

赣州市妇幼保健院新院区
放射性同位素与射线装置应用项目（一期）
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：赣州市妇幼保健院

编制单位：江西核工业环境保护中心有限公司

二〇二四年九月

表一 项目基本情况

建设项目名称	赣州市妇幼保健院新院区放射性同位素与射线装置应用项目一期					
建设单位名称	赣州市妇幼保健院					
项目性质	☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建					
建设地点	江西省赣州市章江新区赣康路					
源项	放射源	/				
	非密封放射性物质	/				
	射线装置	1 台 VitalBeam 型医用电子直线加速器，电子束能量为 6、9、12、16、20MeV，X 射线能量为 6、10MV。				
建设项目 环评批复时间	2020 年 5 月 22 日/ 2024 年 5 月 29 日	开工建设时间	2022 年 4 月			
取得辐射安全许可 证时间	赣环辐证[B2221]	项目投入运行时间	2023 年 4 月			
辐射安全与防护设 施投入运行时	2023 年 4 月	验收现场监测时间	2023 年 4 月 25 日/ 2024 年 1 月 22 日			
环评报告表 审批部门	江西省生态环境厅	环评报告表 编制单位	江西省核工业地质局测试 研究中心/江西省地质局实 验测试大队			
辐射安全与防护设 施设计单位	中国建筑科学研究院	辐射安全与防护设 施施工单位	江西玉康射线防护设备 有限公司			
投资总概算	3000 万元	辐射安全与防护设 施投资总概算	74 万元	比例	2.47%	
实际总概算	3095 万元	辐射安全与防护设 施实际总概算	74 万元	比例	2.39%	
验收依据	1.1 环境保护相关法律、法规和规章制度 （1）《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号，2015 年 1 月 1 日实施） （2）《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号）					

验收依据	(3) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第682号，2017年修订版） (4) 《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》（国务院令第449号，2019年修正版） (5) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号） (6) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（中华人民共和国生态环境部公告2021年第9号） 1.2 竣工环境保护验收技术规范 (1) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023） (2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） (3) 《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002） (4) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019） (5) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021） 1.3 环境影响报告表及其审批部门审批决定 (1) 《赣州市妇幼保健院新院区放射性同位素与射线装置应用项目环境影响报告表》（江西省核工业地质局测试研究中心，2020年）； (2) 《赣州市妇幼保健院新院区医用电子直线加速器改建项目环境影响报告表》（江西省地质局实验测试大队，2024年2月）； (3) “江西省生态环境厅关于赣州市妇幼保健院新院区放射性同位素与射线装置应用项目环境影响报告表的批复”（赣环辐射[2020]38号）（见附件3）； (4) “江西省生态环境厅关于赣州市妇幼保健院新院区医用电子直线加速器改建项目环境影响报告表的批复”（赣环辐射字〔2024〕259号）（见附件3）； 1.4 其他相关文件 (1) 项目委托书（见附件1）
-------------	--

验收执行标准	1.5 工作场所剂量控制水平 参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）第 6.1.4 条关于剂量控制要求，a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时,距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平 H_c: 1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（H_c）求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$（$\mu\text{Sv/h}$），机房外辐射工作人员 100Sv/周，机房外非辐射工作人员 $H \leq 5\mu\text{Sv/周}$；2) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$（$\mu\text{Sv/h}$），人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所 $H_{c,max} < 2.5 \mu\text{Sv/h}$；人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所 $H_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$；b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射以年剂量 $250 \mu\text{Sv}$ 加以控制；c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 $100 \mu\text{Sv/h}$ 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。 根据环评文件要求，选取医用电子直线加速器机房防护门外 30cm 处周围剂量当量率不大于 $2.86\mu\text{Sv/h}$、北墙外 30cm 处（控制室）周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$，医用电子直线加速器机房其他屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为剂量率参考控制水平。 因此，验收选取选取医用电子直线加速器机房防护门及墙体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为剂量率参考控制水平。 1.6 个人剂量限制 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条关于剂量限值内容，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 条规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B 中规定的相应剂量
---------------	--

验收执行标准	限值，见表 1-1。 表 1-1 个人剂量限值 <table border="1"> <tr> <th>关注人群</th><th>GB18871-2002 要求</th></tr> <tr> <td>职业人员</td><td> 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； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。 </td></tr> <tr> <td>公众</td><td> 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； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv </td></tr> </table> 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）第 4.9 条关于个人剂量约束值的要求，一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a，公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。 根据环评文件要求，选取工作人员、公众年剂量分别不大于 5.0mSv/a、0.1mSv/a，作为项目个人剂量约束值。 因此，验收选取工作人员、公众年剂量分别不大于 5.0mSv/a、0.1mSv/a，作为项目个人剂量约束值。 1.7 辐射安全防护设施和措施要求 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）第 6.2 条关于安全防护设施和措施要求： 6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等： a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明； b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离警告标志和工作状态指示灯； c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。 6.2.2 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、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂	关注人群	GB18871-2002 要求	职业人员	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； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。	公众	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； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv
关注人群	GB18871-2002 要求						
职业人员	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； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。						
公众	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； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv						

验收执行标准	量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。 6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众收到意外照射的安全联锁措施： 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； 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹功能； 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； 安全联锁系统一旦被触发后，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；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。 环评文件已按上述内容对本项目辐射安全防护设施和措施提出要求。 本次验收将上述内容作为本项目辐射安全防护设施和措施执行要求。
---------------	---

表二 项目建设情况

1. 工程建设内容

1.1 建设单位概况、项目建设内容和规模

赣州市妇幼保健院始建于1956年，是一所集医疗、教学、科研、保健、康复于一体的三级甲等综合医院。现设有三个院区，其中大公路院区建筑面积3.4万平方米，编制床位580张；章江北院区（生殖院区）建筑面积0.64万平方米，编制床位100张；赣康路院区（新院区）建筑面积13.5万平方米，编制床位990张。医院在职职工1022人，内设科室63个，其中临床科室33个，医技科室9个，行政后勤科室21个。医院全年门诊量89.3万人次，出院病人2.69万人次，分娩活产数5067人次，手术台数9164台。

医院现有辐射安全许可证内容为使用Ⅲ类放射源，使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置。证书编号为赣环辐证[B2221]（见附件2），发证日期为2023年4月19日，有效期至2027年4月13日。

医院生殖院区现已使用使用Ⅲ类射线装置2台，包括1台胃肠X射线机与1台移动DR机。

医院大公路院区现已使用Ⅲ类射线装置6台，乳腺钼靶机、DR机、CT、数字胃肠机、骨密度检查仪与牙科X射线机各1台。

医院赣康路院区（新院区）现已使用Ⅲ类射线装置7台，移动DR、数字胃肠机、CT、DR机、乳腺钼靶机、C臂机与大孔径模拟CT定位机各1台。已使用Ⅱ类射线装置1台，即本次验收的直线加速器。本项目的医用电子直线加速器于2020年5月取得环评批复（赣环辐射〔2020〕38号，见附件3），医院于2023年4月办理了辐射安全许可证变更手续，证书编号为赣环辐证[B2221]，上述射线装置均已上证。因医院采购的医用电子直线加速器的X射线最大输出剂量率（840Gy/h）高于辐射环境影响影响评价报告表中的X射线最大输出剂量率（360Gy/h），医院按照相关要求重新进行了辐射环境影响影响评价，并于2024年5月取得环评批复（赣环辐射字〔2024〕259号，见附件3）。

上述射线装置于2007~2022年履行了辐射环境影响影响评价手续。根据生态环境部“关于环评登记表项目是否要进行环保验收的回复”可知，按照现行法律规章，对编制环境影响登记表的建设项目不需要开展环保验收。

医院现已使用的射线装置情况见表2-1。

表 2-1 赣州市妇幼保健院已使用的射线装置一览表

序号	机 型	型 号	使用场所	类别	环评情况	验收情况
生殖院区						
1	胃肠 X射线机	HF51-5	生殖大楼一楼放射科	Ⅲ类	备案号: 201736070200000019	/
2	移动DR	uDR370i	门诊大楼新生儿科	Ⅲ类	备案号: 202036070200000038	
大公路院区						
3	乳腺钼靶机	MAMMOMAT	妇产科住院部大楼 一楼放射科钼靶室	Ⅲ类	备案号: 201736070200000019	/
4	DR机	uDR588i	妇产科住院部大楼 一楼放射科DR室	Ⅲ类	备案号: 202036070200000038	
5	32 排螺旋CT	Go UP32	妇产科住院部大楼 一楼放射科CT室	Ⅲ类	备案号: 201736070200000019	
6	数字胃肠机	Univision	妇产科住院部大楼 一楼放射科造影室	Ⅲ类	备案号: 202336070200000020	
7	双能骨密度 检查仪	LUNAR DPX	妇产科住院部大楼 一楼放射科骨密度 检查室	Ⅲ类	备案号: 202336070200000020	
8	牙科 X 射线 机	RAY68 (M)	妇产科住院部大楼 一楼放射科牙科机 房	Ⅲ类	备案号: 202336070200000016	
赣康路院区						
9	移动 DR	Moble diagnost w	住院部七楼 新生儿科	Ⅲ类	备案号: 202336070200000016	/
10	数字胃肠机	Univision	住院部一楼放射科 造影室	Ⅲ类	备案号: 202036070200000038	
11	64 排螺旋 CT	CT680 Expert	住院部一楼放射科 CT 室	Ⅲ类	备案号: 202336070200000016	
12	DR 机	C50 65	住院部一楼放射科 DR 室	Ⅲ类	备案号: 202336070200000016	
13	乳腺钼靶机	Nova	住院部一楼放射科 钼靶室	Ⅲ类	备案号: 202336070200000016	
14	X 射线机	Ziehm solo	住院部四楼手术室	Ⅲ类	备案号: 202036070200000038	
15	大孔径模拟 CT 定位机	Brilliance Big Bore	门诊医技楼（住院 部）住院部负二楼放 疗科 CT 模拟定位机	Ⅲ类	备案号: 202336070200000016	
16	直线加速器	VitalBeam	门诊医技楼地下二 层放疗中心直线加 速器机房	Ⅱ 类	赣环辐射（2020）38 号	本次验收

1.2 项目周边环境

本项目位于江西省赣州市章江新区赣康路的赣州市妇幼保健院新院区，本项目建设点地理坐标为东经 114°54'20.78"、北纬 25°49'27.49"，具体位置详见图 2-1。

医院新院区西北面紧邻水南路，西北面 30m 处为中航云府二期沿街商铺，东北面紧邻赣康路，东南面为南康路，西南面为九曲河路。

本项目直加机房位于赣州市妇幼保健院新院区门诊医技楼地下二层，医院新院区总平面、外环境关系以及核技术利用场址所在位置详见图 2-2。

赣州市妇幼保健院新院区地理位置图见图 2-1。

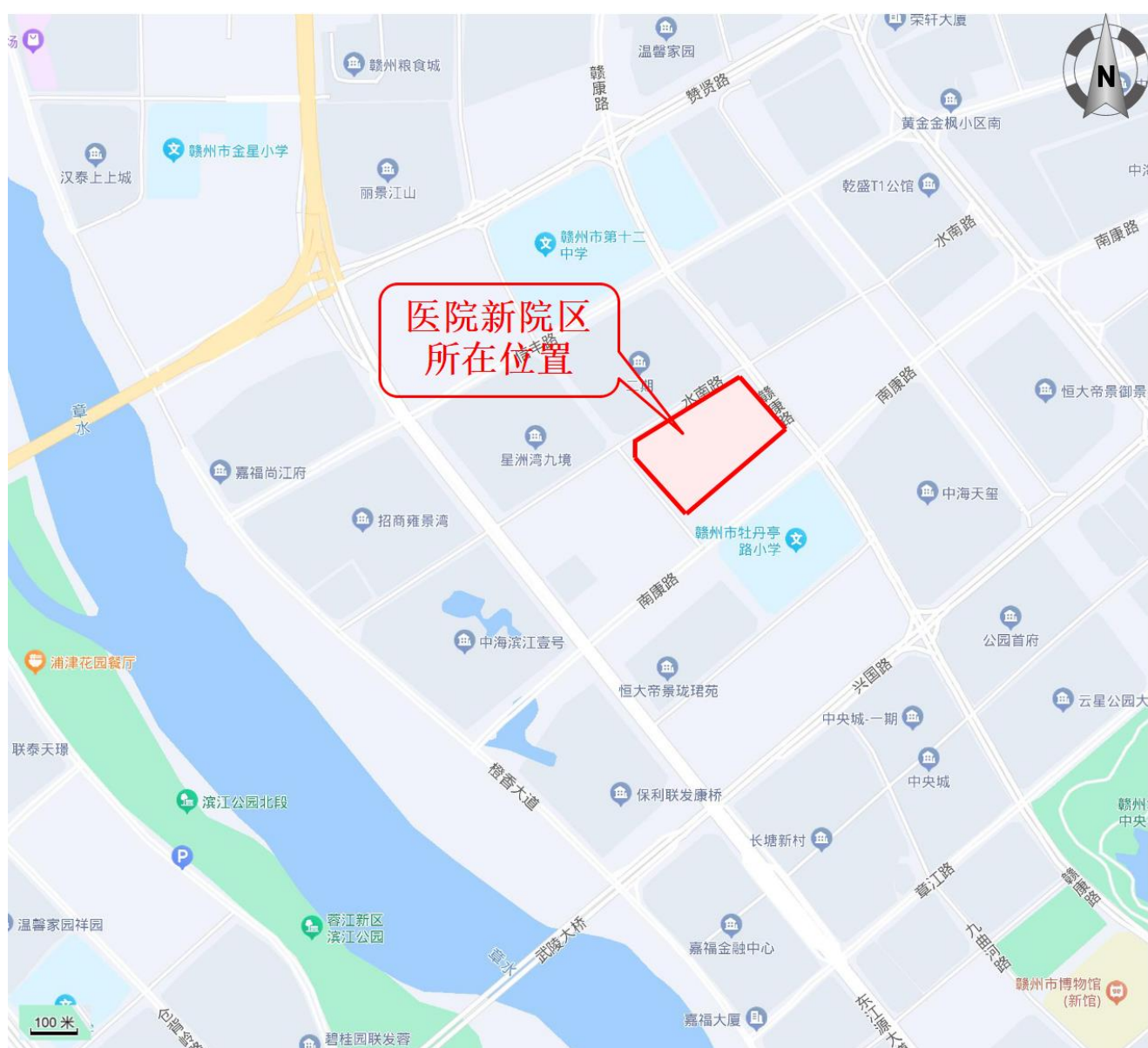


图 2-1 赣州市妇幼保健院（新院区）地理位置图

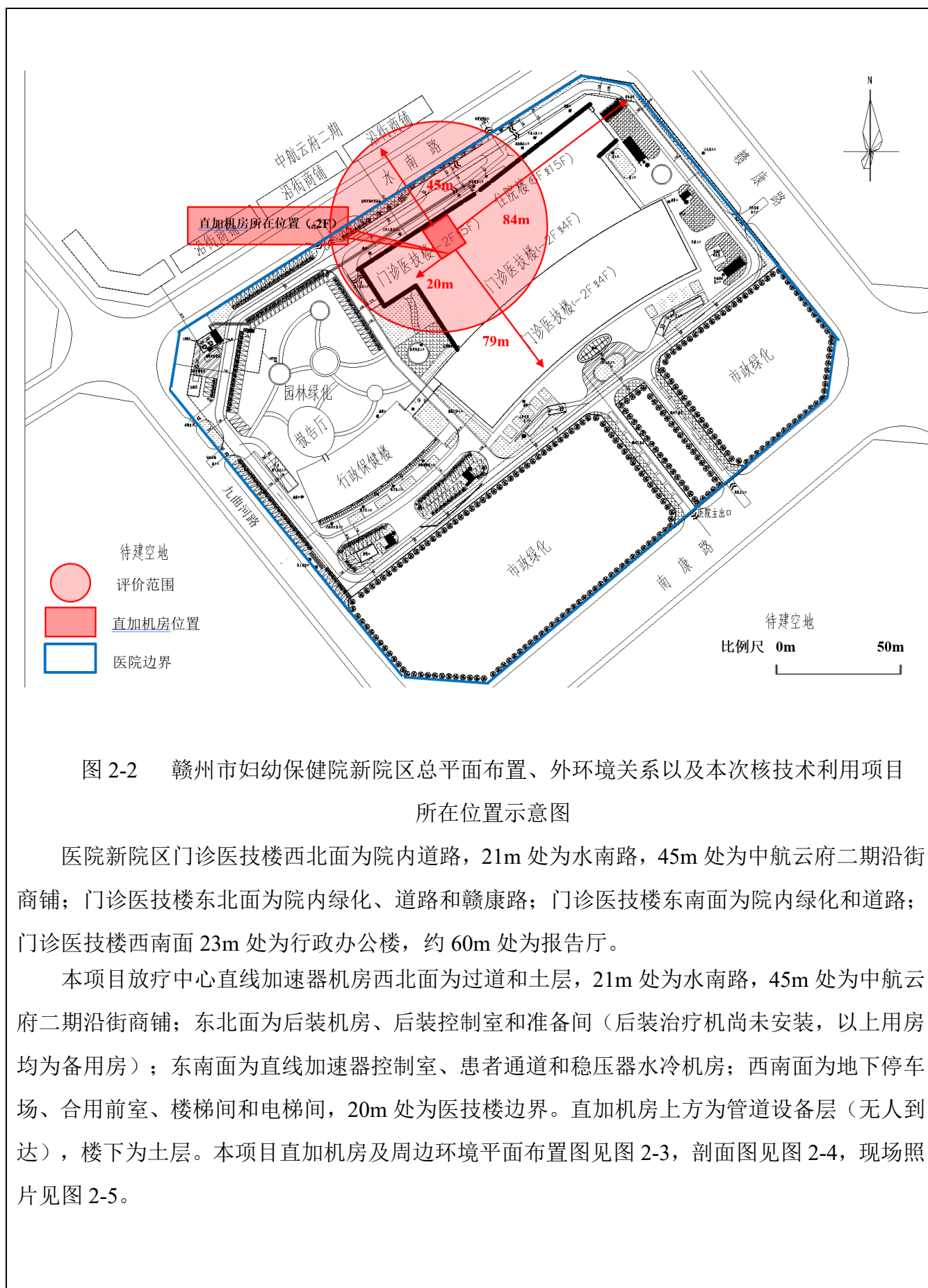


图 2-2 赣州市妇幼保健院新院区总平面布置、外环境关系以及本次核技术利用项目
所在位置示意图

医院新院区门诊医技楼西北面为院内道路，21m 处为水南路，45m 处为中航云府二期沿街商铺；门诊医技楼东北面为院内绿化、道路和赣康路；门诊医技楼东南面为院内绿化和道路；门诊医技楼西南面 23m 处为行政办公楼，约 60m 处为报告厅。

本项目放疗中心直线加速器机房西北面为过道和土层，21m 处为水南路，45m 处为中航云府二期沿街商铺；东北面为后装机房、后装控制室和准备间（后装治疗机尚未安装，以上用房均为备用室）；东南面为直线加速器控制室、患者通道和稳压器水冷机房；西南面为地下停车场、合用前室、楼梯间和电梯间，20m 处为医技楼边界。直加机房上方为管道设备层（无人到达），楼下为土层。本项目直加机房及周边环境平面布置图见图 2-3，剖面图见图 2-4，现场照片见图 2-5。

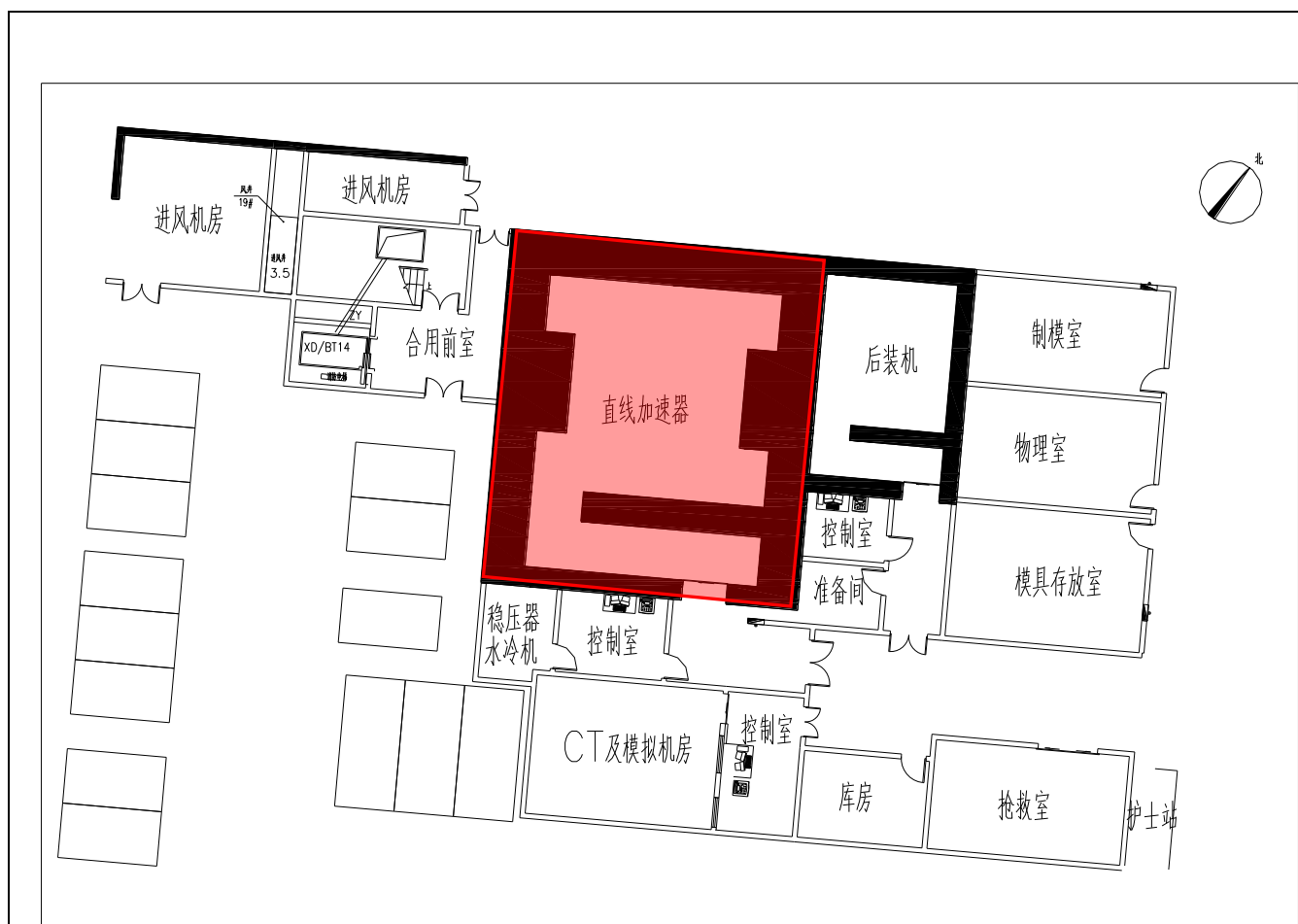


图 2-3 赣州市妇幼保健院新院区直加机房平面布置示意图

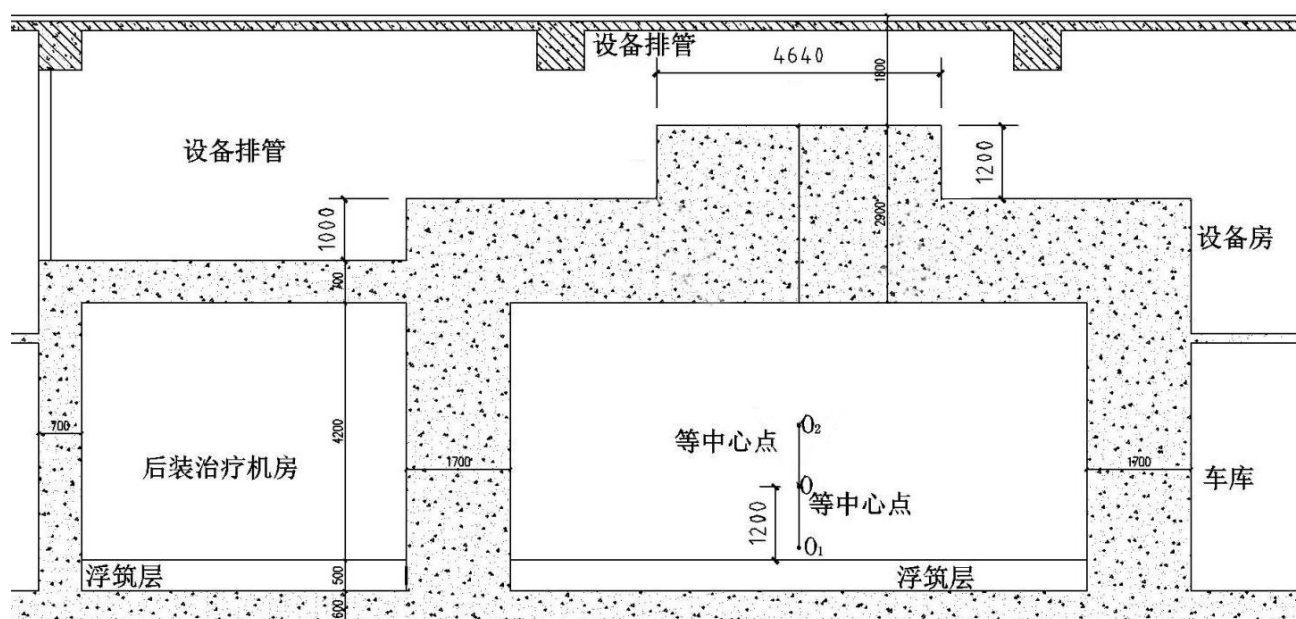


图 2-4 赣州市妇幼保健院新院区直加机房剖面图

	
直线加速器机房内	直线加速器机房东北侧（后装准备室）
	
直线加速器机房东北侧（后装机控制室）	直线加速器机房西北侧（过道）
	
直线加速器机房西南侧（停车场）	直线加速器机房东南侧（控制室）
	
直线加速器机房楼顶（管道设备层）	直线加速器机房大门口

图 2-5 医用电子直线加速器机房周围现场照片

经现场调查、核实，本次验收调查范围及环境保护目标与环评报告中内容相同，未发生变化。

表 2-2 环境保护目标一览表

环境保护对象			相对方位	距离（m）	规模（人）
门诊医技楼地下二层放疗中心直线加速器机房	职业工作人员	加速器控制室（技师）	东南侧	1	5
	公众成员	后装机治疗室	东北侧	1	流动人员
		后装准备室	东北侧	1	流动人员
		门诊医技楼	楼上	2	流动人员
		院内空地、道路	西南侧	20~50	流动人员
		马路	西北侧	21~45	流动人员
		商铺商户	西北侧	45-50	10

1.3 项目环评阶段建设内容与实际建设内容情况

本次验收内容：1 台 VitalBeam 型医用电子直线加速器，安装位置：赣康路院区（新院区）门诊医技楼地下二层放疗中心直线加速器机房。

本项目的医用电子直线加速器于 2020 年履行了环评手续，并于 2020 年 5 月 22 日取得环评批复（赣环辐射〔2020〕38 号，见附件 3），医院于 2023 年 4 月 19 日办理了辐射安全许可证变更手续，将本项目 1 台直线加速器登记在册，辐射安全许可证证书编号为赣环辐证[B2221]（见附件 2），有效期至 2027 年 4 月 13 日。

本项目直线加速器机房于 2021 年 10 月竣工，于 2023 年 4 月装机调试运行。建设单位委托江西核工业环境保护中心有限公司编制了《赣州市妇幼保健院新院区放射性同位素与射线装置应用项目（一期）竣工环境保护验收报告表》。

2023 年 7 月 15 日，建设单位组织召开竣工环境保护验收会，会上验收组同意该项目通过竣工环境保护验收会。因医院采购的医用电子直线加速器的 6MV X 射线最大输出剂量率（840Gy/h）高于辐射环境影响影响评价报告表中的 X 射线最大输出剂量率（6MV，360Gy/h），医院按照相关要求重新进行了辐射环境影响影响评价，并于 2024 年 5 月取得环评批复（赣环辐射字〔2024〕259 号，见附件 3）。

2024 年 6 月，验收报告编制单位根据以往监测数据编制了赣州市妇幼保健院新院区医用电子直线加速器改建项目竣工环境保护验收报告表。

项目环评内容情况与实际建设内容对比表见表 2-3。

表 2-3 项目环评内容与验收内容对比表

医用电子直线加速器			
内容	环评内容	实际建设内容	备注
设备型号	VitalBeam	VitalBeam	/
X 射线能量	6MV、10MV	6MV、10MV	相同
电子射线能量	6、9、12、16、20MeV	6、9、12、16、20MeV	相同
最高输出剂量率	10MV: 600cGy/min 6MV: 1400cGy/min	10MV: 600cGy/min 6MV: 1400cGy/min	相同
数量	1	1	相同
设备安装位置	新院区门诊医技楼地下二层 放疗中心直线加速器机房	赣康路院区（新院区）门诊医技楼地下 二层放疗中心直线加速器机房	相同

由表 2-3 可知，本项目建设内容与环评报告及环评批复相比较，设备型号、X 射线能量、电子束能量、设备数量及设备安装位置均未发生变化，故本项目不存在重大变动。

1.4 项目投资及环保投资

赣州市妇幼保健院医用电子直线加速器应用项目总投资为 3095 万元，购置医用电子直线加速器所需费用的增加导致验收阶段总投资较环评阶段总投资（3000 万元）有所增加，其中环保投资为 75 万元，占验收阶段总投资的 2.39%。环保投资情况见表 2-4。

表 2-4 环保投资情况一览表

污染源或保护源	项目	环评环保投资金额（万元）	验收环保投资金额（万元）
电离辐射防护措施	直线加速器机房：机房建设、电动铅板屏蔽门、设置视频监控、对讲装置、设置急停按钮、固定式剂量率仪监测装置、门机联锁、送风排风装置等。	70	70
	1 台 X、 γ 辐射仪、2 台 X、 γ 个人剂量报警仪	2	2
辐射管理措施	制定相应的规章制度和应急预案，规章制度上墙。	0.5	0.5
	所有辐射工作人员参加辐射防护与安全培训，并取得合格证。	0.5	0.5
	辐射工作人员佩戴个人剂量计，并按时送检，建立完善的个人剂量档案；所有辐射工作人员每年进行职业健康体检，并建立完善健康档案。	1	1
	日常例行监测、射线装置安全和防护状况年度评估报告。	1	1
合计		75	75

1.5 项目由来

本次验收的射线装置中，医用电子直线加速器在使用过程中产生 X 射线、 γ 射线，对环境产生辐射影响。根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年修订版）、

《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）和环境保护设施与主体工程须同时设计、同时施工、同时投入使用的“三同时”制度要求，2024年6月13日赣州市妇幼保健院委托江西核工业环境保护中心有限公司承担赣州市妇幼保健院新院区医用电子直线加速器改建项目竣工环境保护验收监测报告表的编制工作（委托书见附件1）。江西核工业环境保护中心有限公司组织验收监测组对项目现场进行了详尽踏勘，重点调查了项目周围环境情况及项目建设过程中的环保措施落实情况等，收集了项目环评文件、环评批复等有关资料，根据工程现场调查、监测结果，编制完成了《赣州市妇幼保健院新院区医用电子直线加速器改建项目竣工环境保护验收监测报告表》。

2. 源项情况

本项目使用1台VitalBeam型医用电子直线加速器，电子束能量为6、9、12、16、20MeV，X射线能量为6、10MV，等中心点处最大出束剂量率为14Gy/min，电子直线加速器靶材料为钨，属于II类射线装置，设备产生X射线，最大照射野、等中心点距地高度、X射线泄露率见表2-5，并集成了1台最大管电压为140kV，最大管电流为500mA的CBCT，属于III类射线装置。

表 2-5 本项目直线加速器技术参数一览表

设备名称	型号	射线类型	射线能量	正常治疗距离	最大输出剂量率	最大照射野	
医用电子直线加速器	VitalBeam	X 线	6MV	源皮距100cm	6Gy/min	40cm×40cm	
			10MV	源皮距100cm	14Gy/min	40cm×40cm	
		电子束	6、9、12、16、20MeV	源皮距100cm	6Gy/min	25cm×25cm	
		X 射线泄漏率			等中心高度	射线束总张角	机架旋转范围
		≤0.1%			1.25m	28°	0°~360°

3.工程设备与工艺分析

3.1 设备组成

医用电子直线加速器以磁控管/速调管为微波功率源的行波型/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。

本项目直线加速器集合1台锥形束计算机断层扫描系统（CBCT），与加速器治疗机同轴同床使用，用于图像引导定位，直线加速器与锥形束计算机断层扫描系统不会同时出束。锥形束计算机断层扫描系统包括CBCT影像平板、球管、高压发生器以及图像处理软件。CBCT系

统 X 射线机与加速器治疗机同轴，影像平板位于射线机对面，便于在加速器治疗过程中提供病灶的三维图像。

3.2 工作原理

医用电子直线加速器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目的。

CBCT 工作原理为 X 线发生器以较低的剂量围绕投照体做环形 DR（数字式投照），然后将围绕体多次“交集”中所获得的数据在计算机中重组后进而获得三维图像。该系统采用定位床，用负压袋将患者固定，用十字激光灯对患者位置进行初始定位，确定三维立体坐标，将 CT/MRI 图像中病灶的坐标转换到辐射装置的坐标系中，在治疗时，通过基于 CBCT 的图像引导定位装置进行摆位验证，通过三维床各轴的微动来调整患者的姿态，以确保放射治疗前靶区的准确性。治疗过程中，图像引导系统可以随时监测患者靶区的位置偏移，超出许可范围时给出警告并可中止治疗。

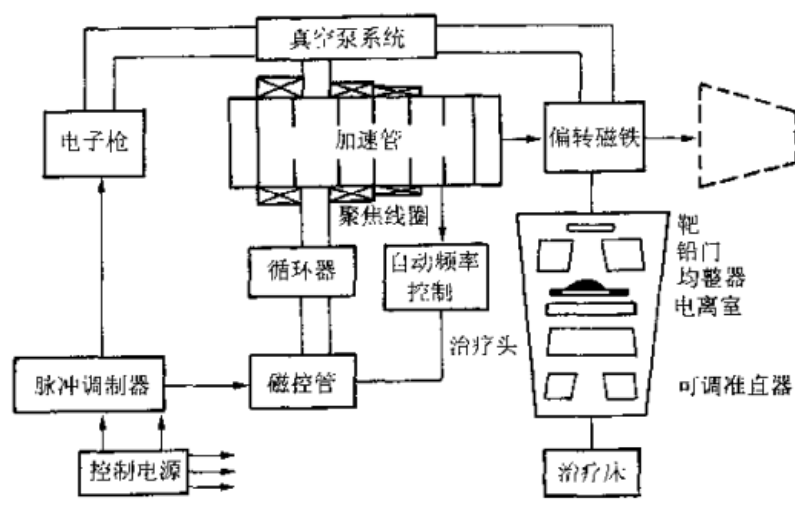


图 2-4 医用电子直线加速器结构示意图

3.3 工作流程

医用电子直线加速器进行放射治疗项目的操作流程是：

- （1）对患者进行诊断、治疗正当性判断，并预约登记。
- （2）根据每位患者自身治疗的需求，按照其身体某个部位的轮廓制作体位固定模型。
- （3）进行定位。先通放疗中心配备的 1 台模拟定位机进行模拟定位，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。

(4) 制订治疗计划。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。

(5) 固定患者体位，再利用加速器进行治疗时需需依靠 CBCT 的图像引导系统对患者进行定位，标记，调整照射角度及射野。

(6) 开机治疗。准备工作就绪后，在控制室通过计算机发出指令，开启加速器，对准患者病灶进行精确治疗。

(7) 医护人员指导患者离开加速器机房，治疗结束。

工作流程见图 2-5。

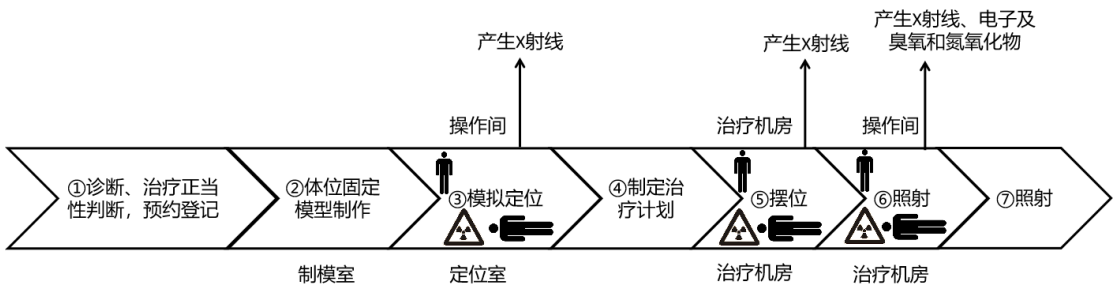


图 2-5 医用电子直线加速器工作流程及产污环节图

3.4 工作负荷

直线加速器配备辐射工作人员 5 人，放射治疗时工作人员位于控制室。本项目辐射工作人员仅从事本项目内容，不从事其他辐射工作。人员信息详见表 2-6

表 2-6 辐射工作人员信息表

姓名	岗位	职业健康体检	培训	个人剂量
肖春晖	技师	可继续原放射工作（2022.11）	FS24JX0200001	已委托，监测中
李文裕	技师	可继续原放射工作（2022.12）	FS21JX0200029	已委托，监测中
卢辛辛	医师	可继续原放射工作（2022.12）	FS21JX0200030	已委托，监测中
邱梅英	医师	可继续原放射工作（2022.12）	FS20JX0200202	已委托，监测中
徐彬	技师	可继续原放射工作（2022.12）	FS20JX0200200	已委托，监测中

本项目直线加速器年治疗病人约 7500 人/次，10%使用 10MV 模式，90%使用 6MV 模式，95%为调强放射治疗，调强放射治疗患者治疗照射时间平均为 2min/人次，其余为常规放射治疗，常规放射治疗患者治疗照射时间平均为 1.5min/人次，全按调强放射治疗做保守估算，则年出束时间为 250h。直线加速器设备自带的 CBCT 用于图像引导定位，最大出束时间约为 1min/人次，最大管电压 140kV，最大管电流 500mA。

3.5 主要污染源项

本项目使用的医用电子直线加速器在非诊疗状态下不产生射线，只有在开机并处于出线

状态时才会发出 X 射线。医用电子直线加速器在使用过程中产生的主要环境影响及影响因子如下：

（1）正常工况

加速器产生的电子束和 X 射线束，以及在产生这两种辐射的过程中产生的其它 X 射线和中子等次级辐射，一般均可称之为瞬时辐射，它在加速器运行中产生，关机后立即消失，是加速器屏蔽、防护和监测的主要对象。

①电子束

电子加速器加速的电子本身在物质中的射程很短，很容易被加速器的靶件或其它构件所阻止，不会直接造成危害，然而被加速器加速的电子束穿过薄膜窗从加速器中引出后，成为能量较高的外电子束，它在空气中的射程较长，这时要绝对禁止非治疗人员在加速器开机时误入治疗室，以防被电子束或散射电子照射造成事故。

②高能 X 射线

加速器发出的高能 X 射线一般指电子束被靶或其它物质阻止所产生的具有连续能谱的韧致辐射。它的发射率与电子的能量、束流强度、靶物质原子序数及靶厚度有关，并随发射角度而异，加速电子轰击靶物质时，不仅沿电子入射方向（即 0°方向）有 X 射线发射，即使沿其它方向也有 X 射线发射。屏蔽设计时，除了关心对 0°方向的 X 射线的屏蔽防护，还须对 90°方向甚至 180°方向发射的 X 射线的防护。

③中子

当加速器 X 射线标称能量大于 10MV 时，高能光子会与 X 射线靶、一级准直器、X 射线均整器和治疗准直器多种高原子序数的材料如铅、钨等发生（ γ 、n）光核反应，产生中子辐射。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）《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198—2021），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。本项目使用的加速器 X 射线能量不大于 10MV，故无需考虑中子辐射及感生放射性影响。

④放射性固体废物

本项目放射性废物是加速器的废弃靶，只在加速器装置需要更换金属钨靶时才产生，换下的废靶交有资质单位收贮，验收阶段暂无该放射性固体废物。

⑤冷却水

直线加速冷却水循环使用，不外排。冷却水受 X 射线照射被活化而形成的放射性核素主要是 ^{15}O 、 ^{13}N ，半衰期分别为 2.1min、7.3s，只需要放置较短的时间，其活度就可衰减到可忽略的水平。验收阶段暂无放射性废水。

⑥其他

高能 X 射线、电子束与空气中的氧分子作用还会产生臭氧及 NO_x 废气。

因此，在开机期间，X 射线成为加速器污染环境的主要因子，照射途径为外照射；其次为中子及臭氧及 NO_x 废气。

(2) 事故工况

直线加速器的 X 射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此，检修方便，断电状态下也较为安全。在意外情况下，可能出现的辐射事故如下：

①工作人员或病人家属在防护门关闭前尚未撤离加速器机房，加速器运行可能产生误照射。

②安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的加速器治疗室受到照射。

③工作人员误操作导致病人受到不必要的照射。

表三 辐射安全与防护设施/措施

1.工作场所的布局和分区管理

本项目医用电子直线加速器机房位于门诊医技楼地下二层放疗中心直加机房，医用电子直线加速器机房主要由加速器机房、控制室、辅助机房组成。医用电子直线加速器机房由治疗室、迷路和防护门组成。本项目医用电子直线加速器机房与控制室分开设置；机房（治疗室）设置“L”型迷路，迷路口设有防护门，其布局符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定。

本项目直线加速器机房工作场所相邻环境状况见表3-1。

表3-1 本项目直线加速器机房相邻环境情况一览表

机房名称	东北侧	东南侧	西南侧	西北侧	楼上	楼下
直加机房	后装治疗机房、后装治疗控制室、后装治疗准备室	直加机房控制室、辅助机房、过道	合用前室、停车场	过道	管道设备间	土层

根据上表可知，直加机房东北面为后装机房、后装控制室和准备间（后装治疗机尚未安装，以上用房均为备用房）；东南面为直线加速器控制室、患者通道和稳压器水冷机房；西南面为地下停车场、合用前室、楼梯间和电梯间；西北侧为过道。直加机房上方为管道设备层（无人到达），楼下为土层。直加机房避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，周围也没有人员流动性大的商业活动区域，因此本项目医用电子直线加速器工作场所布局满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）关于布局的要求。

本项目将医用电子直线加速器机房的治疗室及迷道划为控制区；将加速器机房控制室、辅助机房以及防护门外1m区域划为监督区，在防护门外1m边界地面画警戒线，本项医用电子直线加速器机房平面布置及分区见图3-1。

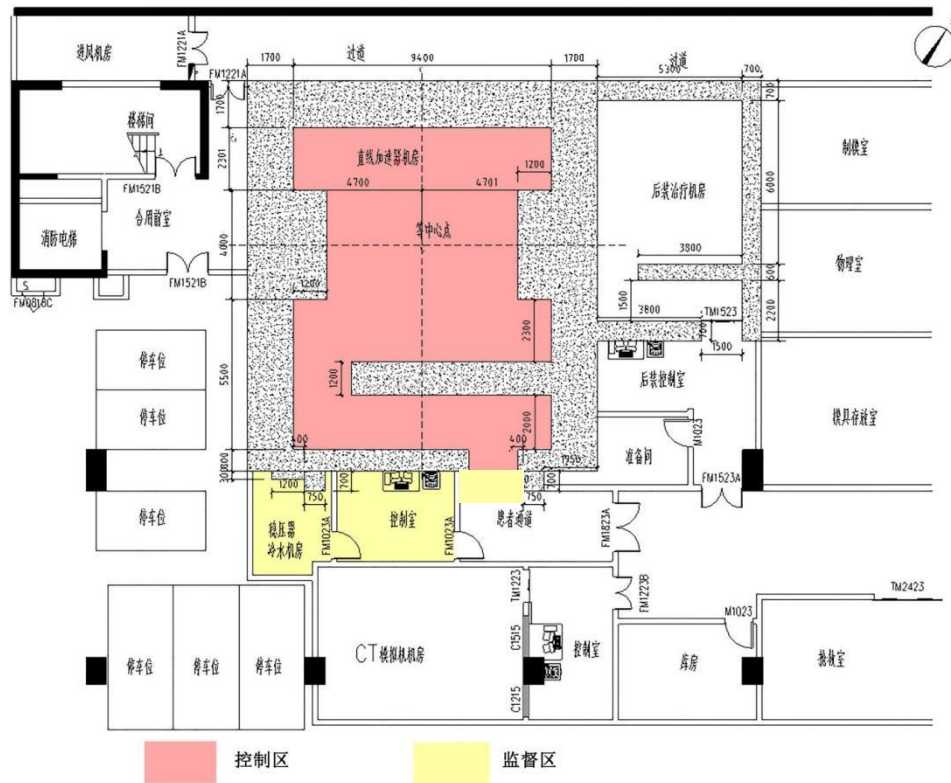


图 3-1 直线加速器机房平面布置及分区图

2.医用电子直线加速器机房实体辐射防护屏蔽措施

本次验收医用电子直线加速器机房采取的防护措施情况详见表 3-2。

表 3-2 医用电子直线加速器机房采取的防护措施情况一览表

屏蔽墙	屏蔽性质	辐射防护情况（环评）	辐射防护情况（验收）	备注
治疗室面积及净空高		60.2m ² （8.6m×7.0m），净高 4.2m	60.2m ² （8.6m×7.0m），净高 4.2m	一致
东北墙	主防护墙	2.9m 的混凝土，宽 4.0m，内凸	2.9m 的混凝土，宽 4.0m，内凸	一致
	次防护墙	1.7m 的混凝土	1.7m 的混凝土	一致
东南墙	迷路内墙	1.2m 混凝土	1.2m 混凝土	一致
	迷路外墙	迷路内墙为 1.2m 混凝土，迷路外墙部分为 0.8m 混凝土、部分为 1.1m 混凝土、部分为 1.5m	迷路内墙为 1.2m 混凝土，迷路外墙部分为 0.8m 混凝土、部分为 1.1m 混凝土、部分为 1.5m	一致
西南墙	主防护墙	2.9m 的混凝土，宽 4.0m，内凸	2.9m 的混凝土，宽 4.0m，内凸	一致
	次防护墙	1.7m 的混凝土	1.7m 的混凝土	一致
西北墙		1.7m 的混凝土	1.7m 的混凝土	一致
顶棚	主防护墙	2.9m 的混凝土，宽 4.64m，外凸	2.9m 的混凝土，宽 4.64m，外凸	一致
	次防护墙	1.7m 的混凝土	1.7m 的混凝土	一致
防护门	—	电动铅防护门，25mm 铅板 +120mm 石蜡（含硼 2%）	电动铅防护门，25mm 铅板 +120mm 石蜡（含硼 2%）	一致
注：四周屏蔽墙体及顶棚一次浇筑而成，混凝土密度不低于 2.35g/cm ³ ，铅密度不低于 11.3g/cm ³ 。				

调查结果表明：与环评阶段相比，机房屏蔽措施未变动，医用电子直线加速器机房防护措施满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的相关要求。

3.辐射安全与防护措施的设置和功能实现情况

（1）放疗装置钥匙开关

本项目医用电子直线加速器设备本身具有电源的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动治疗装置。医用电子直线加速器电源钥匙开关，由专人负责保管。

（2）实时摄像监视和对讲系统

医院在医用电子直线加速器机房治疗室迷道内墙上设置3个摄像头，治疗室西北墙、西南墙、迷道西墙上各设置1个监控摄像头。在治疗室内墙上设置两个扩音器，医用电子直线加速器设备和内墙上各设置一个收音器，可实现双向交流。视频监控及对讲装置的设置，便于控制室操作人员观察治疗室内人员停留等情况和与治疗室内人员交流。

（3）紧急停机按钮

医用电子直线加速器设备上设置2个急停按钮，机房西北墙、东北墙、东南墙、西南墙、入口门内侧旁、迷道西墙、控制室内各设1个急停按钮，按下急停按钮直线加速器立即停止出束。急停按钮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。

（4）实时辐射水平监测系统

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198—2021）中“6.2.2 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、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近”的要求，本项目在医用电子直线加速器机房治疗室内墙内入口处设置固定式辐射剂量监测仪，实时监测到的辐射剂量水平显示单元设置在控制室内，并具有报警功能，以便工作人员及时了解治疗室内的辐射水平和设备的工作情况。

（5）电动防护门门机联锁、手动开门装置、开关门控制系统

医用电子直线加速器机房入口处设置医用电子直线加速器机房防护门与加速器联锁，即防护门打开时不能出束，出束状态下开门停止出束。防护门外装有红外线防夹传感器，在门体关闭时如检测到障碍物时，门体自动打开，直至障碍物消除后门体才自动关闭。防护门设有电源储备器，在断电的情况下打开防护门。机房门内迷道入口处设置紧急开门按钮，确保一旦有患者家属或无关人员误关在机房内时能及时开门离开；控制室操作位设置具备开、关

门功能的控制系统。防护门外设置工作状态指示灯及电离辐射警告标志，工作状态指示灯与直线加速器联锁，出束时灯亮。安全联锁系统一旦被触发后，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。任何联锁旁路的调试及维修必须经医院放射防护管理领导小组批准后才能进行，且需派人现场见证。调试及维修完成后将及时进行联锁恢复及功能测试。

（6）辐射安全警示设施

本项目在直线加速器机房防护门设置醒目的电离辐射警告标志、工作状态指示灯，工作状态指示灯与加速器联锁，绿灯表示准备阶段，红灯表示设备出束状态。机房防护门外 1m 范围内地面粘贴有警示带。

本项目医用电子直线加速器机房辐射安全措施详见图 3-2。

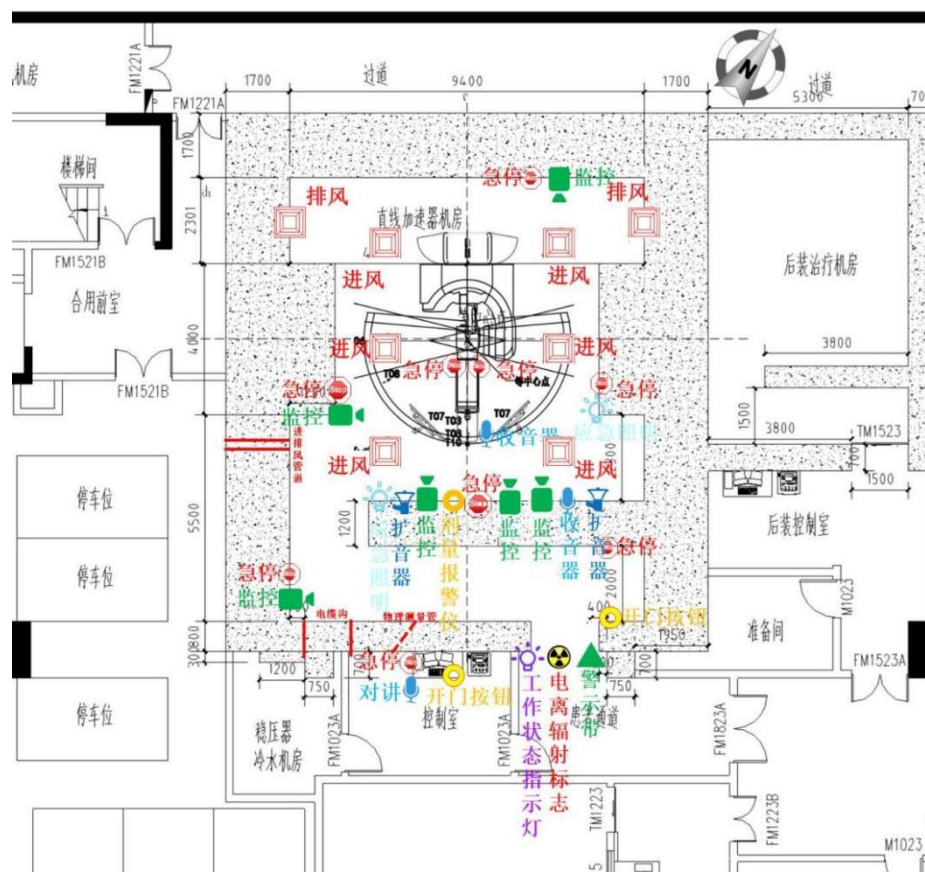


图 3-2 医用电子直线加速器机房辐射安全设施布置图

医院依托原有的 2 台 REN200 型个人剂量报警仪和 1 台 REN500A 型便携式 X-γ 辐射剂量率监测仪，所有辐射工作人员均配备个人剂量计。

直线加速器机房安装了独立的机械通风装置，采用上进风下排风设置，机房共设有 6 个进风口，直线加速器机房吊顶位置东侧 3 个，西侧 3 个，离地约 3.92m，管道采用 S 型管道；共设有 2 个排风口，直线加速器机房西北角 1 个，东北角 1 个，离地约 40cm。送风管道采用斜插方式穿越墙体，穿墙口位于机房防护门上方墙体；排风管道采用 U 型穿越墙体，穿墙

口位于机房东面墙地沟处，机房内射线不会直接照相送排风管口，经管道多次折返衰减能有效减少射线泄露影响。

加速器排风系统经现场检测排风量为 $3030\text{m}^3/\text{h}$ ，机房体积为 362.84m^3 ，计算可得有效通风换气次数为 8.3 次/h，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》中换气次数不少于 4 次/h 的要求。



固定式辐射剂量报警仪



机身上急停按钮



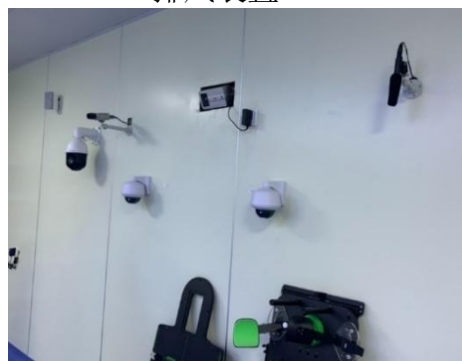
送风装置



排风装置



紧急开关



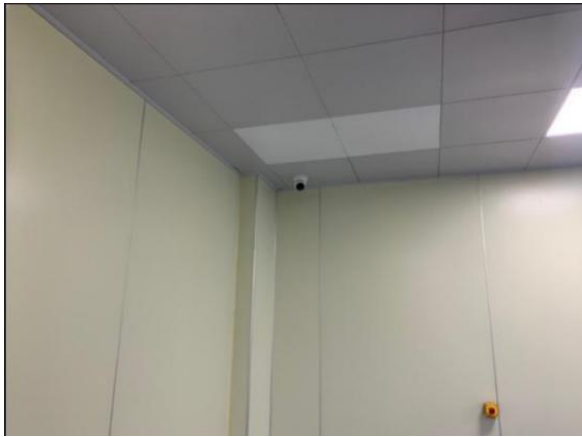
监控、对讲装置



监控主机



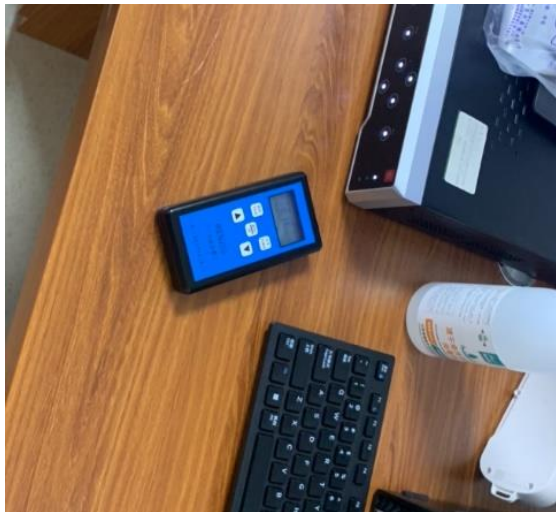
设备摆放



迷道安全措施



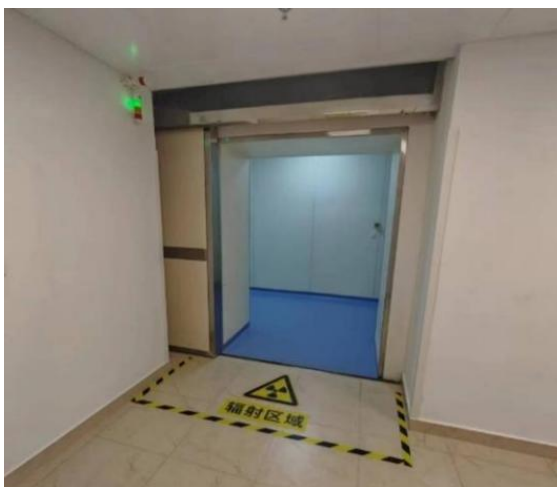
控制室控制台



个人剂量报警仪



便携式 X- γ 辐射剂量率监测仪



工作状态指示灯、电离辐射警告标志



机房防护门防夹装置



迷宫内机房门旁紧急开门按钮



控制室操作台紧急开门按钮



辐射工作人员佩戴个人剂量



制度上墙



辐射警示带

图 3-3 直加机房现场照片

4.放射性三废处理设施的建设和处理能力

验收阶段，本项目使用的医用电子直线加速器无放射性三废产生。

5.辐射安全管理情况

5.1 环境管理检查

（1）医院遵守了《建设项目环境保护管理条例》的有关规定，执行了环境影响评价制度，编制了环境影响报告表并获批准。医院重新申领了辐射安全许可证，证号为赣环辐证[B2221]，许可种类和范围 of 使用Ⅲ类放射源，使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。本次验收内容已录入辐射安全许可证。

（2）医院本项目验收内容为医院赣康路院区（新院区）门诊医技楼地下二层放疗中心直线加速器机房 VitalBeam 型医用电子直线加速器，建设内容与环评批复的建设规模相符合，医用电子直线加速器工作场所按环评报告及环评批复要求进行建设。

（3）医院落实了国家对建设项目环境保护“三同时”制度，在项目建设过程中做到辐射防护环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。

（4）医院对射线装置使用过程中的环境保护工作进行了全过程的监督和管理，设有辐射安全领导小组，从管理上保证环境保护措施的有效实施。

（5）医院成立了辐射安全领导小组。根据国家法律法规的要求和本项目的实际情况，制定了《辐射事故应急预案》、《辐射安全管理制度》、《辐射工作人员的岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《放射工作人员职业健康管理制

规章制度，辐射工作人员岗位职责、设备操作规程等制度张贴在相关操作室墙上，医院规章制度见附件 7

(6) 本项目直加辐射工作人员 5 人。医院给直加辐射工作人员配备个人剂量计各 1 个，定期送江西同欣检测技术有限公司检测，并建立个人剂量档案。由 2023 年 4 月~2024 年 3 月连续四个季度的全院辐射工作个人剂量监测报告（附件 4）可知，医院辐射工作人员最近连续四个季度的个人剂量值在 0.08~0.23mSv/a 范围内，均低于 5mSv/a 的管理限值要求。

(7) 医院定期安排辐射工作人员在赣州中科健康体检中心参加职业健康体检，建立了个人职业健康监护档案（见附件 5）。

(8) 医院现有的辐射工作人员共 29 名，其中 11 名辐射工作人员已参加生态环境主管部门组织的辐射防护与安全培训并取得合格证书（培训统计表见附件 6），有 18 名辐射工作人员通过了自主考核。

(9) 医院日常例行监测（附件 11），编制了年度射线装置安全和防护状况年度评估报告，并于 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上传（附件 8）。

5.2 本项目环评报告表中环境保护措施落实情况

《赣州市妇幼保健院新院区医用电子直线加速器改建项目环境影响报告表》中的环保措施落实情况见表 3-3。

表 3-3 环评报告表中环境保护措施落实情况一览表

项目	主要环保措施	落实执行情况	符合情况
辐射防护措施	直线加速器机房：东墙主屏蔽区厚 2.9m 混凝土，宽 4.0m，次屏蔽墙厚 1.7m 混凝土；西墙主屏蔽区厚 2.9m 混凝土，宽 4.0m，次屏蔽墙厚 1.7m 混凝土；北墙厚 1.7m 混凝土；迷路内墙厚 1.2m 混凝土；迷道外墙部分为 0.8m 混凝土、部分为 1.1m 混凝土、部分为 1.5m；顶棚主屏蔽区厚 2.9m 混凝土，宽 4.64m，次屏蔽墙厚 1.7m 混凝土。 电动铅板屏蔽门，25mm 铅板+120mm 石蜡（含硼 2%）。 医用电子直线加速器机房设置门机联锁装置，病人进出防护门设置防碰红外线传感安全联锁装置；设置固定式剂量率仪监测装置，机房防护门设置电离辐射警示标志及工作状态指示灯；治疗室及控制室设置视频监控装置及对讲装置、设置紧	直线加速器机房：东墙主屏蔽区厚 2.9m 混凝土，宽 4.0m，次屏蔽墙厚 1.7m 混凝土；西墙主屏蔽区厚 2.9m 混凝土，宽 4.0m，次屏蔽墙厚 1.7m 混凝土；北墙厚 1.7m 混凝土；迷路内墙厚 1.2m 混凝土；迷道外墙部分为 0.8m 混凝土、部分为 1.1m 混凝土、部分为 1.5m；顶棚主屏蔽区厚 2.9m 混凝土，宽 4.64m，次屏蔽墙厚 1.7m 混凝土。 电动铅板屏蔽门，25mm 铅板+120mm 石蜡（含硼 2%）。 直线加速器机房设置了门机联锁装置，机房防护门设置了电离辐射警示标志及工作状态指示灯；治疗室及控制室设置视频监控装置及对讲装置、控制室和机房内多处位置设置了紧急停机按钮以及固定式剂量率仪监测装置。	符合

	急停机按钮。		
	机房内设置通风设施。	直线加速器机房机房东侧吊顶高度处设置了两个方形散流器（进风口）。机房西墙距地面 0.5m 高度处设置两处排风口。该机房采取上进风下排风的排风方式，机房内废气由独立的排风管道排出。本项目直线加速器机房通风管道采用 Z 字型穿越墙体，排风管道采用 U 字型穿越墙体，并在转折处增加铅板。排风机排风量为 3030m ³ /h，机房体积为 362.84m ³ ，换气次数不少于 8.3 次/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求（放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排风口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置）。	符合
	便携式辐射监测设备 1 台，个人剂量报警仪 2 台。	医院为直线加速器机房配备了个人剂量报警仪 2 台。医院已购置 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率监测仪，定期对辐射工作场所及周边的 X-γ 辐射剂量率进行监测。医院内监测记录见附件 12。	符合
辐射管理措施	制定相应的规章制度和应急预案，规章制度上墙。	医院成立了辐射安全领导小组。根据国家法律法规的要求和本项目的实际情况，制定了《辐射事故应急预案》、《辐射安全管理制度》、《辐射工作人员的岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射监测计划》、《射线装置使用登记制度》、《射线装置操作规程》、《设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训计划和监测方案》等规章制度，辐射工作人员岗位职责、设备操作规程等制度张贴在相关操作室墙上，医院规章制度见附件 7，且张贴在相关操作室墙上。	符合
	辐射工作人员佩戴个人剂量计，并按时送检，建立完善的个人剂量档案；所有辐射工作人员每年进行体检，并建立完善健康档案。	本项目医用电子直线加速器共配备 5 名辐射工作人员，均为医院现有辐射工作人员，医院所有辐射工作人员均配备了个人剂量计，定期送江西同欣检测技术有限公司进行检测，并建立了完善的个人剂量档案（见附件 4）。由 2023 年 4 月~2024 年 3 月连续四个季度的个人剂量监测报告可知，医院辐射工作人员最近连续四个季度的个人剂量值在 0.08~0.23mSv/a 范围内，均低于 5mSv/a 的管理限值要求。满足剂量约束值要求。	符合

	本项目辐射工作人员参加辐射防护与安全培训，并取得合格证。	医院现有的辐射职业人员共 29 名，其中 11 名辐射工作人员已参加生态环境主管部门组织的辐射防护与安全培训并取得合格证书（培训统计表见附件 6），有 18 名辐射工作人员通过了自主考核。 医院安排辐射工作人员（包含本项目医用电子直线加速器配备的 5 名辐射工作人员）参加了职业健康体检，体检结果均为可继续原放射工作；建立了职业健康档案，辐射工作人员职业健康体检情况详见附件 5。	符合
	日常例行监测，放射性同位素与射线装置辐射安全和防护状况年度评估报告。	医院编制了 2023 年放射性同位素与射线装置辐射安全和防护状况评估报告，并在全中国核技术利用辐射安全申报系统上传，见附件 8。	符合

5.3 本项目环评批复要求落实情况

本项目环评批复要求落实情况见表 3-4。

表 3-4 环评批复要求落实情况一览表

环评批复文件要求	落实情况
（一）根据两个院区实际进一步完善辐射安全管理机构，健全操作规程、岗位职责，完善辐射防护和安全保卫制度、台账管理制度、设备检修维护与使用登记制度、人员培训计划、监测方案，制定符合两个院区实际的辐射事故应急预案。	医院成立了辐射安全领导小组。根据国家法律法规的要求和本项目的实际情况，制定了《辐射事故应急预案》、《辐射安全管理制度》、《辐射工作人员的岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射监测计划》、《射线装置使用登记制度》、《射线装置操作规程》、《设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训计划和监测方案》等规章制度，辐射工作人员岗位职责、设备操作规程等制度张贴在相关操作室墙上，医院规章制度见附件 7。
（二）及时到我厅重新申请领取辐射安全许可证。	医院已按要求重新申领了辐射安全许可证，本项目已上证，证号为赣环辐证[B2221]。
（三）相关操作人员和管理人员应按要求参加辐射安全防护培训，做到持证上岗；已取得辐射安全培训合格证书的人员应按规定每四年接受一次再培训。	医院现有的辐射职业人员共 29 名，其中 11 名辐射工作人员已参加生态环境主管部门组织的辐射防护与安全培训并取得合格证书（培训统计表见附件 6），有 18 名辐射工作人员通过了自主考核
（四）各机房具备防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施，并设置明显的放射性警示标识、工作指示灯。直线加速器、后装机治疗室入口必须采用迷路设计，设置门机联锁装置、紧急停机按钮等安全设施，配备监视、对讲和固定式	直线加速器机房设置电离辐射警告标志、工作状态指示灯。机房入口采用迷路设计，设置门机联锁装置、紧急停机按钮等安全设施，配备监视、对讲和固定式

辐射监测设备。各工作场所严格执行控制区、监督区的分区管理要求。	施。
（五）配备符合防护要求的辅助防护用品，辐射工作人员均应按要求佩戴个人剂量计，定期接受个人剂量监测并建立个人剂量和职业健康档案；按要求增设必要的辐射监测设备，如个人剂量报警仪，便携式辐射监测仪。制定详细的监测方案，定期对辐射工作场所及周边环境进行监测并做好相应记录。	所有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，并定期送检，辐射工作人员均进行职业健康体检并建立个人剂量和职业健康档案。 医院为直线加速器机房配备了个人剂量报警仪 2 台，医院已购置 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率监测仪，并定期对直线加速器机房辐射工作场所及周边的 X-γ 辐射剂量率进行监测。
（六）每年 1 月 31 日前应向生态环境部门提交辐射安全和防护状况评估报告。	医院编制了 2023 年放射性同位素与射线装置辐射安全和防护状况年度评估报告，并在全国核技术利用辐射安全申报系统上传，见附件 8。
（七）工作人员受职业照射年有效剂量必须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中剂量限值 20mSv 的要求，本项目取 5mSv 作为剂量管理限值；公众人员受照射年有效剂量必须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中剂量限值 1mSv 的要求，本项目取 0.1mSv 作为剂量管理限值。	本项目医用电子直线加速器正常运行后，所致辐射工作人员职业照射的最大附加年有效剂量值为 $5.0 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，低于环评批复中管理限值 5mSv/a。医用电子直线加速器对公众照射的最大年有效剂量值为 $1.4 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，低于环评批复中管理限值 0.1mSv/a。
（八）医用电子直线加速器治疗室防护要求达到《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 标准，加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 外的周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。	医用电子直线加速器在最大出束条件下出束时，机房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率监测结果在 $(0.154 \sim 0.38) \mu\text{Sv/h}$ 之间，满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020) 以及《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021) 中的相关要求。出束状态下机房周围 50m 内验收敏感目标处周围剂量当量率范围值在 $(155 \sim 159) \text{nSv/h}$ 之间，与本底水平 $(149 \sim 160) \text{nSv/h}$ 相当，故本项目运行对项目周边 50m 范围辐射环境的影响符合标准要求。

由表 3-3 和表 3-4 可知，本项目落实了环评报告及环评批复中提出的环境保护措施和要求。

表四 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

1.环境影响报告表评价结论

1.1 结论

赣州市妇幼保健院设有三个院区，本项目位于江西省赣州市章江新区赣康路的赣州市妇幼保健院新院区。医院在新院区门诊医技楼地下二层放疗中心直加机房实际安装 VitalBeam 型医用电子直线加速器，该医用电子直线加速器 X 射线能量挡位为 6MV 和 10MV，电子束能量有 6、9、12、16、20MeV 共 5 档，配套 1 台 CBCT，最大管电压为 140kV，最大管电流为 500mA。医院在 2020 年对医用电子直线加速器及其工作场所履行了环评手续，并于 2020 年 5 月 22 日取得环评批复（赣环辐射〔2020〕38 号，批复见附件 3），医院实际安装加速器等中心点处最高输出剂量率为 6MV（等中心剂量率为 6Gy/min，FFF 模式下 14Gy/min）、10MV（等中心剂量率为 6Gy/min），较环评批复（赣环辐射〔2020〕38 号）增加了 6MV 下的 FFF 模式（等中心点剂量率 14Gy/min），最高剂量率变化范围高于环评批复的 30%以上属于重大变动，故重新进行环境影响评价。

1.1.1 实践正当性

医用电子直线加速器的应用在我国是一门成熟的技术，它在疾病治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。赣州市妇幼保健院新院区医用电子直线加速器改建项目建设的目的在于更好开展放射治疗工作，该建设项目建成以后，将提高医院放射治疗水平，改善居民就医环境，与国家医疗产业政策相符，并具有明显的社会效益，能在保障病人健康的同时为医院创造更大的经济效益。在落实本次评价提出的各项污染防治措施后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）中辐射防护“实践正当性”的要求。

1.1.2 产业政策符合性

本次核技术利用新建项目的建设旨在提高诊断治疗水平，更好的解除病人痛苦，挽救病人的生命，提高医疗质量、改善患者就医环境，符合国家卫生事业发展的产业政策。另外，本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展和改革委员会令 第 7 号，2023 年 12 月 27 日修订版）中鼓励类十三、医药的第 4 条“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医

用材料、增材制造技术开发与应用”项目，因此本项目符合国家产业政策。

1.1.3 辐射安全与防护

本项目医用电子直线加速器机房合理建设了四周墙体、防护门、顶棚等屏蔽体厚度；对直线加速器机房实行分区管理，为加强医用电子直线加速器机房所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，本项目将直线加速器机房的治疗室及迷道划为控制区，直加机房控制室、稳压器水冷机房划为监督区。防护门外设置工作状态指示灯及电离辐射警告标志，防止人员误闯入或误照；治疗室及控制室设有监视和对讲设备，并设置紧急停机按钮；机房入口设置防护门及迷路，防护门与加速器联锁；治疗室内设置送风及排风装置，通风换气次数不小于 4 次/h；在控制室侧墙体设有电缆沟，电缆沟避开控制室操作台，采用“—”型穿越侧屏蔽墙体，有效减少射线的散射和泄漏辐射；为工作人员和患者配备必要的辐射防护用品和辅助防护设施；所有辐射工作人员均接受个人剂量监测并建立个人剂量档案和职业健康监护档案；在满足医疗治疗的条件下，确保患者所受到的照射剂量最低。本项目医用电子直线加速器屏蔽物质厚度等辐射安全与防护措施满足《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》（GBZ/T201.2-2011）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的相关要求。

1.1.4 环境影响分析

由监测结果可知，本项目在医用电子直线加速器 X 射线能量 10MV，等中心点处出束剂量率 6Gy/min，以及 X 射线能量 6MV，等中心点处出束剂量率 14Gy/min 两种工况下，直线加速器机房各关注点处剂量率最大值为 0.38 μ Sv/h，均符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的相关要求。

由实测的附加剂量率进行估算可知，本项目直线加速器正常运行时，工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 2.5×10^{-3} mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也低于剂量约束值 5mSv/a。对公众照射的最大年有效剂量值为 7.0×10^{-3} mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也低于剂量约束值 0.1mSv/a。

1.1.5 辐射安全管理

医院已建立了《赣州市妇幼保健院放射事件应急处理预案》《辐射安全管理制度》《辐射工作人员的岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《辐射安全防护设施维护与维修制

度》《放射工作人员职业健康管理制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射监测计划》《射线装置使用登记制度》《射线装置操作规程》《设备检修维护制度》《辐射工作人员培训计划和监测方案》等规章制度，并按照规章制度执行。医院将定期完善辐射事故应急预案和辐射安全领导管理小组等相关制度。本项目所有辐射工作人员均需参加生态环境部门组织的辐射安全与防护知识培训，并且考试成绩合格；发生辐射事故时，立即启动应急预案，采取应急措施，并立即向当地生态环境部门、卫生主管部门报告。对射线装置应用场所辐射安全防护状况进行年度评估，一旦发现安全隐患，立即进行整改。

1.1.6 三废处置

本项目无放射性废水产生，医用电子直线加速器产生的废靶由生产厂家回收处理。医用电子直线加速器产生少量的放射性废气由排风装置引至住院楼 15 楼楼顶排出，排气口周围无人停留

1.1.7 代价利益分析

建设单位已投资 3095 万元建成医用电子直线加速器机房，此项目的实施不仅可以为病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，从长远发展来看，此项目能获得的利益将远远大于付出的代价。因此，本项目建设符合《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。

1.1.8 结论

本评价项目建设方案中已按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行建设，本项目正常运行时，对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射防护角度论证，该评价项目是可行的。

1.2 建议

（1）医院应认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，加强核与辐射安全知识宣传，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作；

（2）项目运行前，相关辐射工作人员均需参加辐射安全与防护培训，持证上岗；检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案；

（3）严格落实辐射工作场所各项辐射防护措施，并严格执行已制定的各项辐射安全管理制度。

（4）根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）6.2.3 中“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。”建议在直加机房治疗室南墙增加一个急停按钮。

(5) 要做好辐射安全相关档案管理工作，避免丢失和遗漏。

2.环境影响报告表批复

江西省生态环境厅 2020 年 5 月对医院新院区放射性同位素与射线装置应用项目环评文件以“江西省生态环境厅关于《关于赣州市妇幼保健院新院区放射性同位素与射线装置应用项目环境影响报告表的批复》的批复”（赣环辐射〔2020〕38 号）予以批复。批复内容如下：

一、项目建设内容

(一) 现有核技术利用概况

赣州市妇幼保健院老院区位于赣州市章贡区大公路 106 号，新院区位于赣州市章江新区赣康路。医院老院区现有 III 类射线装置 10 台，其中 DR 机、胃肠 X 射线机各 2 台，移动 DR 机、双能 X 线骨密度仪、乳腺钼靶机、小 C 臂机、CT、移动 X 射线机各 1 台，已履行环境影响评价手续。辐射安全许可证书编号为赣环辐证 [B1708]。

(二) 拟建核技术利用工程内容

1.II 类射线装置使用建设内容拟在新院区门诊医技楼地下二层放疗中心西北侧设置 1 间直线加速器机房，机房内设置 1 台医用电子直线加速器（型号待定），属于 II 类射线装置，加速器加速电子最大能量为 22MeV，X 射线最大能量为 10MV，属 II 类射线装置。

拟在新院区门诊医技楼一楼介入中心设 DSA 机房 1 间，机房内安装 1 台 DSA 设备（型号待定），设备最大管电压为 125kV、最大管电流为 1250mA，属于 II 类射线装置。

2.III 类放射源使用建设内容

拟在新院区门诊医技楼地下二层放疗中心中部北侧设置 1 间后装机治疗室，机房内设置 1 台 ^{192}Ir 后装治疗机，后装治疗机使用一枚 ^{192}Ir 密封源，最大装源活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，属于 III 类放射源。

项目工程总投资 3000 万元，其中环保投资 288 万，占总投资的 9.6%。

二、项目许可意见

本项目按规定进行了公示，公示期间无投诉。根据《报告表》结论、江西省环境保护厅环境工程评估中心评估意见（赣环评估表〔2020〕F31 号），我厅原则同意该项目按《报告表》提供的建设地点、性质、规模 and 环境保护措施建设。

三、项目建设的污染防治措施及管理要求

(一) 根据两个院区实际进一步完善辐射安全管理机构, 健全操作规程、岗位职责, 完善辐射防护和安全保卫制度、台账管理制度、设备检修维护与使用登记制度、人员培训计划、监测方案, 制定符合两个院区实际的辐射事故应急预案。

(二) 及时到我厅重新申请领取辐射安全许可证。

(三) 相关操作人员和管理人员应按要求参加辐射安全防护培训, 做到持证上岗; 已取得辐射安全培训合格证书的人员应按规定每四年接受一次再培训。

(四) 各机房具备防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施, 并设置明显的放射性警示标识、工作指示灯。直线加速器、后装机治疗室入口必须采用迷路设计, 设置门机联锁装置、紧急停机按钮等安全设施, 配备监视、对讲和固定式辐射监测设备。各工作场所严格执行控制区、监督区的分区管理要求。

(五) 配备符合防护要求的辅助防护用品, 辐射工作人员均应按要求佩戴个人剂量计, 定期接受个人剂量监测并建立个人剂量和职业健康档案; 按要求增设必要的辐射监测设备, 如个人剂量报警仪, 便携式辐射监测仪。制定详细的监测方案, 定期对辐射工作场所及周边环境进行监测并做好相应记录。

(六) 每年 1 月 31 日前应向生态环境部门提交辐射安全和防护状况评估报告。

四、项目运行和竣工验收的环保要求

(一) 项目必须严格执行"配套的环境保护设施与主体工程"同时设计、同时施工、同时投入使用"的环境保护"三同时"制度, 辐射环保投资必须专款专用。

(二) 项目竣工后, 你院应按照规定的标准和程序开展项目竣工环境保护验收, 编制验收报告, 并依法向社会公开。项目经验收合格, 方可投入使用; 未经验收或者验收不合格, 不得投入使用。切实加强运行期间的辐射监测工作。

五、项目执行标准

工作人员受职业照射年有效剂量必须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中剂量限值 20mSv 的要求, 本项目取 5mSv 作为剂量管理限值; 公众人员受照射年有效剂量必须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中剂量限值 1mSv 的要求, 本项目取 0.1mSv 作为剂量管理限值。

医用电子直线加速器治疗室防护要求达到《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 标准, 加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 外的周围剂量当量

率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

DSA 机房的辐射屏蔽防护必须达到《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 标准, 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处, 周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

后装机的防护满足《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》(GBZ121-2017) 标准, 即后装机 γ 源工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时, 距贮源器表面 5cm 处的任何位置, 因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 $50\mu\text{Sv/h}$, 距贮源器表面 100cm 处的球面上, 任何一点因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 $5\mu\text{Sv/h}$; 治疗室屏蔽体外 30cm 处因透射辐射所致的周围剂量当量率应不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

六、其他环境保护要求

(一) 项目变更环境保护要求。本批复仅限于《报告表》确定的建设内容, 若项目建设内容、采用的防治污染措施等发生重大变化, 必须重新向我厅申请办理相关审批手续。

《报告表》自批准之日起满 5 年, 建设项目方开工建设, 《报告表》必须报我厅重新审核。

(二) 违法追究。对已批复的各项环境保护事项必须认真执行, 如有违反, 将依法追究法律责任。

(三) 日常环境保护监管。请赣州市生态环境局加强对项目的监督管理工作。你院应在收到本批复后 20 个工作日内, 将批准后的环境影响报告表送赣州市生态环境局, 并按规定接受各级生态环境主管部门的监督检查。

本项目已于 2020 年 5 月 22 日获得江西省生态环境厅的环评批复(《江西省生态环境厅关于赣州市妇幼保健院新院区放射性同位素与射线装置应用项目环境影响报告表的批复》, 赣环辐射〔2020〕38 号), 场所已建设完毕, 因加速器参数发生变化重新报批。

根据《赣州市妇幼保健院新院区医用电子直线加速器改建项目》结论、技术评估部门的意见(赣辐评估表〔2024〕7 号), 我厅原则同意该项目场所按《报告表》提供的建设地点、性质、规模 and 环境保护措施进行建设, 项目建设和运行的污染防治措施、竣工环保验收要求、执行标准, 以及其他环境保护要求, 与赣环辐射〔2020〕38 号文保持不变。

表五 验收监测质量保证及质量控制

根据《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）等关于质量保证相关要求，以及实验室的质量体系文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书）实行全过程质量控制，保证此次监测结果科学、有效。

针对项目特点，制定了监测方案，主要包括：监测目的、监测要求、监测因子、监测点位、监测频次、监测分析方法和依据、质量保证、监测计划安排、提交报告时间等。为保证监测结果反映环境真实水平的可靠性提供客观依据，制订了质量保证计划，主要质量保证及质量控制措施如下。

5.1 人员培训与授权

对从事辐射监测和质量管理的人员培训、资格、任用、授权、能力等进行规范管理，确保人员达到并保持与其承担的工作相适应的水平。

项目现场监测工作，由 2 名监测人员共同开展。对监测人员执行质量保证计划时，承担的责任和义务作明确规定。监测人员具备相应的专业技术水平，接受专业技术教育且经过专业培训考核合格，具备与其承担工作相适应的能力；掌握辐射防护基本知识，掌握辐射环境监测操作技术和质量控制程序，掌握数理统计方法；具备良好的敬业精神和职业操守，认真执行国家生态环境和其他有关法规标准。

5.2 监测方法选择

监测方法选用生态环境主管部门发布的环境监测专用的环境标准，本次验收监测方法选用《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。

5.3 仪器质量控制

5.3.1 检定/校准

监测仪器投入使用前，在国家计量部门或其授权的校准机构检定/校准，并确保在有效期内使用；校准因子准确使用；监测仪器维修后、安装和恢复使用前，重新进行检定/校准。

5.3.2 定期核查

为保证监测数据的准确可靠，对监测仪器进行定期维护、期间核查和（或）稳定性控制，并根据核查结果对仪器当前状态作出评价。核查周期的长短取决于其可靠程度、故障率等因素。核查误差超过规定限度，仪器停用，检查原因，重新检定/校准。

5.3.3 监测仪器选择

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）要求，选用能量响应、时间响应、量程、

相对误差、工作条件等均满足要求的 AT1121 型便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪，开展监测工作。

5.4 数据处理中的质量控制

5.4.1 数据记录

现场监测作业过程中，工作人员按规定的格式和内容填写记录文件，清楚、详细、准确地记录，不得随意涂改。

5.4.2 数据校核

分析数据前，对原始数据进行整理、校核。校核人员校核原始记录是否符合相关规范要求，若有计算或记录错误，反复核算后予以订正。

5.4.3 数据审核

审核人员对数据的准确性、逻辑性、可比性和合理性进行审核。审核由二人独立进行，或由未参与监测人员进行核算。

5.4.4 数据保存

委托检测协议、现场检测通知单、原始记录、报告审核记录、监测报告、质量保证计划及其核查等资料，归档保存。

5.5 内部质量控制

辐射环境监测机构建立并严格执行各项规章制度，包括但不限于：监测人员岗位责任制；实验室安全防护制度；仪器管理使用制度；原始数据、记录、资料管理制度等。实验室保持整洁、安全的操作环境。

5.6 外部质量控制

辐射环境监测机构通过检验检测机构资质认定，并按照国家资质认定管理部门要求参加能力验证活动。同时，积极参与相关机构组织的实验室间比对或参加权威机构的能力验证，对比对或能力验证的结果进行评估，从中发现可能存在的系统误差，采取必要的纠正措施，确保实验室检测能力和水平。

表六 验收监测内容

1.监测布点原则及监测点布置

按照相关的监测方法和布点原则的要求，结合现场条件，全面、合理布点，重点考虑辐射工作人员长时间工作的场所和其他公众可能到达的场所，在医用电子直线加速器机房四周、楼上、防护门外、管线口、操作位等处布设监测点，具体监测点位见图 6-1~图 6-3，监测因子为周围剂量当量率。

2.监测因子及监测频次

为掌握本项目医用电子直线加速器应用项目工作场所及周围环境辐射水平，江西省地质局实验测试大队验收监测人员分别于 2023 年 4 月 25 日与 2024 年 1 月 22 日对新院区门诊医技楼地下二层放疗中心直线加速器机房的 1 台 VitalBeam 型医用电子直线加速器工作场所及其周围环境的辐射水平进行了监测。

监测因子：周围剂量当量率。

监测频次：医用电子直线加速器处于关机状态，对机房屏蔽体周边及 50m 范围各关注点进行巡测，仪器读数稳定后，以约 10s 的间隔读取 10 个数据并记录。在常用能量档匹配的等中心处最高剂量率（10MV：6Gy/min；6MV：14Gy/min）条件下分别对机房屏蔽体周边及 50m 范围各关注点进行监测，首先进行巡测，以发现可能出现的高辐射水平区域。在巡测的基础上对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点监测，检测点位主要为控制区边界，包括：防护墙、机房上方、防护门、操作位、管线孔等。每个检测点位每次读 10 个数，取其平均值作为测量结果。

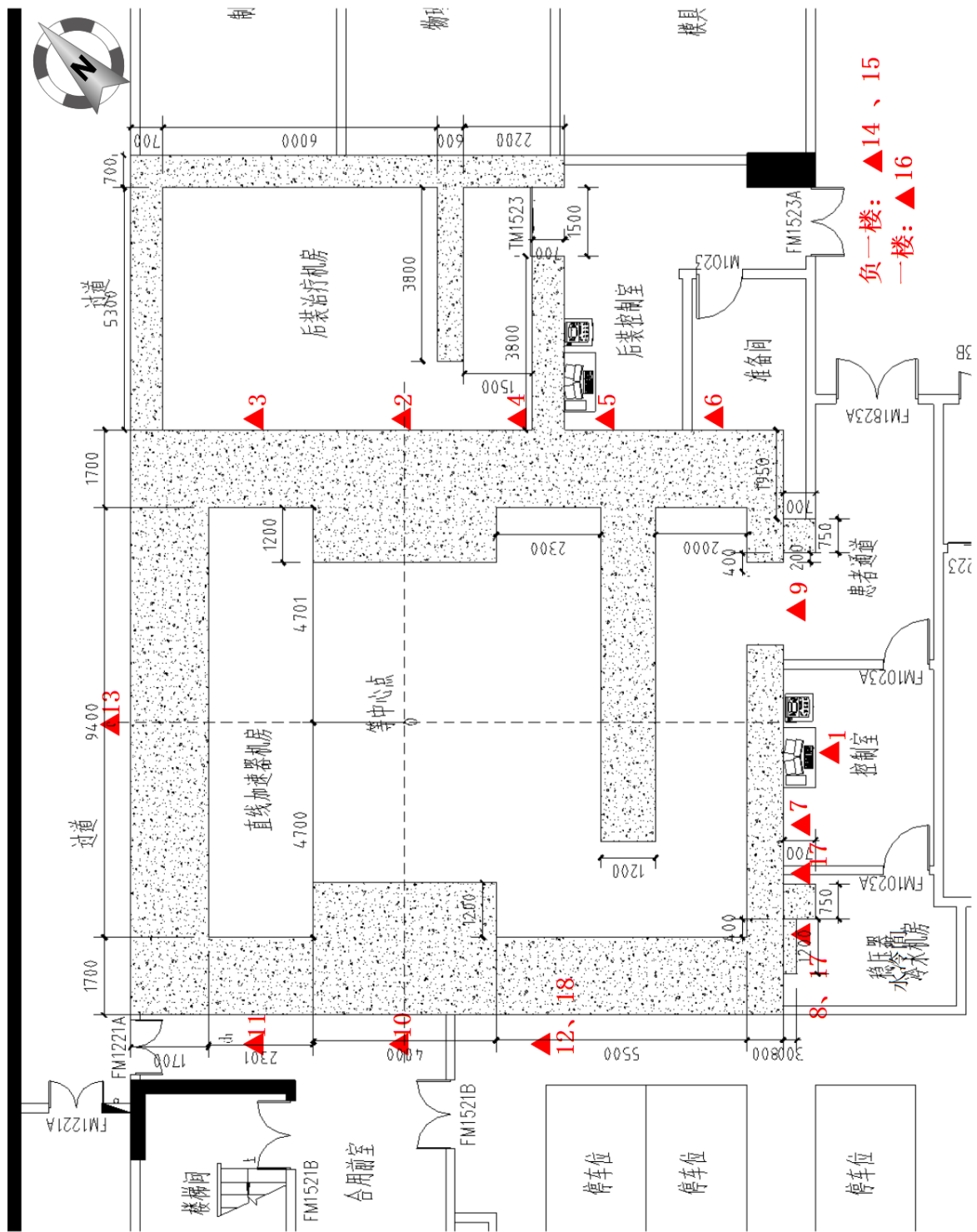
3.验收监测方法及监测仪器

本项目委托江西省地质局实验测试大队于 2023 年 4 月 25 日对医用电子直线加速器应用场所及周边环境进行了监测。监测方法执行《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），监测设备为 AT1123 型/AT1121 型便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪。监测仪器情况见表 6-1。监测布点图见图 6-1，图 6-2。

表 6-1 监测仪器情况一览表

仪器名称	便携式 X- γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号/编号	AT1123/F260
测量范围	50nSv/h~10Sv/h
能量响应范围	15keV~10MeV
生产厂家	ATOMTEX
出厂编号	55936(0.06-10)MeV
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

检定证书编号	2022H21-20-4212503003
检定证书有效期	2022 年 11 月 01 日~2023 年 10 月 31 日
监测日期	2023 年 4 月 25 日
监测单位	江西省地质局实验测试大队



图例：▲i 周围剂量当量率监测点位置及序号

图 6-1 新院区门诊医技楼地下二层放疗中心直线加速器机房应用场所
监测布点示意图（10MV：6Gy/min）

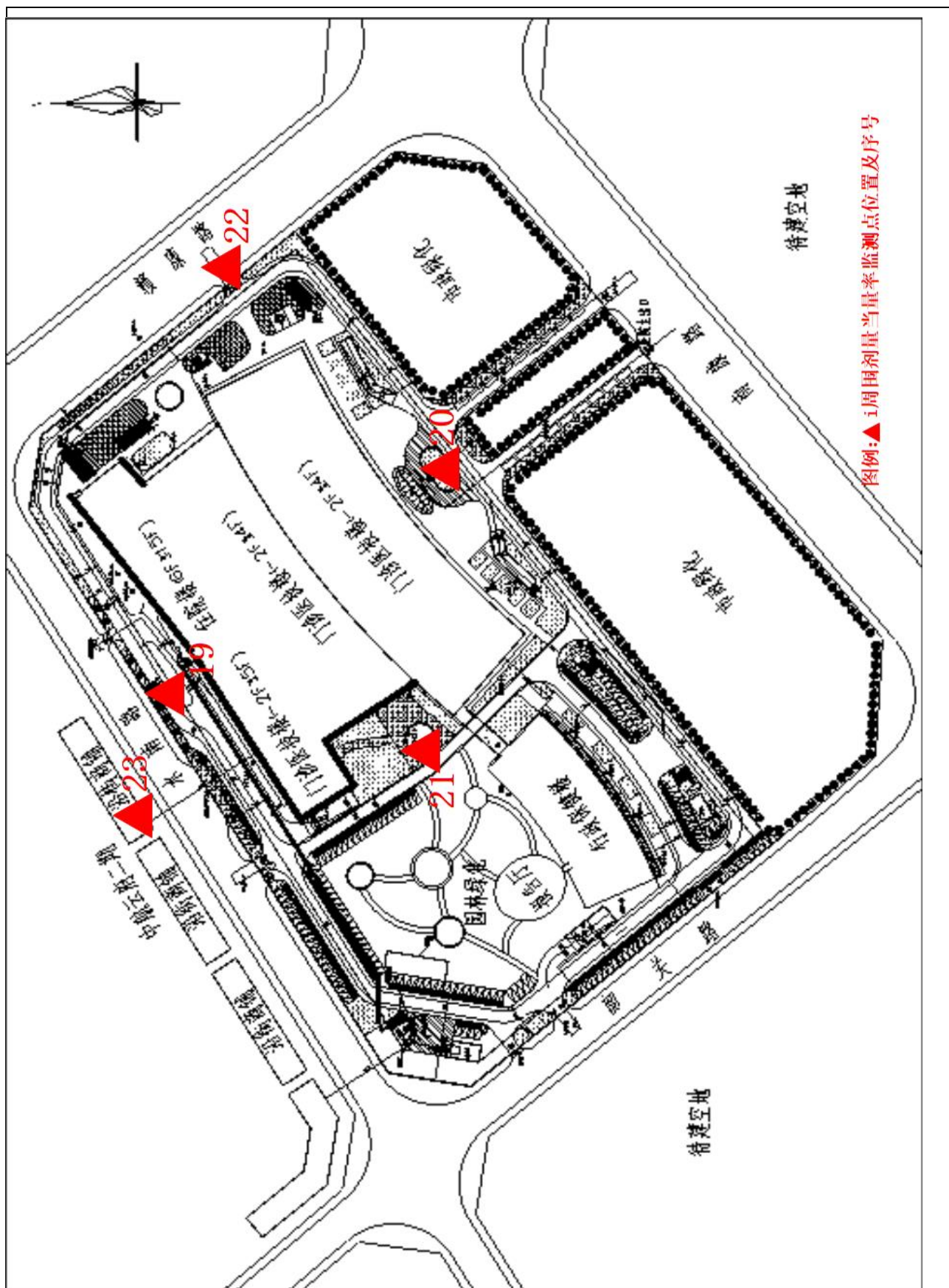


图 6-2 新院区门诊医技楼地下二层放疗中心直线加速器机房
50m 范围应用场所监测布点示意图 (10MV: 6Gy/min)

2024年1月22日江西省地质局实验测试大队对医用电子直线加速器应用场所进行了补测。监测方法执行《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），监测设备为AT1121型便携式X、γ辐射周围剂量当量率仪。监测仪器情况见表6-2。监测布点图6-3。

表 6-2 监测仪器情况

仪器名称	便携式 X-γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号/编号	AT1121/F171
测量范围	50nSv/h~10Sv/h
能量响应范围	15keV~10MeV
生产厂家	ATOMTEX
出厂编号	44450(0.06-10)MeV
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
检定证书编号	2023H21-20-4702170003
检定证书有效期	2023 年 7 月 20 日~2024 年 7 月 19 日
监测日期	2024 年 1 月 22 日
监测单位	江西省地质局实验测试大队

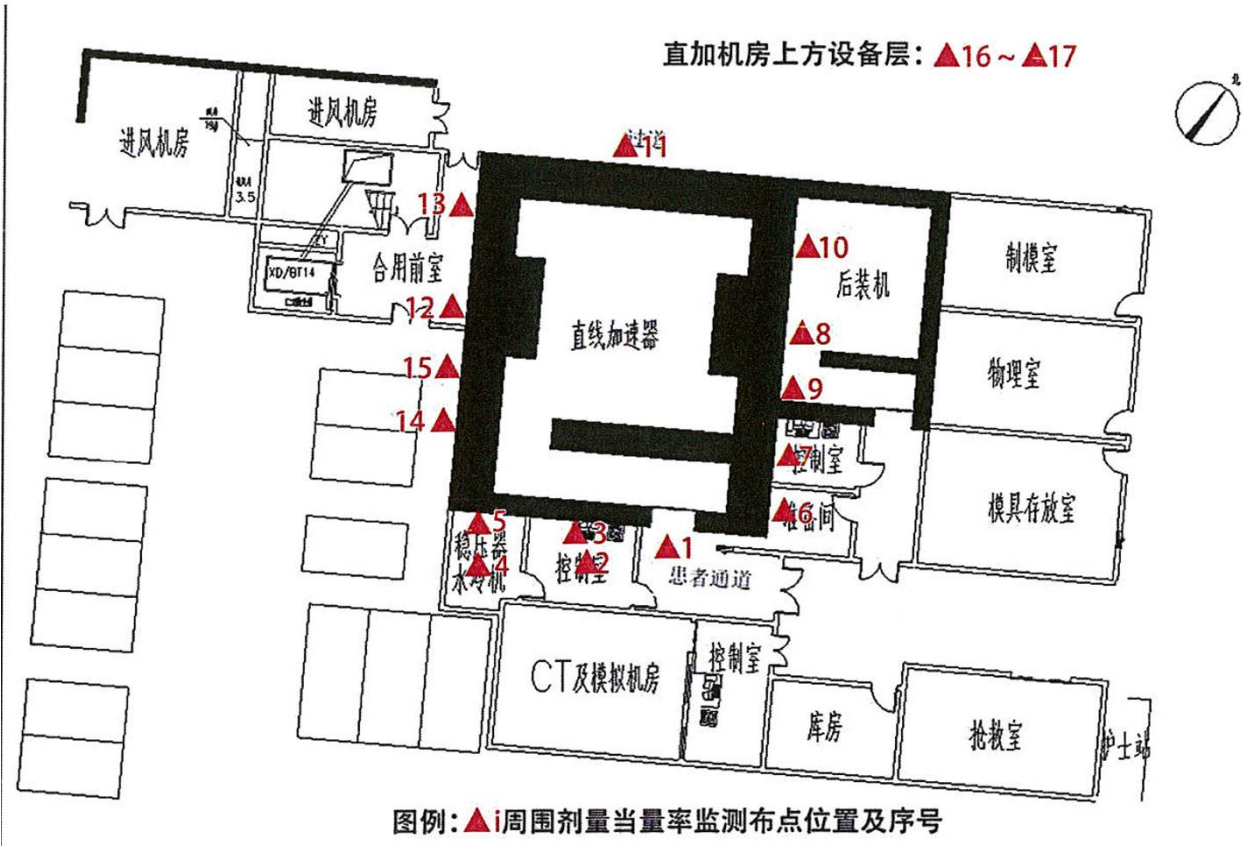


图 6-3 新院区门诊医技楼地下二层放疗中心直线加速器机房应用场所监测布点示意图（6MV：14Gy/min）

表七 验收监测

1.验收监测工况

本项目 VitalBeam 型医用电子直线加速器 2023 年 4 月 25 日监测工况见表 7-1，2024 年 1 月 22 日监测工况见表 7-2。监测点位布置图见图 6-1 至图 6-2，直线加速器机房及周边环境周围剂量当量率水平监测结果见表 7-3、表 7-6。

表 7-1 2023 年 4 月 25 日 VitalBeam 型医用电子直线加速器监测工况一览表

监测点位与监测对象	VitalBeam 型医用电子直线加速器
△1（控制室操作位）	有用线束朝下，等中心放置水模体
△2（机房东北墙主防护墙外 30cm 处）	有用线束朝东北墙，有用线束方向无模体，治疗野的对角线垂直于治疗机架旋转平面
△3~△5（机房东北墙次防护墙外 30cm 处）	有用线束朝东北墙，等中心放置水模体
△6（机房东北墙次防护墙外 30cm 处）	有用线束朝西南墙，等中心放置水模体
△7（机房东南墙外 30cm 处）	有用线束朝下，等中心放置水模体
△8（机房东南墙外 30cm 处）	有用线束朝东北墙，等中心放置水模体
△9（机房防护门外 30cm 处）	有用线束朝西南墙，等中心放置水模体
△10（机房西南墙主防护墙外 30cm 处）	有用线束朝西南墙，有用线束方向无模体，治疗野的对角线垂直于治疗机架旋转平面
△11~△12、△18（机房西南墙次防护墙外 30cm 处）	有用线束朝西南墙，等中心放置水模体
△13（机房西北墙外 30cm 处）	有用线束朝下，等中心放置水模体
△14~△15（机房楼顶外 30cm 处）	有用线束朝上，等中心放置水模体
△17（电缆沟处）	有用线束朝东北墙，等中心放置水模体
△16、△19~△23（机房屏蔽体外 50m 范围）	有用线束朝上，等中心放置水模体
监测条件：X 射线能量 10MV，等中心点剂量率 600cGy/min，照射野 40cm×40cm，每次出束时间 4min。	

表 7-2 2024 年 1 月 22 日 VitalBeam 型医用电子直线加速器监测工况一览表

监测点位与对象	机架角度	散射体
1 直加机房防护门外 30cm	90°（主射线朝西南）	有
2、3 直加控制室	0°（主射线朝下）	有
4、5 直加水冷间	270°（主射线朝东北）	有
6 直加机房东北侧墙外 30cm 后装准备间	90°（主射线朝西南）	有
7、9、10 直加机房东北侧次屏蔽墙外 30cm	270°（主射线朝东北）	有
8 直加机房东北侧主屏蔽墙外 30cm	270°（主射线朝东北）	无
11 直加机房西北侧墙外 30cm 过道	0°（主射线朝下）	有
12 直加机房西南侧主屏蔽墙外 30cm	90°（主射线朝西南）	无
13~15 直加机房西南侧次屏蔽墙外 30cm	90°（主射线朝西南）	有
16、17 直加机房上方设备层旁	180°（主射线朝上）	有
监测条件：X射线能量6MV FFF模式，有用线束等中心点处输出量率14Gy/min，照射野40cm×40cm。		

2. 监测结果

直线加速器机房及周边环境周围剂量当量率水平监测结果见表 7-3 至表 7-6。

表 7-3 直线加速器机房及周边环境周围剂量当量率水平监测结果（关机状态）

序号	设备名称	监测位置	周围剂量当量率（nSv/h）		
			开/关机	测量结果	标准偏差
1	门诊医技楼地下二层放疗中心直线加速器机房（VitalBeam 型医用直线加速器）	控制室操作位处	关机	151	1
2		东北墙主屏蔽墙外 30cm 处	关机	155	1
3		东北墙次屏蔽墙外 30cm 处 1	关机	152	1
4		东北墙次屏蔽墙外 30cm 处 2	关机	151	2
5		东北墙外 30cm 处（后装控制室）	关机	155	1
6		东北墙外 30cm 处（后装准备间）	关机	149	2
7		东南墙外 30cm 处（直加控制室）	关机	151	1
8		东南墙外 30cm 处（水冷间）	关机	153	2
9		机房防护门外 30cm 处	关机	156	2
10		西南墙主屏蔽墙外 30cm 处	关机	157	2
11		西南墙次屏蔽墙外 30cm 处 1（合用前室）	关机	152	2
12		西南墙次屏蔽墙外 30cm 处 2（停车场）	关机	153	1
13		西北墙外 30cm 处	关机	150	1
14		机房楼上距地 30cm 处（负一楼设备管道层旁过道）	关机	150	2
15		机房楼上距地 30cm 处（负一楼设备管道层旁办公室）	关机	152	1
16		一楼放射科办公室	关机	153	2
17		电缆沟处	关机	154	2
18		进排风管道	关机	159	2
19		住院楼西北侧出入口	关机	155	1
20		门诊医技楼东南侧出入口	关机	160	1
21		医院街西南侧出入口	关机	156	1
22		医院急诊急救出入口	关机	154	1
23		医院西北侧沿街商铺	关机	155	1

注：监测值未扣除仪器对宇宙射线的响应值。

表 7-4 直线加速器机房及周边环境周围剂量当量率水平监测结果（出束状态）

序号	设备名称	监测位置		周围剂量当量率（nSv/h）			
				开/关机	测量结果	标准偏差	
1	门诊医技楼 地下二层放 疗中心直线 加速器机房 （VitalBeam 型医用直线 加速器）	控制室操作位处*		开机	161	1	
2		东北墙主屏蔽墙外 30cm 处		开机	3.7×10^2	6	
3		东北墙次屏蔽墙外 30cm 处 1		开机	3.5×10^2	8	
4		东北墙次屏蔽墙外 30cm 处 2		开机	3.6×10^2	8	
5		东北墙外 30cm 处（后装控制室）		开机	216	3	
6		东北墙外 30cm 处（后装准备间）		开机	196	2	
7		东南墙外 30cm 处（直加控制室）		开机	169	1	
8		东南墙外 30cm 处（水冷间）		开机	158	1	
9		机房防护门外 30cm 处	上	开机	206	2	
			下	开机	208	2	
			中	开机	205	2	
			左	开机	202	2	
			右	开机	205	2	
10		西墙主屏蔽墙外 30cm 处*		开机	3.8×10^2	8	
11		西南墙次屏蔽墙外 30cm 处 1 （合用前室）		开机	3.6×10^2	8	
12		西墙次屏蔽墙外 30cm 处 2 （停车场）		开机	3.7×10^2	8	
13		西北墙外 30cm 处		开机	181	2	
14		机房楼上距地 30cm 处 （负一楼设备管道层旁过道）		开机	157	1	
15		机房楼上距地 30cm 处 （负一楼设备管道层旁办公室）		开机	164	2	
16		一楼放射科办公室*		开机	158	3	
17		电缆沟处		开机	266	5	
18		进排风管道		开机	165	2	
19		住院楼西北侧出入口		开机	159	1	
20		门诊医技楼东南侧出入口		开机	159	2	
21		医院街西南侧出入口		开机	158	1	
22		医院急诊急救出入口		开机	157	1	
23		医院西北侧沿街商铺		开机	155	1	

注：①监测时，监测值未扣除仪器对宇宙射线的响应值。*为有效剂量估算取值位置；

②X 射线能量 10MV，等中心点剂量率 600cGy/min，照射野 40cm×40cm，每次出束时间 4min。

表 7-5 直线加速器机房及周边环境周围剂量当量率水平监测结果（关机状态）

序号	设备名称	监测位置	周围剂量当量率（nSv/h）		
			开/关机	测量结果	标准偏差
1	VitalBeam 型医用电子直线加速器	直加机房防护门外 30cm	关机	144	2
2		直加控制室操作位	关机	153	2
3		直加控制室电缆沟	关机	153	2
4		直加水冷间	关机	173	2
5		直加水冷间电缆沟	关机	173	2
6		直加机房东北侧墙外 30cm 后装准备间	关机	178	3
7		直加机房东北侧墙外 30cm 后装控制室	关机	178	3
8		直加机房东北侧主屏蔽墙外 30cm	关机	179	2
9		直加机房东北侧次屏蔽墙外 30cm（1）	关机	178	2
10		直加机房东北侧次屏蔽墙外 30cm（2）	关机	177	3
11		直加机房西北侧墙外 30cm 过道	关机	179	3
12		直加机房西南侧主屏蔽墙外 30cm	关机	172	2
13		直加机房西南侧次屏蔽墙外 30cm（1）	关机	171	3
14		直加机房西南侧次屏蔽墙外 30cm（2）	关机	169	2
15		进排风管道	关机	170	2
16		直加机房上方 30cm （负一楼设备层旁过道）	关机	153	2
17		直加机房上方 30cm （负一楼设备层旁办公室）	关机	154	2

表 7-6 直线加速器机房及周边环境周围剂量当量率水平监测结果（开机状态）

序号	设备名称	监测位置		周围剂量当量率（nSv/h）		
				开/关机	测量结果	标准偏差
1	VitalBeam 型医用电子直线加速器	直加机房防护门外 30cm	左门缝	开机	155	4
			右门缝	开机	154	4
			中间	开机	155	4
			上门缝	开机	156	3
			下门缝	开机	156	3
2		直加控制室操作位		开机	191	4
3		直加控制室电缆沟		开机	192	4
4		直加水冷间		开机	191	2
5		直加水冷间电缆沟		开机	191	2
6		直加机房东北侧墙外 30cm 后装准备间		开机	192	7
7		直加机房东北侧墙外 30cm 后装控制室		开机	196	9
8		直加机房东北侧主屏蔽墙外 30cm		开机	200	3
9		直加机房东北侧次屏蔽墙外 30cm（1）		开机	199	2

10		直加机房东北侧次屏蔽墙外 30cm (2)	开机	199	2
11		直加机房西北侧墙外 30cm 过道	开机	190	2
12		直加机房西南侧主屏蔽墙外 30cm	开机	192	1
13		直加机房西南侧次屏蔽墙外 30cm (1)	开机	192	1
14		直加机房西南侧次屏蔽墙外 30cm (2)	开机	192	1
15		进排风管道	开机	194	1
16		直加机房上方 30cm (负一楼设备层旁过道)	开机	158	6
17		直加机房上方 30cm (负一楼设备层旁办公室)	开机	159	4

注：①监测时，监测值未扣除仪器对宇宙射线的响应值。
②X 射线能量 6MV，等中心点剂量率 1400cGy/min，照射野 40cm×40cm。

由上表 7-3 至 7-6 监测结果可知，医用电子直线加速器在 X 射线最高能量及等中心处最高剂量率、最大照射野出束时，机房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率监测结果在 (0.154~0.38) $\mu\text{Sv/h}$ 之间，满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020) 以及《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021) 中的相关要求。出束状态下机房周围 50m 内验收敏感目标处周围剂量当量率范围值在 (155~159) nSv/h 之间，在本底水平 (149~160) nSv/h 范围内，故本项目运行时对项目周边 50m 范围辐射环境的影响符合相关标准要求。

3. 剂量估算

个人年有效剂量计算模式如下：

$$H_{\gamma} = D_{\gamma} \times T \times 10^{-6}$$

式中： H_{γ} — γ 辐射外照射人均年有效剂量当量， mSv ；

D_{γ} —X- γ 辐射剂量率， nSv/h ；

T—年工作时间，h。

3.1 直线加速器机房

本项目直线加速器年治疗病人约 7500 人/次，10%使用 10MV 模式，90%使用 6MV 模式，95%为调强放射治疗，调强放射治疗患者治疗照射时间平均为 2min/人次，其余为常规放射治疗，常规放射治疗患者治疗照射时间平均为 1.5min/人次，全按调强放射治疗做保守估算，则年出束时间为 250h。本项目辐射工作人员仅从事本项目内容，不从事其他辐射工作。

①对辐射工作人员：附加辐射剂量率取医用电子直线加速器出束状态下控制室操作位的监测数值与关机状态下操作位的辐射剂量率均值之差；居留因子取 1。

②对公众成员：附加辐射剂量率取医用电子直线加速器出束状态下机房周边环境辐射剂量率的监测最大数值与关机状态下的辐射剂量率均值之差，公众人员的居留因子取 1/8。

辐射工作人员和公众成员的最大附加年有效剂量见表 7-7。

表 7-7 医用电子直线加速器工作人员和公众最大附加年有效剂量估算表

项目名称	成员	附加剂量率 (nSv/h)	居留 因子	年工作时间 (h)	附加年有效剂量 (mSv)
医用电子 直线加速 器	辐射工作人员	161-151=10	1	250	2.5×10^{-3}
	公众人员	380-157=223	1/8	250	7.0×10^{-3}

由表 7-7 表明，本项目医用电子直线加速器正常运行后，所致辐射工作人员职业照射的最大附加年有效剂量值为 $2.5 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，低于环评批复中管理限值 5mSv/a 。医用电子直线加速器对公众照射的最大附加年有效剂量值为 $7.0 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，低于环评批复中管理限值 0.1mSv/a 。

4. 辐射工作人员个人剂量监测结果

本项目医用电子直线加速器共配备 5 名辐射工作人员，均为医院现有辐射工作人员，医院所有辐射工作人员均配备了个人剂量计，定期送江西同欣检测技术有限公司进行检测，并建立了完善的个人剂量档案（见附件 4）。由 2023 年 4 月至 2024 年 3 连续四个季度的个人剂量检测报告可知，医院辐射工作人员 2022 年度的个人剂量值在 $0.08 \sim 0.23 \text{mSv/a}$ 范围内，个人累积剂量均低于 5mSv/a ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求。

表八 验收监测结论

一、验收监测结论

1. 验收项目情况

本次验收内容：1 台 VitalBeam 型医用电子直线加速器，安装位置：新院区门诊医技楼地下二层放疗中心直线加速器机房。本项目于 2020 年履行了环评手续，取得了环评批复（批复号：赣环辐射〔2020〕38 号），已按相关要求变更了辐射安全许可证，证号为赣环辐证[B2221]。因医院采购的医用电子直线加速器的 X 射线最大输出剂量率（840Gy/h）高于辐射环境影响影响评价报告表中的 X 射线最大输出剂量率（360Gy/h），医院按照相关要求重新进行了辐射环境影响影响评价，并于 2024 年 5 月取得环评批复（赣环辐射字〔2024〕259 号，建设内容包含在环评批复的建设规模内。

2. 屏蔽效果验收结论

医用电子直线加速器在最大出束条件下出束时，机房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率监测结果在（157~380）nSv/h 之间，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）以及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中的相关要求。出束状态下机房周围 50m 内验收敏感目标处周围剂量当量率范围值在（155~159）nSv/h 之间，与本底水平（149~160）nSv/h 相当，故本项目运行对项目周边 50m 范围辐射环境无影响。

3. 辐射安全防护措施验收结论

本项目机房合理设计了四周墙体、防护门、顶棚等屏蔽体厚度，对机房实行分区管理，将本项目内治疗室及迷道划为控制区，将机房南侧天井、楼上绿化带划为监督区；防护门外设置工作状态指示灯及电离辐射警告标志，防止人员误闯入或误照；治疗室及控制室设有监视和对讲设备，并设置紧急停机按钮；机房入口设置防护门及迷路，防护门与加速器联锁；治疗室内设置送风及排风装置，通风换气次数为 8.3 次/h；在辅助机房墙体处设有电缆沟，电缆沟避开控制室操作台，采用多折曲路下穿方式穿越侧屏蔽墙体，有效减少射线的散射和泄漏辐射；为工作人员和患者配备必要的辐射防护用品和辅助防护设施；所有放射工作人员均接受个人剂量监测并建立个人剂量档案和职业健康监护档案；在满足医疗治疗的条件下，确保患者所受到的照射剂量最低，本项目机房防护设施满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）等标准的要求。

医院落实了国家对建设项目环境保护“三同时”制度，在项目建设过程中做到辐射防护环保

设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。

4. 有效剂量估算验收结论

本项目医用电子直线加速器正常运行后,所致辐射工作人员职业照射的最大附加年有效剂量值为 $2.5 \times 10^{-3} \text{mSv}$, 低于环评批复中管理限值 5mSv/a 。对公众照射的最大附加年有效剂量值为 $7.0 \times 10^{-3} \text{mSv}$, 低于环评批复中管理限值 0.1mSv/a 。

5. 辐射安全管理验收结论

(1) 医院遵守了《建设项目环境保护管理条例》、《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》等的有关规定, 执行了环境影响评价制度, 编制了环境影响报告表并获批准。已按要求更换了辐射安全许可证, 证号为赣环辐证[B2221] (有效期至 2027 年 4 月 13 日)。

(2) 本项目内容为: 使用Ⅱ类射线装置: 1 台 VitalBeam 型医用电子直线加速器。建设内容包含在环评批复的建设规模内。

(3) 医院落实了国家对建设项目环境保护“三同时”制度, 在项目建设过程中做到辐射防护环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。

(4) 医院对射线装置使用过程中的环境保护工作进行了全过程的监督和管理, 设有专职环境保护部门和人员, 从管理上保证环境保护措施的有效实施。

(5) 医院成立了辐射安全领导小组及放射性事件应急处理领导小组。根据国家法律法规的要求和本项目的实际情况, 制定了《辐射事故应急预案》、《辐射安全管理制度》、《辐射工作人员的岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射监测计划》、《射线装置使用登记制度》、《射线装置操作规程》、《设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训计划和监测方案》等规章制度, 辐射工作人员职责、设备操作规程等制度张贴在相关操作室墙上, 医院规章制度见附件 7。

(6) 本项目依托现有辐射工作人员, 医院落实了所有辐射工作人员均配备了个人剂量计, 定期送江西同欣检测技术有限公司进行检测, 并建立了完善的个人剂量档案 (见附件 4)。由 2023 年 4 月至 2024 年 3 月连续四个季度的个人剂量检测报告可知, 医院辐射工作人员个人累积剂量均低于 5mSv/a , 满足剂量约束值要求。

(7) 医院现有的辐射职业人员共 29 名, 其中 11 名辐射工作人员已参加生态环境主管部

门组织的辐射防护与安全培训并取得合格证书（培训统计表见附件 6），有 18 名辐射工作人员通过了自主考核。

（8）医院安排辐射工作人员参加了职业健康体检，建立了职业健康档案，本项目辐射工作人员职业健康体检情况见附件 5。

（9）医院为直线加速器机房配备了个人剂量报警仪 2 台。医院已购置 1 台便携式 X- γ 辐射剂量率监测仪，并定期对直线加速器机房辐射工作场所及周边的 X- γ 辐射剂量率进行监测。

综上所述，赣州市妇幼保健院医用电子直线加速器应用项目在正常运行工况下，采取了有效的辐射防护措施，落实了环境影响报告表及批复文件中提出的环境保护措施，建议本工程通过竣工环境保护验收。

二、建议

医院应定期检查辐射工作场所辐射安全与防护措施，确保各辐射安全与防护措施运行正常；定期更新辐射事故应急预案、操作规程、岗位职责等辐射安全与防护相关的管理制度。