

上海交通大学新增 1 台 II 类射线装置
使用项目
环境影响报告表
(报批稿公示版)



建设单位：上海交通大学

编制单位：橙志（上海）环保技术有限公司

二〇二五年三月

说 明

橙志(上海)环保技术有限公司受上海交通大学委托，完成了对“上海交通大学新增 1 台 II 类射线装置使用项目”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。

本文本内容为拟报批的环境影响报告表全本，上海交通大学和橙志(上海)环保技术有限公司承诺本文本与报批稿全文完全一致，但删除了个人隐私。

上海交通大学和橙志(上海)环保技术有限公司承诺本文本内容的真实性，并承担内容不实之后果。

本文本在报环保部门审查后，上海交通大学和橙志(上海)环保技术有限公司将可能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，上海交通大学新增 1 台 II 类射线装置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新增 1 台 II 类射线装置使用项目(审批稿)为准。

建设项目的建设单位和联系方式：

建设单位：上海交通大学

联系人：[REDACTED]

建设单位地址：上海市闵行区东川路 800 号

邮编：200240

项目建设地址：上海市闵行区东川路 800 号上海交通大学转化医学大楼-1 层 B1-30

联系电话：[REDACTED]

环评机构概要：

环评机构：橙志(上海)环保技术有限公司

联系人：杨工

联系电话：021-61176900

联系地址：上海市宝山区沪太路 2999 弄 13 号 4 层

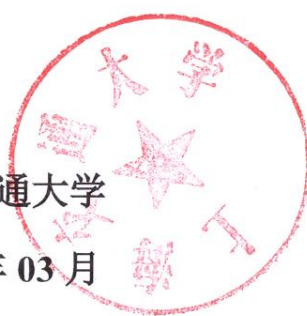
邮编：200444

核技术利用建设项目

上海交通大学新增 1 台 II 类射线装置
使用项目
环境影响报告表

上海交通大学

2025 年 03 月



环境保护部监制

核技术利用建设项目

上海交通大学新增 1 台 II 类射线装置
使用项目

环境影响报告表

建设单位名称：上海交通大学

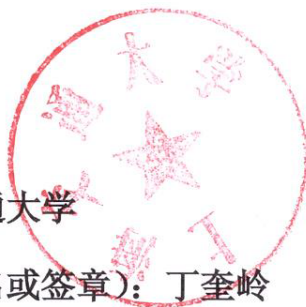
建设单位法人代表（签名或签章）：丁奎岭

通讯地址：上海闵行区东川路 800 号

邮政编码：200240 联系人：

电子邮箱：

联系电话：



丁奎岭

编制单位和编制人员情况表

项目编号	0dp936		
建设项目名称	上海交通大学新增1台II类射线装置使用项目		
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	1210000042900615XD		
法定代表人 (签章)	丁奎岭		
主要负责人 (签字)	陈卫东		
直接负责的主管人员 (签字)	郑国栋		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	橙志 (上海) 环保技术有限公司		
统一社会信用代码	91310113093635215P		
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
杨丽	03520240531000000023	BH003986	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
赵军	审核	BH003217	
杨丽	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	BH003986	
杨正曲	项目基本情况、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状	BH066812	



环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源
和社会保障部、生态环境部批准颁发，
表明持证人通过国家统一组织的考试，
取得环境影响评价工程师职业资格。



中华人民共和国
人力资源和社会保障部



中华人民共和国
生态环境部



姓 名： 杨丽

证件号码： [REDACTED]

性 别： 女

出生年月： 1988年10月

批准日期： 2024年05月26日

管 理 号： 03520240531000000023



本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

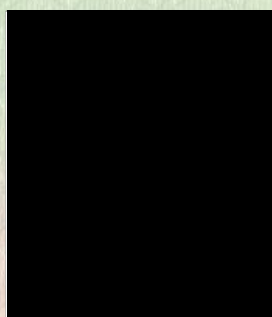
This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



编号: HP 00017431
No.



持证人签名:

Signature of the Bearer

发证编号: 2015-2803-0401-00029

管理号:

File No. 2015035310350000003510310193

姓名: 赵军

Full Name

性别: 男

Sex

出生年月: 1982年12月

Date of Birth

专业类别:

Professional Type

批准日期: 2015年05月24日

Approval Date

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2015年08月25日

Issued on



目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	16
表 3 非密封放射性物质	16
表 4 射线装置	17
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	18
表 6 评价依据	19
表 7 保护目标与评价标准	22
表 8 环境质量和辐射现状	28
表 9 项目工程分析与源项	31
表 10 辐射安全与防护	36
表 11 环境影响分析	47
表 12 辐射安全管理	57
表 13 结论与建议	63
表 14 审批	68
附图 1-1 本项目在上海市的位置示意图	69
附图 1-2 项目所在位置及校区周围环境概况	70
附图 2 本项目区域位置及评价范围图	71
附图 3 项目所在转化医学大楼-1 层平面布置图	72
附图 4 转化医学大楼 1 层平面布置图	73
附图 5 黄浦江上游饮用水水源保护区划图	74
附图 6 紫竹高新区产业管控空间分布图	75
附件 1 辐射安全许可证	76
附件 2 辐射本底监测报告	89

表 1 项目基本情况

建设项目名称		上海交通大学新增 1 台 II 类射线装置使用项目					
建设单位		上海交通大学					
法人代表		丁奎岭	联系人	██████	联系电话	██████████	
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 号上海交通大学转化医学大楼-1 层 B1-30					
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)	45	投资比例 (环保投资/总投资)	3.75%	
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			建筑面积 (m ²)	62.8 (机房+控制台)	
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	/					
项目概述 1、建设单位基本情况及项目由来 <p>上海交通大学是中央直管、教育部直属并与上海市共建的全国重点大学，中国办学历史最悠久的高等学府之一，位列国家“双一流”、“985 工程”、“211 工程”重点建设高校。截至 2024 年 10 月，上海交通大学有 18 个学科入选国家“双一流”建设学科；12 个学科入选上海市高峰学科，学校现有一级学科博士学位授权点 51 个。工程学、材料科学、计算机科学、药理学与毒理学、数学、化学、生物学与生物化学、临床医学、分子生物学与遗传学、生物与生物化学等 19 个学科位居全球前 1%。</p> <p>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 号上海交通大学转化医学大楼-1 层 B1-30 设置一间 DSA 实验室，使用一台型号为 Artis Q Ceiling 的 II 类射线装置（DSA，医用血管造影 X 射线机）用于转化医学实验。</p> <p>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</p>							

育委员会公告 2017 年第 66 号），本项目 DSA 装置属“血管造影用 X 射线装置”，为Ⅱ类射线装置。

对照《上海市生态环境局关于印发<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）的通知》（沪环规[2021]11 号），本项目 DSA 装置涉及“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。具体判定情况如下表。

表 1-1 项目环评类别判定情况表

编制依据	项目类别		环评类别			判定结果
			报告书	报告表	登记表	
《上海市实施细化规定》	五十五、核与辐射	172 核技术利用建设项目	生产放射性同位素的（制备 PET 用放射性药物的除外）；使用Ⅰ类放射源的（医疗使用的除外）；销售（含建造）、使用Ⅰ类射线装置的；甲级非密封放射性物质工作场所；以上项目的改、扩建（不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置，且新增规模不超过原环评规模的 50%）	制备 PET 用放射性药物的；医疗使用Ⅰ类放射源的；使用Ⅱ类、Ⅲ类放射源的；生产、使用Ⅱ类射线装置的；乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）；在野外进行放射性同位素示踪试验的；以上项目的改、扩建（不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置的）	销售Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类放射源的；使用Ⅳ类、Ⅴ类放射源的；医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的；销售非密封放射性物质的；销售Ⅱ类射线装置的；生产、销售、使用Ⅲ类射线装置的	本项目涉及Ⅱ类射线装置的使用，使用Ⅱ类射线装置应编制报告表，因此本项目环境影响评价类别为“报告表”

根据《本市环境影响评价制度改革实施意见》（沪府规〔2019〕24 号），本市建设项目实施分类管理，区分重点项目和一般项目，实行差别化的环境影响评价审批管理。本项目不属于《上海市建设项目环境影响评价重点行业名录（2021 年版）》（沪环规[2021]7 号）中重点行业，亦不涉及“七、其他项目”，不在本市生态红线范围内，属于一般项目。

根据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）以及《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），为进一步优化营商环境，提高建设项目环境影响评价审批效率，核技术利用项目-使用Ⅱ类射线装置（加速器类射线装置除外）行业实施行政审批告知承诺，并做好相关建设项目事中事后监管工

作。本项目属于行业名单中的“六、核与辐射”中的“15 核技术利用建设项目”中的“生产、使用II类射线装置的（加速器类射线装置除外）”，符合实施告知承诺的条件，建设单位已知悉告知承诺制的相关要求，本项目自愿实施审批制。

环评单位以环评导则和相关法规标准为编制依据，编制本项目环境影响报告表。

2、项目概况

上海交通大学拟在上海市闵行区东川路 800 号上海交通大学转化医学大楼-1 层 B1-30 新建 1 间 DSA 机房及其辅助房间，并在机房内新增 1 台型号为 Artis Q Ceiling 的 DSA 装置，DSA 机房有效使用面积为 49.6m²。本项目 DSA 装置的基本参数见下表。

表 1-2 本项目 DSA 装置基本情况

装置分类名称	设备名称	型号	射线装置类型	数量(台)	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	单次实验累计出束时间	年最大实验次数(次/a)	工作场所	活动种类	备注
数字减影血管造影装置	DSA	Artis Q Ceiling	II 类	1	125	1000	摄影：0.16s 透视：5min	100	转化医学大楼-1 层 B1-30	使用	新增

表 1-3 项目主要实验样品情况

样品名称	年用量/份	形态	备注
3D 打印血管模型	30	固态	3D 打印血管模型由实验人员准备完成后带入 DSA 机房进行实验，本项目不进行样品存储，废样品暂存于危废暂存点，使用密封容器收集后定期委托危废处置资质单位处置
猪肝	35	固态	猪肝、猪脑由实验人员外购后带入 DSA 机房进行实验，本项目不进行样品存储，废样品暂存于危废暂存点，使用密封容器收集后定期委托危废处置资质单位处置
猪脑	35	固态	

本项目工程组成见下表。

表 1-4 本项目工程组成表

分类	项目	组成	备注
主体工程	DSA 机房	本项目拟建的 DSA 机房位于转化医学大楼 B1 层，有效使用面积为 49.6m ² ，机房长度 8.0m，宽度 6.2m。	新建
辅助工程	辅助区域	设置 DSA 控制台作为 DSA 机房的辅助区域。	新建
公用工程	给水	由城市供水管网提供，依托学校供水管网。	依托
	排水	本项目无实验废水和放射性废水产生，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
	供配电	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	DSA 机房顶棚安装独立的动力通风装置，能满足 DSA 机房换气要求。	新建

	废水	本项目无实验废水，辐射工作人员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	DSA 装置使用过程中产生的一次性注射器、介入导管、导丝、废样品等实验室固体废物（HW01 医疗废物）暂存于危废暂存点，使用密封容器收集后定期委托危废处置资质单位处置。生活垃圾依托学校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	①DSA 机房四侧墙体采用 3mm 铅板+静电喷涂净化钢板+40*60*2mm 镀锌钢龙骨+120mm 钢筋混凝土进行屏蔽； ②顶棚采用 2mm 铅板+静电喷涂净化钢板+40*60*2mm 镀锌钢龙骨+120mm 钢筋混凝土进行屏蔽； ③观察窗选取铅玻璃进行屏蔽； ④防护门采取铅板进行屏蔽。	新建

3、项目选址及周边概况

上海交通大学位于上海市闵行区东川路800号，学校东侧为莲花南路，南侧为东川路，西侧为沧源路，北侧为剑川路。本项目地理位置见附图1，区域位置图见附图2。

本项目拟新建的DSA机房位于转化医学大楼，转化医学大楼东侧为学校内部文治大道、药学院5号楼及药学院6号楼，南侧为学校内部思源北路，西侧为学校内部道路，北侧为学校内部振义路、第七餐饮大楼、系统生物医学研究院和生物医学工程学院。

转化医学大楼为地上5层，地下1层建筑，本项目拟新建的DSA机房位于转化医学大楼地下1层北侧，其东侧为MRI机房，南侧为走廊，西侧为设备间及预备间，北侧为控制台及实验室，楼上为步梯及楼外空地。

本项目50 m评价范围涉及本项目所在的转化医学大楼和学校内部的第七餐饮大楼，可知项目选址合理。本项目周边环境概况及评价范围见附图2，转化医学大楼地下1层和地上1层平面布置图见附图3及附图4。

4、评价因子及评价重点

本项目拟使用的DSA设备属于Ⅱ类射线装置，由DSA工作原理可知，X射线随射线装置的开关而产生和消失，非工作状态下不会产生X射线，只有在开机处于出束状态时才会产生X射线。因此，在开机期间，X射线为污染环境的主要因子，X射线与空气发生电离作用产生少量的臭氧及氮氧化物，少量的有害气体直接与大气接触、不累积，自然逸散，对环境影响可忽略不计。本次评价采用γ辐射剂量率作为评价因子，重点评价电离辐射对周围环境和敏感人群的影响。

5、辐射工作人员情况

本项目建成后，拟新增 3 名辐射工作人员开展本项目 DSA 机房的实验操作。透视模

式下，辐射工作人员全程在近台操作，摄影模式下，辐射工作人员离开 DSA 机房，在控制台等候，待图像采集(摄影)结束后进入 DSA 机房。

以上 3 名辐射工作人员均须通过生态环境部统一组织的辐射安全与防护考核，考核后持证上岗。同时，学校设立辐射安全管理小组，设一名本科及以上学历人员作为辐射安全和环境保护管理工作负责人。

6、产业政策及规划相符性分析

(1) 产业政策相符性分析

本项目利用射线装置开展转化医学实验，属于核技术在医学领域内的运用。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”第 5 条“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，智能产品整体方案、人机工程设计、系统仿真等设计服务”类别。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项目之列，为允许类；根据《上海工业及生产性服务业指导目录和布局指南（2014 年版）》，本项目属于“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，医学科学研究和试验发展，生物技术、新材料技术及其他科技推广和应用服务业，科技中介服务，农业科学研究和试验发展”。因此，本项目的建设符合国家产业政策和上海市产业政策要求。

(2) 规划协调性分析

根据《上海市环境保护条例》（2022 年 7 月 21 日修正）第六十二条：“禁止在中心城区或者其他居民集中区域设立商用辐照装置、 γ 探伤源库。禁止在居民住宅楼、商住综合楼内生产、使用、贮存放射性同位素或者 I 类、II 类射线装置。禁止将含有放射源探伤装置存放在居民住宅楼、商住综合楼以及其他公共场所。”

本项目所在地块土地用途为科教文卫用地，项目建成后主要进行转化医学实验研究，建设符合《上海市环境保护条例》相关要求。综上，本项目的建设符合用地规划。

7、项目与规划环评符合性及实践正当性分析

(1) 与规划环评符合性分析

本项目选址于上海市闵行区东川路 800 号，根据《上海市闵行区总体规划暨土地利用总体规划（2016-2035）》土地使用规划，上海交通大学所在地块用地性质为科教文卫

用地，本项目为学院科研实验配套的 DSA 机房及射线装置，与规划相符。本项目 DSA 机房位于转化医学大楼地下 1 层北侧。DSA 机房及控制台仅有相关测试人员可进入，因此能够减少公众误入的可能性，有利于学校管理。东侧为 MRI 机房，南侧为走廊，西侧为设备间及预备间，北侧为控制台及实验室，楼上为步梯及楼外空地，学校拟通过采取相应有效治理和屏蔽措施减小对周围的环境影响。

上海交通大学周边以产业研发区和居住生活区等为主。本项目的实施可以更好地推进科技创新平台建设。同时本项目拟建设的机房为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址可行。

本项目与《关于<上海紫竹高新技术产业开发区总体规划环境影响报告书>的审查意见》（环审〔2022〕140 号）的相符性分析如下表。

表 1-5 本项目与区域规划环评审查意见的相符性分析

序号	环审〔2022〕140 号	项目实际情况	符合情况
1	坚持绿色发展和协调发展理念，加强《规划》引导。落实国家、区域发展战略，坚持生态优先、集约高效，以生态环境质量改善为核心，做好与各级国土空间规划和“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线、生态环境准入清单）生态环境分区管控体系的协调衔接，进一步优化《规划》布局、产业定位和发展规模。	根据后文分析，本项目符合“三线一单”和上海市“三线一单”要求。	符合
2	推动高新区高质量发展。充分发挥高新区所在上海南部科创中心及周边大学的科研优势，以引进科技含量高、创新能力强、技术密集的研发企业为主，推动信息技术、智能制造等战略性新兴产业的孵化和发展。	本项目利用射线装置开展转化医学实验，有利于提升学校在医学领域内研发水平。	符合
3	严格空间管控、优化功能布局。加强对研发基地内部及周边集中居住区防护，优化工业、研发、居住等各类用地的空间分布和产业的梯级分布，严格涉风险源企业管理，适时推进污染物排放量大、环境风险高的企业退出，确保产业布局与生态环境保护、人居环境安全相协调。高新区开发范围和土地利用应符合国土空间规划，并严格控制在城镇开发边界内。加快沿江现有遗留工业设施搬迁、落实黄浦江滨江绿带规划建设。	本项目位于紫竹高新技术产业开发区，项目所在地块不在园区划定的产业控制带，与《报告书》中园区产业控制带位置关系见附图 6。	符合
4	严守环境质量底线，强化污染物排放总量管控。根据上海市生态环境分区管控和总量控制要求，以及大气、水、土壤污染防治方案，结合高新区产业现状及	本项目无需申领总量。	符合

	发展方向,编制分阶段的污染物减排方案,采取有效措施减少污染物排放量,推进挥发性有机物和氮氧化物协同减排,确保区域生态环境质量持续改善,促进产业发展与生态环境保护相协调。		
5	严格入区项目生态环境准入,推动绿色、低碳、高质量发展。严格落实《报告书》提出的工业用地、研发用地、兼容用地的生态环境准入要求,强化污染物排放控制、提高清洁生产和污染治理水平;加强环境风险防控,不得引入具有重大风险源的项目,强化环境风险防范和应急体系建设,提升环境风险防控和应急响应能力,保障区域及黄浦江水环境安全。执行最严格的行业废水、废气排放控制要求,引进项目的生产工艺和设备、资源能源利用效率、污染治理等均需达到同行业国际先进水平。	本项目建成后主要用于学校科研实验。不属于具有重大风险源的项目。本项目位于黄浦江上游饮用水水源保护缓冲区,经对照,符合《上海市饮用水水源保护缓冲区管理办法》要求。详见表 1-7。	符合

(2) 实践正当性分析

上海交通大学实施本项目,目的在于开展学院转化及生物医学实验,对诊疗装备开发研究具有重要作用,而且能够提高学校的整体实力、改善医疗条件,具有显著的社会效益。通过采取有效的辐射防护措施和严格的辐射环境管理,可保证本项目在正常运行情况下,对周围环境的影响满足国家相关标准要求。因此,该项目的建设符合《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。

8、与“三线一单”符合性分析

①生态保护红线

根据《上海市生态环境保护红线》(沪府发[2023]4号)对于全市各区划定的生态保护红线,本项目建设地点不属于生态保护红线范围内。

②环境质量底线

本项目所在区域空气质量为《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级,地表水环境质量为《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)III类,声环境质量为《声环境质量标准》(GB3096-2008)2类。本项目对环境影响较小,不会超出环境质量底线。

③资源利用上线

本项目在学校现有建筑内增加DSA机房,不新增土地面积,不占用新的土地资源,不使用地下水资源,运营期水、电等公共资源依托学校现有基础设施。因此,本项目的建设符合资源利用上线的要求。

④与上海市“三线一单”的相符性分析

根据《上海市生态环境局关于公布上海市生态环境分区管控更新成果（2023 版）的通知》，本项目位于紫竹高新技术产业开发区，为陆域重点管控单元（产业园区及港区），本项目与陆域重点管控单元环境准入及管控要求相符性分析见下表。

表 1-6 与《上海市生态环境局关于公布上海市生态环境分区管控更新成果（2023 版）的通知》相符性分析

管控领域	重点管控单元：环境准入及管控要求	项目情况	符合情况
空间布局管控	<p>1、产业园区周边和内部应合理设置并控制生活区规模，与现状或规划环境敏感用地(居住、教育、医疗)相邻的工业用地或研发用地应设置产业控制带，具体范围和管控要求由园区规划环评审查意见确定。</p> <p>2、黄浦江上游饮用水水源保护缓冲区严格执行《上海市饮用水水源保护缓冲区管理办法》要求。</p> <p>3、长江干流、重要支流(指黄浦江)岸线 1 公里范围内严格执行国家要求，禁止在长江干支流 1 公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目，禁止新建危化品码头(保障城市运行的能源码头、符合国家政策的船舶 LNG、甲醇等新能源加注码头、油品加注码头、军事码头以及承担市民日常生活所需危险品运输码头除外)。</p> <p>4、林地、河流等生态空间严格执行相关法律法规或管理办法，禁止建设或开展法律法规规定不能建设或开展的项目或活动。</p>	<p>1.本项目位于紫竹高新技术产业开发区，项目所在地块不在园区划定的产业控制带，与《报告书》中园区产业控制带位置关系见附图 6。</p> <p>2.本项目位于黄浦江上游饮用水水源保护缓冲区，经对照，符合《上海市饮用水水源保护缓冲区管理办法》要求。详见表 1-7。</p> <p>3.项目不位于长江干流、重要支流(指黄浦江)岸线 1 公里范围内，不属于化工及码头等项目。</p> <p>4.项目位于工业园区内，不涉及林地、河流等生态空间。</p>	符合
产业准入	<p>1、严禁新增行业产能已经饱和的“两高”(高耗能高排放)项目。除涉及本市城市运行和产业发展安全保障、环保改造、再生资源利用和强链补链延链等项目外，原则上不得新建、扩建“两高”项目。本市两高行业包括煤电石化、煤化工、钢铁、焦化、水泥玻璃、有色金属、化工、造纸行业。</p> <p>2、严格控制石化产业规模，“十四五”期间石化化工行业炼油能力不增加。禁止新建、扩建不符合国家石化、现代煤化工等产业布局规划的项目。严禁钢铁行业新增产能，确保粗钢产量只减不增。加快发展以废钢为原料的电炉短流程工艺，减少自主炼焦，推进炼焦、烧结等前端高污染工序减量调整。</p> <p>3、新建化工项目原则上进入本市认定的化工园区实施，经产业部门牵头会商后认定为非化工项目的可进入规划产业区域实施。配套重点产业、符合化工产业转型升级及优化布局的存量化工企业，在符合增产不增污和规划保留的前提下，可实施改扩建。新、改、扩建</p>	<p>1.本项目建成后主要用于学校科研实验，不属于高污染、高能耗行业，不属于高 VOCs 含量有机溶剂型涂料、油墨和胶黏剂等生产项目，不属于石化化工等行业。</p> <p>2.本项目不属于《上海市产业结构调整指导目录限制和淘汰类（2020 年版）》中的限制类或淘汰类。</p>	符合

	<p>项目严格执行国家涂料、油墨、胶粘剂、清洗剂挥发性有机物(VOCs)含量标准限值。</p> <p>4、禁止新建《上海市产业结构调整指导目录 限制和淘汰类》所列限制类工艺、装备或产品，列入目录限制类的原有项目，允许保持现状，鼓励实施调整或经产业部门认定后有条件地实施改扩建。</p> <p>5、引进项目应符合园区规划环评和区域生态环境准入清单要求。</p>		
产业结构调整	<p>1、对于列入《上海市产业结构调整指导目录 限制和淘汰类》淘汰类的现状企业，制定调整计划。</p> <p>2、推进吴淞、吴泾、高桥石化等重点区域整体转型，加快推进碳谷绿湾、星火开发区环境整治和转型升级。</p>		
总量控制	<p>坚持“批项目，核总量”制度，全面实施主要污染物倍量削减方案。</p>	<p>1.本项目无需申领总量。</p> <p>2.本项目为新建项目，位于黄浦江上游饮用水水源保护缓冲区，经对照，符合《上海市饮用水水源保护缓冲区管理办法》要求。详见表 1-7。</p>	符合
工业污染治理	<p>1、涂料油墨、汽车、船舶、工程机械、家具、包装印刷等行业大力推进低 VOCs 含量原辅料和产品源头替代，并积极推广涉 VOCs 物料加工、使用的先进工艺和减量化技术。</p> <p>2、提高 VOCs 治管水平，强化无组织排放整治，加强非正常工况废气排放管控，推进简易治理设施精细化管理，新、改、扩建项目原则上禁止单一采用光氧化、光催化、低温等离子(恶臭处理除外)、喷淋吸收(吸收可溶性 VOCs 除外)等低效 VOCs 治理设施。</p> <p>3、持续推进杭州湾北岸化工石化集中区 VOCs 减排，确保区域环境质量保持稳定和改善。</p> <p>4、产业园区应实施雨污分流，已开发区域污水全收集、全处理，建立完善雨污水管网维护和破损排查制度。</p> <p>5、化工园区应配备专业化工生产废水集中处理设施(独立建设或依托骨干企业)及专管或明管输送的配套管网。</p>	<p>本项目不涉及。</p>	符合
能源领域污染治理	<p>1、除燃煤电厂外，本市禁止新建、扩建燃用煤、重油、渣油、石油焦等高污染燃料的设施；燃煤电厂的建设按照国家和本市有关规定执行。</p> <p>2、新建、扩建锅炉应优先使用电、天然气或其他清洁能源。鼓励有条件的锅炉实施“油改气”、“油改电”清洁化改造。实施低效脱硝设施排查整治，深化锅炉低氮改造。</p>	<p>本项目使用电能，不使用煤炭、重油、渣油、石油焦等高污染燃料；不涉及锅炉。</p>	符合
港区污染治理	<p>1、推进内港码头岸电标准化和外港码头专业化泊位岸电全覆盖。加快港区非道路移动源清洁化替代。</p> <p>2、港口、码头、装卸站应当备有足够的船舶污染物接收设施，并做好与城市公共转运、处置设施的衔接。新</p>	<p>本项目不涉及。</p>	符合

	建、改建、扩建港口、码头的，应当按照要求建设船舶污染物接收设施，并与主体工程同步设计、同步施工、同步投入使用。		
环境风险防控	<p>1、园区应制定环境风险应急预案，成立应急组织机构，定期开展应急演练，提高区域环境风险防范能力。</p> <p>2、化工园区应建立满足突发环境事件应急处置需求的体系、预案、平台和专职应急救援队伍，应按照规定建设园区事故废水防控系统，做好事故废水的收集、暂存和处理。沿岸化工园区应加强溢油、危化品等突发水污染事件预警系统建设。</p> <p>3、港口、码头、装卸站应当按照规定,制定防治船舶及其有关作业活动污染环境的应急预案，并定期组织演练。</p>	本项目不涉及。	符合
土壤污染风险防控	<p>1、曾用于化工石化、医药制造、橡胶塑料制品、纺织印染、金属表面处理金属冶炼及压延、非金属矿物制品、皮革鞣制、金属铸锻加工、危险化学产品生产、农药生产、危险废物收集利用及处置、加油站、生活垃圾收集处置、污水处理厂等的地块，在规划编制中，征询生态环境部门意见，优先规划为绿地、林地、道路交通设施等非敏感用地。</p> <p>2、列入建设用地土壤污染风险管控和修复名录的地块，不得作为住宅、公共管理与公共服务用地，应当根据土壤污染风险评估结果，并结合相关开发利用计划，实施风险管控；确需修复的，应当开展治理与修复。未达到土壤污染风险评估报告确定的风险管控、修复目标的建设用地地块，禁止开工建设任何与风险管控、修复无关的项目。</p> <p>3、土地使用权人从事土地开发利用活动，企业事业单位和其他生产经营者从事生产经营活动，应当采取有效措施，防止、减少土壤污染，对所造成的土壤污染依法承担责任。禁止污染和破坏未利用地。</p>	本项目不涉及。	符合
节能降碳	<p>1、深入推进产业绿色低碳转型，推动钢铁、石化化工行业碳达峰，实施上海化工区、宝武集团上海基地、临港新片区等园区及钢铁、石化化工、电力、数据中心等重点行业节能降碳工程。</p> <p>2、项目能耗、水耗应符合《上海产业能效指南》相关限值要求。新建高耗能项目单位产品(产值)能耗应达到国际先进水平。</p>	<p>1. 本项目不属于钢铁、石化化工、电力、数据中心等重点行业，不位于上海化工区、宝武集团上海基地、临港新片区等园区。本项目设备均采用节能设备，可有效降低能源消耗，减少碳排放。</p> <p>2. 本项目为辐射类项目，《上海产业能效指南》（2023 版）无相关要求。</p>	符合
地下水资源利用	地下水开采重点管控区内严禁开展与资源和环境保护功能不相符的开发活动，禁止开采地下水和矿泉水。	本项目不涉及。	符合

岸线资源保护与利用	重点管控岸线按照港区等规划进行岸线开发利用，严格控制占用岸线长度提高岸线利用效率，加强污染防治。一般管控岸线禁止开展港区岸线开发活动，加强岸线整治修复。	本项目不涉及。	符合
-----------	------------------------------------------------------------------------------	---------	----

经分析，本项目建设符合上海市“三线一单”要求。

⑤与《上海市人民政府关于印发修订后的<上海市饮用水水源保护缓冲区管理办法>的通知》(沪府规[2024]3 号)的相符性分析

表 1-7 项目与饮用水水源保护缓冲区管理办法相符性

负面清单	本项目情况	合理性
(一)禁止新建、扩建铅蓄电池制造业、电镀行业等涉重点重金属重点行业建设项目；改建建设项目，不得增加水污染物排放量。	1.本项目不属于铅蓄电池制造业、电镀行业等涉重点重金属重点行业建设项目。 2.本项目不属于改建项目。	合理
(二)禁止建设工业固体废物、危险废物集中贮存、利用、处置的设施、场所和生活垃圾填埋场。	本项目属于核技术利用建设项目-使用 II 类射线装置，不涉及建设工业固体废物、危险废物集中贮存、利用、处置的设施、场所。	合理
(三)禁止新建、改建、扩建危险品装卸码头(符合规划和环保要求的船舶加油站、加气站除外)。	不涉及。	/
(四)水域范围内，不得航行装载剧毒化学品、国家禁止运输的危险化学品和危险废物(废矿物油除外)的船舶，禁止船舶排放含油污水、生活污水、垃圾等污染物。	不涉及。	/

综上所述，项目建设与《上海市人民政府关于印发修订后的<上海市饮用水水源保护缓冲区管理办法>的通知》(沪府规[2024]3 号)相符。

9、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 1-8、1-9、1-10。

表 1-8 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	活度(Bq)×枚数	用途
1		Sr-90	V 类	使用	5.55E+7*4	科研应用

2	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)	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 1-9 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	Cr-51	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 1-10 射线装置许可一览表

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)	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	其他不能被豁免的 X 射线装置	III 类	使用	1	小动物 SPECT-CT	NanoScan

	物医学影像技术中心 SPECT-CT)						
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	IRIS
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	小动物活体 microCT 成像 仪	Skyscan 1276
7	闵行校区校医院放射科 (DR 室)	医用诊断 X 射 线装置	III 类	使用	1	DR 机	Xplorer 1800

(2) 现有核技术利用项目环保手续办理情况

学校现有核技术利用项目环保手续办理情况见下表。

表 1-11 现有核技术利用项目环保手续办理情况表

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	已批待建
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[2012]10 号	沪环保许辐 [2014]75 号, 2014 年 5 月 7 日
X 射线辐照仪项目	沪环保许辐[2012]137 号	2024.12 完成验收
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	/
上海交通大学校医院医用 X 射线摄影系统 (DR)机房建设项目	登记表备案号: 201931011200004061	/

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 2025 年 1 月 16 日填报了《上海交通大学 2024 年度评估报告》。根据 2024 年度学校 X 射线装置工作场所、小动物 SPECT-CT 准备间、密封放射源容器

周围环境防护等年度检测报告（FYS-2024-A-1290、FYS-2024-G-0059、FYS-2024-A-1278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》(GBZ130-2020)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》(GBZ114-2006)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《低能射线装置放射防护标准》(GBZ115-2023)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》(GB18871-2002)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，配备的辐射监测仪器见下表：

表 1-12 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
	RADLATION	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。

（5）辐射安全管理情况

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。

(6) 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》（根据 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件(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。

(7) 辐射工作人员培训

学校现有辐射工作人员 8 名，其中操作 II 类射线装置、放射源和非密封放射性物质的辐射工作人员均参加了生态环境部门统一组织的核技术利用辐射安全与防护考核，且考核合格，持证上岗；负责操作 III 类射线装置的辐射工作人员均参加了内部组织的核技术利用辐射安全与防护自行考核，且考核合格，所有考核记录均留档备查。

今后，学校将按照生态环境部第 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院内的自主辐射安全与防护考核，对于使用 II 类射线装置、放射源和非密封放射性物质的辐射工作人员统一参加生态环境部组织的辐射安全与防护考核，考核合格方可上岗，并在有效期(五年)届满前重新参加考核。

(8) 辐射投诉处罚情况

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。

本评价仅针对上海交通大学新增 1 台 II 类射线装置使用项目进行电离辐射环境影响的专项评价。评价工作将根据项目特点，通过调查、掌握项目所在地的辐射环境现状，结合辐射防护原则，依据相关法规规定和评价标准，从环境保护角度论证项目的可行性并制订行之有效的辐射环境保护措施，使该项目对周围环境、辐射工作人员和公众的辐照影响降低到可合理达到的尽可能低的水平（简称 ALARA 原则），并对其防护措施进行分析和论证。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二)X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	Ⅱ类	1台	Artis Q Ceiling	125	1000	转化医学实验	转化医学大 楼-1 层 B1-30	新增使用
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三)中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序 号	名称	类 别	数 量	型 号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	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	/	/	微量	微量	/	无	通过机房通风系统进入大气，20-30分钟自动分解
一次性注射器、介入导管、导丝、废样品等实验室固体废物（HW01医疗废物）	固态	/	/	/	0.05吨/年	/	/	暂存于危废暂存点，使用密封容器收集后定期委托危废处置资质单位处置

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	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(主席令第九号), 2014 年 4 月 24 日修订, 2015 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(2) 《建设项目环境保护管理条例》(国务院令 第 682 号), 2017 年 6 月 21 日通过, 2017 年 10 月 1 日施行;</p> <p>(3) 《中华人民共和国环境影响评价法》(主席令第四十八号), 2018 年 12 月 29 日修订;</p> <p>(4) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(主席令第六号), 2003 年 10 月 1 日施行;</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 第 449 号, 2005 年 12 月 1 日施行), 2019 年 3 月 2 日修订;</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(原国家环境保护总局令 第 31 号, 2006 年 3 月 1 日施行), 2021 年 1 月 4 日修改;</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环境保护部令 第 18 号), 2011 年 5 月 1 日施行;</p> <p>(8) 《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 日施行;</p> <p>(9) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(原环境保护部办公厅环办辐射函[2016]430 号)), 2016 年 3 月 7 日施行;</p> <p>(10) 《上海市建设项目环境影响评价重点行业名录(2021 年版)》(沪环规(2021)7 号), 2021 年 9 月 1 日起实施;</p> <p>(11) 《上海市生态环境局关于印发<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)的通知》(沪环规[2021]11 号), 2021 年 8 月 10 日发布;</p> <p>(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), 2017 年 9 月 14 日实施;</p> <p>(13) 《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》, 原国家环保总局环发[2006]145 号, 2006 年 9 月 26 日发布;</p>
------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>(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), 2017年11月20日施行;</p> <p>(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), 2017年12月8日施行;</p> <p>(16) 《上海市放射性污染防治若干规定》(根据2024年11月25日上海市人民政府令第14号第二次修正);</p> <p>(17) 《产业结构调整指导目录(2024年本)》;</p> <p>(18) 《上海工业及生产性服务业指导目录和布局指南(2014年版)》(沪经信规[2014]201号), 2014年6月18日施行;</p> <p>(19) 《上海市产业结构调整指导目录 限制和淘汰类(2020年版)》, 2020年5月27日发布;</p> <p>(20) 《上海市环境保护条例》, 2022年7月21日第7次修订, 2022年8月1日施行;</p> <p>(21) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部公告2019年第57号), 2020年1月1日期施行;</p> <p>(22) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告2021年第9号), 2021年3月15日起施行;</p> <p>(23) 《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)。</p>
技术标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);</p> <p>(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);</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021), 2021年5月1日实施;</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020);</p> <p>(6) 《医用X射线诊断设备质量控制检测规范》(WS 76-2020);</p> <p>(7) 《医用X射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》(DB31/T 462-2020);</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)。</p>

其他	<p>(1) 建设单位提供的资料;</p> <p>(2) 拟建 DSA 机房的屏蔽设计方案;</p> <p>(3) NCRP REPORT No.147 号报告、ICRP REPORT No.33 号出版物。</p>
----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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”。本项目的辐射环境的评价范围为 DSA 屏蔽机房外 50m（评价范围详见附图 2）。

保护目标

本项目所在转化医学大楼为地上5层，地下1层建筑，一层主要包含大型仪器共享平台、洁净室、PCR实验室等；二层主要包含电镜-影像中心、生物医学制造用户共享实验室等；三层主要包含表面与性能分析平台、生物信息用户共享实验室等；四层主要包含光谱波谱质谱平台、生物化学用户共享实验室等；五层主要包含诊断试剂开发平台、药物规模化制备平台、元素分析平台等；负一层主要包含诊疗装备开发服务平台等。

本项目拟建的DSA机房位于转化医学大楼转化医学大楼地下1层北侧，其东侧为MRI机房，南侧为走廊，西侧为设备间及预备间，北侧为控制台及实验室，楼上为步梯及楼外空地。

本项目 50m 评价范围涉及本项目所在的转化医学大楼和学校内部的第七餐饮大楼。本项目周围环境保护目标主要是本项目的辐射工作人员及 DSA 机房周边 50m 范围内的公众，评价范围内的保护目标见下表 7-1，50m 评价范围见图 7-1，DSA 机房周围相邻关系见图 7-2。

表 7-1 本项目周围保护目标情况

位置	保护对象及与本项目关系	保护目标名称	方位	最近距离	常驻人员数量
DSA 机房毗邻场所	辐射工作人员	控制台	北	紧邻	3 人
	公众	MRI 机房	东	紧邻	1~2 人
		走廊	南	紧邻	1~5 人
		设备间、预备间	西	紧邻	1~2 人
		实验室	北	2.3m	1~5 人
		步梯及楼外空地	上	紧邻	流动人员
本项目所在转化医学大楼	公众	实验室、楼梯间等	东	8.4m	10~50 人
		实验室、楼梯间等	南	2.5m	10~50 人
		实验室、楼梯间等	西	4.4m	10~50 人

转化医学大楼 外部		地上一层~五层	上	2.9m	20~100 人
	公众	第七餐饮大楼	东北	26m	50~100 人
	公众	校内道路	北、 西、南	紧邻	流动人员

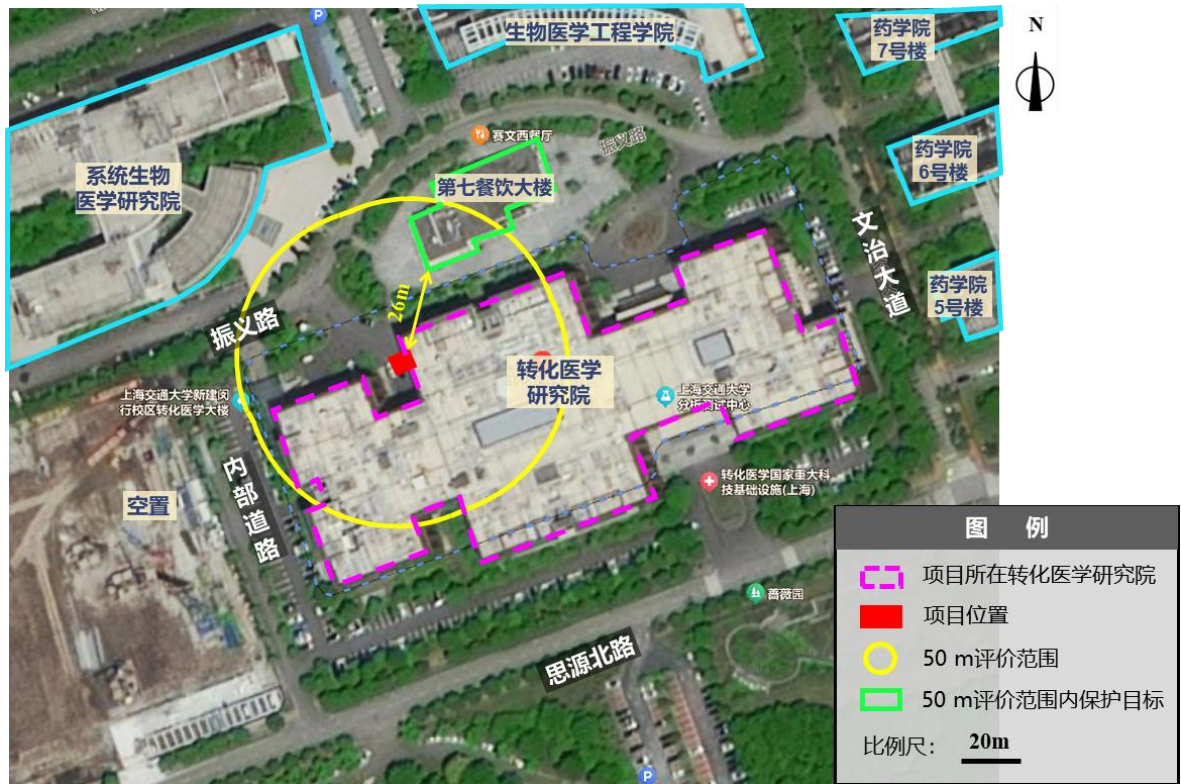


图 7-1 本项目周围 50m 范围

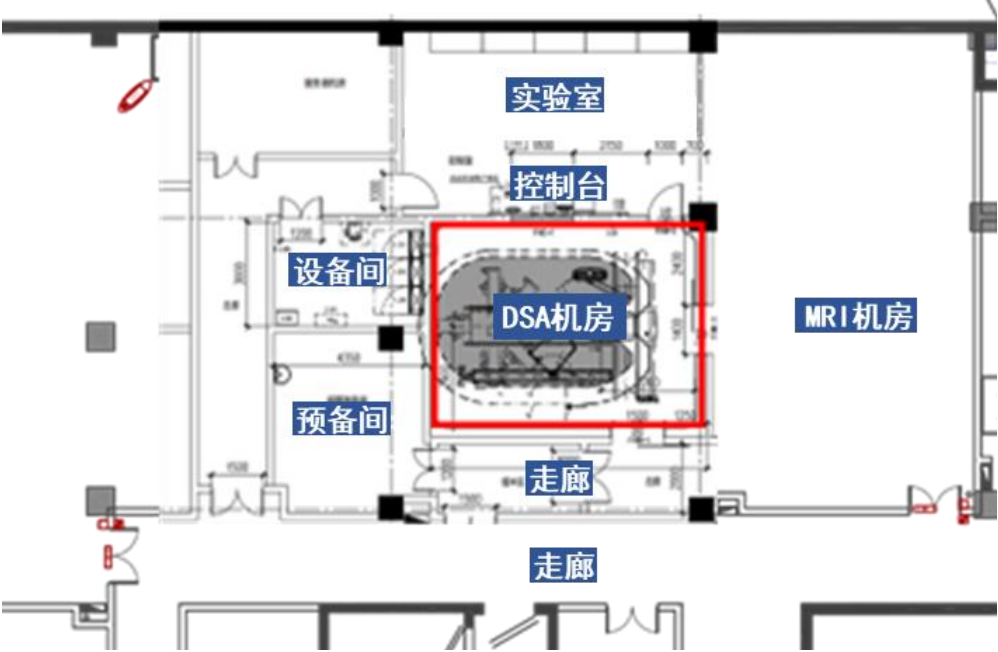


图 7-2 DSA 机房周围相邻关系图

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）规定的本项目辐射工作人员和公众（包括本项目的非辐射工作人员）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表 7-2。

表 7-2 辐射工作人员和公众的剂量限值和剂量约束值

适用范围	职业照射			公众照射有效剂量
	有效剂量	眼晶体当量剂量	四肢（手或足）或皮肤当量剂量	
剂量限值	20 mSv/年	150 mSv/年	500 mSv/年	1 mSv/年
剂量约束值	5 mSv/年	20 mSv/年 ^[1]	150 mSv/年	0.1 mSv/年

注：[1]机房职业辐射工作人员眼晶体当量剂量管理目标值按照国际原子能机构安全标准《国际辐射防护和辐射源安全：基本安全标准》（No.GSR Part 3）的剂量限值进行控制。

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）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。

控制区：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。

监督区：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。

3、剂量率要求

《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）6.3.1 中规定：

（a）具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；

（c）具有短时、高剂量率曝光的摄影程序(如 DR、CR、屏片摄影)机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h。

《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》（DB 31/T 462-2020）4.2 中规定：

（b）具有透视功能的射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h，测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度

仪机房外的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；具有短时、高剂量率曝光的摄影程序(如 DR、CR、屏片摄影)机房外的周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

《手术室 X 射线影像诊断放射防护及检测要求》(DB31/T 1154-2019) 4.3 中规定：

(b) 距手术室屏蔽体外表面 30cm 处及手术室内移动铅防护屏风后工作人员位置处周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

(c) 在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 $400\mu\text{Gy/h}$ 。

综合上述标准的规定，本项目 DSA 机房的辐射剂量率参照“机房外的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 $400\mu\text{Gy/h}$ ”的规定执行。

4、X 射线设备机房使用面积、单边长度的规定

《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中 6.1.5 表 2 对 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度做出了规定：

表 7-3 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

机房类型	机房内最小有效使用面积 m^2	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线设备 (含 C 臂机, 乳腺 CBCT)	20	3.5

5、射线装置及射线机房防护设施性能规定

《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中表 3 对不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护铅当量厚度做出了规定：

表 7-4 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束铅当量 mm	非有用线束铅当量 mm
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

6、其他要求

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：

5.8 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备防护性能的专用要求

5.8.1 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

5.8.2 在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

5.8.4 介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a)具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

6.3.2 机房的辐射屏蔽防护检测方法按第 8 章和附录 B 的要求。

6.3.3 宜使用能够测量短时间出束和脉冲辐射场的设备进行测量，若测量仪器达不到响应时间要求，则应对其读数进行响应时间修正，修正方法参见附录 D。

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目拟建的 DSA 机房位于转化医学大楼转化医学大楼地下 1 层北侧，其东侧为 MRI 机房，南侧为走廊，西侧为设备间及预备间，北侧为控制台及实验室，楼上为步梯及楼外空地。

8.1 辐射本底检测

为了说明本项目所在区域及周围辐射环境水平，本项目委托上海锐浦环境技术发展有限公司（CMA资质号：230912342240）对项目所在地的辐射环境本底进行检测。

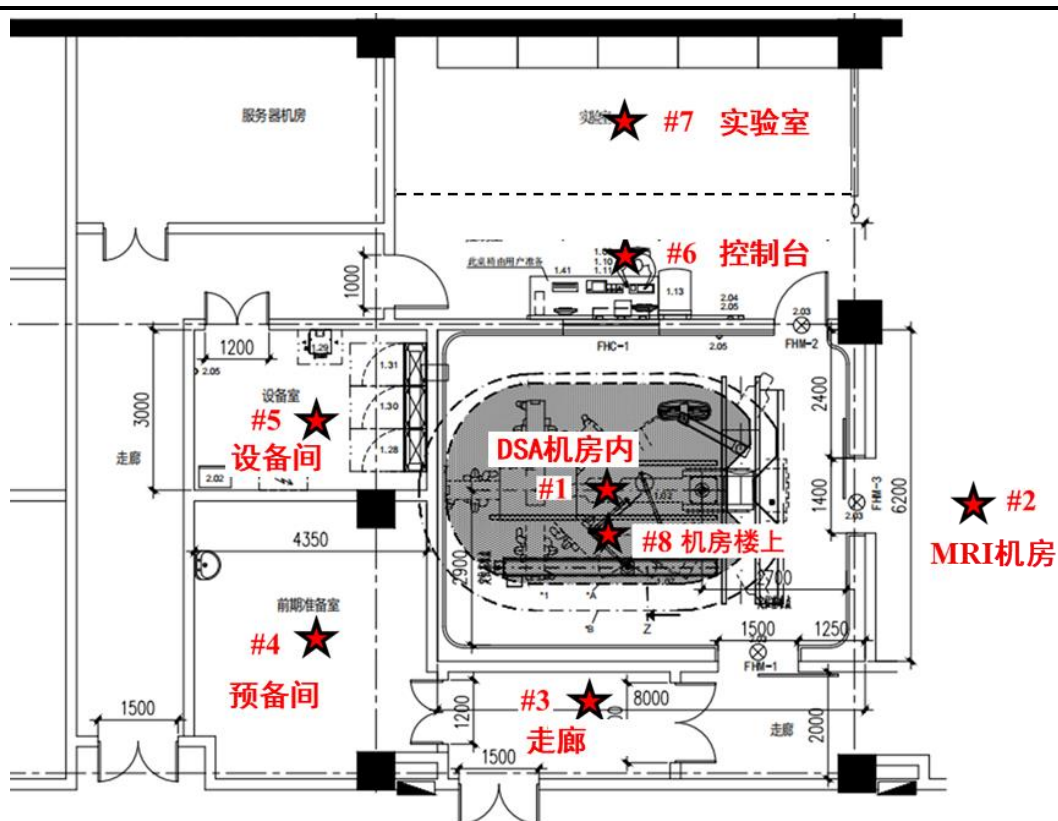
根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在DSA机房及周围布设监测点位，本项目开展辐射本底监测时，拟建DSA机房周围无其他射线装置处于开机状态。

1) 检测点位

本项目位于上海市闵行区东川路800号转化医学大楼转化医学大楼地下1层，检测点位置见图8-1~图8-2。



图 8-1 上海交通大学室外辐射本底检测点位(环境对照点)



2) 检测基本情况

表 8-1 检测仪器、检测因子等基本情况一览表

3) 质量保证措施

(2) 检测方法依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)的相关规定,

采用即时测量方法进行。

(3) 检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

(4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

(5) 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》执行检测任务，检测人员经考核合格后持证上岗。

(6) 检测报告严格实行校对、校核、审定三级审核制度。

4) 检测结果及分析

检测报告见附件 2，检测结果见表 8-2。

表 8-2 环境辐射水平现状检测结果

序号	本底位置	测量 次数	γ 辐射剂量率 (nGy/h)		
			最低值	最高值	平均值
#1	DSA 机房内	10	64	70	67±2
#2	DSA 机房东侧 MRI 机房	10	75	82	79±2
#3	DSA 机房南侧走廊	10	91	98	95±2
#4	DSA 机房西侧前期准备室	10	86	91	88±2
#5	DSA 机房西侧设备室	10	83	88	85±2
#6	DSA 机房北侧控制台	10	77	86	81±3
#7	DSA 机房北侧实验室	10	86	89	88±1
#8	DSA 机房上方，货梯门北侧空地	10	78	83	80±1
#9	环境对照点(上海交通大学北 3 门)	10	48	53	51±2

备注：
①以上测量值均已扣除本次测量仪器对宇宙射线的响应；
②以上测量值根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)条款“5.5”的要求进行了计算；
③仪器在湖（库）水面上对宇宙射线的响应值为 21 nGy/h，测试日期为 2024 年 11 月 13 日，测试地点为淀山湖中央（北纬：31.117906°，东经：120.969850°）。

参考《上海市环境天然贯穿辐射水平调查》（杨鹤鸣等），上海市建筑物室内 γ 辐射剂量率测量值范围为0.0534~0.1517 μ Gy/h；上海市室外道路（柏油路、碎石路、水泥路） γ 辐射剂量率测量值范围为0.0242~0.1101 μ Gy/h。

表8-2的监测结果表明，本项目所在地（背景值）环境 γ 辐射剂量率（室内）为0.067~0.095 μ Gy/h，介于上海市建筑物室内 γ 辐射剂量率参考值之间（0.0534~0.1517 μ Gy/h），本项目所在地（背景值）环境 γ 辐射剂量率（室外道路）为0.051~0.080 μ Gy/h，介于上海市室外道路 γ 辐射剂量率参考值之间（0.0242~0.1101 μ Gy/h）。

综上，本项目所在地（背景值）环境 γ 辐射剂量率趋于环境本底水平，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、工作原理

数字减影血管造影（Digital Subtraction Angiography，简称 DSA）是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、数字平板探测器、数字电子学、计算机技术、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统，具有高精密度和高灵敏度的特性。数字减影血管造影采用时间减影法，通过在造影剂注入前后对人体待检查部位进行 X 射线摄影和透视，并使用计算机系统进行数字相减处理，以此来显示造影剂充盈处的人体结构。

数字减影血管造影（DSA）设备是使用 X 射线进行放射成像的技术设备，由 X 射线管、高压电源和数字平板等主要部件组成。

X 射线组件由 X 射线管、高压电源和探测器等主要部件组成。其中 X 射线管由阴极、阳极和聚焦器组成。利用高压电源加热阴极灯丝使之发射电子，电子被加速后打在阳极金属靶上，因轫致辐射效应而产生 X 射线。

典型 X 射线管的结构见图 9-1。

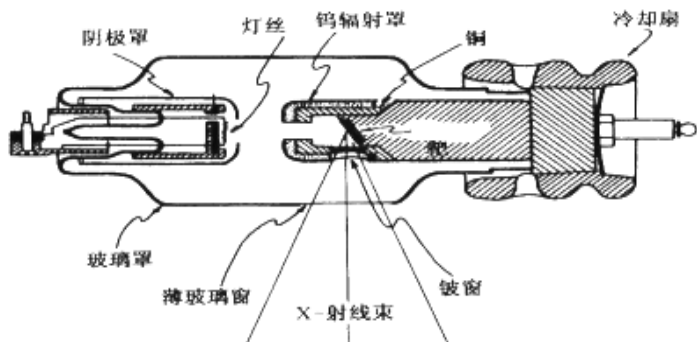


图 9-1 典型 X 射线管结构图

2、设备组成

DSA 装置主要由高压发生器、X 射线管组件、平板探测器、图像采集及处理系统、显示器及悬吊装置、C 臂支持系统、导管床、操作台及工作站等系统组成，本项目 DSA 装置效果图如下：



图 9-2 本项目 DSA 装置效果图

3、实验流程

上海交通大学辐射工作人员应用手术机器人进行实验，每次实验一般由 3 名辐射工作人员负责开展。透视模式下，辐射工作人员全程在近台操作，摄影模式下，辐射工作人员离开 DSA 机房，在控制台等候，待图像采集(摄影)结束后进入 DSA 机房。实验步骤主要如下：

术前定位：辐射工作人员调试机器人，完成机器人安装；完成后用 DSA 设备对样品（主要为 3D 打印血管模型或外购猪肝、猪脑）进行 X 射线定位扫描，确定拟定靶点区域的位置；

入路建立：连接机器人导引系统，DSA 透视确认鞘管位置；

路径规划：对流程后的样品进行二次定位，同时规划处到达靶点区域的准备路径；

器械操控：机器人操控导丝/导管前进，DSA 实时成像辅助监测导丝/导管位置；

数据分析：分析操作精度（机器人误差）等，完成初步结果判定。

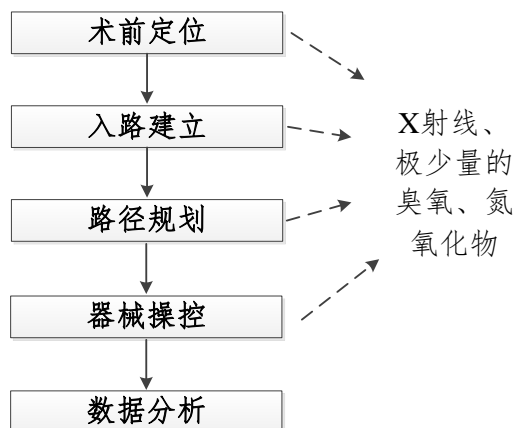


图 9-3 DSA 工作流程图（含采集摄影和透视）

污染源项描述

一、正常工况下的污染途径

1、污染因子分析

本项目 DSA 装置为 X 射线装置，其主要的污染途径是 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 射线贯穿机房的屏蔽设施进入外环境中，将对操作人员及机房周围人员造成辐射影响。

在实验过程中，电离辐射污染来源于 X 射线装置通电产生的 X 射线，该 X 射线随射线装置的开、关而产生和消失，射线装置在关闭状态时不会有 X 射线产生，机房内部物件经 X 射线透射后也不会有“X 射线残留”。

X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，但由于本项目射线装置工作时的管电压、管电流较小，因此产生的臭氧及氮氧化物也较少。本项目无放射性废水、放射性废气和放射性固体废物产生。

2、射线装置的运行源项分析

本项目 X 射线装置源项参数见下表。

表 9-1 本项目 DSA 射线装置源项参数一览表

型号	工作时管电压 (kV)	工作管电流 (mA)	距靶点 1m 处输出 量 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$) ^[1]	距靶点 1m 处 辐射剂量率 (mGy/h) ^[2]	距靶点 1m 处的 泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) ^[3]
Artis Q Ceiling	100	摄影：500	540000	270000	1000
		透视：100	540000	54000	1000

注：

[1]出处及过程详见图 9-4 及表 9-2；

[2]距靶点 1m 处辐射剂量率=距靶点 1m 处输出量×管电流/1000；

[3]根据 NCRP147 号报告 C.2 可知，DSA 的漏射剂量率很小，一般不大于 1mGy/h，本项目保守取 1mGy/h，Sv/Gy 转换系数取值为 1，即摄影和透视工况下泄漏辐射量均为 1000 $\mu\text{Sv/h}$ 。

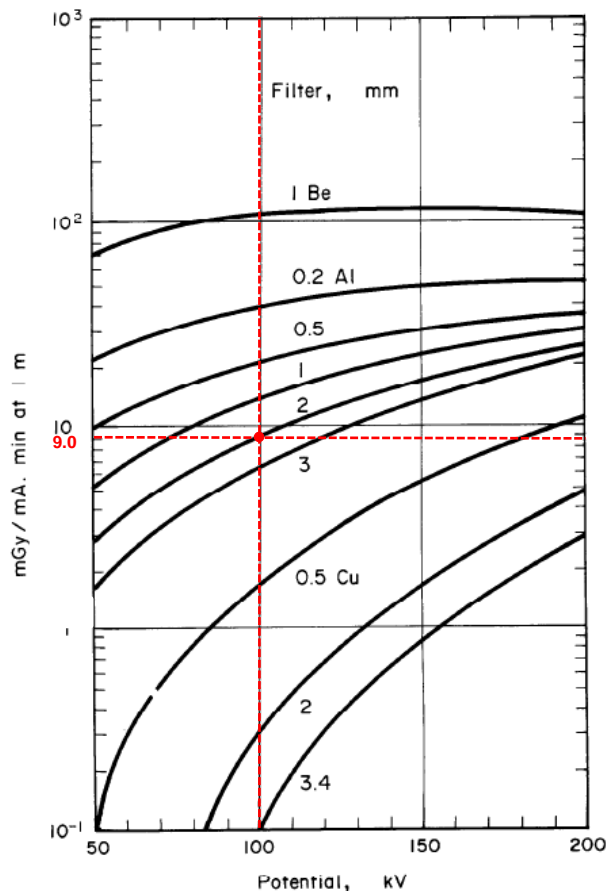


Fig. 2. Output of constant potential x-ray generator at 1 m target distance for various beam filtrations and a tungsten reflection target. The 1 mm beryllium is the tube window.

图 9-4 ICRP33 号报告图中对应 H_0 出处

表 9-2 本项目 X 射线装置参数

设备型号	滤过材料	工作管电压 (kV)	参数	
			输出量 H_0 ($\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$) ^[1]	输出量 H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$) ^[2]
Artis Q Ceiling	2.5mm 铝	100	9.0	540000

注：
 [1] 本项目保守按滤过材料为 2.0mm 铝分析，对应图 9-4 中 ICRP33 号报告中的值为 $9.0 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；
 [2] 以 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，不进行 Gy 与 Sv 之间的转换系数修正。

3、“三废”产生情况

DSA 装置出束过程中，X 射线与空气相互作用会产生极少量的臭氧和氮氧化物，经 DSA 机房通风系统排出室外。

实验过程中产生的一次性注射器、介入导管、导丝、废样品等实验室固体废物（HW01 医疗废物）暂存于危废暂存点（位于 DSA 机房内），产生量为 0.05 吨/年，使用密封容器收集后定期委托危废处置资质单位处置。

本项目 DSA 装置正常运行期间采用数码摄影方式，而不使用传统的显、定影液洗片方式，因此，不会有废显、定影液及废胶片等感光材料危险废物（编号：HW16 感光材料废物）产生。

本项目 X 射线装置正常运行期间无放射性废气、废液及固体废物产生。

二、事故工况下的污染途径

过量 X 射线照射人体时，X 射线的致电离作用将会对人体造成损伤。若对装置产生的 X 射线没有采取必要的防护措施或防护不当的话，将对装置使用场所周围的环境造成电离辐射污染，并对周围的辐射工作人员、普通员工及公众等造成健康危害。

X 射线装置运行过程中的辐射事件主要包括以下 3 个方面：

1)射线装置的安全联锁系统失效，装置在机房内部有除辐射工作人员以外的其他辐射工作人员停留或者机房防护门未关闭的情况下启动出束。

2)辐射工作人员对射线装置进行误操作或射线装置出现故障，导致出束剂量超过放射诊断要求。

3)射线装置所在机房的局部屏蔽防护遭受损坏，导致射线泄漏，机房外部辐射剂量率超标。

本项目X射线装置事故工况下无放射性废气、废液及固体废物产生。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、工作场所布局与辐射分区

(1) 场所布局分析

本项目拟新建的 DSA 机房位于转化医学大楼地下 1 层北侧，其东侧为 MRI 机房，南侧为走廊，西侧为设备间及预备间，北侧为控制台及实验室，楼上为步梯及楼外空地。转化医学大楼地下 1 层和地上 1 层的平面布置图见附图 3 和附图 4，DSA 机房周围相邻关系图见图 10-1。

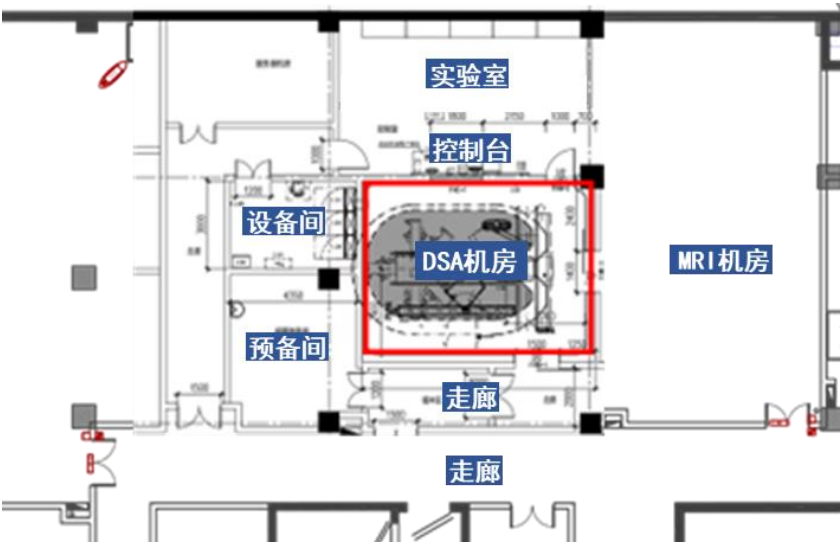


图 10-1 本项目 DSA 机房平面布置图

本项目拟建 DSA 机房的周围环境情况见表 10-1。

表 10-1 DSA 机房周围环境情况

机房名称	机房位置	周围环境	
DSA 机房 (有效长度 8.0m， 有效宽度 6.2m)	转化医学大楼 地下 1 层	东侧	MRI 机房
		南侧	走廊
		西侧	设备间、预备间
		北侧	控制台、实验室
		上	步梯、楼外空地

由上表可得，本项目拟建 DSA 机房的有效使用面积为 49.6m²，DSA 机房长度为 8.0m，宽度为 6.2m，可以满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中机房最小有效使用面积 20m²，最小单边长度 3.5m 的要求。

本项目设备所在区域布局集中，分区合理，利于管理；为 DSA 装置设置单独的机房，机房周围除辐射工作人员之外，一般不会有其他人员长时间停留，从整体上来看，本项目

机房的布局设置较为合理。

(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)，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，其分区划分原则如下：

控制区：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。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

当本项目DSA机房内开展实验时，对本项目工作场所进行辐射分区如下：

①控制区：本项目拟建DSA机房为控制区，除辐射工作人员外，不允许任何人进入，机房内人员在工作时必须穿戴铅防护服等辐射防护用品，佩戴个人剂量计；

②监督区：DSA控制台为监督区，除辐射工作人员外其他人员不得进入或在该区域停留，需要经常对该区域的职业照射条件进行监督和评价；

③其他区域对人员活动不作限制。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区要求。DSA机房的辐射分区见下图。

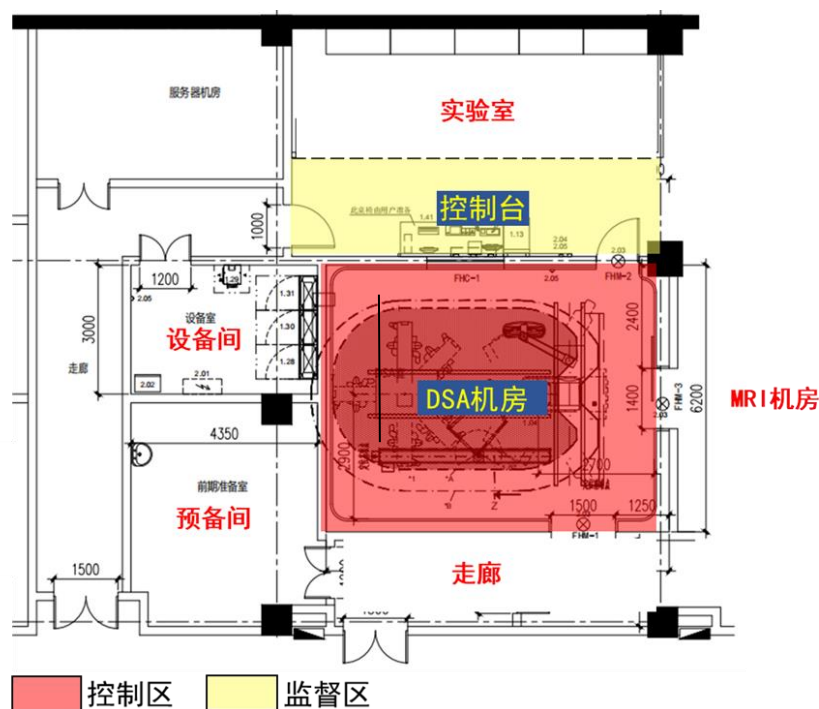
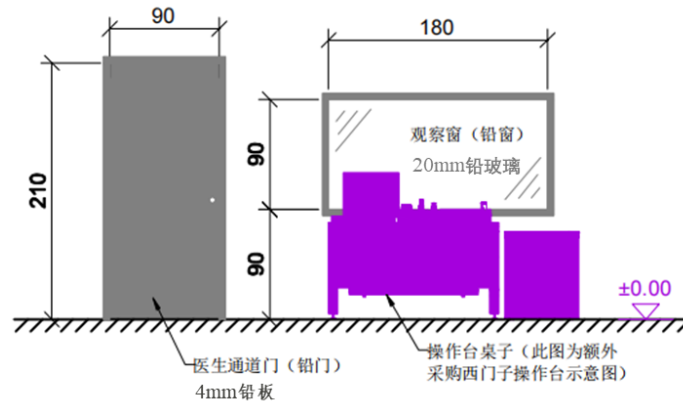


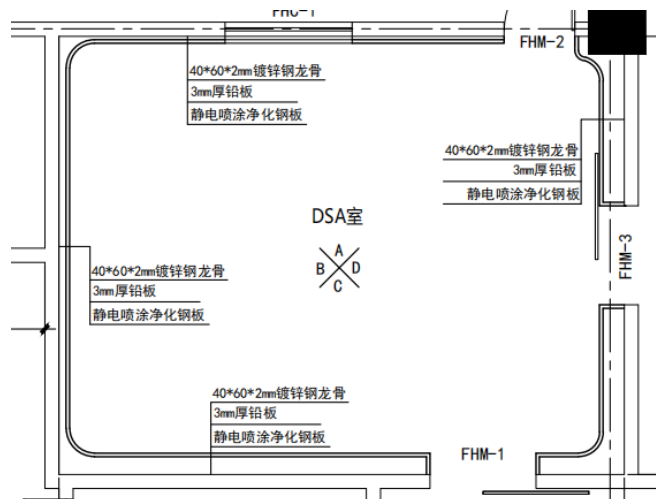
图 10-2 本项目 DSA 机房辐射分区图

2、辐射防护屏蔽设计

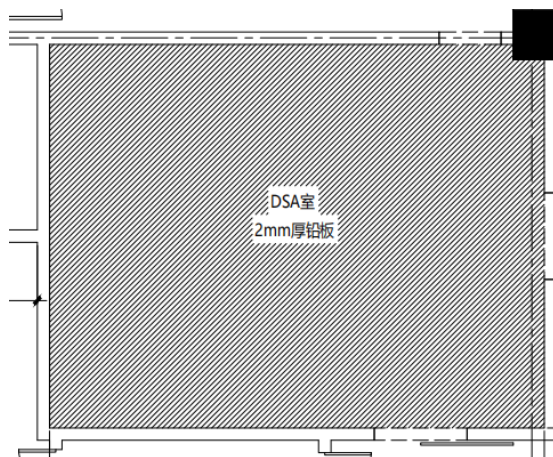
本项目为 DSA 机房设置实体屏蔽，具体屏蔽设计方案见表 10-2 所示，各侧墙体、防护门和观察窗的防护图见图 10-3。



铅门和铅窗



各侧墙体防护图



顶棚防护图

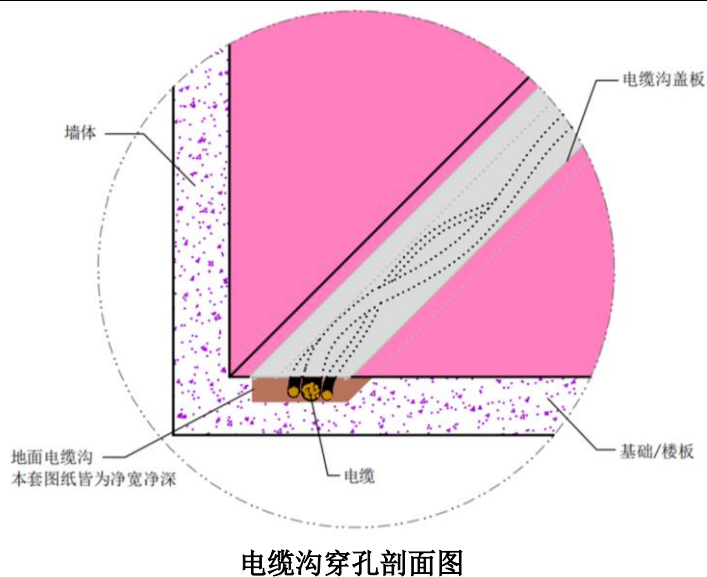


图 10-3 本项目拟建 DSA 机房屏蔽防护图

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），本项目机房的屏蔽防护铅当量应满足 GBZ 130-2020 中 6.2.2 表 3 的要求，本项目机房主要屏蔽材料为混凝土、铅板，混凝土屏蔽防护铅当量换算采用 GBZ 130-2020 附录 C 中的公式，详见如下：

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left(\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right)$$

式中：

X ——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B ——给定物质厚度的屏蔽透射因子；

β ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数。

本项目 DSA 机房等效铅当量保守按照 125kV（主束）条件下的屏蔽衰减拟合参数计算，拟合参数的取值详见《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 C.2。

计算结果见下表：

DSA 机房的辐射防护屏蔽设计见表 10-2 所示。

表 10-2 本项目 DSA 机房辐射防护屏蔽设计一览表

机房名称	方位	环境描述	屏蔽设计	等效铅当量
DSA 机房（面积约	东	墙体-MRI 机房	3mm 铅板+静电喷涂净化钢板+40*60*2mm 镀锌钢龙骨+120mm 钢筋混凝土	4.5mm

49.6m ² , 长 8.0m, 宽 6.2m)		单开门-MRI 机房	4mm 铅板	4.0mm
	南	墙体-走廊	3mm 铅板+静电喷涂净化钢板+40*60*2mm 镀锌钢龙骨+120mm 钢筋混凝土	4.5mm
		单开门-走廊	4mm 铅板	4.0mm
	西	墙体-设备间	3mm 铅板+静电喷涂净化钢板+40*60*2mm 镀锌钢龙骨+120mm 钢筋混凝土	4.5mm
		墙体-预备间	3mm 铅板+静电喷涂净化钢板+40*60*2mm 镀锌钢龙骨+120mm 钢筋混凝土	4.5mm
	北	墙体-控制台	3mm 铅板+静电喷涂净化钢板+40*60*2mm 镀锌钢龙骨+120mm 钢筋混凝土	4.5mm
		观察窗-控制台	20mm 铅玻璃	4.0mm
		单开门-控制台	4mm 铅板	4.0mm
	上	顶棚-步梯及楼外空地	2mm 铅板+静电喷涂净化钢板+40*60*2mm 镀锌钢龙骨+120mm 钢筋混凝土	3.5mm
注： [1]根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 G，20mm 铅玻璃当量=18×0.22≈4mmPb； [2]根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），本项目按管电压 125 kV（有用线束）计算，则 120 mm 混凝土的铅当量厚度为 1.5 mm； [3]为保守考虑，未考虑静电喷涂净化钢板和镀锌钢龙骨的屏蔽效果； [4]铅密度为 11.3g/cm ³ ；混凝土密度为 2.35g/cm ³ 。				

由上表可见，本项目 DSA 机房符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）6.2.2 条款：不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应满足“C 型臂 X 射线设备机房有用线束方向铅当量大于 2mm，非有用线束方向铅当量大于 2mm”要求。

本项目 DSA 机房面积符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中 6.1.5 条款规定的单管头 X 射线设备（含 C 型臂、乳腺 CBCT）机房最小有效使用面积不得小于 20m²，最小单边长度不小于 3.5m 要求。

3、辐射安全和防护措施分析

(1)本项目 DSA 机房采取实体屏蔽措施，满足 GBZ130-2020 标准相关要求，可以保证机房周围(含观察窗、楼上和楼下)及防护门外 30cm 处辐射剂量率不大于 2.5μSv/h，且工作人员和公众的受照剂量满足环评文件提出的剂量约束要求。

(2)本项目 DSA 机房实行控制区和监督区分区管理，机房出入口内的所有区域为辐射控制区，控制台为辐射监督区。

(3)控制区设出束控制钥匙和急停按钮。

(4)机房和控制台之间设观察窗，并配置对讲系统。

(5)本项目 DSA 机房设有 3 扇 4mm 铅当量的防护门，机房内设置脚触感应式开门功能

和延时自动关闭功能，电动平移防护门需设置红外感应防夹装置，机房各入口处醒目位置需设置电离辐射警告标志。

(6)拟在各防护门上方设置醒目的工作状态指示灯，并与机房门有效联锁，确保门开灯灭、门关灯亮的联动效应。工作状态指示灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。

(7)设有空调通风系统，能防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积。

(8)配备火灾报警系统，配有灭火用品。

(9)辐射工作人员需佩带个人剂量计，对于在机房内开展实验的辐射工作人员除穿戴铅防护服外，宜佩戴剂量计，分别在铅围裙外锁骨对应的领口位置、铅围裙内躯干上各佩戴一个个人剂量计，定期进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；并定期进行职业健康体检，建立个人职业健康档案。

(10)学校将为辐射工作人员和患者配备符合防护要求的辅助防护用品，包括一定数量的铅当量为 0.5mm 的铅围裙、铅围脖、铅帽、铅防护帘等辐射防护用品，以及铅当量不小于 0.025 mmPb 的防护介入手套。

(11)本项目射线装置拟配备一个铅当量不小于 2mmPb 的移动铅防护屏风，用于阻挡散、漏射线对辐射工作人员的照射。

(12)制定事故应急预案，尽可能地降低事故情况下对环境的污染。

(13)配备 1 台辐射剂量巡测仪用于本项目 DSA 机房的自行监测。

7*		入口处电离辐射警告标志	√	机房门上拟张贴电离辐射警告标志
8		入口处机器工作状态显示	√	机房门上拟安装工作状态指示灯
9*	监测设备	X-γ 剂量率仪	√	拟配备 1 台 X、γ 辐射剂量巡测仪，同时配备 3 台个人剂量报警仪
10*		个人剂量计	√	所有工作人员配备 TLD 个人剂量计
11		腕部剂量计	×	/

注：“*”为重点项。

本项目与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中关于DSA机房防护设施技术要求的符合性分析见表10-5。

表 10-5 项目与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）符合性分析

设备名称	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）	机房情况	符合情况
DSA	5.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。	本项目 DSA 装置满足相应设备类型的防护性能专用要求。	符合
	5.8.2 在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。	本项目 DSA 机房内具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。	符合
	6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。	本项目涉及的 DSA 机房周边少有人停留。机房顶棚、墙体及防护门、观察窗均采取了符合标准要求的防护措施，机房充分考虑邻室（含楼上）及周围场所的人员防护与安全。	符合
	6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求 6.1.5 单管头 X 射线设备机房有效使用面积不小于 20m ² ，单边长不小于 3.5m。	DSA 机房为单独机房，机房有效使用面积 49.6m ² >20m ² ，最小边长 6.2m>3.5m。	符合
	6.2.2 C 形臂 X 射线设备机房：有用线束方向铅当量 2.0mm，非有用线束方向铅当量 2.0mm。 6.2.3 机房的门和窗关闭时，也要满足 6.2.1 的要求。	DSA 机房四侧墙体为 3mm 铅板+静电喷涂净化钢板+40*60*2mm 镀锌钢龙骨+120mm 钢筋混凝土，顶棚为 2mm 铅板+静电喷涂净化钢板+40*60*2mm 镀锌钢龙骨+120mm 钢筋混凝土，各防护门内含 4.0mm 的铅板，观察窗的铅当量为 4mm。	符合
	6.4.1 机房应设有观察窗或摄像点控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。 7.1.9 工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并应通过观察窗等密切观察受检者状态。	机房与控制台间设有铅玻璃观察窗，其设置的位置便于观察到实验对象的状态。	符合
	6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	本项目有用线束未直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位，机房内设有通风系统。	符合

6.4.2 机房内不应堆放与核设备诊断工作无关的杂物。		
6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。		
6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	机房门外拟设置“当心电离辐射”中文警告标志和工作指示灯“射线有害、灯亮勿入”。	符合
6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。	机房门设有自动闭门装置，且工作状态指示灯能与机房门有效关联，并设有防夹装置。	
6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。		
7.1.5 X 射线设备曝光时，应关闭与机房相通的门、窗。		
6.5.1 对于介入放射学，工作人员个人防护用品：铅橡胶围裙、铅橡胶枕套、铅防护眼镜、介入防护手套，辅助防护设施：铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏；受检者个人防护用品：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套。	学校为 DSA 机房配备辐射工作人员用的铅橡胶围裙、铅橡胶枕套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品各 3 套；因本项目受检者为 3D 打印血管模型或外购猪肝、猪脑，不为受检者提供防护用品。	符合
6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。	DSA 设备自带铅悬挂防护屏，床侧防护帘等辅助防护措施，铅当量均为 0.5mm。学校拟购置的各类防护用品均为 0.5mm 铅当量，介入防护手套的铅当量为 0.025mm。	符合

5、与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的符合情况

原环保部2011年第18号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用放射性同位素和射线装置的单位提出了具体条件，本项目与“18号令”要求的对照情况见表10-6。

表 10-6 安全和防护能力对照评估情况

序号	安全和防护管理办法要求	本单位落实情况	符合情况
1	第五条 射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目 DSA 机房各入口显著位置处拟设置电离辐射警告标志及配有“当心电离辐射”的中文警示说明。机房拟安装门-灯联锁装置，防护门上方设置工作状态指示灯。	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。	学校拟每年委托有资质单位对射线装置工作场所和周围环境进行 1 次监测，监测数据记录存档。	符合

3	第十二条 生产、销售、使用射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	学校于每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交年度评估报告。	符合
4	第十七条 生产、销售、使用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。	已制定辐射工作人员培训计划，辐射工作人员均需通过辐射安全与防护考核，并取得合格证书。本项目安排 3 名辐射工作人员负责 DSA 的操作，辐射工作人员均需参加辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗。	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。	所有从事辐射性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（不超过三个月）。	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。	拟委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测。	符合

6、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

表10-7汇总列出了本项目对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对使用放射性同位素和射线装置单位要求的对照情况。

表10-7 项目执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对照情况

序号	要求	项目单位情况	符合情况
1	应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	学校设立辐射安全管理小组，负责学校的辐射安全与防护管理工作。	符合
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全与防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	已制定辐射工作人员培训计划，辐射工作人员均需通过辐射安全与防护考核，并取得合格证书。本项目安排 3 名辐射工作人员负责 DSA 的操作，辐射工作人员均需参加辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗。	符合
3	使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及使用放射性同位素。	不涉及该内容
4	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。	本项目 DSA 机房各入口显著位置处拟设置电离辐射警告标志及配有“当心电离辐射”的中文警示说明。	符合

		机房拟安装门-灯联锁装置，防护门上方设置工作状态指示灯。	
5	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。	本项目拟配备 1 台 X、 γ 辐射剂量巡测仪用于自行巡测，3 台个人剂量报警仪，并配备铅衣、铅帽等个人防护用品。	符合
6	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护措施、台帐管理制度、培训计划和监测方案。	学校已制定完善的辐射安全管理制度。	符合
7	有辐射事故应急措施。	学校已针对可能发生的辐射事故（件）制定应急预案。	符合
8	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目无放射性“三废”产生。	/

三废的治理

DSA 装置正常运行期间无放射性废气、废液及固体废物产生。

DSA 装置出束过程中，X 射线与空气相互作用会产生极少量的臭氧和氮氧化物，经 DSA 机房通风系统排出室外，防止机房内废气聚集。

实验过程中产生的一次性注射器、介入导管、导丝、废样品等实验室固体废物（HW01 医疗废物）暂存于危废暂存点（位于 DSA 机房内），产生量为 0.05 吨/年，使用密封容器收集后定期委托危废处置资质单位处置。

本项目 DSA 装置正常运行期间采用数码摄影方式，而不使用传统的显、定影液洗片方式，因此，不会有废显、定影液及废胶片等感光材料危险废物（编号：HW16 感光材料废物）产生。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目位于已建建筑物内，施工过程主要涉及屏蔽防护工程、内装修及设备安装。建设时将产生施工噪声、少量有机废气、废水和少量建筑垃圾污染，其主要影响对象为该单位员工和周围公众，施工时对环境会产生如下影响：

1) 大气环境影响分析

项目施工期主要是向环境排放少量的有机废气。

在机房装修施工中，选用质量合格、通过国家质量检验的低污染的环保型油漆和涂料，所产生的少量有机废气经大气扩散后，对当地大气环境质量无明显影响。

2) 水环境影响分析

施工期污水主要为装修人员生活污水，排入学校污水管网，对周边水环境质量无影响。

3) 声环境影响分析

本项目施工期噪声均位于房间内，经过墙体阻挡和距离衰减后，对周围环境影响较小。

4) 固体废物影响分析

在施工期间，将产生一定量的建材废料，有回收利用价值的将其回收利用，其他固废及时清运至专用垃圾场所。

综上所述，本项目施工期所产生的污染均得到有效控制，并且施工期短，施工量小，对周围环境影响较小，且影响在项目施工结束后消失。

运行阶段对环境的影响

1、装置周围辐射水平评价

本项目 1 台 DSA 装置的具体工作参数详见表 1-2，机房的屏蔽设计资料详见表 10-2。

DSA 设备的辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线。由于设备图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用，根据《Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节，在介入手术中将使用图像增强器，可阻挡主射线，初级辐射的强度会大幅度地被受检者、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱，因此屏蔽估算时可不考虑主束照射，本次评价重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周

围环境的辐射影响。

本项目新增 DSA 设备的额定功率为 58.8KVA，为防止球管烧毁并延长其使用寿命，DSA 设备管电压和管电流都留有较大余量。实际使用时管电压通常在 100kV 以下，透视管电流通常为几十 mA，摄影功率较大，管电流通常为几百 mA。为保守考虑，本项目按摄影工况 100kV、500mA，透视工况 100kV、100mA 来估算 DSA 机房外的剂量率。

(1) 泄漏辐射

泄漏辐射所致机房外关注点的剂量率可用下式计算：

$$H_L = \frac{H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：

H_L ：估算点的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 ：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 NCRP147 号报告 C.2 可知，DSA 的漏射线剂量率很小，一般不大于 1mGy/h ，本项目保守取 1mGy/h ， Sv/Gy 转换系数取值为 1，即 $1000\mu\text{Sv/h}$ ；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，（m）；

B ：屏蔽透射因子，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录 C，屏蔽透射因子 B 计算公示如下：

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \dots\dots\dots (11-2)$$

式中：

β ：铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α ：铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ：铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X ：铅厚度。

上式中， α 、 β 、 γ 分别取 GBZ 130-2020 中 100kV（主束）的值，分别为 2.500、15.28、0.7557。

(2) 散射辐射

关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

$$H_s = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：

H_s ：估算点的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ——X 射线装置在实际使用的最高管电压下的最大管电流，单位为毫安（mA），本项目摄影工况电流取 500mA，透视工况电流取 100mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 $6\text{E}+04$ 。本项目 DSA 装置的滤过材料为 2.5mm 铝，根据 ICRPNo.33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》，保守取 2mm 铝过滤 100kV 条件下离靶 1m 处的发射率常数 $9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；

R_s ：散射体中心点到关注点的距离，m；

R_0 ：辐射源点（靶点）至散射体的距离，m，本项目取 0.6m；

F ： R_0 处的辐射野面积， cm^2 ，本项目取 400cm^2 ；

α ：散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；根据《辐射防护手册（第一分册）》P437 页表 10.1 可知，取 100kV 射线装置在 90° 散射角情况下 1m 处的每 400cm^2 的散射系数为 $1.3\text{E}-03$ ；

B ：屏蔽透射因子，公式同（11-2），其中 α 、 β 、 γ 分别取 GBZ 130-2020 中 100kV（散射）的值，分别为 2.507、15.33、0.9124；

本项目 DSA 机房四周的关注点取屏蔽体外 0.3m 处，上方距一层地面 0.5m 处，各关注点的路径见图 11-1。

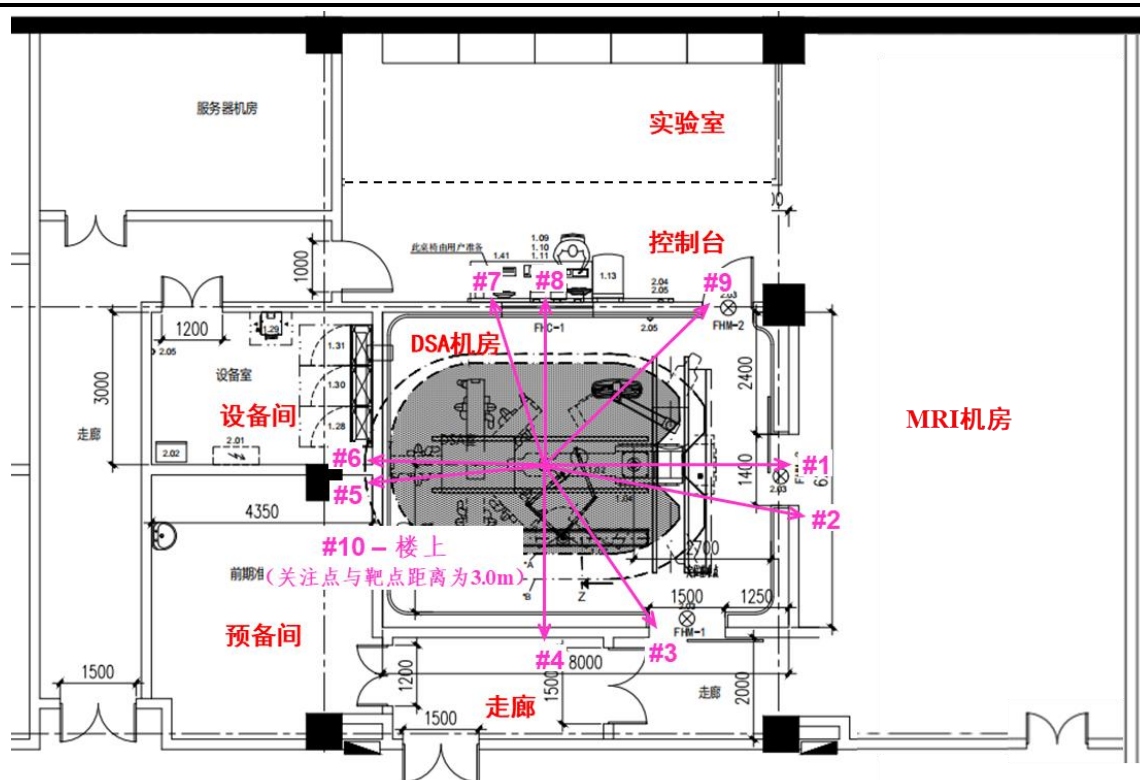


图 11-1 本项目拟建 DSA 机房各关注点计算图

由上式 11-1~3 计算得到，本项目 DSA 机房四周关注点漏射、散射及总辐射剂量率见表 11-1~2。

表 11-1 摄影模式下 DSA 机房周围辐射剂量水平估算结果（100 kV，500 mA）

序号	方位	场所	屏蔽厚度	B		距离 (m)	屏蔽后剂量率 (μSv/h)		
				漏射	散射		漏射	散射	总辐射
1	东	单开门-MRI 机房	4mm 铅板 (4.0mm 铅当量)	3.39E-06	5.14E-06	5.1	1.30E-04	1.93E-01	1.93E-01
2		墙体-MRI 机房	3mm 铅板+静电喷涂 净化钢板 +40*60*2mm 镀锌钢 龙骨+120mm 钢筋混 凝土(4.5mm 铅当量)	9.70E-07	1.47E-06	5.2	3.59E-05	5.29E-02	5.29E-02
3	南	单开门-走廊	4mm 铅板 (4.0mm 铅当量)	3.39E-06	5.14E-06	3.8	2.35E-04	3.47E-01	3.47E-01
4		墙体-走廊	3mm 铅板+静电喷涂 净化钢板	9.70E-07	1.47E-06	3.7	7.09E-05	1.05E-01	1.05E-01
5	西	墙体-预备间	3mm 铅板+静电喷涂 净化钢板	9.70E-07	1.47E-06	3.8	6.72E-05	9.91E-02	9.91E-02
6		墙体-设备间	+40*60*2mm 镀锌钢 龙骨+120mm 钢筋混 凝土(4.5mm 铅当量)	9.70E-07	1.47E-06	3.7	7.09E-05	1.05E-01	1.05E-01
7	北	墙体-控制台	3mm 铅板+静电喷涂 净化钢板	9.70E-07	1.47E-06	3.7	7.09E-05	1.05E-01	1.05E-01
8		观察窗-控制台	20mm 铅玻璃 (4.0mm 铅当量)	3.39E-06	5.14E-06	3.5	2.77E-04	4.09E-01	4.09E-01

9		单开门-控制台	4mm 铅板 (4.0mm 铅当量)	3.39E-06	5.14E-06	4.7	1.53E-04	2.27E-01	2.27E-01
10	上	顶棚-步梯及 楼外空地	2mm 铅板+静电喷涂 净化钢板 +40*60*2mm 镀锌钢 龙骨+120mm 钢筋混 凝土(3.5mm 铅当量)	1.18E-05	1.80E-05	3.0	1.31E-03	1.95E+00	1.95E+00

表 11-2 透视模式下 DSA 机房周围辐射剂量水平估算结果 (100 kV, 100mA)

序号	方位	场所	屏蔽厚度	B		距离 (m)	屏蔽后剂量率 (μSv/h)		
				漏射	散射		漏射	散射	总辐射
1	东	单开门-MRI 机 房	4mm 铅板 (4.0mm 铅当量)	3.39E-06	5.14E-06	5.1	1.30E-04	3.85E-02	3.87E-02
2		墙体-MRI 机房	3mm 铅板+静电喷 涂净化钢板 +40*60*2mm 镀锌 钢龙骨+120mm 钢 筋混凝土(4.5mm 铅 当量)	9.70E-07	1.47E-06	5.2	3.59E-05	1.06E-02	1.06E-02
3	南	单开门-走廊	4mm 铅板 (4.0mm 铅当量)	3.39E-06	5.14E-06	3.8	2.35E-04	6.94E-02	6.96E-02
4		墙体-走廊	3mm 铅板+静电喷 涂净化钢板	9.70E-07	1.47E-06	3.7	7.09E-05	2.09E-02	2.10E-02
5	西	墙体-预备间	+40*60*2mm 镀锌 钢龙骨+120mm 钢 筋混凝土(4.5mm 铅 当量)	9.70E-07	1.47E-06	3.8	6.72E-05	1.98E-02	1.99E-02
6		墙体-设备间		9.70E-07	1.47E-06	3.7	7.09E-05	2.09E-02	2.10E-02
7	北	墙体-控制台	钢筋混凝土(4.5mm 铅 当量)	9.70E-07	1.47E-06	3.7	7.09E-05	2.09E-02	2.10E-02
8		观察窗-控制台	20mm 铅玻璃 (4.0mm 铅当量)	3.39E-06	5.14E-06	3.5	2.77E-04	8.18E-02	8.21E-02
9		单开门-控制台	4mm 铅板 (4.0mm 铅当量)	3.39E-06	5.14E-06	4.7	1.53E-04	4.54E-02	4.55E-02
10	上	顶棚-步梯及楼 外空地	2mm 铅板+静电喷 涂净化钢板 +40*60*2mm 镀锌 钢龙骨+120mm 钢 筋混凝土(3.5mm 铅 当量)	1.18E-05	1.80E-05	3.0	1.31E-03	3.90E-01	3.91E-01

由上表可知, 本项目 DSA 机房周围剂量率最大值为 1.95μSv/h, 位于机房上层步梯及楼外空地。本项目 DSA 装置机房周围剂量率水平符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)、《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》(DB 31/T 462-2020) 规定: “具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时, 周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h”。

本项目 DSA 射线装置在铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏及移动铅防护屏风等防护设施正常使用的情况下，参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS 76-2020），在透视防护区检测平面上周边剂量当量率 $\leq 400\mu\text{Sv/h}$ 。

保守假设辐射工作人员在透视工况下附加剂量率水平为 $400\mu\text{Sv/h}$ 。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），辐射工作人员采取 0.5mm 铅当量铅衣作屏蔽措施，在 100kV 透视工况下衰减系数为 $4.72\text{E-}02$ ，即机房内辐射工作人员在透视下受到最大剂量率水平为 $18.88\mu\text{Sv/h}$ 。

根据上述透视工况和摄影工况的受照剂量率，采用下式对辐射工作人员和公众的年附加有效剂量进行计算。

$$E=D\times t\times T \dots\dots\dots(11-4)$$

式中：

E：年有效剂量， $\mu\text{Sv/a}$ ；

D：关注点处的附加剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T：受照时间，h/a；

T：居留因子。

2、职业受照剂量评价

本项目 DSA 装置共涉及 3 名辐射工作人员开展 DSA 机房实验的操作。辐射工作人员受照情况见下表。

表 11-3 DSA 辐射工作人员在实验过程中的受照情况

人员	受照类型	单次实验受照时间	年最大实验次数	年受照时间/h
辐射工作人员	透视	5min	100	8.33
	摄影	0.16s		4.44 E-03

DSA 辐射工作人员的年受照剂量计算见下表：

表 11-4 DSA 辐射工作人员年受照剂量

人员	受照类型	受照剂量 (mSv/a)	备注
辐射工作人员	透视	1.89E-01	[1]剂量率按前文中 $18.88\mu\text{Sv/h}$ 计算； [2]工作人数 3 人（同时开展实验），保守系数取 1.2； [3]计算： $18.88\mu\text{Sv/h}\times 8.33\times 1.2\div 1000=1.89\text{E-}01\text{mSv/a}$
	摄影	2.18E-06	[1]剂量率按表 11-1 中机房摄影工况控制台处剂量率最大值计算； [2]工作人数 3 人（同时开展实验），保守系数取 1.2； [3]计算： $4.09\text{E-}01\mu\text{Sv/h}\times 4.44\text{E-}03\text{h/a}\times 1.2\div 1000=2.18\text{E-}06\text{mSv/a}$

	合计	1.89E-01	/
--	----	----------	---

本项目从事 DSA 实验的辐射工作人员开展实验时必须穿戴铅防护服等辐射防护用品，佩戴个人剂量计，合理安排操作时间，所致其年剂量值不得超过《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（20mSv/年）和本评价建议的职业照射剂量约束值（5mSv/年）、眼晶体当量剂量约束值（20mSv/年）、四肢（手或足）或皮肤当量剂量约束值（150mSv/年）。且辐射工作人员的剂量估算是按照“透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 400μGy/h”的限值进行计算的，实际使用过程中，透视防护区测试平面上的空气比释动能率远小于 400μGy，通常不超过 50μGy/h，因此本项目辐射工作人员的年附加剂量将明显小于本评价估算的 1.89E-01mSv/年。

根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T 301-2017），眼晶状体吸收剂量的计算公式如下：

$$D_L = C_{kL} \dot{k} \cdot 10^{-3} \cdot t \quad \dots\dots\dots (11-5)$$

式中：

D_L ：眼晶状体吸收剂量，单位为毫戈瑞（mGy）；

\dot{k} ：X、 γ 辐射场的空气比释动能率，单位为微戈瑞每小时（μGy/h）；

C_{kL} ：空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数（其值参见 GBZ/T 301-2017 附录 A 中表 A.4），单位为戈瑞每戈瑞（Gy/Gy）；

t ：人员累积受照时间，单位为小时（h）；

10^{-3} ：微戈瑞转换为毫戈瑞的转换系数。

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T 244-2017），皮肤吸收剂量的计算公式如下：

$$D_S = C_{kS} (\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (11-6)$$

式中：

D_S ：皮肤吸收剂量，单位为毫戈瑞（mGy）；

\dot{k} ：X、 γ 辐射场的空气比释动能率，单位为微戈瑞每小时（μGy/h）；

C_{kS} ：空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数（其值对男性参见 GBZ/T244-2017 附

录 A 中表 A.4；对女性参见 GBZ/T 244-2017 附录 A 中表 A.5），单位为戈瑞每戈瑞（Gy/Gy）；

t ：人员累积受照时间，单位为小时（h）；

10^{-3} ：微戈瑞转换为毫戈瑞的转换系数。

本项目辐射工作人员眼晶状体、皮肤吸收剂量见下表。

表 11-5 本项目辐射工作人员的眼晶状体、皮肤吸收剂量

估算对象	年剂量 (mSv/a)	C_{kL} (Gy/Gy)	C_{kS} (Gy/Gy)	眼晶状体吸收剂量 (mSv/a)	皮肤吸收剂量 (mSv/a)
辐射工作人员	1.89E-01	1.49	1.144	2.82E-01	2.16E-01

注：[1] $\dot{k} \times t \times 10^{-3}$ 即为年剂量；
 [2] 根据 GBZ/T 301-2017 附录 A 中表 A.4， C_{kL} 取值为 1.49Gy/ Gy；
 [3] 根据 GBZ/T 244-2017 附录 A 中表 A.4、表 A.5，男性 C_{kS} 取值为 1.123Gy/ Gy，女性 C_{kS} 取值为 1.144Gy/ Gy，本次评价保守 C_{kS} 取值按 1.144Gy/ Gy 计。

由上表可见，本项目辐射工作人员眼晶状体吸收剂量不超过 2.82E-01mSv/a，该剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业照射眼晶体的年当量剂量限值（150mSv/a）和本评价建议的职业照射眼晶体辐射剂量约束值要求（20mSv/a）；本项目辐射工作人员皮肤吸收剂量不超过 2.16E-01mSv/a，该剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业照射四肢（手或足）或皮肤的年当量剂量限值（500mSv/a）和本评价建议的职业照射四肢（手或足）或皮肤辐射剂量约束值要求（150mSv/a）。

3、公众受照剂量评价

本项目 DSA 机房周围公众受照剂量计算见下表。

表 11-6 周围公众年受照剂量表

估算对象	方位	场所	屏蔽后剂量率 (μ Sv/h)		年工作时间 (h/a)	居留因子	年附加有效剂量 (mSv/a)
公众	东	MRI 机房	摄影	1.93E-01	4.44 E-03	1	3.23E-04
			透视	3.87E-02	8.33	1	
	南	走廊	摄影	3.47E-01	4.44 E-03	1/4	1.45E-04
			透视	6.96E-02	8.33	1/4	
	西	设备间、预备间	摄影	1.05E-01	4.44 E-03	1/16	1.10E-05
			透视	2.10E-02	8.33	1/16	
	北	实验室	摄影	4.09E-01	4.44 E-03	1	6.86E-04
			透视	8.21E-02	8.33	1	

	上	步梯及楼外空地	摄影	1.95E+00	4.44 E-03	1/4	8.16E-04
			透视	3.91E-01	8.33	1/4	

由上表可见，DSA 机房所致周边公众照射最大值为 8.16E-04mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的剂量限值（1mSv/a）及本评价建议的约束值（0.1mSv/a）。根据剂量与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽，可以预测 DSA 机房周围 50m 评价范围内其他环境保护目标的公众年附加剂量将远小于 0.1mSv/a。

事故影响分析

本项目进行实验操作时，可能发生的辐射事故包括：

（1）辐射工作人员对 DSA 装置进行误操作，装置在机房内部有除负责介入手术作业的辐射工作人员以外的其他人员停留或者机房防护门未关闭的情况下启动出束。

（2）辐射工作人员对 DSA 装置进行误操作或装置出现故障，导致出束剂量超过放射诊断要求。

（3）所在机房的局部屏蔽防护遭受损坏，导致射线泄漏，机房外辐射剂量率超标。

为防止上述事故发生，建设单位采用以下措施：

（1）机房外设置电离辐射警告标志，提醒无关人员远离。

（2）对全体人员开展辐射安全教育，使全体员工了解 DSA 机房用途、警示标志的含义以及电离辐射危害，自觉远离机房区域。

（3）辐射工作人员做好定期辐射巡测工作。

（4）辐射工作人员严格遵守装置使用的规章制度。

（5）设备定期进行维护，避免联锁系统失效及其他机器故障发生。

通过采取以上措施，可以有效防止误照射事故的发生。

一旦发生放射性事故，必须按下急停按钮，马上关机，切断总电源开关，对相关被照射人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应的救护措施，其次对仪器设备、设施进行检测，确定其影响状态。事故发生后，立即启动本单位的辐射事故应急方案，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》，向当地生态环境部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射时，还应同时向当地卫生行政主管部门报告。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。

此外，若辐射工作人员由于不重视个人防护或个人剂量计佩戴不合规等，可能导致个人受照剂量超出剂量限值要求等事故发生，针对此类事故，学校应加强辐射工作人员日常培训，严格进行个人剂量管理、个人健康管理，防止事故发生。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

上海交通大学根据“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”，“开展辐射工作的人员必须通过辐射安全与防护专业知识及相关法律法规的培训和考核”等辐射管理要求，设置辐射安全防护领导小组，同时设置一名本科学历人员专门负责学校的辐射安全和环境保护管理工作。

（1）认真贯彻执行国家有关辐射安全及环境保护的一系列法律法规标准及文件，严格按照《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法律法规要求开展辐射安全防护及环境保护工作。

（2）依据国家法规标准要求，结合实际情况，制定辐射安全管理相关规章制度及实施细则，并对制度的执行情况进行定期监督检查，发现安全隐患问题时，及时对安全隐患问题进行评估，并督促各部门按要求完成整改。

（3）负责辐射工作人员日常操作过程中的辐射安全和防护的管理工作，定期组织辐射工作人员参加各类培训，加强个人剂量监测及管理，并建立职业健康档案。

（4）负责环境保护工作，制定辐射监测计划，定期对工作场所及周边环境开展辐射环境监测。

（5）负责学校辐射安全许可证的申请、增项、延续、变更等手续，负责辐射安全年度评估报告的报送工作。

（6）负责制定辐射安全事故应急预案，定期组织开展辐射事故应急演练，提高事故应急保障能力。

综上，上海交通大学设置了专门的辐射安全与环境保护管理机构，并设置了辐射安全负责人（学历本科以上），能够满足《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 日修正）中关于专门的辐射安全与环境保护管理机构设定及负责人学历的相关要求。

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和防护条例》（国务院第 449 号令，2019 年 3

月 2 日修订)和《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 日修正)的有关要求,使用射线装置的单位要“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、人员培训计划、监测方案等,并有完善的辐射事故应急措施”。

1) 辐射安全管理规章制度制定情况

建设单位已制定较为详尽的辐射安全管理规章制度,包括《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》等规章制度,上海交通大学应针对本项目的使用特点补充制定 DSA 实验室的操作规程。

2) 辐射安全管理要求

本项目的辐射安全管理需严格遵照学校辐射安全管理相关规章制度执行,同时需做到以下几点:

①辐射防护管理规章根据最新的法律法规、条例办法及现行标准的要求进行修订和完善。

②辐射工作人员管理。所有新增的辐射工作人员须参加生态环境部统一组织的辐射安全与防护考核,考核合格后方可上岗;对辐射工作人员的个人剂量监测进行统一管理,个人剂量计送检间隔不得超过 90 天。

③每年委托有资质的监测机构对本项目辐射工作场所开展辐射监测工作,并针对本单位辐射工作场所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。

综上,学校制定的各项辐射安全管理制度较全面,具有一定的可行性和可操作性。在学校辐射防护管理组织的领导下,明确各科室人员责任,按照制定的辐射安全管理规章制度严格落实,定期组织辐射工作场所的辐射防护检测和检查,确保各项规章制度能得到有效执行。

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要的措施,通过辐射监测得到的数据,可以分析判断和估计电离辐射水平,防止人员受到超剂量的照射。

1、辐射监测方案

（1）环境及工作场所监测

本项目射线装置运行后，学校应定期自行开展射线装置周围环境辐射巡测并做好记录。

此外，建设单位每年应委托有资质的辐射检测单位对本项目射线装置周围环境进行监测，频率为 1 次/年。本项目辐射剂量率监测布点应位于机房的四周、上方、观察窗、控制台及机房门、窗缝隙、穿墙管线处等。

表 12-1 本项目监测计划一览表

监测工作场所	监测因子	监测点	监测位置	监测工况要求	监测频次
本项目 DSA 机房	X、 γ 剂量率	机房四侧墙体；机房顶部、控制台人员位置、防护门、穿墙管线洞口	机房四侧墙体外 0.3m 处；机房上方；控制台人员位置处；防护门、穿墙管线洞口	最大常用管电压及管电流	委外监测频率不低于 1 次/年；自测监测，建议每季度一次

（2）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计剂量监测，建设单位应委托有资质的单位，由该单位定期对辐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，辐射工作人员个人剂量监测的时间间隔最长不超过 90 天，且根据国家职业病防治的要求每年进行一次健康检查。

由表 11-4 可以看出，本项目涉及的辐射工作人员中个人受照剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的职业照射年剂量限值（20mSv/年）和本项目规定的职业照射剂量约束值（5mSv/年）。

（3）其他要求

建设单位应对定期开展的辐射监测结果做好记录进行妥善保存，监测结果应纳入该单位的射线装置安全防护年度评估报告。

学校应定期和不定期的对辐射工作场所进行监测。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（如机房的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。整改记录应在学校的射线装置安全防护年度评估报告有所反映。

2、监测仪器

上海交通大学计划为本项目每名辐射工作人员配备 1 个人剂量计，对开展辐射实验

的人员佩戴剂量计；在工作场所配备 3 台个人剂量报警仪、1 台 X、 γ 辐射剂量巡测仪。

辐射事故应急

1、辐射事故应急响应机构

建设单位成立辐射事故应急处理小组，参与辐射事故应急响应机处置工作。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。

2、辐射事故应急处置程序

上海交通大学依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第 18 号）等相关规定以及区域放射性污染事故应急预案，同时结合年度评估报告和本单位的具体情况，每年定期对应急预案进行修改和完善（包括应急机构人员组成、联系方式更新等）本着有备无患、万无一失的原则，学校须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）内部建立放射事故应急处理小组，有固定的小组成员，并有明确的职责分工；
- （2）做好应急准备工作，针对各类放射事故预先制定应急方案，并有相应的预防、处理和现场急救措施；
- （3）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；
- （4）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。
- （5）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》（根据 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，学校在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，并立即向闵行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》（2017年7月16日修订）、《建设项目竣工环

境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4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》（HJ 1326-2023），本项目竣工后，建设单位应按照国家生态环境行政主管部门、上海生态环境局规定的要求和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。本评价对项目竣工验收内容建议见下表。

表12-2 项目环境保护“三同时”竣工验收一览表

项目	验收内容及要去	验收标准
项目变动情况	核查项目是否发生实质性变化；射线装置参数发生变化后使环境影响因子发生变化是否导致不利环境影响增加；使用场所位置是否发生变更；辐射安全防护设施变化或者工艺流程变化导致不利环境影响增加的。判断是否属于重大变动，属于重大变动的，应当对变动内容进行环境影响评价并重新报批，不属于重大变动的，应按规定编制建设项目非重大变动环境影响分析说明，并进行网上公示	《上海市生态环境局关于印发修订后的<关于规范本市建设项目环境影响评价调整变更工作的通知>的通知》（沪环规[2023]1号）中“附件2 建设项目（核与辐射类）重大变动清单（2022年版）
机房周围剂量率水平	机房四周、顶部、观察窗、防护门辐射屏蔽措施（按照表 10-2 屏蔽方案验收）；机房四侧墙体外 0.3m 处；机房上方、机房下方剂量率不大于 2.5μSv/h	《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》（DB 31/T 462-2020）
个人受照剂量约束	职业照射剂量约束值 5mSv/年； 公众照射剂量约束值 0.1mSv/年	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）
辐射分区	本项目拟建 DSA 机房内部为辐射控制区，拟建 DSA 控制台为监督区，核查辐射分区落实情况	
三废治理	DSA 运行过程中无放射性“三废”产生及排放	/
电离辐射警告标志	机房门外设置电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处设警示语句	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）
辐射安全管理设施	机房门外设置电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处设警示语句；机房门设闭门装置，设置安全连锁系统，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动	
辐射监测仪器及个人防护用品	为每名辐射工作人员配备 1 台个人剂量计，配备个人剂量报警仪、环境剂量巡测仪	《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）
辐射环境监测	外委有资质的检测单位对 DSA 机房进行剂量率监测，频率为不低于 1 次/年	《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）

规章制度	制定操作规程、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	《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）
人员配置及培训	本项目所有辐射工作人员均参加国家组织的核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗	《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）；《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）
辐射安全许可证	在投入调试前，应及时重新办理辐射安全许可证	
辐射环境监测	在项目调试期，按照验收要求外委有资质的检测单位对 DSA 机房进行剂量率监测，频次为 1 次	《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）
环境风险防范、突发环境事件应急预案	制定辐射事故应急预案，进行辐射事故（件）应急演练	

表 13 结论与建议

<div>结论</div> <div><div>1、项目概况</div><p>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 号上海交通大学转化医学大楼-1 层 B1-30 设置一间 DSA 实验室，使用一台型号为 Artis Q Ceiling 的 II 类射线装置（DSA，医用血管造影 X 射线机）用于转化医学实验。</p><p>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 DSA 装置属“血管造影用 X 射线装置”，为 II 类射线装置，对照《上海市生态环境局关于印发<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）的通知》（沪环规[2021]11 号），本项目涉及“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。</p><div>2、辐射安全与防护分析</div><div><div>（1）选址布局基本合理</div><p>上海交通大学位于上海市闵行区东川路800号，学校东侧为莲花南路，南侧为东川路，西侧为沧源路，北侧为剑川路。</p><p>本项目拟新建的DSA机房位于转化医学大楼，转化医学大楼东侧为学校内部文治大道、药学院5号楼及药学院6号楼，南侧为学校内部思源北路，西侧为学校内部道路，北侧为学校内部振义路、第七餐饮大楼、系统生物医学研究院和生物医学工程学院。</p><p>转化医学大楼为地上5层，地下1层建筑，本项目拟新建的DSA机房位于转化医学大楼地下1层北侧，其东侧为MRI机房，南侧为走廊，西侧为设备间及预备间，北侧为控制台及实验室，楼上为步梯及楼外空地。</p><p>本项目50 m评价范围涉及本项目所在的转化医学大楼和学校内部的第七餐饮大楼，可知项目选址合理。本项目DSA机房与控制台分开单独设置，区域划分明确，布局合理。</p><div><div>（2）辐射分区</div><p>根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），对本项目DSA装置工作场所进行分区管理，具体如下：</p><div>①控制区：本项目拟建DSA机房为控制区，除辐射工作人员外，不允许任何人进入，机房内人员在工作时必须穿戴铅防护服等辐射防护用品，佩戴个人剂量计；</div></div></div></div>

②监督区：DSA控制台为监督区，除辐射工作人员外其他人员不得进入或在该区域停留，需要经常对该区域的职业照射条件进行监督和评价；

③其他区域对人员活动不作限制。

（3）辐射安全防护措施相符性分析

本项目为DSA机房设置了实体屏蔽，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；为辐射工作人员配备符合防护要求的辅助防护用品；机房设置观察窗、动力通风装置、门灯连锁、电离辐射警告标志、工作状态指示灯、急停按钮等辐射安全防护措施，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《医用X射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》（DB 31/T 462-2020）等标准的要求。

综上，本项目辐射防护、人员防护、机房辐射安全措施设置合理。

（4）辐射监测仪器配备要求

上海交通大学计划为本项目每名辐射工作人员配备1个人剂量计，在工作场所配备3台个人剂量报警仪、1台X、 γ 辐射剂量巡测仪。

（5）环境本底监测

监测结果表明，本项目所在地（背景值）环境X、 γ 辐射剂量率趋于环境本底水平，当地辐射水平无异常。

3、环境影响分析

（1）建设期

本项目建设期主要是主体大楼内对机房装修，无大型土建施工，装修改造过程所产生的污染均得到有效控制，并且建设期短，施工量小，影响在项目施工结束后消失，对周围环境影响较小。

（2）机房屏蔽满足要求

本项目射线装置机房经采取有效屏蔽措施后，经分析计算，本项目 DSA 机房周围30cm 处辐射剂量率最大值均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，机房屏蔽效果可满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》（DB 31/T 462-2020）规定：“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”要求。

（3）剂量满足要求

工作场所周围剂量：经计算，本项目 DSA 机房周围剂量率最大值为 $1.95\mu\text{Sv/h}$ ，位于机房上层楼梯及楼外空地。本项目 DSA 装置机房周围剂量率水平符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》（DB 31/T 462-2020）规定：“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”。

职业照射剂量：经计算，本项目辐射工作人员年受照剂量符合《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（ 20mSv/年 ）和本评价建议的职业照射剂量约束值（ 5mSv/年 ）。

公众照射剂量：本项目 DSA 机房所致周边公众照射剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的剂量限值（ 1mSv/a ）及本评价建议的约束值（ 0.1mSv/a ）。

（4）三废情况

本项目 DSA 装置正常运行期间无放射性废气、废液及固体废物产生。

X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，但由于本项目射线装置工作时的管电压、管电流较小，因此产生的臭氧及氮氧化物也较少，且本项目机房设有空调通风系统，能满足机房的通风换气要求。

本项目的射线装置采用数码摄影方式，不会有废显、定影液及废胶片等感光材料危险废物(编号 HW16)产生。

实验过程中产生的一次性注射器、介入导管、导丝、废样品等实验室固体废物(HW01 医疗废物)暂存于危废暂存点（位于 DSA 机房内），产生量为 0.05 吨/年，使用密封容器收集后定期委托危废处置资质单位处置。

4、辐射安全管理

本项目采取门-灯联锁、设置电离辐射警告标志、放射防护注意事项、配备个人剂量报警仪、个人剂量计和环境剂量巡测仪。本项目辐射工作人员在开展实验时必须穿戴铅防护服等辐射防护用品，佩戴个人剂量计，合理安排操作时间。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，确保装置运行安全。

项目运行后，需开展定期自行巡测及外委监测，其中委外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，频率为 1 次/年，定期自行巡测的频率为 1 次/季度。建设单位应委托有资质的单位定期对所有辐射工作人员的个人受照剂量进行检测并出具相关检测报告，建立个人剂量档案和健康管理档案。根据相关要求本项目需开展竣工环保验收。

5、可行性分析结论

（1）产业政策相符性分析

本项目是利用射线装置开展转化医学实验，属于核技术在医学领域内的运用。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”第 5 条“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，智能产品整体方案、人机工程设计、系统仿真等设计服务”类别。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项目之列，为允许类；根据《上海工业及生产性服务业指导目录和布局指南（2014 年版）》，本项目属于“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，医学科学研究和试验发展，生物技术、新材料技术及其他科技推广和应用服务业，科技中介服务，农业科学研究和试验发展”。因此，本项目的建设符合国家产业政策和上海市产业政策要求。

（2）代价利益分析

学校实施本项目，目的在于开展转化医学实验，有利于推动医疗技术的创新和发展，提高学校的整体实力、同时改善医疗条件，具有显著的社会效益。通过采取有效的辐射防护措施和严格的辐射环境管理，可保证本项目在正常运行情况下，对周围环境的影响满足国家相关标准要求。因此，该项目的建设符合《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。

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）本项目环评获批后，上海交通大学应及时重新申请辐射安全许可证。

（2）在设备安装的同时，应确保辐射防护措施和管理措施的建设，切实落实环境保护设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。

（3）项目运行中，辐射工作人员应严格遵守操作规程；学校需加强对操作人员的培训，避免因意外事故造成对职业人员和公众的附加剂量影响，确保本项目对环境的辐射影响降到最低。

（4）上海交通大学须确保所有辐射报警装置有效可用，并定期检查，保证辐射工作人员安全。

（5）定期对辐射工作场所开展现场检查及监测，及时发现事故隐患并排除风险。

（6）根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《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》（沪环保许[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》（HJ 1326-2023）等的规定，项目建设并试运行后，按照规定程序开展竣工环境保护验收工作，通过验收后，本项目方可正式投入运行。

表 14 审批

下一级环境保护行政主管部门审查意见:

公章

经办人:

年 月 日

审批意见:

公章

经办人：

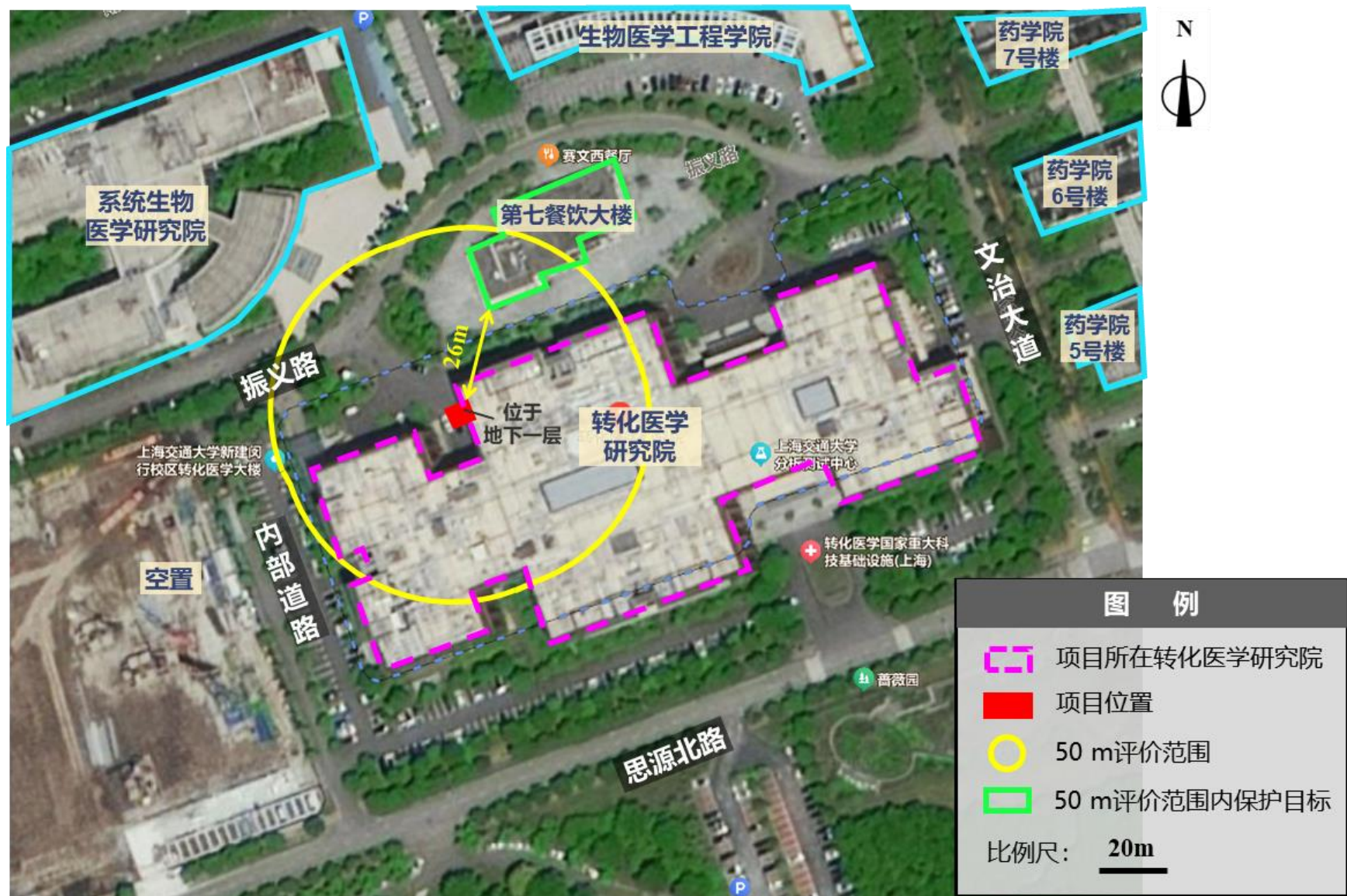
年 月 日



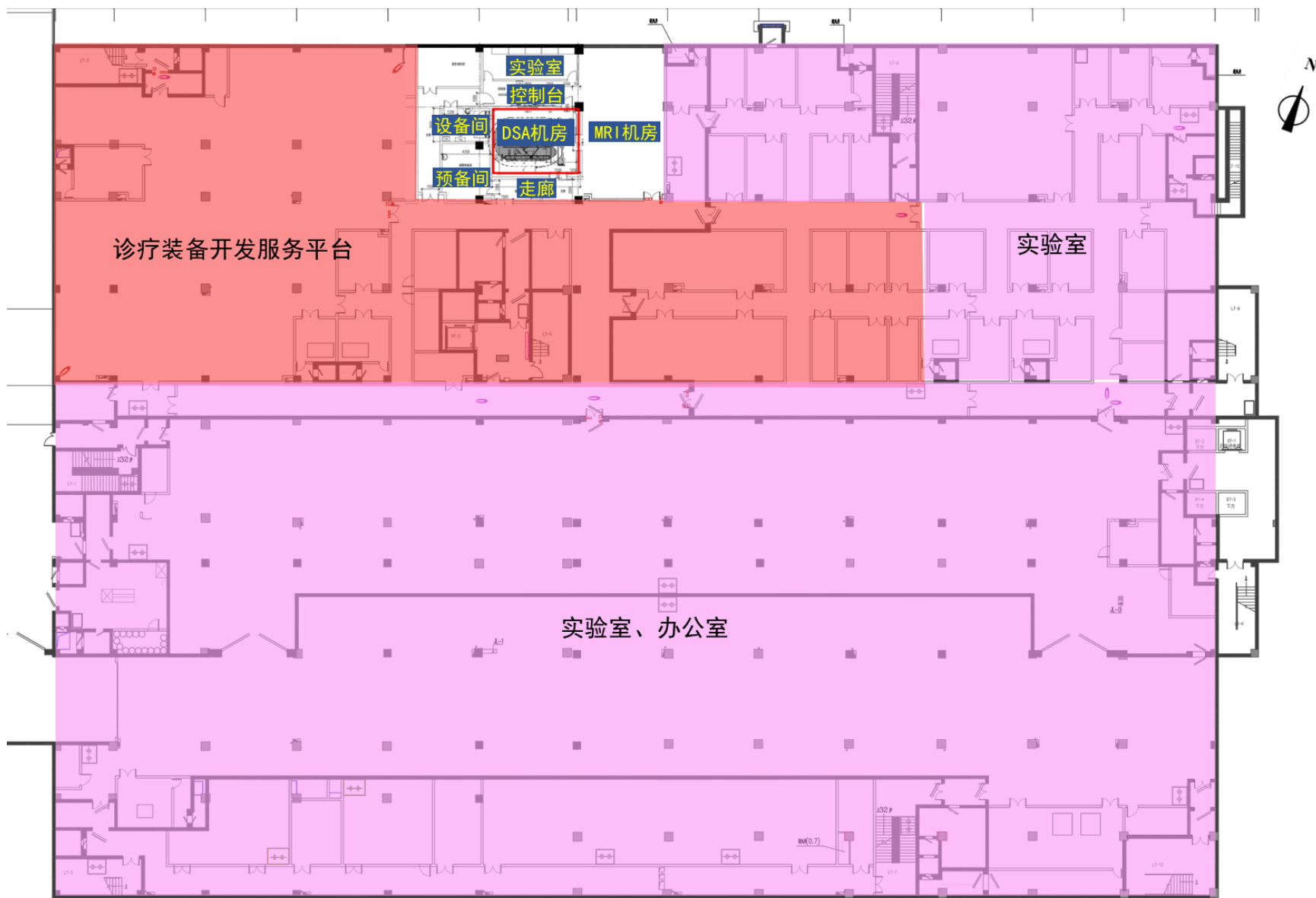
附图 1-1 本项目在上海市的位置示意图



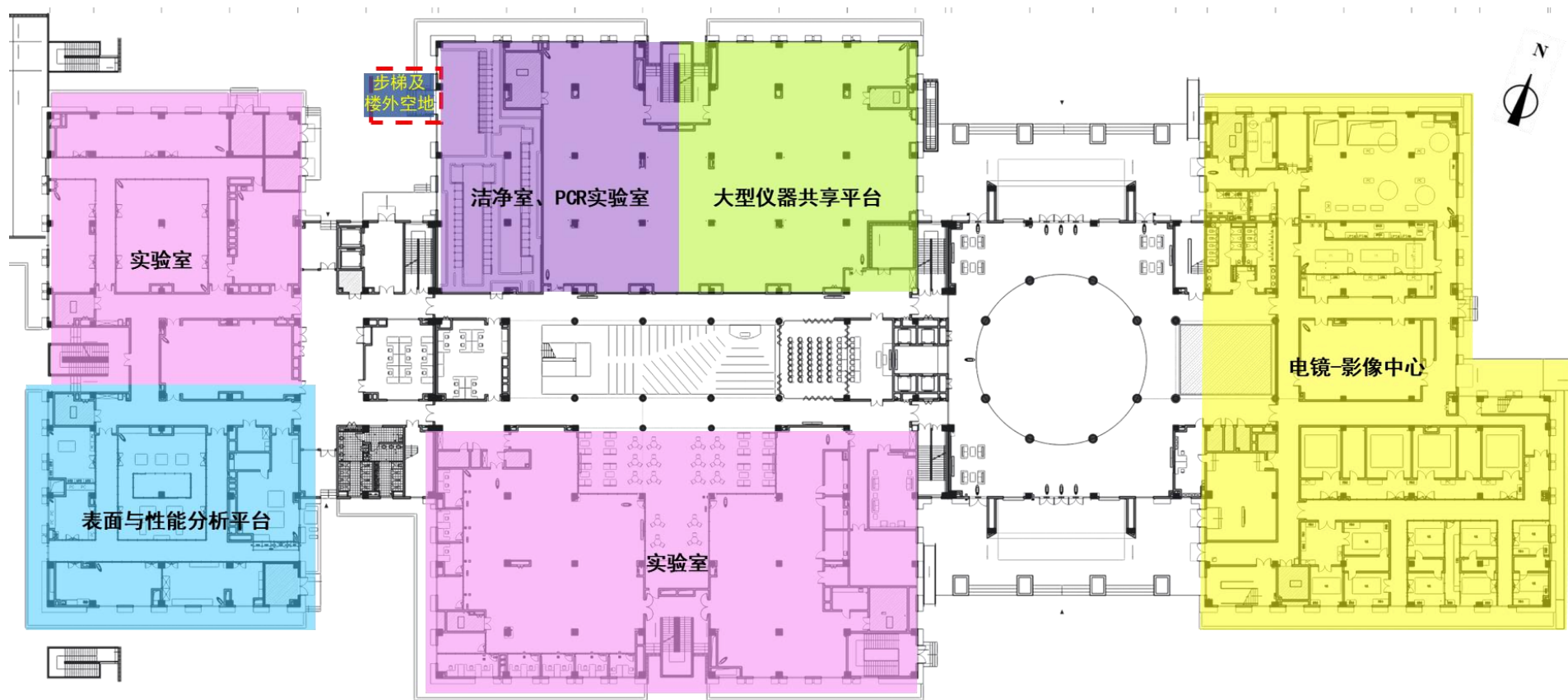
附图 1-2 项目所在位置及校区周围环境概况



附图 2 本项目区域位置及评价范围图

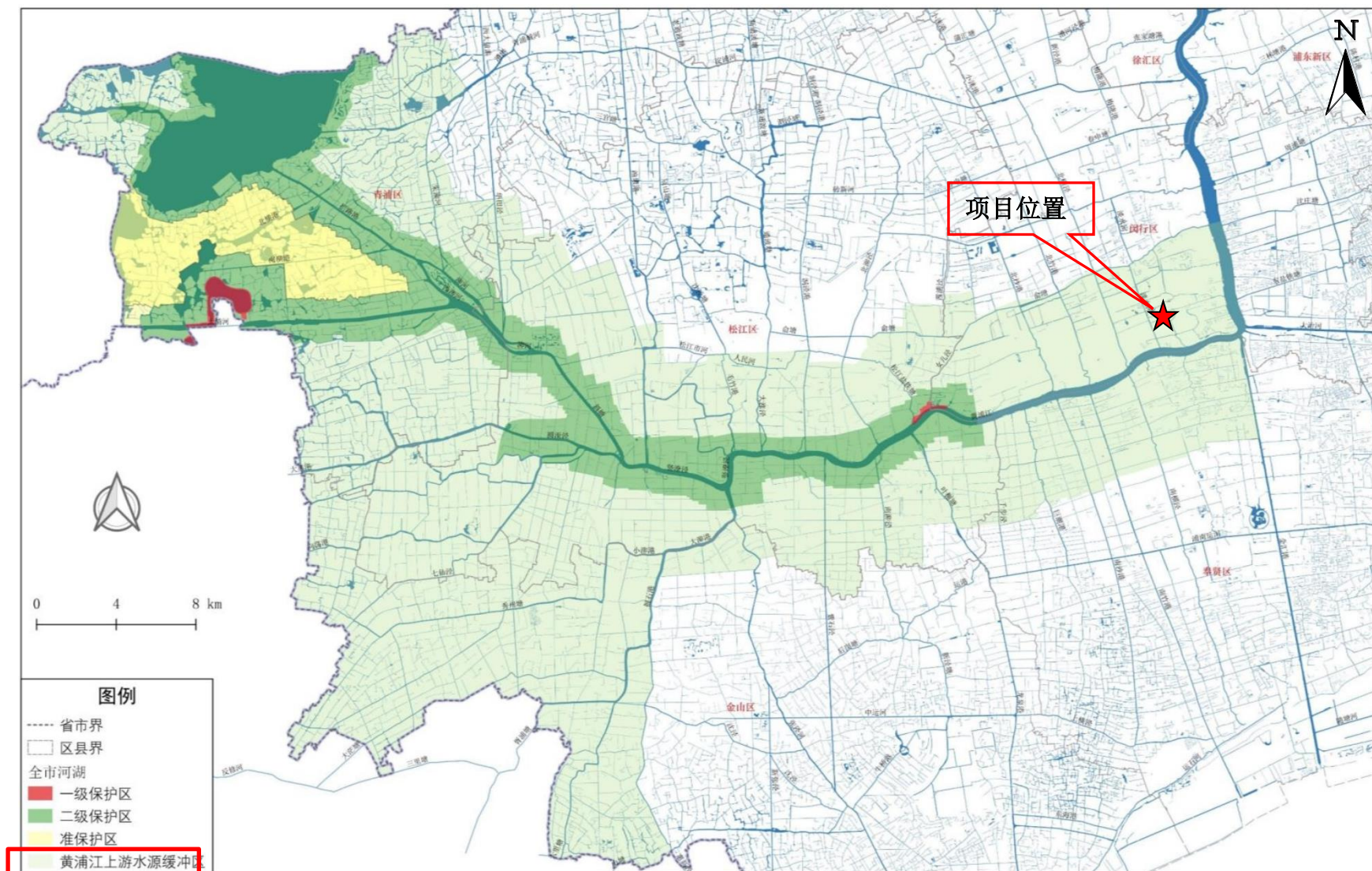


附图3 项目所在转化医学大楼-1层平面布置图

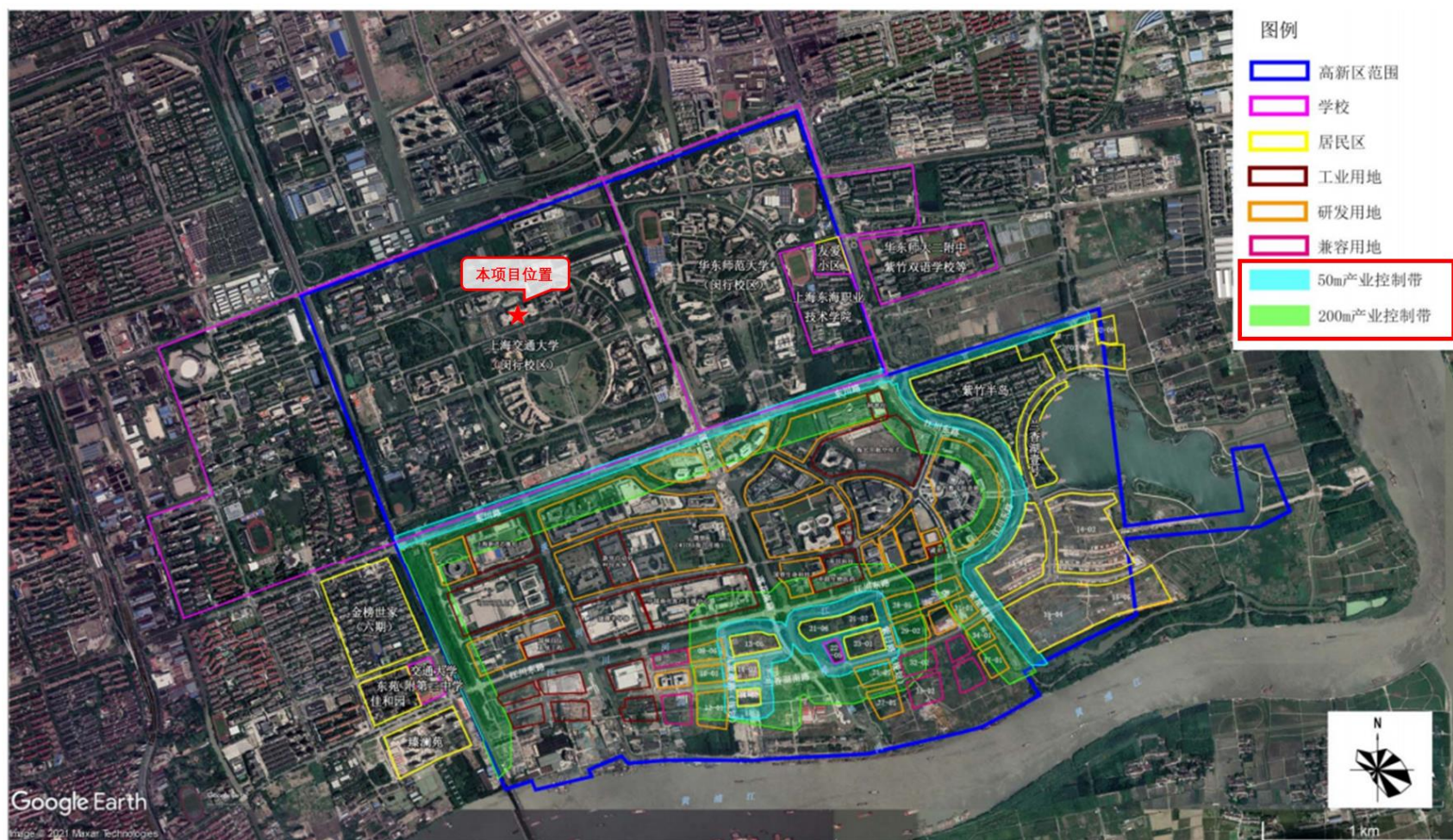


 本项目拟建DSA机房楼上对应区域

附图 4 转化医学大楼 1 层平面布置图



附图 5 黄浦江上游饮用水水源保护区划图



附图 6 紫竹高新区产业管控空间分布图

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
(公章)

发证日期：2024年08月20日

中华人民共和国生态环境部监制

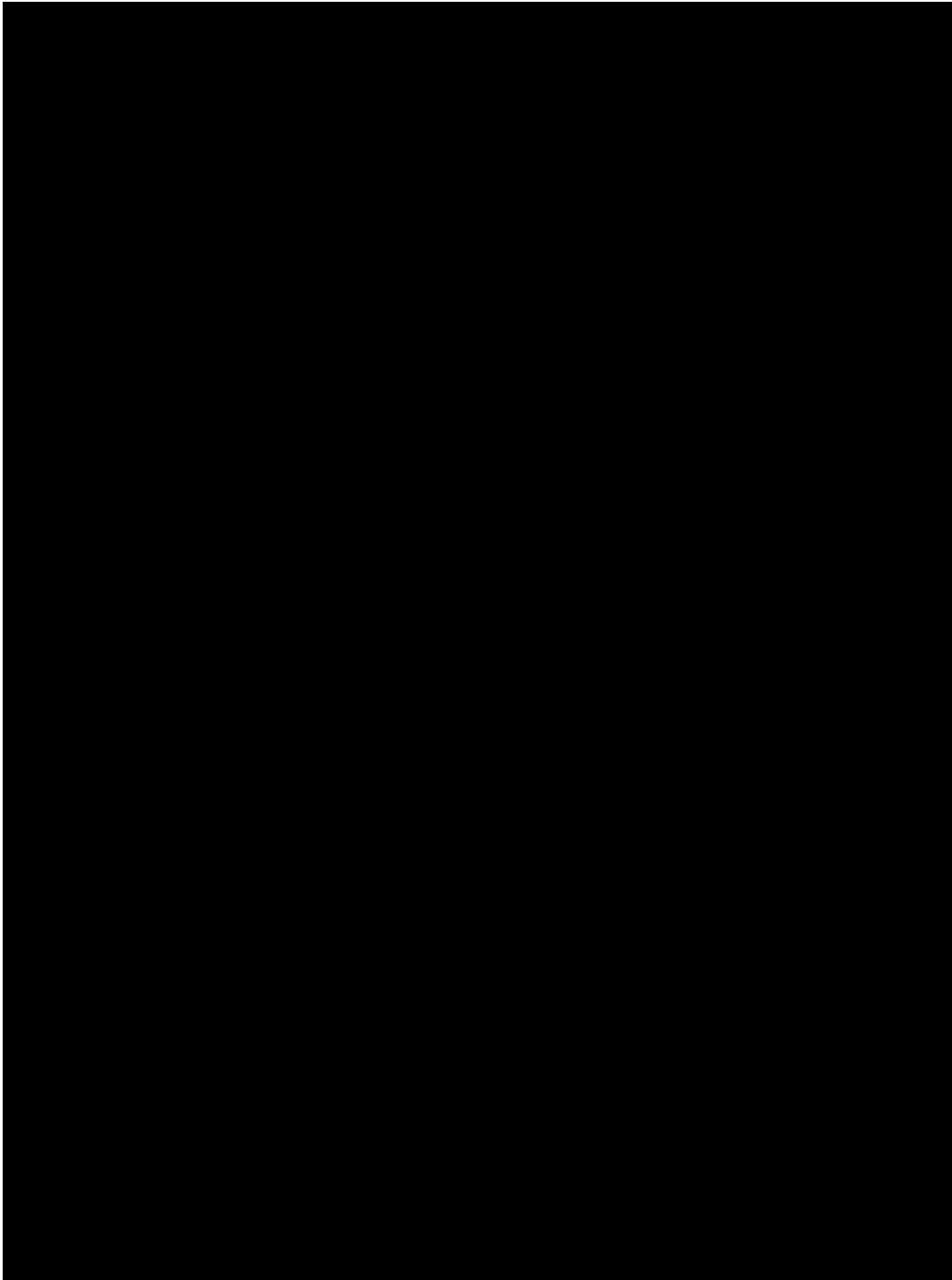


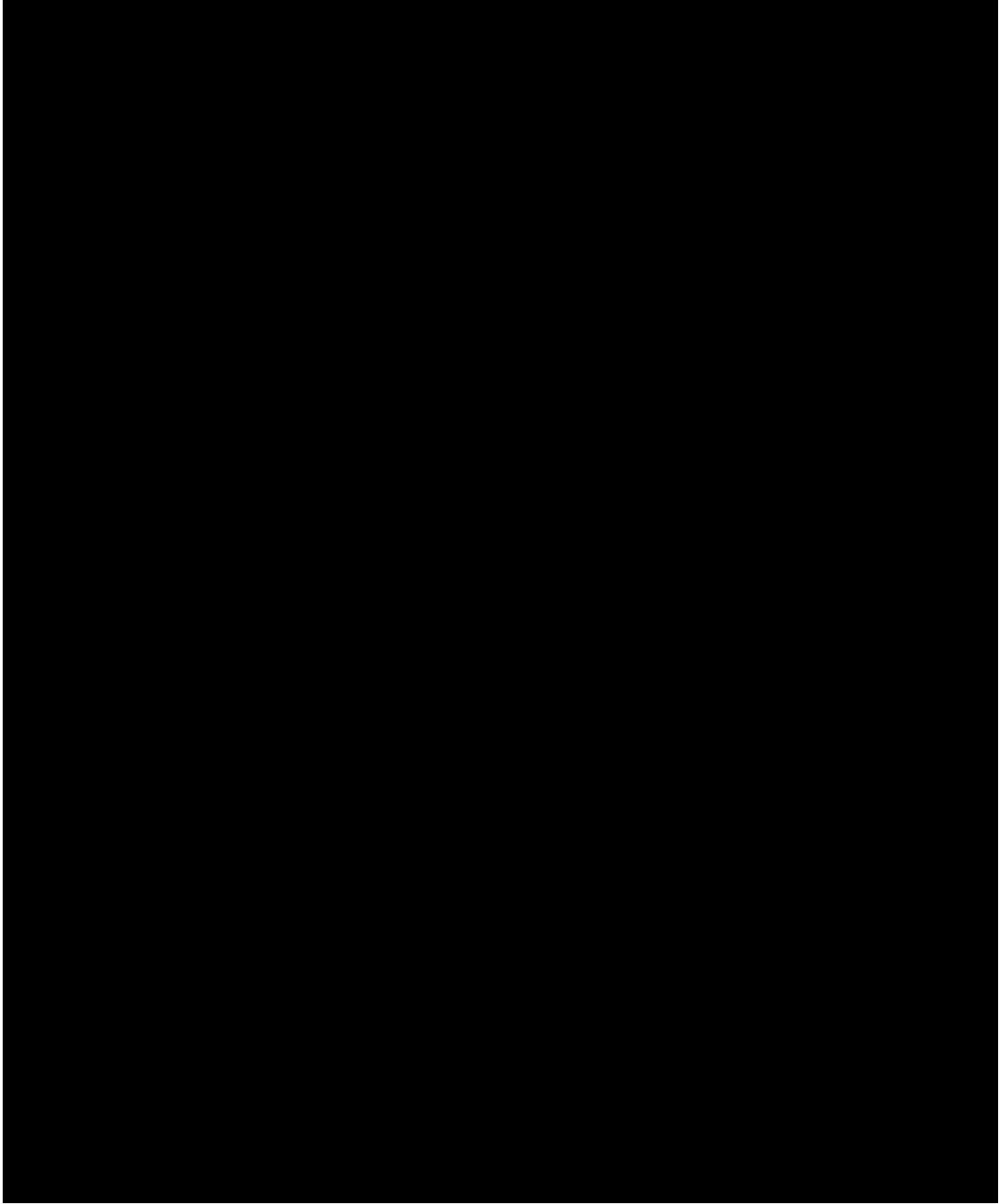
辐射安全许可证

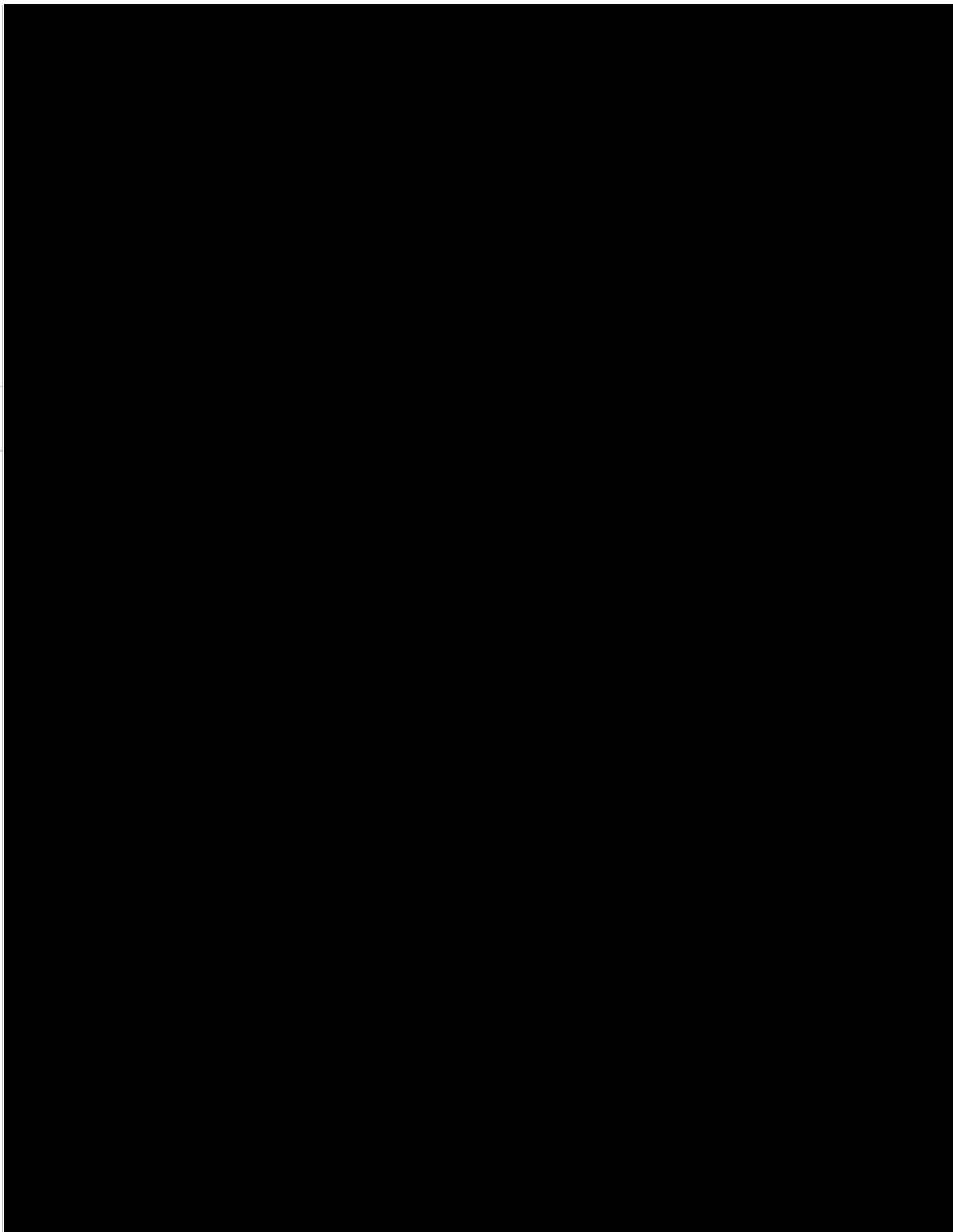
(副本)

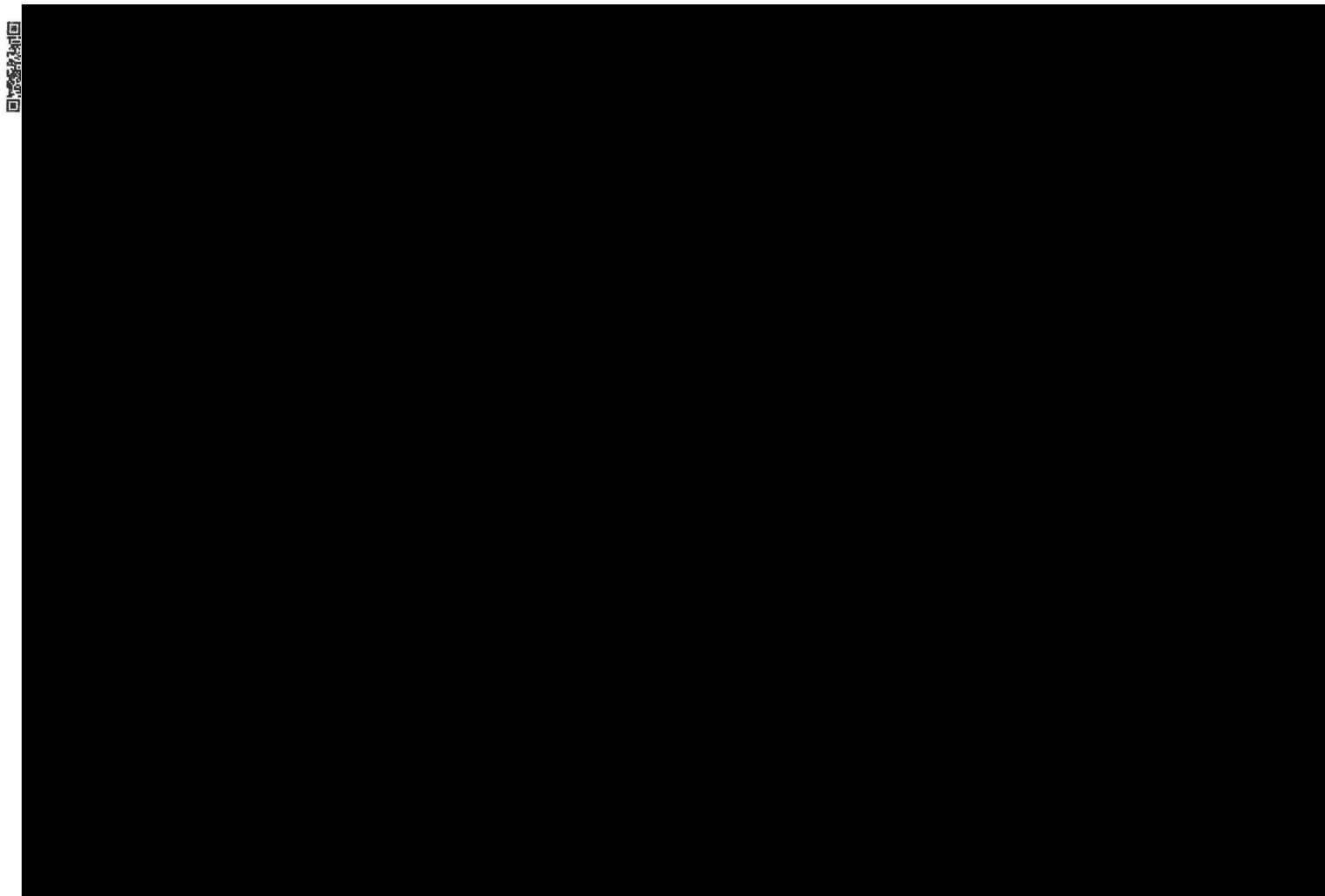


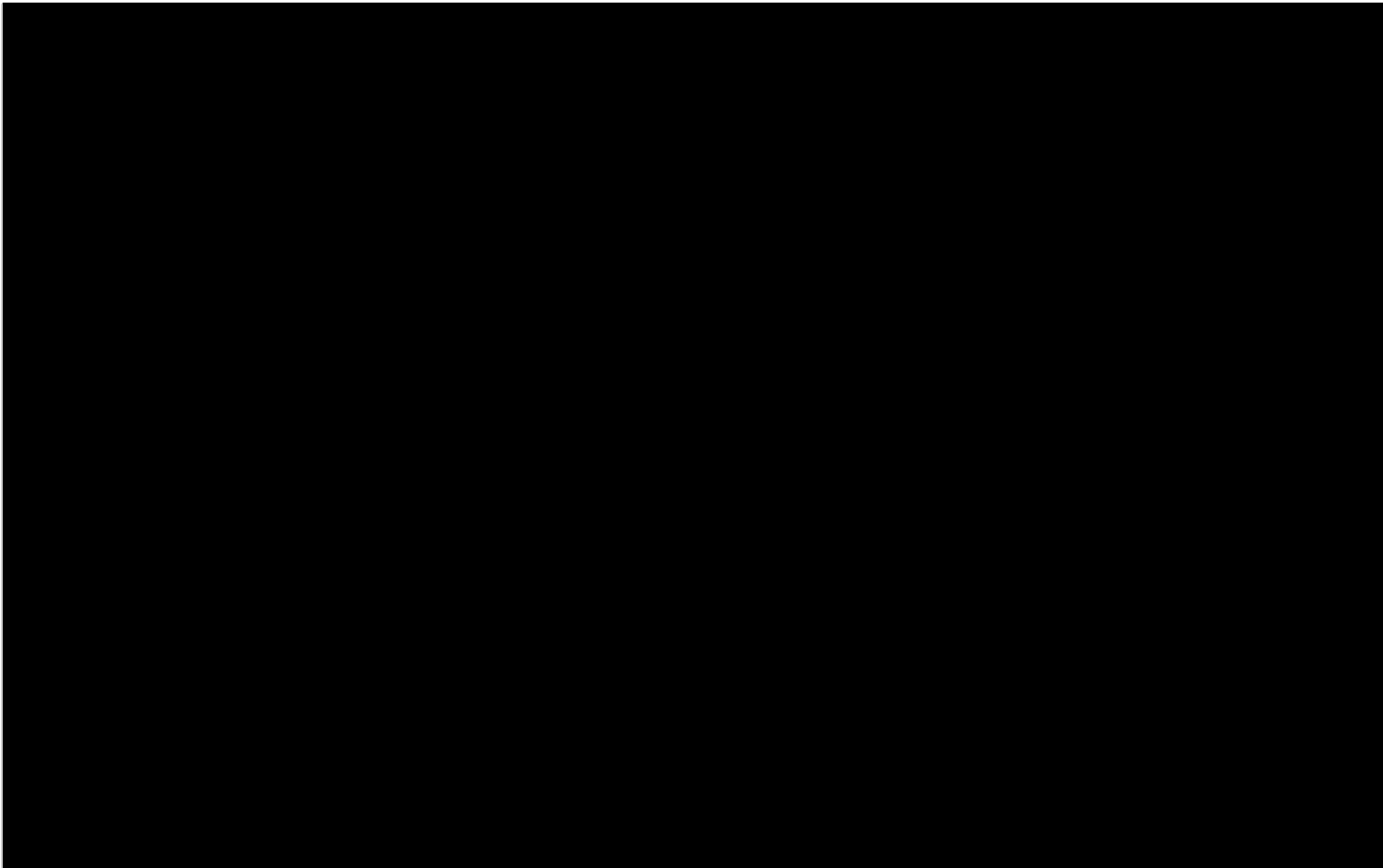
中华人民共和国生态环境部监制





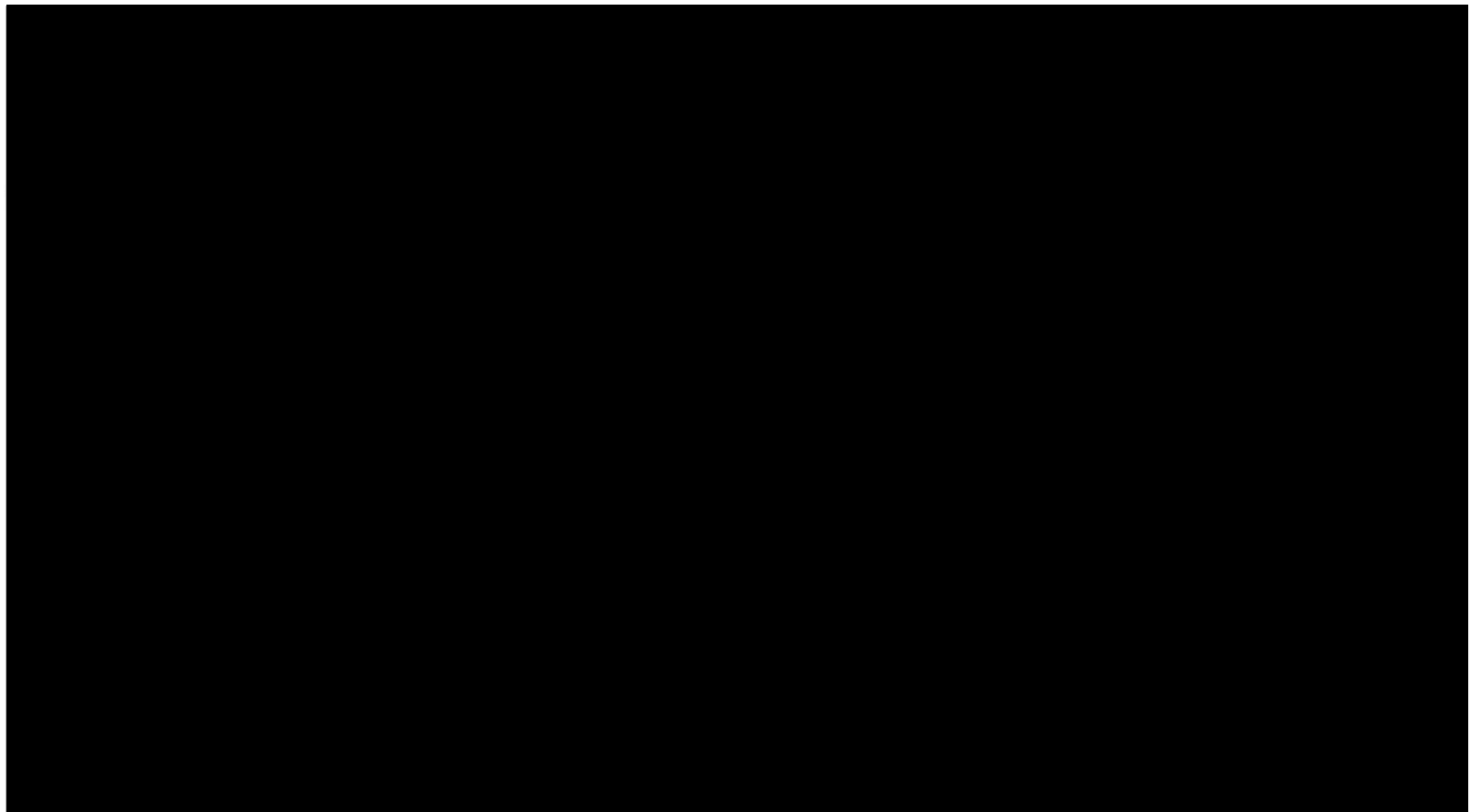








7 / 14

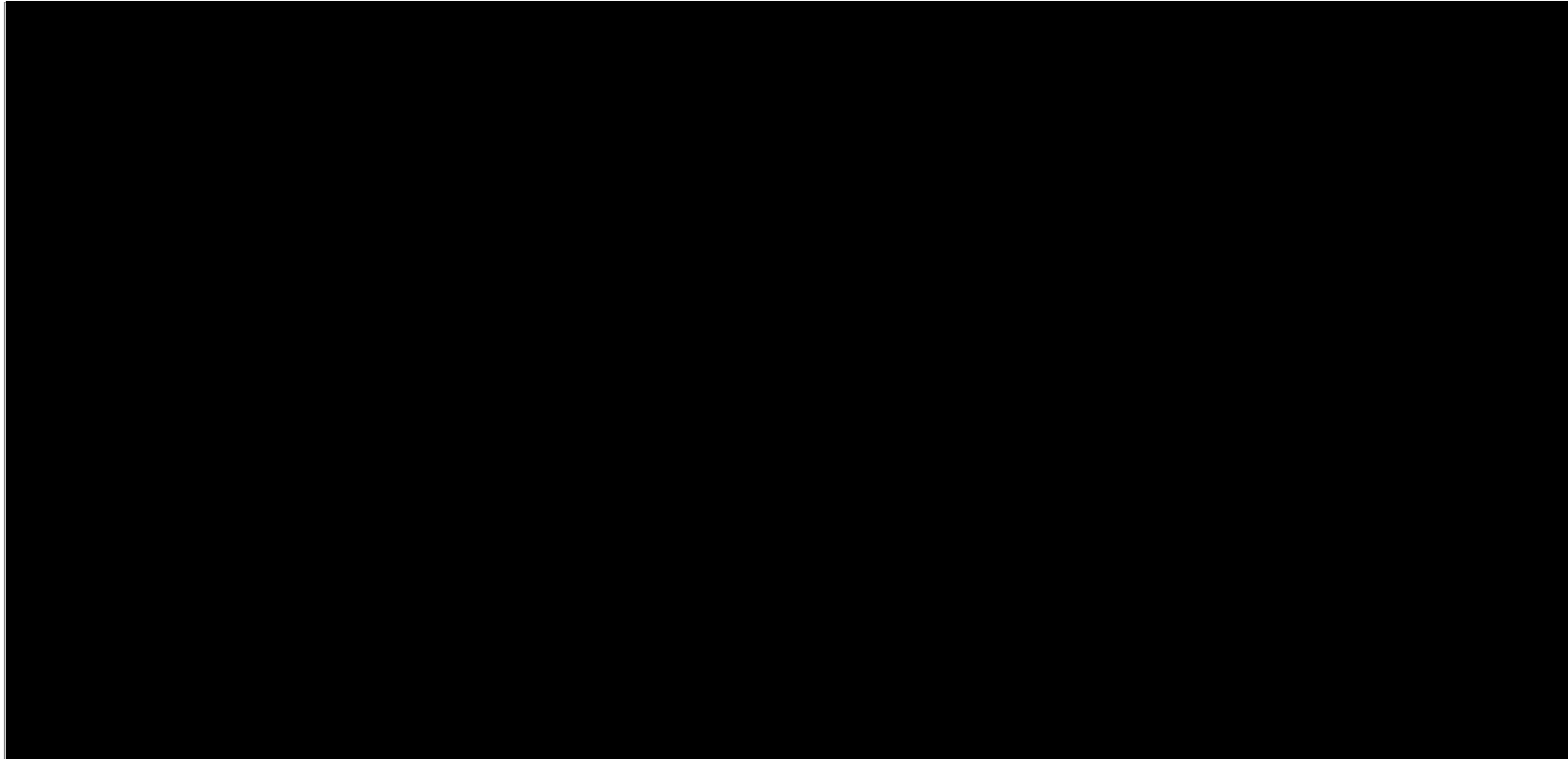


8 / 14











13 / 14

附件 2 辐射本底监测报告



锐浦环境
Radiation & Environmental Testing Lab

编号: RP 检字第 20241125017501 号
第 1 页 共 8 页



230912342240

正本

检测报告

委托单位: 上海交通大学

项目名称: 辐射环境本底检测

检测项目: γ 辐射剂量率

报告日期: 2025 年 04 月 09 日

系统编号: SHHJ25044473

上海锐浦环境技术发展有限公司

中国 上海 普陀区柳园路 538 号 2 号楼 4-5 楼

说 明

1. 本报告涂改、缺页无效，部分复制本报告无效。
2. 本报告无本公司检验检测专用章、骑缝章无效；无实验室授权人员签字无效。
3. 针对委托采样检测，本检测报告检测结果仅对检测地点、对象、及当时的情况有效。对现场检测不可复现的情况，检测结果仅对检测所代表的时间、空间和样品负责。
4. 针对委托来样检测，本检测报告仅对来样负责，检测结果仅反映该样品的信息，对检测结果的使用、使用所产生的直接或间接损失及一切法律后果，本公司不承担任何经济和法律责任。
5. 委托单位提供的信息可能影响结果的有效性时，其后果由委托单位承担。
6. 委托单位对本检测报告结果如存有异议，请于本报告完成之日起十五日内向本公司书面提出复测申请，逾期不予受理。
7. 本公司对本报告拥有最终解释权。

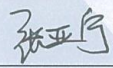
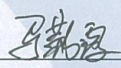
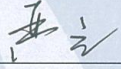
本机构通讯资料：

上海锐浦环境技术发展有限公司

联系地址：上海市普陀区柳园路 538 号 2 号楼 4-5 楼

邮政编码：200331

联系电话：021-52060312

委托单位	上海交通大学		联系人	许洋洋
检测地址	上海市闵行区东川路 800 号上海交通大学转化医学大楼		检测日期	2024.12.06
检测项目	γ 辐射剂量率			
检测依据	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)			
仪器信息	型号	6150AD5/H/6150AD-b/H 型辐射监测仪		
	固定资产编号	2012004GJ/2012005GJ		
	校准有效期	2024.02.01-2025.01.31		
	校准因子	0.89		
	仪器量程	1nSv/h-99.9μSv/h		
检测环境	天气: 阴 温度: 11.1~13.4℃ 相对湿度: 53.6~57.6%RH			
检测结果	见续页			
备注	/			
编制	张亚宁			
复核	马勤霞			
批准	严立			
批准日期	2025.04.09			

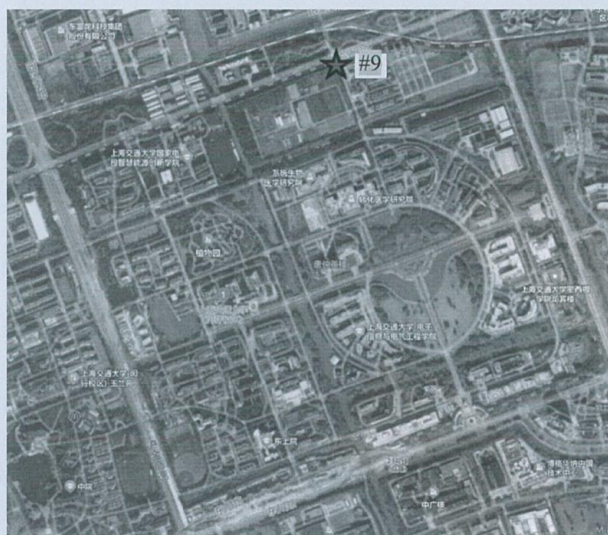
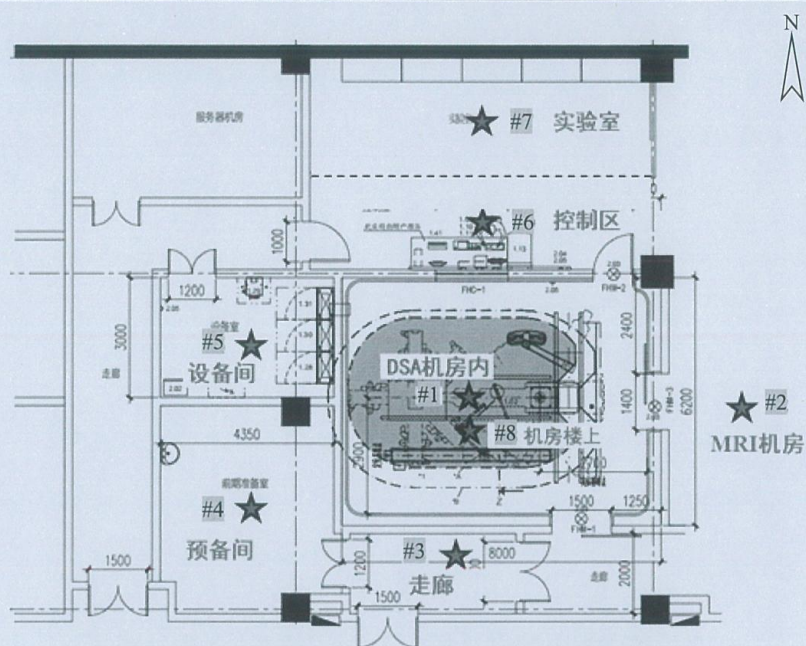
γ辐射剂量率检测结果

序号	测点位置	检测次数	γ辐射剂量率(nGy/h)		
			最低值	最高值	平均值
#1	DSA 机房内	10	64	70	67±2
#2	DSA 机房东侧 MRI 机房	10	75	82	79±2
#3	DSA 机房南侧走廊	10	91	98	95±2
#4	DSA 机房西侧预备间	10	86	91	88±2
#5	DSA 机房西侧设备室	10	83	88	85±2
#6	DSA 机房北侧控制室	10	77	86	81±3
#7	DSA 机房北侧实验室	10	86	89	88±1
#8	DSA 机房上方, 货梯门北侧空地	10	78	83	80±1
#9	环境对照点 (上海交通大学北 3 门)	10	48	53	51±2

注 1: 以上测量值均已扣除本次测量仪器对宇宙射线的响应;


注 2: 以上测量值根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)条款“5.5”的要求进行了计算;

注 3: 仪器在湖(库)水面上对宇宙射线的响应值为 21nGy/h, 测试日期为 2024 年 11 月 13 日, 测试地点为淀山湖中央(北纬: 31.117906°, 东经: 120.969850°)。



检测布点示意图

附图 1：上海锐浦环境技术发展有限公司 CMA 资质证书及附表



检验检测机构 资质认定证书

副本

证书编号：230912342240


名称：上海锐浦环境技术发展有限公司

注册地址：上海市普陀区红柳路255号2幢B区一层108-C室

地址：
检验检测地址：上海市普陀区柳园路538号2号楼4-5楼

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。
检验检测能力及授权签字人见证书附表。
你机构对外出具检测报告或证书的法律 responsibility 由上海锐浦环境技术发展有限公司承担。

许可使用标志



230912342240

变更日期：2024年09月09日

发证日期：2023年05月10日

有效期至：2029年05月09日

发证机关：上海市市场监督管理局

请在有效期届满3个月前提出复查申请，不再另行通知。
本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。

批准上海锐浦环境技术有限公司检验检测的能力范围

证书编号: 230912342240

第 21 页 共 21 页

检验检测地址: 上海市普陀区柳园路 538 号 2 号楼 4-5 楼

序号	类别 (产品/项目/参数)	产品/项目/参数		依据的标准 (方法) 名称及编号 (含年号)	限制范围或说明
		序号	名称		
	环境与环保/噪声和振动/城市区域环境	6	城市区域环境振动	城市区域环境振动测量方法 GB/T 10071-1988	
七	环境与环保/电离辐射/电离辐射环境	1	环境 γ 辐射剂量率	环境 γ 辐射剂量率测量技术规范 HJ 1157-2021	
		2	α/β 表面污染	表面污染测定 第 1 部分: β 发射体 (E _{B max} >0.15MeV) 和 α 发射体 GB/T 14056.1-2008	
八	环境与环保/电磁辐射/交流输变电工程电磁环境	1	工频电场、工频磁场	交流输变电工程电磁环境监测方法 (试行) HJ 681-2013	
	环境与环保/电磁辐射/电磁辐射环境	2	电场强度	辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法 HJ/T 10.2-1996	不满: 中波及短波广播发射台电磁辐射
	环境与环保/电磁辐射/移动通信基站电磁辐射环境	3	射频电磁场 (电场强度、功率密度)	移动通信基站电磁辐射环境监测方法 HJ 972-2018	不满: 5G、5G 与其他网络制式共址的移动通信基站电磁辐射环境
	环境与环保/电磁辐射/5G 移动通信基站电磁辐射环境	4	射频电磁场 (功率密度)	5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法 (试行) HJ 1151-2020	
以下空白					

附图 2: 本项目所用监测仪器校准证书



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

Verification Certificate

证书编号: 2024H21-20-5078842001
Certificate No.



送检单位	上海锐浦环境科技发展有限公司
Applicant	
计量器具名称	便携式X、γ辐射剂量当量率仪
Name of Instrument	
型号/规格	6150 AD 5/H+6150ADBH
Type / Specification	
出厂编号	142943+147534
Serial No.	
制造单位	AUTOMESS
Manufacturer	
检定依据	JJG 393-2018《便携式X、γ辐射周围剂量当量(率)仪和监测仪检定规程》
Verification Regulation	
检定结论	合格
Conclusion	



批准人
Approved by

忻智炜

核验员
Checked by

袁杰

检定员
Verified by

白雪

检定日期	2024	年	02	月	01	日
Date for Verification	Year	Month	Day			
有效期至	2025	年	01	月	31	日
Valid until	Year	Month	Day			



计量检定机构授权证书号: (国)法计(2022)01019 号 /01039 号 电话: 021-38839800
Authorization Certificate No. Telephone
地址: 上海市张衡路 1500 号(总部) 邮编: 201203
Address: No. 1500 Zhangheng Road, Shanghai (headquarter) Post Code
传真: 021-50798390 网址: www.simt.com.cn
Fax Web site

第 1 页 共 3 页
Page of total pages

报告结束。