

检索号

2024-HP-0092

核技术利用建设项目

福州市中医院五四北分院 2 台 DSA 机和 1 台 ERCP 用 X 光机项目环境影响报告表 (公开本)

福州市中医院 (盖章)

2024 年 5 月

核技术利用建设项目

福州市中医院五四北分院 2 台 DSA 机和 1 台 ERCP 用 X 光机项目环境影响报告表

建设单位名称：_____ 福州市中医院 _____

建设单位法人代表（签名或签章）：_____

通讯地址：_____ 福州市鼓楼区鼓东路 102 号 _____

邮政编码：_____ 350001 _____ 联系人：_____ 吴梅山 _____

电子邮箱：_____ / _____ 联系电话：_____ / _____

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	7
表 3 非密封放射性物质.....	7
表 4 射线装置.....	8
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	9
表 6 评价依据.....	10
表 7 保护目标与评价标准.....	12
表 8 环境质量和辐射现状.....	18
表 9 项目工程分析与源项.....	21
表 10 辐射安全与防护.....	29
表 11 环境影响分析.....	35
表 12 辐射安全管理.....	53
表 13 结论与建议.....	59
表 14 审批.....	63

附件：

附件 1 项目委托书

附件 2 射线装置使用承诺书

附件 3 医院辐射安全许可证正副本复印件

附件 4 本项目辐射环境现状检测报告、检测单位资质认证证书、检测仪器检定证书

附件 5 类比 DSA 机检测报告复印件

附件 6 医院原有核技术利用项目辐射安全管理情况的说明

附件 7 本次 DSA、ERCPC 项目的情况说明

附件 8 医院调整放射卫生防护与安全管理领导小组的通知

附件 9 医院辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案

表 1 项目基本情况

建设项目名称		福州市中医院五四北分院 2 台 DSA 机和 1 台 ERCP 用 X 光机项目			
建设单位		福州市中医院			
法人代表	杨晓煜	联系人	吴梅山	联系电话	/
注册地址		福州市鼓楼区鼓东路 102 号			
项目建设地点		福州市晋安区坂中路 568 号东北方（五四北分院医技楼一层、二层）			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		2650	项目环保投资（万元）	150	投资比例（环保投资/总投资） 5.67%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m ² ） 约 370
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	/				

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位基本情况

福州市中医院又名福州市人民医院，始建于 1947 年，前身为福建佛教医院，系福建中医药大学非行政隶属附属医院、福州市中医医疗联合体牵头单位，是全国较早创立的一家集医疗、教学、科研、预防保健和康复于一体的三级甲等综合性中医医院。

医院有鼓楼院区和五四北分院（在建）。鼓楼院区地处福州市首善之区鼓楼中心地段，占地面积 15 亩，编制床位 600 张，设有临床科室 36 个、医技及辅助科室 14 个。五四北分院分两期建设，尚未竣工，一期占地 80 亩，二期占地 55 亩，按照三甲医院标准立项建设，项目总投资 16.5 亿元，规划床位 600 张，一期已于 2021 年 5 月开工建设，计划于 2024 年下半年竣工。

1.1.2 项目建设规模

1.1.2.1 项目概况及由来

为满足患者的就医需求，提升当地和周边区域群众的医疗服务水平，福州市中医院拟在五北分院医技楼一层北部新建 DSA 工作场所，配备 2 台 DSA 机，在五北分院医技楼二层北部新建 ERCP 工作场所，配备 1 台 ERCP 用 X 光机，开展放射诊断和介入治疗。本项目核技术利用情况见表 1-1。

表 1-1 本项目核技术利用情况表

序号	射线装置名称、型号	数量(台)	管电压(kV)	管电流(mA)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况
1	DSA 机 (Azurion 7M20)	1	125	1000	II	五四北分院医技楼 一层 DSA 机房 1	使用	本次 环评
2	DSA 机 (未定)	1	125	1000	II	五四北分院医技楼 一层 DSA 机房 2	使用	本次 环评
3	ERCP 用 X 光机 (未定)	1	125	1000	II	五四北分院医技楼 二层 ERCP 机房	使用	本次 环评

1.1.2.2 项目由来

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，福州市中医院本次拟开展的核技术利用项目应办理核技术应用项目环境影响评价手续。

根据《射线装置分类》（2017 年修订版），本项目 DSA 机、ERCP 用 X 光机属于 II 类射线装置，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目应编制环境影响报告表。受福州市中医院的委托，江苏辐环环境科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、项目工程分析，并在结合现场勘察、现场检测（委托江苏核众环境监测技术有限公司检测）等工作的基础上，编制了该核技术应用项目环境影响报告表。

1.1.2.3 项目定员及年工作时间

根据医院提供的资料，医院拟从现有辐射工作人员中调配 10 名人员、并拟新增 9 名辐射工作人员负责本项目辐射工作，包括现有的 4 名技师、1 名护士、5 名医师，新增的 2 名护士、7 名医师，其中 2 台 DSA 配备 2 名技师、2 名护士、8 名医师，ERCP 配备 2 名技师、1 名护士、4 名医师，人员均不兼职其他辐射工作，项目投入运行后，单台设备年手术量不超过 600 台，单名介入手术工作人员年手术量不超过 300 台。本

项目 DSA 机和 ERCP 用 X 光机工作时间见表 1-2。

表 1-2 本项目 DSA 机、ERCP 用 X 光机工作时间一览表

设备名称	数量	单台年最大手术量	单名医生年最大手术台数	单台手术平均透视曝光时间	单台手术平均拍片曝光时间	单台年总透视曝光时间	单台年总拍片曝光时间
DSA 机	2 台	600 台	300 台	20min	2min	200h	20h
ERCP 用 X 光机	1 台	600 台	300 台	20min	2min	200h	20h

1.2 项目周边保护目标及项目选址情况

福州市中医院五四北分院位于福州市晋安区坂中路 568 号东北方，医院东侧为规划路，南侧为坂中路，西侧为下柳路，北侧为满洋路。福州市中医院五四北分院地理位置示意图 1-1，平面布置及周围环境示意图 1-2。

本项目 2 间 DSA 机房和 1 间 ERCP 机房拟建址均位于五四北分院医技楼内。医技楼东侧依次为院内道路和绿化、病房楼 1#、出入院办理处，南侧依次为院内道路和绿化、门急诊综合楼，西侧依次为院内道路和绿化、医院围墙、下柳路，北侧依次为院内道路和绿化、感染性疾病科综合楼。

2 间 DSA 机房位于五四北分院医技楼一层北部，DSA 机房 1 和 DSA 机房 2 东西向布置。DSA 机房 1 东侧依次为设备间 1、洁净物品间等 DSA 辅房、医疗走廊，2 间 DSA 机房南侧依次为控制廊、天井、影像科工作场所等，DSA 机房 2 西侧为设备间和示教间等 DSA 辅房、楼梯间，2 间 DSA 机房北侧依次为洁净走廊、规划 PET-CT 工作场所，楼上为 ERCP 机房及其控制室、走道、胃肠镜室等，楼下为防洪器材间、排风排烟机房等。

1 间 ERCP 机房拟建址位于五四北分院医技楼二层北部。ERCP 机房东侧依次为病人通道和污物通道、麻醉恢复、术前准备区、预检分诊台等、连廊，南侧依次为天井、检验科大厅、资料室、更衣间等，西侧依次为 ERCP 控制室、会议办公室、更衣室、卫生间等，北侧依次为走道、胃肠镜室、纤支镜室及其控制室等，楼上为医生办公室和远程质控室等，楼下为 DSA 机房 2 及其控制廊。医院五四北分院医技楼一层平面布置示意图 1-3，二层平面布置见图 1-4，地下一层平面布置见图 1-5，三层平面布置见图 1-6。项目拟建址及周围环境现状见图 1-7。

根据医院提供的资料可知，本项目 DSA 及 ERCP 工作场所位置相对独立，2 台 DSA 及 1 台 ERCP 用 X 光机设有单独固定的机房，与周围非辐射工作场所隔开。根据理论估算，项目运行时对周围环境辐射影响较小，因此，项目选址基本合理。

根据医院提供的资料、现场调查和图 1-2 可知，本项目 50m 评价范围没有环境敏感点，环境保护目标主要是 DSA、ERCP 辐射工作人员、评价范围内医院内的其他医护人员等工作人员、病患及陪同家属等流动人员、下柳路上的流动人员。

1.3 产业政策符合性分析

经对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订），本项目属于国家鼓励类的第十三项“医药”中第 5 款中“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备”，符合国家产业发展政策。

1.4 代价利益分析

本项目的运行，可为患者提供放射诊疗服务，方便群众就医，具有良好的社会效益和经济效益。本项目总投资 2650 万元，其中环保投资 150 万元，占总投资的 5.67%，与同类项目环保投资指标相比，本项目环保投资比例合理、适当，可保证环保措施的落实。根据理论估算和分析，本项目经辐射防护屏蔽和安全管理后，可保证项目辐射环境剂量率和人员辐射剂量满足项目管理目标要求。

因此，从代价利益方面分析，本项目获得的利益远大于对环境的影响，具有明显的经济效率、社会效益，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）“实践的正当性”的原则。

1.5 项目环保投资

本项目环保投资明细见表 1-4。

表 1-4 本项目环保投资明细一览表

序号	项目	投资金额（万元）
1	机房的土建和防护施工	100
2	辐射安全装置和保护措施（电离辐射警告标志、工作状态指示灯、观察窗及对讲装置等）	12
3	辐射防护用品（铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅手套等）	8
4	通风系统	12
5	辐射监测仪器	4
6	辐射安全规章制度上墙、环境影响评价、竣工环保验收	14
合计		150

1.6 原有核技术利用项目许可及辐射安全管理情况

1、原有核技术利用项目许可情况

福州市中医院许可有 11 台Ⅲ类射线装置，均已履行了相关环保手续，无遗留环保问题。医院目前持有的辐射安全许可证书编号为：闽环辐证[A0011]，许可种类和范围：使用Ⅲ类射线装置，发证日期：2020 年 10 月 28 日，许可有效期至：2025 年 10 月 27 日。医院现有辐射安全许可证复印件见附件 3。

医院现有核技术利用情况见表 1-5。

表 1-5 医院现有核技术利用项目一览表

序号	射线装置名称	数量	管电压 (kV)	管电流 (mA)	类别	工作场所	活动种类	环评/验收情况	许可情况
1	牙片机	1	65	7	Ⅲ类	口腔科	使用	2016.9 已竣工环保验收	已许可
2	口腔 CT	1	90	13	Ⅲ类	口腔科	使用	2016.9 已竣工环保验收	
3	牙片机	1	65	7	Ⅲ类	东部	使用	2019.4 已备案	
4	CT	1	140	560	Ⅲ类	影像科	使用	2016.9 已竣工环保验收	
5	移动式 C 臂机	1	110	8	Ⅲ类	手术室	使用	2022.1 已备案	
6	骨密度仪	1	110	63	Ⅲ类	影像科	使用	2019.4 已备案	
7	DR	1	150	650	Ⅲ类	体检科	使用	2019.4 已备案	
8	牙片机	1	65	7	Ⅲ类	口腔科	使用	2019.4 已备案	
9	移动 DR	1	240	6	Ⅲ类	影像科	使用	2019.10 已备案	
10	移动式 X 光机	1	110	25	Ⅲ类	手术室	使用	2022.1 已备案	
11	数字胃肠机	1	150	800	Ⅲ类	影像科	使用	2022.8 已备案	

2、现有辐射安全管理情况

(1) 辐射安全与环境保护管理机构

福州市中医院已成立了由杨晓煜为组长的放射卫生防护与安全管理领导小组（见附件8），指定专人负责辐射安全与环境保护管理工作，并明确了各成员管理职责，满足环保相关管理要求。

(2) 辐射安全管理规章制度

福州市中医院已针对现有核技术利用项目和本项目制定了辐射安全管理规章制度

度及辐射事故应急预案（见附件9），主要包括《辐射防护和安全保卫制度》、《操作规程》、《岗位职责》、《辐射设备检修维护制度》、《人员培训计划》、《个人剂量监测和职业健康管理制度》、《辐射环境监测方案》及《辐射事故应急预案》。

该单位制定的辐射安全管理规章制度较完备且具有一定的可行性，满足现有核技术利用项目和本项目对辐射安全管理规章制度的需求。该单位能够按照辐射安全管理规章制度进行管理，辐射工作人员也能够严格按照各项规章制度开展工作，满足环保相关管理要求。

（3）辐射监测和年度评估

福州市中医院每年均委托有资质单位对本单位的辐射工作场所进行监测，监测结果满足相关标准要求。每年对本单位辐射工作场所的安全和防护状况进行了年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交了上一年度的评估报告，满足环保相关管理要求。

（4）个人剂量监测与健康体检

福州市中医院现有辐射工作人员均已配备了个人剂量计，已定期（每季度一次）送有资质部门进行个人剂量监测，建立了个人剂量档案，现有辐射工作人员的受照剂量均未超过职业人员年剂量管理限值要求。

医院已定期（不超过2年/次）组织现有辐射工作人员进行了职业健康体检，并建立了辐射工作人员职业健康监护档案，根据最近一次职业健康体检报告，医院现有辐射工作人员均可继续原放射工作，满足环保相关管理要求。

（5）辐射安全和防护知识培训

福州市中医院目前在用的均为III类射线装置，现有辐射工作人员均已按要求参加辐射安全与防护考核（集中考核或由医院自行组织考核），成绩合格且在有效期内，满足环保相关管理要求。

（6）运行情况

福州市中医院开展核技术利用项目至今，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 机	II	1	Azurion 7M20	125	1000	放射诊断/介入治疗	五四北分院医技楼一层 DSA 机房 1	/
2	DSA 机	II	1	暂未定	125	1000	放射诊断/介入治疗	五四北分院医技楼一层 DSA 机房 2	/
3	ERCPC 用 X 光机	II	1	暂未定	125	1000	放射诊断/介入治疗	五四北分院医技楼二层 ERCPC 机房	/

(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
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风系统排出机房，弥散在大气环境中
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（修订版），2015年1月1日起施行</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），2018年12月29日起施行</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订版），国务院令第七09号，2019年3月18日起施行</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订），2017年10月1日起实施</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正版），生态环境部令第二0号，自2021年1月4日起施行</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，生态环境部令第十六号，2021年1月1日起施行</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第十八号，2011年5月1日起施行</p> <p>(9) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修订），发改委令第四9号，自2021年12月30日起施行</p> <p>(10) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部/国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日起施行</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145号</p> <p>(12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第九号，2019年11月1日起施行</p> <p>(13) 《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告2019年第38号，2019年11月1日起施行</p> <p>(14) 《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告2019年第39号，2019年10月25日生成</p> <p>(15) 《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日起施行</p> <p>(16) 《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>（试行）的通知》，闽环保辐射〔2013〕10号，2013年3月15日印发</p>
------	--

	<p>(17) 《福建省生态环境厅关于印发福建省辐射事故应急预案的函》，闽环函[2020]22号，2020年9月23日发布</p> <p>(18) 《福州市生态环境局关于印发福州市辐射事故应急预案的函》，榕环保函[2020]233号，2020年9月24日发布</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)</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) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)</p> <p>(6) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)</p> <p>(7) 《数字减影血管造影机专用技术条件》(YYT 0740-2022)</p>
<p>其 他</p>	<p>与本项目相关附件:</p> <p>(1) 项目委托书(见附件1)</p> <p>(2) 射线装置使用承诺书(见附件2)</p> <p>(3) 医院辐射安全许可证正副本复印件(见附件3)</p> <p>(4) 本项目辐射环境现状检测报告、检测单位资质认证证书、检测仪器检定证书(见附件4)</p> <p>(5) 类比 DSA 机检测报告复印件(见附件5)</p> <p>(6) 医院原有核技术利用项目辐射安全管理情况的说明(见附件6)</p> <p>(7) 本项目的情况说明(见附件7)</p> <p>(8) 医院调整放射卫生防护与安全管理领导小组的通知(见附件8)</p> <p>(9) 医院辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案(见附件9)</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为使用 II 类射线装置。根据《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中的要求，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。因此本项目辐射评价范围确定为：2 间 DSA 机房、1 间 ERCP 机房实体屏蔽边界外 50m 范围内区域。本项目评价范围示意图 1-2。

7.2 保护目标

根据医院提供的资料、现场调查和图 1-2 可知，本项目 50m 评价范围内没有环境敏感点，环境保护目标主要是 DSA、ERCP 辐射工作人员、评价范围内医院内的其他医护人员等工作人员、病患及陪同家属等流动人员、下柳路上的流动人员。本项目环境保护目标情况见表 7-1 和表 7-2。

表 7-1 DSA 项目环境保护目标一览表

环境保护目标名称	保护目标位置描述	方位	距机房最近距离	人口规模	保护要求
辐射工作人员	DSA1 控制室内	DSA 机房 1 东侧	0.3m	12 人	年剂量不超过 5mSv
	DSA2 控制室内	DSA 机房 2 东侧	0.3m		
	2 间 DSA 机房内	机房内	距 DSA 机球管不低于 0.5m		
公众 医院内的其他医护人员等工作人员	药品库、麻醉准备苏醒室等（医技楼内）	东侧	约 3m	五四北分院工作人员总人数约为 450 人	年剂量不超过 0.1mSv
	连廊、院内道路和绿化		约 20m		
	病房楼 1#		约 40m		
	洁净通道和缓冲间、天井（医技楼内）	南侧	0.3m		
	影像科工作场所等（医技楼内）		约 10m		
	办公室和医护通道等、楼梯间（医技楼内）	西侧	0.3m		
	院内道路和绿化		约 12m		
	洁具间、污物暂存间、设备间、污洗间等 DSA 辅房（医技楼内）	北侧	0.3m		
	规划 PET-CT 工作场所（医技楼内）		约 4m		

	院内道路和绿化		约 15m	
	感染性疾病科综合楼		约 35m	
	ERCP 机房及其控制室、走道、胃肠镜室等（医技楼内）	楼上	相邻	
	防洪器材间、排风排烟机房等	楼下	相邻	
患者、陪同家属等流动人员	医院内	四周及楼上	0m	流动人群
下柳路上流动人员	下柳路	西侧	约 38m	流动人群

表 7-2 ERCP 项目环境保护目标一览表

环境保护目标名称	保护目标位置描述	方位	距机房最近距离	人口规模	保护要求
辐射工作人员	控制室内	西侧	0.3m	7 人	年剂量不超过 5mSv
	机房内	机房内	距 X 光机球管不低于 0.5m		
公众	病人通道和污物通道、麻醉恢复、术前准备区等（医技楼内）	东侧	0.3m	五四北分院工作人员总人数约为 450 人	年剂量不超过 0.1mSv
	连廊、院内道路和绿化		约 21m		
	病房楼 1#		约 40m		
	天井、检验科大厅、资料室、更衣间等（医技楼内）	南侧	0.3m		
	会议办公室、更衣室、卫生间等（医技楼内）	西侧	2.4m		
	院内道路和绿化		约 20m		
	走道、胃肠镜室、纤支镜室及其控制室等（医技楼内）	北侧	0.3m		
	院内道路和绿化		约 17m		
	感染性疾病科综合楼		约 37m		
	医生办公室和远程质控室（医技楼内）	楼上	相邻		
	DSA 机房 2 及其控制廊（医技楼内）	楼下	相邻		
	患者、陪同家属等流动人员	医院内	四周及楼上下		
下柳路上流动人员	下柳路	西侧	约 47m		

7.3 评价标准:

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

①剂量限值

本项目辐射工作人员及公众的年照射剂量限值, 见表 7-2:

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值: ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv ②任何一年中的有效剂量, 50mSv
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值: ①年有效剂量, 1mSv; ②特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv, 则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv;

②辐射管理分区

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区: 这种区域未被定为控制区, 在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施, 但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

(2) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)

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。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外, 对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房, 其最小有效使用面积、

最小单边长度应符合表 2（即表 7-3）的规定。

表 7-3 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^d (m ²)	机房内最小单边长度 ^e (m)
双管头或多管头 X 射线设备 ^a （含 C 形臂）	30	4.5
单管头 X 射线设备 ^b （含 C 形臂）	20	3.5

^a双管头或多管头X射线设备的所有管球安装在同一间机房内。
^b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。
^d机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。
^e机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 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 3（即表 7-4）的规定。

6.2.2 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 C 中表 C.4~表 C.7。

表 7-4 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

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 μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

6.4 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。

6.4.7 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。

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。

(3) 《数字减影血管造影机专用技术条件》（YYT 0740-2022）

5.6.4 透视入射空气比释动能率

在管电压与管电流的任意组合下，透视入射空气比释动能率应满足：

a) 空气比释动能率应不大于 88mGy/min；

6.6.4 透视入射空气比释动能率

设置 SID 至最小，将剂量仪的探测器放置在沿 X 射线中心线在距影像接收器表面的 30cm 处，用足够厚的铅板遮住影像接收器，自动透视至剂量最大稳定值或手动调整管电压和管电流至最大值进行透视，记录测量值。

(4) 本项目管理目标

综合考虑 GB 18871-2002、GBZ 130-2020 等要求，本项目管理目标确定为：

①**辐射环境剂量率控制水平**：DSA 机房、ERCPC 机房屏蔽体外 30cm 及周围人员可居留处周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。

②**剂量约束值**：职业人员年有效剂量不超过 **5mSv**，公众年有效剂量不超过 **0.1mSv**。

(5) 参考资料

① 《辐射防护导论》，方杰主编

② 《辐射防护手册》（第一分册），李德平 潘自强 主编

③ 《中国环境天然放射性水平》，国家环境保护局，1995 年

福建省福州市原野、道路、建筑物室内 γ 辐射空气吸收剂量率（单位：nGy/h）

	原野 γ 辐射剂量率	道路 γ 辐射剂量率	室内 γ 辐射剂量率
范围	30.4~145.4	45.3~164.7	89.9~231.0
均值 \pm 标准差	101.0 \pm 32.0 (按点平均)	110.1 \pm 35.3	170.8 \pm 31.1 (按点平均)

注：测量值已扣除宇宙射线响应值。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

福州市中医院五四北分院位于福州市晋安区坂中路 568 号东北方，本项目 2 间 DSA 机房拟建址位于五四北分院医技楼一层，1 间 ERCP 机房拟建址位于五四北分院医技楼二层。五四北分院地理位置示意图 1-1，五四北分院平面布置及周围环境示意图 1-2，五四北分院医技楼一层平面布置示意图 1-3，二层平面布置见图 1-4，地下一层平面布置见图 1-5，三层平面布置见图 1-6。

8.2 环境现状检测

本项目为使用 II 类射线装置，运行期主要环境影响为电离辐射影响。项目在进行现状调查时，主要调查 DSA 机房、ERCP 机房拟建址及周围环境的辐射水平现状。

8.2.1 环境现状评价对象、监测因子、监测点位等

环境现状评价对象：DSA 机房拟建址及周围辐射环境现状

检测因子： γ 辐射剂量率

检测点位：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点，在项目拟建址及周围布设 16 个检测点位，调查环境辐射水平，具体点位布设情况见图 8-1、图 8-2、图 8-3

检测频次：按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中的要求进行，检测时仪器探头水平距离地面 1m，每个检测点位读 10 个数据，读数间隔 10s，取算术平均值计算结果。

8.2.2 检测方案

检测单位：江苏核众环境监测技术有限公司（CMA 证书编号：171012050259）

检测时间：2023 年 6 月 8 日 检测天气：晴

检测仪器：FH40G+FHZ672E-10 型辐射巡测仪

仪器编号：030360+11395

能量响应范围：40keV~4.4MeV

量程范围：1nSv/h~100 μ Sv/h

检定单位：江苏省计量科学研究院

检测证书编号：Y2023-0044112

检定有效期：2023.3.27~2024.3.26

8.2.3 质量保证措施

①委托的检测机构已通过计量认证，具备有相应的检测资质和检测能力，其计量认证证书及检测能力证书见附件 4；

②委托的检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

③委托的检测机构所采用的监测设备均通过计量部门检定合格，并在检定有效期内，仪器检定证书见附件 4；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核；

⑤检测报告实行三级审核。

8.2.4 检测结果及评价

本项目拟建址及周围环境辐射水平检测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 4。

表 8-1 本项目拟建址及周围环境辐射水平检测结果

序号	检测点位描述	位置属性	测量结果 (nGy/h)	标准差	备注
1	DSA 机房 1 拟建址	楼房	141	2.7	本底检测
2	DSA 机房 1 拟建址东侧（洁净物品间）	楼房	137	2.0	
3	DSA 机房 1 拟建址南侧（控制廊）	楼房	133	2.3	
4	DSA 机房 1 拟建址北侧（洁净走廊）	楼房	130	2.4	
5	DSA 机房 2 拟建址	楼房	138	1.9	
6	DSA 机房 2 拟建址南侧（控制廊）	楼房	130	2.0	
7	DSA 机房 2 拟建址西侧（示教室）	楼房	139	1.7	
8	DSA 机房 2 拟建址北侧（洁净走廊）	楼房	130	2.3	
9	DSA 机房 1 拟建址楼上（二层麻醉恢复区）	楼房	138	1.8	
10	DSA 机房 1 拟建址楼下（地下一层公共走道）	楼房	150	2.8	
11	DSA 机房 2 拟建址楼下（地下一层防洪器材间）	楼房	138	2.0	
12	ERCp 机房拟建址内（DSA 机房 2 拟建址楼上）	楼房	138	1.8	
13	ERCp 机房拟建址东侧（病人通道）	楼房	136	2.7	
14	ERCp 机房拟建址西侧（控制室）	楼房	130	2.2	
15	ERCp 机房拟建址北侧（走道）	楼房	130	2.2	

16	ERCp 机房拟建址楼上（三层医生办公室）	楼房	130	2.4	
----	-----------------------	----	-----	-----	--

注：①上表数据已扣除监测仪器宇宙射线响应值（17.1nSv/h）；

②建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8；

③本项目检测仪器使用 ^{137}Cs 作为检定参考辐射源，根据 HJ 1157-2021，换算系数取 1.20Sv/Gy。

根据检测结果可知，本项目 DSA 机房、ERCp 机房拟建址及周围室内 γ 辐射剂量率为（130~150）nGy/h，处于《中国环境天然放射性水平》中福建省福州市室内环境辐射水平正常范围内（（89.9~231.0）nGy/h）。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工程设备

1、设备组成

(1) DSA

DSA设备因其整体结构像大写的“C”，因此也称作C型臂X光机，DSA成像系统按功能和结构划分，主要由五部分构成：X线发生装置、影像检测和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和检查床、影像存储和传输系统。

① X线发生装置

X线发生装置主要包括X线球管、高压发生器和X线遮光器。介入治疗需要连续发射X射线，要求有较高的球管热容量和散射率，因此DSA必须具有阳极热容量在1MHU以上、具有大小焦点的X线球管。此外，还需具有一个能产生高千伏、短脉冲和恒定输出的高压发生器、X线遮光器用来限制X线照射视野，避免患者接受不必要的辐射。

② 影像检测和显示系统

影像检测和显示系统用于将X线信息影像转换成可见影像。目前数字成像系统共有两种：影像增强器和平板探测器。影像增强器接收穿过人体的X线并转换为亮度增强数千倍的输出图像后，经摄像机转换为电子图像，再经A/D转换成数字图像；而平板探测器是直接接收穿过人体的X线信息后转换成数字图像。现代大型DSA设备普遍使用平板探测器，其转换环节少，减少了噪声，使X线光子信号的损失降到了最低限度，大大提高了光电转换效率。不但保证了优质的图像质量，而且降低了射线剂量。

③ 影像处理和系统控制部分

DSA影像被数字化后，则需进行各种算术逻辑运算，并对减影的图像进行各种后处理。计算机系统是DSA的关键部件，具有快速处理能力，主要对数字影像进行对数变换处理、时间滤波处理和对对比度增强处理。系统控制部分具有多种接口，用于协调X线机、机架、计算机处理器和外设联动等。

④ 机架系统和检查床

机架系统有悬吊式和落地式两种，各有利弊，可根据工作特点和机房情况选择。检查床具有手术床和透视诊断床两种功能，多采用高强度、低衰减系统的碳素纤维床面，减少对X线的吸收。

⑤ 影像存储和传输系统

影像存储和传输系统采用在线存储和近线存储两种存储方式，充分利用网络技术实现影像资料的共享，方便随时调阅，更加高效的交流和管理DSA影像信息。

DSA 在工作时，能够实现曝光采集及透视功能。目前主流的 DSA 多采用脉冲透视功能，能够实现短时间、低电压、大电流连续脉冲式动态采集。同时还能自动根据成像区衰减状态调整 kV、mA 等参数，使 X 射线管保持最佳负荷状态，在安全辐射剂量范围内获取最佳图像质量。

根据医院提供的资料，本项目拟配备的 2 台 DSA 机，使用平板探测器，DSA 机的 C 型臂上，X 射线球管及平板探测器分别在 C 型臂的两端，球管出束口恒定朝向平板探测器照射，出束主射线在平板探测器成像范围（照射野范围）内。本项目拟配备的 Azurion 7M20 型 DSA 机外观见图 9-1。

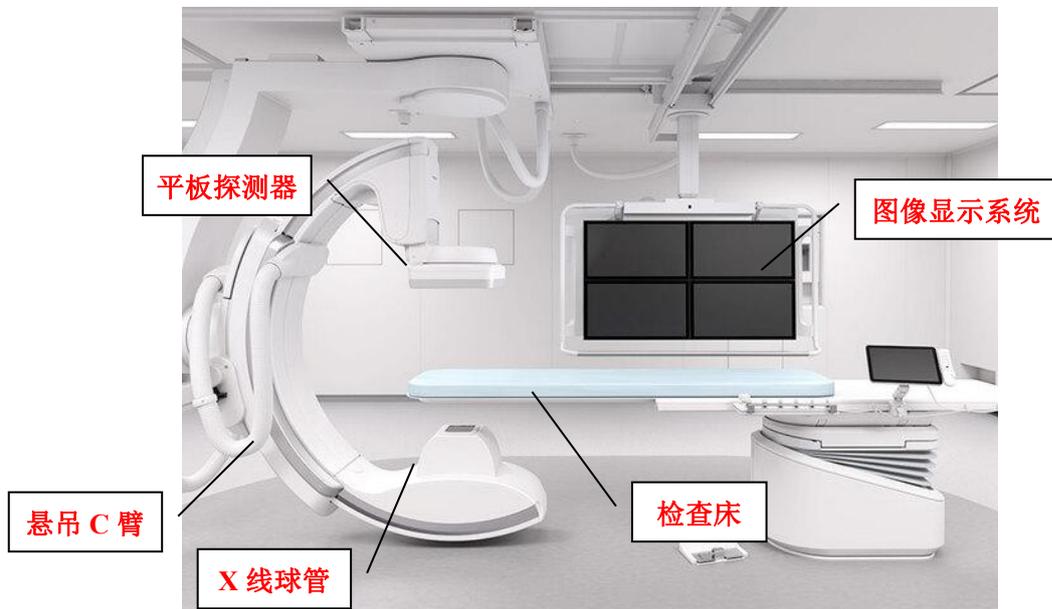


图 9-1 本项目 Azurion 7M20 型 DSA 机的外观示意图

(2) ERCP

ERCP 是经内镜逆行胰胆管造影的英文首写字母(Encoscopic Retrograde Cholangio-Pancreatography, ERCP)，是指将十二指肠镜插至十二指肠降部，找到十二指肠乳头，由活检管道内插入造影导管至乳头开口部，注入造影剂后进行 X 线摄片，以显示胰胆管的技术。在 ERCP 的基础上，可以进行十二指肠乳头括约肌切开术（EST）、内镜下鼻胆汁引流术（ENBD）、内镜下胆汁内引流术（ERBD）等介入治疗。开展 ERCP 需要配备诸如电子十二指肠镜、ERCP 用 X 光机、造影导管及其附件、（非）离子造影剂、生命体征监护设备以及患者与操作医生的防护设备等，ERCP 用 X 射线机一般为大型数字减影血管造影机或移动式 C 形臂 X 射线机，其设备组成及功能与

DSA 基本相同。

2、设备技术参数

本项目拟配备的 DSA、ERCP 用 X 光机属于 II 类射线装置，设备技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目拟配备的 DSA、ERCP 用 X 光机主要技术参数一览表

指标	DSA 机 1 技术参数	DSA 机 2 技术参数	ERCP 用 X 光机技术参数
型号	Azurion 7 M20	暂未定	暂未定
额定管电压	125kV	125kV	125kV
额定管电流	1000mA	1000mA	1000mA
最小焦平距 (SID)	89cm	89cm	89cm
最小焦皮距	38cm	38cm	38cm
最大照射野	30cm×38cm	30cm×38cm	30cm×38cm

3、工作方式

本项目 DSA 和 ERCP 用 X 光机工作场所拟配套相应的机房和控制室，控制室与机房分开设置。

DSA 和 ERCP 用 X 光机在进行曝光时可分为减影和透视两种情况：

(1) 减影检查：减影是操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流，曝光并通过电子计算机处理后得到最终的减影图像，医生根据减影图像对病人的病情进行诊断；

(2) 介入治疗：透视是病人需进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用脉冲透视，此时介入医生位于铅帘后身着铅服、铅眼镜在机房内对病人进行直接的介入手术操作。

9.1.2 工作原理

(1) DSA

DSA 设备的核心部件为 X 射线发生器，成像基本原理是：将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，经电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，最终获得去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管等影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 机处理的图像，使血管等的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

本项目拟配备的DSA机属于平板探测器型，其成像原理为：①曝光前对非晶硒两面的偏置电极板预先施加1~5000V正向电压形成偏执电场，像素矩阵处于预置初始状态；②X线曝光时在偏执电场作用下形成电流→垂直运动→电荷采集电极→给储存电容充电；③读取TFT储存电容内的电荷→放大→A/D转换成数字信号→计算机运算→形成数字图像；④消除残存电荷，其系统结构示意图9-2。

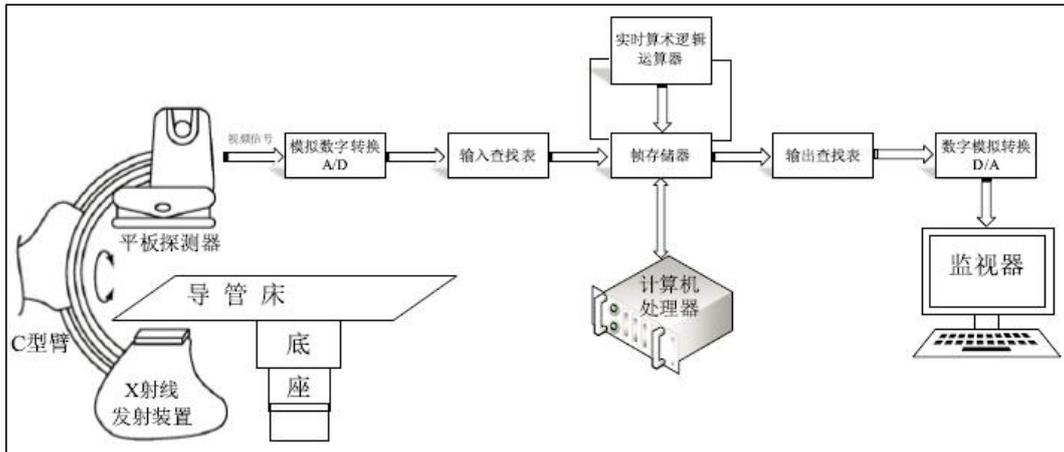


图 9-2 平板探测器型 DSA 机系统结构图

(2) ERCP用X光机

ERCP用X光机的核心部件为X射线发生器，成像基本原理是：将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的胆管或胰管造影X射线荧光图像，经电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，最终获得去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯胆管或胰管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过ERCP用X光机处理的图像，使胆管或胰管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。本项目拟配备的ERCP用X光机属于平板探测器型，其系统结构与DSA机类似。

介入治疗是在医学影像设备的引导下，通过置入体内的各种导管的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点。

9.1.3 工作流程及产污环节

本项目 DSA 和 ERCP 工艺流程及产污环节如下：

(1) 医生穿戴铅衣等个人防护用品，做好准备工作后进入机房，按工作程序完成所有准备工作，包括给患者摆位；

(2) 为患者病变部位拍摄普通片，并在脉冲透视下插入导管至目标部位，此过程会产生 X 射线和微量的臭氧、氮氧化物；

(3) 然后通过导管加压输送造影剂，并拍摄造影片，拍片过程会产生 X 射线和微量的臭氧、氮氧化物；

(4) 医护人员根据减影图像进行诊断，无需介入治疗的患者离开机房，需要介入治疗的患者进行介入手术；

(5) 医护人员在 DSA 机或 ERCP 用 X 光机引导下为患者进行介入手术，手术结束后，患者离开机房，此过程会产生 X 射线和微量的臭氧、氮氧化物。

本项目 DSA 和 ERCP 工作流程及产污环节具体见图 9-3。

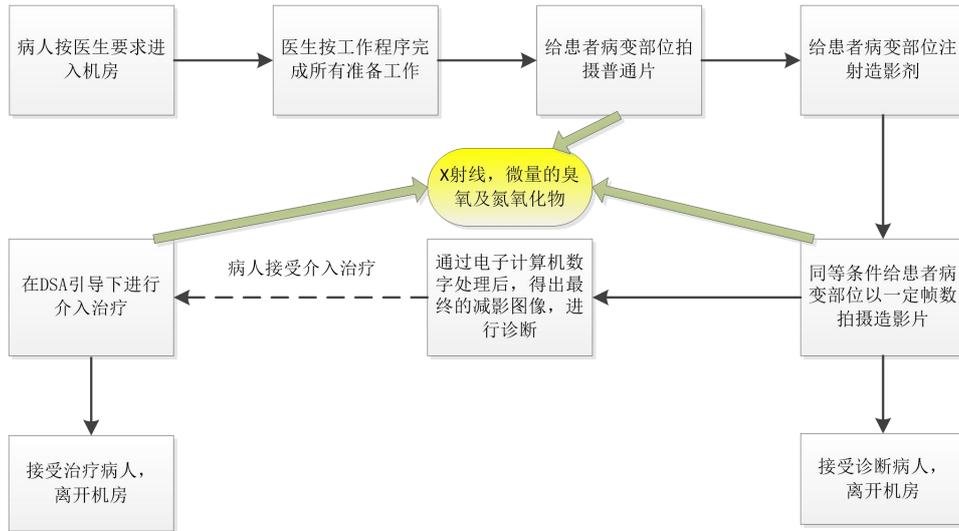


图 9-3 DSA 和 ERCP 工作流程及产污环节示意图

9.1.4 人流、物流路径规划

本项目 DSA 和 ERCP 工作场所设有独立的医护人员通道、患者通道和污物通道。操作技师在换鞋、更衣区更换衣物后直接通过医护通道进入控制室，在控制室操作台处操作 DSA 机和 ERCP 用 X 光机，工作结束后原路返回；介入手术人员先在更换区更换衣物，后经医护通道，穿戴铅衣等个人防护用品后，从控制室医护人员防护门进入机房为患者进行介入手术，工作结束后原路返回；患者从患者通道防护门进入机房接受诊疗，诊疗结束后原路返回；医疗废物先运至污物缓冲间，打包后再送至医院的医疗垃圾站。本项目 DSA 和 ERCP 工作场所人流、物流路径规划示意图 9-4 和图 9-5。

9.2 污染源项描述

9.2.1 建设阶段的污染源项

本项目施工内容主要包括：DSA 及 ERCP 机房及辅房的土建及防护施工、装饰装修等，在建设阶段不产生辐射影响，产生的环境影响主要是施工时产生的废气、噪声、

固体废物以及废水等环境污染。施工期对环境产生的影响为暂时的、可逆的，且随着施工期结束，固废及废水在施工期间内妥善处置，施工期产生的扬尘、噪声等方面的影响将随着施工结束会自行消除。

9.2.2 运行阶段的污染源项

9.2.2.1 正常工况

1、放射性污染源分析

本项目拟配备的 DSA 机及 ERCP 用 X 光机最大管电压均为 125kV、最大管电流均为 1000mA，根据工作原理可知，X 射线是随机器的开关而产生和消失。因此，在非诊疗状态下不产生 X 射线，只有在开机处于出线状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，X 射线为污染环境的主要因子。

DSA 机及 ERCP 用 X 光机的 C 型臂上，X 射线球管及平板探测器分别在 C 型臂的两端，球管出束口恒定朝向平板探测器照射，出束主射线在平板探测器成像范围（照射野范围）内。在对 X 射线探测时，均要求平板探测器具有对电离辐射的高阻断能力，要求所有入射到发光材料上的 X 射线尽可能多地被吸收，当 X 射线穿过平板探测器而没被吸收，就不会产生激发，从而影响成像效果。平板探测器对设备球管主射线的吸收，使得 DSA 机房、ERCP 机房的屏蔽估算无须再考虑主射线，因此本项目 DSA 机房、ERCP 机房各侧屏蔽体主要考虑泄漏辐射和散射辐射的影响。

①泄漏射线

根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h”（在距离源 1m 处不超过 100cm² 的面积上或者在离管或源壳 5cm 处的 10cm² 面积上进行平均测量），以及《医用电气设备 第 1 部分：安全通用要求 三. 并列标准 诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》（GB9706.1-2020）中 29.204.3 的相应要求，取本项目 DSA 机、ERCP 用 X 光机离焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率为 1.0mGy/h。

②散射射线

本项目 DSA 机、ERCP 用 X 光机的散射线主要考虑有用线束照射到人体上产生的侧向散射线，其强度与有用线束的 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射面积和距离等有关。

本项目实际使用 DSA 机、ERCP 用 X 光机时为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，管电压和管电流通常留有一定的裕量。

本项目保守按 DSA 机、ERCP 用 X 光机以最大管电压运行进行理论估算。

《数字减影血管造影机专用技术条件》（YYT 0740-2022）中规定：

5.6.4 透视入射空气比释动能率

在管电压与管电流的任意组合下，透视入射空气比释动能率应满足：

a) 空气比释动能率应不大于 88 mGy/min；

6.6.4 透视入射空气比释动能率

设置 SID 至最小，将剂量仪的探测器放置在沿 X 射线中心线在距影像接收器表面的 30 cm 处，用足够厚的铅板遮住影像接收器，自动透视至剂量最大稳定值或手动调整管电压和管电流至最大值进行透视，记录测量值。

根据单位提供资料，本项目拟购 DSA 机、ERCP 用 X 光机最小焦平距（SID）为 89cm，即靶点与透视入射空气比释动能率检测点之间的距离为 59cm，根据 YYT 0740-2022 中规定，同时根据辐射剂量率与距离平方成反比可估算得出，本项目 DSA 机在透视工况下，离靶 1 米处的空气比释动能率为 $30.63\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{min}^{-1}$ 。拍片工况下，管电流约为透视工况的 50 倍，离靶 1 米处的空气比释动能率为 $1531.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{min}^{-1}$ 。

2、非放射性污染源分析

①废气

DSA 机及 ERCP 用 X 光机运行期产生的废气主要为 X 射线与空气发生相互作用产生的微量臭氧和氮氧化物。

②固体废物

项目运行期产生的固体废物主要为手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物和生活垃圾。

③废水

项目运行期不产生医疗废水，产生的废水主要为生活污水。

④噪声

项目运行期产生的噪声污染源主要为通风系统风机运行时产生的噪声。

9.2.2.2 事故工况

本项目可能发生的辐射事故如下：

①辐射设备正常工作时，人员误留机房，导致发生误照射；

②工作状态指示灯、门灯联锁等安全联锁装置发生故障失效的状况下，人员误入

辐射设备正在运行的机房，导致发生误照射；

③操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射；

④介入手术工作人员未穿戴铅衣等个人防护用品进入机房进行介入手术，受到不必要的照射。

事故工况下的辐射污染因子与正常工况下的污染因子一致。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局和分区

(1) 工作场所布局

本项目 DSA 机和 ERCP 用 X 光机工作场所均设有单独的机房，控制室位于机房外，满足拟用辐射设备的布局要求；机房内最小使用面积、最小单边长度见表 10-1，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“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”等标准的相关要求，布局合理。

表 10-1 本项目机房使用面积、单边长度一览表

机房名称	拟用设备	机房内最小有效使用面积 m ²		机房内最小单边长度 m		评价
		本项目	标准要求	本项目	标准要求	
DSA 机房 1	Azurion 7M20 型 DSA 机	46.9	30	6.9	4.5	符合要求
DSA 机房 2	DSA 机	46.9	30	6.9	4.5	符合要求
ERCP 机房	ERCP 用 X 光机	39	30	6.25	4.5	符合要求

(2) 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求：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；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，对控制区运用行政管理程序（如工作许可证制度）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进入；监督区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。

对于 DSA 工作场所，医院拟将 2 间 DSA 机房划为控制区，在控制区入口处设置电离辐射警告标志，工作期间禁止除介入手术人员和患者外的其他人员进入控制区；将 DSA 机房 1 东侧的设备间 1、洁净物品间，机房南侧控制廊，机房北侧洁净走廊，机房 2 西墙外 30cm 范围内（在地面画线并标识监督区）划为监督区，工作期间禁止任何无关人员进入监督区。

对于 ERCP 工作场所，医院拟将 1 间 ERCP 机房划为控制区，在控制区入口处设置电离辐射警告标志，工作期间禁止除介入手术人员和患者外的其他人员进入控制区；将 ERCP 的控制室、更衣刷手间、污物通道、病人通道、机房北墙外 30cm 范围内（在地面画线并标识监督区）划为监督区，工作期间禁止任何无关人员进入监督区。

本项目 DSA 工作场所分区示意图 10-1，ERCP 工作场所分区示意图 10-2，其

控制区和监督区划分明显，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 款中有关辐射工作场所的分区规定。

10.1.2 辐射防护屏蔽设计

本项目 DSA 机房及 ERCP 机房拟采取的屏蔽设计参数见表 10-2，工作场所平面布置见图 9-4 和 9-5。

表 10-2 本项目 DSA 机房、ERCP 机房屏蔽防护设计参数一览表

机房名称	屏蔽体	屏蔽材质及厚度
2 间 DSA 机房	东墙、南墙、西墙、北墙	钢结构框架+4mm 铅板
	顶板、地板	200mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥
	患者通道防护门、医护通道防护门	内含 4mm 铅板
	观察窗	4mmPb 铅玻璃
1 间 ERCP 机房	东墙、南墙、西墙、北墙	200mm 实心砖+3mm 铅板
	顶板、地板	200mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥
	患者通道防护门、医护通道防护门、污物通道防护门	内含 4mm 铅板
	观察窗	4mmPb 铅玻璃

注：根据建设单位提供资料，铅的密度为 11.34g/cm^3 ，混凝土密度为 2.35g/cm^3 ，硫酸钡涂料密度约为 3.5g/cm^3 ，实心砖密度不低于 1.65g/cm^3 ，防护门与墙壁之间的缝隙设计小于 1cm ，防护门与墙体各侧搭接设计为缝隙的至少 10 倍，防止射线泄漏。

10.1.3 辐射安全措施设计

为保障 DSA 机、ERCP 用 X 光机安全运行，避免在开机期间人员误留或误入机房内而发生误照射事故，本项目 DSA、ERCP 工作场所拟设计相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

（1）工作状态指示灯

DSA、ERCP 机房患者通道防护门上方拟设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句，工作状态指示灯与机房门之间拟设置门灯联锁装置，用于显示机房内设备运行状态。

（2）防夹和闭门装置

DSA、ERCP 机房平开防护门拟设置自动闭门装置，电动推拉防护门拟设置防夹装置并拟设置曝光时关闭的管理措施。

（3）电离辐射警告标志

DSA、ERCP 机房各防护门外表面均拟设置电离辐射警告标志，提醒无关人员勿

靠近机房或在附近逗留。

(4) 观察窗与对讲装置

DSA、ERCP 机房设置有观察窗，同时拟设置对讲装置，工作人员在控制室内可及时观察患者情况及防护门开闭情况，防止意外情况的发生。

(5) 个人防护用品

医院拟为本项目介入手术工作人员配备以下个人防护用品：每间机房至少 2 套不低于 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜和 2 套不低于 0.025mmPb 的介入防护手套，拟配备以下辅助防护设施：每间机房 1 套 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、床侧防护帘，拟为受检者配备以下个人防护用品：每间机房 1 套 0.5mmPb 的铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套。

(6) 监测仪器

本项目拟配备 19 名辐射工作人员，均拟按要求配备双个人剂量计，五四北分院拟配备 1 台环境辐射巡测仪，拟为本项目单间机房配备 2 台个人剂量报警仪（共 6 台），能够满足监测仪器配备要求。

由于 DSA、ERCP 介入治疗需要长时间的透视和大量的摄片，X 射线球管工作时产生的散射线对机房内介入手术工作人员有较大影响，根据辐射防护“三原则”，医院还应在以下方面加强对介入治疗的防护工作：

◆引入的辐射设备及配套设备必须符合国际的或者国家的标准，满足各种特殊操作的要求，其性能必须与操作性质相符合；设备应该常规调节到满足低剂量的有效范围内，并尽可能提高图像质量；

◆临床介入手术时，采用床侧立地防护屏、防护手术手套、床侧竖屏及床上防护屏、床下帘、床侧帘等屏蔽防护措施，能够有效降低介入手术工作人员的吸收剂量；

◆一般说来，降低患者的剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入手术工作人员的培训，包括辐射防护的培训，参与介入手术的工作人员应该技术熟练、动作迅速，以减少患者和介入手术工作人员的剂量；

◆操作中减少透视时间和减少照相的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入手术工作人员在操作时应尽量远离检查床。

本项目 DSA、ERCP 工作场所拟采取的管理措施和辐射安全措施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中要求对照，能够满足要求，具体对照符合性分析情

况见表 10-3。

表 10-3 本项目拟采取的管理措施和辐射安全措施与 GBZ 130-2020 中要求对照情况一览表

序号	GBZ130-2020 要求	本项目设计方案	对照结论
1	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。	DSA、ERCP 机房设置有观察窗，同时拟设置对讲装置，工作人员在控制室内可及时观察患者情况及防护门开闭情况，防止意外情况的发生。	符合要求
2	6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	DSA、ERCP 机房内不堆放与放射诊断/介入治疗工作无关的杂物。	符合要求
3	6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	DSA、ERCP 机房内拟设置动力通风系统，并保持良好的通风。	符合要求
4	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。	DSA、ERCP 机房各防护门外表面均拟设置电离辐射警告标志；DSA、ERCP 机房患者通道防护门上方拟设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句；DSA 机房患者入口处、ERCP 术前准备区醒目处拟设置放射防护注意事项告知栏。	符合要求
5	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。	DSA、ERCP 机房平开防护门拟设置自动闭门装置，电动推拉防护门拟设置曝光时关闭的管理措施；工作状态指示灯与机房门设置门灯联锁装置，用于显示机房内设备运行状态。	符合要求
6	6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	DSA、ERCP 机房电动推拉防护门拟设置防夹装置。	符合要求
7	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。	受检者在机房外候诊，不在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中，陪检者不允许留在机房内。	符合要求

综上所述，本项目 DSA、ERCP 工作场所拟采取的管理措施、辐射安全和防护措施在认真落实后，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关辐射安全要求和开展本项目的辐射安全需要。

本项目 DSA、ERCP 工作场所拟配备的个人防护用品和辅助防护设施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中要求对照，均能够满足要求，具体对照符合性分析情况见表 10-4。

表 10-4 本项目个人防护用品和辅助防护设施与 GBZ 130-2020 中要求对照情况一览表

/	介入手术工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—
GBZ130-2020 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0.025 mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5 mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于2 mmPb。 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 0.5 mmPb。			
本项目单间 DSA、ERCPC 机房配备情况	均配备至少 2 套不低于 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜和 2 套不低于 0.025mmPb 介入防护手套	均配备 1 套 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、床侧防护帘	均配备 1 套 0.5mmPb 的铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套	—
对比结论	满足基本种类配备要求			—

10.2 非放射性污染源的治理

1、废气治理措施

项目运行期产生的废气主要为 DSA 机及 ERCPC 用 X 光机运行时产生的 X 射线与空气发生相互作用产生的微量臭氧和氮氧化物。

本项目 DSA 机房、ERCPC 机房内均拟设计动力排风系统，产生的微量臭氧和氮氧化物可通过排风系统排出机房，弥散在大气环境中。

2、固体废物治理措施

项目运行期产生的固体废物主要为医疗废物和生活垃圾，院内医疗废物将委托有资质单位进行清运处理，生活垃圾由当地环卫部门统一清运。

3、废水治理措施

项目运行期不产生医疗废水，产生的废水主要为生活污水。院内生活污水将经院区污水管道进入院内污水处理站，经预处理满足接管要求后接入市政污水管网。

4、噪声治理措施

项目运行期产生的噪声污染源主要为通风系统风机运行时产生的噪声，项目拟优

先选用噪声低、振动小的风机设备，安装风机时拟设置减振基础，通风管采用软性接头，排风口处安装消声器。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工内容主要包括：DSA 及 ERCP 机房及辅房的土建及防护施工、装修装饰等，在建设阶段不产生辐射影响，产生的环境影响主要是施工时产生的废气、噪声、固体废物以及废水等环境污染，具体建设施工中的防护措施如下：

(1) 废水：

施工期的废水主要为生产废水和施工人员的生活污水。生产废水主要包括：土建施工、施工机械设备洗涤等产生的废水，这部分废水含有一定量的油污和泥砂。生活污水包括洗涤废水和冲厕水，生活污水含有大量细菌和病原体。

上述废水水量不大，但如果不经处理或处理不当，同样会危害环境。所以，施工期废水不能随意直排。其防治措施主要有：

① 施工过程中尽量减少废水产生量，废水应进行必要的分类处理后集中处理。

② 水泥、黄砂、石灰类的建筑材料需集中堆放，并采取一定的防雨措施，及时清扫施工运输过程中抛洒的上述建筑材料，以免这些物质被雨水冲刷带入污水处理装置内。

③ 生活污水必须进入医院污水管网集中处理。

(2) 废气：

施工期废气主要为施工产生的粉尘以及施工场地扬尘等。主要防治措施有：

① 防物料抛洒泄漏。

② 建筑垃圾和生活垃圾及时清运，对干燥作业面适当洒水，以防二次扬尘。

(3) 噪声：

噪声是施工期主要的污染因子，施工过程中使用的运输车辆及各种施工机械，都是噪声的产生源。本项目施工量小，无大功率机械设备，且在施工过程中将严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，如因工艺特殊情况要求，需在夜间施工而产生环境噪声污染时，按《中华人民共和国环境噪声污染防治法》的规定，需取得当地人民政府或有关主管部门的证明，并公告附近居民。

(4) 固体废物：

施工垃圾主要来自施工所产生的建筑垃圾和施工队伍的生活垃圾。对施工现场要及时进行清理，建筑垃圾要及时清运、加以利用，防止其因长期堆放而产生扬尘，生活垃圾要进行专门收集，交由环卫部门收集处置，严禁乱堆乱扔，防止产生二次污染。

(5) 辐射影响：无。

医院在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在医院院区内。本项目施工期较短，施工量较小，施工阶段采取上述污染防治措施后，施工期对医院周围环境影响较小。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 机房屏蔽符合性分析

(1) 评价标准

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 3 规定，C 型臂 X 射线设备机房有用线束方向、非有用线束方向屏蔽体的铅当量均不小于 2.0mmPb。

(2) 机房各屏蔽部位的铅当量厚度核算

本项目拟配备的 DSA 机、ERCPC 用 X 光机最大管电压为 125kV，保守按最大管电压 125kV 的极端条件核算相应机房各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度，机房各侧屏蔽体均保守按有用线束投射方向核算铅当量。

本项目 DSA 机房顶板和地板、ERCPC 机房四周墙体、顶板和地板均为复合屏蔽，ERCPC 机房四周墙体内层为 3mm 铅板、外层为 200mm 实心砖，DSA 机房、ERCPC 机房顶板和地板内层均为 3mmPb 硫酸钡水泥、外层为 200mm 混凝土。根据 GBZ 130-2020 中 C.2.1，对于给定两种屏蔽物质的厚度，计算铅当量：查表得到内层屏蔽物质的相当于外部屏蔽物质的当量厚度，加上外部屏蔽物质厚度，得到总的外部屏蔽物质的总当量厚度，查表 C.2~表 C.7 得到铅当量。对于在附录 C 表 C.2~表 C.7 中无法查取的参数，采取理论估算的方法。

按照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 b) 给出的计算公式进行计算：

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

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α 、 β 、 γ ——相应屏蔽物质对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B ——给定铅厚度的屏蔽透射因子；给定铅厚度的屏蔽透射因子 B 值对照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 a) 相应要求采用给出的计算公式进行计算：

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

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

α 、 β 、 γ ——铅对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——铅厚度。

由 GBZ 130-2020 中表 C.2 查取 125kV（主束）管电压工况下 X 射线（主束）辐射衰减的有关的拟合参数，列于表 11-1：

表 11-1 125kV（主束）管电压工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	屏蔽材料	α	β	γ
125kV（主束）	铅	2.219	7.923	0.5386
	实心砖	0.0287	0.067	1.346
	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974

根据公式（1）、公式（2）可计算得出，相应屏蔽体的等效铅当量厚度、屏蔽透射因子 B，计算结果列于表 11-2。

表 11-2-1 本项目机房内层屏蔽物质相当于外部屏蔽物质的当量厚度计算结果

内层屏蔽物质		屏蔽透射因子 B	相当于外部屏蔽物质的当量厚度（mm）
四周墙体	3mm 铅板	7.97E-05	298mm 实心砖
顶板、地板	3mmPb 硫酸钡水泥	9.07E-07	223mm 混凝土

表 11-2-2 本项目机房四周墙体、顶板、地板总屏蔽铅当量厚度计算结果

屏蔽体	等效屏蔽	屏蔽透射因子 B	铅当量厚度（mm）
四周墙体	内层 3mm 铅板+外层 200mm 实心砖	498mm 实心砖	2.54E-07
顶板、地板	内层 3mmPb 硫酸钡水泥+外层 200mm 混凝土	423mm 混凝土	7.52E-08

（3）DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性

根据前述等效铅当量厚度核算情况，可对本项目 DSA 机房、ERCP 机房屏蔽体等效铅当量进行汇总，结果见表 11-3。

表 11-3 机房屏蔽符合性分析

屏蔽体	防护参数	等效屏蔽（mmPb）	标准要求（mmPb）	符合性	
2 间 DSA 机房	东墙、南墙、西墙、北墙	钢结构框架+4mm 铅板	4	2.0	符合
	顶板、地板	200mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥	6.1		符合
	患者通道防护门、医护通道防护门	内含 4mm 铅板	4		符合

	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4		符合
1 间 ERC P 机 房	东墙、南墙、西 墙、北墙	200mm 实心砖+3mm 铅板	5.6		符合
	顶板、地板	200mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥	6.1		符合
	患者通道防护门、 医护通道防护门、 污物通道防护门	内含 4mm 铅板	4		符合
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4		符合

根据表 11-3 可知，本项目 DSA 机房、ERCPC 机房的屏蔽防护措施能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 C 型臂 X 射线设备机房有用线束方向、非有用线束方向屏蔽防护铅当量厚度不小于 2.0mm 铅当量的要求。

11.2.2 运行阶段辐射影响分析

根据污染源项描述章节，本项目 DSA 机房、ERCPC 机房各侧屏蔽体主要考虑泄漏辐射和散射辐射的影响。本项目保守按 DSA 机、ERCPC 用 X 光机以最大管电压运行进行理论估算，保守假设均为垂直入射，不考虑屏蔽体的等效屏蔽效果。

根据医院规划，DSA 机、ERCPC 用 X 光机正常使用时靶点至机房外关注点的距离见表 11-4。

表 11-4 DSA 机、ERCPC 用 X 光机靶点至机房外关注点的距离

屏蔽体		靶点至机房外关注点的距离（m）
2 间 DSA 机 房 (一层)	东墙	4.9
	南墙	4
	西墙	4.3
	北墙	4.3
	观察窗	4
	医护通道防护门	4.6
	患者通道防护门	4.6
	顶板	4.8
	地板	4.4
1 间 ERCPC 机房 (二层)	东墙	3
	南墙	3.7
	西墙	3
	北墙	3.7
	观察窗	3
	医护通道防护门（2 扇）	3.5

患者通道防护门	3
污物通道防护门	3
顶板	4.5
地板	3.4

注：①关注点取四周墙体、防护门、观察窗、顶板外 30cm、地板下方地面 1.7m 处；
②地下一层层高为 5.8m，一层层高为 4.8m，二层层高为 4.5m，靶点离室内地面 0.3m。

(1) 泄漏辐射预测

①泄漏辐射空气比释动能率计算公式

泄漏辐射剂量率 \dot{H}_L 采用下式计算：

$$\dot{H}_L = \frac{H_i B}{R^2} \dots\dots\dots (3)$$

式中： H_i ——距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率，mGy/h，根据表 9 污染源项章节，本项目取 1.0mGy/h；

R—靶点至关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子，无量纲，计算公式见式（2）。

根据 GBZ 130-2020 表 C.2，铅对 125kV 管电压（主束）辐射衰减的 α 、 β 、 γ 取值分别为 2.219、7.923、0.5386。

②泄漏辐射空气比释动能率计算结果

将有关参数代入公式（2）、（3），计算 DSA 机房、ERCPC 机房四周屏蔽体、顶板、地板外关注点的泄漏辐射空气比释动能率，计算结果见表 11-5。

表 11-5-1 2 间 DSA 机房外关注点处泄漏辐射空气比释动能率计算结果

关注点位置	H_i (mGy/h)	等效铅当量 (mmPb)	R (m)	α	β	γ	B 估算 结果	\dot{H}_L 估算结果 (μ Gy/h)
东墙外 30cm	1	4	4.9	2.219	7.923	0.5386	8.42E-06	3.51E-04
南墙外 30cm	1	4	4				8.42E-06	5.26E-04
西墙外 30cm	1	4	4.3				8.42E-06	4.55E-04
北墙外 30cm	1	4	4.3				8.42E-06	4.55E-04
观察窗外 30cm	1	4	4				8.42E-06	5.26E-04
医护通道防 护门外 30cm	1	4	4.6				8.42E-06	3.98E-04
患者通道防 护门外 30cm	1	4	4.6				8.42E-06	3.98E-04

顶板外 30cm	1	6.1	4.8				7.88E-08	3.42E-06
地板下方地 面 1.7m 处	1	6.1	4.4				7.88E-08	4.07E-06

表 11-5-2 1 间 ERCP 机房外关注点处泄漏辐射空气比释动能率计算结果

关注点位置	H_i (mGy/h)	等效铅当量 (mmPb)	R (m)	α	β	γ	B 估算 结果	\dot{H}_L 估算结果 (μ Gy/h)
东墙外 30cm	1	5.6	3	2.219	7.923	0.5386	2.39E-07	2.66E-05
南墙外 30cm	1	5.6	3.7				2.39E-07	1.75E-05
西墙外 30cm	1	5.6	3				2.39E-07	2.66E-05
北墙外 30cm	1	5.6	3.7				2.39E-07	1.75E-05
观察窗外 30cm	1	4	3				8.42E-06	9.35E-04
医护通道防 护门外 30cm	1	4	3.5				8.42E-06	6.87E-04
患者通道防 护门外 30cm	1	4	3				8.42E-06	9.35E-04
污物通道防 护门外 30cm	1	4	3				8.42E-06	9.35E-04
顶板外 30cm	1	6.1	4.5				7.88E-08	3.89E-06
地板下方地 面 1.7m 处	1	6.1	3.4				7.88E-08	6.82E-06

(2) 散射辐射预测

① 散射辐射空气比释动能率计算公式

由《辐射防护手册》（第一分册）给出的X射线机散射线在关注点的周比释动能计算公式（公式 10.10）进行推导，得到散射线在关注点处的比释动能率 H_s 的计算公式（推导中，将原公式中的使用因子、居留因子均取为 1）：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (s / 400) \cdot B_s}{d_0^2 \cdot d_s^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： H_0 —距靶点 1m 处的最大剂量率， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

I —管电流，mA；根据表 9 污染源项章节，本项目透视工况下， $H_0 \cdot I$ 取 $30.63 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ，拍片工况下， $H_0 \cdot I$ 取 $1531.5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ；

a —人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比值，查《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1，125kV 对应散射角为 90° 的 a 查取值为 0.0015；

S ——主束在患者体上的散射面积，考虑手术需要的最大照射面积，本项目取 100cm^2 ；

d_0 ——源至受照点的距离，本项目取 0.38m ；

d_s ——受照体至关注点的距离， m ；

B_s ——屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见式（2）。

根据 GBZ 130-2020 表 C.2，铅对 125kV 管电压（散射）辐射衰减的 α 、 β 、 γ 取值分别为 2.233、7.888、0.7295。

②关注点处散射辐射空气比释动能率计算结果

将有关参数代入公式（2）、（4），计算 DSA 机房、ERCPC 机房四周屏蔽体、顶板、地板外关注点处的散射辐射空气比释动能率，计算结果见表 11-6。

表 11-6-1 2 间 DSA 机房外关注点处散射辐射空气比释动能率计算结果

关注点位置	操作模式	$H_0 \cdot I$ ($\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$)	a	S (cm^2)	B_s	d_0 (m)	d_s (m)	H_s ($\mu\text{Gy/h}$)
东墙外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	$1.67\text{E-}05$	0.38	4.9	3.31E-03
	拍片	1531.5						1.66E-01
南墙外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	$1.67\text{E-}05$	0.38	4	4.97E-03
	拍片	1531.5						2.49E-01
西墙外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	$1.67\text{E-}05$	0.38	4.3	4.30E-03
	拍片	1531.5						2.15E-01
北墙外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	$1.67\text{E-}05$	0.38	4.3	4.30E-03
	拍片	1531.5						2.15E-01
观察窗外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	$1.67\text{E-}05$	0.38	4	4.97E-03
	拍片	1531.5						2.49E-01
医护通道防 护门外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	$1.67\text{E-}05$	0.38	4.6	3.76E-03
	拍片	1531.5						1.88E-01
患者通道防 护门外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	$1.67\text{E-}05$	0.38	4.6	3.76E-03
	拍片	1531.5						1.88E-01
顶板外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	$1.53\text{E-}07$	0.38	4.42	3.74E-05
	拍片	1531.5						1.87E-03
地板下方地 面 1.7m 处	透视	30.63	0.0015	100	$1.53\text{E-}07$	0.38	4.78	3.20E-05
	拍片	1531.5						1.60E-03

表 11-6-2 1 间 ERCP 机房外关注点处散射辐射空气比释动能率计算结果

关注点位置	操作模式	$H_0 \cdot I$ ($mGy \cdot m^2 \cdot min^{-1}$)	a	S (cm^2)	B_s	d_0 (m)	d_s (m)	H_s ($\mu Gy/h$)
东墙外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	4.67E-07	0.38	3	2.48E-04
	拍片	1531.5						1.24E-02
南墙外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	4.67E-07	0.38	3.7	1.63E-04
	拍片	1531.5						8.15E-03
西墙外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	4.67E-07	0.38	3	2.48E-04
	拍片	1531.5						1.24E-02
北墙外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	4.67E-07	0.38	3.7	1.63E-04
	拍片	1531.5						8.15E-03
观察窗外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	1.67E-05	0.38	3	8.84E-03
	拍片	1531.5						4.42E-01
医护通道防 护门外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	1.67E-05	0.38	3.5	6.49E-03
	拍片	1531.5						3.25E-01
患者通道防 护门外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	1.67E-05	0.38	3	8.84E-03
	拍片	1531.5						4.42E-01
污物通道防 护门外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	1.67E-05	0.38	3	8.84E-03
	拍片	1531.5						4.42E-01
顶板外 30cm	透视	30.63	0.0015	100	4.67E-07	0.38	4.12	1.31E-04
	拍片	1531.5						6.57E-03
地板下方地 面 1.7m 处	透视	30.63	0.0015	100	1.53E-07	0.38	3.78	5.11E-05
	拍片	1531.5						2.56E-03

(3) 泄漏辐射和散射辐射的叠加剂量

根据表 11-5 和 11-6 估算结果可得出, DSA 机房、ERCP 机房四周屏蔽体、顶板、地板外关注点处的泄漏辐射和散射辐射的叠加空气比释动能率, 计算结果见表 11-7。

表 11-7-1 2 间 DSA 机房外关注点处泄漏辐射和散射辐射的叠加空气比释动能率计算结果

关注点位置	操作模式	泄漏辐射 估算结果 ($\mu Gy/h$)	散射辐射 估算结果 ($\mu Gy/h$)	叠加辐射估算结果 ($\mu Sv/h$)
东墙外 30cm	透视	3.51E-04	3.31E-03	3.66E-03
	拍片		1.66E-01	1.66E-01
南墙外 30cm	透视	5.26E-04	4.97E-03	5.50E-03
	拍片		2.49E-01	2.50E-01
西墙外 30cm	透视	4.55E-04	4.30E-03	4.76E-03

	拍片		2.15E-01	2.15E-01
北墙外 30cm	透视	4.55E-04	4.30E-03	4.76E-03
	拍片		2.15E-01	2.15E-01
观察窗外 30cm	透视	5.26E-04	4.97E-03	5.50E-03
	拍片		2.49E-01	2.50E-01
医护通道防护门外 30cm	透视	3.98E-04	3.76E-03	4.16E-03
	拍片		1.88E-01	1.88E-01
患者通道防护门外 30cm	透视	3.98E-04	3.76E-03	4.16E-03
	拍片		1.88E-01	1.88E-01
顶板外 30cm	透视	3.42E-06	3.74E-05	4.08E-05
	拍片		1.87E-03	1.87E-03
地板下方地面 1.7m 处	透视	4.07E-06	3.20E-05	3.61E-05
	拍片		1.60E-03	1.60E-03

注：简化估算 1Gy 近似为 1Sv。

表 11-7-2 1 间 ERCP 机房外关注点处泄漏辐射和散射辐射的叠加空气比释动能率计算结果

关注点位置	操作模式	泄漏辐射估算结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	散射辐射估算结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	叠加辐射估算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
东墙外 30cm	透视	2.66E-05	2.48E-04	2.75E-04
	拍片		1.24E-02	1.24E-02
南墙外 30cm	透视	1.75E-05	1.63E-04	1.81E-04
	拍片		8.15E-03	8.17E-03
西墙外 30cm	透视	2.66E-05	2.48E-04	2.75E-04
	拍片		1.24E-02	1.24E-02
北墙外 30cm	透视	1.75E-05	1.63E-04	1.81E-04
	拍片		8.15E-03	8.17E-03
观察窗外 30cm	透视	9.35E-04	8.84E-03	9.78E-03
	拍片		4.42E-01	4.43E-01
医护通道防护门外 30cm	透视	6.87E-04	6.49E-03	7.18E-03
	拍片		3.25E-01	3.26E-01
患者通道防护门外 30cm	透视	9.35E-04	8.84E-03	9.78E-03
	拍片		4.42E-01	4.43E-01
污物通道防护门外 30cm	透视	9.35E-04	8.84E-03	9.78E-03
	拍片		4.42E-01	4.43E-01
顶板外 30cm	透视	3.89E-06	1.31E-04	1.35E-04

	拍片		6.57E-03	6.57E-03
地板下方地面 1.7m 处	透视	6.82E-06	5.11E-05	5.79E-05
	拍片		2.56E-03	2.57E-03

注：简化估算 1Gy 近似为 1Sv。

(4) 小结

根据表 11-7 估算结果可知，本项目 DSA 机在透视模式下，2 间 DSA 机房外辐射剂量率最大均为 **5.50E-03 μ Sv/h**，在拍片模式下，2 间 DSA 机房外辐射剂量率最大均为 **2.50E-01 μ Sv/h**；ERCP 用 X 光机在透视模式下，1 间 ERCP 机房外辐射剂量率最大为 **9.78E-03 μ Sv/h**，在拍片模式下，1 间 ERCP 机房外辐射剂量率最大为 **4.43E-01 μ Sv/h**，能够满足本项目辐射剂量率管理限值要求，即机房屏蔽体外表面 30cm 处及周围人员可居留处的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。

(5) 叠加影响

本项目 2 间 DSA 机房东西向相邻布置，1 间 ERCP 机房位于 DSA 机房 2 及其控制廊正上方，2 台 DSA 机、1 台 ERCP 用 X 光机同时运行时，可能会对机房周围造成叠加影响。根据表 11-11 估算结果，即时保守将 2 间 DSA 机房、1 间 ERCP 机房外最大剂量率进行相加，其最大叠加剂量率（透视 2.08E-02 μ Sv/h，拍片 9.43E-01 μ Sv/h）也能满足本项目辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 的管理限值要求。

11.2.3 类比分析

(1) 类比对象的选取

本项目选取上杭县医院 1 台 IGS 330 型 DSA 机进行类比分析，类比情况见表 11-8。

表 11-8 类比情况一览表

	本项目	类比对象
项目地点	福州市中医院五四北分院	上杭县医院
型号	1 台 DSA 机型号为 Azurion 7M20，另一台 DSA 机和 1 台 ERCP 用 X 光机型号未定	Optima IGS 330
最大管电压 (kV) / 最大管电流 (mA)	125kV/1000mA	125kV/1000mA
机房防护措施	(1) DSA 机房 四周墙体：钢结构框架+3mm 铅板； 顶板、地板：200mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥； 防护门：内含 4mm 铅板； 观察窗：4mmPb (2) ERCP 机房 四周墙体：200mm 实心砖+3mm 铅板； 顶板、地板：200mm 混凝土+3mmPb	南墙：240mm 实心砖+3mm 铅板（等效为 5.8mmPb）； 东墙、西墙、北墙：360mm 烧结多孔砖+3mm 铅板（等效为 3mmPb）； 顶板：120mm 混凝土+3mm 铅板（等效为 4.5mmPb）； 地板：300mm 混凝土+2mmPb 硫酸钡（等效为 6.4mmPb） 防护门：内衬 3mm 铅板；

	硫酸钡水泥； 防护门：内含 4mm 铅板； 观察窗：4mmPb	观察窗：3mmPb
机房尺寸	(1) DSA 机房 最小单边长度为 6.9m，机房内最小有效使用面积为 46.9m ² ； (2) ERCP 机房 最小单边长度为 6.25m，机房内最小有效使用面积为 39m ² 。	最小单边长度为 5.04m，机房内最小有效使用面积约为 33.96m ² 。

(2) 类比可行性分析

根据表 11-8 可知：

- ①本项目 DSA 机、ERCP 用 X 光机的最大管电压、最大管电流与类比 DSA 机相同；
- ②DSA 机房、ERCP 机房屏蔽体主要考虑非有用线束，本项目机房四周屏蔽体的屏蔽铅当量均大于类比对象东墙、西墙、北墙、防护门、观察窗的铅当量，顶板和地板的等效铅当量均大于类比对象顶板的铅当量；
- ③本项目机房的最小单边长度、最小有效使用面积大于类比 DSA 机房；
- ④类比 DSA 机的检测结果为射线装置正常运行工况下进行检测，具有一定的代表性，本项目 DSA 机、ERCP 用 X 光机正常运行工况与类比 DSA 机相当。

综上所述，上杭县医院 DSA 机作为本项目类比对象是可行的，其检测数据可作为本项目类比数据。

(3) 类比结果分析

上杭县医院于 2022 年 7 月委托有资质检测公司对医院的 IGS 330 型 DSA 机工作场所进行了检测，并编制了检测报告（见附件 5），报告编号：YNFH22159，检测结果见表 11-9，检测点位见图 11-1。

表 11-9 上杭县医院 IGS 330 型 DSA 机工作场所防护检测结果

点位	检测位置	检测结果μSv/h	点位	检测位置	检测结果μSv/h
1	操作位左	0.19	20	机房东墙中	0.19
2	操作位中	0.21	21	机房东墙南	0.20
3	操作位右	0.21	22	机房南墙东	0.21
4	观察窗右	0.22	23	机房南墙中	0.21
5	观察窗下	0.23	24	机房南墙西	0.21
6	观察窗左	0.23	25	机房西墙南	0.21
7	观察窗上	0.23	26	机房西墙中	0.22
8	观察窗中	0.24	27	机房西墙北	0.23
9	操作室门右侧	0.23	28	机房北墙西	0.24
10	操作室门下侧	0.24	29	机房北墙中	0.23
11	操作室门左侧	0.24	30	机房北墙东	0.24

12	操作室门上侧	0.24	31	机房楼上左	0.23
13	操作室门中	0.23	32	机房楼上中	0.24
14	手术室门右	0.21	33	机房楼上右	0.23
15	手术室门下	0.20	34	机房楼下左	0.22
16	手术室门左	0.21	35	机房楼下中	0.23
17	手术室门上	0.22	36	机房楼下右	0.22
18	手术室门中	0.22	37	窗体 1	0.22
19	机房东墙北	0.21	38	窗体 2	0.21

备注：1、监测条件：自动、66kV、13.8mA、约 9s，散射体使用标准水模+1.5mmCu。

2、四周墙体监测点位距离屏蔽体 30cm 处，楼上检测点距离楼上地面高度 1m，楼下检测点距离楼下地面高度 1.7m。

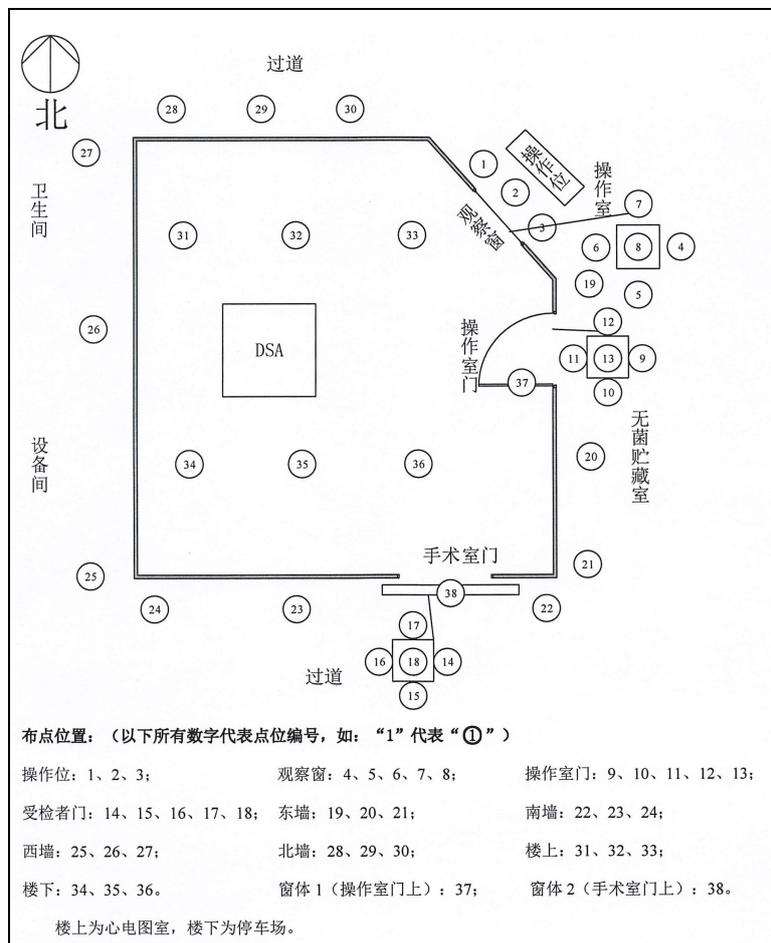


图 11-1 上杭县医院 IGS 330 型 DSA 机工作场所检测点位图

从表 11-9 检测结果可知，上杭县医院 IGS 330 型 DSA 机在开机监测条件下，DSA 机房周围辐射剂量率在（0.19~0.24） $\mu\text{Sv/h}$ 范围内，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“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 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。根据类比可行性分析可推测，本项目 DSA 机、ERCPC 用 X 光

机正常工作时，机房周围环境辐射水平也能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的要求。

11.2.4 保护目标剂量评价

11.2.4.1 辐射工作人员年有效剂量评价

医院拟从现有辐射工作人员中调配 10 名人员、并拟新增 9 名辐射工作人员负责本项目辐射工作，包括现有的 4 名技师、1 名护士、5 名医师，新增的 2 名护士、7 名医师，人员不兼职其他辐射工作。

(1) 本项目 DSA 机、ERCP 用 X 光机所致介入手术工作人员年受照剂量

本项目 DSA 机、ERCP 用 X 光机介入手术工作人员主要考虑在机房内进行介入手术时的受照剂量，其年有效剂量可根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中公式进行估算，估算方法如下：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：E—有效剂量中的外照射分量，单位为 mSv；

α —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79；

H_u —铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，单位为 mSv；

β —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051；

H_o —铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，单位为 mSv。

$$H_u = \dot{H}_u \cdot T \cdot \eta \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中： \dot{H}_u —铅围裙外腰部附近的辐射水平，本项目 \dot{H}_u 保守取 400 μ Sv/h（参考《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）附录 B）；

T—每名介入手术工作人员年透视受照时间，根据医院提供资料，项目运行后，预计单名介入手术工作人员每年最多安排 300 台手术，平均每台手术透视时间约为 20min，则单名介入手术工作人员年透视受照时间最多约为 100h；

η —透射比，即屏蔽透射因子 B，根据公式（2）计算得出，根据 GBZ130-2020，对于铅围裙的铅当量取 0.5mmPb，铅对 125kV 管电压（主束）辐射衰减的 α 、 β 、 γ 取值分别为 2.219、7.923、0.5386，可估算得出 η 为 5.57 $\times 10^{-2}$ 。

$$H_o = \dot{H}_o \cdot T \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：T 意义同前；

\dot{H}_o —铅围裙外锁骨对应的衣领附近的辐射水平，取值同 \dot{H}_u 。

将相关参数分别代入公式（6）、（7）可得， $H_u=2.23\text{mSv}$ 、 $H_0=40\text{mSv}$ ，再代入公式（5）可得，本项目 DSA 机、ERCPC 用 X 光机介入手术工作人员年有效剂量 $E=3.8\text{mSv}$ 。

（2）本项目 DSA 机、ERCPC 用 X 光机所致控制室内辐射工作人员年受照剂量
机房外人员年有效剂量可通过下式进行估算：

$$E=H \cdot U \cdot T \cdot t \quad \dots\dots\dots (8)$$

上式中：E—人员年有效剂量， $\mu\text{Sv/a}$ ；
 H —参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；
 U—使用因子；
 T—人员在相应关注点驻留的居留因子；
 t—照射时间，单位为 h/a。

根据表 11-7 理论估算结果和公式（8），可估算得出 DSA 机、ERCPC 用 X 光机控制室内辐射工作人员的年有效剂量，见表 11-10。

表 11-10 控制室内辐射工作人员的年有效剂量估算一览表

居留场所	操作模式	T (h)	居留因子	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年有效剂量 E (mSv/a)	
DSA 机控制廊内辐射工作人员	透视	200	1	1.1E-02	2.20E-03	1.22E-02
	拍片	20	1	5.0E-01	1.00E-02	
ERCPC 用 X 光机控制室内辐射工作人员	透视	200	1	9.82E-03	1.96E-03	1.09E-02
	拍片	20	1	4.45E-01	8.90E-03	

注：①DSA 控制廊位于 2 间 DSA 机房南侧，DSA2 控制台同时位于 ERCPC 机房下方，DSA 控制廊内辐射剂量率保守取 2 间 DSA 机房南侧、ERCPC 机房下方关注点的理论估算最大值之和，即透视 $1.1\text{E}-02\mu\text{Sv/h}$ ($5.50\text{E}-03\mu\text{Sv/h}+5.50\text{E}-03\mu\text{Sv/h}+5.75\text{E}-05\mu\text{Sv/h}$)，拍片 $5.0\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ($2.50\text{E}-01\mu\text{Sv/h}+2.50\text{E}-01\mu\text{Sv/h}+2.57\text{E}-03\mu\text{Sv/h}$)；

②ERCPC 控制室位于 ERCPC 机房西侧和 DSA 机房 2 上方，控制室内辐射剂量率保守取 ERCPC 机房西侧、DSA 机房 2 上方关注点的理论估算最大值之和，即透视 $9.82\text{E}-03\mu\text{Sv/h}$ ($9.78\text{E}-03\mu\text{Sv/h}+4.08\text{E}-05\mu\text{Sv/h}$)，拍片 $4.45\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ($4.43\text{E}-01\mu\text{Sv/h}+1.87\text{E}-03\mu\text{Sv/h}$)

根据理论估算结果可知，本项目介入工作人员年有效剂量最大为 **3.8mSv**，DSA 机控制廊内工作人员年有效剂量最大为 **1.22E-02mSv**，ERCPC 用 X 光机控制室内工作人员年有效剂量最大为 **1.09E-02mSv**，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv。

但在实际手术时，因不同的手术，其曝光或透视的管电压管电流不同，投照方位根据

需要而变化,且投照出束时间不同,难以准确估算介入手术工作人员受到的准确照射剂量,主要依靠其佩戴的个人剂量计进行跟踪性监测。因此,医院应加强对介入手术工作人员的个人剂量监测管理,当个人累积剂量将超过年有效剂量 5mSv 时,应及时告知本人,并减少其辐射工作量或为其调整工作岗位,确保其年累积剂量不超过剂量约束值。

11.2.4.2 周围公众年有效剂量评价

将相关参数带入公式(8),可估算出本项目 DSA 机房、ERCP 机房周围公众的年有效剂量,计算结果见表 11-11。

表 11-11-1 DSA 机房周围公众的年有效剂量估算一览表

关注点位置	居留场所	操作模式	T (h)	居留因子	辐射剂量率 (μSv/h)	年有效剂量 E (mSv/a)	
机房 1 东墙外 30cm	设备间 1、洁净物品间	透视	200	1/16	3.66E-03	4.58E-05	2.53E-04
		拍片	20		1.66E-01	2.08E-04	
机房 2 西墙外 30cm	示教室、设备间	透视	200	1/2	4.76E-03	4.76E-04	2.63E-03
		拍片	20		2.15E-01	2.15E-03	
机房北墙外 30cm	洁净走廊	透视	200	1/16	4.76E-03	5.95E-05	3.28E-04
		拍片	20		2.15E-01	2.69E-04	
机房患者通道防护门外 30cm	洁净走廊	透视	200	1/16	4.16E-03	5.20E-05	2.87E-04
		拍片	20		1.88E-01	2.35E-04	
机房顶板外 30cm	ERCP 机房及其控制室、走道、胃肠镜室等	透视	200	1	4.08E-05	8.16E-06	4.56E-05
		拍片	20		1.87E-03	3.74E-05	
机房地板下方	防洪器材间、排风排烟机房等	透视	200	1/16	3.61E-05	4.51E-07	2.45E-06
		拍片	20		1.60E-03	2.00E-06	

表 11-11-2 ERCP 机房周围公众的年有效剂量估算一览表

关注点位置	居留场所	操作模式	T (h)	居留因子	辐射剂量率 (μSv/h)	年有效剂量 E (mSv/a)	
机房东墙外 30cm	污物通道、病人通道	透视	200	1/16	2.75E-04	3.44E-06	1.89E-05
		拍片	20		1.24E-02	1.55E-05	
机房北墙外 30cm	走道	透视	200	1/16	1.81E-04	2.26E-06	1.25E-05
		拍片	20		8.17E-03	1.02E-05	

机房污物通道 防护门外 30cm	污物通道	透视	200	1/16	9.78E-03	1.22E-04	6.76E-04
		拍片	20		4.43E-01	5.54E-04	
机房患者通道 防护门外 30cm	病人通道	透视	200	1/16	9.78E-03	1.22E-04	6.76E-04
		拍片	20		4.43E-01	5.54E-04	
机房顶板外 30cm	医生办公室、远程、 质控室	透视	200	1	1.35E-04	2.70E-05	1.58E-04
		拍片	20		6.57E-03	1.31E-04	
机房地板下方	DSA 机房 2 及其控制廊	透视	200	1	5.79E-05	1.16E-05	6.30E-05
		拍片	20		2.57E-03	5.14E-05	

根据表 11-11 可知,本项目 DSA 机房周围公众年有效剂量最大为 3.28E-04mSv, ERCP 机房周围公众年有效剂量最大为 6.76E-04mSv, 能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)对公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求: 公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

11.2.5 非放射性污染源治理措施评价

一、废气

项目运行期产生的废气主要为 2 台 DSA 机及 1 台 ERCP 用 X 光机运行时产生的 X 射线与空气发生相互作用产生的微量臭氧和氮氧化物。

本项目 2 间 DSA 机房及 1 间 ERCP 机房内拟设计动力排风系统, 产生的微量臭氧和氮氧化物可通过排风系统排出机房, 弥散在大气环境中, 对环境影响较小。

二、固体废物

项目运行期产生的固体废物主要为医疗废物和生活垃圾, 院内医疗废物将委托有资质单位进行清运处理, 生活垃圾由当地环卫部门统一清运, 对环境影响较小。

三、废水

项目运行期不产生医疗废水, 产生的废水主要为生活污水, 院内生活污水将经院区污水管道进入院内污水处理站, 经预处理满足接管要求后接入市政污水管网, 对环境影响较小。

四、噪声

项目运行期产生的噪声污染源主要为通风系统风机运行时产生的噪声, 项目拟优先选用噪声低、振动小的风机设备, 安装风机时拟设置减振基础, 通风管采用软性接头, 排风口处安装消声器, 项目经采取一系列减震隔声措施及距离衰减后, 对周围声环境的影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故风险危害识别分析

- ① DSA 机及 ERCP 用 X 光机正常工作时，人员误留机房，导致发生误照射；
- ② 工作状态指示灯、门灯联锁等安全联锁装置发生故障失效的状况下，人员误入 DSA 机及 ERCP 用 X 光机正在运行的机房，导致发生误照射；
- ③ 操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射；
- ④ 手术工作人员未穿戴铅衣等个人防护用品进入机房进行手术，受到不必要的照射。

11.3.2 辐射事故应急措施

(1) 事故报告程序

根据原国家环保总局《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》以及《福建省环保厅关于印发〈核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲〉（试行）的通知》、《福建省生态环境厅关于印发福建省辐射事故应急预案的函》、《福州市辐射事故应急预案》的要求，发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的先期处置措施，并立即拨打当地公安、生态环境、卫健部门应急专用电话进行报告，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。

(2) 辐射事故应急措施

辐射事故类别及处理措施详见表 11-12：

表 11-12 事故类别及处理措施

可能发生的辐射事故	应急措施
① DSA 机及 ERCP 用 X 光机正常工作时，人员误留机房，导致发生误照射； ② 工作状态指示灯、门灯联锁等安全联锁装置发生故障失效的状况下，人员误入 DSA 机及 ERCP 用 X 光机正在运行的机房，导致发生误照射。	① 一旦发现有人误入或误留机房，工作人员应立刻切断电源，确保射线装置停止工作； ② 误入或误留人员应在最短的时间内撤离机房。机房外划出警戒范围，设置明显的电离辐射警告标志，禁止公众人员入内； ③ 对可能受到超剂量照射的人员，应及时安排其接受检查或在指定的医疗机构救治； ④ 发现上述事故者应立即报告医院辐射事故应急小组，由医院辐射事故应急小组上报当地生态环境部门和公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的同时上报当地卫生健康部门； ⑤ 事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。
③ 操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。	① 操作人员一旦发现因违反操作规程或误操作导致的意外照射情况，应立刻切断电源，确保射线装置停止工作；

	<p>②机房内非相关人员应在最短的时间内撤离机房。机房外划出警戒范围，设置明显的电离辐射警告标志，禁止公众人员入内；</p> <p>③对可能受到超剂量照射的人员，应及时安排其接受检查或在指定的医疗机构救治；</p> <p>④发现上述事故者应立即报告医院辐射事故应急小组，由医院辐射事故应急小组上报当地生态环境部门和公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的同时上报当地卫生健康部门；</p> <p>⑤事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。</p>
<p>④手术工作人员未穿戴铅衣等个人防护用品进入机房进行手术，受到不必要的照射。</p>	<p>①一旦发现手术工作人员未穿戴铅衣等个人防护用品进入机房进行手术情况，应立即报告医院辐射事故应急小组；</p> <p>②辐射事故应急小组应立刻停止其辐射工作，及时安排其接受检查或在指定的医疗机构救治；</p> <p>③辐射事故应急小组应立即将事故情况上报当地生态环境部门和公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的同时上报当地卫生健康部门；</p> <p>④事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。</p>

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

①确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。

②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。

③现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计和剂量报警仪。

④应尽可能记录下现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤事故处理后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

⑥医院应定期、具有针对性的对可能发生的放射事故进行演练。

(3) 事故预防措施

①辐射工作场所按要求设置相应的辐射安全与防护设施，定期检查各辐射工作场所和设备的辐射安全措施运行情况，确保各项安全措施始终保持良好的工作状态；

②建立辐射安全管理机构，制定完善的规章制度，并在实际工作过程中严格执行；

③加强辐射安全管理，加强辐射工作人员技能培训和辐射安全与防护知识的培训，提高个人的技能和辐射安全防范意识。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中规定：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。

医院已成立了由杨晓煜为组长的放射卫生防护与安全管理领导小组（见附件8），指定专人负责辐射安全与环境保护管理工作，并明确了各成员管理职责，满足环保相关管理要求。

12.2 辐射安全与防护培训

根据《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》、《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》等法律法规要求，辐射工作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；自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

医院拟从现有辐射工作人员中调配10名人员、并拟新增9名辐射工作人员负责本项目辐射工作，医院应确保辐射工作人员上岗前均应按的要求参加医用X射线诊断与介入放射学辐射安全与防护考核，考核合格后持证上岗，落实后能够满足环保相关管理要求。

12.3 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》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

医院已根据现有核技术利用项目和本项目具体情况制定了相关的辐射安全管理制度，主要有《辐射防护和安全保卫制度》、《操作规程》、《岗位职责》、《辐射设备检修维护制度》、《人员培训计划》、《个人剂量监测和职业健康管理制度》、《辐射环境监测方案》及《辐射事故应急预案》。现对医院已制定的辐射安全管理制度的重点总结如下：

辐射防护和安全保卫制度：已根据射线装置具体情况制定了辐射防护和安全保卫制

度，重点有：①定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态；②辐射工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护，并建立个人剂量档案；③做好辐射工作场所的安全保卫工作，并定期检查。

操作规程：已根据射线装置操作的具体情况制定了相应的操作规程，明确了辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中应采取的具体防护措施及步骤。加强辐射工作人员的管理，严禁无证人员操作射线装置。

岗位职责：明确了辐射工作人员的岗位职责，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

设备检修维护制度：制定了设备检修维护制度，明确辐射安全与防护设施以及辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全与防护设施以及剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

人员培训计划：制定了人员培训计划，明确了培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

个人剂量监测和职业健康管理制：制定了个人剂量监测方案，明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，明确了个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标；明确了辐射工作人员进行职业健康体检的周期，并建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

辐射环境监测方案：制定了辐射环境监测方案，并根据辐射监测需要，购置了辐射巡测仪等监测设备，明确了日常工作的监测项目和监测频次，监测结果应妥善保存并记录档案，同时应定期上报生态环境主管部门。此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中相关要求，医院应当对本单位射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年1月31日前提交上一年度的评估报告。

事故应急预案：针对可能产生的辐射事故，制定了事故应急预案，该制度明确了事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通，并附有各联系部门及联系人的联系方式。同时根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故/事件情景；演练参与人员等。

医院制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目和本项目对辐射安全管理规章制度的需求。医院能够按照辐射安全管理制度对医院的辐射活动进行管理，满足环保相关要求。在之后的实际工作中，医院还应不断根据法律法规及实际情况对各管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。

12.4 辐射监测

12.4.1 监测设备

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

福州市中医院五四北分院为新建院区，拟配备 1 台环境辐射巡测仪，用于辐射工作场所及周围人员活动区域的定期自行检测；拟为本项目 DSA、ERCP 工作场所各配备 2 台个人剂量报警仪（共 6 台），用于辐射工作过程中瞬时辐射剂量的报警。本项目辐射工作人员均拟按要求配备双个人剂量计，用于辐射工作过程中累积剂量的监测。

以上监测仪器按要求配备后，能够满足本项目的仪器配备要求。

12.4.2 监测方案

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关标准和规范的要求，医院已制定了相应的辐射监测计划，具体包括：

- ① 项目竣工后 3 个月内委托有资质的单位对项目周围环境辐射水平进行验收监测；
- ② 委托有资质的单位定期对项目周围环境辐射水平进行监测，周期为 1~2 次/年，并于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上一年度的评估报告；
- ③ 医院定期（1~2 次/季度）自行对全院辐射工作场所周围环境辐射水平进行监测，并作好监测记录；
- ④ 所有辐射工作人员均应佩戴个人剂量计，并定期（每 3 个月 1 次）送有资质部门进行监测，建立个人累积剂量档案；
- ⑤ 所有辐射工作人员上岗前均应进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，应定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立个人职业健康档案。

医院现有核技术利用项目均已认真落实以上监测方案，现有辐射工作人员均已配备个人剂量计，定期送有资质部门进行个人剂量监测，医院定期组织辐射工作人员进行健

康体检，并已按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。医院已于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统提交了上一年度的评估报告，满足环保相关要求。

本项目运行后，也应按照该监测方案进行监测，本项目辐射环境监测计划见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射环境监测计划

监测因子	监测项目	监测频次	监测点位	控制要求
X-γ辐射剂量率	竣工环保验收监测	项目竣工后3个月内	①机房内第一术者位、第二术者位； ②机房四周墙体、顶外 30cm； ③各防护门外 30cm，测门表面和门缝四周； ④观察窗外 30cm，测窗表面和接缝处四周； ⑤控制室内人员操作位、管线洞口、机房周围人员经常活动的位置； ⑥评价范围内环境敏感点。	术者位剂量率不大于 400μSv/h，机房外剂量率不大于 2.5μSv/h。
	年度监测	1~2 次/年		
	自主监测	1~2 次/季度		

此外，根据《建设项目环境保护管理条例》，本项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收报告，“三同时”验收清单见表 12-2。

表 12-2 “三同时”验收一览表

项目	“三同时”验收内容	验收要求
防护措施	DSA 机房、ERCP 机房采取实体屏蔽方式： DSA 机房四侧墙体采用钢结构框架+4mm 铅板，顶板及地板采用 200mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥，患者通道防护门、医护通道防护门、污物通道防护门内含 4mm 铅板，观察窗为 4mmPb 铅玻璃。 ERCP 机房四侧墙体采用 200mm 实心砖+3mm 铅板，顶板及地板采用 200mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥，患者通道防护门、医护通道防护门、污物通道防护门内含 4mm 铅板，观察窗为 4mmPb 铅玻璃。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标要求。
安全措施	①工作状态指示灯 ②防夹和闭门装置 ③电离辐射警告标志 ④观察窗与对讲装置 ⑤个人防护用品	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中相关辐射安全要求和开展本项目的辐射安全需要。
通风措施	机房内设置动力排风系统。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中相关通风要求。

人员配备		所有辐射工作人员均参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核，考核合格后上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中人员培训要求。
		所有辐射工作人员均配备个人剂量计，并定期（不超过3个月）送有资质部门进行监测，医院建立个人累积剂量档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《职业性外照射个人监测规范》中个人剂量监测的要求。
		所有辐射工作人员上岗前均进行职业性健康体检，开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于1次/2年），医院建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中职业健康体检的要求。
监测仪器和防护用品		五四北分院配备1台环境辐射巡测仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中监测仪器和防护用品配备的要求。
		本项目 DSA、ERCP 用 X 光机工作场所各配备 2 台个人剂量报警仪。	
		为本项目每间 DSA、ERCP 机房配备以下个人防护用品：至少 2 套不低于 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜和 2 套不低于 0.025mmPb 的介入防护手套，为每台 DSA 机、ERCP 用 X 光机配备以下辅助防护设施：1 套 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、床侧防护帘，为每间机房受检者配备以下个人防护用品：1 套 0.5mmPb 的铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套。	
管理措施	管理机构	已成立了由杨晓煜为组长的放射卫生防护与安全管理领导小组，指定专人负责辐射安全与环境保护管理工作，并明确了各成员管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射安全管理的要求。
	管理制度	已针对本项目具体情况制定辐射安全管理制度，制度主要包括：《辐射防护和安全保卫制度》、《操作规程》、《岗位职责》、《辐射设备检修维护制度》、《人员培训计划》、《个人剂量监测和职业健康管理》、《辐射环境监测方案》及《辐射事故应急预案》。其还应在之后的实际工作中不断根据法律法规及实际情况对各管理制度进行补充和完善。	

12.5 辐射事故应急

根据《福建省环保厅关于印发〈核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲〉（试行）的通知》等要求，福州市中医院制定了辐射事故应急预案，成立了以单位负责人为领导的辐射事故应急领导小组，并明确了小组成员及相关职责；明确了应急报告程序和详细的联络报告电话；针对项目具体情况，制定了应急处置程序和措施；明确了应

急物资、设备的型号（名称）、存放地点；明确了预案内部培训的频次、修订间隔、应急演练的频次要求等。

医院制定的应急预案有效可行，能够满足现有核技术利用项目和本项目开展时的应急事故处理要求。在日后的运行管理过程中，医院应根据实际辐射工作情况和管理要求，及时对辐射事故应急预案进行更新完善。医院已按照要求每年开展应急演练，本项目运行后，医院还应继续根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故/事件情景，演练参与人员等。此外，该院应加强管理，加强职工辐射防护知识的培训，学习结束后应进行总结，发现问题及时解决，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生，还应经常监测辐射工作场所的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

根据原国家环保总局《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》以及《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>（试行）的通知》、《福建省生态环境厅关于印发福建省辐射事故应急预案的函》的要求，发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的先期处置措施，尽量把影响控制在最小范围，最大限度减少对人员安全和周围环境的影响，并立即拨打当地公安、生态环境、卫健部门应急专用电话进行报告，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。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 可行性分析结论

一、项目概况介绍

为满足患者的就医需求，提升当地和周边区域群众的医疗服务水平，福州市中医院拟在五四北分院医技楼一层北侧新建 DSA 工作场所，配备 2 台 DSA 机，在五四北分院医技楼二层北侧新建 ERCP 工作场所，配备 1 台 ERCP 用 X 光机，开展放射诊断和介入治疗。

本项目 DSA 机最大管电压为 125kV、最大管电流为 1000mA，ERCP 用 X 光机最大管电压为 125kV、最大管电流为 1000mA，均属于 II 类射线装置。

二、产业政策符合性分析

经对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订），本项目 DSA 机及 ERCP 用 X 光机属于国家鼓励类的第十三项“医药”中第 5 款中“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备”，符合国家产业发展政策。

三、代价利益分析

本项目的运行，可为患者提供放射诊疗服务，方便群众就医，具有良好的社会效益和经济效益。本项目总投资 2650 万元，其中环保投资 150 万元，占总投资的 5.67%，与同类项目环保投资指标相比，本项目环保投资比例合理、适当，可保证环保措施的落实。根据本文分析，本项目经辐射防护屏蔽和安全管理后，可保证项目辐射环境剂量率和人员辐射剂量满足项目管理目标要求。

因此，从代价利益方面分析，本项目获得的利益远大于对环境的影响，具有明显的经济效率、社会效益，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）“实践的正当性”的原则。

四、选址、布局合理性评价

福州市中医院鼓楼院区五四北分院位于福州市晋安区坂中路 568 号东北方，本项目 2 间 DSA 机房拟建址位于五四北分院医技楼一层，1 间 ERCP 机房拟建址位于五四北分院医技楼二层。本项目 DSA 及 ERCP 工作场所位置相对独立，2 台 DSA 机及 1 台 ERCP 用 X 光机设有单独固定的机房，与周围非辐射工作场所隔开。根据理论估算，项目运行时对周围环境辐射影响较小，因此，项目选址基本合理。

本项目 2 台 DSA 机及 1 台 ERCP 用 X 光机工作场所设有单独的机房，控制室位于机房外，工作场所满足拟用辐射设备的布局要求，布局合理。

13.1.2 辐射安全与防护结论

一、辐射防护措施评价

本项目 DSA 机房、ERCPC 机房采取实体屏蔽方式，DSA 机房四侧墙体采用钢结构框架+4mm 铅板，顶板及地板采用 200mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥，患者通道防护门、医护通道防护门、污物通道防护门内含 4mm 铅板，观察窗为 4mmPb 铅玻璃；四侧墙体采用 200mm 实心砖+3mm 铅板，顶板及地板采用 200mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥，患者通道防护门、医护通道防护门、污物通道防护门内含 4mm 铅板，观察窗为 4mmPb 铅玻璃根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和理论估算可知，本项目 DSA 机房及 ERCPC 机房的辐射防护设计能够满足辐射防护要求。

二、辐射安全措施评价

为确保辐射安全，保障各项目安全运行，本项目 2 台 DSA 机及 1 台 ERCPC 用 X 光机工作场所拟设计以下辐射安全措施：工作状态指示灯、防夹和闭门装置、电离辐射警告标志、观察窗与对讲装置、个人防护用品。

本项目设计的辐射安全措施能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等标准的辐射安全要求和开展本项目的辐射安全需要。

三、辐射安全管理评价

医院已成立由杨晓煜为组长的放射卫生防护与安全管理领导小组，指定专人负责辐射安全与环境保护管理工作，并明确了各成员管理职责；医院已制定辐射安全管理制度及辐射事故应急预案，在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各管理制度进行补充和完善；医院拟从现有辐射工作人员中调配 10 名人员、并拟新增 9 名辐射工作人员负责本项目辐射工作，医院应确保辐射工作人员上岗前均应按要求参加医用 X 射线诊断与介入放射学辐射安全与防护考核，考核合格后持证上岗；医院现有辐射工作人员均已定期开展职业健康体检，新增辐射工作人员上岗前均拟进行职业健康体检，体检合格后上岗，上岗后拟定期开展个人剂量监测和职业健康体检，医院建立辐射工作人员档案。

福州市中医院在切实做好以上措施后，能够符合相关辐射防护及辐射安全管理措施的要求。

四、辐射防护监测仪器

福州市中医院已配备 1 台环境辐射巡测仪，拟为本项目 DSA、ERCPC 用 X 光机工作场所各配备 2 台个人剂量报警仪，本项目辐射工作人员均拟按要求配备个人剂量计。

以上监测仪器按要求配备后，能够满足本项目的仪器配备要求。

13.1.3 环境影响分析结论

一、辐射环境影响预测

根据理论估算，本项目 DSA 机在透视模式下，2 间 DSA 机房外辐射剂量率最大均为 $5.50E-03\mu\text{Sv/h}$ ，在拍片模式下，2 间 DSA 机房外辐射剂量率最大均为 $2.50E-01\mu\text{Sv/h}$ ；ERCP 用 X 光机在透视模式下，1 间 ERCP 机房外辐射剂量率最大为 $9.78E-03\mu\text{Sv/h}$ ，在拍片模式下，1 间 ERCP 机房外辐射剂量率最大为 $4.43E-01\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足本项目辐射剂量率管理限值要求，即机房屏蔽体外表面 30cm 处及周围人员可居留处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，机房的屏蔽防护能够满足拟配置设备的防护要求。项目运行后辐射工作人员的年有效剂量最大为 3.8mSv ，DSA 机房周围公众年有效剂量最大为 $3.28E-04\text{mSv}$ ，ERCP 机房周围公众年有效剂量最大为 $6.76E-04\text{mSv}$ ，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和项目管理目标剂量约束值要求，项目投入运行后对周围环境辐射影响较小。

二、非放射性污染源处理措施评价

①废气

本项目 DSA、ERCP 机房内拟设计动力排风系统。本项目运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物可通过排风系统排出机房，弥散在大气环境中，对环境影响较小。

②固体废物

项目运行期产生的固体废物主要为医疗废物和生活垃圾，院内医疗废物将委托有资质单位进行清运处理，生活垃圾由当地环卫部门统一清运，对环境影响较小。

③废水

项目运行期不产生医疗废水，产生的废水主要为生活污水，院内生活污水将经院区污水管道进入院内污水处理站，经预处理满足接管要求后接入市政污水管网，对环境影响较小。

④噪声

项目运行期产生的噪声污染源主要为通风系统风机运行时产生的噪声，项目拟优先选用噪声低、振动小的风机设备，安装风机时拟设置减振基础，通风管采用软性接头，排风口处安装消声器，项目经采取一系列减震隔声措施及距离衰减后，对周围声环境的影响较小。

综上所述，福州市中医院五四北分院 2 台 DSA 机和 1 台 ERCP 用 X 光机项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和安全管理措施后，将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

13.2 建议与承诺

(1) 项目在建造和运行过程中必须严格落实项目设计及本报告表中提出的安全防护措施和相关管理要求。

(2) 所有设备资料、台帐和监测资料等均应妥善保管，存档备案。

(3) 项目运行过程中，应严格遵循操作规程，加强对医务人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降到最低。

(4) 环境影响评价文件审批完成后，应根据有关规定及时重新申领辐射安全许可证。

(5) 建设项目竣工后，医院应按照国家生态环境行政主管部门规定的程序 and 标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。

验收期限是指自建设项目环境保护设施竣工之日起至建设单位向社会公开验收报告之日止的时间。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

公 章

经办人

年 月 日

审批意见:

公 章

经办人

年 月 日