核技术利用建设项目

新院区医用射线装置应用项目 环境影响报告表 (脱密公示本)

广汉市人民医院(公章)

2020年9月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新院区医用射线装置应用项目 环境影响报告表

建设里位名称:											
建设单位法人代	建设单位法人代表(签字或盖章):										
通讯地址:	四川省广汉市汉口路 75 号										
邮政编码:											
电子邮箱:											

目录

表1	项目基本情况	1
表2	放射源	9
表3	非密封放射性物质	9
表4	射线装置	10
表5	废弃物(重点是放射性废弃物)	11
表6	评价依据	12
表7	保护目标与评价标准	14
表8	环境质量和辐射现状	18
表9	工程分析与源项	22
表10) 辐射安全与防护	26
表11	环境影响分析	32
表12	2 辐射安全管理	50
表13	3 结论与建议	56
表14	1 审批	60

附图:

- 1) 附图 1 本项目地理位置示意图
- 2) 附图 2 广汉市人民医院院区及本项目周边环境概况图
- 3) 附图 3 本项目介入手术室所在病房综合楼 5 楼平面布置图
- 4) 附图 4 本项目介入手术室所在病房综合楼 6 楼平面布置图
- 5) 附图 5 本项目介入手术室所在病房综合楼 4 楼平面布置图
- 6) 附图 6 本项目介入手术室平面布置图
- 7) 附图 7 本项目肿瘤治疗中心平面布置图
- 8) 附图 8 本项目医用直线加速器机房屏剖面图
- 9) 附图 9 本项目医用直线加速器机房通风及电缆管局部布局图

附件:

- 1) 附件 1 委托书;
- 2) 附件 2 射线装置承诺书:
- 3) 附件 3 事业单位法人证书;
- 4) 附件 4 辐射安全许可证正副本复印件;
- 5) 附件 5 原有辐射工作人员辐射安全与防护证书编号及个人剂量监测情况;
- 6) 附件 6 迁建 DSA 德阳市生态环境局关于广汉市人民医院新增数字减影血管造影机应用项目环境影响报告表的批复(
- 7) 附件 7 项目周围环境现状监测报告;
- 8) 附件 8 原德阳市环境保护局《关于广汉市城乡建设发展有限公司新建广汉市人民医院项目环境影响报告书》的批复(
- 9) 附件 9 类比监测报告(1)(2)

表 1 项目基本情况

建设	项目名称	新院区医用射线装置应用项目								
建	设单位		Л	一汉市人民医	院					
法	人代表		联系人		联系电话 1					
注	册地址	广汉市雒城镇汉口路 75 号								
建设	项目地点	德阳市广汉市城北片区北京大道与北京路交汇处广汉市人民医院新 院区								
立项	审批部门		/	批准文号	/					
建设项目总投资 (万元)			项目环保投资 (万元)		投资比例(环保 投资/总投资)	8.05%				
项	目性质	☑新建	:□改建 ☑扩建	□其他	占地面积 (m²)	303				
	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							
		口生产		□制备 PET 月	用放射性药物					
	非密封放 射性物质	□销售		/	/					
应用 类型		口使用		\Box Z	□丙					
		口生产		□II类	□Ⅲ类					
	射线装置	□销售		□II类	□Ⅲ类					
		☑使用		☑II类	□Ⅲ类					
	其他									

1. 项目概述:

1.1 建设单位基本情况

广汉市人民医院座落在广汉市城中心,始建于1929年,系国家三级乙等综合医院、爱婴医院、省级文明单位、德阳市廉政文化"八进"工作示范点。2018年1月1日,接受四川省人民医院托管,增挂"四川省人民医院医疗集团广汉医院"牌。是四川大

学华西医院网络医院,成都医学院、成都中医药大学、四川中医药高等专科学院、重庆三峡医药高等专科学院等院校的定点实习医院。医院占地面积 4.02 万平方米,总建筑面积 5.66 万平方米,共两个病区,分别为院本部、妇产儿童病区。院本部位于广汉市雒城镇汉口路 75 号,妇产儿童病区位于广汉市佛山路东段 7 号。现有临床科室 23个,其中重症医学科、心血管内科为德阳市医学重点专科,医技科室 9 个。编制床位 520 张,开放床位 800 张,洁净手术室 12 间。2017 年,门、急诊诊疗 65 万余人次,出院病人 3 万余人次。

随着广汉市城市建设的发展和城乡一体化推进,广汉市人民医院本部拟实施异地搬迁工程,拟在德阳市广汉市城北片区北京大道与北京路交汇处新建广汉市人民医院(距离老院区直线距离 2.6km),搬迁后旧院区不再使用,医护人员不存在同时在两个院区工作的情况。新院区总投资 13.5 亿元,用地面积约 170 亩,总建筑面积约 142880m²,设计病床 1200 床。其中,门急诊楼 63000m²,病房楼 64100m²,感染楼 4300m²,宿舍楼 5700m²,其他业务用房及附属设施 5780m²。建成后配置员工人数约 1600 人,每日预计接待诊疗人数约 3500 人。

项目建成后拟开设科目预防保健科门诊、全科医疗科、内控、外科、妇产科、妇幼保健科、儿科、儿童保健科、医疗美容科、眼科、眼鼻咽喉科、口腔科、皮肤科、传染科、肿瘤科、急诊医学科、康复医学科、麻醉科、精神科、疼痛科、临床营养科、重症医学科、医学检验科、病理科、医学影像科、中西药结合科、血液透析室等。

广汉市人民医院统一信用代码为 125105814511812936。本部和妇产儿童病区现已 开展和技术利用项目,且已取得辐射安全许可证证书,编号为"川环辐证【00680】",种类和范围为"使用II、III类射线装置",有效期至: 2024年6月24日。广汉市人民 医院的原先许可使用的核技术利用项目包括1台CR、1台胃肠数字机、1台DR、2台 牙片 X 线机、1台移动 C 臂、2台螺旋 CT 机以及1台移动 X 射线机共计9台III类射线装置,1台II类射线装置 DSA,其均已履行环评手续,II类射线装置已自主验收。辐射 安全许可证正副本见附件4。

1.2 项目由来

随着院区的搬迁,拟在新院区病房综合楼 5 楼介入手术室 2 机房内新增 1 台数字减影血管造影机(DSA),并将位于老院区综合楼 1 楼的数字减影血管造影机(DSA)搬迁至隔壁介入手术 1 机房。负责 DSA 相关诊疗工作的辐射工作人员共 18 名,包括 8

名医师,8名护师,2名技师,均从原有辐射工作人员中调配,除技师外,其余辐射工作人员不兼职其他辐射工作岗位。另新增1台医用直线加速器,放置于病房综合楼北侧负一楼的医用直线加速器机房内,拟新增5名辐射工作人员,包括2名医师,1名物理师,1名护师和1名技师,

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《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》及《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定,本项目应编制环境影响报告表。受广汉市人民医院委托,江苏嘉溢安全环境科技服务有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场查勘、现场监测(委托成都中辐环境监测测控技术有限公司,单位在四川省生态环境监测业务公开系统中资质编号为: 、评价分析,编制该项目环境影响报告表。建设单位委托书见附件 1,射线装置使用承诺书见附件 2。

1.3 项目概况

1.3.1 项目名称、性质、建设地点

- (1) 项目名称: 新院区医用射线装置应用项目
- (2) 建设单位: 广汉市人民医院
- (3) 建设性质: 迁建、扩建及新建
- (4)建设地点:德阳市广汉市城北片区北京大道与北京路交汇处广汉市人民医院新院区。

项目地理位置见附图 1。

1.3.2 项目建设内容与建设规模

新院区在病房综合楼 5 楼东部规划有两座介入手术室, 拟将老院区 1 台II类射线装置数字减影血管造影机(DSA)迁建至介入手术室 1,厂家为华润万东,型号为CGO-2100,额定管电压为 125kV,额定管电流为 1000mA; 拟在隔壁介入手术室 2 内新增 1 台II类射线装置数字减影血管造影机(DSA),额定管电压为 125kV,额定管电流为 1000mA,型号待定。新院区在病房综合楼北侧负一楼规划了肿瘤治疗中心,内有一座医用直线加速器机房, 拟配置 1 台II类射线装置医用直线加速器, 最大 X 射线能量为 10MV,X 射线最大空气吸收剂量率为 6Gy/min,最大电子线能量为 15MeV,电子线最大空气吸收剂量率为 6Gy/min,属于II类射线装置,型号待定。

介入手术室1

手术室 1 有效使用面积为 $66.6m^2$ (长 $9.65m\times$ 宽 $6.9m\times$ 高 3.9m),配套功能用房为操作间 1 间,有效使用面积 $18.4m^2$ ($4.60m\times4.00m$);导管间 1 间,有效使用面积 $9.24m^2$;设备间 1 间,有效使用面积 $5.33m^2$ 。

目前四周墙体均为 370mm 混凝土实心砖; 顶面 2.9m 处为铝扣板吊顶层,吊顶为轻钢龙骨骨架,再往上由下至上依次为 120mm 混凝土楼面、3cm 硫酸钡水泥砂浆以及楼面装饰层; 地面由下至上为 120mm 现浇混凝土、3cm 硫酸钡水泥砂浆,最后采用易清洁、耐腐蚀、不积尘、不产尘的橡胶材料进行后期装修。污物门和导管间门尺寸均为 1000mm×2300mm(4mmPb),手术室门尺寸为 1500mm×2300mm(4mmPb),观察窗尺寸为 1700mm×1500mm(20mm,4mm 铅当量)。

介入手术室 2

手术室 2 有效使用面积为 54.0m^2 (长 $7.60 \text{m} \times$ 宽 $7.10 \text{m} \times$ 高 3.9 m),配套功能用房为操作间 1 间,有效使用面积 19.5m^2 ;导管间 1 间,有效使用面积 10.2m^2 ;设备间 1 间,有效使用面积 27.5m^2 。

目前四周墙体均为 370mm 混凝土实心砖; 顶面 2.9m 处为铝扣板吊顶层,吊顶为轻钢龙骨骨架,再往上由下至上依次为 120mm 混凝土楼面、3cm 硫酸钡水泥砂浆以及楼面装饰层; 地面由下至上为 120mm 现浇混凝土、3cm 硫酸钡水泥砂浆,最后采用易清洁、耐腐蚀、不积尘、不产尘的橡胶材料进行后期装修。污物门和导管间门尺寸均为 1000mm×2300mm(4mmPb),手术室门尺寸为 1500mm×2300mm(4mmPb),观察窗尺寸为 1700mm×1500mm(20mm,4mm 铅当量)。

两个手术室体积分别为 260m³ 及 211m³, 达到每小时通风 4 次,则平均通风量需要达到 1000m³/h。两个介入手术室通风采用中央空调通风,平均通风量为 4500m³/h,故两个手术室每小时通风量能够达到 17-21 次,能够满足要求。顶部吊顶层中央为层流送风天花;东墙和西墙底部均各设两个回风口。送风口安装于吊顶层,位于混凝土楼面和射线防护层下方,回风口位于表面装修和墙体直接夹层中,均不会破坏屏蔽体。为了避免交叉感染,通风空调系统维持合理的气流流向和气流组织。通风空调系统的设置、室内气流组织以及废气的排放都考虑到避免空气在建筑物内反复循环和避免各房间空气相互掺混,从而减少污染物积累和交叉污染的几率。废气最终经楼层整体通风系统引至楼顶排放。

医用直线加速器机房

加速器机房有效使用面积 60m², 机房有效使用区域长 8.1m×宽 7.4m×高 5.0m, 机房整体采用 2.38t/m³ 的钢筋混凝土连续浇筑; 其主射方向朝向北侧墙体、南侧墙体、地面、顶棚。北侧墙体主屏蔽部分为 2.7m 厚混凝土,南侧墙体主屏蔽部分为 2.7m 厚混凝土,南侧墙体主屏蔽部分为 2.7m 厚混凝土,主屏蔽宽度均为 4.0m; 与主屏蔽相连的次屏蔽墙体厚 1.4m。东侧屏蔽墙体为 1.3m 厚混凝土; 西侧迷道内墙为 1.2m 厚混凝土; 西侧墙体外设置 10m 长 "L"型迷道,迷道外侧墙体为 1.5m 厚混凝土,迷道内墙加外墙厚度 2.7m; 楼上为地面空地,屋顶主屏蔽部分为 2.7m 厚混凝土,次屏蔽部分为 1.7m 混凝土;机房楼下无房间,不考虑地面防护;加速器机房顶部距离地面 0.9m,加速器机房上方区域地面 1 层标高 1.5m,地面 1 层全部为采光天窗,故加速器机房上方区域人员不可达;迷道入口防护门为 16mm Pb。机房西侧南部设计有控制室,室内面积 14.4m²; 机房南侧设计有水冷机房,室内面积 17.8m²。

设施	设备位置	风机类型	数量	风量	全压	静压	转速	噪声
通风系统	1 层楼梯间 屋面排烟机 房	柜式离心风机 箱(电机内置)	1台	6158m ³ /h	479Pa	394Pa	1250rpm	59dB
直膨っ 全新原空调机 空调机	N B1层空调机	组合式新风机 组(直膨式)	1台	4500m ³ /h		余压)Pa	/	72dB
多联立 空调室 外机	1 层室外绿	多联式空调机 组	2 台	/	机外余	压 50Pa	/	≤65dB
l								

表 1-1 通风设施机房参数一览表

根据施工单位施工图纸说明,所有空调机房、通风机房、冷冻站、热水机房及水泵房均在围护结构上采取隔声消声措施,机房门采用防火隔声门,当与噪声要求较高房间贴邻时,其所有的隔墙、顶板均做吸声、隔声处理。

本项目直线加速器机房送风管道从机房迷路入口上方采取"Z"型路径穿墙进入治疗室区域,在距地面 3 米分布有 4 个送风口(双层格栅风口,前组叶片垂直),分别位于迷道西侧入口上方(800mm×400mm,风量 2000m³/h)、治疗室西南端顶部(500mm×1120mm,风量 8000m³/h)和治疗室北侧顶端(西侧 800mm×500m,风量 3000m³/h,东侧 400mm×300mm,风量 1000m³/h);在距地面 3 米分布有 3 个排风口(单层格栅风

口,叶片垂直),分别位于治疗室西南端送风口东侧(500mm×1120mm,风量 4000m³/h)、治疗室东南端(300mm×800mm,风量 1500m³/h)和治疗室中部(800mm×400mm,风量 2000m³/h),排风管道在迷道外墙以"Z"型路径穿墙到控制室。抽出的臭氧由镀锌铁皮管道连接至肿瘤治疗中心地面 1 楼楼梯间的通风机房排风管道至楼顶排风口排放。另治疗室北侧东西各分布有 1 个吸顶空调(V90 及 V112),冷媒管和冷凝水管采用斜穿墙方式从迷道外墙穿至电气机房。通风频率可达 20 次/小时,风量约 6158m³/h。进、排风口设计符合辐射防护要求不影响屏蔽墙体屏蔽效果,排风量及频率满足相关设计规范要求。加速器机房控制电缆布设于电缆沟内,电缆沟采取 U 型穿墙,电缆沟和布设方式不影响屏蔽墙体的屏蔽效果。进排风口位置、电缆沟位置及穿墙剖面示意图见附图 9。

1.3.2 项目组成及主要环境影响

项目组成及主要环境影响见表 1-2。

表 1-2 项目组成及主要的环境影响一览表

t1.			可能产生的]环境影响			
名称			建设内容及规模	施工期	运营期		
			数字减影血管造影机(DSA)				
		四周墙体	370mm 混凝土实心砖	施工噪声、			
		楼顶	120mm 混凝土楼面+3cm 硫酸钡水泥砂浆	施工废水、			
		地面	120mm 混凝土楼面+3cm 硫酸钡水泥砂浆	■ 建筑废澄以及施工人员产生前生活废			
拒	病房	防护门	污物 1 门: SFH-M1023(4mmPb) 导管间 1 门: SFH-M1023(4mmPb) 手术室 1 门: SFHTL-M1523(4mmPb)				
主体工程	病综楼楼入术 1	观察窗	观察窗 1:SFH-C1715(20mm,4mmPb)	水垃的批汉建有新市院境书环与级已的城发公广民目响(批为人员)。	X射线、臭 氧及氮氧 化物、医疗 废物		

	迁建字影	手术	室内迁建一台 DSA, 型号为华润万东的	【2018】57 号)中完成 了分析评 价 安装产生 废弃包装、	X射线、臭
	血管 造影 机	CGO-2100	,额定管电压 125kV,额定管电流 1000mA	X射线、臭 氧及氮氧 化物、噪声	氧及氮氧 化物、噪 声
辅 五程	辅房		操作间1间、导管间1间、设备间1间	施施建建以人的水垃的批汉建有新市院境告 【号了工工筑筑及员生与圾已复市设限建人项影书环2019分价噪废粉废施产活生已取的城发公广民目响。18】完析声水尘渣工生废活在得广乡展司汉医环报德 77成评、、、	医疗废物
	病房	四周墙体	370mm 混凝土实心砖	施工噪声、	
	综合	楼顶	120mm 混凝土楼面+3cm 硫酸钡水泥砂浆	施工废水、 建筑粉尘、	X射线、臭
主体	楼 5 楼介	地面	120mm 混凝土楼面+3cm 硫酸钡水泥砂浆 污物 2 门: SFH-M1023(4mmPb)	建筑废渣	氧及氮氧 化物、噪
工程	入手 术室 2	防护门	导管间 2 门: SFH-M1023(4mmPb) 导管间 2 门: SFH-M1023(4mmPb) 手术室 2 门: SFHTL-M1523(4mmPb)	以及施工 人员产生 的生活废	声、医疗废物
	_	观察窗	观察窗 2: SFH-C1715(20mm,4mmPb)	水与生活	

					垃圾	
	新数减血造机	手才		一台 DSA,型号待定额定管电压 额定管电流 1000mA	安装产生 废弃包装、 X射线、臭 氧及氮氧 化物、噪声	X射线、臭 氧及氮氧 化物、噪 声
辅 工程	辅房		操作间 1 门	可、导管间1间、设备间1间	施施建建以人的水垃的批汉建有新市院境告 【号了工工筑筑及员生与圾已复市设限建人项影书环20分分噪废粉废施产活生已取的城发公广民目响(批】完计价声水尘渣工生废活在得广乡展司汉医环报德 77成评	医疗废物
		7th 8th 75 111		医用直线加速器		
	肿瘤	建筑面积 有效使用		92.2m ²	施工噪声、	
	治疗	面积	60m	² (长 8.1m×宽 7.4m×高 5.0m)	施工废水、	
	中心		主屏蔽	北侧主屏蔽墙混凝土厚 2.7m	建筑粉尘、 建筑废渣	X 射线、 电子、臭
主体工程	医用 直线		墙	南侧主屏蔽区混凝土厚 2.7m 屋顶主屏蔽区混凝土厚 2.7m	以及施工	电丁、吳 氧及氮氧
土住	加速	建设后	が日本	北侧次屏蔽墙混凝土厚 1.4m	人员产生	化物、噪
	器机	屏蔽结构	次屏蔽 墙	南侧次屏蔽墙混凝土厚 1.4m	的生活废	声
	房			屋顶次屏蔽墙混凝土厚 1.7m	水与生活	
			侧屏蔽	东侧屏蔽墙混凝土厚 1.3m	垃圾已在	

			墙迷路迷路迷路所蔽麻蔽连	宽 2.3 2.5m) 北 南	西侧屏蔽墙 侧屏蔽墙 迷路 2.7m ,钢架结束 单扇电声	混凝土厚 10m, 第 (门洞号 肉, 16m 効推拉) 本宽度サ	的复市设限建有新市院境书等 司的城发公广民目响(批 是一个人项影》等 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人项。 第一个人可。 第一个一句。 第一一句。 第一一句。 第一一句。 第一一句。 第一一句。 第一一句。 第一一句。 第一一句。 第一句。 第		
		作业类型	设备名 称、型 号	数量	顶主屏蔽(主要技 术参数	本宽度 工作 地点	〒 4.0m 管理类 別	了分析评 价	
	新増医线加速器	肿瘤治疗	型号未 定	1台	最大 X 射线能 10MV 最大电 子线能 量 15MeV	肿瘤 治疗 中心	II类	X射线、臭氧、氮氧化物(调试过程中)	X 射线、 电子、臭 氧及氮氧 化物、 噪声、废 靶件
辅助工程	辅	空制室			·术室西侧, 手术室南侧				
公用工程	(水	冷机房) 给担			和通讯系统		v 17.0III		生活垃圾
办公 及 生活 设施		医生值班	Ż	施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣	医疗废物				
环保 工程		处理设施处理设施	臭氧及氮		室排风 通	上理设施 自道收集到 L房		生活污水 臭氧及 氮氧化 物	
	固废	处理设施			后,交由市 区建成招标/				生活垃圾

有资质单位清运

1.3.3 主要设备配置及主要技术参数

参考院方原有介入手术量(根据迁建 DSA 原环评年手术量为 300 台),预计新院 区建成后年介入手术能够达到 800 台。由肿瘤科、心血内科、神经内科和神经外科轮 流使用两个介入手术室,预计每个手术室承担 400 台手术。预计承担手术量最多的医 师来自心血管内科,每年最多达到 300 台手术。预计受照时间最长的为放射科技师, 每年需要辅助 400 台手术。

设 备		类	数	→ / -		射线	年出東时间 (h)		预计透 视时间	预计 拍片	备注
名 称	型号	别	量			方向	透视	拍片	(min/ 台)	时间 (s/台)	金
DSA1	华润 万东 CGO- 2100	II 类	1 台	125kV	1000mA	由下往上	200	1.67	30	15	迁建
DSA2	待定	II 类	1 台	125kV	1000mA	由下 往上	200	1.67	30	15	拟购
		心血	管内	科第一术者	位		透视时	付间 h		150h	
				技师		透视印	付间 h	200	拍片 时间 h	1.67	

表 1-3 主要设备配置及主要技术参数(一)

项目开展后,根据院方提供信息,加速器按预计每天治疗约40人,每次治疗时间最多2min,每年工作250天,则加速器每年出束治疗时间最大约333h。本项目射线装置主要技术参数见表1-3。

设备名		类	 数	主要	技术参数	 年出東	单次照射最	备			
	型号				目上松山刘思宏		长时间	1			
称		别	量	最大能量	最大输出剂量率	时间(h)	(min)	注			
医用直线加速器	型号未定	II类	1台	电子线: 15MeV	最大 X 射线能量 10MV, 剂量率为 6Gy/min; 最大电 子线能量 15MeV, 剂量率 6Gy/min	333	2	拟购			

表 1-4 主要设备配置及主要技术参数 (二)

1.3.4 工作人员及工作制度

本项目肿瘤治疗中心所有辐射工作人员均为新增辐射工作人员,加速器拟配备5名辐射

工作人员,医用直线加速器机房所有辐射工作人员都不从事其他辐射工作岗位,不存在兼 岗情况。本项目介入手术室 18 名辐射工作人员将由原有辐射工作人员和新增辐射工作人 员组成,除技师外,其余介入手术室辐射工作人员不存在不从事其他辐射工作岗位,不存 在兼岗情况。

表 1-5 拟配备的辐射工作人员名单

					职业健康	个人剂量	辐射防护培训				
序号	姓名	工作单位	科室	岗位	检查结论	监测情况	证书编号				
		·	 房综合楼	 5 楼介入	手术室 1、2 内		1.7//4 \$				
				肿瘤科							
				жт <i>у</i> шт,							
1	待调配	广汉市人民医院	肿瘤科	医师	/	/	/				
2	待调配	广汉市人民医院	肿瘤科	医师	/	/	/				
3	待调配	广汉市人民医院	肿瘤科	护师	/	/	/				
4	待调配	广汉市人民医院	肿瘤科	护师	/	/	/				
	心血管内科										
5	待调配	广汉市人民医院	心血管 内科	医师	/	/	/				
6	待调配	广汉市人民医院	心血管 内科	医师	/	/	/				
7	待调配	广汉市人民医院	心血管 内科	护师	/	/	/				
8	待调配	广汉市人民医院	心血管 内科	护师	/	/	/				
				神经内积	科						
9	待调配	广汉市人民医院	神经内科	医师	/	/	/				
10	待调配	广汉市人民医院	神经内科	医师	/	/	/				
11	待调配	广汉市人民医院	神经内	护师	/	/	/				
12	待调配	广汉市人民医院	神经内科	护师	/	/	/				

	神经外科											
13	待调配	广汉市人民医院	神经外科	医师	/	/	/					
14	待调配	广汉市人民医院	神经外科	医师	/	/	/					
15	待调配	广汉市人民医院	神经外科	护师	/	/	/					
16	待调配	广汉市人民医院	神经外科	护师	/	/	/					
	病房综合楼 5 楼介入手术室 1、2 操作间内											
17	待调配	广汉市人民医院	放射科	技师	/	/	/					
18	待调配	广汉市人民医院	放射科	技师	/	/	/					
			肿瘤治疗	宁中心 加速	速器机房							
1	待招聘	广汉市人民医院	肿瘤科	医师	/	/	/					
2	待招聘	广汉市人民医院	肿瘤科	医师	/	/	/					
3	待招聘	广汉市人民医院	肿瘤科	物理师	/	/	/					
4	待调配	广汉市人民医院	放射科	技师	/	/	/					
5	待调配	广汉市人民医院	肿瘤科	护师	/	/	/					

建设单位承诺在开展放射诊疗工作前组织所有新增及未持证辐射工作人员及核技术利用项目管理负责人通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台或者微信小程序"HJSLY"报名并参加定期组织的考核(网址: http://fushe.mee.gov.cn),取得合格证后方允许上岗。并在相关工作人员上岗后为每人建立职业健康档案以及个人剂量监测档案。届时若有非以上辐射工作人员的其他科室医生需参与相关工作,同样要求其完成培训并为其建立剂量监测档案以及职业健康档案。

1.3.6 产业政策符合性

本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录(2019年本)》中的"鼓励类"第三十七条"卫生健康"第 5 款"医疗卫生服务设施建设",其建设符合国家现行产业政策。

1.4 项目选址、外环境关系、布局合理性及实践正当性分析

1.4.1 外环境关系分析

(1) 建设单位外环境关系

本项目位于德阳市广汉市城北片区北京大道与北京路交汇处广汉市人民医院新院区院区内。院区北侧为北京大道,隔北京大道为农田;东侧为北京路,隔北京路(约52m)为恒大首府;南侧为沈阳路,隔沈阳路(约30m)为在建中铁望京国际小区1期;西侧紧邻坪桥河。本项目地理位置示意图见附图1,广汉市人民医院院区及本项目周边环境概况图附图2。

(2)项目外环境关系

本项目两间介入手术室拟设置于病房综合楼 5 楼。根据院区总平面图,病房综合楼北侧与后勤楼通过室外架空连廊相连,东侧为地面停车场,南侧与门急诊医技楼通过连廊相连,西南侧为应急救援场地,西侧隔绿化为倒班宿舍楼,西北侧为学术报告厅。根据院方楼层分布图,介入手术室 1 东侧由北到南依次为污物走廊、操作间 1、设备间 1、导管间 1,南侧为洁净走廊,西侧术后观察室,北侧为楼外,楼上楼下均为办公室和走廊;介入手术室 2 东侧为设备间,南侧为洁净走廊,西侧由南到北依次为操作间 2、导管间 2,北侧为污物走廊,楼上楼下均为值班室和走廊。本项目所在 5 楼及楼上楼下整层平面布局图见附图 3、4、5,介入手术室平面布置图见附图 6。

本项目加速器机房拟设置于地下的肿瘤治疗中心。根据院区总平面图,肿瘤治疗中心上方地面北侧为开放式绿地,东侧为后勤楼,南侧为病房综合楼,西南侧为倒班宿舍楼,西侧为液氧站。根据院方楼层分布图,加速器机房东侧为土壤层,南侧由东到西依次为水冷机房、诊室 2、诊室 1、治疗准备室、配电间,西侧由南到北依次为走廊、控制室、电气机房、北侧为土壤,楼上为采光天窗,楼下为土壤层。肿瘤治疗中心平面布置图见附图 7,加速器机房平面布置图见附图 8。

1.4.2 项目选址合理性分析

广汉市人民医院老院区始建于 1929 年,建设初期未办理环评手术,属历史遗留问题。而后在 2008 年的老院区住院楼改建工程中完善了环评手续,取得了环评批复(广环建【2008】207 号并通过了环保验收。本项目所在新院区用地面积 170 亩,总建筑面积约 142880m²,建设内容为 1 栋门急诊楼(4F/-2F),1 栋病房综合楼(17F/-2F),1 座地下直线加速器机房(1F/-1F),1 栋感染楼(3F),1 栋倒班宿舍楼(4F),1 栋后勤

楼(3F,含食堂和浆洗房)以及高压氧仓,学术报告厅,污水站,垃圾房,锅炉房等其他业务用房及附属设施。

广汉市发改局以广发改投【2018】 17 号出具了"关于新建广汉市人民医院项目可行性研究报告的批复"。广汉市卫计局出具了《关于新建广汉市人民医院项目床位编制的说明》。项目位于广汉市城北片区北京大道与西安路 (原名为北京路)交汇处,广汉市住房和城乡规划建设局以选字第广住规建2017-07号出具了《建设项目选址意见书》。广汉市国土资源局以(2017)字第9号出具了《建设用地选址定点反馈认可书》。本项目所在新院区用地符合广汉市城市总体规划要求和土地利用政策。新院区项目于2018年5月29日获得了原德阳市环境保护局《关于广汉市城乡建设发展有限公司新建广汉市人民医院项目环境影响报告书》的批复(德环审批【2018】57 号,见附件8)。目前新院区正在建设中。

本项目机房及配套房间占地范围位于新院区红线内,不涉及新增占地,保护目标集中在院区范围,且拟建设的辐射工作场所按照相关规范要求建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周围环境影响较小。另外,医院也将通过采取严格的管理措施减小对周围的环境影响。因此,从辐射安全防护的角度分析,本项目选址是合理的。

1.4.3 布局合理性分析

介入手术室

- (1)两个介入手术室及辅房均包括 DSA 介入手术室、操作间、设备间,导管间。 手术室配套设施完善,充分考虑了医生和病人需求。
- (2)两个介入手术室北导管间和操作间隔开,操作间与对面手术室均相隔导管间, 因此通过距离和墙体可以将相互之间剂量叠加影响降至最小。且操作间错位分布有利 于避免混淆操作对象。
 - (3) 手术室有效使用面积达到 40m²以上,对于开展手术而言空间十分宽敞。
 - (4) 本项目的修建不影响消防通道,且不占用消防设施等任何公共安全设施。
- (5) 从图 1-1 可知,本项目病人、医护人员、物流进出路线不交叉。在整日工作结束后再经污物门由清洁人员从污物通道运出至东侧污物暂存间暂存。整体实现了医护人员、病人、医疗废物的路线分流。

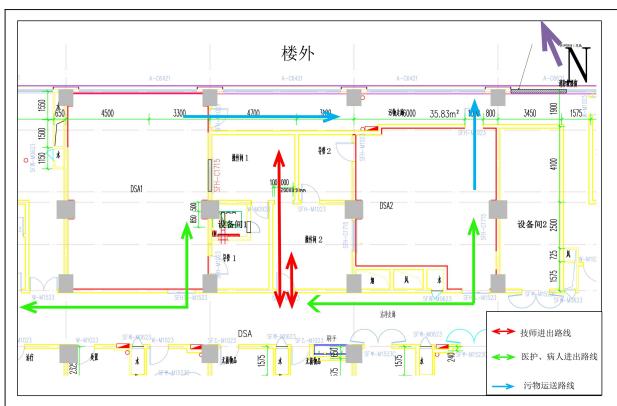


图1-1 本项目人流物流示意图

医用直线加速器机房

- (1)本项目加速器机房位于负一层,加速器机房所处的肿瘤治疗中心设置有控制室、水冷机房、医生办公室、治疗规划室。机房配套设施完善,充分考虑医生和患者的需求。
- (2)加速器机房所处区域为独立的肿瘤治疗中心,通向病房综合楼区域为少有人驻留的设备机房层,通往地面区域有独立入口,且机房上方为采光天窗,北侧和西侧为绿地,东侧为后勤楼机房区域,进一步减少了人员在周围停留的可能性。
 - (3) 机房有效使用面积基本能够保证治疗有足够的空间开展。
 - (4) 本项目的修建不影响消防通道,且不占用消防设施等任何公共安全设施。

综上所述,医院总图布置考虑项目特点和对周边环境可能存在的影响,针对本项目各组成部分功能区明确,所在位置既方便就诊、满足科室诊疗需要,也能够降低人员受到意外照射的可能性,**所以平面布置是合理的。**

1.4.4 与周边环境的兼容性分析

根据已获得批复的《广汉市城乡建设发展有限公司新建广汉市人民医院项目环境影响报告书》以及院区目前建设情况,新院区将新建一座足够容积的地埋式污水处理

站(采用"预处理+生物接触氧化+二氧化氯消毒"二级处理工艺)并规范总排放口。 营运期非病区废水单独收集经隔油池、预处理池处理后由院区总排口排入市政污水管 网进入三星堆污水处理厂处理。病区非传染性废水收集后排入院区污水处理站处理达 《医疗机构水污染物排放 标准》GB18466-2005 表 2 中的预处理标准后,由院区总排 口排入市政污水管网进入三星堆污水处理厂处理。特殊性质废水经预处理后排入院区 污水站处理。传染性废水经专用管道收集后进入污水站传染性废水预处理区,经预消 毒处理后再排入院区 废水处理站处理达标后,由院区总排口排入市政污水管网进入三 星堆污水处理厂处理。故本项目运行后,不会对当地水质产生明显影响。

本项目加速器产噪设备不多(主要为离心风机),加速器机房共安装 1 台风机,风机排风口均安装有管式消声器(离心玻璃棉填充)(消声器消声约 25dB)、减震基础、接头处采用软性接头、安装隔声消声箱(约减少 25dB),极大减少风机产生的噪声,同时类比同类工程风机噪声级,本项目排风机经过降噪后其声功率级均不大于75.8dB(A)。经距离衰减后声级较小,噪声影响不大,不会改变区域声环境功能区规划。本项目介入机房采取中央空调通风,噪音较小。

1.4.5 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求,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拟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险,该核技术应用实践具有正当性,符合辐射防护"实践的正当性"原则。

1.5 与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

1.5.1 原有核技术利用项目

广汉市人民医院的本部和妇产儿童病区现已开展和技术利用项目,且已取得辐射安全许可证证书,编号为"川环辐证【00680】",种类和范围为"使用II、III类射线装置",有效期至: 2024年6月24日。广汉市人民医院的原先许可使用的核技术利用

项目包括 1 台 CR、 1 台 1 局 1 的 1 分 1 台 1 以 1 台 1 的 1 以 1 台 1 的 1 以 1 台 1 的 1 以 1 台 1 的 1 以 1 台 1 的

表 1-7 广汉市人民医院现有核技术利用项目一览表

	射线装置										
序号	射线装置名称	数量	管电压 (kV)	管电流 (mA)	类别	工作场所名称	活动 种类	环评情况	许可 情况	备注	
1	CR (华润万东 F99-II DT X 线机)	1	125	500	III	广汉市人民医院 妇产儿童病区门 诊楼1层放射科 照片室	使用	已环评	已许可	/	
2	胃肠数字机 (美国长青 RD-2000)	1	150	1000	III	广汉市人民医院 门诊楼 1 层放射 科特殊检查室	使用	已环评	已许可	/	
3	DR (日本岛津 RAD-Speed CH-200)	1	150	500	III	广汉市人民医院 门诊楼 1 层放射 科摄片室	使用	已环评	已许可	/	
4	全景牙片 X 线机 (上海华线 F2KIA)	1	120	10	III	广汉市人民医院 门诊楼 4 层口腔 科牙科全景 X 光 室	使用	己环评	己许可	/	
5	微焦点牙科 X 射线机(梅生 MSD-III)	1	65	1.5	III	广汉市人民医院 门诊楼 1 层放射 科牙科 X 光室	使用	已环评	已许可		
6	移动式 C 型臂 X 射 线机(美国通用 Brivo OEC 715)	1	110	4	III	广汉市人民医院 外科大楼7层手 术间八	使用	已环评	已许可	/	
7	CT (美国通用 Light Speed VCT)	1	130	800	III	广汉市人民医院 门诊楼 1 层放射 科 CT 室	使用	己环评	已许可	/	
8	CT(Somatom Definition AS)	1	140	420	III	广汉市人民医院 综合楼 1 楼 CT 机 房	使用	己环评	已许可	/	
9	高频移动 X 射线机 (南京爱普 PLX101)	1	100	50	III	广汉市人民医院 外科大楼外二科 放射室	使用	己环评	已许可	/	
10	DSA (华润万东	1	125	1000	II	广汉市人民医院 综合楼 1 层 DSA	使用	已环评	己许可	已验 收	

CGO-2100)			机房		(本
					次迁
					建)

1.5.3 原有辐射工作人员

广汉市人民医院原有辐射工作人员均已建立职业健康档案以及个人剂量监测档案,原有辐射工作人员均可继续从事放射工作。各辐射工作人员过去连续4个季度的无剂量超标情况。28名原有辐射工作人员2019年个人剂量监测情况见附件5。

1.5.4 辐射安全与防护培训证书

广汉市人民医院存目前原有辐射工作人员共计28人均已持证,培训时间和编号见附件5。

现医院辐射安全管理情况如下:

- (1) 现单位名称、地址,法人代表未发生改变,注册地址在新院区投入使用后将进行变更;
 - (2) 辐射安全许可证所规定的活动种类和范围需要增加;
- (3)辐射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急 处理措施均满足相应规定要求。
- (4) 医院自从事放射诊断工作以来,严格按照国家法律法规进行管理,没有发生过辐射安全事故。

1.5.6 辐射场所环境监测

根据医院2019年度例行委托有资质单位进行的场所防护检测报告可知,目前院区辐射场所辐射控制水平符合国家标准的剂量率要求,机器符合仪器相关质控评价标准。

1.6 环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权,加强环境影响评价工作的公开、透明,方便公民、法人和其他组织获取环境保护主管部门环境影响评价信息,加大环境影响评价公开力度。依据国家生态环境部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》(试行)的规定:建设单位在向环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告书、表以前,应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告书、表的全本信息;各级环保主管部门在受理建设项目环境影响报告表后应将主动公开的环境影响评价政府信息,通过本部门政府网站向社会公开受理情况,征求公众意见。

故根据以上要求建设单位在 2020 年 9 月 14 日到 2020 年 9 月 18 日期间在医院官网公

示了《广汉市人民医院新院区医用射线装置应用项目环境影响报告表》全本信息,以征求公众意见,公示网址为 http://www.ghsrmyy.com/tender/show1274/

公示截图如下:



表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素 名称	理化 性质		实际日最大 操作量(Bq)		年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

(一)加速器:包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流(mA)/ 剂量率(Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II	1	型号未定	电子	X 射线: 10MV 电子线: 15MeV	X 射线: 6Gy/min 电子线: 6Gy/min	放射治疗	肿瘤治疗中心	本次新建
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	1	华润万东 CGO-2100	125	1000	放射诊断/ 介入治疗	病房综合楼 5 楼介入手术室 1	本次迁建
2	DSA	II	1	型号待定	125	1000	放射诊断/ 介入治疗	病房综合楼 5 楼介入手术室 2	本次扩建

(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	米則	数量	型号	最大管电压	最大靶电流	中子强度	用途	工作场所	氘	备注		
	石 柳	关 加		至与	(kV)	(μ A)	(n/s)	用坯 	土1ト <i>切け</i> 	活度(Bq)	贮存方式	数量	金 仁
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物 (重点是放射性废弃物)

名称	状态	核素 名称	活度	月排 放量	年排放 总量	排放口浓度	暂存 情况	最终去向
臭氧、 氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂 存	直接进入大气,常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为20~30分钟,可自动分解为氧气
感生放 射性固 废	固态	/	/	/	/	/	暂于用子线速机内变存医电直加器房衰	衰变后经监测达 标作为 一般固废 进 行处理

注: 1.常规废弃物排放浓度,对于液态单位为 mg/l,固体为 mg/kg,气态为 mg/m^3 ,年排放总量 用 kg。

^{2.}含有放射性的废弃物要注明,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

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》(修订本),2015年1月1日起实施;
- 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(修正本),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日起实施;
- **4)** 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,2005年8月31日国务院第104次常务会议通过,国务院令第449号公布;根据2014年7月29日《国务院关于修改部分行政法规的决定》修订;根据2019年3月2日《国务院关于修改部分行政法规的决定》国务院令第709号修订:
- **5)** 《建设项目环境保护管理条例》(修订本), 国务院令第682号, 2017年10月1日发布施行;
- **6)** 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2019年修正本),生态环境部部令第7号修正,2019年8月22日起施行;
- 7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(修订本),环保部令第44号,2018 年4月28日起实施;

法规 文件

- 8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》,环保部令第18号, 2011年5月1日起施行:
- **9)** 《射线装置分类》,中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号,2017年12月5日起实施;
- **10)** 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》,原国家环保总局,环发[2006]145号;
- **11)** 《建设项目环境影响评价政府信息公开指南(试行)》,中华人民共和国环境保护部环办[2013]103号,2014年1月1日试行;
- **12)** 《四川省辐射污染防治条例》,四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第63号,2016年6月1日实施;
- **13)** 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序(第三版)》,2012年3 月发布实施;
- 14) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》川环函【2016】1400号;

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 公告第38号,2019年10月25日印发);
16)《关于启用环境影响评价信用平台的公告》(生态环境部公告第39号,
2019年10月25日印发);
17)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部部
令第9号,2019年11月1日起施行)。

- 1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);
- 2) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93);
- 3) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);
- 4) 《职业性外照射放射病诊断标准》(GBZ104-2017);
- 5) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017);
- 6) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016);
- 7)《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):

技术 标准

- 8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001);
- 9) 《医用X射线治疗放射防护要求》(GBZ131-2017);
- 10)《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)
- 11) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011);
- 12) 《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);
- 13) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020):
- 14)《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序(第三版)》,2012年 3月发布实施;
- 15) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》川环函【2016】1400号。

参考资料:

参考资料:

- 1) 《辐射防护手册》第一、三分册,李德平、潘自强主编;
- 2) 《辐射防护导论》,方杰主编;
- 3) 《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲,北京:原子能出版社)

其他

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目为使用II类射线装置,根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)中"放射源和射线装置应用项目的评价范围,通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围"相关规定,确定本项目评价范围为本项目介入手术室1、介入手术室2和加速器机房拟建址边界外50m区域。具体50m范围区域见附图2。

保护目标

本项目介入手术室拟建址周围50m范围内环境保护目标为:

- 1、本项目DSA操作及相关的辐射工作人员:
- 2、本项目所在病房综合楼,周围后勤楼、肿瘤治疗中心、门急诊医技楼内医患 人员。

本项目加速器机房拟建址周围50m范围内环境保护目标为:

- 1、本项目加速器操作及相关的辐射工作人员;
- 2、本项目所在肿瘤治疗中心、周围病房综合楼,后勤楼楼内医患人员。

剂量约束值 保护目标 方位与最近距离 规模 类型 (mSv/a)介入手术室1 机房内 / 4名 辐射工作人员 5.0 操作间 东侧 紧邻 1名 辐射工作人员 5.0 1名 辐射工作人员 5.0 设备间 东侧 紧邻 导管间 东侧 紧邻 辐射工作人员 1名 5.0 洁净走廊 南侧 紧邻 流动人群 周围公众 0.1 西侧 紧邻 周围公众 术后观察室 1名 0.1 污物走廊 东侧 紧邻 流动人群 周围公众 0.1 楼上 紧邻 流动人群 6楼办公室和走廊 流动人群 流动人群 4楼办公室和走廊 楼下 紧邻 流动人群 流动人群 流动人群 1栋,地上17层,地下 / 周围公众 病房综合楼 0.1 2层 流动人群 1栋,地上4层,地下2 门急诊医技楼 南侧 最近42.0m 周围公众 0.1 层 流动人群 1栋, 共3层 北侧 最近21.0m 后勤楼 周围公众 0.1 流动人群 周围公众和辐 肿瘤治疗中心 西北侧 最近37.0m 流动人群 5.0/0.1 射工作人员 介入手术室2 机房内 4名 辐射工作人员 / 5.0

表7-1 本项目环境保护目标情况一览表

导管间

1名

西侧 紧邻

5.0

辐射工作人员

操作间	西侧 紧邻	1名	辐射工作人员	5.0
污物走廊	北侧 紧邻	流动人群	周围公众	0.1
设备间	东侧 紧邻	1名	辐射工作人员	5.0
洁净走廊	南侧 紧邻	流动人群	周围公众	0.1
6楼值班室和走廊	楼上 紧邻	流动人群	周围公众	0.1
4楼值班室和走廊	楼下 紧邻	流动人群	周围公众	0.1
病房综合楼	/	1栋,地上17层,地下 2层 流动人群	周围公众	0.1
门急诊医技楼	南侧 最近42.0m	1栋,地上4层,地下2 层 流动人群	周围公众	0.1
后勤楼	北侧 最近23.0m	1栋,共3层 流动人群	周围公众	0.1
肿瘤治疗中心	西北侧 最近49.0m	流动人群	周围公众和辐 射工作人员	5.0/0.1
	肿	瘤治疗中心		
控制室	西侧 紧邻	3名	辐射工作人员	5.0
走廊	西侧 紧邻	流动人群	周围公众	0.1
治疗准备室	南侧 紧邻	1名	辐射工作人员	5.0
诊室1	南侧 紧邻	2名	周围公众	0.1
诊室2	南侧 紧邻	2名	周围公众	0.1
肿瘤治疗中心	/	地下1层,约10人	周围公众	0.1
病房综合楼	南侧 最近27.8m	1栋,地上4层,地下2 层 流动人群	周围公众	0.1
后勤楼	北侧 最近7.0m	1栋,共3层 流动人群	周围公众	0.1

评价标准

1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值:

	剂量限值
职业照射 剂量限	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值: ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但 不可作任何追溯性平均),20mSv; ②任何一年中的有效剂量,50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值: ①年有效剂量,1mSv; ②特殊情况下,如果 5 个连续年的年平均剂量不超过1mSv,则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

2) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)

- 6 治疗室防护和安全操作要求
- 6.1.1 治疗室选址、场所布局和防护设计应符合 GB18871 要求,保障职业场所和周围环境安全。
- 6.1.2 有用线束直接投照的防护墙(包括天棚)按初级辐射屏蔽要求设计,其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计,辐射屏蔽设计应符合 GBZ/T 201.1 的要求。
- 6.1.3 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。
- 6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。
- 6.1.5 X 射线能量超过 10MV 的加速器, 屏蔽设计应考虑中子辐射防护。
- 6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。
- 6.1.7 治疗室应有足够的使用面积,新建治疗室不应小于 45m²。
- 6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路, 防护门应与加速器联锁。
- 6.1.9 相关位置(例如治疗室入口处上方等)应安装醒目的照射指示灯及辐射标志。
- 6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。
- 3) 《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)
 - 2) 4) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

3.2 C 形臂 X 射线设备 C-arm X-ray equipment

由 C 型机架、X 射线球管组装体和影像增强器(或动态平板探测器)等部件组成, 机架、X 射线管组合体可在一个或两个方向上转动的诊断用 X 射线设备。

注:C形臂X射线设备根据其使用方式,分为固定式C形臂和移动式C形臂。

3.6 介入放射学 interventional radiology

在医学影像系统监视引导下,经皮针穿刺或引入导管做抽吸注射、引流或对管腔、血管等做成型、灌注、栓塞等,以诊断与治疗疾病的技术。

- 5.1 一般要求
- 5.1.1 X 射线设备出线口上应安装限束系统(如限束器、光阑等)。
- 5.1.2 X 射线管组件上应有清晰的焦点位置标示。
- 5.1.3 X 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。
- 5.1.4 随机文件应说明下列与防护有关的性能:
- 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
 - 5.1.5 在随机文件中关于滤过的内容,应符合:
- a)除乳腺X射线摄影设备外,在正常使用中不可拆卸的滤过部件,应不小于0.5mmAl
- b) 除乳腺 X 射线摄影设备外,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 1.5 mmAl
- c)除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外,X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过,应不小于 2.5 mmAl
 - 5.2 透视用 X 射线设备防护性能的专用要求
- 5.2.1 C 形臂 X 射线设备的最小焦皮距应不小于 20cm, 其余透视用 X 射线设备的最小焦皮距应不小于 30cm。

- 5.2.2 透视曝光开关应为常断式开关,并配有透视计时及限时报警装置。
- 5.2.3 用于介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)的 X 射线透视设备防护性能专用要求见 5.8。
 - 5.3 摄影用 X 射线设备防护性能的专用要求
- 5.3.1 200mA 及以上的摄影用 X 射线设备应有可安装附加滤过板的装置,并配备不同规格的附加滤过板。
- 5.8 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用X射线设备防护性能的专用要求
- 5.8.1 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类型的防护性能专用要求。
- 5.8.2 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。
 - 5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20 cm 的装置。
- 5.8.4 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。
- 6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外,对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房,其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。

表 2 射线设备机房(照射室)使用面积、单边长度的要求

机房类型	机房内最小有效使用面积 m²	机房内最小单边长度 m
头 X 射线机(含 C 形 , 乳腺 CBCT)	20	3.5

6.2.1 不同类型 X 射线设备(不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备)机房的 屏蔽防护应不低于表 3 的规定。

表 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求表

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线東方向铅当量 mm
C形臂X射线设备机房	2	2

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

- 6.3.1 机房的辐射屏蔽防护,应满足下列要求:
- a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时,周围剂量当量率应不大于 2.5 uSv/h; 测量时, X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间;
- c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序(如 DR、CR、屏片摄影)机房外的周围剂量当量率应不大于 25 uSy/h, 当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估,应不大于 0.25 mSv;
- 6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志:机房门上方应有醒目的工作状态指示 灯,灯箱上应设置如"射线有害、灯亮勿入"的可视警示语句:候诊区应设置放射防护 注意事项告知栏。
- 6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置;推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施;工作状态指示灯能与机房门有效关联。
 - 6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。
- 6.4.7 受检者不应在机房内候诊; 非特殊情况,检查过程中陪检者不应滞留在机房内。
 - 6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。
 - 6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求
- 6.5.1 每台X射线设备根据工作内容,现场应配备不少于表4基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施,其数量应满足开展工作需要,对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。
- 6.5.3 除介入防护手套外,防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.25mPb: 介入防护手套铅当量应不小于0.025 mPb; 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2 mPb.
- 6.5.4 应为儿童的X射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品,防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.5 mPb。
 - 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 4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	 辅助防护设施 	个人防护用品	辅助防护设施

介入放射学操作

短標於围裙、短標 防护调帘、床侧防 胶颈套、铅橡胶帽 护帘、床侧防护屏 子、铅防护眼镜 洗配: 铅橡胶手套

铅橡胶围裙、铅橡料品挂防护屏、铅 铅橡胶性腺防护围裙 (方形)或方巾、铅橡 胶颈套、铅橡胶帽子、1 选配:移动铅防护

注: "一"表示不需要求。

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.
- 7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时, 球管应位于病人身体下方: 水 平方向透视时,工作人员可位于影像增强器一侧,同时注意避免有用线束直接照射。
- 5) 生态环境部《2019 年全国辐射环境质量报告》中四川省 X-γ辐射空气吸收剂量 率范围为(64.9~179.1) nGv/h。
- 6)根据已获得批复的《于广汉市城乡建设发展有限公司新建广汉市人民医院项目 环境影响报告书》以及国家相关标准,本项目应执行的环境保护标准如下。

(一) 环境质量标准

大气环境执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及其修改单的二级标准; 水环境执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中III类水域标准: 声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中2类标准。

(二)污染物排放标准

大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)二级标准; 废水: 医疗废水排放执行《医疗机构污水排放标准》(GB18466-2005)表 2 的 预处理标准;生活污水执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准;

施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)标准;

营运期噪声执行《社会生活环境噪声排放标准》(GB22337-2008)2类标准;

固废: 执行《一般工业固体废物储存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)及其修改单相关要求; 危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)及其修改单相关要求。

(三) 电离辐射标准

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)标准。

本项目管理目标

建设单位综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)、《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)、《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)评价标准,结合开展诊疗项目后预计收治病人量,从而确定本项目的管理目标,职业人员年有效剂量按上述标准中规定的约束限值的1/4执行:职业人员年有效剂量不超过5mSv;四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量约束值为125mSv。公众年有效剂量约束限值按照上述标准的1/10执行,即不超过0.1mSv。根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016]1400号)要求,使用DSA射线装置,应加强医护人员个人剂量的监督检查,对每季度检测数据超过1.25mSv的医院要求进一步调查明确原因,并由当事人在情况调查报告上签字确认。当全年个人剂量超过5mSv时,建设单位需进行超标原因调查,并最终形成正式调查报告,经本人签字确认后上报发证机关。

- 辐射剂量率控制水平:介入手术室、加速器机房表面外 30cm 处剂量率不超过 2.5μSv/h
- 辐射剂量控制水平: 职业人员年有效剂量不超过5mSv 职业人员单季度剂量约束值为1.25mSv 公众年有效剂量不超过0.1mSv

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1. 项目地理和场所位置

本项目位于德阳市广汉市城北片区北京大道与北京路交汇处广汉市人民医院新院区院区内。院区北侧为北京大道,隔北京大道为农田;东侧为北京路,隔北京路(约52m)为恒大首府;南侧为沈阳路,隔沈阳路(约30m)为在建中铁望京国际小区1期;西侧紧邻坪桥河。

本项目两间介入手术室拟设置于病房综合楼5楼。根据院区总平面图,病房综合楼北侧与后勤楼通过室外架空连廊相连,东侧为地面停车场,南侧与门急诊医技楼通过连廊相连,西南侧为应急救援场地,西侧隔绿化为倒班宿舍楼,西北侧为学术报告厅。根据院方楼层分布图,介入手术室1东侧由北到南依次为污物走廊、操作间1、设备间1、导管间1,南侧为洁净走廊,西侧术后观察室,北侧为楼外,楼上楼下均为办公室和走廊;介入手术室2东侧为设备间,南侧为洁净走廊,西侧由南到北依次为操作间2、导管间2,北侧为污物走廊,楼上楼下均为值班室和走廊。

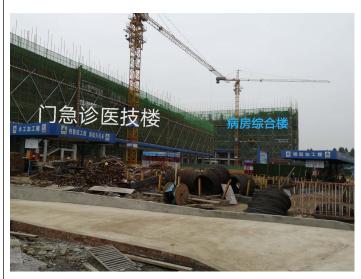
本项目加速器机房拟设置于地下的肿瘤治疗中心。根据院区总平面图,肿瘤治疗中心上方地面北侧为开放式绿地,东侧为后勤楼,南侧为病房综合楼,西南侧为倒班宿舍楼,西侧为液氧站。根据院方楼层分布图,加速器机房东侧为土壤层,南侧由东到西依次为水冷机房、诊室2、诊室1、治疗准备室、配电间,西侧由南到北依次为走廊、控制室、电气机房、北侧为土壤,楼上为采光天窗,楼下为土壤层。





加速器机房拟建址

病房综合楼西侧

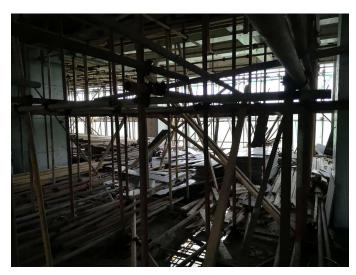


病房综合楼南侧



病房综合楼北侧

图 8-1 本项目加速器机房及病房综合楼拟建址周围环境现状图



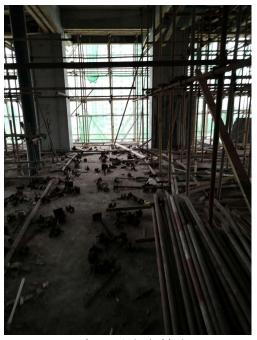
介入手术室1拟建址



介入手术室 2 拟建址



介入手术室南侧洁净走廊



介入手术室楼上

图8-2 本项目介入手术室拟建址周围环境现状图(截止勘探日期)

2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- 评价对象: 本项目介入手术室及加速器机房拟建址周围辐射环境。
- 监测因子:本项目介入手术室及加速器机房拟建址周围天然贯穿辐射剂量率。
 监测点位:在病房综合楼两座介入手术室拟建址内部及周围布置监测点位,在

肿瘤治疗中心的医用直线加速器机房拟建址周围布置监测点位,共计 18 个监测点位。在院区周围建筑后勤楼和门急诊医技楼周围布置监测点位,共计 3 个监测点位。

3. 监测方案、质量保证措施

- 监测方案:根据《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)及《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-1993)在项目周围及项目内布设监测点位,测量机房周围及机房内天然贯穿辐射剂量率。
- 质量保证措施:委托的检测单位通过剂量认证及获得相关监测资质,监测单位 所用监测仪器在检定有限期内,监测人员持证上岗规范操作。

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位:成都中辐环境监测测控技术有限公司

成都中辐环境监测测控技术有限公司是经成都市工商行政管理局注册核准成立具有独立法人地位的民营公司,成立于 2008 年 6 月。公司现已进入四川省生态环境监测业务系统,资质编号: 172312050418。公司内设综合室、检测室两个部门;共有员工 14 人,其中本科及以上人员占员工总人数的近 80%,专业技术人员占员工总人数的约 80%,含注册核安全工程师 1 名。

监测仪器:加压电离室巡测仪,型号 451P(仪器编号:7469)

测量范围: 0.01μSv/h~50mSv/h

能量响应范围: 20keV~2MeV

校准有效期: 2019年7月2日~2020年7月1日

监测日期: 2020年3月17日。

监测结果:本项目机房拟建址周围 X-γ 辐射剂量率监测结果见表 8-1,监测点位见图 8-3 (报告见附件 7)。

表 8-1 介入手术室及医院直线加速器机房拟建址周围天然贯穿辐射水平

加上口	F 15-141.74	γ辐射剂量率	夕沙	
测点号	点位描述	平均值	标准差	备注
1	医用电子直线加速器拟建址北侧 (室外)	0.08	0.01	肿瘤治疗中心
2	医用电子直线加速器拟建址北侧 (室外)	0.07	0.01	

3	医用电子直线加速器拟建址北侧 (室外)	0.06	0.01	
4	医用电子直线加速器拟建址东侧 (室外)	0.07	0.01	
5	医用电子直线加速器拟建址东侧 (室外)	0.06	0.01	
6	DSA 机房 1 机房内	0.07	0.01	
7	DSA 机房 1 西侧导管室拟建址	0.06	0.01	
8	DSA 机房 1 西侧控制室拟建址	0.08	0.01	
9	DSA 机房 1 南侧洁净走廊拟建址	0.08	0.01] 病房综合楼 5 楼
10	DSA 机房 1 楼下工作用房拟建址	0.08	0.01	
11	DSA 机房 1 楼上工作用房拟建址	0.08	0.01	
12	DSA 机房 2 机房内	0.07	0.01	
13	DSA 机房 2 东侧导管室拟建址	0.10	0.01	
14	DSA 机房 2 东侧控制室拟建址	010	0.01	
15	DSA 机房 2 南侧洁净走廊拟建址	0.09	0.01	病房综合楼 5 楼
16	DSA 机房 2 北侧污物走廊拟建址	0.08	0.01	
17	DSA 机房 2 楼下工作用房拟建址	0.08	0.01	
18	DSA 机房 2 楼上工作用房拟建址	0.08	0.01	
19	后勤楼拟建址中间(室外)	0.07	0.01	
20	门急诊医技楼 1 楼	0.08	0.01	/
21	门急诊医技楼 2 楼	0.08	0.01	
a. + 1.	1. 姓用土扣除空宝短卧响应店		1	1

^{*}表中结果未扣除宇宙辐射响应值;

建设单位在3月份监测报告上传四川省监测系统后修改了两座介入手术室布局,将介入手术室1拟建址向西平移7.6米,考虑到该变动不会造成环境本底剂量偏差过大,故原有监测报告仍旧能够作为本项目可信的原始环境辐射剂量参考数据。

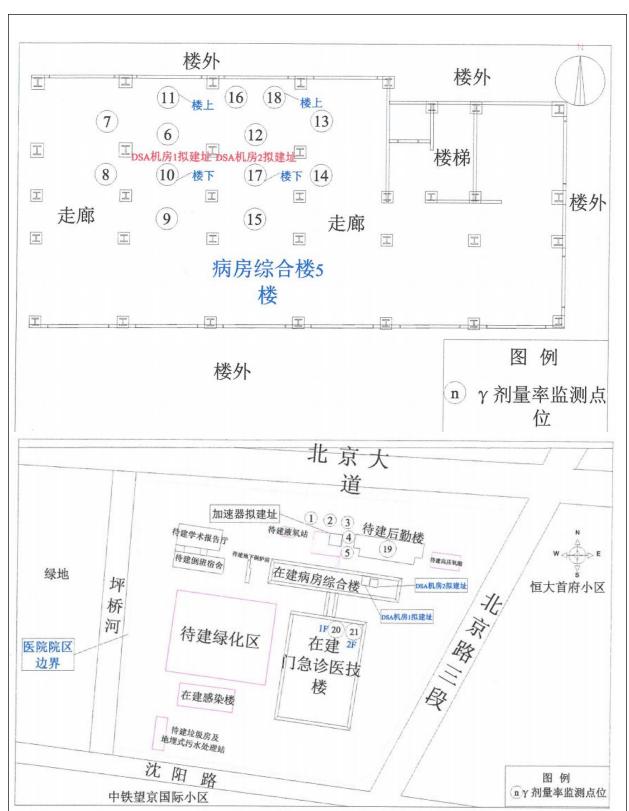


图8-3 本项目机房拟建址辐射环境检测点位示意图

生态环境部《2019年全国辐射环境质量报告》中四川省 X- γ 辐射空气吸收剂量率范围为(64.9~179.1)nSv/h。鉴于当量剂量为吸收剂量乘以用以表征给定类型辐射生物效应的辐射权重因子,而对于X、 γ 、 β 和电子束的辐射权重因子通常取做1,因此测量值与

研究报告中辐射剂量率单位换算比值为1,以此进行单位换算,表8-1监测结果可知:在
当前检测工况下(本底检测),广汉市人民医院新院区医用射线装置应用项目机房拟建
址周围环境辐射剂量率在0.06~0.10μSv/h范围内,处于当地天然辐射本底水平范围内。

表9项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1. 工程设备

本项目 DSA 辐射工作场所由 DSA 介入手术室、操作间、设备间、导管间构成, 本项目 DSA 辐射工作场所布局见附图 6-1。

设备组成:本项目DSA由X线发生装置,包括X线球管及其附件、高压发生器、 X线控制器等,和图像检测系统,包括光栅、影像增强管、光学系统、线束支架、检 查床、输出系统等部件组成。

本项目医用直线加速器相关场所由加速器机房、控制室、水冷机房构成,本项目 加速器机房设计布局见附图7。

设备组成:本项目加速器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、微波系统、调制器、束流传输系统、准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。

2. 工艺分析

2.1 施工期工作流程及产污环节分析

本项目机房均为新院区建院规划房间,通过现场勘查核实可知,本项目所在主体建筑均在建设中。因此本项目施工期主要为主体建筑修建、防护工程、室内装修和机器及附属设施的安装,因此本次评价施工期进行简要分析。施工期环境影响示意图见图 9-1。

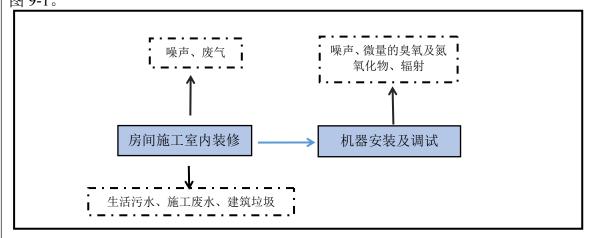


图 9-1 本项目加速器施工期环境影响示意图

施工过程以施工机械噪声、装修和设备安装噪声为主。施工期间的主要污染因素

有废气、建筑垃圾、噪声和废水,会对周围声环境质量产生一定影响。但因本项目进行房间表面装饰,涉及增加和减少防护门窗以及增设防护工程和设备相关线路铺设,故整体而言施工期较短,施工范围小,通过作业时间控制,加强施工现场的管理等手段,对周围声环境产生的影想较小。且该影响是暂时性的,对周围声环境的影响会随建设期的结束而消除。

本项目射线装置的安装调试阶段会产生 X 射线,可能造成一定的辐射影响,因此要求安装和调试均在辐射防护建设完成后进行。本项目医用直线加速器射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、安装、调试过程中,应加强辐射防护管理。

2.2 营运期工作流程及产污环节分析

2.2.1 工作原理

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

医用直线加速器是使电子在高真空场中受磁场力控制、电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置,是人工产生各种高能电子束或 X 射线的设备。电子从电子枪发射出来,以一定的初始速度进入加速管,由磁控管或速调管来的微波电磁场同时输入到加速。电子在微波电场作用下,得到不断加速。加速后的电子经过偏转磁铁或消色差偏转磁铁,射向金属靶,当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射,即 X 射线。 X 射线经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束,再通过监测

电离室和二次准直器限束,最后到达患者病灶实现治疗目的。

加速器按电子束治疗时,被加速的电子不被引导到 X 射线转换靶转换成 X 射线,而是被引导到散射箔,然后通过电离室、准直器、照射筒射向患者的病灶部位,达到治愈疾病的目的。

2.2.2 设备结构

DSA结构

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

(1) X 线发射装置主要包括 X 线球管、高压发生器和 X 线遮光器。

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

(2) 影像检测和显示系统,用于将 X 线信息影像转换成可见影像。

目前数字成像系统共有两种:影像增强器和平板探测器。影像增强器由附有磷光体的真空玻璃管组成,输入荧光面现将 X 射线转换为可见光,进而转换为电子,这些电子被加速至第二片磷光面即输出磷光面,它将电子转化为回强度更高的可见光,输出磷光面的可见光影像经摄像机转换为电子图像,再经 A/D 转换成数字图像;平板探测器分为间接转换平板探测器和直接转换平板探测器。间接转换平板探测器由碘化铯等闪烁体晶体涂层与非晶硅薄膜晶体管 TFT 构成。间接转换平板探测器的工作过程一般分为两步:闪烁晶体涂层将 X 射线的能量转换为可见光,其次非晶体硅 TFT 将可见光转换为电信号。直接转换平板探测器主要由非晶硒 TFT 构成:入射的 X 射线是硒层产生电子空穴对,在外加偏压电场作用下,电子和空穴向相反的方向移动形成电流,电流在薄膜晶体管中形成电信号。现代大型 DSA 设备普遍使用平板探测器,其转换环节少,减少了噪声,使 X 线光子信号的损失降到了最低限度,大大提高了光电转换效率。不但保证了优质的图像质量,而且降低了射线剂量。

(3) 影像处理和系统控制。

DSA 影像被数字化后,则需进行各种算术逻辑运算,并对减影的图像进行各种

后处理。计算机系统是 DSA 的关键部件,具有快速处理能力,主要对数字影像进行对数变换处理、时间滤波处理和对比度增强处理。

系统控制部分具有多种接口,用于协调 X 线机、机架、计算机处理器和外设联动等。

- (4) 机架系统和导管床机架有悬吊式和落地式两种,各有利弊,可根据工作特点和机房情况选择。导管检查床具有手术床和透视诊断床两种功能,多采用高强度、低衰减系统的碳素纤维床面,减少对 X 线的吸收。
- (5)影像存储和传输系统(PACS),采用在线存储和近线存储两种存储方式,充分利用网络技术实现影像资料的共享,方便随时调阅,更加高效的交流和管理 DSA 影像信息。

医用直线加速器结构

医用直线加速器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、微波系统、调制器、束流传输系统、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行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目的。典型的医用直线加速器机构图见图9-2。

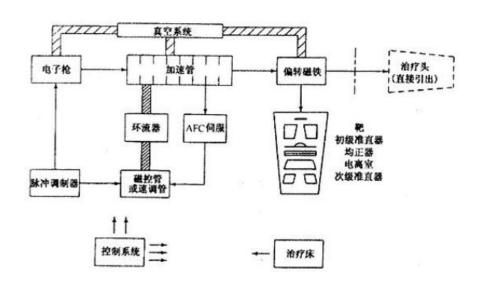


图9-2 典型医用直线加速器机构图

2.2.3 治疗流程

本项目介入治疗流程如下所示:

- (1) 病人候诊、准备、检查:由主管医生写介入诊疗申请单;介入接诊医师检查是否有介入诊疗的适应症,在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间。
- (2)向病人告知可能受到的辐射危害:介入主管医生向病人或其家属详细介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果、术中所用的介入材料及其费用等。
- (3)设置参数,病人进入机房、摆位:根据不同手术及检查方案,设置 DSA 系统的相关技术参数,以及其他监护仪器的设定:引导病人进入机房并进行摆位。
 - (4) 根据不同的治疗方案, 医师及护士密切配合, 完成介入手术或检查;
- (5)治疗完毕关机: 手术医师应及时书写手术记录,技师应及时处理图像、刻录光盘或照片;对单纯接受介入造影检查的病人,手术医师应在 24 小时内将诊断报告写出由病人家属取回交病房房病历保管。

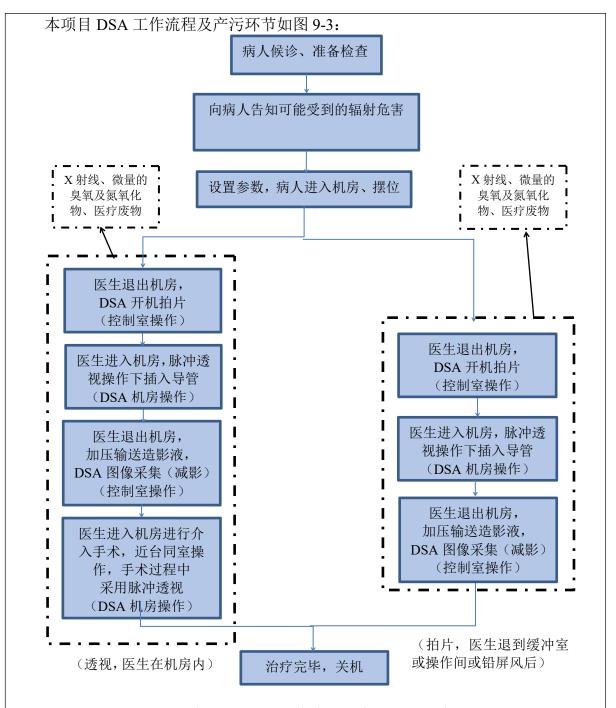


图 9-3 本项目 DSA 工作流程及产污环节示意图

其中 DSA 具体操作流程为: 诊疗时,患者仰卧并进行无菌消毒,局部麻醉后,经皮穿刺,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动脉内,经鞘插入导管,推送导管,在 X 线透视下将导管送达目标部位,进行介入诊断,留 X 线片记录,探查结束,撤出导管,穿刺部位止血包扎。在手术过程中,操作人员必须在床旁并在 X 线导视下进行。

DSA 在进行曝光时分两种情况:

第一种情况(拍片):操作人员采取隔室操作的方式(即医师在操作间内对病人进行曝光),医生通过铅玻璃观察窗观察手术室内病人情况,并通过对讲系统与病人交流。

第二种情况(透视):医生需要进行手术治疗时,为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光,并采取连续脉冲透视,此时操作医师位于铅屏风或铅帘后身着铅服、戴铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作。

本项目放射治疗流程如下所示:

- (1)根据医生指导意见,需要接受治疗的病人提前预约登记,以确定治疗时间, 候诊准备。
- (2)进行定位: 先采用模拟 CT 对病变部位进行详细检查(模拟定位 CT 机房位于肿瘤治疗中心,待确定型号后建设单位将进行建设项目登记表备案),然后确定照射的方向、角度和视野大小,拍片定位。
- (3)制定治疗计划:根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间,在机房南侧 TPS 诊室室内完成,物理师采用模具验证治疗计划;
- (4)固定患者体位:利用加速器进行治疗时,医师指导护师需对患者进行定位、标记、调整照射角度和照射野。
- (5) 医师离开治疗室回到控制室内,技师关上铅门,技师在控制室设置参数, 开机治疗,医师在控制室内通过监控观察。
 - (6) 治疗完毕,停止出束。

本项目加速器工作流程及产污环节如图 9-4:

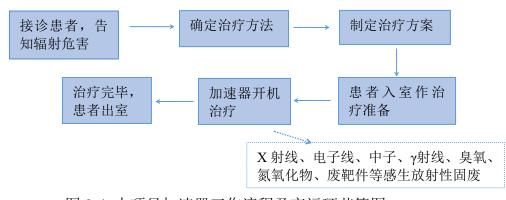


图 9-4 本项目加速器工作流程及产污环节简图

污染源项描述。

介入手术室

1) 辐射污染源分析

由 DSA 工作原理可知, DSA 只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线, 故 DSA 在开机期间, X 射线是项目主要污染物。利用 X 射线束对病人进行诊断和手术的同时, 射线装置产生的主射线、漏射线、及散射射线也可能会穿透诊断室的屏蔽墙、观察窗、防护门等对诊断室外的职业人员产生辐射影响。一次血管造影检查需要时间很短, 因此血管造影检查的辐射影响较小; 而介入手术则需要长时间的透视和大量的摄片, 对病人和医务人员有一定的附加辐射剂量。

2) 非辐射污染源分析

- 废气: 手术室通风采用中央空调, DSA 工作时会使周围空气电离产生极少量 臭氧和氮氧化物, 臭氧在常温常压下稳定性较差, 可自行分解为氧气, 且可 通过手术室的通风系统排至室外, 对周围环境空气影响较小。
- 废水: DSA 装置采用先进的实时成像系统,注入的造影剂不含放射性,无废显影液和定影液产生;带有少量废造影剂的输液瓶集中收集至医疗废物暂存间作为医废暂存,定期按照医疗废物执行转移联单制度,委托有资质的单位定期处置;本项目新增工作人员较少,在工作中所产生的生活污水量较小,少量生活污水进入医院生活污水处理系统。
- 固体废物:本项目涉及的 DSA 装置采用数字成像,它根据病人的需要打印胶片,打印出来的胶片由病人带走自行处理。本项目介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套以及含有废弃造影剂的输液瓶等作为医疗废物,在采用专门的收集容器集中收集于污物暂存间,运往医院的医疗垃圾处理房,定期按照医疗废物执行转移联单制度,委托有资质的单位定期处置。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾产生量约 0.5t/a,由院区统一收集后交由环卫部门统一清运。
- 噪声:本项目噪声源主要为中央空调和离心风机,所有空调和风机设备均采取了降噪措施,均处于室内,通过建筑墙体隔声及距离衰减后,运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2类标准要求。

医用直线加速器机房

1) 辐射污染源分析

由医用直线加速器工作原理可知,本项目医用直线加速器可以提供2种射线(X射线和电子线)用于肿瘤治疗,最大X射线能量10MV,最大电子线能量为15MeV,对于浅表肿瘤用电子线进行治疗,对于人体深层肿瘤则需X射线进行治疗。因此加速器在开机时,用X射线治疗时主要污染物为X射线,用电子线治疗时主要污染物为电子。加速器在运行时产生的高能电子束,因其贯穿力远弱于X射线,在X射线得到充分屏蔽的条件下,电子束亦能得到足够的屏蔽。因此,在加速器电子束治疗时间时,电子线对周围环境辐射影响小于X射线治疗。

● 放射性固废:本项目医用电子直线加速器产生的放射性固废是电子束靶体,该放射性固废一般只有在检修的过程中才可能会产生。一般医用电子直线加速器靶头材料组成核素包括:铁、铜、钨、铅等,其光核反应特性如下:

本项目医用电子直线加速器光子能量为10MeV, 靶头可能产生的感生放射性核素包括:铁-53、铜-64、钨-181、铅-203 等。该放射性固废一般只有在检修的过程中才可能会产生。

3) 非辐射污染源分析

- 废气: 医用直线加速器工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物,臭氧在常温常压下稳定性较差,可自行分解为氧气,加速器运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物,且可通过机房的离心风机排至室外,对周围环境空气影响较小,排放后臭氧最大浓度远低于《环境空气质量标准》(GB3095-2012)的二级标准(0.2mg/m³)的要求。
- 废水:工作人员均为新增员工,本项目相关废水医疗废水排放执行《医疗机构污水排放标准》(GB18466-2005)表2的预处理标准;生活污水执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准。
- 固体废物:本项目固体废物主要为工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾,普通固废将由院区统一收集后交由环卫部门统一清运。
- 噪声:本项目噪声源主要为离心风机,选用低噪声设备,通过建筑墙体隔声及距离衰减后运行期间厂界噪声可达到相应声功能区类别标准要求。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1. 工作场所布局及分区

控制区监督区分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射工作场所的分区原则:应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定位**控制区**;将未被定为控制区,在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施,但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域定为**监督区**。

本项目 DSA 辐射工作场所由 DSA 介入手术室、操作间、设备间、导管间组成。 该机房详细布局的平面布置图见附图 4-1。

本项目DSA介入手术室边界作为本项目DSA的辐射工作场所控制区边界。开展血管造影时,DSA球管发射的射线被屏蔽在手术室内,手术室属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)定义的控制区;而操作间、设备间、导管间均毗邻机房且会有辐射工作人员停留的可能性,均属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)定义的监督区。在手术室对外各防护门表面上均要求设置有电离辐射警告标志及中文警示说明以及工作状态指示灯。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射工作场所的分区规定。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。

本项目医用直线加速器辐射工作场所由加速器机房、控制室、水冷机房组成。医 用直线加速器机房详细布局的平面布置图见附图 3。

本项目医用直线加速器机房作为本项目医用直线加速器的辐射工作场所**控制区**,而控制室、水冷机房会有辐射工作人员停留的可能性,均属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)定义的**监督区**。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)中关于辐射工作场所的分区规定。具体控制区和监督区划分表和 示意图见表 10-1 和图 10-1。

表 10-1 本项目"两区"划分一览表

工作场所	控制区	监督区	备注
DSA介入手术	主 +安扣良	操作间、设备间、导	控制区内禁止外来人员进入,职业工作人
室1	手术室机房	管间	员在进行日常工作时候尽量不要在控制
DSA介入手术	手术室机房	操作间、设备间、导	区内停留,以减少不必要的照射。

室2		管间		监督区范围内应限制无关人员进入。
负1层肿瘤治 疗中心加速器 机房	加速器机房	控制室、	水冷机房	

控制区: 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的指示。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:在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记,监督区进出口处应设立 表明监督区的标牌,以黄线警示监督区的边界;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。

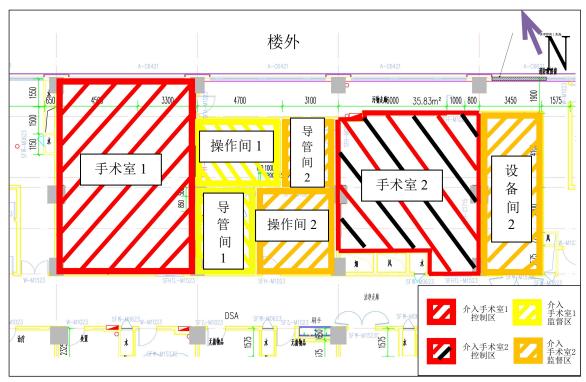


图 10-1 本项目介入手术室控制区、监督区示意图

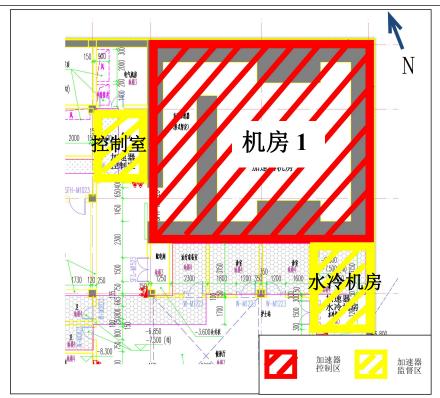


图 10-2 本项目加速器控制区、监督区示意图

2. 工作场所污染防治措施

(一) 设备固有安全防护措施

数字减影血管造影机 (DSA)

仪器本身采取了多种安全防护措施:

- ①采用栅控技术:每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压,抵消曝光脉冲的启辉与余辉,起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。
- ②采用光谱过滤技术: 在 X 射线管头或平板的窗口处放置合适过滤板,以消除 软 X 射线以及减少二次散射,优化有用 X 射线谱。设备提供适应 DSA 不同应用时可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。
- ③采用脉冲透视技术:在透视图像数字化基础上实现脉冲透视,改善图像清晰度; 并能明显地减少透视剂量。
- ④采用图像冻结技术:每次透视的最后一帧图像被暂存并保留了于监视器上显示 (即称之为图像冻结),利用此方法可以明显缩短总透视时间,以减少不必要的照射。
- ⑤配备有相应的表征剂量的指示装置,当曝光室内出现超剂量照射时会出现报警。
 - ⑥设备的操作台和操作间墙上分别拟设有"紧急止动"按钮各一个, 在机器故障时

可摁下, 避免意外照射。

- ⑦上述 DSA 设备自带第一、第二术者位铅胶帘等防护措施,铅当量为 0.5mmPb。
- ⑧装置装有可调限束装置,使装置发射的线束宽度尽量减小,以减少泄漏辐射。

有用线束主要为从下往上,即使旋转机头,考虑到DSA安放位置,也不会直接照射门、窗和管线口位置。同时,也要求建设单位定期按照规章制度对于设备进行维护检修。

医用直线加速器

- ①加速器只有在开机状态时才有X射线和电子线产生,断电停机即停止出束;通过多叶准直器定向出来,其他方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽。
- ②控制台上有辐射类型、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状况。
- ③条件显示联锁:加速器具有联锁装置,只有当射线能量、吸收剂量选值、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。
 - ④控制台上有蜂鸣器,在加速器工作时发出声音以提醒人员防止误入。
 - ⑤时间控制联锁: 当预选照射时间选定时,定时器能独立地使照射停止。
- ⑥加速器设置有密码,操作密码只有具体操作人员掌握,只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改。
- ⑦剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁,当剂量分布偏差超过预选值时,可自动终止辐照。

(二)射线装置机房辐射防护屏蔽

数字减影血管造影机 (DSA) 机房

本项目 DSA 机房设计的屏蔽参数见表 1-2。本项目 DSA 管电压不超过 125kV。根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录可计算不同管电压下不同材料厚度等同的铅当量。根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)公式 C.1、C.2以及附录表 C.2、C.3 可知。

辐射透射因子 B:

B——给定材质厚度的屏蔽透射因子:

X——材质厚度 (mm);

 α ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数;

β——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数;

γ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数。

铅当量厚度 X:

$$X = \frac{1}{\alpha \gamma} \ln(\frac{B^{-\gamma} - \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}}) \quad ----- \stackrel{\triangle}{\text{AT}} 2$$

B——给定材质厚度的屏蔽透射因子:

X——铅厚度 (mm);

 α ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数;

β——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数;

γ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数。

虽然根据机器特性,在实际使用中不会使用到最大管电压 125kV,但保守估计,在 折合屏蔽体铅当量时,仍按照 125kV 下辐射衰减拟合参数进行铅当量折算。根据医院 以往手术经验,80kV 为较大常用管电压,故在分析环境影响环境采用常用较大工况 80kV 进行评价。

表 10-2 铅、混凝土对不同管电压的 X 射线(主束)辐射衰减拟合参数

管电压 125kV						
$\alpha \ (mm^{-1})$	β (mm ⁻¹)	γ (mm ⁻¹)				
2.219	7.923	0.5386				
0.03502	0.07113	0.6974				
管电压 80kV						
4.040	21.69	0.7187				
	α (mm ⁻¹) 2.219 0.03502 管电归	α (mm-1) β (mm-1) 2.219 7.923 0.03502 0.07113 管电压 80kV				

表 10-3 铅、混凝土不同管电压的 X 射线(散射)辐射衰减拟合参数

管电压 70kV (无 80kV 数据故使用 70kV 数据)					
铅	5.369	23.49	0.5883		

鉴于实心砖往往难以达到标准混凝土密度(2.35g/cm³),针对本项目已建墙体密度按照 1.76g/cm³ 折算。根据《辐射防护手册》(第三分册,李德平、潘自强主编) P62-P64 表 3.3、表 3.4 和表 3.5 不同屏蔽材料在不同管电压的 X 射线下对应的铅当量数据,采用 OriginLab 拟合得到 125kV 管电压下钡水泥厚度对应铅当量的拟合函数,从而可知钡水泥(密度约为 3.2g/cm³)在不同电压下对应铅当量。鉴于实际施工时硫

酸钡水泥涂料若达到标准钡水泥密度(3.2g/cm³)将容易在时间长久以后产生墙体开裂情况,结合中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所对于市面上的实际使用的硫酸钡防护制品的检测报告,针对本项目拟采用硫酸钡水泥按照 2.88g/cm³ 进行折算。

从而可根据公式 1、2 将机房的屏蔽材料折算成等效屏蔽铅当量,结果见表 10-4。 表 10-4 DSA 手术室当前设计屏蔽参数一览表

屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚 度	等效屏蔽效果	对散射线的 辐射透射因 子	对主/泄漏射线的 辐射透射因子
四周墙体	370mm 混凝土实心砖	3.81mm 铅当量	/	/
楼顶和地面	120mm 混凝土+3cm 硫酸 钡水泥砂浆	1.17mm+2.89m m=4.06 铅当量	/	/
手术室所有防 护门窗	4mm 铅当量	4mm 铅当量	/	/
铅屏风+铅衣	0.5mm+0.5mm	1.0mm 铅当量	0.000283	0.00143
铅衣	0.5mm	0.5mm 铅当量	0.00534	0.0137
铅手套	0.025mm	0.025mm 铅当量	0.537	0.578

注: 等效铅当量为额定管电压 125kV 下参数,透射因子为评价工况 80kV 电压下参数。

本次评价采用《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)表 3 中,给出了不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求。对于介入 X 射线设备机房(DSA 机房),要求有用束和非有用束方向均为 2mm 铅当量。本项目屏蔽体四周原本防护条件在 3mm 铅当量以上,因此已满足要求,无需增加防护。楼顶原本防护条件为 1mm 铅当量,结合考虑楼顶承重条件和尽量减少未来铅污染的环保需求使用硫酸钡水泥进行防护施工,本项目防护设计为整体达到 4mm 铅当量防护。综上所述,本项目防护设计在满足屏蔽要求的情况下未造成过度防护,也考虑到污染防患问题,符合防护最优化原则。

本项目DSA介入手术室的四周墙壁、屋顶和地板、防护门窗防护效果均不低于2mm铅当量,符合上述要求。手术室内开展介入治疗的医务人员拟增配8套0.5mm铅当量的防护铅衣、防护铅围脖、铅帽、铅眼镜等;本项目机型自带第一、第二术者位防护铅帘,铅当量为0.5mm;拟为患者配备1套0.5mm铅当量的防护设备,放置于更衣间(监督区入口)衣架上。以上屏蔽措施能够有效降低DSA手术室内辐射工作人员的吸收剂量,起到屏蔽防护效果。

医用直线加速器机房

本项目加速器机房设计的屏蔽参数见表10-5。本项目拟购的加速器型号未定,X 射线最大能量10MV,电子线最大能量15MeV,最大X射线剂量率为6Gy/min,最大电 子线剂量率为6Gy/min。

_				1000	.,,,,,,	, = , , , ,	11377110757	<u> </u>			
	屏蔽方位	北侧 主屏 蔽	南侧主屏蔽	东侧	西(道内)	北侧相 连次屏 蔽区	南侧相连次屏蔽区	迷道 外侧	屋顶 主屏 蔽	屋顶次屏蔽	防护门
	实际屏蔽 材料及 屏蔽厚度	2.7m 混凝 土	2.7m 混凝 土	1.3m混 凝土	1.2m 混凝 土	1.4m 混凝土	1.4m 混凝土	1.5m 混凝 土	2.7m 混凝 土	1.7 m 混 凝 土	16 m m Pb

表 10-5 医用加速器机房当前屏蔽参数一览表

(三)辐射安全措施

数字减影血管造影机(DSA)手术室

- (1) DSA 手术室所有入口处拟设置"当心电离辐射"的电离辐射警告标志,防护门门口地面要求画出注醒目的警戒标志并配文字。
- (2) 放射科管理制度要求在走廊等机房外墙悬挂,岗位职责及操作规程等工作制度要求在 DSA 操作间等合适的墙上张贴。
- (3)本项目机型自带操作台紧急制动装置,建设单位拟在操作间墙上增设1个紧急制动装置,因此共计设置有2个急停按钮。另介入手术室平开机房门应有自动闭门装置:推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施,且工作状态指示灯和机房相通的门能有效联动,操作间和手术室内拟设置对讲装置。
- (4)根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中相关要求,应为介入放射学操作辐射工作人员、患者和受检者配备个人防护用品,包括铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜;应为辐射工作人员配备辐射防护设施,包括铅悬挂防护屏、铅防护调帘、床侧防护帘、床侧防护屏;应为患者配备辐射防护用品;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 0.25mPb;介入防护手套铅当量应不小于 0.025 mPb;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 2 mPb;应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品,防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5 mPb。应建立相关的

操作规程、安全使用制度、人员培训制度和放射事故应急制度。本项目所有拟配备的防护用品和辅助防护设施的铅当量已达到 0.25mmPb 以上。本项目辐射工作人员共计 18 人,拟为手术室内人员配备防护用品。按照医院目前运行日常,手术室内常规只会有 4 名医护人员和 1 名患者,故医院拟为辐射工作人员和患者增配 10 套防护用品。

- (5)广汉市人民医院对于核技术利用项目已配备便携式辐射监测仪 1 台用以进行场所的自行监测,迁建 DSA 原已为第一术者位配备 1 台个人剂量报警仪,所有辐射工作人员要求配备个人剂量计并定期送检,定期开展职业健康体检,建立个人剂量档案和个人职业健康监护档案。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第五条和第九条和第二十三条,院方应增购 1 台个人剂量报警仪,并为新增辐射工作人员配备足够个数的个人剂量计。
 - (6) 广汉市人民医院已建立以院领导为代表的第一责任人的安全管理机构。
- (7)本项目建设单位涉及使用II类X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》(环保部令第3号)"第十六条"和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》(川环函[2016]1400号),建设单位需具备的辐射安全管理要求见表12-3,目前建设单位已按照要求制定所有制度并下发至全院,本项目开展前应补充制定本项目相关章程以完善原有制度。

医用直线加速器机房

- (1) 医用直线加速器机房入口处应设置"当心电离辐射"的电离辐射警告标志和醒目的工作状态指示灯,防护门门口地面也应画出醒目的警戒标志并配文字。
- (2)放射科管理制度应在走廊等机房外墙悬挂,岗位职责及操作规程等工作制度应在医用直线加速器相关场所合适的墙上补充张贴,各处具体张贴要求见后文辐射安全管理规章制度部分。
- (3) 医用直线加速器机房防护门应设有闭门装置,且工作状态指示灯和机房相通的门能有效联动。
- (4)视频监视系统、对讲系统。治疗室和控制室之间安装有监视、对讲装置,控制室内能通过电视监视治疗室内患者的治疗情况,并通过对讲系统与室内人员联系,以便于医师在控制室观察患者在治疗室的状况、及时处理意外情况。
- (5) 红色紧急开关。当发现异常后,按下操作盒上此开关,机器将自动切断加速器主电源。

- (6)本项目开展前,应为本项目医用直线加速器机房拟购2台个人剂量报警仪以便监测操作时剂量。本项目开展后,所有辐射工作人员要求配备个人剂量计并定期送检,定期开展职业健康体检,建立个人剂量档案和个人职业健康监护档案;
 - (7) 广汉市人民医院已建立以院领导为代表的第一责任人的安全管理机构;
- (8)广汉市人民医院拟完善医用直线加速器操作及管理相关辐射安全管理制度《辐射工作设备操作规程》《辐射安全防护设施维护维修制度》《辐射工作人员岗位职责》《放射源与射线装置台账管理制度》《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》《辐射事故应急预案》《质量保证大纲和质量控制检测计划》。

三废的治理

1. 施工期三废治理

1.1 废气

施工过程中产生的废气,属于无组织排放,主要通过施工管理和采取洒水等措施来进行控制。

1.2 噪声

施工期噪声包括铺设电路时机器碰撞以及装修产生的噪声,由于施工范围小,施工期较短,施工噪声对周围环境的影响较小。且将禁止夜间施工,尽可能选用噪音较小的施工设备。

1.3 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,施工废水沉淀处理后回用,生活污水产量较小,可依托医院污水处理系统处理。

1.4 固体废物

施工中固体废物主要为建筑废料、装修过程中产生的装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾,施工垃圾和生活垃圾均由医院统一收集并移交环卫部门清运。

2.运营期三废治理

2.1. 废水

本项目运行后,废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。本项目医用电子直线加速器冷却系统采用蒸馏水,内循环使用不外排,不会产生废水。

处理措施:病房综合楼产生的生活污水和医疗废水采取收集后排入院区污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2中的预处理标准后

由院区总排口排入广汉市三星堆污水处理厂,最终经处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级B标后,尾水排入鸭子河。其中,特殊性废水(酸性废水)采取专用容器收集后,进入专设的特殊性质废水处理槽中预处理,出水再进入院区废水处理站处理。

2.2 废气

本项目介入手术室采用中央空调通风,通风条件良好。机房通风措施符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)规定的"机房应设置动力排风装置,并保持良好的通风"要求。本项目DSA工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物,臭氧和氮氧化物可通过手术室通风系统排至室外。臭氧在常温常压下稳定性较差,可自行分解为氧气,DSA运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。且根据《X射线工作场所臭氧氮氧化物浓度监测》(郝海鹰、刘容、王玉海编著)及《X射线工作场所空气中臭氧氮氧化物浓度调查》(张大薇编著)资料显示,医院射线装置工作场所臭氧浓度范围为0.010~0.137mg/m³、氮氧化物浓度范围为0.01~0.103mg/m³,能满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)的二级标准(0.2mg/m³)的要求。

本项目医用电子直线加速器机房在主体工程修建时已预留风管洞,且均设有通排风系统,采用机械进风、排风。离心风机风量设计为6158m³/h,进风口位于肿瘤治疗中心上方西南端,换气次数远远大于4次/h,并采用专用管道引至肿瘤放疗中心上方1楼楼梯间屋顶进行排放,排口距离地面4m,且排口朝向东西侧人员活动较少的区域,且周围为绿化区。

序	机房	主要气体污染物	风量
号			
1	介入手术室1	臭氧、氮氧化物	4500m ³ /h
2	介入手术室1	臭氧、氮氧化物	$4500 \text{m}^3/\text{h}$
3	肿瘤治疗中心加速	臭氧、氮氧化物	6158m ³ /h
	器机房		

表10-6 射线装置机房区通排风系统一览表

2.3 固废

介入手术室投运后不会产生放射性固体废物。本项目涉及的 DSA 装置采用数字成像,它根据病人的需要打印胶片,打印出来的胶片由病人带走自行处理,不产生废胶片。介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套以及残留有废弃造影剂的输液

瓶等医疗废物,采用专用容器集中收集在污物暂存间,每日转运至医用垃圾房,按照 医疗废物执行转移联单制度,委托有资质单位定期处置。

医用直线加速器运行时产生的放射性固废是废靶件,对废靶应进行辐射监测,如超出豁免水平,需按照放射性废物处理,如未超出豁免水平,按一般废物处理。

工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾,固废将由医院进行统一集中收集后由当地环卫部门统一清运。

3.噪声

本项目运行后噪声源主要为离心风机噪声和中央空调噪声,所有设备选用低噪声设备,均处于室内,通过建筑墙体隔声及距离衰减后,运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2类标准要求。

4. 射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》:射线装置在报废处置时,使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

环评要求:本项目使用数字减影血管造影机(DSA)和医用直线加速器在进行报 废处理时,将该射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化,同时将射线装置的主机 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。

环保设施及投资

本项目总投资 万元,其中环保投资 万元,占总投资约 8.05%。其中本项目 DSA 拟配备 8 名医师、8 名护师、2 名技师,本项目医用直线加速器拟配备 2 名医师、1 名技师、1 名物理师和 1 名护师。介入手术室 8 名医师建议配备 3 个个人剂量计(1 个腰部、1 个领部和 1 个腕部),应起码配备 2 个个人剂量计(1 个腰部、1 个领部),8 名护师各配备 2 个个人剂量计(1 个腰部和 1 个领部),2 名技师各配备 1 个剂量计(1 个胸部),因此预计需要 42 个剂量计(8×3+8×2+2×1),起码需要 34 个剂量计(8×2+8×2+2×1)。手术室内同时操作的手术医护人员预计最多 4 人,因此目前拟为医护人员配备 4 套防护设备以保证手术室内工作人员均能穿戴防护进行手术,另已为患者配备 1 套防护用品。本项目要求为新增手术室第一术者位医师配备 1 台个人剂量报警仪。医用直线加速器机房每名医师、护师、技师、物理师各配备 1 个剂量计(胸部),共计需要 5 个剂量计。加速器机房要求为患者配备 1 套防护用品,工作人员 1 套备用防护用品。医用直线加速器机房配备 2 台个人剂量

报警仪,具体环保设施及投资见下表。

表 10-3 本项目环保预算一览表

	表 10-3 本项目外保预算一览表						
	项目	环	保措施	投资(万元)			
		主体建筑、					
	辐射屏蔽措施	铅防护门6扇(污物间门、					
		铅玻璃观	察窗 2 扇				
	通排风系统	通排风系统(中央					
		门灯	联锁				
	公人壮 四	闭门装置(2 扇	i 手术室大门)				
	安全装置	对讲装	置 2 套				
TE ek		电离辐射警告标志和	工作状态指示灯 6 套				
两座 DSA		0.5mm 患者例	0.5mm 患者防护设备 2 套				
介入手		(防护裙+铅帽+铅围领+针	0.5mm 患者防护设备 2 套 打+铅帽+铅围领+铅眼镜+铅手套+防护裤头 +防护巾) 0.5mm 医护人员防设备 8 套				
が入于 	防护用品	+防护					
小王		0.5mm 医护人					
		(防护裙+铅帽+铅围					
	监测	射线装置工作					
		个人剂量排					
			领部剂量计8个				
		个人剂量计	腰部剂量计 16 个				
			腕部剂量计 16 个				
			胸部剂量计2个				
	 辐射屏蔽措施	墙体及屋顶	顶防护工程				
	1田201771四以3日70世	防护门]1套				
	通排风系统	通排风	1系统				
加速器		防止非工作人员	操作的锁定开关	Ţ			
机房		控制台紧急	9.停机按钮	Ţ			
	安全装置	门机联	锁1套				
		门灯联	锁1套				
		机房及迷道内紧	急止动装置1套				

 		_
	治疗床旁紧急止动按钮 1 套	设备自带
	电视监控和对讲装置1套	
	紧急开门按钮 1 套	
	警示标牌和出東音响提示1套	
监测仪器及警	固定式剂量报警装置1台	
示装置	个人剂量计4个	
	个人剂量报警仪 2 台	
个人防护用品	铅衣、铅围裙、三角巾等2套	
44.71	火警报警仪 1 套	
其他	灭火器材	
监测费用	射线装置工作场所监测费用	
其他	辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训	
	合计	

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目介入手术室所在主体建筑为病房综合楼,本项目医用直线加速器机房所在主体建筑为病房综合楼北侧负一楼肿瘤治疗中心,建院时已履行环评并获得原德阳市环境保护局的批复(德环审批【2018】57号),见附件8。目前两座主体建筑均在最后装修阶段,本项目施工期影响主要在装修阶段和机器安装阶段。

施工期主要为房间分隔、防护工程、表面装修、设备装置安装和电路铺设,可能的污染因素主要为常规环境要素(施工废水、施工废气、施工噪声及施工固体废弃物影响)。射线装置安装时不通电源,因此不会对周围环境产生辐射污染,但在调试时将产生一定辐射污染,设备安装完成后,会有少量的废包装材料产生。

1. 施工期对环境会产生如下影响:

(1) 施工期大气环境影响分析

建设阶段的大气污染源主要为装修阶段产生的废气,但影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施:

- a) 及时清扫施工场地,并保持施工场地一定的湿度;
- b) 车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施,以减少沿途抛洒;
- c) 施工路面保持清洁、湿润,减少地面废气。
 - (2) 施工期废水环境影响分析

施工期间,有一定量含有泥浆的建筑装修废水产生,采取简单的沉淀处理后回用,项目施工期施工人员为8人。施工人员生活污水产生量为160L/d,污水产生量很少。施工人员产生的少量生活废水进入医院现有污水处理系统处理后进入城市污水管网,项目施工期废水对外环境影响较小。

(3) 施工期噪声环境影响分析

施工期的噪声污染源主要为电锤、电钻等设备产生,声源强度在 65~95dB(A),会造成局部时段边界噪声超标,因此,项目应该加强管理,在施工时应严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)的标准规定,将噪声降低到最低水平:禁止夜间施工。

(4) 施工期固体废物影响分析

施工期的固体废物主要是装修垃圾和生活垃圾。其中生活垃圾约 10kg/d。在施工

场地出入口设置临时垃圾桶,生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理,并做好清运工作中的装载工作,防止垃圾在运输途中散落。故项目施工期间产生的固废不会对周边环境产生影响。

2. 安装调试期对环境会产生如下影响:

安装调试期对于环境主要影响为 X 射线辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。因此本环评要求加速器的安装与调试在项目辐射防护工程完成后,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。在此过程中应保证关闭防护门,在机房门外设立电离辐射警告标志,禁止无关人员靠近,防止辐射事故的发生。

由于设备的安装和调试均在机房内进行,经过墙体及门窗的辐射防护屏蔽和距离 衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后,医院方需及时回收包装材料及 其它固体废物作为一般固体废物进行处置。

总之,建设项目施工期和安装调试期对环境产生的上述影响均为短期的,建设项目建成后,影响即自行消除。建设单位和施工单位在施工过程中只要切实落实对施工产生的三废及噪声的管理和控制措施,施工期的环境影响将得到有效控制,建设项目施工期对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

(一) 机房防护设计评估

1.1 DSA手术室防护条件评估

参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020),评价结果见表11-1。

表 11-1 本项目两座 DSA 机房拟建屏蔽设计评价结果表

位置	设计厚度	铅当量	屏蔽要求	评价	
四周	370mm 混凝土实心砖	3.81mm 铅当量	介入 X 射线设备机 房屏蔽防护铅当量	满足	
楼顶	120mm 混凝土+3cm 硫酸钡水 泥砂浆	1.17mm+2.89mm =4.06 铅当量	厚度要求:有用线束 方向铅当量 2mm,非	满足	
手术室所有防 护门窗	4mm 铅当量	4mm 铅当量	有用线束方向铅当 量 2mm。	满足	
机房有效面积	介入手术室 1 为 66.6m ² ,单注 介入手术室2 为54.0m ² ,单边晶	单管头 X 射线机机 房内最小有效使用 面积不小于 20m², 单 边长度不小于 3.5m。	满足		

由上表可知本项目 DSA 机房辐射屏蔽措施均能够满足《放射诊断放射防护要求》

(GBZ130-2020)的要求,同时 DSA 机房有效面积和单边最短长度也满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)的要求,机房屏蔽设计合理。

1.2 加速器机房屏蔽体厚度合理性分析

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),在本项目加速器机房外设定关注点。从保守角度出发,在加速器机房设计的尺寸厚度基础上,假定加速器最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行预测计算。由于本项目加速器机房下方、东侧、北侧均为土壤,所以地面、东侧及北侧防护均不予考虑。根据GBZ/T201.2-2011,本项目加速器机房关注点示意图见图11-1和图11-2。

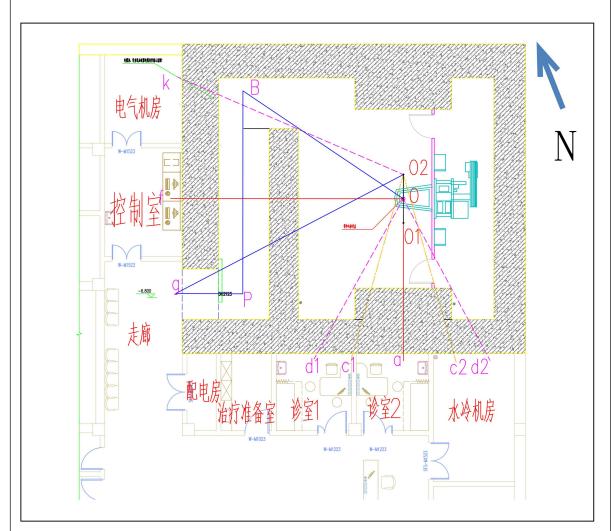


图11-1 本项目加速器机房关注点及主要照射路径示意图(水平方向)

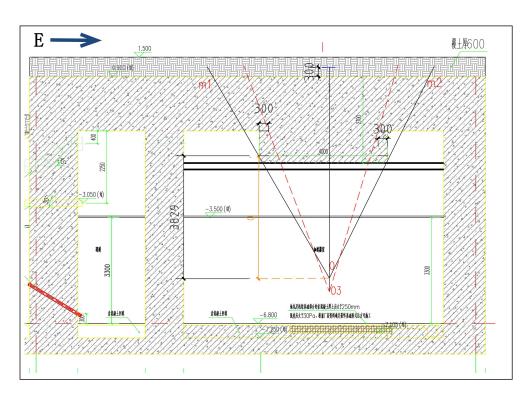


图11-2 本项目加速器机房关注点及主要照射路径示意图(垂直方向)

(1) 周工作负荷和周治疗照射时间

根据相关文献调查,同等体量医院收治的放疗患者每人次平均照射时间为2min,其中接受X射线治疗患者占总放疗患者的93%,接受电子线治疗者占7%,实际每人次平均受照剂量为13.7Gy。结合广汉市放疗病人数据以及院方预估数据,预计本项目运营时间为每周运行5天,每天治疗40人,每人治疗2min,则加速器每周照射治疗时间为6.7h,每本项目加速器等中心处治疗膜体内参考点的常用吸收剂量率为4.0Gy/min,则本项目加速器年工作负荷为2min×(4.0Gy/min)×40(人)=320(Gy/周)。

(2) 剂量率参考控制水平(Hc)

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),机房外各关注点的剂量率参考控制水平H。由以下方法确定:

- 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,可以依照附录A,由以下周剂量参考控制水平(H_c)求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu Sv/h$):
 - 1) 放射治疗机房外控制区的工作人员: H_c≤100μSv/周;
 - 2) 放射治疗机房外非控制区的工作人员: H_c≤10μSv/周。

- b)按照关注点人员居留因子的下列不同,分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ($\mu Sv/h$):
 - 1) 人员居留因子≥1/2的场所: H_{c,max}≤2.5μSv/h;
 - 2) 人员居留因子<1/2的场所: H_{c,max}≤10μSv/h。
 - c)取a)、b)中较小者作为关注的剂量率参考控制水平(Hc)。

由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见表11-2。

表11-2 机房外各关注点剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束

关注点位	剂量率参考控制水平(H _c)μSv/h		主要考虑的辐射束	射线路径	
人在点世	$H_{c,d}$	H _{c,max}	H _c	工女ろ応的相別 木	70年7年7年
f (控制室)	3	2.5	2.5	泄漏辐射	o→f
- ()公安1)	3	2.5	2.5	泄漏辐射	$o \rightarrow c_1$
c ₁ (诊室1)				人体的一次散射辐射	$o_2 \rightarrow o \rightarrow c_1$
c ₂ (水冷机	0.06	10	0.96	泄漏辐射	$o \rightarrow c_2$
房)	0.96	10		人体的一次散射辐射	$o_2 \rightarrow o \rightarrow c_2$
a (诊室2)	60	2.5	2.5	主射线束	o ₂ →a
』 (決党1)	3	2.5	2.5	泄漏辐射	$o \rightarrow d_1$
d ₁ (诊室1)				人体的一次散射辐射	$o_2 \rightarrow o \rightarrow d_1$
d ₂ (水冷机 房)	0.96	10	0.96	泄漏辐射	$o \rightarrow d_2$
				人体的一次散射辐射	$o_2 \rightarrow o \rightarrow d_2$
k (电气机 房)	0.96	10	0.96	泄漏辐射	o ₂ →k
~(丰丽)	0.24	10	0.24	散射辐射	$o_1 \rightarrow o \rightarrow B \rightarrow P \rightarrow g$
g(走廊)	0.24	10		泄漏辐射	$o_2 \rightarrow g$
1(采光天 窗)	120	10	10	主射线束	o ₃ →1
m ₁ (采光天 窗)	2.40	10	2.40	泄漏辐射	o→m ₁
				人体的一次散射辐射	$o_3 \rightarrow o \rightarrow m_1$
m2(采光天	2.40	10	2.40	泄漏辐射	o→m ₂
窗)		10		人体的一次散射辐射	$o_3 \rightarrow o \rightarrow m_2$

注:①对于主射线束: Hc,d=Hc/(t×U×T),式中H—职业工作人员为100μSv/周,公众为2μSv/周; t—周治疗时间,为6.7h; U—主射线束向关注位置的方向照射的使用因子,加速器主射线束照射时360°旋转,本项目保守取1; T—人员居留因子,经常有人员停留的地方取1,有部分时间人员停留的地方取1/2-1/5,偶然有人员经过的地方取1/8-1/40。

- ②对于泄漏辐射: Hc,d=Hc/(t×T×N),本项目静态调强治疗取5。
- ③北侧和东侧均为土壤层,没有人员停留,不进行计算。

(3) 主射线束主屏蔽区宽度计算

使用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分:一般原则》(GBZ/T201.2-2007)的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度。

式中, Yp—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),即射线最大出射角的一半;
- a—等中心点至"墙"的距离, m。当主屏蔽区向机房内凸时, "墙"指与主屏蔽墙相连接的次屏蔽墙(或顶)的内表面; 当主屏蔽区向机房外凸时, "墙"指主屏蔽区墙(或顶)的外表面。

本项目设计的加速器机房,主屏蔽区包括屋顶及墙体的部分位置,加速器主射线的最大出束角度为28°,主屏蔽宽度计算结果间表11-2。

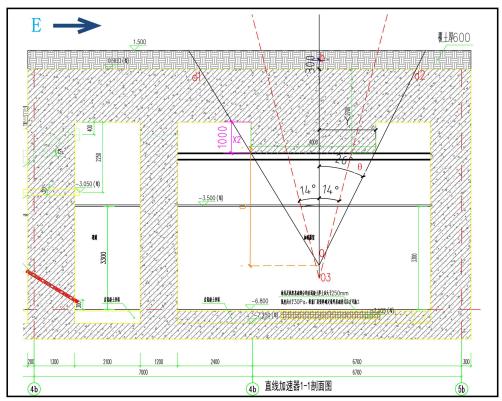


图 11-3 主射屏蔽范围计算示意局部图

表11-3 加速器机房主屏蔽范围计算表

	取值				
参数	北墙	南墙	屋顶		
	主屏蔽	主屏蔽	主屏蔽		
a (m)	3.7	3.7	3.83		
SAD (m)	1	1	1		
θ(°)	14	14	14		
计算宽度 Yp (m)	2.9	2.9	3.0		
设计宽度(m)	4.0	4.0	4.0		
评价	满足	满足	满足		

(4) 主屏蔽墙、侧屏蔽墙厚度核算

根据GBZ/T201.2-2011相关公式,对有用线束主屏蔽墙体厚度及侧屏蔽墙体厚度进行理论计算。按式11-2计算所需的屏蔽透射因子B,按式11-3估算所需要的有效屏蔽厚度Xe,再按照式11-4获得屏蔽厚度X,计算结果及分析比较见表11-4。

$$B = \frac{H_c}{H_0} \times \frac{R^2}{f} \dots \overrightarrow{x} 11-2$$

$$X_e = TVL \bullet \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \dots \overrightarrow{x} 11-3$$

$$X = X_e \bullet \cos \theta \dots \overrightarrow{x} 11-4$$

式中:

B一屏蔽透射因子;

 H_e 一剂量率参考控制水平,μSv/h;

 H_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶(以下简称靶) 1m 处的常用最高剂量率, $\mu Sv \cdot m^2/h$;

R一靶点至参考点的距离, m;

f-对有用束为1,对泄漏辐射为泄漏辐射比率;

θ—斜射角, 主屏蔽墙 0°入射;

 TVL_1 (cm)和 TVL(cm)一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;

Xe一有效屏蔽厚度:

X一墙体屏蔽厚度。

表11-4 加速器机房主屏蔽区和侧屏蔽墙厚度核算结果

	子巴华区	伽色茶豆	伽良恭良	子臣莽臣	友 xiè
参数	主屏蔽区	侧屏蔽区	侧屏蔽区	主屏蔽区	备注
少奴	a点	f点	k点	楼上1点	
剂量率参考控制水平 H _c (μSv/h)	2.5	2.5	0.96	10	北侧主屏蔽
R (m)	6.7	9.45	10.2	6.59	方向为土壤
H_0 $(\mu Sv \cdot m^2/h)$	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	层,东侧屏 蔽方向为土
f	1	0.001	0.001	1	壤侧, 楼上
透射因子B	5.63×10 ⁻⁷	6.20×10 ⁻⁴	2.77×10 ⁻⁴	9.60×10 ⁻⁸	为采光天
TVL ₁ (cm)	41	35	35	41	窗,人员均
TVL (cm)	37	31	31	37	不可达
有效屏蔽厚度Xe(cm)	245	103	114	223	
屏蔽厚度X(cm)	245	103	114	223	

设计厚度(cm)	270	120+150=270	150	270
是否满足屏蔽要求	满足	满足	满足	满足

(5) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据GBZ/T201.2-2011中附录A中A.2.2,对于与主屏蔽相连的次屏蔽区:次屏蔽区考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者一次散射辐射的复合作用,分别计算其所需屏蔽厚度,取较厚者。

泄露辐射按式11-2计算所需的屏蔽透射因子B,按式11-3估算所需要的有效屏蔽厚度Xe,再按照式11-4获得屏蔽厚度X;散射辐射首先根据式11-5计算墙的屏蔽透射因子B,再按照式11-3和式11-4估算墙的有效屏蔽厚度Xe和X。患者散射角度取30°保守估算,查GBZ/T201.2-2011附表B.4,患者散射辐射(患者散射角均接近30°,以30°考虑);

$$B = \frac{H_{c} \times R_{s}^{2}}{H_{0} \times \alpha_{nh} \times (F/400)} \dots \pm 11-5$$

式中:

B一屏蔽透射因子;

H。一剂量率控制参考水平, uSv/h:

 H_0 一加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶(以下简称靶)1m处的常用最高剂量率, $\mu Sv \cdot m^2/h$;

Rs一患者(位于等中心点)至关注点的距离, m;

α_{ph}一患者400cm²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400cm²面积上的散射因子。根据散射线能量和考察点斜射角,查GBZ/T 201.2-2011表B.2。

F一治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积, cm², 本项目为 40cm×40cm=1600cm²。

参数	南墙(d ₂ 点)	房顶(mı点)
主要考虑的辐射束	泄漏辐射	散射辐射	泄漏辐射	散射辐射
射线路径	$o \rightarrow d_2$	$o_1 \rightarrow o \rightarrow d_2$	$o \rightarrow m_1$	$o_3 \rightarrow o \rightarrow m_1$
R (m)	6.7	7.6	7.7	7.4
H_c ($\mu Sv/h$)	0.96	0.96	2.4	2.4
H_0 $(\mu Sv \cdot m^2/h)$	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸

表11-5 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

$lpha_{ m ph}$	/	3.18×10 ⁻³	/	3.18×10 ⁻³
F (cm ²)	/	1600	/	1600
f	0.001	/	0.001	/
斜射角	30°	30°	30°	30°
透射因子B	1.20×10 ⁻⁴	1.21×10 ⁻⁵	3.95×10 ⁻⁴	2.87×10 ⁻⁵
TVL ₁ (cm)	35	28	35	28
TVL (cm)	31	28	31	28
理论厚度X _e (cm)	126	137	110	127
散射所需屏蔽厚度(cm)	109	119	95	110
散射和泄漏辐射所需屏蔽厚 度较大值(cm)	119	9	1:	10
设计厚度 (cm)	140	140	170	170
是否满足要求	满足	满足	满足	满足

(6) 机房防护门屏蔽厚度核算

机房入口关注点处(g点)的散射辐射剂量率H计算公式如下:

$$H = \frac{\alpha_{ph} \times (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} H_0 \dots \overrightarrow{x}_1 1 - 6$$

式中:

H-关注点处的散射辐射剂量率;

 H_0 一加速器有用线束中心轴上距靶点1m处常用最高剂量率, $3.6 \times 10^8 \mu Sv/h$;

 α_{ph} 一患者 400cm^2 面积上垂直入射X射线散射至距其1 m(关注点方向)处的剂量比例,又称 400cm^2 面积上的散射因子,取45°散射角的值 1.35×10^{-3} ;

α₂—墙入射的患者辐射因子,患者一次散射角度为45°,墙入射角为45°,墙散射角近似按0°计算,查附录B表B.6得到混凝土对45°入射辐射的0°散射因子为5.1×10⁻³;

A一散射面积, m²;在迷道内墙设有过梁,内口高度3.3m,散射面积为10.9m²;

R₁一第一次散射路径, 8.1m;

R₂一第二次散射路径,11m;

经计算,迷道入口g关注点处的X射线散射辐射剂量率H为13.6µSv/h。

所需铅屏蔽透射因子B计算公式如下:

$$B = \frac{H_{d} - H_{od}}{H} \dots$$

 H_{od} — o_1 位置穿过迷道内墙的漏射辐射在迷道口g点的剂量率,经计算为 $0.19\mu Sv/h$;

H_d一迷道入口g点控制剂量率,为0.24μSv/h;

经计算,B为3.68×10⁻³,在g处的散射辐射能量约0.2MeV,铅中的TVL为5.0mm,求出所需屏蔽为12.1mmPb,设计加速器机房防护门厚度为16mmPb,满足屏蔽要求。

小结: 本项目加速器机房理论厚度及实际设计参数见表 11-6。

表11-6 医用电子直线加速器机房各屏蔽体理论计算值与设计值综合汇总表

屏蔽区	理论	计算值	实际设计值	是否满足
主射线束主屏蔽	屏蔽宽度	南侧和北侧: 2.45m	2.7m	满足
X	/ / / / / / / / / / / / / / / / / / /	屋顶: 2.23m	2.7m	满足
与主屏蔽区相连	屏蔽体厚度	南侧和北侧: 1.19m	1.4m	满足
的次屏蔽区	开敞平序 及	屋顶: 1.10m	1.7m	满足
东侧屏蔽墙	屏蔽体厚度	/	1.3m	满足
迷道	屏蔽体厚度	迷道内+外墙墙: 1.03m	2.7m	满足
		迷道外墙: 1.14m	1.5m	
防护门	屏蔽体厚度 (Pb)	12.1mm	16mm	满足

(7) 电子辐射环境影响分析

本项目医用直线加速器在运行过程中产生的电离辐射包括有: 电子、X射线。

由于电子在物质中的射程是有限的,屏蔽比较容易,只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质的射程,就可以将其完全吸收。根据《放射卫生学》(章仲侯主编,P171)其中电子在介质中的射程可根据式11-8近似计算:

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{Max} \dots \vec{x}_1 1 - 8$$

式中:

E_{MAX}一电子最大能量, MeV:

d一最大射程;

ρ---屏蔽材料密度。

表11-7 电子在不同介质中射程估算表

粒子	电子
能量 (MeV)	15
混凝土密度(g/cm³)	2.35
混凝土中的射程 (cm)	3.19

根据表11-7,电子在混凝土中射程为3.19cm,加速器机房墙体最小屏蔽厚度为120cm,所以本项目加速器机房设计结构和屏蔽厚度足以屏蔽电子线,因此加速器在运行中电子线对周围辐射环境影响很少。

(二) 关注点剂量率、职业工作人员和公众年有效剂量评估

2.1 数字减影血管造影机(DSA)

环境影响类比分析

建设单位搬迁的1台华润万东DSA于2019年4月7日获得《德阳市生态环境局关于广汉市人民医院新增数字减影血管造影机应用项目环境影响报告表的批复》(德环审批【2019】41号),并于2019年6月15日通过验收评审会。建设单位于2019年6月26日在官网进行了验收公示http://www.ghsrmyy.com/tender/show739/(节选见附件9)。新院区介入手术室与老院区手术室布局基本完全一致,且防护设计基本一致。因此本项目采取本项目迁建DSA的验收报告数据进行剂量率类比。类比监测报告见附件9(1)。

迁建项目原址位于建设单位老院区(广汉市雒城镇汉口路 75 号广汉市人民医院)综合楼 1 楼, 机房东侧为中医康复门诊, 南侧为楼梯间, 西侧为控制室和无菌间, 北侧为过道和候诊区, 楼上为设备科库房, 楼下为地下停车场。

机房内安装了一台 CGO-2100型(125kV; 1000mA)医用血管造影 X 射线机,,机房面积 41.4m²(4.7m×8.8m),四周墙体均采用 37cm 混凝土实心砖防护,顶面为 18cm 厚现浇混凝土,地面为 29cm 现浇混凝土,机房门、控制室门以及无菌间门均采用 4mm 铅当量的防护门,观察窗采用 4mm 铅当量的防护玻璃,机房内采用排气扇进行通风换气。

类比可行性分析见表 11-8, 机房布局图见图 11-4。

表 11-8 DSA 射线装置类比可行性分析

类比内容	本项目迁建DSA	本项目新增DSA	类比DSA	类比可行 性
型号/ 最大管电 压/管电 流	华润万东 CGO-2100/ 125kV、1000mA	型号待定/ 125kV、1000mA	华润万东CGO-2100/ 125kV、1000mA	电压、电流一致
运行工况	透视: 80kV;30mA 拍片: 80kV;300mA	透视: 80kV;30mA 拍片: 80kV;300mA	监测工况 120kV40mA	类比项目 照射量更 大
机房面积	66.6m ²	54.0m ²	41.4m²	本项目面 积更大
机房最小 单边长	6.9m	7.1m	4.7m	本项目最 小单边长 更长
防防护	4mmPb	4mmPb	3.5mmPb	本项目防

护设	门							护能力更 强
施	观察 窗	4mm铅当	量	4mm	凸 当量	3.5mmPb		防护能力 一致
		四周: 370 混凝土实心 砖	3.81 mm 铅当 量	四周: 370 混凝土实 心砖	3.81mm 铅 当量	墙体: 370mm 混 凝土实心砖	3.81 mm 铅当 量	
	四墙及顶墙屋和云	顶棚: 120mm 混凝 土+3cm 铅 当量硫酸水 泥砂浆	4.06 mm 铅当 量	顶棚: 120mm 混 凝土+3cm 铅当量硫 酸水泥砂 浆	4.06mm 铅 当量	屋顶: 180mm混 凝土	2.24 mm 铅当 量	本顶护更余防切部能,五护
	地面	地面: 120mm 混凝 土+3cm 铅 当量硫酸水 泥砂浆	4.06 mm 铅当 量	地面: 120mm 混 凝土+3cm 铅当量硫 酸水泥砂 浆	4.06mm 铅 当量	地面: 290mm混 凝土	4.02 mm 铅当 量	果基本一致

注:日常诊疗过程中不可能管电压开到120kV;透视工况及拍片工况参考自医院常用自动曝光数据以及同类 机型竣工验收数据

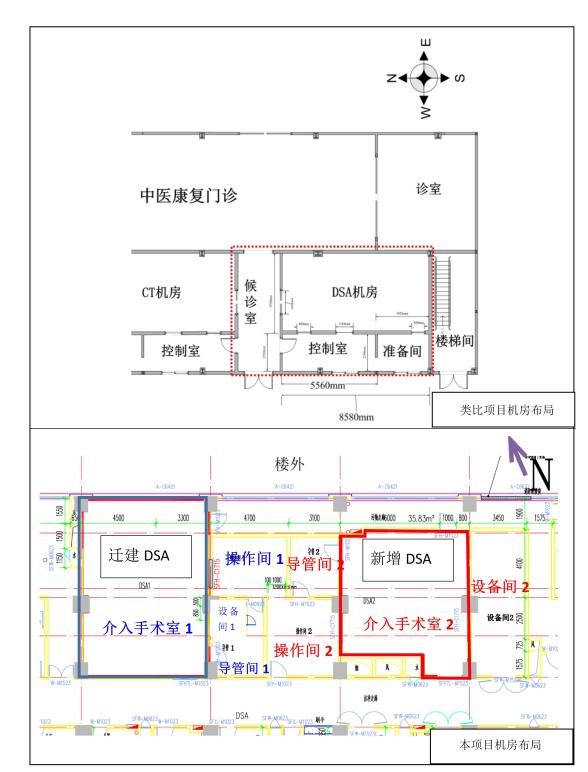


图11-4 本项目及类比 DSA 机房布局图

由表11-7可知,本项目机房有效面积更大,最小单边长更长。由图11-4可知,本项目与类比项目周围布局类似。本项目手术室的防护厚度、有效面积均满足《医用 X射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中规定的要求,在满足屏蔽防护要求的前

提下,屏蔽效果相近不会引起手术室外辐射环境产生较大变化,因此采用类比监测数据反映本项目的影响是可行的。

2019年5月22日,四川泰安生科技咨询有限公司(监测系统资质编号: 172303100 236)派出的监测技术人员在建设单位负责人的陪同下,对本项目进行了竣工环保验收监测。监测结果见表 11-9。

表11-9 监测所使用的仪器情况

监测	监测设备			使用环境	备注
项目	名称及编号	技术指标	检定情况	使用外現	街江
X-γ辐 射剂量 率	451P 加压电离室 巡测仪 编号: SCTAS1037	①能响范围: >25keV ②测量范围: 0-50mSv·h ⁻¹	检定结果: 合格 检定单位: 中国测试技术研究院 检定有效期: 2018.10.1-2019.9.30	符合仪器 使用条件	/

表11-10 类比DSA机房周围X-γ辐射剂量率检测结果

11/2/2010	本□			X-γ 辐射剂量	量率(μSv/h)
监测 点位号	类比项目	本项目介入手术	本项目介入手	开	机
点似与	监测位置	室1 关注点	术室 2 关注点	测量值	修正值
1	机房门左缝	手术室1门左缝	手术室2门左缝	0.18	0.008
2	机房门中央	手术室1门中央	手术室2门中央	0.18	0.014
3	机房门右缝	手术室1门中央	手术室2门中央	0.18	0.017
4	控制室门左缝	导管间1门左缝	导管间2门左缝	0.18	0.017
5	控制室门中央	导管间1门中央	导管间2门中央	0.18	0.021
6	控制室门右缝	导管间1门右缝	导管间2门右缝	0.17	0.012
7	无菌间机房门左缝	污物1门左缝	污物 2 门左缝	0.18	0.012
8	无菌间机房门中央	污物1门中央	污物 2 门中央	0.18	0.021
9	无菌间机房门右缝	污物1门右缝	污物 2 门右缝	0.18	0.012
10	观察窗左沿	观察窗1左沿	观察窗 2 左沿	0.17	0.012
11	观察窗中央	观察窗1中央	观察窗2中央	0.18	0.012
12	观察窗右沿	观察窗1右沿	观察窗 2 右沿	0.17	0.012
13	候诊位	/	污物走廊	0.15	0.009
14	电缆孔	电缆孔	电缆孔	0.18	0.012
15	控制室内操作位	操作间 1	操作间 2	0.17	0.017
16	东墙外侧	导管间 1	设备间 2	0.18	0.016
17	南墙外侧	洁净走廊	洁净走廊	0.18	0.017
18	西墙外侧	术后观察室	导管间 2	0.18	0.012
19	北墙外侧	/	污物走廊	0.18	0.012
20	上层	办公室和走廊	值班室和走廊	0.18	0.017
21	下层	办公室和走廊	值班室和走廊	0.18	0.017
22	未曝光时检测值	/	/	0.11	0.009

根据表11-10类比监测结果,本项目机房周围职业人员活动区域内监测点位的 X-γ辐射剂量率在0.17μSv/h~0.18μSv/h; 其它公众活动区域和周围环境中监测点位的 X-γ辐射剂量率在0.15μSv/h~0.18μSv/h左右。能够满足《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 中"医用射线装置使用场所在距离机房屏蔽体外表面30cm 外,周围辐射剂量率应满足:控制目标值不大于2.5μSv/h"的规定要求。鉴于本项目DSA常用工况比类比项目竣工验收监测工况更小,因此本项目实际屏蔽体周围表面剂量率预计能够满足要求。

表11-11 本项目DSA机房周围人员年有效剂量估算

序号	位置	居留因子	X-γ 辐射 剂量率 (μSv/h)	年受照 时间	保护目标	人员年 有效剂量 (mSv/a)
			介入手术室1			
1	东侧窗外 30cm (操作间 1)	1	0.17		辐射工作人员	0.0343
2	东墙外 30cm(导管间 1)	1/2	0.18	手术室	辐射工作人员	0.0182
3	东墙外 30cm(设备间 1)	1/16	0.18	周围保 护目标	辐射工作人员	0.00227
4	东侧门外 30cm(污物走 廊)	1/4	0.18	年照射	周围公众	0.00908
5	南墙外 30cm (洁净走廊)	1/4	0.18	照400		
6	西墙外 30cm(术后观察 室)	1	0.18	台手术 计:	周围公众	0.0363
7	楼上 30cm (办公室)	1	0.18	即受照 201.67h	周围公众	0.0363
8	楼下 30cm (办公室)	1	0.18		周围公众	0.0363
		Ź	介入手术室 1			
1	东墙外 30cm (设备间 2)	1/16	0.18	手术室	辐射工作人员	0.00227
2	西墙外 30cm (导管间 2)	1/2	0.18	周围保 护目标	辐射工作人员	0.0182
3	西侧窗外 30cm(操作间 2)	1	0.17	年照射	辐射工作人员	0.0343
4	北墙外 30cm (污物走廊)	1/4	0.18	时间按	周围公众	0.00908
5	南墙外 30cm (洁净走廊)	1/4	0.18	照400 台手术	周围公众	0.0363
6	楼上 30cm (值班室)	1	0.18] 日子水] 计:	周围公众	0.0363
7	楼下 30cm(值班室)	1	0.18	即受照 201.67h ;	周围公众	0.0363

由表11-10采用类比机房监测数据计算结果可知,本项目DSA常用工况下,机房周围公众的年有效剂量最大为0.0363mSv。除术者位外辐射工作人员年有效剂量最大为0.0343mSv,结合技师原有个人剂量监测数据最大值,即使调配的技师兼岗,也不会超过建设单位单季度或年有效剂量约束值。

第一、第二术者位年有效剂量

鉴于迁建项目竣工验收监测报告无手术位检测数值,故采取山东省疾病预防控制中心2016年12月30日出具的针对济南市传染病医院1台华润万东CGO-2100的检测报告(鲁疾控辐检字【2016】141号,见附件)进行补充类比评价。取头部检测值作为铅衣外剂量率参考值,取腹部监测值,乘以0.5mm铅当量个人防护用品的辐射透射因子(取自表10-4)作为铅衣内剂量率参考值。四肢(手和足)或皮肤剂量参考足部和下肢剂量率较大值。类比监测报告见附件9(2)。

	检测:	报告书		鲁疾控辐检字 2016 ¥ 号
	EZ 00 3	ТК Н Т		共3页 第2页
检测结果:				
1.质控检测结果:				down the the 96 About of
- A - 444 = -		200 /A 1=24		检测结果
检测项目		评价标准	4	CGO-2100
高对比分辨力(lp/mm)	1		2.00
低对比分辨力	(mm)	,		1.50
影像增强器入 空气比释动能		1		10.84
2.透视防护区检测台	a果(μSv/h)			
检测 价点	检测	月条件: 自动: 散射	模体: 标准水模	(+). 5 nn Cu
ON SOUTH	第一术者	位		第二术者位
足部	196			96
下肢	205			105
	370			45
腹部	235			28
腹部	200			

图11-5 第一、第二术者位类比监测数据

表11-12 本项目术者位年有效剂量一览表

序号	位置		收剂量率 Sv/h)	居留因子	年照射时间	保护目标	人员年 有效剂量 (mSv/a)
1	第一术者位	铅衣内 铅衣外	1.98 175	1	心血管内科第	辐射工作人员	1.58
2	第二术者位	铅衣内 铅衣外	0.24 17	1	一术者位年透 视时间150h	辐射工作人员	0.159
3	四肢(手和足) 或皮肤	1	.09	1	150h	辐射工作人员	30.8

^{*}根据《职业性外照射个人监测规范》GBZ128-2019,介入放射工作人员有效剂量: $E=0.79H_u+0.051H_o$ (H_u : 铅围裙内剂量; H_o : 铅围裙外颈部剂量),第一术者位有效剂量率为 $10.5\mu Sv/h$,第二术者位有效剂量率为 $1.06\mu Sv/h$ 。

因此本项目 DSA 辐射工作人员的年有效剂量最大为 **1.58mSv**,四肢(手和足)或皮肤年有效剂量最大为 **30.8mSv**。

综上所述,本项目DSA辐射工作人员的年有效剂量最大预计为1.58mSv,辐射工作人员四肢(手和足)或皮肤所受剂量预计最大为30.8mSv/a,周围公众的年有效剂量预计最大为0.0363mSv。考虑到距离衰减,50m范围内病房综合楼、后勤楼、肿瘤治疗中心和门急诊医技楼楼内公众的年附加有效剂量将远小于0.1mSv。因此综合来看,本项目运行后,DSA操作及相关的辐射工作人员以及周围公众受到的年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中对职业人员和公众受照剂量限值的要求,并满足本项目管理目标值。本项目新增数字减影血管造影机(DSA),在现有屏蔽条件下,其屏蔽防护能力能够满足《医用X射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)对于 DSA 介入机房"不低于 2mm 铅当量"的屏蔽要求,本项目屏蔽体外周围剂量当量率也能够满足5.4要求。

2.2 医用直线加速器

根据GBZ/T201.2-2011, X射线治疗时, 各预测点人员可能受到的剂量按以下公式计算:

$$X_e = X/\cos\theta.....$$
式11-9

$$B = 10^{-(X_c + TVL - TVL_1)/TVL} \dots$$
 \overrightarrow{x} 11-10

主束和泄漏辐射剂量估算 $H = \frac{H_0 \bullet f}{R^2} \bullet B \dots$ 式11-11

患者一次散射辐射剂量估算
$$H = \frac{H_0 \bullet \alpha_{\rm ph} \bullet (F/400)}{R_s^2} \bullet B \dots$$
式11-12

穿过患者或迷路内墙的有用线束再屏蔽墙的一次散射辐射剂量估算

$$H = H_0 \cdot \frac{(F/10^4)}{R^2} \cdot \alpha_{\rm w} \cdot B_{\rm p} \dots \overrightarrow{z} 11-13$$

泄漏一次散射辐射剂量估算
$$H = \frac{H_0 \cdot \mathbf{f} \cdot \alpha_{\mathbf{w}} \cdot A}{\mathbf{R}_{\perp}^2 \cdot \mathbf{R}^2}$$
......式11-14

估算的主屏蔽区和侧屏蔽区对各关注点剂量见表11-7,与主屏蔽区相连的次屏蔽区对各关注点产生的剂量见表11-13。

表11-13 主射线束和泄漏辐射对关注点的剂量估算表				
参数	南墙主屏蔽	楼上主屏蔽	西墙侧屏蔽	西墙侧屏蔽
少奴	(a点)	(1点)	(k 点)	(f点)
X (cm)	270 砼	270 砼	150 砼	270 砼
TVL (cm)	41	41	35	35
TVL ₁ (cm)	37	37	31	31
В	2.08×10 ⁻¹⁰	2.08×10 ⁻¹⁰	1.69×10^{-7}	1.48×10 ⁻¹⁰
R (m)	6.7	6.59	10.2	9.45
H_0 ($\mu Sv \cdot m^2/h$)	3.60×10 ⁸	3.60×10 ⁸	3.60×10 ⁸	3.60×10 ⁸
f	1	1	0.001	0.001
H (μSv/h)	1.67×10 ⁻³	1.72×10 ⁻³	5.85×10 ⁻⁴	5.97×10 ⁻⁷
$\dot{H_c}$ ($\mu \mathrm{Sv/h}$) (剂量率参考控制水平)	2.5	10	0.96	2.5
评价结果	满足	满足	满足	满足

表11-14 泄漏辐射和患者一次散射对关注点的剂量估算表

关注点参数 -		次屏蔽区			
		dı点	d ₂ 点	楼上 m ₁ 、m ₂ 点	
设计厚度	X (cm)	140 砼	140 砼	170 砼	
等效厚度	Xe (cm)	160 砼	160 砼	190 砼	
	TVL (cm)	35	35	35	
	TVL ₁ (cm)	31	31	31	
泄漏辐射	R (m)	6.7	6.7	7.7	
1世初9十田刀】	B_L	2.06×10 ⁻⁵	2.06×10 ⁻⁵	2.87×10 ⁻⁶	
	$H_0(\mu Sv \cdot m^2/h)$	3.60×10 ⁸	3.60×10 ⁸	3.60×10 ⁸	
	H (μSv/h)	0.165	0.165	0.0174	
	TVL (cm)	28	28	28	
	R _s (m)	7.6	7.6	7.4	
#1.61.4=61	$H_0(\mu Sv \cdot m^2/h)$	3.60×10 ⁸	3.60×10 ⁸	3.60×10 ⁸	
散射辐射	$lpha_{ m ph}$	1.35×10 ⁻³	1.35×10 ⁻³	1.35×10 ⁻³	
	B_{s}	1.93×10 ⁻⁶	1.93×10 ⁻⁶	1.64×10 ⁻⁷	
	H (μSv/h)	0.0650	0.0650	0.00582	
	射辐射的复合作 μSv/h)	0.23	0.23	0.0232	
剂量率参考技	空制水平(μSv/h)	2.5	0.96	2.4	

评价结果	满足	满足	满足
II I			

迷道外墙设计核算(k点)

本项目加速器机房射线经迷道内主屏蔽墙防护,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)中4.3.2.4 b)"当有用线束射向迷道内墙时,迷道外墙在k点的厚度同位置a处的厚度"的要求,迷道外墙设计满足防护要求。

加速器机房入口防护门屏蔽计算(g点)

本项目有用线束向迷路内墙照射,根据GBZ/T201.2-2011,考虑的辐射照射见4.3.2.5.2,

- a)入射至i墙的辐射散射至g处的辐射中,i墙的入射辐射可能来自:
- 1) 泄漏辐射 (o2→g);
- 2) 散射辐射 (o₁→o→B→P→g);

表11-15 泄漏辐射和患者一次散射对关注点g的剂量估算表

	7011 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10				
计算参	除数	机房入口g点			
	$H_0 (\mu Sv \cdot m^2/h)$	3.60×10 ⁸			
	F (cm ²)	1600			
	α_2	5.1×10^{-3}			
患者散射	$lpha_{ m ph}$	1.35×10 ⁻³			
70.7E (KX)	$A(m^2)$	10.9			
	$R_1(m)$	8.1			
	R ₂ (m)	11			
	H (μSv/h)	13.6			
泄露散射 H (μSv/h)		0.19			
泄漏辐射和散射辐射	的复合作用(μSv/h)	13.79			

表11-16 机房入口由泄漏辐射和散射辐射产生的剂量估算表

计算参数	机房入口处(防护门外g点)
机房入口关注点处的剂量率H(μSv/h)	13.79
屏蔽厚度(mm)	16Pb
TVL (mm)	5
剂量当量(µSv/h)	0.0087
剂量率参考控制水平(µSv/h)	0.24
评价结果	满足

预测计算汇总及评价

 $E = H \times U \times T \times t \times 10^{-3} \times W_T$

式中:

E一年有效剂量, mSv/a;

H—辐射剂量率估算值, μSv/h;

U一使用因子;

T一工作负荷, h/a; 本项目加速器工作负荷为333h/a;

t一居留因子;

W_T一组织权重因子,全身取1。

由此估算加速器机房周围各关注点的年附加有效剂量见表11-17。

居留 使用 剂量率值 年剂量估算 评价 关注 剂量管理值 位置 点 因子 因子 $(\mu Sv/h)$ 值(mSv/a) (mSv/a) 结论 电气机房 1.22×10⁻⁶ 1/16 5.85×10^{-4} 满足 k 1 0.1 1.99×10^{-9} 控制室 f 1 5.97×10^{-7} 5 满足 1 走廊 1/4 1 7.24×10^{-4} 0.1 满足 g 0.0087 满足 诊室1 d_1 1 1 0.23 0.0766 0.1 1.67×10^{-3} 5.56×10^{-4} 满足 诊室2 1 1 0.1 a 4.79×10^{-3} 水冷机房 1/16 1 0.23 0.1 满足 d_2 采光天窗 1 1/40 1 1.72×10^{-3} 1.43×10^{-5} 0.1 满足 采光天窗 1/40 1 0.0232 1.93×10⁻⁴ 满足 m10.1

表11-17 加速器机房各关注点辐射影响理论估算结果汇总表

从表11-17可以看出,保守估算正常运行辐射工作人员最大年有效剂量为1.99×10⁻⁹mSv/a; 满足工作人员的剂量管理限值5mSv/a; 所致公众人员最大年有效剂量为4.79×10⁻³Sv/a, 满足公众人员的剂量管理限值0.1mSv/a。

本项目敏感点其他保护目标年有效剂量估算

本项目所加速器机房 50m 范围内还包括南侧病房综合楼和东侧后勤楼故对其年有效剂量进行补充预估。南侧病房综合楼以 m2 处为剂量率参考点,东侧后勤楼以 a 处为剂量率参考点根据距离衰减可计算出两处敏感点年有效剂量为 7.20×10⁻⁹mSv 和 1.58×10⁻⁴mSv,满足公众剂量管理值。

(二) 大气环境影响分析

介入手术室

根据《X射线工作场所臭氧氮氧化物浓度监测》(郝海鹰、刘容、王玉海编著)及《X射线工作场所空气中臭氧氮氧化物浓度调查》(张大薇编著)资料显示,医院射线装置工作场所臭氧浓度范围为0.010~0.137mg/m³、氮氧化物浓度范围为0.01~0.103mg/m³,能满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)的二级标准(0.2mg/m³)

备注:加速器机房楼下、北侧和东侧为土壤层,不进行计算评价。

的要求。本项目介入手术室能够达到17-21次/h的换气次数,因此预计能满足GB3095-2012要求。

肿瘤治疗中心

加速器机房空气中氧受X射线电离而产生臭氧,本次评价根据文献《辐射所致臭氧的估算与分析》(王时进等,中华放射医学与防护杂志,1994年4月第14卷第2期)中给出的方法和公式估算臭氧产额:

$$P_1 = 2.43D_0(1 - \cos\theta) RG$$

P₁一有用线束臭氧产额, mg/h

D₀一有用线束在距等中心点1m处的输出剂量率, Gy/min, 取6Gy/min;

R一射线束中心点到屏蔽物(墙)的距离,取3.7m;

G一空气吸收100eV辐射能量产生的臭氧分子数,根据《辐射防护手册》第三分 删取6:

θ—有用束的半张角,取14°。

经理论计算, P₁有用线束的臭氧产额为9.61mg/h。

(2) 臭氧饱和浓度

考虑加速器机房运行时的连续排风和臭氧分解,机房内空气中臭氧平均浓度由下式11-计算

$$Q(t) = \frac{Q_0 T}{V}$$

Q一机房内臭氧的平均浓度, mg/m³;

Q₀一臭氧产生率, mg/h, 取9.61mg/h;

V-加速器机房体积, m³, 取299.7m³;

T—有效清除时间, h。

其中有效清除时间 $T = \frac{\mathbf{t}_{v} \bullet \mathbf{t}_{d}}{\mathbf{t}_{v} + \mathbf{t}_{d}}$, \mathbf{t}_{v} 为换气一次所需的时间,取0.09h; \mathbf{t}_{d} 为臭氧的

有效分解时间,取0.83h; T为0.08h;

经理论计算,机房内臭氧的平均浓度为0.003mg/m3。

加速器机房治疗时通排风系统一直在运行,风量6158m³/h,机房体积为299.7m³, 风机换气量每小时20次,满足《电子加速器放射治疗防护要求》(GBZ126-2011)中 不低于每4次/小时的要求。经计算,加速器机房内臭气平衡浓度为0.003mg/m³,产生的O3通过离心风机抽排至大气环境中。本项目产生的臭氧排入大气环境后,经自然分解和稀释,其排放后最大浓度远低于《环境空气质量标准》(GB3095-2012)的二级标准(0.2mg/m³)的要求。

(三) 水环境影响分析

项目运行后,废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。产生的生活污水和医疗废水采取收集后排入院区污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中的预处理标准后由院区总排口排入广汉市三星堆污水处理厂,最终经处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 B 标后,尾水排入鸭子河。其中,特殊性废水(酸性废水)采取专用容器收集后,进入专设的特殊性质废水处理槽中预处理,出水再进入院区废水处理站处理,对于医院废水处理效果较好,故本项目运行后,不会对当地水质产生明显影响。

(四) 固体废物环境影响分析

介入手术室

①不会产生放射性固废,对周围环境无影响。②预计将产生药棉(约50kg/a)、纱布(约35kg/a)、手套(约70kg/a),含有废弃造影剂的输液瓶(约200kg/a)等医疗废物共约355kg/a。采用专门的收集容器集中收集在污物暂存间,定期按照医疗废物执行转移联单制度委托当地有资质单位定期处置,对环境影响符合国家标准要求。

肿瘤治疗中心

医用直线加速器机房废物主要为直线加速器运行时产生的放射性固废是废靶件,对废靶应进行辐射监测,如超出豁免水平,需按照放射性废物处理,如未超出豁免水平,按一般废物处理。辐射工作人员和患者产生的办公、生活垃圾,一般废物依托院区主体工程生活垃圾收集系统进行处理。

(五) 声环境影响分析

本项目噪声源主要为离心风机和中央空调噪声,所有设备选用低噪声设备,均处于室内。所有空调机房、通风机房均在围护结构上采取隔声消声措施,机房门采用防火隔声门,当与噪声要求较高房间贴邻时,其所有的隔墙、顶板均做吸声、隔声处理。通过建筑墙体隔声、隔音措施及距离衰减后,运行期间厂界噪声可达到相应声功能区类别标准要求。

环境影响风险分析

1. 环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素,以及项目在建设、运营期间可能发生的事故(一般不包括自然灾害与人为破坏),引起有毒、有害(本项目为电离辐射)物质泄漏,所造成的环境影响程度和人身安全损害程度,并提出合理可行的防范、应急与减缓措施,以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

2. 风险识别

本项目涉及II类射线装置,在装置操作过程中,如果不被安全管理或可靠保护,可能对接触的人员造成放射性损伤和环境污染。

主要事故风险:

2.1数字减影血管造影机:

- 1)DSA正常工作时,人员误留、误入机房,导致发生误照射;
- 2)DSA控制系统失灵,发生误照射;
- 3)医用射线装置检修维护等过程中, 检修维护人员误操作, 造成有关人员误照射。

2.2 医用直线加速器:

- 1)装置正常工作时,非辐射工作人员人员误留、误入机房,导致发生误照射;
- 2) 装置控制系统失灵,发生误照射;
- 3)操作人员违反操作规程或误操作,造成意外超剂量照射;
- 4) 医用射线装置检修维护等过程中,检修维护人员误操作,造成有关人员误照射。

3. 源项分析及事故等级分析

3.1数字减影血管造影机:

本项目医用射线装置主要的环境风险因子为 DSA 工作时产生的 X 射线。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条对于事故的分级原则,现将本项目的风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-18 中。

表 11-18 项目的环境风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级

环境风险因子	潜在危害	事故等级
X射线	线 射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	
本项目根据	《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)表1的骨髓型急

性重度放射病的受照剂量范围参考值 4.0~6.0Gy 界定是否会产生急性重度放射病,另根据《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲,北京:原子能出版社)表 2-13 急性效应与剂量关系中以 4Gy 作为重度放射病的阈值,以及表后"对低 LET 辐射,皮肤损伤的阈值量 3-5Gy,低于此剂量不会发生皮肤损伤"的相关描述以及急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系(见表 11-19),从而以是否达到 3.5Gy 界定是否会发生较大辐射事故。

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

表 11-19 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

3.2医用直线加速器

本项目医用射线装置主要的环境风险因子为装置工作时产生的 X 射线。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019 年修订本)第四十条对于事故的分级原则,现将事故等级列于表 11-20 中。本项目发生辐射事故情况下,可能发生的事故辐射事故等级见表 11-21。

表 11-20 辐射事故等级一览表	
潜在危害	事故等级
射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故
射线装置失控导致9人以下(含9人) 急性重度放射病、局部器官残疾	较大辐射事故
是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控,或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下(含 2 人)急性死亡或者10 人以上(含 10 人)急性重度放射病、局部器官残疾。	重大辐射事故
是指 I 类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果,或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡	特别重大辐射事故

表 11-20 辐射事故等级一览表

表 11-21 项目最大潜在辐射事故等级

-			
	装置名称	环境风险因子	事故等级

医用直线加速器 X 射线 较大辐射事故

4. 风险事故情形下辐射影响分析

4.1 数字减影血管造影机

事故假设:

(1) DSA 正常工作时, 人员未穿戴防护用品停留于机房内;

在介入手术操作过程中,有未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品的公众误留机房。

(2) DSA 控制系统失灵,发生误照射;

若 DSA 控制系统失灵持续拍片,而此时机房内人员未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品。

(3)维修射线装置时,人员受意外照射。

设备维护人员在维护 DSA 射线管或测量探测器时,射线管正处于出束状态; DSA 上的指示灯和声音装置均失效。此时维护人员位于 X 射线主射束方向,无任何 屏蔽措施。

剂量估算:

(1) 鉴于本项目 DSA 在 80kV、20mA 的透视工况下第一术者位处无铅衣铅屏 风遮挡的情况下剂量率理论值为 4701μGy/h。

针对公众而言,如果停留长达 7.42min,将构成一般辐射事故;如果停留 432.8h 将构成较大辐射事故,考虑到实际情况人员既无法停留如此长时间,设备也无法进行 长时间曝光,针对公众无法构成较大辐射事故。

针对职业人员而言,如果停留长达2.47h,将构成一般辐射事故,实际因DSA装置有透视曝光开关为常断式开关,并配有透视计时及限时报警装置,射线球管也无法进行1h以上的曝光,故针对职业人员无法构成一般辐射事故。

(2) 按照本项目 DSA 在 80kV、250mA 的拍片工况下第一术者位处无铅衣铅屏 风遮挡的情况下剂量率理论值为 58762μGy/h。

针对公众而言,如果停留长达约 1min,将构成一般辐射事故;如果停留 34.6h 将构成较大辐射事故,考虑到实际情况人员既无法停留如此长时间,设备也无法进行 长时间曝光,针对公众无法构成较大辐射事故。

针对职业人员而言,如果停留长达12min,将构成一般辐射事故,但实际因射线

球管无法维持5min以上的拍片工况的曝光,故针对职业人员无法构成一般辐射事故。

(3) 以入射体表剂量率限值 100mGy/min 估算

针对职业人员而言,如果停留长达7s,将构成一般辐射事故,如果停留20min,将构成较大辐射事故。

事故后果:

- (1) 在上述事故情景假设条件下,针对公众和职业人员都可能发生一般辐射事故。
 - (2) 在上述事故情景假设条件下,针对公众可能发生一般辐射事故。
- (3)在上述事故情景假设条件下,针对维修人员可能发生一般辐射事故和较大辐射事故。

针对一般辐射事故建设单位需进行超标原因调查,并最终形成正式调查报告,经本人签字确认后上报发证机关。

4.2 医用直线加速器

本项目加速器属于II类射线装置,当设备关机时不会产生 X 射线,不存在辐射事故,只有当设备开机时,才会产生 X 射线。本次评价事故工况下可能发生的最大辐射事故,即加速器运行时、检修维护时工作人员误操作和人员误入造成有关人员被误照。

本项目加速器在对病人开机治疗时,距焦点 1m 处 X 射线的最大吸收剂量率为 6Gy/min,假设考虑检修人员或误入人员在无其他屏蔽状况下出于加速器照射头外 1m 远的主射束方向,由于机房内和治疗床上安装有紧急停止按钮,只要按下此按钮就可以停机,所以受照时间取 30s;则事故工况下人员受到辐射剂量为 3.0Sv,远超过 GB18871-2002 职业人员年剂量限值(50mSv)和公众剂量限值(1mSv),超过皮肤损伤的阈值量最低值 3Gy,为较大辐射事故。

5. 事故处理方法及预防措施:

针对以上可能发生的事故风险,该医院拟根据发生辐射事故的性质、严重程度、 可控性和影响范围制定辐射事故应急方案。

与此同时,建设单位应加强辐射安全管理,在项目运行时严格遵循拟制定的相关操作规程和辐射安全管理制度,并在实际工作中不断对其完善;医院应定期对装置进行检查、维护,发现问题及时维修,并应定期监测辐射工作场所周围的环境辐射剂量

率等,确保辐射工作安全有效运转。

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理与报告制度的通知》 (环发<2006>145号)规定,发生辐射事故时,建设单位应立即启动企业内部的事故 应急方案,采取必要防范措施,并在2小时内向广汉市生态环境局和广汉市公安局报 告,造成或者可能造成人员超剂量照射的,同时向广汉市卫生健康局报告。事故发生 后建设单位应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生部门调查事故原因,并做好后 续工作。

具体应急处理措施要求:

严格遵守射线装置的操作规程,一旦发生按钮不能复位或其他情况导致射线装置 一直出射线或者其他紧急情况危急受检者或者辐射工作人员安全时:

- 1.在场辐射工作人员立即按下急停开关或切断主控电源,疏散人员,及时上报辐射安全与环境保护委员会。
- 2.建设单位启动应急预案,辐射安全与防护管理委员会成员到场控制现场,按照 规定设置隔离区域。
- 3.辐射安全与防护管理委员会组长或副组长在掌握现场事故情况后,及时报告德阳市广汉市生态环境局、德阳市广汉市卫生健康局以及德阳市公安局广汉市分局,并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。
 - 4.协助生态环境、卫生健康部门调查事故原因。
- 5.协助专业人员对受照人员进行受照剂量估算,并协助进行身体检查和医学观察。
- 6.在与各主管部门达成信息一致后,及时向公众发布消息,准确引用国家标准及 法律法规内容消除公众疑虑。
 - 7.事故处理后保存好受照人员体检资料,做好跟踪观察。
 - 8.射线装置经专业工程师维修,由相关部门验收合格后方可使用。
- 9.总结经验教训,定期进行安全演练,并邀请专家对职业工作人员和管理层进行相关培训,防止类似事故的再次发生。

预防措施

建设单位严格执行《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,拟采取的事故防范措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

辐射安全管理措施

- ①建设单位已成立辐射安全与放射防护管理委员会,负责全院辐射防护监督与检查工作。环评要求建设单位完善各种辐射安全防护制度、防护工作计划、辐射事故应急预案并定期组织演练;全面贯彻落实放射防护法律法规、行政规章和卫生行业标准,确保临床放射诊疗质量和医疗安全,推进放射诊疗工作的科学化、规范化、标准化、制度化、流程化管理;制定辐射安全和放射防护相关职责、制度、流程、操作技术规范及相关质量控制方案;检查各种制度、防护措施的贯彻落实情况;组织实施辐射工作人员学习关于辐射安全与防护相关的法律法规及防护知识的培训工作;定期组织对辐射工作场所、辐射设备的防护效果检测,检查辐射工作人员是否按照有关规定佩戴个人剂量计并定期进行个人剂量检测结果存档,组织辐射工作人员进行上岗前、在岗期间和离岗时的健康体检,并分别完善辐射工作人员个人剂量检测、职业健康管理、培训管理档案。
- ②环评要求建设单位完善辐射事故预防措施及应急处理预案,包括了应急机构的 设置与职责及联系电话、应急响应程序、紧急响应措施、条件保障等。
- ③环评要求建设单位补充完善辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备使用登记制度、操作规程等。

环评要求建设方严格执行以下风险预防措施:

- ①定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查,制定各项管理制度并严格按要求执行,对发现的安全隐患立即进行整改,避免事故的发生。
- ②建设单位拟制定辐射工作设备操作规程。凡涉及对射线装置进行操作,必须按操作规程执行,并做好个人的防护,并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。
- ③定期对使用射线装置的安全装置进行维护、保养,对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换,并建立射线装置维护、维修台账;
- ④建设单位所有辐射工作人员需参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台或者微信小程序"HJSLY"报名并参加定期组织的考核(网址: http://fushe.mee.gov.cn),取得合格证后方允许上岗;
 - ⑤项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围,编制应急预案。

设备固有安全设施本自身采取了多重安全措施,以防止辐射事故的发生,如"紧				
急止动"按钮、工作状态指示灯箱与机房门联锁等。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,从而保证项目的正常运营,也保障了工作人员、				
公众的健康与安全。				
A/MH, C/M J/A L				

12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

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

广汉市人民医院已按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2019年修正,生态环境部部令第7号)的要求拟成立辐射安全管理领导小组负责相关辐射安全监督管理工作。

组长 分管医技副院长 副组长 放射科主任 成员 医务科科长、保卫科科长、预防保健科科长、设备科科长、总务科科长

表 12-1 广汉市人民医院辐射安全管理领导小组

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许可管理办法》2019年修订(生态环境部部令第7号)的要求,广汉市人民医院已制定辐射安全管理制度,包括《辐射工作设备操作规程》《辐射安全防护设施维护维修制度》《辐射工作人员岗位职责》《放射源与射线装置台账管理制度》《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》《监测仪表使用与校验管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射事故应急预案》《质量保证大纲和质量控制检测计划》。运行本项目的广汉市人民医院应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(生态环境部部令第7号)的要求及时更新、完善的制度的可操作性。
- 根据四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》要求,《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。因此,项目运行前,将在各控制室和加机房内墙上显著位置张贴大小和字体都足够醒目的《辐射工作设备操作规程》《辐射事故应急预案》《辐射工作人员岗位职责》《放射源与射线装置台账管理制度》,并于候诊区墙上张贴《受检者须知》。

本项目建设单位涉及使用II类X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》"第十六条"和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》(川环函[2016]1400号),建设单位需具备的辐射安全管理要求见表12-3。

按照《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》中关于应用射线装置单位使用条件的规定,结合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和环保部辐射安全与防护监督检查技术程序的相关要求,将其与医院防护工作现状列于表12-1和表12-2中进行对照分析。

表 12-1 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射 线装置的单位,应持有有效的辐射安全许 可证	己取得辐射安全许可证	待本项目环评工作 完成重新申领辐射 安全许可证
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安 全知识和法规的培训并持证上岗	原有辐射工作人员均持 证	建设单位承诺届时 项目开展前所有新 增辐射工作人员以 及未持证人员需取 得证书后后才允许 上岗
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或 配备专(兼)职管理人员	已成立"辐射防护领导 小组"	/
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并 定期 或不定期地开展工作场所及外环境 辐射剂量监测,监测记录应存档备查	己配备	补充个人剂量报警 仪,并为所有辐射工 作人员配备足量剂 量计
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故 风险,制定相应辐射事故应急预案,特别 应做好射线装置的实体保卫及防护措施	需补充	需根据本项目完善 应急预案
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全 管理规章制度及辐射工作单位基础档案	需完善	需补充医用直线加 速器相关内容
7	辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂 量监测和职业健康检查,建立健全个人剂 量档案和职业健康监护档案	已落实	/
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置 醒目的电离辐射警示标志	本项目通过后拟落实	需要在辐射工作场 所入口设置醒目的 电离辐射警示标志
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境 监测报告	己落实	/
10	辐射信息网络	已落实	核技术利用单位必 须在"全国核技术利 用辐射安全申报系 统"(网址 http://rr.mep.gov.cn/) 中实施申报登记。申 领、延续、变更许可

					源和 单位 剂量 等信	新增或注销放射 射线装置以及 信息变更、个人 、年度评估报告 息均应及时在 中申报
11		的台帐,放射性同位素与射线 如帐物相符,并及时更新。		己落实		需补充
	农且四间	表12-2 医院辐射安全		· 对昭分和	 近表 <i>(</i> 1)	
			入手术室	7.11 VV 51.1	//1/2 (1)	
序	项目	规定的措施和制度		落实情况	兄 应均	——————— 曾加的措施
号 1		場 佐島 東京	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	仪器自营		
$\frac{1}{2}$		操作位局部屏蔽防护设施 医护人员的个人防护		拟设置	·	 8套
3				拟设置		
4				拟设置		 6扇
-		机房观察窗		拟设置		
5		通风设施		拟设置		 央空调
6	70//1 V			拟设置		6个
7		门灯联锁		拟设置		6个
				拟设置		2个
8		紧急制动装置		机器自有		4个
9		对讲装置		拟设置]和机房内各1
				1个人		补充配置
10	监测设备	辐射水平监测仪表和个人剂量	量报警仪	量报警位		人剂量报警仪
10	may 1,7 % p. p. p.	个人剂量计		有		需增加 需增加
		表12-2 医院辐射安全	防护设施	· 阿那分村		
			中速器机房			
1		紧急制动装置		拟设置	机 ₁	器自带
2		防止非工作人员操作的锁定开关		拟设置	机	器自带
3		机房防护门		拟设置		配置
4		入口处电离辐射警示标志		拟设置	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	記置
5		通风设施		拟设置	需配置	
6		门灯联锁		拟设置	设置1个	
7	场所设施	门机联锁		拟设置	设	置1个
8		对讲装置		拟设置	1.	記置
9		入口处电离辐射警示标志		拟设置	1.	配置
10		迷道入口设置紧急开门按钮并 文说明	产配备中	拟设置	信	配置
11		机房及迷道内急停按钮		拟设置		
12		治疗床紧急停机按钮		拟设置		器自带
13	11左3届12月 左	辐射水平监测仪表和个人剂量	 报警仪	无		剂量报警仪2个
14	监测设备	个人剂量计		无	1	持 增加
		表12-3 管理制		付照表		
序号	规定的制度		落实情况		应增加的措施	
1	辐射安全与环境保护管理机构文件		已制定		需制定	

2	辐射安全管理规定(综合性文件)	已制定	/
3	辐射工作设备操作规程	已制定	需完善
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定	需完善
5	辐射工作人员岗位职责	已制定	需完善
6	放射源与射线装置台账管理制度	已制定	需完善
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定	/
8	监测仪表使用与校验管理制度	已制定	/
9	辐射工作人员培训制度(或培训计划)	已制定	/
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	/
11	辐射事故应急预案	已制定	需完善
	质量保证大纲和质量控制检测计划(使		
12	用放射性同位素和射线装置开展诊断和	已制定	需完善
	治疗的单位		
13	其他	已制定	/

辐射监测

1. 监测方案

- 1) 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,每年 1~2次;请有资质的单位对产生辐射的仪器设备进行防护监测,包括仪器设备防护性能的检测,每年 1~2次。
- 2) 辐射工作人员佩戴个人剂量计,并定期(根据《职业性外照射个人监测规范》 GBZ128-2019 规定,每次送检时间相隔最长不超过 3 个月)送有资质部门进行监测,建立个人剂量档案;
- 3) 定期自行开展辐射监测,制定定期监测制度,监测数据存档,建议监测周期为1次/月。

2. 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求,使用II类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器,包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。故本项目应为辐射工作人员要求佩戴个人剂量计,用于监控其接受的有效剂量。建设单位已配备便携式辐射监测仪1台,要求项目开展前为新增辐射工作人员补充个人剂量报警仪。项目运行后医院应定期对机房周围环境辐射水平监测,并做好监测记录。

针对本项目拟新增的所有辐射工作人员, 拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量监测, 并定期组织职业健康体检, 建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案, 本报告针对辐射工作人员管理提出如下建议:

安排加速器工作场所的辐射工作人员的剂量监测,辐射工作人员调离辐射工作岗位后,个人剂量档案应终身保存。保证每名辐射工作人员的个人剂量计专人专用,每个季度及时送检。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016]1400号)要求,应加强医护人员个人剂量的监督检查,对每季度检测数据超过1.25mSv的医院要求进一步调查明确原因,并由当事人在情况调查报告上签字确认。当全年个人剂量超过5mSv时,建设单位需进行超标原因调查,并最终形成正式调查报告,经本人签字确认后上报发证机关;当连续5年的平均个人剂量超过20mSv或单年个人剂量超过50mSv时,建设单位应展开调查查明原因,确定为辐射安全事故时,应启动辐射事故应急预案。

3. 监测内容和要求

- (1) 监测内容: X-γ 空气吸收剂量率
- (2) 监测范围:包括加速器机房工作场所周围及楼上
- (3)监测点位和数据管理:介入手术室1包括监测点位包括东侧操作间1、东侧导管间1、西侧术后观察室,南侧洁净走廊,楼上办公室和走廊,楼下办公室和走廊;介入手术室2监测点位包括东侧设备间2,南侧洁净走廊,西侧操作间2,西侧导管间2,北侧污物走廊,楼上值班室和走廊,楼下值班室和走廊;医用直线加速器机房监测点位包括。委托监测每年至少1次,自行监测每月至少1次,本项目监测数据应当存档。
- (4)监测质保:确保执行已制定的《监测仪表使用与校验管理制度》,并利用委托 监测获得的监测数据进行比对并建立比对档案。监测须采用国家颁布的标准方法或推 荐方法并制定辐射环境监测管理制度。

落实以上措施后,本项目所配备的防护用品和监测仪器以及实施的监测方案能够满足相关管理要求。项目投运前,建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序,对配套建设的环境保护措施进行验收。验收报告编制完成后应依法向社会公示验收报告。

在本项目建成运行后,应密切注意辐射工作人员个人剂量数值,根据累积剂量及时 调整工作量,防止个人剂量超标。

辐射事故应急

广汉市人民医院针对可能产生的辐射事故情况应进一步完善事故应急预案,应急预案内容包括有:

- (1) 应急机构和职责分工;
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备;
- (3) 应急演习计划;
- (4) 辐射事故分级与应急响应措施:
- (5)辐射事故调查、报告和处理程序。

实施本项目的广汉市人民医院应依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(环发[2006]145号文)要求,发生辐射事故时,建设单位应立即启动医院内部的事故应急方案,采取必要防范措施,并在2小时内向德阳市广汉市生态环境局和广汉市公安局报告,造成或者可能造成人员超剂量照射的,同时向卫生部门报告。事故发生后医院应积极配合广汉市生态环境局、广汉市公安局及广汉市卫生健康局调查事故原因,并做好后续工作。从而保证一旦发生辐射意外事件时,即能迅速采取必要和有效的应急响应行动,妥善处理放射事故,保护工作人员和公众的健康与安全。

医院应加强管理,严格执行安全操作规程,并确认经常放射性工作场所周围的环 境辐射剂量率等,确保辐射工作安全有效运转。

表 13 结论与建议

结论

1. 实践正当性

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术,在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点,对保障健康、拯救生命起到了十分重要的作用。广汉市人民医院新院区医用射线装置应用项目符合德阳市医疗服务需要。因此该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护"实践正当性"的要求。

2. 产业政策相符性与代价利益分析

广汉市人民医院为满足患者医疗需求拟在院区新增医用直线加速器和数字减影血管造影机 (DSA),并将老院区原有的数字减影血管造影机 (DSA) 搬迁至新院区,其建设性质本项目系核和辐射技术用于医学领域,属卫生服务设施建设。本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录(2019年本)》中的"鼓励类"第三十七条"卫生健康"第 5 款"医疗卫生服务设施建设",属于国家鼓励类产业,符合现行国家产业政策。

3. 选址、布局

项目地理和场所位置

本项目位于德阳市广汉市城北片区北京大道与北京路交汇处广汉市人民医院新院区院区内。院区北侧为北京大道,隔北京大道为农田;东侧为北京路,隔北京路(约52m)为恒大首府;南侧为沈阳路,隔沈阳路(约30m)为在建中铁望京国际小区1期;西侧紧邻坪桥河。

本项目两间介入手术室拟设置于病房综合楼 5 楼。根据院区总平面图,病房综合楼北侧与后勤楼通过室外架空连廊相连,东侧为地面停车场,南侧与门急诊医技楼通过连廊相连,西南侧为应急救援场地,西侧隔绿化为倒班宿舍楼,西北侧为学术报告厅。根据院方楼层分布图,介入手术室 1 东侧由北到南依次为污物走廊、操作间 1、设备间 1、导管间 1,南侧为洁净走廊,西侧术后观察室,北侧为楼外,楼上楼下均为办公室和走廊;介入手术室 2 东侧为设备间,南侧为洁净走廊,西侧由南到北依次为操作间 2、导管间 2,北侧为污物走廊,楼上楼下均为值班室和走廊。

本项目加速器机房拟设置于地下的肿瘤治疗中心。根据院区总平面图,肿瘤治疗

中心上方地面北侧为开放式绿地, 东侧为后勤楼, 南侧为病房综合楼, 西南侧为倒班宿舍楼, 西侧为液氧站。根据院方楼层分布图, 加速器机房东侧为土壤层, 南侧由东到西依次为水冷机房、诊室 2、诊室 1、治疗准备室、配电间, 西侧由南到北依次为走廊、控制室、电气机房、北侧为土壤, 楼上为采光天窗, 楼下为土壤层。

本项目介入手术室 1 机房有效机房使用面积为 66.6m², 机房最小单边长度为 6.9m, 介入手术室 2 机房有效机房使用面积为 54.0m², 机房最小单边长度为 7.1m, 均能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中"单管头 X 射线机机房内最小有效使用面积不小于 20m², 单边长度不小于 3.5m。"的要求。本项目 DSA 机房布局设计基本合理。

本项目加速器机房有效使用面积 60m², 机房净空尺寸为长 8.1m×宽 7.4m×高 5.0m, 满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)"治疗室应有足够的使用面积,新建治疗室不应小于 45m²",本项目加速器机房设计基本合理。

4. 辐射屏蔽能力分析

介入手术室1

目前四周墙体均为 370mm 混凝土实心砖; 顶面 2.9m 处为铝扣板吊顶层,吊顶为轻钢龙骨骨架,再往上由下至上依次为 120mm 混凝土楼面、3cm 硫酸钡水泥砂浆以及楼面装饰层; 地面由下至上为 120mm 现浇混凝土、3cm 硫酸钡水泥砂浆,最后采用易清洁、耐腐蚀、不积尘、不产尘的橡胶材料进行后期装修。污物门和导管间门尺寸均为 1000mm×2300mm(4mmPb),手术室门尺寸为 1500mm×2300mm(4mmPb),观察窗尺寸为 1700mm×1500mm(20mm,4mm 铅当量)。

介入手术室 2

目前**四周墙体**均为 **370mm 混凝土实心砖**; **项面** 2.9m 处为铝扣板吊顶层,吊顶 为轻钢龙骨骨架,再往上由下至上依次为 **120mm 混凝土楼面、3cm 硫酸钡水泥砂浆** 以及楼面装饰层; 地面由下至上**为 120mm 现浇混凝土、3cm 硫酸钡水泥砂浆,最后** 采用易清洁、耐腐蚀、不积尘、不产尘的橡胶材料进行后期装修。污物门和导管间门尺寸均为 1000mm×2300mm(4mmPb),手术室门尺寸为 1500mm×2300mm(4mmPb),观察窗尺寸为 1700mm×1500mm(20mm,4mm 铅当量)。

医用直线加速器机房

加速器机房有效使用面积 $60m^2$, 机房净空尺寸为长 $8.1m\times$ 宽 $7.4m\times$ 高 5.0m, 机

房整体采用 2.38t/m³ 的钢筋混凝土连续浇筑; 其主射方向朝向北侧墙体、南侧墙体、地面、顶棚。北侧墙体主屏蔽部分为 2.7m 厚混凝土,南侧墙体主屏蔽部分为 2.7m 厚混凝土,南侧墙体主屏蔽部分为 2.7m 厚混凝土,主屏蔽宽度均为 4.0m; 与主屏蔽相连的次屏蔽墙体厚 1.4m。东侧屏蔽墙体为 1.3m 厚混凝土; 西侧迷道内墙墙体为 1.2m 厚混凝土; 西侧墙体外设置 10m 长"L"型迷道,迷道外侧墙体为 1.5m 厚混凝土,迷道内墙加外墙厚度 2.7m; 楼上为地面空地,屋顶主屏蔽部分为 2.7m 厚混凝土,次屏蔽部分为 1.7m 混凝土; 机房楼下无房间,不考虑地面防护; 加速器机房顶部距离地面 0.9m,加速器机房上方区域地面 1 层标高 1.5m,地面 1 层全部为采光天窗,故加速器机房上方区域人员不可达; 迷道入口防护门为 16mm Pb。机房西侧南部设计有控制室,室内面积 14.4m²; 机房南侧设计有水冷机房,室内面积 17.8m²。

根据理论计算等要求,本项目机房屏蔽设计能够满足辐射防护要求。

5. 保护目标剂量

根据理论计算和类比预测,本项目辐射工作人员、周围公众及敏感点成员年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)剂量限值和本项目管理目标限值的要求(职业人员年有效剂量不超过 5mSv,公众年有效剂量不超过 0.1mSv),单个季度人员剂量不超过 1.25mSv,四肢皮肤剂量不超过 125mSv。

6. 辐射安全措施

本项目运行后,辐射工作人员应按国家有关要求佩带个人剂量计并建立个人剂量档案,定期进行职业健康体检并建立职业健康档案。拟增配个人剂量计和个人剂量报警仪。拟在辐射工作场所门口设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯,机房防护门拟设有闭门装置,且工作状态指示灯和机房相通的门能有效联动,加速器机房设有门机联锁,要求规格符合有关法律法规的规定。

7. 辐射环境管理

- 1) 委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测:
- 2) 建设单位拟配置辐射剂量监测仪器,定期对工作场所辐射水平进行检测;
- 3) 建设单位拟委托有资质的公司开展个人剂量监测,所有在职辐射工作人员拟配备个人剂量计。建设单位应及时跟监测单位核实数据,及时发现、解决问题。建设单位根据现有核技术应用情况,制定辐射环境监测方案。

广汉市人民医院医院直线加速器机房拟配备辐射工作人员共计5名,均为新增辐

射工作人员,介入手术拟配备辐射工作人员 18 名,由新增辐射工作人员和原有辐射工作人员组成。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2019 年修订(生态环境部部令第7号)和《放射工作人员职业健康管理办法》(卫生部第55号令)的要求,为保护辐射工作人员身体健康,医院将定期委托单位对23名在职辐射工作人员进行了职业健康体检。医院将在本项目开展前再对相关辐射工作人员进行了岗前体检,再次确认是否适合从事放射性工作。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2019年修正,生态环境部部令第7号)的要求,广汉市人民医院拟制定辐射安全管理制度,包括《辐射工作设备操作规程》《辐射安全防护设施维护维修制度》《辐射工作人员岗位职责》《放射源与射线装置台账管理制度》《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》《监测仪表使用与校验管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射事故应急预案》《质量保证大纲和质量控制检测计划》一系列制度。

8. 环保竣工验收检查内容

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019年3月2日《国务院关于修改部分行政法规的决定》国务院令第709号修订)第五条:生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位,应当依照本章规定取得许可证。前款规定之外的单位的许可证,由省、自治区、直辖市人民政府生态环境主管部门审批颁发。国务院环境保护主管部门向生产放射性同位素的单位颁发许可证前,应当将申请材料印送其行业主管部门征求意见。生态环境主管部门应当将审批颁发许可证的情况通报同级公安部门、卫生主管部门。广汉市人民医院应在拿到本项目环评批复之后,进行辐射安全许可证申领。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》和国务院令第709号修订《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》的相关要求,建设项目必须进行竣工环境保护验收监测。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外,其他环境保护设施的验收期限一般不超过3个月;需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的,验收期限可以适当延期,但最长不超过12个月。广汉市人民医院应在申领辐射安全许可证之后,项目运行3个月内,编制验收监测报告,如果不具备编制验收监测(调查)报告能力的,可以委托有能力的技术机构

编制。验收监测报告编制完成后,广汉市人民医院组织召开专家验收会,根据验收监测报告结论,逐一检查是否存在本办法第八条所列验收不合格的情形,提出验收意见。

建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后,加速器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。

综上所述,广汉市人民医院新院区医用射线装置应用项目符合实践正当化原则,已(拟)采取的辐射安全和防护措施适当,工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于"剂量限值"的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后,医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施,其设施运行对周围环境产生的影响较小,故从辐射环境保护角度论证,项目可行。

建议和承诺

- 1) 该项目运行中,应严格遵循操作规程,加强对操作人员的培训,杜绝麻痹大意思想,以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响,使对环境的影响降低到最低。
- 2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行,严格按国家有关规定要求进行操作,确保其安全可靠。
- 3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测,对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患,把辐射影响减少到"可以合理达到的尽可能低的水平"。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见:	
	公 章
经办人	年 月 日
审批意见:	
经办人	公章