

上海交通大学材料学院新增 1 台
高分辨率 X 射线三维显微成像及
晶体取向拓扑分析仪使用项目
环境影响报告表
(可公开版)

建设单位：上海交通大学

编制单位：上海国核科技发展有限公司

2024 年 12 月

说 明

上海国核科技发展有限公司受上海交通大学委托完成对“上海交通大学材料学院新增 1 台高分辨率 X 射线三维显微成像及晶体取向拓扑分析仪使用项目”的环境影响评价工作。现根据国家及本市规定，在向具有审批权的环境保护行政主管部门报批前公开环评文件全文。

本文本的内容为拟报批的环境影响报告表全本，上海交通大学和上海国核科技发展有限公司承诺本文本与报批稿全文完全一致，但不涉及国家秘密/商业秘密/个人隐私。

上海交通大学和上海国核科技发展有限公司承诺本环评文本内容的真实性，并承担内容不实之后果。

本环评文本在报环保部门审查后，上海交通大学和上海国核科技发展有限公司将根据各方意见对项目的建设方案、污染防治措施等内容开展进一步的修改和完善工作，“上海交通大学材料学院新增 1 台高分辨率 X 射线三维显微成像及晶体取向拓扑分析仪使用项目”最终的环境影响评价文件，以经环保部门批准的“上海交通大学材料学院新增 1 台高分辨率 X 射线三维显微成像及晶体取向拓扑分析仪使用项目”的环境影响评价文件（审批稿）为准。

上海交通大学

地 址：上海市闵行区东川路 800 号

邮 编：201110

联系人：李凌海

电 话：15395380551

电子邮箱：lilinghai@sjtu.edu.cn



上海国核科技发展有限公司

地 址：上海市徐汇区虹漕路 29 号

邮 编：200233

联系人：黄晓冬

电 话：021-61862352

传 真：021-61860728

电子邮箱：huangxd@snerdi.com.cn



核技术利用建设项目

上海交通大学材料学院新增 1 台
高分辨率 X 射线三维显微成像及
晶体取向拓扑分析仪使用项目
环境影响报告表

上海交通大学

环境保护部监制

2024 年 12 月

核技术利用建设项目

上海交通大学材料学院新增 1 台
高分辨率 X 射线三维显微成像及
晶体取向拓扑分析仪使用项目
环境影响报告表

建设单位名称：上海交通大学

建设单位法人代表（签名或签章）：丁奎岭

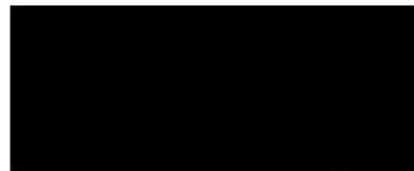
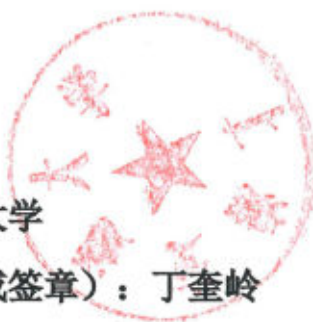
通讯地址：上海市

邮政编码：201110

电子邮箱：lilinghai@sjtu.edu.cn

联系人：李凌海

联系电话：15395380551



打印编号: 1726807905000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	uyh456		
建设项目名称	上海交通大学材料学院新增1台高分辨率X射线三维显微成像及晶体取向拓扑分析仪使用项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	上海交通大学		
统一社会信用代码	1210000042500615X0		
法定代表人 (签章)	丁奎岭		
主要负责人 (签字)	郭强		
直接负责的主管人员 (签字)	王鸿华		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	上海国核科技发展有限公司		
统一社会信用代码	91310104MA7LH6PQX1		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
徐雨芳	2014035310352014310101000111	BH010338	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
董娟	审核	BH002007	
徐雨芳	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量与辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH010338	

上海交通大学材料学院新增
1 台高分辨率 X 射线三维显微成像
及晶体取向拓扑分析仪使用项目
环境影响报告表

审核、审定人员名单

审 定： 黄晓冬



审 核： 董 娟



上海国核科技发展有限公司

二〇二四年十二月

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	- 18 -
表 9	项目工程分析与源项	- 21 -
表 10	辐射安全与防护	- 26 -
表 11	环境影响分析	- 37 -
表 12	辐射安全管理	- 46 -
表 13	结论与建议	- 52 -
表 14	审批	- 55 -
附图 1	项目地理位置图	- 56 -
附图 2	项目所在位置及校区周围环境概况	- 57 -
附图 3	项目 50m 评价范围及周围环境概况	- 58 -
附图 4	项目所在材料 D 楼一层平面布置图	- 59 -
附图 5	项目上部楼层（二楼）平面布置图	- 60 -
附图 6	项目实验室辐射分区图	- 61 -
附件 1	辐射安全许可证	- 61 -
附件 2	辐射环境现状监测报告	- 78 -

表 1 项目基本情况

项目名称		上海交通大学材料学院新增 1 台高分辨率 X 射线三维显微成像及晶体取向拓扑分析仪使用项目			
建设单位		上海交通大学			
法人代表	丁奎岭	联系人	李凌海	联系电话	15395380551
注册地址		上海市华山路 1954 号			
项目建设地点		上海市闵行区东川路 800 号材料 D 楼一楼 116 室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	1200	项目环保投资 (万元)	5	投资比例 (环保投资/总投资)	0.42%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它		占地面积 (m ²)	21
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类 (医疗使用) ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其 他	/			

项目概述

1 建设单位情况及项目由来

上海交通大学是教育部直属并与上海市共建的全国重点大学，是中国最早建立材料科学与工程学科的高校之一，目前共有徐汇、闵行、黄埔、长宁、浦东、崇明等校区，其中，闵行校区位于上海市闵行区东川路 800 号。上海交通大学材料科学与工程学院自 1997 年由材料科学系和材料工程系合并而成，学院拥有一级学科“材料科学与工程”，是国内首批国家重点一级学科，并在国内首批设立硕士点、博士点和博士后流动站。

为配合学院发展，提高研发水平，上海交通大学拟在上海市闵行区东川路 800 号闵行校区材料 D 楼一楼 116 室设置一间“X 射线实验室”，使用一台高分辨率 X 射线三维显微成像及晶体取向拓扑分析仪（以下简称“三维显微成像拓扑分析仪”），用于样品三维成像和晶体取向高通量一体化表征，在无损情况下直观地展示样品内部不同密度的微观结构、内部孔隙、微裂纹等三维结构成像。

2 项目内容及组成

本次拟新增使用 1 台三维显微成像拓扑分析仪，为蔡司公司按照屏蔽体与 X 射线

装置主体结构一体设计和制造、具有制式型号和尺寸的X射线成像设备,型号为Xradia 620 Versa; 设备自带铅钢屏蔽外壳,为单射线管设备; 具有计算机断层扫描实时成像(CT)的功能,属工业显微CT; 装置内部检测室空间狭小,人员无法进入及滞留。该射线装置基本参数见表1-1,典型外观见图1-1。

表 1-1 本项目使用 X 射线装置基本参数

设备名称	型号	数量/台	类别	设备外观尺寸(mm) 长×宽×高	额定管功率/W	额定管电压/kV	额定管电流/mA	单次最大曝光时长/min	年最大出束次数(次)	活动类别	使用地点
高分辨率 X 射线三维显微成像及晶体取向拓扑分析仪	Xradia 620 Versa	1	II 类	2088.6×1081.3×1988.7	25	160	0.156	20	1000	使用	闵行校区材料 D 楼一楼 116 室

注：本项目为单射线管装置。



图 1-1 本项目射线装置外观图

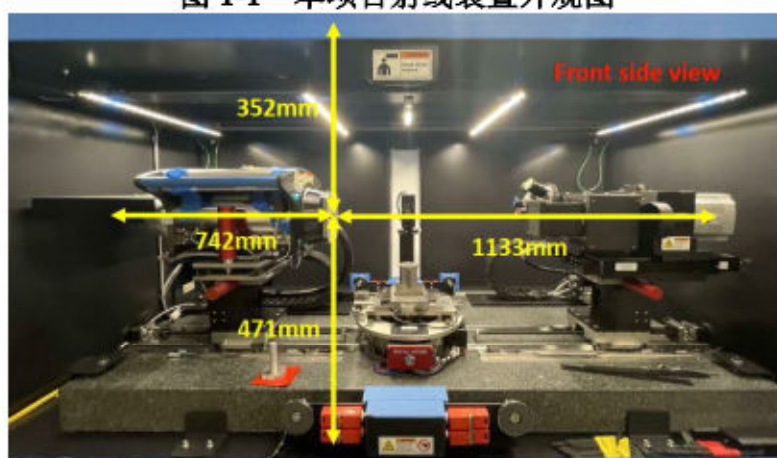


图 1-2 射线装置检测室内部构造

本项目工程组成详见表 1-2。

表 1-2 本项目工程组成表

分类	项目	组成	备注
主体工程	X 射线实验室	本项目在材料 D 楼一楼 116 室新增 1 间“X 射线实验室”使用一台三维显微成像拓扑分析仪，用于样品三维成像和晶体取向高通量一体化表征，在无损情况下直观地展示样品内部不同密度的微观结构、内部孔隙、微裂纹等三维结构成像。	依托主体结构改造用房
公用工程	给排水	依托学校供水和排水管网。	依托
	供电配电	由市政电网供电，依托学校供配电系统。	依托
环保工程	通风排气	机房内安装空调通风系统，能满足机房良好通风要求。	依托
	废水	本项目无生产废水，本项目放射工作人员为学校现有工作人员，不新增生活污水，产生的生活废水经污水管网收集后纳入市政污水管网。	依托
	固废	本项目无生产固废。生活垃圾依托学校的生活垃圾收集系统收集，统一交环卫部门处理。	依托
	辐射防护	本项目三维显微成像拓扑分析仪自带铅钢结构的屏蔽体外壳，装置所在实验室无需做额外屏蔽措施。	依托

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（原国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本项目 1 台高分辨率 X 射线三维显微成像及晶体取向拓扑分析仪具备 CT 成像功能，属于工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，属 II 类射线装置。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部第 16 号令）、《〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉上海市实施细化规定（2021 年版）》（沪环规〔2021〕11 号），本项目属“五十五、核与辐射-172、核技术利用建设项目-使用 II 类射线装置”，应编制环境影响报告表。

对照《上海市生态环境局关于印发<实施规划环境影响评价与建设项目环境影响评价联动的产业园区名单（2023 版）>的通知》（沪环评[2023]125 号），本项目不属于工业园区，不属于联动区域。本项目使用 1 台 II 类非加速器类射线装置，对照《上海市生态环境局关于印发<上海市建设项目环境影响评价重点行业名录（2021 年版）>的通知》（沪环规[2021]7 号），本项目不属于重点行业；对照《上海市生态环境局关于发布<实施建设项目环境影响评价文件行政审批告知承诺的行业名单(2024 年版)>的通知》（沪环评〔2024〕239 号），本项目属于“15-五十五、核与辐射-172-核技术利用建设项目-使用 II 类射线装置（加速器类射线装置除外），属于可实施环评审批告知承诺的行业。综上，根据《上海市生态环境局关于印发<上海市建设项目环境影响评价文件行政审批告知承诺办法>的通知》（沪环规[2021]9 号），本项目环境影响评价

文件的行政审批方式适用告知承诺方式，建设单位经综合考虑，采用审批制。

3 工作制度及劳动定员

本项目拟设置 1 名辐射工作人员，该人员已于 2024 年 6 月 28 日通过辐射安全与防护知识考核并取得上岗资格，仅从事本项目的放射性工作，不涉及其他射线装置操作。

表 1-3 本项目放射工作人员情况表

姓名	考核有效期	辐射安全考核证书号
李凌海	2024 年 6 月 28 日至 2029 年 6 月 28 日	FS24SH2300450

本项目的人员工作制度如下：每年工作 100 天，每天 1 班，每班 8h，每班共在岗 1 人。

4 项目选址及周边概况

本项目位于闵行区东川路 800 号上海交通大学闵行校区材料 D 楼，项目所在建筑为地上 5 层建筑（无地下层），项目所在建筑东侧为材料 E 楼，南侧为绿化区域及材料 A 楼，西侧为材料 C 楼，北侧为绿化区域、电气中心材料与绝缘研究中心，西北侧为校内办公楼。项目地理位置图见附图 1、附图 2，项目周围环境概况见附图 3。

本项目三维显微成像拓扑分析仪位于材料 D 楼一楼 116 室内，靠房间中间放置，装置正面朝南面，人员操作台位于装置正面防护门左前侧，辐射工作人员由实验室南侧房门出入。本项目实验室东侧为“114 透射实验室”，南侧为室内走廊，隔走廊为“115 压力实验室”，西侧为“118 扫描实验室”，北侧为室外绿化区域，顶部为二楼“214 实验室”。项目所在的材料 D 楼 1 层及 2 层平面布局见附图 4 及附图 5，本项目所在射线实验室平面布局见附图 6。

本项目 50m 评价范围内主要包括本项目所在建筑材料 D 楼、北侧上海交大电气材料与绝缘研究中心、西北侧校内办公楼，西侧材料 C 楼。因此，本项目主要保护目标包括本项目的放射工作人员、其他校内人员及周边公众。具体见表 7-1。

5 产业政策符合性

本项目使用三维显微成像拓扑分析仪进行无损检测和内部结构三维成像工作，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“鼓励类-三十一、科技服务业-5. 检验检测认证服务：分析、试验、测试以及相关技术咨询与研发服务”，不属于限制类和淘汰类项目。

根据《上海工业及生产性服务业指导目标和布局指南（2014 年版）》，本项目属

于“Ⅰ、培育类-十三、检验检测认证服务-质检检验、检测、分析测试服务”以及“Ⅱ、鼓励类-十二、生产性服务业-（三）研发设计服务-自然科学研究和试验发展，工程和技术研究和试验发展”，未列入限制类及淘汰类目录；根据《上海市产业结构调整指导目录限制和淘汰类（2020 年版）》，本项目不属于限制类和淘汰类内容之列。

综上，项目的建设符合国家及上海市产业政策。

6 实践正当性

上海交通大学使用三维显微成像拓扑分析仪用于样品三维成像和晶体取向高通量一体化表征科研工作。本项目的建设将满足学院发展的需求，提高研发水平。虽然在运行期间，三维显微成像拓扑分析仪的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但本项目设备自带屏蔽体，设备外部剂量率水平可满足标准规范要求，且在学校做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的前提下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，其所带来的科研价值和社会效益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

7 现有核技术利用项目回顾

（1）现有辐射安全许可情况

上海交通大学已取得上海市生态环境局颁发的辐射安全许可证（沪环辐证[21011]，详见附件 1），许可种类和范围包括：使用Ⅴ类放射源，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，具体活动种类和范围见表 1-4、1-5、1-6。

表 1-4 放射源许可一览表

序号	辐射活动场所名称	核素	类别	活动种类	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	用途
1	闵行校区理科楼 519 室（物理与天文学院中心实验室中心放射源）	Sr-90	Ⅴ类	使用	5.55E+7*4	科研应用
2		Cs-137	Ⅴ类	使用	3.70E+7*1	科研应用
3		Cs-137	Ⅴ类	使用	7.40E+4*4	科研应用

表 1-5 非密封放射性物质许可一览表

序号	工作场所名称	场所等级	物理状态	活动种类	用途	核素	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)
1	闵行校区实验动物中心楼 A125 室 (生物医学影像技术中心同位素室)	乙级	液态	使用	教学科研	Ga-67	3.7E+7	3.7E+8
2			液态	使用	教学科研	Ga-66	3.7E+7	3.7E+8
3			液态	使用	教学科研	At-211	3.7E+8	3.7E+8
4			液态	使用	教学科研	Cu-64	3.7E+6	7.4E+9
5			液态	使用	教学科研	P-32	3.7E+7	3.7E+8
6			液态	使用	教学科研	Ga-68	3.7E+7	3.7E+9
7			液态	使用	教学科研	Lu-177	3.7E+7	3.7E+9
8			液态	使用	教学科研	Tl-201	3.7E+6	3.7E+8
9			液态	使用	教学科研	I-124	3.7E+7	3.7E+8
10			液态	使用	教学科研	Ge-68(Ga-68)	7.4E+5	2.96E+9
11			液态	使用	教学科研	Cr51	3.7E+6	3.7E+8
12			液态	使用	教学科研	Zr-89	3.7E+7	1.89E+9
13			液态	使用	教学科研	In-111	3.7E+7	3.7E+9
14			液态	使用	教学科研	I-123	3.7E+6	3.7E+8
15			液态	使用	教学科研	I-125	3.7E+7	3.7E+8
16			液态	使用	教学科研	I-131	3.7E+7	3.7E+9
17			液态	使用	教学科研	Re-188	3.7E+7	3.7E+8
18			液态	使用	教学科研	S-35	3.7E+7	3.7E+8
19			液态	使用	教学科研	Y-90	3.7E+7	3.7E+9
20			液态	使用	教学科研	Tc-99m	3.7E+6	1.85E+10
21			液态	使用	教学科研	F-18	2.22E+6	2.22E+12
22			液态	使用	教学科研	Zr-95	3.7E+7	1.85E+9
23			液态	使用	教学科研	Au-198	3.7E+7	3.7E+9
24			液态	使用	教学科研	F-18	7.4E+7	7.4E+11
25			液态	使用	教学科研	Fe-59	3.7E+7	3.7E+8
26			液态	使用	教学科研	Nd-147	3.7E+7	3.7E+8

表 1-6 射线装置许可一览表

序号	辐射活动场所	装置分类名称	类别	活动种类	数量 (台)	装置名称	规格型号
1	徐汇校区校医院放射科 (DR 室)	医用诊断 X 射线装置	Ⅲ类	使用	1	DR 机	uDR592h
2	闵行校区动物中心楼 115 室 (肿瘤所 X-射线自屏蔽辐照仪室)	血管造影用 X 射线装置	Ⅱ类	使用	1	自屏蔽 X 射线辐照仪	RS2000
3	闵行校区动物中心楼 A131-1 室 (分测中心生物医学影像技术中心 SPECT-CT)	其他不能被豁免的 X 射线装置	Ⅲ类	使用	1	小动物 SPECT-CT	NanoScan
4	闵行校区动物中心楼 A131-2 室 (分测中心生物医学影像技术中心 PET-CT)	其他不能被豁免的 X 射线装置	Ⅲ类	使用	1	小动物 PET-CT	NanoScan
5	闵行校区动物中心楼 A208-1 室 (X-ray 辐照仪)	其他不能被豁免的 X 射线装置	Ⅲ类	使用	1	X-ray 辐照仪	RS-2000 Pro
6	闵行校区动物中心楼 A208-7 室 (microCT 室)	其他不能被豁免的 X 射线装置	Ⅲ类	使用	1	MicroCT 装置	Skyscan 1276
7	徐汇校区校医院放射科 (DR 室)	医用诊断 X 射线装置	Ⅲ类	使用	1	DR 机	Xplorer 1800

(2) 环保手续履行情况

学校现有核技术利用项目环保手续办理情况见下表 1-7。

表 1-7 学校现有辐射应用项目环评及验收情况

项目名称	环评批文/备案号	环保验收情况
上海交通大学新增 1 台微聚焦 X 射线装置使用项目	闵环保许评辐[2023]13 号	正在办理辐射安全许可证
X 射线辐照仪项目	沪环保许辐[2012]137 号	沪环保许辐[2014]75 号， 2014 年 5 月 7 日
上海交通大学闵行校区生物医学影像技术中心同位素实验室建设项目	沪环保许辐[2022]10 号	已完成自主竣工环保验收 2024 年 12 月 19 日
上海交大物理实验中心放射源库环评登记表	登记表备案号： 202331011200000644	/
交大徐汇校区校医院 DR 机环评登记表	登记表备案号： 202331010400000392	/
交大闵行校区分析测试中心小动物活体 MicroCT 成像仪	登记表备案号： 202331011200000133	/
交大闵行校区分析测试中心 X-ray 辐照仪	登记表备案号： 202331011200000132	/
上海交通大学医学院医用 X 射线摄影系统 (DR) 机房建设项目	登记表备案号： 2019310112000004061	/

上海交通大学现有核技术利用项目均办理环境影响评价手续，并纳入辐射安全管理体系。

(3) 辐射工作场所和个人剂量监测

1) 工作场所辐射水平

上海交通大学已于 2024 年 1 月 18 日填报了《上海交通大学年度评估报告（2023 年度）》。根据 2023 年度学校 X 射线辐照仪工作场所、密封源放射源容器周围环境、上海交大闵行校区医院放射工作场所防护、上海交大徐汇校医院放射工作场所防护年度检测报告（FYS-2023-A-1306、FYS-2023-A-1282、2023ZFP04054FH01、2023ZFP04054FH02 等），学校医用诊断机机房剂量率水平能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求；含密封放射源容器周围剂量率水平能够满足《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护要求》（GBZ 114-2006）中的相关要求；射线装置周围各测试点的辐射水平均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的规定限值。

2) 人员剂量

学校定期委托资质单位对辐射工作人员受照剂量进行检测，现有辐射工作人员个人剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的职业照射年剂量限值（20mSv/年）和职业照射剂量约束值（5mSv/年）。

（4）辐射监测仪器配备

学校针对现有核技术利用项目，配备了如下辐射监测仪器：

表 1-8 现有辐射监测仪器一览表

仪器名称	型号	数量/台
辐射环境监测仪	INSPECTOR	1
	RAM ION	1
	BG9010Y+BG90GC	1
	RADIATION	1
	JB4020	1
	BG9511	1
	EadSource RSA01	1
表面污染仪	COMO170	4
	瑞麦德全身表面污染仪	1
个人剂量报警仪	PRM-1200 DoseRAE 2	6
	JB4020	1
	BG2010	2
	NT6102	1

以上辐射监测仪器与现有核技术利用项目类型相匹配，能够满足监测需要。

（4）辐射环境管理

学校设置了辐射安全防护领导小组专门负责学校的辐射安全和环境保护管理工作，辐射安全与防护管理实行学校、院系、实验室三级管理体制，并由学校实验室安全与环保中心负责领导全校辐射安全与防护管理工作；并制定了《辐射防护与安全保卫制度》、《操作规程》、《实验室人员岗位职责》、《辐射操作人员培训制度》、《检修维护制度》、《环境监测方案》、《辐射事故应急预案》等辐射安全管理规章制度。

（5）应急预案制定情况

学校根据《放射性污染防治法》第三十三条和《上海市放射性污染防治若干规定》（2010 年 1 月 15 日起施行，2024 年 11 月 25 日上海市人民政府令第 14 号第二次修正）第七条和第十四条的要求，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故（件）的意外情况，制定了《上海交通大学辐射事故应急预案》，一旦发生辐射事故，将立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，学校在事故发生后 2 小时内向环保部门报告，同时报告公安部门，在 12 小时内按规定填写《放射源事故报告表》，报送市环保、公安、卫生部门。配合公安、环保部门进行调查、取证，采取有效措施，控制并消除事故影响。

（6）辐射工作人员培训及考核情况

学校已建立了人员培训和考核的相关规章制度，现有放射工作人员 8 人，均已按照生态环境部第 57 号公告（2019 年）及《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（中华人民共和国生态环境部公告 2021 年第 9 号）的要求，对于使用Ⅲ类射线装置的辐射工作人员组织开展内部自主辐射安全与防护考核，对于使用Ⅱ类射线装置和非密封放射性物质的放射工作人员已统一参加生态环境部组织的辐射安全与防护考核，考核合格证均处于有效期内。

（7）辐射环保投诉情况

学校核与辐射类项目运行至今，未发生过辐射安全事故，未受到过环保相关投诉与处罚。

综上，学校环保手续、规章制度齐全，定期委托开展个人剂量监测及辐射环境监测并能够满足相应标准限值要求，未发生过核技术利用项目相关环保投诉，无需要整改的问题。

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》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	高分辨率 X 射线三维显微成像及晶体取向 拓扑分析仪	II 类	1	Xradia 620 Versa	160	0.156	检测分 析	闵行校区东川路 800 号材料 D 楼一楼 116 室	

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强度 (n/s)	用 途	工 作 场 所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方 式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度 (Bq)	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	极少量	/	/	/	经设备自带排风及房间通风系统排至室外
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日施行）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2003 年 9 月 1 日施行，2018 年 12 月 29 日第二次修订）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（国家主席令 2003 年第 6 号，2003 年 10 月 1 日施行）； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 7 月 16 日国务院第 682 号令修订，2017 年 10 月 1 日施行）； (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）； (6) 《关于发布射线装置分类的公告》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），2017 年 12 月 5 日； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 12 月 1 日施行，2019 年 3 月 2 日国务院令第 709 号修改）； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局第 31 号令发布，2021 年 1 月 4 日生态环境部第 20 号令第四次修订）； (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 4 月 18 日原环境保护部第 18 号令发布，2011 年 5 月 1 日施行）； (10) 《上海市环境保护条例》（2022 年 7 月 21 日第七次修订，2022 年 8 月 1 日施行）； (11) 《上海市放射性污染防治若干规定》（2010 年 1 月 15 日起施行，2024 年 11 月 25 日上海市人民政府令第 14 号第二次修正）； (12) 《上海市环境保护局关于贯彻落实新修订的<建设项目环境保护管理条例>的通知》（沪环保评[2017]323 号）； (13) 《〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉上海市实施细化规定（2021 年版）》（沪环规〔2021〕11 号），2021 年 9 月 1 号； (14) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）；
------	---

	(15) 《上海市环境保护局关于贯彻落实<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的通知》（沪环保评[2017]425 号）。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ 2.1-2016）； (2) 《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； (4) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； (5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014，及 2017 年 10 月 27 日第一号修改单）； (6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； (7) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (8) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）； (10) 《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则 第 1 部分：通用安全技术要求》（GBZ 41476.1-2022）； (11) 《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则 第 3 部分：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》（GBZ 41476.3-2022）。
其他	建设单位提供的设备说明书； 建设单位提供的其他资料； 监测单位提供的辐射环境现状监测报告。

表 7 保护目标与评价标准

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》（HJ 10.1-2016），“放射源和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”。

本项目所使用的三维显微成像拓扑分析仪属 X 射线装置，配备防护铅屏蔽体，取射线装置自带屏蔽体外部 50m 作为评价范围，详见图 7-1。

本项目周围 50m 评价范围内的敏感目标主要涉及本项目所在的材料 D 楼，北侧上海交大电气材料与绝缘研究中心、西北侧校内办公楼，西侧材料 C 楼。



图 7-1 本项目周围 50 米评价范围图

保护目标

本项目的主要环境保护目标为操作三维显微成像拓扑分析仪的辐射工作人员及装置边界 50m 范围内的辐射工作人员、一般工作人员及其他公众。

本项目评价范围内三维显微成像拓扑分析仪保护目标见下表 7-1。

表 7-1 保护目标一览表

场所/机房	方位	周边环境	保护对象	距离/m	常驻人员数量	保护要求
射线装置所在 116 室内	西南	射线装置控制台	本项目辐射工作人员	0.5	1	受照剂量约束值 5mSv/a
本项目三维显微成像拓扑分析仪实验室周围	东	114 透射实验室	公众	0.36	3	受照剂量约束值 0.1mSv/a
	南	室内走廊	公众	3.2	无常驻人员	
	西	118 扫描实验室	公众	0.36	3	
	北	室内绿化区域	公众	2.6	无常驻人员	受照剂量约束值 0.1mSv/a
	上	214 实验室	公众	2.5	3	
	下	无建筑	无	/	无常驻人员	
项目所在建筑内	一层东侧	其他实验室、卫生间	公众	5~50	20	受照剂量约束值 0.1mSv/a
	一层南侧	其他实验室	公众	5~10	10	
	一层西南侧	其他实验室	公众	5~45	10	
	一层西侧	其他实验室	公众	5~20	10	
项目所在建筑周围	北	电气中心材料与绝缘研究中心部分区域	无	28~50	50	受照剂量约束值 0.1mSv/a
	西	材料 C 楼部分区域、校内道路	公众	36~50	50	
	南	绿化区域	公众	10~50	无常驻人员	
	西北	校内办公楼部分区域	公众	36~50	10	

评价标准

1 剂量限值及剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定，本项目放射工作人员和公众（包括本项目的其他非放射工作人员）的年剂量限值以及根据本项目特点并遵循辐射防护最优化原则建议的年剂量约束值见下表 7-2。

表 7-2 剂量限值及剂量约束值

适用范围	剂量限值	剂量约束值
职业照射	20 mSv/a	5 mSv/a
公众照射	1 mSv/a	0.1 mSv/a

2 辐射分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的相关规定，划定控制区、监督区。控制区和监督区以外区域对人员活动不限制。

3 剂量率要求

参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求：

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周；

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。

6.1.4 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 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100 \mu\text{Sv/h}$ 。

本项目 1 台三维显微成像拓扑分析仪，为蔡司公司按照屏蔽体与 X 射线装置主体结构一体设计和制造、具有制式型号和尺寸的 X 射线成像设备，设备自带铅钢屏蔽外壳。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），结合本项目射线装置特点，本评价按照设备外部 30cm 周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为剂量率控制水平。

4 其他

《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求：

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。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。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 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，并与探伤机联锁。“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。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 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。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道位于装置顶部避免朝向人员活动密集区。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本评价委托中辐评检测认证有限公司（CMA 资质号：220912342150）对项目所在地的辐射环境本底进行监测。

1 监测仪器与规范

本次辐射环境质量现状监测仪器及规范见表 8-1。

表 8-1 监测仪器与规范一览表

仪器名称	便携式 X-γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150AD5/H+6150AD-b/H
仪器编号	ZFPYQ-B-2
测量范围	50nSv/h~99.9μSv/h
监测规范	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）
监测单位	中辐评检测认证有限公司
监测时间	2024 年 7 月 4 日
监测报告编号	2024ZFP01050FH32

2 监测因子

X、γ 辐射剂量率。

3 质量保证措施

（1）在拟放置射线装置位置及周边评价范围内工作人员活动区域、公众人员相对密集区域布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性，以保证监测结果的科学性和可比性。

（2）监测方法依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的相关规定，采用即时测量方法进行测量。

（3）监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

（4）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并定期进行校验。

（5）严格按照实验室体系文件中的《质量手册》、《程序文件》及《作业指导书》执行监测任务，监测人员经考核合格后持证上岗。

（6）监测报告严格实行三级审核制度。

4 监测点位布设

表 8-2 项目监测点位布置

编号	测量点位	测量内容
1	拟建 CT 机房 116 房间内部	环境 γ 辐射剂量率
2	拟建 CT 机房东侧 114 房间	环境 γ 辐射剂量率
3	拟建 CT 机房南侧走廊	环境 γ 辐射剂量率
4	拟建 CT 机房西侧 118 房间	环境 γ 辐射剂量率
5	拟建 CT 机房北侧绿化带	环境 γ 辐射剂量率
6	拟建 CT 机房楼上 214 房间	环境 γ 辐射剂量率
7	材料 D 楼大门口处	环境 γ 辐射剂量率

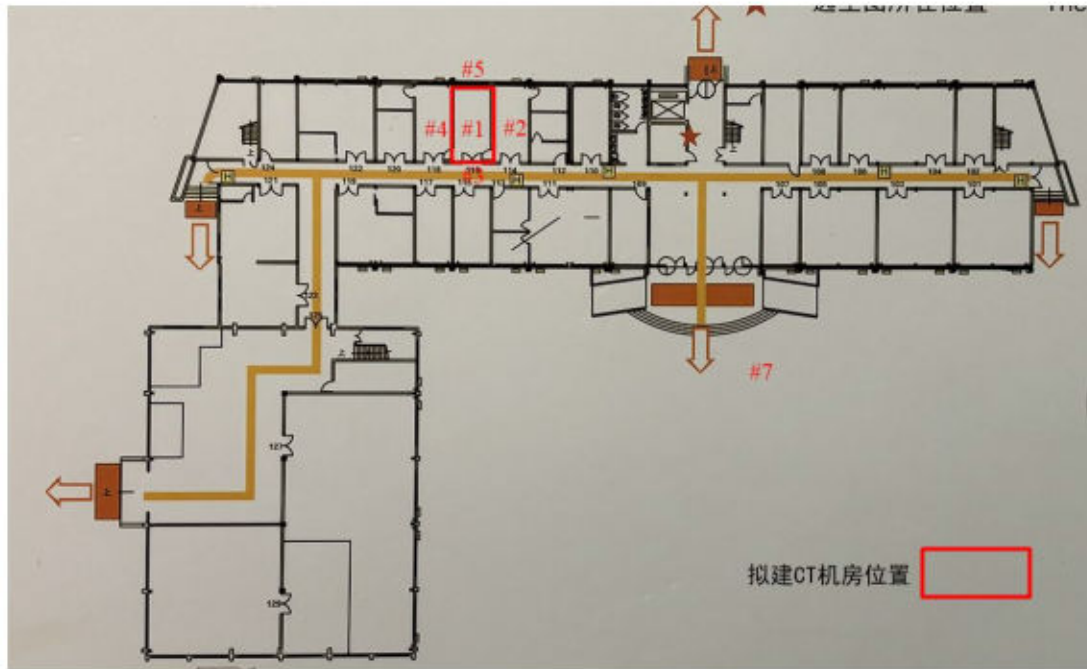


图 8-1 本项目检测点位布设情况 1

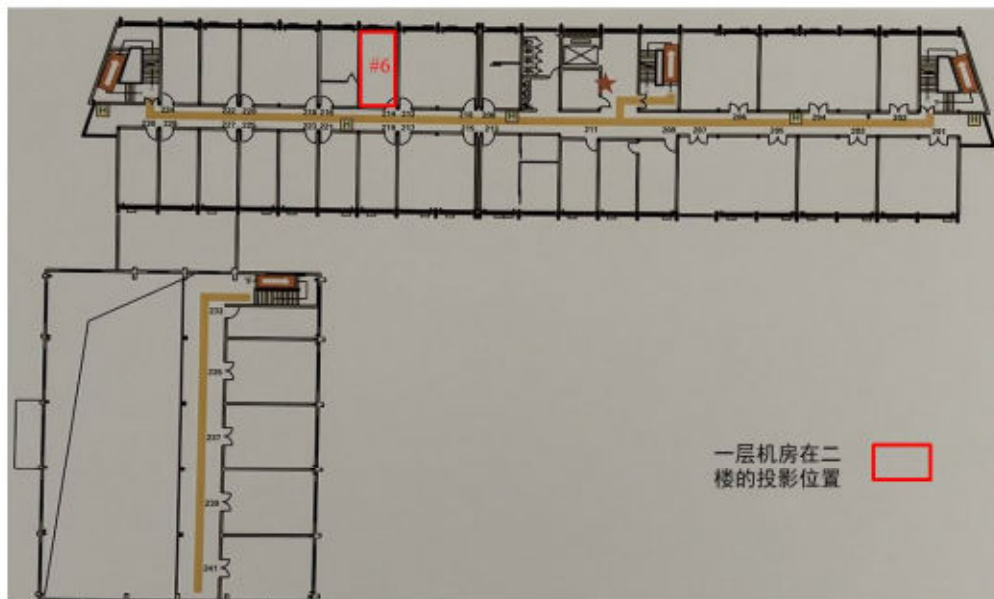


图 8-2 本项目检测点位布设情况 2

5 监测结果及分析

本项目工作场所及周围的环境辐射水平见表 8-3，检测报告见附件 2。

表 8-3 环境辐射水平现状监测结果一览表

测点编号	测量点位	测量次数	测量结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	
			平均值	标准偏差
1	拟建 CT 机房 116 房间内部	10	0.12	± 0.01
2	拟建 CT 机房东侧 114 房间	10	0.12	± 0.01
3	拟建 CT 机房南侧走廊	10	0.12	± 0.01
4	拟建 CT 机房西侧 118 房间	10	0.12	± 0.01
5	拟建 CT 机房北侧绿化带	10	0.12	± 0.01
6	拟建 CT 机房楼上 214 房间	10	0.12	± 0.01
7	材料 D 楼大门入口处	10	0.12	± 0.01
①检测设备校准因子: 0.94; ②按照《环境 γ 辐射剂量率测量计数规范》(HJ1157-2021), 使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时, 空气比释动能与周围剂量当量转换系数取 1.20Sv/Gy; ③表中监测结果已扣除仪器对宇宙射线的响应值。				

根据表 8-3, 本项目射线装置周围室内外辐射背景水平为 $0.12\mu\text{Gy/h}$ 。按照 1.20Sv/Gy 进行换算, 则本底辐射剂量当量率为 $0.144\mu\text{Sv/h}$ 。本项目本底监测所用仪器 X、 γ 辐射剂量当量率仪的量程为 $50\text{nSv/h}\sim 99.9\mu\text{Sv/h}$, 因此本项目本底辐射水平范围处于所用仪器的有效量程范围内, 故本次开展的本底监测数据是有效的。

参考《上海市环境天然贯穿辐射水平调查》(杨鹤鸣等), 上海市参考本底范围(室内建筑物)值为 $0.0534\sim 0.1517\mu\text{Gy/h}$, 本项目本底辐射剂量当量率为 $0.12\mu\text{Gy/h}$, 本项目所在地环境辐射水平与环境本底水平相当, 当地辐射水平无异常。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1 X 射线检测工作原理

X 射线装置是利用 X 射线对物件进行透射的检测装置，通过 X 射线管产生的 X 射线对受检部件进行照射，根据 X 射线在穿过部件时其衰减量的变化程度，最终以二维/三维图像的形式，展示被检测物体内部结构、组成、材质及缺损状况。

X 射线管是本项目高分辨率 X 射线三维显微成像及晶体取向拓扑分析仪的主要功能设备，由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管是玻璃外壳的真空二极管，是用来产生 X 射线的射线源，分为阴极和阳极，阴极主要为发射电子的灯丝（钨丝），通电时钨丝在白炽状态下释放出自由电子，电子在阳极高压作用下不断加速，撞击阳极而产生 X 射线。高压发生器把输入的交流电变成 X 射线管所需的直流电压，并为 X 射线管灯丝提供加热电压。

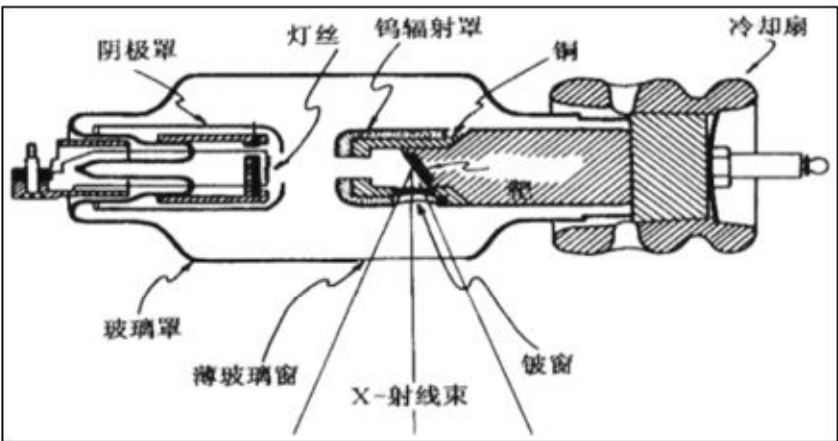


图 9-1 典型 X 射线管结构

将 X 射线管作为光源，X 射线照射到固定于机械平台的工件时，不同射线与工件发生相互作用，如果物体局部存在缺陷或者结构存在差异，将改变物体对射线的衰减，产生不同透射射线强度，带有信息的 X 射线被固定在工件另一侧的图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线图像转换为可视图像，转换过程为“光电效应”，再经计算机处理系统将可视图像转换为数字图像，其方法是用高清晰度电视摄像机摄取可视图像，输入计算机，进行模数转换，以提高图像的灵敏度和清晰度，处理后的图像显示在显示器屏幕上，显示的图像能提供检测材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，在显示器屏幕上直接观察检测结果。

三维显微成像拓扑分析仪是将检测目标（样品）布置在 X 射线发生器与 X 射线检测器之间，使其 360 ° 旋转，从所有角度收集 X 射线透射数据，计算出断面图像（CT

图像)。X 射线检测装置从二维角度收集 X 射线透射数据，计算出二维图像。通过计算机软件，将每个角度的图像进行重构，还原成在电脑中可分析的三维图像。

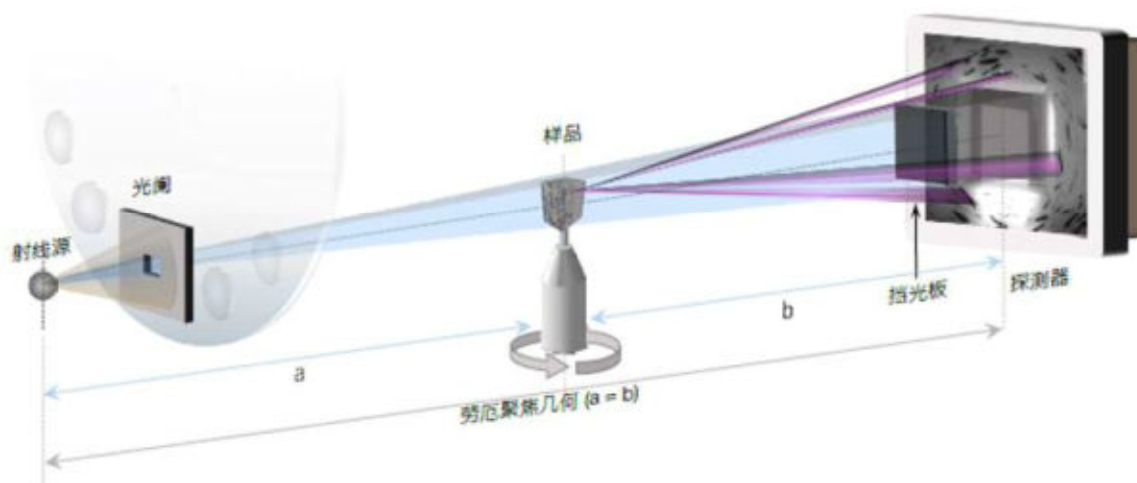


图 9-2 三维显微成像拓扑分析仪工作原理图

2 设备组成

本项目三维显微成像拓扑分析仪主要由带铅防护板的测量室、电气控制柜、操作软件及数据处理工作站组成。带铅防护板的测量室包括：铅钢结构的防护外壳，以及内部的运动定位系统及射线源、成像系统。

本项目装置在机器正面设置平开式防护门用于打开测量室装/卸载样品，机器背面预留通道（设备检修门）用于设备检修维护，其余面则完全封闭。三维显微成像拓扑分析仪外观图如下图 9-3 所示。



图 9-3 三维显微成像拓扑分析仪外观图

3 工作流程

本项目三维显微成像拓扑分析仪开机检测时，辐射工作人员在控制台前操作，机器正面设置了屏蔽防护门，用于打开测量室取放检测样本，正常情况下，工作人员仅需开启防护门放/取样本，具体工作流程如下：

- ① 打开主电源开关，将钥匙开关转到打开位置；
- ② 确认 X 射线管水冷箱水位；
- ③ 按顺序打开控制柜内的 X 射线电源；
- ④ 将检测样本装载在载物台上；
- ⑤ 摆放好待检测样本后，关闭防护门；
- ⑥ 根据检测目的选取检测方式，打开 X 射线出束开关，开始检测；
- ⑦ 检测图像在控制台处的显像器上实时显示，工作人员在显像器前对样本内部显微结构等进行分析；
- ⑧ 检测完成后，关闭出束，打开测量室防护门，取出检测样本。

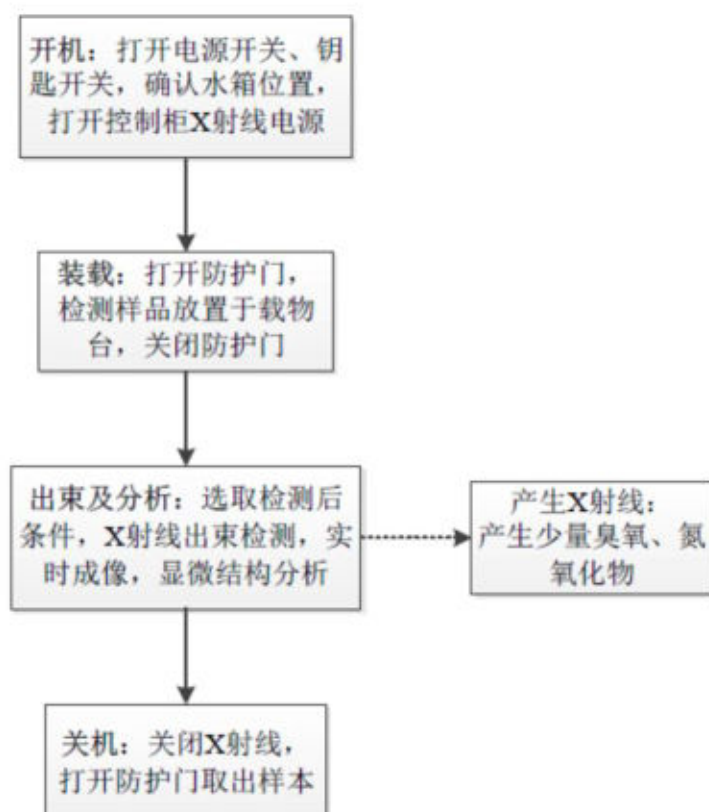


图 9-7 三维显微成像拓扑分析仪使用工作流程

污染源项描述

本项目射线装置相关参数见表 9-1。

表 9-1 本项目射线装置计算工况参数一览表

设备名称	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	主射 方向	单次最大曝 光时长 (min)	年最大出束 次数 (次)
高分辨率 X 射线三维显微成像及晶体取向拓扑分析仪	Xradia 620Versa	160	0.156	右侧	20	1000

注：射线装置在运行过程中会根据检测样品的厚度材质等自动调节电压、电流。

1 正常工况放射性污染分析

X 射线装置主要的放射性污染是 X 射线，污染途径是 X 射线外照射。X 射线装置只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。在开机出束时，有用束和漏射、散射的 X 射线对周围环境造成辐射污染。在 X 射线装置使用过程中，X 射线贯穿设备的屏蔽设施进入外环境中，将对操作人员及周围人员造成辐射影响。本项目三维显微成像拓扑分析仪（最大管功率 25W，最大管电压 160kV，最大电压下最大管电流 0.156mA）在运行时会产生 X 射线，可能对周围环境和人员造成一定的辐射影响，停止运行后 X 射线随即消失。

2 事故工况放射性污染分析

（1）三维显微成像拓扑分析仪的安全联锁系统失效，装置在防护门未关闭或关闭不完全的情况下启动出束，对操作人员及周围公众造成不必要的照射。

（2）铅屏蔽体因变形、泄漏等问题不能满足辐射防护要求，对辐射工作人员及周围公众造成不必要的照射。

3 “三废”产生情况

本项目不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废弃物。

三维显微成像拓扑分析仪产生的 X 射线会使空气电离，产生极少量的臭氧 O_3 和氮氧化物 NO_x ，本项目三维显微成像拓扑分析仪设置机械通风装置，排风管道位于装置顶部右侧避免朝向人员活动密集区，本项目所在 116 实验室设有空调通风系统，确保房间通风良好。产生的少量废气经装置通风管道及室内通风系统排出室外。

本项目仅进行断层扫描，并采用数码实时成像，不洗片，无废显影液、定影液等产生。

本项目工作人员在日常工作期间会产生生活污水和生活垃圾。生活污水由校区污

水管网收集后送至市政污水管网。生活垃圾经分类收集后交由环卫清运。本项目工作人员为学校现有人员，不新增生活污水和生活垃圾产生及排放。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1 工作场所布局及辐射分区

(1) 工作场所布局

本项目新增三维显微成像拓扑分析仪位于上海交通大学闵行校区材料 D 楼一楼 116 室内，靠房间中间位置放置，装置正面朝南侧，人员操作台位于装置进料门左前侧，辐射工作人员由实验室南侧房门出入实验室。

本项目射线装置所在实验室位于材料 D 楼实验室区域，实验室西侧为“118 扫描实验室”，东侧为“114 透射实验室”，实验室北侧外部为室外区域，实验室南侧为楼层走廊，隔走廊为“115 压力实验室”，实验室底部无地下室，顶部为二楼“214 实验室”。设备自带屏蔽体，外部剂量率水平可满足标准要求，无需额外屏蔽。

本项目所在实验室设置门禁系统，只有经授权的放射工作人员方可进入；同时，在三维显微成像拓扑分析仪外部及实验室试验区外部醒目位置张贴“当心电离辐射”警告标志，提醒无关公众尽可能远离射线装置。

从整体上看，该装置场所位置及布局合理。

(2) 辐射分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），对本项目三维显微成像拓扑分析仪辐射工作场所进行分区管理，具体如下：

①控制区：本项目三维显微成像拓扑分析仪辐射防护铅箱所构成的内部区域。

②监督区：将三维显微成像拓扑分析仪所在的实验室实验区（除控制区外其他区域）划为监督区，监督区内在装置进行出束检测时，除放射工作人员外，其他人员需尽速离开，不得驻留。

③监督区外对人员活动不作限制。

辐射分区图如下：

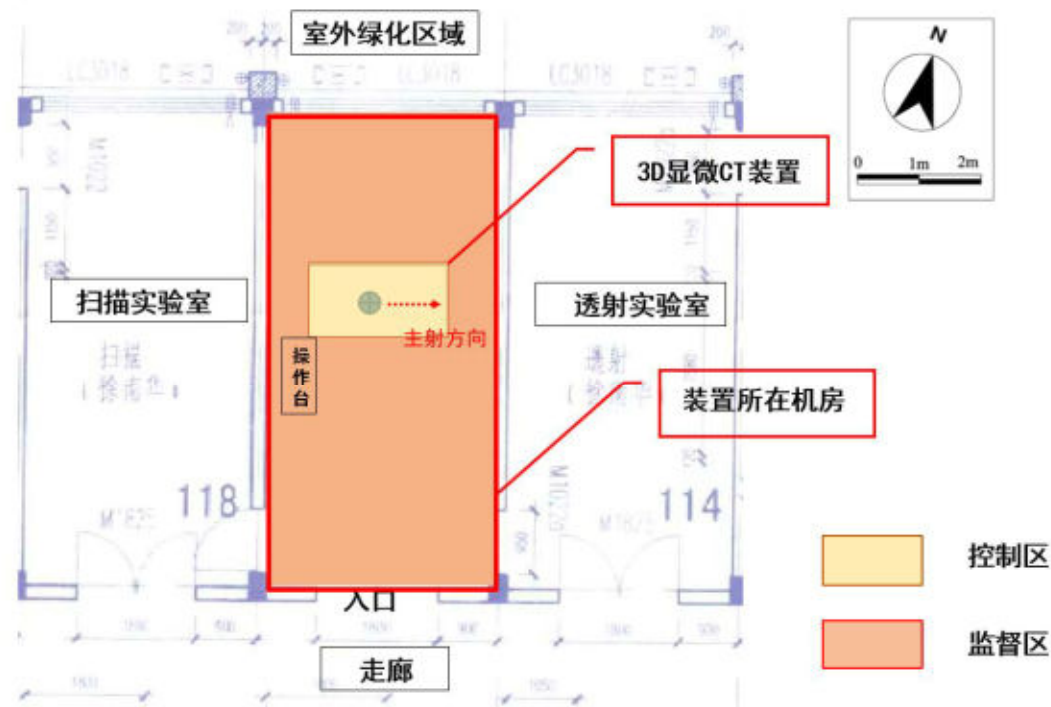


图 10-1 本项目辐射分区设置图

2 辐射安全防护措施

(1) 装置辐射屏蔽方案

本项目使用的三维显微成像拓扑分析仪配套辐射防护铅箱，装置采用铅钢防护结构作为安全屏蔽外壳，具体屏蔽情况见表 10-1，屏蔽防护示意图 10-2。

表 10-1 三维显微成像拓扑分析仪屏蔽材料

设备名称	屏蔽体外径尺寸：长 ×宽×高(mm)	方位	屏蔽部位	屏蔽材料及厚度（由内到外）
高分辨率 X 射线三维显 微成像及晶 体取向拓扑 分析仪	2088.6×1081.3×1988.7	南侧	设备正面防护门（进 出料门）	1.2mm 钢板+6mm 铅板+4mm 钢板
		北侧	设备背面防护门（检 修门）	1.2mm 钢板+6mm 铅板+4mm 钢板
		西侧	设备左面	1.2mm 钢板+6mm 铅板+4mm 钢板
		东侧	设备右面（主射面）	1.2mm 钢板+9mm 铅板+4mm 钢板
		顶面	设备顶面	2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板
		底面	设备底面	6mm 钢板+6mm 铅板+6mm 钢板
注：从机器的正前方（操作面）来看				

此外，机器线缆穿孔位置位于舱内左后方，线缆四周均覆以防护铅板。指示灯线槽、探测器线槽以及样品台线槽均覆以防护铅板，防护铅屏蔽体内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漏。具体屏蔽情况见表 10-2，相关图示见图 10-3 至图 10-6。

表 10-2 各部件屏蔽设计

部件	屏蔽方式	屏蔽体厚度
指示灯线槽	铅屏蔽	8mm
进风口	铅屏蔽	10mm
高压线缆	铅屏蔽	5mm
样品台线槽	铅屏蔽	11mm
探测器线槽	铅屏蔽	8mm
出风口	铅屏蔽	7mm

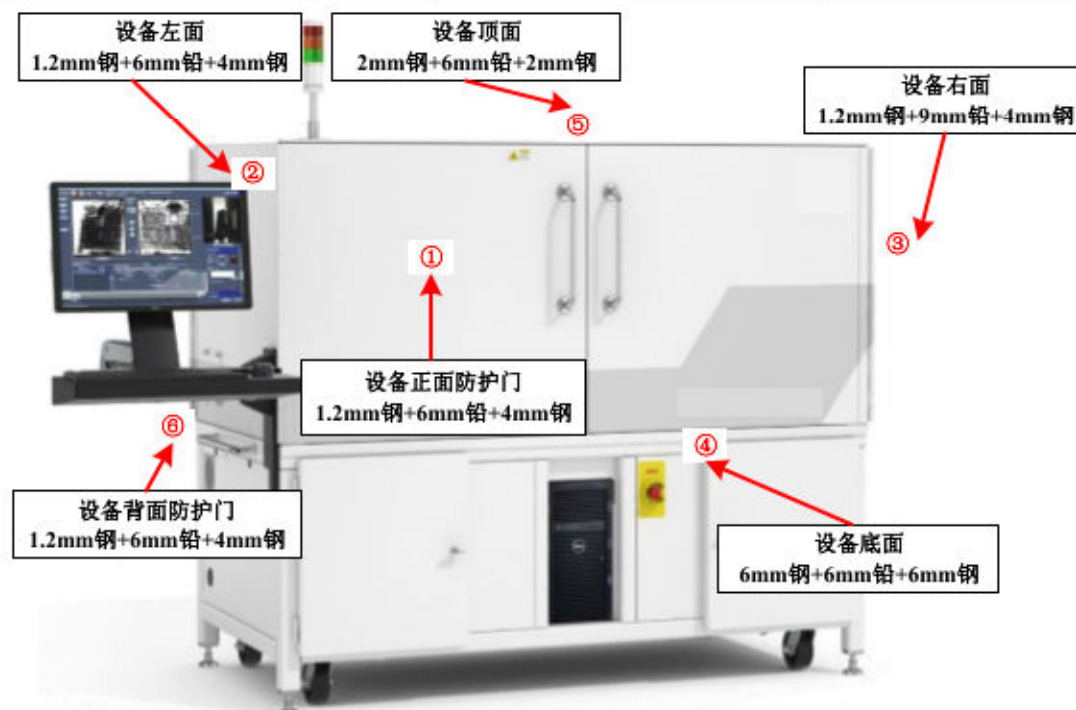


图 10-2 本项目三维显微成像拓扑分析仪屏蔽防护图

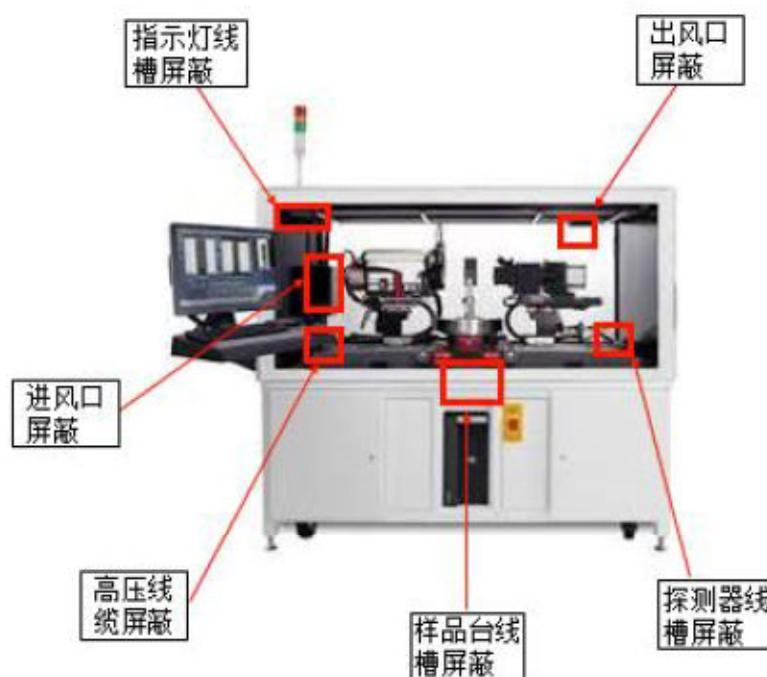


图 10-3 本项目三维显微成像拓扑分析仪屏蔽部件图

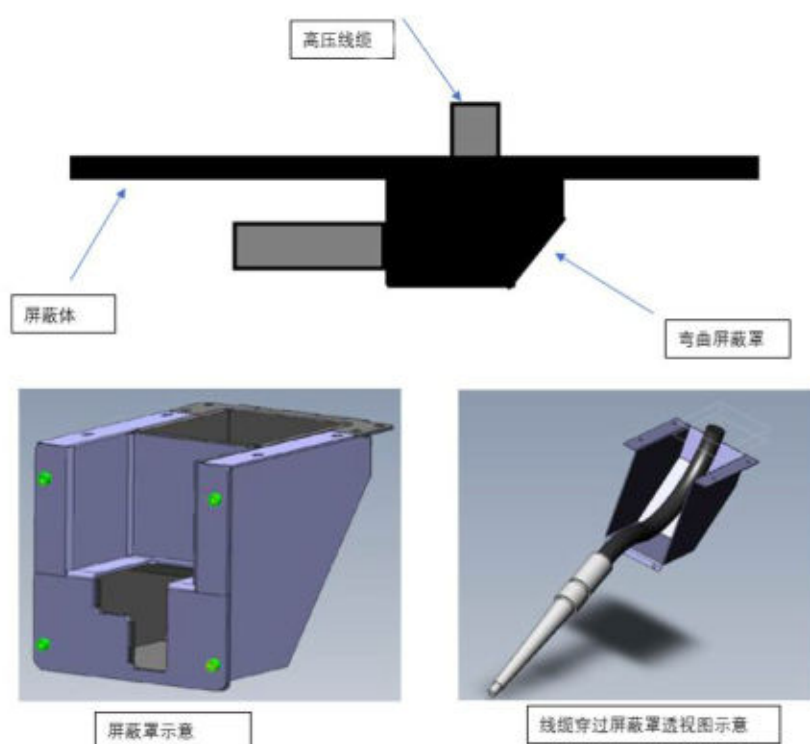


图 10-4 本项目三维显微成像拓扑分析仪高压线缆屏蔽图

探测器线缆通过8mm厚铅屏蔽罩穿过屏蔽体

指示灯线缆通过8mm厚铅屏蔽罩穿过屏蔽体

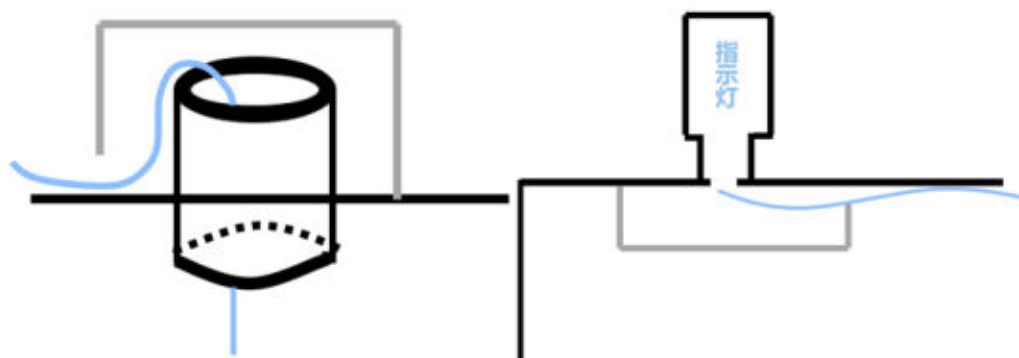


图 10-5 本项目三维显微成像拓扑分析仪探测器与指示灯线缆屏蔽图

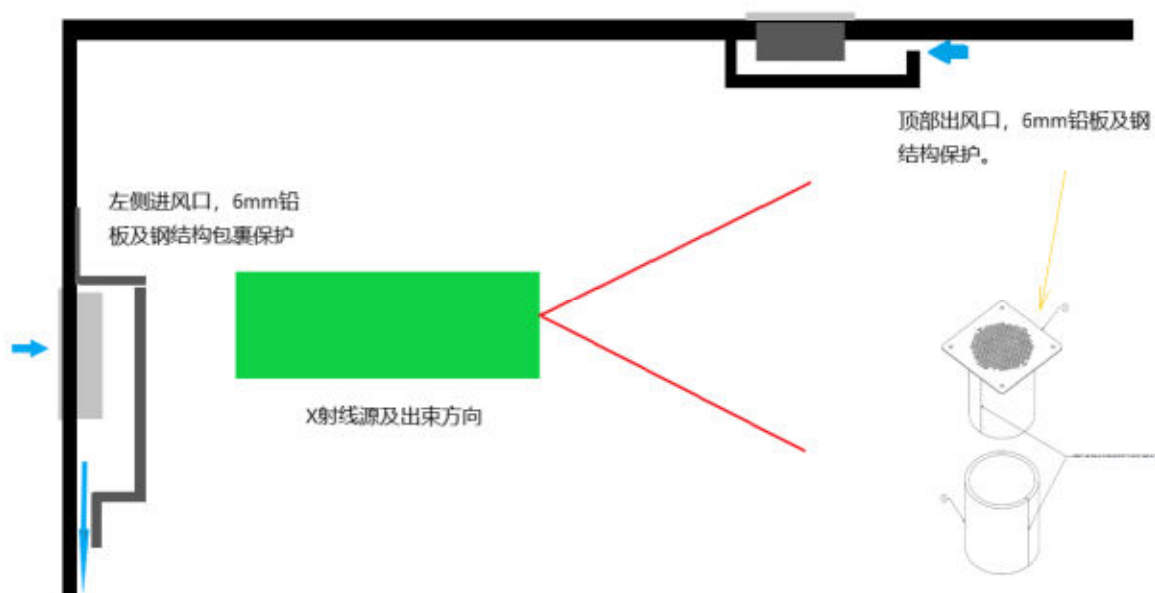


图 10-6 本项目三维显微成像拓扑分析仪进出风口屏蔽图

3 放射防护要求

3.1 设备的放射防护措施

1) 本项目装置的控制均通过计算机控制面板操作，控制软件易识别、易操作，且操作位避开有用线束照射的方向设置；

2) 为最大程度上防护，装置屏蔽体需采用铅钢全封闭，未留有可视透明窗口，设备内部样品和工作情况通过机台内部可见光相机清晰观察；

3) 装置共有 4 扇门，正面为双开进料门，背面为双开检修门，每扇门有两个常闭双触点开关，开关双联锁 X 射线安全门，紧急停止开关，设备运行过程中，任何可开启之处被外力开启时，X 射线立即停止，见图 10-8；

4) 装置外部及控制面板设置紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按紧急关闭(EMO)按钮可关闭所有能源，包括 X 射线源和高压电源- Xradia Versa 内的所有运动部件，包括计算机工作站；而且急停按钮必须复位后，才能重新启动，见图 10-9；

5) 设有三色状态指示灯，当指示灯全关闭时，表明装置电源已关闭；当顶部红灯亮时，表明 X 射线源已开启；当中间黄色灯亮时，表明装载门、检修门已关闭，底部绿色灯亮时，表明装置电源已开启，状态指示灯与射线装置出束状态联锁，且与总电源开关联动。指示灯故障时，射线装置无法启动。电气控制柜内的高压电源表面安装有电源工作状态指示灯并与高压电源开关联动，见图 10-8；

6) 探测器线缆、指示灯线缆等的走线均通过铅屏蔽罩穿过屏蔽体；自带排风系统，进风口和排风口均设有铅防护；

7) 本项目三维显微成像拓扑分析仪外表面设置有明显的电离辐射警告标识；

8) 本项目三维显微成像拓扑分析仪 X 射线管套和受照射部件均安装在射线装置封闭的机壳内，内部空间狭小，人体仅能在进出料门/检修门开启时进入机壳内部，此时装置受门-机联锁装置限制，无法出束。因此正常操作时，人体的任何部位都不能进入机壳内部。

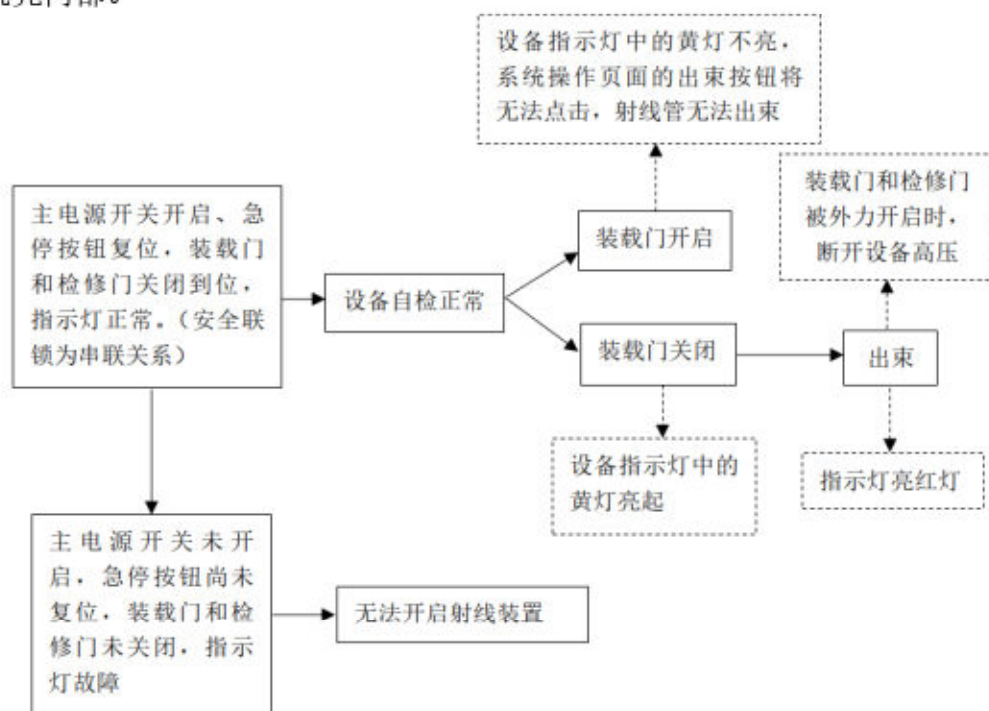


图 10-7 安全联锁和警示系统的逻辑设计图



图 10-8 状态指示灯和双触点开关



图 10-9 本项目三维显微成像拓扑分析仪急停按钮

3.2 设备使用场所放射防护措施

(1) 本项目射线装置所在房间设置门禁系统，只有辐射工作人员方可进入该房进行射线装置操作作业，其他一般人员平时不得进入，同时在射线装置作业期间，不得在该房间内停留，需尽速离开。

(2) 本项目装置外部及房间外部张贴电离辐射警告标志，提醒此区域内会产生电离辐射，无关人员勿靠近。

(3) 本项目 116 实验室内设置空调通风系统，能防止实验室空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积，保持良好的通风。

3.3 设备操作的放射防护措施

(1) 建设单位为本项目配备 1 名辐射工作人员进行装置操作，已参加核技术利用辐射安全与防护考核并取得上岗资格。学校不提倡学生从事此类性质实验室工作，如果确实科研需要，其导师或课题组必须要按照学校规定，将其纳入统一管理。未通过相关考核的学生，不得进入场所从事放射工作。

(2) 场所内配备便携式 X、 γ 辐射剂量监测仪，随时监控装置周围的剂量率变化情况；为每名操作人员配备 1 套个人剂量计，个人剂量计编号并定期送检（常规周期为 1 个月，最长不应超过 3 个月），建立个人剂量健康档案，并终身保存。

4 与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相符性分析

本项目与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的符合性分析见表 10-3。

表 10-3 与标准防护安全要求相符性分析

序号	GBZ 117 的要求	本项目实际采取的措施	符合情况
1	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	本项目射线装置设置门-机联锁装置，在进出料门/检修门关闭后才能出束。在触发联锁后，通过控制面板将射线装置复位后，才能重新出束。在出束过程中，防护门被意外打开时，能立刻停止出束。辐射工作人员除非测试联锁装置，否则不使用联锁装置关停射线装置。	符合
2	6.1.6 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，并与探伤机联锁。“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。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	设备顶部设置了工作状态指示灯，当指示灯全关闭时，表明装置电源已关闭；当顶部红灯亮时，表明 X 射线源已开启；当中间黄色灯亮时，表明检修门、装载门已关闭；当底部绿色灯亮时，表明装置电源已开启。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别。	符合
3	6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	本项目设备内部狭小，人员无法进入；检测舱内部设置了监控系统，可对检测舱内射线管及样品状态进行实时监控。	符合
4	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	在设备外部醒目位置处张贴电离辐射警告标志及中文警示说明。	符合
5	6.1.9 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。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	本项目设备内部狭小，人员无法进入，设备内部无需设置急停按钮；本项目射线装置外壳（装置正后方门下方机柜门）及控制面板（装置正前方下方机柜门）均设置紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。	符合
6	6.1.10 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。	射线装置设置机械通风装置，通风口位于装置顶部避免朝向人员活动密集区。射线装置风机风量为 234.6m³/h，设备内部体积约 1.5m³，每小时通风换气次数约 156 次，能够满足每小时有效通风换气次数应不小于 3 次的要求。	符合
7	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目设备内部狭小，人员无法进入，无需在设备检测舱内部设置固定式剂量率探测报警装置；本项目在设备所在房间配置便携式辐射检测报警仪，可对设备外部剂量率水平进行检测。	符合

由上表可知，本项目与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中放射防护要求相符。

5. 与《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的相符性分析

本项目与《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的符合性分析见表 10-4。

表 10-4 本项目与《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的符合性分析

序号	要求	项目落实情况	符合情况
1	第五条 生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当依照本章规定取得许可证。	本项目属于使用射线装置的单位，将在项目投入调试前取得辐射安全许可证。	符合
2	第二十八条 生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	上海交通大学制定了放射工作人员管理制度，对辐射工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	符合
3	第二十九条 生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。	上海交通大学已制定放射工作管理制度定期对辐射工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案，放射工作人员需定期接受个人剂量监测(最长不超过 3 个月)，须到指定医疗单位（上海放射医学专科门诊部）定期进行职业健康检查检查(2 至 3 年一次)。	符合
4	第三十条 生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素、射线装置的安全和防护状况进行年度评估。发现安全隐患的，应当立即进行整改。	上海交通大学对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估。	符合
5	第三十四条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素和射线装置的场所，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。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。	本项目使用的射线装置自带屏蔽体，射线装置所在 116 实验室门外、射线装置外表面设置醒目的电离辐射警告标识，三维显微成像拓扑分析仪顶部安装可以显示“照射”状态的指示灯，并与射线装置束束状态联锁，设置门-机联锁装置及紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。实验室设置门禁，设备工作时，除辐射工作人员外，其他人员不得进入。	符合
7	第四十一条 生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备。	上海交通大学针对可能发生的辐射事故(件)制定了《辐射事故应急预案》并做好应急准备。	符合

由上表可知，本项目与《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的相关管理规定相符。

6. 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相符性分析

本项目与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令 第 31 号，2006 年 3 月 1 日起施行，2021 年 1 月 4 日第四次修订）的符合性分析见表 10-5。

表 10-5 本项目与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的符合性分析

要求	项目落实情况	符合情况
第十六条 使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：	上海交通大学将在项目投入调试前取得辐射安全许可证，学校已具备下列条件：	符合
（一）使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源，使用Ⅰ类、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；	（一）上海交通大学设立了专门的辐射安全管理小组，负责上海交通大学的辐射安全与防护管理工作，且至少有 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；	
（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。	（二）从事辐射工作的人员已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。	
（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。	（三）本项目不涉及放射性同位素的使用。	
（四）放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	（四）本项目使用的射线装置自带屏蔽体，射线装置所在 116 实验室门外、射线装置外表面设置醒目的电离辐射警告标识，三维显微成像拓扑分析仪顶部安装可以显示“照射”状态的指示灯，并与射线装置出束状态联锁，装置设置门-机联锁装置、紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。实验室设置门禁，设备工作时，除辐射工作人员外，其他人员不得进入。	
（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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	（五）上海交通大学为每名辐射工作人员配备个人剂量计，并配备 1 台个人剂量报警仪、1 台辐射剂量巡测仪。	
（六）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。	（六）上海交通大学已制定健全的规章制度，包括《射线装置操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《放射操作人员培训制度》、《辐射监测方案》等。	
（七）有完善的辐射事故应急措施。	（七）上海交通大学制定了《辐射事故应急预案》并做好应急准备。	
（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。使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。	（八）本项目不产生放射性废气、废液、固体废物。本项目不涉及使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗。	

由上表可知，本项目与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的相关管理规定相符。

7. 与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相符性分析

本项目与《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）的符合性分析如表 10-6 所示。

表 10-6 本项目与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的符合性分析

序号	安全和防护管理办法要求	项目落实情况	符合情况
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。 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。	本项目射线装置自带屏蔽体，射线装置所在 116 实验室门外、射线装置外表面设置醒目的电离辐射警告标识，装置顶部安装可以显示“照射”状态的指示灯，并与射线装置出束状态联锁，设置门-机联锁装置、紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。实验室设置门禁，设备工作时，除辐射工作人员外，其他人员不得进入。	符合
2	第九条 生产、销售、使用射线装置的单位，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。	上海交通大学每年委托有资质单位对辐射工作场所及其周围环境进行监测，并对监测数据进行记录存档。监测周期为 1 次/年。	符合
9	第四十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备。	上海交通大学针对可能发生的辐射事故（件）制定了《辐射事故应急预案》并做好应急准备。	符合

由上表可知，本项目与《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）中的相关管理规定相符。

三废的治理

本项目运行过程中没有放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生。三维显微成像拓扑分析仪在加高压出束期间，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧(O₃)和氮氧化物 (NO_x)，经通排风系统排出。

但由于本项目射线装置工作时的管电压、管电流极小，因此产生的臭氧及氮氧化物也极少，本项目三维显微成像拓扑分析仪设置机械通风装置，且本项目实验室内设有空调通风系统，可确保工作场所空气良好。

本项目仅进行断层扫描，并采用数码实时成像，不洗片，无废显影液、定影液等产生。

本项目工作人员在工作过程中会产生生活污水和生活垃圾。生活污水由校区污水管网收集后送至市政污水管网。生活垃圾由学校统一回收，交由环卫清运。本项目利用现有员工进行实验，不新增生活污水、生活垃圾产生排放。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目三维显微成像拓扑分析仪配套屏蔽铅箱，进行安装调试即可使用，不涉及室内装修施工，安装调试期间对周边环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

1 设备参数及工作负荷

本项目设备参数及工作负荷见表 11-1，本项目三维显微成像拓扑分析仪射线管工作时最大管电压 160kV、最大管电压下的最大管电流 0.156mA。

表 11-1 设备参数及工作负荷

设备名称	型号	最大工作电压 (kV)	最大工作电流 (mA)	主射方向	单次最大曝光时长 (min)	年最大出束次数 (次)
高分辨率 X 射线三维显微成像及晶体取向拓扑分析仪	Xradia 620 Versa	160	0.156	右侧	20	1000

2 装置周围辐射水平评价

参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）（2017 年 10 月 27 日第一号修改单）中计算方法对本项目 X 射线装置辐射防护水平进行计算。

对于主照射方向（本项目右侧），考虑有用线束经屏蔽后机房外剂量率水平；对于非主射方向（本项目前、后、左三侧及顶面底面两侧），考虑散射及泄漏辐射复合辐射剂量率水平。

根据厂家提供的设备资料，如图 11-1 所示，从机器的正前方（操作面）来看，射线辐射源点（靶点）距离防护铅板各个方向的距离为：

- 1) 由于射线管可以在左右方向适当移动，在最左侧（即负限位）时，射线源距离右侧防护铅板（探测器侧）为 1133mm；距离左侧防护铅板为 742mm；在最右侧（即正限位）时，距离右侧防护铅板（探测器侧）为 943mm；距离左侧防护铅板为 932mm；
- 2) 距离底部防护铅板为 471mm；
- 3) 距离顶部防护铅板为 352mm；
- 4) 距离后方防护铅板为 638mm；
- 5) 距离前方防护铅板为 322mm。

本文件保守仅考虑铅板的防护效果，不考虑钢的屏蔽效果。本项目三维显微成像拓扑分析仪四周关注点取设备外 30cm。机房外的关注点取室外 30cm，关注点示意图详见图 11-2、图 11-3 及图 11-4。

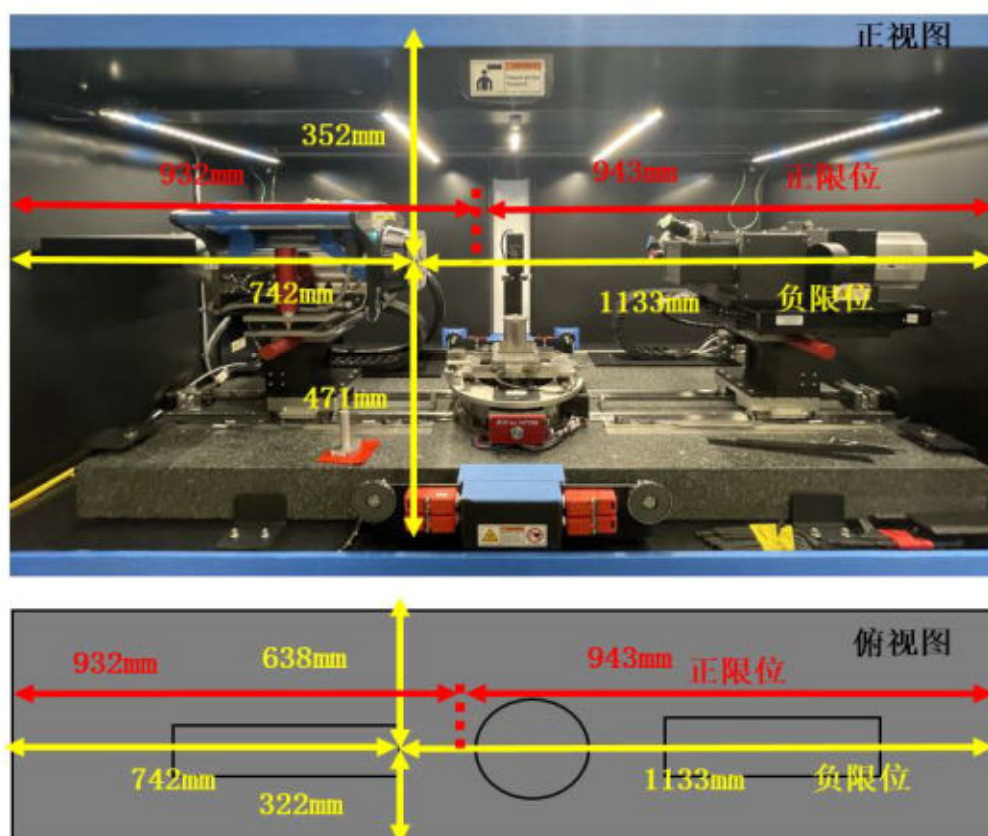


图 11-1 三维显微成像拓扑分析仪辐射源点距离防护铅房各个方向的距离示意图

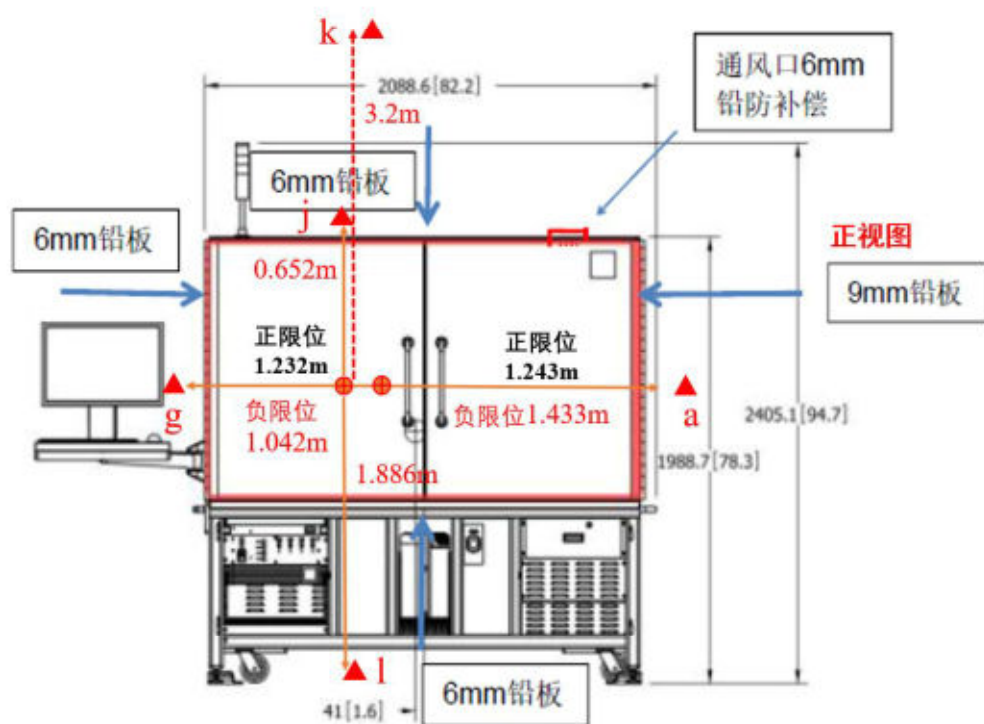


图 11-2 射线装置距离各个关注点示意图

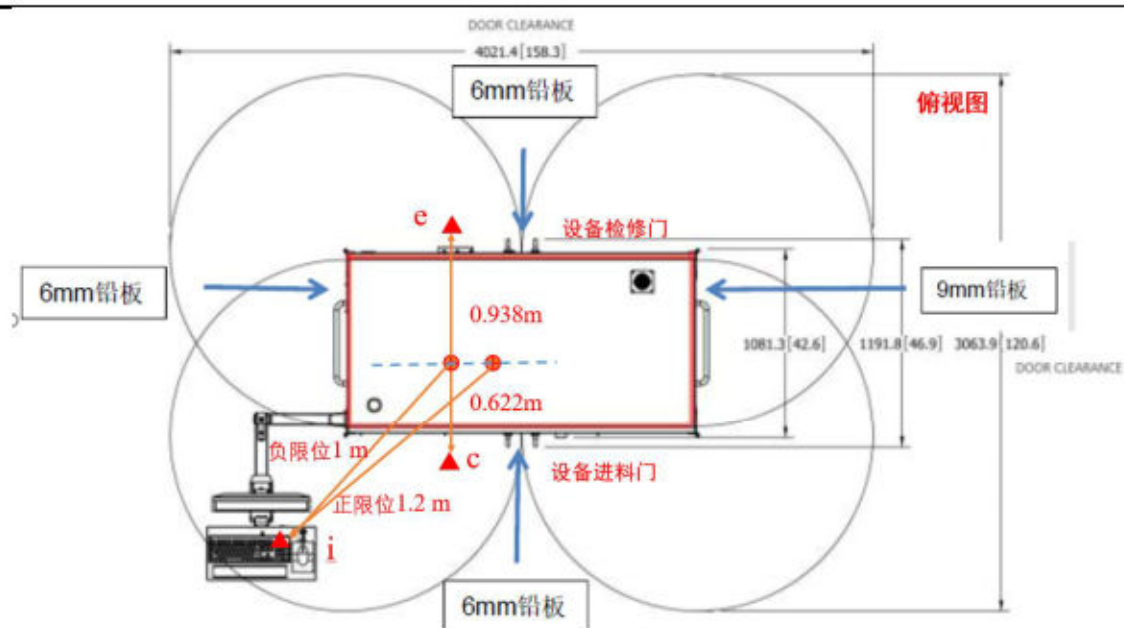


图 11-3 射线装置距离各个关注点示意图

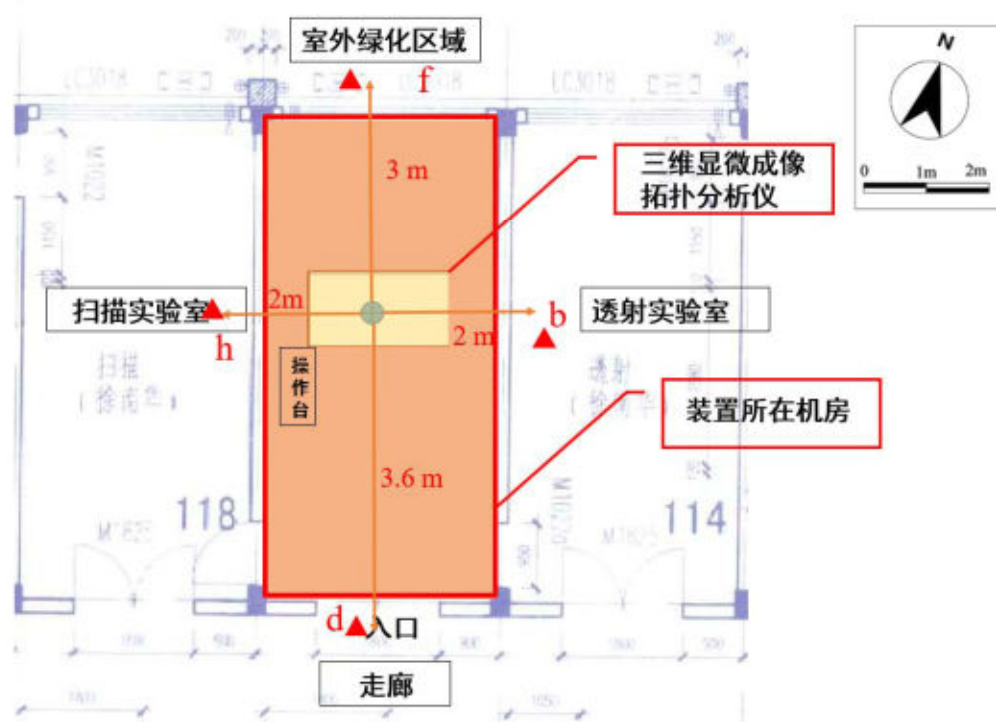


图 11-4 射线装置距离各个关注点示意图

(1) 有用线束屏蔽计算

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2}$$

式中:

H——关注点处的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA, 本项目为 0.156mA;

H_0 ——距辐射源点(靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$; 本项目三维显微成像拓扑分析仪根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1, 保守选取 200kV、滤过条件为 2mm 铝下的输出量为 $28.7 \text{ mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$;

R——辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

B——屏蔽透射因子, 本项目主射方向屏蔽厚度为 9mm 铅, 根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 图 B.1 查表保守取值得: $B_{\text{铅}}=1.00 \text{ E-}06$;

本项目三维显微成像拓扑分析仪主射方向有用线束所致剂量率计算参数及结果见下表。

表 11-2 主射方向剂量率计算结果

序号	方位	功能描述	屏蔽方案	屏蔽系数 $B_{\text{铅}}$	计算距离 R/m	剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)
a	东(右)	设备外部 30cm (正限位)	9mm 铅板	1.00 E-06	1.243 ^注	1.74E-01
b		118 透射实验室	9mm 铅板	1.00 E-06	2	6.72E-02

注: 设备外部 30cm 关注点的计算距离取射线管处于正限位时的距离

(2) 泄漏辐射屏蔽计算

$$H = \frac{H_L \cdot B}{R^2}$$

式中:

H——关注点处的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

B——屏蔽透射因子, 计算公式如下:

$$B=10^{-X/\text{TVL}}$$

式中:

X——屏蔽物质厚度, mm;

TVL——特定电压下, X 射线在该屏蔽物质中的什值层厚度, mm;

X 射线在铅中的什值层厚度由 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2 表 B.2 内插法求得为: 160kV: 1.048mm;

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

H_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；根据 GBZ/T 250-2014 表 1，X 射线管电压 150~200kV， H_L 为 $2.5\text{E}+03\mu\text{Sv/h}$ ；

本项目三维显微成像拓扑分析仪非主射方向泄漏辐射所致剂量率计算参数及结果见下表。

表 11-3 泄漏辐射剂量率计算结果

序号	方位	功能描述	屏蔽方案	屏蔽系数 B_{sh}	计算距离 R/m	H ($\mu\text{Sv/h}$)
c	南 (正)	铅防护门外部 30cm (进出料门)	6mm 铅板	1.88E-06	0.622	1.22E-02
d		南侧走廊	6mm 铅板	1.88E-06	3.6	3.63E-04
e	北 (背)	铅防护门外部 30cm (检修门)	6mm 铅板	1.88E-06	0.938	5.35E-03
f		北侧室外绿化区域	6mm 铅板	1.88E-06	3	5.23E-04
g	西 (左)	设备外部 30cm (负限位)	6mm 铅板	1.88E-06	1.042 ^注	4.34E-03
h		114 扫描实验室	6mm 铅板	1.88E-06	2	1.18E-03
i	左前	操作台（负限位）	6mm 铅板	1.88E-06	1 ^注	4.71E-03
j	顶部	设备外部 30cm	6mm 铅板	1.88E-06	0.652	1.11E-02
k		214 实验室	6mm 铅板	1.88E-06	3.2	4.60E-04
l	底部	设备外部 30cm	6mm 铅板	1.88E-06	1.886	1.32E-03

注：设备外部 30cm、操作台关注点的计算距离取射线管处于负限位时到关注点的距离

(3) 散射辐射屏蔽计算

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$$

式中：

H——关注点处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA，本项目为 0.156 mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1 m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；根据建设单位提供的资料，本项目三维显微成像拓扑分析仪根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，保守选取 200kV、滤过条件为 2 mm 铝下的输出量为 $28.7 \text{ mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；

B——屏蔽透射因子，同前文；根据 GBZ/T 250-2014 表 2，原始 X 射线 $150 \leq \text{kV} \leq 200$ ，散射辐射为 150kV，根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2：X 射线在铅中的什值层厚度由表 B.2 得：150kV：0.96mm；

F —— R_0 处的辐射野面积, m^2 ; 三维显微成像拓扑分析仪按射线束 60° 锥角计算 R_0 处辐射面积, $0.0654 m^2$;

α ——散射因子, 入射辐射被单位面积 ($1 m^2$) 散射体散射到距其 $1 m$ 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比; 根据附录 B.4 (表 B.3), $160kV$ 的 90° 散射角的散射因子保守取 $1.9E-3 \times 10^4 / 400 = 0.0475$;

R_0 ——辐射源点 (靶点) 至工件的距离, $0.25m$;

R_s ——散射体至关注点的距离, m ;

本项目三维显微成像拓扑分析仪非主射方向散射所致剂量率计算参数及结果见下表。

表 11-4 散射剂量率计算结果

序号	方位	功能描述	屏蔽方案	屏蔽系数 B_{sh}	$F \cdot \alpha \cdot R_0^{-2}$	计算距离 R_s/m	H ($\mu Sv/h$)
c	南 (正)	铅防护门外部 30cm (进出料门)	6mm 铅板	$5.62E-07$	$4.97E-02$	0.622	$1.94E-02$
d		南侧走廊	6mm 铅板	$5.62E-07$	$4.97E-02$	3.6	$5.79E-04$
e	北 (背)	铅防护门外部 30cm (检修门)	6mm 铅板	$5.62E-07$	$4.97E-02$	0.938	$8.53E-03$
f		北侧室外绿化区域	6mm 铅板	$5.62E-07$	$4.97E-02$	3	$8.34E-04$
g	西 (左)	设备外部 30cm (负限位)	6mm 铅板	$5.62E-07$	$4.97E-02$	$1.292^{(b)}$	$4.50E-03$
h		114 扫描实验室	6mm 铅板	$5.62E-07$	$4.97E-02$	2.25	$1.48E-03$
i	左前	操作台 (负限位)	6mm 铅板	$5.62E-07$	$4.97E-02$	$1^{(b)}$	$7.51E-03$
j	顶	设备外部 30cm	6mm 铅板	$5.62E-07$	$4.97E-02$	0.652	$1.77E-02$
k		214 实验室	6mm 铅板	$5.62E-07$	$4.97E-02$	3.2	$7.33E-04$
l	底	设备外部 30cm	6mm 铅板	$5.62E-07$	$4.97E-02$	1.636	$2.81E-03$

注: 设备外部 30cm、操作台关注点的计算距离取射线管处于负限位时到关注点的距离

(4) 周围剂量率情况汇总

根据上述计算, 三维显微成像拓扑分析仪周围剂量率水平汇总如下:

表 11-5 三维显微成像拓扑分析仪周围剂量率汇总计算结果 (单位: $\mu Sv/h$)

序号	方位	功能描述	屏蔽方案	主射剂量率	泄漏剂量率	散射剂量率	剂量率合计	标准值
a	东 (右)	设备外部 30cm (右限位)	9mm 铅板	$1.74E-01$	/	/	$1.74E-01$	2.5
b		透射实验室	9mm 铅板	$6.72E-02$	/	/	$6.72E-02$	
c	南 (正)	铅防护门外部 30cm (进出料门)	6mm 铅板	/	$1.22E-02$	$1.94E-02$	$3.16E-02$	
d		南侧走道	6mm 铅板	/	$3.63E-04$	$5.79E-04$	$9.43E-04$	
e	南 (背)	铅防护门外部 30cm (检修门)	6mm 铅板	/	$5.35E-03$	$8.53E-03$	$1.39E-02$	
f		北侧室外绿化区域	6mm 铅板	/	$5.23E-04$	$8.34E-04$	$1.36E-03$	
g	西 (左)	设备外部 30cm (左限位)	6mm 铅板	/	$4.34E-03$	$4.50E-03$	$8.83E-03$	

h		114 扫描实验室	6mm 铅板	/	1.18E-03	1.48E-03	2.66E-03
i	左前	操作台（左限位）	6mm 铅板	/	4.71E-03	7.51E-03	1.22E-02
j	顶	设备外部 30cm	6mm 铅板	/	1.11E-02	1.77E-02	2.87E-02
k		214 实验室	6mm 铅板	/	4.60E-04	7.33E-04	1.19E-03
l	底	设备外部 30cm	6mm 铅板	/	1.32E-03	2.81E-03	4.13E-03

根据表 11-5，经理论预测，本台三维显微成像拓扑分析仪装置四周及顶部底部屏蔽体外 30cm（关注点）处的剂量率最大值为 $1.74\text{E-}01 \mu\text{Sv/h}$ ，因此项目所致周围剂量率可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。。

3 人员剂量评价

本项目设置 1 名辐射工作人员，辐射工作人员和周围公众年有效剂量预测参照《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，估算公式如下：

$$H=H_0 \cdot t \cdot U \cdot T$$

式中：

H—年剂量， $\mu\text{Sv/年}$ ；

H_0 —参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

U—使用因子，无量纲，取值 1；

T—居留因子，无量纲；

t—年照射时间，h/a。

不同场所与环境条件下的居留因子取值参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 A，详见表 11-6。

表 11-6 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	示例
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

根据项目实际情况分析，本项目辐射工作人员位于操作台处，取居留因子 1；公众成员可能位于相邻实验室及走廊等处，相邻实验室处居留因子取 1，走廊位置居留因子取 1/4，室外绿化区域居留因子取 1/16。

本项目三维显微成像拓扑分析仪一年预计检测 1000 次，单次检测最大曝光时间按 20min 计，则年照射时间为 $1000 \times 20\text{min} = 333.33\text{h/a}$ 。

根据表 11-5 理论估算结果和人员年有效剂量估算公式可估算得出，本项目辐射

工作人员和公众的年有效剂量，具体计算参数及计算结果见表 11-7。

表 11-7 辐射工作人员和周围公众的年有效剂量估算表

参数/辐射类型	辐射工作人员	周围公众				
	泄漏、散射	主射	泄漏、散射	泄漏、散射	泄漏、散射	泄漏、散射
方位	左前侧	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上
居留场所	操作台	118 透射实验室	走廊	114 扫描实验室	室外绿化区域	214 实验室
居留因子 T	1	1	0.25	1	0.0625	0.0625
关注点至靶点的距离 R(m)	1	2	3.6	2	3	3.2
关注点处剂量率 H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.22E-02	6.72E-02	9.43E-04	2.66E-03	1.36E-03	1.19E-03
年照射时间 t (h/a)	333.33					
年剂量估算值 (mSv/a)	4.07E-03	2.24E-02	7.85E-05	8.87E-04	2.83E-05	2.49E-05
约束值 (mSv/a)	5	0.1				

根据表11-7，从事本项目放射工作人员共1名，本项目三维显微成像拓扑分析仪进行出束检测过程中所致放射工作人员最大剂量为4.07E-03mSv/a，该剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)规定的职业照射剂量限值(20 mSv/a)及本评价建议的职业照射剂量约束(5 mSv/a)。

根据表11-7，本项目所致周边公众最大照射剂量为2.24E-02mSv/a。该剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)规定的公众照射剂量限值(1mSv/a)及本评价建议的公众照射剂量约束值(0.1mSv/a)。

因此，在采取相应的防护措施后，本项目射线装置的使用对周围环境影响较小，不会导致周围环境、学校及学生产生不可接受的影响。

4 “三废”环境影响

本项目不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废弃物。本项目涉及的三废为臭氧和氮氧化物，且产生量极少。装置工作时电离空气产生的少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排出室外。臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。臭氧和氮氧化物基本不会在室内聚集，对环境和工作人员影响较小。

本项目工作人员产生的生活污水由污水管网进行收集统一处理，产生的生活垃圾分类后由环卫公司进行清理，对环境影响较小。

事故影响分析

本项目三维显微成像拓扑分析仪可能发生的辐射事故如下：

事故工况主要是：三维显微成像拓扑分析仪的安全联锁系统失效，装置在检测舱门未关闭或关闭不完全的情况下启动出束，造成工作人员受到照射；以及装置配套的屏蔽结构受损，导致屏蔽效果减弱。

为防止上述事故发生，拟采取以下措施：

（1）装置设置安全联锁系统和紧急停止按钮，当设备发生异常情况时，按下紧急停止按钮，设备将立即断电，停止射线出束。

（2）定期检查门机联锁系统，确保装置门与出束能够有效联动，只有装置关闭完全才能出束，装置门打开、装置门未完全关闭等情形下均不可出束。

（3）定期进行装置外表面剂量率检测，确保屏蔽结构的屏蔽效果；加强放射工作人员的相关培训，以避免辐射事故的发生。

（4）加强使用人员安全教育管理，确保使用过程严格按照操作流程开展。

一旦发生放射性事故，必须马上停机，切断总电源开关，对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损害。其次对仪器设备、设施进行检测，确定其影响状态。一旦发生辐射事故，将立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，学校在事故发生后 2 小时内向生态环境主管部门报告，同时报告公安部门，在 12 小时内按规定填写《放射源事故报告表》，报送市生态环境、公安、卫生部门。配合公安、生态环境主管部门进行调查、取证，采取有效措施，控制并消除事故影响。事故处理完成后，应查找事故原因，分清事故责任，避免该类事故的再次发生。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

(1) 管理机构

上海交通大学根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）设置了辐射安全与防护管理机构专门负责学校的辐射安全和环境保护管理工作，辐射安全与防护管理实行学校、院系、实验室三级管理体制。学校实验室安全与环保中心负责领导全校辐射安全与防护管理工作，辐射安全管理机构架构如下：

表 12-1 本项目涉及的辐射安全管理架构（学校、院系）

机构名称		辐射安全与防护管理领导小组			
序号	岗位	姓名	性别	职位/职称	工作部门
1	实验室安全与环保中心	蒋兴浩	男	主任	实验室安全与环保中心
2	实验室安全与环保中心	彭华松	男	副主任	实验室安全与环保中心
3	实验室安全与环保中心	丁珍菊	女	科长	实验室安全与环保中心
4	材料科学与工程学院	夏明许	男	实验室负责人	材料科学与工程学院
5	材料科学与工程学院	张卫	男	工程师	先进材料与凝固所
6	材料科学与工程学院	卢温泉	男	助理研究员	先进材料与凝固所
7	材料科学与工程学院	曾龙	男	副研究员	材料科学与工程学院

(2) 职责分工

学校实验室安全与环保中心负责全校辐射安全管理，主要职责如下：

- 全面负责学校射线装置、非密封放射性物质工作场所、放射源的辐射防护与安全工作，执行国家有关法规、标准；
- 负责从事学校射线装置、非密封放射性物质工作场所、放射源作业的辐射工作人员的综合管理；
- 负责制定学校射线装置、非密封放射性物质及放射源的辐射安全管理规定；
- 每年向生态环境部门书面报告本单位年度辐射安全工作情况；
- 负责从事学校辐射安全许可证申报、变更及相应管理工作。

本项目三维显微成像拓扑分析仪所在院系——材料科学与工程学院主要职责如下：

- 协助学校实验室安全与环保中心做好射线装置的申购审核备案工作；
- 负责指派具有相应辐射安全与管理能力的人员负责院系、下属实验室的辐射安全管理；

- 负责分析测试中心射线装置、非密封放射性物质、放射源存放与使用监管；
- 负责院系辐射工作人员管理、日常检查、安全防护等各项工作的规范化管理。
本项目实验室所属先进材料与凝固所具体负责同位素实验室辐射安全管理工作，主要职责如下：
- 负责对本单位探伤装置的安全防护和环境保护工作实施统一监督管理；
- 负责本单位环境评价报告的申报以及协助有关部门进行验收，负责对本单位辐射项目“三同时”制度执行情况进行检查；
- 负责监督本单位辐射污染的防治工作：负责辐射设备的日常监督管理；负责辐射安全和管理工作的监察工作，负责辐射污染的治理整改以及辐射污染纠纷的处理；
- 负责制定辐射环境污染事故应急预案，组织开展一般辐射事故的应急响应工作，配合有关部门对本单位一般以上辐射事故的应急响应、调查处理和定性定级工作；
- 负责建立辐射工作人员健康和个人剂量档案，负责按期收发个人剂量计，监督个人剂量计的佩带情况，组织放射工作人员按时接受个人剂量监测和健康检查；
- 负责对本项目工作场所及周围区域进行日常巡查，并做好记录。对发现的安全隐患及时报告，并提出整改方案。负责辐射剂量仪器的检查与校准工作；负责接受上级主管部门对辐射安全相关工作的检查与指导。

辐射安全管理规章制度

1 辐射安全管理现状

建设单位已制定如下与本项目相关的辐射防护管理相关规章制度：

辐射防护与安全保卫制度：《辐射防护与安全保卫制度》；

操作规程：《Xradia Versa620 操作规程》；

岗位职责：《实验室人员岗位职责》；

人员培训：《辐射操作人员培训制度》；

设备检修维护：《检修维护制度》；

辐射监测：《环境监测方案》；

应急响应：《辐射事故应急预案》；

2 辐射安全管理要求

①建设单位制定的辐射安全管理制度较为健全，但应做到进一步完善，根据最新的相关法律法规、条例办法及现行标准的要求，定期更新和完善规章制度。

②根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部 第 18 号令）的要求，建设单位若需新增放射工作操作人员，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，接受辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

③需针对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。

安全和防护状况年度评估报告应当包括：辐射安全和防护设施的运行与维护情况；辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；射线装置台账；场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；辐射事故及应急响应情况；项目新、改、扩建情况；存在的安全隐患及其整改情况；其他有关法律、法规规定的落实情况。

辐射监测

1 辐射监测方案

（1）环境及工作场所监测

本项目正常运行期间的环境辐射剂量率监测点位布设于三维显微成像拓扑分析仪外表面 30cm 处、人员操作位等位置。

项目竣工验收时，需对上述区域的周边点位进行监测。

项目运行后，需开展定期自行巡测及外委监测，其中外委监测应委托有资质的机构对上述工作场所及周围环境进行监测，频率不低于 1 次/年。

监测应遵照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等相关规定执行。建设单位配备辐射剂量巡测仪对装置周围的辐射水平进行监测，重点监测防护、门缝、放射操作人员操作位置等点位，并对监测项目、监测点位、监测结果等进行记录存档。

（2）个人剂量监测

应委托相关单位定期对放射工作人员的个人受照剂量进行例行检查并出具相关检测报告，个人剂量监测应遵照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）等相关规定执行，个人剂量监测的监测周期不得超过 3 个月；建立个人剂量档案和健康管理档案，做好工作人员的剂量数据登记和汇总工作。当发现职业操作人员年累积剂量接近本评价建议的剂

量约束值（5mSv/a）时，应立即停止该人员的放射工作，分析和查找剂量接近剂量约束值的原因，并采取相应的整改措施。

（3）其他要求

应对定期开展的辐射监测结果做好记录进行妥善保存，监测结果应纳入放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告。在开展辐射监测期间，若发现监测数据超过国家标准规定的限值，应立即查找监测数据异常原因（如装置屏蔽防护是否受到损坏等）并进行相应整改，整改后应再次开展辐射监测进行确认。整改记录应在安全防护年度评估报告有所反映。

表 12-2 本项目辐射监测计划一览表

监测工作场所	监测因子	监测位置	监测工况要求	监测频次
三维显微成像拓扑分析仪所在材料 D 楼 116 实验室	X、 γ 剂量率	装置四周及顶部外表面 30cm 处，每个侧面至少测 3 个点；顶部至少 5 个测点。	额定管电压及管电流；主射方向的检测应在没有检测样品时进行，非主射方向检测应在有检测样品时进行	委外监测频率不低于 1 次/年；自行监测，建议每三个月一次
		装置防护门左、中、右及门缝四周外 30cm		
		人员操作位处、穿墙洞口		

2 监测仪器

本项目已为放射工作人员配备 1 枚个人剂量计（热释光剂量片），工作场所配置 1 台剂量监测报警仪、1 台 X、 γ 辐射剂量巡测仪。

辐射事故应急

学校已针对射线装置使用制定了辐射事故应急预案（《辐射事故应急处理预案》），并对应急机构和职责分工，以及应急程序做了较详细的规定。

《辐射事故应急处理预案》包括如下内容：

当发生放射性事故后，应该立即采取应急措施：首先使不必要人员尽快离开，控制污染范围，上报辐射安全管理小组，并根据需要实施现场保护、物理屏蔽、设立警示标记牌等处理措施，同时根据具体情况，上报上级领导，通知单位相关职能部门进行处理。对放射性污染（事故）发生的原因、过程、处理措施和整改方案等进行总结，向上级领导、职能部门汇报，并且进行放射性污染（事故）登记。具体操作如下：

如果发生人体受超剂量照射事故，应该立即安排超剂量受照人员接受医疗检查和救治，并密切观察其生命体征。同时通知校医院当班医生到现场进行抢救，并准备抢救药品；通知单位相关职能部门进一步处理。

如果发现射线装置失窃原因使可能会发生放射性污染时，应立即上报单位相关职能部门以及公安、生态环境机关，反映具体情况。并根据丢失、遗漏或失窃地点、可

能发生遗失的时间安排人员进行寻找和协助公安机关以及上级保部门寻找。根据射线装置丢失、遗漏或失窃原因的实际情况追溯当事人、监督人以及辐射安全防护负责人的相应承担的责任，由保卫部门、公安机关依照法规进行处理。

本着有备无患、万无一失的原则，建议建设单位按照以下原则加强辐射事故应急管理工作和应急措施的执行：

（1）定期对辐射工作人员进行事故处理知识的培训和应急演练，应急演练频次不低于每年一次。

（2）做好应急准备工作，确定紧急联络方式，并有相应的预防、处理和现场急救措施。

（3）保证对外联络畅通，以确保在事故发生后能第一时间与当地生态环境主管部门、卫生主管部门、公安部门和消防部门等取得联络。

根据《放射性污染防治法》第三十三条和《上海市放射性污染防治若干规定》（2010年1月15日起施行，2024年11月25日上海市人民政府令第14号第二次修正）第七条和第十四条的要求，发生放射性污染事故时，应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向区人民政府突发公共事件应急联动机构或者生态环境、公安、卫生行政管理部门报告。

环保竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院 第 682 号令）、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《上海市环境保护局关于贯彻落实的通知》（沪环保评[2017]425 号）及《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）的要求，本项目需开展竣工环保验收，竣工环境保护验收责任主体为上海交通大学。本项目环保竣工验收内容建议见表 12-3。

表 12-3 环保竣工验收内容建议一览表

验收项目	验收标准	验收内容及要求
项目变动内容	项目的性质、规模、地点、工艺流程或者环境保护措施是否发生变动，导致项目建设内容与环评文件及批复内容不一致。	项目的性质、规模、地点、工艺流程或者环境保护措施是否发生变动，导致项目建设内容与环评文件及批复内容不一致。
辐射安全许可证	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》	在项目投入调试前取得辐射安全许可证。
工作场所周围环境剂量率控制水平	《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)	在常用最大照射范围、常用最大管电压管电流组合的条件下进行。三维显微成像拓扑分析仪正常使用时机壳外表面任何可到达处剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。
电离辐射警告标志	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)	三维显微成像拓扑分析仪外表面设置明显的电离辐射警告标识和中文警示说明，116 实验室门外设置有明显的电离辐射警告标识。
辐射安全设施	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年 1 月 4 日修改	三维显微成像拓扑分析仪设有显示出束工作状态的警示灯等提示装置；设置门机联锁，在装置检测舱门打开时，设备无法出束；在控制台上设有急停按钮，一旦发生异常，可立即断开装置管高压。
辐射监测仪器及个人防护用品	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年 1 月 4 日修改	为每名放射工作人员配备 1 台个人剂量计（热释光剂量片），配备 1 台剂量报警仪、1 台环境 X、 γ 剂量监测仪。
辐射环境监测	《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）	外委有资质的机构对三维显微成像拓扑分析仪进行监测，频率为不低于 1 次/年
规章制度	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年 1 月 4 日修改	进一步完善现有操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护、人员培训、辐射监测、突发辐射事故应急处理预案等辐射安全管理制度，并对上述制度进行宣贯落实。
人员配置及培训	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年 1 月 4 日修改	从事放射操作工作人员需在取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格报告单后，方可上岗。
环境风险防范、突发环境事件应急预案	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部 第 18 号令）	完善辐射事故应急预案。

表 13 结论与建议

结论

1. 项目概况

上海交通大学拟在上海市闵行区东川路 800 号材料 D 楼一楼 116 室设置一间“X 射线实验室”，使用一台高分辨率 X 射线三维显微成像及晶体取向拓扑分析仪，用于样品三维成像和晶体取向高通量一体化表征，在无损情况下直观地展示样品内部不同密度的微观结构、内部孔隙、微裂纹等三维结构成像。本次拟新增使用 1 台三维显微成像拓扑分析仪，为蔡司公司按照屏蔽体与 X 射线装置主体结构一体设计和制造、具有制式型号和尺寸的 X 射线成像设备，型号为 Xradia 620 Versa；设备自带铅钢屏蔽外壳，为单射线管设备；具有计算机断层扫描实时成像（CT）的功能，属工业显微 CT；装置内部检测室空间狭小，人员无法进入及滞留，该射线装置基本参数见表 13-1。

表 13-1 本项目使用 X 射线装置基本参数

设备名称	型号	数量/台	类别	设备外观尺寸 (mm) 长×宽×高	额定管功率/W	额定管电压/kV	额定管电流/mA	单次最大曝光 时长/min	年最大出束次数 (次)	活动类别	使用地点
高分辨率 X 射线三维显微成像及晶体取向拓扑分析仪	Xradia 620 Versa	1	II类	2088.6×1081.3×1988.7	25	160	0.156	20	1000	使用	闵行校区材料 D 楼一楼 116 室
注：本项目为单射线管装置。											

对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部第 16 号令）、《〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉上海市实施细化规定（2021 年版）》（沪环规（2021）11 号），本项目属“五十五、核与辐射-172、核技术利用建设项目-使用II类射线装置”，应编制环境影响报告表。

2. 辐射安全与防护分析

（1）选址布局合理

本项目三维显微成像拓扑分析仪位于上海交通大学闵行校区材料 D 楼一楼 116 室内，靠房间中间位置放置，装置正面朝南面，人员操作台位于装置进料门左前侧，辐射工作人员由实验室南侧房门出入实验室。实验室西侧为“118 扫描实验室”，东侧为“114 透射实验室”，实验室北侧外部为室外绿化区域，实验室南侧为楼层走廊，隔走廊为“115 压力实验室”，实验室底部无地下室，顶部为二楼“214 实验室”。本项目所在实验室

工作区域设置门禁系统，只有经授权的放射工作人员方可进入；同时，在射线装置外部及实验室房间外部醒目位置张贴“当心电离辐射”标志，提醒无关公众尽可能远离射线装置。

综上，本项目三维显微成像拓扑分析仪所位置及布局合理。

（2）辐射分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），对本项目三维显微成像拓扑分析仪辐射工作场所进行分区管理，具体如下：

①控制区：本项目三维显微成像拓扑分析仪辐射防护铅箱所构成的内部区域。

②监督区：将三维显微成像拓扑分析仪所在的实验室实验区域（除控制区外其他区域）划为监督区，监督区内在装置进行出束检测时，除操作台处的放射工作人员外，其他人员需尽速离开，不得驻留。

③监督区外对人员活动不作限制。

（3）三废治理和控制

本项目运行过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生。三维显微成像拓扑分析仪在出束期间，产生的 X 射线会使空气电离产生极少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）等非放射性废气，经通风系统排出室外。本项目射线装置正常运行期间无废水排放，本项目工作人员在日常工作期间会产生生活污水和一般生活垃圾，新增辐射工作人员均为学校现有一般工作人员，故不新增生活污水和生活垃圾产生及排放。本项目采用数码摄影方式，不使用传统的显、定影液洗片方式，不会有废显定影液及废胶片等感光材料危险废物产生。

3. 环境影响分析

本项目三维显微成像拓扑分析仪采用铅防护作为安全屏蔽外壳，根据分析计算结果，三维显微成像拓扑分析仪辐射防护铅箱外部的剂量率可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的最高周围剂量当量率不大于 2.5 μSv/h 要求。

职业照射剂量：本项目三维显微成像拓扑分析仪出束检测过程中所致放射工作人员最大剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的职业照射剂量限值（20 mSv/a）及本评价建议的职业照射剂量约束值（5 mSv/a）。

公众照射剂量：本项目所致周边公众最大照射剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的公众照射剂量限值（1mSv/a）及本评价建议的公

众照射剂量约束值（0.1mSv/a）。

4. 辐射安全管理

本项目制定相应规章制度、安全管理及操作人员培训等安全管理措施；采取移门安全开关、设置紧急停机按钮、设置电离辐射警告标志、配备防护用品和监测仪器等，确保射线装置运行安全。

5. 可行性分析结论

综上，在认真贯彻执行国家有关辐射、环境管理的法规，严格实施本评价提出的环境保护措施，尤其是加强安全管理的前提下，本项目不会对周围环境产生不可接受的环境影响，因此，本项目从辐射安全和环境保护角度上是可行的。

建议和承诺

为更好的做好本项目的环保工作，提出以下建议及要求：

- （1）加强加强人员培训，严格遵守辐射防护和环境保护的各项规定；
- （2）项目投入使用前需办理辐射许可证，并在投入使用后的 3 个月内完成自主环保验收手续。

表 14 审批

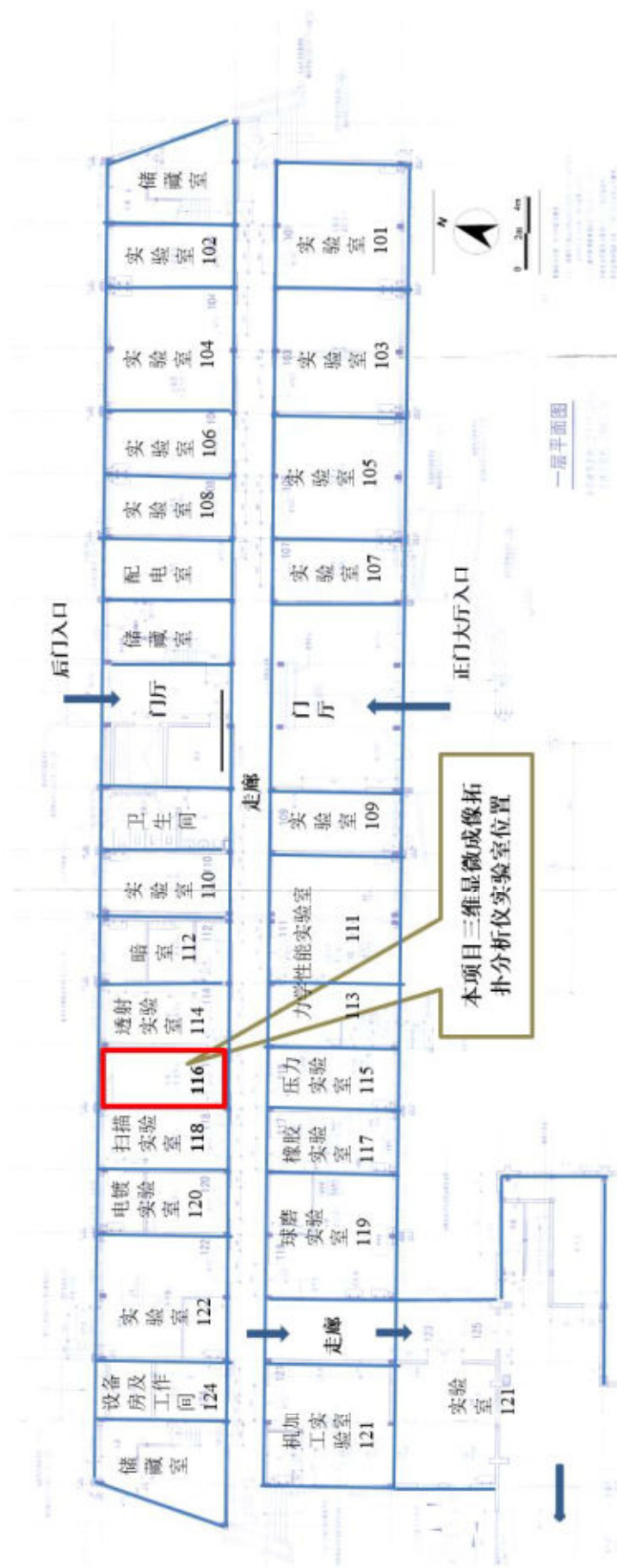
下一级环境保护行政主管部门审查意见：	
经办人：	公章 年 月 日
审批意见：	
经办人：	公章 年 月 日



附图 1 项目地理位置图



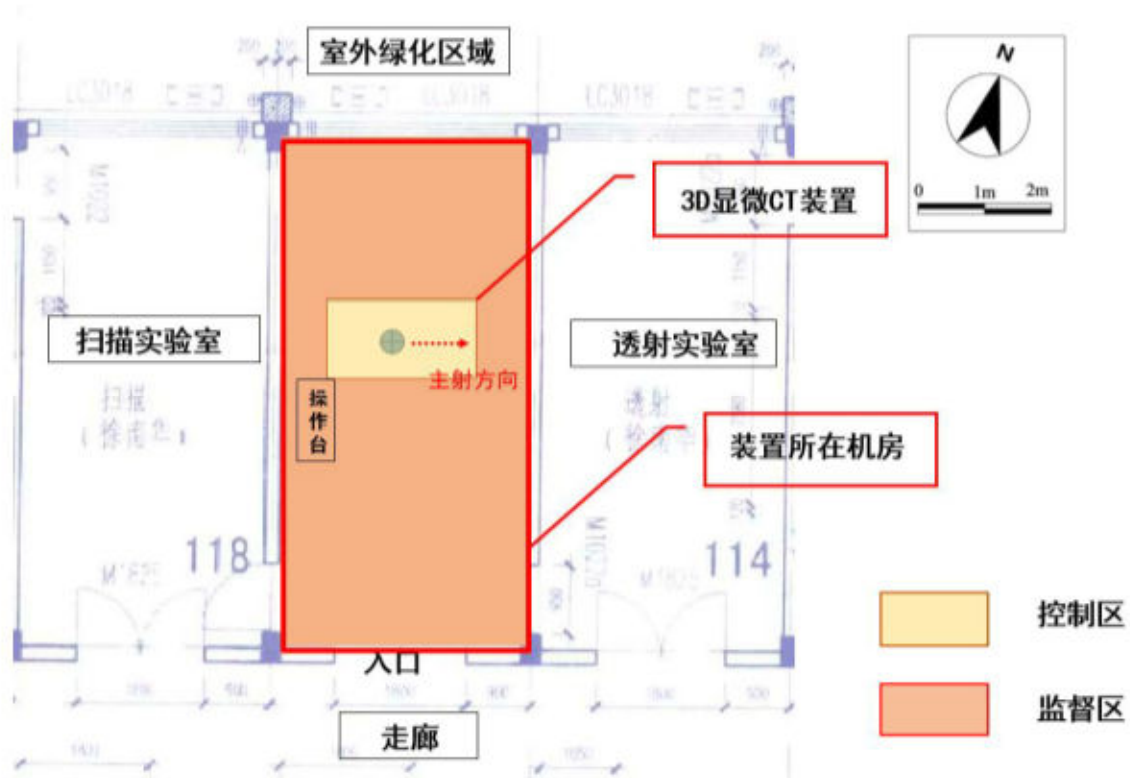
附图 2 项目所在位置及校区周围环境概况



附图 4 项目所在材料 D 楼一层平面布置图



附图 5 项目上部楼层（二楼）平面布置图



附图 6 项目实验室辐射分区图

附件 1 辐射安全许可证



辐射安全许可证

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称：上海交通大学

统一社会信用代码：1210000042500615X0

地址：上海市华山路1954号

法定代表人：丁奎岭

证书编号：沪环辐证[21011]

种类和范围：使用Ⅴ类放射源；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（具体范围详见副本）。

有效期至：2029年08月19日



发证机关：上海市生态环境局



发证日期：2024年08月20日

中华人民共和国生态环境部监制

辐射安全许可证

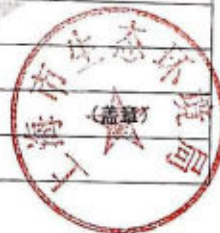
(副本)



中华人民共和国生态环境部监制

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	上海交通大学		
统一社会信用代码	1210000042500615X0		
地 址	上海市华山路 1954 号		
法定代表人	姓 名	丁奎岭	联系方式
辐射活动场所	名 称	场所地址	负责人
	闵行校区校医院放射科 (DR 室)	上海市闵行区东川路 800 号校医院南楼一楼	陶沁
	闵行校区理科楼 3 号楼 519 室 (物理与天文学院中心实验中心放射源)	上海市闵行区东川路 800 号理科楼 3 号楼 519 室	王宇兴
	闵行校区实验动物中心楼 A208-1 室 (X-ray 辐照仪室)	上海市闵行区东川路 800 号实验动物中心楼 A208-1 室	聂永强
	闵行校区实验动物中心楼 A208-7 室 (microC T 室)	上海市闵行区东川路 800 号实验动物中心楼 A208-7 室	聂永强
证书编号	沪环辐证[21011]		
有效期至	2029 年 08 月 19 日		
发证机关	上海市生态环境局		
发证日期	2024 年 08 月 20 日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	上海交通大学		
统一社会信用代码	1210000042500615X0		
地 址	上海市华山路 1954 号		
法定代表人	姓 名	丁奎岭	联系方式
辐射活动场所	名 称	场所地址	负责人
	闵行校区 实验动物 中心楼 A125 室 (分测中 心生物医 学影像技 术中心同 位素室)	上海市闵行区东川路 800 号实验动 物中心楼 A125 室	曹敬敬
	闵行校区 实验动物 中心楼 A131-2 室 (分测中 心生物医 学影像技 术中心 PET/CT 室)	上海市闵行区东川路 800 号实验动 物中心楼 A131-2 室)	曹敬敬
证书编号	沪环辐证[21011]		
有效期至	2029 年 08 月 19 日		
发证机关	上海市生态环境局		
发证日期	2024 年 08 月 20 日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	上海交通大学		
统一社会信用代码	1210000042500615X0		
地 址	上海市华山路 1954 号		
法定代表人	姓 名	丁奎岭	联系方式
辐射活动场所	名 称	场所地址	负责人
	闵行校区 实验动物 中心楼 A131-1 室 (分测中 心生物医 学影像技 术中心 SPECT/C T 室)	上海市闵行区东川路 800 号实验动 物中心楼 A131-1 室	曹敬敏
	闵行校区 动物中心 楼 115 室 (肿瘤所 X-射线自 屏蔽辐照 仪室)	上海市闵行区东川路 800 号动物中 心楼 115 室	敖军平
	徐汇校区 校医院放 射科 (DR 室)	上海市徐汇区华山路 1954 号校医院 一楼	陶沁
证书编号	沪环辐证[21011]		
有效期至	2029 年 08 月 19 日		
发证机关	上海市生态环境局		
发证日期	2024 年 08 月 20 日		



(一) 放射源

证书编号: 沪环辐证[21011]

活动种类和范围										使用台账				备注	
序号	辐射活动场所名称	核素	类别	活动种类	总活度(贝可)/ 活度(贝可) × 枚数	编码	出厂活度 (贝可)	出厂日期	标号	用途	来源	申请 单位	监管 部门		
1	闵行校区 理科楼 3 号楼 519 室(物理 与天文学 院中心实 验中心放 射源)	Sr- 90	V类	使用	5.55E+7*4	0003SR341 565	5.55E+7	2003-10- 16		科研应 用	同济大 学				
						0003SR341 545	5.55E+7	2003-10- 16		科研应 用	同济大 学				
						0003SR341 475	5.55E+7	2003-10- 16		科研应 用	同济大 学				
						0003SR341 555	5.55E+7	2003-10- 16		科研应 用	同济大 学				
2		Cs- 137	V类	使用	3.70E+7*1	0086CS341 475	3.7E+7	1986-12- 01		科研应 用	重庆大 学				
						0003CS341 515	7.4E+4	2003-08- 08		科研应 用	同济大 学				
3		Cs- 137	V类	使用	7.40E+4*4	0003CS341 505	7.4E+4	2003-08- 08		科研应 用	同济大 学				
						0003CS341 535	7.4E+4	2003-08- 08		科研应 用	同济大 学				
						0003CS341 525	7.4E+4	2003-08- 08		科研应 用	同济大 学				

4 / 14



5/14

(二) 非密封放射性物质

证书编号: 沪环辐证[21011]

序号	辐射活动场所名称	场所等级	活动种类和范围					备注		
			核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	申请单位 监管部门
1	闵行校区 实验动物 中心楼 A125室 (分测中心生物医学影像技术中心同位素室)	乙级	Ga-67	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	3.7E+8	
2			Ga-66	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	7.4E+8	
3			Al-211	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+8	3.7E+8	
4			Cu-64	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+6	7.4E+9	
5			P-32	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	3.7E+8	
6			Ga-68	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+6	1.48E+9	
7			Lu-177	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	3.7E+9	
8			Tl-201	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+6	3.7E+8	
9			I-124	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	3.7E+8	

6 / 14

(二) 非密封放射性物质

证书编号: 沪环辐证[21011]

序号	活动种类和范围							备注			
	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	申请单位	监管部门
10			Ge-68(Ga-68)	液态	使用	教学科研	7.4E+8	7.4E+5	2.96E+9		
11			Cr-51	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+6	3.7E+8		
12			Zr-89	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	1.85E+9		
13			In-111	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	3.7E+9		
14			I-123	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+6	7.4E+8		
15			I-125	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	7.4E+8		
16			I-131	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	3.7E+9		
17			Re-188	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	3.7E+8		
18			S-35	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	3.7E+8		
19			Y-90	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	3.7E+9		

7 / 14

(二) 非密封放射性物质

证书编号: 沪环辐证[21011]

证书编号: 沪环辐证[21011]

活动种类和范围							备注				
序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	申请单位	监管部门
20			Tc-99m	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+6	1.85E+10		
21			F-18	液态	使用	教学科研	2.22E+10	2.22E+6	2.22E+12	备药	
22			Zr-95	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	1.85E+9		
23			Au-198	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	3.7E+9		
24			F-18	液态	使用	教学科研	7.4E+9	7.4E+7	7.4E+11		
25			Fe-59	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	3.7E+8		
26			Nd-147	液态	使用	教学科研	3.7E+8	3.7E+7	3.7E+8		

(三) 射线装置

证书编号: 沪环辐证[21011]

活动种类和范围					使用台账				备注			
序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
1	徐汇校区 校医院放射科 (DR室)	医用诊断X射线装置	III类	使用	1	DR机	uDR592h	FR0301-00177	管电压 150 kV 管电流 800 mA	上海联影		
2	闵行校区 动物中心楼115室 (肿瘤所X-射线自屏蔽辐照仪室)	血管造影用X射线装置	II类	使用	1	自屏蔽X射线辐照仪	RS2000	3186	管电压 160 kV 管电流 25 mA	汇佳生物仪器有限公司		
3	闵行校区 实验动物中心楼 A131-1室 (分割中心生物医学影像技	其他不能豁免的X射线装置	III类	使用	1	小动物SPECT-CT	NanoScan	20223006150	管电压 90 kV 管电流 1 mA	恒裕通有限公司		

(三) 射线装置

证书编号: 沪环辐证[21011]

活动种类和范围						使用台账				备注		
序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
4	技术中心 SPECT/CT T室)											
	闵行校区 实验动物 中心楼 A131-2室 (分测中 心生物医 学影像技 术中心 PET/CT 室)	其他不能被 豁免的 X 射线装置	III 类	使用	1	小动物 PET- CT	IRIS	00120 20223006151	管电压 80 kV 管电流 1 mA	上海壹弋国 际贸易有限 公司		
5	闵行校区 实验动物 中心楼 A208-1室 (X-ray 辐照仪 室)	其他不能被 豁免的 X 射线装置	III 类	使用	1	X-Ray 辐照仪	RS-2000 Pro	RS20002003 0	管电压 225 kV 管电流 20 mA	中国仪器进 出口集团有 限公司		
6	闵行校区	其他不能被	III	使用	1	小动物活体	Skyscan	19117112	管电压 100	上海达迈生		

10/14

10/14

(三) 射线装置

证书编号: 沪环辐证[21011]

证书编号: 沪环辐证[210111]												
序号	活动种类和范围				使用台账					备注		
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
	实验动物中心楼A208-7室(microCT室)	豁免的X射线装置	类			microCT成像仪	1276		kV 管电流 0.2 mA	物科技公司		
7	闵行校区医院放射科(DR室)	医用诊断X射线装置	III类	使用	1	DR机	Xplorer 1800	8S020024	管电压 150 kV 管电流 650 mA	加拿大IDC		

(四) 许可证条件

证书编号: 沪环辐证[21011]

此页无内容



12 / 14

(五) 许可证申领、变更和延续记录

序号	业务类型	批准时间	内容事由	证书编号: 沪环辐证[21011]	申领、变更和延续前许可证号
1	重新申请	2024-08-20	上海交大辐射许可证有效期至2024年9月22日, 即将到期。特申请延期。	沪环辐证[21011]	沪环辐证[21011]
2	重新申请	2023-07-18	重新申请, 批准时间: 2023-07-18	沪环辐证[21011]	沪环辐证[21011]
3	重新申请	2019-09-23	重新申请, 批准时间: 2019-09-23	沪环辐证[21011]	沪环辐证[21011]
4	重新申请	2019-01-21	重新申请, 批准时间: 2019-01-21	沪环辐证[21011]	沪环辐证[21011]
5	变更	2018-06-27	变更, 批准时间: 2018-06-27	沪环辐证[21011]	沪环辐证[21011]
6	申请	2011-07-22	申请, 批准时间: 2011-07-22	沪环辐证[21011]	沪环辐证[21011]
7	申请	2008-10-23	申请, 批准时间: 2008-10-23	沪环辐证[21011]	沪环辐证[21011]

(六) 附件和附图

证书编号: 沪环辐证[21011]



14 / 14



监测报告

报告编号: 2024ZFP01050FH32

受检单位: 上海交通大学
项目地址: 上海市闵行区东川路 800 号
项目类别: 辐射环境本底监测
委托批号: 2024ZFP01050FH32



中辐评检测认证有限公司

2024 年 07 月 04 日



一、项目基本情况

受检单位名称	上海交通大学
受检单位地址	上海市闵行区东川路 800 号上海交通大学闵行校区
监测项目	环境γ辐射剂量率
监测日期	2024 年 06 月 17 日
监测地点	上海市闵行区东川路 800 号上海交通大学闵行校区金属基复合材料国家重点实验室一层 X 光显微镜室
监测环境	温度：23.9℃，湿度：60.8%RH，气压：102.1kPa
主要监测仪器	6150AD5/H+6150AD-b/H 便携式 X、γ辐射周围剂量当量率仪[主机编号 158202，探头编号 160260；仪器编号 ZFPYQ-B-2；能量响应：20 keV~7 MeV；量程：50 nSv/h~99.9 μSv/h；检定证书：2024H21-20-5087843002；检定日期：2024.02.02；有效期至：2025.02.01]
监测依据	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021）
项目描述	依据标准，对上海市闵行区东川路 800 号上海交通大学闵行校区金属基复合材料国家重点实验室一层 X 光显微镜室新增 1 台 3D 显微 CT 装置使用项目相关点位进行辐射环境本底监测（监测结果详见表 1）。 监测点位示意图详见附图一、附图二。

二、监测结果

1.测点编号: 01050FH32-1

表 1 新增 3D 显微 CT 装置项目辐射环境本底监测结果

序号	监测位置	测量 次数	监测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	标准偏差
1	拟放置 CT 装置房间 (116 房间) 内部	10	0.12	± 0.01
2	CT 装置所在房间东侧 114 房间	10	0.12	± 0.01
3	CT 装置所在房间南侧走廊	10	0.12	± 0.01
4	CT 装置所在房间西侧 118 房间	10	0.12	± 0.01
5	CT 装置所在房间北侧绿化带	10	0.12	± 0.01
6	CT 装置所在房间楼上 214 房间	10	0.12	± 0.01
7	材料 D 楼大门入口大厅处	10	0.12	± 0.01

备注:

①监测设备校准因子: 0.94;

②按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157—2021), 使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时, 空气比释动能与周围剂量当量转换系数取 1.20Sv/Gy ;

③表中监测结果已扣除仪器对宇宙射线的响应值, 宇宙射线响应值为 29.3nGy/h 。

编 制:

审 核:

批 准:

批准日期: 2024.07.04

附图一



附图二

新增 3D 显微 CT 装置项目辐射环境本底监测点位示意图

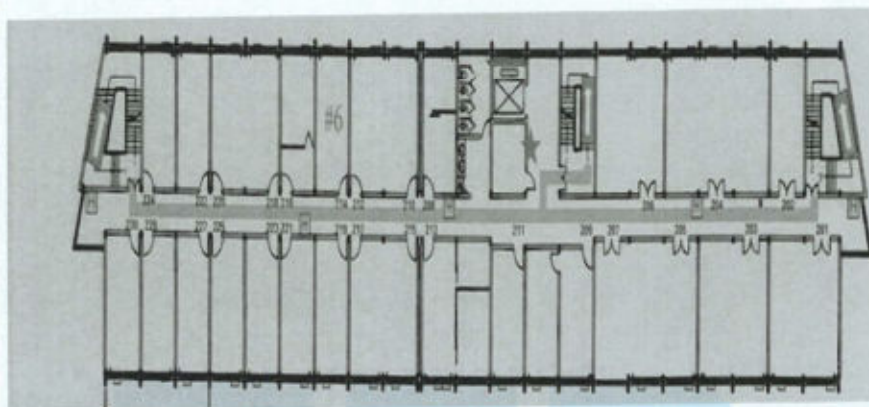


图 2 材料 D 楼 2 层监测点位置图

报告内容至此结束