

核技术利用建设项目

新增使用医用加速器及钴-60 后装治疗  
机搬迁项目

环境影响报告表

(公示本)

广元市中心医院

二〇二〇年六月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

# 新增使用医用加速器及钴-60 后装治疗机搬迁项目

环境影响报告表

建设单位名称：广元市中心医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：广元市利州区井巷子 16 号

邮政编码：628000

联系人：\*\*

电子邮箱：\*\* 联系电话：\*\*

# 目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	12
表 3 非密封放射性物质.....	12
表 4 射线装置.....	13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	16
表 6 评价依据.....	17
表 7 保护目标及评价标准.....	19
表 8 环境质量和辐射现状.....	22
表 9 项目工程分析和源项.....	24
表 10 辐射安全与防护.....	30
表 11 环境影响分析.....	43
表 12 辐射安全管理.....	63
表 13 结论与建议.....	72

## 附图目录

附图 1 项目地理位置图

附图 2 项目外环境关系图

附图 3-1 加速器机房平面布置图

附图 3-2 钴-60 治疗机房平面布置图

附图 4-1 门诊综合楼地下二层平面图（本项目建成后）

附图 4-2 门诊综合楼地下二层平面图（本项目建设前）

## 附件目录

附件 1 项目环评委托书

附件 2 关于成立辐射安全与环境保护管理领导小组的通知

附件 3 医院辐射安全许可证

附件 4 医院 2018 年度辐射工作人员个人剂量监测报告

附件 5 拟建场址辐射环境质量现状监测报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新增使用医用加速器及钴-60 后装治疗机搬迁项目			
建设单位		广元市中心医院			
法人代表	**	联系人	**	联系电话	**
注册地址		广元市利州区井巷子 16 号			
项目建设地点		四川省广元市利州区井巷子 16 号广元市中心医院门诊综合楼地下二层加速器机房、后装机房			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	3500	项目环保投资（万元）	69	投资比例（环保投资/总投资）	1.97%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m <sup>2</sup> ）	
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
其他	/				
<p><b>一、建设单位基本情况</b></p> <p>广元市中心医院（统一社会信用代码：125107004512663340，以下简称医院或建设单位）始建于 1950 年，是川北区域医疗中心，是首批国家级住院医师规范化培训基地，四川省护士规范化培训基地，川北医学院非直管附属医院，硕士研究生培养点，同时还是北京大学医学部、四川大学华西医院、四川省人民医院、北京佑安医院、川北医学院、香港仁安医院协作医院，承担着区域内及周边地区 20 多个市、县（区）危急重症救治、临床科研、教学指导重任。</p> <p>医院现已发展为“一院三区”布局。老城院区占地面积 4.7 万平方米，总建筑面积 8.55 万平方米。编制床位 1400 张。南河妇儿分院开工新建住院大楼 3.2 万余平方米，改建门诊医技大楼 9000 余平方米，计划开设床位 536 张。北二环医养结合项目占地 350 亩，建筑总面积 20 万平方米，计划开设床位 2000 张。到 2020 年，将逐步形成由院本部、南河妇产儿童分院、康养分院三位一体的川北区域医疗中心发展格局。</p> <p><b>二、项目由来</b></p> <p>广元市中心医院现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（证书编号川环</p>					

辐证（00205），有效期至2024年3月1日），许可种类和范围为：使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置，具体包括：使用<sup>60</sup>CoⅢ类放射源3枚；使用Ⅱ类射线装置2台（医用电子直线加速器1台、数字C臂X光机1台）；使用CT机等Ⅲ类射线装置8台。

随着医院业务的不断发展，现有的放射诊疗业务量也在同步增加。为满足不断增长的业务需求。建设单位拟在现有门诊综合大楼地下二层新建1间医用加速器机房及配套设施，并将门诊综合大楼地下二层现有钴-60后装治疗机搬迁至现控制的钴-60治疗机房内，现钴-60后装治疗机房作为新建医用加速器机房控制室使用。本项目拟新增1台10MV医用电子加速器（属Ⅱ类射线装置），并搬迁1台钴-60后装治疗机（内含3枚钴-60密封放射源，单枚活度均为 $6.17 \times 10^{10}$ Bq，属于Ⅲ类放射源）至新的工作场所。

由于本项目建成后，医院所持有的射线装置种类、数量和使用场所将发生变动，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》的要求，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第44号）和《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》（生态环境保护部令第1号），本项目属于名录中“五十、核与辐射”中“191、核技术利用建设项目——使用Ⅲ类放射源的；生产、使用Ⅱ类射线装置的”，应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，同时为申办医院现有《辐射安全许可证》增项提供支持性文本，广元市中心医院委托四川久远安全环保咨询有限公司承担该项目的环境影响报告表编制工作。环评单位接受委托后，随即组织专业人员开展资料收集、现场踏勘、资料整理分析、调研有关法规等工作，并与建设单位进行多方咨询交流，反复核实，在进行工程分析的基础上，结合工程的具体情况以及辐射危害特征，按照《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）的要求，编制了本环境影响报告表。

### 三、环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取环境保护主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》（试行）的规定：建设单位在向环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告书、表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告书、表的全本信息；各级环境保护主管部门在受理建设项目环境影响报告表后应将主动公开的环境影响评价政府信息，

通过本部门政府网站向社会公开受理情况，征求公众意见。

根据以上要求，广元市中心医院于 2020 年 6 月在医院门户网站进行了全本公示

#### 四、项目建设内容

##### 1、项目概况

**项目名称：**新增使用医用加速器及钴-60 后装治疗机搬迁项目

**建设单位：**广元市中心医院

**建设地点：**四川省广元市利州区井巷子 16 号广元市中心医院门诊综合楼地下二层加速器机房、后装机房

**建设性质：**改扩建

##### 2、项目投资

本项目总投资 3500 万元。

##### 3、建设内容及规模

广元市中心医院拟在广元市利州区井巷子 16 号广元市中心医院门诊综合楼地下二层新建 1 间医用加速器机房及配套设施，并将门诊综合大楼地下二层现有钴-60 后装治疗机搬迁至现控制的钴-60 治疗机房内，现钴-60 后装治疗机房作为新建医用加速器机房控制室使用。本项目拟新增 1 台 10MV 医用电子加速器（属 II 类射线装置），并搬迁 1 台钴-60 后装治疗机（内含 3 枚钴-60 密封放射源，单枚活度均为  $6.17 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，属于 III 类放射源）至新的工作场所。

项目所涉及各机房设计参数如下：

###### （1）医用电子直线加速器

本项目新增 10MV 医用电子直线加速器项目位于门诊综合大楼地下二层东面，主要建设医用电子直线加速器机房及配套用房，并利用搬迁后的钴-60 后装机房作为控制室使用。

医用电子直线加速器机房建筑面积约  $167.2\text{m}^2$ （含迷道），室内建筑面积约  $83.18\text{m}^2$ （含迷道），四面墙体、迷道和屋顶均为混凝土结构，主射方向朝向东侧、西侧、地面和屋顶。其中，东侧主屏蔽区厚 3.1m（宽 4.4m）、相连次屏蔽区厚 1.8m；西侧设长 8.2m、宽 2.0m 的“L”型迷道，迷道内墙厚 2.0m、迷道外墙厚 1.2m；北侧屏蔽墙与现有 15MV 加速器治疗机房南墙相连，最大厚度 2.55m，最小厚度 1.8m；南侧屏蔽墙厚 1.8m；屋顶主屏蔽区厚 3.1m（宽 4.4m）、相连次屏蔽区厚 1.8m；屏蔽门为 20mm 铅+180mm 含硼（2%）聚乙烯平移防护门。

医用电子直线加速器机房内配置使用 1 台医用电子直线加速器，最大 X 射线能量为 10MV，X 射线等中心 1 米处最大剂量率为 22Gy/min，最大电子线能量为 18MeV，电子线等中心 1 米处剂量率为 22Gy/min，加速器年出束时间 600h，属于 II 类射线装置。医用电子直线加速器机房还配套建设有控制室（利用搬迁后钴-60 后装治疗室改造）、电气室和水冷机房等辅助用房。

(2) 后装机

建设单位门诊综合大楼地下二层现有 1 间钴-60 后装治疗机房，北侧屏蔽墙厚 0.9m，西侧、南侧屏蔽墙厚 0.65m，东侧设置设长 6.6m、宽 1.8m 的直线型迷道，迷道内墙厚 0.6m，迷道外墙与 15MV 医用电子直线加速器机房西侧屏蔽墙共用，墙厚 1.3m，机房屋顶混凝土厚度 1m，机房屏蔽门中铅的厚度为 2mm。该治疗室内配置使用 1 台 GZP3 型钴-60 后装治疗机，内含 3 枚钴-60 放射源，单枚放射源活度为  $6.17 \times 10^{10} \text{Bq}$  (1.67Ci)，均属于 III 类放射源。钴-60 后装治疗机装源总活度为  $1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$  (5Ci)，年出束时间约 40h。后装治疗机房已配套建设有控制室、准备间等辅助用房。

本项目拟将该钴-60 后装治疗机搬迁至门诊综合大楼地下二层现有空置的钴-60 治疗机房，并与机房西侧配套建设控制室、准备间等辅助用房。

现有空置的钴-60 治疗机房建筑面积约  $101.26 \text{m}^2$  (含迷道)，室内面积约  $68.54 \text{m}^2$  (含迷道)，四面墙体、迷道和屋顶均为混凝土结构。西侧屏蔽墙厚 0.85m，南侧屏蔽墙厚 0.7m，东侧屏蔽墙厚 0.65m，北侧设置设长 7.65m、宽 2.7m 的直线型迷道，迷道内墙、外墙厚度均为 0.7m，机房屋顶混凝土厚度 1m，拟设置 2mm 铅当量钢板夹芯屏蔽门。

本项目设备详细参数见表 1-1。

表 1-1 本项目设备参数一览表

设备名称	型号	数量(台)	主要技术参数	工作场所		用途	类别	备注
医用电子直线加速器	待定	1	最大 X 射线能量 10MV，1m 处最高剂量率为 22Gy/min，电子线最大能量 18MeV，1m 处最高剂量率为 22Gy/min。	门诊综合大楼地下二层放疗中心	地下二层加速器机房	肿瘤放射诊疗	II 类射线装置	新增
后装机	待定	1	$^{60}\text{Co}$ 源，3 枚、 $6.17 \times 10^{10} \text{Bq/枚}$ (1.67Ci)，合计放射源活度 $1.85 \times 10^{11} \text{Bq/枚}$ (5Ci)		地下二层后装机机房	肿瘤放射诊疗	III 类密封放射源	搬迁

4、项目组成及主要环境问题

依据本项目建设内容，项目组成及主要环境问题见下表 1-2。

表 1-2 本项目组成及主要环境问题



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	医用电子直线加速器 (新建加速器机房)	<p><b>医用电子直线加速器位于门诊综合楼地下二层东侧：</b>            机房建建筑面积约 167.2m<sup>2</sup> (含迷道)，室内建筑面积约 83.18m<sup>2</sup> (含迷道)，四面墙体、迷道和屋顶均为混凝土结构，主射方向朝向东侧、西侧、地面和屋顶。其中，东侧主屏蔽区厚 3.1m (宽 4.4m)、相连次屏蔽区厚 1.8m；西侧设长 8.2m、宽 2.0m 的“L”型迷道，迷道内墙厚 2.0m、迷道外墙厚 1.2m；北侧屏蔽墙与现有 15MV 加速器治疗机房南墙相连，最大厚度 2.55m，最小厚度 1.8m；南侧屏蔽墙厚 1.8m；屋顶主屏蔽区厚 3.1m (宽 4.4m)、相连次屏蔽区厚 1.8m；屏蔽门为 20mm 铅+180mm 含硼 (2%) 聚乙烯平移防护门。</p> <p>医用电子直线加速器机房内配置使用 1 台医用电子直线加速器，最大 X 射线能量为 10MV，X 射线等中心 1 米处剂量率为 22Gy/min，最大电子线能量为 18MeV，电子线等中心 1 米处剂量率为 22Gy/min，加速器年出束时间 120h，属于 II 类射线装置。医用电子直线加速器机房还配套建设有控制室、电气室和水冷机房等辅助用房。</p>	施工扬尘、噪声、废水、固体废物、施工人员生活垃圾和生活污水	电子线、X 射线、臭氧
	钴-60 后装治疗机 (搬迁)	<p>本项目拟将该钴-60 后装治疗机搬迁至门诊综合大楼地下二层现有空置的钴-60 治疗机房，并与机房西侧配套建设控制室、准备间等辅助用房。</p> <p><b>钴-60 治疗机房位于门诊综合楼地下二层中央：</b>            机房四面墙体、迷道和屋顶均为混凝土结构。北侧屏蔽墙与医用电子直线加速器机房南侧屏蔽墙共用，东侧屏蔽墙厚 0.9m，西侧屏蔽墙厚 0.7m，南侧设长 4.1m、宽 1.2m 的直线型迷道，迷道内墙厚 0.65m，迷道外墙厚 0.9m，屏蔽门为 10mm 铅当量电动钢板夹芯平移防护门。</p> <p>后装治疗机房内配置使用 1 台钴-60 后装治疗机，内含 1 枚钴-60 放射源，装源活度为 2.22×10<sup>11</sup>Bq，年出束时间约 80h，属于 III 类放射源。后装治疗机房还配套建设有控制室、准备间等辅助用房。</p>		β 射线、γ 射线、臭氧、退役放射源
辅助工程	通风系统	<p>直线加速器机房：采用机械通排风系统，加速器机房设计风量为 2800m<sup>3</sup>/h、排风次数 10 次/h。</p> <p>后装机机房：机房采用机械通排风系统，设计风量为 1800m<sup>3</sup>/h、排风次数 8 次/h。</p>	/	噪声
公用工程	依托医院给排水系统、供电等配套设施。		/	/
办公生活设施	依托医院医生办公室。		/	生活污水、办公垃圾
环保设施	<p><b>废气治理：</b>加速器、后装机等出束期间产生的臭氧经地下管道和抽风系统抽取后通过通风机引至门诊综合楼裙楼楼顶排放。</p> <p><b>废水治理：</b>生活污水排入医院污水管网，与医疗废水一并经医院自建医疗废水处理站处理达标后排入市政污水管网。</p> <p><b>固废处理：</b>医疗废物采用专用容器收集，暂存于医院污物暂存间，定期交由当地医疗废物处理机构统一处理；办公垃圾定点收集，定期交当地环卫部门清运处置。</p> <p><b>废放射源：</b>废钴-60 放射源由放射源生产厂家回收处置；如因放射源生产厂家不能回收的，应交由废源收贮资质单位回收处置。</p>		/	/

### 5、主要原辅材料及能耗

本项目采用先进的数字成像技术，不涉及使用显影液、定影液和胶片，故项目不涉及原辅料使用。项目所用自来水、电等均由当地市政网提供，项目能耗见表 1-3。

表 1-3 主要能耗情况表

类别		名称	年耗量	来源
能源	电	设备用电	50000kW·h/a	市政电网
	水	生活用水	400m <sup>3</sup> /a	市政管网

## 6、工作制度、诊疗规模和劳动定员

**工作制度及诊疗规模：**本项目采用全日制工作制度，每年工作 300 天。项目涉及射线装置和密封放射源工作情况见表 1-4。

表 1-4 本项目放射诊疗规模

射线装置	年有效出束时间
10MV 医用电子直线加速器	预估单人单次受照时间约 1.5min，年治疗约 24000 人次，则加速器年有效出束时间最长为 600h。
后装机	预估单人单次出束时间约 10min，年诊疗 480 人次，则年有效出束时间最长为 80h。

**劳动定员：**本项目新增辐射工作人员 5 人（新建医用电子直线加速器增加辐射工作人员，后装机辐射工作人员为现有人员）。本项目辐射工作人员存在交叉操作的可能性，需要考虑工作人员个人剂量叠加。

本项目工作人员具体安排详见表 1-5。

表 1-5 本项目辐射工作人员安排情况

射线装置	工作时间	备注
医用电子直线加速器	拟配置 5 人，其中设备操作人员（技师）2 人、医生 2 人、物理师 1 人。	新增
后装机	现配置 4 人，其中设备操作人员（技师）2 人、医生 1 人、物理师 1 人。	现有

根据《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）及生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）的要求，环评要求：①辐射工作人员在上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作；②所有辐射工作人员（包括射线装置操作技师、手术医生及手术助手）应在上岗前登录国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）参加并通过辐射安全与防护考核，并且建设单位应当建立并保存辐射工作人员考核取证档案。

## 7、项目依托的办公设施及环保设施情况

**污水：**本项目采用先进的数字成像技术，不使用显影液、定影液和胶片，因此本项目不产生废显影（定影）液和洗片废水。项目员工日常办公产生的生活污水依托医院既有公共卫生间收集，与医疗废水一并经医院自建医疗废水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）预处理标准后排入市政污水管网，最终进入广元市城市污水处理厂。本项目所依托的既有医疗废水处理站已进行了环境影响评价及竣工环保验收，满足环保要求，做到达标排放，不会对周边环境造成污染。

**固体废物：**本项目不使用胶片，不产生废胶片。项目运营期固体废物主要为介入手术产生的废医疗棉纱、一次性器具等医疗废物，以及员工日常办公产生的生活垃圾。医院内设有医疗废物暂存间，各诊疗场所设有医疗废物及生活垃圾收集容器，产生的固体废物分类收集、分类处置，医疗废物交有资质单位处置，生活垃圾交当地环卫部门清运处置。

项目辐射诊疗过程所产生的医疗废物采用专门的容器收集后暂存于门诊综合楼东侧现有固体废物暂存间，依托医院现有医疗废物处置流程及制度，定期交由当地医疗废物处理机构统一处理。

本项目产生的固体废物均得到有效处置，不会对外环境产生二次污染。

## 五、产业政策符合性及实践的正当性

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家改革和发展委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019）》，本项目属于鼓励类第六项“核能”中第 6 条“**同位素、加速器**及辐照应用技术开发”

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。医院在放射诊断和放射治疗过程中，严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，建立相应的规章制度。在正确使用、管理放射源及射线装置的情况下，可将本项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性

综上，**本项目符合国家当前产业政策，符合实践的正当性要求。**

## 六、项目选址及平面布局合理性

### 1、项目选址合理性

#### （1）医院外环境关系

广元市中心医院位于广元市利州区井巷子 16 号，医院南侧、东侧临街，西侧、北侧紧邻周边商业住宅区。医院外环境关系见下图。

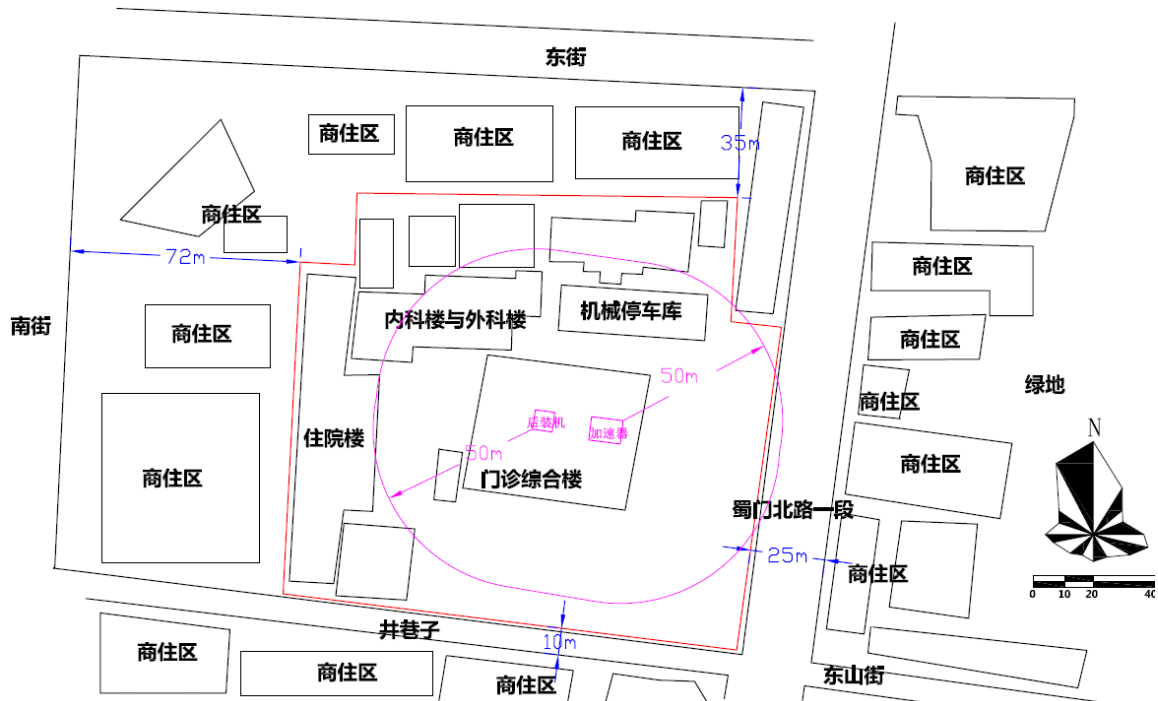


图 1-1 本项目外环境关系示意图

项目具体外环境关系见下表。

表 1-6 医院厂界外环境关系表

名称	方位	距离	性质	规模
商业住宅区	北面	紧邻医院北边界	住宅小区、商铺	约 300 人
东街		35m	道路	/
蜀门北路一段	东面	紧邻医院东边界	道路	/
商业住宅区		25m	住宅小区、商铺	约 500 人
井巷子	南面	紧邻医院南边界	道路	/
商业住宅区		10m	住宅小区、商铺	约 3000 人
商业住宅区	西面	紧邻医院边界	住宅小区、商铺	约 1000 人
南街		72m	道路	/

从医院周边外环境关系图可见，医院周边以居民住宅、商铺和城市绿地为主，周边无自然保护区、保护文物、风景名胜区等特殊环境保护目标，无大的环境制约因素。区域交通便利，便于患者就诊。

### (2) 医院内项目拟建场址外环境关系

本项目医用电子直线加速器、后装机均位于广元市中心医院门诊综合楼地下二层。门诊综合楼位于医院区域中央，东面紧邻医院内部道路；北面 11m 为医院机械停车库；西北面 8m 为医院内科楼和外科楼，西面 30m 为医院住院楼；南面为医院地面停车场。

### (3) 项目与周边环境相容性分析

由医院外环境及项目外环境关系可见，医院厂址周边主要为居民住宅，无大的环境制约因素。门诊综合楼选址独立，且放射工作场所集中位于地下二层，非医护人员、治疗患者不得入内，人流相对较少，有效降低了公众受照的可能性。

本项目建成投运后产生环境影响主要为电离辐射，经机房四周墙体、防护门窗屏蔽后对工作人员和屏蔽体外公众的照射剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的限值要求和本报告提出的剂量约束值。因此，本项目与周边环境相容。

#### （4）项目选址合理性分析

本项目位于广元市中心医院门诊综合楼内，不涉及新征用地，医院用地为医疗用地，门诊综合楼已于 2009 年通过环评审批，符合广元市城市规划。门诊综合楼整体项目的选址合理性已在相应环境影响报告中进行了论述，本项目为广元市中心医院门诊综合楼的配套建设项目，不新征用地，且建设的医用电子直线加速器、后装机治疗室为专门的放射工作场所，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周围环境影响较小，**从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。**

### 2、项目总平面布局合理性

本项目位于广元市中心医院内，不涉及新征用地，医院用地为医疗用地，符合广元市城市规划。

本项目医用电子直线加速器、后装机均位于门诊综合楼地下二层。医用电子直线加速器机房东侧为现有 15MV 加速器机房，北侧为放疗中心辅助用房区域，西侧为现有模拟定位机房，西南侧为本项目钴-60 治疗机房，各机房通过中间设置的走廊连接，可合理利用建设单位门诊综合楼地下二层现有放疗中心的公共资源，整体布局紧凑，既便于病人就诊，又利于辐射防护。医院按照规定将本项目所涉及的放射工作场所分为控制区和监督区管理。两区划分见本报告表 10-1、图 10-1。两区分区合理，符合辐射防护要求。

综上，本项目工作场所功能分区明确，与本项目放射工作场所相关的各辅助用房紧密布置于机房周围，整体布局紧凑，既便于病人就诊，又利于辐射防护。各放射工作场所用房之间采用墙体分隔，墙体、防护门、窗的屏蔽防护厚度充分考虑了电离辐射效应，能够有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响，**从辐射安全防护的角度分析，本项目总平布置是合理的。**

## 七、核技术应用现状

### 1、辐射安全许可证的许可种类和范围

广元市中心医院现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（证书编号川环辐证（00205），有效期至2024年03月01日），许可种类和范围为：使用III类放射源；使用II类、III类射线装置。具体许可项目见表1-7。

表 1-7 辐射安全许可证已许可的项目

序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	活动种类	
1	Co-60	III类	9 25E+10*1	使用	
2	Co-60	III类	5.55E+10*2	使用	
序号	射线装置名称		管理类别	数量	活动种类
1	双能 X 射线骨密度仪		III类	1	使用
2	口腔 CT		III类	1	使用
3	医用电子直线加速器		II类	1	使用
4	医用诊断 X 光机		III类	7	使用
5	X 射线诊断设备移动 DR		III类	1	使用
6	牙片机		III类	1	使用
7	数字化 C 臂 X 光机		II类	1	使用
8	CT 机		III类	1	使用

## 2、近年来履行环评手续情况

### （1）环评情况

2018年4月，医院取得了四川省环境保护厅《关于广元市中心医院新增核医学科及射线装置应用项目环境影响报告表的批复》（川环审批〔2018〕77号），建设内容包括：新增乙类非密封放射性工作场所2处（PET和SPECT工作场所、<sup>131</sup>I治疗工作场所）、新增使用V类<sup>68</sup>Ge放射源1枚，活度 $7.4 \times 10^7$ Bq（2mCi）；新增使用III类射线装置2台（uMI510型PET-CT机1台、Discovery NM/CT 670型SPECT-CT机1台）。

截至2019年8月，该项目尚处于建设状态。

### （2）辐射安全许可证新增内容

2019年3月，医院完成了辐射安全许可证延续登记工作，目前使用的14台射线装置均已登记入账（辐射安全许可证见附件）。

## 3、辐射安全管理现状情况

### （1）辐射防护管理机构

为了加强对辐射安全和防护管理工作，医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定，成立了放射诊疗安全与防护管理领导小组。

### （2）辐射安全管理制度建立和执行情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，广元市中心医院已制定有一套相对完善的

管理制度和操作规程，包括《辐射安全管理规定》、《辐射工作场所监测制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射环境监测方案》、《辐射设备维护、维修制度》、《个人剂量监测管理制度》、《放射安全事件应急预案》以及《介入（导管）室护理管理制度》、《介入导管室工作制度》、《介入导管室各岗位工作职责》等。另外，医院填写了《2018年度放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，并按时报送给生态环境主管部门。

### （3）辐射工作人员培训情况

人员配置：广元市中心医院现有辐射工作人员 207 人，均已取得了辐射安全与防护培训合格证书。

**评价要求：辐射安全与防护培训合格证书有效期为 4 年，医院应组织现已取得证书的辐射工作人员及时参加复训。**

### （4）个人剂量监测情况

广元市中心医院委托北京蓝道尔辐射监测技术有限公司对医院 2018 年放射工作人员受照剂量进行了监测，具体见附件。

通过数据统计，建设单位 2018 年度辐射工作人员个人剂量监测值均低于 5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的剂量限值，无个人剂量超标情况。

### （5）辐射事故及应急响应情况

通过现场踏勘，目前医院各放射性工作场所的环保设施运行正常。同时，医院自持证以来，未发生辐射安全事故。

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
1	<sup>60</sup> Co	6.17E+10*1	III	使用	后装治疗机	钴-60 治疗机房	GZP3 型钴-60 后装治疗机内	变更使用场所
2	<sup>60</sup> Co	6.17E+10*1	III	使用	后装治疗机	钴-60 治疗机房	GZP3 型钴-60 后装治疗机内	变更使用场所
3	<sup>60</sup> Co	6.17E+10*1	III	使用	后装治疗机	钴-60 治疗机房	GZP3 型钴-60 后装治疗机内	变更使用场所
4	<sup>68</sup> Ge	7.40E+7*1	V	使用	校准源	PEC-CT 室	专用铅容器, 置于储源室内, 校准时取用	已环评, 未购入

注: 放射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	理化性质	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	备注
1	<sup>18</sup> F	液态低毒	使用	7.40E+9	7.40E+6	1.86E+12	医用诊断	很简单操作	PET-CT 中心	按需订购, 不贮存	已环评未购入
2	<sup>99m</sup> Tc	液态低毒	使用	2.22E+10	2.22E+7	5.57E+12	医用诊断	很简单操作	SPECT-C T 中心	按需订购, 不贮存	已环评未购入
3	<sup>131</sup> I	液态中毒	使用	3.33E+10	3.33E+9	1.58E+12	医用治疗	简单操作	<sup>131</sup> I 治疗中心	按需订购, 不贮存	已环评未购入

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	PRECISE Treatment system TM	电子	电子束：18MeV X 射线：15MV	/	放疗	加速器室	已环评 已验收

(二) 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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) X 射线机，包括医用诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪器等

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	牙片机	III	1	Pax-500			口腔 X 射线装置	全景牙片室	现有在用
2	CT 机	III	1				医疗诊断	CT1 室	现有在用
3	医用诊断 X 光机	III	1				医疗诊断		现有在用
4	数字 C 臂 X 光机	II	1	CEINNOUA 3100 IQ			介入治疗	介入室	现有在用
5	X 射线诊断设备移动 DR	III	1	Mobilettxp Digital			医疗诊断	DR1 室	现有在用
6	口腔 CT	III	1	Pax-Uni3D			医疗诊断	口腔 CT 室	现有在用
7	全身 X 线计算机断层扫描系统	III	1	Discovery CT750 HD			医疗诊断	口腔 CT 室；CT1 室	现有在用
8	移动式 C 型臂 X 射线机	III	1	Brivo OEC850			医疗诊断	CT1 室；手术室 9 间	现有在用
9	乳腺摄影机	III	1	GIOTTO IMAGE			医疗诊断	CT1 室；乳腺钼靶室	现有在用
10	X 射线系统	III	1	Discovery DR650			医疗诊断	CT1 室；DR2 室	现有在用
11	双能 X 射线骨密度仪	III	1	Prodigy			医疗诊断	放疗中心；骨密度室	现有在用
12	放射治疗模拟定位机	III	1	SL-ID			医疗诊断	放疗中心	现有在用
13	数字化医用 X 射线摄影系统	III	1	Digital Dingnost			医疗诊断	CT1 室；DR1 室	现有在用
14	PET-CT	III	1	uMI 510	140	420	医疗诊断	PET-CT 室	已环评 未验收
15	SPECT-CT	III	1	Discovery NM/CT 670	140	440	医疗诊断	SPECT-CT 室	已环评 未验收
16	数字减影血管造影系统	II	1	待定	150	1000	介入治疗	介入治疗室	本项目 新增



表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向	备注
退役钴-60 废源	固态	<sup>60</sup> Co	/	/	/	/	暂无（放射源服务器满退役或更换放射源时产生废放射源）	放射源生产厂家回收处置；如因放射源生产厂家不能回收的，应交由废源收贮资质单位回收处置	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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<sup>3</sup>；年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(1989年12月26日颁布,2014年4月24日修订,2015年1月1日实施);</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》(2002年10月28日颁布,2018年12月29日修订实施);</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003年6月28日颁布,2003年10月1日实施);</p> <p>(4)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2005年8月31日颁布,2019年3月2日修订实施);</p> <p>(5)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011年4月18日环境保护部18号令公布实施);</p> <p>(6)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006年1月18日国家环境保护总局令第31号公布,2017年12月12日修正实施);</p> <p>(7)《建设项目环境影响评价分类管理目录》(2017年6月29日环境保护部令第44号公布,2018年4月28日修正实施);</p> <p>(8)《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》(环境保护部、国家卫生和计划生育委员会2017年第66号公告公布实施);</p> <p>(9)《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);</p> <p>(10)《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);</p> <p>(11)《四川省辐射污染防治条例》(2016年3月29日四川省十二届人大常委会第63号公告公布实施)。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1)《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);</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3)《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》(GBZ/T180-2006);</p> <p>(4)《后装 <math>\gamma</math> 源近距离治疗放射防护要求》(GBZ121-2017);</p> <p>(5)《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011);</p> <p>(6)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分:一般原则》</p>

	<p>(GBZ/T201.1-2007);</p> <p>(7)《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);</p> <p>(8)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分：<math>\gamma</math> 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014);</p> <p>(9)《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013);</p> <p>(10)《医用 X 射线治疗放射防护要求》(GBZ131-2017);</p> <p>(11)《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017);</p> <p>(12)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2016);</p> <p>(13)《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》(GBZ2.1-2007);</p> <p>(14)《环境空气质量标准》(GB3095-2012)。</p>
其他	<p>(1)《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);</p> <p>(2)《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》(第三版);</p> <p>(3)《关于加强辐射工作人员剂量管理的通知》(川环办〔2010〕49号);</p> <p>(4)本项目环评委托书;</p> <p>(5)建设单位提供的项目有关设计资料等。</p>

表 7 保护目标及评价标准

评价范围						
<p>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）中的规定，结合本项目特点，确定本项目评价范围为：射线装置、放射源所在辐射工作场所实体屏蔽体边界外 50m 范围内区域。</p>						
保护目标						
<p>本项目环境保护目标为使用射线装置和放射源所涉及的辐射工作人员，以及距射线装置机房、放射源实体屏蔽物为边界向外延伸 50m 范围内的公众（包括周边其他科室医务人员）。主要考虑射线装置、放射源运行过程中对辐射工作人员和在机房周围停留的公众的影响，使其受照剂量低于本报告提出的剂量约束值，确保射线装置、放射源运行时工作人员和公众的安全。</p> <p>本次涉及医用电子直线加速器、后装机均位于建设单位门诊综合楼地下二层。由项目外环境关系和总平面布局可知，本次评价范围内主要位于医院厂界内，项目具体环境保护目标见表 7-1。</p>						
表 7-1 项目主要环境保护目标						
类型	保护目标		相对位置	距辐射源最近距离 (m)	人数	剂量约束值(mSv/a)
职业照射	医用电子直线加速器	辐射工作人员（技师、医生、物理师）	控制室，位于加速器机房北侧	13.8	5 人	5
	钴-60 后装治疗机		控制室，紧邻后装机机房东侧	4.2	4 人	5
公众照射	医用电子直线加速器	临时通过人员	加速器机房东侧主屏蔽墙外	>7.5	流动人群	0.1
		临时通过人员	加速器机房东侧次屏蔽墙外	>6.4		
		临时通过人员	加速器机房北侧屏蔽墙外	>5.7		
		候诊人员	加速器机房西侧候诊大厅	>9.3		
		临时通过人员	加速器机房南侧屏蔽墙外	>6.4		
		临时通过人员	加速器机房上层停车场	>6.5		
	钴-60 后装治疗机	临时停留人员	钴-60 治疗机房北侧模拟定位机房	>7.9		
		候诊人员	钴-60 治疗机房西侧准备间	>4.4		
		临时通过人员	钴-60 治疗机房南侧屏蔽墙外	>4.4		
		候诊人员	钴-60 治疗机房东侧候诊大厅	>4.0		

	临时通过人员	钴-60 治疗机房上层 停车场	>6.5		
--	--------	--------------------	------	--	--

## 评价标准

本项目执行以下标准：

### 一、环境质量标准

- 1、地表水环境执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类水域标准；
- 2、大气环境执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 及其修改单中的二级标准；
- 3、声学环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准。

### 二、污染物排放标准

1、废水：废水排入设置有二级污水处理厂的城镇排水系统，执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 中表 2 预处理标准。

2、废气：执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 二级标准；

3、噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 中的相关标准；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。

4、固废：执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001/XG1-2013) 中的相关要求，危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001/XG1-2013) 中相关要求。

### 三、辐射防护标准

#### 1、职业照射和公众照射

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中的相关标准：

**职业照射：**根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 附录 B 剂量限值：应对任何工作人员的职业水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv。

根据辐射防护最优化的原则，结合本项目实际情况，本环评确定项目职业照射年有效剂量管理约束值按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 职业照射剂量限值 20mSv 的四分之一执行，即 **5mSv/a**。

**公众照射：**根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 附录 B 剂量限值：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：年有效剂量，1mSv。

根据辐射防护最优化的原则，结合本项目实际情况，本环评确定项目公众照射年有效



剂量管理约束值按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 公众照射剂量限值的十分之一执行, 即 **0.1mSv/a** 作为剂量管理值。

## 2、辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制值

参照《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)、《后装  $\gamma$  源近距离治疗放射防护要求》(GBZ121-2017) 和《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 等有关标准要求, 本项目各医用射线装置和后装机使用场所在距离机房屏蔽体外表面 30cm 外, 周围辐射剂量率应满足: **控制目标值不大于 2.5 $\mu$ Sv/h**。

参照《后装  $\gamma$  源近距离治疗放射防护要求》(GBZ121-2017) 标准要求, 本项目钴-60 后装治疗机表面 5cm 处任何位置, 因泄露辐射所致周围辐射剂量率**不得大于 50 $\mu$ Sv/h**; 表面 100cm 处任何位置, 因泄露辐射所致周围辐射剂量率**不得大于 5 $\mu$ Sv/h**

表 8 环境质量和辐射现状

**环境质量和辐射现状**

**一、辐射环境监测**

本次评价委托成都同洲科技有限责任公司于 2019 年 9 月 27 日对项目拟建场址进行了辐射环境质量现状监测（检测报告见附件）。本项目为新建项目，辐射场所正在施工，本次辐射监测涵盖了敏感点、室外和道路监测，辐射环境现状监测数据具有代表性和有效性，辐射环境监测情况和结果如下：

1、监测项目：环境 X、 $\gamma$  辐射剂量率

2、监测方法

项目监测方法及方法来源见表 8-2。

**表 8-2 监测方法及来源**

项目	监测方法及方法来源
环境 X、 $\gamma$ 辐射剂量率	《环境地表 $\gamma$ 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）

**二、监测结果**

项目监测结果见表 8-3。

**表 8-3 拟建场址环境 X、 $\gamma$  辐射剂量率监测结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）**

点位	测量点位置	剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ )				备注
		未曝光时		曝光时		
		平均值	标准差	平均值	标准差	
1	新建加速器机房区域	0.093	0.003	0.103	0.001	
2	现有钴-60 后装治疗机房（关机状态，设备搬迁后将作为加速器控制室使用）	0.175	0.004	0.180	0.002	
3	新建加速器机房屋顶（负一层地下车库）	0.084	0.004	0.087	0.002	
4	钴-60 后装治疗机贮源器正面 1m 处	0.420	0.015	/	/	
5	钴-60 后装治疗机贮源器背面 1m 处	0.252	0.005	/	/	
6	钴-60 后装治疗机贮源器左侧 1m 处	0.688	0.016	/	/	
7	钴-60 后装治疗机贮源器右侧 1m 处	0.818	0.030	/	/	
8	钴-60 后装治疗机贮源器上方 1m 处	0.763	0.006	/	/	
9	钴-60 后装治疗机贮源器正面 5cm 处	3.137	0.220	/	/	
10	钴-60 后装治疗机贮源器背面 5cm 处	0.279	0.004	/	/	
11	钴-60 后装治疗机贮源器左侧 5cm 处	1.159	0.076	/	/	

12	钴-60 后装治疗机贮源器右侧 5cm 处	3.133	0.218	/	/	
13	钴-60 后装治疗机贮源器上方 5cm 处	1.260	0.053	/	/	
14	钴-60 后装治疗机控制室 (后装机治疗室北侧)	0.152	0.005	0.155	0.003	
15	钴-60 后装治疗机准备间 (后装机治疗室东北侧)	0.131	0.007	0.139	0.003	
16	现有 15MV 加速器机房迷道 (后装机治疗室东侧)	0.145	0.005	0.156	0.006	
17	模拟定位机房 (后装机治疗室西侧)	0.167	0.005	0.175	0.006	
18	后装机治疗室南侧墙外	0.196	0.002	0.197	0.006	
19	后装机治疗室屋顶 (负一层地下车库)	0.086	0.002	0.096	0.006	

注：/ 表示未监测。

### 三、监测结果分析与评价

由表 8-3 分析可知：

1、新建加速器机房区域的 X- $\gamma$  辐射剂量率监测值为 0.093 $\mu$ Sv/h，经换算，项目区域 X- $\gamma$  辐射剂量率为 0.093 $\mu$ Gy/h。与《2018 年全国辐射环境质量报告》中的广元附近区域监测数据相比较（空气吸收剂量率小时均值范围 0.0655~0.1818 $\mu$ Gy/h），在天然贯穿辐射水平波动范围内，属正常环境本底水平。

2、本项目拟搬迁的 GZP3 型钴-60 后装治疗机表面 5cm 处 5 个代表性监测点位，因泄露辐射所致周围辐射剂量率最大值为 3.137 $\mu$ Sv/h，远小于 50 $\mu$ Sv/h；表面 100cm 处 5 个代表性监测点位，因泄露辐射所致周围辐射剂量率最大值为 0.818 $\mu$ Sv/h，远小于 5 $\mu$ Sv/h。因此，该设备符合《后装  $\gamma$  源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）标准要求。

表 9 项目工程分析和源项

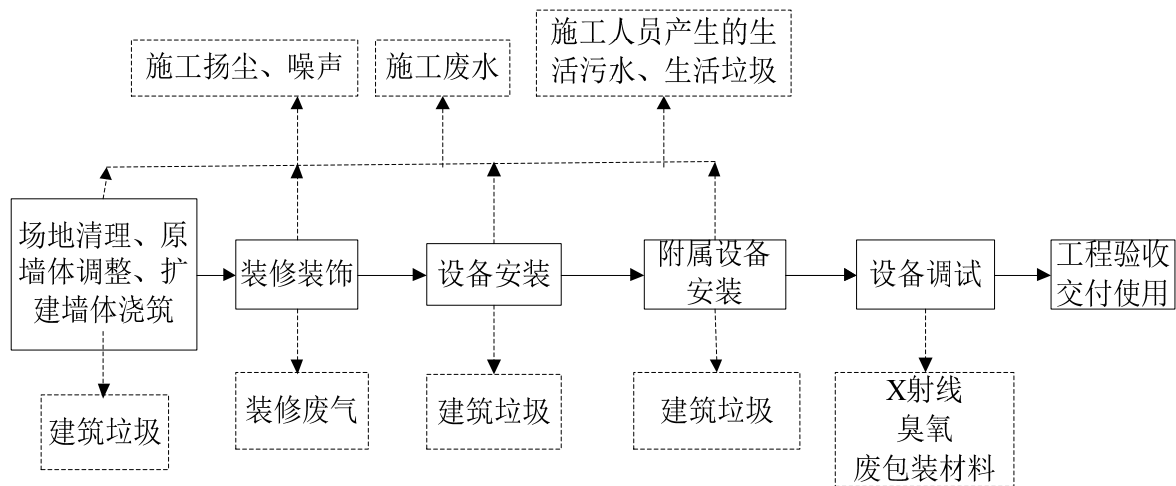
工程设备和工艺分析

一、施工期工艺分析

1、主体工程施工阶段工艺分析

本项目加速器机房在门诊综合大楼地下二层现有区域进行改扩建，钴-60 后装治疗机搬迁工程涉及少量现有房间改建工程。

项目施工阶段主要工序为：室内清理、墙体拆除调整、扩建部分墙体浇筑、装饰装修、设备安装、调试、验收并交付使用。本项目施工阶段产污环节主要来自：装修施工阶段的施工扬尘、装修废气、施工噪声、废建筑垃圾、施工废水、施工人员生活污水、生活垃圾以及设备调试阶段的 X 射线、臭氧、废包装材料等。施工期工艺流程及污染环节如下图 9-1 所示。



根据现场勘察资料，本项目尚未开展施工建设。施工阶段产污环节主要来自：工程机械引起的扬尘、装饰材料废气、工程机械噪声、建筑垃圾、施工废水、施工人员生活污水及生活垃圾等。

环评对本项目土建施工阶段提出以下施工环保措施要求：合理安排施工时间和施工方式，减轻对外界声环境的影响；施工场地采取封闭隔离措施；施工建筑须采用湿法作业，防止施工扬尘对周围环境造成污染；施工废水修建建议沉淀池处理后循环使用，不外排；未经批准禁止夜间施工。

2、设备安装调试阶段工艺分析

项目拟购射线装置和钴-60 放射源后装机在安装调试阶段会产生 X、 $\gamma$  射线。在设备

安装调试完后，现场会有少量的废包装材料产生。

项目射线装置和钴-60 放射源后装机的运输、安装和调试均由设备厂家安排的专业人员进行。在设备安装调试期间，广元市中心医院应配合设备厂家专业人员加强安装调试现场的辐射安全管理，保证在此期间内放射工作场所设置的各类辐射安全防护措施正常运行。设备安装好后，应先启动安全联锁装置，并经确认系统正常后才可启动射线装置。在射线装置进行调试期间，应关闭机房防护门，在门外设置醒目的电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；射线源开关钥匙应安排专人看管；安装人员离开机房期间，机房必须关闭上锁，钥匙交由专人看管或安排专人看守。

为确保加速器、后装机机房工程屏蔽防护设施满足设计要求和辐射防护安全，**环评要求：**

①加速器、后装机房的土建施工必须符合其建设设计要求，机房混凝土施工过程中，对混凝土剪力墙及屋面屏蔽墙混凝土浇注应连续整体灌注，避免间断性施工作业，不留施工缝，防止屏蔽墙出现缝隙和气泡等现象，以防出现射线外泄；机房地面也要为混凝土地平；内外墙由水泥砂浆粉刷，面层全为乳胶漆涂面。

②凡涉及射线装置和后装机的安装调试、维修的技术服务单位，必须是持有辐射安全许可证的单位。

③在设备安装及调试阶段，应加强辐射防护管理，应关闭机房防护门，在门外设置醒目的电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；射线源开关钥匙应安排专人看管。安装人员离开机房期间，机房必须关闭上锁，钥匙交由专人看管或安排专人看守。

## 二、营运期工艺分析

### 1、医用电子直线加速器

#### (1) 设备组成及主要参数

医用电子直线加速器基本结构单位包括加速管、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。设备基本结构见图 9-1。

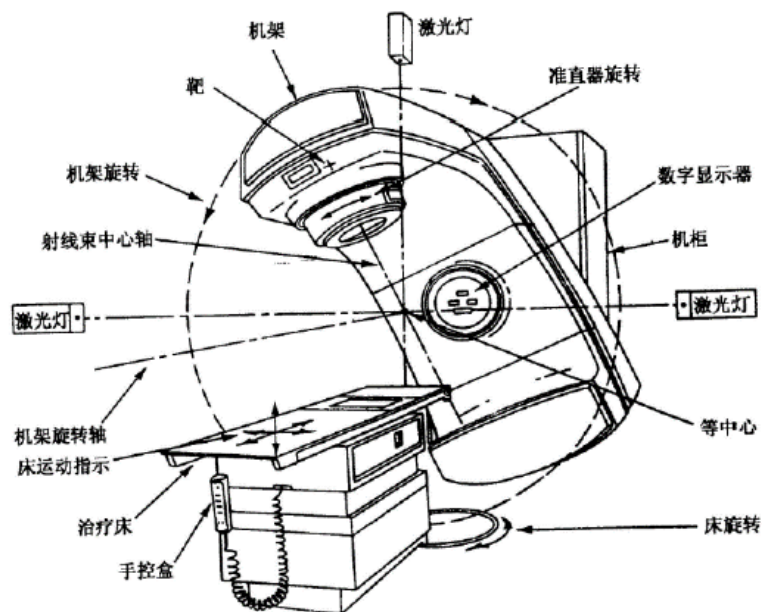


图 9-1 医用电子直线加速器基本结构示意图

本项目拟购 1 台 10MV 医用电子直线加速器，其主要参数见表 9-1。

表 9-1 本项目医用直线加速器主要参数

工作场所	加速器机房放置 1 台
设备名称	10MV 医用电子直线加速器
射线装置分类	II 类射线装置
射线类型	X 射线、电子线
X 射线能量	最大 X 射线能量为 10MV
距靶 1m 处最大 X 射线剂量率	22Gy/min
电子线能量	分为 5~18MeV，共 6 档
距靶 1m 处最大电子线剂量率	22Gy/min
正常治疗距离	最低等中心高度 120cm； 最大等中心到治疗机头净空间距离为 45cm。
机架旋转角度	0°~360°
最大照射野 (SSD=1m)	40×40cm <sup>2</sup>
X 射线漏射率	≤0.1%
主射线最大出束角度	28°

## (2) 工作原理

医用直线加速器是产生高能电子束的装置，为远距离放射性治疗机。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。因此，医用电子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。

### (3) 治疗流程

医用电子直线加速器治疗流程为：医生接诊患者并告知在放疗过程中可能受到辐射危害后，先对病灶部位进行准确定位，确定肿瘤的具体位置和形状，确定放疗靶区，完成治疗计划及验证，之后进行正式放疗。病人转移到加速器机房进行治疗。病人在医务人员协助下按照治疗计划在治疗床上摆位，摆好位后，医务人员全部退出机房，进入控制室，在确定所有安全措施到位后，关闭机房屏蔽门，启动加速器进行放射治疗。治疗完毕后，加速器关机，病人离开机房。

本项目拟使用的医用电子直线加速器可提供 2 种治疗模式，一种是电子治疗模式，利用电子线对浅表部位病灶照射诊疗，电子线最大能量为 18MeV；一种是 X 射线治疗模式，用于深部病灶照射，X 射线能量最大为 10MV。

医用电子直线加速器治疗流程及产污环节见图 9-2。

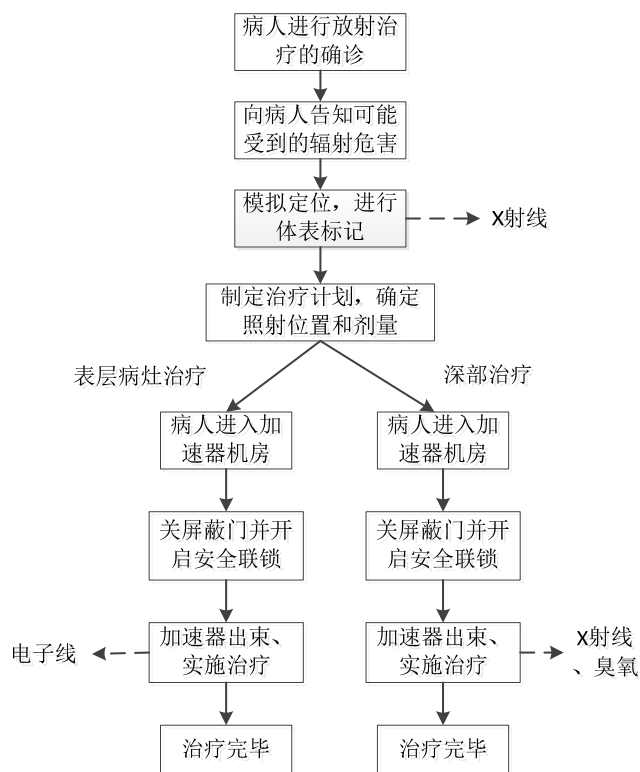


图 9-2 医用电子直线加速器治疗流程及产污环节图示

## 2、后装治疗机

本项目后装机使用 1 台 GZP3 型钴-60 后装治疗机，内含 3 枚钴-60 放射源，单枚放射源活度为  $6.17 \times 10^{10} \text{Bq}$  (1.67Ci)，均属于 III 类放射源。钴-60 后装治疗机装源总活度为  $1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$  (5Ci)。 $^{60}\text{Co}$  半衰期为 5.27 年，衰变过程会发出的  $\beta$ 、 $\gamma$  射线。

### (1) 工作原理

后装机主要由驱动装置、计算机、打印机、贮源室、治疗床、 $\gamma$ 射线报警仪、施源器及其定位支架组成。

后装机工作原理主要是预先在病人体内的自然腔、管道或组织的病灶需要治疗的部位正确地放置施源器，然后采用自动或手动控制将贮源器内的放射源输入到施源器内，使放射源发出的射线对人体自然腔、管道或组织的病灶进行治疗。治疗结束后，源再经导管由治疗机收回贮源器。

## (2) 治疗流程

治疗过程如下：

- ①对病人进行确诊，告知辐射危害；
- ②患者进入后装治疗室，将施源器插入病人肿瘤治疗部位并固定好；
- ③沿施源器通道放入定位缆，用 X 线模拟定位机定位，确定靶区，制定治疗计划；
- ④用模拟源模拟治疗，检查所用通道是否通畅；
- ⑤启动控制治疗系统，用真源对病人进行治疗(产生  $\gamma$  射线、 $\beta$  射线、臭氧)；
- ⑥治疗完毕，放射源经导管由治疗机收回贮源器，关闭后装机，病患离开治疗室。

其治疗流程及产污环节如下图所示：

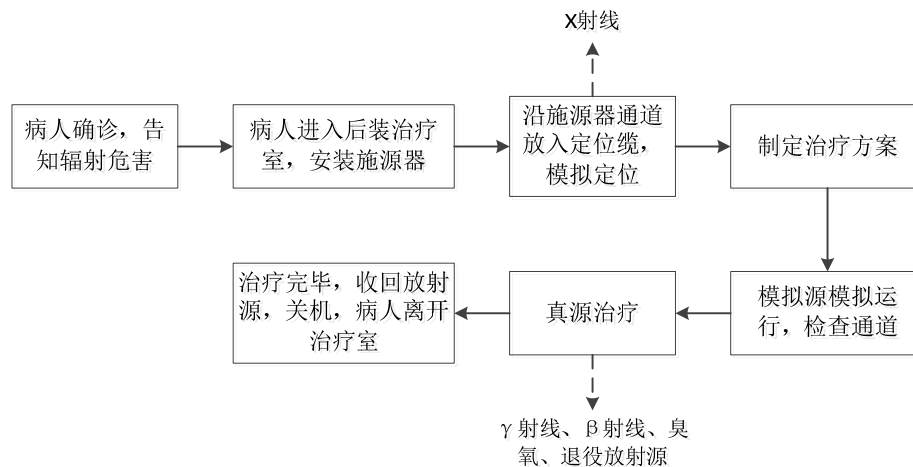


图 9-3 后装治疗机诊疗流程及产污环节图

## 污染源项描述

### 1、医用电子直线加速器

根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011), 对于最大X射线能量 $\leq 10\text{MV}$ 的加速器可以不用考虑中子和感生放射性的辐射影响。本项目拟购1台加速器X射线最大能量为10MV, 故项目运行期加速器产生的主要污染物为X射线、高能电子束、臭氧



和噪声。

**X射线及高能电子束：**本项目拟使用的医用电子直线加速器既可利用电子束，也可利用X射线对患者病灶部位进行照射。X射线和电子束均随加速器的开、关而产生和消失。因此，加速器开机期间内，X射线及高能电子束为主要辐射环境污染因素，辐射途径为外照射。

**臭氧：**加速器开机运行时，产生的X射线与空气中的氧气相互作用产生少量氮氧化物(NO<sub>x</sub>)和臭氧(O<sub>3</sub>)，相比之下臭氧的产额高，臭氧危害性较氮氧化物大，氮氧化物的影响可忽略。

**噪声：**本项目噪声主要来源于通排风系统的风机，风机配套的电机功率为0.25KW，声压级为65dB(A)，噪声经风机房墙体隔声再通过距离的衰减后影响较小。

## 2、后装治疗机

**β、γ射线：**后装治疗机使用3枚钴-60放射源，均为密封源，总活度为1.85×10<sup>11</sup>Bq(5Ci)。钴-60密封源会产生β、γ射线，在送源、回源及密封源在病灶位置照射时β、γ射线会对周围环境造成一定程度的辐射影响。

**臭氧：**后装治疗机运行过程中产生的γ射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧(O<sub>3</sub>)。

**退役放射源：**在放射源使用一定年限后，放射源衰变至其活度不能满足放射治疗需要时，将更换放射源，从而产生退役的废钴-60放射源。

综上所述，本项目营运期主要污染源项见表9-3。

表 9-3 本项目营运期主要污染源项数

污染源	使用场所		主要污染因子
10MV 医用电子直线加速器	门诊综合大楼	加速器机房（地下 2F）	X 射线、电子束、臭氧、通风机组噪声
后装治疗机		后装机房（地下 2F）	β 射线、γ 射线、臭氧、退役放射源

表 10 辐射安全与防护

**项目安全设施**

**一、场所辐射防护“两区”管理**

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 6.4 条要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区。本次环评根据国际放射防护委员会第 103 号出版社对控制区和监督区的定义，结合项目诊治、辐射防护和环境情况特点进行辐射分区划分，见表 10-1 和图 10-1。

**控制区：**在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求有专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区。放射性工作区应与非放射性工作区隔开。

**监督区：**未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

**表 10-1 项目“两区”划分一览表**

设备名称	控制区	监督区
医用电子直线加速器	加速器机房（含迷道）	加速器控制室、水冷机房
后装机	后装机机房（含迷道）	后装控制室及与机房相邻的准备间
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，对于医用电子直线加速器、后装机和模拟定位机，在其开机运行中，严禁任何人进入机房；对于 DSA，介入手术医生和助手进入手术间内从事台前操作期间必须穿戴辐射防护用品，以降低辐照剂量。	监督区内应限制无关人员进入。应在监督区边界的醒目位置张贴电离辐射警示标识。

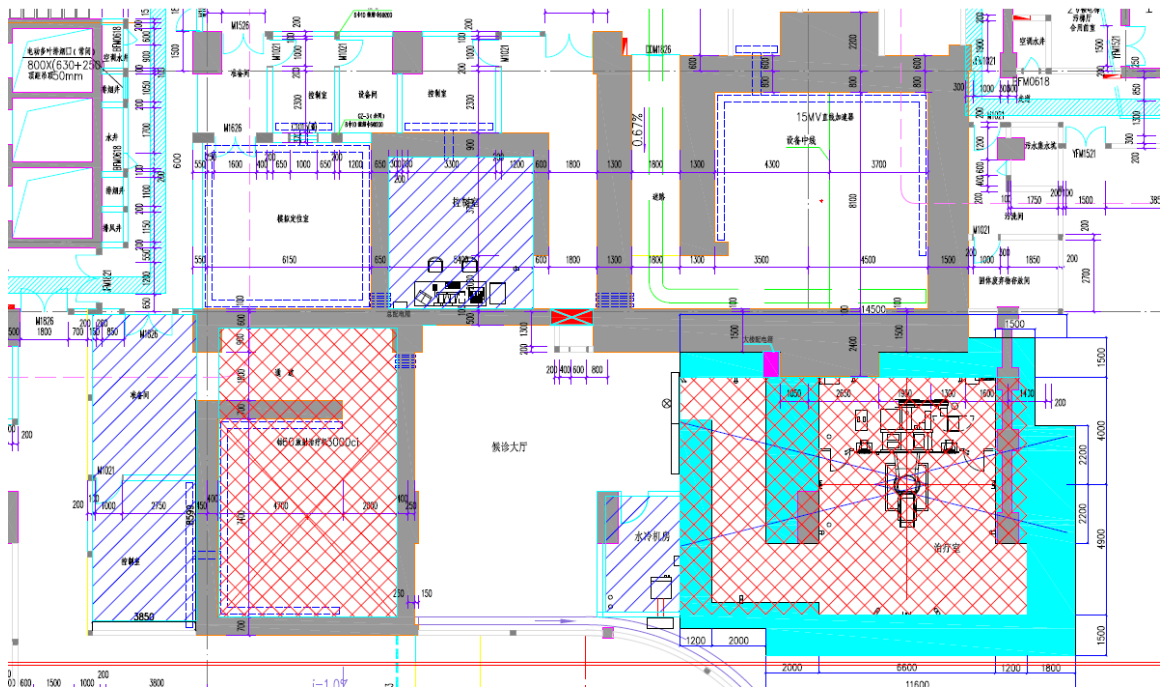


图 10-1 项目辐射防护“两区”划分示意图

## 二、场所辐射防护屏蔽设计

本项目各放射工作场所的辐射防护屏蔽设计如下：

### ➤ 医用电子直线加速器

#### (1) X射线的屏蔽防护

医用电子直线加速器机房采用混凝土（密度为  $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ）屏蔽防护，具体屏蔽设计见表 10-2。

表10-2 加速器机房工程屏蔽防护设计

工作场所	机房尺寸	屏蔽墙厚	机房顶板厚度	迷道	防护门
加速器机房	净空尺寸： 长 11.8m×宽 8.9m×高 3.35m	侧主屏蔽区厚 3.1m（宽 4.4m）、相连次屏蔽区厚 1.8m；西侧设长 8.2m、宽 2.0m 的“L”型迷道，迷道内墙厚 2.0m、迷道外墙厚 1.2m；北侧屏蔽墙与现有 15MV 加速器治疗机房南墙相连，最大厚度 2.55m，最小厚度 1.8m；南侧屏蔽墙厚 1.8m	屋顶主屏蔽区厚 3.1m（宽 4.4m）、相连次屏蔽区厚 1.8m	西侧设长 8.2m、宽 2.0m 的“L”型迷道，迷道内墙厚 2.0m、迷道外墙厚 1.2m	20mm 铅 +180mm 含硼（2%）聚乙烯平移防护门

注：机房地下无楼层设计，为地下土壤层，人员无法进入，故不考虑辐射防护设计。

#### (2) 电子线的屏蔽防护

项目拟购 1 台医用直线加速器在按电子模式工作时会产生电子束。在考虑防护时，还要考虑对电子束的屏蔽。

项目拟购 1 台医用电子直线加速器电子束治疗模式的电子线最大能量为 18MeV，经计算能量为 18MeV 的电子穿过混凝土（2.35g/cm<sup>3</sup>）的最大射程约 3.83cm。

项目加速机房四周混凝土墙体厚均为 1.8~3.1m（主屏蔽区厚 3.1m）、机房顶板混凝土厚 1.8~3.1m。加速器电子线虽然能量相对于 X 射线较高，但其贯穿能力远弱于 X 射线。由此可见，项目加速器机房设计厚度和结构材质完全能满足对电子线的屏蔽。对电子线束的屏蔽，可按屏蔽 X 射线的方法来屏蔽这种 X 射线，故本项目不再考虑对电子束的防护要求。

### ➤ 后装治疗机

机房屏蔽设计见表 10-3。

**表10-3 后装治疗机房工程屏蔽防护设计**

工作场所	机房尺寸	屏蔽墙厚度	机房顶板厚度	地板厚度	迷道	防护门
后装机 机房	净空尺寸： 长 10.8m× 宽 6.7m× 高 3.5m	西侧屏蔽墙厚 0.85m，南侧屏蔽墙厚 0.7m，东侧屏蔽墙厚 0.65m，北侧设置设长 7.65m、宽 2.7m 的直线型迷道，迷道内墙、外墙厚度均为 0.7m	1m 厚混凝土	/	北侧设置设长 7.65m、宽 2.7m 的直线型迷道，迷道内墙、外墙厚度均为 0.7m	电动钢板夹芯平移防护门，防护铅当量为 2mmPb

注：机房地下无楼层设计，为地下土壤层，人员无法进入，故不考虑辐射防护设计。

## 三、辐射安全和防护措施

### ➤ 医用电子直线加速器

#### （1）设备固有安全性

◆ 加速器购置于正规厂家，满足质检要求，有用线束内杂散辐射和泄漏辐射不会超过《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）规定的限值。

◆ 控制台上辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。

◆ 加速器设置有系统联锁装置，只有当射线能量、吸收剂选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当机房与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

◆ 有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，将自动终止治疗照射。

从加速器固有安全性能可以看出，加速器在防止事故发生方面，设有相应措施。只要操作人员按照加速器说明书要求严格执行，是能够减少 X 射线对人员的辐射危害和降低辐射事故的发生。

#### （2）源项控制

医师会根据肿瘤定位结果来判断病情状况，针对不同的病人会制定不同的放疗计划

(包括放疗时间和放疗剂量),并通过可调限束装置进行参数设置,尽量避免不必要的照射,有效进行源项控制。

### (3) 安全联锁装置

◆ **门-机联锁:** 只有关上防护门才能出束,出束期间开门则立即自动停止出束。

◆ **门-灯联锁:** 开机出束,机房防护门关闭良好,工作状态指示灯亮;停止出束时,指示灯熄灭,机房防护门打开。

◆ **钥匙开关:** 加速器控制机上设电源钥匙开关,只有当加速器一切都处于安全状态,并且钥匙就位后,加速器才能启动工作。一旦钥匙被取走,加速器就无法启动工作。钥匙由专人使用和保管。

◆ **防止非工作人员操作的锁定开关:** 加速器控制台上设防止非工作人员操作的锁定开关。

### (4) 紧急止动装置

◆ **紧急停机开关:** 在加速器机房内四周墙体(拟在机房内设4个开关)、防护门内迷道墙上(拟在迷道口设1个开关)、治疗床旁(设1个开关)及控制室内控制台上(设1个开关)设紧急停机开关。开关安装在非主射束区域内、距地面1.5m处的墙上。紧急停机开关应为红色按钮,并带有中文标识,易于辨认。在误操作或出现紧急情况时,按下开关即可随时切断供电电源。

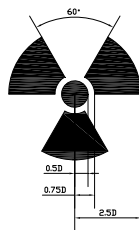
◆ **紧急开门装置:** 加速器机房防护门内迷道口紧急停机按钮兼具紧急开门功能,并用中文进行标识。

### (5) 警示装置

◆ **工作状态显示装置:** 在加速器机房防护门外设1个工作状态指示灯或工作状态指示灯箱,具备显示开机、停机的功能,并与机房防护门联锁。

◆ **电离辐射警示标志:** 在加速器机房防护门外醒目位置张贴电离辐射警告标志及中文警示说明。电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

(GB18871-2002)附录F要求(如下图)。



标准 a.电离辐射的标志 b.电离辐射警告标志

(6) 监测设备

◆ **室内固定式剂量报警仪：**在加速器机房内设1台固定式剂量报警仪（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内、靠近防护门处的墙体上，显示屏安装在控制室墙上，易于操作人员看见的地方。

◆ **便携式辐射监测仪器：**拟配一台便携式X- $\gamma$ 剂量监测仪（加速器、后装机、DSA共用1台），用于加速器使用期间定期巡检。

◆ **个人剂量监测仪：**按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）要求，从事加速器治疗的辐射工作人员（包括技师、物理师和医生）每人个人剂量计（2个/人、1用1备）和个人剂量报警仪（1个/人）。要求在岗期间必须正确佩戴。

(7) 其它防护设施

◆ **视频监控：**加速器机房内及迷道内共设3台实时摄像监视器，监控系统设在控制室内，视频监控应做到无监控死角。

◆ **对讲系统：**加速器机房内和控制室内设1套扩音与对讲装置，便于控制室的工作人员与机房内的患者联系。

**通风系统：**机房内设机械通风系统。加速器机房新风、排风管道均由防护门上紧贴顶板经防护迷道及内入口进入加速器房，进风口布排在治疗室内西北角墙体上方（离地约3m）。臭氧密度大于空气平均密度，因此排风口设置在机房非主束投照部位，位于治疗室东南墙角处，排风口风管底部离地约30cm，再沿墙体内壁向上接近顶板处，在装饰天花板上方转经防护迷道，由防护门上方通往室外，在风管进出防护门上方处采用迷道形式。排风管道在机房内避免主射线照射部位。通排风设计每小时换气约10次，排风量设计为2800m<sup>3</sup>/h。通风系统满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）。机房废气经管道汇入排风机房，统一由地面排风口排放。地面排风口位于门诊综合裙楼楼顶，排风口距地面约15m高。

综上，本项目医用电子直线加速器主要辐射安全防护装置布置情况如附图3-1所示。加速器辐射工作场所的安全联锁逻辑图见图10-2所示。

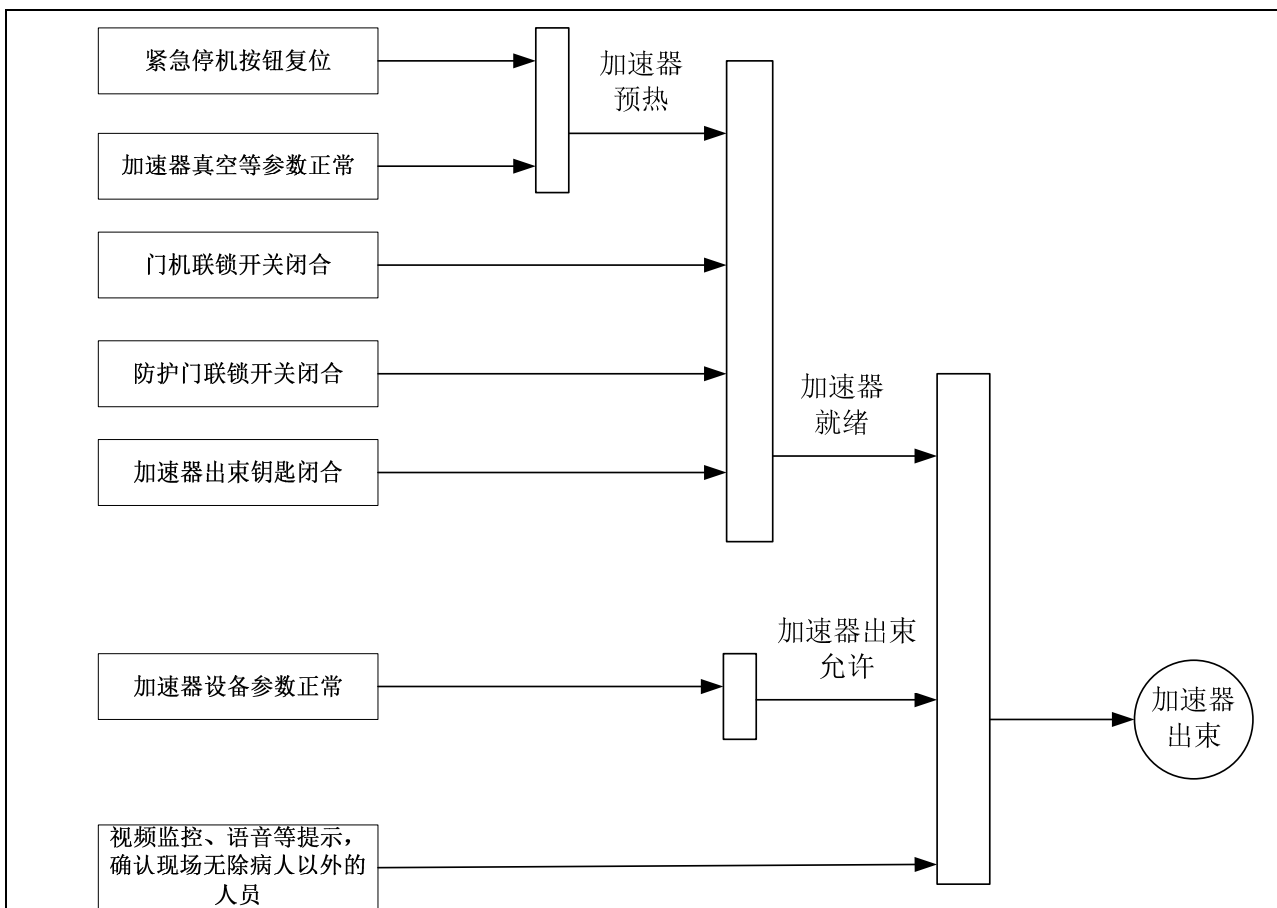


图 10-2 加速器辐射工作场所的安全联锁逻辑图

## ➤ 后装治疗机

### (1) 设备固有安全性

- ◆ 设备购置于正规厂家，满足质检要求。设备外屏蔽体采用铸铁制造，头盔采用不锈钢制造，不易损坏，放射源经设备本身的外屏蔽体、源体、开关体、屏蔽门等的屏蔽后，关闭机器时对环境基本不产生影响。

- ◆ 设备控制系统能准确地控制照射条件，有放射源启动、传输、驻留及返回工作贮源器的源位显示与治疗日期、通道、照射总时间及倒计时时间的显示。

- ◆ 系统电源开关：操作台上设有一个钥匙开关用于控制设备控制系统的供电，没有钥匙时只能给电脑及监视对讲系统供电而无法给设备控制系统加电。

- ◆ 启动按钮：只有完成治疗准备后（已正确输入治疗计划，屏蔽门已关闭等），才能启动按钮开始治疗，如果未完成治疗准备，不能启动治疗按钮。

从设备固有安全性能可以看出，钴-60 后装治疗机在防止事故发生方面，设有相应措施。只要操作人员按照说明书要求严格执行，是能够减少  $\gamma$  射线对人员的辐射危害和降低辐射事故的发生。

## (2) 源项控制

医师会根据肿瘤定位结果来判断病情状况，针对不同的病人会制定不同的放疗计划（包括放疗时间和放疗剂量），并通过可调限束装置进行参数设置，尽量避免不必要的照射，有效进行源项控制。

## (3) 安全联锁装置

◆ **门-灯联锁：**开机出束，机房防护门关闭良好，工作状态指示灯亮；停止出束时，指示灯熄灭，机房防护门打开。

◆ **钥匙开关：**控制机上设电源钥匙开关，只有当后装治疗机一切都处于安全状态，并且钥匙就位后，设备才能启动工作。一旦钥匙被取走，设备就无法启动工作。钥匙由专人使用和保管。

◆ **防止非工作人员操作的锁定开关：**控制台上设防止非工作人员操作的锁定开关。

◆ **停电或意外中断照射时自动回源装置：**实施治疗期间，当发生停电、卡源或意外中断照射时，放射源可自动返回工作贮源器。

◆ **手动回源装置：**当自动回源装置功能失效时，设手动回源措施应急处理。

## (4) 紧急止动装置

◆ **紧急回源开关：**在后装治疗机房内四周墙体（拟设 3 个开关）、防护门内迷道墙上（拟设 1 个开关）及控制室内控制台上（拟设 1 个开关）设紧急回源开关。开关安装在距地面 1.5m 处的墙上。紧急回源开关应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认。当要终止钴-60 放射源照射时，按紧急回源开关即可使放射源返回储源器。

## (5) 警示装置

◆ **停电或意外中断照射时声光报警装置：**控制室操作台上设声光报警装置，当发生停电、卡源或意外中断照射时，放射源不能返回贮存位，会发出声光报警。

◆ **工作状态显示装置：**在机房防护门外设 1 个工作状态指示灯或工作状态指示灯箱，具备显示开机、停机的功能，并与机房防护门联锁。

◆ **电离辐射警示标志：**在后装机主机外表、机房防护门外醒目位置张贴电离辐射警告标志及中文警示说明。电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 要求。

## (6) 监测设备

◆ **室内固定式剂量报警仪：**在后装机房内设 1 台固定式剂量报警仪（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内、靠近防护门处的墙体上，显示屏安装



在控制室墙上，易于操作人员看见的地方。

◆ **便携式辐射监测仪器：**拟配一台便携式 X- $\gamma$  剂量监测仪（加速器、后装机、DSA 共用 1 台），用于后装治疗机使用期间定期巡检。

◆ **个人剂量监测仪：**按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）要求，从事后装治疗的辐射工作人员（包括技师、物理师和医生）每人个人剂量计（2 个/人、1 用 1 备）和个人剂量报警仪（1 个/人）。要求在岗期间必须正确佩戴。

（7）其它防护设施

◆ **控制台显示放射源位置：**控制台可显示和记录已照射的时间和剂量，直到下一次照射开始，并同时发出声光报警信号。

◆ **断电时手动开门装置：**按照《后装  $\gamma$  源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）中第 5.4 条“治疗室防护门应设置手动开门装置”的要求，机房防护门断电后可由工作人员手动开门。

◆ **视频监控：**治疗机房内及迷道内设实时摄像监视器，监控系统设在控制室内，视频监控应做到无监控死角，特别应监控室内有源的位置，以便在异常情况下，可控制设备紧急回源，避免造成危害。

◆ **对讲系统：**机房内和控制室内设 1 套扩音与对讲装置，便于控制室的工作人员与机房内的患者联系。

◆ **配备应急设备：**按照《后装  $\gamma$  源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）中第 5.10 条“治疗室内应配有合适的储源容器、长柄镊子等应急设备”的要求，机房内配应急的长柄镊子、储源容器、1 套铅衣等辅助防护用品。

◆ **通风系统：**本项目后装治疗机房设有通风系统，其中进风口设置于治疗室吊顶西南侧，距地高度约为 3.5m；排风口设置于治疗室东北角，距地 30cm，符合上进下出、对角设置的原则。通排风系统设计每小时换气约 8 次，排风量设计为 1800m<sup>3</sup>/h，通风系统设计符合《后装  $\gamma$  源近距离治疗卫生防护标准》（GBZ121-2017）要求。机房废气经管道汇入排风机房，统一由地面排风口排放。地面排风口位于门诊综合裙楼楼顶，排风口距地面约 15m 高。

（8）放射源的贮存及处理

◆ **放射源的贮存：**钴-60 放射源在非使用期间贮存在后装治疗机储源容器内，储源器位于后装治疗机房内。同时在后装治疗机房内配置 1 个备用应急贮源罐，用于非正常状况下放射源的贮存。

◆ **放射源的实体保卫：**后装治疗机房的防护门应具有防盗功能，并实施“双人双锁”管理。在后装治疗机房的防护门外的适当位置安装实时摄像装置，由医院保安人员 24h 视频监控以防放射源被盗。

◆ **换源、倒源：**由放射源生产厂家或有相应辐射安全资质单位负责。放射源生产厂家派专车、专业技术人员将新的放射源运到现场。在后装治疗机房内将储源器内的废旧放射源倒出并装入新的钴-60 放射源。换源应通过专用换源导管，以免误操作造成卡源。换源、倒源过程中应加强放射源的安全保卫工作。

◆ **废旧放射源处理：**由放射源生产厂家负责。放射源生产厂家的专业技术员在后装治疗机房内将储源器内的废旧放射源倒出之后，装入铅罐并运回，按废旧源处理规定进行相应处理；若放射源生产厂家无法回收废源，则应联系有收贮废旧放射源辐射安全许可证的单位现场收贮。

#### (9) 放射源使用工作场所的安防措施

为确保本项目使用Ⅲ类放射源工作场所的安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-4。

**表10-4 项目Ⅲ类放射源使用工作场所的安防措施一览表**

工作场所	措施类别	对应措施
后装机机房	防火	机房内安装有火警报警装置，场所配有干粉式灭火器。
	防水	机房地面采取硬化及防水、防渗处理。
	防盗、防抢和防破坏	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 后装机房防护门应具有防盗功能，并实施“双人双锁”管理；</li> <li>◆ 拟在后装机房防护门外的适当位置安装实时摄像装置，由医院保安人员24h视频监控；</li> <li>◆ 建立有放射源台账制度，台账记录放射源的初始活度、数量、贮存情况，以及检修、换源等全过程使用情况，并安排专人进行台账管理。</li> </ul>
	防泄漏	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 拟使用的后装机购置于正规厂家，出厂时储源器周围剂量满足《后装<math>\gamma</math>源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）规定的限值；</li> <li>◆ 后装机房已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，只要严格按照设计和本环评要求进行落实，后装机房屏蔽满足要求，不存在辐射泄漏情况；</li> <li>◆ 后装机房室内拟配置固定式剂量报警仪。</li> </ul>

综上，本项目后装治疗机主要辐射安全防护装置布置情况如附图 3-2 所示。

#### ➤ 辐射工作人员的安全与防护

本项目辐射工作人员指从事加速器、后装机诊疗工作的技师、物理技师、手术医生和手术助手。

**持证上岗：**所有辐射工作人员应在上岗前登录国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）参加并通过辐射安全与防护考核。在辐射工作人员上岗前，广

元市中心医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，在岗期间应按相关规定定期组织健康体检。

**个人防护用品：**为防范可能发生的辐射事故，建设单位应准备好一定数量个人防护用品（包括铅围裙、铅帽、铅围脖和铅眼镜等，其防护厚度至少为0.5mm铅当量）。

**个人剂量监测：**根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）等规范要求，辐射工作人员应配备个人剂量计，并要求上班期间必须正确佩戴。广元市中心医院应定期（每季度一次）将辐射工作人员的个人剂量计送有资质单位进行检测，并将检测报告存档。

◆ **受检者的安全与防护**

①源项控制：在满足放射诊疗要求的前提下，制定最优化的诊疗方案，选择能达到诊疗要求最低的射线照射参数，使射线强度最小化。

②时间防护：在满足放射诊疗要求的前提下，制定最优化的诊疗方案，尽量缩短透视和摄影时间，使照射时间最小化。

③其他安全防护：a).放射诊疗前实行病人告知制度：在放疗诊断前应向病人告知放射诊疗的方法、适应症、预期疗效、风险、费用构成及注意事项和可能对病人家属的辐射影响等，并请病人在说明书下方签字，由医患双方各执一份。b). 按照《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013），为受检者配有铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（其防护厚度至少为0.5mm铅当量，儿童、成人尺寸各1套）以及铅防护方巾2套（防护厚度至少为0.5mm铅当量），用于患者非病灶部位的遮挡防护。

◆ **机房周边公众的安全与防护**

主要依托放射工作场所的墙体、楼板、地板等屏蔽实体屏蔽射线。同时，放射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理，在机房门外张贴电离辐射警告标志和工作状态指示灯，禁止无关人员进入，以增加公众与射线源之间的防护距离，避免受到不必要的照射。

**“三废”的治理**

**1、臭氧治理措施**

医用电子直线加速器、后装机在出束过程中将产生少量臭氧。

本项目加速器机房、后装机机房均设有独立的通风系统，各场所通风系统设计见表10-8。

**表10-5 项目通风系统设计**

工作场所	通风系统设计	备注
加速器机房	机械通风系统。进风口位于机房西北角，出风口位于机房东南角。通风系统设计每小时换气约10次，排风量设计为2800m <sup>3</sup> /h。	排风经管道汇至排风机房，统一由地
后装机房	机械通风系统。进风口位于机房西南侧，出风口位于机房东北侧。	

通风系统设计每小时换气约8次，排风量设计为1800m<sup>3</sup>/h。

面排风口排入大气。

加速器机房、后装机房产生的臭氧经排风管道汇入排风机房内，统一由设在地面的排风口排入大气，地面排风口位于门诊综合楼裙楼楼顶，排口朝向北侧机动车库方位。项目各机房通风量设计能满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）、《后装 $\gamma$ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）、《医用X射线治疗放射防护要求》（GBZ131-2017）等标准规定的“治疗室应设置机械通风装置，其通风换气能力应达到治疗期间使室内空气每小时交换不小于4次”的要求。从保护患者、医护人员和周边公众健康安全角度而言，本项目辐射场所换气次数及通风系统进、排风口位置的设置均是合理可行的。

## 2、废水治理措施

本项目采用先进的数字成像技术，不使用显影液、定影液和胶片，因此本项目不产生废显影（定影）液和洗片废水。项目员工日常办公产生的生活污水依托医院既有公共卫生间收集，与医疗废水一并经医院自建医疗废水处理站处理达标后排入市政污水管网。

## 3、噪声治理措施

本项目噪声主要来源于机房通风系统机组运行噪声。项目通风系统机组采用低噪声节能设备，并采取在风机进出口设软接头、建筑墙体隔声等措施。

## 4、固体废物处理措施

本项目不产生废显影液、废定影液和废胶片。运营期产生的固体废物主要为诊疗过程中可能产生的废一次性医用器具和废药棉、纱布、手套等医疗废物，以及后装机退役后产生的废钴-60放射源。

### ◆ 医疗废物：

废一次性医用器具和废药棉、纱布、手套等医疗废物最大产生量约为0.5kg/d，上述医疗废物按照《医疗废物管理条例》要求，采用专门的容器收集后暂存于医院统一设置的医疗废物暂存间，医疗废物与生活垃圾分开存放，并设明显警示标识。按照普通医疗废物执行转移联单制度，定期交由当地医疗废物处理机构统一处理。

### ◆ 废放射源

废钴-60放射源由放射源生产厂家回收处置；若放射源生产厂家不能回收，则应交有废源收贮资质的单位回收处置。

### ◆ 生活垃圾

非放固体废物主要是工作人员产生的生活垃圾。生活垃圾集中收集后由环卫部门清运处理。

#### 4、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。

环评要求：本项目医用电子直线加速器在进行报废处理时，应将射线装置的高压射线管进行拆卸，使其丧失功能。同时将装置主机的电源线绞断，使其不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

#### 5、环保措施及投资估算

本项目环保措施总投资约69.0万元，占项目总投资的1.97%。项目具体环保投资情况见表10-9。

表10-9 项目环保设施（措施）与投资一览表

治理内容	环保措施	投资金额（万元）	备注	
加速器机房	工程屏蔽	机房采用混凝土屏蔽防护，具体设计见表 1-2。	计入主体工程	
		电动平移门 20mm 铅+180mm 含硼(2%)聚乙烯平移防护门。		
	安全装置	门-机联锁 1 套，门-灯联锁 1 套，钥匙开关 1 套。	30.0	新建
		控制台上设防止非工作人员操作的锁定开关		
		机房内四周墙体（拟设 4 个开关）、防护门内迷道墙上（拟设 1 个开关）、治疗床旁（拟设 1 个开关）及控制室内控制台上（拟设 1 个开关）设紧急停机开关。		
	警告标识	机房防护门内的迷道口附近设 1 个紧急开门按钮。	2.0	新建
		工作状态指示灯 1 套，并与机房防护门联锁。 机房防护门外电离辐射警告标志及中文警示说明 1 套。		
		通排风系统：机械通排风系统 1 套。	5.0	新建
	其它	视频监控及对讲系统：机房内及迷道内设 3 台实时摄像监视器；设机房和控制室内 1 套扩音与对讲装置。	6.0	
		灭火器材和火警报警装置。 机房内设紧急照明或独立通道照明系统。	1.0	
后装机房	工程屏蔽	机房采用混凝土（密度为 2.35g/cm <sup>3</sup> ）屏蔽防护，具体设计见表 1-2。	计入主体工程	
		电动平移门（钢架结构），防护铅当量 2mmPb。		
	安全装置	门-灯联锁 1 套。	2.0	利旧
		钥匙开关 1 套。		
		控制台上设防止非工作人员操作的锁定开关。		
		停电或意外中断照射时自动回源装置及声光报警装置 1 套。		
	警告标识	手动回源装置 1 套。	3.0	改建
		在后装治疗机房内四周墙体（拟设 3 个开关）、防护门内迷道墙上（拟设 1 个开关）及控制室内控制台上（拟设 1 个开关）设紧急回源开关。		
警告标识	工作状态指示灯 1 套。	2.0	改建	
	主机外表电离辐射警示标志 1 套；机房防护门外电离辐射警示标志及中文警示说明 1 套。			
通排风系统	机械通排风系统 1 套。	5.0		

	其它	控制台显示放射源位置装置 1 套。	设备自带	
		断电时手动开门装置 1 套。	2.0	
		视频监控及对讲系统：机房内及迷道内设 3 套实时摄像监视器；机房和控制室内设 1 套扩音与对讲装置。		
		配 1 套长柄镊子、1 个应急储源容器、1 套铅衣等应急设备。		
	放射源贮存及处理	灭火器材和火警报警装置。		
	源在非使用期间贮存在后装机储源容器内，该容器随设备置于后装机房内。	设备自带		
		后装机房防护门实施“双人双锁”管理。在防护门外安装 1 套实时摄像装置。	1.0	
		退役废源交放射源生产厂家回收或委托有资质单位回收。	1.0	
个人防护	职业人员防护	加速器工作小组拟定 5 人，配个人剂量计 10 个（每人 2 个）、个人剂量报警仪 5 个。	1.0	新建
		后装机工作小组拟定 4 人，配个人剂量计 8 个（每人 2 个）、个人剂量报警仪 4 个。	利旧	改建
	患者防护	加速器、后装机共配成人防护用品 2 套（每套包含 1 个铅围脖、1 个铅帽）、儿童防护用品 2 套（每套包含 1 个铅围脖、1 个铅帽）、铅防护方巾 2 套。	2.0	新建
监测仪器		便携式 X- $\gamma$ 剂量监测仪 1 台：与现有放疗中心共用 1 台。	利旧	新建
		加速器机房内设 1 套固定式剂量报警仪； 后装机房内设 1 套固定式剂量报警仪。	6.0	
合计			69	/

表 11 环境影响分析

<p><b>建设阶段对环境的影响</b></p> <p>一、施工期的环境影响简要分析</p> <p>1、主体工程施工阶段工艺分析</p> <p>土建施工期短，施工范围小，通过对施工时间段的控制以及施工现场管理等手段，施工期对环境产生的影响较小，并且该影响随施工期的结束而消除。</p> <p>2、设备安装调试阶段工艺分析</p> <p>本项目项目在安装调试阶段会产生 X、γ 射线。在设备安装调试完后，现场会有少量的废包装材料产生。</p> <p>环评要求：设备的安装、调试应由专业辐射工作人员进行。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，视同正常辐射探伤作业，严格实行辐射“两区”划分及管理，合理设置电离辐射警告标志与安全信息公示牌，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入监督区，防止辐射事故发生。</p> <p>综上分析，只要工程施工期严格做到以上要求，就可以使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。</p>
<p><b>运行阶段对环境的影响</b></p> <p>一、辐射环境影响分析</p> <p>(一) 医用电子直线加速器运行对环境的影响</p> <p>根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)，对于最大 X 射线能量≤10MV 的加速器可以不用考虑中子和感生放射性的辐射影响。本项目拟使用的 1 台医用电子直线加速器的 X 射线最大能量为 10MV，因此，本项目主要分析加速器产生的 X 射线、高能电子束的辐射影响。</p> <p>1、高能电子束的辐射环境影响</p> <p>根据《辐射防护技术与管理》，电子在物质中最大射程可由下式计算：</p> $d = \frac{1}{2\rho} \times E_{\beta \max} \dots\dots\dots (11-1)$ <p>式中：d—最大射程，cm；          ρ—防护材料的密度，g/cm<sup>3</sup>；          E<sub>βmax</sub>—电子最大能量，MeV。</p>

本项目拟购 1 台医用直线加速器电子线最大能量均为 18MeV，代入上述公式可知，能量为 18MeV 的电子穿过混凝土（2.35g/cm<sup>3</sup>）的最大射程约 3.83cm。

本项目加速机房四周混凝土墙体厚均为 1.5~3.0m（主屏蔽区厚 3.0m）、机房顶板混凝土厚 1.5~3.0m（主屏蔽区厚 3.0m）。加速器电子线虽然能量相对于 X 射线较高，但其贯穿能力远弱于 X 射线。由此可见，项目加速器机房设计厚度和结构材质完全能满足对电子线的屏蔽，可不再作特殊的防护要求。

因此，本项目医用电子直线加速器运行期间产生的电子线对周围环境影响轻微。

## 2、X 射线的辐射环境影响

### 2.1 关注点的选取

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），本项目医用电子直线加速器机房的关注点选取见表11-1和图11-1、图11-2。

表11-1 加速器机房外主要关注点布置

场所	位置编号	位置	照射途径	备注
加速器机房	A	机房西面主屏蔽墙外0.3m处（候诊大厅内）	有用线束	公众
	B	机房西面屏蔽门外0.3m处（候诊大厅内）	泄漏辐射+主射束散射辐射+迷道散射辐射	公众
	C	机房北面屏蔽墙外0.3m处（15MV加速器机房内）	泄漏辐射+散射辐射	公众
	D	机房东面次屏蔽区连接处屏蔽墙外0.3m处（通道）	泄漏辐射+散射辐射	公众
	E	机房东面主屏蔽墙外0.3m处（通道）	有用线束	公众
	F	机房南面屏蔽墙外0.3m处（通道）	泄漏辐射+散射辐射	公众
	G	屋顶主屏区上方0.3 m处	有用线束	公众
	H	屋顶次屏蔽区连接处上方外0.3 m处	泄漏辐射+散射辐射	公众
	I	机房西北面控制室内	泄漏辐射+散射辐射	职业
	J	机房西面迷路外墙外0.3m处（水冷机房内）	泄漏辐射+散射辐射	公众

### 2.2 剂量率参考控制水平

参考《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），机房外各关注点的剂量率参考控制水平H<sub>c</sub>由以下方法确定：

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，求得关注点的导出剂量率参考控制水平H<sub>c,d</sub>：

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots(式11-2)$$

式中：H<sub>c,d</sub>—导出剂量率参考控制水平，μSv/周；

H<sub>c</sub>—周剂量参考控制水平；本报告提出剂量管理约束值为职业人员 5mSv/a、



公众 0.1mSv/a, 年工作 50 周, 则职业人员  $H_c=100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 、公众  $H_c=2\mu\text{Sv}/\text{周}$ ;

U—关注位置方向照射的使用因子; 本项目取保守取 1/2;

T—人员在相应关注点驻留的居留因子; 本项目公众人员取值 1/4, 职业人员取值 1;

t—周治疗照射时间, h; 对于本项目, 加速器治疗时 1m 处最高剂量率 2200cGy/min, 对应照射治疗时间 1.5min/人次, 治疗人数上限 80 人次/天, 300 天/年, 年总出束时间:  $1.5 \times 80 \times 300=600\text{h}$ 。t 取值 12h/周。

②关注点的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,\text{max}}$ :

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

人员居留因子  $T < 1/2$  的场所,  $H_{c,\text{max}} \leq 10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ;

为确保辐射安全, 本次环评各关注点的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,\text{max}}$  均取  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

③取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平 ( $H_c$ )。

由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的居留因子见表 11-2。

表 11-2 机房外各关注点剂量率参考控制水平和居留因子

场所	关注点位	受照类型	居留因子	剂量率参考控制水平 ( $H_c$ ) $\mu\text{Sv}/\text{h}$		
				$H_{c,d}$	$H_{c,\text{max}}$	$H_c$
加速器 机房	A	公众	1/4	1.33	2.5	1.33
	B	公众	1/4	1.33	2.5	1.33
	C	公众	1/4	1.33	2.5	1.33
	D	公众	1/4	1.33	2.5	1.33
	E	公众	1/4	1.33	2.5	1.33
	F	公众	1/4	1.33	2.5	1.33
	G	公众	1/4	1.33	2.5	1.33
	H	公众	1/4	1.33	2.5	1.33
	I	职业	1	16.6	2.5	2.5
	J	公众	1/4	1.33	2.5	1.33

注: 1) 根据医院提供的资料, 加速器年有效出束时间最长为600h, 年工作50周, 则周治疗照射时间 $t=12\text{h}$ 。2) 机房屋顶为不上人屋面, 但考虑到机房位于地下负二层, 其上地下负一层为地下车库, 居留因子保守取值1/4。

### 2.3 机房屏蔽体厚度核算

本项目加速器机房理论计算厚度与设计厚度对比汇总见表11-10。

表11-10 机房墙体及屏蔽门厚度校核

工作场所	核算结果			
加速器 机房	有用线束主屏蔽区宽度			
	屏蔽体	设计宽度	理论计算宽度	核算结果
	东墙主屏蔽	4.4m	2.74m	满足

西墙主屏蔽	4.6m	2.74m	满足
屋顶主屏蔽	4.4m	2.77m	满足
<b>机房四周墙体</b>			
<b>屏蔽体</b>	<b>设计厚度</b>	<b>理论计算厚度</b>	<b>核算结果</b>
A (西面迷道内墙+外墙)	混凝土3.2m (内墙+外墙)	混凝土3.02m	满足
B (西面次屏蔽墙)	混凝土2.0m	混凝土1.91m	满足
C (北面屏蔽墙)	部分区域混凝土2.55m 部分区域1.8m	混凝土1.7m	满足
D (东面次屏蔽墙)	混凝土1.8m	混凝土1.74m	满足
E (东面主屏蔽墙)	混凝土3.1m	混凝土3.09m	满足
F (南面屏蔽墙)	混凝土1.8m	混凝土1.71m	满足
G (屋顶主屏蔽墙)	混凝土3.1m+楼板0.12m	混凝土3.15m	满足
H (屋顶次屏蔽墙)	混凝土1.8m	混凝土1.72m	满足
<b>迷道</b>			
<b>屏蔽体</b>	<b>设计厚度</b>	<b>理论计算厚度</b>	<b>核算结果</b>
内墙 (西面)	混凝土2m	混凝土1.05m	满足
外墙 (西面)	混凝土1.2m	混凝土1.2m	满足
<b>迷路出入防护门</b>			
<b>屏蔽体</b>	<b>设计厚度</b>	<b>理论计算厚度</b>	<b>核算结果</b>
G (防护门)	铅 20mm	铅 8.02mm	满足

由上表可知，本项目加速器机房四周墙体、屋顶和防护门屏蔽理论计算厚度均小于设计厚度，表明本项目加速器机房设计厚度满足辐射防护要求。

## 2.2 机房屏蔽体外辐射剂量估算

由于本项目目前处于设计阶段，故本评价采用理论计算方法进行预测分析。

从保守角度出发，在加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定加速器以最大工况（10MV）运行，并针对关注点最不利情况对机房进行辐射屏蔽核算。

### (1) 关注点位及照射途径

由于本项目加速器机房整体位于地下，机房西面墙体外为地下土层，人员无法进入，故不考虑这两处的辐射影响。

在机房屏蔽体外 0.3m 处设预测点，各预测点位见表 11-1 和图 11-1、图 11-2 所示。

### (2) 预测模式

依据 GBZ/T201.2-2011，本项目医用电子直线加速器机房设计的辐射屏蔽分析如下：

#### ➤ 有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算：

首先按公式（11-10）计算有效厚度  $X_e(\text{cm})$ ，计算公式如下：

$$X_e = X \sec \theta \dots\dots\dots \text{（公式 11-10）}$$

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);

$\theta$ —入射角夹角。

然后, 按公式 (11-11) 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子  $B$ , 再按公式 (11-12) 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1) / TVL} \dots\dots\dots \text{(公式 11-11)}$$

式中,  $TVL_1(\text{cm})$ 和  $TVL(\text{cm})$ 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,  $TVL_1 = TVL$ 。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{(公式 11-12)}$$

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,  $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ;

$f$ —对有用束为 1; 对泄漏辐射为  $10^{-3}$ ;

$R$ —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。

➤ 患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算

首先按公式 (11-10) 计算有效厚度  $X_e(\text{cm})$ , 接着, 按公式 (11-11) 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子  $B$ , 再按公式 (11-13) 计算辐射在屏蔽体外关注点的剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot a_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{(公式 11-13)}$$

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,  $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ;

$a_{ph}$ —患者  $400\text{cm}^2$  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  $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子;

$F$ —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积,  $\text{cm}^2$ ;

$R_s$ —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。

有用线束朝向迷路照射情况, 迷路入口处的散射辐射剂量率  $\dot{H}_g$  来自三个部分, 按照公式 11-8、公式 11-7、公式 11-5 进行测算。

(4) 职业人员、公众年有效剂量估算结果

根据医院提供的资料，加速器年有效出束时间最长为 120h。

各照射方向的射线使用因子和各环境保护目标的居留因子取值见表 11-12，以此计算出各关注年有效剂量，计算结果见表 11-12。

表 11-12 加速器机房外辐射剂量预测结果

工作场所	关注点	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	使用因子	居留因子	年工作时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)	
加速器机房	职业人员	I 机房西北面控制室内	1.21E-09	1	1	120	<b>1.45E-10</b>
	公众	A 机房西面主屏蔽墙外 0.3m 处 (候诊大厅内)	1.88E-01	1	1/4	120	<b>5.64E-03</b>
		B 机房西面屏蔽门外 0.3m 处 (候诊大厅内)	1.00E-02	1	1/4	120	<b>3.00E-04</b>
		C 机房北面屏蔽墙外 0.3m 处 (15MV 加速器机房内)	1.51E-04	1	1/4	120	<b>4.53E-06</b>
		D 机房东面次屏蔽区连接处屏蔽墙外 0.3m 处 (通道)	2.18E-02	1	1/4	120	<b>6.54E-04</b>
		E 机房东面主屏蔽墙外 0.3m 处 (通道)	6.40E-02	1	1/4	120	<b>1.92E-03</b>
		F 机房南面屏蔽墙外 0.3m 处 (通道)	6.36E-02	1	1/4	120	<b>1.91E-03</b>
		G 屋顶主屏区上方 0.3 m 处	8.93E-02	1	1/4	120	<b>2.68E-03</b>
		H 屋顶次屏蔽区连接处上方外 0.3 m 处	2.11E-02	1	1/4	120	<b>6.33E-04</b>
		J 机房西面迷路外墙外 0.3m 处 (水冷机房内)	3.11E-05	1	1/4	120	<b>9.33E-07</b>

注：对于机房西面、屋顶、东面，作为有用射束可能照射的方向，其使用因子实际数值与有用射束照射方向的使用频率有关，介于 0 至 1 之间，为保守计，评价均取值为 1。

由表 11-12 可知，正常工况下，加速器机房四周墙体、屋顶和防护门外表面 30cm 处各关注点剂量率最大值为  $0.188\mu\text{Sv/h}$ ，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 中规定剂量率当量率参考控制水平及本项目给出的机房外各关注点剂量率参考控制水平最大值  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

由表 11-12 可知，正常工况下，经机房墙体和防护门屏蔽后，职业人员受到的照射剂量最大值为  $1.45 \times 10^{-10}\text{mSv/a}$ ，公众最大受照射剂量为  $5.64 \times 10^{-3}\text{mSv/a}$ ，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定的剂量限值 (职业照射  $20\text{mSv/a}$ 、公众照射  $1\text{mSv/a}$ )，也低于本报告提出的照射剂量约束值 (职业照射  $5\text{mSv/a}$ 、公众照射  $0.1\text{mSv/a}$ )。

综上，本项目加速器运行时产生的 X 射线经机房墙体和防护门屏蔽后，屏蔽体外 30cm 处

剂量率当量率满足GBZ126-2011的要求，对职业人员和周围公众的照射剂量均满足GB18871-2002规定的剂量限值和本报告提出的照射剂量约束值，表明本项目加速器机房的屏蔽防护满足要求。

### 3、射线通过穿墙管线对周边环境的影响

本项目采用吊顶式进出风设计，项目不在主屏蔽墙处设置穿墙管线，通排风等穿墙管线均以多次弯折形式穿越次屏蔽墙。直线加速器产生的X射线经过管道多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计。

#### (二) 后装机运行对环境的影响

##### 1、 $\gamma$ 射线的辐射环境影响

本项目使用1台GZP3型钴-60后装治疗机，内含3枚钴-60放射源，单枚放射源活度为 $6.17 \times 10^{10}$ Bq (1.67Ci)，装源总活度为 $1.85 \times 10^{11}$ Bq (5Ci)。 $^{60}\text{Co}$ 放射源有 $\beta$ 、 $\gamma$ 两种辐射，但 $\beta$ 射线在空气中的射程较短，经放射源的内包鞘和后装机自身贮源容器等相关设施屏蔽后，在环境辐射方面已无影响，故本次评价主要分析产生的 $\gamma$ 射线对周边环境的影响。

##### 1.1 关注点的选取

因本项目后装机房位于广元市中心医院门诊综合楼的地下二层，机房西面墙体外为地下土层，无人到达，因此不考虑此处辐射影响。

选取机房外0.3m处设关注点，各关注点位见下表和图11-7。

表 11-27 后装机房外主要关注点布置

位置编号	位置	照射途径	备注
A	西面屏蔽墙外0.3m (控制室)	初级辐射	职业
B	西面防护门外0.3m (准备间)	透射辐射+散射辐射	公众
C	北面屏蔽墙外0.3m (模拟定位室)	初级辐射	公众
D	东面屏蔽墙外0.3m (候诊大厅)	初级辐射	公众
E	南面屏蔽墙外0.3m (过道)	初级辐射	公众
F	屋顶屏蔽层上层 (停车场)	初级辐射	公众

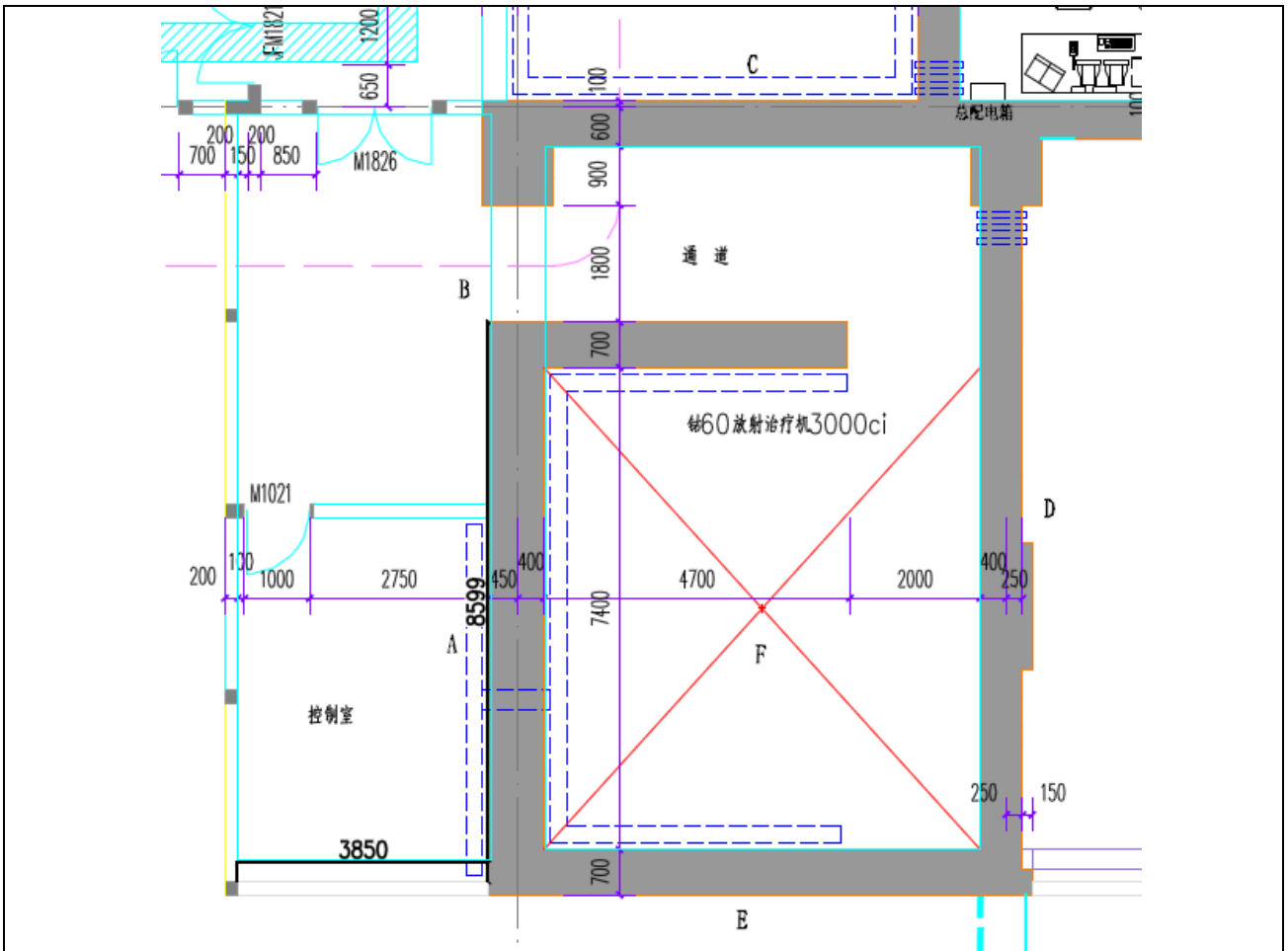


图11-7 后装机房关注点位示意

## 1.2 剂量率参考控制水平

参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分：γ射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)，机房外各关注点的剂量率参考控制水平 $H_c$ 由以下方法确定：

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，求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ：

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots(\text{式11-20})$$

式中： $H_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

$H_c$ —一周剂量参考控制水平；本报告提出剂量管理约束值为职业人员  $5\text{mSv}/\text{a}$ 、公众  $0.1\text{mSv}/\text{a}$ ，年工作 50 周，则职业人员  $H_c=100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 、公众  $H_c=2\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

$U$ —关注位置方向照射的使用因子；本项目取 1；

$T$ —人员在相应关注点驻留的居留因子；

$t$ —一周治疗照射时间，h；根据医院提供的资料，后装机预估年有效出束时间最长约 40.0h，年工作 50 周，则周治疗照射时间  $t=0.8\text{h}$ ；

②关注点的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$ :

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

人员居留因子  $T < 1/2$  的场所,  $H_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ ;

为确保辐射安全, 本次环评各关注点的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$  均取  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

③取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平 ( $H_c$ )。

由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见下表。

表 11-28 机房外各关注点剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束

关注点	居留因子	剂量率参考控制水平 ( $H_c$ ) $\mu\text{Sv/h}$		
		$H_{c,d}$	$H_{c,max}$	$H_c$
A西面屏蔽墙外0.3m (控制室)	1	125	2.5	2.5
B西面防护门外0.3m (准备间)	1/4	10.0	2.5	2.5
C北面屏蔽墙外0.3m (模拟定位室)	1/4	10.0	2.5	2.5
D东面屏蔽墙外0.3m (候诊大厅)	1/4	10.0	2.5	2.5
E南面屏蔽墙外0.3m (过道)	1/4	10.0	2.5	2.5
F屋顶屏蔽层上层 (停车场)	1/4	10.0	2.5	2.5

### 1.3 后装机未出源状态下给病患摆位时对医务人员的影响

在进行治疗前, 医务人员将病患推入后装机室, 并在机房内做治疗前的准备, 在后装治疗机房内停留时间为2min, 此时后装机处于非工作状态, 放射源处于贮源位置, 医务人员一般距放射源大于1m左右的位置。

根据《后装 $\gamma$ 源近距离治疗放射防护要求》(GBZ 121-2017)中“4.2.2工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时, 距离贮源器表面5cm处的任何位置, 因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 $50 \mu\text{Sv/h}$ ; 距离贮源器表面100cm处的球面上, 任何一点因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 $5 \mu\text{Sv/h}$ 。”

根据本项目对GZP3型钴-60后装治疗机实测数据, 在钴-60后装治疗机贮源器1m处最大周围剂量当量率为 $0.818 \mu\text{Sv/h}$ 。医院每年约480人次接受后装治疗, 则估算出医务人员在做治疗前的摆位过程中接受的年有效剂量为 $0.39 \text{mSv/a}$ 。

### 1.4 后装机出源状态下机房屏蔽体外辐射剂量估算

由本项目监测数据可以得知, 当放射源处于贮存状态时, 贮源器泄漏辐射经过贮源器及机房墙体、防护门等屏蔽体的屏蔽后, 对机房外的人员几乎没有影响, 因此本次评价仅考虑后装机出源状态下对机房外的辐射影响。

本项目所使用 GZP3 型钴-60 后装治疗机为已有设备, 将从现有钴-60 后装治疗机房搬

迁至空置钴-60 治疗机房使用，搬迁前后机房外关注点情况对比分析如下。

表 11-27 后装机房外主要关注点布置

位置编号	本项目位置	与放射源工作点距离m	屏蔽措施	原项目位置	与放射源工作点距离m	屏蔽措施
A	西面屏蔽墙外0.3m（控制室）	4.2	0.85m混凝土	北面屏蔽墙外0.3m（控制室）	3.7	0.85m混凝土
B	西面防护门外0.3m（准备间）	6.1	0.7m混凝土+2mm铅屏蔽门	北面防护门外0.3m（准备间）	5.0	0.6m混凝土+2mm铅屏蔽门
C	北面屏蔽墙外0.3m（模拟定位室）	7.8	0.7m混凝土+0.7m混凝土	东面屏蔽墙外0.3m（加速器机房过道）	6.4	0.6m混凝土+1.3m混凝土
D	东面屏蔽墙外0.3m（候诊大厅）	4.15	0.65m~0.8m混凝土	南面屏蔽墙外0.3m（过道）	3.45	0.65m混凝土
E	南面屏蔽墙外0.3m（过道）	4.4	0.7m混凝土	西面屏蔽墙外0.3m（模拟定位室）	3.4	0.65m~0.8m混凝土
F	屋顶屏蔽层上层（停车场）	6.5	1.0m混凝土	屋顶屏蔽层上层（停车场）	6.5	1.0m混凝土

由上表可见，除原项目 C 点涉及加速器机房屏蔽墙外，本项目其他点位屏蔽措施与防护距离均与原项目相当或优于原项目，因此，评价采用实测数据类比法进行机房外剂量预测。为保守计，C 点采用 A 点监测数据进行估算。

表 11-27 后装机房外主要关注点布置

位置编号	本项目位置	与放射源工作点距离m	屏蔽措施	实际监测剂量率(μSv/h)	居留因子	年工作时间(h)	年剂量(mSv/a)
A	西面屏蔽墙外0.3m（控制室）	4.2	0.85m混凝土	0.155	1	80	1.24E-02
B	西面防护门外0.3m（准备间）	6.1	0.7m混凝土+2mm铅屏蔽门	0.139	1/4	80	2.78E-03
C	北面屏蔽墙外0.3m（模拟定位室）	7.8	0.7m混凝土+0.7m混凝土	0.155	1/4	80	3.10E-03
D	东面屏蔽墙外0.3m（候诊大厅）	4.15	0.65m~0.8m混凝土	0.197	1/4	80	3.94E-03
E	南面屏蔽墙外0.3m（过道）	4.4	0.7m混凝土	0.175	1/4	80	3.50E-03
F	屋顶屏蔽层上层（停车场）	6.5	1.0m混凝土	0.096	1/4	80	1.92E-03

由表11-32可知，正常工况下，经机房墙体和防护门屏蔽后，职业人员受到的照射剂量最大值为 $1.24 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，公众最大受照射剂量为 $3.94 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的剂量限值（职业照射20mSv/a、公众照射1mSv/a），也低于本报告提出的照射剂量约束值（职业照射5mSv/a、公众照射0.1mSv/a）。



### (三) 辐射剂量叠加分析

#### 1、辐射工作人员辐射剂量叠加分析

辐射工作人员辐射剂量叠加主要是考虑工作人员在同时开展多项放射性工作的情况下，所受辐射剂量的总和。

本项目钴-60后装治疗机搬迁前后工作量无变化，不再叠加其工作人员剂量。

表 11-34 本项目工作人员辐射剂量叠加结果

人员	工作项目	所受剂量 (mSv/a)
辐射工作人员	加速器 (本项目)	$1.45 \times 10^{-10}$ (本项目)
	最高年个人剂量 (以最高季度剂量 0.72mSv 换算)	2.88
	所受剂量总和	2.88

由上表可知，本项目建成后，职业人员所受年辐射剂量叠加最大值约2.88mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的职业照射剂量限值20mSv/a和本次评价所提出的5mSv/a剂量约束值。

#### 2、公众辐射剂量叠加分析

根据项目平面图布局，本项目主要考虑加速器与后装机同时运行时对其周边公众的影响。

表 11-36 项目公众辐射剂量叠加结果

关注点位	射线装置	公众年剂量最大值 (mSv/a)
机房外走道 (地下二层)	10MV 医用电子直线 加速器(加速器机房)	$5.64 \times 10^{-3}$
	后装机	$1.97 \times 10^{-3}$
	所受剂量总和	$7.61 \times 10^{-3}$ mSv/a

由上表可知，本项目建成后，公众所受年辐射剂量叠加最大值约 $1.06 \times 10^{-2}$ mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的公众照射剂量限值1mSv/a和本次评价所提出的0.1mSv/a剂量约束值。

## 二、非放部分环境影响分析

### 1、臭氧

本项目医用电子直线加速器、后装机在开机出束期间，产生的 X 射线与空气中的氧气

相互作用会产生臭氧 (O<sub>3</sub>)。

◆ 医用电子直线加速器

加速器运行期间产生的臭氧浓度由下式计算：

$$C = Q_0 \cdot T_v / V \dots\dots\dots (11-30)$$

式中：C——室内臭氧浓度，mg/m<sup>3</sup>；

Q<sub>0</sub>——标臭氧产额，mg/h；

T<sub>v</sub>——臭氧有效清除时间，h；

V——机房空间体积，m<sup>3</sup>；

其中， $Q_0 = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_0 \cdot R \cdot g \dots\dots\dots (11-31)$

式中：G——距靶1m处的辐射剂量率，Gy/h；

S<sub>0</sub>——射束在离源点1m处的照射面积，m<sup>2</sup>；

R——射束径迹长度，m，取值1m；

g——空气每吸收100eV辐射能量产生的臭氧分子数，本项目取10；

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \dots\dots\dots (11-32)$$

式中：t<sub>v</sub>——每次换气时间，h；

t<sub>a</sub>——臭氧分解时间，0.83h。

根据公式，计算本项目医用电子直线加速器运行期间产生的臭氧浓度见下：

表 11-37 加速器机房臭氧浓度

场所	G (Gy/h)	S <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	t <sub>v</sub> (h)	臭氧浓度 (mg/m <sup>3</sup> )
加速器机房	360	0.16	278.6	0.1	0.0012

注：本项目机房通风系统均设计每小时换气 10 次；机房体积含迷道。

由上表可知，单次照射后，加速器机房内臭氧浓度低于《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》(GBZ2.1-2007)规定的工作场所空气中臭氧浓度0.3mg/m<sup>3</sup>限值。

项目加速器机房设有1套机械通风系统，其中，加速器机房内的进风口位于机房东北侧，出风口位于机房西南侧，设计每小时换气约10次，排风量设计为2800m<sup>3</sup>/h。均满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)中不低于4次/小时的要求。机房废气经管道汇入排风机房，统一由地面排风口排放，排风口高度15m。地面排风口排口朝向避开门诊大楼，朝向机动车库。由于项目臭氧产生量较低，加之臭氧不稳定，在常温下不断分解，排出室外的臭氧经过大气的稀释和扩散，浓度将迅速降低，对周围环境影响可满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准(浓度限值0.2mg/m<sup>3</sup>)，对周围大气环境影响轻微。

◆ 后装机（钴-60 放射源）

运行期间产生的臭氧浓度由下式计算：

$$Q = \frac{6.33 \times 10^{-4} AG (T_v + T_d) V^{1/3}}{V(T_v \times T_d)} \dots\dots\dots (11-33)$$

式中：Q——机房内臭氧的浓度，mg/m<sup>3</sup>；

A——放射源活度，Ci；

G——空气每吸收100eV辐射能力所产生的臭氧分子数，一般取6；

Tv——换气一次所需的时间，h；

Td——臭氧的有效化学分解时间，0.83h；

V——机房的容积，m<sup>3</sup>。

根据公式，后装机运行期间室内臭氧产生计算结果见下表。

表 11-38 后装机房内臭氧浓度

场所	A (Ci)	V (m <sup>3</sup> )	t <sub>v</sub> (h)	臭氧浓度 (mg/m <sup>3</sup> )
后装机房	6	229.6	0.083	0.0046

由上表可知，运行期间后装机房内臭氧浓度低于《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》（GBZ2.1-2007）规定的工作场所空气中臭氧浓度0.3mg/m<sup>3</sup>限值。

项目后装机房设有1套机械通风系统，1个进风口位于机房西南侧，1个出风口位于机房东北侧，设计每小时换气约8次，排风量设计为1800m<sup>3</sup>/h，满足《后装γ源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）中不低于4次/小时的要求。废气经管道汇入排风机房，统一由地面排风口排放，地面排风口排口朝向避开门诊大楼，且排口与南厂界围墙之间采用绿化带或广告牌等遮挡物与周边公众隔离。由于项目臭氧产生量较低，加之臭氧不稳定，在常温下不断分解，排出室外的臭氧经过大气的稀释和扩散，浓度将迅速降低，对周围环境影响可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（浓度限值0.2mg/m<sup>3</sup>），对周围大气环境影响轻微。

2、废水

本项目采用先进的数字成像技术，不使用显影液、定影液和胶片，因此本项目不产生废显影（定影）液和洗片废水。项目员工日常办公产生的生活污水依托医院既有公共卫生间收集，与医疗废水一并经医院自建医疗废水处理站处理达标后排入市政污水管网，不会对区域地表水环境造成明显不利影响。

3、噪声

本项目噪声主要来源于机房通风系统机组运行噪声。风机配套的电机功率为0.25KW，

声压级为65dB(A)，通过采取在风机进出口设软接头、风机房建筑墙体隔声等措施，距离衰减后可保证厂界噪声值满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中2类标准，对周边声环境影响轻微。

#### 4、固体废物

##### ◆ 医疗废物

废一次性医用器具和废药棉、纱布、手套等医疗废物按照《医疗废物处理条例》要求，采用专门的容器收集后暂存于污物暂存间，与生活垃圾分开存放，并设明显警示标识。按照普通医疗废物执行转移联单制度，定期交由当地医疗废物处理机构统一处理。

##### ◆ 废放射源

废钴-60放射源由放射源生产厂家回收处置，若放射源生产厂家不能回收，则交有废源收贮资质的单位回收处置。

综上，本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

### 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、预测射线装置在使用过程中存在的潜在危险和有害因素，可能发生的突发性事件或事故（一般不包括人为破坏及自然灾害），引起电离辐射泄漏，所造成的人身安全与环境影响和损害程度，提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以防止辐射事故发生，尽量降低辐射事故后果的负面影响。

#### 2、风险识别

本项目涉及II类、III类射线装置及III类放射源，运营期间存在的风险和潜在危害及事故隐患如下：

表 11-39 项目环境风险和潜在危害及事故隐患

设备名称	类型	风险因子	可能发生辐射事故
10MV 医用电子直线加速器	II类射线装置	X射线	①由于安全连锁系统失效，在防护门未关闭的情况即进行照射操作，对误入人员或防护门周围活动人员造成不必要的照射。 ②工作人员或病人家属还未全部撤离机房，操作间人员启动设备，造成机房滞留人员的误照射。 ③在机房内对设备进行检修及维护等工作时，检修、维护人员误操作，造成人员误照射。
钴-60后装机	III类放射源	γ射线	①由于安全连锁系统失效，在防护门未关闭的情况即进行照射操作，对误入人员或防护门周围活动人员造成不必要的照射。 ②工作人员或病人家属还未全部撤离机房，操作间人员启动设备，造成机房滞留人员的误照射。 ③在机房内对设备进行检修及维护等工作时，检修、维护人员误操作，造成人员误照射。 ④因设备故障或安全装置故障，在治疗中出现卡源，造成人员受到

不必要的照射。

⑤放射源被盗窃、丢失，或在使用或贮存期间，机房发生火灾、爆炸等事故，导致贮源容器破坏，放射源裸露等失控事故，造成相关接触人员受到不必要的照射。

### 3、事故工况下的辐射影响分析

#### 3.1 10MV 医用电子直线加速器误照事故

事故工况环境影响考虑可能发生的最大辐射事故，即：

- ◆ 加速器运行时，机房内误入人员或滞留人员受到误照射；
- ◆ 加速器检修维护时，检修工作人员误操作导致设备运行，受到误照射。

##### (1) 事故情景

- ◆ 假设加速器以标称最大能量 10MV 运行，主射束方向、距靶 1m 处 X 射线剂量率为 1320Gy/h (22Gy/min)；
- ◆ 假设检修人员在未采取任何屏蔽防护措施下，处于加速器照射头外 1m 处的主射束方向。在发现设备处于开机状态，立即撤至机房迷道内；鉴于机房内四周墙壁和治疗床上均设有紧急停机开关，只要按下此按钮就可以停机。故假定受到误照射时间为 15s；
- ◆ 假设误入人员在未采取任何屏蔽防护措施下进入机房内，在位于机房内迷道口时发现设备处于开机状态，立即撤至迷道内；鉴于机房迷道内设紧急停机开关，只要按下此按钮就可以停机。故假定受到误照射时间为 2min。

##### (2) 剂量估算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)，剂量计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{(公式 11-34)}$$

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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

f—对有用束为 1；对泄漏辐射为  $10^{-3}$ ；

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。

在上述事故情景假设条件下，误入人员的受照剂量结果见表。

表11-40 加速器事故情况下人员受照剂量值

事故受照人员	位置	射束方向	$H_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )	f	R (m)	受照时间 t	受照剂量
设备检修人员	机房内设备靶源 1m 处	主射束	$1.32\times 10^{10}$	1	1	15s	5.5Sv/次
误入人员	机房内迷道口处	泄漏	$1.32\times 10^{10}$	$10^{-3}$	7.5	2min	0.0022Sv/次

由上表可见，在上述事故情景假设条件下，人员处于主射束方向时受照剂量为 5.5Sv/次，远超 GB18871-2002 中特殊情况下公众剂量限值（1mSv）。

### 3.2 后装机事故工况下辐射影响分析

#### 3.2.1 人员误入或检修人员误操作受到误照射

##### (1) 事故情景

- ◆ 假设后装机以满负荷（ $^{60}\text{Co}$  放射源初始活度  $1.85\times 10^{11}\text{Bq}$ ）运行，即主射束方向、距靶 1m 处  $\gamma$  射线剂量率为  $5.70\times 10^4\mu\text{Sv/h}$ ；
- ◆ 假设检修人员或误入人员在未采取任何屏蔽防护措施下，处于照射头外 1m 处的射束方向。在发现设备处于开机出束状态，立即撤至机房迷道内。
- ◆ 鉴于机房内四周墙壁设有紧急停机开关，只要按下此按钮就可以停机。故假定受到误照射时间为 15s。

##### (2) 剂量估算

将上述参数代入公式（11-26~11-28），在假设事故情景下，误入人员受照剂量为  $2.38\times 10^{-4}\text{Sv/次}$ 。

#### 3.2.2 卡源事故

##### (1) 事故情景

- ◆ 自动回源功能装置失效，工作人员穿铅衣（0.5mm 铅当量）进入治疗室内采取手动回源措施，源与身体之间 40cm。
- ◆ 假设处理卡源时间为 10min。

##### (2) 剂量估算

将上述参数代入公式（11-26）~公式（11-28），在假设事故情景下，工作人员受照剂量为 0.055Sv/次。

#### 3.2.3 放射源被盗抢、丢失或因火灾、爆炸等事件导致贮源容器被破坏，造成放射源失控事故（“人源见面”）

##### (1) 事故情景

放射源处于失控状态，其产生的  $\gamma$  射线未经任何屏蔽措施直接照射到人员身上。

##### (2) 剂量估算

放射源失控状态下，受照人员的有效剂量率可用下式计算：

$$X = A\Gamma / r^2 \dots\dots\dots (11-35)$$

$$D = 8.73 \times 10^{-3} \cdot X \dots\dots\dots (11-36)$$

$$E = D \cdot WR \cdot WT \dots\dots\dots (11-37)$$

式中：A—放射源的活度，本项目钴-60 放射源活度为 6Ci；

Γ—放射性核素的Γ常数，R·m<sup>2</sup>/h·Ci，<sup>60</sup>Co 取 1.32R·m<sup>2</sup>/h·Ci；

X—照射量率，单位 R/h；

r—参考点距离源的距离，m；

D—吸收剂量率，Gy/h；

E—有效剂量率，Sv/h；

WT—辐射权重，取 1；

WR—权重因子，取 1。

根据事故情景假设条件计算得出距源 0.5~50m 范围内不同事故持续时间段（1h、4h、8h、1d）的个人有效剂量率，结果见下表。

**表11-42 放射源裸露状态下不同持续时间不同距离处个人有效剂量率计算结果**

距源距离 (m)	各事故持续时间段的γ射线所致有效剂量率 (Sv)					
	1h	4h	8h	1d	2d	3d
0.5	2.77×10 <sup>-1</sup>	1.11	2.21	6.64	13.30	19.90
1	6.91×10 <sup>-2</sup>	2.77×10 <sup>-1</sup>	5.53×10 <sup>-1</sup>	1.66	3.32	4.98
2	1.73×10 <sup>-2</sup>	6.91×10 <sup>-2</sup>	1.38×10 <sup>-1</sup>	4.15×10 <sup>-1</sup>	8.30×10 <sup>-1</sup>	1.24
5	2.77×10 <sup>-3</sup>	1.11×10 <sup>-2</sup>	2.21×10 <sup>-2</sup>	6.64×10 <sup>-2</sup>	1.33×10 <sup>-1</sup>	1.99×10 <sup>-1</sup>
10	6.9×10 <sup>-4</sup>	2.77×10 <sup>-3</sup>	5.53×10 <sup>-3</sup>	1.66×10 <sup>-2</sup>	3.32×10 <sup>-2</sup>	4.98×10 <sup>-2</sup>
20	1.73×10 <sup>-4</sup>	6.91×10 <sup>-4</sup>	1.38×10 <sup>-3</sup>	4.15×10 <sup>-3</sup>	8.30×10 <sup>-3</sup>	1.24×10 <sup>-2</sup>
30	7.68×10 <sup>-5</sup>	3.07×10 <sup>-4</sup>	6.15×10 <sup>-4</sup>	1.84×10 <sup>-3</sup>	3.69×10 <sup>-3</sup>	5.53×10 <sup>-3</sup>
50	2.77×10 <sup>-5</sup>	1.11×10 <sup>-4</sup>	2.21×10 <sup>-4</sup>	6.64×10 <sup>-4</sup>	1.33×10 <sup>-3</sup>	1.99×10 <sup>-3</sup>

注：本次计算偏保守，未考虑放射源的自然衰变。

由上表可以看出，在事故持续时间为 1h、4h、8h、1d、2d 和 3d 的情况下，距离放射源 0.5m 处的 γ 射线外照射辐射剂量率分别为 0.277Gy、1.11Gy、2.21Gy、6.64Gy、13.30Gy 和 19.90Gy。

综上，除人员误入机房或检修人员误操作导致误照射事故下人员受照剂量较低外，卡源事故和放射源失控事故时，相关人员受照剂量均不同程度超过 GB18871-2002 中特殊情况下公众剂量限值（1mSv）。

#### 4、事故等级

依据国务院令 第 709 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条关

于事故分级原则，将项目的环境风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于下表中。

**表11-43 国务院令第709号辐射事故等级分级一览表**

事故等级	危险结果
特别重大辐射事故	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	射线装置导致2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、局部器官致残。
较大辐射事故	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	射线装置失控导致人员收到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册（第二版）》（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系见下表。

**表11-44 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系**

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

由前述事故工况下的辐射影响估算结果，对照表 11-43、表 11-44 可知，本项目事故可能引发的辐射事故等级分级情况见表。

**表 11-45 本项目事故等级**

装置名称	事故等级	依据
10MV 电子加速器	重大辐射事故	射线装置导致2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、局部器官致残。
后装机	较大辐射事故	丢源导致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	卡源导致人员受到超过年剂量限值的照射。

## 5、事故防范措施

### 5.1 II类、III类射线装置事故防范措施

(1) 设备运行时，误入人员或机房内滞留人员受到不必要的照射

**应对措施：**射线装置自身有多种安全防护措施，如辐射启动装置与控制台上显示的辐射参数预选值联锁，选择参数前辐照不能启动；加速器安装有剂量监测系统，可单独终止照射；



有门机安全联锁，机房门关闭后辐射才能启动；严格实施辐射“两区”管理，开展放疗、介入手术前，应对治疗机房进行清场，禁止无关人员入内；医院应定期检查门机联锁装置，若发现问题应及时维护，确保安全联锁装置正常运行。

(2) 医务人员误操作，导致病人受超剂量照射或受其它的额外照射

**应对措施：**操作人员应严格遵守设备操作规程。操作控制台上应有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。若发生辐射事故，操作人员应立即启动紧急停止按钮，切断设备电源。

(3) 对于从事DSA介入手术的医务人员未正确穿戴防护用品，导致受到超剂量照射或受其它的额外照射

**应对措施：**医院应加强对辐射工作人员的培训与管理，强化辐射安全防护意识。从事介入手术的相关操作人员应严格遵守设备操作规程和辐射安全管理规定，在床旁透视手术期间必须正确穿戴个人防护用品，佩戴个人剂量计。

## 5.2 后装机事故防范措施

(1) 放射源丢失、被盗，或放射源屏蔽体可能被人为破坏，放射源对人员造成近距离照射。一定时间内，可能导致人员急性重度放射病、局部器官残疾甚至死亡。

**应对措施：**医院应该采取各种行之有效的措施，防止被盗或者丢失。特别是定期对放射源要进行核实，确保其处于指定位置，对放射源实行24小时监控。一旦发现放射源被盗或者丢失，及时向公安部门、环境保护主管部门和卫生部门报告。

(2) 人员受误照射。治疗过程中人员误入或滞留于治疗室，造成有关人员被误照射，引发辐射事故。

**应对措施：**工作人员遵守相关操作规程，治疗过程中任何人员不得进入治疗室。每次开机治疗前必须确认所有人员全部撤出治疗室。一旦发生辐射事故，必须马上停机收源，对受照人员进行身体检查，确定是否有伤害，以便采取相应救护措施。

(3) 放射源工作或者贮存过程中发生火灾、爆炸等可能影响放射源的安全。

**应对措施：**放射源在使用和贮存过程中，应远离易燃、易爆物品，配备专门的灭火器材。一旦发生火灾，在现场允许情况下，应优先对放射源进行灭火并抢离火灾现场，防止放射源屏蔽体破坏。

(4) 卡源。治疗过程中出现卡源情况，源体无法复位至屏蔽状态，造成病人受到过量照射，引发辐射事故。

**应对措施：**若出现卡堵源情况，首先迅速将病人撤出治疗室，医院关闭治疗室，专业技

术人员到来前不得开启，同时派专人职守，防止无关人员进入事故现场，及时联系生产厂家或指定维修单位进行处理。专业技术人员排除事故时，应配备铅衣、铅手套、铅眼镜等防护措施和必要的剂量监测设备，并严格控制与放射源近距离操作的时间。

## **6、事故预防措施**

为了杜绝上述事故的发生，要求医院严格执行以下风险预防措施：

(1) 定期认真地对本单位射线装置和放射源的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

(2) 凡涉及对医用射线装置、放射源进行操作，必须有明确的操作规程，并做到“制度上墙”（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在放射诊断操作时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

(3) 每月检查门机联锁装置和门灯连锁装置，确保安全联锁装置正常运行；每月对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

(4) 加强辐射工作人员的管理，设备开机前，必须确保无关人员全部撤离后才可开启；加强辐射工作人员的业务培训，防止误操作，以避免工作人员和公众受到意外辐射。

(5) 加强控制区和监督区管理，在设备运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

(6) 医院应按本环评报告要求完善事故应急预案、应急演练及应急物资准备和事故防范措施，避免辐射事故发生。

表 12 辐射安全管理

<p><b>辐射安全与环境保护管理机构的设置</b></p> <p><b>1、组织机构</b></p> <p>广元市中心医院成立有辐射安全与防护管理领导小组（见附件），小组成员由院领导、放射科室负责人和多年从事放射性诊断治疗的骨干医师组成。介入科是本项目辐射安全的责任科室，定期向辐射安全与防护管理领导小组汇报辐射安全工作。</p> <p><b>2、职责</b></p> <p>广元市中心医院辐射安全与防护工作领导小组负责协调处理全院辐射安全的有关事宜及具体工作，领导小组工作职责分化明确。机构人员主要职责涉及以下几方面：</p> <p>①严格遵守和执行国家及四川省的辐射安全与环境保护的法律、法规；宣传国家和上级安全部门有关射线装置安全使用的方针、政策、法律法规、行业标准，落实安全措施，不断提高职工的劳动保护和安全防护意识。</p> <p>②接受上级及属地化主管部门的管理和检查；</p> <p>③组织制定医院辐射应急预案。应急期间充分调动人力、物力资源，实施统一指挥，统一行动，最大限度减少辐射危害；</p> <p>④负责及时向上级和属地有关部门报告医院内发生的辐射事故和事件；</p> <p>⑤根据医院辐射设备及防护环境实际情况，制定辐射防护与安全有关制度，并落实实施。</p> <p>⑥组织协调射线装置使用单位制定岗位责任制、安全操作规程，并督促检查有关各项制度与岗位责任制度的落实情况。严防差错事故的发生。</p> <p>⑦负责组织新上放射项目的安全和环境、职业卫生评价。</p> <p>⑧督促辐射工作场所及辐射工作人员个人剂量定期监测等工作，督促辐射工作人员定期参加辐射防护培训及参加职业健康体检，切实保障辐射工作人员及公众的辐射安全。</p> <p>⑨定期组织安全检查，发现重大安全隐患及时采取有效措施，防止事故发生。一般安全隐患要提出处理意见，落实整改措施。</p> <p><b>环评要求：辐射安全与环境保护管理机构应定期开会，总结医院辐射防护管理方面的经验，并根据国家相关法规、标准，改进管理规章制度。</b></p>
<p><b>辐射安全管理规章制度</b></p> <p><b>1、辐射安全管理规章制度要求与落实情况</b></p>

与《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）要求对照，广元市中心医院辐射安全管理规章制度落实情况见下表 12-1。

表 12-1 医院主要辐射安全管理规章制度建立对照表

序号	四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）要求的主要规章制度	医院规章制度建设情况	环评要求
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定	/
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	已制定	/
3	辐射工作设备操作规程	已制定	
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定	/
5	辐射工作人员岗位职责	已制定	/
6	放射源与射线装置台账管理制度	未制定	需补充制定
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定	医院应按本环评报告提出的环境监测方案进一步完善现有监测方案，并做好监测记录和档案保存工作。
8	监测仪表使用与校验管理制度	未制定	需补充制定
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	已制定	/
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	/
11	辐射事故应急预案	已制定	需完善
12	质量保证大纲和质量控制检测计划	未制定	需补充制定

由表 12-1 可知，医院需补充《放射源与射线装置台账管理制度》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》，完善《辐射事故应急预案》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》。

评价要求：①医院应根据《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）要求，对上述管理制度进行补充和完善；②《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》等应悬挂于介入治疗区工作场所墙上，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

#### （2）年度辐射安全评估制度

医院建立有年度辐射安全评估制度。每年根据实际工作情况编制《广元市中心医院 XX 年度辐射安全和防护状况自查评估报告》，报告内容包括单位放射工作场所采取的辐射安全防护设施、放射工作场所管理制度、辐射工作人员年剂量和事故应急预案进行自查与评估。

环评要求：单位应每年按时（每年 1 月 31 日前）向生态环境主管部门提供辐射安全与防护状况年度自查评估报告；年度自查评估若发现安全隐患的，应当立即整改。

## 2、辐射工作人员

### (1) 辐射安全培训

广元市中心医院现有辐射工作人员 207 人，其中介入治疗辐射工作人员 41 人，41 人已全部取得了辐射安全与防护培训合格证书。环评要求：①辐射工作人员须参加省环保厅组织的辐射安全与防护培训，考试合格并持证上岗。②取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训，再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。③项目单位应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

### (2) 职业人员的个人剂量管理

医院现辐射工作人员均配有个人剂量计，医院要求在其在开展放射性诊疗工作期间，必须佩戴个人剂量计。医院按每季度 1 次（一年 4 次）的频率组织辐射工作人员进行个人剂量检测，并按《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2002）和《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》（环保部 18 号令）的要求，建立辐射工作人员个人剂量档案，将监测结果记录到个人剂量档案中。

环评要求：①应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。②个人剂量档案应当终身保存。③对于某一季度个人剂量检测数据超过 1.25mSv 的辐射工作人员，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在情况调查报告上签字确认。对于年度内个人剂量检测数据累计超过 5mSv 的，要开展调查，撰写调查报告，并要求采取暂停开展放射性工作等进一步干预手段，同时上报辐射安全许可证发证机关。④在每年的 1 月 31 日前上报的辐射安全和防护状况评估报告中，应包含辐射工作人员剂量监测数据及安全评估的内容。

### (3) 职业健康检查

医院在辐射工作人员上岗前，组织其进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。从事辐射工作期间，定期组织辐射工作人员进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。

环评要求：医院应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

## 3、射线装置台账管理

医院需制定射线装置台帐制度，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台帐的管理人员和职责，建立台帐的交接制度。

#### 4、档案资料

医院的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档放置。

环评要求：根据《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），档案资料应按以下十大类分类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查纪录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“野外探伤一事一档”（本项目不涉及）和“废物处置记录”（本项目不涉及）。

#### 5、辐射安全与防护措施

本项目辐射工作场所已合理分区为“控制区”与“监督区”，并设置相应适时有效的安全联锁和醒目的电离辐射警示标志，机房出入口设有工作状态显示灯箱等警示措施。

环评要求：医院应定期核实辐射工作场所辐射屏蔽防护措施的有效性。

#### 6、射线装置报废处理

环评要求：根据《四川省辐射污染防治条例》，射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”，确保装置无法再次通电使用，并将设备处理去向记录备案。

#### 7、个人防护设备及剂量监测仪器

辐射工作人员配有个人剂量计（见环保投资一览表）和便携式 X- $\gamma$  监测仪，医院要求辐射工作人员工作期间必须按照规定佩戴个人剂量计，未佩戴个人剂量计的工作人员不得上岗。

环评要求：①医院应加强辐射工作人员的辐射防护安全管理和教育，提高员工辐射安全防护意识；②医院应加强对辐射工作人员个人防护用品的管理，上岗期间辐射工作人员必须按规定正确佩戴个人剂量计，离岗期间个人剂量计应统一保管；③医院配一台便携式 X- $\gamma$  监测仪，用于日常辐射监测管理。

#### 8、监测和年度评估

广元市中心医院建有放射工作场所的辐射环境监测制度，医院可参照本报告“辐射监测”章节中的内容完善现有监测制度。

环评要求：医院应于每年 1 月 31 日前向环保主管部门提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。

#### 9、辐射事故应急管理

广元市中心医院制定有《辐射事故应急处理预案》，包括了应急机构的设置与职责、应急响应程序等。辐射事故应急管理分析详见本报告“辐射事故应急”章节。

## 10、核技术利用辐射安全申报系统要求

根据环保部信息化管理要求，辐射工作单位办理辐射安全许可证审批环保手续时需在全国核技术利用辐射安全申报系统（以下简称“申报系统”）进行网上申报（申报系统网址：<http://rr.mee.gov.cn>），凡是不进行网上申报的，纸质材料一律不予受理。

对于本项目，建设单位可在该申报系统中办理许可证申请（及重新申请）事项。

1) 建设单位应按系统要求，将如实、逐项填报本项目核技术应用情况、拟增项辐射安全许可证活动种类及范围、拟增项射线装置台账清单、辐射安全设备及管理措施等内容。

2) 辐射工作单位网上申请提交成功后，应通过网上在线打印业务表单及附件，并盖章确认，再按相关程序提交到环境主管部门，及时完成辐射安全许可证申报审批手续。

## 11、射线装置使用能力综合评价

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 709 号令（修订））、《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）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部第 3 号令）等文件中关于使用射线装置单位条件的相关规定，对广元市中心医院射线装置使用和安全综合管理能力逐一体现，具体情况如下表 12-2 至表 12-4。

表 12-2 建设单位辐射管理要求汇总对照分析表

序号	放射性同位素与射线装置安全许可管理办法	实际情况	环评要求
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证。	持有四川省环保厅颁发的辐射安全许可证：川环辐证（00205），有限期限截止 2024 年 3 月 1 日，种类范围为：使用 III 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置。	辐射安全许可证需对本次涉及的射线装置进行增项
2	使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；	机构已设置	/
3	从事辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	现有辐射工作人员 207 人，其中介入治疗辐射工作人员 41 人，41 人已全部取得了辐射安全与防护培训合格证书。	其他岗位无培训证书的辐射工作人员须参加省环保厅组织的辐射安全与防护培训，考试合格并持证上岗。已取证人员应定期复训。
4	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	拟设置电离辐射警告标志、紧急止动装置等安全措施。	补充工作指示灯、门灯联锁装置、视频监控装置等措施，定期检查辐射安全措施，以确保辐射安全系统运行良好。

5	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器,包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	已配备	定期对检测设备进行检定
6	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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	已制定	根据《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)要求,对上述管理制度进行补充完善
7	有完善的辐射事故应急措施。	已制定	应针对本项目情况进行完善。

(2) 本项目涉及的医用电子直线加速器辐、后装治疗机、DSA 和模拟定位机拟采取的辐射防护措施与生态环境部《辐射安全与防护监督检查技术程序》对照分析如下:

表 12-3 医用电子直线加速器监督检查对照分析表

项目		设计建造	备注
<b>辐射安全防护设施运行情况</b>			
A 控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关*	已配备	/
	控制台有紧急停机开关*	已配备	/
	电视监控与对讲系统*	已配备	/
	治疗室门与束流联锁*	已配备	/
	治疗室内准备出束音响提示	/	/
B 警示装置	入口处电离辐射警示标志*	已配备	/
	入口有加速器工作状态显示*	已配备	/
C 照射室紧急设施	紧急开门按钮	已配备	/
	紧急照明或独立通道照明系统	已配备	/
	治疗室内有紧急停机开关*	已配备	紧急开关按钮应设有中文标识。
	治疗床有紧急停机开关*	已配备	
D 监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪	拟配备	/
	便携式辐射监测仪器仪表*	已配备	/
	个人剂量报警仪*	已配备	/
	个人剂量计*	已配备	/
E 其他	治疗室门防夹人装置	已配备	/
	通风系统	已配备	/
	火灾报警仪	已配备	/
	灭火器材	已配备	/
<b>管理制度</b>			
A 综合	辐射安全管理规定	已有	/
	操作规程	拟制定	操作规程需上墙。
B 场所设施	辐射安全防护设施的维护与维修制度(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)	已有	/
C 监测	监测方案	已有	应按本环评报告提出的环境监测方案进一步完善现有监测方案,并做好监测记录和档案保存工作。
	监测仪表使用与校验管理制度	已有	/
	校验源管理制度	/	/
D 人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已有	/
	辐射工作人员个人剂量管理制度	已有	/
E 应急	辐射事故应急预案	已有	应根据本项目情况进行完善;事故应急响应程序需上墙。



F 三废	放射性“三废”管理规定	拟制定	加速器报废处置时严格按相关要求 进行拆解和去功能化处理。
------	-------------	-----	---------------------------------

注：加\*的项目是重点项目。

表 12-4 近距后装 $\gamma$ 射线治疗监督检查对照分析表

项目		设计建造	备注
<b>辐射安全防护设施运行情况</b>			
A 装置 安全设施	防止非工作人员操作的锁定开关*	已配备	/
	施源器与源联锁*	已配备	/
	管道遇堵自动回源*	已配备	/
	仿真源模拟运行*	已配备	/
	主机外表电离辐射警示标志*	已配备	/
	控制台显示放射源位置*	已配备	/
	控制台紧急停机照射按钮*	已配备	/
	停电或意外中断照射时自动回源装置*	已配备	/
	手动回源措施*	已配备	/
B 场所 安全设施	治疗室固定式辐射水平监测仪*	拟配备	/
	治疗室有迷道	已配备	/
	治疗室门与出源联锁*	已配备	/
	放射源返回储源器的应急开关*	已配备	/
	治疗室电视监控对讲装置*	已配备	/
	入口处电离辐射警示标志*	已配备	/
	入口处源工作状态显示*	已配备	/
	停电或意外中断照射时声光报警*	已配备	/
	通风设施	已配备	/
	火灾报警仪	已配备	/
	个人剂量计*	拟配备	/
	个人剂量报警仪*	拟配备	/
C 放射 源贮存	后装源专用贮存室/保险柜	拟配备	/
	双人双“锁”	拟配备	/
	防盗门窗	拟配备	/
<b>管理制度</b>			
A 综合	辐射安全管理规定	已有	/
	操作规程	拟制定	操作规程需上墙。
	辐射安全防护设施的维护与维修制度（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）	已有	/
	保安管理制度	拟制定	/
	放射源管理制度（转让、使用、更换、返回、送贮等）	拟制定	/
B 监测	监测方案	已有	应按本环评报告提出的环境监测方案进一步完善现有监测方案，并做好监测记录和档案保存工作。
	监测仪表使用与校验管理制度	已有	/
C 人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已有	/
	辐射工作人员个人剂量管理制度	已有	/
D 应急	辐射事故应急预案	已有	应根据本项目情况进行完善。

注：加\*的项目是重点项目。

本报告认为广元市中心医院在按照评价要求，补充、完善、更新相应管理制度，并对辐射防护设施定期检查维护的前提下，具有对II类射线装置和III类密封放射源的使用和管理能力。

## 辐射监测

本项目辐射防护监测包括个人剂量监测和工作场所的外照监测。

### 1、个人剂量监测

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求，辐射工作人员在开展放射性诊疗工作期间，必须佩戴个人剂量计。医用按每季度1次(一年4次)的频率组织辐射工作人员进行个人剂量检测，并按《职业性外照射个人监测规范》

(GBZ128-2016)和《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》(环保部18号令)的要求，建立辐射工作人员个人剂量档案，将监测结果记录到个人剂量档案中。

个人剂量监测工作应当由具备资质的个人剂量监测技术服务机构承担。

环评要求：①应为每位辐射工作人员建立个人剂量监测档案，并终生保存。②对于某一季度个人剂量检测数据超过1.25mSv的辐射工作人员，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在情况调查报告上签字确认。对于全年累计检测数值超过5mSv的，要查明原因，采取暂停开展放射性工作等进一步干预手段，并撰写调查报告，经本人签字确认后，上报辐射安全许可证发证机关。③在每年的1月31日前网络申报的辐射安全和防护状况自查评估报告中，应包含辐射工作人员剂量监测数据及安全评估的内容。

### 2、工作场所监测及敏感点监测

医院应定期对放射工作场所进行监测，环境监测主要针对50m范围内的环境保护目标，具体监测方案如表12-5。

表12-7 监测方案

工作场所	监测项目	监测点位	监测频次	备注
加速器机房	X-γ射线空气吸收剂量率	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 控制室内操作人员操作工位处。</li> <li>◆ 加速器机房南面屏蔽墙外30cm离地面高度1m处。</li> <li>◆ 机房防护门外30cm离地面高度1m处，以及防护门的左、中、右3个点和门缝四周。</li> <li>◆ 机房周边其他人员经常活动的位置，如机房防护门外的走廊、等候区以及机房正上方的地面区域等。</li> </ul>	1次/季	自行监测
			1次/年	委托有相关检测资质单位
			1次/年	委托有相关检测资质单位
			1次/年	委托有相关检测资质单位
后装机	X-γ射线空气	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 控制室内操作人员操作工位处。</li> <li>◆ 治疗机房南面屏蔽墙外30cm离地面高度1m</li> </ul>	不定期监测	自行监测

吸收剂量率	处。 ◆ 治疗机房防护门外30cm离地面高度1m处，以及防护门的左、中、右3个点和门缝四周。 ◆ 其他人员经常活动的位置，如与治疗机房相邻的走廊、配电间，以及治疗机房正上方（绿化带）等。	1次/年	委托有相关检测资质单位
		1次/年	委托有相关检测资质单位

监测设备：广元市中心医院自行监测应配备便携式 X-γ 辐射监测仪，并保证仪器的准确性和可靠性。

监测质量保证：①制定辐射环境监测管理制度；②医院应安排专人负责自行监测任务；③制定监测仪表使用、校验管理制度。并利用有资质监测单位的监测数据与医院自有监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案。为确保建设单位自行监测数据的准确有效，医院可选择以下两种措施之一：一是在接受有资质单位监测时，医院在同一地点比对自配备的辐射剂量监测仪监测结果；二是委托有资质单位对辐射剂量监测仪进行检定校准。

环评要求：①应按照《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）要求，做好监测记录和档案保存工作。②若发现异常情况，立即采取应急措施，停止辐射工作，查找原因。③从事自我监测的人员应具有辐射安全及环境监测的相关知识。自查监测结果和工作场所监测结果应作为年度自查评估报告的附件。

表 13 结论与建议

<p><b>结论</b></p> <p><b>一、项目概况</b></p> <p><b>项目名称：</b>新增使用医用加速器及钴-60 后装治疗机搬迁项目</p> <p><b>建设单位：</b>广元市中心医院</p> <p><b>建设地点：</b>四川省广元市利州区井巷子 16 号广元市中心医院门诊综合楼地下二层加速器机房、后装机房</p> <p><b>建设性质：</b>新建</p> <p><b>建设内容及规模：</b>广元市中心医院拟在广元市利州区井巷子 16 号广元市中心医院门诊综合楼地下二层新建 1 间医用加速器机房及配套设施，并将门诊综合大楼地下二层现有钴-60 后装治疗机搬迁至现控制的钴-60 治疗机房内，现钴-60 后装治疗机房作为新建医用加速器机房控制室使用。本项目拟新增 1 台 10MV 医用电子加速器（属 II 类射线装置），并搬迁 1 台钴-60 后装治疗机（内含 3 枚钴-60 密封放射源，单枚活度均为 <math>6.17 \times 10^{10} \text{Bq}</math>，属于 III 类放射源）至新的工作场所。</p> <p>医用电子直线加速器机房内配置使用 1 台医用电子直线加速器，最大 X 射线能量为 10MV，X 射线等中心 1 米处剂量率为 22Gy/min，最大电子线能量为 18MeV，电子线等中心 1 米处剂量率为 22Gy/min，加速器年出束时间 120h，属于 II 类射线装置。医用电子直线加速器机房还配套建设有控制室、电气室和水冷机房等辅助用房。</p> <p>后装治疗机房内配置使用 1 台钴-60 后装治疗机，内含 3 枚钴-60 放射源，单枚放射源活度为 <math>6.17 \times 10^{10} \text{Bq}</math>（1.67Ci），均属于 III 类放射源。钴-60 后装治疗机装源总活度为 <math>1.85 \times 10^{11} \text{Bq}</math>（5Ci），年出束时间约 80h。后装治疗机房已配套建设有控制室、准备间等辅助用房。</p> <p>项目总投资 3500 万元，其中环保投资 69 万元，占总投资 1.97%。</p> <p><b>二、产业政策符合性</b></p> <p>本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家改革和发展委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019）》，本项目属于鼓励类第六项“核能”中第 6 条“同位素、<u>加速器</u>及辐照应用技术开发”。因此，本项目符合国家当前产业政策。</p> <p><b>三、项目选址及总平面布局合理性</b></p>
---

本项目位于广元市中心医院门诊综合楼内，不涉及新征用地，医院用地为医疗用地，门诊综合楼已于 2009 年通过环评审批，符合广元市城市规划。门诊综合楼整体项目的选址合理性已在相应环境影响报告中进行了论述，本项目为广元市中心医院门诊综合楼的配套建设项目，不新征用地，且建设的医用电子直线加速器、后装机治疗室为专门的辐射工作场所，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周围环境影响较小，**从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。**

本项目工作场所功能分区明确，与本项目辐射工作场所相关的各辅助用房紧密布置于机房周围，整体布局紧凑，既便于病人就诊，又利于辐射防护。各辐射工作场所用房之间采用墙体分隔，墙体、防护门、窗的屏蔽防护厚度充分考虑了电离辐射效应，能够有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响，**从辐射安全防护的角度分析，本项目总平布置是合理的。**

#### 四、区域环境质量现状评价结论

新建加速器机房区域的 X- $\gamma$  辐射剂量率监测值为 0.093 $\mu$ Sv/h，经换算，项目区域 X- $\gamma$  辐射剂量率为 0.093 $\mu$ Gy/h。与《2018 年全国辐射环境质量报告》中的广元附近区域监测数据相比较（空气吸收剂量率小时均值范围 0.0655~0.1818 $\mu$ Gy/h），在天然贯穿辐射水平波动范围内，属正常环境本底水平。

#### 五、环境影响评价分析结论

##### 1、正常工况下环境影响评价结论

###### （1）辐射环境影响评价结论

在严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的辐射剂量限值，也低于本报告提出的照射剂量约束值（职业照射5mSv/a、公众照射0.1mSv/a）。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

###### （2）臭氧

本项目在采取通风换气后，不会对周围大气环境造成明显影响。

###### （3）噪声

本项目工作场所产生的噪声较小，经墙体隔音和距离衰减后不会对周围的声学环境产生影响。

#### (4) 固体废物

诊疗手术中产生的废一次性医用器具和废药棉、纱布、手套等医疗废物采用专门的容器收集后暂存于污物暂存间，定期交由当地医疗废物处理机构统一处理。后装机退役或更换源时产生的废钴-60放射源交由放射源生产厂家回收处置或交有废源收贮资质的单位回收处置。

因此，项目运营期产生的固体废物均能得到有效处置，不会对环境造成二次污染。

### 2、事故工况下环境影响评价结论

经预测分析，假若本项目医用电子直线加速器和后装机发生辐射事故，其最大事故等级为较大事故。环评认为，医院按相关规定和本环评要求，制定具有可操作性和可行性的《辐射事故应急预案》，并认真贯彻实施，针对本项目可能发生的辐射事故，能够有效控制并消除事故影响。

## 六、放射源及射线装置使用与安全管理的能力分析

广元市中心医院拥有专业的放射性医护人员和安全管理机构，有符合国家环境保护标准、职业卫生标准和安全防护要求的场所、设施和设备；在严格按照本环评报告要求制定辐射安全管理制度、辐射事故应急措施前提下，具有对II类射线装置和III类密封放射源的使用和管理能力。

## 七、项目环境可行性结论

综上所述，项目属于核技术在医学领域的应用，符合国家产业政策，选址及平面布置合理。项目拟采取的辐射防护措施技术可行，措施有效。项目制定的管理制度、事故防范措施及应急方法等能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。在认真落实项目工艺设计及本报告表提出各项辐射防护和环保对策和措施，严格执行“三同时”制度，严格执行辐射防护的有关规定的情况下，所致工作人员和公众照射剂量可满足《电离辐射防护与放射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的剂量限值和本环评提出的剂量管理约束值。评价认为，本项目从辐射防护以及环境保护角度分析是可行的。

## 八、放射源和射线装置申请活动的种类和范围

表 13-1 放射源射线装置申请活动的种类和范围

装置名称	主要技术参数	类别	数量	活动种类	工作场所名称	备注
------	--------	----	----	------	--------	----

医用电子直线加速器	电子线：5~18MeV 共 6 档，电子线最高剂量率为 22Gy/min；X 射线：最大能量 10MV，1m 处最高剂量率为 22Gy/min。	II 类射线装置	1 台	使用	门诊综合楼地下二层 10MV 加速器机房	新增
后装机	<sup>60</sup> Co 源，3 枚、6.17×10 <sup>10</sup> Bq/枚（1.67Ci），合计放射源活度 1.85×10 <sup>11</sup> Bq/枚（5Ci）	III 类密封放射源	1 台	使用	地下二层钴-60 治疗机房	搬迁

## 九、项目竣工环境保护验收检查内容

### 1、环保竣工验收检查要求

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）文件要求：

①建设单位——广元市中心医院是本项目竣工环境保护验收的责任主体。

②在项目竣工后 3 个月内，建设单位应当按照相关文件规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施和辐射防护措施进行验收，编制验收监测报告。

③建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

④本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

⑤建设单位可以登陆环境保护部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（kjs.mpe.gov.cn/hjbhbz/bzwb/other）。

⑥除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

a). 本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

b). 对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

c). 验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。

建设单位公开上述信息的同时，应当向所在地环境保护主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

### 2、环保竣工验收检查内容

本项目环保竣工验收检查内容详见表 13-2。

表 13-2 本项目环保设施竣工验收检查汇总

序号	环保设施内容	
1	环保文件	环评批复、验收监测报告等齐全。

2	年有效剂量	放射工作人员年有效剂量管理约束值 $\leq 5\text{mSv/a}$ ；机房外公众年有效剂量管理约束值 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ 。		
3	加速器机房	工程屏蔽	机房采用混凝土（密度为 $2.35\text{g/cm}^3$ ）屏蔽防护，具体设计见表 1-2。电动平移门防护 20mm 铅+180mm 含硼（2%）聚乙烯。	
		安全装置	门-机联锁 1 套。	
			门-灯联锁 1 套。	
			钥匙开关 1 套。	
			控制台上设防止非工作人员操作的锁定开关。	
			机房内四周墙体（拟设 4 个开关）、防护门内迷道墙上（拟设 1 个开关）、治疗床旁（拟设 1 个开关）及控制室内控制台上（拟设 1 个开关）设紧急停机开关。	
		警告标识	机房防护门内的迷道口附近设 1 个紧急开门按钮。	
			工作状态指示灯 1 套，并与机房防护门联锁。 机房防护门外电离辐射警告标志及中文警示说明 1 套。	
		机械通排风系统 1 套。		
		视频监控及对讲系统：机房内及迷道内设至少 3 套实时摄像监视器；设机房和控制室内 1 套扩音与对讲装置。		
		灭火器材和火警报警仪。		
机房内设紧急照明或独立通道照明系统。				
4	后装机房	工程屏蔽	机房采用混凝土（密度为 $2.35\text{g/cm}^3$ ）屏蔽防护，具体设计见表 1-2。	
		安全装置	门-灯联锁 1 套。	
			钥匙开关 1 套。	
			控制台上设防止非工作人员操作的锁定开关。	
			停电或意外中断照射时自动回源装置及声光报警装置 1 套。	
			手动回源装置 1 套。	
		警告标识	在后装治疗机房内四周墙体（拟设 3 个开关）、防护门内迷道墙上（拟设 1 个开关）及控制室内控制台上（拟设 1 个开关）设紧急回源开关。	
			工作状态指示灯 1 套。 主机外表电离辐射警示标志 1 套；机房防护门外电离辐射警示标志及中文警示说明 1 套。	
		机械通排风系统 1 套。		
		控制台显示放射源位置装置 1 套。		
		断电时手动开门装置 1 套。		
视频监控及对讲系统：机房内及迷道内设至少 3 套实时摄像监视器；机房和控制室内设 1 套扩音与对讲装置。				
配 1 套长柄镊子、1 个应急储源容器、1 套铅衣等应急设备。				
灭火器材和火警报警装置。				
源在非使用期间贮存在后装机储源容器内，该容器随设备置于后装机房内。				
后装机房防护门实施“双人双锁”管理。在防护门外安装 1 套实时摄像装置。				
灭火器材和火警报警装置。				
7	个人防护	包括职业人员和患者个人防护用品，具体见本报告表 10-9。		
8	环境监测	便携式 X- $\gamma$ 剂量监测仪 3 台：加速器、后装机、DSA 各配 1 台。 加速器机房内设 1 套固定式剂量报警仪；后装机房内设 1 套固定式剂量报警仪。		
9	管理制度、应急措施	建立辐射安全与环境保护管理机构，制定《加速器操作规程》、《介入手术操作规程》、《辐射事故应急预案》、《放射人员培训教育制度》、《放射工作人员健康管理制度》、《辐射工作场所工作制度》等。 建立射线装置台账管理制度。 建立辐射工作场所和环境辐射水平监测方案。		

## 要求与建议



## 1、要求

(1) 医用电子直线加速器的机房土建施工必须符合其建设的要求，机房混凝土施工过程中，对混凝土剪力墙及屋面屏蔽墙混凝土浇注应连续整体灌注，避免间断性施工作业，不留施工缝，防止屏蔽墙出现缝隙和气泡等现象，以防出现射线外泄；机房地面也要为混凝土找平；内外墙由水泥砂浆粉刷，面层全为乳胶漆涂面。

(2) 凡涉及射线装置的安装调试、维修的技术服务单位，必须是持有辐射安全许可证的单位。

(3) 项目在建造和运行过程中必须严格落实项目设计及本报告表提出的安全防护措施和相关管理要求。

(4) 每月对射线装置的安全联锁系统和安全设施进行检查、维护，定期对机房防护门闭合处进行检查，防止产生缝隙，导致射线从缝隙泄漏。

(5) 加强后装机放射源的安防措施，后装机房设监控摄像头进行 24 小时监控，加强巡视管理，以防放射源丢失、被盗或破坏。加强放射源台账登记管理，做到账物相符。

## 2、建议

(1) 不断提高工作人员素质，增强辐射防护意识，尽量避免发生意外事故。

(2) 在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响；应注意对陪护者的防护，使其在陪护患者的全程诊治中，所受的辐射剂量做到最小化。

(3) 定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断的完善事故应急预案。