

核技术利用建设项目

济南市第一人民医院

医用电子加速器装置和DSA装置及ERCP装置

应用项目

环境影响报告表

(报批稿)

济南市第一人民医院

2025年4月

环境保护部监制

打印编号: 1744878770000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	0bp7jb		
建设项目名称	济南市第一人民医院医用电子加速器装置和DSA装置及ERCP装置应用项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	济南市第一人民医院		
统一社会信用代码	12370100493000753P		
法定代表人 (签章)	付庆元		
主要负责人 (签字)	李明		
直接负责的主管人员 (签字)	李明		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	山东科慧辐射检测评价有限公司		
统一社会信用代码	913701043070272830		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
国洪军	2014035370350000003507370551	BH021675	国洪军
<b>2 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
国洪军	全文	BH021675	国洪军



# 目 录

表1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	6
表 3 非密封放射性物质 .....	6
表4 射线装置 .....	7
表5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	8
表6 评价依据 .....	9
表7 保护目标与评价标准 .....	11
表8 环境质量和辐射现状 .....	18
表9项目工程分析与源项 .....	23
表10辐射安全与防护 .....	34
表 11 环境影响分析 .....	49
表 12 辐射安全管理 .....	72
表 13 结论与建议 .....	78
表14 审 批 .....	83
附件一项目环境影响评价工作委托书 .....	84
附件二:新院区项目批复 .....	85
附件三:法人证书 .....	89
附件四:老院区辐射安全证 .....	90
附件五:现状检测报告 .....	91
附件六:类比检测报告 .....	100
附件七 济南市第一人民医院提供相关材料真实性、合法性承诺函 .....	109
附件八 辐射管理机构 .....	110
附件九 放射事故应急预案 .....	114
附图1 新院区地理位置 .....	117
附图2 新院区周边影像图 .....	118
附图3 新院区平面布置图（1；500） .....	119
附图4 加速器所在楼层（医技综合楼负二层）平面布置图 .....	120
附图5 加速器机房周围情况图（1:150） .....	121
附图6 ERCP所在楼层（医技综合楼二层）平面布置图（1:300） .....	122

附图7 ERCP机房周围情况图（1:300） .....	123
附图8 DSA（1-3）所在楼层（医技综合楼三层）平面布置图（1:300） .....	124
附图9 DSA（1-3）机房周围情况图（1:300） .....	125
附图10 DSA复合中心所在楼层（医技综合楼四层）平面布置图（1:300） .....	126
附图11 DSA复合中心周围情况图（1:300） .....	127
附图12 济南市生态环境管控单元图 .....	128

# 表1 项目基本情况

建设项目名称		济南市第一人民医院医用电子加速器装置和 DSA 装置及 ERCP 装置应用项目			
建设单位		济南市第一人民医院			
法人代表	付庆元	联系人	李明	联系电话	(0531) 55591***
注册地址		济南市历下区大明湖路132号			
项目建设地点		济南市市中区南北康片区北五路以南，北六路以北，北康路南段以西，小山路以东			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)	6500	项目环保投资(万元)	400	投资比例(环保投资/总投资)	6.2%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m <sup>2</sup> )	277.7
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 概述

### 1.1 医院概况

济南市第一人民医院为二级甲等综合性医院,始建于 1939 年,是济南市第一家公立医院。医院位于济南市风景秀丽的大明湖畔,占地面积 16 亩,业务用房 2.5 万平方米,设有临床业务科室 29 个,社区卫生服务中心 1 个,编制床位 500 张,年门诊量 18 万余人,年出院病人 8000 余人。医院担负着医疗、急救、教学、科研、预防、保健、康复、社区服务等任务,是山东中医药大学教学医院、济宁医学院实践教学基地、山东医学高等专科学校教学医院,山东省及济南市医保定点医院、济南市居民医保定点医院。医院先后被评为全国百姓放心示范医院、山东省卫生系统诚信单位、济南市文明单位等称号。

济南市第一人民新院区项目位于市中区南北康片区,北五路以南、北六路以北、北康路南段以西、小山路以东。院址中心坐标 E116° 58'34.8422",N36° 34'32.3508",占地面积 71159 平方米,设置床位 1000 张,总建筑面积约为 208422 平方米,总投资约 20.89 亿元。地上建筑面积 131950 平方米,主要建设急诊、门诊、住院、感染性疾病区、医技、综合用房、大型医用设备用房、科研用房、教学用房等;地下建筑面积为 76472 平方米,主要建设

停车、人防设施、设备用房等。同时配套建设室外场地、道路、绿化、管网等设施。该院区整体已进行了环境影响评价，并于2024年3月8日取得了环评批复文件，批文号为：济环报告书[2024]8号。该院区目前在建中，地理位置图见附图1，医院周边环境关系图见附图2。总平面布置示意图见附图3

## 1.2 本项目建设情况

为更好满足患者就诊需求，提高医院放射诊疗水平；根据医院规划要求，济南市第一人民医院拟在新院区门诊医技病房综合楼投资6500万元购置1台医用电子加速器、4台DSA装置、1台ERCP装置并配套建设相关机房。门诊医技病房综合楼位于新院区南侧中部，东侧为医院内部道路及科学教研行政楼，南侧为医院内部道路及医院出入口，西侧为为医院内部道路及医疗综合楼；北侧为病房楼A及病房楼B；建设内容包括：①在新院区门诊医技病房综合楼负二层（放疗科）建设1座加速器机房，机房内配置1台医用电子加速器用于放射治疗工作；门诊医技病房综合楼负二层平面布置图见附图4、加速器机房周围环境见附图5。②门诊医技病房综合楼二层（内镜中心）建设1座ERCP机房，机房内配置1台ERCP用于胆道、胰腺等疾病的介入诊疗工作；门诊医技病房综合楼二层平面布置图见附图6、ERCP机房周围环境见附图7。③门诊医技病房综合楼三层（介入中心）建设3座DSA机房（DSA1室、DSA2室、DSA3室），每个机房配备1台DSA用于心血管、神经、外周等疾病的介入诊疗工作（DSA（1~3））；门诊医技病房综合楼三层平面布置图见附图8、DSA(1-3)机房周围环境见附图9。④门诊医技病房综合楼四层（手术中心）建设1座DSA复合手术机房（DSA室），机房内配置1台DSA装置（DSA4）用于神经、心脏、血管等领域手术工作。门诊医技病房综合楼四层平面布置图见附图10、DSA4机房周围环境见附图11，经现场勘查，本项目各机房主体已随门诊医技病房综合楼正在建设中，辐射防护工程尚未动工建设，设备尚未购置。

本次评价内容如下表所示。

表 1-1 本次评价涉及的射线装置

射线装置名称	型号	参数	厂家	数量 (台)	类别	机房位置	备注
医用电子加速器	待定	10MV	待定	1	II类	门诊医技病房综合楼负二层（放疗科）北侧西部加速器机房	拟购
ERCP	待定	1000mA	待定	1	II类	门诊医技病房综合楼二层（内镜中心）中部西侧ERCP机房	拟购
DSA	待定	1000mA	待定	3	II类	门诊医技病房综合楼三层（介入中心）中部西侧（DSA1-	拟购

						DSA3) 机房	
DSA	待定	1000mA	待定	1	II类	门诊医技病房综合楼四层(手术中心)中部东侧DSA复合手术机房	拟购

本次评价涉及 1 台医用电子加速器、1 台 ERCP 及 4 台 DSA 装置，依据主管部门关于《射线装置分类办法》，医用电子加速器和 ERCP 及 DSA 均属 II 类射线装置。因此属于“172 核技术利用建设项目”中“使用 II 类射线装置的”项目。

### 1.3 实践正当性和选址合理性

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，它在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。本项目电子加速器用于放射治疗；ERCP 用于介入诊疗；DSA 用于放射诊断和复合手术，本项目有利于提高医院的放射诊疗水平，可为当地人民群众提供特色的、现代化的医疗服务，有利于提高疾病的诊断正确率和治疗效果，能有效减少患者疼痛和对患者损伤，总体上大大节省了医疗费用，争取了宝贵的治疗时间，具有良好的社会效益；该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。同时根据下文分析，其运行过程中产生的辐射影响可以满足国家有关要求，带来的社会、经济效益足以弥补其可能引起的辐射危害。因此，从代价利益分析看，本项目是正当可行的，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

济南市第一人民医院新院区整体已进行了环境影响评价（不包括辐射评价），并于 2024 年 3 月 8 日取得了环评批复文件，批文号为：济环报告书[2024]8 号。本项目建设于门诊医技病房综合楼负二层、二层、三层、四层。项目的建设符合规划要求。

本项目加速器机房拟建于门诊医技病房综合楼负二层西侧位置，ERCP 机房拟建于门诊医技病房综合楼二层中部西侧位置，DSA（1~3）机房拟建于门诊医技病房综合楼三层中部西侧位置，DSA 复合手术机房拟建于门诊医技病房综合楼四层中部东侧位置机房区域均相对独立，周围无关人员相对流动较少。且为了减少对楼上或楼下人员影响，各机房室顶和底板屏蔽均采取了有一定的安全系数。经现场勘查，各工作场所四周均为医院内部区域，各机房 50m 评价范围内无居民区、学校等环境保护目标，且经下文分析，本项目工作场所周围辐射水平可满足国家相关要求，经过距离衰减和墙体屏蔽后，本项目运行对周围环境辐射影响较小。因此本项目选址合理可行。

### 1.4 项目与产业政策符合性分析

对照《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目属于“三十七、卫生健康 1.医疗服务设施建设”，为鼓励类项目，符合国家产业政策。

### 1.5 “三线一单”符合性分析

根据《济南市人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（济政字[2021]45号）以及《济南市生态环境委员会办公室关于印发〈济南市各区县生态环境准入清单（修订版）〉的通知》，要求以改善环境质量为核心，切实加强环境影响评价管理，落实“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”（以下简称“三线一单”）约束。本次评价分析建设项目与济南市“三线一单”要求的符合性。

#### （1）生态保护红线符合性分析

依据济南市生态保护红线划定成果，本项目不涉及生态保护红线。

#### （2）环境质量底线符合性

根据现状检测结果可知，项目拟建区域及周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率处于济南市环境天然辐射水平范围内。根据本次环评结论，本项目建成投运后项目周围的辐射剂量率以及人员受照剂量均满足相应标准要求，对周围环境质量影响较小。因此本项目建成投运后不会对区域环境质量造成明显影响，满足区域环境质量改善目标管理要求，符合环境质量底线要求。

#### （3）资源利用上线符合性

项目运营过程中消耗一定量的电源、水资源，均属于清洁能源，项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，且不使用高能耗设备，不消耗煤、石油、生物质等高污染能源。因此符合资源利用上线要求。

#### （4）生态环境准入清单。

根据济南市生态环境委员会办公室关于印发《济南市各区县生态环境准入清单（修订版）》的通知及济南市生态环境管控单元图（附图12），本项目位于十六里河街道优先管控单元（编码：ZH37010310002）。优先管控区域以严格保护生态环境为导向，严格执行相关法律法规，重点维护水土保持与水源涵养能力，优先保护单元内，生态保护红线、自然保护区、饮用水水源保护区等区域严格执行法律法规管控要求，严守生态保护红线，其他区域按照对应环境要素的分区管控要求进行管控。

对照十六里河街道优先管控单元的各项要求，本项目不在生态保护红线区域内；不在饮

用水源保护区内；不属于养殖项目；医院生活垃圾由环卫部门清运，污水排入市政污水管网；医院主体工程正在建设，建筑垃圾委托有资质的单位妥善处置；项目不涉及高污染燃料。因此，项目符合十六里河街道优先管控单元的空间布局约束、污染物排放管控、环境风险管控以及资源开发效率要求。

### **1.6 目的和任务由来**

本项目在运行过程中会对环境产生一定的辐射影响。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》中“五十五核与辐射 172 核技术利用建设项目”，本项目属于使用 II 类射线装置，应当编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众的环境权益，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规对伴有辐射建设项目环境管理的规定，济南市第一人民医院委托我公司对其医用电子加速器、DSA 装置及 ERCP 装置应用项目进行环境影响评价。接受委托后，在进行现场调查与核实、环境检测、收集和分析有关资料、预测估算等基础上，依照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）编制了该项目的环境影响报告表。

**表 2 放射源**

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

**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

名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
医用电子 加速器	II类	1台	待定	电子	X射线能量: 6、10MV 电子线能量: 6、9、12、16 、20MeV	X线最高剂量率: 10MV时2400cGy/min (3F束流模式); 6MV时1400cGy/min (3F束流模式) 电子线最高剂量率: 1000cGy/min	放射治疗	门诊医技病房综合 楼负二层(放疗科)西 侧加速器机房	拟购

(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	ERCP	II类	1台	待定	/	1000	放射诊疗	门诊医技病房综合楼二 层(内境中心)中部西 侧ERCP机房	拟购
2	DSA	II类	3台	待定	/	1000	放射诊疗	门诊医技病房综合楼三 层(介入中心)中部西 侧(DSA1-DSA3)机 房	拟购
3	DSA	II类	1台	待定	/	1000	复合手术	门诊医技病房综合楼四 层(手术中心)中部东 侧DSA复合手术机房	拟购

(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 ( $\mu$ A)	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 (Bq)	年排放总量 (Bq)	排放口浓度	暂存情况	最终去向
非放射性有害气体 (O <sub>3</sub> 、NO <sub>x</sub> )	气态	/	/	少量	少量	/	/	本项目各机房均设有新风系统，废气经排风管道排至所在建筑物楼外部环境
废造影剂等	液态	/	/	少量	少量	/	院内医疗废物暂存间	交由有资质的单位处置
加速器退役靶 (放射性废物)	固态	/	/	/	/	/	不暂存	交由有资质的单位处置
废树脂 (危险废物)	固态	/	/	/	/	/	不暂存	交由有资质的单位处置
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

## 表6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》中华人民共和国主席令第9号，2015年1月施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》中华人民共和国主席令第24号公布，2018年12月修订后施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》中华人民共和国主席令第6号，2003年10月施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例（2017年修订）》国务院令第682号，2017年10月施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院令第709号，2019年3月第二次修订并实施；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》生态环境部令第16号，2021.1施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》生态环境部令第20号，2021年1月；第四次修订并实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》环境保护部令第18号，2011年5月施行；</p> <p>(9) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;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月施行；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局环发〔2006〕145号，2006年9月施行；</p> <p>(11) 《山东省环境保护条例》山东省第十三届人大常委会第七次会议，2018年11月修订，2019年1月施行；</p> <p>(12) 《山东省辐射污染防治条例》山东省人民代表大会大常务委员会公告第37号，2014年5月施行；</p> <p>(13) 《国家危险废物名录（2025版）》，2024年11月26日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第36号公布，自2025年1月1日起施行；</p> <p>(14) 《危险废物转移联单管理办法》，原环境保护总局令第5号，1999年10月施行；</p> <p>(15) 《山东省辐射事故应急预案》，鲁政办字[2017]61号，2021.12.29施行；</p> <p>(16) 《关于加强核与辐射安全监管能力建设工作的通知》，环办辐射函[2017]1593号</p>
------	--

	2017年10月施行。
技术标准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016);</p> <p>(2) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(6) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020);</p> <p>(7) 《医疗照射放射防护基本要求》(GBZ179-2006);</p> <p>(8) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007);</p> <p>(9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011);</p> <p>(10) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)</p>
其他	<p>(1) 济南市第一人民医院环境影响评价委托书;</p> <p>(2) 《辐射源室屏蔽设计与评价》，北京市放射卫生防护所，王时进，2002年9月;</p> <p>(3) 《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》山东省环境监测中心站，1989年;</p> <p>(4) 建设单位提供的有关技术资料。</p>

## 表7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）规定要求：“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”。

本项目为在加速器机房、ERCP 机房及 DSA 机房内使用II类射线装置；本次评价范围为加速器机房、ERCP 机房及 DSA 机房屏蔽体外 50m 的范围。

### 7.2 保护目标

本项目的保护目标为评价范围内活动的职业人员和公众成员。其中职业人员指使用本项目加速器和 ERCP 及 DSA 开展放射诊疗工作的辐射工作人员。公众成员主要为评价范围内活动的公众人员。本项目评价范围内保护目标详见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内保护目标一览表

保护目标	方位、距离
职业人员	加速器和ERCP及DSA辐射工作人员
公众人员	加速器机房和ERCP机房及DSA机房周围50m范围内的公众人员：非本项目医护人员、周围其他经过人员

### 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）

附录 B 规定：

B1 剂量限值：

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）

20mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；

d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

B1.2 公众照射

### B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv；

c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

剂量约束值通常在照射剂量限值的 10%~30% 的范围之内，即职业工作人员身体 2~6mSv/a、四肢 50~150mSv/a、慰问者为 0.5~1.5mSv/a、公众人员 0.1~0.3mSv/a。

### 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

#### 控制区：

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。

#### 监督区：

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、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》 (GBZ/T201.2-2011)

标准中 4.2.1：“距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处： $H_0 \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ （人员全居留场所， $T > 1/2$ ）； $H_0 \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ （人员部分和偶然居留场所， $T < 1/2$ ）”。

标准 4.2.2：在治疗机房正上方已建、拟建建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗机房顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，可以根据机房外周剂量参考控制水平  $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$  和最高剂量率按照  $H_{c,\max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$  4.2.1 求得关注点的剂量率参考控制水平加以控制。

本项目加速器机房室顶为土层及医院道路，因此室顶剂量率按照 2.5μSv/h 进行控制。

### 3、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

6.1.1 款应合理设置 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 款 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。

第 6.1.5 款：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、技术引用项目的 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 7-2 的规定。

表 7-2 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 <sup>d</sup> (m <sup>2</sup> )	机房内最小单边长度 <sup>e</sup> (m)
单管头 X 射线机 <sup>b</sup> （含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5

<sup>b</sup>单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。  
<sup>d</sup>机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。  
<sup>e</sup>机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

第 6.2.1 款：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 7-3 的规定。

表 7-3 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 mm	非有用束方向铅当量 mm
标称 125kV 以上的摄影机房	3.0	2.0

第 6.2.3 款：机房的门和窗关闭时应满足表 7-3 的要求。

第 6.3.1 款：机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

第 6.4.1 款：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。

第 6.4.3 款：机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

第 6.4.4 款：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。

第 6.4.5 款：平开防护门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭防护门的

管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

第 6.4.6 款：电动推拉门宜设置防夹装置。

第 6.5.1 款：每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-4 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。

第 6.5.3 款：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。

第 6.5.4 款：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。

表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辐射防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅防护眼镜， 选配：铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、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、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具	——

注：——表示不要求。

#### 4、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）

##### 4 一般要求

4.8 辐射工作人员和公众成员的辐射照射应符合 GB 18871-02002 中剂量限值相关规定。

4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

- a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 **5mSv/a**。
- b) 公众照射的剂量约束值不超过 **0.1mSv/a**。

4.10 开展放射治疗活动的医疗机构应制定相应的辐射事故应急预案，做好辐射事故应急准备、应急演练和应急响应，确保有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。

##### 5 选址、布局与分区要求

###### 5.1 选址与布局

5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在居民、写字楼和商住两用的建筑物内。

5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。

## 5.2 分区原则

5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时控制区。

5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

## 6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

### 6.1 屏蔽要求

#### 6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平  $H.c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（ $H.c$ ）求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $H.c,d$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

机房外辐射工作人员： $H.c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；

机房外非辐射工作人员： $H.c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

2) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平  $H.c,max$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

人员居留因子  $T > 1/2$  的场所： $H.c,max \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

人员居留因子  $T \leq 1/2$  的场所： $H.c,ma \leq 10\mu\text{Sv/h}$ 。

b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量  $250\mu\text{Sv}$  加以控制。

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按  $100\mu\text{Sv/h}$  加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

## 6.2 安全防护设施和措施要求

6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等；

a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明；

b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；

c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。

6.2.2 医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。

6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众收到意外照射的安全连锁措施：

a) 放射治疗室应设置门-机连锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束状态下开门停止出束。

b) 放射治疗室应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；

## 5、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

### 第 6.1 款 剂量评价一般原则

第 6.1.1 款 按照 GB18871 的规定，对职业照射用年有效剂量评价。

第 6.1.2 款 当职业照射受照剂量大于调查水平时，除记录个人监测的剂量结果外，还应作进一步调查，本标准建议的年调查水平为有效剂量  $5.0\text{mSv}$ 。

## 6、项目管理目标限值

综合上述，本评价报告  $5\text{mSv/a}$  作为职业人员年管理剂量约束值，以  $0.1\text{mSv/a}$  作为公众人员的年管理剂量约束值。以  $2.5\mu\text{Sv/h}$  作为加速器机房及 ERCP 机房及 DSA 机房外屏蔽剂

量率目标控制值。

### 7、济南市环境天然辐射水平

根据 1989 年山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查，济南市环境天然  $\gamma$  空气吸收剂量率见表 7-5。

表 7-5 济南市环境天然辐射水平( $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ )

监测内容	范围	平均值	标准差
原野	4.43~8.08	6.26	0.77
道路	1.84~6.88	4.12	1.40
室内	6.54~12.94	8.94	1.91

注：表中数据摘自《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》，山东省环境监测中心站，1989 年。

## 表8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理位置及场所位置

济南市第一人民医院新院区位于山东省济南市市中区南北康片区，北五路以南、北六路以北、北康路南段以西、小山路以东。本项目加速器机房拟建于门诊医技病房综合楼负二层（放疗科）北侧西部位置，ERCP 机房拟建于门诊医技病房综合楼二层（内镜中心）中部西侧位置，DSA（1~3）机房拟建于门诊医技病房综合楼三层（介入中心）中部西侧位置，DSA 复合手术机房拟建于门诊医技病房综合楼四层（手术中心）中部东侧位置。

本项目现场勘查照片见图 8-1。



图 8-1 现场拍摄照片（拍摄于 2025 年 3 月 6 日）

表 8-1 项目周围 50m 范围内环境一览表

机房	方向	周围场所名称	距离 (m)
1台加速器机房 (负二层)	东侧	水冷机房/控制室/准备间、走廊、设备间/控制室/模拟CT机房、走廊、尸体暂存间/预留机房、停车场	0~50
	西侧	土层	0~50
	南侧	土层	0~50
	北侧	土层	0~50
	楼上	土层、院内道路	0~50
	楼下	土层	0~50
1台ERCP机房 (二层)	东侧	医生走廊、超声内镜室/胶囊内镜室、患者走廊、胃肠镜室、办公室、试剂库/质谱室、临检生化免疫大厅	0~50
	西侧	患者走廊、支气管室/储镜室/清洗消毒室、医生走廊、临空	0~50
	南侧	患者走廊、麻醉复苏区、治疗室、护士站、候诊区/呼吸实验处、走廊、候诊区、护士站、诊室	0~50
	北侧	控制室、水处理室、USP间、医生走廊、男更衣间/办公室、综合服务室、走廊、财务室	0~50
	楼上	控制走廊/就餐休息室/缓冲室/铅衣存放处	0~50
	楼下	CT机房/控制廊/预埋注射(抢救)室	0~50
3台DSA机房 (三层)	东侧	导管室/设备间/病人准备室、走廊、强电井/净化机房/办公室/值班室/女更浴室/男更浴室、检查包装及灭菌区/去污区	0~50
	西侧	控制廊、USB室/库房/就餐休息室/缓冲室/铅衣存放处/无菌库/器械室/值班室、走廊、卫浴间/女更衣室/男更衣室/值班室、临空	0~50
	南侧	候诊区、走廊、卫生间、B超室、走廊、办公室、脑电、心电	0~50
	北侧	办公室、走廊、候诊区/护士站、B超室、男/女更衣室、主任办、医办、值班室、示教室	0~50
	楼上	污物廊/OR(2~7)机房	0~50
	楼下	医生走廊/储镜室/清洗消毒室/超声内镜室/胶囊内镜室/患者走廊/麻醉复苏区/谈话间	0~50
1台DSA复合手术机房 (四层)	东侧	走廊、OR(20~22)机房/体外循环室、污物廊、走廊、临空	0~50
	西侧	污物廊、OR(14~16)机房、洁净廊、OR(11~12)机房/液体库、污物廊、洁净廊、OR(5~7)机房、洁净廊、OR(2~4)机房、示教室、麻醉办、主任办	0~50
	南侧	库房、麻醉品库、走廊、无菌物品库、走廊、中庭上空、会议室、儿童诊室等	0~50
	北侧	设备机房、控制室、OR18机房、走廊、平台、会诊中心、污物暂存间、工勤间等	0~50
	楼上	净化机房	0~50
	楼下	酸水制备室/敷料打包室/辅料库/辐照室/污洗间	0~50

## 8.2 环境质量和辐射现状

为了解本项目放疗科加速器机房、内境中心 ERCP 机房、介入中心 DSA（1~3）机房、手术中心 DSA 复合手术机房拟建区域及周围的辐射环境现状，本次对拟建区域及周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率进行检测。

### 8.2.1 环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

#### 1、环境现状评价对象

放疗科加速器机房、内境中心 ERCP 机房、介入中心 DSA（1~3）机房、手术中心 DSA 复合手术机房拟建区域及周围辐射环境现状。

#### 2、检测因子

环境 $\gamma$ 空气吸收剂量率。

#### 3、检测点位

由于开展检测时各机房尚未建设，按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）测点布设原则，在本项目各机房拟建区域及周围布设检测点，环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率布点见附件五检测报告。

#### 4、质量保证措施

##### （1）检测单位

本次评价委托具备辐射检测资质的山东科慧辐射检测评价有限公司对项目拟建位置及周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率开展检测，该公司已取得生态环境监测资质认定。编号：CMA23151232800。

##### （2）检测仪器

检测仪器为便携式 X- $\gamma$  剂量率仪，设备型号 BH3103B，设备编号 KH010，测量范围：10nGy/h-1mGy/h，能量范围：25keV~3MeV。经山东省计量科学研究院检定合格，检定证书编号为 Y16-20247544，检定校准有效期至 2025 年 12 月 18 日，在有效期内。

##### （3）检测方法

环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率检测依据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）的要求和方法进行现场测量。将仪器接通电源预热 15min 以上，仪器探头离地 1m，设置好测量程序，仪器自动读取 10 个数据，计算均值和标准偏差。

##### （4）其他保证措施

本次由两名检测人员共同进行现场检测，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。检测时获取足够的数量，以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料、仪器校准（测试）证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留，以备复查。检测报告严格实行多级审核制度，经过校对、审核，最后由技术负责人审定。

### 5、检测时间与条件

时间：2025年3月6日，天气：晴；温度：8℃；相对湿度：45%。

### 6、检测结果

本项目环境γ辐射空气吸收剂量率检测结果见表 8-2。

表 8-2 环境 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果

序号	点位描述	检测结果( $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ )	
		γ空气吸收剂量率	标准差
1#	加速器机房拟建区域	9.7	0.1
2#	加速器机房拟建区域东侧 (控制室/设备间)	9.5	0.1
3#	加速器机房拟建区域正上方 (院内道路)	9.6	0.1
4#	ERCP机房拟建区域	10.6	0.1
5#	ERCP机房拟建区域东侧 (医生走廊)	10.7	0.1
6#	ERCP机房拟建区域西侧 (患者走廊)	10.6	0.1
7#	ERCP机房拟建区域南侧 (患者走廊)	10.6	0.1
8#	ERCP机房拟建区域北侧 (控制室)	10.7	0.2
9#	ERCP机房拟建区域正上方 (控制廊/就餐休息室/缓冲室/铅衣存放室)	9.9	0.2
10#	ERCP机房拟建区域正下方 (CT机房/控制廊/预埋注射室)	9.9	0.3
11#	DSA1机房拟建区域	9.9	0.2
12#	DSA2机房拟建区域	9.9	0.2
13#	DSA3机房拟建区域	9.8	0.2
14#	DSA复合手术室拟建区域	9.9	0.2

15#	门诊医技病房综合楼东侧 (医院出口)	6.1	0.2
16#	门诊医技病房综合楼西侧 (停车区)	6.0	0.2
17#	门诊医技病房综合楼南侧 (院内道路)	6.1	0.3
18#	门诊医技病房综合楼北侧 (院内道路)	6.1	0.2
19#	门诊医技病房综合楼北侧 (垃圾被服用房)	6.2	0.2
20#	DSA1机房拟建区域正下方 (医生走廊/储镜室/清洗消毒室)	10.7	0.8
21#	DSA2机房拟建区域正下方 (医生走廊/超声内境室/胶囊内境室)	9.9	0.2
22#	DSA3机房拟建区域正下方 (患者走廊/麻醉复苏区/护士站/谈话间)	9.9	0.2

### 7、环境现状调查结果评价

由表 8-2 可知，本项目放疗科加速器机房、内境中心 ERCP 机房、介入中心 DSA (1~3) 机房、手术中心 DSA 复合手术机房拟建区域及周围环境室内点位环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率在  $(9.5\sim 10.7)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，与济南市环境天然放射性水平范围处于统一水平[室内  $(6.54\sim 12.94)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ]；门诊医技病房综合楼周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率处在  $(6.0\sim 6.2)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，处于济南市环境天然放射性水平范围内[道路  $(1.84\sim 6.88)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ]。

## 表9项目工程分析与源项

### 工程设备与工艺分析

#### 一、工程设备

##### (一) 10MV直线加速器

新院区拟新建 1 座医用直线加速器机房 并配备 1 台医用10MV直线加速器（具体型号待定，X 射线能量：10MV时最大输出剂量率：2400cGy/min（3F束流模式）；电子线：20MeV），用于肿瘤的放射治疗。



图 9-1 医用直线加速器外观图

医用直线加速器至少应包括：1 个加速场所（加速管）、1 个大功率微波源和波导系统、控制系统、射线均整和防护系统。医用直线加速器按照微波传输的特点分为行波和驻波两类，其基本结构和系统包括电子枪、微波功率源（磁控管或者速调管）、波导管（隔离器、RF（射频微波源）监测器、移相器、RF 吸收负载、RF 窗等）、DC 直流电源（射频发生器、脉冲调制器、电子枪发射延时电路等）、真空系统（真空泵）、伺服系统（聚焦线圈、对中线圈）、偏转系统（偏转室、偏转磁铁）、剂量监测系统、均整系统、射野形成系统等，分别安装于治疗头、固定机架、旋转机架、治疗床、控制台等。医用直线加速器系统结构示意图见图 9-2。

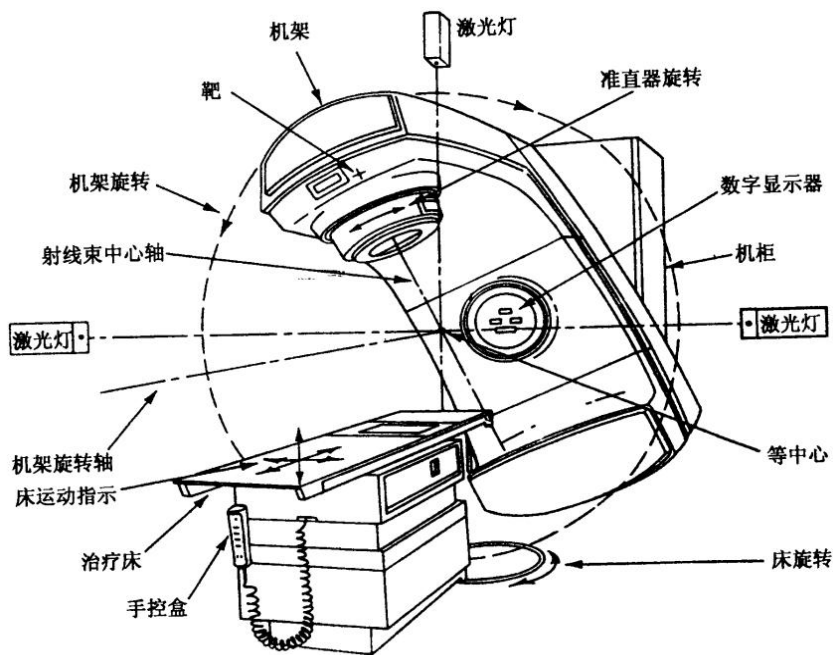


图 9-2 典型医用电子直线加速器示意图

拟配备 1 台医用直线加速器主要技术参数见 表9-1。

表 9-1 加速器主要技术参数

型号	待定
机房位置	门诊医技病房综合楼负二层（放疗科）北侧西部位置
生产厂家	待定
加速粒子	电子
X 射线激发电压值	10MV
最高电子能量	20MeV
最大方形照射野	40cm×40cm
最大输出剂量率 (考虑FFF模式和调强模式)	2400cGy/min (3F束流模式) ( $1.44 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$ )
源轴距	100cm
等中心高度	130cm
射线最大出射角	28° (等中心点每侧 14°)
X 射线泄漏辐射率	<0.1%
靶材料	钨合金
恒温水机组水箱用水要求	去离子水

## (二) DSA装置

根据医院拟购置的 4 套 DSA 装置，其中介入中心 3 套，主射束方向向上、南和北。手术中心 1 套，主射束方向向上、东和西。主要技术参数见表 9-2。

DSA 装置主要由平板探测器、球管、C-arm 支持系统、导管床、高压注射器、操作台及工作站系统等组成。

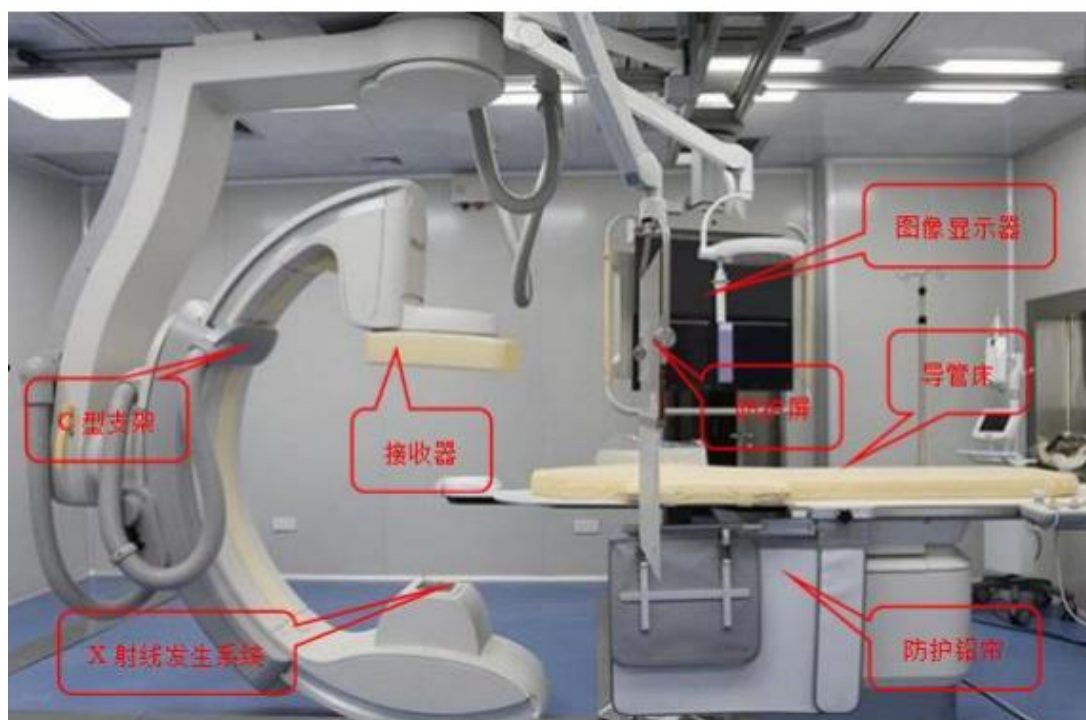


图 9-2 DSA 装置外观示意图

表 9-2 DSA 装置主要技术参数

型号	待定
生产厂家	待定
机房位置	门诊医技病房综合楼三楼介入中心、四楼手术中心
球管类型	单球管
焦皮距	610mm
照射野	最小：12cm×12cm,最大：30cm×30cm
最大管电压	/
最大管电流	1000mA
有用线束方向	由下至上
X射线球管滤过	等效滤过 $\geq 2.5\text{mmAl}$
透视帧率	30fps,15fps,7.5fps,3.75fps(当帧率为30fps时等待时间约为170ms;当帧率为15/7.5/3.75fps时等待时间约为200ms)
X 射线泄漏辐射率	射线管组件1米范围内(各个方向),测得的泄漏辐射最大值为0.34mGyh(透视, 正常剂量, 30fps,120kV,22.2mA,SID最大)

### (三) ERCP

根据医院提拟购置的 1 台 ERCP 装置，主射束方向向上、东和西。

ERCP 装置与 DSA 装置类似，主要由平板探测器、球管、C-arm 支持系统、导管床、

操作台及工作站系统等组成。



图 9-3ERCP 装置外观示意图

## 二、工作原理及工作流程

### (一)、工作原理

#### A、直线加速器

医用直线加速器是将电子枪产生的电子经加速管加速后形成高能电子束的装置。三相市电通过调压器和高压电源转变成高压直流电，并被输出到脉冲调制器，对脉冲形成网络充电。在触发脉冲的作用下，脉冲形成网络通过脉冲变压器的初级绕组放电，在次级产生一个具有确定宽度和幅度的高压脉冲，加到磁控管和加速管。加到磁控管的脉冲用来激励磁控管，产生微波功率，通过大功率微波传输系统进入驻波加速管，加到加速管的脉冲用来使电子枪产生具有一定初速度的电子。驻波加速管是由一系列微波谐振腔组成，电子和微波被送入加速管后，在驻波谐振腔内，微波能量建立起很强的电场梯度，电子经过谐振腔时会逐渐加速成能量达几 MeV 的电子束，电子束撞击靶，产生 X 射线。产生的 X 射线束被初级准直锥、均整过滤器和光阑准直成可以用来进行放疗的射线束，如将异形块或楔形块放在射线通道上，可选择性的吸收和衰减射线，以满足特殊的需要，辅以多叶光栅和立体定向治疗装置等，还可以进行精确放疗。

医用直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，医用直线加速器是利用具有一定能量的高能电子与大功率微波的微波电场相互作用，从而获得更高的能量。这时电子的速度增加不大，主要是质量不断变大。电子直接引出，可作电子线治疗，电子打击重金属靶，产

生韧致辐射发射 X 射线，作 X 线治疗。

医院拟配备的 1 台医用直线加速器，X 射线能量 $\leq 10\text{MV}$ ，电子线能量 $\leq 20\text{MeV}$ 。依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）规定（§ 4.3.2.5），当加速器 X 射线 $\leq 10\text{MV}$ 时，中子的影响可忽略，对外环境的影响主要考虑韧致辐射发射的 X 射线。医用电子直线加速器系统示意图见图 9-3。

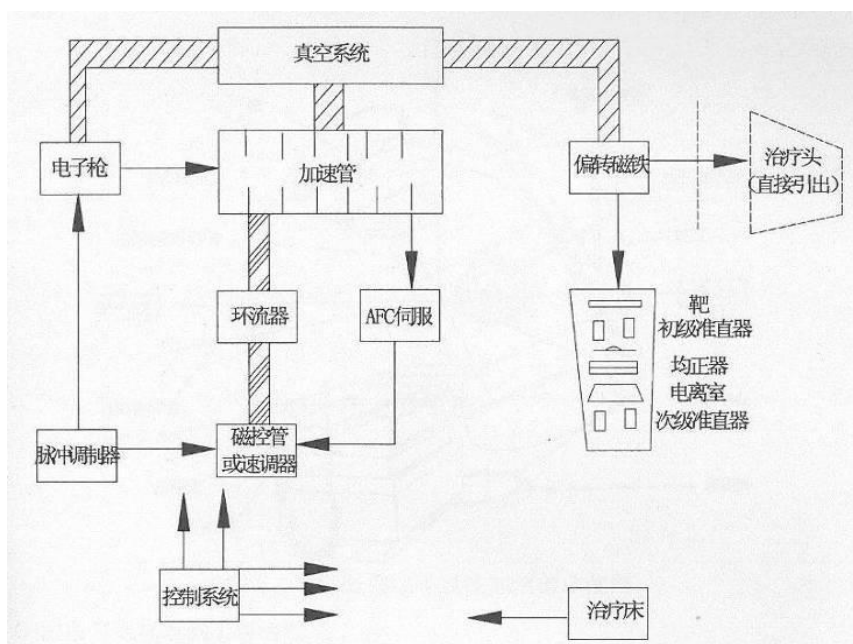


图 9-4 医用直线加速器系统示意图

## B、DSA装置

数字减影血管造影技术(Digital Subtraction Angiography, 简称 DSA)是血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物，其成像基本原理为：将受检部位没有注入透明的造影剂和注入透明的造影剂(含有有机化合物，在 X 射线照射下会显影)后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，可以看到含有造影剂的血液流动顺序以及血管充盈情况，从而了解血管的生理和解剖的变化，并以造影剂排出的路径及快慢推断有无异常通道和血液动力学的改变。

介入诊疗技术是在血管、皮肤上作直径几毫米的微小通道，或经人体原有的管道，在

医学影像设备的引导下对病灶局部进行治疗的创伤最小的治疗方法。该技术是将不同的药物经血管或经皮肤直接穿刺注射入病灶内，改变病灶血供并直接作用于病灶；还可将不同的材料及器材置于血管或身体其他器官，恢复这些器官的正常功能。介入诊疗技术具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点。

DSA 装置主要用于心血管、神经、外周等疾病的介入诊疗。

### C、ERCP装置

经内镜逆行性胰胆管造影技术(ERCP)是指将十二指肠镜通过口腔、胃部送至十二指肠降段，找到十二指肠乳头后，通过活检孔道将造影导管自十二指肠乳头插入，并经该导管注入造影剂，使胰胆管显影，进而对胆道、胰腺等疾病进行诊断或治疗。ERCP 具备不开刀、创伤小、手术时间短、并发症少等特点。

## (二) 工作流程

### A、直线加速器

医用直线加速器放疗工作一般流程见图9-5，其工作流程如下：

- 1) 患者在经诊断确诊需要进行放射治疗后，根据病灶的部位确定定位体位，通过模拟定位机扫描采集影像资料，用于确定靶区位置、形状和大小；
  - 2) 放疗医师根据医学影像临床诊断资料，提出放射治疗方案和精确治疗计划；
  - 3) 放疗治疗计划完成，并经放疗医师确认后，放疗技师领患者进入治疗室，对患者进行摆位；
  - 4) 技师确认治疗室内无其他人员滞留，确认各类按钮工作正常后，关闭防护门；
  - 5) 技师在控制室内设置参数，按照医疗方案调整好出束时间、角度、剂量。治疗过程，会产生X射线、电子线，治疗室内的空气会电离产生臭氧和氮氧化物；
- 治疗结束后，停止出束，解除定位，关闭系统，患者离开治疗室。

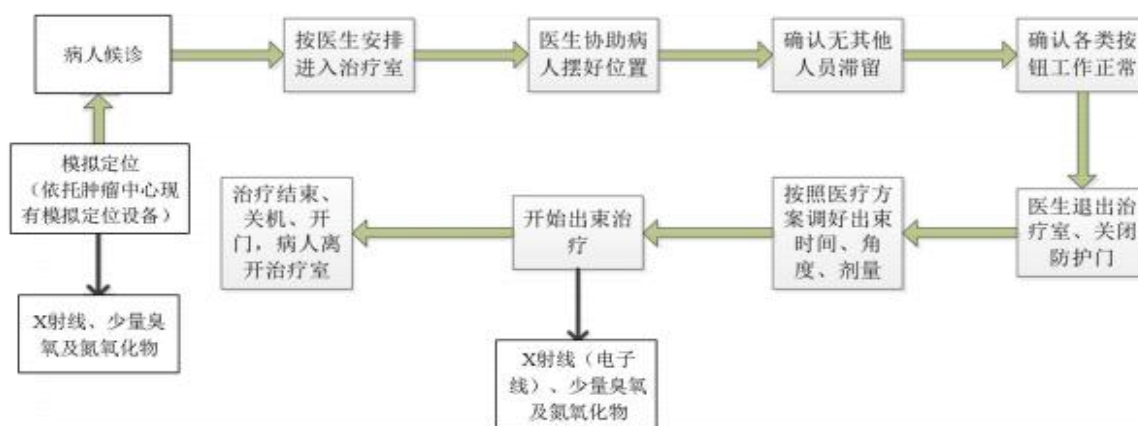


图 9-5 医用电子加速器工作流程图

## B、DSA装置

1.预约登记：经医师诊断、诊断正当性判断后，为需要实施介入诊疗的患者进行预约登记。

2.告知：医师向患者及其家属介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症及危害、可预期的诊疗效果等。

3.术前准备：为患者建立医疗档案，开展术前准备。技师和护士准备手术所需器械、材料及药品等。

4.穿刺：患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺血管，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于血管内，经鞘插入导管，在透视引导下将导管送至预定位置。

5.造影和透视：造影模式下，辐射工作人员一般在控制室通过观察窗观察 DSA 机房内患者情况，在控制室内对患者进行图像采集，通过对讲系统与患者交流；也会穿戴个人防护用品进入 DSA 机房内，在铅屏风等辅助防护设施防护下近台操作。透视模式下，辐射工作人员穿戴个人防护用品进入 DSA 机房内，在铅屏风等辅助防护设施防护下近台操作，在注入造影剂的同时采取连续脉冲透视通过悬挂显示屏显示的连续画面，完成介入操作。

6.术后处理：造影或透视结束后，撤出导管，加压包扎穿刺点，患者离开。

7.结束：医师填写介入记录，技师处理图像、刻录光盘或照片。

(DSA 装置的维修、调试、更换部件等均委托设备生产厂家或专业机构，本项目辐射工作人员不参与上述工作)。

DSA 装置放射诊疗流程及产污环节详见下图 9-6。

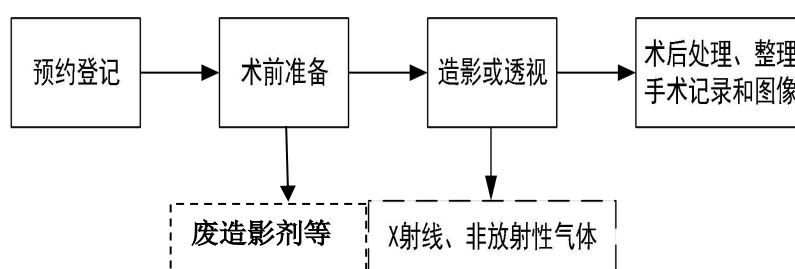


图 9-6 DSA 装置诊疗工作流程图

## C、ERCP装置

1.预约登记：经医师诊断、诊断正当性判断后，为需要实施介入诊疗的患者填写介入诊疗申请单、预约登记。

2.告知：医师向患者及其家属介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症及危

害、可预期的诊疗效果等。

3.术前准备：为患者做术前碘造影剂过敏试验；对于需要行十二指肠乳头切开的患者，需提前一周停用抗血小板药物以及抗凝药物，术前检测血小板和凝血指标。

4.插镜、插管：医师指导患者采取俯卧位或左侧卧位，十二指肠镜经口依次通过食管、胃、进入十二指肠降段，找到十二指肠乳头，经活检孔插入导管，调节角度钮及抬钳器，使导管与乳头开口垂直。

5.造影、透视：在透视下经造影导管注入造影剂，在荧光屏上见到胆管或胰管显影，显示病变。胰胆管显影后，进行拍片存储。根据患者胰胆管病变情况，采取不同内镜下治疗手术(如括约肌切开取石、放置引流管或支架缓解胆管梗阻、瘻管支架放置等)。

6.术后处理：医师应及时书写手术记录，技师应及时处理图像、刻录光盘或照片，急症患者应尽快将胶片交给患者。

(ERCP装置的维修、调试、更换部件等均委托设备生产厂家或专业机构，本项目辐射工作人员不参与上述工作)

ERCP装置放射诊疗流程及产污环节详见下图 9-7。

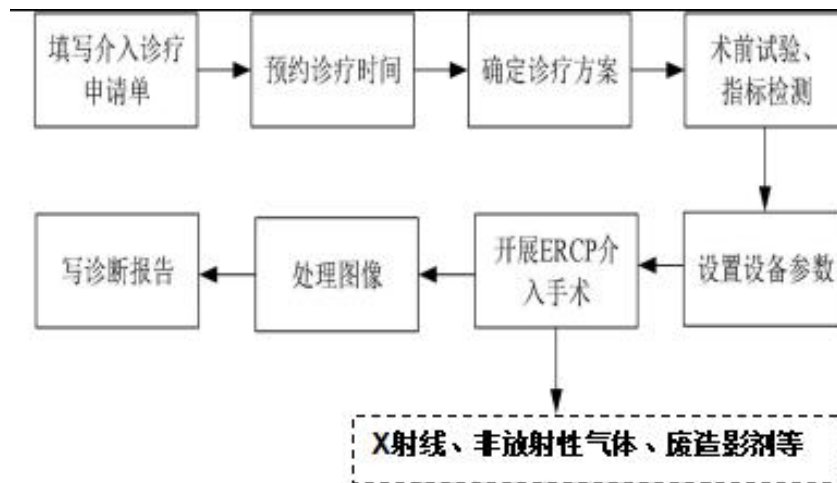


图 9-7 ERCP 装置放射诊疗流程及产物环节示意图

### 三、辐射工作人员与工作负荷

#### (1) 辐射工作人员

直线加速器拟配备 3 名辐射工作人员，包括 1 名医师、1 名技师及 1 名物理师。日治疗量最大 40 人次，周工作 5 天，每年工作 50 周，则年接诊患者最多 10000 人次。常规治疗模式平均每名患者治疗时间为 5min，调强治疗模式平均每名患者治疗时间为 15min，以调强占比

60%，常规占比 40%计算，则加速器最大年工作负荷为  $(40 \times 60\% \times 15\text{min}/60 + 40 \times 20\% \times 5\text{min}/60) \times 5 \text{天/周} \times 50 \text{周/年} = 1666.7\text{h/年}$ 。

根据医院提供的资料，DSA拟配备16名辐射工作人员，其中医师8名(主要负责患者诊断、介入操作等工作)、技师4名(主要负责DSA装置操作、日常维护等工作)和护士4名(主要配合医师完成手术准备、术中监护，负责各项护理工作)。

ERCP拟配备4名辐射工作人员，其中医师2名(主要负责患者诊断、介入操作等工作)、技师1名(主要负责ERCP装置操作、日常维护等工作)和护士1名(主要配合医师完成手术准备、术中监护，负责各项护理工作)。

## (2) 工作负荷

根据医院提供的资料，本项目投运后，预计各项放射诊疗手术量及手术时间详见表9-3。

表9-3 每年手术量及手术时间有关情况一览表

名称		每年最大手术量	每台手术最长透视时间	每台手术最长摄影时间	每年最长透视时间	每年最长摄影时间
DSA1	心血管	300例	20min	4min	275h	53.4h
	神经	300例	15min	4min		
	外周	200例	15min	2min		
	综合	200例	15min	2min		
DSA2	心血管	300例	20min	4min	275h	53.4h
	神经	300例	15min	4min		
	外周	200例	15min	2min		
	综合	200例	15min	2min		
DSA3	心血管	300例	20min	4min	275h	53.4h
	神经	300例	15min	4min		
	外周	200例	15min	2min		
	综合	200例	15min	2min		
DSA4 (复合中心)	心血管	300例	20min	4min	275h	53.4h
	神经	300例	15min	4min		
	外周	200例	15min	2min		
	综合	200例	15min	2min		
ERCP介入诊疗		500例	10min	2min	83.3h	16.7h
直线加速器		10000例	5min/15min		1666.7	

## 污染源描述

### A、直线加速器

#### 一、放射性污染

①X射线外照射：医用直线加速器以X射线模式运行时，从加速器电子枪里发出来的电子束，在加速管内经加速电压加速，轰击到钨金靶上，产生X射线。发射出来的X射线主要用于治疗，治疗剂量与剂量率的大小、加速器电子能量、受照射的靶体材料、电子束流

强度、电子入射方向、考察点到源的距离等因素有关。

该院拟在新院区门诊医技楼西侧建设 1 座医用直线加速器机房并配备 1 台医用直线加速器，X 射线能量为 10MV，1m 处输出剂量率最高为 2400cGy/min，电子线能量为 20MeV，由于 X 射线的贯穿能力极强，将对工作人员、公众及周围环境辐射造成辐射污染。

②电子束：当医用直线加速器按电子束模式运行时，从电子枪里发出来的电子束经加速管加速后直接从加速管引出用于治疗病人。产生的电子属初级辐射，贯穿物质时受物质库仑场的影响，贯穿深度有限。

医用直线加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此，在医用直线加速器电子束治疗时间时，电子线对周围环境辐射影响小于 X 射线治疗，可忽略对外环境的影响。

③中子：拟配备的医用直线加速器，X 射线能量为 10MV。依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）规定（4.3.2.5），当加速器 X 射线 $\leq$ 10MV 时，中子及其影响可忽略。

因此，本项目医用直线加速器开机期间，产生的 X 射线为主要辐射环境污染因素。

## 二、非放射性污染

①废气：医用直线加速器机房治疗过程中发射的 X 射线，会使治疗室内的空气产生电离，产生臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排出治疗室，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

②废水：加速器设备中设计有冷却水循环系统，在加速器运行期间，冷却水尤其是靶部分水被活化的而含有放射性核素主要为  $^{15}\text{O}$ 、 $^{16}\text{N}$ ，它们的半衰期分别为 2.1min 和 7.3s，半衰期很短，在放置一定时间后其活度就可以衰减到较低的水平，可按一般废水进行处置，因此在操作人员严格按照操作规程情况下，本项目不涉及放射性废水排放问题。

③固体废物：a 冷却水循环中使用离子交换树脂，离子交换树脂吸附冷却水中的感生放射性核素。此类核素半衰期较短，放置衰减一段时间即可。

b 另外，废树脂属于危险废物，危废类别为 HW13，废物代码 900-015-13，危险性为 T(毒性)。应交由有相应资质的单位处置。

c 靶物质经长期照射后，可积累一定放射性核素，退役靶件应交由有资质的单位处置。

综上所述，本项目加速器产生的主要污染因素为 X 射线、感生放射性以及固体废物（废靶件、废树脂）。

## B、DSA与ERCP装置

### 一、放射性污染

本项目 ERCP 装置和 DSA 装置运行过程不产生放射性固体废物、放射性废水和放射性废气。

#### 1、X 射线

由 ERCP 装置和 DSA 装置工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，本项目射线装置在非诊断状态下不产生 X 射线，只有在开机并处于出线状态时才会产生 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

### 二、非放射性污染因素

ERCP 装置和 DSA 装置运行中可能产生非放射性有害气体氮氧化物和臭氧等。空气在 X 射线的辐射下，空气吸收辐射能量并通过电离作用产生少量氮氧化物和臭氧。它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体，通过各机房通风系统，可保持机房良好通风，最大限度降低有害气体的浓度，不会对周围环境和周围人员造成影响。

进行介入手术前需对患者注射造影剂，常为含碘制剂，有助于进行显像，剩余的少量废造影剂以及残留废造影剂的针管、导管等属于医疗废物中的药物性废物，均暂存于院内医疗废物暂存间，后委托有资质的单位处理。

综上所述，ERCP 装置和 DSA 装置主要影响为 X 射线、非放射性有害气体及废造影剂等医疗废物，评价重点为 X 射线。

# 表10辐射安全与防护

## 项目安全措施

### 一、工作场所布局及分区

#### A、直线加速器

济南第一人民医院拟在新院区内新建 1 座医用直线加速器机房并配备1台10MV医用直线加速器（X 射线能量：10MV，电子线：20MeV），用于肿瘤的放射治疗。

本次本项目医用直线加速器机房位于医技综合楼西部负二层，为地下一层单体建筑，周围无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中关于选址的规定。

医用直线加速器治疗室东侧为控制室、准备室和辅助机房，南侧、西侧、北侧均为院内土层，上方无建筑，下方为土层。医用直线加速器机房控制室与治疗室分离，设置“L”型迷路，迷路口设有铅防护门。医用直线加速器机房布局符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需求”、“治疗机房均应设置迷路”等规定，本项目医用直线加速器机房布局合理。

为加强辐射防护管理和职业照射控制，本项目拟将屏蔽产生射线的医用直线加速器机房治疗室、迷路作为辐射防护控制区，严格控制人员进出，并在治疗室入口处设置电离辐射警告标志；拟将控制室、机房及准备室作为辐射防护监督区，在监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定要求。医用直线加速器机房平面布置及分区示意图见图 10-1。

#### B、DSA装置

##### （1）介入中心

介入中心位于门诊医技病房综合楼三层，拟建设 3 间 DSA 机房，自北向南侧依次为 DSA1 机房、DSA2 机房、DSA3 机房。其中控制走廊为 DSA1 机房、DSA2 机房、DSA3 机房共用。3 间 DSA 机房的设备间都在机房东侧。每间 DSA 机房面积均为 54m<sup>2</sup>，其中东西约 7.5m，南北约 7.2m。使用面积及单边长度均《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-

2020) 相关要求。

3 间 DSA 机房均设计 3 个防护门。DSA1 机房东墙北侧设置有 1 处和导管室连接的防护门，为手动平开门（设有自动闭门装置）；DSA1 机房西墙北侧设置有 1 处医护人员进出防护门，为手动平开门（设有自动闭门装置）；DSA1 机房东墙南侧设置有 1 处患者进出防护门，为电动推拉门（设有自动闭门装置）；DSA（2~3）机房东墙北侧各设置 1 处患者进出防护门，为电动推拉门（设有自动闭门装置）。DSA（2~3）机房东墙南侧设置有 1 处和导管室连接的防护门，为手动平开门（设有自动闭门装置），DSA（2~3）机房西墙北侧设置有 1 处医护人员进出防护门，为手动平开门（设有自动闭门装置）。

各机房与控制室之间墙体上设置观察窗。机房内治疗床均东西向安装，DSA 的 C 型臂均安装在治疗床西侧，拟落地式安装，主射束可能照射上、南、北 3 个方向。

医护人员均由机房西墙北侧防护门进出；患者由各机房东墙防护门进出，污物由各机房西墙防护门运出，经控制廊转运至院内污物暂存间。拟将屏蔽产生射线的 DSA 机房作为辐射防护控制区，严格控制人员进出，并在治疗室入口处设置电离辐射警告标志；拟将控制走廊、导管室、设备间及准备室作为辐射防护监督区，在监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌。DSA（1~3）机房平面布置及分区示意图见图 10-2。

## （2）手术中心

本项目手术中心位于门诊医技病房综合楼四层，DSA 机房（DSA（4））面积约为 76.3m<sup>2</sup>，其中东西约 7.2m，南北约 10.6m。设计 3 个防护门。机房东墙南侧设置有 1 处患者进出防护门，为电动推拉门（设有自动闭门装置）；机房北墙中部设置有 1 处医护人员进出防护门（连接控制室），为手动平开门（设有自动闭门装置）；机房西墙北侧设置有 1 处污物转运防护门，为手动平开门（设有自动闭门装置）。

机房与控制室之间墙体上设置观察窗。机房内治疗床南北向安装，DSA 的 C 型臂均安装在治疗床北侧，拟落地式安装，主射束可能照射上、东、西 3 个方向。

医护人员由机房北墙防护门进出；患者由机房东墙防护门进出，污物由机房西墙防护门运出，经污物廊转运至院内污物暂存间。拟将屏蔽产生射线的 DSA 机房作为辐射防护控制区，严格控制人员进出，并在治疗室入口处设置电离辐射警告标志；拟将控制室、机房、污物廊及东侧走廊作为辐射防护监督区，在监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌。DSA 复合手术机房平面布置及分区示意图见图 10-3。

## （3）内镜中心

内镜中心位于门诊医技病房综合楼二层。ERCP 机房面积约为 39.4m<sup>2</sup>，其中东西约

4.8m，南北约 8.2m。， ECRP 机房设计 2 个防护门。机房南墙东侧设置有 1 处患者进出防护门，为电动推拉门（设有自动闭门装置）；机房北墙西部设置有 1 处医护人员进出防护门（连接控制室），为手动平开门（设有自动闭门装置）。

机房与控制室之间墙体上设置观察窗。机房内治疗床南北向安装，拟落地式安装，主射束可能照射上、东、西 3 个方向。

医护人员由机房北墙防护门进出；患者由机房南墙防护门进出，污物由机房北墙防护门运出，经污物廊转运至院内污物暂存间。ERCP 机房平面布置及分区示意图见图 10-4。

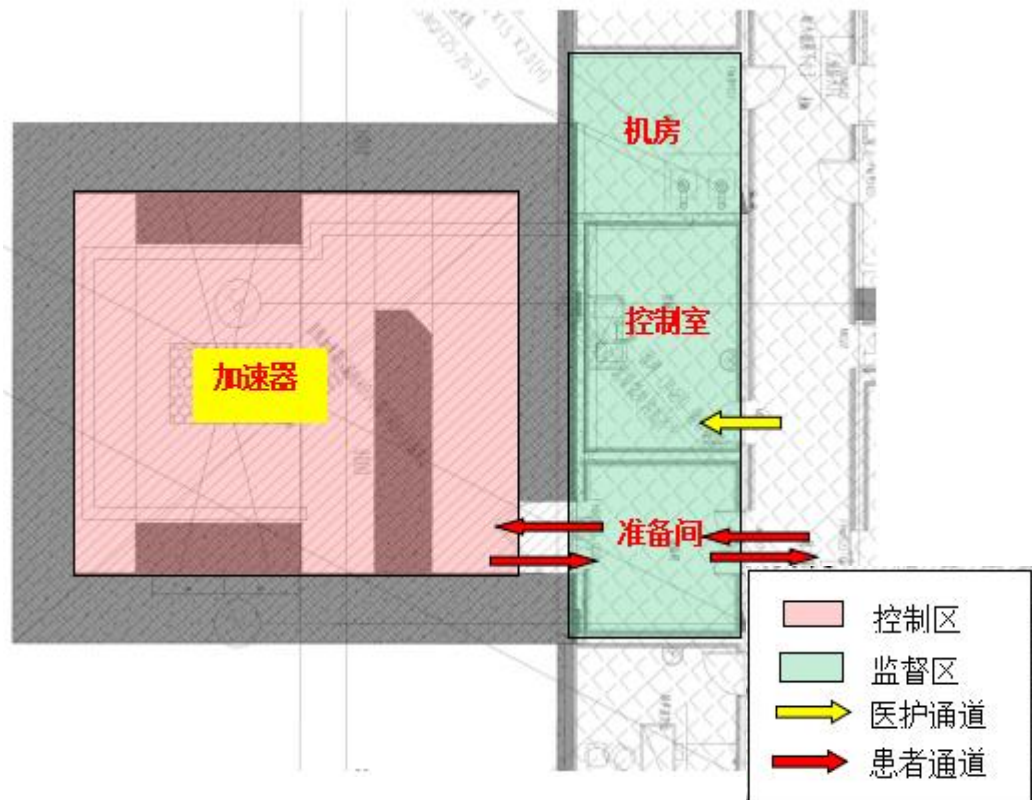


图 10-1 医用直线加速器机房平面布置及分区示意图

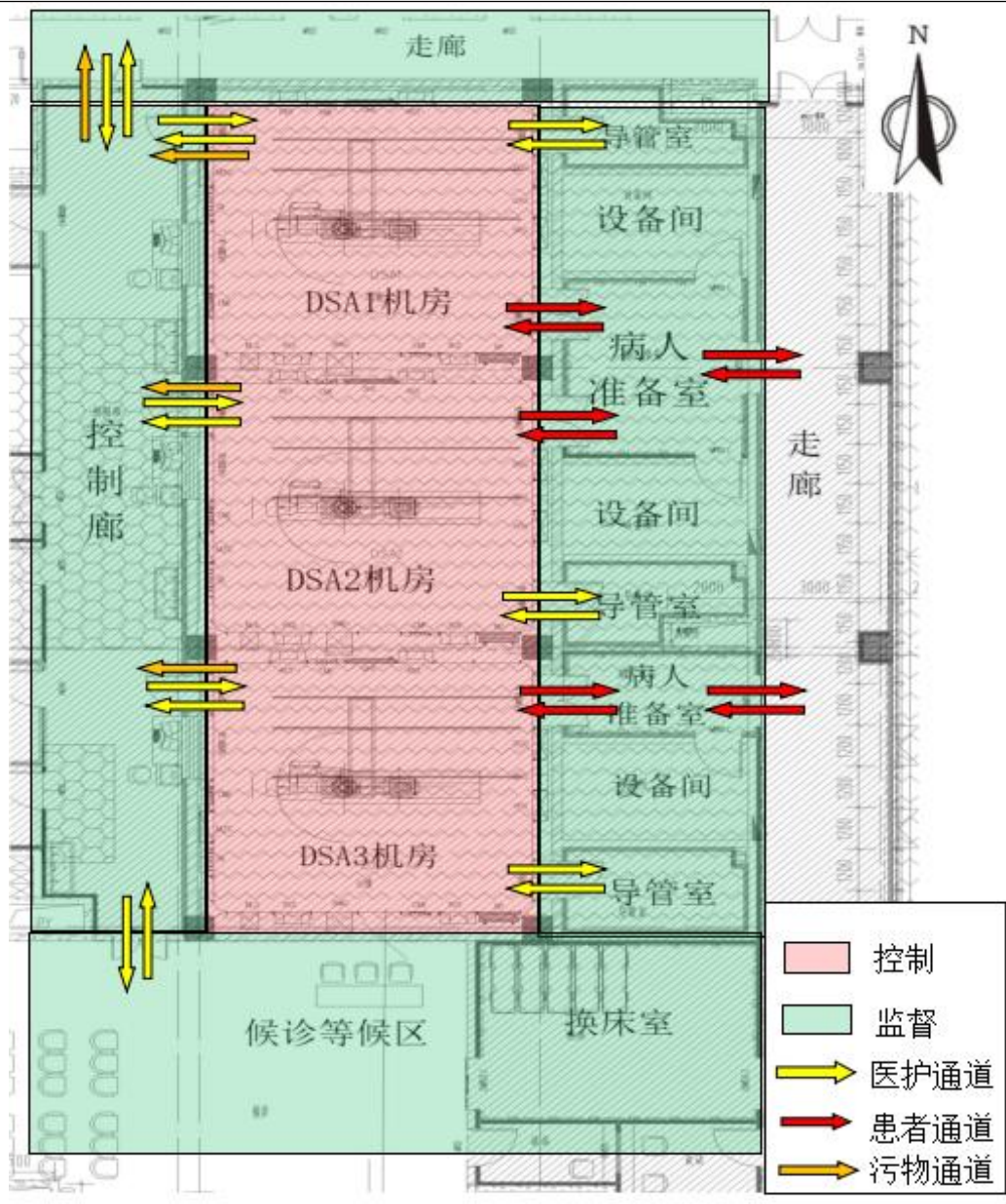


图 10-2 DSA(1-3)机房平面布置及分区示意图

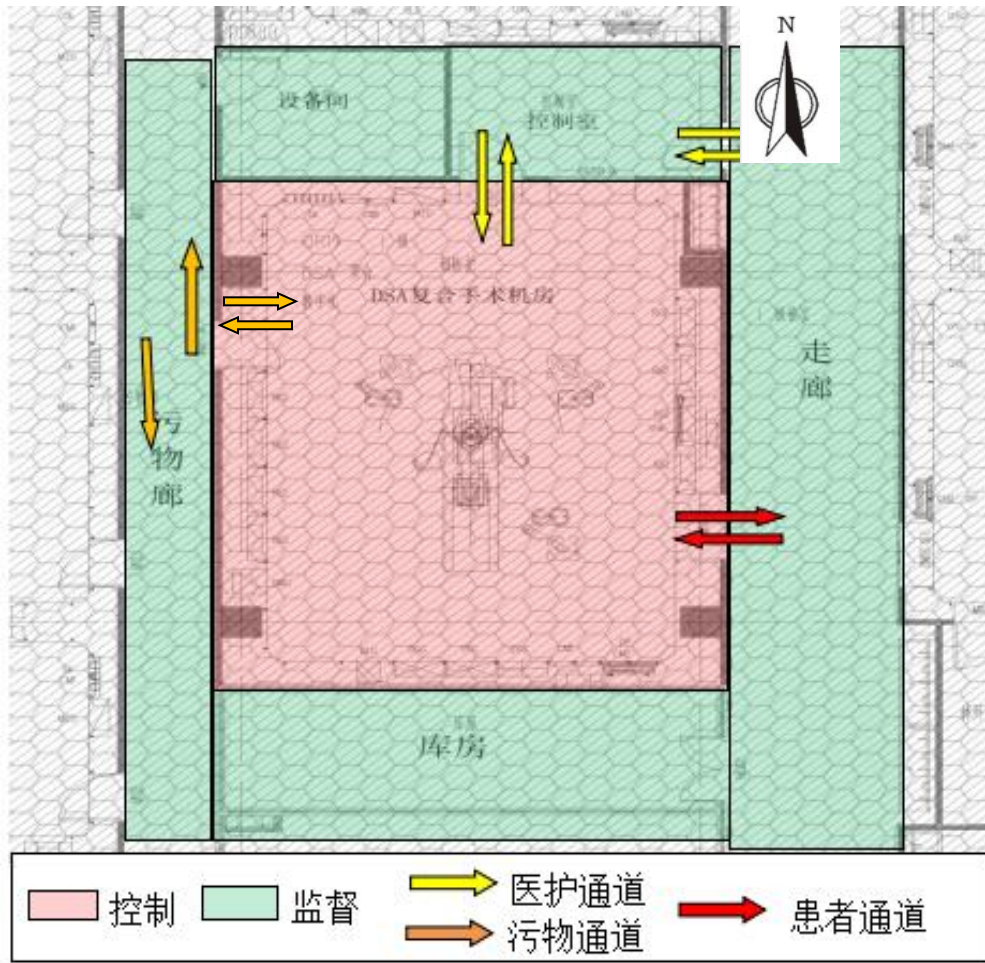


图 10-3本项目手术中心DSA复合手术机房平面布局及分区示意图

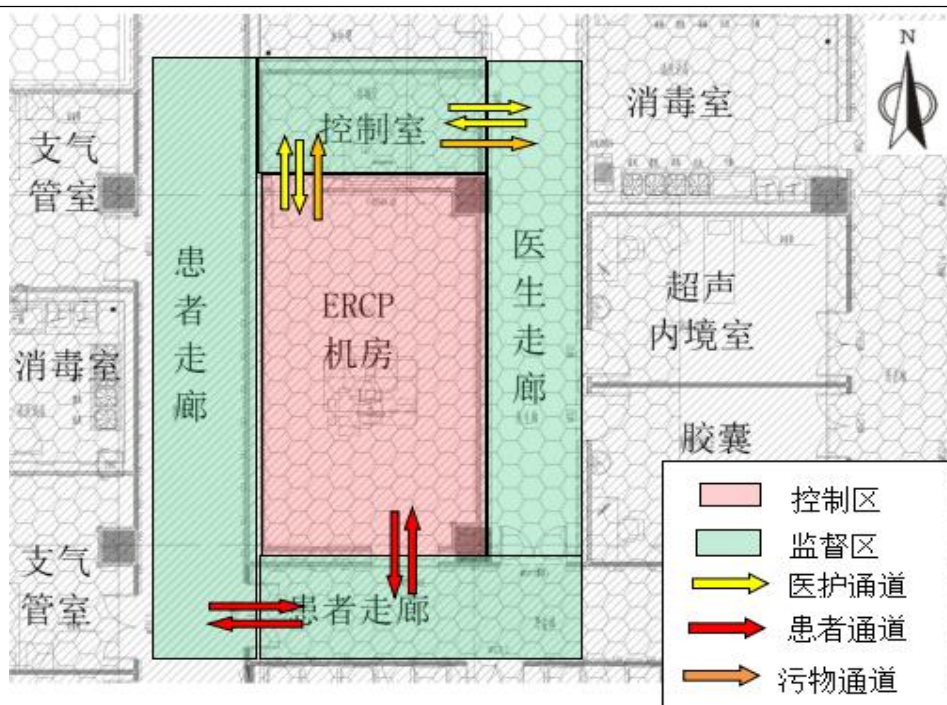


图 10-4 本项目 ERCP 机房平面布局及分区示意图

## 二、辐射防护屏蔽设计

### A、直线加速器

本项目医用直线加速器机房采用混凝土浇筑结构，治疗室内东西长 9.48m、南北长 11.7m、净面积越为 90m<sup>2</sup>（不含迷路），机房内净高度 4.3m；设置“L”型迷路，迷路横宽 1.5m，迷路内口宽 2.3m，迷路入口设铅防护门。具体屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 医用直线加速器机房屏蔽设计参数

场所名称	屏蔽防护设计		屏蔽设计（厚度及材质）
医用直线加速器机房	东墙	迷路内墙	150cm 砼 (砼屏蔽墙体长度为 675cm)
		迷路外墙	150cm 砼 (砼屏蔽墙体长度为 632cm)
	南墙	主屏蔽区	300cm 砼 (宽度为 435cm)
		次屏蔽区	176cm 砼
	西墙	侧屏蔽区	160m 砼
	北墙	主屏蔽区	300cm 砼 (宽度为 435cm)
		次屏蔽区	176cm 砼
	屋顶	主屏蔽区	300cm 砼 (宽度为 435cm)
		次屏蔽区	176cm 砼
	防护门		18mm 铅板

注：1、混凝土密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>，铅密度为 11.3g/cm<sup>3</sup>；

2、医用直线加速器机房西、南、北及下方为土层，人员不可达

## B、DSA装置

表10-2 DSA机房设计实体屏蔽折算为125kV管电压下等效铅当量厚度一览表

名称		屏蔽参数情况/防护能力	折算为相应屏蔽效果的铅当量(有用线束)	折算为相应屏蔽效果的铅当量(非有用线束)
DSA1	东	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
	南	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
	西	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
	北	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
DSA2	东	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
	南	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
	西	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
	北	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
DSA3	东	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
	南	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
	西	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
	北	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
DSA复合中心	东	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
	南	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
	西	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
	北	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂	3.27	3.27
室顶		250mm混凝土+30mm硫酸钡砂	3.96	4.01
地板		120mm混凝土+30mm硫酸钡砂	2.08	2.24
防护门		3.5mmPb (铅钢复合门)	3.5mmPb	
观察窗		3.5mmPb		

注：①参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录C，选取管电压为125kV(有用线束)时，223mm混凝土相当于3mm铅当量厚度，158mm混凝土相当于2mm铅当量厚度，298mm砖相当于3mm铅当量厚度；管电压为125kV(非有用线束)时，147mm混凝土相当于2mm铅当量厚度；

②管电压为125kV(有用线束)时，30mm硫酸钡砂折算为44.68mm混凝土，40mm硫酸钡砂折算为84.85mm实心砖；管电压为125kV(非有用线束)时，30mm硫酸钡砂折算为44.68mm混凝土，40mm硫酸钡砂折算为84.85mm实心砖；

③不同防护材料厚度比与其密度成反比，铅、实心砖、混凝土和硫酸钡砂的密度分别为11.3g/cm<sup>3</sup>、1.65g/cm<sup>3</sup>、2.35g/cm<sup>3</sup>和3.5g/cm<sup>3</sup>；

## C、ERCP装置

表10-3 ERCP机房设计实体屏蔽折算为125kV管电压下等效铅当量厚度一览表

名称		屏蔽参数情况/防护能力	折算为相应屏蔽效果的铅当量(有用线束)	折算为相应屏蔽效果的铅当量(非有用线束)
ERCP	东	240mm砼+30mm硫酸钡砂	3.83	3.87
	南	240mm砼+30mm硫酸钡砂	3.83	3.87
	西	240mm砼+30mm硫酸钡砂	3.83	3.87
	北	240mm砼+30mm硫酸钡砂	3.83	3.87
室顶		250mm混凝土+20mm硫酸钡砂	3.96	4.01
地板		250mm混凝土+20mm硫酸钡砂	3.96	4.01
防护门		3mmPb (铅钢复合门)	3mmPb	
观察窗		3mmPb		
注：①参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录C，选取管电压为125kV(有用线束)时，223mm混凝土相当于3mm铅当量厚度,158mm混凝土相当于2mm铅当量厚度；管电压为125kV(非有用线束)时，147mm混凝土相当于2mm铅当量厚度； ②管电压为125kV(有用线束)时，30mm硫酸钡砂折算为44.68mm混凝土,20mm硫酸钡砂折算为29.79mm混凝土；管电压为125kV(非有用线束)时，20mm硫酸钡砂折算为29.79mm混凝土，30mm硫酸钡砂折算为44.68mm混凝土； ③不同防护材料厚度比与其密度成反比，铅、混凝土和硫酸钡砂的密度分别为11.3g/cm <sup>3</sup> 、2.35g/cm <sup>3</sup> 和3.5g/cm <sup>3</sup> ；				

### 三、辐射安全和防护措施

#### A、直线加速器

1、电线电缆布设：医用直线加速器机房电缆线穿墙方式拟采用地下“U”型穿墙管道，穿墙处理地深度为0.4m，电缆沟不会破坏治疗室墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

2、防护门搭接方式：机房防护门设计制作时，除要考虑足够的防护厚度外，拟考虑防护门与周围墙壁及地面的重叠搭接，以防止门缝处射线泄漏。本项目医用直线加速器机房门与墙之间的间隙小于1cm，防护门与墙之间的搭接不小于10cm，可有效防止门缝处射线泄漏。

3、本项目医用直线加速器机房设计有机械通风装置，治疗室内设2个进风口、2个出风口，进、排风管道从防护门上方至机房内，进风口均位于治疗室南侧顶部吊顶处，排风口分别位于治疗室东北角、西南角，下沿距治疗室地面0.25m高，进风口总风量1700m<sup>3</sup>/h，排风口总风量2200m<sup>3</sup>/h，进风口与排风口位置基本符合“高进低出，对角设置”要求，以确保室内空气充分交换。医用直线加速器机房进出风管道避开主射线方向，射线经多次散射后，进出风管道进出口处辐射剂量将在控制范围内。

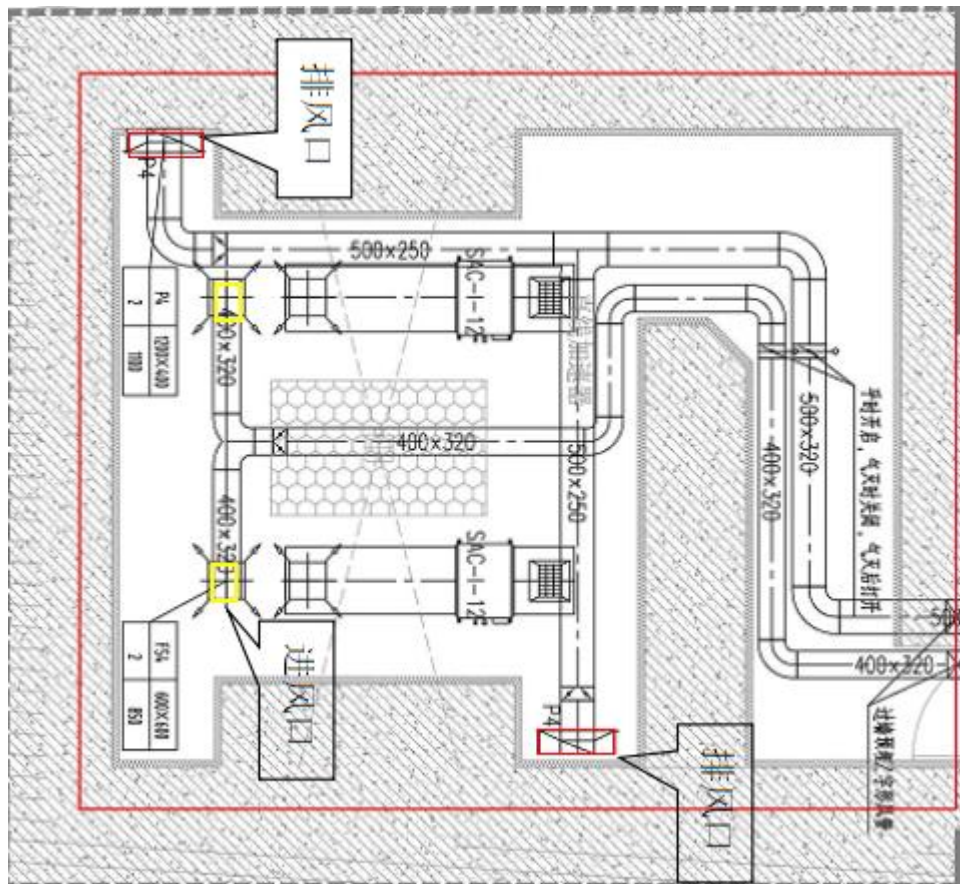


图 10-5 本项目加速器机房通风系统示意图

4、电离辐射警告标志和工作状态指示灯：医用直线加速器机房入口拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，防止无关人员逗留和误入。

5、紧急停机装置：在医用直线加速器机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧、防护门内迷路入口处、控制室控制台及设备壳体上均拟设置急停按钮，以避免放疗机房内人员尚未完全清空的情况下开机，产生误照射。

6、开门装置：医用直线加速器机房拟设置从室内开启治疗机房门的装置，防护门拟设有防挤压功能。

7、安全连锁装置：除放疗设备自身所带的安全连锁外，机房拟设置门-机连锁装置，防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束。

8、视频装置和双向交流对讲装置：本项目医用直线加速器机房控制室拟设置视频装置，并设置双向交流对讲系统，实时观察机房内的动态。

9、固定式辐射剂量监测仪：本项目医用直线加速器机房治疗室迷路的内入口处拟设置固定式辐射剂量监测仪并拟有异常情况下报警功能，其显示单元拟设置在控制室内。

以上辐射防护措施合理可行，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）等标准要求。

## B、DSA装置

（1）.DSA机房拟配备双向对讲装置和视频监控，便于进行监视观察和通话；主、小防护门均拟安装工作状态指示灯、门-灯联动装置及电离辐射警告标志，主防护门拟设置电磁式闭门装置和红外线防夹装置，小防护门拟设置手动式闭门装置；设备管线拟采用U型或Z型管道穿墙。

DSA装置自带1个床侧防护帘(0.5mmPb)和1个防护吊屏(0.5mmPb)；控制室内操作台及治疗床处各设置1个紧急停机按钮，紧急状态下按下紧急停机按钮即可实现紧急停机，防止发生辐射安全事故。

DSA机房拟设置通风系统，在机房吊顶中央部均设置1套专用送风天花装置，其北侧1个排风口。DSA（1~3）每套专用送风天花装置设计风量3200m<sup>3</sup>/h，排风口设计风量300m<sup>3</sup>/h。将非放射性有害气体排入本层庭院进入外环境，DSA 4专用送风天花装置设计风量13000m<sup>3</sup>/h，排风口设计风量500m<sup>3</sup>/h，将非放射性有害气体由排风管道引至裙房屋顶排入外环境。均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求。

（2）.医院拟在每个DSA工作场所配备4套辐射工作个人防护用品(每套包括铅衣、铅橡胶围裙、颈套铅橡胶围裙、颈套铅防护眼镜、介入防护手套、铅橡胶帽子，除介入防护手套防护效果为0.025mmPb、其余防护效果均为0.25mmPb)、2套患者个人防护用品(每套包括铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子，防护效果均为0.5mmPb)、1个移动铅屏风(防护效果为2.0mmPb)、1支个人剂量报警仪。

拟为每位辐射工作人员配备个人剂量计(由检测单位配发，每人两支)。

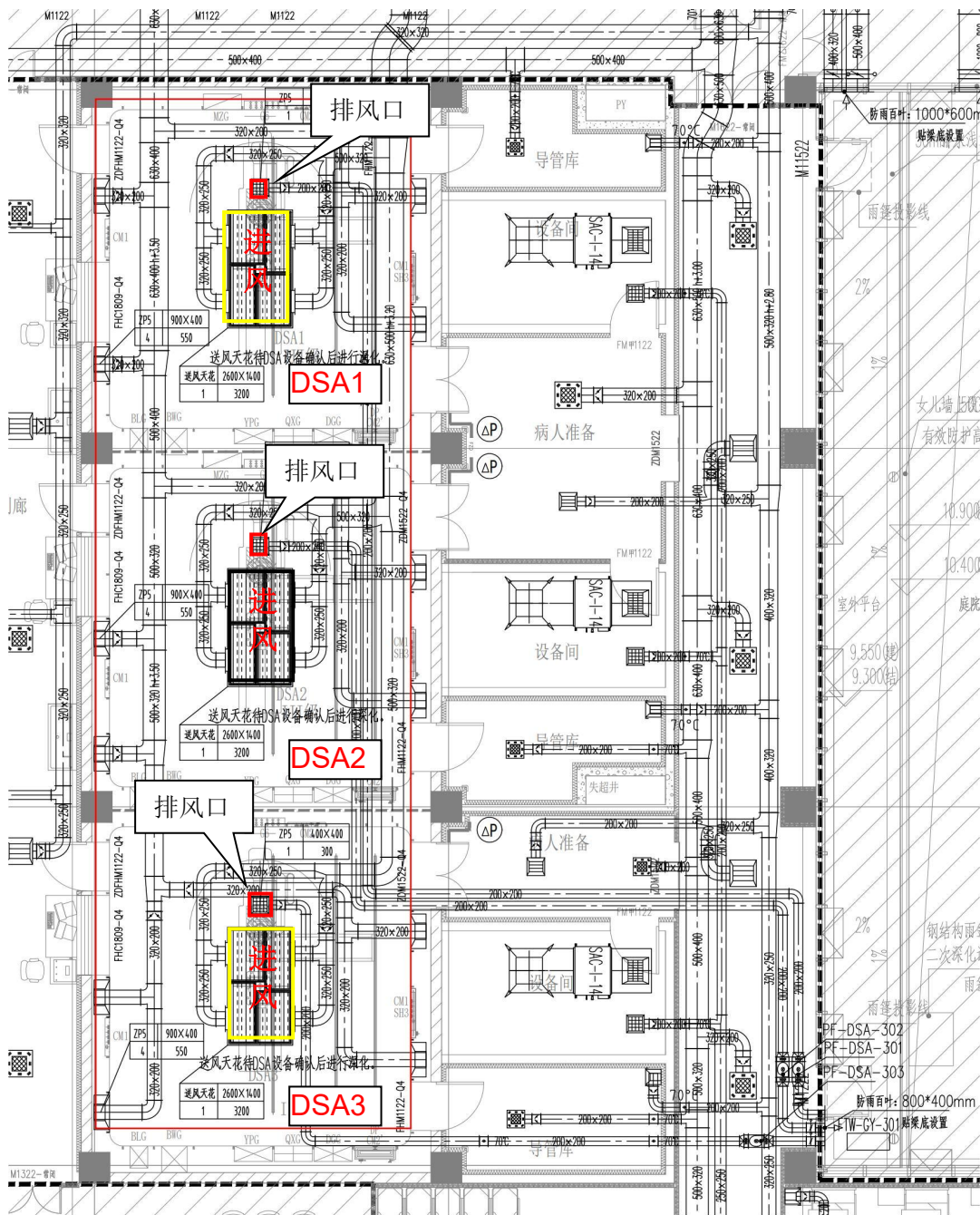


图 10-6 本项目 DSA(1~3)机房通风系统示意图

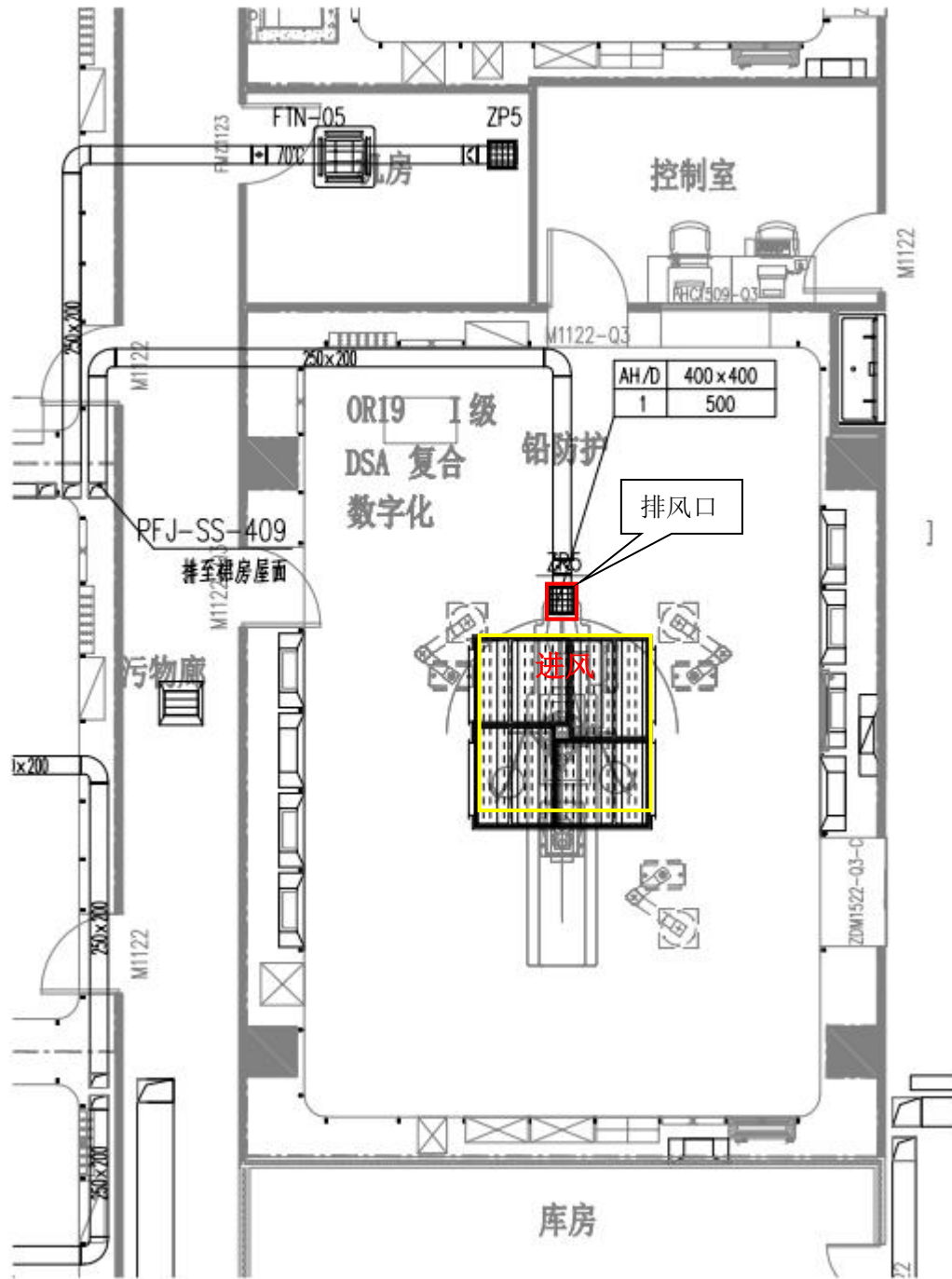


图 10-7本项目 DSA4机房通风系统示意图

### C、ERCP装置

(1).ERCP机房拟配备双向对讲装置和视频监控，便于进行监视观察和通话；主、小防护门均拟安装工作状态指示灯、门-灯联动装置及电离辐射警告标志，主防护门拟设置电磁式闭门装置和防夹装置，小防护门拟设置手动式闭门装置；设备管线拟采用U型或Z型管道穿墙。

ERCp装置自带1个床侧防护帘(0.5mmPb)和1个防护吊屏(0.5mmPb);控制室内操作台及治疗床处各设置1个紧急停机按钮,紧急状态下按下紧急停机按钮即可实现紧急停机,防止发生辐射安全事故。

ERCp机房拟设置通风系统,在机房顶部西南设置进风口1个,设计风量400m<sup>3</sup>/h。在机房东角设置排风口1个,离地高度约0.25m,设计风量550m<sup>3</sup>/h。将非放射性有害气体排入本层庭院进入外环境。该通风设施满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中“机房应设置动力通风装置,并保持良好的通风”的要求。

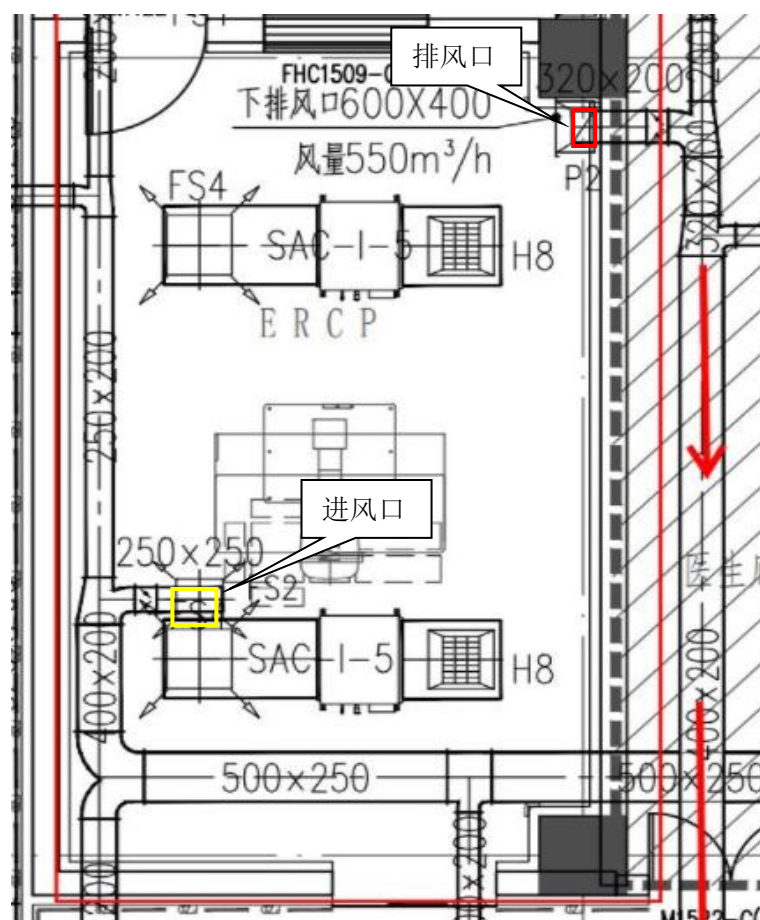


图 10-8本项目 ERCp机房通风系统示意图

(2) 医院拟ERCp工作场所配备4套辐射工作个人防护用品(每套包括铅衣、铅橡胶围裙、颈套铅橡胶围裙、颈套铅防护眼镜、介入防护手套、铅橡胶帽子,除介入防护手套防护效果为0.025mmPb、其余防护效果均为0.25mmPb)、2套患者个人防护用品(每套包括铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子,防护效果均为0.5mmPb)、1个移动铅屏风(防护效果为2.0mmPb)、1支个人剂量报警仪。

拟为每位辐射工作人员配备个人剂量计(由检测单位配发,每人两支)。

医院还拟为放射科配备1台辐射巡检仪。

## 三废的治理

### A、医用直线加速器

#### 一、废气

医用直线加速器机房内的空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力排风装置排入大气。

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）第 6.2.2 条款的要求：放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h。

本项目医用直线加速器机房内设有通风装置，采用机械排风方式。医用直线加速器机房采用上进下出的通风系统，进风口与出风口对角设置。以确保室内空气充分交换。

本项目医用直线加速器机房治疗室容积约406m<sup>3</sup>（不含迷路），其排风机的设计通风量为2200m<sup>3</sup>/h，每小时通风换气次数约为5.4次，能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“通风换气次数应不小于4次/h”的相关要求。

#### 二、废水

冷却水中被活化形成的放射性核素主要为 <sup>15</sup>O、<sup>16</sup>N，它们的半衰期分别是 2.1min 和 7.3s，半衰期较短，只需在冷却设备内放置一定时间后其活度就可以衰减到较低水平，然后进入医院总污水处理站处理后外排。本项目不涉及放射性废水的排放。

#### 三、固体废物

a 冷却水循环中使用离子交换树脂，离子交换树脂吸附冷却水中的感生放射性核素。此类核素半衰期较短，放置衰减一段时间即可。

b 另外，废树脂属于危险废物，危废类别为 HW13，废物代码 900-015-13，危险性为 T(毒性)。应交由有相应资质的单位处置。

c 靶物质经长期照射后，可积累一定放射性核素，退役靶件应交由有资质的单位处置。

### B、DSA与ERCp

针对 DSA 和 ERCp 装置运行时产生的少量非放射性有害气体，医院拟为 DSA 机房和 ERCp 机房均设置机械通风装置，ERCp 机房及 DSA（1~3）机房有害气体由本层庭院排入外环境；四层 DSA4 机房中有害气体由排风管道引至裙房屋顶排入外环境。DSA（1~

3) 机房设计排风量均为 300m<sup>3</sup>/h, DSA4 机房设计排风量为 500m<sup>3</sup>/h, ERCP 机房设计排风量 550m<sup>3</sup>/h, 可保持 DSA 机房和 ERCP 机房内良好通风、降低其浓度。满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中“机房应设置动力通风装置,并保持良好的通风”的要求。

本项目所使用的 DSA 采用数码摄片方式,不使用传统的显、定影液洗片方式,不会有废显、定影液及废胶片等感光材料危险废物(编号:HW16)产生本项目在开展介入手术产生的少量废造影剂及沾染造影剂的空瓶、手术过程中产生的介入导管、导丝、针头、棉球、纱布等属于医疗废物(废物代码:HW01 医疗废物),在医院医疗废物暂存间暂存,定期委托有资质单位统一处置,不会对周围环境产生影响。

## 表 11 环境影响分析

### 建设阶段对环境的影响

本项目 1 座加速器机房、4 台 DSA 装置及 1 台 ERCP 装置在济南市第一人民医院新院区放疗科进行建设，主体工程正在建设中，项目施工期主要涉及放疗场所内部的辐射防护建设、装饰装修工程等，主要产生噪声、扬尘、施工废水、建筑垃圾等。施工期在医院内部，影响较小，随着施工期结束，影响也随之停止，施工期无辐射环境影响。

### 运行阶段对环境的影响

#### 一、辐射环境影响分析

##### A、医用直线加速器

根据建设单位提供的资料，新院区拟建 1 座医用直线加速器机房并配备 1 台 10MV 医用直线加速器，主要参数：X 射线能量：10MV，电子线：20MeV，射线最大出射角： $28^\circ$ ，1m 处输出剂量率：最高剂量率为 2400cGy/min（FFF 束流模式），故本项目以 X 射线能量为 10MV 的情况下进行辐射影响分析。

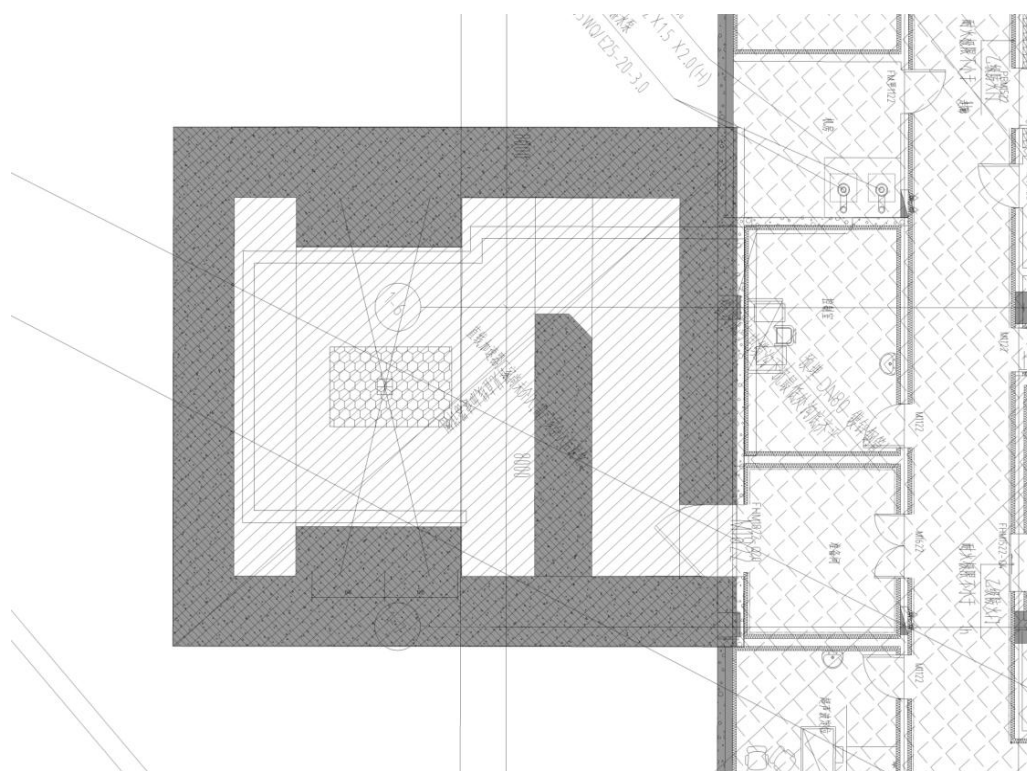


图 11-1 加速器机房平面布置图

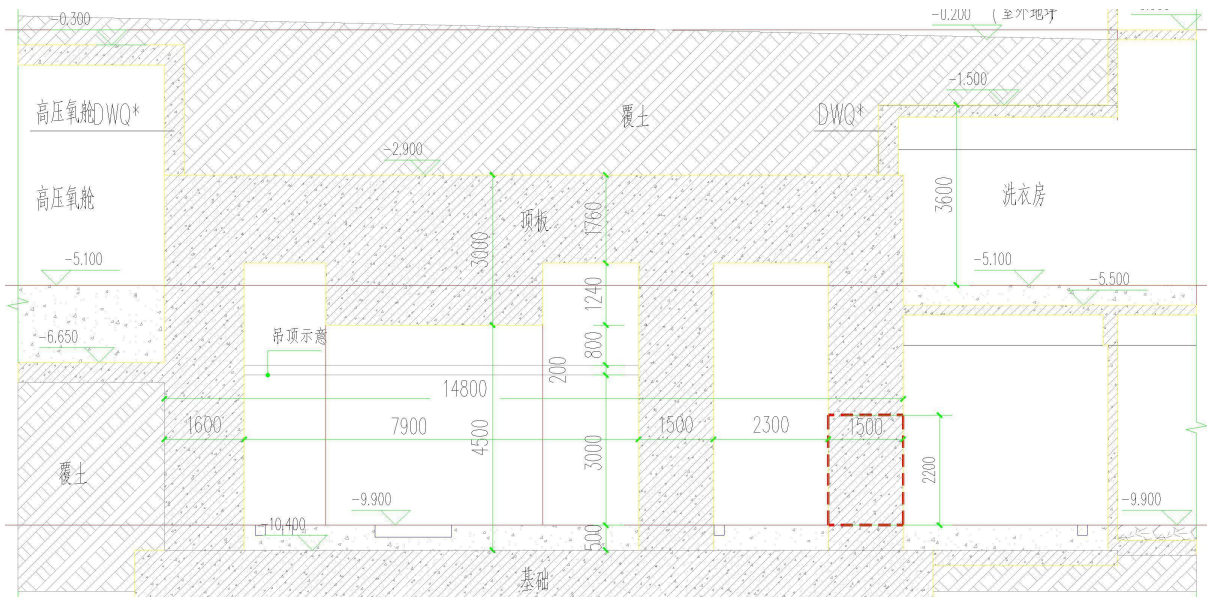


图 11-2 加速器机房剖面图

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）的要求，在本项目医用直线加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在医用直线加速器机房的尺寸厚度基础上，假定医用直线加速器机房最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行预测计算。

本项目医用直线加速器机房的关注点设定如图 11-3。

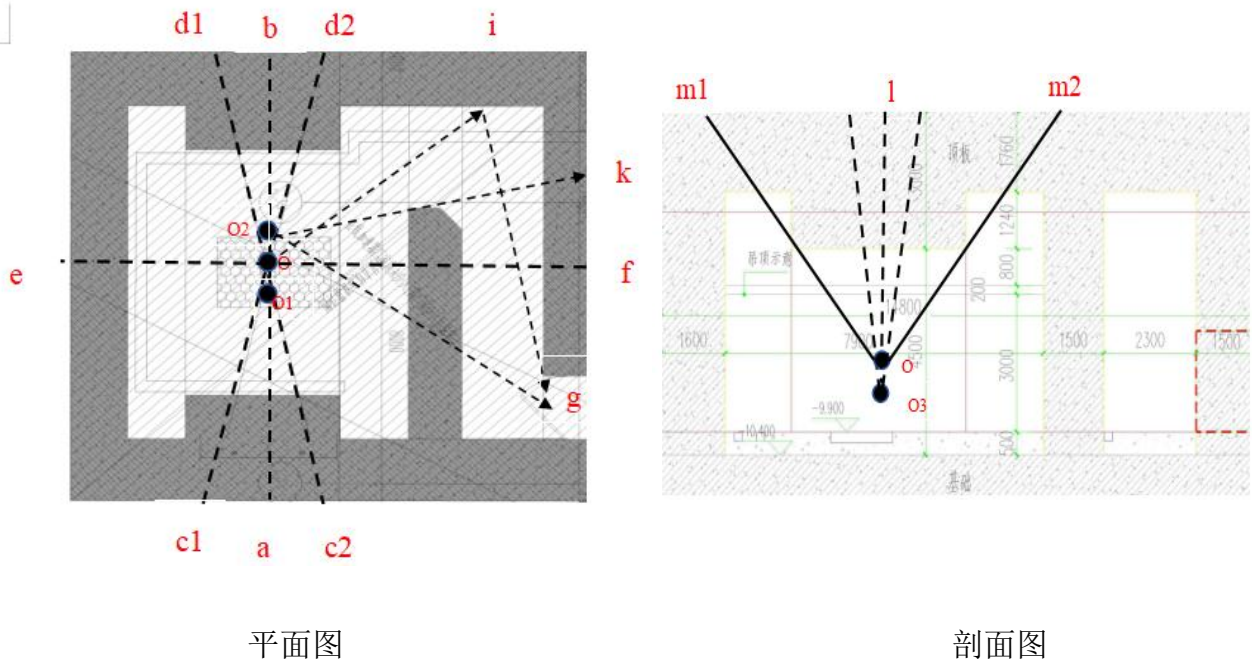


图11-3 直线加速器机房的关注点示意图

## 1、有用线束主屏蔽区的宽度核算

使用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）中的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度：

$$Y_p = 2[(a + SAD) \cdot \tan \theta + 0.3] \quad \text{公式11-1}$$

式中： $Y_p$ —机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

$SAD$ —源轴距，m；

$\theta$ —治疗束的最大张角（相对束中的轴线），即射线最大出射角的一半；

$a$ —等中心点至“墙”的距离，m。当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽墙相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽区向机房外凸时，“墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

将各参数代入公式 11-1，可估算出本项目的主屏蔽宽度核算结果并评价如表 11-1。

表 11-1 主屏蔽区的宽度设计评价表

参数	南墙主屏蔽	北墙主屏蔽	屋顶主屏蔽
$SAD$ (m)	1	1	1
$\theta$ (°)	14	14	14
$a$ (m)	4.74	4.74	4.24
$Y_p$ 计算值 (m)	3.46	3.46	3.21
$Y_p$ 设计值 (m)	4.35	4.35	4.35
评价结果	满足	满足	满足

由上表的理论估算结果可知，医用直线加速器机房南墙、北墙及屋顶主屏蔽区域屏蔽宽度均能够满足医用直线加速器的有用射线束的防护宽度要求。

## 2、辐射防护效果预测

### (1) 有用线束主屏蔽设计核算（南墙 $a$ 点、北墙 $b$ 点和屋顶 $l$ 点）

①主射线路径：南墙  $O_2 \rightarrow a$ ，北墙  $O_1 \rightarrow b$ ，屋顶  $O_3 \rightarrow l$ 。

②计算模式及参数选择

有效屏蔽使用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的相关公式进行有用线束主屏蔽设计核算，在给定的屏蔽物质厚度 $X$ （cm）时，首先按照公式11-2计算有效厚度 $X_e$ （cm），按照公式11-3估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 $B$ ，再按照公式11-4计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

$$X_e = X/\cos\theta = X \cdot \sec\theta \quad \text{公式 11-2}$$

式中：X—设计屏蔽厚度，cm；

$\theta$ —斜射角。

屏蔽透射因子

$$B = 10^{-(x_e + TVL - TVL_l)/TVL} \quad \text{公式11-3}$$

式中， $TVL_l$  (cm) 和  $TVL$  (cm) 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，当未指明 $TVL_l$  时， $TVL_l = TVL$ 。可根据加速器X射线能量查GBZ/T 201.2-2011 的附录 B 表 B.1。本项目中，对应 10MV 的 X 射线能量，混凝土  $TVL_l$  为 41cm， $TVL$  为 37cm。本项目中，a 点、b 点、l 点相应厚度主屏蔽的 B 值核算见表 7-2。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \text{公式 11-4}$$

式中： $H_0$ —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，本项目中，对应 10MV 的 X 射线能量，1m 处的最高剂量率为 $1.44\text{E}+09\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

R—靶点至参考点的距离，m，本项目参考点均为相应墙外30cm；

f—对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比0.1%。

### ③预测计算结果

将相应主屏蔽厚度得出的辐射屏蔽透射因子 B 值代入，得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )，将其与本项目确定的剂量率参考控制水平 H.c 相比，判断 机房屏蔽设计是否满足标准要求，计算结果见表 11-2。

表 11-2 医用直线加速器机房主屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

参数	南墙主屏蔽 (a 点)	北墙主屏蔽 (b 点)	屋顶主屏蔽 (l 点)
X (cm)	300	300	300
$\theta$	0	0	0
$X_e$ (cm)	300	300	300
$TVL_l$ (cm)	41		
$TVL$ (cm)	37		
B	1.0E-8	1.0E-8	1.0E-8
R (m)	7.8	7.8	7.3
$H_0$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ )	1.44E+09		

$f$	1	1	1
$H(\mu\text{Sv/h})$	0.24	0.24	0.27
$H_c$ ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 剂量率参考控制水平	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足

(2) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区参考点剂量率 (南墙  $c_1$  点、 $c_2$  点、北墙  $d_1$  点、 $d_2$  点及屋顶  $m_1$  点、 $m_2$  点)

①射线路径 (射线类型):  $o_2 \rightarrow o \rightarrow c_1$  (散射射线),  $o_2 \rightarrow o \rightarrow c_2$  (散射射线),  $o_1 \rightarrow o \rightarrow d_1$  (散射射线),  $o_1 \rightarrow o \rightarrow d_2$  (散射射线),  $o_3 \rightarrow o \rightarrow m_1$  (散射射线),  $o_3 \rightarrow o \rightarrow m_2$  (散射射线)。

$o \rightarrow c_1$  (泄漏射线),  $o \rightarrow c_2$  (泄漏射线),  $o \rightarrow d_1$  (泄漏射线),  $o \rightarrow d_2$  (泄漏射线),  $o \rightarrow m_1$  (泄漏射线),  $o \rightarrow m_2$  (泄漏射线)。

对于位置  $c_1$  点、 $c_2$  点、 $d_1$  点、 $d_2$  点和  $m_1$  点、 $m_2$  点, 考虑泄漏辐射和散射辐射的复合作用。

### ②泄漏辐射计算模式及参数选择

泄漏辐射屏蔽, 估算方法类似主屏蔽区。  $f=0.001$  (泄漏辐射比率, 根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011), 加速器的泄漏辐射比率通常取  $10^{-3}$ ), 公式 11-3 的 TVL1 和 TVL 保守取附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 对应 10MV 的 X 射线能量, 混凝土 TVL1=35cm, TVL=31cm。

### ③散射辐射计算模式及参数选择

在给定的屏蔽物质厚度  $X$  (cm) 时, 首先用公式 11-2 计算或直接在结构图中量出该屏蔽墙的有效厚度  $X_e$  (cm), 按照公式 11-3 估算屏蔽物质的屏蔽透射因  $B_s$  (其中患者散射辐射在混凝土中的什值层, 查表 B.4 知, 当散射角  $30^\circ$  时, 对于 10MV 射线, 患者散射辐射在混凝土中什值层为 28cm, 再按照公式 11-5 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ );

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad \text{公式 11-5}$$

式中:  $H_0$ —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 (以下简称靶) 1m 处的常用最高剂量率,  $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ , 本项目中, 对应 10MV 的 X 射线能量, 1m 处的常用最高剂量率为  $1.44\text{E}+09\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ;

$\alpha_{ph}$ —患者 400cm<sup>2</sup> 面积上垂直入射 X 射线散射至距其1m（关注点方向）处的剂量比例，又称400cm<sup>2</sup> 面积上的散射因子。根据散射线能量和考察点斜射角，查 GBZ/T 201.2-2011 表 B.2。本项目按10MV、30°取值，为 3.18×10<sup>-3</sup>。

$F$ —治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积，cm<sup>2</sup>，本项目为 40cm×40cm=1600cm<sup>2</sup>。

$R_s$ —患者（位于等中心点）至关注点的距离，m。

#### ④预测计算结果

叠加次屏蔽墙外泄漏辐射与患者一次散射辐射的瞬时剂量率值，将其与本项目确定的剂量率参考控制水平  $H_c$  相比，判断机房屏蔽设计是否满足标准要求，计算结果见表 11-3，其中  $X_e$ 、 $R$  的取值由CAD 图纸上读取。

表 11-3 与主屏蔽相连的次屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

参数		南墙次屏蔽 ( $c1$ 、 $c2$ 点)	北墙次屏蔽 ( $d1$ 、 $d2$ 点)	屋顶次屏蔽 ( $m1$ 、 $m2$ 点)
$X$ (cm)		176	176	176
$X_e$ (cm) (°)		203.2	203.2	203.2
$H_0$ (μSv·m <sup>2</sup> /h)		1.44E+09		
泄露辐射	$TVL1$ (cm)	35	35	35
	$TVL$ (cm)	31	31	31
	$B$	3.75E-7	3.75E-7	3.75E-7
	$R$ (m)	8.2	8.2	7.5
	$f$	0.001	0.001	0.001
	$H$ (μSv/h)	8.0E-3	8.0E-3	9.5E-3
散射辐射	$TVL1$ (cm)	28	28	28
	$TVL$ (cm)	28	28	28
	$R_s$ (m)	8.2	8.2	7.5
	$\alpha_{ph}$	3.18E-03	3.18E-03	3.18E-03
	$B$	5.5E-08	5.5E-08	5.5E-08
	$F$ (cm <sup>2</sup> )	1600	1600	1600
	$H$ (μSv/h)	0.015	0.015	0.018

$H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 泄漏辐射和散射辐射的复合作用	0.023	0.023	0.028
$H_c$ ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 剂量率参考控制水平	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足

### (3) 侧屏蔽墙屏蔽设计核算（西墙 $e$ 点、东侧迷路墙外 $f$ 点）

①射线路径（射线类型）： $o \rightarrow e$ （泄漏射线）， $o \rightarrow f$ （泄漏射线）。

#### ②计算模式及参数选择

该区考虑泄漏辐射屏蔽，估算方法类似主屏蔽区。公式 11-4 中， $f=0.001$ （泄漏辐射比率，根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011），加速器的泄漏辐射比率通常取  $10^{-3}$ ）。公式 11-3 的  $TVL_l$  和  $TVL$  为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值，对应 10MV 的 X 射线能量，混凝土  $TVL_l=35\text{cm}$ ， $TVL=31\text{cm}$ 。

#### ③预测计算结果

$e$  点、 $f$  点的辐射剂量率预测结果见下表 11-4，其中  $X_e$ 、 $R$  的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-4 医用直线加速器机房侧屏蔽墙外泄漏辐射剂量率核算值

参数	西墙 ( $e$ 点)	东侧墙外 ( $f$ 点)
$X$ (cm)	160	150 砣 (迷路内墙) + 150 砣 (迷路外墙)
$X_e$ (cm)	160	300
$TVL_l$ (cm)	35	35
$TVL$ (cm)	31	31
$B$	9.33E-6	2.82E-10
$R$ (m)	6.06	9.6
$H_0$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ )	1.44E+09	1.44E+09
$f$	0.001	0.001
$H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	0.35	4.4E-6
$H_c$ ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 剂量率参考控制水平	2.5	2.5
评价	满足	满足

### (4) 迷路外墙屏蔽设计核算（东侧迷路外墙 $k$ 点）

①射线路径（射线类型）： $o_2 \rightarrow k$ （泄漏射线）。

#### ②计算模式及参数选择

本项目有用线束不向迷路内墙照射，该区考虑泄漏辐射屏蔽，估算方法类似主屏蔽区。公式11-4中， $f=0.001$ （泄漏辐射比率，根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011），加速器的泄漏辐射比率通常取0.001）。公式11-3的 $TVL_l$ 和 $TVL$ 为附录B表B.1的泄漏辐射值，对应10MV的X射线能量，混凝土 $TVL_l=35\text{cm}$ ， $TVL=31\text{cm}$ 。

### ③预测计算结果

$k$  点的辐射剂量率预测结果见下表11-5， $O_2$  至 $k$ 的泄漏辐射的斜射角较小，通常以  $0^\circ$ 垂直入射保守估算，其中 $X_e$ 、 $R$ 的取值由CAD图纸上读取。

表 11-5 东墙泄漏辐射剂量率核算值

参数	东墙 ( $k$ 点)
$X$ (cm)	150
$X_e$ (cm)	164
$TVL_l$ (cm)	35
$TVL$ (cm)	31
$B$	6.92E-06
$R$ (m)	9.2
$H_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )	1.44E+09
$f$	0.001
$H$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	0.12
剂量率参考控制水平 $H_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	2.5
评价	满足

### (5) 迷路入口处辐射水平核算 ( $g$ 点)

根据 GBZ/T201.2-2011， $g$ 点处同时受到迷道内散射辐射 ( $O_1 \rightarrow O \rightarrow i \rightarrow g$ ) 及加速器的泄漏辐射  $O_2$ 经迷路内墙屏蔽后在迷路入口  $g$  点的辐射剂量。

①射线路径（射线类型）： $O_2 \rightarrow g$ （泄漏射线）， $O_1 \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow g$ （散射射线）。

#### ②泄漏辐射计算模式及参数选择

$g$  点泄漏辐射剂量核算方法同 $f$ 点。

其中 $X_e$ 、 $R$  的取值由 CAD 图纸上读出，取泄漏因子 $f=0.001$ ，公式11-4的 $TVL_l$ 和 $TVL$ 为附录B表B.1的泄漏辐射值，对应10MV的X射线能量，混凝土 $TVL_l=35\text{cm}$ ， $TVL=31\text{cm}$ 。计算结果见表11-6。

表 11-6 迷路入口处的泄漏辐射剂量率核算值

参数	迷路入口处 (g点)
$X$ (cm)	150
$X_e$ (cm)	165
$TVL_1$ (cm)	35
$TVL$ (cm)	31
$B$	6.46E-06
$R$ (m)	10.9
$H_0$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ )	1.44E+09
$f$	0.001
$H$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	0.078
剂量率参考控制水平 $H_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	0.5
评价	满足

注：根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）中4.3.2.5.1b），“核算加速器的泄漏辐射（以偏离 $o$ 的位置 $o_1$ 为中心）经迷路内墙屏蔽后在迷路入口 $g$ 的辐射剂量。核算结果应为 $g$ 处的参考控制水平的一个分数（应小于1/4）”故本项目取 $0.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

### ③ 散射辐射计算模式及参数选择

根据GBZ/T 201.2-2011，入口 $g$ 点处的散射辐射剂量率 $H_g$ 按公式11-6计算。

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \dot{H}_0 \quad \text{公式 11-6}$$

式中： $H_g$ — $g$ 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$\alpha_{ph}$ —患者 $400\text{cm}^2$ 面积上的散射因子，见附录B表B.2，通常取 $45^\circ$ 散射角的值；

$F$ —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， $\text{cm}^2$ ；

$\alpha_2$ —砼墙入射的患者散射辐射（能量见附录B表B.6）的散射因子，通常取 $i$ 处的入射角为 $45^\circ$ ，散射角为 $0^\circ$ ， $\alpha_2$ 值见附录B表B.6，通常使用其 $0.5\text{MeV}$ 栏内的值；

$A$ — $i$ 处的散射面积， $\text{m}^2$ ；

$R_1$ —“ $o \rightarrow i$ ”之间的距离， $\text{m}$ ；

$R_2$ —“ $i \rightarrow g$ ”之间的距离， $\text{m}$ ；

$H_0$ —加速器有用线束中心轴上距靶 $1\text{m}$ 处的最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ 。

表 11-7 迷路入口处的散射辐射剂量率核算值

参数	迷路入口处 (g 点)
$\alpha_{ph}$	$1.35 \times 10^{-3}$
$F$ (cm <sup>2</sup> )	1600
$\alpha_2$	$22 \times 10^{-3}$
$R1$ (m)	7.2
$R2$ (m)	8.8
$A$ (m <sup>2</sup> )	21.8
$H_0$ (μSv·m <sup>2</sup> /h)	1.44E+09
$H_g$ (μSv/h)	941.72

④预测计算结果

在给定防护门的铅屏蔽厚度 $X$  (cm) 时, 防护门外  $g$  点处的辐射剂量率 $H$  (μSv/h) 按公式 7-7 计算, 预测结果见下表7-8。

$$H = H_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + H_{og} \quad \text{公式11-7}$$

式中:

$H_{og}$ — $g$  处的泄漏辐射剂量率, μSv/h;

$H_g$ — $g$  处的散射辐射剂量率, μSv/h;

$TVL$ —辐射在铅中的什值层, cm。

表 11-8 迷路入口防护门外的辐射剂量率核算值

参数	机房入口防护门外 (g 点)
$H_{og}$ (μSv/h)	0.078
$H_g$ (μSv/h)	941.72
$X$ (cm)	1.8 (铅)
$TVL$ (cm)	0.5 (铅)
防护门外的辐射剂量率 $H$ (μSv/h)	0.315
剂量率参考控制水平 $H_c$ (μSv/h)	2.5
评价	满足

3、预测计算结果汇总及评价

综上所述, 医用直线加速器机房墙、顶、门外辐射剂量率理论估算结果汇总见表11-9。

表 11-9 医用直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总

参考点		剂量率估算值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	结论
主屏蔽	a 点	0.24	2.5	满足
	b 点	0.24	2.5	满足
	l 点	0.27	2.5	满足
次屏蔽	c1、c2 点	0.023	2.5	满足
	d1、d2 点	0.023	2.5	满足
	m1、m2 点	0.028	2.5	满足
西墙 (e 点)		0.35	2.5	满足
东侧墙外 (f 点)		4.4E-6	2.5	满足
东侧迷路外墙 (k 点)		0.12	2.5	满足
迷路入口防护门 (g 点)		0.315	2.5	满足

由表 11-1 及表 11-9 可知，本项目医用直线加速器机房屏蔽防护设计能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗 辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求。

本项目医用直线加速器机房防护门设计制作时，除要考虑足够的防护厚度外，拟考虑防护门与周围墙壁及地面的重叠搭接，以防止门缝处射线泄漏。本项目医用直线加速器机房门与墙之间的间隙小于 1cm，防护门与墙之间的搭接不小于 10cm，可有效防止门缝处射线泄漏。

本项目医用直线加速器机房采用上进下出的通风系统，进、排风管道穿墙处采用“Z”型设计，管道经防护门上方由迷路到达机房内，进风口、排风口“高进低出，对角设置”的形式设置。管道系统均避开主射线方向，射线经几次散射后，通风管道出口处辐射剂量将在控制范围内。

电缆沟埋设在地下，电缆线布设采用地下“U”型穿墙管道，穿墙处理地深度为 0.4m，未破坏治疗室墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

根据表 11-9 中机房外辐射剂量率估算结果可知，本项目医用直线加速器机房顶部剂量率为  $0.27\mu\text{Sv/h}$ ，且顶部覆盖 2.6m-2.7m 土层，对治疗机房外的附近地面和楼层中公众的照射较小，能够满足防护要求。

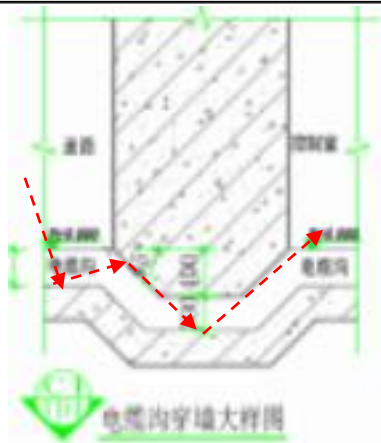


图11-4 预留电缆管道示意图

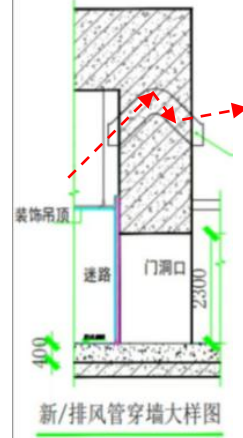


图11-5 预留穿墙风管示意图

#### 4、保护目标有效剂量评价

考察点人员的年有效剂量由《辐射防护导论》给出的公式进行估算：

$$D_{Ef} = H \cdot t \cdot T \cdot U \quad \text{公式 11-8}$$

式中： $D_{Ef}$ —考察点人员有效剂量，Sv；

$H$ —考察点的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$t$ —考察点处年受照时间，h；

$T$ —居留因子；

$U$ —使用因子。

将表11-9中医用直线加速器机房外各典型参考点处的辐射剂量率估算值代入公式11-8。本项目医用直线加速器机房年出束运行时间1666.7h，考虑周围公众及辐射工作人员的居留因子，根据公式11-8估算公众及辐射工作人员的年有效剂量，计算结果列于表11-10。

表 11-10 医用直线加速器机房周围人员年有效剂量

参考点	居留因子 $T^*$	使用因子 $U$	考察点的 辐射剂量 率 $H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	人员可达 处年有效 剂量 ( $\text{mSv/a}$ )	保护 对象 ( $\text{mSv/a}$ )	结论
南墙主屏蔽 (a点)	土层	/	/	0.24	/	/
北墙主屏蔽 (b点)	土层	/	/	0.24	/	/
屋顶主屏蔽 (l点)	土层	/	/	0.27	/	/
北墙次屏蔽 (c1、c2点)	土层	/	/	0.023	/	/
南墙次屏蔽 (d1、d2点)	土层	/	/	0.023	/	/
屋顶次屏蔽 (m1、m2点)	院内 道路	1/16	1	0.028	0.003	0.1
西墙 (e点)	土层	/	1	0.35	/	/

东侧迷路外墙 (f点)	控制室	1	1	4.4E-6	7.3E-6	5	满足
东侧迷路外墙 (k点)	辅助机房	1/16	1	0.12	0.012	0.1	满足
迷路入口防护门 (g点)		1/8	1	0.315	0.07	0.1	满足
注：居留因子取值见HJ 1198-2021 附录A。							

加速器辐射工作人员年有效剂量约为7.3E-6mSv，周围公众年有效剂量最高为0.07mSv能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员的剂量限值要求和本项目管理目标值要求（职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众人员年有效剂量不超过0.1mSv）。

考虑距离对射线的衰减作用，本项目医用直线加速器机房周围50m评价范围内环境影响可忽略不计。

### 5、电子线治疗时辐射防护评价

医用直线加速器处于电子束模式下使用初始电子线进行浅层治疗时，会产生电子线。本项目医用直线加速器最大X射线能量为10MV，电子线最大能量为20MeV，由于电子束的穿透能力远小于X射线，对治疗X射线的屏蔽机房完全满足屏蔽电子束的要求。电子束治疗时，平均束流为nA量级，X射线治疗时平均束流为μA量级，治疗电子束所产生的韧致辐射远小于X射线治疗时的辐射，即使电子线能量大于X射线最大能量，对屏蔽电子束的韧致辐射所需要的厚度也低于对于MV级X射线的屏蔽要求。

### B、DSA装置运行对机房周围辐射环境影响分析

由表10-2可知，DSA机房四周墙体、室顶、防护门及观察窗的防护能力均能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中关于“标称125kV以上的摄影机房有用线束方向铅当量3mm，非有用线束方向铅当量2mm”的要求。此外，由“表10中三、辐射安全和防护措施”小节可知DSA机房安全防护措施符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中相关要求。

#### （一）DSA机房外γ剂量率分析

##### 1) 设备参数及工作负荷

DSA的辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线，手术过程中有用射束主要向上照射；本项目DSA装置为落地式，室顶、南、北方向均受到有用射束照射。

本项目DSA在有用线束出束方向处设有平板探测器，其对X射线有屏蔽作用。根据NCRP于2004年出版的第147号报告《医用X射线影像设备结构屏蔽设计》4.1.6.2Preshielding

(p43-44)：“事实上，初级射线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”；同时，根据4.1.7SecondaryBamiers (p.45)：“四周主要受到泄漏射线和受检者身上散射线影响”。故本项目DSA机房外周围环境受到的贯穿辐射来自X射线球管泄漏辐射与介入患者的散射辐射。

**工作电压、电流：**DSA具有自动照射量控制调节功能（AEC），摄影时，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，照射量率减小；如果受检者体型较胖，功率自动增强，照射量率增大。为了防正球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常与设备最大管电压和管电流之间留有一定的裕量。根据医院提供资料，根据医院提供资料，当DSA运行管电压为额定电压的极端情况时，透视模式下的电流不大于20mA，拍片模式下的电流不大于500mA；DSA正常运行时，透视模式的工况为（60~80）kV/（5~20）mA，摄影模式的工况为（60~80）kV/（100~500）mA

**X射线机发射率常数（当管电流为1mA时，距离阳极靶1m处由主束产生的比释动能率，mGy/（mA·s））：**参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中5.1.5C）“除牙科摄影和乳腺摄影用X射线设备外，X射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于2.5mmAl"的要求，本评价DSA的等效总滤过保守按2.5mmAl考虑。根据《辐射防护手册》（第三分册）图3.1，DSA在80kV运行时离靶1米处的空气比释动能率约为0.06mGy/（mA·s），即216000μGy/（mA·h）。

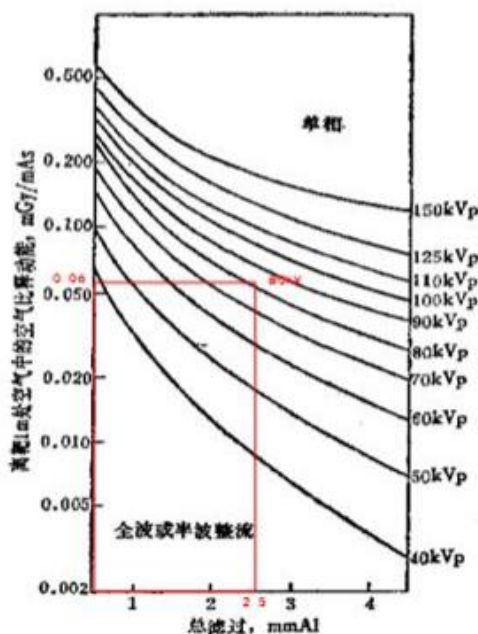


图11-6 距X线源1m处的照射量率随管电压及总滤过厚度变化的情况

**泄露射线1m处的泄漏辐射空气比释动能率：**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）用于诊断自的的每一个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100cm<sup>2</sup>的面积上或者在离管或源壳5cm处的10cm<sup>2</sup>面积上进行平均测量），以及《医用电气设备第1-3部分：基本安全和基本性能的通用要求并列标准：诊断X射线设备的辐射防护》（GB9706.103-2020）中12.4的相应要求，本项目DSA离焦点1m处的泄漏辐射空气比释动能率为1.0mGy/h。根据医院提供资料，本项目DSA系统泄漏辐射为在距离x射线管组件1米范围内（各个方向）泄漏辐射最大值为0.34mGy/h，本评价保守取DSA离焦点1m处的泄漏辐射空气比释动能率为1.0mGy/h。

**散射线：**本项目DSA的散射线主要考虑有用线束照射到受检者人体产生的侧向散射线（与有用线束成90°方向上的一次散射线），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。

## 2) 预测点位

为了进一步评价辐射防护效果，采用理论预测的方法进行影响分析。本项目拟建DSA机房的辐射影响预测点选取如表11-11。

表11-11本项目拟建DSA机房预测点选取情况表

点位	点位说明	距离(m)
1	东侧屏蔽墙外30cm处	5.5
2	东北侧防护门外30cm处	6.2
3	东南侧防护门外30cm处	5.8
4	南侧屏蔽墙外30cm处	4.5
5	西侧观查窗外30cm处	4.0
6	西侧屏蔽墙外30cm处	4.1
7	西侧防护门外30cm处	4.9
8	北侧屏蔽墙外30cm处，	4.6
9	楼下，地面以上170cm处	3.25
10	楼上，地面以上100cm处	5.45

注：1、机房四侧屏蔽体外关注点位于屏蔽体外30cm处，保守取射线装置至四个方位最短距离；

2、机房上关注点位于距上方（楼上）地面100cm处，ds=4.2+0.25+1=5.45m；

## 3) 预测公式及参数

### ①散射线

关注点的周比释动能计算公式进行推导，得到散射线在关注点处的辐射剂量率H的计算公式（推导中，将原公式中的使用因子、居留因子均取1），继而在公式中增加“有效剂量与空气比释动能转换系数修正因子，得到散射辐射有效剂量率计算公式：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (s/400) \cdot B_s}{d_0^2 \cdot d_s^2} \cdot K \quad \text{公式11-9}$$

式中：

$H_s$ —关注点处散射辐射有效剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_0$ —离靶1m处空气中的空气比释动能， $\mu\text{Gy}/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ：本项目自DSA在80kV运行时离靶1米处的空气比释动能率约为 $0.06\text{mGy}/(\text{mA}\cdot\text{s})$ ，即 $216000\mu\text{Gy}(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

$I$ —管电流，mA；本项目透视、摄影模式下正常使用的最大管电流分别取20mA、500mA；

$\alpha$ —人体对x射线的散射照射量与入射照射量之比值，由《辐射防护手册（第一分册）》表10.1中查取，表中无80kV值，保守取100kV值0.0013；

$S$ —主束在受照人体上的散射面积，射线装置最大照射野面积为 $30\times 30=900\text{cm}^2$

$d_0$ —源至受照点的距离，根据设备参数确定，本项目 $d$ 取最小值0.45m（符合ICRP33号报告第98段关于使用固定式X线透视检查设备的焦皮距的要求）；

$d_s$ —受照体至关注点的距离，m；

$K$ —有效剂量与空气比释动能转换系数，查《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T830-2024）表B11，利用插入法计算，管电压为70kV时有效剂量与空气比释动能转换系数取 $1.60\text{Sv/Gy}$ ；

$B_s$ —屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，公式见11-10：

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{-\alpha x} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad \text{公式11-10}$$

$B$ —给定屏蔽物质的屏蔽透射因子

$X$ —不同屏蔽物质的厚度；

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ —给定屏蔽物质（本项目为混凝土）对相应管电压x射线辐射衰减的有关的拟合参数，

本项目DSA常用最大管电压约为80kV，根据《辐射防护手册（第一分册）》的能量散射公式：

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0(1 - \cos\theta)}{0.511}} \quad \text{公式11-11}$$

80kV射线经过一次散射后的能量值约为69.2kV，保守按70kV管电压从《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表C.2查铅的X射线辐射衰减有关的拟合参数 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 值，见下表。

表 11-12 铅对 70kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
70kV	5.369	23.49	0.5881

②泄漏辐射

DSA 泄漏辐射剂量率 H，采用下式计算

$$\dot{H}_L = \frac{H_i \cdot B}{r^2} \cdot K \quad \text{公式 11-12}$$

式中：

$H_i$ —距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率，mGy/h；本项目 DSA 离焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率为 1.0mGy/h。

B—DSA 机房各屏蔽体的泄漏射线屏蔽透射因子，根据公式 11-10 进行计算。

漏射线衰减有关按照拟合参数按 80kV（主束）管电压相关数据，本项目 DSA 正常运行最大管电压 80kV，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.2 中相关数据，制作拟合曲线，由拟合曲线查取管电压为 80kV 时相应的  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  数值，见下表。

表 11-13 铅对 80kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
80kV	3.722	21.356	0.699

K—有效剂量与空气比释动能转换系数，查《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T830-2024）表 B11，管电压为 80kV 时有效剂量与空气比释动能转换系数取 1.67Sv/Gy。

4) DSA 手术室周围关注点剂量率

根据上述公式计算，对拟建 DSA 机房外各关注点处的辐射剂量率理论估算结果进行汇总，见下表。

表 11-14 拟建 DSA 机房关注点处辐射剂量率计算结果

关注点位置 (点位编号)	使用模式	辐射剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ )		总辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
		散射线	漏射线	
东侧屏蔽墙外 30cm 处	透视模式	4.49E-06	1.87E-08	4.51E-06
	摄影模式	1.12E-04	1.87E-08	1.12E-04
南侧屏蔽墙外 30cm 处	透视模式	6.7E-06	2.79E-08	6.73E-06
	摄影模式	1.68E-04	2.79E-08	1.68E-04
西侧屏蔽墙外 30cm 处	透视模式	8.07E-06	3.36E-08	8.10E-06
	摄影模式	2.02E-04	3.36E-08	2.02E-04
北侧屏蔽墙外 30cm 处	透视模式	6.41E-06	2.67E-08	6.44E-06
	摄影模式	1.60E-04	2.67E-08	1.60E-04

东北侧防护门外 30cm处	透视模式	1.03E-06	6.24E-09	1.04E-06
	摄影模式	2.57E-05	6.24E-09	2.57E-05
东南侧防护门外 30cm处	透视模式	1.17E-06	7.13E-09	1.18E-06
	摄影模式	2.93E-05	7.13E-09	2.93E-05
西侧观察窗外 30cm处	透视模式	2.47E-06	1.50E-08	2.49E-06
	摄影模式	6.17E-05	1.50E-08	6.19E-05
西侧防护门外 30cm处	透视模式	1.64E-06	9.99E-09	1.65E-06
	摄影模式	4.11E-05	9.99E-09	4.11E-05
楼下，地面以上 170cm处	透视模式	0.008	4.51E-06	0.008
	摄影模式	0.19	4.51E-06	0.19
楼上，地面以上 100cm处	透视模式	1.12E-07	1.46E-09	1.13E-07
	摄影模式	2.81E-06	1.46E-09	2.81E-06

由表11-14可知，本项自拟建DSA机房四周及楼上、楼下最大周围剂量当量率为0.008 $\mu$ Sv/h（透视模式）、0.19 $\mu$ Sv/h（摄影模式），满足《放射诊断放射防护要求》应不大于2.5 $\mu$ Sv/h的要求。

### C、ERCP装置运行对机房周围辐射环境影响分析

由表10-3可知，ERCP机房四周墙体、室顶、防护门及观察窗的防护能力均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中关于“标称125 kV以上的摄影机房有用线束方向铅当量3mm，非有用线束方向铅当量2mm”的要求。此外，由“表10中三、辐射安全和防护措施”小节可知ERCP机房安全防护措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关要求。

医院在严格按照屏蔽设计方案进行建设，尽可能减小各防护门与周围墙体之间缝隙，并加强日常管理后，本项目ERCP机房四周墙体、室顶、防护门及观察窗外30cm处的辐射剂量率能满足本次评价提出的2.5 $\mu$ Sv/h目标控制值。

#### （二）DSA及ERCP周围保护目标有效剂量评价

##### （1）计算公式选取

参加DSA手术的工作人员应按要求佩戴个人防护用品、正确使用移动铅帘，根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定：佩戴铅围裙内、外两个剂量计时，可采取公式（11-13）估算有效剂量E：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad (\text{公式11-13})$$

$\alpha$  一系数，有甲状腺屏蔽时，取0.79，无屏蔽时，取0.84，本报告取0.79；

$H_u$  一一铅围裙内的受照剂量，单位为mSv；

$\beta$ —系数，有甲状腺屏蔽时，取0.051，无屏蔽时，取0.100，本报告取0.051；

H。——铅围裙外的受照剂量，单位为mSv。

隔室操作时职业工作人员及公众人员年有效剂量按以下公式计算：

$$H = D \cdot T \cdot t \times 10^{-3} \quad (\text{公式11-14})$$

式中：

H——一年有效剂量， mSv/a；

D——关注点处的辐射剂量率，  $\mu\text{Sv/h}$ ；

t——照射时间， h；

T——居留因子，参考《辐射防护手册第三册辐射安全》（李德平编，P80），居留因子T按三种情况取值：

- 1) 全居留因子T=1；
- 2) 部分居留T=1/4；
- 3) 偶然居留T=1/16。

辐射工作人员透视时取全居留1。

#### (2) 辐射工作配备及装置运行时间

根据医院提供的资料，拟为本项目配备20名辐射工作人员兼职从事DSA和ERCP介入诊疗工作，其中医师10名、技师5名、护士5名，每类工作人员轮流从事相关工作。

每台DSA装置年最多开展1000例手术，DSA辐射工作人员每人最多参加1000台手术，则则工作人员年受照时间为328.4h（透视275h，摄影53.4h）。

ERCP装置年最多开展500例手术，ERCP辐射工作人员每人最多参加500台手术，则则工作人员年受照时间为100h（透视83.3h，摄影16.7h）

#### (3) 估算结果及评价

##### 1) DSA 控制室和 ERCP 控制室内

机房外的辐射工作人员（放射技师）一般位于操作位，以观察窗剂量率估算值进行估算，居留因子取1。辐射工作人员年有效剂量计算结果见表11-15。

表11-15 DSA及ERCP手术室辐射工作人员隔室操作年有效剂量估算

位置	人员类型	人员位置	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	累计时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)	
DSA 控制室	放射技师	观察窗	2.49E-06(透视)	275	1	6.85E-07	4.0E-06
			6.19E-05(摄影)	53.4	1	3.31E-06	
ERCP 控制室	放射技师		2.49E-06(透视)	83.3	1	2.07E-07	1.24E-06
			6.19E-05(摄影)	16.7	1	1.03E-06	

## 2) DSA 机房和 ERCP 机房内(医师)

介入手术过程中，对辐射工作人员在术者位操作处辐射剂量率很难准确预测，本次评价采用类比方法得到术者位操作处辐射剂量率。

### ①类比对象选取

本次评价选用淄川区中医院运行的CGO-2100 Plus型DSA装置作为类比对象，类比对象与本项目条件一览表见表11-16。

表11-16 类比对象与本项目条件一览表

项目名称	类比项目	本项目
设备型号	CGO-2100 Plus 型 DSA 装置	DSA 装置(型号待定)
管电压、管电流	125kV, 1000mA	/, 1000mA
术者位防护	防护帘(0.5mmPb)	防护帘(0.5mmPb)

由上表可知，类比DSA与本项目拟新增的DSA管电压、管电流相同（均按最高等级保守估计），在正常运行过程中对职业人员手术操作位辐射水平相近，同时根据医院提供的资料，本项目正常开展介入手术时的工况与类比项目相近，而且DSA工作时会根据患者胖瘦自动调节电压及电流，并留有一定余量，一般不超过检测工况，因此具有较好的类比性。

### ②监测因子

环境X-γ空气吸收剂量率

### ③监测单位

山东科慧辐射检测评价有限公司

### ④监测仪器、监测时间

监测仪器：AT1121型X-γ辐射检测仪，测量范围： $1 \times 10^{-5}$ Gy/h $\sim 1 \times 10^{-1}$ Gy/h，能量响应范围：5keV $\sim 10$ MeV。经山东省计量科学研究院检定合格，在年检有效期内。

监测时间：2023年10月09日；

### ⑤类比监测结果

表11-17 透视曝光工作人员位置空气比释动能率（单位： $\mu$ Sv/h）

工作人员	检测位置	头部	胸部	腹部	下肢	足部
第一术者位	无防护	1140	1260	1300	1380	1320
	铅屏和铅帘后	14.4	22.6	19.6	19.7	11.3
	铅衣后	/	2.41	1.81	1.98	/

第二术者位	无防护	340	288	360	351	336
	铅屏和铅帘后	7.3	6.4	5.4	9.1	7.8
	铅衣后	/	1.54	1.97	1.14	/

检测条件：透视：78kV，30mA，15FPS

本项目摄影工况下，辐射工作人员（医师、护士）将退出机房进行操作，不会进行同室操作。辐射工作人员同室操作的剂量估算仅考虑透视工况。DSA手术室同室操作时工作人员剂量率估算结果见表11-18。

表11-18 DSA手术室辐射工作人员同室操作年受照剂量估算结果

位置	关注点	铅衣外受照剂量率 (μSv/h)	铅衣内受照剂量率 (μSv/h)	受照时间 (h)	有效受照剂量 (mSv/a)
DSA机房	第一术者位	22.6	2.41	275	4.94
	第二术者位	6.4	1.54	275	1.41
ERCP机房	第一术者位	22.6	2.41	83.3	1.50
	第二术者位	6.4	1.54	16.7	0.09

表11-19 DSA手术室辐射工作人员年有效剂量估算（同室、隔室操作叠加）

位置	人员类型	同室操作有效受照剂量 (mSv/a)	隔室操作透视工况年有效剂量 (mSv/a)	隔室操作摄影工况年有效剂量 (mSv/a)	叠加有效剂量 (mSv/a)
DSA	第一术者位	4.94	/	3.31E-06	4.94
	第二术者位	1.41	/	3.31E-06	1.41
	放射技师	/	6.85E-07	3.31E-06	4.0E-06
ERCP	第一术者位	1.50	/	1.03E-06	1.50
	第二术者位	0.09	/	1.03E-06	0.09
	放射技师	/	2.07E-07	1.03E-06	1.24E-06

表 11-20 DSA及ERCP机房周围人员年有效剂量

名称	点位	时段	居留因子 T*	考察点的辐射剂量率H (μSv/h)	受照时间 (h)	人员可达处年有效剂量 (mSv/a)		保护对象 (mSv/a)	结论
DSA	公众	透视	1/4	0.008	275	0.0006	0.0036	0.1	满足
		减影	1/4	0.19	53.4	0.003			
ERC P	公众	透视	1/4	0.008	83.3	0.0002	0.0009	0.1	满足
		减影	1/4	0.19	16.7	0.0007			

经过估算得知，从事 DSA 介入诊疗的辐射工作人员年有效剂量估算值最高为 4.94mSv/a，从事 ERCP 诊疗的辐射工作人员年有效剂量估算值最高为 1.5mSv/a，均未超过管理目标值（5mSv/a）。

项目各 DSA 机房周围公众成员年有效剂量最大值为 0.0036mSv，ERCP 机房周围公众成员年有效剂量最大值为 0.0009mSv 满足本评价采用的公众成员年管理剂量约束值不超过 0.1mSv 的要求。在加强日常管理情况下，本项目职业人员及公众成员的年有效剂量满足本次评价提出的管理约束值，满足国家有关要求。

### 三、非放射性“三废”影响分析

#### 1、废气

机房内的空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力排风装置排入大气，常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

#### 2、废水：

加速器设备中设计有冷却水循环系统，在加速器运行期间，冷却水尤其是靶部分水被活化的而含有放射性核素主要为  $^{15}\text{O}$ 、 $^{16}\text{N}$ ，它们的半衰期分别为 2.1min 和 7.3s，半衰期很短，在放置一定时间后其活度就可以衰减到较低的水平，可按一般废水进行处置，因此在操作人员严格按照操作规程情况下，本项目不涉及放射性废水排放问题。

#### 3、固体废物：

a 冷却水循环中使用离子交换树脂，离子交换树脂吸附冷却水中的感生放射性核素。此类核素半衰期较短，放置衰减一段时间即可。

b 另外，废树脂属于危险废物，危废类别为 HW13，废物代码 900-015-13，危险性为 T(毒性)。应交由有相应资质的单位处置。

c 靶物质经长期照射后，可积累一定放射性核素，退役靶件应交由有资质的单位处置。

d 少量废造影剂以及残留废造影剂的针管、导管等属于医疗废物中的药物性废物，均暂存于院内医疗废物暂存间，后委托有资质的单位处理。

### 事故状态下影响分析

本项目拟配备的医用直线加速器机、DSA及ERCP均为 II 类射线装置，医院在开展放射治疗和诊断过程中，如果安全管理或防护不当，可能对人员产生误照射。因此本项目主要事故风险为：

(1) 射线装置工作过程中，未按工作流程进行清场，人员误留、误入机房内，导致发生误照射；

(2) 射线装置机房门机联锁失效，导致防护门无法自动关闭，开机时防护门外工作人员或公众受到误照射；

(3) 操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下的处理措施：

(1) 发生误照射（人员误留、误入机房内；操作人员违反操作规程或误操作；机房门-机连锁装置失效，导致防护门无法自动关闭），应立即按下急停开关，确保射线装置停止工作。

(2) 迅速安排受照人员接受医学检查和救治；

(3) 对发生事故的射线装置，请有关供货单位或相关检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，并提出改进意见。

(4) 医院应定期对射线装置机房辐射安全措施进行检查、维护，发现问题及时维修；每次工作前均应检查相应辐射安全装置的有效性，定期对工作场所进行检测。医院还应在平时工作中加强工作人员的辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

(5) 事故发生后，积极配合生态环境等管理部门做好事故调查和善后处理工作。

医院拟根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《山东省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

## 表 12 辐射安全管理

### 辐射安全与环境保护管理机构的设置

济南市第一人民医院新院区拟新建1座医用直线加速器机房并配备1台10MV医用直线加速器（X射线能量：10MV，电子线：20MeV），同时购置4台DSA装置及1台ERCPC装置，用于放射诊疗。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，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，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员均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学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核。

济南市第一人民医院新院区拟依托已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并将以文件形式明确管理人员职责（见附件八）。医院拟根据本项目制定相关文件，明确医院相关辐射项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。本项目辐射安全管理人员及辐射工作人员拟全部面向社会招聘。所有辐射工作人员，须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学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，考核合格后方可上岗；同时如有辐射培训证书到期人员还应及时参加生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核。

### 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》的有关要求，使用放射源和射线装置的单位要“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”。目前医院拟制定相关制度。拟根据项目的特点及以下内容制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

**1) 操作规程：**明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。重点是：

①确保开展辐射工作时所有辐射屏蔽措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；

②从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；

③在工作场所严禁吸烟、进食。

**2) 岗位职责:** 明确射线装置操作人员、维修人员及辐射安全管理人员的岗位责任, 并落实到个人, 使每一位相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

**3) 辐射防护和安全保卫制度:** 根据射线装置操作的具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度。重点是:

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, 确保辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪和固定式剂量监测报警装置保持良好工作状态;

②工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

**4) 设备维修制度:** 明确射线装置和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, 并做好记录。确保射线检测装置、安全措施(联锁装置、警示标志、工作状态指示灯、急停按钮)、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

**5) 人员培训计划和健康管理制:** 明确培训对象、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。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准, 熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据18号令及《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》, 辐射工作人员均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学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。医院应组织新进辐射工作人员定期参加职业健康体检(不少于1次/2年), 并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

**6) 监测方案:** 明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管部门。为了确保II类射线装置的辐射安全, 该单位应制定监测方案, 重点是:

①明确监测项目和频次;

②辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案, 依据《山东省辐射污染防治条例》, 在日常检测中发现个人剂量异常的, 应当对有关人员采取保护措施, 并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生和健康部门调查处理;

③医院应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测, 发现异常情况的, 应当立即采取措施, 并在一小时内向县(市、区)或者设区的市生态环境行政主管部门报告;

④委托有资质监测单位对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度检测, 每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统, 年度评估发现安全隐患的,

应当立即整改。

医院还拟制定《放射工作场所防护监测制度》、《辐射防护设备管理制度》、《受检者防护和告知制度》、《放射科医疗照射质量保证方案及监测规范》与《放射事件应急处理预案》等辐射相关规章制度，并张贴上墙于相关辐射工作场所，符合相关法律法规的要求。

## 辐射监测

根据辐射管理要求，医院拟配备辐射巡测仪1台、个人剂量报警仪6台，加速器机房还拟配备固定式剂量监测报警装置1套，同时结合本项目实际情况，拟制定如下监测计划：

- 1) 委托有资质的单位定期对项目周围环境 X- $\gamma$ 辐射剂量率进行监测，周期：1~2 次/年；
- 2) 辐射工作人员配备个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于1次/季）送取得放射卫生技术服务机构资质的单位进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；
- 3) 定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录；
- 4) 所有辐射工作人员上岗前进行职业健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，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；
- 5) 出现外照射事故，立即采取应急措施，并在1小时之内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

医院须根据上述监测计划，明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管部门。

## 辐射事故应急

根据《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》（国家环保总局，环发[2006]145号）以及《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第17号）中的有关要求，医院已制定《放射事故应急预案》，主要包括如下内容：

### 一、辐射事故应急处理机构与职责

放射事故应急处理领导小组。

组长：付庆元（院长）

副组长：高爽（副院长）李蕊（副院长）

成员：房丛丛（医务科）王峰（设备科）

耿波（总务科）王如维（影像科）

刘健（影像科）杨薇（急诊科）

李谦（保卫科）

应急处理领导小组职责：

- 1) 组织制定医院放射事故应急处理预案；
- 2) 负责组织协调放射事故应急处理工作；

应急办公室职责

应急办公室设在医务科，主要工作：

- 1) 落实各项组织工作；
- 2) 组织相关科室放射应急预案培训；

3) 负责专家技术人员及行政、环保（12369）、公安（110）、卫生（26390177）等相关  
部门的联系，报告应急工作；

- 4) 负责放射事故应急处理期间的后勤保障工作；

应急联系电话：

应急值班电话：55591800、医务科电话：55591858

器械科电话：55591860、保卫科电话：55591839

济南市生态环境局：51708614；

山东省生态环境厅：51798000；

## 二、辐射事故分类与分级

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

特别重大辐射事故，是指I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。

重大辐射事故，是指I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。

较大辐射事故，是指III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。

一般辐射事故，是指IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

该院使用II类射线装置；开展放射治疗、介入放射学等放射诊疗项目。存在发生辐射事

敌的危险因素。在人员受超剂量照射时应立即启动本预案。

### 三、放射事故应急救援应遵循的原则

- 1、以人为本、预防为主；
- 2、统一领导、分类管理；
- 3、分级响应、充分利用现有资源。

### 四、辐射事故事件的应急响应

#### （一）应急准备

按照常备不懈、保障人身安全、保护环境的原则，定期对放射诊疗场所、放射设备和人员的放射防护工作进行自查和检测，日常工作指定医院有关辐射装置科室主任负责，发现事故隐患及时上报放射事故应急领导小组并落实整改措施。

#### （二）放射事故应急组织的启动

- 1、当发生放射事故时，相关科室必须及时通知放射事故应急领导小组，并立即上报区、市生态环境部门、卫生健康委员会，请求提供指导和支援。
- 2、应急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、事故处理须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未得到允许不得进入事故区。
- 4、发生放射事故时，在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，确保放射事故及时、按要求上报。

#### （三）应急措施

- ①放射装置失控时立即采取措施停止检查，采取关机、断电等终止射线装置工作。同时撤离并安抚相关人员。
- ②对可能接受过量剂量照射的人员，应立即采取应急急救措施并评估照射剂量。根据需要进行医学检查和医学处理。
- ③对失控设备进行检测，维修。检测合格后方可再次使用。

### 五、培训与应急演练

（一）制定应急培训计划，每年对辐射工作人员、放射事故应急领导小组成员定期开展放射事故应急知识的教育和宣传。向辐射工作人员和应急小组成员解读、培训本预案，使单位人员熟悉应急职责、响应程序和处置措施，切实提高应急联动处置能力。

（二）每年定期进行放射事故应急演练，模拟放射事故现场。对应急演练过程中发现的问题及时纠正，对演练效果进行总结和评价，演练计划、演练方案、演练脚本、演练评估和

演练音像资料要及时归档备查。



图12-1 放射事故处理流程图

医院制定的《放射事故应急预案》内容较为全面，可操作性较强，适用于本次评价项目。医院应根据实际情况，定期补充完善《放射事故应急预案》。

## 表 13 结论与建议

### 结论

#### 一、项目概况

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，济南市第一人民医院拟在新院区内新建1座医用直线加速器机房并配备1台10MV医用直线加速器（X射线能量：10MV，电子线：20MeV），同时购置4台DSA装置及1台ERCP装置用于放射治疗。

#### 二、项目建设的必要性

本项目的建设，可为医院提供多种诊断、治疗手段，有着重要临床应用价值，可为患者提供放射治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平。

#### 三、实践正当性

本项目的运行，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

#### 四、项目产业政策符合性分析

项目属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》中的鼓励类“三十七、卫生健康1.医疗服务设施建设”。因此，本项目属于鼓励类项目，符合国家产业政策。

#### 五、选址合理性

济南市第一人民医院新院区位于济南市市中区南北康片区，医院东侧为文康北街，南侧为北康路，西侧为建设中的文康街，北侧为小山路。

本项目周围50m评价范围内无居民区等保护目标，项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患及陪同家属等公众。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。本项目拟建址评价范围内不涉及济南市生态保护红线、根据《济南市人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（济政字[2021]45号）以及《济南市生态环境委员会办公室关于印发<济南市各区县生态环境准入清单（修订版）>的通知》，本项目位于济南市优先保护单元；根据现场监测和环境影响预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；本项目对资源消耗极少，不涉及违背生态环境准入清单的问题；本项目的建设符合济南市“三线一单”生态环境分区管控要求。

本项目医用直线加速器机房位于医技综合楼西侧负二层，为地下一层单体建筑，周围无

儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。医用直线加速器机房控制室与治疗室分离，区域划分明确；有用线束不直接朝居留因子较大的用室照射；设置“L”型迷路，迷路口设有铅防护门。本项目选址与布局符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的要求。

本项目ERCPC机房位于医技综合楼二层-内镜中心，3台DSA机房位于医技综合楼三层-介入中心，1台DSA机房位于医技综合楼四层-手术中心，所有机房周围无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。控制室与治疗室分离，区域划分明确；有用线束不直接朝居留因子较大的用室照射；本项目选址与布局符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的要求。

## 六、辐射环境现状评价

经现场检测，项目拟建地址周围环境辐射剂量率在 $(6\sim 10.7)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间，位于山东省环境天然 $\gamma$ 辐射水平涨落区间。

## 七、环境影响评价

根据理论估算结果，项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求（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）。

## 八、“三废”的处理处置

机房内的空气在X射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力排风装置排入大气，常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小；射线装置冷却水中只需在冷却设备内放置一定时间后其活度就可以衰减到较低水平，然后进入医院总污水处理站处理后外排；各类固体废物均妥善处置。对周围环境影响较小。

## 九、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

项目拟购置1台10MV医用直线加速器机，4台DSA装置，1台ERCPC装置并配套建设机房，设备开机期间，产生的X射线为主要辐射环境污染因素。机房入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志、工作状态指示灯和门机联锁装置，机房内外均设置有急停按钮及监控装置，控制室通过监视器与对讲机与治疗室联络，机房拟设置从室内紧急开启治疗机房门的装置，防护门拟设有防挤压功能，还拟设置固定式辐射剂量监测仪并拟有报警功能，其显示单元拟设置在控制室内，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防

护要求》（HJ1198-2021）的安全管理要求。

## 十、辐射安全管理评价

医院拟设立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院拟制定辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，建立符合本院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

医院需为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。医院拟配备辐射巡测仪1台，个人剂量报警仪6台，还拟为加速器机房配备固定式剂量监测报警装置1套。

综上所述，本项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和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够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

## 建议

1、该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，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，使对环境的影响降低到最低。

2、各项安全措施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

4、医院取得本项目环评批复后，应及时申请辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过3个月，最长不超过12个月。

### 辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：医用直线加速器机房四侧墙体及顶面采用混凝土结构、防护门采用铅防护门进行辐射防护。详见表10-1。 DSA和ERCPC机房四侧墙体采用砼砌块+硫酸钡砂结构，地面及顶部为混凝土+硫酸钡砂结构，防护门采用铅防护门进行辐射防护。详见表10-2、表10-3	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求。	395
	安全措施：射线装置机房设置门机联锁装置，并设置急停按钮、视频监控系统及对讲装置，防护门外设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，医用直线加速器机房拟设置从室内开启治疗机房门的装置，防护门拟设有防挤压功能。在治疗室内设置固定式剂量监测报警装置。医用直线加速器机房内拟设置强制排风系统，通风换气次数拟不小于4次/h。	满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的相关要求。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员均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学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	/
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过3个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立放射工作人员职业健康档案。		
监测仪器和防护用品	拟配备辐射巡测仪1台。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	5
	拟配备固定式剂量监测报警装置1套。		
	拟配备个人剂量报警仪6台。		

## 表14 审 批

下一级生态环境部门意见

经办人

公 章

年 月 日

审批意见

经办人

公 章

年 月 日

附件一项目环境影响评价工作委托书

建设项目环境影响评价工作  
委托书

山东科慧辐射检测评价有限公司：

我单位拟开展济南市第一人民医院医用电子加速器和 DSA 装置及 ERCP 装置应用项目。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等环保法律、法规的规定，本项目必须执行环境影响评价制度，编制环境影响评价文件。为保证项目建设符合上规定，特委托贵单位承担本项目的的环境影响评价工作。

请接收委托，并按规范尽快开展工作。

委托单位(公章)：济南市第一人民医院

日期：2025 年 2 月 11 日

# 济南市生态环境局

济环报告书〔2024〕8号

## 济南市生态环境局关于济南市第一人民医院 新院区环境影响报告书的批复

济南市第一人民医院:

你单位《济南市第一人民医院新院区环境影响报告书》(以下简称“环境影响报告书”)和《济南市第一人民医院新院区环境影响评价公众参与说明》收悉。经审查,批复如下:

一、拟建项目位于济南市市中区南北康片区,北五路以南、北六路以北、北康路南段以西、小山路以东。项目主要建设门诊医技病房综合楼、医疗综合楼C和配套用房等,同时配套建设人防工程、地下车库、污水处理站、医废暂存间、危废暂存间和备用柴油发电机等公辅设施。项目总投资205386万元,其中环保投资740万元,设置床位1000张。

该项目取得了《济南市发展和改革委员会关于济南市第一人民医院新院区可行性研究报告的批复》(济发改审批〔2023〕13号)和济南市城乡水务局出具的《关于济南市第一人民医院新院区项目泉水保护意见的复函》,取得了济南市市中区自然资源局

出具的《济南市第一人民医院关于申请办理新院区建设项目用地预审审查意见》（济市中自然资源发〔2022〕78号）。

我局受理该项目的环境影响报告书并在济南市生态环境局网站进行了公示，公示期间未收到公众反对意见。根据环境影响评价结论，在全面落实环境影响报告书提出的各项环境保护措施后，该项目所产生的不利环境影响可以得到有效缓解和控制。我局原则同意环境影响报告书的总体评价结论和拟采取的环境保护措施。

## 二、项目建设和运营过程中应重点做好以下工作：

### （一）做好废气污染防治工作

1. 医院拟建污水处理站为全地下封闭式设计，废气收集后经“UV光解+活性炭除臭”装置处理，污水处理站氨、硫化氢和臭气各污染物排放浓度达到《山东省医疗机构污染物排放标准》（DB37/596-2020）表2及《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）标准要求后经15米高的排气筒排放。

2. 餐厅油烟采用油烟净化器收集净化后，餐厅油烟排放浓度、净化设施去除效率、臭气浓度达到《饮食业油烟排放标准》（DB37/597-2006）标准要求后，经专用管道引至楼顶排放，排气筒高度应高于所附建筑物顶1.5米。

### （二）做好废水污染防治工作

1. 感染楼废水经消毒池预处理排入专用化粪池沉淀，餐厅废水经隔油池预处理、检验废水经中和预处理后，与其他废水一并

排入医院拟建污水处理站。采用“A/O+MBR膜+消毒”工艺处理，废水水质达到《山东省医疗机构污染物排放控制标准》（DB37/596-2020）表1二级标准后，与空调冷却排污水经市政污水管网排入光大水务（济南）有限公司二厂进一步处理。

2. 严格落实环境影响报告书提出的地下水污染防治措施，对新建化粪池、污水收集管网、医疗废物暂存间、危险废物暂存间、污水处理站及事故水池等重点污染防治区采取防渗、防漏等污染防治措施，避免对地下水造成污染。

### （三）做好噪声污染防治工作

选用低噪声设备，设置专用设备间并采用隔声材料等处理措施，项目西、北、南场界昼、夜间噪声达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准限值，东场界昼、夜间噪声达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）4类标准限值。

### （四）做好固体废物污染防治工作

餐厨垃圾及隔油池费油收集后委托具备收运处置能力的单位统一处置；废包装物收集外售；未被污染的输液袋由具有医疗可回收物资质的单位回收；中药药渣和生活垃圾委托环卫部门定期清运。在院区西南侧分别设置一处危险废物暂存间和一处医疗废物暂存间，医疗废物、化粪池污泥等危险废物的收集、贮存须达到《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）等有关要求，在暂存间暂存后定期委托有资质的单位统一处置，转运过程

须严格执行《危险废物转移管理办法》。

#### （五）做好土壤污染防治工作

通过落实源头控制及过程防控措施，制定并落实土壤环境跟踪监测计划，土壤环境达到《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第一类用地的筛选值标准限值。

#### （六）加强环境风险防范

建立健全环境应急预案和受影响区域内人员应急疏散方案，配备足够的应急队伍、设备和物资等。严格落实医疗废物处置防范措施和水环境风险三级防控体系等风险防范措施，设置一座有效容积为 400 立方米的事事故水池。制定事故应急监测和分级响应预案等，发生突发环境事件，立即启动应急预案，非正常工况污染物要全部收集并妥善处置，采取有效措施控制、减轻、消除对环境的影响。

#### （七）做好施工期污染防治工作

严格落实环境影响报告书提出的施工期污染防治措施，做好扬尘污染防治工作，合理处置施工期废水和固体废物，合理安排施工时间和进度、采用低噪声的农业机械和施工技术，施工期噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相关标准。

（八）在污染防治技术选用时充分考虑安全因素，对环保设施和项目开展安全风险辨识管理，健全内部管理责任制度，严格

附件三:法人证书

<h1>中华人民共和国 事业单位法人证书</h1> <p>(副本)</p>		<b>名称</b> 济南市第一人民医院
<b>统一社会信用代码</b> 12370100493000753P	<b>宗旨和业务范围</b> 向社会提供医疗、预防、保健、康复、急救、医学咨询及社区服务;进行医学研究;承担高、中级卫生专业人才培养。	<b>住所</b> 济南市大明湖路132号
	<b>法定代表人</b> 付庆元	<b>登记管理机关</b> 济南市事业单位登记管理局
	<b>经费来源</b> 财政补贴	
	<b>开办资金</b> ￥2591万元	
	<b>举办单位</b> 济南市卫生健康委员会	
<b>有效期</b> 自2023年06月01日至2026年03月31日 请于每年3月31日前向登记管理机关报送年度报告。	 	
国家事业单位登记管理局监制		

附件四:老院区辐射安全证



# 辐射安全许可证

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

单位名称：济南市第一人民医院

统一社会信用代码：12370100493000753P

地址：山东省济南市历下区大明湖路132号

法定代表人：付庆元

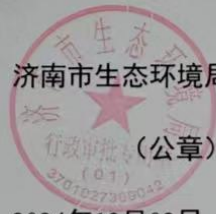
证书编号：鲁环辐证[01506]

种类和范围：使用 II 类、III 类射线装置（具体范围详见副本）。

有效期至：2029年12月01日



发证机关：济南市生态环境局



发证日期：2024年12月02日

中华人民共和国生态环境部监制



正本

# 检测报告



KH25030601

**委托单位:** 济南市第一人民医院

**项目名称:** 加速器装置和 ERCP 装置及 DSA 装置  
应用项目辐射环境检测

**检测类别:** 委托检测


山东科慧辐射检测评价有限公司

Shandong Kehui radiation detection and evaluation Co., Ltd.

地址: 中国 (山东) 自由贸易试验区济南片区唐冶绿地商墅 A 区 28 号楼 406  
联系电话: 0531-55554334 邮箱: sdkehui@126.com 邮编: 250100

## 山东科慧辐射检测评价有限公司

## 检测报告

委托单位	济南市第一人民医院	检测地点	济南市第一人民医院新院区
单位地址	济南市市中区南北康片区北五路以南，北六路以北，北康路南段以西，小山路以东		
检测依据	《辐射环境监测技术规范》HJ61-2021 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021		
检测项目	环境γ辐射剂量率		
检测仪器	名称：便携式 X-γ剂量率仪 型号：BH3103B 编号：KH010 生产厂家：中核（北京）核仪器厂 能量响应：25KeV~3MeV 量程范围：10nGy/h-1mGy/h 检定证书编号：Y16-20247544（山东省计量科学研究院） 检定有效期：2024 年 12 月 19 日至 2025 年 12 月 18 日		
环境条件	天气：晴 温度：8℃ 湿度：45%		
检测结论	工作场所辐射水平检测结果及布点示意图见 2-8 页。		
检测日期	2025 年 03 月 06 日	完成日期	2025 年 03 月 12 日
编制人：	王子博		
审核人：	袁世水		
批准人：	曹韵		
			

(转下页)

第 1 页 共 8 页

# 山东科慧辐射检测评价有限公司

## 检测 报 告

(接上页)

**一、检测结果：**

序号	点位描述	检测结果 ( $\times 10^{-8}$ Gy/h)	
		$\gamma$ 空气吸收剂量率	标准差
1#	加速器机房拟建区域	9.7	0.1
2#	加速器机房拟建区域东侧 (控制室/设备间)	9.5	0.1
3#	加速器机房拟建区域正上方 (院内道路)	9.6	0.1
4#	ERCP 机房拟建区域	10.6	0.1
5#	ERCP 机房拟建区域东侧 (医生走廊)	10.7	0.1
6#	ERCP 机房拟建区域西侧 (患者走廊)	10.6	0.1
7#	ERCP 机房拟建区域南侧 (患者走廊)	10.6	0.1
8#	ERCP 机房拟建区域北侧 (控制室)	10.7	0.2
9#	ERCP 机房拟建区域正上方 (控制廊/就餐休息室/缓冲室/铅衣存放室)	9.9	0.2
10#	ERCP 机房拟建区域正下方 (CT 机房/控制廊/预埋注射室)	9.9	0.3
11#	DSA1 机房拟建区域	9.9	0.2
12#	DSA2 机房拟建区域	9.9	0.2
13#	DSA3 机房拟建区域	9.8	0.2
14#	DSA 复合手术室拟建区域	9.9	0.2

(转下页)

第 2 页 共 8 页

# 山东科慧辐射检测评价有限公司

## 检测 报 告

(接上页)

**一、检测结果：**

序号	点位描述	检测结果 ( $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ )	
		$\gamma$ 空气吸收剂量率	标准差
15#	门诊医技病房综合楼东侧 (医院出口)	6.1	0.2
16#	门诊医技病房综合楼西侧 (停车区)	6.0	0.2
17#	门诊医技病房综合楼南侧 (院内道路)	6.1	0.3
18#	门诊医技病房综合楼北侧 (院内道路)	6.1	0.2
19#	门诊医技病房综合楼北侧 (垃圾被服用房)	6.2	0.2
20#	DSA1 机房拟建区域正下方 (医生走廊/储镜室/清洗消毒室)	10.7	0.8
21#	DSA2 机房拟建区域正下方 (医生走廊/超声内镜室/胶囊内镜室)	9.9	0.2
22#	DSA3 机房拟建区域正下方 (患者走廊/麻醉复苏区/护士站/谈话间)	9.9	0.2

注：1.表中检测结果已扣除宇宙射线响应值 ( $1.75\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ )；

2.建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1；

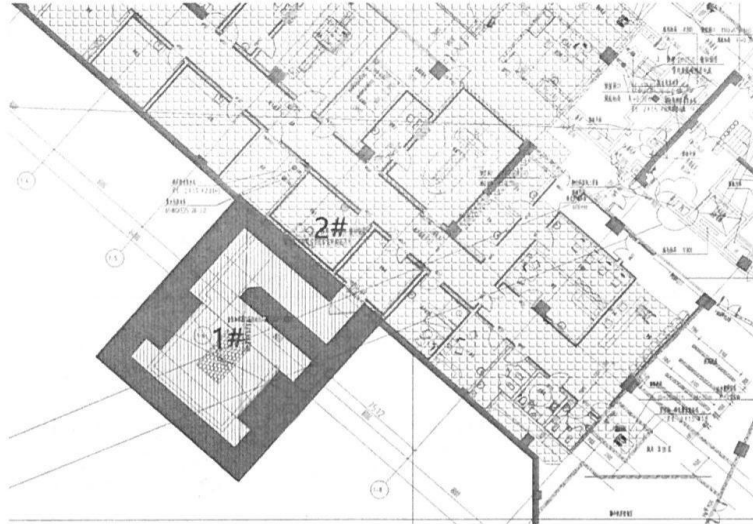
(转下页)

第 3 页 共 8 页

# 山东科慧辐射检测评价有限公司 检测报告

(接上页)

## 二、检测布点示意图及现场检测照片



附图一 检测布点示意图

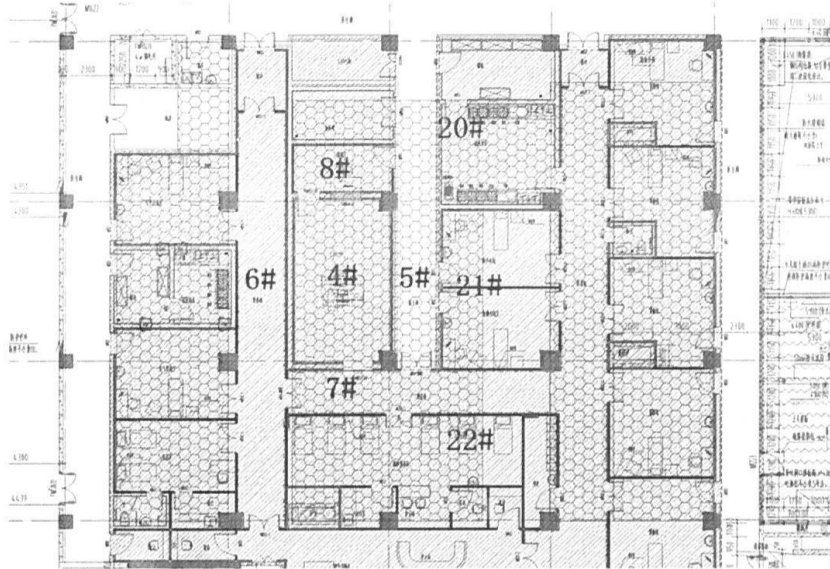


附图二 检测布点示意图

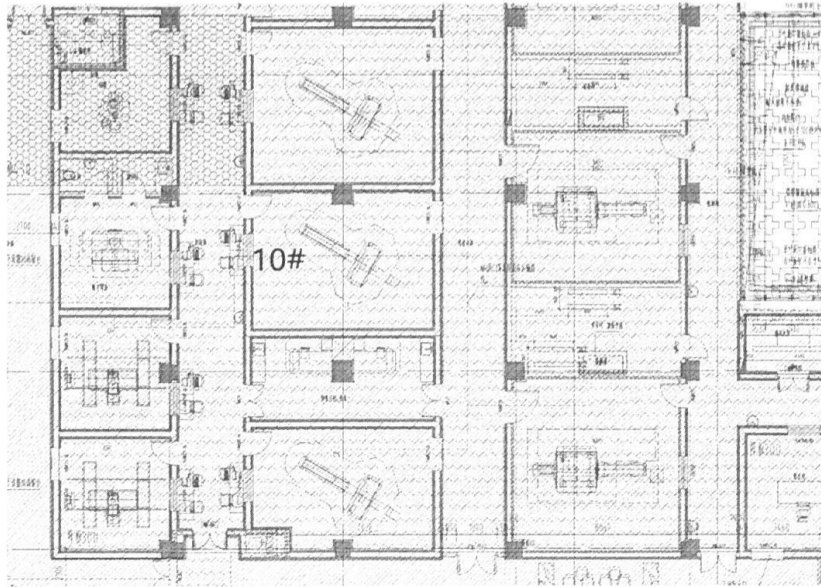
(转下页)

# 山东科慧辐射检测评价有限公司 检测报告

(接上页)



附图三 检测布点示意图



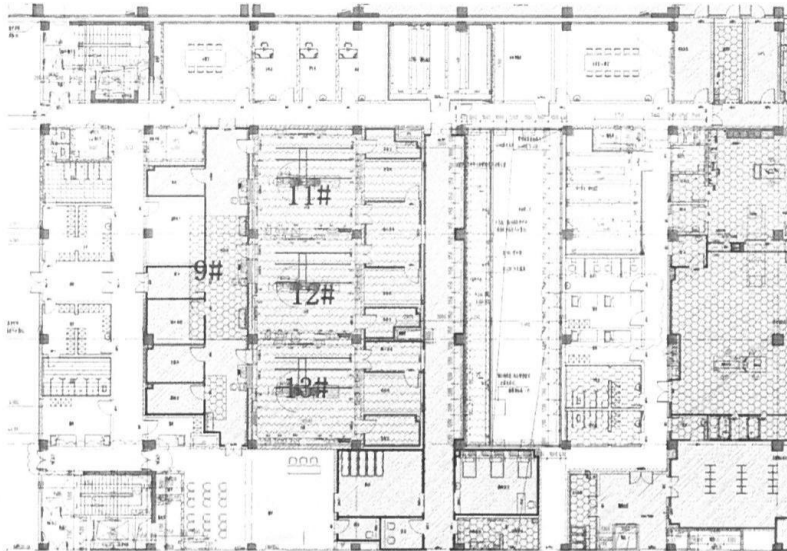
附图四 检测布点示意图

(转下页)

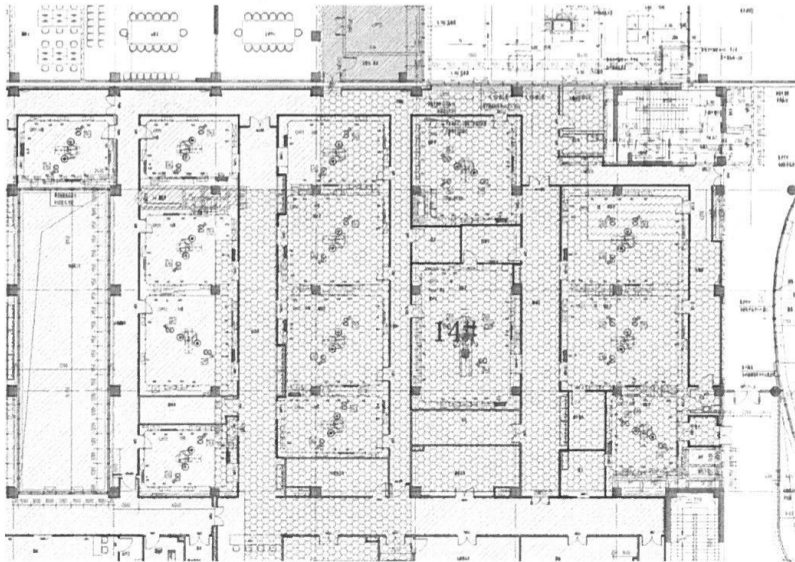
第 5 页 共 8 页

# 山东科慧辐射检测评价有限公司 检测报告

(接上页)



附图五 检测布点示意图

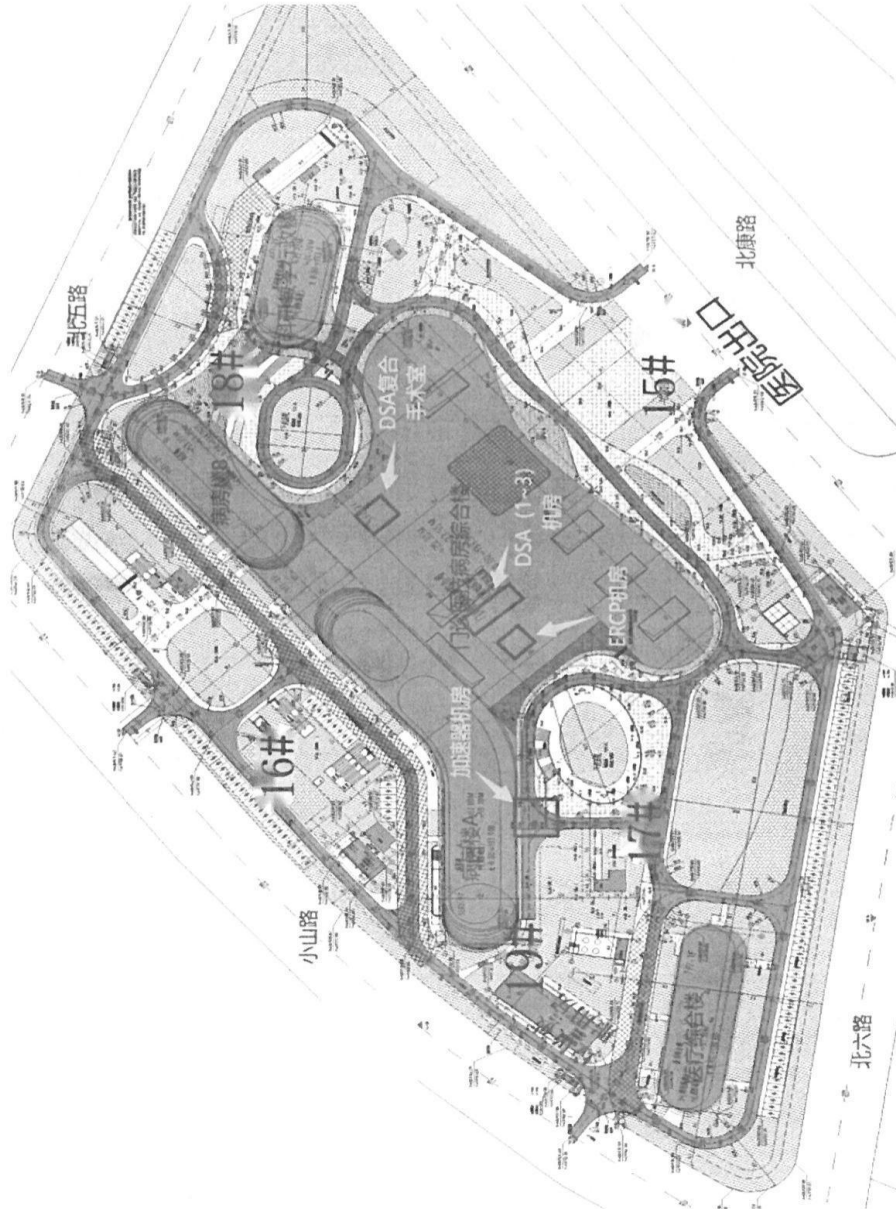


附图六 检测布点示意图

(转下页)

# 山东科慧辐射检测评价有限公司 检测报告

(接上页)



附图七 检测布点示意图

(转下页)

# 山东科慧辐射检测评价有限公司 检测报告

(接上页)



附图八 现场检测照片

(以下空白)

正本

# 检测报告

委托单位: 淄川区中医院

设备名称: 医用血管造影 X 射线机

检测类别: 验收检测和防护检测

山东科慧辐射检测评价有限公司

Shandong Kehui radiation detection and evaluation Co., Ltd.

地址: 中国(山东)自由贸易试验区济南片区唐冶绿地商墅 A 区 28 号楼 406

联系电话: 0531-55554334 邮箱: sdkehui@126.com 邮编: 250100

## 山东科慧辐射检测评价有限公司

## 检测报告

委托单位	淄川区中医院	单位地址	淄博市淄川区松龄东路 37 号
设备名称	医用血管造影 X 射线机	检测场所	综合病房楼 2 楼导管室
生产厂家	北京万东医疗科技股份有限公司	设备型号	CGO-2100 Plus
出厂编号	Y22-119-4-2	生产日期	2022.08.01

检测依据 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS 76-2020）  
《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

检测项目 医用 X 射线诊断设备质量控制检测  
医用 X 射线诊断设备机房防护检测  
多功能检测仪（KH001）（有效期至：2024 年 01 月 04 日）  
质量控制检测工具组合（KH004）

检测仪器 DSA 模体（KH005）  
屏幕亮度计（KH016）（有效期至：2024 年 01 月 03 日）  
标准水模（KH017）

AT1121 型 X- $\gamma$  辐射剂量仪（KH025）（有效期至：2023 年 12 月 26 日）  
检测结论 1. 该设备质量控制检测与机房防护检测结果均符合标准要求。  
2. 检测结果见 2-8 页。

检测日期 2023 年 10 月 09 日 完成日期 2023 年 10 月 16 日

编写人：王子博

审核人：嘉中北

批准人：李莉



## 山东科慧辐射检测评价有限公司

### 检测 报 告

(接上页)

**1. 设备质量检测项目与检测结果:**

序号	检测项目	检测结果	标准要求	结论	备注
1	透视受检者入射体表空气比释动能率典型 (mGy/min)	0.66	≤25.0	合格	自动条件 水模
2	透视受检者入射体表空气比释动能率最大值 (mGy/min)	72.58	≤88.0	合格	自动条件, 水模 +2mm 铅板
		96.54	≤176.0	合格	自动条件, 水模 +2mm 铅板, 高剂量率模式
3	高对比度分辨力 (lp/mm)	1.8	≥1.2	合格	自动条件
4	低对比度分辨力	1.3%	≤2.0%	合格	自动条件
5	入射屏前空气比释动能率 (μGy/min)	20.09	≤46.0	合格	1.5mm 铜板
6	自动亮度控制	±3.06%	±10%	合格	自动条件, 20mm 铝板+1.5mm 铜板

**2. 设备质量检测项目与检测结果 (DSA 专项):**

序号	检测项目	检测结果	标准要求	结论	备注
1	DSA 动态范围	减影影像中, 0.4mm 的 DSA 血管模拟组件在所有灰阶均可见	减影影像中, 0.4mm 的 DSA 血管模拟组件在所有灰阶均可见	合格	自动控制模式
2	DSA 对比灵敏度	减影影像中, 0.2mm 灰阶上所有血管可见	减影影像中, 0.2mm 灰阶上所有血管可见	合格	自动控制模式
3	伪影	减影中无各种明显伪影	减影中无各种明显伪影	合格	自动控制模式

(转下页)

第 2 页 共 8 页

## 山东科慧辐射检测评价有限公司

### 检测 报 告

(接上页)

3. 透视曝光工作人员位置周围剂量当量率 (单位:  $\mu\text{Sv/h}$ ):

检测条件: 78kV, 30mA, 15FPS

工作人员	检测位置	头部	胸部	腹部	下肢	足部	国家 标准要求	结论
第一术 者位	无防护	1140	1260	1300	1380	1320	/	/
	铅屏和铅帘后	14.4	22.6	19.6	19.7	11.3	$\leq 400.0$	合格
	铅衣后	/	2.41	1.81	1.98	/	$\leq 400.0$	合格
第二术 者位	无防护	340	288	360	351	336	/	/
	铅屏和铅帘后	7.3	6.4	5.4	9.1	7.8	$\leq 400.0$	合格
	铅衣后	/	1.54	1.97	1.14	/	$\leq 400.0$	合格

4. 减影曝光工作人员位置周围剂量当量率 (单位:  $\mu\text{Sv/h}$ ):

检测条件: 69kV, 250mA, 15FPS

工作人员	检测位置	头部	胸部	腹部	下肢	足部
第一术 者位	无防护	1490	1530	1590	1480	1470
	铅屏和铅帘后	61	83	77	87	49
	铅衣后	/	14.2	3.9	14.7	/
第二术 者位	无防护	1400	1380	1190	1210	1180
	铅屏和铅帘后	75	45	40	42	22.8
	铅衣后	/	4.4	5.8	6.5	/

(转下页)

第 3 页 共 8 页

## 山东科慧辐射检测评价有限公司

## 检测报告

(接上页)

## 5. 机房防护检测结果:

检测条件: 减影曝光: 86kV, 400mA; 标准水模+1.5mm 铜板。主射束垂直向上。

序号	检测位置	检测结果 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	标准要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	结论	
(1)	左侧位置	0.16	$\leq 2.5$	合格	
(2)	中间位置	0.16	$\leq 2.5$	合格	
(3)	观察窗外 30cm 处	右侧位置	0.15	$\leq 2.5$	合格
(4)	上侧位置	0.16	$\leq 2.5$	合格	
(5)	下侧位置	0.15	$\leq 2.5$	合格	
(6)	②机房防护门观察窗	中间位置	0.16	$\leq 2.5$	合格
(7)	左侧缝隙	0.15	$\leq 2.5$	合格	
(8)	中间位置	0.16	$\leq 2.5$	合格	
(9)	①机房防护门外 30cm 处	右侧缝隙	0.15	$\leq 2.5$	合格
(10)	上侧缝隙	0.16	$\leq 2.5$	合格	
(11)	下侧缝隙	0.16	$\leq 2.5$	合格	
(12)	左侧缝隙	0.16	$\leq 2.5$	合格	
(13)	中间位置	0.17	$\leq 2.5$	合格	
(14)	②机房防护门外 30cm 处	右侧缝隙	0.16	$\leq 2.5$	合格
(15)	上侧缝隙	0.16	$\leq 2.5$	合格	
(16)	下侧缝隙	0.16	$\leq 2.5$	合格	
(17)	左侧缝隙	0.16	$\leq 2.5$	合格	
(18)	中间位置	0.16	$\leq 2.5$	合格	
(19)	③机房防护门外 30cm 处	右侧缝隙	0.16	$\leq 2.5$	合格
(20)	上侧缝隙	0.16	$\leq 2.5$	合格	
(21)	下侧缝隙	0.30	$\leq 2.5$	合格	

(转下页)

第 4 页 共 8 页

## 山东科慧辐射检测评价有限公司

### 检测 报 告

(接上页)

序号	检测位置	检测结果 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	标准要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	结论	
(22)		左侧缝隙	0.15	$\leq 2.5$	合格
(23)		中间位置	0.15	$\leq 2.5$	合格
(24)	④机房防护门外 30cm 处	右侧缝隙	0.16	$\leq 2.5$	合格
(25)		上侧缝隙	0.16	$\leq 2.5$	合格
(26)		下侧缝隙	0.15	$\leq 2.5$	合格
(27)		左侧位置	0.15	$\leq 2.5$	合格
(28)	机房南墙外 30cm 处 (无菌室)	中间位置	0.15	$\leq 2.5$	合格
(29)		右侧位置	0.15	$\leq 2.5$	合格
(30)		左侧位置	0.15	$\leq 2.5$	合格
(31)	机房西墙外 30cm 处 (缓冲区/操作间)	中间位置	0.15	$\leq 2.5$	合格
(32)		右侧位置	0.15	$\leq 2.5$	合格
(33)		左侧位置	0.15	$\leq 2.5$	合格
(34)	机房北墙外 30cm 处 (污物间/湿库房)	中间位置	0.15	$\leq 2.5$	合格
(35)		右侧位置	0.15	$\leq 2.5$	合格
(36)	顶棚上方(楼上)距 顶棚地面 100cm 处	左侧位置	0.16	$\leq 2.5$	合格
(37)	(安宁疗护病房 1、2)	中侧位置	0.17	$\leq 2.5$	合格
(38)		右侧位置	0.16	$\leq 2.5$	合格
(39)	机房地面下方(楼下)	左侧位置	0.15	$\leq 2.5$	合格
(40)	距楼下地面 170cm 处	中侧位置	0.15	$\leq 2.5$	合格
(41)	(大厅)	右侧位置	0.14	$\leq 2.5$	合格
(42)	操作位		0.15	$\leq 2.5$	合格
(43)	穿线孔		0.15	$\leq 2.5$	合格

(转下页)

第 5 页 共 8 页

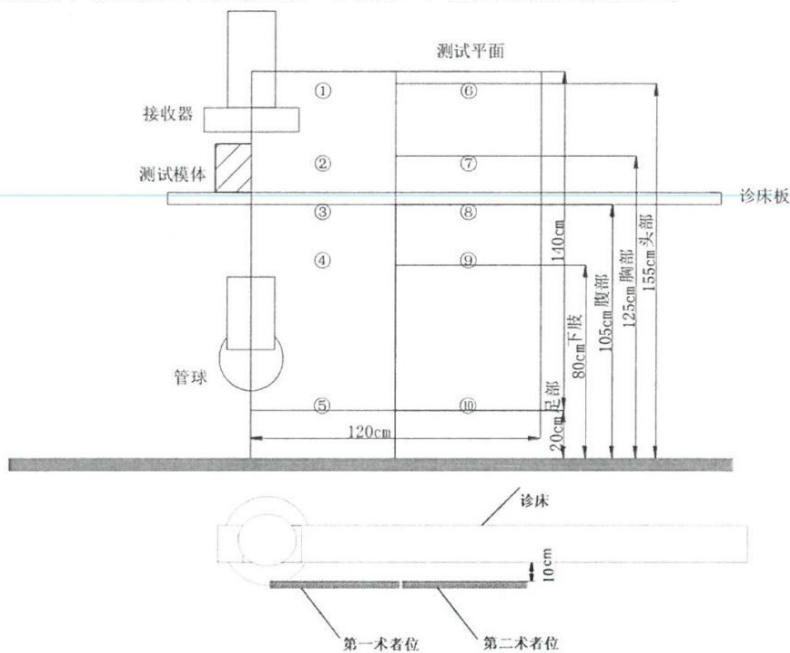
## 山东科慧辐射检测评价有限公司 检测 报 告

(接上页)

检测条件	检测位置	检测平均值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
透视曝光 92kV, 40mA; 标准水模+1.5mm 铜板。 主射束垂直向上。	移动铅屏风后 观察窗中间位置	1.87
	移动铅屏风后 中间位置	1.9
减影曝光 86kV, 400mA; 标准水模+1.5mm 铜板。 主射束垂直向上。	移动铅屏风后 观察窗中间位置	7.3
	移动铅屏风后 中间位置	4.9
检测数据仅在移动铅屏风所在机房内位置		

注:

- 1.该机房位于综合病房楼 2 楼导管室, 机房东墙外为临空, 无法到达, 检测数值未扣除本底值 (0.12~0.16)  $\mu\text{Sv/h}$ 。
- 2.标准要求: 机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5  $\mu\text{Sv/h}$ 。
- 3.机房防护检测点位示意图见附图一、附图二, 现场检测照片见附图三。

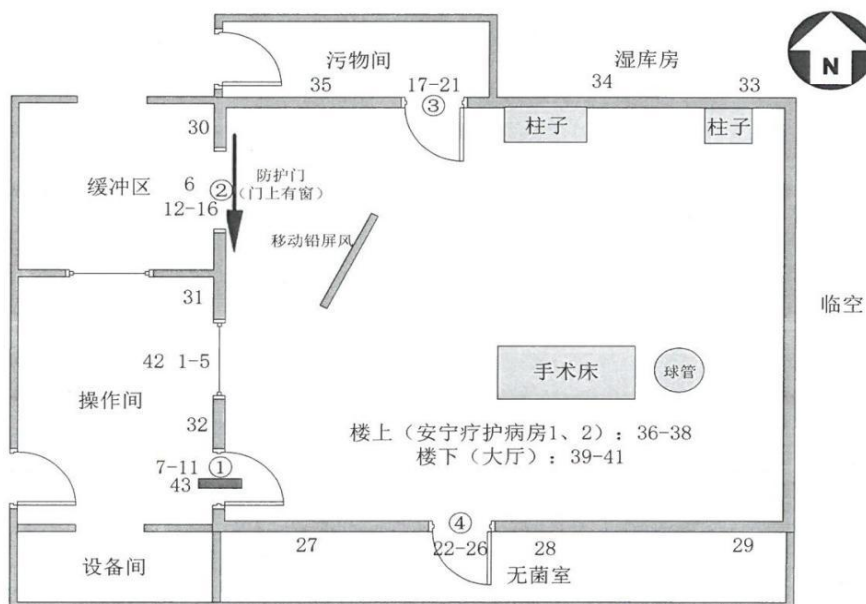


附图一 介入放射学设备透视防护区检测点示意图

(转下页)

# 山东科慧辐射检测评价有限公司 检测报告

(接上页)

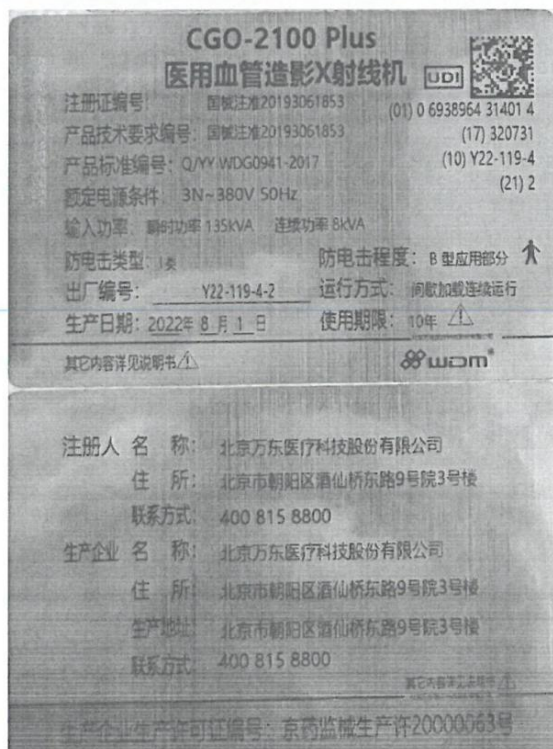
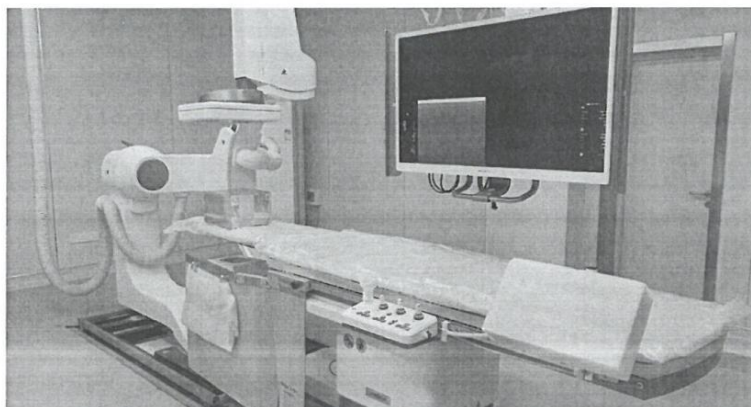


附图二 机房防护检测点位示意图

(转下页)

# 山东科慧辐射检测评价有限公司 检测报告

(接上页)



附图三 现场检测照片

(以下空白)

## 附件七 济南市第一人民医院提供相关材料真实性、合法性承诺函

### 承 诺 函

我单位承诺：我方提供的《1台加速器装置和1台 ERCP 装置及4台 DSA 装置应用项目》的相关材料均为真实、合法的。

我单位委托山东科慧辐射检测评价有限公司编制《济南市第一人民医院医用电子加速器、DSA 装置及 ERCP 装置应用项目环境影响报告表》，经我方对报告内容认真核对，我单位确认报告中相关技术资料及支撑性文件均为我方提供，并由我方承担因提供资料的真实性、合法性引起的法律责任。

我单位将严格按照环境影响报告中所列内容进行建设，如出现实际建设内容与报告及审批内容不一致的情况，我单位愿承担全部责任。

特此承诺！

建设单位（公章）：济南市第一人民医院

2025年4月10日

# 济南市第一人民医院文件

济一院发〔2023〕80号

## 济南市第一人民医院 关于调整放射卫生、辐射安全与环境保护管理 领导小组的通知

各科室：

为进一步加强医院放射卫生管理、辐射安全及环境保护管理，强化责任意识、安全意识，深入贯彻执行放射性污染防治相关法律法规，落实辐射安全管理相关文件精神，结合医院工作实际，现调整放射卫生、辐射安全与环境保护管理领导小组成员如下。

组 长：付庆元

副组长：高 爽 李 蕊

成 员：魏真真 王如维 刘 建 王 峰 李 谦  
耿 波

下设办公室，王如维任办公室主任。

附件：放射卫生、辐射安全与环境保护管理领导小组职责

济南市第一人民医院

2023年11月1日



附件：

## 放射卫生、辐射安全与环境保护管理领导小组 职责

### 一、领导小组职责

1. 组织贯彻落实国家和地方政府、医院有关辐射安全与环境保护工作的方针、政策。
2. 定期（每半年一次）召开会议，听取辐射安全与环境保护工作情况汇报，讨论决定辐射安全与环境保护工作中的重大问题和采取的措施。
3. 组织开展射线装置安全检查活动，组织处理、通报事故。
4. 组织制定和完善射线装置管理制度和操作规程，监督检查各项规章制度执行，督促整改辐射事故隐患。

### 二、医院主管领导职责

1. 协助放射科做好辐射安全与环境保护管理工作。
2. 监督本单位贯彻执行国家及上级部门辐射安全与环境保护的方针、政策、法律、法规、标准、规定。
3. 指导、协调放射科对辐射安全与环境保护工作进行监督检查。
4. 组织制定放射性培训计划和辐射事故应急预案及演练计划。
5. 组织医院内部辐射事故的调查，向辐射安全与环境保护管理领导小组提出对责任者的处理意见。

### 三、影像科主任职责

1. 对影像科科室放射卫生、辐射安全与环境保护工作负责。

2. 模范遵守射线装置各项规章制度，严格执行其操作规程，坚持原则，制止使用违章指挥、违章操作等行为。

3. 检查、督促本科室人员正确使用放射性安全防护用品，做好辐射安全防护设备设施的管理及日常维护保养工作。

4. 检查工作区设备及各岗位辐射安全生产情况，落实预防辐射事故安全措施。发现隐患及时组织整改，暂时不能整改的应采取防范措施，并立即向上级报告。

5. 发生辐射安全事故后立即向上级报告，要及时采取措施，迅速识别辐射事故现场危害因素，采取相应的辐射防护措施组织抢救并保护好现场。

## 附件九 放射事故应急预案

### 济南市第一人民医院 放射事故应急预案及应急处理

为提高本单位对突发放射事故的处理能力，最大程度的预防及减少突发放射事故的损害，保护环境，保障工作人员及公众的生命健康，特制定本预案。

一、放射事故等级：根据放射事故的性质、严重程度、可控性及影响范围等因素，从重到轻分为：特别重大放射事故、重大放射事故、较大放射事故及一般放射事故。根据我院使用诊断性 X 线机及介入放射装置的实际情况，III 类放射射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射为一般放射事故。

二、本预案适用范围：因我单位现仅使用 III 类射线装置，凡我单位范围内发生的放射人员及公众超剂量照射所导致的放射事故均适用本应急预案。

三、放射事故的预防：放射事故多数是可防可控的人为因素造成的责任事故。严格放射防护管理，作好预防及设备保养工作，是防止放射事故的关键环节。

1、健全放射防护管理体制和规章制度，射线装置使用落实到人，奖惩分明。

2、组织参加放射防护知识培训，不准无证上岗，严格操作规程。

3、定期检查放射设备及防护设备，发现问题及时检修。

#### 四、放射应急组织机构及职能

##### 1、放射事故应急处理领导小组

组长：付庆元（院长）

副组长：高爽（副院长） 李蕊（副院长）

成员：房丛丛（医务科） 王峰（设备科） 耿波（总务科） 王如维（影像科 13256145623） 刘健（影像科 13370575895） 杨薇（急诊科） 李谦（保卫科）

##### 2、应急处理领导小组职责

- 1) 组织制定医院放射事故应急处理预案；
- 2) 负责组织协调放射事故应急处理工作；

##### 3、应急办公室职责

应急办公室设在医务科，主要工作：

- 1) 落实各项组织工作；
- 2) 组织相关科室放射应急预案培训；
- 3) 负责专家技术人员及行政、环保（12369）、公安（110）、卫生（26390177）等相关部门的联系，报告应急工作；
- 4) 负责放射事故应急处理期间的后勤保障工作；

应急值班电话：55591800      医务科电话：55591858

保卫科电话：55591839      器械科电话：55591860

#### 五、放射事故的报告

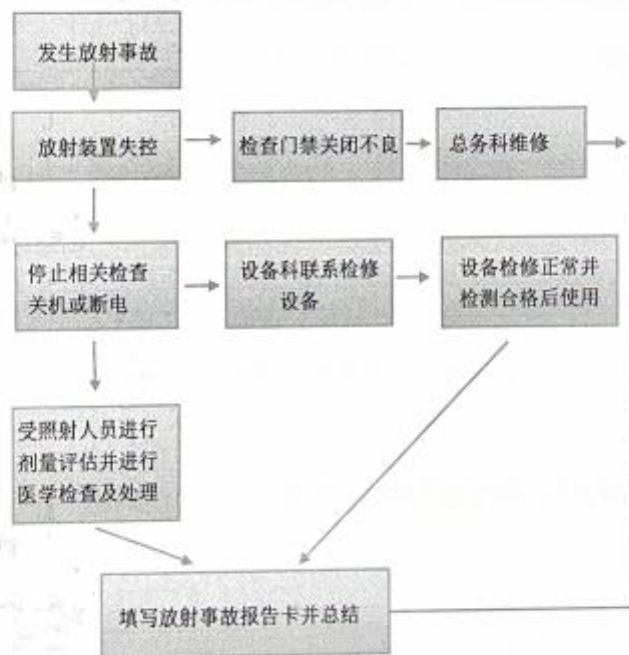
发生或发现放射事故的科室和个人，应立即报告医务科或总值班。医务科立即向主管领导报告，并及时向有关部门报告及联系，

最迟不得超过 2 小时；医务科需要在 24 小时内报出《放射事故报告卡》。

## 六、放射事故的处理规范

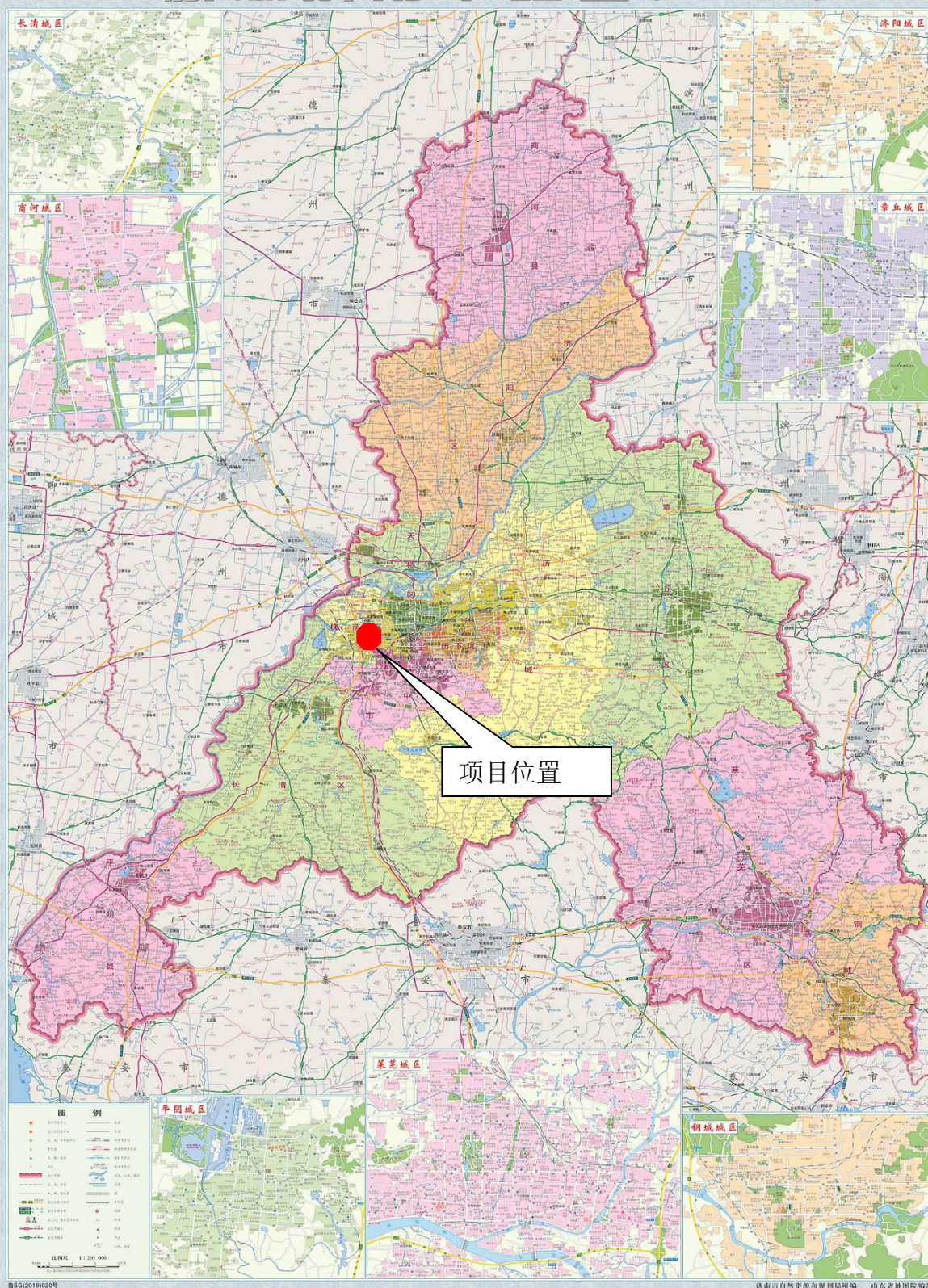
- 1、放射装置失控时立即采取措施停止检查，采取关机、断电等终止射线装置工作。同时撤离并安抚相关人员。
- 2、对可能接受过量剂量照射的人员，应立即采取应急急救措施并评估照射剂量。根据需要进行医学检查和医学处理。
- 3、对失控设备进行检测，维修。检测合格后方可再次使用。

### 放射事故处理流程



附图1 新院区地理位置

# 新版济南市地图(2019)



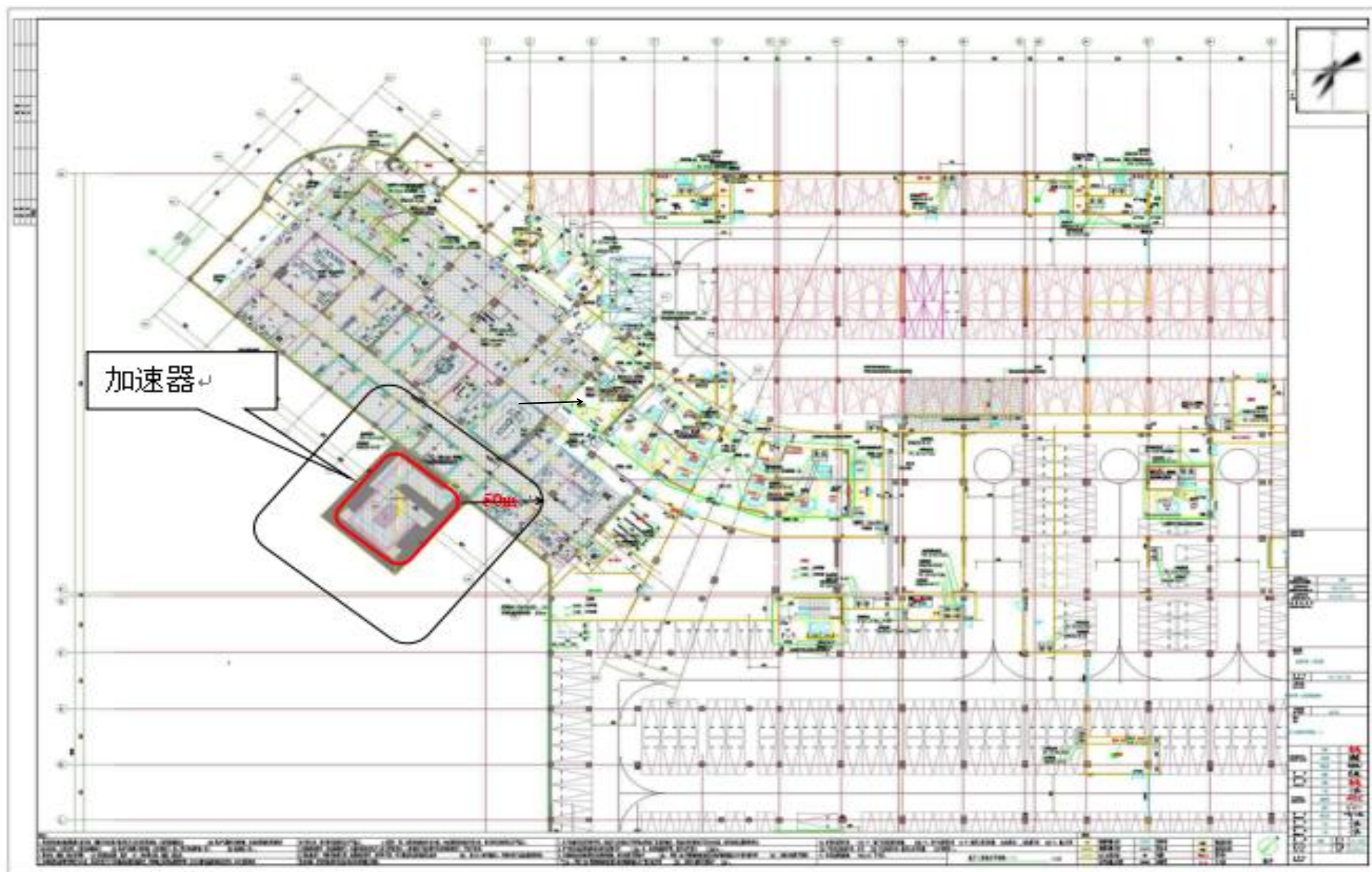
附图2 新院区周边影像图



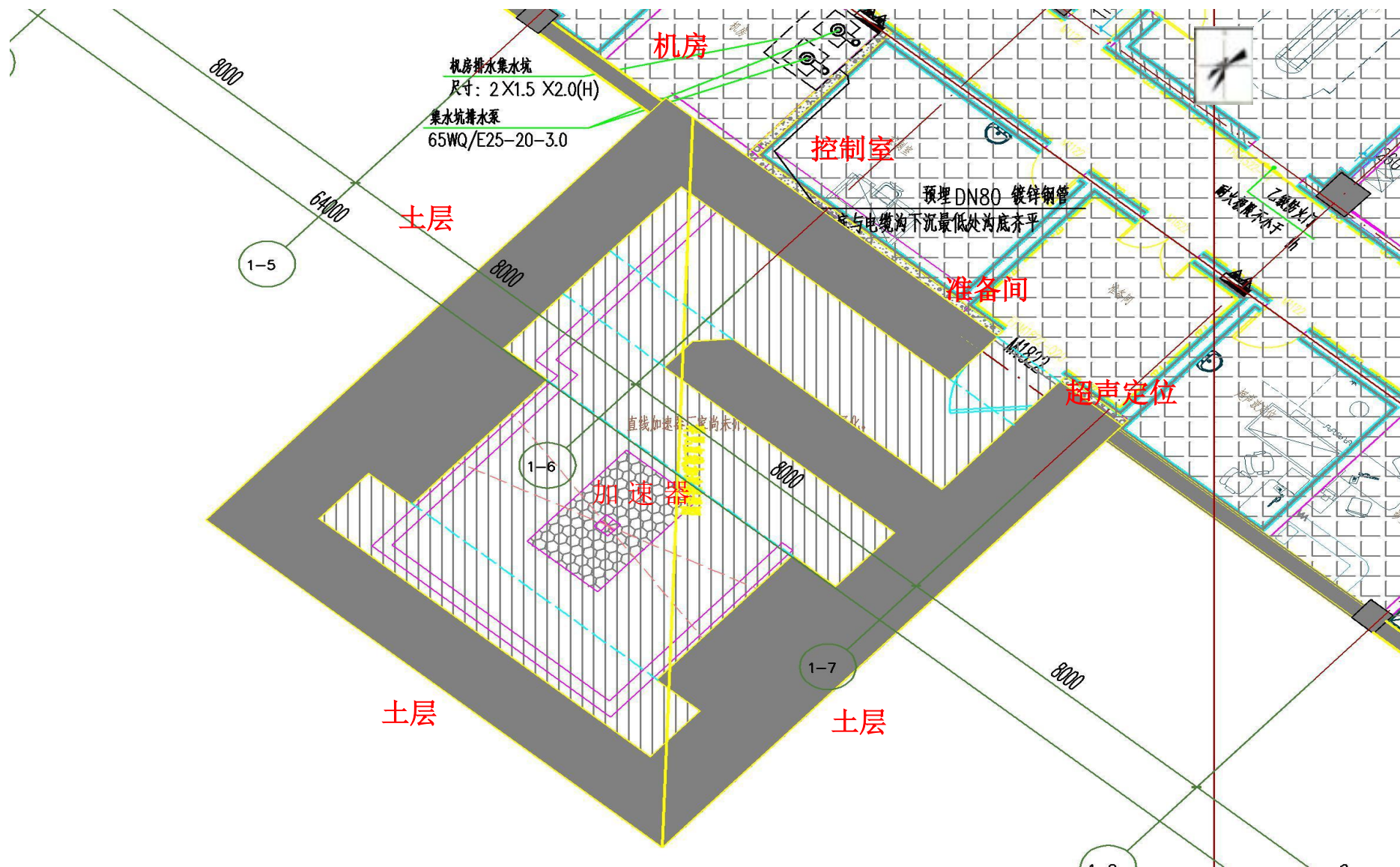
附图3 新院区平面布置图（1；500）



附图4 加速器所在楼层（医技综合楼负二层）平面布置图（1:150）



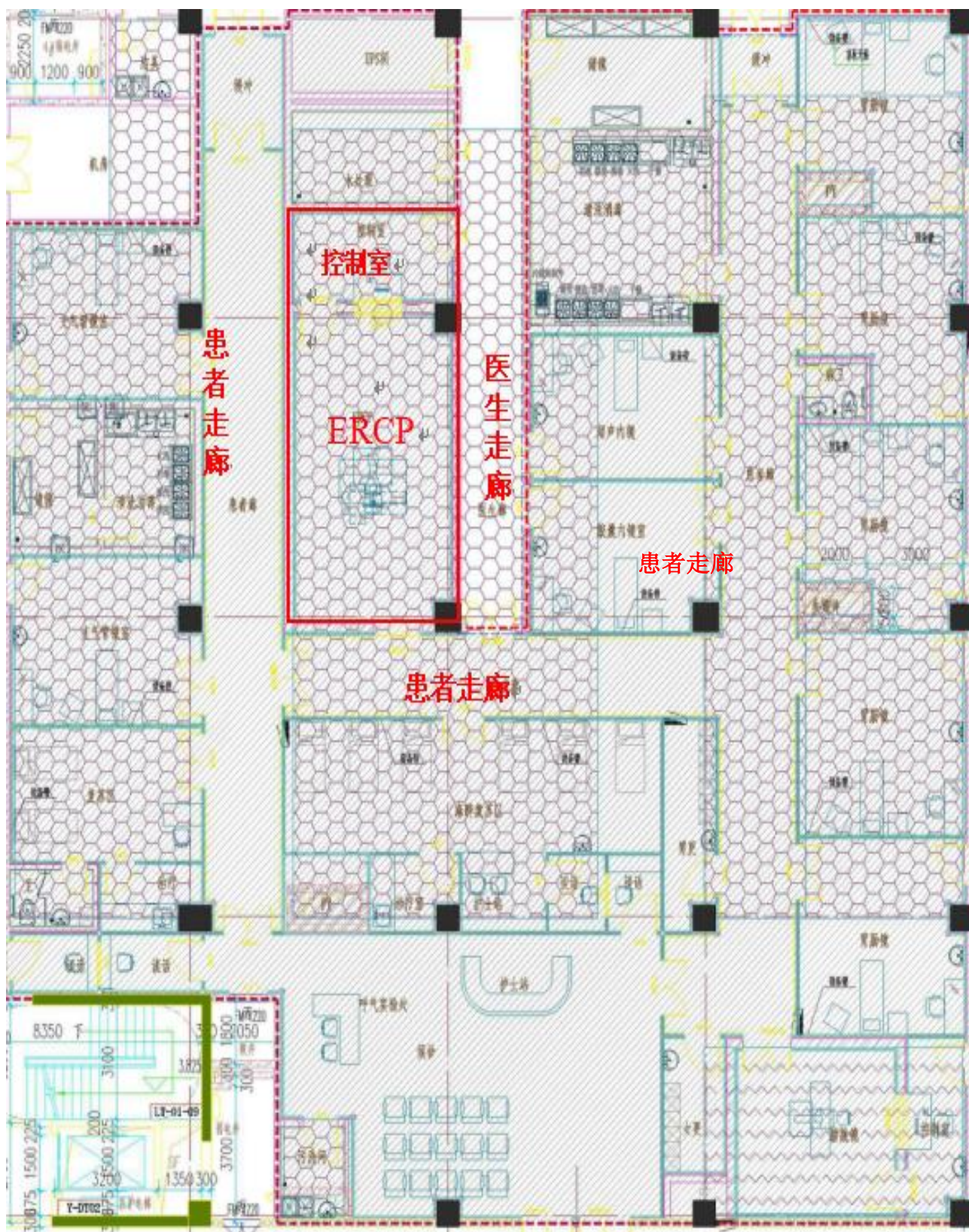
附图 5 加速器机房周围情况图 (1:150)



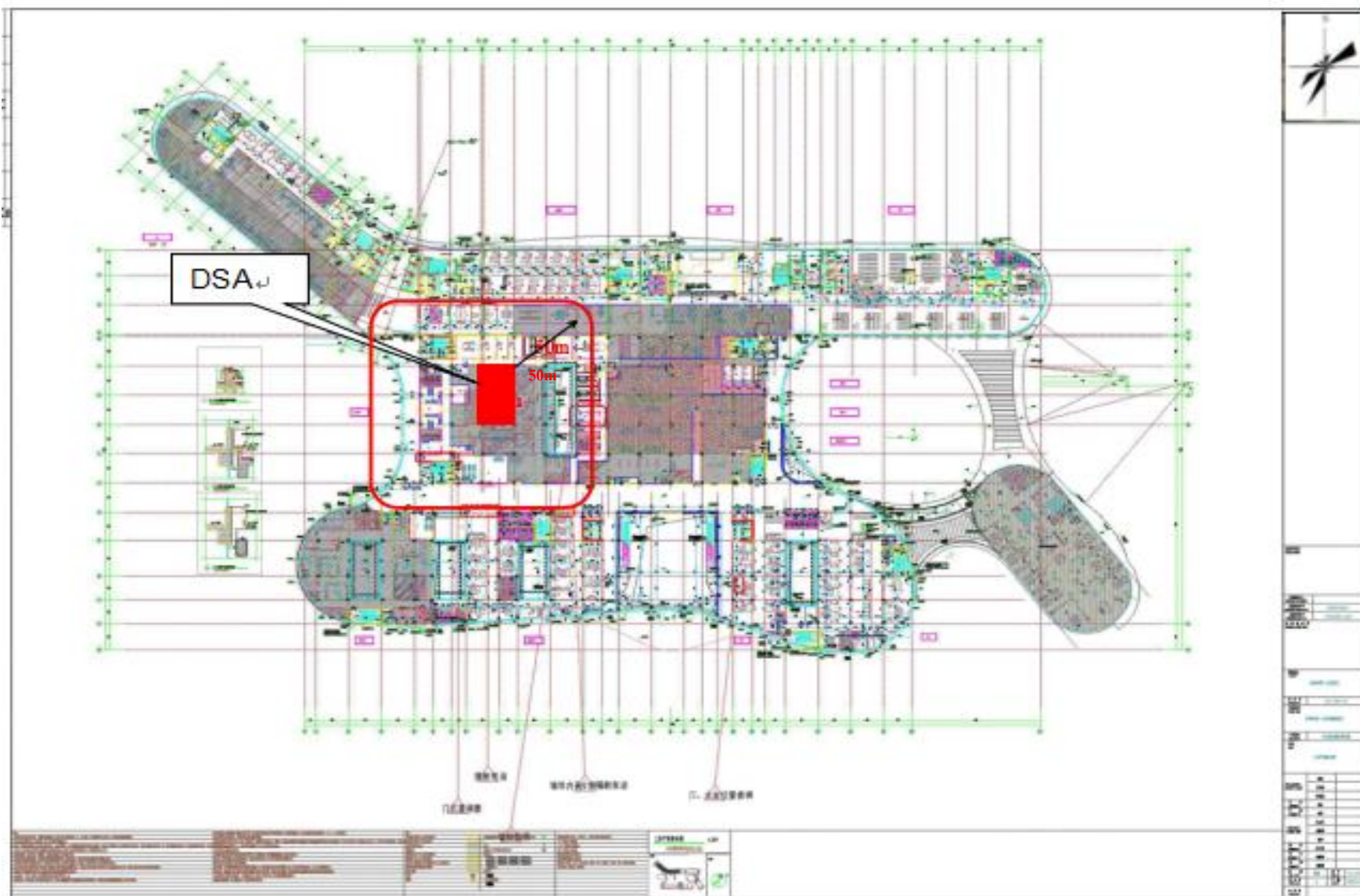
附图 6 ERCP 所在楼层（医技综合楼二层）平面布置图（1:300）



附图 7 ERCP 机房周围情况图 (1:300)



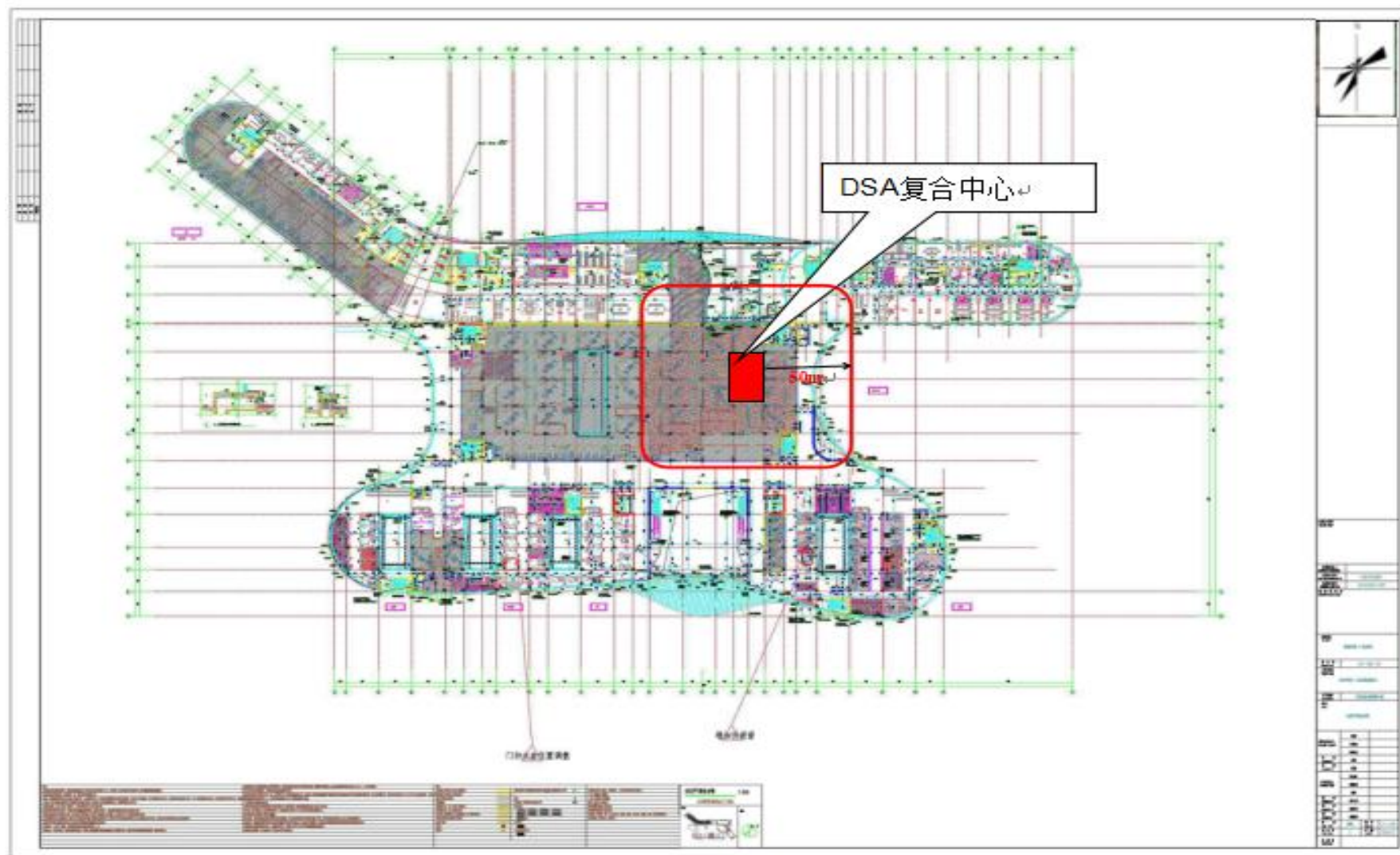
附图 8 DSA (1-3) 所在楼层 (医技综合楼三层) 平面布置图 (1:300)



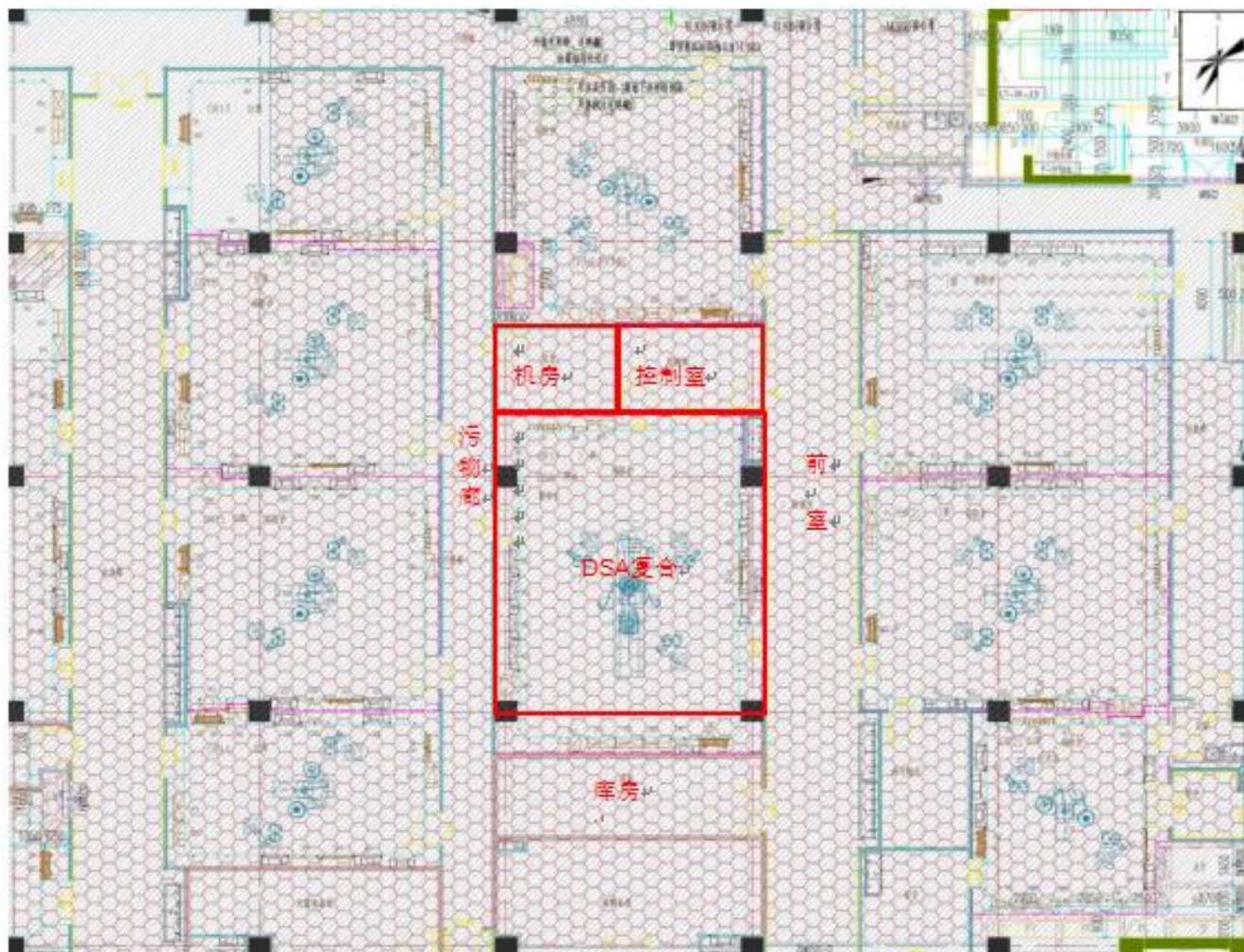
附图9 DSA（1-3）机房周围情况图（1:300）



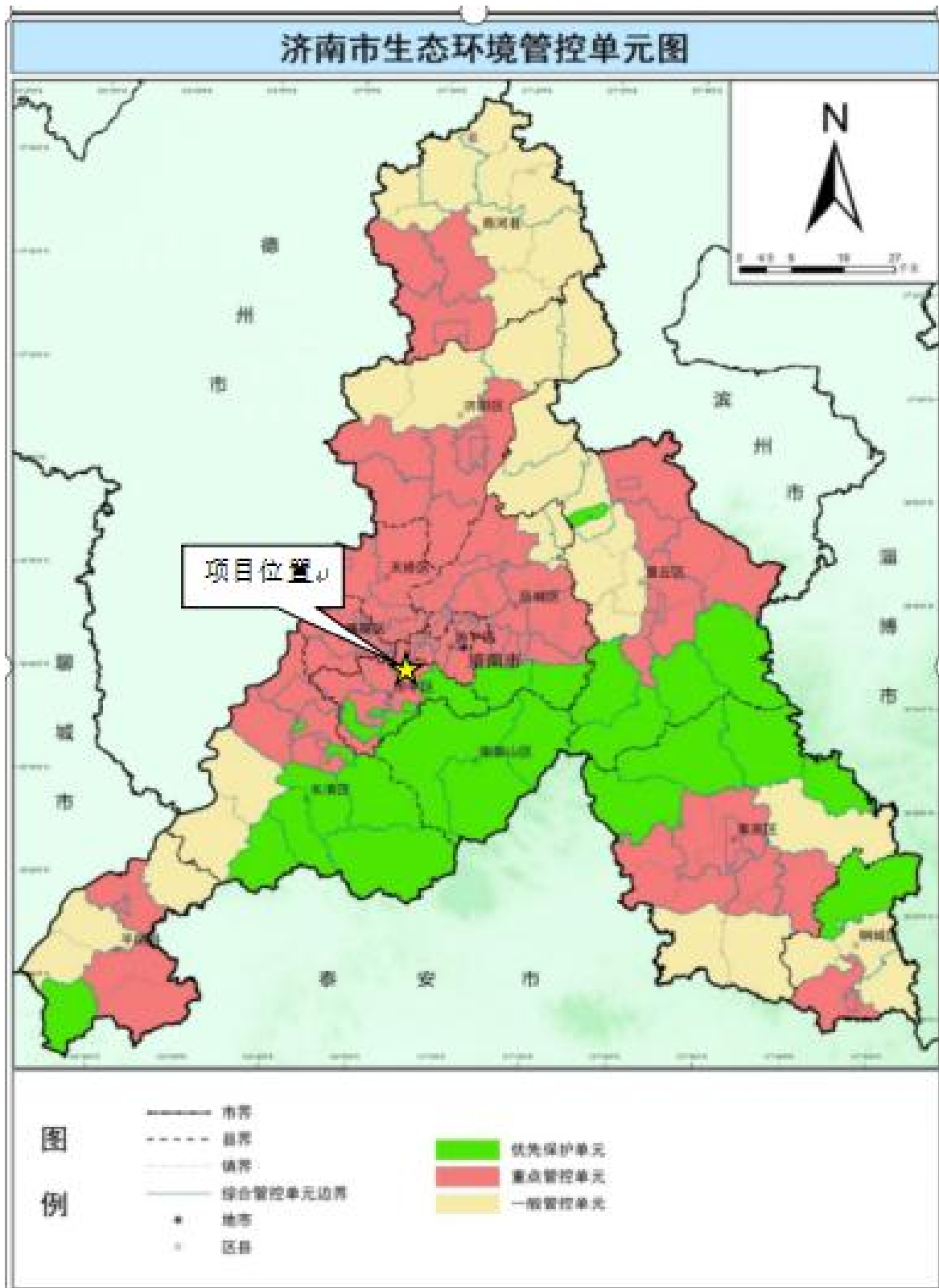
附图 10 DSA 复合中心所在楼层（医技综合楼四层）平面布置图（1:300）



附图 11 DSA 复合中心周围情况图 (1:300)



附图12 济南市生态环境管控单元图



# 环境影响评价持证单位 日常考核表

(核技术利用类C编制)

受考核环评持证单位：

\_\_\_\_\_  
山东科慧辐射检测评价有限公司

环评单位承担项目名称：

\_\_\_\_\_  
济南市第一人民医院

\_\_\_\_\_  
医用电子加速器装置和DSA装置及ERCP装置应用项目

评审考核人： \_\_\_\_\_ 窦义芳

职务、职称： \_\_\_\_\_ 正高级工程师

所在单位： \_\_\_\_\_ 山东省核与辐射安全监测中心

评审日期： 2025年3月30日

山东省环境保护厅监制

**评审考核人对报告表编制的具体意见(注：篇幅不够可另附页)**

一、本项目符合国家产业政策，在实施相关环保措施后，从环保角度分析是可行的。

二、报告表基本符合相关技术规范要求，结论基本可信。经修改、完善后可作为报批依据。

三、报告中存在的问题：

1. 规范项目名称；优化项目地理位置图。

2. 进一步制定完善相关辐射安全管理规章制度。

3. 细化产污环节分析。

4. 优化屏蔽设计论证。

5. 完善防护设备管理。

6. 报告表中进一步规范完善附件相关内容，并补充报告表相关盖章、签字等。

7. 进一步优化文字及图表。

# 环境影响评价文件质量考核评分表

(核技术利用类C)

序号	考核分项	考核单项与标准	单项评分	分项评分
1	概述 (8分)	(1)项目基本情况叙述准确。	3	5
		(2)编制依据齐全,评价标准适用,评价因子、评价等级与评价范围确定准确,符合环境影响评价导则要求。	3	
		(3)敏感保护目标(附分布图)描述准确,无遗漏。	2	
2	周边环境概况与现状评价 (12分)	(1)自然与社会经济概况描述清楚,且具有代表性和针对性。	2	7
		(2)地理位置(附图)与周边环境(附图)清楚、正确。	2	
		(3)环境质量和辐射现状评价中的监测方法、点位(附图)、频率符合导则和规范要求。	3	
		(4)场址适宜性评价科学、准确。	5	
3	项目概况与工程分析 (25分)	(1)项目名称、建设地点、建设性质、规模、平面布置(附图)等叙述清楚、准确。	5	18
		(2)设备组成、工作原理、工艺流程、人员操作等描述准确,改、扩建项目存在的问题和不足分析清楚。	5	
		(3)环境影响因子识别清晰,源项数据全面准确。	10	
		(4)三废种类、来源、产生量及其活度浓度、排放总量分析全面、准确。	5	
4	辐射安全与防护 (15分)	(1)场所布局(附图)、功能区划描述清楚,屏蔽设计参数标注准确。	7	10
		(2)辐射安全与防护、环保相关设施及其功能全面、清晰。	3	
		(3)三废治理设施或三废的处理、处置方案评估全面。	3	
		(4)服务期满后的环境保护措施评价合理。	2	
5	环境影响分析 (18分)	(1)预测模式(方法)正确,相关参数选择合理。	8	14
		(2)评价方法恰当。	5	
		(3)评价内容满足导则要求,结果可信。	5	
6	辐射安全管理(6分)	人员、机构、规章制度、辐射监测、辐射应急等措施评估合理。	6	4
7	项目可行性与结论 (6分)	(1)项目选址可行性、与产业政策及相关规划相符性、平面布局合理性、项目建设的可行性论证充分。	4	4
		(2)综合评价结论明确、可信,并足以支持项目建设是否可行。	2	
8	文件制式规范 (10分)	(1)报告编制格式、打印装订规范,内容、章节全面,文字表述准确、清晰、简练。	6	6
		(2)附件(图件、委托书、监测报告、有关批文、有关协议等)齐全、清楚且规范,审批登记表填写规范、齐全,签字、盖章无漏项。	4	
总计	100分			68
说明: 1. 环评文件中不存在重大原则性问题,则填写此表。 2. 环评文件内容存在错误或者不完善的,请在对应的考核单项中酌情给出该单项评分。 3. 分项评分为各单项评分之和,总评分为各分项评分之和。				
总评分: 68                      签名:                       日期: 2025.3.30				

# 环境影响评价持证单位 日常考核表

(核技术利用类报告表编制)

受考核环评持证单位：

山东科慧辐射检测评价有限公司

环评单位承担项目名称：

济南市第一人民医院

医用电子加速器装置和DSA装置及ERCP装置应用项目

评审考核人：唐波

职务、职称：副主任医师

所在单位：山东省疾病预防控制中心

评审日期：2025年3月30日  
山东省环境保护厅监制

**评审考核人对报告表编制的具体意见(注：篇幅不够可另附页)**

一、本项目符合国家产业政策，报告对该项目环境影响与辐射安全进行了分析评价，在实施相关环保措施后，项目从环保角度分析是可行的。

二、报告内容全面，评价等级、评价标准和评价范围符合相关标准，预测分析及类比方法基本可行，基本符合相关技术规范要求，结论总体可信。经完善后可作为报批的依据。

三、部分细节问题

(一) 核实建设项目总投资，建议分出本项目相关投资。

(二) 核实加速器设备关键指标（剂量率）与之相适用的能量。

(三) 准确确定公众的年剂量管理目标值。

(四) 给出机房所在层的平面布局图，说明周边50m范围内的房间布局情况；

(五) 补充加速器机房和DSA机房通风设置，环评阶段应明确位置。

(六) 核实机房通风次数的分析、评价和建议，现有结论不合适。

(七) 核实本项目辐射巡检仪、固定式剂量监测报警装置和个人剂量报警仪数量，评估配备合理性和配置分布。

(八) 规范报告表的文字、图表。

(九) 根据以上修改完善结论和建议



# 环境影响评价持证单位 日常考核表

(核技术利用类报告表编制)

受考核环评持证单位：

山东科慧辐射检测评价有限公司

环评单位承担项目名称：

济南市第一人民医院

医用电子加速器装置和DSA装置及ERCP装置应用项目

评审考核人：高峰

职务、职称：高工

所在单位：山东省肿瘤医院

评审日期：2025年3月30日

山东省环境保护厅监制

**评审考核人对报告表编制的具体意见(注：篇幅不够可另附页)**

一、本项目符合国家产业政策，报告对该项目环境影响与辐射安全进行了评价，在实施相关环保措施后，项目从环保角度分析是可行的。

二、报告内容全面，评价等级、评价标准和评价范围符合有关标准，预测分析及类比方法基本可行，基本符合相关技术规范要求，结论总体可信。经完善后可作为报批的依据。

三、部分细节问题

(一)核实建设项目总投资，建议分出本项目相关投资。

(二)核实DSA区域防护门的设置和开门方式描述，前后矛盾。

(三)补充加速器机房和DSA机房通风设置，环评阶段应明确位置。

(四)建议DSA和ERCP工作人员剂量估算按GBZ128标准方法估算。

(五)核实本项目辐射巡检仪、固定式剂量监测报警装置和个人剂量报警仪数量，评估配备合理性和配置分布。



# 济南市第一人民医院 医用电子加速器装置和 DSA 装置及 ERCP 装置应用项目 环境影响报告表评审会技术评审意见

2025 年 3 月 30 日，济南市第一人民医院组织召开了《济南市第一人民医院医用电子加速器装置和 DSA 装置及 ERCP 装置应用项目环境影响报告表》（以下简称“报告表”）技术函审会议。会议邀请 3 名专家（名单附后）组成技术评审组，负责报告表的技术评审。

会议期间，与会代表及专家察看了拟建项目现场有关视频和图片。经审阅材料和讨论，形成技术评审意见如下：

## 一、项目总体评价

济南市第一人民医院位于市中区南北康片区，北五路以南、北六路以北、北康路南段以西、小山路以东。本项目拟于新院区门诊医技病房综合楼负二层（放疗科）建设 1 座加速器机房，机房内配置 1 台医用电子加速器用于放射治疗工作；门诊医技病房综合楼二层（内镜中心）建设 1 座 ERCP 机房，机房内配置 1 台 ERCP 用于胆道、胰腺等疾病的介入诊疗工作；③门诊医技病房综合楼三层（介入中心）建设 3 座 DSA 机房（DSA1 室、DSA2 室、DSA3 室），每个机房配备 1 台 DSA 用于心血管、神经、外周等疾病的介入诊疗工作；门诊医技病房综合楼四层（手术中心）建设 1 座 DSA 复合手术机房，机房内配置 1 台 DSA 装置用于神经、心脏、血管等领域手术工作。许可种类与范围属使用 II 类射线装置。

本项目符合国家产业政策，院区及济南市第一人民医院主体项目环保手续齐全，主体项目配套建设，符合相关规划要求，选址无不当。项目的建设有助于进一步提高医院的介入诊疗能力和水平，

具有较好的社会效益和经济效益，符合实践的正当性原则。在严格落实报告表提出的辐射安全防护及环保措施后，介入室周围的辐射水平及职业人员和公众成员的受照剂量，满足相关法律法规和标准及管理部门要求，项目建设可行。

## 二、报告编制质量评价

报告表内容较齐全，评价依据及标准基本准确，工程分析基本清楚，评价因子正确，现状检测与评价模式基本符合相关技术规范，辐射安全及环境保护措施满足管理要求，报告表结论原则可信。经进一步修改、补充和完善后，可作为行政许可与辐射环境管理的依据。

## 三、需修改和完善的主要内容

### 高峰专家意见：

- 1、核实建设项目总投资，建议分出本项目相关投资。
- 2、核实 DSA 区域防护门的设置和开门方式描述，前后矛盾。
- 3、补充加速器机房和 DSA 机房通风设置，环评阶段应明确位置。
- 4、建议 DSA 和 ERCP 工作人员剂量估算按 GBZ128 标准方法估算。
- 5、核实本项目辐射巡检仪、固定式剂量监测报警装置和个人剂量报警仪数量，评估配备合理性和配置分布。

### 唐波专家意见：

- 1、核实建设项目总投资，建议分出本项目相关投资。
- 2、核实加速器设备关键指标（剂量率）与之相适用的能量。
- 3、准确确定公众的年剂量管理目标值。

4、给出机房所在层的平面布局图，说明周边 50m 范围内的房间布局情况。

5、补充加速器机房和 DSA 机房通风设置，环评阶段应明确位置。

6、核实机房通风次数的分析、评价和建议，现有结论不合适。

7、核实本项目辐射巡检仪、固定式剂量监测报警装置和个人剂量报警仪数量，评估配备合理性和配置分布。

窦义芳专家意见：

1、规范项目名称；优化项目地理位置图。

2、进一步制定完善相关辐射安全管理规章制度。

3、细化产污环节分析。

4、优化屏蔽设计论证。

5、完善防护设备管理。


6、报告表中进一步规范完善附件相关内容，并补充报告表相关盖章、签字等。

7、进一步优化文字及图表。

技术评审组

2025 年 3 月 30 日

**济南市第一人民医院**  
**医用电子加速器装置和DSA装置及ERCp装置应用项目**  
**专家评审会签字表**

姓名	单位	职务/职称	联系电话	签字
窦义芳	山东省核与辐射安全监测中心	正高级工程师	18660193519	
高峰	山东省肿瘤医院	高级工程师	13864112451	
唐波	山东省疾病预防控制中心	副主任医师	18853183668	

济南市第一人民医院  
医用电子加速器装置和DSA装置  
及ERCP装置应用项目环境影响报告表  
专家意见修改说明

山东科慧辐射检测评价有限公司  
2025年4月

2025年3月，山东科慧辐射检测评价有限公司邀请3位专家对《医用电子加速器装置和DSA装置及ERCPC装置应用项目环境影响报告表》进行了技术复核。并提出了专家组意见，环评单位根据专家组要求对报告进行了进一步修改，具体内容如下：

### 一、高峰专家意见

1、核实建设项目总投资，建议分出本项目相关投资。

**修改：**重新与建设单位进行了沟通和交流，对项目总投资进行了重新估算，并全文进行调整。

2、核实DSA区域防护门的设置和开门方式描述，前后矛盾。

**修改：**对照设计图纸,重新核实了 DSA 区域防护门的设置和开门方式，并进行了调整。说明详见 P35~P36。

3、补充加速器机房和DSA机房通风设置，环评阶段应明确位置。

**修改：**与建设单位、施工单位及设计单位进行了沟通核实，补充加速器机房和DSA机房进风口、排风口位置、风量及最终去向，详见P41~P48。

4、建议DSA和ERCPC工作人员剂量估算按GBZ128标准方法估算。

**修改：**按《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)标准方法对 DSA 和 ERCPC 工作人员剂量重新进行了估算。详见 P69~P71。

5、核实本项目辐射巡检仪、固定式剂量监测报警装置和个人剂量报警仪数量，评估配备合理性和配置分布。

**修改：**重新核实了相关标准，对相关仪器数量进行了调整。调整为：“医院拟配备辐射巡测仪 1 台、个人剂量报警仪 6 台，加速器机房拟配备固定式剂量监测报警装置 1 套”。

## 二、唐波专家意见

1、核实建设项目总投资，建议分出本项目相关投资

**修改：**重新与建设单位进行了沟通和交流，对项目总投资进行了重新估算，并全文进行调整。

2、核实加速器设备关键指标（剂量率）与之相适用的能量。

**修改：**对加速器设备关键指标（剂量率）进行了核实，并全文调整、核算。详见 P7“表 4”。

3、准确确定公众的年剂量管理目标值。

**修改：**全文调整公众的年剂量管理目标值为 0.1mS。

4、给出机房所在层的平面布局图，说明周边 50m 范围内的房间布局情况；

**修改：**详见附图 5~附图 8，表 8-1。P18~P19

5、补充加速器机房和 DSA 机房通风设置，环评阶段应明确位置。

**修改：**与建设单位、施工单位及设计单位进行了沟通核实，补充加速器机房和 DSA 机房进风口、排风口位置、风量及最终去向，详见 P41、P43。

6、核实机房通风次数的分析、评价和建议，现有结论不合适。

**修改：**对机房面积、容积及通风量重新进行了核实、计算。均符合标准要求。

7、核实本项目辐射巡检仪、固定式剂量监测报警装置和个人剂量报警仪数量，评估配备合理性和配置分布。

**修改：**重新核实了相关标准，对相关仪器数量进行了调整。调整为：“医院拟配备辐射巡测仪 1 台、本项目配备固定式剂量监测报警装置 1 套（加速器机房）和个人剂量报警仪 6 台”。

### 三、窦义芳专家意见

1. 规范项目名称；优化项目地理位置图。

修改：项目名称由“1台加速器装置和1台 ERCP 装置及 4 台 DSA 装置应用项目”调整为“济南市第一人民医院医用电子加速器和 DSA 装置及 ERCP 装置应用项目”，并全文进行调整。对附图 1 地理位置图进行了更换。

2. 进一步制定完善相关辐射安全管理规章制度。

修改：增加内容“医院还拟制定《放射工作场所防护监测制度》、《辐射安全管理规章制度》、《受检者防护和告知制度》、《放射科医疗照射质量保证方案及监测规范》与《放射事件应急处理预案》等辐射相关规章制度，并张贴上墙于相关辐射工作场所，符合相关法律法规的要求。”详见 P74~P76。

3. 细化产污环节分析。

修改：对产物环节流程图进行了补充。对图 9-6、图 9-7 进行完善。详见 P29、P30

4. 优化屏蔽设计论证。

修改：对直线加速器屏蔽效果重新进行估算。

5. 完善防护设备管理。

修改：已在“辐射安全管理规章制度”中建议制定《辐射安全管理规章制度》，详见 P75.

6. 报告表中进一步规范完善附件相关内容，并补充报告表相关盖章、签字等。

修改：对附件进行了调整、完善，并补充盖章、签字等。

7. 进一步优化文字及图表。

修改：对文字进行了优化调整，表格附图进行了优化调整。

山东科慧辐射检测评价有限公司

2025年4月10日