

表 1 项目基本情况

|   |          |  |   |                        |        |
|---|----------|--|---|------------------------|--------|
| 建设项目名称  |          | 澄合矿务局中心医院放疗科核技术利用项目  |   |                        |        |
| 建设单位  |          | 澄合矿务局中心医院  |   |                        |        |
| 法人代表  | 张天奇      | 联系人  | ██████  | 联系电话                   | ██████ |
| 注册地址  |          | 陕西省渭南市澄城县东九路中段 185 号   |   |                        |        |
| 项目建设地点  |          | 澄合矿务局中心医院东南角医教中心东侧   |   |                        |        |
| 立项审批部门  |          | /  |   | 批准文号                   | /      |
| 建设项目总投资 (万元)  | 1336     | 项目环保投资 (万元)  | 43  | 投资比例 (环保投资/总投资)        | 3.22%  |
| 项目性质  |          | <input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 |   | 占地面积 (m <sup>2</sup> ) | 696    |
| 应用类型  | 放射源      | <input type="checkbox"/> 销售  | <input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类 |                        |        |
|   |          | <input type="checkbox"/> 使用  | <input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input 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  | 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 checked="" type="checkbox"/> III 类   |   |                        |        |
| 其他  | /        |  |   |                        |        |
| <p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 项目背景</p> <p>1.1.1.1 医院简介</p> <p>澄合矿务局中心医院（以下简称“医院”）位于澄城县东九路中段，始建于 1970 年 2 月，隶属陕西健康医疗集团有限公司，是一所集医疗、教学、科研、预防、康复为一体的公立二级甲等综合医院。设置床位 200 张，实际开放床位 300 张（含麻醉、重症医学科、急诊观察床位），开设临床、医技、行政职能科</p> |          |  |   |                        |        |

室 53 个。医院占地面积 36662.9m<sup>2</sup>，建筑面积 20178.8m<sup>2</sup>，其中业务用房建筑面积 10918m<sup>2</sup>，门诊楼建筑面积 5902.5m<sup>2</sup>，四层外科住院楼建筑面积 2713.3m<sup>2</sup>。

医院先后成立了功能齐全的临床辅助科室，开设了普外、骨科、神经外科、肿瘤内科、消化内科、神经内科、心血管内科、儿科、妇产科、急诊科、血液透析科等 12 个临床科室，和检验、影像、功能、病理等医辅检查科室（部门）20 余个。

医院拥有美国 GE 核磁共振、日本东芝 16 排螺旋 CT、日本阿落卡彩色 B 超、美国 GE 四维彩超、日本东芝全自动生化分析仪、日本东芝数字化 X 线摄影系统（DR）、意大利数字乳腺 X 射线机、日本岛津数字胃肠透视机、美国大隐静脉激光治疗系统、电子胃镜、结肠镜、腹腔镜、乳腺钼靶、血液透析机、关节镜、椎间孔镜、超声刀、可视喉镜等医疗设备 150 多台。

#### 1.1.1.2 核技术应用的目的是任务

为了满足广大患者的诊疗需求和医院自身发展需要，澄合矿务局中心医院计划在院区东南角医教中心东侧新建放疗楼，设置放疗科开展放射诊疗工作。放疗楼建设位置处原有医院 1 间太平间，医院拆除太平间后建设放疗楼。医院现有 II 类射线装置 DSA 和其他 III 类射线装置核技术利用项目，本次放疗科建设属于核技术利用项目扩建。放疗楼为新建独立建筑，放疗楼内建设 1 间直线加速器机房，安装 1 台 6MV 医用电子直线加速器（II 类射线装置），用于放射治疗；并配套建设 1 间 CT 模拟定位机房，安装 1 台 CT 模拟定位机（III 类射线装置），用于放射诊断定位。

#### 1.1.1.3 项目由来

根据环境保护部和国家卫生和计划生育委员会《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（公告 2017 年第 66 号），医用电子直线加速器属于 II 类射线装置，CT 模拟定位机为 III 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号）中“五十五、核与辐射 172、核技术利用建设项目”中“……生产、使用 II 类射线装置的……”应编制环境影响报告表；“……生产、销售、使用 III 类射线装置的”，应编制环境影响登记表。按照高等级评价要求，澄合矿务局中心医院放疗科核技术利用项目应编制环境影响报告表。

西安旭奥环境科技有限公司受澄合矿务局中心医院委托,承担了该项目的环  
境影响评价工作。接受委托后,我公司组织技术人员进行现场勘察,收集、整理  
有关资料,对项目的建设情况进行了初步分析,并根据建设项目的应用类型及所  
在地周围区域的环境特征,在现场勘察、资料调研、预测分析的基础上,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)的基本要求,编制了《澄合矿务局中心医院放疗科核技术利用  
项目环境影响报告表》。

### 1.1.2 实践正当性分析

项目使用医用电子直线加速器对恶性肿瘤进行治疗,病人无须手术,损伤小,  
可为病人提供一个更加优越的诊疗环境,同时对提高恶性肿瘤放疗水平具有重大  
意义,在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此,项目建设  
所带来的社会、经济利益远大于可能引起的辐射危害,符合《电离辐射防护与辐  
射源安全基本标准》(GB18871-2002)“实践的正当性”的要求。

### 1.1.3 相关政策符合性

项目属于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)》(中华人民共和国发展和改革委员会 2021 年第 49 号令  
修改)鼓励类中“六、核能/同位素、加速器及辐照应用技术开发项目”,满足  
国家相关法律法规和政策规定,符合国家产业政策。

### 1.1.4 项目概况

#### 1.1.4.1 建设规模

医院拟在院区东南角医教中心东侧建设放疗楼设置放疗科,放疗楼为单层独  
栋建筑,占地面积约 696m<sup>2</sup>。主要包括 1 间直线加速器机房、1 间 CT 模拟定  
位机房及控制室、设备间等其他辅助功能用房。其中,直线加速器机房的有效使  
用面积(不含迷道)为 64.5m<sup>2</sup>。CT 模拟定位机房的有效使用面积为 38.64m<sup>2</sup>。  
放疗科拟配备的射线装置参数见表 1-1,拟配置的直线加速器不涉及电子线治疗。

表 1-1 放疗科设备的相关参数一览表

| 序号 | 设备名称        | 型号、类别            | 具体参数  | 用途       | 工作场所           |
|----|-------------|------------------|---|----------|----------------|
| 1  | 电子直线加<br>速器 | 型号待定、II<br>类射线装置 | 最大 X 射线能量 6MV<br>等中心点最大剂量率 400cGy/min<br>SAD 为 1.0m | 放射<br>治疗 | 放疗科直线<br>加速器机房 |

|   |          |                |  |                |                   |
|---|----------|----------------|--|----------------|-------------------|
| 2 | CT 模拟定位机 | 型号待定、III 类射线装置 | 型号待定；III 类射线装置<br>最大管电压 140kV<br>最大管电流 800mA | 放射<br>诊断<br>定位 | 放疗科 CT 模<br>拟定位机房 |
|---|----------|----------------|--|----------------|-------------------|

#### 1.1.4.2 劳动定员及工作负荷

##### (1) 劳动定员

放疗科拟配备 8 名放射工作人员，拟配备的放射工作人员不从事其他射线装置操作。

拟配备的放射治疗工作人员应全部参加核技术利用辐射安全与防护考核（放射治疗专业）并取得成绩报告单后方能上岗；上岗前应进行职业健康检查，检查合格者方能进行相关放射工作；应正确佩戴个人剂量计，并建立个人剂量档案。

##### (2) 工作负荷

项目投入使用后预计每天 CT 模拟定位机诊断定位患者 20 人，加速器治疗患者为 20 人，年工作 250 天，则年治疗患者 5000 人，平均每人治疗剂量 4.5Gy（照射 1~4 个野次），常规放射治疗下周工作负荷 450Gy/周；调强放射治疗中，对泄漏辐射（当调强因子 N=5 时），周工作负荷为 2250Gy/周。本项目拟配备的 6MV 加速器等中心处最高剂量率为 400cGy/min，则周治疗时间  $t=450/4=112.5\text{min}=1.875\text{h}$ ，调强下的周工作时间  $N \cdot t=9.375\text{h}$ 。

放疗科加速器每天治疗人数最大为 20 人，因此 CT 模拟定位机工作量以每天诊断 20 人次计，每名患者使用 CT 定位的开机时间约 30s，则年出束时间为 41.7h。

#### 1.1.5 项目选址及周边环境概况

##### 1.1.5.1 医院总平面布置

根据医院提供的设计方案，医院入口位于东九路。医院主要构筑物包括门诊楼、急诊楼、医辅楼、内科住院楼、外科住院楼、医教中心、供应室、介入中心及相关配套设施。医院总平面布置和放疗科所在位置详见图 1-1。

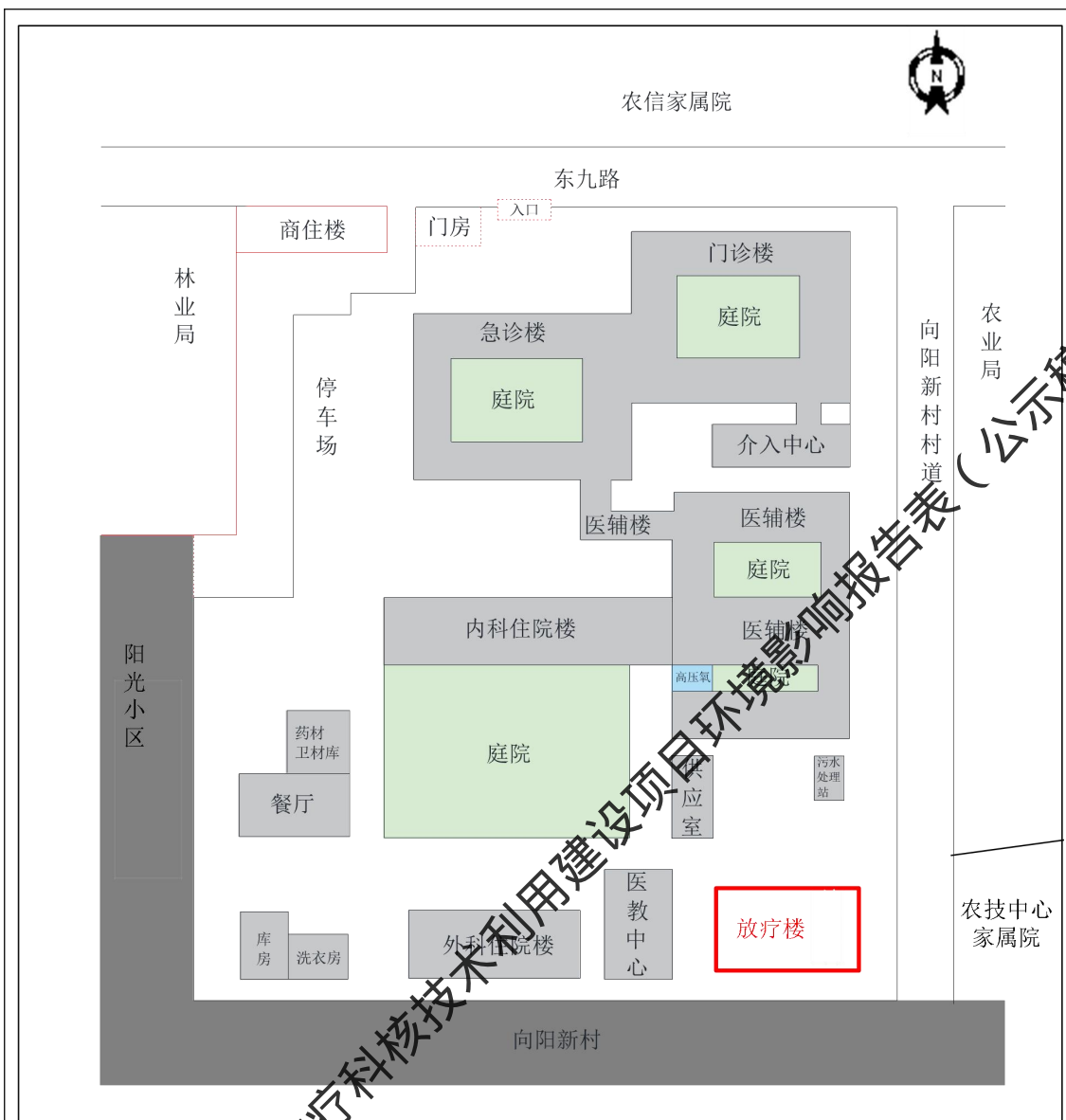


图 1-1 医院总平面布局图

### 1.1.5.2 医院地理位置及四邻关系

医院位于陕西省渭南市澄城县东九路中段，地理坐标为东经：109.934252°，北纬：35.173478°。医院东侧为向阳新村村道，路以东为农业局和农技中心家属院，南侧为向阳新村，西侧南部分为阳光小区，西侧北部分为县林业局，北侧为东九路。

医院地理位置见图 1-2，医院周边环境关系图见图 1-3。

### 1.1.5.3 项目所在建筑物的总平面布置

医院拟在院区东南角医疗中心东侧建设放疗科，总占地面积约 696m<sup>2</sup>，为单层建筑物。主要建设内容包括 1 间直线加速器机房、1 间 CT 模拟定位机房及控

制室、设备间等其他辅助功能用房。其中，直线加速器机房的有效使用面积（不含迷道）为 62.78m<sup>2</sup>，CT 模拟定位机房的有效使用面积为 38.27m<sup>2</sup>。

放疗科平面布局见图 1-4。

#### 1.1.5.4 项目选址合理性分析

根据医院提供的设计方案，拟建设的放疗科为单层构筑物，无关人员不得进入。放疗科东侧隔医院围墙外为农技中心家属院，南侧医院院墙外为向阳新村，西侧为医教中心，北侧为院内道路。加速器机房东侧、北侧均为院内走道；南侧为控制室和辅助机房；西侧为 CT 模拟定位机房和其控制室；无楼上和楼下建筑。因此直线加速器机房周围无儿科病房、产房或人员流动性大的商业活动区域。机房四周墙体及防护门在采取本评价提出的屏蔽措施后能更大程度的衰减射线的强度，减少对机房周边公众及患者家属的影响。

综上，放疗科位置较独立，选址满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中选址相关要求。

澄合矿务局中心医院放疗科核技术应用建设项目环境影响报告表（征求意见稿）



图 1-2 医院地理位置示意图

澄合矿务局中心医院放射科核技术应用建设项目环境影响评价报告表（公示稿）



图 1-3 医院周边四邻关系图



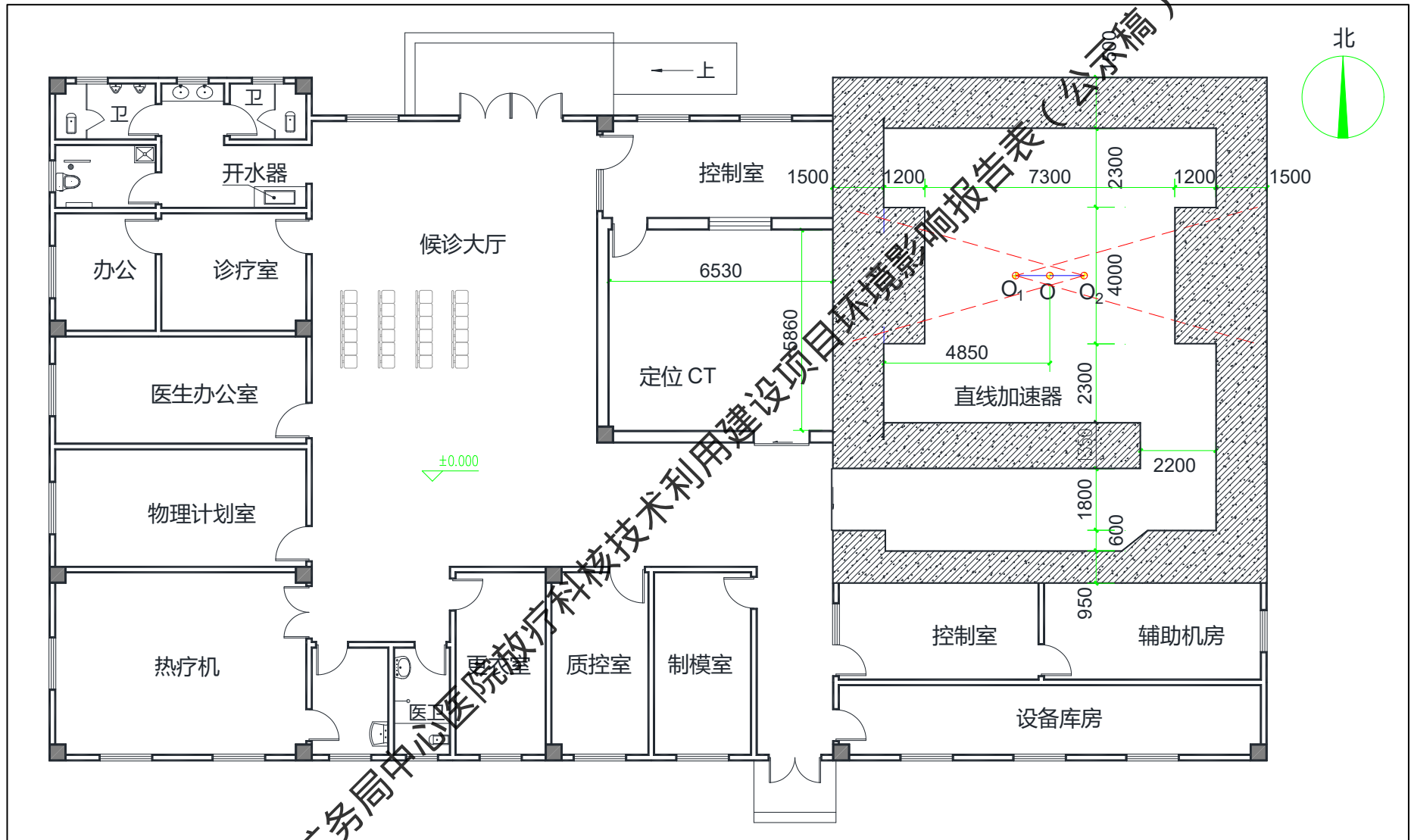


图 1-4 放疗科平面布局图

## 1.2 医院已有核技术利用项目许可情况

### 1.2.1 环保手续履行情况

澄合矿务局中心医院现有 III 类射线装置 7 台，II 类射线装置 1 台（DSA）。

2021 年 7 月医院委托西安旭奥环境科技有限公司对医院新增 1 台 DSA 核技术利用项目进行了环境影响评价工作。2021 年 12 月取得了渭南市生态环境局印发的《关于澄合矿务局中心医院新增医用血管造影 X 射线机（DSA）核技术利用项目环境影响报告表的批复》（渭环辐批复〔2021〕104 号）。2022 年 4 月 23 日医院组织召开了新增医用血管造影 X 射线机（DSA）核技术利用项目竣工验收视频会议；2023 年 6 月 26 日医院对其新增 1 台牙片机填报了环境影响登记表进行备案，备案号 202361052500000066；DSA 和牙片机目前正在办理辐射安全许可证。

表 1-2 医院现有核技术利用项目环保手续履行情况

| 序号 | 装置名称     | 型号                   | 技术参数         | 环保手续履行情况   | 备注          |
|----|----------|----------------------|--------------|--|-------------|
| 1  | X 线机     | 移动式                  | /（未提供）       | 未提供环境影响登记表，2019 年 2 月 28 日已取得辐射安全许可证，陕环辐证〔40016〕 | 停用          |
| 2  | CT       | 东芝 Aquilion16        | 135kV、500mA  |  | /           |
| 3  | DR       | 东芝 Toshiba RAD-D505  | 150kV、500mA  |  | /           |
| 4  | 钼靶       | JIOTTO IMAGE MD      | /（未提供）       |  | 停用          |
| 5  | C 型臂     | 集智 JZ06-1            | 120kV、4mA    |  | /           |
| 6  | 胃肠机      | 岛津 Ex500             | 150kV、800mA  |  | 停用          |
| 7  | DSA      | 乐普 Vicor-CV400 型     | 150kV、1000mA | 2021 年 12 月 22 日取得环评批复（渭环辐批复〔2021〕104 号），自主验收    | 正在办理辐射安全许可证 |
|    | 牙科 X 射线机 | HELIODENT PLUS D3507 | 70kV、7mA     | 2023 年 6 月 26 日填报环境影响登记表 202361052500000066      |             |

医院早期六台 III 类射线装置环境影响登记表备案手续因时间较长，无法提供，医院应加强档案管理，确保后续工作中环保手续履行相关文件保存完整。

### 1.2.2 现有辐射安全许可证

2019 年 2 月 28 日，医院取得了渭南市环境保护局关于澄合矿务局中心医院重新申请辐射安全许可证的批复（渭环辐批复〔2019〕19 号）以及核发的辐射

安全许可证，证书编号：陕环辐证〔40016〕，许可种类和范围：使用Ⅲ类射线装置，有效期至2024年2月27日。许可使用Ⅲ类射线装置共6台。

辐射安全许可证核准的种类和范围见表1-3。

表1-3 陕环辐证[40016]核准的种类和范围

| 序号 | 装置名称 | 型号                  | 技术参数        | 类别 | 数量 | 备注 |
|----|------|---------------------|-------------|----|----|----|
| 1  | X线机  | 移动式                 | /（未提供）      | Ⅲ类 | 1台 | 停用 |
| 2  | CT   | 东芝 Aquilion16       | 135kV、500mA | Ⅲ类 | 1台 | 使用 |
| 3  | DR   | 东芝 Toshiba RAD-D50S | 150kV、500mA | Ⅲ类 | 1台 | 使用 |
| 4  | 钨靶   | JIOTTO IMAGE MD     | /（未提供）      | Ⅲ类 | 1台 | 停用 |
| 5  | C型臂  | 集智 JZ06-1           | 120kV、4mA   | Ⅲ类 | 1台 | 使用 |
| 6  | 胃肠机  | 岛津 Ex500            | 150kV、800mA | Ⅲ类 | 1台 | 停用 |

### 1.2.3 辐射安全管理现状

依据《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《陕西省放射性污染防治条例》等法律、法规，医院应配合各级生态环境部门的监督和指导。医院目前在辐射安全和防护制度建立、辐射防护设施运行、维护、检测等方面运行较好，但在档案管理、辐射人员的体检、培训以及个人剂量检测方面的工作需加强落实。

根据医院提供的资料，医院辐射安全管理现状如下：

#### （1）辐射防护管理机构设置情况

医院已成立了辐射防护与环境保护委员会，组长为张天奇和齐海鹏，副组长为马全仓、汤宏博、任淑芳、张立红，成员包括机关职能科长、临床科室主任、医技科室主任等人。辐射安全与防护工作领导小组下设办公室，办公室主任由总务科长担任，成员由机关职能科长、临床科室主任、医技科室主任组成。负责辐射安全与防护工作的具体组织、协调、督查与指导。

#### （2）规章制度建设及落实情况

医院已制定了一系列辐射防护管理规章制度，包括：《医院辐射防护和安全保卫制度》《射线装置操作规程》《辐射安全和防护专业知识及相关法律法规培训计划》《辐射环境监测计划》《辐射工作人员个人剂量管理制度》和《辐射事故应急预案》等，并在工作中予以贯彻落实。

### (3) 辐射工作人员管理

#### ①个人剂量检测情况

医院委托陕西思迈奥健康科技服务有限公司对辐射工作人员进行个人剂量监测工作，每三个月检测一次，建立了个人剂量档案并存档。根据医院提供的最近一期（2022年12月~2023年2月）个人剂量监测报告，共有39名辐射工作人员进行了个人剂量监测。根据2022年3月~2023年2月四个季度个人剂量检测报告，在岗放射工作人员连续四个季度的累积剂量最大为1.59mSv，均满足大于5mSv/a的剂量管理目标值。

#### ②工作人员培训情况

医院共有辐射工作人员39人。其中9人从事介入放射学工作（II类射线装置DSA），其余人员III类射线装置工作人员。

3名从事介入放射学工作的工作人员参加了核技术利用辐射安全与防护考核并取得了成绩报告单。其余从事II类射线装置使用活动的工作人员应及时参加核技术利用辐射安全与防护考核，经考核取得成绩报告单后方可上岗。其余仅从事III类射线装置使用活动的放射工作人员，医院应尽快组织自主考核，并将考核试卷原件和考核成绩、参考人员和监考人员信息留档，档案保存时间不低于5年。

#### ③职业健康检查情况

医院对辐射工作人员进行了职业健康检查，建立了职业健康检查档案并存档。根据医院提供的2023年4月42名辐射工作人员职业健康检查总结报告，本次职业健康体检均未发现疑似放射性疾病；体检发现与职业健康监护技术相关的血常规异常共计3例，需要复查，医院未提供复查报告，医院应及时对其进行复查。体检中发现的其他临床异常与职业因素无关，建议临床复查，必要时专科进一步检查、诊治。

### (4) 工作场所及辐射环境监测情况

2022年10月，医院委托陕西思迈奥健康科技服务有限公司对5台医用X射线设备进行了工作场所放射防护检测，报告编号：思迈奥（FH）字（2022）第303-2号，检测结果汇总见表1-4。

检测报告中进行辐射工作场所防护检测的CT机和辐射安全许可证许可使用的CT机型号不一致，医院应及时对辐射安全许可证进行更新。

辐射安全许可证许可使用的移动 X 线机、钼靶机和数字胃肠机处于停用状态，未进行放射工作场所的年度防护检测，医院应及时对这三台射线装置办理报废注销手续。

表 1-4 放射工作场所关注点最大 X、γ 辐射剂量率

| 序号 | 设备名称     | 规格型号                | 检测条件          | 关注点最大 X、γ 辐射剂量率 (μSv/h) | 标准限值 (μSv/h) |
|----|----------|---------------------|---------------|-------------------------|--------------|
| 1  | DR       | RAD-D50S<br>RADREX  | 120kV, 100mA  | 0.25                    | 2.5          |
| 2  | CT       | uCT760 <sup>注</sup> | 120kV, 348mAs | 0.45                    | 2.5          |
| 3  | DSA      | Vicor-CV400         | 70kV, 15mA    | 0.20                    | 2.5          |
| 4  | 移动式 C 型臂 | 集智 JZ06-1           | 60kV, 1.5mA   | 0.16                    | 2.5          |
| 5  | 牙科 X 射线机 | Brivo OEC 715       | 70kV, 7mA     | 0.16                    | 2.5          |

注：CT 机型号与辐射安全许可证型号不一致。

根据检测报告结果，1 台数字化医用 X 射线摄影系统（DR）机房外的周围剂量当量率均小于 25μSv/h，其余射线装置工作场所各检测点的周围剂量当量率均低于 2.5μSv/h，符合标准《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

(5) 辐射环境监测设备检定情况

医院现有 1 台中广核贝谷科技有限公司制造的 BG9511 型环境监测用 X、γ 辐射测量仪，用于医院 X 射线工作场所放射防护的自主检测，医院于 2023 年 6 月将其送至计量站（上海市计量测试技术研究院/华东国家计量测试中心）进行了校准并取得了校准证书，校准证书编号：2023H21-10-4627147001。

(6) 医院管理现状存在的问题及整改要求

①医院应及时就新增的 1 台 II 类射线装置 DSA、1 台 III 类射线装置牙片机和停用的 3 台 III 类射线装置重新办理辐射安全许可证。

②医院进行个人剂量监测的辐射工作人员人数和参加职业健康体检的辐射工作人员数量不一致，要求已进行体检的人员如确定参加辐射工作，应及时配备个人剂量计进行监测；进行个人剂量监测的但未提供职业健康检查的人员，应及时组织进行职业健康检查。

③检测报告中进行放射工作场所防护检测的 CT 机和辐射安全许可证许可使用的 CT 机型号不一致，医院应及时对辐射安全许可证进行更新。

表 2 放射源

| 序号 | 核素名称 | 放射性活度 (Bq) /<br>活度 (Bq) × 枚数 | 类别 | 活动类别 | 用途 | 使用场所 | 贮存方式与地点 | 备注 |
|----|------|------------------------------|----|------|----|------|---------|----|
| /  | /    | /                            | /  | /    | /  | /    | /       | /  |
|    |      |                              |    |      |    |      |         |    |
|    |      |                              |    |      |    |      |         |    |
|    |      |                              |    |      |    |      |         |    |
|    |      |                              |    |      |    |      |         |    |

注：1.放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及生产的中子流强度（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<br>操作量(Bq) | 日等效最大<br>操作量(Bq) | 年最大用<br>量 (Bq) | 用途 | 操作方式 | 使用场所 | 贮存方式与地点 |
|----|------|------|------|------------------|------------------|----------------|----|------|------|---------|
| /  | /    | /    | /    | /                | /                | /              | /  | /    | /    | /       |
|    |      |      |      |                  |                  |                |    |      |      |         |
|    |      |      |      |                  |                  |                |    |      |      |         |
|    |      |      |      |                  |                  |                |    |      |      |         |
|    |      |      |      |                  |                  |                |    |      |      |         |

注：日最大等效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》（GB 18871-2002）。

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)<br>剂量率 (Gy/h) | 用途   | 工作场所 | 备注 |
|----|-------|-----|----|----|------|-----------|-------------------------|------|------|----|
| 1  | 直线加速器 | II类 | 1台 | 待定 | 电子   | X射线: 6MV  | X射线: 400Gy/min          | 放射治疗 | 放疗科  | 新购 |
| /  | /     | /   | /  | /  | /    | /         | /                       | /    | /    | /  |
|    |       |     |    |    |      |           |                         |      |      |    |

(二) X射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

| 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  | CT模拟定位机 | III类 | 1台 | 待定 | 140       | 800       | 诊断定位 | 放疗科  | 新购 |
| /  | /       | /    | /  | /  | /         | /         | /    | /    | /  |
|    |         |      |    |    |           |           |      |      |    |

(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<br>(kV) | 最大靶电流<br>(mA) | 中子强度<br>(n/s) | 用途 | 工作场所 | 氚靶情况       |          |    | 备注 |
|----|----|----|----|----|---------------|---------------|---------------|----|------|------------|----------|----|----|
|    |    |    |    |    |               |               |               |    |      | 活度<br>(Bq) | 贮存<br>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 | 月排放量 | 年排放总量                   | 排放口浓度 | 暂存情况 | 最终去向                |
|---------|----|------|----|------|-------------------------|-------|------|---------------------|
| 废金属靶    | 固体 | /    | /  | /    | 通常1个靶<br>使用7~10<br>年才更换 | /     | /    | 由加速器供应商更换<br>并处置    |
| 臭氧、氮氧化物 | 气态 | /    | /  | 少量   | /                       | /     | /    | 通过动力通风装置排<br>出加速器机房 |
| /       | /  | /    | /  | /    | /                       | /     | /    | /                   |
|         |    |      |    |      |                         |       |      |                     |
|         |    |      |    |      |                         |       |      |                     |
|         |    |      |    |      |                         |       |      |                     |
|         |    |      |    |      |                         |       |      |                     |
|         |    |      |    |      |                         |       |      |                     |
|         |    |      |    |      |                         |       |      |                     |
|         |    |      |    |      |                         |       |      |                     |
|         |    |      |    |      |                         |       |      |                     |
|         |    |      |    |      |                         |       |      |                     |

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，气态单位为 mg/kg；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<sup>3</sup>）和活度（Bq）。



表 6 评价依据

|      |  |
|------|--|
| 法规文件 | <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（修订）》，2015 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 修正）》，2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》，国务院令 682 号修改，2017 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（修订）》，国务院令 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》；</p> <p>(8) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 6 日起施行；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（修订）》，生态环境部令 20 号第四次修改，2021 年 1 月 4 日；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>(11) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，中华人民共和国卫生部令 第 55 号，2007 年 11 月 1 日施行；</p> <p>(12) 《陕西省放射性污染防治条例（2019 年修订）》，陕西省人大，2019 年 7 月 31 日起施行；</p> <p>(13) 陕西省环境保护厅《关于印发新修订〈陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29 号），2018 年 6 月 6 日起施行。</p> |
|------|--|

澄合矿务局中心医院放射科核技术利用建设项目环境影响评价表（公示稿）

|             |   |
|-------------|---|
| <p>技术标准</p> | <p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》 (HJ 2.1-2016) ；</p> <p>(2) 《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>(3) 《辐射环境监测技术规范》 (HJ61-2021) ；</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 (HJ 1157-2021) ；</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) ；</p> <p>(6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范-第 1 部分：一般原则》 (GBZ/T201.1-2007) ；</p> <p>(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) 《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ 1198-2021) ；</p> <p>(9) 《放射治疗放射防护要求》 (GBZ121-2020) ；</p> <p>(10) 《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) ；</p> <p>(11) 《职业性外照射个人检测规范》 (GBZ128-2019) ；</p> <p>(12) 《电离辐射监测质量保证通用要求》 (GB8999-2021) 。</p> |
| <p>其他</p>   | <p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 医院提供的其他相关资料。</p>   |

澄合矿务局中心医院放疗科核技术利用建设项目环境影响评价表（公示稿）

表 7 保护目标和评价标准

### 7.1 评价范围

项目拟配置的医用电子直线加速器为II类射线装置，CT 模拟定位机为 III 类射线装置，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“射线装置应用项目的评价范围通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”的要求，根据上述要求并结合项目所涉及的工作场所布局 and 边界，给出相应辐射工作场所实体屏蔽外周围 50m 范围为项目环境影响评价范围（不同工作场所重合区域时取最大范围）评价范围示意图详见图 7-1。



图 7-1 环境影响评价范围示意图

## 7.2 主要环境保护目标

结合图 7-1，项目环境保护目标主要为评价范围内的放射工作人员、医院内活动的其他医护人员、患者、患者家属以及医院周边公众。项目环境保护目标详见表 7-1。项目环境保护目标详见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

| 保护对象   | 相对位置            |                    | 环境保护目标     | 屏蔽体外最近距离                       | 人口规模 | 年剂量管理约束值 |         |      |
|--------|-----------------|--------------------|------------|--------------------------------|------|----------|---------|------|
| 放射工作人员 | 加速器机房南侧 控制室     |                    | 控制室工作人员    | 0.3m                           |      | ≤5mSv    |         |      |
|        | CT 模拟定位机房北侧 控制室 |                    | 控制室工作人员    | 0.3m                           |      |          |         |      |
| 放疗楼内   |                 |                    |            |                                |      |          |         |      |
| 公众     | 加速器机房           | 东侧                 | 院内过道       | 机房周边的其他非辐射医务人员、患者陪同家属、短时间滞留人员等 | 0.3m | 流动人员     | ≤0.1mSv |      |
|        |                 | 南侧                 | 辅助机房、设备机房、 |                                | 0.3m |          |         | 流动人员 |
|        |                 | 北侧                 | 院内道路       |                                | 0.3m |          |         | 流动人员 |
|        | CT 模拟定位机房       | 南侧                 | 候诊走廊       | 机房周边的其他医务人员、患者陪同家属、短时间滞留人员等    | 0.3m | 流动人员     | ≤0.1mSv |      |
|        |                 | 西侧                 | 候诊大厅       |                                | 0.3m |          |         | 流动人员 |
|        | 放疗科楼外 50m 范围内   |                    |            |                                |      |          |         |      |
| 公众     | 东侧              | 农技中心家属楼            |            | 居民                             | 24m  | 约 100 人  | ≤0.1mSv |      |
|        | 南侧              | 农业机械化培训学校门房、向阳新村民房 |            | 居民                             | 15m  | 约 100 人  |         |      |
|        | 西侧              | 医教中心、外科住院楼         |            | 其他医务人员、患者及陪同家属、短时间滞留人员等        | 6m   | 约 100 人  |         |      |
|        | 北侧              | 医辅楼、供应室            |            | 其他医务人员、患者及陪同家属、短时间滞留人员等        | 20m  | 约 50 人   |         |      |

## 7.3 评价标准

### 7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

根据标准附录 B1.1 职业照射和 B1.2 公众照射，对人员受照剂量限值规定如下：

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

B1.2.1 实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

### 7.3.2 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）相关内容

4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。

b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1 mSv/a。

## 5 选址、布局与分区要求

### 5.1 选址与布局

5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。

5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。

### 5.2 分区原则

5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如.....和治疗室，直线加速器机房、含源

装置的治疗室.....等。

5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

## 6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

### 6.1 屏蔽要求

6.1.1 放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。

6.1.2 放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。

6.1.3 管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。

6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

a) 治疗室墙和入口门外表面 30 cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ ：

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

机房外辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

机房外非辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

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

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

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

b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 250  $\mu\text{Sv}$  加以控制。

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30 cm 处的剂量率参考控制水平可按 100  $\mu\text{Sv/h}$  加以控制(可在相应位置处设置辐射告示牌)。

## 6.2 安全防护设施和措施要求

6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等：

a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮存容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明；

b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯；

c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。

6.2.2 含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门外侧。

6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施：

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

b) 放射治疗室和.....应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、.....设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；

f) 安全联锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过单位辐射安全管

理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。

#### 8.4 气态废物管理要求

8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

附录 A 不同场所的居留因子见表 A.1（表 7-2）。

表 7-2 不同场所的居留因子

| 场所   | 居留因子 (T) |          | 示 例   |
|------|----------|----------|---|
|      | 典型值      | 范围       |   |
| 全居留  | 1        | 1        | 管理人员或职员的办公室、治疗计划区、治疗控制区、护士站、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区域  |
| 部分居留 | 1/4      | 1/2~1/5  | 1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室<br>1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室   |
| 偶然居留 | 1/16     | 1/8~1/40 | 1/8: 各治疗室房门;<br>1/20: 公厕、自动售药区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室;<br>1/40: 仅供行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯 |

### 7.3.3 《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/T 201.2-2011）相关内容

#### A.2 导出剂量率参考控制水平

##### A.2.1 单一辐射源

单一有用线束与单一泄漏辐射按如下方法导出剂量率参考控制水平：

##### a) 有用线束

有用线束在关注点的周剂量参考控制水平为  $H_c$  时，该关注点的导出剂量率

参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 见式 (A.2)：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

$H_c$ —一周参考剂量控制水平， $\mu\text{Sv/周}$ ；

$t$ —治疗装置周治疗照射时间， $h$ ；



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

b) 单一泄漏辐射

泄漏辐射在关注点的周剂量参考控制水平为  $H_c$  时，该关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 见式 (A.3)：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (N \cdot t \cdot T) \quad (\text{A.3})$$

式中：

$H_c$ —周参考剂量控制水平， $\mu\text{Sv/周}$ ；

N—调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子，通常  $N=5$ ；

t—治疗装置周治疗照射时间，h；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子

### 7.3.4 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 相关内容

#### 6.1 布局要求

6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。

6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。

6.1.3 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。

6.1.4 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。

6.1.5 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。

6.1.6 X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； $\gamma$ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。

#### 6.2 空间、通风要求

6.2.1 放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。

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

### 6.3 屏蔽要求

#### 6.3.1 治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平

6.3.1.1 治疗机房（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外 30 cm 处（关注点）的周围剂量当量率应不大于下述 a）、b）和 c）所确定的周围剂量当量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ ：

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ ，见式（1）：

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

式中：

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

$H_e$ ——周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周（ $\mu\text{Sv/周}$ ），其值按如下方式取值：放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；放射治疗机房外非控制区的人员： $\leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

$t$ ——设备每周累积照射的小时数，单位为小时每周（h/周）；

$U$ ——治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；

$T$ ——人员在关注点位置的居留因子，取值方法参见附录 A。

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

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

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

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

澄合矿务局中心医院放射科技术利用建设项目环境影响评价表（公示稿）

### 6.3.2 治疗机房顶屏蔽的周围剂量当量率参考控制水平

6.3.2.1 在治疗机房上方已建、拟建二层建筑物或在治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点至机房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗机房顶外表面 30 cm 处，或在立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，周围剂量当量率参考控制水平同 6.3.1。

6.3.2.2 除 6.3.2.1 的条件外，若存在天空反射和侧散射，并对治疗机房墙外关注点位置照射时，该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的周围剂量当量率的总和，按 6.3.1 确定关注点的周围剂量当量率作为参考控制水平。

### 6.3.3 屏蔽材料

屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能和经济因素，符合最优化要求，新建机房一般选用普通混凝土。

## 6.4 安全装置和警示标志要求

### 6.4.1 监测报警装置

含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常。

### 6.4.2 联锁装置

放射治疗设备都应安装联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。

### 6.4.3 标志

医疗机构应对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：

a) 放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；

放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

### 6.4.4 急停开关

6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。

### 6.4.6 视频监控、对讲交流系统

控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。

## 7 放射治疗操作中的放射防护要求

7.3 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，应保障安全联锁正常运行。

7.4 工作人员进入涉放射源的放射治疗机房时应佩戴个人剂量报警仪。

7.5 实施治疗期间，应有两名及以上操作人员协同操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度，密切注视控制台仪器及患者状况，发现异常及时处理，操作人员不应擅自离开岗位。

### 7.3.5 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

#### 5 X 射线设备防护性能的技术要求

5.1.1 X 射线设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。

5.1.2 X 射线管组件上应有清晰的焦点位置标志。

5.1.3 X 射线管组件上应标明固有滤过，所有附加滤过片均应标明其材料和厚度。

#### 5.4 CT 设备防护性能的技术要求

5.4.2 对于任意一种 CT 扫描程序，都应在操作这控制台上显示剂量信息。

5.4.3 应设置急停按钮，以便在 CT 扫描过程中发生意外时可以及时停止出束。

## 6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

### 6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2（表 7-2）的规定。

表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度的要求

| 设备类型          | 机房内最小有效使用面积(m <sup>2</sup> ) | 机房内最小单边长度(m) |
|---------------|------------------------------|--------------|
| CT机（不含头颅移动CT） | 30                           | 4.5          |

## 6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不小于表 3（表 7-3）规定。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

| 机房类型                       | 有用线束方向铅当量<br>(mmPb) | 有用线束方向铅当量<br>(mmPb)        |
|----------------------------|---------------------|----------------------------|
| CT机房（不含头颅移动CT）<br>CT模拟定位机房 | 2.5                 | CT机房（不含头颅移动CT）<br>CT模拟定位机房 |

6.2.4 距 X 射线设备表面 100cm 处的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h 且 X 射线设备表面与机房墙体距离不小于 100cm 时，机房可不作专门屏蔽防护。

## 6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

b) CT 机、..... 机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5 μSv/h；

## 6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

6.4.9 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（表 7-4）基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

| 放射检查类型      | 工作人员   |        | 受检者和受检者                                |        |
|-------------|--------|--------|--|--------|
|             | 个人防护用品 | 辅助防护设施 | 防护用品                                   | 辅助防护用品 |
| CT 体层扫描（隔室） | —      | —      | 铅橡胶性腺防护围裙（方形）<br>或方巾、铅橡胶颈套<br>选配：铅橡胶帽子 | —      |

注：“—”表示不需要。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25 mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025 mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5 mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2 mmPb。

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5 mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

### 7.3.6 环评要求年剂量约束值及控制水平

本评价根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）等标准及医院制定的个人剂量管理目标值，取 5mSv/a 作为放射工作人员的年有效剂量管理目标，取 0.1mSv/a 作为公众成员年有效剂量管理目标值。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理位置及场所位置

#### 8.1.1 医院地理位置

医院总平面布置见图 1-1，医院地理位置见图 1-2。

#### 8.1.2 项目场所位置

放疗科的位置见图 1-1，放疗科平面布局图见图 1-4。

### 8.2 辐射环境质量现状

#### 8.2.1 监测方案

为了解项目拟建场地及周边环境  $\gamma$  辐射本底水平，本次评价采用陕西新高科辐射技术有限公司于 2021 年 11 月 4 日对拟建场地周边环境  $\gamma$  辐射水平检测报告中相关数据（报告编号：FHJC-SXGK-032022004-1）。监测方案见表 8-1。

表 8-1 辐射环境质量现状监测方案

| 监测因子  | 监测点位  | 监测频次                                |
|---|---|-------------------------------------|
| X- $\gamma$<br>剂量率                          | 项目拟建场地 1#~9#、西侧医教中心 10#、北侧道路 11#、南侧向阳新村 12# | 2021 年 11 月 4 日<br>每个点位连续监测<br>10 次 |
| 监测方法：《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） |   |                                     |

#### 8.2.2 监测点位

环境  $\gamma$  辐射剂量率监测点位布设情况详见图 8-1，现状监测时太平间未拆除。

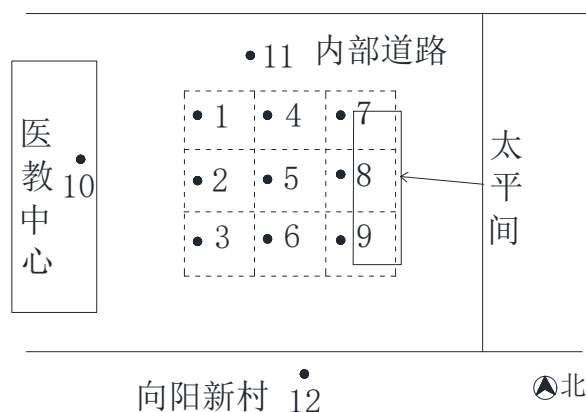


图 8-1 拟监测点位布设示意图

### 8.2.3 监测使用仪器

检测仪器详细信息见表 8-2。

表 8-2 检测仪器信息

| 检测仪器名称、型号、编号                                  | 测量范围                         | 检定单位                    | 证书编号                | 证书有效期         |
|---|------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------|
| 环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪<br>FD-3013H-5877 | 0.01~200<br>$\mu\text{Sv/h}$ | 中国辐射防护<br>研究院放射性<br>计量站 | 检字第<br>[2021]-R0190 | 2021.1~2022.1 |

### 8.2.4 质量保证措施

结合现场实际情况及监测的可到达性，在项目建设场址及周边环境布设监测点位，充分考虑检测点位的代表性和可重复性，以保证检测结果的科学性和可比性。

严格按照《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）进行监测；检测仪器每年定期经有资质的计量部门检定、校准，检定合格后方可使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；检测人员持证上岗；监测结果经三级审核，保证监测数据的准确。

### 8.2.5 监测结果及评价

项目拟建场地周边环境的辐射剂量当量率监测结果见表 8-3。

表 8-3 环境  $\gamma$  辐射剂量率监测结果

| 点位编号 | 点位描述       | 检测结果 ( $\mu\text{Gy/h}$ ) |      |
|------|------------|---------------------------|------|
|      |            | 范围                        | 平均值  |
| 1    | 项目拟建地检测点 1 | 0.04~0.05                 | 0.04 |
| 2    | 项目拟建地检测点 2 | 0.03~0.05                 | 0.04 |
| 3    | 项目拟建地检测点 3 | 0.04~0.06                 | 0.05 |
| 4    | 项目拟建地检测点 4 | 0.04~0.06                 | 0.05 |
| 5    | 项目拟建地检测点 5 | 0.03~0.06                 | 0.04 |
| 6    | 项目拟建地检测点 6 | 0.04~0.06                 | 0.05 |
| 7    | 项目拟建地检测点 7 | 0.04~0.05                 | 0.04 |
| 8    | 项目拟建地检测点 8 | 0.04~0.05                 | 0.04 |



|    |               |           |      |
|----|---------------|-----------|------|
| 9  | 项目拟建地检测点 9    | 0.03~0.06 | 0.04 |
| 10 | 项目拟建地西侧（医教中心） | 0.04~0.06 | 0.05 |
| 11 | 项目拟建地北侧（内部道路） | 0.04~0.06 | 0.05 |
| 12 | 项目拟建地南侧（向阳新村） | 0.04~0.05 | 0.04 |

注：1.表中数据已扣除宇宙射线响应值，此处宇宙射线响应值为 0.032 $\mu$ Gy/h，10 号点位按楼房对宇宙射线的屏蔽修正因子取 0.8，其余点位按原野/道路对宇宙射线的屏蔽修正因子取 1.0；  
2.因检测仪器 FD-3013H-5877 使用  $^{137}\text{Cs}$  放射源进行检定，根据 HJ1157-2021，换算系数取 1.20Sv/Gy。

由表 8-2 可知，项目拟建辐射工作场所的环境 $\gamma$ 辐射剂量率为 30~60nGy/h（已扣除宇宙射线响应值）。根据《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（1994 年 7 月），陕西省渭南市市原野  $\gamma$  辐射剂量率范围为 59~74nGy/h，道路  $\gamma$  辐射剂量率范围为 20~66 nGy/h，室内  $\gamma$  辐射剂量率范围为 92~119nGy/h，项目辐射工作场所及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率与渭南市天然环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率处于同一水平，辐射环境质量现状无异常。

澄合矿务局中心医院放疗科核技术应用建设项目环境影响评价报告表（公示稿）

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工程设备和工艺分析

### 9.1.1. 医用电子直线加速器

#### (1) 设备组成及工作原理

医用电子直线加速器属于 II 类射线装置，它的结构单元主要包括：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、恒温水冷却系统和控制保护系统、电源及控制系统、照射头、治疗床等。对高能 X 射线，电子枪产生的电子经微波加速器导管加速后进入偏转磁场，使电子束转向后，射向一个具有很高原子序数的金属靶，产生大量高能 X 线，经一级准直器和滤线器，形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束到达患者病灶，实现治疗目的。

典型医用电子直线加速器内部结构见图 9-1。典型医用电子直线加速器见图 9-2。

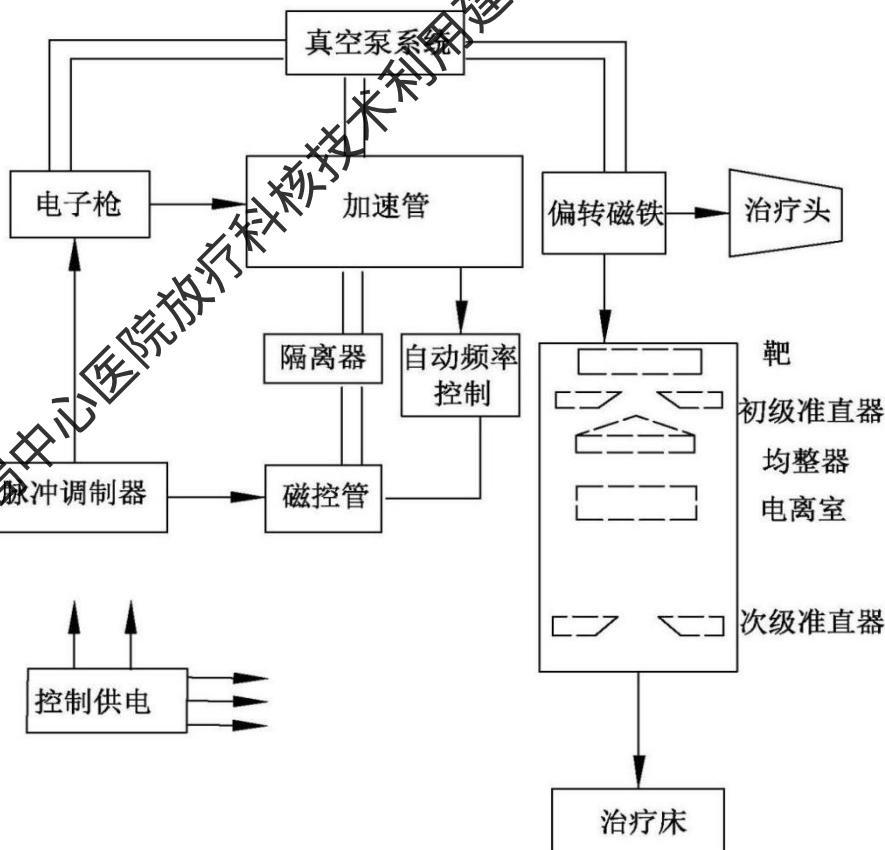


图 9-1 典型医用电子直线加速器内部结构框图

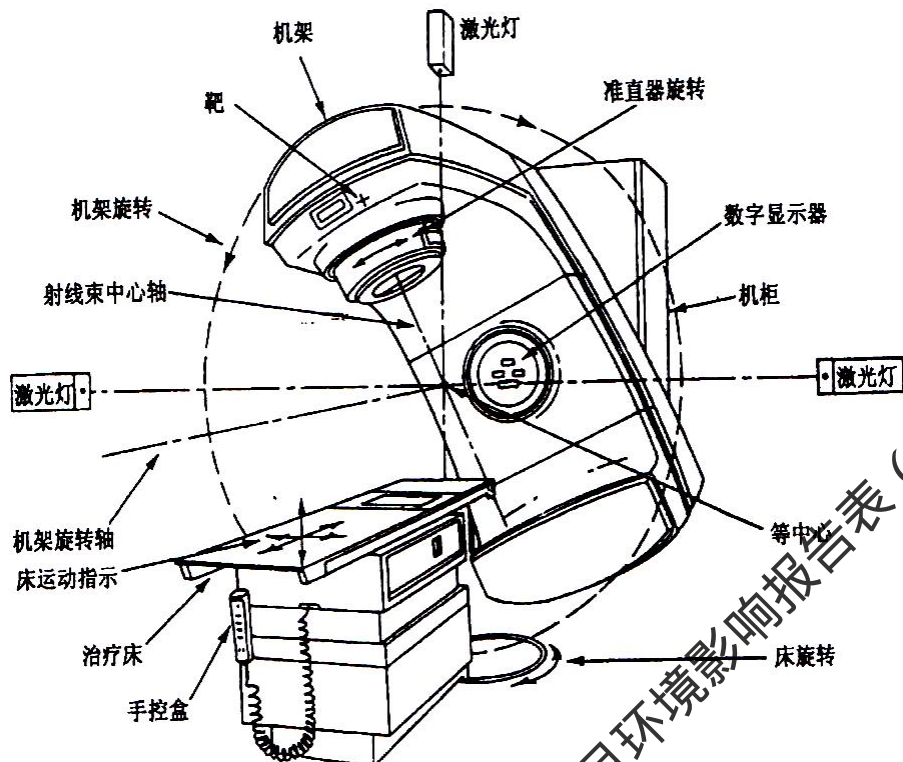


图 9-2 典型医用电子直线加速器示意图

## (2) 操作流程及产污环节

医用电子直线加速器在进行放射治疗时，患者位于机房内，医务操作人员位于机房外，进行隔室操作。治疗时，加速器机房可为医务人员以及墙外停留或通过的人员提供足够的屏蔽防护，并可防止在开机过程中，无关人员误入机房。

医用电子直线加速器治疗流程如下：

①模拟定位：借助 CT 模拟定位机确定肿瘤的位置和范围，CT 模拟定位机主要操作流程为：依据检查单→核对摄影部位→确定投照条件→曝光。

②治疗计划设计阶段：借助计算机治疗计划系统（TPS）进行治疗计划设计，选择好能量、照射野大小、治疗剂量与剂量比、楔形滤过板等。

③治疗计划的确认：上述设计好的治疗计划，以跟治疗时同等的摆位条件（如垫肩、加固定器等）放到模拟定位机上进行核对。经证实为可行后，在病人体表上作出相应的照射野标记，填写治疗单，做好治疗固定器、挡野铅块和组织补偿块等，确定后的治疗计划。

④治疗计划的执行：

a、设置治疗机的物理、几何参数。

- b、护理人员将病人送入治疗室，放射工作人员进行摆位。
- c、固定治疗体位，肿瘤中心位于等中心点。
- d、除了待治疗病人，其余人员撤出治疗室，关闭防护门。
- e、加速器出束，进行治疗。
- f、治疗完毕，加速器停止出束，方可打开迷道防护门，护理人员将病人送出治疗室。

医用电子直线加速器治疗流程及产污环节见图 9-3。

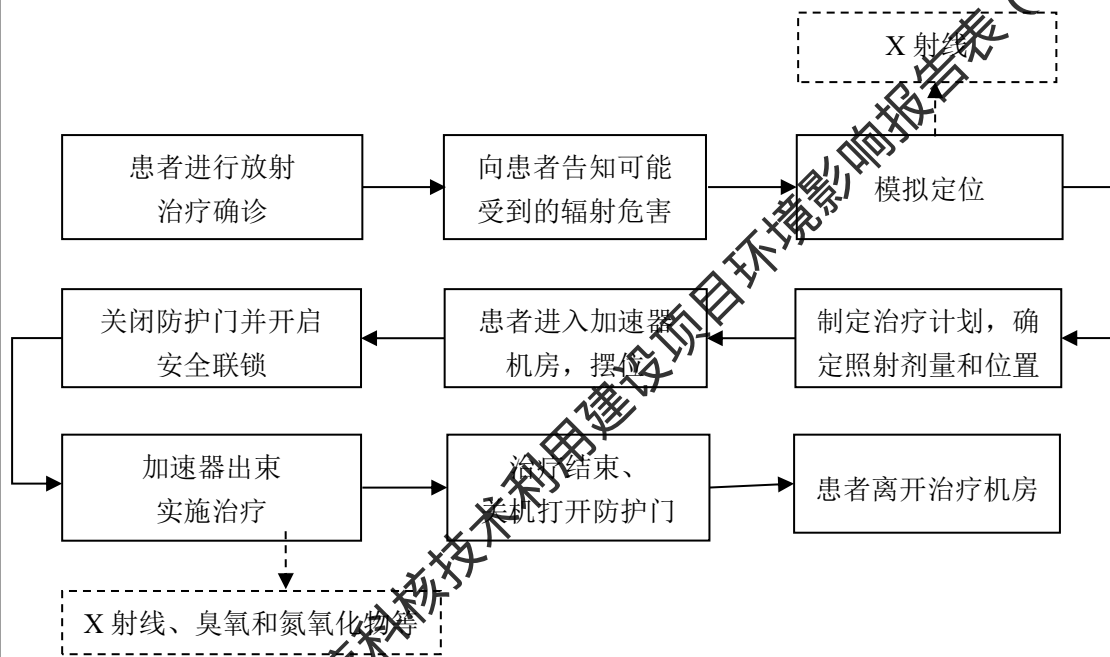


图 9-3 医用电子直线加速器治疗流程及产污环节示意图

项目直线加速器治疗过程中污染因子主要为：X 射线、臭氧和氮氧化物等。

### 9.1.2 CT 模拟定位机

#### (1) 设备组成及工作原理

CT 模拟定位机是在肿瘤放射治疗中制定放疗计划的关键设备之一，常用作放射治疗之前的需放射部位的定位，属于放射治疗辅助设备。CT 模拟定位机一般由主机、支臂、机柜、诊断床、操作台、X 射线高频高压发生装置、X 射线球管影像增强系统、专用图像处理系统和数字化工作站组成。该机是利用 X 射线穿透人体组织时，会因为组织结构和薄厚的不同而损失能量，然后通过探测器收集穿透人体的 X 射线能量强度变化信息，利用计算机程序进行分析，还原人体

内部组织结构和变化信息,并将其进行图像化处理,准确定位出肿瘤的照射位置、照射面积、肿瘤深度、等中心位置等几何参数,为放射治疗摆位提供依据,确保放射治疗的正确实施。

典型 CT 模拟定位机结构及工作原理见图 9-4。

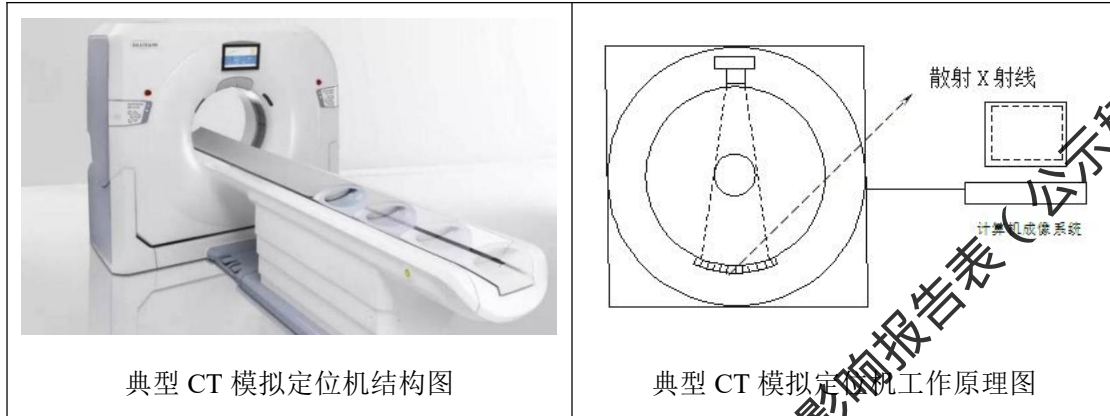


图 9-4 典型 CT 模拟定位机结构图及工作原理图

### (2) 操作流程

- ①待诊断的患者经过身份核实,进入机房,工作人员帮助患者摆位;
- ②摆位完成后,除患者外,无关人员退出机房;
- ③工作人员检查无误后,即开机进行扫描成像;
- ④出束结束后,工作人员进入机房,指导患者离开机房。

CT 模拟定位机工作过程中污染因子主要为: X 射线、臭氧和氮氧化物等。

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 医用电子直线加速器

#### (1) 正常工况下污染途径

本项目直线加速器正常运行状态下可能产生的污染因子如下:

#### ①X 射线

加速器电子枪产生的电子经过加速后,受到金属靶阻止而产生高能 X 射线,X 射线具有较大的贯穿能力,如果没有采取足够防护措施对其进行屏蔽,一旦泄入环境,势必对工作人员和公众造成不必要的辐射影响,危及人们健康与安全。但这种 X 射线是随加速器的开、关而产生和消失。因此,加速器在开机状态下,X 射线成为加速器污染环境的主要污染因子。

## ②废靶

直线加速器产生的固体废物为加速器废金属靶，只有在需要更换金属靶时才产生（通常 1 个金属靶使用 7~10 年才更换），6MV 加速器废金属靶件不会活化，不作为放射性固废处理，由供应商更换后处置，不在项目地贮存。

## ③非放射性气体

当加速器运行产生的 X 射线与空气相互作用，会产生臭氧和氮氧化物等有害气体。臭氧是加速器产生的电离辐射与空气中的氧相互作用的结果，对人的呼吸系统、眼睛和粘膜有伤害。高浓度的臭氧还可以使电缆加速老化，臭氧的多少与加速器的照射量成正比。

### (2) 事故工况下污染途径

①安全联锁系统故障或失效，机房的防护门未关好即开机导致射线泄漏，造成机房防护门外活动人员受到意外照射；

②安全连锁系统故障或失效，加速器运行中人员闯入，或者人员未退出机房的情况下开机，受到意外照射；

③工作人员或无关人员在治疗过程中滞留机房，受到意外照射。

## 9.2.2 CT 模拟定位机

### (1) 正常工况下的污染途径

CT 模拟定位机在正常运行时，会产生 X 射线，在机房相邻区域产生泄漏辐射和散射辐射，需要进行屏蔽防护。如果机房的门、窗、墙体等屏蔽防护措施不当，控制室内的工作人员、机房门（墙）外的公众人员有可能受到泄漏和散射的 X 射线辐射。当设备运行产生 X 射线时，X 射线与空气相互作用，会产生臭氧和氮氧化物等有害气体。

### (2) 事故工况下的污染途径

①安全联锁系统故障或失效，机房的防护门未关好即开机导致射线泄漏，造成机房防护门外活动人员受到意外照射；

②防护门控制失灵或安全联锁装置故障，人员误入正在运行的机房内而造成意外照射；

③陪检者、受检者未按要求穿戴个人防护用品，导致受到不必要的照射；

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 工作场所布局及合理性分析

##### (1) 医用电子直线加速器

项目直线加速器机房位于放疗科最东侧，放疗楼为单层独栋建筑，为一般人员不易到达的区域。直线加速器机房东侧何北侧为室外过道，南侧为制模室和修模室，西侧为候诊大厅、控制室和辅助机房。

项目加速器机房的有效使用面积（不含迷道）约为 64.5m<sup>2</sup>（8.6m×7.5m），机房内均设置“直线”型迷路，迷路口设置有防护门。项目直线加速器机房与控制室分开设置，控制室位于机房西侧，避免了有用线束直接照射。

##### (2) CT 模拟定位机

本项目 CT 模拟定位机房位于放疗科南侧，机房东西长 6.9m，南北宽 5.6m，有效使用面积约 38.64m<sup>2</sup>；机房与控制室分离，控制室位于机房西侧，并设置有防护门和观察窗。因此，项目 CT 模拟定位机房满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“CT 机机房的最小有效使用面积不小于 30m<sup>2</sup>，机房内最小单边长度不小于 4.5m”的规定中的要求。

本项目加速器机房平面布局合理性分析见表 10-1，CT 模拟定位机房平面布局合理性分析见表 10-2。

表 10-1 加速器机房平面布局合理性分析

| 法规标准                             | 条目    | 标准要求   | 设计情况  | 评价   |
|----------------------------------|-------|--|---|------|
| 《放射治疗辐射安全与防护要求》<br>(HJ1198-2021) | 5.1.1 | 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。     | 项目放疗科位于医院东南角医教中心中心东侧，用地类型为医疗用地，不涉及民居、写字楼及商住两用的建筑物。    | 符合要求 |
|                                  | 5.1.2 | 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员 | 项目放疗科位于为单层独栋建筑。直线加速器机房设置于放疗科东侧一端，为一般人员不易到达的区域。根据平面局部， | 符合要求 |

|                              |       |   |   |      |
|------------------------------|-------|---|---|------|
|                              |       | 密集区域,或人员流动性大的商业活动区域。  | 直线加速器机房周围无儿科病房、产房或人员流动性大的商业活动区域。                          |      |
| 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)要求 | 6.1.1 | 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端;放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造,并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。                  | 项目加速器机房设置于放疗科东侧,放疗科为单层独栋建筑;加速器机房及控制室等同时设计建造。              | 符合要求 |
|                              | 6.1.2 | 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区;其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施,但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。 | 项目加速器机房及迷道划分为控制区,机房周边的辅助机械、控制室、候诊大厅和室外过道等其他辅助用房/区域划分为监督区。 | 符合要求 |
|                              | 6.1.3 | 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求,其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。                           | 根据后文计算结果,加速器机房主屏蔽墙、侧屏蔽墙、次屏蔽墙均能满足屏蔽要求。                     | 符合要求 |
|                              | 6.1.4 | 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置,治疗设备辅助机械、电器、水冷设备,凡是可以与治疗设备分离的,尽可能设置于治疗机房外。                      | 加速器机房治疗室与控制室、其他辅助设备机房等分开设置。                               | 符合要求 |
|                              | 6.1.5 | 应合理设置有用线束的朝向,直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室,尽可能避开被有用线束直接照射。                       | 加速器有用线束向东西方向照射,控制室设置在机房南侧,有用线束避开了机房控制室。                   | 符合要求 |
|                              | 6.1.6 | X射线管治疗设备的治疗机房可不设迷路;γ刀治疗设备的治疗机房,根  | 本项目为直线加速器机房,已设置迷路。  | 符合要求 |



|  |       |                                    |  |      |
|--|-------|------------------------------------|--|------|
|  |       | 据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。  |  |      |
|  | 6.2.1 | 放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要 | 本项目直线加速器机房的有效使用面积（不含迷路）约为 62.78m <sup>2</sup> ，机房面积能够满足使用要求。 | 符合要求 |

表 10-2 CT 模拟定位机房平面布局合理性分析

| 法规标准                          | 条目    | 标准要求  | 设计情况  | 评价   |
|-------------------------------|-------|---|---|------|
| 《放射诊断放射防护要求》<br>(GBZ130-2020) | 6.1.1 | 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。   | 本项目 CT 模拟定位机房合理布置，有用线束未直接照射门、窗和管线口位置和工作人员操作位。                           | 符合要求 |
|                               | 6.1.2 | X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。   | 根据 CT 模拟定位机房辐射屏蔽设计，机房可以满足相应照射方向的屏蔽厚度要求，不会对周围场所人员造成影响。                   | 符合要求 |
|                               | 6.1.3 | 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足设备的布局要求。  | 本项目 CT 模拟定位机配有独立的机房，机房空间满足设备的布局要求。                                      | 符合要求 |
|                               | 6.1.5 | 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，CT 机房（不含头颅移动 CT）机房内最小有效使用面积、最小单边长度应符合 4.5m、30m <sup>2</sup> 的规定。 | 根据项目平面布局图，项目 CT 模拟定位机房东西长 6.53m，南北宽 5.86m，有效使用面积为 38.27m <sup>2</sup> 。 | 符合要求 |

根据表 10-1，项目直线加速器工作场所布局满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中的相关规定；根据表 10-2，项目 CT 模拟定位机工作场所布局满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关规定，放疗科工作场所布局合理。

### 10.1.2 工作场所分区管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护》（HJ1198-2021），辐射工作场所应分为控制区及监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：把需要或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：未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但要经常对职业照射条件进行监督和评价。

《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷道）等场所，如.....，直线加速器机房.....等。2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划分为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

根据 GB18871-2002 及 HJ1198-2021 相关要求，项目将直线加速器机房及迷道、CT 模拟定位机房划分为控制区，并在各机房防护门的显著位置粘贴符合规定的电离辐射警告标志。将直线加速器机房东侧院内走道（1m 范围）、南侧辅助机房和控制室、北侧楼外（1m 范围），CT 模拟定位机房候诊大厅通往加速器机房走廊、西侧候诊大厅（1m 范围）、北侧控制室等区域划分为监督区，经常对其职业照射条件进行监督和评价。

项目放疗科工作场所分区管理示意图见图 10-1。

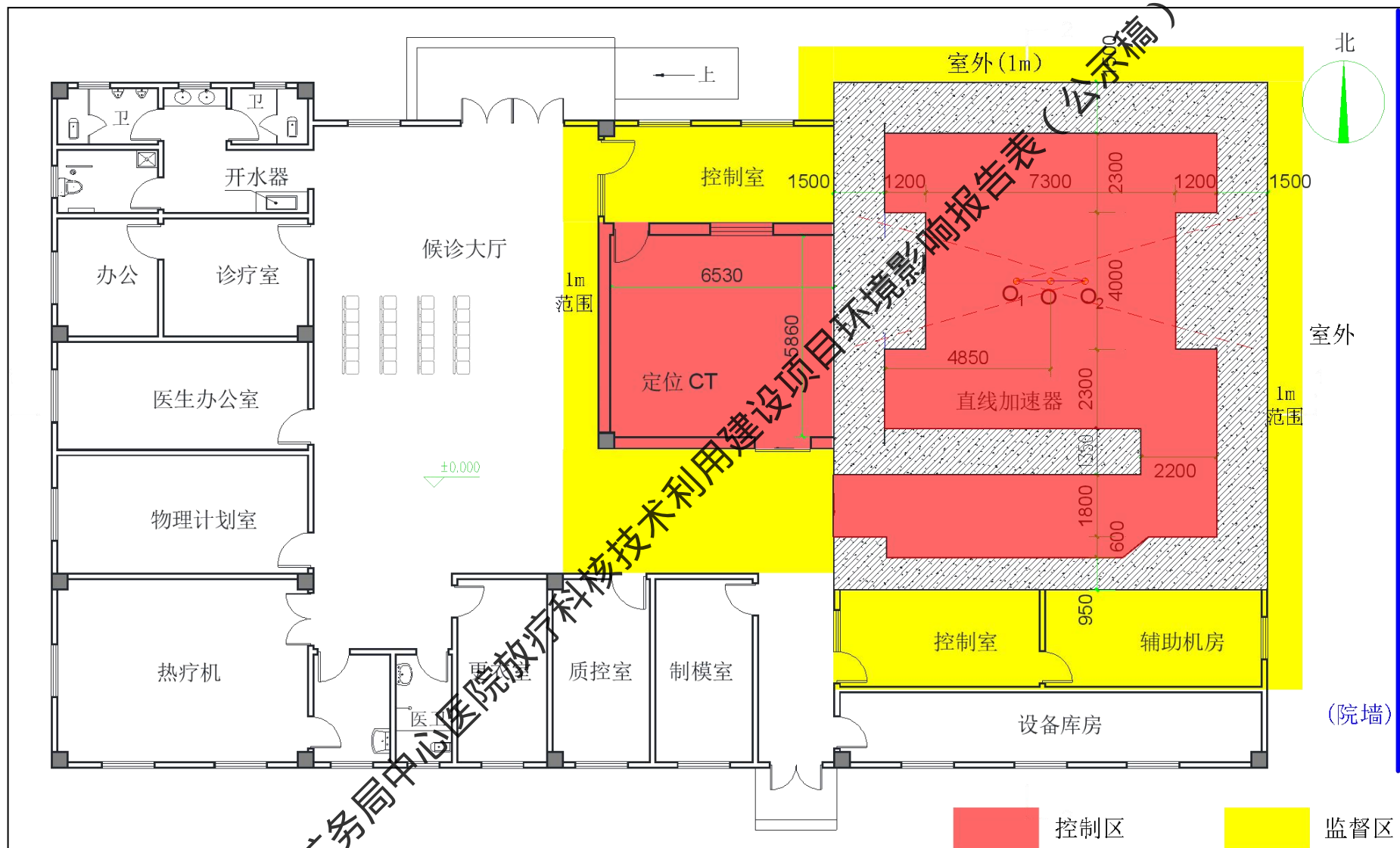


图 10-1 肿瘤放疗中心工作场所分区管理示意图

### 10.1.3 机房屏蔽设计

根据建设单位提供的图纸，工作场所布置见图 10-1，直线加速器机房及 CT 模拟定位机房屏蔽防护参数详见表 10-3。

表 10-3 直线加速器机房及 CT 模拟定位机房屏蔽防护参数一览表

| 机房        | 位置       |                              | 建设内容与规模  |
|-----------|----------|------------------------------|--|
| 加速器机房     | 机房有效使用面积 |                              | 有效使用面积约 62.785m <sup>2</sup> （长 8.6m×宽 7.3m），室内净高 4.2m |
|           | 东墙       | 主屏蔽区                         | 厚 2700mm 混凝土，宽 4000mm                                  |
|           |          | 次屏蔽区                         | 厚 1500mm 混凝土   |
|           | 西墙       | 主屏蔽区                         | 厚 2700mm 混凝土，宽 4000mm                                  |
|           |          | 次屏蔽区                         | 厚 1500mm 混凝土   |
|           | 南墙       | 迷路内墙                         | 厚 1350mm 混凝土   |
|           |          | 迷路外墙                         | 未被遮挡部分：厚 1550mm 混凝土<br>迷路内墙遮挡部分：厚 950mm~1550mm 混凝土     |
|           | 北墙       | 侧屏蔽墙                         | 厚 1500mm 混凝土   |
|           | 屋顶       | 主屏蔽区                         | 厚 2700mm 混凝土，宽 44000mm                                 |
|           |          | 次屏蔽区                         | 厚 1500mm 混凝土   |
| 防护门       |          | 洞口尺寸 1800mm×2400mm，11mm 厚铅板  |  |
| CT 模拟定位机房 | 机房有效使用面积 |                              | 有效使用面积约 38.27m <sup>2</sup> （长 6.53m×宽 5.86m）          |
|           | 东墙       | 与加速器机房共用墙体，按最薄处 1500mm 混凝土考虑 |  |
|           | 西墙       | 370mm 实心砖墙                   |  |
|           | 南墙       | 370mm 实心砖墙                   |  |
|           | 北墙       | 370mm 实心砖墙                   |  |
|           | 屋顶       | 120mm 混凝土+2mmPb 铅板           |  |
|           | 防护门      | 3mmPb                        |  |
|           | 观察窗      | 3mmPb                        |  |

备注：直线加速器机房墙体（包括四周墙体、顶棚）采用钢筋混凝土浇筑，现浇混凝土密度≥2.35g/cm<sup>3</sup>。

### 10.1.4 电缆管线穿墙设计

项目直线加速器机房的全部电缆均通过地下电缆沟走线，从安装设备的地坑出线后沿着电缆沟走线，在出口处采用“倒梯形”设计，下沉后穿越屏蔽墙到达

机房外。通过多次折返的电缆沟设计和下沉地面穿越屏蔽墙的设计，增加泄漏射线的散射次数和衰减，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。

电缆沟穿屏蔽墙剖面图见图 10-2。

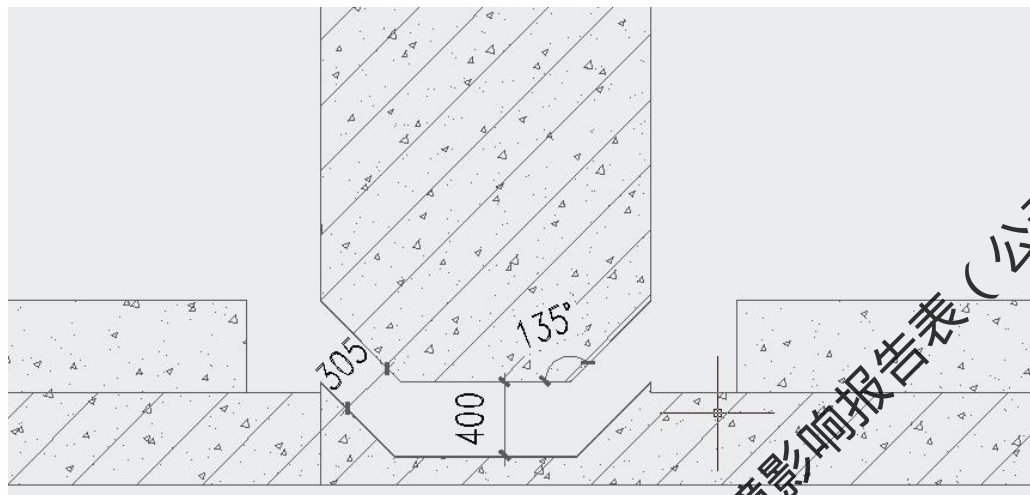


图 10-2 电缆沟穿屏蔽墙剖面图

### 10.1.5 通风设计

直线加速器、CT 模拟定位机运行过程，X 射线与空气发生电离作用，产生微量臭氧和氮氧化物等有害气体。

#### (1) 医用电子直线加速器

为减小臭氧和氮氧化物的危害，直线加速器机房设置了动力送排风装置，采用“全排全送”的送排风形式。直线加速器机房在顶部天花板东侧设置送风口 2 个（500mm×400mm 的双层百叶风口）；在机房西北角和西南角设置排风口 2 个（400mm×300mm 的单层百叶风口，距地 300mm）。送、排风管道在机房防护门上方墙体呈“Z”字型穿过屏蔽墙体，通过折叠设计，增加管道中的射线的散射次数，直线加速器机房产生的臭氧和氮氧化物等有害气体经排风管道引至放疗楼南墙外屋面排放。

直线加速器机房体积约 424.2m<sup>3</sup>（含迷道），全热交换机额定风量为 2000m<sup>3</sup>/h，在不考虑排风功率损失的情况下，机房通风换气次数约为 4.7 次/h，因此，项目放疗机房送排风设计能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中通风换气次数应不小于 4 次/h 的要求。

## (2) CT 模拟定位机

CT 模拟定位机房在屋顶天花板东侧设置有 2 个额定风量为  $280\text{m}^3/\text{h}$  的换气扇，机房内产生的少量臭氧和氮氧化物等有害气体通过排风管道穿过控制室墙体排出放疗楼北墙外，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求。

直线加速器机房和 CT 模拟定位机房通风平面图见图 10-3。

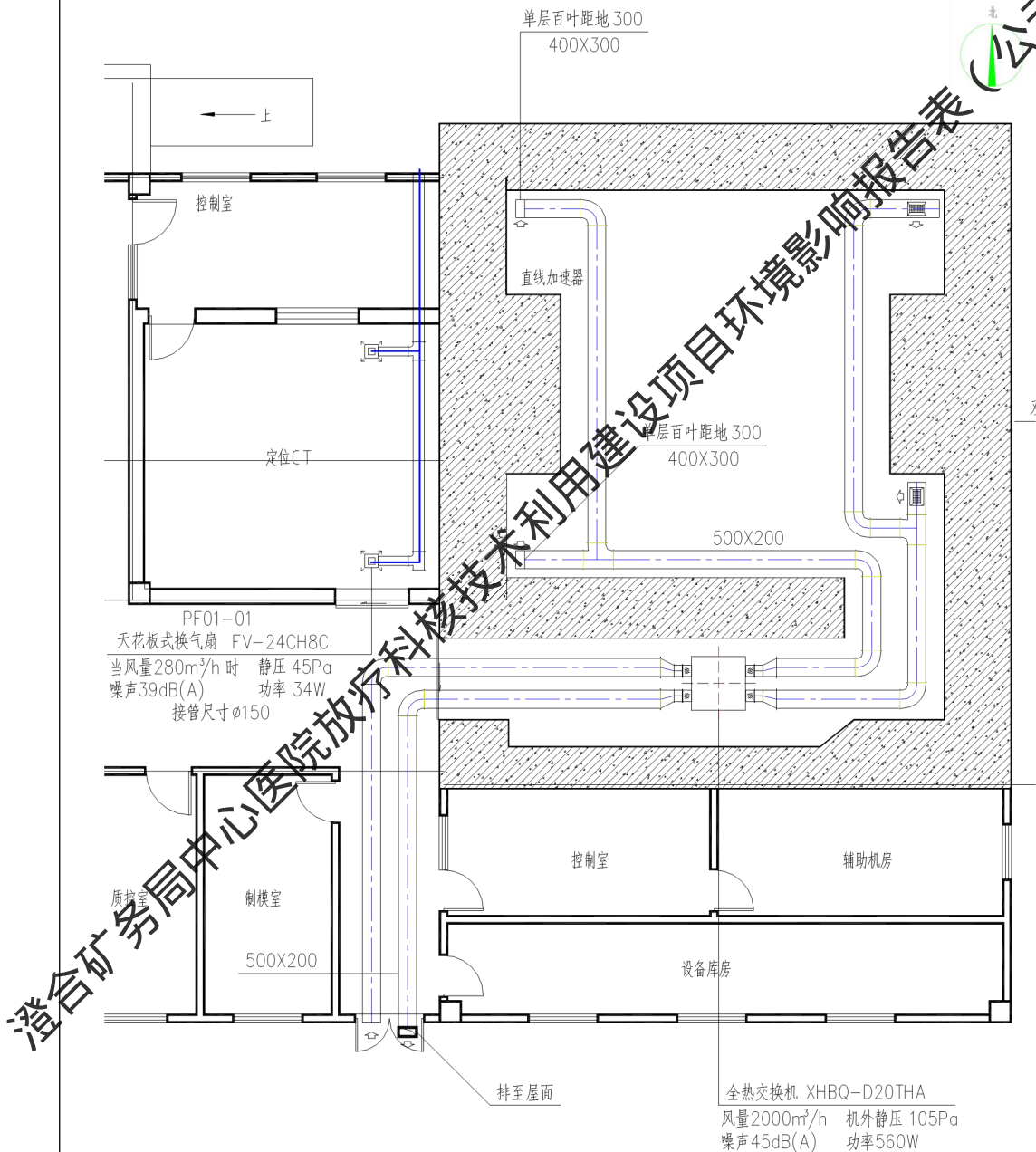


图 10-3 机房通风平面图

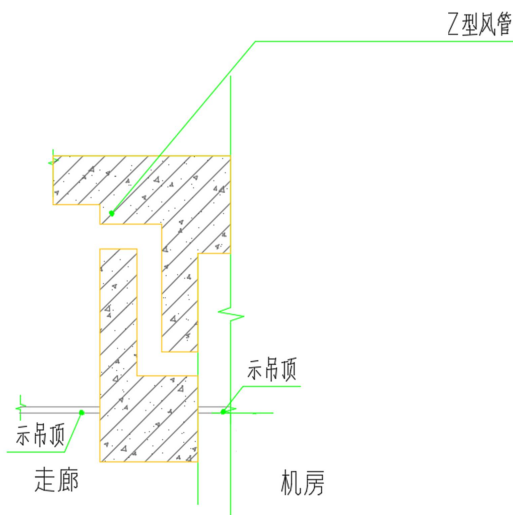


图 10-4 加速器机房风管道穿墙示意图

### 10.1.6 其他辐射安全与防护措施

#### (1) 医用电子直线加速器

针对本项目直线加速器机房，项目拟采取以下辐射安全防护措施：

①标志和指示灯：拟在放疗科入口处设置电离辐射警告标志，在直线加速器机房防护门上设置醒目且符合 GB18871 规定的电离辐射警告标志、工作状态指示灯，保证加速器运行时，状态指示灯正常工作。

②实时摄像监控和对讲系统：拟在直线加速器机房内设摄像监视系统，使控制室的工作人员可清楚地观察到机房内加速器的工作情况，如发生意外情况可及时处理。拟在治疗床附近、控制台安装对讲系统，方便控制室与机房内人员联系，若发生紧急情况，可通过对讲系统及时告知控制室工作人员，避免接受不必要的辐照。

③固定式剂量警报装置：机房迷道内入口处设置固定式剂量报警装置，显示屏拟设置于控制室内，对监测点进行实时剂量率/累计剂量监测和报警。实时剂量率/累计剂量监测值同时显示在主机面板上，实时剂量率/累计剂量的“报警阈值”可通过面板上的按键进行修改。仪器有声光报警，以警示现场工作人员，确保工作人员安全。

④门机联锁：直线加速器机房防护门与加速器设置联锁，一旦防护门被打开，联锁装置即切断加速器的出束开关，使加速器不能正常出束或立即停止出束。定

期对门机联锁装置进行检查，发现异常及时妥善处理。

⑤紧急开门装置和防夹装置：防护门内侧拟设置从室内开门的按钮（手动紧急开门装置），在停电或电动门故障时使用，保障加速器机房内工作人员及患者安全。防护门拟设置红外防夹装置。

⑥急停开关：在机房四周屏蔽墙面、防护门内旁侧、控制台拟安装急停开关，并设置明显的标志，供应急停机使用。一旦人员误入或遇其它紧急情况，按“急停开关”，强迫加速器开关自动断开，事故处理完毕后，再于本地复位，加速器才能重新启动。

⑦双头应急灯：在直线加速器机房及迷路转角处人员容易到达位置，设置双头应急灯，在遇到紧急状况时，为加速器机房提供应急照明，避免造成人员伤害。

⑧配备1台便携式X- $\gamma$ 辐射剂量监测仪，定期对工作场所及周围辐射水平进行监测，发现异常立即报告负责人，并采取有效措施妥善处理。建立监测数据档案。

直线加速器机房拟采取的防护安全措施见表 10-4。辐射安全防护设施安装位置示意图见图 10-5。

表 10-4 项目直线加速器机房拟采取的辐射安全与防护措施一览表

| 序号 | 辐射安全与防护措施               | 位置                       | 数量  |
|----|-------------------------|--------------------------|-----|
| 1  | 电离辐射警告标识                | 工作场所入口、机房防护门上            | ≥1个 |
| 2  | 工作状态指示灯                 | 控制区进出口及其他适当位置            | ≥1个 |
| 3  | 实时摄像监控系统                | 迷路转角处、控制室、机房内            | ≥2个 |
| 4  | 对讲装置                    | 控制台、治疗床附近                | ≥1套 |
| 5  | 固定式剂量警报装置               | 迷道内入口                    | 1个  |
| 6  | 门机联锁装置                  | 防护门与加速器                  | 1套  |
| 7  | 光幕式红外防夹装置、室内开门按钮、手动开门装置 | 防护门                      | 1套  |
| 8  | 急停开关                    | 机房四周屏蔽墙面、防护门内旁侧、控制台及治疗床边 | ≥4个 |
| 9  | 双头应急灯                   | 加速器机房、迷路转角处              | ≥2个 |
| 10 | 便携式辐射剂量监测仪              | 放疗科办公室                   | 1台  |



## (2) CT 模拟定位机

项目 CT 模拟定位机房拟采取以下安全与防护措施：

①CT 模拟定位机房室受检者门和工作人员防护门外设置电离辐射警告标志，防护门上方设置醒目的工作状态指示灯，指示灯的灯箱上设置“射线有害，灯亮勿入”的警示语句。指示灯与患者进出防护门有效联动。

②候诊区设置放射防护注意事项告知栏。

③受检者门设置为感应式电动推拉门，并设置光幕式红外防夹装置。

④控制室设置有观察窗，操作人员通过观察窗观察机房内工作人员及患者状态；CT 模拟定位机的安放应利于操作者观察受检者。

⑤机房内设置有动力通风装置，设备运行时应打开以保持良好的通风。

⑥放射工作人员正确佩戴个人剂量计。机房内应为受检者配备铅当量不小于 0.5mmPb 的铅橡胶性腺防护围脖（方形）或方巾、铅当量不小于 0.25mmPb 的铅橡胶颈套、0.25mmPb 的铅橡胶帽子等个人防护用品，以避免病人受到不必要的照射。

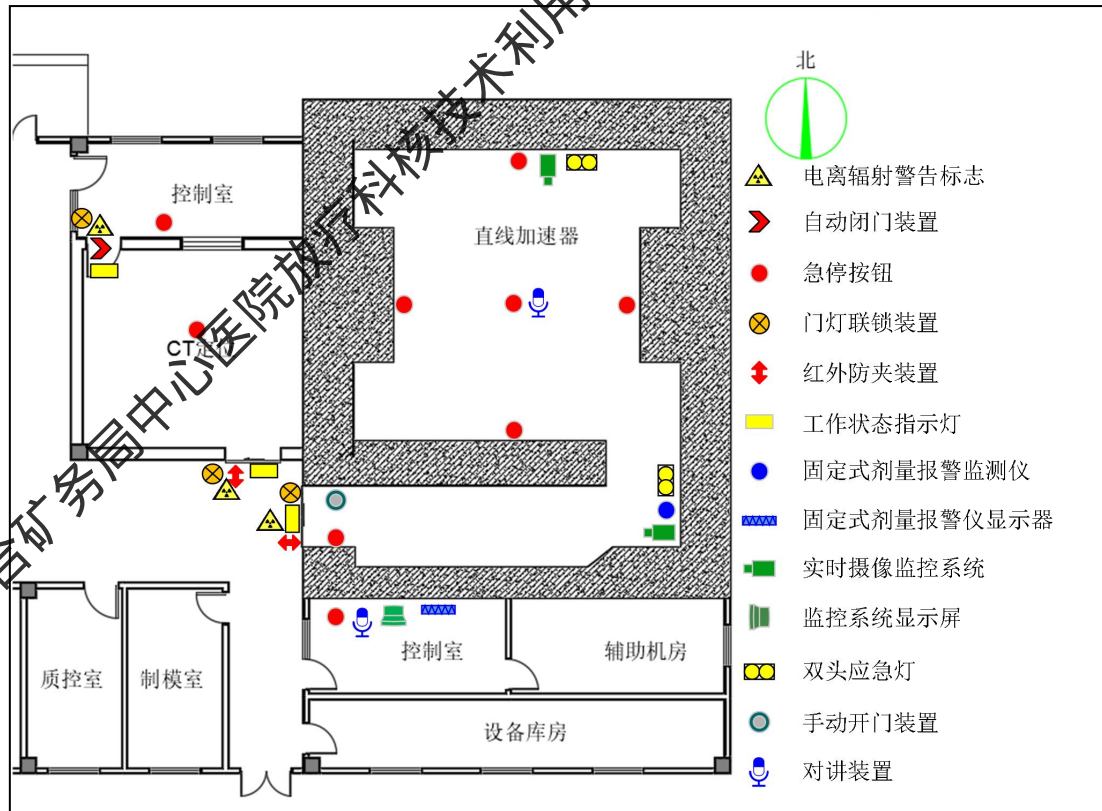


图 10-5 机房辐射安全防护设施安装位置图

### 10.1.7 放疗科拟采取的防护和安措施评价

#### (1) 医用电子直线加速器

项目直线加速器机房拟采取的安全防护措施/设施与《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)的符合情况见表 10-5, 与《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)的符合情况见表 10-6。

表 10-5 加速器机房拟采取的安全防护措施和设施与 HJ 1198-2021 符合情况表

| 序号 | 安全防护设施和措施     | 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021) 标准要求   | 加速器机房拟采取的安全防护措施和设施   | 是否符合                                |    |
|----|---------------|--|--|-------------------------------------|----|
| 1  | 标志和指示灯        | 6.2.1 放射治疗工作场所, 应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等:  | a) 放射治疗工作场所的入口处应设置 <b>电离辐射警告标志</b> , .....   | 项目拟在加速器工作场所入口处设置“当心电离辐射”的警告标志       | 符合 |
|    |               |  | b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设 <b>电离辐射警告标志和工作状态指示灯</b> ;   | 项目拟在加速器机房防护门上设置“当心电离辐射”警示牌和工作状态指示灯  | 符合 |
| 2  | 视频监控、对讲交流系统   | c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的 <b>视频装置</b> ; 并设置 <b>双向交流对讲系统</b> 。                   | 项目拟在加速器机房内、迷道转角处及控制室内安装摄像监控系统, 监控系统显示屏设在控制室内, 使控制室的工作人员可清楚地观察到机房内设备的工作情况; 拟在治疗床附近、控制台安装对讲系统, 以便操作者和患者之间进行双向交流。 | 符合                                  |    |
| 3  | 监测报警装置        | 6.2.2.....、医用电子直线加速器治疗室(一般在迷道的内入口处)应设置 <b>固定式辐射剂量监测仪</b> 并应有异常情况下报警功能, 其显示单元设置在控制室内或机房门附近。 | 项目拟在加速器机房迷道内入口处设置固定式剂量报警仪, 剂量报警显示仪表拟设置于机房的控制室内。  | 符合                                  |    |
| 4  | 连锁装置、断电自动回源措施 | 6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所, 应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全   | a) <b>放射治疗室和.....应设置门-机/源连锁装置</b> , 防护门未完全关闭时不能出束/出源照射, 出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。                         | 项目加速器机房防护门与加速器设置连锁, 机房门未关闭状态下不能启动设备 | 符合 |

|             |  |   |    |  |
|-------------|--|---|----|--|
|             | 联锁措施:  |   |    |  |
| 紧急开门装置和防夹装置 | b) 放射治疗室和.....应设置室内 <b>紧急开门装置</b> ，防护门应设置 <b>防夹伤功能</b> ；   | 项目拟在加速器机房防护门内侧设置开门按钮，机房门拟设置红外防夹装置                             | 符合 |  |
| 急停按钮        | c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、.....设置 <b>急停按钮</b> ；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。 | 项目拟在加速器机房四周屏蔽墙面、防护门内旁侧、控制台及治疗床旁设置红色紧急停机开关，急停按钮设置醒目标识和文字且便于触发。 | 符合 |  |

表 10-6 加速器机房拟采取的安全防护措施和设施与 GBZ121-2020 标准符合情况表

| 序号 | 安全措施 | 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 标准要求  | 加速器机房拟采取的安全措施   | 是否符合 |
|----|------|---|---|------|
| 1  | 联锁装置 | 6.4.2 放射治疗设备都应安装门机 <b>联锁装置或设施</b> ，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。  | 项目加速器机房防护门与加速器设备设置联锁，机房门未关闭状态下不能启动加速器；加速器机房防护门拟设置红外防夹装置，内侧拟设置开门按钮。    | 符合   |
| 2  | 标志   | 6.4.3 应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：a) 放射治疗工作场所的入口处，设有 <b>电离辐射警告标志</b> ；b) 放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有 <b>电离辐射警告标志和工作状态指示灯</b> 。 | 项目拟在加速器工作场所入口处设置“当心电离辐射”的警告标志；拟在加速器机房防护门上设置“当心电离辐射”警示牌和工作状态指示灯。       | 符合   |
| 3  | 急停开关 | 6.4.4 放射治疗设备控制台上应设置 <b>急停开关</b> ，放射治疗机房内的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。                      | 项目拟在加速器机房四周屏蔽墙面、防护门内旁侧、控制台及治疗床旁设置红色紧急停机开关，急停按钮设置醒目标识和文字且便于触发，供应急停机使用。 | 符合   |

|   |             |       |   |  |    |
|---|-------------|-------|---|--|----|
| 4 | 视频监控、对讲交流系统 | 6.4.6 | 控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷道区域情况的 <b>视频装置</b> ；还应设置 <b>对讲交流系统</b> ，以便操作者和患者之间进行双向交流。 | 项目拟在加速器机房及控制室内安装摄像监控系统，使控制室的工作人员可清楚地观察到机房内加速器设备的工作情况；拟在治疗床附近、控制台安装对讲系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。 | 符合 |
|---|-------------|-------|---|--|----|

## (2) CT 模拟定位机房

项目 CT 模拟定位机房拟采取的安全防护措施/设施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的符合情况见表 10-7。

表 10-7 CT 模拟定位机房拟采取的安全防护措施和设施与 GBZ130-2020 符合情况表

| 序号 | 安全防护设施和措施          | 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）   | CT 模拟定位机房拟采取的安全防护措施和设施  | 是否符合 |
|----|--------------------|---|---|------|
| 1  | 观察窗或摄像监控装置         | 6.4.1 机房应设有 <b>观察窗或摄像监控装置</b> ，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。   | 本项目机房与操作间之间设有观察窗，工作人员能够方便的观察到患者状态及防护门开闭情况。  | 符合   |
| 2  | 不堆放杂物              | 6.4.2 机房内不应堆放与诊断工作无关的杂物。  | 项目机房内不堆放与诊断工作无关的杂物。   | 符合   |
| 3  | 动力通风装置             | 6.4.3 机房应设置 <b>动力通风装置</b> ，并保持良好的通风。  | 在天花板东侧设置有2个换气扇，额定风量为280m <sup>3</sup> /h，机房内产生的少量臭氧和氮氧化物等有害气体经排风管道穿过控制室排出放疗科楼外，机房内能保持良好的通风。 | 符合   |
|    | 标志和警示灯、可视警示语句、注意事项 | 6.4.4 机房门外应有 <b>电离辐射警告标志</b> ；机房门上方应有 <b>醒目的工作状态指示灯</b> ，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的 <b>可视警示语句</b> ；候诊区应设置 <b>放射防护注意事项告知栏</b> 。 | 项目拟在CT模拟定位机房防护门上设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，灯箱上设置可视警示语句，受检者候诊区设置放射防护注意事项告知栏。                         | 符合   |
| 5  | 自动闭门装置、门机、门灯联锁装置   | 6.4.5 平开机房门应有 <b>自动闭门装置</b> ；推拉式机房门应设有 <b>曝光时关闭机房门的管理措施</b> ；工作状态指示灯能与机房门 <b>有效关联</b> 。                                 | 机房设置受检者门为电动推拉门，工作人员门为手动平开门。工作人员门拟安装自动闭门装置，受检者门拟设置门机联锁装置，工作状态指示灯与机房门设置门                      | 符合   |

|   |      |   |                              |    |
|---|------|---|------------------------------|----|
|   |      |   | 灯连锁。                         |    |
| 6 | 防夹装置 | 6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。                       | 受检者门拟设置防夹装置。                 | 符合 |
| 7 | /    | 6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。 | 项目拟设置候诊区，位于机房外部。             | 符合 |
| 8 | /    | 6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。         | 项目 CT 模拟定位机房防护设施拟按照 CT 机房设置。 | 符合 |

## 10.2 “三废”的治理

### 10.2.1 医用电子直线加速器

#### (1) 废气

X 射线与空气发生电离作用会产生微量的臭氧和氮氧化物等有害气体，为减小臭氧和氮氧化物的危害，项目直线加速器机房设置小动力送排风装置，采用“全排全送”的送排风形式。直线加速器机房顶部天花板东侧设置送风口 2 个（500mm×400mm 的双层百叶风口）；机房西北角和西南角设置排风口 2 个（400mm×300mm 的单层百叶风口，间距 300mm）。送风口和排风口形成对角设置，送、排风管道在机房防护门上方墙体呈“Z”字型穿过屏蔽墙体，通过折叠设计，增加管道中的射线的散射次数。直线加速器机房产生的臭氧和氮氧化物等有害气体经排风管道引至放疗科屋面排放。排气口周围无门、窗或人流较大的过道。项目直线加速器机房体积约 424.2m<sup>3</sup>（含迷道），全热交换机额定风量为 2000m<sup>3</sup>/h，在不考虑排风功率损失的情况下，机房通风换气次数约为 4.7 次/h，因此，项目放疗机房送排风设计能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ198-2021）《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中通风换气次数应不小于 4 次/h 的要求。

#### (2) 固体废物

直线加速器产生的固体废物为加速器废金属靶，只有在需要更换金属靶时才产生（通常 1 个金属靶使用 7~10 年才更换），6MV 加速器废金属靶件不会活化，不作为放射性固废处理，由供应商更换后处置，不在项目地贮存。

工作人员产生的少量生活垃圾，经医院垃圾桶收集后定期由环卫部门清运。

### (3) 废水

直线加速器运行时，设备中内循环冷却水可能被活化而产生感生放射性，放射性核素主要为 $^{15}\text{O}$ 、 $^{16}\text{N}$ ，其半衰期都很短，只需放置较短的时间其活度就可以衰减至可忽略的水平，因此正常运行时被活化的水对人体的危害较小。另外，项目加速器冷却水封闭循环，不外排，不会对周围环境产生影响。后装治疗机运行过程中无放射性废水产生。

工作人员和部分病人产生的生活污水，依托院内污水处理站统一处理。

#### 10.2.2 CT 模拟定位机

CT 模拟定位机在开机并处于出束状态时，X 射线与空气作用产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，由于项目射线装置的管电压、管电流较小，产生的有害气体相对较少。项目 CT 模拟定位机房在屋顶天花板东侧设置有 2 个额定风量为  $280\text{m}^3/\text{h}$  的换气扇，机房内产生的少量臭氧和氮氧化物等有害气体通过排风管道穿过控制室墙体排出放疗科楼外，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求。

澄合矿务局中心医院放疗科核技术应用建设项目环境影响评价表（公示稿）

表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

项目拟在医院东南角建设放疗科，放疗科为单层独栋建筑。项目施工期对环境有影响的因素为施工噪声、施工扬尘、固体废弃物及废水，提出以下措施：

(1) 施工期间料堆采取防尘措施，清扫过程做到先洒水再清扫，固体废物及时清运，运输物料车采取覆盖等防止散落的措施。

(2) 施工现场的固定噪声和移动噪声诸如电钻、切割机、混凝土搅拌机等等应相对集中，尽量缩小噪声干扰范围，合理安排作业时间，限制夜间进行有强噪声污染的施工作业。

(3) 施工期间的生活污水、机械洗刷污水，应严格规定排放去向，严禁将施工泥浆排入下水道，以免引起排水不畅而导致周围积水内涝。生活污水依托医院污水处理站，处理达标后排入市政污水管网。

(4) 施工期间的建筑垃圾应在指定的地点堆放，并及时清运；废包装材料和生活垃圾产生量少，分类收集于垃圾桶，由环卫部门统一清运。

由于施工期短，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，并且该影响随着施工期的结束而消除。

本项目设备的安装、调试由设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在门上粘贴电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。由于设备的安装调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

### 11.2 运行阶段环境影响分析

#### 11.2.1 电子直线加速器

##### (1) 主屏蔽墙宽度核算

##### ① 核算公式

主屏蔽墙宽度核算公式（引用 GBZ/T201.1-2007）如下：

$$Y_p=2[(a+SAD) \tan\theta+0.3] \quad (11-1)$$

式中：

$Y_p$  ——机房有用射线束主屏蔽墙的宽度，m；

$SAD$  ——源轴距，m，项目取 1m；

$\theta$  ——治疗束的最大张角（相对束中的轴线）。拟配置的加速器治疗束最大张角为  $28^\circ$ ， $\theta=14^\circ$ 。

$a$  ——等中心点至“墙”的距离，m。当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽区相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽区向机房外凸时，“墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

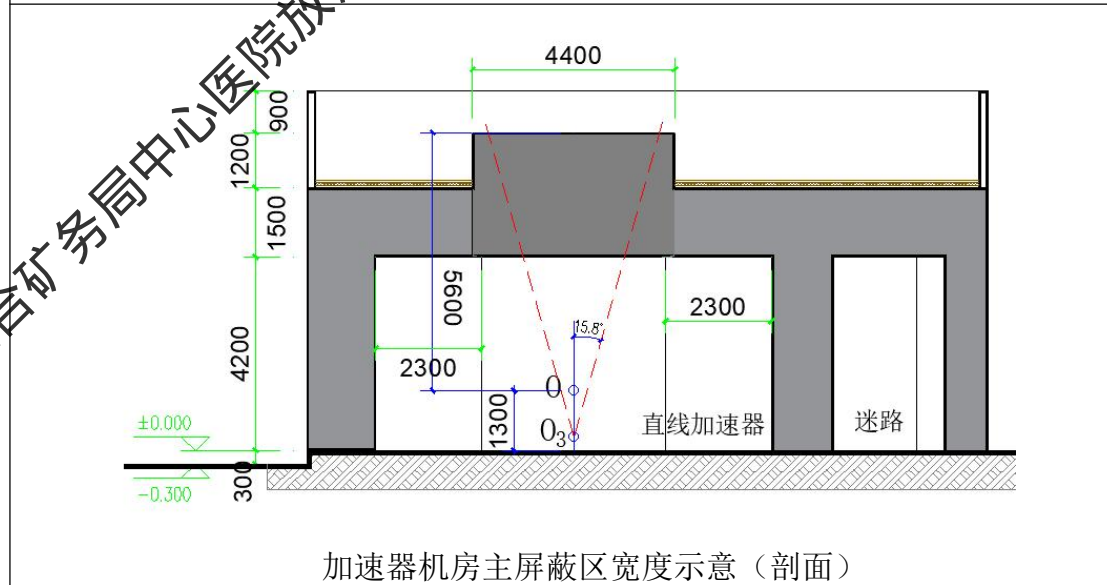
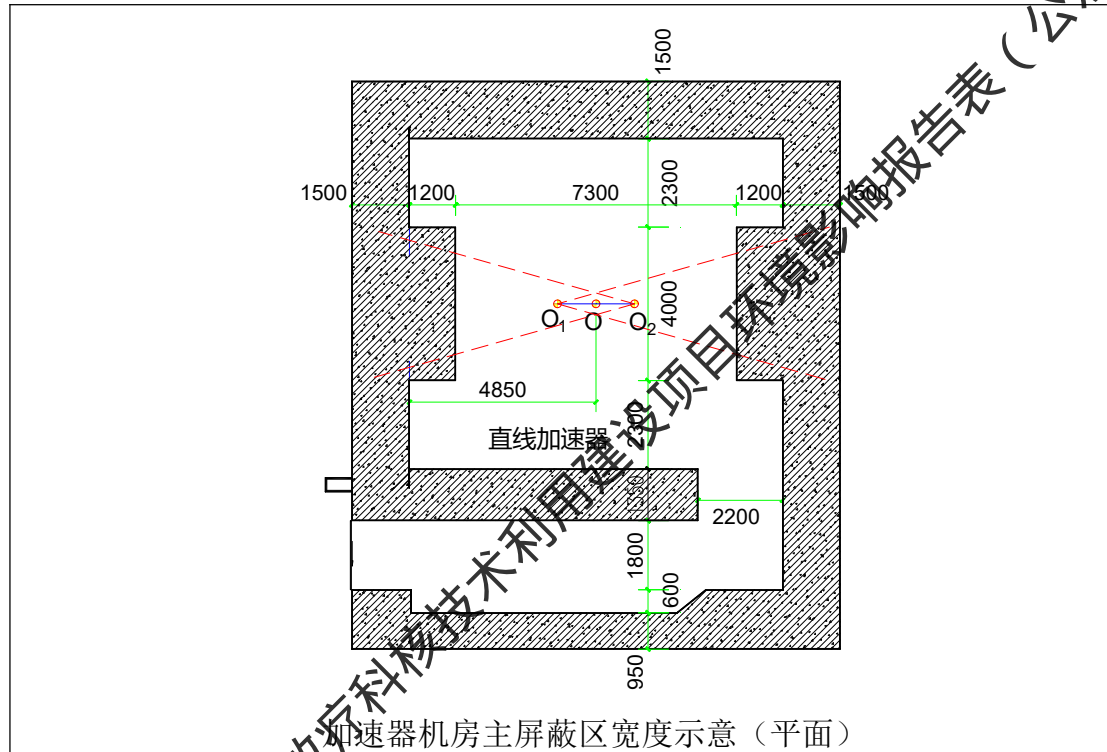


图 11-1 加速器机房主屏蔽区宽度示意图



② 核算结果

按照公式 11-1，直线加速器机房主屏蔽区的宽度核算结果详见表 11-1。

表 11-1 加速器机房主屏蔽墙的宽度核算结果一览表

| 机房    | 主屏蔽区位置 | 主屏蔽区类型 | 等中心点至“墙”的距离 (mm) | 核算宽度(mm) | 设计宽度 (mm) | 评价 |
|-------|--------|--------|------------------|----------|-----------|----|
| 直线加速器 | 东墙主屏蔽区 | 内凸     | 4850             | 3517.1   | 4000      | 符合 |
|       | 西墙主屏蔽区 | 内凸     | 4850             | 3517.1   | 4000      | 符合 |
|       | 屋顶主屏蔽区 | 外凸     | 5600             | 3891.1   | 4400      | 符合 |

根据表 11-1 可知，直线加速器机房主屏蔽区设计宽度均满足有用射线束屏蔽宽度要求。

(2) 机房防护墙体 X 射线防护能力分析

① 关注点的选取

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) 的要求，在本项目直线加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在直线加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定加速器最大功率运行并针对关注点最不利情况对机房进行辐射屏蔽核算。

直线加速器机房 X 射线辐射影响分析关注点设定情况见表 11-2 和图 11-2。

表 11-2 机房计算关注点和辐射线路

| 屏蔽体          | 关注点                            | 屏蔽类型               | 辐射线路   | 距离 (mm) |
|--------------|--------------------------------|--------------------|--|---------|
| 北墙           | e                              | 侧屏蔽墙，泄漏辐射          | O-e  | 6100    |
| 南墙<br>(迷路外墙) | f                              | 侧屏蔽墙，泄漏辐射          | O-f  | 9300    |
|              | k                              | 侧屏蔽墙，泄漏辐射          | O <sub>2</sub> -k  | 9940    |
| 东墙           | b                              | 主屏蔽区，有用线束          | O <sub>1</sub> -b  | 7650    |
|              | d <sub>1</sub> /d <sub>2</sub> | 次屏蔽区，患者散射辐射和加速器泄漏辐 | O <sub>1</sub> -O-d <sub>1</sub> /d <sub>2</sub><br>O-d <sub>1</sub> /d <sub>2</sub> | 7541    |
| 西墙           | a                              | 主屏蔽区，有用线束          | O <sub>2</sub> -a  | 7650    |
|              | c <sub>1</sub> /c <sub>2</sub> | 次屏蔽区，患者散射辐射和加速器泄漏辐 | O <sub>2</sub> -O-c <sub>1</sub> /c <sub>2</sub><br>O-c <sub>1</sub> /c <sub>2</sub> | 7541    |
| 屋顶           | l                              | 主屏蔽区，有用线束          | O-l  | 6900    |
|              | m <sub>1</sub> /m <sub>2</sub> | 次屏蔽区，患者散射辐射和加速器泄漏辐 | O <sub>3</sub> -O-m <sub>1</sub> /m <sub>2</sub><br>O-m <sub>1</sub> /m <sub>2</sub> | 5398    |

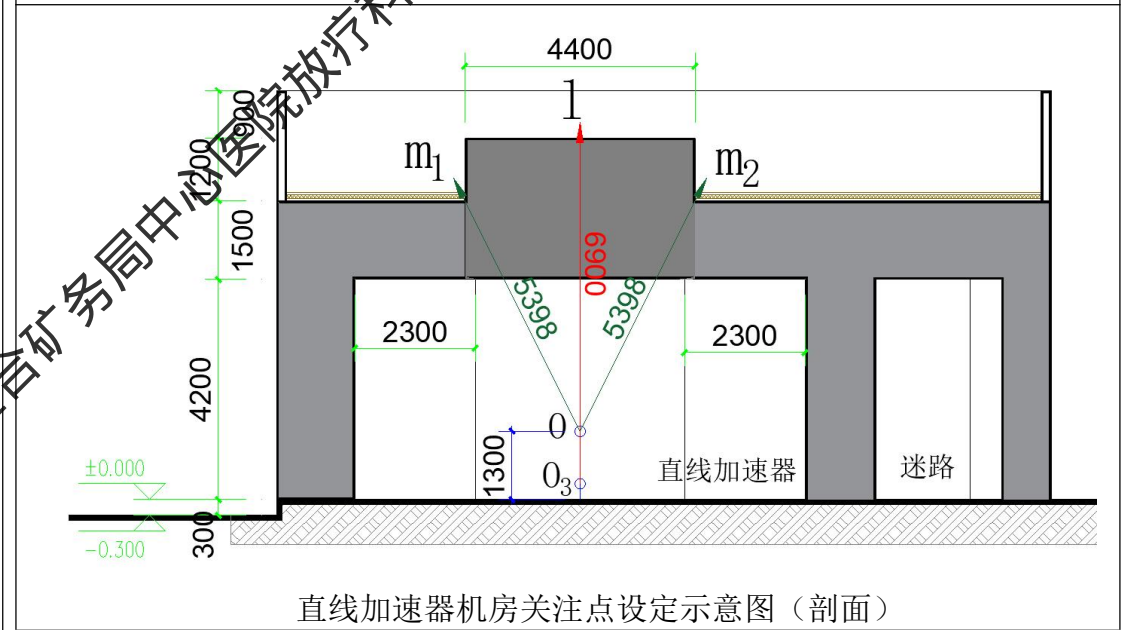
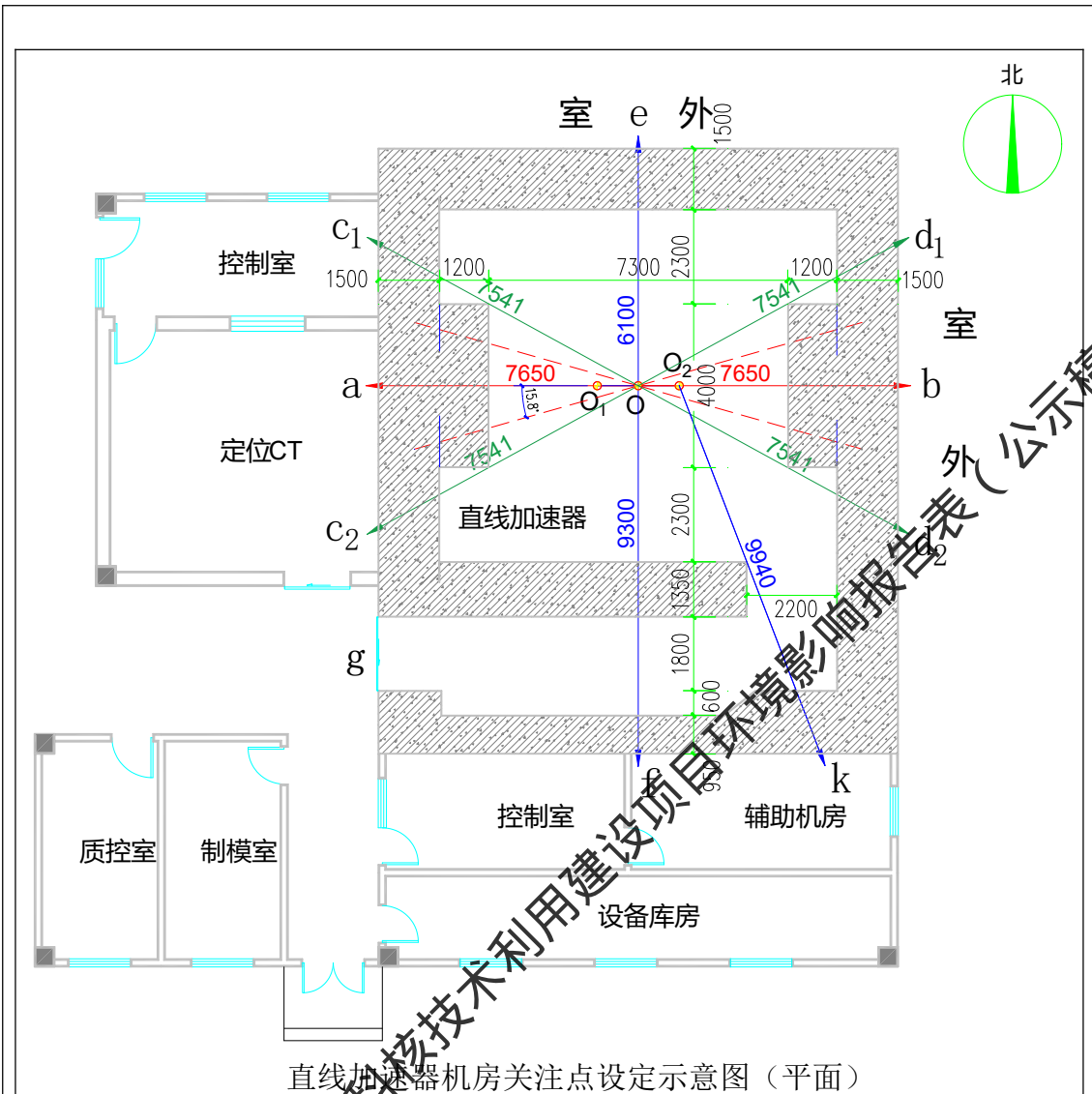


图 11-2 直线加速器机房关注点设定示意图

②关注点的剂量率参考控制水平

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点使用因子和居留因子, 根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)6.1.4, 由以下周剂量参考控制水平( $H_c$ )

求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ :

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

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

b) 按照关注点人员居留因子(T)的不同, 分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ 按以下情况取值:

人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所: 最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ;

人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所: 最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max} \leq 10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

c) 取 a)、b) 中较小者作为关注的剂量率参考控制水平( $\dot{H}_c$ )。

◆根据 GBZ/T201.2-2011 附录 A.2, 单一有用线束在关注点的导出剂量率控制水平按公式 11-2 计算。

$$\dot{H}_{c,d} = H_c \cdot t \cdot U \cdot T \quad (11-2)$$

式中:

$H_c$ —周参考剂量控制水平,  $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ;

$t$ —治疗装置周治疗照射时间, 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, 居留因子取值参考 HJ1198-2021 附录 A 表 A.1。

◆根据 GBZ/T201.2-2011 附录 A.2, 单一泄漏辐射在关注点的导出剂量率控制水平按公式 11-3 计算。

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot N \cdot T) \quad (11-3)$$

式中:

$H_c$ —周参考剂量控制水平,  $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ;

$t$ —治疗装置周治疗照射时间, h;

N—调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子，通常 N=5；

t—治疗装置周治疗照射时间，h；

◆对于与主屏蔽直接相连的次屏蔽区，属于复合辐射，根据（GBZ/T 201.2-2011）中附录 A2.2 复合辐射，需考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者散射辐射。以关注点最高剂量率参考控制水平的一半  $\dot{H}_{c,max}/2$  估算屏蔽患者散射辐射所需要的屏蔽厚度，将式11-7中  $H_c$  以  $0.5H_c$  代替来估算屏蔽泄漏辐射所需要的屏蔽厚度，选取屏蔽厚度较厚者作为该关注点的屏蔽设计。

项目拟配置的加速器 X 线最大能量为 6MV，等中心处最大剂量率为 400cGy/min；预计每台加速器日诊疗人数 20 人，周工作时间为 30h，平均每人治疗剂量为 4.5Gy（照射 1~4 个野次），常规放射治疗下周工作负荷为 450Gy/周，则周治疗照射时间  $t=W/D_0=200/4=112.5\text{min}=1.875\text{h}$ ；调强放射治疗中，对有用线束和有用线束散射辐射，对泄漏辐射，周工作负荷为 2250Gy/周（当调强因子 N=5 时），调强下的工作时间  $N \cdot t=9.375\text{h}$ ，X 射线的泄漏率  $\leq 0.1\%$ 。

机房外关注点剂量率参考控制水平见表 11-13。

表 11-3 关注点剂量率参考控制水平一览表

| 关注点位置  | 射线类型   | 照射时间 t | 使用因子 U | 调强因子 N | 居留因子 T | $H_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ) | $\dot{H}_{c,d}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) | $\dot{H}_{c,max}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) | 最终取值 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------------|---|---|----------------------------------|
|  |        |        |        |        |        |                                   | 计算值   |   |                                  |
| 北墙外 30cm 处（室外）e                              | 泄漏辐射   | 1.875  | /      | 5      | 1/40   | 5                                 | 21.3  | 10  | 10                               |
| 南墙外 30cm 处（辅助机房控制室）f                         | 泄漏辐射   | 1.875  | /      | 5      | 1*     | 100                               | 10.7  | 2.5   | 2.5                              |
| 南墙外 30cm 处（辅助机房）k                            | 泄漏辐射   | 1.875  | /      | 5      | 1/20   | 5                                 | 10.7  | 10  | 10                               |
| 东墙外 30cm 处（室外）b                              | 有用线束   | 1.875  | 1/4    | /      | 1/40   | 5                                 | 426.7                                       | 10  | 10                               |
| 东墙外 30cm 处（室外）d <sub>1</sub> /d <sub>2</sub> | 患者一次散射 | 1.875  | /      | /      | 1/40   | 5/2                               | 53.3  | 10/2  | 5                                |
|  | 泄漏辐射   | 1.875  | /      | 5      | 1/40   | 5/2                               | 10.7  | 10/2  | 5                                |
| 西墙外 30cm 处（CT 模拟定位机房）a                       | 有用线束   | 1.875  | 1/4    | /      | 1/2    | 5                                 | 21.3  | 10  | 10                               |

|                                |        |       |     |   |      |     |       |       |      |
|--------------------------------|--------|-------|-----|---|------|-----|-------|-------|------|
| 西墙外 30cm 处 (CT 模拟定位机控制室) $c_1$ | 患者一次散射 | 1.875 | /   | / | 1    | 5/2 | 1.33  | 2.5/2 | 1.25 |
|                                | 泄漏辐射   | 1.875 | /   | 5 | 1    | 5/2 | 0.27  | 2.5/2 | 0.27 |
| 西墙外 30cm 处 (CT 模拟定位机房) $c_2$   | 患者一次散射 | 1.875 | /   | / | 1/2  | 5/2 | 2.67  | 10/2  | 2.67 |
|                                | 泄漏辐射   | 1.875 | /   | 5 | 1/2  | 5/2 | 0.53  | 10/2  | 0.53 |
| 屋顶上方 30cm 处 $l$                | 有用线束   | 1.875 | 1/4 | / | 1/20 | 5   | 213.3 | 10    | 10   |
| 屋顶次屏蔽区 30cm 处 $m_1/m_2$        | 患者一次散射 | 1.875 | /   | / | 1/20 | 5/2 | 26.7  | 10/2  | 5    |
|                                | 泄漏辐射   | 1.875 | /   | 5 | 1/20 | 5/2 | 5.3   | 10/2  | 4.3  |
| 防护门外 30cm 处 $g$                | 散射、泄漏  | 1.875 | /   | 5 | 1/8  | 5   | 4.3   |       | 4.3  |
| * 南墙外按控制室居留因子取 1。              |        |       |     |   |      |     |       |       |      |

### ③ 机房屏蔽墙体厚度核算

主屏蔽区仅考虑有用线束，侧屏蔽墙仅考虑泄漏辐射，计算结果与设计厚度进行比较，分析是否满足屏蔽厚度要求。与主屏蔽区相连的次屏蔽区需考虑泄漏辐射和患者一次散射辐射的复合作用，分别计算其所需屏蔽厚度，取较厚者。

有用线束和泄漏辐射屏蔽所需要的透射因子  $B$  按公式 (11-4) 计算，散射辐射的透射因子按式 (11-5) 进行计算，再按公式 (11-6) 估算所需要的有效屏蔽厚度  $X_e(\text{cm})$ ，然后按照公式 (11-7) 获得屏蔽厚度。

$$B = \frac{\dot{H}_c}{f} \quad (11-4)$$

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)} \quad (11-5)$$

$$X_e = TVL \cdot \lg B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad (11-6)$$

$$X = X_e \cdot \cos \theta \quad (11-7)$$

式中：

$B$ —屏蔽透射因子；

$\dot{H}_c$ —剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的最高剂量

率，项目拟采用的 6MV 电子直线加速器常用的最高剂量率为 400cGy/min，即  $2.4 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

$R$ —辐射源点至关注点的距离，m；

$f$ —对有用束为 1，对  $90^\circ$  泄漏辐射为 0.001；

$R_s$ —患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

$\alpha_{ph}$ —与 X 射线的 MV 值及散射角有关，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， $\text{cm}^2$ 。项目治疗最大照射野为  $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ ，则  $F$  取值  $1600\text{cm}^2$ ；

$\theta$ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

$TVL_1$ 、 $TVL$ —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层；根据 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.1 和表 B.4 取值；

$X_e$ —有效屏蔽厚度，cm；

$X$ —墙体屏蔽厚度，cm。

加速器机房计算参属见表 11-4，将相关参数代入公式计算，结果见表 11-5。

表 11-4 加速器机房计算参数取值

| 计算参数               | 取值说明  |
|--------------------|---|
| $\dot{H}_0$        | 等中心处最大剂量率 400cGy/min， $2.4 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ 。                              |
| $\dot{H}_c$        | 剂量限值，按表 11-3 取值。  |
| $R/R_s$            | 根据建设单位提供的机房平面设计图取值，见表 11-2。   |
| $f$                | 对有用束为 1，对 $90^\circ$ 泄漏辐射为 0.001  |
| $\alpha_{ph}$      | 散射角 $30^\circ$ 时， $2.77 \times 10^{-3}$   |
| $F$                | $1600\text{cm}^2$   |
| $TVL_1$ 、<br>$TVL$ | 对 6MV 加速器，有用线束 $TVL_1=37\text{cm}$ ， $TVL=33\text{cm}$ 。  |
|                    | 对 6MV 加速器， $90^\circ$ 泄漏辐射 $TVL_1=34\text{cm}$ ， $TVL=29\text{cm}$ 。  |
|                    | 对 6MV 加速器，患者散射辐射 $TVL=26\text{cm}$ （东西侧墙患者散射角 $28.7^\circ$ ，屋顶次屏蔽区患者散射角 $26.6^\circ$ ，取 $30^\circ$ 散射角的 TVL）。 |

表 11-5 加速器治疗模式下机房四周墙体屏蔽厚度核算

| 关注点位置                                  | 距离 (mm) | $\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv/h}$ ) | $\dot{H}_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ ) | B                     | 计算厚度 (砼, cm) |       | 设计厚度 (砼, cm)                  | 结论 |
|--|---------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------|-------|-------------------------------|----|
| 北墙 e (室外)                              | 6100    | 10                               | $2.4 \times 10^8$                | $1.55 \times 10^{-3}$ | 86.5         |       | 150                           | 满足 |
| 南墙 f (按控制室考虑)                          | 9300    | 2.5                              | $2.4 \times 10^8$                | $9.01 \times 10^{-4}$ | 93.3         |       | 230<br>(迷路内墙 135+<br>迷路外墙 95) | 满足 |
| 南墙 k (辅助机房)                            | 9940    | 10                               | $2.4 \times 10^8$                | $4.12 \times 10^{-3}$ | 74.2         |       | 155                           | 满足 |
| 东墙 b (室外)                              | 7650    | 10                               | $2.4 \times 10^8$                | $2.44 \times 10^{-6}$ | 189.2        |       | 270                           | 满足 |
| 东墙 d <sub>1</sub> /d <sub>2</sub> (室外) | 7541    | 5(散射)                            | $2.4 \times 10^8$                | $1.07 \times 10^{-4}$ | 90.6         | 90.6  | 150                           | 满足 |
|  |         | 5(泄漏)                            |                                  | $1.18 \times 10^{-3}$ | 78.8         |       |                               |    |
| 西墙 a (CT 模拟定位机房)                       | 7650    | 10                               | $2.4 \times 10^8$                | $2.44 \times 10^{-6}$ | 189.2        |       | 270                           | 满足 |
| 西墙 c <sub>1</sub> (CT 模拟定位机控制室)        | 7541    | 1.25(散射)                         | $2.4 \times 10^8$                | $2.67 \times 10^{-5}$ | 104.3        | 111.1 | 150                           | 满足 |
|  |         | 0.27(泄漏)                         |                                  | $6.40 \times 10^{-5}$ | 111.1        |       |                               |    |
| 西墙 c <sub>2</sub> (CT 模拟定位机房)          | 7541    | 2.67(散射)                         | $2.4 \times 10^8$                | $5.71 \times 10^{-5}$ | 96.8         | 103.6 | 150                           | 满足 |
|  |         | 0.53(泄漏)                         | $2.4 \times 10^8$                | $1.23 \times 10^{-4}$ | 103.6        |       |                               | 满足 |
| 屋顶 1                                   | 6900    | 10                               | $2.4 \times 10^8$                | $1.98 \times 10^{-6}$ | 192.2        |       | 270                           | 满足 |
| 屋顶 m <sub>1</sub> /m <sub>2</sub>      | 5398    | 5(散射)                            | $2.4 \times 10^8$                | $5.48 \times 10^{-5}$ | 99.1         | 99.1  | 150                           | 满足 |
|  |         | 5(泄漏)                            |                                  | $6.07 \times 10^{-4}$ | 87.9         |       |                               |    |

④ 机房屏蔽墙体辐射剂量率

根据机房屏蔽墙体的设计厚度,首先按式(11-8)估算有效厚度,再按式(11-9)估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B;有用线束或泄漏辐射在关注点处的剂量率按式(11-10)计算;患者一次散射辐射在关注点处的剂量率按式(11-11)计算。

$$X_e = X \cdot \sec\theta \quad (11-8)$$

$$B = 10^{-(X_e + \text{TVL} - \text{TVL}_1) / \text{TVL}} \quad (11-9)$$

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (11-10)$$

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \quad (11-11)$$

式中:

$\theta$ —斜射角,即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角。

$TVL_1$ 、 $TVL$ —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层；

$\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的最高剂量率；

$R$ —辐射源点至关注点的距离，m；

$B$ —屏蔽透射因子；

$f$ —对有用束为 1，对  $90^\circ$  泄漏辐射为 0.001。

$\alpha_{ph}$ —与 X 射线的 MV 值及散射角有关，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；

$R_s$ —患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

$F$ —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， $\text{cm}^2$ 。加速器治疗最大照射野为  $40\text{cm}\times 40\text{cm}$ ，则  $F$  取值  $1600\text{cm}^2$ 。

加速器机房计算参数取值见表 11-4，将相关参数代入公式进行计算，项目机房屏蔽墙体外周围剂量当量率结果详见表 11-6。

澄合矿务局中心医院放疗科核技术应用建设项目环境影响报告表（公示稿）



表 11-6 加速器机房屏蔽墙体周围剂量当量率估算结果

| 参考点                                    | 墙体厚度 (cm) | $\theta$ (°) | 有效厚度 (cm) | 透射因子 B   | 距离 (m) | f     | $\alpha_{ph}$                     | 关注点剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )            | 控制值 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 结论 |
|--|-----------|--------------|-----------|--|--------|-------|-----------------------------------|--|--------------------------|----|
| 北墙 e (室外)                              | 150       | 0            | 150       | $1.00 \times 10^{-5}$                                  | 6.1    | 0.001 | /                                 | 0.0645                                 | 10                       | 满足 |
| 南墙 f (按控制室考虑)                          | 230       | 0            | 230       | $1.74 \times 10^{-8}$                                  | 9.3    | 0.001 | /                                 | $4.84 \times 10^{-5}$                  | 2.5                      | 满足 |
| 南墙 k (辅助机房)                            | 155       | 0            | 155       | $6.72 \times 10^{-6}$                                  | 9.94   | 0.001 | /                                 | 0.0163                                 | 10                       | 满足 |
| 东墙 b (室外)                              | 270       | 0            | 270       | $8.70 \times 10^{-9}$                                  | 7.65   | 1     | /                                 | 0.0357                                 | 10                       | 满足 |
| 东墙 d <sub>1</sub> /d <sub>2</sub> (室外) | 150       | 28.7         | 171       | 散射: $2.65 \times 10^{-7}$<br>泄漏: $1.89 \times 10^{-6}$ | 7.541  | 0.001 | $2.77 \times 10^{-3}$<br>(接近 30°) | 散射: 0.0124<br>泄漏: 0.0080<br>合计: 0.0204 | 10                       | 满足 |
| 西墙 a (CT 模拟定位机房)                       | 270       | 0            | 270       | $8.70 \times 10^{-9}$                                  | 7.65   | 1     | /                                 | 0.0357                                 | 10                       | 满足 |
| 西墙 c <sub>1</sub> (CT 模拟定位机控制室)        | 150       | 28.7         | 171       | 散射: $2.65 \times 10^{-7}$<br>泄漏: $1.89 \times 10^{-6}$ | 7.541  | 0.001 | $2.77 \times 10^{-3}$<br>(接近 30°) | 散射: 0.0124<br>泄漏: 0.0080<br>合计: 0.0204 | 1.52                     | 满足 |
| 西墙 c <sub>2</sub> (CT 模拟定位机房)          | 150       | 28.7         | 171       | 散射: $2.65 \times 10^{-7}$<br>泄漏: $1.89 \times 10^{-6}$ | 7.541  | 0.001 | $2.77 \times 10^{-3}$<br>(接近 30°) | 散射: 0.0124<br>泄漏: 0.0080<br>合计: 0.0204 | 3.2                      | 满足 |
| 屋顶 1                                   | 270       | 0            | 270       | $8.70 \times 10^{-9}$                                  | 6.9    | 1     | /                                 | 0.0438                                 | 10                       | 满足 |
| 屋顶 m <sub>1</sub> /m <sub>2</sub>      | 150       | 26.6         | 169       | 散射: $3.46 \times 10^{-7}$<br>泄漏: $2.40 \times 10^{-6}$ | 5.398  | 0.001 | $2.77 \times 10^{-3}$<br>(接近 30°) | 散射: 0.0315<br>泄漏: 0.0197<br>合计: 0.0512 | 10                       | 满足 |

### (3) 机房防护门 X 射线防护能力分析

项目直线加速器有用线束不向迷路内墙照射，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)中4.3.2.5.1，有用线束不向迷路内墙照射时，迷路入口处的辐射剂量率考虑如下：

a、迷路入口 g 点包括下列辐射：

1) 人体受有用线束照射时，散射至 i 点的辐射并再次受到墙的二次散射至 g 处的辐射 ( $O_1-O-i-g$ )；

2) 至 i 点的泄漏辐射受墙散射至 g 处的辐射 ( $O_1-i-g$ )；

3) 有用线束穿出人体达到位置 h，受主屏蔽墙的散射至 n 处迷路外墙再次散射，到达 g 处的辐射 ( $O_1-h-n-g$ )。

在估算 g 处的辐射剂量率时，以加速器向 b 方向水平照射时的  $I_0$  项为上述三项之和的近似估计，通常可忽略 2)、3) 项。

b、g 处还需核算泄漏辐射（以偏离 O 的位置  $O_1$  为中心）经迷路内墙屏蔽后在迷路入口 g 处的辐射剂量 ( $O_1-g$ )。核算结果应为 g 处的参考控制水平的一个分数（一般小于 1/4）。若此辐射剂量值较高，应增加迷路内墙的屏蔽厚度。

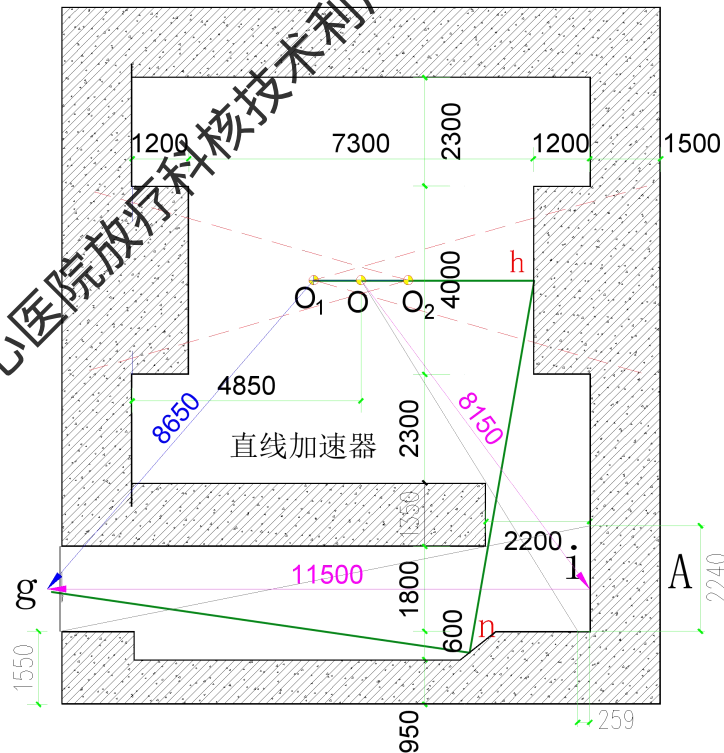


图 11-4 防护门处 g 点的辐射路径示意图

1) 患者散射至 i 点再受墙散射至 g 处 ( $O_1-O-i-g$ )

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot \dot{H}_0 \quad (11-12)$$

式中：

$\dot{H}_g$ —g 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\alpha_{ph}$ —患者  $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子，项目患者散射取  $45^\circ$  散射因子  $1.39 \times 10^{-3}$ （6MV）；

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， $1600\text{cm}^2$ ；

$\alpha_2$ —砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，参照 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.6，取入射角  $45^\circ$ 、散射角  $0^\circ$ 、 $1\text{m}^2$  散射面积、0.5MeV 栏的散射因子，即  $\alpha_2 = 22 \times 10^{-3}$ ；

A—一次散射的散射面积， $10.5\text{m}^2$ （注：包括患者受有用线束照射散射至迷路外墙  $0.26\text{m}$  和散射至东墙  $2.24\text{m}$ ，机房高度  $4.2\text{m}$ ，散射面积为  $(2.24+0.26) \times 4.2 = 10.5\text{m}^2$ ）；

$\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶  $1\text{m}$  处的最高剂量率，项目拟采用的 6MV 电子直线加速器常用的最高剂量率为  $400\text{cGy/min}$ ，即  $2.4 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

$R_1$ —等中心点到一次散射的距离， $8.15\text{m}$ （O-i）；

$R_2$ —一次散射到迷路口的距离  $11.5\text{m}$ （i-g）。

经计算，患者散射至计算点 g 点的辐射剂量率（O<sub>1</sub>-O-i-g）为  **$35.09 \mu\text{Sv/h}$** ；

2) 漏射辐射经迷路内墙屏蔽后在迷路入口 g 处的辐射剂量（O<sub>1</sub>-g）

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (11-13)$$

式

$\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶  $1\text{m}$  处的最高剂量率，项目拟采用的 6MV 电子直线加速器常用的最高剂量率为  $400\text{cGy/min}$ ，即  $2.4 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

R—辐射源点至关注点的距离， $8.65\text{m}$ ；

B—屏蔽透射因子；迷路内墙次屏蔽区有效厚度为  $1783\text{mm}$ ，6MV 直线加速器泄漏辐射在混凝土值层为  $\text{TVL}_1 = 34\text{cm}$ ， $\text{TVL} = 29\text{cm}$ ；迷路内墙对泄漏射线的屏蔽透射因子 B 为  $1.06 \times 10^{-6}$ ；

f—对 90°泄漏辐射为 0.001。

计算得泄漏经迷路内墙屏蔽后对 g 点的贡献值为 **0.0034μSv/h**，小于 g 点参考控制水平的 1/4 ( $9.6\mu\text{Sv/h} \times 1/4 = 2.4\mu\text{Sv/h}$ )。

### 3) 防护门屏蔽厚度核算

①机房防护门需要的屏蔽透射因子按照公式 (11-14) 计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c - \dot{H}_{og}}{\dot{H}_g} \quad (11-14)$$

式中：

$\dot{H}_c$ —防护门外辐射剂量率控制水平，项目取值  $9.6\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_{og}$ —泄漏辐射经穿过迷路内墙在 g 点的剂量率，经计算为  $0.0034\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_g$ —g 点的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。经计算为  **$35.09\mu\text{Sv/h}$** 。

由公式 11-14 计算得机房防护门所需的铅屏透射因子 B 为 **0.2735**，迷路入口 g 点散射辐射能量约为 0.2MeV，铅的 TVL 为 5mm，相应 B=0.2735 的铅厚度(X)为： $X = \text{TVL} \cdot \log B^{-1} = 2.82\text{mm}$ 。

评价认为当加速器机房防护门防护能力达到 2.82mmPb 时，可以满足 X 射线屏蔽要求。根据医院提供的防护方案，机房防护门为 11mmPb，能够满足计算所得铅屏蔽厚度。

### ②防护门外辐射剂量率

在给定防护门的铅屏蔽厚度 X 时，防护门外的辐射剂量率按公式 11-15 计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/\text{TVL})} + \dot{H}_{og} \quad (11-15)$$

其中：

$\dot{H}_g$ —g 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，经计算为  $35.09\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_{og}$ —泄漏辐射经穿过迷路内墙在 g 点的剂量率，经计算为  $0.0034\mu\text{Sv/h}$ 。

式中 TVL=5mm (铅)，机房防护门为 11mmPb，经计算防护门外 30cm 处的剂量率为  $\dot{H} = 35.09 \times 10^{-(11/5)} + 0.0034 = 0.2248\mu\text{Sv/h}$ 。

由上述计算结果可知，直线加速器机房屏蔽墙体和防护门外各关注点处剂量率均满足各自剂量率参考控制水平，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ

1198-2021)、《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)和《放射治疗机房的辐射屏蔽规范-第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)相关要求。

#### (4) 个人剂量估算

辐射工作人员与公众所照射的辐射年剂量按下式计算:

$$H = t \cdot T \cdot \dot{H} \cdot U \times 10^{-3} \quad (11-16)$$

式中:

H—辐射工作人员与公众受照射的辐射年剂量, mSv/a;

t—受照射时间(h), 全年按 208.3 h 计;

T—居留因子, 参照 HJ1198-2021 附录 A 表 A.1 取值;

$\dot{H}$ —关注点的周围剂量当量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

U—使用因子。

本次评价按照最不利情况估算年受照剂量, 计算结果见表 11-7。

表 11-7 直线加速器辐射工作人员及公众年受照剂量估算结果

| 关注点                               | 最大辐射剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 年工作<br>时间t(h) | 居留<br>因子T | 使用因<br>子U | 年受照剂量<br>(mSv)        |                       | 约束限值<br>(mSv/a) |
|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|-----------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| 北墙 e (室外)                         | 0.0645                      | 468.75        | 1/40      | 1         | $7.56 \times 10^{-4}$ |                       | 0.1             |
| 南墙 f (按控制室考虑)                     | $4.84 \times 10^{-5}$       | 468.75        | 1         | 1         | $2.27 \times 10^{-5}$ |                       | 5               |
| 南墙 k (辅助机房)                       | $9.163 \times 10^{-5}$      | 468.75        | 1/20      | 1         | $3.82 \times 10^{-4}$ |                       | 0.1             |
| 东墙 b (室外)                         | 0.0357                      | 93.75         | 1/40      | 1/4       | $2.09 \times 10^{-5}$ |                       | 0.1             |
| 东墙 d (室外)                         | 散射 0.0124                   | 93.75         | 1/40      | 1         | $2.91 \times 10^{-5}$ | $1.23 \times 10^{-4}$ | 0.1             |
|                                   | 泄漏 0.0080                   | 468.75        | 1/40      | 1         | $9.38 \times 10^{-5}$ |                       |                 |
| 西墙 c <sub>1</sub> (CT 模拟定位机控制室)   | 散射 0.0124                   | 93.75         | 1         | 1         | $1.16 \times 10^{-3}$ | $4.91 \times 10^{-3}$ | 5               |
|                                   | 泄漏 0.0080                   | 468.75        | 1         | 1         | $3.75 \times 10^{-3}$ |                       |                 |
| 屋顶 l                              | 0.0438                      | 93.75         | 1/20      | 1/4       | $5.13 \times 10^{-5}$ |                       | 0.1             |
| 屋顶 m <sub>1</sub> /m <sub>2</sub> | 散射 0.0315                   | 93.75         | 1/20      | 1         | $1.48 \times 10^{-4}$ | $6.10 \times 10^{-4}$ | 0.1             |
|                                   | 泄漏 0.0197                   | 468.75        | 1/20      | 1         | $4.62 \times 10^{-4}$ |                       |                 |
| 防护门外 g                            | 0.2248                      | 93.75         | 1/8       | 1         | $2.63 \times 10^{-3}$ |                       | 0.1             |

根据表 11-7 可知，加速器放射工作人员及机房周围公众年受照剂量均低于项目剂量约束值（工作人员不超过 5mSv/a，公众人员不超过 0.1mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关要求。

本次对直线加速器机房四周关注点的年有效剂量均进行了计算，对于表 7-1 中所列其他环境保护目标，由于距本项目的距离更远，考虑射线源随距离的平方成反比衰减关系和其他功能房间屏蔽体的阻隔，人员停留位置处剂量率将更低，因此，其他环境保护目标处受照射剂量均低于 0.1mSv。因此本项目直线加速器投入使用后对评价范围内环境保护目标环境的影响满足评价标准要求。

### （5）非放射废气影响分析

#### ①臭氧

依据《辐射所致臭氧的估算与分析》（中华放射医学与防护杂志 VoL14, 2, P101, 1994）及《辐射防护手册》中的公式，估算辐射所致臭氧的产额和浓度。

##### 1) 有用线束的臭氧产额

有用射线束所致的臭氧产额计算公式如下

$$P_1=2.43D_0(1-\cos\theta)RG \quad (11-17)$$

式中：

$P_1$ —有用线束的臭氧产额，mg/h；

$D_0$ —辐射有用线束在距 1m 处的输出量，Gy/min，项目取 4Gy/min；

$R$ —射线束中心点到屏蔽物(墙)的距离，m，电子直线加速器机房取 3.65m；

$G$ —空气吸收 100eV 辐射能量产生的臭氧分子数，文献估算时取值为 10；

$\theta$ —有用束的半张角，项目取+14° 或-14°。

##### 2) 泄漏辐射的臭氧产额

将泄漏辐射看成为  $4\pi$  方向均匀分布的点源（包括有用束区限定的空间区），并考虑加速器机房墙壁的散射线使室内的  $O_3$  产额增加 10%， $O_3$  的产额  $P_2$ (mg/h)

计算公式如下：

$$P_2=3.32\times 10^{-3}D_0GV^{1/3} \quad (11-18)$$

式中：

$P_2$ —泄漏辐射的臭氧的产额；

$D_0$ —辐射有用线束在距 1m 处的输出量，Gy/min，项目取 4Gy/min；

G—空气吸收 100eV 辐射能量产生的臭氧分子数，文献估算时取值为 10；  
V—加速器治疗机房容积（含迷道），项目电子直线加速器机房取值均为 424.2m<sup>3</sup>。

经计算，直线加速器机房有用线束的臭氧产额为 P<sub>1</sub>=10.54mg/h，泄漏辐射的臭氧产额 P<sub>2</sub>=1.0mg/h，则臭氧产额合计为 11.54mg/h。

### 3) 臭氧浓度

项目机房内产生的臭氧一部分由动力排风装置排到室外，另一部分自然分解。如果照射时间很长（t<<T），则机房内臭氧的平均浓度估算公式如下：

$$Q = \frac{Q_0 t}{V} \quad (11-19)$$

式中：

Q—加速器治疗室内 O<sub>3</sub> 平衡浓度，mg/m<sup>3</sup>；

Q<sub>0</sub>—O<sub>3</sub> 的化学产额，mg/h，经上文计算，直线加速器臭氧产额为 11.54mg/h；

t—照射时间，h；

V—治疗室体积，m<sup>3</sup>；

有效清洗时间 T 由下式计算：

$$T = \frac{T_v \cdot T_d}{T_v + T_d} \quad \dots (11-20)$$

式中：

T<sub>d</sub>—臭氧的有效分解时间，取 0.83h；

T<sub>v</sub>—换气一次所需时间，按照 HJ1198-2021，通风换气次数应不小于 4 次/h，项目加速器机房容积（含迷路）均为 424.2m<sup>3</sup>，排风机额定通风量为 2000m<sup>3</sup>/h，则 T<sub>v</sub> 约为 0.21h/次。经计算，有效清除时间 T 为 0.17h。

加速器单次治疗时间 t=2Gy÷4Gy/min=0.5min=8.3×10<sup>-3</sup>h，小于有效清除时间，代入公式（11-19）Q=Q<sub>0</sub>t/V 计算出电子直线加速器机房在正常排风时的臭氧浓度为 2.26×10<sup>-4</sup>mg/m<sup>3</sup>，低于《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》（GBZ2.1-2019）标准限值（0.3mg/m<sup>3</sup>）。

### ②氮氧化物

在多种氮氧化物（NO<sub>x</sub>）中，以 NO<sub>2</sub> 为主，其产额约为 O<sub>3</sub> 的一半，工作场所中 NO<sub>2</sub> 的限值（5mg/m<sup>3</sup>）大于 O<sub>3</sub> 的限值。因而，工作场所中 O<sub>3</sub> 浓度达到《工

作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》（GBZ2.1-2019）要求时，NO<sub>x</sub> 的浓度也会满足要求。

### 11.2.2 CT 模拟定位机

本项目配备有 1 台 CT 模拟定位机用于肿瘤患者肿瘤部位的定位。

#### 1、机房防护能力分析

##### （1）机房空间符合性分析

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），CT模拟定位机使用面积及最小单边长度符合性分析详见表11-8。

表 11-8 CT 模拟定位机房使用面积及最小单边长度符合性分析

| 机房名称      | 参数    | 设计值                 | 标准要求              | 是否符合 |
|-----------|-------|---------------------|-------------------|------|
| CT 模拟定位机房 | 使用面积  | 30.36m <sup>2</sup> | ≥30m <sup>2</sup> | 符合   |
|           | 最小单边长 | 4.6m                | ≥4.5m             | 符合   |

根据表 11-8 可知，CT 模拟定位机房使用面积及最小单边长度满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 CT 机房相关要求。

##### （2）机房防护屏蔽设计符合性

本项目拟配置 CT 模拟定位机最大管电压为 140kV，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3 中的要求，机房的 X 射线防护屏蔽措施符合性分析见表 11-9。

表 11-9 CT 模拟定位机房的辐射防护屏蔽参数一览表

| 位置   | 屏蔽措施                    | 等效铅当量    | 标准要求    |
|------|-------------------------|----------|---------|
| 东墙   | 考虑加速器机房墙体最薄处 1500mm 混凝土 | 23.8mmPb | 2.5mmPb |
| 其余墙体 | 370mm 实心砖墙              | 3mmPb    | 2.5mmPb |
| 屋顶   | 120mm 混凝土+2mmPb 铅板      | 3.2mmPb  | 2.5mmPb |
| 地板   | /                       | /        | /       |
| 防护门窗 | 工作人员门、患者门、观察窗 3mmPb     | 3.0mmPb  | 2.5mmPb |

注：①《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中未给出 140kV（CT）砖的拟合参数，根据《辐射防护手册 第三分册》第 63 页表 3.4，在管电压 150kV 条件下，340mm 砖（1.6g/cm<sup>3</sup>）相当于 3mmPb。因此本项目管电压 140kV 下，370mm 实心砖墙保守取 3mmPb。

②根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 公式 C.1 和 C.2，混凝土的 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 取值自附录 C 表 C.2，计算得出在管电压 140kV（CT）下，1500mm 混凝土等效铅当量 23.8mmPb，230mm 混凝土等效铅当量 2.7mmPb。



由表 11-9 可知，CT 模拟定位机房东墙等效铅当量 23.8mmPb，其余墙体的等效铅当量为 3mmPb；顶棚防护的等效铅当量为 2.7mmPb；工作人员、患者门和观察窗的铅当量均为 3.0mmPb，满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中 CT 机房屏蔽防护铅当量厚度 2.5mmPb 的要求。

### (3) 剂量率分析

本项目拟安装的 CT 模拟定位机最大管电压 140kV、最大管电流 800mA。

参照根据西门子厂家 140kV 工况下 CT 周围的剂量率分布曲线，1m 处的杂散辐射为 0.052 $\mu$ Gy/mAs（垂直）和 0.051 $\mu$ Gy/mAs（水平），从保守角度，CT 扫描取 800mA，故 1m 处的杂散辐射剂量率最高约 149.76mGy/h。基本型号设备的 CT 杂散辐射水平也在相同量级。

根据表 11-9 核算的 CT 模拟定位机房屏蔽体的等效铅厚度以及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中式 C.1 计算得透射因子 B，最终计算得出本项目 CT 模拟定位机房屏蔽体外表面 30cm 处的剂量见下表 11-10 所示。

表 11-10 CT 模拟定位机房外关注点剂量率估算结果

| 关注点        | 距离 (m) | 屏蔽设计厚度等效铅厚度 (mmPb) | 透射因子 B                | 关注点剂量率 ( $\mu$ Sv/h)   |
|------------|--------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| 东墙外 30cm 处 | 5.06   | 23.8               | $7.0 \times 10^{-23}$ | $4.10 \times 10^{-19}$ |
| 西墙外 30cm 处 | 3.93   | 3                  | $1.28 \times 10^{-4}$ | 1.24                   |
| 南墙外 30cm 处 | 3.6    | 3                  | $1.28 \times 10^{-4}$ | 1.47                   |
| 北墙外 30cm 处 | 3.6    | 3                  | $1.28 \times 10^{-4}$ | 1.47                   |
| 屋顶         | 4.96   | 3.2                | $8.24 \times 10^{-5}$ | 0.50                   |
| 患者防护门      | 3.6    | 3                  | $1.28 \times 10^{-4}$ | 1.47                   |
| 工作人员防护门    | 3.6    | 3                  | $1.28 \times 10^{-4}$ | 1.47                   |
| 观察窗        | 3.6    | 3                  | $1.28 \times 10^{-4}$ | 1.47                   |

根据表 11-10，本项目 CT 模拟定位机房屏蔽体外表面 30cm 处的剂量率最大为 1.47 $\mu$ Sv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 2.5 $\mu$ Sv/h 的限值要求。

### 2、个人剂量估算

放疗科加速器每天治疗人数最大为 20 人，因此 CT 模拟定位机工作量以每天诊断 20 人次计，每名患者使用 CT 定位的开机时间约 30s，则年出束时间为

41.7h。根据表 11-10 机房外关注点剂量率估算结果，项目运行时机房周围人员受到的年有效剂量见表 11-11。

表 11-11 CT 模拟定位机房外人员年有效剂量估算结果一览表

| 关注点位置描述 |       |      | 关注点剂量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 出束时间<br>(h/a) | 居留<br>因子 | 年有效剂量<br>(mSv/a)      |
|---------|-------|------|--------------------------------|---------------|----------|-----------------------|
| 南侧      | 患者走廊  | 公众   | 1.47                           | 41.7          | 1/5      | 0.0123                |
|         | 患者防护门 | 公众   | 1.47                           | 41.7          | 1/8      | $7.66 \times 10^{-3}$ |
| 西侧      | 候诊大厅  | 公众   | 1.24                           | 41.7          | 1        | 0.0517                |
| 北侧      | 控制室   | 职业人员 | 1.47                           | 41.7          | 1        | 0.0613                |
|         | 工作人员门 | 职业人员 | 1.47                           | 41.7          | 1        | 0.0613                |
|         | 观察窗   | 职业人员 | 1.47                           | 41.7          | 1        | 0.0613                |
| 屋顶      | /     | 公众   | 0.50                           | 41.7          | 1/20     | $1.04 \times 10^{-3}$ |

根据表 11-11，CT 模拟定位机房放射工作人员年累积附加剂量最大值为 0.0613mSv，机房周边环境公众年累积附加剂量最大为 0.0517mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对放射工作人员及公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理限值要求。

### 3、废气环境影响分析

CT 模拟定位机在开机并处于出束状态时，X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，机房在天花板顶部东侧设置两个换气扇，机房内产生的少量臭氧、氮氧化物等废气通过排风管道排出室外，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求。

### 4、固体废物影响分析

CT 模拟定位机定位时产生的一次性床单、手套等等废物，采用专用容器集中收集，在机房就地打包，最终转运至医院现有的医疗废物暂存间，委托有资质单位处置。项目产生的固体废物均得到妥善处置，对环境影响较小。

### 5、本项目其他环境保护目标剂量分析

加速器机房东墙外剂量率最大为  $0.0357 \mu\text{Sv/h}$ ，加速器年照射时间 93.75h，机房外居留因子取 1 时，东侧人员年有效剂量为  $3.35 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 。东侧农技中心家属楼距离更远，考虑距离衰减和其他屏蔽墙体的衰减作用，人员停留位置处剂

量率将更低。南侧向阳新村居民楼、农业机械化培训学校门房人员居留因子取 1，取加速器机房南侧辅助机房剂量率 0.0163 $\mu$ Sv/h，年照射时间 93.75h；CT 定位机房南墙外剂量率 1.47 $\mu$ Sv/h，年出束时间 41.7h；人员年有效剂量为 0.0628mSv/a。南侧向阳新村居民楼、农业机械化培训学校门房，由于距本项目距离更远，考虑距离衰减和其他屏蔽墙体的衰减作用，人员停留位置处剂量率将更低。

### 11.2.3 剂量叠加

结合项目平面布局，加速器和 CT 模拟定位机同时运行时，CT 模拟定位机控制室位置，加速器机房和 CT 模拟定位机房防护门位置处会同时受到照射，考虑叠加影响受到的剂量率和年有效剂量如下：

表 11-12 两台设备同时运行时剂量叠加影响

| 人员位置        | 受照情况              | 加速器照射                 | CT 模拟定位机照射            | 叠加影响                  |
|-------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| CT 模拟定位机控制室 | 剂量率 ( $\mu$ Sv/h) | 0.0204                | 1.47                  | 1.49                  |
|             | 年有效剂量 (mSv/a)     | $4.91 \times 10^{-3}$ | 0.0613                | 0.0662                |
| 两间机房防护门处    | 剂量率               | 0.2278                | 1.47                  | 1.69                  |
|             | 年有效剂量 (mSv/a)     | $2.63 \times 10^{-3}$ | $7.66 \times 10^{-3}$ | $1.03 \times 10^{-2}$ |

加速器和 CT 模拟定位机同时运行时，对 CT 模拟定位机房控制室工作人员剂量率为 1.49 $\mu$ Sv/h，两间机房防护门处剂量率为 1.69 $\mu$ Sv/h，满足剂量率限值要求。对 CT 模拟定位机房控制室工作人员年有效剂量为 0.0662mSv/a，两间机房防护门处剂量率为  $1.03 \times 10^{-2}$ mSv/a。

综上，本项目对放射工作人员年累积附加剂量最大值为 0.0662mSv/a（CT 模拟定位机控制室），机房周边环境公众年累积附加剂量最大为 0.0628mSv/a（候诊大厅），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对放射工作人员及公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理限值要求。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 电子直线加速器

#### 1、可能发生的辐射事故

(1) 医用电子直线加速器的安全联锁系统失效，在机房内部有放射工作人员停留，或者病人家属在防护门关闭后尚未撤离，或者机房防护门未关闭的情况下启动出束。

(2) 放射工作人员对医用电子直线加速器进行误操作或医用电子直线加速器出现故障，导致出束剂量超过放射治疗要求。

(3) 医用电子直线加速器所在房间的局部屏蔽防护遭受损坏，导致射线泄漏，机房外部辐射剂量率超标。

## 2、事故分析

本项目 6MV 直线加速器主射束 1m 处最高剂量率为 4Gy/min，在对病人开机治疗时，若出现人员误入、误留治疗室，则相关人员均会受到不同程度的辐射影响。本次评价按照环境影响评价最不利原则，分别估算患者家属位于治疗室的不同位置时，一次治疗所受到的剂量（保守以最大剂量率出束，考虑到平均每人治疗剂量 2Gy，则一次治疗照射时间  $2/4 \times 60 = 30\text{s}$ ）和受照达到年有效剂量限值（公众人员不超过 1mSv/a）的时间下限，以及公众成员位于迷路内入口，和防护门外 30cm 时，一次治疗所受到的剂量。

有用线束方向和泄漏辐射的剂量率按式（11-21）估算，在非有用线束方向受到散射辐射剂量率按式（11-22）计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \quad (11-21)$$

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \quad (11-22)$$

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 处的最高剂量率，4Gy/min；

$f$ —对有用束为 1，对 90°泄漏辐射为 0.001；

$R$ —辐射源点至关注点的距离，m； $R^2 = (l^2 + R_s^2)$ ；

$\alpha_{ph}$ —患者 400cm<sup>2</sup> 面积上的散射因子，保守取各角度最大值  $1.04 \times 10^{-2}$ ；

$R_s$ —患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

$F$ —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm<sup>2</sup>。项目治疗最大照射野为 40cm×40cm，则  $F$  取值 1600cm<sup>2</sup>。

根据公式 11-21、式 11-22，主束方向、非有用线束方向不同距离不同受照时间所致人员剂量见表 11-13。

表 11-13 不同照射机房内受照剂量估算表

| 估算点                  | 吸收剂量率<br>(mSv/min) | 受照达到年有效剂<br>量限值的下限时间 | 30s 所受剂<br>量 (mSv) |
|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| 有用线束方向, 距靶点 1m 处     | 4000               | 0.015s               | 2000               |
| 非有用线束方向, 距等中心 0.4m 处 | 1043.4             | 0.058s               | 521.7              |
| 非有用线束方向, 距等中心 1.0m 处 | 168.4              | 0.356s               | 84.2               |
| 非有用线束方向, 距等中心 2.0m 处 | 42.4               | 1.4s                 | 21.2               |
| 迷路内入口处, 距等中心约 5.0m 处 | 6.8                | 8.8s                 | 3.4                |

在设备出束治疗期间, 防护门未关闭情况下, 公众位于防护门外辐射剂量率根据前文计算结果为  $35.09\mu\text{Sv/h}$ , 计算可得相关人员在一次治疗(照射时间 30s)中所受到的剂量为  $2.92 \times 10^{-4}\text{mSv}$ , 影响很小。

根据表 11-28 可知, 在设备出束治疗期间, 若出现人员误入治疗室在迷路内入口处, 人员处于非主束方向受到泄漏辐射和散射辐射照射剂量在一次治疗(照射时间 30s)中最低为 21.2mSv; 若出现人员滞留治疗室的情况, 人员处于非主束方向 2m 处受到泄漏辐射和散射辐射照射剂量在一次治疗(照射时间 30s)中最高为 21.2mSv。

综上所述, 当出现人员误入滞留治疗机房时, 相关人员所受剂量较高, 会发生一般辐射事故, 因此医院应加强管理, 杜绝人员误入、滞留治疗机房, 当出现上述事故时, 医院应及时启动应急预案, 并根据应急预案的程序及时报告主管部门。

### 3、采取的预防和应急措施

针对以上突发事件, 本次环评提出以下防范措施和应急措施:

(1) 医院应按操作规程定期对各个连锁装置进行检查, 发现故障及时清除, 严禁在门-机、门-灯连锁装置失效的情况下违规操作; 通过故障报警系统及时发现故障, 及时修复。

(2) 放射工作人员应在开机运行前认真检查机房内人员情况, 除病人外, 一律不得停留。待确认无误后, 方可进行下一步操作。

(3) 放射工作人员须加强专业知识学习, 加强防护知识培训; 加强职业道德修养, 增强责任感, 严格遵守操作规程和规章制度; 管理人员应强化管理, 落

实安全责任制，经常督促检查。

(4) 医院在采购加速器时应将充分考虑生产企业的售后产品技术支持，提高产品可靠性；在维护和维修时，决不可擅自解除联锁系统。

(5) 医院应保证电子直线加速器紧急停机按钮、设备控制台紧急停机按钮以及机房内的紧急开门按钮、紧急停机按钮、固定式剂量报警仪正常工作。

(6) 应确保放射工作人员做好定期辐射巡测工作，熟知相关辐射事故应急措施，当发生辐射照射事故时，应在第一时间切断电源终止照射，及时上报，核算人员意外照射剂量，并将受意外照射人员及时送医。

### 11.3.2 CT 模拟定位机

#### 1、可能发生的辐射事故

本项目 CT 模拟定位机可能发生的辐射事故主要包括

①射线装置失控、损坏，或者工作状态指示灯、紧急开关、电离辐射警告标志等防护设施不完善或失灵，或者防护门发生故障，导致人员误入或误停留在 CT 机房内而超剂量照射。

②操作人员违反操作规程或误操作，造成意外照射。

#### 2、采取的预防和应急措施

针对 CT 模拟定位机运行中可能出现的辐射事故，应采取以下预防措施，尽可能减少或控制事故的危害和影响。

①制定自检制度且严格进行经常性自检，如发现门-灯联锁、监视器、工作状态指示灯、电离辐射警告标志不够完善或失灵，或者防护门出现故障，应立即补充、修复。

②射线装置运行过程中，如发现有人误入机房，应立即停机，终止照射。立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入。

③当发生辐射照射事故时，应在第一时间通报生态环境行政主管部门和卫生部门；

④对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

项目投入运行后，医院应加强管理，严格要求放射工作人员按照操作规程开展工作，避免辐射事故的发生；并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善，加强辐射防护知识的培训，定期检查射线装置及各项安全防护装置的性能，尽可能避免辐射事故的发生。

表 12 辐射安全管理

## 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

为了保证项目设备调试和运行期的辐射防护措施落实情况，指导和督促从事放射诊断活动的科室和人员做好辐射安全和放射防护工作，医院应按照国家《中华人民共和国环境保护法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等要求，成立辐射安全管理机构，负责解决实践中出现的各种辐射安全与防护问题，确保射线机的正常运行。同时，设立专（兼）职辐射安全管理人员，负责对射线装置的常规检查和手术室的辐射防护与安全工作，开展业务培训，组织应急演练，接受上级主管部门和卫生部门的检查。

医院已成立了辐射防护与环境保护委员会，组长为张天奇和齐海鹏，副组长为马全仓、汤宏博、任淑芳、张立红，成员包括机关职能科长、临床科室主任、医技科室主任等人。辐射安全与防护工作领导小组下设办公室，办公室主任由总务科长担任，成员由机关职能科长、临床科室主任、医技科室主任组成。负责辐射安全与防护工作的具体组织、协调、督查与指导。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

### 12.2.1 辐射安全管理制度

医院遵守相关法律法规，辐射管理工作比较规范，根据《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知（陕环办发〔2018〕29号）相关规定，医院已制定了一系列辐射安全管理制度，包括：《医院辐射防护和安全保卫制度》《射线装置操作规程》《辐射安全和防护专业知识及相关法律法规培训计划》《辐射环境监测计划》《辐射工作人员个人剂量管理制度》和《辐射事故应急预案》等，并在工作中予以贯彻落实。

根据本项目新增的放疗科，医院还应制定放疗科科室的相关规章制度，将本次环评内容纳入现有的规章安全制度之中，修改并完善医院相关的管理制度，根据射线装置实际使用情况，不断完善操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案，使其具有更强的针对性和

可操作性。

医院应按照《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的〈陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29号）相关要求，补充《直线加速器操作流程》《放疗物理师岗位职责》《加速器操作人员岗位职责》《放疗科工作场所监测制度》《监测仪表使用与校准制度》《质量保证大纲和质量控制检测计划》等，医院在今后日常工作中应严格落实各项辐射安全管理制度，并根据实际工作对其进行不断完善，使之更满足辐射安全管理要求。根据本项目加速器可能发生的辐射事故，进一步完善辐射事故应急预案，并加强应急演练。

### 12.2.2 人员管理

针对本项目拟配备的放射工作人员，放射工作人员到位后，本次评价提出以下要求：

（1）医院应组织本项目放射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核（专业-放射治疗）并取得成绩报告单。放射工作人员取得考核合格成绩单后，应按照《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》（生态环境部公告2019年第57号）的规定每五年进行再培训。项目运行期若新增人员，同样需要参加核技术利用辐射安全与防护考核并取得考核合格成绩单。

（2）放射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的可参加相应的放射工作；上岗后的放射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过2年，必要时可增加临时性检查；放射工作人员脱离放射工作岗位时，医院应当对其进行离岗前的职业健康检查；工作人员职业健康检查工作应由职业健康检查机构承担。

（3）放射工作人员要接受个人剂量监测，医院负责建立个人剂量档案。放射工作人员调动时，个人剂量档案将随其转给调入单位，个人剂量档案终身保存；个人剂量计的监测周期一般为1个月，最长不得超过3个月；工作人员个人剂量监测工作应委托具有相关资质的个人剂量监测技术服务机构进行。

（4）应建立放射工作人员培训档案、个人剂量监测档案和职业健康监护档案，其中培训档案应包括每次培训的课程名称、培训时间、考试或考核成绩等资



料；个人剂量监测档案应包括：1) 历年常规监测的方法和结果等相关资料；2) 应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料；职业健康监护档案应包括：1) 职业史、既往病史和职业照射接触史；2) 历次职业健康检查结果及评价处理意见；3) 职业性放射性疾病诊疗、医学随访观察等健康资料。

### 12.2.3 辐射安全管理标准化建设

根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）的相关要求，核技术利用单位应进行辐射安全管理标准化建设。

医院现有的辐射安全管理与标准化建设的具体要求对照情况见表12-1。

表 12-1 辐射安全管理标准化建设项目表（二）—辐射安全管理部分

| 管理内容 | 管理要求  | 有/无   |   |
|------|---|---|---|
| 人员管理 | 决策层   | 就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作。                          | 有 |
|      |   | 年初工作安排和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容。                                   | 有 |
|      |   | 明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责。   | 有 |
|      |   | 提供确保辐射安全所需的人力资源和物质保障。   | 有 |
|      | 辐射防护负责人                                     | 参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求，向员工和公众宣传辐射安全相关知识。 | 有 |
|      |   | 负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度评估报告。                         | 有 |
|      |   | 建立健全辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责。                                       | 有 |
|      |   | 建立辐射环境安全管理档案。   | 有 |
|      | 直接从事放射工作的作业人员                               | 对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有巡查及整改记录。                                 | 有 |
|      |   | 岗前进行职业健康体检，结果无异常。   | 有 |
|      |   | 参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗。                                       | 有 |
|      |   | 了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺。                             | 有 |
|      | 熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况时，能有效处理。                | 有   |   |
| 机构建设 | 设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人。 | 有   |   |

|         |  |        |
|---------|--|--------|
| 制度建立与执行 | 建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度,指定专人负责系统使用和维护,确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整。  | 有      |
|         | 建立放射性同位素与射线装置管理制度,严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定,并建立放射性同位素、射线装置台账。  | 有      |
|         | 建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程,严格按照规程进行操作,并对规程执行情况进行检查考核,建立检查记录档案。  | 有      |
|         | 建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划,并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核,建立相关检查考核资料档案。   | 有      |
|         | 建立辐射工作人员个人剂量管理制度,每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测,对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门,保证个人剂量监测档案的连续有效性。   | 有      |
|         | 建立辐射工作人员职业健康体检管理制度,定期对辐射工作人员进行职业健康体检,对体检异常人员及时复查,保证职业人员健康监护档案的连续有效性。   | 有      |
|         | 建立辐射安全防护设施的维护与维修制度(包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等),建立维护与维修记录档案(包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人、检查时间)。                      | 有      |
|         | 建立辐射环境监测制度,定期对辐射工作场所及周围环境进行监测,并建立有效的监测记录或监测报告档案。   | 有      |
|         | 建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度,定期对监测仪器设备进行检定,并建立检定档案。   | 有      |
| *应急管理   | 结合单位实际,制定可操作性的辐射事故应急预案,定期进行应急演练。   | 有,需要完善 |
|         | 辐射事故应急预案应报所在地县级以上环境保护行政主管部门备案。应急预案应当包括下列内容:①可能发生的辐射事故及危害程度分析;②应急组织指挥体系和职责分工;③应急人员培训和应急物资准备;④辐射事故应急响应措施;⑤辐射事故报告和处理程序。 | 有,需要完善 |

根据表 12-1 可知,医院现有的辐射安全管理制度基本满足陕环办发(2018)29 号相关要求,但辐射事故应急预案内容应根据本项目新增的放疗科,补充可能发生的辐射事故,完善应急响应措施,环评要求医院进一步完善并细化现有辐射事故应急预案并加强演练。

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 现有项目的辐射监测开展情况

(1) 医院现有辐射工作人员佩戴个人剂量计上岗,并委托有资质的单位每三个月进行检测;

(2) 医院已委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测,包括射线机房的各面屏蔽墙和防护门等,并每年向辐射安全许可证发证机关提交本院的射线装置的安全和防护状况评估报告。

### 13.3.2 本项目辐射监测计划

项目建成投运后，医院应定期对新建的机房进行监测，监测要求如下：

(1) 辐射工作场所环境监测：a、委托有资质单位对本次新建的机房进行监测，监测频次不小于1次/年，监测结果应详细记录并存档；b、利用自主检测设备定期对机房周边环境进行巡检，若发现异常情况，应立即采取应急措施，停止放射工作，并查找原因；c、将本次新建机房的检测结果纳入医院辐射安全和防护状况评估报告中，并在每年1月31日之前上报发证机关。

(2) 个人剂量监测：a、项目涉及的放射工作人员应配备个人剂量计，每季度委托具有资质的个人剂量监测技术服务机构进行监测，建立个人剂量检测档案；b、在每年的辐射安全和防护状况评估报告中，应包含放射工作人员个人剂量检测数据及安全评估的内容。

项目辐射监测计划见表12-2。

表12-2 项目辐射监测计划

| 位置       | 监测内容   | 监测点位   | 监测因子     | 监测频次                  |
|----------|--------|--|----------|-----------------------|
| 直线加速器机房  | 防护检测   | 四周屏蔽墙外30cm处、机房顶棚距顶棚地面30cm处、控制室、操作位、防护门外30cm处、电缆沟 | X-γ辐射剂量率 | 每季度自测一次，委托有资质单位每年监测一次 |
|          | 个人剂量监测 | 个人剂量计  | 个人累计剂量   | 委托有资质单位每季度监测一次        |
| CT模拟定位机房 | 防护检测   | 四周屏蔽墙体及门窗表面30cm处、机房顶棚距顶棚地面1.0m、控制室、操作位、线沟等       | X-γ辐射剂量率 | 每季度自测一次，委托有资质单位每年监测一次 |
|          | 个人剂量监测 | 个人剂量计  | 个人累计剂量   | 委托有资质单位每季度监测一次        |

## 12.4 辐射应急事故

### 12.4.1 辐射事故应急预案

为有效防护、及时控制辐射事故所致的伤害，加强射线装置安全监测和控制等管理工作，保障放射相关工作人员以及射线装置周围人员的健康安全，避免环境辐射污染，根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》要求，医院制定的应急预案中应包括下列内容：

- (1) 可能发生的辐射事故及危害程度分析；
- (2) 应急组织指挥体系和职责分工；
- (3) 应急人员培训和应急物资准备；
- (4) 辐射事故应急响应措施；
- (5) 辐射事故报告和处理程序。

依照《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）有关要求，针对可能发生的风险事故，医院应根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围，执行辐射事故应急预案。

一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急小组上报生态环境主管部门，同时上报公安部门；造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

#### 12.4.1 本项目辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，医院根据可能发生的辐射事故的风险，已制定了《辐射事故应急预案》，内容包括：应急机构及其职责、辐射事故分类、应急预案通讯联系、应急程序、事故的调查及处理报告。应急预案规定辐射事故应急处理机构、应急处理程序，内容较全，措施得当，便于操作，在应对辐射事故和突发性事件时可行。

医院应根据《陕西省放射性污染防治条例》和《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的〈陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表〉的通知》要求，完善并细化《辐射应急预案》中各项程序，在预案中应补充应急人员的培训以及应急的装备、资金、物质准备情况。将本项目加速器运行可能发生的辐射事故纳入应急预案。

本环评要求项目及运行后，还应做好以下工作：

- (1) 医院每年应组织人员进行应急演练，并做好记录；
- (2) 根据国家最新法律法规、结合医院实际情况，及时对应急预案进行补充修改完善，使其更能符合实际要求。

## 12.5 环境保护投资与“三同时”环保验收一览表

### 12.5.1 环保投资

项目总计投资 1336 万元，其中环保投资 43 元，占总投资的 3.22%，主要辐射安全防护设施的建设，个人防护用品、辐射监测仪器购置以及工作人员培训、体检费用等。项目环保投资明细一览表见表 12-3。

表 12-3 项目环保投资明细一览表

| 实施时段 | 类别   | 污染防治措施或设施   | 费用 (万元)   |     |
|------|--|---|---|-----|
| 运营期  | 屏蔽措施   | 机房墙体屏蔽  | 计入工程投资  |     |
|      |  | 各机房铅门铅窗购买及安装施工  | 10.0  |     |
|      | 安全防护措施   | 加速器机房   | 门灯机联锁装置、红外防夹装置、工作状态指示灯、电离辐射警示标志、摄像监控装置、固定式剂量报警装置、对讲装置、个人剂量计、个人剂量报警仪等。 | 8.0 |
|      |  | CT 模拟定位机房   | 门机联锁装置、红外防夹装置、自动闭门装置、工作状态指示灯灯，配备铅橡胶性防护服围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅帽等受检者个人防护用品。  | 3.0 |
|      | 警告标志   | 电离辐射警示标志、候诊区放射防护注意事项告知栏、控制区与监督区标志。                          | 0.5   |     |
|      | 废气处理   | 动力送排风装置及配套管网 1 套，风管穿墙的屏蔽补充措施                                | 5.0   |     |
| 人员配备 | 辐射防护与安全培训和考核                                   | 辐射工作人员、辐射安全分管管理领导均应参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，并在通过考核后方可从事相关工作。 | /   |     |
|      | 个人剂量监测和职业健康监护                                  | 辐射工作人员应定期健康检查，定期进行个人剂量监测，医院建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。             | 1.0   |     |
| 环境监测 | 工作场所定期监测（委托有资质单位开展直线加速器、CT 模拟定位机房工作场所辐射环境年度监测） |   | 2.0   |     |
|      | 个人剂量报警仪 2 台                                    |   | 2.0   |     |
|      | 便携式 X-γ 辐射监测仪 1 台                              |   | 1.0   |     |
| 环境管理 | 完善的环境管理制度及管理制度上墙                               |   | 0.5   |     |
|      | 环境影响评价及竣工环境保护验收费用                              |   | 10  |     |
| 合计   |  |   | 43  |     |

### 12.5.2 竣工环境保护验收

为规范建设项目竣工环境保护验收的程序和标准,强化医院环境保护主体责任,根据《建设项目环境保护管理条例》(国务院第 682 号令,2017 年 10 月 1 日起实施),项目竣工后应及时对项目配套建设的环境保护设施进行自主验收,编制验收监测报告。验收合格并取得辐射安全许可证后,方可投入生产或使用。

项目竣工环境保护验收清单见表 12-4。

表 12-4 项目竣工环境保护验收清单

| 序号 | 验收内容     |   | 验收方式   |
|----|----------|---|--|
| 1  | 辐射安全管理机构 |   | 设立辐射安全防护管理领导小组并明确成员职责,负责项目辐射安全与环境管理工作。   |
| 2  | 辐射安全管理制度 | 制定操作规程,岗位职责,辐射防护和安全保卫制度,设备检修维护制度,人员培训计划,监测方案,辐射事故应急措施等规章制度。 | 根据环评要求以及陕环办发(2018)29号文件要求,按照项目的实际情况,建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。针对使用的射线装置使用过程中可能存在的风险,建立应急预案,落实必要的应急物质。定期进行辐射事故应急演练。 |
| 3  | 辐射安全防护措施 | 直线加速器机房   | 固定剂量警报装置、双头应急灯、工作信号指示灯、电离辐射警告标识、实时摄像监控系统、门机灯连锁装置、对讲装置、急停按钮、防护门开关、便携式辐射剂量监测仪、光幕式红外防夹装置、手动开门装置、动力送排风装置等。             |
|    |          | CT模拟定位机房  | 电离辐射警告标志、工作状态指示灯、“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句、门灯连锁装置、候诊区设放射防护注意事项告知栏、动力通风装置、观察窗或摄像监控装置等、红外防夹装置、自动闭门装置等。                      |
|    | 防护用品     |   | 配备个人剂量报警仪 2 台、每个放射工作人员佩戴个人剂量计  |
|    |          |   | CT 模拟定位机房:铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅帽等受检者个人防护用品  |
| 5  | 机房面积     |   | CT 模拟定位机房面积 $\geq 30\text{m}^2$ ,机房内最小单边长度 $\geq 4.5\text{m}$ 。  |
| 6  | 机房通风     |   | 加速器机房、CT 模拟定位机房内均设置动力送排风装置,废气引自放疗科楼外排放。  |
| 7  | 环境监测仪器   |   | 配备 1 台 X- $\gamma$ 辐射剂量监测仪器,每年检定 1 次;应定期对辐射工作场所及周围环境进行监测,详细记录监测数据并归档。  |

|    |        |   |   |
|----|--------|---|---|
| 8  | 职业教育培训 | 放射工作人员应定期参加辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得合格证后方能上岗。          |   |
| 9  | 个人剂量档案 | 为每名放射工作人员配备个人剂量计，放射工作时要求佩戴，定期送检并保存放射工作人员个人剂量监测档案。 |   |
| 10 | 职业健康档案 | 定期对放射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康检查档案。                    |   |
| 11 | 剂量管理限值 | 剂量限值  | 项目公众年有效剂量约束值取 0.1mSv，职业工作人员年有效剂量约束值取 5mSv。  |
|    |        | 墙体剂量率控制   | 直线加速器机房在正常工况下监测机房周围辐射当量剂量率，屏蔽体外表面 30cm 处剂量率满足剂量率参考控制水平；CT 模拟定位机房屏蔽体外表面 30cm 处剂量率满足不大于 5 $\mu$ Sv/h 的限值要求。 |

澄合矿务局中心医院放疗科核技术应用建设项目环境影响报告表(征求意见稿)

表 13 结论与建议

## 13.1 结论

### 13.1.1 项目概况

医院拟在院区东南侧医教中心东侧建设放疗科，放疗科为单层独栋建筑，总占地面积约 696m<sup>2</sup>，主要建设内容包括 1 间医用电子直线加速器机房、1 间 CT 模拟定位机房及其他辅助功能用房。拟使用 1 台 6MV 医用电子直线加速器，属于 II 类射线装置；1 台 CT 模拟定位机，为 III 类射线装置。

项目总投资 1336 万元，其中环保投资 43 元，占总投资的 3.22%。

### 13.1.2 实践正当性

本项目的建设对于改善医院医疗设施条件，促进医院整体医疗水平的提高具有积极的意义，项目建设所带来的个人和社会利益远大于可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践正当性”的要求。

### 13.1.3 辐射环境质量现状

项目所在地空气吸收剂量率处于正常环境本底水平，辐射环境现状无异常，项目所在区域辐射环境现状质量良好。

### 13.1.4 辐射安全与防护分析结论

直线加速器机房拟设置固定式剂量报警装置、门-灯-机联锁装置、实时摄像视频装置、双向交流对讲系统、急停按钮、工作状态指示灯、光幕式红外防夹装置、手动开门装置、辐射工作场所明显位置张贴电离辐射警示标识；满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）相关要求；CT 模拟定位机房拟设置门灯联动装置、观察窗或摄像监控装置、工作状态指示灯、红外防夹装置、自动闭门装置、辐射工作场所明显位置张贴电离辐射警示标识，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求。

### 13.1.5 辐射环境影响分析

#### ① 屏蔽能力分析

项目直线加速器机房主屏蔽墙设计宽度均满足有用射线束屏蔽宽度要求；在



正常或调强放射治疗情况下，项目机房辐射防护实体屏蔽墙、防护门外表面 30cm 处各关注点的辐射剂量率均在参考控制水平以内，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗机房的辐射屏蔽规范-第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）相关要求。

CT 模拟定位机房四周墙体、屋顶、观察窗、工作人员门、受检者门的等效铅当量及屏蔽体外表面 30cm 处的剂量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求。

#### ②个人剂量估算

项目正常运行期间，对放射工作人员年累积附加剂量最大值为 0.0662mSv/a，机房周边环境公众年累积附加剂量最大为 0.0628mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对放射工作人员及公众受照剂量限值要求以及本项目职业人员 5mSv、公众 0.1mSv 的剂量约束值限值要求。

#### 13.1.6 辐射安全管理

医院成立了辐射安全防护管理机构，并明确了相关成员职责；医院制定了一系列辐射安全管理制度，用于指导和规范从事放射活动的人员做好辐射安全和放射防护工作。安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确；有辐射事故应急预案与安全规章制度；辐射安全管理方面落实良好。根据本项目的建设内容，医院还应制定放疗科科室的相关规章制度，修改并完善医院相关的管理制度。项目开展后将纳入医院现有辐射安全管理体系，并根据人事变动情况及时调整人员名单，明确相关人员职责，可满足项目对辐射安全管理的要求。

#### 13.1.4 环境影响分析结论

澄合矿务局中心医院放疗科核技术利用项目能为患者提供更好的医疗服务，符合实践正当性原则；项目在落实本报告提出的各项污染防治措施、辐射安全防护措施和辐射安全管理制度后，运行期对周围环境的辐射影响可达到合理且尽可能低的水平，满足辐射防护最优化原则。项目运行所致放射工作人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准限值要求，符合剂量限值约束原则。因此，从辐射安全和环境保护角度分析，项目建设可行。

## 13.2 建议与承诺

(1) 项目竣工后, 应按照国家生态环境行政主管部门规定的标准和程序, 对项目配套建设的环境保护设施进行验收, 编制验收报告, 经验收合格并取得辐射安全许可证后方可投入运行。

(2) 项目建成运行后, 应严格执行辐射环境监测制度, 每年应对射线装置应用的安全和防护状况进行年度评估, 并于每年 1 月 31 日前向发证机关报送上一年度辐射安全年度评估报告。

(3) 医院应及时组织所有辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核, 经考核取得合格成绩单后方能上岗。

(4) 医院应加强对工作人员和公众成员辐射防护知识的宣传教育, 提高其自身安全防护意识, 防止事故发生。

(5) 定期检查辐射工作场所的电离辐射警告标志是否脱落, 检查工作状态指示灯和门灯联动装置, 确保其处于正常工作状态。

(6) 不断完善辐射事故应急预案, 加强日常演练, 做到有备无患。

澄合矿务局中心医院放疗科核技术利用建设项目环境影响评价报告表(公示稿)

