新华医院长兴分院
二类射线装置 DSA 配置项目
环境影响报告表

（报批稿公示版）

建设单位：上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院

编制单位：上海艾维仕环境科技发展有限公司

2022 年 09 月

说　明

上海艾维仕环境科技发展有限公司受上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院委托完成对“新华医院长兴分院二类射线装置 DSA 配置项目”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，上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院和上海艾维仕环境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。

上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院和上海艾维仕环境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。

本环评文本在报生态环境部门审查后，上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院和上海艾维仕环境科技发展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，“新华医院长兴分院二类射线装置 DSA 配置项目”最终的环境影响评价文件，以经生态环境部门批准的“新华医院长兴分院二类射线装置 DSA 配置项目”的环境影响评价文件（审批稿）为准。

上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院
地址：上海市崇明区长兴镇丰福路 1008 号
邮编：201913
联系人：粟涛　　电话：021-66851386
电子邮箱：xhyycxfysbk@163.com

上海艾维仕环境科技发展有限公司
地址：上海市杨浦区平凉路 988 号 62 幢 608 室
邮编：200082
联系人：张工　　电话：021-55898351
电子邮箱：3113340067@qq.com

核技术利用建设项目

新华医院长兴分院
二类射线装置 DSA 配置项目
环境影响报告表

上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院

2022 年 09 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

新华医院长兴分院
二类射线装置 DSA 配置项目
环境影响报告表

建设单位名称：上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院

建设单位法人代表（签名或签章）：金彪 [redacted]

通讯地址：上海市崇明区长兴镇丰福路 1008 号

邮政编码：201913　　联系人：粟涛

电子邮箱：xhyycxfysbk@163.com　　联系电话：021-66851386

打印编号：1661421551000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	o10cxu
建设项目名称	新华医院长兴分院二类射线装置DSA配置项目
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）	上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院
统一社会信用代码	12310230MB2F04156C
法定代表人（签章）	金彪 [redacted]
主要负责人（签字）	金彪
直接负责的主管人员（签字）	粟涛
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	上海艾维仕环境科技发展有限公司
统一社会信用代码	91310110MA1G81G016
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
韩单恒	11351243506120004	BH021387	[redacted]

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
韩单恒	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物	BH021387	[redacted]
张燕	辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH027314	
蔡芸芸	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	BH005557	

目录

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">新华医院长兴分院二类射线装置 DSA 配置项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>金彪</td><td>联系人</td><td>粟涛</td><td>联系电话</td><td>021-66851386</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">上海市崇明区长兴镇丰福路 1008 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">上海市崇明区长兴镇丰福路 1008 号 3 号楼 3 层</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>1600</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>40</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>2.5%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 ☐改建 ☐扩建 ☐其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>96.18</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="4">☐I类 ☐II类 ☐III类 ☐IV类 ☐V类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="4">☐I类（医疗使用） ☐II类 ☐III类 ☐IV类 ☐V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="4">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="4">☐乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="4">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="5">/</td></tr>
</table>

项目概述

1、 项目背景

上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院（以下简称“新华医院长兴分院”），即上海市崇明区长兴人民医院，建于 2017 年，是一家集医疗、教学、科研、预防和康复功能为一体的二级综合性医院。医院占地面积 52 亩，建筑面积 40048m^2，编制床位 280 张，于 2020 年 12 月投入运营。

为了更好的满足医院医疗服务需要，新华医院长兴分院拟在院区 3 号楼 3 层新建一间 DSA 手术室，并配备一台数字减影血管造影装置（DSA），用于开展介入检查与诊疗手术。本项目符合《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。

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属“血管造影用X射线装置”，为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）和《<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。

上海艾维仕环境科技发展有限公司接受委托，针对新华医院长兴分院3号楼3层新建一间DSA手术室，并配备一台DSA项目开展环境影响评价工作。

2、 项目概况

本项目新增DSA基本参数见下表1-1，本项目工程组成见表1-2。

表1-1 本项目数字减影血管造影装置（DSA）基本情况

设备名称	型号	装置类型	数量（台）	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）
数字减影血管造影装置（DSA）	UNIQ-FD20（Philips）	II类	1	125	1000

表1-2 项目工程组成情况一览表

分类	项目	组成	备注
主体工程	DSA手术室	本项目DSA手术室有效面积60.48m²（8.4m*7.2m）位于新华医院长兴分院院区3号楼3层	依托主体结构新建用房
辅助工程	辅助用房	控制室有效面积16.80m²（3.5m*4.8m）、设备机房有效面积12.25m²（3.5m*3.5m）	依托主体结构新建用房
		麻醉/复苏间、仪器间、器械间、消毒间、污洗打包间等均依托医院现有相关设施。	依托
公用工程	给水	由城市供水管网提供，依托医院供水管网。	依托
	排水	医院实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网；医疗废水经医院污水处理站处理后排入市政污水管网。	依托
	供配电	由市政电网供电，依托医院供配电系统。	依托
	通风排气	采取自然进风、机械排风。机房内部新建一套排风系统，设置排风口。	新建
环保工程	废水	DSA运行过程中无废水产生。项目产生的废水主要为工作人员的生活污水，本项目放射工作人员均为医院现有人员，因此不新增生活污水。	依托

	固废	DSA开展介入手术过程中产生的医疗废物打包运至医院既有危废暂存间暂存，最终交由有资质单位处理。生活垃圾依托医院的生活垃圾收集系统收集，统一交由环卫部门处理。本项目不新增医院工作人员，不新增生活垃圾。	依托
	辐射防护	采用铅板、混凝土、硫酸钡水泥、铅玻璃等屏蔽材料进行防护。设置对讲装置、门灯联锁、电离辐射警示标志、工作状态指示灯、急停开关。	依托主体结构改造、新建

表1-3 项目主要设备一览表

序号	名称		数量	用途	位置	备注
1	DSA		1台	介入诊疗	DSA手术室内	DSA
2	电源柜		1套	DSA配电	设备机房	DSA配套设备
3	高压发生柜		1套	DSA高压装置	设备机房	
4	系统控制柜		1套	设备控制和数据传输	设备机房	
5	控制系统		1套	DSA操作	控制室	
6	中心供氧装置		1套	患者供氧	DSA手术室内	手术配套设备
7	除颤仪		1台	手术配套用		
8	高压注射器		1台	手术配套用		
9	吸痰器		1台	手术配套用		
10	电生理仪		1台	手术配套用		
11	中心负压吸引		1套	手术配套用		
12	防护用品和防护设施	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	若干	工作人员防护	工作人员穿戴	新购，0.5mmPb
13		铅防护眼镜	若干	工作人员防护	工作人员穿戴	新购，0.25mmPb
14		介入防护手套	若干	工作人员防护	工作人员穿戴	新购，0.025mmPb
15		铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏	1套	工作人员防护	DSA手术室	设备配置
16		移动铅防护屏风	1套	工作人员防护	DSA手术室	新购，不小于2mmPb
17		铅橡胶性腺防护方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	各1套	患者防护	患者穿戴	新购，0.5mmPb
18		个人剂量计	若干	工作人员个人剂量监测	工作人员佩戴	新购

3、 设备工作负荷及放射工作人员配备

根据医院提供的资料，医院使用 DSA 进行介入手术治疗的工作负荷约 500 台/年，

其中心脏介入手术约 300 台，神经介入手术约 100 台，综合介入手术（含各类血管类介入手术）约 100 台。

医院为 DSA 配备放射工作人员共计 21 名，均为医院现有工作人员。放射工作人员目前已经通过辐射防护安全知识和法律法规考核，并获得考核合格证。放射工作人员分组轮换开展介入手术，科室统筹安排手术量。

根据上海市崇明区疾病预防控制中心出具的个人剂量检验检测报告，本项目 DSA 配备的放射工作人员最近一年个人剂量检测结果如下表所示：

表 1-4 放射工作人员近一年个人剂量检测统计结果

序号	本项目放射工作人员	职务	年剂量（mSv/a）
1	王闵涛	放射技师	0.0624
2	赵鹏	放射医师	0.0762
3	李瑞金	放射医师	0.0911
4	宋楠	普外科医师	0.0043
5	刘铁辉	普外科医师	0.0170
6	吕长焕	心血管内科医师	0.0043
7	李祥富	神经外科医师	0.0043
8	李喆	骨科医师	0.0043
9	李玉成	骨科医师	0.0043
10	丁杰	骨科医师	0.0043
11	杜文化	骨科医师	0.0043
12	李江	骨科医师	0.0161
13	黄艺霞	护士	/
14	宋丽华	护士	/
15	顾帅博	护士	/
16	李晓春	护士	/
17	兰凯	护士	/
18	袭荣玉	护士	/
19	陈晨	护士	/
20	苏文莉	护士	/
21	陶思涵	护士	/

根据医院提供的放射工作人员个人剂量检测结果，近一年放射工作人员的最大个人受照剂量为 0.0911mSv，该剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的职业照射年剂量限值（20mSv/a）和本项目规定的职业照射剂量约束值（5mSv/a）。

4、 项目选址及周边概况

上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院位于上海市崇明区长兴镇丰福路 1008 号，东临丰福路，南临人工河和渔乐路；西临大华凤凰佳苑小区，北临长橘路。

项目地理位置及院区周边环境情况见附图 1 和附图 2。

本项目机房位于医院院区 3 号楼 3 层，机房东侧为 DSA 控制室和设备机房，北侧为手术室内洁净走廊，南侧和西侧为楼栋外墙。机房楼上为三层楼楼顶，楼下二层为办公室和会议室。

5、 现有核技术应用项目辐射安全许可情况

新华医院长兴分院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[65538]，见附件1），许可种类和范围为使用III类射线装置。

医院目前无许可放射源，无许可使用的非密封放射性物质，已获许可使用的射线装置见表1-5。

表1-5 已许可使用的射线装置

序号	装置名称	类别	装置数量（台）	使用情况
1	移动式C型臂X光机	III类	1	在用
2	移动DR	III类	1	在用
3	牙片机	III类	1	在用
4	体检DR	III类	1	在用
5	口腔全景机	III类	1	在用
6	骨密度仪	III类	1	在用
7	发热门诊CT	III类	1	在用
8	DR	III类	1	在用
9	CT	III类	1	在用

近几年履行环保审批手续情况见表1-6。

表1-6 近几年履行环保审批手续情况

序号	项目名称	主要建设内容	环保审批情况	环保验收情况
1	上海市崇明区长兴人民医院新建工程环境影响报告书	新建1幢地上5层地下一层的医疗综合楼、地下室，以及门卫、制氧站、垃圾房、废水处理站等配套设施。（非放射项目）	沪崇环保管[2017]241号	已完成
2	移动式C型臂X光机	门诊综合楼三楼5号手术室增加骨科用移动式C型臂X光机	备案号202231023000000171	无需
3	放射科移动DR配置	门诊综合楼负一楼放射科新增一台移动DR以备用	备案号202231023000000173	无需

4	体检中心DR配置	门诊综合楼二楼体检中心新增体检DR-数字化医用X射线摄影系统	备案号202131023000000019	无需
5	放射科骨密度仪配置	门诊综合楼负一楼放射科新增骨密度仪-X射线骨密度检测仪	备案号202031023000001157	无需
6	发热门诊CT配置	发热门诊大楼发热门诊新增CT-计算机X断层扫描装置	备案号202231023000000170	无需
7	放射科DR配置	门诊综合楼负一楼放射科新增DR-数字化医用X射线摄影系统	备案号202031023000001158	无需
8	放射科CT配置	门诊综合楼负一楼放射科新增CT-计算机X断层扫描装置	备案号202131023000000271	无需
9	口腔科牙片机配置	门诊综合楼三楼原口腔全景机机房改建为牙片机机房，新增X射线压片机	备案号202231023000000168	无需
10	放射科口腔全景机配置	门诊综合楼负一楼新建一间口腔全景机机房，新增口腔全景机-口腔颌面曲面体层X射线机	备案号202231023000000915	无需

6、 个人剂量监测和场所监测情况

（1）个人剂量监测

医院指定专人负责个人剂量监测管理工作，医院所有辐射工作人员的个人剂量监测工作已委托上海市崇明区疾病预防控制中心承担，监测频次为每两个月 1 次。医院已为辐射工作人员建立了个人剂量档案并终生保存。

根据医院提供的近一年的个人剂量监测结果，个人剂量监测结果未见异常。

医院今后将继续加强个人受照剂量的监管，如果某位职业人员的某两个月个人剂量监测结果高于年剂量约束值 1/6，将对其受照原因进行调查；如果某两个月监测结果高于剂量约束值，追查超标原因，将采取调离工作岗位或控制从事辐射工作时间等措施，保障辐射工作人员的健康。

（2）工作场所环境辐射水平监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部令第 18 号） 的要求，每年委托有资质单位对射线装置和非密封放射性物质工作场所进行 1 次工作场所环境辐射水平监测和工作场所表面污染水平监测，监测数据记录存档。

目前，由于医院的射线装置尚未投入使用，因此未对院区辐射工作场所进行场所放射防护检测。

7、 环保措施落实情况

新华医院长兴分院现有辐射项目应用场所均采取了有效的防护措施；医院按要求制定了辐射安全相关规章制度及应急预案；设置了辐射安全管理机构及管理人员，负责辐射安全与环境保护管理工作；为放射工作人员建立了个人剂量档案，定期组织健康体检；现有人员均具有相关培训证书；医院制定了设备运行维护制度，定期对机房及设备进行安全检查，确保联锁装置正常可用；工作场所配备了辐射剂量巡检仪、个人剂量报警仪等监测仪器；辐射场所明显位置张贴了电离辐射警告标志；射线装置均已完成辐射安全许可证登记；每年委托有资质单位对各辐射工作场所进行检测，并编制年度评估报告，上报发证机关。

8、 环境管理现状

新华医院长兴分院针对现有射线装置使用，设置了辐射安全管理小组，明确了放射防护管理人员的职责，制定了相关辐射安全管理制度，包括：放射科辐射安全管理制度、放射工作人员管理规章制度、安全防范管理制度、放射安全操作规章制度、机房规范操作制度等，并组织放射安全防护培训、放射防护器材及个人防护用品使用方法培训等。

新华医院长兴分院现有核与辐射应用项目运行至今，未发生过辐射安全事故。

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	加速离子	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	数字减影血管造影装置（DSA）	II类	1 台	UNIQ-FD20（Philips）	125	1000	介入检查与诊疗手术	3 号楼 3 层西南角	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m^3，年排放总量用 kg。

2.含有放射线的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3）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》，2015.01.01 施行； （2） 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003.10.01 施行； （3） 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018.12.29 修订并施行； （4） 《建设项目环境保护管理条例》，2017.07.16 修订，2017.10.01 起施行； （5） 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019.03.02 修订并施行； （6） 《上海市环境保护条例》，2016.10.01 施行，2018.12.20 修正； （7） 《关于发布<射线装置分类>的公告》，原环境保护部、国家卫计委公告 2017 年第 66 号，2017.12.05 施行； （8） 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原环境保护总局令第 31 号，2006.03.01 施行，2021.01.04 修正； （9） 《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，2011.05.01 施行； （10） 《上海市放射性污染防治若干规定》，2010.01.15 施行，2015.05.22 修正； （11） 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部部令第 16 号，2021.01.01 施行； （12） 《上海市不纳入建设项目环评分类管理的项目类型(2019 年版)》，沪环规[2019]3 号，2019.2.21； （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，2021.7.30； （14） 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019.11.01 施行； （15） 《建设项目竣工环保保护验收暂行办法》，国环规环评[2017]4 号，2017.11.20 施行； （16） 《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，2017.12.12。

技术标准	（1） 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （2） 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （3） 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （4） 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （5） 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （6） 《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》(DB31/T 462-2020)； （7） 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）； （8） 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （9） 《电离辐射所致皮肤计量估算方法》（GBZ/T244-2017）； （10） 《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）。
其他	（1） 环境影响评价咨询协议书； （2） 医院提供的与本项目相关建筑图纸、文件资料和技术资料等； （3） 《2020 年全国辐射环境质量报告》，生态环境部，2021.9； （4） 《医用诊断数字减影血管造影（DSA）系统 X 射线辐射源》（JJG1067-2011，国家质量监督检验检疫总局，2011.9.14）； （5） 《电离辐射防护与辐射源安全基本安全标准》（简称国际基本安全标准，即 Radiation protection and safety of radiation sources：international basic safety standards (IBSS) [M]，2014）。 （6） NCRP 147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》； （7） ICRP 33 号报告《Protection against lonizing radiation from external sources used in medicine》。

表 7 保护目标与评级依据

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”。

本项目主要就射线装置运行过程中对周围环境以及工作人员、公众等产生的辐射影响进行分析，取DSA手术室及周围50m作为评价范围。

本项目50m评价范围全部位于医院院区，主要为3#医技楼、2#住院楼和1#门诊楼，少部分为绿化和内部道路，详见附图2。垂直方向上评价主要关注与DSA手术室相邻的上层楼楼顶和下层（2F）项目用房对应区域。

保护目标

本项目的辐射环境影响范围主要为DSA手术室周围，主要敏感目标为操作和使用DSA的放射工作人员及机房周围区域活动的一般医护人员和公众。

项目评价范围（50m）内的保护目标情况参见表7-1。

表7-1 本项目保护目标情况

区域名称		方位	距离（m）	环境特征及受影响人群	人数（人）
DSA 手术室		/	/	放射工作人员（含医生、护士）	8
控制室、设备机房		/	/	放射工作人员（含技师）	2
手术中心	库房（麻醉品库、无菌品库、一次性品库等、不间断电源间）	东侧	5.1~12.5	护士	2
	值班室、护士站	东侧	12.5~25.5	一般医护人员	2
	洁净走廊	北侧	0~2.6	一般医护人员	2
	其他手术室	北侧	2.6~33	一般医护人员	12
	ICU 病区	北侧	35~50	住院病人、一般医护人员	10
	库房（器械库、消毒间、一次性品库、仪器间）	东北侧	4.5~17	一般医护人员	2
	麻醉/复苏室	东北侧	12~20	一般医护人员、病人	2
	谈话间、家属等候区	东北侧	17~24	一般医护人员、公众	5
	电梯间	东北侧	20~27	一般医护人员、公众	5
其他区域	1#门诊楼 3 楼（妇产科）	东侧	33~50	一般医护人员、公众	20
	2#住院楼 3 楼（骨科病区）	南侧	12~50	住院病人、一般医护人员、公众	40
	2#住院楼 3 楼（外科病区）	东南侧	35~50		12

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》（GB18871-2002）的规定，本项目放射工作人员和公众（包括本项目的非放射工作人员）的剂量限值见表7-2。

表7-2 放射工作人员和公众的个人剂量限值

职业照射	公众照射
连续五年平均有效剂量20mSv，且任何一年有效剂量50mSv	年有效剂量1mSv；但连续五年平均值不超过1mSv时，某一单一年可为5mSv
眼晶体的当量剂量150mSv/a 四肢（手和足）或皮肤的当量剂量500mSv/a	眼晶体的当量剂量15mSv/a 皮肤的当量剂量50mSv/a

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）还规定了年剂量约束值，按辐射防护最优化原则设计的年剂量控制值应小于或等于该剂量约束值。本项目职业照射剂量约束值执行5mSv/a，公众为0.1mSv/a。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本安全标准》（IBSS），防止眼晶体发生确定性效应的新剂量限值为连续5年平均不超过20mSv，且任何单一年内当量剂量50mSv。因此，本项目眼晶体照射剂量约束值执行20mSv/a。

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）的相关规定，划定辐射控制区和辐射监督区，见附图5。

辐射控制区和辐射监督区以外区域对人员活动不限制。

3、剂量率控制水平

（1）根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的规定，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：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；当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于0.25mSv。

（2）根据《医用X射线诊断机房卫生防护和检测评价规范》（DB31/T462-2020）规定，机房屏蔽防护的控制目标，机房的屏蔽防护应同时符合下列要求：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，测量时，X射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。

综合上述标准的规定，为了加强辐射安全管理工作，尽量减少场所周围公众人员的受照剂量，DSA室的屏蔽防护措施须确保DSA在透视模式下，周边墙（含楼上和楼下）、防护门和观察窗外0.3m处周围剂量当量率均小于2.5μSv/h，具有短时、高剂量率曝光的摄影程序机房外的周围剂量当量率应不大于25μSv/h。

《医用X射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）表B.1中射线透视设备通用检测项目与技术要求中提到“透视防护区检测平面上周围剂量当量率要求，直接荧光屏透视设备（立位）≤50.0μSv/h，直接荧光屏透视设备（卧位）≤150.0μSv/h，非直接荧光屏透视设备≤400μSv/h。”对于本项目机房内介入医生和护士透视工况下的附加剂量率保守按照400μSv/h进行估算。

4、X射线设备机房的空间要求

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第6.1.5条的要求，本项目DSA手术室最小有效使用面积、最小单边长度应满足表7-3的要求。

表7-3 X射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	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型臂，乳腺CBCT）	20	3.5

备注：1、单管头、双管头或多管头X 射线设备的每个管球各安装在1个房间内；2、机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积；3、机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

5、X射线设备机房的屏蔽防护要求

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第6.2.1条的要求，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）机房的屏蔽防护应不低于表7-4的规定。本项目DSA属于单管头C型臂，按单管头X射线设备执行。

表7-4 不同类型X射线机房的屏蔽防护要求

机房类型	有用线束方向铅当量（mm）	非有用线束方向铅当量（mm）
DSA手术室	2.0	2.0

机房的门和窗关闭时也应满足表7-5的要求。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第6.4条“X射线设备工作场所防护”要求如下：

表7-5 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。
6.4.7	受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

表 8 环境质量和辐射现状

为了了解项目场址的环境现状，本次评价委托中辐评检测认证有限公司（CMA资质：160912341376）对项目所在地的辐射环境本底值进行监测。

1、监测点位

本项目位于新华医院长兴分院 3 号楼西南角。

本项目根据保护目标的分布及评价范围来选取环境 γ 辐射现状检测点，原则上取项目评价范围内及楼上楼下层，有保护目标分布场所的里面或者边界布设点位。

根据布点原则，本次共布设9个检测点位，各监测点具体情况见表8-1，监测点位示意图见图8-1和图8-2。

表8-1 监测点位汇总表

监测点位编号	检测位置
1#	DSA 手术室所在位置
2#	DSA 手术室位置东侧（控制室）
3#	DSA 手术室位置北侧（走廊）
4#	DSA 手术室位置下方（二层会议室）
5#	DSA 手术室位置上方（三楼楼顶夹层）
6#	三楼手术室门口（靠近上下电梯）
7#	DSA 手术室位置南侧（室外）
8#	DSA 手术室位置西侧（室外）
9#	宿舍楼前（空白对照点）

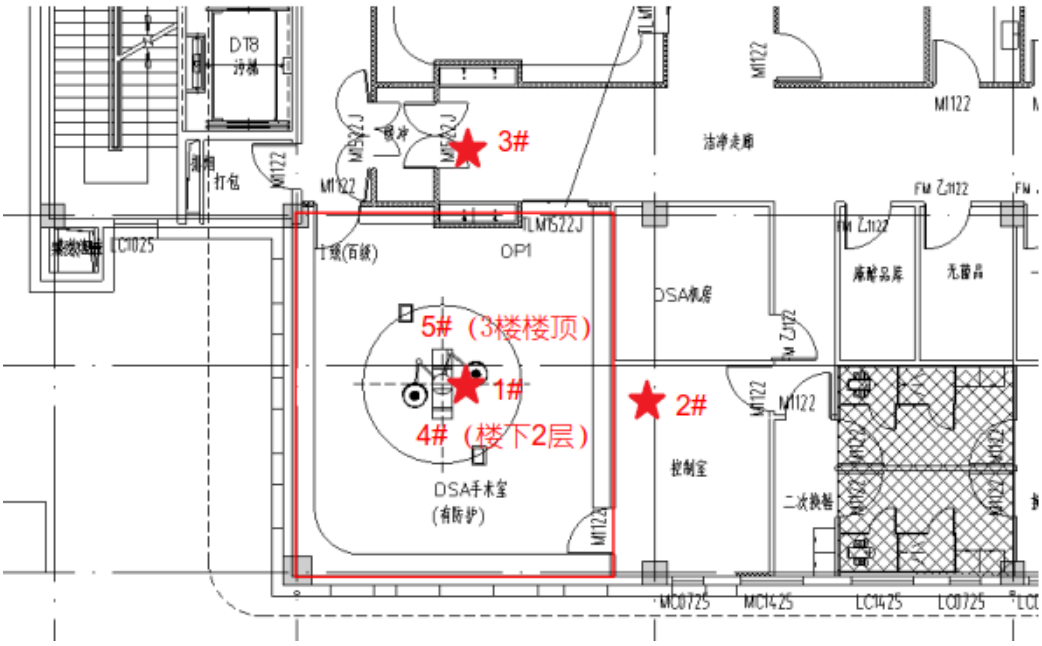


图8-1 监测点位示意图（一）

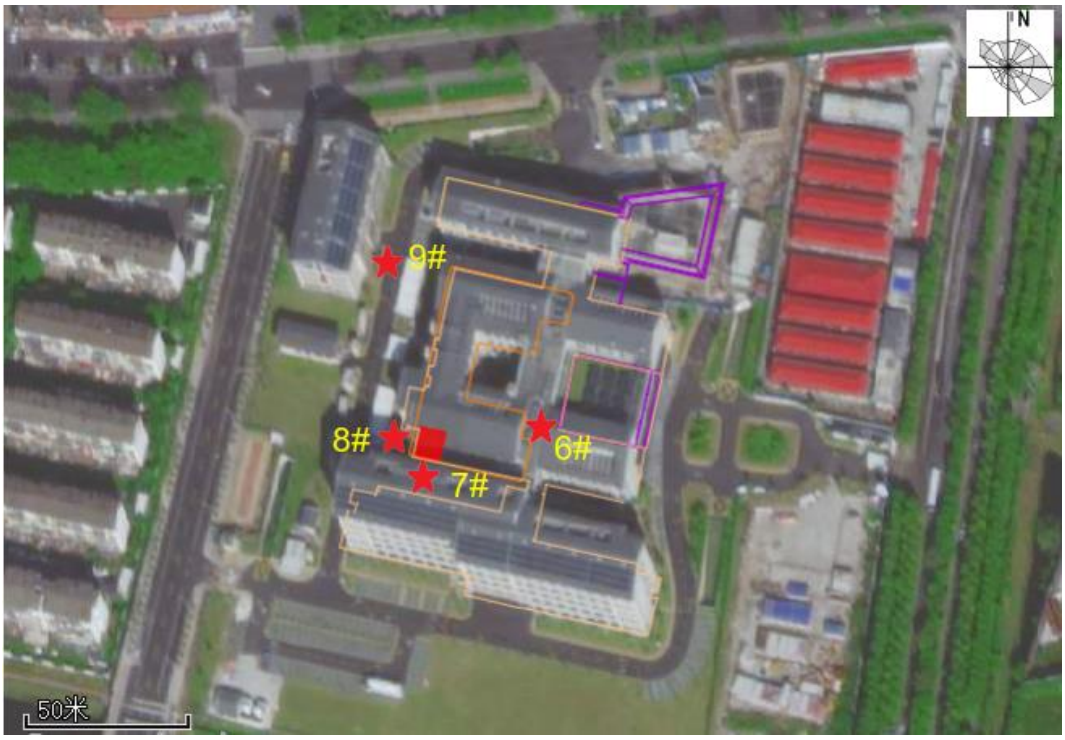


图8-2 监测点位示意图（二）

2、监测基本情况

本项目监测仪器、监测因子等基本情况见表8-2。

表8-2 监测仪器、监测因子等基本情况一览表

监测单位	中辐评检测认证有限公司（CMA 资质：160912341376）
报告编号	2022ZFP08005FH01
检测时间	2021 年 08 月 02 日
检测依据	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）
监测因子	γ 辐射空气吸收剂量率
监测环境	监测期间，无其他辐射装置处于开机状态
检测仪器	6150AD-b/H 便携式 X、γ 辐射周围剂量当量率仪（仪器量程：50nSv/h-99.9μSv/h，校准因子：0.91，检定日期：2022.01.29）

3、质量保证措施

承担本项目环境辐射现状检测的检测机构具备检验检测机构资质认定证书，认证项目γ辐射剂量率，依据的标准为《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）。检测人员具备从事环境辐射监测的工作经验，充分了解环境γ辐射的特点，掌握辐射检测技术和技术标准，具备对检测结果做出正确判断的能力，熟悉检验检测质量管理程序。

实施检测前，确认使用仪器的检测因子、测量范围和能量相应等参数均满足检测要

求，核实检测现场的操作环境均满足所使用仪器的操作环境要求。提前开启检测仪器预热至少1分钟，并确认仪器的电量充足后，再进行检测。所有检测点位，读数稳定后，连续读取10个值，并经校正后求出平均值和标准偏差。除此之外还应做好以下质量保证措施：

①测量人员经环境γ辐射剂量率测量相关专业培训并考核合格；环境γ辐射剂量率测量仪器定期检定/校准，定期参加环境γ辐射剂量率测量比对；

②对使用频率高、具有检测源的仪器，工作期间每天都应用检验源对仪器的工作状态进行检验；

③更新仪器和方法时，在典型的和极端的辐射场条件下与原仪器和方法的测量结果进行对照，以保持数据的前后一致性；

④每年至少1次用检验源（Cs-137 或Co-60）校准环境γ辐射剂量率测量仪器；

⑤环境γ辐射剂量率测量应选用相对固有误差小的仪器，测量结果不确定度评定计入仪器读数的不确定度和仪器检定/校准因子的不确定度；

⑥质量保证活动按要求做好记录，并确保记录信息的完整性、充分性和可追溯性。

4、监测结果及分析

本项目所在地的辐射环境本底值监测结果见表8-3。

表8-3 本项目所在地辐射本底值监测结果

监测点编号	监测点位置	环境γ辐射剂量率（nGy/h）		
		最低值	最高值	平均值
1#	DSA 手术室所在位置	91.76	100.10	96.01
2#	DSA 手术室位置东侧（控制室）	93.28	97.83	95.93
3#	DSA 手术室位置北侧（走廊）	89.48	102.38	96.61
4#	DSA 手术室位置下方（二层会议室）	87.97	97.83	93.43
5#	DSA 手术室位置上方（三楼楼顶）	93.28	97.83	95.25
6#	三楼手术室门口（靠近上下电梯）	90.24	97.83	94.34
7#	DSA 手术室位置南侧（室外）	91.76	97.83	95.63
8#	DSA 手术室位置西侧（室外）	94.03	100.10	96.99
9#	宿舍楼前（空白对照点）	82.66	91.76	87.89

由上表可知，本项目所在场址及周边区域环境γ辐射剂量率的监测值在82.66~100.10nGy/h之间（未扣除宇宙射线）。与《2020年全国辐射环境质量报告》（中华人民共和国生态环境部，2021.9）中上海市环境γ空气吸收剂量率年均值范围

73.1~94.8nGy/h（未扣除宇宙射线）相比较，差异不大，项目周围环境的辐射环境质量现状无异常。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、设备工作原理及组成

血管造影机为采用X射线进行成像的技术设备，主要由X射线管、高压电源和数字平板探测器等组成，X射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。其利用人体不同的组织或者组织与造影剂密度的差别，对X射线吸收能力不同的特点，透射人体的X线使数字平板探测器显影，来间接观察内脏形态的变化、器官活动情况等。

数字减影血管造影（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、图像处理技术多种科技手段于一体的系统。主要采用时间减影法，即将造影剂未达到欲检部位前摄取的蒙片与造影剂注入后摄取的造影片在计算机中进行数字相减处理，仅显示有造影剂充盈的结构，具有高精密度和灵敏度。通过DSA处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

DSA主要组成部分包括：C型臂机架、专业手术床、高压发生器、X射线管、数字化探测器、满足数字化平板采集特点的数字图像处理系统、存储系统、控制操作系统、防护设备、连接电缆以及附属设备。

DSA可开展的介入手术类型包括心血管介入、外周血管类和脑神经类等。

图 9-1 数字血管造影机（DSA）典型设备示意图

2、操作流程

DSA主要操作流程为：在DSA引导下进行一系列的介入检查与诊疗手术。在手术过程中，介入手术医生在床旁并在X射线导视下进行操作。

手术时，患者躺在床上进行无菌消毒，局部或全身麻醉后，经动脉（或者静脉）进行各个系统的血管内手术，甚至包括非血管手术，以血管内手术为主。手术完成后，拔出血管内器械，封闭伤口包扎，患者回到病房。

具体工作流程及产污环节如图9-2所示：

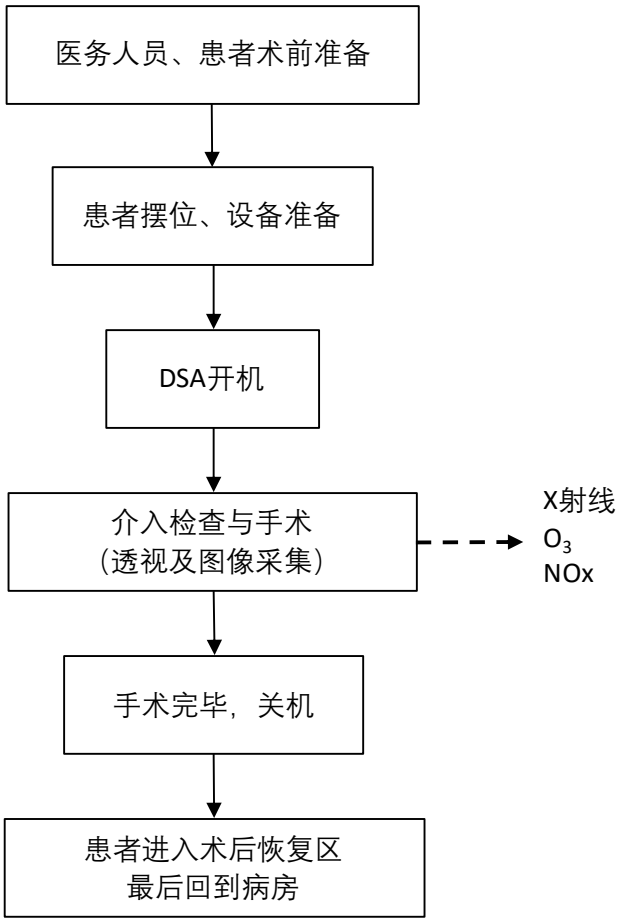


图9-2 数字血管造影机（DSA）工作流程及产污环节

DSA在进行X射线曝光时分为两种情况：

第一种情况，造影，即采集。采集包括透视和摄影两种模式，根据手术方案，采集次数不同。一般情况下，透视模式下是医生在手术室内由手术医生直接采集，医生与患者直接交流。在摄影模式下则可能①操作人员采取隔室操作的方式，即医生接好高压注

射器离开手术室，DSA技师在控制室内对患者注射造影剂并进行曝光，医生通过铅玻璃观察窗和监视器观察介入手术室内患者情况，并通过对讲系统与患者交流，或者②同室近台操作，即手术医生在DSA手术室内，通过脚踩手术床旁设置的脚踏控制器来控制DSA曝光的情况。无论哪种工作模式，医生在使用DSA进行手术时必须身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜等个人防护用品。

第二种情况，透视（手术）。患者需进行介入手术治疗时，为更清楚的了解患者情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时介入手术医生位于铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏等辅助防护设施后身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等个人防护用品在介入手术室内对患者进行直接的介入手术操作。

污染源项描述

1、污染因子

（1）放射性污染因子

DSA运行过程中污染物主要为X射线，X射线随机器的开、关而产生和消失，即仅在DSA开机并处于出束状态时才会发出X射线。根据X射线装置的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生X射线，其最大能量为电子束的最大能量。

DSA运行过程不产生放射性废水、废气和放射性固体废物。

（2）非放射性污染因子

DSA运行时，因X射线对空气的电离产生微量非放射性的O_3和NOx。由上述分析可知，DSA在运行过程中污染因子主要为X射线，以及少量的NOx和O_3，其中以X射线为评价重点。

2、工作负荷

根据医院提供的资料，本项目DSA将由医院多个科室使用，包括心内科、神经外科和血管外科，其中心内科开展心脏介入手术，神经外科开展神经介入手术，血管外科开展综合介入手术。

开展介入手术的工作负荷见表9-1。

表 9-1 本项目 DSA 工作负荷表

手术类别		工作人员及数量	年开展工作量（台）	单台手术透视平均曝光时间（min）	年透视曝光时间（h/a）
透视（手术和采集）	心脏介入	6	300	约10	约50.0
	神经介入	2	100	约20	约33.3
	综合介入	2	100	约10	约16.7
	小计	/	/	/	100

手术类别		年开展工作量（台/年）	单次采集时间（S）	单台手术采集次数（次）	单台手术最大采集时间（min）	年采集时间（h/a）
造影（采集）	心脏介入	300	3~4	6~10	约0.67	约3.35
	神经介入	100	6~10	4~10	约1.67	约2.78
	综合介入	100	3~8	7~15	约2.00	约3.33
	小计	/	/	/	/	约9.5
合计		/	/	/	/	109.5

备注：采集包括透视和造影两种模式，一般情况下，透视模式下是医生在手术室内由手术医生直接采集。

由上表可知，本项目DSA年透视曝光时间约100h，造影采集摄影时间约9.5h，DSA总年有效开机时间约109.5h。

3、污染源项描述

（1）电离辐射

本项目与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为DSA的X射线球管出束照射患者期间，产生的X射线能量在零和曝光电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与X射线管的管电压和出口滤过有关。

辐射场中的X射线包括有用线束、漏射线和散射线。

◆ 有用线束

直接由X射线球管产生的电子通过打靶获得X射线并通过辐射窗口用来照射人体，形成诊断影像的射线。其射线能量、强度与X射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数，加在X射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。由于本项目X射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

DSA具有自动照射量控制调节功能（AEC），采集时，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，照射量减小；如果受检者体型较胖，功率自动增强，照射量率增大。为防止

X射线球管烧毁并延长其使用寿命，在实际使用时，管电压和管电流通常留有约30%的裕量。

根据医院提供资料及多家医院DSA的设备工作条件发现：①在极端情况下，DSA 透视工况运行管电压为最大管电压，即125kV，电流自动跟随电压，电流不大于110mA；在极端情况下，DSA采集工况运行管电压也为最大管电压，即125kV，电流自动跟随电压，电流不大于500mA。②常用透视工况为60～100kV/5～20mA，采集工况为60～100kV/300～500mA。

根据《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》，为了满足使用和防护方面的某些要求，引出的X射线束一般都要用适当的过滤板加以过滤。对医用X射线机来说，为了减少低能光子对皮肤的照射，机头窗口处安装有符合要求的永久性过滤片。

◆ 漏射线

由X射线管发射的透过X射线管组装体的射线。根据NCRP147号报告第138页C.2可知，DSA的漏射线剂量率很小，泄漏辐射距焦点1m处，在任一100cm^{2}区域内的平均空气比释动能不超过1mGy/h。

◆ 散射线

由有用线束及漏射线在各种散射体（限束装置、受检者、射线接收装置及检查床、墙壁等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与X射线能量、X射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离等有关。

（2）“三废”排放情况

①废气

X射线对空气的电离产生微量非放射性的O_3和NOx，影响室内空气质量。

②固废

介入手术产生废一次性医疗用品、器械等主要为感染性和损伤性废物，属于《国家危险废物名录》中HW01 医疗废物。医院在介入手术室内设置污物处理间（13.68m^2）收集产生的感染性和损伤性废物，并粘贴标识。手术过程中产生废物暂存在污物暂存间，每日及时将污物暂存间的废物经污物通道运至医院医疗废物暂存间暂存，再统一交有资质单位处理。根据本项目DSA手术量，预计本项目产生医疗废物为2kg/d（即0.73t/a）。

DSA在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无废片产生。项目产生生活垃圾依托

院内生活垃圾暂存间暂存交环卫部门处理。项目配置多套铅橡胶衣、帽子等含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，交由出售方回收处置。

③废水

本项目产生的少量医疗废水进入医院污水处理站处理，达标后排入市政管网。

（3）污染因子统计

表 9-2 污染因子一览表

工作场所	影响因素	主要污染因子	产排量
本项目DSA手术室及配套用房	电离辐射	X射线	辐射场中的X射线包括有用线束、漏射线和散射线。
	废气	O_3、NOx	少量（机械排风）
	固废	医疗废物	产生医疗废物为2kg/d（即0.73t/a），手术结束后整理打包，及时运至医疗废物暂存间暂存，交有资质单位处置）
		生活垃圾	少量（交环卫部门处置）
		废铅防护用品	少量（由医院收集、暂存后妥善处置，并做好相应记录）
	废水	医疗废水	少量（排入医院污水处理站处理）

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 DSA 位于医院院区 3 号楼 3 层，本项目 DSA 手术室布置情况见附图 3。装置所在区域周边情况如表 10-1 所示。

表 10-1 DSA 手术室周围的环境情况

装置名称	机房位置	周围环境	
数字减影血管造影装置（DSA）	院区 3 号楼 3 层	东	DSA 控制室、设备机房
		南	楼栋外墙
		西	楼栋外墙
		北	手术室内洁净走廊
		上	三层楼顶夹层
		下	二楼办公室和会议室

本项目 DSA 手术室面积 60.5m^2，机房长 8.4m，宽 7.2m，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 2 中单管头 X 射线设备机房最小有效使用面积 20m^2，最小单边长度 3.5m 的要求。

本项目所在区域为手术区，分区合理，利于管理；同时，机房周围除医务人员及患者和家属之外，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）控制区和监督区的定义，划定控制区和监督区：

控制区：需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域，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。

本项目控制区和监督区分区情况见表 10-2。

表 10-2 控制区、监督区划分表

分区类型	划分区域	管理要求
控制区范围	DSA 手术室	DSA 透视时，除患者及负责介入手术的医生及协助护士外，不允许其他无关人员进入及停留；在摄影过程中，一般情况下除患者外，不允许其他无关人员进入及停留，特殊情况下，有手术医生在内。
监督区范围	控制室、设备机房	仅允许放射工作人员进入。

备注：机房东侧的设备机房放置电源柜、高压发生柜和系统控制柜等 DSA 配套设备。

2、实体屏蔽措施

本项目 DSA 手术室具体屏蔽防护参数详见表 10-3。

表 10-3 机房屏蔽材料及厚度情况一览表

方位	环境描述	屏蔽材料及厚度
东侧	控制室门	1.2mm 钢板+2mm 铅板+1.2mm 钢板
	观察窗	2mm 铅玻璃
	设备机房	4mm 铅板
南侧	3#楼外墙	4mm 铅板
西侧	3#楼外墙	4mm 铅板
北侧	洁净走廊	4mm 铅板
	防护门	1.2mm 钢板+2mm 铅板+1.2mm 钢板
	观察窗	2mm 铅玻璃
顶棚	三层楼顶夹层	120mm 混凝土+4mm 铅板
地板	二层会议室	120mm 混凝土+30mm 钡水泥

备注：混凝土密度为2.35g/cm^3；铅的密度为11.3g/cm^3；钡水泥为4份硫酸钡+1份水泥，密度为4g/cm^3。

由表 10-3 可知，本项目 DSA 手术室屏蔽措施满足第 5.3a 条款不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 3 中“介入 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。

3、人员防护

开展 X 射线诊断工作过程中，处于手术区内的放射工作人员穿戴铅防护服等，配备 1 台便携式 X、γ 辐射剂量监测仪及 1 台剂量监测报警仪，定期监控机房周围的剂量率及剂量变化情况；为每名放射工作人员配备个人剂量计，个人剂量计编号并定期送检，建立个人剂量健康档案。

4、其他辐射安全措施

（1）设备固有措施

本项目 DSA 装置自身采取了多种固有安全防护措施：

①本项目 DSA 可调限束装置，使装置发射的线束照射面积尽量减小，以减少泄漏辐射。透视曝光开关为常断式开关，并配备透视限时装置。DSA 具备工作人员在不变换操作位置情况下成功切换透视和采集功能的控制键。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头窗口处设置 0.2、0.5 和 1.0mm 铜当量滤片，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。

③采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视，改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

④采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结，充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

⑤配备辅助防护设施：含铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏。

⑥应急开关：DSA 及控制台上设置急停开关，按下急停按钮，DSA 立即停止出束。

（2）机房门设置

本项目 DSA 手术室设 3 个门，分别为患者出入口防护门、工作人员防护门和控制室防护门，均为铅防护门。其中，在 DSA 手术室的患者出入口防护门、工作人员防护门外表面各设置 1 个“当心电离辐射”警告标志；在患者出入口防护门上方设置工作状态指示灯、闭门时显示“手术中，射线有害、灯亮误入”警示语句；患者防护门闭门方向门框上方设置触碰式门灯联锁装置，门开灯灭、门关灯亮；患者防护门和工作人员防护门拟设置电动推拉门，设有自动门锁和防夹装置。

（3）通风

DSA 手术室采用自然进风，机械排风系统。本项目机房内设置两个排风口，布置在 DSA 手术室室内天棚吊顶面，排风经中效过滤器过滤后排至室外。

（4）管线进出口防护

穿墙线管：机房内穿越防护墙的电缆导线、导管等均采用“U”型，管线进出口设置在底部并敷设钡水泥，不影响墙体的屏蔽防护效果。

穿墙风管：本项目通风管道采用“S”型穿墙，穿墙口距离地面约 3.5m，穿墙处位于北侧墙体，拟采用铅皮屏蔽防护包裹补偿墙体的屏蔽能力，保证机房的屏蔽能力。

（5）联锁系统

DSA 手术室的出入口防护铅门均设置有门灯联锁系统，即在开机时，门上方设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮，警示无关人员远离机房区域。

（6）警示标识

DSA 手术室各防护门外均拟设置电离辐射警告标志，并在墙上张贴放射防护注意事项。

（7）辐射防护用品

本项目拟新增一批个人防护用品供工作人员、儿童、患者和受检者使用，具体个人防护用品和辅助防护设施配备情况见表 10-4 所示。

表 10-4 个人防护用品和辅助防护设施配置情况及相应标准要求

机房名称	使用对象	拟配备的防护用品（mmPb）	GBZ 130-2020 标准要求（mmPb）	评价
DSA 室	成人受检者	铅橡胶性腺防护方巾 1 件(0.5)、铅橡胶颈套 1 件（0.5）、铅橡胶帽子 1 件（0.5）	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾（≥0.5）、铅橡胶颈套（≥0.5）、选配：铅橡胶帽子（≥0.25）	符合要求
	工作人员个人防护	铅橡胶围裙（0.5）、铅橡胶颈套（0.5）、铅橡胶帽子（0.5）、铅防护眼镜（0.25）、介入防护手套（0.025）各 3 件	铅橡胶围裙（≥0.5）、铅橡胶颈套（≥0.25）、铅防护眼镜（≥0.25）、介入防护手套（≥0.025）	符合要求
	辅助防护设施	铅悬挂帘 1 件（0.5）、移动铅防护屏风 1 件（2）	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘（≥0.25）、床侧防护帘/床侧防护屏（≥0.25）、选配：铅橡胶帽子（≥0.25）、移动铅防护屏风（≥2）	符合要求

（8）其他

合理布置机房内急救及手术用辅助设备，机房内安装对讲装置。

5、工作场所辐射安全与防护设施管理

本项目拟设置的辐射安全防护设施和辐射安全管理制度与《中国核与辐射安全管理体系现场监督检查和执法程序》（2020 年版）中“数字减影血管造影 X 射线装置（DSA）监督检查技术程序”（程序编号为：NNSA/HQ3-08-JD-IP-035）的对比结果如下：

表 10-5 血管造影 X 射线装置辐射安全防护设施设计要求

序号	项目	检查内容	设计建造	备注

1*	DSA场所设施	单独机房	√	DSA 室均为独立房间
2*		操作部位局部屏蔽防护措施	√	DSA手术床均设有床侧防护帘、床侧防护屏、铅悬挂防护屏、铅防护吊帘等
3*		医护人员的个人防护	√	配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶帽子及铅手套
4*		患者防护	√	配备铅橡胶性腺防护围裙或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子
5*		机房门窗防护	√	各防护门、各观察窗均≥2mmPb
6*		闭门装置	√	设有自动闭门装置
7*		入口处电离辐射警告标志	√	各个防护门外侧
8*		入口处机器工作状态显示	√	各机房防护门上方拟设置
9*	其他	监测仪器	√	配备 1 台便携式剂量率仪
10*		个人剂量计	√	按要求每人配备

注：加*的项目是重点项，合格的划√，不合格划×，不适用或无法验证划/。不能详尽的在备注中说明。

综上，项目辐射分区、屏蔽和安全设施可以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》(DB31/T 462-2020)等标准的要求。

三废的治理

本项目DSA正常运行期间无放射性废气、废液及固体废物产生。

DSA手术室内X射线与空气作用产生极少量臭氧、氮氧化物等气体，机房将通过通风系统对房间进行换气，满足DSA手术室换气要求。

DSA采用数字成像显影，不会有废显、定影液及废胶片等感光材料危险废物（HW16）产生。

DSA介入手术过程中产生的固废主要为手术纱布、介入导管和导丝以及介入针头等医疗废物，属于危险废物中的医疗废物（HW01）。根据DSA手术量，预计本项目每日产生医疗废物2kg（即0.73t/a）。

医疗废物与医院其他医疗废物一并委托危废资质单位安全处置。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目工程量小，且均在建筑物内施工，对外环境及保护目标的影响较小。

本项目施工活动对环境的影响主要是防护改造、DSA 安装过程中产生的噪声、粉尘以及振动等。在施工和 DSA 安装过程中，采取一些降噪、防尘措施，如在施工现场设置围挡，合理安排施工时间，对振动较大的施工尽量安排在下班或节假日进行，可以有效降低施工活动中的环境影响。

运行阶段对环境的影响

1、屏蔽体铅当量核算

（1）核算公式

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）6.2.2 可知，DSA 手术室的屏蔽防护应不低于 2.0mmPb，对给定的铅厚度的屏蔽透射因子选取附录 C 中公式进行核算。

$$\mathrm{B}=\left[\left(1+\frac{\beta}{\alpha}\right)e^{\alpha\gamma X}-\frac{\beta}{\alpha}\right]^{-\frac{1}{\gamma}} \qquad \text{公式（}11-1\text{）}$$

式中：

B——给定铅的屏蔽透射因子；

α、β、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。

在相同透射因子 B 的情况下，其相当于其他屏蔽材质的厚度核算按以下公式核算：

$$X_1=\frac{1}{\alpha\gamma}\ln\left(\frac{B^{-\gamma}+\frac{\beta}{\alpha}}{1+\frac{\beta}{\alpha}}\right) \qquad \text{公式（}11-2\text{）}$$

式中：

X_1——不同屏蔽物质的铅当量厚度，其余同上。

（2）相关参数

本项目 DSA 手术室使用的屏蔽材料除铅以外，还涉及顶棚（有用线束投射方向）的混凝土、机房四周和地板（非有用线束投射方向）的电解钢板、硫酸钡水泥，以及铅玻璃。本项目按常用工作最大管电压 100kV 核算 DSA 手术室各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中表 C.2 给出的相关拟合参数，对屏蔽体进行核算。预测参数见表 11-1。

表 11-1 铅、混凝土对 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

管电压	屏蔽材料	密度（g/cm³）	拟合参数		
			α	β	γ
100kV（主束）	铅	11.3	2.500	15.28	0.7557
	混凝土	2.35	0.03925	0.08567	0.4273
	铁	7.4	0.3415	2.420	0.7645

因未给出管电压为 100kV 的 90°非有用线束条件下的硫酸钡拟合参数，故本次核算先将硫酸钡水泥厚度折算为混凝土厚度后再核算铅当量。根据方杰主编的《辐射防护导论》（[M]北京：原子能出版社，1991）中 P88 公式（3.35），硫酸钡和混凝土的相当厚度可用密度进行换算，硫酸钡水泥密度为 4g/cm³，具体公式如下：

$$\frac{d_1}{d_2}=\frac{\rho_2}{\rho_1} \qquad \text{公式（11 − 3）}$$

式中：

d_1、d_2—屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度；

ρ_1、ρ_2—屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的密度。

（3）核算结果

根据医院提供的屏蔽防护方案及设备额定参数，DSA 手术室屏蔽体的铅当量核算结果见表 11-2。

表 11-2 DSA 手术室屏蔽厚度与 GBZ130-2020 要求对比表

机房名称	屏蔽防护体	屏蔽防护设计	折合铅当量	标准要求	评价结果
DSA 手术室	四周墙体	4mm 铅板	4mmPb	2mmPb	满足
	顶棚[有用线束]	120mm混凝土+4mm铅板	5.85mmPb	2mmPb	满足
	地板	120mm混凝土+30mm硫酸钡	2.63mmPb	2mmPb	满足
	铅门	1.2mm 钢板+2mm 铅板+1.2mm 钢板	2.36mmPb	2mmPb	满足
	铅窗	2mmPb 铅当量	2mmPb	2mmPb	满足

备注：1、顶棚为有用线束方向，四周墙体、防护门、观察窗为非有用线束。2、电解钢板按铁折合铅当量；钡水泥先折算为混凝土厚度后再核算铅当量。3、100kV（主束）时，120mm 混凝土折合铅当量 1.85mm；1.2mm 电解钢板按铁折合铅当量 0.18mm；65mm 硫酸钡水泥可换算为 51.06mm 混凝土，折合铅当量 0.78mm。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）6.2.1 可知，标准中规定了 X 射

线装置机房的屏蔽防护应不低于标准中表 3 的要求，即本项目 DSA 手术室屏蔽能力不得低于 2mmPb 当量。根据上表核算和对比分析，本项目机房墙体的屏蔽能力均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

2、DSA 手术室屏蔽体外剂量率核算

（1）核算公式

DSA 设备的辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线。本项目 DSA 辐射影响构成情况见表 11-3。

表 11-3 本项目 DSA 设备有用线束及非有用线束的辐射影响构成情况

类别	操作模式	正常运行时最大工况	射线种类	辐射影响对象
有用线束	透视模式	100kV/20mA	主射线	机房顶部外公众
	采集模式	100kV/500mA	主射线	机房顶部外公众
非有用线束	透视模式	100kV/20mA	散射线、泄露射线	机房外公众、控制室操作人员
	采集模式	100kV/500mA	散射线、泄露射线	机房外公众、控制室操作人员

◆ **主射线**

根据 1968 年出版的 NCRP 33 号报告《能量在 l0MeV 以下医用 X 射线和 γ 射线的防护——设备的设计和使用》中 3.1 章节“荧光检查装置的设计要求”下 3.1.1(d)介绍可知：当设备正常使用时，有用线束的整个横截面应该被一个永久安装在设备上的基本保护屏障减弱，如果屏障被去除照射将自动停止。

另根据 2004 年出版的 NCRP 147 号报告《针对医用 X 射线影像设备的结构防护设计》中 4.1.6（P42-P44）指出，因（FDA，2003c）规定在血管造影术中将使用图像增强器，可阻挡主射线。事实上，初级辐射的强度会大幅度地被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱。保守起见，本项目仅考虑屏蔽体防护效果。

$$H_{pr} = \frac{H_0}{R^2} B \qquad \text{公式（11 − 4）}$$

式中：

H_{pr}——预测点处的主射线辐射剂量率，μSv/h；

H_0——距 X 射线装置靶点 1m 处的 X 射线剂量率，μSv/h；

B——屏蔽透射因子；

R——X 射线管距离关注点距离，m。

◆ **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：

$$H_1 = \frac{H_L}{R^2}B \qquad 公式（11-5）$$

式中：

H_1——关注点的泄漏辐射剂量率，μSv/h；

H_L——距 X 射线装置靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率，μSv/h；

R——X 射线管靶点到关注点的距离，m；

B——屏蔽透射因子，根据公式（11-1）按照管电压 100kV 计算。

◆ **散射辐射**

本项目关注点的散射辐射剂量率 H（μSv/h）根据李德平、潘自强主编的《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》（[M]北京：原子能出版社，1987），并结合方杰主编的《辐射防护导论》（[M]北京：原子能出版社，1991）中散射线的屏蔽计算公式（3.66），按最不利情况考虑居留因子取 1，管电压修正系数取 1，推导得出项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

$$H = \frac{H_0 \cdot B}{{R_0}^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{400 \cdot {R_s}^2} \qquad 公式（11-6）$$

式中：

H——关注点的散射辐射剂量率，μSv/h；

H_0——距 X 射线管靶点 1m 处的辐射剂量率，μSv/h。

B——屏蔽透射因子，根据公式（11-1）按照管电压 100kV 计算；

F——距靶点R_0处的辐射野面积，cm^2，射线装置运行时的最大照野面积为 $400cm^2$；

α——散射因子，入射辐射被单位面积（$1m^2$）散射体散射至距其 1m 处的散射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。依据《辐射防护手册》（第一分册）P437 表 10.1，100kV 时 X 射线 90 °方向 $400cm^2$ 的散射因子 $\alpha=1.3\times10^{-3}$。

R_0——X 射线管靶点到散射体的距离，m；此处R_0取最小值 0.60m（设备靶点至接收器最小距离多为 90cm，距离手术床的距离最小为 60cm）；

R_s——散射体到关注点的距离，m；根据设备布设位置确定。

（2）核算参数

项目 DSA 存在透视及采集两种工况，本次评价按照透视常用工况及采集常用工况分别计算DSA手术室墙体外周围散射辐射剂量率。DSA常用透视工况为60～100kV/5～20mA，常用采集工况为 60～100kV/300～500mA。透视工况按照常用最大 100kV、20mA 进行计算，采集工况按照常用最大 100kV、500mA 进行计算。

①主射线：根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）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”的要求，以及 E.4 中“有影像增强器并有自动亮度控制系统的 X 射线设备（介入放射学中使用）入射体表剂量率 100mGy/min”的要求，得到距 X 射线源 0.2m 处的空气比释动能率最大值为 100mGy/min，即 6Gy/h。参考《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）6.1.2 相关内容“距离平方反比定律”得到距 X 射线源 1m 处的空气比释动能率最大值为 0.24Gy/h。

本项目保守取透视工况下距靶点 1m 处的空气比释动能率最大值 0.24Gy/h 作为源项进行评价。在采集工况下，常用最大管电流为透视工况的 25 倍，最大输出量为 6Gy/h。本项目 Sv/Gy 转换系数取值 1.65。因此，透视工况距 X 射线装置靶点 1m 处的 X 射线剂量率为 3.96E+05μSv/h，采集工况距 X 射线装置靶点 1m 处的 X 射线剂量率为 9.90E+06μSv/h。

②泄露辐射：根据 NCRP 147 号报告可知，DSA 的漏射线剂量率很小，一般不大于 1.0mGy/h，本项目保守考虑 1mGy/h，Sv/Gy 转换系数取值为 1.65，即泄露辐射量约为 1.65E+03μSv/h。

③散射辐射：预测参数见表 11-4。

表 11-4 散射辐射核算参数

DSA 管电压（kV）	对应管电流 I（mA）	主射线方向 1m 处空气比释动能率（Gy/h）	Sv/Gy 转换系数	1m 处辐射剂量率（μSv /h）	散射面积 F（cm^2）	散射因子 α	散射距离 R_0（m）	关注点距离 R_s（m）
100	20（透视）	0.24	1.65	3.96E+05	400	1.3×10^{-3}	0.60	根据设备布置位置确定
	500（采集）	6	1.65	9.90E+06	400	1.3×10^{-3}	0.60	

管电压	屏蔽材料	密度（g/cm^3）	拟合参数		
			α	β	γ
100kV（散射）	铅	11.3	2.507	15.33	0.9124
	混凝土	2.35	0.03950	0.08440	0.5191

	石膏板	0.705	0.01470	0.04000	0.9752
	铁	7.4	0.3424	2.456	0.9388

（3）关注点

机房周围屏蔽计算估算点位见图 11-1 和图 11-2。

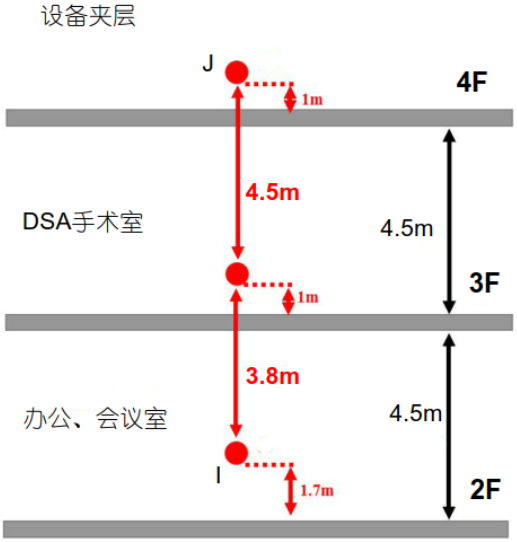


图 11-1 DSA 手术室周围屏蔽计算点位示意图（剖面）

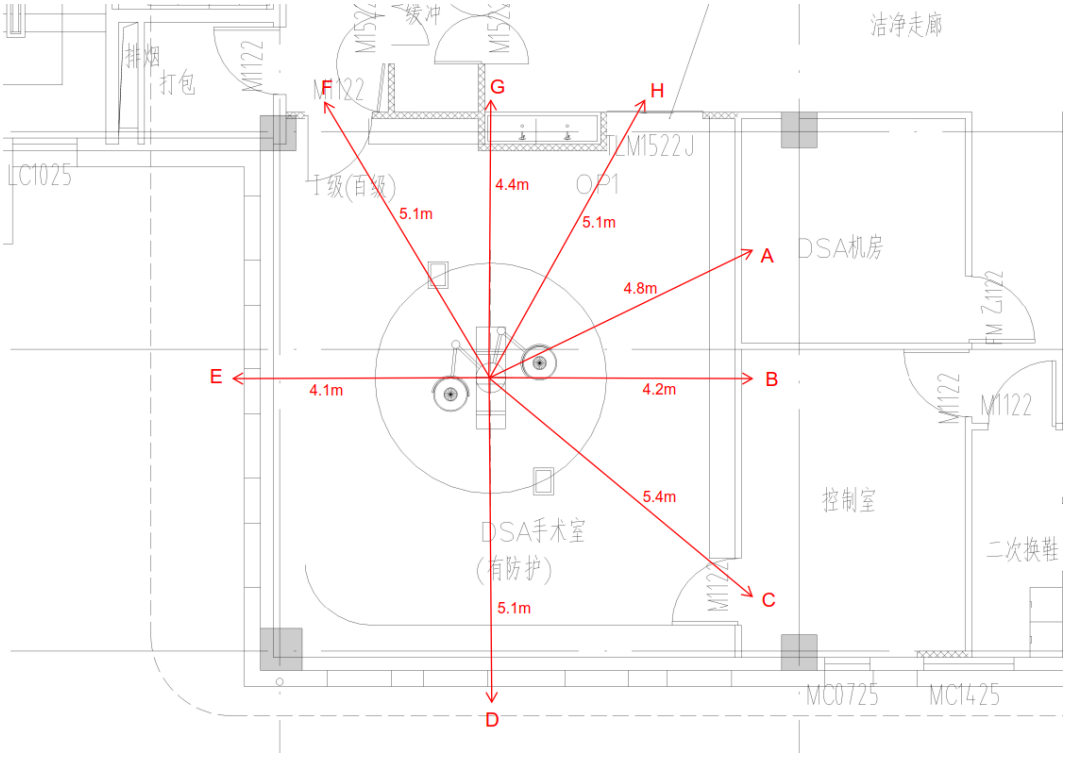


图 11-2 DSA 手术室周围屏蔽计算点位示意图（平面）

（4）机房外周围剂量当量率核算结果

根据核算公式和核算参数，透视、采集状态下介入手术室外周围主射线、泄漏辐射、散射辐射剂量当量率核算结果分别见表 11-5、表 11-6 和表 11-7 所示。

表 11-5 DSA 屏蔽机房外的主射线辐射剂量率核算结果

位置描述	估算点距离 R(m)	折合铅当量 (mm)	屏蔽透射因子 B	距 X 射线装置靶点 1m 处的 X 射线剂量率（μSv/h）		周围泄漏辐射剂量率（μSv/h）	
				透视	采集	透视	采集
三层楼顶夹层 J	4.5	5.85	3.32E-08	3.96E+05	9.90E+06	6.49E-04	1.62E-02

表 11-6 DSA 屏蔽机房外的漏射辐射剂量率核算结果

位置描述	估算点距离 R(m)	折合铅当量 (mm)	屏蔽透射因子 B	距 X 射线装置靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率（μSv/h）		周围泄漏辐射剂量率（μSv/h）	
				透视	采集	透视	采集
东侧设备机房 A	4.8	4.00	3.39E-06	1.65E+03	1.65E+03	2.43E-04	2.43E-04
东侧控制室观察窗 B	4.2	2.00	5.16E-04	1.65E+03	1.65E+03	4.83E-02	4.83E-02
东侧控制室门 C	5.4	2.36	2.07E-04	1.65E+03	1.65E+03	1.17E-02	1.17E-02
南侧楼墙外 D	5.1	4.00	3.39E-06	1.65E+03	1.65E+03	2.15E-04	2.15E-04
西侧楼墙外 E	4.1	4.00	3.39E-06	1.65E+03	1.65E+03	3.33E-04	3.33E-04
北侧防护门（百级）F	5.1	2.36	2.07E-04	1.65E+03	1.65E+03	1.31E-02	1.31E-02
北侧洁净走廊 G	4.4	4.00	3.39E-06	1.65E+03	1.65E+03	2.89E-04	2.89E-04
北侧辐射防护门 H	5.1	2.36	2.07E-04	1.65E+03	1.65E+03	1.31E-02	1.31E-02
楼下二层 I	3.8	2.63	1.05E-04	1.65E+03	1.65E+03	1.20E-02	1.20E-02

表 11-7 DSA 屏蔽机房外的散射辐射剂量率核算结果

位置描述	估算点距离 R(m)	折合铅当量 (mm)	屏蔽透射因子 B	距 X 射线装置靶点 1m 处的 X 射线剂量率（μSv/h）		周围散射辐射剂量率（μSv/h）	
				透视	采集	透视	采集
东侧设备机房 A	4.8	4.00	5.14E-06	3.96E+05	9.90E+06	3.19E-04	7.98E-03
东侧控制室观察窗 B	4.2	2.00	7.81E-04	3.96E+05	9.90E+06	6.33E-02	1.58E+00
东侧控制室门 C	5.4	2.36	3.15E-04	3.96E+05	9.90E+06	1.54E-02	3.86E-01
南侧楼墙外 D	5.1	4.00	5.14E-06	3.96E+05	9.90E+06	2.83E-04	7.06E-03
西侧楼墙外 E	4.1	4.00	5.14E-06	3.96E+05	9.90E+06	4.37E-04	1.09E-02
北侧防护门（百级）F	5.1	2.36	3.15E-04	3.96E+05	9.90E+06	1.73E-02	4.33E-01
北侧洁净走廊 G	4.4	4.00	5.14E-06	3.96E+05	9.90E+06	3.80E-04	9.49E-03
北侧辐射防护门 H	5.1	2.36	3.15E-04	3.96E+05	9.90E+06	1.73E-02	4.33E-01
楼下二层 I	3.8	2.63	1.60E-04	3.96E+05	9.90E+06	1.58E-02	3.96E-01

DSA 屏蔽机房外的辐射剂量率核算结果汇总情况见表 11-8。

表 11-8 DSA 屏蔽机房外的辐射剂量率核算结果汇总表

位置描述	估算点距离 R(m)	折合铅当量(mm)	射线束类型	辐射剂量率合计（μSv/h）	
				透视	采集
东侧设备机房 A	4.8	4.00	泄露+散射	5.62E-04	8.22E-03
东侧控制室观察窗 B	4.2	2.00	泄露+散射	1.12E-01	1.63E+00
东侧控制室门 C	5.4	2.36	泄露+散射	2.72E-02	3.98E-01
南侧楼墙外 D	5.1	4.00	泄露+散射	4.98E-04	7.28E-03
西侧楼墙外 E	4.1	4.00	泄露+散射	7.70E-04	1.13E-02
北侧防护门（百级）F	5.1	2.36	泄露+散射	3.04E-02	4.46E-01
北侧洁净走廊 G	4.4	4.00	泄露+散射	6.69E-04	9.78E-03
北侧辐射防护门 H	5.1	2.36	泄露+散射	3.04E-02	4.46E-01
楼下二层 I	3.8	2.63	泄露+散射	2.78E-02	4.08E-01
三层楼顶夹层 J	4.5	5.85	主射	6.49E-04	1.62E-02

从表 11-8 核算结果可知，常用透视工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率最大值为 0.112μSv/h，常用采集摄影工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率最大值为 1.63μSv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）及《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》（DB31/T462-2020）的要求，即周边墙（含楼上和楼下）、防护门和观察窗外 0.3m 处周围剂量当量率均小于 2.5μSv/h。

3、职业人员、公众附加剂量估算

（1）剂量估算公式

工作人员和公众成员受到的 X、γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times T \times t \times 10^{-3} \quad 公式（11-7）$$

式中：

H_{Er}——X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$H_{(10)}$——X 或 γ 射线周围剂量当量率，μSv/h；

T——居留因子；

t——X 或 γ 射线照射时间，h。

（2）剂量估算结果

根据医院提供的资料，本项目 DSA 进行介入手术治疗的工作负荷约 500 台/年，因

此，本项目 DSA 年有效采集摄影曝光时间约 9.5h，年有效手术和采集透视曝光时间约 100h。DSA 总年有效曝光时间约 109.5h。

①控制室放射工作人员有效剂量估算

根据 DSA 屏蔽机房外的散射辐射剂量率核算结果，本项目 DSA 手术室透视模式下控制室最大周围剂量当量率按 0.112μSv/h 考虑，采集情况下控制室周围剂量当量率按 1.63μSv/h 考虑。

因此控制室放射工作人员有效剂量估算见表 11-9。

表 11-9 控制室放射工作人员有效剂量估算

估算对象	工况	本项目最大附加剂量率（μSv/h）	年工作时间 t（h/a）	居留因子	年附加有效剂量（mSv/a）
控制室放射工作人员	透视	0.112	100	1	1.12E-02
	采集	1.63	9.5	1	1.55E-02
合计		/	109.5	/	2.67E-02

因此，项目控制室的放射工作人员（包括控制室内技师和采集时在控制室的手术医生）受到的附加有效剂量最大为 0.0267mSv/a，能满足本项目放射工作人员年有效剂量管理目标限值 5mSv/a 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

②手术室医护人员

◆ 有效受照剂量

本项目 DSA 年工作负荷为 500 台，配备 5 组手术医师和护士（平均每组医师 2 人、护士 2 人）。因此对应每组手术医师、护士最大手术负荷年透视出束时间为 20h，年有效采集曝光时间为 1.9h。本项目 DSA 工作负荷情况可见前文表 9-1。

透视工作模式下，医护人员均穿戴个人防护设施（考虑铅当量 0.5mm），不考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素，不区分手术人员位置，同时，参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）表 B.1 规定：透视防护区检测平面上的周围剂量当量率不应大于 400μSv/h，核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。

采集（100kV，500mA）工作模式下，保守起见不考虑隔室操作的情况，医护人员均穿戴个人防护设施（考虑铅当量 0.5mm），并考虑床上 0.5mmPb 铅悬挂帘后，考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素（1m），不区分手术人员位置，核算常用电压条件

下手术医护人员受照剂量。

表 11-10 本项目手术医护人员最大手术负荷有效剂量估算

估算对象	工况	周围剂量当量率（μSv/h）	透射因子 B	手术人员铅衣内周围剂量当量率（μSv/h）	年工作时间t(h)	居留因子	年有效剂量估算（mSv/a）
DSA 手术室内手术医护人员	透视	400	4.72E-02	1.89E+01	20	1	3.78E-01
	采集	9.90E+06	1.05E-02	3.75E+02	1.9	1	1.78E-01
合计		/	/	/	21.9	/	5.56E-01

备注：采集时医生均有可能在 DSA 手术室内，故按照最不利情况进行核算，核算考虑采集时间。

综上所述，本项目 DSA 手术室内的放射工作人员受到的附加有效剂量最大为 0.556mSv/a，能满足本项目放射工作人员年有效剂量管理目标限值 5mSv/a 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

◆ 介入手术医生四肢（手和足）或皮肤年剂量当量分析

本次评价对 DSA 工作人员皮肤年剂量当量进行理论计算。

进行手术时，使用床上 0.5mmPb 铅悬挂帘，医生手术时将手部置于床上 0.5mmPb 铅悬挂帘后，根据《辐射防护导论》医生进行介入手术过程，受照剂量主要来源于设备漏射辐射，人身的散射影响可忽略。

根据《辐射防护导论》DSA 透视过程产生的空气比释动能率，按下式计算：

$$\dot{K} = I \cdot \delta_x \frac{{r_0}^2}{r^2} \qquad 式\ (11-8)$$

式中：

$\dot{K}$——离靶 r（m）处由 X 射线机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率，mGy/min；

I——管电流（mA），DSA 的透视管电流取 20mA；

δ_x——管电流为 1mA，距靶 1m 处的发射率常数，mGy/(mA·min)。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），介入设备等效总滤过不小于 2.5mmAl。查《辐射防护手册》（第三分册） P58 图 3.1，本次计算总滤过取 2.5mmAl 保守读数，运行管电压 100kV 下离靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.09mGy/（mA·s）（见图 11-3），即 δx=5.4mGy/（mA·min）；

r_0=1m；

r——源至关注点的距离，m，取 0.6m。

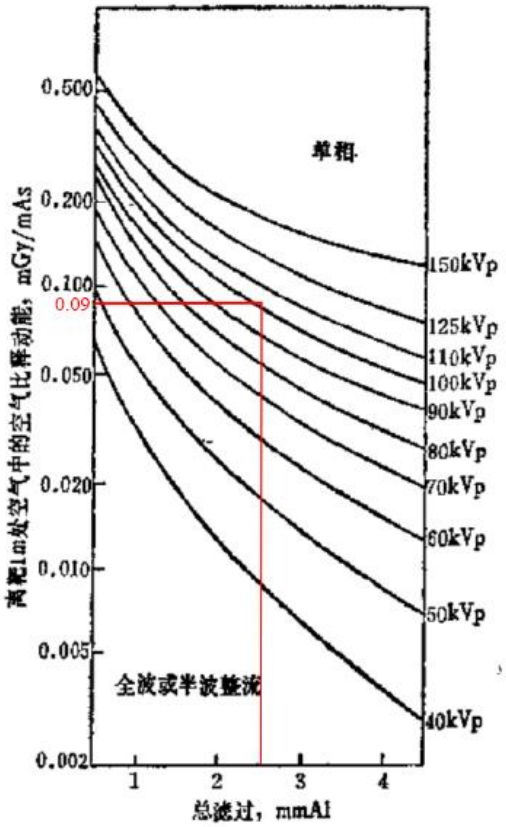


图 11-3 距 X 射线源 1m 处的照射量随管电压及总滤过厚度变化的情况

关注点泄漏辐射空气比释动能率，按下式计算：

$$\dot{k} = \dot{K} \cdot f \cdot B \quad 式（11-9）$$

式中：

$\dot{k}$——关注点泄漏辐射空气比释动能率，mGy/min；

$\dot{K}$——离靶 r（m）处由 X 射线机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率，mGy/min；

f——泄漏辐射比率，0.1%；

B——屏蔽透射因子，B=3.66×10^{-2}。

根据以上公式可计算得 DSA 的$\dot{K}$=300mGy/min，关注点泄漏辐射空气比释动能率$\dot{k}$=1.10×10^{-2}mGy/min。

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T 244-2017）和《电离辐射防护与

辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），有辐射场空气比释动能率信息时，皮肤吸收剂量用下式进行估算：

$$D_s = C_{ks}\dot{k}t \qquad 公式（11-10）$$

$$\mathrm{H} = D_s \cdot W_R \qquad 公式（11-11）$$

式中：

D_s——皮肤吸收剂量，mGy；

$\dot{k}$——X、γ 辐射场的空气比释动能率，μGy/h；

C_{ks}——空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数。取能量 0.1MeV 女性皮肤吸收剂量 1.144mGy/mGy（在同等情况下，该值女性较男性大，因此保守计算取女性吸收剂量转化系数）；

t——人员累积年受照时间，h，本项目为 20h；

H——关注点的当量剂量，mSv；

W_R——辐射权重因数，X 射线取 1。

因此，计算得D_s=15.1mGy，介入手术时，医生年手部皮肤当量剂量为 15.1mSv。

◆ 介入手术医生眼晶体年当量剂量

本次评价对 DSA 手术医生眼晶体年当量剂量进行理论计算。

在手术过程中，医生使用 0.5mmPb 铅悬挂帘并配戴 0.25mmPb 铅防护眼镜。屏蔽透射因子 B=1.56×10^{-2}，根据前文所述，空气比释动能率$\dot{K}$=300mGy/min，关注点泄漏辐射空气比释动能率$\dot{k}$ =4.68×10^{-3}mGy/min。

根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（ GBZ/T301-2017）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（ GB18871-2002），有辐射场空气比释动能率信息时，眼晶状体吸收剂量用下式进行估算：

$$D_L = C_{kL}\dot{k}t \qquad 公式（11-12）$$

$$\mathrm{H} = D_L \cdot W_R \qquad 公式（11-13）$$

式中：

D_s——眼晶状体吸收剂量，mGy；

$\dot{k}$——X、γ 辐射场的空气比释动能率，μGy/h；

C_{ks}——空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数。取能量 0.1MeV 眼晶体吸收剂量 1.19mGy/mGy；

t——人员累积年受照时间，h，本项目为 20h；

H——关注点的当量剂量，mSv；

W_R——辐射权重因数，X 射线取 1。

因此，计算得D_L=6.68mGy，介入手术时，医生年眼晶状体当量剂量为 6.68mSv。

以上分析结果表明，本项目工作人员手部皮肤的年受照剂量为 15.1mSv/a，小于当量剂量限值 500mSv/a；眼晶状体的年受照剂量为 6.68mSv/a，小于当量剂量限值 20mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及国际基本安全标准（IBSS）的要求。

◆ 其他要求

实际手术过程中，手术医生受到的照射剂量与铅悬挂防护屏位置、铅防护用品质量、手术医生的手术熟练度及习惯等相关。因此，介入手术医生实际受到的年有效剂量以个人剂量计监测结果为准，医院应根据最大手术工作时间对手术医生进行工作调配，以确保辐射安全。另外，医院还应采取以下措施确保辐射安全工作：

a. 要求从事介入手术人员在实际工作中，应正确佩戴个人剂量计，手术室医护人员应在防护铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计；并且将内、外剂量计做明显标记（如以对比鲜明的颜色进行区分等），防止内、外剂量计反戴的情况发生；

b. 医院应定期对个人剂量计进行监测，确保放射工作人员受到的年有效剂量低于医院的年剂量管理目标值，发现问题及时调查、整改；

c. 结合诊疗项目实际情况，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施，以减少受照剂量。

治疗时的防护要求如下：

a. 时间防护：熟悉机器性能和介入操作技术，尽量减少照射和采集时间。特别避免未操作时仍踩脚闸；

b. 缩小照射野：在满足影像采集质量和诊疗需要的前提下，尽量缩小照射野、调节透视脉冲频率至最低状态；

c. 缩短物片距：尽量让影像增强器或平板靠近患者，减少散射线；

d. 充分利用各种防护器材：操作者穿戴铅衣、铅围脖、铅帽、铅眼镜或铅面罩；使用床下铅帘及悬吊铅帘；重大手术需要技师、护师或其他人员在机房内时，除佩戴上述物品，最好配有铅屏风，让上述人员在屏风后待命，并做好其他个人防护。

另外，由于介入手术的特殊性，DSA 手术操作人员在为挽救他人生命的条件下，可能会因手术时间较长而使其受照剂量超过 5mSv/a 的情况，若发生此种情况， 项目单位应根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“6.2.2 特殊情况的剂量控制”的相关要求，向审管部门提出正式申请，经审查认可后，方可进行例外的临时改变；未经审管部门认可，不得进行临时改变。

③公众成员剂量估算

根据表 11-7 DSA 手术室外主要关注点辐射剂量率水平，同时考虑机房外公众居留情况估算出公众的年附加剂量见表 11-11。

表 11-11 公众年附加剂量估计

估算对象	估算位置	附加剂量率（μSv/h）		年工作时间（h/a）		居留因子	年附加有效剂量（mSv/a）
		透视	采集	透视	采集		
公众	北墙外洁净走廊	6.69E-04	9.78E-03	100	9.5	1/5	3.20E-05
	楼下二层会议室、办公室	2.78E-02	4.08E-01	100	9.5	1	6.66E-03
	三楼楼顶夹层	6.49E-04	1.62E-02	100	9.5	1/20	1.09E-05

备注：居留因子参照 NCRP147 号报告“Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities”P31 表 4.1 取值：办公室、药房等工作区域、等候室、儿童室内游戏区、护士站、控制室等取 1；检查、治疗室取 1/2；走廊、病房、员工休息室等取 1/5；走廊门 1/8；公厕、储藏室、室外休息区、患者留观区等取 1/20；过路行人或车辆、无人看管的停车场、楼梯等取 1/40。

根据上述估算结果，DSA 室外主要公众关注点年附加剂量最大值为 0.00666mSv，能满足本评价剂量约束目标值 0.1mSv 的要求。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，预计其他区域年附加剂量将远小于 0.00666mSv。

因此，在 DSA 室周围 50m 评价范围内工作人员和公众的年剂量能满足本评价剂量约束目标值（5mSv，0.1mSv）的要求。由此可见，工作人员防护铅衣铅当量和机房屏蔽厚度达到要求情况下，在机房内部和周围的辐射工作人员及公众所接受剂量低于剂量约束值的要求。

事故影响分析

1、主要辐射事故风险

本项目开展介入诊断手术作业时，可能发生的辐射事故包括：

1）DSA 的安全联锁系统失效，装置在机房内部有除负责介入手术作业的放射工作人员以外的其他放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）放射工作人员对 DSA 进行误操作或 DSA 出现故障，导致出束剂量超过放射诊断要求。

3）DSA 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。

2、辐射事故风险防治措施

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 用途、警告标志的含义以及电离辐射危害，自觉远离机房区域。

3）放射工作人员做好定期辐射巡测工作。

4）放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，若放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，医院应加强放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

本项目为使用II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，“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；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作”；“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”。

新华医院长兴分院已成立辐射安全管理领导小组：

组 长：院长

副组长：分管院长、放射科科主任

成 员：医务科科长、放射科医师、放射科护师

技术安全工作小组设在设备科

技术安全工作小组职责如下：

（一）事故发生后应立即启动本预案，组织有关部门和人员进行放射事故应急处理。负责放射性事故应急处理具体方案的确定和组织实施工作。

（二）负责向环保卫生行政部门及时报告事故情况。

（三）放射事故中人员受照时，要通过个人剂量监测仪或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量。

（四）负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延，防止演变成公共卫生事件。

综上，新华医院长兴分院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，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，2006.3.1 起实施，2020.12.25 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的相关要求。

辐射安全管理规章制度

1、辐射安全管理制度执行情况

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，2019.3.2 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，2006.3.1 起实施，2020.12.25 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”。

上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院结合医院实际情况，已制定一套相对完善的辐射安全管理制度和操作规程，包括《放射工作人员岗位职责》、《放射科放射性监测方案》、《辐射防护、安全保卫和设备检修维护制度》、《放射工作人员培训制度》、《放射工作人员个人剂量管理制度》、《放射科职业安全监测制度》、《射线装置辐射事故应急预案（试行）》、《放射科质量控制规范及管理制度（试行）》、《辐射防护安全管理制度》、《各级医师培训及考核制度》等，并组织放射安全防护培训、放射防护器材及个人防护用品使用方法培训等，并严格按照管理制度执行。

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

①放射工作人员必须具备相关影像以及放射诊疗专业知识。从事 DSA 射线装置操作的放射工作人员须参加辐射安全防护考核，考核合格后方可上岗。

②建立并保存放射工作人员健康管理，个人剂量监测和考核培训档案，由专职人员负责跟踪分析；发现异常情况及时采取改进措施；

③个人剂量牌检测每 2 月一次，由放射防护管理人员定期送市疾控中心检测；

④放射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查；脱离岗位前应进行离岗前职业健康检查；在检查中发现不宜继续从事放射工作的人员，应当暂时调离放射工作岗位，并妥善安置；对需要复查和医学随访观察的放射工作人员应当及时予以安排。

2、辐射安全与防护培训

辐射安全工作人员均应参加辐射防护安全培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗。

根据生态环境部公告《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》自 2020 年 1 月 1 日起，各级生态环境部门不再对从事辐射安全培训的单位进行评估和推荐。辐射安全工作人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台免费学习相关知识。新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核（培训平台网址：http://fushe.mee.gov.cn）。根据新规定辐射安全工作人员取得辐射安全培训合格证书后，应当每五年接受一次再培训。

根据《中华人民共和国生态环境部 2021 年第 9 号公告》可知：仅从事III类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无参加集中考核，由核技利用单位自行组织考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。

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、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。放射工作人员在进行放射工作时必须随身佩戴个人剂量计，并配备个人剂量报警仪。医院应委托有资质的单位，由该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，放射工作人员个人剂量监测的时间间隔最长不得超过 3 个月，且根据国家职业病防治的要求每年进行一次健康检查，需要时可增加临时性检查。

当发现职业操作人员年累积剂量接近剂量约束值时，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，使实际的屏蔽防护达到要求水平。

医院目前委托上海市崇明区疾病预防控制中心定期（不超过三个月）对放射工作人员佩戴的个人剂量计进行检测，确保放射工作人员年剂董符合《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及剂量约束值要求。

2、环境及工作场所监测

本项目 DSA 投入使用后，医院应定期自行开展 DSA 周围环境辐射巡测并做好记录。

此外，医院每年应委托有资质的辐射检测单位对本项目 DSA 周围环境进行监测，频率为 1 次/年。医院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。

开展 DSA 射线机房防护检测时，应在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。重点关注点包括机房门、操作位、观察窗、四面墙体、楼上、楼下、穿墙管线洞口等，并对监测项目、监测点位、监测结果等进行记录存档。

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。整改记录应在医院的射线装置安全防护年度评估报告有所反映。

3、辐射监测设备和防护用品

医院需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：为每名放射工作人员配备个人剂量计，DSA 所在区域配备 1 台 X、γ 辐射周围剂量当量仪以及 1 台剂量监测报警仪。同时为辐射工作人员配备满足要求的铅衣、铅围脖、铅眼镜等防护用品。

4、其他要求

根据《上海市放射性污染防治若干规定》（上海市人民政府令第 23 号，上海市人民政府第 30 号令修正，2010.1.15 起施行，2015.5.22 修正），建设单位应将监测结果情况纳入放射性同位素和射线装置安全防护年度评估报告，发现安全隐患的，应当立即进行整改。

表 12-1 本项目辐射监测计划一览表

辐射工作场所	监测类别	监测项目	监测频次	监测设备	关注点
DSA 手术室控制室	年度监测	X、γ 射线辐射剂量率	1 次/年	便携式 X、γ 辐射监测仪（按国家规定进行剂量检定）	机房门、控制室门、观察窗、采光窗/窗体、传片箱、管线洞口、工作人员操作位、四面墙体外及楼上、楼下
	自主监测		1 次/季度		
	验收监测		竣工验收		
	个人剂量检测	X、γ 射线外照射个人剂量	1次/季度	TLD个人剂量计	所有辐射工作人员

辐射事故应急

医院有针对性的制定《辐射事故应急处理预案》，辐射事故应急救援遵循以下原则：①迅速报告原则；②主动抢救原则；③生命第一的原则；④科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；⑤保护现场，收集证据的原则。

辐射事故应急处理程序为：

（1）事故发生后，当事人应立即通知同工作场所的工作人员离开，并及时上报卫生、环保及公安部门；

（2）应急处理领导小组召集专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

（3）事故处理必须由上级领导、有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护检测人员的允许不得进入事故区。

（4）各种事故处理以后，组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。凡严重或重大的事故，向上级主管部门报告。

当发生辐射事故的射线装置或场所修复后，经环保部门监测合格，应急预案尚可解除。要及时收集与事故有关的物品和资料，做好调查研究工作，认真分析事故原因，并采取妥善措施，尽量减少事故发生，保护国家财产及公众的安全。

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）及《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），本项目竣工后，建设单位应按照国务院生态环境行政主管部门、上海生态环境部门规定的要求和程序，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表 12-2。

表 12-2 项目环保竣工验收内容一览表

序号	项目	验收内容及要求	验收标准
1	项目变动情况	核查项目是否发生实质性变化；射线装置数量、最大管电压、最大管电流、加速器最大能量、最大束流等是否增加 30%及以上；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，构成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，一般变动需编制“环境影响分析说明”。	《上海市生态环境局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》中“附件 3 建设项目（核与辐射类）重大变动清单(2020 年版)
2	机房周围剂量率水平	DSA 手术室四周、楼上、楼下、观察窗、防护门、控制室及机房屏蔽材料缝隙处的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。	《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）
3	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）
4	辐射分区	DSA 手术室为辐射控制区，控制室、设备机房为辐射监督区，核查辐射分区落实情况。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）
5	警告标志	DSA 手术室各入口处张贴电离辐射警告标志及警示说明。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）
6	辐射安全设施	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，设置安全联锁系统，门-灯联锁。	《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

7	辐射监测仪器及个人防护用品	按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)，为每间 DSA 手术室内的患者配备铅围裙、铅围脖、铅帽等各 1 套，为每间DSA手术室内的医护人员配备铅围裙、铅围脖、铅帽、铅眼镜、铅橡胶手套各 3 套。机房配置铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏，移动铅屏风（选配）各 1 件。 为每名放射工作人员配备个人剂量计，为本项目配备 2 台个人剂量报警仪。	《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)、《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，2006.3.1 起实施，2020.12.25 修正）
8	个人剂量监测	外委有资质的机构对放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，监测周期不得超过 3 个月，同时建立个人剂量档案和健康管理档案	《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）
9	规章制度	各项规章制度落实情况	《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，2006.3.1 起实施，2020.12.25 修正）
10	人员配置及培训	放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	《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，2006.3.1 起实施，2020.12.25 修正）
11	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。	《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）
12	辐射安全许可证	应及时办理辐射安全许可证	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护总局令第 31 号，2006.3.1 起实施，2020.12.25 修正）

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院为满足医院医疗服务需要，在院区 3 号楼 3 层新建一间 DSA 手术室，并配备一台数字减影血管造影装置（DSA），用于开展介入检查与诊疗手术。

本次新增 DSA 基本参数见下表 13-1。

表13-1 本项目数字减影血管造影装置（DSA）基本情况

设备名称	型号	装置类型	数量（台）	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	年手术量（台/a）
数字减影血管造影装置（DSA）	UNIQ-FD20（Philips）	II类	1	125	1000	500

本项目 DSA 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）和《<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）选址布局合理性

上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院位于位于上海市崇明区长兴镇丰福路 1008 号，东临丰福路，南临人工河和渔乐路；西临大华凤凰佳苑小区，北临长橘路。

本项目 DSA 手术室位于院区 3 号楼 3 层，周围配套用房的配置不变，分区合理，利于管理。同时，机房周围除放射工作人员及患者和家属之外，一般不会有其他人员长时间停留，从整体上来看，本项目的布局设置较为合理。

综上，本项目选址、场所位置及布局合理。

（2）辐射分区

当 DSA 装置在开展作业时，其辐射分区如下：DSA 手术室为辐射控制区，在 DSA 运行过程中，除患者及负责介入手术的医生及协助护士外，不允许其他无关人员进入及停留。DSA 控制室、设备机房为监督区。

（3）机房屏蔽防护

本项目数字减影血管造影装置（DSA）机房采取有效屏蔽防护措施，机房四周墙体采用 4mm 铅板防护，防护门采用 2.4mm 钢板+2mm 铅板，观察窗采用 2mm 铅当量玻璃，顶部采用“120mm 混凝土+4mm 铅板”防护，底部采用“120mm 混凝土+30mm 钡水泥”防护。机房屏蔽防护可满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

（4）三废情况

本项目 DSA 介入手术过程中产生的固废主要为手术纱布、介入导管和导丝以及介入针头等医疗废物，属于危险废物中的医疗废物（HW01）。根据 DSA 手术量，预计本项目每日产生医疗废物 2kg。医疗废物与医院其他医疗废物一并委托危废资质单位安全处置。本项目医疗废物远小于医院整体医疗废物产生量，不会对医院医疗废物处置产生影响。

此外，本项目X射线与空气作用，还会产生少量O_3和NOx，通过机械排风排至室外；产生的少量医疗废水则进入医院污水处理站处理达标后排入市政管网。

3、环境影响分析

本项目 DSA 手术室采取屏蔽措施后，常用透视工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率最大值为 0.112μSv/h，常用采集摄影工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率最大值为 1.63μSv/h，位于机房对应楼上中心供应室。机房周围剂量率均可满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》（DB31/T462-2020）的要求。

职业照射剂量：本项目手术室医护人员个人受照剂量为 0.556mSv/a，控制室放射工作人员个人受照剂量为 0.0267mSv/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（20mSv/年）和本评价建议的职业照射剂量约束值（5mSv/年）。手术室医护人员手部皮肤的年受照剂量为 15.1mSv/a，小于当量剂量 500mSv/a，眼晶状体的年受照剂量为 6.68mSv/a，小于当量剂量 20mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及国际基本安全标准（IBSS）的要求。

公众照射剂量：本项目 DSA 正常运行时所致机房周围人员照射最大剂量为 0.00666mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众照射剂量限值（1mSv/年）及本评价建议的公众照射剂量约束值（0.1mSv/年）。

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；采取设置闭门装置，门-灯联锁、设置电离辐射警告标志、配备防护用品和监测仪器、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。

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。

建议与承诺

为更好的做好本项目的环保工作，提出以下建议及要求：

（1）本项目机房改造，需充分考虑施工质量，确保屏蔽施工能够满足屏蔽施工的要求。

（2）合理安排放射工作人员的工作时间，尽量平均安排每个放射工作人员的作业时间，平均分配放射工作人员的年剂量值。

（3）加强放射工作人员个人剂量计佩戴管理，确保进入机房时必须佩戴个人剂量计，同时，按时完成放射工作人员的个人剂量计送检工作。

（4）应及时向审管部门申领辐射安全许可证并及时办理环保竣工验收手续。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见： 经办人　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　公章 年　　月　　日
审批意见： 经办人　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　公章 年　　月　　日

附图

附图 1　项目地理位置图

附图 2　项目周边情况及评价范围示意图

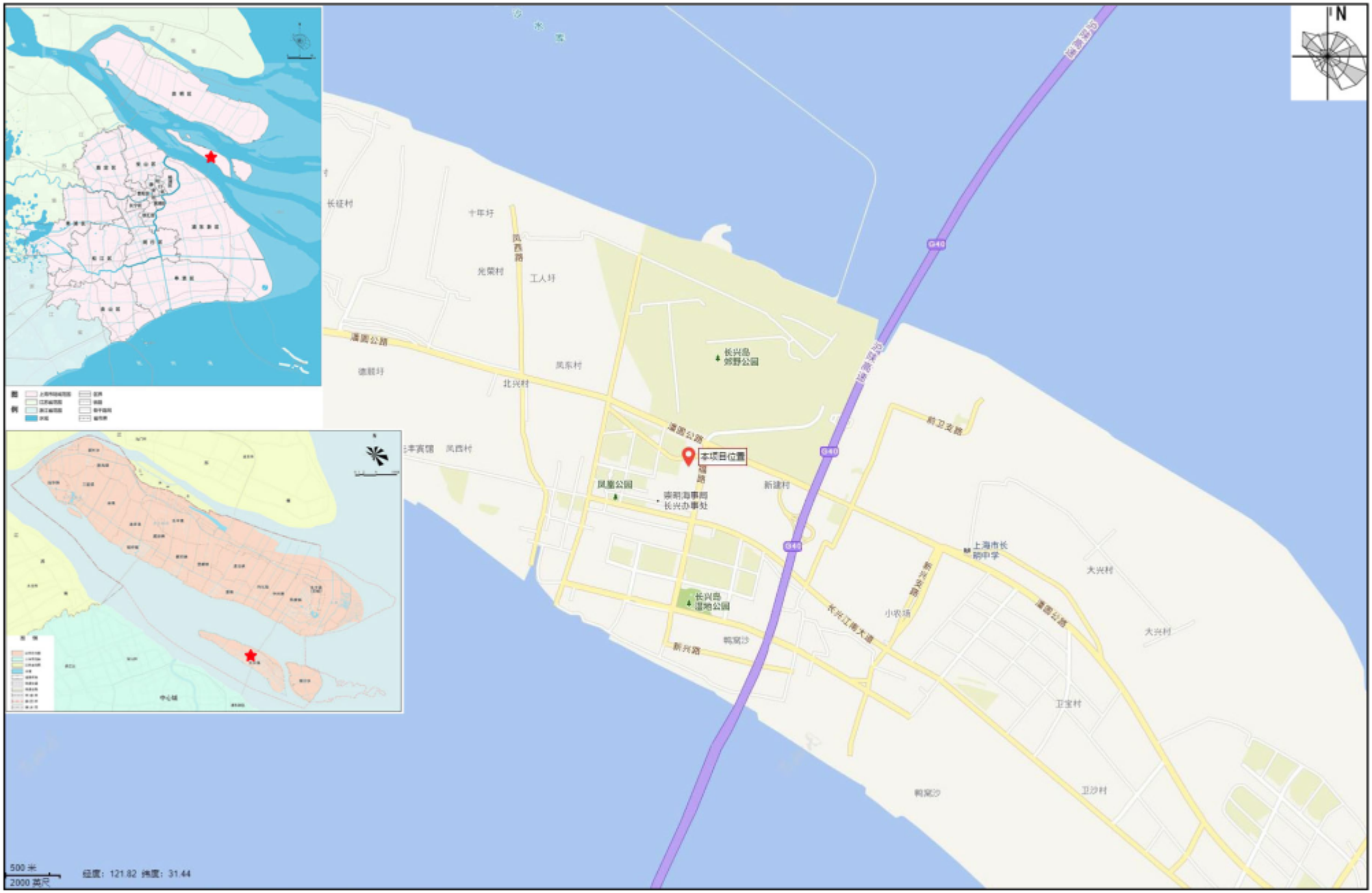
附图 3　项目所在 3 号楼 3 层平面布置图、楼上、楼下对应区域平面图

附图 4　项目辐射分区示意图

附件

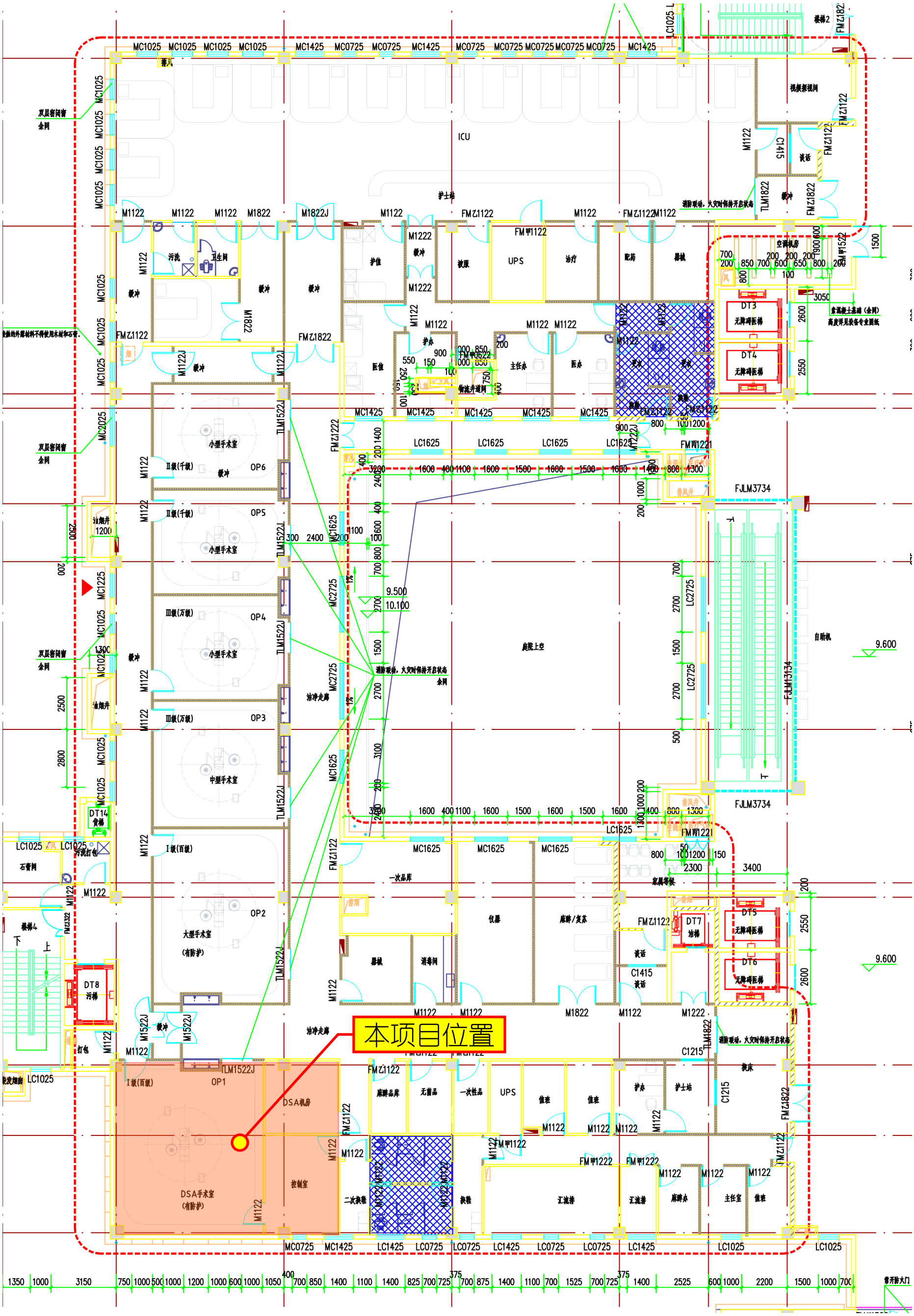
附件 1　辐射安全许可证

附图 2　项目所在地辐射环境本底值检测报告

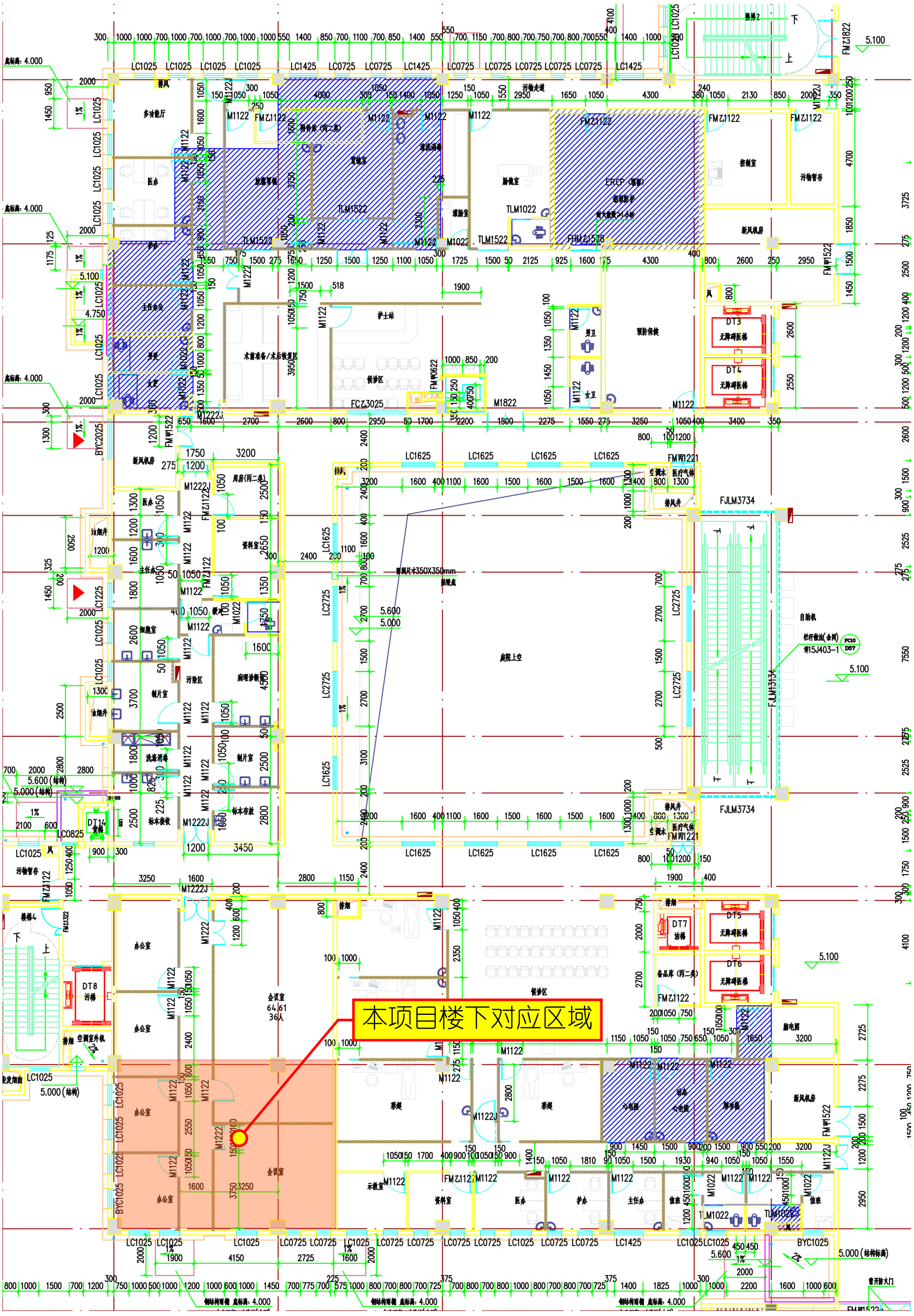


附图1 本项目地理位置图

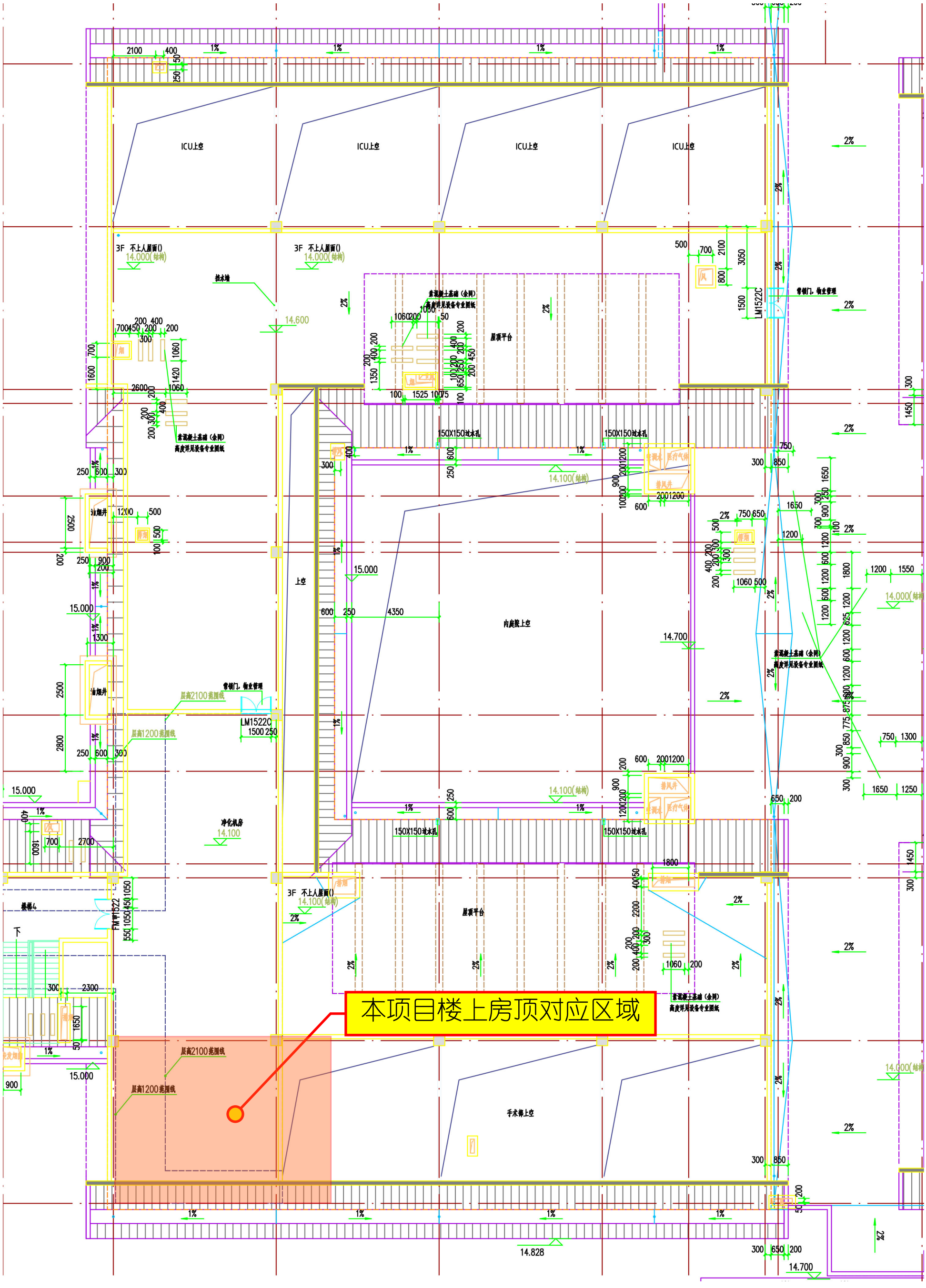
附图2 本项目周边情况及评价范围示意图



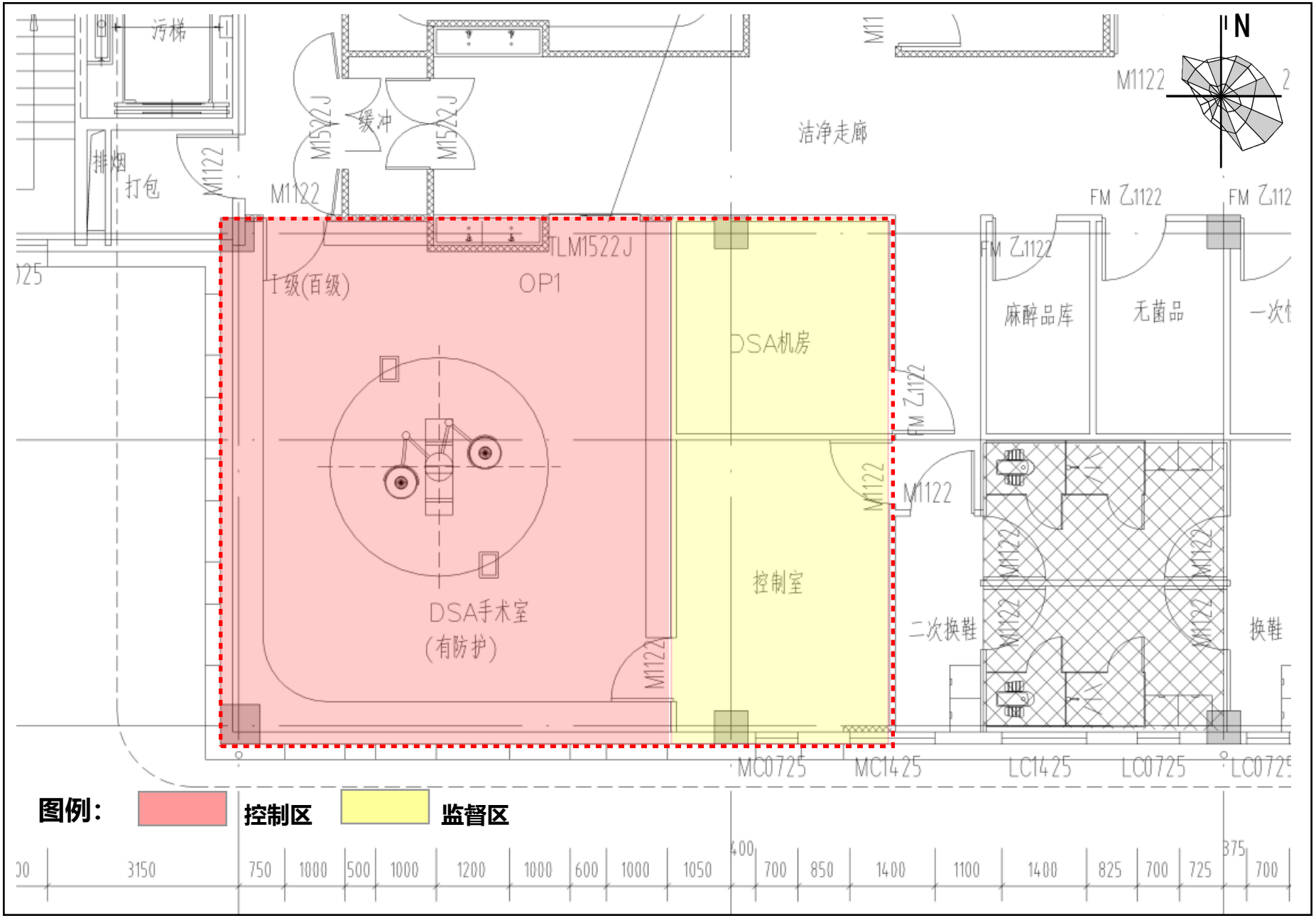
附图3-1 本项目所在3号楼3层平面示意图



附图3-2 本项目所在3号楼3层平面示意图



附图3-3 本项目所在3号楼楼顶平面示意图



附图4 本项目辐射分区示意图

附件1

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：上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院（上海市崇明区长兴人民医院）

地　　址：上海市崇明区长兴镇丰福路1008号

法定代表人：金彪

种类和范围：使用III类射线装置

证书编号：沪环辐证[65546]

有效期至：2026年07月11日

发证机关：上海市崇明区生态环境局

发证日期：2022年07月12日

中华人民共和国生态环境部制

填写说明

一、本证由发证机关填写（正本尺寸为：25.7×36.4厘米，副本采用大32开本，14×20.3厘米）。

二、证书编号

证书编号形式为：A环辐证［序列号］。A为各省的简称，环境保护部简称国；序列号为5位。

三、种类和范围

（一）种类分为生产、销售、使用。

（二）正本内，范围分为Ⅰ类放射源、Ⅱ类放射源、Ⅲ类放射源、Ⅳ类放射源、Ⅴ类放射源、Ⅰ类射线装置、Ⅱ类射线装置、Ⅲ类射线装置、

副本内，范围写明放射源的核素名称、类别、总活度，非密封放射性物质工作场所级别、日等效最大操作量，射线装置的名称、类别、数量。

（三）正本内，种类和范围填写种类和范围的组合，如生产Ⅰ类放射源和Ⅱ类放射源，销售和使用Ⅱ类射线装置。

特别的，生产、销售、使用非密封放射性物质的，种类和范围填写甲级非密封放射性物质工作场所、乙级非密封放射性物质工作场所或丙级非密封放射性物质工作场所。

建造I类射线装置的填写销售（含建造）I类射线装置。

四、“日等效最大操作量”、“工作场所等级”按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）确定。

五、许可内容明细表为活页。

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	上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院（上海市崇明区长兴人民医院）		
地　　址	上海市崇明区长兴镇丰福路1008号		
法定代表人	金彪	电话	66851230
证件类型	身份证	号码	310108196911055210

涉源部门	名　称	地　址	负责人
	体检中心	上海市崇明区长兴镇丰福路1008号二楼体检中心	虞峻巍
	口腔科	上海市崇明区长兴镇丰福路1008号三楼口腔科	虞峻巍
	手术室	上海市崇明区长兴镇丰福路1008号C楼3楼	虞峻巍
	发热门诊	上海市崇明区长兴镇丰福路1008号发热门诊楼1楼	虞峻巍
	放射科	上海市崇明区长兴镇丰福路1008号负一楼放射科	虞峻巍
	以下空白		

种类和范围	使用III类射线装置
许可证条件	
证书编号	沪环辐证[65546]
有效期至	2026 年 07 月 11 日
发证日期	2022 年 07 月 12 日（发证机关章）

台帐明细登记

（三）射线装置

证书编号：沪环辐证[65546]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向		审核人	审核日期
1	DR_数字化医用X射线摄影系统	Brivo XR316	III类	医用诊断X射线装置	DR机房：负一楼放射科DR机房1号间	来源	上海德伴医疗科技有限公司	鲍婷婷	2022.7.12
						去向			
2	骨密度仪_X射线骨密度检测仪	Prodigy Pro	III类	医用诊断X射线装置	骨密度仪机房：负一楼放射科骨密度仪机房2号间	来源	上海绰约贸易有限公司	鲍婷婷	2022.7.12
						去向			
3	口腔全景机_口腔颌面曲面体层X射线机	OC200D	III类	口腔（牙科）X射线装置	口腔全景机机房：负一楼放射科口腔全景机机房	来源	英迈杰有限责任公司	鲍婷婷	2022.7.12
						去向			
4	体检DR_数字化医用X射线摄影系统	DRX-Ascend 新尚	III类	医用诊断X射线装置	体检中心DR机房：二楼体检中心DR机房	来源	锐珂（上海）医疗器材有限公司	鲍婷婷	2022.7.12
						去向			
5	CT_计算机X线断层成像扫描装置	SOMATOM go.Top	III类	医用X射线计算机断层扫描（CT）装置	CT机房：负一楼放射科CT机房	来源	上海道迎医疗科技有限公司	鲍婷婷	2022.7.12
						去向			
6	移动DR_移动式摄影X射线摄影机	SM-32HF-B-D-C	III类	医用诊断X射线装置	DR机房：负一楼放射科DR机房	来源	上海津广医疗器械有限公司	鲍婷婷	2022.7.12
						去向			
7	发热门诊CT_计算机X断层扫描装置	uCT530+	III类	医用X射线计算机断层扫描（CT）装置	发热门诊CT机房：发热门诊一楼CT机房	来源	上海联瀛澳华信息科技有限公司	鲍婷婷	2022.7.12
						去向			
8	牙片机_X射线牙片机	Ray68	III类	口腔（牙科）X射线装置	牙片机机房：三楼口腔科牙片机机房	来源	上海联瀛澳华信息科技有限公司	鲍婷婷	2022.7.12
						去向			

活动种类和范围

（三）射线装置

证书编号：

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类

台帐明细登记

（三）射线装置

证书编号：沪环辐证[65546]

序号	装置名称	规格型号	类别	用 途	场 所	来源 / 去向		审核人	审核日期
9	移动式C型臂X光机_移动式C型臂X光机	Brivo OEC 785	III类	医用诊断X射线装置	5号手术室；三楼5号手术室	来源	上海捷生医疗器械有限公司	鲍婷婷	2022.7.12
						去向			
	以下空白					来源			
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			

附件2

监 测 报 告

报告编号：2022ZFP08005FH01

委托单位：上海艾维仕环境科技发展有限公司

受检单位：上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院

项目地址：上海市崇明区长兴镇丰福路1008号

项目类别：环境γ辐射剂量率

委托批号：2022ZFP08005FH01

中辐评检测认证有限公司

2022年08月07日

一、项目基本情况

委托单位名称	上海艾维仕环境科技发展有限公司
委托单位地址	上海市杨浦区平凉路 988 号 62 幢 608 室
受检单位名称	上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院
受检单位地址	上海市崇明区长兴镇丰福路 1008 号
监测项目	环境γ辐射剂量率
监测日期	2022 年 08 月 02 日
监测地点	综合楼三层手术室 DSA 机房
监测环境	温度：27.6℃，相对湿度：48.6%RH，气压：100.4kPa
主要监测仪器	6150AD-b/H 便携式 X、γ辐射周围剂量当量率仪（检定日期：2022.01.29；量程：50nSv/h~99.9μSv/h；编号：ZFPYQ-B-2；主机编号 158202，探头编号 160260；能量响应范围：20keV～7MeV）
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	本公司受上海艾维仕环境科技发展有限公司委托，对上海交通大学医学院附属新华医院长兴分院综合楼三层手术室 DSA 机房建设项目进行环境γ辐射剂量率本底水平监测。监测点示意图详见附图一。

二、监测结果

表 1 DSA 机房建设项目环境γ辐射剂量率监测结果一览表

序号	监测位置	测量次数	监测结果（nGy/h）		
			最低值	最高值	平均值
1	DSA 机房所在位置	10	91.76	100.10	96.01
2	DSA 机房位置东侧（控制室）	10	93.28	97.83	95.93
3	DSA 机房位置北侧（走廊）	10	89.48	102.38	96.61
4	DSA 机房位置下方（二层会议室）	10	87.97	97.83	93.43
5	DSA 机房位置上方（三楼楼顶）	10	93.28	97.83	95.25
6	三楼手术室门口（靠近上下电梯）	10	90.24	97.83	94.34
7	DSA 机房位置南侧（室外）	10	91.76	97.83	95.63
8	DSA 机房位置西侧（室外）	10	94.03	100.10	96.99
9	宿舍楼前（空白对照点）	10	82.66	91.76	87.89

备注：

①监测设备校准因子：0.91；

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表中监测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应值；

④本报告仅对本次监测点位及监测结果负责。

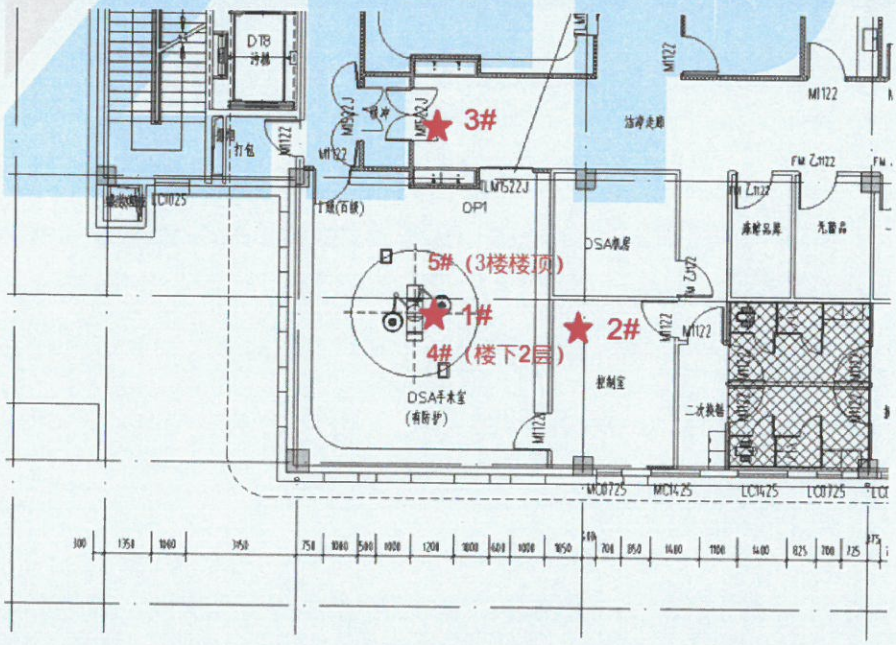
编　　制：

审　　核：

批　　准：

批准日期：2022.08.07

附图一



DSA 机房建设项目环境γ辐射剂量率监测点位示意图

报告内容至此结束