mA，检测系统自带铅房。对照《射线装置分类》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号），本项目1台工业CT设备属于工业用X射线计算机断层扫描（CT）装置，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。

北京师范大学委托中辐环境科技有限公司开展“新增使用II类射线装置项目”的环境影响评价工作（委托书见附件1）。在接受委托后，环评单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集等工作，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。

### 1.1.3 项目建设内容和规模

建设单位在北京师范大学南院57号实验楼（地上4层，无地下层）一层西北侧新建土壤—微生物结构分析及虚拟实验平台（下文简称“实验室”），实验室长9.6m×宽6.0m×高3.2m，占地面积约57.6m<sup>2</sup>，配备1台型号为CT METROTOM 1500 225kV G3工业CT设备进行无损检测工作，为II类射线装置。设备自带防护铅房，铅房长3700mm×宽1810mm×高2440mm，实验室无需屏蔽防护。本项目设备无需工作人员

进入防护铅房内摆件，设备工作台位于铅房东侧。

射线装置主要技术参数信息见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置一览表

设备名称	型号	类别	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	备注
微纳米 X 射线工业 CT 设备	CT METROTOM 1500 225kV G3	II类	1	225	3	设备自带铅房设计出束由左向右

#### 1.1.4 劳动定员及工作制度

本项目配备 1 名已参加辐射安全与防护培训考核的辐射工作人员，每年工作 300 天。

#### 1.1.5 工作负荷

本设备主要检测样品为土壤，每次检测累积曝光时间 100min，每周最多检测 24 批次。因此本项目设备周曝光工作时间为 40h，年曝光工作时间为 1000h。

### 1.2 项目选址及周边环境保护目标

#### 1.2.1 项目地理位置

北京师范大学南院位于北京市海淀区学院南路 12 号，东侧南侧均为红联东村路，西侧为文慧园北路，北侧为学院南路。地理位置见附图 1，周边环境关系详见附图 2。

#### 1.2.2 项目周边环境关系

本项目实验室位于北京师范大学南院 57 号实验楼一层西北侧。实验楼东侧为京师科技大厦 B 座，南侧为京师科技大厦 C 座，西侧和北侧均为师大科技园，北京师范大学南院总平面图见图 1-1。



**图 1-1 北京师范大学南院平面布置图**

实验室东侧紧邻实验楼内过道，南侧紧邻高纯锗 $\gamma$ 能谱仪室，西侧5m为师大科技园101办公室，北侧紧邻师大科技园118办公室，距学院南路乙12号院2号楼居民区16m（铅房距学院南路乙12号院2号楼居民区16.7m），上方为沉积学实验室和植被成像光谱分析室。本项目设备工作台位于实验室内南面。

### 1.2.3 选址合理性分析

本项目实验室位于北京师范南院57号实验楼一层西北端，利用实验楼现有实验室，不新增用地，项目为学校科研项目土壤检测，其选址符合学校现有实验操作便利性，实验室周围50m范围内主要为学校内部建筑物、道路以及校外居民区，通过后文环境影响分析可知，经辐射屏蔽措施后，本项目的运行对周围环境的影响是可接受的。综上所述，本项目的选址是合理的。

## 1.3 核技术利用现状

北京师范大学已取得了生态环境部颁发的辐射安全许可证（国环辐证[00225]），有效期至2023年9月30日，见附件2，许可的种类和范围是：使用I类、II类、III类、IV类、V放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。详细情况见表1-2~表1-4。

表 1-2 已许可的放射源情况

序号	核素	类别(类)	活度(Bq)	活动种类
1	Fe-55	V类	1.0E+8	使用
2	Br-82	V类	2E+8	使用
3	Co-60	V类	3.3E+7	使用
4	Mn-54	V类	1.0E+3	使用
5	Cs-137	V类	7.7E+8	使用
6	Sr-90(Y-90)	V类	1.49E+5	使用
7	Se-75	V类	3.5E+8	使用
8	Ra-226	V类	4.0E+7	使用
9	Am-241	V类	1.5E+8	使用
10	Co-60	I类	1.5E+8	使用
11	Co-60	V类	1.1E+15	使用
12	Eu-152	V类	3.7E+7	使用
13	Cs-134	V类	1.1E+8	使用
14	Na-22	V类	3.0E+6	使用
15	Sr-90	V类	3.7E+8	使用
16	Sr-90	V类	2.8E+9	使用
17	Ba-133	V类	2E+8	使用
18	Pu-238	IV类	2.8E+9	使用
19	Y-88	V类	1E+8	使用
20	Cs-137	V类	5.5E+7	使用

表 1-3 已许可的非密封放射性物质情况

序号	场所等级	核素	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	活动种类
1	乙级	I-123	3.7E+6	3.7E+10	使用
2	乙级	Sc-47	3.7E+7	3.7E+10	使用
3	乙级	Sc-44	3.7E+6	3.7E+10	使用
4	乙级	Y-90	3.7E+8	7.4E+11	使用
5	乙级	Re-188	3.7E+8	7.4E+11	使用
6	乙级	Sm-153	3.0E+7	4.5E+10	使用
7	乙级	Re-186	3.7E+7	3.7E+10	使用
8	乙级	Zn-62(Cu-62)	3.0E+7	3.0E+10	使用
9	乙级	In-113n	3.0E+7	3.0E+10	使用
10	乙级	C-14	3.0E+7	3.0E+11	使用
11	乙级	P-32	3.0E+7	3.0E+10	使用
12	乙级	Lu-177	3.7E+7	3.7E+10	使用
13	乙级	In-111	3.7E+7	3.7E+10	使用
14	乙级	Ga-67	3.7E+7	3.7E+10	使用
15	乙级	Sr-90	3.7E+6	3.7E+9	使用
16	乙级	W-188(Re-188)	3.7E+6	3.7E+9	使用
17	乙级	Mo-99	7.4E+6	1.48E+12	使用
18	乙级	Zr-89	3.7E+7	3.7E+10	使用
19	乙级	I-131	3.0E+7	4.5E+10	使用
20	乙级	I-125	3.0E+7	4.5E+10	使用
21	乙级	I-124	3.0E+7	3.0E+10	使用
22	乙级	Tc-99m	7.4E+7	1.48E+12	生产, 使用

23	乙级	Tc-99	3.0E+7	1.5E+10	使用
24	乙级	Ge-68(Gn-68)	3.0E+7	1.5E+10	使用
25	乙级	Tl-201	3.7E+7	3.7E+10	使用
26	乙级	Cu-64	3.0E+7	1.5E+10	使用
27	乙级	H-3	3.0E+7	4.5E+11	使用
28	乙级	F-18	3.7E+8	3.0E+12	使用
29	乙级	C-11	3.7E+8	3.0E+12	使用
30	乙级	S-35	3.0E+7	3.0E+10	使用

表 1-4 已许可的射线装置情况

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	来源
1	牙科 X 线机	Intra070	III类	口腔(牙科)X 射线装置	意大利布鲁克斯
2	5MV 电子直线加速器	BF-5	II类	其他非医用加速器	北京医疗器械研究所
3	旋转阳极 X 光机	RU-200	III类	科研实验	日本 RIGNKE
4	微焦斑 X 光机	MCBM50-0.6B	III类	科研实验	德国 MCBM
5	高亮度微聚焦 X 光机	XTG	III类	科研实验	美国 OXFORD
6	微焦斑 X 光机	MCBM50-0.6B	III类	科研实验	德国 MCBM
7	微焦斑 X 光机	MCBM50-0.6B	III类	科研实验	德国 MCBM
8	X 衍射仪		III类	科研实验	自制
9	脉冲注入沉积复合机	FM2000	III类	科研实验	
10	X 衍射仪	Y2	III类	科研实验	丹东射线仪器厂
11	离子注入机	BNU-400	III类	科研实验	自制
12	强流氧离子注入机	LC-13	III类	科研实验	长沙四十八所
13	离子注入机	MEVVA10	III类	科研实验	
14	离子注入机	CHZ-2600	III类	科研实验	自制
15	2X1.7 串列静电加速器	GIC4117	II类	科研实验	美国通用离子公司
16	离子注入机	EVVA100	III类	科研实验	自制
17	离子注入机	3JYZ8010	III类	科研实验	自制
18	自动 X 衍射仪	BOX-3300	III类	科研实验	北京大学
19	X 射线衍射仪	Smart apex-600	III类	科研实验	德国布鲁克
20	X 衍射仪	XRD-600	III类	科研实验	日本岛津
21	离子注入机	HV-400	III类	科研实验	荷兰高压公司
22	医用诊断 X 线机	GETH-600	III类	医用诊断 X 射线装置	美国 GE
23	医用诊断 X 线机	digital diagnost	III类	医用诊断 X 射线装置	德国飞利浦
24	医用诊断 X 线机	F108-V	III类	医用诊断 X 射线装置	北京东方医疗器械公司
25	等时性加速器	CS-22	II类	制备正电子发射计算机断层显像装置(PET)放射性药物的加速器	美国 California 大学

## **1.4 辐射安全管理现状**

### **1.4.1 辐射安全和防护管理机构**

北京师范大学制定了完善的《辐射安全管理制度》，成立了辐射安全管理小组，明确由董奇负责辐射防护工作，并加强对射线装置的监督和管理。目前，学校共有 28 人参加了辐射安全与防护培训并考核后取得合格证书，证书在有效期内。

### **1.4.2 辐射安全管理制度**

北京师范大学制定了相关辐射管理规章制度，包括《辐射安全与环境保护管理机构》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射环境监测方案》、《北京师范大学辐射工作人员培训制度》、《放射性药物教育部重点实验室人员卫生操作规程》、《辐射防护仪器使用维护操作规程》、《微纳米 X 射线工业 CT 设备操作规程》、《放射性同位素使用登记制度》、《放射源台账》、《新增射线装置台账》、《新增使用的非密封放射性物质放射性废物处理方案》等制度。

### **1.4.3 辐射工作人员**

目前北京师范大学全校共有 28 名辐射工作人员，均已通过生态环境部门认可的辐射安全与防护考核且获得合格证书。本项目辐射工作人员总计 1 名。学校规定新上岗辐射工作人员和现持有辐射安全培训合格证书到期的人员，必须通过生态环境部认可的辐射安全与防护考核且考核合格后，方可从事辐射工作。此外，学校对辐射工作人员进行职业健康体检，新上岗的辐射工作人员还需填写《辐射工作人员登记表》，报辐射防护办公室登记备案，由辐射防护办公室安排到有放射性体检资格的医院体检，体检合格者必须到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台 (<http://fushe.mee.gov.cn>) 报名参加辐射安全与防护培训，并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩单后方可上岗。现有辐射工作人员在现有培训证书过期前参与考核，考核不合格的人员，不得从事辐射工作。同时为辐射工作人员建立健康监护档案，辐射工作人员在岗期间，每 2 年参加一次健康复检。

### **1.4.4 个人剂量监测情况**

北京师范大学要求在岗的所有辐射工作人员须正确佩戴个人剂量计，个人剂量计每 3 个月（一个监测周期）更换一次，由辐射防护办公室统一组织换发，委托有检测资质的单位进行检测。根据学校 2020 年度北京师范大学个人剂量检测结果表明，学校辐射工作人员剂量值范围为 0.01~0.31mSv/a，处于正常状态。

#### 1.4.5 工作场所及辐射环境监测

北京师范大学每年对工作场所及周围环境辐射水平进行监测，监测频次为1次/年，监测数据将记录存档。2020年11月24号~2020年12月11日北京师范大学委托浙江建安检测研究院有限公司对主要环境和工作场所日常X- $\gamma$ 辐射剂量率和 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染水平进行专业检测，由检测报告可以看出，北京师范大学主要环境和工作场所环境辐射水平满足相关标准要求。

#### 1.4.6 现有辐射监测设备

北京师范大学现有辐射监测仪器设备见表1-5，监测仪器定期送有资质的机构进行检定。

表1-5 现有监测仪器和防护用品情况

监测设备						
序号	仪器名称	型号	购置日期	仪器状态	数量	备注
1	表面污染仪	TBM-3	2003	在用	1	放药实验室
2	表面污染仪	MODEL177	2005	在用	1	
3	个人剂量报警仪	PDM-122	2016	在用	2	释光测年实验室
辐射防护用品						
名称	数量		名称	数量		
铅衣	6件(放化)		铅眼镜	5(放化)		
铅围裙	1件(放化)		铅围脖	1件(放化)		
铅不锈钢污物桶	17(放化)		个人剂量计	43个(放化40,钴源2,化学楼X-光单晶衍射1个)		
铅屏风	11(放化10、释光测年1)		衰变罐	2		

#### 1.4.7 辐射事故应急管理情况

根据北京师范大学提供的资料可知，北京师范大学已经制定了《辐射事故应急预案》，应急预案包括了应急机构的设置与职责、应急响应程序、紧急响应措施、条件保障等，其内容较全、措施具体，针对性较强、便于操作，在应对放射性事故和突发事件时基本可行，将本项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围，并做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备。

一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急处理领导小组上报当地生态环境主管部门，同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告，并及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

**表 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
	以下空白							

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
	以下空白									

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、教学等各种类型加速器**

序号	装置名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	活动种类	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
	以下空白										

**(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	微纳米 X 射线工业 CT 设备	II	1	CT METROTOM 1500 225kV G3	225	3	无损检测	57 号实验楼一层北侧 实验室	新增

**(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	
	以下空白												

**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
臭氧和氮 氧化物	气体	/	/	少量	少量	/	通过实验室排 气系统排入大 气环境

注：1、常见废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/m<sup>3</sup>，气态为 mg/m<sup>3</sup>；年排放总量用 kg；  
2、含有放射性的废弃物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为 Bq/L（kg、m<sup>3</sup>）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 9 号，2014 年），自 2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第 24 号，2018 年），自 2018 年 12 月 29 日起施行；</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 6 号，2003 年），自 2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第 253 号，1998 年），自 2017 年 10 月 1 日修订并施行；</p> <p>(5) 《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，2021 年），自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号，2005 年），自 2005 年 12 月 1 日起施行，2019 年 3 月 2 日部分修改；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年），自 2011 年 5 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》（环境保护部令第 3 号，2008 年），2021 年 1 月 4 日修正并施行；</p> <p>(9) 《关于发布《射线装置分类》的公告》（环境保护部 国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号，2017 年），自 2017 年 12 月 5 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》（环发〔2006〕145 号，原国家环保总局、公安部、卫生部文件），自 2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>(11) 《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》，原北京市环境保护局文件，京环发〔2011〕347 号；</p> <p>(12) 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，生态环境部，2020 年 2 月；</p> <p>(13) 《北京市生态环境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>(14) 《产业结构调整指导目录(2019 年本)》，2020 年 1 月 1 日。</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) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》 (GBZ117-2015) ;</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014) ;</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ128-2019) ;</p> <p>(6) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》 (HJ1157-2021) ;</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》 (HJ61-2021) ;</p> <p>(8)《工业射线探伤辐射安全和防护分级管理要求》(DB11/T1033-2013)。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书;</p> <p>(2) 北京师范大学提供的其他相关资料。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)中规定的“射线装置应用项目的评价范围通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”的要求，确定本项目评价范围为实验室实体屏蔽物边界外50m区域，评价范围详见附图2。

### 7.2 保护目标

环境保护目标是本项目评价范围内活动的职业人员和周围公众人员，主要环境保护目标如表7-1所示。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

项目	环境保护目标	方位	位置	与实验室边界最近距离(m)	人数	年有效剂量管理约束值
新增使用II类射线装置项目	工作人员	东侧	实验室内	/	1人	2mSv 0.1mSv
	公众	南侧	1层实验室	紧邻	约10人	
	公众	西南侧	师大科技大厦D座	37	约15人	
	公众		经营性资产管理委员会办公室	21	约30人	
	公众	西侧	京师科技大厦H座	22	约10人	
	公众	西北侧	师大科技园	紧邻	约10人	
	公众	北侧	学院南路乙12号院2号楼(居民楼)	17	约250人	
	公众		商业楼	14	约40人	
	公众	上方	2~4层实验室	紧邻	约40人	

### 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》(GB1887-2002)

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。

第4.3.2.1款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准6.2.2规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录B(标准的附录B)中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

#### 附录 B

##### B1.1 职业照射

B1.1.1.1 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 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）

20mSv。

本项目取其十分之一，即不超过 2mSv 作为辐射工作人员的年照射剂量约束值。

## 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。

本项目取其十分之一，即不超过 0.1mSv 作为公众的年照射剂量约束值。

## 6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

### 6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

### 6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中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。

## 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

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

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  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众不大于  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；
- b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

- a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源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；
- b) 对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面  $30\text{cm}$  处的剂量率参考控制水平通常可取为  $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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。

4.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

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。

4.1.10 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

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。

## 4.2 安全操作要求

4.2.1 探伤工作人员进入探伤室时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时剂量仪报警，探伤工作人员应立即离开探伤室，

同时阻止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

4.2.2 应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

4.2.3 交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

4.2.4 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

4.2.5 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

### 7.3.3《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

#### 3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需要考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤样品的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个半值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

#### 3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的样品门。对于探伤可人工搬运的小型样品探伤室，可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

北京师范大学南院位于北京市海淀区学院南路 12 号，东侧南侧均为红联东村路，西侧为文慧园北路，北侧为学院南路。

实验室东侧为实验楼内过道，南侧为高纯锗 $\gamma$ 能谱仪室，西侧为师大科技园 101 办公室，北侧紧邻师大科技园 118 办公室。本项目设备控制室位于实验室内南侧。

### 8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

#### 8.2.1 环境现状评价对象

实验室及周边环境。

#### 8.2.2 监测因子

X- $\gamma$ 辐射剂量率。

#### 8.2.3 监测点位

根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况布设监测点，监测点位见图 8-1。

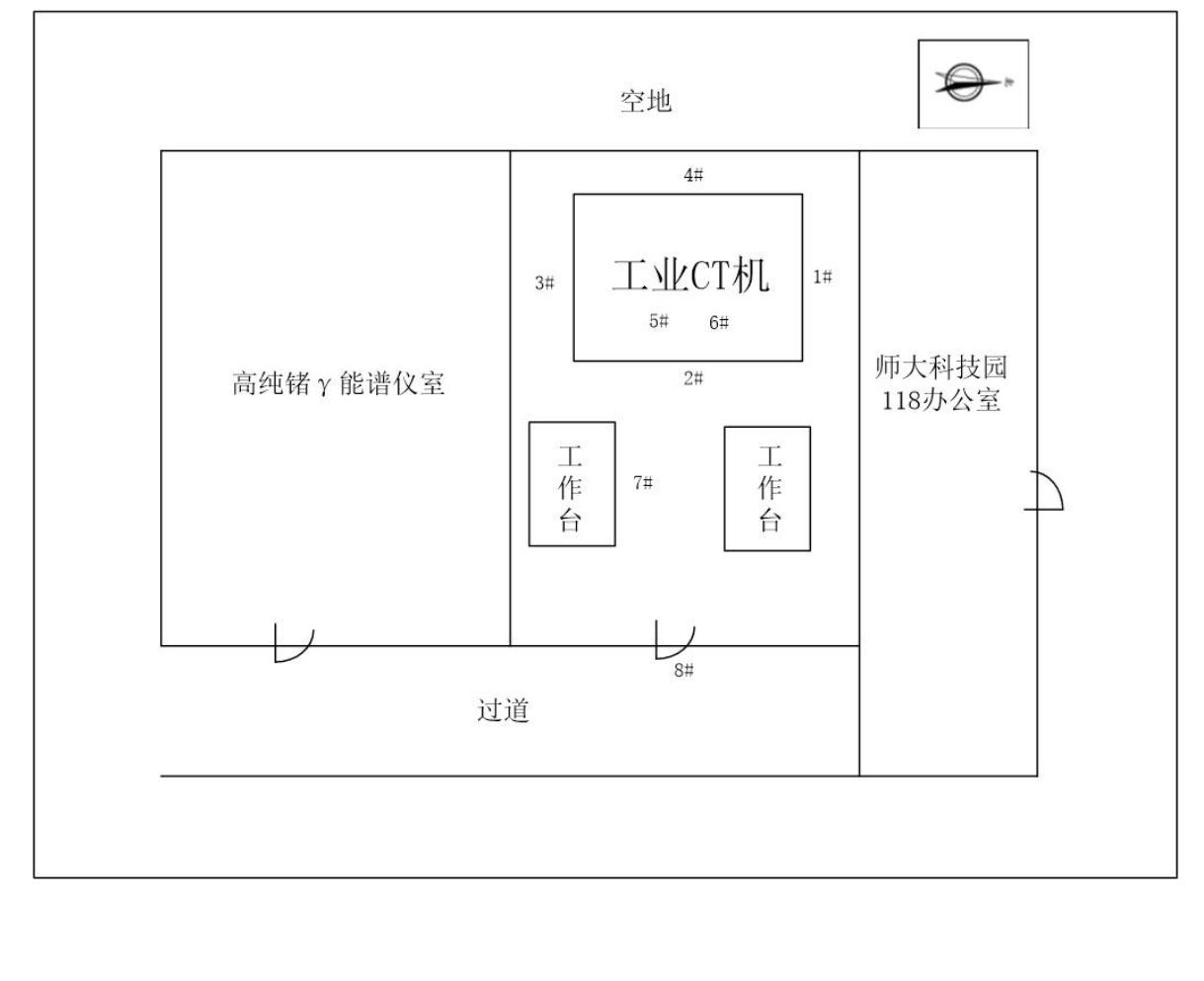




图 8-1 实验室及周围辐射剂量率监测布点图

### 8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

#### 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 8 月 20 日
- (3) 监测方式: 现场监测
- (4) 监测依据: 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)、《环境监测技术规范》(HJ61-2021)
- (5) 监测频次: 依据标准予以确定
- (6) 监测工况: 辐射环境背景监测
- (7) 天气环境条件: 温度 23℃, 相对湿度 61%, 晴
- (8) 监测报告编号: GABG-HJ21380149
- (9) 监测设备

表 8-1 X- $\gamma$ 剂量当量率仪参数

仪器名称	X、 $\gamma$ 射线巡测仪
仪器型号	AT1123
生产厂家	ATOMTEX
仪器编号	05034707
能量范围	15keV~10MeV ( $\pm 15\%$ )
量 程	50nSv/h~10Sv/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心
检定证书	2021H21-10-3159411001
检定有效期	2021 年 04 月 08 日

### 8.3.2 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；
- (3) 监测仪器经计量部门检定，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，并用标准源对仪器进行校验；
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

### 8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2。

表 8-2 辐射环境现状监测布点及结果一览表

监测点编号	监测点位置	辐射剂量率 ( $\mu$ Sv/h)
1#	X 射线机铅房东侧	0.112~0.119
2#	X 射线机铅房南侧	0.111~0.118
3#	X 射线机铅房西侧	0.116~0.118
4#	X 射线机铅房北侧	0.115~0.119
5#	X 射线机铅房楼上：沉积学实验室	0.108~0.118

6#	X 射线机铅房楼上：植被成像光谱分析室	0.110~0.122
7#	工作台	0.113~0.119
8#	土壤-微生物结构分析及虚拟实验平台门口	0.112~0.123
9#	学院南路乙 12 号院 2 号楼南侧	0.104~0.122
10#	师大科技园东侧	0.106~0.125
11#	商业楼东南侧	0.109~0.120
12#	经营性资产管理委员会办公室东北侧	0.112~0.126
13#	京师科技大厦 H 座东北侧	0.108~0.121
14#	京师科技大厦 D 座北侧	0.112~0.122
北京市范围 <sup>[1]</sup>		42.3~151.6 (nGy/h)

注：检测结果含宇宙射线响应值；<sup>[1]</sup>:辐射安全手册，2011.11。1200  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ =1 nGy/h。

#### 8.4 环境现状调查结果的评价

由表 8-2 监测结果可知，本项目所在区域室内 X- $\gamma$  辐射剂量率在  $0.108\mu\text{Sv}/\text{h} \sim 0.126\mu\text{Sv}/\text{h}$  ( $129.6\text{nGy}/\text{h} \sim 151.2\text{nGy}/\text{h}$ ) 之间，为北京市的天然本底范围之内，未发现有异常高值。

## 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 工业 CT 设备结构

工业 CT 设备主要由 X 射线机、成像系统、防护设施（铅房）、连接电缆及附件组成。其中成像系统主要由图像增强器、光学镜头、摄像机、计算机、图像处理器、图像显示器和图像储存单元以及检测工装等设备组成。控制器采用了先进的微机控制系统，可控硅规模快速调压，主、副可控硅逆变控制及稳压、稳流等电子线路和抗干扰线路，工作稳定性好，运行可靠。设备外观见图 9-1 所示，剖面图见图 9-2~图 9-3 所示。



图 9-1 本项目工业 CT 探伤装置外观图

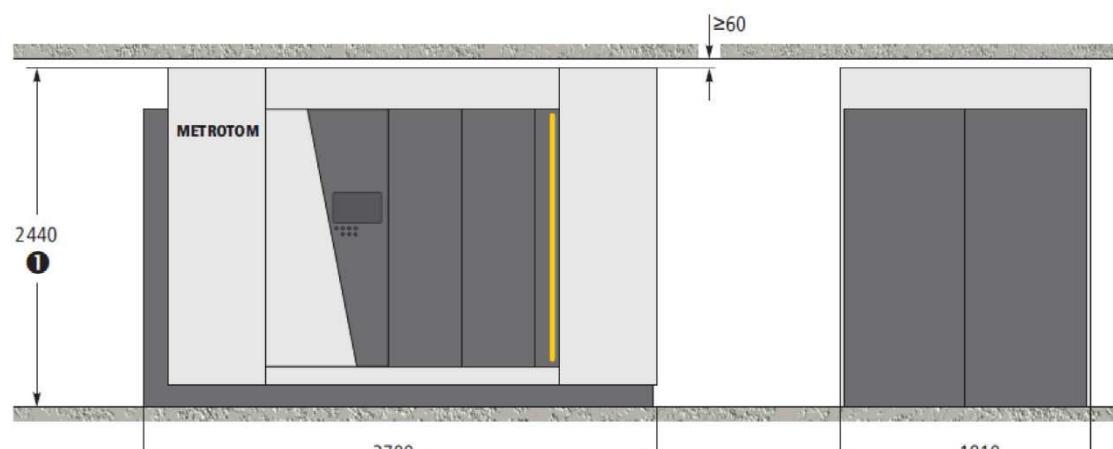


图 9-2 工业 CT 设备剖面示意图 (1)

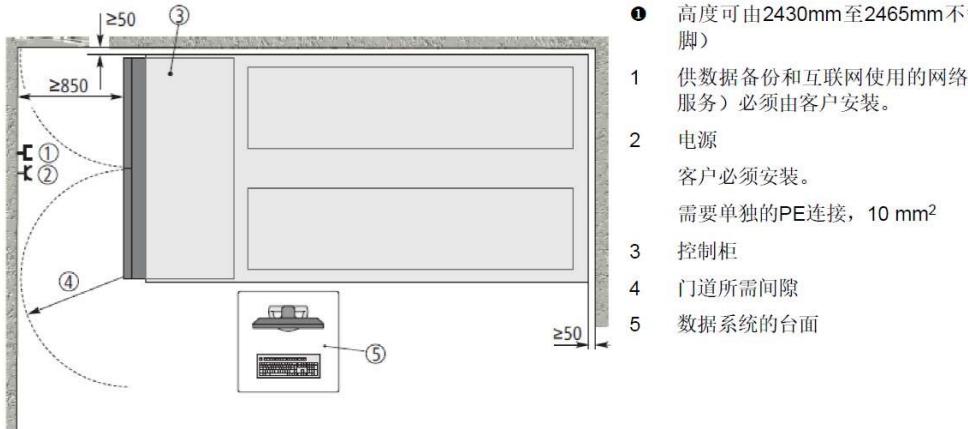


图 9-3 工业 CT 设备剖面示意图 (2)

### 9.1.2 工作原理

本项目工业 CT 设备运用计算机数字成像原理。依据辐射在被检测物体中的衰减特性，物质对辐射的吸收强度与物质性质有关。当具有一定能量和强度的 X 射线束穿过被检物时，由于各个透射方向上 X 射线的衰减系数不同，探测器接收到的 X 射线的透射能量也不同，探测器捕获能量信息后搭配分析软件 VG Studio Max, Calypso, Mimics 等进行相应的图像处理、即时演算和可视化模块等。

X 射线管主要由 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，它装在聚光杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚光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。X 射线管基本结构如图 9-4 所示。

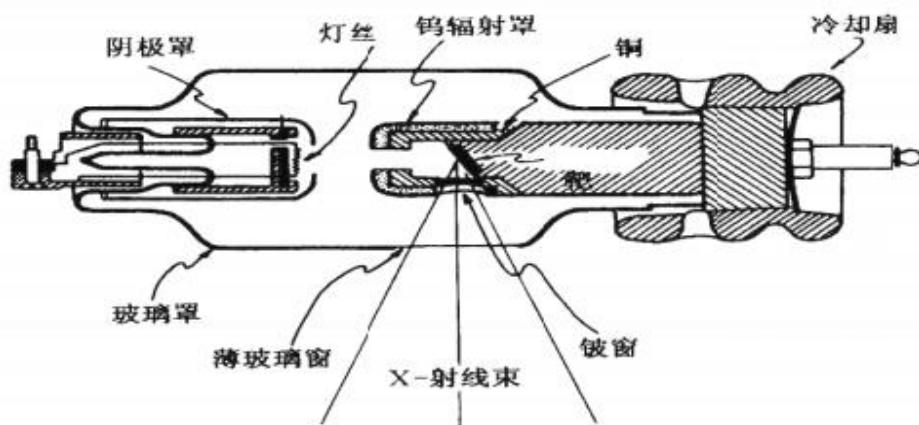


图9-4 X射线管基本结构图

### 9.1.3 工作流程及产污环节分析

进行 X 射线探伤前，将探伤样品置于托盘上，工作人员打开防护门，再连托盘一并手动放置在铅房内部的载物架上，关闭防护门，通过工作台操作位处的按钮调整好载物架上高压跳线终端的位置后，操作人员开机，X 射线管发射 X 射线，X 射线管开启后，警示灯亮，并发出警报声。X 射线对放置在铅房内载物架上的样品进行检测，图像管接收透过物体的 X 射线，图像传送到计算机处理，由计算机经过软件处理输出图像。

操作人员根据 X 射线图像情况，对探伤样品进行连续检测、分析和判断，检测完成后关机。本项目照射方向为定向向北，完成一次检测后，X 射线管不变动位置，工作人员通过工作台操作位上的按钮来调控载物架，从而调整探伤样品的探伤位置，重复探伤操作直至完成整个探伤样品的探伤。检测完成后，工作人员打开铅防护门，样品由操作人员取出，完成一轮探伤。检验完成后关机，检查全部完成后，关闭电脑、铅房电源和总电源。本项目工作流程及产污环节分析图如图 9-5 所示。

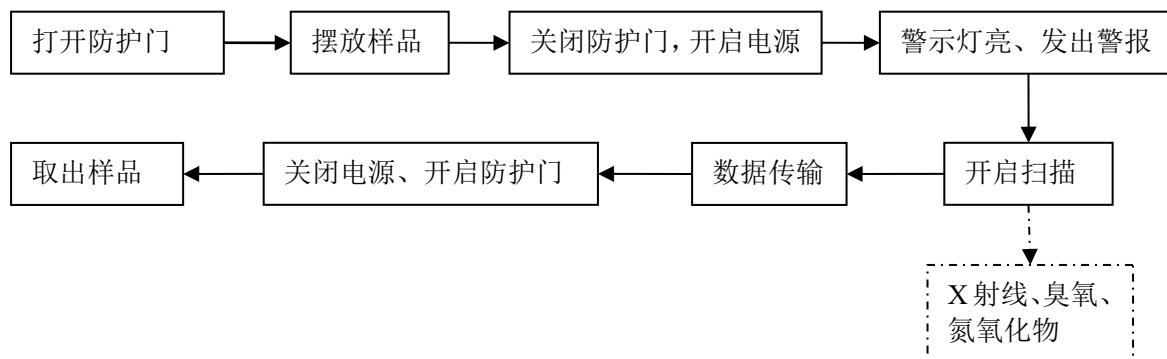


图 9-5 工作流程及产污环节分析图

由图 9-5 可知，本项目工业 CT 设备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、臭氧、氮氧化物。

### 9.1.4 工作负荷

本项目设备主要进行土壤样品无损检测工作。根据建设单位提供信息，每次检测累积曝光时间 100min，每周最多检测 24 批次。因此本项目设备周曝光工作时间为 40h，年曝光工作时间为 1000h。

## 9.2 污染源项分析

### 9.2.1 X 射线

本项目工业 CT 设备为 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。本项目使用的 X 射线管只有在开机并处于出线状态时（曝

光状态) 才会发出 X 射线。因此, 在开机曝光期间, X 射线成为污染环境的主要因子。

### 9.2.2 臭氧和氮氧化物

工业CT设备在开机状态下, 空气在X射线作用下分解产生少量的臭氧和氮氧化物等有害气体。

本项目工业 CT 设备采用实时成像检测方式, 不使用胶片, 不会产生废显(定)影液及胶片。

## 9.3 事故工况源项分析

根据建设单位工业 CT 设备的使用特点, 在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到高剂量 X 射线照射:

- (1) 安全联锁装置发生故障, 探伤装置防护门未关闭时, 外面人员启动探伤机进行探伤, 造成有关人员被误照, 引发辐射事故;
- (2) 人员滞留于屏蔽间而意外出束, 人员受到辐射危害和影响;
- (3) 因缺乏操作经验和辐射安全防护知识, 违反操作规程和管理不善等人为因素是造成辐射事故。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1项目安全设施

#### 10.1.1辐射工作场所布局

本项目实验室位于实验楼一层北侧，工作台位于实验室内部西侧。实验楼一层布局见附图 3，实验楼二层布局见附图 4。辐射工作场所位置及四周布局见表 10-1，实验室平面布局见图 10-1。

表 10-1 辐射工作场所位置及四周布局一览表

辐射场所	方位	周边房间及场所
实验室	内部	工作台
	东侧	实验楼内过道
	南侧	高纯锗 $\gamma$ 能谱仪室
	西侧	师大科技园 101 办公室
	北侧	师大科技园 118 办公室
	上方	沉积学实验室
		植被成像光谱分析室

#### 10.1.2两区划分

为加强射线装置所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，划定辐射控制区和监督区。根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中对防护安全的要求：应对探伤工作场所实行分区管理。本项目将工业 CT 设备内部区域划分为控制区，实验室内除控制区外区域划分为监督区。

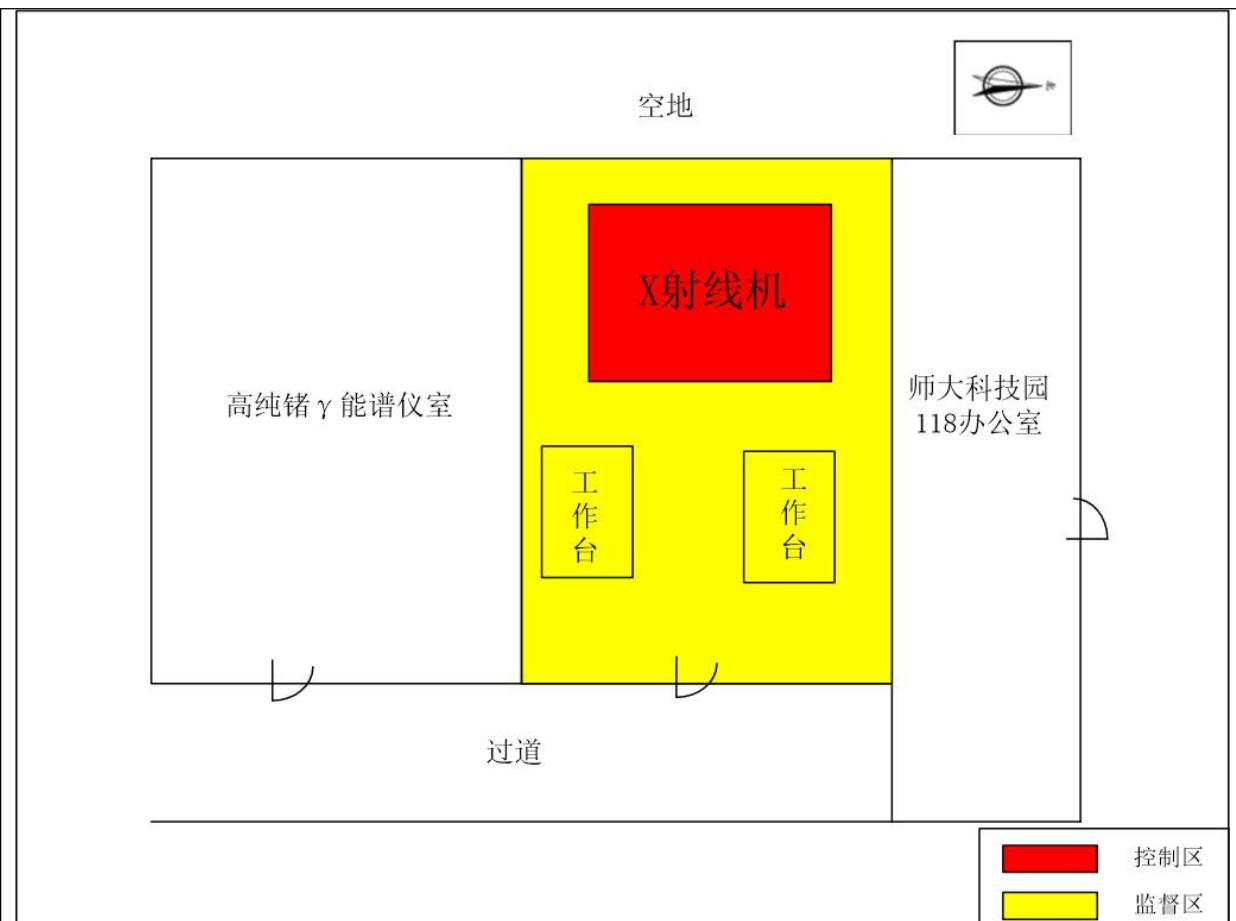


图 10-1 实验室平面布局图及两区划分图

### 10.1.3 辐射安全防护及环保设施

#### (1) 屏蔽设计采取措施

根据建设单位提供的资料可知，本项目工业 CT 设备，检测系统尺寸（防护铅房尺寸）为长 3700mm×宽 1810mm×高 2440mm。

设备正前方（操作面）：①前面板防护材质及厚度：采用 5mm 铅板+3mm 钢板；②上料门防护材质及厚度：3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板。设备前方外形图见图 10-2。

后侧采用 5mm 铅板+3mm 钢板；左侧采用 5mm 铅板+3mm 钢板；右侧（主射线方向）采用 12mm 铅板+3mm 钢板；顶部采用 5mm 铅板+3mm 钢板；底部采用 3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板。

X 射线管周围同样采用铅钢防护结构，除主射线方向外，其余各侧均采用 5mm 铅板+2mm 钢板。

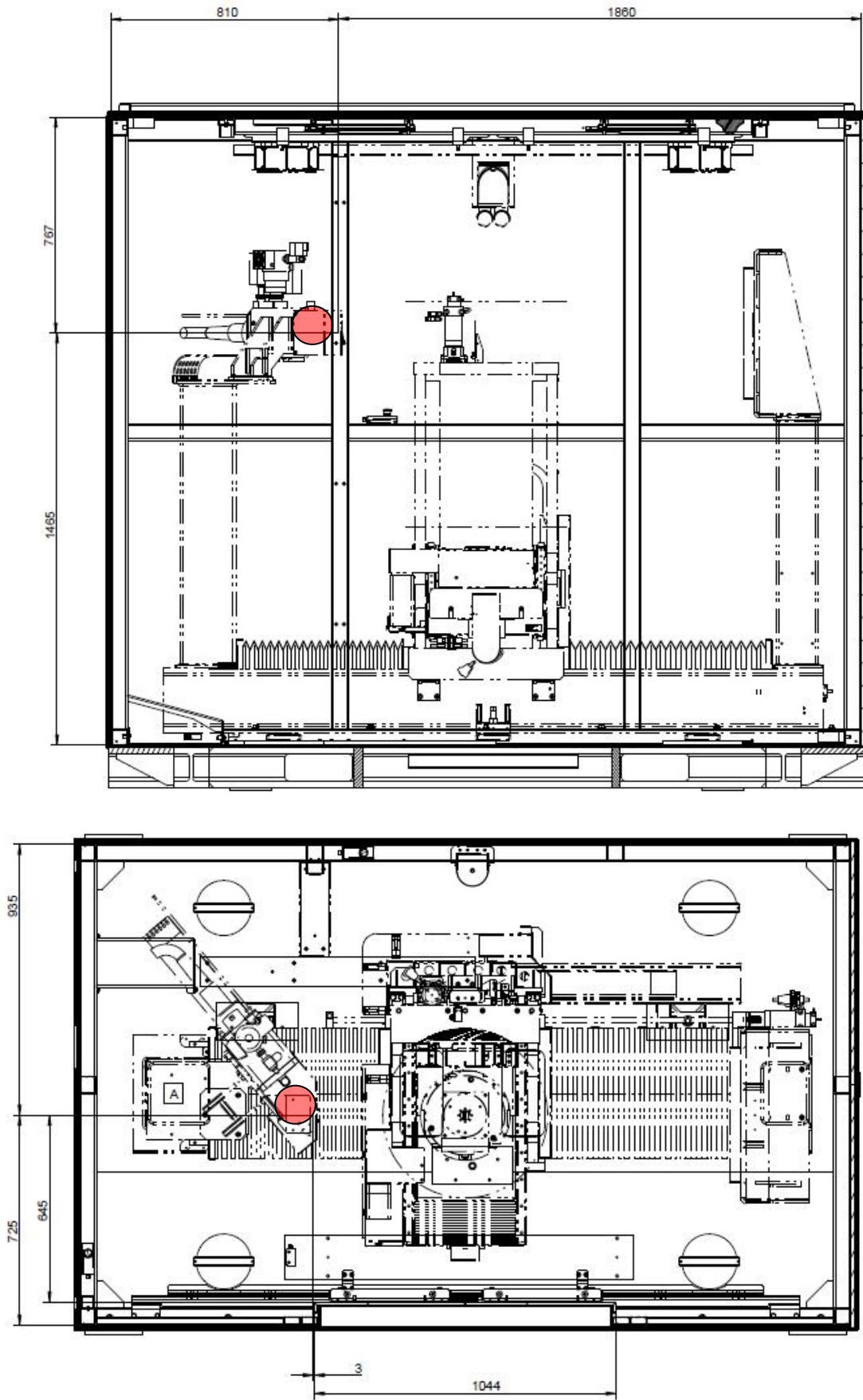


图 10-2 纳米 X 射线工业 CT 设备球管位置示意图



图 10-3 工业 CT 设备外形图

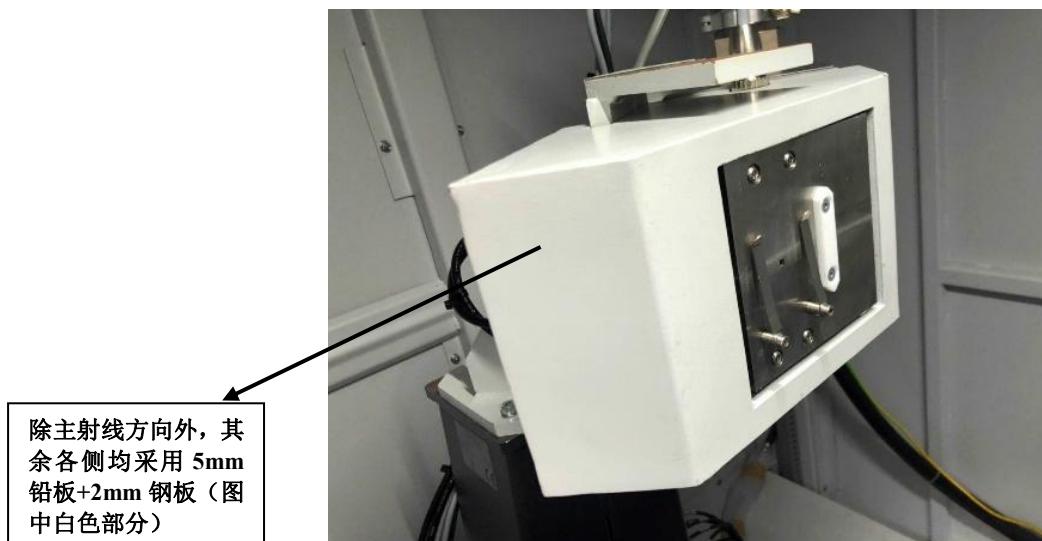


图 10-4 工业 CT 设备 X 射线管防护设计示意图

本项目工业 CT 设备防护铅房内线缆穿孔位置位于左后方（与主射线方向相反），线缆四周均覆以防护板，材质为 5mm 铅板+3mm 钢板。铅房内采取底部自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有铅板防护，气流经导向后才进入室内，最大程度上避免射线泄露。防护厚度均为 5mm 铅板+3mm 钢板。典型工况下单个风扇排风量为  $900\text{m}^3/\text{h}$ ，系统配置两个风扇，正常情况系统通风量为  $1800\text{m}^3/\text{h}$ 。工业 CT 设备通风口防护设计图见图 10-5。



图 10-5 工业 CT 设备通风防护设计示意图

上料门位于设备正前方，均设计门机联锁安全装置，并设置开机工作警示灯、电离辐射警告标志。

工业 CT 设备铅房屏蔽情况见表 10-2。

表 10-2 防护铅房设计屏蔽情况一览表

项目	内容
设备尺寸（防护铅房尺寸）	长 3700mm×宽 1810mm×高 2440mm
设备前面板屏蔽防护	采用 5mm 铅板+3mm 钢板
上料门屏蔽防护	采用 3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板
左侧屏蔽防护	采用 5mm 铅板+3mm 钢板
右侧（主射线方向）屏蔽防护	采用 12mm 铅板+3mm 钢板
后侧屏蔽防护	采用 5mm 铅板+3mm 钢板
顶部屏蔽防护	采用 5mm 铅板+3mm 钢板
底部屏蔽防护	采用 3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板
电缆管线屏蔽防护	防护铅房内线缆穿孔位置位于左后方（与主射线方向相反），线缆四周均覆以防护板，材质为 5mm 铅板+3mm 钢板
通风口屏蔽防护	底部自然进风，顶部配备 2 台风扇式机械排风，设计总排风量 1800m <sup>3</sup> /h，在进风和出风口均采用 5mm 铅板+3mm 钢板防护

## （2）安全装置及污染防治措施

①门机联锁：上料门与高压电源联锁，如上料门未关闭，高压电源不能正常启动，高压电源未关闭，上料门不能正常打开；

②声光报警系统：防护铅房内和上料门处设置声光报警和警示灯，上料门关闭和射线工作时均有相应的声光报警和警示灯提示，并且警示灯串在安全回路里，如警示灯故障，射线不能启动；

③急停装置：在防护铅房内设置 2 个紧急停机按钮，设备操作面板处和控制台各设置 1 个紧急停机按钮，且相互串联，按下按钮后，高压电源立即被切断，探伤装置停止出束；

④视频监控系统：防护铅房内安装1套实时视频监控系统，并连接到工作台，工作人员能在工作台实时监控探伤过程，如果出现异常能迅速启动紧急制动装置；

⑤警告标志：工业CT设备外和实验室门外醒目处张贴“当心电离辐射”警告标志，防护门处设有声光报警设备，工作时警灯闪烁并发出警报声音。

#### 10.1.4 工业CT设备的检查和维护

##### (1) 运营单位的日检

- ①铅房防护室外观是否存在可见的损坏；
- ②电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；
- ③安全联锁是否正常工作；
- ④报警设备和警示灯是否正常运行；
- ⑤螺栓等连接件是否连接良好。

##### (2) 运营单位的定期检查

- ①电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；
- ②所有的联锁和紧急停机开关的检查；
- ③机房内安装的固定辐射检测仪的检查。

##### (3) 设备维护

- ①运营单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- ②设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- ③当设备有故障或损坏，需更换零部件时，应保证所更换的零部件都来自设备制造商；
- ④应做好设备维护记录。

#### 10.1.5 其他防护措施

(1) 本项目辐射工作人员均配备个人剂量计，并建立个人剂量档案；设备配备2个便携式个人剂量报警仪，当辐射水平超过预设阈值时能发出警示声；

(2) 设备检修须委托有资质机构进行，检修工作人员检修过程中需携带剂量报警仪；

(3) 各项目辐射环境管理规章制度应张贴于工作现场。

### 10.1.6对《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求的满足情况

《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《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求的对照检查如表 10-3 所示。

表 10-3 项目执行《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求对照表

序号	安全和防护管理办法要求	落实情况	是否符合要求
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，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。	辐射工作场所设有安全联锁、急停按钮、工作警示灯和电离辐射警告标志等。	计划符合
2	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。	每年将对射线装置及固定场所进行监测。	符合
3	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。	承诺每年 1 月 31 日前向生态环境部门提交年度评估报告。	符合
4	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。	本项目调配现有已通过辐射安全与防护培训考核的 1 名辐射工作人员。	符合
5	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。应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。	已为所从事辐射工作的人员配备个人剂量计，并委托有资质单位进行个人剂量监测（每季度 1 次）。已安排专人负责个人剂量监测管理。	符合
6	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。	已委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测。	符合

### 10.1.7对《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求的满足情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用射线装置

的单位应具备相应的条件，对其从事辐射活动能力的评价详见表 10-4。

**表 10-4 从事辐射活动能力评价**

应具备条件	落实情况	符合情况
(一) 使用Ⅱ类放射源，使用Ⅱ类射线装置的，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。	已设置辐射安全与防护管理领导小组，并设有符合要求的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	符合
(二) 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。	建设单位已组织1名辐射工作人员到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台( <a href="http://fushe.mee.gov.cn">http://fushe.mee.gov.cn</a> )报名参加辐射安全与防护培训，并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩单。	符合
(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素。	符合
(四) 放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	建设单位已制定相应的操作规程，按要求张贴电离辐射警告标志。	计划符合
(五) 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。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	建设单位已为1名辐射工作人员配置个人剂量计，在实验室内工作台上方设置固定式剂量报警仪。	计划符合
(六) 有健全操作规程、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。	建设单位已制定操作规程，辐射防护和安全保卫制度、人员培训、监测、设备检修维护等制度。	符合
(七) 有完善的辐射事故应急措施。	建设单位已制定《辐射事故应急预案》。	符合
(八) 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。	项目不涉及放射性废气、废液和固体废物。	符合

## 10.2 三废的治理

根据X射线的工作原理，工业CT设备在工作时产生X射线，造成防护铅房内空气电离，产生一定量的臭氧和氮氧化物。由于工作人员不需要进入防护铅房进行摆件，且每次扫描时长很短，防护铅房体积小，防护铅房内产生的臭氧和氮氧化物量也比较少，因此防护铅房采用底部自然进风，顶部机械排风的方式将臭氧和氮氧化物排出防

护铅房（总设计风量  $1800\text{m}^3/\text{h}$ ）。实验室通过实验楼内排风系统（实验室内每小时有效通风换气次数不小于 4 次），将臭氧和氮氧化物排出室外，降低室内臭氧和氮氧化物的浓度，臭氧在一段时间内自动分解为氧气，其产生的臭氧及氮氧化物对环境影响是可接受的。

## 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机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，在机房改造过程中，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，尽量安排在学生放学或节假日进行。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，因此基本不影响学校和周围其他单位的正常工作。

本环评要求设备的调试应请设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行调试设备。在设备调试阶段，应加强辐射防护管理。在此过程中应保证工业 CT 铅房屏蔽到位，在实验室门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近，防止辐射事故的发生。

由于本项目工业 CT 设备自带防护铅房，设备为整体外购，因此调试阶段 X 射线经过防护铅房屏蔽后，不会对周围环境造成电离辐射影响。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其他固体废物作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 辐射环境影响分析

北京师范大学新建的 1 台工业 CT 设备，用于土壤检测，设备采用铅、钢等材料以自屏蔽的方式进行防护。根据厂家提供的设备出厂检测报告（见附件 5），本项目工业 CT 设备自屏蔽铅房表面 10cm 处实测结果最大值为  $0.3\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

设备每次工作时，选择开启理论最大影响（CT METROTOM 1500 225kV G3 型工业 CT：最大管电压为 225kV、最大管电流为 3mA，主射线方向朝右进行防护计算。）设备设计投入运行后预计年曝光时间约 1000h。依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中推荐的计算模式及相关参数。

##### （1）关注点选取

本项目的关注点分布如图11-1所示：

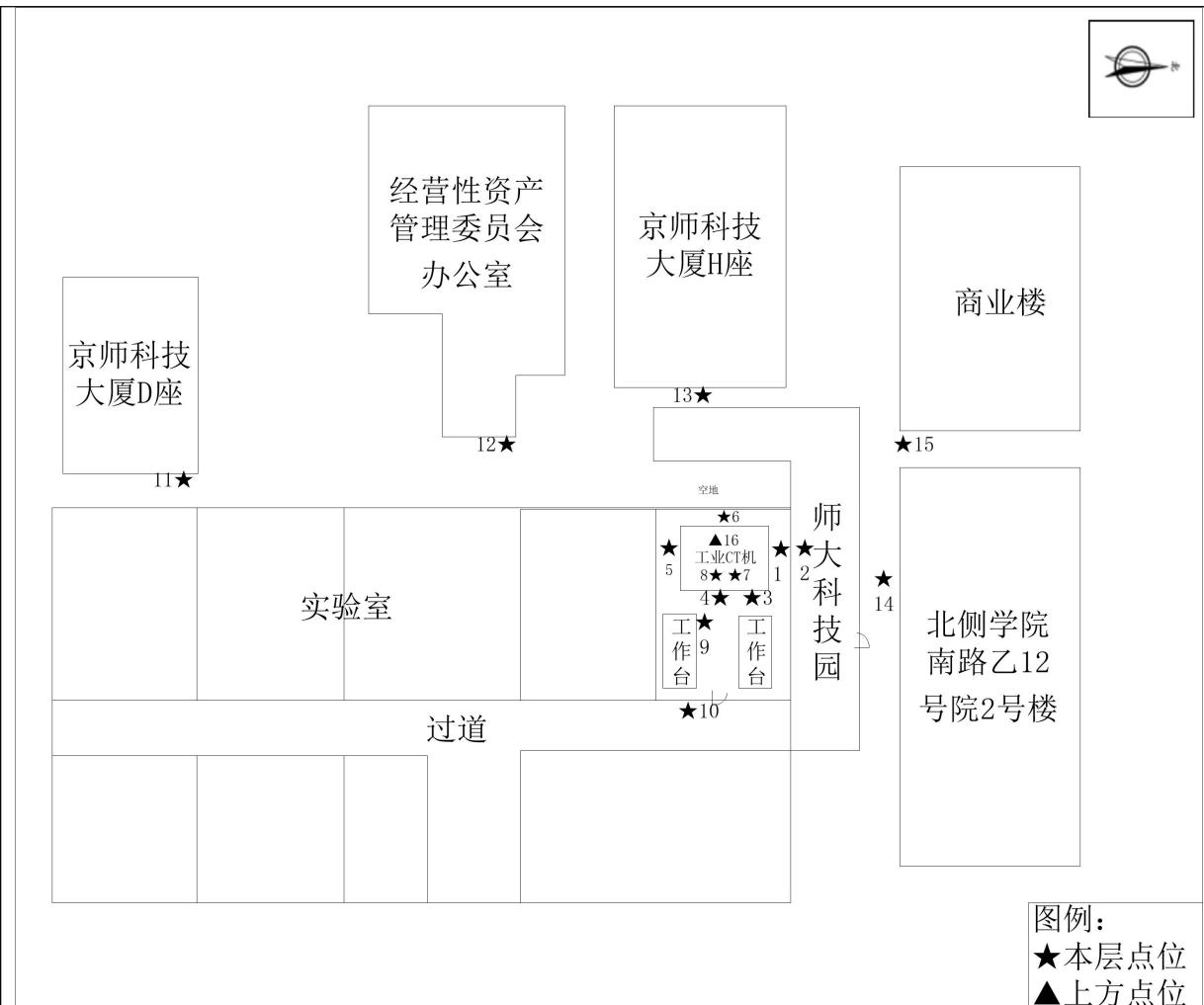


图 11-1 本项目关注点分布示意图

### (2) 参考点剂量率

### ①主射线所致屏蔽墙外剂量率

主射线所致屏蔽墙外剂量率利用下列公式计算：

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

式中：

I: X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流, 3mA;

$H_0$ : 距辐射源点(靶点)1m处输出量,  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ; 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)录表B.1查得:由内插法可得225kV管电压时的最大输出量,经转换后为 $6.84 \times 10^5 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ;

B: 屏蔽透射因子, X 为屏蔽体厚度, 12mm 铅板和 3mm 钢板; 查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 附录 B.1 曲线:

R: 辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

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。

TVL: 什值层厚度。

表 11-1 参考点辐射剂量率（主射线）

编号	点位描述	I mA	B	$H_0$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	R m	$\dot{H}$ $\mu\text{Sv}/\text{h}$
1	设备右侧外表面 30cm 处	3	$1.44 \times 10^{-6}$	$6.84 \times 10^5$	2.16	0.63
2	西北侧师大科技园	3	$1.44 \times 10^{-6}$	$6.84 \times 10^5$	3.31	0.27

②泄漏辐射所致屏蔽墙外剂量率利用

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

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

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；

$\dot{H}_L$ : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，取值见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》表 1，本项目取值  $5 \times 10^3 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

表 11-2 泄露辐射关注点剂量率

编号	点位描述	X mm	B	$\dot{H}_L$ $\mu\text{Sv}/\text{h}$	R m	$\dot{H}$ $\mu\text{Sv}/\text{h}$
3	设备正前方外表面 30cm 处	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	0.94	0.124
4	设备上料门外表面 30cm 处	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	0.94	0.124
5	设备左侧外表面 30cm 处	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	1.11	0.089
6	设备后侧外表面 30cm 处	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	1.24	0.072
7	设备顶部外表面 30cm 处	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	1.07	0.096
8	设备底部外表面 30cm 处	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	1.77	0.035
9	工作台	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	2.45	0.018
10	南侧 1 层实验室	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	5.1	$4.23 \times 10^{-3}$
11	西南侧师大科技大厦 D 座	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	37.2	$7.95 \times 10^{-5}$
12	西南侧经营性资产管理委员会办公室	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	21.7	$2.34 \times 10^{-4}$
13	西侧京师科技大厦 H 座	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	22.4	$2.19 \times 10^{-4}$
14	北侧学院南路乙 12 号院 2 号楼	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	16.7	$3.94 \times 10^{-4}$
15	北侧商业楼	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	13.5	$6.04 \times 10^{-4}$
16	上方 2~4 层实验室	10	$2.2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^3$	2.74	0.015

注：本项目设备最大管电压 225kV 状态下铅什值层由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》

(GB/T250-2014) 表 B.2 内插法取得; 为保守考虑屏蔽计算时不考虑设备钢板以及实验室墙体屏蔽衰减, 仅考虑铅的屏蔽衰减(已考虑球管局部附加铅防护屏蔽因素)。

③散射辐射所致装置外剂量率利用下列公式计算:

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  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) 按公式 (11-4) 计算:

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

式中:

R: 散射体至关注点的距离, 单位为 m;

$R_0$ : 辐射源点(靶点)至探伤样品的距离, 单位为 m;

B: 屏蔽透射因子;

I: 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  $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

F:  $R_0$  处的辐射野面积, 单位为  $\text{m}^2$ ;

$\alpha$ : 散射因子。

表 11-3 辐射散射关注点剂量率计算参数及结果

编号	点位描述	I mA	$H_0$ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$	B	$R_0^2/F \cdot \alpha$	R m	$\dot{H}$ $\mu\text{Sv}/\text{h}$
3	设备正前方外表面 30cm 处	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	0.94	$3.34 \times 10^{-3}$
4	设备上料门外表面 30cm 处	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	0.94	$3.34 \times 10^{-3}$
5	设备左侧外表面 30cm 处	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	1.11	$2.4 \times 10^{-3}$
6	设备后侧外表面 30cm 处	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	1.24	$1.92 \times 10^{-3}$
7	设备顶部外表面 30cm 处	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	1.07	$2.58 \times 10^{-3}$
8	设备底部外表面 30cm 处	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	1.77	$9.43 \times 10^{-4}$
9	工作台	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	2.45	$4.92 \times 10^{-4}$
10	南侧 1 层实验室	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	5.1	$1.14 \times 10^{-4}$
11	西南侧师大科技大厦 D 座	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	37.2	$2.14 \times 10^{-6}$
12	西南侧经营性资产管理委员会办公室	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	21.7	$6.28 \times 10^{-6}$
13	西侧京师科技大厦 H 座	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	22.4	$5.59 \times 10^{-6}$
14	北侧学院南路乙 12 号院 2 号楼	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	16.7	$1.06 \times 10^{-5}$
15	北侧商业楼	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	13.5	$1.62 \times 10^{-5}$
16	上方 2~4 层实验室	3	$6.84 \times 10^5$	$7.2 \times 10^{-8}$	50	2.74	$3.94 \times 10^{-4}$

注: 为保守考虑本项目设备最大管电压 225kV, 散射辐射电压为 200kV, 200kV 铅当量层由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GB/T250-2014) 表 B.2 取得; 为保守考虑屏蔽计算时不考虑设备钢板以及实验室墙体屏蔽衰减, 仅考虑铅的屏蔽衰减(已考虑球管局部附加铅防护屏蔽因素)。

#### ④射线装置外剂量率统计及分析

表 11-4 屏蔽壳外关注点剂量率计算统计结果

编号	点位	剂量率 μSv/h	剂量率参考控制水平 μSv/h	评价结果
1	设备右侧外表面 30cm 处	0.63	2.5	满足
2	西北侧师大科技园	0.27	2.5	满足
3	设备正前方外表面 30cm 处	0.127	2.5	满足
4	设备上料门外表面 30cm 处	0.127	2.5	满足
5	设备左侧外表面 30cm 处	0.091	2.5	满足
6	设备后侧外表面 30cm 处	0.074	2.5	满足
7	设备顶部外表面 30cm 处	0.099	2.5	满足
8	设备底部外表面 30cm 处	0.036	2.5	满足
9	工作台	0.018	2.5	满足
10	南侧 1 层实验室	$4.34 \times 10^{-3}$	2.5	满足
11	西南侧师大科技大厦 D 座	$8.16 \times 10^{-5}$	2.5	满足
12	西南侧经营性资产管理委员会办公室	$2.4 \times 10^{-4}$	2.5	满足
13	西侧京师科技大厦 H 座	$2.25 \times 10^{-4}$	2.5	满足
14	北侧学院南路乙 12 号院 2 号楼	$4.05 \times 10^{-4}$	2.5	满足
15	北侧商业楼	$6.2 \times 10^{-4}$	2.5	满足
16	上方 2~4 层实验室	0.015	2.5	满足

因此由表 11-4 可知，在工业 CT 设备正常工作下，设备四周外表面 30cm 处及工作台辐射剂量率最大为  $0.63\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足周围剂量当量率参考控制水平小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  的要求。

#### (3) 年有效剂量计算

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：

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

式中：

$H_{E,r}$ ：X 射线外照射人均年有效剂量当量， $\text{mSv/a}$ ；

$H$ ：关注点的剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$t$ ：X 射线照射时间， $\text{h/a}$ ；

根据建设单位提供信息，本项目拟配备辐射工作人员 1 人，每次检测累积曝光时间 100min，每周最多检测 24 批次。因此本项目设备周曝光工作时间为 40h，年曝光工作时间为 1000h。

根据上面计算的各个关注点辐射剂量率、工作时间及居留因子计算了工作人员和公众的年剂量，具体见表 11-5。

表 11-5 设备运行时周围工作人员和公众的年剂量估算值

关注点	剂量率 μSv/h	居留 因子	探伤机 工作时间 h	年剂量估算 值 mSv	关注 人群
设备周围	0.63	1/16	1000	0.04	职业
工作台	0.019	1	1000	0.019	职业
西北侧师大科技园	0.27	1/8	1000	0.034	公众
南侧 1 层实验室	$4.34 \times 10^{-3}$	1	1000	$4.39 \times 10^{-3}$	公众
西南侧师大科技大厦 D 座	$8.16 \times 10^{-5}$	1	1000	$8.26 \times 10^{-5}$	公众
西南侧经营性资产管理委员会办公室	$2.4 \times 10^{-4}$	1	1000	$2.44 \times 10^{-4}$	公众
西侧京师科技大厦 H 座	$2.25 \times 10^{-4}$	1	1000	$2.28 \times 10^{-4}$	公众
北侧学院南路乙 12 号院 2 号楼	$4.05 \times 10^{-4}$	1	1000	$4.09 \times 10^{-4}$	公众
北侧商业楼	$6.2 \times 10^{-4}$	1/2	1000	$3.14 \times 10^{-4}$	公众
上方 2~4 层实验室	0.015	1	1000	0.016	公众

因此，由表 11-5 可知，工作人员最大年剂量为 0.04mSv，公众最大年剂量为 0.034mSv。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应“管理限值”的要求和本次评价照射管理约束值（工作人员 2mSv/a，公众 0.1mSv/a）要求。

由于剂量率与距离平方成反比，随着距离的增加，周边 50m 范围内公众所受年有效剂量更小，可以满足 0.1mSv 的剂量管理约束值要求。综上所述，因此本项目投入运行后，对评价范围内环境保护目标（周围工作人员、公众）环境影响较小，对周围辐射环境影响较小。

### 11.2.2 O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub> 分析

#### 11.2.2.1 O<sub>3</sub> 的产额

根据以往的环评经验，工业 CT 设备运行过程中，臭氧的产生量十分有限。依据 IAEA TRS188 号出版物《电子直线加速器工作的辐射安全问题》和王时进等人发表的《辐射所致臭氧的估算与分析》（中华放射医学与防护杂志，1994 年第 14 卷第 2 期）给出的公式，依照下式计算扩展射线束所致 O<sub>3</sub> 的产额：

##### (1) 有用线束的 O<sub>3</sub> 产额

$$P = 2.43 \cdot D_0 \cdot (1 - \cos\theta) \cdot RG \quad (11-6)$$

式中：

P 为 O<sub>3</sub> 产额，mg/h；

D<sub>0</sub> 为辐射有用束在距靶 1m 处的输出量，Sv·m<sup>2</sup>/min；

R 为靶到设备内壁的距离，m；

G 为空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O<sub>3</sub> 分子数 (G=10)；

$\theta$ 为有用束的半张角。

## (2) 泄漏辐射的 $O_3$ 产额

将泄漏辐射看为  $4\pi$  方向均匀分布的点源（包括有用束区限定的空间区），并考虑设备壁的散射线使室内的  $O_3$  产额增加 10%， $O_3$  的产额  $P$  (mg/h) 为：

$$P = 3.32 \times 10^{-3} D_0 G V^{1/3} \quad (11-7)$$

式中：

$V$  为设备体积， $m^3$ ；其余符号同 (11-6)。

## 11.2.2.2 $O_3$ 的浓度

设： $O_3$  的有效分解时间为  $t_d$  (常取为 0.83h)，实验室通风换气周期为平均每次换气需通风  $t_v$  小时 (h)。

实验室最高饱和  $O_3$  浓度 (mg/h) 为：

$$Q = \frac{P}{V T} \quad (11-8)$$

式中：

$V$  为实验室的体积， $m^3$ ；

$T$  为  $O_3$  的有效清除时间 (h)：

$$T = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \quad (11-9)$$

## 11.2.2.3 参数与结果

### (1) $O_3$ 产额

实验室参数如下：

$$D_0 = 0.0165 \text{ Sv/min}; R = 1.6 \text{ m} \text{ (最大值)}; \theta = 20^\circ; V = 1.81 \times 3.7 \times 2.44 = 16.34 \text{ m}^3.$$

按 (11-6) 估算有用线束的  $O_3$  产额， $P = 0.039 \text{ mg/h}$ 。按 (11-7) 估算泄漏辐射的  $O_3$  产额， $P = 1.39 \times 10^{-3} \text{ mg/h}$ ，此二项合计， $P = 0.041 \text{ mg/h}$ 。

### (2) $O_3$ 浓度

假设没有通风：

$T = t_d = 0.83 \text{ h}$ ， $V = 153 \text{ m}^3$ ， $Q = 2.22 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$ ，此值远小于工作场所中  $O_3$  浓度限值  $0.3 \text{ mg/m}^3$ ，说明臭氧的影响是较轻微的，且检测总时间较短。这样的  $O_3$  浓度直接排放到外部环境，对周围公众的影响可忽略不计。

### (3) NO<sub>x</sub> 分析

在多种氮氧化物（NO<sub>x</sub>）中，以 NO<sub>2</sub> 为主，其产额约为 O<sub>3</sub> 的一半，工作场所中的限值为 O<sub>3</sub> 浓度的 16.7 倍，《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中规定的外部环境中 NO<sub>2</sub> 的浓度限值与 O<sub>3</sub> 相近。因此，NO<sub>x</sub> 的影响可忽略。

## 11.3 事故影响分析

建设单位使用的射线装置属Ⅱ类射线装置，可能的事故工况主要有以下几种情况：

- (1) 安全联锁装置发生故障，防护门未关闭时，外面人员启动探伤机进行探伤，造成有关人员被误照，引发辐射事故；
- (2) 安全联锁装置发生故障，无关人员打开防护门，造成人员被照射，引发辐射事故。

## 11.4 事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，建设单位应严格执行以下风险预防措施：

- (1) 定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定各项管理制度并严格按要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；
- (2) 建设单位需制定《微纳米 X 射线工业 CT 设备操作规程》。凡涉及对设备进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；
- (3) 每月检查防护门的门机联锁装置和门灯联锁装置，确保在防护门关闭后，工业 CT 设备才能进行照射；
- (4) 每月对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。

## 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

#### 12.1.1 机构设置

根据《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》等有关法律法规的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

根据建设单位提供的资料，建设单位已设立了辐射防护管理领导小组。公司分管领导任组长，各部门负责人或相关部门负责人担任组员，并明确了各成员的主要职责，领导小组成员大部分为本科以上学历，具有一定的组织管理能力，故建设单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足环保管理工作的要求。

#### 12.1.2 辐射人员管理

##### (1) 个人剂量监测

本项目配辐射工作人员 1 人，均由内部工作人员调配。建设单位为辐射工作人员配置个人剂量计。个人剂量计常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月送检，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。

##### (2) 辐射工作人员培训

根据《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和防护管理办法》要求，所有辐射工作人员，尤其是新进的、转岗的人员，必须到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台 (<http://fushe.mee.gov.cn>) 报名参加辐射安全与防护培训，并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩单后方可上岗。

建设单位已经组织 1 名辐射工作人员到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加辐射安全与防护培训，并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩单报告单。

##### (3) 辐射工作人员职业健康体检

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

建设单位已组织 1 名辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，并建立个人健

康档案。

### **12.1.3 辐射安全和防护状况年度评估报告**

建设单位核技术利用项目正式开展后，应对开展的核技术利用项目辐射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。

## **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；有完善的辐射事故应急措施。

根据上述要求，学校制定了相关辐射管理规章制度，包括《辐射安全与环境保护管理机构》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射环境监测方案》、《北京师范大学辐射工作人员培训制度》、《放射性药物教育部重点实验室人员卫生操作规程》、《辐射防护仪器使用维护操作规程》、《微纳米 X 射线工业 CT 设备操作规程》、《放射性同位素使用登记制度》、《放射源台账》、《新增射线装置台账》、《新增使用的非密封放射性物质放射性废物处理方案》等，制度具有实际操作性。

建设单位所有相关制度以正式文件形式制定，并将各项管理制度、操作规程等悬挂在辐射工作场所。建设单位对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

## **12.3 辐射监测**

### **12.3.1 辐射工作人员个人剂量监测**

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员均佩戴个人剂量计，监测周期不超过 3 个月。辐射工作人员职业健康检查每 2 年进行 1 次，并建立职业健康监护档案且长期保存。学校已有工作人员均配备了个人剂量计，并按期进行个人剂量监测，建立了个人剂量档案，个人累积剂量均为超过标准限值要求，满足 GB18871-2002 中职业人员相关剂量限值要求。

### **12.3.2 辐射工作场所监测**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，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，可以委托经有资质的监测机构进行监测。

实验楼拟配置 1 台 X- $\gamma$  辐射剂量率巡测仪，每季度对工业 CT 设备和实验室周围辐射环境进行一次自行监测。

建设单位须定期（每年一次）请有资质的单位对工业 CT 设备和实验室周围环境进行辐射环境监测，建立监测技术档案，年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

监测数据每年年底向市生态环境局和当地生态环境局上报备案。

建设单位制定了辐射监测计划，并将每次监测结果记录存档备查。

**表12-1 工作场所年度监测和日常监测计划一览表**

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	实验室	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	工业CT设备外表面30cm处、实验室墙外30cm处、实验室内工作站	委托监测
日常监测	实验室	周围剂量当量率	1次/季度	按照国家规定进行	工业CT设备外表面30cm处、实验室墙外30cm处、实验室内工作站	自行监测
验收监测	实验室	周围剂量当量率	项目完成3个月内	按照国家规定进行	工业CT设备外表面30cm处、实验室墙外30cm处、实验室内工作站	委托监测

### 12.3.3 环保竣工验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告2018年第9号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

## 12.4 辐射事故应急

根据建设单位提供的资料可知，建设单位已经制定了《辐射事故应急预案》，应急预案包括了应急机构的设置与职责、应急响应程序、紧急响应措施、条件保障等，其内

容较全、措施具体，针对性较强、便于操作，在应对放射性事故和突发性事件时基本可行，将本项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围，并做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备。

一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急处理领导小组上报当地生态环境主管部门；同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 辐射安全与防护分析结论

##### (1) 辐射安全防护措施结论

北京师范大学新增 1 台型号为 CT METROTOM 1500 225kV G3 工业 CT 设备，设备自带防护铅房，根据理论预测，设备四周辐射剂量率最大为  $0.04\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足周围剂量当量率参考控制水平小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  的要求，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 的要求；工业 CT 设备设有门机联锁、声光报警系统、急停装置等安全设施，学校配置辐射剂量巡测仪，已为辐射工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，辐射安全与防护措施满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 防护最优化的要求。

##### (2) 辐射安全管理结论

管理机构：建设单位已成立了辐射安全管理小组并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并将加强监督管理。建设单位已制定包括《辐射事故应急预案》在内的一系列管理制度，并适时进行修订、完善。建设单位应根据本单位核技术应用项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中严格落实执行；建设单位按要求安排辐射工作人员生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加辐射安全与防护培训，并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单后方可上岗。

#### 13.1.2 环境影响分析结论

##### (1) 电离辐射

本项目运营期主要为电离辐射的环境影响，项目建设均已采取了针对电离辐射有效的防护措施。项目的各项安全措施满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 的相关要求。经预测，本项目所致辐射工作人员受照的年有效剂量最大为  $0.04\text{mSv}$ ，满足工作人员年剂量约束值不大于  $2\text{mSv}$  的要求；公众受照的年有效剂量为  $0.034\text{mSv}$ ，满足公众年剂量约束值不大于  $0.1\text{mSv}$  的要求。

##### (2) 废气

工业 CT 设备运行过程产生的少量臭氧及氮氧化物采用自然通风的方式排出防护铅房。通过实验室内排风系统，将臭氧和氮氧化物排出室外。

### 13.1.3 项目可行性分析结论

#### (1) 产业政策符合性

本项目为 X 射线探伤检测项目，对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，不属于其限制类和淘汰类，为鼓励类，因此本项目建设符合相关的产业政策。

#### (2) 实践正当性符合性

本项目的目的是开展样品无损检测，提升学校在相关地球科学及环境科学领域（尤其是土壤及微生物群落结构研究）的进度，填补相关学科研究方面的空白，项目实践过程中采取了可靠的辐射防护措施，对周围环境、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求，其所获利益远大于可能因辐射实践所造的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

#### (3) 选址合理性分析

本项目位于北京市海淀区学院南路 12 号，地理位置优越，交通便利，给排水、电力、通讯等基础设施完备。本项目实验室位于北京师范南院 57 号实验楼一层北侧，实验室周围 50m 范围内主要为学校内部建筑物、道路以及校外居民区，通过前文环境影响分析可知，经辐射屏蔽措施后，本项目的运行对周围环境的影响是可接受的。因此，本项目的选址是合理的。

#### (4) 项目可行性分析

综上所述，北京师范大学新增使用 **类射线装置项目** 在落实本评价报告所提出的各项污染防治和辐射环境管理措施后，项目各项辐射安全措施基本满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求，辐射工作人员和公众最大年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求，运营期对周围环境产生的辐射影响在可接受范围，因此，从辐射安全和环境保护角度分析，该项目的建设是可行的。

## 13.2 建议与承诺

### 13.2.1 建议

- (1) 应结合工作实际情况对辐射安全管理制度进行不断修改和完善；
- (2) 应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

### **13.2.2 承诺**

- (1) 加强本单位的辐射安全管理，发现问题，及时整治，完善管理制度，落实管理责任；
- (2) 项目严格按照本次报批的设备类型、数量、设计方案建设，项目竣工后正式运行前，根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，在规定的验收期限内（一般不超过3个月），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告；
- (3) 承诺在工业CT设备正式启用前，将张贴悬挂相应规章制度于工作场所墙面上，并在铅房外设立符合规范要求的电离辐射警告标志；
- (4) 承诺严格执行辐射监测计划，发现隐患及时整改；对门机联锁装置、警示灯联锁装置等防护设施进行经常性检查，发现防护设施故障或失灵应立即维护、修复。

**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