

核技术利用建设项目

10MV 医用电子加速器应用项目

环境影响报告表

桓台县中医院

2019年7月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

10MV 医用电子加速器应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：桓台县中医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：山东省淄博市桓台县兴桓路 1919 号

邮政编码：256400

联系人：张军

电子邮箱：1002378788@qq.com

联系电话：13583311144

表 1 项目基本情况

| | | | | | | |
|-----------------|--------------|--|--|------------------------|-----------------------|---|
| 建设项目名称 | | 10MV 医用电子加速器应用项目 | | | | |
| 建设单位 | | 桓台县中医院 | | | | |
| 法人代表 | 王和平 | 联系人 | 张军 | 联系电话 | 13583311144 | |
| 注册地址 | | 山东省淄博市桓台县兴桓路 1919 号 | | | | |
| 项目建设地点 | | 山东省淄博市桓台县兴桓路 1919 号，拟建加速器高压氧舱楼地下一层东侧 | | | | |
| 立项审批部门 | | / | | 批准文号 | / | |
| 建设项目总投资 (万元) | 2000 | 项目环保投资 (万元) | 500 | 投资比例(环 保投资/总投 资) | 25.00% | |
| 项目性质 | | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 | | | 占地面积(m ²) | / |
| 应用 类 型 | 放射源 | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类 | | | |
| | | <input 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 | <input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物 | | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | / | | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙 | | | |
| | 射线装置 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 | | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 | | | |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> 使用 | <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 | | | |
| 其他 | / | | | | | |

1 项目概述

1.1 医院简介

桓台县中医院始建于 1991 年，是桓台县唯一一家中医医院。经过多年发展，已由建院初期的中医单科医院发展为现在的中西医结合、县级一流的综合性二级乙等医院。医院已形成了具有较高水平和专业特色的科室，如神经内科、肝病科、肿瘤科、不孕不育专科、急诊科、妇产科、糖尿病专科，肾病专科、疼痛专科、消化内科、口腔科、普外科、骨科等，其中肾病专科被评为淄博市重点专科。

医院所在地理位置见图 1-1，周边影像关系见图 1-2。

1.2 项目建设规模

1.2.1 现有工程规模

医院于 2009 年 2 月开展“医用 III 类 X 射线装置项目”，项目涉及 1 台 F99-ICT 型医用拍片机、1 台 Winmind 型医用 X 光透视机、1 台 Pronto-SE 型医用 CT 机、1 台 QF-1 型医用口腔全景拍片机，2009 年 2 月 4 日，原山东省环境保护局对该项目进行审批（鲁环辐登表[2009]43 号），同时向医院颁发辐射安全许可证，证书编号为鲁环辐证[03066]，种类和范围为使用 III 类射线装置，有效期至 2014 年 2 月 3 日。

医院于 2014 年对在用的 4 台 III 类射线装置开展竣工环境保护验收，2014 年 5 月 23 日，原淄博市环境保护局对该项目进行审批（淄环辐验[20140306]）。

医院分别于 2014 年 2 月和 2019 年 1 月申请辐射安全许可证延续，种类和范围不变，有效期至 2024 年 1 月 30 日。

医院辐射安全许可证准予使用的射线装置详见表 1-1。

表 1-1 医院辐射安全许可证准予使用的射线装置明细表

| 序号 | 装置名称 | 型号 | 数量 | 类别 | 环评审批文件 | 验收审批文件 |
|----|--------------|-------------|-----|-------|--------------------|--------------------|
| 1 | 拍片机 | F99-ICT 型 | 1 台 | III 类 | 鲁环辐登表[2009]43 号 | 淄环辐验 [20140306] |
| 2 | 透视机 | Winmind 型 | 1 台 | III 类 | | |
| 3 | 口腔全景拍片机 | QF-1 型 | 1 台 | III 类 | | |
| 4 | 医用 X 射线 CT 机 | Pronto-SE 型 | 1 台 | III 类 | | |

1.2.2 本项目规模

根据医院规划，拟将现有的发热门诊、肠道门诊楼拆除，在该位置及东侧新建一座地下一层、地上一层的加速器高压氧舱楼（医院已针对该建筑物进行环境影响登记备案，登记备案号为 201937032100000244），并在地下一层东侧新建一座医用电子加速器机房，包括加速器治疗室、控制室及设备间等，拟新增 1 台 10MV 医用电子加速器，安装于治疗室内。

经现场勘查，原建筑物尚未拆除，医用电子加速器尚未购置，加速器机房拟建位置地上区域现为露天停车场。

本次评价涉及的射线装置情况详见表 1-2。

表 1-2 本次评价涉及的射线装置情况

| 装置名称 | 型号 | 数量 | 类别 | 意向厂家 | 拟安置场所 | 使用状态 |
|---------|-----------|-----|------|------|--------------------------|------|
| 医用电子加速器 | Synergy 型 | 1 台 | II 类 | 医科达 | 加速器高压氧舱楼地下一层 东侧加速器治疗室 | 拟购 |

本次评价涉及 1 台医用电子加速器。核技术利用类型为使用 II 类射线装置。

1.3 选址合理性和实践正当性

根据医院提供的图纸及现场勘查，本项目医用电子加速器机房位于加速器高压氧舱楼地下一层东侧，相对独立，该区域人员相对流动较少，且治疗室北侧、东侧和南侧均为地下土层，西侧为控制室、设备间、患者通道及更衣室，楼上为氧舱大厅。机房所在建筑物东侧为配电室、医院空地，北侧均为露天停车场，西侧为道路，南侧为康复楼，均为医院内部区域，因此本项目选址基本合理。

本项目医用电子加速器用于放射治疗，有利于提高医院的放射治疗水平，具有良好的社会效益和经济效益，经下文分析，加速器运行过程中产生的辐射影响可以满足国家有关要求，带来的社会、经济效益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

1.4 目的和任务的由来

医用电子加速器在运行过程中产生的 X 射线可能对环境产生一定的辐射影响。为保护环境，保障公众的环境权益，进一步完善相关的环保手续，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规对伴有辐射建设项目环境管理的规定，桓台县中医院委托我单位对该院 10MV 医用电子加速器应用项目进行环境影响评价。在收集资料、现场调查、辐射环境现状检测及理论分析等基础上，于 2019 年 7 月编制完成了《桓台县中医院 10MV 医用电子加速器应用项目环境影响报告表》（送审版）。

根据专家意见，编写人员对原报告表作了修改、补充和完善，于 2019 年 7 月修订完成了《桓台县中医院 10MV 医用电子加速器应用项目环境影响报告表》（报批版）。

表 2 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 加速粒子 | 最大能量 (MeV) | 额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h) | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|----|---------|-----|----|----------|------|--------------------------|------------------------|------|------------------------|----|
| 1 | 医用电子加速器 | II类 | 1台 | Synergy型 | 电子 | 电子能量：18MeV X射线能量：10MV | 600Gy/h | 放射治疗 | 拟建加速器高压氧舱楼地下一层东侧加速器治疗室 | 拟购 |

表 3 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 |
|----------------|----|------|----|------|-------|-------|------|------------------------------|
| 废水 | 液态 | / | / | / | / | / | / | 放置一段时间后按照一般废水处理 |
| 废靶件 | 固态 | / | / | / | / | / | 不暂存 | 属于放射性废物，交由具有放射性废物处置资质的单位进行处置 |
| 非放射性废气、感生放射性气体 | 气态 | / | / | / | / | / | / | 通过机房通风系统排至大楼外部环境 |

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度 (Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³) 和活度 (Bq)。

表 4 评价依据

| | |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">法规 文件</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号，2015.1 施行； 2. 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 年修订）》，中华人民共和国主席令第 24 号，2018.12 施行； 3. 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第 6 号；2003.10 施行； 4. 《建设项目环境保护管理条例（2017 修订）》，国务院令第 682 号，2017.10 施行； 5. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第 1 号，2018.4 施行； 6. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005.12 施行，2014.7 第一次修订，2019.3 第二次修订； 7. 《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，2017.12 施行； 8. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2017 修订）》，环境保护部令第 3 号，2017.12 施行； 9. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》环境保护部令第 18 号，2011.5 施行； 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，2006.9 施行； 11. 《关于发布放射性废物分类的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，2018.1.1 施行； 12. 《山东省辐射污染防治条例》，山东省人民代表大会常务委员会公告第 37 号，2014.5 施行。 |
| <p style="text-align: center;">技术 标准</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； 2. 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）； 3. 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）； 4. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； |

| | |
|----|--|
| | <p>5. 《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>6. 《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>7. 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)。</p> |
| 其他 | <p>1. 桓台县中医院 10MV 医用电子加速器应用项目环境影响评价委托书；</p> <p>2. 桓台县中医院现有射线装置审批文件、辐射安全许可证及其他文件；</p> <p>3. 《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》(山东省环境监测中心站，1989 年)。</p> |

表 5 保护目标与评价标准

5.1 评价范围和保护目标

5.1.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)规定要求：“放射源和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”。本项目医用电子加速器为 II 类射线装置，评价范围为加速器治疗室实体屏蔽墙体外 50m 的区域。

5.1.2 保护目标

本项目保护目标为评价范围内活动的职业人员和公众成员。其中，职业人员指利用本项目医用电子加速器开展放射治疗的辐射工作人员，公众成员指加速器治疗室周围经过的非本项目医护人员、就诊患者及其他公众成员。

表 5-1 本项目主要保护人群情况

| 保护目标 | 人数 | 方位 | 距离 |
|------|------|---------------------------------|-------|
| 职业人员 | 4 | 加速器治疗室内摆位人员及控制室内的辐射工作人员 | 相邻 |
| 公众成员 | <200 | 加速器治疗室周围经过的非本项目医护人员、就诊患者及其他公众成员 | 0-50m |

5.2 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录B规定：

B1 剂量限值：

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

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；
- c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；
- d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

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；

c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

参考以上标准，本次评价以职业照射年有效剂量的 1/10 (2mSv) 作为职业人员的年管理剂量约束值；以公众照射年有效剂量的 1/10 (0.1mSv) 作为公众成员的年管理剂量约束值。

2、《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)

第 6.1.3 款 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

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/T201.2-2011)

第 4.2.1 款 人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所 $H_0 \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所 $H_0 \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

第 4.2.2 款 在治疗机房正上方已建、拟建建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点到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 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，可以根据机房外周剂量参考控制水平 $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 和最高剂量率 $H_0 \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，按照 4.2.1 求得关注点的剂量率参考控制水平加以控制。

本项目加速器机房楼上为氧舱大厅，加速器高压氧舱楼距南侧康复楼 3.5m，因此本次以 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 作为本项目医用电子加速器治疗室屏蔽层外 30cm 处的剂量率目标控制值。

4、环境天然辐射水平

根据山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查，淄博市环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 5-2。

表 5-2 淄博市环境天然辐射水平 ($\times 10^{-8}$ Gy/h)

| 监测内容 | 范 围 | 平均值 | 标准差 |
|------|------------|------|------|
| 原 野 | 2.84~9.90 | 4.95 | 0.96 |
| 道 路 | 1.20~11.30 | 3.55 | 1.75 |
| 室 内 | 4.40~19.37 | 8.90 | 2.26 |

注：表中数据摘自《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》，山东省环境监测中心站，1989年

表 6 环境质量和辐射现状

6.1 项目地理及场所位置

桓台县中医院位于山东省淄博市桓台县兴桓路 1919 号，本项目加速器机房位于拟建加速器高压氧舱楼地下一层东侧。医院总平面布置见图 6-1，拟建加速器高压氧舱楼地下一层平面布置见图 6-2。本项目医用电子加速器治疗室四周环境详见表 6-1。

表 6-1 医用电子加速器治疗室周围环境一览表

| 工作场所 | 方向 | 周围场所名称 |
|------------|----|------------------|
| 医用电子加速器治疗室 | 北面 | 地下土层 |
| | 东面 | 地下土层 |
| | 南面 | 地下土层 |
| | 西面 | 控制室、设备间、患者通道及更衣室 |
| | 地上 | 氧舱大厅 |
| | 地下 | 地下土层 |

6.2 环境质量和辐射现状

本项目加速器机房尚未开工建设，加速器尚未购置，本次对加速器机房拟建区域及周围进行辐射环境现状检测。检测方案如下所示：

1、环境现状评价对象

本项目医用电子加速器机房拟建区域及周围辐射环境现状。

2、检测因子

环境 γ 空气吸收剂量率。

3、检测点位

本次评价按照《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)和《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993)测点布设原则，于加速器机房拟建区域及周围布设 5 个检测点。检测布点示意图见图 6-1。

6.2.2 质量保证措施

1、检测单位

本次评价委托具备辐射检测资质的山东华标检测评价有限公司开展检测。

2、检测仪器

检测仪器为 AT1123 型辐射检测仪，量程范围：50nSv/h~10Sv/h，能量响应：15keV~3MeV，响应时间 0.03s。剂量率指示的固有误差： $\leq \pm 20\%$ 。使用环境温度：(-30~+50℃)。检定证书编号为 DYj12018-7159，检定有效期至 2019 年 10 月 11 日，在有效期内。

3、检测方法

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93)的要求和方法进行现场测量。将仪器接通电源预热 15min 以上，仪器探头离地 1m，设置好测量程序，仪器自动读取 5 个数据，计算均值和标准偏差。

6.2.3 检测时间与条件

2019 年 7 月 4 日，天气：晴，气温：36℃，湿度：40%。

6.2.4 检测结果

环境 γ 空气吸收剂量率检测结果见表 6-2。

表 6-2 本项目加速器机房拟建区域及周围环境 γ 空气吸收剂量率检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)

| 测点编号 | 点位描述 | 检测结果 | |
|------|-------------------|---------------------|------|
| | | 环境 γ 空气吸收剂量率 | 标准偏差 |
| 1# | 加速器机房拟建区域对应地面中心位置 | 0.03 | 0.01 |
| 2# | 加速器机房拟建区域对应地面北侧 | 0.02 | 0.01 |
| 3# | 加速器机房拟建区域对应地面东侧 | 0.03 | 0.01 |
| 4# | 加速器机房拟建区域对应地面南侧 | 0.03 | 0.01 |
| 5# | 加速器机房拟建区域对应地面西侧 | 0.03 | 0.01 |

注：表中检测结果已扣除宇宙射线响应值

6.2.5 环境现状调查结果评价

由表 6-2 可知，本项目加速器机房拟建区域及周围的环境 γ 空气吸收剂量率为 $0.02 \mu\text{Sv/h} \sim 0.03 \mu\text{Sv/h}$ [即 $(2.00 \sim 3.00) \times 10^{-8} \text{Sv/h}$]，处于淄博市天然放射性水平范围内 [道路 $(1.20 \sim 11.30) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$]。

表 7 项目工程分析与源项

7.1 施工期分析

本项目施工期主要包括加速器机房主体工程、辐射防护工程的建设及设备安装等。施工期工艺流程及产污环节见图 7-1。施工期可能的污染因素主要为常规环境要素，主要为噪声、扬尘、施工废水、生活污水及固体废物。

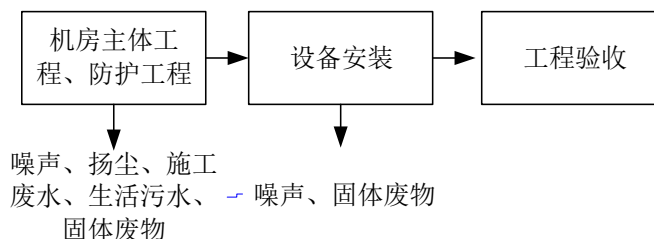


图 7-1 施工期工艺流程及产污环节

7.2 营运期分析

7.2.1 射线装置简介

医用电子加速器作为体外照射的一种医疗设备，利用其特定装置产生的高能电子、X 射线，应用计算机通过立体定位系统进行图像三维重建和剂量分步重建，对人体有恶性肿瘤的部位进行照射，使肿瘤组织受到不可逆损毁，同时肿瘤周围正常结构得到最大限度的保护，达到治疗肿瘤疾病的目的。

(1) 加速器主要参数

本项目医用电子加速器主要参数详见表 7-1。

表 7-1 本项目医用电子加速器主要参数

| | |
|-----------------|----------------------|
| 型号 | Synergy 型 |
| 加速粒子 | 电子 |
| 电子能量 MeV | 一共 6 档，最大电子能量为 18MeV |
| X 射线能量 MV | 6/10MV |
| 最大方形照射野 | 40cm×40cm |
| 最大输出剂量率 | 600Gy/h |
| 主机等中心点到治疗头端面的距离 | 100cm |
| 等中心高度 | 1240mm |
| X 射线泄漏率 | ≤0.1% |

| | |
|-------------|------------|
| 射束最大出射角 | 28° |
| 靶材料 | 钨合金 |
| 恒温水机组水箱用水要求 | 蒸馏水 |
| 治疗头转动范围 | -180℃~180℃ |
| 意向厂家 | 医科达 |

(2) 工作原理

医用电子加速器是将电子枪产生的电子经加速管加速后形成高能电子束的装置。它既可以产生高能电子束，同时，利用高能电子束与靶物质相互作用时的韧致辐射产生 X 射线束，X 射线束的最大能量为电子束的最大能量。因此，作为一种体外照射的治疗设备，医用电子加速器利用其特定装置产生的高能电子束或 X 射线，应用计算机立体定位系统进行图像三剂量分步重建，对人体有恶性肿瘤的部位进行照射，使肿瘤组织受到不可逆损毁。可根据所诊断癌症类型及其在体中的位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射治疗，同时肿瘤周围正常结构得到最大限度的保护，达到治疗肿瘤疾病的目的。

典型医用电子加速器见图 7-2。

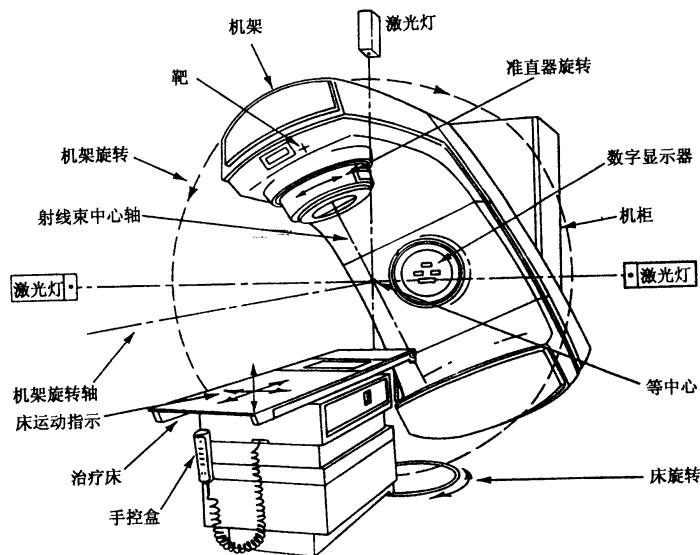


图 7-2 典型医用电子加速器示意图

(3) 设备组成

医用电子加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统

和控制保护系统。电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，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，最后到达患者病灶实现治疗目的。医用电子加速器内部结构图见图 7-3。

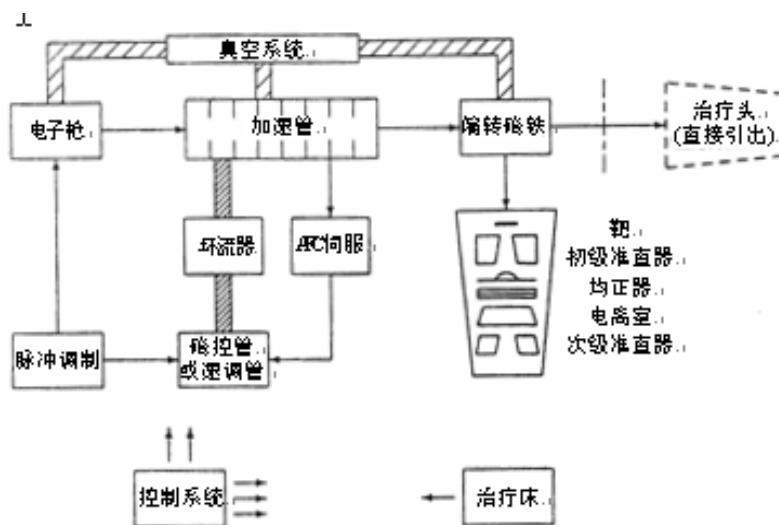


图 7-3 医用电子加速器内部结构图

7.2.2 工作流程

医用电子加速器放射治疗流程如下：

- (1) 登记候诊：对肿瘤患者进行登记、候诊；
- (2) 模拟定位：对患者肿瘤进行定位检查；
- (3) 制定治疗计划：根据患者瘤体的类型、部位和大小等初步确定照射剂量和照射时间，并进一步制定相应的治疗计划；
- (4) 摆位准备：摆位前认真查对病人信息、照射条件及摆位要求，调整治疗床高度，严格按照摆位要求实施摆位；摆位结束，摆位人员等非患者均离开机房，关闭防护门；
- (5) 实施照射：根据放疗计划，利用医用电子加速器技术实施精确照射；
- (6) 照射结束：病人离开治疗室，摆位人员 3min 后进行下一个患者摆位准备。

医用电子加速器放射治疗流程详见下图 7-4。

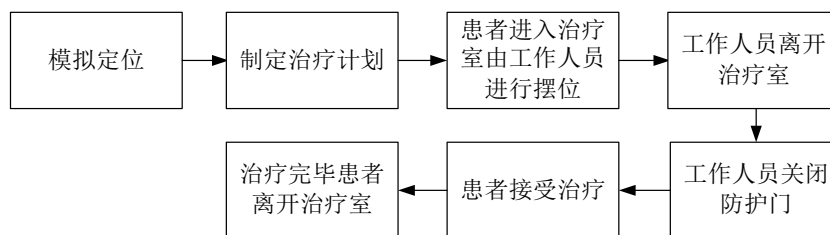


图7-4 医用电子加速器放射治疗流程图

7.3 污染源项描述

7.3.1 放射性污染因素分析与评价因子

(1) X射线

本项目医用电子加速器电子枪产生的电子最高能量为 18MeV，电子经过加速后，受到金属靶的阻止而产生韧致辐射 X 射线，由于 X 射线的贯穿能力极强，对周围环境可能造成辐射污染，但运行时产生的 X 射线随加速器的开、关而产生和消失。加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此在加速器开机的时间内，产生的 X 射线为主要辐射环境污染因素。

(2) 电子线

除 X 射线外，本项目医用电子加速器也可以用其产生的电子线束治疗病人，从而对周围环境产生辐射影响。电子线的穿透能力弱于 X 射线，因此对周围环境影响较小，一般情况下，满足屏蔽 X 射线防护要求时即可满足屏蔽电子线的防护需要。

(3) 中子辐射、俘获 γ 射线

根据GBZ126-2011第6.1.5款，X射线能量大于10MV的医用电子加速器运行中产生中子辐射及其俘获 γ 射线，本项目医用电子加速器X射线最高能量为10MV，本次评价不考虑其中子辐射及其俘获 γ 射线影响。

(4) 感生放射性

电子能量大于 10MeV 的医用电子加速器运行过程中产生感生放射性，主要包括两个方面：①加速器机头结构材料的固态感生放射性。加速器运行期间，由于设备有足够的结构屏蔽，由部件产生的感生放射性不会危害屏蔽体外的人员；但当加速器停机后，职业人员进入机房时会对人员构成一定为危害。②气态感生放射性核素，在加速器运行过程产生的中子可

与空气作用产生放射性核素，电子能量超过反应阈能时，与空气中的 C、O、N 等相互作用，可诱发感生放射性核素 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N 。

本项目医用电子加速器电子线最高能量为 18MeV，其运行过程中涉及感生放射性危害，因此本次评价考虑其感生放射性影响。

(5) 废水

医用电子加速器设备中设计有冷却水循环系统，在加速器运行期间，冷却水尤其是靶部分水被活化的而含有放射性核素主要为 ^{15}O 、 ^{16}N ，它们的半衰期分别为 2.1min 和 7.3s，半衰期很短，在放置一定时间后其活度就可以衰减到较低的水平，可按一般废水进行管理，排入医院污水处理系统，预处理后经市政污水管网排入城市污水处理厂处理。

(6) 放射性固体废物

本项目加速器冷却水循环系统使用蒸馏水，无废离子交换树脂产生。靶物质经长期照射后，可积累一定数量的感生放射性核素，废靶材（件）属放射性固体废物，须交由具有放射性废物处置资质的单位进行处置。

(7) 非放射性有害气体

医用电子加速器在开机运行时，产生的X射线与空气作用可产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO ， NO_2 ）。机房设有通风系统，通风次数大于4次/h，可明显降低其浓度，满足GBZ126-2011的要求。

由上述分析可知，医用电子加速器的放射性污染因素是 X 射线、感生放射性、放射性固体废物。其中 X 射线为评价重点。

表 8 辐射安全与防护

8.1 项目安全与防护

8.1.1 项目安全措施

1、屏蔽设计

根据医院提供的防护方案，本项目加速器机房各墙体均为混凝土结构，加速器主射束可向北、向南、向上及向下照射，治疗室北墙、迷道内墙、迷道外墙、室顶及地板为主射束直接照射墙体，北墙、迷道内墙及室顶均设计有主屏蔽和次屏蔽，其中北墙、迷道内墙主屏蔽均采用内凸设计，室顶主屏蔽采用外凸设计。等中心距地高度约 1240mm，距北墙、迷道内墙主屏蔽区内表面均 3.5m，距西墙 3.85m，距东墙 4.15m。本项目加速器机房平面布置见图 8-1，剖面图见图 8-2，机房屏蔽设计详见表 8-1。

表 8-1 本项目医用电子加速器机房屏蔽设计

| 项目 | | 屏蔽设计及尺寸等参数 |
|-------|-----|---|
| 治疗室 | | 东西长约 8.0m、南北宽约 7.0m，高约 3.7m，净面积约 62.29m ² ，净容积约 230.47m ³ |
| 北墙 | 主屏蔽 | 厚度为 2700mm，宽度为 4300mm |
| | 次屏蔽 | 厚度为 1500mm |
| 室顶 | 主屏蔽 | 厚度为 2700mm，宽度为 4300mm |
| | 次屏蔽 | 厚度为 1500mm |
| 迷道内墙 | 主屏蔽 | 厚度为 2000mm，宽度为 4300mm |
| | 次屏蔽 | 厚度为 1500mm |
| 迷道外墙 | | 厚度为 1200mm |
| 迷道 | | 东西长约 8.0m，南北宽约 2.0m |
| 西墙、东墙 | | 厚度均为 1500mm |
| 防护门 | | 铅钢结构，平移式，高 2.8m、宽 1.9m，厚度约 10cm，防护能力为 20mmPb，门洞高 2.4m，宽 1.5m，与门洞四周的搭接量均为 20cm，搭接处缝隙约 0.5cm，搭接宽度与缝隙比例均在 10:1 之上，满足防护要求 |

注：1、医院拟使用的混凝土密度为 2.35g/cm³；

2、东西长指西墙至东墙的距离，南北宽指主束墙间距，高指机房主屏蔽区内表面至机房地面的距离；面积与容积已扣除主屏蔽内凸墙体所占部分，且不包含迷道；治疗室+迷道净容积约为 289.67m³；

3、室顶次屏蔽区上方设计有 490mm 覆土，覆土上方设计有 710mm 管道夹层，室顶主屏蔽区上方无覆土

2、项目分区

医院拟对医用电子加速器机房进行分区管理，将治疗室四周墙壁围成区域及迷路划为控制区，控制区外部相邻区域的控制室、设备间、患者通道及更衣室划为监督区，并在控制区边界设置电离辐射警告标志。

本项目加速器机房拟建区域现场勘查时现状照片见图 8-3。



图 8-3 加速器机房拟建区域现场勘查时现状照片（拍摄于 2019 年 7 月）

8.1.2 项目防护措施

除工作场所屏蔽设计的安全防范措施外，医院进一步完善和加强以下几个方面的防护措施。

1、防护安全装置

①加速器治疗室内西墙北侧和南侧、南墙、北墙、迷道内靠近防护门及操作台处均设计有一处紧急停机按钮，如果病人出现意外、误留或者误开机时，能够及时按下停机开关，防止发生辐射安全事故；

②防护门设计有门机联锁装置，门关上时可出束，出束期间开门则自动停止出束，必须重新设置才可重新出束；另外，防护门设计有防挤压红外线碰撞装置，门外设计有工作状态指示灯及张贴电离辐射警告标志；

③加速器机房与控制室之间设计有电视监视及对讲装置，方便观察患者情况与患者沟通；

④迷道内设计有监控设备，位于迷道内口处，方便操作室内辐射工作人员及时观察到迷道内部和防护门处情况，避免无关人员进入或逗留。

以上设计能够满足加速器机房辐射安全防护的要求。

2、通风设置

本项目加速器治疗室内设计有 2 处进风口和 2 处排风口，2 处进风口分别位于治疗室西南侧和东南侧，尺寸为 40cm×40cm，距机房地面 3.7m。2 处排风口分别位于治疗室北墙西侧和北墙东侧，尺寸为 40cm×40cm，距机房地面约 30cm。排风口与楼内“Z”型排风管道相连，通过大楼顶部的风机将运行期间产生的有害气体由通风管道排放至外部环境，该处非人员密集区，设计有效通风量为 2500m³/h，本项目加速器治疗室+迷道净容积约 289.67m³，排风次数大于 4 次/h。

为了保证通风效果，本次评价建议将“两进两出”的通风模式调整为“一进一出”模式，仅保留机房东南侧的进风口和西北侧的排风口，形成“上进下排、对角设置”的形式。同时大楼顶部最终排风口应高出屋脊，并设置在北侧，远离南侧康复楼。

3、其他防护装置

本项目加速器机房拟配备 4 名辐射工作人员，待人员到位后，医院拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量计（每人一支、委托个人剂量检测后由检测单位配发），医院拟配备 1 台 X-γ 辐射巡检仪，用于全院射线装置机房自主检测使用，待配备后可满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第五款的辐射防护要求。

8.2 三废的治理

1、非放射性废气和感生放射性气体

加速器在开机运行时，产生的X射线与空气作用可产生少量臭氧和氮氧化物等，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体，通过本项目机房内通风系统可明显降低其浓度。

当加速器发出的射线能量达到或超过空气中某些核素的（ γ, n ）的反应阈能时，将产生感生放射性气体，如¹³N、¹⁵O、¹¹C等，半衰期分别为10min、124s、20.5min。放射性气体产额很低，半衰期较短，通过合理的通风系统可使其影响降低。同时工作人员适当延缓进入机房，尽量缩短摆位时间，注意与病人、机头等易于产生感生放射性的部位保持适当距离，同时定期对机房内的辐射剂量进行监测，对周围环境影响较小。

2、废水

加速器运行过程中产生的循环冷却水具有放射性，冷却水中被活化的而形成的放射性核

素主要为 ^{15}O 、 ^{16}N ，半衰期分别为 2.1min 和 7.3s，半衰期很短，只需放置一定时间其活度就可衰减到较低的水平。因此冷却水放置一段时间后可按照医院一般废水进行管理。

3、固体废物

废靶材（件）属于放射性废物，须交由具有放射性废物处置资质的单位进行处置。

表 9 环境影响分析

9.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要包括加速器机房主体工程、辐射防护工程的建设及设备安装等，主要产生噪声、扬尘、施工废水、生活污水及固体废物。施工期通过设置防尘罩等各项防尘抑尘措施控制扬尘污染，选用低噪声设备并合理控制施工时间以减少噪声污染，生活污水排入医院污水处理站预处理后排入市政污水管网，施工废水上清水重复利用，淤泥集中堆放后期用作回填土，并采取对生活垃圾进行定期清运、对建材垃圾回收利用等措施减少固体废物对周围环境的影响。通过以上诸多措施，本项目施工期对周围环境影响较小。

9.2 运行阶段对环境的影响

9.2.1 医用电子加速器辐射环境影响评价

本项目医用电子加速器尚未购置，因此，本次评价采用理论计算的方式评价医用电子加速器运行后产生的 X 射线对周围环境的影响。

9.2.1.1 辐射屏蔽效果估算与评价

1、辐射源项

估算时采用加速器在最大工作负荷时的参数，详见表 7-1。

2、主屏蔽墙厚度估算

主屏蔽墙厚度估算在主射束直接照射的条件下，根据上述最大工作负荷（X 射线最大能量为 10MV）进行。

3、次屏蔽墙厚度估算

次屏蔽墙厚度估算综合考虑泄漏辐射以及散射辐射。

5、TVL（什值层）

①采用密度为 2.35t/m^3 的普通混凝土屏蔽时，10MV X 射线主射线束和次级射线的什值层厚度如下：

主射束：TVL₁ 为 41cm，TVL 为 37cm（依据 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.1）；

泄漏辐射：TVL₁ 为 35cm，TVL 为 31cm（依据 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.1）；

患者散射辐射：TVL 为 28cm（依据 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.4）；

②采用铅板屏蔽时，10MV X 射线散射辐射的什值层厚度如下：

泄漏辐射：TVL=46.2mm（依据《辐射源室屏蔽设计与评价》表 3.1）；

散射辐射：铅的TVL=0.5cm（依据 GBZ/T201.2-2007 第 5.2.6.1 部分式（13）注释）。

9.2.1.2 屏蔽墙体及室顶估算

1、按照剂量率估算主、次屏蔽厚度

采用 GBZ/T201.2-2011 中推荐公式

有效屏蔽厚度

$$X_e = X \cdot \sec \theta \quad (9-1)$$

式中：Xe—有效屏蔽厚度，cm

X—屏蔽厚度，cm

θ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角

辐射屏蔽透射因子

$$B = 10^{-(X+TVL-TVL_1)/TVL} \quad (9-2)$$

式中：X—屏蔽厚度，cm；

TVL₁—第一什值层厚度，cm

TVL—平衡什值层厚度，cm

B—辐射屏蔽透射因子

主射线和漏射线剂量率

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (9-3)$$

式中：H—关注点剂量率参考控制水平， μ Sv/h；

H₀—加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率， μ Sv · m²/h；

R—靶点至关注点距离，m；

f—泄漏辐射比率，对有用线束为 1，泄漏辐射为 0.1%。

本项目加速器治疗室北墙、东墙及迷道内墙（南墙）外均为土层，满足承重即可，因为本次不再对北墙、东墙及迷道内墙（南墙）外关注点处的剂量率进行估算。本次仅选取治疗室西墙、室顶及防护门外 30cm 处的 1、m₁、m₂、e、g 关注点进行估算，o 为等中心点，o₁、

o_2 、 o_3 点为朝不同方向照射时的靶点位置，估算关注点分布图见图 9-1 及图 9-2。

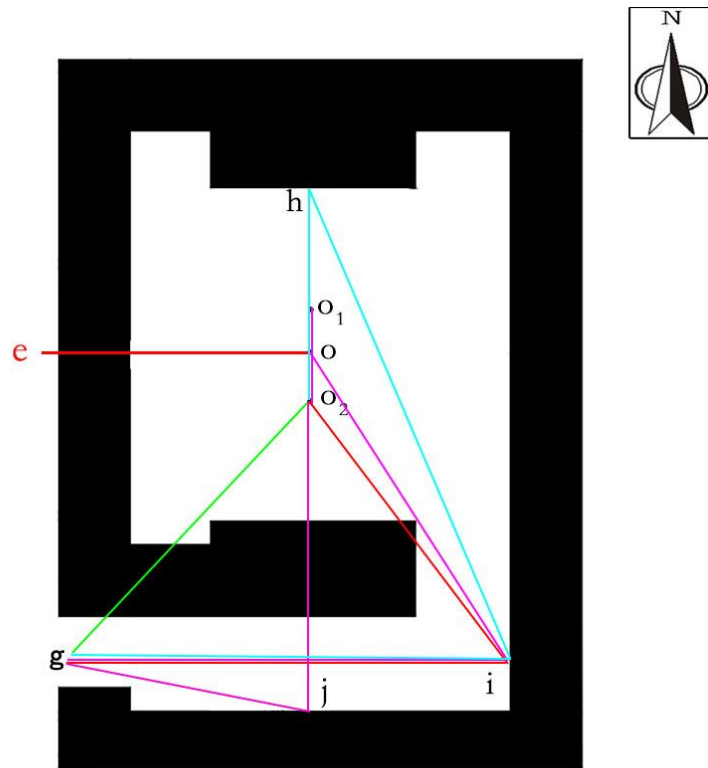


图 9-1 加速器机房屏蔽墙平面图

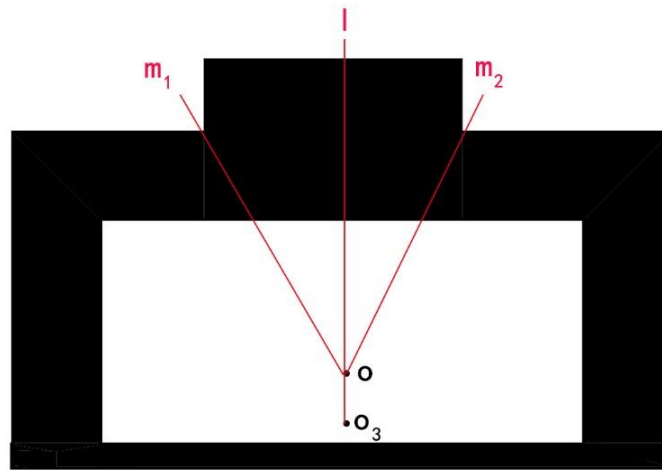


图 9-2 加速器机房剖面图（东西剖面）

(1) 有用线室顶主屏蔽外关注点 1 处剂量率

根据公式 9-1 至公式 9-3，计算加速器机房室顶主屏蔽外关注点剂量率如下表所示：

表 9-1 加速器机房室顶主屏蔽外关注点估算结果

| 路径 | 屏蔽墙 | 屏蔽性质 | 初始剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) | 设计厚度 (cm) | 至墙外 30cm 处距 离 d (m) | 墙外 30cm 处剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) | 剂量率参 考控制水 平 ($\mu\text{Sv/h}$) | 是否 合格 |
|-------------------|-----|------|-------------------------------|--------------|---------------------------|---|--|----------|
| o ₃ -1 | 室顶 | 主屏蔽 | 6.0×10^8 | 270 | 6.46 | 0.93 | 2.5 | 是 |

注：1. 混凝土 TVL₁ 为 41cm，TVL 为 37cm；
 2. 本项目加速器机房室顶主屏蔽区上方无覆土，关注点 1 为一层氧舱大厅地面上方 0.3m；
 3. $d=3.7-(1.24-1)+2.7+0.3=6.46\text{m}$

根据上表可知，本项目加速器机房室顶主屏蔽外关注点的剂量率为 $0.93 \mu\text{Sv/h}$ ，低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制水平。

(2) 与主屏蔽相连的次屏蔽墙外关注点 m₁、m₂ 剂量率

该两处关注点考虑泄漏辐射和患者散射辐射的叠加作用。

① 泄漏辐射

表 9-2 加速器机房次屏蔽墙体外关注点泄漏辐射估算结果

| 路径 | 屏蔽墙 | 屏蔽性质 | 初始剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) | 有效屏蔽层 厚度 (cm) | 至墙外 30cm 处距离 d (m) | 墙外 30cm 处剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) |
|------------------------------------|-----|------|-------------------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| o-m ₁ /o-m ₂ | 室顶 | 次屏蔽 | 6.0×10^5 | 170 | 4.84 | 0.11 |

注：1. TVL₁ 为 35cm，TVL 为 31cm；
 2. $d=[(3.7-1.24)+1.5+0.3]/\cos 28^\circ =4.26/\cos 28^\circ \approx 4.84\text{m}$ ；
 3. 有效屏蔽厚度= $1.5/\cos 28^\circ \approx 1.70\text{m}$

② 患者散射辐射

按照 GBZ/T201.2-2011 给出的患者一次散射辐射的剂量估算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad (9-4)$$

式中：H—关注点剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H₀—距靶 1m 处的有用线束或泄漏的辐射剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

F—最大照射野面积，cm²；

R_s—患者（位于等中心点）至关注点的距离，m。

α_{ph} —患者 400cm² 面积上垂直之入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm² 面积上的散射因子；取患者散射角为 30°，根据 GBZ/T201.2-2011 附表 B.2 查得 10MV 30° 的 α_{ph} 为 3.18×10^{-3} 。

估算结果见表 9-3。

表 9-3 加速器机房次屏蔽墙体外关注点患者散射辐射估算结果

| 路径 | 屏蔽墙 | 屏蔽性质 | 初始剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) | 有效屏蔽层厚 度 (cm) | 至墙外 30cm 处距离 d (m) | 墙外 30cm 处剂量 率 ($\mu\text{Sv/h}$) |
|-----------------------------|-----|------|-------------------------------|------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| $o_3-o-m_1/$ o_3-o-m_2 | 室顶 | 次屏蔽 | 6.0×10^8 | 170 | 4.84 | 0.28 |

注：1. TVL 为 28m；
2. $d = [(3.7 - 1.24) + 1.5 + 0.3] / \cos 28^\circ = 4.26 / \cos 28^\circ \approx 4.84\text{m}$ ；
3. 有效屏蔽厚度 = $1.5 / \cos 28^\circ \approx 1.70\text{m}$

则与主屏蔽相连的次屏蔽区墙外关注点剂量率如下表所示：

表 9-4 加速器机房次屏蔽墙体外关注点辐射剂量率估算结果

| 关注点 | 泄漏辐射剂量贡 献 ($\mu\text{Sv/h}$) | 患者散射辐射剂量贡 献 ($\mu\text{Sv/h}$) | 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) | 剂量率参考控制 水平 ($\mu\text{Sv/h}$) | 是否 合格 |
|-----------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------|
| m_1/m_2 | 0.11 | 0.28 | 0.39 | 2.5 | 是 |

注：室顶次屏蔽区外设计有覆土和管道夹层，本次保守计算次屏蔽区混凝土实体屏蔽外 0.3m 处的剂量率，一层地面处的剂量率将低于本次计算值

根据上表可知，与室顶主屏蔽相连的次屏蔽区墙外关注点的剂量率为 $0.39 \mu\text{Sv/h}$ ，低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制水平。

(3) 侧屏蔽墙外关注点 e 处剂量率估算

治疗室西墙外考虑泄漏辐射屏蔽，估算方法类似主屏蔽区，其中 $f=10^{-3}$ ，根据式 9-1~式 9-3，侧屏蔽墙外关注点 e 处剂量率如下所示：

表 9-5 加速器机房侧屏蔽墙体外关注点泄漏辐射核算结果

| 路径 | 屏蔽墙 | 屏蔽 性质 | 初始剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) | 有效屏蔽 层厚度 (cm) | 至墙外 30cm 处距离 d (m) | 墙外 30cm 处剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) | 剂量率参考 控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$) | 是否 合格 |
|-----|-----|----------|-------------------------------|---------------------|--------------------------|---|---------------------------------------|----------|
| o-e | 西墙 | 侧屏蔽 | 6.0×10^5 | 150 | 5.65 | 0.37 | 2.5 | 是 |

注：1. TVL_1 为 35cm，TVL 为 31cm；
2. $d = 4.3/2 + 1.7 + 1.5 + 0.3 = 5.65\text{m}$

根据上表可知，西墙外关注点的辐射剂量率为 $0.37 \mu\text{Sv/h}$ ，低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 剂量率参考控制水平。

(4) 主屏蔽宽度估算

采用 GBZ/T201.1-2007 中公式进行核算，见式 9-5。

$$Y_p = 2[(\alpha + SAD) \tan \theta + 0.3] \quad (9-5)$$

式中：

Y_p - 机房有用主屏蔽区的宽度，m；

SAD-源轴距，m，l；

θ -有用束最大张角(相对于束中的轴线)，加速器射束最大出射角为 28° ，则 θ 取 14° ；

α -等中心点至墙的距离，m。机房南北墙外为地下土层，本次不再校核南北墙主屏蔽宽度。室顶主屏蔽为外凸，为等中心点到室顶主屏蔽区墙的外表面。至室顶为 5.16m。

计算结果见表 9-6。

表 9-6 主屏蔽宽度计算结果

| 序号 | 墙体 | $\alpha + \text{SAD}$ (m) | 所需宽度 (m) | 设计宽度 (m) | 是否合格 |
|----|----|---------------------------|----------|----------|------|
| 1 | 室顶 | 5.16+1 | 3.67 | 4.30 | 是 |

本项目加速器机房北墙、南墙及东墙外均为地下土层，机房屏蔽设计方案中北墙、南墙及东墙的屏蔽厚度及北墙主屏蔽区的宽度过大，不符合辐射防护最优化的原则，因此本次评价建议优化屏蔽设计，北墙、南墙及东墙的实体屏蔽仅满足承重即可。

9.2.1.3 防护门估算与评价

1、迷路入口（g 点，防护门内）X 射线的辐射路径

参照标准 GBZ/T201.2-2011，该项目加速器有用线束向迷道内墙照射，则机房迷道入口（g）点辐射路径为：

（1）入射至 i 墙的辐射散射至防护门内 g 点处的辐射中，i 墙的入射辐射可能来自：

① 泄漏辐射（ o_2-i-g 路径）；

② 患者散射（ $o_1-o-i-g$ 路径）；

③ 向北墙照射的有用线束穿过患者身体并射入屏蔽墙内表面 h 处的散射辐射（ $o_2-h-i-g$ ）；

（2）穿过迷路内墙的有用线束受迷路外墙散射至防护门内 g 处的辐射剂量（ o_1-j-g 路径）。

（3）泄漏辐射在防护门内 g 处的剂量率（ o_2-g 路径）。

2、迷路入口（g 点，防护门内）辐射剂量率估算

（1）按照 GBZ/T201.2-2011 给出的方法：

① 泄漏辐射在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量计算公式见式 9-6。

$$H = \frac{f \cdot H_0 \cdot A \cdot \alpha_w}{R_L^2 \cdot R_2^2} \quad (9-6)$$

式中：

H —计算点防护门内 g 处辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —距靶 1m 处的辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ，取 $6.0 \times 10^8 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

f —加速器的泄漏辐射比率，为 10^{-3} ；

A — i 处的散射面积， i 处取 7.4m^2 ($2.0\text{m} \times 3.7\text{m}$)；

α_w —散射体的散射因子，单位面积 (1m^2) 散射体散射至距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。 α_w 与入射角和反射角有关，本次评价按 45° 入射辐射在混凝土散射体上考虑，根据 GBZ/T201.2-2011 附表 B.5 查得 10MV、 45° 的 α_w 为 3.8×10^{-3} ；

R_L —泄漏辐射始点至散射体中心点的距离，取 6.90m；

R —散射体中心点至计算点的距离，取 8.86m。

经计算， o_2 - i - g 路径在防护门内 g 处辐射剂量率为 $4.51 \mu\text{Sv/h}$ 。

②患者散射辐射的计算公式见式 9-7。

$$H_g = H_0 \cdot \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \quad (9-7)$$

式中：

H_g —防护门内 g 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —加速器有用线束中心轴距靶 1m 处的常用最高剂量率，为 $6.0 \times 10^8 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上的散射因子，保守取 30° 散射角的值，根据 GBZ/T201.2-2011 附表 B.2 查得 10MV、 30° 的 α_{ph} 为 3.18×10^{-3} ；

α_2 —砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，通常取 i 处的入射角为 45° 、散射角为 0° ，根据 GBZ/T201.2-2011 附表 B.6 查得 α_2 为 5.8×10^{-3} ；

A — i 处的散射面积， i 处取 7.4m^2 ($2.0\text{m} \times 3.7\text{m}$)；

F —有用束在等中心处的最大治疗野面积，取 1600cm^2 ；

R_1 -为 o-i 之间的距离, 取 7.74m;

R_2 -为 i-g 之间的距离, 取 8.86m。

经计算, o_1 -o-i-g 路径在防护门内 g 处辐射剂量率为 69.65 μ Sv/h。

③穿过患者的有用线束在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量计算公式见式 9-8。

$$H = H_0 \cdot \frac{(F/10^4)}{R^2} \cdot \alpha_w \cdot B_p \quad (9-8)$$

H -计算点防护门内 g 处辐射剂量率, μ Sv/h;

H_0 -加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率, 为 $6.0 \times 10^8 \mu$ Gy \cdot m²/h;

F -有用束在等中心处的最大治疗野面积, 取 1600cm²;

10^4 -将 1m² 面积转换为 10⁴cm²;

R -散射体中心点 (有用线束在屏蔽墙上的投影点) 至计算点的距离, 本次保守取 10.90 \times 8.86m。

α_w -散射体的散射因子, 同式 9-5。根据 GBZ/T201.2-2011 附表 B.5 查得 10MV、45° 的 α_w 为 3.8×10^{-3} ;

B_p -有用线束射入散射体 (屏蔽墙) 前的屏蔽透射因子, 根据 GBZ/T201.2-2011 式 (9), 本次保守取 1。

经计算, o_2 -h-i-g 路径在防护门内 g 处辐射剂量率为 39.11 μ Sv/h。

(2) 穿过迷路内墙的有用线束受迷路外墙散射至 g 处的辐射剂量计算公式见式 9-7, 其中 $R=4.77$ m; B_p 在对于有用线束向迷路墙照射时的迷路内墙, 依内墙的屏蔽厚度按式 9-2, 经计算 $B_p=5.04 \times 10^{-6}$ 。

经计算, o_1 -j-g 路径在防护门内 g 处辐射剂量率为 0.08 μ Sv/h。

(3) o_2 -g 路径在防护门内 g 点的泄漏辐射剂量率

按照 GBZ/T201.2-2011 给出的公式 (公式 9-1 至公式 9-3), 计算 o_2 -g 路径的泄漏辐射 (泄漏辐射穿过迷路内墙, 到达迷路入口处的辐射), 经计算 o_2 -g 路径在防护门内 g 处的辐射剂量率为 $6.81 \times 10^{-3} \mu$ Sv/h (o_2 -g 路径约 7.24m, 迷路内墙有效屏蔽厚度 1.97m)。

3、防护门外的辐射剂量率

在给定防护门的铅屏蔽厚度X（cm）时，防护门外的辐射剂量率H按下式计算：

$$H = H_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + H_{og} \quad (9-9)$$

式中： H_{og} —— o_2 -g路径在防护门外关注点处的泄漏辐射剂量率；

TVL——0.5cm铅。

根据上述计算，当靶点位于 o_1 处时，防护门内g处的辐射剂量率较大，因此本次选取靶点位于 o_1 处时的工作状态计算防护门外关注点的剂量率，保守以 o_2 -i-g路径在防护门内g处的剂量率 $4.51 \mu Sv/h$ 作为 o_1 -i-g路径在g处的剂量率， o_1 -o-i-g路径在防护门内g处的剂量率为 $69.65 \mu Sv/h$ ， o_1 -j-g路径在防护门内g处的剂量率为 $0.08 \mu Sv/h$ ，同时保守以 o_2 -g路径在防护门内g处的剂量率 $6.81 \times 10^{-3} \mu Sv/h$ 作为 o_1 -g在g处的剂量率。则防护门外关注点的剂量率为 $(4.51+69.65+0.08) \times 10^{-(2.0/0.5)} + 6.81 \times 10^{-3} \times 10^{-(2/4.62)} \approx 0.01 \mu Sv/h$ ，低于 $2.5 \mu Sv/h$ 的剂量率参考控制水平。

经计算，防护门外的剂量率为 $0.01 \mu Sv/h$ ，低于 $2.5 \mu Sv/h$ 的剂量率参考控制水平。

9.2.1.4 感生放射性的影响

本项目医用电子加速器最大能量为18MeV，其运行过程中涉及感生放射性危害。鉴于医用电子加速器运行期间的感生放射性存在不确定性，本次采用类比进行估算，类比对象为蒙阴县人民医院的美国瓦里安Clinac iX型10MV加速器，X射线最大能量均为10MV，电子线能量均为18MeV，具有较好的类比性。

- 1、监测设备：FH40G+FHZ672E-10型便携式X- γ 剂量率仪；
- 2、监测时间：2018年4月3日；
- 3、检测单位：山东丹波尔环境监测有限公司；
- 4、监测结果：

表 9-7 类比对象停止出束 2min 后，感生放射性监测结果（单位：nGy/h）

| 测点编号 | 点位描述 | 监测结果 | 标准差 |
|------|-------------|-------|------|
| 1 | 距机头表面 5cm 处 | 295.0 | 1.50 |
| 2 | 距机头表面 1m 处 | 206.7 | 1.87 |

由表 9-7 可知，该加速器停机 2min 后测得感生放射性的周围剂量当量率在离外壳表面 5cm 和 1m 处的分别为 295.0nGy/h 和 206.7n μ Gy/h。根据类比对象监测结果，预计本项目加速器运行后也能够满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中“在不超过

3min 的时间内，测得的感生放射性的周围剂量当量率在离外壳表面 5cm 任何容易接近处不超过 200 μ Sv/h，离外壳表面 1m 处不超过 20 μ Sv/h”的标准限值要求。

9.2.1.5 非放射性危害气体的影响

在医用电子加速器开机运行时，产生的X射线与空气相互作用可产生少量臭氧和氮氧化物。对于臭氧和氮氧化物，主要危害是臭氧，臭氧的产额比氮氧化物高一个量级，只要臭氧能够达到标准，氮氧化物(限值高)也能达标，因而本报告只考虑臭氧。

O₃ 的室内浓度与有用 X 射线束的输出率、射野面积和机房体积有关，O₃ 在空气中的自身分解时间为 0.83h。机房内空气中产生的非辐射有害气体主要靠通风换气来控制。本项目加速器机房治疗室内设计有通风系统，设计通风量为 2500m³/h，本项目加速器治疗室+迷道净容积约为 289.67m³，排风次数大于 4 次/h，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》第 6.1.10 款要求。

9.2.1.6 废水的影响

本项目医用电子加速器系统中设计有冷却水循环系统，冷却水中被活化而形成的放射性核素主要为 ¹⁵O、¹⁶N，它们的半衰期分别为 2.1min 和 7.3s，半衰期很短，在放置一定时间后其活度就可以衰减到较低的水平，可按照医院一般废水进行管理处置，因此本项目不涉及放射性废水排放问题。

9.2.1.7 固废的影响

靶物质经长期照射后，也可积累一定数量的感生放射性核素，废靶材（件）属放射性废物，须交由具有放射性废物处置资质的单位进行处置。

9.2.2 年有效剂量

1、年有效剂量估算公式

$$H = 0.7 \times D_r \times T \quad (9-10)$$

式中： H ——年有效剂量当量，Sv/a；

T ——年受照时间，h；

0.7——权重因子；

D_r ——X 剂量率，Sv/h、Gy/h。

2、照射时间确定

根据医院提供的资料，本项目医用电子加速器预计年最大治疗工作量约2500人，每人照射时间最大为15min，每人摆位约6min，则年最大照射时间为625h，年最大摆位时间为250h。

3、居留因子确定

居留因子参照《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）。

表9-8 居留因子的选取

| 场所 | 居留因子 (T) | | 示例 |
|------|----------|----------|---|
| | 典型值 | 范围 | |
| 全居留 | 1 | 1 | 管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区 |
| 部分停留 | 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 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室 |
| 偶然停留 | 1/16 | 1/8-1/40 | 1/8: 各治疗室房门 1/20: 公厕、自动售货区、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 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、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 |

4、职业人员的年有效剂量

加速器治疗室周围对职业人员的影响区域主要在治疗室西侧的控制室、设备间等，根据表 9-5，西墙外关注点处的剂量率为 $0.37 \mu\text{Sv/h}$ 。居留因子取 1。则职业人员年有效剂量为 $H_1=0.7 \times 0.37 \times 625 \times 1 \div 1000 \approx 0.16\text{mSv/a}$ 。考虑职业人员在加速器治疗室内指导病人摆位时的照射剂量，根据类比监测结果，采用 5cm 处感生放射性剂量率值 295.0nGy/h 估算摆位人员的年有效剂量，则职业人员受感生放射性照射有效剂量为 $0.7 \times 295.0 \times 250 \times 1 \times 10^{-6} \approx 0.05\text{mSv/a}$ 。

综上所述，加速器机房职业人员年有效剂量为 $0.16+0.05=0.21\text{mSv/a}$ ，满足本评价采用的职业人员年剂量管理目标值不超过 2.0mSv/a 的管理要求。

5、公众成员年有效剂量

公众成员年有效剂量主要考虑加速器机房周围公共场所影响。公众活动区域为防护门外、治疗室室顶上方氧舱大厅，根据上述计算分析可知，室顶剂量率最大值为 $0.93 \mu\text{Sv/h}$ ，该区域居留因子取 $1/5$ ，则该区域公众成员的年有效剂量为 $0.7 \times 0.93 \times 625 \times 1/5 \div 1000 \approx$

0.08mSv/a。防护门外剂量率为 $0.01 \mu\text{Sv/h}$ ，居留因子取 $1/8$ ，则该区域公众成员的年有效剂量为 $0.7 \times 0.01 \times 625 \times 1/8 \div 1000 \approx 5.47 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ 。因此本项目公众成员年有效剂量最大为 0.08mSv/a ，满足本评价采用的公众成员年剂量管理目标值不超过 0.1mSv/a 的管理要求。

综上所述，在加强日常管理情况下，本项目职业人员及公众成员所接受的年有效剂量均满足本次评价提出的管理剂量约束值，满足国家有关要求。

9.2.3 运行分析与评价

根据对加速器治疗室屏蔽墙外和防护门外关注点处的剂量率估算，各关注点的剂量率均低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制水平，说明本项目加速器治疗室防护门及屏蔽墙体的设计厚度均可以满足辐射防护要求。

在医用电子加速器照射时间为 625h/a 情况下，加速器机房职业人员年有效剂量为 0.21mSv/a ，满足本评价采用的公众成员年剂量管理目标值不超过 0.1mSv/a 的管理要求。公众成员年有效剂量为 0.08mSv/a ，满足本评价采用的公众成员年剂量管理目标值不超过 0.1mSv/a 的管理要求。

总之，在现有设计条件下，医院医用电子加速器机房职业人员及公众成员所接受的年有效剂量不大于本报告规定的管理剂量约束值，满足国家有关要求。

9.3 事故影响分析

9.3.1 风险识别

本项目可能出现的辐射事故有：

①门机联锁装置发生故障情况下，人员误入正在运行的机房而造成X射线误照射。

②工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离机房，加速器运行，会对工作人员或病人家属产生不必要的X射线照射。

③工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，发生事故性出束，对工作人员造成辐射伤害。

④加速器控制系统出现故障，照射治疗不能停止，病人受到计划外照射。

⑤维修期间的事故，加速器维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害。

9.3.2 风险防范措施

根据以上风险事故，本项目风险防范措施为：

①制定自检制度，且严格进行经常性自查，如发现门机联锁、工作状态指示灯、电离辐射警告标志不够完善或失灵，以及防护门出现故障，应立即补充和修复。定期进行门机联锁装置、工作指示灯检查，防止人员误入。

②制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，实施照射前控制台工作人员应先观察监控确保机房内摆位工作人员已撤出。

③加强人员培训，制定规范的操作规程并落实。

④做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

⑤医院应联系专业维修人员前来对设备进行维护，不得私自拆卸维修加速器。

表 10 辐射安全管理

10.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

10.1.1 管理机构

医院目前已经成立了辐射安全管理小组，签订了辐射工作安全责任书，法人代表为医院辐射工作安全第一责任人。辐射安全管理小组名单如下：

组长：王和平

副组长：张里程、王敏

成员：宋振格、董京华、田桂荣、张军

10.1.2 职业人员

医院拟为本项目加速器配备 4 名辐射工作人员，包括 1 名医师、2 名技师和 1 名物理师。待人员到位后医院拟安排未持证人员参加初级辐射安全与防护培训，做到持证上岗，以满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。

10.2 辐射安全管理规章制度

医院目前已制定的规章制度主要有：《辐射防护管理制度》、《岗位职责》、《安全保卫制度》、《辐射事故应急预案》、《设备检修维护制度》、《人员培训制度》、《射线装置操作规程》、《监测方案》等。医院须针对本项目加速器项目补充制定《加速器安全操作规程》、《自行检查及年度评估制度》，医院在日常运行中应严格落实各项辐射管理规章制度。

10.3 辐射监测

10.3.1 辐射监测方案

医院制定有《监测方案》，制定的内容尚不完善，医院须按照以下内容进行补充完善，同时医院拟配备 1 台 X- γ 辐射巡检仪，定期或不定期地对射线装置机房和周围环境进行监测，须补充完善的主要内容如下：

1、个人剂量监测

①本院从事辐射工作的医务人员在操作射线装置时须按要求佩戴个人剂量计，个人剂量监测须委托有资质单位进行监测，常规监测周期为 30 天，最长不超过 90 天；

②建立个人剂量档案长期保存，并将结果记录入个人剂量档案中；

③允许辐射工作人员查阅、复印本人的个人剂量监测档案。

2、辐射工作场所监测

每年委托有资质单位对辐射工作场所进行监测。

①监测范围：辐射工作场所的监测范围包括监督区。

监督区：监测点为控制室及机房周围其他有关毗邻区域。

②监测周期：

a、验收监测：新建辐射工作场所及射线装置安装调试后，委托有资质的单位对建设项目放射防护设施进行验收监测；

b、状态监测：监测周期为 1 年；

c、监测记录与保存：按照相关的标准进行记录并存档长期保存。

每年定期对辐射工作场所进行自主监测。

①监测因子

X(γ)空气吸收剂量率。

②监测频次

1 次/年，应急状况随时监测；

③监测点位

主要涵盖以下几处位置：

a、通过巡测，发现的辐射水平异常高的位置；

b、防护门外 30cm 离地面高度为 1m 处，测门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周；

c、机房墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点。

10.3.2 医院监测方案落实情况

医院现有辐射工作人员均配有个人剂量计，并委托山东华标检测评价有限公司每三个月检测一次。医院已建立个人剂量档案，检测数据填入个人剂量档案。医院委托山东华标检测评价有限公司每年对各射线装置机房进行检测，出具检测报告。拟配备 1 台 X- γ 辐射巡检仪，定期对各射线装置机房周围环境辐射水平进行监测，并做好记录。

10.4 辐射事故应急

10.4.1 环境风险事故应急预案

医院已按照《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》（国家环保总局，环发[2006]145 号）中的有关要求，制定有《辐射事故应急预案》，主要包括以下内容：

一、辐射事故应急工作领导小组

组长：王敏

副组长：宋振格

组员：赵志永、张军

主要职责：

- ①贯彻执行国家辐射应急的方针政策和辐射应急工作要求；
- ②负责向上级和属地有关部门报告医院内发生的辐射应急事故和事件；
- ③组织制订医院应急响应方案，做好应急准备工作；
- ④应急期间充分调动人力、物力支援，实施统一指挥、统一组织、统一行动；
- ⑤采取各种有效快速的救援措施，最大限度地减少污染危害，避免人身伤亡和财产损失，消除对医院的负面影响；
- ⑥组织人员参加辐射应急人员培训和应急演练；
- ⑦配合上级有关部门进行事故调查和审定工作。

二、辐射事故应急救援应遵循的原则

- 1、迅速报告原则；
- 2、主动抢救原则；
- 3、生命第一的原则；
- 4、科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；
- 5、保护现场，收集证据的原则。

三、医院辐射应急处理程序

1、严格遵守放射工作各项规章制度和放射性同位素安全防护管理制度，严格执行放射诊疗操作规范。

2、发生射线装置辐射事故时，必须立即采取措施防止事故继续发生和蔓延而扩大危害范围，具体程序如下：

- ①立即终止放射诊疗操作，关闭操作电源；
- ②封锁现场，切断一切可能扩大污染范围的环节；
- ③迅速撤离有关人员，对事故受照射人员进行及时的检查、救护和医学观察；
- ④实行现场警戒，划定紧急隔离区。保护事故现场，保留导致事故的材料、设备和工具等；
- ⑤及时报告医院辐射应急领导小组，并在 2 小时内填写《辐射事故初始事故表》，及时报告环保部门、公安部门和卫生部门。

相关部门联系电话：县环保局（环境辐射管理处：8186209）、卫生局（医政处：8218609、卫生监督所：8216245）、公安局（110）。

四、应急能力的保持

- ①应急培训

每年定期进行辐射事故应急培训，主要内容为辐射事故种类、应急程序、应急人员职责等，培训材料归档保存。

②应急演练

每年定期进行辐射事故应急演练，模拟真实事故现场，保持应急人员的应急能力。演练由辐射事故应急工作领导小组负责，事先制定演练方案，事中检查演练过程并及时发现问题，事后形成事故演练评价，对发现的问题及时纠正，应急演练所有材料均归档保存。

该应急预案内容较为全面，从机构组成、应急程序、应急演练等方面进行了说明，经核实，医院未发生过辐射事故。

表 11 社会稳定风险评估

社会稳定风险评估，是指与人民群众利益密切相关的重大决策、重要政策、重大改革措施、重大工程建设项目、与社会公共秩序相关的重大活动等重大事项在制定出台、组织实施或审批审核前，对可能影响社会稳定的因素开展系统的调查，科学的预测、分析和评估，制定风险应对策略和预案。为有效规避、预防、控制重大事项实施过程中可能产生的社会稳定风险，为更好的确保重大事项顺利实施。

11.1 社会稳定风险识别

社会稳定风险的形式包括影响社会治安、涉众经济案件、群众信访、破坏安全生产施工等。一般情况下，项目社会稳定问题产生之初，其表现多是书信、电子邮件、传真、电话、走访等形式中的一种或几种方式，数量零星，也比较缓和。但随着事态发展，也有可能朝着反腐上访、越级信访、集体上访、进京上访等严重恶性社会稳定问题的方向发展，特殊情况下甚至发展为非法集会游行示威、蓄意破坏、群体性罢工、械斗、暴乱等群体性事件。

根据本项目的实际特点，本项目社会稳定风险因素主要涉及政策规划和审批程序及生态环境影响共 2 个类型，本项目社会稳定风险因素涉及的类型、风险因素及主要评价指标详见表 11-1。

表 11-1 社会稳定风险因素识别汇总表

| 序号 | 类型 | 风险因素 | 主要评价指标 |
|----|--------|-----------|-----------------------------|
| 1 | 政策规划和 | 产业政策、发展规划 | 项目与产业政策、总体规划、专项规划之间的关系等 |
| 2 | 审批程序 | 立项过程中公众参与 | 规划、环评过程中的公示及诉求、负面反馈意见等 |
| 3 | 生态环境影响 | 辐射影响 | 污染物排放与标准限值之间的关系、与人群感受之间的关系等 |

11.2 社会影响和适应性分析

本项目为医用电子加速器应用项目，主要用于医院放射治疗，有利于提高医院的放射治疗水平，具有良好的社会效益和经济效益，经前文分析，加速器运行过程中产生的辐射影响可以满足国家有关要求，带来的社会、经济效益足以弥补其可能引起的辐射危害，本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。因此，本项目适应社会发展，具有良好的经济效益和社会效益。

11.3 社会稳定风险分析及防范化解措施

11.3.1 政策规划和审批程序分析及防范化解措施

11.3.1.1 产业政策、发展规划及规划选址

经查询《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正）（国家发展和改革委员会令 第 21 号），本项目不属于该目录中规定的限制类和淘汰类项目，属于允许建设项目，符合国家当前产业政策要求。本项目于医院内部进行建设，符合城市规划要求。综上所述，本项目符合国家产业政策和城市规划要求。

11.3.1.2 立项过程中公众参与

本项目的立项、建设及运行过程中可能由于公众对项目存在误解等原因产生公众投诉等问题，针对群众较为关心和关注的问题，如环境保护等，建设单位拟采取以下防范化解措施：

1、加强公众沟通和科普宣传，让项目周边公众成员及医院内部工作人员了解本项目的相關基础知识及国家对此类的控制标准，消除周围公众的疑虑和恐惧，避免误解，取得群众支持。项目投运后，定期进行自主监测，每年委托有资质单位进行年度监测，并将年度监测报告提交环保部门。

2、医院内部明确了处理群众投诉及信访问题的主要负责人员，避免出现信访问题时医院内部各部门之间互相推诿，导致矛盾激化。医院负责处理群众投诉及信访问题的主要负责人员为张军，联系电话为 13583311144。在出现群众投诉及信访问题时，由主要负责人员第一时间对接相关群众，尽快满足群众提出的合理诉求，取得群众理解，防止矛盾激化。

11.3.2 生态环境影响分析及防范化解措施

本项目主要放射性污染因素为 X 射线、感生放射性及放射性固体废物。经前文分析，本项目加速器机房防护门及屏蔽墙体的设计厚度均可以满足辐射防护要求，产生的 X 射线对周围环境影响较小；废靶材（件）交由具有放射性废物处置资质的单位进行处置；产生的感生放射性气体半衰期较短，对周围环境影响较小。在采取相应措施后，本项目运行过程中产生的各项污染物均得到妥善处置，对周围环境的辐射影响可满足国家各项标准要求。

11.3.3 其他不可预见性问题风险化解措施

针对其他不可预见性的问题，医院在日常工作中，除与周围公众多沟通交流外，还应注重与当地环保部门沟通交流和互通情况，将有可能影响社会稳定和事关群众利益的问题和矛盾尽可能圆满解决，保证各项工作积极稳妥地推进，使项目建设真正起到造福一方百姓之作用。

11.4 落实措施后社会稳定风险评估等级

根据鲁环发[2013]172号文，社会稳定风险评估等级分为三级：

(1) 高风险：大部分群众持有强烈反对意见，可能引发在规模群体事件，或者影响到社会稳定。

(2) 中风险：部分群众持有反对意见，可能引发局部矛盾冲突，或者产生一定社会负面影响。

(3) 低风险：在多数群众理解支持但少部分群众持有不同意见，但通过实施有效措施可以防范和化解矛盾。

经前文分析，本项目加速器机房位于医院内部，选址较为合理。本次评价期间，由建设单位组织开展了公众参与调查，分两次于医院门口和机房拟建区域张贴公示，公示期间未收到民众的电话、书面信件或其它有关对本项目环境保护方面的反馈意见。在采取风险防范措施后，本项目的建设具有较好的经济和社会效益；符合国家产业政策及环保法律法规；项目建设所需人力、物力和财力在可承受的范围内且有保障，项目建设时机、条件已成熟；项目建设引发群众集体上访等不稳定因素的可能性很小，其它社会稳定风险因素已制订相应有效的风险规避、防范、化解措施，使可能影响社会稳定的矛盾隐患在可控范围内。因此本项目社会风险评估等级为“低风险”。

11.5 信息公开

本次评价期间，由建设单位组织开展了公众参与调查，分两次于医院门口和机房拟建区域张贴公示，公示期间未收到民众的电话、书面信件或其它有关对本项目环境保护方面的反馈意见。

11.6 小节

综上所述，在落实各项风险化解措施后，本项目属于“低风险”项目。本次评价要求建设单位贯彻“以人为本”的理念，贯彻落实各项风险化解措施，加强公众沟通，将本项目建设对周围群众的影响降低到最低程度。

表 12 结论与建议

12.1 结论

1、桓台县中医院现持有辐射安全许可证(鲁环辐证[03066])，种类和范围为使用III类射线装置。医院拟新建一座加速器机房，拟购置 1 台 Synergy 型 10MV 医用电子加速器，属使用 II 类射线装置。本项目医用电子加速器用于医学治疗，有利用提高医院的放射治疗水平，具有良好的社会效益和经济效益，符合实践的正当性原则。

2、根据医院提供的图纸及现场勘查，本项目医用电子加速器机房位于加速器高压氧舱楼地下一层东侧，相对独立，该区域人员相对流动较少，且治疗室北侧、东侧和南侧均为地下土层，西侧为控制室、设备间、患者通道及更衣室，楼上为氧舱大厅。机房所在建筑物东侧为配电室、医院空地，北侧均为露天停车场，西侧为道路，南侧为康复楼，均为医院内部区域，因此本项目选址基本合理。

3、根据现状检测结果，本项目加速器机房拟建区域及周围的环境 γ 空气吸收剂量率为 $0.02 \mu\text{Sv/h} \sim 0.03 \mu\text{Sv/h}$ [即 $(2.00 \sim 3.00) \times 10^{-8}\text{Sv/h}$]，处于淄博市天然放射性水平范围内[道路 $(1.20 \sim 11.30) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$]。

4、医用电子加速器环境影响分析结论

(1) 根据对医用电子加速器治疗室屏蔽墙外剂量率的估算，屏蔽墙外各关注点的剂量率低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制水平，防护门外的剂量率为 $0.01 \mu\text{Sv/h}$ ，低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制水平。本项目加速器治疗室防护门及屏蔽墙体的设计厚度均可以满足辐射防护要求。

(2) 在医用电子加速器照射时间 625h/a 情况下，加速器机房职业人员年有效剂量为 0.21mSv/a ，满足本评价采用的职业人员年剂量管理目标值不超过 2.0mSv/a 的管理要求。公众成员年有效剂量为 0.08mSv/a ，满足本次评价采用的公众成员年管理剂量约束值不超过 0.1mSv/a 的管理要求。

5、防护安全措施

本项目加速器治疗室内西墙北侧和南侧、南墙、北墙、迷道内靠近防护门及操作台处均设计有一处紧急停机按钮；防护门设计有门机联锁装置、防挤压红外线碰撞装置，门外设计有工作状态指示灯及张贴电离辐射警告标志；加速器机房与控制室之间设计有电视监视及对讲装置；迷道内设计有监控设备，以上设计能够满足加速器机房辐射安全防护的要求。

6、通风设计

本项目加速器治疗室内设计有通风系统，设计有效通风量为 2500m³/h，本项目加速器治疗室+迷道净容积约 289.67m³，排风次数大于 4 次/h，本次评价建议仅保留机房东南侧的进风口和西北侧的排风口，形成“上进下排、对角设置”的形式。同时大楼顶部最终排风口应高出屋脊，并设置在北侧，远离南侧康复楼。

7、医院已成立了辐射安全管理小组，签订了辐射工作安全责任书，须补充制定《加速器安全操作规程》、《自行检查及年度评估制度》制度，并完善《监测方案》，以确保工作人员和公众成员的安全；制定的辐射事故应急预案正常情况下可以应对突发事件的发生。

8、在已有的风险防范措施和相应的事故应急救援预案条件下，通过进一步完善安全措施，其环境风险是可控的。

综上，桓台县中医院 10MV 医用电子加速器应用项目，在切实落实报告中提出的辐射管理、辐射防护等各项措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件，该项目对辐射工作人员和公众成员是安全的，对周围环境产生的辐射影响较小，不会引起周围辐射水平的明显变化。因此，从环境保护角度分析，项目建设是可行的。

12.2 承诺和建议

12.2.1 承诺

- 1、本项目辐射工作人员到位后安排未持证人员参加初级辐射安全与防护培训；
- 2、补充制定《加速器安全操作规程》、《自行检查及年度评估制度》，按照上文 10.3.1 小结完善《监测方案》，配备 1 台 X- γ 辐射巡检仪，定期对各射线装置机房进行自主检测，并做好记录；
- 3、待人员到位后，为本项目辐射工作人员配备个人剂量计（每人一支、委托个人剂量检测后由检测单位配发）；
- 4、将最终排风口设置在大楼顶部，高出屋脊，并设置在北侧，远离南侧康复楼；
- 5、及时开展竣工环境保护验收工作。

12.2.2 建议

- 1、本项目加速器机房南墙、北墙及东墙外均为地下土层，仅满足承重即可，实体屏蔽设计属过防护，建议优化屏蔽设计方案；
- 2、采用“一进一出”的通风模式，仅保留机房东南侧的进风口和西北侧的排风口，形成“上进下排、对角设置”的形式，以确保通风效果。

下一级环保部门意见

经办人签字

公章

年 月 日

审批意见

经办人签字

公章

年 月 日