

宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目
竣工环境保护验收监测报告表
(公示稿)

建设单位：宁夏回族自治区人民医院

编制单位：长润安测科技有限公司

2026 年 7 月

建设单位法人代表：(签字)

编制单位法人代表：(签字)

项 目 负 责 人：(签字)

填 表 人：(签字)

建设单位：宁夏回族自治区人民医院 编制单位：长润安测科技有限公司(盖章)

电话：13895015016 电话：13522881009

传真：/ 传真：/

邮编：750000 邮编：750000

地址：宁夏银川市金凤区正源北街 301 号 地址：宁夏银川市金凤区大连中路力德财富大厦 2304 室

目 录

表 1 项目基本信息	1
表 2 项目建设情况	6
表 3 辐射安全与防护设施/措施	21
表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批决定	29
表 5 验收监测质量保证及质量控制	34
表 6 验收监测内容	38
表 7 验收监测	40
表 8 验收监测结论	44
附图 1 项目地理位置示意图	46
附图 2 项目周边环境关系影像图	47
附图 3 医院总平面布置图	48
附图 4 肿瘤中心负一层平面布置图	49
附件一 委托书	50
附件二 环评批复	51
附件三 辐射安全许可证	52
附件四 人员证书	53
附件五 检测报告	54
附件六 评审相关文件	55

表 1 项目基本信息

建设项目名称		宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目			
建设单位名称		宁夏回族自治区人民医院			
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建			
建设地点		宁夏银川市金凤区正源北街 301 号宁夏回族自治区人民医院肿瘤治疗中心-1F 直线加速器室（治疗室）			
源项		放射源	/		
		非密封放射性物质	/		
		射线装置	1 台医用电子加速器（Ⅱ类）		
建设项目环评批复时间	2026 年 2 月 10 日	开工建设时间	2026 年 2 月 23 日		
取得辐射安全许可证时间	2026 年 4 月 29 日	项目投入运行时间	2026 年 4 月 29 日		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2026 年 4 月 29 日	验收现场监测时间	2026 年 6 月 23 日		
环评报告表审批部门	宁夏回族自治区生态环境厅	环评报告表编制单位	众旺达（宁夏）技术咨询有限公司		
辐射安全与防护设施设计单位	甘肃鸿城辅安医疗科技有限公司	辐射安全与防护设施施工单位	甘肃鸿城辅安医疗科技有限公司		
投资总概算	*万元	辐射安全与防护设施投资总概算	*万元	比例	*%
实际总概算	*万元	辐射安全与防护设施实际总概算	*万元	比例	*%
验收依据	一、法律、法规和规章制度 1.《中华人民共和国生态环境法典》，中华人民共和国主席令第 70 号公布，2026 年 8 月 15 日施行； 2.《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号公布，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日施行；				

	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6号公布，2003年10月1日施行； 4.《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号公布，2017年6月21日修订，2017年10月1日施行； 5.《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第449号，2005年12月1日施行，2014年7月29日第一次修订，2019年3月2日第二次修订； 6.《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第31号，2006年3月1日施行，2008年11月21日第一次修订，2017年12月20日第二次修订，2019年8月22日第三次修订，2021年1月4日第四次修订； 7.《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年4月18日公布，2011年5月1日施行； 8.《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，2017年12月5日施行； 9.关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告，环境保护部国环规环评[2017]4号，2017年11月20日施行； 10.《关于印发<核技术利用建设项目重大变动清单（试行）>的通知》生态环境部办公厅，环办辐射函〔2025〕313号，2025年8月29日发布； 11.《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》，宁夏回族自治区人民政府令第102号（2019年2月1日）施行； 12.《宁夏回族自治区辐射事故应急预案》（宁政办发【2022】23号）。 二、技术规范 1.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，生态环境部公告2018年第9号，2018年5月16日； 2.《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）； 3.《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128—2019）； 4.《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198—2021）；
--	---

	5.《放射治疗放射防护要求》(GBZ121—2020); 6.《辐射环境监测技术规范》(HJ61—2021); 7.《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157—2021); 8.《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); 9.《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)。 三、环境影响报告表及其审批部门审批决定 1.《宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目环境影响报告表》，长润安测科技有限公司，2026年2月； 2.《关于宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目环境影响报告表审批意见的函》，宁夏回族自治区生态环境厅，宁核环[2026]4号，2026年2月10日。 四、其他相关文件 1.医院辐射安全许可证； 2.医院辐射安全管理规章制度等支持性资料。
--	--

验收执行标准	一、剂量限值及剂量管理约束值 (1)剂量限值 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），从事本项目辐射工作人员和公众的年剂量限值见表 1-1。 表 1-1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值剂量限值 <table border="1"> <tr> <th>照射类型</th><th>剂量限值</th></tr> <tr> <td>职业照射</td><td>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： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv</td></tr> <tr> <td>公众照射</td><td>实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv。</td></tr> </table> (2)剂量约束值 根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）“4.9 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”标准要求。 二、辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平 根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中规定的工作场所剂量率控制要求： 6.1.4 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$\dot{H}_{c,d}$（$\mu\text{Sv/h}$）：	照射类型	剂量限值	职业照射	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： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv	公众照射	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv。
照射类型	剂量限值						
职业照射	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： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv						
公众照射	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv。						

	机房外辐射工作人员：$\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$； 机房外非辐射工作人员：$\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$。 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$\dot{H}_{c,\max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)： 人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c,\max} \leq 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$； 人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c,\max} \leq 10 \mu\text{Sv}/\text{h}$。 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 $100 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。 根据环境影响报告表及上述相关规范，取职业照射剂量限值的 $1/4$ ($5.0 \text{mSv}/\text{a}$) 作为职业人员的年管理剂量约束值，取公众照射剂量限值的 $1/10$ ($0.1 \text{mSv}/\text{a}$) 作为公众成员的年管理剂量约束值。 同时以 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 作为直线加速器室（治疗室）迷道防护门外、操作间和直线加速器室（治疗室）四周墙外、机房顶外 30cm 处的剂量率目标控制值。 三、环境天然放射性水平 根据《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究（1983-1990）》，宁夏地区的室内γ辐射剂量率水平为 $62.3\text{--}137.8 \text{nGy}/\text{h}$，宁夏地区的道路$\gamma$辐射剂量率水平为 $34.7\text{--}104.1 \text{nGy}/\text{h}$。
--	---

表 2 项目建设情况

2.1 项目建设内容

一、建设单位情况

宁夏回族自治区人民医院创建于 1934 年，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健、康复、急救为一体的三级甲等医院，是宁夏医科大学附属自治区人民医院暨第三临床医学院、北方民族大学非直属关系附属医院，是国家建立健全现代医院管理制度试点医院。

医院总占地面积 604.46 亩，建筑面积 32.76 万平方米。下设院本部、西夏分院、宁夏医疗急救中心、宁夏眼科医院和宁南医院，建成了一院多区线上线下一体化医院信息平台 and 互联网医院平台，实现了五个院区一体化管理。

二、项目建设内容和规模

2026 年 2 月，医院委托众旺达（宁夏）技术咨询有限公司编制了《宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目环境影响报告表》，项目涉及直线加速器室（治疗室），位于肿瘤治疗中心负一层，主要包括直线加速器室（治疗室）、操作间及设备间等，并购置 1 台上海联影医疗科技股份有限公司生产的 uLinacHalosTx 型医用电子直线加速器。该项目环境影响报告表于 2026 年 2 月 10 日由宁夏回族自治区生态环境厅以宁核环（2026）4 号文件审批通过。

医院于 2026 年 4 月 29 日重新申领了辐射安全许可证（宁环辐证[N0025]），许可种类和范围和使用 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，乙级非密封放射性物质工作场所，有效期 2028 年 11 月 5 日。本项目所涉及直线加速器已登记在辐射安全许可证中。本次验收规模详见表 2-1。

表 2-1 本次验收所涉及的射线装置情况

装置名称	数量	型号	数量	生产厂家	类别	场所
直线加速器	1 台	uLinacHalosTx 型	1 台	上海联影医疗科技股份有限公司	II 类	肿瘤治疗中心负一层

本次验收规模与环评规模一致。

三、项目总平面图布置、建设地点

宁夏回族自治区人民医院位于宁夏银川市金凤区正源北街 301 号，本项目位于医院肿瘤治疗中心负一层，直线加速器室（治疗室）南侧为混凝土墙体，北侧依次为操作间、设

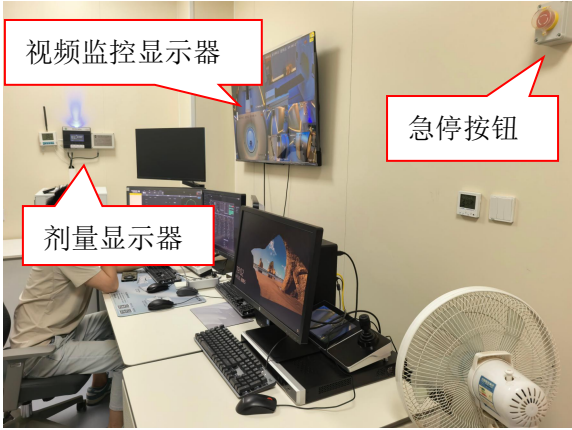
备间，东侧为直线加速器室（一），西侧为直线加速器室（二）。加速器治疗室四周环境详见表 2-2。

医院地理位置示意图见附图 1，周边环境关系影像图见附图 2，医院总平面布置示意图见附图 3，医院肿瘤治疗中心负一层平面布置图见附图 4。现场拍摄照片见图 2-1，医用电子加速器工作场所平面布置图见图 2-2。

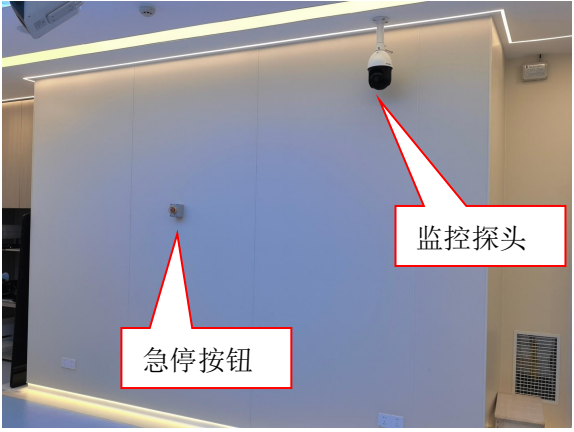
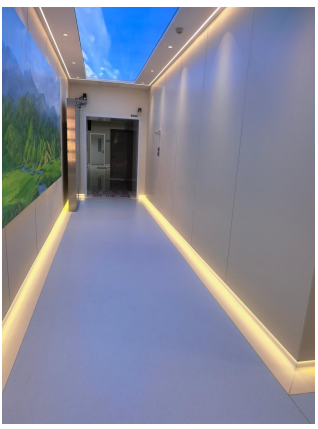
表2-2 本项目加速器治疗室周围环境一览表（50m范围内）

名称	方 向	场所名称
加速器治疗室 （二）	北侧	操作间、设备间、办公室等区域
	东侧	直线加速器室（一）等区域
	南侧	混凝土墙
	西侧	直线加速器室（二）、迷道等区域
	楼上	停车场
	楼下	地下土层

现场照片

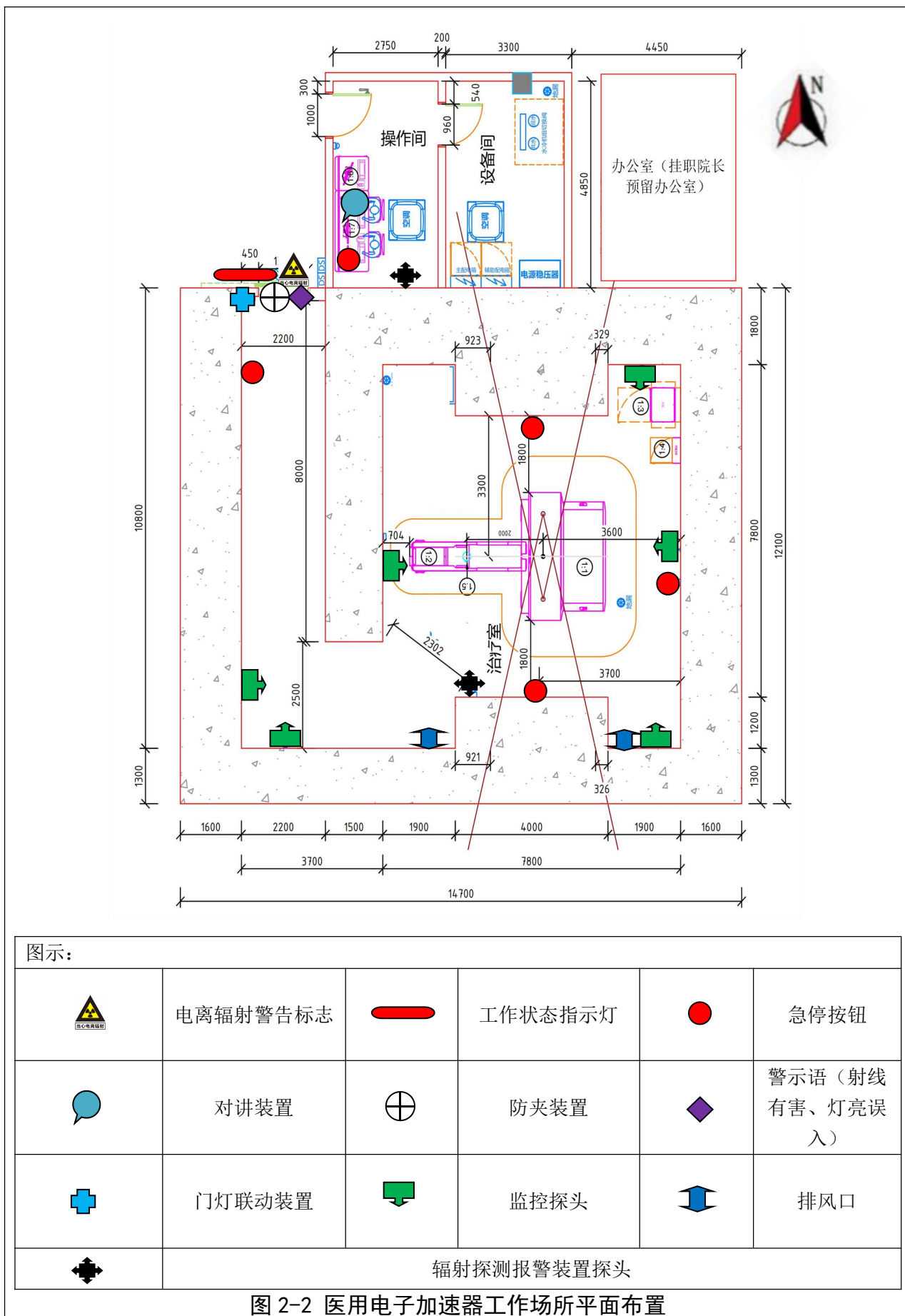
	
加速器治疗室内部	防护门
	
操作位	操作间内辐射场所监测仪

	
迷道内监控探头	治疗室内辐射探测报警装置剂量探头
	
加速器上方监控探头	加速器北侧监控探头
	
治疗室内监控探头	操作位处急停按钮及视频显示器

 急停按钮 监控探头	 进风口
治疗室内东墙急停按钮和监控探头	室顶上方进风口
	 急停按钮 开关
迷道	迷道内部开门开关和急停按钮
 开关 控制区 当心辐射 远离此线	
防护门外开门开关	治疗室内东北角排风口

	
治疗室内东南角排风口	监督区标识
	
控制区标识	设备间

图 2-1 直线加速器工作场所现场图片



四、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

本项目环境影响报告表建设内容与实际建设情况对比见表 2-3，环境影响报告表批复建设内容与现场验收情况对比见表 2-4。

表 2-3 本项目环境影响报告表建设内容与实际建设情况对比表

名称	环评内容			现场状况			备注
直线加速器室（治疗室）	1 座			1 座			与环评一致
直线加速器数量	1 台			1 台			与环评一致
加速器主要参数及型号	型号	X 射线最大能量	X 射线最大剂量率	型号	X 射线最大能量	X 射线最大剂量率	与环评一致
	uLinacHalosTx	6MV	1200MU/min	uLinacHalosTx	6MV	1200MU/min	

表 2-4 本项目环境影响报告表批复建设内容与验收情况对比表

环境影响报告表批复意见	实际建设内容	备注
宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目(项目代：2601-640106-16-01-458109)位于宁夏回族自治区银川市金凤区，本项目在肿瘤治疗中心负一层预留的直线加速器室(治疗室)新增 1 台 uLinacHalosTx 型医用电子直线加速器，电子最大能量为 6MeV，X 射线最大能量为 6MV，用于放射治疗。该设备含 1 个加速器机头和 1 个 CT 机头，分别安装在两个机架上，不带电子线治疗功能，额定最大剂量率为 12Gy/min。本项目总投资 3500 万元。活动类型和范围属使用Ⅱ类射线装置。	宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目(项目代：2601-640106-16-01-458109)位于宁夏回族自治区银川市金凤区，本项目在肿瘤治疗中心负一层预留的直线加速器室(治疗室)新增 1 台 uLinacHalosTx 型医用电子直线加速器，电子最大能量为 6MeV，X 射线最大能量为 6MV，用于放射治疗。该设备含 1 个加速器机头和 1 个 CT 机头，分别安装在两个机架上，不带电子线治疗功能，额定最大剂量率为 12Gy/min。本项目总投资 2680 万元。活动类型和范围属使用Ⅱ类射线装置。	与批复意见一致

2.2 源项情况

本项目位于肿瘤治疗中心负一层，使用 1 台直线加速器，属 II 类射线装置，主要技术参数见表 2-5。

表 2-5 本项目直线加速器装置主要参数

装置名称	型号	最大能量	最大 X 射线剂量率	数量	类别	生产厂家	工作场所
直线加速器	uLinacH alosTx 型	①电子能量： 6MeV； ②X 射线最大 能量：6MV； ③CBCT : 1.5MV ④CT: 140kV	①X 射线剂量率： 1200MU/min (12Gy/min) ②CBCT 成像剂量率 为 0.4Gy/min ③CT: 667mA	1 台	II 类	上海联影医 疗科技股份 有限公司	肿瘤治疗 中心负一 层直线加 速器室（治 疗室）

2.3 工程设备与工艺分析

2.3.1 设备组成

设备组成：环形机架；束流模块（包括加速管、磁控管、调制器、环流器、充气系统、冷却系统等）；CT 系统（包括 CTX 射线球管、CT 探测器、CT 高压发生器等）；治疗头（包括靶、初级准直器、钨门、多叶光栅等）；治疗床（3D 或 5D）；平板探测器（EPID）；控制组件（包括无线手控盒、显示控制屏）；门控部件；电源柜；操作台（包括加速器控制系统主机、CT 控制主机、显示器和治疗控制盒）；加速器控制软件；放疗治疗计划与管理系统；系统附件：成像模体、CT 模体；系统所有部件分布在三个不同房间：治疗室、操作间和设备间。

(1)机架

机架是产品的主机械机构，用于安装束流模块、治疗头、EPID、CT 等部件，通过机架旋转来改变束流出射角度，考虑到机架的重量以及中间的孔径结构机，其传动结构采取的是链条传动，各部件在机架上的分布以及链条传动如下图所示：



图 2-3 直线加速器系统结构图



图 2-4 直线加速器主要系统组成

(2)束流模块

束流模块的主要功能是产生电离辐射，主要组成部分为调制器、磁控管、加速管和水冷机组，如下图所示。

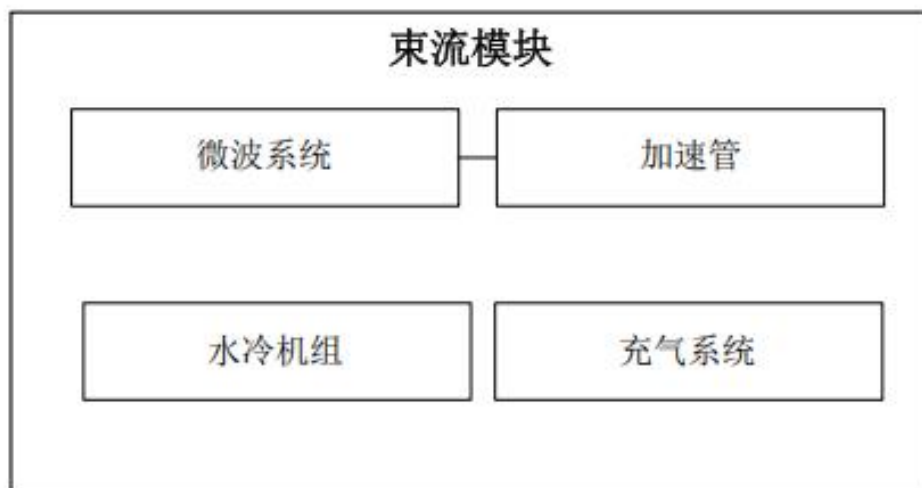


图 2-5 束流模块示意图

(3)加速管

束流模块的核心是驻波加速管。在驻波加速管中，当行进波到达波导的末端时，行进波被反射片反射回来，向相反的方向反射。当原始的行进波和向相反方向运动的反射波相互干扰时，就形成驻波。

驻波有固定的点，这些点永远不会发生任何位移，称为节点，是两个行进波的破坏性干扰的结果，它们相互抵消。在每一个连续的节点之间的中间，发生最大位移的点叫反节点。反节点是在大的正位移和大的负位移之间来回摆动的点。反节点是两个行进波的建设性干扰和破坏性干扰混合作用的结果，当构成驻波的两个波完全相同相位时，产生的驻波的振幅是行进波的两倍。

(4)磁控管、调制器

磁控管是微波源，主要为加速管提供高频微波产生驻波用于电子加速。

磁控管由一个位于圆形腔体中间的阴极组成，当加热阴极时，该阴极通过热发射释放出电子。磁控管的两边分别有磁体产生轴向磁场，磁场方向垂直于电子的初始径向运动，这将会导致电子以环形轨迹即类似螺旋式而不是直线方式向阳极运动。

电子云受高电压和强磁场的影响，形成一个类似于转轮辐条的旋转图案。在圆形腔体的边缘周围间隔着圆柱形的谐振腔。当电子辐条通过空腔的开口时，它们会使金属中的自由电子在空腔内旋转（就像电荷排斥一样），先是单向旋转，然后是反向旋转；这种振荡会在空腔内诱导出共振的高频无线电场。然后通过天线提取产生的射频波。其工作原理如下图所示。

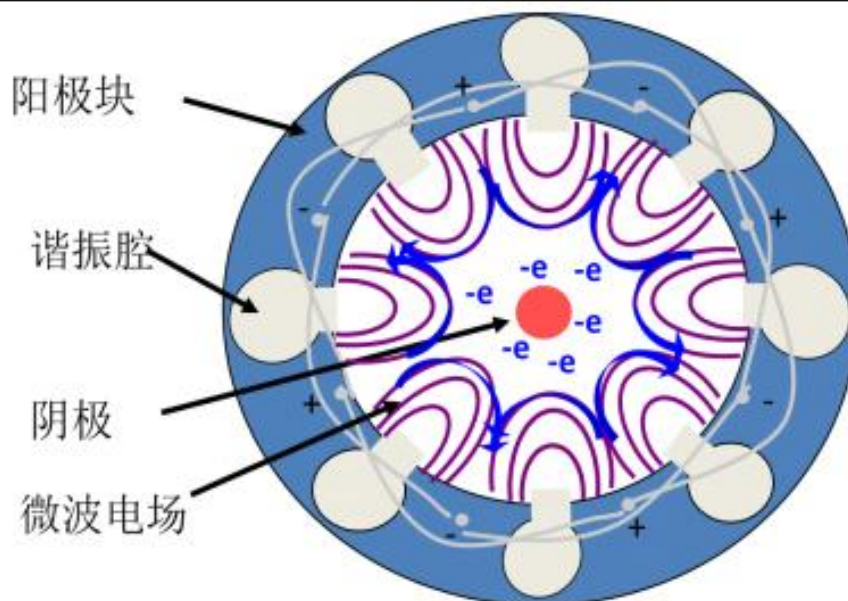


图 2-6 磁控管工作原理示意图

调制器为磁控管功率源，主要为磁控管提供脉冲高压和灯丝加热,其原理框图如下所示：

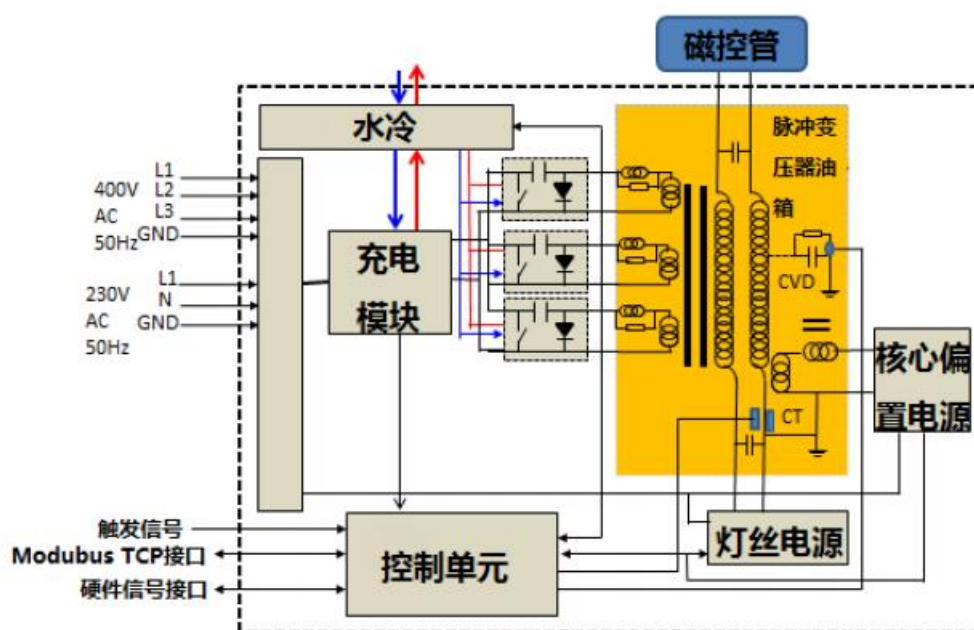


图 2-7 调制器原理框图

(5)治疗头

治疗头主要用于对束流进行准直和成形，由上治疗头和下治疗头组成如下图所示。

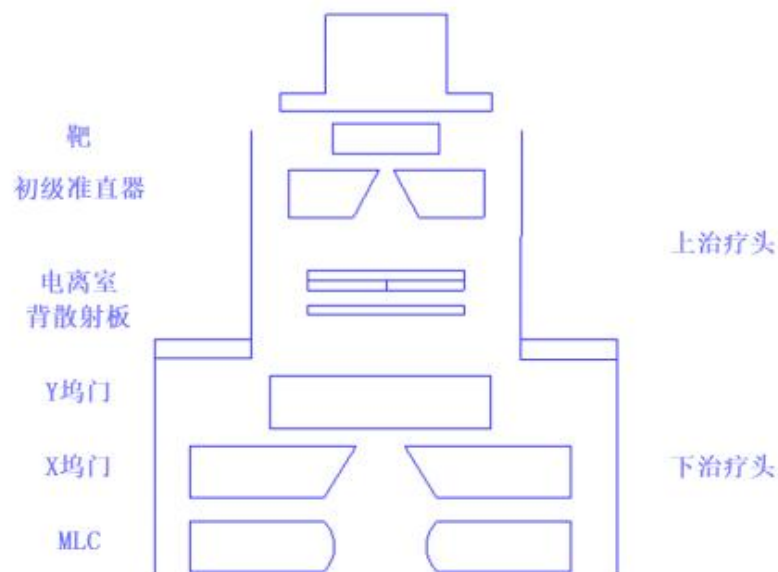


图 2-8 上治疗头和下治疗头组成图

(6) 上治疗头

上治疗头主要包括靶和初级准直器。

靶的作用为将直线加速器产生的电子线转换为 X 辐射，通常选用高原子序数材料的钨靶；靶起着阻止电子束通过的作用，靶可以承受电子束的轰击，电子束中未产生 X 辐射的能量将以热的方式消耗在靶上，因此选择的靶材料需要高熔点，优良的导热性，同时还需要冷却系统将热量及时带走。

初级准直器为圆锥形孔结构，将束流限制在一个锥形范围内，决定了最大射野范围，并阻挡了最大射野范围外的由辐射源产生的初级辐射。

(7) 下治疗头

下治疗头主要由钨门和多叶光栅组成，主要材料为钨，通过电机驱动移动到不同的位置定义射野形状，阻挡射野外束流。钨门只能形成矩形野，多叶光栅由多个叶片组成，能够自由形成二维形状。

(8) 治疗床

治疗床主要用于支撑患者，保证结构强度的同时需要减少剂量衰减，因此使用碳纤维材料。

射束投射至患者的角度决定了治疗计划的优化程度，放疗设备的治疗床需要多个运动维度，3D 治疗床支持三个维度，包括横向（X），纵向（Y），升降（Z）；5D 治疗床最多可达到五个维度，包括横向（X），纵向（Y），升降（Z），俯仰（Pitch）和翻转（Roll），

如下图所示。

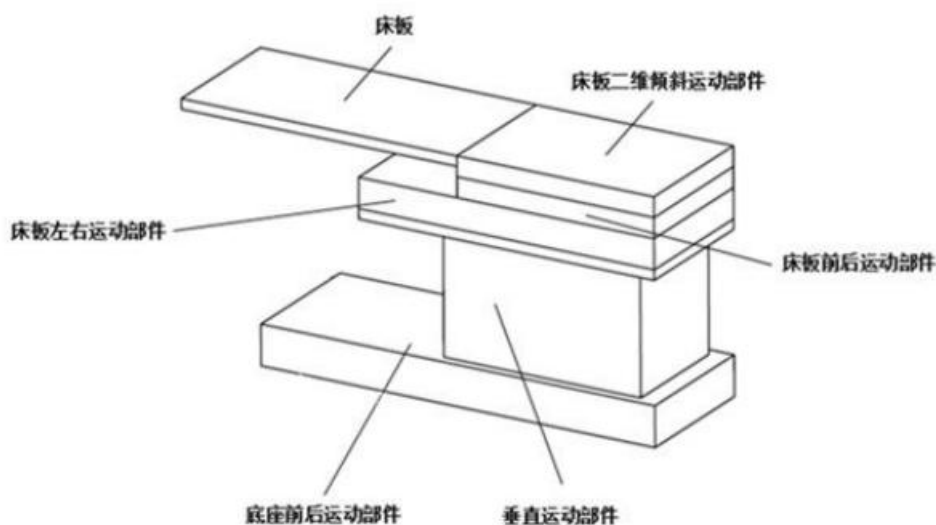


图 2-9 治疗床示意图

除了能提供更多的射束投射角度，治疗床提供多维度的运动可以配合影像引导，准确地将患者摆位至理想治疗体位。

(9)EPID

使用覆盖全射野的大面积非晶硅数字化 X 射线探测板，可以拍摄平片成像，也可通过机架旋转一周获取和重建一定体积范围内的图像。图像可以用于患者成像和图像引导，也可以用于机器质检和治疗计划质检。

(10)门控部件

在放射治疗过程中，受呼吸运动，或器官不自主的异常运动（咳嗽，喷嚏等）影响，肿瘤位置会偏离计划的位置，从而导致放疗过程中脱靶，靶区沉积的剂量不足，而正常组织器官受到过多的剂量。

门控治疗是一种新型的运动管理放疗技术，它通过实时监测患者的器官位置或生理信号变化，调整射束的开关时间和位置，实现了对放疗剂量的高精度控制。与传统的放疗技术相比，门控放疗可以更精确地瞄准肿瘤部位，避免对正常组织造成过多的伤害。

2.3.2 工作原理

直线加速器产生 X 射线的原理如下：微波通过波导传输到加速管腔体，在加速管腔体内形成驻波场；当电子枪发射的电子束进入加速管腔内时，加速管内的驻波场对电子进行加速，加速后的电子经出射窗射出加速管打到靶上，发生轫致辐射，产生 X 射线用于治疗。

所产生的射线经过限束系统，形成需要的辐射野，辐照到患者的靶区。

电子射野成像装置（EPID）的成像原理如下：上述形成的 X 射线，经扫描体（患者）的衰减，到达平板探测器，平板探测器利用闪烁体材料将入射的 X 射线转化成可见光，其照射到薄膜晶体管（TFT）会产生电子空穴对。在外加偏压电场的作用下，将会形成电荷储存在 TFT 中；然后通过控制 TFT 上的开关和后端的读出电路将电信号读出，转换为数字信号，经过处理，得到投影图像，可用于二维成像。也可通过机架旋转采集不同方向的投影图像，并对这些图像进行重建进而生成断层图像。

计算机断层扫描（CT）的成像原理如下：在高压发生器的控制下，阴极灯丝产生的电子加速轰击靶材生成 X 射线束，此 X 射线束经滤过器，准直器后，经过被扫描体（患者）的衰减后到达探测器，数据获取子系统将经过人体衰减后的 X 射线转换为光电信号，并将光电信号转换为可供计算机数据采集系统存储的数字图像信号；通过机架旋转采集不同方向的投影图像信号，并对这些图像进行重建进而生成 CT 图像。

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 射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，使用 CBCT 功能时 X 射线输出能量为 1.5MV。CBCT 模块用于放射治疗前对患者治疗位置的验证，与加速器治疗部分不同时出束。

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。

2.3.3 工作流程

直线加速器放射治疗流程如下：

- (1)病人经医生诊断、治疗正当性判断后，确定需要治疗的患者进行预约登记；
- (2)预约病人首先在放疗科原有模拟定位机上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状，模拟定位扫描时工作人员隔室操作；模拟定位产生 X 射线、臭氧、氮氧化物。
- (3)将图像通过网络传输入 TPS，对图像进行登记，根据图像上的定位标记，确认病人坐标系；

- (4)勾画人体外轮廓和各种组织轮廓，参照诊断影像勾画 GTV、CTV 和危险器官的轮廓；
- (5)根据经验选择射线和射野方向，尽量避开危险器官，依据 BEV 和 DRR 设计挡铅；
- (6)依据肿瘤部位选择计算模型，调整楔形滤片方向和角度，使用组织补偿材料等，使剂量分布符合 ICRU 的有关规定，确保危险器官剂量在安全范围；
- (7)使用 DVH 等工具，对计划进行评估，寻找高剂量区，尽量使其不在 CTV 外，必要时修改挡铅位置。
- (8)治疗计划制定后，进行放疗计划验证，经放疗医师、放疗物理师签字确认；
- (9)肿瘤病人在放射技师的协助下，依据计划在治疗床上进行摆位，确定照射位置和面积，该过程在治疗机房治疗床上完成；
- (10)摆好位后,技术人员对患者肿瘤位置进行验证(包括采用 CBCT 摄影进行位置验证),放射技师离开机房，确定所有安全措施到位后（技师确认治疗室内无其他人员滞留，确认各类按钮工作正常后，关闭防护门，启动治疗机进行照射；产生 X 射线、臭氧、氮氧化物。
- (11)照射完毕后，技术人员协助病人离开机房，为下次照射做准备。

工作流程图及产污节点详见图 2-10。

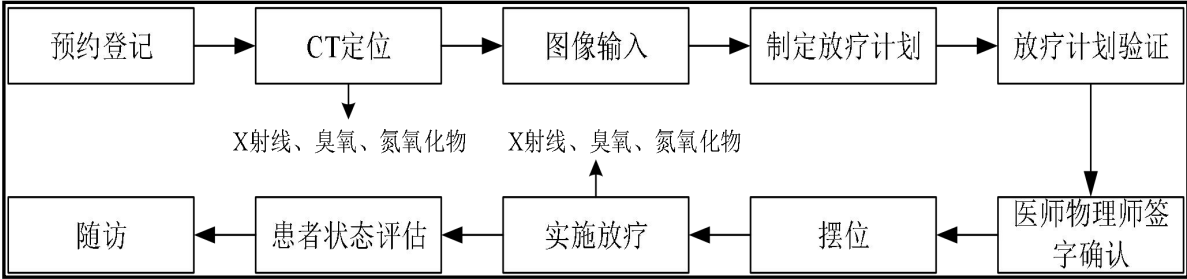


图 2-10 直线加速器放射治疗工作流程图

二、污染源分析及评价因子

本项目加速器 X 射线最高能量为 6MV。其产生的主要放射性污染物包括 X 射线及非放射性有害气体，其中 X 射线随着加速器的开关而产生和消失。

(1) X 射线

本项目直线加速器电子枪产生的电子经过加速后，受到金属靶的阻止而产生韧致辐射 X 射线，X 射线的贯穿能力极强，对周围环境可能造成辐射污染，但运行时产生的 X 射线随加速器的开、关而产生和消失。电子束其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此在加速器开机的时间内，产生的 X 射线

为主要辐射环境污染因素。

(2) 废水

本项目直线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。本项目工作人员生活污水依托医院污水处理系统统一处理达标后排入市政污水管网。

(3) 固体废物

本项目营运时工作人员产生的生活垃圾，由医院进行收集并交由环卫部门统一处理。

(4) 非放射性有害气体

直线加速器运行时，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 ， NO_2) 它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。

综上所述，本项目直线加速器主要评价因子为 X 射线、非放射性有害气体。

三、人员配置及工作时间

(1) 人员配置

本项目配置了9名职业工作人员，包括2名技师、5名医师、2名物理师，均已通过核技术利用辐射安全与防护考核，均处于有效期内。

(2) 工作时间

根据医院提供的资料，乳腺癌年预计最大治疗人次 2400，治疗时平均每人治疗时间 4min，年治疗时间约为 160h；宫颈癌年预计最大治疗人次 1680，治疗时平均每人治疗时间 4min，年治疗时间约为 112h；头颈部肿瘤年预计最大治疗人次 878，治疗时平均每人治疗时间 4min，年治疗时间约为 58.5h；食管癌年预计最大治疗人次 420，治疗时平均每人治疗时间 4min，年治疗时间约为 28h；肺癌年预计最大治疗人次 560，治疗时平均每人治疗时间 4min，年治疗时间约为 37.3h；直肠癌年预计最大治疗人次 1000，治疗时平均每人治疗时间 3min，年治疗时间约为 50h。

综上，直线加速器年总治疗时间约为 445.8h，每年工作约 50 周，周治疗时间 8.9h。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

3.1 辐射防护设施/措施落实情况

本项目直线加速器工作场所采取实体屏蔽，对直线加速器工作场所进行分区管理，将直线加速器室（治疗室）、迷道划为控制区，与直线加速器室（治疗室）相邻的操作间、设备间、办公室、候诊区划分为监督区，并在控制区边界张贴电离辐射警告标志；加速器

图 3-1 本项目直线加速器工作场所分区图

图 3-1 本项目直线加速器工作场所分区图

图 3-1 本项目直线加速器工作场所分区图

图 3-1 本项目直线加速器工作场所分区图

图 3-1 本项目直线加速器工作场所分区图

	证操作人员与患者之间的双向交流。 4.本项目直线加速器室（治疗室）计划安装固定式剂量监测报警仪 1 套（3 个探头），分别位于迷道进口转弯处，操作间、铅防护门口处。 5.本项目直线加速器室（治疗室）有联锁装置，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。安装开门按钮。 6.本项目直线加速器室（治疗室）有联锁装置，安装开门按钮，防护门设计了红外防夹人装置。 7.本项目直线加速器安全联锁触发后，需人工复位才能重新启动。	
通风设施	本项目设置了强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数 8 次/h。	与环评一致
其他	本项目防护用品依托医院现有便携式 X-γ 检测仪 2 台、个人剂量计 18 台、防护服 9 套。	本项目职业工作人员均佩戴有个人剂量计，医院利旧 1 台 NT6101 型辐射巡检仪并新购 1 台辐射巡检仪，本项目配备了 7 部个人剂量报警仪

表 3-2 本项目环境影响报告表批复要求与验收情况的对比

环境影响报告表批复意见（简述）		验收时落实情况
二、项目建设和环境影响控制主要措施	（一）严格落实《报告表》中提出的辐射防护、辐射环境管理等措施，确保项目运行期间电子直线加速器对周围环境和人员的影响满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《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）相关要求。 （二）加强辐射环境管理，制定操作规程、培训计划、监测方案等规章制度，并严格落实。编制辐射事故应急预案，定期开展辐射事故应急演练，确保辐射环境安全。 （三）强化电子直线加速器安全管理，合理规划控制区和监督区，在操作中充分利用时间、距离和屏蔽防护，减少不必要的附加照射。严格落实安全生产管理规定，防止电	（一）本项目直线加速器室（治疗室）门上设置了电离辐射警告标志及中文警示说明，设置了工作状态指示灯，安装的监控摄像头能保证全方位无死角监控机房每个角落，并配备了对讲装置；安装了固定式剂量监测报警仪 1 套，安装了联锁装置，安装有紧急开门按钮，防护门设置了红外防夹人装置等辐射防护、辐射环境管理等措施，能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《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）相关要求。 2.医院制定了《制定放射治疗方案制度总则》《放射防护管理制度》《放射防护安全操作规程》《放射治疗工作场所安全防护管理制度》《放射治疗患者防护制度》《放射治疗工作安全防护及应急措施》《放射治疗仪器设备

	子直线加速器使用、维护、保养等环节发生生产安全事故。	管理制度》《放射治疗设备维修维护检测制度》《调整放射治疗计划的程序》《放射治疗计划相关资料管理制度》《放射治疗设备质量管理制度》《直线加速器机房工作制度》等规章制度，建立了辐射安全管理档案。医院编制了辐射事故应急预案，每年定期开展辐射事故应急演练，最近一次应急演练为 2025 年 12 月 29 日。 3.医院将直线加速器室（治疗室）、迷道作为辐射防护控制区，严格控制人员进出，并在直线加速器室（治疗室）防护门外设置电离辐射警告标志；将与直线加速器室（治疗室）相邻的操作间、设备间、办公室、候诊区划分为监督区，在监督区入口处的适当地点设立标明监督区，候诊区地面设置电离辐射警告标志。 根据工作人员的个人剂量检测报告可知，工作人员的年有效剂量是满足标准要求的 5mSv。医院制定有《医用直线加速器场所安全和防护设施检查及场所监测记录》，每月对场所安全和防护设施进行检查。
三、申请许可证工程	项目辐射工作场所及相应的辐射安全与防护设施(设备)建成且满足辐射安全许可证申领条件，你单位应按照相关规定登录宁夏政务服务网和全国核技术利用辐射安全申报系统提交申报材料，重新申请领取《辐射安全许可证》。	医院于2026年4月29日重新申请了辐射安全许可证，证书编号宁环辐证[N0025],许可种类和范围和使用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，乙级非密封放射性物质工作场所，有效期至2028年11月5日。

四、有关要求	(一)项目建设必须依法严格执行环境保护“三同时”制度。项目竣工后,应严格按照验收的程序和内容,在规定期限内对项目配套建设的环境保护设施进行验收。验收合格后,项目方可投入生产或使用,验收报告以及其他档案资料应存档备查。 (二)定期开展辐射工作人员辐射安全与防护知识培训,并组织参加考核,考核合格方可上岗。 (三)电子直线加速器实施报废处置时,应当进行去功能化处理,工作场所存在放射性污染时应按规定实施退役。	(一)本次为对本项目的验收,待验收合格后投入生产或使用,验收报告以及其他档案资料应存档备查。 (二)本项目涉及的9名辐射工作人员均已参加核技术利用辐射安全与防护考核,成绩为合格。 (三)电子直线加速器实施报废处置时,医院应当进行去功能化处理,工作场所存在放射性污染时应按规定实施退役。
--------	---	---

3.3 辐射安全管理情况

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及生态环境主管部门的要求,核技术利用单位应落实环评文件及环评批复中要求的各项管理制度和安全防护措施。为此本次对医院的辐射环境管理和安全防护措施等进行了检查。

1.组织机构

医院成立了放射防护安全管理委员会,指定该机构专职和专人负责射线装置的安全和防护工作,落实了岗位职责。

2.辐射安全管理制度及落实情况

(1)工作制度

医院制定了《放射防护管理制度》《放射防护安全操作规程》《放射治疗工作场所安全防护管理制度》《放射治疗患者防护制度》《放射治疗工作安全防护及应急措施》《放射治疗仪器设备管理制度》《放射治疗设备维修维护检测制度》《调整放射治疗计划的程序》《放射治疗计划相关资料管理制度》《放射治疗设备质量管理制度》《直线加速器机房工作制度》等规章制度,建立了辐射安全管理档案。

联影加速器日常开机晨检及休眠

钥匙右拧 5 秒→CSW 状态变为待机→钥匙左拧再归位→状态为摆位→输入用户名密码进入日检模式→等待 5 分钟联锁清零→开机预热 (300MU)→执行→进床出束→预热完成清除→右下角 CT 球管预热→请检查并进行 CT 日检→开始→出束→完成→进机房摆 BB 模体 (位置对 3) 进操作间选 AUTO QA→扫描→完成

系统休眠: 退到 HOME 位→注销→系统休眠

大关机及开机流程

CT 屏→点击联影标→选择更多→下电→等待屏幕全关→中间屏关闭计算机→进机房关闭 RT OFF

开机: 进机房按下 POWRON 等待按键变绿

CT-sim 流程

加速器右上角小人点击后 → 搜索医生建立的患者 → 选中后一定不能点 CT 模拟
→ 选中就好 → 然后进入加速器摆位 (激光灯对准扫描部位上界) → 出来
后点击摆位确认 → 执行 → 到 CT 位 → 手柄选部位 (平扫+C) → 患者检查 → 选层厚 → 确定 → 快速扫描定位 → 调整范围 → 扫平扫 → 完成
→ 出床到摆位 → 打开编辑 Setup → 医生选择铅点位置 → 应用 → 挪床 → 完成 → 画线 → Home 位 (放入)

联影加速器复位流程

治疗列表→搜索患者→加载→看射束组信息(复价床值)→首次创建 FBCT→保存→摆位→选中 FBCT→摆位确认→执行→移床到 CT 位→CT 界面选择部位→检查→选择层厚→确认→扫描→完成→回治疗位→配准 (3D)→应用→挪床→完成治疗→回到摆位点→进到 DPP 界面→摆位→快速到中心等中心→使能移床→画线→更新到中心等中心→到 HOME 位→点击返回首页

医用电子直线加速器操作规程

1.每天加速器开机放疗前需要检查加速器系统的各种参数, 达到工作要求并做好记录(填表格), 才能进行放射治疗工作。

2.机房环境要求: 确认治疗室照明良好, 开关有效, 清洁整齐, 通道畅通; 确认治疗床, 手控器在正常位置; 检查各种常用摆位辅助用品齐全到位; 机房, 控制室的空调机, 新风机工作良好。

3.放射治疗前做到三查, 七对原则。

1)三查: 预约放疗时查计划和处方, 首次放疗图像引导查摆位误差, 计划结束检查是否有后续计划。

2)七对: 核对姓名, 性别, 放射治疗号, 处方, 治疗部位等中心, 照射 MU,摆位要求(照射方式, 体位, 体位固定装置等)。

4.患者进入治疗室, 核对患者基本信息, 辅助装置, 安照要求摆位, 保证病人

舒适且重复性好。

5.患者首次或新疗程治疗和主管医师一同摆位确认, 并对患者及家属交代放疗

注意事项及治疗时间安排。

6.加速器出束前确认加速器旋转时无阻挡, 治疗室不得有除患者外其它人员。

7.加速器治疗时操作人员密切监视治疗室内病人的情况以及各项机器参数的变化, 严禁擅自离开岗位, 一旦发现患者无法坚持完成治疗或机器发生异常情况, 应立即暂停治疗, 将患者移出治疗室, 交主管医生处理。

8.操作需要两名技师, 做好交接记录, 工作人员应取得《放射工作人员证》。

联影加速器日常开机晨检及休眠

钥匙右拧 5 秒→CSW 状态变为待机→钥匙左拧再归位→状态为摆位→输入用户名密码进入日检模式→等待 5 分钟联锁清零→开机预热 (300MU)→执行→进床出束→预热完成清除→右下角 CT 球管预热→请检查并进行 CT 日检→开始→出束→完成→进机房摆 BB 模体 (位置对 3) 进操作间选 AUTO QA→扫描→完成

系统休眠: 退到 HOME 位→注销→系统休眠

大关机及开机流程

CT 屏→点击联影标→选择更多→下电→等待屏幕全关→中间屏关闭计算机→进机房关闭 RT OFF

开机: 进机房按下 POWRON 等待按键变绿

联影加速器复位流程

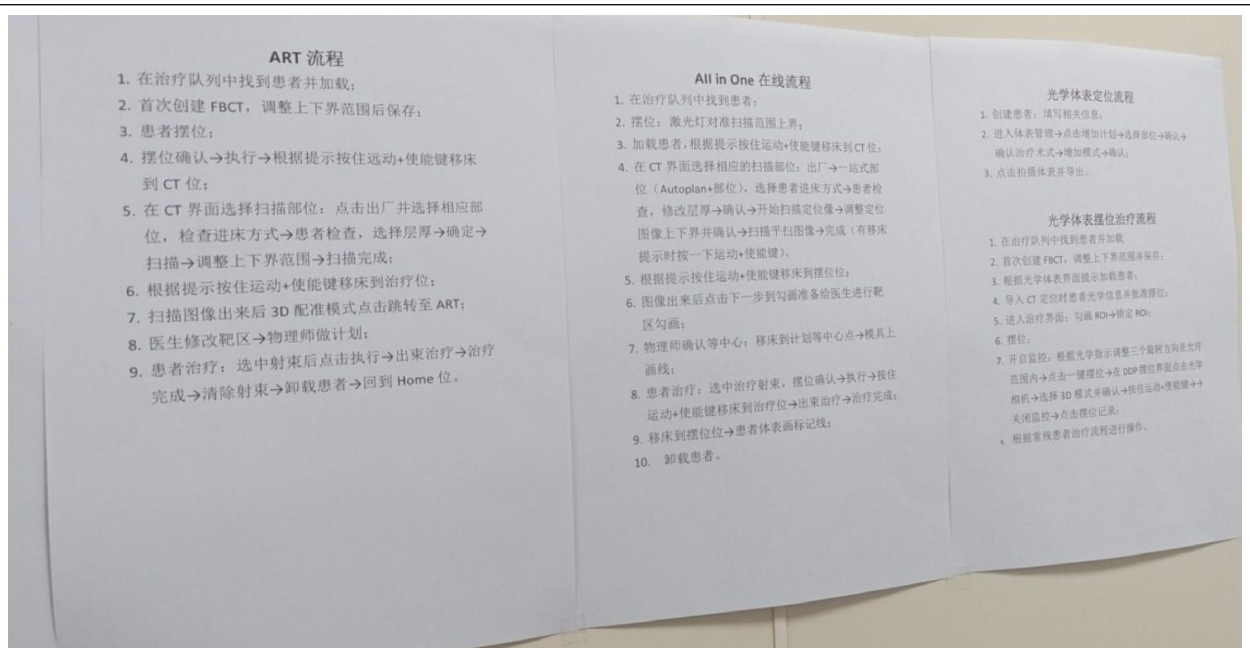
治疗列表→搜索患者→加载→看射束组信息(复价床值)→首次创建 FBCT→保存→摆位→选中 FBCT→摆位确认→执行→移床到 CT 位→CT 界面选择部位→检查→选择层厚→确认→扫描→完成→回治疗位→配准 (3D)→应用→挪床→完成治疗→回到摆位点→进到 DPP 界面→摆位→快速到中心等中心→使能移床→画线→更新到中心等中心→到 HOME 位→点击返回首页

联影加速器常规治疗流程

治疗列表→搜索患者→加载→看射束组信息 (三个值) →首次治疗创建 FBCT (uview4d) 创建成像野→FBCT (ios1) 调整上下界范围→保存→摆位→选中 FBCT 及治疗野→摆位确认→执行→移床到 CT 位→CT 界面选择扫描部位 (联影标志) →患者检查→选层厚→确定→扫 CT→完成→出床到治疗位→配准图像→应用→接受床值移床→完成→治疗→卸患者→回 HOME 位放患者

多中心计划流程

加载患者 → 增加 FBCT → 摆位确认 → 执行 → 点摆位运动使能(床到位) → 选 CT 扫描位置 → 患者检查 → 出床 → 完成 → 移床 → 配准 → 应用 → 移床 → 完成 → 出束
增加 FBCT1 → 摆位确认 → 执行 → 点摆位运动使能 (床到位) → 选 CT 扫描位置 → 患者检查 → 出床 → 完成 → 移床 → 配准 → 应用 → 移床 → 完成 → 出束
增加 FBCT2 → 摆位确认 → 执行 → 点摆位运动使能 (床到位) → 选 CT 扫描位置 → 患者检查 → 出床 → 完成 → 移床 → 配准 → 应用 → 移床 → 完成 → 出束 → 完成 → 卸载病人 → 点 home 移床 → 进机房放患者



制度现场照片

(2) 操作规程

医院制定了《直线加速器室（治疗室）操作规程》，辐射工作人员严格按照操作规程进行操作。

(3) 应急演练

医院编制了《辐射事故应急预案》，并按规定定期开展辐射事故应急演练，最近一次应急演练为 2025 年 12 月 29 日。

(4) 人员培训

医院制定了《辐射岗位工作人员培训制度》，本项目配备了 9 名辐射工作人员，均通过了核技术利用辐射安全与防护考核，且在有效期内。

(5) 监测方案

医院制定了《环境辐射监测制度》。医院配备了 1 台 NT6101 型辐射巡检仪进行辐射巡检；为本项目 9 名辐射工作人员配备了个人剂量计，委托有资质的单位进行个人剂量检测，建立了个人剂量档案，1 人 1 档。

(6) 年度评估

医院每年开展自行检查及年度评估，2025 年对现有核技术应用项目编写了辐射安全与防护状况年度评估报告，并提报全国核技术利用辐射安全申报系统。

3.辐射安全防护设备

本项目依托医院原有 1 台 NT6101 型辐射巡检仪并新购 1 台辐射巡检仪、7 部个人剂量报警仪，本项目 9 名辐射工作人员均配备了个人剂量计。

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批决定

4.1 环境影响报告表结论

4.1.1 项目概况

宁夏回族自治区人民医院拟在肿瘤治疗中心负一层直线加速器室（治疗室）内拟安装设备为上海联影医疗科技股份有限公司生产的 uLinacHalosTx 型直线加速器，（直线加速器粒子能量 6MeV，X 射线最大能量为 6MV，额定最大剂量率 1200MU/min（12Gy/min））用于开展肿瘤放射治疗工作，该设备内含 1 个加速器机头和 1 个 CT 机头，安装在两个机架上，其中加速器机头既可产生 MV 级射线进行治疗，也可产生 MV 级射线进行图像引导（即实现 CBCT 功能，CBCT 模式下 X 射线能量为 1.5MV 成像剂量率为 0.4Gy/min）；CT 机头最大管电压 140kV，最大管电流 667mA，可在治疗前用于模拟定位。本项目直线加速器属Ⅱ类射线装置。

4.1.2 产业政策的符合性

本项目为核技术在医学领域的运用，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属鼓励类第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目和第十三项“医药”中第 4 条“高端医疗器械创新发展”中的“高性能医学影像设备，高端放射治疗设备”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

4.1.3 辐射实践的正当性

宁夏回族自治区人民医院新增直线加速器利用项目对肿瘤病人进行治疗，对肿瘤患者提供就近治疗的医疗条件，病人不开刀，损伤小，恢复快，对保障人民群众身体健康、拯救生命起到了十分重要的作用，对提高肿瘤治疗水平具有重大意义，提升了医院整体医疗水平，也为医院创造了更大的经济效益，具有十分突出的社会效益。但在使用过程中会产生辐射影响，通过屏蔽体屏蔽后，对辐射工作人员和公众造成的附加年有效剂量低于剂量管理限值要求。

综合考虑，通过采取辐射防护屏蔽和安全管理后，对受照个人及社会带来的社会效益，足以弥补可能产生的辐射潜在影响，因此建设单位拟建设宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的要求。

4.1.4 辐射环境质量现状

本项目直线加速器室（治疗室）周围 1#~6#、8#~10#点位室内监测点位的环境 γ 辐射剂量率在（60.39 $\pm$ 0.7）nGy/h 至（98 $\pm$ 1）nGy/h 之间（扣除宇宙射线），7#、11#室外监测点位的环境 γ 辐射剂量率为（84.1 $\pm$ 0.7）nGy/h、（73.0 $\pm$ 2）nGy/h（扣除宇宙射线）。

根据《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究（1983-1990）》，宁夏地区的室内 γ 辐射剂量率水平为 62.3-137.8nGy/h，宁夏地区的道路 γ 辐射剂量率水平为 34.7-104.1nGy/h。由此可知项目所在地环境 γ 辐射剂量率在当地环境本底水平范围内。

4.1.5 环境影响分析

根据理论预测结果，宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求。

4.1.6 “三废”的处理处置

直线加速器室（治疗室）内的空气在 X 射线电离下产生臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排入大气。直线加速器室（治疗室）内拟设计机械通风装置，进风口与排风口位置拟对角设置，每小时通风换气次数大于 4 次/h。机房内产生少量的臭氧、氮氧化物通过通风系统排至室外，对环境影响较小；工作人员产生的生活污水，由医院污水处理系统统一处理；工作人员产生的生活垃圾，由医院进行收集并交由环卫部门统一处理，对环境影响较小。

4.1.7 主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

宁夏回族自治区人民医院拟配备的 1 台直线加速器的 X 射线最大能量为 6MV，直线加速器开机期间，产生的 X 射线为主要辐射环境污染因素，在直线加速器室（治疗室）防护门外、候诊区地面设置电离辐射警告标志，防护门设置门-机联锁装置、红外线防夹装置，防护门内侧和外侧均设置紧急开门装置；直线加速器室（治疗室）与操作间之间设计有视频监控及双向对讲装置；在直线加速器室（治疗室）设置固定式辐射剂量监测仪 1 套（3 个探头），分别位于迷道进口转弯处，操作间、铅防护门口处；机身（床上）和直线加速器室（治疗室）内以及控制台上设置紧急停机按钮，分别位于机房入口门内旁侧 1 个、迷道内口 1 个、治疗室内北墙上 1 个、东墙上 1 个、西墙上 1 个，操作间内 1 个，共 6 个能够覆盖四周，距地面高度约 1.5m，以备事故状况下紧急停机。辐射安全防护措施符合

《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）的安全管理要求。

4.1.8 辐射安全管理评价

宁夏回族自治区人民医院已设立辐射安全与环境保护管理委员会，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院已制定《宁夏回族自治区人民医院核医学科各岗位职责》《制定放射治疗方案制度总则》《放射防护管理制度》《放射防护安全操作规程》《放射治疗工作场所安全防护管理制度》《放射治疗患者防护制度》《放射治疗工作安全防护及应急措施》《放射治疗仪器设备管理制度》《放射治疗设备维修维护检测制度》《调整放射治疗计划的程序》《放射治疗计划相关资料管理制度》《放射治疗设备质量管理体系》《直线加速器机房工作制度》等岗位职责及规章制度，建议根据本报告的要求，对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，建立符合本院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

宁夏回族自治区人民医院已为现有辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质单位监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。宁夏回族自治区人民医院为本项目直线加速器配备固定式剂量率监测报警仪 1 套、个人剂量计 18 台、便携式 X-γ检测仪 2 台，用于辐射防护监测和报警。

综上所述，宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

4.2 审批部门审批决定

《宁夏回族自治区生态环境厅关于宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目环境影响报告表审批意见的函》（宁核环[2026]4号）。

一、基本情况

宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目(项目代码:2601-640106-16-01-458109)位于宁夏回族自治区银川市金凤区，本项目在肿瘤治疗中心负一层预留的直线加速器室(治疗室)新增1台uLinacHalosTx型医用电子直线加速器，电子最大能量为6MeV，X射线最大能量为6MV，用于放射治疗。该设备含1个加速器机头和1个CT机头，分别安装在两个机架上，不带电子线治疗功能，额定最大剂量率为12Gy/min。根据《关于发布〈射线装置分类〉

的公告》(原环境保护部公告2017第66号)规定,项目电子直线加速器属于II类射线装置。项目总投资3500万元,其中环保投资71万元,占总投资的2.03%,主要用于辐射监测、屏蔽防护、警示标识、视频监控等。

经评估审查,项目符合国家相关产业政策和实践正当性的要求。在落实《宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目环境影响报告表》(以下简称《报告表》)提出的各项环境保护措施基础上,同意你公司按照《报告表》中所列建设项目的性质、规模、地点、环境保护对策措施等进行建设。

二、项目建设环境影响控制主要措施

(一)严格落实《报告表》中提出的辐射防护、辐射环境管理等措施,确保项目运行期间电子直线加速器对周围环境和人员的影响满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)《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)相关要求。

(二)加强辐射环境管理,制定操作规程、培训计划、监测方案等规章制度,并严格落实。编制辐射事故应急预案,定期开展辐射事故应急演练,确保辐射环境安全。

(三)强化电子直线加速器安全管理,合理划定控制区和监督区,在操作中充分利用时间、距离和屏蔽防护,减少不必要的附加照射。严格落实安全生产管理规定,防止电子直线加速器使用、维护、保养等环节发生生产安全事故。

三、申请许可证工作

项目辐射工作场所及相应的辐射安全与防护设施(设备)建成且满足辐射安全许可证申领条件,你单位应按照相关规定登录宁夏政务服务网和全国核技术利用辐射安全申报系统提交申报材料,重新申请领取《辐射安全许可证》。

四、有关要求

(一)项目建设必须依法严格执行环境保护“三同时”制度。项目竣工后,应严格按照验收的程序和内容,在规定期限内对项目配套建设的环境保护设施进行验收。验收合格后,项目方可投入生产或使用,验收报告以及其他档案资料应存档备查。

(二)定期开展辐射工作人员辐射安全与防护知识培训,并组织参加考核,考核合格方可上岗。

(三)电子直线加速器实施报废处置时,应当进行去功能化处理,工作场所存在放射性污染时应按规定实施退役。(四)本审批意见仅限于《报告表》确定的建设内容,建设项目

发生重大变动的，建设单位应当重新报批项目的环境影响评价文件。

(五) 银川市生态环境局要履行属地监管职责，切实承担事中事后监管主要责任，加强对项目环境保护“三同时”及竣工环境保护自主验收的监管。

(六) 你单位应在收到本文件后20个工作日内，将批准后的文件送银川市生态环境局。

表 5 验收监测质量保证及质量控制

5.1 质量保证目的

质量保证分为内部质量保证和外部质量保证。内部质量保证主要向管理者提供信任；外部质量保证主要向客户或公众提供信任，使其确信结果是准确可靠的。对于辐射环境监测来说，质量保证的目的是把监测的误差降低到可接受的程度，保证监测结果真实反映采样和监测时的环境放射性水平。

5.2 质量保证内容

质量保证的基本内容包括严密的组织、文件化管理、规范化操作、有效的控制四个方面。

5.2.1 严密的组织

本次验收监测由长润安测科技有限公司进行，长润安测科技有限公司具有 CMA 监测资质，开展监测时，监测资质在有效期内。长润安测科技有限公司组织机构分工明确，管理层、技术负责人、质量负责人、授权签字人、监测人员、质量监督人员、样品管理员、设备管理员等各层次人员配备齐全，公司已对各层次人员赋予相应的权力和资源。公司受市场监督主管部门的监督检查和管理，在历次检查中，均未出现重大问题。

5.2.2 文件化管理

长润安测科技有限公司制定有质量要求文件和质量证明文件。

质量要求文件主要由管理体系文件组成，包括质量手册、程序文件、作业指导书、记录表格，以及外来文件等。它是辐射环境监测的质量立法，是将行之有效的质量管理手段和方法规范化，使各项质量活动有法可依，有章可循。

质量证明文件是依据质量要求文件内容完成的活动及其结果提供客观证据的文件，是辐射环境监测获得的质量水平和质量体系中各项活动结果的客观反映，分为质量记录和技术记录，包括人员培训考核记录、仪器设备检定/校准证书、监测过程质量控制记录、样品分析测量结果报告及原始记录等。

5.2.3 规范化操作

长润安测科技有限公司全部监测活动都有程序文件加以规定，并严格遵照执行。所有用于辐射环境监测的方法均参照现行有效的相关标准，包括分析测量、数据处理与报告等，

相关人员均熟练掌握，严格遵照执行。

5.2.4 有效的控制

有效的控制是使监测过程处于受控状态，以达到质量要求所采取的作业技术活动。在辐射环境监测中，其作用是识别从采样、制样，到分析测量、数据处理、结果报告的全过程中造成缺陷的一些操作，以便采取有效措施。在控制技术中，统计技术是识别、分析和控制异常变化的重要手段。长润安测科技有限公司建立了质量控制项目登记表，对质量控制项目、质控技术（方法）、执行标准、执行人员、监督人员、判定方法、判定结果、实施日期等进行详细的记录。公司制定有质量监督计划，定期开展质量监督，填写质量监督检查记录、质量控制结果评定表、质量控制项目实施结果分析报告并存档。可有效进行质量控制。

5.3 质量保证计划

公司在制定辐射环境监测方案的同时，制定了相应的质量保证计划，并覆盖监测的全过程。一般来说，质量保证计划可满足以下要求：

- a) 明确单位的组织架构、职责、权力层次和对应管理接口，以及工作内容和能力；解决所有的管理措施，包括规划、调度和资源。
- b) 建立并宣贯工作流程和程序。
- c) 满足辐射环境监测的监管要求。
- d) 使用合适的采样和测量方法，选择合适的设备及其文件记录，包括对设备和仪器进行恰当的维护、测试和校准，保证其能正常运行。
- e) 选择合适的环境介质采样和测量的地点及采样频度。
- f) 使用的校准标准可追溯至国家标准或国际标准。
- g) 有审查和评估监测方案整体效能的质量控制机制和程序（任何偏离正常程序的行为均应记录），必要时进行不确定度分析。
- h) 参加能力验证或实验室间比对。
- i) 满足记录及存档的规定要求。
- j) 培训从事特定设备操作的人员，使其拥有相应的资格（根据管理需要）。

公司质量保证计划可满足监管部门为辐射环境监测质量保证所规定的作为最低限度的基本通用要求。

5.4 监测方案的质量保证

5.4.1 监测方案内容

本项目验收监测前，对监测任务制定有详细的监测方案，内容包括：监测目的和要求、监测点位、监测项目和频次、监测分析方法和依据、质量保证要求、监测结果评价标准、监测计划安排、提交报告时间等。

5.4.2 质量保证要求

对监测方案实施质量保证的目的是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。由于监测结果被各种条件和因素影响，使得某一地区、某一时间采集的样品获得的监测结果未必反映当地当时的环境真实水平。

本项目在制订辐射环境监测方案时，同时制订有质量保证计划（方案），具有涉及监测活动全过程的质量保证措施。

5.5 监测人员素质要求

a) 长润安测科技有限公司各监测人员数量及其专业技术背景、工作经历、监测能力等均与所开展的监测活动相匹配，中级及以上专业技术职称或同等能力的人员数量不少于监测人员总数的 15%。

b) 公司监测人员均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。坚持实事求是、探索求真的科学态度和踏实诚信的工作作风。

c) 公司从事辐射环境监测人员均已接受相应的教育和培训，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。

d) 公司从事辐射环境监测人员均具备一定的专业技术水平，持证上岗。

5.6 监测设备的检定/校准和核查

5.6.1 监测设备的检定/校准

本项目所有监测仪器均在国家计量部门或其授权的校准机构检定/校准，开展验收监测时，均在有效期内。

5.6.2 监测设备的核查

为保证监测数据的准确可靠，长润安测科技有限公司定期核查监测设备，通过实验室比对等方法，选取个别关键指标进行核查，核查结果可确定仪器是否适用，核查误差均在误差要求范围内。

5.7 监测数据的质量控制

5.7.1 数据记录

本项目分析测量到结果计算的全过程，均按规定的格式和内容，清楚、详细、准确地记录，未随意涂改。

5.7.2 数据校核

公司进行分析数据之前，由专门的校核人员对原始数据进行必要的整理和校核。由校核人员逐一校核原始记录是否符合相关规范的要求，若有计算或记录错误，反复核算后予以订正。

5.7.3 数据审核

公司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分析测量的人员进行核算。

5.7.4 数据保存

本项目监测任务合同（委托书/任务单）、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均已归档保存。电子介质存储的报告和记录与纸质文档长期保存。

表 6 验收监测内容

为掌握本项目正常运行情况下周围的辐射环境水平，长润安测科技有限公司对本次验收的相关场所及周围环境进行了现场监测。

一、监测项目

X-γ 辐射剂量率。

二、监测时间及条件

监测时间：2026 年 6 月 23 日；

监测条件：天气：晴，温度：28℃，相对湿度：30%。

三、监测仪器

本次验收监测仪器设备参数及技术指标见表 6-1。

表 6-1 本次验收监测使用的监测仪器一览表

项 目	参 数
仪器名称	辐射剂量测量仪
仪器型号	AT1121（CR-YQ-086）
技术参数	（0.015~10）MeV；50nSv/h~10Sv/h；10nSv~10Sv
证书编号	校准字第 202606100822 号 校准字第 202606100745 号
有效期至	2027 年 06 月 03 日 2027 年 06 月 03 日

四、监测分析方法

由两名检测人员共同进行现场监测，依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等相关要求进行现场测量。将仪器接通电源预热 15min 以上，设置好测量程序，仪器自动读取 10 个数据，计算平均值和标准偏差，经校准计算后作为最终的检测结果。

五、监测布点

本次验收监测对加速器机房周围环境进行了现场监测。监测布点情况见图 6-1。

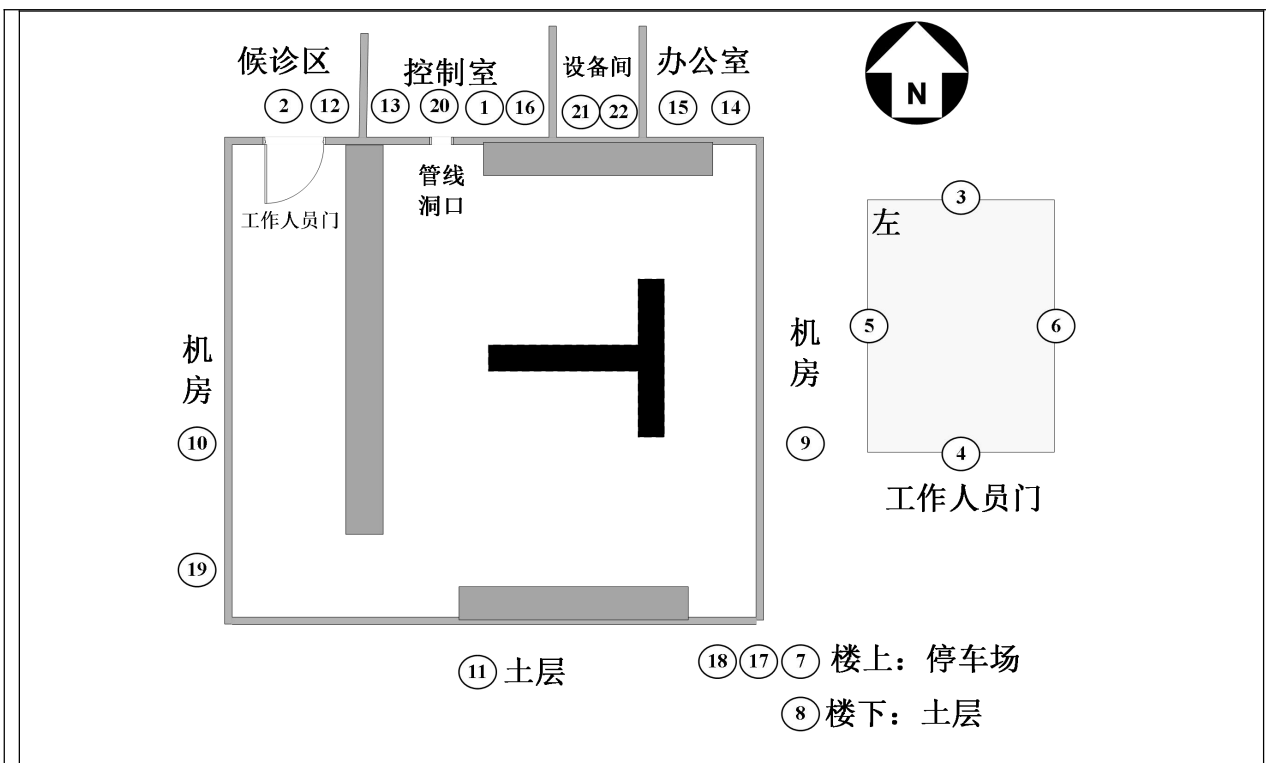


图 6-1 监测布点图

表 7 验收监测

7.1 验收监测期间运行工况

本项目验收监测期间，各辐射安全与防护设施均正常，并能有效运行，验收监测期间，加速器的运行工况：X 射线能量额定为 6MV（FFF），X 射线输出量为 1200cGy/min。

7.2 验收监测结果

本项目加速器工作状态下，加速器机房周围监测结果见表 7-1。

表 7-1 工作状态下加速器机房周围环境监测结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

开机检测条件：6MVFFF、X 射线、1200cGy/min、照射野 40cm×40cm 本底值（ $\mu\text{Sv/h}$ ）：0.135~0.151						
检测 点位	屏蔽体	关机值 （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	开机值			备注
			检测结果 （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	标准要求 （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	单项 结论	
1	工作人员操作位置处	0.145	0.155	≤ 2.5	合格	主射束朝北
2	工作人员门中央外 30cm 处	0.145	0.153	≤ 2.5	合格	主射束朝南
3	工作人员门上门缝外 30cm 处	0.145	0.154	≤ 2.5	合格	主射束朝南
4	工作人员门下门缝外 30cm 处	0.145	0.155	≤ 2.5	合格	主射束朝南
5	工作人员门左门缝外 30cm 处	0.147	0.157	≤ 2.5	合格	主射束朝南
6	工作人员门右门缝外 30cm 处	0.148	0.157	≤ 2.5	合格	主射束朝南
7	楼上距顶棚地面 30cm 处	0.140	0.143	≤ 2.5	合格	停车场、主射束朝上、主屏蔽体、准直器角度 45°
8	楼下距楼下地面 150cm 处	——	——	——	——	土层、人员无法到达
9	机房东墙外 30cm 处	0.142	0.148	≤ 2.5	合格	主射束朝下、侧屏蔽体
10	机房西墙外 30cm 处	0.145	0.166	≤ 2.5	合格	主射束朝下、侧屏蔽体
11	机房南墙外 30cm 处	——	——	——	——	土层、人员无法到达

12	机房北墙外 30cm 处	0.154	0.161	≤ 2.5	合格	候诊区、主射束朝北、次屏蔽体
13	机房北墙外 30cm 处	0.151	0.163	≤ 2.5	合格	控制室、主射束朝北、次屏蔽体
14	机房北墙外 30cm 处	0.153	0.159	≤ 2.5	合格	办公室、主射束朝北、次屏蔽体
15	机房北墙外 30cm 处	0.145	0.158	≤ 2.5	合格	办公室、主射束朝北、主屏蔽体、准直器角度 45°
16	机房北墙外 30cm 处	0.148	0.161	≤ 2.5	合格	控制室、主射束朝北、主屏蔽体、准直器角度 45°
17	楼上距顶棚地面 30cm 处	0.138	0.143	≤ 2.5	合格	主射束朝上、次屏蔽体
18	楼上距顶棚地面 30cm 处	0.138	0.143	≤ 2.5	合格	主射束朝上、次屏蔽体
19	机房西墙外 30cm 处	0.146	0.170	≤ 2.5	合格	主射束朝北、次屏蔽体
20	管线洞口外 30cm 处	0.148	0.161	≤ 2.5	合格	主射束朝北
21	机房北墙外 30cm 处	0.151	0.158	≤ 2.5	合格	设备间、主射束朝北、次屏蔽体
22	机房北墙外 30cm 处	0.146	0.156	≤ 2.5	合格	设备间、主射束朝北、主屏蔽体、准直器角度 45°
注：1、以上周围剂量当量率检测结果数据均未扣除本底值，2、以上检测点位除主屏蔽体外其余检测点位均使用加速器标准水箱模体作为散射模体。						

根据表 7-1 可知，工作状态下，加速器机房周围 X-γ 辐射剂量率最大为 0.170μSv/h，满足本次验收采用的 2.5μSv/h 剂量率目标控制值。

7.3 职业人员与公众成员受照剂量

一、年有效剂量估算公式

$$H = D_r \times T \times t \quad (\text{式 7-1})$$

式中：H——年有效剂量，Sv/a；

Dr——剂量当量率，Sv/h；

T——居留因子，无量纲；

t——年受照时间，h。

二、居留因子

居留因子参照《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），具体见表 7-2。

表 7-2 居留因子选取

场所	居留因子（T）		示例	本项目
	典型值	范围		
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区	1：北侧控制室
部分居留	1/4	1/2-1/5	1/2：相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5：走廊、雇员休息室、职员休息室	1/2：东侧、西侧加速器机房 1/5：候诊区、设备间、办公室
偶然居留	1/16	1/8-1/40	1/8：各治疗室房门 1/20：公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40：仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场，车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯	1/8：机房防护门 1/40：室外停车场

三、照射时间

本项目加速器年照射时间 445.8h，配备了 9 名职业工作人员，按照工作人员参与全部工作考虑。

三、职业人员受照剂量

加速器职业人员年受照剂量需考虑在控制室内进行设备操作时的辐射影响，保守按照职业人员参加全部加速器治疗工作考虑。本项目目前处于试运行阶段，工作人员的个人剂量未到检测周期，因此本次采用验收监测结果对工作人员的受照剂量进行估算。

根据本次验收检测结果，职业人员在控制室内进行设备操作，操作位处剂量率为

0.155 μ Sv/h（辐射权重因子取 1，下同），居留因子取 1，职业人员操作设备时受照剂量为 0.155 $\times$ 445.8 $\times$ 1 $\approx$ 0.069mSv/a。

根据上述计算，加速器职业人员所受年有效剂量为 0.069mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 20mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告提出的 5.0mSv/a 的管理剂量约束值。

四、公众成员受照剂量分析

根据验收监测结果计算加速器机房周围公众成员的年有效剂量，计算结果见表 7-3。

表 7-3 本项目公众成员年有效剂量计算结果

位置	对应场所名称	剂量率最大值 (μ Sv/h)	受照时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
加速器机房北侧	候诊区	0.161	445.8	1/5	0.014
	设备间	0.158	445.8	1/5	0.014
	办公室	0.159	445.8	1	0.071
防护门外		0.157	445.8	1/8	0.009
加速器机房东侧	加速器治疗室 (一)	0.148	445.8	1/2	0.033
加速器机房西侧	加速器治疗室 (二)	0.170	445.8	1/2	0.038
加速器机房室顶	室外	0.143	445.8	1/40	0.002

注：点位低于最低探测水平 MDL 的，取最大值 0.071 μ Sv/h。

以上可知，本项目运行时，公众成员接受照射的年有效剂量最大值约为 0.071mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定 1mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告提出的 0.1mSv 的年管理剂量约束值。

表 8 验收监测结论

按照国家有关环境保护的法律法规，宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目进行了环境影响评价并履行了环境影响审批手续。项目需配套建设的环境保护设施已与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

一、项目概况

宁夏回族自治区人民医院位于宁夏银川市金凤区正源北街 301 号，本次验收规模为位于医院肿瘤治疗中心-1F 直线加速器室（治疗室），包括 1 台 uLinacHalosTx 型 6MV 医用电子加速器，属于 II 类射线装置。本次验收规模与环评规模一致。

医院已取得《辐射安全许可证》，证书编号：宁环辐证[N0025]，种类和范围和使用 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，乙级非密封放射性物质工作场所，有效期至 2028 年 11 月 5 日。本次验收的医用电子加速器已登记。

二、监测结果

根据验收监测结果，工作状态下，加速器机房周围 X- γ 辐射剂量率最大为 0.17 μ Sv/h，满足本次验收采用的 2.5 μ Sv/h 剂量率目标控制值。

三、职业与公众受照剂量

根据验收结果估算，加速器职业人员所受年有效剂量最大为 0.069mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的 20mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告表提出的年管理约束值 5.0mSv。

根据验收结果估算，本项目周围公众成员接受的最大年有效剂量为 0.071mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的 1mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告表提出的年管理约束值 0.1mSv。

四、现场检查结果

1.医院成立了放射防护安全管理委员会，指定该机构专职和专人负责医院射线装置的安全和防护工作，落实了岗位职责。

2.制定了《放射防护管理制度》《放射防护安全操作规程》《放射治疗工作场所安全防护管理制度》《放射治疗患者防护制度》《放射治疗工作安全防护及应急措施》《放射治疗仪器设备管理制度》《放射治疗设备维修维护检测制度》《调整放射治疗计划的程序》

《放射治疗计划相关资料管理制度》《放射治疗设备质量管理制度》《直线加速器机房工作制度》等制度，建立了辐射安全管理档案。编制了《辐射事故应急预案》，规定定期开展辐射事故应急演练。医院每年开展自行检查及年度评估，2025 年对现有核技术应用项目编写了辐射安全与防护状况年度评估报告，并提报全国核技术利用辐射安全申报系统。

3.本项目配备了 9 名职业工作人员，均已通过核技术利用辐射安全与防护考核，且在有效期内。已委托有资质单位对职业工作人员进行个人剂量检测，建立了个人剂量档案。

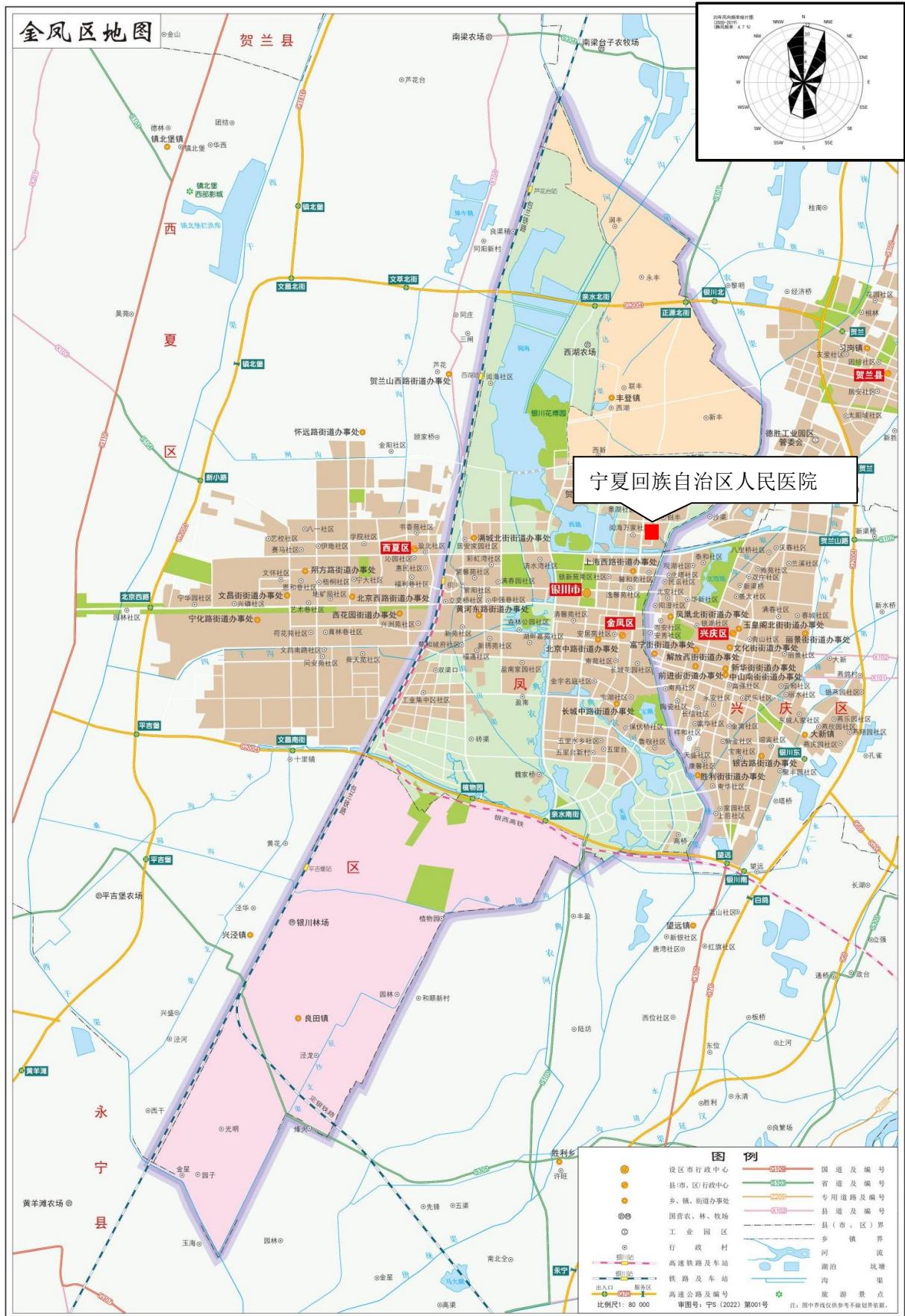
4.医院利旧 1 台 NT6101 型辐射巡检仪并新购了 1 台辐射巡检仪进行辐射巡检，本项目配备了 7 部个人剂量报警仪。

综上所述，宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目基本落实了辐射安全管理制度和辐射安全防护各项措施，监测结果满足环境影响报告表及其审批部门审批决定，项目运行期间对辐射工作人员和公众的辐射影响满足验收执行标准，该项目对辐射工作人员和公众成员是安全的，具备建设项目竣工环境保护验收条件。

五、建议

1. 适时修订和完善辐射安全管理制度的，规范和完善辐射安全与防护管理档案。
2. 定期组织辐射事故应急演练，做好演练记录与评估。

附图 1 项目地理位置示意图



附图 2 项目周边环境关系影像图



表示医院区域

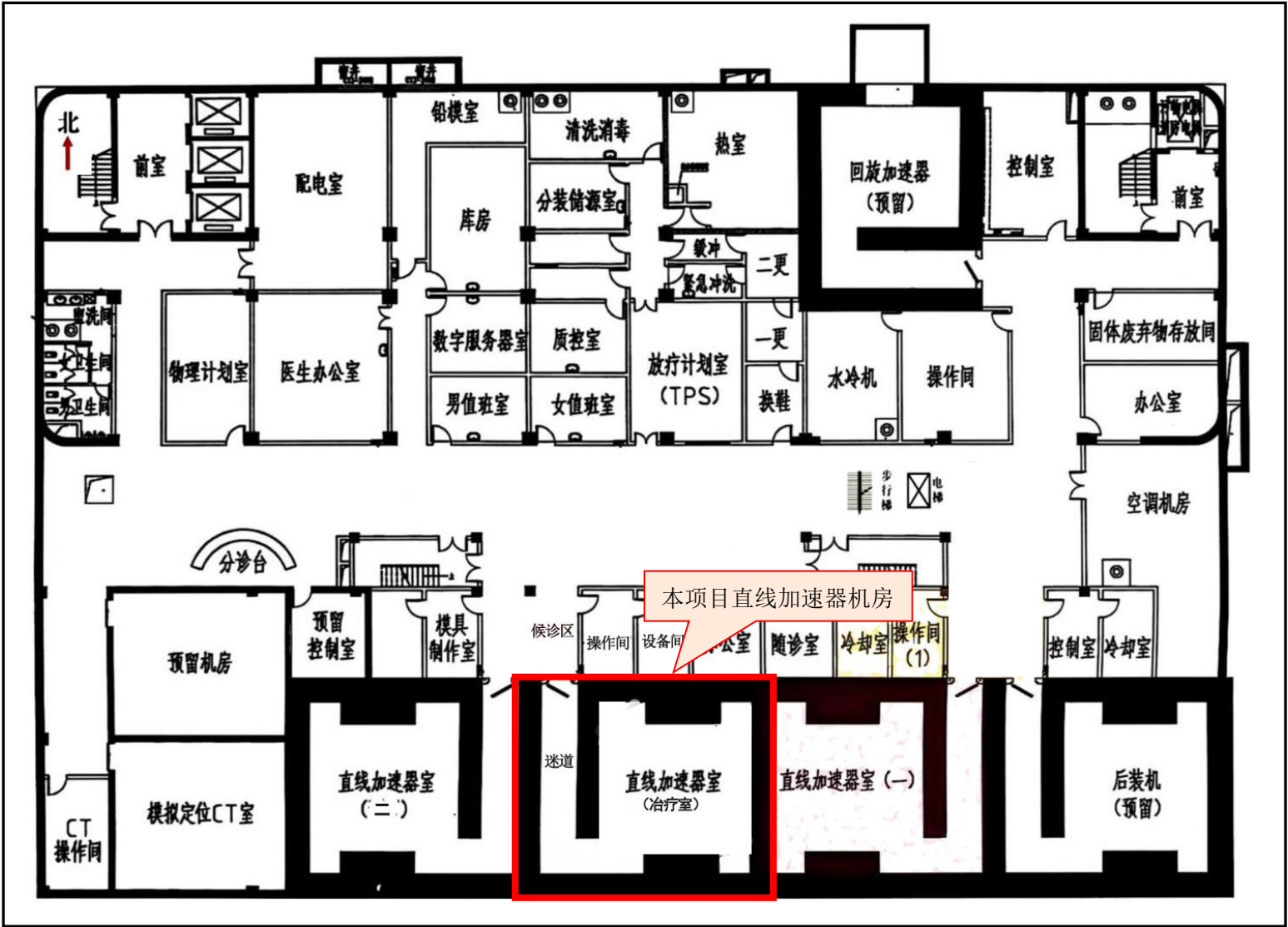
表示项目位置

附图 3 医院总平面布置图



 表示为医院区域

附图 4 肿瘤中心负一层平面布置图



附件一 委托书

略

附件二 环评批复

略

附件三 辐射安全许可证

略

附件四 人员证书

略

附件五 检测报告

略

附件六 评审相关文件

略