

云南省第一人民医院新增一台医用电子  
直线加速器核技术利用项目  
竣工环境保护验收监测报告表



建设单位：云南省第一人民医院



编制单位：云南晟蔚环保科技有限公司

2025年10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 (签字)

填表人: (签字)

建设单位 (盖章) 云南省第一人民医院

电话: 0871-63638128

传真: /

邮编: 650000

地址: 云南省昆明市西山区金碧路 157 号

编制单位 (盖章) 云南威蔚环保科技有限公司

电话: 0871—63183800

传真: /

邮编: 650501

地址: 中国 (云南) 自由贸易试验区昆明片区  
经开区阿拉街道办顺通社区第三城金呈东泰花  
园二区 21 栋





设备整体照片



电离辐射警告标志、工作指示灯



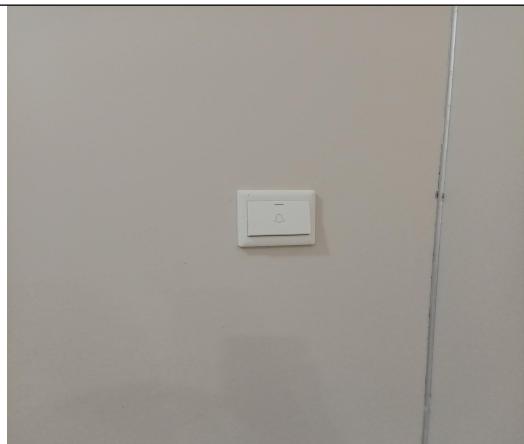
机房墙壁急停按钮



控制台上急停按钮



治疗床配置的急停按钮



迷道处开门按钮



控制台上视频监控显示器



监控设备



对讲系统



机房地面排风口



机房送风口



穿墙处电缆沟



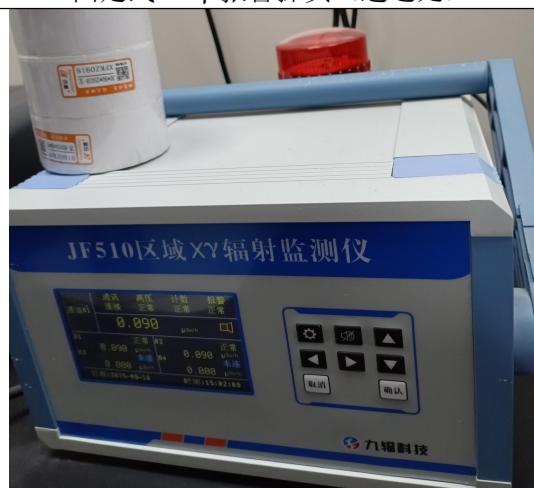
机房内应急指示



固定式 X- $\gamma$  报警探头（迷道处）



固定式 X- $\gamma$  报警探头（机房入口）



固定式 X- $\gamma$  报警仪（控制室）



便携式巡检仪



个人剂量报警仪





两区划分



两区划分

# 目 录

表一 项目基本情况 .....	1
表二 项目建设情况 .....	11
表三 辐射安全与防护设施/措施 .....	29
表四 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定 .....	46
表五 验收监测质量保证及质量控制 .....	51
表六 验收监测内容 .....	52
表七 验收监测 .....	56
表八 验收监测结论 .....	61
建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表 .....	63

附图:

附图 1: 项目地理位置图

附图 2: 医院平面布置及外环境关系图

附图 3: 直线加速器机房所在楼层平面布置图（局部）

附图 4: 直线加速器机房剖面图

附图 5: 直线加速器机房排风平面布置图（环评阶段）

附图 6: 直线加速器机房排风平面布置图（验收阶段）

附图 7: 直线加速器机房电缆通道及水冷管道平面布置图（环评阶段）

附图 8: 直线加速器机房电缆通道及水冷管道平面布置图（验收阶段）

附图 9: 直线加速器机房屏蔽设计（环评阶段）

附图 10-1: 直线加速器机房屏蔽设计（验收阶段）

附图 10-2: 直线加速器机房屏蔽设计（验收阶段）

附图 11: 直线加速器机房两区划分示意图

附图 12: 直线加速器机房楼上（负一层）平面布置图（局部）

附图 13: 直线加速器机房楼上（一层）平面布置图（局部）

附件:

附件 1: 委托书

附件 2: 环评批复

附件 3: 辐射工作人员培训合格证

附件 4: 云南省第一人民医院关于调整放射防护与辐射安全管理委员会的通知

附件 5: 辐射安全管理制度

附件 6: 辐射事故应急预案

附件 7: 铅门、铅板、检测仪合格证明材料

附件 8: 监测报告

附件 9: 工程竣工验收证明单

附件 10: 辐射安全许可证

表一 项目基本情况

建设项目名称	云南省第一人民医院新增一台医用电子直线加速器 核技术利用项目竣工环境保护验收监测报告表				
建设单位名称	云南省第一人民医院				
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建				
建设地点	云南省昆明市西山区金碧路 157 号云南省第一人民医院 1 号门诊楼 负二楼放疗科				
源项	放射源		/		
	非密封放射性物质		/		
	射线装置		医用直线加速器		
建设项目环评批 复时间	2024 年 11 月	开工建设时间		2025 年 4 月	
取得辐射安全许 可证时间	2025 年 10 月 15 日	项目投入运行时间		2025 年 8 月	
辐射安全与防护 设施投入运行时 间	2025 年 8 月	验收现场监测时间		2025 年 8 月 29 日	
环评报告表审批 部门	云南省 生态环境厅	环评报告表编制单位		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）	
辐射安全与防护 设施设计单位	北京世纪中天国 际建筑设计有限 公司	辐射安全与防护设施 施工单位		广东奥烽建筑工程有限 公司	
投资 总概 算 (万 元)	2900	辐射安全与防护设施投资总概 算 (万元)		232.1	比例 8.0%
实际 总概 算 (万 元)	2900	辐射安全与防护设施实际总概 算 (万元)		248.2	比例 8.6%
验收 依据	1、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 日起施行)； (2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 颁布, 2003 年 10 月 1 日施行)； (3) 《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)；				

	<p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，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）；</p> <p>(6) 《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）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日起施行）；</p> <p>(8) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日公布并实施）；</p> <p>(9) 《放射工作人员职业健康管理规定》（原卫生部令 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行）；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日起试行）；</p> <p>(11) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（2017 年 11 月 20 日公布并实施）；</p> <p>(12) 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）。</p> <p>(13) 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）。</p>
	<h2>2、建设项目竣工环境保护验收技术规范</h2> <p>(1) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(4) 《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）；</p> <p>(5) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：医用直线加速器放射治疗机房》</p>

	<p>(GBZ/T201.2-2011)；</p> <p>(6) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)；</p> <p>(7) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)；</p> <p>(8) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(9) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(10) 《云南省环境局关于&lt;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&gt;的复函》(云环函〔2006〕727号)。</p>
验收执行标准	<p><b>3、建设项目环境影响书及其审批部门审批决定</b></p> <p>(1) 《云南省第一人民医院新增一台医用电子直线加速器核技术利用项目环境影响报告表(报批稿)》；</p> <p>(2) 《云南省环境保护厅关于云南省第一人民医院新增一台医用电子直线加速器核技术利用项目环境影响报告表的批复》(云环审〔2024〕2-21号)。</p> <p><b>4、其他</b></p> <p>(1) 委托书；</p> <p>(2) 建设单位提供的其他资料。</p> <p>根据《云南省环境保护厅关于云南省第一人民医院新增一台医用电子直线加速器核技术利用项目环境影响报告表的批复》(云环审〔2024〕2-21号)及相关标准，本次验收监测执行的标准具体如下：</p> <p><b>1、电离辐射剂量约束限值</b></p> <p>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：</p> <p>(1) 国家标准限值</p> <p>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年的年平均有效剂量20mSv；第B1.2条的规定，实践使公众中相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。</p> <p>(2) 行政管理限值</p> <p>根据《云南省环保局关于〈在辐射安全许可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)中的规定，单一项目取《电离辐射防</p>

护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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。

### （3）标准剂量约束限值

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中辐射防护要求，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，本次验收采用如下标准剂量约束限值进行验收：

职业照射个人受照剂量管理限值取 5mSv/a;

个人照射个人受照剂量管理限值取 0.1mSv/a。

## 2、剂量率控制水平

（1）根据《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、治疗室屋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  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )：

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下列不同，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  $T \geq 1/2$  的场所：  $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

人员居留因子  $T < 1/2$  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。

(2) 根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：医用直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011) 中 4.2.1 条对治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平规定：

(a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，可以依照附录 A,由以下周剂量参考控制水平  $H_c$  求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) :

放射治疗机房外控制区的工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

放射治疗机房外非控制区的工作人员： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

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

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

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

(c) 由上述 (a) 中的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  和 (b) 中的最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max}$ ，选择其中较小者作为关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) 。

(3) 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) 4.5 带迷路的治疗机房屏蔽的考虑因素：

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，并可能避免  $4\pi$  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射迷路入口的辐射剂量仅占入口处控制剂量的一个分数；

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，通过辐射源处置射线迷路内墙的辐射，经内墙屏蔽衰减后到达迷路外墙内表面，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的辐射剂量率应小于上述 4.5.3 入口处剂量率的 100 倍，迷路外墙的屏蔽透射因子应小于  $10^{-2}$ 。

表 1-1《报告表》中本项目机房外各关注点  
最终确定的剂量率参考控制水平一览表

关注点名称	关注点	确定的剂量率参考控制
-------	-----	------------

		水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
a	主屏蔽体墙外 30cm 处, 北侧土层	2.5
b	主屏蔽墙外 30cm 处, 南侧直加机房	1.6
c <sub>1</sub>	次屏蔽墙外 30cm 处, 北侧土层	2.5
c <sub>2</sub>	次屏蔽墙外 30cm 处, 北侧土层	2.5
d <sub>1</sub>	次屏蔽墙外 30cm 处, 南侧直加机房	1.41
d <sub>2</sub>	次屏蔽墙处 30cm 处, 南侧土层	2.5
e	侧屏蔽墙外 30cm 处, 西侧土层	2.5
f	迷路外墙外 30cm 处, 东侧控制室	2.5
g	防护门外 30cm 处, 南侧防护门外过道	2.5
m	主屏蔽墙外 30cm 处, 为土层 (土层上方为院内道路)	2.5
l <sub>1</sub>	次屏蔽墙外 30cm 处, 楼上负一层模拟定位室	1.41
l <sub>2</sub>	次屏蔽墙外 30cm 处, 土层	2.5
k	迷路外墙外 30cm 处, 东侧控制室	2.5

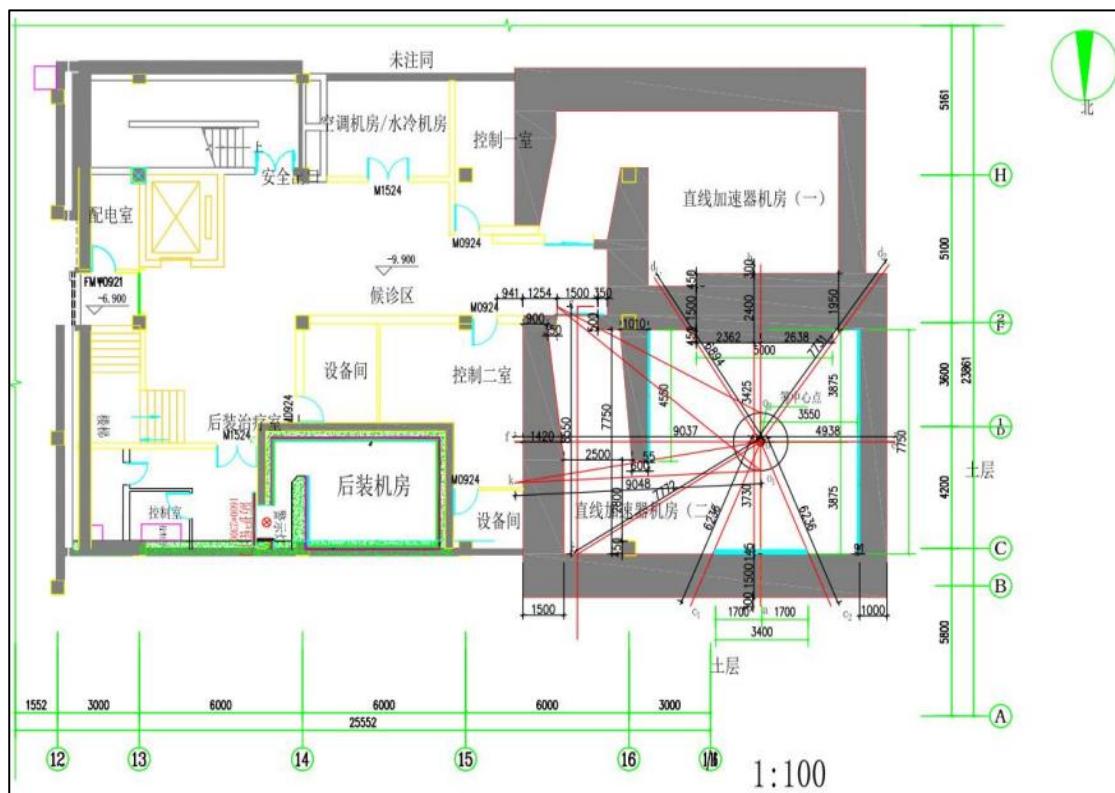


图 1-1 环评报告中各关注点示意图 (平面图)

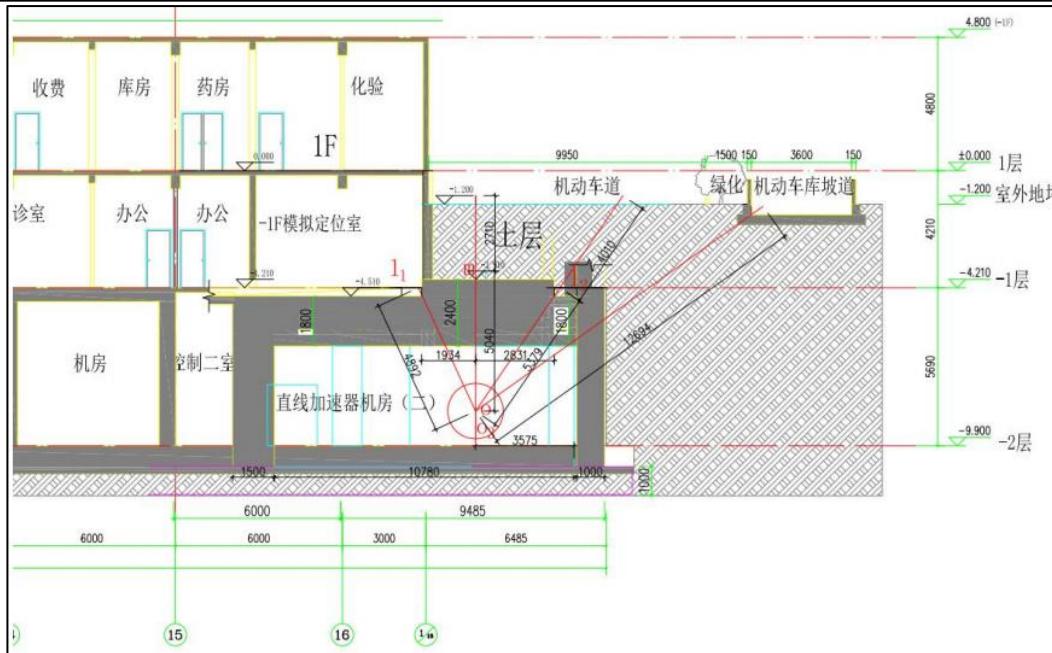


图 1-2 环评报告中各关注点示意图（剖面图）

### 3、布局要求

对照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中有关规定：

- 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，凡是可能与治疗设备分离的，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； $\gamma$ 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。

8) 放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h。

#### **4、两区划分**

根据《电缆辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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收到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《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）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；
- b) 放射治疗工作场所应在控制区进出口及其适当位置，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：

6.2.1 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。

6.2.2 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。

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) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门—机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施；

b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

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

	<p>室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；</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>
--	--

## 表二 项目建设情况

### 2.1 项目建设内容:

#### 2.1.1 建设单位情况

云南省第一人民医院（昆华医院、昆明理工大学附属医院、云南省血液病医院）紧邻昆明人文景观和城市地标——金马碧鸡坊。作为云南省最早的中国人自办省立医院，1992年在云南省率先评为三级甲等医院，1999年被评为全国百佳医院。现已成为云南省疑难危重疾病救治中心，是集医疗、科研、教学和急救救援、涉外医疗服务为一体的大型三级甲等综合医院。是国际紧急救援中心网络医院、国家紧急医学救援队建设单位、省级高水平医院建设试点单位等。

现设临床医技科室64个，有国家级、省级重点专科25个，在危急重症救治、微创医学、分子生物学与基因检测技术、肿瘤综合治疗、细胞移植、人类辅助生殖技术、出生缺陷筛查诊断等领域均达到国内和省内先进水平。现有编制床位2000张，年诊疗人次379万余人次，出院病人14万余人次。

医院已于2024年8月19日在云南省生态环境厅重新申领了《辐射安全许可证》(云环辐证[01494])，有效期至2029年5月20日，使用种类和范围为：使用III类、V类放射源；使用II、III类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

#### 2.1.2 任务由来

为更好的满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，云南省第一人民医院在1号门诊楼负二楼直线加速器机房（二）配置使用1台医用电子直线加速器，1号门诊楼有云南省设计院于1996年设计，1999年竣工投入运行。该大楼设计阶段已规划该机房为直线加速器使用，该机房采用C40混凝土浇筑成型，建筑尺寸长×宽×高：7.63m×7.15m×3.59m，迷路：内入口宽2.8m，迷路外入口（门洞）宽1.5m，迷路宽2.5m~2.69m，迷路内墙长4.55m，迷路外墙长7.75m。

1号门诊楼负二楼直线加速器机房（二）原使用一台WDVE-6/100C型电子直线加速器（X射线最大能量档为6MV，属II类射线装置），于2009年办理辐射安全许可证投入使用，由于故障频发，于2017年7月报废并拆除，机房处于闲置状态，现拟在该机房内配置使用1台医用电子直线加速器，最大X射线能量为6MV，X射线等中心1m处剂量率为0.5Gy/h。

量率最大为14Gy/min，属II类射线装置，配置CBCT功能。

该项目于2023年1月委托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）编制《云南省第一人民医院新增一台医用电子直线加速器核技术利用项目》环境影响报告表，并于2024年11月11日取得《云南省生态环境厅关于云南省第一人民医院新增一台医用电子直线加速器核技术利用项目环境影响报告表的批复》（云环审〔2024〕2-21号），同意该项目建设。医院于2025年4月4日开工建设，2025年8月底建设完成，设备安装到位、辐射防护措施安装到位。根据现场调查，医院根据环评批复内容进行建设，项目从立项到调试过程中无环境污染、环境投诉、违法或处罚记录等。

### 2.1.3 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

本项目位于昆明市西山区金碧路157号云南省第一人民医院1号门诊楼负二楼直线加速器机房（二）。

#### （2）项目总平面布置

本项目直线加速器机房具体位于1号门诊楼负二楼（底层）西侧，直线加速器机房北侧和西侧均为土层，南侧为直线加速器机房（一），东侧为控制室及设备间，楼上为一部分为已停用模拟定位室、控制室和暗室，一部分为土层（厚约3.01~2.71m，上方为花坛和机动车道），楼下无建筑物，为土层。负二层主要为放疗科治疗区，负一层为放疗科诊疗区，整个区域功能分区明确，机房布置较集中且位置相对封闭且独立，周围无明显环境制约因素，直线加速器产生的电离辐射经屏蔽后对周围辐射环境影响是满足环评标准要求。

根据平面布置，本项目整个场所较独立，场所布局功能分区明确，候诊区域远离治疗室设置，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。

#### （3）周围环境保护目标

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（二）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，与环评一致。

表 2-1 本项目环境保护目标一览表

保护名单		人数(人)	位置	距离屏蔽体边界最近 距离(m)		剂量约束值 (mSv/a)	
				水平	垂直		
职业 业	控制二室及直加 (二)设备间	12	东侧	0.3	0	5	
	直加机房(一)		南侧	0.3	0		
	控制一室		东南侧	3.4	0		
公众	医院出入口广场 (含院内道路)	流动人群	北侧	0	8.7	0.1	
	空调机房	2	东南侧	5.5	0		
	走廊	流动人群		0.3	0		
	候诊室	流动人群		3.5	0		
	院内道路	流动人群		42	+8.7		
	四号住院楼	30	南侧	46	+8.7		
	机动车库坡道	流动人群		8.0	+3.72		
	三号门诊楼	50		17	+8.7		
	后装治疗区域	20	东侧	3.2	0		
	机动车库	流动人群		17	+3.0		
	机动车库坡道	流动人群	西侧	5.2	+8.32		
	院内道路	流动人群		0	+8.7		
	临时医技楼	50		9.2	+8.7		
	立体停车库	流动人群	西北侧	8.5	+8.7		
	-1F模拟定位室、 控制室	4	楼上	0	+2.4		
	上方院内道路	流动人群		0	+3		

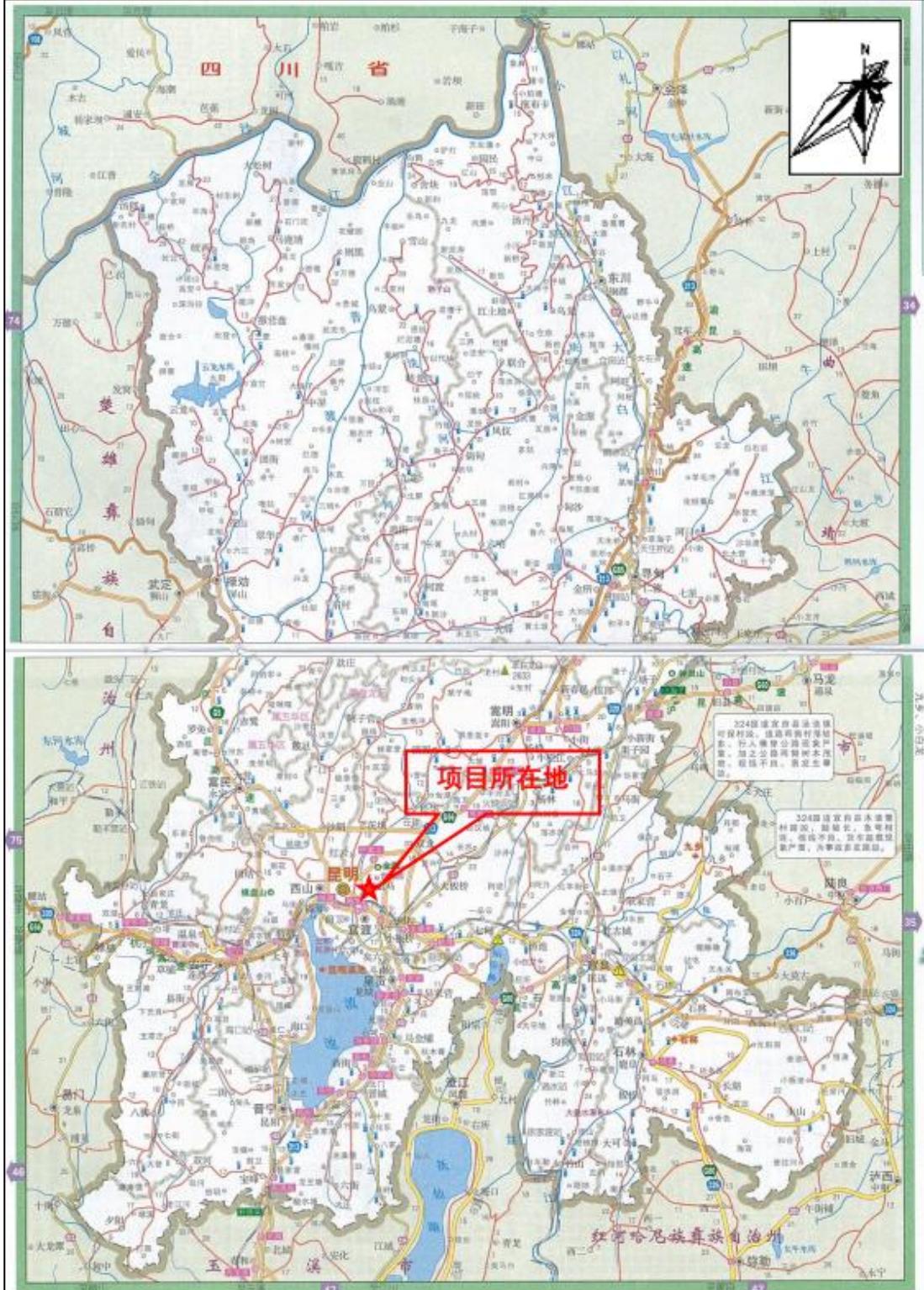
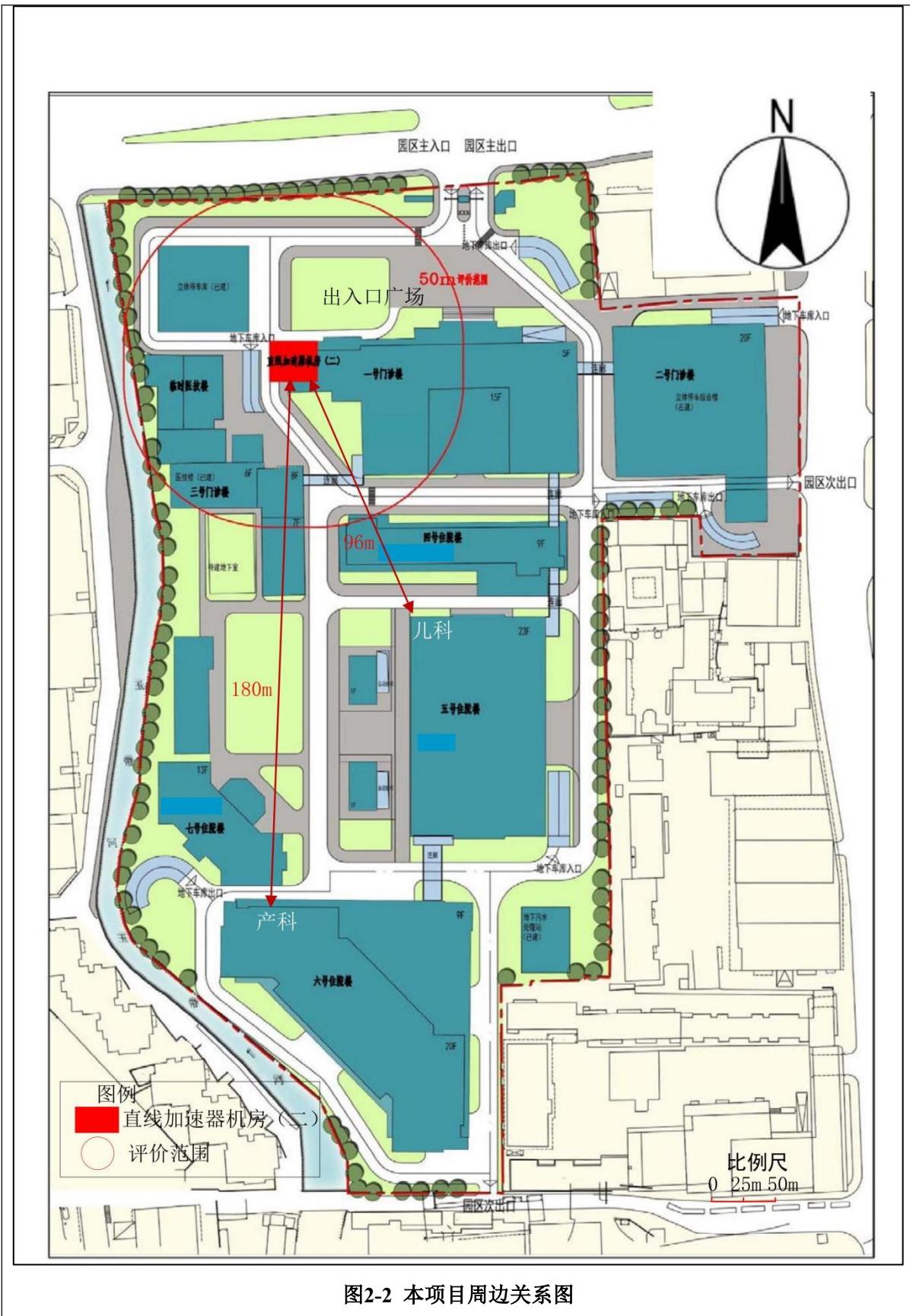


图2-1 本项目地理位置图



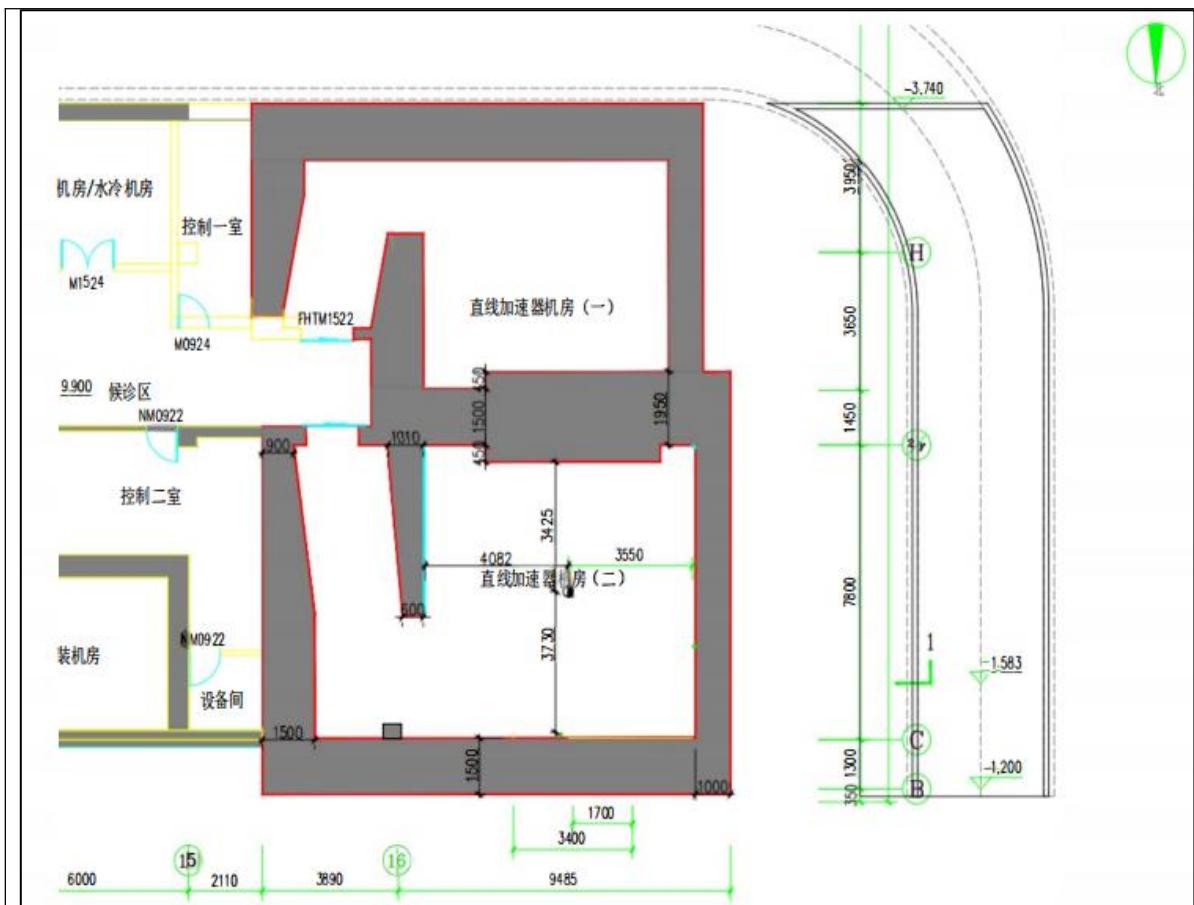


图2-3 本项目平面布置图

#### 2.1.4 项目建设内容和规模

项目建设内容为：直线加速器治疗室1间，直线加速器控制室1间以及空调水冷室等配套设施。项目建设的主体工程以及建设规模见表2-2。

表 2-2 项目主体工程以及建设规模一览表

项目	建设内容及规模
主体工程	6MV 医用直线加速器 1 台（配置 CBCT 功能，最大管电压 150kV，最大管电流 630mA），属于 II 类射线装置；X 射线能量为 6MV，1m 处最大剂量率为 14Gy/min；电子线能量≤18MeV，电子线 1m 处最大剂量率为 6Gy/min），属于 II 类射线装置。主射方向朝向南侧墙、北侧墙、顶棚、地面，不向迷道照射。治疗室 1 间，套内尺寸： 加速器机房建筑尺寸为长 7.637m、宽：7.158m、高 3.59m，吊顶高度为 3m，有效使用面积约为 54.67m <sup>2</sup> （不含迷道和墙体），体积为 234m <sup>3</sup> （治疗室与迷道总体积）。 迷路：设计为“直线型”迷路，迷路内入口宽 2.8m，迷路外入口（门洞）宽 1.5m，迷路宽 2.5m~2.69m，迷路内墙长 4.55m，迷路外墙长 7.75m；
辅助工程	控制二室 1 间，设备间 1 间，与直线加速器机房（一）共用空调机房 1 间（含水冷机房）。
公用工程	供电、配电和通讯系统等

项目直线加速器机辐射屏蔽防护参数见表2-3。

表 2-3 项目主体工程屏蔽防护一览表

改造前(原有)	改造后(本次项目)
<p><b>机房墙体:</b></p> <p>北侧墙厚度为 1.5m 混凝土（北侧墙体外为地下土层，因此未设置主屏蔽）；</p> <p>南侧墙主屏蔽区厚度为 2.40m 混凝土，宽度为 5m；机房南侧墙靠东侧次屏蔽区厚度为 1.50m 混凝土、靠西侧次屏蔽区为 1.95m 混凝土；</p> <p>西侧墙体厚度为 1.00m 混凝土；</p> <p>东侧为迷路。</p> <p><b>机房屋顶:</b></p> <p>主屏蔽区厚度为 2.40m 混凝土，宽度为 4.765m；</p> <p>次屏蔽区厚度为 1.80m 混凝土。</p> <p><b>迷路:</b></p> <p>迷路内墙长 4.55m，墙体为 0.6m~1.01m 厚混凝土；迷路外墙长 7.75m，墙体为 0.9m~1.5m 厚混凝土。</p> <p><b>防护门:</b></p> <p>20mm 铅当量铅门+1.2mm 不锈钢，铅门为平开门。</p>	<p><b>机房墙体:</b></p> <p>北侧墙主屏蔽区厚度为 1.5m 混凝土 +14.2cm 铅砖+3mm 铅板，宽度为 3.4m；机房北侧墙次屏蔽区厚度为 1.5m 混凝土</p> <p>南侧墙主屏蔽区厚度为 2.40m 混凝土，宽度为 5m，以机器等中心点（准直器、机架、治疗床三者的旋转轴交点）在南侧主屏蔽墙上投影为中心，长×宽：3950mm×1800mm 的区域内增加 30mm 铅板防护；机房南侧墙靠东侧次屏蔽区厚度为 1.50m 混凝土、靠西侧次屏蔽区为 1.95m 混凝土；</p> <p>西侧墙体厚度为 1.00m 混凝土+8.8cm 铅砖+3mm 铅板；</p> <p>东侧为迷路。</p> <p><b>机房屋顶:</b></p> <p>主屏蔽区厚度为 2.40m 混凝土，宽度为 4.765m；</p> <p>次屏蔽区厚度为 1.80m 混凝土。</p> <p><b>迷路:</b></p> <p>迷路内墙长 4.55m，墙体为 0.6m~1.01m 厚混凝土+5cm 铅砖+5mm 铅板；迷路外墙长 7.75m，墙体为 0.9m~1.5m 厚混凝土。</p> <p><b>防护门:</b></p> <p>门洞宽 1500mm，高 2000mm，拟采用电动推拉门（宽 1800mm，高 2200mm，20mm 铅当量铅门+1.2mm 不锈钢）</p>

### 2.1.5 环境影响报告表及审批部门审批决定建设内容与实际建设内容

本项目环境影响报告表中的内容与实际建设情况对比见表2-4，环境影响报告表批复内容与实际建设情况对比见表2-5。

表 2-4 环境影响报告表内容与实际建设情况对照一览表

项目	环境影响报告表内容	实际建设情况	符合性
----	-----------	--------	-----

主体工程	<p>(1) 项目使用 1 台 6MV 医用直线加速器；  (2) 加速器机房建筑尺寸为长 7.637m、宽：7.158m、高 3.59m，吊顶高度为 3m，有效使用面积约为 54.67m<sup>2</sup>（不含迷道和墙体），体积为 234m<sup>3</sup>（治疗室与迷道总体积），迷路内入口宽 2.8m，迷路外入口（门洞）宽 1.5m，迷路宽 2.5m~2.69m，迷路内墙长 4.55m，迷路外墙长 7.75m；  (3) 机房各墙体均为浇筑混凝土；  (4) 主射方向朝向南侧墙、北侧墙、顶棚、地面，不向迷道照射。  (5) 北侧主屏蔽墙厚 1.5m 混凝土（宽 3.4m），次屏蔽墙厚 1.5m 混凝土；西侧墙体厚 1.5m 混凝土；南侧主屏蔽墙厚 2.4m 混凝土（宽 5m），靠东侧次屏蔽墙体厚 1.5m 混凝土，靠西侧次屏蔽墙体厚 1.95m 混凝土；东侧迷路内墙为 0.6m ~ 1.01m 厚混凝土；迷路外墙为 0.9m ~ 1.5m 厚混凝土；屋顶主屏蔽区为 2.4m 厚混凝土（宽 4.765m），次屏蔽区为 1.8m 厚混凝土；防护门：电动推拉门（宽 1800mm，高 2000mm，20mm 铅当量铅门+1.2mm 不锈钢）</p>	<p>(1) 项目使用 1 台 6MV 医用直线加速器；  (2) 加速器机房建筑尺寸为长 7.637m、宽：7.158m、高 3.59m，吊顶高度为 3m，有效使用面积约为 53.64m<sup>2</sup>（不含迷道和墙体），体积为 231m<sup>3</sup>（治疗室与迷道总体积），迷路内入口宽 2.8m，迷路外入口（门洞）宽 1.5m，迷路宽 2.5m~2.69m，迷路内墙长 4.55m，迷路外墙长 7.75m；  (3) 机房各墙体均为浇筑混凝土；  (4) 主射方向朝向南侧墙、北侧墙、顶棚、地面，不向迷道照射。  (5) 北侧主屏蔽墙厚 1.5m 混凝土（宽 3.4m），次屏蔽墙厚 1.5m 混凝土；西侧墙体厚 1.5m 混凝土；南侧主屏蔽墙厚 2.4m 混凝土（宽 5m）；靠东侧次屏蔽墙体厚 1.5m 混凝土，靠西侧次屏蔽墙体厚 1.95m 混凝土；东侧迷路内墙为 0.6m ~ 1.01m 厚混凝土；迷路外墙为 0.9m ~ 1.5m 厚混凝土；屋顶主屏蔽区为 2.4m 厚混凝土（宽 4.765m），次屏蔽区为 1.8m 厚混凝土；防护门：电动推拉门（宽 1800mm，高 2000mm，20mm 铅当量铅门+1.2mm 不锈钢）</p>	<p>与环评阶段基本一致，由于南侧主屏蔽墙增加装修尺寸，机房内有效使用面积（最大矩形）较环评阶段减小约 1.0m<sup>2</sup>（不含迷道和墙体），体积减小约 3m<sup>3</sup>（治疗室与迷道总体积）。</p>
辅助工程	利用原有的控制室1间、设备间1间、与直线加速器机房（一）共用空调机房1间（含水冷机房）。	利用原有的控制室1间、设备间1间、与直线加速器机房（一）共用空调机房1间（含水冷机房）	与环评阶段一致
辐射防护设施及运行情况	北侧主屏蔽墙厚 1.5m 混凝土（宽 3.4m）+14.2mm 铅砖+3mm 铅板，次屏蔽墙厚 1.5m 混凝土；西侧墙体厚 1.5m 混凝土	北侧主屏蔽墙厚 1.5m 混凝土（宽 3.4m）+14.2mm 铅砖+3mm 铅板，次屏蔽墙厚 1.5m 混凝土；西侧墙体厚 1.5m 混凝土	，机房南侧主屏蔽墙体局部增加30mm铅板防护（以机器等中心点在南侧主屏蔽墙上的投影为中心，长×宽：

	+8.8cm 铅砖+3mm 铅板；南侧主屏蔽墙厚 2.4m 混凝土（宽 5m），靠东侧次屏蔽墙体厚 1.5m 混凝土，靠西侧次屏蔽墙体厚 1.95m 混凝土；东侧迷路内墙为 0.6m ~ 1.01m 厚混凝土+5cm 铅砖+5mm 铅板；迷路外墙为 0.9m ~ 1.5m 厚混凝土；屋顶主屏蔽区为 2.4m 厚混凝土（宽 4.765m），次屏蔽区为 1.8m 厚混凝土；防护门：电动推拉门（宽 1800mm，高 2000mm，20mm 铅当量铅门+1.2mm 不锈钢）	+8.8cm 铅砖+3mm 铅板；南侧主屏蔽墙厚 2.4m 混凝土（宽 5m），靠东侧次屏蔽墙体厚 1.5m 混凝土，靠西侧次屏蔽墙体厚 1.95m 混凝土；局部增加 30mm 铅板防护（以机器等中心点在南侧主屏蔽墙上的投影为中心，长 × 宽：3950mm×1800mm）；东侧迷路内墙为 0.6m ~ 1.01m 厚混凝土+5cm 铅砖+5mm 铅板；迷路外墙为 0.9m ~ 1.5m 厚混凝土；屋顶主屏蔽区为 2.4m 厚混凝土（宽 4.765m），次屏蔽区为 1.8m 厚混凝土；防护门：电动推拉门（宽 1800mm，高 2000mm，20mm 铅当量铅门+1.2mm 不锈钢）	3950mm×1800mm）。对照《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），本项目的辐射防护措施变动不属于重大变动。根据《环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》有关规定，不属于重大变动的纳入竣工环境保护验收管理。
	铅衣、铅手套1套，每名职业人员配备1个个人剂量计（共12个），上班时随身携带。便携式辐射监测仪器仪表1个、固定式X-γ辐射场报警装置1套，个人剂量报警仪1个，急停按钮7个，开门按钮1个。治疗室门口张贴辐射警示标志。	本项目已配备铅衣、铅手套各2套，为每名工作人员配备1个个人剂量计（共12个），上班随身携带。已配置巡检仪1台（共用）、固定式X-γ射线报警装置1套、个人剂量报警仪1个，急停按钮7个，开门按钮1个。已在治疗室门口张贴电离辐射警告标志。	铅衣、铅手套较环评阶段多一套作为备用，其余配置与环评阶段一致
	工作状态指示灯，机灯、门机联锁装置安装完毕并正常运行，电视监控与对讲系统安装并运行正常，直线加速器控制室、治疗室应配置共7个急停开关。	工作状态指示灯，机灯、门机联锁装置已安装完毕并正常运行，视频监控与对讲系统安装并正常运行，直线加速器控制室、治疗室共配置7个急停开关。	与环评阶段一致
环保工程	机械通风系统一套：利用原有通排风系统。排风次数5次/h。	利用原有通排风系统。排风口有3个，均为700×400mm的矩形风口，平均风速为0.7m/s，总排风量为2116m <sup>3</sup> /h，机房有效体积231m <sup>3</sup> ，换气次数为9.16次/h。符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中换气次数不小于4次/h的规定。	较环评阶段的通风次数增加，改善职业人员工作环境
工作区	对控制区和监督区进行分	已进行分区管理，建立了相	与环评阶段一致

区域管理	分区管理，建立相关制度并安装警示标志。	关管理制度，并安装了电离辐射警示标志。		
管理制度	应急预案、辐射防护安全管理制度、监测计划、档案记录、个人剂量管理、操作人员培训等，并且所有制度均需上墙。	已制订应急预案、辐射防护安全管理制度、监测计划、档案记录、个人剂量管理制度、操作人员培训等制度，并且所有制度均已上墙。	与环评阶段一致	
验收监测	治疗室墙体外各关注点（墙外30cm处）的空气吸收剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	根据验收监测结果，本项目直线加速器治疗室外各关注点（墙外30cm处）的空气吸收剂量率均满足环评及批复中的剂量率限值要求。	符合环评阶段的要求。	

表 2-5 环境影响报告表批复内容与实际建设情况对照一览表

环境影响报告表批复内容	实际建设情况
进一步做好辐射工作场所屏蔽防护工程的设计，规范辐射安全联锁和辐射防护设施，加强施工全过程的观念和监控，建立工程施工档案，对隐蔽工程须将设计图、影像、施工图片等资料存档备查。	建设单位委托北京世纪中天国际建筑设计有限公司进行专业的评估防护工程设计，委托云南昭朝工程咨询有限公司作为施工监理单位，对施工过程进行全过程监理，并做好监理、施工档案。
加速器机房应按要求安装固定式辐射剂量监测报警仪，医用电子直线加速器的安装必须按照《报告表》提出的既定摆位方式和确定的中心点位置进行。	已安装固定式辐射剂量监测报警仪一套（迷道内入口处和机房入口处各设置一个探头），医用电子直线加速器已按《报告表》位置进行安装。
严格执行《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（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年平均有效剂量控制在5mSv以内，公众照射年有效剂量控制在0.25mSv以内。	根据验收监测结果可知，项目职业人员和公众所受年有效剂量满足《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《报告表》中规定的电离辐射安全管理限值。
全面落实辐射安全和应急响应主体责任，制定辐射防护和安全管理制度，完善辐射事故应急预案，定期开展辐射事故风险评估和应急演练，做好辐射事故应急准备工作，提高辐射事故应急处置能力。	已制定辐射防护和安全管理制度，部分制度已上墙。设备运营期，医院定期开展辐射事故风险评估和应急演练，做好辐射事故应急准备工作，提高辐射事故应急处置能力。
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。	辐射安全许可证正在办理过程中，医院承诺于每年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。
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。项目竣工后依法开展竣工环保验收工作。	项目严格落实了“三同时”制度，目前直线加速器机房及辐射防护设施已安装并正常运行，符合竣工环境保护验收条件。

综上分析，对照环评报告及其批复文件，本项目机房位置、辅助工程房间位置、通排风系统与环评阶段设计均保持一致。采取的污染治理和辐射安全防护措施没有属于重大变动事项，不属于重大变动。

## 2.2 源项情况：

本次验收直线加速器主要参数见表2-6。

表 2-6 射线装置明细表

环评阶段		验收阶段		备注
设备名称	医用电子直线加速器	设备名称	医用电子直线加速器	与环评一致
设备厂家	未定	设备厂家	医科达 Infinity	参数在环评报告范围内
数量	1 台	数量	1 台	与环评一致
源轴距	100cm	源轴距	100cm	与环评一致
加速器最大输出	X 射线 6MV	加速器最大输出	X 射线 6MV	X 射线能量与环

能力		能力	(FFF)	评一致，电子线最大能量略低于环评参数		
	电子线 18MeV		电子线 15MeV			
加速器最大焦点剂量率	14Gy/min (FFF)	加速器最大焦点剂量率	14Gy/min (FFF)	与环评一致		
	6Gy/min (常规)		6Gy/min (常规)			
CBCT 功能	最大管电压 150kV, 最大管电流 630mA	CBCT 功能	最大管电压 150kV, 最大管电流 500mA	最大管电流略低于环评参数		
最大照射野	40×40cm <sup>2</sup>	最大照射野	40×40cm <sup>2</sup>	与环评一致		
机架旋转角度	0~360°	机架旋转角度	0~360°	与环评一致		
最大出束角	28°	最大出束角	28°	与环评一致		
泄漏率	X 射线≤0.1%, 电子线≤0.2%	泄漏率	X 射线≤0.1%, 电子线≤0.2%	与环评一致		
单台加速器每日治疗病人	100 人·次/天	单台加速器每日治疗病人	100 人·次/天	与环评一致		
年治疗病人数	25000 人·次/年	年治疗病人数	25000 人·次/年	与环评一致		

直线加速器实际技术参数在环评报告中技术参数范围内，未超出环评报告中的技术参数范围。

## 2.3 工程设备与工艺分析：

### 2.3.1 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，医用电子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。医用电子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。本项目包含 X 射线治疗和电子线治疗。本项目医用电子直线加速器配置 CBCT 功能并附有调强功能，具有非均整(FFF)模式治疗。

医用电子直线加速器主要由三大部分组成：电子发射单元，电子加速单元和电子束引出单元。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。

电子治疗子系统基本组成部件主要包括初级准直器、散射箔、托盘、均整器、电离室、光阑、附件接口、限光筒。

CBCT 由 CTX 射线管、CT 探测器、CT 高压发生器、机械运动装置、计算机采集重建系统和附件（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。

本项目直线加速器可开展的放疗技术：适形调强放射治疗（IMRT）、容积旋转调强放射治疗(VMAT)、图像引导放射治疗(IGRT)、头部立体定向放射外科(SRS)、体部立体定向放射治疗 (SBRT)。

本项目新增的直线加速器外观示意图见图 2-4。



图 2-4 医用直线加速器整体图

### 2.3.2 工作原理

医用电子直线加速器通过高压电源对电压升压，经过整流和滤波，产生的直流电压输送到脉冲调制器。脉冲调制器将得到的直流高压转变为大功率脉冲供给磁控管，由磁控管震荡产生微波功率，经微波输送系统反馈给加速管，在加速管中建立起加速电场。加速管电子枪阴极表面发射出的电子，被阴极与阳极之间的电场加速，注入加速管的加速腔，处于合适相位的电子受到微波电磁场的加速，能量不断增加。电子束在偏转磁场中受磁场影响改变角度最终形成垂直射出的电子线。当电子线在加速管末端轰击重金属靶材，发生轫致辐射，从而产生 X 射线。X 射线经均

整限束后对病人特定形状的肿瘤块进行照射，高能射线可破坏细胞的染色体，使细胞停止生长，从而消灭可快速分裂和生长的癌细胞。高能 X 射线具有高穿透性、较低的皮肤剂量、较高的射线均匀度等特点，适用于治疗深部肿瘤。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。

X 线束治疗工作原理：电子从发射源射出，进入真空加速管加速，经磁偏转装置转向射向高原子序数的金属靶，电子同金属靶的原子核相撞，速度骤减并损失部分能量转换为 X 射线，经平板滤片过滤不必要的射线，剩余有用线束经二次准直射出，最后到达患者病灶实现治疗目的。

非均整（flattening filter-free, FFF）模式治疗：是基于加速器平台的光子束高剂量率放射治疗技术，就是加速器运行于 X 线模式时，束流击靶后不经均整滤过器的平坦性准直调整，而直接投射到人体。该模式主要用于一些特殊治疗（比如大分割放射治疗、立体定向放射治疗），该治疗模式可有效地减少治疗时间，提高治疗精准率。

电子线束治疗工作原理：电子从发射源射出，进入真空加速管加速，经磁偏转装置转向（一般为 90° 或 270°），电子扩散箔使电子均匀射出，形成电子线束。经散射箔扩大射束直径，再通过光阑提高电子野的均整性，最后由输出窗射出达到患者病灶实现治疗的目的，即初始电子束直接引出并经散射、均整后用于患者的治疗。

CBCT 工作原理：锥形束 CT(Cone Beam Computed Tomography, 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。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 操作流程及产污环节

#### 2.3.3.1 操作流程

(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) 医护人员带病人到达 3 号楼 CT 室进行模拟定位、CT 扫描，确定肿瘤范围，为确保患者在放疗期间的体位重复性，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模固定。

(3) 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 CT 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。

(4) 放疗医师、物理师、技师三方共同确定放疗位置准确无误后，由放射科技师操作 CT 机对病人进行 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。

(5) 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。

(6) 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，用 CBCT 进行验证，结果在误差范围内，则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。

(7) 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。

(8) 治疗完成后，病人经迷路离开机房，完成放射治疗。

### 2.3.3.2 产污环节

本项目加速器使用 X 射线和电子线。X 射线最大使用能量为 6MV，最大剂量率为 14Gy/min，最大照射野 40cm×40cm，电子线最大能量为 15MV，电子线在混凝土和铅中的穿透能力较弱。射线随机器的开关而产生和消失。此外在 X 射线出束过程中与空气发生作用会产生少量的 O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub>。

加速器治疗过程及产污环节见图 2-2。

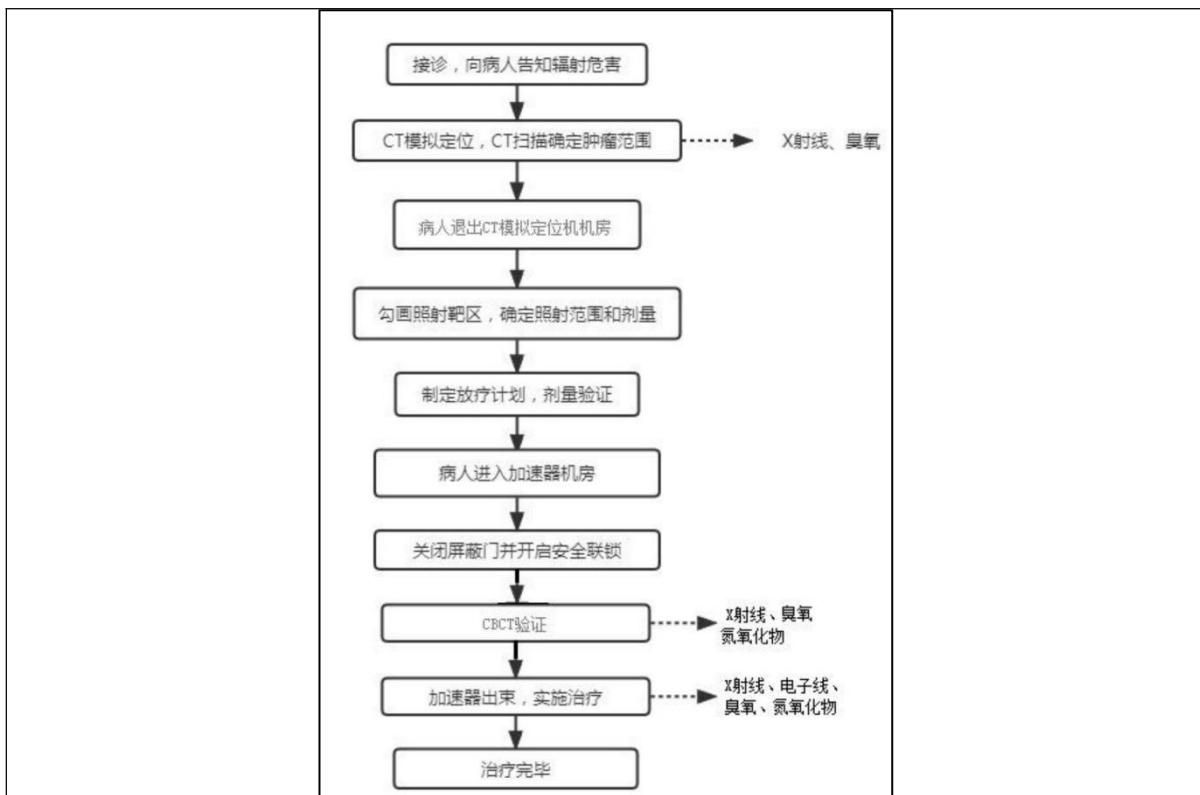


图 2-5 直线加速器治疗过程与产污环节简图

#### 2.3.4 劳动定员及工作制度

本项目直线加速器拟配备 12 名辐射工作人员，包括技师 4 名，物理师 2 名、医生 6 名，均为放疗科现有辐射工作人员，现从事放疗科一台直线加速器和一台后装机工作，本项目建成后，本项目工作人员除从事本项目射线装置外，还从事原有辐射工作。

工作制度：实行 8 小时工作制度，每周工作 5 天，年工作 250 天。

本项目工作人员均已参加生态环境部核与辐射安全中心组织的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核，并取得考核成绩单，具体见表 2-7。

表 2-7 辐射工作人员辐射安全与防护培训情况

序号	姓名	考核机构	证书编号	有效期
1	曾蓉	国家核技术利用辐射安全与防护培训平台	FS21YN02000832	2021.05.26-2026.05.26
2	范庆辉	国家核技术利用辐射安全与防护培训平台	FS21YN0200043	2021.04.26-2026.04.20
3	冯纬	国家核技术利用辐射安全与防护培训平台	FS22YN0200105	2022.11.17-2027.11.17
4	何凌	国家核技术利用辐射安全与防护培训平台	FS21YN0200143	2021.10.30-2026.10.30
5	侯黎	国家核技术利用辐射安全与防护培训平台	FS21YN0200077	2021.04.26-2026.04.26

6	黄思宇	国家核技术利用辐射安全与防护培训平台	FS22YN0200032	2022.06.23-2027.06.23
7	邵建恒	国家核技术利用辐射安全与防护培训平台	FS21YN0200149	2021.10.30-2026.10.30
8	王凯	国家核技术利用辐射安全与防护培训平台	FS21YN0200113	2021.06.25-2026.06.25
9	谢穉	国家核技术利用辐射安全与防护培训平台	FS21YN0200165	2021.11.24-2026.11.24
10	张国桥	国家核技术利用辐射安全与防护培训平台	FS21YN0200152	2021.10.30-2026.10.30
11	赵蓉	国家核技术利用辐射安全与防护培训平台	FS23YN0200189	2023.12.13-2028.12.13
12	纪华	国家核技术利用辐射安全与防护培训平台	FS22YN0200038	2022.06.23-2027.06.23

### 2.3.5 工作负荷

本项目加速器每天最多治疗 100 人次，每周工作 5 天，年工作 50 周，年最多治疗 25000 人次。加速器周治疗照射时间为： $t=W/D_0=2250(\text{Gy}/\text{周})/6 (\text{Gy}/\text{min}) = 375 (\text{min}/\text{周}) = 6.25\text{h}/\text{周}$ ，加速器年照射时间为 312.5h。验收时加速器实际使用情况与环评时一致。

### 2.3.6 运行期污染源项描述

#### (1) 电离辐射

本项目医用电子直线加速器加速粒子均为电子，当电子束经高能加速后与靶物质相互作用时产生韧致辐射（即 X 射线），本项目医用电子直线加速器可以提供 X 线最大能量为 6MV 和电子线最大能量为 18MeV，X 射线是随机器的开关而产生和消失的。由于本项目医用电子直线加速器 X 射线最大能量为 6MV，根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），可以不考虑运行过程中的中子和感生放射线。

#### (2) 非放射性污染源

##### 1) 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。

##### 2) 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。本项目医护人员生活污水均依托医院既有医疗废水处理站，处理达标后排入市政污水管

网。

### 3) 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 $\gamma$ 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，按一般固体废物处理；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。本项目运营期固体废物主要为医务人员日常办公产生的生活垃圾及治疗中产生的少量棉纱、手套等医疗废物，生活垃圾依托医院的收集系统收集至医院垃圾暂存间进行回收后由当地环卫部门清运处置，少量医疗废物依依托医院医疗废物收集清运系统处置。

### 4) 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。本项目依托原有排风风机进行排风，风机位于东南侧空调机房内，噪声源为65dB(A)。

表三 辐射安全与防护设施/措施

### 3.1 工作场所的布局和分区管理

#### 3.1.1 机房平面布局

本项目直线加速器机房具体位于1号门诊楼负二楼（底层）西侧，直线加速器机房北侧和西侧均为土层，南侧为直线加速器机房（一），东侧为控制室及设备间，楼上为一部分为已停用模拟定位室、控制室和暗室，一部分为土层（土层厚约3.01m~2.71m，上方为机动车道），楼下无建筑物，为土层。负二层主要为放疗科治疗区，负一层为放疗科诊疗区。加速器主射方向避开了居留因子较大的控制室。

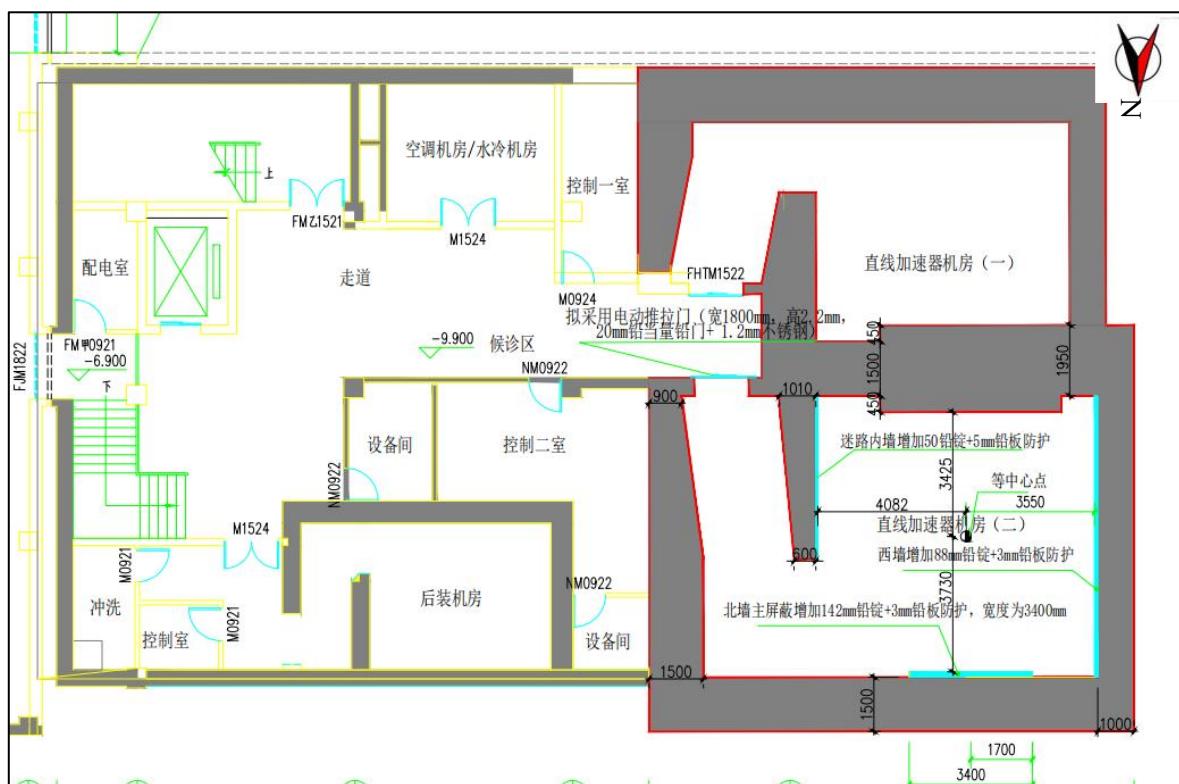


图 3-1 机房平面布局图

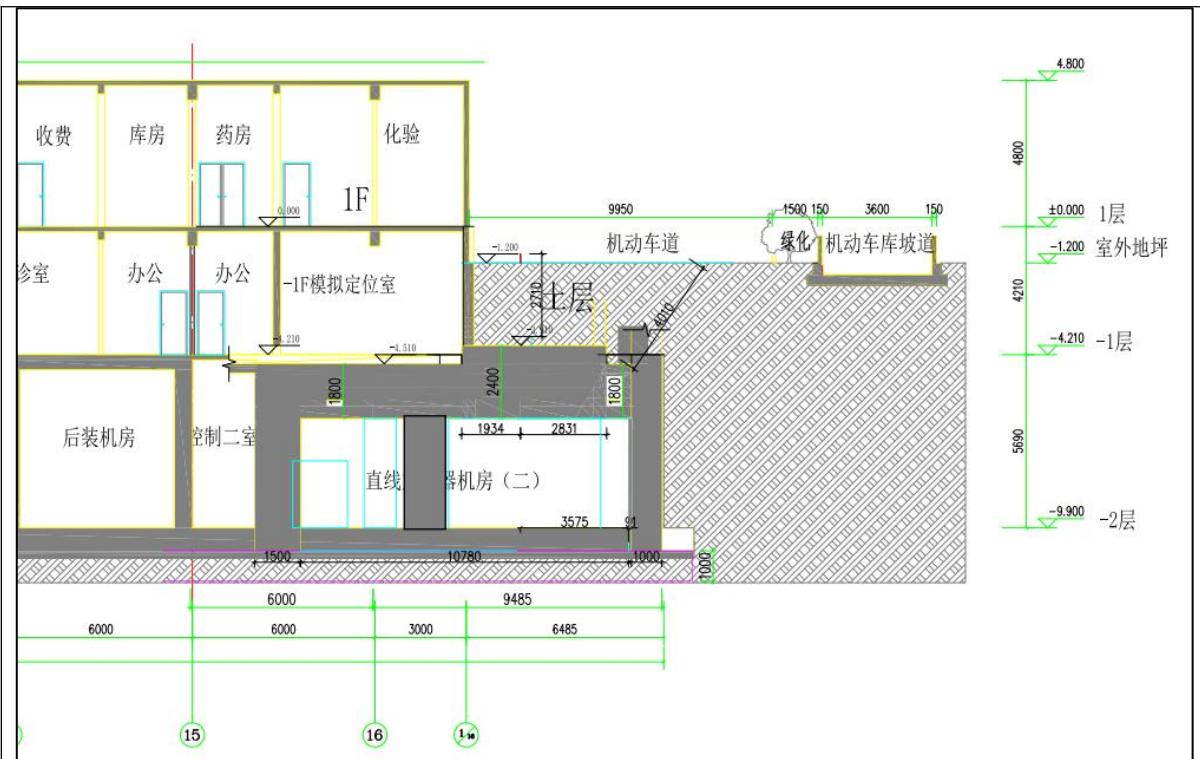


图 3-2 本项目剖面图

### 3.1.2 分区管理

根据现场踏勘，本项目两区划分与环评一致。本项目直线加速器机房控制区、监督区划分情况见表 3-1、图 3-3。

表 3-1 直线加速器机房控制区和监督区划分

工作场所	控制区	监督区
1号门诊楼负二楼直线加速器机房（二）	直线加速器机房（二）（含迷路）	控制室（二）、设备间、东南侧防护门外走廊

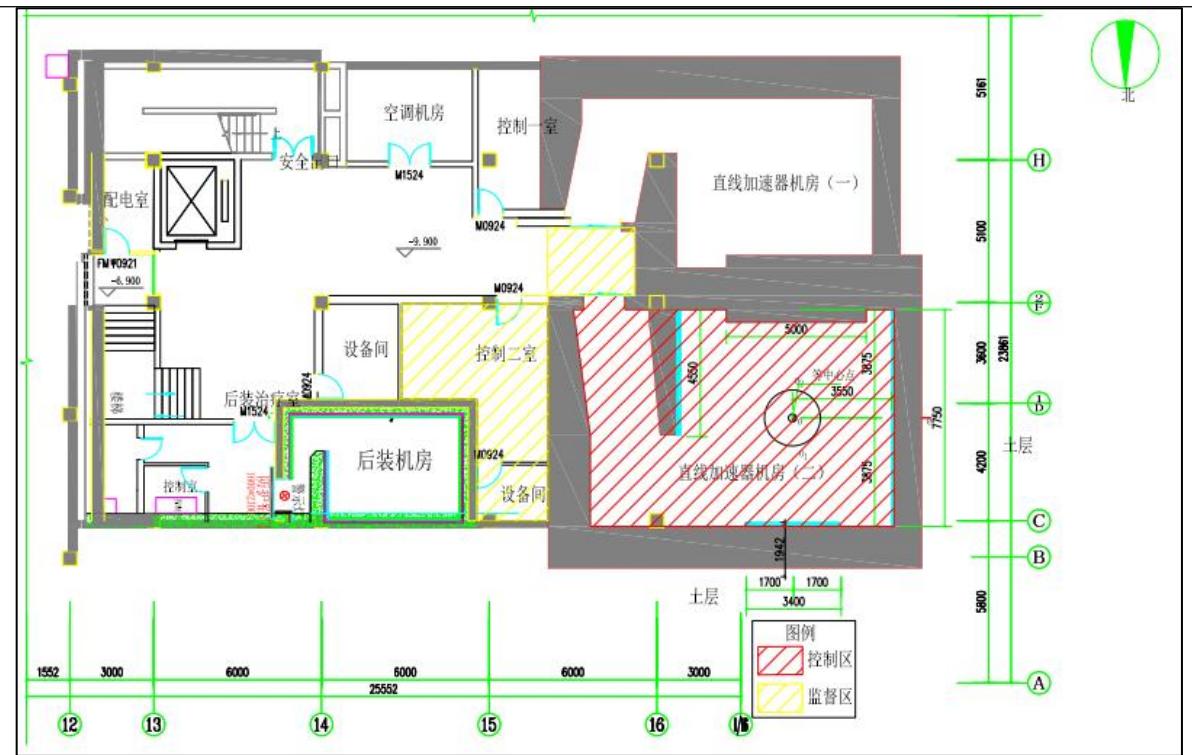


图 3-3 区域划分图

### 3.2 屏蔽设施建设情况和屏蔽效能

#### 3.2.1 屏蔽措施

本项目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下表。

表 3-2 本项目机房屏蔽措施

场所	屏蔽体及方位		环评设计屏蔽措施	验收实际屏蔽措施
1号门诊楼 负二层直线 加速器机房 (二)	南侧	主屏蔽	2.4m 混凝土, 宽 5m	2.4m 混凝土, 宽 5m, 以机器等中心点在南 侧主屏蔽墙上投影为 中心的矩形区域 (3950mm×1800mm 增 补 30mm 铅板, 6 层 5mm 铅板)
		东侧次屏蔽	1.5m 混凝土	1.5m 混凝土
		西侧次屏蔽	1.95m 混凝土	1.95m 混凝土
	北侧	主屏蔽	1.5m 混凝土+14.2cm 铅砖 +3mm 铅板, 宽 3.4m	1.5m 混凝土+ (5+5+4.5) cm 铅砖, 宽 3.4m
		次屏蔽	1.5m 混凝土	1.5m 混凝土
	屋顶	主屏蔽	2.4m 混凝土, 宽 4.765	2.4m 混凝土, 宽 4.765
		次屏蔽	1.8m 混凝土	1.8m 混凝土
	西侧	侧屏蔽	1.5m 混凝土+8.8cm 铅砖	1.5m 混凝土+(4.5+4.5)

		+3mm 铅板	cm 铅砖+1mm 铅板
东侧	迷路内墙	长 4.55m, 墙体 0.6m ~ 1.01m 混凝土+5cm 铅砖 +5mm 铅板	长 4.55m, 墙体 0.6m ~ 1.01m 混凝土+5cm 铅砖+ (2+2+1) mm 铅板
	迷路外墙	长 7.75m, 墙体 0.9~1.5m 混凝土	长 7.75m, 墙体 0.9 ~ 1.5m 混凝土
防护门	电动推拉门（宽 1800mm, 高 2200mm, 20mm 铅当量铅门+1.2mm 不锈钢）		电动推拉门（宽 1800mm, 高 2200mm, 20mm 铅当量铅门 +1.2mm 不锈钢）

对比环境影响报告表，本项目三面墙体（北侧、西侧、东侧）材质及厚度、防护门材质及厚度、迷路等屏蔽施工参数与环评节点的设计参数一致。为进一步优化防护性能，提升南侧主屏蔽区综合防护效果，在南侧主屏蔽墙部分区域增设 30mm 厚铅板，屏蔽效能较环评阶段进一步增加。

### 3.2.2 通排风系统

本项目直线加速器机房送风管道利用原有送排风管道，原有送风系统在机房防护门上方穿墙，高度为 3.0m，采用斜向 45° 穿墙，送风管道为 250mm×630mm 的不锈钢方管，穿墙部分管道用 3mm 厚铅皮包裹，包裹长度为穿墙前后 50cm，排风管道利用原有地沟布设，在机房防护门下方穿墙，采用斜向 45° 穿墙，排风管道为 300mm × 500mm 的不锈钢方管，穿墙部分管道用 3mm 厚铅皮包裹，包裹长度为穿墙前后 50cm，见文后附图。

根据现场调查，实际建设内容利用原有送排风管道，未做改变，与环评报告表内容一致，仅更换一台新的风机，提升机房换气次数。

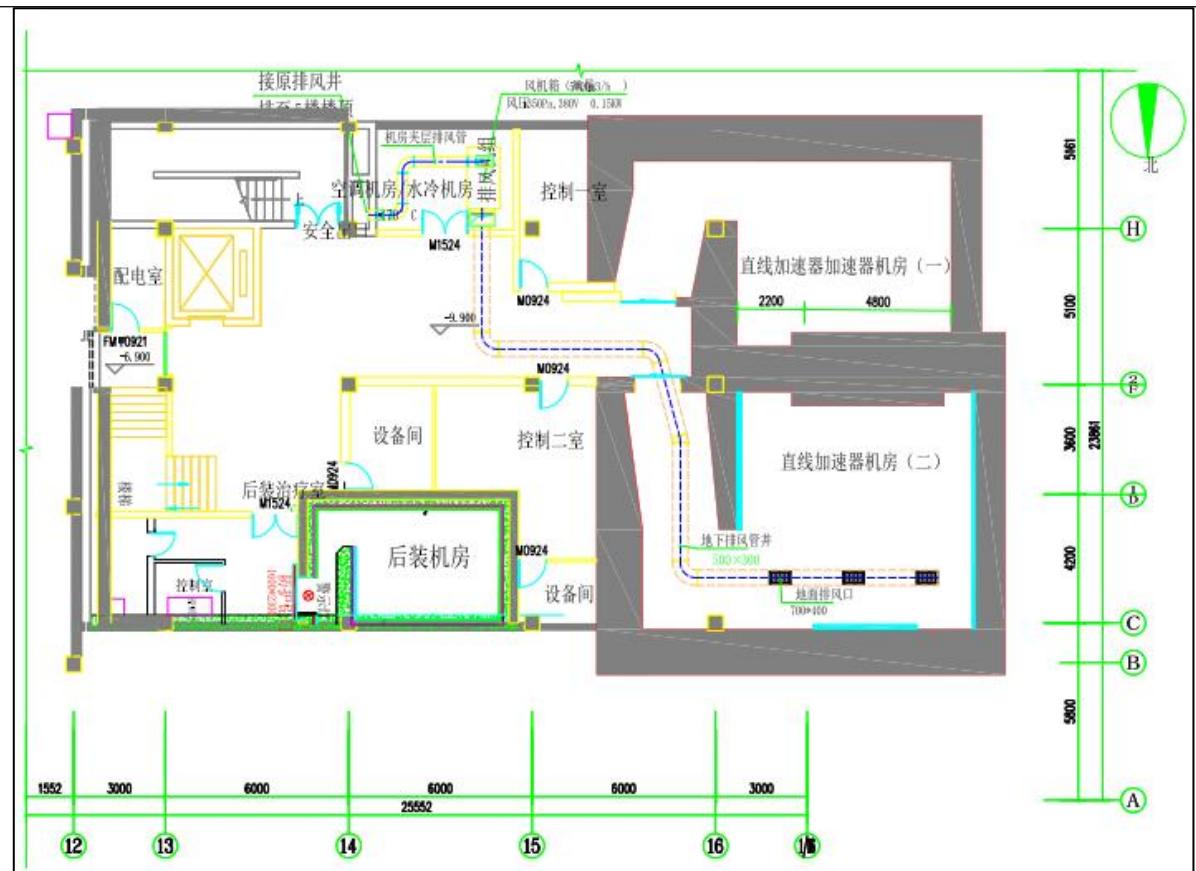


图 3-4 项目排风管平面走向示意图图

### 3.2.3 电缆及水冷管道穿墙设计

本项目医用直线加速器机房电缆及水冷管道利用机房原有同一地沟布置，地沟位于地坪以下，地沟口径为  $300\text{mm} \times 400\text{mm}$ （穿墙位置为  $300\text{mm} \times 400\text{mm}$ ），穿墙位置位于迷道外墙，采用 U型穿墙方式，穿越屏蔽墙到达设备间并延伸至控制室和空调机房/水冷机房，并与控制台与电气控制系统连接，地沟上方覆盖  $2\text{cm}$  不锈钢盖板。

根据现场调查，实际建设内容利用机房原有地沟，未做改变，与环评报告表内容一致。

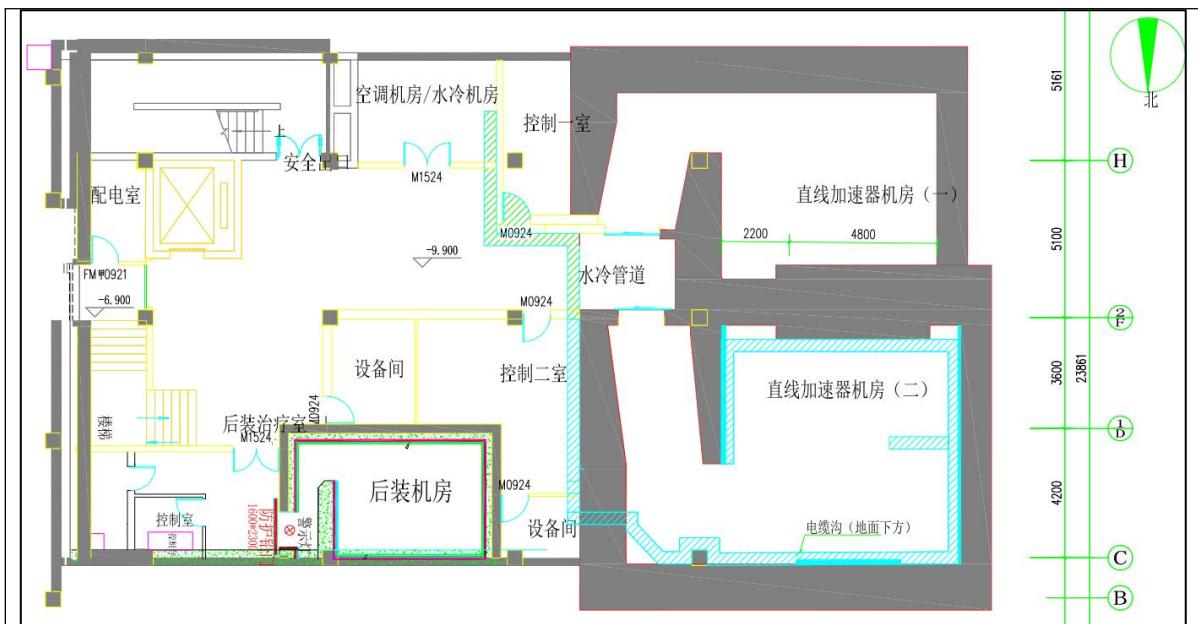


图 3-5 项目原有地沟走向示意图



图 3-6 项目机房原有地沟

### 3.3 辐射安全与防护措施的设置和功能实现情况

根据现场调查情况，本次验收对辐射安全措施落实情况与环境影响评价内容进行对比，详见表 3-3。

表 3-3 本项目辐射安全措施落实情况对照表

安装装置	作用及安装要求	环评阶段拟配置数量	验收阶段配置数量
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
	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	1 套(共 6 个摄像头，无死角监控)	1 套(共 7 个摄像头，无死角监控)；设

	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）		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
	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。）	7 个	已设置
	治疗床设置紧急停机按钮	设备自带	设备自带
监测设备	在机房内迷道的内入口处和机房入口处各设置固定式辐射剂量监测仪，有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内。	1 套（带 2 个探头）	已设置（带 2 套探头，迷路内和入口处各 1 个探头）
	配置便携式辐射监测仪器仪表	1 个	已设置
	配置个人剂量报警仪	1 个	已设置
	配置个人剂量计	辐射工作人员各 1 个	已设置
其他	配置个人辐射防护用品（铅衣、铅帽等）	各一套	已设置
	紧急开门装置（机械式开门装置，在所有连锁装置均失效情况下，可手动开门）	1 套	已设置

本项目防护和环保措施落实情况图如下：



设备整体照片



电离辐射警告标志、工作指示灯



机房墙壁急停按钮



控制台上急停按钮



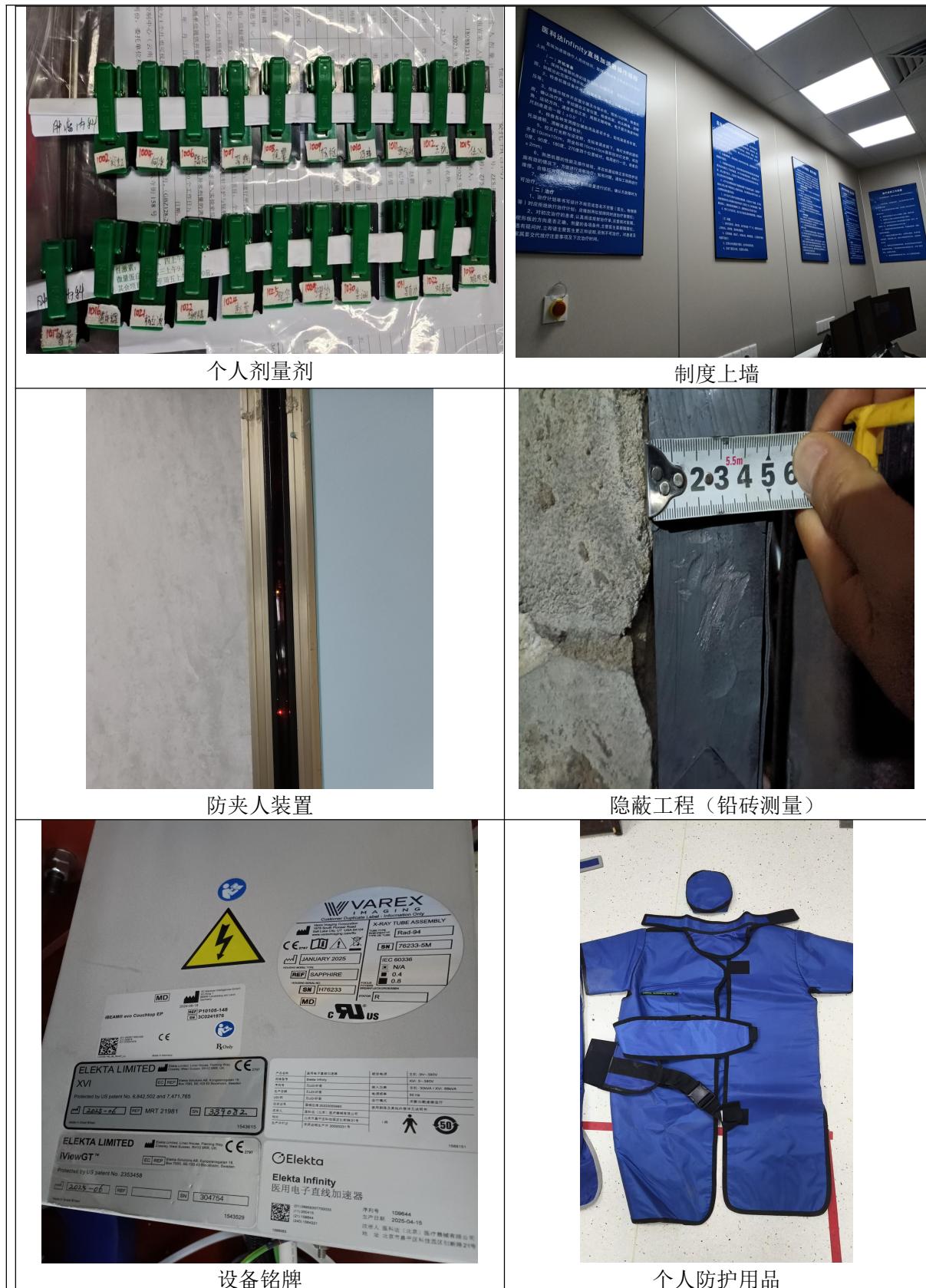
治疗床配置的急停按钮



迷道处开门按钮



 <p>机房内应急指示</p>	 <p>固定式 X-<math>\gamma</math> 报警探头（迷道处）</p>
 <p>固定式 X-<math>\gamma</math> 报警探头（机房入口）</p>	 <p>JF510区域X<math>\gamma</math>辐射监测仪 辐射量：高值 高值 计数 每秒 正常 0.890 <math>\mu</math>r/h 辐射量：正常 0.890 <math>\mu</math>r/h 辐射量：低值 0.890 <math>\mu</math>r/h 辐射量：低值 0.890 <math>\mu</math>r/h 时间：15:18:18 取消 确认 九辐科技</p> <p>固定式 X-<math>\gamma</math> 报警仪（控制室）</p>
 <p>便携式巡检仪</p>	 <p>JF200 x<math>\gamma</math>个人剂量仪 个人剂量报警仪</p>





### 3.4 放射性三废处理设施的建设和处理能力

#### 3.4.1 放射性废物

本项目直线加速器运行过程中不产生放射性固体废物、放射性废水和放射性废气。

#### 3.4.2 非放射性污染因素分析

##### 3.4.2.1 废气

环评情况：直线加速器机房利用机房已有通排风系统，机房防护门下方设置地沟进行排风，上方设置送风管道，采用上送下排的方式进行，送风管道距地约 3.0m，送风口位于机房内南侧，排风口位于机房北侧，进风口和排风口对角设置。臭氧经排风管道引至直线加速器机房东南侧的空调机房内的排放机组，再经排风井引至机房所在的 1 号门诊楼楼顶排风口排放，排风口高出屋顶 2m，设置防雨百叶，排风口周围设置围栏，防止人员进入。排放次数为  $1600\text{m}^3/\text{h}$ ，放射治疗机房内换气次数 5 次/h。

验收情况：本项目直线加速器治疗室已安装通风系统，并为该机房更换新的风机。经现场调查，机房防护门下方设置地沟进行排风，上方设置送风管道，采用上送下排的方式进行，送风管道距地约 3.0m，送风口位于机房内南侧，排风口位于机房北侧，

进风口和排风口对角设置。排风口有 3 个，均为 700×400mm 的矩形风口，平均风速为 0.7m/s，总排风量为 2116m<sup>3</sup>/h，机房有效体积 231m<sup>3</sup>，换气次数为 9.16 次/h，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中换气次数不小于 4 次/h 的规定。项目运行时产生的少量臭氧和氮氧化物经排风管道引至 1 号门诊楼楼顶排出，经稀释后对环境影响不大。

经验收调查，本项目产生的臭氧及氮氧化物的处置措施与环评一致，且换气次数较环评阶段有所提高，有利于改善职业工作人员工作场所通风条件。

### 3.4.2.2 废水

环评情况：本项目直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。本项目废水主要来自于运行期间工作人员的生活废水，该部分废水直接排入医院污水处理站进行达标处理，最终排入市政污水管网。

验收情况：本项目产生的少量生活污水依托医院原有的污水处理设施处置，直线加速器冷却系统采用的去离子水为内循环使用，不外排。

经调查，本项目产生的生活废水及直线加速器冷却水的处置措施与环评阶段一致。

### 3.4.2.3 固体废物

环评阶段：本项目一般固体废物为少量办公、生活垃圾，统一收集至医院的垃圾转运站后交由环卫部门统一清运。医疗废物为一些药棉、纱布、手套等医用辅料，进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度，应严格执行医疗垃圾转移联单制度，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。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 $\gamma$ 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。

验收阶段：一般固废统一收集至医院的垃圾转运站后交由环卫部门统一清运；医疗废物进入医疗废物暂存、管理系统。由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。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 $\gamma$ 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。

经验收调查,本项目固体废物处置方式与环评阶段一致。

### 3.3.2.4 噪声

环评阶段:本项目噪声来源主要为通排风风机,拟设置减振降噪和隔声措施,可有效降低噪声。

经调查,本项目对通风系统产生的噪声的处理方式与环评阶段一致。

综上,医院实际建设的辐射安全与防护设施与环评及批复的要求一致,并满足现行标准的要求。

## 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:

### 3.5.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

为进一步规范和加强医院辐射安全与环境保护管理,促进医院辐射应用技术安全与有效利用,保证医用放射源和射线装置的规范使用,根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关的法律法规,云南省第一人民医院于2022年11月11日发布了《云南省第一人民医院关于调整放射防护与辐射管理委员会的通知》,设置放射防护与辐射安全管理委员会。委员会下设辐射安全与环境保护管理委员会办公室,负责日常辐射安全与环境保护管理工作。由于人员变动,分别于2023年3月6日、2024年4月19日和2025年3月18日对放射防护与辐射安全管理委员会成员进行了调整。现管理委员会成员名单及职务如下表:

表3-4 云南省第一人民医院放射防护与辐射安全管理委员会人员名单

职务	人员
主任	侯建红(院长)
副主任	吴洪、宋正己、徐国江
成员	申时银、陈国兵、崔凡、张志清、赵远龙、邓斌、孙鹭、王宇、钟红琼、石霄、王罡、王绍波、寿涛、张宏、万苹、夏翼超、李启艳、陆声、潘学坤、杨峻峰、王砚、龚昆梅、金华、周帅、孟强、张海燕、张云辉、张婵、吴莉
办公室主任	邓斌
办公室成员	彭蕾、陈军、李红霞、杜艳红、马勇、李丽、范庆辉、袁雪丹、范名睿、刘泉、张彩云、夏青、孙瑊、陈斌、赵恒、王勇志、吴明康、洛浩、资能、谢兵华(专职管理员)

委员会下设办公室,办公室在环卫科,具体负责医院放射防护与辐射安全管理委

员会的日常工作。现办公室成员名单如下表：

表 3-5 云南省第一人民医院放射防护与辐射安全管理委员会办公室人员名单

职务	人员
办公室主任	邓 斌
办公室成员	彭 蕾、陈 军、李红霞、杜艳红、马 勇、李 丽、范庆辉、袁雪丹、范名睿、刘 泉、张彩云、夏 青、孙 琰、陈 斌、赵 恒、王勇志、吴明康、洛 浩、资 能、谢 兵华(专职管理员)

### 3.5.2 辐射环境管理规章制度

根据《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（环保部令第 3 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）的相关管理要求，使用放射性同位素的单位应当具备有健全的操作规程、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。

医院已针对本项目医用电子直线加速器机房制定了相关制度，并制度已上墙。

目前医院已具备和制定的管理制度如下：

- (1) 《云南省第一人民医院辐射防护和安全保卫制度》；
- (2) 《云南省第一人民医院射线装置操作规程》；
- (3) 《云南省第一人民医院辐射安全防护设施维护与维修制度》；
- (4) 《云南省第一人民医院射线场所设施退役（报废）管理制度》；
- (5) 《云南省第一人民医院放射源使用管理登记制度》；
- (6) 《云南省第一人民医院工作场所、贮存库和放射性废物辐射安全管理制度》；
- (7) 《云南省第一人民医院放射防护管理规定》；
- (8) 《云南省第一人民医院辐射监测方案》；
- (9) 《云南省第一人民医院监测仪器检验与刻度管理制度》；
- (10) 《云南省第一人民医院辐射工作人员资质管理制度》；
- (11) 《云南省第一人民医院各级辐射工作人员岗位职责》；
- (12) 《云南省第一人民医院辐射工作人员健康及个人剂量管理制度》；
- (13) 《云南省第一人民医院辐射工作人员培训制度》；
- (14) 《云南省第一人民医院放射性废气、废液、固体废物处置方案》；
- (15) 《云南省第一人民医院 X 射线受检者的防护管理规定》；

- (16)《云南省第一人民医院放射诊疗质量保证方案》;
- (17)《云南省第一人民医院放射治疗安全管理制度》;
- (18)《云南省第一人民医院年度评估制度》;
- (19)《云南省第一人民医院事故报告及调查处理制度》;
- (20)《云南省第一人民医院台账管理制度》。

医院制定的各种安全管理制度较全面，具有可行性。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。

### 3.5.3 辐射事故应急

目前医院已成立辐射事故应急指挥部，负责突发辐射事故应急工作。全面承担辐射事故应急预案修订、演练和应急响应等具体工作，并明确了成员职责。同时，目前已制定《辐射事故应急预案》，其主要内容已涵盖：①总则；②组织机构与职责；③预测与预警；④应急信息处置及报告；⑤应急响应；⑥后期处置；⑦应急物资与装备保障；⑧应急预案管理等。其内容较全，措施得当，便于操作，在应对辐射事故和突发性事件时基本可行。

### 3.5.4 辐射安全与防护培训

本项目共有 12 名辐射工作人员，均为原有辐射工作人员，均已取得培训合格证书（详见文后附件）。

### 3.5.5 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 2900 万元，环保投资 232.1 万元，占总投资的 8.0%。本项目实际总投资约 2900 万元，环保投资 248.2 万元，占总投资的 8.6%。

**表 3-4 本项目环保设施（措施）及投资一览表**

类别	环评要求环保设施（措施）	环评投资金额（万元）	实际环保设施（措施）	实际环保投资金额（万元）	备注
辐射屏蔽措施	直线加速器屏蔽机房 1 间	190	直线加速器屏蔽机房 1 间	215	已落实
	防护门一扇	10	防护门一扇	10	
安全装置	门-机联锁装置 1 套	1.0	门-机联锁装置 1 套	1.0	已落实
	视频监控系统 1 套	5.0	视频监控系统 1 套	5.0	
	语音播报机对讲装置 1	0.5	语音播报机对讲	0.5	

	套		装置 1 套		
	工作状态指示灯(门-灯 联锁) 1 套	1.0	工作状态指示灯 (门-灯联锁) 1 套	1.0	
	紧急开门装置 1 套	0.5	紧急开门装置 1 套	0.5	
	紧急止动开关 1 套共 7 个	2.0	紧急止动开关 1 套 共 7 个	2.0	
	固定式剂量报警装置 1 台	1.0	固定式剂量报警 装置 1 台	2.1	
	监督区、控制区划定地标 线机电离辐射警示标识 1 套	0.1	监督区、控制区划 定地标线机电离 辐射警示标识 1 套	0.1	
个人防 护用品	个人剂量计 12 个、个人 剂量报警仪 1 台、X-γ 辐 射剂量率监测仪 1 台	5.0	个人剂量计 12 个、 个人剂量报警仪 1 台、X-γ 辐射剂量 率监测仪 1 台	/	已落 实，依 托原有
废气	独立通排风系统	纳入主体工 程范围	独立通排风系统	纳入主体工 程范围	已落实
培训	辐射工作人员、管理人员 及应急人员的组织培训	5.0	辐射工作人员、管 理人员及应急人 员的组织培训	5.0	已落实
规章制 度	辐射相关规章制度 上墙	1.0	辐射相关规章管 理制度上墙	1.0	已落实
事故应 急	应急和救助的物资准备 (应急通信设备、警戒 线、警示标牌、应急演 练、医疗箱等)	10.0	应急和救助的物 资准备(应急通信 设备、警戒线、警 示标牌、应急演 练、医疗箱等)	5.0	已落实
合计		232.1		248.2	

## 表四 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

### 4.1 建设项目环境影响报告表主要结论:

本项目由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）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：

#### 4.1 项目概况

本项目拟在 1 号门诊楼负二楼直线加速器机房(二)新增一台医用电子直线加速器，生产厂家和型号未定，最大 X 射线能量 6MV，X 射线等中心 1m 处剂量率最大为 14Gy/min，属于II类射线装置。该直线加速器配置有调强功能及 6MV 射线能量下非均整(FFF)模式，配套有千伏级锥形束 CT(简称“CBCT”), CBCT 与加速器为不同的射线源，其球管和探测器分别安装在机架的两侧，CBCT 的最大管电压 150kV，最大管电流 630mA，主射束方向朝向南侧墙、北侧墙、顶棚、地面。

#### 4.2 本项目产业政策和规划符合性分析

根据国家发展和改革委员会 2023 年第 7 号令《产业结构调整指导目录(2024 年本)》相关规定，本项目属于第十三项“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，符合国家产业发展政策。

本项目位于云南省第一人民医院 1 号门诊楼负二层内，根据昆明市自然资源和规划局 2024 年 3 月 29 日发布《昆明市主城五区控制性详细规划》，项目所在区域用地性质为医疗卫生用地，本项目不涉及新增用地，故本项目建设符合《昆明市主城五区控制性详细规划》。

#### 4.3 本项目选址及平面布置合理性分析

##### (1) 选址合理性分析

本项目位于院内 1 号门诊楼负二楼,1 号门诊楼北侧为医院道路，东侧为医院道路、二号门诊楼，南侧为医院道路和四号住院楼，西侧为医院道路、临时医技楼和三号门诊楼。本项目 50m 评价范围内无自然保护区、风景名胜区、学校、名胜古迹等环境敏感点。本项目不毗邻产科、儿科等科室(产科位于六号楼九、十楼，距本项目直线距离

最近约 180m；儿科位于五号楼八、九楼，距本项目直线距离约 96m)同时避开了医院内人流量较大的住院区域、门诊大厅区域，同时与周围非辐射工作场所有明确的分界隔离，并有实体屏蔽措施，本项目的开展通过辐射屏蔽措施后对周围环境影响较小，项目选址合理。

#### (2)平面布置合理性分析

本项目医用电子直线加速器机房布局相对封闭且独立，满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)要求，各组成部分功能分区明确，满足诊治工作要求，既能有机联系，又不相互干扰，从辐射安全的角度考虑，本项目平面布置及人流、物流路径是合理的。

### 4.4 工程所在地区环境质量现状

经过对与本项目相关的医院辐射环境现状监测，本项目拟建直线加速器机房内及周围 X- $\gamma$  辐射剂量率范围为 28nGy/h~46nGy/h，医院周围环境本底 X- $\gamma$  辐射剂量率为 27nGy/h~30nGy/h，处于当地天然辐射水平范围内。

### 4.5 环境影响评价分析结论

#### (1)辐射环境影响分析

经模式预测，在正常工况下，本项目建成后，职业人员年受照射最大值为  $1.83 \times 10^{-1}$ mSv/a，公众年受照射最大值为  $1.6 \times 10^{-2}$ mSv/a，满足职业人员 5mSv/a、公众 0.1mSv/a 的剂量约束值要求。叠加其他辐射影响后，职业人员年受照剂量最大值为 1.02mSv/a，公众受照剂量最大为  $3.41 \times 10^{-2}$ mSv/a，满足职业人员 5mSv/a、公众 0.1mSv/a 的剂量约束值要求。

#### (2)水环境影响分析

本项目直线加速器运行期间不产生医疗废水和放射性废水，加速器冷却系统采用去离子蒸馏水，内循环使用，不会产生废水，加速器设备自带水流量监测开关，当加速器中的大功率负载等的冷却水流量不满足要求时，加速器将自动切断高压电源，由于燕发耗损，需要补充去离子蒸馏水时由厂家派专人补充。

本项目运营期间废水主要为医护人员日常办公产生的生活污水，生活污水产生量较少，本项目产生的生活污水接入医院污水管网，进入医院现有污水处理系统处理达标后排入市政污水管网，医院现有污水处理系统采用“预处理→二级生化→砂滤+纤维转盘过滤→次氯酸钠消毒”处理工艺，处理规模为 2000m<sup>3</sup>/d，根据建设单位资料，医院目

前废水排放量最大为 $120\text{m}^3/\text{d}$ , 剩余 $800\text{m}^3/\text{d}$ 处理能力, 能满足本项目少量生活污水处理需求, 处理后的废水排入市政污水管网, 最终排入昆明市第一水质净化厂, 对地表水环境影响较小。

(3)大气的环境影响分析本项目射线装置在运行过程中产生的臭氧经排风系统排出后浓度低于《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中规定的二级标准限值要求, 对周围大气环境影响较小

#### (4)固体废物的环境影响分析

本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料, 进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度, 应严格执行医疗垃圾转移联单制度, 由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理, 工作人员产生的少量办公、生活垃圾, 统一收集至医院的垃圾转运站后交由环卫部门统一处理, 本项目产生的固体废物经妥善处理后对周围环境影响较小。

#### (5)声环境影响分析

通排风风机工作时将产生一定的噪声, 噪声源强最大为 $65\text{dB(A)}$ 。其中, 直线加速器的通排风风机位于同层的空调机房内, 风机房设置减振降噪和隔声措施, 风机噪声通过减振降噪、机房墙体阻隔和距离衰减后, 对周围声环境影响较小。

### 4.6 环保设施与保护目标

建设单位需按环评要求配备较全、效能良好的环保设施, 使本次环评中确定的绝大多数保护目标, 所受的辐射剂量, 保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

### 4.7 医院辐射安全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全, 有领导分管, 人员落实, 责任明确, 辐射工作人员配置合理, 考试(核)合格, 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, 可满足防护实际需要。对本次设备和场所而言, 建设单位在一落实设计的环保设施和相关法律法规要求后, 建设单位具备使用II类射线装置的辐射安全管理的综合能力。

### 4.8 项目环保可行性结论

通过对照国家有关要求对本项目从事辐射活动能力的逐项分析, 医院依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第449号令)及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保部第18号令)及《生态环境部(国家核安全局)核技术利用项

目监督检查技术程序》(2020年发布版)中关于使用医用射线装置使用条件的相关规定,拟采取的辐射防护设施(措施)较齐全,防护效果可满足辐射防护要求;在落实本报告提出的要求后,基本具备了使用II类类射线装置的综合管理能力。

## 4.2 项目环评批复要求及落实情况

云南省生态环境厅于2024年11月11日以“云环审〔2024〕2-21号”对《云南省第一人民医院新增一台医用电子直线加速器核技术利用项目》环境影响报告表做出批复。批复具体要求及落实情况见下表。

表 4-1 环境影响报告表批复内容与实际建设情况对照一览表

环境影响报告表批复内容	实际建设情况
进一步做好辐射工作场所屏蔽防护工程的设计,规范辐射安全联锁和辐射防护设施,加强施工全过程的观念和监控,建立工程施工档案,对隐蔽工程须将设计图、影像、施工图片等资料存档备查。	已落实。建设单位委托北京世纪中天国际建筑设计有限公司进行专业的评估防护工程设计,委托云南昭朝工程咨询有限公司作为施工监理单位,对施工过程进行全过程监理,并做好监理、施工档案。
加速器机房应按要求安装固定式辐射剂量监测报警仪,医用电子直线加速器的安装必须按照《报告表》提出的既定摆位方式和确定的中心点位置进行。	已落实。已安装固定式辐射剂量监测报警仪一套(迷道内入口处和机房入口处各设置一个探头),医用电子直线加速器已按《报告表》位置进行安装。
严格执行《电离辐射防护与放射源安全基本标准》(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年平均有效剂量控制在5mSv以内,公众照射年有效剂量控制在0.25mSv以内。	已落实。根据验收监测结果可知,项目职业人员和公众所受年有效剂量满足《电离辐射防护与放射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《报告表》中规定的电离辐射安全管理限值。
全面落实辐射安全和应急响应主体责任,制定辐射防护和安全管理制度,完善辐射事故应急预案,定期开展辐射事故风险评估和应急演练,做好辐射事故应急准备工作,提高辐射事故应急处置能力。	已落实。已制定辐射防护和安全管理制度,部分制度已上墙。设备运营期,医院定期开展辐射事故风险评估和应急演练,做好辐射事故应急准备工作,提高辐射事故应急处置能力。
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。	辐射安全许可证正在办理过程中,医院承诺于每年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。
项目地点、性质、规模和污染防治措施发生变动的,应向有审批权限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的,其环境影响评价文件应当报云南省生态环境厅重新审核。	已落实。本项目已建成,项目地点、性质、规模和污染防治措施均未发生重大变动。
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。项目竣工后依法开展竣工环保验收工作。	已落实。项目严格落实了“三同时”制度,目前直线加速器机房及辐射防护设施已安装并正常运行,符合竣工环境保护验收条件。

### 4.3 项目实际建设情况与环评及批复内容的差异

通过查阅施工监理报告和参加隐蔽工程施工现场检查，机房的北侧、西侧、东侧屏蔽墙体的总防护铅当量与环评报告内容一致。为提高南侧主屏蔽墙的综合防护效果，施工过程中，对南侧主屏蔽墙体部分区域进行了铅板加强防护。对照《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），本项目设计和施工过程中未发生重大变动。对照环评报告及其批复文件，本项目建设地点、建设规模、辅助工程房间位置、设备主要技术参数、主射束方向、年出束时间、工作方式、工艺流程、污染物产生种类与环评阶段设计均保持一致，无重大变动发生。

## 表五 验收监测质量保证及质量控制

### 质量保证及质量控制

本次监测单位为云南晟蔚环保科技有限公司，具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书(编号：232512020062)，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。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。

## 表六 验收监测内容

根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)、《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)的要求以及本项目环境影响报告表及其批复，结合本次验收项目的工艺特点，本项目竣工环境保护验收监测内容为：

- (1)检查本项目新增的医用电子直线加速器在验收监测期间的运行工况是否符合建设项目竣工环境保护验收监测要求,监测正常运行工况条件下加速器机房（二）周围X- $\gamma$ 辐射剂量率。
- (2)监测、检查落实环评报告表和生态环境主管部门批复提出的各项辐射污染防治措施情况及其效果。
- (3)检查已制定的各项辐射管理制度是否符合相关法规要求。

### 6.1 监测项目

X- $\gamma$ 辐射剂量率。

### 6.2 监测点位

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- $\gamma$ 辐射剂量率。监测点位布置图见图6-1、6-2、6-3，监测点位见表6-1。

表 6-1 监测点位一览表

序号	监测点位描述
1	东墙外 30cm处（控制室）
2	东墙外 30cm处（设备间）
3	设备操作位
4	机房铅门外 30cm处（左）
5	机房铅门外 30cm处（中）
6	机房铅门外 30cm处（右）
7	机房铅门外 30cm处（上）
8	机房铅门外 30cm处（下）
9	南侧主屏蔽墙外 30cm处（直线加速器机房一）

10	南侧次屏蔽墙外 30cm处 (直线加速器机房一)
11	电缆沟出口
12	正上方次屏蔽区 (-1F模拟定位机房)
13	正上方主屏蔽区 (1F机动车道)
14	正上方次屏蔽区 (绿化)
15	机动车库坡道
16	3号门诊楼入口
17	临时医技楼入口
18	立体停车库
19	1号门诊楼入口
20	2号门诊楼旁
21	4号住院楼入口

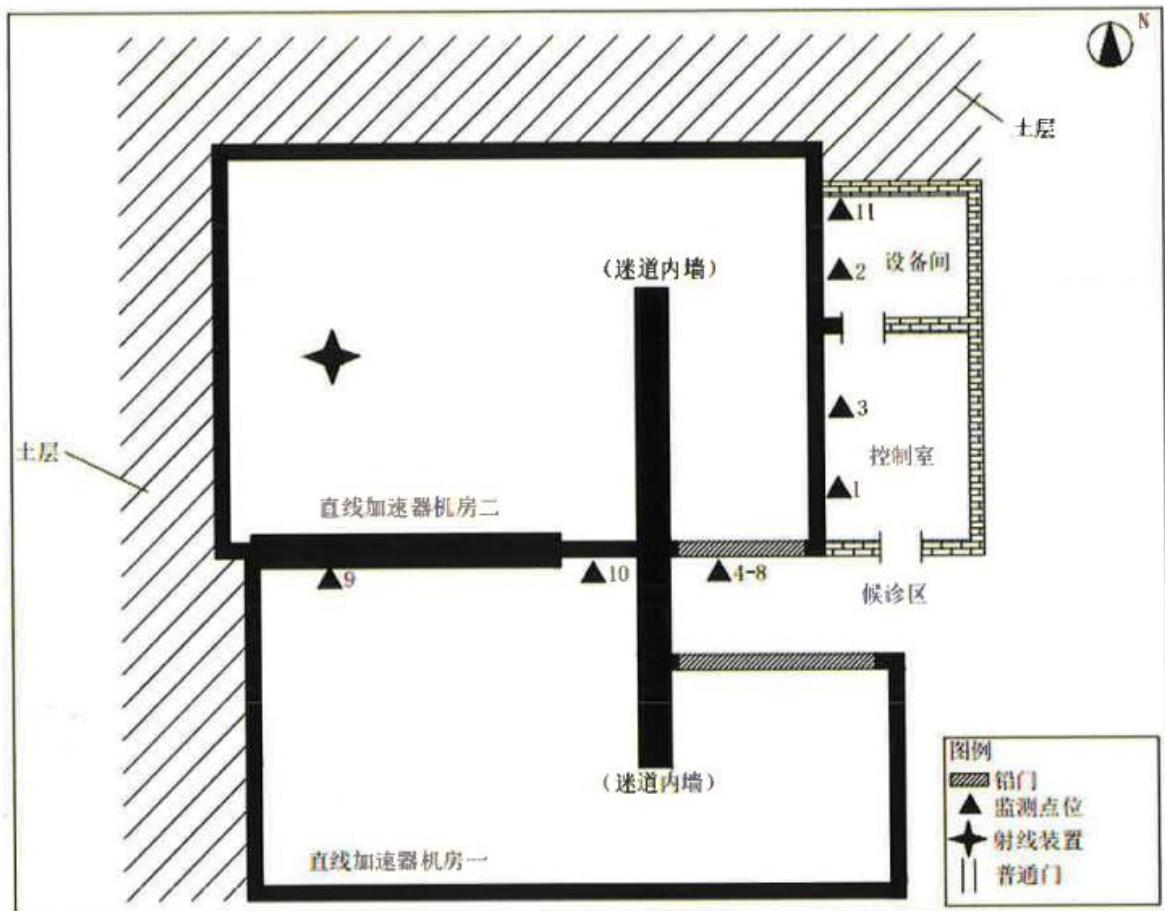


图 6-1 Elekta Infinity 直线加速器工作场所环境 X-γ剂量率监测点位示意图

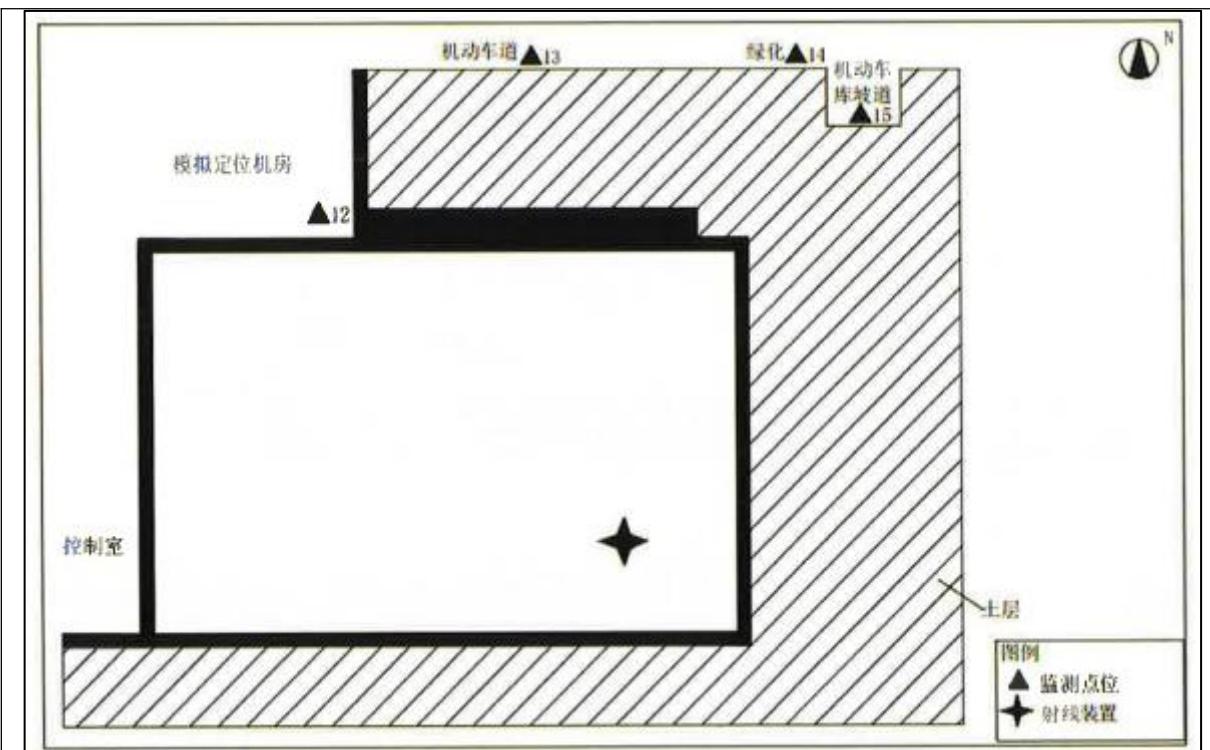


图 6-2Elekta Infinity 直线加速器工作场所环境 X- $\gamma$ 剂量率监测点位示意图（剖面图）

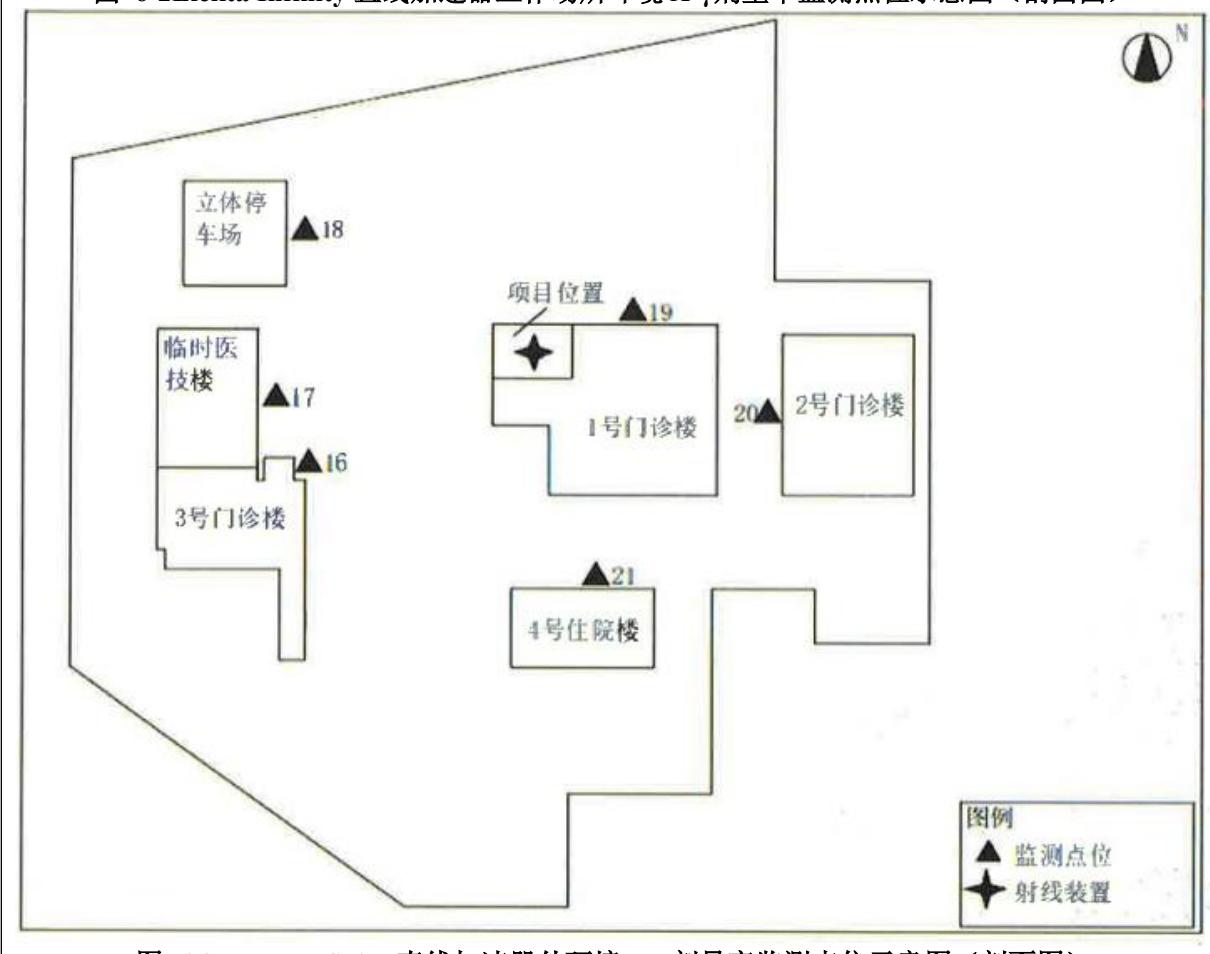


图 6-2Elekta Infinity 直线加速器外环境 X- $\gamma$ 剂量率监测点位示意图（剖面图）

### 6.3 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。本次验收监测所用仪器详细信息见下表。

表 6-2 主要监测设备信息一览表

设备名称	辐射防护剂量仪
设备型号	AT1121
设备编号	SWHB-NO.089
能响范围	0.06 ~ 10MeV
鉴定单位	上海市计量测试技术研究院
鉴定证书编号	2025H21-20-6071787001
检定有效期	2025年08月22日~2026年08月21日

### 6.4 监测分析方法

本次监测项目的监测方法及方法来源见表6-3。

表 6-3 监测方法及来源

监测项目	监测方法	方法来源
环境X-γ剂量率	现场监测	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 HJ1157-2021

## 表七 验收监测

### 7.1 验收监测期间运行工况

2025年8月29日，云南晟蔚环保科技有限公司监测技术人员在医院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：25°C； 湿度：50%； 天气状况：阴

#### 2、验收监测工况

表7-1 监测工况表

名称	型号	能量 (MV)	剂量率(MU/min)	安装位置
医用电子直线加速器	Elekta Infinity	6	1400	1号门诊楼负二楼放疗科直线加速器（二）

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。

### 7.2 验收监测结果：

本项目 X-γ 剂量率监测结果见表 7-2。

表 7-2 X-γ 剂量率监测结果

序号	监测点位描述	环境 X-γ 剂量率 (单位: μSv/h)	
		未出束	出束
1	东墙外 30cm 处（控制室）	0.116±0.001	0.118±0.001
2	东墙外 30cm 处（设备间）	0.115±0.002	0.119±0.001
3	设备操作位	0.112±0.001	0.114±0.001
4	机房铅门外 30cm 处（左）		0.254±0.003
5	机房铅门外 30cm 处（中）		0.55±0.02
6	机房铅门外 30cm 处（右）	0.108±0.001	0.292±0.004
7	机房铅门外 30cm 处（上）		0.43±0.02
8	机房铅门外 30cm 处（下）		1.48±0.02
9	南侧主屏蔽墙外 30cm 处 (直线加速器机房一)	0.125±0.001	0.97±0.02
10	南侧次屏蔽墙外 30cm 处 (直线加速器机房一)	0.125±0.001	0.73±0.02
11	电缆沟出口	0.113±0.001	0.117±0.001
12	正上方次屏蔽区 (-1F 模拟定位机房)	0.123±0.001	0.125±0.001
13	正上方主屏蔽区 (1F 机动车道)	0.107±0.001	0.108±0.001

14	正上方次屏蔽区（绿化）	0.110±0.001	0.112±0.001
15	机动车库坡道	0.114±0.001	0.115±0.001
16	3号门诊楼入口	0.105±0.001	0.106±0.001
17	临时医技楼入口	0.110±0.001	0.111±0.001
18	立体停车库	0.118±0.001	0.120±0.001
19	1号门诊楼入口	0.110±0.001	0.112±0.001
20	2号门诊楼旁	0.106±0.001	0.108±0.001
21	4号住院楼入口	0.110±0.001	0.112±0.001
备注	1.根据医院提供参数，监测时的工况为：		
	名称	型号	X射线能量(MV)
	医用直线加速器	Elekta Infintiy	6
	2.本次监测结果未扣除宇宙射线响应值；		
	3.监测点位距地面1m，特殊监测点位根据点位实际高度进行监测；		
	4.①监测1~3、10~11点位时，机架90°，准直器0°，等中心放置水模，有用线束方向朝南；②监测4~8号点位时，机架270°，准直器0°，等中心放置水模，有用线束方向朝北；③监测9号点位时，机架90°，准直器45°，等中心无水模，有用线束方向朝南；④监测12、14~21号点位时，机架180°，准直器0°，等中心放置水模，有用线束方向朝上；⑤监测13号点位时，机架180°，准直器45°，等中心无水模，有用线束方向朝上。		

### 7.3 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开机状态下，加速器机房周围距离屏蔽体外30cm处的X-γ辐射剂量率监测值为0.114μGy/h~1.48μGy/h，即0.114μSv/h~1.48μSv/h；验收范围内敏感目标处X-γ辐射剂量率监测值为0.108μGy/h~0.125μGy/h，即0.108μSv/h~0.125μSv/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，对各关注点位处公众及职业人员的有效剂量进行计算。

$$E = D \times t \times \sum W_T \times \sum W_R \quad (式7-1)$$

式中:E-本项目人员受到的年有效剂量, Sv/a;

D-X- $\gamma$ 射线空气吸收剂量率附加值, Gy/h;

t-X- $\gamma$ 年受照时间, h/a;

W<sub>T</sub>-组织权重因数, 全身为1;

W<sub>R</sub>-辐射权重因数, 本项目为1。

根据医院提供资料, 本项目使用的直线加速器治疗的病人每天约100人次, 周治疗时间为6.25h, 每周工作5天, 每年工作250天, 则年治疗时间为312.5h。

本项目职业人员及公众的居留因子依据《云南省第一人民医院新增一台医用直线加速器核技术利用项目环境影响报告表》及其批复进行取值。本项目加速器正常工作时, 职业人员及公众受照剂量计算结果见表7-3, 表7-4。

表7-3 本项目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)	监测点位描述	居留因子	本项目剂量率( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	年有效剂量(mSv)	受照类型
1	312.5h	东墙外30cm处(控制室)	1	0.002	6.25E-04	职业
2		东墙外30cm处(设备间)	1/4	0.004	3.12E-04	职业
3		设备操作位	1	0.002	6.25E-04	职业
4		机房铅门外30cm处(左)	1/4	0.146	1.14E-02	公众
5		机房铅门外30cm处(中)	1/4	0.442	3.45E-02	公众
6		机房铅门外30cm处(右)	1/4	0.184	1.44E-02	公众
7		机房铅门外30cm处(上)	1/4	0.322	2.52E-02	公众
8		机房铅门外30cm处(下)	1/4	1.072	8.38E-02	公众
9		南侧主屏蔽墙外30cm处(直线加速器机房一)	1/2	0.845	1.32E-01	职业
10		南侧次屏蔽墙外30cm处(直线加速器机房一)	1/2	0.605	9.45E-02	职业
11		电缆沟出口	1/4	0.004	3.13E-04	职业
12		正上方次屏蔽区(-1F模拟定位机房)	1/2	0.002	3.13E-04	职业

13		正上方主屏蔽区(1F 机动车道)	1/16	0.001	1.95E-05	公众
14		正上方次屏蔽区(绿 化)	1/16	0.002	3.91E-05	公众
15		机动车库坡道	1/16	0.001	1.95E-05	公众
16		3号门诊楼入口	1/16	0.001	1.95E-05	公众
17		临时医技楼入口	1/16	0.001	1.95E-05	公众
18		立体停车库	1/16	0.002	3.91E-05	公众
19		1号门诊楼入口	1/16	0.002	3.91E-05	公众
20		2号门诊楼旁	1/16	0.002	3.91E-05	公众
21		4号住院楼入口	1/16	0.002	3.91E-05	公众

注：本项目剂量率为出束状态扣除未出束状态数据。

表 7-4 本项目年工作状况及职业人员、公众受照剂量估算表（按出束时剂量率计算）

序号	年受照时间 (h)	监测点位描述	居留因子	本项目剂量 率( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	年有效剂量 ( $\text{mSv}$ )	受照类型
1	312.5h	东墙外 30cm 处(控 制室)	1	0.118	3.69E-02	职业
2		东墙外 30cm 处(设 备间)	1/4	0.119	9.30E-03	职业
3		设备操作位	1	0.114	3.56E-02	职业
4		机房铅门外 30cm 处 (左)	1/4	0.254	1.98E-02	公众
5		机房铅门外 30cm 处 (中)	1/4	0.55	4.30E-02	公众
6		机房铅门外 30cm 处 (右)	1/4	0.292	2.28E-02	公众
7		机房铅门外 30cm 处 (上)	1/4	0.43	3.36E-02	公众
8		机房铅门外 30cm 处 (下)	1/4	1.18	9.22E-02	公众
9		南侧主屏蔽墙外 30cm 处(直线加速器 机房一)	1/2	0.97	1.52E-01	职业
10		南侧次屏蔽墙外 30cm 处(直线加速器 机房一)	1/2	0.73	1.14E-01	职业
11		电缆沟出口	1/4	0.117	9.14E-03	职业
12		正上方次屏蔽区 (-1F 模拟定位机 房)	1/2	0.125	1.95E-02	职业
13		正上方主屏蔽区(1F 机动车道)	1/16	0.108	2.11E-03	公众
14		正上方次屏蔽区(绿 化)	1/16	0.112	2.19E-03	公众
15		机动车库坡道	1/16	0.115	2.25E-03	公众

16		3号门诊楼入口	1/16	0.106	2.07E-03	公众
17		临时医技楼入口	1/16	0.111	2.17E-03	公众
18		立体停车库	1/16	0.120	2.34E-03	公众
19		1号门诊楼入口	1/16	0.112	2.19E-03	公众
20		2号门诊楼旁	1/16	0.108	2.11E-03	公众
21		4号住院楼入口	1/16	0.112	2.19E-03	公众

通过估算，本项目直线加速器职业人员受照剂量最大为  $1.32 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ ，满足职业人员年有效剂量  $5 \text{mSv/a}$  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  $8.38 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足公众年有效剂量  $0.1 \text{mSv/a}$  的限值标准。即使完全按出束时的剂量率估算职业人员和公众年有效剂量，也同样满足环评批复中年有效剂量限值要求。

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  $50\text{m}$  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。

### (3) 职业人员个人剂量叠加

根据云南省第一人民医院《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告（2024年度）》，本项目12名工作人员2024年度的个人剂量监测结果如7-5所示。

表 7-5 本项目工作人员 2024 年度个人剂量监测结果汇总（单位：mSv）

序号	姓名	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	合计
1	曾蓉	0.16	0.13	0.13	0.16	0.58
2	范庆辉	0.17	0.16	0.18	0.19	0.70
3	冯玮	0.16	0.14	0.17	0.11	0.58
4	何凌	0.14	0.21	0.18	0.22	0.75
5	侯黎	0.13	0.11	0.15	0.18	0.57
6	黄思宇	0.20	0.17	0.17	0.19	0.73
7	邵建恒	0.09	0.08	0.15	0.08	0.40
8	王凯	0.14	0.12	0.15	0.19	0.60
9	谢構	0.18	0.16	0.18	0.15	0.67
10	张国桥	0.12	0.14	0.17	0.18	0.61
11	赵蓉	0.12	0.16	0.17	0.17	0.62
12	纪华	0.14	0.17	0.19	0.17	0.67

本项目辐射工作人员除操作本项目直线加速器外，还操作放疗科一台直线加速器和一台后装机，由表7-5可知，本项目工作人员2024年度的个人剂量最大值为  $0.75 \text{mSv}$ 。叠加本项目对职业人员造成的大剂量  $1.32 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$  后，职业人员年受照射最大值为  $0.882 \text{mSv/a}$ ，满足职业人员  $5 \text{mSv/a}$  的剂量约束值要求。

## 表八 验收监测结论

### 8.1 验收监测结论

本次验收内容为批复的云南省第一人民医院新增一台医用电子直线加速器核技术利用项目建设内容，通过现场检查和查阅竣工图纸，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、射线装作主要技术参数、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等与环评及批复中基本一致，无重大变动。

通过现场调查、现场监测及计算结果：

1、本项目设置装置机房屏蔽体厚度满足环评要求，对 X 射线起到有效的屏蔽作用，机房设置了安全联锁、警示标志、工作指示灯、监视对讲装置及紧急停机按钮，划定了两区范围，限值无关人员的进入，保证职业人员及工作的安全。

2、由监测结果可知，本项目直线加速器在未出束状态下，工作场所各监测点的环境 X- $\gamma$  剂量率测量值在  $0.106\mu\text{Sv}/\text{h} \sim 0.125\mu\text{Sv}/\text{h}$  之间；直线加速器在能量为 6MV 的条件下出束时，工作场所外各关注点的环境 X- $\gamma$  剂量率监测值在  $0.108\mu\text{Sv}/\text{h} \sim 1.48\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足环评报告表中确定的剂量率参考控制水平的要求。

3、由监测及估算结果表明，本项目直线加速器职业人员受照剂量最大为  $1.32 \times 10^{-1}\text{mSv/a}$ ，满足职业人员年有效剂量  $5\text{mSv/a}$  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  $8.38 \times 10^{-2}\text{mSv/a}$ ，满足公众年有效剂量  $0.1\text{mSv/a}$  的限值标准；经机房实体屏蔽防护厚，对评价范围（50m）内环境保护目标环境影响较小。满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中职业人员的剂量约束值  $5\text{mSv/a}$  和公众的剂量约束值  $0.1\text{mSv/a}$ 。

4、机房排风量满足设计要求，运行过程中产生的臭氧和氮氧化物经排风系统引至屋顶排放，经自然稀释后对环境影响较小。

5、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《云南省第一人民医院新增一台医用电子直线加速器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。

## 8.2 建议

- 1、认真学习《中华人民共和国放射性污染防治法》等有关法律法规，不断提高核安全文化素养和安全意识。
- 2、定期检查各项辐射防护措施、安全连锁装置，确保其有效工作；定期对工作场所进行辐射监测并建立监测档案；定期开展辐射事故应急演练，提高事故应急能力，并根据实际情况记下了应急预案修订和完善，使其具有针对性和可操作性。
- 3、按时编写辐射环境防护和安全状况年度评估报告，每年1月31日前上传国家核技术利用辐射安全监管系统。
- 4、辐射工作人员个人剂量档案和职业健康体检档案应当终身保存。
- 5、重视辐射工作人员辐射安全与防护培训和考核，不断完善辐射工作人员培训计划；如有新进辐射工作人员及时安排参加辐射安全与防护考核，考核合格后方能上岗。
- 6、优化叫号系统，避免同名同姓的人员在相近时间段内同时等候治疗。

### 建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表

填表单位(盖章): 云南省第一人民医院

填表人(签字):

项目经办人(签字):

建设 项 目	项目名称	云南省第一人民医院新增一台医用直线加速器核技术利用项目竣工环境保护验收监测报告表				项目代码	/		建设地点	云南省昆明市西山区金碧路 157 号			
	行业类别	核技术利用建设项目			建设性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造			项目厂区中心经度/纬度	/		
	设计生产能力	治疗工作量最大为 100 人次/d, 每周工作 5 天			实际生产能力		治疗工作量最大为 100 人次/d, 每周工作 5 天			环评单位	四川省自然资源实验测试研究中心		
	环评文件审批机关	云南省生态环境厅			审批文号		云环审[2024]2-21 号			环评文件类型	环境影响报告表		
	开工日期	2025 年 04 月			竣工日期		2025 年 08 月			排污许可证申领时间	/		
	环保设施设计单位	北京世纪中天国际建筑设计有限公司			环保设施施工单位		广东粤烽建筑工程有限公司			本工程排污许可证编号	/		
	验收单位	云南晟蔚环保科技有限公司			环保设施监测单位		云南晟蔚环保科技有限公司			验收监测时工况	正常		
	投资总概算	2900			环保投资总概算(万元)		232.1			所占比例(%)	8.0%		
	实际总投资	2900			实际环保投资(万元)		248.2			所占比例(%)	8.6%		
	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)	248.2
	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	250 天/年	
	运营单位	云南省第一人民医院			运营单位社会统一信用代码(或组织机构代码)				12530000431201816X			验收时间	2025 年 9 月
污染 物排 放达 标与 总量 控制 (工 业建 设项 目详 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)	本期工程自身消减量(5)	本期工程实际排放量(6)	本期工程核定排放量(7)	本期工程“以新带老”消减量(8)	全厂实际排放总量(9)	全厂核定排放总量(10)	区域平衡替代消减量(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)

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; 大气污染物排浓度——毫克/立方米;  
水污染物排放量——吨/年; 大气污染物排放量——吨/年