核技术利用建设项目

成都医学院第一附属医院

6MV电子直线加速器应用项目

环境影响报告表

（公示本）

成都医学院第一附属医院（盖章）

2020 年 **7** 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

成都医学院第一附属医院

6MV电子直线加速器应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：成都医学院第一附属医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：四川省成都市新都区宝光大道 278 号

邮政编码：610500　　联系人：汪静

电子邮箱：253695372@qq.com 联系电话：028-83016019

表 1　项目概况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">6MV电子直线加速器应用项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">成都医学院第一附属医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>刘罡</td><td>联系人</td><td>汪静</td><td>联系电话</td><td colspan="2">83016019</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">四川省成都市新都区宝光大道 278 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">四川省成都市新都区宝光大道 278 号院区内</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2"></td><td>批准文号</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>2702.3</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>402.3</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">14.89%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建　□改建　□扩建　□其它</td><td>建筑面积（m^2）</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="11">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="5">□I 类 □II 类 □III 类 □IV 类 □V 类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□I 类（医疗使用） □II 类 □III 类 □IV 类 □V 类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="5">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□II 类 □III 类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□II 类 □III 类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑II 类 □III 类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

项目概述

1、建设单位简介

成都医学院第一附属医院（统一社会信用代码：12510000JA00801480）位于成都市新都区宝光大道 278 号，始建于 1948 年 5 月，是四川省卫生和计划生育委员会直属的一所集医疗、教学、科研、急救、预防、保健和康复于一体的三级甲等综合医院。医院前身为中国人民解放军第 47 医院、第三军医大学成都军医学院附属医院，2004 年 9 月随成都医学院由军队整体移交四川省。先后荣获“中华全国总工会抗震救灾工人先锋号”、“四川省卫生系统先进集体”等荣誉称号。

医院占地面积 148 亩,开放床位 1800 张，设有一线科室 42 个，拥有 128 层螺旋 CT、1.5T 核磁共振、数字血管造影机、DR、高压氧舱等先进设备，设备总价值 3.59 亿元。

现有职工 1598 人，卫技人员 1380 人，卫生高级职称 201 人；专业技术人员 1433 人，高级职称 212 人；博士后、博士、硕士 350 人；享受国务院特殊津贴专家 3 人，全国卫生计生系统先进工作者 1 人，省及省卫健委学术技术带头人 11 人、后备人才 25 人，“天府

万人计划”天府名医、省卫生健康首席专家、领军人才、省部级有突出贡献专家等专家人才 10 余人，各级学会协会任职副主任委员及以上 20 余人，其中 3 人担任全国医学专委会副主任委员。

医疗服务主要覆盖新都区、彭州市、青白江区、金堂县等成都市东北部县（区），以及德阳市部分地区。

2、任务由来

为满足患者医疗需求，成都医学院第一附属医院计划新增一套 uRT-linac 506c 一体化 CT-直线加速器系统（最大能量 6MV）。

为向四川省生态环境厅申请在院区内使用一体化 CT-直线加速器系统（加速器属于 II 类射线装置）的辐射安全许可，特委托中国核动力研究设计院，对“成都医学院第一附属医院 6MV 电子直线加速器应用项目”开展环评工作。

根据生态环境部令第 1 号《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》的规定，本项目属于“五十、核与辐射”中“191 核技术利用建设项目（不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置）——使用 II 类射线装置”，环评文件类别为编制环境影响报告表。

中国核动力研究设计院接受委托后，在组织有关技术人员对该项目进行现场踏勘、资料收集和工程分析等基础上，按照有关技术规范、标准导则、当地生态环境主管部门的有关要求和规定，依据《辐射环境保护管理导则·核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016），编制完成《成都医学院第一附属医院 6MV 电子直线加速器应用项目环境影响报告表》。

根据《中华人民共和国环境保护法》和原环境保护部环办【2013】103 号《关于印发<建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）>的通知》的相关要求，成都医学院第一附属医院在向四川省生态环境厅提交《成都医学院第一附属医院 6MV 电子直线加速器应用项目环境影响报告表》之前，该报告表(公示本)在成都医学院第一附属医院门户网站【网址：http://www.cyfyy.cn/news-nots/2020/Zdp7wnbk.html】上进行了初次公示。公示截图如下：

成都医学院第一附属医院6MV电子直线加速器应用项目环境影响报告表信息公示

发布时间：2020-07-07 作者：张活 分享到：

成都医学院第一附属医院委托中国核动力研究设计院编制的《成都医学院第一附属医院6MV电子直线加速器应用项目环境影响报告表》已完成，根据有关规定，现将该报告表（公示本）予以公示（链接）。

项目名称：6MV电子直线加速器应用项目

建设地点：四川省成都市新都区宝光大道278号

建设单位：成都医学院第一附属医院

环境影响评价单位：中国核动力研究设计院

公示期限：2020年7月7日至2020年7月13日征求公众意见的主要事项：公众对本项目环保方面的意见和建议（不接受与本项目环境保护无关问题）。

联系电话：83016019 邮箱地址：253695372@qq.com

联系人：汪老师

附件：【公示文本】成医.pdf

分享到：

图片新闻

成都医学院第一附属医院与青白江区中医...

成都医学院临床医学院、第一附属医院召...

成医附院再增两个省医学重点学科 重点...

成都医学院两所附属医院援湖北医疗队组...

专题专栏

全面备战 众志成城 抗击疫情

新型冠状病毒感染的肺炎疫情防控

公示期内无反馈意见，现将报告表呈报生态环境主管部门审批。

3、项目概况

项目名称：6MV 电子直线加速器应用项目

建设地点：四川省成都市新都区宝光大道 278 号院区内

项目性质：新建

⑴建设内容与规模

成都医学院第一附属医院拟用一套 uRT-linac 506c 一体化 CT-直线加速器系统（加速器 X 射线最大能量 6MV，600 cGy/min；CT 管电压 140kV、管电流 420mA。），属于 II 类射线装置。运用加速器产生的 X 射线对肿瘤照射治疗，无电子束治疗。预计年治疗 10000 人次，累计照射时间约 56h/a。

加速器放疗室拟建在医院原车队院内，是一座独立的地上一层建筑物，由加速器机房、控制室、设备间（水冷机房）、计划室、模具室、大厅休息区、男女卫生间、准备间和排烟机房组成，总建筑面积约 372m^2。、

加速器机房屏蔽防护：机房墙体和顶部采用钢筋混凝土材料，密度不小于 2.35g/cm^3。东西两侧主屏蔽墙厚 2700mm（宽 4000mm）、次屏蔽墙厚 1500mm，南侧侧屏蔽墙厚 1500mm，北侧迷路内墙厚 1300mm、迷路外墙厚 1500mm，主屏蔽顶厚 2900mm（宽 4200mm）、次屏蔽顶厚 1900mm。防护门为单扇电动推拉门，防护厚度 10mmPb。加速器有用线束照射方向：东墙、西墙、顶上、地下。

⑵项目组成内容及环境问题

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-1。

表 1-1　项目组成内容及主要环境问题

名　称		建设内容及规模	可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	加速器机房	◆加速器机房 使用空间尺寸：长（主束墙间距）7.3m、宽7.9m、高（机房顶主屏蔽区内表面至地面的距离）4.5m。 材料及厚度：机房墙体和顶部采用钢筋混凝土材料，密度不小于 2.35g/cm^3。东西两侧主屏蔽墙厚 2700mm（宽 4000mm）、次屏蔽墙厚 1500mm，南侧侧屏蔽墙厚 1500mm，北侧迷路内墙厚 1300mm、迷路外墙厚 1500mm，主屏蔽顶厚 2900mm（宽 4200mm）、次屏蔽顶厚 1900mm。 防护门：为单扇电动推拉门，防护厚度 10mmPb。 ◆拟用设备 机房拟安置一套一体化 CT-直线加速器系统（加速器 X 射线最大能量 6MV，600 cGy/min；CT 管电压 140kV、管电流 420mA。），属 II 类射线装置。	扬尘 噪声 废水 建筑垃圾 生活废水 生活垃圾	X 射线 臭氧 噪声 生活废水 生活垃圾
辅助工程		加速器控制室、设备间（水冷机房）、计划室、模具室、大厅休息区、男女卫生间、准备间和排烟机房。	扬尘 噪声 废水 建筑垃圾 生活废水 生活垃圾	噪声 生活废水 生活垃圾
环保设施		依托医院污水处理站、生活垃圾暂存间。	/	/
公用工程		依托医院给水、供电、通风等配套设施。	/	/
办公生活设施		依托医生办公室、食堂。	/	/

4、项目选址及周边保护目标

⑴项目地理位置

成都医学院第一附属医院位于成都市新都区宝光大道 278 号。

项目地理位置见附图 1。

⑵外环境状况

①医院外环境关系

医院外环境关系：院区东侧有宝光寺停车、宝光广场、宝光寺；西侧有新都食品公司宿舍、新都区供电分局库房、骏能实业有限责任公司新都分公司；南侧是宝光大道中段；北侧宝光寺。

医院总平面布置及外环境关系图-附图2。

②本项目工作场所外环境关系

本项目工作场所（加速器放疗室）拟建在医院原车队院内的西南角（原车队位于院区的东南角），是一座新建的独立的建筑物。其外环境关系：其东侧原车队院内有车库、病案库房（3F，无人）、院外有商铺（10 个商铺，约 20 人。商铺距院围墙最近距离 4 m，之间的隔道无人、无车辆通行。）和宝光广场；西侧是医院行政楼（4F，约 100 人），相距 10m；西北侧是院内停车场，相距 14m；南侧（与医院围墙间距 3.5m）院围墙外是商业用房（现用于手机维修连锁，白天工作 2~3 人。商业用房距院围墙 1.8m。）和宝光寺停车场；北侧是原车队院内的车队、总务部用房（2F，8 人）；顶上、底下无建筑。

加速器放疗建筑外环境关系如附图 3 所示。

③项目选址、布局合理性分析

1）选址：

用地性质（规划）：成都医学院第一附属医院位于四川省成都市新都区宝光大道 278 号，《国有土地使用证》由四川省人民政府于 2007 年 5 月 18 日填发，文号：川国用（2007）第 00212 号，土地用途为“医疗卫生用地”。本项目建设地点位于该院院区内，不新增用土地，与用地规划相符。

屏蔽防护：本项目加速器放疗室拟建在医院原车队院内的西南角，该位置邻近有医院行政办公楼、院外有商业用房，无居民居住区。为保证加速器放疗室周围环境的辐射安全，按《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/T201.2-201l）设计有效防护的屏蔽机房，使机房外 30cm 处的剂量率小于 2.5 μSv/h 的要求；同时使辐射工作人员、公众受照剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标》（GB18871-2002）的剂量要求。

合理性分析：成都医学院第一附属医院已建成运行多年，用地性质为医疗卫生用地，拟建设的加速器放疗室仅为其中部分建设内容，不新增用地，且拟建的医用电子直线加速器机房有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

2）布局：

加速器放疗室为地上单层、独立的建筑物，与周边建筑物隔有一定距离。建筑内房间设有加速器机房、控制室、设备间、计划室、模具室、大厅休息区、男女卫生间、准备间和排烟机房。加速器机房布设在南半侧，辅助用房布设在北半侧，通过建筑实体完全隔开。加速器放疗室主入口面向西侧院外消防通道，人员经消防通道直接从主入口进出大厅，疏散出口面向北侧院内原有建筑（2F），用于大厅内人员疏散时使用。从便于分区划分、便于辐射防护以及满足安全诊疗的角度来看，加速器治疗建筑平面布局是可行的。

加速器放疗建筑平面布局如-附图 4 所示。

5、产业政策符合性

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，符合国家产业政策。

6、工作制度与人员配置

工作制度：年工作日 250d，每周工作 5 天，每天工作 8h。

人员配置：本项目拟配置辐射工作人员 6 人（均从医院现有的放射治疗工作人员中调配），共设 2 个放疗组，每组由 1 名操作医师、1 名物理师、1 名管理人员组成。各组成员固定，不再从事其他辐射工作。

7、建设单位核技术应用现状

⑴辐射安全许可证的许可种类和范围

该院现持有原四川省环保厅颁发的《辐射安全许可证》（许可证号：川环辐证00386号，有效期至2023年8月6日）。许可的种类和范围：使用I类、III类、IV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。

①放射源

许可建设单位使用I、III、IV类放射源共13枚，其中使用I类放射源1枚、III类放射源8枚、IV类放射源4枚，见表1-2。

表 1-2　许可使用的医用放射源

序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	活动种类
1	^{60}Co	I	1.85E+14	使用
2	^{60}Co	III	(6E+10)×8	使用
3	^{60}Co	IV	(1.85E+10)×4	使用

②射线装置

许可建设单位使用II、III类射线装置共19台，其中使用II类射线装置2（台/套）、使用III类医用射线装置17（台/套），见表1-3。

表 1-3　许可使用的医用射线装置

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	口腔 X 射线机	III	3	使用
2	模拟定位机	III	1	使用
3	X 射线骨密度仪	III	2	使用
4	体外碎石机	III	1	使用
5	血管造影 X 射线系统	II	2	使用
6	移动式 C 臂 X 射线机	III	2	使用
7	移动 C 臂 X 射线机	III	1	使用
8	乳腺 X 光机	III	1	使用
9	CT 机	III	2	使用
10	数字胃肠机	III	1	使用
12	DR	III	3	使用

③非密封放射性物质

许可建设单位使用的核素：^{125}I（粒籽源），其用量等参数见表1-4。

表 1-4　许可使用的非密封放射物质

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量（贝可）	年最大用量（贝可）	活度种类
1	多排螺旋 CT 室 2	乙级	^{125}I（粒籽源）	2.072E+7	4.414E+12	使用

⑵辐射安全管理的回顾性分析

2019 年度，医院使用放射性同位素与射线装置的辐射安全管理情况如下：

①辐射管理机构设置

建设单位设立有“放射防护管理委员会”（内容包含成员构成、工作制度和工作职责。），负责医院放射性同位素和射线装置的辐射安全与环境保护的领导工作。

②辐射安全和规章制度

建立有辐射安全和规章制度，并《辐射事故应急预案》、《设备操作流程》等相关制度，在各个辐射工作场所均已上墙。

③辐射安全培训

建立有辐射工作人员辐射安全培训档案，有 162 名辐射工作人员进行了辐射安全培训，还在有效期内。2019 年下半年新上岗人员及 2020 年培训到期人员，将安排在 2020 年 12 月之前完成培训工作。

④个人剂量管理

建立有辐射工作人员个人剂量档案，个人剂量每季度检测一次（检测结果均满足国家标准要求），检测结果存入个人剂量档案。

⑤放射源及射线装置台帐

建立有放射源及射线装置台帐，当放射源及射线装置发生变动时，及时更新台账。

⑥辐射安全和防护设施维护情况

定期对辐射防护设施、设备和各场所辐射安全和防护设施开展检查与维护，确保了辐射安全和防护设施、各场所辐射安全和防护设施运行正常。

⑦场所辐射环境监测

每月对各辐射工作场所开展自行监测一次，并存有监测记录；每年委托有资质单位对各辐射工作场所开展年度监测一次，监测结果均满足国家标准要求。

⑧辐射事故应急演练

2019 年 10 月 15 日，该院设立在放射治疗室发生“卡源”进行应急演习一次。

⑨环保手续履行情况

2019 年度，无新建或改建的辐射工作场所，无新增、退役放射性同位素和射线装置。

⑩日常发现的安全隐患，已及时整改（如：放射科 DR 摄片室 2 的警示灯时亮时不亮情况，维修警示灯门开关；介入治疗室 1 警示标志松动、上翘，更换新警示牌；放射科 DR2 室排气扇故障，维修排气扇。2019 年度未发生辐射事故。

通过上述回顾，环评认为， 2019 年度建设单位使用的放射性同位素与射线装置的安全与防护管理满足中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求。

⑶调查医院取得辐射安全许可证以来有无环境遗留问题和投诉及整改措施

医院自取得辐射安全许可证以来无环境遗留问题和投诉。2018 年对院区内的高压氧仓因噪声超标进行了整改，整改后噪声达标。

表 2　放射源

序号	核素名称	总活度(Bq)/ 活度(Bq)×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3　非密封放射性物质

序号	核素 名称	物化 性质	活动 种类	实际日最大 操作量(Bq)	日等效最大 操作量(Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4　射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量(MeV)	额定电流(mA)/剂量率(Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用电子直线加速器	II	1	uRT-linac 506c	电子	6MV	360Gy/h	肿瘤放射治疗	加速器放疗室	新增
/	/									

（二）X 射线机，包括工业探伤、医疗诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪等

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压(kV)	最大输出电流(mA)	用途	工作场所	备注
1	CT	III	1	—	140	420	模拟定位	加速器放疗室	与加速器为一体
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5　废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度（Bq/a）	月排放量	年排放总量	排放口浓　度	暂存情况	最终去向
退役靶体等部件	固态	—	—	—	—	—	专用房间暂存	加速器生产单位回收

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固体为 mg/kg，气态为 mg/m^3，年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/l，或 Bq/kg，或 Bq/m^3）和活度 Bq。

表 6　评价依据

法规文件	⑴中华人民共和国主席令第 9 号《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施； ⑵《中华人民共和国环境影响评价法》，自 2003 年 9 月 1 日起施行。2018 年 12 月 29 日第二次修正； ⑶中华人民共和国主席令第 6 号《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； ⑷中华人民共和国国务院令第 682 号《国务院关于修改＜建设项目环境保护管理条例＞的决定》，2017 年 10 月 1 日实施； ⑸《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令第 449 号（自 2005 年 12 月 1 日起施行）、国务院令第 653 号修改（自 2014 年 7 月 29 日起施行）、国务院令第 709 号修改（自 2019 年 3 月 2 日起施行）； ⑹《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（第三次修订）2019 年 8 月 22 日实施； ⑺中华人民共和国环境保护部令第 44 号《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2017 年 9 月 1 日实施；生态环境部令第 1 号《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容决定》，2018 年 4 月 28 日起施行； ⑻《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日实施； ⑼《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 29 日发布； ⑽ 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发【2015】162 号； ⑾《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，自 2017 年 12 月 5 日起施行； ⑿《四川省环境保护条例》（修订），2018 年 1 月 1 日施行； ⒀《四川省辐射污染防治条例》，2016 年 6 月 1 日实施； ⒁关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知，环办辐射函【2016】430 号;

	⑮《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发【2012】77 号，2012 年 7 月 3 日； ⑯四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的通知，川环函【2016】1400 号； ⑰中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，2020 年 1 月 1 日起施行； ⑱生态环境部公告 公告 2019 年第 57 号《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部办公厅 2019 年 12 月 24 日印发。
技术标准	⑴《辐射环境保护管理导则·核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； ⑵《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； ⑶《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）； ⑷《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）； ⑸《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/T201.2-201l）； ⑹《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）； ⑺《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）； ⑻《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。
其他	⑴环保部辐射安全与防护监督检查技术程序； ⑵院方提供的工程设计图纸及相关技术资料。

表 7　保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则·核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）规定，本项目评价范围：加速器机房建筑实体外 50m 的范围。

该范围院内有行政楼（4F）、消防通道、停车场、车库、原车队东西两侧建筑，院外有商业用房、宝光寺停车场、消防通道和宝光广场。

保护目标

根据本项目评价范围，确定本项目职业照射控制目标和主要环境保护目标。

职业照射控制目标：本项目辐射工作人员；

环境保护目标：评价范围内的其他医务人员（辐射工作人员除外）、患者陪护及其他人员。

本项目评价范围内的主要环境保护目标见表 7-1。

表 7-1　本项目主要环境保护目标

辐射场所	保护目标		与辐射源相对位置	最小距离（m）
加速器放疗室	职业人员	控制室操作人员	N	10
		计划室物理师	N	13
	公众	大厅护士	WN	12
		大厅休息区患者及其陪护	N	13
		准备间患者及其陪护	W	19
		原车队院内东侧病案库房工作人员	E	＞14
		原车队院内东侧消防通道行人	E	8
		东侧院墙外商业用房工作人员	E	＞27
		东侧院墙外宝光寺广场活动人员		
		行政楼内工作人员	W	17
		消防通道行人		
		医院停车场司乘人员	WN	30
		南侧院墙外商业用房工作人员	S	＞10
		南侧院墙外宝光寺停车场司乘人员	S	
		原车队院内北侧车队、总务部工作人员	N	＞30

评价标准

根据成都市生态环境局《关于成都医学院第一附属医院 6MV 电子直线加速器应用项目执行环境标准的批复》(成环核[2020]复字 16 号)，本项目执行环境保护标准如下：

一、环境质量标准

环境空气: 执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准;

地表水: 执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水域标准;

声环境: 执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类声环境功能区标准。

二、污染物排放标准

废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；

废水：排入终端已建有正常运行城镇二级污水处理厂的下水道的，执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）预处理标准；

噪声: 施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）排放限值；运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准。

三、电离辐射

1、职业照射和公众照射的控制

建设单位根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定，制定本项目管理剂量约束值。本次评价将其作为评价标准，见表 7-2。

表 7-2　本项目辐射环境影响评价标准　　单位：mSv/a

分　类	基本标准限值（GB18871-2002）	剂量约束值/评价标准
职业照射	20	5
公众照射	1	0.1

2、加速器机房使用面积要求

《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）规定：“新建治疗室使用面积不应小于 45m^2”。

3、加速器机房辐射屏蔽的剂量控制水平

《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）规定“距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处：H_0≤2.5μSv/h（人员居留场所，T>1/2），

H_0≤10μSv/h（人员部分和偶尔居留场所，T≤1/2）”。

参照该标准，偏保守考虑，本评价采用 2.5μSv/h 作为加速器机房辐射屏蔽的剂量率目标控制值。

表 8　环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

成都医学院第一附属医院位于四川省成都市新都区宝光大道 278 号院区内。本项目工作场所拟建在医院原车队院内的西南角。

2、环境现状评价

⑴评价对象

项目所在区域环境的辐射水平。

⑵监测因子

x-γ 空气吸收剂量率。

⑶监测点位

在本项目评价范围内布设监测点位，监测点位描述见表 8-3、表 8-4。

3、辐射环境监测

2020 年 5 月 8 日，四川瑞迪森检测技术有限公司对本项目所在区域环境中的 X-γ 辐射空气吸收剂量率进行了监测。

⑴监测依据

监测方法及来源见表 8-1。

表 8-1　监测方法、方法来源一览表

监测因子	监测方法	方法来源
X-γ 辐射剂量率	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》	GB/T14583-1993
	《辐射环境监测技术规范》	HJ/T61-2001

⑵监测环境条件

白天：晴天，温度：21℃

⑶监测设备

现场监测设备的性能参数见表 8-2。

表 8-2 监测设备性能参数一览表

监测项目	监测设备		
	名称及编号	测量范围	检定情况
X-γ 辐射剂量率	AT1123 辐射检测仪 编号：SCRDS-035	50nSv/h~10Sv/h 15keV~10MeV	检定单位：中国测试技术研究院 检定有效期： 2019.07.19-2020.07.18

⑷质量保证措施

人员培训：监测人员经考核并持有合格证书上岗。

仪器检定：监测仪器具有计量检定合格证书并在其有效期内。

自　　检：每次测量前、后均检查仪器的工作状态。

监测记录：现场监测过程，专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

数据处理与复合：监测报告实行三级审核制度，经校对、校核，最后由技术总负责人审定。

⑸监测结果

现场监测结果列入表 8-3 中。

表 8-3　项目区域 X-γ 辐射剂量率监测结果

测点编号	点位描述	测量结果(μSv/h)	备注
1	直线加速器机房	0.11	地面材料是水泥
2	拟建直线加速器机房西北方向（院区停车场）	0.09	地面材料是水泥
3	拟建直线加速器机房东侧（病案库房）	0.12	地面材料是水泥
4	拟建直线加速器机房南侧院外（宝光寺停车场）	0.11	地面材料是水泥
5	拟建直线加速器机房西侧（行政楼内）	0.09	地面材料是水泥

注：以上测量结果均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

4、辐射环境质量现状评价

⑴比较标准

项目所在区域环境辐射水平参考《2019 年四川省生态环境状况公报》中的监测数据，见表 8-4。

表 8-4　2019 年四川省环境电离辐射水平

监测地点	监测单位（nGy/h）
全省 29 个自动监测站	γ 辐射空气吸收剂量率（小时均值）范围 76.8~163

⑵辐射环境质量现状评价

在本项目现场监测过程中，监测设备将空气吸收剂量率单位（nGy/h）自动转换成有效剂量率单位（μSv/h）。为了与参考值比较，将单位 Gy/h、 Sv/h 按 1:1 关系直接转换。

由表 8-3 中监测数据显示，项目所在环境中的 X-γ 辐射剂量率在（90~120）nGy/h 之间， 与《2019 年四川省生态环境状况公报》全省 29 个电离辐射环境监测自动监测站测得的 γ 辐射空气吸收剂量率（小时均值）范围（76.8~163）nGy/h 处于同一水平，属正常本底辐射水平。

表 9　项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、建设期

⑴建设期工艺流程

加速器放疗建筑施工，包括基础工程施工、主体结构施工、装饰工程施工、设备安装、工程验收等。建设期间对环境会产生一定程度的影响。

建设期工艺流程及产污环节如图 9-1 所示。

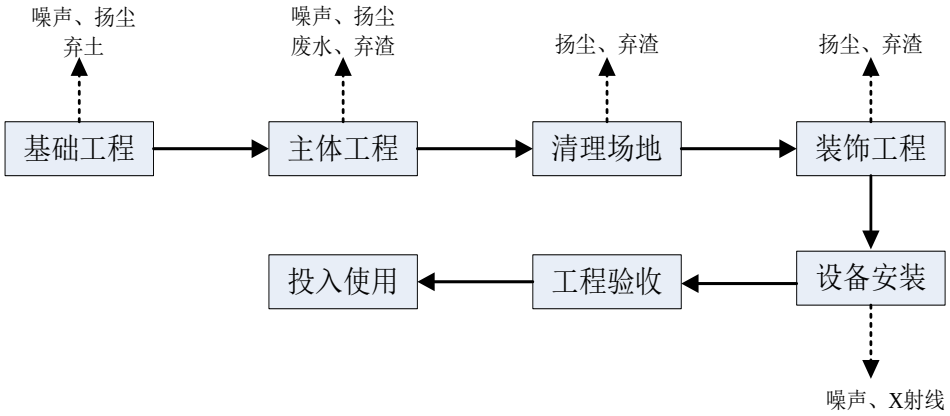


图 9-1　建设期工艺流程及产污环节示意图

⑵产污环节

从图 9-1 中可见，项目建设期主要污染因素：

①废气：施工期产生的主要大气污染物是扬尘，此外还有少量的其它废气，如建筑机械设备的运转产生的废气、施工车辆排放的尾气。

②废水：施工期产生的废水包括施工生产废水和施工人员生活废水。生产废水主要来源于施工机械的冲刷、桩基础施工中排出的泥浆等。

③噪声：施工期主要噪声源为各种施工机械及运输车辆。

④固体废物：施工期产生的固体废物包括建筑垃圾和施工人员生活垃圾。建筑垃圾主要包括多余土石方、混凝土废料、装修废弃料等。

⑤一体化 CT-加速器在调试过程产生 X 射线。

二、运行期

uRT-linac 506c 一体化 CT-直线加速器系统是上海联影医疗研发的新一代高清图像引导直线加速器系统。首次将 CT 与 Linac 进行高度整合，开创一体化 CT-Linac 的新时代。在结构上，CT 与 Linac 真正一体化融合，首创同轴同床技术，以诊断级 CT 进行精准模拟定位、高清影像引导。在系统上，以往要在多台设备上往返操作的五大系统（治疗计划系统、肿瘤信息管理系统、CT Sim 系统、图像引导系统及放射治疗系统）高度融合，在一台设备上便可完成全部数据处理。不仅提高了放疗精准度、更减轻了患者的身体和心里压力，患者无需在放射科、放疗科之间来回奔波，在一台设备上就能一站式完成患者注册、CT 模拟定位、放疗计划、计划验证、图像引导放疗、放疗实施、疗程监测、治疗记录、疗效评估等，几乎覆盖放疗全流程的工作，同时也是完美地实现基于诊断级 CT 图像的在线自适应放疗平台。

1、CT-加速器系统组成

uRT-linac 506c 一体化 CT-直线加速器系统由磁控管、调制器、加速管、多叶光栅、EPID、手控盒、呼吸门控、RT电源柜、CT电源柜、水冷机组、操作台、加速器控制软件、放疗治疗计划与管理系统、治疗床、机架、CT X 射线管、CT探测器、 CT 高压发生器和附件（十字板、前指针、楔形板过滤器15°、 楔形板过滤器30°、楔形板过滤器45°、楔形板过滤器60°、 射束挡块托盘、成像体模、CT体模）组成。

2、 工作原理

医用直线加速器系统（Linear Accelerator, LA）是利用具有一定能量的高能电子与大功率微波的微波电场相互作用， 产生高能电子线，电子打击重金属靶，产生韧致辐射，发射 X 射线，进行放射治疗。放射治疗，是指将放疗医学与计算机技术、 核物理学等相结合所进行的肿瘤治疗方式。整个放射治疗过程由计算机控制完成，达到了“高精度定位”、“高精度计划设计” 和“高精度治疗”的层次。本系统是医用直线加速器系统，利用肿瘤细胞与正常细胞对放射性的敏感不同的原理，通过直线加速器系统产生 MV 级的 X 线对肿瘤进行照射使其生长受到抑制而致死，从而达到放射治疗的效果。本医用直线加速器系统用于对人体头颈部、胸部、腹部和盆腔内实体肿瘤的放射治疗。

3、放疗流程与产污环节简述（图示）

⑴放疗流程简述

①接诊：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。

②模拟定位：为了确保患者在放疗期间的体位重复性，需采用固定装置对患者体位固定，在模拟定位机上，以病人最舒适、最容易重复的体位做体膜固定、做激光线标记，以便模拟定位 CT 和治疗用的直线加速器能找到准确的放疗位置。

③CT扫描：治疗用的CT扫描需要在有体膜固定有激光线标记的情况下完成，获得的CT 平扫图像用于计算电子密度和放疗剂量，CT增强图像方便医生识别肿瘤的范围。

④临床医生勾画照射靶区：将CT图像导入计划系统后，临床医生根据放疗前的MRI或CT检查图像勾画靶区，确定需要照射的范围和剂量。

⑤制定放疗计划：由放疗物理师、放疗剂量师和临床医生一起，根据病情确定照射范围和剂量，计划完成后经科室集体讨论后方可治疗。

⑥剂量验证：放疗计划实施前还必须进行放射位置和放射剂量的验证，由放射物理师完成，以保证放射位置的精确性和放射剂量的精确性。

⑦治疗实施：病人进入加速器机房准备（包括摆位、非照射部位的屏蔽防护等），除病人外全部人员退出机房，关闭机房屏蔽门，对病人实施放射治疗，工作人员在控制室通过闭路电视系统观察机房内治疗病人情况。治疗完毕后，打开机房屏蔽门，病人离开治疗室，完成一次放射治疗。

一体化 CT-加速器放疗流程及产污环节如图 9-2 所示。

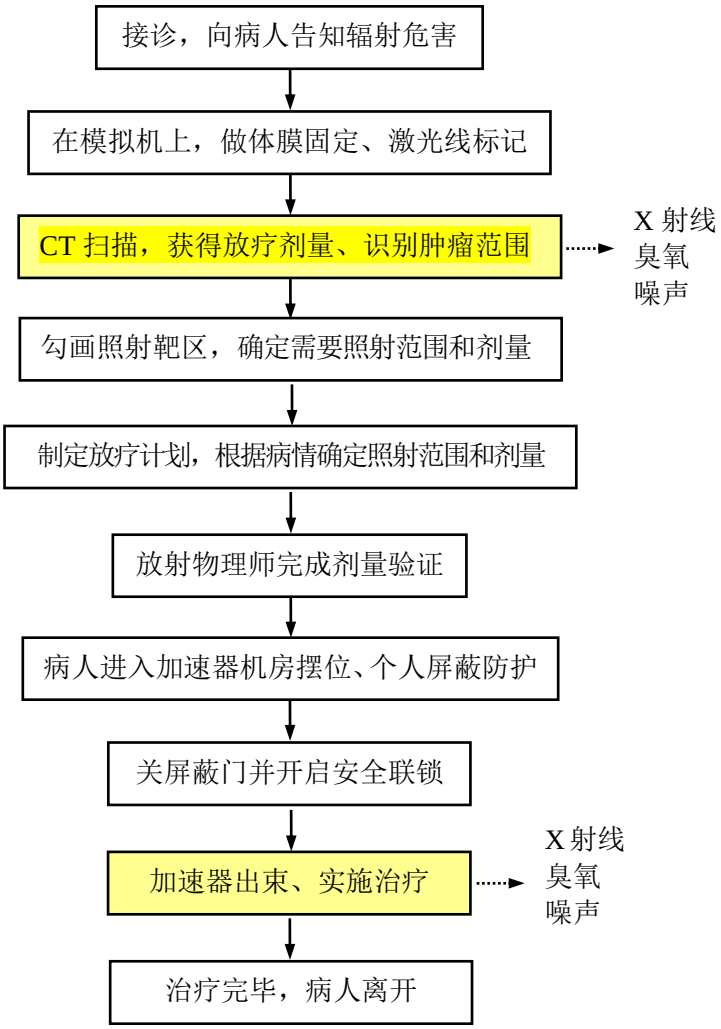


图 9-2　一体化 CT-加速器放疗流程及产污环节示意图

⑵产污环节

从图 9-2 可见，使用一体化 CT-加速器为肿瘤患者实施模拟定位、放疗时，将产生 X 射线、臭氧和噪声。

污染源项描述

一、建设期

加速器放疗室在建设期间，会产生扬尘、废水、噪声和固体废物。

二、运行期

本项目辐射源项：uRT-linac 506c 一体化 CT-加速器系统，为 II 类医用射线装置。运用加速器产生的 X 射线对肿瘤照射治疗，无电子束治疗。

1、主要技术参数

uRT-linac 506c 一体化 CT-加速器系统的相关参数见表 9-1。

表 9-1　uRT-linac 506c 一体化 CT-加速器系统技术参数

加速器	
仪器名称	电子直线加速器
射线类型	X 射线
X 线标称能量	6MV
射线最大初射角	28º（等中心点每侧 14º）
源轴距 SAD	100cm
1m 处等中心剂量率	600 cGy/min
X 线射野尺寸	0.5cm×0.5cm~ 40cm×40cm
机架旋转角度	≥540º
CT	
最大 X 射线球管电压	140kV
最大输出管电流	420mA

2、运行工况

①运行方式：加速器放疗时连续出束。

②操作方式

为患者 CT 模拟定位、实施放疗过程，操作人员位于控制室，即为隔室操作方式。

③运行参数

加速器最长连续出束时间 99 min，最长连续出束输出量 9999MU。实际工作中，远低于加速器最长出束时间和输出量。

3、污染物产生

uRT-linac 506c 一体化 CT-加速器系统在正常（或事故）运行工况下，产生 X 射线、臭氧。停机后，无 X 射线、臭氧产生。此外，水冷机、风机和风管产生噪声，工作人员、患者及其陪护在院治疗期间还将产生生活废水和生活垃圾。

①X 射线

采用加速器实施肿瘤放疗时，加速器发射 X 射线，关机后即消失。由于 X 射线的贯穿能力极强，因此它是本项目辐射屏蔽、防护、监测和环境评价的主要对象。

②臭氧

加速器机房内的空气在电离辐射作用下，产生有害气体-臭氧。

③噪声

水冷机、风机和风管在运行时，会产生低噪声。排风机（带消声器）噪声源强50dB(A)。

④生活废水

本项目运行期间， 辐射工作人员、放疗患者及其陪护将产生生活废水（排泄物）。

辐射工作人员为医院原有辐射工作人员，不新增生活废水量。加速器冷却系统分外水冷和内水冷。外水冷用普通自来水，外排后不作为废水；内水冷用去离子水，不外排。

根据建设单位提供资料，加速器放疗患者人数按每天40人考虑（患者有1人陪护），按门诊病人用水量20L/人·d计算，则本项目生活废水日产量为1.6m^3/d。

⑤生活垃圾

本项目运行期间， 辐射工作人员、放疗患者及其陪护将产生生活垃圾。辐射工作人员为医院原有辐射工作人员，不新增生活垃圾。放疗患者及其陪护在院停留时间短，不在医院食堂就餐。加速器放疗患者人数按每天40人考虑（患者有1人陪护），按门诊病人产生生活垃圾0.1kg/人·d计算，则本项目生活垃圾日产量为8kg/d（2t/a）。

4、环境影响因子与辐射途径

环境影响因子：X射线、臭氧、噪声、生活废水和生活垃圾。

辐射途径：为外照射。

三、退役后

一体化 CT-加速器达到使用期限时，可能会产生对环境造成危害的材料和零件，如靶体等部件。

表 10　辐射安全与防护

项目安全设施

一、辐射安全防护措施

1、分区原则与区域划分

⑴分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区-把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区-通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

⑵控制区与监督区的划 分

①区域划分

控制区-加速器机房(含迷路)划为控制区，以实体为边界。

监督区-加速器控制室、设备间、计划治疗室、模具室、准备间、排烟机房、大厅休息区和卫生间划为监督区，以实体为边界。在主入口、疏散出口的地方画上黄色警戒线，设立监督区的标牌。两区划分-附图-4。

②环评要求

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，建设单位应做到：

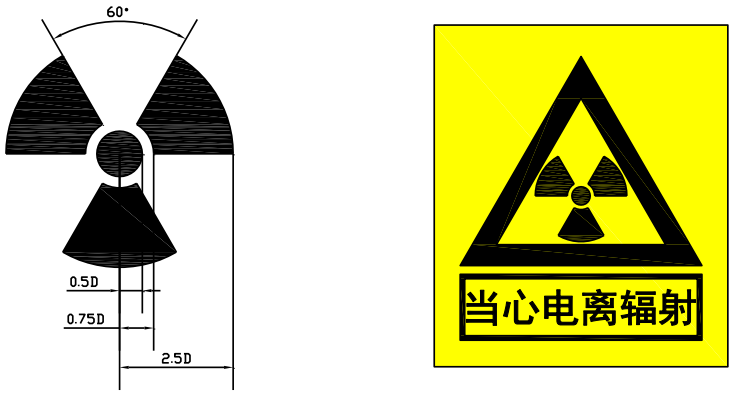
1）控制区的防护手段与安全措施

◆控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（图 10-1）。

◆制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；

◆运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制人员进、出控制区；

◆定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。



a.电离辐射标志　　b.电离辐射警告标志

图 10-1　电离辐射标志和电离辐射警告标志

2）监督区的防护手段与安全措施

◆以黄线警示监督区的边界；

◆在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

◆定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

2、场所的安全与防护

本项目辐射工作场所的设计单位：四川美厦建筑设计有限公司，证书编号：甲级A151006769。

⑴加速器机房屏蔽设计

①加速器机房构成和规格

机房使用空间尺：长（主束墙间距）7.3m、宽 7.9m、高（机房顶主屏蔽区内表面至地面的距离）4.5m，使用面积约为 58m^2。机房顶主屏蔽区向机房外凸。等中心位于机房的中心，距地面 1.28m。迷路横宽 2m，迷路内口宽 2.0m、外口宽 1.8m。

②屏蔽材料

墙体、顶部：机房为地上一层建筑，机房墙体和顶部采用钢筋混凝土材料，密度不小于 2.35g/cm^3。

防护门：为单扇电动推拉门，防护厚度 10mmPb。

③结构设计方案

加速器机房的屏蔽设计方案如表 10-1 所示，结构设计如 附图-5 所示。

表 10-1　加速器机房屏蔽设计

场所名称	屏蔽体		设计厚度（mm）
加速器机房	东墙	主屏蔽墙	2700（宽度为 4000）
		次屏蔽墙	1500
	西墙	主屏蔽墙	2700（宽度为 4000）
		次屏蔽墙	1500
	南墙	侧墙	1500
	北墙	迷路内墙	1300
		迷路外墙	1500
	顶部	主屏蔽顶	2900（宽度为 4200）
		次屏蔽顶	1900
	防护门		10mmPb

环评要求：辐射场所在建设过程中，应注意以下问题：

1）穿过辐射工作场所屏蔽墙的各种管道和电缆线弯成 S 形或 U 形，不要正对辐射源和工作人员经常停留的地点。穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

2）为防止辐射泄漏，辐射场所的防护门与墙、门的底部与地面之间的重叠宽度不少于空隙的 10 倍。

3）加速器机房的混凝土屏蔽墙、顶部及底部必须采取一次性连续浇灌，避免形成冷缝。

4）通风管道：从机房迷路门上方引出的通风弯管道拟采用厚 20mm 铅当量的铅皮制成。

⑵**安全与防护措施**

①固有安全措施

uRT-linac 506c 一体化 CT-加速器系统固有安全措施，见表 10-2：

表 10-2　一体化 CT-加速器系统固有安全与防护措施

序号	设计内容
1	控制台上有锁定开关，防止非工作人员操作。
2	控制台上有蜂鸣器，加速器工作时发出声音以警示人员防止误入。
3	治疗床旁、加速器主机和控制台上安装紧急制动按钮。
4	有视频监控与对讲系统。机房内准备出束音响提示。
5	门机联锁：治疗室门与束流联锁。
6	条件显示连锁：当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。
7	有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射。
8	有时间控制联锁，当预选照射时间定时，定时器能独立地使照射停止。
9	小机头屏蔽：通过多叶准直器定向出束，其他方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽。
10	防碰系统： 防止在治疗过程中对患者产生挤压，当治疗过程中在防碰撞区域内出现物体时，自动终止照射

②拟采取的安全措施

为确保加速器机房外部环境安全，以及避免辐射事故的发生，除了设备固有安全措施外，在加速器使用场所的相应部位设置了安全措施、为工作人员配备了相应的监测设备，具体如下：

1）警示装置

◆电离辐射警告标志

加速器机房防护门外拟设置明显的电离辐射警告标志。

◆工作状态显示

加速器机房防护门外上方拟设置工作状态指示灯。当加速器处于出束状态时，指示灯为红色，并以文字“射线有害、请勿靠近”警示人员注意安全；当加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。

2）紧急设施

◆紧急开门按钮

加速器机房迷道外墙的内侧（靠门）拟设紧急开门按钮（用文字标识），误入人员可

在第一时间离开加速器机房，防止误照射。

◆紧急照明系统

加速器机房迷道外口里面墙上距地面高 1.6m 处设紧急照明系统按钮（用文字标识）。

◆紧急止动装置

加速器机房侧墙、迷道内墙上距地面高 1.6m 处各设一个紧急止动按钮（用文字标识），以便机房内的人员按动任何一个紧急止动按钮就能令加速器停机出束。

加速器机房安全设施安装位置如附图 6 所示。

3）**监测设备**

◆个人剂量计

为加速器操作医师、物理师和管理人员配备个人剂量计，操作期间正确佩戴在胸前。

◆个人剂量报警仪

为防止加速器操作医师、物理师被误照射，拟为加速器操作医师、物理师配备个人剂量报警仪，进入加速器机房时随身携带。

◆室内固定式剂量报警仪

为使操作医师、物理师及时了解加速器机房内的辐射水平，以及防止误照射，在机房内安装固定式剂量报警仪（带剂量显示功能）。固定式剂量报警仪的探头安装在机房迷道墙上（靠近防护门），显示屏安装在控制室墙上，易于操作医师看见的地方。只要迷道内的剂量超过预置的剂量阈值，固定式剂量报警仪就会报警，警示操作医师不能进入机房，以防误照射。

◆便携式辐射监测仪

为监测操作人员的工作场所和周围区域辐射水平，配备 1 台便携式辐射监测仪。

4）**其他**

◆加速器放疗室配备一套独立的进排风系统。

◆加速器放疗室内配置灭火器材。

对照环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序中的检查内容，将加速器放疗室拟采取的上述防护措施汇总列入表 10-3 中。

表 10-3　加速器放疗室拟采取的安全与防护措施汇总表

项目	检查内容	设计内容	符合情况
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备固有	符合
	控制台有紧急停机按钮	设备固有	符合
	电视监控与对讲系统	设备固有	符合
	治疗室门与束流联锁	设备固有	符合
	治疗室内准备出束音响提示	设备固有	符合
警示装置	入口电离辐射警示标志	已设计	符合
	入口有加速器工作状态显示	已设计	符合
治疗室紧急设施	紧急止动按钮	已设计	符合
	紧急照明系统	已设计	符合
	治疗室内有紧急停机按钮	已设计	符合
	治疗床有紧急停机按钮	设备固有	符合
监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪	拟配置	符合
	便携式辐射剂量仪器仪表	拟配备	符合
	个人剂量报警仪	拟配备	符合
	个人剂量计	拟配备	符合
其它	通风系统	已设计	符合
	灭火器材	拟配备	符合

3、 人员的安全与防护

人员主要指本项目辐射工作人员、患者及本次评价范围内的其他人员（公众）。加速器停机后的维修，调试、换靶操作等工作由生产厂家专业技术人员完成，不列入本次评价人员的范围内。

在实际工作中，为减少人员照射剂量，普遍采取屏蔽防护、时间防护和距离防护措施。

◆屏蔽防护

依托加速器机房的有效实体，使四周环境中的人员安全得以保障。在机房内为患者配备个人防护用品（如铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具。

◆时间防护

通过制定最优化的治疗方案，尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间。

◆距离防护

保持与辐射源尽可能大的距离，使距离最大化。

4、 辐射安全防护措施的可行性

⑴本项目加速器机房使用面积约 58m^2，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）规定的新建治疗室使用面积不应小于 45m^2 的要求。

⑵从表 10-3 可见，加速器放疗室拟采用的安全防护设施符合环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序中的相应要求。

⑶“表 11”中的预测结果表明：本项目在正常运行工况下，产生的电离辐射经加速器机房屏蔽体屏蔽后，致使职业人员和公众照射剂量满足 GB18871-2002 基本标准要求和本次评价标准要求，说明加速器机房实体屏蔽有效。

三废治理

一、建设期

加速器放疗室在建设期将产生扬尘、废水、噪声和固体废弃物，拟采取的治理措施如下：

⑴扬尘

1）施工扬尘治理措施：室外建材、废料堆放地点要集中，以毡布覆盖，减少建材的露天堆放时间。废弃材料应及时清运。

2）施工时采取适时洒水除尘，及时清除地面上的建渣、垃圾，减少施工扬尘对环境的影响。

⑵废水

施工期废水主要为施工生产废水和施工人员的生活废水。施工机械冲洗废水循环使用，不外排；施工期生活废水产量较小，可依托医院现有污水处理设施处理。

⑶噪声

1）禁止夜间施工。如果因机房连续浇筑水泥需要夜间施工，应提前采取告知制。

2）选用低噪设备，并采取减振措施。

3）合理安排施工工序，尽量缩短施工周期，减轻施工噪声对现场周围环境的影响。

⑷固体废物

施工期产生的固体废物主要为施工人员产生的生活垃圾和施工中产生的少量建筑废渣。

生活垃圾处置：依托医院生活垃圾收运系统收集处置。建筑废渣处置：送当地指定的建筑垃圾处置场。

二、运行期

本项目运行后，产生非放射性污染物有臭氧、噪声、生活废水和生活垃圾，其治理措施如下：

⑴**臭氧治理措施**

加速器治疗室拟安装一套独立的通风系统，加速器机房送、排风管道平面布局图如附图 7 所示。 机房内的送风口设在机房顶部西侧，机房内的排风口设在机房东南角距地面 30mm。风管贴机房顶部经迷路以 Z 型从机房屏蔽门上方墙体穿过。从机房引出的排风管经控制室、设备间，贴治疗室外墙面引至屋面，排放口高出机房屋面 2m 以上。送风机风

量 3200m^3/h、排风机风量 3520m^3/h，机房换气次数 12 次/h，满足《电子加速器放射治放射防护要求》（GBZ 126-2011）中治疗室通风换气次数不小于 4 次/h 的要求。

⑵噪声治理措施

①噪声源：主要是水冷机、风机和风管。

②噪声防治措施：

◆采用低噪声设备；

◆水泵、风机采用消声、隔声（设置单独房间）和基础减振等降噪措施；

◆管道之间采用柔性连接。

⑶废水处理措施

项目运行后，产生的生活废水 1.6m^3/d，依托医院污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）预处理标准后，由市政污水管网收集输送至新都区污水处理厂，处理达标后排入毗河。

医院污水处理站采用“A/0 法即兼氧/好氧”处理工艺，处理能力 600m^3/d，可以满足本项目新增的生活废水 1.6m^3/d 处理需求。

⑷固体废物处理措施

项目运行后，产生的生活垃圾采用袋装并封口，依托医院生活垃圾暂存间集中存放，由当地环卫部门定时统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

三、退役

uRT-linac 506c 一体化 CT-直线加速器系统退役后，拆除和去功能，靶体等部件由原生产厂家回收处理。

环保投资：

本项目总投资 2702.3 万元，其中环保投资 402.3 万元，占总投资 14.89%，辐射防护与安全设施等投资列入表 10-4。

表 10-4 辐射防护与安全设施投资一览表

辐射场所	内　容		数量	投 资（万元）
加速器放疗室	场所	加速器放疗室	1 座	330
		防护门	1 扇	10
	安全措施	门机、门灯联锁装置	各 1 套	3.0
		紧急止动按钮（机房内墙上）	4 个	2.0
		视频监控与对讲系统	各 1 套	1.3
		电离辐射警告标志、工作状态指示灯	各 1 套	0.1
		治疗室内准备出束音响	1 套	0.1
		固定辐射监测报警装置	1 台	2.5
		紧急照明、紧急开门按钮	各 1 套	1.0
	臭氧治理	通风系统	1 套	50
	监测设备	个人剂量计	6×2 个	0.18
		个人剂量报警仪	1 台	0.27
		辐射水平监测仪表	1 台	1.2
	个人防护用品	患者：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	1 套	0.65
合计				402.3

表 11　环境影响分析

建设阶段对环境的影响

环评认为，本项目建设期产生的噪声、扬尘、废水和固体废弃物将对项目所在区域环境产生一定程度的影响，但只是暂时的。

只要施工单位认真做好施工组织工作，文明施工，认真落实本报告提出的相应措施后，项目在建设期将不会对环境产生明显的不利影响。

运行阶段对环境的影响

uRT-linac 506c 一体化 CT-直线加速器系统带有 140kV 低辐射输出剂量的 CT 影像引导设备，属于 III 类 X 射线装置，6MV X 射线加速器机房完全能满足对该 CT 的辐射屏蔽要求。对此，CT 在机房定位过程对环境的辐射影响可忽略，只重点分析加速器正常运行过程对环境的辐射影响。

一、加速器正常运行辐射影响分析

1、加速器机房屏蔽厚度校核

根据院方提供的治疗室屏蔽状况和加速器设备相关技术参数、照射负荷，校核医用加速器建筑物屏蔽体的辐射防护厚度。

加速器治疗室机房为地上一层建筑，有用线束不向迷路照射，采用钢筋混凝土（密度为 2.35g/cm^3）结构屏蔽，加速器机房平面图、剖面图如 11-1、图 11-2 所示。

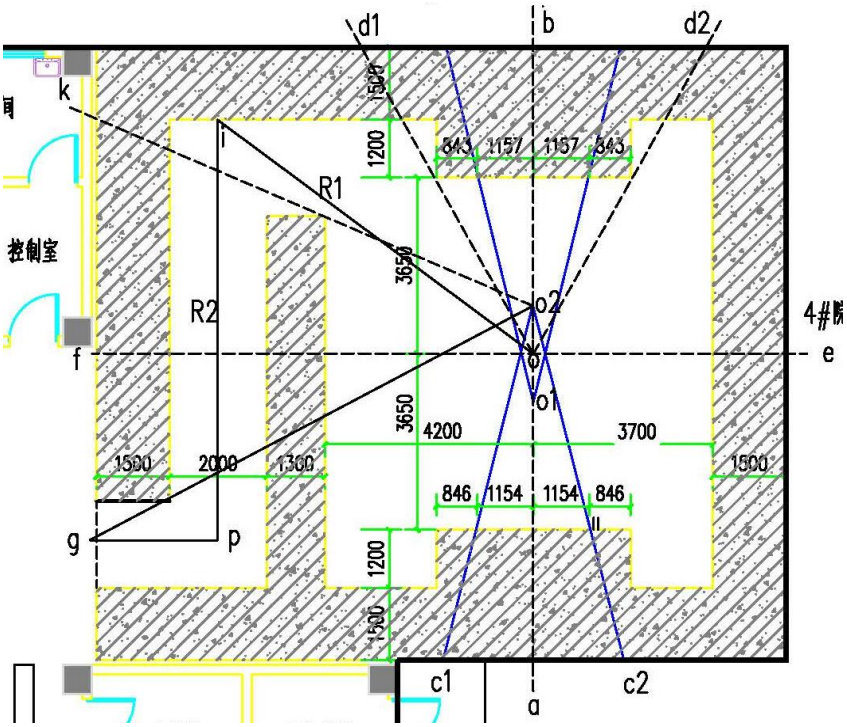


图 11-1　加速器机房平面图

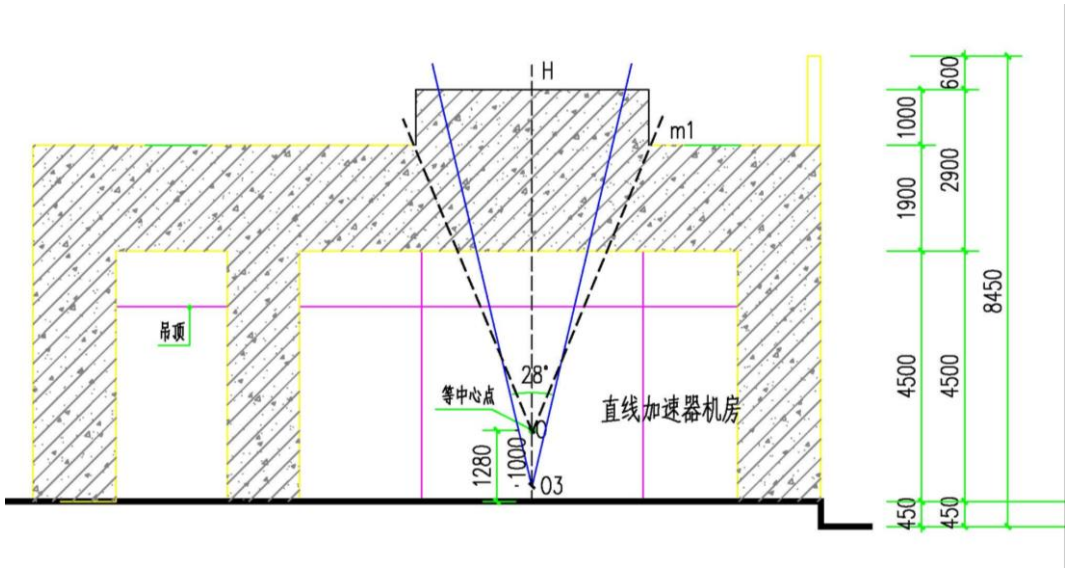


图 11-2　加速器机房剖面图

机房使用空间尺：长（主束墙间距）7.3m、宽 7.9m、高（机房顶主屏蔽区内表面至地面的距离）4.5m，使用面积约为 58m^2。机房顶主屏蔽区向机房外凸。等中心位于机房的中心，距地面 1.28m。迷路横宽 2m，迷路内口宽 2.0m。

加速器 X 射线能量 6MV，等中心（距靶 1 m）处的剂量率 $\dot{H}_0$=3.6×10^{8}μSv·m^2/h；机头泄漏辐射比率 f 取 10^{-3}；等中心处的最大治疗野面积 40 cm×40 cm。

距机房墙、顶、门外表面 30cm 处的关注点见图 11-1、图 11-2。

⑴预测模式

本环评将采用放射治疗机房的辐射屏蔽规范第二部分：电子直线加速器放射治疗机房（GBZ/T 201.2-2011）中不同辐射的屏蔽与剂量估算方法，估算 6MV 加速器机房外预测点及环境保护目标的照射剂量。

①有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算：

首先按式 11-1 计算有效厚度 Xe(cm)，式 11-1 如下：

$$X_e = X \sec\theta \quad \text{……（式 11-1）}$$

式中,

X_e——射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度，(cm)；

X ——屏蔽墙体厚度，(cm)；

θ——入射角夹角。

接着，按式 11-2 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B，再按式 11-3 计算相应辐射在屏蔽

体外关注点的剂量率 $\dot{H}$ (μSv/h)。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式 11-2）}$$

式中，TVL_I(cm)和 TVL(cm)为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。当未指明 TVL_1 时，TVL_I=TVL。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \bullet f}{R^2} \bullet B \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式 11-3）}$$

式中,

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv・m^2/h；

f——有用束为 1；泄漏辐射比率取 10^{-3}；

R——辐射源点(靶点)至关注点的距离，m；

B——屏蔽物质的屏蔽透射因子。

②患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算

首先按式 11-1 计算有效厚度 Xe(cm)，接着，按式 11-2 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B,再按式 11-4 计算辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $\dot{H}$ (μSv/h)。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \bullet a_{ph} \bullet (F/400)}{R_S{}^2} \bullet B \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（式 11-4）}$$

式中,

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率,μSv·m^2/h；

a_{ph} ——患者 400cm^2 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm^2 面积上的散射因子，取 2.77×10^{-3}；

F——治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm^2，取 40 cm×40 cm;

R_S ——患者(位于等中心点)至关注点的距离，m；

B——屏蔽物质的屏蔽透射因子。

③加速器（≤10MV）机房迷路散射辐射屏蔽与剂量估算

有用线束不向迷路照射情况，入口处的散射辐射剂量率 $\dot{H}_g$ 按式 11-5 计算：

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \bullet (F/400)}{R_1^2} \bullet \frac{\alpha_2 \bullet A}{R_2^2} \bullet \dot{H}_0 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$（式 11-5）

式中：

$\dot{H}_g$——g 处的散射辐射剂量率，μSv/h；

α_{ph}——患者 400cm^2 面积上的散射因子，通常取 45°散射角的值；

F ——治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm^2；

α_2 ——砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，通常取 i 处的入射角为 45°，散射角为 0°，α_2值见附录 B 表 B.6。

A ——i 处的散射面积，m^2；

R_1 ——“o-i”之间的距离，m；

R_2 ——“i-g”之间的距离，m；

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

⑵**加速器出束方向**

加速器向主屏蔽墙、主屏蔽顶和地面，各方向占用因子为 1/4。

⑶**工作负荷与照射时间**

按院方提供加速器平均每天治疗病人约 40 人，每周工作 5 天（年 250 天工作日），平均每人每天治疗剂量 2Gy，则周治疗照射时间约为 1.11h，加速器运行后常规放射治疗时间约为 56h/a。

⑷**关注点剂量率控制水平**

墙、顶和门外相应位置的剂量率控制水平按《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/T201.2-201l）（附录 A）相应公式导出。

有用线束在关注点的剂量率控制水平由式 11-6 导出：

$H_{c.d} = H_c/(t \cdot U \cdot T)$ ·····（式 11-6）

式中：

H_c——周参考剂量控制水平，μSv/周；

t ——治疗装置周治疗时间，h；

U——有用线束向关注位置的方向照射的使用因子；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子。

泄漏辐射在关注点的剂量率控制水平由式 11-7 导出：

$H_{c.d}= H_c/(N·t·T)$ ……（式 11-7）

式中：

H_c——周参考剂量控制水平，μSv/周；

t ——治疗装置周治疗时间，h；

N——调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子，通常 N=5；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子。

各关注点的相应参数及导出的剂量率控制水平见表 11-1。

表 11-1　关注点剂量率控制水平导出结果

关注点	辐射因素	参数取值				导出值（μSv/h）	剂量率控制水平（μSv/h）
		H_c	t	U/N	T		
a 迷道外墙（控制室）	有用线束	5	1.11	1/4	1	18.2	1.25
b（主屏蔽墙外）	有用线束	5	1.11	1/4	1/40	720.72	1.25
e（侧屏蔽墙外）	泄漏辐射	5	1.11	5	1	0.90	0.90
d1、d2（次屏蔽墙外）	泄漏、散射	—	—	—	—	—	1.25
k（迷路外墙外）	泄漏辐射	5	1.11	5	1/20	18	1.25
g（机房门外）	泄漏、散射	—	—	—	—	—	1.25
H（主屏蔽顶外）	有用线束	5	1.11	1/4	1/40	720.72	1.25

当表 11-1 中的关注点导出值大于 2.5 μSv/h 时，则剂量率控制水平保守按剂量率目标控制值 2.5 μSv/h 的一半取值，关注点 e 的剂量率控制水平按导出值 0.90μSv/h 考虑，与主屏蔽直接相连的次屏蔽区的关注点的剂量率控制水平按 2.5 μSv/h 的一半考虑。

⑸加速器机房屏蔽厚度校核

根据前面相应计算公式、加速器射线出束方向、距离等相关参数，校核加速器机房屏蔽厚度，校核结果见表 11-2。

表 11-2　加速器机房屏蔽厚度校核结果

屏蔽区	关注点	入射角	距离（m）	剂量率控制水平（μSv/h）	核实混凝土厚度(cm)	设计混凝土厚度(cm)
有用束主屏蔽墙	a、b	0°	7.65	1.25	225	270
与主屏蔽区直接相连的屏蔽区	d1、d2	30°	7.68	1.25	107	150
侧屏蔽墙	e	0°	5.50	0.90	125	150
迷路外墙	k	0°	10.0	0.90	111	150
迷路内墙	g	30°	10.5	0.625	98	130
有用束主屏蔽顶	H	0°	7.42	1.25	226	290
与顶主屏蔽区直接相连的屏蔽顶	m1	30°	6.24	1.25	111	190
防护门	g	0°	8.12、11.22	1.25	防护厚度 7 mmPb	防护厚度 10mmPb
主屏蔽墙宽度	—	28°	6.12	—	主墙宽度 365	400
主屏蔽顶宽度	—	28°	7.12	—	主顶宽度 415	420

从表 11-2 中数据可看出，经以加速器 X 射线剂量率控制水平估算的屏蔽厚度表明：拟建加速器机房的屏蔽墙、顶、防护门的设计厚度均高于本次校核的防护厚度，满足辐射防护要求。

2、辐射影响预测

本次评价采用理论计算方法，预测加速器运行时产生的贯穿辐射对环境的影响。

⑴预测点选取

根据加速器机房的外环境特征，布设预测点：1#-加速器控制室、2#-东侧车队院内消防通道、3#-东北侧病案库房、4#-南侧院外商业用房、5#-西侧行政楼、6#-大厅内护士台、7#-西侧院内消防通道、8#-西北侧停车场、9#-大厅休息区、10#-北侧车队和总务部、11#-东侧院外商业用房，共 11 预测点位。加速器机房外环境预测布点如图 11-3 所示。

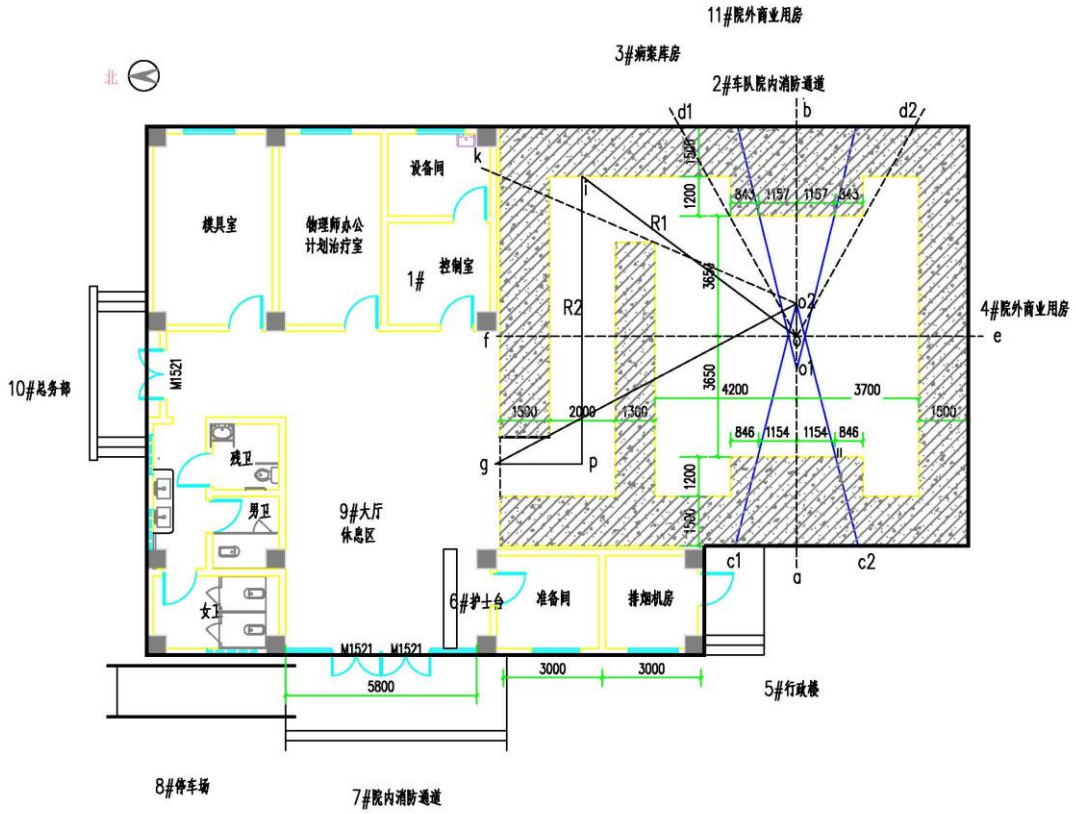


图 11-3　加速器机房外环境预测布点示意图

⑵预测结果

项目投运后，加速器常规放射治疗时间按 56h/a 计。距离、利用因子、居留因子等相关参数以及年有效剂量见表 11-3。

表 11-3　加速器机房外主要环境保护目标的年有效剂量预测结果

主要环境保护目标			与源距离（m）	利用因子	人员区域居留因子	年有效剂量（mSv/a）	照射对象
预测点及所属场所		人员					
1#	加速器机房北侧控制室	加速器操作人员	10	1（漏射）	1	1.46×10^{-7}	职业人员
2#	东侧车队院内消防通道	车队院内消防通道行人	8	1/4(主射)	1/40	1.71×10^{-5}	公众
3#	东北侧病案库房	病案管理人员	14	1（漏射、散射）	1/40	1.10×10^{-5}	
4#	南侧院外商业用房	院外工作人员（手机维修人员）	10	1（漏射）	1	2.02×10^{-3}	
5#	西侧行政楼	行政工作人员	17	1/4(主射)	1	1.51×10^{-4}	
6#	大厅内护士台	大厅内护士	12	1（漏射、散射）	1	6.05×10^{-4}	
7#	西侧消防通道	院内消防通道行人	17	1（漏射、散射）	1/40	7.64×10^{-7}	
8#	西北侧停车场	停车场司乘人员	30	1（漏射）	1/40	5.60×10^{-6}	
9#	大厅休息区	患者及陪护	13	1（漏射、散射）	1/20	4.34×10^{-4}	
10#	车队、北侧总务部	总务部工作人员	30	1（漏射、散射）	1	1.79×10^{-3}	
11#	南侧院外商业用房	院外商铺工作人员	27	1/4(主射)	1	2.24×10^{-4}	

从表 11-3 中的预测结果可以看出，加速器在正常运行工况下，所致工作人员最大年有效剂量值为 1.46×10^{-7}mSv/a，低于职业照射剂量约束值 5.0mSv/a；所致公众最大年有效剂量值为 2.02×10^{-3}mSv/a,低于公众照射剂量约束值 0.1mSv/a。满足本次评价标准要求。

二、项目正常运行阶段非放射性污染物的环境影响分析

本项目在正常运行阶段产生的非放射性污染物主要有臭氧、噪声、生活废水和生活垃圾。

1、臭氧影响分析

⑴加速器产生臭氧影响分析

加速器运行过程会产生臭氧。参照《辐射防护手册》（第三分册）（P130），电子加速器运行时臭氧的生成率按下式计算：

$$C_{O3}=48\left[\frac{C_{O2}\bullet G\bullet \in}{N_0}\right]S\bullet I\bullet d \quad \text{……（式 11-8）}$$

式中，

C_{O3}——臭氧生成率，g/s；

C_{O2}——空气中氧的浓度系数，0.232；

G——空气每吸收 100eV 辐射能量所产生的臭氧分子数，一般取 6；

Є——单位时间单位电子束流强度的电荷数，$6.28\times10^{15}mA^{-1}s^{-1}$；

N_0——阿伏伽德罗常数，6.02×10^{23} 个分子数/摩尔；

S——电子在空气中的线碰撞阻止本领，与电子能量相关，6MV 的阻止本领为 2.4keV/cm；

I——电子束流强度，mA，取 0.15mA；

d——电子在空气中运行的距离（或源皮距），m，取 1m。

由上式计算出臭氧的生成率为 2.51×10^{-4}mg/s。

在加速器运行时，机房内有臭氧不断生成、不断分解、不断地向外排出。当运行时间趋于无穷大时，机房内的臭氧量可达平衡，平衡量（即最大量）计算公式如下：

$$C(p)=\frac{C_{03}}{\lambda+h} \quad \text{……（式 11-9）}$$

式中，

C（p）——机房内臭氧的平衡量，mg；

C_{O3}——臭氧生成率，mg/s；

λ——臭氧衰减的时间参数，臭氧为 $3.3\times10^{-4}s^{-1}$；

h——单位时间内加速器机房换气次数，s^{-1}，若加速器机房的通风换气次数按 12 次/h 计，则 h 为 $3.33\times10^{-3}s^{-1}$。

经按上述给出的条件，计算得出加速器机房内臭氧的平衡量（即最大量）为 0.0686mg。

加速器机房净体积约 187m^3，假设臭氧在治疗室内均匀分布，则治疗室内臭氧最大浓度为 $3.668\times10^{-4}mg/m^3$，远低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值 $0.2mg/m^3$，经通风系统排入大气环境稀释后，对工作人员和公众不会造成危害，对周围大气环境中的臭氧浓度影响甚微。

2、声环境影响分析

加速器治疗室的主要噪声源是排风机。排风机位于设备间内，贴近房间顶部。排风机（带消声器）噪声源强 50dB(A)，经设备间隔声（减少 15 dB(A)）、基础减振、距离衰减等降噪措施后，声环境敏感点噪声预测结果见表 11-4。噪声衰减计算公式如下：

$$L_A(r)=L_{Aref}(r_0)-20\lg(r/r_0)$$.....（式11-10）

式中：$L_A(r)$---距声源r处的A声级，dB(A)；

$L_{Aref}(r_0)$---距声源r_0处的A声级，dB(A)；

r、r_0---距声源的距离，m。

表 11-4 声环境敏感点噪声预测结果 (dB(A))

噪声源强值	预测距离(m)					
	东侧商铺	23	西侧行政楼	24	南侧商铺	20
50	7.77		7.40		8.89	
厂界环境噪声排放限值	昼间：60dB 夜间： 50dB					

预测结果表明，排风机运行期最近的敏感点环境噪声贡献最大值 8.89dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348－2008）2 类标准（昼间≤60dB（A）、夜间≤50dB（A））要求，不会对周围敏感点声学环境造成影响。

如此可见，本项目运行产生的噪声，经采取消声、隔声、基础减振、距离衰减等降噪措施后，不会对周围敏感点声学环境造成影响。

3、生活废水影响分析

项目在运行期间产生的生活废水，经医院污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）预处理标准后，对项目所在地水环境影响甚微。

4、生活垃圾影响分析

项目在运行期间产生的生活垃圾，经分类、收集后，由当地环卫部门定时统一收集、清运，不直接排入环境，对当地环境的影响程度较小。

综上所述，本项目在运行期间产生的非放污染物均能实现达标排放或实现清洁处理，对当地环境的影响程度较小。

事故影响分析

1、事故风险评价目的

本项目事故风险评价目的是分析本项目在运行过程中存在的潜在危险和有害因素，所造成的人身安全与环境影响和损害程度，提出适当的防护与安全措施，尽可能减少或防止由人为错误或其他原因导致的事件或事故，并有效减轻事故或事件的后果。

2、事故风险识别

⑴危害因子

本项目环境危害因子为 X 射线。

⑵可能发生的事故

①加速器运行时，人员误入加速器机房，发生超剂量照射；

②维修加速器时，维修人员受到意外照射。

3、辐射事故分级

原国家环保总局环发[2006]145 号《辐射事故分级》规定：根据辐射事故性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重大到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，具体分级见表 11-4。

表 11-4　辐射事故分级

辐射事故等级	辐射事故
特别重大辐射事故	指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	指 III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	指 IV、V 类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

4、事故工况下的辐射影响分析

⑴加速器运行时，人员误入加速器机房，发生超剂量照射

①事故情景

1）加速器运行时，有用线束中心轴上距靶 1m 处的最高剂量率为 6Gy/min。

2）加速器治疗室门-机联锁装置失灵。为患者实施放疗时，非工作人员误入机房内受到超剂量照射。

3）误入人员距靶 3m 处散射方向，无任何屏蔽措施。

4）误入人员停留在机房内观望患者治疗时，控制人员从显示屏上发现后，立刻按下停止照射按钮，整个事故持续时间 10S。

②剂量估算

1）预测模式

散射线辐射剂量按前面公式 11-4 计算。

2）预测结果

经计算，在假设事故情景下，误入人员受照剂量为 1.23mGy/次。

③事故后果

在上述事故情景假设条件下，误入人员（公众）已受到超过年剂量限值的照射。当受照射剂量较小时，主要表现为放射反应。例如全身受照剂量小于 0.1Gy 时，无明显变化症状，血液学变化不明显，一般在正常值范围内波动。

④事故等级

对照表 11-4 辐射事故分级，假若本项目发生此种事故，事故等级为**一般辐射事故**。

⑵维修加速器时，维修人员受意外照射

①事故情景

1）加速器机房的电视监控系统、门机联锁系统失效，一名维修人员在机房内正在维修加速器。另一人进入无人的控制室，在不知有人维修加速器情况下，将加速器启动运行。

2）当维修人员发现加速器处于出束状态时，立即抽身按下与其距离最近的紧急止动按钮中断加速器电源。

2）加速器运行时，有用线束中心轴上距靶 1m 处的最高剂量率为 6Gy/min。

3）维修人员位于加速器照射头 1m 处主射束方向，无任何屏蔽措施。

4）假设维修人员被误照时间 20S。

②剂量估算

经计算，在假设事故情景下，误入人员受照剂量为 2.0Gy/次。

③事故后果

根据《实用辐射安全手册》（丛慧玲，北京：原子能出版社.2007.8.）给出的各型急性放射病的初期反应和受照剂量下限（表 11-5）、急性放射病的发生率与辐射剂量的关系（表 11-6）、急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（表 11-7）。

表 11-5　各型急性放射病的初期反应和受照剂量下限

分型（度）		初期表现	照射后 1~2d 淋巴细胞最低绝对值/（10^9/L）	剂量下限/Gy
骨髓型	轻度	乏力，不适，食欲减退	1.2	1.0
	中度	头昏、乏力，食欲减退，恶心、呕吐，白细胞暂短上升后下降	0.9	2.0
	重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞数明显下降	0.6	4.0
	极重度	多次吐、泻，休克，白细胞数极具下降	0.3	6.0
肠型		频繁吐、泻，休克，血红蛋白升高	<0.3	10.0
脑型		频繁吐、泻，休克，共济失调，肌张力增强，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退	<0.3	50.0

表 11-6　急性放射病的发生率与辐射剂量的关系

剂量/Gy	发生率/%
0.70	1
0.90	10
1.00	20
1.05	30
1.10	40
1.20	50
1.25	60
1.35	70
1.40	80
1.60	90
2.00	99

表 11-7　急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系

剂量/Gy	死亡率/%
2.00	1
2.50	10
2.80	20
3.00	30
3.20	40
3.50	50
3.60	60
3.75	70
4.00	80
4.50	90
5.50	99

由表 11-5、表 11-6、表 11-7 中数据可看出：当维修人员受照剂量为 2.0Gy/次时，骨髓型（中度）急性放射病的初期表现为头昏、乏力、食欲减退、恶心、呕吐、白细胞暂短上升后下降，急性放射病的发生率为 99%，急性放射病的死亡率为 1%。

④事故等级

对照表 11-4 辐射事故分级，假若本项目发生此种事故，事故等级为**较大辐射事故**。

5、事故预防与应急措施

⑴事故预防

为防止加速器在运行、检修维护期间发生辐射事故，建设单位应做好下列事故防范工作：

①主管领导对辐射安全防护应有足够重视。辐射工作人员应加强安全意识和岗位责任心，并严格按加速器的操作规程执行操作。

②在操作加速器时要始终注意安全。辐射工作人员必须对该设备具有足够的了解，能够识别任何可能导致危险的故障。如果发生故障或发现存在安全问题，在授权人员修复故障之前，不得使用该设备。

③为保证持续安全的操作，应按相关要求对设备进行定期维护。

④做好辐射工作人员和患者的防护工作。

⑤加速器的钥匙由指定医师控制。

⑥加强环境保护科普宣传教育工作，普及辐射防护预防常识，增强公众的防范意识和相关心里准备，提高公众的防范能力。

⑵应急措施

假若本项目发生了上述辐射事故，建设单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

①发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将机房内的人员撤出，关闭机房门。同时向医院辐射事故应急领导小组报告。

②医院事故应急领导小组根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

③事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

④最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 12　辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、辐射安全与环境保护管理机构

建设单位设立有“放射防护管理委员会”，由院长担任主任委员，直接负责医院的放射性同位素和射线装置的辐射安全与环境保护的领导工作。办公地点设在医学装备部。

环评要求，放射防护管理委员会机构成员若有变动，应及时补充、调整。在此基础上，环评认为，该机构设置满足要求。

2、辐射工作人员配置

本项目拟配辐射工作人员 6 人，全部来自医院现有的辐射工作人员，并已持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全与防护培训合格证书》（在有效期内）。

环评要求：

⑴辐射工作人员持有的辐射安全培训合格证书到期后，应通过生态环境部培训平台（培训平台网址：http：//fushe.mee.gov.cn）报名并参加考核。

⑵有新从事辐射活动的人员，应通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

⑶严禁无证人员从事放射治疗工作。

环评认为，在此基础上，本项目拟配的辐射工作人员满足要求。

辐射安全管理规章制度

1、拟定管理制度

为确保一体化 CT-直线加速器系统的安全运行和管理使用，建设单位拟制定管理制度如下：

①辐射安全与防护管理规定；

②操作规程与岗位职责；

③辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等）；

④辐射监测方案；

⑤监测仪表使用效验管理制度；

⑥校验源管理制度；

⑦辐射工作人员培训/再培训管理制度；

⑧辐射工作人员个人剂量管理制度；

⑨辐射事故应急预案；

⑩质量保证大纲和质量控制检测计划。

2、环评要求：

⑴建设单位应根据生态环境主管部门最新规定和要求，及时修订、完善原有辐射安全管理制度。

⑵建设单位应安排专人或兼人负责管理辐射安全档案。辐射安全档案资料可按制度文件、环评资料、许可证资料、射线装置台账、监测和检查记录、个人剂量档案、培训档案、辐射应急资料进行分类放置。

⑶项目竣工环保验收之前，应落实完成管理制度，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂在辐射工作场所的墙上。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

只要建设单位能够结合项目实际，建立健全上述各项规章制度，环评认为，项目单位制定的规章制度是符合《辐射安全许可证》发放条件、中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全防护管理办法》、环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序和川环函【2016】1400 号等相关文件要求的。

辐射防护监测

项目运行后，将对本项目辐射工作人员、辐射工作场所和周围环境开展辐射监测。

1、个人外照射监测

辐射工作人员均佩带个人剂量计，委托有资质单位每季度对辐射工作人员个人剂量计检测一次，检测结果存入个人剂量档案。环评要求：个人剂量档案应包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。另外：实习生从事辐射工作时，应有实习生个人剂量管理。若发现季度监测数据超过 1.25mSv，应及时查找原因，并采取相应干预管理措施。

2、辐射工作场所和环境监测

自行监测：建设单位设专人每月对辐射场所及其周围环境开展辐射巡测，监测结果留存备查（记录表上有监测工况、监测时间、监测人、记录人。）。监测设备定期送检，确保每次监测数据有效。

委托监测：建设单位每年委托有监测资质单位对辐射场所及其周围辐射环境监测一

次，监测报告存档。

本项目辐射监测计划（个人监测、工作场所监测、环境监测）见表 12-1：

表 12-1　本项目辐射监测计划

监测对象	监测内容	监测周期	
		自行监测	委托监测
个人外照射： 个人剂量片/剂量计	有效剂量 mSv	/	1 次/季度
辐射工作场所： 机房四面墙体、屏蔽门外 30cm 处、以及管线洞口、门缝、控制台、设备间、计划治疗室、大厅、准备间等处。	X-γ 空气吸收剂量率	1 次/月	1 次/年
周围环境： 院内行政楼内、消防通道、机房南侧院墙外商业用房内等附近居留因子较大场所。	X-γ 空气吸收剂量率	1 次/月	/

3、辐射监测的可行性

项目运行后，按本项目辐射监测计划开展的监测，能够及时反应辐射工作人员工作环境的安全性、及时反应加速器机房屏蔽防护的有效性，符合《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函【2016】1400 号）等相关要求，是可行的。

辐射事故应急

中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第六章第四十三条规定：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位应急方案，做好应急准备”。应急方案的内容应包括：

⑴应急机构和职责分工；

⑵应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

⑶辐射事故分级与应急响应措施；

⑷辐射事故调查、报告和处理程序；

⑸辐射事故信息公开、公众宣传方案。

1、建设单位原有应急预案内容

建设单位已制定有辐射事故应急预案，其内容包括如下：

⑴应急机构及职能：建设单位设有放射事件应急处理小组，由业务副院长任领导小组组长，成员包括医学装备部及临床相关专业人员，成员有联系电话和职责分工。办公室设在医学装备部。

⑵事件分级和报告：有具体事件分级和事件报告程序。

⑶事件应急处理和控制处理措施：有人员超剂量照射事故、放射性同位素污染事故、放射源丢失被盗事故的具体应急处理措施；有事故预防处理措施。

2、 环评要求

对照预案规定内容，建设单位应对原有预案补充“应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故信息公开、公众宣传方案”等内容。同时，针对本项目可能发生的辐射事故，需在原有预案中增设事故联系人、事故预防措施和事故处理措施。补充、完善后的预案，要具有针对性和可操作性。针对建设单位可能发生的辐射事故，一旦启动该预案，就能控制事故，及时制止事故的恶化，降低辐射事故后果的负面影响。

结 论：通过对上述放射防护管理委员会的设置、辐射工作人员配置、辐射管理制度、辐射防护监测、应急事故方案的分析，环评认为，能够满足本项目辐射管理要求。

表 13　结论与建议

结论

1、项目概况

成都医学院第一附属医院位于四川省成都市新都区宝光大道 278 号。本项目位于医院原车队院内。

成都医学院第一附属医院拟用一套 uRT-linac 506c 一体化 CT-直线加速器系统（加速器 X 射线最大能量 6MV，600 cGy/min；CT 管电压 140kV、管电流 420mA。），属于 II 类射线装置。运用加速器产生的 X 射线对肿瘤照射治疗，无电子束治疗。预计年治疗 10000 人次，累计照射时间约 56h/a。

加速器放疗室拟建在医院原车队院内，是一座独立的地上一层建筑物，由加速器机房、控制室、设备间（水冷机房）、计划室、模具室、大厅休息区、男女卫生间、准备间和排烟机房组成，总建筑面积约 372m^2。

加速器机房屏蔽防护：机房墙体和顶部采用钢筋混凝土材料，密度不小于 2.35g/cm^3。东西两侧主屏蔽墙厚 2700mm（宽 4000mm）、次屏蔽墙厚 1500mm，南侧侧屏蔽墙厚 1500mm，北侧迷路内墙厚 1300mm、迷路外墙厚 1500mm，主屏蔽顶厚 2900mm（宽 4200mm）、次屏蔽顶厚 1900mm。防护门为单扇电动推拉门，防护厚度 10mmPb。加速器有用线束照射方向：东墙、西墙、顶上、地下。

本项目总投资 2702.3 万元，其中环保投资 402.3 万元，占总投资 14.89%。

2、产业政策符合性

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，符合国家产业政策。

3、项目布局的合理性

本项目辐射工作场所的布置即满足安全工作需要，又便于辐射场所的分区管理和辐射防护。从环境保护和辐射防护的角度而言，项目的布局是合理可行的。

4、辐射环境质量现状

现场监测数据表明：项目所在地的 X-γ 辐射剂量率与成都地区天然贯穿辐射水平基本一致，辐射环境质量现状属于正常水平。

5、项目正常运行工况下的环境影响结论

⑴辐射环境影响分析结论

在预测条件下，本项目正常运行期间，产生的 X 射线经机房实体屏蔽后，所致辐射工作人员（各组成员固定，不操作其他辐射设备。）年有效剂量最大值为 1.46×10^{-7} mSv/a，低于职业照射剂量约束值 5mSv/a；所致公众年有效剂量最大值为 2.02×10^{-3}mSv/a，低于公众照射剂量约束值 0.1mSv/a。满足本次评价标准要求。

⑵臭氧的环境影响结论

加速器机房产生的臭氧饱和浓度低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值 0.2mg/m^3。经采用机械通风措施排入大气环境稀释后，对工作人员和公众不会造成危害，对周围大气环境中的臭氧浓度影响甚微。

6、事故影响分析结论

经预测，假若本项目发生辐射事故，最大事故等级为较大辐射事故。环评认为，建设单位有完善的辐射事故应急措施，一旦发生此类事故，启动辐射事故应急预案之后，能够控制事故，及时制止事故的恶化，能降低辐射事故后果的负面影响。

7、可行性分析结论

本项目符合国家产业政策，项目布置合理，区域辐射环境质量现状符合当地实际。在落实本报告提出的各项环保及辐射防护措施后，使用一体化 CT-直线加速器产生的电离辐射及其他污染物排放可以满足国家相关标准要求，辐射工作人员和公众照射剂量满足国家规定的年有效剂量限值和本评价采用的剂量约束值。

本次评价认为，成都医学院第一附属医院申请在院区内从事辐射工作的种类、范围和场所满足辐射安全相关要求，具备使用一体化 CT-直线加速器的相关能力。项目的建设从环境保护和辐射环境安全的角度而言是可行的。

建议与承诺

要求：

1、辐射场所在建设过程中，应注意以下问题：

⑴穿过辐射工作场所屏蔽墙的各种管道和电缆线弯成 S 形或 U 形，不要正对辐射源和工作人员经常停留的地点。

⑵为防止辐射泄漏，辐射场所的防护门与墙、墙与窗、门的底部与地面之间的重叠宽度不少于空隙的 10 倍。

⑶辐射场所的屏蔽墙体避免有缝隙。

⑷通风管道：从机房迷路门上方引出的通风弯管道拟采用厚 20mm 铅当量的铅皮制成。

2、人员培训

⑴有相关培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（培训平台网址：http：//fushe.mee.gov.cn）免费学习相关知识。

⑵新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

3、管理制度

⑴建立健全管理制度。

⑵项目竣工环保验收之前，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应上墙。

⑶设立医院环保档案，档案资料应分类放置，安排专人或兼职人员负责环保资料的管理。

4、补充、完善辐射事故应急预案。

5、应定期将辐射监测设备送到有检定资质的检定单位进行检定，保证监测设备监测数据的有效性。

6、若发现个人季度监测数据超过 1.25mSv，应及时查找原因，并采取相应干预管理措施。

7、医院的放射诊断实践活动应遵循《GB18871-2002》放射诊断医疗照射指导水平。

8、项目竣工后要开展环境保护验收工作。

9、一体化 CT-加速器系统报废时，拆除和去功能，靶体等部件由原生产厂家回收处理。

10、医院应当对本单位使用的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，每年 1 月 31 日前将评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，并向四川省生态环境厅提交上一年度的评估报告，同时提交每年度辐射作业场所及周围环境的监测报告（委托有监测资质的机构进行监测）。

11、医院应按相关规定到四川省生态环境厅办理《辐射安全许可证》，办理前应登陆 http://rr.mee.gov.cn/全国核技术利用辐射安全申报系统提交相关资料。

表 14　审批

下一级环保部门预审意见：   经办人　　公　章 年　月　日
审批意见：   经办人　　公　章 年　月　日