

核技术利用建设项目

灵山县人民医院新建医用电子直线加速
器应用项目

环境影响报告表

(公示本)

建设单位：灵山县人民医院

环评单位：广西居里安检测技术有限公司

二〇二六年一月

表 1 项目基本情况

| | | | | | |
|--|-----------------|--|---|-----------------------------|------------------------|
| 建设项目名称 | | 灵山县人民医院新建医用电子直线加速器应用项目 | | | |
| 建设单位 | | 灵山县人民医院 | | | |
| 法人代表 | *** | 联系人 | *** | 联系电话 | *** |
| 注册地址 | | 广西壮族自治区钦州市灵山县钟秀路 1 号 | | | |
| 项目建设地点 | | 钦州市灵山县钟秀路 1 号放射治疗科一楼直线加速治疗 2 室 | | | |
| 立项审批部门 | | / | | 批准文号 | / |
| 建设项目总投资 (万元) | | 3500 | 项目环保投资 (万元) | 450 | 投资比例 (环保投资/总投资) |
| 项目性质 | | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 | | 占地面积 (m²) | 不征地 |
| 应用类型 | 放射源 | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类 | | |
| | 非密封放射性物质 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | / | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙 | | |
| | 射线装置 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 | | |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> 使用 | <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 | | |
| 其他 | / | | | | |
| 1 项目概述 | | | | | |
| 1.1 建设单位简介 | | | | | |
| <p>灵山县人民医院位于钦州市灵山县钟秀路 1 号，创建于 1928 年，2013 年执业登记为三级综合医院，2018 年入选全区健全现代医院管理制度示范医院。是全区助理全科医生规范化培训基地、广西医科大学第一附属医院技术协作医院、爱婴医院、灵山县新冠肺炎患者定点救治医院、灵山县危重孕产妇第一转诊中心，与佛子、武利、三隆、陆屋、旧州 5 个镇卫生院组成医共体，与县第二人民医院组建三二医联体，承担灵山县及周边地区居民常见病、多发病诊疗，以及急危重症抢救与疑难病转诊工作。</p> <p>医院占地 110 亩，医疗用房面积 9.3 万平方米，编制床位 916 张。现有职工 1840 人，其中卫生技术人员 1694 人，高级职称 184 人；开设临床科室 40 个，医技科室 13 个。现有钦州市重点专科 2 个，钦州市重点（培育）专科 3 个，广西壮族自治区临床重点专科建设（县级版）3 个。配置有 1.5T 磁共振、64 排螺旋 CT、800MA 大 C 臂、</p> | | | | | |

医用直线加速器等万元以上设备近 600 多台（套）。2020 年医院服务门急诊病人 68.5 万人次，住院病人 6.43 万人次，开展四级手术 1556 台，同期增幅 8.73%；开展手术 2 万台，其中日间手术 1723 例。

医院贯彻落实习近平新时代中国特色社会主义思想，坚持人民至上、生命至上，积极推进县级公立医院改革，提升医疗服务质量，为患者提供优质医疗服务，连续 10 年入选全国县级医院竞争力百强，荣获钦州市工会先进单位、灵山县先进基层党组织、灵山县宣传思想文化工作先进单位。

1.2 项目建设内容及规模

为了满足患者需求和诊疗技术进一步发展的需求，医院拟在放射治疗科一楼直线加速治疗 2 室新建 1 台 6MV 医用电子直线加速器（拥有 CBCT 功能），为使用 II 类射线装置项目。

项目名称：灵山县人民医院新建医用电子直线加速器应用项目

建设单位：灵山县人民医院

建设地点：钦州市灵山县钟秀路 1 号放射治疗科一楼直线加速治疗 2 室

建设性质：新建

表 1-1 本项目使用的射线装置情况一览表

| 名称 | 类别 | 数量 | 能量（MeV） | 额定电流（mA）/剂量率（Gy/h） | 用途 | 设备位置 |
|-----------|----|----|---------------------------|---|------|-------------------|
| 医用电子直线加速器 | II | 1 | X 射线： 1.5MV、6MV 两档。 | X 射线常规模式等中心最大剂量率 600MU/min，FFF 模式等中心最大剂量率 1400MU/min(1400Gy/min)，最大照射野 40cm×40cm； CBCT 功能：1.5MV。 | 放射治疗 | 放射治疗科一楼直线加速治疗 2 室 |

1.3 目的和任务由来

为改善病人诊疗条件，提高医院服务水平，满足广大患者就医的需要，医院拟在放射治疗科一楼直线加速治疗 2 室新建 1 台 6MV 医用电子直线加速器，为使用 II 类射线装置项目。

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，本项目需开展辐射环境影响评价工作，并办理相应审批手续。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），属于其中第 172 核

技术利用建设项目中“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，必须编制辐射环境影响报告表。为此，医院委托广西居里安检测技术有限公司对该项目进行辐射环境影响评价（见附件 1）。

环评单位接受委托后，在现场调查和理论分析的基础上，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）规定的建设项目辐射环境影响报告表的内容和格式，编制灵山县人民医院新建医用电子直线加速器应用项目环境影响报告表。

1.4 项目周边保护目标及场址选址情况

1.项目周边环境关系

灵山县人民医院地址为钦州市灵山县钟秀路 1 号，项目地理位置图见图 1-1。

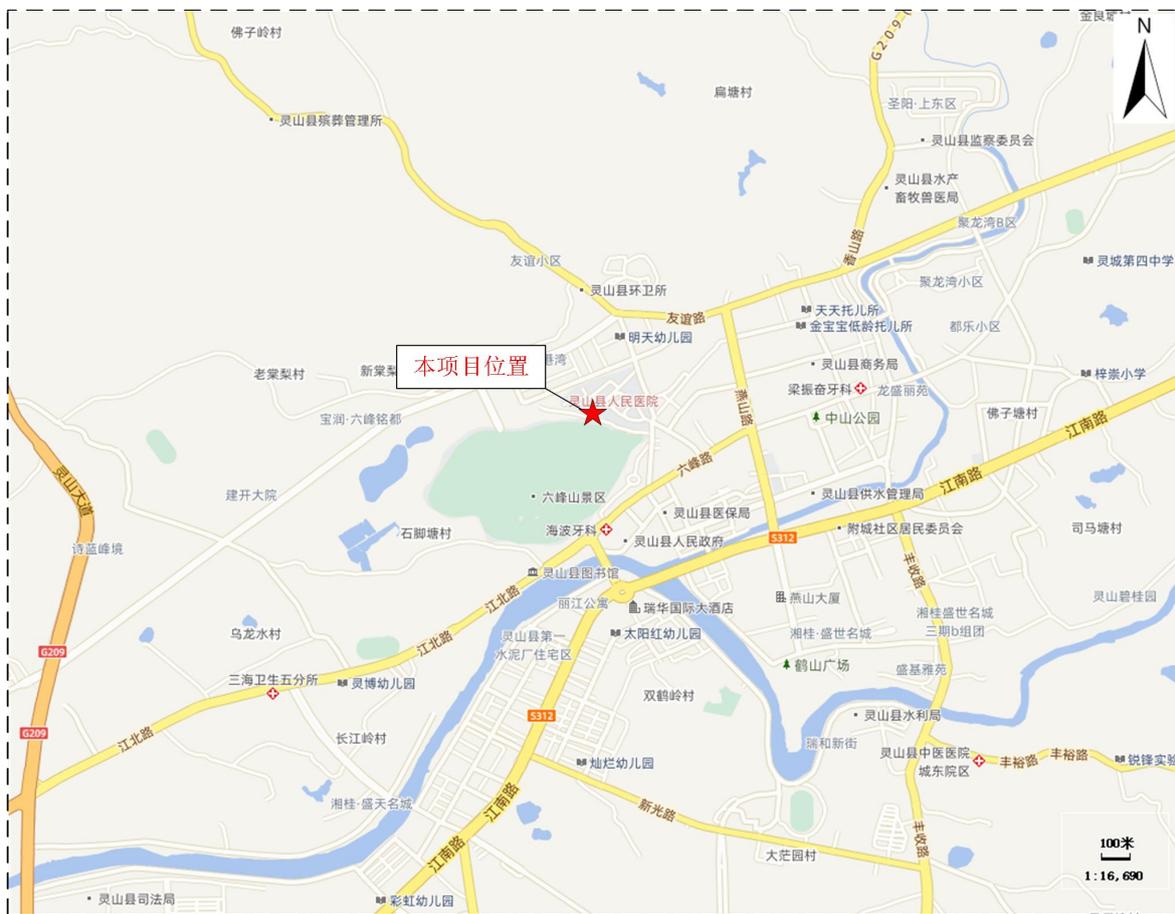


图 1-1 灵山县人民医院地理位置图

本项目拟在医院放射治疗科一楼新建直线加速治疗 2 室，该工作场所现状平面布局图见图 1-2，拟建机房位置现状为 X 光模拟定位室、控制室、暗室、工具间等，楼上为楼房顶部（平常无需人员到达），楼下为实土层。该场所无放射性污染，与周围辐射工作场所无人流、物流路线冲突，不存在制约条件。

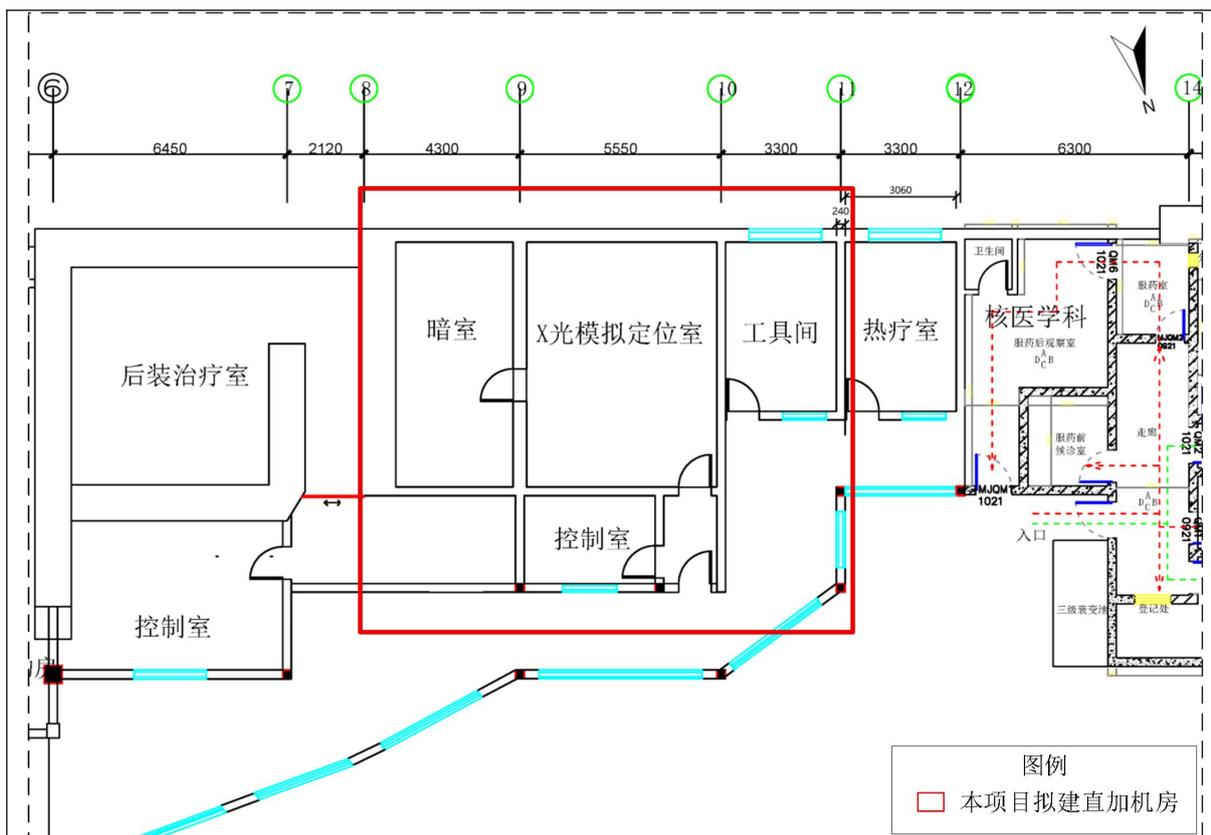


图 1-2 本项目拟建工作场所现状平面布局图

本项目位于医院放射治疗科一楼直线加速治疗 2 室，该楼为地面 2 层建筑（本项目机房顶部无建筑）。本项目机房东侧为职工宿舍楼，南侧为六峰山景区（评价范围内为景区道路和陡峭山体，人员较少），北侧为中医科，东北侧为非机动车停车场及感染科门诊楼，西侧为核医学科及立体停车库，楼上为楼房顶部（无需人员到达，特殊情况借助工具可达），楼下为实土层。

以该项目机房四周边界为起点，东侧 0~40m 为放射治疗科后装治疗室及直加 1 室及配套机房，40~50m 为职工宿舍楼；南侧 0~8m 为院外道路，8~50m 为六峰山景区；西北侧 0~5m 为院内通道，5~35m 为中医科，35~43m 为院内道路，43~50m 为立体停车场；东北侧 0~35m 为院内通道及非机动车停车场，35~50m 为感染科门诊楼；西侧 0~4m 为本项目控制室和设备间，4~24m 为核医学科，24~50m 为院内道路。

本项目工作场所及周围环境现状见图 1-3~图 1-12，本项目拟建工作场所平面布置图见图 1-13，医院总平面图见图 1-14。



图 1-3 本项目拟建场所现状



图 1-4 本项目拟建机房现状



图 1-5 本项目机房西侧核医学科



图 1-6 本项目机房北侧核医学科



图 1-7 本项目机房东北侧非机动车停车场



图 1-8 本项目机房东北侧感染科门诊



图 1-9 本项目机房顶部及西侧立体停车库



图 1-10 本项目东侧职工宿舍楼



图 1-11 本项目机房南侧院外道路



图 1-12 本项目机房南侧六峰山景区

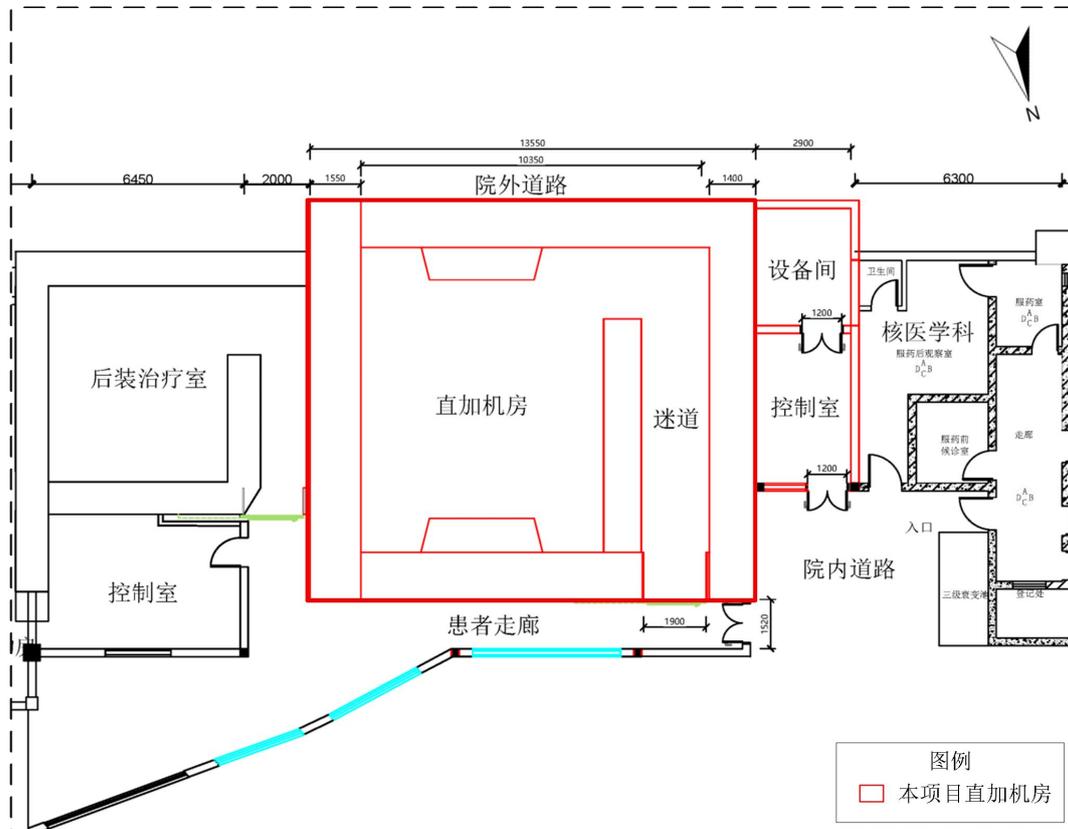


图 1-13 本项目拟建工作场所平面布置图

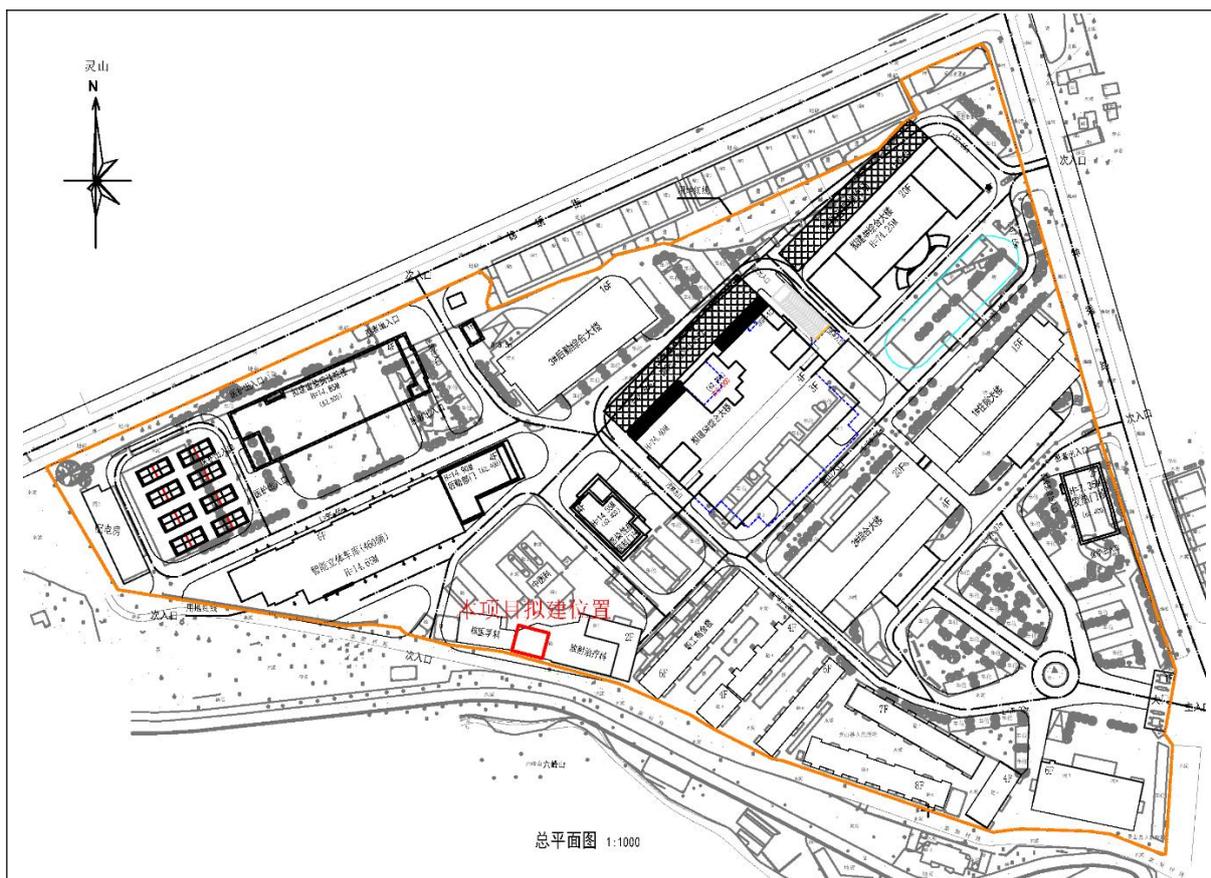


图 1-14 医院总平面图

2. 选址合理性分析

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中第 5.1 选址的要求：

“5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。”本项目机房选址在医院内部相对独立区域，属于单独选址、独立建设，不在民居集中区、写字楼和商住两用的建筑物内，避开了儿科病房、产科等特殊人群及人员密集区域，南侧六峰山景区为景区道路和陡峭山体，人员较少。综上，本项目符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中第 5.1 的选址要求。

3. 周边保护目标

本项目评价范围内大部分区域在医院内部，仅南侧有六峰山景区（评价范围内为景区道路和陡峭山体，人员较少），本项目主要保护目标为项目辐射工作人员、评价范围内医院其他工作人员及公众成员。

1.5 原有核技术利用项目许可情况

1.5.1 原有辐射安全许可证情况

经医院核实，灵山县人民医院取得了辐射安全许可证，证号为：桂环辐证[N0241]，许可种类和范围为：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所（许可证见附件5），许可证有效期至2029年2月28日。

1.5.2 原有辐射安全管理情况

医院根据《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等辐射项目管理相关的法律法规，配合各级生态环境部门监督检查，辐射防护设施运行良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理方面运行良好。

医院建立了《灵山县人民医院辐射安全管理制度》《放射工作人员健康管理制度》《灵山县人民医院辐射防护和安全保卫制度》《放射工作人员放射安全防护制度》《闲置（废弃）放射源及其他放射性废物处置管理制度》《灵山县人民医院射线装置管理制度》《辐射装置维护与检修制度》《放射安全事故应急预案》等一系列制度，并严格按照规章制度执行。本项目为新建医用电子直线加速器应用项目，针对本项目，建设单位将本项目的相关内容纳入原有管理制度体系中。

医院已委托广西壮族自治区疾病预防控制中心对辐射工作人员进行个人剂量监测工作，并建立了个人剂量档案和职业健康档案；委托广西居里安检测技术有限公司进行辐射环境监测工作。在历年运行过程中，未出现辐射工作人员剂量超标事故、职业健康事故和一些其他辐射事件。

医院严格遵守国家法律法规，且严格遵照规章制度运行，未发生辐射安全隐患及安全事故。医院积极组织人员参与安全培训和健康检查，对项目辐射状况进行监控。辐射安全和防护设施运行良好，定期开展维护工作，保证辐射工作的安全开展。各项辐射安全和防护制度及措施均得到了落实。

本项目全部参加了广西壮族自治区生态环境部门组织的辐射安全和防护培训，并取得了《辐射安全培训合格证书》。

本项目拟调配辐射工作人员3人，均为原有辐射工作人员，调配前从事医院现有1台直加设备相关辐射工作，调配后继续兼顾从事原工作内容。根据建设单位提供的

最近 4 个季度个人剂量监测报告，本项目拟配备辐射工作人员年受照剂量最大值为 0.77mSv/a，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定的年有效剂量管理约束值 5mSv/a 的要求。

表 1-5 本项目拟配备辐射工作人员 4 个季度个人剂量监测情况表

| 序号 | 姓名 | 工作岗位 | 季度 | 个人剂量当量 $H_p(10)$ (mSv) | 年剂量 (mSv) |
|----|----|------|----|------------------------|-----------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

注：仪器最低探测下限（MDL）为 0.02mSv，若季度个人剂量当量 $H_p(10) < MDL$ ，计算年剂量时本季度按 0.02mSv 保守计算。

综上所述，医院办理了辐射安全许可证，制定了相关规章制度并严格执行，落实了辐射环境监测计划及个人剂量监测结果，且监测结果符合相关标准要求，因此可以认为医院具备本项目运行及辐射安全管理基础能力。

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 |
|----|------|--------------------------|----|------|----|------|---------|----|
| 无 | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |

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

表 3 非密封放射性物质

| 序号 | 核素名称 | 理化性质 | 活动种类 | 实际日最大操作量 (Bq) | 日等效最大操作量 (Bq) | 年最大用量 (Bq) | 用途 | 操作方式 | 使用场所 | 贮存方式与地点 | 备注 |
|----|------|------|------|---------------|---------------|------------|----|------|------|---------|----|
| 无 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

| 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 | 医用电子直线加速器 | II | 1 | uRT-linac 506c | 电子 | X 射线 6MV | 直加治疗：X 射线最大剂量率 1400cGy/min， 最大照射野 40cm×40cm； CBCT 功能：1.5MV。 | 放射治疗 | 放射治疗科 一楼直线加速治疗 2 室 | 新建 |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

(二) X 射线机，包括医用诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪器等

| 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 |
|----|----|----|----|----|------------|------------|----|------|----|
| 无 | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压 (kV) | 最大靶电流 (μA) | 中子强度 (n/s) | 用途 | 工作场所 | 氚靶情况 | | | 备注 |
|----|----|----|----|----|------------|------------|------------|----|------|---------|------|----|----|
| | | | | | | | | | | 活度 (Bq) | 贮存方式 | 数量 | |
| 无 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

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 | / | / | 通过排风系统引至楼顶排入大气 |
| 事故维修排放的循环冷却水 | 液态 | / | / | / | / | / | / | 放置一定时间后作为一般废水排入医院污水处理系统 |
| 废靶、准直器及束流阻止器 | 固态 | / | / | / | / | / | / | 厂家回收；或经检测，低于豁免水平，按一般固体废物处置，超出豁免水平，委托有资质单位进行处置。 |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |

注：1. 常规废弃物排放浓度，对于液态为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

| | |
|------------------|---|
| <p>法规 文件</p> | <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号，于 2014 年 4 月 24 日修订，自 2015 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 年 10 月 28 日通过，自 2003 年 9 月 1 日起施行；2018 年 12 月 29 日第二次修正）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003 年 6 月 28 日公布，自 2003 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令 253 号发布施行；2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院第 682 号令修订，自 2017 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 9 月 14 日经国务院令 449 号公布，2005 年 12 月 1 日起施行；2014 年 7 月 29 日经国务院令 653 号修改，2019 年 3 月 2 日经国务院令 709 号修改）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日经国家环境保护总局令 31 号公布，2006 年 3 月 1 日起施行；2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 3 号修改；2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令 7 号修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 20 号修改）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 5 月 1 日起施行）；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日公布并实施）；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令 9 号，2019 年 11 月 1 日施行）；</p> <p>(11) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号，2017 年 11 月 20 日发布并实施）；</p> <p>(12) 关于发布《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》的公告</p> |
|------------------|---|

| | |
|--------------------|--|
| | <p>(生态环境部公告 2018 年第 9 号, 2018 年 5 月 15 日实施) ;</p> <p>(13) 《产业结构调整指导目录 (2024 年本) 》 (2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令 7 号公布, 2024 年 2 月 1 日起施行) ;</p> <p>(14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》 (生态环境部公告 2019 年第 57 号, 2020 年 1 月 1 日起施行) ;</p> <p>(15) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》 (生态环境部公告 2021 年第 9 号, 自 2021 年 3 月 15 日起施行) ;</p> <p>(16) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》 (2017 年 12 月 5 日公布并施行) ;</p> <p>(17) 《广西壮族自治区环境保护条例》 (2019 年修订版) (2019 年 7 月 25 日公布, 自 2019 年 7 月 25 日起施行) ;</p> <p>(18) 广西壮族自治区生态环境厅关于印发《广西壮族自治区建设项目环境影响评价文件分级审批管理办法 (2025 年修订版) 》的通知 (桂环规范 (2025) 2 号) ;</p> <p>(19) 关于印发《核技术利用建设项目重大变动清单 (试行) 》的通知 (环办辐射函 (2025) 313 号, 2025 年 8 月 29 日公布并实施) 。</p> |
| <p>技术标准</p> | <p>(1) 《辐射环境保护管理导则核技术应用建设项目环境影响文件的内容和格式》 (HJ 10.1-2016) ;</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB 18871-2002) ;</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》 (HJ 61-2021) ;</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 (HJ 1157-2021) ;</p> <p>(5) 《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ 1198-2021) ;</p> <p>(6) 《放射治疗放射防护要求》 (GBZ 121-2020) ;</p> <p>(7) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》 (GBZ 126-2011) ;</p> <p>(8) 《放射治疗机房辐射屏蔽规范 第 1 部分: 一般原则》 (GBZ/T 201.1-2007) ;</p> <p>(9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》 (GBZ/T 201.2-2011) 。</p> |
| <p>其他</p> | <p>(1) 环评委托书, 见附件 1;</p> <p>(2) 项目备案证明, 见附件 2;</p> <p>(3) 现状监测报告, 见附件 3;</p> |

- (4) 2024 年度核技术应用项目场所辐射环境监测报告，附件 4；
- (5) 辐射安全许可证，见附件 5；
- (6) 辐射安全与环境保护管理领导小组，见附件 6；
- (7) 放射治疗意外应急预案，见附件 7；
- (8) 辐射工作人员个人剂量监测报告，见附件 8；
- (9) 《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995）；
- (10) 《广西壮族自治区环境天然贯穿辐射水平调查报告》（广西壮族自治区环境监测中心站 1992 年）。

表 7 保护目标及评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中的相关规定，确定以医院医用电子直线加速器机房 2 屏蔽体边界外 50m 的范围作为本项目评价范围，东侧至最近职工宿舍楼，西北侧至智能立体车库，南侧至六峰山景区，北至感染科门诊。详见图 7-1。

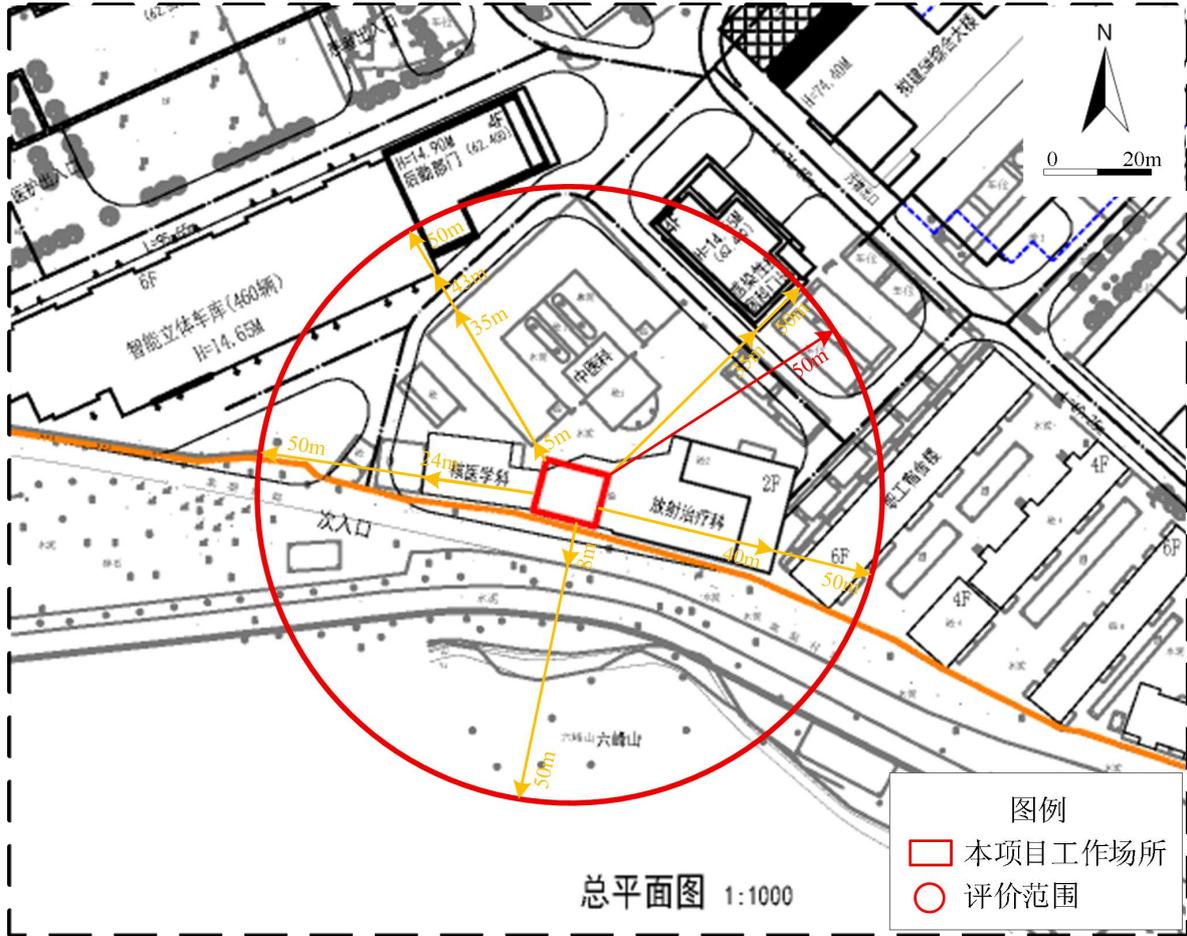


图 7-1 本项目评价范围

7.2 保护目标

环境保护目标为本项目辐射工作人员、评价范围内的其他工作人员及公众人员，使他们受到的辐射照射低于各自的年有效剂量管理约束值。

本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 主要环境保护目标

| 人员类型 | 保护目标 | 相对位置 | 与直加机房边界距离 (m) | 大概人数 | 年有效剂量管理约束值 |
|------|------------------|-------|---------------|---------|------------|
| 职业人员 | 本项目辐射工作人员 | 西侧控制室 | / | 3 人 | 5mSv/a |
| 公众人员 | 放射治疗科其他工作人员 | 东侧 | 同一栋楼 | 约 20 人 | 0.1mSv/a |
| | 职工宿舍楼工作人员 | 东侧 | 40 | 约 100 人 | |
| | 核医学科其他工作人员 | 西侧 | 4 | 约 30 人 | |
| | 立体停车库工作人员 | 西侧 | 43 | 约 10 人 | |
| | 中医科其他工作人员 | 北侧 | 5 | 约 110 人 | |
| | 感染科门诊楼其他工作人员 | 东北侧 | 35 | 约 70 人 | |
| | 六峰山景区工作人员 | 南侧 | 8 | 流动人群 | |
| | 评价范围内逗留或者经过的公众成员 | 周围 | 50m 内 | 流动人群 | |

注：楼上为屋顶，平常无人员可达，维修等特殊情况，少量人员可达；下方为实土层。

7.3 评价标准

7.3.1 年有效剂量管理约束值

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 款关于剂量限制的规定：应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 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（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值，不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

该标准第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：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。

该标准中第 B1.2 款关于公众照射剂量限值的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）第 4.9 款，从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

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

本次评价年有效剂量管理约束值要求为：职业照射不超过 5mSv/a，公众照射不超过 0.1mSv/a。

7.3.2 辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制值

(1) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)；

本标准规定了医疗机构开展放射治疗过程中的辐射安全与防护要求。

本标准适用于医疗机构放射治疗相关活动中的辐射工作人员和公众的辐射安全与防护管理。

第 6.1.4 款 剂量控制应符合以下要求：

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

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

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

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

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

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

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 μSv 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)。

第 8.4 款 气态废物管理要求

8.4.1 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，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

(2) 剂量率参考控制水平

参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）中相关公式：

a) 周剂量参考控制水平 (H_c) 和导出剂量率参考控制水平 ($\dot{H}_{c,d}$)

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ； 公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T)$$

式中： H_c ——周剂量参考控制水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ ——参考点处剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

t ——治疗装置周治疗照射时间，h；

U ——有用线束向关注位置的方向照射的使用因子；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ：

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

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

c) 关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

\dot{H}_c 为上述 a) 中的 $\dot{H}_{c,d}$ 和 b) 中的 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值。

本项目建成后，根据医院治疗计划，全年治疗周数按50周，每周治疗5天，每天治疗50人次，每人出束治疗时长平均为5min，则每周治疗时长（工作负荷）为20.83h，全年出束治疗时间约为1041.67h。由本项目场所平面布置图及参照HJ 1198-2021表A.1，机房北侧走廊区域居留因子取1/8；南侧院外道路居留因子取1/16；控制室内辐射工作人员居留因子取1；设备间无关人员禁止入内，控制水平按职业照射考虑，居留因子取1/20；相邻后装治疗室属于控制区范围，因此其控制水平按职业

照射考虑，居留因子保守取 1/2。楼上为屋顶，平常无需人员到达，维修等特殊情况借助工具可达，故楼上剂量率控制水平按 100 μ Sv/h 控制；使用因子保守均取 1。综上，本项目直加机房周围关注点辐射剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 具体见表 7-2。

表7-2 本项目直加机房周围辐射剂量率参考控制水平

| 序号 | 点位描述 | 使用因子 (U) | 居留因子 (T) | H_c (μ Sv/周) | $\dot{H}_{c,d}$ (μ Sv/h) | $\dot{H}_{c,max}$ (μ Sv/h) | \dot{H}_c (μ Sv/h) |
|--------------------------------|--------------------------|----------|----------|------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| a | 机房北侧墙外 30cm (主屏蔽) | 1 | 1/8 | 5 | 1.92 | 10 | 1.92 |
| c ₁ /c ₂ | 机房北侧墙外 30cm (次屏蔽) | 1 | 1/8 | 5 | 1.92 | 10 | 1.92 |
| b | 机房南侧墙外 30cm (主屏蔽) | 1 | 1/16 | 5 | 3.84 | 10 | 3.84 |
| d ₁ /d ₂ | 机房南侧墙外 30cm (次屏蔽) | 1 | 1/16 | 5 | 3.84 | 10 | 3.84 |
| e | 机房东侧墙外 30cm (后装治疗室) | 1 | 1/2 | 100 | 9.6 | 10 | 9.6 |
| e ₁ | 机房东侧墙外 30cm (后装控制室门外) | 1 | 1/8 | 5 | 1.92 | 10 | 1.92 |
| f | 机房西侧控制室 | 1 | 1 | 100 | 4.8 | 2.5 | 2.5 |
| k | 机房西侧墙外 30cm (设备间) | 1 | 1/20 | 100 | 96 | 10 | 10 |
| g | 机房防护门外 30cm | 1 | 1/8 | 5 | 1.92 | 10 | 1.92 |
| L | 机房顶部 (主屏蔽) | / | / | / | / | / | 100 |
| m ₁ /m ₂ | 机房顶部 (次屏蔽) | / | / | / | / | / | 100 |

注：①本项目直加机房下方为土层。②楼上为屋顶，平常无需人员到达，维修等特殊情况借助工具可达，故楼上剂量率控制水平按100 μ Sv/h控制，居留因子按1/40。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置

本项目建设地址为钦州市灵山县钟秀路 1 号放射治疗科一楼直线加速治疗 2 室，地理位置图见图 1-1，医院总平面图见图 1-13。

8.2 环境现状评价的对象

环境现状评价的对象为医院放射治疗科一楼直线加速治疗 2 室拟建工作场所及周围辐射环境现状。

8.3 辐射环境现状监测

(1) 监测目的

掌握该项目应用场所及周围的辐射环境质量现状水平，为分析及预测该项目运行时对职业人员、公众人员及周围环境的影响提供基础数据。

(2) 监测内容及时间

建设单位委托广西居里安检测技术有限公司于 2025 年 10 月 30 日对本项目拟建工作场所及周围环境进行辐射环境现状监测，监测报告见附件 3。

(3) 监测因子、监测频次

监测因子：环境 γ 辐射剂量率

监测频率：一次。

(4) 监测点位

根据现场条件，合理布点，现状监测布点图详见图 8-1~图 8-2。

(5) 监测项目、监测仪器及监测规范

监测项目、监测仪器及监测规范见表 8-1。

表 8-1 监测项目、监测仪器及监测规范

| | |
|--------------|---|
| 监测项目 | 环境 γ 辐射剂量率 |
| 仪器名称 | X- γ 辐射剂量率仪 |
| 仪器型号 | GHZ2100A |
| 仪器编号 | JLA-084 |
| 生产厂家 | 杭州湘亭科技有限公司 |
| 能量响应 | 35keV~7MeV |
| 量 程 | 10nGy/h~100 μ Gy/h |
| 校定证书 及有效期 | 校定证书编号：2025H21-20-6050552001（校定单位：上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心），有效期：2025年8月8日—2026年8月7日 |
| 监测规范 | 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） |

8.4 质量保证措施

(1) 结合现场实际情况及监测点的可到达性，在项目拟建场址内和评价范围内工作人员活动区域、人流量相对较大的区域布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性和可重复性，以保证监测结果的科学性和可比性；

(2) 参考《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）采用即时测量方法进行测量；

(3) 监测仪器每年经有资质的计量部门检定、校准，检定合格后方可使用；

(4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

(5) 本次监测实行全过程的质量控制，严格按照监测单位的《质量手册》《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗；

(6) 监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人批准。

8.5 监测结果

该项目拟建场所及周围环境监测结果见表 8-2。

表 8-2 项目拟建场址环境 γ 辐射剂量率现状监测结果

8.5 辐射环境现状监测结果分析

由表 8-2 的监测结果可知,本项目工作场所及周围环境现状监测中室内环境 γ 辐射空气吸收剂量率测值在 49.9~93.5nGy/h 范围内,室外环境 γ 辐射空气吸收剂量率测值在 40.8~96.9nGy/h 范围内。根据《广西壮族自治区环境天然贯穿辐射水平调查报告》(广西壮族自治区环境监测中心站 1992 年),广西壮族自治区建筑物室内 γ 辐射空气吸收剂量率在 11.0~304.3nGy/h 范围内,原野 γ 辐射空气吸收剂量率在 10.7~238.7nGy/h 范围。本拟建场址及周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率范围在广西壮族自治区本底范围内,表明拟建项目辐射环境现状未见异常。

8.6 现有辐射工作场所的影响

根据医院 2024 年度核技术应用项目场所辐射环境监测报告(详见附件 4),本项目拟建工作场所东侧后装治疗室机房屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率与区域环境本底相当;西侧核医学科正常运行时,工作场所控制区外屏蔽体表面 30cm 处的周围剂量当量率与区域环境本底相当。表明本项目拟建工作场所受现有后装治疗和核医学科的辐射影响较小,可忽略不计。

表 9 项目工程分析和源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

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

CBCT（锥形束 CT）是设备机架包含锥形束 CT 所用的部件，是医用电子直线加速器的组成部分。CBCT 功能设备包括射线发生器、电子器件、X 射线管、图像检测器等。相比典型医用电子直线加速器，本项目 CBCT 功能增加了射线源发射端，出束位置在治疗头，与治疗束同源，对侧 EPID 平板探测器同时兼具影像探测器，其余结构与传统的医用电子直线加速器一致。

医用电子直线加速器内部结构见图 9-1。

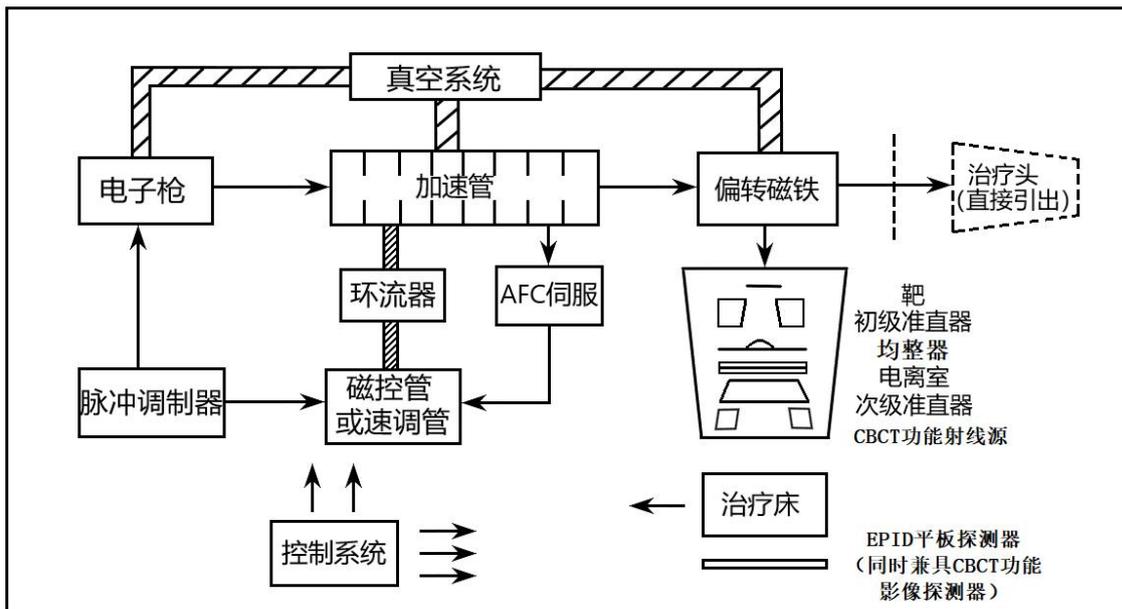


图 9-1 医用电子直线加速器内部结构框图

9.1.2 工作原理

(1) 直线加速器

医用电子直线加速器是产生高能电子束的装置，该装置采用微波电场把电子加速到近似光速，然后轰击靶产生 X 射线，或直接把近似光速的电子线引出，用于治疗肿瘤，为远距离放射性治疗机。

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，其最大能量为电子束的最大能量，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。

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把电子加速到近似光速后，直接引出用于治疗病人。电子束具有一定的射程特性，穿透能力较低，用来治疗浅表肿瘤。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，其最大能量为电子束的最大能量。因此，医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射，也可利用 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。

医用电子直线加速器可根据所诊疗癌症类型及其在体中的位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射诊疗。

本项目医用电子直线加速器仅利用 X 线束对患者进行治疗，同时拥有 CBCT 功能。

（2）CBCT 功能

设备自带 CBCT（锥形束 CT），用于患者扫描，扫描用于获取治疗需要立体定向参考，同时用于制定治疗计划。

CBCT 是 Cone beam CT 的简称，即锥形束 CT，是锥形束投照计算机重组断层影像设备，其原理是 X 线发生器以较低的射线量，围绕投照体做环形 DR（数字式投照）。然后将围绕投照体多次（180 次~360 次，依产品不同而异）数字投照后“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。

可使用锥形束 CT 进行两种类型的扫描：

1) 独立式扫描：独立于治疗执行的独立锥形束 CT 扫描，该扫描用于获取治疗需要的立体定向参考，同时用于制定治疗计划。

2) 治疗中的扫描验证：治疗用锥形束 CT 可在治疗之前或治疗暂停期间完成；治疗用锥形束 CT 可用于验证治疗期间患者的位置；治疗用锥形束 CT 可用于参考当前患者位置，从而调整计划的治疗实施。

医用电子直线加速器外部结构示意图见图 9-2，X 射线治疗模式结构示意图见图 9-3。

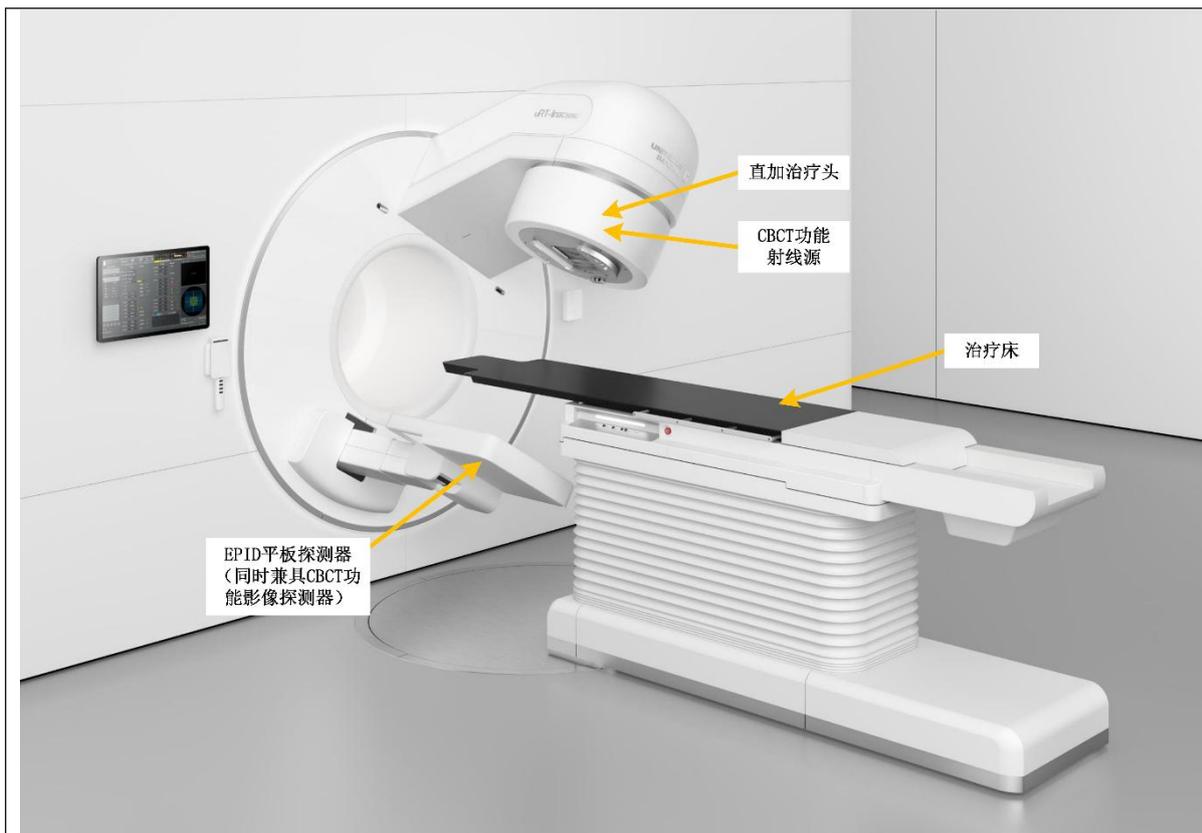


图 9-2 医用电子直线加速器外部结构示意图

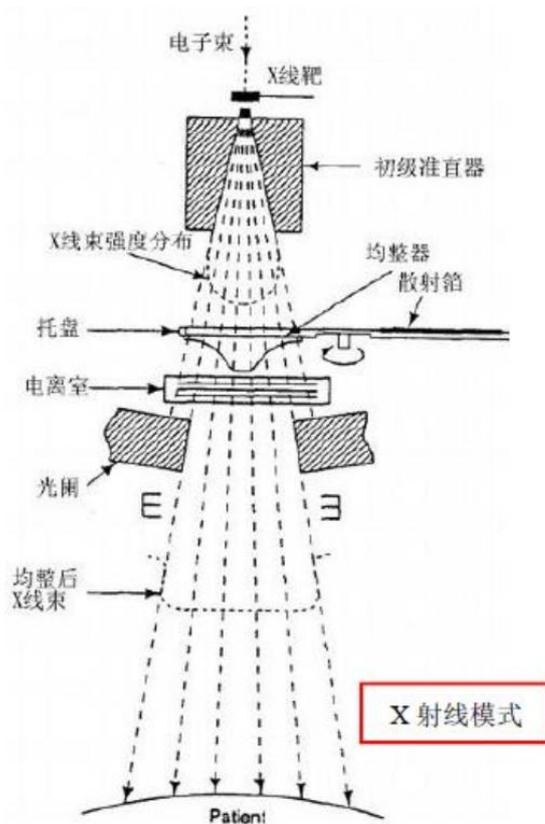


图 9-3 X 射线治疗模式结构示意图

9.1.3 工作流程及产物环节

医用电子直线加速器在进行放射治疗时，患者在机房内，医务操作人员位于射线机房外隔室操作。治疗时，射线机房可为医务人员以及墙外停留或通过的人员提供足够的辐射屏蔽防护，并可防止在开机过程中，无关人员误入射线机房。

加速器治疗项目的操作流程如下：

- ①检测相关记录，确认机器无故障后，开启设备，将控制钥匙旋转到 ON 位置；
- ②医务人员带领患者进入射线装置机房，指导患者躺在正确位置；
- ③医务人员退出机房，关闭好防护门并开启安全联锁；
- ④使用 CBCT 功能进行扫描，进行立体定位参考或确认患者位置；
- ⑤制定治疗方案，调整射线装置的相关参数；
- ⑥确认无异常情况后，开机治疗；
- ⑦治疗结束，医务人员关闭加速器，并进入机房指导协助患者离开；
- ⑧当天工作结束后，将控制钥匙转到 OFF 位置，取出控制钥匙，同时记录机器使用情况。

使用情况。

工作流程及产污环节示意图见图 9-4。

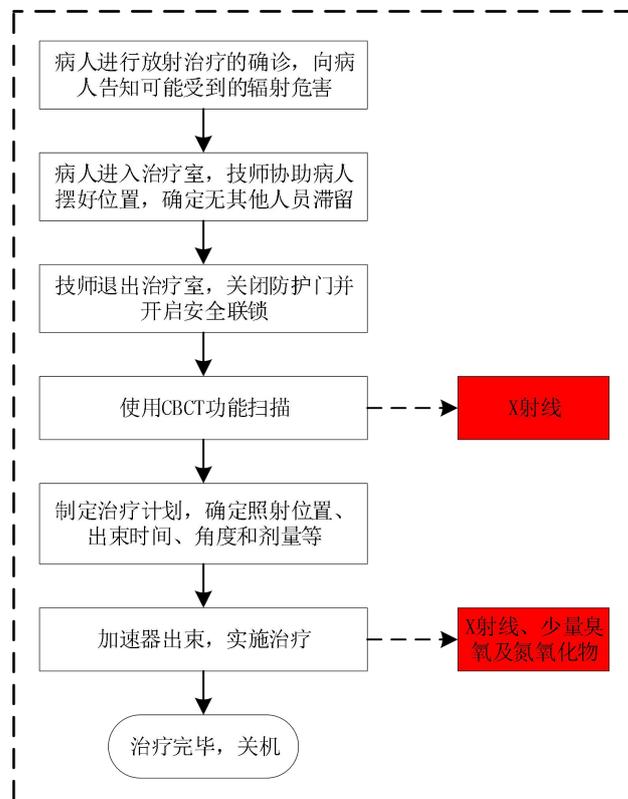


图 9-4 工作流程及产污环节示意图

9.1.4 工作负荷

本项目建成后拟调配辐射工作人员 3 人，均为原有辐射工作人员，调配前从事医院现有 1 台直加设备相关辐射工作，调配后继续兼顾从事原工作内容，因此职业工作人员年有效剂量需考虑叠加计算。

本项目直线加速器计划最大工作量为 50 人次/天（保守均按未均整 FFF 模式考虑），5 天/周，每人每次出束照射时间最大为 5min（包含 CBCT 功能出束时间），则周照射时间 $t=50 \times 5 \times 5=1250\text{min}/\text{周}=20.83\text{h}/\text{周}$ 。一年按 50 周计算，则本项目直线加速器年出束照射时间约为 1041.67h。辐射工作人员 2 人一组，3 人轮岗值班，偏安全考虑，辐射工作人员年最大受照时间按 1041.67h。

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况污染源项

本项目拟购置一套 6MV 医用电子直线加速器，设备主要参数：X 射线分 1.5MV、6MV 两档，未均整 FFF 模式等中心最大剂量率为 $1400\text{cGy}/\text{min}$ ($8.4 \times 10^8 \mu\text{Sv}/\text{h}$)。源轴距(SAD)为 1m，等中心距离地面高度 1.28m，线束张角 28° ，最大照射野 $40 \times 40\text{cm}$ ，射线泄漏率 $\leq 0.1\%$ 。本项目不使用电子束对患者进行治疗。CBCT 功能：1.5MV。

(1) X 射线

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，受到金属靶阻止，产生高能 X 射线，以此对肿瘤患者病灶进行治疗，CBCT 功能时也会产生 X 射线，由于 X 射线的贯穿能力极强，对工作人员、公众及周围环境辐射可造成一定的辐射影响。这种 X 射线是随机器的开关而产生和消失。

(2) 中子和中子俘获 γ 射线

当医用电子直线加速器的 X 射线能量高于一定能量时，高能光子会与 X 射线靶、一级准直器、均整器和治疗准直器等含有的高原子序数的材料如铅、钨等发生 (γ, n) 光核反应，生成中子。根据 HJ 1198-2021 第 6.1.2 款，大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。本项目医用电子直线加速器 X 射线能量最高为 6MV，不再考虑其中子辐射及俘获 γ 射线。

(3) 感生放射性

根据《辐射防护手册辐射源与屏蔽》（第一分册）可知，绝大多数天然核素的反应阈能在 10MeV 以上，当射线能量超过阈能时，在空气中可能会产生感生放射性。

本项目医用电子直线加速器 X 射线能量最高为 6MV，不考虑其感生放射性。

(4) 放射性废水

本项目医用电子直线加速器设备中设计有冷却水循环系统，内循环使用，正常情况不外排，在事故维修期间才可能排放。当X射线能量超过水中所含核素的 (γ, n) 反应阈能时，冷却水尤其是靶部分水可能被活化而含有放射性核素 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 等，根据《辐射防护手册辐射源与屏蔽》（第一分册）中表1.29可知，水中可能含有的 ^{12}C 、 ^{14}N 、 ^{16}O 等核素的 (γ, n) 反应阈能均10MeV以上，本项目医用电子直线加速器X射线能量最高为6MV，故不考虑其循环冷却水的感生放射性。

(5) 放射性固体废物

加速器靶、准直器及束流阻止器更换或退役时产生放射性固体废物，废靶、准直器及束流阻止器等由厂家回收；或经检测，低于豁免水平，按一般固体废物处置，超出豁免水平，委托有资质单位进行处置。

(6) 非放射性有害气体

加速器正常运行时，产生的X射线与空气作用可产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ）。通过通风系统，可明显降低其浓度，不会对环境造成影响。

综上所述，本项目医用电子直线加速器产生的主要污染因子为X射线。

9.2.2 事故工况污染源项

(1) 机房防护门安全联锁装置发生故障情况下，人员误入正在运行的加速器机房而造成误照射。

(2) 辐射工作人员或病人家属在机房防护门关闭后尚未撤离加速器机房，会对辐射工作人员或病人家属产生不必要的照射。

(3) 辐射工作人员在加速器机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，发生事故性出束，对辐射工作人员造成辐射伤害。

(4) 控制系统出现故障，照射治疗不能停止，病人受到计划外照射。

(5) 维修期间的事故，维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害。

9.2.3 三废污染

9.2.3.1 废气

本项目非辐射危害因素主要为医用加速器在运行过程中将产生臭氧及氮氧化物，其臭氧及氮氧化物产生量很小，经排风机排放后对周边大气环境影响较小。由于臭氧

密度比空气平均密度大，大都沉积于室内底层，本项目通风设计采用进风在上，排风在下的措施，位置以对角线布局，使产生的有害气体能够及时有效地排到机房外面，排风口接排风管至放射治疗科楼顶排放。

9.2.3.2 废水

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，正常情况不外排，在事故维修期间才可能排放，外排冷却水无感生放射性，可按一般废水进行处理。工作人员会产生少量生活废水。

9.2.3.3 固体废物

本项目医用电子直线加速器在正常运行时不产生非放射性固体废物；工作人员在工作中会产生少量的生活垃圾和办公垃圾。

医用电子直线加速器的靶、准直器及束流阻止器更换或退役时产生放射性固体废物，废靶、准直器及束流阻止器等由厂家回收；或经检测，低于豁免水平，按一般固体废物处置，超出豁免水平，委托有资质单位进行处置。

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射安全设施

10.1.1 工作场所布局

本项目直加机房位于医院放射治疗科一楼直线加速治疗 2 室，机房西侧为控制室、设备间，北侧为患者走廊，东侧为后装治疗室、控制室，南侧为院外道路，楼上为屋顶，下方为实土层。

本项目工作场所平面布局图见图 10-1。

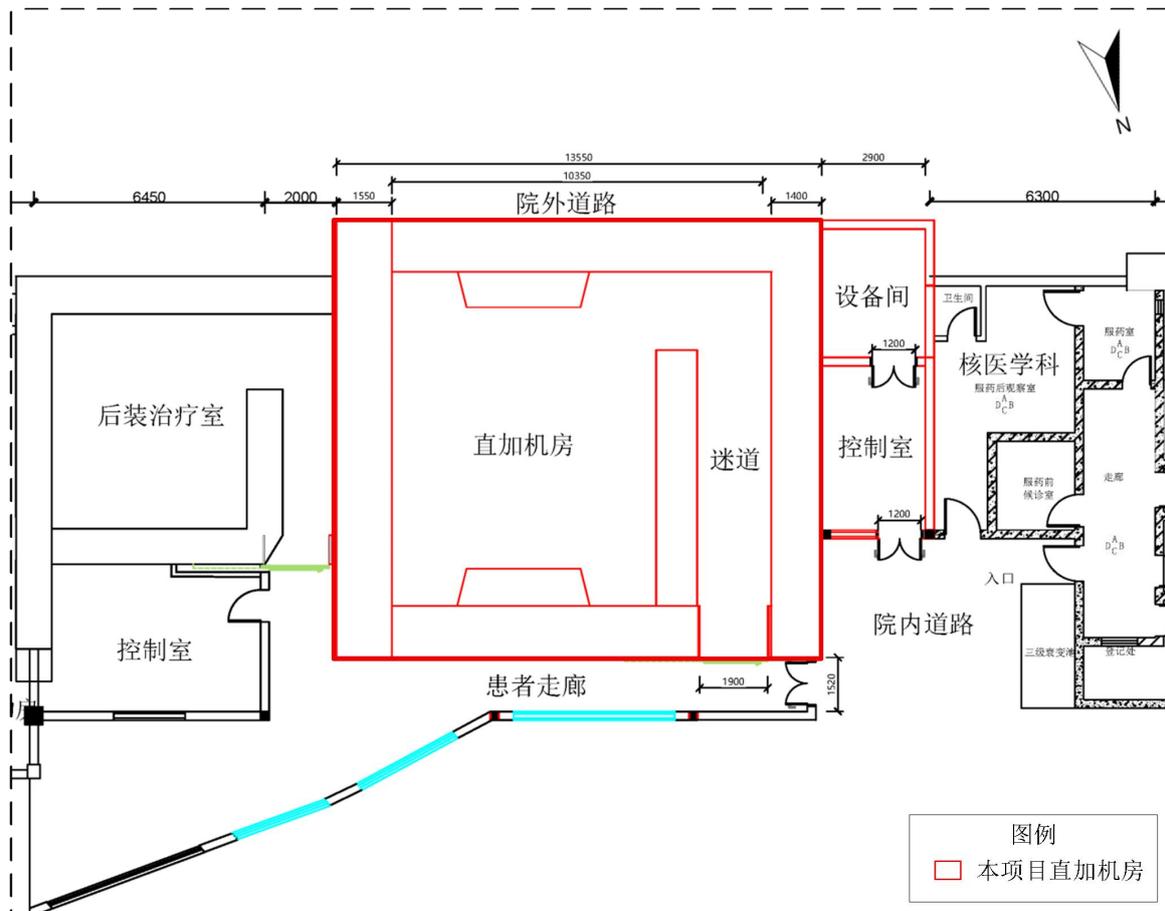


图 10-1 本项目工作场所平面布局图

10.1.2 工作区域管理

为了更好地实行辐射防护管理和职业照射控制，切实做好辐射安全防范工作，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，医院将本项目直加工作场所实行分区管理，具体以机房实体为边界，直加机房划为控制区（见图 10-2 中红色框图区域），在门口处及四周设立醒目的、符合（GB18871-2002）附录 F 规定的警告标志，禁止无关人员进入；以实体为边界，控制室、设备间、机房相邻走

| | | |
|-----|------|------------------|
| 南墙 | 主屏蔽区 | 2700mm混凝土+30mm铅板 |
| | 次屏蔽区 | 1700mm混凝土 |
| 东墙 | 侧墙 | 1550mm混凝土 |
| 西墙 | 迷路内墙 | 1150mm混凝土 |
| | 迷路外墙 | 1400mm混凝土 |
| 屋顶 | 主屏蔽区 | 2500mm混凝土 |
| | 次屏蔽区 | 2500mm混凝土 |
| 防护门 | | 14mmPb防护门 |

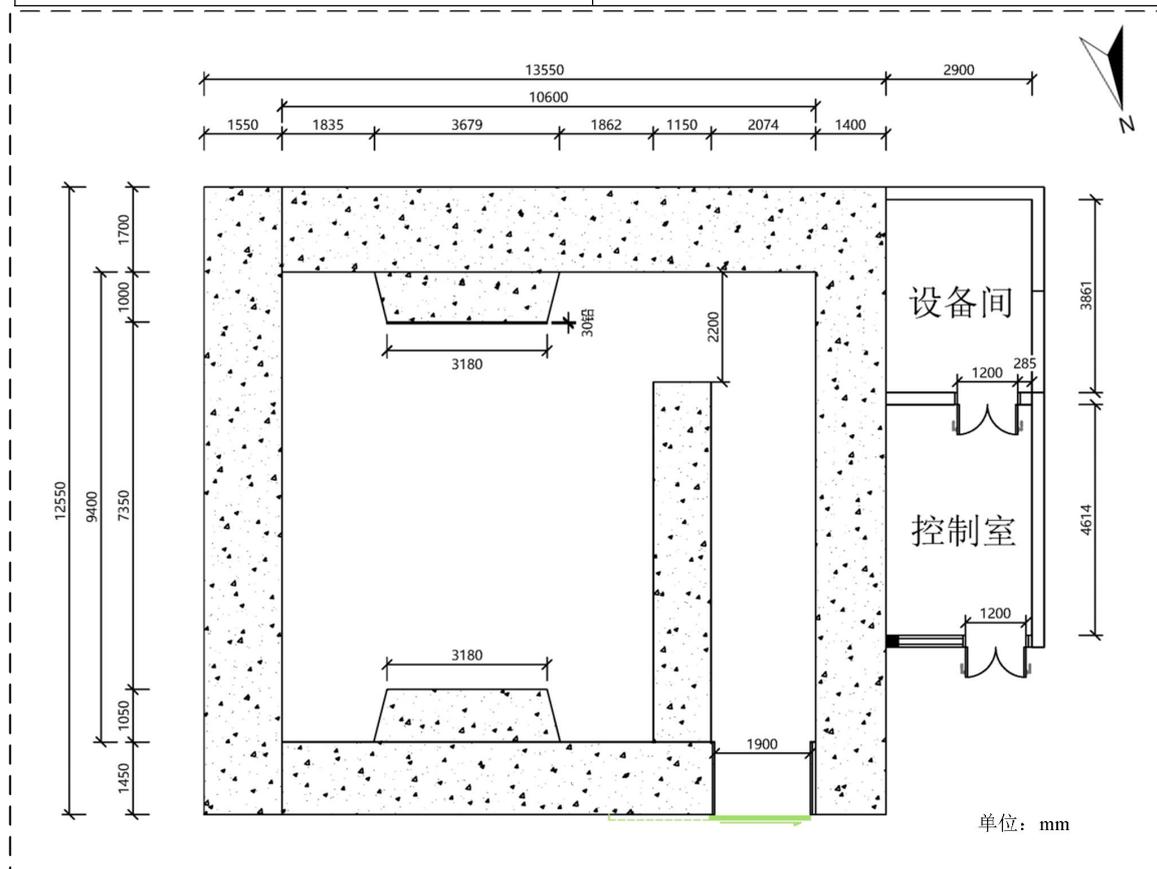


图10-3 机房墙体设计图

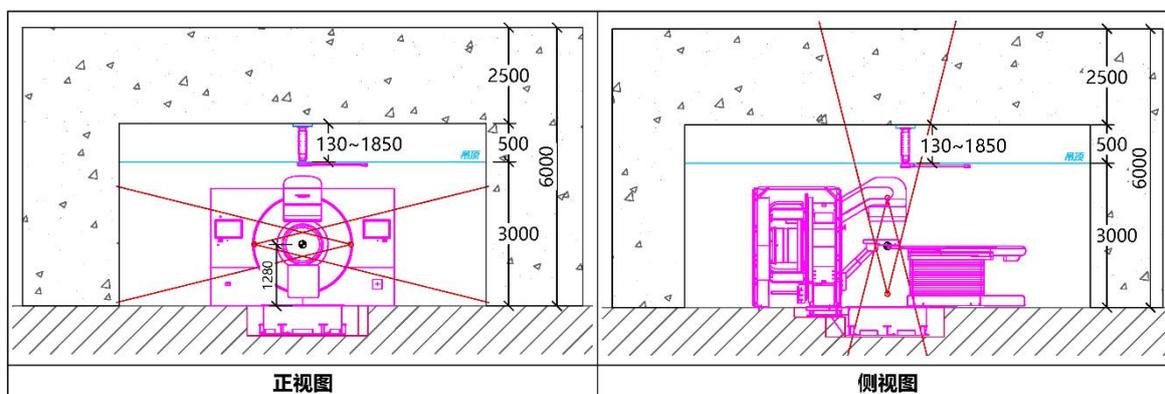


图10-4 机房剖面设计图

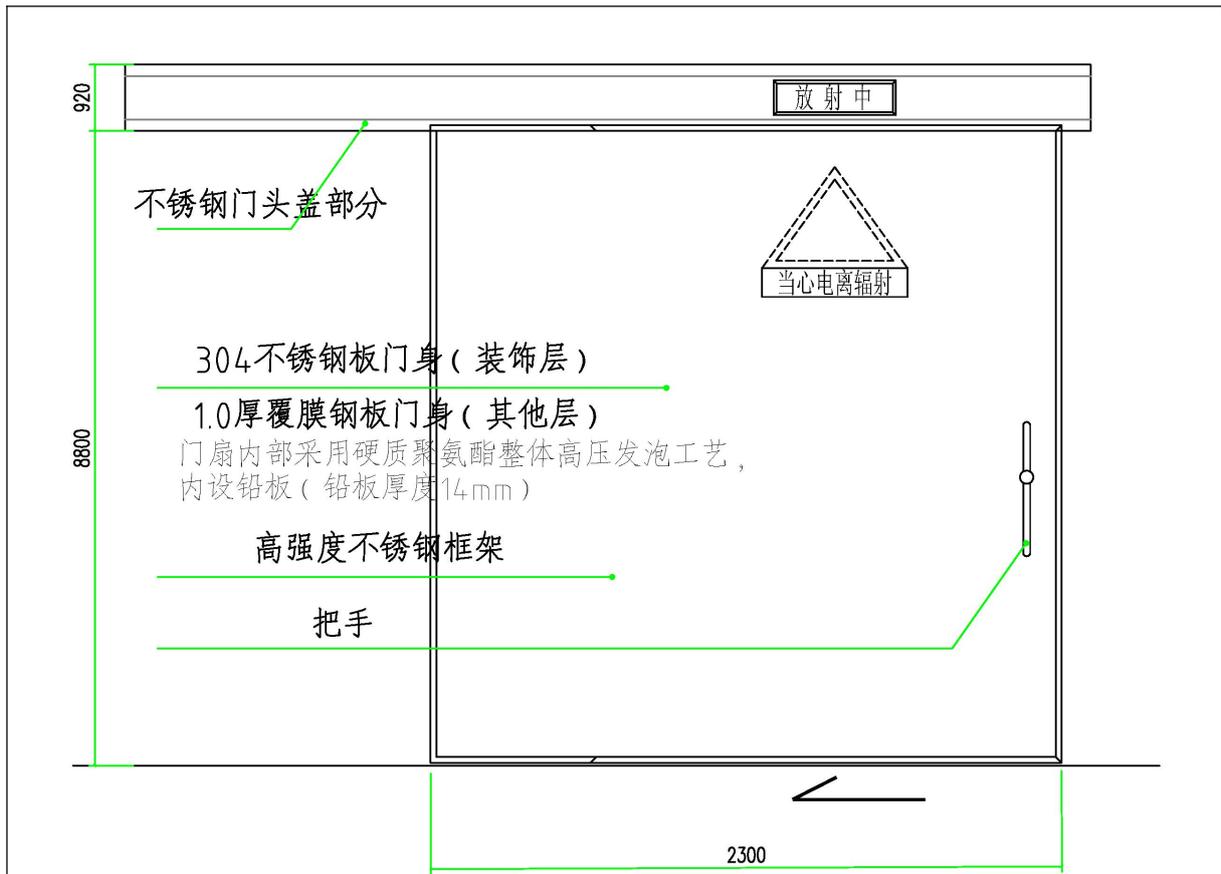


图10-5 机房防护门设计图

本项目拟建控制室与西侧核医学科之间墙体屏蔽为240mm实心砖。根据医院2024年度核技术应用项目场所辐射环境监测报告（详见附件4），核医学科正常运行时，工作场所控制区外屏蔽体表面30cm处的周围剂量当量率与区域环境本底相当，表明本项目拟建控制室区域受到核医学科的额外辐射影响较小，可忽略不计。

2. 电缆、风管穿墙情况

(1) 电缆、风管穿墙设计

本项目直加机房的全部电缆均通过地下电缆沟走线，全部电缆沟均采用活动盖板，从安装加速器的地坑出线后沿着屏蔽墙内侧走线，在机房到控制室的穿墙处采用“∩”型设计，下沉后穿越屏蔽墙到达控制室。电缆沟穿越屏蔽墙的设计方案见图10-6，风管穿墙设计示意图见图10-7。

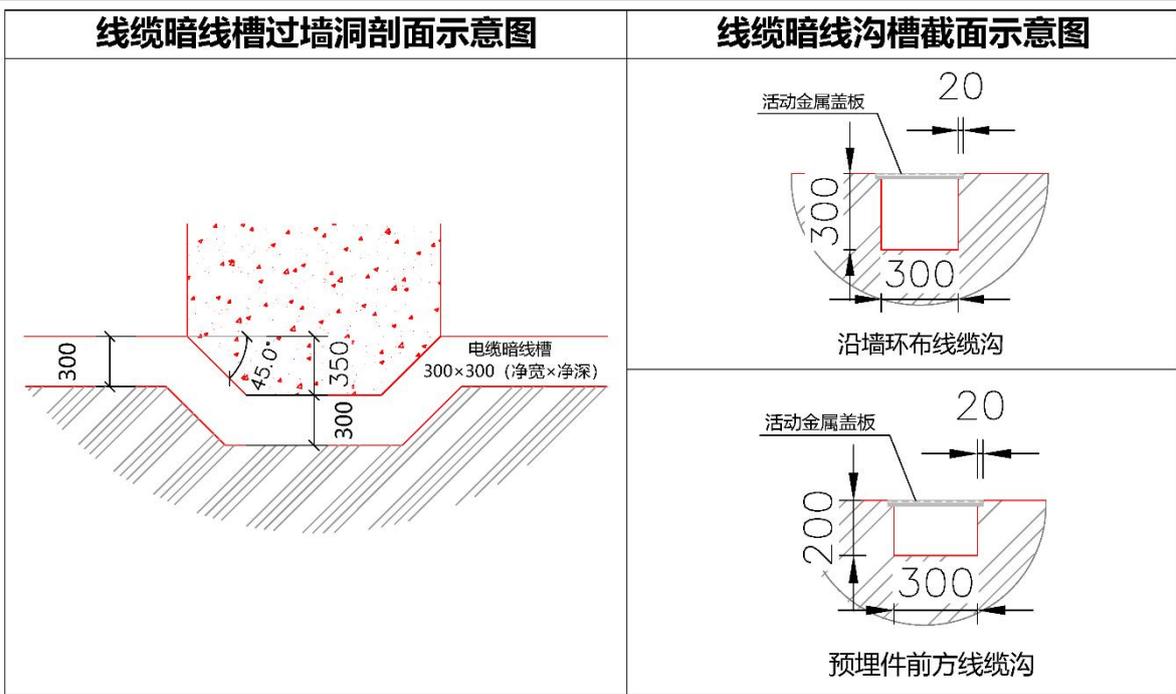


图10-6 电缆穿墙设计示意图



图10-7 风管穿墙设计示意图

电缆、风管穿墙通过多次折返的设计和电缆下沉地面穿越屏蔽墙的设计，增加泄漏射线的散射次数和衰减，从而保证不减弱屏蔽墙的屏蔽效果。

(2) 电缆、风管布局情况

本项目直加机房线缆布局示意图见图10-8，机房空调、新排风设计示意图见图10-9。

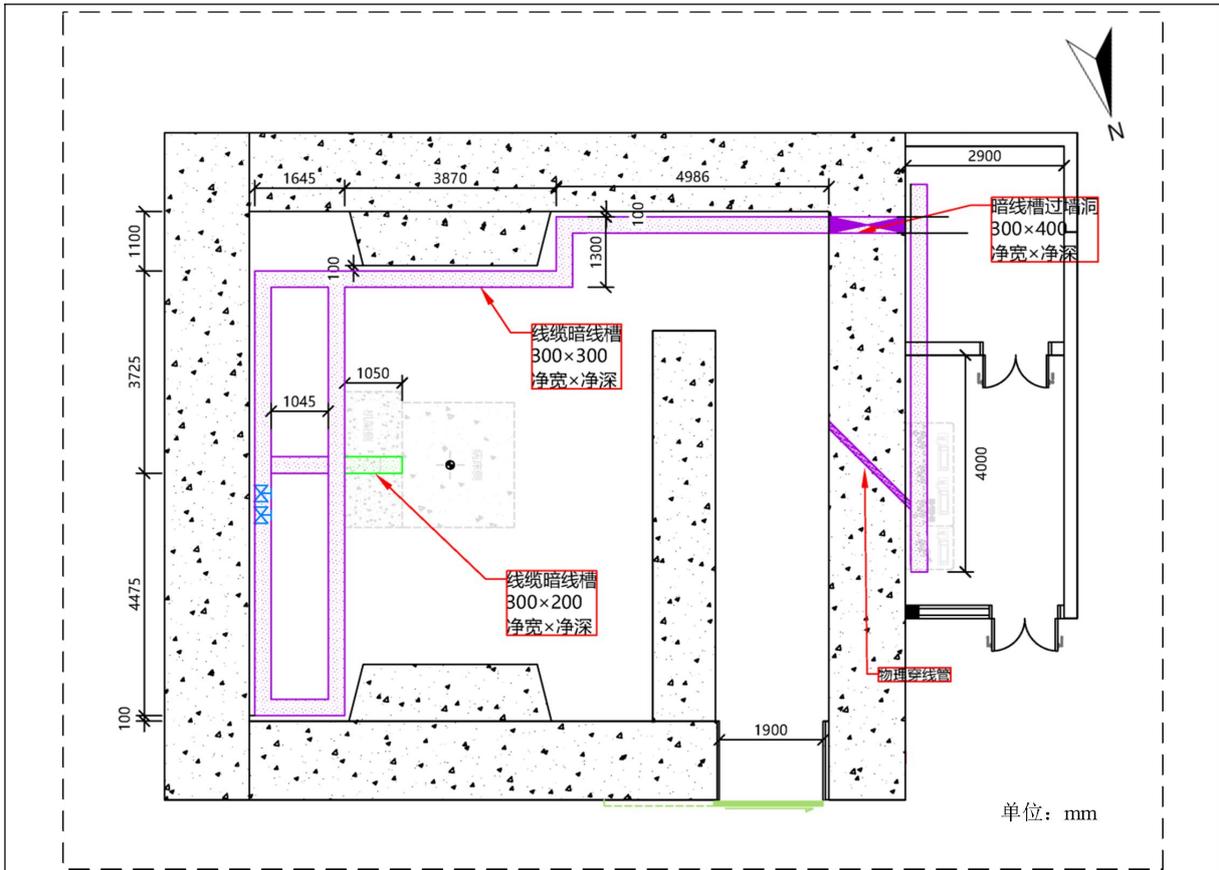


图10-8 线缆布局示意图

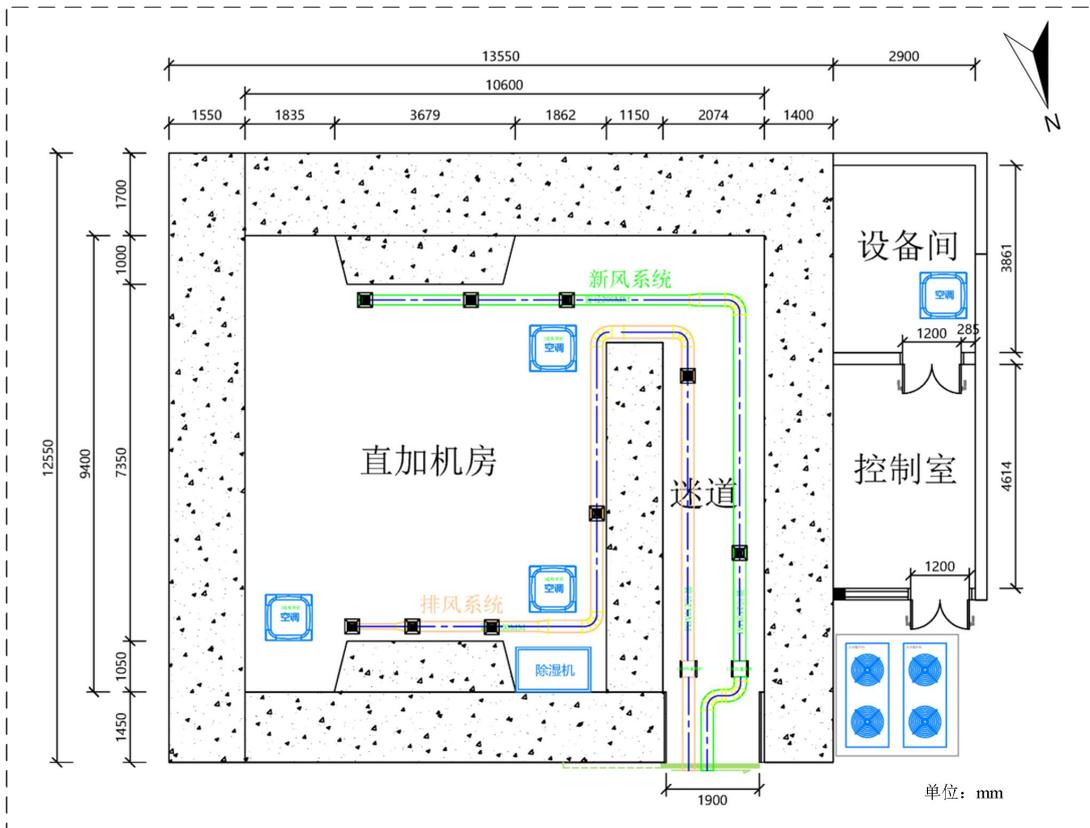


图10-9 机房空调、新排风设计示意图

3.设备固有安全性

(1) 医用电子直线加速器只有在通电开机时才有电子束、X射线等产生，断电停机即停止出束；通过多叶准直器定向出束，其它方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽。

(2) 控制台上有关辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。

(3) 条件显示联锁：医用电子直线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) 控制台上有关蜂鸣器，在医用电子直线加速器工作时发出声音以警示人员防止误入。

(5) 有剂量分布监测装置与照射终止系统联锁，当剂量超过预选值或当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止照射。

(6) 有全部安全联锁设施的检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

(7) 有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。

(8) 治疗床旁、医用电子直线加速器主机上安装紧急停止按钮。

4.源项控制

本项目医用电子直线加速器购置于正规厂家，有用线束内杂散辐射和泄漏辐射不会超过《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）规定的限值。

5.距离防护

本项目治疗区域将严格按照控制区和监督区划分实行分区管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

6.时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊疗之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的治疗方案，选择合理可行和尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

10.3 辐射安全防护设施和措施

对照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）要求，本项目直加机房辐射防护设施和措施符合性分析表见表10-2。本项目辐射安全设施示意图见图10-10。

表10-2 本项目直加机房辐射防护设施和措施符合性分析表

| 标准要求（HJ 1198-2021） | 本项目方案 | 符合性分析 |
|--|---|-------|
| <p>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：</p> <p>a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志；</p> <p>b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；</p> <p>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。</p> | <p>①加速器机房门外设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯；</p> <p>②机房内安装监控摄像头和对讲系统，在控制室内能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况，并能双向交流对讲。</p> | 符合 |
| <p>6.2.2 医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。</p> | <p>本项目加速器机房在迷道的内入口设置固定式辐射剂量监测仪，具备异常情况下报警功能，在控制室内设置屏幕显示。</p> | 符合 |
| <p>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受到意外照射的安全联锁措施：</p> <p>a) 放射治疗室应设置门-机联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束。</p> <p>b) 放射治疗室应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；</p> <p>c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；</p> <p>f) 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。</p> | <p>①加速器机房设门-机联锁装置，实现防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门设备停止出束；</p> <p>②直加机房设置室内紧急开门装置，防护门设置防夹伤功能；</p> <p>③本项目控制室、迷道出入口及防护门内侧、机房内四周墙壁设置急停按钮；急停按钮安装位置设置醒目标识及文字说明，机房内人员从各个方向均能观察到且便于触发。</p> <p>④项目建成后，医院加强管理，明确要求工作人员做到：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；在安装、调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过医院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。</p> | 符合 |

由表10-2可知，本项目加速器机房按相关标准要求进行了设计，机房的辐射防护设施和措施均符合相关规定要求，医院应严格按照设计方案进行建设。本项目机房布

局合理，辐射防护设施和措施健全，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求。本项目辐射防护设施和措施示意图见图10-10。

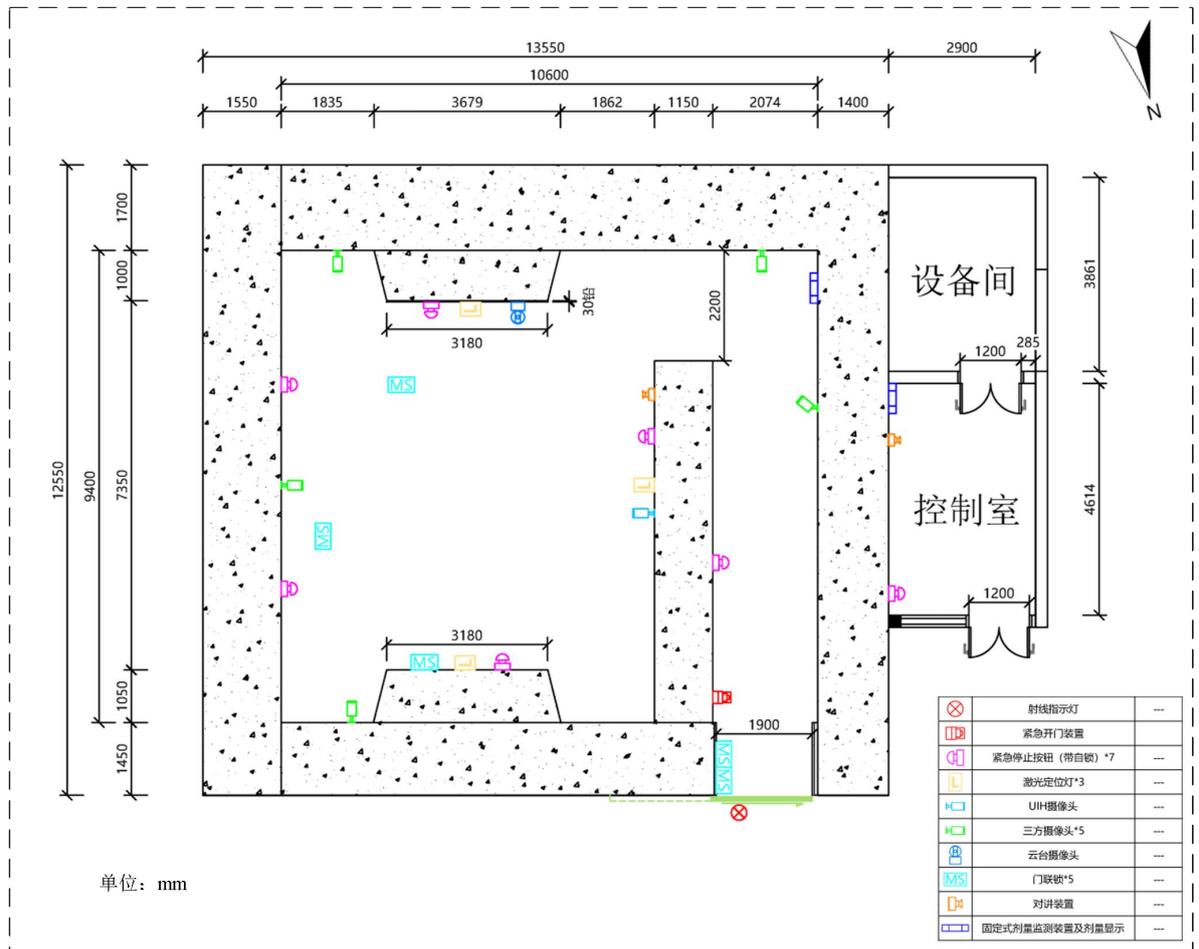


图10-10 本项目辐射安全设施示意图

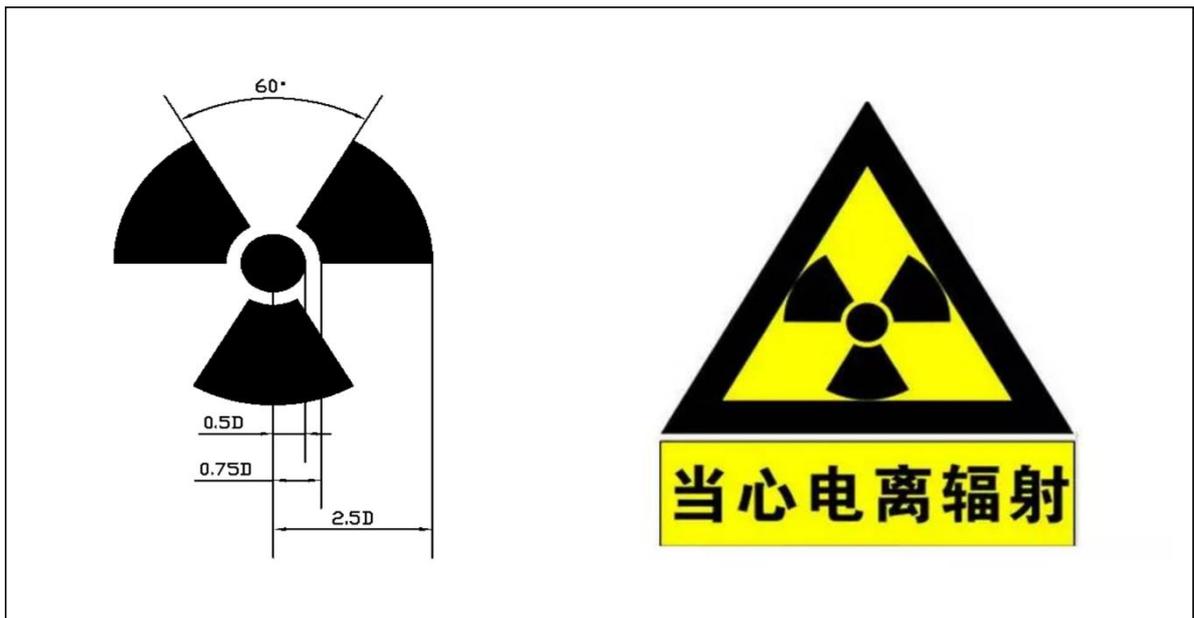


图 10-11 电离辐射标志和电离辐射警示标志

10.4 三废的治理

1. 废气

医用电子直线加速器设备在运行过程中将产生臭氧和氮氧化物等有害气体，如果治疗室的通风量不够，有害气体的积累会危害人体的健康。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）要求，放射治疗机房室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不小于4次/h，排气口位置不设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

本项目加速器机房空调、新排风设计示意图见图10-9。进风管由机房大门经迷路上方进入机房，采用上进风下排风设计，进风管道吊装在机房顶面，在机房内南侧上方设置进风口；在机房内北侧安装排风口，新风/排风管道拟设置斜45°角Z形穿墙，废气接排风管至放射治疗科楼顶排放，以避开人流较大的位置，满足HJ 1198-2021中8.4.1条的要求。

本项目加速器机房设计通风率满足每小时换气不小于4次的要求。本项目加速器机房容积（含迷路）约为305.2m³，拟设计通风率为每小时通风换气4次，则选取的通风机通风量（未考虑风损）应大于1221m³/h。

2. 废水

本项目医用电子直线加速器运行期间冷却水循环使用，正常情况下不外排，在事故维修期间才可能排放，外排冷却水无感生放射性，可按一般废水进行处理。工作人员会产生少量生活废水。排放循环冷却水和生活污水依托医院的污水处理系统处理达标后排入周边市政污水管网，不随意外排。

3. 固体废物

本项目医用电子直线加速器在正常运行时不产生放射性固体废物；工作人员工作中产生少量的生活垃圾和办公垃圾统一收集，由环卫部门集中清运处置。

医用电子直线加速器的靶、准直器及束流阻止器更换或退役时产生放射性固体废物，废靶、准直器及束流阻止器等由厂家回收；或经检测，低于豁免水平，按一般固体废物处置，超出豁免水平，委托有资质单位进行处置。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

医用电子直线加速器只有在运行过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，在建设期医用电子直线加速器对环境无辐射影响，亦无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

在设备调试阶段虽会产生射线，但调试时间很短，而且，此时机房屏蔽设施已建好，因此不会对调试人员及周围公众产生明显的辐射影响。

经现场勘察，本项目机房屏蔽设施已建好，本次仅对内部装饰进行更换，施工时将产生施工噪声、施工扬尘、施工废水和施工固体废弃物，建设施工时对环境会产生如下影响：

1.大气：本项目在施工期需进行内部装饰改造等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械作业时排放废气和扬尘，但这些方面的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：及时清扫施工场地，设立围挡，并保持施工场地一定的湿度。

2.噪声：整个建筑施工阶段，如原有墙体装修材料的拆除、装修等施工中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准，尽量采用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

3.固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，为减少施工建筑垃圾在堆放和运输过程中对环境的影响，车辆运输散体材料和废弃物时，必须做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

4.废水：施工期污水主要来自施工人员的生活污水。施工人员生活污水来自施工人员日常生活排放，主要为洗涤废水和粪便污水，污染物主要为 COD、NH₃-N、BOD₅、SS 等。施工人员在建设场所进行施工期间，所产生的粪便污水进入医院污水处理系统。

医院在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在医院该项目拟建工作场所局部区域，对周围环境影响较小。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射影响分析

1. 关注点

本项目机房下方为实土层，故不考虑地下防护。本项目关注点如图11-1，图11-2，机房周围各关注点相关参数见表11-1。

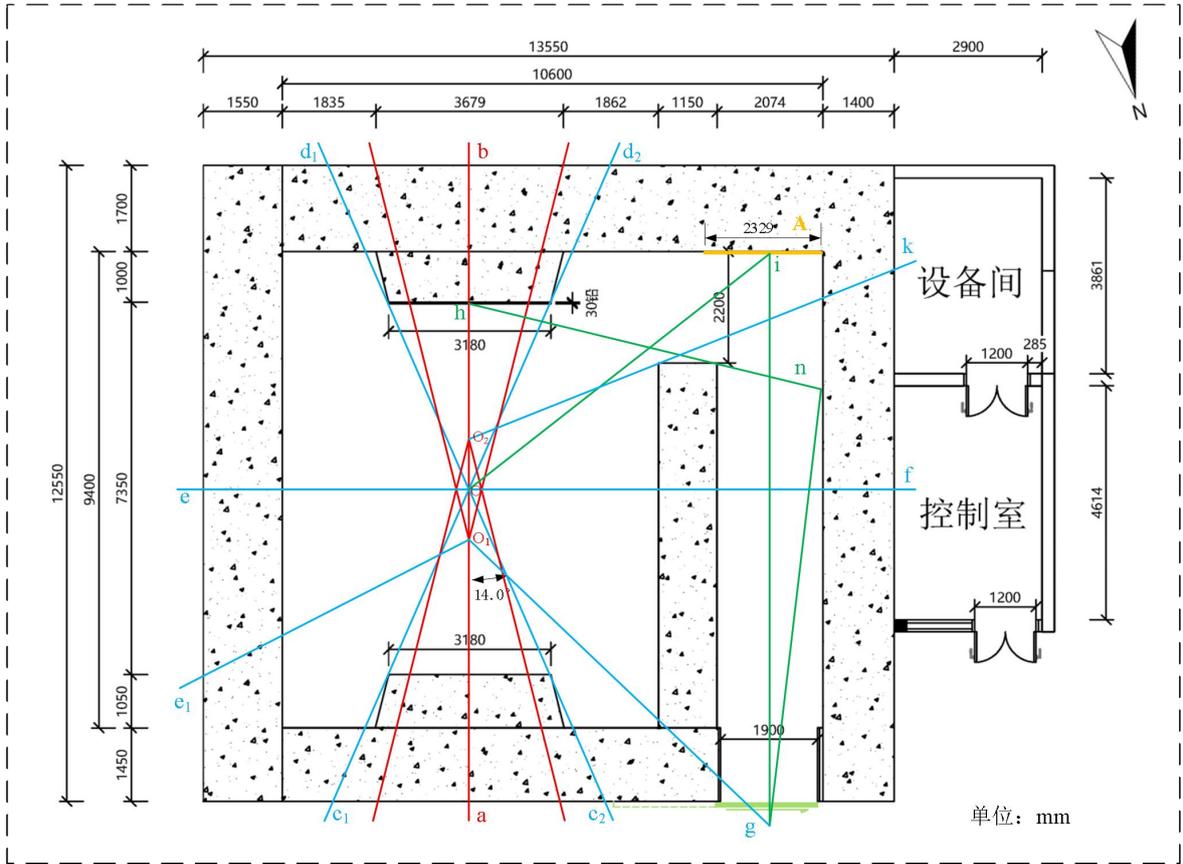


图11-1 直线加速器机房外预测关注点布置图（平面）

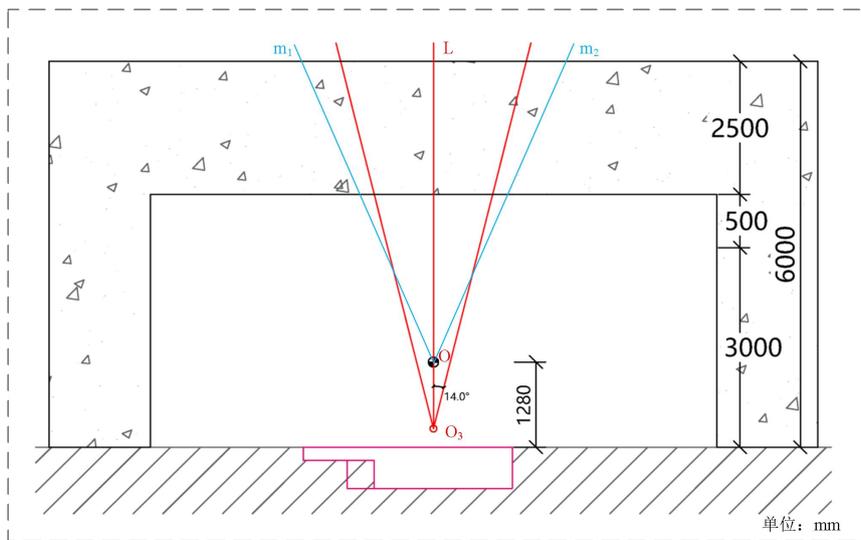


图11-2 直线加速器机房外预测关注点布置图（剖面）

表11-1 机房周围各关注点相关参数

2. 机房屏蔽核算参数

(1) 本项目医用电子直线加速器的主要参数为：X射线最大能量为6MV，未均整FFF模式，有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶1m处的常用最高剂量率为1400cGy/min ($8.4 \times 10^8 \mu\text{Sv/h}$)，源轴距(SAD)为1m，等中心距地面高度1.28m，出束射线角度： $\pm 14^\circ$ ，最大照射野 $40 \times 40\text{cm}$ ，射线泄漏率 $\leq 0.1\%$ 。

(2) 参照GBZ/T 201.1-2007的第4.8.3款，为了机房屏蔽剂量估算和评价的方便及统一，在辐射屏蔽及其设计范畴内，不进行诸物理量（周围剂量当量Sv、空气比释动能Gy、有效剂量Sv）之间的转换系数修正，即取 $1\text{Gy/h}=1\text{Sv/h}$ 。

(3) 参照GBZ/T 201.2-2011 的附录B，各类辐射在混凝土中的什值层见表11-2；参照GBZ/T 201.2-2011第5.2.6节及表B.3，经人体散射及i点散射后，防护门（g点）处的散射辐射能量约0.2MeV，对应铅的TVL值为0.5cm。

表11-2 6MV直线加速器各类辐射在混凝土中的什值层

依据NCRP 151号报告中表B.2数据，对于密度为 11.35g/cm^3 的铅，6MV的X射线在铅中的什值层 $\text{TVL}_1=\text{TVL}=5.7\text{cm}$ 。

(4) 参照GBZ/T201.2-2011的表B.2，患者受照面积 400cm^2 的散射因子 a_{ph} 见表11-3。

表11-3 患者受照面积 400cm^2 的散射因子 a_{ph}

3. 估算方法

(1) 关注点剂量率参考控制水平估算

估算公式参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）中相关公式：

a) 周剂量参考控制水平(H_c)和导出剂量率参考控制水平($\dot{H}_{c,d}$)

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ； 公众： $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)：

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

式中： H_c ——周剂量参考控制水平， $\mu\text{Sv/周}$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ ——参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ——治疗装置周治疗照射时间，h；
 U ——有用线束向关注位置的方向照射的使用因子；
 T ——人员在相应关注点驻留的居留因子。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ：

- 1) 人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；
- 2) 人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

c) 关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

\dot{H}_c 为上述 a) 中的 $\dot{H}_{c,d}$ 和 b) 中的 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值。

本项目各关注点辐射剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 详见表11-4。

表11-4 各关注点辐射剂量率参考控制水平

(2) 有用线束主屏蔽区宽度计算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）第4.3.3节中的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度。

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

式中：

- Y_p ——机房有用束主屏蔽区的宽度，m；
 SAD ——源轴距，m；（对于医用电子直线加速器 $SAD=1\text{m}$ ）
 θ ——治疗束的最大张角（相对束中的轴线）；（本项目 $\theta=14^\circ$ ）
 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。

根据图11-1，将各参数代入公式（11-3）得出本项目的主屏蔽墙体的宽度核算结果见表11-5。

表11-5 主屏蔽墙体宽度核算

由核算结果可知，本项目机房南、北及顶部主屏蔽墙的宽度能够满足加速器有用线束的屏蔽区宽度要求。

(3) 有用线束和泄漏辐射影响剂量率估算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011) 中相关公式：

(1) 有效屏蔽墙厚度计算公式：

$$X_e = X \cdot \sec \theta \dots\dots\dots (11-3)$$

式中： X_e ——射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度 (cm)；

X ——屏蔽墙体的厚度 (cm)；

θ ——入射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角。

(2) 辐射屏蔽透射因子计算公式：

$$B = 10^{-(X_e+TVL-TV L_1)/TVL} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中： B ——辐射屏蔽透射因子；

TVL_1 、 TVL ——有用线束在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度 (cm)，当未指明 TVL_1 时， $TVL_1=TVL$ 。

(3) 有用线束、漏射辐射在屏蔽体外关注点的剂量率计算公式：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots (11-5)$$

式中： \dot{H} ——关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{H}_0 ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶（以下简称靶）

1m处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为 $8.4 \times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

f ——对有用束为1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，本项目为0.001；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离 (m)。

B ——辐射屏蔽透射因子。

根据本项目机房设计方案，得出加速器射线源到关注点的距离 R ，使用公式11-3、11-4、11-5估算出治疗时各关注点的辐射剂量率水平，详见表11-6。

表11-6 各关注点有用线束和泄漏辐射剂量率估算值

4. 散射辐射影响剂量率估算

对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区（如关注点 c_1/c_2 、 d_1/d_2 、 m_1/m_2 ），除了考虑有用线束的泄漏辐射外，还需要考虑有用线束水平或向顶部照射时，人体散射辐射穿过次屏蔽区后的剂量影响。散射辐射主要考虑患者一次散射辐射的剂量率影响。根据《放

射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），患者一次散射辐射的剂量率可按公式11-7进行估算。

首先计算有效厚度 X_e ，再按式11-4估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，再按式11-6估算辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot a_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \dots\dots\dots (11-6)$$

式中：

\dot{H}_0 ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶1m处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为 $8.4 \times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

a_{ph} ——患者 400cm^2 面积上垂直入射X射线散射至距其1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm^2 面积上的散射因子。根据（GBZ/T 201.2-2011）附录表B.2可查；

F ——治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ，本项目为 $40\text{cm} \times 40\text{cm} = 1600\text{cm}^2$ ；

R_s ——患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

B ——辐射屏蔽透射因子。

根据上述公式和参数，可计算关注点 c_1/c_2 、 d_1/d_2 、 m_1/m_2 的患者一次散射剂量率， m_1/m_2 处散射角为 14° ，为偏安全考虑， a_{ph} 按散射角 10° 取值，混凝土中什值层厚度按 15° 散射取值， c_1/c_2 、 d_1/d_2 处散射角为 23.4° ，为偏安全考虑， a_{ph} 按散射角 20° 取值，混凝土中什值层厚度按 30° 散射取值。

表11-7 各关注点散射辐射剂量率估算值

5.迷路入口散射辐射剂量估算

本项目医用电子直线加速器有用线束不向迷路内墙照射，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）中第4.3.2.5节，迷路入口的辐射剂量率分为泄漏辐射和散射辐射，泄漏辐射见表11-6，散射辐射考虑如下：

- (1) ①人体受有用线束照射时，散射至 i 点的辐射并再次受墙的二次散射至 g 处的辐射，散射路径为“ $o_1 \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow g$ ”；
- ②至 i 点的泄漏辐射受墙体散射至 g 处的辐射，散射路径为“ $o_1 \rightarrow i \rightarrow g$ ”；
- ③有用线束穿出人体到达位置 h ，受主屏蔽墙的散射至

n处迷路外墙再次散射，到达g处的辐射。散射路径为“o₁→h→n→g”。在估算g处的辐射剂量率时，以加速器向b水平照射时，即第①项人体的散射辐射作为以上三项之和的近似估算，通常可忽略②、③二项。

(2) 核算加速器的泄漏辐射（以偏离o的位置o₁为中心）经迷路内墙屏蔽后在迷路入口g的辐射剂量。泄漏路径为“o₁→g”。当加速器主屏蔽区加厚屏蔽部分凸向屏蔽墙外表面或凸向屏蔽墙内表面时，o₁至g的泄漏辐射射入迷路内墙的斜射角有所不同，通常以30°斜射角保守估计。

(3) 散射辐射剂量率估算，射线经人体散射后至迷路 i 点的散射角约50°，按照45°保守估算，i 处墙向机房入口g处的二次散射的散射角小于10°，通常按0°考虑。i 处的散射面积为自入口g处和等中心位置o共同可见区域，包括机房吊顶上方区域。

入口g处的散射辐射剂量率 \dot{H}_g 按如下式计算：

$$\dot{H}_g = \frac{a_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{a_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot \dot{H}_0 \dots \dots \dots (11-7)$$

式中：

\dot{H}_g ——g处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

a_{ph} ——患者400cm²面积上的散射因子，见附录B表B.2，通常取45°散射角的值；

F ——治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积，cm²；

a_2 ——砧墙入射的患者散射辐射（能量见附录B表B.3）的散射因子，通常取 i 处的入射角为45°，散射角为0°， a_2 值见附录B表B.6，通常使用其0.5MeV栏内的值；

A ——i 处的散射面积，m²；

R_1 ——“o→i”之间的距离，m；

R_2 ——“i→g”之间的距离，m；

\dot{H}_0 ——加速器有用线束中心轴上距靶1m处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ 。

各参数选取及估算结果详见表11-8。

表11-8 机房入口处（g点）无防护门时散射辐射剂量率

(4) 防护门外辐射剂量率估算，在给定防护门的铅屏蔽厚度X（cm）时，防护门

外的辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)按下式计算:

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \dots \dots \dots (11-8)$$

式中:

\dot{H} ——关注点的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

X ——铅屏蔽厚度 X , cm

\dot{H}_{og} ——“ $o \rightarrow g$ ”泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

$TVL=0.5\text{cm}$ (铅)。

各参数选取及估算结果详见表11-9。

表11-9 防护门外的总辐射剂量率

6.预测结果及评价

(1) 各关注点剂量率预测结果及评价

各关注点的有用线束、泄漏辐射、散射辐射剂量率预测结果详见表11-10。

表11-10 辐射剂量率预测结果与评价

由表11-10可知,正常工作时,直加机房外各关注点的辐射剂量率均小于本次评价确定的剂量率参考控制水平,表明本项目直加机房设计的屏蔽厚度在确保施工质量的情况下,预期其屏蔽效果良好。

(2) 六峰山景区辐射影响分析

本项目机房南侧为六峰山景区,位于关注点 b 、 d_1/d_2 方向,结合辐射剂量率距离平方成反比规律,估算六峰山景区边界的辐射剂量率。

①有用线束影响,关注点 b 方向,景区边界距本项目直加设备源点约16m,六峰山景区边界剂量率 H 为:

即,关注点 b 方向六峰山景区边界辐射剂量率为8.49nSv/h。

②泄漏、散射辐射影响,关注点 d_1/d_2 方向,景区边界距本项目直加设备源点约18m,六峰山景区边界剂量率 H 为:

即,关注点 d_1/d_2 方向六峰山景区边界辐射剂量率为6.82nSv/h。

综上,本项目运行时,主屏蔽(有用线束)方向,六峰山景区边界辐射剂量率为8.49nSv/h,次屏蔽(泄漏、散射)方向,六峰山景区边界辐射剂量率为6.82nSv/h,即

六峰山景区边界最大辐射剂量率为8.49nSv/h，辐射影响微小，且该辐射剂量率为偏安全考虑计算得出，实际运行时几乎不会对景区辐射环境造成影响。本项目建成后，建设单位应定期监测六峰山景区边界的辐射环境，确保其辐射环境不受本项目影响。

(3) 保护目标年有效剂量预测结果及评价

根据潘自强主编的《电离辐射环境监测与评价》第3.3.3节(P51页)“对于强贯穿辐射，10mm深度是被经常使用的， $H^*(10)$ 应当是有效剂量 E 的合理近似”，外照射现场测量为周围剂量当量率 $H^*(10)$ 。在有效剂量估算时，可以直接使用测量结果，不用进行系数转化。

外照射人均年有效剂量当量按下式计算：

$$H_{Er} = H(10) \times T \times t \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11-9)$$

式中： H_{Er} ——外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$H(10)$ ——周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T ——居留因子；

t ——照射时间，h。

本项目辐射工作人员年最大受照时间为1041.67h，可能受照途径为在控制室操作设备，期间会出控制室到机房防护门外通知下一位患者做准备，故选取机房防护门外关注点g、机房西侧控制室f、设备间k较大值，作为职业工作人员年受照剂量。

各预测点位人员所受的辐射影响（年有效剂量）见表11-11。

表11-11 各关注点年有效剂量预测结果及评价

本项目运行时，职业工作人员年有效剂量为2.54E-01mSv。根据医院提供的个人剂量监测报告，放疗科连续四个季度个人剂量监测结果最大为0.77mSv，叠加本项目职业工作人员年有效剂量2.54E-01mSv，职业工作人员年有效剂量为1.02mSv，符合本项目对辐射工作人员的年剂量管理约束值5mSv/a的要求，同时也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本》（GB18871-2002）关于剂量限值的要求。

由表11-10可以看出，本项目所致公众人员年有效剂量最大值为6.87E-02mSv，满足本项目对公众人员年有效剂量管理约束值0.1mSv/a的要求，同时也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本》（GB18871-2002）关于剂量限值的要求。

该项目运行对评价范围内距离更远处的院外六峰山景区、院内职工宿舍楼、门诊楼等公众的年有效剂量将更小，满足本项目对公众人员年有效剂量管理约束值

0.1mSv/a的要求及（GB18871-2002）关于剂量限值的要求。

11.2.2 三废环境影响分析

11.2.2.1 大气环境影响分析

本项目新建医用电子直线加速器仅有X射线治疗模式，X射线产生的臭氧较少，且本项目拟设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不小于4次/h，保证机房内良好的通风，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求。

11.2.2.2 水环境影响分析

本项目医用电子直线加速器运行期间冷却水循环使用，正常情况下不外排，在事故维修期间才可能排放，外排冷却水无感生放射性，可按一般废水进行处理。工作人员会产生少量生活废水。排放循环冷却水和生活污水依托医院的污水处理系统处理达标后排入周边市政污水管网，不随意外排，对项目周边的地表水影响轻微。

11.2.2.3 固体废弃物影响分析

本项目医用电子直线加速器工作过程中不产生固体废物；工作人员在工作中会产生少量的生活垃圾和办公垃圾，所产生的生活垃圾统一收集，由环卫部门集中清运处置。

本项目医用电子直线加速器的靶、准直器及束流阻止器更换或退役时产生放射性固体废物，废靶、准直器及束流阻止器等由厂家回收；或经检测，低于豁免水平，按一般固体废物处置，超出豁免水平，委托有资质单位进行处置。

11.3 事故影响分析

根据污染源分析，本项目主要环境风险因子为X射线，危害因素为X射线超剂量照射，射线装置只有在开机状态下才会产生X射线，一旦切断电源便不会再有射线产生。本项目可能发生的辐射事故如下：

- （1）医用直线加速器正常工作时，人员误留、误入机房内，导致发生误照射。
- （2）直线加速器检修、维护过程中，操作人员在不知情的情况下启动加速器，造成维修人员被误照。
- （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）门机联锁装置发生故障，射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入，造成人员被误照射，引发辐射事故。

一旦发生以上事故，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条规定，该公司应当立即启动本单位的应急预案，采取应急措施，以减轻事故危害后果。立即向当地环境保护行政主管部门、公安部门、卫生主管部门报告的同时，事故单位还应进行如下工作：

（1）对事故可能造成的超剂量照射，立即采取应急救援措施；

（2）对可能造成辐射伤害的人员，事故单位应立即将其送至放射性事故应急定点医院，进行检查和治疗；

（3）配合相关管理部门进行调查。禁止任何单位和个人故意破坏事故现场、毁灭证据；

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

为了杜绝上述辐射事故的发生，要求建设单位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照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

（2）建设单位需制定《医用电子直线加速器操作规程》。凡涉及加速器的操作，必须按操作规程执行，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可以看到的显眼位置；

（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及时更换，并建立射线装置维护、维修台账；

（4）加强辐射工作人员的管理。所有辐射工作人员需参加生态环境部门组织的辐射安全与防护培训，并考核合格持证上岗。加强辐射工作人员的业务培训，防止误操作，以避免工作人员和公众受到意外辐射；

（5）加强控制区和监督区管理，在医用电子直线加速器运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区滞留。

（6）制定事故应急预案，并定期组织员工培训及应急演练，提高紧急状态下应变能力。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款：使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科及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；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院成立了辐射安全与防护管理领导小组，在该文件（附件 6）中明确了领导小组成员名单，并明确了相关职责，小组人员组成如下：

组 长：*** 副组长：*** 成 员：***

管理工作小组职责：负责本单位放射卫生防护的日常管理工作。具体负责放射性新、改、扩建建设项目的的评价报告审核、竣工验收的申报工作；《放射诊疗许可证》的新办、校验工作；放射工作人员的职业技能检查、放射卫生法律法规与防护知识培训、个人剂量监测组织工作和《放射工作人员证》的办理工作；各类放射卫生管理制度的建立健全工作；放射防护设施与个人防护用品的配备、使用与维护管理工作；放射性危害告知工作（包括警示标识和工作指示灯的设置和正常使用管理与维护工作）；放射诊疗设备性能检测与工作场所的防护检测工作；放射卫生综合档案和放射工作人员个人健康监护档案的建立与管理工作；放射诊疗场所的安全与保洁工作；放射突发事件的报告工作。

放射卫生管理员职责：协助单位领导督促放射卫生防护管理工作小组做好本单位年度的各项放射卫生防护管理工作。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 规章制度及落实情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

医院已制定一套相对完善的管理制度和操作规程，包括《灵山县人民医院辐射安全管理制度》《放射工作人员健康管理制度》《灵山县人民医院辐射防护和安全保卫

制度》《放射工作人员放射安全防护制度》《闲置（废弃）放射源及其他放射性废物处置管理制度》《灵山县人民医院射线装置管理制度》《辐射装置维护与检修制度》《放射安全事故应急预案》等关于辐射方面的规章制度，以确保医院开展辐射工作的安全。并落实“制度上墙”。

医院已制定的各项管理制度具有较好的可行性，本项目为新建医用电子直线加速器应用项目，使用Ⅱ类射线装置，与原有核技术利用项目为同种类型，针对本项目，建设单位将本项目的相关内容纳入原有管理制度体系中。只要在日常工作中严格落实，即能够满足核技术利用项目的管理。

12.2.2 辐射工作人员

（1）辐射安全培训

根据生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发的《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。本项目拟配备的辐射工作人员均已通过生态环境部培训平台报名并参加考核合格。

（2）职业人员的个人剂量管理

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，项目单位应对辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。建设单位应定期委托有资质的单位定期对辐射工作人员个人剂量计进行监测（监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天），并按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》的要求建立个人剂量记录及监测档案管理制度，并对职业照射个人监测档案终生保存。

（3）职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目医院应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

12.3 辐射监测

本项目辐射防护监测包括个人剂量监测、辐射环境监测和竣工验收监测。

12.3.1 个人剂量监测

为测量本项目辐射工作人员在一段时间的受照剂量，借以限制辐射工作人员的剂量当量和评价工作场所的安全情况，建设单位为本项目辐射工作人员均配个人剂量计并进行个人剂量监测，并委托有资质单位对公司辐射工作人员进行个人累积剂量监测（每季度进行一次个人剂量监测）。项目建设单位应设置专人负责个人剂量监测管理，并建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。

根据（GB 18871-2002）要求，辐射工作人员在开展放射性工作期间，必须佩戴由项目建设单位配发的个人剂量计。

12.3.2 工作场所监测

①监测项目：X- γ 射线辐射剂量率；

②监测频度：委托有监测资质单位至少每年监测1次，监测报告附录到年度评估报告中，监测数据应存档备案。

③监测范围：项目机房四周墙体、防护门等人员可达区域；以及周围50m范围内环境关注点。

④监测仪器：使用的仪器应与本项目源项特征相适应（由监测机构负责）；

⑤监测报告所包含信息应清晰、准确、完整，并纳入档案进行保存。

每年1月31日之前，医院应向辐射安全许可证发证机关及当地生态环境主管部门提交上一年度的本单位辐射安全和防护状况年度评估报告。

12.3.3 竣工验收监测

本项目建成后，建设单位应主动开展项目竣工环境保护验收工作，验收按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》等相关要求进行。

12.4 辐射事故应急

12.4.1 应急响应机构设置

本项目为使用II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四章规定及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第六章的规定，结合

单位的实际情况，制定了《放射安全事故应急预案》并成立了以院领导为组长，相关科室负责人为组员的辐射事件应急领导小组，医院应急机构组成：医院主管领导，医院辐射安全防护领导小组、办公室，医务科、急诊科、医疗器械科、保卫科、后勤科以及使用放射源和射线装置的科室应急小组。

辐射事故中的职责：

（1）根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射工作卫生防护管理办法》及日常工作要求开展预防与监测工作。

（2）发生放射事故后，应及时向上级卫生和生态部门报告，协助监督部门开展现场调查、接受当事人的要求，组织放射事故鉴定。

放射事故应急处理：

（一）发生放射事故时，有关科室应当立即向医院报告。由院领导统一指挥，启动应急预案程序，并以书面形式同时上报上级卫生和生态部门。放射安全防护领导小组负责组织事故现场调查处理，检测检验，放射损伤诊断鉴定工作。

（二）发生人体受超剂量照射事故时，迅速安排受照人员接受医学检查，或者在指定的医疗机构救治，同时对危险源采取应急安全处理措施。

1.立即终止原放射诊疗操作，安排受照人员接受医学检查及相应的医疗救治；

2.如实记录，并根据具体情况对受照人员进行必要的医学观察；

3.及时报告医院辐射应急领导小组，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，及时报告生态保护部门、公安部门和卫生行政部门。

（三）发生超剂量照射或放射性药物超剂量使用引起辐射事故时

1.立即终止原放射诊疗操作，安排受照人员接受医学检查及相应的医疗救治；

2.如实记录，并根据具体情况对受照人员进行必要的医学观察；

3.及时报告医院辐射应急领导小组，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，及时报告生态保护部门、公安部门和卫生行政部门。

（四）发生射线、同位素等放射源泄漏、污染等严重事件时

1.立即终止原放射诊疗操作，关闭操作电源；

2.封锁现场，切断一切可能扩大污染范围的环节；

3.迅速撤离有关人员，对事故受照射人员进行及时的检查、救治和医学观察。

4.保护事故现场，保留导致事故的材料，设备和工具等。

5.及时报告医院辐射应急领导小组，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，及时报告生态环境部门、公安部门和卫生行政部门。

6.根据放射事故的性质，配合有关部门，积极采取相应的去污染措施。

12.4.2 应急预案内容

医院现有《放射安全事件应急预案》建立了应急组织的基本框架，明确了事故报告等通用流程，为应对放射事件提供了基础性指导文件。然而，对照国家现行法规标准及本项目新增的医用电子直线加速器的技术特点与特定风险，该预案在适用性和可操作性上存在明显不足，建议在本项目运行前进行针对性修订与补充，以确保其切实有效。

1.适用性分析：

现有应急预案内容未能涵盖医用电子直线加速器的特有风险：未针对加速器治疗头机械故障、安全联锁系统失效、人员被误照于治疗室内等特定场景制定响应程序。

2.可操作性分析：

预案的应急措施描述过于原则化，缺乏具体、可执行的步骤，对于如何远程确认治疗室状态、如何实施紧急停机、如何对可能受到高剂量X射线照射的人员进行初步评估与分类等关键操作，均未给出明确指引；预案未明确配备与本项目直线加速器风险相匹配的应急资源。

3.修订与完善建议：

针对本项目特点，医院须依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）等最新要求，对原预案进行升版。修订重点应包括：

（1）针对本项目特点，制定有针对性的应急预案内容；

（2）辨识并制定针对特定场景的应急处置程序，如“治疗中安全联锁失效应急预案”“人员误留治疗室应急预案”“火灾等次级灾害引发辐射风险应急预案”等，流程应具体到操作步骤；

（3）明确应急设备与资源保障，列出为本项目配置的应急监测设备、防护装备、急救药品清单，并指定保管人员定期检查制度；

（4）制定具体演练计划：预案中应制定年度应急演练计划，明确针对医用电子直线加速器的演练科目（如模拟人员误照、紧急停机操作）、形式（桌面推演、功能

演练)、频次(建议每年至少一次专项演练),通过演练检验预案,发现问题并持续改进。

建议医院按要求修订和完善辐射事故应急预案,相关工作应于本项目正式投入运行前并同步在申领新的辐射安全许可证之前完成。

12.4.3 应急人员的培训与演习计划

医院根据本项目特点完善应急预案后,每年应至少组织1次针对直线加速器的专项应急演练,确保应急预案的相关措施得到落实,根据演练中发现的问题,及时修订完善应急预案,持续保持应急预案的可操作性及有效性。



表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

医院拟在钦州市灵山县钟秀路 1 号放射治疗科一楼直线加速治疗 2 室新建 1 台医用电子直线加速器（拥有 CBCT 功能），X 射线最大能量为 6MV，为使用 II 类射线装置项目。

13.1.2 实践的正当性分析

灵山县人民医院新建医用电子直线加速器应用项目目的在于开展医学放射诊断和治疗工作，对保障人民群众身体健康、拯救生命起着十分重要的作用；项目的建设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，同时项目的实施提高了医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也创造了更大的经济效益。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）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

13.1.3 产业政策符合性

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“第一类 鼓励类”第十三项“医药”中第 4 款“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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

13.1.4 选址及总平面布置合理性

灵山县人民医院新建医用电子直线加速器应用项目建设于医院西南部放射治疗科一楼直线加速治疗 2 室，项目机房设置防护铅门及防护墙体，在机房防护门门口设置电离辐射警告标志，将机房划分为控制区，无关人员不得进入。通过以上场所独立、分区管理等措施，并且采取了相应的辐射防护措施后对周围的环境影响较小。本项目的选址及布局满足 HJ 1198-2021 的要求。

13.1.5 辐射环境现状评价结论

本项目拟建工作场址环境 γ 辐射空气吸收剂量率的监测结果在广西壮族自治区本底范围内，表明拟建项目辐射环境现状未见异常。

13.1.6 辐射安全与防护结论

本项目新建医用电子直线加速器机房场所布局合理，设置控制区、监督区分区管理，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，机房辐射屏蔽设计及其辐射安全防护措施满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求。

13.1.7 辐射环境影响分析

根据机房周围各关注点的辐射剂量率预测结果可知，若机房按照现有设计方案施工并保障工程质量，则机房周围各关注点的辐射剂量率满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中规定的机房周围剂量当量率的限值要求。

13.1.8 人员受照剂量分析

根据职业人员和公众人员受照剂量分析结果可知，在正常情况下，项目对周围职业工作人员和公众的辐射影响均能满足本报告提出的年有效剂量管理约束值：职业工作人员年有效剂量不超过5mSv/a，公众年有效剂量不超过0.1mSv/a，同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业工作人员和公众受照剂量限值的要求。

13.1.9 射线装置使用与安全管理的综合能力分析

医院已成立有辐射安全管理机构，辐射工作人员已持证上岗，有符合国家环境保护标准、职业卫生标准和安全防护要求的场所、设施和设备；建立有较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；具有II类射线装置的使用和管理能力。

综上所述，灵山县人民医院新建医用电子直线加速器应用项目，在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施后，项目的运行对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

- （1）按照辐射安全许可证的许可内容从事辐射工作。
- （2）不断提高工作人员素质，增强辐射防护意识，尽量避免发生意外事故。
- （3）定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断完善事故应急预案。

13.2.2 承诺

(1) 补充完善本项目辐射相关的管理制度。

(2) 本项目环评获得批复后，及时重新办理辐射安全许可证。

(3) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，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。

(4) 定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前上报生态环境厅，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥存在的安全隐患及其整改情况；⑦其他有关法律、法规规定的落实情况。

(5) 一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告上级主管部门。

表 14 审批

| | |
|---------------------|----------------------|
| <p>下一级环保部门预审意见:</p> | <p>公 章 年 月 日</p> |
| <p>审批意见:</p> | <p>公 章 年 月 日</p> |