镇雄县人民医院新增 2 台直线加速器和 1 台后装机核技术利用项目（1 台直线加速器）

竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：镇雄县人民医院

编制单位：四川省自然资源[illegible]测试研究中心

（四川省核技术[illegible]中心）

2025 年 7 月

镇雄县人民医院
新增 2 台直线加速器和 1 台后装机核技术利用项目
（1 台直线加速器）
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位法人代表：

编制单位法人代表：

项目负责人：

填表人：

建设单位：镇雄县人民医院（盖章）
电话：15012291659
传真：/
邮编：610066
地址：云南省昭通市镇雄县迎宾大道（南侧）与镇雄大道交汇处

编制单位：四川省自然[illegible]中心（四川省核应急技术[illegible]）
电话：028-84201220
传真：/
邮编：610084
地址：四川省成都市金[illegible]号

目　录

表 1 项目基本情况 1
表 2 项目建设情况 12
表 3 辐射安全与防护设施/措施 28
表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定 40
表 5 收监测质量保证及质量控制 45
表 6 验收监测内容 46
表 7 验收监测 50
表 8 验收监测结论 55

“三同时”验收登记表

附图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 医院总平面布置及外环境关系图

附图 3-1 本项目所在楼层（肿瘤中心负 2 楼）平面布置图（环评阶段）

附图 3-2 本项目医用电子直线加速器机房及辅助功能区实际验收平面布置图

附图 4-1 本项目机房楼上（肿瘤中心负 1 楼）平面布置图

附图 4-2 本项目机房楼上（肿瘤中心 1 楼）平面布置图

附图 5-1 本项目环评阶段设计平面布置图

附图 5-2 本项目验收实际建设平面布置图

附图 6 本项目控制区与监督区划分示意图

附图 7-1 本项目环评阶段直线加速器机房通排风平面布置图

附图 7-2 本项目直线加速器机房实际通排风系统平面布置图

附图 8-1 本项目环评阶段直线加速器机房电缆沟平面布置图

附图 8-2 本项目直线加速器机房实际电缆沟平面布置图

附件

附件 1 委托书

附件 2 环评批复

附件 3 辐射安全许可证正副本

附件 4 辐射安全管理机构文件

附件 5 辐射安全管理制度

附件 6 辐射工作人员培训证书

附件 7 个人剂量检测报告

附件 8 验收监测报告

附件 9 工程验收材料

附件 10 辐射工作人员体检报告

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">镇雄县人民医院新增 2 台直线加速器和 1 台后装机核技术利用项目（分期验收）</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位名称</td><td colspan="5">镇雄县人民医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="5">■新建　□改建　□扩建</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设地点</td><td colspan="5">云南省昭通市镇雄县迎宾大道（南侧）与镇雄大道交汇处镇雄县人民医院新建肿瘤中心负二层</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">源项</td><td colspan="3">放射源</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="3">非密封放射性物质</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="3">射线装置</td><td colspan="2">1 台医用电子直线加速器，型号 uRT-linac 506c，最大 X 射线能量为 6MeV 不含电子线，X 射线等中心 1m 处剂量率为 14 Gy/min；CBCT 与加速器同源双束，使用 CBCT 功能时 X 射线能量为 1.5MV，配置 FBCT 最大管电压 140kV，最大管电流范围为 420mA。属于Ⅱ类射线装置。</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目环评批复时间</td><td colspan="2">2020.10.10</td><td>开工建设时间</td><td colspan="2">2023.08.25</td></tr>
<tr><td colspan="2">取得辐射安全许可证时间</td><td colspan="2">2025.06.17</td><td>项目投入运行时间</td><td colspan="2">2025.08.01</td></tr>
<tr><td colspan="2">辐射安全与防护设施投入运行时间</td><td colspan="2">2025.08.01</td><td>验收现场监测时间</td><td colspan="2">2025.06.30</td></tr>
<tr><td colspan="2">环评报告表审批部门</td><td colspan="2">云南省生态环境厅</td><td>环评报告表编制单位</td><td colspan="2">四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）</td></tr>
<tr><td colspan="2">辐射安全与防护设施设计单位</td><td colspan="2">云南众瑞科技有限公司</td><td>辐射安全与防护设施施工单位</td><td colspan="2">云南合悦建设工程有限公司</td></tr>
<tr><td>投资总概算(万元)</td><td>1500</td><td colspan="3">辐射安全与防护设施投资总概算</td><td>85.5</td><td>比例</td><td>5.7%</td></tr>
</table>

实际总概算(万元)	2874.6219	辐射安全与防护设施实际总概算	29.0	比例	1.01%
验收依据		**一、建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度** （1）《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 年 10 月 28 日通过，2016 年 7 月 2 日第一次修正，2018 年 12 月 29 日第二次修正）； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）； （4）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日修改并实施《国务院关于修改部分行政法规的决定》，中华人民共和国国务院令第 709 号）； （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）； （6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年，国家环境保护总局令第 31 号，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改）； （7）关于发布《射线装置分类》的公告（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）； （8）《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日）； （9）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号，2017.11.22）； （10）《关于建设项目环境保护设施竣工验收监测管理有关问题的通知》（环发〔2000〕38 号）；			

	（11）云南省生态环境厅关于印发《云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲（2021 年版）》和《云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查技术程序（2021 年版）》的通知（云环通〔2021〕227 号）。 **二、建设项目竣工环境保护验收技术规范** （1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （3）《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)； （4）《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； （5）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （6）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （7）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （8）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）； （9）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）； （10）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （11）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （12）《云南省环保局关于〈在辐射安全许可证工作中确定电离辐射安全管理限值请示〉的复函》（云环函〔2006〕727 号）； （13）《建设项目竣工环境保护验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）。 **三、建设项目环境影响报告表及其审批部门审批决定** （1）四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急

	技术支持中心）《镇雄县人民医院新增 2 台直线加速器和 1 台后装机核技术项目环境影响报告表》， （2）云南省生态环境厅《云南省生态环境厅关于镇雄县人民医院新增 2 台直线加速器和 1 台后装机核技术利用项目环境影响报告表的批复》（云环审〔2020〕2-22 号）， **四、其他** （1）建设单位提供资料； （2）《委托书》。
验收执行标准	根据《镇雄县人民医院新增 2 台直线加速器和 1 台后装机核技术利用项目环境影响报告表》，本次验收监测执行的标准为： **一、环境质量标准** （1）环境空气：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准。 （2）地表水：执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中III类标准。 （3）声环境：执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)2 类标准。 **二、污染物排放标准** **1、电离辐射剂量约束限值** 针对建设单位开展的核技术利用项目，电离辐射剂量约束限值如下： ①国家标准限值 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 条的规定，任何工作人员的职业照射不超过由审管部门决定的连续 5 年平均有效剂量 20mSv；第 B1.2 条的规定，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年有效剂

量 1mSv。

②行政管理限值

根据《云南省环保局关于<在辐射安全许可工作中确定电离项目辐射安全管理限值请示>的复函》（云环函〔2006〕727 号）中的规定，单一项目取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的四分之一。

③标准剂量约束限值

环评阶段执行"《云南省环保局关于<在辐射安全许可工作中确定电离项目辐射安全管理限值请示>的复函》〔云环函〔2006〕727 号〕中的规定，单一项目取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的四分之一。"即职业照射个人受照剂量管理限值取 5mSv/a；公众照射个人受照剂量管理限值取 0.25mSv/a。

验收标准更新执行《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《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）辐射防护要求，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

综上，本次验收根据环评要求，采用行政管理限值，即：

职业照射个人受照剂量管理限值取 5mSv/a；

公众照射个人受照剂量管理限值取 0.1mSv/a。

2、控制剂量率水平

直线加速器工作场所边界周围剂量率控制水平执行《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）有关规定：

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 $\dot{H}c,d$(μSv/h)： 机房外辐射工作人员：$\dot{H}c$≤100 μSv/周； 机房外非辐射工作人员：$\dot{H}c$≤5 μSv/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 $\dot{H}c,max$ (μSv/h)： 人员居留因子 T＞1/2 的场所：$\dot{H}c,max$≤2.5 μSv/h； 人员居留因子 T≤1/2 的场所：$\dot{H}c,max$≤10 μSv/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 250μSv 加以控制。 3）根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中 4.2.2 治疗机房顶的控制要求： 在治疗机房正上方已建、拟建建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗机房顶外表面 30 cm 处和(或)在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，可以根据机房外周剂量参考控制水平最高剂量率 $\dot{H}c,max$≤2.5 μSv/h。 4）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），加速器的有用束和泄露辐射都是经过迷路内墙后照射到迷路外墙，不直接照射迷

	路外墙，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）中以下要求： 4.5.1 在迷路内口处，应避免宽束有用束直接照射迷路外墙，并尽可能避免 4π 有用束和泄漏辐射直接照射迷路外墙； 4.5.4 要求迷路内墙应有足够的屏蔽厚度，使得过辐射源点穿过迷路内墙直接照向迷路入口的辐射剂量仅占入口处控制剂量（如 1/4）的一个分数； 4.5.5 迷路内、外墙总的屏蔽因满足后对外墙外部场所中驻留人员防护。迷路内、外屏蔽墙应适当分配，通过辐射源垂直射向迷路内墙的辐射，经内墙屏蔽衰减后达到迷路外墙内表面，并经其散射至迷路入口的辐射剂量，仅占上述 4.5.3 的一个分数（如 1/4）。通常，迷路外墙内表面散射中心处（位置 j 点）的辐射剂量率应小于上述 4.5.3 入口处（位置 g 点）剂量率的 100 倍，迷路外墙的屏蔽透射因子应小于 10^{-2}。 **3、布局要求** 对照《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》（HJ1198-2021）布局要求如下： （1）放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置； （2）放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区；

	（3）治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求； （4）治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外； （5）应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射； （6）X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路；γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路； **4、两区划分** 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）控制区和监督区的定义划定控制区和监督区。 控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施； 监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。 **5、通排风要求** 根据《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》（HJ1198-2021）中放射治疗机房内换气次数不少于 4 次/h。

	6、安全装置和警示标志要求 根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），安全装置和警示标志要求如下： 6.4.1 监测报警装置 含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常。 6.4.2 联锁装置 放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。 6.4.3 标志 医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志： a）放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志； 医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志： a)放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志； b）放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。 6.4.4 急停开关 6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。 6.4.6 视频监控、对讲交流系统

	控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。 根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）安全防护设施和措施要求如下： 6.2 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辐射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； 6.2.3 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： a）放射治疗室加速器大厅应设置门一机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束； b）放射治疗室加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能； 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人员从各个方向均能观察到且便于触发；

	d）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。

表 2 项目建设情况

2.1 项目建设内容

1、建设单位情况

镇雄县人民医院前身是 1942 年设置的镇雄县卫生院，于 1953 年更名为镇雄县人民医院，是县域内唯一一家集医疗、教学、科研、预防保健、健康管理为一体的三级乙等综合医院，是四川大学华西医院区域联盟中心医院、昆明医科大学第一附属医院联盟医院、昆明医科大学实习医院，也是昭通市唯一一个助理全科医生规范化培训基地、昭通市第一个晋级为“三级乙等综合医院”的县级医院，是国家“千县工程”、云南省“百县工程”建设单位。2012 年荣获“全国卫生系统先进集体”称号，2021 年荣获“云南省抗击新冠疫情先进集体”称号、“全国巾帼文明岗”称号及“云南省民族团结示范单位”称号，在 2023 年“中国医院竞争力排行榜—县级医院 500 强”中位列第 117 位。

目前医院占地面积 200 亩，业务用房面积 21 万㎡，编制床位 1499 张，开放床位 1600 张，在职职工 1666 人（其中：研究生 26 人，高级职称 158 人，县级名医 7 人，县委联系专家 1 人，入选昭通市“鲲鹏计划”培养 3 人，兴昭人才计划 2 人，云南省优秀医疗卫生人员 2 人），临床科室 33 个（其中：省级临床重点专科 10 个，全省县级医院数量最多；市级临床重点专科 2 个），配备了磁共振 2 台、超高端螺旋 CT3 台、DR、DSA 等高端医疗设备，建有四川大学华西医院、昆明医科大学第一附属医院、云南省第一人民医院等 35 个知名专家工作站、2 个省级临床医学分中心。目前医院急诊急救五大中心（胸痛中心是昭通市唯一一家国家标准版）、心衰中心（昭通市唯一一家国家基层版）、临床服务三大中心（肿瘤防治、麻醉疼痛、重症监护）规范化建设已通过上级验收（其中：慢病管理、微创介入计划 2024 年 12 月内接受验收），已常规开展了颈椎、胸椎、腰椎前后路手术，全髋关节置换，断指（趾）断肢再植，手足先天性畸形矫正，介入治疗，胃癌根治、经导管肝动脉栓塞等手术。

2、项目建设内容和规模

本项目在医院新建肿瘤中心负二层加速器机房内配置使用 1 台医用电子直线加速器，型号为 uRT-linac 506c，直线加速器最大 X 射线能量为 6MV，不含电子线，X 射线等中心 1m 处剂量率为 14Gy/min。属于 II 类射线装置。该

医用电子直线加速器配置 FBCT 与 CBCT 功能，CBCT 功能可在治疗前采集 CT 影像数据；FBCT 功能可精准模拟定位，设备配置的两种 CT 功能可实现 CT 模拟定位、CT 影像引导等功能，不需科室、场地切换，病人可完成放射治疗。CBCT 与加速器同源双束，使用 CBCT 功能时 X 射线能量为 1.5MV，配置 FBCT 最大管电压 140kV，最大管电流范围为 420mA。

该项目于 2020 年 8 月委托四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）编制完成了《镇雄县人民医院新增 2 台直线加速器和 1 台后装机核技术利用项目环境影响报告表》，并于 2020 年 10 月 10 日取得了《云南省生态环境厅关于镇雄县人民医院新增 2 台直线加速器和 1 台后装机核技术利用项目环境影响报告表的批复》（文号为：云环审〔2020〕2-22 号），同意该项目建设。

建设单位于 2023 年 8 月 25 日开工建设，2025 年 8 月 1 日建设完成投入运行，设备安装到位、辐射防护措施安装到位。医院根据环评批复内容进行建设，对批复内容全部启用。根据现场调查，项目从立项至调试过程中无环境污染、环境投诉、违法或处罚记录等。

医院已于 2025 年 6 月 17 日重新申领了云南省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（云环辐证〔00887〕），有效期至 2029 年 6 月 16 日，使用种类和范围为：使用 III 类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。本次验收医用直线加速器已登记在辐射安全许可证上。

3、项目总平面布置、建设地点和周围环境敏感目标

（1）建设地点

本项目位于镇雄县迎宾大道与镇雄大道交汇处镇雄县人民医院肿瘤中心负二层医用电子直线加速器 1#机房。与环评一致。

（2）项目总平面布置

本项目医用电子直线加速器机房位于新建肿瘤中心（设计为 9 层，其中地上 7 层，地下 2 层）南侧绿化带下方负 1 楼、负 2 楼（为肿瘤中心地下楼层的裙楼）。从东至西依次为 1#直线加速器机房、2#直线加速器机房、后装机机房，机房北侧由西向东依次为 3#控制室、2#准备室、2#水冷机房、2#控制室、1#准备室、1#控制室和 1#水冷机房。四周除南侧外，其余三侧均为停车场。加速器

机房所在位置对应肿瘤中心 1 楼为绿化带。机房位于肿瘤中心底层，机房下方无建筑物。

本项目本次验收的 1#直线加速器机房位置相对封闭且独立，降低了公众受到照射的可能性，周围无明显环境制约因素；与直线加速器机房相关的各类辅助用房紧密布置在直线加速器机房周围，便于病人就诊，减少人流集中流通，便于建设单位统一运行管理。与环评一致。

（3）周围环境敏感目标

本次验收调查范围与环评评价范围一致：以直线加速器所在机房屏蔽墙体四周向外延伸 50m 的区域。验收主要环境保护目标详见表 2-1、2-2、2-3，与环评一致。

表 2-1　1#直线加速器主要环境保护目标

保护名单			规模	方位	位置	与射线装置最近距离	
						水平	垂直
肿瘤中心	职业	加速器工作人员	4 人	北侧	1#控制室、1#准备室	9.0m	0m
				西北侧	2#控制室	12.8m	0m
		医院其他辐射工作人员	2 人	西北侧	模拟定位 CT 机房及其控制室	21.7m	0m
	公众	医院其他非辐射工作人员	3 人	北侧	档案室、护士站	14.4m	0m
			3 人	西北侧	阅片会诊室、病人休息室	15.3m	0m
			2 人	东北侧	治疗计划室	24.3m	0m
			2 人	西侧	模具室	21.3m	0m
		进入医院的公众	流动人群	北侧	候诊大厅	11.9m	0m
				东侧、西侧	负 2 楼停车场的公众	6.2m	0m
				东侧、西侧上方	负 1 楼停车场的公众	6.2m	+4.2m
				上方	院内绿化带	0m	+8.0m
		妇产中心	约 200 人	北侧	妇产中心的工作人员和患者	47m	+10.0m
		传染病医院	约 200 人	南侧	传染病的工作人员和患者	25m	-5.0m

注：机房下方无建筑物。

图 2-1 医院地理位置图

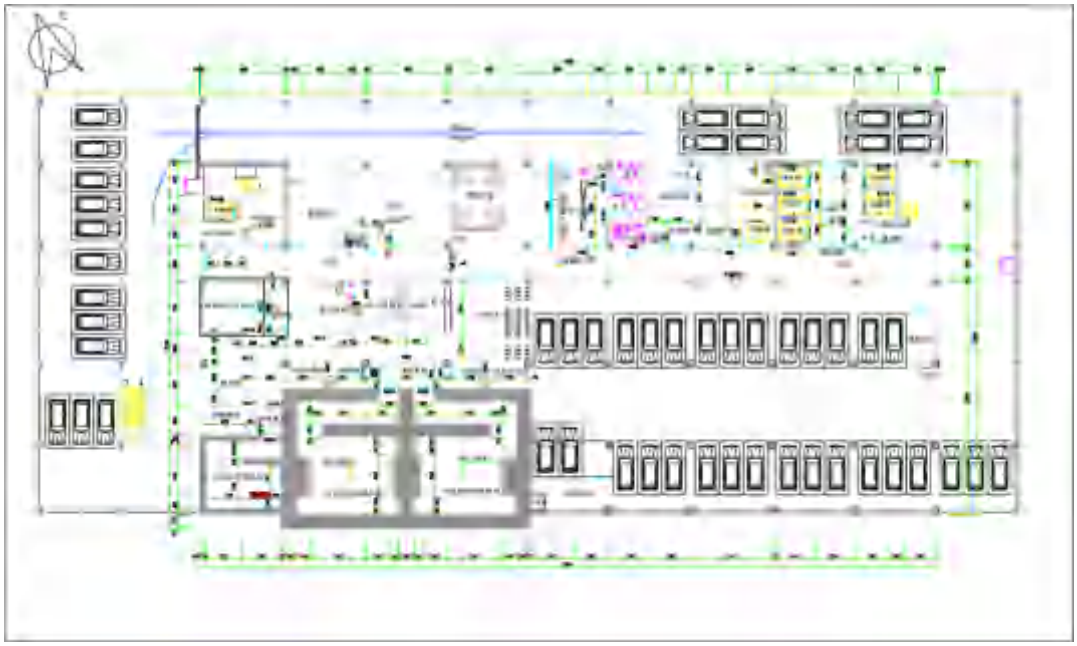


图 2-2 本项目平面布置图

4、环境影响报告表及其审批部门审批决定建设内容与实际建设内容一览表。

表 2-2 环境影响报告表及其审批部门审批决定建设内容与实际建设内容一览表

名称	环评建设内容及规模	验收内容及规模	备注
主体工程	①1#直线加速器：位于肿瘤中心负 2 楼 1#直线加速器机房，机房有效使用面积为 95.63m^2，机房尺寸为长 11.15m×宽 10.12m×高 8.8m；整个机房为混凝土一体浇筑，屏蔽如下：机房东侧墙主屏蔽区厚度为 3.00m，宽度为 4.08m；机房东侧墙次屏蔽区厚度为 1.60m；机房西侧与 2#直线加速器机房共用屏蔽墙，主屏蔽区厚度为 3.00m，宽度为 4.3m；机房西侧次屏蔽区厚度为 1.60m；机房南侧侧屏蔽墙厚度为 1.60m；机房北侧墙体设置为 L 型迷路，迷路内墙厚度为 1.45m，迷路外墙屏蔽厚度为 1.30m（入口处考虑设备的进入，削了一个 0.6m×0.6m 的三角形，）；防护铅门为 22mm 铅当量；机房屋顶主屏蔽区厚度为 3.00m，宽度为 4.28m，次屏蔽区厚度为 1.60m；机房位于肿瘤中心底层，机房下方无建筑物。 ②2#直线加速器：位于肿瘤中心负 2 楼 2#直线加速器机房，机房有效使用面积为 95.63m^2，机房尺寸为长 11.15m×宽 10.12m×高 8.8m；整个机房为混凝土一体浇筑，屏蔽如下：机房东侧与 1#直线加速器机房共用屏蔽墙，主屏蔽区厚度为 3.00m，宽度为 4.3m；机房东侧次屏蔽区厚度为 1.60m；机房西侧与后装治疗机共用屏蔽墙，主屏蔽区厚度为 3.00m，宽度为 4.08m；机房西侧墙次屏蔽区厚度为 1.60m；机房南侧侧屏蔽墙厚度为 1.60m； 机房北侧墙体设置为 L 型迷路，迷路内墙厚度为 1.45m，迷路外墙屏蔽厚度为 1.30m（入口处考虑设备的进入，削了	新建 1#直线加速器位于肿瘤中心负 2 楼 1#直线加速器机房，机房有效使用面积为 94.66754m^2，机房尺寸为长 11.15m×宽 10.12m×高 8.8m；整个机房为混凝土一体浇筑，屏蔽如下：机房东侧墙主屏蔽区厚度为 3.00m，宽度为 4.08m；机房东侧墙次屏蔽区厚度为 1.60m；机房西侧与 2#直线加速器机房共用屏蔽墙，主屏蔽区厚度为 3.00m，宽度为 4.3m；机房西侧次屏蔽区厚度为 1.60m；机房南侧侧屏蔽墙厚度为 1.60m；机房北侧墙体设置为 L 型迷路，迷路内墙厚度为 1.45m，迷路外墙屏蔽厚度为 1.30m（入口处考虑设备的进入，削了一个 0.6m×0.6m 的三角形，）；防护铅门为 22mm 铅当量；机房屋顶主屏蔽区厚度为 3.00m，宽度为 4.28m，次屏蔽区厚度为 1.60m；机房位于肿瘤中心底层，机房下方无建筑物。	本次仅验收新建 1 台 1#直线加速器，加速器机房、屏蔽防护措施、主射方向等均与环评一致。

	一个 0.6m×0.6m 的三角形，）；防护铅门为 22mm 铅当量；机房屋顶主屏蔽区厚度为 3.00m，宽度为 4.28m，次屏蔽区厚度为 1.60m；机房位于肿瘤中心底层，机房下方无建筑物。 ③后装治疗机：位于肿瘤中心负 2 楼后装治疗机机房，机房有效使用面积为 47.71m^2，机房尺寸为长 8.07m×宽 7.90m×高 3.9m。机房东侧与 2#直线加速器机房共用屏蔽墙，墙体厚度为 3.00m 和 1.60m 两种；机房南侧墙体厚度为 0.60m；机房西侧为 0.75m；机房北侧墙体设置为迷路，迷路内墙厚度为 0.60m，迷路外墙屏蔽厚度为 0.60m；防护铅门为 10mm 铅当量；机房屋顶为 0.60m 混凝土；机房位于肿瘤中心底层，机房下方无建筑物。		
辅助工程	1#控制室（12.4m^2）、1#水冷机房（11.0m^2）、1#准备室（21.0m^2）、2#控制室（12.4m^2）、2#水冷机房（11.0m^2）、3#控制室（15.9m^2）、2#准备室（7.2m^2）、模具室（35.2m^2）、模拟定位 CT 机房（36.9m^2）及其控制室（13.5m^2）。	1#控制室（12.4m^2）、1#水冷机房（11.0m^2）、1#准备室（21.0m^2）、2#控制室（12.4m^2）、2#水冷机房（11.0m^2）、3#控制室（15.9m^2）、2#准备室（7.2m^2）、模具室（35.2m^2）、模拟定位 CT 机房（36.9m^2）及其控制室（13.5m^2）。	一致，所有辅助工程已建成。本次验收 1#控制室（12.4m^2）、1#水冷机房（11.0m^2）、1#准备室（21.0m^2）
配套工程	阅片会诊室（27.7m^2）、病人休息室（24.2m^2）、档案室（10.6m^2）及护士站、候诊大厅区域、等候休息区域、治疗计划室、洁物库房、通风机房等。	阅片会诊室（27.7m^2）、病人休息室（24.2m^2）、档案室（10.6m^2）及护士站、候诊大厅区域、等候休息区域、治疗计划室、洁物库房、通风机房等。	一致
环保工程	拟在送风机房内设置一套新风系统，其中 1#直线加速器机房送风量为 2400m^3/h，排风量为 3000m^3/h；2#直线加速器机房送风量为 2400m^3/h，排风量为 3000m^3/h；后装治疗机机房送风量为 1200m^3/h，排风量为 1400m^3/h。	送风机房内设置一套新风系统，其中 1#直线加速器机房送风量为 2400m^3/h，排风量为 3000m^3/h；2#直线加速器机房送风量为 2400m^3/h，排风量为 3000m^3/h；后装治疗机机房送风量为 1200m^3/h，排风量为 1400m^3/h。	一致

公用工程	依托镇雄县人民医院主体工程建设的配电、供电、通讯系统及污水处理系统等。	依托镇雄县人民医院主体工程建设的配电、供电、通讯系统及污水处理系统等。	一致

综上分析，对照环评报告及其批复文件，本项目机房内部有效体积、辅助工程房间较环评阶段设计面积略有变化，实际建设面积均满足各房间使用；本项目送风口和排风口位置与环评阶段设计内容无变化，经检测变化后的机房内通排风满足（GBZ121-2020）和（HJ1198-2021）中“放射治疗机房内换气次数不少于 4 次/h”的要求。

表 2-3 核技术利用建设项目重大变动清单对照表

核技术利用建设项目重大变动清单		是否属于重大变更
性质	1、由核技术利用建设项目变更为其他类别建设项目	否，未变更。
建设地点	2、重新选址	否，未变更。
	3、调整辐射工作场所位置（包括总平面布置变化）导致调整后评价范围内出线新的环境保护目标。	否，未变更。
规模	4、放射源类别升高。	否，未变更。
	5、射线装置类别升高。	否，未变更。
	6、非密封放射性物质工作场所级别升高。	否，未变更。
	7、放射源的总活度或放射源数量增加 50%及以上。	否，未变更。
	8、射线装置额定功率或输出剂量率或中子产生率增大 50%及以上。	否，实际建设最大 X 射线能量为 6MV，不含电子线，X 射线等中心 1m 处剂量率为 14Gy/min。

	9、放射性核素活度或种类增加导致非密封放射性物质工作场所的日等效最大操作量增加 50%及以上。	否，未变更。
	10、增加新的辐射工作场所。	否，未变更。
工艺	11、生产工艺或使用方式变化导致不利影响加重，含主要工艺装置、配套设备及放射性三废处理设施任何一项变化。	否，未变更。
辐射安全与防护措施	12、辐射防护措施改变导致不利影响加重。	否，未变更。
	13、辐射安全联锁系统的联锁方式、联锁逻辑发生改变导致联锁功能减弱。	否，未变更。
	14、非密封放射性物质工作场所功能和布局变化导致增加控制区。	否，未变更。
	15、新增放射性液态流出物排放口或气载流出物排放口。	否，未变更。

根据《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），本项目实际建设性质、建设地点、规模、工艺、辐射安全与防护措施等与环评基本一致，不属于重大变动。

2.2 源项情况

本项目实际建设射线装置型号为 uRT-linac 506c，主要技术参数、主要曝光方向、年出束时间、使用场所等均与环评一致，加速器治疗 X 射线能量、距靶 1m 处 X 射线最大剂量率等主要技术参数小于环评阶段，本项目直线加速器设备基本信息详见表 2-3。

表 2-3　本项目射线装置基本情况

设备名称	环评阶段医用直线加速器主要参数	验收阶段医用电子直线加速器主要参数
型号	未定	uRT-linac 506c
射线装置分类	II类射线装置	II类射线装置
射线类型	X 射线	X 射线
加速器治疗 X 射线能量	10MV（涉及调强治疗）	6MV（涉及调强治疗）
距靶 1m 处 X 射线最大剂量率	22Gy/min	14Gy/min
正常治疗距离	等中心点高度 125cm	最低等中心高度 128cm；
机架旋转角度	0°~360°	0°~360°
最大照射野（SSD=1m）	40×40cm^2	40×40cm^2
X 射线漏射率	≤0.1%	≤0.1%
主射线最大出束角度	28°	28°
CBCT 功能（与加速器同源）	/	1.5MV
CBCT 成像剂量率	/	0.2Gy/min
FBCT 功能	/	140kV，420mA
靶材材质	钨靶	钨靶
每日治疗病人	80人/次/天	80人/次/天
年治疗病人数	20000人/次/年	20000人/次/年

根据现场调查核实，本项目环评阶段未明确具体机型情况，验收阶段直线加速器治疗 X 射线能量、X 射线最大剂量率等均低于环评阶段设计参数。

本项目加速器集成了 CBCT/FBCT 功能，CBCT 与加速器同源双束，输出 X 射线能量为 1.5MV，远小于加速器最大能量，FBCT 功能 X 射线管（能量为 140kV），根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3：标称 125kV 以上的摄影机房有用线束方向铅当量不得低于 3.0mm 铅当量（255mm 混凝土，

表 c.7 查询），本项目加速器机房屏蔽最薄为 1500mm 混凝土，远大于 255mm 混凝土，因此，低能 X 射线管经加速器机房屏蔽后对机房周围的辐射影响很小。

经现场监测，满足职业人员年有效剂量 5mSv/a 的限值标准；本项目直线加速器机房周围公众年受照剂量最大为 9.60×10^{-6}mSv/a，满足公众年有效剂量 0.1mSv/a 的限值标准。等中心高度的变化对周围环境影响不大。

2.3 工程设备与工艺分析

1、设备组成

医用电子直线加速器是产生高能电子束和高能 X 线束的装置，为远距离放射性治疗机。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，因此，医用直线加速器可利用高能电子束和高能 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。医用直线加速器可根据所治疗癌症类型及其身体中的位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔，以最佳输出剂量对人体肿瘤进行照射治疗。本项目只有 X 射线治疗，无电子线治疗。配置 CBCT/FBCT 功能。

本项目医用电子直线加速器属于高清 CT 与直线加速器一体化整机设计，无需另外配备用于病人定位的 CT 模拟定位机，使用本项目直线加速器自带的诊断级 CT，即可完成病人 CT 模拟定位、CT 影像引导等功能，不需科室、场地切换。

本项目医用电子直线加速器系统由加速器主机系统、放射治疗计划系统 TPS、放疗信息管理系统 OIS、CT 模拟定位系统 CT-Sim（506c 独有）、图像引导系统，诊断 CT-IGRT（506c 独有）/CBCT、自动质检 QA 系统、辅助设备、磁控管、调制器、加速管、多叶光栅、EPID（电子射野成像装置）、手控盒、呼吸门控、RT 电源柜、CT 电源柜、水冷机组、操作台、加速器控制软件、放疗治疗计划与管理系统、治疗床、机架、CT X 射线管、CT 探测器、CT 高压发生器和附件（十字板、前指针、楔形板过滤器 15°、楔形板过滤器 30°、楔形板过滤器 45°、楔形板过滤器 60°、射束挡块托盘、成像体模、CT 体模）组成，主要部件结构图见图 2-3、本项目直线加速器实物图见图 2-4。

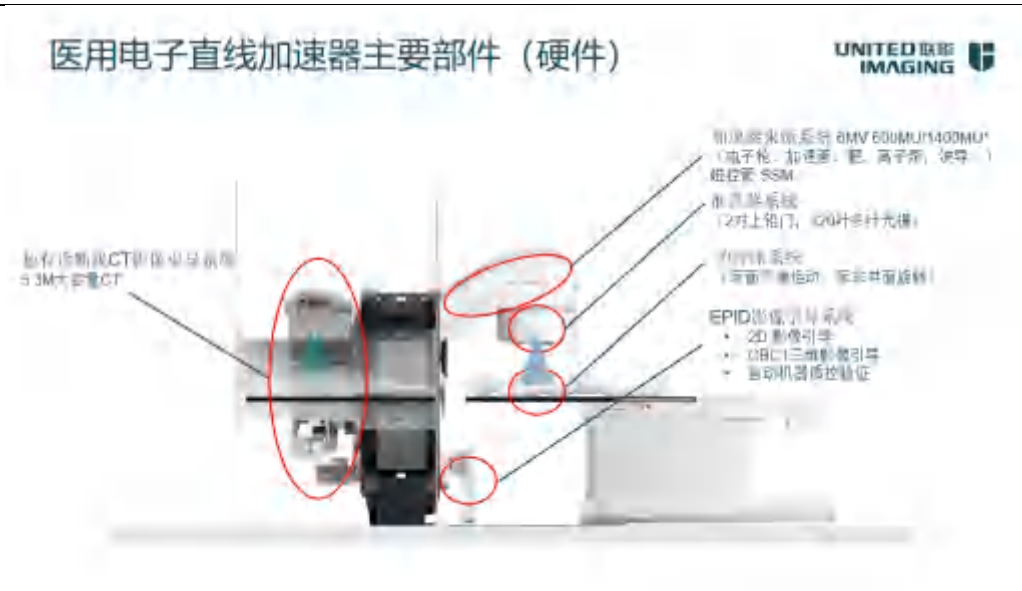


图 2-3 本项目医用电子直线加速器主要部件图

图 2-4 本项目直线加速器实物照片

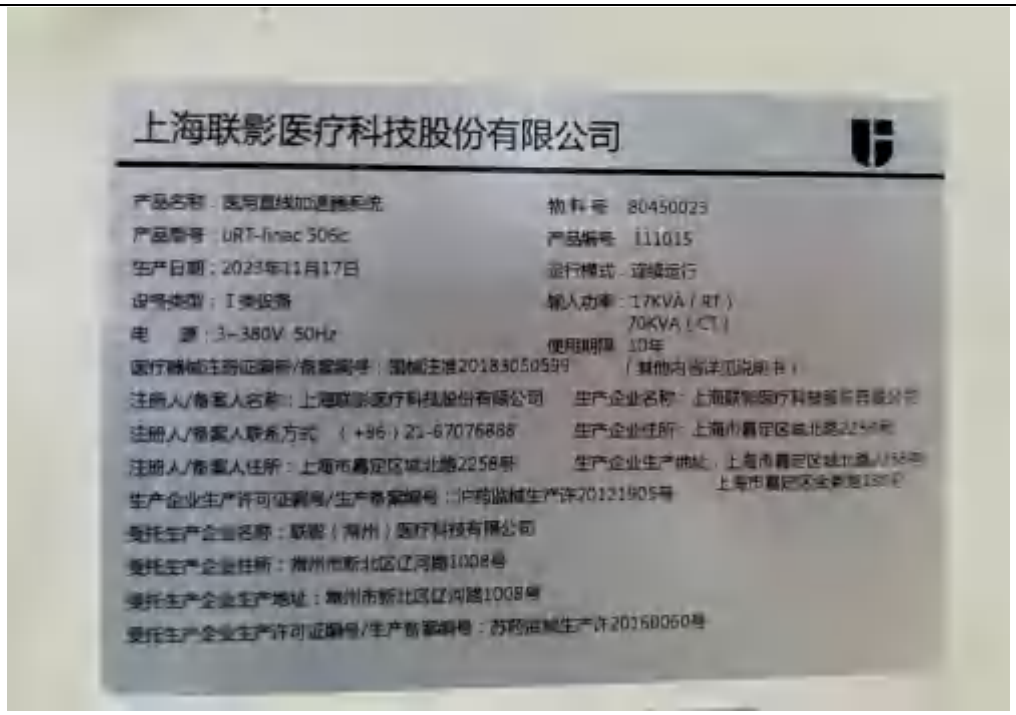


图 2-5 设备铭牌

2、工作原理

医用直线加速器是产生高能电子束的装置，为远距离放射性治疗机。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，从而达到治疗的目的。

锥形束 CT(conebeamcomputedtomography，简称 CBCT)，即锥形束投照计算机重组断层影像设备。CBCT 的原理是 X 线发生器以较低的射线量围绕投照体做数字式投照，然后将围绕投照体多次数字投照后“交集”中所获得的数据在计算机中重组后获得三维图像，CBCT 功能与加速器同源双束，使用 CBCT 功能时 X 射线输出能量为 1.5MV。治疗前采集 CT 影像数据，然后与定位 CT 影像数据进行在线配准，如果得到的比对结果在容许误差范围内，则治疗可以进行，如果比对结果超出误差容许范围，系统会自动形成新的摆位参数，直接修正患者治疗的位置参数，实现患者定位与治疗实时位置监控的精确位置重复，最终达到控制肿瘤和保护周围重要器官的最佳治疗效益。

扇形束 CT(Fan Beam CT，简称 FBCT)，即扇形束投照计算机重组断层影像设备。FBCT 的原理是 X 线发生器以较低的射线量围绕投照体做数字式投照，对人体进行测量。与 CBCT 采集的影像数据进行在线配准，获取人体被检

查部位的断面或立体的图像，发现体内任何部位的细小病变，实现患者定位，最终达到对患者病灶治疗效果。

3、治疗流程

项目治疗工艺为利用直线加速器的光束对病人进行照射治疗，新建的直线加速器为具备 CT 模拟定位与放射治疗功能的一体机；同时，本项目新建的直线加速器出束口具有调强光栅，病人在治疗过程中不需要其他的额外防护。治疗的主要流程为：

（1）当患者通过影像学检查患有占位性病变，并经过病理诊断后，医生根据患者的具体情况确定是否适用放射治疗，如果符合放疗适应症（告知病人及家属辐射危害），即可准备进入放疗流程，病人需要进行放射治疗。

（2）放疗医生带病人到达肿瘤科，病人在候诊室等候，放疗医生通知物理师和技师，准备体膜；医生做好准备工作后，经过医生通道至直线加速器机房门口进行等候；病人做好准备后经病患通道至直线加速器机房门口；医生确认病人各项信息后，将病人带入直线加速器机房。

（3）进入直线加速器机房后，病患上机。为确保患者在放疗期间的体位重复性，放疗医生采用固定装置将患者固定在治疗床上（以便后期能进行准确的标记与治疗），然后物理师和技师对病人进行体膜固定。

（4）上述工作完成后，医生及其他除病人以外的其他人员均退出机房，关闭机房屏蔽门。放疗医师、物理师和技师共同进入控制室，在控制室内的闭路电视系统上观察机房内的情况。

（5）放疗医师、物理师、技师三方共同确定放疗位置准确无误后，由技师操作直线加速器对病人进行 CT 扫描。CT 扫描完成后，病人从机房中退出并等待放疗实施通知。

（6）CT 扫描图交由放疗医师进行靶区勾画，同时由物理师按照放疗医师要求制定放疗计划，放疗医师审核计划。

（7）放疗实施阶段，病人经病患通道至直线加速器机房门口，由放疗医生确认病人各项信息后，放疗医师、物理师、技师与病人共同进入直线加速器机房帮助病人上机与固定位置。固定好位置后，除病人外全部退出至控制室，并由技师操作直线加速器进行正式放射治疗的前行图像扫描。

（8）扫描完成后，放疗医师、物理师、技师三方共同确定放疗位置准确无误后，再出束治疗。

（9）治疗完成后，病人经迷道离开机房，完成放射治疗。

4、产污流程

本项目所用直线加速器设备诊断和诊疗出束期间会产生 X 射线。此外，X 射线与空气中的氧气相互作用会产生少量臭氧和氮氧化物。本项目治疗流程及产污环节如图 2-6 所示：

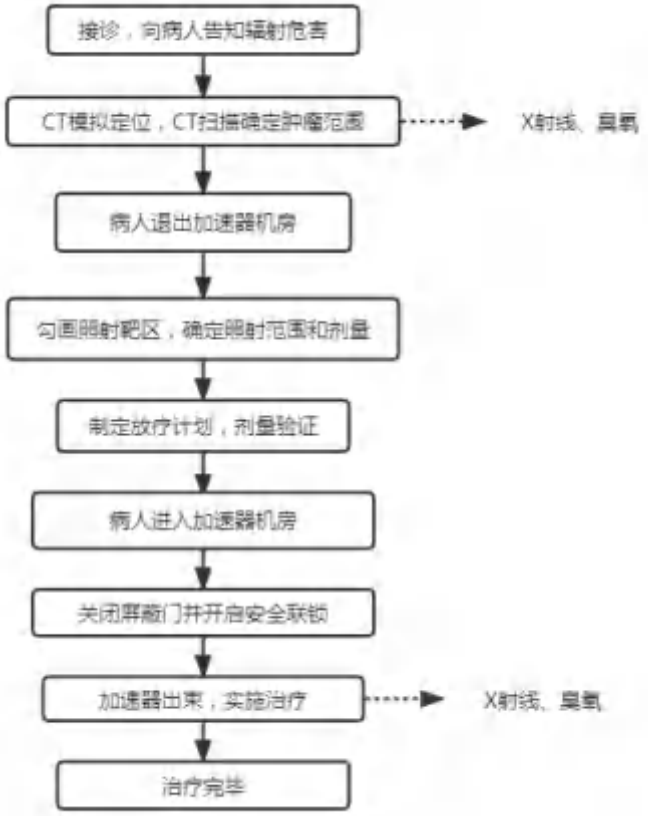


图 2-6　医用直线加速器治疗流程及产污环节示意图

项目工艺流程与环评一致。

5、污染源项描述

（1）电离辐射

本项目医用直线加速器设备诊断和治疗均采用 X 射线治疗模式，营运期间可能产生的污染因子如下：

X 射线：加速器以 X 射线模式运行时，从加速器电子枪里发出来的电子束，在加速管内经加速电压加速，轰击到转换靶上产生 X 射线，用于照射患者

的病灶部分。这种辐射在加速器运转时产生，关机后即消失。辐射途径为外照射。根据医院提供的资料，本项目加速器采用厂家限定的方式，使最大 X 射线能量控制为 6MV，X 射线 1m 处最大剂量率为 14Gy/min。

中子：本项目医用直线加速器 X 射线最大能量为 6MV，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》（GBZT201.2-2011），对于最大 X 射线能量≤10MV 的加速器可以不用考虑中子辐射影响。

感生放射性活化：根据 IAEA188 号技术报告，当 X 射线能量未超过 10.55MeV（对于空气）或 15.67MeV（对于水），不需要考虑空气和冷却水活化问题。

（2）非放射性污染源

臭氧：本项目医用直线加速器在开机曝光过程中，机房内空气在射线电离辐射作用下，将产生臭氧有害气体。

废水：本项目医用直线加速器不涉及透视成像作业，不涉及成像废水等废物产生。项目加速器靶头冷却水封闭循环使用不外排，不会对周围环境产生影响。医护人员生活污水依托医院既有污水处理站，处理达标后排入市政污水管网。

固废：本项目医用直线加速器不涉及透视成像作业，不涉及成像废胶片等废物产生。医用电子直线加速器更换的废靶等活化部件，应根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）进行γ辐射空气吸收剂量率监测，若满足《放射性废物分类》中豁免与解控要求，按固体废物处理；若监测异常，按《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）要求送交有资质单位回收贮存。本项目营运时医护人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，由医院进行收集并交由环卫部门统一处理。

噪声：本项目医用直线加速器属于低噪设备，运行时基本无噪声产生，噪声主要来源于机房配套通排风风机运行噪声。项目机房设有机械通排风系统，选用低噪声节能风机，风机功率较小，噪声一般约为 60dB(A)。

主要污染物产生及排放情况均与环评一致。

6、工作人员及工作制度

本项目现已配备 5 名辐射工作人员，包括技师 3 名，物理师 1 名、医生 1

名，均为肿瘤科新增辐射工作人员，现配置工作人员完全满足预计工作量，本项目工作人员只从事本项目射线装置，不从事其他辐射工作。

本项目肿瘤科实行 8 小时单班工作制度，年工作日为 250 天。

7、工作负荷

本项目加速器放射治疗工作量为 80 人/天，每周工作 5 天，400 人（次）/每周，20000 人（次）/年。医用直线加速器周治疗照射时间为 1.82h，年治疗照射时间约为 90.91h。验收时射线装置实际使用情况与环评时一致。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

3.1 项目工作场所的布局和分区管理

1、工作场所布局

本项目涉及一个工作场所：1#医用电子直线加速器机房，位于医院新建肿瘤中心负二楼，配套设计辅助用房有：1#准备室、1#水冷机房、1#控制室、模具室等，1#医用电子直线加速器机房用于安装 1#医用电子直线加速器，1#控制室为技师隔室操作直线加速器场所，1#水冷机房用于安装加速器水冷设备及其他加速器辅助设备，医护人员从 1#准备室进入 1#控制室工作。治疗时，医生进入 1#直线加速器机房内，指导患者进行摆位，摆位结束后原路返回 1#控制室内，通过操作电脑系统控制加速器进行出束治疗。

2、分区管理

根据现场踏勘，本项目两区划分与环评基本一致。本项目控制区和监督区划分情况见表 3-1。

表 3-1 本项目“两区”划分一览表

工作场所	控制区	监督区
新建肿瘤中心负二楼	直线加速器机房内部（含迷道）	1#控制室、1#准备室

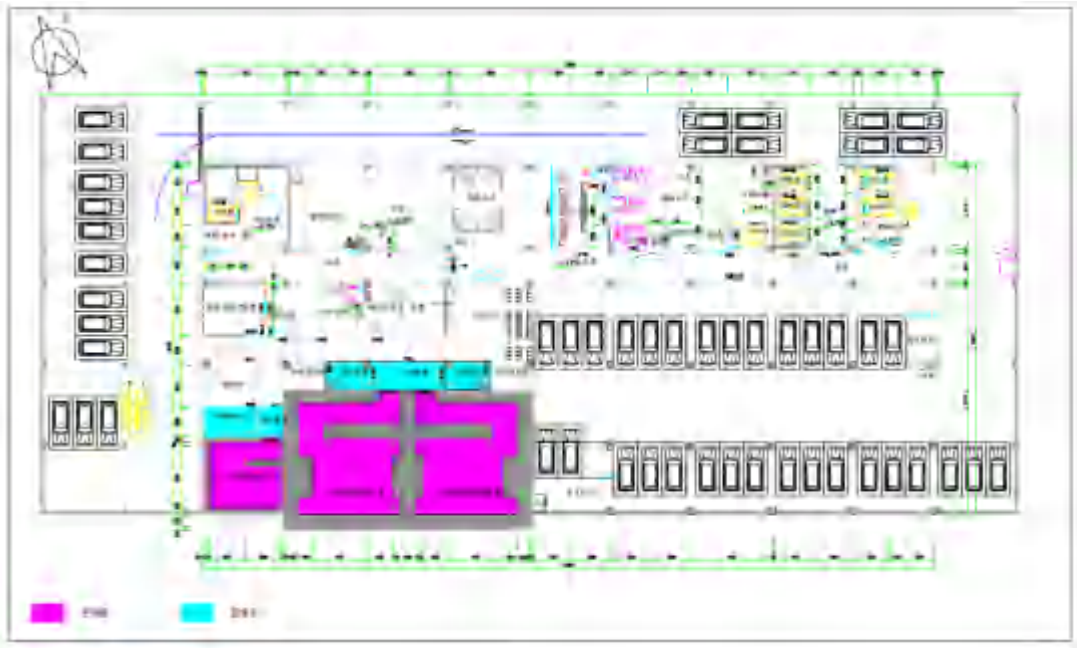


图 3-1 “两区”划分示意图

3.2 屏蔽设施建设情况和屏蔽效能

3.2.1 屏蔽措施

1#医用电子直线加速器室辐射屏蔽设施实施情况与环境影响报告表及批复要求的对照分析详见表 3-2。

表 3-2 本项目 1#医用电子直线加速器机房屏蔽措施

场所	项目及方位		环评阶段设计屏蔽措施	验收阶段实际屏蔽措施
新建肿瘤中心负二楼 1#医用电子直线加速器机房	东侧墙	主屏蔽区	3.00m 厚混凝土（宽度为 4.08m）	3.00m 厚混凝土（宽度为 4.08m）
		次屏蔽区	1.60m 厚混凝土	1.60m 厚混凝土
	西侧墙	主屏蔽区	3.00m 厚混凝土（宽度为 4.3m）	3.00m 厚混凝土（宽度为 4.3m）
		次屏蔽区	1.6m 厚混凝土	1.6m 厚混凝土
	顶部	主屏蔽区	3.00m 厚混凝土（宽度为 4.28m）	3.00m 厚混凝土（宽度为 4.28m）
		次屏蔽区	1.6m 厚混凝土	1.6m 厚混凝土
	南侧墙		1.60m 厚混凝土	1.60m 厚混凝土
	北侧迷路内墙		1.45m 厚混凝土	1.45m 厚混凝土
	北侧迷路外墙		1.30m 厚混凝土	1.30m 厚混凝土
	防护门		22mm 铅	22mm 铅

对比环境影响报告表，1#直线加速器机房四面墙体材质及厚度、防护门材质及厚度、迷道等屏蔽施工参数与环评阶段的设计参数一致。

3.2.2 通排风系统

本项目 1#加速器机房的送风管道和排风管道均设计在机房防护门上方穿墙，穿墙角度约 45°，高度约 4.1m，穿墙部分管道采用 10mm 厚直径为 500mm×320mm 的不锈钢方管，穿墙部分排风管道与送风管道均采用 4mm 厚铅皮包裹。

根据现场调查，实际土建过程中与环评阶段设计内容基本一致。

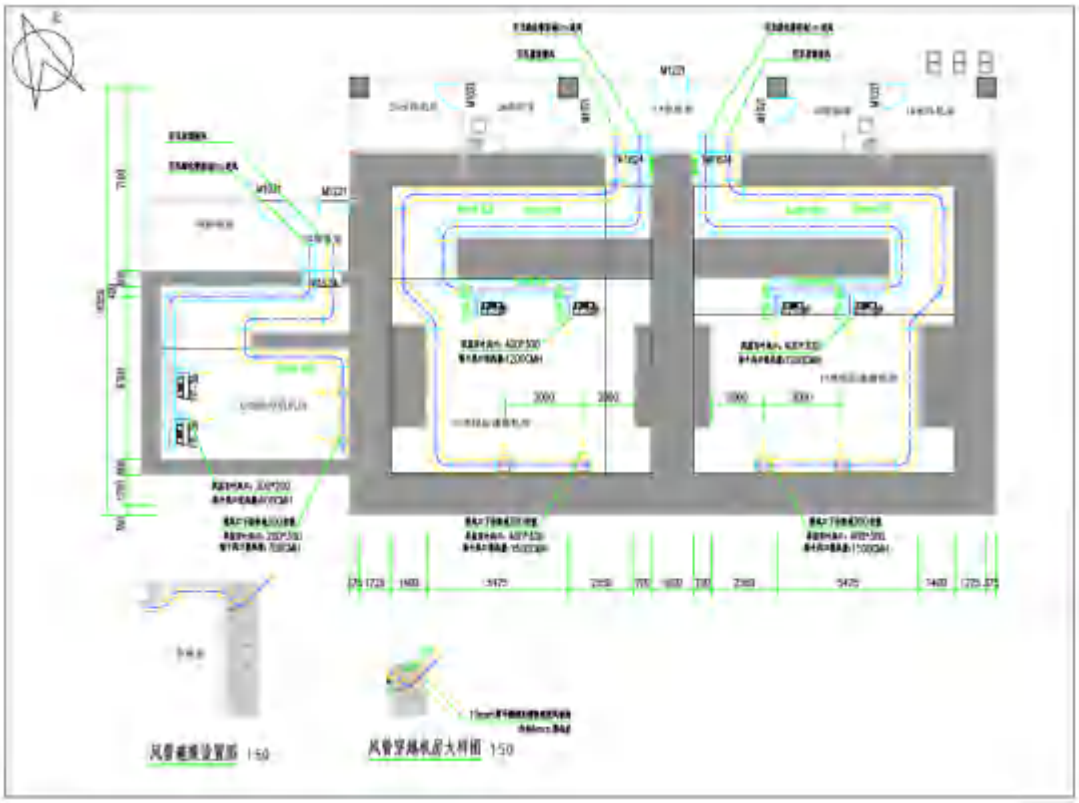


图 3-2 环评阶段通排风系统设计图

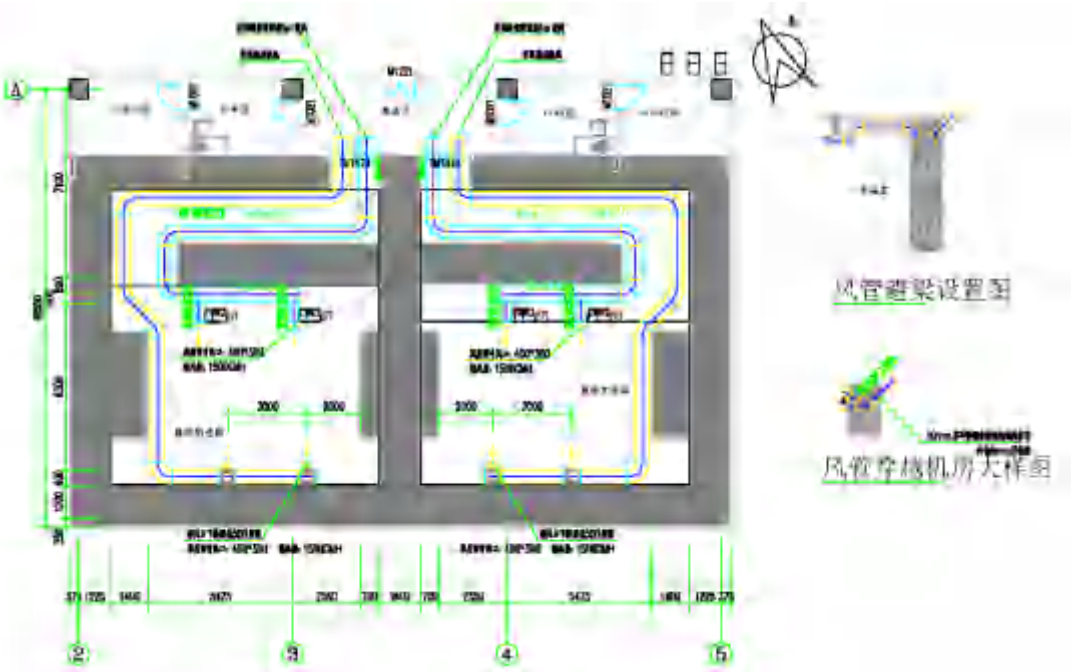


图 3-3 实际建设通排风系统竣工图

1#加速器机房的排风系统满足《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》（HJ1198-2021）中“放射治疗机房内换气次数不少于 4 次/h”的要求。

3.2.3 电缆穿墙

本项目 1#直线加速器机房的控制电缆走向：控制电缆布设于电缆沟内（尺寸为 200×250mm（深）），电缆沟在迷路外墙的地下进行穿墙进入水冷机房，然后进入 1#控制室内，穿墙部分采取预埋的钢质引导管。穿墙部分并不是直线加速器的主射方向，穿墙部分呈“U”型，尺寸较小，对于电缆沟穿墙部分设置 1cm 厚不锈钢板盖板及 4mm 铅板进行屏蔽。

图 3-4 电缆管线穿墙示意图

3.3 辐射安全与防护措施的设置和功能实现情况

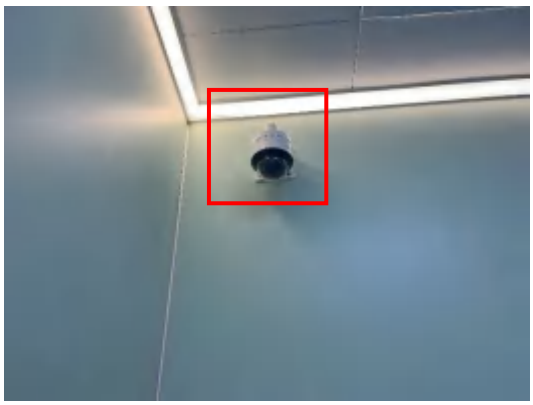
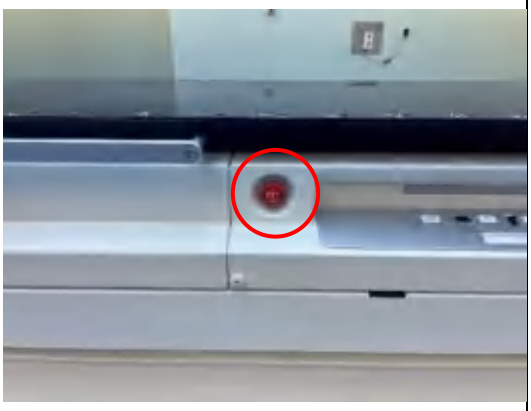
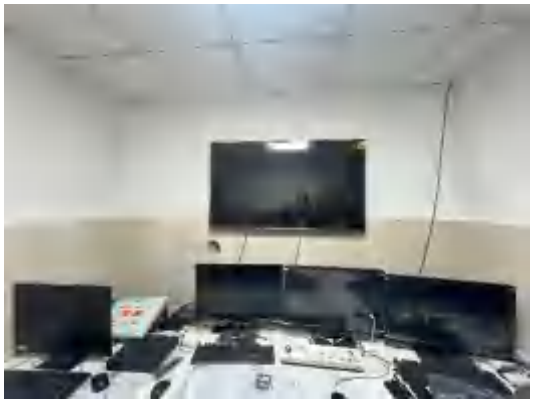
表 3-3 本项目安全装置设置情况

安装装置	作用及安装要求	环评阶段拟配置数量	验收阶段实际配置数量
控制台及安全联锁	控制台设置防止非工作人员操作的锁定开关	1 套	已设置
	控制台设置紧急停机按钮（在触动后需人工复位才能重新启动治疗活动）	1 个	控制台 1 个，操作间墙上 1 个
	视频监控与对讲系统（①机房内不同位置均安装视频监控装置，实现对机房全覆盖，便于监控曝光前人员误入。②机房内设置语音广播系统，在准备出束时进行语音提示，告知非相关人员及时撤离机房，并可以通过语音对讲装置告知病人或未撤离人员）	1 套	共设置 8 个摄像头，机房内 7 个，防护门外 1 个，无死角监控；设置 1 套语音广播系统
	治疗室门与高压联锁（在启动高压装置条件下，如果开启防护门，射线装置高压会失电并停止出束，以实现门-机联锁；另外，如果防护门未关闭，设备也不能出束）	1 套	已设置门机联锁
警示装置	入口电离辐射警告标志	1 套	已设置
	入口设置加速器工作状态显示和门灯连锁装置（机房防护门口醒目处均安装工作状态指示灯（显示“射线有害、灯亮勿入”），并与防护门联锁，当防护门关闭时，工作状态指示灯亮起，当防护门开启时工作状态指示灯熄灭。）	1 套	已设置
	工作场所分区及标识	1 套	已设置
治疗室紧急设施	屏蔽门内开门按钮（机房迷道入口内侧人员易接触的位置（距离地面 1.2m 高处）装有紧急开门按钮，在事故状态下工作人员逃逸至迷道内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸，按钮位置应有中文标识）	1 套	已设置开门按钮
	治疗室门设置防夹人装置	1 套	已设置
	设置紧急照明或独立通道照明系统	1 套	已设置
	治疗室内设置紧急停机按钮（加速器机房内在工作人员易于接触的地方（距离地面 1.2m 高处）设置紧急停机按钮（安装点包括治疗室墙体、迷道），且相互串联，若触动任意开关可紧急关闭加速器停止出束，以避免机房内人员尚未完全撤离的情况下开机，产生误照射。按钮位置应有中文标识，同时在触动后需人工复位才能重新启动治疗活动。）	4 个	治疗室内墙上设置 7 个紧急停机按钮
	治疗床设置紧急停机按钮	设备自带	设备自带

监测设备	治疗室内迷道入口处于控制室内设置固定式剂量报警仪，并在机房外实时显示机房内辐射剂量水平，当机房内辐射剂量超过异常情况将进行报警，避免人员误入机房造成误照射）	1 套	1 套
	配置便携式辐射监测仪器仪表	1 台	1 个
	配置个人剂量报警仪	2 个	4 个
	配置个人剂量计	辐射工作人员各 1 个	辐射工作人员各 1 个
其他	配置个人辐射防护用品（铅衣、铅帽等）	6 套	6 套
	紧急开门装置（机械式开门装置，在所有联锁装置均失效情况下，可手动开门）	1 套	1 套

本项目部分防护和环保措施落实情况图如下：

电离辐射警示标志及警示灯、出束指示灯、标识标牌

<table>
<tr><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td colspan="2">治疗室内急停按钮、监控摄像头</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>总控台急停按钮</td><td>设备自带急停按钮</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">辐射监测仪</td></tr>
<tr><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td>操作间计量探头及监控显示系统</td><td>个人剂量仪</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">两区划分</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>排风口</td><td>送风口</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">个人防护用品</td></tr>
</table>

个人剂量计

图 3-5 防护和环保措施落实情况图

3.4 非放三废处理设施的建设和处理能力

本项目医用电子直线加速器为射线装置，在开机运行过程中只产生 X 射线，不产生放射性废水、放射性废气及固体放射性废物。医用电子直线加速器在出束过程中产生少量臭氧和微量氮氧化物，由通排风系统引至排风井至楼顶排放；医护人员产生的生活垃圾经医院垃圾桶收集后定期清运；医护人员产生的生活污水依托医院现有的污水处理设施处置。

3.5 辐射安全管理情况

本项目辐射安全管理情况均按照环评提出的要求进行了落实，具体如下：

1、辐射环境管理机构

镇雄县人民医院于 2020 年 5 月 28 日发布了《镇雄县人民医院关于调整辐射安全与防护管理委员会的通知》（院办发〔2020〕39 号），调整了辐射安全管理委员会，于 2021 年 3 月 25 日发布了《镇雄县人民医院关于调整辐射安全与防护管理委员会的通知》（镇县医字〔2021〕12 号），调整了辐射安全管理委员会，于 2025 年 4 月 7 日发布了《镇雄县人民医院关于调整辐射安全与防护管理委员会的通知》（镇县医〔2025〕15 号），调整了辐射安全与防护管理委员会。委员会主任委员：颜鹏、翁大东；副主任委员：刘彬、赵翠华、胡涛、余大聪、吴学军、成琳、胡从云、张军武；秘书：付政；成员：吉学朋、贺忠凯、张成、庹必祥、许学琼、孙文凯、翟冬梅、张丽娜、李攀、吴长沙、王志先、林伦刚、王盼、向明江、王瑞、詹加锐。

委员会下设辐射安全与防护管理委员会办公室在设备科。主任：胡从云

（兼）；成员：张成、向明江、庹必祥、付政、詹加锐及影像科、介入科全体成员。

2、辐射环境管理规章制度

医院放疗中心已针对本项目医用电子直线加速器机房制定了相关制度，并且制度已上墙。目前医院已具备和制定的管理制度如下：镇雄县人民医院辐射工作人员岗位职责、镇雄县人民医院辐射防护和安全保卫制度（2021 年版）、镇雄县人民医院辐射工作人员培训计划（2021 年版）、镇雄县人民医院影像科人员健康及个人剂量管理制度、镇雄县人民医院辐射事故应急处理预案（2025 年修订版）、镇雄县人民医院关于调整辐射安全与防护管理委员会的通知、镇雄县人民医院辐射环境检测管理实施方案（2025 年修订版），满足《云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查技术程序（2021 年版）》的相关要求。医院对辐射工作人员建立了个人剂量档案，对工作场所不定期开展自主监测。

图 3-6 制度上墙

3、辐射事故应急

为了加强对辐射治疗、诊断设备的安全管理，保障公众健康，保护环境，医院制定了镇雄县人民医院辐射事故应急处理预案，医院成立了镇雄县人民医

院辐射安全管理委员会，下设办公室，明确了委员会主任、成员及职责，组织、开展辐射事故的应急处理救援工作。应急预案规定了辐射安全与防护管理委员会（包括主任委员、副主任委员、秘书、成员）职责，应急预案按照环评要求，进行了完善，事故应急响应程序已上墙。现有辐射事故应急预案内容较全，措施得当，便于操作，在发生辐射事故情况下，启动应急预案并采取防护措施，可以有效控制辐射事故对环境的影响。

4、辐射安全与防护培训

本项目因分期建设，目前共设有 5 名辐射工作人员，为李鑫、李磊、张浩宇、姚国阳、许翔，均已通过核技术利用辐射安全与防护考核。

5、个人剂量监测及健康管理总体情况

本项目目前在进行设备调试，暂时没有个人剂量监测。

6、环保设施投资及“三同时”落实情况

根据项目环境影响及批复文件，本项目医用电子直线加速器环评阶段总投资约 1500 万元，环保投资 85.5 万元，占总投资的 5.7%。本项目实际总投资约 2874.6219 万元，环保投资 29.0 万元，占总投资的 1.01%。本项目环保设施（措施）及其投资估算见表 3-5。

表 3-5 本项目环保设施（措施）及投资一览表

场所	类别	环评阶段环保设施	环评阶段投资金额（万元）	实际环保设施	实际环保投资金额（万元）	备注
肿瘤治疗中心	辐射屏蔽措施	铅门购买及安装施工	6.0	铅门 1 扇	6.0	已落实
	废气处理	整个肿瘤治疗中心独立的通排风系统 1 套，1#直线加速器机房送风量为 2400m^3/h，排风量为 3000m^3/h	3.0	整个肿瘤治疗中心独立的通排风系统 1 套，1#直线加速器机房送风量为 2400m^3/h，排风量为 3000m^3/h	3.0	已落实
	监测仪	便携式 X-γ 辐射监测仪 1 台、辐射剂量监控装置 1 套、电离辐射警示标志、控	12.0	便携式 X-γ 辐射监测仪 1 台、辐射剂量监控装置 1 套、电离辐射警示标志、控	12.0	/

	器及警示标志	制区与监督区标志；个人剂量计 4 个（每人 1 个），个人剂量报警仪 3 个（每个机房 2 个）		制区与监督区标志；个人剂量计 4 个（每人 1 个），个人剂量报警仪 2 个（每个机房 2 个）		
	其他防护用品	铅衣、铅帽、铅手套、铅围裙、铅眼镜 2 套（0.5mm 铅当量，每个机房 2 套）	4.0	铅衣、铅帽、铅手套、铅围裙、铅眼镜 6 套（0.5mm 铅当量，每个机房 2 套）	4.0	已落实
	安全装置	监控系统 1 套，报警系统 1 套，机房门灯联锁装置 1 套、门机联锁装置 1 套。	3.5	监控系统 1 套，报警系统 1 套，机房门灯联锁装置 1 套、门机联锁装置 1 套。	3.5	已落实
	其它	辐射相关规章管理制度上墙	0.5	辐射相关规章管理制度上墙	0.5	已落实
合计			29.0		29.0	/

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1 环境影响报告表主要结论与要求

本项目由四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）编制环境影响报告表并已取得批复，环境影响报告表结论如下：

1、项目概况

本项目在医院新建肿瘤中心负二层加速器机房内配置使用 1 台医用电子直线加速器，型号为 uRT-linac 506c，直线加速器最大 X 射线能量为 6MV，不含电子线，X 射线等中心 1m 处剂量率为 14Gy/min。属于 II 类射线装置。CBCT 与加速器同源双束，使用 CBCT 功能时 X 射线能量为 1.5MV，配置 FBCT 最大管电压 140kV，最大管电流范围为 420mA。医用直线加速器周治疗照射时间为 1.82h，年累计曝光时间为 90.91h，主射束方向朝向西侧、东侧、顶部、底部。

2、产业政策符合性及规划符合性结论

本项目的建设属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号）中第十三项“医药”第 5 款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”中的“高端放射治疗设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业发展政策。

本项目位于镇雄县人民医院内，项目用地属于昭通市已规划的医疗用地，因此项目符合昭通市城市总体规划。

3、本项目选址及平面布置合理性分析

（1）选址合理性分析

本项目拟建地周围无生态环境敏感目标及学校、集中居民区、饮用水源保护区等环境敏感区域，且本项目机房拟进行辐射屏蔽防护设计，本项目的开展通过采取有效屏蔽措施后对周围环境影响较小，选址合理。

（2）平面布置合理性分析

本项目各机房位置相对封闭且独立，降低了公众受到照射的可能性，周围无明显环境制约因素；本项目加速器机房和后装机机房集中布置，便于医院进行统一管理；根据“诊治工作要求：有利于辐射防护和环境保护以及各组成部分功能分区明确，既能有机联系，又不相互干扰”的原则，本项目辐射工作场所平面布置是合理的。

4、工程所在地区环境质量现状

本项目拟建直线加速器机房内及周围 X-γ 空气吸收剂量率为：0.14μGy/h，与布设在医院四个方位空地处所测背景值 0.11μGy/h~0.13μGy/h 水平相当，本项目现状水平属医院辐射正常水平。

5、环境影响评价结论

（1）辐射环境影响分析

经模式预测，在正常工况下，职业人员年有效剂量最大为 0.87mSv，满足云南省辐射管理限值职业人员不超过 5mSv 的要求；公众受照射剂量最大为 6.04×10-2mSv，满足云南省辐射管理限值公众不超过 0.25mSv 的要求。

（2）大气的环境影响分析

本项目设备工作时产生的废气经排风系统通风后，室内废气浓度低于《室内环境空气质量标准》（GB/T8883-2002）中规定的二级标准限值要求，对周围大气环境影响较小。

（3）废水的环境影响分析

医护人员产生的生活污水依托医院现有的污水处理设施处置，对周围水环境影响较小。

（4）固体废物的环境影响分析

本项目直线加速器、后装机不产生放射性固体废弃物，固体废弃物主要为工作人员产生的少量生活垃圾，经医院垃圾桶收集后定期由环卫部门清运。

退役源装在密封铅罐（25mm 铅当量）内暂时放置于后装机机房内保险柜内，换源结束后由放射源生产厂家回收。

本项目产生的固体废物经上述措施处理后对周围环境影响较小。

（5）声环境影响分析

本项目各机房风机工作时产生的噪声经隔声降噪后对周围敏感目标处声

环境影响较小。

6、环保设施与保护目标

医院现有环保设施配置较全，总体效能良好，经理论计算，本项目环境敏感目标处辐射剂量均满足评价标准要求（职业人员年剂量管理限值为 5mSv，公众人员年剂量管理限值为 0.25mSv）。

7、医院辐射安全管理的综合能力

医院安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，医技人员配置合理，有辐射事故应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，通过完善配置可满足防护实际需要。对现有医用辐射设备和场所而言，医院已基本具备辐射安全管理的综合能力。

8、项目环保可行性结论

本项目符合国家产业政策，正常工况下，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员及公众照射的要求，在坚持“三同时”的原则时，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，本评价认为，本项目的建设及运营从辐射安全和环境保护的角度是可行的。

4.2 项目环评批复要求及落实情况

云南省生态环境厅于 2020 年 10 月 10 日以“云环审〔2020〕2-22 号”对镇雄县人民医院新增 2 台直线加速器和 1 台后装机核技术利用项目（1 台直线加速器）进行了批复。批复具体要求及落实情况见表 4-1。

表 4-1 本项目环评批复要求及落实情况一览表

环评批复要求		落实情况
三、项目建设及运行管理应重点做好的工作	（一）认真组织学习《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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关法规规章，并在项目运行过程中贯彻落实。	**已落实。**已组织辐射安全与防护委员会成员及辐射相关工作人员认真学习《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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关法规规章，在项目运行过程中贯彻落实。
	（二）严格执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《报告表》提出的电离辐射安全管理限值，将职业照射连续 5 年的年平均有效剂量控制在 5mSv	**已落实。**已严格落实《报告表》提出的各项辐射防护与安全措施及污染治理措施，根据验收监测结果及估算，本项目职业人员和周围公众满足“职业人员年

	以内，公众照射年有效剂量控制在0.25mSv 以内。	有效剂量不超过 5mSv、公众成员年有效剂量不超过 0.1mSv”的要求。
	（三）严格落实《报告表》中提出的医用直线加速器机房和后装治疗机机房辐射安全防护设施，并定期对辐射安全防护设施进行检查，确保其正常运行。医用直线加速器机房和后装治疗机机房外醒目位置应设立电离辐射警示标示，设置门灯连锁、门机连锁、紧急止动装置和通风系统。配备相应的辐射防护用品、个人剂量报警仪和辐射监测仪，职业人员工作时应佩带个人剂量报警仪和个人剂量计，个人剂量计应定期（不超过 90 天）送相关专业检测单位进行剂量检测。	**已落实。**本项目本次建设验收 1 台医用电子直线加速器，加速器机房已按照相关设计要求，严格按照环评阶段设计安装安全防护设施，定期对辐射安全防护设施检查。医用直线加速器机房外醒目位置已设置电离辐射警示标示，已设置门灯连锁、门机连锁、紧急止动装置同通风系统。已配备相应的辐射防护用品、个人剂量报警仪和辐射检测仪，已要求职业人员工作时佩戴个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计定期送相关专业检测单位进行剂量检测。
	（四）加强放射源的安全管理，配备专人负责管理工作，建立放射源台账；放射源的存放场所应采取相应的安保措施，严防丢失、被盗；退役放射源须交回生产单位、返回原出口方或送交有相应资质的放射性废物集中贮存单位贮存，并做好台账记录，不得随意丢弃。	本项目本次建设验收 1 台医用电子直线加速器，不涉及后装治疗机放射源。
	（五）制定和落实各项辐射防护和安全管理制度，防范辐射事故发生；完善辐射事故应急预案，提高辐射事故应急处理能力。辐射工作区域应按照《报告表》要求实行监督区和控制区管理。辐射安全管理及工作人员应按规定参加辐射安全培训。	**已落实。**已制定各项辐射防护和安全管理制度，已完善辐射事故应急预案。严格按照《报告表》要求实行监督区和控制区管理。目前已有 2 名工作人员通过核技术利用辐射安全与防护考核培训，其余人员正组织安排参加核技术利用辐射安全与防护考核培训。
	（六）建立完善项目工作场所及周边辐射环境水平监测方案，并定期对项目工作场所及周边辐射环境水平进行监测，确保职业人员、公众健康和辐射环境安全。	**已落实。**已建立完善项目工作场所及周边辐射环境水平监测方案，按要求定期对项目工作场所及周边辐射环境水平进行监测，以确保职业人员、公众健康和辐射环境安全。
	（七）按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法规要求，依法重新申领辐射安全许可证，开展辐射安全和防护年度评估工作，并于每年 1 月 31 日前向辐射安全许可证发证机关提交上一年度的评估报告。	**已落实。**医院已向云南省生态环境厅重新申领了辐射安全许可证。每年均委托有资质单位对医院射线装置的安全和防护状况进行年度监测，编制辐射安全与防护年度评估报告。

四、项目性质、规模、地点和污染防治措施发生变动的，应向有审批权的生态环境部门报告并按要求办理相关手续。本项目环境影响报告表自批准之日起超过 5 年，方决定项目开工建设，环境影响报告表应当报我厅重新审核。	**已落实。**本项目为分期建设验收，本次1#直线加速器已建成，项目地点、性质、规模和污染防治措施等均未发生变动。
五、严格执行环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环保“三同时”制度。工程竣工后依法开展竣工环保验收工作。	**已落实。**建设过程中，已落实环保投资，落实各项辐射环境安全防护及污染防治措施，建设单位已加强运行期的环境保护工作，落实了环保设施与主体工程同步建设，各项辐射防护与安全措施满足相关规定；目前正在依法开展竣工环保验收。

4.3 项目实际建设情况与环评及批复内容的差异

通过现场检查，本次验收内容与《镇雄县人民医院新增 2 台直线加速器和 1 台后装机核技术利用项目环境影响报告表》及云南省生态环境厅《云南省生态环境厅关于镇雄县人民医院新增 2 台直线加速器和 1 台后装机核技术利用项目环境影响报告表的批复》（云环审[2020]2-22 号）对照，本项目建设地点、主射束方向、年出束时间、使用场所、工作方式、工艺流程、污染物产生种类、采取的污染治理和辐射安全防护措施、管理制度制定情况等均与环评一致，无变动，射线装置型号为 uRT-linac 506c，加速器治疗 X 射线能量、距靶 1m 处 X 射线最大剂量率均小于环评拟定的加速器主要技术参数。已落实环评批复要求。

表 5 验收监测质量保证及质量控制

质量保证及质量控制

本次监测单位为四川省核工业辐射测试防护院宜宾检测中心有限公司，具有四川省市场监督管理局颁发的检验检测机构资质认定许可证（编号：222312051293），并在允许范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

（1）监测前制定监测方案，合理布设监测点位，使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；

（2）监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；

（3）监测所用仪器经国家计量检定部门检定合格，且在有效检定周期内。监测仪器经常参加国内各实验室间的比对，通过仪器的期间核查等质控手段保证仪器设备的正常运行，现场监测仪器每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并采用定点场对仪器进行校验；

（4）监测实行全过程的质量控制，严格按照单位《质保手册》、《作业指导书》及仪器作业指导书的有关规定实行；

（5）监测时获取足够的数据量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

（6）建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

（7）监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

表 6 验收监测内容

6.1 验收监测内容

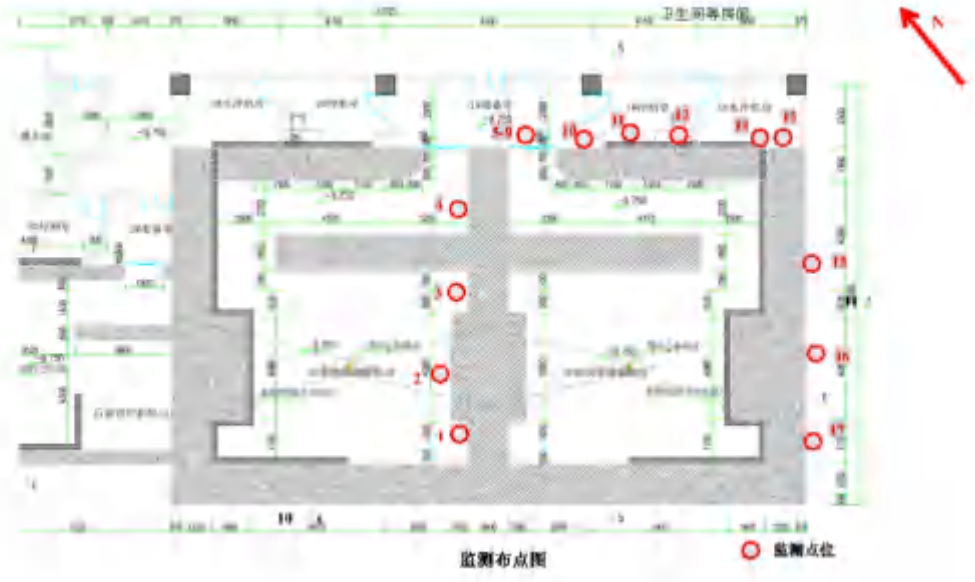
通过对射线装置运行过程中污染源项调查，主要污染因子为射线装置工作时产生的 X 射线。由此确定本项目监测因子为 X-γ 辐射剂量率。

1、监测项目

X-γ 辐射剂量率

2、监测布点

根据本项目医用电子直线加速器机房平面布置及周围外环境关系，对直线加速器装置外人员可到达区域屏蔽体外表面 30cm 处以外区域周围环境布设监测点，特别关注控制台操作位、防护门、线孔处等薄弱处，监测加速器运行状态、非运行状态下的 X-γ 辐射剂量率。监测点位布置图见图 6-1，监测点位见表 6-1。



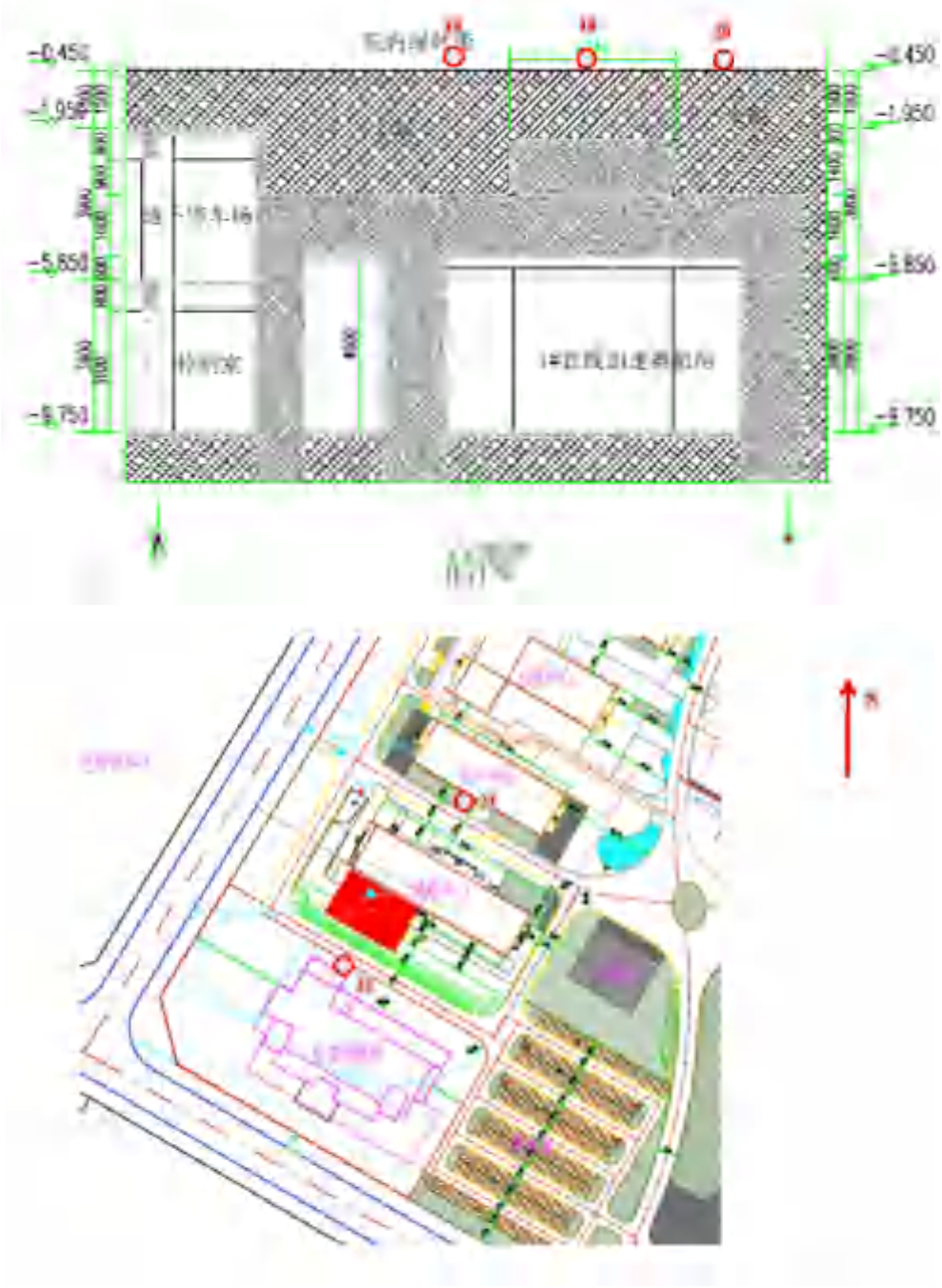


图 6-1 医用电子直线加速器机房内及周围辐射环境监测布点示意图

表 6-1 医用电子直线加速器机房监测点位一览表

序号	监测点位	备注
1	加速器机房西北侧墙外 30cm2#加速器机房内 1#	开机时有用线束向西侧照射
2	加速器机房西北侧墙外 30cm2#加速器机房内 2#	
3	加速器机房西北侧墙外 30cm2#加速器机房内 3#	

4	加速器机房西北侧墙外 30cm2#加速器机房迷道内	
5	加速器机房防护门东侧门缝 30cm 处	
6	加速器机房防护门中部位置外 30cm 处	
7	加速器机房防护门西侧门缝 30cm 处	
8	加速器机房防护门上侧门缝 30cm 处	
9	加速器机房防护门下侧门缝 30cm 处	
10	加速器机房东北侧墙外 30cm 准备室	
11	加速器机房东北侧墙外 30cm 控制室	开机时有用线束向东侧照射
12	加速器机房东北侧墙外控制室内物理检测管口	
13	加速器机房东北侧墙外水冷机房内电缆管线口	
14	加速器机房东北侧墙外 30cm 水冷机房	
15	加速器机房东南侧墙外 30cm 地下停车场 1#	
16	加速器机房东南侧墙外 30cm 地下停车场 2#	
17	加速器机房东南侧墙外 30cm 地下停车场 3#	
18	加速器机房屋顶外 30cm（主屏蔽墙）外绿化带	开机时有用线束垂直向上照射
19	加速器机房屋顶外 30cm（次屏蔽区）外绿化带	
20	加速器机房屋顶外 30cm（次屏蔽区）外绿化带	
21	北侧妇产中心	
22	南侧传染病医院	

3、监测分析方法

本次监测项目的监测方法、方法来源见表 6-2。

表 6-2 监测方法一览表

监测项目	监测方法	方法来源
X-γ 辐射剂量率	现场监测	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)

4、监测仪器

本次测量所用的仪器性能参数符合国家标准方法的要求，有有效的国家计量部门检定的合格证书，并有良好的日常质量控制程序。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行数据处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。本次验收监测所使用的仪器情况见表 6-3。

表 6-3　监测所使用的仪器情况

监测因子	监测仪器
X-γ 辐射剂量率	仪器名称：环境监测用 X、γ 辐射空气比释动能率仪 仪器型号：RJ32-2102 仪器编号：RJ3200143 能量响应：20keV~7.0MeV 测量范围：10nGy/h~100μGy/h 校准因子：0.98 校准证书编号：JL2400649932 校准单位：深圳市计量质量检测研究院 校准日期：2024 年 07 月 03 日 有效日期：2025 年 07 月 02 日
环境温度、环境湿度	仪器名称：便携式数字温湿度仪 仪器型号：FYTH-1 仪器编号：06M2943 环境温度分辨率：0.1℃ 环境湿度分辨率：0.1% 校准证书编号：Z20241-K007214 校准单位：深圳天溯计量检测股份有限公司 校准日期：2024 年 10 月 30 日 有效日期：2025 年 10 月 29 日 校准结论：合格

表 7 验收监测

验收监测期间生产工况记录：

2025 年 6 月 30 日，四川省核工业辐射测试防护院宜宾检测中心有限公司监测技术人员在建设单位相关负责人的陪同下，对本项目进行了环保竣工验收监测。

1、验收监测条件

环境温度：18.9℃-22.5℃；环境湿度：52.2%-59.6%；天气状况：晴。

2、验收监测工况

本次验收射线装置的监测工况见表 7-1。

表 7-1 监测工况表

序号	装置名称	型号	额定工况	监测时工况	管理类别	使用场所
1	医用直线加速器	uRT-linac 506c	加速器：6MV，420mA；CBCT：1.5MV；FBCT：140kV，420mA。	加速器：6MV，420mA；CBCT：1.5MV；FBCT：140kV，420mA。	II类	新建肿瘤中心负二层 1#直线加速器机房

本次监测工况为直线加速器运行的最大工况，符合验收监测工况要求。加速器监测时，主体工况稳定，辐射安全与防护设施建成并运行正常，监测出束时间设定为连续出束，出束时间大于仪器响应时间，故本次验收监测具有代表性。

验收监测结果：

1、验收监测结果

本次验收监测结果见表 7-2。

表 7-2　X-γ 辐射剂量率监测结果

点位	监测位置		X-γ 辐射剂量率(nGy/h)	标准差(nGy/h)	备注
1#	加速器机房西北侧墙外 30cm2# 加速器机房内 1#	未曝光	37	1.9	开机时有用线束向西侧照射
		曝光	58	3.9	
2#	加速器机房西北侧墙外 30cm2# 加速器机房内 2#	未曝光	31	2.8	
		曝光	57	4.1	
3#	加速器机房西北侧墙外 30cm2# 加速器机房内 3#	未曝光	32	1.9	
		曝光	57	4.5	
4#	加速器机房西北侧墙外 30cm2# 加速器机房迷道内	未曝光	35	2.4	
		曝光	50	2.7	
5#	加速器机房防护门东侧门缝 30cm 处	未曝光	31	1.7	
		曝光	48	2.7	
6#	加速器机房防护门中部位置外 30cm 处	未曝光	28	2.2	
		曝光	47	2.6	
7#	加速器机房防护门西侧门缝 30cm 处	未曝光	28	1.9	
		曝光	48	3.5	
8#	加速器机房防护门上侧门缝 30cm 处	未曝光	29	2.2	
		曝光	47	2.3	
9#	加速器机房防护门下侧门缝 30cm 处	未曝光	30	2.3	
		曝光	50	4.6	
10#	加速器机房东北侧墙外 30cm 准备室	未曝光	37	1.9	
		曝光	49	4.0	
11#	加速器机房东北侧墙外 30cm 控制室	未曝光	35	2.2	开机时有用线束向东侧照射
		曝光	47	3.3	
12#	加速器机房东北侧墙外控制室内物理检测管口	未曝光	38	1.9	
		曝光	49	3.5	
13#	加速器机房东北侧墙外水冷机房内电缆管线口	未曝光	41	2.3	
		曝光	54	4.4	
14#	加速器机房东北侧墙外 30cm 水冷机房	未曝光	28	2.3	
		曝光	41	3.1	

15#	加速器机房东南侧墙外 30cm 地下停车场 1#	未曝光	27	2.3	
		曝光	42	2.8	
16#	加速器机房东南侧墙外 30cm 地下停车场 2#	未曝光	26	2.2	
		曝光	38	2.9	
17#	加速器机房东南侧墙外 30cm 地下停车场 3#	未曝光	27	2.5	
		曝光	40	3.1	
18#	加速器机房屋顶外 30cm（主屏蔽墙）外绿化带	未曝光	32	1.6	开机时有用线束垂直向上照射
		曝光	41	3.4	
19#	加速器机房屋顶外 30cm（次屏蔽区）外绿化带	未曝光	31	2.3	
		曝光	41	3.3	
20#	加速器机房屋顶外 30cm（次屏蔽区）外绿化带	未曝光	33	1.9	
		曝光	39	4.2	
21#	北侧妇产中心	未曝光	33	2.8	
		曝光	41	4.0	
22#	南侧传染病医院	未曝光	28	3.3	
		曝光	36	3.7	

注：X-γ辐射剂量率已扣除宇宙射线影响。

2、验收监测结果分析

（1）X-γ 辐射剂量率

根据表 7-2 监测结果，本项目医用电子直线加速器正常工况未曝光时周围环境 X-γ 辐射剂量率范围为 0.016μGy/h~0.043μGy/h，本次验收监测仪器使用 ^{137}Cs 作为检定参考辐射源，根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），换算系数为 1.2Sv/Gy，转换为 0.0192μSv/h~0.0516μSv/h；曝光时周围环境 X-γ 辐射剂量率范围为 0.028μGy/h~0.051μGy/h，换算为 0.0336μSv/h~0.0612μSv/h。机房屏蔽效果良好，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）6.1.4 条有关规定，治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率满足《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）4.2.1 所确定的周围剂量当量率参考控制水平，治疗机房顶应满足 4.2.2 的要求：在距离直线加速器机房屏蔽体外表面 30cm 处，辐射剂量率不超过 2.5μSv/h 的要求。

（2）受照射剂量

根据《实用辐射安全手册（第二版）》的公式，对各点位处公众及职业人

员的年有效剂量进行计算。

$$E = D \bullet t \bullet \sum W_T \bullet \sum W_R \quad \text{……（式 7-1）}$$

式中：E—人员受到的附加有效剂量，Sv/a；

D—X-γ 射线空气吸收剂量率附加值，Gy/h；

t—X-γ 年受照时间，h/a；

W_T—组织权重因数，全身为 1；

W_R—辐射权重因数，本项目为 1。

根据医院提供资料，本项目直线加速器年出束时间最大为 90.91h。对于居留因子，经常有人员停留的地方取 1，有部分时间有人员停留的地方取 1/4，偶然有人员经过的地方取 1/16，妇产中心参考环评保守计算取 1。直线加速器正常工作时，职业人员及公众受照射剂量计算结果见表 7-3。

表 7-3 射线装置年工作状况及职业人员、公众受照剂量估算表

序号	年受照时间（h）	监测点位	居留因子	附加剂量率（nGy/h）	附加年有效剂量（mSv）	受照类型
1	90.91	加速器机房西北侧墙外 30cm2#加速器机房内 1#	1/16	21	1.58E-06	职业
2		加速器机房西北侧墙外 30cm2#加速器机房内 2#	1/16	26	1.95E-06	职业
3		加速器机房西北侧墙外 30cm2#加速器机房内 3#	1/16	25	1.88E-06	职业
4		加速器机房西北侧墙外 30cm2#加速器机房迷道内	1/16	15	1.13E-06	职业
5		加速器机房防护门东侧门缝 30cm 处	1/4	17	5.10E-06	公众
6		加速器机房防护门中部位置外 30cm 处	1/4	19	5.70E-06	公众
7		加速器机房防护门西侧门缝 30cm 处	1/4	20	6.00E-06	公众
8		加速器机房防护门上侧门缝 30cm 处	1/4	18	5.40E-06	公众
9		加速器机房防护门下侧门缝 30cm 处	1/4	20	6.00E-06	公众

10		加速器机房东北侧墙外30cm 准备室	1/4	12	3.60E-06	职业
11		加速器机房东北侧墙外30cm 控制室	1/4	12	3.60E-06	职业
12		加速器机房东北侧墙外控制室内物理检测管口	1/4	11	3.30E-06	职业
13		加速器机房东北侧墙外水冷机房内电缆管线口	1/4	13	3.90E-06	职业
14		加速器机房东北侧墙外30cm 水冷机房	1/4	13	3.90E-06	职业
15		加速器机房东南侧墙外30cm 地下停车场 1#	1/4	15	4.50E-06	公众
16		加速器机房东南侧墙外30cm 地下停车场 2#	1/4	12	3.60E-06	公众
17		加速器机房东南侧墙外30cm 地下停车场 3#	1/4	13	3.90E-06	公众
18		加速器机房屋顶外30cm（主屏蔽墙）外绿化带	1/16	9	6.75E-07	公众
19		加速器机房屋顶外30cm（次屏蔽区）外绿化带	1/16	10	7.50E-07	公众
20		加速器机房屋顶外30cm（次屏蔽区）外绿化带	1/16	6	4.50E-07	公众
21		北侧妇产中心	1	8	9.60E-06	公众
22		南侧传染病医院	1	8	9.60E-06	公众

注：附加剂量率为出束状态数据扣除未出束状态数据。

通过估算，本项目直线加速器职业人员受照剂量最大为 3.90×10^{-6}mSv/a，满足职业人员年有效剂量 5mSv/a 的限值标准；本项目直线加速器机房周围公众年受照剂量最大为 9.60×10^{-6}mSv/a，满足公众年有效剂量 0.1mSv/a 的限值标准。

本次验收在机房相邻区域均设置了监测点位，由于随着距离的增加，剂量随即衰减，故本项目 50m 评价范围的环境保护目标小于机房相邻区域的辐射剂量，满足相关限值标准要求。

表 8 验收监测结论

验收监测结论：

本次验收内容为批复的镇雄县人民医院新增 2 台电子直线加速器和 1 台后装机核技术利用项目（1 台直线加速器）建设内容，通过现场检查，本次验收的医用电子直线加速器建设内容、建设地点、建设规模、射线装置型号、主要技术参数、主射方向、年出束时间、使用场所、工作方式、工艺流程、污染物产生种类、辐射安全防护装置、采取的污染治理措施、管理制度的制定情况与环评及批复中基本一致。

根据现场监测及计算结果：

（1）本项目射线装置机房屏蔽体厚度满足环评要求，对 X 射线起到了有效的屏蔽作用，机房设置了安全联锁、警示标志、警示灯、监视对讲装置及紧急止动按钮，划定了控制区、监督区，限制了无关人员的进入，保证了工作人员及公众的安全。

（2）经验收监测，本项目医用电子直线加速器在投入使用后能达到的最大运行工况下，对机房周围公众造成的最大附加剂量为 9.60×10^{-6}mSv/a mSv/a，低于公众年剂量 0.1mSv/a 的管理限值；对职业人员造成年有效剂量最大为 3.90×10^{-6}mSv/a，低于职业人员年有效剂量 5mSv/a 的标准限值。经机房实体屏蔽防护后，对评价范围（50m）内环境保护目标环境影响较小。

（3）1#电子直线加速器机房排风量满足设计要求，运行过程中产生的废气经通排风系统引至楼顶排放，经自然稀释后对环境影响较小。

（4）医院建立了完善的规章制度，能够有效防止辐射事故的发生，医院成立了辐射安全管理委员会，负责全院的辐射安全管理工作，并制定辐射事故应急方案，具备了处理辐射事故的能力。工作人员在上岗前接受了有关辐射防护培训，掌握了安全防护知识和技能，具备了安全操作相应诊疗设备的能力。

本项目的建设符合《镇雄县人民医院新增 2 台直线加速器和 1 台后装机核技术利用项目环境影响报告表》及批复的要求，辐射防护措施得当，管理规章制度、操作规程完备，工作人员及公众年照射有效剂量满足环评报告及批复中的《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《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）辐射

防护要求和云南省行政管理限值要求，建议通过竣工环境保护验收。

建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表

填表单位（盖章）：镇雄县人民医院　　填表人（签字）：[redacted]　　项目经办人（签字）：詹加锐

建设项目	项目名称	镇雄县人民医院新增2台直线加速器和1台后装机核技术利用项目（1台直线加速器）	项目代码	/	建设地点	镇雄县振兴大道（南段）与镇雄大道交汇处镇雄县人民医院内新建肿瘤中心负2层	
	行业类别（分类管理名录）	Q6511 医院（172 使用Ⅱ类射线装置）	建设性质	□ 新建 □ 改建 □ 扩建		项目厂区中心经度/纬度	/
	设计生产能力	2台医用电子直线加速器，型号未定，最大X射线能量为10MeV，最大电子线能量22MeV，X射线等中心1m处剂量率为22Gy/min，属于Ⅱ类射线装置；1台后装治疗机，型号未定，放射源种类Ir-192，放射源活度/数量为3.7×10¹¹Bq/枚，半衰期为74.6d，年使用量2枚，放射源γ射线能量为0.37MeV；属于Ⅲ类射线装置。	实际生产能力	1台医用电子直线加速器，型号uRTLinac 506c，最大X射线能量为6MeV不含电子线，X射线等中心1m处剂量率为14 Gy/min；CBCT与加速器同源双束，使用CBCT功能时X射线能量为1.5MV，配置FBCT最大管电压140kV，最大管电流范围为420mA。属于Ⅱ类射线装置。	环评单位	四川省核工业方式测试防护院(四川省核应急技术支持中心)	
	环评文件审批机关	云南省生态环境厅	审批文号	云环审〔2020〕2-22号	环评文件类型	报告表	
	开工日期		竣工日期		排污许可证申领时间	/	
	环保设施设计单位		环保设施施工单位		本工程排污许可证编号	/	
	验收单位	四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心）	环保设施监测单位	四川省核工业辐射测试防护院宜宾检测中心有限公司	验收监测时工况	X射线能量：6MV；电流：420mA，持续稳定运行	
	投资总概算（万元）	1500	环保投资总概算（万元）	85.5	所占比例（%）	5.7%	
	实际总投资（万元）		实际环保投资（万元）		所占比例（%）		
	废水治理（万元）	/ 废气治理（万元） /	噪声治理（万元） /	固体废物治理（万元）	/	绿化及生态（万元） /	其他（万元） 32.4
	新增废水处理设施能力	/		新增废气处理设施能力	/	年平均工作时	/
运营单位		镇雄县人民医院	运营单位社会统一信用代码（或组织机构代码）	12532128431668229H		验收时间	2025.07

污染物排放标总控（工业建设项目填）	污染物	原有排放量(1)	本期工程实际排放浓度(2)	本期工程允许排放浓度(3)	本期工程产生量(4)	本期工程自身削减量(5)	本期工程实际排放量(6)	本期工程核定排放总量(7)	本期工程“以新带老”削减量(8)	全厂实际排放总量(9)	全厂核定排放总量(10)	区域平衡替代削减量(11)	排放增减量(12)
	废水	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	化学需氧量	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	氨氮	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	石油类	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	废气	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	二氧化硫	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	烟尘	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	工业粉尘	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	氮氧化物	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	工业固体废物	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	与项目有关的其他特征污染物 /	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1、排放增减量：（+）表示增加，（-）表示减少。2、(12)=(6)-(8)-(11)，(9)=(4)-(5)-(8)-(11)+(1)。3、计量单位：废水排放量——万吨/年；废气排放量——万标立方米/年；工业固体废物排放量——万吨/年；水污染物排放浓度——毫克/升