# 核技术利用建设项目

# 新增1台陀螺刀项目

# 环境影响报告表



盐城大丰友义医院（公章）

2023年8月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

# 新增 1 台陀螺刀项目

# 环境影响报告表

建设单位名称：盐城大丰友义医院

建设单位法人代表（签字或盖章）：章鸣

通讯地址：盐城市大丰区张謇东路 99 号

邮政编码：224199 联 系 人：

电子邮箱：/ 联系电话：1

打印编号：1691389046000

# 编制单位和编制人员情况表

| | |
|---|---|
| 项目编号 | 3087f3 |
| 建设项目名称 | 盐城大丰友义医院新增1台陀螺刀项目 |
| 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） | 盐城大丰友义医院 |
| 统一社会信用代码 | 52320904510743170P |
| 法定代表人（签章） | 章鸣 |
| 主要负责人（签字） | 杨秀梅 |
| 直接负责的主管人员（签字） | 杨秀梅 |
| **二、编制单位情况** | |
| 单位名称（盖章） | 江苏睿源环境科技有限公司 |
| 统一社会信用代码 | 91320106MA20BXME57 |
| **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 |
|---|---|---|---|
| 赵凌宇 | 201905035320000015 | BH020792 | |

2. 主要编制人员

| 姓名 | 主要编写内容 | 信用编号 | 签字 |
|---|---|---|---|
| 赵凌宇 | 表9项目工程分析与源项 表10辐射安全与防护 表11环境影响分析 表12辐射安全管理 表13结论与建议 | BH020792 | |
| 魏文静 | 表1项目基本情况 表2放射源 表3非密封放射性物质 表4射线装置 表5废弃物（重点是放射性废弃物） 表6评价依据 表7保护目标与评价标准 表8环境质量和辐射现状 | BH023978 | |

# 编制主持人和主要编制人员信息

编制主持人证书



环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，具有环境影响评价工程师的职业水平和能力。

人力资源和社会保障部人事考试中心缴费提供查询结果

中华人民共和国人力资源和社会保障部

中华人民共和国生态环境部

姓　　名：赵凌宇

证件号码：3　　21

性　　别：女

出生年月：1990年12月

批准日期：2019年05月19日

管 理 号：20190503532000015

编制主持人社会保险缴纳证明

## 江苏省社会保险权益记录单（参保单位）

参保单位全称：江苏睿源环境科技有限公司　　现参保地：鼓楼区

统一社会信用代码：91320106MA20BXME57　　查询时间：202305-202307

共1页，第1页

| 单位参保险种 | 养老保险 | 工伤保险 | 失业保险 |
|---|---|---|---|
| 缴费总人数 | 22 | 22 | 22 |

| 序号 | 姓名 | 公民身份号码（社会保障号） | 缴费起止年月 | 缴费月数 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 赵凌宇 | | 202305 - 202307 | 3 |
| 2 | 魏文静 | | 202305 - 202307 | 3 |

说明：
1. 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
2. 本权益单为打印时参保情况。
3. 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
4. 本权益单记录单出具后有效期内（6个月），如需核对真伪，请使用江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证（可多次验证）。

江苏省社会保险 电子专用章

打印时间：2023年8月8日

仅用于金城大学友义医院扩建1台陀螺仪证明

# 目录

表1 项目基本情况 ..... 1
表2 放射源 ..... 6
表3 非密封放射性物质 ..... 6
表4 射线装置 ..... 7
表5 废弃物（重点是放射性废弃物） ..... 8
表6 评价依据 ..... 9
表7 保护目标与评价标准 ..... 12
表8 环境质量和辐射现状 ..... 18
表9 项目工程分析与源项 ..... 23
表10 辐射安全与防护 ..... 32
表11 环境影响分析 ..... 39
表12 辐射安全管理 ..... 51
表13 结论与建议 ..... 55
表14 审批 ..... 58
辐射污染防治措施“三同时”措施一览表 ..... 59

**附图：**

附图 1 盐城大丰友义医院地理位置图

附图 2 盐城大丰友义医院平面布置图及周围环境示意图

附图 3 门诊楼、医技楼一层改造前平面布置图

附图 4 门诊楼、医技楼一层改造后平面布置图

附图 5 陀螺刀机房平面布置图

附图 6 陀螺刀机房剖面布置图

附图 7 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图

附图 8 本项目编制主持人踏勘现场照片

**附件：**

附件 1 委托书

附件 2 承诺书

附件 3 废源退役承诺书

附件 4 辐射安全许可证正副本

附件 5 最近一年辐射工作人员个人剂量检测报告

附件 6 2022 年度检测报告

附件 7 人员体检报告

附件 8 本项目拟建址周围环境本底检测报告

附件 9 盐城大丰友义医院医疗机构执业许可证

附件 10 陀螺刀机房图纸设计及装置参数说明

附件 11 专家意见

附件 12 修改清单

# 表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">新增 1 台陀螺刀项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">盐城大丰友义医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>章鸣</td><td>联系人</td><td>杨秀梅</td><td colspan="2">联系电话</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">盐城市大丰区张謇东路 99 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">盐城市大丰区张謇东路 99 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资(万元)</td><td>1000</td><td>项目环保投资(万元)</td><td>130</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>13%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 □改建 □扩建 □其他</td><td>占地面积（$m^2$）</td><td>约 186</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="5">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑I类（医疗使用） □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="5">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

**项目概述：**

**1. 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况**

盐城大丰友义医院位于盐城市大丰区张謇东路 99 号（原盐城大丰同仁医院），医院是一所集门诊、急诊、住院、医技、健康体检中心、科研信息中心（数字化）、后勤保障服务一体化的功能齐全、风格高雅独特、气势恢宏、花园式现代化医院。医院占地面积约 100 亩，一期建筑面积：52000 平方米，设病床 560 张。现已开设诊疗科目：预防保健科、内科、外科、口腔科、美容外科、急诊医学科、康复医学科、麻醉科、重症医学科、医学检验科、医学影像科、中医科、中西医结合科、眼科、耳鼻咽喉科、健康

体检项目、妇产科（不含产科）。

**1.1 原有核技术利用项目许可情况**

盐城大丰友义医院目前已开展核技术利用项目。医院目前在用 10 台III类射线装置。包括 CT、DR、骨密度仪、乳腺钼靶机、胃肠机、移动 C 臂机等，均已填写登记表。

医院现已申领辐射安全许可证，许可证编号为苏环辐证[J0092]，种类和范围为“使用III类射线装置”，有效期至 2025 年 06 月 28 日，发证机关为盐城市生态环境局。医院辐射安全许可证原名称为“盐城大丰同仁医院”，医院于 2020 年 9 月 23 日申请了名称变更，盐城市生态环境局已在全国核技术利用辐射安全申报系统中同意变更，因疫情原因未补发纸质辐射安全许可证。相关材料见附件 4。

表 1-1 盐城大丰友义医院已有核技术利用项目一览表

| 射线装置 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 序号 | 射线装置名称、型号 | 数量 | 装置参数 | 类别 | 工作场所 | 活动种类 | 环评情况 | 许可情况 |
| 1 | CT(16 排)<br>(Optima CT520 Pro) | 1 | 140kV/800mA | III | 医技楼 1 楼：放射科 CT2 室 | 使用 | 已填登记表 | 已许可 |
| 2 | DR<br>(Definium 6000) | 1 | 150kV/500mA | III | 医技楼 1 楼：放射科 DR1 室 | 使用 | 已填登记表 | 已许可 |
| 3 | 骨密度仪<br>(DPX-NT) | 1 | 76kV/5mA | III | 医技楼 1 楼：放射科骨密度仪室 | 使用 | 已填登记表 | 已许可 |
| 4 | 乳腺钼靶机<br>(PRECISE) | 1 | 35kV/7mA | III | 医技楼 1 楼：楼放射科乳腺钼靶室 | 使用 | 已填登记表 | 已许可 |
| 5 | 胃肠机<br>(TU-41) | 1 | 150kV/500mA | III | 医技楼 1 楼：放射科数字胃肠室 | 使用 | 已填登记表 | 已许可 |
| 6 | 移动 C 臂机<br>(Brivo OEC 715) | 1 | 120kV/5mA | III | 医技楼 3 楼：手术室 | 使用 | 已填登记表 | 已许可 |
| 7 | 移动 C 臂机<br>(GE OEC Fluorostar Compact D) | 1 | 110kV/5mA | III | 医技楼 3 楼：手术室 | 使用 | 已填登记表 | 已许可 |
| 8 | CT(64 排)<br>(Senographe DS) | 1 | 140kV/560mA | III | 医技楼 1 楼：放射科 CT1 室 | 使用 | 已填登记表 | 已许可 |
| 9 | DR<br>(NeuVision-350) | 1 | 150kV/500mA | III | 医技楼 1 楼：放射科 DR2 室 | 使用 | 已填登记表 | 已许可 |
| 10 | DR<br>(DP528-B) | 1 | 150kV/500mA | III | 医技楼 1 楼：放射科 DR3 室 | 使用 | 已填登记表 | 已许可 |

医院已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规，成立了辐射安全管理小组，并制定相关辐射安全管理制度。辐射安全与环境保护管理小组负责辐射防护与安全工作的领导工作，包括制定了相关辐射防护与安全制度、辐射安全与防护措施的定期检查、设备仪器

自检、组织辐射工作人员定期参加辐射防护与安全知识考核、定期职业健康体检、个人剂量计送检并管理好辐射工作人员个人剂量及职业健康档案、委托单位对建设单位辐射工作进行年度检测。

医院现有辐射工作人员，均已通过核技术利用辐射安全与防护考核，人员均已开展个人剂量检测，最近一年（2021年12月~2022年12月）人员年有效剂量最大为0.17mSv（张维），均满足人员年有效剂量限值要求。辐射工作人员均已进行职业健康体检，均为可从事原有辐射工作。

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。医院2022年已委托有资质单位对已有核技术项目进行年度检测，检测报告见附件6，医院每年均按时在全国核技术利用辐射安全申报系统中上传年度评估报告。




## 1.2 本项目核技术利用项目情况

为改善当地医疗卫生条件和医疗环境设施，促进医院结构完善和当地卫生事业发展，盐城大丰友义医院拟在院内门诊楼与医技楼一层连接庭院建设 1 台上海伽马星科技发展有限公司生产的 GMX-I 型陀螺旋转式钴-60 放射外科治疗系统（简称“陀螺刀”，下同），拟购陀螺刀内含 22 颗钴-60 放射源，单枚额定活度为 $1.43\times10^{13}$Bq。根据《放射源分类方法》，单枚放射源为 II 类放射源；该陀螺刀额定装源总活度为 $3.145\times10^{14}$Bq

（8500Ci），应按医疗使用I类放射源进行管理。本项目病人前期模拟定位依托医院医技楼1楼放射科已有CT装置。本项目核技术利用项目详见下表1-1。

表1-2 盐城大丰友义医院本项目核技术利用情况一览表

| 放射源 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 序号 | 装置 | 使用核素 | 放射源活度 | 放射源类别 | 工作场所名称 | 活动种类 | 环评情况及审批时间 |
| 1 | GMX-I型陀螺刀 | $^{60}Co$ | （$1.43\times10^{13}$Bq）×22枚=$3.145\times10^{14}$Bq（8500Ci）（聚集源） | I类 | 陀螺刀治疗室 | 使用 | 本次环评 |

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号，2021年版），本项目属于“172核技术利用建设项目”中“医疗使用I类放射源的”，本项目应编制环境影响报告表。受盐城大丰友义医院委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

**2. 项目周边保护目标及项目选址情况**

盐城大丰友义医院位于盐城市大丰区张謇东路99号。医院东侧为春柳路；南侧为张謇路；西侧为目前为空地；北侧为晨风路。医院地理位置图见附图1，平面布置图及周围环境示意图见附图2。

本项目陀螺刀治疗室拟建在门诊楼与医技楼一层连接庭院位置。治疗室东侧为庭院、输液大厅；南侧为预留机房、洁库、门诊大厅；西侧为庭院、卫生间及过道；北侧为控制室、候诊区、物理室以及过道；上方无建筑，下方为土层。

本项目陀螺刀治疗室周围50m范围无居民区、学校等环境敏感目标。50m范围内涉及①南侧门诊楼，②北侧医技楼，③南侧、东侧、西侧院区道路，④东侧停车场，⑤北侧住院楼。本项目周围环境保护目标主要为从事陀螺刀操作的辐射工作人员及周围公众。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》和《江苏省生态空间管控区域规划》，本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域。本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》第三条中

的环境敏感区。本项目的建设符合江苏省及盐城市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。

**3. 实践正当性**

盐城大丰友义医院拟使用 1 台钴-60 陀螺刀，目的是进一步完善大丰区及周边地区的卫生服务设施，优化医疗资源布局，更好地服务于广大患者，虽然放射源的使用会导致一定的辐射影响，但采取相应的辐射屏蔽措施后，其辐射危害能够控制在可接受范围内，设备使用带来的经济效益、社会效益远大于项目本身产生的辐射危害。因此符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GBl8871-2002）实践正当性要求。

# 表 2 放射源

| 序号 | 核素名称 | 总活度（Bq）/<br>活度（Bq）×枚数 | 类别 | 活动种类 | 用途 | 使用场所 | 贮存方式与地点 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $^{60}Co$ | $3.145\times10^{14}$Bq/<br>（$1.43\times10^{13}$Bq）×22 枚 | I | 使用 | 放射治疗 | 陀螺刀治疗室 | 陀螺刀治疗机头内 | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

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<br>名称 | 理化<br>性质 | 活动<br>种类 | 实际日最大<br>操作量（Bq） | 日等效最大<br>操作量（Bq） | 年最大操作量<br>（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（μA） | 中子强度（n/s） | 用途 | 工作场所 | 氚靶情况 | | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | 活度（Bq） | 贮存方式 | 数量 | |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

# 表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

| 名称 | 状态 | 核素名称 | 活度 | 月排放量 | 年排放总量 | 排放口浓度 | 暂存情况 | 最终去向 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 臭氧、氮氧化物 | 气态 | / | / | 少量 | 少量 | / | 不暂存 | 直接进入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气。 |
| 退役 $^{60}Co$ 放射源 | 固态 | $^{60}Co$ | / | / | 5 年更换一次 | / | 退役前储存在陀螺刀治疗头内 | 返还给源生产厂家 |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |

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

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

# 表6 评价依据

| | |
|---|---|
| 法规文件 | 1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国主席令第9号，自2015年1月1日起施行；<br>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行；<br>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行；<br>4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订本），中华人民共和国2020年主席令第43号，自2020年9月1日起施行<br>5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行；<br>6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行；<br>7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行；<br>8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行；<br>9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行；<br>10) 《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局公告2005年第62号，2005年12月23日印发<br>11) 《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》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行；<br>12) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行）；<br>13) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2019年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中 |

| | |
|---|---|
| | 华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行；<br>14) 《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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行；<br>15) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第2号，自2018年5月1日起施行；<br>16) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行；<br>17) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行；<br>18) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，自2020年6月21日起施行；<br>19) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》（苏环办〔2021〕187号），2021年5月31日印发； |
| **技术标准** | 1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）<br>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）<br>3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）<br>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）<br>5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）<br>6) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）<br>7) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）<br>8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019） |
| **其他** | **附图：**<br>附图1 盐城大丰友义医院地理位置图<br>附图2 盐城大丰友义医院平面布置图及周围环境示意图<br>附图3 门诊楼、医技楼一层改造前平面布置图<br>附图4 门诊楼、医技楼一层改造后平面布置图<br>附图5 陀螺刀机房平面布置图<br>附图6 陀螺刀机房剖面布置图 |

| | |
|---|---|
| | 附图 7 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图<br>附图 8 本项目编制主持人踏勘现场照片<br>**附件：**<br>附件 1 委托书<br>附件 2 承诺书<br>附件 3 废源退役承诺书<br>附件 4 辐射安全许可证正副本<br>附件 5 最近一年辐射工作人员个人剂量检测报告<br>附件 6 2022 年度检测报告<br>附件 7 人员体检报告<br>附件 8 本项目拟建址周围环境本底检测报告<br>附件 9 盐城大丰友义医院医疗机构执业许可证<br>附件 10 陀螺刀机房图纸设计及装置参数说明<br>附件 11 专家意见<br>附件 12 修改清单 |

# 表7 保护目标与评价标准

**评价范围**

本项目为拟使用1台陀螺刀，属于医疗使用I类放射源。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“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”相关规定，确定本项目评价范围为本项目陀螺刀治疗室边界外50m区域。本项目50m评价范围见附图2。

**保护目标**

本项目建设地点位于盐城市大丰区张謇东路99号，本项目陀螺刀治疗室周围50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号）后可以确定，本项目不涉及江苏省生态空间管控区域、江苏省国家级生态保护红线区域。本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》第三条中环境敏感区。本项目的建设符合江苏省及泰州市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。

根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：

1、本项目陀螺刀机房辐射工作人员。

2、本项目陀螺刀机房周围公众。

表7-1 本项目保护目标情况一览表

| 序号 | 保护目标名称 | | 方位 | 最近距离（m） | 人员数量 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 辐射工作人员 | 控制室 | 治疗室北侧 | 紧邻 | 4人 |
| 2 | 周围公众 | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |

**评价标准**

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

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量需满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值，如下表：

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

| | 剂量限值 |
|---|---|
| 职业照射剂量限值 | 工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值：<br>①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；<br>②任何一年中的有效剂量，50mSv。 |
| 公众照射剂量限值 | 实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：<br>①年有效剂量，1mSv；<br>②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。 |

4.3.4 剂量约束和潜在照射危险约束

4.3.4.1 除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险限值的值。

**2）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）**

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，或人员流动性大商业活动区域。

5.1.3 术中放射治疗手术室应采取适当的辐射防护措施，并尽量设在医院手术区的最内侧，与相关工作用房（如控制室或专用于术中放射治疗设备调试、维修的房间）形成一个相对独立区域；术中控制台应与治疗设备分离，实行隔室操作，控制台可设在控制室或走廊内。

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，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时，

术中放射治疗室应确定为临时控制区。

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。使用中子源放射治疗设备、质子/重离子加速器或大于 10 MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。

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30cm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$\dot{H}c,d$ (μSv/h)：

机房外辐射工作人员：$\dot{H}c$≤100μSv/周；

机房外非辐射工作人员：$\dot{H}c$≤5μSv/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$\dot{H}c,max$ (μSv/h)：

人员居留因子T＞1/2的场所：$\dot{H}c,max$≤2.5μSv/h；

人员居留因子T≤1/2的场所：$\dot{H}c,max$≤10μSv/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250μSv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30cm处的剂量率参考控制水平可按100μSv/h加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

6.1.5 使用中子源开展后装治疗的治疗室内应配备符合需要的应急贮源水池或聚乙烯罐等满足中子屏蔽的措施，保障放射源的安全暂存，并实行双人双锁管理。

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，贮源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 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、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附近。

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）放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-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）放射治疗室和质子/重离子加速器大厅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、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；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；

d）质子/重离子治疗装置安全联锁系统还应包括清场巡检系统、门钥匙开关（身份识别系统）。质子/重离子治疗室、加速器大厅和束流输运通道应建立分区清场巡

检和束流控制的逻辑关系，清场巡检系统应考虑清场巡检的最长响应时间和分区调试情况的联锁设置。日常清场巡检时，如超出设定的清场巡检响应时间，需重新进行清场巡检；

e）质子/重离子治疗装置应考虑建立调试、检修、运行维护人员的人身安全联锁系统，将调试、检修、运行维护人员的受照剂量与进入控制区的权限实施联锁管控；

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。

**3）《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）《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）**

**参考资料**

1）《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第13卷第2期，1993年3月），江苏省环境监测站。

表7-3 江苏省全省环境天然γ辐射剂量率调查结果　　单位：nGy/h

| 项目 | 原野 | 道路 | 室内 |
|---|---|---|---|
| 测值范围 | 33.1～72.6 | 18.1～102.3 | 50.7～129.4 |
| 均值 | 50.4 | 47.1 | 89.2 |
| 标准差（s） | 7.0 | 12.3 | 14.0 |

现状评价时，参考“均值±3s”数值：原野为（50.4±21.0）nGy/h；道路为（47.1±36.9）nGy/h；室内为（89.2±42）nGy/h。

2）方杰，辐射防护导论[M].北京：原子能出版社，1991。

**项目管理目标**

综合考虑《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》（HJ 1198-2021）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）评价标准，确定本项目的管理目标职业人员按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值1/4取值，公众按照1/10取值。

**1）本项目陀螺刀治疗室周围辐射剂量率控制水平：**

| 关注点位 | 位置 | 剂量率参考控制水平 μSv/h |
|---|---|---|
| 北墙外30cm | 控制室 | **2.5** |
| 南墙外30cm | 预留机房 | **2.5** |
| 西墙外30cm | 庭院 | **2.5** |
| 东墙外30cm | 庭院 | **2.5** |
| 防护门外30cm | 候诊区 | **2.5** |
| 顶部表面外30cm | 悬空，辐射源点至治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域存在建筑。 | **10** |

**2）本项目辐射工作人员和公众的剂量约束值：**

职业人员年有效剂量不超过**5mSv；**

公众年有效剂量不超过**0.1mSv。**

职业人员周有效剂量不超过**100μSv；**

公众周有效剂量不超过**5μSv。**

# 表 8 环境质量和辐射现状

## 1. 项目地理和场所位置

盐城大丰友义医院位于盐城市大丰区张謇东路 99 号。医院东侧为春柳路；南侧为张謇路；西侧为目前为空地；北侧为晨风路。

本项目陀螺刀治疗室拟建在门诊楼与医技楼一层连接庭院位置。治疗室东侧为庭院、输液大厅；南侧预留机房、洁库、门诊大厅；西侧为庭院、卫生间及过道；北侧为控制室、候诊区、物理室以及过道；上方无建筑，下方为土层。

本项目陀螺刀机房周围 50m 范围无居民区、学校等环境敏感目标。本项目周围环境保护目标主要为从事陀螺刀操作的辐射工作人员及周围公众。



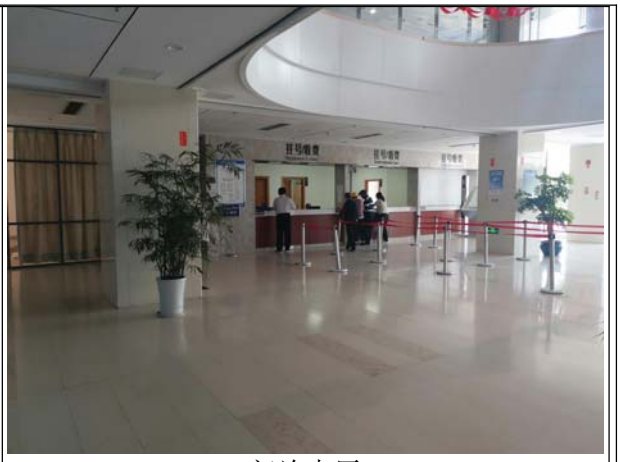
陀螺刀机房拟建址


陀螺刀机房拟建址东侧


拟建址北侧控制室、候诊区


拟建址南侧预留机房


控制室北侧过道


门诊大厅


陀螺刀机房拟建址西侧过道


门诊楼东侧院区道路及停车场


门诊楼南侧


门诊楼、医技楼西侧

图 8-1 本项目陀螺刀机房拟建址周围环境现状照片

**2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位**

**评价对象：**本项目陀螺刀机房拟建址周围辐射环境。

**监测因子：**本项目陀螺刀机房拟建址周围环境γ辐射剂量率。

**监测点位：**本项目陀螺刀机房拟建址及周围布设 14 个监测点位，分别位于本项目陀螺刀机房拟建址四周及保护目标处。

**3. 监测方案、质量保证措施**

**监测方案：**根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）在陀螺刀机房拟建址拟建址周围布设监测点位，对陀螺刀机房拟建址周围环境γ辐射剂量率进行检测。

**质量保证措施：**江苏睿源环境科技有限公司已通过检验检测机构资质认定，合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性，同时满足相关标准要求。检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和公司《质量体系文件》的要求，实施全过程质量控制。检测人员均经过考核并持有合格证书，检测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，检测报告实行三级审核制度，检测时仪器使用前后检查是否正常。

**4. 监测结果与环境现状调查结果评价**

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

监测仪器：BG9512P 型 X-γ辐射监测仪（仪器编号：RY-J018）

测量范围：主机+外置探头：10nGy/h~200μGy/h

能量响应范围：主机+外置探头：25keV~3MeV

检定有效日期：2023.2.21——2024.2.20

检定单位：上海市计量测试技术研究院

检定证书编号：2023H21-20-4422438001

监测日期：2023 年 6 月 2 日

环境条件：天气：晴

评价方法：参考表 7-3 江苏省全省环境天然γ辐射剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项陀螺刀机房拟建址周围现状环境γ辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 8），监测点位示意图见图 8-2。

表 8-1 本项目陀螺刀机房拟建址周围环境γ辐射剂量率

| 序号 | 检测点位 | 检测结果（nGy/h） | 备注 |
|---|---|---|---|
| 1 | 机房拟建址中部 | 74 | 室内 |
| 2 | 机房拟建址东侧 | 72 | 室内 |
| 3 | 机房拟建址南侧 | 77 | 室内 |
| 4 | 机房拟建址西侧 | 73 | 室内 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 | 机房拟建址北侧 | 71 | 室内 |
| 6 | 北侧预留机房 | 68 | 室内 |
| 7 | 北侧过道 | 56 | 室内 |
| 8 | 门诊大厅 | 58 | 室内 |
| 9 | 南侧过道 | 60 | 室内 |
| 10 | 东侧过道 | 58 | 室内 |
| 11 | 门诊楼东侧院区道路 | 45 | 道路 |
| 12 | 停车场 | 45 | 道路 |
| 13 | 门诊楼南侧院区道路 | 41 | 道路 |
| 14 | 医技楼西侧院区道路 | 43 | 道路 |

*已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 13nGy/h）。

*BG9512P 型 X-γ辐射监测仪直接读数单位为 nGy/h。X-γ辐射监测仪检定使用 $^{137}Cs$ 辐射源，折算系数为 1.2Sv/Gy。建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1。

*检测时北侧放射科射线装置未开机工作。

根据表 8-1 的监测结果可知，本项目陀螺刀机房拟建址周围环境γ辐射剂量率为（56~77）（室内）nGy/h、（41~45）（道路）nGy/h，与江苏省天然γ辐射水平相当。

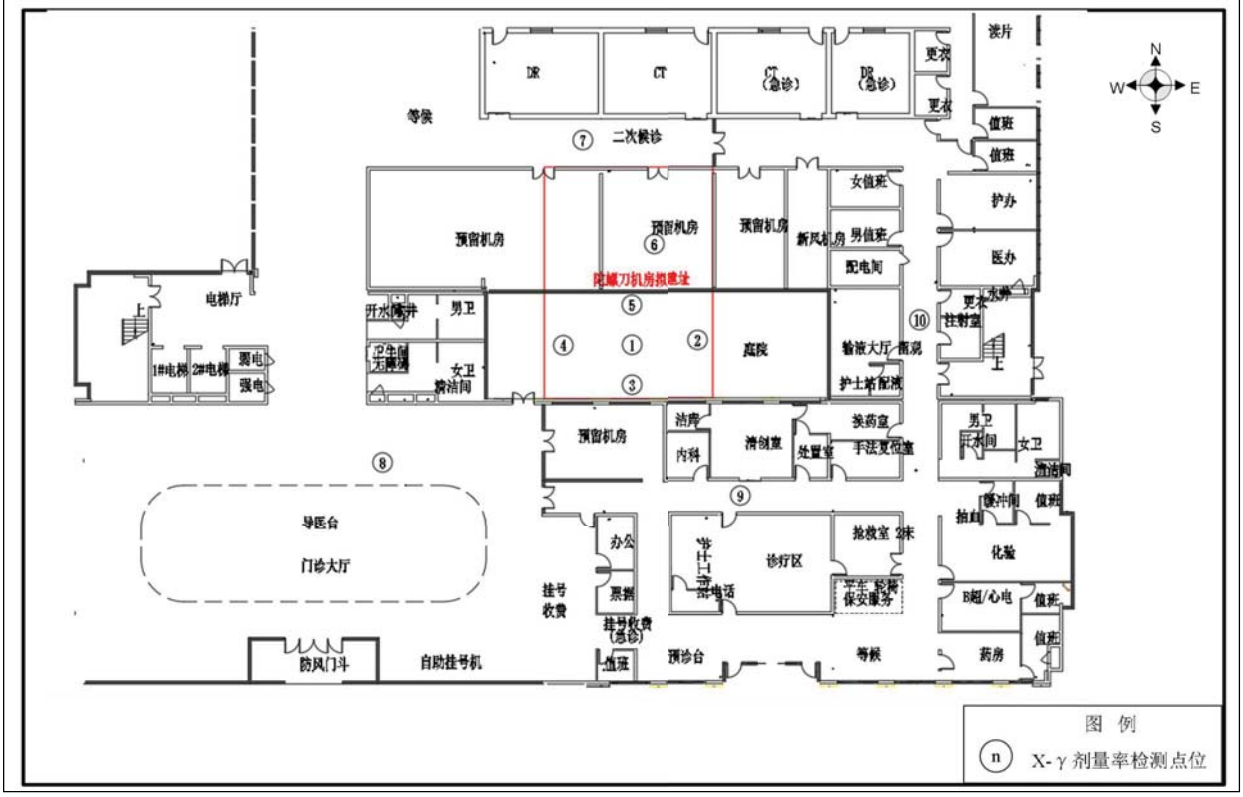


图 8-2　X-γ辐射剂量率检测点位示意图（1）

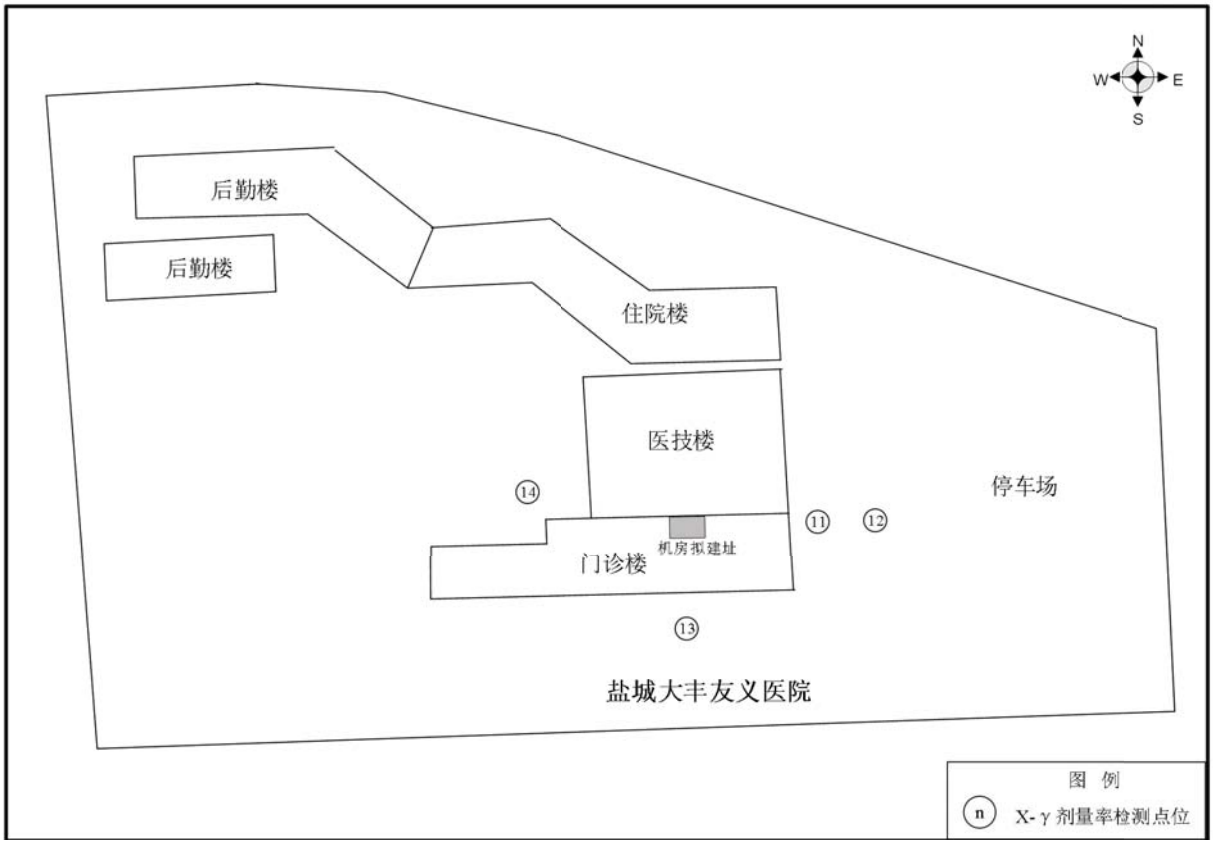



图 8-2　X-γ辐射剂量率检测点位示意图（2）

# 表 9 项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

### 1、工程设备

1.1 陀螺刀基本参数

根据设备厂家提供的资料，本项目陀螺刀的主要参数如表9-1所示。根据医院提供的资料，陀螺刀工作时间为5天/周，250天/年，年门诊量预计4000人次/年，每人次平均治疗出束时间大约为6min，则周受照时间为8h，年受照时间为400h。

表 9-1 陀螺刀基本参数一览表

| | |
|---|---|
| 初装源总活度 | 8500Ci/314.5TBq |
| 放射源核素 | $^{60}Co$ |
| 放射源数量 | 22 颗 |
| 焦点剂量率（头） | ≤3.0Gy/min |
| 四组大小不同的焦点等中心处照射野直径 | Φ6mm，Φ12mm，Φ30mm，Φ45mm |
| 放射源与焦点距离 | 535mm |
| 放射源自转角度 | 50° |
| 治疗头自转速度 | 30r/min |
| 治疗头环绕人体旋转角度 | ±270° |
| 治疗头公转速度 | 1r/min |
| 计划系统 | TPS |
| 三维运动床最大运动距离 | 1）X 轴：（宽度方向）±200mm；<br>2）Y 轴：（高度方向）±150mm；<br>3）Z 轴：（长度方向）≤ 1200mm |
| 三维治疗床重复定位精度 | ±0.05mm |
| 电源及总装机功率 | 三相交流电 380V/50Hz；10KVA |
| 外形尺寸 | 4100mm×2000mm×2200mm |
| 等中心点距地面的距离 | 1.2m |
| 关闭放射源时，距辐射源 1m 处的杂散射辐射引起的吸收剂量率 | ≤0.02mGy/h |
| 开源状态下，距等中心 1m 处的吸收剂量率最大值 | 17340μGy/h |

1.2 陀螺刀设备组成

陀螺刀治疗系统包括主机机械系统、立体定位系统、电气控制系统、治疗计划系统等，其外观如图 9-1 所示。




图 9-1 本项目陀螺刀外观图

（1）主机机械系统

主机机械系统主要由治疗头、旋转盘、滚筒和三维运动床组成，治疗头内安放聚焦式钴源滚筒及旋转盘组成一陀螺转向机构。主机机械系统结构见图9-2所示（不含外壳）。

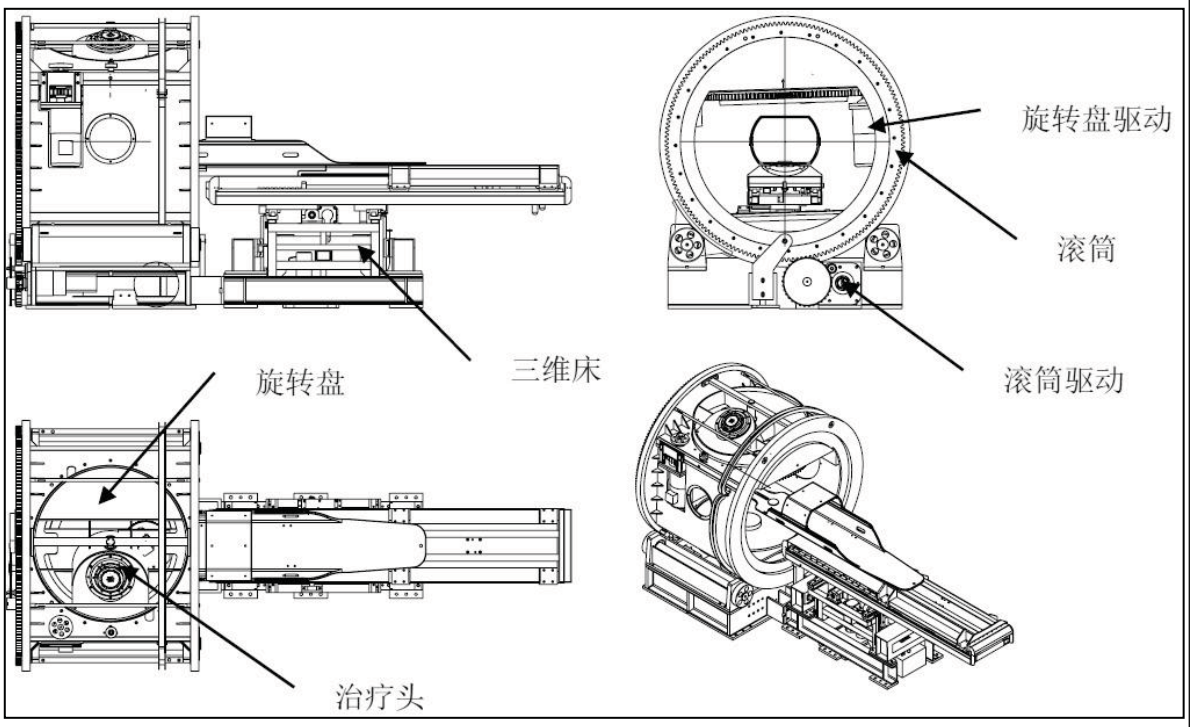
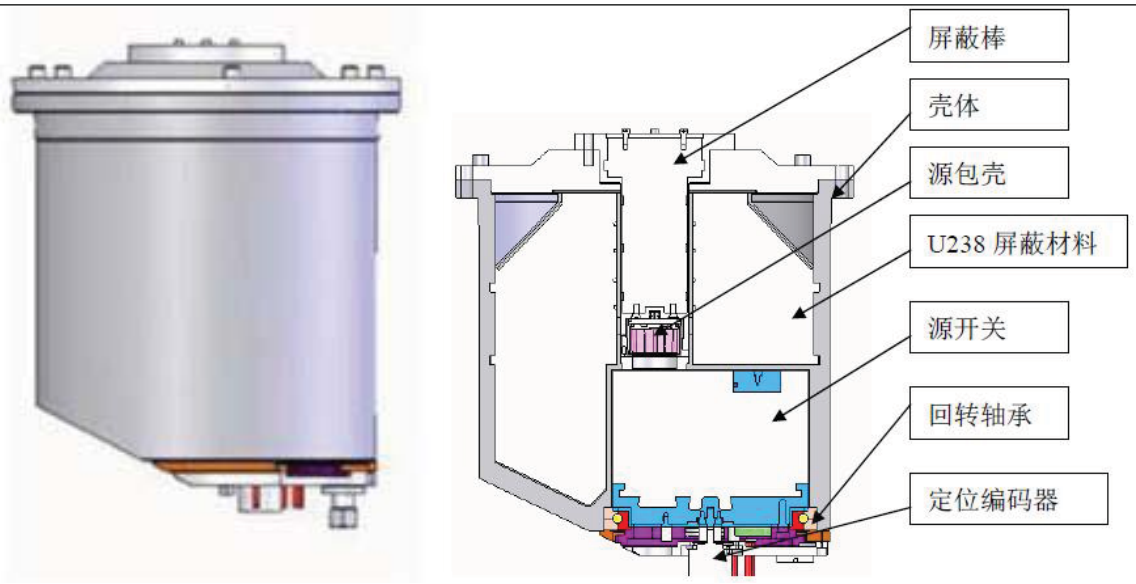



图 9-2 主机机械系统结构示意图

①治疗头

治疗头由源包壳、壳体、$^{238}U$屏蔽材料、屏蔽棒和源开关组成。治疗头外观和结构见图9-3。壳体由屏蔽材料$^{238}U$及钢制成，$^{238}U$合金外壳包容在里面，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，内腔下方有用于定位开关的轴承孔，位于壳体中心的是装源通道。源包壳固定于屏蔽棒上，装源时，先通过机械手将包壳与屏蔽棒固定，然后再将屏蔽棒与治疗头壳体固定。




治疗头外观图　　治疗头结构图

图 9-3 治疗头外观图和结构图

②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。一端通过一个交叉碌子轴承和壳体固定，并通过轴承固定端安装的齿轮由伺服电机驱动，源开关和准直器结构图见图9-4。

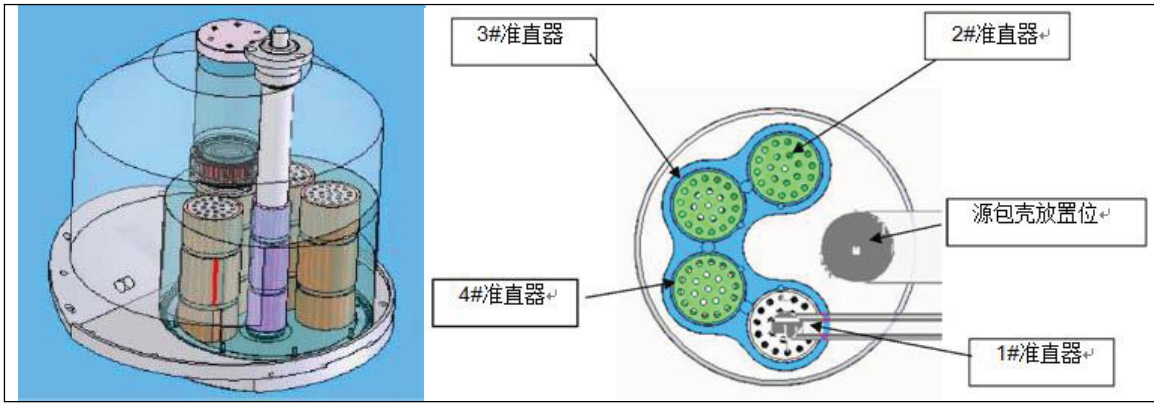



图 9-4 源开关和准直器结构图

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场域。

③旋转盘

旋转盘整个结构呈圆盘形，治疗头安装后与旋转盘旋转中心成25°夹角，带动整个治疗头（射源装置）做旋转运动时，治疗头的运动轨迹为陀螺状，陀螺旋转式钴-60放射治疗系统也由此得名。旋转盘体是通过一大型轴承装于滚筒。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30转/分钟。由于治疗头安装后与旋转盘的旋转中心成25°的夹角，旋转盘转动时使放射源对靶心进行第二次圆锥回旋聚焦，使射线途经人体正常组织时只受到瞬时、几乎无伤害的照射。旋转盘结构图见图9-5。

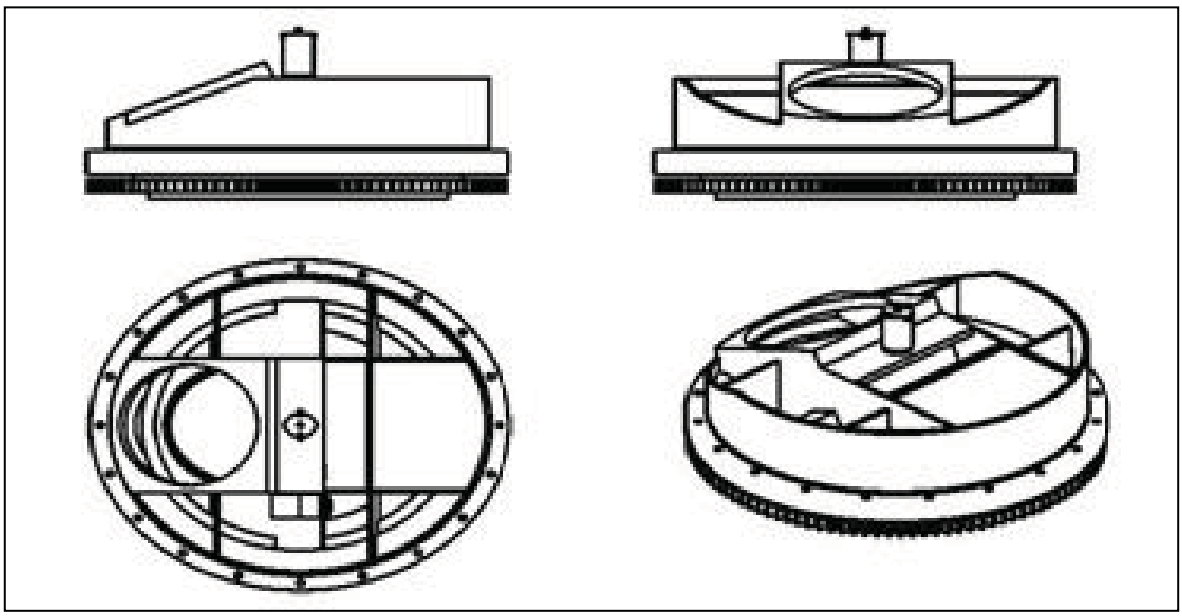


图 9-5 旋转盘结构图

④滚筒

滚筒是带动整个旋转盘作±270度旋转（公转）的机构，由两端面的法兰与型钢通过箱形结构焊接成型，通过安装在底座平台上的四个滚轮支撑。滚筒是由伺服电机通过两级齿轮减速机经齿轮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转动。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，和回转角度达到第三次聚焦的作用。滚筒的转速出厂设定为1.0转/分钟。滚筒结构图见图9-6。

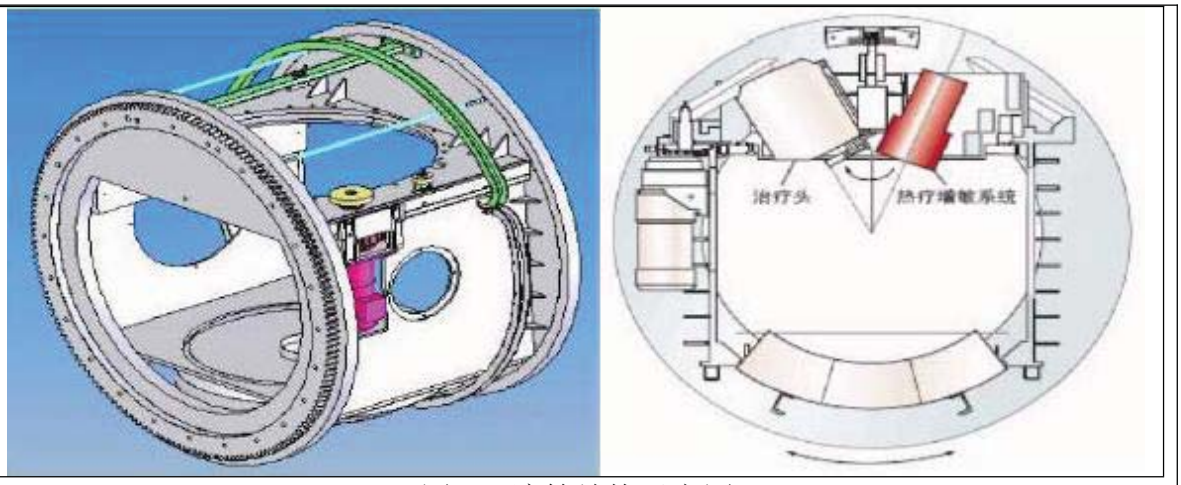



图9-6 滚筒结构示意图

⑤源包壳

本机有一枚组合放射源，总装源量8500Ci，钴粒尺寸约Φ1×1mm，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，源包壳结构图见图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。

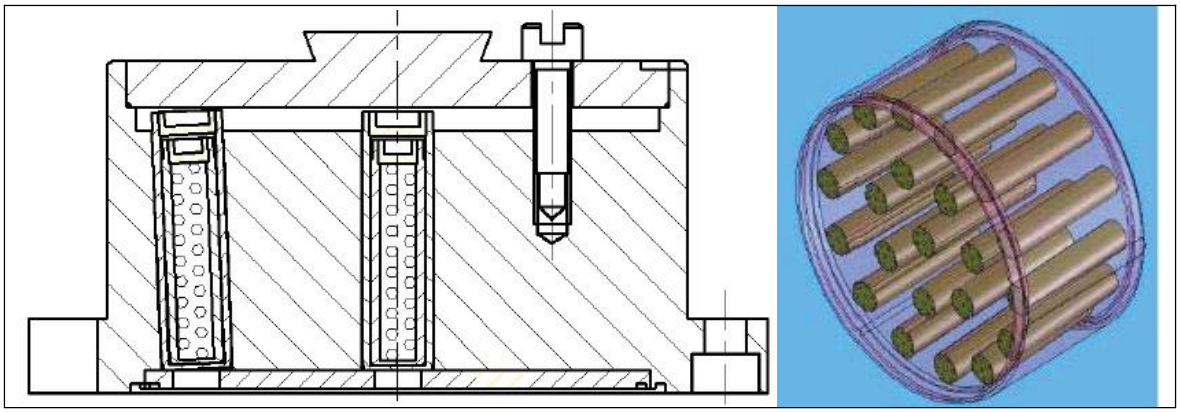


图 9-7 源包壳结构示意图

⑥三维床

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，运动精度在±0.05mm内。整个三维床按结构分为：上拖板，中拖板，升降架及L型底座。上拖板按水平长度方向做直线运动，运动距离≤1200mm，为整个坐标系的Z轴方向。中拖板按水平宽度方向做直线运动，运动距离为±200mm，为整个坐标系的X轴方向。升降架按高度方向做直线运动，运动距离为±150mm，为整个坐标系的Y轴方向。三维床X、Y轴运动速度≤10mm/s，Z轴运动速度≤40mm/s。三维床运动结构图见图9-8。

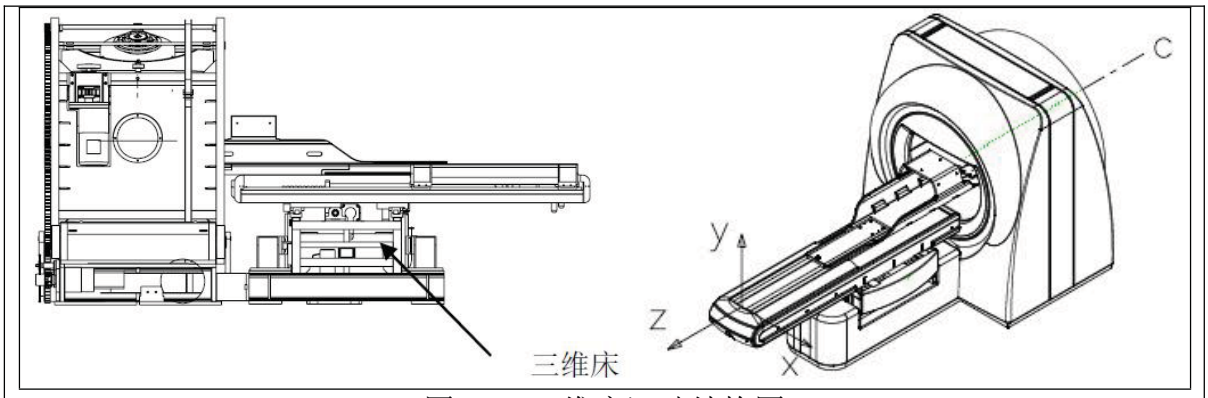



图 9-8 三维床运动结构图

（2）立体定位系统

GMX-I型陀螺旋转式$^{60}$Co放射外科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、负压袋（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。

（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，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供电。

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。

**2、陀螺刀工作原理**

主机工作时，$^{60}Co$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$^{60}Co$粒子按聚焦式排列，形成第一次聚焦。

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。

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辐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辐射剂量是分散的，均匀的，从而使正常组织受到的辐射剂量达到最小。

**3、放射治疗工作流程及产污环节分析**

（1）治疗流程

当病人被确诊需要进行γ放射治疗后，主治医生首先告知病人可能受到的辐射危害、对病灶位置进行X射线模拟定位（依托现有CT）、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。治疗工作流程及产污环节示意见图9-9。

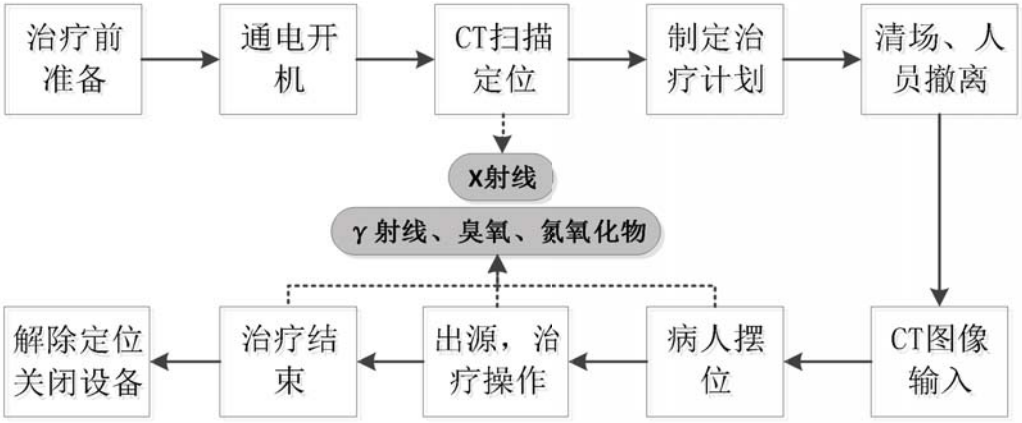



图 9-9 陀螺刀治疗工作流程及产污环节示意图

（2）放射源订购、使用和退役

本项目陀螺刀配有22枚$^{60}Co$放射源，总最大装源量为$3.145\times10^{14}Bq$，整体为I类放射源。因此放射源的运输和医疗使用管理均按I类源进行。

①订购：医院在订购之前应向省生态环境主管部门提出申请，提交《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第十九条规定的申请材料。订购时，医院根据《辐射安全许可证》许可的范围提出订购需求，本项目陀螺刀生产厂家上海伽玛星科技发展有限公司提供放射源的所有技术参数和文件，并跟踪放射源的生产进度（放射源生产期间工作人员所受照射不在本评价范围内）。订购完成后，医院应当在完成之日起 20日内，向省级生态环境部门备案。

②使用：设备正常使用时，由医院负责放射源的安保工作，期间安全由医院负责。

③退役：由放射源生产厂家负责回收退役放射源，上海伽玛星科技发展有限公司负责技术支持（放射源退役时应进行退役评价，工作人员所受照射不在本评价范围内），退役手续由医院办理，回收期间安全由放射源生产厂家负责。

（3）倒源流程

本项目陀螺刀所用$^{60}Co$放射源约5年更换一次。医院在换源前应于当地公安、生态环境部门、卫生主管部门备案，取得他们的协助、监督和认可。倒源需使用专门的工具，有关操作必须由上海伽玛星科技发展有限公司派出的具有专门资格证书的专业人员进行，其他任何单位和个人不得私自进行倒源。倒源期间由盐城大丰友义医院承担安全主体责任，源办理完成转移手续后、源由倒源单位运输离开建设单位后，责任由上海伽玛星科技发展有限公司负责。

**污染源项描述**

**1.辐射污染源项分析**

1.1 $^{60}Co$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$\beta^-$射线；

（3）获取途径：$^{59}Co(n，r)$，$^{59}Co(d，p)$；

（4）衰变种类：$\beta^-$低能射线；

（5）衰变纲图：见图 9-10。

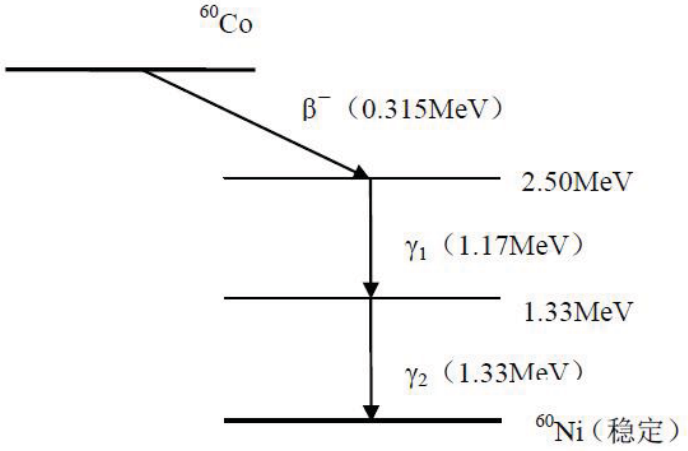



图 9-10　$^{60}Co$ 衰变纲图

1.2 γ辐射

$^{60}Co$ 核素在发生β衰变的时候，产生β射线，其穿透能力较弱，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，平均能量为 1.25MeV。

1.3 轫致辐射

β射线与物质作用可以产生穿透能力较强的轫致辐射，但是轫致辐射的贡献相对于γ射线低得多。

**2.三废处理**

（1）固体废物

陀螺刀在治疗过程中不产生放射性固体废物。$^{60}Co$ 放射源经使用 5 年后，因其自然衰变使其活度逐渐下降，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。

（2）液体废物

本项目不产生液体废物。

（3）气体废物

本项目不产生放射性废气，但在陀螺刀运行过程中，$^{60}Co$ 放射源会发出γ射线，γ射线照射会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

# 表 10 辐射安全与防护

**项目安全措施**

**1.工作场所布局及分区**

本项目陀螺刀工作场所位于在院内门诊楼与医技楼一层连接庭院，包含陀螺刀治疗室 1 间，有效使用面积为 46.2m$^2$（不含迷道），治疗室设有 L 型迷路，防护门位于北侧，人员均从北侧过道经候诊区由防护门出入治疗室；控制室位于治疗室北侧。本项目陀螺刀工作场所独立，配套完善，平面布置能够满足治疗需要，布局合理可行。具体平面布置图见附图 5、6。

为便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

本项陀螺刀治疗室划为控制区。将控制室及候诊区划为监督区。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。两区划分示意见图 10-1。

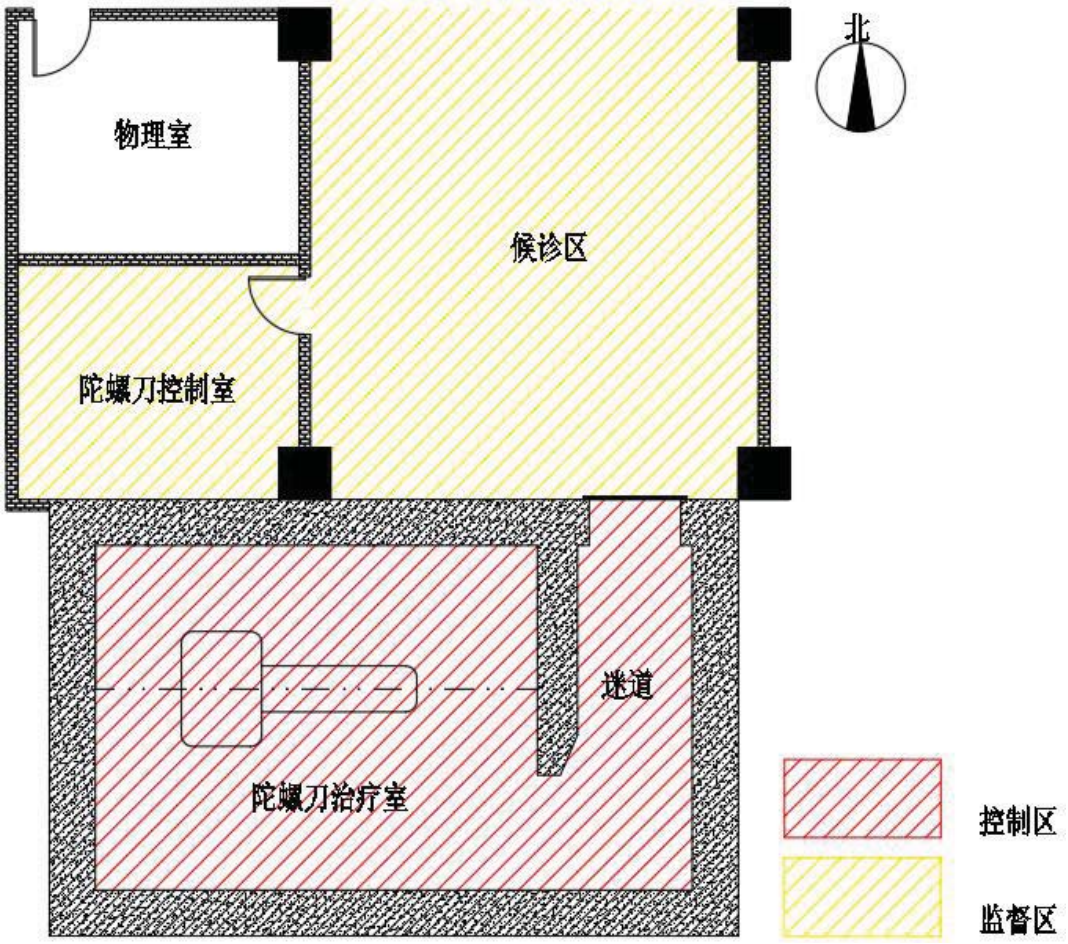



图 10-1 本项目陀螺刀机房两区划分示意图

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

| 项目环节 | 控制区 | 监督区 |
| --- | --- | --- |
| 两区划分范围 | 陀螺刀治疗室 | 陀螺刀控制室及候诊区 |
| 划分依据 | 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.1。 | 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：6.4.2.1“注册者或者许可证持有者应将下述区域定位监督区：这种区域未被定位控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价”。<br>6.4.2.2 a）“采取适当的手段划出监督区的边界”。 |
| 分区管理措施 | 对控制区进行严格控制，陀螺刀治疗室内在出源过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4 c)在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。 | 监督区为辐射工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.2.2 b)在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。 |
| 辐射防护措施 | 防护门外粘贴电离辐射警告标识。 | 控制室及候诊区入口粘贴监督区标牌。 |

**2.辐射安全及防护措施**

2.1 陀螺刀设备固有安全性

本项目陀螺刀拟购于正规厂家上海伽马星科技发展有限公司，设备各项安全措施齐备，本身具备多种安全防护措施。陀螺刀辐射自屏蔽结构包括钴源、治疗头、准直系统、屏蔽棒及壳体、屏蔽材料等。

（1）放射源自屏蔽情况

钴源由源厂家将数千颗钴粒装入一个不锈钢制的源芯内，然后由两层包壳焊接封装。包壳的结构设计按照国家标准执行，见图 9-7。项目陀螺刀钴-60 放射源额定装源 8500Ci，按聚焦式排列放置在不锈钢圆柱形包壳内，用氢弧焊封装，包壳下端有收缩锥面，有助于源的装入。

（2）治疗头自屏蔽

放射源被装入治疗头内，由治疗头屏蔽封装，治疗头由铅罐封装后方允许运输。治疗头除上述的源包壳外，还有壳体，$^{238}U$ 屏蔽材料，屏蔽棒和源开关组成。其中治疗头的壳体由屏蔽材料 $^{238}U$ 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。治疗头被 $^{238}U$ 材料屏蔽后，表面剂量低于 1μSv/h，不需要擦拭实验。

（3）源开关

源开关由屏蔽材料 $^{238}U$ 制成，是一个圆柱体，位于治疗头体腔内，可以沿圆周旋转。

（4）准直系统

源开关上 4 个通孔，分布在同一个半径上，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。不同的准直器以圆周分布在源开关上，驱动电机带动源开关旋转时，可以选择不同的准直器与源对准，从而达到选择不同辐射野的目的。治疗时不同准直器孔的转换时间及开关源的时间都小于 5 秒，关源过程中的照射时间≤1.5s。

（5）防泄漏屏蔽壳体

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，$^{238}U$ 材料的屏蔽厚度为 150mm。放射源的自屏蔽结构见图 10-2。

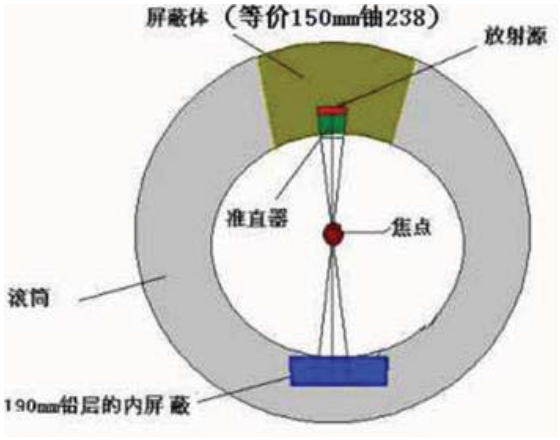



图 10-2 放射源自屏蔽体结构图

根据《放射治疗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）附录 B B.2 贮源状态下距源 1m 处的空气比释动能率不超过 20μGy/h。

2.2 陀螺刀治疗机房辐射防护设计

（1）治疗机房的屏蔽防护设计

陀螺刀治疗室内部东西净长（不含迷道）7.7m，南北净宽 6m，净高 3.9m，治疗机房有效使用 46.2m$^2$；迷路净宽 2m。

治疗机房的面积及层高能满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的要求，墙体及房顶均为 2.35g/cm$^3$ 的混凝土。陀螺刀治疗机房四周墙体和防护门屏蔽材料及厚度见表 10-1。

表 10-1 陀螺刀治疗机房屏蔽设计

| 位置 | | 屏蔽参数 |
|---|---|---|
| 陀螺刀机房 | 四周墙及顶部 | 800mm 混凝土 |
| | 迷道墙 | 700mm 混凝土 |
| | 防护门 | 12mm 铅 |

（2）通风系统

陀螺刀机房采取通风设计，进风及排风口布局示意图如图 10-3 所示。

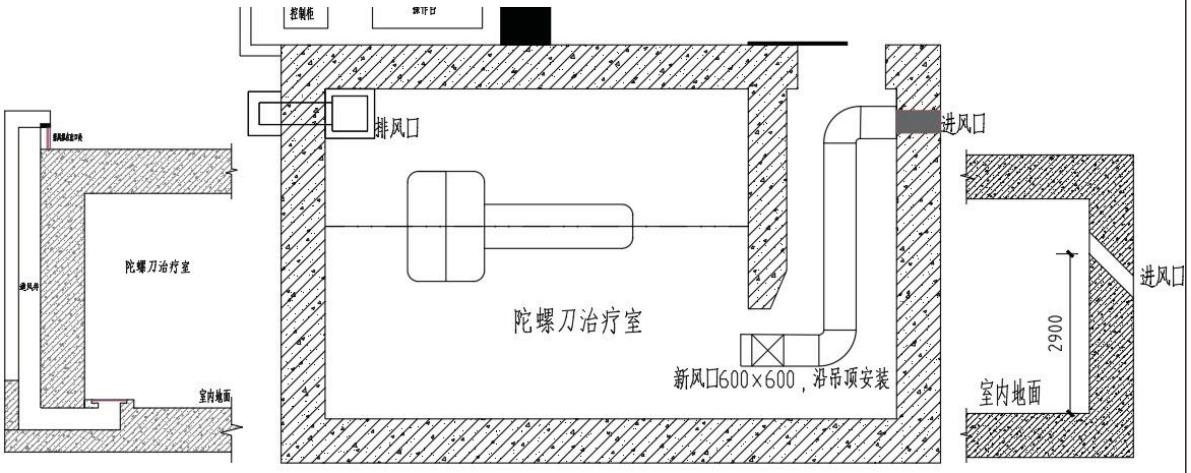



图 10-3 进风及排风口布局示意图

进风口位于治疗机房迷道靠近防护门东墙上方，离地 2.9m，进风管道以斜入 45°从墙体穿入。经管道接至迷道内口，沿机房吊顶安装。排风口位于治疗机房西北角地面，排风管道以“U”字形从地坪下方穿越墙体。符合“对角设置、上进下出”设计。治疗机房容积 243m3，拟设置排风机通风量为 1500m3/h，通风换气次数约为 6 次/h，陀螺刀机房通风设置满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）8.4.1 的通风要求。

（3）电缆布设

陀螺刀治疗系统采用耐辐射电缆，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，电缆沟盖板采用 5cm 厚混凝土板覆盖；其他电缆均布设在非主射线投照部位，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。如在防护墙体部位设置开关箱等嵌入式电气设备，要在箱体后背衬

填厚度约1cm的铅板。

（4）辐射安全防护措施

陀螺刀治疗机房拟设置防护门-机联锁、计时器-源开关联锁、监测报警装置、UPS电源、紧急停机开关、手动关源、摄像头安全监控及对讲系统、电离辐射警告标志、工作状态指示灯、紧急开门装置等安全防护措施，在治疗的各个环节确保仪器的正常运行，有效的保证了患者及工作人员的安全防护，使整个过程处于安全有效管理之中。各设备主要功能如下：

①防护门-源联锁装置：防护门未关或未关到指定位置，陀螺刀不能出源出束；在治疗状态下，防护门被打开时自动收源关束。

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。

③监测报警装置：机房内拟配备辐射监测报警装置1套，并附有声光报警功能，在迷道内墙上安装1套固定式辐射剂量报警仪，在测量范围内，当达到预设阈值会发生声光报警及时提醒人员注意安全，所有人员立即离开治疗室，采取措施，消除事因。

④UPS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。

⑤急停开关：本项目机房操作台、治疗室迷路内墙、治疗室内四周墙、治疗床上均拟设置急停按钮。在治疗过程中，如果操作人员发现治疗存在问题，可迅速按下操作台上的“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，本次治疗过程被中断。在治疗机房中，源开关因意外情况打开，治疗机房中的人员可按下治疗室内四周墙、迷道内墙上的急停按钮来关闭源开关。一旦按下急停按钮，需按下操作屏上的复位键按钮设备才能重新启动。

⑥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。

⑦视频监控及对讲交流系统：控制室与治疗机房之间拟设置对讲交流系统。在治疗机房内、控制室门外，内迷道口处设置视频监控设备，防止人员误留。

⑧电离辐射警告标志：陀螺刀机房防护门外拟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。

⑨工作状态指示灯：陀螺刀治疗室防护门上方拟安装工作指示灯。源开关打开后，工作状态指示灯将会亮起来防护门门也将锁定，此时应禁止人员接近陀螺刀治疗室。

⑩紧急开门装置：陀螺刀治疗室防护门内设置紧急开门装置，同时防护门拟设置防夹伤功能。

（5）辐射安全管理措施

①制定相应各项规章制度（包括操作规程、岗位职责等），并在操作室上墙张贴。

②辐射工作人员拟配备个人剂量计、2 台个人剂量报警仪以及 1 台辐射巡测仪。

③治疗机房内拟安装火灾自动报警装置，配备灭火器材，设置必要的应急照明设备和紧急出口标志。




图 10-4 本项目辐射安全与防护措施分布图

**三废的治理**

**1. 固体废物**

陀螺刀中 $^{60}Co$ 放射源经使用 5 年后，因其自然衰变使其活度逐渐下降，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，建设单位应与放射源生产单位签订退役放射源回收合同，废旧放射源按照要求返回放射源生产厂家或原出口方。

**2. 液体废物**

本项目不产生液体废物。

**3. 气体废物**

陀螺刀工作过程中会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，机房独立设置排风系统，进风口位于治疗机房迷道靠近防护门东墙上方，离地 2.9m，进风管道以斜入 45°从墙体穿入。经管道接至迷道内口，沿机房吊顶安装。排风口位于治疗机房西北角地面，排风管道以“U”字形从地坪下方穿越墙体。符合“对角设置、上进下出”设计。治疗机房容积 243$m^3$，拟设置排风机通风量为 1500$m^3$/h，通风换气次数约为 6 次/h，陀螺刀机房通风设置满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）8.4.1 的通风要求。臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物环境影响较小。

# 表 11 环境影响分析

**建设阶段对环境的影响**

本项目为在医院内建设一座陀螺刀机房。本项目陀螺刀机房建设过程会有少量扬尘、噪声、废水、固废等，主要是通过施工管理等措施来进行控制。具体施工流程产污环节如下所述：：

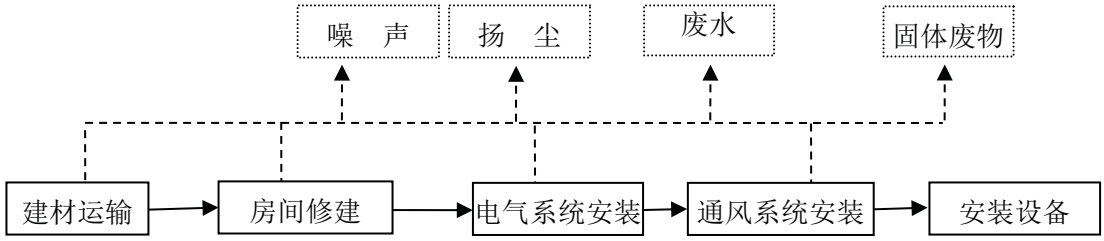



图 11-1 施工期工艺流程及产污环节图

**1.施工期扬尘**

施工过程中会产生一定扬尘，属于无组织排放，施工过程需满足《施工场地扬尘排放标准》（DB32/4437-2022）要求。针对上述大气污染拟采取以下措施：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.施工期噪声**

施工期噪声包括土建施工过程、通风及电气设备安装过程中机械产生的噪声，由于项目评价范围内均为企业，公众活动较少，施工噪声对周围环境的影响较小。在施工时尽量使用噪声低的先进设备。

**3.施工期废水**

施工期废水主要为施工人员的生活污水；施工人员产生的生活污水拟依托医院内现有的污水处理设施处理后排放。

**4.施工固废**

施工期固废主要是陀螺刀机房建设过程中产生的固体废物和施工人员的办公垃圾，固体废物为一般固废，部分回收利用；部分与办公垃圾一同依托医院现有垃圾收集设施收集。

医院在施工期间认真搞好组织工作，文明施工，切实落实各种环保措施，将施工期的影响控制在院区内局部区域，对周围环境影响较小。

**运行阶段对环境的影响**

**一、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。

①螺刀周围的剂量率分布

厂家提供的治疗机房内开源状态剂量率分布图 11-3。从图中可以看出，在两种测量模式下，距陀螺刀等中心 2m 处最大的γ辐射剂量率为 4560μSv/h，1m 处最大的γ辐射剂量率为 17340μSv/h。因此本次评价以 17340μSv/h 作为距焦点 1 米处的吸收剂量率进行计算。

②测量条件

放射源种类：$^{60}Co$；最大装源量：8500Ci（22 颗）

③测试方法

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)测试模式一：治疗头以 0 度法线为轴作旋转运动，见图 11-2（a）。

b)测试模式二：治疗头以 270 度法线为轴作旋转运动，见图 11-2（b）。

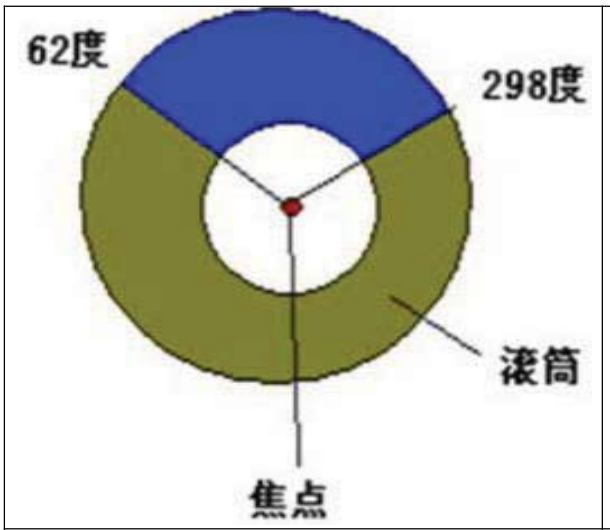



图 11-2（a）治疗头以 0°为法线

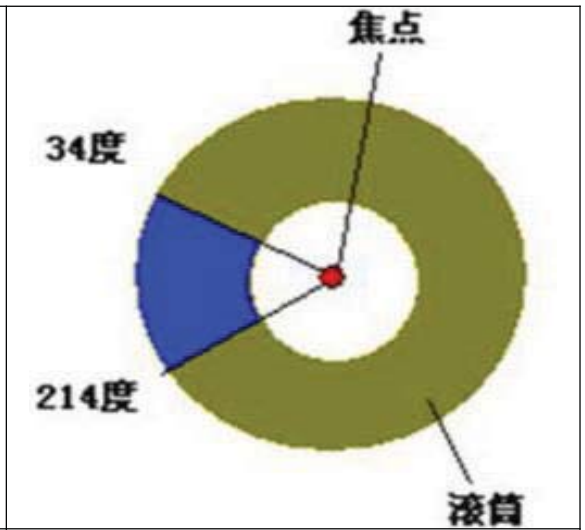



图 11-2（b）治疗头以 270°为法线

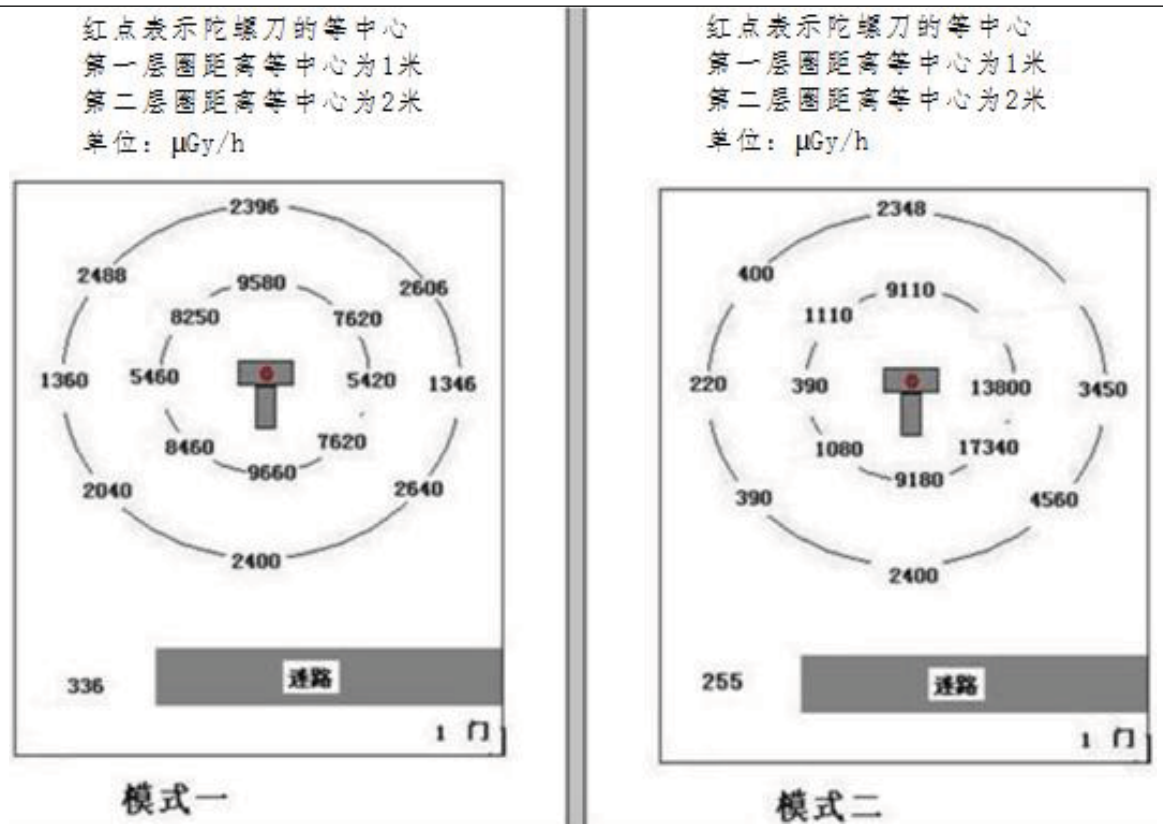



图 11-3 两种测试模式测试结果

**二、工作状态下治疗机房周围辐射剂量率**

1.关注点剂量率控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）6.1.4：

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 30 cm 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$\dot{H}c,d$(μSv/h)：

$$H_{c,d}=\dot{H}c/(t\times U\times T)\quad\text{……（公式 1）}$$

式中：$\dot{H}c$—周参考剂量控制水平（μSv/周）；

1）机房外辐射工作人员：$\dot{H}c\leq 100$μSv/周；

2）机房外非辐射工作人员：$\dot{H}c\leq 5$μSv/周。

t—周治疗时间，为 8h；

U—关注位置的方向照射的使用因子，本项目保守取1；

T—人员居留因子，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）附录 A 表 A.1 取值；

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 $\dot{H}c,max(\mu Sv/h)$：

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

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

表 11-1 本项目陀螺刀机房周围关注点剂量率控制水平

| 关注点位 | 位置 | 居留因子 | 使用因子 | 周出束时间，h/周 | $\dot{H}c$，μSv/周 | 剂量率参考控制水平μSv/h | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Hc,d | $\dot{H}c,max$ | **$\dot{H}c$** |
| 北墙外 30cm（a 点） | 控制室 | 1 | 1 | 8 | 100 | 12.5 | 2.5 | **2.5** |
| 南墙外 30cm（b 点） | 预留机房 | 1/4 | 1 | 8 | 5 | 2.5 | 10 | **2.5** |
| 西墙外 30cm（c 点） | 庭院 | 1/4 | 1 | 8 | 5 | 2.5 | 10 | **2.5** |
| 东墙外 30cm（d 点/e 点） | 庭院 | 1/4 | 1 | 8 | 5 | 2.5 | 10 | **2.5** |
| 防护门外 30cm（g 点） | 候诊区 | 1/4 | 1 | 8 | 5 | 2.5 | 10 | **2.5** |
| 顶部表面外 30cm（m 点） | 悬空，辐射源点至治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域存在建筑。 | 1/16 | 1 | 8 | 5 | 10 | 10 | **10** |

2.四周墙及顶部外辐射剂量率计算

根据《放射治疗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）5.2 计算方法：

$$X = Xe \cdot \cos\theta \quad \text{……（公式 2）}$$

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。

$$B = 10^{-(Xe+TVL-TVL1)/TVL} \quad \text{……（公式 3）}$$

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，本项目 TVL 取值根据 GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.1 混凝土 TVL=218mm。

$TVL_1$：辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，mm，本项目 TVL1 取值根据 GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.1 混凝土 $TVL_1$=245mm。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \bullet f}{R^2} \bullet B \quad \text{……（公式 4）}$$

式中：H：关注点剂量率，μSv/h；

$H_0$：入射剂量率，μSv/h，本项目取工作状态下，距等中心 1m 处的最大剂量率，由图 11-3 可知，最大剂量率为 $1.734\times10^4$μSv/h；

R：等中心点（靶点）至关注点的距离，m；

f：对有用束为 1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率，取 $1\times10^{-3}$；

B：屏蔽物质的屏蔽透射因子。

根据公式 4，求得治疗机房四周墙及顶部外 30cm 处辐射剂量率如下表 11-2 所示。

表 11-2 工作状态下治疗机房四周墙及顶部外 30cm 处辐射剂量率

| 方向 | 北墙 | 南墙 | 西墙 | 东墙 | | 顶部 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 关注点 | a | b | c | d | e | m |
| $H_0$（μSv/h） | | | | | | |
| $R$（m） | | | | | | |
| $X$(mm) | | | | | | |
| $Xe$(mm) | | | | | | |
| $\Theta$（°） | | | | | | |
| $f$ | | | | | | |
| $TVL_1$ | | | | | | |
| $TVL$ | | | | | | |
| $B$ | | | | | | |
| $H$ (μSv/h) | | | | | | |
| 剂量率参考控制水平值（μSv/h） | | | | | | |
| 是否满足要求 | 满足 | 满足 | 满足 | 满足 | 满足 | 满足 |

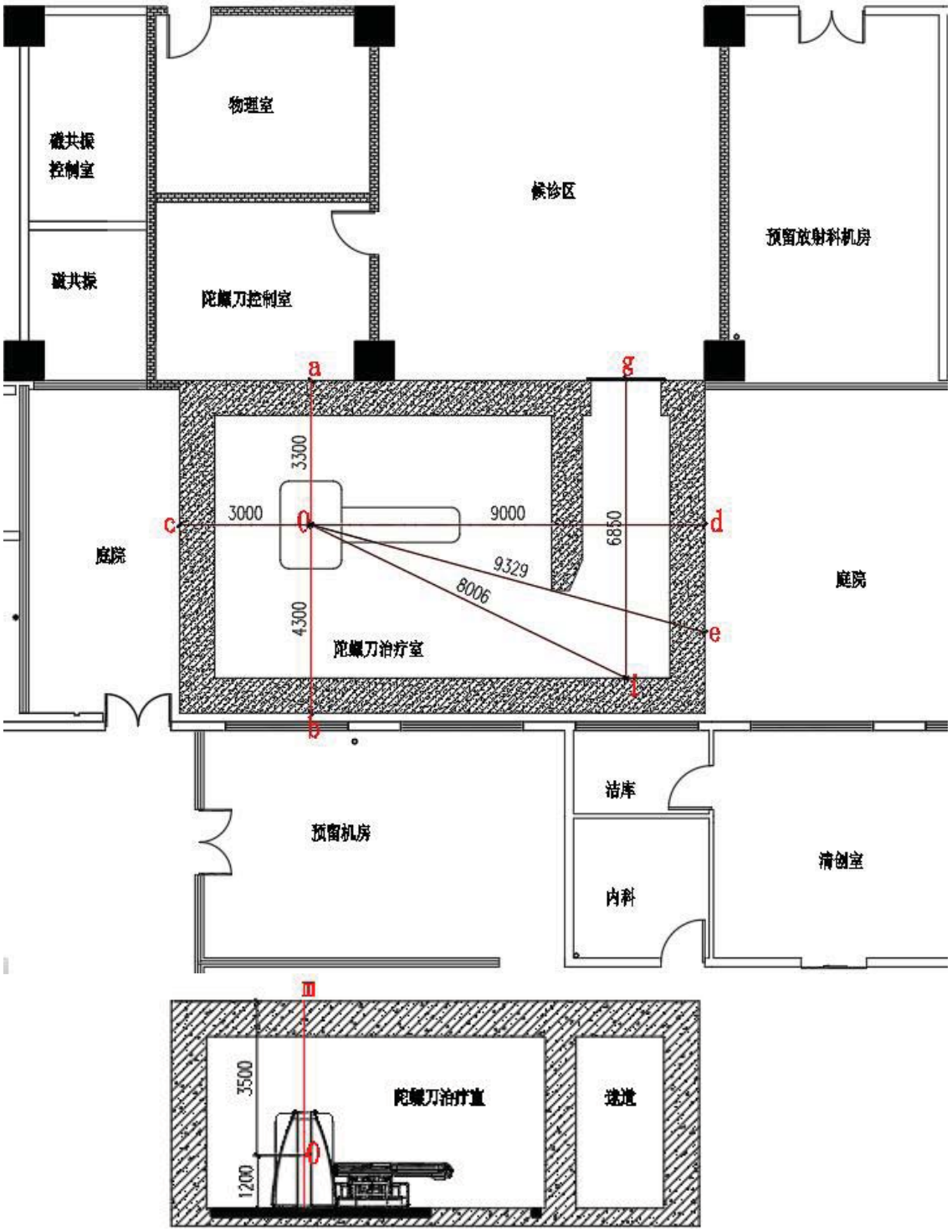



图 11-4 陀螺刀治疗机房平面及剖面关注点示意图

根据表 11-1 计算结果可知，本项目陀螺刀机房周围辐射剂量率能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求。陀螺刀机房顶部辐射剂量率为 0.34μSv/h，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 0.34μSv/h，故不再考虑天空散射对周围环境的影响。

2.防护门外 30cm 处（关注点 g）辐射剂量率计算

根据《放射治疗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）6.3 计算方法：

$$H=\frac{H_0\cdot S_w\cdot a_w}{R_1^2\cdot R_2^2} \qquad \text{……（公式 5）}$$

式中：H：关注点剂量率，μSv/h；

$H_0$：入射剂量率，μSv/h，本项目取工作状态下，距等中心 1m 处的最大剂量率，由图 11-3 可知，最大剂量率为 $1.734\times10^4$μSv/h；

$S_w$：迷道内口墙的散射面积，$m^2$；2m×3.9m=7.9$m^2$；

$a_w$：散射体的散射因子；本项目 $H_0$ 测量值为患者一次散射后辐射剂量率，根据 GBZ/T201.3-2014 表 C.4 中 0.5MeV 下保守取 0°散射因子为 $2.03\times10^{-2}$。

$R_1$：入射距离，m；8m；

$R_2$：散射距离，m；6.85m。

表 11-3 工作状态下治疗机房防护门外 30cm 处辐射剂量率

| $H_0$（μSv·$m^2$/h） | $a_w$ | $S_w$（$m^2$） | $R_1$（m） | $R_2$（m） | H（μSv/h） |
|---|---|---|---|---|---|
| $1.734\times10^4$ | $2.03\times10^{-2}$ | 7.9 | 8 | 6.85 | 0.93 |

根据表 11-2，射线经迷道散射至迷道口处辐射剂量率为 0.93μSv/h，防护门铅当量为 12mmPb，衰减系数为 $4.0\times10^{-3}$（患者一次散射、迷道内 1 次散射，射线能量为 0.25MeV，TVL 为 5mm），射线经铅防护门屏蔽后到达迷道门外剂量率为 $3.7\times10^{-3}$μSv/h。防护门外 30cm 处剂量率能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中的要求。

**三、进风口、排风口处辐射影响分析**

进风口位于治疗机房迷道靠近防护门东墙上方，离地2.9m，进风管道以斜入45°从墙体穿入。排风口位于治疗机房西北角，排风管道以“U”字形从地坪下方穿越墙体。

进风口处，射线需经过患者1次散射，迷道内口1次散射才能到达通风管道内，进入通风管道后散射1次才能到达进风口，射线需至少经过3次散射才能到达进风口。

排风口处，射线需经过北墙1次散射，排风管道内2次散射才能到达排风口，射线需至少经过3次散射才能到达排风口。

本项目陀螺刀机房电缆沟布设采用“U”型管道，与排风管道相似，射线需至少经过 3 次散射才能到达电缆口。

根据《辐射防护手册（第一分册）》P434 中“一个能使射线至少经过三次散射才能到达门口的迷道，将能保证迷道口工作人员的安全”，因此本项目治疗室进、排风管道以及电缆管道设计能够满足辐射防护要求。

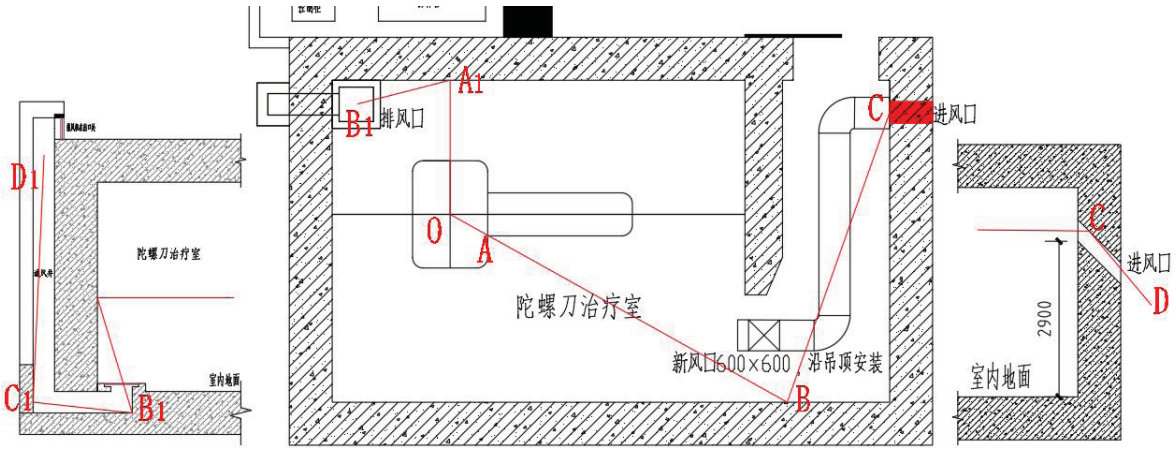



图 11-5 进风、排风管道散射示意图

## 四、人员周/年有效剂量估算

参考点的剂量水平估算:

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \qquad \text{……公式（5）}$$

式中： $H_c$：参考点的剂量水平，μSv；

$\dot{H}_{c,d}$:参考点处剂量率，μSv/h；

$t$：装置照射时间，h；周受照时间为8h，年受照时间为400h。

$U$：装置向关注点方向照射的使用因子；本项目取1；

$T$：人员在相应关注点驻留的居留因子。

表 11-4 本项目保护目标辐射影响理论估算结果表

| 位置 | 居留因子 | 墙外30cm处辐射剂量率（μSv/h） | 距离(m) | 关注点处辐射剂量率(μSv/h) | 周剂量估算值(μSvh/周) | 目标管理值(μSv/周) | 年剂量估算值(mSv/年) | 目标管理值(mSv/年) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 操作 | | | | | | 100 | | 5（工作人员） |
| 门诊 | | | | | | | | 0.1（公众） |
| 医技 | | | | | | | | |
| 院区道 | | | | | | | | |
| 停车 | | | | | | | | |
| 住院 | | | | | | | | |

在进行放射治疗前，工作人员需进入治疗室对病人进行摆位，此时放射源处于贮存状态，工作人员进行摆位时距离设备约0.5m，根据《放射治疗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）附录B B.2贮源状态下距源1m处的空气比释动能率不超过20μGy/h。0.5m处辐射剂量率为80μGy/h，平均每位病人摆位1min，年门诊量最大4000人次，此工作由3名辐射工作人员分担完成，则每名辐射工作人员摆位过程中周有效剂量为35.6μSv，年有效剂量为1.77mSv。

**综上，本项目辐射工作人员周有效剂量最大为38.6μSv，年有效剂量最大为1.92mSv；周围公众周有效剂量最大为1.26μSv，年有效剂量最大为6.28×10$^{-2}$mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。**

**五、换装源过程的影响**

通常，治疗头的拆卸和安装由设备厂家上海伽玛星专业人员进行，治疗头内放射源的安装则由源生产厂家专业人员在其专门的车间内完成。更换放射源时，由设备厂家（上海伽玛星）将治疗头整体拆卸并装入运输铅罐，委托有资质单位运到源生产厂家，由生产厂家将封装好的新放射源装入治疗头，完成整个安装放射源过程，装入新放射源的治疗头再装入运输铅罐由有资质单位运回医院，由设备厂家上海伽玛星负责治疗头的装入。

根据《放射治疗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）附录B B.2贮源状态下距源1m处的空气比释动能率不超过20μGy/h。0.5m处辐射剂量率为80μGy/h，安装过程距离治疗头平均约0.5m，安装过程不超过1h，所以换装源过程中人员所受吸收剂量不超过80μSv，即0.08mSv。

建设单位负责协助设备厂家进行换装治疗头的外围安保工作，辐射工作人员不进入陀螺刀机房；安装放射源后须请有监测资质的单位对辐射剂量率进行监测，因此，换装源过程的影响是可控的。

**六、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。盐城大丰友义医院应当与生产放射源单位

签订废旧放射源返回合同，本项目陀螺刀换源，放射源生产厂家现场换源后废旧放射源立即由放射源生产厂家运输回去。

本项目陀螺刀整体不再使用进行退役，放射源退役前储存在陀螺刀设备内，废放射源由放射源生产厂家运输回去进行安全处置，陀螺刀设备由设备厂家运走。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，应及时向江苏省生态环境主管部门备案，申请办理放射源注销手续。

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。

**事故影响分析**

根据工程可知，本项目的陀螺刀可能发生的辐射事故类型有：

（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）换装源误照射。

（6）放射源泄漏。

（7）停机维修期间的误照射。

（8）放射源被盗丢失。

出现上述（1）~（8）类辐射事故时，如处理或发现不及时，则会导致超剂量照射，从而造成一般辐射事故，如长时间未发现，给人员造成急性重度放射病、局部器官残疾，则会升级为较大或者重大辐射事故。如果放射源丢失被盗，则会造成重大辐射事故，如果造成大范围辐射污染或者失控导致3人以上（含3人）急性死亡，则会升级为特别重大辐射事故。因此建设单位应特别重视设备的维护和管理，杜绝上述辐射事故发生。

本项目针对上述可能发生的辐射事故提出预防措施：

（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也能可控和可接受。

（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，对外环境也在可接受范围内。

（4）卡源事故

本项目陀螺刀卡源和传统的$^{60}$Co治疗机的卡源不同，本项目陀螺刀在安装好以后位置即固定，不会像$^{60}$Co治疗机那样的单个或者几个源卡住现象。本项目陀螺刀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（需2名）在佩戴个人剂量报警仪、个人剂量计，携带辐射巡测仪的情况下，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影响在可接受范围内。

（5）放射源被盗丢失

本项目涉及的放射源在 $^{60}Co$ 治疗头内，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专业人员在其厂区内完成，换装治疗头则由设备厂家上海伽玛星专业人员完成，建设单位负责协助机房外安保工作。

医院在换装带源治疗头前应于当地公安、生态环保部门、卫生主管部门备案，取得其协助、监督和认可。在医院陀螺刀治疗室内的倒源过程中由上海伽玛星科技发展有限公司派出的具有专门资格证书的专业人员进行，其他单位和个人不得进入治疗室内。在换装源过程中如工作人员业务和流程不熟出现超时，可能会出现受照剂量超过剂量管理限值的情况。要求设备厂家工作人员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。

# 表 12 辐射安全管理

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

根据《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》等法律法规要求，使用II类射线装置及放射源的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核。

盐城大丰友义医院已成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。辐射安全管理机构需设有辐射防护负责人，辐射防护负责人也需通过全国核技术利用辐射安全与防护考核。本项目拟配备 4 名辐射工作人员，辐射工作人员应在项目运行前自主在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，然后报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，本项目辐射工作人员报考类别为“放射治疗”，辐射防护负责人报考类别为“辐射安全管理”。必须通过考核后方能正式进行上岗。

**辐射安全管理规章制度**

盐城大丰友义医院已开展核技术利用项目，根据《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》等法律法规要求，医院已制定并下发一系列辐射安全和防护制度，有较为完善的辐射安全管理制度。制度包含辐射安全管理操作规程及规章制度，包括操作规程、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、事故应急制度等。

本项目为新增 1 台陀螺刀项目。医院应将本项目纳入已制定的制度管辖范围内，补充相关规章制度，并在实际工作不断对其进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

**岗位职责：**明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

**辐射安全管理机构配置：**医院已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，负责全院的辐射安全与环境保护管理工作。陀螺刀相关科室负责人还应根据本科室实际工作情况，制定完善本科室管理制度，加强内部的辐射安全管理情况日常监督和检查，将责任落实到个人。

**操作规程：**陀螺刀应制定设备的操作规程及治疗过程中应急措施，明确操作人员的权限以及操作时必须采取的防护措施。

**放射性核素台帐和使用登记制度：**本项目陀螺刀拟建立放射源台帐和使用登记制度，规范放射源台帐和核素使用登记记录，对购入的放射源的使用情况进行登记和跟踪记录。

**辐射环境监测方案：**医院应结合科室情况制定环境监测方案，并配置相应的辐射监测仪器，定期对工作场所环境辐射水平监测并做好监测记录，定期上报生态环境主管部门。

**辐射防护和安全保卫制度：**根据项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是陀螺刀运行过程的辐射安全管理。

**设备检修维护制度：**明确监控设备以及监测仪器在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，剂量报警仪和监测仪器必须保持良好工作状态。

**人员培训计划：**制定人员培训计划，明确培训对象（辐射负责人、辐射工作人员均应参加培训）、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查，严禁无证人员上岗。

**辐射事故应急预案：**依据《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》的要求，明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员应定期组织培训和应急演练，并制定应急演习计划，确保应急和救助的装备、资金、物资准备等。辐射事故分类与应急响应的措施。当发生事故时，医院应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

**职业健康监护：**制定人员个人剂量监测方案，在本项目运行前委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，所有辐射工作人员均配备个人剂量计，并定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案。同时对辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立辐射工作人员职业健康监护档案。

**辐射监测**

**1. 监测方案**

1）委托有资质单位定期对陀螺刀机房周围辐射环境进行检测，每年 1～2 次；

2）委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测，个人剂量计定期（不超过 3 个月）送检，并建立个人剂量档案；若发现个人剂量有异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。

3）陀螺刀机房运行状态时，辐射安全管理人员对机房周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录。若发现辐射异常情况，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

表 12-1 监测计划一览表

| 辐射工作场所 | 监测类别 | 监测项目 | 监测频度 | 监测设备 | 监测范围 |
|---|---|---|---|---|---|
| 陀螺刀机房 | 年度监测 | X-γ辐射剂量率 | 1 次/年 | 便携式 X-γ辐射监测仪 | 防护门外、门缝、电缆线/通风管/空调管穿墙孔、四侧墙外、控制室、设备表面 1m 处，摆位处等。 |
| | 自主监测 | | 不定期 | | |
| | 验收监测 | | 竣工验收 | | |
| | 个人剂量检测 | 个人剂量当量 | 1 次/季度 | 个人剂量计 | 所有辐射工作人员 |

**2. 监测仪器**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等要求，使用I类放射源（医疗使用）的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器；医院拟为本项目配备1台辐射剂量巡测仪和4台个人剂量报警仪。项目运行后医院应定期对陀螺刀机房周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

医院拟为本项目配备4名辐射工作人员，拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并计划定期组织职业健康体检，并为辐射工作人员建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

**辐射事故应急**

盐城大丰友义医院应针对本项目可能产生的辐射事故情况完善辐射事故应急预案，应急预案内容应包括：

（1）应急机构和职责分工；

（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

（3）应急演习计划；

（4）辐射事故分级与应急响应措施；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序。

盐城大丰友义医院应依据《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号文）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第18号）及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。事故发生后医院应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

医院应加强管理，严格执行安全操作规程。医院应经常监测陀螺刀机房周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全设施有效运转。

# 表 13 结论与建议

**结论**

**1. 实践正当性**

盐城大丰友义医院拟使用 1 台钴-60 陀螺刀，目的是进一步完善大丰区及周边地区的卫生服务设施，优化医疗资源布局，更好地服务于广大患者，虽然放射源的使用会导致一定的辐射影响，但采取相应的辐射屏蔽措施后，其辐射危害能够控制在可接受范围内，设备使用带来的经济效益、社会效益远大于项目本身产生的辐射危害，因此符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GBl8871-2002）实践正当性要求。

**2. 辐射安全与防护分析结论**

**1）选址、布局合理性**

盐城大丰友义医院位于盐城市大丰区张謇东路 99 号。医院东侧为春柳路；南侧为张謇路；西侧为目前为空地；北侧为晨风路。本项目陀螺刀治疗室拟建在门诊楼与医技楼一层连接庭院位置。治疗室东侧为庭院、输液大厅；南侧预留机房、洁库、门诊大厅；西侧为庭院、卫生间及过道；北侧为控制室、候诊区、物理室以及过道；上方无建筑，下方为土层。本项目陀螺刀治疗室周围 50m 范围无居民区、学校等环境敏感目标。本项目周围环境保护目标主要为从事陀螺刀操作的辐射工作人员及周围公众。本项目选址合理。

本项目陀螺刀工作场所位于在院内门诊楼与医技楼一层连接庭院，包含陀螺刀治疗室 1 间，有效使用面积为 46.2m$^2$，治疗室设有 L 型迷路，防护门位于北侧，人员均从北侧过道经候诊区由防护门出入治疗室；控制室位于治疗室北侧。本项目陀螺刀工作场所独立，配套完善，平面布置能够满足治疗需要，本项目陀螺刀机房布局合理。

**2）辐射防护措施**

本项目陀螺刀治疗室内部东西净长（不含迷道）7.7m，南北净宽6m，净高3.9m，治疗机房有效使用46.2m$^2$；迷路净宽2m。四周墙及顶部为800mm混凝土，迷道内墙为700mm混凝土，防护门内嵌12mm铅板。

本项目将陀螺刀治疗室作为本项目控制区，将控制室及候诊区作为本项目监督区。在防护门外设置电离辐射警告标志及中文警示说明，控制室入口张贴监督区标志。

**3）辐射安全措施**

本项目陀螺刀治疗机房门口醒目位置设置“当心电离辐射”警告标志，机房门口安装工作状态指示灯，机房门外还应标注辐射防护注意事项。同时，陀螺刀治疗机房拟设置防护门-机开关联锁、计时器-源开关联锁、剂量监测报警系统、UPS 电源、紧急停机开关、手动关源、摄像头安全监控及对讲系统等辐射防护措施。

$^{60}Co$ 放射源经使用 5 年后，因其自然衰变使其活度逐渐下降，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，要求医院与放射源生产厂家签订退役放射源回收协议，当放射源退役后，将由放射源生产厂家回收处置。

**4．辐射环境影响分析结论**

经理论预测结果可知，本项目陀螺刀运行时，治疗室四周屏蔽墙、顶部及防护门外 30cm 处辐射剂量率能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求。

由预测结果可知，本项目辐射工作人员及周围公众所受周有效剂量和年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的有效剂量限值要求和本项目的目标管理值要求。

**5. 辐射环境管理**

1) 委托有资质单位每年对本项目陀螺刀工作场所周围环境辐射水平进行检测。

2) 医院拟为本项目配备 1 台辐射剂量巡测仪和 4 台个人剂量报警仪。定期对本项目陀螺刀工作场所辐射水平进行检测。

3) 本项目拟配备的辐射工作人员在上岗前参加并通过辐射安全与防护知识考核，必须通过考核后方能正式进行上岗。

4）在本项目运行前，医院委托有资质单位对本项目辐射工作人员开展个人剂量检测，所有辐射工作人员均配备个人剂量计，并定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案。

5）在本项目运行前对辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立辐射工作人员职业健康监护档案。

6）医院已成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。同时在项目运行前完善相关辐射安全管理制度并严格执行。

**综上所述，盐城大丰友义医院新增 1 台陀螺刀项目符合实践正当化原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《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”及目标管理值的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。**

**建议和承诺**

1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对人员的培训，杜绝麻痹大意思想，避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3）定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

4）建设单位在获得本项目环评批复后且建成后根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求申领辐射安全许可证。

5）根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后 3 个月内进行竣工环保验收。

6）建设单位应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求编制评估报告，每年一月各单位根据上一年度辐射安全改进提升情况进行自评估，自评估报告作为年度评估报告附件，于 1 月 31 日前一并上传至国家核技术利用申报系统。

# 表 14 审批

| |
|---|
| 下一级生态环境部门预审意见：<br><br><br><br><br>公　　章<br>经办人<br>年　　月　　日 |
| 审批意见：<br><br><br><br><br>公　　章<br>经办人<br>年　　月　　日 |

# 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

| 项目 | “三同时”措施 | 预期效果 | 预期投资（万元） |
|---|---|---|---|
| 辐射安全管理 | 成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。 | 根据《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》成立安全管理机构。 | / |
| | 管理制度：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、事故应急制度等。 | | / |
| | 4 名辐射工作人员上岗前应通过辐射安全与防护知识考核。 | 根据《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》，辐射工作人员应持有考核合格证。 | 定期投入（每 5 年） |
| | 辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测(常规监测周期一般为一个月，最长不应超过 3 个月。个人剂量档案长期保存）。 | 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）辐射工作人员正常开展个人剂量监测，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修正本）》规定为“个人剂量档案和职业健康监护档案应当长期保存”。 | 每年投入 0.1/年 |
| | 职业健康体检：定期组织职业健康体检，并按相关要求建立职业健康监护档案。(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。） | 根据《放射工作人员职业健康管理办法》应定期组织职业健康体检并建立辐射工作人员职业健康监护档案。 | 每年投入 0.2/年 |
| 辐射防护措施 | 本项目陀螺刀治疗室内部东西净宽（不含迷道）7.7m，南北净宽 6m，净高 3.9m，治疗机房有效使用 46.2$m^2$；迷路净宽 2m。四周墙及顶部为 800mm 混凝土，迷道内墙为 700mm 混凝土，防护门内嵌 12mm 铅板。 | 治疗室表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）剂量率限值要求。<br>辐射工作人员及公众年有效剂量符合《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，也符合本项目目标管理值的要求。（职业人员周有效剂量不超过 100μSv；公众周有效剂量不超过 5μSv。职业人员年有效剂量约束值 5mSv，公众年有效剂量约束值 0.1mSv）。 | 100 |
| 污染防治措施 | $^{60}Co$ 放射源经使用 5 年后，因其自然衰变使其活度逐渐下降，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。 | 医院与放射源生产厂家签订退役放射源回收协议，当放射源退役后，将由放射源生产厂家回收处置。 | / |
| | 陀螺刀工作过程中会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物,机房独立设置排风系统，进风口位于治疗机房迷道靠近防护门东墙上方，离地 2.9m，进风管道以斜入 45°从墙体穿入。排风口位于治疗机房西北角，排风管道以“U”字形从地坪下方穿越墙体。治疗机房容积 243$m^3$，拟设置排风机通风量为 1500$m^3$/h，通风换气次数约为 6 次/h。 | 通风设置满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）6.2.2 的通风要求。本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物环境影响较小。 | / |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 辐射安全措施 | 本项目陀螺刀治疗机房门口醒目位置设置“当心电离辐射”警告标志，机房门口安装工作状态指示灯，机房门外还应标注辐射防护注意事项。同时，陀螺刀治疗机房拟设置防护门-机开关联锁、计时器-源开关联锁、剂量监测报警系统、UPS 电源、紧急停机开关、手动关源、摄像头安全监控及对讲系统等辐射防护措施。 | 能满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）要求。 | 29 |
| | 拟配备 1 台辐射巡测仪及 4 台个人剂量报警仪。 | 根据《辐射环境监测技术规范》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》满足工作场所日常监测要求。 | 1 |

以上措施必须在项目运行前落实。