

核技术利用建设项目

茶陵政德医院 陀螺旋转式钴-60 立体定向放射治疗系统 环境影响报告表

建设单位名称：茶陵政德医院

2021年4月1日

环境保护部监制

核技术利用建设项目

茶陵政德医院 陀螺旋转式钴-60 立体定向放射治疗系统 环境影响报告表

建设单位名称：茶陵政德医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：茶陵县下东街道办事处紫云街

邮政编码：412400 联系人：戴继明

电子邮箱：[REDACTED] 联系电话：[REDACTED]

编制单位和编制人员情况表

项目编号	f68tm2		
建设项目名称	茶陵政德医院陀螺旋转式钴-60立体定向放射治疗系统		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	茶陵政德医院		
统一社会信用代码	52430224678021403R		
法定代表人 (签章)	谭素娟		
主要负责人 (签字)	尹政德		
直接负责的主管人员 (签字)	戴继明		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	宁夏博尔特医疗测试研究院有限公司		
统一社会信用代码	91640100MA75X3QQ04		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
蔡鸿泰		BH029261	蔡鸿泰
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张振华	第8、9、13章	BH034025	张振华
刘杰	第1-7章、10-12章	BH033570	刘杰

环评项目负责人职业资格证书

	姓名: <u>蔡鸿泰</u>
	Full Name
	性别: <u>男</u>
	Sex
	出生年月: <u>1977.03</u>
	Date of Birth
	专业类别: _____
	Professional Type
	批准日期: <u>2011年05月29日</u>
	Approval Date
持证人签名: Signature of the Bearer	签发单位盖章: Issued by
_____	
管理号: _____ File No.:	签发日期: <u>2011年08月29日</u> Issued on
	

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.


approved & authorized
by
Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China


approved & authorized
by
Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: 0010760
No.:

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	5
表 3 非密封放射性物质.....	5
表 4 射线装置.....	5
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	6
表 6 评价依据.....	7
表 7 保护目标和评价标准.....	9
表 8 环境质量和辐射现状.....	15
表 9 项目工程分析与源项.....	18
表 10 辐射安全与防护.....	27
表 11 环境影响分析.....	35
表 12 辐射安全管理.....	53
表 13 结论与建议.....	58

表 1 项目基本情况

建设项目名称		陀螺旋转式钴-60 立体定向放射治疗系统			
建设单位		茶陵政德医院			
法人代表	谭素娟	联系人	戴继明	联系电话	██████████
注册地址		湖南省株洲市茶陵县下东街道办事处紫云街			
项目建设地点		茶陵政德医院负一层停车场			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	2200	项目环保 投资 (万元)	203	投资比例	9.2%
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)	80
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" 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	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 甲 <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
<p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 建设单位情况</p> <p>茶陵政德医院成立于 2008 年，共计建筑面积五万平方米，设置床位 500 张，是一家以烧伤、骨科、微创外科、心脑血管科为主的二级综合民营医院。</p> <p>1.1.2 目的和任务的由来</p> <p>为进一步提高医院的技术能力，为患者提供多层次、差异化和个性化的服务和需求，医院拟在负一层地下停车场东南角改建 1 间陀螺刀治疗室，并新购置 1 台陀螺旋转式钴-60</p>					

立体定向放射治疗系统（以下简称陀螺刀），用于放射治疗。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版）规定，“医疗使用 I 类放射源的”应该编制环境影响报告表。

因此，宁夏博尔特医疗测试研究院有限公司受茶陵政德医院的委托，对本项目进行环境影响评价。接到委托后，我司相关人员对现场进行了调查和资料收集工作，并最终编写完成本项目的辐射环境影响报告表。

1.1.3 建设内容和规模

茶陵政德医院拟在负一层地下停车场东南角设置 1 间陀螺刀治疗室，引进 1 台 GMX-1 型陀螺刀，内含一枚组合式 ^{60}Co 密封式放射源，最大装源活度 314.5TBq （8500Ci），属于医用 I 类放射源。 ^{60}Co 放射源具体参数表见表 1-1。

表 1-1 ^{60}Co 放射源具体参数表

序号	核素名称	性态	毒性分组	半衰期	衰变方式	总活度	用途
1	^{60}Co	固态	高毒	5.27 年	β^-	$3.145 \times 10^{14}\text{Bq}$	放射治疗

1.2 项目选址及周边保护目标

1.2.1 项目选址

茶陵政德医院位于茶陵县下东街道办事处紫云街，所在地理位置中心坐标为北纬 $26^\circ 46' 4.99''$ ，东经 $113^\circ 31' 51.54''$ 。本项目陀螺刀治疗室拟设置于负一层地下停车场东南角，项目所在位置位于医院整体规划的南部，其北侧为门急诊大楼，南侧为紫云街，西侧为居民楼，东侧为发热门诊。

1.2.2 周边保护目标

本项目所在机房其北侧、东侧 50m 范围内为医院内部区域，西侧、南侧 50m 范围内部分为外部区域。距陀螺刀治疗室边界最近的外部环境敏感目标为南侧院外层居民楼，距离约为 36m。

本项目周边保护目标为陀螺刀治疗室周围（50m 范围内）从事放射治疗的放射工作人员和在治疗室附近驻留或活动的公众成员。项目地理位置见图 1-1，周边环境见图 1-2，陀螺刀治疗室所在楼层平面布局图见附图 1。



图 1-1 医院地理位置图

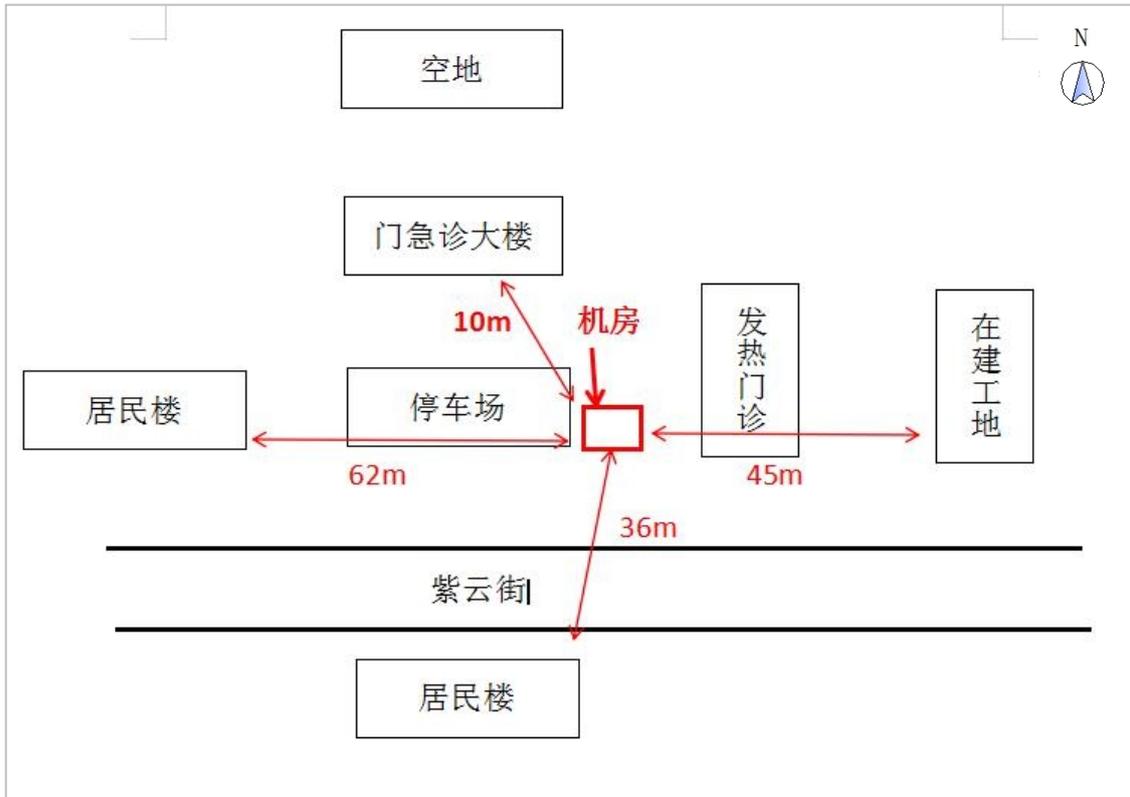


图 1-2 项目周边环境图

1.3 原有核技术利用项目许可情况

医院现有核技术利用活动已取得《辐射安全许可证》，证书编号：湘环辐证[B0041]，

有效期 2019 年 10 月 28 日-2024 年 10 月 27 日。辐射工作种类和范围为：使用Ⅲ类射线装置。医院目前使用的射线装置情况见表 1-2。

表 1-5 医院目前使用的射线装置情况一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	用途
1	CT 机	SOMATOM go NoW	Ⅲ类	医用诊断 X 射线装置
2	DR 机	新东方 1000MC	Ⅲ类	医用诊断 X 射线装置
3	小 C 臂 X 机	PLX112B	Ⅲ类	医用诊断 X 射线装置

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq)	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	⁶⁰ Co	3.145×10 ¹⁴ Bq / 1 枚	I	使用	放射治疗	负一层陀螺刀治疗室	陀螺刀设备内	/

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(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)/ 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
^{60}Co 放射源废源	固态	^{60}Co	/	/	/	/	不暂存	放射源厂家回收
非放射性气体	气态	O_3 和 NO_x	/	/	/	/	不暂存	通风排放

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 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月）； 2. 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月）； 3. 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月）； 4. 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 8 月）； 5. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2121 版）； 6. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 12 月，国务院令 第 449 号，2019 年修订）； 7. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 年 12 月修改，部令 第 47 号）； 8. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 5 月）； 9. 《关于发布射线装置分类办法的公告》（2017 年 12 月）； 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》（2006 年 9 月）； 11. 《企业事业单位突发环境事件应急预案备案管理办法（试行）》（环发〔2015〕4 号）； 12. 《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月）。
<p>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. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 3. 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）； 4. 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）； 5. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 6. 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）； 7. 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）； 8. 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）； 9. 《医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准》（HJ421-2008）； 10. 《放射工作人员职业健康监护技术规范》（GBZ235-2011）；

	<p>11. 《医疗机构污染物排放标准》（GB18466-2005）；</p> <p>12. 《医用γ射束远距治疗防护与安全标准》（GBZ/T161-2004）；</p> <p>13. 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）；</p> <p>14. 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》。</p>
其他	<p>1. 《辐射防护手册第一分册》（原子能出版社）；</p> <p>2. 环境影响评价委托书；</p> <p>3. 建设单位提供的其他资料。</p>

表 7 保护目标和评价标准

7.1 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）中规定的“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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围），对于 I 类放射源或 I 类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”的要求，并结合本项目实际情况，确定本项目辐射评价范围：确定本项目评价范围为拟建陀螺刀治疗室屏蔽体边界外 50m 的区域。

7.2 保护目标

本项目陀螺刀治疗室东侧为实土层、西侧为候诊厅，南侧为控制室，北侧为停车场，楼上为停车坪，楼下无建筑。机房周围布局图如图 7-1 所示。

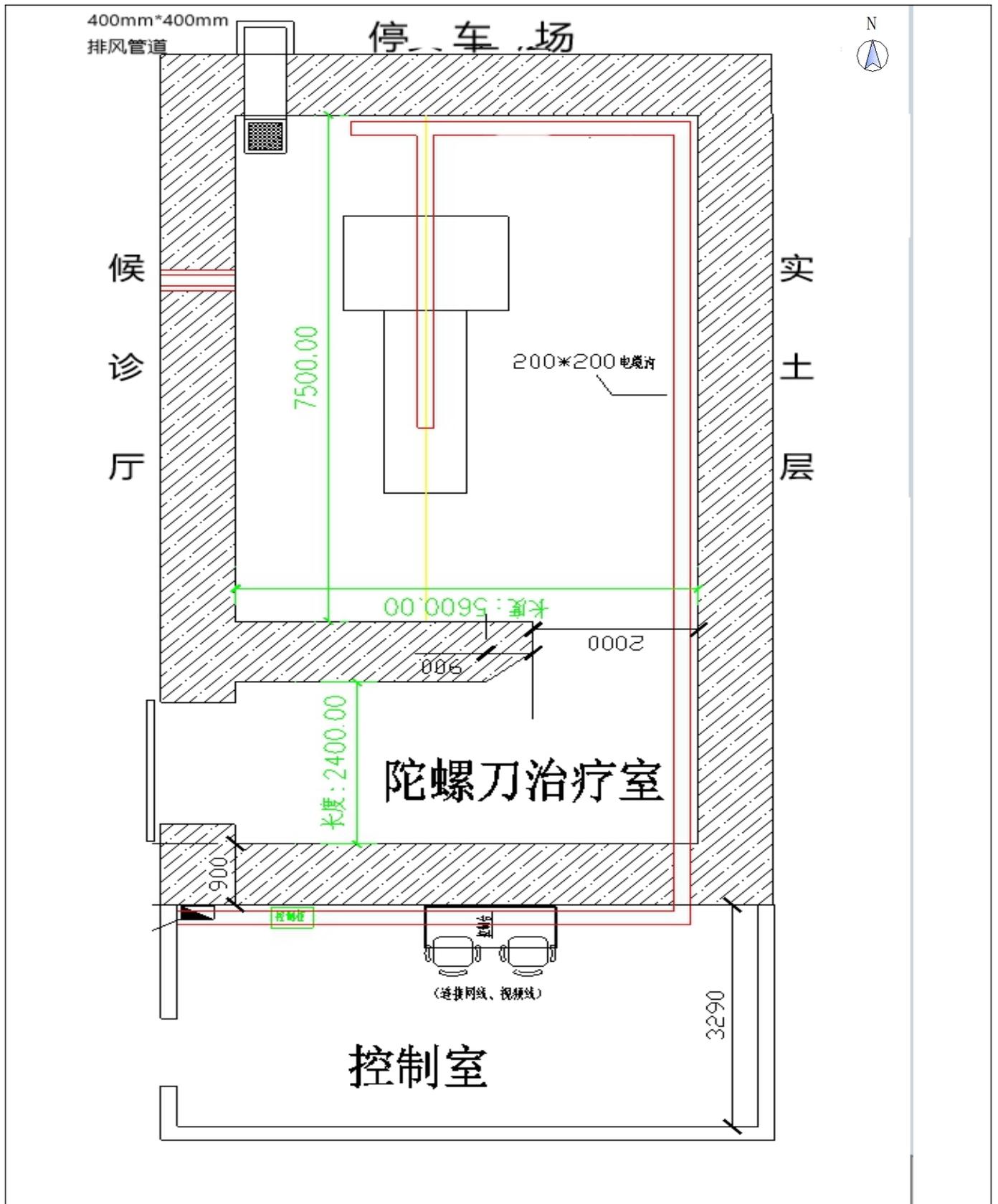


图 7-1 陀螺刀治疗室周围布局图

结合本评价项目的评价范围，环境保护目标为该医院从事本项目操作的辐射工作人员、周围

其他公众成员，详见表 7-1。

表 7-1 本项目周围 50m 内主要保护目标

项目	类型	保护目标	数量	方位	距离
陀螺刀 治疗室	职业人员	放射工作人员	2 人	南面控制室和机房内	紧邻
	公众	病患、家属	流动人员	西面候诊厅及北面停车场	50m
		医院相关工作人员	流动人员	楼上：停车坪	紧邻

注：1. 本项目陀螺刀涉及辐射工作人员共 7 人，其中 2 名放射肿瘤医师，1 名病理学、医学影像学专业技术人员；2 名技师和 2 名物理师。

7.3 评价标准

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

1、防护与安全的最优化

4.3.3.1 条款对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平，这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

2、剂量限值

2.1 职业照射

①4.3.2.1 条款应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B(标准的附录)中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

②B1.1.1.1 款应对任何工作人员的**职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

- a) 连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv(但不可作任何追溯性平均)；
- c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；
- d) 四肢(手和脚)或皮肤的年当量剂量，500mSv。

2.2 公众照射

B1.2.1 款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：

①年有效剂量，1mSv；

②特殊情况下，若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；

③眼晶体的年当量剂量，15mSv；

④皮肤的年当量剂量，50mSv。

本评价报告表取年有效剂量限值的四分之一作为年管理剂量约束值，即对工作人员年管理剂量约束值不超过5mSv，公众年管理剂量约束值不超过0.25mSv。

二、《医用 γ 射束远距离治疗防护与安全标准》（GBZ/T161-2004）

5.2 γ 远距离治疗设备的放射防护性能要求

5.2.1 放射源置于贮存位置时，放射源防护屏蔽周围杂散辐射空气比释动能率的限值为：距放射源防护屏蔽表面5cm的任何可接近位置不大于0.2mGy/h；距放射源1m的任何位置上，不大于0.02mSv/h。

6 γ 远距离治疗室建筑与防护设施的要求

6.1 治疗室的建筑与布局

6.1.1 治疗室的设置为保证周围环境的辐射安全，应单独建造，当条件有限时可建筑在多层建筑物底层的一端。治疗室的面积须不少于30m²，层高不低于3.5m。

6.1.2 治疗室须与控制室、检查室、候诊室等辅助设施合理布局、相互分开。

6.1.3 治疗室的墙壁及顶棚必须有足够的屏蔽厚度，使距墙体外表面30cm的可达界面处，由穿透辐射所产生的平均剂量当量率低于 2.5×10^{-3} mSv/h。

6.2 治疗室的安全防护设施

6.2.1 治疗室的入口应采用迷路形式。有用射束不得朝向迷路。迷路口应安装具有良好屏蔽效果的电动防护门。治疗室建筑物外应设有放射危险标志。

6.2.2 防护门应与放射源联锁，联锁设施原则上不少于两种。门口应安装有指示治疗放射源工作状态的讯号灯，且以黄色或橙色信号指示出束治疗状态，绿色信号指示非出束状态，红色信号指示紧急终止非预期运行状态。

6.2.3 治疗室的入口处及治疗室内靠治疗机较近的适当位置应安装有能紧急停止放射源照射

的应急开关。

6.2.4 治疗控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态的监视装置和与患者进行信息联络的对讲装置。

6.3 治疗室的通风

治疗室应有良好的通风。通风照明良好的治疗室不设窗。单独建筑的治疗室，当其远离（不小于 30m）一般性建筑物时，可在屋顶或非有用射束投照方向的墙壁高处设窗，其面积不宜大于 1m^2 。通风方式以机械通风为主。通风换气次数一般每小时 3~4 次。

7 γ 远距治疗应用的要求

7.1 γ 远距治疗工作人员

7.1.1 γ 远距治疗单位应配备放射治疗的医学专家、物理学工作者和技术人员，正确合理地使用放射治疗并保证放射治疗的质量。

7.1.2 γ 远距治疗工作人员除应具备高中以上文化水平和放射治疗专业知识外，还应掌握放射防护知识，并经过培训，考试合格。

7.2 γ 远距治疗与卫生防护的质量保证

7.2.1 实施 γ 远距治疗应建立质量保证体系，保证辐射照射的准确性及卫生防护的最优化。

7.2.2 实施 γ 远距治疗应使用符合标准的 γ 远距治疗设备，建设合格的治疗室，配备辐射剂量和辐射防护的测量仪器，并由有资格的人员进行质量控制检测。同时应做好患者防护。

三、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)

4 治疗机房的剂量控制要求与屏蔽考虑

4.1 剂量控制要求

4.1.1 治疗机房墙外和入口门外关注点的周围剂量当量率参考控制水平

治疗机房墙和入口门外关注点的周围剂量当量率（以下简称剂量率）应不大于下述所确定的剂量率参考控制水平：

a. 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，可以依照附录，由以下周剂量参考控制水平求得关注点的导出剂量率参考控制水平：

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

b. 按照关注人员居留因子的不同，确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$ (uSv/h)：

人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c, \max} < 2.5 \text{uSv/h}$ ：

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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

茶陵政德医院位于湖南省株洲市茶陵县下东街道办事处紫云街，本项目周围为道路及居民区，主要植被为人为种植的花草树木，周围无农作物和野生动植物。本项目地理位置图见图 1-1，周围环境见图 1-2，陀螺刀机房布局图见图 7-1。

8.2 辐射环境现状监测

8.2.1 监测因子

γ 辐射瞬时剂量率

8.2.2 监测时间及环境条件

监测时间：2021 年 02 月 02 日

环境条件：环境温度 6.0℃，湿度 75%

8.2.3 监测方法

本次现状监测严格按照《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）、《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）相关要求进行了监测。

8.2.4 监测仪器

辐射环境调查使用的仪器为 AT1121 型 X- γ 辐射巡测仪，量程范围：0.05 μ Sv/h~10Sv/h，能量响应：15keV~10MeV。 γ 射线校准日期为 2020 年 09 月 10 日，有效期至 2021 年 09 月 09 日。

8.2.5 质量控制

（1）监测仪器符合《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）及《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）中相关规定；并经过中国计量科学研究院检定和校准，且在有效期内；

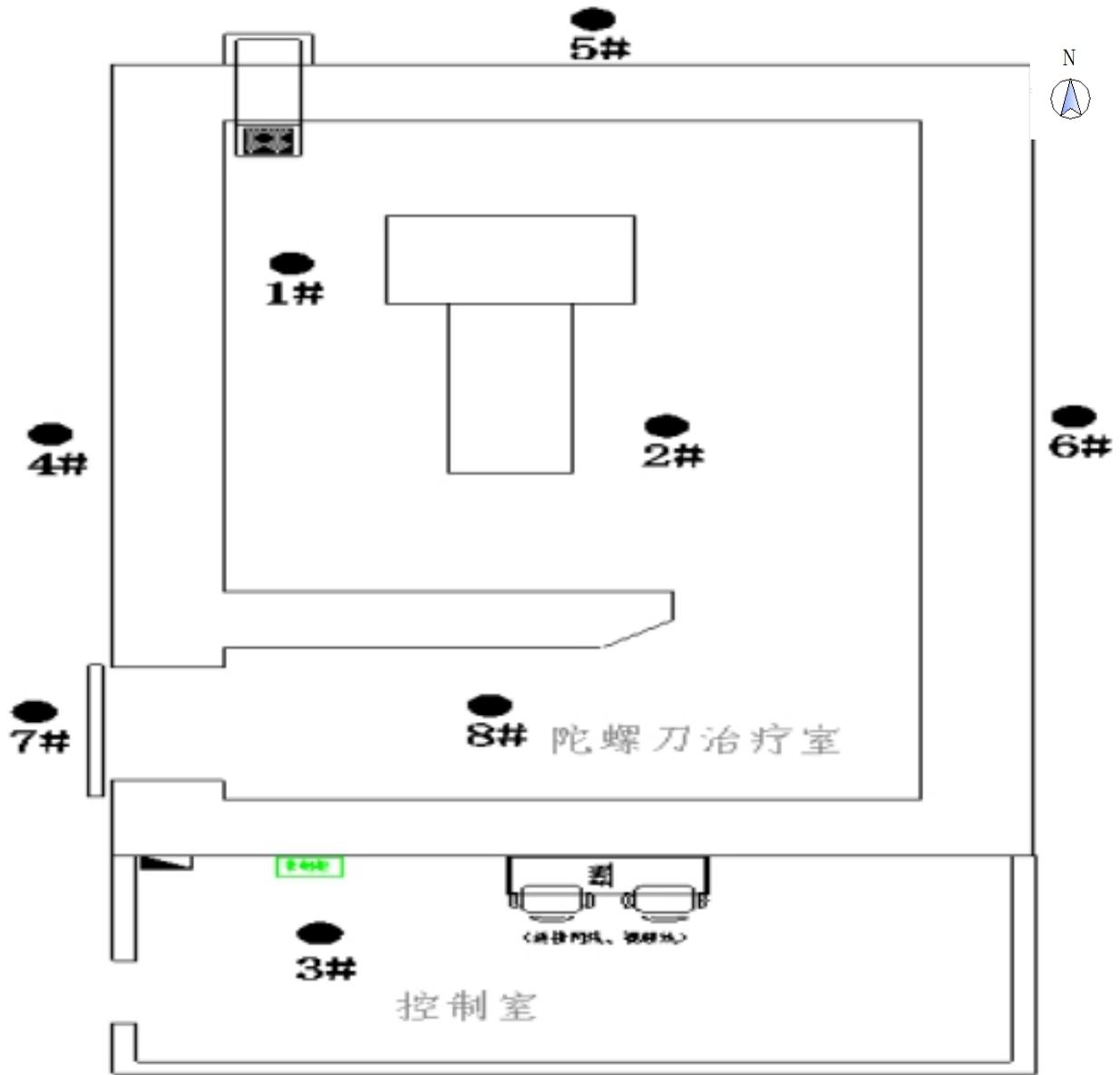
（2）现场检测人员、检测报告编制人、检测报告审核人、检测报告授权签字人均取得疾病预防控制中心颁发的《放射卫生技术服务专业技术人员培训合格证书》，持证上岗，且签发人员具备高级职称；

（3）合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和代表性。

8.2.6 监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）及《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T

14583-93)，结合实际情况，主要监测陀螺刀机房及周围的辐射环境本底值，本项目监测布点图见图 8-1。



8-1 陀螺刀机房监测布点图

8.2.7 监测结果

陀螺刀机房及周围辐射环境本底监测结果分布见表8-1。

表8-1 陀螺刀机房及周围辐射环境本底监测结果

监测点编号	监测地点	γ 辐射剂量率 (nSv/h)
1#	楼上 (本底)	109
2#	陀螺刀机房 (本底)	111

3#	控制室（本底）	124
4#	过道（本底）	122
5#	过道（本底）	123
6#	过道（本底）	127
7#	屏蔽门外（本底）	122
8#	迷路（本底）	116

注：未扣除仪器设备对宇宙射线的响应值。

由表 8-1 监测结果可知，本项目所在地 γ 辐射剂量率本底测量范围为 109nSv/h~127nSv/h（未扣除仪器设备对宇宙射线的响应值），在天然环境本底范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备与工艺分析

9.1.1 陀螺刀治疗系统组成

陀螺刀包括主机机械系统、立体定位系统、电器控制系统、治疗计划系统等。陀螺刀的组成图见 9-1，设备直观图见图 9-2。

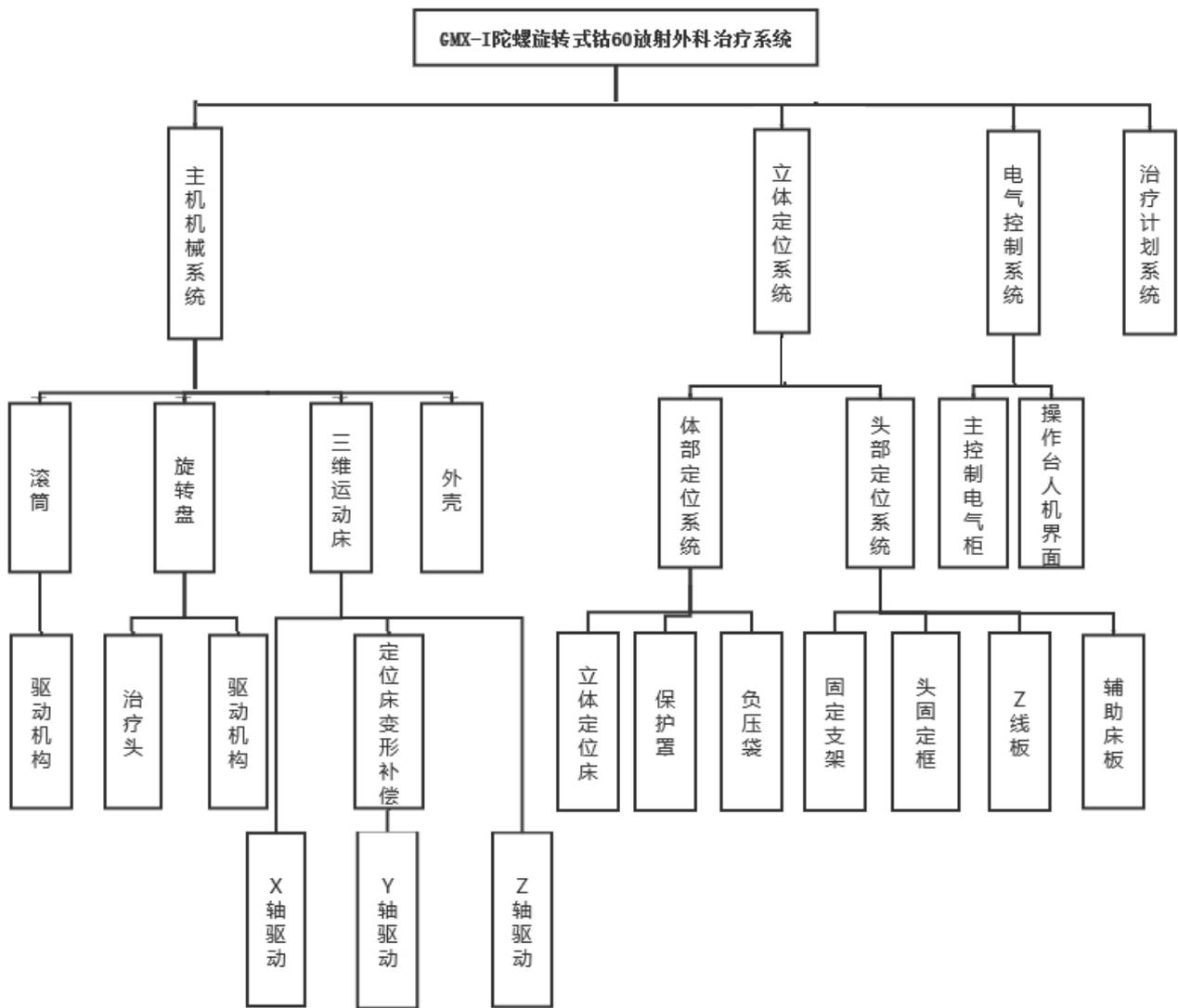


图 9-1 陀螺刀组成



陀螺刀直观图 9-2

(1) 主机机械系统

主要有治疗头、源开关和准直系统、旋转盘、滚筒、三维床等构成见图 9-3。

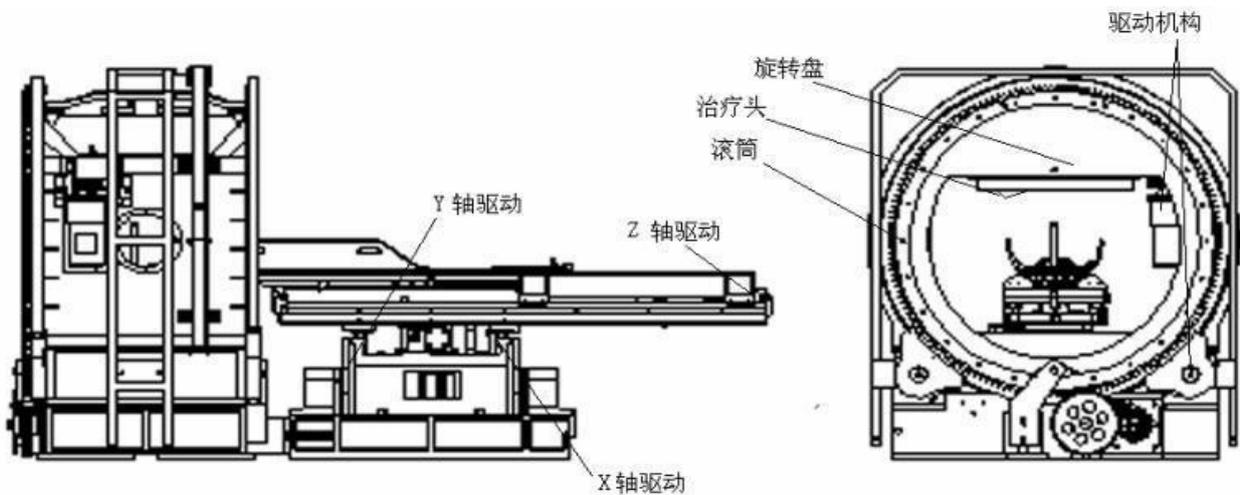


图 9-3 陀螺刀主机机械设备示意图

a 三维床

由三组伺服电机驱动滚珠丝杠带动三维治疗床作 X、Y、Z 三个方向运动。采用精密的机械传动方法，可以使床沿三个方向做出精确的位移，将病灶位置送到聚焦中心。

b 滚筒

滚筒由两端面的法兰与型钢通过行架结构焊接成型，通过安装在底座平台上的四个滚轮支撑。滚筒是由变频电机通过齿轮减速机经齿轮的两级传动带动滚筒端面的齿圈进行旋转的，滚筒

的两端面分别由两个径向与轴向压轮控制其窜动。滚筒做旋转时，带动放射源在自转的同时又沿着人体不断变换入射角度，达到聚焦的作用。滚筒的转速出厂设定为 1.0 转/分钟。

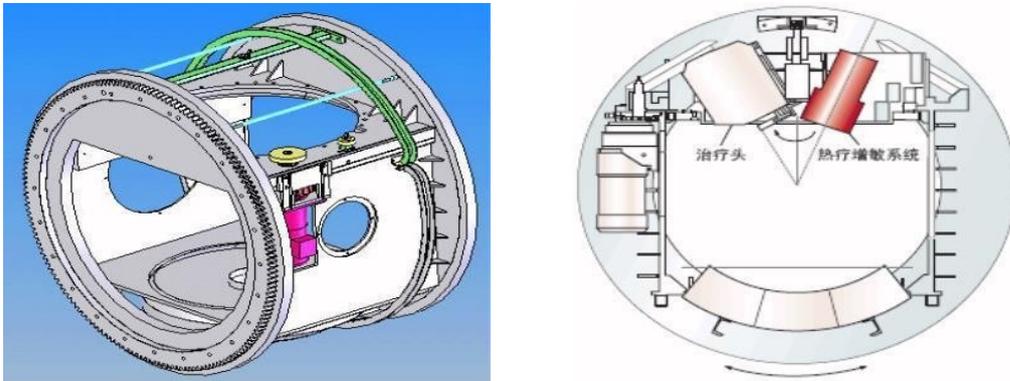


图 9-4 滚筒结构示意图

c 旋转盘

旋转盘整个结构呈陀螺形，带动整个治疗头（射源装置）做旋转运动（详见图 9-5），故陀螺旋转式钴-60 立体定向放射治疗系统也由此得名。旋转盘上端通过一实心轴吊装于滚筒，实心轴由一对角接触支撑于一导套内，下端有四个安装于滚筒上的偏心尼龙滚轮夹紧于旋转盘的外圆。底部安装一大齿圈，由安装于滚筒上的电机通过直齿带动齿圈旋转，旋转的速度一般设定为 27 转/分钟。

治疗头在安装后与旋转盘的旋转中心成 27.5 度的夹角，旋转盘转动时使放射源对靶心进行一次圆锥回旋聚焦，使射线途经人体正常组织时只受到瞬时照射。

d. 治疗头

治疗头（放射源的载体）主要由屏蔽壳体和源开关组成。治疗头体外形是一端为法兰式的圆柱体，内部装有源开关和准直器。准直器以圆周分布在源开关上，在治疗头体的上端面贴有手动关源的指示牌。治疗头结构示意图见图 9-6 所示。

壳体由屏蔽材料铀-238 及钢制成， ^{238}U 被钢制成的外壳包容在里面，保证了屏蔽的强度及安全性能。壳体一端有偏离中心用于安装源开关的内腔，内腔上方有用于定位开关实心轴的轴承孔，位于壳体中心的是装源通道，一直穿透到开关内腔。

e. 源包壳

本机有一枚组合放射源，总装源量 8500Ci，钴粒尺寸约 $\Phi 1 \times 1\text{mm}$ ，以 22 组按聚焦式方式放置在双层不锈钢圆柱形包壳内，用氩弧焊封装，包壳下端有收缩锥面，有助于源的装入，见图 9-7。

放射源是在放射源工厂制备好，并被装入治疗头内，治疗头由特制的密封金属屏蔽容器封装后运输。

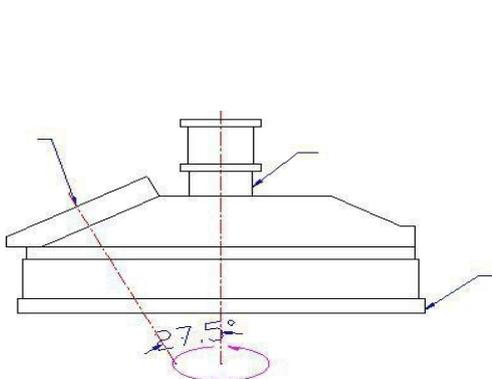


图 9-5 旋转盘结构示意图

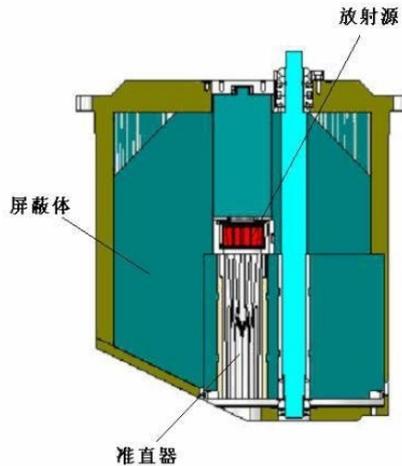


图 9-6 治疗头结构示意图

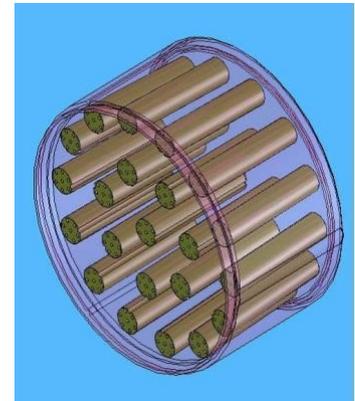


图 9-7 源包壳结构示意图

f 源开关和准直器

源开关由屏蔽材料 ^{238}U 制成，是一圆柱体，整个被安装于治疗头体内腔。一端通过一个交叉磁子轴承和壳体固定，并通过轴承固定端安装的齿轮由伺服电机驱动。

开关上有 4 个通孔，分布在同一半径上，互相间隔相同的角度，分布的半径大小与装源通道和开关孔的距离相等，通孔安装有不同孔径的准直器。这样伺服电机按间隔角度带动开关时，源出束孔与准直器孔对准。治疗时根据需要，源开关转动不同的角度来选择不同的准直器孔径，取得不同的焦点剂量和剂量场分布。源开关和准直系统如图 9-8 所示。

2. 立体定位系统

GMX-I 型陀螺旋转式钴-60 立体定向放射治疗系统采用在立体定位床上的立体定位框架，用负压袋将病人固定，用立体定位框架和病人相对位置固定的方式确定三维立体坐标，以将 CT/MRI 图像中病灶的坐标转换到辐射装置的坐标系中，这套定位装置就称为立体定位系统。立体定位系统包括：立体定位床、复位尺和负压袋组成（用于体部治疗）；头部定位框、固定头钉等（用于头部治疗）；头部定位还可以选择面膜定位，牙托定位等定位方式。

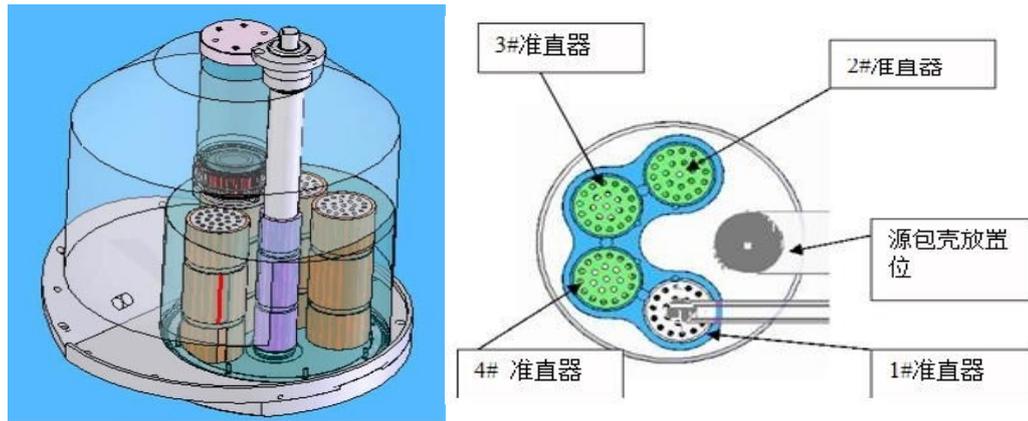


图 9-8 源开关和准直器系统示意图

3. 电气控制系统

电气控制系统包括控制台、电气控制柜、驱动装置、电源以及连接电缆等组成。

控制台包括按钮开关、指示灯、计算机控制系统、对讲系统以及一台放在控制台上的彩色监视器。电气控制柜内包括有可编程控制器、驱动装置、变压器组、空气开关接触器、接线排以及交直流电压变换装置等等。电源系统提供 380V 交流接入电气控制柜，总功率 10KVA，电气控制柜提供 220V 交流及 24V 直流输出。电源系统提供后备 UPS 不间断电源，可保证在运行过程中外界供电中断的情况下，保证源开关关闭和三维床退出的操作用电。驱动装置包括三维治疗床定位驱动伺服电机、大滚筒驱动变频电机、源开关旋转变频电机、源开关控制步进电机以及高精度旋转编码器。两个彩色摄像机分别放置于设备长轴线两端的墙上，镜头正对着治疗设备。

4. 治疗计划系统

本系统通过硬件和治疗计划系统（TPS）两大部分有机协调运作，达到治疗目的。

治疗计划系统是一软件系统，它首先将病人接受 CT 或核磁共振检查后的结果在计算机上做三维重建，结合三维运动床的定位作用，建立起病灶及其周围组织的三维模型，然后由医生据此确定放射治疗的位置、放射剂量、入射角度、回转角度、照射时间等一系列治疗参数。这一软件系统同时提供若干专家软件包。最后此治疗计划系统将医生制定的数据自动整理后传输到硬件部分的控制系统，控制系统指挥主机自动执行治疗方案。

陀螺刀放射源自屏蔽结构，防泄漏屏蔽体为等效于 150mm 厚的 ^{238}U ；自屏蔽体为 190mm 厚度的铅材料。根据设备厂家提供的资料，防泄漏屏蔽层具体为：在侧面方向上，有两种串行屏蔽： ^{238}U 材料的屏蔽厚度为 112mm，碳钢材料的屏蔽厚度为 17mm；在源上方向，有两种串行屏蔽： ^{238}U

材料的屏蔽厚度为 20mm，碳钢材料屏蔽厚度为 30mm；源下方向，²³⁸U 材料的屏蔽厚度为 150mm。陀螺刀放射源的自屏蔽结构见图 9-9。

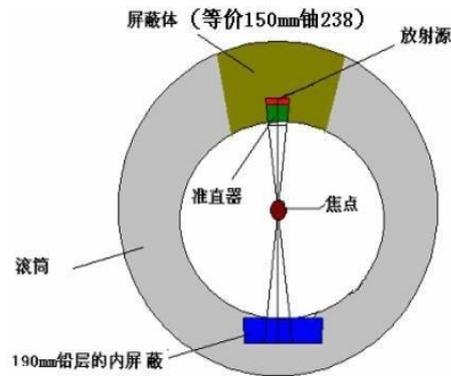


图 9-9 放射源自屏蔽体结构图

9.1.2 陀螺刀工作原理：

(1) 主机工作时，钴源被屏蔽在一安全的屏蔽体（治疗头）内，治疗头前方设置一机械源开关，当源开关被旋转至打开时， γ 射线经过准直孔照射到靶点所在位置，同时，治疗头及筒体形成十字交叉方向旋转， γ 射线绕靶点作陀螺回转式聚焦，对病灶进行聚焦照射治疗。放射源由 22 颗钴-60 粒子按聚焦式排列，使每颗钴源能量得到完全充分的利用，形成第一次聚焦。

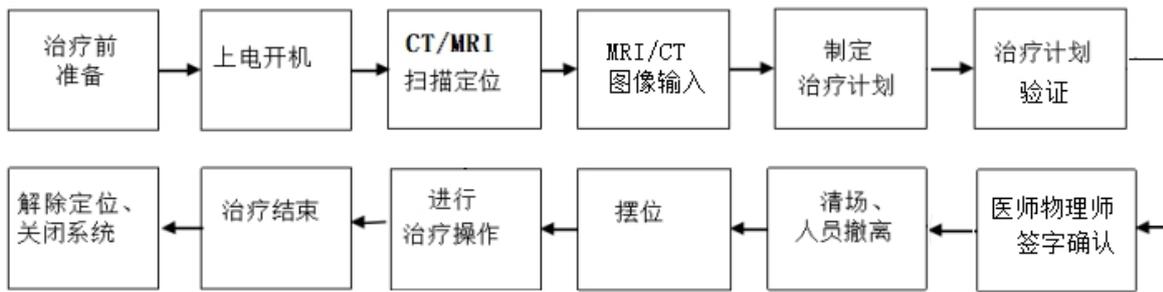
(2) 放射源置于一屏蔽体内装于旋转盘上，旋转盘由于其旋转中心的稳定性使得放射源在随旋转盘旋转时，恰似陀螺机构，对靶心进行第二次回旋聚焦。

(3) 陀螺机构在自转的同时又随滚筒做公转，使放射源在自转的同时又沿着人体不断变换入射角度和回转角度，达到第三次聚焦的作用。三次聚焦的结果是放射路径在人体表皮上不断变化而焦点处的放射剂量不断积累而达到放射治疗时医生所要求的剂量；相应的体表处所接受的放射剂量是分散的，均匀的，从而使正常组织受到的放射剂量达到最小。

9.1.3 陀螺刀操作流程及产生污染节点

(1) 治疗流程

当病人被确诊需要进行 γ 放射治疗后，主治医生首先向病人告知可能受到的辐射危害、对病灶位置进行定位（依托现有门诊楼一楼放射科的 CT 和住院部一楼的 MRI），根据定位得到的参数，物理师制定放射治疗计划、确定照射位置和照射剂量后，开始对病人实施放疗。陀螺刀治疗工作流程及产污环节示意图见图 9-10。



注：本项目陀螺刀在治疗和非治疗状态下均产生 γ 射线、臭氧、氮氧化物

图 9-10 操作流程及产生污染节点

9.1.4 陀螺刀主要技术参数

本项目拟配置的 GMX-1 陀螺刀主要参数如表 9-1 所示。

表 9-1 本项目 GMX-1 陀螺刀主要参数

放射源类型	^{60}Co
初装源总活度	314.5TBq (8500Ci)
放射源与焦点距离	535mm
焦点剂量率 (头)	$\geq 3.0\text{Gy}/\text{min}$
焦点剂量率 (体)	$\geq 2.0\text{Gy}/\text{min}$
防泄漏屏蔽体	等效于 150mm 厚的 ^{238}U
自屏蔽体	190mm 厚铅块
等中心处射野直径	$\phi 6\text{mm}$ 、 $\phi 12\text{mm}$ 、 $\phi 30\text{mm}$ 、 $\phi 45\text{mm}$
射源自转角度	50°
治疗头自转速度	30 r/min
治疗头公转速度	1r/min
治疗头环绕人体旋转角度	$\pm 270^\circ$
三维治疗床运动距离	X 轴 (宽度方向) $\pm 200\text{mm}$ Y 轴 (长度方向) $\pm 150\text{mm}$ Z 轴 (高度方向) : $\leq 1200\text{mm}$
总重量	12000kg
外形尺寸	4100mm (长) \times 2000mm (宽) \times 2200mm (高)

9.1.5 ^{60}Co 放射性同位素辐射特性

- (1) 半衰期： ^{60}Co 的半衰期为 5.27 年；
- (2) 射线种类：主要发射 1.17MeV、1.33MeV 的 γ 射线和 0.315MeV 的 β 射线；
- (3) 获取途径： $^{59}\text{Co}(/n, r)$ ， $^{59}\text{Co}(d, p)$
- (4) 衰变种类： β^- 低能射线；
- (5) 衰变纲图：见图 9-11。

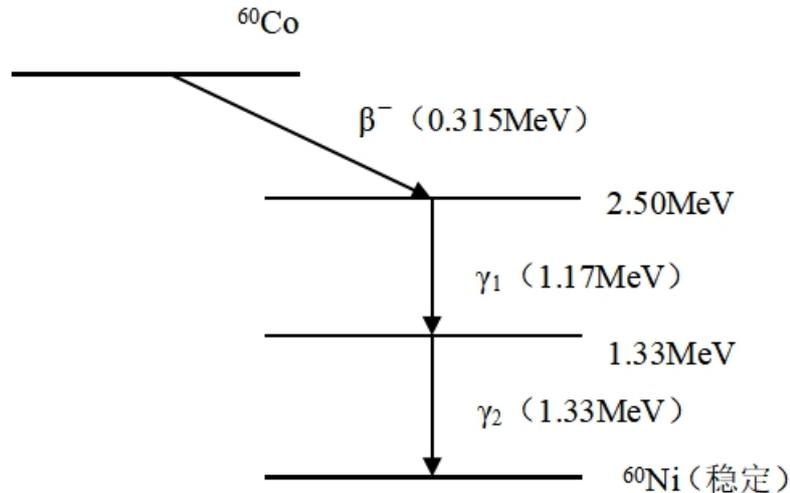


图 9-11 ^{60}Co 衰变纲图

9.1.6 陀螺刀运行时的工作频次

本项目年门诊量初期预计 4000 人次/年，本项目评价按照 4000 人次/年进行评价。

9.2 污染源项描述

9.2.1 污染因子

辐射危害因子： ^{60}Co 核素在发生 β 衰变的时候，产生 β 射线穿透能力较弱，设备的外包装可以完全屏蔽，使 β 射线不能释放到环境中；同时发射两种能量的 γ 射线，其主要能量分别为 1.17MeV 和 1.33MeV。 γ 射线经透射、漏射和散射，对工作场所及其周围环境产生辐射影响。

陀螺刀在治疗过程中不产生放射性废水和放射性固体废物。 ^{60}Co 放射源经一定的使用年限后，其自然衰变使共活度逐渐下降，当活度过低而不能满足治疗需要时，放射源将被替换出来成为废放射源，由成都中核高通股份有限公司回收退役放射源。陀螺刀 UPS 电源会产生废旧蓄电池，废旧蓄电池不在院内暂存，及时由厂家回收。

非辐射有害因子：空气在 γ 射线照射下产生的微量非放射性有害气体氮氧化物 (NO_x) 和臭

氧（O₃）等非辐射有害因素。机房内产生的非放射性有害气体，主要靠机房的通风换气来控制。充足的通风和自然分解会使这些气体降低在非常低的浓度，不会对外界环境造成太大的影响。

9.2.2 污染途径

（一）正常情况下的污染途径

陀螺刀在治疗和非治疗状态下，在放射工作人员按照规范操作的条件下，放射工作人员、受检者和公众可能受到辐射装置运行时产生包括有用射线、散射线和漏射线等 γ 射线的外照射。 γ 射线照射到生物机体时，可使生物细胞受到抑制、破坏甚至坏死，致使机体发生不同程度的生理、病理和生化等方面的改变。

（二）事故情况下的污染途径

本项目中的陀螺刀内置放射源按总活度评价属于医疗使用 I 类密封源。I 类放射源为极高危险源，在没有防护的情况下，接触这类源几分钟到 1 小时就可致人死亡。本项目⁶⁰Co 放射源的可能发生的辐射事故有以下几种：

- （1）工作人员或医护人员操作失误或病人家属在防护门关闭后尚未离开机房，受到超剂量照射，产生危害；
- （2）由于外部断电和备用电源电量耗尽，使患者及医务人员受到额外照射；
- （3）电气系统失控、“卡源”事故使患者及医务人员受到额外照射；
- （4）在放射源工作状态下，联锁装置失灵，无关人员误入机房，使其受到额外的照射。
- （5）换装源过程、停机维修期间对工作人员造成的误照射；
- （6）放射源被盗、丢失造成的辐射事故。
- （7）机房屏蔽由于使用年限以及天气等因素影响，所产生的变形和下坠，导致局部屏蔽不足而产生的辐射泄漏，对周边环境和人员造成的影响。

事故工况产生的污染物与正常工况下相同，均为电离辐射（ γ 射线）。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局和分区

根据（GB18871-2002）第 6.4 条，放射性工作场所一般应分为控制区和监督区。本项目陀螺刀机房也进行了工作场所分区设计，具体分区设计见表 10-1 及图 10-1 所示。

表 10-1 机房分区设计表

诊疗类型	设备	控制区	监督区
放射治疗	陀螺刀	陀螺刀机房（包括治疗室和迷路）划为控制区，以实体为边界	控制室、候诊厅、停车场划为监督区，以实体为边界。

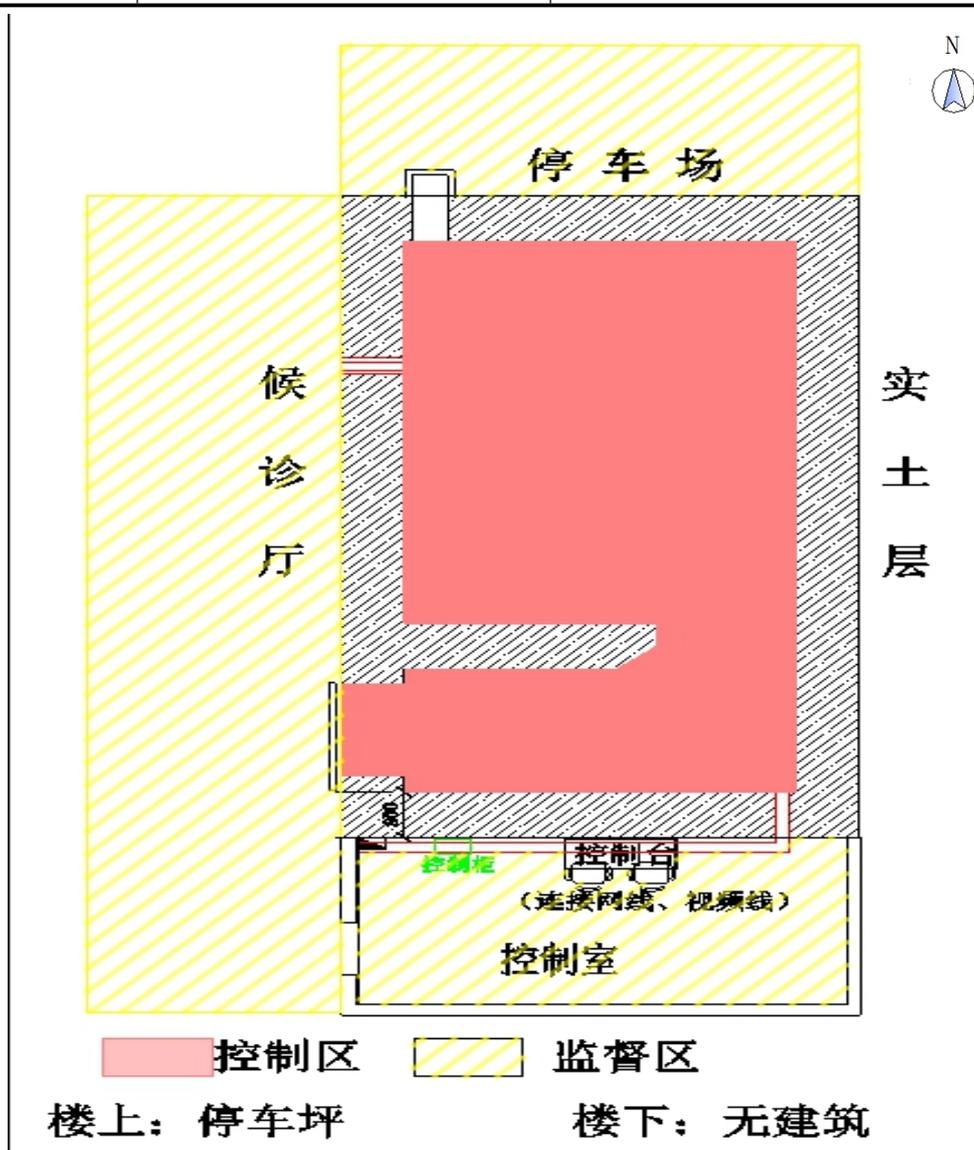


图 10-1 陀螺刀机房分区设计图

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，项目建设单位应做到：

(1) 控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志，如图 10-2；

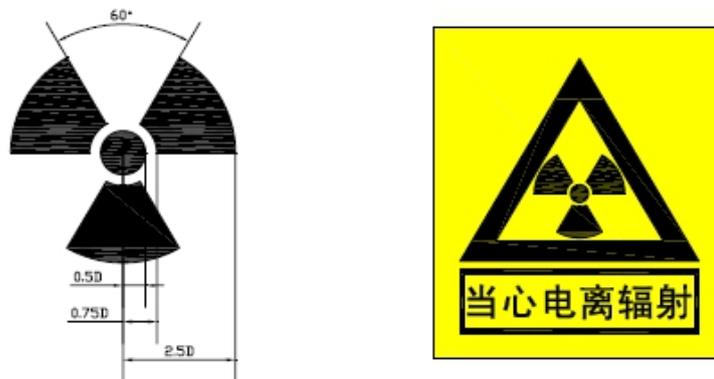


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警示标志

②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

④定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

(2) 监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示作为监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

10.1.2 机房辐射防护措施

10.1.2.1 机房辐射防护屏蔽设计

陀螺刀治疗机房由陀螺刀治疗室、迷路和防护门组成。治疗机房的尺寸(包含迷道)南北长 10.8m, 东西宽 5.6m, 层高 4.1m, 治疗机房面积 42m², 总容积 172.2m³, 迷路为直迷路, 迷路宽 2.4m。

陀螺刀室平面布置示意图见图 10-3。陀螺刀治疗机房四周墙体和防护门屏蔽材料及厚度设计见表 10-2。

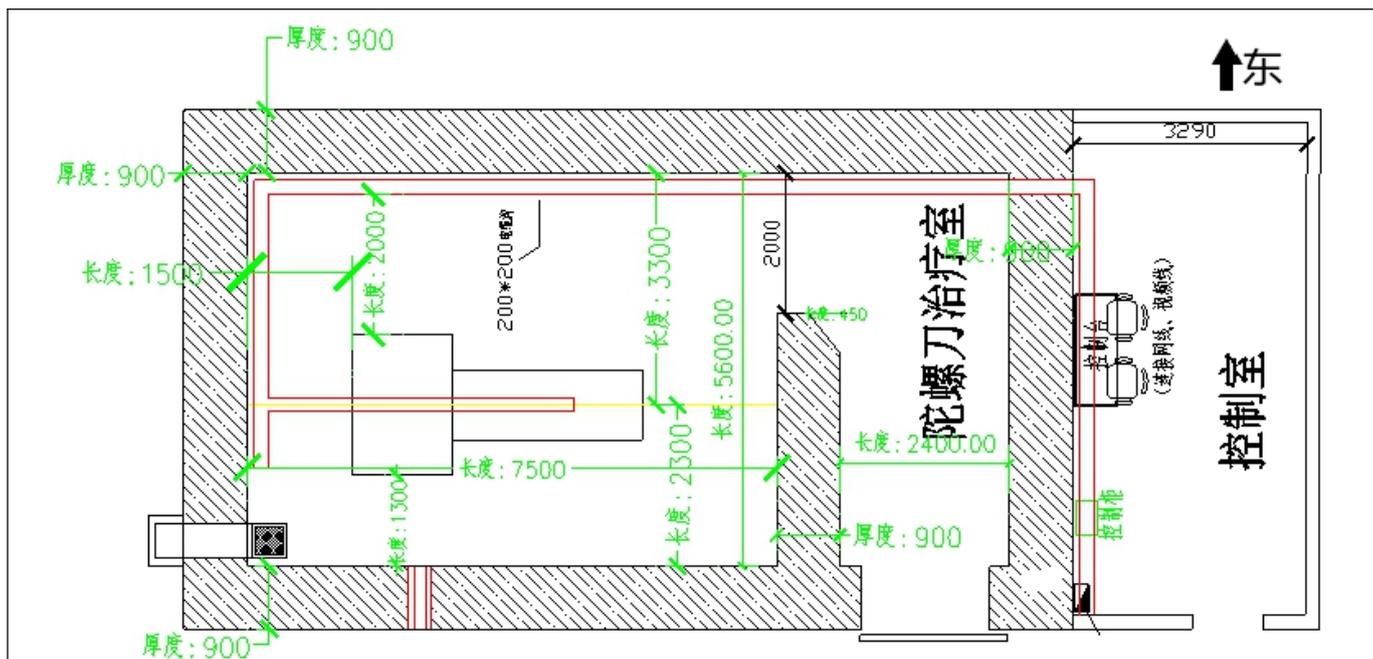


图10-3 陀螺刀治疗室屏蔽设计图

表 10-2 机房屏蔽设计参数表

屏蔽设计项目	参数及厚度
东墙、西墙、北墙	900mm 厚钢筋混凝土
南墙（迷路内墙）	900mm 厚钢筋混凝土
南墙（迷路外墙）	900mm 厚钢筋混凝土
顶棚	800mm 厚钢筋混凝土
防护门	10mm 厚铅板
机房宽度（东西防护墙间距）	5600mm
机房长度（迷路内墙与北墙间距）	7500mm
迷路宽度（迷路内外墙间距）	2400mm
层高	4100mm

注：砼密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 。

10.1.3 机房辐射安全和防护、环保相关设施

为保障辐射工作人员和公众的安全，根据国家标准的有关要求开展辐射事件活动的场所应采取相应辐射安全防护措施，以预防和控制潜在照射。该类放疗装置除为保障治疗指标而设置的安全设备外，陀螺刀机房应设有下列安全与防护防治措施，详见图 10-4。



图 10-4 陀螺刀机房辐射安全防护与环保设施配置图

(1) 机房防护门安全防护设施

1) 防护门屏蔽

陀螺刀治疗室防护门拟采用电动平开门,屏蔽材料设计 10mmPb,防护门应设置防夹装置,防护门应委托有射线防护资质的单位进行生产和安装。

2) 紧急开门按钮

应在陀螺刀治疗室防护门旁和迷路口墙体设置 2 个紧急开门按钮,保证紧急情况下防护门能够打开。

(2) 控制台及安全连锁

1) 锁定开关

应在控制室操作台设置非工作人员操作的锁定开关。

2) 监控与对讲装置

应在控制室与治疗机房之间设置对讲系统,在治疗机房内设置监控设备。同时,在控制室门外,电动平开门旁,设置监控设备,防止电动平开门引起的安全事故。

3) 紧急停机按钮

应设置 4 个紧急停机按钮, 分别位于控制室操作台上、治疗室内迷路入口处、治疗室内迷路内墙上、陀螺刀设备上。在治疗过程中, 如果操作人员发现治疗存在问题, 可以按下操作台上的“急停”按钮来快速中断治疗过程, 此时放射源开关立刻关闭, 三维床退出, 治疗过程被中断。在治疗机房中, 源开关因意外情况打开, 机房中的人员可按下室内的红色“急停”按钮来关闭源开关。

4) 连锁装置

陀螺刀治疗机房应设置防护门-机开关联锁、计时器-源开关联锁。

①防护门-源开关联锁: 防护门未关或未关到指定位置, 不能出束; 在治疗状态下, 防护门被打开时关束。

②计时器-源开关联锁: 设有主、从两个计时器, 当到达预置治疗时间时主计时器终止辐照; 当主计时器故障时, 从计时器也能独立终止辐照。

5) 准备出束音箱响示提示

应在治疗室内设置扬声器, 设备准备出束对患者进行音响提示。

(3) 警示标志

1) 电离辐射警示标志

陀螺刀治疗室防护门应设置电离辐射警告标志, 提醒公众和辐射工作人员周围存在电离辐射源, 并尽可能远离。

2) 工作状态警示灯

陀螺刀治疗室防护门应安装工作指示灯。源开关打开后, 工作状态指示灯将会亮起来, 放射治疗机房的门也将锁定, 此时应禁止人员接近陀螺刀治疗室。

3) 应在陀螺刀机房防护门门口处设置控制区标识, 非相关人员不得靠近此区域。

(4) 现场安全防护措施

1) 紧急照明或独立通道照明系统

陀螺刀工作场所设置必要的应急照明设备和紧急出口标志。

2) UPS 电源

当在治疗过程中发生外部供电中断时, 系统自动控制系统会立刻切换至 UPS 后备电源供电。此时, 放射源关闭, 三维定位床退出, 治疗过程中止。

3) 手动关源

当设备出现机械故障导致放射源不可关闭时，可采用手动关源。

4) 安全防盗系统

陀螺刀工作场所安装防盗门禁系统，进出口安装视频监控。

5) 火灾报警系统

治疗机房内安装火灾自动报警装置，配备灭火器材。

(5) 监测设备

1) 固定式剂量报警仪

治疗室应安装 1 套固定式 γ 辐射剂量报警仪，在测量范围内，当达到预设的阈值会发生声光报警及时提醒工作人员注意安全，此时应退出所有人员，采取措施，消除事因。

2) 便携式辐射监测仪器仪表

陀螺刀治疗工作场所应配备 1 套便携式 γ 射线检测仪，医院应定期对治疗室外人员可到达界面检测 γ 射线周围剂量当量率，同时定期监测陀螺刀设备表面 5cm 和 100cm 处的空气比释动能率。

3) 个人剂量检测设备

医院应为辐射工作人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪等个人剂量监测设备。

(6) 其他防护措施

1) 通风系统

陀螺刀治疗机房进风口位于治疗机房防护门上方，排风口位于治疗机房西北角下方，进排风口设置满足“上进下出、对角设置”的要求。治疗机房容积 172.2m³，拟设置排风机通风量为 1200m³/h，通风换气次数为 7 次/h。

2) 电缆沟及穿墙管线

陀螺刀治疗系统应采用耐辐射电缆，治疗室与控制室操作台之间的电缆管线治疗室内部分以地沟形式布设在地坪以下，电缆沟盖板应采用 5cm 厚混凝土板覆盖；其他电缆均布设在非主射线照射部位，穿墙部位采用预埋穿线管方式，并以“U”字形从地坪下方穿越墙体。

(3) 制度上墙

操作室上张贴相应的各项规章制度、操作规程、岗位职责等。

(4) 人员培训

本项目放射工作人员必须在辐射安全与防护培训平台进行学习，通过辐射安全与防护考核，取得相应的培训合格证书，持证上岗。在培训合格证书届满前应及时学习、参加考核，确保持证上岗。

10.2 环保措施及其投资估算

本项目总投资 2200 万元，环保投资 203 万元，占总投资的 9.2%，环保设施（措施）及其投资估算一览表见表 10-3。

表 10-3 环保设施（措施）及其投资估算一览表

防护措施			投资（万元）
	名称	数量	
辐射屏蔽措施	防护墙体	—	130
	铅防护门	1 个	
	防辐射电缆	1 套	
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	1 个	25
	控制台有紧急停机按钮	1 个	
	电视监控与对讲系统	1 套	
	治疗室内准备出束音响提示	1 套	
	治疗室门与束流联锁	1 套	
	计时器-源开关联锁	1 套	
警示装置	入口处电离辐射警示标志	1 套	0.05
	入口有陀螺刀工作状态显示	1 套	
	入口处控制区标志	1 套	
照射室紧急设施	紧急开门按钮	2 个	4.95
	紧急照明或独立通道照明系统	1 套	
	治疗室内有紧急停机按钮	2 个	
	治疗床有紧急停机按钮	1 个	
监测设备	便携式辐射监测仪器仪表	1 台	18
	固定式 γ 辐射剂量报警仪	1 台	

	个人剂量报警仪	7 台	
	个人剂量计	7 个	
其它	治疗室门防夹人装置	1 套	25
	通风系统	1 套	
	火灾报警仪	1 套	
	灭火器材	1 套	
合计			203

10.3 三废治理的设施、方案、预期效果

(1) 废水

本项目运营期不产生医疗废水和放射性废水，只产生 7 名工作人员的生活污水，生活污水排入医院已有生活污水处理系统，经处理达标后排入周边市政污水管网。

(2) 废气

陀螺刀工作过程中，会产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体，机房独立设置排风系统，防护门上方进风，治疗机房东角排风，且保持良好的通风，能满足通风换气的要求。

(3) 固废

本项目产生的主要废物为废旧放射源和蓄电池。废旧蓄电池由厂家及时回收，不在院区内暂存。

本项目运营 5~7 年后会产生废旧放射源。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 年修改版）第三十八条规定执行：在放射源闲置或者废弃后 3 个月内将废旧放射源交回生产单位或者返回原出口方。使用放射源的单位应当在废旧放射源交回、返回或者送交活动完成之日起 20 日内，向其所在地省级生态环境部门备案。

因此，本项目废 ^{60}Co 放射源将交回生产单位，并在送交活动结束后 20 日内到湖南省生态环境厅备案。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 本项目涉及的工程建设内容

本项目施工地点位于医院负一层停车场东南角，项目辐射工作场所需要新建，建设中的污染物主要包括废气、扬尘、废水、噪声及固体废弃物等：

(1) 大气：本项目在建设施工期需进行的挖掘、混凝土浇筑作业，施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：

- a. 及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；
- b. 车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；
- c. 施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

(2) 噪声：

在机房建设及装修时的噪声源主要有电锯、电钻、角磨机、电焊机、塔吊、平刨机等，产生的噪声在 70dB (A) ~95dB (A) 之间。

因本项目施工场地在医院内部，周围保护目标为 50 米内的医护人员、工作人员、患者及公众，在施工时应严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时应禁止夜间施工。对于混凝土连续浇灌等确需在夜间施工的作业，必须经当地生态环境部门审批同意，并告知公众。

(3) 固体废物：

项目施工期间，将产生一定量的以土方石、建筑垃圾、生活垃圾为主的固体废弃物。

土方石除部分回用于填外，其余部分废弃。废弃的土石方应运输至住建部门指定或审批的堆放点，不得随意堆放。

建筑垃圾收集后分类堆放于指定地点存放，其中可再生利用的由有资质的回收单位进行回收处置，剩余不可回收部分由施工方统一清运至住建部门指定堆放点。

对于施工人员产生的生活垃圾，施工方将在施工场地出入口设置临时收集桶，生活垃圾经统一收集后委托环卫部门定期清运。

(4) 废水：

项目在医院内部进行施工，场内配套设施较完善，施工期施工人员生活污水可依托原有生活污水处理设施处理后排放，施工废水采用防渗沉淀池收集沉淀后用于场地洒水降尘。

医院在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在院内局部区域，对周围环境影响较小。

(5) 设备安装调试的环境影响本项目放射源未运抵之前，陀螺刀未开机时，均不会对周围环境产生辐射污染。陀螺刀的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，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，开启警示灯，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。由于设备的安装和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。设备安装过程中，医院需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 陀螺刀运行阶段对环境的辐射影响

11.2.1.1 工作状态下治疗机房内 γ 空气吸收剂量率分布

由于采用了陀螺旋转结构，在公转环集束射线穿过靶心经过的路径上，设置了有效厚度的铅屏蔽层，实现了机内放射源的自屏蔽。此设计既解决了公转环的平衡问题，又可有效防止射线的泄漏。同时，由于机内设计有自屏蔽，即使是治疗过程中，射线穿透机器的散射能量已降至很弱，对机房的屏蔽要求已降至很低。

本项目厂家提供了治疗机房内开源状态下两种模式下的 γ 空气吸收剂量率，具体如下：

条件：放射源种类： ^{60}Co ；最大装源量：8500Ci

模式：在机房内距离陀螺刀等中心1米、2米的各个位置布点，打开源开关，用剂量仪测试一段时间内的累积剂量，转换成剂量率。

a. 模式一：治疗头以0度法线为轴作旋转运动；

b. 模式二：治疗头以270度法线为轴作旋转运动，详见图11-1。

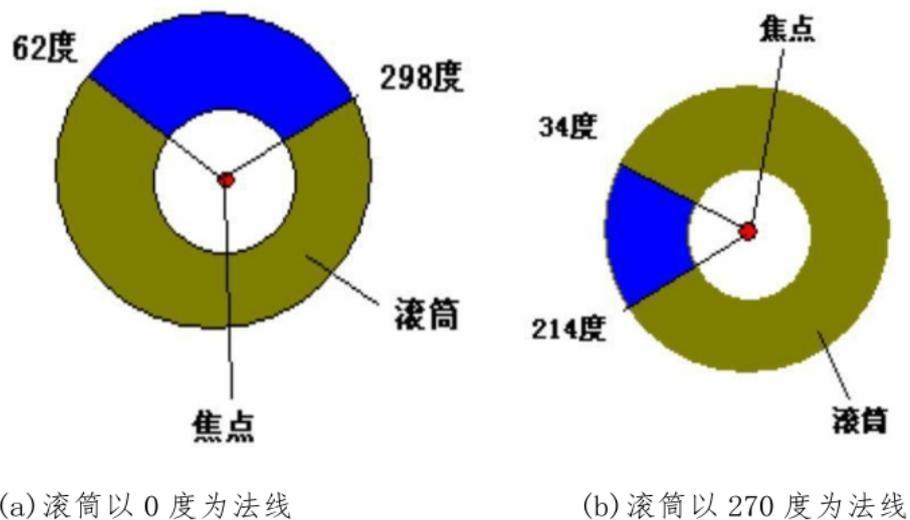


图 11-1 滚筒振动角度示意图

厂家提供的陀螺刀治疗机房内开源状态剂量率分布图 4-6。

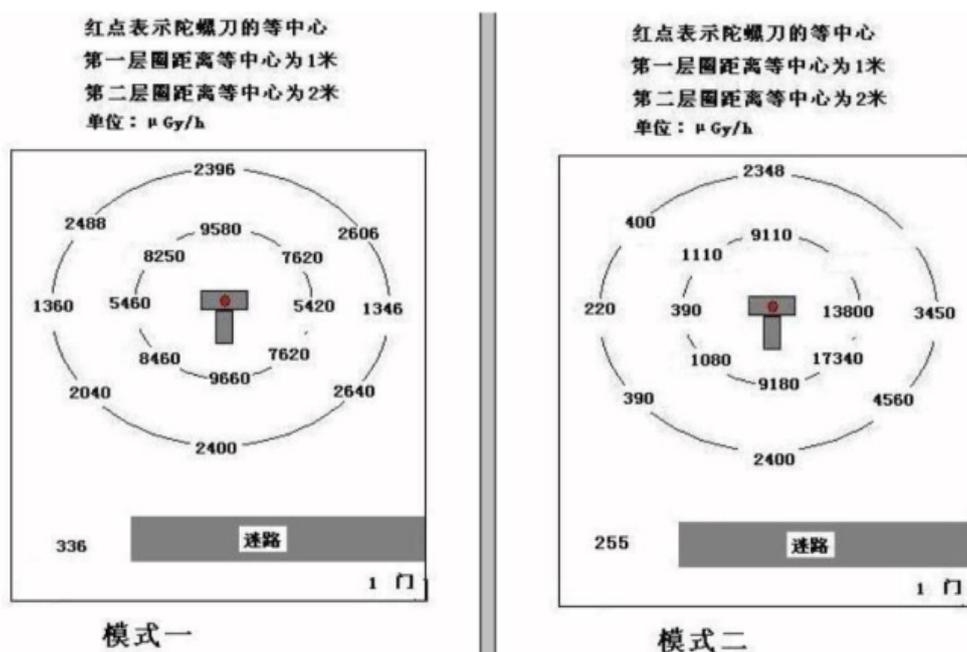


图 11-2 两种模式测试结果

11.2.1.2 治疗状态下治疗机房周围 30cm 处的 γ 辐射剂量率

(1) 治疗机房屏蔽效果校核

本项目陀螺刀治疗中心位于负一楼，楼下无建筑，楼上为停车坪。南墙外控制室，西墙外候诊大厅，北墙外为地下停车场，东墙外为实土层，人员无法到达。本次评价选取治疗机房北、西墙、南墙、室顶、防护门外 30cm 处的关注点进行重点核算，0 点为等中心点，01、02、03 点为

朝不同方向照射时的靶点位置，治疗机房关注点设置及辐射路径见图 11-3 和图 11-4。

机房关注点描述见表 11-1。

表 11-1 机房关注点一览表

序号	关注位置	关注点	射线类型	关注点描述
1	主屏蔽区	A	有用线束	西墙外 30cm 处
2		B	有用线束	东墙外 30cm 处
3		H	有用线束	顶棚屏蔽体外 30cm 处
4	侧屏蔽墙	C	漏射线	北墙外 30cm 处
5	迷路外墙	D	漏射线	迷路外墙外 30cm 处（射线经迷路内墙屏蔽）
6		E	漏射线	迷路外墙外 30cm 处（射线未经迷路内墙屏蔽）
7	机房入口	G	漏射线、散射线	防护门外 30cm 处

备注 ①关注点 B 北墙外 30cm 为实土层。

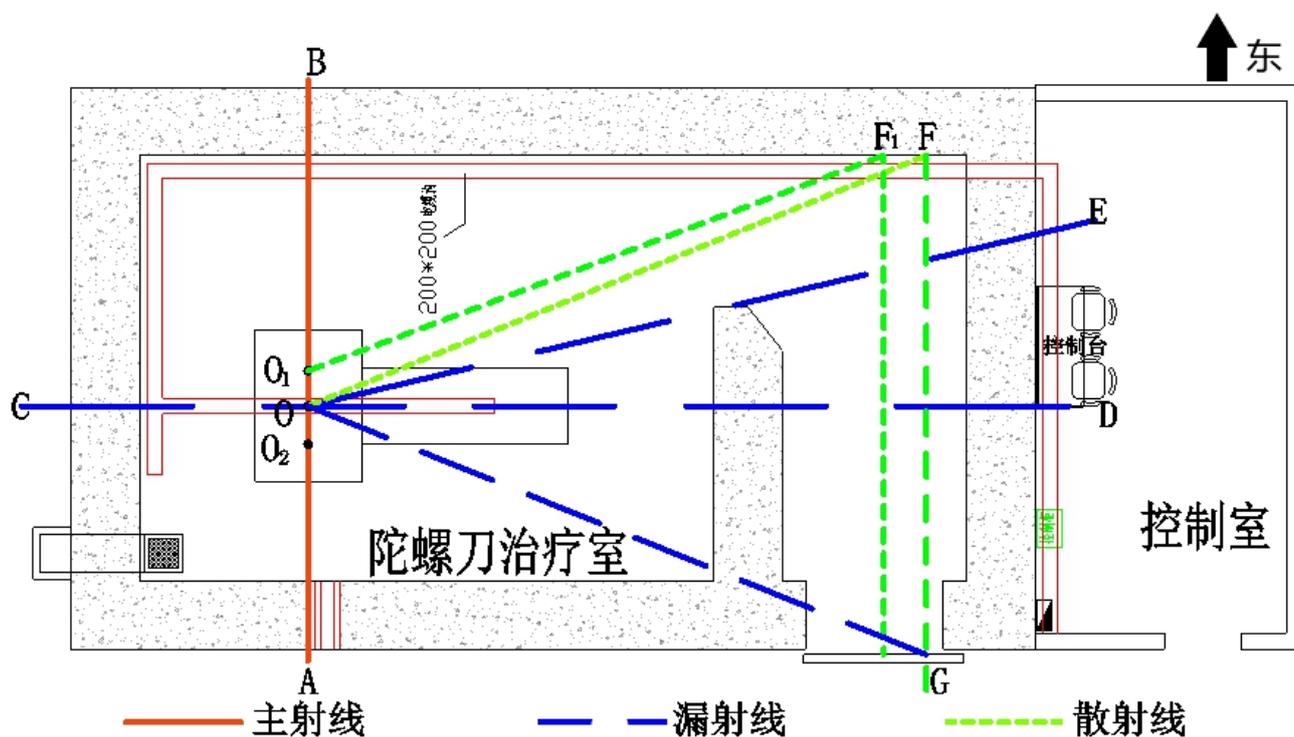


图 11-3 治疗室四周关注点布置示意图

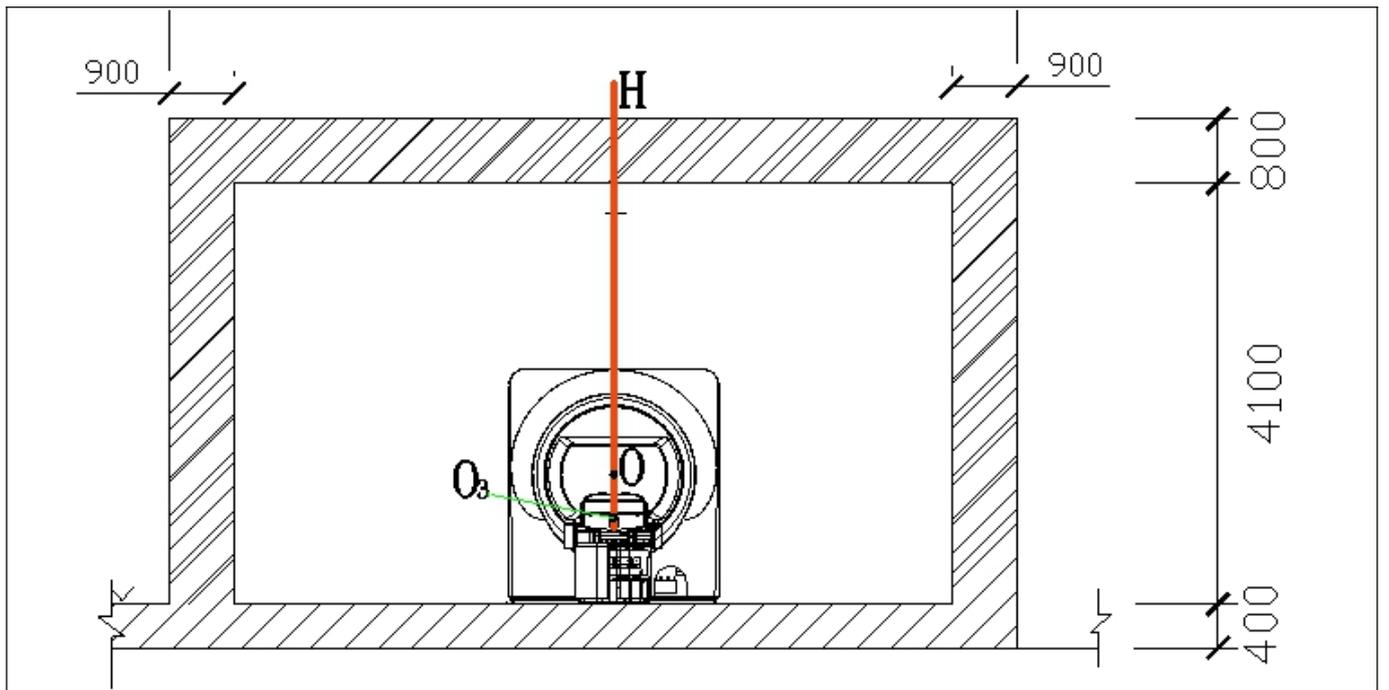


图 11-4 治疗室顶层关注点布置示意图

根据厂家提供的资料及陀螺刀的工作原理，本项目东墙、西墙及室顶为主射束方向，治疗机头的泄漏辐射比率 $f=1 \times 10^{-3}$ ，准直器的泄漏辐射比率 $f=2 \times 10^{-5}$ ，因治疗机头的泄漏辐射比率远大于准直器的泄漏辐射比率，因此，本项目仅考虑治疗机头的泄漏辐射。由于 H_0 取值为厂家提供的治疗室内开源状态实测剂量率最大值，该数据已包含透过自屏蔽的有用线束、漏射线及散射线束的剂量率，因此，偏安全考虑，本项目在计算有用线束、漏射线时均按有用束进行估算（此时 $f=1$ ）。

(2) 剂量率参考控制水平

依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）中的相关要求，剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 和最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ 中的较小者。导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 计算公式如下：

$$H_{cd} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots \dots \dots \text{式 (11-1)}$$

式中：

\dot{H}_c —一周剂量参考控制水平，单位为微希每周 ($\mu\text{Sv/周}$)，职业工作人员： $H \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ，公众： $H \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ ；

U —关注点位置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；

t—治疗装置周治疗照射时间，h；本项目周治疗照射时间为 8h。

表 11-2 不同场所的居留因子

场所	居留因子		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、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 有相邻的治疗室、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
偶然居留	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

各关注点剂量率参考控制水平计算参数及结果见表 11-3。

表 11-3 各关注点剂量率参考控制水平计算参数

关注点	H (μ Sv/周)	U	T	t (h)	$\dot{H}_{c,d}$ (μ Sv/h)	$\dot{H}_{c,max}$ (μ Sv/h)	\dot{H}_c (μ Sv/h)
A 候诊厅	5	1	1/5	8	3.125	2.5	2.5
B 实土层	5	1	/	8	/	2.5	1.25
C 停车场	5	1	1/40	8	1	2.5	1
D 控制室	100	1	1	8	12.5	2.5	2.5
E 控制室	100	1	1	8	12.5	2.5	2.5
G 防护门	5	1	1/8	8	5	2.5	2.5
H 停车坪	5	1	1/40	8	1	2.5	1

(4) 计算公式

本报告采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： γ 放射源放射治疗机房》

(GBZ/T201.3-2014) 及《辐射防护手册第一分册》中的公式进行计算, 具体如下:

①有效屏蔽厚度

$$Xe = X \cdot \sec \theta \dots\dots\dots (11-2)$$

式中:

Xe: 有效屏蔽厚度, mm;

X: 屏蔽厚度, mm;

θ : 斜射角, 即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角。

②辐射屏蔽透射因子

$$B = 10^{- (Xe + TVL - TVL_1) / TVL} \dots\dots (11-3)$$

式中:

B: 屏蔽物质的屏蔽透射因子;

Xe: 有效屏蔽厚度, mm;

TVL: 辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度, mm。

TVL1: 辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度, mm。

③有用线束和泄露辐射在屏蔽体外关注点的剂量率

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0}{R^2} \cdot f \cdot B \dots\dots\dots \text{式 (11-4)}$$

式中:

\dot{H} : 关注点剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_0 : 入射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

R: 等中心 (靶点) 至关注点的距离, m;

f: 对有用线束为 1; 对 γ 射线源远距治疗装置的泄漏辐射为泄漏辐射比率 (为保守起见, 本报告均取 1)。

④散射线能量公式

$$E_s = \frac{E}{1 + 1.96(1 - \cos \varphi)E} \dots\dots\dots \text{式 (11-5)}$$

式中:

E_s : 散射线的能量;

E_0 —入射线的能量, ^{60}Co 源 γ 射线平均能量 $E_0=1.25\text{MeV}$;

θ_s —散射方向与入射方向的夹角；

$$\cos \theta_s = \sin \theta_0 \sin \theta \cos \phi - \cos \theta_0 \cos \theta \quad (45^\circ \leq \theta_s \leq 135^\circ)$$

当 $\theta_s=45^\circ$ 时，根据公式(4-4)保守估算，并参照厂商提供的参数，经一次散射后的 γ 射线平均能量 $E_1=0.73\text{MeV}$ ，又由《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014) 表 C.4 可知，反散射角一定的情况下，能量越低，散射因子越大，为保守计算考虑，本评价取 $E_s=0.25\text{MeV}$ 。

⑤泄露辐射在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量

$$\dot{H}_S = \frac{\dot{H}_0 \cdot S \cdot \alpha_w \cdot f}{R_0^2 \cdot R_1^2} \quad \dots\dots\dots \text{式 (11-6)}$$

式中：

\dot{H}_S ：散射点处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{H}_0 ：活度为 A 的放射源在距其 1m 处的剂量率；

S：散射面积， m^2 ，

f：治疗装置的泄露辐射比率（本项目为保守计算，取 1）；

α_w ：散射体的散射因子，根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014) 附录 C 表 C.4，当 $E_s=0.25\text{MeV}$ ，入射角 45° ，反散射角为 0° ， $\alpha_w=3.39 \times 10^{-2}$ ；

⑥患者一次散射辐射的屏蔽与剂量率估算

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad \dots\dots\dots \text{式 (11-7)}$$

式中：

\dot{H}_c ：参考点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靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

R_s ：患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

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

F：治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 。

⑦有用线束不向迷路照射时入口 g 处散射辐射剂量

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot \dot{H}_0 \dots\dots\dots\text{式 (11-8)}$$

式中:

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

α_{ph} : 患者 400cm^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, cm^2 。

α_2 : 混凝土墙入射的患者散射辐射的散射因子, 通常取 i 处的入射角为 45° , 散射角为 0° ,

α_2 值见表 C. 4, 保守使用其 0. 25MeV 栏内的值;

A: i 处的散射面积, m^2 。

R_1 : 患者 (位于等中心点) 至迷路 i 点的距离, m;

R_2 —迷路 i 点至入口 g 点的距离, m;

\dot{H}_0 : 加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$;

⑧防护门外的辐射剂量率

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \dots\dots\dots\text{式 (11-9)}$$

式中:

TVL: 辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度 [式中 $TVL=5.0\text{mm}$ (铅)], mm 其余各符号的意义同式 (4-7);

按照上述公式计算出的陀螺刀治疗室屏蔽体的理论计算结果见表 4-8, 陀螺刀治疗室采用拟设计方案情况下各关注点剂量率计算结果如表 4-9。

表 11-4 陀螺刀治疗室屏蔽体理论计算结果

机房名称	屏蔽单元	距离 (m)	理论计算厚度 (mm)	设计厚度 (mm)	评价结论
陀螺刀治疗室	室顶	4. 2	693	800	设计可行
	西墙	4. 1	611	900	设计可行
	北墙	5. 1	733	900	设计可行
		排风管道: 400mm*400mm 从底部穿过			
	东墙	5. 1	635	900	设计可行

	南墙（迷路内墙）	10.1	446	900	设计可行
	南墙（迷路外墙）	9.8	440	900	设计可行
	防护门入口处	进风管道： 400mm*400mm 斜穿角度：45	473	900	设计可行
	防护门	8.5	-	10mmPb	

注：（1）排风管道截面积 400mm×400mm，管道从地下穿过通到室外，且通风管道处用 200mm 实心砖墙砌起，故对排风口外侧补偿厚度为 0；

（1）进风管道截面积 400mm×400mm，斜穿 45°，占用墙体厚度为 756mm，根据表 4-8，到达迷路入口处的剂量率为 0.135 μSv/h，低于 2.5 μSv/h，理论上不需补充防护；其他管线均由地面下方的电缆沟斜穿，不需进行补偿屏蔽。

（3）其他管线均由地面下方的电缆沟斜穿，不需进行补偿屏蔽。

（4）根据表 4-9，到达迷路入口处的剂量率为 0.468 μSv/h，低于 2.5 μSv/h，鉴于安全和防护最优化原则，建议安装 5mmPb 的电动防护门。

表 11-5 工作状态下治疗机房屏蔽体外 30cm 处关注点辐射剂量估算表

初装源时距等中心 1m 处的剂量率 $\dot{H}_0 : 2 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$									
位置	室顶	南墙 (控制室)	南墙 (不经内墙)	东墙	西墙	北墙	防护门		
关注点	H 点	D 点	E 点	B 点	A 点	C 点	G 点		
射线 路径	O_3-H	$O-D$	$O-E$	O_2-B	O_1-A	$O-C$	$O-G$	$O-F-G$	$O-F_1-G$
R (m)	4.2	9.8	10.1	5	4	3.4	8.2	$R_1: 8.2$ $R_2: 6.5$ $R_0: 0.535$	$R_1: 7.9$ $R: 6.5$
X (mm)	900	1800	900	900	900	900	900	10mmPb	10mmPb
X_e (mm)	900	1800	874	900	900	900	900	10mmPb	10mmPb
θ (°)	0	0	15	0	0	0	-	-	25
$\sec \theta$	1	0	1.03	1	1	1	-	-	1.09

f	1	1	1	1	1	1	1	-	1
TVL_1 (mm)	245	245	245	245	245	245	245	-	-
TVL (mm)	218	218	218	218	218	218	218	5	5
α	-	-	-	-	-	-	-	α_{ph} $=3.7 \times 10^{-3}$	$\alpha_w =$ 3.05×10^{-3}
F (cm ²)	-	-	-	-	-	-	-	α_2 $=3.39 \times 10^{-2}$	-
S (m ²)								9.84	14.35
B	2.85E-04	7.36E-09	1.30E-04	9.89E-05	9.89E-05	9.89E-05	4.53E-04	-	
\dot{H} (μ Sv/h)	0.374	1.53E-06	0.026	0.124	0.079	0.182	0.135	0.001	0.332
限值	1	2.5	2.5	1.25	2.5	1	2.5		
结论	符合标准								

根据表 11-5 计算结果可知,陀螺刀治疗状态下治疗机房室顶和墙外 30cm 处的 γ 辐射剂量率最大值为 0.468 μ Sv/h (防护门外), 满足《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标 (GBZ161-2004) 中“治疗室的墙壁及顶棚必须有足够的屏蔽厚度, 使距墙体外表面 30cm 的可达界面处, 由穿透辐射所产生的平均剂量当量率低于 2.5 μ Sv/h”的剂量限值要求。

11.2.1.3 非治疗状态下对周围环境的辐射影响

根据厂家提供材料, 本项目陀螺刀在非治疗状态下距设备表面 5cm 处的泄露辐射剂量率最大为 71 μ Gy/h, 距设备表面 1 米处的泄露辐射剂量率最大为 0.58 μ Gy/h (详见附件四), 低于《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ161-2004) 规定的距设备表面 5cm 处的泄露辐射剂量率 0.2mGy/h 及距设备 1 米处的辐射泄露剂量 0.02mGy/h 的要求, 因此本项目设备在非治疗状态下对环境影响较小。

11.2.1.4 项目运行对辐射工作人员和周围公众附加剂量的影响

(1) 辐射工作人员和周边公众年有效剂量计算公式如下:

$$H=Dr \cdot T \cdot t \dots \dots \dots \text{(式 11-10)}$$

式中：

H：年有效剂量当量，Sv/a；

Dr：空气吸收剂量率， μ Sv/h；

t：年受照时间，h/a；

T：居留因子；

(2) 操作时间的确定

①控制室操作位接受的来自治疗机房的散射照射。根据建设单位提供资料，预计年治疗量4000人次/年，每次照射1~2个野，180秒/野。治疗出束时间大约为6分钟/人次，陀螺刀预计年工作时间为400h。医院拟配备2名技师，本项目拟配置2名技师进行轮岗，则人均受照时间为200h。

②摆位时受到仪器漏射线的照射。根据建设单位提供资料，预计门诊量4000人次/年，平均每位摆位时间3min，预计年摆位时间最多约12000min，即200h。本项目由技师负责摆位，共2人，计划实行轮岗制，摆位人员人均受照时间为100h。

③治疗机房外有关人员年有效剂量估算

(3) 居留因子的选取

陀螺刀治疗室外居留因子参照《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)选取。

表 11-6 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中的驻留区
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 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 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

本项目工作人员居留因子取 1，防护门外居留因子取 1/8，因南侧走廊仅是进入治疗室的医护人员及病患经过，所以该处居留因子取偶然居留的典型值 1/16，机房顶部绿化处居留因子取 1/40。

(4) 辐射工作人员和周围公众年有效剂量估算结果

表 11-7 辐射工作人员和周围公众附加剂量估算结果

人员		T	T (h)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	H (mSv/a)		剂量限值 (mSv/a)	结论
技师	控制室操作位	1	200	0.026	0.005	0.08	5	满足
	机房摆位	1	100	0.75	0.075			满足
公众 (北墙停车场)		1/40	400	0.182	0.002		0.25	满足
公众 (楼上停车坪)		1/40	400	0.374	0.004		0.25	满足
公众 (防护门外)		1/8	400	0.468	0.023		0.25	满足

*治疗机房摆位工作人员受到仪器漏射线的照射剂量率来自厂家提供的关源状态时距等中心 1m 处陀螺刀散射剂量最大数据 $0.75 \mu\text{Gy/h}$ 换算而来。

从表 11-7 可以看出，保守估算本项目正常运行所致工作人员最大年有效剂量为 0.08mSv/a ，低于本项目工作人员的剂量管理限值 5mSv/a ；所致公众成员最大年有效剂量为 0.023mSv/a ，低于公众成员的剂量管理限值 0.25mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中关于“剂量限值”的要求。

(5) 手动关源受照剂量估算

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 第 10.5.1 款规定, 从事干预的工作人员在抢救生命的行动中所受到的照射不得超过职业照射的最大单一年份剂量限值的 10 倍。依据厂家提供的资料，本项目一次手动关源过程一般需要 5min，经过专门培训后可以缩短到 2min，源距焦点 1 米处的最大辐射剂量率为 0.02Gy/h ，因此，关闭放射源期间的操作者（如“卡源”事故的手动关源）的最大受照剂量为 $0.02\text{Gy/h} \times (5\text{min}/60\text{min}) = 1.7\text{mGy}$ ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定的从事干预的工作人员所受到的照射不

得超过职业照射的最大单一年份剂量限值 10 倍的要求。本次评价要求医院经常对设备性能进行检查，防止该情况发生。

(6) 有害气体的影响

陀螺刀治疗室通风系统进风口在治疗室东南角上方，通风系统排风口位于治疗机房西北角。治疗机房容积为 172.7m^3 ，拟设置排风机通风量为 $1200\text{m}^3/\text{h}$ ，通风换气次数约为 7 次/小时，符合《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ/T161-2004) 中“通风换气次数一般每小时 3~4 次”的要求，对工作人员和患者是安全的。

(7) 换装源过程的影响

通常安装放射源时，将治疗头运到源提供单位，由该单位将封装好的包壳装入治疗头，并装入屏蔽材料，完成整个安装放射源过程。卸载和安装放射源的工作按照有关协议由设备厂家负责完成，换下的放射源作为放射性废物运返原厂家进行处置。运输时，按照相关规定要求的运输罐将治疗头封装运输。

建设单位负责协助设备厂家进行换装源操作，在换装源过程中，严格按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关规定，做好安全与防护工作；安装放射源后须请有监测资质的单位对剂量进行监测，换装源过程的影响是可控的。

(8) 退役放射源的影响

陀螺刀正常治疗过程中，不产生医用放射性固体废弃物，但经过 5~7 年的使用年限后，会产生报废或退役的放射源。

按照《放射性废物安全管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关规定，未经批准不得擅自处理。使用放射源单位应当与生产放射源单位签订废旧放射源返回合同，在放射源废弃后 3 个月内将废放射源交回生产单位进行安全处置，废放射源回收参照放射源转让程序办理。废放射源送贮完成之日起 20 日内，应及时向湖南省生态环境部门备案，申请办理放射源注销手续。

建设单位与成都中核高通股份有限公司签订退役放射源回收合同，因此，退役放射源将处于有效的安全管理之中，不会对环境造成影响。

11.3 辐射事故影响分析

11.3.1 辐射事故风险识别

(1) 联锁装置失灵，人员误入；

(2) 断电事故；

(3) 电气系统失控；

(4) 卡源事故；

(5) 放射源被盗丢失；

(6) 换装源误照射；

(7) 放射源泄漏；

(8) 停机维修期间的误照射；

风险类型：电离辐射损伤

11.3.2 辐射事故防范措施

针对上述风险事故，将采取以下措施：

(1) 联锁装置失灵，人员误入

^{60}Co 治疗系统对三维定位床、屏蔽门之间的运动采用硬件和软件二级安全联锁，确保了治疗过程安全、有序地进行。在主机程序中还设置了自检程序，每次治疗操作前，整个系统自动检测，只有自检通过后才能进行治疗；设备未设置参数，不能启动治疗；防护门打开或没有关严时，则不能出束；控制室和治疗机房均有紧急制动装置；另外在控制室还可以通过设置在治疗机房的监视器看到治疗机房内的情况，声光报警系统也在控制室有反应，一般情况下不会造成人员误入，即使人员误入，防护门也能从里打开。

极端情况下，所有联锁系统，监视系统、声光报警系统全部失灵，正在治疗过程中人员误入，这样，对误入的人员可能造成超剂量的辐射，引发事故。但对外部环境不造成影响。

从理论上讲，发生这种事故的几率极小。为防止事故的发生，平时要经常检查和维修联锁系统及安全系统。工作人员要严守操作规程，每次开机运行前要确认治疗机房无其他人员时，才能开始进行治疗。

(2) 断电事故

治疗前，如外部断电，控制系统无法自检，则治疗程序不能启动，不能进行治疗；治疗过程中断电，设备配有可供电 30 分钟的不间断电源，可保证治疗的正常运行和治疗完整性。极端情况下，外部供电系统断电，而不间断电源不能供电或已损坏，此时工作人员可迅速通过在控制室

的手动系统完成退床、源复位（将源摇至准直体屏蔽位置）等动作。若手动系统此时也损坏或不能使用，工作人员可迅速进入治疗机房，利用治疗机上的手动系统，将病人退出治疗空腔、关闭屏蔽门等动作。这种事故发生，对病人、工作人员和环境影响较小。

（3）电气系统失控

当正在治疗时电气系统失控，不能关机时，工作人员同样采取手动的方式完成关源、退床、关闭屏蔽门等程序。这种事故发生几率非常小，若电气有故障，在开机自检时就不能通过治疗，即使这种事故发生，对外环境也不会产生影响。

（4）卡源事故

^{60}Co 治疗系统的卡源和传统的 ^{60}Co 治疗机的卡源不同， ^{60}Co 源在安装好以后，位置即固定，没有像 ^{60}Co 治疗机那样的卡源现象。它所指的卡源，是指同轴旋转的准直体和源体不能回归零位，即治疗结束后源始终处于照射状态。出现这种情况是由于控制系统失控或同轴旋转的源体和准直体之间出现故障。这种故障的出现与机器的磨损、维护、检修以及质量有关系。在这种情况下，工作人员可立即用控制室的手动系统将源摇回准直体屏蔽位置，人员可不必进入治疗机房，若手摇也无法将源回归零位，则工作人员须迅速进入治疗机房将病人撤离，然后手动将屏蔽门关闭，再找专业人员或厂家修理，这种事故下工作人员进入治疗机房可能造成辐射剂量增加，但只要合理控制现场处理的时间则相对影响很小。

（5）放射源被盗丢失

本项目涉及的放射源在 ^{60}Co 治疗机头内，在没有专业人员和专业工具的情况下无法卸载，发生放射源被盗、丢失事故的概率很低。一旦发现放射源被盗或丢失，将会对周围环境产生不可估量的影响。在日常工作中，应有专人负责设备管理，非辐射工作人员及患者禁止进入治疗机房，并做好设备的日常检查。放射源被盗或丢失事件发生的几率相对很小，而一旦发生，则应立即启动事故应急预案。

（6）换装源误照射

换装源过程主要由放射源生产厂家来完成，建设单位负责协助工作。在换装源过程中如果操作不当，出现源包壳损坏等状况时亦会对周围环境产生不利影响。在操作过程中严格按照辐射防护要求操作。

（7）放射源泄漏

当机器使用时间较长或因外力使源包壳出现破损时,会发生放射源泄漏事件。日常工作中,在保持设备日常检查并用巡测仪等仪器对治疗机房周围剂量进行监测的情况下,此类事件发生几率较低。

(8) 维修停机期间的辐射事故

维修停机期间操作不当或其他非维修人员误操作,会导致辐射事故的发生。加强日常工作的监管,在维修停机期间严格按照规程操作,保证有专人看守能有效降低辐射事故发生的几率。

事故状态可能引起的电离辐射生物效应电离辐射引起生物效应的作是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚,但是大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化,由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤,继而出现相应的生化代谢紊乱,并由此产生一系列临床症状。这类症状存在阈值效应,其严重程度取决于剂量大小,只有在剂量超过一定的阈值时才能发生,我们称之为确定性效应,该效应是高水平辐射照射导致细胞死亡,细胞延缓分裂的各种不同过程的结果。确定性效应常出现在短时间间隔内的高剂量照射的情况(急性照射)。除了受控制的医学照射外,高剂量照射一般不会出现在工作场所。因此,确定性效应一般也不会出现在常规的工作场所,仅在事故情况下被观察到。确定性效应定义为通常情况下存在剂量阈值的一种辐射效应,超过阈值时,剂量越高则效应的严重程度越大。同时不同个体不同组织和器官对射线照射的敏感度差异较大。在非正常情况下,急性大量辐射照射可以造成人或者生物的死亡。成人全身受到不同照射剂量的损伤估计情况见表 11-8 所示。

表 11-8 不同照射剂量对人体损伤的估计

类型	受照剂量参考值 (Gy)	初期症状和损伤程度
/	<0.25	不明显和不易察觉的病变
	0.25~0.5	可恢复的机能变化,可能有血液学的变化 机能变化,血液变化,但不伴有临床症状
	0.5~1	
骨髓型急性 放射病	1.0~2.0	中度: 头昏,乏力,食欲减退,恶心,呕吐,白细胞短暂 上升后下降
	2.0~4.0	轻度: 乏力,不适,食欲减退
	4.0~6.0	重度: 1h 后多次呕吐,可有腹泻,腮腺肿大,白细胞明显 下降

	6.0~10.0	极重度：1h 内多次呕吐和腹泻，休克、腮腺肿大， 白细胞 明显下降
--	----------	--------------------------------------

据厂家提供的资料，源距焦点 1 米处的最大辐射剂量率取 0.02Gy/h，假设在治疗过程中人员停留治疗室，距源最近距离为 0.5 米，持续时间为 2min，则产生的最大有效剂量为 2.7mSv，结合表 11-8 可知，本项目发生单次人员机房内受到误照射时，可能会产生不明显和不易察觉的病变。因此，单次误照射不会达到发生确定性效应阈值，但可能增加发生随机性效应的概率。

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

12.1.1 辐射安全管理领导小组成员及职责

医院根据《中华人民共和国职业病防治法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》、《放射诊疗管理规定》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等规定，经院务会讨论决定成立“茶陵政德医院医院放射防护管理组织”，具体如下：

1、人员组成

主任委员：尹政德

副主任委员：丁志龙 周亚峰

委员：谭小荣 段英华 李鹏 李俊 陈亮华 谭小霞
吴登明 吴伊凡 马涵 谭志胜 张青平

办公室主任：何慧芳

秘书：刘秀玉

2、工作内容

（一）贯彻执行《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国职业病防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律、行政法规、规章制度以及规范标准的规定 和要求，监督、管理及组织放射防护工作。

（二）负责制定降低医疗照射、职业照射及公众照射所致危害的远期规划，负责组织放射科、核医学科及其他电离辐射相关科室的各项规章制度和操作规程的编制、修订工作。

（三）统一组织放射工作人员的防护知识培训，集中管理放射工作人员的职业健康。

（四）指导各种放射源和射线装置的规范操作，检查放射防护的安全工作和督察放射诊断治疗的质量保证。

（五）布置对放射诊疗场所、设备和人员的放射防护检测、监测和检查。

（六）监管医用放射性废物的处置。

（七）制定突发放射事故的应急预案，负责放射事故的调查、报告和处置。

（八）接受卫生行政、环境保护及质量监督等各级相关部门的监督检查。

(九) 由相关法律、法规及规章制度约定的其它应尽职责。

医院成立了放射防护管理组织，并规定了各部门的具体职责。在本项目建成后，如若人员有变动，则应对辐射安全与防护管理机构进行修订。

12.1.2 辐射工作人员

本项目运行后，医院拟配备 7 名辐射工作人员，这些辐射工作人员应在辐射防护培训平台考核合格后，方能上岗。同时按照国家相关规定进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并为工作人员保存职业照射记录。

12.1.3 注册核安全工程师配备情况或计划

根据《关于发布《注册核安全工程师职业资格关键岗位名录》（第一批）的通知》，本项目不在名录内，不需要配备注册核安全工程师，建议医院鼓励辐射安全管理人员和操作人员参加注册核工程师的考试和人员培养。

12.2 辐射安全管理规章制度

茶陵政德医院按照《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》等建立一系列基本的放射防护管理制度，含《茶陵政德医院关于调整放射防护管理委员会委员的通知》《辐射事故应急预案》《茶陵政德医院放射安全管理制度》《放射工作人员个人剂量监测管理制度》《茶陵政德医院放射诊疗设备安全操作规程》《茶陵政德医院放射工作人员培训制度》《放射诊疗工作管理制度》《放射工作场所及设备检测制度》等。

根据本项目特点，医院应制定以下管理制度：

- (1) 《茶陵政德医院陀螺刀放射治疗质量保证和质量控制制度》；
- (2) 《茶陵政德医院放疗科工作人员岗位职责》；
- (3) 《茶陵政德医院放射源管理制度》；
- (4) 《茶陵政德医院陀螺刀放射治疗卡源应急预案》；
- (5) 《放射工作人员职业健康管理制》；
- (6) 《茶陵政德医院设备检查、维修、维护管理制度》

本项目建成后，医院应在工作过程中不断补充完善相应管理制度并张贴上墙，由医院放射防护管理组织负责对规章制度的实施情况进行检查。

12.3 辐射监测

12.3.1 个人剂量监测

医院应根据《放射工作人员职业健康管理辦法》，安排本单位的放射工作人员接受个人剂量监测，并遵守下列规定：

- (1) 外照射个人剂量监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天；
- (2) 建立并终生保存个人剂量监测档案；
- (3) 允许放射工作人员查阅、复印本人的个人剂量监测档案。

医院现有《放射工作人员个人剂量监测管理制度》执行个人剂量检测，每三个月检测一次，由放射科收集起来委托由湖南省职业病防治院进行检测并领取新的个人剂量计，由专人进行个人剂量档案管理。

12.3.2 工作场所辐射环境监测

医院应为项目所在科室各配置 1 台 X- γ 辐射剂量率监测仪，定期按照如下要求进行自主监测工作场所的 X- γ 辐射剂量率。

①年度监测

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度检测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

②日常自行监测：定期自行开展辐射监测，制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期至少 1 次/月。

③监测内容和要求

A、监测内容： γ 射线周围剂量当量率及非治疗状态下的空气比释动能率；

B、监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-1）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表12-1 辐射工作场所监测计划建议

项目	监测内容	监测点位	监测条件	限值要求	监测周期	
					自行监测	委托监测
陀螺刀	周围剂量当量率	机房防护门外 30cm 处、控制室操作位，四面墙体外 30cm 处、	治疗状态	$\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$	1 次/月	1 次/年

		楼上距离地面 1 米处。				
	非治疗状态下设备 周围的杂散空气笔 试动能率水平	距设备外表面 100cm 处	非治疗 状态	$\leq 0.02\text{mGy/h}$	1 次/月	1 次/年
		距设备外表面 5cm 处		$\leq 0.2\text{mGy/h}$		

C、监测范围：控制区和监督区域及周围环境

D、监测质量保证

a、制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

b、采用的国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

c、制定辐射环境监测管理制度和方案。此外，建设单位需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

12.4 辐射事故应急

医院应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的规定，对可能发生的辐射事故，制定《辐射事故应急预案》，具体内容应包括辐射事故应急处理机构及职责、辐射事故应急处理预案和应急人员的培训演习计划等。

医院已制定《茶陵政德医院关于成立辐射事故应急小组的决定》，对可能发生的辐射事故提出了有针对性的应急响应措施，具有可操作性，在发生辐射事故时能将辐射事故影响减小到最低。除此之外，医院应就现有《茶陵政德医院关于成立辐射事故应急小组的决定》组织相关人员进行学习和贯彻，并将该应急预案装裱上墙。

另外，根据《突发环境事件应急管理办法》（环境保护部令第 34 号，自 2015 年 6 月 5 日起施行）的规定，医院应当每年至少组织一次应急预案培训工作，通过各种形式，使有关人员了解环境应急预案的内容，熟悉应急职责、应急程序和岗位应急处置预案。建设单位应按要求定期进行应急演练，并且在应急预案演练结束后，对环境应急预案演练结果进行评估，撰写演练评估报告，分析存在问题，对环境应急预案提出修改意见。

有下列情形之一的，医院应当及时对应急预案进行修订：

- (1)本单位生产工艺和技术发生变化的；
- (2)相关单位和人员发生变化或者应急组织指挥体系或职责调整的；
- (3)周围环境或者环境敏感点发生变化的；
- (4)环境应急预案依据的法律、法规、规章等发生变化的；
- (5)环保主管部门或者企业事业单位认为应当适时修订的其他情形。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

茶陵政德医院为满足医疗需求，拟新建陀螺刀治疗室，引进一套 GMX-1 型陀螺刀，即陀螺旋转式钴-60 立体定向放射治疗系统。陀螺刀使用 1 枚 ^{60}Co 密封源，最大装源活度为 314.5TBq (8500Ci)，属医用 I 类密封放射源。

13.1.2 正当性分析

茶陵政德医院新增陀螺刀项目运行后，促进医院整体医疗水平的提高，为患者就诊带来福音和便利。对工作人员和周围公众成员造成的附加受照剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求，项目的建设所产生利益远大于其危害，实践具有正当性，符合辐射防护“正当实践”原则。

13.1.3 本项目产业政策符合性分析

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录(2019 年本)》中第六项“核能”中第 6 款“、同位素、加速器及辐照应用技术开发”和第十三项“医药”中第 5 款“高端放射治疗设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

13.1.4 本项目选址及平面布置合理性分析

拟新建的陀螺刀治疗室位于湖南省株洲市茶陵政德医院负一层停车场东南角，主要包括陀螺刀治疗机房和控制室。本项目陀螺刀治疗机房由治疗机房、迷路和防护门组成。陀螺刀室由治疗机房、迷路和防护门组成。治疗机房的尺寸(包含迷道)南北长 10.8m，东西宽 5.6m，层高 4.1m，治疗机房面积 42m^2 ，总容积 172.2m^3 ，治疗机房的面积及层高能满足《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ/T 161-2004)中“治疗机房面积不少于 30m^2 ，层高不低于 3.5m”的要求。治疗室墙体及室顶均为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 的普通混凝土。本项目陀螺道机房进风口位于治疗机房防护门上方，排风口位于治疗机房西北角，进排风口设置满足“上进下出、对角设置”的要求。治疗机房容积 172.2m^3 ，拟设置排风机通风量为 $1200\text{m}^3/\text{h}$ ，通风换气次数为 7 次/小时，满足《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ/T 161-2004)中的“通风方式以机械通风为主，通风换气次数一般每小时 3~4 次”，对工作人员和患者是安全的。

13.1.5 工程所在地区环境质量现状

根据监测报告，本项目场址所在地 γ 辐射剂量率本底测量值范围为109nSv/h~127nSv/h（未扣除仪器设备对宇宙射线的响应值），在宁夏天然环境本底范围内。

13.1.6 辐射环境评价

经计算，工作状态下治疗机房周围剂量率最大值为0.468 μ Gy/h，小于《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）2.5 μ Gy/h的防护要求。

根据厂家提供材料，本项目陀螺刀在非治疗状态下距设备表面5cm处的泄露辐射剂量率最大为71 μ Gy/h，距设备表面1米处的泄露辐射剂量率最大为0.58 μ Gy/h，低于《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》（GBZ161-2004）规定的距设备表面5cm处的泄露辐射剂量率0.2mGy/h及距设备1米处的辐射泄露剂量0.02mGy/h的要求。

职业人员年有效剂量为0.08mSv/a 小于报告提出的5mSv/a 的年管理剂量的约束值。公众所接受年有效剂量0.023mSv/a 低于本报告提出的0.25mSv/a 年管理剂量约束值。

“三废”处理，本项目的评价因子主要为放射源退役和废旧蓄电池问题。废源由成都中核高通股份有限公司回收，废旧蓄电池由厂家回收。因此，废放射源处于有效的安全管理，不会对周围环境造成影响。

13.1.7 辐射安全防护管理

医院设有辐射防护管理组织，负责全院的辐射安全管理和监督工作。医院建立了健全的辐射防护和安全保卫制度、人员培训计划、健康体检制度、辐射事故应急预案和设备检修维护制度等，相关制度合理、可行，在事故应急救援预案条件完善安全措施，其环境风险是可控的。

13.1.8 结论

综上所述，茶陵政德医院陀螺旋转式钴-60 立体定向放射治疗系统核技术应用项目，符合产业政策与实践的正当性，屏蔽设计能够满足辐射防护要求。在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，本项目对放射工作人员和公众是安全的，不会引起周围辐射水平的明显变化。因此，从辐射环境保护角度分析，该项目可行。

13.2 承诺及建议

（1）建设单位取得环评报告表批复后，应及时向湖南省生态环境厅申请办理《辐射安全许可证》及履行相关环保手续。

（2）本项目竣工后，建设单位应按照国家环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对

本项目配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。验收合格后，方可投入生产或使用。

(3) 放射性管理和工作人员在从事放射性操作时，必须佩戴外照射个人剂量计，并且设立个人剂量档案，做好剂量记录，严格按照规定执行相关操作。

(4) 医院培应按照培训计划要求对管理人员和相关医务人员的辐射防护培训。

(5) 加强安全措施的检查维护，加强对各放射性工作场所工作人员的个人剂量监测及周围环境辐射水平巡测；

(6) 项目运行过程中，不弄虚作假、不违规操作，严格遵守辐射安全管理规定；

(7) 接受生态环境等其他部门的管理、监督及指导；

(8) 每年 1 月 31 日之前，向辐射安全许可证发证单位上报年度评估报告。

附件一：环评委托书

建设项目环境影响报告委托书

宁夏博尔特医疗测试研究院有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境影响评价分类管理目录》、《建设项目环境保护管理条例》等法律、法规的要求，茶陵政德医院陀螺旋转式钴-60 立体定向放射治疗系统建设项目现委托宁夏博尔特医疗测试研究院有限公司进行核技术利用建设项目环境影响报告表评价范围包括：新建；改建；扩建）拟投入使用的固定放射诊疗场所以及在上述场所的放射诊疗设备和工作人员。

委托单位：茶陵政德医院（盖章）

2021年 01 月 05 日



附件二：辐射安全许可证及设备台账



辐射安全许可证

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称：茶陵政德医院

地 址：茶陵县下东街道办事处紫云街

法定代表人：谭素娟

种类和范围：使用III类射线装置

证书编号：湘环辐证【B0041】

有效期至：2024年10月27日

发证机关：株洲市生态环境局

发证日期：2019年10月28日

中华人民共和国环境保护部制

附件三：本底检测报告



173003100379



检 测 报 告

TEST REPORT

报告编号：宁博放检字（2021）第067号

受检单位：茶陵政德医院

检测类别：委托检测

报告日期：2021年02月05日

宁夏博尔特医疗测试研究院有限公司

NingXia Bolt Medical Testing Institute Co.,Ltd



拨打“0951-7852555”或扫描右下方二维码查询报告真伪

网址：www.nxbolt.com

邮箱：nxbolt@163.com





173003100379

宁夏博尔特医疗测试研究院有限公司

检测报告

第 1 页 / 共 2 页

报告编号：宁博放检字（2021）第 067 号

委托单位	茶陵政德医院	检测数量	1 处
受检单位	茶陵政德医院	联系人	尹院长
联系电话	18073349888	检测日期	2021 年 02 月 02 日
单位地址	湖南省株洲市茶陵县紫云街与江南路交叉口		

检测和评价依据：

- 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；
- 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）。

解释与说明：

- 1、检测结果见第 2 页；
- （以下空白）

编制人：张永年

审核人：刘杰

签发人：王伟

盖章：



签发日期：2021 年 2 月 5 日



173003100379

宁夏博尔特医疗测试研究院有限公司

检测报告

报告编号：宁博放检字（2021）第 067 号

第 2 页 / 共 2 页

检测项目 γ 射线检测

检测位置 陀螺刀机房

主要仪器	仪器名称	规格/型号	仪器编码	量值溯源
	防护巡测仪	AT1121	NXBOLT-YQ-037	有效期至 2021.09.09

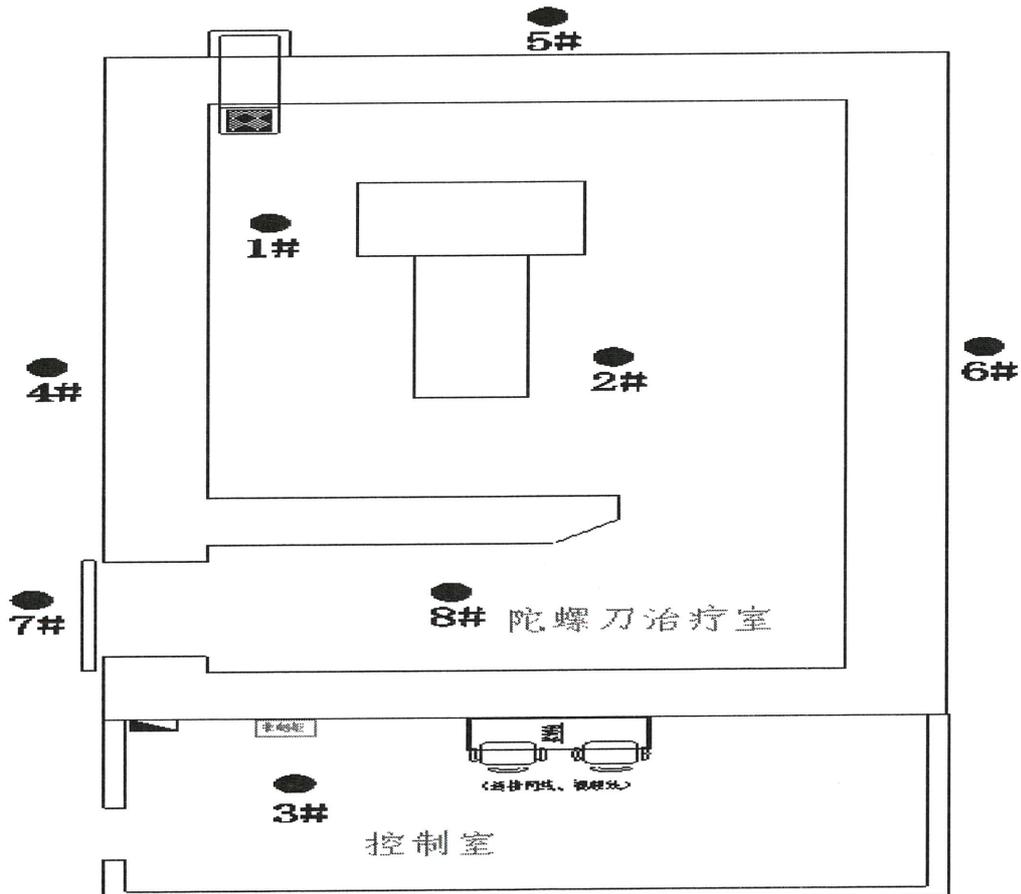
检测结果

检测环境条件： 温度：6℃ 湿度：75%

检测点编号	检测地点	γ 辐射剂量率 (nSv/h)
1#	楼上（本底）	109
2#	陀螺刀机房（本底）	111
3#	控制室（本底）	124
4#	过道（本底）	122
5#	过道（本底）	113
6#	过道（本底）	127
7#	屏蔽门处（本底）	122
8#	迷路（本底）	116

注：未扣除仪器设备对宇宙射线的响应值。

检测布点图



附件四：非治疗状态下周围杂散辐射检测报告（厂家提供）

GMX-I 型陀螺旋转式钴 60 立体定向放射治疗系统 辐射环境泄漏对照表

No.: 191201

设备名称	陀螺旋转式钴 60 立体定向放射治疗系统	规格型号	GMX-I	设备编号	2.59E+14Bq; GMX-I-18095 3.145E+14Bq; GMX-I-18098	监测日期	2019 年 4 月 2019 年 9 月	监测仪器: 环境剂量仪 (315728)						
监测内容 (单位: $\mu\text{Gy/h}$)														
序号	项目名称	监测数据												
		2.59E+14Bq			3.145E+14Bq									
1		1	2	3	4	5	结果	1	2	3	4	5	结果	
设备表面辐射环境监测														
1	(1) 距离设备表面 5cm 处的任何位置上, 辐射泄露剂量不得大于 $200 \mu\text{Gy/h}$ 。	89	80	3.2	3.5	19	89(最大值)	71	63	0.63	0.70	9.00	71(最大值)	
2	(2) 距离设备表面 100cm 处的任何位置上辐射泄露剂量平均不得大于 $10 \mu\text{Gy/h}$	0.88	0.79	0.42	0.48	0.62	0.638(平均值)	0.58	0.51	0.19	0.23	0.35	0.372(平均值)	
3	(3) 距离设备表面 100cm 处的任何位置上辐射泄露剂量最大不大于 $50 \mu\text{Gy/h}$ 。						0.88(最大值)						0.58(最大值)	
结论: Co-60 的活度由 2.59E+14Bq 增加到 3.145E+14Bq 后, 机头泄漏率相较于原来, 泄漏更低了。机房不需要额外增加屏蔽措施。														
备注: <ol style="list-style-type: none"> 设备表面共设 5 个辐射泄露剂量监测点: 1 设备前方 2 设备后方 3 设备左面 4 设备右面 5 设备上; 源匣变化: 3.145E+14Bq 的源匣使用钨合金材质 W95; 2.59E+14Bq 的源匣使用不锈钢材质 1Cr18Ni9Ti; 源匣尺寸未发生变化。 														

附件五：机房屏蔽设计参数

茶陵政德医院新建陀螺刀机房屏蔽设计参数表

指标		参数
几何尺寸 (不含迷道)	长(南北向)×宽(东西向)×高	7.5m×5.6m×4.1m
	机房面积	42.0m ²
	机房容积	172.2m ³
迷道(南侧)	长(东西向)×宽(南北向)×高	5.6m×2.4m×4.1m
	迷道内墙	900mm 砼
	迷道外墙	900mm 砼
屏蔽厚度	北墙	900mm 砼
	南墙	900mm 砼
	西墙	900mm 砼
	南墙(迷路内墙)	900mm 砼
	南墙(迷路外墙)	900mm 砼
	顶棚	800mm 砼
	机房防护门	10mmPb 防护门

建设单位：茶陵政德医院

2021年2月4日

茶陵政德医院文件

院行字[2021]1号

茶陵政德医院 关于调整放射防护管理委员会委员的通知

各部门、科室：

为了贯彻执行国家和各部门有关放射防护的法律、法规以及制度的规定和要求，促进我院放射防护工作的规范化，降低放射工作人员的职业危害，保障患者和环境的安全，由于人员变动的的原因，特调整放射防护管理委员会委员名单。

一、组成人员

主任委员：尹政德

副主任委员：丁志龙 周亚峰

委员：谭小荣 段英华 李鹏 李俊 陈亮华 谭小霞
吴登明 吴伊凡 马涵 谭志胜 张青平

办公室主任：何慧芳

秘书：刘秀玉

医院放射防护管理委员会办公室设于医疗业务部，负责放射防护的日常工作。

二、主要职责

(一) 贯彻执行《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国职业病防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律、行政法规、规章制度以及规范标准的规定 和要求，监督、管理及组织放射防护工作。

(二) 负责制定降低医疗照射、职业照射及公众照射所致危害的远期规划，负责组织放射科、核医学科及其他电离辐射相关科室的各项规章制度和操作规程的编制、修订工作。

(三) 统一组织放射工作人员的防护知识培训，集中管理放射工作人员的职业健康。

(四) 指导各种放射源和射线装置的规范操作，检查放射防护的安全工作和督察放射诊断治疗的质量保证。

(五) 布置对放射诊疗场所、设备和人员的放射防护检测、监测和检查。

(六) 监管医用放射性废物的处置。

(七) 制定突发放射事故的应急预案，负责放射事故的调查、报告和处置。

(八) 接受卫生行政、环境保护及质量监督等各级相关部门的监督检查。

(九) 由相关法律、法规及规章制度约定的其它应尽职责。



茶陵政德医院文件

院行字[2021]2号

辐射事故应急预案

一、总则

根据国家《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》及《放射诊疗管理规定》（以下简称《规定》）的要求，为使本单位一旦发生放射诊疗事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员及公众及环境的安全，制定本应急预案。

二、放射事故应急处理机构与职责

（一）本单位成立放射事故应急处理领导小组，组织、开展放射事故的应急处理救援工作，领导小组成如下：

主任委员：尹政德

副主任委员：周亚峰

委员：谭小荣 段英华 李鹏 李俊 陈亮华 焦帅兰
吴登明 周文广 谭江宇 谭志胜 张青平

办公室主任：何慧芳

应急办公室电话：0731-25259605

（二）应急处理领导小组职责：

- 定期组织对放射诊疗场所、设备和人员的放射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报至院办并落实整改措施。
- 定期检查安全联锁装置，发现故障及时排除。
- 发生放射源丢失、放射源泄漏污染，人员受超剂电照射事故，应启动本预案。

4. 事故发生后立即组织有关部门和人员进行放射性事故应急处理。
5. 负责事故发生后 2 小时内向卫生健康行政部门、生态环境部门和公安部门及时报告事故情况。
6. 负责放射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作。
7. 放射事故中人员受照时，要通过个人剂量仪或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量。
8. 负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

三、放射性事故应急效摄应遵循的原则：

- (一) 迅速报告原则；
- (二) 主动抢救原则；
- (三) 生命第一的原则；
- (四) 科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；
- (五) 保护现场，收集证据的原则。

四、放射性事故应急处理程序：

1、事故分级与报告

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

医院涉及密封性放射源和射线装置的使用，可能发生的放射性事故包括放射源的丢失、被盗或污染；射线装置曝光过程中，无关人员误入，误留机房；射线装置故障或误操作引起误照射。如果发生以上事故，工作人员和公众均有可能受到直接来自放射源或射线装置的辐射所产生的外照射。

发生事故的科室应立即向中心应急处理工作领导小组报告，应急处理工作领导小组向卫生计生行政部门报告，放射源丢失时还应向公安部门上报，造成环境放射性污染的，同时报告当地生态环境部门，报告工作最迟不得超过两小时，并在二十四小时内填写《放射事故报告单》。



2、现场控制

现场处置小组接到事故发生报告后，立即赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；负责现场警戒，划定紧急隔离区，不让无关人员进入，保护好现场；迅速、正确判断事故性质，将事故发生时间、地点、造成事故放射源、放射源现有活度、危害程度和范围及射线装置的名称等主要情况报告省卫健委、省生态环境厅、市公安局等相关部门以及上级行政主管部门。

3、现场处置

等待相关部门到达现场的同时，采取相应措施，使危害、损失降到最小。

(1) 立即撤离有关人员，封锁现场，拨打省生态环境厅放射性事故举报电话，并向当地公安部门报案，切断一切可能扩大污染 的环节，迅速开展检测，严防对食物、畜禽及水源的污染。

(2) 对可能受到放射性核素污染或者放射性损伤的人员，立即采取隔离或应急救援措施，并在环保部门指导下，采取有效的个人安全防护措施。

(3) 迅速确定放射性同位素种类、活度、污染范围和污染程度，以方便省生态环境厅对事故进行处理。

4、在污染现场尚未达到安全水平以前，不得解除封锁。

5、发生或发现放射性事故的单位和个人，应在两小时内向省生态环境厅有关部门报告。

若发生事故，应以最快速度（2 小时以内）报医院上级部门以及湖南省生态环境厅、长沙市公安局等，联系方式附下：

湖南省生态环境厅 12369 85698005

湖南省卫生健康委 12320 84822021

株洲市公安局 110

五、放射性事故的调查

本单位发生放射性事故后，应立即成立由当事科室当事人和核医学科、放射科、本单位负责人参加的事故调查组，调查组遵循实事求是的原则对事故



的发生时间、地点、起因、过程和人员伤害情况及财产损失情况进行细致的调查分析，并认真做好调查记录，记录要妥善保管，配合中心应急处理领导小组编写、上报事故报告书方面的工作，同时，协助卫生健康部门、生态环境部门、公安部门进行事故调查、处理等各方面的相关事宜。

六、经验教训

事故处理完以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。

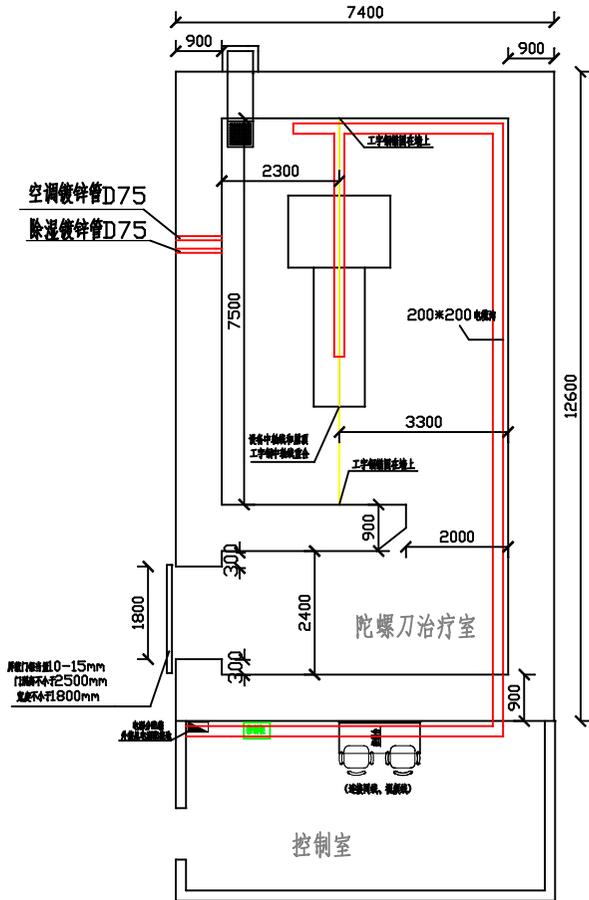
七、应急演练

定期进行放射事故应急演练，记录并保持演练结果，对每次演练进行归纳总结，以保持应急能力。

茶陵政德医院
2021年3月20日



附图：院方提供图纸



说明：

1、此图为标准机房方案平面图；提供的设计方案只做环评和施工图设计的参考，结构及水电等由设计院设计。

2、机房墙顶板800mm，底板400mm。设备基础8吨重，保证设备承载力的同时，混凝土厚度不小于400mm，无配筋。预留电缆沟和管线，电缆沟200*200，电缆沟盖板根据院方要求定制材料，所有混凝土标号不低于C25，控制室门宽度不小于900mm。

3、治疗室门洞2500mm*1800mm，屏蔽门要求铅当量不小于10mm，具体铅当量要根据环评要求，内应安装有大功率排风机和空调、除湿机，通风进风口在屏蔽门上端。

4、控制室安装空调连接网络电话线。

5、设备上端屋顶浇注时安装32b工字钢，机房装修建议吊顶和墙面用铝合金带孔扣板，地面用pvc地板（设备安装后铺设）设备下无基础，直接安装在地坪上，地坪平整度允许偏差千分之一。

6、主机设备安装调试完成后，由医院协调有关政府检测部门检测验收并获得许可后方可使用。

7、本布局仅供参考，设备进场后，如果由于条件限制使设备抵达现场时不能直接进入机房，医院应该事先安排陀螺刀设备的临时存放地点，保证设备的进场通道和空间。

图号	名称	日期

设计人 / 日期



审核人 / 日期

设计人 / 日期

工程名称

工程地点

工程规模

工程性质

工程日期

工程编号

工程名称

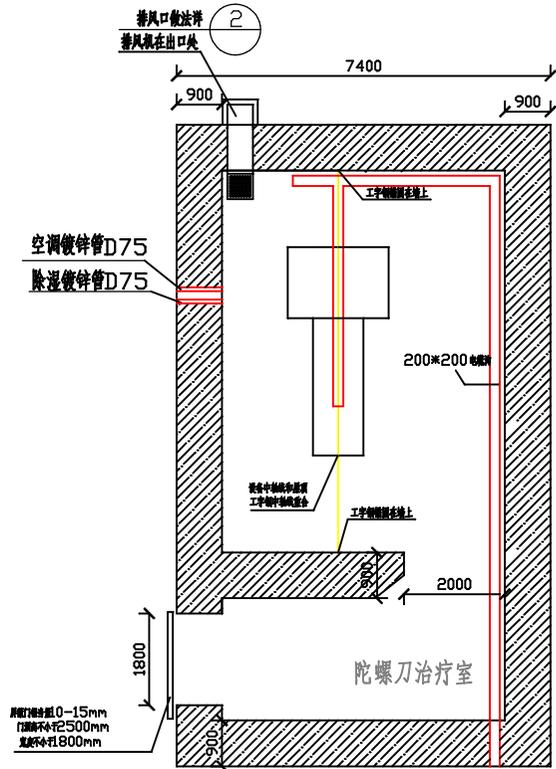
工程地点

工程规模

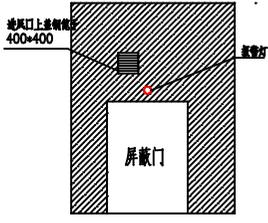
审核人/日期
DRAWN BY / DATE

工程名称/日期
CONTINUED BY / DATE

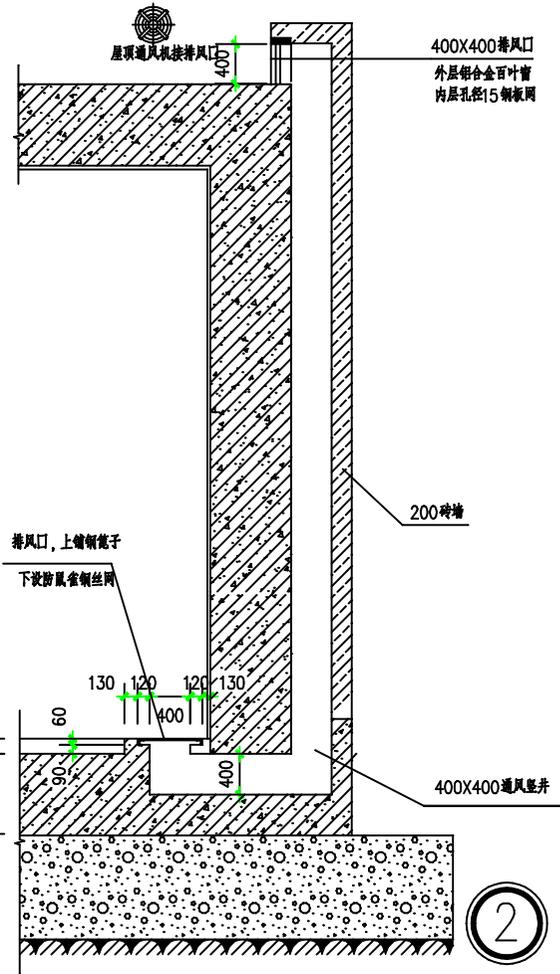
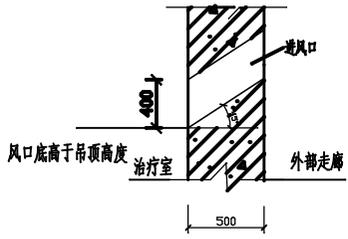
Copyright: 2000, SINO



① 排风口位置示意图
比例: 1:100



③ 进风口示意图



② 排风示意图
比例: 1:50

序号	修改内容	日期

盖章 SEAL



合作设计单位 CO-OPERATED WITH

审定人/日期 AUTHORIZED FOR ISSUE BY / DATE

审核人/日期 AUDITED BY / DATE

项目负责人/日期 PROJECT DIRECTOR / DATE

专业负责人/日期 DISCIPLINE RESPONSIBLE BY / DATE

核对人/日期 CHECKED BY / DATE

设计人/日期 DESIGNED BY / DATE

建设单位 CLIENT
标准机房图

项目名称 PROJECT
陀螺刀治疗中心

图名 DRAWING TITLE
排风口位置示意图

工程编号 JOB NO.	阶段 STAGE	日期 DATE

J-004