

核技术利用建设项目

新增 II 类射线装置项目

环境影响报告表

建设单位：北京三博脑科医院有限公司

二〇二四年十一月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新增 II 类射线装置项目

环境影响报告表

建设单位名称：北京三博脑科医院有限公司

建设单位法人代表（签章）：张阳

通讯地址：北京市海淀区香山一棵松 50 号

邮政编码：100093

联系人：刘彬

电子邮箱：liubin@sbnkjt.com 联系电话：010-62886982

目录

表 1 项目基本情况 1

表 2 放射源 9

表 3 非密封性放射性物质 9

表 4 射线装置 10

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 11

表 6 评价依据 12

表 7 保护目标与评价标准 14

表 8 环境质量和辐射现状 20

表 9 项目工程分析与源项 22

表 10 辐射安全与防护 28

表 11 环境影响分析 38

建设阶段对环境的影响 38

表 12 辐射安全管理 62

表 13 结论与建议 69

表 14 审批 72

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新增 II 类射线装置项目			
建设单位		北京三博脑科医院有限公司			
法人代表	张阳	联系人	刘彬	联系电话	010-62886982
注册地址		北京市海淀区香山一棵松 50 号			
项目建设地点		北京市朝阳区东坝中路 36 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		4780	项目环保 投资(万 元)	180	投资比例 (环保投资/ 总投资)
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m ²)
使用类型	放射 源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类(医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密 封放 射性 物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线 装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其它	/			
	项目概述 1、建设单位概况 北京三博脑科医院有限公司(营业执照见附件 1)又名首都医科大学三博脑科医院(以下简称三博脑科医院或医院),创建于 2004 年,是一家由国内知名神经外科专家参与创办的集医疗、科研、教学为一体的三级脑神经专科医院。该医院隶属于三博脑科医院管理集团,是首都医科大学直属附属医院、第十一临床医学院和神经外科学院三系;医院神经外科专业是国家临床重点专科建设单位、全国神经外科医师培训基地,拥有博士点,博士后流动站。 三博脑科医院现位于北京市海淀区香山一棵松 50 号,租用北京市化工职业病				

防治院的部分建筑开展诊疗活动，设置床位 256 张。医院以神经外科为主体，亚专科设置齐全，设有 8 个病区，配备了百级净化手术室、层流 ICU、306 通道脑磁图、Rosa 机器人手术导航系统等医疗设备。由于业务发展的需要，拟在朝阳区东坝乡东坝中路 36 号建设新院区（即本项目所在院区），新院区建成后三博脑科医院将整体搬迁至新院区继续运营。

本项目所在的东坝乡新院区总投资逾十亿，建筑面积 63167.44m²，设置床位 480 张。新院区建设项目于 2023 年 6 月 1 日取得北京市朝阳区生态环境局《关于对首都医科大学三博脑科医院项目环境影响报告表的批复》（朝环保审字[2023]0024 号），批复见附件 2。

目前，三博脑科医院东坝乡新院区正在建设，医疗综合楼的主体框架基本搭建完成，医院整体建筑及配套设施预计 2025 年 11 月竣工。

2、核技术利用及辐射安全管理现状

（1）核技术利用现状

三博脑科医院现有辐射安全许可证（见附件 4）编号为京环辐证[F0147]，许可的种类和范围为使用 II 类、III 类射线装置，共有 2 台射线装置，证书有效期至 2028 年 4 月 5 日，现有射线装置情况汇总见表 1-1。

表 1-1 现有射线装置情况汇总表

序号	装置名称	类别	装置数量	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	安装地点
1	DSA	II 类	1	125	1000	3 号医技楼 1 层
2	CT	III 类	1	150	800	3 号医技楼 1 层

经现场调查及与院方核实，三博脑科医院在用的 II 类、III 类射线装置辐射工作场所未发生变动，不存在违规建设等行为。

（2）辐射安全管理现状

①辐射安全管理机构

为了开展医院的辐射安全和防护管理工作，预防、控制和消除辐射危害，保障放射诊疗工作人员、患者和公众的健康权益，三博脑科医院成立了辐射安全防护管理领导小组，由公司法人担任组长，行政院长为该医院辐射防护负责人，相关科室主任及骨干等工作人员为成员。辐射安全领导小组组成情况见表 1-2。

表 1-2 辐射安全领导小组组成一览表

序号	职责	姓名	性别	部门、职务
----	----	----	----	-------

1	组长	徐向英	男	院长
2	副组长	夏宾	男	主管副院长
3	组员	朱明旺	男	影像科主任
4	组员	李修珍	男	神经介入科主任
5	组员	刘海龙	男	采购部主任
6	组员	夏斌	男	保卫部主任
7	组员	吴世锋	男	物业部主任
8	组员	李耕子	女	医务部副主任

②已建立的辐射防护规章制度及执行情况

三博脑科医院依照《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》，结合多年实践，已制定一套较完善的管理制度和操作规程，其中包括《辐射安全领导小组及其职责》、《III类射线装置操作规程》、《PHILIPS 血管造影机操作规程》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射防护措施》、《射线装置检修维护制度》、《射线装置台账管理制度》、《放射防护用品使用和管理制度》、《辐射安全培训制度》、《辐射监测方案》以及《辐射事故（件）应急预案》。

③辐射工作人员考核

三博脑科医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。目前，从事放射工作的职业人员和管理人员共计 28 人（管理人员 2 人，辐射工作人员 26 人），其中，19 人（使用 CT 人员）参加了自行考核，9 人（使用 DSA 人员和管理人员）参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习及考核，28 人均成绩合格。

今后如需新增辐射工作人员，应及时安排其参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，并报名参加考核（或医院内部组织考核），考核通过后方可从事辐射工作。现有辐射工作人员培训证书到期后，须在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加考核，考核通过后方可继续从事辐射工作。

④个人剂量监测

三博脑科医院现从事辐射工作的所有人员均佩戴了个人剂量计，并委托有资质的单位对辐射工作人员进行个人剂量监测，每季度一次，个人剂量档案齐全。

2023 年度三博脑科医院辐射工作人员的年度个人剂量检测结果表明（见附件

7)，接受个人剂量监测人员 25 人，所有辐射工作人员年受照剂量最大值为 0.84mSv/a，低于本报告提出的年受照剂量约束值 2mSv/a，说明三博脑科医院的辐射防护和安全管理措施可行。

⑤工作场所及辐射环境监测

三博脑科医院定期对辐射工作场所进行场所监测，并委托有资质的第三方机构每年进行一次工作场所和环境监测，同时每半年对工作场所进行一次常规自行监测，监测数据记录存档。根据 2023 年度辐射工作场所的例行监测报告（附件 5）显示，射线装置运行时，周围辐射水平在 0.11μSv/h~1.9μSv/h 之间，检测结果均满足相关标准要求的控制水平 2.5μSv/h。

⑥辐射事故（件）应急预案

三博脑科医院依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，制定了辐射项目的辐射事故（件）应急预案，以保证医院一旦发生辐射意外事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理放射事故，保护工作人员和公众的健康与安全，同时在预案中进一步明确规定医院有关意外放射事件处理的组织机构及其职责、事故报告、信息发布和应急处理程序等内容。2023 年 6 月 1 日、9 月 1 日，三博脑科医院两次组织相关人员参加了辐射安全与防护培训，并进行了辐射事故（件）应急演练。

3、项目建设内容

本项目拟在医疗综合楼南楼地下二层西侧放疗科，新增使用 1 台医科达公司生产的 ELEgTAINfinity 型医用电子直线加速器（II 类射线装置，X 射线最大能量 10MV；配套 CBCT 设备：150kV/500mA）；拟在医疗综合楼南楼一层西侧急诊科，新增使用一台西门子公司生产的 ArtisQbiplane 型数字减影血管造影机（II 类射线装置，双球管，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA）；拟在医疗综合楼北楼二层西侧手术中心，新增使用一台西门子公司生产的 ArtisQceiling 型数字减影血管造影机（II 类射线装置，单球管，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA）。

医用电子直线加速器（以下简称直线加速器或加速器）、数字减影血管造影机（又名 DSA）及其辅助用房总建筑面积 550m²，射线机房室内净面积约为 235.4m²。

加速器机房、DSA 机房及其辅助用房布局见下图。

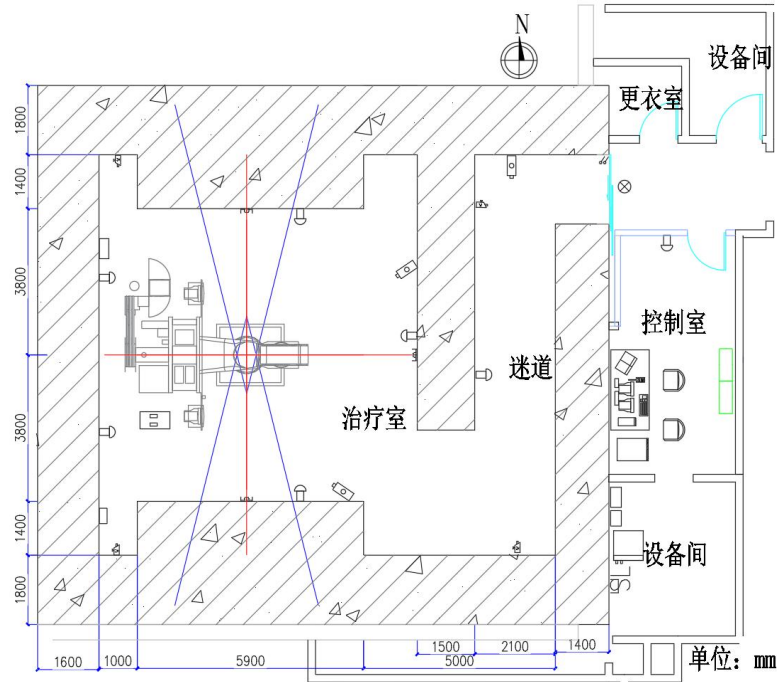


图 1-1 直线加速器机房等辅助用房布局示意图

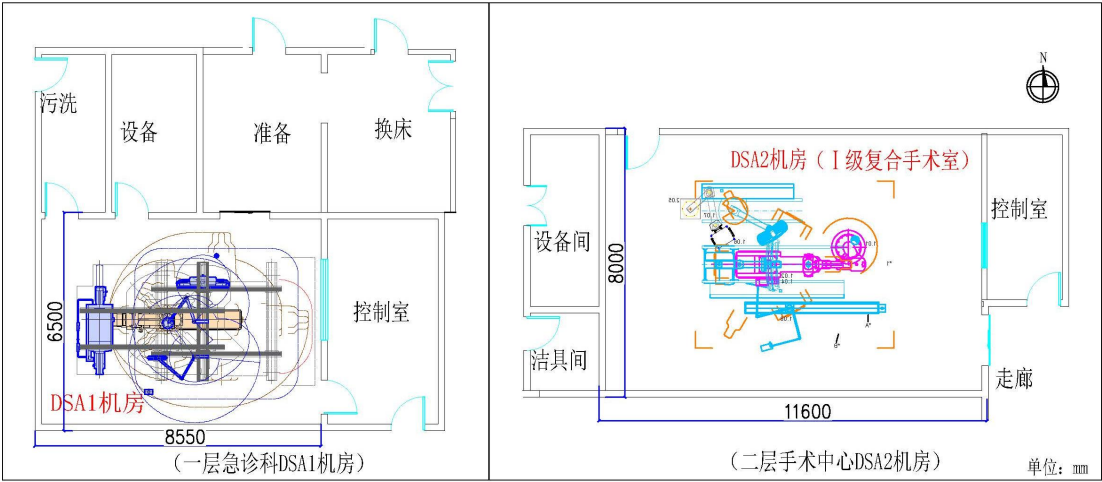


图 1-2 DSA 机房等辅助用房布局示意图

4、建设必要性

直线加速器是目前最先进最精准的放射治疗设备之一。适用于中枢神经系统肿瘤、肺癌、乳腺癌、肝癌、前列腺癌、妇科肿瘤及头颈部肿瘤等，是肿瘤治疗的一把“利器”。应用直线加速器不仅能治愈常见恶性肿瘤，同时对于复杂肿瘤也能大幅提高放射治疗精准度，在提高疗效的同时且有效地保护周围正常组织，从而缩短患者接受治疗的时间，提高患者的就医体验。

DSA 是一种对血管疾病诊断和治疗非常有用的检查技术，特别是对心脑血管

疾病，如脑梗塞、脑出血等有很好的诊断效果。DSA 可以观察颈部动脉狭窄的部位、程度、范围以及是否有血栓。对于颅内血管性疾病，如脑梗塞、脑出血、动脉瘤、动脉狭窄等，DSA 可以提供诊断信息。通过 DSA 还可以显示脑部占位性病变时血管的移位和肿瘤染色情况。使用 DSA 可以帮助医生更准确地诊断疾病，并且提供指导进行介入治疗的依据。

核技术利用已经成为疾病诊疗不可或缺的手段，具有医学影像、放疗等能力也是三级脑神经专科医院的必备条件，无论是从医院发展的实际需求还是从人民疾病治疗需要分析，都是十分必要并迫切的。在此需求下，三博脑科医院开展新增 II 类射线装置项目。

5、项目周边环境

(1) 医院周边环境关系

三博脑科医院位于朝阳区东坝中路 36 号，地理位置见附图 1。医院北边界、东边界、西边界利用围墙与周边做出的明确分隔，南边界以宽绿化带与隅嘉品 mall 进行分隔。医院西墙、北墙分别建一个出入口，另在西墙南端建一个消防、急救车出入口。

三博脑科医院东邻朝新嘉园东区西里，南邻金隅嘉品 mall；西侧隔东坝中路为金铃狮园公园；北侧隔规划东坝南四街为金泰丽富嘉园南区。

医院周边环境情况见附图 2。

(2) 项目所在建筑物情况

医院内仅有 1 栋建筑物为医疗综合楼，地上 6 层，地下 3 层，医疗综合楼分为南楼（高 29.2m）、中楼（高 11.5m）、北楼（高 29.2m）三个区块，南楼、北楼之间经中楼（地上 2 层，地下 3 层）互通。本项目两间 DSA 机房之间的水平距离 90m，与直线加速器间水平距离分别为 17m、59m。

本项目 3 间射线装置机房与东侧朝新嘉园东区西里住宅楼最近水平距离为 83m，与南侧金隅嘉品商场最近水平距离为 75m，与东坝中路西侧红线最近水平距离为 82m，与规划东坝南四街北侧红线最近水平距离为 54m。

医院平面布置及项目周边环境情况见附图 2。

(3) 核技术利用场所周边环境关系

本项目配套直线加速器机房位于医疗综合楼南楼地下二层东侧，DSA1 机房

位于南楼一层南部，DSA2 机房位于北楼二层北部。以上 3 间装置机房周边布局情况（含楼上、楼下）见表 1-3，附图 3～附图 7。

表 1-3 本项目射线装置周边布局情况一览表

序号	机房名称	机房南侧	机房西侧	机房北侧	机房东侧	机房楼上	机房楼下
1	电子直线加速器机房	消防水泵房、排风机房	土层	土层	更衣室、走廊、控制室、设备间	土层、绿地	土层
2	DSA1 机房	走廊	走廊	污洗间、设备房、准备室、	操作间	无菌库房、洁净走廊、手术室	住院药房、走廊
3	DSA2 机房	楼梯间、一次性物品存放间、库房、弱电间	设备间、洁具间	走廊	控制室、走廊	更衣室、储藏室、学习室、细胞室、走廊	诊室、走廊

6、开展本项目的技术能力

（1）检测仪器设备配置

本项目实施后拟配置 1 台辐射剂量巡测仪；加速器机房安装固定式剂量率检测设备；两个 DSA 机房各配备一台个人剂量报警仪。

（2）辐射工作人员配置计划

表 1-4 拟配置辐射工作人员一览表

场所	规模	人员配置	人员资质要求	人员配置规定
直线加速器机房	10 人	技师 4 人 医师 3 人 物理师 2 人 护士 1 人	放疗医师应至少 1 名拥有副高级或以上本专业技术职务任职资格，且具有 5 年或以上放射治疗专业临床工作经验，至少 1 名拥有正高级放疗专业技术职称；物理师应至少 1 名拥有中级或以上本专业技术职务任职资格，或具有 5 年或以上医学物理工作经验的物理师；技师至少 2 名具有 2 年或以上放疗工作经验。	《北京市卫生健康委员会关于印发乙类大型设备装置准入标准的通知》：每年治疗患者人数在 500 名以内的，至少配置 3 名医师、4 名技师、2 名物理师，至少 1 名护士。
DSA1、DSA2 机房	10 人	技师 4 人 医师 4 人 护士 2 人	/	/

本项目拟配置辐射工作人员共 20 人，本项目开展后，除直线加速器 4 名技师兼职 DSA 技师外，其他人员专人专岗，工作不交叉。

7、实践正当性分析

三博脑科医院使用射线装置项目的建设内容符合医院业务规划，在采取合理

的辐射安全措施后，项目运行过程中产生的电离辐射对周边环境和人员的影响满足现行标准、法规要求，该院为专科医院，借助这些医学诊疗技术，将极大的充实朝阳区神经科学临床领域，从一定程度上缓解北京东部地区百姓在神经系统疾病就医难的问题，满足了患者就医需要，具有良好的社会效益和经济效益，所获得的利益远大于其可能产生的损害，因此本项目符合辐射实践正当性原则。

8、选址可行性分析

三博脑科医院拥有本项目所在地块的土地使用权，并取得了该地块建设工程规划许可证（附件3），证号：2023规自（朝）建字0003号。核技术利用项目50m评价范围内为道路及医院内部用地，医院产权明晰，符合规划要求，因此，本项目选址可行。

表 2 放射源

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

注：放射源放射性中子源，对其说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封性放射性物质

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：日等效操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

(一)加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量(MeV)	额定电流(mA)/ 剂量率(Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用电子 直线加速 器	II 类	1	Elekta Infinity	电子	X 线≤10MV 电子线≤18MeV	X 线：常规模式 6MV、10MV 均为 600cGy/min，高剂量率模式 6MV 为 1400 cGy/min；10MV 为 2200cGy/min；电子线：600cGy/min (距靶 1m 处常用最高剂量率)	放射治 疗	医疗综合楼南 楼负二层放疗 科电子直线加 速器机房	额定电压/额 定电流 (150kV/500 mA)

(二)X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析仪等用途

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	DSA1	II 类	1 台	Artis Q biplane	125	1000	介入手术、 诊断	医疗综合楼南 楼一层急诊科 DSA1 机房	双球管
2	DSA2	II 类	1 台	Artis Q ceiling	125	1000	介入手术、 诊断	医疗综合楼北 楼二层手术中 心 DSA2 机房	单球管

(三)中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》2015 年 1 月 1 日起实施； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 修订版），2018 年 12 月 29 日施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》2003 年 10 月 1 日起实施； (4) 《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 2 日起实施； (5) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019 年修订版，生态环境部令 第 7 号，2019 年 8 月 22 日起施行）； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版）； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部第 18 号令），2011 年 5 月 1 日起实施； (9) 《关于发布“射线装置分类”的公告》，2017 年 12 月 5 日起实施； (10) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环保部，环办辐射函[2016] 430 号； (11) 《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》，2012 年 1 月 1 日施行。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）； (2) 《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (4) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分》（GBZ/T201.1-2007）； (5) 《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）； (6) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；

	(7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (8) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (9) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）； (10) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； (11) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）； (12) 《工作场所有害因素职业接触限值 化学有害因素》（GBZ2.1-2019）； (13) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)。
其它	(1) 三博脑科医院提供的与本项目相关的技术资料； (2) 医院提供的核技术利用项目防护设计图纸及方案； (3) 《辐射防护导论》； (4)《辐射所致臭氧的估算与分析》(中华放射医学与防护杂志 VoL14, 2, P101, 1994)； (5) IAEA188《电子直线加速器工作的辐射安全问题》； (6) 《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》； (7) 《辐射防护手册第三分册 辐射安全》； (8) 生态环境部（国家核安全局）监督检查技术程序（2020 版）。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

1、评价关注问题

- (1) 使用 II 类射线装置是否满足国家相关标准的要求。
- (2) 辐射安全管理情况及污染防治措施是否满足新增辐射工作场所的要求。

2、评价因子

主要为 X 射线。

3、评价目的

(1) 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院 709 号令）和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019 年修订版，生态环境部令第 7 号，2019 年 8 月 22 日起施行），对该医院核技术利用建设项目进行环境影响评价，以掌握其辐射工作场所周围的辐射水平。

(2) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

(3) 满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为该项目的辐射环境管理提供科学依据。

4、评价范围

按照《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》（HJ10.1-2016）的规定“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”的要求，确定本项目评价范围为直线加速器机房及 DSA 机房周围 50m 区域，评价范围详见图 7-1。

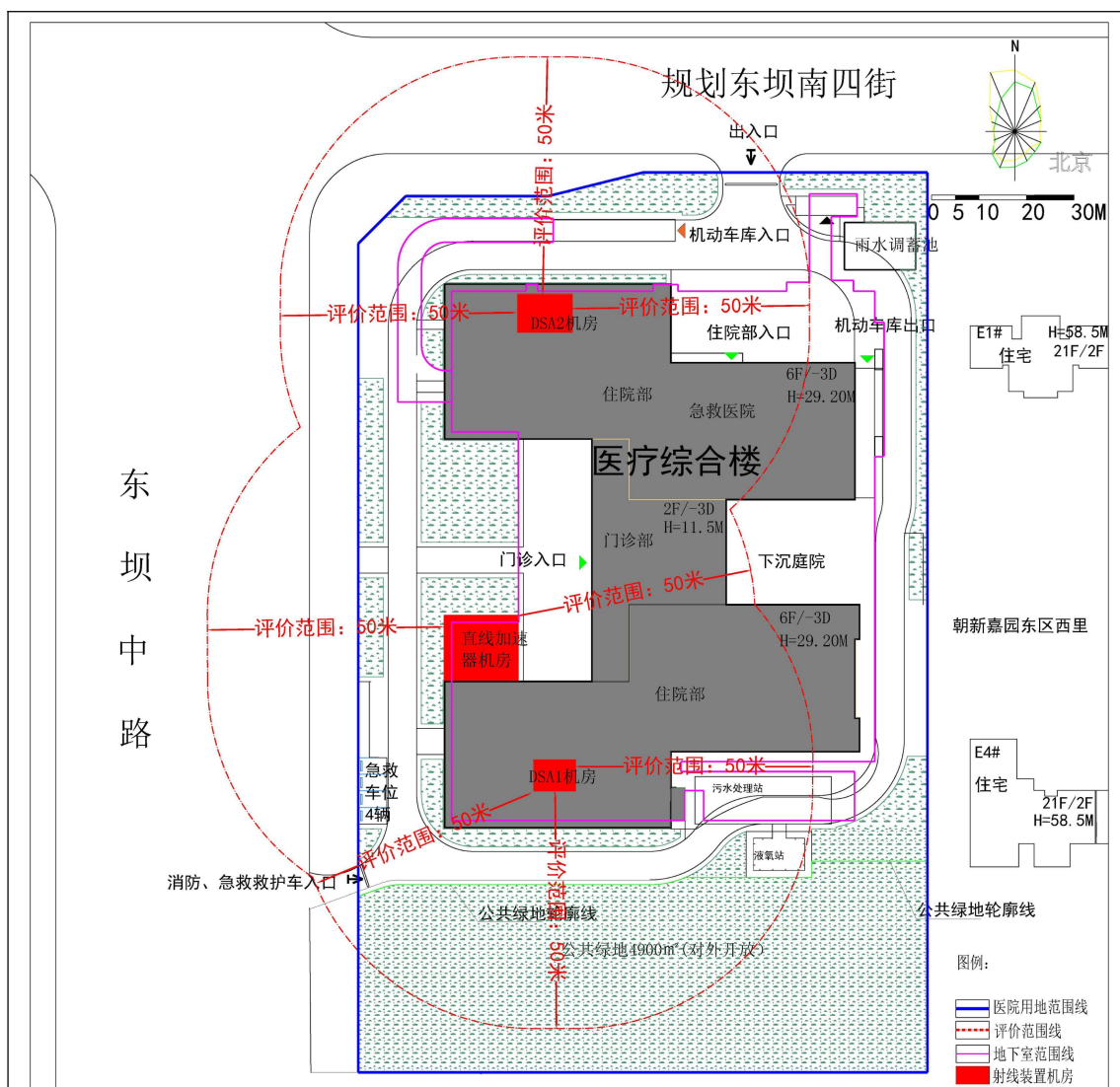


图 7-1 本项目评价范围示意图

5、保护目标

本项目射线装置分别布置在医疗综合楼南楼地下二层西侧放疗科、南楼一层西侧急诊科、北楼二层西侧手术中心。本项目评价范围内的保护目标主要为该医院从事放射诊断、治疗、检查的工作人员、陪护人员、辐射工作场所周围其他非辐射工作人员和医院周围活动的公众成员。项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 主要保护目标分布情况表

分类	方位		敏感目标名称	距离 (m)	人数	保护对象
医疗综合楼建筑内敏感点	地下二层 (电子直线加速器机房)	东侧	更衣室、走廊、控制室、设备间、诊室、放射科、停车场等	0-50m	约 50 人	职业照射、公众
		北侧	土层	/	/	/
		西侧	土层	/	/	/
		南侧	排风机房、消防泵房、	0-50m	流动人员	公众

			档案室、库房、土层			
		正上方	土层、绿地	/	/	/
		正下方	土层	/	/	/
	一层 (DSA1 机房)	东侧	操作间、急诊科等	0-50m	约 50 人	职业照射、公众
		北侧	污洗间、设备房、准备室、急诊科、门诊大厅等	0-50m	约 50 人	公众
		西侧	走廊、抢救室、护士站、器械库、治疗室等	0-18m	约 10 人	公众
		南侧	走廊、办公室、会议室	0-7m	约 5 人	公众
		正上方	无菌库房、洁净走廊、手术室	/	约 5 人	/
		正下方	住院药房、走廊	/	约 5 人	/
	二层 (DSA2 机房)	东侧	控制室、走廊、库房、贮血室、办公室等	0-50m	约 20 人	职业照射、公众
		北侧	走廊	0-2m	流动人员	公众
		西侧	设备间、洁具间、走廊、存放间等	0-16m	约 5 人	公众
		南侧	楼梯间、一次性物品存放间、库房、弱电间、手术室等	0-50m	约 20 人	公众
		正上方	更衣室、储藏室、学习室、细胞室、走廊	/	约 5 人	公众
		正下方	诊室、走廊	/	约 5 人	公众
	地下三层		设备机房、停车场、库房等	/	流动人员	公众
	地下一层		影像科、餐厅、机房、换热站、变配电室等	/	约 300 人	公众
	三层~六层		诊室、办公室、会议室、病房等			
	楼外 敏感 点	北侧	医院绿地、医院道路、规划东坝南四街	2-50m	流动人员	公众
		西侧	医院绿地、医院道路、东坝中路	16-50m	流动人员	
		南侧	医院绿地、医院道路	7-50m	流动人员	

评价标准

1、基本标准

(1) 基本剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值列于表 7-2。

表 7-2 个人剂量限值（GB18871-2002）

辐射工作人员	公众关键人群组成员
连续五年平均有效剂量 20mSv, 且任何一年有效剂量 50mSv	年有效剂量 1mSv; 但连续五年平均值不超过 1mSv 时, 某一单一年可为 5mSv
眼晶体的当量剂量 150mSv/a 四肢或皮肤的当量剂量 500mSv/a	眼晶体的当量剂 15mSv/a 皮肤的当量剂量 50mSv/a

（2）剂量约束值

对职业照射，本项目介入手术操作人员取 **5mSv/a** 作为剂量约束值，其余辐射工作人员职业照射剂量不超过 **2mSv/a**；公众照射剂量不超过 **0.1mSv/a**。

2、剂量率控制水平

射线机房周边墙体(含防护门)30cm 处、机房上方 30cm 处的辐射剂量率均不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

3、X 射线设备机房防护设施的技术要求

（1）辐射管理分区

①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。

②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）直线加速器机房辐射安全与防护要求

①相关位置（例如加速器机房入口处上方等）应安装醒目的辐射指示灯及辐射标志。

②管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。

③控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、加速器机房和迷道区域

情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。

④医用电子直线加速器机房（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并有异常情况下报警功能，其显示功能设置在控制室内或机房门附近。

⑤加速器机房应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能。

⑥加速器机房应设置门—机/源联锁装置，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。

⑦应在放射治疗设备的控制室、加速器机房迷道出入口及防护门内侧、加速器机房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。

（3）DSA 机房辐射安全与防护要求

①X 射线设备机房（照射室）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；

②每台 X 射线机（不含移动式 and 携带式床边摄影机与车载 X 射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-3 要求。

表 7-3 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线设备 ^a (含 C 形臂，乳腺 CBCT)	20	3.5
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

③X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 7-4 要求。

表 7-4 介入 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）	非有用线束方向铅当量（mm）
介入 X 射线设备机房	2	2

b) 应合理设置机房的门、窗和管线口位置，机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。设于多层建筑中的机房（不含顶层）顶棚、地板应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。

④机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

⑤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患者和受检者状态。

⑥机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1、监测内容

2024 年 10 月 12 日，北京华博天地检测技术有限公司对三博脑科医院辐射工作场所进行了 γ 辐射剂量率的本底监测，检测报告见附件 6。

2、监测方法

监测方法按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）进行。

3、监测仪器

表 8-1 监测一期参数列表

仪器名称	仪器型号	仪器编号	测量范围	有效日期	校准证书编号
X、 γ 剂量率仪	GH-102A	YQ-061	0.01~10 μ Gy/h	检定有效期至 2024 年 12 月 15 日	DLjl2024-03311

4、监测时间与环境条件

监测时间：2024 年 10 月 12 日

环境条件：天气：晴；环境温度：23.6℃；相对湿度：34%RH

5、质量保证措施

- （1）合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- （2）监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- （3）监测仪器经计量部门检定,检定合格后方可使用。
- （4）由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- （5）监测报告严格实行三级审核制度，经过审核，最后由授权签字人签发。

6、监测结果及分析

本项目射线装置机房及周围环境地表 γ 辐射剂量率监测结果见表 8-2。

表 8-2 机房及周围 γ 辐射剂量率监测结果

编号	点位描述	γ 辐射剂量率** (μ Gy/h)
1	东院墙外 1m	0.0658
2	南院墙外 1m	0.0658
3	北院墙外 1m	0.0564
4	西院墙外 1m	0.0752

5	医院中部空地	0.0658
---	--------	--------

注：表中数据未扣除仪表对宇宙射线响应值。

由表 8-1 可知，拟建项目周边（室外） γ 辐射剂量率范围为（56.4~75.2）nSv/h，最大值出现在医院西院墙外。根据《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究》（1983-1990），北京市环境陆地道路的 γ 辐射水平为（14.7~105）nGy/h。本项目拟建场所及周围 γ 辐射剂量率处于北京市辐射环境天然本底范围之内，项目区域 γ 辐射剂量率本底水平未见异常。

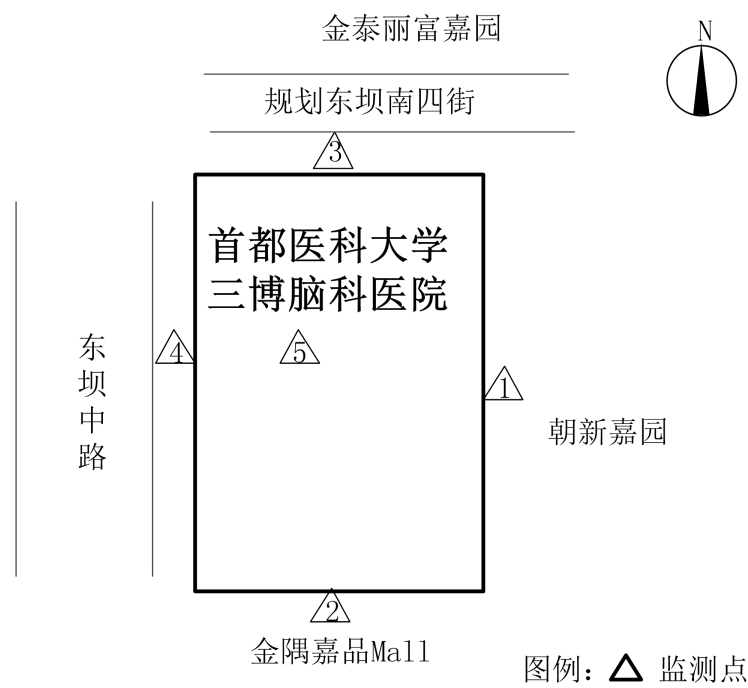


图 8-1 项目环境本底监测布点示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程分析

1、医用电子直线加速器

(1) 工作原理

本项目加速器工作原理为电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，经调制、准直后射向患者病灶；或者通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。因此，医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射，也可利用 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。

医用电子直线加速器放射治疗分为常规放射治疗和高剂量率放射治疗，高剂量率放射治疗是在一定的照射方向上，通过多叶光栅等部件调整照射野的形状、大小、位置以形成优化的适宜分布来实现患者的三维立体放射治疗计划。

本项目直线加速器意向采购医科达公司 Elekta Infinity 型直线加速器，加速器最大 X 线能量≤10MV，电子线能量≤15MeV 的直线加速器。医院直线加速器技术参数见表 9-1。

表 9-1 医院拟购医用直线加速器技术参数一览表

参数名称	参数值描述		
能量	X 射线：6MV（常规模式、）	40cm× 40cm	剂量率：0-600cGy/min
	X 射线：6MV（FFF 模式）		高剂量率：1400cGy/min
	X 射线：10MV	40cm	剂量率：0-600cGy/min
	X 射线：10MV（FFF 模式）		高剂量率：2200cGy/min
	电子线：4、6、8、10、12、15MeV	25cm× 25cm	剂量率：0-600cGy/min
射线最大出射角	28°（等中心点每侧 14°）		
源轴距 SAD	1m		
距靶 1m 处最高剂量率	常规模式：6MV、10MV 均为 600cGy/min（ $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ） FFF 模式：6MV：1400cGy/min（ $8.4 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ） 10MV：2200cGy/min（ $1.32 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ） 电子线：600cGy/min		
泄漏 X 射线	≤0.1%		
机架旋转	360°		
靶材料	钨靶		
等中心点离地高度	124.5±0.5cm		

CBCT	X 线额定电压/额定电流（150kV/500mA）
------	---------------------------

本项目拟购置医用直线加速器外观及结构示意图见图 9-1。

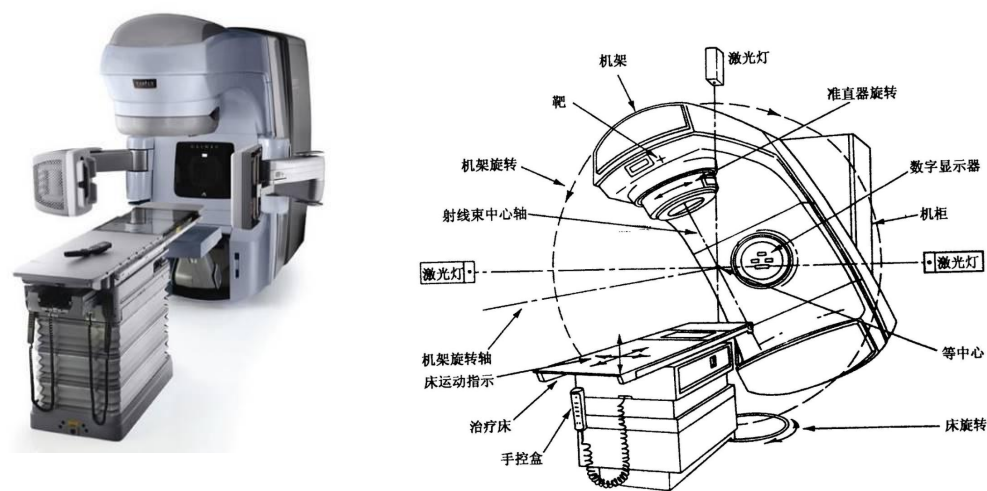


图 9-1 典型医用直线加速器外观及结构示意图

（2）工作流程

医用电子直线加速器进行肿瘤放射治疗的基本流程为：

- ①模拟定位：先通过模拟定位 CT 对患者的病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和射野大小，拍片定位；
- ②候诊登记：对已做模拟检查的患者进行登记候诊；
- ③计算射线强度：根据患者所患疾病性质、部位和大小确定照射剂量和照射的时间；
- ④摆位准备：在利用加速器进行治疗时需对患者进行定位、标记，调整照射角度及视野；
- ⑤实施照射：根据已制定的诊疗计划，实施照射；
- ⑥治疗结束。

加速器工作人员进行肿瘤放射治疗时正常的开机治疗程序为：

- ①佩戴个人剂量计、检查门机联锁等设备工作状态；
- ②核对病人的姓名和治疗数据，仔细按治疗单要求摆位，除病人外全部离开加速器机房，关闭机房门。
- ③选择运行模式。
- ④输入治疗参数。
- ⑤确认后开始治疗。

⑥治疗中通过监控系统监视病人情况和机器运行情况，一旦发现异常，立即采取停机、停束等措施，并及时报告维修、物理人员，做好记录。

医用加速器放疗工作流程见图 9-2。

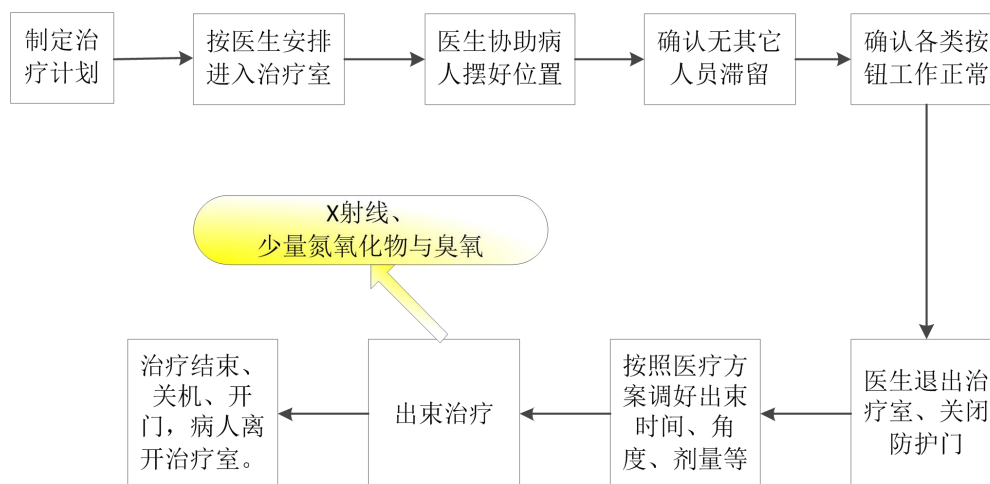


图 9-2 医用加速器放疗工作流程图

2、DSA

(1) 工作原理

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

数字减影血管造影技术是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA 的成像基本原理为：将 X 射线机对准人体的某一部位，并将 X 射线造影剂注入人体的血管内。如果在注入造影剂的前后分别摄取这同一部位的 X 射线图像，然后再将这两幅图像相减，那么就可以消除图像中相同结构的部分，而突出注入造影剂的血管部分。DSA 在临床中已成功的用于血管网络的功能检查。

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

而介入治疗是在医学影像设备（主要是DSA）的引导下，通过置入体内的各种导管（约1.5-2毫米粗）的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。

介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点，目前，基于DSA指导的介入治疗医生已能把导管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构（消化道、胆道、气管、鼻管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

本项目DSA意向采购德国西门子公司Artis Q biplane型（双管球）、Artis Q ceiling型（单管球）设备，设备管电压 $\leq 125\text{kV}$ ，管电流 $\leq 1000\text{mA}$ 。DSA外观示意图9-3。



图 9-3 典型双管球 DSA 外观图

（2）工作流程

DSA 在进行曝光时可分为减影（摄影）和透视两种情况，减影是操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流；透视是病人需进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅帘后身着铅服、铅眼镜在检查室内对病人进行直接的介入手术操作。具体工作流程如下：

①术前准备：包括手术器械台的准备和操作台的准备。

②开机准备：检查设备是否正常，如有异常，待恢复正常状态后开机。确定手术诊疗部位，根据手术部位选择对应程序，根据患者检查部位调整设备位置。

③穿刺置鞘：在手术部位进行局部麻醉后，通过细针将导丝插入血管中，导

丝作用是曝光下引导合成导管到达需要的位置。

④造影：在血管中注射造影剂后，进行曝光拍片，可以显示不同器官的血管。造影结束后，对相关图像进行存档，关闭系统。

⑤术后恢复：术后拔鞘，按压穿刺部位15-20分钟，松开观察5分钟，无出血后加压包扎。

本项目 DSA 工作流程及产污环节图如下。

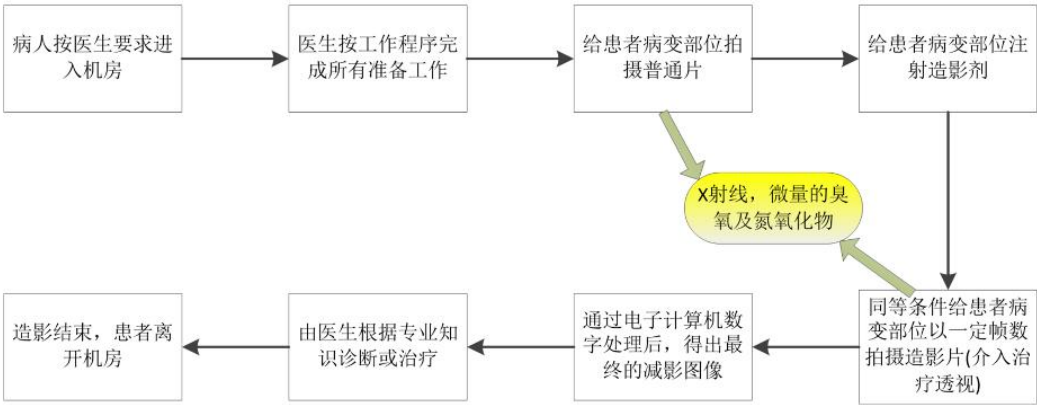


图 9-4 DSA 工作流程及产污环节示意图

污染源项描述

1、医用电子直线加速器

(1) X 射线外照射

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。

《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分》（GBZT201.1-2007）中给出当直线加速器 X 射线能量大于 10MV 时考虑中子辐射，该院拟新增的直线加速器 X 射线最大能量为 10MV，故本项目直线加速器评价时不考虑中子，仅考虑 X 射线。由于 X 射线的贯穿能力极强，可能对工作人员、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，因此一般用来治疗浅表层病症。

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。

由此可见，加速器产生的辐射源项主要为 X 射线。

(3) 放射性废气及其他有害气体

在放射治疗过程中，加速器机房内产生少量感生放射性气体。此外空气中的 O₂ 和 N₂ 分别在 X 射线的作用下，生成自由基，与空气中的 O₂ 和 N₂ 结合，生成 O₃ 和 NO_x，它们是与辐射相关的非辐射危害因素。

(4) 放射性废水

在加速器的冷却循环水中，可能会形成一定的放射性。由于放射量很小，只需静置较短时间其活度就可衰减到可忽略水平。

(5) 放射性固废

加速器在报废时，会产生废靶，对于拆卸下来的废靶，请有资质的单位检测，如果满足清洁解控要求，按普通物品处理，如不满足，按放射性废物送往北京市城市放射性废物库处置。

2、DSA

(1) X 射线外照射

在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，对医务人员和公众产生外照射。

(2) 有害气体

在开机并处于出束状态时，会使空气电离产生少量的 O₃ 和 NO_x。

层厚度 2.5m。机房屏蔽防护参数见表 10-1。其屏蔽设计平面及剖面图见图 10-2。

表 10-1 射线装置机房屏蔽参数

分类			设计厚度及材料	宽度
直线加速器机房	南墙	主屏蔽	3200mm 混凝土	5.9m
		次屏蔽	1800mm 混凝土	/
	北墙	主屏蔽	3200mm 混凝土	5.9m
		次屏蔽	1800mm 混凝土	/
	西墙		1600mm 混凝土	/
	东墙	迷路内墙	1500mm 混凝土	/
		迷路外墙	1400mm 混凝土	/
	防护门		15mmPb+钢框架	/
	房顶	主屏蔽	3200mm 混凝土（与地面间土层厚度 2500mm）	5.9m
		次屏蔽	1800mm 混凝土	/
	机房面积	机房内东西长 8m，南北短边宽 7.6m，迷道宽 2.1m，内净面积约为 99m ²		

注：混凝土的密度为 2.35g/cm³，土层密度为 1.65g/cm³，铅的密度为 11.34g/cm³

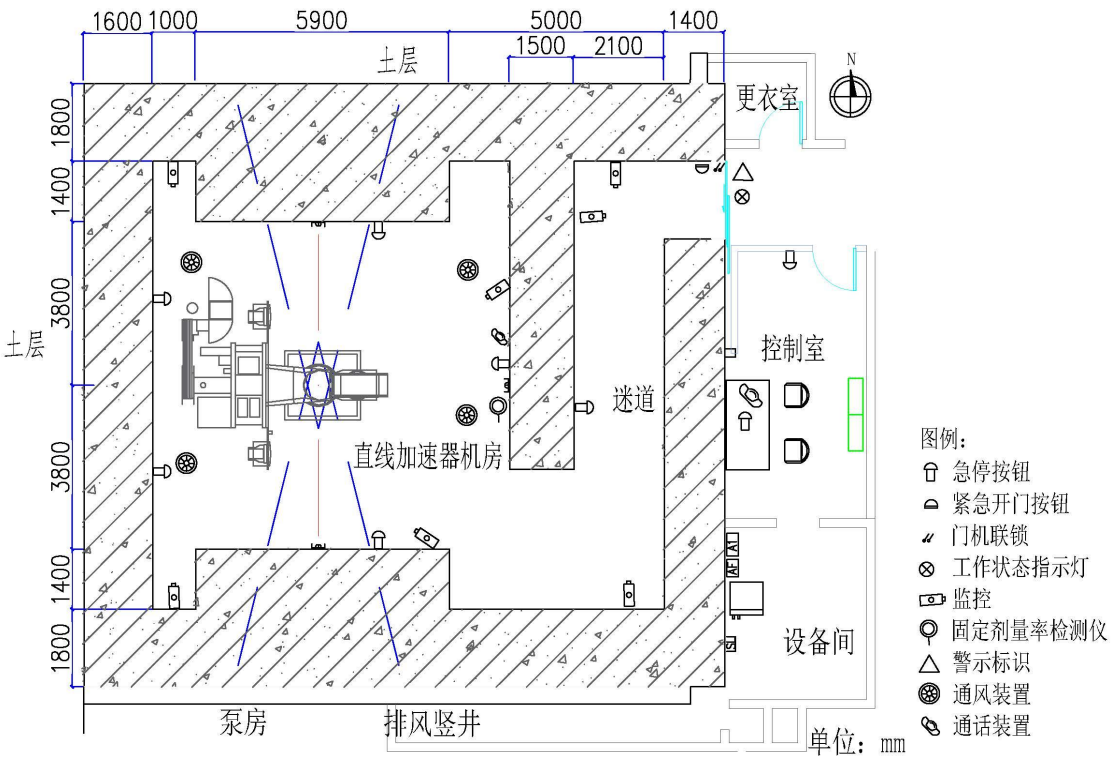


图 10-2 直线加速器屏蔽防护措施示意图（平面图）

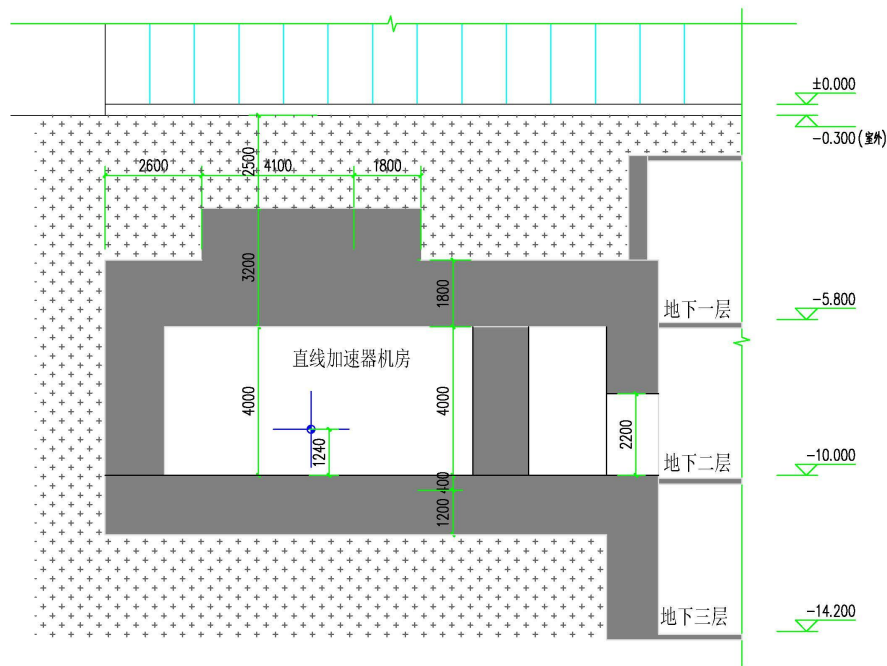


图 10-3 直线加速器屏蔽防护措施示意图（立面图）

（3）辐射安全和防护措施

1) 直线加速器机房入口处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。

2) 直线加速器机房防护门拟设置门机联锁装置，只有当防护门完全关闭后才能开启加速器，在加速器出束状态下意外打开防护门，立即停止出束，关上门不能自动开始出束。

加速器联锁系统逻辑图见图 10-4 所示。

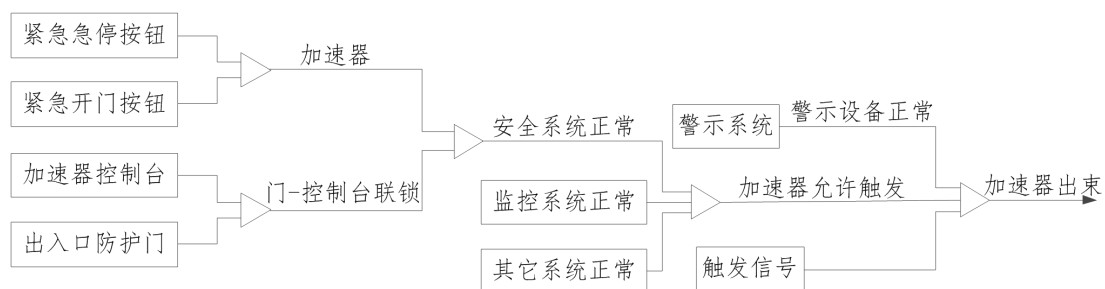


图 10-4 加速器机房联锁系统逻辑图

3) 直线加速器机房和控制室内拟设置紧急停机按钮（7 个），便于操作人员及误入人员在发生紧急情况时能及时切断系统电源。紧急停机按钮位置分别设置在：控制室控制台、加速器机房四周墙壁、加速器机房迷道等。

4) 直线加速器机房配备电视监控（7 个监控摄像头）及对讲系统，在治疗过程中医务人员可以及时观察病人情况，与病人交流，防止意外情况的发生。

5) 机房门与两侧墙壁搭接处 $\geq 200\text{mm}$, 保证射线不会从缝隙中泄露到机房外, 电动防护门具有防夹人功能, 停电时能够手动开启, 使病人安全转移。

6) 加速器机房内安装声像监控系统, 监控加速器机房、及迷道内情况, 防止误照射事故发生。机房内配备有对讲系统, 以便和控制室内人员进行交流。在控制室内设置数显式剂量率仪表(探头设置于迷路墙上), 供工作人员掌握机房内剂量率水平。

7) 控制台设有控制钥匙锁定开关, 只有经过授权的医务人员才能使用钥匙开关开启控制台。加速器控制台设置复位确认按钮, 联锁触动停机后须人工复位才能重启加速器。

8) 加速器机房内安装通风换气系统, 送风口 2 组, 位于机房吊顶东端, 吸风口 2 组, 位于西墙地上 0.3m 处。换气次数不低于 4 次/h。通风换气系统平面图见图 10-5。

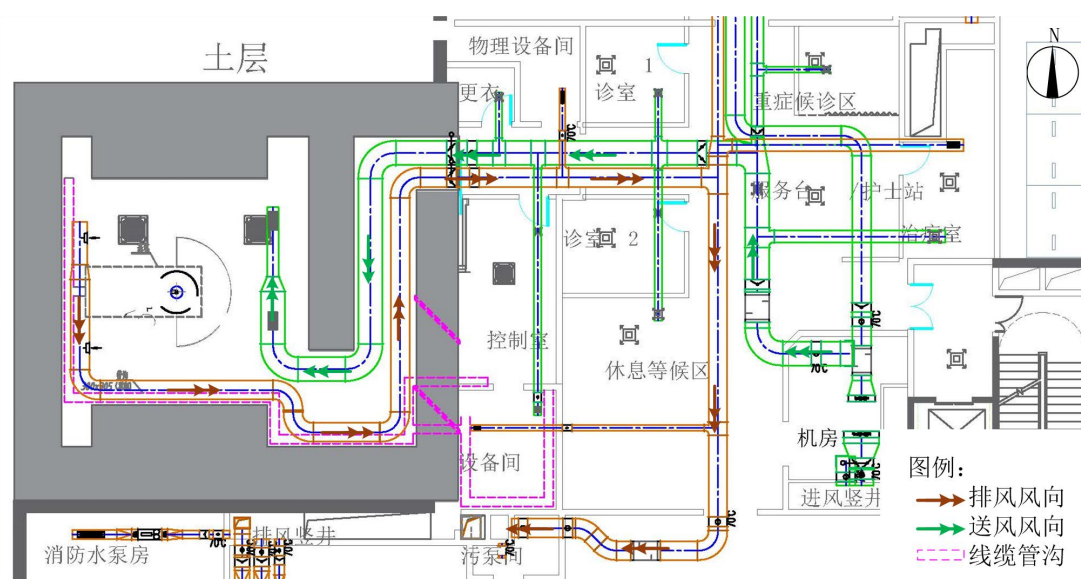


图 10-5 加速器机房通风换气系统平面示意图

9) 加速器机房安装应急照明装置, 设火灾自动报警装置, 配有灭火器材。

10) 加速器机房排风管道与屏蔽墙(防护门顶部)呈斜 45° 穿过; 加速器机房线缆沟与屏蔽墙呈“U”型于墙底穿过, 且穿墙出口处皆采取铅板覆盖, 不会使有用线束和泄露射线直接射向机房外。

12) 安排专人负责个人剂量监测管理, 建立辐射职业人员个人剂量档案。个人剂量档案应当终生保存。

根据生态环境部(国家核安全局)《医用电子直线加速器使用场所监督检查

技术程序》（2020 版），表 10-2 列出了对加速器机房安全与防护设施设计要求。

表 10-2 加速器机房安全与防护设施设计要求

序号	项目	内容	是否拟设置	备注
1*	A 控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	√	
2*		控制台有紧急停机按钮	√	
3*		视频监控与对讲系统	√	
4*		治疗室门与高压联锁	√	
5*	B 警示 装置	入口电离辐射警告标志	√	
6*		入口有加速器工作状态显示	√	
7*		工作场所分区及标识	√	
8*	C 治疗室紧急设施	屏蔽门内开门按钮	√	
9		治疗室门防夹人装置	√	
10*		治疗室内有紧急停机按钮	√	
11*		紧急照明或独立通道照明系统	√	
12*		治疗床有紧急停机按钮	√	
13	D 监测 设备	治疗室内有固定式剂量率仪	√	
14*		便携式辐射监测仪器仪表	√	
15*		个人剂量报警仪	√	
16*		个人剂量计	√	
17*	E	个人辐射防护用品	√	
18	其他	通风系统	√	

注：加*的项目是重点项。

2、DSA 机房

（1）工作场所布局与分区

本项目 DSA 机房位于医疗综合楼一层东北侧，DSA 机房设有 DSA 机房（手术室）及控制室、设备间等其他辅助用房，手术室与控制室、设备间等辅助用房分开设置，区域划分明确，布局合理。

医院拟将 DSA 机房作为控制区，将控制室作为监督区。以上划分依据 GB18871-2002 辐射工作场所的分区规定：控制区是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；监督区应符合控制区相邻区域、非职业照射人员不得入内、需要经常对职业照射条件进行监督和评价等条件。DSA 机房控制区与监督区的划分及医患人员路径见图 10-6。

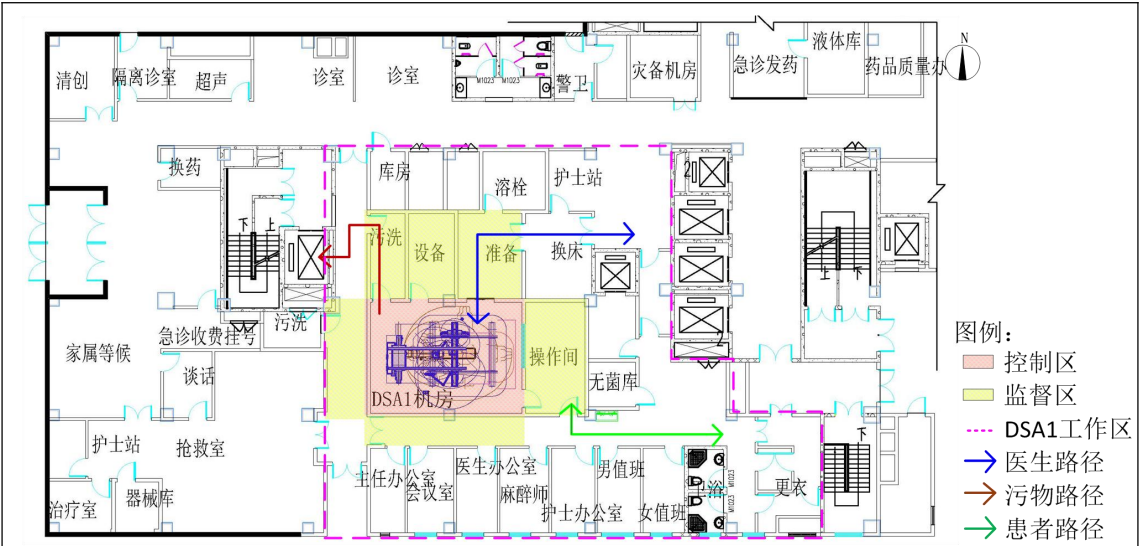


图 10-6 DSA1 机房控制区、监督区划分及医患人员路径示意图

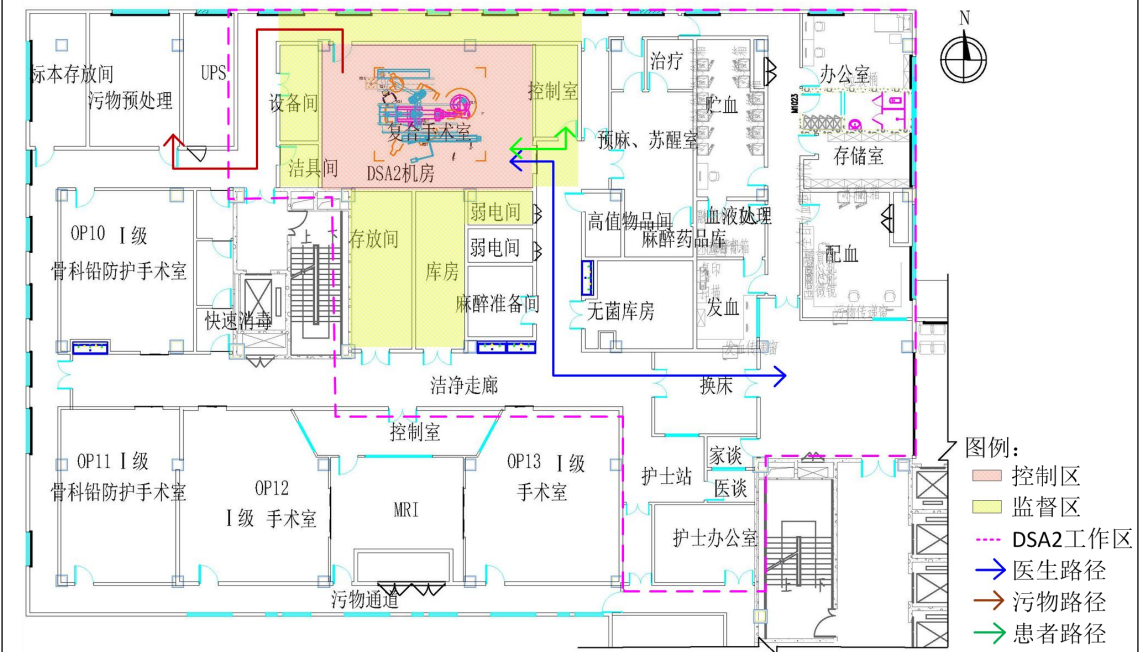


图 10-6 DSA2 机房控制区、监督区划分及医患人员路径示意图

(2) 辐射防护设计

辐射防护设计方案为：DSA1、DSA2 手术室四周墙体为 3mmPb 铅板，顶部 150mm 厚混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥防护，地面 150mm 厚混凝土楼板+3mmPb 硫酸钡水泥防护，防护门和观察窗等效厚度均为 3mmPb。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 D，对于 125kV 的非有用线束，147mm 厚混凝土即达到 2mm 铅当量，150mm 厚混凝土屏蔽效果大于 2mm 铅当量。DSA 手术室辐射防护屏蔽材料、屏蔽厚度及所对应的等效屏蔽效果见表 10-3。

表 10-3 DSA 手术室辐射防护屏蔽设计一览表

场所名称	屏蔽方位	屏蔽材料及屏蔽厚度	等效屏蔽效果
DSA1 手术室	四周墙体	3mm 厚铅板	3mm 铅当量
	顶部、地面	150mm 厚混凝土楼板+3mmPb 硫酸钡水泥	5mm 铅当量
	医生、患者、污物防护门	3mmPb 厚铅门	3mm 铅当量
	观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mm 铅当量
	手术室面积	DSA1 室内东西净长 8.35m、南北净宽 6.1m，内净面积约为 50.9m ²	
DSA2 手术室	四周墙体	3mm 厚铅板	3mm 铅当量
	顶部、地面	150mm 厚混凝土楼板+3mmPb 硫酸钡水泥	5mm 铅当量
	医生、患者、污物防护门	3mmPb 厚铅门	3mm 铅当量
	观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mm 铅当量
	手术室面积	DSA 室东西净长 11.25m、南北净宽 7.6m，内净面积约为 85.5m ²	

注：混凝土的密度为 2.35g/cm³，土层密度为 1.65g/cm³，铅的密度为 11.34g/cm³。

由表 10-3 可知，本项目两间 DSA 手术室四周墙体、顶部、防护门、观察窗及地板屏蔽厚度均不小于 3mm 铅当量，均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）“介入 X 射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度不小于 2mm 铅当量”的要求。

本项目 DSA 手术室最小单边长度为 6.1m、最小内净面积约为 50.9m²，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“最小单边长度应不小于 3.5m、最小有效使用面积应不小于 20m²”的要求。

（3）辐射安全和防护措施

① DSA 手术室防护门表面拟设置电离辐射警告标志，提醒无关人员勿靠近机房或在附近逗留；

② DSA 手术室病人通道防护门上方拟设置工作状态指示灯，且工作状态指示灯与病人通道防护门有效联动，防止无关人员误入机房，导致误照射；

③ DSA 手术室的病人通道防护门设有感应式开门功能，并有延时自动关闭功能，防夹装置为红外感应。

④ DSA 场所拟配备 2 套防护铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅帽、铅手套等个人防护用品。

⑤ 机房门与两侧墙壁搭接处均 $>200\text{mm}$ ，保证射线不会从缝隙中泄露到机房外。

⑥ 机房安装有 4mm 铅当量的观察窗和语音提示系统，便于观察患者和受检者状态。

⑦ 配备便携式X、 γ 辐射监测仪，职业人员配备辐射防护用品。

⑧ 机房设置动力排风装置，保持良好通风。

⑨ 治疗机房内安装火灾自动报警装置，配备灭火器材。设置必要的应急照明设备和紧急出口标志。

⑩ 机房内不得堆放与设备诊断工作无关的杂物。

⑪ 手术床的床侧悬挂含 0.5mmPb 的床侧防护帘1个、 0.5mmPb 的床侧防护屏1个，床上悬挂可移动 0.5mm 铅当量的铅防护吊帘1个。

(4) 其他辐射安全措施

介入放射需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和医务人员来说辐射剂量较高，因此在评估介入放射的效应和操作时，其辐射损伤必须要加以考虑。由于需要医务人员在手术室内，X射线球管工作时产生的散射线对医务人员有较大影响，根据辐射防护“三原则”，医院还应在以下方面加强对介入放射的防护工作：

① 操作中减少透视时间和减少照相的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入人员在操作时应尽量远离检查床。

② 一般说来，降低病人的剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入人员的培训，包括放射防护的培训，参与介入的人员应该技术熟练、动作迅速，以减少病人和介入人员的剂量。

③ 所有在介入放射手术室内的工作人员，并不仅限于介入手术医生，而包括周围护理人员，都应开展个人剂量监测，佩带个人剂量计。医院应结合工作人员个人剂量监测的数据采取措施，控制和减少工作人员的受照剂量。

④ 引入的DSA及配套设备必须符合国际的或者国家的标准，满足各种特殊操作的要求，其性能必须与操作性质相符合；设备应该常规调节到满足低剂量的有效范围内，并尽可能提高图像质量。

⑤ 介入人员应该结合DSA设备的特点，了解一些降低剂量的方法，比如脉冲透视、优化滤线器、除滤线栅、图像处理、低剂量透视等方法。

⑥ 加强 DSA 设备的质量保证工作，设备的球管与发生器、透视和数字成像的性能以及其它相关设备应该定期进行检测。

⑦ 临床介入手术时，介入医生需站在 DSA 床边操作，仅依赖于医务人员身着铅衣、机器自带的铅帘等防护设备被动防护。一般来说，床下球管机对医务人员的辐射剂量，由头、颈、胸至腹部呈现剂量逐渐上升的趋势，故操作人员除个人防护用品（铅衣、铅围脖、铅帽及铅眼镜等）外，应着重考虑 X 射线机操作侧的屏蔽，该屏蔽要做到既不影响操作者的操作，又能达到防护目的。如：床上防护屏、床下帘幕、床侧帘幕等。以上组合屏蔽防护措施的使用，能够有效降低介入手术医务人员的吸收剂量，尤其是胸部以下部位屏蔽效果在 80%以上。

根据生态环境部（国家核安全局）《数字减影血管造影 X 射线装置（DSA）监督检查技术程序》（2020 版），表 10-4 列出了对加速器机房安全与防护设施设计要求。

表 10-4 DSA 机房安全与防护设施设计要求

序号	项目	内容	是否拟设置	备注
1*	A 场所设施	单独机房	√	
2*		操作部位局部屏蔽防护设施	√	
3*		医护人员的个人防护	√	
4*		患者防护	√	
5*		机房门窗防护	√	
6*		闭门装置	√	
7*		入口处电离辐射警告标志	√	
8*		入口处机器工作状态显示	√	
9*	B	监测仪器	√	
10*	其它	个人剂量计	√	

注：加*的项目是重点项，“√”为配置。

三废的治理

1、直线加速器机房

（1）放射性废气处理措施

直线加速器产生的电离辐射电离加速器机房内空气会产生少量臭氧和氮氧化物，加速器束流越大，其产生量越高。其中臭氧毒性最大，产生量也最高，氮氧化物还会与室内水汽作用形成酸雾腐蚀机房内设备。此外直线加速器机房会产生少量感生放射性废气，故机房需设置通风系统将工作中产生的废气及时排出室外。本项目加速器机房内设计有机械通风系统，进、排风管道从防护门上方的横

梁 45°斜穿墙进出，新风送风口（2 个）位于机房吊顶西侧，室内吸风口（共 2 个）距离地面约 30cm，2 个吸风口布设在东墙主屏蔽墙两侧。总排风口位于放疗室楼梯间房顶。本项目加速器机房最大容积约 365m³，机房通风换气次数大于 4 次/h。

（2）放射性废水处理措施

在加速器的冷却循环水中，可能会形成一定的放射性。其产生的放射性核素主要是 ¹⁵O 和 ¹⁶N。它们的半衰期分别为 2.1min 和 7.3s，由于放射量很小，只需静置较短时间其活度就可衰减到可忽略水平。

（3）放射性固体废弃物处理措施

加速器废靶主要活化产物为 ¹⁸¹W、¹⁸⁵W 和 ¹⁸⁷W，半衰期分别为 121d、75d 和 23.9h，根据 GB18871-2002 附录 A 给出的清洁解控水平，¹⁸¹W 为 1×10³Bq/g，¹⁸⁵W 为 1×10⁴Bq/g，¹⁸⁷W 为 1×10²Bq/g，更换下来的废靶，请有资质的单位检测，如果满足清洁解控要求，按普通物品处理，如不满足，按放射性废物送往北京市城市放射性废物库处置。

2、DSA 机房

DSA 在开机出束时，X 射线电离空气会产生少量的臭氧和氮氧化物，如未及时排出，将会对机房内人员及设备造成一定的影响。DSA 手术室内设计有中央空调通风系统，以排出机房内的臭氧和氮氧化物。臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响很小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目辐射工作场所随医院主体工程同步建设，医院主体工程的建設手續齊全，取得了北京經濟技術開發區環境保護局的批復《關於北京三博腦科醫院臨床研究醫院項目環境影響報告書的批復》（京環保審字[2019]0076 號）。本項目在建設階段對環境的影響及應採取的措施如下：

（1）大氣：項目施工期主要涉及土方工程、建築工程、裝修工程及安裝工程，機械和運輸車輛作業時排放廢氣和揚塵，但這些方面的影響僅局限在施工现场區域。針對上述大氣污染採取以下措施：**a.**洒水抑塵，及時清掃施工場地，並保持施工場地一定的濕度；**b.**車輛在運輸建築材料時盡量採取遮蓋、密閉措施，以減少沿途拋洒；**c.**施工路面保持清潔、濕潤，減少地面揚塵；**d.**使用商砦，避免現場攪拌帶來的揚塵污染。

（2）噪聲：整個建築施工階段，如打樁機、切割機、打磨機及載重車輛等在運行中都會產生不同程度的噪聲，對周圍環境造成一定的影響。在施工時嚴格執行《建築施工場界環境噪聲排放標準》（GB12523—2011）的標準，盡量使用噪聲低的先進設備，合理安排施工時間。

（3）固體廢物：項目施工期間產生的固廢主要有建築垃圾、裝修垃圾以及施工人員產生的生活垃圾，建築垃圾應設置專門的存放地點，設置圍擋並進行遮蓋，統一外運，不得隨意堆棄。施工期裝修垃圾和生活垃圾由環衛部門統一及時清運處理。

（4）廢水：項目施工期間產生的廢水主要為施工廢水及施工人員日常生活產生的生活污水。設置簡易排水系統，並設置簡易沉砂池，使產生的施工廢水經沉淀處理後重複回用。醫院內設化糞池，生活污水經化糞池預處理後，納入市政污水管網。

醫院在施工階段採取上述污染防治措施，將施工期的影響控制在醫院局部區域內，對周圍環境影響較小。

运行阶段对环境的影响

- （一）放疗科运行期辐射环境影响分析
- 1、直线加速器辐射环境影响分析

医院直线加速器机房主要由加速器机房、控制室及设备间等组成。加速器机房拟配备 1 台 X 射线能量不大于 10MV 的直线加速器。医院直线加速器配备 10 名工作人员，不参加其他辐射工作，无剂量叠加情况。加速器机房工作人员的剂量预测按 10 名工作人员满岗进行，不进行分摊。

医院拟配备的直线加速器为 Elekta Infinity 型，X 射线最大能量 10MV，电子线最大能量 15MeV。常规模式：6MV、10MV 均为 600cGy/min ($3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)，高剂量率模式：6MV：1400cGy/min ($8.4 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)；10MV：2200cGy/min ($1.32 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)。医院治疗时不同能量使用情况：70% 为 6MV，30% 为 10MV 运行。本次环评计算 6MV（高剂量率模式）、10MV（高剂量率模式）运行时对机房周围辐射环境的影响，计算结果偏保守。加速器周围关注点位于屏蔽墙或门外 30cm 处，估算点位置见图 11-1。

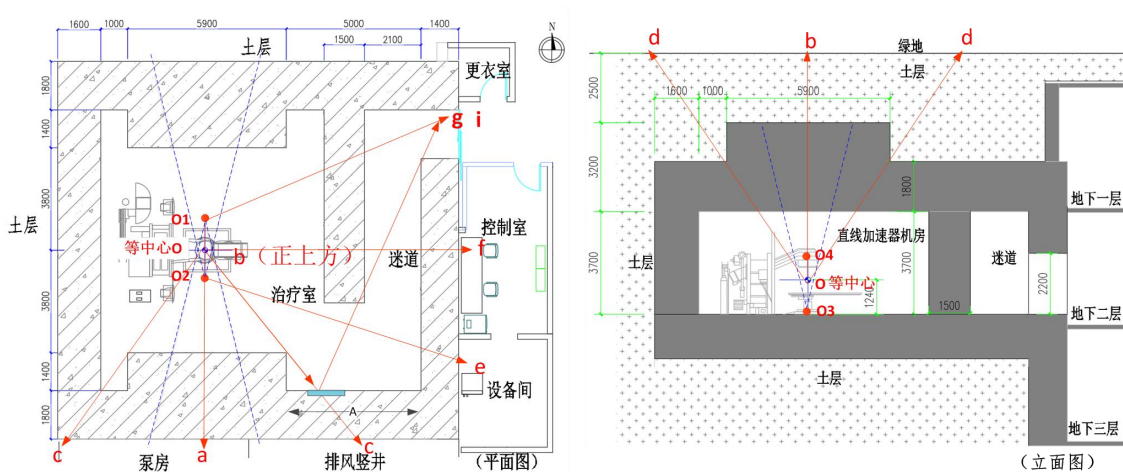


图 11-1 直线加速器周围关注点分布图

(1) 有用线束主屏蔽墙宽度核算

使用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）的相关公式计算有用线束主屏蔽墙的宽度。

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

- 式中， Y_p ——机房有用束主屏蔽墙的宽度，m；
- SAD ——源轴距，m；
- θ ——治疗束的最大张角（相对束中的轴线）；
- a ——等中心点至墙的距离，m。

将各参数代入公式 1 得出本项目的主屏蔽宽度，核算结果见表 11-1。

表 11-1 主屏蔽墙宽度设计核算结果

参数	放疗室东墙主屏蔽	屋顶主屏蔽
a (m)	3.8	5.655
SAD (m)	1	1
θ (°)	14	14
计算宽度 Yp (m)	2.99	3.92
设计宽度 (m)	5.90	5.90

由上表可知，加速器机房主屏蔽墙的宽度符合 GBZ/T201.1-2007 的要求。

(2) 主屏蔽墙屏蔽效果预测 (a 点、b 点)

射线路径：O1→a，O3→b。

主屏蔽墙屏蔽预测点位见图 11-2。

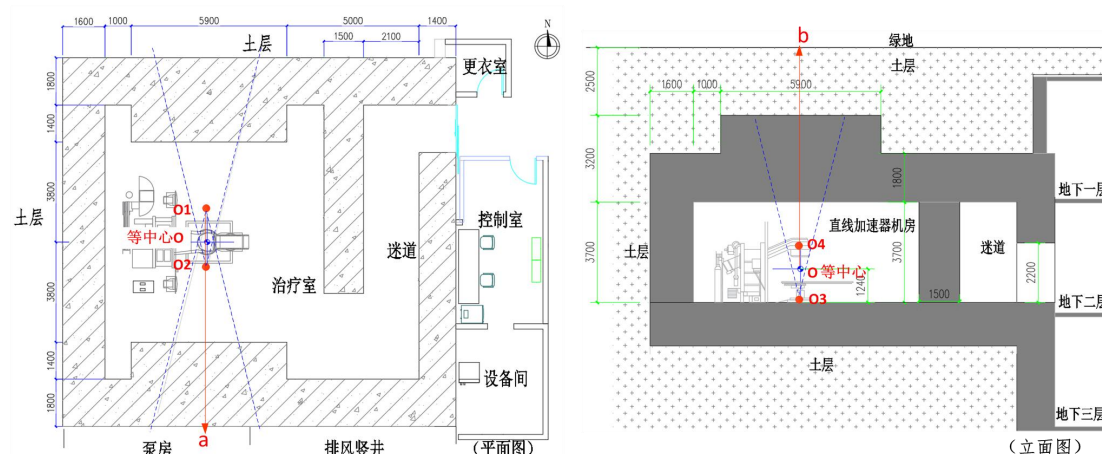


图 11-2 主屏蔽墙屏蔽效果预测示意图

使用 GBZ/T201.2 的相关公式计算有用线束主屏蔽核算，在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时，首先按照公式 2 计算有效厚度 Xe (cm)，然后按照公式 3 计算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B，最后按照公式 4 计算屏蔽体外关注点处的剂量率。

$$X_e = X / \cos\theta = X \cdot \sec\theta \dots\dots\dots \text{公式 2}$$

式中，X-屏蔽厚度，cm；

θ -斜射角。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \dots\dots\dots \text{公式 3}$$

式中，TVL1 (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，根据 GBZ/T 201.2-2011 的附录 B 表 B.1 取值。

$$H = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{公式 4}$$

式中， H_0 : 加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

R: 靶点至关注点的距离，m；

f: 对有用线束为 1。

将各参数代入模式计算，得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率，辐射剂量率计算参数和计算结果表 11-2。

表 11-2 主屏蔽墙外关注点辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	南墙主屏蔽（a 点）		顶部绿地（b 点）*	
	6MV（FFF）	10MV（FFF）	6MV（FFF）	10MV（FFF）
X（cm）	320	320	320*	320*
θ（°）	0	0	0	0
Xe	320	320	320	320
TVL（cm）	33	37	33	37
TVL1（cm）	37	41	37	41
B	2.66E-10	2.88E-09	4.4×10 ⁻⁹	4.27×10 ⁻¹⁰
R（m）	8.3	8.3	9.5	9.5
H ₀ （μSv·m ² /h）	8.4E+08	1.32E+09	8.4E+08	1.32E+09
H（μSv/h）	3.24E-03	5.52E-02	2.47E-03	4.21E-02
Hc（μSv/h）	2.5	2.5	2.5	2.5

注：*忽略机房上方覆土屏蔽效果，仅考虑机房混凝土屏蔽效果及距离衰减。

由上表可知，机房主屏蔽墙的设计厚度满足剂量率控制水平 2.5μSv/h 的要求。

（3）与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙的屏蔽效果预测（c 点、d 点）

与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙预测点位见图 11-3。

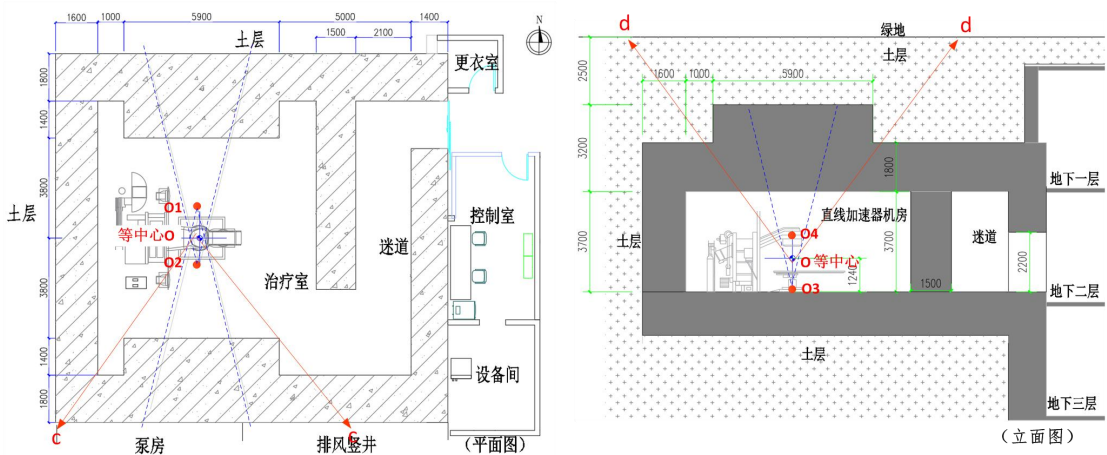


图 11-3 次屏蔽墙预测点位图

该区域需要同时计算泄漏射线和散射线，计算时，c 点、d 点处的斜射角与散射角θ均按 30°来估算。

① 泄漏辐射屏蔽计算射线路径：

射线路径：O→c，O→d。

泄漏辐射屏蔽结果通过公式 4 进行计算，其中 $f=0.001$ 。

② 散射辐射屏蔽计算

射线路径： $O1 \rightarrow O \rightarrow c$ ， $O3 \rightarrow O \rightarrow d$ 。

患者散射辐射屏蔽结果通过公式 5 进行计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot a_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \quad \dots\dots\dots \text{公式 5}$$

式中： H ：屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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

F ：治疗装置有用束在等中心点出的最大治疗野面积，本项目为 1600cm^2 ；

a_{ph} ：患者 400cm^2 面积上的散射因子；

R_s ：患者至关注点的距离， m 。

与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙外泄漏辐射与患者一次散射辐射的计算参数和计算结果见表 11-3。

表 11-3 与主屏蔽相连的次屏蔽墙外关注点辐射剂量率计算参数和计算结果

参数		南墙（c 点）		顶部绿地（d 点）*	
		6MV（FFF）	10MV（FFF）	6MV（FFF）	10MV（FFF）
泄 漏 辐 射	H_0 （ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ）	8.4E+08	1.32E+09	8.4E+08	1.32E+09
	X（cm）	180	180	180*	180*
	θ （°）	30	30	30	30
	Xe	208	208	208	208
	TVL（cm）	29	31	29	31
	TVL1（cm）	34	35	34	35
	B_L	1.012E-07	2.655E-07	1.012E-07	2.655E-07
	R（m）	8.43	8.43	10.97	10.97
	H_1 （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	1.20E-03	4.93E-03	7.06E-04	2.91E-03
散 射 辐 射	TVL（cm）	26	28	26	28
	Bs	1.012E-07	2.655E-07	1.012E-07	2.655E-07
	α_{ph}	2.77×10^{-3}	3.18×10^{-3}	2.77×10^{-3}	3.18×10^{-3}
	R_s （m）	7.27	7.27	9.82	9.82
	F（ cm^2 ）	1600	1600	1600	1600
	H_s （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	1.33E-03	8.92E-03	7.84E-04	5.26E-03
泄漏辐射和散射辐射的复合作用($\mu\text{Sv/h}$)		2.52E-03	1.38E-02	1.49E-03	8.18E-03
Hc（ $\mu\text{Sv/h}$ ） 剂量率控制水平		2.5	2.5	2.5	2.5

注：*忽略机房上方覆土的屏蔽效果，仅考虑机房混凝土屏蔽及距离衰减。

由上表可知，与主屏蔽相连的次屏蔽墙的防护效果满足剂量率控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

(4) 迷道外墙屏蔽效果预测（f 点、e 点）

加速器机房西侧墙外为土壤层，本次环评仅考虑加速器运行时机房迷道外墙的屏蔽效果。

射线路径： $O2 \rightarrow O \rightarrow f$ ， $O2 \rightarrow f$ ， $O2 \rightarrow O \rightarrow e$ ， $O2 \rightarrow e$ 。

迷道外墙屏蔽预测点位见图 11-4。

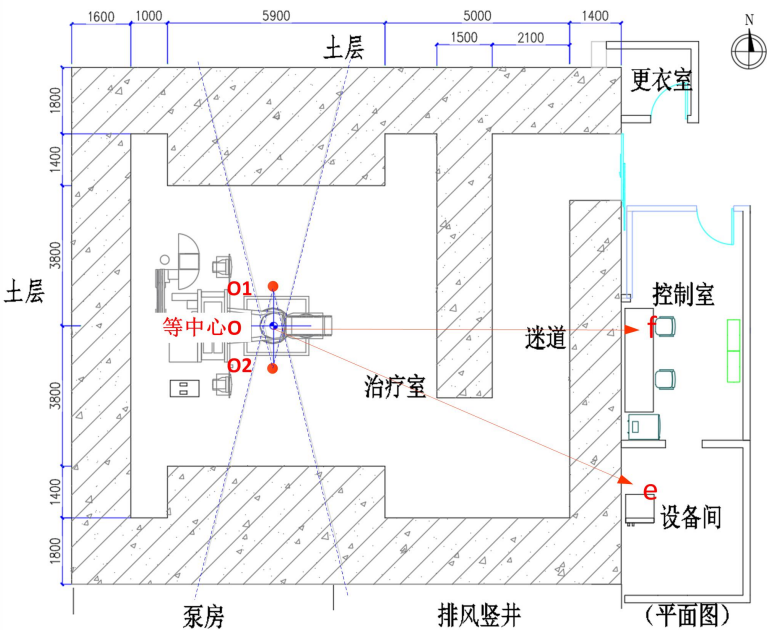


图 11-4 侧屏蔽墙屏蔽效果预测点位图

该区考虑泄漏辐射及患者散射屏蔽，估算方法同次屏蔽墙。泄漏辐射屏蔽结果通过公式 4 进行计算。

表 11-4 迷道外墙关注点辐射率计算参数和计算结果

参数		迷道外墙设备间（e 点）		迷道外墙控制室（f 点）		操作位	
		6MV (FFF)	10MV (FFF)	6MV (FFF)	10MV (FFF)	6MV (FFF)	10MV (FFF)
泄 漏 辐 射	X (cm)	140	140	150+140	150+140	150+140	150+140
	θ (°)	20	20	0	0	0	0
	Xe	149	149	290	290	290	290
	TVL (cm)	29	31	29	31	29	31
	TVL1 (cm)	34	35	34	35	34	35
	B	1.084E-0 5	2.104E-0 5	1.487E-1 0	5.946E-1 0	1.487E-1 0	5.946E-1 0
	R (m)	10.35	10.35	9.73	9.73	10.43	10.43

	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	8.4E+08	1.32E+09	8.4E+08	1.32E+09	8.4E+08	1.32E+09
	f	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	H ($\mu\text{Sv/h}$)	8.49E-02	2.59E-01	1.32E-06	8.29E-06	1.15E-06	7.21E-06
散射辐射	TVL (cm)	26	28	26	28	26	28
	Bs	1.14E-06	3.04E-06	7.02E-12	4.39E-11	7.02E-12	4.39E-11
	α_{ph}	3.00E-04	3.02E-04	3.00E-04	3.02E-04	3.00E-04	3.02E-04
	R _s (m)	10.7	10.7	9.73	9.73	10.43	10.43
	F (cm ²)	1600	1600	1600	1600	1600	1600
	H_s ($\mu\text{Sv/h}$)	1.01E-02	4.52E-02	7.47E-08	7.40E-07	6.50E-08	6.44E-07
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)		9.50E-02	3.04E-01	1.39E-06	9.03E-06	1.21E-06	7.86E-06
H _c ($\mu\text{Sv/h}$) 剂量率控制水平		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

由上表可知，迷道外墙的防护效果满足剂量率控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

(5) 迷路入口剂量估算 (g 点)

迷路口辐射预测点位见图 11-5。

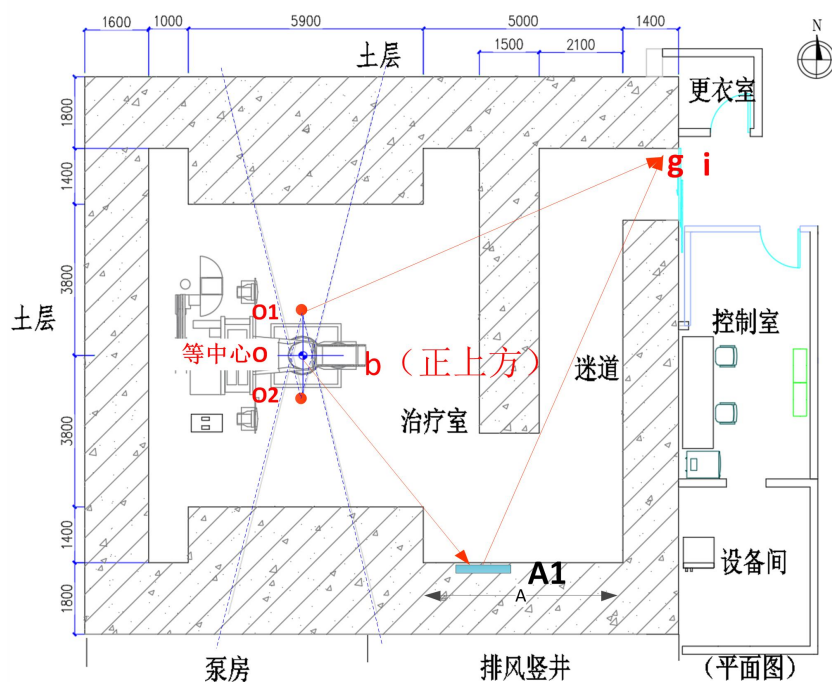


图 11-5 防护门外辐射预测点位图

本项目迷道宽2.1m，长10.4m，迷道内口宽度3.25m，高3.7m。加速器有用线束不向迷路照射，主束穿出人体到达主屏蔽墙，受主屏蔽墙散射至迷路外墙后需再经两次散射到达g点，经散射及距离衰减后，g点剂量水平约为 $0.01\mu\text{Sv/h}$ ，再经防护门衰减后对环境的影响较小，因此，本环评迷路入口的辐射水平主要考虑

患者散射经A1墙散射所致剂量率贡献、泄露射线经A1散射所致剂量率贡献、患者散射贯穿迷路内墙后所致剂量率贡献、泄露射线贯穿迷道内墙所致剂量率贡献。

①患者散射经A1墙散射至g点剂量率

射线路径：O1→O→A1→g。按公式 6 进行计算：

$$H_{\text{散射O-A1-g}} = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_{O-A1}^2} \cdot \frac{\alpha_w \cdot A1}{R_{A1-g}^2} \cdot H_0 \dots\dots\dots \text{公式6}$$

表 11-5 患者散射线经 A1 墙后至 g 点辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	迷路口（g 点）	
	6MV（FFF）	10MV（FFF）
H ₀ （μSv·m ² /h）	8.4E+08	1.32E+09
A1（m ² ）	1.85	1.85
α _w	2.20E-02	2.20E-02
α _{ph}	2.77E-03	3.18E-03
R ₀ （m）	6.8	6.8
R（m）	10.8	10.8
F（cm ² ）	1600	1600
H _{散射O-A1-g} （μSv/h）	7.02E+01	1.27E+02

②泄漏射线经 A1 墙散射至 g 点剂量率

射线路径：O1→A1→g。按公式 7 进行计算。

$$H_{\text{泄露O1-A1-g}} = \frac{H_0 \cdot f \cdot A1 \cdot \alpha_w}{R_0^2 \cdot R^2} \dots\dots\dots \text{公式 7}$$

式中：A1：散射面积，m²；

α_w：散射体的散射因子，取值查 GBZ/T201.2-2011；

R₀：泄漏辐射始点（O1 点）至散射体（A1 墙）中心点的距离，m；

R：散射体（A1 墙）中心点至计算点的距离，m。

表 11-6 泄漏射线经南墙后至 g 点辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	防护门外（C 点）	
	6MV（FFF）	10MV（FFF）
H ₀ （μSv·m ² /h）	8.4E+08	1.32E+09
A1（m ² ）	1.85	1.85
α _w	7.3E-03	5.8E-03
R ₀ （m）	7.6	7.6
R（m）	10.8	10.8
f	0.001	0.001
H _{泄露O1-A1-g} （μSv/h）	1.68	2.1

③患者散射经迷路内墙后剂量率

射线路径：O1→O→g。

患者散射经迷路内墙屏蔽结果通过公式 5 进行计算。

表 11-7 患者散射经迷路内墙至 g 点辐射剂量率计算参数和计算结果

参数		迷路口 (g 点)	
		6MV (FFF)	10MV (FFF)
患者散射	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	8.4E+08	1.32E+09
	X (cm)	150	150
	θ ($^\circ$)	25	25
	Xe	166	166
	TVL (cm)	26	28
	TVL1 (cm)	26	28
	Bs	4.31E-07	1.23E-06
	α_{ph}	3.00E-04	3.02E-04
	Rs (m)	10.7	10.7
	F (cm^2)	1600	1600
	$H_{\text{散射}O-g}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	3.79E-03	1.71E-02

④泄露射线贯穿迷道内墙剂量率贡献

射线路径: O1→g。核算方法同e点。

表 11-8 泄漏射线经迷路内墙后至 g 点辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	迷路入口 (g 点)	
	6MV (FFF)	10MV (FFF)
X (cm)	150	150
θ ($^\circ$)	20	20
Xe	160	160
TVL (cm)	29	31
TVL1 (cm)	34	35
B	4.66E-06	9.55E-06
R (m)	10.35	10.35
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	8.4E+08	1.32E+09
f	0.001	0.001
H_1 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	3.65E-02	1.18E-01

⑤迷路口 g 点剂量率水平

加速器机房迷路口 g 点的剂量率水平如表 11-9 所示。

表 11-9 机房迷路口 g 点剂量率估算结果

编号	剂量来源	迷路口辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	
		6MV (FFF)	10MV (FFF)
1	患者散射线经 A1 墙后至 g 点	7.02E+01	1.27E+02
2	泄漏射线经 A1 墙散射至 g 点	1.68	2.1
3	患者散射经迷路内墙至 g 点	3.79E-03	1.71E-02
4	泄漏射线经迷路内墙后至 g 点	3.65E-02	1.18E-01

H _g	合计	7.20E+01	1.29E+02
----------------	----	----------	----------

(6) 防护门外 (i 点)

防护门外i点剂量率水平主要考虑迷路入口经防护门屏蔽后的贡献值。

表11-10给出了迷道口g点未经防护门屏蔽的辐射剂量率计算结果，泄漏辐射散射后的X射线能量较低，约为0.2MeV，在铅中的半值层为5mm。则防护门外e点处经屏蔽后的剂量率按公式8计算。

$$H_i = H_g \cdot 10^{-\left(\frac{X_e}{TVLPb}\right)} \dots\dots\dots \text{公式8}$$

加速器机房防护门设计等效厚度为15mmPb，经公式8计算可的防护门外剂量率H_i结果：10MV运行时为0.129μSv/h，6MV运行时为0.072μSv/h。

由防护门外剂量率估算值可知，加速器机房迷道及内口宽度设计合理，经铅门屏蔽后，辐射剂量率水平满足2.5μSv/h的控制要求。

(7) 加速器机房辐射防护评价

各关注点辐射剂量率如表 11-10 所示。

表 11-10 加速器机房外各关注点剂量当量计算表

关注点位描述	屏蔽区	距离 (m)	入射角 (θ)	等效砼厚度(m)	主要射线束	泄露辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)		散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)		附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	
						6MV	10MV	6MV	10MV	6MV	10MV
南墙外 30cm 处 a 点 (泵房)	有用束主屏蔽墙	8.3	0°	320	主束	/	/	/	/	3.24E-03	5.52E-02
屋顶上方 30cm 处 b 点 (绿地)	有用束主屏蔽墙	9.5	0°	320	主束	/	/	/	/	2.47E-03	4.21E-02
南墙外 30cm 处 c 点 (泵房、排风竖井)	与主屏蔽区相连的次屏蔽区	8.4/7.3	30°	208	泄露射线+患者散射	1.20E-03	4.93E-03	1.33E-03	8.92E-03	2.53E-03	1.39E-02
屋顶上方 30cm 处 d 点 (绿地)	与主屏蔽区相连的次屏蔽区	10.97/ 9.82	30°	208	泄露射线+患者散射	7.06E-04	2.91E-03	7.84E-04	5.26E-03	1.49E-03	8.18E-03
迷道外墙外 30cm 处 e 点 (设备间)	迷道外墙	10.35/ 10.7	20°	149	泄露射线+患者散射	8.49E-02	2.59E-01	1.01E-02	4.52E-02	9.50E-02	3.04E-01
迷道外墙外 30cm 处 f 点 (控制室)	迷道外墙	9.73	0°	290	泄露射线+患者散射	1.32E-06	8.29E-06	7.47E-08	7.40E-07	1.39E-06	9.03E-06
防护门外 30cm 处 g 点	迷道内墙	/	/	防护门: 0.015Pb 迷道内墙: 1.5	泄露射线+迷道散射	/	/	/	/	7.20E-02	1.29E-01
工作人员操作位	迷道外墙	10.43	0°	290	泄露射线+患者散射	1.15E-06	7.21E-06	6.50E-08	6.44E-07	1.21E-06	7.86E-06

综上估算可知，加速器机房外关注点剂量率最大值为 $0.304\mu\text{Sv/h}$ ，最大剂量率出现在设备间内，各关注点均符合本项目提出的“辐射剂量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的剂量率控制水平。

(8) 剂量预测分析

①出束时间：直线加速器投入运行后预期每天治疗约 30 人次，每人最高出束时间为 $6\text{min/人次}\cdot\text{天}$ ，加速器日治疗出束时间 180min ，年工作 250d，总出束时间保守按 750h 计。

②不同能量使用情况：

常规模式：50%为 6MV（250 小时），50%为 10MV（250 小时）运行。

高剂量率模式：6MV 下运行 125 小时，10MV 下运行 125 小时。

③利用因子：机头水平（ 90° 和 270° ）出束时间约占年工作量的 10%；机头向上（ 180° ）出束时间约占年工作量的 5%；机头向下（ 0° ）出束时间约占年工作量的 85%。

本次评价采取保守模式估算工作人员受照剂量，即加速器采用 10MV 及 6MV 高剂量率模式能量，且利用因子全部按照 1 估算。

根据《放射治疗机房辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZT201.1-2007）中附表A.1不同场所的居留因子的描述，确定项目不同场所的居留因子。按上述原则计算出加速器各关注点处人员所受年剂量见表11-11。

表 11-11 加速器机房周围关注点人员年剂量

关注点描述	居留因子	6MV 剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	10MV 剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	年附加剂量 mSv/a	年附加剂量限值 mSv/a	关注人群
工作人员操作位	1	$1.21\text{E-}06$	$7.86\text{E-}06$	$3.40\text{E-}06$	2	职业人员
迷道外墙外设备间	1/20	$9.50\text{E-}02$	$3.04\text{E-}01$	$7.48\text{E-}03$	2	职业人员
南墙外泵房	1/20	$3.24\text{E-}03$	$5.52\text{E-}02$	$1.10\text{E-}03$	0.1	公众人员
防护门外	1/8	$7.20\text{E-}02$	$1.29\text{E-}01$	$9.42\text{E-}03$	0.1	公众人员
屋顶上方绿地	1/20	$4.55\text{E-}03$	$7.76\text{E-}02$	$1.54\text{E-}03$	0.1	公众人员

注：照射时间按10MV、6MV高剂量率模式下分别运行375小时；

综上所述，加速器在不同运行模式下，项目运行后直线加速器机房外各关注点致职业人员、公众人员年剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中限值的要求，同时也符合本次环评提出的年剂量控制限值要求。因此，项目辐射防护能力符合要求，项目运行对周围环境及人员造成的年

剂量符合标准要求。

2、CBCT的环境影响分析

本项目医用直线加速器配有CBCT装置，加速器机房能够满足高能X线（6MV：1400cGy/min）屏蔽，由此可判定该机房能满足低能X线（150kV）屏蔽。本项目加速器机房长7.3m×宽7.6m（最短边），机房面积和单边长度分别满足GBZ130-2020中使用CT装置的面积30m²和单边最小长度4.5m的要求。

3、直线加速器机房有害气体环境影响分析

空气中的 O₂ 和 N₂ 分别在 X 射线的作用下，生成自由基，与空气中的 O₂ 和 N₂ 结合，生成 O₃ 和 NO_x，他们是与辐射相关的非辐射危害因素。O₃ 的主要毒性是氧化作用，对粘膜有很强的刺激作用，中毒症状为肺功能下降，呼吸道感染、鼻炎等。

（1）加速器机房通风设计

本项目直线加速器机房最大容积约 365m³，通风换气次数大于等于 4 次/h，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求，为确保加速器机房内为负压，防止臭氧和氮氧化物扩散至机房外，进风量不应大于排风量。

（2）臭氧环境影响分析

1) 臭氧的产额

加速器的 X 射线和电子束是扩展辐射束，依 IAEA188《电子直线加速器工作的辐射安全问题》和《辐射所致臭氧的估算与分析》（中华放射医学与防护杂志 VoL14，2，P101，1994），加速器辐射所致 O₃ 的产额估算方法如下：

①有用线束的 O₃ 的产额

$$P = 2.43D_0(1 - \cos\theta)RG \quad \text{公式 9}$$

式中：P——O₃ 的产额，mg/h；

D₀——辐射有用束在距靶 1m 处的输出量，本项目为 14Gy·m²/min；

R——靶到屏蔽物（墙）的距离，本项目为 4m；

G——空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数（G=6）；

θ——有用束的半张角，本项目为 14°。

有用线束的 O₃ 的产额 $P_1=2.43 \times 14 \times (1-\cos 14^\circ) \times 4 \times 6=24.33\text{mg/h}$ 。

②泄漏辐射的 O₃ 的产额

将泄漏辐射看为 4π 方向均匀分布的点源（包括有用束区限定的空间区），并考虑机房壁的散射线使室内的 O₃ 产额增加 10%，O₃ 的产额 P（mg/h）为：

$$P=3.32 \times 10^{-3} D_0 G V^{1/3} \quad \text{公式 10}$$

式中：V 为加速器室的体积，365m³。

直线加速器机房体积为 365m³。泄漏辐射的 O₃ 的产额 $P_2=3.32 \times 10^{-3} \times 14 \times 6 \times 365^{1/3}=1.99\text{mg/h}$ 。

本项目臭氧的产额 $P=P_1+P_2=24.33+1.99=26.32\text{mg/h}$ 。

2) 臭氧浓度

辐射所致有害气体以 O₃ 为主，在考虑通风情况下，空气中 O₃ 的平衡浓度由下式估算：

$$Q=\frac{P \times T}{V} \quad \text{公式 11}$$

式中：Q——加速器机房内 O₃ 平衡浓度，mg/m³；

P——O₃ 的辐射产额，mg/h；

T——有效清洗时间，h；

V——加速器机房体积，m³。

有效清洗时间 T 由下式计算：

$$T=\frac{T_v \cdot T_d}{T_v+T_d} \quad \text{公式 12}$$

式中：T_v——换气一次所需时间，h；

T_d——O₃ 有效分解时间，取 0.83h。

加速器机房容积约为 365m³，换气次数保守按每小时 4 次，根据公式 11、12 得加速器机房内臭氧浓度为 0.014mg/m³，可符合《室内空气质量标准》（GBT18883-2002）中 0.16mg/m³（1 小时平均值）的 O₃ 浓度限值要求。

（3）氮氮化合物环境影响分析

在多种氮氧化物（NO_x）中，以 NO₂ 为主，其产额约为 O₃ 的 1/2，排风次数

达到 4 次/小时可符合《室内空气质量标准》（GBT18883-2002）中 0.24mg/m³（1 小时平均值）的 NO₂ 浓度限值要求。

因此，加速器产生的有害气体对工作场所及周边大气环境影响较小。

（二）DSA 的环境影响分析

1、机房辐射防护效果评价

（1）与标准对比分析

本项目拟使用两台 DSA 为西门子公司生产的 Artis Q biplane 型（双管球）、Artis Q ceiling 型（单管球）设备，设备管电压≤125kV，管电流≤1000mA。

本项目 DSA 机房的使用面积与最小单边长度与 GBZ130-2020 中要求进行对比见下表 11-12，机房的屏蔽墙体的等效铅当量及其与 GBZ130-2020 中要求的铅当量进行对比见表 11-13。

表 11-12 本项目 DSA 房最小面积评价

设备类型	机房单边长度、面积（长×宽）	最小有效面积要求	最小单边长度要求
DSA1 机房	8.35m×6.1m（50.9m ² ）	20m ²	3.5m
DSA2 机房	11.25m×7.6m（85.5m ² ）	20m ²	3.5m

表 11-13 本项目 DSA 机房辐射防护评价

射线装置	最大管电压（kV）	机房屏蔽体及其等效屏蔽铅当量（mmPb）	机房类型	有用线束方向铅当量厚度要求（mmPb）	非有用线束方向铅当量厚度要求（mmPb）
DSA 1	125	四周墙体：3 顶部、地面：5 病人、医生、污物防护门：3 观察窗：3	介入 X 射线设备机房	2	2
DSA 2	125	四周墙体：3 顶部、地面：5 病人、医生、污物防护门：3 观察窗：3	介入 X 射线设备机房	2	2

由表 11-13、表 11-14 可知，本项目的 DSA1、DSA2 机房最小有效面积 50.9m²；最小单边长度 6.1m；机房屏蔽至少为 3mmPb，机房的有效使用面积、最小单边长度及屏蔽防护均能够符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中介入 X 射线机机房的相关要求。

（2）工作量

本项目 DSA 开展血管病变诊断和介入治疗工作，介入治疗手术类型主要包

括：血管内取标本术、血管造影术、血管药物灌注术、血管栓塞术、血管扩张术、血管植入术等。每年 250 个工作日计算，全年最多接待手术 500 例，每例手术摄影与透射所需平均时间为 3min 和 15min 计，每年出束时间共计 150h。

本项目配置 2 名医师、1 名技师、1 名护士。

（3）关注点剂量率估算

DSA 的电压在 40kV~125kV 之间。设备具有自动调强功能，摄影时，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低。如果受检者体型较胖，功率自动增强。为了防止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留有约 30% 的裕量，即管电压控制在 100kV 以下，透视工况管电流通常为 10mA 左右，摄影工况管电流较大，约为透视工况电流的 50 倍。

估算参数按保守取值，摄影模式时，管电压最大 125kV，管电流最大为 500mA；透视模式时，管电压最大为 125kV，管电流最大为 10mA。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）5.2.1 的规定，“C 形臂 X 射线设备的最小焦皮距应不小于 20cm”，附录 E 表 E.4 中，“有影响增强器并有自动亮度控制系统的 X 射线设备（介入放射学中使用）的入射体表剂量率参考水平为 25mGy/min”。由以上两个条件，可得出在透视工况下，距离靶点 1 米处的 X 射线辐射剂量率最大为 60mGy/h。故本项目保守取透视工况下距靶点 1m 处的空气比释动能率最大值 60mGy/h 作为源项进行评价；在摄影工况下，管电流可达到透视工况的 50 倍，摄影采用脉冲模式，按照 15 帧/s 计算，距靶点 1m 处的空气比释动能率约为透视的 7.5 倍，为 450mGy/h。

X 射线靶点视为点源，源强保守按实际使用的最大功率（透视 125kV/16mA、摄影 125kV/800mA），混凝土和铅的透射系数依据 GBZ130-2020 附录 C 折算，再结合距离衰减，来估算法房周围各关注点的剂量率水平。DSA 主束照向患者，各关注点仅考虑泄漏辐射和患者散射影响。

①泄漏辐射剂量率

泄漏辐射剂量率计算公式参考李德平，潘自强主编《辐射防护手册第一分册——辐射源与屏蔽》（[M]北京：原子能出版社，1987）中给出的公式计算。

$$H_L = \frac{H_0 \bullet B \bullet f}{d^2} \dots\dots\dots \text{公式 13}$$

式中：H_L—关注点漏射剂量率，μSv/h；

f—设备射线泄漏率，取 0.1%；

H₀—距焦点 1m 处剂量率；

d—关注点至靶点距离，m；

B—透射因子，按照 GB130-2020 附录 D 计算，见公式 14。

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \dots\dots\dots \text{公式 14}$$

式中：B—透射因子；

X—铅屏蔽厚度；

α、β、γ—屏蔽材料对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，取值参考 GBZ130-2020 附录 C 表 C.2，本项目计算铅拟合参数为：α2.233，β7.888，γ0.7295。

②散射辐射剂量率

对于病人体表的散射 X 射线可以用反照率法估计。散射剂量率计算如下（引用李德平，潘自强主编. 辐射防护手册第一分册——辐射源与屏蔽[M]北京：原子能出版社，1987）：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot s}{(d_0 \cdot d_s)^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{公式 15}$$

式中：H_s——散射剂量率，μSv/h；

H₀——距焦点 1m 处剂量率，透视时取 240mGy/h，摄影时取 1.8Gy/h；

α——患者（相对于 400cm 的散射面积）对 X 射线的散射比，α=a/400，查《辐射防护手册第一分册》P437 表 10.1 得 a=0.0015，故α=3.75×10⁻⁶（90°散射）；

s——散射面积，取典型值 400cm²；

d₀——源与病人的距离，本项目取 0.3m；

d_s——病人与关注点的距离，m；

B—透射因子，根据公式 3 及铅拟合参数求得。

DSA（含 ERCP）使用时，机头位置不固定，会在床旁一定范围内移动。在屏蔽计算时机房正上方保守取设备球管靶点到楼上地面 30cm 处估算点，机房正下方保守取设备球管靶点到楼下地面上方 1.7m 处估算点，机房周围取到四周墙

壁、观察窗和防护门外 30cm 处估算点。

DSA1 机房周围关注点分布情况见图 11-6。

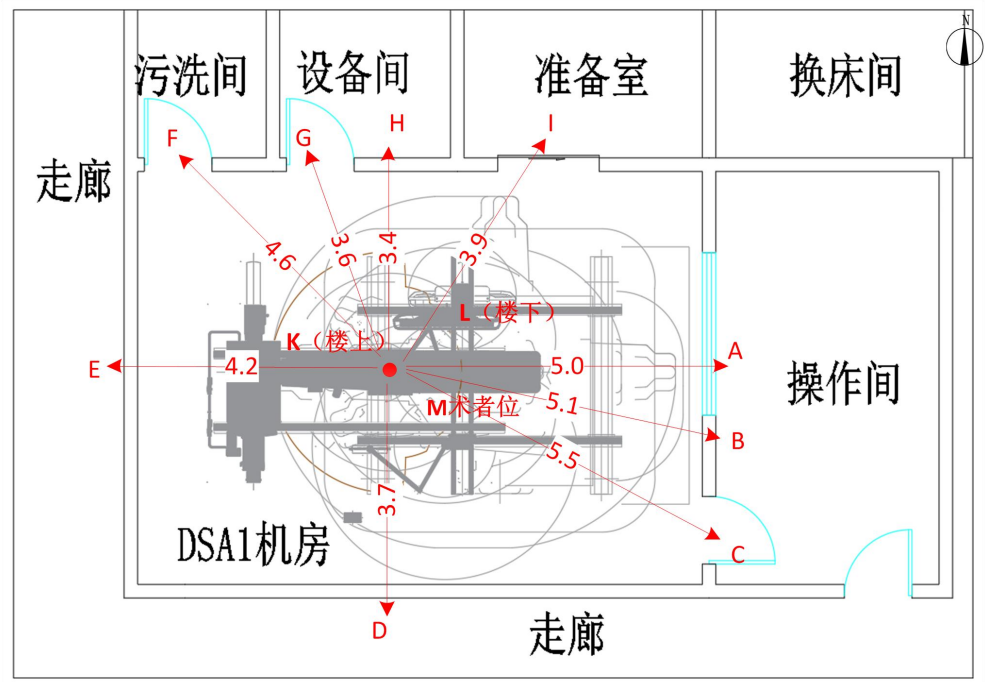


图 11-6 DSA 机房周围关注点分布示意图

DSA2 机房根据公式计算各关注点处辐射剂量率，DSA1 机房内 DSA 为双球管，保守按 2 个球管同时出束进行估算，即计算各关注点处辐射剂量率时，源强按照单球管的 2 倍进行计算。

根据公式各关注点处辐射剂量率计算结果见表 11-14。

表 11-14 DSA1 关注点处辐射剂量率计算结果

点位描述	屏蔽材料 厚度 mm	屏蔽因 子 B	距离 d _s m	工 作 类型	泄露剂量 率 H _L μGy/h	散射剂量 率 H _S μGy/h	屏蔽后总 剂量率 μGy/h
观察窗外 0.3m 处控 制室 A	3mmPb	1.56E-04	5	透视	7.51E-04	1.25E-02	1.33E-02
			5	摄影	5.63E-03	9.39E-02	9.95E-02
东墙外 0.3m 处控 制室 B	3mmPb	1.56E-04	5.1	透视	7.22E-04	1.20E-02	1.28E-02
			5.1	摄影	5.41E-03	9.02E-02	9.57E-02
医生防护门 外 0.3m 处 控制室 C	3mmPb	1.56E-04	5.5	透视	6.21E-04	1.03E-02	1.10E-02
			5.5	摄影	4.66E-03	7.76E-02	8.23E-02
南墙外 0.3m 处走 廊 D	3mmPb	1.56E-04	3.7	透视	1.37E-03	2.29E-02	2.42E-02
			3.7	摄影	1.03E-02	1.71E-01	1.82E-01

西墙外 0.3m 处走 廊 E	3mmPb	1.56E-04	4.2	透视	1.06E-03	1.77E-02	1.88E-02
			4.2	摄影	7.98E-03	1.33E-01	1.41E-01
污物防护门 外 0.3m 处 污洗间 F	3mmPb	1.56E-04	4.6	透视	8.87E-04	1.48E-02	1.57E-02
			4.6	摄影	6.66E-03	1.11E-01	1.18E-01
设备防护门 外 0.3m 处 设备间 G	3mmPb	1.56E-04	3.6	透视	1.45E-03	2.41E-02	2.56E-02
			3.6	摄影	1.09E-02	1.81E-01	1.92E-01
北墙外 0.3m 处设 备间 H	3mmPb	1.56E-04	3.5	透视	1.53E-03	2.55E-02	2.71E-02
			3.5	摄影	1.15E-02	1.92E-01	2.03E-01
患者防护门 外 0.3m 处 准备室 I	3mmPb	1.56E-04	3.9	透视	1.23E-03	2.06E-02	2.18E-02
			3.9	摄影	9.26E-03	1.54E-01	1.64E-01
顶棚正上方 0.3m 处 K	5mmPb	1.78E-06	5.1	透视	8.23E-06	1.37E-04	1.45E-04
			5.1	摄影	6.17E-05	1.03E-03	1.09E-03
地板正下方 距离地面 1.7m 处 L	5mmPb	1.78E-06	5.1	透视	8.23E-06	1.37E-04	1.45E-04
			5.1	摄影	6.17E-05	1.03E-03	1.09E-03
操作位	3mmPb	7.37E-02	1	透视	8.84E+00	1.47E+02	1.56E+02
			1	摄影	6.63E+01	1.11E+03	1.17E+03

DSA1 机房周围关注点分布情况见图 11-7。

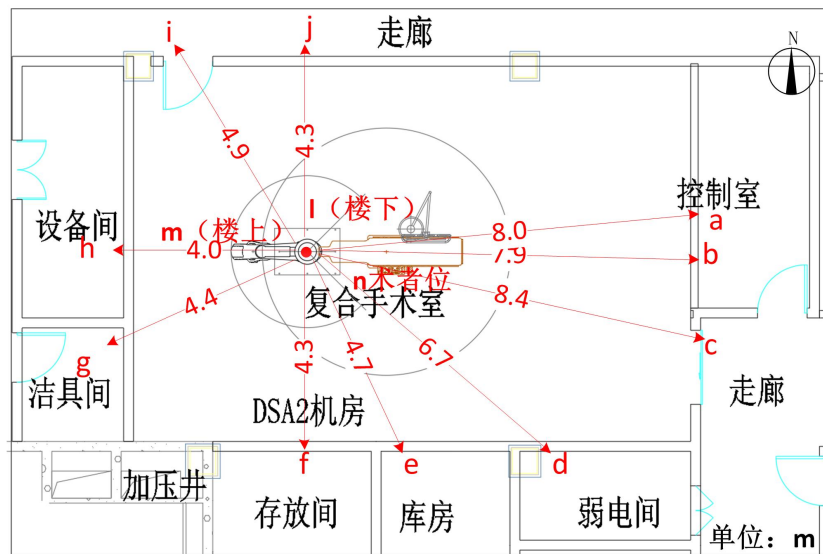


图 11-7 DSA 机房周围关注点分布示意图

根据公式各关注点处辐射剂量率计算结果见表 11-15。

表 11-15 DSA2 关注点处辐射剂量率计算结果

点位描述	屏蔽材料 厚度 mm	屏蔽因 子 B	距离 d _s m	工 作 类型	泄露剂量 率 H _L μGy/h	散射剂量 率 H _S μGy/h	屏蔽后总 剂量率 μGy/h
东墙外 0.3m 处控制室 a	3mmPb	1.56E-04	8	透视	1.47E-04	2.45E-03	2.59E-03
			8	摄影	1.10E-03	1.83E-02	1.94E-02
观察窗外 0.3m 处控制 室 b	3mmPb	1.56E-04	7.9	透视	1.50E-04	2.51E-03	2.66E-03
			7.9	摄影	1.13E-03	1.88E-02	1.99E-02
医患防护门 外 0.3m 处 走廊 c	3mmPb	1.56E-04	8.4	透视	1.33E-04	2.22E-03	2.35E-03
			8.4	摄影	9.98E-04	1.66E-02	1.76E-02
南墙外 0.3m 处弱电间 d	3mmPb	1.56E-04	6.7	透视	2.09E-04	3.49E-03	3.70E-03
			6.7	摄影	1.57E-03	2.61E-02	2.77E-02
南墙外 0.3m 处库房 e	3mmPb	1.56E-04	4.7	透视	4.25E-04	7.08E-03	7.51E-03
			4.7	摄影	3.19E-03	5.31E-02	5.63E-02
南墙外 0.3m 处存放间 f	3mmPb	1.56E-04	4.3	透视	5.08E-04	8.46E-03	8.97E-03
			4.3	摄影	3.81E-03	6.35E-02	6.73E-02
西墙外 0.3m 处洁具间 g	3mmPb	1.56E-04	4.4	透视	4.85E-04	8.08E-03	8.57E-03
			4.4	摄影	3.64E-03	6.06E-02	6.43E-02
西墙外 0.3m 处设备间 h	3mmPb	1.56E-04	4	透视	5.87E-04	9.78E-03	1.04E-02
			4	摄影	4.40E-03	7.34E-02	7.78E-02
污物防护门 外 0.3m 处 走廊 i	3mmPb	1.56E-04	4.9	透视	3.91E-04	6.52E-03	6.91E-03
			4.9	摄影	2.93E-03	4.89E-02	5.18E-02
北墙外 0.3m 处走廊 j	3mmPb	1.56E-04	4.3	透视	5.08E-04	8.46E-03	8.97E-03
			4.3	摄影	3.81E-03	6.35E-02	6.73E-02
顶棚正上方 0.3m 处 m	5mmPb	1.78E-06	4.1	透视	6.37E-06	1.06E-04	1.13E-04
			4.1	摄影	4.78E-05	7.96E-04	8.44E-04
地板正下方 距离地面 1.7m 处 l	5mmPb	1.78E-06	5.1	透视	4.12E-06	6.86E-05	7.27E-05
			5.1	摄影	3.09E-05	5.15E-04	5.45E-04
操作位	0.5mmPb	7.37E-02	1	透视	4.42E+0 0	7.37E+01	7.81E+01
			1	摄影	3.32E+0 1	5.53E+02	5.86E+02

从上述估算结果可知，在“透视”和“摄影”过程中，所致 DSA 机房周围附加剂量率水平在（1.13E-04~2.03E-01）μGy/h 之间，附加剂量率最大值 0.203μGy/h

位于 DSA1 机房北墙外设备间（无人值守）内，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h”的要求。

2、剂量估算

（1）工作人员年附加有效剂量估算

按照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）附录 B 中 B.1.2 的要求，在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 400μGy/h。除存在临床不可接受的情况外，摄影工况图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留。

透视工况下，手术位置的附加剂量当量率水平为标准限值 400μGy/h，且医师、护士全居留；在摄影工况下，管电流可达到透视工况的 50 倍，摄影采用脉冲模式，按照 15 帧/s 计算，空气比释动能率约为透视的 7.5 倍，为 3000μGy/h，医师、护士应按偶然居留（1/16）计算。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），工作人员采取铅衣（0.5mm 铅当量）屏蔽措施，在透视和摄影时，衰减系数约为 0.025，即医生在透视和摄影工况下的最大受照剂量当量率为 10μGy/h 和 75μGy/h。

本项目至少配备 4 名医师 4 名技师和 4 名护士，根据医院提供的数据，医师和护士根据工作任务进行介入手术，年最大手术台数不超过 500 台。本项目不考虑工作量分摊，则在透视工况下的年曝露时间为 100h，摄影工况下的曝露时间为 25h。

剂量估算公式：按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A，X-γ射线产生的外照射人均年当量剂量当量计算公式如下：

$$H_{Er}=D_r \times t \times T \times 1 \times 10^{-3} \text{ (mSv)} \dots\dots\dots \text{公式 16}$$

式中：H_{Er}—年有效剂量，mSv；

D_r—X-γ射线空气吸收剂量率，μGy/h；

t—X-γ照射时间，h；

T—居留因子，参考《辐射防护手册第三分册辐射安全》（李德平编）P80，居留因子q按三种情况取值：（1）全居留因子（q=1）；（2）部分居留因子（q=1/4）；（3）偶然居留（q=1/16）。本项目DSA医师、护士、技师取值为1，摄影时医师、护士取值1/16，公众取值为1/4、1；

1—剂量换算系数，Sv/Gy。

可推算出本项目 DSA 工作人员的年附加有效剂量参见表 11-16。

表 11-16 DSA 机房工作人员的年附加有效剂量一览表

位置描述	工作人员	距离 (m)	剂量率($\mu\text{Gy/h}$)		工作时间 (h/a)	居留 因子	年附加有效 剂量 (mSv)
DSA1、 DSA2 机房 内	第一手术位医 师、护士	1.0	同室透视	10	100	1	1.78
		1.0	同室摄影	500	25	1/16	
DSA1 机房 外	技师（控制室 内）	6	隔室透视	3.93E-03	100	1	2.82E-04
		6	隔室摄影	2.94E-02	25	1	
DSA2 机房 外	技师（控制室 内）	7.9	隔室透视	8.92E-04	100	1	2.56E-04
		7.9	隔室摄影	6.69E-03	25	1	

由表 11-17 可知，DSA 运行后，手术医师及护士年剂量最大为 1.78mSv，其他辐射工作人员年剂量最大为 0.001mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，低于本报告提出的手术医护人员约束限值 5mSv/a，其他辐射工作医生约束限值 2mSv/a。

（2）公众人员年剂量估算

紧邻机房的关注点处及保护目标处公众人员的年附加有效剂量见表 11-17。

表 11-17 公众在各关注点及保护目标处的年剂量一览表

机房	方位	估算对象	工 作 类型	最大附加 剂量率 $\mu\text{Gy/h}$	年 工 作 时 间 (h)	居留因 子 ⁽²⁾	年附加有 效剂量 (mSv)
DSA1 手术 室	东侧	道路、沿街商铺 ⁽¹⁾ 公众	透视	2.62E-03	100	1/4	1.89E-04
			摄影	1.97E-02	25	1/4	
	南侧	放射科、4#外科楼 公众	透视	1.42E-03	100	1、1/4	4.10E-04
			摄影	1.07E-02	25	1、1/4	
	西侧	放射科、营养餐厅 及设备用房等公 众	透视	7.64E-03	100	1、1/4	2.20E-03
			摄影	5.73E-02	25	1、1/4	
	北侧	消毒中心公众	透视	3.20E-03	100	1、1/4	9.20E-04
			摄影	2.40E-02	25	1、1/4	
	正上 方	1#门诊医技楼公 众	透视	3.37E-04	100	1、1/4	9.70E-05
			摄影	2.53E-03	25	1、1/4	
DSA2 手术	南侧	放射科、4#外科楼 公众	透视	3.20E-03	100	1、1/4	9.20E-04
			摄影	2.40E-02	25	1、1/4	

室	西侧	放射科、营养餐厅及设备用房等公众	透视	1.31E-03	100	1、1/4	3.77E-04
			摄影	9.83E-03	25	1、1/4	
	北侧	消毒中心公众	透视	2.42E-03	100	1、1/4	6.97E-04
			摄影	1.82E-02	25	1、1/4	
	正上方	1#门诊医技楼公众	透视	1.69E-04	100	1、1/4	4.84E-05
			摄影	1.26E-03	25	1、1/4	
			摄影	4.36E-03	25	1、1/4	

注：^① 相应方向机房墙外的最大剂量率计算值，在不考虑障碍物和其它墙体屏蔽，只考虑水平距离衰减后的剂量率值。

^② 居留因子保守取最大值计算。

由上表 11-18 可知，本项目 DSA 设备运行后，公众受照年附加有效剂量最大为 6.72 μ Sv/a，为医疗综合楼、门诊楼内医护人员及公众，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，低于本报告提出的公众受照约束限值 0.1mSv/a（100 μ Sv/a）。

3、DSA 机房有害气体环境影响分析

DSA（含 ERCP）在开机并处于出束状态时，X 射线与空气作用产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，氮氧化物产生量相对臭氧更少，有害气体对工作场所及周边大气环境影响较小。本报告表对其环境影响不做具体评价。

（三）事故风险分析与防范建议

1、事故风险类型

直线加速器、DSA 按照 II 类射线装置进行管理。其主要事故风险为：①治疗或诊断过程中射线装置机房的门机联锁失效、无关人员误入机房导致的误照射。②射线装置正常工作时，非手术人员误留、误入机房，导致发生误照射。

2、误照事故剂量估算

非正常情形下，因 X 射线装置门机联锁失效，人员误入，导致意外照射。

事故情景：假设加速器在以 10MV 高剂量模式治疗患者过程中，人员误入机房后到达机房入口处，发现有病人正在治疗，即刻返回。保守假设在机房入口处停留时间 10s，据此估算误入人员的最大受照剂量。

下表给出人员误入机房，人在机房入口处一次事故所受照剂量，受照剂量参照公式 4、公式 5、公式 6 进行计算。

表 11-18 事故情况下的受照剂量估算

序号	剂量来源	距离 (m)	时长(s)	剂量率(mSv/h)	剂量(mSv)
1	泄露辐射	4.9	10	34.99	0.10
2	患者散射	5	10	372.29	1.03
3	主束经主屏蔽墙散射	9.3	10	43.16	0.12
合计	/	/	/	450.43	1.25

从表 11-18 可知：一次事故所受照剂量最大值为 1.25mSv/次，小于本项目提出的职业照射年剂量约束值 2mSv/a，对误入人员健康影响不大。

加速器防护门设有门机联锁系统，并在机房门口和迷道内设置有闭路监视系统，可有效防止该事故发生。此外，加速器放疗工作人员须佩戴个人剂量报警仪进入机房。一旦出现误入情况，报警仪会提醒工作人员，立即撤出。

3、事故风险防范措施

针对上述事故风险，防范措施如下：严格执行门机联锁、急停开关等辐射安全措施定期检查制度，并将检查结果记录备案。一旦发现门机联锁系统或急停开关存在故障，应立即停止工作，组织技术人员对其进行检查维修，只有在确认门机联锁系统、急停开关等辐射安全措施恢复正常后，设备方能重新投入使用。加速器机房制定停机后等待一段时间方能进入机房的操作规程，并张贴在控制室醒目位置，使每个操作人员均可看到该提示。

针对以上可能发生的事故风险，医院应根据发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围，制定辐射事故应急方案，依照国家环保总局的《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》（环发[2006]145号文）中的规定，当发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告，医院应立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健委部门报告。

表 12 辐射安全管理

1、辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用射线装置、放射性同位素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；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，以医院内部文件形式明确各成员的管理职责。

本项目的辐射工作人员将由医院统一招聘。医院应安排本项目辐射工作人员参加辐射安全和防护的考核，成绩合格后，方能符合辐射工作人员岗位要求。本项目拟配备的人员情况见表 1-5。

2、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》等法律法规要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

医院需要根据相关要求，修定完善相关的辐射防护管理规章制度，对医院补充完善的辐射安全管理制度的重点建议如下：

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

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

辐射防护和安全保卫制度：根据射线装置的具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度，预防辐射安全事故的发生。

设备检修维护制度：明确设备在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保设施安全有效地运转。

射线装置使用登记制度：建立射线装置使用登记制度，明确射线装置的购买、使用、贮存情况等由专人负责登记、专人形成台帐、每月核对，确保帐物相符。

人员培训计划：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。

监测方案：明确监测对象、频次和监测项目，监测结果定期上报环境保护行政主管部门，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

事故应急预案：明确应急机构的组成、职责分工、应急人员的培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。

3、辐射监测

(1) 个人剂量监测

全院辐射工作人员的个人剂量监测工作已委托具有相应资质的机构承担，监测频度为每 3 个月检测一次。医院应在本项目开展前增加新招辐射工作人员的个人剂量监测，并严格要求辐射工作人员按照规范佩戴个人剂量计，医院应严格按照国家法规和相关标准进行个人剂量监测和相关的防护管理工作。

(2) 工作场所及环境监测

①监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用 II 类、III 类射线装置的单位，应“配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、固定式和便携式辐射监测仪等设备”。

医院根据所开展的项目，拟配备 1 台环境辐射巡测仪，用于辐射工作场所定期自行检测。医院在直线加速器机房内安装 1 套固定式剂量率检测设备，用于确认机房内的辐射水平。为机房共配备 2 台个人剂量报警仪，用于辐射工作过程中瞬时辐射剂量的报警。

医院自有监测设备每年校准一次，使用时确保在校准有效期内。设备校准及自行监测由医工部负责实施。

②监测方案

监测项目： γ 剂量率水平；

监测设备：便携式 X、 γ 剂量率仪；

监测频次：

委托监测频次：委托具有 CMA 监测资质的单位进行场所监测，1 次/每年；

自行监测频次：自行监测，4 次/年；

工作场所 γ 剂量率水平监测位置：

加速器机房北墙外、加速器机房上方草坪、加速器机房控制室、病人出入口

门外、设备间、加速器机房出线口处、走廊、楼梯间及侯梯厅等处。

DSA 机房西墙外、观察窗、医生出入口、东墙外、南墙外、设备间入口门、病人出入口门、DSA 机房楼上、楼下。

具体监测点位如图 12-1、图 12-2 所示。

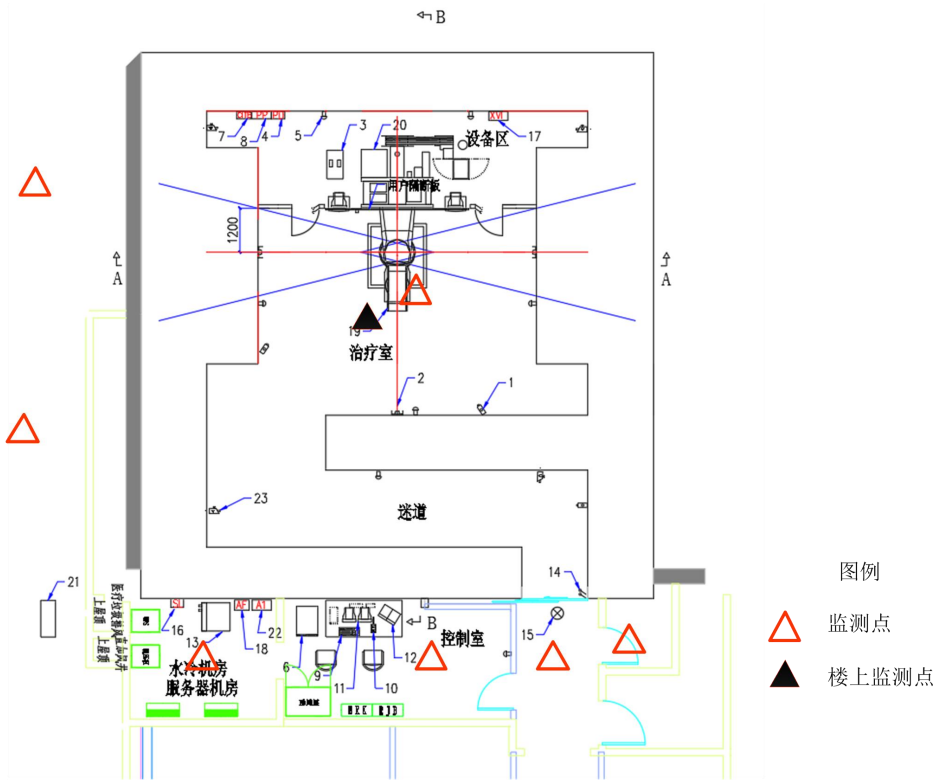


图 12-1 加速器机房工作场所监测布点示意图

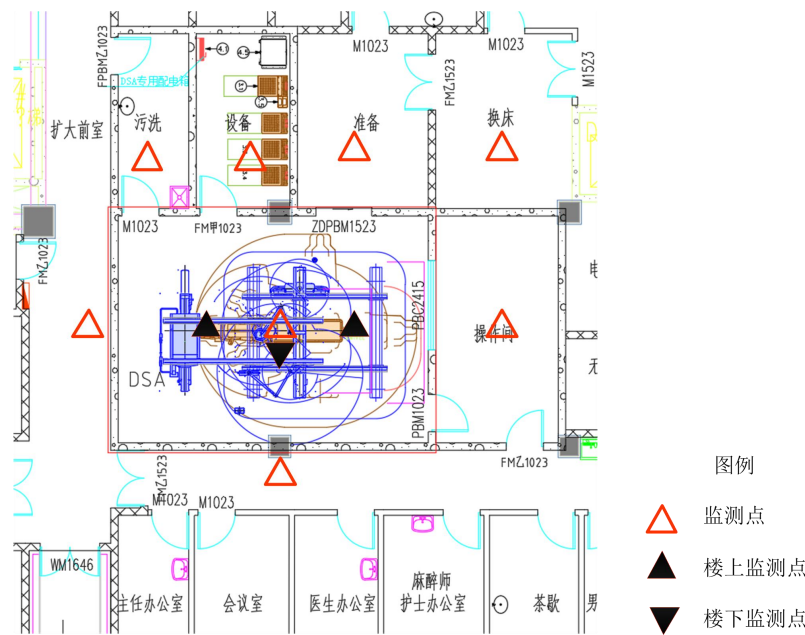


图 12-2 DSA 机房工作场所监测布点示意图

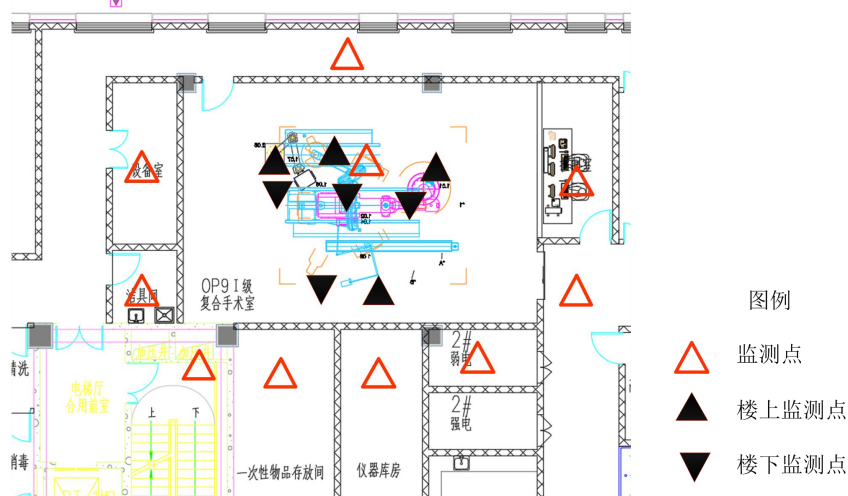


图 12-3 DSA 机房工作场所监测布点示意图

4、辐射事故应急管理

针对可能发生的事故风险，医院应根据发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围，制定辐射事故应急方案。依照国家环保总局的《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》（环发[2006]145 号文）中的有关要求，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大事故、较大事故和一般辐射事故。本项目事故主要为射线装置开机误照射。

医院应根据本项目的特点制定了辐射事故应急预案，预案中明确了应急机构的组成、职责分工、应急人员的培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。医院在试运行前还应对事故应急预案进行补充和完善，主要是明确应急人员的组成及联系方式等，并在日常工作中加强对职工进行辐射防护知识的培训 and 安全意识教育，积极开展辐射应急演练，发现问题及时解决，并在以后实际工作中不断完善辐射安全管理制度。

5、法规符合情况

依据《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许可管理办法>的决定》（环境保护部令第 3 号，2008 年）和《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）规定现对医院从事本项目辐射活动能力评价列于表 12-1 和表 12-2。

（1）对照“环保部 3 号令”要求的符合情况

表 12-1 汇总列出了本项目对照《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许

可管理办法>的决定》（环保部令第3号，2008年）对使用射线装置单位承诺的对应检查情况。

表 12-1 项目执行“环保部3号令”要求对照表

序号	环保部3号令要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	已成立辐射防护领导小组，并在该机构设有本科学历的专职管理人员。	近期符合
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	本项目辐射工作人员全部为新聘用人员，新聘任人员到位后安排参加考核，成绩合格后上岗。	近期符合
3	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	直线加速器机房防护门外拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯。直线加速器机房拟设置门机联锁装置、急停装置、监控及对讲装置。DSA机房防护门外拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，病人通道门拟设置闭门装置，且与工作状态指示灯联动。	符合
4	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。	医院应尽快配置相应的辐射监测仪器，包括：配置2台环境辐射巡测仪，按辐射工作人员配置情况为每位辐射工作人员配备2个人剂量计，本项目共32个，配置个人剂量报警仪2台。	近期符合
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	拟制定健全的定规章制度、操作规程、岗位职责及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。	近期符合
6	有完善的辐射事故应急措施。	根据项目的需要，拟制定辐射事故应急处理预案。	近期符合

（2）对“环保部18号令”要求的符合情况

《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）对拟使用射线装置的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与“环保部18号令”要求的对照检查如表12-2所示。

表 12-2 项目执行“环保部18号令”要求对照表

序号	安全和防护管理办法要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性	在机房门外拟设有出束工作状态指示灯，防护门外拟贴有电离	符合

	标志,其出口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求,设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。	辐射警告标志。	
2	第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照国家环境监测规范,对相关场所进行辐射监测,并对监测数据的真实性、可靠性负责;不具备自行监测能力的,可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	委托有辐射水平监测资质单位每年对辐射工作场所及其周围环境进行1次监测	符合
3	第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估,并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	承诺每年1月31日前向环保部门提交年度评估报告。	符合
4	第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲,对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训,并进行考核;考核不合格的,不得上岗。	本项目辐射工作人员全部为新招聘人员,人员到位后安排参加考核,成绩合格后上岗。	近期符合
5	第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准,对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测;发现个人剂量监测结果异常的,应当立即核实和调查,并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	本项目为新建项目,项目开展后将全部辐射工作人员配备个人剂量卡,并定期送检。	近期符合
6	第二十四条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,不具备个人剂量监测能力的,应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。	项目开展后,拟委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测。	近期符合

通过对照国家有关要求对本项目从事辐射活动能力的逐项分析,本项目辐射工作场所屏蔽防护设计符合辐射防护要求,各种辐射防护措施设计较齐全,放射性废物处理措施较合理,在落实和完善各项辐射防护措施及管理要求后,医院将具备从事本项目辐射活动的综合能力。

6、“三同时”竣工验收内容建议

新建、改建、扩建辐射工作场所的辐射防护设施,应当与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用,建设项目“三同时”验收内容和要求见表12-3。

表 12-3 项目竣工环保验收内容建议表

验收内容	验收要求
剂量约束值	对职业照射，本项目介入手术操作人员取 5mSv/a 作为剂量约束值，其余辐射工作人员职业照射剂量不超过 2mSv/a；公众照射剂量不超过 0.1mSv/a。 射线机房周边墙体(含防护门)30cm 处、机房上方 30cm 处、机房下方距离地面 170cm 处的辐射剂量率均不大于 2.5μSv/h。
布局和屏蔽设计	辐射工作场所防护：DSA1 及 DSA2 手术室四周墙体为 370mm 厚实心砖+20mm 硫酸钡水泥，顶部 150mm 厚混凝土+3mm 铅板，防护门和观察窗均为 4mmPb；ERCP 手术室四周墙体为 50mm 硫酸钡水泥，地面 150mm 厚混凝土楼板+50mm 硫酸钡水泥，防护门和观察窗均为 4mmPb；OP1 复合手术室四周墙体为 4mm 厚铅板，地面 150mm 混凝土楼板+40mm 硫酸钡水泥，防护门和观察窗均为 4mmPb。辐射工作场所墙（含房顶）和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求，防护门四周应与屏蔽体搭接。
辐射安全设施	机房设置动力排风装置，换气次数不少于 4 次/h；机房门外设置电离辐射警告标志、工作状态指示灯；机房内设紧急开门按钮；配备 1 台 X-γ 辐射剂量率仪。机房通风口及电气管路穿墙处等薄弱环节应设置成铅罩迷宫形式。
个人剂量档案	本项目医务人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护，并建立个人剂量档案和职业健康监护档案，按有关要求存档，个人剂量档案终身保存。
规章制度	制定有效的各项辐射安全管理制度、操作规程、工作人员培训计划等制度。辐射安全管理制度和操作规程得到宣贯和落实。
人员培训	20 名辐射工作人员参加生态环境部门核技术利用辐射安全考核，并成绩合格。
应急预案	辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确了应急处理组织机构及职责、处理原则、信息传递、处理程序和处理技术方案等。配备必要的应急器材、设备。
防护用品	本项目医护人员配备 16 套防护铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅帽、铅手套等个人防护用品。患者配备 4 套铅衣。

表 13 结论与建议

1、结论

新增 II 类射线装置项目位于北京市朝阳区东坝中路 36 号，建设内容为拟在医疗综合楼南楼地下二层西侧放疗科，新增使用 1 台医科达公司生产的 ELEgTA Infinity 型医用电子直线加速器（II 类射线装置，X 射线最大能量 10MV；配套 CBCT 设备：150kV/500mA）；拟在医疗综合楼一层南楼西侧急诊科，新增使用一台西门子公司生产的 Artis Q biplane 型数字减影血管造影机（II 类射线装置，双球管，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA）；拟在医疗综合楼二层北楼西侧手术中心，新增使用一台西门子公司生产的 Artis Q ceiling 型数字减影血管造影机（II 类射线装置，单球管，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA）。

（1）选址、布局合理性评价

本项目在三博脑科医院内进行建设，两台 DSA 分别位于医疗综合楼（地下三层，地上六层）一层、二层；直线加速器机房位于医疗综合楼地下二层西侧（独立建筑，共一层），减少了其对周围环境的影响，符合相关要求，选址合理。

本项目工作场所控制区和监督区划分明确，直线加速器机房与控制室等辅助设备分开设置，并采用迷道设计；DSA 机房的手术室与控制室等辅助用房分开设置。项目布局合理，符合相关要求。

（2）实践正当性评价

三博脑科医院使用射线装置项目的建设内容符合医院业务规划，在采取合理的辐射安全措施后，项目运行过程中产生的电离辐射对周边环境和人员的影响满足现行标准、法规要求，借助这些医学诊断技术，可以更好的开展肿瘤治疗及介入诊疗，满足患者就医需要，具有良好的社会效益和经济效益，所获得的利益远大于其可能产生的损害，因此本项目符合辐射实践正当性原则。

（3）辐射防护措施评价

根据理论预测及分析，本项目辐射工作场所的防护设计符合辐射防护要求，其控制区外辐射剂量率均能够符合相关标准的要求。

（4）辐射安全措施评价

①直线加速器机房防护门外拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯。直线加速器机房拟设置门机联锁装置、急停装置、紧急开门装置、监控对讲装置等。

直线加速器机房迷道墙处拟安装固定式剂量率检测设备。

②DSA1、DSA2 机房防护门外拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，病人通道门拟设置闭门装置，且与工作状态指示灯联动。

（5）辐射防护监测仪器

医院应尽快配置相应的辐射监测仪器，包括：配置 1 台环境辐射巡测仪，按辐射工作人员配置情况为每位辐射工作人员配备 2 个个人剂量计（一备一用）。

（6）保护目标剂量评价

根据理论估算结果，本项目在做好个人防护措施、安全措施的情况下，辐射工作人员和公众年有效剂量能够符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目管理目标：DSA1、DSA2 介入手术操作人员职业照射剂量不超过 5mSv/a，其余辐射工作人员职业照射剂量不超过 2mSv/a；公众照射剂量不超过 0.1mSv/a 的剂量限值要求。

（7）放射性废物处理措施评价

直线加速器、DSA 机房内拟设计通风装置，以排出机房内可能聚集的有害气体。

（8）辐射安全管理评价

医院已成立辐射防护管理领导小组，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，以院内文件的形式明确各成员管理职责。本项目所有辐射工作人员将由医院统一招聘，所有辐射工作人员应参加辐射安全和防护的考核，并考核成绩合格，为辐射工作人员配备个人剂量计并定期送检，定期组织辐射工作人员进行职业健康体检，建立个人剂量档案及职业健康档案。医院在落实和完善上述各项辐射防护措施及管理要求后，医院将具备从事本项目辐射活动的综合能力。

综上所述，新增 II 类射线装置项目在落实本报告所提出的各项污染防治和管理措施后，北京三博脑科医院有限公司具备与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

2、承诺

（1）在日常工作中，工作人员合理穿戴防护用品，并告知、指导受检者使用防护用品。

(2) 项目建设施工过程中，严格按照不低于本报告中的建设方案和辐射安全防护各项措施进行建设，确保各机房的施工质量。

(3) 项目试运行前，须及时办理辐射安全许可证，取得辐射安全许可后方可投入试运行。

(4) 进一步加强本单位的辐射安全的管理。项目竣工投入使用 3 个月之内及时开展自行竣工环保验收，并接受环保部门的监督检查。

(5) 在辐射项目运行中决不容许违规操作和弄虚作假等现象发生，如若发现相关现象接受相关处理。如果出现辐射工作人员年受照剂量异常情况，医院应进行调查并报环保部门备案，严格按规章制度落实执行。

表 14 审批

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