

梧州市人民医院
新建医用电子直线加速器应用项目
竣工环境保护验收报告

建设单位：梧州市人民医院

2023年6月



第一部分

验收监测报告表

目 录

第一部分 验收监测报告表

附件 1 环境影响报告表的批复

附件 2 辐射安全许可证

附件 3 监测报告

附件 4 辐射安全和防护培训考核合格证

附件 5 情况说明

附件 6 个人剂量检测报告

第二部分 验收意见

第三部分 其他需要说明的事项

附件 1 放射防护管理机构

附件 2 环境保护规章制度

附件 3 放射事故和核事故应急处理预案

新建医用电子直线加速器应用项目
竣工环境保护验收监测报告表

桂辐（验收）字[2023]第9号

建设单位：梧州市人民医院



编制单位：广西壮族自治区辐射环境监督管理站

2023年4月

梧州市人民医院新建医用电子直线加速器应用项目

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：梁满桐

填表人：梁满桐

审核：彭文斌

签发：许明波

参加人员：张巍、于慧君、崔伦

建设单位：梧州市人民医院
(盖章)



电话：0774-2826109

邮编：543000

地址：梧州市长洲区三龙大道 139 号。

编制单位：广西壮族自治区辐射环境
监督管理站 (盖章)



电话：0771-5786245

邮编：530022

地址：南宁市青秀区蓉菜大道 80 号。

表一 项目总体情况及验收执行标准

建设项目名称	新建医用电子直线加速器应用项目				
建设单位名称	梧州市人民医院				
建设项目性质	新建√ 改扩建 技改 迁建				
建设地点	梧州市长洲区三龙大道 139 号医院门诊医技楼负一层直线加速器室				
主要产品名称	/				
设计生产能力	使用 1 台 6MeV 医用电子直线加速器和 1 台 15MeV 医用电子直线加速器（属 II 类射线装置），1 台 CT 定位机（属 III 类射线装置）。				
实际生产能力	使用 1 台 15MeV 医用电子直线加速器（属 II 类射线装置），1 台 6MeV 医用电子直线加速器和 1 台 CT 定位机取消建设。				
建设项目环评时间	2015 年 5 月	开工建设时间	2019 年 9 月		
调试时间	2020 年 11 月	验收现场监测时间	2022 年 10 月 18 日		
环评报告表审批部门	原广西壮族自治区环境保护厅	环评报告表编制单位	广西壮族自治区辐射环境监督管理站		
环保设施设计单位	梧州市建筑设计院	环保设施施工单位	广西今朝建筑安装工程有限公司		
投资总概算	3640 万元	环保投资总概算	720 万元	比例	19.8%
实际总概算	2543 万元	环保投资	413 万元	比例	16.2%
验收监测依据	<p>1、《中华人民共和国环境保护法》，于 2014 年 4 月 24 日修订公布，自 2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>2、《中华人民共和国环境影响评价法》，于 2018 年 12 月 29 日修订实施；</p> <p>3、《建设项目环境保护管理条例》，于 2017 年 7 月 16 日修订，自 2017 年 10 月 1 日起施行；</p>				

	<p>4、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，于 2017 年 11 月 20 日公布并实施；</p> <p>5、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号），于 2018 年 5 月 15 日公布；</p> <p>6、《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），于 2005 年 9 月 14 日公布，自 2005 年 12 月 1 日起施行；依据 2014 年 7 月 29 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令第 653 号）进行了修订；依据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令第 709 号）再次修订；</p> <p>7、《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），2021 年修订版；</p> <p>8、《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），于 2011 年 4 月 18 日公布，自 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>9、《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 第 66 号），2017 年 12 月 5 日公布并施行；</p> <p>10、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），2021 年 3 月 19 日发布，2021 年 5 月 1 日实施；</p> <p>11、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），2021 年 2 月 24 日发布，2021 年 5 月 1 日实施；</p> <p>12、《梧州市人民医院新建医用电子直线加速器应用项目环境影响报告表》，广西壮族自治区辐射环境监督管理站，2015 年 5 月；</p>
--	--

	<p>13、《广西壮族自治区环境保护厅关于梧州市人民医院新建医用电子直线加速器应用项目环境影响报告表的批复》（见附件 1），原广西壮族自治区环境保护厅，桂环审〔2015〕136 号，2015 年 8 月 11 日。</p>
验收执行标准	<p>1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。</p> <p>第 4.3.2.1 款，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。</p> <p>第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：</p> <p>a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv。</p> <p>第 B1.2 款 公众照射</p> <p>实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：</p> <p>a) 年有效剂量，1mSv。</p> <p>环评及批复文件取其年平均有效剂量限值的四分之一作为管理约束值，即 5mSv 作为职业人员的年剂量管理约束值，0.25mSv 作为公众成员剂量约束值。</p> <p>2、《放射治疗机房辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）</p> <p>本部分规定了医用放射治疗机房辐射屏蔽的剂量参考控制水平、一般屏蔽要求和辐射屏蔽评价要求。</p>

	<p>本部分适用于外照射源治疗装置的机房。</p> <p>该标准第 3.1 款规定治疗机房墙和入口门外的周围剂量当量率参考控制水平。</p> <p>标准第 3.1.2 款规定距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处：</p> <p>$He \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$（人员全居留场所，$T > 1/2$）</p> <p>$He \leq 10 \mu\text{Sv/h}$（人员部分和偶然居留场所，$T \leq 1/2$）。</p> <p>3、《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）</p> <p>该标准第 6 款规定治疗室防护和安全操作要求。</p> <p>第 6.1 款治疗室的防护要求：6.1.1 治疗室选址、场所布局和防护设计应符合 GB18871 的要求，保障职业场所和周围环境安全；6.1.2 有用线束直接投照的防护墙（包括天棚）按初级辐射屏蔽要求设计，其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计，辐射屏蔽设计应符合 GBZ/T 201.1 的要求；6.1.3 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的同围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$；6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果；6.1.5 X 射线能量超过 10MeV 的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护；6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备；6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45 m^2；6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器连锁；6.1.9 相关位置（例如治疗室入口处上方等）应安装醒目的射指示灯及辐射标志；6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。</p>
--	--

验收参照标准	<p>1、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）</p> <p>本标准规定了医疗机构开展放射治疗过程中的辐射安全与防护要求。</p> <p>本标准适用于医疗机构放射治疗相关活动中的辐射工作人员和公众的辐射安全与防护管理。</p> <p>4 一般要求</p> <p>4.8 辐射工作人员和公众成员的辐射照射应符合 GB 18871-2002 中剂量限值相关规定。</p> <p>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：</p> <p>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。</p> <p>b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。</p> <p>6 放射治疗场所辐射安全与防护要求</p> <p>6.1 屏蔽要求</p> <p>6.1.4 剂量控制应符合以下要求：</p> <p>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：</p> <p>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 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$):</p> <p>机房外辐射工作人员：$\dot{H}_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$；</p>
--------	---

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）。

2、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）

6.2.2 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。

6.3 屏蔽要求

6.3.1 治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平

6.3.1.1 治疗机房（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外 30cm 处（关注点）的周围剂量当量率应不大于下述

a)、b) 和 c) 所确定的周围剂量当量率参考控制水平 \dot{H}_c :

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，由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平 \dot{H}_c ，见式（1）：

$$\dot{H}_c \leq H_e / (t \times U \times T) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

\dot{H}_c ——周围剂量当量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

H_e ——周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周（ $\mu\text{Sv/周}$ ），其值按如下方式取值：放射治疗

机房外控制区的工作人员： $\leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；放射治疗机房外非控制区的人员： $\leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

t ——设备周最大累积照射的小时数，单位为小时每周（ h/周 ）；

U ——治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；

T ——人员在关注点位置的居留因子，取值方法参见附录 A。

b) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, max}$ ：

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

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

c) 由上述 a) 中的导出周围剂量当量率参考控制水平 \dot{H}_c 和 b) 中的最高周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, max}$ ，选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平 \dot{H}_c 。

6.3.1.2 对移动式电子加速器治疗机房墙和入口门外 30cm 处，当居留因子 $T \geq 1/2$ 时，其周围剂量当量率参考控制水平为 $\dot{H}_c \leq 10\mu\text{Sv/h}$ ，当 $T < 1/2$ 时， $\dot{H}_c \leq 20\mu\text{Sv/h}$ 。

6.3.2 治疗机房顶屏蔽的周围剂量当量率参考控制水平

6.3.2.1 在治疗机房上方已建、拟建二层建筑物或在治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点至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，或在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，周围剂量当量率参考控制水平同 6.3.1。

根据以上标准要求，并结合实际可操作性，本次验收项目机房周围剂量当量率控制水平执行环评时的标准，即机房屏蔽体表面 30cm 处关注点的周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。

根据环评文件及批复，结合项目验收相关标准要求，从辐射防护最优化原则出发，使人员尽量避免不必要的附加剂量照射，取 5mSv 作为职业人员的年有效剂量管理约束值，取 0.1mSv 作为公众成员的年有效剂量管理约束值。

表二 工程概况

2.1 项目概况

2.1.1 地理位置

梧州市人民医院位于梧州市长洲区三龙大道 139 号，地理位置图见图 2-1，医院总平面布置图见图 2-2。



图 2-1 梧州市人民医院地理位置图

2.1.2 项目基本情况

梧州市人民医院委托广西壮族自治区辐射环境监督管理站对该项目进行辐射环境影响评价，《梧州市人民医院新建医用电子直线加速器应用项目环境影响报告表》于 2015 年 5 月编写完成，原广西壮族自治区环境保护厅于 2015 年 8 月 11 日以桂环审（2015）136 号文件对该项目环评报告表进行了批复，同意医院建设此项目。项目于 2019 年 9 月开工建设，于 2020 年 11 月开始调试。医院已于 2018 年 5 月 31 日办理辐射安全许可证（台账装置明细包含本项目直线加速器），于 2023 年 4 月 13 日重新取得辐射安全许可证（证号：桂环辐证（D0332），详见附件 2）。

环评及批复建设内容为：医院拟在门诊医技楼负一层直线加速器机房新建 1 台 6MeV 医用电子直线加速器、1 台 15MeV 医用电子直线加速器，医用电子直线加速器属于 II 类射线装置。同时在地下负一层 CT6 室新建 1 台 CT 定位机。

验收时，原计划建设的 1 台 CT 定位机及机房和一台 6MeV 医用电子直线加速器取消建设。本次仅针对 15MeV 医用电子直线加速器及其辐射防护设施开展验收工作，由于本项目建设的加速器因磁控管老化，不能承受 15MV 档 X 射线的负荷，且 6MeV 档位 X 射线已满足医院业务需求，医院将不开展 15MV 档 X 射线的治疗，因此，不进行该档位的验收（详见附件 5）。该加速器于 2015 年 5 月开始建设，于 2020 年 11 月开始调试，由于疫情等原因未能及时开展竣工验收工作。新建设的定位机属于 III 类射线装置，已另行网上备案登记。6MeV 医用电子直线加速器治疗机房已建成，若医院后续因业务扩张等原因需要建设 6MeV 医用电子直线加速器，医院承诺对 6MeV 医用电子直线加速器项目进行重新环评及验收工作。



图 2-2 梧州市人民医院总平面布置图

2.1.4 工程内容及规模

1、设备参数

项目使用的医用电子直线加速器基本参数见表 2-1，本项目设备实物图见图 2-3。

表 2-1 医用电子直线加速器基本参数

名称	型号	生产厂家	射线装置分类	加速粒子	射线能量	等中心线处最大剂量率	数量	使用场所
医用电子直线加速器	Precise Digital Accelerator	医科达（上海）医疗器械有限公司	II 类	电子	X 线能量： 6MeV， 电子线：最大 能量 15MeV	6Gy/min	1	门诊医技楼 负一楼放疗 1 室



图 2-3 Precise Digital Accelerator 型医用电子直线加速器

2、项目应用场所布局及分区管理

(1) 分区管理

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求,对辐射工作场所进行分区管理。按照分区管理的原则,本项目划分为控制区和监督区,机房内(红色区域)为控制区,机房外相邻区域(黄色区域)为监督区。其中,监督区包括水冷机房、控制室、候诊区、空机房、南侧通道(机房墙外 1m)、东侧通道(机房墙外 1m)等区域。医院门诊医技楼负一层放疗 1 室平面布置图见图 2-4。

(2) 机房布局

加速器机房治疗室北侧是病人入口、控制室以及水冷机房,东侧和南侧是通道,西侧是预留空机房,正上方为通道,下方为土层。加速器机房治疗室空间尺寸为:长 7.33m、宽 6.42m、高 3.10m(吊顶至治疗室地面高度 2.95m),迷路长为 9.65m,内径宽为 2.0m,内入口宽为 2.0m,外入口宽为 1.5m。机房有效使用面积 64.1m^2 (含迷路),容积约为 220.4m^3 (含迷路,不含吊顶以上部分)。

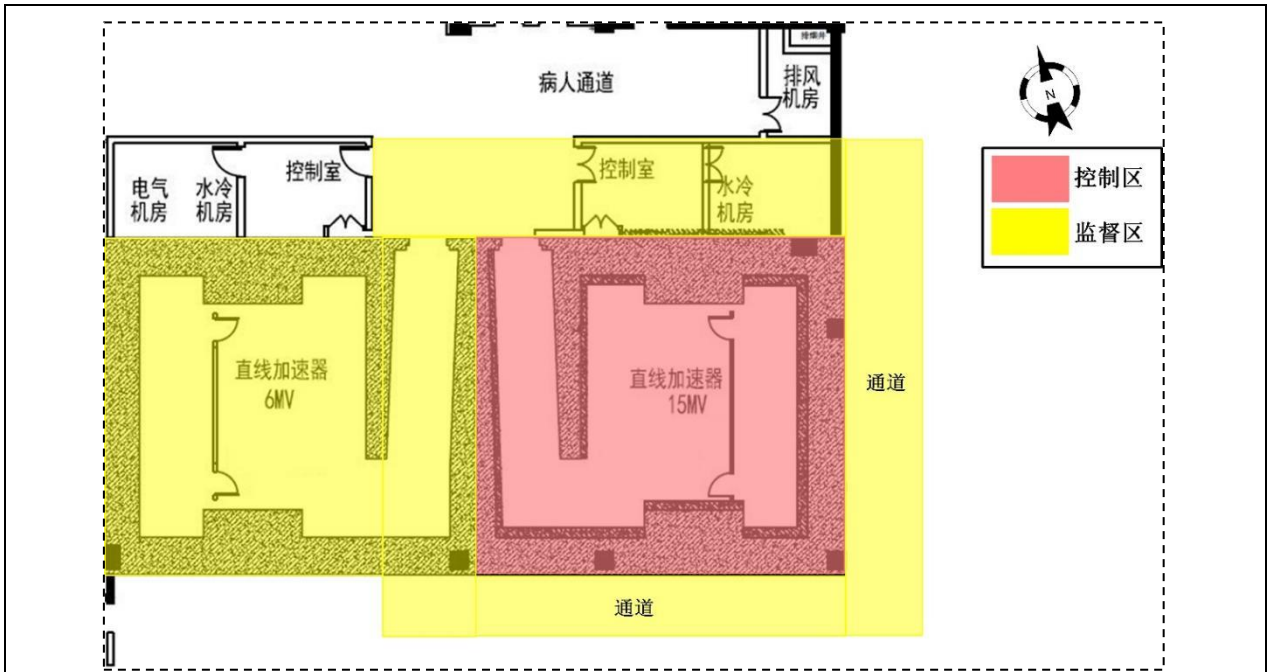


图 2-4 医院门诊医技楼负一楼放疗 1 室平面布置图

3、人员配置

本项目目前配备有 12 名辐射工作人员（详见表 2-2），所有人员均已得辐射安全和防护培训考核合格证，且在有效期内，详见附件 4，每位辐射工作人员均佩有一枚个人剂量计。

表 2-2 本项目辐射工作人员配置表

岗位	数量	人员名字	工作内容
技师	2	胡恩经、庞柏贤	治疗患者
物理师	4	吴红萍、林福家、陈广、刘剑华	设备质控、设计放疗计划
医生	6	郭胜春、孔垂燕、李璇、陈伟峰、梁丰迟、朱金莲	诊治患者

4、本项目验收评价范围及环境保护目标

根据本项目的特点，确定医用电子直线加速器机房屏蔽体外 50m 范围作为本项目验收评价范围。本项目环境保护目标为本项目辐射工作人员、验收范围内可能靠近该项目场所的其他工作人员和其他公众成员。本项目环境保护目标见表 2-3，本项目验收评价范围见图 2-5。

表 2-3 环境保护目标一览表

环境保护对象	位置描述	距离	规模	年剂量管理约束值	
职业人员	本项目辐射工作人员	机房及相邻区域	/	12 人	5mSv
公众成员	门诊医技楼其他工作人员及路过机房上方的其他公众成员	机房四周	机房屏蔽体外 0~50m	流动人员	0.1 mSv

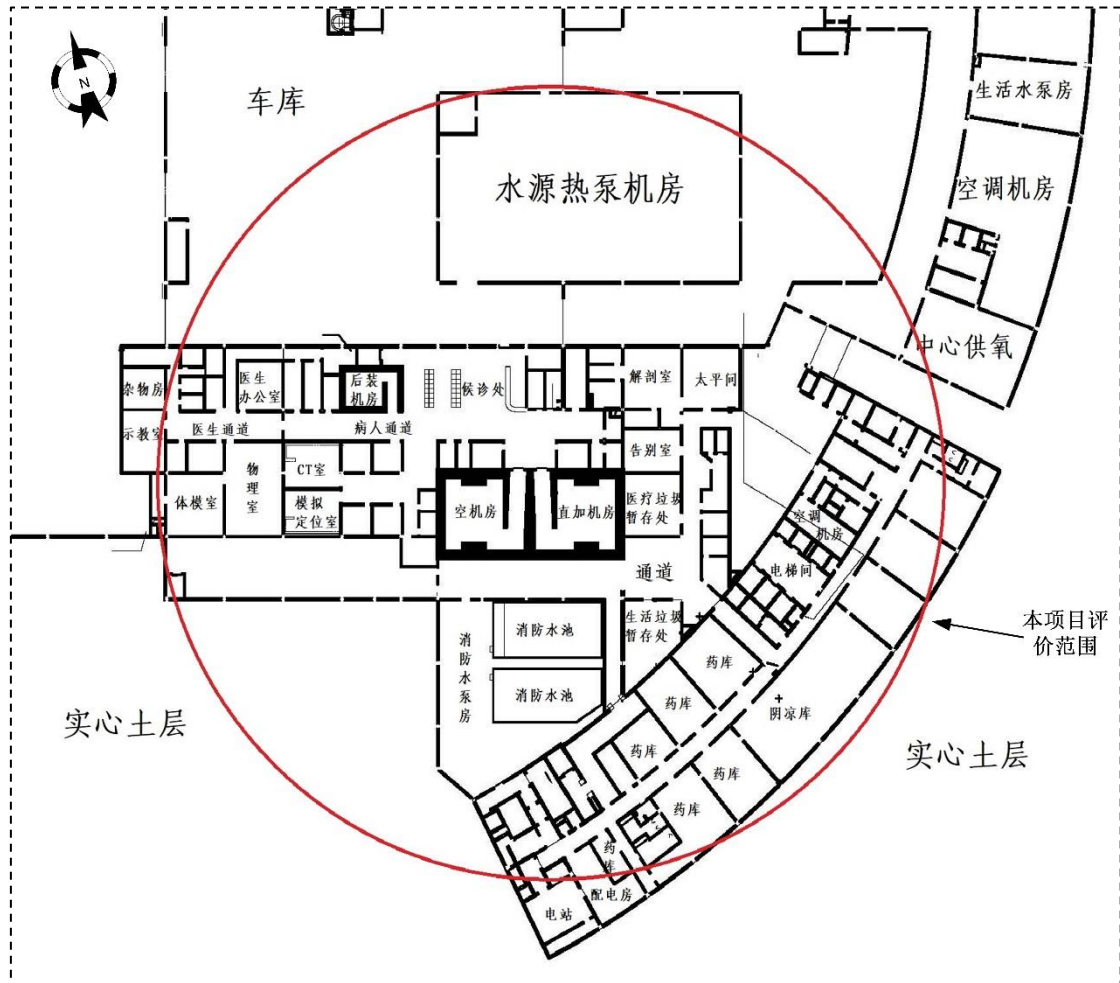


图 2-5 本项目验收评价范围

5、工作负荷

根据项目运行后治疗情况及后期规划，该加速器工作负荷见表 2-4。

表 2-4 加速器工作负荷

治疗模式	平均每人治疗时间 (min)	预计每年治疗人数
X 射线 (6MeV)	15	200 人
电子线	15	50 人

自 2020 年 11 月直线加速器调试以来，本项目每名技师工作负荷为每年 200 人次（X 射线 6MeV）和 50 人次（电子线）；每名物理师工作负荷为每年 50 人次（X 射线 6MeV）和 15 人次（电子线）；每名医生工作负荷为每年 40 人次（X 射线 6MeV）和 10 人次（电子线）。

2.2 工作原理及操作流程

2.2.1 工作原理

医用电子直线加速器是产生高能电子束的装置，该装置采用微波电场把电子加速到近似光速，然后轰击靶产生 X 射线，或直接把近似光速的电子线引出，用于治疗肿瘤，为远距离放射性治疗机。典型医用电子直线加速器示意图见图 2-6。

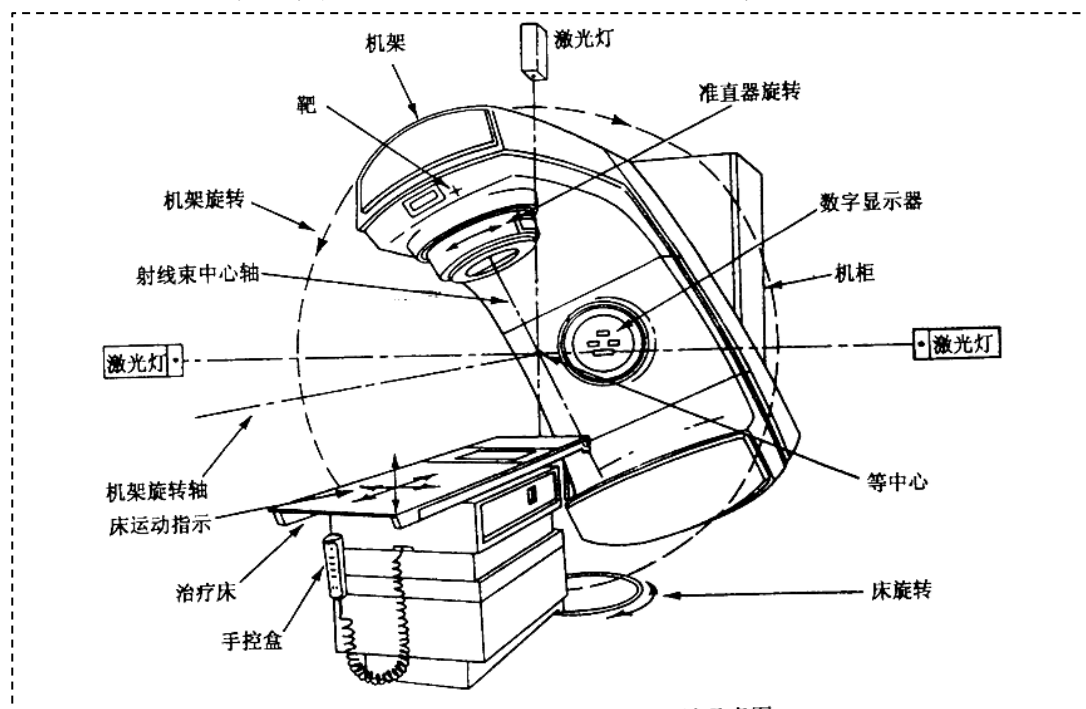


图 2-6 医用电子直线加速器示意图

1、X 射线工作原理

电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 线，其最大能量为电子束的最大能量，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。因此，医用电子直线加速器利用 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。

2、电子线工作原理

电子线由直线加速器里的电子枪在高压电场下由阴极产生，并沿着高压电场导入加速管中，在谐振腔内高频作用下，并由聚焦磁场线圈作用。将电子沿着出射方向加速接近光速，再由电磁偏转系统作用下沿着需要的方向将电子线进行能谱筛选后，从加速器

小机头引出。在限光桶的汇聚作用下，照射于患者皮肤表面。从而运用电子线的浅表能量沉积，达到打断肿瘤细胞 DNA 双链，杀死肿瘤细胞作用。

电子线由于治疗距离较浅，现基本用于皮肤表浅肿瘤以及光子线照射后局部区域补量使用。

2.2.2 操作流程及产污环节

①进行定位。先通过 CT 定位机对病人的病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和靶体积的大小，拍片定位。

②制订治疗计划。根据患者所患疾病的性质、部位和靶体积的大小确定照射剂量和照射时间。

③固定患者体位。在利用加速器进行治疗时需对患者进行定位，标记，调整照射角度及射野。

④开机治疗。准备工作就绪后，通过计算机工作站发出指令，开启加速器，对准患者病灶进行精确治疗。

⑤治疗结束、关机、开门、病人离开治疗室。

工作流程及产污环节见图 2-7。

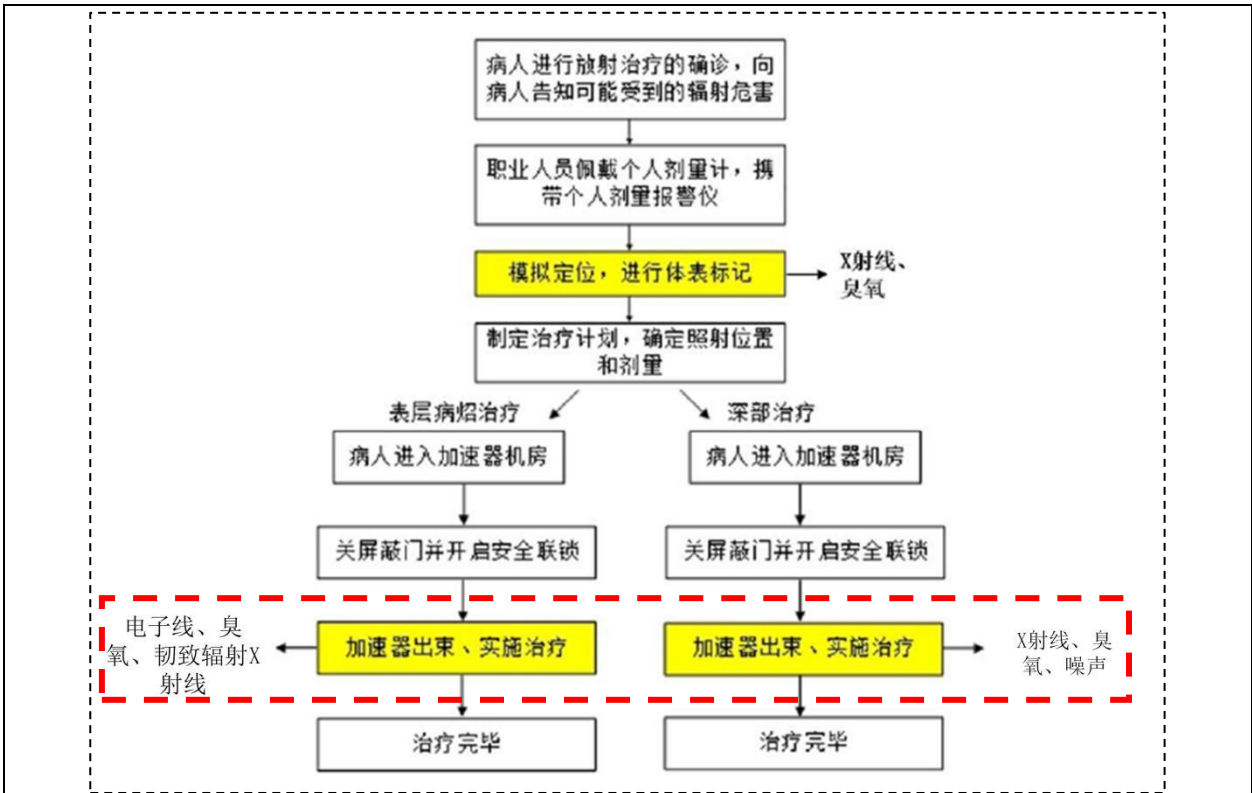


图 2-7 工作流程及产污环节

表三 主要污染源及辐射防护措施

3.1 主要污染源及污染途径

1、主要污染因子

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，受到金属靶阻止，产生高能 X 射线，以此对肿瘤患者病灶进行治疗，这种 X 射线是随机器出束的开关而产生和消失。

当直线加速器按电子束模式运行时，从电子枪里发出来的电子束经加速管加速后直接从加速管引出用于治疗病人。产生的电子属初级辐射，贯穿物质时受物质库仑场的影响，贯穿深度有限。直线加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 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，在直线加速器治疗时，电子束对周围环境辐射影响小于 X 射线。由于本项目加速器不进行 X 射线 15MV 档位的验收，因此可忽略中子和感生放射性问题。

因此，本项目医用电子直线加速器开机治疗期间，X 射线为主要污染因子。

2、放射性固体废物

医用电子直线加速器运行过程中可能产生的放射性固体废物为废靶。加速器钨靶使用寿命较长，一般为 5-7 年。达到寿命的废靶或者使用不当打穿的废靶需经有资质单位检测，如低于清洁解控推荐水平的，按普通废物处置，相反，则由有资质单位收贮。

3、非辐射危害因素

非辐射危害因素主要为医用加速器运行时产生的高能 X 射线与空气中的氧（O）和氮（N）发生相互作用引起电离而产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。在 NO_x 中以 NO₂ 为主。由于这些有害气体比重较空气大，一般聚集在机房底部，氮氧化物的产额约为臭氧

的 1/3，且以臭氧的毒性最高，它们是具有刺激性作用的非放射性气体。对非电离辐射危害因素的防护措施是加强机房通风换气，防止空气中有害物质的积累。

3.2 辐射防护措施

现场检查结果表明，医院已按项目环评报告表及批复中所提出的要求建设项目业务用房、辐射防护设施，并采取了有效的安全控制措施。本项目各项措施的落实情况见表 3-1~表 3-4，本项目环保检测仪器以及个人防护用品配备情况见表 3-5，机房辐射防护措施相关内容见图 3-1~图 3-30。机房平面布置示意图见图 3-31，机房剖面施工示意图见图 3-32，机房线缆穿墙施工示意图见图 3-33，机房排风管道穿墙施工示意图见图 3-34。

表 3-1 环境影响报告表中要求的直加机房辐射防护措施检查结果

环境影响报告表中机房建设要求	机房建设落实情况	检查结果
(1) 机房建有 L 型迷道，位于机房西侧，迷道宽 220cm，长 1110cm，迷道隔墙厚度为 94.8cm；控制室建于机房北侧，机房使用面积 80m ² ，控制室使用面积 20m ² 。	机房建有 L 型迷道，位于机房西侧，迷道内径宽 2.0m，内入口宽为 2.0m，外入口宽为 1.5m，长 9.65m，迷道隔墙厚度为 95cm(窄端)~122cm(宽端)；控制室建于机房北侧，机房有效使用面积 64.09m ² ，满足标准不小于 45m ² 的要求，控制室使用面积 17.6m ² 。	符合验收执行标准
(2) 所使用的混凝土密度为 2.35g/cm ³ ；南侧和北侧墙体为主防护墙，主防护墙局部厚度 354cm(包括顶棚)，次防护墙厚度 176cm，墙体普通抹灰厚 6mm。	使用的混凝土密度为 2.35g/cm ³ 。北面主屏蔽墙(混凝土+硫酸钡)厚 3.03m、次防护区(混凝土+硫酸钡)厚 1.51m，主防护区宽 7.98m；南面主屏蔽墙(混凝土+硫酸钡)厚 2.93m、次防护区(混凝土+硫酸钡)厚 1.51m，主防护区宽 7.98m；东、西面屏蔽墙(混凝土+硫酸钡)厚 1.51m，迷路隔墙(混凝土+硫酸钡)宽端厚 1.22m，窄端厚 0.95m；天棚主屏蔽区混凝土厚 3.35m、次防护区厚 1.76m。根据验收监测结果可知，机房墙体防护能力符合相关标准要求。	符合标准要求
(3) 机房建设的为轨道电动式防护门，防护门外包不锈钢板，内夹 1 层铅板，铅板的铅当量为 15mm，防护门内铺有 130mm 厚的中子防护层。	机房建设的为轨道电动式防护门，防护门为 15mmpb+12cm 含硼(5%)聚乙烯材料，防护门外表面由不锈钢材料包面。根据验收监测结果可知，机房防护门的防护能力符合相关标准要求。	符合标准要求
(4) 该治疗项目入风、排风系统的建设情况：机械排风；入风、排风管道的布设情况对向单独风管；风道或出风口采用 Z 字形风道屏蔽。	本项目机房采用上进风、下排风设计，进风口尺寸为 40×20cm，排风口尺寸为 43×23cm，两个排风口风速分别为 0.9m/s 和 3.2m/s，每小时机房换气约为 6.6 次，满足标准每小时不小于 4 次的要求。风道或出风口采用 Z 字形风道屏蔽。进、排风口位置见图 3-31。	符合标准要求

<p>(5) 项目建设可视对讲系统；采取的门机联锁等安全联锁措施；机房内及控制室安装手动开门、紧急停机或开门开关情况。防护门上方设有“当心电离辐射”警示标志，以防人员误入。</p>	<p>项目建设可视对讲系统；采取的门机联锁等安全联锁措施；机房内及控制室安装手动开门、紧急停机或开门开关情况。防护门上方设有“当心电离辐射”警示标志，以防人员误入。摄像头设置情况示意图见图 3-31。</p>	符合
<p>(6) 建筑屏蔽墙时应按设计要求事先预埋通风管道、电缆管道，为防止辐射经管道泄漏，管道应取“S”型或“U”型，在地沟的入口或出口应有一定厚度的屏蔽盖板。</p>	<p>建筑屏蔽墙时按设计要求事先预埋通风管道、电缆管道，为防止辐射经管道泄漏，管道取“U”型设计，在地沟的入口或出口有一定厚度的屏蔽盖板。</p>	符合

表 3-2 环境影响报告表中要求的环境保护措施检查结果

环境影响报告表中要求的环境保护措施	环境保护措施的落实情况	检查结果
<p>(1) 医院应对本项目所有能产生贯穿辐射的污染源采取辐射屏蔽措施，包括操作辐射设备的职业工作人员穿戴防护用具。</p>	<p>医院按环评设计要求建设项目机房，并配备有个人辐射防护用品，详见图 3-26 和表 3-4。</p>	符合
<p>(2) 所有屏蔽墙体采用普通混凝土一次浇注完成，保证施工质量；加速器等设备的可能穿越屏蔽墙的通风管道、电缆管道等不得影响其屏蔽防护效果，设计时，这些管道的取向应尽可能避开辐射射束的放射或辐射发射率峰值方向。建筑屏蔽墙时应按设计要求事先预埋通风管道、电缆管道，为防止辐射经管道泄漏，管道应取“S”型或“U”型，在地沟的入口或出口应有一定厚度的屏蔽盖板。</p>	<p>穿越屏蔽墙的通风管道、电缆管道避开了辐射射束的辐射发射率峰值方向。管道采取“U”型，在电缆管道的入口有一定厚度的屏蔽盖板，管道施工不影响其屏蔽防护效果。由验收监测结果可知，机房辐射防护屏蔽符合要求。</p>	符合
<p>(3) 各产生辐射的诊疗室和控制室之间须安装监视和对讲设备。</p>	<p>机房和控制室之间安装有监视系统和对讲设备，详见图见图 3-4、图 3-6、图 3-9~图 3-14。病人通道也设有监视系统，实物图见图 3-15。</p>	符合
<p>(4) 医用电子直线加速器应设有门机联锁、声光警示系统。</p>	<p>项目机房建设有门机联锁、声光警示系统。机房防护门及工作指示灯见图 3-1~图 3-3。</p>	符合
<p>(5) 医用电子直线加速器机房入口处必须设置防护门和迷道，15MeV 直线加速器治疗机房防护门必须兼有 X 射线防护及中子防护的功能，防护门必须与各治疗机器连锁，迷道内设置停机、开门按钮。</p>	<p>机房入口设置有轨道电动式防护门和迷道，由 15mm 铅板、12cm 含硼（5%）聚乙烯及不锈钢材料组成。本项目共建设有 11 处急停按钮，控制室操作台上 1 个，控制室墙面 1 个，治疗室墙面共 4 个，直线加速器机床上 2 个，机架室内墙面 2 个，迷道墙面 1 个。机房急停按钮布置示意图详见图 3-31，相关实物图详见图 3-4、图 3-16~图 3-22。此外，机房迷道入口内还设置了紧急开门装置。经现场检查，运行良好。</p>	符合

(6) 各辐射用房的屏蔽门的门体与墙体之间须有充分的搭接。	机房防护门与墙体搭接充分, 由验收监测结果可知, 防护门门缝的搭接情况能满足标准要求。	符合
(7) 辐射工作场所外醒目处安装工作警示指示灯, 并注明工作时严禁人员入内; 射线装置及使用机房, 应当设置明显放射性标识和中文警示说明; 各项辐射环境管理规章制度应张贴于工作现场处。	机房防护门上方设置有工作指示灯, 张贴有电离辐射警示标识, 机房防护门前地面设有中文警示说明, 详见图 3-1。医院各项辐射环境管理规章制度已张贴于工作现场, 详见图 3-30。	符合
(8) 医院应配备便携式 X- γ 剂量率仪一台, 定期对诊疗区各相关环境进行辐射监测。	医院配备了便携式 X- γ 剂量率仪一台, 定期对诊疗区各相关环境进行辐射监测。	符合

表 3-3 环评批复中要求的环境保护措施检查结果

环评批复中要求的环境保护措施	环境保护措施的落实情况	检查结果
(1) 射线装置应用场所, 必须实行分区管理, 严格按照规定设置放射性警示标志和工作指示灯, 张贴有关标识。	本项目已按要求进行分区管理, 将直线加速器机房内划为控制区, 控制室以及机房周边划为监督区, 并在机房防护门上张贴放射性警示标志、机房上方设置工作指示灯。机房防护门外警示地标见图 3-1。	符合
(2) 严格采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏等措施, 确保射线装置和辐射环境安全。	医院采取有效安全防护措施, 确保射线装置和辐射环境安全。	符合
(3) 指定单位辐射安全负责人、配备管理人员和必要的监测仪器设备。	医院成立了放射防护管理委员会负责放射卫生与辐射安全管理, 并配有管理人员, 同时配备了监测仪器和防护用品, 各监测仪器及防护用品详见表 3-4, 相关实物图详见图 3-26~图 3-28。	符合
(4) 制定完善的射线装置安全保卫制度、操作规程、事故应急预案和环境监测方案等, 建立单位射线装置台账。	医院制定并严格执行射线装置安全保卫制度、操作规程、事故应急预案和环境监测方案等, 建立单位射线装置台账。	符合
(5) 严格按照要求开展环境监测、个人剂量监测工作, 建立工作人员健康档案。	医院委托有资质单位进行核技术应用项目场所辐射环境监测和个人剂量监测。	符合
(6) 按规定做好辐射工作人员的辐射安全与防护培训。	医院制定并严格执行辐射工作人员的辐射安全与防护培训计划。	符合

表 3-4 本项目环保监测仪器以及个人防护用品配备情况单

序号	防护用品名称	数量	使用说明	备注
1	铅服	2 件	个人防护	重叠后正面 0.5mmPb, 后面 0.25mmPb。
2	铅帽	2 个	个人防护	0.5mmPb
3	铅裙	2 件	个人防护	0.5mmPb

4	铅围脖	2 个	个人防护	0.5mmPb
5	医用射线性腺防护帘	1 个	个人防护	0.5mmPb
6	医用射线防护眼镜	2 个	个人防护	0.5mmPb
7	个人剂量报警仪	2 台	个人防护	型号 FJ2000，详见图 3-25。
8	便携式辐射环境监测仪	1 台	辐射环境监测	型号：451P，厂家：Fluke，详见图 3-29。
9	固定式辐射环境监测仪	1 台	辐射环境监测	型号：SLT-1000，厂家：深圳施郎特辐射防护科技有限公司，详见图 3-7 和图 3-8。



图 3-1 机房防护门（照射停止状态）



图 3-2 机房防护门（准备照射状态）



图 3-3 机房防护门（正在照射状态）



图 3-4 迷道



图 3-5 控制室内控制面板急停按钮



图 3-6 控制室内对讲装置



图 3-7 控制室内固定式辐射仪显示单元



图 3-8 固定式辐射环境监测仪探头



图 3-9 机房内监控设备（一）



图 3-10 机房内监控设备（二）



图 3-11 机房内监控设备（三）



图 3-12 机房内监控设备（四）



图 3-13 机房内监控设备（五）



图 3-14 机房内监控设备（六）



图 3-15 病人通道摄像头



图 3-16 直线加速器机床急停按钮（一）



图 3-17 机房内急停按钮（二）



图 3-18 机房内急停按钮（三）



图 3-19 机架室后墙急停按钮（四）



图 3-20 机架室后墙急停按钮（五）



图 3-21 机房北侧墙急停按钮（六）



图 3-22 机房内急停按钮（七）



图 3-23 机房内排风口（一）



图 3-24 机房内排风口（二）



图 3-25 机房吊顶上送风口



图 3-26 防护用品



图 3-27 个人剂量报警仪



图 3-28 个人剂量计



图 3-29 451P 型便携式辐射环境监测仪



图 3-30 工作场所规章制度上墙

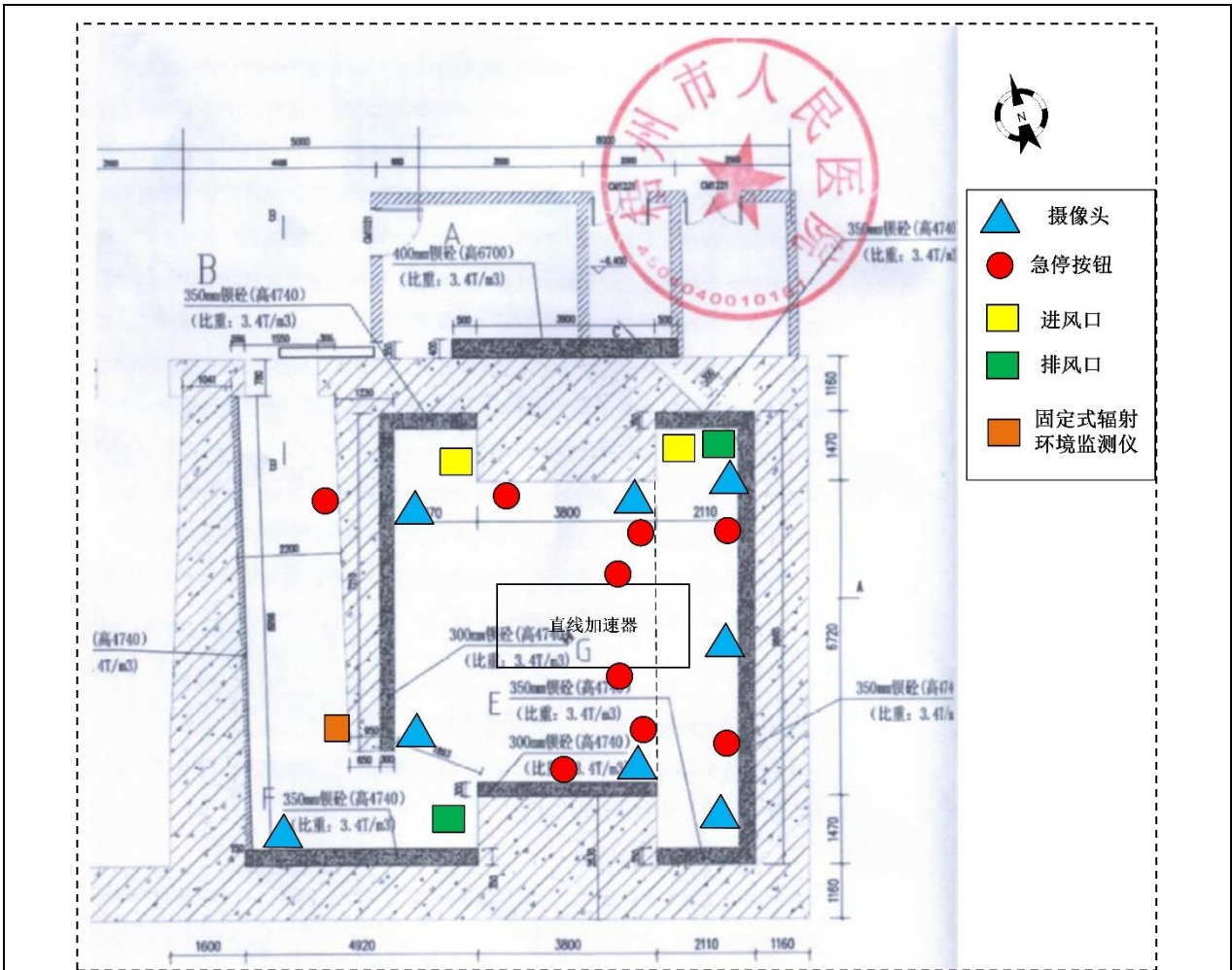


图 3-31 机房平面布置示意图

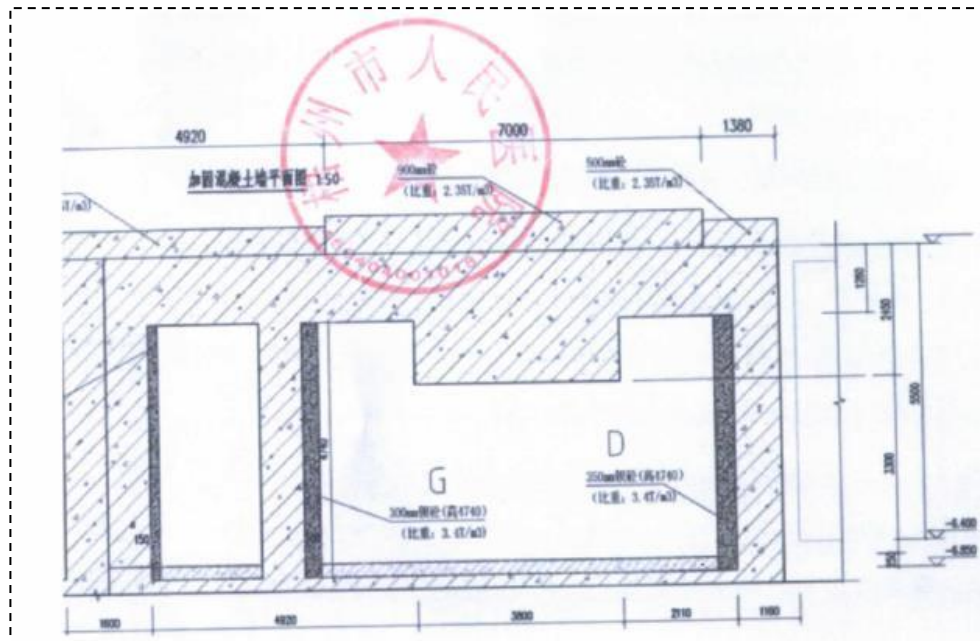


图 3-32 机房剖面示意图

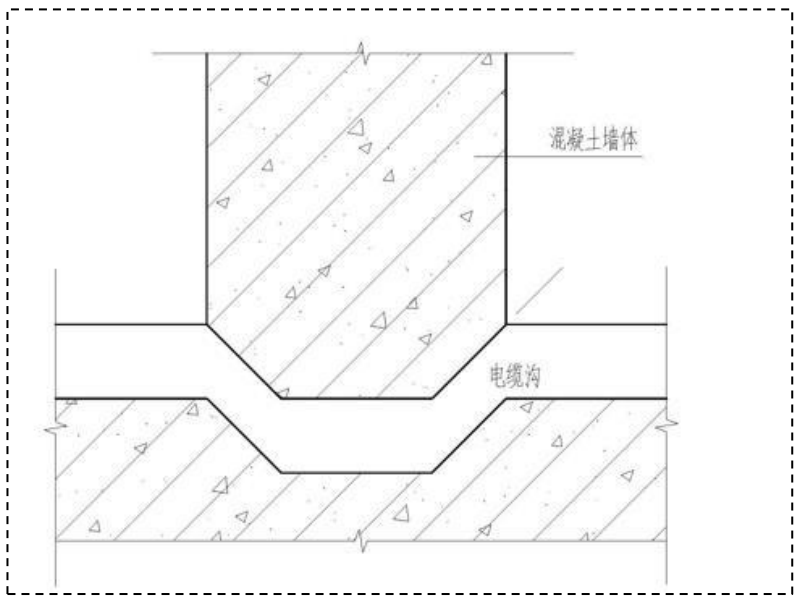


图 3-33 机房线缆穿墙施工示意图

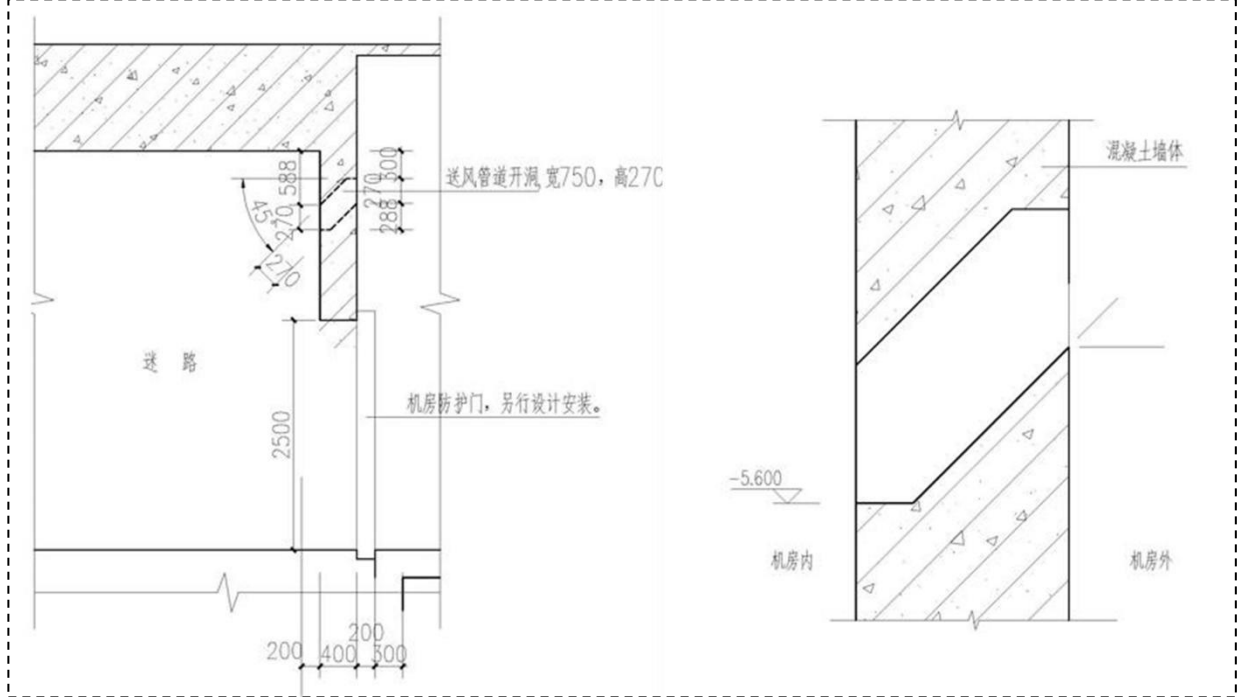


图 3-34 机房排风管道穿墙施工示意图

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 结论

1、梧州市人民医院新建医用电子直线加速器应用项目辐射设备，目的在于开展医学放射诊断和治疗工作，对保障人民群众身体健康、拯救生命起着十分重要的作用，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

2、根据医院的平面布置，特殊医技楼位于医院东北部，为相对独立区域。该项目位于门诊医技楼负一层，15MeV 医用电子直线加速器机房东面为卫生间，西面为 6MeV 直线加速器机房，南面为过道，北面为控制室，上层为广场。6MeV 医用电子直线加速器机房东面为 15MeV 直线加速器机房，西面为 CT 机房，南面为过道，北面为控制室，上层为广场。CT 定位机机房东侧为 6MeV 直线加速器机房，南侧为过道，西侧为控制室，北侧为过道，上层为过道。医用电子直线加速器、CT 定位机只有在开机运行过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的；此外，医院放射诊疗时产生辐射的设备，都布置在具有屏蔽功能的设备用房内。因此，该项目的选址及平面布置是合理的。

3、现状调查及监测结果表明，项目拟建场址地表 X- γ 辐射剂量率的范围在广西原野 γ 辐射剂量率的范围内，表明拟建场址 X- γ 辐射环境质量状况未见异常。拟建场址未测出中子，表明拟建场址中子辐射环境质量状况未见异常。

4、辐射环境影响分析与预测

（1）辐射工作用房的屏蔽防护

医院只要严格按设计要求建造医用电子直线加速器、CT 定位机的项目用房及实施各项辐射防护措施，该项目的运行不会对周围环境产生显著的辐射影响。

（2）职业人员受照情况预测

①预计工作人员因 15MeV 医用电子直线加速器应用项目的运行而受到的额外附加的年有效剂量为 0.35mSv。

②根据类比检测结果可知，工作人员不会因 6MeV 医用电子直线加速器、CT 定位机运行而受到额外的附加照射。

(3) 公众成员受照情况预测

①预计公众成员因 15MeV 医用电子直线加速器应用项目的运行所致的年附加有效剂量为 0.02mSv。

②预计公众成员不会因 6MeV 医用电子直线加速器、CT 定位机运行而受到额外的附加照射。

5、辐射环境管理

(1) 新建门诊医技楼医用电子直线加速器、CT 定位机使用场所应配备灯光警示系统、剂量率监测仪表，各放射工作场所应设置电离辐射警告标志。医用电子直线加速器机房应设置门机连锁。

(2) 医院须成立辐射防护管理机构，负责落实各项辐射防护措施，各工作场所应有各自的规章制度、操作规程和应急措施，并张贴上墙，使之能满足辐射环境管理要求。

(3) 医院应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。

(4) 对辐射工作人员的个人剂量进行监测，建立个人剂量档案。对辐射工作人员每两年进行健康体检并形成制度。

(5) 定期对安全连锁装置、剂量报警系统、放射源安全管理系统和防护仪表进行检查及保养，发现问题及时解决。严防辐射安全事故的发生。

(6) 所有从事辐射工作的人员须参加有资质单位组织的辐射防护基础知识及相关法律法规知识的培训，培训合格取得上岗证后方可从事辐射工作。

(7) 在满足以上的辐射环境管理要求后，医院应尽快向广西壮族自治区环境保护厅申请重新办理辐射安全许可证。

综上所述，梧州市人民医院新建医用电子直线加速器应用项目，在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施后，其配备 6MeV 医用电子直线加速器、15MeV 医用电子直线加速器和 CT 定位机运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

4.2 审批部门审批意见

原广西壮族自治区环境保护厅于 2015 年 8 月 11 日对本项目环评报告表进行了批复（批复文号：桂环审〔2015〕136 号），批复主要内容如下：

三、项目重点做好以下环境保护工作：

（一）射线装置应用场所，必须实行分区管理，严格按照规定设置放射性警示标志和工作指示灯，张贴有关标识；

（二）严格采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏等措施，确保射线装置和辐射环境安全；

（三）指定单位辐射安全负责人、配备管理人员和必要的监测仪器设备；

（四）制定完善的射线装置安全保卫制度、操作规程、辐射事故应急预案和辐射环境监测方案等，建立单位射线装置台帐；

（五）严格按照要求开展环境监测、个人剂量监测工作，建立工作人员健康档案；

（六）按规定做好辐射工作人员的辐射安全与防护培训。

四、按规定程序向我厅申请办理辐射安全许可。

表五 验收监测质量保证及质量控制

验收监测质量保证及质量控制：

1、监测前，根据目前国家和行业有关规范和标准制定监测方案，合理布设监测点位，选择监测点位时充分考虑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、监测所用仪器经国家法定计量检定部门检定合格，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

3、经常参加上级技术部门及兄弟单位组织的仪器比对；通过仪器的期间核查或绘制质量控制图等质控手段保证仪器设备的正常运行；

4、监测实行全过程的质量控制，严格按照广西壮族自治区辐射环境监督管理站《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定实行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗；

5、监测报告严格按相关技术规范编制，由业务科室或项目负责人编制；监测报告审核人或授权签字人负责监测报告的审核；授权签字人负责监测报告的签发。报告的审核与签发不能同一人；

6、验收监测单位已通过国家级检验检测机构资质认定，并在有效期内。

表六 验收监测内容

为掌握项目运行时周围辐射环境质量现状水平，验收监测单位于 2022 年 10 月 18 日对该医院医用电子直线加速器建设项目使用场所及周围环境进行辐射环境验收监测（监测报告见附件 3）。

6.1 监测因子及频次

监测因子：X- γ 辐射剂量率。

监测频次：1 次。

6.2 监测布点原则

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》（HJ 1198-2021）监测技术规范，结合现场条件合理布点。监测点位布置图见图 6-1~图 6-5。

6.3 监测仪器与规范

验收监测参照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）进行，使用仪器参数见表 6-1。

表 6-1 监测项目、监测仪器与监测依据范

监测项目	X- γ 辐射剂量率仪
仪器名称	X- γ 辐射剂量率仪
仪器型号	AT1123
出厂编号	51891
生产厂家	ATOMTEX 公司
能量响应	15keV~10MeV
量 程	50nSv/h~10Sv/h
检定证书及有效期	检定证书编号：DLjl2022-06801（检定单位：中国计量科学研究院），有效期：2022 年 7 月 15 日~2023 年 7 月 14 日。
监测依据	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

6.4 验收监测数据

本项目医用电子直线加速器正常运行时，机房周围环境辐射剂量率监测结果见表 6-3。

表 6-3 医院医用电子直线加速器运行时机房周围辐射剂量率监测结果

点位	机头方向	点位描述	X-γ 辐射剂量率 (单位: nSv/h)		备注
			平均值	标准差	
1	0° (朝下)	控制室操作位	143	1.2	设备以 X 射线能量 6Mev 运行, 照射野 40cm×40cm, 等中心线剂量率 6Gy/min
2		控制室线孔	141	0.9	
3		机房防护门左缝	143	1.2	
4		机房防护门右缝	142	1.6	
5		机房防护门外 30cm	142	1.1	
6		机房东侧墙外 30cm (通道)	142	1.5	
7		机房南侧墙外 30cm (通道) 1#	142	0.9	
8		机房南侧墙外 30cm (通道) 2#	142	1.3	
9		机房南侧墙外 30cm (通道) 3#	144	0.7	
10		机房西侧墙外 30cm (空机房)	143	1.4	
11		机房北侧墙外 30cm (控制室) 1#	141	0.9	
12		机房北侧墙外 30cm (控制室) 2#	142	0.9	
13		机房北侧墙外 30cm (水冷机房)	144	1.4	
14		机房正上方 30cm	143	1.9	
15	90° (朝北)	控制室操作位	142	0.9	
16		控制室线孔	144	1.4	
17		机房防护门左缝	142	0.9	
18		机房防护门右缝	143	1.2	
19		机房防护门外 30cm	142	0.9	
20		机房东侧墙外 30cm (通道)	143	1.6	
21		机房南侧墙外 30cm (通道) 1#	143	1.2	
22		机房南侧墙外 30cm (通道) 2#	142	1.2	
23		机房南侧墙外 30cm (通道) 3#	142	0.9	

24		机房西侧墙外 30cm (空机房)	141	0.9
25		机房北侧墙外 30cm (控制室) 1#	142	1.2
26		机房北侧墙外 30cm (控制室) 2#	143	1.6
27		机房北侧墙外 30cm (水冷机房)	143	1.4
28		机房正上方 30cm	144	0.9
29	180° (朝上)	控制室操作位	142	1.6
30		控制室线孔	143	0.9
31		机房防护门左缝	144	0.9
32		机房防护门右缝	143	1.2
33		机房防护门外 30cm	144	1.2
34		机房东侧墙外 30cm (通道)	143	0.9
35		机房南侧墙外 30cm (通道) 1#	142	0.7
36		机房南侧墙外 30cm (通道) 2#	143	1.2
37		机房南侧墙外 30cm (通道) 3#	144	1.4
38		机房西侧墙外 30cm (空机房)	142	0.9
39		机房北侧墙外 30cm (控制室) 1#	143	1.4
40		机房北侧墙外 30cm (控制室) 2#	144	0.9
41		机房北侧墙外 30cm (水冷机房)	142	1.7
42		机房正上方 30cm 1#	142	0.7
43		机房正上方 30cm 2#	143	1.4
44	270° (朝南)	控制室操作位	143	0.9
45		控制室线孔	143	1.9
46		机房防护门左缝	144	0.6
47		机房防护门右缝	144	1.6
48		机房防护门外 30cm	144	1.6