

核技术利用建设项目

温州医科大学附属第一医院

新增射线装置应用项目

环境影响报告表

（公示稿）

温州医科大学附属第一医院

2022 年 11 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

温州医科大学附属第一医院

新增射线装置应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：温州医科大学附属第一医院

建设单位法人代表（签名或签章）：沈贤

通讯地址：浙江省温州市瓯海区南白象

邮政编码：325000 联系人：陈*

电子邮箱：/ 联系电话：1*****

目 录

表 1	项目基本概况	1
表 2	放射源	22
表 3	非密封放射性物质	22
表 4	射线装置	23
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	24
表 6	评价依据	25
表 7	保护目标与评价标准	27
表 8	环境质量和辐射现状	36
表 9	项目工程分析与源项	45
表 10	辐射安全与防护	56
表 11	环境影响分析	74
表 12	辐射安全管理	100
表 13	结论与建议	108
表 14	审批	113

表 1 项目基本情况

建设项目名称		温州医科大学附属第一医院新增射线装置应用项目				
建设单位		温州医科大学附属第一医院				
负责人		沈贤	联系人	陈*	联系电话	1*****
注册地址		浙江省温州市瓯海区南白象				
项目建设地点		温州市瓯海区南白象街道上蔡村（南白象院区）1 号住院楼南侧地下一层放疗中心、2 号医技楼二层介入手术中心、温州市府学巷 2 号（公园路院区）病房大楼一层心脏介入中心				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		4000	项目环保投资（万元）	170	投资比例（环保投资/总投资）	4.25%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m²）	/
应用类型	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			
	其他	/				

1.1 项目建设单位情况

温州医科大学附属第一医院（以下简称医院）是浙江省属三级甲等综合性医院，创建于 1919 年，前身是温州市首家由国人创办的瓯海医院。医院现有两个院区，老院区（公园路院区）位于温州市府学巷 2 号，新院区（南白象院区）位于温州市瓯海区南白象街道上蔡村。医院南白象和公园路两个院区占地总面积 530 余亩，建筑面积 43 万平方米，核定床位 3380 张。

医院持有浙江省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（见附件 4），证书编号为：浙环辐证（C0014），有效期至 2027 年 06 月 22 日，使用种类和范围为：使用 III 类、V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作

场所。

1.2 任务由来及编制目的

为提升医院放疗治疗能力，医院于 2015 年在南白象院区 1 号住院楼南侧地下一层开展放疗中心工程建设项目，设置了 6 个大型放疗机房（1#~6#直线加速器机房）、1 个后装机房和 2 个 CT 模拟定位机房，计划配置 5 台直线加速器和 1 台 TOMO 机，1 台后装治疗机和 2 台 CT 定位机。该项目已于 2015 年 12 月委托浙江国辐环保科技中心编制了《温州医科大学附属第一医院直线加速器等射线装置应用项目（迁扩建）环境影响报告表》，并于 2016 年 5 月取得原温州市环境保护局批复（温环辐〔2016〕7 号，详见附件 6）。目前医院南白象院区放疗中心通过阶段性自主验收并运行的设备为 2#直线加速器机房的 1 台 Elekta Infinity 型医用直线加速器和 3#直线加速器机房的 1 台 Varian Edge 型医用直线加速器，以及配套的 1 台 CT 模拟定位机（自主验收时间分别为 2022 年 1 月和 2022 年 9 月，验收意见详见附件 6），其余机房至今均处于闲置状态暂未运行。

因治疗与诊断的需要，医院拟利用南白象院区 1 号住院楼南侧地下一层放疗中心现有闲置 1#直线加速器机房，新增 1 台 10MV 医用直线加速器（依托现有模拟定位 CT 机进行模拟定位）；将南白象院区 3 号医技楼二层介入手术中心现有预留 DSA 机房及相关配套用房改建，新增 1 台 DSA；拟将公园路院区病房大楼一层心脏介入中心现有病人复苏间和病人准备间等功能用房改建为 DSA 机房及其配套用房，新增 1 台 DSA。根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部，国家卫生和计划生育委员会公告，公告 2017 年第 66 号），上述医用直线加速器、DSA 属于 II 类射线装置。

本项目所涉及的南白象院区 1 号住院楼南侧地下一层放疗中心 1#直线加速器机房，至今未实施运行直线加速器，已超过五年有效期，根据《中华人民共和国环境影响评价法》第二十四条规定“建设项目的环境影响评价文件自批准之日起超过五年，方决定该项目开工建设的，其环境影响评价文件应当报原审批部门重新审核”，因此本次 1#直线加速器机房新增一台直线加速器将重新评价。按照《中华人民共和国环境保护法》的规定和要求，并对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行），本项目属于五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目-“生产、使用 II 类射线装置的”，需进行环境影响评价，环评类别为环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，温州医科大学附属第一医院委托杭州卫康环保科技有限公司对本项目进行辐射环境影响评价，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，在进行现

场踏勘、收集有关资料等工作，实地调查了解项目所在地环境条件和充分研读相关法律法规、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，就项目对环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，并依据《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）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表，供建设单位上报审批。

1.3 本项目产业政策及实践正当性

1.3.1 产业政策符合性分析

本项目为核技术利用于医学领域。根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》及《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019年本）有关条款的决定>的相关规定，本项目医用直线加速器属于第一类鼓励类项目的第六项“核能”第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，DSA属于第十三项“医药”中第5款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，均属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

1.3.2 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足温州市病人就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在放射诊断和放射治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.4 建设内容与规模

经与建设单位核实，确定本次评价规模为：

（1）南白象院区 1 号住院楼南侧地下一层放疗中心

医院拟在南白象院区 1 号住院楼南侧地下一层放疗中心现有 1#直线加速器机房内新增使用 1 台 10MV 医用直线加速器（属Ⅱ类射线装置，型号待定），用于全身肿瘤诊疗。医用直线加速器治疗时 X 射线最大能量为 10MV，距靶 1m 处的最大主束辐射剂量率为 $1.44 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$ ，电子线最高能量为 22MeV，年曝光时间约 425h。加速器机房面积（含迷道）约 82.7m²，其北侧为控制室（面积约 15m²）、设备间（面积约为 7.25m²）及加速器水冷机房（与 3#直线加速器机房共用，面积约为 15.3m²）。1#直线加速器机房四面墙体、迷路、顶棚和底部均为现浇混凝土，主射朝向东侧墙体、西侧墙体、顶棚与地面。东墙主屏蔽区为 2800mm 厚混凝土，屏蔽宽度为 4000mm，与主屏蔽相连的次屏蔽区为 1500mm 厚混凝土；西墙主屏蔽区为 2800mm 厚混凝土，屏蔽宽度为 4600mm，与主屏蔽相连的次屏蔽区为 1500mm 厚混凝土（该屏蔽墙与 3#直线加速器东侧屏蔽墙共用同一堵墙）；顶棚主屏蔽为 2800mm 厚混凝土，屏蔽宽度 4600mm，与主屏蔽相连的次屏蔽区为 1500mm 厚混凝土；南侧墙为 500mm 厚混凝土（该墙南侧为实土层）；北侧墙体为迷路墙，迷道内墙为 1400mm 厚混凝土，迷道外墙为 1200mm 厚混凝土；防护门为内衬 20mm 铅板的铅钢防护门。加速器机房无地下层，楼上无建筑物，为室外绿化带。

（2）南白象院区 3 号医技楼二层介入手术中心

医院拟将南白象院区 3 号医技楼二层介入手术中心现有 DSA1 机房改建为本项目 1#DSA 检查室，将其东侧的导管室、控制室和机柜室改建为与 DSA2 机房共用的控制和设备间，并新增 1 台 DSA（为方便描述，将该 DSA 编号为 1#DSA，机房为 1#DSA 机房，型号待定），为单球管设备，其额定电压不大于 125kV、额定电流不大于 1000mA，出束方向由下而上，属于Ⅱ类射线装置。该 DSA 主要用于介入治疗、血管造影等。本项目 1#DSA 机房有效面积均为 55.7m²，净长 7.68m，净宽 7.25m；控制室有效面积约为 41.45m²（与东侧 DSA2 机房共用），设备间有效面积约为 19.23m²（与东侧 DSA2 机房共用），机房四侧墙体均为 240mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料（约合 4.0mmPb），顶棚为 160mm 混凝土+2mmPb 铅板+20mm 硫酸钡涂料（约合 5.8mmPb），地坪为 180mm 混凝土+2mmPb 铅板（约合 4.25mmPb），防护门均采用 4mmPb 铅门，观察窗为 20mm 厚铅玻璃（1 扇，约合 4.0mmPb）。

（3）公园路院区病房大楼一层心脏介入中心

医院拟将公园路院区病房大楼一层心脏介入中心现有 DSA 机房东侧的病人复苏间、病人

准备间和部分病人通道改建为本项目 2#DSA 机房及其配套用房，新增 1 台 DSA（为方便描述，将该 DSA 编号为 2#DSA，机房为 2#DSA 机房，型号待定），为单球管设备，其额定电压不大于 125kV、额定电流不大于 1000mA，出束方向由下而上，属于 II 类射线装置。该 DSA 主要用于心脏介入手术。本项目 2#DSA 机房有效面积约为 40.8m²，净长约 7.5m，净宽约 5.44m；控制室有效面积约为 23.54m²，准备间有效面积约为 20.6m²（与西侧现有 DSA 机房共用），复苏间有效面积约为 28.86m²（与西侧现有 DSA 机房共用）。机房四侧墙体均为 1.2mm 厚电解钢板+3mmPb 铅板（约合 3.0mmPb），顶棚为 120mm 混凝土+3mmPb 铅板（约合 4.3mmPb），地坪为 200mm 混凝土（约合 2.5mmPb），防护门均采用 3mmPb 铅门，观察窗为 15mm 厚铅玻璃（1 扇，约合 3.0mmPb）。

本项目 1#DSA 机房和 2#DSA 机房改造前后平面示意图见图 1-1~图 1-4。

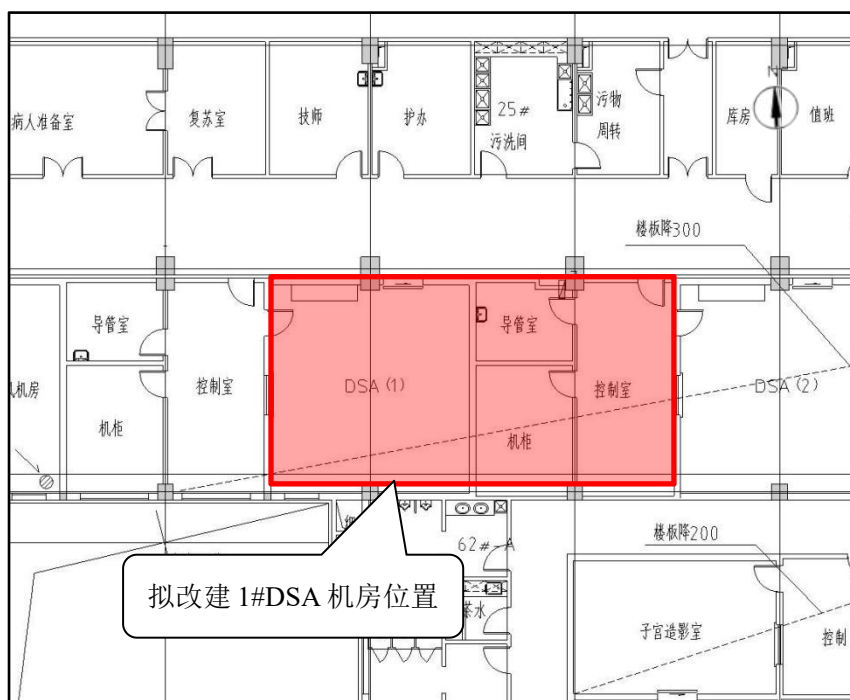


图1-1 本项目1#DSA机房（南白象院区）改造前平面图

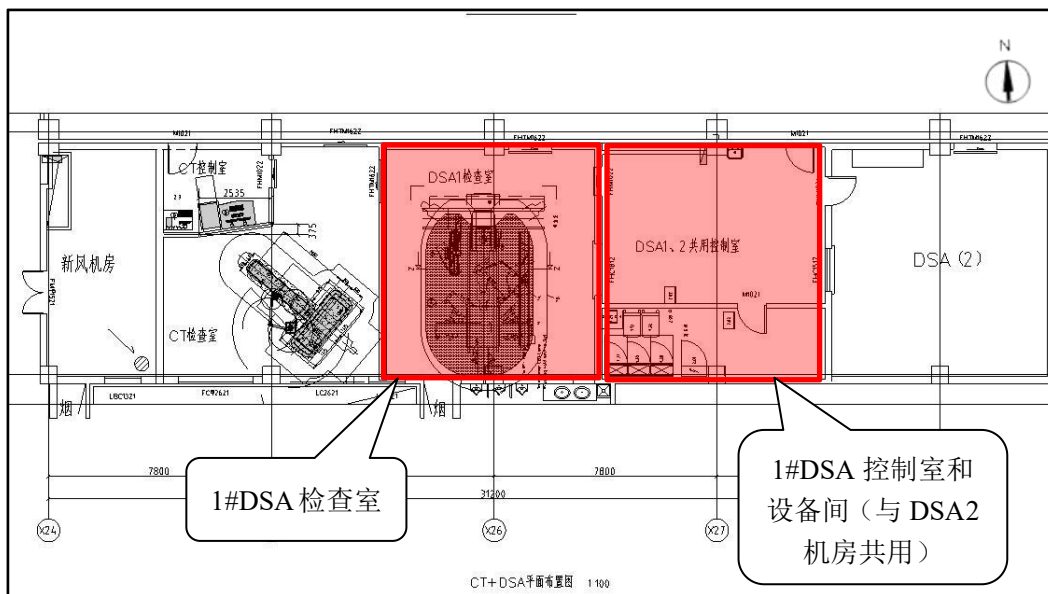


图1-2 本项目1#DSA机房（南白象院区）改造后平面图

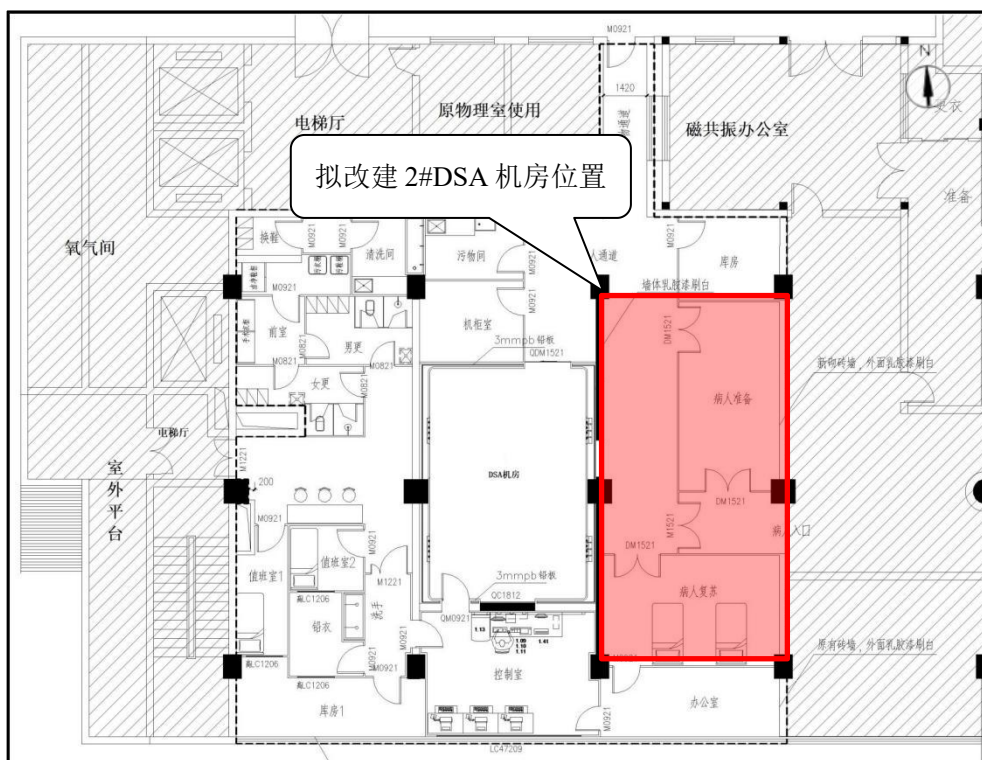
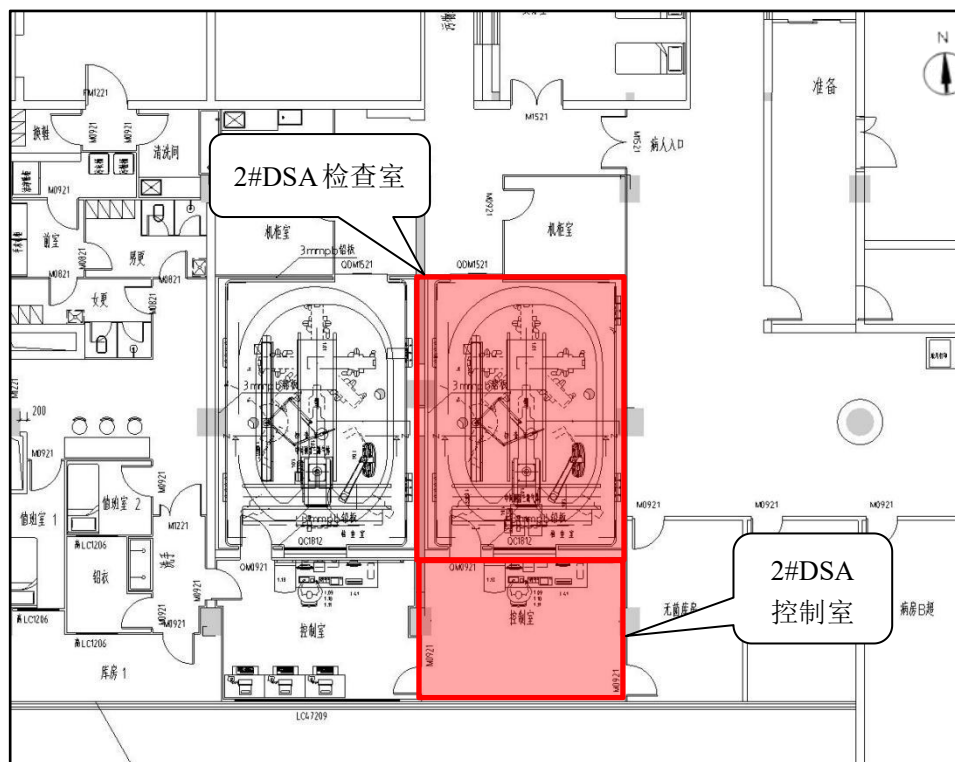


图1-3 本项目2#DSA机房（公园路院区）改造前平面图



本项目涉及医用射线装置的情况见表 1-1。

装置名称	型号	数量	设备参数	管理类别	主射方向	使用场所	备注
医用直线加速器	待定	1台	最大 X 射线能量 10MV	II类	东侧墙体、西侧墙体、顶棚和地面	南白象院区 1 号住院楼南侧地下一层放疗中心 1#直线加速器机房	拟购
DSA	待定	1台	125kV/1000mA	II类	由下向上	南白象院区 3 号医技楼二层介入手术中心 1#DSA 机房	拟购
DSA	待定	1台	125kV/1000mA	II类	由下向上	公园路院区病房大楼一层心脏介入中心 2#DSA 机房	拟购

1.5.1 医院项目地理位置

医院公园路院区位于府学巷2号，地址位置见附图1。公园路院区东侧隔园西路为温州市少年儿童图书馆、中山公园；南侧为谢池巷、五马街道谢池社区；西侧为九柏园头小区、

城南小学（府学巷校区）；北侧为公园路。

医院南白象院区和公园路院区周围环境情况见附图 2-1、2-2，南白象院区和公园路院区总平面图见附图 3-1、图 3-2。

1.5.2 项目周边环境概况

本项目 1#直线加速器机房位于南白象院区 1 号住院楼南侧地下一层放疗中心；1#DSA 机房位于南白象院区 3 号医技楼二层介入手术中心；2#DSA 机房位于公园路院区病房大楼一层心脏介入中心。

本项目 1#直线加速器机房东侧依次为男厕、女厕、清洁间、残疾人卫生间、配电房；南侧为实土层；西侧为 3#直线加速器机房（运营中）；北侧依次为水冷机房（与 3#直线加速器机房共用）、设备间、控制室和护士站；顶棚为室外绿化带，无地下层。本项目 1#直线加速器机房上层地面对应区域的东北侧约 26m 处为医技楼门厅，北侧约 46m 处为 1 号住院楼。

本项目拟改建 1#DSA 机房东侧依次为设备间和控制室（与 DSA2 机房共用）、南侧为卫生间、西侧拟改建为 CT 检查室，北侧为病人通道，隔病人通道为病人准备室、复苏室和技师及护士办公室，正上方为 ICU 病房，正下方为候药厅。1#DSA 机房南侧 32m 处为 2 号医技楼，西侧约 20m 处为 3 号住院楼，西南侧 40m 处为 2 号住院楼。

本项目拟改建 2#DSA 机房东侧为病人通道和准备间，南侧为控制室，西侧为现有 DSA 机房，北侧为缓冲间和机柜室，正上方为浴室和卫生间，无地下层。2#DSA 机房南侧约 30m 处为育英门诊楼，西侧隔院内过道自北向南为职工俱乐部楼、食堂楼、九柏园头小区（部分居民楼），距离 2#DSA 机房分别约 45m、32m、42m。

本项目主要环境保护目标为辐射工作场所辐射工作人员以及辐射工作场所周围公众。

1.5.3 选址合理性分析

本项目位于温州市府学巷 2 号（公园路院区）和温州市瓯海区南白象街道上蔡村（南白象院区），根据中华人民共和国不动产权证书和中华人民共和国国有土地使用证（见附件 14），本项目用地性质属于医疗卫生用地。

本项目南白象院区 1#DSA 机房和 1#直线加速器机房实体边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑物和绿化带，公园路院区 2#DSA 机房实体边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑物、院内道路和九柏园头小区（部分居民楼），均不涉及生态保护红线优先保护单元，不涉及国家级生态保护红线，无学校、幼儿园等敏感建筑，无环境制约因素，且各辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照

射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足相关法律法规确定的剂量管理约束值的要求。因此，从辐射安全防护和环境保护的角度分析，本项目选址是合理的。

1.6 “三线一单”符合性分析

1、生态保护红线

根据《浙江省温州市“三线一单”生态环境分区管控分案》，本项目为城镇生活重点管控单元，管控单元编号 ZH33030430001（南白象院区）、ZH33030220004（公园路院区），不涉及生态保护红线。

2、环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址周围环境 X-γ辐射剂量属于正常本底范围。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

3、资源利用上线

本项目运营过程中主要消耗一定量的电能，消耗量相对区域资源利用总量较少，且项目不使用高耗能、低效率的设备，符合资源利用上线的要求。

4、生态环境准入清单

本项目不属于生产型项目，不属于《浙江省工业污染项目（产品、工艺）禁止和限制发展目录（第一批）》中规定的禁止类和限制类项目，本项目满足环境准入清单要求。

表 1-2 本项目所在管控单元分类准入清单

场所	环境 管控 单位 编码	内容	符合性分析	是 否 符 合
----	----------------------	----	-------	------------------

温州市府学巷2号（公园路院区）	ZH33030220004	空间布局约束	原则上禁止新建三类工业项目，现有三类工业项目禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业项目搬迁关闭。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放等环境健康风险较大的二类工业项目。禁止在工业功能区（小微园区、工业集聚点）外新建二类工业项目。城市蓝线范围内严格执行《温州市城市蓝线管理办法》，禁止违反城市蓝线保护和控制要求的建设活动；禁止擅自填埋、占用城市蓝线内水域；禁止影响水系安全的爆破、采石、取土；禁止擅自建设各类排污设施；禁止其他对城市水系保护构成破坏的活动。污水收集管网范围内，禁止新建除城镇污水处理设施外的入河（或湖或海）排污口，现有的入河（或湖或海）排污口应限期纳管。颁布一年内本管控单元按照一般管控单元准入执行。	本项目不属于工业项目，满足该区“空间布局约束”	是
		污染物排放管控	现有二类工业项目改建，只能在原址基础上，并须符合污染物总量替代要求，且不得增加污染物排放总量，不得加重恶臭、噪声等环境影响。	本项目不属于工业项目，DSA设备曝光时产生的臭氧与氮氧化物量很少，臭氧在常温下20-50分钟后可自行分解为氧气。臭氧和氮氧化物经机械排风系统排放至周围环境中。综合上述分析，项目实施后能满足该区“污染物排放管控”要求。	是
		环境风险防控	禁止涉及易导致环境风险的有毒有害和易燃易爆物质的生产、使用、排放、贮存等新建、改扩建项目。有序搬迁或依法关闭已对土壤造成严重污染的企业，其退出用地，须经评估后，方可进入用地程序。禁止未经法定许可占用水域；除防洪、重要航道必须的护岸外，禁止非生态型河湖堤岸改造；建设项目不得影响河道自然形态和河湖海水生态（环境）功能。	本项目不涉及风险物质，不占用水域，符合该区“环境风险防控”要求。	是
		资源开发效率要求	执行《温州市城市总体规划（2003—2020年）》（2017年修订），到2020年，中心城区人均建设用地面积控制在85.9平方米。	本项目无新增建筑物，拟将现有病房大楼一层功能用房改建为2#DSA机房，满足“资源开发效率”要求。	是
	ZH3	空间布局	禁止新建、扩建三类工业项目，现有三	本项目不属于工业项目，满足	

市瓯海区南白象街道上蔡村（南白象院区）	3030420007	约束	类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业项目搬迁关闭。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放等环境健康风险较大的二类工业项目。禁止在工业功能区（小微园区、工业集聚点）外新建二类工业项目。城市蓝线范围内严格执行《温州市城市蓝线管理办法》，禁止违反城市蓝线保护和控制要求的建设活动；禁止擅自填埋、占用城市蓝线内水域；禁止影响水系安全的爆破、采石、取土；禁止擅自建设各类排污设施；禁止）其他对城市水系保护构成破坏的活动。污水收集管网范围内，禁止新建除城镇污水处理设施外的入河（或湖或海）排污口，现有的入河（或湖或海）排污口应限期纳管。颁布一年内本管控单元按照一般管控单元准入执行。	该区“空间布局约束”	
		污染物排放管控	现有二类工业项目改建，只能在原址基础上，并须符合污染物总量替代要求，且不得增加污染物排放总量，不得加重恶臭、噪声等环境影响。	本项目不属于工业项目，直线加速器和 DSA 设备曝光时产生的臭氧与氮氧化物量较少，臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气。臭氧和氮氧化物经机械排风系统排放至周围环境中。综合上述分析，项目实施后能满足该区“污染物排放管控”要求。	
		环境风险防控	禁止涉及易导致环境风险的有毒有害和易燃易爆物质的生产、使用、排放、贮存等新建、改扩建项目。有序搬迁或依法关闭已对土壤造成严重污染的企业，其退出用地，须经评估后，方可进入用地程序。禁止未经法定许可占用水域；除防洪、重要航道必须的护岸外，禁止非生态型河湖堤岸改造；建设项目不得影响河道自然形态和河湖海水生态（环境）功能。	本项目不涉及风险物质，不占用水域，符合该区“环境风险防控”要求。	
		资源开发效率要求	执行《温州市城市总体规划（2003—2020 年）》（2017 年修订），到 2020 年，中心城区人均建设用地面积控制在 85.9 平方米。	本项目无新增建筑物，1#直线加速器利用现有机房，1#DSA 机房在现有 DSA 机房基础上改建，满足“资源开发效率”要求。	

综上所述，本项目不涉及生态保护红线、符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境

准入清单的要求。

1.6 劳动定员及工作负荷

本项目各辐射工作场所工作制度见下表。

表 1-3 本项目辐射工作场所工作制度一览表

序号	装置名称	使用场所	工作时间/d	年工作天数	年预估病人
1	医用直线加速器	南白象院区 1 号住院楼南侧地下一层放疗中心 1#直线加速器机房	8h	255d	25500 人次
2	1#DSA	南白象院区 3 号医技楼二层介入手术中心 1#DSA 机房	12h	300d	2400 人次
3	2#DSA	公园路院区病房大楼一层心脏介入中心 2#DSA 机房	14h	320d	5500 人次

工作负荷：

1、医用直线加速器（南白象院区）：每日最大治疗人次不超过 100 人，年工作 255 天，一周工作 5 天，加速器周治疗照射时间为 8.33h/周（详见 11.2.1 小节），则年治疗时间约为 425h。辐射工作人员配置：医生 2 人，技师 4 人，物理师 2 人，共 8 人，分两组，每组医生 1 人，技师 2 人，物理师 1 人。

2、1#DSA（南白象院区）：年手术台数最大为 2400 台，平均每次手术减影曝光时间约 2min，透视时间 20min，则减影过程年总曝光时间为 80h，透视过程年总曝光时间为 800h，1#DSA 年出束总时间为 880h。辐射工作人员配置：每台手术人员配备为 1 位医生，1 位护士和 1 位技师，共拟配备手术医生 12 名、护士 4 名，控制室配备 4 名技师，共 20 名辐射工作人员。预计参与 DSA 介入手术的医生每年最大手术量约为 200 台，参与介入手术的护士年最大手术量约为 600 台，参与介入手术的技师年最大手术量约为 600 台。

3、2#DSA（公园路院区）：年手术台数最大约为 5500 台，平均每次手术减影曝光时间约 2min，透视时间 20min，则减影过程年总曝光时间约为 183.3h，透视过程年总曝光时间约为 1833.3h，2#DSA 年出束总时间为 2016.6h。辐射工作人员配置：每台手术人员配备为 1 位医生，1 位护士和 1 位技师，共拟配备手术医生 28 名、护士 10 名，控制室配备 10 名技师，共 48 名辐射工作人员。预计参与 DSA 介入手术的医生每年最大手术量约为 200 台，参与介入手术的护士年最大手术量约为 550 台，参与介入手术的技师年最大手术量约为 550 台。

本项目 DSA 涉及的科室主要为心血管内科、放射科、急诊科等，手术类型有冠状动脉造影术、经皮冠状动脉血管成形术、冠状动脉支架植入术等类型。

综上，本项目拟配置辐射工作人员共 76 人，均为对外招聘或从原有辐射工作人员调剂。

辐射工作人员轮班上岗，定岗定责，不兼职操作其他射线装置，不存在受照时间和受照剂量累积增加的情况。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019年第57号），本项目新增的76名辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗，并定期复训。

1.7 原有核技术利用项目情况

1、医院原有项目许可情况

医院已取得《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证〔C0014〕（见附件4），发证日期：2022年06月23日，有效期至2027年06月22日，使用种类和范围为：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

医院原有已许可的放射源、非密封放射性物质及射线装置情况见表1-4~表1-6。

2、原有核技术利用项目管理情况

（1）医院已成立了辐射安全与防护管理委员会领导小组，制定了一系列的辐射工作管理制度：《辐射安全防护和管理制度》、《放射工作人员岗位职责》、《放射工作操作规程》、《辐射事故应急预案》、《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》、《辐射防护监测方案》、《质量保证QA大纲》、《质量控制（QC）检测计划》等。医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好。

（2）医院现有331名辐射工作人员均已委托温州市疾病预防控制中心开展个人剂量计检测，根据医院提供的最近1年职业外照射个人剂量监测报告，全院现有辐射工作人员年累积受照剂量均不超过职业年照射剂量约束值5mSv。医院已组织现有辐射工作人员进行了职业健康体检，根据检测报告结果，可继续从事放射工作。医院现有辐射工作人员中272名参加了辐射安全与防护培训并考核合格取得证书，59名参加了放射防护知识培训并考核合格。

（3）医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作状态指示灯等。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

（4）医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据建

设单位提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求，历年均未发生辐射事故。

（5）根据医院提供的资料，医院已按要求编写了放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，每年定期上报至发证机关。

（6）医院已制定《辐射事故应急预案》，见附件 11。医院每年均定期开展辐射事故应急预案演练，并对演练结果进行总结，及时对放射事件应急处理预案进行完善和修订。经与建设单位核实，医院自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。

表 1-4 现有放射源情况一览表

序号	核素	类别	总活度（贝克）/活度（贝克）×枚数	环评情况	验收情况
1	Sr-90（Y-90）	V 类	1.11E+9*1	浙环辐〔2015〕30 号	未投入使用
2	Na-22	V 类	3.7E+6*1	浙环辐〔2015〕30 号	2018 年 1 月 11 日自主验收
3	Na-22	V 类	3.7E+5*6	浙环辐〔2015〕30 号	2018 年 1 月 11 日自主验收
4	Ir-192	III类	3.7E+11*1	温环辐〔2016〕7 号	未投入使用

表 1-5 现有非密封放射性物质使用情况一览表

序号	工作场所	场所等级	核素	日等效最大操作量（贝克）	年最大用量（贝克）	环评情况	验收情况
1	南白象院区外周导管室	乙级	Y-90	4.2E+7	4.2E+11	浙环辐〔2022〕011 号	未投入使用
2	南白象院区核医学科	乙级	Y-90	6.0E+7	6.0E+11	浙环辐〔2022〕011 号	未投入使用
3	南白象院区核医学科	乙级	Tc-99m	1.85E+7	4.62E+12	浙环辐〔2022〕011 号	未投入使用
4	南白象院区（外周导管室三号机房、核医学科）	乙级	Tc-99m	2.96E+5	7.4E+10	浙环辐〔2022〕011 号	未投入使用
5	南白象院区核医学科	乙级	Sr-89	3.7E+6	7.4E+9	浙环辐〔2015〕30 号	2018 年 1 月 11 日自主验收
6	南白象院区核医学科	乙级	Ra-223	3.7E+8	5.55E+9	浙环辐〔2022〕011 号	未投入使用
7	南白象院区核医学科	乙级	P-32	3.7E+7	7.4E+9	浙环辐〔2015〕30 号	未投入使用
8	南白象院区核医学科	乙级	Mo-99（Tc-99m）	2.22E+7	1.11E+12	浙环辐〔2015〕30 号	2018 年 1 月 11 日自主验收
9	南白象院区核医学科	乙级	I-131	1.85E+9	3.7E+11	浙环辐〔2015〕30 号	2018 年 1 月 11 日自主验收
10	南白象院区(外周导管室 1/2/3 号 DSA 机房, 内镜	乙级	I-125(粒子源)	5.92E+7	5.92E+11	浙环辐〔2015〕30 号	2018 年 1 月 11 日自主验收

	中心支气管镜室 4, 手术室手术间 A04, 医疗保健中心 CT10 号机						
11	南白象院区核医学科	乙级	I-123	1.85E+7	4.63E+10	浙环辐〔2022〕011 号	未投入使用
12	南白象院区 PET-CT	乙级	Ga-68	1.85E+7	4.63E+11	浙环辐〔2022〕011 号	未投入使用
13	南白象院区 PET-CT	乙级	F-18	7.4E+8	1.85E+13	浙环辐〔2015〕30 号	2018 年 1 月 11 日自主验收

表 1-6 医院现有已许可的射线装置一览表

序号	设备名称	类别	数量	型号	工作场所位置	环评情况	验收情况
1	模拟定位 CT	III 类	1	Brilliance CT Big Bore	公园路院区放化疗科: 模拟定位机房	浙环辐〔2008〕30 号	浙环辐验〔2015〕97 号
2	模拟定位 CT	III 类	1	Brilliance CT Big Bore	南白象院区放疗中心: CT 模拟定位室 1	温环辐〔2016〕7 号	2022 年 1 月自主验收
3	数字化曲面断层口腔全景机	III 类	1	OC100D	公园路院区口腔科: 门诊 6 号楼 2 层口腔拍片室	备案号: 202033030400000593	
4	口腔全景机	III 类	1	CS 8100SC	公园路院区口腔科: 6 号楼 2 层全景机房	备案号: 202133030400000144	
5	口腔颌面曲面体层 X 射线机	III 类	1	OC200D	南白象院区口腔科: 门诊全景机房	登记表 202033030400000665	
6	牙片机	III 类	1	CS 2100	南白象院区口腔科: 牙片机房	备案号: 202233030400000014	
7	口腔 CT	III 类	1	Kavo 3D eXam	南白象院区口腔科: 门诊口腔科 CT 室	浙环辐〔2015〕30 号	浙环辐验〔2017〕66 号
8	直线加速器	II 类	1	/	公园路院区放化疗科: 直线加速器 1 号机房	浙环辐〔2011〕69 号	浙环辐验〔2015〕97 号
9	直线加速器	II 类	1	Elekta synergy	公园路院区放化疗科: 直线加速器 2	浙环辐〔2008〕30 号 (以评代验)	

					号机房		
10	直线加速器	II 类	1	/	南白象院区放疗中心：直线加速器 1 室	温环辐〔2016〕7 号	本次环评重新评价
11	直线加速器	II 类	1	Elekta Infinity	南白象院区放疗中心：直线加速器 2 室	温环辐〔2016〕7 号	2022 年 1 月自主验收
12	直线加速器	II 类	1	Varian Edge	南白象院区放疗中心：直线加速器 3 室	温环辐〔2016〕7 号	2022 年 9 月自主验收
13	直线加速器	II 类	1	Elekta syneugy	南白象院区放疗中心：直线加速器 4 室	温环辐〔2016〕7 号	未投入使用
14	细胞和小动物 X 光辐照仪	III 类	1	RS2000-225	南白象院区动物中心：动物房 1 楼屏障操作间	备案号：202133030400000144	
15	DSA	II 类	1	IGS 5	公园路院区心导管室：7 号机房	温环辐〔2022〕04 号	2022 年 9 月自主验收
16	DSA	II 类	1	/	公园路院区心导管室：门诊 2 楼 DSA 室	浙环辐〔2008〕30 号（以评代验）	
17	DSA	II 类	1	UNIQ FD2020	南白象院区手术室：手术间 23	浙环辐〔2015〕30 号	2021 年 3 月自主验收
18	DSA	II 类	1	Siemens Artis Zee III biplane	南白象院区外周导管室：3 号机房	浙环辐〔2015〕30 号	2021 年 3 月自主验收
19	DSA	II 类	1	ALLura XperFD20	南白象院区外周导管室：1 号机房	浙环辐〔2015〕30 号	浙环辐验〔2017〕66 号
20	DSA	II 类	1	Innova 4100-IQ	南白象院区外周导管室：2 号机房	浙环辐〔2015〕30 号	浙环辐验〔2017〕66 号
21	DSA	II 类	1	Innova IGS520	南白象院区心导管室：5 号机房	温环辐〔2019〕01 号	2021 年 3 月自主验收
22	DSA	II 类	1	IGS 5	南白象院区心导管室：6 号机房	温环辐〔2022〕04 号	2022 年 9 月自主验收
23	DSA	II 类	1	ALLura XperFD10	南白象院区心导管室：2 号机房	浙环辐〔2015〕30 号	浙环辐验〔2017〕66 号
24	DSA	II 类	1	ALLura XperFD10	南白象院区心导管室：1 号机房	浙环辐〔2015〕30 号	浙环辐验〔2017〕66 号
25	DSA	II 类	1	Innova 2100-IQ	南白象院区心导管室：3 号机房	浙环辐〔2015〕30 号	浙环辐验〔2017〕66 号

26	CT	III类	1	uCT 710	公园路院区急诊楼：CT21号机房	备案号：202233030200000120	
27	CT	III类	1	LightSpeed VCT	公园路院区门诊楼：CT2号机房	浙环辐〔2008〕30号（以评代验）	
28	CT	III类	1	uCT 710	公园路院区门诊楼：CT1号机房	浙环辐〔2008〕30号（以评代验）	
29	CT	III类	1	UCT 530	公园路院区医疗保健中心：CT3号机房	备案号：202033030400000665	
30	PET-CT	III类	1	Gemini TF	南白象院区 PET-CT：PET-CT 机房	浙环辐〔2015〕30号	2018年1月11日自主验收
31	CT	III类	1	uCT 530	南白象院区独立 CT 楼：CT14号机房	备案号：202033030400000665	
32	移动 CT	III类	1	ScintCare CT16	南白象院区方舱 CT	备案号：202033030400000593	
33	CT	III类	1	uCT 530	南白象院区放射影像中心：CT7号机房	备案号：202033030400000665	
34	CT	III类	1	Bright Speed Elite	南白象院区放射影像中心：CT6号机房	浙环辐〔2015〕30号	浙环辐验〔2017〕66号
35	CT	III类	1	uCT 710	南白象院区放射影像中心：CT5号机房	浙环辐〔2015〕30号	浙环辐验〔2017〕66号
36	CT	III类	1	Aquilion One TSX-301A	南白象院区放射影像中心：CT4号机房	浙环辐〔2015〕30号	浙环辐验〔2017〕66号
37	SPECT-CT	III类	1	Discovery NM/CT670	南白象院区核医学科：SPECT-CT 机房	浙环辐〔2015〕30号	2018年1月11日自主验收
38	CT	III类	1	Aquilion TSX-101A	南白象院区急诊：CT12号机房	备案号：201833030400000030	
39	CT	III类	1	LightSpeed VCT	南白象院区急诊：CT11号机房	浙环辐〔2015〕30号	浙环辐验〔2017〕66号
40	CT	III类	1	/	南白象院区急诊：CT13号机房	浙环辐〔2015〕30号	浙环辐验〔2017〕66号
41	CT	III类	1	Discovery CT50HD	南白象院区医疗保健中心：CT10号	浙环辐〔2015〕30号	2018年1月11日自主验收

					机房		收
42	CT	III 类	1	Brilliance CT	南白象院区医疗保健中心: CT9 号机房	备案号: 202033030400000593	
43	移动 X 射线机	III 类	1	MUX-200D	公园路院区 ICU	备案号: 202033030400000665	
44	移动 X 射线机	III 类	1	MUX-100DJ	公园路院区 NICU	浙环辐〔2008〕30 号 (以评代验)	
45	DR	III 类	1	新东方 1000FB	公园路院区急诊楼: DR21 号机房		
46	模拟胃肠机	III 类	1	/	公园路院区门诊楼: 模拟胃肠机房	浙环辐〔2008〕30 号 (以评代验)	
47	DR	III 类	1	Digital Diagnost	公园路院区门诊楼: 3 楼 DR2 号机房	浙环辐〔2008〕30 号 (以评代验)	
48	数字胃肠机	III 类	1	/	公园路院区门诊楼: 数字胃肠机房	浙环辐〔2011〕69 号	浙环辐验〔2017〕66 号
49	DR	III 类	1	DRX-Evolution Plus	公园路院区门诊楼: 3 楼拍片室 1	浙环辐〔2008〕30 号 (以评代验)	
50	碎石机	III 类	1	/	公园路院区泌尿外科: 碎石室	备案号: 202033030400000593	
51	移动式 C 臂机	III 类	1	BV Vectra	公园路院区手术室: 3 号楼 3 层 5/6/7 间	浙环辐〔2008〕30 号 (以评代验)	
52	移动式 C 臂机	III 类	1	BV Endura	公园路院区手术室: 3 号楼 3 层 6/7 间	备案号: 202133030400000144	
53	钼靶乳腺机	III 类	1	FDR MS-3500	公园路院区医疗保健中心: 乳腺 DR 室	备案号: 202033030400000665	
54	DR	III 类	1	Digital Diagnost	公园路院区医疗保健中心: 胸片 DR 室	浙环辐〔2008〕30 号 (以评代验)	
55	骨密度仪	III 类	1	/	公园路院区医疗保健中心: 骨密度机房	备案号: 202033030400000665	
56	X 射线骨密度检测仪	III 类	1	Prodigy Advance	公园路院区医疗保健中心: 双能 X 线检测机房	备案号: 202133030200000020	

57	移动 DR	III 类	1	uDR 370i	南白象院区 EICU	备案号: 202033030400000665	
58	移动 DR	III 类	1	MobiEye 700A	南白象院区 ICU	备案号: 202033030400000665	
59	移动 DR	III 类	1	MobiEye 700A	南白象院区 NICU	备案号: 202033030400000665	
60	钼靶乳腺机	III 类	1	FDR MS-3500	南白象院区放射影像中心: DR5 号 机房	浙环辐 (2015) 30 号	浙环辐验 (2017) 66 号
61	DR	III 类	1	uDR 780i	南白象院区放射影像中心: DR3 号 机房	备案号: 202033030400000665	
62	数字胃肠机	III 类	1	Sonial Vision Safire Plus	南白象院区放射影像中心: DR4 号 机房	浙环辐 (2015) 30 号	浙环辐验 (2017) 66 号
63	DR	III 类	1	Digital Diagnost	南白象院区放射影像中心: DR1 号 机房	浙环辐 (2015) 30 号	浙环辐验 (2017) 66 号
64	X 射线机	III 类	1	/	南白象院区放射影像中心: DR10 号 机房	浙环辐 (2015) 30 号	未投入使用
65	骨密度仪	III 类	1	Prodigy Primo	南白象院区放射影像中心: DR6 号 机房	浙环辐 (2015) 30 号	浙环辐验 (2017) 66 号
66	DR	III 类	1	uDR 780i	南白象院区放射影像中心: DR2 号 机房	备案号: 202033030400000593	
67	DR	III 类	1	Digital Diagnost	南白象院区急诊: DR11 号机房	浙环辐 (2015) 30 号	浙环辐验 (2017) 66 号
68	体外冲击波碎石机	III 类	1	Compact deltaII	南白象院区泌尿外科: 门诊碎石室	浙环辐 (2015) 30 号	浙环辐验 (2017) 66 号
69	ERCP	III 类	1	Ultimax-i DREX-UI80	南白象院区内镜中心: ERCP 机房	备案号: 201833030400000030	
70	移动式 C 臂机	III 类	1	BV Endura	南白象院区手术室: 手术间 B25	浙环辐 (2015) 30 号	浙环辐验 (2017) 66 号
71	移动式 C 臂机	III 类	1	BV Endura	南白象院区手术室: 手术间 C43	备案号: 201833030400000030	
72	移动式 C 臂机	III 类	1	BV Endura	南白象院区手术室: 手术间 A04	备案号: 201833030400000030	
73	移动式 C 臂机	III 类	1	BV Endura	南白象院区手术室: 手术间 B21	浙环辐 (2015) 30 号	浙环辐验 (2017) 66 号

74	移动式 C 臂机	III 类	1	BV Endura	南白象院区手术室：手术间 B24	浙环辐〔2015〕30 号	浙环辐验〔2017〕66 号
75	骨密度仪	III 类	1	Prodigy Advance	南白象院区医疗保健中心：DR9 号 机房	浙环辐〔2015〕30 号	2021 年 3 月自主验收
76	动态 DR	III 类	1	DT570E	南白象院区医疗保健中心：DR7 号 机房	浙环辐〔2015〕30 号	2018 年 1 月自主验收
77	钼靶乳腺机	III 类	1	FDR MS-1000	南白象院区医疗保健中心：DR8 号 机房	浙环辐〔2015〕30 号	2018 年 1 月自主验收
78	回旋加速器	II 类	1	Qilin	南白象院区 PET-CT：回旋加速器机 房	浙环辐〔2015〕30 号	2018 年 1 月自主验收

表 1-7 医院建设项目环评情况

建设项目	环评情况	验收情况
温州医科大学迁扩建工程 (南白象院区建设项目)	温环建[2004]128 号	2017 年 11 月自主验收

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
本项目不涉及								

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大 操作量（Bq）	日等效最大 操作量（Bq）	年最大用 量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式 与地点
本项目不涉及										

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/min)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II类	1 台	待定	电子	X 射线能量：≤10MV 电子线能量：≤22MeV	X 射线：24Gy/min 电子线：6Gy/min	放射 治疗	南白象院区 1 号 住院楼南侧地下 一层放疗中心 1# 直线加速器机房	新增， 本次环评

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	1 台	待定	≤125	≤1000	影像诊断和介入治疗	南白象院区 3 号医技楼二层 介入手术中心 1#DSA 机房	新增，本次环评
2	DSA	II类	1 台	待定	≤125	≤1000	影像诊断和介入治疗	公园路院区病房大楼一层心 脏介入中心 2#DSA 机房	新增，本次环评

(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	
本项目不涉及													

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

场所	名称	状态	污染物	排放口浓度	暂存情况	最终去向
医用直线 加速器	废靶	固态	/	/	作为放射性固体废物处理，拆卸后 先放进机房内屏蔽容器衰变暂存， 最终送交有资质的单位收贮	送交有资质的单位收贮
	非放气态 废弃物	气态	臭氧（O ₃ ）、 氮氧化物	0.045mg/m ³	经专用排风管道排至楼顶	环境大气
DSA	非放气态 废弃物	气态	臭氧（O ₃ ）、 氮氧化物	极少量	经排风扇排放	环境大气

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m³；年排放总量用kg。
2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度，年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法律文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法（2014 年修订）》，2015 年 1 月 1 日起施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 年修订）》，2018 年 12 月 29 日起施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修订）》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (8) 《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； (9) 《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，原国家环境保护总局，2006 年 9 月 26 日起施行； (10) 《放射性废物的分类》，原环境保护部、工业和信息化部与国防科工局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行； (11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (12) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发 [2012]77 号，原环境保护部文件； (13) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》生态环境部公告 2019 年第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行； (14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部，公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行； (15) 《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部，公告 2019 年第 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行； (16) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部，公告 2019 年第 39 号，2019 年 11 月 1 日起启用；
------	---

	(17) 《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(2021 年修改, 国家发展和改革委员会 2021 年令第 49 号) 2021 年 12 月 30 日起施行; (18) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》, 2021 年省政府令第 388 号修订, 2021 年 2 月 10 日施行; (19) 《浙江省辐射环境管理办法》, 2021 年省政府令第 388 号, 2021 年 2 月 10 日施行; ; (20) 《浙江省生态环境厅、浙江省卫生健康委员会关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办理流程优化工作的通知》(2019 年 7 月 18 日公布并施行)。
技术标准	(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016); (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002); (3) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021); (4) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020); (5) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020); (6) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021); (7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021); (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); (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/T 201.2-2011); (10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019); (11) 《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》(GBZ/T 301-2017); (12) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017); (13) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019); (14) 《医用电子直线加速器质量控制检测规范》(WS674-2020)。
其他	(1) 环评委托书, 见附件 1; (2) 温州医科大学附属第一医院提供的其它相关资料。

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）的规定：“以项目实体为中心，射线装置的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，结合本项目的辐射污染特点，确定本项目的评价范围为辐射工作场所建筑实体边界外 50m 区域，评价范围示意图见附图 2-1、2-2。

7.2 保护目标

根据本项目辐射工作场所的平面布局和周围的外环境关系，确定本项目主要环境保护目标为辐射工作场所辐射工作人员以及辐射工作场所周围公众等，详见表 7-1。

表 7-1 本项目环评范围内环境保护目标一览表

场所	环境保护目标		规模	方位	与机房实体边界最近距离（m）		年剂量约束值(mSv)
					水平	垂直	
1#直线加速器机房	职业	控制室	8	北侧	紧邻	0	5.0
	公众	水冷机房、设备间	2 人次/d	北侧	紧邻	0	0.1
		护士站	2 人	北侧	2	0	0.1
		清洁间	1 人	东侧	2	0	0.1
		卫生间	约 50 人次/d	东侧	2	0	0.1
		新风机房、楼梯间	2 人次/d	北侧	6	0	0.1
		候诊区	约 100 人次/d	东北侧	2	0	0.1
		放疗中心其他医护人员	40 人	东，西，北侧	4	0	0.1
		地上室外绿化带	约 10 人次/d	正上方	0	1	0.1
		1 号住院楼、1 号医技楼门厅及院区其他公众	约 500 人次/d	四周	3~50	1	0.1
1#DSA 机房	职业	1#DSA 机房内	16 人	场所内	/	0	5.0
		控制室（与东侧 DSA2 机房共用）	20 人	东侧	紧邻	0	5.0
	公众	DSA2 机房控制室（与 1#DSA 机房共用）工作人员	4 人	东侧	紧邻	0	0.1

		设备间	2 人次/d	东侧	紧邻	0	0.1
		卫生间	20 人次/d	南侧	紧邻	0	0.1
		CT 检查室	约 50 人次/d	西侧	紧邻	0	0.1
		准备室、复苏室、 办公室	22 人	北侧	3	0	0.1
		病人检查通道	约 20 人次/d	北侧	3	0	0.1
		ICU 病房	约 2 人次/d	楼上	0	紧邻	0.1
		候药厅	约 200 人次/d	楼下	0	紧邻	0.1
		3#住院楼	约 50 人	西侧	20	0	0.1
		2#住院楼	约 50 人	西南侧	40	0	0.1
		2 号医技楼其他 公众	约 1000 人次/d	四周	0~50	0	0.1
		3#医技楼其他公 众	约 500 人次/d	四周	0~50	0	0.1
2#D SA 机房	职业	DSA 手术室内	38 人	场所内	/	0	5.0
		控制室	10 人	南侧	/	0	5.0
	公众	无菌库房	2 人	东侧	/	0	0.1
		病人通道	约 50 人次/d	东侧	/	0	0.1
		现有 DSA 机房	约 10 人次/d	西侧	紧邻	0	0.1
		病人通道	约 20 人次/d	北侧	3	0	0.1
		机柜室	2 人次/d	北侧	紧邻	0	0.1
		复苏室	约 40 人次/d	北侧	5	0	0.1
		手术室食堂和医 生值班室	约 500 人次/d	楼上	0	紧邻	0.1
		食堂楼	约 5000 人次/d	西侧	32	0	0.1
		职工俱乐部楼	约 1000 人次/d	西侧	45	0	0.1
		九柏园头小区 (部分居民楼)	约 1000 人次/d	西侧	42	0	0.1
		育英门诊楼	约 500 人次/d	南侧	30	0	0.1
		病房大楼其他公 众	约 1000 人次/d	四周	3~50	0	0.1

7.3 评价标准

7.3.1 辐射环境影响评价标准

(1) 电离辐射剂量限值 and 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)的规定,以及根据本项目特点并遵循辐射防护最优化原则,从事本项目辐射工作人员和公众的年剂量限值及剂量约束值见表 7-2。

表 7-2 本项目辐射环境影响评价标准

分类	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) 基本限值标准	剂量约束值/评价标准
职业照射	20mSv/a	5mSv/a
职业照射四肢（手和足）	500mSv/a	125mSv/a
职业照射四肢（眼晶体）	150mSv/a	37.5mSv/a
公众照射	1mSv/a	0.1mSv/a

注：本项目公众年剂量约束值按 0.1mSv/a，预测计算时周剂量参考控制水平按 5μSv/周。

（2）辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

①直线加速器

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）：

附录 A 不同场所的居留因子见表 A.1：

表 7-3 不同场所的居留因子

场所	居留因子（T）		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、移动式电子加速器的相邻手术室与诊室、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区。
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2：与屏蔽室相邻的患者检查室 1/5：走廊、工作人员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8：各治疗机房房门外 30cm 处、相邻的（共用屏蔽墙）放射诊疗机房 1/20：公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40：仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯

6.3 屏蔽要求

6.3.1 治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平

6.3.1.1 治疗机房（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外 30 cm 处（关注点）的周围剂量当量率应不大于下述 a）、b）和 c）所确定的周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ：

a) 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，由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平，见式（1）：

式中： $\dot{H}_c \leq H_c / (t \times U \times T) \dots \dots \dots (1)$

$\dot{H}_c$ ——周围剂量当量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时（μSv/h）；

H_e ——周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ），其值按如下方式取值：
放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；放射治疗机房外非控制区的人员： $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

t ——设备周最大累积照射的小时数，单位为小时每周（ $\text{h}/\text{周}$ ）；

U ——治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；

T ——人员在关注点位置的居留因子，取值方法参见附录 A。

b) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$ ：

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

2) 人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c, \max} \leq 10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

c) 由上述 a) 中的导出周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 和 b) 中的最高周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$ ，选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平。

6.3.1.2 对移动式电子加速器治疗机房墙和入口门外 30 cm 处，当居留因子 $T \geq 1/2$ 时，其周围剂量当量率参考控制水平为 $\dot{H}_c \leq 10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，当 $T < 1/2$ 时， $\dot{H}_c \leq 20\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.3.2 治疗机房顶屏蔽的周围剂量当量率参考控制水平

6.3.2.1 在治疗机房上方已建、拟建二层建筑物或在治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点至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，或在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，周围剂量当量率参考控制水平同 6.3.1。

6.3.2.2 除 6.3.2.1 的条件外，若存在天空反射和侧散射，并对治疗机房墙外关注点位置照射时，该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的周围剂量当量率的总和，按 6.3.1 确定关注点的周围剂量当量率作为参考控制水平。

②DSA

参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）有关规定，本项目 DSA 机房工作场所在距离 DSA 机房屏蔽体外表面 30cm 外，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

7.3.2 放射治疗机房布局、屏蔽和防护要求

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）：

6.1 布局要求

6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。

6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。

6.1.3 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。

6.1.4 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。

6.1.5 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。

6.1.6 X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。

根据《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）：

4 治疗机房一般屏蔽要求

4.1 屏蔽所考虑的环境条件

4.1.1 治疗机房一般设于单独的建筑或建筑物底层的一端。治疗机房的坐落位置应考虑周围环境与场所的人员驻留条件及其可能的改变，并根据相应条件确定所需要的屏蔽。

4.2 治疗机房布局要求

4.2.1 治疗装置控制室应与治疗机房分离。治疗装置辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗装置分离的，应尽可能设置于治疗机房外。

4.2.2 直接与治疗机房相连的宽束治疗装置的控制室和其他居留因子较大的用室，应尽可能避开有用线束可直接照射到的区域。

4.2.3 应根据治疗要求给定治疗装置源点的位置（它可能偏离机房的对称中心）或后装治疗源可能应用的源点的位置与范围。

4.6 缝隙、管孔和可能的薄弱环节的屏蔽考虑因素

4.6.1 治疗机房以混凝土为屏蔽体时，应一次整体浇筑并有充分的振捣，以防出现裂缝和过大的气孔。

4.6.2 当治疗机房预留治疗装置安装口或主、次屏蔽墙采用不同密度的混凝土时，交接

处应采用阶梯式衔接。

4.6.5 穿过治疗机房墙的管线孔（包括通风、电器、水管等）应避开控制台等人员高驻留区，并采用多折曲路，有效控制管线孔的辐射泄漏。

4.8 其他辐射相关的考虑因素

4.8.8 迷路的防护门结构应考虑门因自身重量而发生形变、频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等问题。防护门应尽可能减小缝隙泄漏辐射，通常防护门宽于门洞的部分应大于“门—墙”间隙的十倍。

6.2 空间、通风要求

6.2.1 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要。

6.2.2 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。

6.3.3 屏蔽材料

屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能和经济因素，符合最优化要求，新建机房一般选用普通混凝土。

6.4 安全装置和警示标志要求

6.4.1 监测报警装置

含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常。

6.4.2 联锁装置

放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。

6.4.3 标志

医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：

- a) 放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；
- b) 放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

6.4.4 急停开关

6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内

不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。

6.4.6 视频监控、对讲交流系统

控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。

7.1 对于高于10 MV X射线治疗束和质子重离子治疗束的放射治疗，除考虑中子放射防护外，在日常操作中还应考虑感生放射线的放射防护。

7.3 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，应保障安全联锁正常运行。

7.5 实施治疗期间，应有两名及以上操作人员协同操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度，密切注视控制台仪器及患者状况，发现异常及时处理，操作人员不应擅自离开岗位。

7.3.3 DSA机房布局、屏蔽和防护要求

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）：

本标准适用于医用诊断X射线机的生产和使用。

6 X射线设备机房防护设施的技术要求

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

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

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式X射线设备和车载式诊断X射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的X射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表7-4的规定。

6.2 X射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

6.2.1 不同类型X射线设备（不含床旁摄影设备和便携式X射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表7-5的规定。

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

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表7-5的要求。

6.2.4 距X射线设备表面100cm处的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 时且X射线设备表面与机房墙体距离不小于100 cm时，机房可不作专门屏蔽防护。

表7-4 X射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 m^2	机房内最小单边长度m
单管头X射线机 (含C形臂，乳腺CBCT)	20	3.5
注：本项目 DSA 属于单管头 X 射线机。		

表7-5 不同类型X射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
标称125kV及以下的摄影机房	2.0	1.0
C形臂X射线设备机房	2.0	2.0
备注：本项目DSA最大管电压为125kV，其机房属于C形臂X射线设备机房。		

6.5 X射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台X射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表7-6基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表7-6 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	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——

7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用X射线设备操作的防护安全要求

7.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用X射线设备应满足其相应设备的防护安全操作要求。

7.8.2 介入放射学用X射线设备应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合GBZ128的规定。

7.3.4 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）

表 7-7 X 射线透视设备通用检测项目与技术要求

序号	检测项目	检测要求	验收检测 判定标准	状态检测 判定标准	稳定性检测		条编号
					判定标准	周期	
1	透视防护区检测平面上周围剂量当量率/($\mu\text{Sv/h}$)	非直接荧光屏透视设备	≤ 400.0	≤ 400.0	≤ 400.0	六个月	4.7

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于温州市府学巷 2 号（公园路院区）和温州市瓯海区南白象街道上蔡村（南白象院区）。公园路院区东侧隔园西路为温州市少年儿童图书馆、中山公园；南侧为谢池巷、五马街道谢池社区；西侧为九柏园头小区、城南小学（府学巷校区）；北侧为公园路。南白象院区东侧为学府北路、附一院客运站；南侧为小河道；西侧隔河道为桥头河锦园小区、公共停车场；北侧为嘉延商务酒店和河道。

本项目各辐射工作场所选址：

- 1#直线加速器机房位于南白象院区 1 号住院楼南侧地下一层放疗中心；
- 1#DSA 机房位于南白象院区 3 号医技楼二层介入手术中心；
- 2#DSA 机房位于公园路院区病房大楼一层心脏介入中心。

本项目医院 2 个院区总平面图见附图 3-1、3-2。

8.2 辐射环境现状监测及评价

为掌握项目所在地的辐射环境现状，本次评价过程中，浙江环安检测有限公司受委托于 2022 年 9 月 7 日对温州医科大学附属第一医院新增射线装置应用项目拟建场所及周边进行了γ辐射空气吸收剂量率的布点监测，监测布点考虑了本项目拟建址机房内、机房四周、上下层各功能用房及 50m 范围内敏感点，因此其监测点位是合理的。

其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

监测项目	监测规范	标准编号
γ辐射空气吸收剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》	HJ1157-2021
	《辐射环境监测技术规范》	HJ61-2021

监测工况：辐射环境本底；

天气环境条件：天气：晴；温度：28℃；相对湿度：60%

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

项目	监测方法	方法来源	使用仪器
γ辐射空气吸收剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》	HJ1157-2021	名称：环境监测 X、γ辐射空气吸收剂量率仪

	《辐射环境监测技术规范》	HJ61-2021	型号：RM-2030 编号：2019016 能量相应范围：35keV~3MeV 有效量程：0.01μGy/h~200μGy/h、 0.1μGy~500.0mGy 校检有效期：2021.12.02-2022.12.01 证书编号：2021H21-10-3678113001
--	--------------	-----------	---

8.3 质量保证措施

- (1) 合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- (2) 检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持合格证上岗。
- (3) 检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 检测报告严格实行三级审核制度，经过校准、审核，最后由技术负责人审定。

8.4 环境现状监测结果及评价

监测结果见表 8-3 至表 8-7，现场监测照片见图 8-6：

表 8-3 本项目 1#直线加速器（南白象院区）拟建址及周围辐射环境γ射线剂量率监测结果

监测 点号	监测点位置	监测结果 (μGy/h)			
		3#直线加速器开机		3#直线加速器关机	
		校正值	标准差	校正值	标准差
1	1#直线加速器机房内部（室内）	0.09	0.02	0.08	0.01
2	女厕（室内）	0.10	0.01	0.08	0.01
3	男厕（室内）	0.09	0.02	0.09	0.02
4	清洁间（室内）	0.09	0.02	0.09	0.01
5	残疾人厕所（室内）	0.09	0.01	0.09	0.02
6	过道（室内）	0.10	0.02	0.09	0.02
7	护士站（室内）	0.09	0.01	0.08	0.02
8	候诊区（室内）	0.10	0.02	0.10	0.01
9	控制室（室内）	0.09	0.02	0.08	0.01
10	设备间（室内）	0.09	0.01	0.09	0.02
11	水冷机房（室内）	0.11	0.01	0.09	0.01
12	拟建铅门右侧（室内）	0.09	0.02	0.08	0.01

13	拟建铅门下侧（室内）	0.09	0.02	0.09	0.01
14	拟建铅门左侧（室内）	0.08	0.02	0.08	0.01
15	内庭院（室外）	0.09	0.02	0.09	0.01
16	3#直线加速器机房（现有在使用）（室内）	/	/	0.08	0.02
17	5#直线加速器机房（现有闲置）（室内）	0.09	0.02	0.08	0.02
18	直线加速器机房上层绿化带（室外）	0.09	0.02	0.09	0.01

3#直线加速器开机时监测条件：6MV X 射线（FFF 模式），射野 40cm×40cm，剂量率 14Gy/min，机头朝东

注：1、本次测量时，仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据。

2、依据 HJ 1157-2021 标准：测量值=读数平均值×校准因子 k1×仪器检验源效率因子 k2÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数；校准因子 k1 见监测仪器校准证书，效率因子 k2 取 1，本项目监测仪器读数为空气比释动能率μGy/h，无需再转换。

3、以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正，环境γ辐射空气吸收剂量率校正值=测量值-屏蔽修正因子 k3×测量点宇宙射线响应值 Dc，k3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 0.03μGy/h。

4、监测布点图见图 8-1。

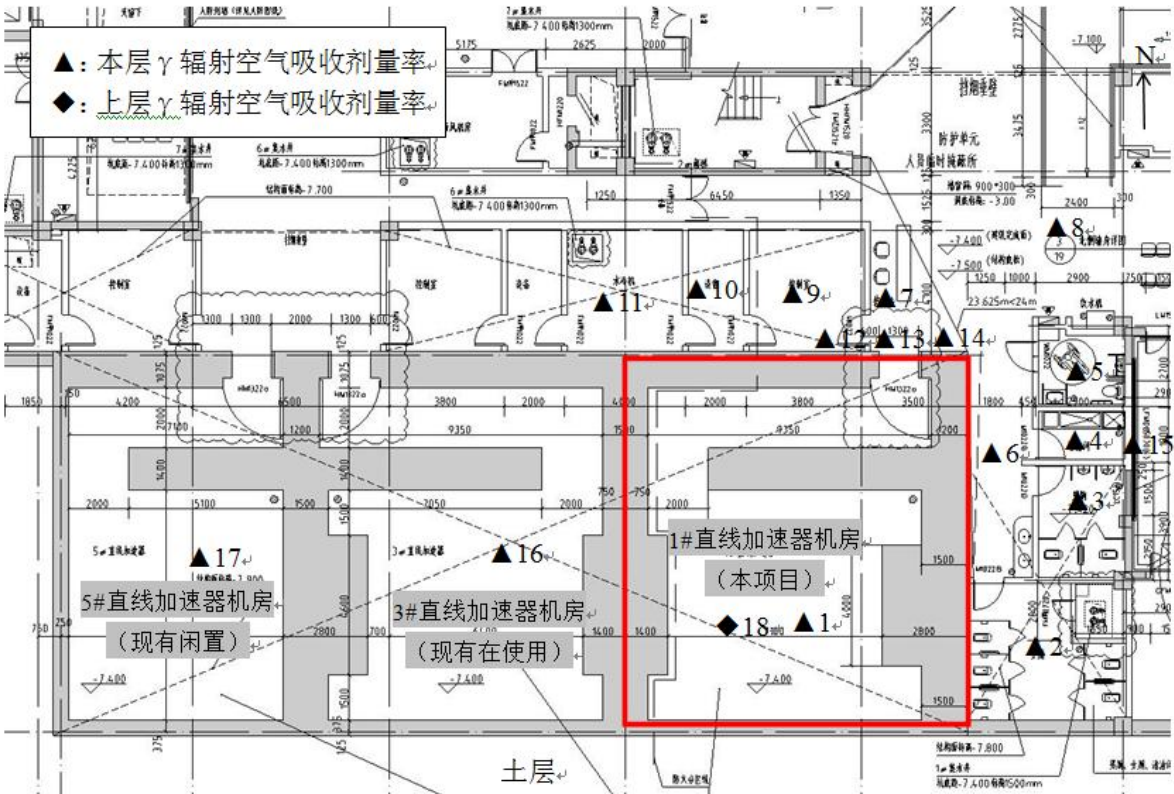


图 8-1 本项目 1#直线加速器（南白象院区）拟建址监测布点示意图

表 8-4 本项目 1#DSA（南白象院区）拟建址及周围辐射环境γ射线剂量率监测结果

监测点号	监测点位置	监测结果（μGy/h）	
		现有 DSA2 开机	现有 DSA2 关机

		校正值	标准差	校正值	标准差
1	1#DSA 机房内部（室内）	0.09	0.01	0.09	0.01
2	1#DSA 机房南侧（卫生间）（室内）	0.10	0.01	0.10	0.01
3	1#DSA 机房东侧（DSA2 机房机柜室）（室内）	0.10	0.02	0.09	0.02
4	1#DSA 机房东侧（DSA2 机房导管室）（室内）	0.10	0.02	0.09	0.01
5	1#DSA 机房北侧（过道）（室内）	0.10	0.01	0.10	0.01
6	1#DSA 机房西侧铅门外（控制室）（室内）	0.11	0.01	0.09	0.01
7	1#DSA 机房西侧铅玻璃外（控制室操作位）（室内）	0.10	0.01	0.09	0.01
8	1#DSA 机房东侧（无菌间）（室内）	0.10	0.02	0.09	0.01
9	1#DSA 机房东侧（资料室）（室内）	0.11	0.01	0.10	0.01
10	1#DSA 机房南侧（过道）（室内）	0.09	0.01	0.09	0.02
11	1#DSA 机房东侧（DSA2 机房控制室）（室内）	0.10	0.01	0.10	0.01
12	1#DSA 机房上层（ICU 病房）（室内）	0.10	0.02	0.09	0.01
13	1#DSA 机房下层（候药厅）（室内）	0.10	0.01	0.09	0.02

现有 DSA2 开机时监测条件：97kV、49.2mA、7ms，球管朝上

注：监测布点图见图 8-2。

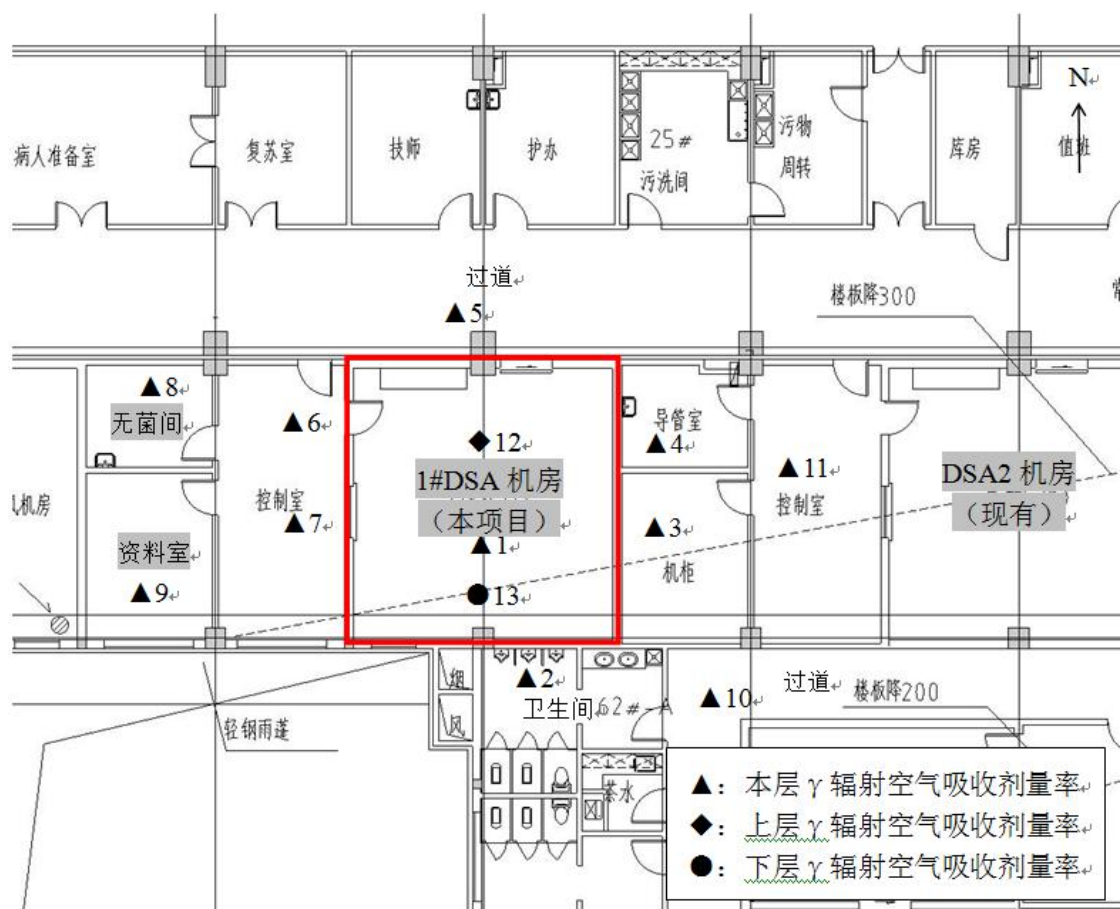


图8-2 本项目1#DSA（南白象院区）拟建址监测布点示意图

表 8-5 本项目 2#DSA（公园路院区）拟建址及周围辐射环境 γ 射线剂量率监测结果

监测点号	监测点位置	监测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)			
		现有 DSA 开机		现有 DSA 关机	
		校正值	标准差	校正值	标准差
1	拟建 2#DSA 机房位置（病人复苏间）（室内）	0.09	0.02	0.08	0.01
2	拟建 2#DSA 机房位置（病人通道）（室内）	0.10	0.02	0.09	0.01
3	拟建 2#DSA 机房南侧（办公室）（室内）	0.10	0.01	0.10	0.01
4	拟建 2#DSA 机房东侧（候诊大厅）（室内）	0.09	0.02	0.09	0.02
5	拟建 2#DSA 机房北侧（病人准备间）（室内）	0.09	0.02	0.09	0.01
6	拟建 2#DSA 机房北侧（库房）（室内）	0.11	0.01	0.09	0.01
7	现有 DSA 机房北侧（病人等候间）（室内）	0.10	0.02	0.09	0.01
8	现有 DSA 机房北侧（机柜室）（室内）	0.10	0.01	0.10	0.02
9	现有 DSA 机房内（室内）	/	/	0.09	0.01
10	现有 DSA 机房西侧（过道）（室内）	0.09	0.02	0.09	0.01
11	现有 DSA 机房西侧（洗手间）（室内）	0.10	0.02	0.09	0.02
12	现有 DSA 机房南侧（控制室）（室内）	0.09	0.01	0.09	0.01
13	室外绿化带	0.11	0.02	0.09	0.02
14	拟建 2#DSA 机房上层（浴室）（室内）	0.10	0.02	0.09	0.01
15	拟建 2#DSA 机房上层（卫生间）（室内）	0.10	0.01	0.09	0.02

现有 DSA 开机时监测条件：98kV、47.6mA、7ms，球管朝上

注：1、本次测量时，仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据。

2、依据 HJ 1157-2021 标准：测量值=读数平均值 $\times$ 校准因子 k1 $\times$ 仪器检验源效率因子 k2 $\div$ 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数；校准因子 k1 见监测仪器校准证书，效率因子 k2 取 1，本项目监测仪器读数为空气比释动能率 $\mu\text{Gy/h}$ ，无需再转换。

3、以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正，环境 γ 辐射空气吸收剂量率校正值=测量值-屏蔽修正因子 k3 $\times$ 测量点宇宙射线响应值 Dc，k3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 0.03 $\mu\text{Gy/h}$ 。

4、监测布点图见图 8-3。

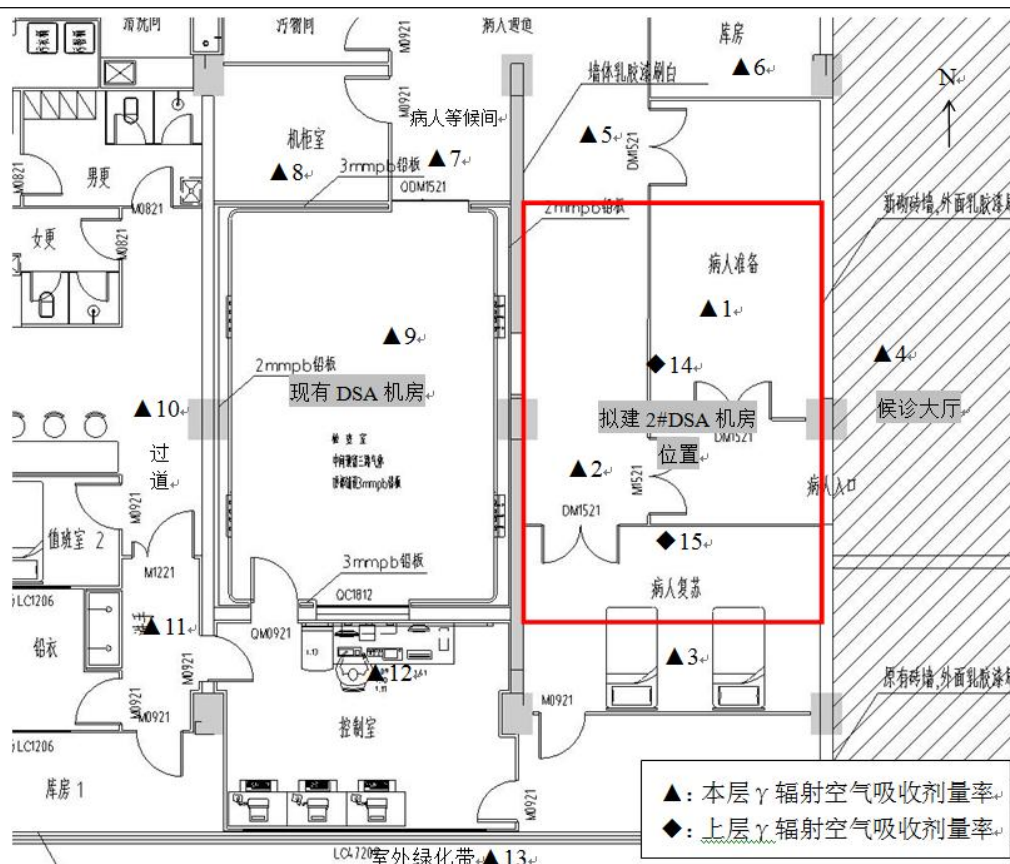


图8-3 本项目2#DSA（公园路院区）拟建址监测布点示意图

表 8-6 医院南白象院区周边环境γ辐射空气吸收剂量率监测结果

监测点号	监测点位置	监测结果 (μGy/h)	
		校正值	标准差
1	南白象院区北侧急诊出入口（室外）	0.07	0.01
2	门诊楼 4 号（室外）	0.09	0.02
3	门诊楼 3 号（室外）	0.09	0.01
4	门诊楼 2 号（室外）	0.08	0.02
5	门诊楼 1 号（室外）	0.09	0.01
6	济世广场（室外）	0.08	0.01
7	生态林地（室外）	0.09	0.01
8	住院楼 1 号（室外）	0.08	0.02
9	住院楼 2 号（室外）	0.07	0.01
10	住院楼 3 号（室外）	0.09	0.01
11	住院楼 4 号（室外）	0.08	0.02
12	医疗保健中心（室外）	0.08	0.02
13	感染中心（室外）	0.09	0.01
14	医疗科技培训中心（室外）	0.08	0.01
15	医护值班楼（室外）	0.09	0.02

注：1、本次测量时，仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据。

2、依据 HJ 1157-2021 标准：测量值=读数平均值×校准因子 k1×仪器检验源效率因子 k2÷空气比释动能和

周围剂量当量的换算系数：校准因子 k1 见监测仪器校准证书，效率因子 k2 取 1，本项目监测仪器读数为空气比释动能率 $\mu\text{Gy/h}$ ，无需再转换。

3、以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正，环境 γ 辐射空气吸收剂量率校正值 = 测量值 - 屏蔽修正因子 $k_3 \times$ 测量点宇宙射线响应值 D_c ， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 $0.03\mu\text{Gy/h}$ 。

4、监测布点图见图 8-4。



图 8-4 医院南白象院区及周边监测布点示意图

表 8-7 医院公园路院区周边环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

监测点号	监测点位置	监测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	
		校正值	标准差
1	病房大楼（室外）	0.08	0.02
2	育英门诊楼（室外）	0.07	0.01
3	九柏园头小区（南）（室外）	0.08	0.01
4	城南小学（府学巷校区）（室外）	0.09	0.02
5	九柏园头小区（西）（室外）	0.08	0.02
6	食堂楼（室外）	0.08	0.01
7	职工俱乐部楼（室外）	0.10	0.01
8	老干部楼（室外）	0.08	0.01
9	放射楼（室外）	0.09	0.02
10	红楼（室外）	0.09	0.01
11	五马街道谢池社区（室外）	0.08	0.01

12	温州市少年儿童图书馆（室外）	0.10	0.01
13	急诊楼（室外）	0.08	0.02

注：1、本次测量时，仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据。

2、依据 HJ 1157-2021 标准：测量值=读数平均值×校准因子 k1×仪器检验源效率因子 k2÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数：校准因子 k1 见监测仪器校准证书，效率因子 k2 取 1，本项目监测仪器读数为空气比释动能率μGy/h，无需再转换。

3、以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正，环境γ辐射空气吸收剂量率校正值=测量值-屏蔽修正因子 k3×测量点宇宙射线响应值 Dc，k3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 0.03μGy/h。

4、监测布点图见图 8-5。



图8-5 医院公园路院区及周边监测布点示意图

由上述监测结果可知，本项目医院公园路院区和南白象院区辐射工作场所及周围环境γ辐射空气吸收剂量率范围为：室内 80Gy/h-110nGy/h（0.08μGy/h~0.11μGy/h）；室外 70Gy/h-110nGy/h（0.07μGy/h~0.11μGy/h）。根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，温州市室内γ辐射空气吸收剂量率范围为（73-198）nGy/h，室外γ辐射空气吸收剂量率范围为（36-133）nGy/h，可见本项目辐射工作场所拟建址及周围环境γ射线剂量率处于一般本底水平，未见异常。



1#直线加速器机房（南白象院区）



1#直线加速器机房（南白象院区）



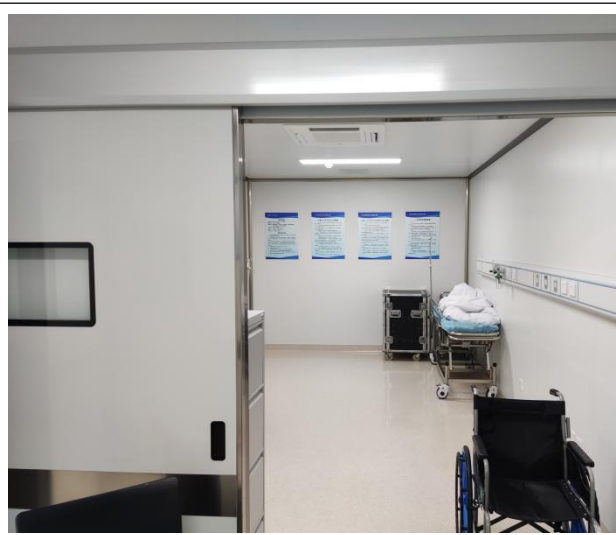
1#DSA 机房（南白象院区）



1#DSA 机房（南白象院区）



公园路院区院内道路



2#DSA 机房内（公园路院区）

图8-6 现场监测照片

表 9 项目工程分析与源项

9.1 建设阶段工程分析 本项目无新增建筑物，施工内容主要为机房及相关配套设施改造和装修，配套设施主要是电气及控制设施的改造、安装，本项目施工期工艺流程及产污环节如下： <pre>graph LR; A[图纸设计] --> B[防护改造、装修]; B --> C[场地清理]; B & C --> D[扬尘、施工废水、噪声、建筑垃圾]; C --> E[设备安装及调试]; E --> F[包装废物、X射线]</pre>	图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图 本项目施工期污染物主要包括： （1）扬尘 由于本项目施工期工程量较小，均为防护改造和装修装饰，故产生扬尘量较小。建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。 （2）噪声 施工期噪声包括各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工产生的噪声，由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程防止机械噪声的超标。 （3）废水 施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水循环使用，生活污水产量较小，可依托建设单位化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。 （4）固体废物 装修过程中产生的装修垃圾和施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。施工产生的废弃物应妥善保管，及时回收处理。 （5）X 射线 本项目射线装置安装调试不涉及放射性药物的使用，仅调试阶段会产生 X 射线，同时设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。调试阶段应在已经做好辐射防护的机房内进
--	---

行，张贴辐射警示标识，避免无关人员靠近，经墙体的屏蔽及距离衰减后对环境的影响可以接受的。

9.2 运行阶段工程分析

9.2.1 医用直线加速器

（一）项目概况

本项目医用直线加速器机房位于门急诊医技综合楼地下一层放疗中心，使用 X 射线能量不超过 10MV 的医用直线加速器开展放疗。

工作负荷：本项目医用直线加速器每日最大治疗人次不超过 100 人，一周工作 5 天，加速器周治疗照射时间为 8.33h/周（详见 11.2.1 小节），则年治疗时间约为 425h。

人员配置：本项目医用直线加速器工作场所拟配置辐射工作人员 8 人，均为对外招聘，其中医生 2 人，技师 4 人，物理师 2 人，轮班上岗，医用直线加速器人员定岗定责，不兼职操作其他射线装置。

根据医院的招标意向，本项目医用直线加速器主要技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目医用直线加速器技术参数一览表

参数名称	参数值
X 射线能量	X 射线最大能量：10MV，电子线最大能量：22MeV
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	X 射线最高剂量率为：24Gy/min（ $1.44 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$ ）；
	电子线最高剂量率：6Gy/min（ $3.6 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ ）
泄漏 X 射线	小于 0.1%
最大照射野尺寸	40cm×40cm
机架旋转	360°
靶材料	钨靶
等中心点离地高度	（保守取等中心点离地高度最小值）1250cm

注：医院在购买设备时，拟购的设备参数均不能超过表 9-1 中的技术参数。

（二）工作原理、工作流程及产污环节

（1）工作原理

直线加速器主要是根据被加速的电子轰击高原子序数的金属靶而产生高能X射线的原理，利用加速器产生的不同能量的X射线，根据人体正常组织和肿瘤组织对射线照射的反应不同，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射治疗，属II类射线装置。

电子发射源发射的电子，进入真空加速管被加速，然后经磁偏转装置，使电子束转向，一般转 90° 或 270° ，经过磁偏转转向的高速电子束，射向高原子序数的金属靶，当电子同金属靶的原子核相撞时，速度减慢并损失部分能量，电子损失的能量转换为X射线，X射线经过一个平板滤片，二次准直射出达到患者病灶进行治疗。

（2）设备组成

医用直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。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，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的目的。

医院典型医用直线加速器见图9-1，医用直线加速器内部结构见图9-2，外观图见图9-3。

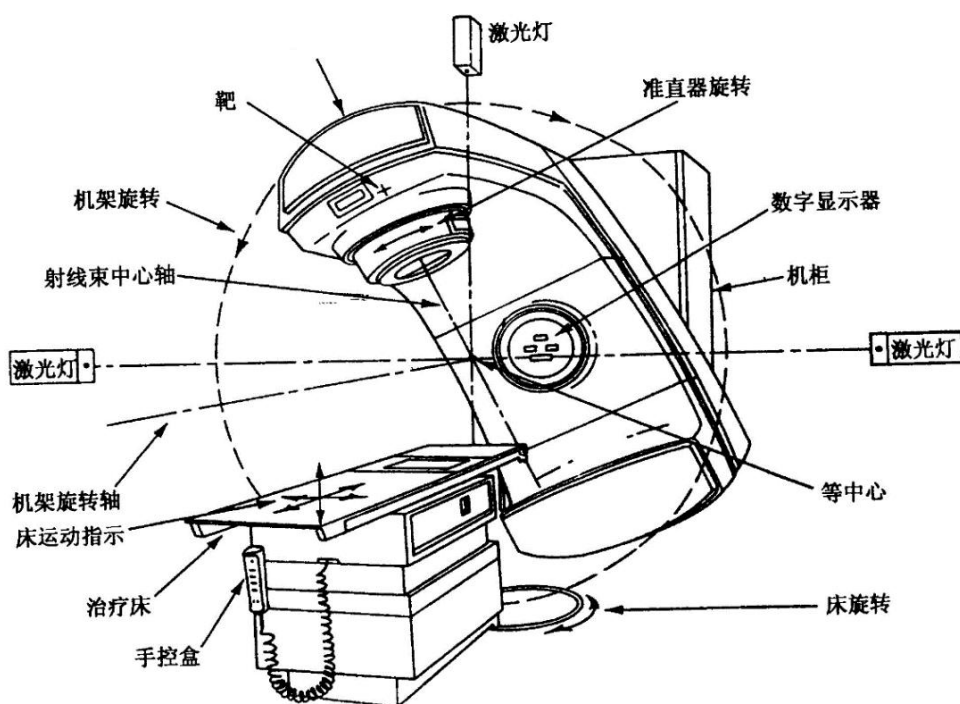


图9-1 典型医用直线加速器示意图

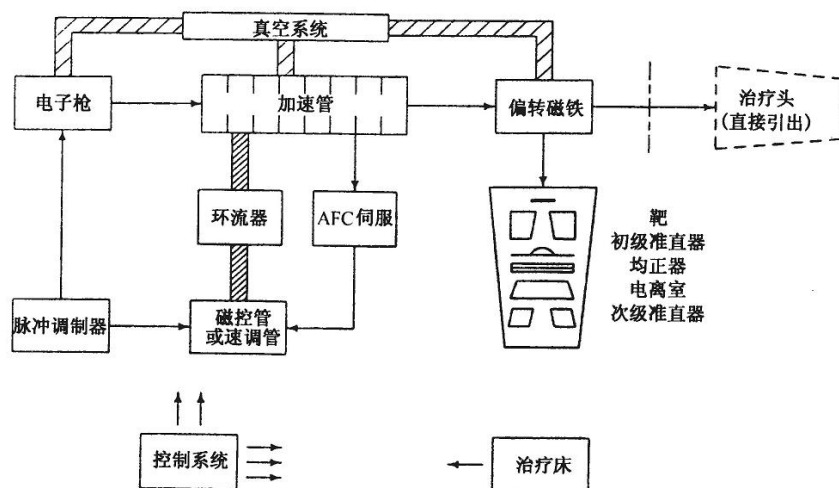


图9-2 医用直线加速器内部结构框图



图9-3 典型医用直线加速器外观图

(3) 操作流程

a、进行定位。先通过模拟定位机（CT模拟定位机依托放疗中心现有设备，位于加速器机房东侧）对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。

b、TPS计划治疗系统：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，并依据TPS计划治疗系统制定治疗方案。

c、固定患者体位。在利用加速器进行治疗前需对患者进行定位，标记，调整照射角度及射野。

d、开机治疗。

e、治疗结束，医务人员关闭加速器，并进入机房指导协助患者离开。

f、当天工作结束后，将控制钥匙转到OFF位置，取出控制钥匙，同时记录机器使用情况。

4、污染因子

由加速器的工作原理可知，医用直线加速器用于X射线治疗时，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质及其他加速器结构材料相互作用时将产生高能X射线，其可能对工作人员及公众造成一定危害。这种X射线随机器的开、关而产生或消失。氧气分子受到X射线束照射时，会分解成原子。氧原子的不稳定性极强，与氧气、氮气反应时，就形成了臭氧和氮氧化物。

根据《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）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），X射线能量高于10MV的加速器，需考虑中子辐射及感生放射性影响，本项目加速器为10MV，因此无需考虑中子辐射及感生放射性影响。

本项目医用直线加速器运行过程中还会造成靶部件、机头部件活化，需考虑加速器废靶件处置问题。

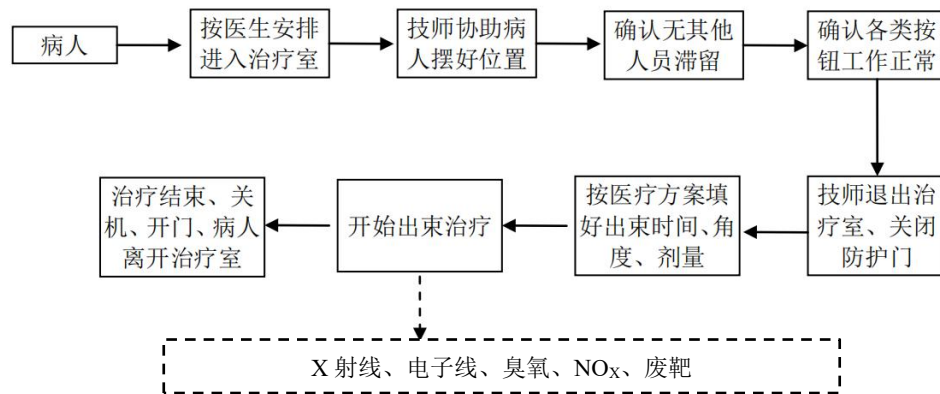


图 9-4 医用加速器放疗工作流程图

（三）人流路径规划

病人和医护人员均从1#住院楼一层进入直线加速器工作场所，病人在候诊区登记候诊，治疗时，病人经防护门进入加速器治疗室接受治疗，治疗结束后原路返回。辐射工作人员进入南侧的控制室，工作结束后原路返回。

人流路径详见下图：

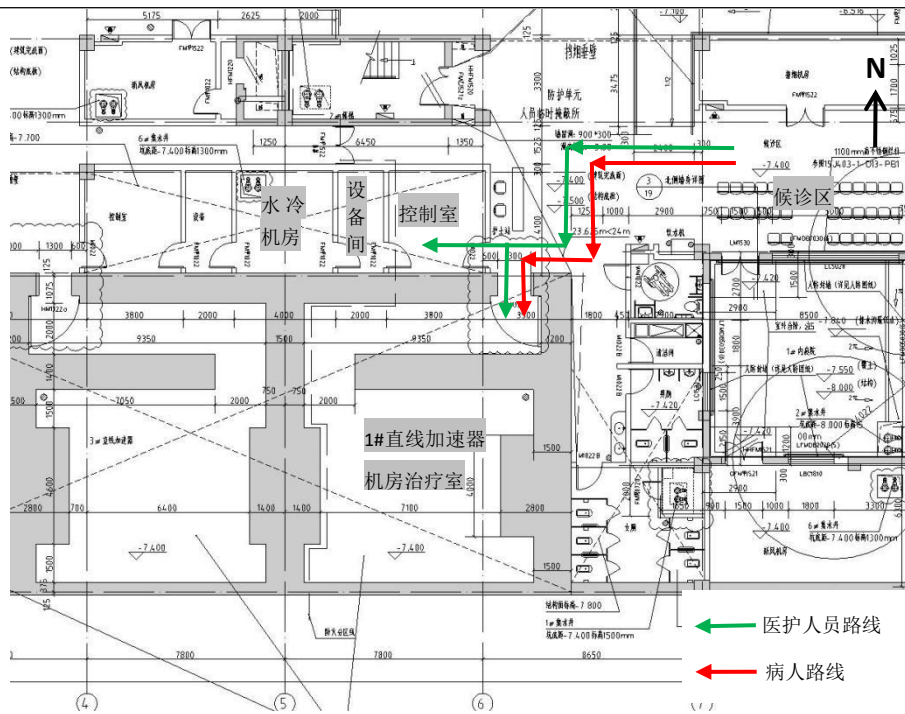


图9-5 医用直线加速器工作场所人流路径规划示意图

9.2.2 DSA

(一) 项目概况

本项目 1#DSA 机房位于南白象院区 3 号医技楼二层介入手术中心；2#DSA 机房位于公园路院区病房大楼一层心脏介入中心，各拟配备 1 台 DSA（型号未定，最大管电压 125kV、最大管电流 1000mA），一共 2 台 DSA，用于介入治疗、血管造影和心脏介入手术等。本项目 DSA 工作负荷详见表 1-3，1#DSA 机房拟配备手术医生 12 名、护士 4 名，控制室配备 4 名技师，共 20 名辐射工作人员；2#DSA 机房拟配备手术医生 28 名、护士 10 名，控制室配备 10 名技师，共 48 名辐射工作人员。

(二) 工作原理、工作流程及产污环节

1、工作原理

DSA是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数值相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全；节省胶片使造影价格低于常规造影。通过医用血管造影X射线机处理的图像，使血管的影像更为清

晰，在进行介入手术时更为安全。

2、设备组成

DSA主要组成部分：带有影像增强器电视系统的X射线诊断机、高压注射器、电子计算机图象处理系统、治疗床、操作台、磁盘或磁带机、多幅照相机。本项目DSA的整体外观示意图如图9-6所示。

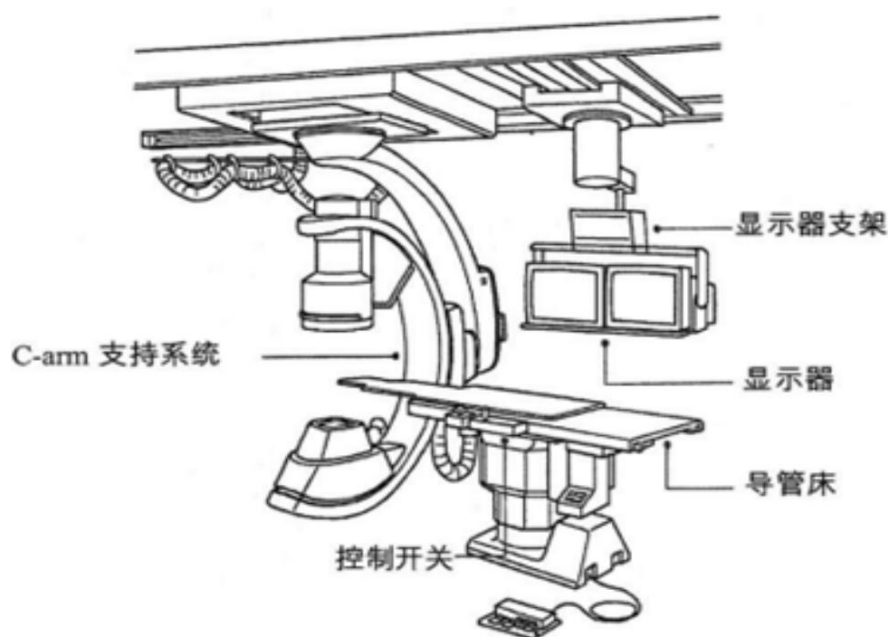


图9-6 DSA射线装置整体外观示意图

3、操作流程

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，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静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在X线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留X线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

DSA在进行曝光时分为减影和透视两种情况：

①第一种情况减影：操作人员采取隔室操作的方式（即操作医生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。

②第二种情况透视：医生需进行手术治疗时，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，此时操作医生位于铅屏风后并身着铅服、戴铅眼镜等防护用品，在曝光室内对病人进行直接的手术操作。

DSA治疗流程及产污环节示意图见图9-7。

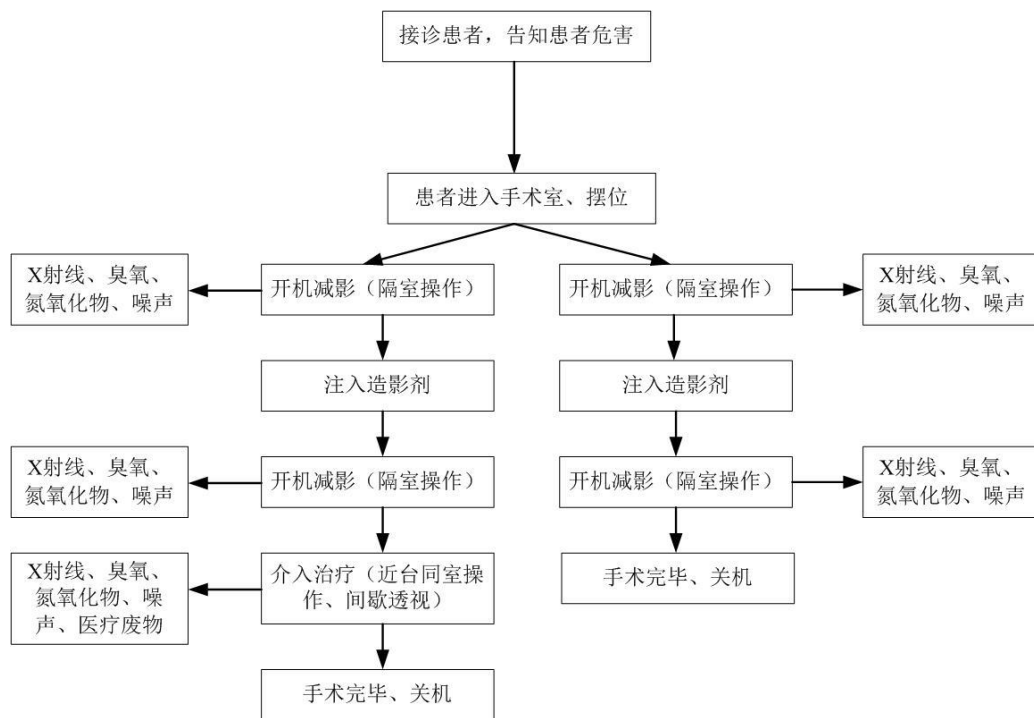


图9-7 DSA工作流程及产污环节示意图

4、产污环节

本项目DSA为II类射线装置，其在开机状态下主要污染为X射线、臭氧及氮氧化物，在不开机状态下不产生污染。

（三）人流路径规划

介入治疗单元人流物流路径规划见下图：

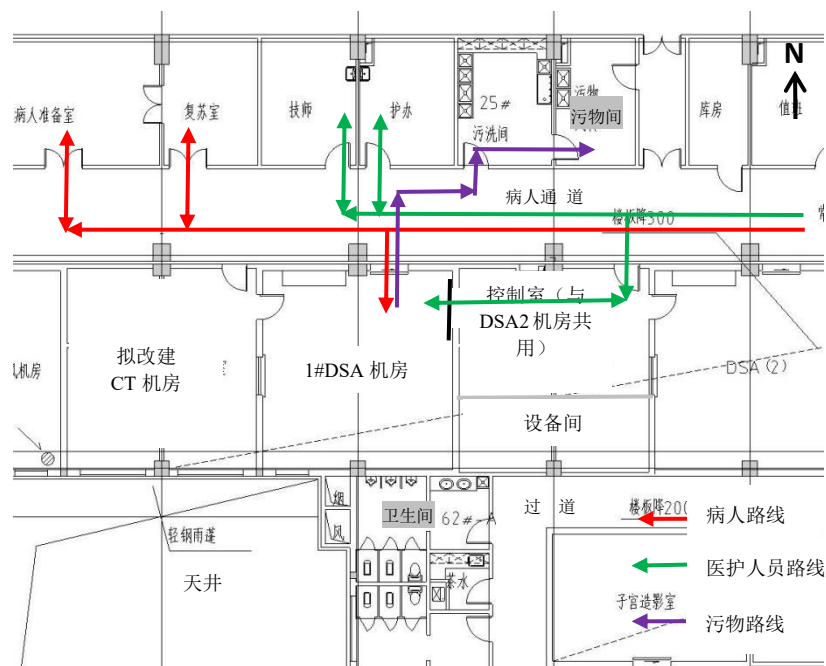


图9-8 1#DSA机房（南白象院区）人流物流路径规划示意图

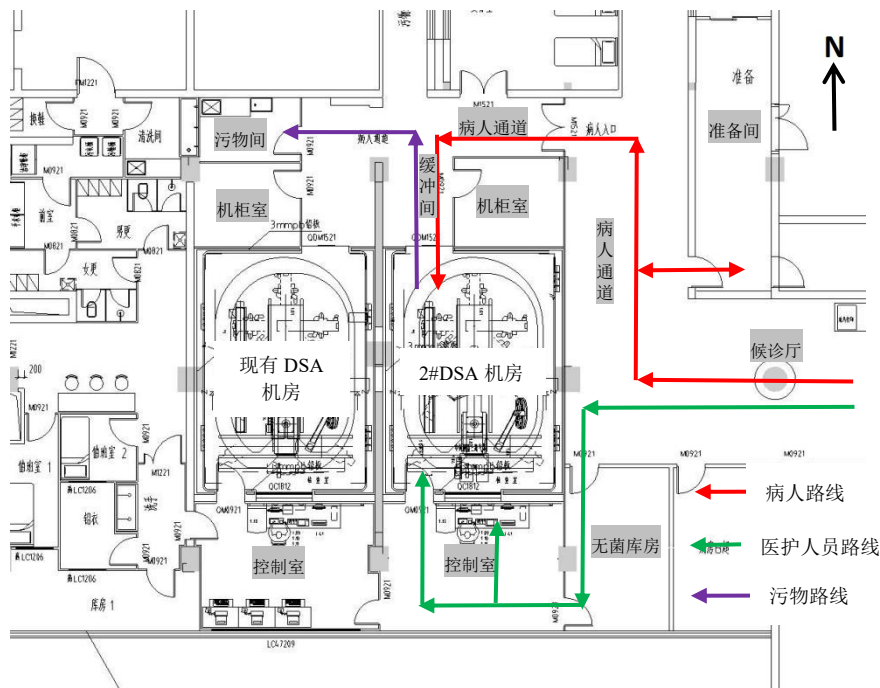


图9-9 2#DSA机房（公园路院区）人流物流路径规划示意图

（1）病人路线

1#DSA机房（南白象院区）：病人从入口进入病人通道，走到病人准备室，然后返回经过病人通道的患者防护门（1#DSA机房北侧）进入机房内部；

2#DSA机房（公园路院区）：病人从候诊厅进入准备间，然后经过入口、病人通道和缓冲间，通过2#DSA机房北侧的患者防护门进入机房内部。

（2）医护路径

1#DSA机房（南白象院区）：医护人员经病人通道进入控制室（与东侧DSA2机房共用），通过DSA机房东侧的工作人员防护门进入机房操作设备。

2#DSA机房（公园路院区）：医护人员通过无菌库房进入控制室，在控制室内通过DSA机房南侧的工作人员防护门进入机房操作设备。

（3）污物路径

手术产生的药棉、纱布和手套等医疗废物收集后运至各DSA机房配套的污物间暂存，再经专人收集转运至医院医疗废物暂存间，定期委托有资质单位处置。

9.3 污染源项描述

9.3.1 施工期及设备调试安装

（1）辐射污染源项

本项目设备在安装和调试时候会产生X射线等，安装和调试均在射线装置机房内进行，

经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的（设备安装、调试须由设备厂家专业人员操作，同时加强辐射防护管理，严格限制无关人员靠近，防止发生辐射事故）。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

（2）其他环境影响因子

施工期非放环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

9.3.2运行期

（一）放射性源项

1、医用直线加速器

（1）电子束

电子直线加速器在运行时，电子枪产生大量的电子，电子被加速后聚焦为一股束流。电子束虽然占据的体积小，但是能量非常集中。电子束的贯穿能力相当于X射线比较弱，加速器四周的混凝土墙可将其完全屏蔽。

（2）X射线

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能X射线。这种X射线随机器的开、关而产生和消失。

（3）中子

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“7.1 对于高于10MV X射线治疗束和质子重离子治疗束的放射治疗，除考虑中子放射防护外，在日常操作中还应考虑感生放射线的放射防护”，本项目拟建的医用直线加速器最大能量为10MV，故可不考虑中子辐射，仅考虑X射线的防护问题。

（4）废水

加速器设备中使用的内循环冷却水半年更换一次，更换的冷却水在专用的容器里放置一定时间，根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），应对循环冷却水进行总 α 、总 β 监测符合要求后排放，对环境影响较小。

（5）放射性固废

加速器靶物质经长期照射后，可积累一定数量的感生放射性核素，因此，退役的废靶为放射性固体废物。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进机房内屏蔽容器衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮。

2、DSA

本项目DSA为II类X射线装置，其额定电压均不大于125kV、额定电流均不大于1000mA，X射线装置在开机状态下主要辐射为X射线，关机状态不产生X射线。

（二）非放射性源项

加速器在运行过程中产生的X射线与空气作用可产生少量臭氧和氮氧化物，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。通过机房内通风换气，通风换气次数应满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中规定的不小于每小时4次的要求，如此，则产生的非放射性废气对周围大气环境的影响是可以接受的。

本项目DSA在曝光过程中，由于X射线与空气电离作用，会有少量臭氧和氮氧化物产生。DSA 机房拟安装通排风系统，应保持机房内良好通风。

9.3.3 非正常工况污染源项描述

1、医用直线加速器非正常工况污染源项描述：

①门机联锁装置发生故障，人员误入正在运行的加速器机房导致误照射；

②其他医护人员还未全部撤离机房，即进行出束治疗，致使人员受到不必要的照射；

③门机联锁装置发生故障，在防护门未关闭的情况下即开始出束治疗，给工作人员和周围公众造成不必要的照射；

④维修人员在维修期间加速器误出束致使维修人员误照射；加速器事故状态下污染源项主要为X射线。

2、DSA

①装置在运行时，由于门灯联锁系统失效，非介入手术工作人员误入或滞留在机房内而造成误照射；

②工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射；

③射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；

④X射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

异常运行或事故状态下主要辐射源同正常运行状态。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局

本项目 1#直线加速器机房位于医院南白象院区 1 号住院楼南侧地下一层放疗中心；1#DSA 机房位于医院南白象院区 3 号医技楼二层介入手术中心；2#DSA 机房位于医院公园路院区病房大楼一层心脏介入中心。

(1) 医用直线加速器

本项目 1#直线加速器机房东侧依次为男厕、女厕、清洁间、残疾人卫生间、配电房；南侧为实土层；西侧为 3#直线加速器机房（运营中）；北侧依次为水冷机房（与 3#直线加速器机房共用）、设备间、控制室和护士站；顶棚为室外绿化带，无地下层。加速器机房东侧设置有 CT 模拟定位室、放疗医生诊室、办公室、模具室和 TPS 计划治疗室等功能用房。

本项目加速器机房（治疗室）与控制室分开，机房北侧设有“L”型迷道入口，由迷道内墙和迷道外墙组成，迷道口设有防护门（拟采用电动平开门），加速器主射线方向不朝向迷路和控制室照射，有用线束避开了居留因子较大的用室，布局合理可行。加速器工作场所选址和布局符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）相关要求。

本项目医用直线加速器工作场所平面布局图见附图 4-1。

(2) DSA

本项目南白象院区 1#DSA 手术室东侧依次为设备间和控制室（与 DSA2 机房共用）、南侧为卫生间、西侧拟改建为 CT 检查室，北侧为病人通道，隔病人通道为病人准备室、复苏室和技师及护士办公室，正上方为 ICU 病房，正下方为候药厅；公园路院区 2#DSA 手术室东侧为病人通道和准备间，南侧为控制室，西侧为现有 DSA 机房，北侧为缓冲间和机柜室，正上方为浴室和卫生间，无地下层。

本项目各 DSA 工作场所平面布局图见附图 5-1 和附图 6-1。

由图可知，本项目各 DSA 工作场所功能齐全，人流、物流分开，充分考虑了相邻工作场所人员的防护和安全；DSA 有用线束不照射门、窗、管线口与工作人员操作位；DSA 经过机房实体屏蔽体屏蔽后，屏蔽体外剂量率符合标准要求，对周围辐射环境及人员影响是可以接受的，因此 DSA 机房平面布局合理可行。

10.1.2 分区管理

（1）分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

电离辐射标志和电离辐射警告标志如图 10-1 所示：

（2）项目区域划分

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，结合辐射防护和环境情况特点，本项目射线装置机房的控制区和监督区划分如下。

表10-1 本项目控制区和监督区划分情况

场所名称	控制区	监督区
1#直线加速器	1#直线加速器机房（含迷道）	机房控制室、设备间、水冷机房、机房防护门外 1m 处
1#DSA	1#DSA 机房	控制室、设备间、机房防护门外 1m 处
2#DSA	2#DSA 机房	控制室、机柜室、机房防护门外 1m 处

各辐射工作场所分区管理示意图见附图7-1、附图7-2和附图7-3。

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，项目建设单位应做到：

①控制区防护手段与安全措施

- a、控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志；
- b、制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- c、运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；
- d、在更衣室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；
- e、定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或

该区的边界；

②监督区防护手段与安全措施：

a、以黄线警示监督区的边界；

b、在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌：

c、定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

10.1.3 辐射工作场所屏蔽设计

(1) 1#直线加速器

1#直线加速器机房目前已建成，拟配套使用的医用直线加速器有用束照射方向为东、西方向、顶棚和地面。根据医院提供的资料，该机房治疗室净面积约82.7m²，治疗室内部净高为4.0m，设计采用密度不低于2.35t/m³的混凝土浇筑，机房屏蔽防护措施详见表10-2。

表10-2 本项目医用直线加速器机房屏蔽防护措施一览表

防护措施			防护参数	标准要求	符合性
屏蔽材料及厚度	东墙	主屏蔽区	2800 mm 混凝土（4000mm 宽）	有用线束直接照射的防护墙（包括顶棚）按初级辐射屏蔽要求设计，其余墙体按次级辐射屏蔽要求设计，辐射屏蔽设计应符合 GB18871 的要求	符合
		次屏蔽区	1500mm 混凝土		
	西墙（与3#直线加速器东侧屏蔽墙共用）	主屏蔽区	2800 mm 混凝土（4600mm 宽）		
		次屏蔽区	1500mm 混凝土		
	南墙（侧墙，南侧为实土层）		500 mm 混凝土		
	北墙	迷道内墙	1400mm 混凝土		
		迷道外墙	1200mm 混凝土		
	迷道宽度		2000mm		
	顶棚	主屏蔽区	2800 mm 混凝土（4600mm 宽）		
		次屏蔽区	1500 mm 混凝土		
	迷道外防护门		20mm 铅板		
警示标志	联锁装置		拟设置	治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备；防护门应与加速器联锁；相关位置应安装醒目的放射指示灯 及辐射标志	符合
	电离辐射警告标志		拟设置		
	控制室设置照射监控系统		拟设置		
通风	新风口		1 个	治疗室通风换气数不低于 4 次/h	符合
	排风口		1 个		
	风量换气次数		风量为 2000m ³ /h，换气次数约 6 次/h		

备注：铅密度≥11.35g/cm³，混凝土密度≥2.35g/cm³。

通风系统：本项目 1#直线加速器机房东侧设有 1 间新风机房，内有 1 台吊装新风机，用于本项目直线加速器机房的新风输送。1#直线加速器机房东北侧设有一个排风机房，用于加速器机房的排风。加速器机房内设有 1 个送风口和 1 个排风口，送风口位于天花板上（治疗室北侧），排风口距地板高度为 300mm，位于机房的东南角。进出风管道和排风管道采用“Z”型预埋管道从迷道防护门上方经迷道至机房内（穿墙处内部拟用 2mm 铅板进行遮盖），新风机设计值为 2000m³/h，排风量设计值为 2000m³/h，本项目加速器机房内总容积约为 330m³，根据经验公式“通风次数=通风量/总容积”并考虑管道的阻尼效应，通风次数预计约 6 次/h，通风设计方案示意图详见附图 9。通风管穿墙示意图详见附图 10。

本项目加速器机房与控制室操作台之间的各种电缆管线均应以地沟形式在地坪以下部位布设，并以“U”字形从地坪下方穿越墙体；其它所有电、水、风管布设，走向必须符合辐射屏蔽防护要求，并在非主束投照部位采用迷道形式穿越墙体或顶盖，如在防护墙体部位设置开关箱等嵌入式电气设备，需进行屏蔽补偿。另有加速器测试用管线穿墙孔拟采用 45°斜插穿过控制室与机房之间的防护墙体。

(2) DSA

表 10-3 DSA 机房屏蔽设计情况

机房名称	机房位置	分类	机房有效使用面积 (m ²)	最小单边长度 (m)	辐射屏蔽材料及厚度						符合性
					四侧墙体	顶棚	地坪	工作人员防护门	受检者防护门	观察窗	
1#DSA 机房	南白象院区 3 号医技楼二层介入手术中心	设计值	55.7	7.25	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料	160mm 混凝土+2mm 铅板+20mm 硫酸钡涂料	180mm 混凝土+2mm 铅板	4mm 铅板	4mm 铅板	20mm 铅玻璃	符合
		折算值	—	—	4.0mmPb	5.8mmPb	4.25mmPb	4.0mmPb	4.0mmPb	4.0mmPb	
		标准	20	3.5	2mmPb	2mmPb	2mmPb	2mmPb	2mmPb	2mmPb	
2#DSA 机房	公园路院区病房大楼一层心脏介入中心	设计值	40.8	5.44	1.2mm 钢板+3mm 铅板	120mm 混凝土+3mm 铅板	200mm 混凝土	3mm 铅板	3mm 铅板	15mm 铅玻璃	符合
		折算值	—	—	3.0mmPb	4.3mmPb	2.5mmPb	3.0mmPb	3.0mmPb	3.0mmPb	
		标准	20	3.5	2mmPb	2mmPb	2mmPb	2mmPb	2mmPb	2mmPb	

注：*本项目 DSA 有用线束朝上，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），125kV（有用线束方向，120mm 混凝土保守折算为 1.3mmPb，160mm 混凝土保守折算为 1.8mmPb；非有用线束方向 180mm 混凝土折算为 2.25mmPb，200mm 混凝土折算为 2.5mmPb。根据《放射防护实用手册》表 6.14，保守 240mm 实心砖折算为 2mmPb，20mm 硫酸钡涂料折算为 2mmPb。铅密度为 11.34g/cm³，实心砖密度为 1.65g/cm³，混凝土密度为 2.35g/cm³，铅玻璃密度为 4.6g/cm³，硫酸钡涂料密度为 3.8g/cm³。

通过表 10-3 可知，本项目 DSA 机房屏蔽防护、面积、最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关要求。

通风系统：本项目DSA各机房拟按照层流手术室的要求进行送风和排风，送风在手术室天花板顶部，两侧墙下回风，即上送下回的气流组织形式，对室内空气进行更新。每间DSA手术室天花板的顶部均设置一个160×160mm的排气扇，产生的臭氧通过机械排风系统经过排风井至楼顶排放，风管管道在机房的吊顶上穿出机房，并用3mm铅皮包裹进行辐射屏蔽补偿。本项目产生的臭氧和氮氧化物产生量很小，经风机由楼顶排放后，浓度远低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）（2018修改单）的二级标准（0.2mg/m³）的要求。

DSA设备电缆以浅地沟形式穿越墙体，洞口处用3mm铅皮包裹进行辐射屏蔽补偿，地沟盖采用不低于3mm铅板作为补偿。

10.1.4 加速器辐射安全防护措施

（1）设备固有措施

在加速器运营中，为防止出现超剂量照射事故，设备自身采取了多种安全防护措施：

①控制台上显示有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况；

②条件显示联锁：加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行；

③钥匙控制：决定加速器产生辐射的主要控制系统用开关钥匙进行控制，钥匙由专人保管。

④剂量控制联锁：为剂量分布监测装置与照射终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，以及当剂量超过预选值时，可自动终止照射；

⑤控制台上配置有独立于其它任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当辐照终止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次辐照；

⑥有全部安全联锁设施的检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态；

⑦有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止；

⑧设备机身标有明显的电离辐射标志。

（2）场所辐射安全措施设计

医院现有设计情况：

①地下一层放疗中心的入口处，设有电离辐射警告标志；

②放疗中心上层地面绿化带设置警示牌，告诫行人勿长时间停留；

本项目拟补充设计内容：

①电离辐射警告标志和工作状态指示灯：本项目1#直线加速器工作场所控制区进出口醒目处设置电离辐射警告标志，防护门上方设工作状态指示灯，工作状态指示灯能与设备工作状态连锁，显示加速器工作状态；机房防护门外设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近，机房防护门上张贴电离辐射警示标识。

②连锁装置：安装门机连锁装置或设施，治疗机房设有从室内开启治疗机房门的装置，防护门为电动移门，设有防挤压功能，并设置断电情况下的手动开门装置，防护门未完全关闭时加速器不能出束，加速器出束状态下防护门打开停止出束。

③急停开关：治疗床、治疗室的每面墙上以及控制室的操作台上均拟设置急停开关，并明确标识和使用方法，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。急停开关一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动。

④电视监控及双向对讲系统：治疗室迷道入口、迷道内及治疗室内拟配备电视监控及对讲系统，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开门按钮：治疗室迷道处人员易接触的位置装有紧急开门按钮，在事故状态下人员逃逸至迷道内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸。

⑥搭接：为减少接缝处射线的泄漏，防护门两侧铅板搭接及防护门与墙缝隙搭接宽度大于门缝宽度10倍以上。

医用直线加速器的安全连锁逻辑图如图10-1，机房安全措施设置示意图见附图11。

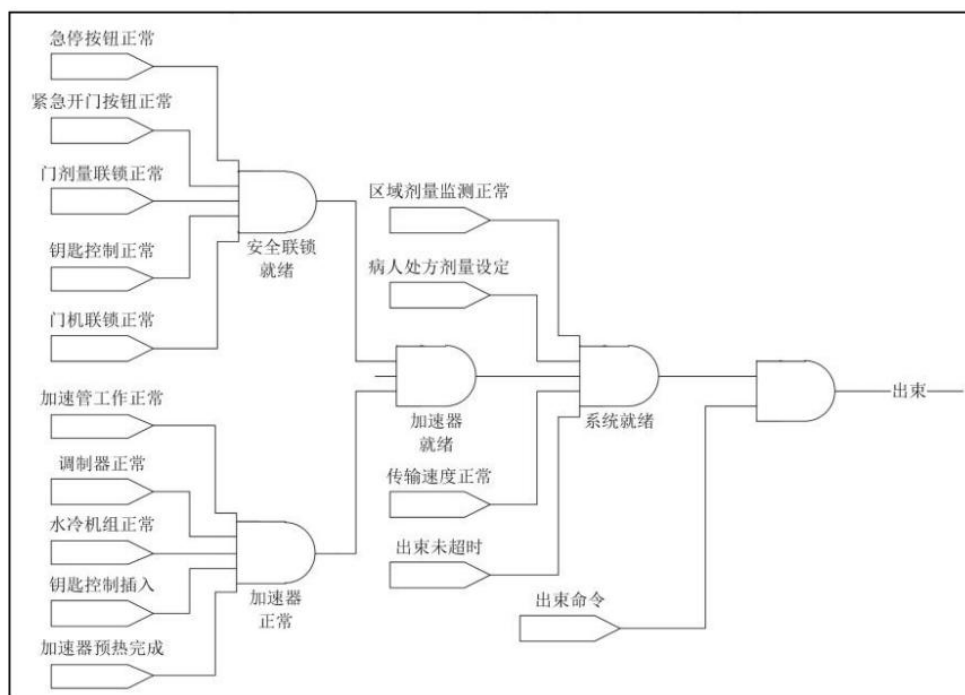


图 10-1 医用直线加速器的安全连锁逻辑图

（3）操作过程中的辐射安全与防护措施

①医院拟对辐射工作场所的安全联锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全联锁的正常有效运行。

②治疗期间，医院拟设两名或以上人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度；加速器试用、调试、检修期间，控制室有工作人员值守。

③任何人员未经授权或允许不得进入控制区；工作人员须在确认放射治疗或者治疗室束流已经终止的情况下方可进入放射治疗室。

（4）其他防护措施

①为每名辐射工作人员配备1支个人剂量计，配2台个人剂量报警仪，工作人员在工作期间应正确佩戴个人剂量计，在进入机房时应持个人剂量报警仪。

②在1#直线加速器机房内迷道内口转角处设置固定式辐射剂量监测仪探头，该监测系统能够显示机房内实时剂量及累积剂量，并有报警功能，其显示单元设置在控制室内；

③控制室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等；

④建议本项目1#直线加速器机房配备成人、儿童铅衣、铅帽、围脖、三角巾等个人防护用品与辅助防护设施各1套，以降低患者非受照部位的照射剂量；

⑤在加速器机房内设置机械通风装置，进风口设在放射治疗机房上部，排风口设在治疗机房下部，进风口与排风口位置对角设置（风管穿墙方式及屏蔽补偿方式，排放口位置与高度等详见10.3.1小节），其排风量为2000m³/h，通风换气能力大于6次/h（治疗室总容积约为330m³），满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“通风换气次数不小于4次/h”的要求。

（5）辐射安全防护措施的符合性

为防止发生辐射事故，根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全装置及安全措施进行了对照分析，具体情况见表10-4。

表 10-4 本项目医用直线加速器机房辐射安全防护设施汇总对照分析表

项目	规定的措施	备注	现有情况	落实情况	符合情况
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/	/	符合
	控制台有紧急停机按钮	设备自带	/	/	符合
	电视监控与双向交流对讲系统	/	无	拟配置	符合
	治疗室与束流联锁（门-机联锁）	/	无	拟配置	符合
	治疗室内准备出束音响提示	/	无	拟配置	符合

警示装置	入口电离辐射警示标志	/	无	拟配置	符合
	入口有加速器工作状态显示（门-灯联锁）	/	无	拟配置	符合
照射室紧急设备	紧急开门联锁	/	无	拟配置	符合
	治疗室及迷道内有紧急停机按钮	/	无	拟配置	符合
	治疗床有紧急停机按钮	设备自带	/	/	符合
监测设备	固定式剂量率仪	/	无	拟配置	符合
	个人剂量报警仪	/	无	拟配置	符合
	个人剂量计	/	无	拟配置	符合
	环境辐射巡测仪	/	有	依托现有	符合

10.1.5 DSA辐射安全防护措施

（1）DSA设备固有防护性能

①设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。

②X射线管组件上应有清晰的焦点位置标示。

③X射线管组件上应标明固有滤过，所有附加滤过片均应标明其材料和厚度。

④随机文件应说明下列与防护有关的性能：

a) X射线管组件的固有滤过；

b) X射线源组件的滤过；

c) 滤过片的特性；

d) 距焦点100 cm远处球面上泄漏辐射的空气比释动能率；

e) 限制有用线束的方法；

f) 在焦点到影像接收器的各种距离下有用线束照射野尺寸；

g) 焦点到影像接收面的最大和最小距离；

h) 管电压和管电流加载条件；

i) 各种使用条件下焦皮距的说明；

j) 位于有用线束中床板和滤线栅对X射线束的衰减当量；

k) X射线设备随机文件中应提供等剂量图，描述设备周围的杂散辐射的分布以及工作人员典型位置的杂散辐射值，便于工作人员选择防护方案；

⑤在随机文件中关于滤过的内容，应符合：

a) 在正常使用中不可拆卸的滤过部件，应不小于0.5mmAl；

b) 应用工具才能拆卸的滤片和固有滤过（不可拆卸的）的总滤过，应不小于1.5mmAl；

c) 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。

⑥设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

⑦设备在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

⑧设备应配备能阻止使用焦皮距小于20cm的装置。

⑨介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

⑩设置急停按钮，以便在CT扫描过程中发生意外时可以及时停止出束。

本项目DSA设备拟购买于正规厂家，设备各项安全措施齐备，均能满足以上要求。

（2）DSA机房防护措施

①本项目拟合理设置DSA、机房的门、窗和管线口位置，避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

②机房拟设置动力通风装置，并保持良好的通风。

③机房门外拟设电离辐射警告标志；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；候诊区拟设置放射防护注意事项告知栏，警告无关人员请勿靠近。手术期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。

④本项目DSA机房工作人员防护门拟设推拉式机房门，设置有自动闭门装置；患者防护门拟设电动平开机房门，并设置防夹装置；机房门拟设曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯（术中灯和射线装置工作指示灯）能与机房门联锁。

本项目每台DSA均设有单独的机房，DSA机房内布局合理，避免了有用线束直接照射门、窗、管线口位置和工作人员操作位，充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全，机房设计均能满足以上要求。

（3）DSA机房屏蔽

①根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求：C形臂X射线设备机房有用线束方向、非有用线束方向机房的屏蔽防护铅当量不低于2mmPb；

②机房的门和窗关闭时应满足以上要求。

本项目所设计各DSA机房墙体、门和窗（关闭时）辐射防护屏蔽能力均能满足辐射环境保护要求（详见表10-3）。

（4）DSA工作场所防护用品及防护设施配置

①按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），本项目单台 DSA 机房内应配置四套辐射工作人员防护用品，包括防护当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜及不低于 0.025mmPb 的介入防护手套，介入手术工作人员应穿戴防护用品，采用铅帘进行必要的遮挡。同时 DSA 配备床侧铅帘（0.5mmPb）、悬吊铅帘（0.5mmPb）和铅屏风（0.5mmPb）等辅助防护用品与设施，在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。

为受检者或患者配有铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（防护铅当量 0.5mm，儿童、成人尺寸各 1 套）以及铅防护方巾 2 套（防护铅当量 0.5mm），用于患者非照射部位进行防护，以避免病人受到不必要的照射。

个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

（5）设备操作的防护安全

①放射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律知识培训，满足放射工作人员岗位要求。

②根据不同检查类型和需要，选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。

③合理选择各种操作参数，在确保达到预期诊断目标条件下，使受检者所受到的照射剂量最低。

④如设备具有儿童检查模式可选项时，对儿童实施检查时应使用该模式；如无儿童检查模式，应适当调整照射参数（如管电压、管电流、照射时间等），并严格限制照射野。

⑤X射线设备曝光时，应关闭与机房相通的门、窗。

⑥放射工作人员应按《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求接受个人剂量监测。

⑦在进行病例示教时，不应随意增加曝光时间和曝光次数。

⑧不应使用加大摄影曝光条件的方法，提高过期胶片的显影效果。

⑨工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并应通过观察窗等密切观察受检者状态。除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

⑩DSA应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

（6）其他安全措施

①视频监控系统、双向交流对讲系统。机房和控制室之间安装有监视、双向交流对讲系统，控制室内能通过监控显示系统可观察机房内的情况，并通过对讲系统与室内人员联系，以便于医生在操作室观察患者在机房内的状况、及时处理意外情况。

②手术医生、护士配备2枚个人剂量计，技师配备1枚个人剂量计。DSA项目医护人员需要在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反。每个季度及时对剂量计送检，建立个人剂量健康档案，并长期保存。

③控制室上张贴相应的岗位规章制度、操作规程。上墙制度包括《放射安全防护管理制度》、《放射科工作制度》、《设备操作规程》、《放射事故应急预案》，制度字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

（7）辐射安全防护措施的符合性

为防止发生辐射事故，根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全装置及安全措施进行了对照分析，具体情况见表10-5。

表10-5 DSA机房辐射安全防护设施汇总对照分析表

项目	规定的措施	落实情况	备注	符合情况
场所设施	隔室操作	已设计	/	符合
	观察窗防护	已设计	/	符合
	门防护	已设计	/	符合
	候诊位设置	已设置	/	符合
	辅助防护用品	/	拟配置	符合
	紧急止动	/	拟配置	符合
	通风设施	/	拟配置	符合
	入口处电离辐射警告标志	/	拟设置	符合
	入口处工作状态显示及门灯联锁	/	拟设置	符合
监测设备	便携式辐射剂量仪	/	依托现有	符合
	个人剂量计	/	拟配置	符合
防护器材	个人防护用品	/	拟配置	符合

10.1.5 放射防护要求符合性分析

（1）1#直线加速器机房放射防护要求分析见下表：

表 10-6 本项目 1#直线加速器机房放射防护要求符合性分析表

《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021) 的相关要求	《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020) 的相关要求	1#直线加速器机房防护设计
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	放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端;放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造,并根据安全、卫生和方便的原则合理布置	本项目 1#直线加速器机房位于南白象院区 1 号住院楼南侧地下一层放疗中心,已避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域,机房及其辅助设施同时设计和建造,布局合理,选址符合相关的要求
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,如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室,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;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)	放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区;其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施,但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区	直线加速器机房内部(包含迷路)为控制区,机房相关控制室、水冷机房、机房防护门外 1m 处定为监督区
放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算,同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射	治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求,其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求	本项目已经按额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算,经预测,加速器机房有用线束照射方向及其他方向的防护屏蔽均满足相应屏蔽要求
术中放射治疗手术室应采取适当的辐射防护措施,并尽量设在医院手术区的最内侧,与相关工作用房(如控制室或专用于术中放射治疗设备调试、维修的房间)形成一个相对独立区域;术中控制台应与治疗设备分离,实行隔室操作,控制台可设在控制室或走廊内	治疗设备控制室应与治疗机房分开设置,治疗设备辅助机械、电器、水冷设备,凡是可与治疗设备分离的,尽可能设置于治疗机房外应合理设置有用线束的朝向,直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室,尽可能避开被有用线束直接照射	本项目加速器治疗机房设在放疗中心南侧相对独立区域,与控制室、水冷机房及其他功能用房分开设计 本项目加速器机房控制室位于治疗机房的北侧,已避开有用线束的照射方向

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	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要	本项目加速器机房治疗室有效使用面积约 52.5m²（不含迷道），有足够的有效使用空间
	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	本项目加速器机房采用机械通风，进排风口呈“上进下出，对角设置”，机房设计排风量为 2000m³/h，通风换气次数大于 6 次/h
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所确定的剂量率参考控制水平	治疗机房（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外 30cm 处（关注点）的周围剂量当量率应不大于其所确定的周围剂量当量率参考控制水平	经预测，加速器机房四周屏蔽墙、顶棚和入口防护门外 30cm 处的周围剂量当量率均不大于其所确定的周围剂量当量率参考控制水平
放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。使用中子源放射治疗设备、质子/重离子加速器或大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽	屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能和经济因素，符合最优化要求，新建机房一般选用普通混凝土	本项目加速器机房为混凝土材料浇筑
质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、医用直线加速器治疗室（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	含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常	加速器机房迷路外墙（迷道的内入口处）拟安装固定式剂量报警仪装置，并在控制室内设置显示单元
放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门—机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出	放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能	拟按要求设置

束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施		
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	放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯	拟按要求设置
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、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；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	放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置	拟按要求设置
控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷路区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统	控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流	拟按要求设置
符合性分析		符合

(2) 本项目各 DSA 机房放射防护要求分析见下表：

表 10-7 本项目各 DSA 机房放射防护要求符合性分析

场所名称	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求	设计情况	是否满足要求
机房面积	不小于20m ² ，单边长度不小于3.5m	本项2间DSA机房面积最小为40.8m ² ，最小单边长度为5.44m	满足
机房位置	X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	本项目2间DSA机房设计均已考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全	满足
机房布局	要合理，不得堆放与诊断工作无关的杂物；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；受检者不应在机房内候诊	已设计观察窗，设计合理，无杂物；有单独的候诊区，患者不在机房内候诊	满足
机房通风	机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风	设有机械通风系统，能保持良好的通风	满足
标志、指示灯	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	拟在门口设电离辐射警告标志，醒目指示灯，放射防护注意事项等，并且机房门拟设闭	满足

	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；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏	门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门有效联动，候诊区拟设置放射防护注意事项告知栏	
--	--	--	--

由上表可知，本项目 1#直线加速器机房和各 DSA 机房的放射防护要求均满足相关标准要求。

10.3 环保设施及投资分析

本项目总投资4000万元，其中环保投资170万元，占总投资约4.25%。具体环保设施及投资见下表：

表10-8 本项目环保设施及投资一览表

项目	设施与器材	数量	投资（万元）/备注
医用直线加速器			
实体防护	四周墙体+迷路	1 套	已建成
	铅防护门	1 扇	20
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
	加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带	/
	条件显示联锁、控制超剂量的联锁装置、时间控制联锁	设备自带	/
	门机联锁	1 套	3
警示装置	入口电离辐射警示标志	2 个	0.5
	入口加速器工作状态显示	2 个	1
	机房内准备出束音响提示	设备自带	/
	控制台上蜂鸣器	设备自带	/
紧急设施	机房内有中文标识的紧急停机按钮	5 个	1
	监控、对讲装置	1 套	1
	有中文标识的紧急开门按钮	1 个	1
监测设备	机房内固定式剂量报警仪	1 个	2
	便携式辐射监测仪	1 个	依托现有
	个人剂量报警仪	2 个	1
	个人剂量计	8 枚	0.5
防护器材	通风系统	1 套	20
	病人未受照部位防护设施、陪护人员防护设施	1 套	3
DSA			
场所设施	四周墙体	2 套	已建成
	四周、屋顶、地面屏蔽	2 套	56

	机房防护门	4 扇	10
	操作位局部屏蔽防护设施	2 套	4
	观察窗屏蔽	2 套	2
	有中文标识的紧急停机按钮	4 套	设备自带
	门灯联锁	2 套	2
	监控、双向交流对讲系统	2 套	2
警示设备	入口处电离辐射警告标志	2 套	1
	入口处机器工作状态显示	2 套	1
	操作警示装置	2 套	0.5
监测设备	便携式辐射监测仪	1 个	依托现有
	个人剂量计（介入医护：40 个铅衣内、40 个铅衣外、40 个腕部；技师：14 个铅衣外）	162 枚	12.5
防护设施	医护人员个人防护（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套（选配：铅橡胶帽子）（介入手套 0.025Pb，其余均 0.5mmPb））	8 套	6
	患者防护：铅防护方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（0.5mmPb）	铅防护方巾：4 套；铅橡胶颈套和铅橡胶帽子：成人儿童各 2 套	3
	通风系统	2 套	4
其他			
辐射工作人员及应急人员的组织培训			12
合计			170.0

今后在实践中，医院应根据国家发布的法规内容，结合自身实际情况对环保设施做相应补充，使之更能满足实际需要和法规要求。

10.4 三废的治理

10.4.1 废气

（1）直线加速器

加速器运行过程中，电离辐射会与空气发生作用，产生少量臭氧和氮氧化物，相比之下臭氧的危害较氮氧化物大，其产额高，毒性大，氮氧化物产额为臭氧的 1/3，因此主要考虑臭氧的影响。为保证本项目机房内空气中臭氧浓度符合国家职业接触限值，本项目拟设置相应的通风设施。根据建设单位提供的设计资料，本项目医用直线加速器工作场所通风方案具体设计为：

本项目 1#直线加速器机房设有 1 间新风机房，内有 1 台吊装新风机，用于加速器机房的新风输送。1#直线加速器机房东北侧设有一个排风机房，用于加速器机房的排风，排放口

位于 1#住院楼楼顶。加速器机房内设有 1 个送风口和 1 个排风口，送风口位于天花板上（治疗室北侧），排风口位于机房的东南角，距地板高度为 300mm。进出风管道和排风管道均采用“Z”型预埋管道从迷道防护门上方经迷道至机房内（穿墙处内部拟用 2mm 铅板进行包裹，作为屏蔽补偿，不破坏墙体的屏蔽），新风机风量设计值为 2000m³/h，排风量设计值为 2000m³/h，本项目加速器机房内净容积约为 330m³，根据经验公式“通风次数=通风量/总容积”并考虑管道的阻尼效应，通风次数预计约 6 次/h。

直线加速器工作场所通风设计平面图见附图 9。

（2）DSA

本项目 DSA 各机房拟按照层流手术室的要求进行送风和排风，送风在手术室天花板顶部，两侧墙下回风，即上送下回的气流组织形式，对室内空气进行更新。每间 DSA 手术室天花板的顶部均设置一个 160×160mm 的排气扇，产生的臭氧通过机械排风系统经过排风井至楼顶排放。

10.4.2 废水

直线加速器中使用的内循环冷却水半年更换一次，更换的冷却水在专用的容器里放置一定时间，根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），应对循环冷却水进行总α、总β监测符合要求后排放。

10.4.3 放射性固废

医用直线加速器如有废靶产生，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进机房内屏蔽容器衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮。

10.5 射线装置报废处理

按照《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》中第十八条要求，本项目使用的医用直线加速器、DSA 在进行报废处理时，医院应将射线装置高压射线管进行拆卸并去功能化，同时将射线装置主机的电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期的环境影响分析

医院在进行辐射工作场所改建过程中会产生施工扬尘、施工噪声、废水及固体废弃物，医院应做到如下控制措施：

- (1) 施工过程中应加强施工管理，对施工时段、施工进度作精心安排、系统规划。
- (2) 项目施工设备的选择应考虑选择低噪声设备，避免在夜间进行施工。
- (3) 施工人员的生活废水依托院区内的污水处理设施收集处理。
- (4) 施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。
- (5) 施工期的建筑垃圾应单独堆放，及时清运至住建部门指定的地点安全处理处置。
- (6) 保持施工场地清洁卫生，定期洒水降尘。
- (7) 在符合建筑设计和辐射防护要求的前提下，装修施工应尽量节约材料。

由于施工期短，施工范围小，通过对施工时间段的控制以及施工现场管理等手段，施工期对环境产生的影响较小，并且该影响随施工期的结束而消除。

11.1.2 设备安装调试期间的环境影响分析

本项目设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在各个机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。由于各设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 直线加速器

(1) 加速器工作负荷

本项目医用直线加速器 X 射线最高能量为 10MV，电子线能量最大为 22MeV，X 射线最大剂量率为 24Gy/min，常用剂量率为 6Gy/min；主射束朝东、西、顶棚与地面，属于 II 类射线装置。保守起见，本次以加速器最大剂量率 24Gy/min 核算加速器机房屏蔽厚度，以

常用剂量率 6Gy/min 估算加速器工作出束时间。

根据医院提供的资料，本项目加速器治疗工作量不超过 100 人次/天，每周工作 5 天（年工作 255 天，则按 51 周/年计），平均每人每野次治疗剂量 2.0Gy，平均每人治疗照射 3 野次，周工作负荷 $W=100 \times 5 \times 2.0 \times 3=3000\text{Gy/周}$ 。本项目加速器等中心处治疗模体内参考点的常用剂量率（ D_0 ）为 6Gy/min，加速器周治疗照射时间为 $t=W/D_0=3000(\text{Gy/周})/6(\text{Gy/min})=500(\text{min/周})=8.33\text{h/周}$ ，则年治疗时间约为 425h。治疗过程中，调强因子一般为 2~4，《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）A.1.2 显示，通常 $N=5$ ，因此本评价调强因子 $N=5$ 。

（2）关注点位设置

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的要求，在本项目直线加速器机房外表面 30cm 处，人员受照的剂量可能最大的位置设定关注点对机房的屏蔽体进行核算，关注点位见图 11-1，图 11-2。本项目的居留因子选取根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求，具体数值见表 11-1。

表 11-1 加速器机房各关注点一览表

序号	关注点	点位描述	居留因子	备注
1	A	东墙主屏蔽区外 30cm 处，女厕	1/20	偶然居留
2	B	西墙主屏蔽区外 30cm 处，3#直线加速器机房治疗室	1/2	部分居留
3	C	东墙次屏蔽区与主屏蔽区连接处外 30cm 处，过道	1/5	部分居留
4	D	西墙次屏蔽区与主屏蔽区连接处外 30cm 处，3#直线加速器机房治疗室	1/2	部分居留
5	E	迷道外墙（北墙）外 30cm 处，控制室	1	全居留
6	F	加速器机房防护门外 30cm 处	1/8	偶然居留
7	G	迷道外墙外（北墙）30cm 处，水冷机房	1/16	偶然居留
8	J	机房顶部（主屏蔽区）30cm 处，地面室外绿化带	1/16	偶然居留
9	K	机房顶部（次屏蔽区）30cm 处，地面室外绿化带	1/16	偶然居留

表 11-2 不同场所的居留因子

场所	居留因子（T）		示例
	典型值	范围 ^a	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、移动式电子加速器的相邻手术室与诊室、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2：相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的患者检查室 1/5：走廊、雇员休息室、职员休息室

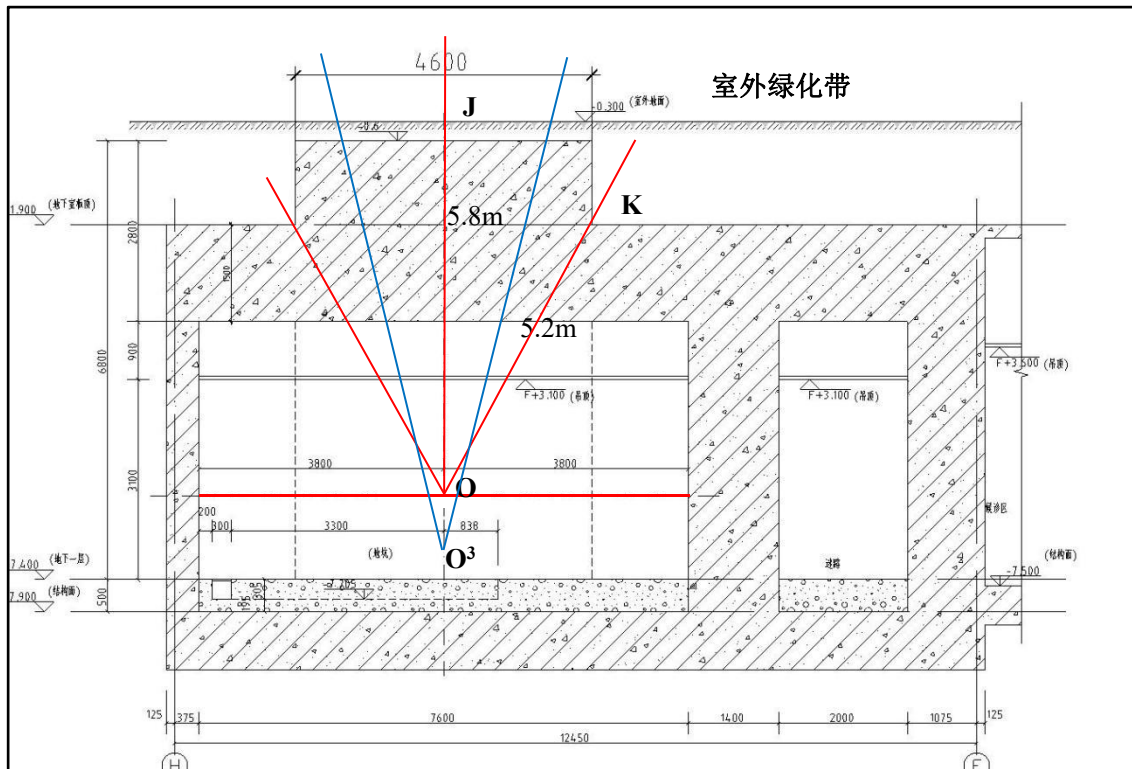


图11-2 加速器机房（南北剖面）关注点和主要照射路径

（3）导出剂量率参考控制水平确定

由 GBZ/T201.2-2011 附录 A.2，单一有用线束关注点的导出剂量率控制水平为：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad \dots\dots \text{（式 11-1）}$$

式中：

H_c ：周参考剂量控制水平（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ），

t ：治疗装置周治疗照射时间，h；

U ：有用线束向关注位置的方向照射的使用因子；

T ：人员在相应关注点驻留的居留因子。

单一泄漏辐射在关注点的导出剂量率控制水平为：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (N \cdot t \cdot T) \quad \dots\dots \text{（式 11-2）}$$

式中：

N ：调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子；

其余同公式 11-1。

上述导出的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 与按人员居留因子确定的关注点剂量率参考控制水平（人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ；人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq$

10μSv/h) 相比较, 取其较小者为关注点剂量率参考控制水平。

对于与主屏蔽直接相连的次屏蔽区, 属于复合辐射。根据 GBZ/T201.2-2011 中附录 A2.2 复合辐射, 导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 需考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者散射辐射, 其中患者散射导出剂量率参考控制水平为 $\dot{H}_{c,max}$ 的一半; 泄漏辐射导出剂量参考控制水平为公式 (11-2) 计算结果的一半, 二者之和为该关注点的导出剂量率参考控制水平。

各关注点剂量率控制水平见表 11-3。

表 11-3 各关注点剂量率控制水平

关注点	辐射类型	居留因子 (T)	使用因子 (U)	调强因子	周治疗照射时间 t (h)	H_c (μSv/周)	$H_{c,d}$ 计算值 (μSv/h)				$H_{c,max}$ (μSv/h)	H_e (μSv/h) 最终取值
							有用	泄漏	散射	合计		
A	有用	1/20	1	/	8.33	5.0	12	-	-	12	10.0	2.5
B	有用	1/2	1	/	8.33	5.0	1.2	-	-	1.2	10.0	1.2
C	复合	1/5	1	5	8.33	5.0	-	0.3	5.0	5.3	10.0	5.3
D	复合	1/2	1	5	8.33	5.0	-	0.12	5.0	5.12	10.0	5.12
E	泄漏	1	1	5	8.33	100.0	-	2.4	-	2.4	2.5	2.4
F	复合	1/8	1	5	8.33	5.0	-	0.48	5.0	5.48	2.5	5.48
G	泄漏	1/16	1	5	8.33	5.0	-	1.92	-	1.92	10.0	1.92
J	有用	1/16	1	/	8.33	5.0	9.6	-	-	9.6	2.5	2.5
K	复合	1/16	1	5	8.33	5.0	-	0.96	1.25	5.96	2.5	2.21

注: 1、根据 GBZ/T201.2-2011, 保守取 U=1;
2、年剂量参考控制水平: 职业人员取 100μSv/周, 公众取 5μSv/周;
3、加速器顶棚为地面绿化, 人员可达区域, 保守取 2.5μSv/h; 女厕保守取 2.5μSv/h。

(4) 有用线束主屏蔽区宽度核算

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区的宽度。

$$Y_p=2[(a+SAD) \cdot \tan\theta+0.3] \dots\dots (公式 11-3)$$

式中:

Y_p ——机房有用束主屏蔽区的宽度, 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。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, 本项目加速器机房东侧主屏蔽墙为内凸、西侧主屏蔽墙保守按外凸计算, 顶棚主屏蔽墙为外凸。

将各参数代入公式（11-3）得出本项目加速器机房的主屏蔽宽度，核算结果见表 11-4。

表 11-4 本项目加速器机房主屏蔽区宽度设计核算结果

参数	东墙主屏蔽区（内凸）	西墙主屏蔽区（外凸）	顶棚主屏蔽区（外凸）
a（m）	4.85	5.7	5.50
SAD（m）	1	1	1
θ （°）	14	14	14
计算宽度 Y_p （m）	3.52	3.94	3.84
设计宽度（m）	4.0	4.6	4.6
评价	满足	满足	满足

设备厂家和建设单位在进行直线加速器安装时，必须严格按照设备等中心既定的位置进行安装，即主射束为东侧、西侧、地面及屋顶，杜绝安装后主射方向超出屏蔽范围的情况出现。

（5）加速器机房屏蔽体外剂量率水平估算

①有用线束和泄漏辐射的剂量率估算公式

根据 GBZ/T201.2-2011，首先按式 11-4 计算有效厚度 X_e （cm）：

$$X_e = X \cdot \sec\theta \dots\dots \text{（式 11-4）}$$

式中：

X_e ：射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度，cm；

X ：屏蔽墙体厚度，cm；

θ ：入射角夹角。

接着，按式 11-5 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ：

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1) / TVL} \dots\dots \text{（式 11-5）}$$

式中：

TVL_1 （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_1 时， $TVL_1 = TVL$ 。

再按式 11-6 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 f}{R^2} \cdot B \dots\dots \text{（式 11-6）}$$

式中：

$\dot{H}_0$ ：加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为 $1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ 。

f : 泄漏辐射比率。对有用线束为 1, 泄漏辐射为 0.001。

R : 辐射源点（靶点）至关注点的距离, m;

B : 屏蔽物质的屏蔽透射因子。

②患者一次散射辐射的剂量率估算

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/T201.2-2011），患者一次散射辐射的剂量率可按公式 11-7 进行估算。

$$\dot{H} = \frac{H_0 \cdot a_{ph} \cdot F / 400}{R_s^2} \cdot B \dots \dots \text{（式 11-7）}$$

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 1m 处的最高剂量率, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$, 本项目为 $1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ 。

a_{ph} : 患者 400cm^2 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^2 面积上的散射因子；根据 GBZ/T201.2-2011 附录表 B.2, 本项目保守取 $a_{ph}=3.18 \times 10^{-3}$ 。

F : 治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积, cm^2 ; 本项目加速器为 $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ 。

R_s : 患者（位于等中心点）至关注点的距离, m;

B : 屏蔽物质的屏蔽透射因子。

③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/T201.2-2011）对于 $\leq 10\text{MV}$ 的加速器机房, 有用线束不向迷路内墙照射时, 相应迷路入口处（F 点）的辐射剂量考虑如下：

a) 迷路入口 F 点包括下列辐射：

①人体受有用线束照射时, 散射至 i 点的辐射并再次受墙的二次散射至 F 点处的辐射；

②至 i 点的泄漏辐射受墙散射至 F 点处的辐射；

③有用线束穿出人体达到位置 h, 受主屏蔽墙的散射至 n 处迷路外墙再次散射, 到达 F 点处的辐射。

在估算 F 处的辐射剂量率时, 以加速器向水平方向照射时, 上述①项人体散射辐射作为以上三项之后的近似估计, 通常可忽略②、③二项。

本项目加速器能量为 10MV , 且有用线束不向迷路内墙照射, 迷路入口处 F 点的散射辐射剂量率计算公式如下。

A、散射辐射剂量率估算（O²-O-i-p-F）

散射辐射剂量率按（GBZ/T201.2-2011）5.2.6.1 即按式 11-8 计算。

$$H_g = \frac{\alpha_{ph} \times (F / 400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} \times H_0 \quad (\text{式 11-8})$$

式中：

H_g ：F 点处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

α_{ph} ：患者 400cm^2 面积上的散射因子，取 45° 散射角，根据（GBZ/T201.2-2011）附录 B 表 B.2 得 $\alpha_{ph}=1.35 \times 10^{-3}$ ；

F：治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ；

α_2 ：砼墙入射的患者散射辐射的散射因子；入射角为 45° ，墙散射角近似按 0° 计算，射线经一次散射后能量为 0.5MeV ，查（GBZ/T201.2-2011）中附录 B 表 B.6 得混凝土墙 45° 入射、 0° 散射、 1m^2 的散射因子 $\alpha_2=22 \times 10^{-3}$ 。

A：i 处的散射面积， m^2 ；本项目保守取 11.6m^2 ；

R_1 ：“O-i”之间的距离， $R_1=7.4\text{m}$ ；

R_2 ：“i-p-F”之间的距离， $R_2=10.8\text{m}$ ；

H_0 —加速器有用线束中心轴上距 1m 处的常用最高剂量率，本项目为 $1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv.m}^2/\text{h}$ 。
经计算，机房入口关注点处（F）的散射辐射剂量率 H_g 为 $42.85 \mu\text{Sv/h}$ 。

B、泄漏辐射剂量率估算

漏射辐射（ $O^2 \rightarrow F$ ）的估算方法按式 11-5、式 11-6 计算。

C、加速机房防护门外剂量计算公式如下：

$$\dot{H}_c = H_g \times 10^{-(X/\text{TVL})} + H_{0g} \quad (\text{式 11-9})$$

式中：

X：防护门铅板厚度，mm；

TVL：铅板的什值层，mm；本项目在 F 处的散射辐射能量约 0.2MeV ，铅的 TVL 值为 5mm 。

H_g ：防护门前 F 点的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_{0g} ：关注点 F 泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

根据上述公式，加速器机房各侧墙体外辐射剂量率估算结果详见表 11-5。

由表 11-5 可以看出，本项目加速器在最大 X 射线能量、最大剂量率条件下，机房周围各关注点的剂量率均满足本项目所推导出的剂量率参考控制水平，满足《放射治疗辐射安全

与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）与《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）的要求。

表 11-5 本项目 1#直线加速器机房各侧墙体外关注点剂量率估算结果表

关注点	点位描述	TVL (cm)	TVL ₁ (cm)	R (m)	θ (°)	f	$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	设计 厚度 (cm 砵)	屏蔽透射 因子 B	有用线束 或漏射剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射剂量 率($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	导出剂量 率($\mu\text{Sv/h}$)	符合性 评价
A	东墙主屏蔽区 外 30cm 处	37	41	6.65	0	1	1.44×10^9	280	3.47×10^{-8}	1.13	/	1.13	2.5	符合
B	西墙主屏蔽区 外 30cm 处	37	41	6.65	0	1	1.44×10^9	280	3.47×10^{-8}	1.13	/	1.13	1.2	符合
J	顶棚主屏蔽区 外 30cm 处	37	41	5.8	0	1	1.44×10^9	280	3.47×10^{-8}	1.49	/	1.49	2.5	符合
C	东墙次屏蔽区 外 30cm 处	31	35	7.75	30	0.001	1.44×10^9	150	3.54×10^{-6}	0.085	/	0.287	5.3	符合
		28	28			/			6.63×10^{-7}	/	0.202			
D	西墙次屏蔽区 外 30cm 处	31	35	7.3	30	0.001	1.44×10^9	150	3.54×10^{-6}	0.096	/	0.324	5.12	符合
		28	28			/			6.63×10^{-7}	/	0.228			
K	顶棚次屏蔽区 外 30cm 处	31	35	5.2	30	0.001	1.44×10^9	150	3.54×10^{-6}	0.19	/	0.64	2.21	符合
		28	28			/			6.63×10^{-7}	/	0.45			
E	迷道外墙（北 墙）外 30cm 处	31	35	8.7	0	0.001	1.44×10^9	140+1 20	5.52×10^{-9}	1.05×10^{-4}	/	1.05×10^{-4}	2.4	符合
F	加速器机房防 护门外 30cm 处	31	35	9.4	0	0.001	1.44×10^9	151(砵)	1.81×10^{-5}	0.295	/	0.3	5.48	符合
		0.5	0.5	/	/	/		20mm 铅	1.0×10^{-4}	/	4.29×10^{-3}			
G	迷道外墙外（北 墙）30cm 处	31	35	9.3	0	0.001	1.44×10^9	138	4.76×10^{-5}	0.792	/	0.792	1.92	符合
H	护士站	31	35	10.8	0	0.001	1.44×10^9	149+1 28	1.56×10^{-9}	1.93×10^{-5}	/	1.93×10^{-5}	1.92	符合

考虑到本项目 1#直线加速器机房西侧现有 3#直线加速器机房与本项目加速器机房同时运行的情况，水冷机房（G 点）与顶棚（K 点）应考虑剂量率叠加情况。根据西侧现有 3#直线加速器机房的验收监测报告，东侧加速器机房运行时水冷机房最大剂量率为 0.145μSv/h（未扣除本底值），顶棚最大剂量率为 0.146μSv/h（未扣除本底值），则叠加后本项目各关注点最大剂量率汇总及评价见表 11-6。

表 11-6 叠加后各关注点最大剂量率汇总及评价

关注点	最大总剂量率 (μSv/h)	叠加剂量率 (μSv/h)	叠加后总剂量 率 (μSv/h)	导出剂量率控制 水平 (μSv/h)	是否符合 要求
A	1.13	/	1.13	2.5	符合
B	1.13	/	1.13	2.5	符合
J	1.49	0.146	1.636	2.5	符合
C	0.287	/	0.287	5.3	符合
D	0.324	/	0.324	5.12	符合
K	0.64	0.146	0.786	2.5	符合
E	1.05×10 ⁻⁴	/	1.05×10 ⁻⁴	2.4	符合
F	0.3	/	0.3	5.48	符合
G	0.792	0.145	0.937	1.92	符合
H	1.93×10 ⁻⁵	/	1.93×10 ⁻⁵	1.92	符合

由表 11-6 可以看出，叠加西侧现有 3#直线加速器对本项目关注点的剂量率后，本项目加速器机房的辐射屏蔽措施能够使机房外的辐射剂量率满足本项目所推导出的剂量率参考控制水平，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的要求。

（6）加速器机房电子线防护评价

本项目医用电子直线加速器最大能量为 10MV，电子线最大能量为 22MeV，电子在物质中的最大射程可以由下式估算（公式摘自《辐射防护技术与管理》，P123）。

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{\beta\max} \dots\dots \text{（式 11-10）}$$

式中：

d—最大射程，cm；

ρ—防护材料的密度，g/cm³；

E_{βmax}—电子最大能量，MeV。

电子束的最大能量为 22MeV 时，在混凝土中（2.35g/cm³）的最大射程约为 4.68cm。由于加速器机房混凝土厚度均在 100cm 以上，加速器电子线虽然能量相对于 X 射线较高，但其贯穿能力远弱于 X 射线。由此可见，项目加速器机房设计厚度和结构材质完全能满足对电子线的屏蔽，可不再作特殊的防护要求。因此，本项目医用电子直线加速器运行期间产生的电子线

对周围环境影响轻微.

(7) 人员所受辐照剂量估算

①计算公式

照射剂量采用《辐射防护手册》（第一分册）中计算公式：

$$D_r = D_1 \times U \times T \times t \times 10^{-3} \dots\dots \text{（式 11-11）}$$

式中：

D_r —关注点年辐射剂量率，mSv/a；

D_1 —关注点处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t —每年工作负荷，h/a，本项目医用直线加速器年工作负荷约为 425h；

U —使用因子，取 1；

T —居留因子。

②居留因子

本项目的居留因子根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）选取。

③有效剂量估算

相关人员的预期年剂量水平的计算见表 11-7。

表 11-7 加速器外所致各人群组年有效剂量估算结果

环境保护目标	$H(\mu\text{Sv/h})$	U	T	$t(\text{h})$	年有效剂量 (mSv/a)
女厕 (A)	1.13	1	1/20	425	2.4×10^{-2}
过道 (C)	0.287	1	1/5		2.44×10^{-2}
3#直线加速器机房治疗室 (D)	0.324	1	1/2		6.89×10^{-2}
控制室 (E)	1.05×10^{-4}	1	1		4.46×10^{-6}
防护门外表面 (F)	0.3	1	1/8		1.59×10^{-2}
护士站 (H)	1.93×10^{-5}	1	1		8.2×10^{-6}
水冷机房 (G)	0.937	1	1/16		1.20×10^{-2}
地面绿化带 (J)	1.636	1	1/16		1.93×10^{-2}

由表 11-7 可知，本项目 1#直线加速器机房控制室辐射工作人员附加年有效剂量最大值不超过 $4.46 \times 10^{-6} \text{mSv}$ ，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）对职业成员年剂量管理约束值 5mSv 的要求，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的年剂量限值 20mSv 的要求。

由表 11-7 可知，本项目医用直线加速器工作场所公众附加年有效剂量最大值为 $6.89 \times 10^{-2} \text{mSv}$ （为 3#直线加速器机房治疗室内），由剂量率和距离成反比可推算，本项目 1#

直线加速器机房 50m 评价范围内，包括东北侧医技楼门厅、北侧 1 号住院楼公众以及其他环境保护目标公众的附加年有效剂量均不会超过 $6.89 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）对公众成员年剂量管理约束值 0.1mSv 的要求，同时也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年有效剂量限值 1mSv 要求。

（8）通风管道、电缆穿墙管孔出口处的辐射影响分析

①本项目加速器机房电缆以地沟形式在地坪以下部位布设，并在非主射投照部位以“U”形从地坪下方穿越墙体，电缆沟的坑道两侧均用混凝土填充，穿墙管线入口和出口处均用硫酸钡封堵作为屏蔽补偿，保障不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。其它所有电、水、风管布设，走向必须符合辐射屏蔽防护要求，并在非主束投照部位采用迷道形式穿越墙体或顶盖，如在防护墙体部位设置开关箱等嵌入式电气设备，需进行屏蔽补偿。另有加速器测试用管线穿墙孔拟采用 45° 斜插穿过控制室与机房之间的防护墙体。因此，电缆管线穿墙管孔出口处的剂量率不超上述分析的设备机房和控制室的剂量率。

②本项目加速器机房设有 1 个送风口和 1 个排风口，送风口位于天花板上（治疗室北侧），排风口距地板高度为 300mm，位于机房的东南角，送风管和排风管道采用“Z”型预埋管道从迷道防护门上方经迷道至机房内，X 射线在“Z”型管道中 3 次散射，且风管穿墙入口和出口处均用硫酸钡封堵作为屏蔽补偿，不破坏墙体的屏蔽。因此，通风管穿墙管孔出口处的剂量率不超上述分析的墙体外的剂量率控制水平。

（9）天空反射分析

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）“某些辐射屏蔽设施在设计时顶层无屏蔽或屏蔽薄弱，此种情况下，辐射源射向天空的射线，因受大气的反散射作用而造成辐射源屏蔽墙周围地面附近辐射场增强的现象”，本项目加速器机房顶棚屏蔽防护为 2800mm 混凝土（4600mm 宽），屏蔽防护不薄弱，且机房顶层上方有实土层覆盖，因此本项目可不考虑天空反散射。

（10）加速器“三废”影响分析

①废气

加速器运行过程，辐射会与空气发生电离作用，产生臭氧和氮氧化物等。其中所产生的氮氧化物，其中以 NO_2 为主，其产额约为 O_3 的一半，根据《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1）中“氮氧化物的时间加权平均容许浓度为 5mg/m^3 ”，远高于“臭氧最高容许浓度 0.3mg/m^3 ”，因此本次环评对仅臭氧进行评价分析。参照《粒子加速器辐

射防护规定》（GB5172-85）附录 E 的计算公式，估算加速器 X 射线所致臭氧浓度。

$$C_{O_3} = 2.79 \times \frac{Id}{V} \times \left(1 - e^{-\frac{v}{V}t} \right) \dots\dots \text{（式 11-12）}$$

式中：

C_{O_3} ——机房中臭氧浓度， mg/m^3 ；

I ——电子束流强度， mA ；

d ——电子束在空气中的径迹长度， cm ；

V ——靶室体积， m^3 ；

v ——排气速率， m^3/s ；

t ——辐照时间， s ；

使用医用直线加速器进行放射治疗时，根据治疗计划，治疗 1 名患者加速器出束时间最多约为 450 秒，直线加速器机房排气速率为 $0.556m^3/s$ （ $2000m^3/h$ ）。由上式计本项目 1#直线加速器运行时臭氧的浓度为见表 11-8。

表 11-8 本项目 1#直线加速器机房内臭氧浓度预测

序号	机房名称	机房容 积 m^3	电子束流 强度 mA	电子束在空气 中的径迹长度 cm	排气速率 m^3/s	治疗结束后机房内 的臭氧浓度 mg/m^3
1	1#直线加速器 机房	$330m^3$	0.1	100	0.556	0.045

由上表可知，本项目 1#直线加速器机房治疗室内治疗结束后空气的臭氧浓度为 $0.045mg/m^3$ ，低于《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中臭氧的最高容许浓度 $0.3mg/m^3$ 。治疗室内产生的臭氧通过排风系统高空排放（排风出口应高出所在建筑物屋脊），对周围大气环境的影响十分轻微。

在多种氮氧化物（ NO_x ）中，以 NO_2 为主，其产额约为 O_3 的一半。工作场所中 NO_2 的浓度限值（GBZ2.1-2019，浓度限值为 $5mg/m^3$ ）超出 O_3 的 10 多倍，因而， NO_2 的产生和排放对周围大气环境的影响很小。

本项目 1#直线加速器机房治疗室设计采用机械通风，换气次数达每小时 6 次以上，能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《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。加速器机房进出风管道避开主射线方向，射线经几次散射后，进出风管道进出口处 辐射剂量将在控制范围内。在工作中要保证通风设施完好和正常工作，在此前提下臭氧和氮氧化物等有害气体将不会对人员和设

备产生危害。

②废水

加速器设备中使用的内循环冷却水半年更换一次，更换的冷却水在专用的容器里放置一定时间，根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），应对循环冷却水进行总 α 、总 β 监测符合要求后排放，对环境影响较小。

③废靶

加速器运行约 10 年后退役，更换下来的靶物质及其他强感生放射性部件均应作为放射性废物进行处理，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进机房内屏蔽容器衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮。

11.2.2 DSA

（一）辐射屏蔽防护分析

由表 10-3 可知，本项目 2 间 DSA 机房四周屏蔽墙、顶棚、底部、防护门及观察窗屏蔽厚度均不小于 3mm 铅当量，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求；本项目 2 间 DSA 机房最小有效使用面积为 40.8m²，最小单边长为 5.44m，均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“单管头 X 射线设备(含 C 形臂，乳腺 CBCT)机房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，因此可推断机房周围环境辐射水平能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。

（二）本项目 DSA 采用类比分析进行评价。

本项目 2 间 DSA 机房中 2#DSA 机房面积和长度最小，2 台 DSA 最大管电压和最大管电流均为 125kV 和 1000mA，因此本报告保守以 2#DSA 机房为例进行分析。

（1）剂量率类比分析

为了分析本项目 DSA 装置建成投入运行后对周围环境所造成的影响，本次评价选取本院公园路院区病房大楼一层心脏导管室 7 号机房（即本项目 2#DSA 机房西侧现有 DSA 机房）的验收监测数据（报告编号：HAJC22-09-0414）和浙江求是心血管病医院 3 号 DSA 机房的验收监测数据（报告编号：浙亿检（环）字 HJ 2021 第 0031 号）（机房内手部和眼晶体）进行类比评价，类比项目检测报告见附件 13，DSA 射线装置类比可行性分析见表 11-9。

表 11-9 DSA 机房类比可行性分析

类比内容		类比对象 (本院公园路院区病房大楼一层心脏导管室 7 号机房)	本项目 2#DSA 机房	本项目 1#DSA 机房
设备参数		125kV, 1000mA	125kV, 1000mA	125kV, 1000mA
设备型号		IGS5	型号未定	型号未定
主束方向		主束由下朝上	主束由下朝上	主束由下朝上
运行工况		101kV, 52.8mA	与类比对象相当	与类比对象相当
机房面积 (m ²)		40.8	40.8	55.7
屏蔽 防护	四侧 墙体	1.2mm 厚电解钢板+3mm 铅板 (约合 3.0mmPb)	1.2mm 厚电解钢板+3mm 铅板 (约合 3.0mmPb)	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂 料 (约合 4.0mmPb)
	防护门	内衬 3.0mm 铅板 (3mmPb)	内衬 3.0mm 铅板 (3mmPb)	内衬 4.0mm 铅板 (4mmPb)
	观察窗	3.0mm 铅当量铅玻璃 (3mmPb)	3mmPb 铅玻璃 (3mmPb)	4mmPb 铅玻璃 (4mmPb)
	顶棚	120mm 混凝土+3mm 铅板 (4.3mmPb)	120mm 混凝土+3mm 铅板 (4.3mmPb)	160mm 混凝土+2mm 铅板+20m m 硫酸钡涂料 (5.8mmPb)
	地坪	200mm 混凝土 (2.5mmPb)	200mm 混凝土 (2.5mmPb)	180mm 混凝土+2mm 铅板 (4.25mmPb)
防护用品		0.025mmPb 防护手套、0.5mmPb 铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防 护眼镜、铅防护吊帘	不小于 0.025mmPb 防护手套、不 小于 0.5mmPb 铅橡胶围裙、铅橡 胶颈套、铅防护眼镜、铅防护吊 帘	不小于 0.025mmPb 防护手套、不 小于 0.5mmPb 铅橡胶围裙、铅橡 胶颈套、铅防护眼镜、铅防护吊 帘

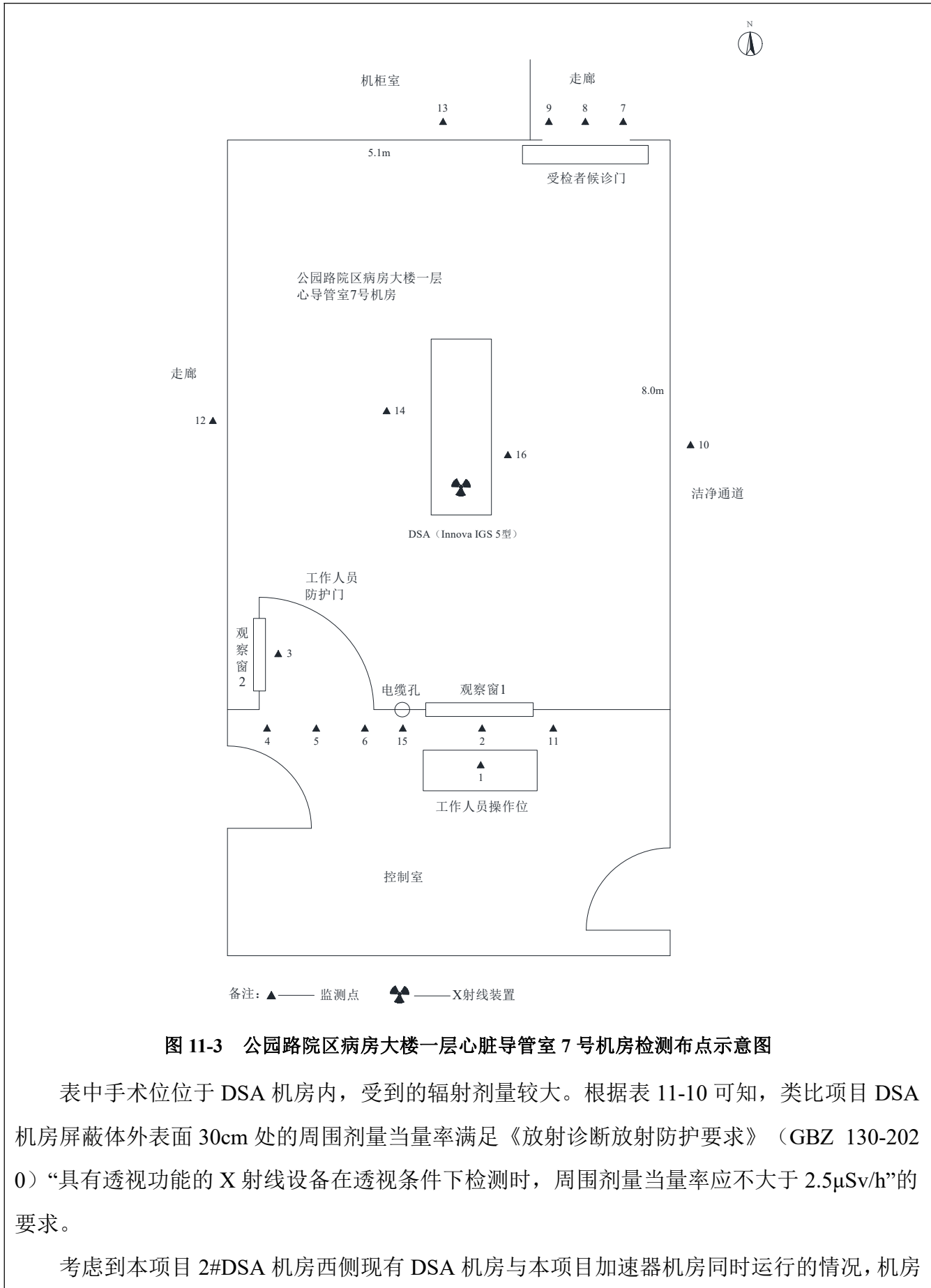
由上表可以看出, 本项目 DSA 射线装置设备技术参数与类比对象一致, 运行工况管电压与管电流与类比对象相当, 1#DSA 机房的实际面积与类比对象一致, 机房防护水平与类比对象一致, 防护用品与类比对象相当; 2#DSA 机房的时间面积、防护水平均优于类比对象, 防护用品与类比对象相当。因此本项目 DSA 机房与类比对象有很好的可比性, 通过对类比对象的监测, 可以预测本项目 DSA 射线装置运行后的辐射环境影响。

类比监测点位示意图见图 11-3, 类比监测结果见表 11-10。

表 11-10 公园路院区病房大楼一层心脏导管室 7 号机房剂量率监测结果

点号	监测点位置	监测结果 (nSv/h)			
		射线装置未运行时		射线装置运行时	
		校正 值	标准 差	校正 值	标准 差
1	工作人员操作位	137	1	144	1
2	观察窗 1 外表面 30cm	138	2	145	2
3	观察窗 2 外表面 30cm	138	1	146	2
4	工作人员防护门 (左侧) 外表面 30cm	139	1	146	1
5	工作人员防护门 (中部) 外表面 30cm	138	2	145	2
6	工作人员防护门 (右侧) 外表面 30cm	140	2	146	2

7	受检者候诊门（左侧）外表面 30cm	139	2	146	2
8	受检者候诊门（中部）外表面 30cm	138	1	146	1
9	受检者候诊门（右侧）外表面 30cm	138	2	147	1
10	东墙外表面 30cm	141	2	147	2
11	南墙外表面 30cm	140	2	149	1
12	西墙外表面 30cm	142	1	148	2
13	北墙外表面 30cm	141	1	148	2
14	机房楼上（二层）距地坪 30cm	139	2	147	1
15	电缆孔外表面 30cm	141	1	148	2
16	术者位铅衣后	140	2	1.97×10^3	0.02×10^3



北侧缓冲间、南侧控制室和楼上应考虑剂量率叠加情况。保守不考虑距离衰减，按 2 倍计算（扣除关机状态相应剂量率数值），则叠加后本项目 2#DSA 机房北侧缓冲间、南侧控制室和楼上最大剂量率分别为 0.018（0.009×2=0.018）μSv/h、0.014（0.007×2=0.014）μSv/h 和 0.016（0.008×2=0.016）μSv/h。

本项目各 DSA 机房屏蔽措施与类比项目一致，由此可推断，只要按照屏蔽设计方案严格施工，采取满足标准的防护措施后，本项目正常运行时各 DSA 机房屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率可满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求；根据辐射剂量率随距辐射源的距离增加而衰减的规律，亦可进一步预测本项目建成后，设备在正常运行时机房外 50m 范围内其它关注点的周围剂量当量率也可满足标准要求。

（2）人员所受辐照剂量估算

本项目 DSA 包括减影和透视两种模式，根据 DSA 工作流程分析，DSA 机操作为介入操作，医生需进入机房内工作，在患者手术时，医生穿戴好铅衣、铅围脖、铅帽、铅眼镜等辐射防护用品后近距离操作，因此 X-γ 辐射剂量率较高。

本项目各 DSA 工作场所工作制度见表 1-3，最大工作负荷见下表 11-11。

表 11-11 本项目各 DSA 最大工作负荷

射线装置	工作状态	平均每台手术最长出束时间（min）	全年开展手术量（台）	设备年总出束时间（h）	单个医生年最大受照时间（h）	单个护士年最大受照时间（h）	单个技师年最大受照时间（h）
1#DSA	减影	2	2400	80	6.67	20	20
	透视	20		800	66.7	200	200
	合计		2400	880	73.4	220	220
2#DSA	减影	2	5500	183.3	6.55	18.3	24.85
	透视	20		1833.3	65.5	183.3	189.9
	合计		5500	2016.6	72.1	201.6	214.75

①控制室工作人员与公众有效剂量估算

DSA 减影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均回到控制室进行操作，DSA 透视曝光时，医生在手术间内近台操作，护士和技师通常不在手术间内。因此，透视模式下需要考虑近台操作医生的受照剂量（减影模式下无需考虑近台操作医生的受照剂量）。

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A 公式以及居留因子的选取，对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot l \cdot 10^{-3} \dots\dots \text{（公式 11-13）}$$

式中：

H_1 —X射线外照射有效剂量，mSv；

H_0 —X射线束造成的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

T—居留因子；

t —X射线年照射时间，h/a；

l —剂量换算系数，本项目转换系数取 1。

②机房内工作人员有效剂量估算公式

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中对于介入放射工作人员穿戴铅围裙估算有效剂量的计算方法，保守按不戴铅橡胶颈套进行估算，采用公式 11-14 进行估算。

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \dots\dots \text{（式 11-14）}$$

式中：

E ：有效剂量中的外照射分量，单位：mSv；

α ：系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

β ：系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

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

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

③手部和眼晶体当量剂量估算公式

手术医生和护士在 DSA 机房内进行介入手术时，皮肤当量剂量保守按不戴铅手套进行估算，眼晶体当量剂量保守按不戴铅眼镜进行估算。

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）、《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），有辐射场空气比释动能率信息时，皮肤当量剂量用式 11-15 进行估算，眼晶体当量剂量用式 11-16 进行计算，有辐射场周围剂量当量率的测量数据时，用式 11-17 换算辐射场的空气比释动能率，再通过式 11-15、11-16、11-18 进行预测。

$$D_S = C_{KS}(\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \text{（式 11-15）}$$

$$D_L = C_{KL}(\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \text{（式 11-16）}$$

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}^*(10)}{C_{kH^*}} \quad (\text{式 11-17})$$

$$H = D \cdot W_R \quad (\text{式 11-18})$$

式中：

D_S ：皮肤吸收剂量，单位为毫戈瑞，mGy；

C_{KS} ：空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数，单位为 mGy/mGy，从《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）表 A.5 查空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 $C_{KS}=1.156\text{mGy/mGy}$ （0.08MeV，AP 入射方式）；

D_L ：眼晶体吸收剂量，单位为毫戈瑞，mGy；

C_{KL} ：空气比释动能到眼晶体吸收剂量的转换系数，单位为 mGy/mGy，从《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）表 A.4 查空气比释动能到眼晶体吸收剂量的转换系数 $C_{KL}=1.550\text{mGy/mGy}$ （0.08MeV，AP 入射方式）；

$\dot{k}$ ：X、 γ 辐射场的空气比释动能率，单位为微戈瑞每小时（ $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ）；

$H^*(10)$ ：X、 γ 辐射场的周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ）；

C_{kH^*} ：空气比释动能到周围剂量当量的转换系数(手部参见《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）附录 A 中表 A.9，本项目取 1.72；眼晶体参见《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）附录 A 中表 A.7，本项目取 1.72)，单位为希沃特每戈瑞（Sv/Gy）。

t ：人员累积受照时间，单位为小时，h；

H ：关注点的当量剂量，mSv；

D ：皮肤吸收剂量或眼晶体吸收剂量，单位。

W_R ：辐射权重因数，X 射线取 1。

本项目各DSA机房年有效剂量估算结果计算结果详见表11-12。

表11-12 职业人员及公众年有效剂量估算结果

工作场所	关注人员	工况	关注点最大剂量率	铅衣内剂量率	铅衣外剂量率	受照时间	空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数	空气比释动能到眼晶体吸收剂量的转换系数	W_R	C_{kH^*}	居留因子 ^②	有效剂量或当量剂量
			$\mu\text{Sv/h}^{①}$			h	mGy/mGy			Sv/Gy		mSv

1#D SA 机房	控制室内 工作人员	减影+ 透视	0.014 (1 点 位)	/	/	220	/	/	/	/	1	3.08×10^{-3}
	机房内工 作人员 (身体)	减影	0.008 (3 点 位)	/	/	6.67	/	/	/	/	1	0.242
		透视	/	1.97	19.7 ^③	66.7	/	/	/	/	1	
	机房内工 作人员 (手部)	透视	1121.8 9 ^④	/	/	66.7	1.156	/	1	1.72	1	50.3
	机房内工 作人员 (眼晶体)	透视	57.89 ^④	/	/	66.7	/	1.550	1	1.72	1	3.48
	机房外公 众人员	减影+ 透视	0.018 (11 点位)	/	/	880	/	/	/	/	1	1.59×10^{-2}
	机房上方 公众人员	减影+ 透视	0.016 (15 点位)	/	/	880	/	/	/	/	1	1.41×10^{-2}
	机房下方 公众人员	减影+ 透视	0.014 ^④	/	/	880	/	/	/	/	1	1.24×10^{-2}
2#D SA 机房	控制室内 工作人员	减影+ 透视	0.014 (1 点 位)	/	/	183. 3	/	/	/	/	1	2.57×10^{-3}
	机房内工 作人员 (身体)	减影	0.008 (3 点 位)	/	/	6.55	/	/	/	/	1	0.24
		透视	/	1.97	19.7 ^③	65.5	/	/	/	/	1	
	机房内工 作人员 (手部)	透视	1121.8 9 ^④	/	/	65.5	1.156	/	1	1.72	1	49.4
	机房内工 作人员 (眼晶体)	透视	57.89 ^④	/	/	65.5	/	1.550	1	1.72	1	2.66
	机房外公 众人员	减影+ 透视	0.018 (11 点位)	/	/	2016 .6	/	/	/	/	1	3.63×10^{-2}
	机房上方 公众人员	减影+ 透视	0.016 (15 点位)	/	/	2016 .6	/	/	/	/	1	3.23×10^{-2}
注：①引用剂量率取自表 11-10，已扣除关机状态剂量率值，并叠加后取最大值；												
②本项目的居留因子考虑到 DSA 机房四周的公众区域居留因子可能取值不同，为了便于计算，均保守取 1；												

③根据 NCRP Report No.151, DSA 透视条件下 (80kV) 铅的什值层厚度为 0.96mm, 即 0.96mm 铅当量的屏蔽材料可使射线能量衰减至原来的 1/10。本项目介入手术医生在做手术时拟使用防护厚度 0.5mmPb 的防护服、铅防护眼镜, 配置 0.5mmPb 铅屏风、铅防护帘, 介入手术人员在铅屏风后工作, 因此保守推算铅衣外剂量率为铅衣内 10 倍计;

④引用浙江求是心血管病医院 3 号 DSA 机房的验收监测数据 (报告编号: 浙亿检 (环) 字 HJ 2021 第 0031 号), 该机房 DSA 最大管电压为 150kV, 最大管电流为 1000mA, 有较强类比性。

综上所述, 本项目各 DSA 机房内辐射工作人员年有效剂量最大为 0.242mSv, 控制室辐射工作人员年有效剂量最大为 3.08×10^{-3} mSv, 满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求; 医生年手部皮肤当量剂量最大为 49.4mSv, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 对职业人员四肢要求的剂量限值 500mSv/a 和本项目目标管理值 125mSv/a 的要求; 医生年眼晶体当量剂量最大为 2.66mSv, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 对职业人员眼晶体要求的剂量限值 150mSv/a 和本项目目标管理值 37.5mSv/a 的要求。

由计算结果可知, 本项目各 DSA 机房外公众 (距离机房外墙 30cm 处) 年受照剂量最大为 3.63×10^{-2} mSv/a, 满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.1mSv/a 的要求, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 要求的实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过 1mSv/a 的剂量限值要求。根据剂量率与距离平方成反比的关系, 距离机房越远, 辐射剂量率越低, 因此可以推算本项目 1#DSA 机房外 50m 范围内, 包括机房南侧 2 号医技楼、西侧 3 号住院楼及西南侧 2 号住院楼公众; 2#DSA 机房外 50m 范围内, 包括南侧育英门诊楼、西侧职工俱乐部楼、食堂楼、九柏园头小区 (部分居民楼) 公众以及其他环境保护目标公众受照剂量也能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的剂量限值 1mSv/a 和本项目目标管理值 0.1mSv/a 的要求

(3) 介入治疗对医生和患者的辐射防护要求

介入治疗是一种解决临床疑难病的新方法, 但介入治疗时 X 射线曝光量大, 曝光时间长, 距球管和散射体近, 使介入治疗操作者受到大剂量 X 射线照射。为减少介入治疗时 X 射线影响, 医院应从以下几点进行控制:

介入治疗医生自身的辐射防护要求: ①加强教育和培训工作, 提高辐射安全文化素养, 全面掌握辐射防护法规和技术知识; ②结合诊疗项目实际情况, 综合运用时间、距离与屏蔽防护措施; ③在介入手术期间, 必须穿戴个人防护用品, 并佩戴个人剂量报警仪; ④定期维护 DSA 系统设备, 制定和执行介入治疗的质量保证计划。

患者的辐射防护要求: ①严格执行 GB18871-2002 中规定的介入诊疗指导水平, 保证患者

的入射体表剂量率不超过 100mGy/min；②选择最优化的检查参数，为保证影像质量可采用高电压、低电流、限制透视检查时间等措施；③采用剂量控制与分散措施，通过调整扫描架角度，移动扫描床等办法，分散患者的皮肤剂量，避免单一皮肤区域接受全部剂量；④作好患者非照射部位的保护工作。

（4）DSA“三废”影响分析

本项目 DSA 运行过程中无放射性废气、放射性废水和放射性固废产生，“三废”主要为臭氧和氮氧化物等非放射性气体。

DSA 产生的 X 射线能量较小，其臭氧产生量较小通过排放措施后对环境影响较小。本项目 DSA 机房顶部均拟设置一个 160×160mm 的排气扇，产生的臭氧通过机械排风系统经排风井至楼顶排放。排气扇位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。本项目产生的臭氧排入大气环境后，扩散后远低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）（2018 修改单）的二级标准（0.2mg/m³）的要求。

11.3 事故影响分析及应急措施

11.3.1 直线加速器

（1）事故风险因素

- ①加速器机房内有人未及时撤离，加速器出束发生超剂量照射；
- ②加速器机房由于安全联锁系统失效，加速器运行时无关人员误入机房，发生超剂量照射；
- ③加速器运行时机房内有人未撤离，工作人员误操作加速器出束，发生超剂量照射；
- ④维修时厂家维修人员和运行单位人员管理不当，加速器系统时发生异常出束，维修人员受到超剂量照射。

（2）辐射事故防范措施

①工作人员进入加速器房进行摆位或其它照射前准备工作时，控制台前操作人员疏忽失职误将加速器开机出束，会发生工作人员误照射事件。工作人员发现加速器已经出束（照射红灯点亮），可就近按红色标志的急停开关，切断电源，迫使加速器关机停止出束；

②治疗病人陪伴者或其它人员误留机房内，在加速器开机出束后，操作人员从监控器内发现，可立即在控制台上按急停开关，切断加速器电源；

③加速器操作、安装调试和检修维护人员在工作过程中，应按要求配戴个人剂量计和按要求携带个人剂量报警仪。进行加速器设备的调试和维修期间，本项目辐射工作人员需将设备的控制权暂时移交给设备厂家工作人员，本项目辐射工作人员不参与设备的控制与维修，防止维

修期间工作人员在加速器机房误照射。加速器试用、调试、检修期间，控制室须有工作人员值守，在出束的情况下严禁调试、检修人员滞留在控制区。

④当发生上述加速器意外出束，人员受照事件后，应迅速将受照人员撤离现场，并估算人员受照剂量。如受照人员未携带个人剂量计，则可根据人员所在部位，加速器照射条件，初步估算人员受照剂量。根据初步剂量估算结果确定受照人员是否要进行医学观察及治疗。

⑤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，并在规定时间内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

11.3.2 介入治疗单元

（1）事故风险因素

①DSA 射线装置在运行时，由于安全联锁系统失效，人员误入或滞留在治疗机房内而造成误照射；

②工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射；

③DSA 射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；

④DSA 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

（2）辐射事故防范措施

为了防止事故的发生，医院在辐射防护设施方面应做好以下工作：

①购置工作性能和防护条件均较好的介入诊疗设备；

②实施介入诊疗的质量保证；

③做好医生的个人防护；

④做好病人非投照部位的防护工作；

⑤DSA 安装调试和检修维护人员在工作过程中，应按要求配戴个人剂量计和按要求携带个人剂量报警仪。调试和维修期间，本项目辐射工作人员需将设备的控制权暂时移交给设备厂家工作人员，本项目辐射工作人员不参与设备的控制与维修，防止维修期间工作人员在 DSA 机房误照射。

对于上述可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立全院安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。

②建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

③制定全院重大事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 机构设置

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》、《关于做好2020年核技术利用辐射安全与防护培训考核工作有关事项的通知》等法律法规要求，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；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。

医院已成立以张纯武为组长的辐射安全与防护管理委员会，负责全单位射线装置的辐射安全与防护监督管理工作，明确了相关负责人和各成员及其职责，可以满足本项目实施后的辐射安全管理需要。

辐射安全和防护管理委员会的主要职责是：负责起草、制定及修订医院辐射防护和环境保护的相关规章制度；负责对医院放射诊疗项目的立项、建设、放射设备引进及防护设施配置进行论证和监管；负责协调和监督各相关科室贯彻落实医院放射诊疗和防护管理制度及日常管理工作。

本项目建成后，医院的科室、人员均会有一定调整，要求医院根据人事变动情况及时调整，明确人员职责，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并应以文件形式明确各成员管理职责。

12.1.2 辐射人员管理

1、根据生态环境部《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》（2019年，第57号）的相关要求，自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

医院应及时安排新增辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台上参加培训，考核合格后方可上岗；在项目运行过程中按要求定期组织辐射工作人员进行再培训和考核，确保所有辐射工作人员培训合格后上岗。

2、本项目所有辐射工作人员应配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量检测，并建立个人剂量档案；应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，在岗期间每两

年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立完整的职业健康档案；个人剂量档案和职业健康档案应终生保存。

3、本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量检测档案三个文件上的人员信息应统一。

4、根据《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》（浙环函〔2019〕248号），各单位对辐射工作人员的辐射安全与防护培训或放射诊疗培训互相认可，可无需重复培训。

12.1.3 年度评估报告

建设单位应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，每年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评估报告。

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

12.2.1 现有规章制度及完善性分析

医院已制定《辐射安全防护和管理制度》、《放射工作人员岗位职责》、《放射工作操作规程》、《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》、《辐射防护监测方案》、《辐射事故应急方案》、《质量保证 QA 大纲》、《质量控制（QC）检测计划》、《放射性废弃物及活性炭治理制度》、《PET-CT 室管理制度》、《放射同位素使用登记制度》、《受检查者及患者的防护制度》、《档案管理制度》、《自行检查和年度评估制度》、《射线装置台账管理制度》等规章制度，内容健全完善且合理规范，并在相关辐射工作场所张贴上墙，可以满足现有核技术利用项目的管理需要。

12.2.2 本项目规章制度要求

医院已制定《DSA 操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射安全防护和管理制度》、《放射工作人员岗位职责》、《放射工作操作规程》、《辐射事故应急方案》、《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》、《辐射防护监测方案》、《质量保证 QA 大纲》、《质量控制（QC）检测计划》等规章制

度，内容健全完善且合理规范，并在相关辐射工作场所张贴上墙，可以满足现有核技术利用项目的管理需要。

本次新增 1 台医用直线加速器和 2 台 DSA，医院应结合本次评价的辐射设备特点，对原有辐射安全管理制度进行补充、完善，使之切实可又符合相关管理规定，并付诸严格执行。

拟完善、补充的内容如下：

（1）操作规程：针对本项目新增的直线加速器和 DSA 等设备制定相应的操作规程，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操作程序等，重点是工作时必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪，避免事故发生。

（2）岗位职责：明确本项目新增辐射管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位职责，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

（3）辐射防护和安全保卫制度：根据本项目新增的设备，制定针对性的辐射防护和安全保卫制度，规定专人负责辐射防护与安全保卫工作，定期对辐射防护与安全保卫相关的用品、仪器进行检查。

（4）射线装置台账管理制度：根据本项目新增的设备制定台账管理制度，建立射线装置台账，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项。

（5）事故应急预案：根据本项目新增的设备完善辐射事故应急预案。

（6）应补充的其他制度：

①射线装置报废管理制度；

②根据本项目新增的设备完善辐射安全档案管理制度；

③本项目直线加速器和 DSA 工作场所的监测方案纳入原有监测制度；

综上所述，医院在落实上述制度后，能够确保本项目医用直线加速器和 DSA 装置的安全使用，满足国家相关的辐射安全管理及技术层面要求。日后的工作实践中，医院应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性。

医院所有相关制度应以医院正式文件形式制定，并将各项管理制度、操作规程等悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器和防护设备

直线加速器和DSA均属II类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目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，其中辐射剂量巡测仪可依托现有设备，1#直线加速器机房至少配置1个固定式报警仪和2个便携式个人剂量报警仪。另外每个辐射工作人员均应配备个人剂量计（其中DSA介入医护工作人员应配备双个人剂量计和腕式剂量计），并建立个人剂量档案。

12.3.2 日常监测计划

医院辐射工作场所应采用自购辐射巡测仪定期监测，以确保屏蔽防护性能的良好。

12.3.3 年度常规监测

医院应委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

12.3.4 个人剂量监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期一般为1个月，最长不超过3个月（每季度将个人剂量片送往有资质的检测机构进行检测）。

医院应按以下要求做好个人剂量档案的管理：

（1）如果在单个季度出现个人剂量超过1.25mSv时需进行干预，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并本人签字。年剂量超过5mSv的管理限值时，暂停该辐射工作人员继续从事辐射工作，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并本人签字，并上报当地生态环境主管部门。单年剂量超过20mSv标准时，构成辐射事故，按事故应急预案处理，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并上报生态环境主管部门。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向卫生主管部门报告。

（2）个人剂量检测报告（连续四个季度）应当作为医院《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给辐射安全许可证发证机关。

（3）辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应终生保存。

12.3.5 监测计划建议

根据以上分析，本环评建议医院参考表12-1开展监测。

表12-1 辐射工作场所监测计划建议

场所名称	监测内容	监测范围	监测类别	监测频度
------	------	------	------	------

放疗中心	直线加速器机房	周围剂量当量率	加速器机房迷路防护门及四周门缝处、控制室和加速器机房四侧墙体和顶棚处和各电缆、风管管道口	年度监测	1次/年
				常规监测	1次/月
				验收监测	竣工验收
	废靶	X- γ 空气吸收剂量率	废靶外表面	常规监测	委托处置前
	冷却水	总 α 、总 β	冷却水	常规监测	外排前
放射科和手术中心	DSA	周围剂量当量率	铅防护门处、观察窗、门缝处、控制室和机房四侧墙体处（包括楼上、楼下）、过道和各管线洞口等	年度监测	1次/年
				常规监测	1次/月
				验收监测	竣工验收
本项目所有辐射场所		个人剂量当量	所有辐射工作人员	个人剂量检测	一般为1个月，最长不超过3个月

监测质量保证：

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用的国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

12.4 环保措施竣工验收

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告2018年第9号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.5 辐射事故应急

12.5.1 事故应急预案内容

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第18号）第四十三条规定，应急预案主要包括以下内容：

（1）应急机构和职责分工，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

（2）应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话。

（3）应急人员的培训；

（4）环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话；

（6）发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地县级以上地方人民政府及其生态环境局、公安、卫健委等部门报告。

12.5.2 现有应急预案执行情况

目前医院已制定《辐射事故应急预案》，见附件11。该预案确定了辐射事故应急小组，并公布了应急组织负责人的姓名、岗位和事故情况下各部门（包括企业内部各部门和生态环境、卫生、公安等管理部门）的联系人和24小时联络电话，明确了辐射事故类型及相应处理措施。医院每年均定期开展辐射事故应急预案演练，并对演练结果进行总结，及时对放射事件应急处理预案进行完善和修订。经与建设单位核实，医院自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。

因次，现有辐射应急预案可以满足现有核技术利用项目的辐射安全管理要求。

12.5.3 本项目应急预案要求

本项目投入运行后，医院应做好以下工作：

①结合本项目医用直线加速器和DSA运行时的辐射风险，完善现有的辐射事故应急预案。

②制定辐射事故应急培训计划方案，每年对与辐射事故应急有关的人员实施培训和演练，以验证该预案的有效性。演练内容包括放射事故应急处理预案的可操作性、针对性、完整性，演习报告存盘。可提出将每年用于辐射应急工作的（包括应急基础数据系统建设及运行、应急装备、应急技术支持、培训及演习等）支出，纳入部门预算。

③医院应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。

12.5.4 应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

（1）发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，同时向医院主管领导报告。

（2）医院根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

（3）事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫健委报告。

（4）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

12.5.5 其他要求

（1）辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在县级地方人民政府生态环境主管部门备案。

（2）在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

12.6 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素、辐射装置单位应具备相应的条件，本项目从事辐射活动能力评价详见表 12-2。

表 12-2 本项目从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
（一）使用I类放射源，使用II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	建设单位已成立辐射安全与防护管理委员会，并明确了相关职责。
（二）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	医院已组织现有辐射工作人员进行放射防护知识培训并考核合格。
（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备	不涉及。
（四）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	本项目拟按设计要求建设专用机房，拟设置门灯连锁、急停开关、对讲系统、工作警示灯及电离辐射警告标志等辐射防护措施。
（五）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。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪	本项目可依托医院现有 X-γ辐射检测仪，并拟根据相关要求及工作实际需要配备工作人员使用的铅衣等防护用品和配备患者使用的辅助防护用品；拟根据要求配备个人剂量计。
（六）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	已制订并拟完善。

使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	
（七）有完善的辐射事故应急措施	已制订并拟完善。
（八）产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	不涉及。

综上所述，温州医科大学附属第一医院在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射管理制度、落实辐射管理措施或设施、完善辐射工作人员管理的前提下，其从事辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

(1) 项目概况

医院拟在南白象院区 1 号住院楼南侧地下一层放疗中心现有 1#直线加速器机房内新增使用 1 台 10MV 医用直线加速器（属 II 类射线装置，型号待定），用于全身肿瘤诊疗；拟在南白象院区 3 号医技楼二层介入手术中心和公园路院区病房大楼一层心脏介入中心各新增 1 台 DSA，共 2 台 DSA，其额定电压均不大于 125kV、额定电流均不大于 1000mA，出束方向由下而上，属于 II 类射线装置。

(2) 项目位置

本项目 1#直线加速器机房位于南白象院区 1 号住院楼南侧地下一层放疗中心；1#DSA 机房位于南白象院区 3 号医技楼二层介入手术中心；2#DSA 机房位于公园路院区病房大楼一层心脏介入中心。

本项目 1#直线加速器机房东侧依次为男厕、女厕、清洁间、残疾人卫生间、配电房；南侧为实土层；西侧为 3#直线加速器机房（运营中）；北侧依次为水冷机房（与 3#直线加速器机房共用）、设备间、控制室和护士站；顶棚为室外绿化带，无地下层。本项目 1#直线加速器机房上层地面对应区域的东北侧约 26m 处为医技楼门厅，北侧约 46m 处为 1 号住院楼。

本项目拟改建 1#DSA 机房东侧依次为设备间和控制室（与 DSA2 机房共用）、南侧为卫生间、西侧拟改建为 CT 检查室，北侧为病人通道，隔病人通道为病人准备室、复苏室和技师及护士办公室，正上方为 ICU 病房，正下方为候药厅。1#DSA 机房南侧 32m 处为 2 号医技楼，西侧约 20m 处为 3 号住院楼，西南侧 40m 处为 2 号住院楼。

本项目拟改建 2#DSA 机房东侧为病人通道和准备间，南侧为控制室，西侧为现有 DSA 机房，北侧为缓冲间和机柜室，正上方为浴室和卫生间，无地下层。2#DSA 机房南侧约 30m 处为育英门诊楼，西侧隔院内过道自北向南为职工俱乐部楼、食堂楼、九柏园头小区（部分居民楼），距离 2#DSA 机房分别约 45m、32m、42m。

(3) 项目分区及布局

建设单位拟将加速器机房内区域划分为控制区，将加速器机房相邻的控制室、设备间、

水冷机房及加速器机房防护门外 1m 处划分为监督区；拟将 DSA 机房内部区域划为控制区，将控制室、设备间、机柜室及 DSA 机房防护门外 1m 处划分监督区。在正常工作过程中，控制区内不得有无关人员进入，对监督区不采取专门防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量率。在正常工作过程中，监督区内不得有无关人员滞留。由上述可知，本项目分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定。

（4）辐射安全防护措施结论

本项目加速器机房设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

加速器机房：由治疗室和迷道组成。本项目加速器机房与控制室分离；机房北侧为 L 型迷道，迷道口设有防护门，本项目加速器的主射方向为东、西、顶棚与地面方向，不朝向控制室；经计算机房四侧墙体、迷道、顶棚及防护门屏蔽均满足要求；本项目加速器机房内拟设置独立的多重联锁装置、警示装置、监控装置、急停按钮等多项安全防护措施，机房防护门出入口拟设计电离辐射警告标志等安全管理措施。因此，本项目加速器机房屏蔽防护设计方案能达到《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）等标准的要求。

各 DSA 机房：经计算本项目各 DSA 机房四侧墙体、顶棚、地坪及防护门屏蔽均满足要求；各机房拟设置门灯联锁、自动闭门装置、急停按钮、监控装置与对讲系统等多项安全防护措施，机房防护门出入口拟设计电离辐射警告标志等安全管理措施，其设计方案能达到《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准的要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

（5）辐射安全管理结论

医院已成立了辐射安全与防护管理委员会、明确了相关职责，并将加强监督管理，医院已制定了包括《辐射事故应急方案》在内的一系列管理制度，并适时进行修订、完善。医院应根据本单位项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中严格落实执行；现有 331 名辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训和放射工作人员在岗培训考试并考核合格，且均在有效期内。建设单位已委托有资质的单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查，建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。建设单位拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测。

建设单位成立了辐射安全与防护管理委员会组、建立健全相应的辐射管理制度和操作规

程后，能够具备从事辐射活动的能力。本项目在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

13.1.2 环境影响分析结论

（1）辐射剂量率影响预测结论

经理论预测，本项目加速器机房的辐射屏蔽措施能够使机房外的辐射剂量率满足本项目所推导出的剂量率参考控制水平，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的要求。经类比分析，本项目正常运行时 DSA 机房屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求的 X 射线设备机房屏蔽体外表面 30cm 处的辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求，对周围辐射环境影响在可接受范围内。

（2）有效剂量预测结论

本项目所致加速器辐射工作人员受照年有效剂量为 $4.46\times 10^{-6}\text{mSv}$ ，满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求；本项目所致加速器机房周围公众人员受照年有效剂量最大为 $6.89\times 10^{-2}\text{mSv}$ ，满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.1mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过 1mSv/a 的剂量限值要求。

本项目所致各 DSA 机房内辐射工作人员受照年有效剂量最大为 0.242mSv/a ，满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求；医生手部受照的有效剂量当量最大为 49.4mSv/a ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员四肢要求的剂量限值 500mSv/a 和本项目目标管理值 125mSv/a 的要求；医生眼晶状体受照的有效剂量当量最大为 2.66mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中年剂量限值要求（职业人员眼晶状体的年当量剂量 $\leq 150\text{mSv/a}$ ）；本项目所致各 DSA 机房周围公众人员受照年有效剂量最大为 $3.63\times 10^{-2}\text{mSv}$ ，满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.1mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的实践使公众有关关键人群组的成员所受

的平均剂量估计值不应超过 1mSv/a 的剂量限值要求。

（3）非辐射环境影响分析结论

本项目加速器机房和 2 间 DSA 机房内均采用机械通风，保证通风设施完好和正常工作，机房内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过通排风系统排入大气，臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。

医用直线加速器如需排放循环冷却水，根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），应对循环冷却水进行总 α 、总 β 监测符合要求后排放，对环境影响较小。

医用直线加速器如有废靶产生，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进机房内屏蔽容器衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮。

13.1.2 本项目产业政策符合性和实践正当性分析

项目为核技术利用于医学领域。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）有关条款的决定>的相关规定，本项目医用直线加速器和 DSA 均属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。医院实施本项目，目的在于开展放射诊疗工作，最终是为了治病救人，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

13.1.3 本项目选址及平面布局合理性分析

本项目位于温州市府学巷 2 号（公园路院区）和温州市瓯海区南白象街道上蔡村（南白象院区），根据中华人民共和国不动产权证书和中华人民共和国国有土地使用证，属于医疗卫生用地。

本项目公园路院区 DSA 机房实体边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑物、九柏园头小区，南白象院区 DSA 机房实体边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑物，均不涉及生态保护红线优先保护单元；环境影响预测分析表明，在严格执行本评价中提出的辐射管理和辐射防护措施前提下，本项目的开展对周围环境造成的辐射影响在可接受范围内，故本项目的选址是合理的。

本项目辐射工作场所根据工作要求、有利于辐射防护和环境保护来进行布置，功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且最大限度避开了人流量较大的门诊区或其它人流活动区；在设计阶段，所有辐射工作场所均进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的方

便性，因此，本项目平面布置是合理的。

13.1.4 辐射安全管理综合能力

本项目建成后医院拟根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求；本项目辐射工作人员均须在生态环境部培训平台进行辐射防护与安全培训，经考核合格后方上岗。医院拟对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。综上，建设单位具备辐射安全管理的综合能力。

13.1.5 项目环保可行性结论

综上所述，温州医科大学附属第一医院项目在落实本报告提出的各项辐射防护措施、污染防治措施和辐射环境管理要求后，具备从事相应辐射活动的技术能力，本项目射线装置运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

医院应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生；DSA 手术过程中接触辐射照射的人员（包括医生、护士等）均应纳入辐射工作人员管理。

13.2.2 承诺

（1）医院在本项目取得批复后，承诺及时向生态环境主管部门重新申领辐射安全许可证。

（2）医院承诺在本项目直线加速器和 DSA 装置正式运行前根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号），在规定的验收期限内（一般不超过 3 个月），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（3）医院承诺按照国家相关法律法规及本报告的要求，补充更新《放射性事故应急预案》及辐射安全管理规章制度。

（4）医院承诺将根据报告表和生态环境主管部门的要求落实相应的污染防治措施和管理要求。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见

公章

经办人（签字）：

年 月 日

审批意见

公章

经办人（签字）：

年 月 日