

核技术利用建设项目

医用放射性同位素与射线装置项目

(扩建)环境影响报告表

(报批稿)

绍兴第二医院

2018 年 6 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目  
医用放射性同位素与射线装置项目(扩建)  
环境影响报告表

建设单位名称：绍兴第二医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：绍兴市越城区延安路 123 号

邮政编码：

联系人：曹友权

电子邮箱：

联系电话：13385850993



项目名称：医用放射性同位素与射线装置项目(扩建)

文件类型：报告表

适用的评价范围：核与辐射项目环境影响报告表

法定代表人：沈又幸

主持编制机构：中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司

绍兴第二医院医用放射性同位素与射线装置项目(扩建)

环境影响报告表编制人员名单表

| 编制<br>主持人            | 姓名  |     | 职（执）业资格<br>证书编号 | 登记（注册证）<br>编号 | 专业类别     | 本人签名 |
|----------------------|-----|-----|-----------------|---------------|----------|------|
|                      | 洪友朋 |     | 0011090         | B201001711    | 核工业      | 洪友朋  |
| 主要<br>编制<br>人员<br>情况 | 序号  | 姓名  | 职（执）业资格<br>证书编号 | 登记（注册证）<br>编号 | 编制内容     | 本人签名 |
|                      | 1   | 骆娉娉 | 0011092         | B201001111    | 表 1～表 7  | 骆娉娉  |
|                      | 2   | 洪友朋 | 0011090         | B201001711    | 表 8～表 13 | 洪友朋  |
|                      |     |     |                 |               |          |      |
|                      |     |     |                 |               |          |      |
|                      |     |     |                 |               |          |      |
|                      |     |     |                 |               |          |      |

|                                                                                   |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | 姓名: 洪友朋                        |
|                                                                                   | Full Name                      |
|                                                                                   | 性别: 男                          |
|                                                                                   | Sex                            |
|                                                                                   | 出生年月: 1983年12月                 |
|                                                                                   | Date of Birth                  |
|                                                                                   | 专业类别:                          |
|                                                                                   | Professional Type              |
|                                                                                   | 批准日期: 2011年05月29日              |
|                                                                                   | Approval Date                  |
| 持证人签名:<br>Signature of the Bearer                                                 | 签发单位盖章:<br>Issued by           |
| 管理号: 11353343508330083<br>File No.:                                               | 签发日期: 2011年09月22日<br>Issued on |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>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。</p> <p>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.</p> |                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                    |                   |
| approved & authorized<br>by<br>Ministry of Human Resources and Social Security<br>The People's Republic of China                                                                                                                                                                                      | approved & authorized<br>by<br>Ministry of Environmental Protection<br>The People's Republic of China |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 编号: 0011090<br>No.:                                                                                   |

表 1 项目基本情况

|                 |              |                                                                                                                            |                                                                                                                                                            |                       |             |
|-----------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------|
| 建设项目名称          |              | 医用放射性同位素与射线装置项目(扩建)                                                                                                        |                                                                                                                                                            |                       |             |
| 建设单位            |              | 绍兴第二医院                                                                                                                     |                                                                                                                                                            |                       |             |
| 法人代表            | 葛孟华          | 联系人                                                                                                                        | 曹友权                                                                                                                                                        | 联系电话                  | 13385850993 |
| 注册地址            |              | 绍兴市越城区延安路 123 号                                                                                                            |                                                                                                                                                            |                       |             |
| 项目建设地点          |              | 绍兴第二医院院内                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                       |             |
| 立项审批部门          |              | 绍兴市柯桥区<br>发展和改革局                                                                                                           | 批准文号                                                                                                                                                       | 绍柯发改投[2014]290 号      |             |
| 建设项目总投资<br>(万元) | 6000         | 项目环保投资<br>(万元)                                                                                                             | 200 万                                                                                                                                                      | 投资比例（环保<br>投资/总投资）    | 3.33%       |
| 项目性质            |              | <input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 |                                                                                                                                                            | 占地面积（m <sup>2</sup> ） | ——          |
| 应用<br>类型        | 放射源          | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | <input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类       |                       |             |
|                 |              | <input type="checkbox"/> 使用                                                                                                | <input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类 |                       |             |
|                 | 非密封放射<br>性物质 | <input type="checkbox"/> 生产                                                                                                | <input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物                                                                                                                     |                       |             |
|                 |              | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | /                                                                                                                                                          |                       |             |
|                 |              | <input type="checkbox"/> 使用                                                                                                | <input type="checkbox"/> 乙 <input checked="" type="checkbox"/> 丙                                                                                           |                       |             |
|                 | 射线装置         | <input type="checkbox"/> 生产                                                                                                | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类                                                                                               |                       |             |
|                 |              | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类                                                                                               |                       |             |
|                 |              | <input checked="" type="checkbox"/> 使用                                                                                     | <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类                                                                         |                       |             |
|                 | 其他           | /                                                                                                                          |                                                                                                                                                            |                       |             |

**1.1 项目概况**

绍兴第二医院创建于 1910 年，集医疗、科研、教学、预防、保健、康复为一体的三级乙等综合性医院，医院位于绍兴市越城区延安路 123 号，占地面积 57 亩。

为满足医疗诊断的需要，医院拟在现有设备的基础上，扩建 1 台 DSA、2 台医用直线加速器和 SPECT-CT（配套使用 <sup>99m</sup>Tc 放射性同位素）。为满足辐射环境保护管理的要求，医院于 2018 年 1 月 22 日正式委托中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司对该项目进行辐射环境影响评价（见附件 1）。

经与建设单位核实，医院5年内的辐射活动规模（包括本次环评规模）为：2台直线加速器，3台移动X线机，1台口腔CT机，2台C臂X光机，1台G臂X光机，2台DSA，4台DR，1台牙科X线机，2台CT模拟定位机，1台64排螺旋CT，1台乳腺钼靶机，2台16排螺旋CT，1台数字胃肠机，1台骨密度仪，1台SPECT-CT（配套使用 $^{99m}\text{Tc}$ 放射性同位素）。

本次环评内容为：扩建1台DSA、2台医用直线加速器和SPECT-CT（配套使用 $^{99m}\text{Tc}$ 放射性同位素）。

评价单位在现场踏勘和收集有关资料的基础上，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》及相关环保要求，编制完成本项目的辐射环境影响报告表（送审稿）

## 1.2 周围环境概况

绍兴第二医院位于浙江省绍兴市越城区延安路 123 号，医院地理位置见图 1-1。

医院东侧是中兴南路，隔中兴南路是假日培训学校等；南侧是延安路，隔延安路是锦绣花园小区等；西侧是新建南路，隔新建南路是咸亨之家等；北侧是柔遁弄，隔柔遁弄是柔遁弄小区和鲁迅故里。医院周边环境示意图见图 1-2。

DSA 机房拟放置于 3#病房楼一层放射科，医用直线加速器机房拟放置于肿瘤大楼一层，SPECT-CT 用房拟放置于肿瘤大楼一层，其在医院总平面中的位置见图 1-3。



图 1-1 医院地理位置示意图



图 1-2 浙绍兴第二医院周边环境示意图

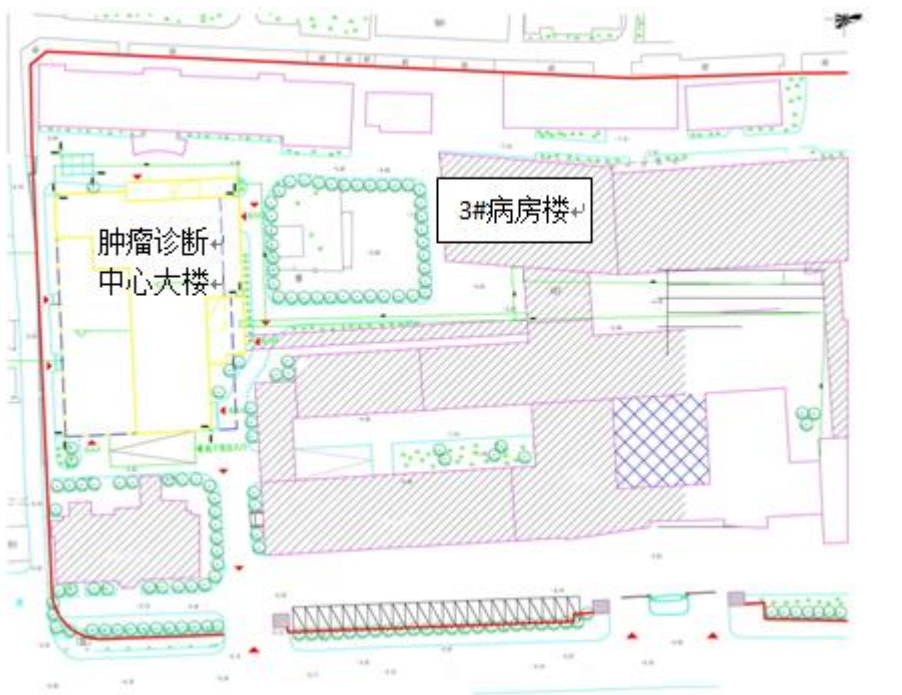


图 1-3 医院总平面布置图

### 1.3 现有工程回顾

#### (1) 环保手续履行情况

##### ① 环评情况

医院现有 2 台 II 类射线装置，19 台 III 类射线装置，1 台磁共振仪，均已取得环保审批部门的批文（浙环建[2004]289 号、绍市环审[2015]14 号）。

##### ② 许可情况

医院的现有辐射活动已取得浙江省环境保护厅颁发的《辐射安全许可证》（浙环辐证[D2228]），有效期至 2020 年 6 月 8 日。

##### ③ 验收情况

医院现有的经环评审批的辐射项目均已通过环保审批部门竣工环境保护验收并取得相关批文（浙环辐验[2015]41 号、绍柯放验[2017]03 号）

#### (2) 历年工作情况

##### ① 辐射安全防护管理机构

医院成立了辐射防护管理小组。

##### ② 辐射工作制度

医院已制定《关于调整医院放射防护管理委员会的通知》、《放射诊疗安全

防护管理制度》、《放射科影像质量与介入诊疗质量保证实施方案及持续改进计划》、《电离辐射危害温馨告示》、《放射工作人员健康管理制度》、《设备维修保养制度》、《放射事故报告制度及应急处理预案》、《X 射线摄影系统操作规程》、《CT 操作规程》、《移动 X 线机安全操作规程》、《人员培训计划、体检及保健制度》、《监测方案》和《自行检查和年度评估制度》。

③个人剂量检定情况

医院现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，每 3 个月到有资质单位检测一次，并建立了个人剂量档案。

④职业健康体检情况

医院已开展职业健康体检工作，辐射工作人员在岗期间的职业健康检查结果为可继续原放射工作。

⑤职业资格培训情况

医院现有辐射工作人员均已取得《辐射安全和防护培训》合格证书，须及时安排合格证书过期的辐射工作人员参加辐射安全防护培训，取得合格证后方能上岗。

⑥年度评估制度

每年底对辐射防护工作进行年度评估，并按期向环保主管部门提交年度评估报告，历年工作未发生辐射事故。

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 |
|----|------|---------------------------|----|------|----|------|---------|----|
| 无  | 无    | 无                         | 无  | 无    | 无  | 无    | 无       | 无  |

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              |
|----|-------------------|-----------------------------------------------------|--------|-----------------------|----------------------|----------------------|--------|------|-------------|----------------------|
| 1  | <sup>99m</sup> Tc | 半衰期为 6.02h, 衰变时主要发射 140keV 的 γ 射线, 常温下为液态, 毒性分组为低毒组 | 同质异能跃迁 | 1.66×10 <sup>10</sup> | 1.66×10 <sup>8</sup> | 6.0×10 <sup>12</sup> | 一般器官显象 | 注射   | SPECT-CT 机房 | 根据实际使用量购买, 平时暂存在通风柜内 |

表 4 射线装置

(一) 加速器: 包括医用、工农业、科研、教学等用途的而各种类型加速器

| 序号 | 名称    | 类别   | 数量 | 型号       | 加速粒子 | 最大能量 (MV) | 额定电流(mA)/<br>剂量率(Gy/h) | 用途   | 工作场所        | 备注                                       |
|----|-------|------|----|----------|------|-----------|------------------------|------|-------------|------------------------------------------|
| 1  | 直线加速器 | II 类 | 1  | Plumus H | 电子   | 15        | 21MeV 电子线              | 放射治疗 | 放疗科加速器机房    | 已环评(浙环建[2004]289 号), 已验收(浙环辐验[2015]41 号) |
| 2  | 直线加速器 | II 类 | 2  | 待定       | 电子   | 15        | 21MeV 电子线              | 放射治疗 | 肿瘤大楼一层加速器机房 | 本次环评                                     |

(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 | 环评情况 | 验收情况 |
|----|----|----|----|----|------------|------------|----|------|------|------|
|----|----|----|----|----|------------|------------|----|------|------|------|

|    |              |       |   |                          |     |          |       |                       |                    |                       |
|----|--------------|-------|---|--------------------------|-----|----------|-------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| 1  | 移动 X 线机      | III类  | 1 | IM-100L                  | 125 | 100      | 放射性诊断 | 放射科                   | 浙环建<br>[2004]289 号 | 浙环辐验<br>[2015]41 号    |
| 2  | 口腔全景机        | III 类 | 1 | Veraviewepocs<br>X-550   | 80  | 10       | 放射性诊断 | 放射科口腔全景机<br>房         |                    |                       |
| 3  | C 臂 X 光机     | III 类 | 1 | BV Libra                 | 110 | 7.2      | 放射性诊断 | 三号楼<br>手术室            |                    |                       |
| 4  | DSA          | II 类  | 1 | Allura Xper FD20         | 125 | 1000     | 放射性诊断 | 3#病房楼放射科<br>DSA（2）室   | 绍市环审<br>【2015】14 号 | 绍柯放验<br>【2017】03<br>号 |
| 5  | DR           | III 类 | 1 | Digital Dignost VR       | 150 | 900      | 放射性诊断 | 放射科 2 号机房             |                    |                       |
| 6  | DR           | III 类 | 1 | Essenta DR               | 150 | 650      | 放射性诊断 | 放射科 3 号机房             |                    |                       |
| 7  | DR           | III 类 | 1 | Digital Dignost          | 150 | 850 mAs  | 放射性诊断 | 门诊楼 DR 机房             |                    |                       |
| 8  | DR           | III 类 | 1 | NOVAFA                   | 150 | 640      | 放射性诊断 | 南大楼体检中心<br>DR 机房      |                    |                       |
| 9  | 牙片 X 线机      | III 类 | 1 | HELIODENT PLUS           | 70  | 7        | 放射性诊断 | 门诊 1 区 3 楼牙片<br>机房    |                    |                       |
| 10 | 移动 X 线机      | III 类 | 1 | MM10                     | 125 | 125 mAs  | 放射性诊断 | 放射科                   |                    |                       |
| 11 | CT 模拟定位<br>机 | III 类 | 1 | SOMATOM Spirit           | 130 | 240      | 放射性诊断 | 放疗科模拟定位室              |                    |                       |
| 12 | 64 排螺旋 CT    | III 类 | 1 | SOMATOM<br>Definition AS | 140 | 1300 mAs | 放射性诊断 | 放射科 8 号机房             |                    |                       |
| 13 | 乳腺钼靶机        | III 类 | 1 | Senographe Essential     | 49  | 600 mAs  | 放射性诊断 | 放射科 1 号机房             |                    |                       |
| 14 | 16 排螺旋 CT    | III 类 | 1 | Brightspeed Elite        | 140 | 440      | 放射性诊断 | 门诊楼 CT 机房             |                    |                       |
| 15 | 数字胃肠机        | III 类 | 1 | TU-51DR                  | 150 | 800      | 放射性诊断 | 放射科 4 号机房             |                    |                       |
| 16 | 骨密度仪         | III 类 | 1 | DPX Bravo                | 76  | 3        | 放射性诊断 | 门诊 2 区 3 楼功能<br>科骨密度室 |                    |                       |
| 17 | 口腔 CT 机      | III 类 |   | KaVo 3D eXami            | 120 | 7        | 放射性诊断 | 口腔诊疗中心口腔<br>CT 室      | 备案                 |                       |
| 18 | 16 排 CT      | III 类 |   | Optima540                | 140 | 440      | 放射性诊断 | 体检中心 CT 机房            |                    |                       |

|    |                                            |      |   |               |     |      |       |               |      |
|----|--------------------------------------------|------|---|---------------|-----|------|-------|---------------|------|
| 19 | C型臂X线机                                     | III类 |   | COMPACT L     | 110 | 12.2 | 放射性诊断 | 手术室           | 本次环评 |
| 20 | 移动DR机                                      | III类 |   | SM-50HF-B-D-C | 100 | 500  | 放射性诊断 | 放射科           |      |
| 21 | DSA                                        | II类  | 1 | UNIQ FD10     | 125 | 1000 | 放射性诊断 | 放射科 DSA (1) 室 |      |
| 22 | SPECT-CT<br>配套CT<br>(使用 <sup>99m</sup> Tc) | III类 | 1 | —             | 150 | 800  | 放射性诊断 | SPECT-CT 机房   |      |

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压<br>(kV) | 最大靶电流 (μA) | 中子强度 (n/s) | 用途 | 工作场所 | 氙靶情况    |      |    | 备注 |
|----|----|----|----|----|---------------|------------|------------|----|------|---------|------|----|----|
|    |    |    |    |    |               |            |            |    |      | 活度 (Bq) | 贮存方式 | 数量 |    |
| 无  | 无  | 无  | 无  | 无  | 无             | 无          | 无          | 无  | 无    | 无       | 无    | 无  | 无  |

表5 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               |
|--------------------------------------------------|----|-------------------|----|-----------|-----------|---------------------------------------|-------|--------------------|
| 含 <sup>99m</sup> Tc的废水                           | 液态 | <sup>99m</sup> Tc | —  | 根据实际使用情况。 | 根据实际使用情况。 | 放射性比活度小于<br>3.6×10 <sup>2</sup> Bq/L  | 衰变池   | 普通下水               |
| 含 <sup>99m</sup> Tc的固废<br>(废一次性注射器、废手套、废药棉、废滤纸等) | 固态 | <sup>99m</sup> Tc | —  | 根据实际使用情况。 | 根据实际使用情况。 | 放射性比活度小于<br>2.0×10 <sup>4</sup> Bq/kg | 废物储存室 | 10个半衰期后作为普通的医疗垃圾处理 |

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

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

## 6 评价依据

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 法规文件 | <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2016 年 9 月；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（修订），2017 年 10 月；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005 年 12 月；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，国家环境保护部令第 44 号，2017 年 9 月；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008 修正版），国家环境保护部令第 3 号，2008 年 12 月；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，国家环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月；</p> <p>(9) 《浙江省建设项目环境保护管理办法（修订）》，省人民政府令第 288 号，2018 年 3 月修订；</p> <p>(10) 《浙江省辐射环境管理办法》，省人民政府令第 289 号，2012 年 2 月；</p> <p>(11) 浙江省环保厅关于发布《省环境保护行政主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2015 年本）》及《设区市环境保护行政主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015 年本）》的通知，浙环发〔2015〕38 号，2015 年 9 月 23 日；</p> <p>(12) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环境保护总局，环发〔2006〕145 号。</p> <p>(13) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函[2016]430 号，2016 年 3 月 7 日</p> |
| 技术标准 | <p>《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/T 10.1-2016），环境保护部；</p> <p>《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》HJ2.1-2016。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 其他 | <p>(1) 环评委托书，见附件 1；</p> <p>(2) 立项文件，见附件 2；</p> <p>(3) 《关于绍兴第二医院改扩建工程建设项目辐射环境影响专题报告审查意见的函》，浙环建[2004]289 号，浙江省环境保护局，见附件 3；</p> <p>(4) 《关于绍兴第二医院 DSA 等医用射线装置及磁共振仪项目(扩建)环境影响报告表的审查意见》，邵市环审[2015]14 号，绍兴市环境保护局，见附件 4；</p> <p>(5) 《关于绍兴第二医院直线加速器等医用直线装置建设项目环境保护设施竣工验收意见的函》，浙环辐验[2015]41 号，浙江省环境保护厅，见附件 5；</p> <p>(6) 《关于绍兴第二医院 DSA 等医用射线装置项目竣工环境保护验收的意见》，绍柯放验[2017]03 号，绍兴市柯桥区环境保护局，见附件 6；</p> <p>(7) 《辐射安全许可证》，浙环辐证[D2228]，见附件 7；</p> <p>(8) 《绍兴第二医院医用直线加速器等辐射装置、SPECT-CT 工作场所建设项目辐射环境本底检测》，浙江中一检测研究院股份有限公司，2018 年 1 月，见附件 8；</p> <p>(9) 《医疗废物处理处置及服务合同》，见附件 9；</p> <p>(10) 辐射安全与防护培训学习合格证明，见附件 10；</p> <p>(11) 放射工作人员职业健康检查报告书，见附件 11；</p> <p>(12) 个人剂量检测档案，见附件 12；</p> <p>(13) 2017 年年度检测报告，见附件 13；</p> <p>(14) 2017 年年度评估报告，见附件 14；</p> <p>(15) 应急预案，见附件 15。</p> |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

按照 HJ10.1-2016《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》的规定，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。

因此，本项目为使用 II 类射线装置项目和丙级非密封放射性物质工作场所，其评价范围为机房或非密封放射性物质工作场所周围 50m 区域。

7.2 保护目标

环境保护目标为该医院从事放射诊断的工作人员、机房周围其他非辐射工作人员和公众成员。

本项目周围 50m 范围内环境敏感点为医院西侧的新建南路 697 号等建筑，北侧的柔通弄小区。

| 序号 | 环境敏感点         | 方位、距离                |
|----|---------------|----------------------|
| 1  | 新建南路 697 号等建筑 | SPECT-CT 用房西侧最近约 10m |
| 2  | 柔通弄小区         | DSA 机房北侧最近约 45m      |

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

① 剂量限制

第 4.3.2.1 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 B）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。

第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理限值。

第 B1.2 款 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限

值:

a) 年有效剂量, 1mSv;

本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为管理限值。

#### ② 表面放射性污染的控制

工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B (标准的附录 B) B2 所规定的限制要求。

第 B2 款 表面污染控制水平

第 B2.1 款, 工作场所的表面污染控制水平如表 2-1 所列。

#### ③非密封源工作场所的分级

非密封源工作场所的分级应按附录 C (标准的附录) 的规定进行。

第 C1 款, 应按表 2-2 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 2-1 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位: Bq/cm<sup>2</sup>

| 表 面 类 型         |                   | β 放射性物质            |
|-----------------|-------------------|--------------------|
| 工作台、设备、墙壁、地面    | 控制区 <sup>1)</sup> | 4×10               |
|                 | 监督区               | 4                  |
| 工作服、手套、工作鞋      | 控制区<br>监督区        | 4                  |
| 手、皮肤、内衣、工作袜     |                   | 4×10 <sup>-1</sup> |
| 1) 该区内的高污染子区除外。 |                   |                    |

表 2-2 非密封源工作场所的分级

| 级别 | 日等效最大操作量/Bq                          |
|----|--------------------------------------|
| 甲  | >4×10 <sup>9</sup>                   |
| 乙  | 2×10 <sup>7</sup> ~4×10 <sup>9</sup> |
| 丙  | 豁免活度值以上~2×10 <sup>7</sup>            |

#### ④放射性物质向环境排放的控制

第 8.6.2 款规定, 不得将放射性废液排入普通下水道, 除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液, 方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道, 并应对每次排放作好记录:

a) 每月排放的总活度不超过 10ALI<sub>min</sub> (ALI<sub>min</sub> 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者, 其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得);

b) 每一次排放的活度不超过  $1ALI_{min}$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

## (2) 《临床核医学卫生防护标准》(GBZ 120-2006)

本标准规定了临床核医学诊断与治疗实践中有关工作人员以及工作场所的放射卫生防护要求。

本标准适用于临床核医学应用放射性药物实施诊断与治疗的实践。

4.2 一般临床核医学的活性实验室、病房、洗涤室、显像室等工作场所属于 GB18871 规定的乙级或丙级非密封源工作场所。

4.5 合成和操作放射性药物所使用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于  $1m/s$ ），排气口应高于本建筑屋脊，并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置，排除空气浓度不应超过有关法律标准规定的限值。

### 5 放射性药物操作的一般放射防护要求

5.3 操作放射性药物应在衬有吸水纸的托盘内进行，工作人员应穿戴个人防护用品。

5.4 操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体应在通风柜内进行，并按操作情况进行气体或气溶胶放射性浓度的常规监测以及必要的特殊监测，应注意对放射性碘在操作人员甲状腺的沉积的防护。

5.5 在放射性工作场所不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物品。

5.6 工作人员操作后离开放射性工作室前应洗手和进行表面污染监测，如其污染水平超过 GB18871 规定值，应采取相应的去污措施。

5.7 从控制区取出任何物品都应进行表面污染水平检测，以杜绝超过 GB18871 规定的表面污染空置水平的物品被带出控制区。

5.9 放射性物质的贮存容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需要的那部分。

5.10 放射性物质的贮存室应定期进行放射防护监测，无关人员不得入内。

5.11 贮存和运输放射性物质时均应使用专门容器，取放容器中内容物时，不应污染容器。容器在运输时应有适当的防火措施。

5.12 贮存的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位，到货日期、

核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。

### **(3) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)**

第 7.1.2 款规定，应从源头控制，减少放射性废物的产生，防止污染扩散。

第 7.1.3 款规定，应分类收储废物，采取有效方法尽可能进行减容或再利用，努力实现废物最小化。

第 7.1.4 款规定，应做好废物产生、处理、处置（包括排放）的记录，建档保存。

第 7.2.1 款规定，不得将放射性废液排入普通下水道；不允许利用生活污水系统洗涤被放射性污染的物品。

第 7.2.2 款规定，废液应妥善地收集在密闭的容器内。盛装废液的容器，除了其材质应不易吸附放射性物质外，还应采取适当措施保证在容器万一破损时其中的废液仍能收集处理。遇有强外照射时，废液收集地点应有外照射防护措施。

第 7.2.3 款规定，经过处理的废液在向环境排放前，应先送往监测槽逐槽分析，符合排放标准后方可排放。

第 7.2.4 款规定，使用少量或短寿命放射性核素的单位，可设立采取衰变方法进行放射性废液处理处置系统，该系统应有足够的防渗漏能力。

第 7.3.3 款规定，对于半衰期短的废物可用放置衰变的办法，待放射性物质衰变到清洁解控水平后作普通废物处理，以尽可能减少放射性废物的数量。

### **(4) 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009)**

本标准规定了对医用放射性废物管理的基本防护、液体废物、气载废物、含放射性核素尸体的卫生防护管理要求及废物管理制度。

本标准适用于医学实践中所产生的含有放射性核素或被放射性核素所污染且不再利用的废弃物即医用放射性废物（以下简称放射性废物）的管理。

## **5 液体废物的管理**

### **5.1 放射性废液**

5.1.1 使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于  $2 \times 10^7 \text{Bq}$  的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防渗漏措施。

5.1.2 产生放射性废液而可不设置放射性污水池的单位，应将仅含短半衰期核素

的废液注入专用容器中存放 10 个半衰期后，经审管部门审核准许，可作普通废液处理。含长半衰期核素的废液，应专用收集存放。

5.1.3 经审管部门确认的下列低放废液可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道；每月排放总活度或每一次排放活度不超过 GB18871-2002 中 8.6.2 规定的限制要求，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，每次排放应做记录并存档。

## 5.2 注射或服用过放射性药物的患者排泄物

5.2.8 符合下列条件之一的病人排泄物不需要统一管理：

- a) 注射或服用放射性药物的门诊患者排泄物；
- b) 符合出院条件的病人排泄物。

## 6 固体废物的管理

### 6.1 废物收集

6.1.1 按第 4.2 条放射性废物分类和废物的可燃与不可燃、可压实与不可压实、有无病原体毒性，分开收集废物。

6.1.2 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。污物桶放置点应避开工作人员工作和经常走动的区域。

6.1.3 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破损，并及时转送贮存室，并放入专用容器中贮存。

6.1.5 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。

## 7 气载废物的管理

7.1 操作放射性碘化物等具有挥发性的放射性物质时，应在备有活性炭过滤或其他专用过滤装置的通风橱内进行。

### (5) 《医用 X 射线诊断放射防护标准》（GBZ 130-2013）

本标准适用于医用诊断 X 射线机的生产和使用。

### 4.6 移动式 and 携带式 X 射线设备防护性能的专用要求

4.6.3 连接曝光开关的电缆长度应不小于 3m，或配置遥控曝光开关。

## 5 X 射线设备机房防护设施的技术要求

5.1 X 射线设备机房（照射室）应充分考虑邻室及周围场所的人员防护与安全。

5.2 每台 X 射线机（不含移动式 and 携带式床旁摄影机与车载 X 射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房，

其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-1 要求。

表 7-1 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

| 设备类型                                                                                              | 机房内最小有效使用面积 $\text{m}^2$ | 机房内最小单边长度 $\text{m}$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| CT机                                                                                               | 30                       | 4.5                  |
| 双管头或多管头 X 射线机 <sup>a</sup>                                                                        | 30                       | 4.5                  |
| 单管头 X 射线机 <sup>b</sup>                                                                            | 20                       | 3.5                  |
| 透视专用机 <sup>c</sup> 、碎石定位机、口腔CT卧位扫描                                                                | 15                       | 3                    |
| 乳腺机、全身骨密度仪                                                                                        | 10                       | 2.5                  |
| 牙科全景机、局部骨密度仪、口腔CT坐位扫描 / 站位扫描                                                                      | 5                        | 2                    |
| 口内牙片                                                                                              | 3                        | 1.5                  |
| a 双管头或多管头X射线机的所有管球安装在同一间机房内。<br>b 单管头、双管头或多管头X射线机的每个管球各安装在1个房间内。<br>c 透视专用机指无诊断床、标称管电流小于5mA的X射线机。 |                          |                      |
| <b>DSA机房参考双管头或多管头 X 射线机机房</b>                                                                     |                          |                      |

5.3 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 7-2 要求。

b) 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 D。

c) 应合理设置机房的门、窗和管线口位置，机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。设于多层建筑中的机房（不含顶层）顶棚、地板（不含下方无建筑物的）应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。

d) 带有自屏蔽防护或距 X 射线设备表面 1m 处辐射剂量水平不大于  $2.5\mu\text{Gy/h}$  时，可不使用带有屏蔽防护的机房。

5.4 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求（其检测方法及检测条件按 7.2 和附录 B 中 B.6 的要求）：

表 7-2 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

| 机房类型                                  | 有用线束方向铅当量<br>$\text{mm}$ | 非有用线束方向铅当量<br>$\text{mm}$ |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 标称 125KV 以上的摄影机房                      | 3                        | 2                         |
| 标称 125KV 及以下的摄影机房、口腔 CT、牙科全景机房（有头颅摄影） | 2                        | 1                         |

|                                         |                            |   |
|-----------------------------------------|----------------------------|---|
| 透视机房、全身骨密度仪机房、口内牙片机房、牙科全景机房（无头颅摄影）、乳腺机房 | 1                          | 1 |
| 介入 X 射线设备机房                             | 2                          | 2 |
| CT 机房                                   | 2（一般工作量） a<br>2.5（较大工作量） a |   |
| a 按 GBZ/T 180 的要求。                      |                            |   |

a) 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于  $2.5\mu\text{Gy/h}$ ；测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

b) CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $2.5\mu\text{Gy/h}$ ；其余各种类型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于  $0.25\mu\text{Gy/h}$ ；测量时，测量仪器读出值应经仪器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。

5.9 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-3 基本种类要求的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅防护衣；防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于  $0.25\text{mmPb}$ ；应为不同年龄儿童的不同检查，配备有保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于  $0.5\text{mmPb}$ 。

表 7-3 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

| 放射检查类型               | 工作人员                                |        | 患者和受检者                       |                               |
|----------------------|-------------------------------------|--------|------------------------------|-------------------------------|
|                      | 个人防护用品                              | 辅助防护设施 | 个人防护用品                       | 辅助防护设施                        |
| 放射诊断学用 X 射线设备隔室透视、摄影 | —                                   | —      | 铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子 | 或可调节防护窗口的立位防护屏；固定特殊受检者体位的各种设备 |
| 口内牙片摄影               | —                                   | —      | 大领铅橡胶颈套                      | —                             |
| 牙科全景体层摄影口腔 CT        | —                                   | —      | 铅橡胶帽子、大领铅橡胶颈套                | —                             |
| 放射诊断学用 X 射线设备同室透视、摄影 | 铅橡胶围裙<br>选配：铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅防护眼镜 | 或铅防护屏风 | 铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子 | 或可调节防护窗口的立位防护屏；固定特殊受检者体位的各种设备 |

|                 |                                      |                                         |                                     |   |
|-----------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|---|
| CT 体层扫描<br>(隔室) | —                                    | —                                       | 铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子        | — |
| 床旁摄影            | 铅橡胶围裙<br>选配: 铅橡胶帽子、铅橡胶颈套             | 或铅防护屏风                                  | 铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子        | — |
| 骨科复位等设备旁操作      | 铅橡胶围裙<br>选配: 铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套       | 移动铅防护屏风                                 | 铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子        | — |
| 介入放射学操作         | 铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜<br>选配: 铅橡胶手套 | 铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏<br>选配: 移动铅防护屏风 | 铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具 | — |
| 注: “—”表示不要求。    |                                      |                                         |                                     |   |

## (6) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)

本标准规定了医用电子加速器(以下简称加速器)用于临床治疗时的放射防护要求,包括基本要求、加速器的放射防护性能要求、治疗室防护和安全操作要求、质量控制要求及其检测方法。

本标准适用于标称能量在 50MeV 以下的医用电子加速器的生产和使用。

### 6 治疗室防护和安全操作要求

#### 6.1 治疗室的防护要求

6.1.1 治疗室选址、场所布局和防护设计应符合 GB18871 的要求,保障职业场所和周围环境安全。

6.1.2 有用线束直接投照的防护墙(包括天棚)按初级辐射屏蔽要求设计,其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计,辐射屏蔽设计应符合 GBZ/T201.1 的要求。

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

6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

6.1.5 X 射线能量超过 10MeV 的加速器,屏蔽设计应考虑中子辐射防护。

6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。

6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于  $45\text{m}^2$ 。

6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器联锁。

6.1.9 相关位置(例如治疗室入口处上方等)应安装醒目的射指示灯及辐射标志。

6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

#### **(7)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》(GBZ/T 201.1-2007)**

本部分规定了医用放射治疗机房（以下简称治疗机房）辐射屏蔽的剂量参考控制水平、一般屏蔽要求和辐射屏蔽评价要求。

本部分适用于外照射源治疗装置的机房。

### **4 治疗机房一般屏蔽要求**

#### **4.1 屏蔽所考虑的环境问题**

4.1.1 治疗机房一般设于单独的建筑或建筑物底层的一端。治疗机房的坐落位置应考虑周围环境与场所的人员驻留条件及其可能的改变，并根据相应条件确定所需要的屏蔽。

4.1.2 在设计和评价治疗机房顶屏蔽时，应充分考虑“天空散射辐射”，“侧散射辐射”对治疗机房邻近场所中驻留人员的照射。

#### **4.2 治疗机房布局要求**

4.2.1 治疗装置控制室应与治疗机房分离。治疗装置辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗装置分离的，应尽可能设置于治疗机房外。

4.2.2 直接与治疗机房相连的宽束治疗装置的控制室和其他居留因子较大的用室，应尽可能避开有用束可直接照射的区域。

4.2.3 X 射线管治疗装置的治疗机房可不设迷道。 $\gamma$  刀治疗装置的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路。除此之外，其他治疗机房应设置迷道。

4.2.4 应根据治疗要求给定治疗装置源点的位置（它可能偏离机房的对称中心）或后装治疗源可能应用的源点的位置和范围。

#### **(8)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011)**

GBZ/T201 的本部分给出了电子直线加速器（以下称加速器）放射治疗机房的剂量控制要求，辐射屏蔽的剂量估算与检测评价方法。

本部分适用于 30MeV 以下的加速器放射治疗机房。

## 4.2 剂量控制要求

### 4.2.1 治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平

治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率应不大于下述 a)、b)和 c)所确定的剂量率参考控制水平  $H_c$ :

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

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

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

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

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

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

c) 由上述 a)中的导出剂量率参考控制水平  $H_{c,d}$  和 b)中的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$ ,选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平  $H_c(\mu\text{Sv/h})$ 。

### 4.2.2 治疗机房顶的剂量控制要求

治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b)两种情况控制 :

a) 在治疗机房正上方已建、拟建建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过 自辐射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时,距治疗机房顶外表面 30cm 处和(或 )在该立体角区域 内的高层建筑物中人员驻留处 ,可以根据机房外周剂量参考控制水平  $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 和最高剂量率  $H_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ,按照 4.2.1 求得关注点的剂量率参考控制水平  $H_c(\mu\text{S/h})$ 加以控制。

b) 除 4.2.2 中 a)的条件外,应考虑下列情况:

1) 天空散射和侧散射辐射对治疗机房外的地面附近和楼层中公众的照射 。该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的剂量(率)的总和,应按 4.2.2 中的 a)确定关注点的剂量率参考控制水平  $H_c(\mu\text{Sv/h})$ 加以控制 ;

2) 穿出治疗机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射 ,以相当于机房外非控制区人员周剂量率控制指标的年剂量  $250\mu\text{Sv}$  加以控制 ;

3) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶,考虑上述 1)和 2)之

后 ,机房顶外表面 30 cm 处的剂量率参考控制水平可按 100uSv /h 加以控制 (可在相应处设置辐射告示牌 )。

**表 8 环境质量和辐射现状**

### 8.1 辐射环境现状检测

#### (1) 检测目的

掌握该医院拟建辐射工作场所周围的辐射环境质量背景水平,为现状评价提供基础数据。

#### (2) 检测内容

根据污染因子分析,评价单位委托浙江中一检测研究院股份有限公司于 2018 年 1 月 23 日对本项目拟建辐射工作场所周围进行辐射环境背景水平检测。

#### (3) 检测点位

按照《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》的要求,结合现场条件,对拟建辐射工作场所周围进行布点检测。检测点位布点详见图 8-1~8-3。

#### (4) 检测结果

本项目拟建辐射工作场所周围辐射环境背景水平检测结果见表 8-1~8-3,检测报告见附件 5。

**表 8-1 3#病房楼放射科 DSA (1) 室及周围环境  $\gamma$  射线剂量率检测结果**

| 点号 | 检测点位   | 检测结果<br>(nSv/h) | 标准偏差<br>(nSv/h) |
|----|--------|-----------------|-----------------|
| 1  | 医生操作位  | 144             | 2               |
| 2  | 东侧墙外   | 138             | 2               |
| 3  | 南侧墙外   | 142             | 3               |
| 4  | 南侧候诊门  | 156             | 4               |
| 5  | 西侧墙外   | 133             | 2               |
| 6  | 西侧防护门  | 149             | 3               |
| 7  | 北侧墙外   | 167             | 2               |
| 8  | 北侧防护门  | 151             | 3               |
| 9  | 北侧观察窗  | 137             | 4               |
| 10 | 2 楼地面  | 131             | 2               |
| 11 | 地下一层地面 | 140             | 3               |

表 8-2 肿瘤大楼直线加速器机房（1）拟建机房及周围环境 $\gamma$  射线剂量率检测结果

| 点号 | 检测点位  | 检测结果<br>(nSv/h) | 标准偏差<br>(nSv/h) |
|----|-------|-----------------|-----------------|
| 12 | 医生操作位 | 146             | 3               |
| 13 | 东侧墙外  | 151             | 2               |
| 14 | 东侧防护门 | 164             | 3               |
| 15 | 南侧墙外  | 157             | 4               |
| 16 | 西侧墙外  | 168             | 3               |
| 17 | 北侧墙外  | 155             | 2               |
| 18 | 2 楼地面 | 141             | 2               |

表 8-3 肿瘤大楼直线加速器机房（2）拟建机房及周围环境 $\gamma$  射线剂量率检测结果

| 点号 | 检测点位  | 检测结果<br>(nSv/h) | 标准偏差<br>(nSv/h) |
|----|-------|-----------------|-----------------|
| 19 | 医生操作位 | 135             | 3               |
| 20 | 东侧墙外  | 141             | 4               |
| 21 | 东侧防护门 | 138             | 3               |
| 22 | 南侧墙外  | 155             | 2               |
| 23 | 西侧墙外  | 142             | 2               |
| 24 | 北侧墙外  | 159             | 4               |
| 25 | 2 楼地面 | 164             | 3               |

表 8-4 肿瘤大楼拟建 SPECT-CT 工作场所及周围环境  $\gamma$  射线剂量率检测结果

| 点号 | 检测点位        | 检测结果<br>(nSv/h) | 标准偏差<br>(nSv/h) |
|----|-------------|-----------------|-----------------|
| 26 | 卫生通过/淋浴东侧墙外 | 131             | 3               |
| 27 | 卫生通过/淋浴南侧墙外 | 151             | 2               |
| 28 | 卫生通过/淋浴西侧墙外 | 146             | 3               |
| 29 | 卫生通过/淋浴北侧墙外 | 148             | 4               |
| 30 | 注射室/污物间东侧墙外 | 162             | 2               |
| 31 | 注射室/污物间南侧墙外 | 149             | 3               |
| 32 | 注射室/污物间西侧墙外 | 138             | 2               |
| 33 | 注射室/污物间北侧墙外 | 157             | 2               |
| 34 | 药源东侧墙外      | 165             | 3               |

|    |             |     |   |
|----|-------------|-----|---|
| 35 | 药源南侧墙外      | 129 | 4 |
| 36 | 药源西侧墙外      | 136 | 3 |
| 37 | 药源北侧墙外      | 147 | 2 |
| 38 | VIP 病房东侧墙外  | 165 | 4 |
| 39 | VIP 病房南侧墙外  | 172 | 3 |
| 40 | VIP 病房西侧墙外  | 142 | 3 |
| 41 | VIP 病房北侧墙外  | 174 | 2 |
| 42 | 运动负荷室东侧墙外   | 168 | 4 |
| 43 | 运动负荷室南侧墙外   | 162 | 2 |
| 44 | 运动负荷室西侧墙外   | 171 | 3 |
| 45 | 运动负荷室北侧墙外   | 164 | 4 |
| 46 | 候检西侧墙外      | 155 | 2 |
| 47 | ECT 机房东侧墙外  | 149 | 3 |
| 48 | ECT 机房南侧墙外  | 131 | 2 |
| 49 | ECT 机房南侧防护门 | 129 | 2 |
| 50 | ECT 机房西侧墙外  | 177 | 4 |
| 51 | ECT 机房北侧墙外  | 164 | 4 |
| 52 | ECT 机房北侧防护门 | 159 | 3 |
| 53 | ECT 机房北侧观察窗 | 143 | 3 |
| 54 | 医生操作位       | 138 | 2 |
| 55 | 病人出口处       | 146 | 4 |
| 56 | 2 楼地面       | 172 | 3 |

注：检测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应。

## 8.2 现状评价

由检测结果可知，绍兴第二医院 3#病房楼放射科 DSA（1）室、肿瘤大楼拟建直线加速器机房（1）、直线加速器机房（2）和拟建的 SPECT-CT 工作场所及周围环境  $\gamma$  射线剂量率为（129~177）nSv/h，由《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，绍兴市  $\gamma$  辐射剂量率在 37~335nGy/h 之间。可见，本拟建址各检测点位地表  $\gamma$  辐射剂量率在其范围内，辐射环境质量状况未见异常。



图 8-1 3#病房楼放射科 DSA (1) 室机房监测点位示意图

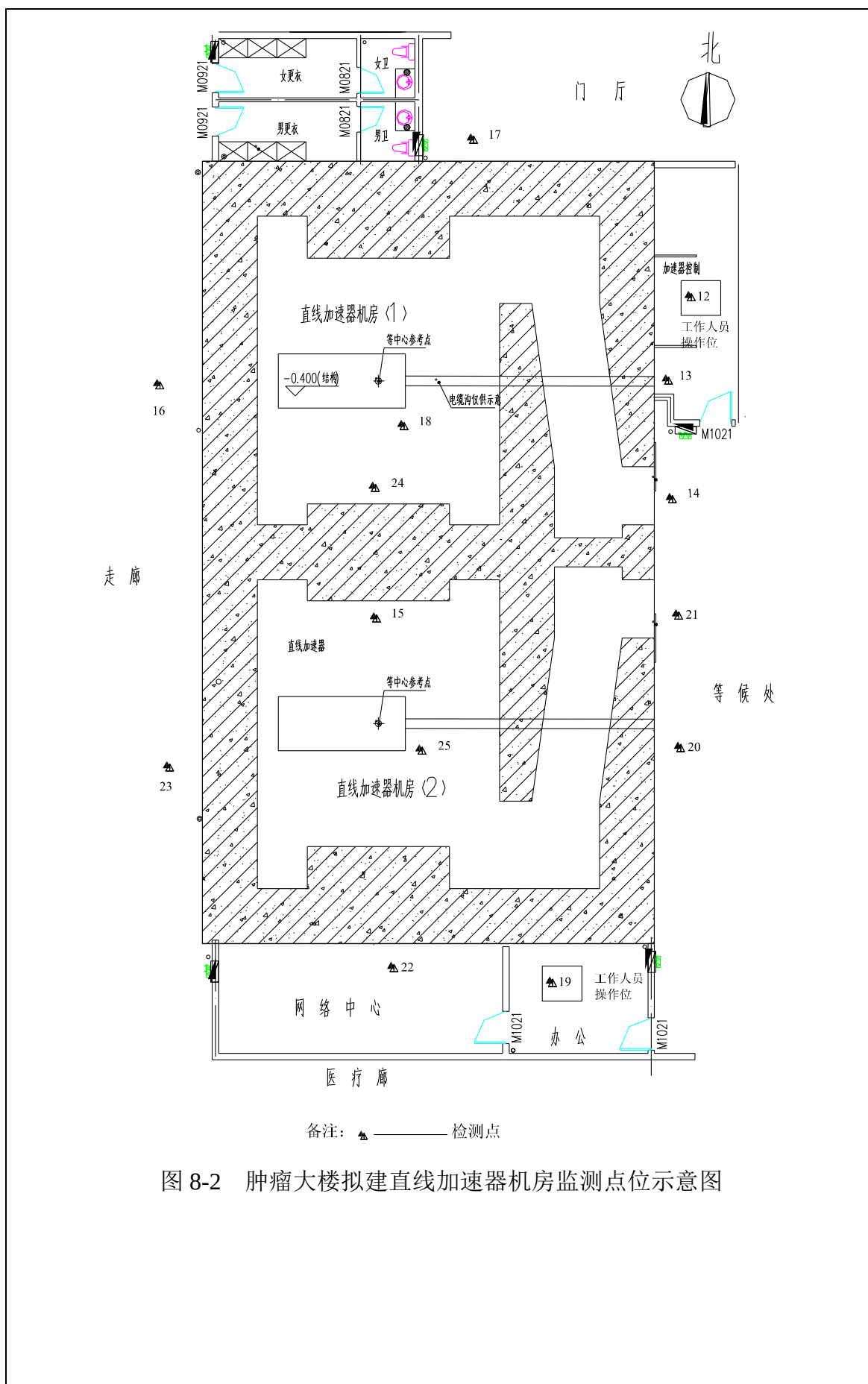


图 8-2 肿瘤大楼拟建直线加速器机房监测点位示意图

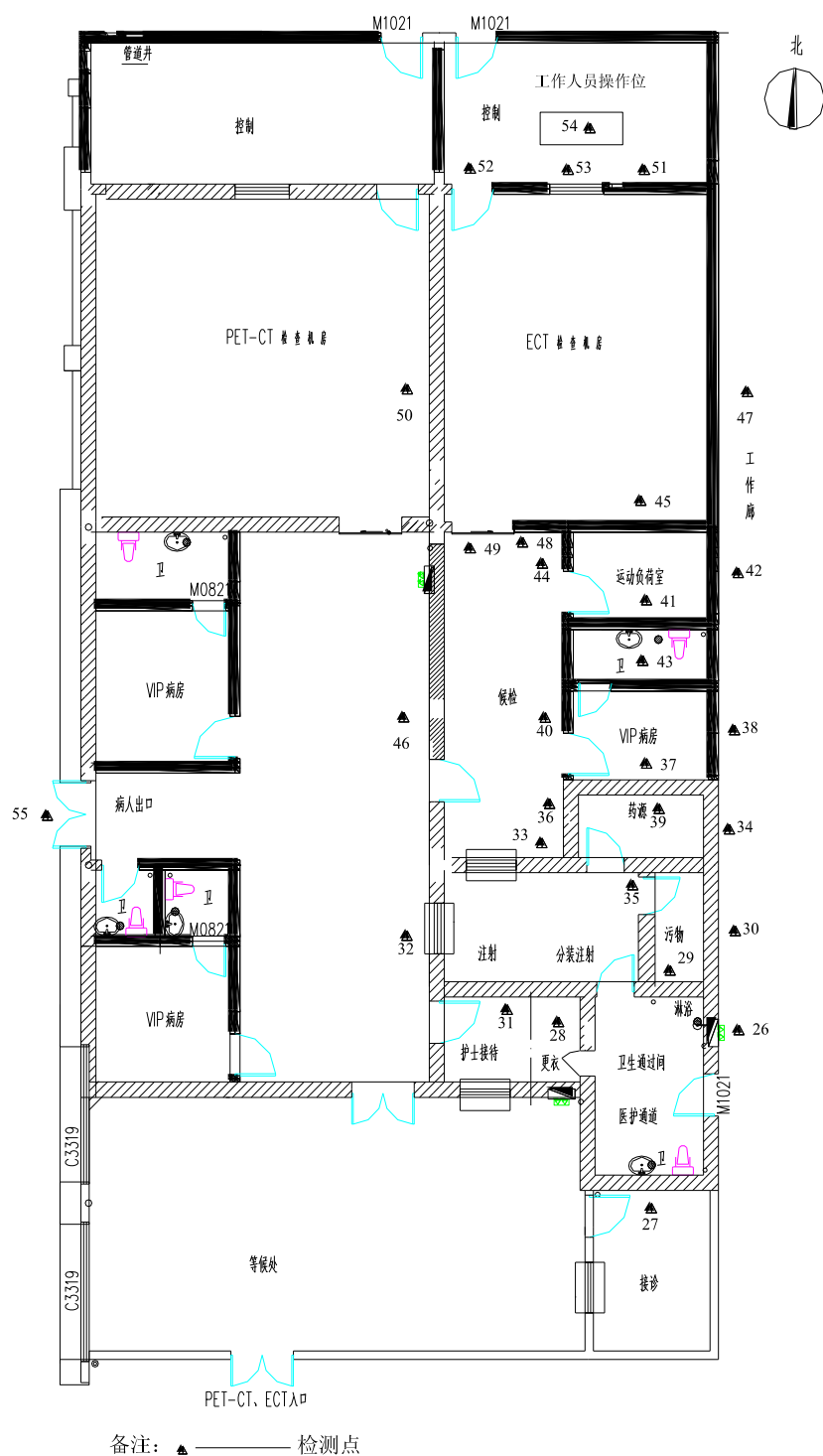


图 8-3 肿瘤大楼拟建 SPECT-CT 工作场所监测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工程设备和工艺分析

### 9.1.1 DSA

#### (1) 工作原理

数字血管造影（DSA）为采用 X 射线进行摄影的技术设备。设备中产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，详见图 9-1。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

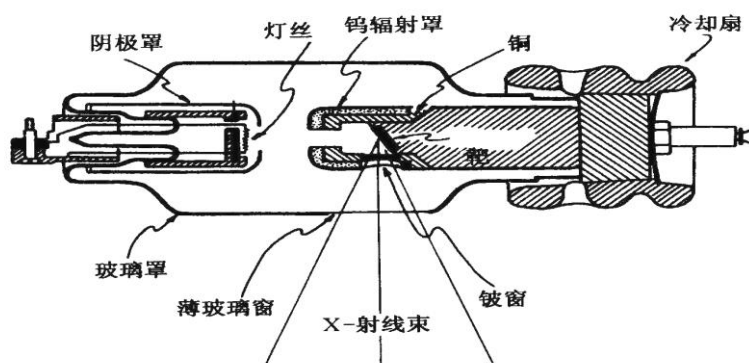


图 9-1 典型 X 射线管结构图

DSA 是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术多种科技手段于一体的系统。DSA 主要采用时间减影法，即将造影剂未达到欲检部位前摄取的蒙片与造影剂注入后摄取的造影片在计算机中进行数字相减处理，仅显示有造影剂充盈的结构，具有高精密度和灵敏度。

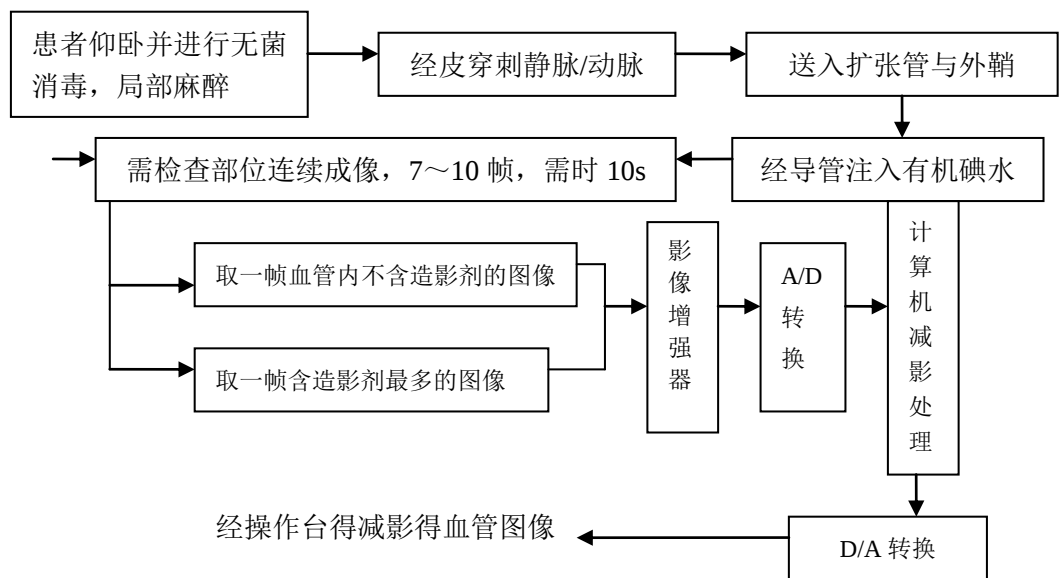
#### (2) 设备组成

DSA 是由产生 X 线的 X 线管、供给 X 线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置，以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置即外围设备组成。

#### (3) 操作流程

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，

在 X 线透视下将导管送达上腔静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

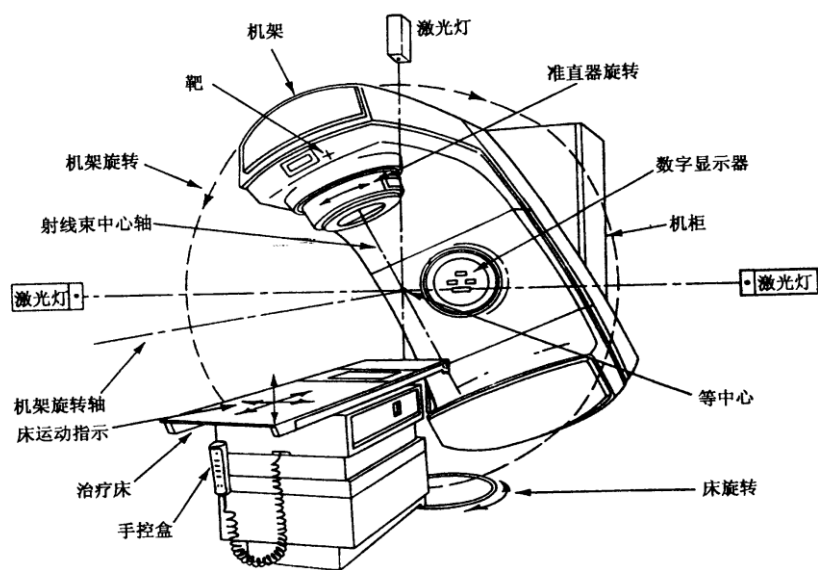


9-2 DSA 操作流程示意图

9.1.2 直线加速器

(1) 工作原理

医用直线加速器是产生高能电子束的装置，为远距离放射性治疗机。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。因此，医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射，也可利用 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。典型医用直线加速器见图 9-3。



9-3 医用直线加速器示意图

## (2) 设备组成

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过检测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。医用直线加速器内部结构见图 9-4。

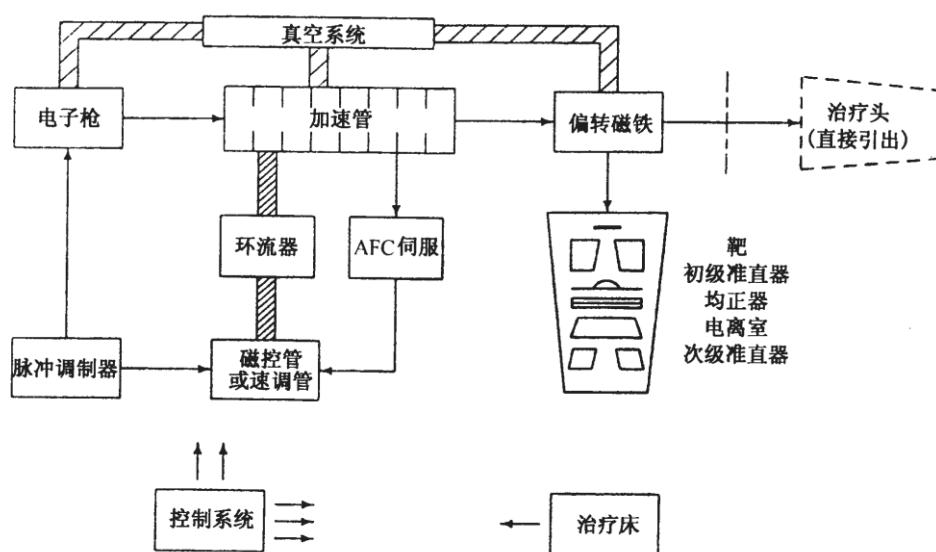


图 9-4 典型医用直线加速器内部结构框图

## (3) 操作流程

①进行定位。先通过 CT 机对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。

②制订治疗计划。根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。

③固定患者体位。在利用加速器进行治疗时需对患者进行定位，标记，调整照射角度及射野。

### 9.1.3 SPECT-CT

#### (1) 工作原理

当放射性核素或其标记物（ $^{99m}\text{Tc}$ ）通过注射等方式进入体内后，依其化学及生物

学特性不同，随血流等进入某些特定的组织器官，参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、引流代谢的过程。由于正常组织和病变组织在这个过程中的差异，使其聚集这种放射性核素或其标记物的能力发生了变化。利用 SPECT-CT 来探测这种放射性核素发射的  $\gamma$  射线在体内的分布状态并还原成图像，其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，更重要的是可以显示脏器的功能、代谢情况，提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息。而血流、功能和代谢的异常，常是疾病的早期变化，出现在形态结构发生改变之前。因此，SPECT-CT 核素显像有助于疾病的早期诊断。

## （2）配套 CT

CT 为普通 X 光机，是采用 X 射线进行摄影的技术设备。其工作原理同模拟定位相同，都由 X 射线管和高压电源组成，其典型 X 射线管结构详见图 7-1。

CT 是利用 X 射线对人体不同组织穿透力不同的原理，寻找病灶部位、形状及体积大小并予以定位、摄影，它用 X 线胶片代替荧光屏，永久记录被检部位影像的一种设备，这种方法比透视能发现更多有诊断价值的信息。

CT 基本结构是由产生 X 线的 X 线管、供给 X 线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置，以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置即外围设备组成。

## （2）操作流程

### ①放射性同位素使用流程

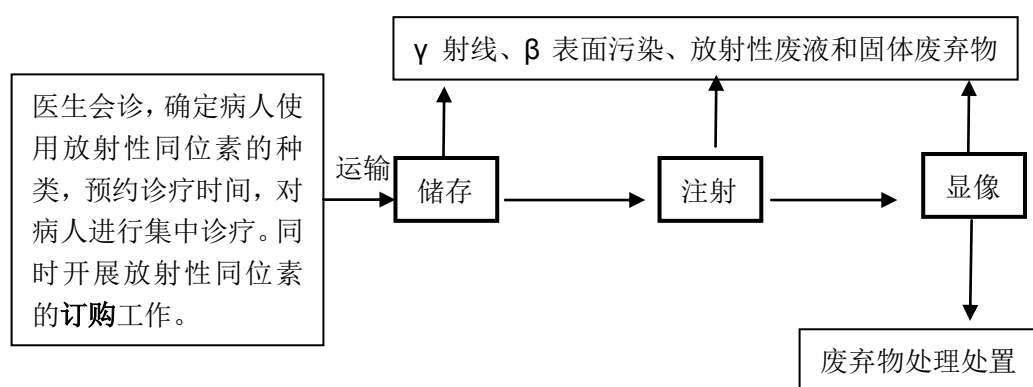


图 9-5 放射性同位素使用流程

本项目放射性药品中， $^{99m}\text{Tc}$  不需要开展分装工作，可以直接使用。同位素由医院根据需要，向供应商订购。

### ②病人流程

病人候诊→护士站建立静脉通道（病人候诊处）→接受放射性药物注射→注射 $^{99m}\text{Tc}$ 的病人（候检区等候 2-3 小时）→排空膀胱→进入扫描室扫描→离开

### ③注射放射性药物人员流程

穿戴防护服→分装放射性药物→给病人注射药物→残留药物和药物包装进入储存间储存→脱掉防护服→沐浴→离开

### ④电子检查单流程

医院采用电子病历系统，电子病历通过医院信息系统（HIS）和辅助检查系统将各科室的信息汇集在一起，不仅能记录病史、病程、诊疗情况等，还可以记录 CT、MRI、核医学、超声等影像图片和声像动态。核医学科的检查单据、病历传递通过电脑完成。

### ⑤放射药物注射单传送流程

病人预约→科室根据病人预约情况与生产厂家预定放射药物→第二天病人到护士站核对预约信息，登记完善信息→护士录入电脑→通过电脑系统传送到控制室技师处→完成预约病人的放射药物注射→控制室技师通过电脑上显示的预约信息，完成病人扫描。

当天注射全部完成后，护士携带注射单进行 X- $\gamma$  辐射剂量率， $\beta$  表面污染监测。

→无污染，护士离开注射区并带走注射单→注射单传送到控制室。

→有污染，进行清污，直至无污染

### （3）性能参数

$^{99m}\text{Tc}$  用于 SPECT 各器官显像诊断，该同位素药剂视病人的需要，直接外购供患者使用。一般情况下使用时， $^{99m}\text{Tc}$  不进行分装操作。

各放射性核素的性能参数见表 9-1，年最大用量为目前保守估计的实际用量。

表 9-1 各同位素性能参数

| 核素                | 半衰期   | 衰变类型 | 毒性 | $E_{\beta\text{max}}$<br>(MeV) | $E_{\gamma\text{主要}}$<br>(keV) | 年最大用量<br>(Bq)       | 每个病人<br>用量 (Bq)   | 用途 |
|-------------------|-------|------|----|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------|----|
| $^{99m}\text{Tc}$ | 6.02h | IT*  | 低毒 | --                             | 140                            | $8.0\times 10^{12}$ | $1.11\times 10^9$ | 诊断 |

注：IT\*表示同质异能跃迁，下同。

### 9.3 污染源项描述

#### (1) DSA

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，该院使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

#### (2) 直线加速器

##### ①电子束

电子直线加速器在运行时，电子枪产生大量的电子，电子被加速后聚焦为一股束流。电子束虽然占据的体积小，但是能量非常集中。电子束的贯穿能力相对于 X 射线比较弱，加速器四周的混凝土墙可将其完全屏蔽。

##### ②X 射线

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线。这种 X 射线随机器的开、关而产生和消失。

##### ③有害气体

在开机期间 X 射线与空气作用将产生臭氧、氮氧化物等有害气体。

##### ④中子

在加速器工作时，高能电子束与靶物质相互作用而产生的韧致辐射，与空气等物质作用形成放射性核，而会发生光核反应，放出中子，中子的产生方式主要按  $N-14(\gamma, n)N-13$  反应式进行。

因此，本项目直线加速器在开机期间 X 射线为主要污染因子，其次为中子、臭氧、氮氧化物。

#### (3) SPECT-CT

医院采用向外订购  $^{99m}\text{Tc}$  的方式开展 SPECT-CT 的检查，虽然提高了药物成本，但减少了生产、合成和质控等环节，给工作场所的辐射防护提供了有利条件。工作人员只须从原包装中抽取药物，直接给病人注射，受药病人在指定场所静卧待检。存放过的空瓶连同外包装物，由供方即时回收，从而避免对工作场所造成大面积的放射性  $\beta$  表面污染。

$^{99m}\text{Tc}$  为液态，所使用的核素根据实际需要使用，直接外购，核素通过口服或注射进入体内，属于简单湿法操作，患者在服药后，如无特殊情况，即离院回家，无须

住院。 $^{99m}\text{Tc}$  的主要衰变方式是同质异能跃迁，发射  $\gamma$  射线。因此， $\gamma$  射线是该项目的主要污染因子。

同时，医生在对放射性核素制剂  $^{99m}\text{Tc}$  的操作中，不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等放射性沾污，造成  $\beta$  放射性表面污染。当沾有放射性污染的各种器械、地面、台面和工作人员手清洗时，或病人的排泄物中都会使水中带有各种放射性同位素，造成对水环境的污染。医生在给病人打针时，都会产生固体废弃物（如试管、注射器、手套等），这些废弃物中都会有残余放射性同位素，造成对固体废弃物的污染。

因此，本项目污染因子是  $\gamma$  射线、表面污染、废水和固体废弃物中的  $^{99m}\text{Tc}$ ；配套 CT 产生的 X 射线。

表 10 辐射安全与防护

### 10.1 工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，辐射工作场所依据管理的需要，可分为控制区、监督区。其划分原则如下：

（1）把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

（2）把未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划分为监督区。

根据控制区、监督区划分原则，医院对放射工作场所实行分区管理：

①控制区：机房屏蔽墙以内区域；

②监督区：与机房屏蔽墙相邻的区域，如控制室、等候区等。

### 10.2 屏蔽设计

本项目各机房拟采用辐射防护设计情况见表 10-1、10-2，平面布置图见附图 1～3。

表 10-1 DSA 机房辐射屏蔽设计情况

| 序号 | 机房名称   | 所在区域     | 分类  | 机房有效面积（m <sup>2</sup> ） | 最小单边长度（m） | 辐射屏蔽材料及厚度（mm 铅当量） |                        |                        |          |          |          | 符合性 |
|----|--------|----------|-----|-------------------------|-----------|-------------------|------------------------|------------------------|----------|----------|----------|-----|
|    |        |          |     |                         |           | 四侧墙体              | 顶棚                     | 地坪                     | 工作人员防护门  | 受检者防护门   | 观察窗      |     |
| 1  | DSA 机房 | 3# 病房楼一层 | 设计  | 52.5                    | 7.1       | 400mm 厚混凝土        | 200mm 厚现浇混凝土加 2cm 防护涂料 | 200mm 厚现浇混凝土加 2cm 防护涂料 | 3mmPb 铅板 | 3mmPb 铅板 | 15mm 铅玻璃 | 符合  |
|    |        |          | 折算值 | —                       | —         | 5.0               | 4.5                    | 4.5                    | 3.0      | 3.0      | 3        |     |
|    |        |          | 标准  | 30                      | 4.5       | 2                 | 2                      | 2                      | 2        | 2        | 2        |     |

本项目机房的面积、最小边长和墙体的屏蔽能力均符合《医用 X 射线诊断放射防护标准》（GBZ 130-2013）的要求。

直线加速器机房（1）和直线加速器机房（2）的屏蔽设计是相同的。

表 10-2 直线加速器机房屏蔽设计情况

| 指标<br>机房                            | 机房面积 (m <sup>2</sup> ) | 层高<br>(m) | 墙体                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 防护门                                         | 顶棚                                                                           | 电缆<br>孔                    | 通风<br>口                              |
|-------------------------------------|------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 肿瘤诊疗中心<br>大楼一层直线<br>加速器机房<br>(15MV) | 57<br>(7.5m×7.6m)      | 4.0       | 北侧墙体主防护区域<br>(长×宽×厚):<br>4400mm×3000mm×3000<br>mm 现浇混凝土<br>北侧墙体副防护区域:<br>1700 mm 现浇混凝土<br>东侧迷道内墙:<br>1000~1700 mm 现浇混<br>凝土<br>东侧迷道外墙:<br>1000~1700 mm 现浇混<br>凝土<br>南侧主防护区域墙<br>体 (长×宽×厚):<br>4400mm×3000mm×3000<br>mm 现浇混凝土<br>南侧副防护区域墙体:<br>1700 mm 现浇混凝土<br>西侧墙体副防护区域:<br>1700mm 现浇混凝土 | 防护门设计采<br>用<br>10mmPb+15cm<br>含硼 5%的聚<br>乙烯 | 主防护<br>区域:<br>3000<br>mm 现<br>浇混凝<br>土,<br>副防护<br>区域:<br>1700mm<br>现浇混<br>凝土 | 设<br>U<br>型<br>电<br>缆<br>沟 | 设<br>新<br>风<br>和<br>排<br>风<br>系<br>统 |

注：直线加速器机房（1）和直线加速器机房（2）的屏蔽设计是相同的。

本项目直线加速器机房的面积和墙体的屏蔽能力均符合《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）的要求。

表 10-3 SPECT-CT 机房屏蔽设计情况

| 指标<br>机房                      | 机房面积 (m <sup>2</sup> ) | 最小单<br>边长度<br>(m) | 墙体                                                                                         | 防护<br>门/<br>观察<br>窗 | 顶棚                       | 符<br>合<br>性 |
|-------------------------------|------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------|-------------|
| 肿瘤诊疗中心<br>大楼一层<br>SPECT-CT 机房 | 45.5<br>(6.5m×7.0m)    | 6.5m              | 机房东、南、北墙体采用 24cm 实心砖墙，附加涂刷 3cmPb 防护涂料 (5mm 铅当量)，西侧墙体采用 37cm 实心砖墙，附加涂刷 4cmPb 防护涂料 (6mm 铅当量) | 待定                  | 采用 200cm 混凝土浇筑加 2cm 防护涂料 | 符合          |
| 折算值                           | ——                     | —                 | 5~6                                                                                        | —                   | 2.5                      |             |
| 标准                            | 30                     | 4.5m              | 2                                                                                          | 2                   | 2                        |             |

本项目 SPECT-CT 机房的面积和墙体的屏蔽能力均符合《医用 X 射线诊断放射防护标准》(GBZ 130-2013) 关于 CT 机 (机房内最小机有效使用面积大于 30m<sup>2</sup>，机房内最小单边长度大于 4.5m) 的要求。

### 10.3 污染防治设施

#### (1) DSA

①所有的机房均将设置工作指示灯，机房门外张贴电离辐射警告标志及其中文警示说明。

②在机房门口设置 1m 警戒线，告诫公众成员请勿靠近。

③在各机房操作位张贴相应的操作规程。

④个人防护用品及辅助设施见表 10-4。

表 10-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

| 放射检查类型 | 工作人员                                |                                       | 患者和受检者                              |        |
|--------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------|
|        | 个人防护用品                              | 辅助防护设施                                | 个人防护用品                              | 辅助防护设施 |
| DSA    | 铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜<br>选配：铅橡胶手套 | 铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏<br>选配：移动铅防护屏风 | 铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具 |        |

注：“—”表示不要求。

## （2）直线加速器

- ①治疗室和控制室之间必须安装监视和对讲设备。
- ②防护门必须与加速器连锁，迷道内设置紧急停机、开门按钮。
- ③治疗室外醒目处安装辐照指示灯和辐射危险标志；并注明工作时严禁人员入内。
- ④每个直线加速器机房需至少配备 2 只个人剂量报警仪。
- ⑤加速器机房配备一套固定式剂量实时检测系统（其设置点位可重点布置在迷道口、出入口、主控室等位置）。
- ⑥治疗室通风换气应达到每小时 4 次。

## （3）SPECT-CT

①在对 SPECT-CT 用房装修时，控制区与监督区的地面与工作台面均应铺设塑料地坪，地面平整光滑无接缝，易于清洗不渗漏，应有利于表面污染的防治（具体为采用塑胶地板、并设置地漏；地面与墙体之间采用圆角，避免污染物堆积，同时向墙体延伸 20-30cm；采用易于清洗的感应式水龙头及平面式灯具）。

②该院的 SPECT-CT 用房设计布局基本合理，是个相对独立的诊疗环境，有病人专用的进口与出口，工作场所基本符合 GB18871 划分的要求。

③SPECT-CT 用房设计了专用的病人厕所、医护清洗室，有利于工作人员污染的防治。

④放射性核素的分装台（通风柜）有铅玻璃做防护，减少了医生操作时的受照剂量。

⑤设置卫生通过间，并在通过间内配备淋浴设施。

## （4）放射性废水（液）

①SPECT-CT 用房设 5 个约 6m<sup>3</sup> 的专用衰变池，专用衰变池轮流使用，放射性废水

经衰变池存放衰变后，与其余废水一起处理后达标排放。衰变池的池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性。

②对放射性废水衰变池应建立定期检查制度，防止泄漏。

③衰变池应并联轮流使用，轮流排放，当一个衰变池满后，切换排入另一个衰变池，在第下一个衰变池将贮满前，排放第一个衰变池的废液。

④放射性废水排放前，须经审管部门批准，并做好排放记录，并有专人管理。

#### （5）放射性固体废物

①严格区分放射性废物与非放射性废物，不可混同处理，应设置放射性废物库，力求控制和减少放射性废物产生量。

②对所有放射性固体废物采用先收集在各自相关工作场所的专用污物桶内，再将污物桶内的固体废弃物连同垃圾袋分期存放到放射性物质贮存室内，集中收储一段时间后再分类处理。

③供收集的专用污物桶应具有外防护层和电离辐射标志。

④内装注射器及碎玻璃等物品的废物袋应附加不易刺破的外套（如硬牛皮纸外套）。

⑤污物桶放置于废物贮存室内，应避开工作人员作业和经常走动的地方。

⑥做好放射性废物登记制度，记录收储时间、处置时间，处置人员，建立台帐，为后续调查处理提供方便，并贮存于废物库内，由专人负责管理。

#### （6）放射性废气

操作放射性药物所使用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 1m/s），排气口应位于楼顶，高于本建筑屋脊。采取上述措施后将符合《临床核医学卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的要求。

（7）对放射性药品标记、质控等过程的传递通过防护铅罐、传递窗口，减少传递时间，最终减少工作人员的照射。

（8）医院应制定 SPECT-CT 操作规程，并张贴在工作现场处。

（9）医院应配备符合防护要求的辅助防护用品，具体为至少每人一套的铅帽、铅衣（至少 0.5mm 铅当量）、铅围脖、和 1 个贮源保险等防护用品。

（10）机房应设置工作指示灯，机房门外应张贴电离辐射警告标志及其中文警示说明。

（11）在病人等候区内张贴告知，告知病人受药后应注意的事项，避免引起不必要

的照射。

(12) 本项目建设后，要求同时配备表面污染监测仪、便携式剂量率检测仪。

#### 10.4 三废的治理

##### (1) DSA

该设备在运行总不产生废水、废气以及固体废物。

##### (2) 直线加速器

该设备在使用过程中不产生放射性废水、废气以及放射性固体废物。产生的非放射性三废的治理如下：

###### ①噪声

由于该医院的直线加速器机房设置于肿瘤诊断中心大楼 1 层，四侧墙体及顶棚材料采用混凝土一次性浇筑，可直接屏蔽机器运行时发出的声音，不会对辐射工作人员及周围公众产生影响。

###### ②冷却水

直线加速器运行过程中产生的冷却水为循环使用，不外排。

###### ③臭氧及氮氧化物

设备运行时产生的臭氧及氮氧化物经机房内具有送新风和排风装置的中央空调系统进行排放。

##### (3) SPECT-CT

###### ①放射性废水

应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防渗漏措施。

###### ②放射性固体废弃物

供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。污物桶放置点应避开工作人员工作和经常走动的区域。污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转送贮存室，并放入专用容器中贮存。

③每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。

**表 11 环境影响分析**

**11.1 建设阶段对环境的影响**

射线装置运行产生的 X 射线是随机器的开、关而产生和消失的。在设备的建设安装过程中设备均未通电运行，故建设期或安装期不会对周围环境造成辐射环境影响，也无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

在建设过程中，未使用放射性同位素，故放射性同位素不会对周围环境造成电离辐射影响。其用量根据医院需求由供货单位提供，并由供货单位承担运输等安全责任。因此，提供放射性同位素的过程不对本院辐射工作人员产生辐射影响。

**11.2 运行阶段对环境的影响**

**(1) DSA**

**1) 类比情况**

为预测机房外环境影响，本项目采用类比监测的评价方法。类比对象为浙江省中医院，其设备参数见表 11-1。

表 11-1 类比情况一览表

| 指 标 \ 医 院 | 绍兴第二医院                            | 浙江省中医院                              |
|-----------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 额定电压/电流   | 1000mA/125kV                      | 1250mA/125kV                        |
| 顶棚        | 20cm 混凝土加 2cm 防护涂料<br>(4.6mm 铅当量) | 顶棚为 16cm 混凝土加 3cm 厚的防辐射涂料 (5mm 铅当量) |
| 地坪        | 20cm 混凝土加 2cm 防护涂料<br>(4.6mm 铅当量) | ——                                  |
| 四周墙体      | 40cm 混凝土 (5mm 铅当量)                | 24cm 砖墙加 3cm 厚的防辐射涂料 (5mm 铅当量)      |
| 防护门       | 3mm 铅板                            | 2mm 铅板                              |
| 观察窗       | 15mm 铅玻璃 (3mm 铅当量)                | 3mm 铅当量                             |

与本项目屏蔽情况基本一致。因此可用浙江省中医院的类比监测结果来预测本项目扩建完成后各射线装置运行时对环境的辐射影响。

浙江省中医院在用的 DSA 机房周围进行 X 射线剂量率水平监测，监测结果见表 11-2。

表 11-2 类比项目各机房周围 X-γ 辐射剂量率监测结果 单位: nGy/h

| 机房名称                              | 点位<br>序号 | 测 点 描 述         |    | 辐射剂量率  |      |
|-----------------------------------|----------|-----------------|----|--------|------|
|                                   |          |                 |    | 平均值    | 标准差  |
| DSA2 号机房开<br>机状态:<br>1000mA/100kV | ★1       | 医生操作位           | 关机 | 133.2  | 1.9  |
|                                   |          |                 | 开机 | 136.0  | 1.6  |
|                                   | ★2       | 观察窗前 5cm 处      | 关机 | 121.0  | 3.7  |
|                                   |          |                 | 开机 | 122.8  | 1.9  |
|                                   | ★3       | 医生出入门前 30cm 处   | 关机 | 124.8  | 1.9  |
|                                   |          |                 | 开机 | 126.0  | 1.6  |
|                                   | ★4       | 病人出入门前 30cm 处   | 关机 | 123.8  | 2.4  |
|                                   |          |                 | 开机 | 124.6  | 1.8  |
|                                   | ★5       | 东侧电梯厅内          | 关机 | 136.4  | 2.1  |
|                                   |          |                 | 开机 | 136.4  | 2.3  |
|                                   | ★6       | 南侧报告室室内         | 关机 | 141.0  | 1.6  |
|                                   |          |                 | 开机 | 140.2  | 3.3  |
|                                   | ★7       | 机房内医生操作位 (铅衣屏蔽) | 关机 | 140.6  | 3.4  |
|                                   |          |                 | 开机 | 3980.8 | 32.9 |
|                                   | ★8       | 一楼食堂内           | 关机 | 133.2  | 1.6  |
|                                   |          |                 | 开机 | 135.4  | 1.5  |
|                                   | ★9       | 三楼一次性物品室室内      | 关机 | 137.8  | 1.9  |
|                                   |          |                 | 开机 | 138.8  | 1.9  |
|                                   | ★10      | 三楼仪器室室内         | 关机 | 140.4  | 1.1  |
|                                   |          |                 | 开机 | 141.8  | 2.2  |

※监测结果未扣除宇宙射线的响应。

## 2) 剂量估算

### ①剂量估算公式

按照联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) --2000 年报告附录 A, X 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算:

$$H_{E-r} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-6} (mSv) \quad (11-1)$$

其中:  $H_{E-r}$ : X 射线外照射人均年有效剂量当量, mSv/a;

$D_r$ : X 射线空气吸收剂量率, nGy/h;

$t$ : X 射线照射时间, h/a;

0.7: 剂量换算系数, Sv/Gy。

### ②DSA 辐射工作人员

现根据一般县市级医院 DSA 的实际使用情况作保守假设,①每月的病人数为 200 人;②每次检查在操作位处( $\gamma$  辐射剂量率取 3980.8nGy/h, 该监测数据为铅围裙里面辐射工作人员身体位受到的辐射照射剂量。)停留 30 分钟;③每次 DSA 操作有 2 名辐射工作人员共同完成,其中 1 名辐射工作人员在近距离操作,另 1 名工作人员在操作室内通过观察窗观察。假设所有近距离操作均由 1 位工作人员承担。

在上述偏保守的条件下,由公式(11-1)可以计算出该工作人员接受的附加年有效剂量当量为 3.4mSv,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。

根据表 11-2 的类比监测结果,机房周围 X 射线空气吸收剂量率与未开机时相比未见显著升高,表明机房周围的辐射工作人员不会受到额外的辐射照射。

### ③DSA 公众成员

由表 11-2 的监测结果可知:在正常使用条件下,DSA 机房周围 X 射线空气吸收剂量率与未开机时相比未见显著升高。表明其他非辐射工作人员和公众成员不会受到额外的辐射照射。

## (2) 直线加速器

### 1)类比情况

为分析该医院直线加速器建成后运行期的辐射影响,本报告表选用嘉兴市第一医院现运行的 15MV 的直线加速器运行时的辐射环境监测情况进行类比。其可行性分析详见表 11-3。

表 11-3 类比情况一览表

| 指 标 \ 医 院 | 绍兴第二医院                                | 嘉兴市第一医院           |
|-----------|---------------------------------------|-------------------|
| X 射线最大能量  | 15MV                                  | 15MV              |
| 顶棚        | 3.0m 厚混凝土(主防护区域)<br>1.7 m 厚混凝土(副防护区域) | 1.7m 厚混凝土         |
| 主防护墙厚     | 3.0m 厚混凝土                             | 2.1m 厚混凝土         |
| 次防护墙厚     | 1.7m 厚混凝土                             | 1.1m 厚混凝土         |
| 屏蔽门铅板     | 10mmPb+15cm 含硼 5%的聚乙烯                 | 铅板—石蜡复合门 12mm 铅当量 |

由表 11-3 的类比情况一览表可知，本项目和类比项目有很好的可比性。

嘉兴市第一医院在用的直线加速器机房周围进行 X- $\gamma$  射线剂量率水平监测，监测结果见表 11-4。

表 11-4 嘉兴市第一医院加速器 X- $\gamma$  辐射剂量率类比监测结果 单位：nGy/h

| 点位序号                                                     | 测点描述         | 开关机状态 | 平均值 | 标准差 |
|----------------------------------------------------------|--------------|-------|-----|-----|
| 1                                                        | 加速器控制室操作位    | 关     | 107 | 8   |
|                                                          |              | 开     | 134 | 31  |
| 2                                                        | 加速器治疗室防护门口   | 关     | 87  | 10  |
|                                                          |              | 开     | 742 | —   |
|                                                          | 防护门左门缝       | 开     | 639 | —   |
|                                                          | 防护门右门缝       | 开     | 676 | —   |
|                                                          | 防护门上门缝       | 开     | 563 | —   |
|                                                          | 防护门下门缝       | 开     | 663 | —   |
| 3                                                        | 加速器治疗室北侧围墙外  | 关     | 95  | 6   |
|                                                          |              | 开     | 93  | 7   |
| 4                                                        | 加速器治疗室南侧围墙外  | 关     | 94  | 4   |
|                                                          |              | 开     | 94  | 14  |
| 5                                                        | 二楼读片室（加速器楼上） | 开     | 136 | 4   |
| 6                                                        | 二楼（加速器正上方）   | 开     | 126 | 4   |
| 注：检测时以 15MeV 的开机工况进行照射，主射线方向为南北向，在等中心线最大照射野为 40 cm×40cm。 |              |       |     |     |

表 11-5 嘉兴市第一医院加速器中子辐射剂量率类比监测结果 单位：mR/h

| 点位序号 | 测点描述        | 测量值 |
|------|-------------|-----|
| 1    | 加速器控制室操作位   | 未检出 |
| 2    | 加速器治疗室防护门口  | 未检出 |
| 3    | 加速器治疗室北侧围墙外 | 未检出 |
| 4    | 加速器治疗室南侧围墙外 | 未检出 |
| 5    | 二楼（加速器正上方）  | 未检出 |

由表 11-4 可见，加速器机房周围环境 X- $\gamma$  射线剂量率除治疗室屏蔽门口外，在开机状态下，未见升高。治疗室屏蔽门逢处的 X 射线剂量率升高约 7 倍。

由表 11-5 可见，加速器机房周围环境中子辐射剂量率均未检出，表明机房防护能够满足中子的屏蔽要求。

## 2) 剂量估算

### ①估算公式

按照上述（11-1）式计算。

### ②估算结果

根据类比监测结果，假设该院的加速器每天治疗 100 人，每人照射时间为 1 分钟，控制室操作位 X-γ 空气吸收剂量率为 164nGy/h，机房防护门口处 X-γ 空气吸收剂量率为 742nGy/h，则因该加速器运行所致工作人员（每天工作 8 小时）的附加年有效剂量当量为 0.01mSv，低于职业照射的剂量管理值（5mSv），对机房门外公众成员（每天停留 2 小时）的附加年有效剂量当量为 0.05mSv，低于公众照射的剂量管理值（0.25mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限制”的要求。

## 3)少量臭氧和氮氧化物对环境的影响分析

在直线加速器开机的状态下，会产生少量臭氧和氮氧化物，在机房内安装有送新风和排风装置的中央空调系统进行排放，排风频率为 4 次/小时。

假设机房内臭氧分解且均匀分布，且直线加速器是连续照射，则电子在其通过的空气中每天产生的臭氧浓度主要计算公式为：

$$C = 7.04 \times 10^{-5} (1 + 0.12 \times \lg^2 Ee) \times (1 + \frac{0.26}{Ee}) DFd$$

$$Q = \frac{C \times \bar{T}}{V}$$

$$\bar{T} = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d}$$

式中：

C-臭氧生成率（m<sup>3</sup>/s）

Ee-电子能量（MeV）

D-物质（组织）吸收剂量率（Gy/min）

F-照射（治疗）面积（照射野）（m<sup>2</sup>）

d-电子在空气中运行的距离（或源皮距离）（m）

Q-机房内平衡臭氧浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

表 11-6 臭氧浓度

| 参数 | 容积: $228\text{m}^3$ ; 换气次数: 4 次/h; 臭氧分解时间: 0.83h |              |            |                                      |
|----|--------------------------------------------------|--------------|------------|--------------------------------------|
| 项目 | 臭氧生成率<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ )               | 换气一次所需时间 (h) | 有效清除时间 (h) | 平衡臭氧浓度<br>( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) |
| 结果 | $0.81 \times 10^{-4}$                            | 0.25         | 0.192      | $0.26 \times 10^{-3}$                |

经计算, 机房内平衡臭氧浓度结果为  $0.26 \times 10^{-3} \text{mg}/\text{m}^3$ , 治疗室的臭氧经抽风机排入大气环境中, 与大量的空气混合, 也低于大气环境中臭氧浓度管理限值  $0.16 \text{mg}/\text{m}^3$ 。由于氮氧化物的产额比臭氧要低一个数量级, 对外部环境, 氮氧化物的最高容许浓度与臭氧的相近, 臭氧的影响能消除, 氮氧化物的影响也能消除。

#### 4) 本项目类比分析结论

治疗室屏蔽门逢处的 X 射线剂量率升高约 7 倍, 主要原因是门与墙体的搭接不够, 因此, 本项目要求防护门与墙体之间有 10 倍于其间隙的搭接长度。

本项目机房的屏蔽墙较类比项目的厚, 其屏蔽能力较类比项目的强, 只要本项目机房门与墙体的之间保证足够的搭接, 根据类比监测结果分析, 在机房建设保证施工质量的前提下, 拟建机房也可达到预定辐射防护要求。

### (3) SPECT-CT

#### 1) 工作场所的分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法, 可以计算出各核素的日等效最大操作量。

日等效最大操作量的计算公式如下:

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \quad (11-2)$$

在评价时, 根据医院规划的门诊量 (见表 4) 和附录 C 中表 C2、C3 查得的各核素的毒性因子和操作方式的修正因子。SPECT-CT 所使用的  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的日操作量按每天诊治 15 个病人的标准, 每个病人按照  $30\text{mCi}$  剂量进行衡量, 根据式 (11-2) 计算得到的核医学科各核素日等效操作量结果见表 11-6, 对照“《电离辐射防护与辐射源安

全基本标准》（GB18871-2002）中非密封源工作场所分级标准”确定的分级结果也见表 11-6。

表 11-6 放射性同位素工作场所分级

| 核素名称              | 实际日最大操作量<br>(Bq)      | 毒性组别 | 操作方式<br>修正因子 | 日等效操作量<br>(Bq)       | 工作场所<br>分级 |
|-------------------|-----------------------|------|--------------|----------------------|------------|
| <sup>99m</sup> Tc | 1.66×10 <sup>10</sup> | 0.01 | 10           | 1.66×10 <sup>7</sup> | 丙级         |

对照《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中关于“按不同级别工作场所室内表面和装备的要求”（见表 11-7）。

表 11-7 按不同级别工作场所室内表面和装备的要求

| 工作场所 | 地面       | 表面  | 通风柜 | 室内通风  | 管道   | 清洗及去污设备 |
|------|----------|-----|-----|-------|------|---------|
| II 类 | 易清洗且不易渗透 | 易清洗 | 需要  | 有较好通风 | 一般要求 | 需要      |

## 2) 工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，核医学工作场所依据管理的需要，可分为控制区和监督区。①放射性药物给药、储存、显像、受药后病人候诊室可划为控制区。②控制室、更衣室、受药前病人等候区，护士站可划分为监督区。具体控制区、监督区范围见图 11-1。

根据设计，SPECT-CT 工作场所设置了专用的病人通道，注射门单向开启，有病人专用的候诊室和病人厕所，注射显像完毕的病人由病人专用通道离开；同时，医院设置了专用的医生通道。显像病人检查单等采用网上电脑流转（HIS 系统）。医院也将做好 SPECT-CT 附属用房导向指引牌，入口处护士对病人及家属说明出口位置，检查后病人出口处设置保安进行引导。其功能分区基本满足管理的要求。

## 3) 放射性废液（废水）

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）5.2.8 款，a)注射或服用放射性药物的门诊患者排泄物不需要统一管理。因此，本次放射性废液的评价重点针对医护人员的洗手水、清洗室内地面、工作台和一些重复使用的医疗器械的清洗水。

根据 GB18871-2002 的排放要求：每月排放总活度<10ALI<sub>min</sub>，每次排放活度 <1 ALI<sub>min</sub>，本次评价根据实际日最大操作量进行了保守的反推计算，以确定最佳的衰变池容量，具体如下：

放射性废水主要来自工作人员操作过程中手部可能受到微量  $^{99m}\text{Tc}$  污染的洗手水，清洗室内地面、工作台和一些重复使用的医疗器械带有微量  $^{99m}\text{Tc}$  的清洗水。根据医院实际调查情况做保守假设，假设在诊治过程中某次操作不小心，有 1/100 放射性同位素沾到台面等处，其中 90%转移固体废弃物中去（按操作规程，应先用药棉等先擦去），10%转移到清洗水中去，则这些废水中放射性同位素的含量见表 11-8。

表 11-8 放射性废液不经衰变池直接排放情况表

| 核素                         | $^{99m}\text{Tc}$                           |
|----------------------------|---------------------------------------------|
| 半衰期                        | 6.02h                                       |
| 一次误操作时的含量 (Bq)             | $1.11 \times 10^6$                          |
| $\text{ALI}_{\min}$ (Bq)   | $3.0 \times 10^9$                           |
| 达标情况                       | 达标                                          |
| 每月排放量 (未经过衰变时)             | $5.0 \times 10^8$                           |
| $10\text{ALI}_{\min}$ (Bq) | $3.0 \times 10^{10}$                        |
| 达标情况                       | 达标                                          |
| 排放标准                       | 每月排放总活度 $<10\text{ALI}_{\min}$ ；每次排放活度 $<1$ |

根据医院设计，SPECT-CT 用房设置了 5 个  $6\text{m}^3$  的地下衰变池，5 个衰变池并联切换使用，并在外排口前设置监测槽，经监测满足排放标准（每月排放总活度 $<10\text{ALI}_{\min}$ 、每次排放活度  $<1 \text{ ALI}_{\min}$ ）后，方可排放。根据计算，注射  $^{99m}\text{Tc}$  诊断的病人每天共为 20 人。因此，可假设病人在核医学科停留时间为 3 小时，排泄 2 次，每次用 10 升水冲洗厕所，则每天产生含放射性废水的量为 300 升，一个  $6\text{m}^3$  的衰变池至少可贮存约 20 天的排泄物，对  $^{99m}\text{Tc}$  来说，经过 3 天的存放，已有 10 个半衰期的衰变，可以排入医院的总污水处理设施，而后再排入城市污水管道，达标排放，一般的处理的流程图见图 11-2。因此衰变池的设计及容量已能满足使用要求。同时要求衰变池池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，有防渗漏措施。

对未用完已没有医用价值的其它放射性药品（统称为废原液），医院要严格控制其产生，根据病人的实际或预计使用量，根据最优化原则，预定放射性药品。对残余的微量余液，应存放在原容器内，原容器应置于原带有铅皮飞防护筒内，经过 10 个半衰期后，再经过衰变池停留一段时间后排放。

采取上述措施后，其放射性废水的排放将符合《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）的要求。

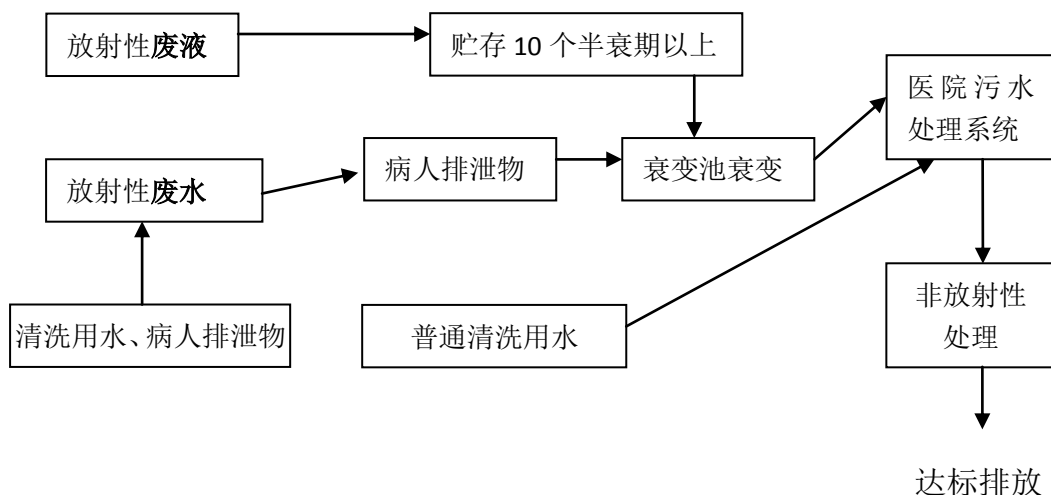


图 11-2 放射性废液、废水处理流程图

#### 4) 放射性固体废弃物

由污染源分析可知，放射性固体废弃物主要包括一次性注射器、手套等物品。

核医学科相关工作场所的放射性固体废弃物收集在专用污物桶内，拟集中贮存于放射性物质贮存室内，集中收储 10 个半衰期（3 天）后，再与医院的其他固体废物一起作为普通的医疗垃圾处理（同时确保放射性比活度小于  $2.0 \times 10^4 \text{ Bq/kg}$ ），其处理协议见附件 13。用来收集放射性固体废弃物的专用污物桶须贴上电离辐射标志，并把受不同核素污染的固体废物分开收储，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明物品及最后一天的收集时间，同时应做好放射性废物登记制度，记录收储时间、处置时间，处置人员，建立台帐，为后续调查处理提供方便。

在采取上述措施后，其放射性固体废弃物的排放也将符合《城市放射性废物管理办法》的要求。

#### 5) 放射性废气

污染源分析可知，本项目使用的  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  等放射性同位素为非挥发性核素，使用过程中介质均为水，操作比较简单，不经过加热、振荡等步骤，因此，无放射性气体污染。为了安全起见，医院应加装分装通风柜，放射性药物的取药等可能存在洒出污染危险，

通常都在负压通风柜内操作，在正常情况下，不存在食入、吸入等内照射影响。

操作放射性药物所使用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 1m/s），排气口应位于楼顶，高于本建筑屋脊。采取上述措施后将符合《临床核医学卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的要求。

#### 6) 类比情况

为分析该医院 SPECT-CT 机房运行期的辐射影响，本报告表选用浙江大学医学院附属第二医院的 ECT 机房运行时的辐射环境监测情况进行类比。其可行性分析详见表 11-9。

表 11-9 类比情况一览表

| 指 标 \ 医 院 | 绍兴第二医院                                                                                     | 浙江大学医学院附属第二医院                         |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 顶棚        | 20cm 混凝土加 2cm 防护涂料<br>(4.5mm 铅当量)                                                          | 顶棚为 16cm 混凝土加 3cm 厚的防辐射涂料 (5mm 铅当量)   |
| 四周墙体      | 机房东、南、北墙体采用 24cm 实心砖墙，附加涂刷 3cmPb 防护涂料 (5mm 铅当量)，西侧墙体采用 37cm 实心砖墙，附加涂刷 4cmPb 防护涂料 (6mm 铅当量) | 四周墙体为 38cm 混凝土并敷贴 3mm 铅板 (7.75mm 铅当量) |
| 防护门       | 待定，按类比医院防护设计 (3mm 铅当量)                                                                     | 3mm 铅板                                |
| 观察窗       | 待定，按类比医院防护设计 (5mm 铅当量)                                                                     | 5mm 铅当量                               |

由表 11-9 可见，绍兴第二医院 SPECT-CT 机房防护能力基本类似或优于浙江大学医学院附属第二医院 ECT 机房的防护能力，因而具有较好的可类比性。

在使用剂量方面，本项目  $^{99}\text{Tc}$  最大使用量 (30mCi) 为类比监测时单个病人使用量的 2 倍 (15mCi)，在剂量估算时，可以按  $\gamma$  辐射剂量率与活度成正比的线性关系进行校正。

因此可用类比项目 ECT 的运行情况说明本项目建成投运后对周围环境的影响，其  $\gamma$  辐射剂量率现状监测结果见表 11-10， $\beta$  表面污染监测结果见表 11-11。

该类比中同样只涉及剂量部分的类比，不涉及平面布置方面的类比。

表 11-10 ECT 机房周围  $\gamma$  辐射剂量率类比监测结果

| 点位<br>序号 | 点 位 描 述                              |                   |                                                                  |       | 辐射剂量率（nGy/h） |     |
|----------|--------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------|-------|--------------|-----|
|          |                                      |                   |                                                                  |       | 平均值          | 标准差 |
| ★1       | ECT<br>机房                            | 观察窗（操作位）          | 开机状态<br>为 ECT 室<br>内有一个<br>注射了<br>15mCi <sup>99m</sup> Tc<br>的病人 | 关机    | 122.8        | 1.3 |
|          |                                      |                   |                                                                  | 开机    | 123.8        | 1.3 |
| ★2       |                                      | 医生出入口<br>30cm 处   |                                                                  | 关机    | 127.4        | 2.1 |
|          |                                      |                   |                                                                  | 开机    | 127.4        | 2.1 |
| ★3       |                                      | 南侧病人出入口<br>30cm 处 |                                                                  | 关机    | 121.6        | 2.8 |
|          |                                      |                   |                                                                  | 开机    | 123.0        | 2.5 |
| ★4       |                                      | 东侧墙外<br>通道        |                                                                  | 关机    | 191.4        | 1.1 |
|          |                                      |                   |                                                                  | 开机    | 197.6        | 3.0 |
| ★5       |                                      | 北侧登记台处            |                                                                  | 关机    | 175.0        | 2.4 |
|          |                                      |                   |                                                                  | 开机    | 175.6        | 2.2 |
| ★6       | 注射操作台前<br>注射 15mCi <sup>99m</sup> Tc |                   | 医生操作位                                                            | 4300  | 11           |     |
|          |                                      |                   | 病人表面 30cm 处                                                      | 55300 | 239          |     |
|          |                                      |                   | 病人表面 1m 处                                                        | 19500 | 207          |     |
| ★7       | <sup>99m</sup> Tc 废物桶正上方 30cm 处      |                   |                                                                  |       | 212.0        | 3.7 |
| ★9       | 贮源室内                                 |                   |                                                                  |       | 144.8        | 1.8 |

表 11-11 ECT 机房  $\beta$  表面污染类比监测结果

| 序号 | 测点描述         | $\beta$ 表面污染 (Bq/cm <sup>2</sup> ) |
|----|--------------|------------------------------------|
| 1  | 注射工作台面       | 26                                 |
| 2  | 注射室地面        | 2.0                                |
| 3  | 注射室墙壁        | 1.3                                |
| 4  | 操作工作人员衣服     | 1.8                                |
| 5  | 操作工作人员废弃手套表面 | 3.2                                |

1)  $\gamma$  射线类比结果

由表 11-10 的监测结果可知：病人在 ECT 机房内照射时，机房周围 X- $\gamma$  射线空气吸收剂量率与未照射时相比未见显著升高；医生在操作  $^{99m}\text{Tc}$  放射性同位素时，医生注射位（胸前）X- $\gamma$  射线空气吸收剂量率为 4300 nGy/h，病人表面 30cm 处 X- $\gamma$  射线空气吸收剂量率为 55300nGy/h。

2)  $\beta$  表面污染类比结果

由表 11-11 的监测结果可知：控制区的工作台面、设备、墙壁、地面的表面污染水平最大值为  $26 \text{ Bq/cm}^2$ ，符合控制区  $4 \times 10 \text{ Bq/cm}^2$  标准的要求。工作人员的工作服、口罩、工作鞋处的表面污染最大值为  $3.2 \text{ Bq/cm}^2$ ，符合  $4 \text{ Bq/cm}^2$  标准的要求。

### ③剂量率估算模式

由于采取放射性气体在通风柜内分装，放射性工作场所不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物品等制度，辐射操作人员可避免内照射的影响，因此，本项目仅考虑外照射对工作人员的辐射影响。

按照上述（11-1）式计算。

辐射工作人员受到的辐射照射来自分装核素和为病人注射核素、侍服病人上机等过程产生的照射。现假设：a 某一工作人员每次注射  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素（ $\gamma$  辐射剂量率取  $55300 \text{ nGy/h} \times 30/15$ ）1 分钟，服侍已注射  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素的病人（ $\gamma$  辐射剂量率取  $19500 \text{ nGy/h} \times 30/15$ ）上机检查 1 分钟，年操作 5400 人次；b 每次操作医生均穿戴 0.5mm 铅当量的铅衣做防护；d 所有工作（设计最大工作量）由核医学科注射  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素的至少 4 名工作人员承担。

根据监测结果和式（11-1）可以计算出平均每位辐射工作人员接受的附加年有效剂量当量约为  $2.36 \text{ mSv}$ 。本评价项目以  $5 \text{ mSv}$  作为管理限值，相比之下，该院的辐射工作人员所接受剂量低于管理限值，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。

医院对 SPECT-CT 严格管理，使公众成员不会到达控制区与监督区，同时该院的病人一般均为门诊病人，如无特殊情况，即由病人专门出口处离开，一般不住院，因此公众成员不会在该院内受到额外的辐射照射。

### （7）SPECT-CT 配套 CT 类比

配套 CT 的影响拟根据浙江大学医学院附属第二医院放射楼三楼 2 号机房中 CT 的运行情况来类比分析。

表 11-12 类比情况一览表

| 指 标 \ 医 院 | 绍兴第二医院                                                                                                 | 浙江大学医学院附属第二医院                |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 额定电压/电流   | 150kV/800mA                                                                                            | 150kV/800mA                  |
| 顶棚        | 20cm 混凝土加 2cm 防护涂料<br>(4.5mm 铅当量)                                                                      | ——                           |
| 四周墙体      | 机房东、南、北墙体采用 24cm 实心砖墙，<br>附加涂刷 3cmPb 防护涂料 (5mm 铅当量)，<br>西侧墙体采用 37cm 实心砖墙，附加涂<br>刷 4cmPb 防护涂料 (6mm 铅当量) | 四周墙体为 37cm 实心砖墙<br>(3mm 铅当量) |
| 防护门       | 待定，按类比医院防护设计 (3mm 铅当量)                                                                                 | 2.5mm                        |
| 观察窗       | 待定，按类比医院防护设计 (5mm 铅当量)                                                                                 | 2.5mm                        |

本项目 SPECT-CT 略优于与类比项目的防护，因而具有较好的可类比性。

因此可用类比项目 CT 的运行情况说明本项目建成投运后对周围环境的影响。 $\gamma$  辐射剂量率类比监测结果见表 11-13。

表 11-13 CT 机房周围  $\gamma$  辐射剂量率类比监测结果

| 机房名称                                    | 点位<br>序号 | 点          位          描          述 |    | 辐射剂量率（nGy/h） |     |
|-----------------------------------------|----------|------------------------------------|----|--------------|-----|
|                                         |          |                                    |    | 平均值          | 标准差 |
| 放射楼三楼<br>2 号机房<br>CT<br>120kV<br>160mAs | ▲1       | 观察窗（机房外操作位）                        | 关机 | 97.4         | 2.1 |
|                                         |          |                                    | 开机 | 227.4        | 3.2 |
|                                         | ▲2       | 工作人员出入门 1m 处                       | 关机 | 99.4         | 2.3 |
|                                         |          |                                    | 开机 | 322.4        | 1.9 |
|                                         | ▲3       | 病人出入门 1m 处                         | 关机 | 101.8        | 0.8 |
|                                         |          |                                    | 开机 | 297.6        | 3.0 |
|                                         | ▲4       | 南侧登记室                              | 关机 | 99.6         | 2.4 |
|                                         |          |                                    | 开机 | 102.6        | 1.1 |

根据类比监测结果,CT 机房周围各监测点位开机时 X- $\gamma$  射线空气吸收剂量率最大值为 322.4 nGy/h, 根据类比监测结果, 按每天治疗 15 人, 每人照射时间为 1 分钟, 按最大空气吸收剂量率为 322.4Gy/h, 则因该 CT 机房运行所致工作人员的附加年有

效剂量当量为 0.003mSv，低于职业照射的剂量管理值（5mSv）。对机房门外公众成员的附加年有效剂量当量为 0.0027mSv，低于公众照射的剂量管理值（0.25mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限制”的要求。

### 11.3 事故影响分析

#### （1）DSA、CT 和直线加速器

医院使用的射线装置属 II 类、III 类射线装置，可能的事故工况主要有以下情况：

①工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离机房，射线装置运行可能产生误照射。

②人员误入正在运行的射线装置机房。

因此，医务人员必须严格按照操作程序进行诊断，防止事故照射的发生，避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射。并且，工作人员每次上班时首先要检查防护门上的灯光警示装置是否正常。如果失灵，应立即修理，恢复正常。

#### （2）SPECT-CT

①当装有放射性核素药物的货包未按预定的时间到达时，医院应立刻给订货公司打电话，并通知他们货物没有收到，要求他们追踪货包，并找到货包为止。

②由于管理不善，有可能发生放射性物品失窃，造成放射性污染事故。为杜绝该事故的发生，医院应设有专门的放射性物品房间，实行双人双锁管理。

③由于操作不慎，有少量的液态  $^{99m}\text{Tc}$  溅洒。发生这种事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。用表面污染监测仪测量污染区，如果  $\beta$  表面污染大于  $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到控制标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区  $\beta$  表面污染小于  $40\text{Bq}/\text{cm}^2$  为止。

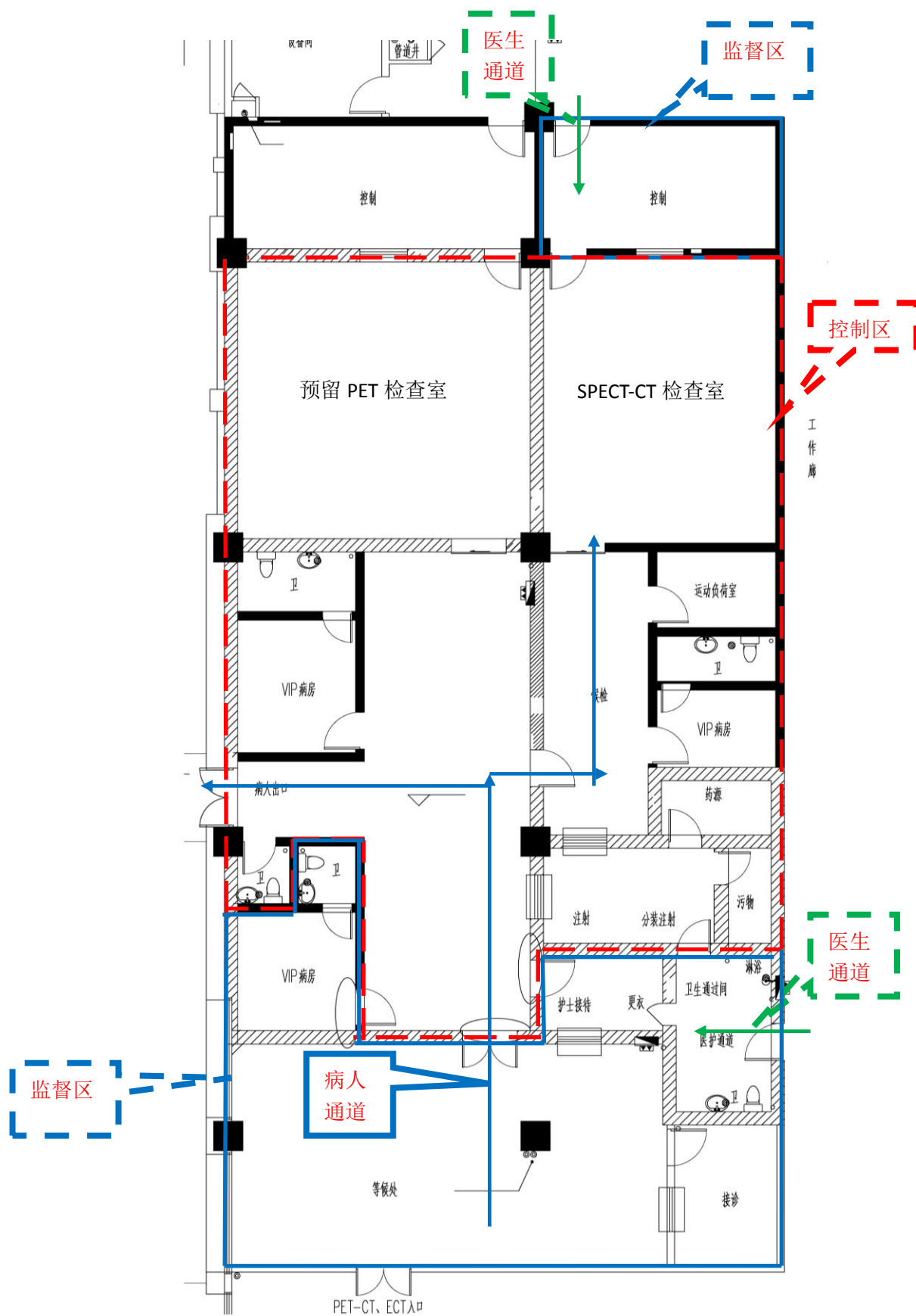


图 11-1 SPECT-CT 用房分区示意图

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

医院已制定《放射防护安全管理机构及职责》。内容包括：

①医院确定本单位辐射工作安全责任人，设置以行政主管领导为组长的辐射防护领导机构，并指定专人负责射线装置运行时的安全和防护工作。

②辐射防护领导机构规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明。

③辐射防护领导机构加强监督管理，切实保证医院各项规章制度的实施。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

#### 一、管理制度现状

医院现配备 2 台 II 类射线装置，15 台 III 类射线装置，1 台磁共振仪，均已取得环保审批部门的环评批文（浙环建[2004]289 号、绍市环审[2015]14 号）和验收批文（浙环辐验[2015]41 号、绍柯放验[2017]03 号），并于 2015 年 6 月取得了《辐射安全许可证》（浙环辐证[D2228]），辐射项目前期手续齐全。

在历年运行中，医院已制定《关于调整医院放射防护管理委员会的通知》、《放射诊疗安全防护管理制度》、《放射科影像质量与介入诊疗质量保证实施方案及持续改进计划》、《电离辐射危害温馨告示》、《放射工作人员健康管理制度》、《设备维修保养制度》、《放射事故报告制度及应急处理预案》、《X 射线摄影系统操作规程》、《CT 操作规程》、《移动 X 线机安全操作规程》、《人员培训计划、体检及保健制度》、《监测方案》和《自行检查和年度评估制度》等制度。

现有的 100 名辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训学习，并培训合格取得合格证书（见附件 9），100 名工作人员建立了个人剂量档案（见附件 10）和职业健康档案（见附件 11），现有工作场所开展了年度放射防护检测（见附件 12），并完成了 2017 年度的年度评估报告（见附件 13）。

#### ③个人剂量检定情况

医院现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，每 3 个月到有资质单位检测一次，并建立了个人剂量档案。

#### ④职业健康体检情况

医院已开展职业健康体检工作，辐射工作人员在岗期间的职业健康检查结果为可继续原放射工作。

#### ⑤职业资格培训情况

医院现有辐射工作人员均已取得《辐射安全和防护培训》合格证书，须及时安排合格证书过期的辐射工作人员参加辐射安全防护培训，取得合格证后方可上岗。

#### ⑥年度评估制度

每年底对辐射防护工作进行年度评估，并按期向环保主管部门提交年度评估报告，历年工作未发生辐射事故。

### 二、本项目须完善内容

本项目为使用Ⅱ类放射性同位素和射线装置项目，医院需结合本项目实际，完善现有的管理机构和各项规章制度。

(1) 医院需完善《辐射安全防护管理机构及职责》。内容包括：

a. 环评报批后，尽快向有权限的环保部门申请换领《辐射安全许可证》，领取许可证且办理登记手续后方可从事许可范围内的放射工作，需改变许可登记内容或终止放射工作时，必须按规范向审批部门办理变更或注销手续；

b. 医院在从事辐射操作前，须为增加的射线装置制订《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》、《辐射工作安全责任书》等规章制度；同时医院须组织新增的辐射工作人员进行辐射安全防护知识的培训，并进行个人剂量检测和职业健康检查；

(2) 医院须为增加的射线装置制定《安全操作规程》

a. 凡涉及对射线装置进行的操作，都有应有明确的操作规程，操作人员必须按操作规程进行操作。

b. 操作人员必须熟悉射线装置的性能和使用方法，并做好相应的个人防护，操作规程应张贴在操作人员可看到的显眼位置，防止误操作。

(3) 医院须为增加的射线装置制定《辐射工作人员岗位职责》

医院必须制定评片人员职责、拍片操作人员职责。

(4) 医院须为增加的射线装置制定《辐射防护和安全保卫制度》

射线装置的使用场所，应有开机工作警示灯，电离辐射警示标志及中文警示说明等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

(5) 医院须为增加的射线装置制定《设备检修和维护制度》

对可能引起操作失灵的关键零配件及时进行更换。设备检修时禁止开启射线装

置。大修后主要性能未达到仪器基本参数时不准重新投入使用。

(6) 医院须为增加的射线装置制定《自行检查和年度评估制度》

a. 定期对机房的安全装置和防护措施、设施的安全防护效果进行检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患，必须立即进行整改，避免事故的发生。

如每天进行工作指示灯和电离辐射标志检查，每月核实规章制度执行情况，每季度进行个人剂量档案归档及检查，每年进行身体健康档案归档及检查等。

b. 医院应当编写安全和防护状况年度评估报告，于每年年底前上报许可证审批机关备案，接受行政机关的监督检查。

(7) 安全培训及健康管理

本项目扩建完成后，本项目辐射工作人员均需参加上岗培训、建立个人剂量档案和职业健康档案。具体要求如下：

①本项目辐射工作人员应配备个人剂量计，个人剂量仪每 3 个月到相关部门检测一次，并建立了个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量检测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年；

②本项目辐射工作人员应进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。对于新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检，合格者才能上岗；在本单位从事过辐射工作的人员在离开工作岗位时也要进行健康检查；

③本项目辐射工作人员应参加有资质单位的辐射防护培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗。辐射安全与防护培训学习需按 4 年一次的要求进行复训。

### 12.3 辐射监测

医院须定期（每年 1 次）请有资质的单位对机房周围环境进行检测，并建立检测技术档案。检测数据每年年底向当地环保局上报备案。

(1) 检测频度：每年常规检测一次。

(2) 检测范围：机房周围。

(3) 检测项目：X- $\gamma$  辐射剂量率、 $\beta$  表面污染、中子、废水。

(4) 检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

## 12.4 辐射事故应急

医院已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条之规定，建立《辐射事故应急预案》，具体见附件 14，包括以下内容：

- ①应急机构和职责分工；
- ②应急人员的组织、培训以及应急；
- ③可能发生辐射事故类别与应急响应措施；

发生辐射事故时，事故单位应立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门报告。涉及人为故意破坏或放射性同位素丢失的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

- ④辐射事故调查、报告和处理程序。

同时，应急预案中已明确应急的具体人员和联系电话。

## 12.5 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素、射线装置的单位应具备相应的条件。对其从事辐射活动能力的评价见表 12-1：

表 12-1 从事辐射活动能力评价

| 应具备条件                                                                                                  | 落实情况                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| （一）使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。 | 已设有放射防护领导小组                                |
| （二）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。                                                              | 现有的 100 名辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训学习，并培训合格取得合格证书 |
| （三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。                                                              | 医院计划在 SPECT-CT 用房设有专门的放射性物品房间，实行双人双锁管理。    |

|                                                                           |                                      |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| （四）放射性同位素与射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的防护措施。                           | 已制定相应的操作规程，张贴了电离辐射警示标志，新建机房同样须满足该项要求 |
| （五）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，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。 | 已配备了个人剂量仪和辐射场所监测仪器，并计划配备表面污染监测仪。     |
| （六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。          | 大部分制度已制订，但还需按报告表要求完善                 |
| （七）有完善的辐射事故应急措施。                                                          | 已制定                                  |
| （八）产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。                | 已有可行的处理能力或处理方案。                      |

以上分析表明，该医院从事辐射活动能力基本满足法律法规的要求。

表 13 结论与建议

### 13.1 实践的正当性

绍兴第二医院使用射线装置，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

### 13.2 选址合理性

医院东侧是中兴南路，隔中兴南路是假日培训学校等；南侧是延安路，隔延安路是锦绣花园小区等；西侧是新建南路，隔新建南路是咸亨之家等；北侧是柔遁弄，隔柔遁弄是柔遁弄小区和鲁迅故里。

DSA 机房拟放置于 3#病房楼一层放射科，医用直线加速器机房（1）、机房（2）拟放置于肿瘤大楼一层，SPECT 机房拟放置于肿瘤大楼一层。本项目周围 50m 范围内环境敏感点为医院西侧的为新建南路 697 号等建筑，北侧的柔遁弄小区。

根据辐射环境影响分析，射线装置运行不会对周围环境产生辐射影响，故本项目的选址可行。

### 13.3 辐射屏蔽能力分析

根据机房的屏蔽设计，DSA 机房的屏蔽能力能满足《医用 X 射线诊断放射防护标准》（GBZ 130-2013）的要求。

直线加速器机房的面积和墙体的屏蔽能力均符合《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）的要求。

本项目 SPECT-CT 机房的面积和墙体的屏蔽能力均符合《医用 X 射线诊断放射防护标准》（GBZ 130-2013）关于 CT 机（机房内最小机有效使用面积大于 30m<sup>2</sup>，机房内最小单边长度大于 4.5m）的要求。

### 13.4 主要污染因子、防护措施和辐射环境影响评价

本项目的主要污染因子为 X-γ 射线，医院通过墙体、顶棚及防护门已能屏蔽 X-γ 射线。辐射环境影响评价如下：

#### （1）放射性同位素

放射性同位素的主要污染因子是 γ 射线、β 表面污染、废液、废水和固体废弃物中的 <sup>99m</sup>Tc。

本项目通过增加墙体、防护门的防护厚度来屏蔽 γ 射线，通过清洗，加强三区管理等措施来减少 β 表面污染，并将废液中的放射性核素的量通过衰变池衰减后排放。

根据现状监测结果及预测分析可知，核医学机房运行时，从事辐射操作的工作人员和公众成员受到的额外照射均小于各自的剂量管理限值（5000 $\mu$ Sv、250 $\mu$ Sv），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。

#### （2）射线装置（DSA、直线加速器、SPECT 配套 CT）

DSA、SPECT 配套 CT 等射线装置的主要污染因子为 X 射线、 $\gamma$  射线。

直线加速器的主要污染因子为 X 射线，其次为中子、臭氧、氮氧化物。

医院通过增加墙体、顶棚及防护门的厚度来屏蔽 X 射线、 $\gamma$  射线、中子。

通过通风换气措施来消除臭氧、氮氧化物影响。

现场监测结果及预测分析可知，医院从事辐射操作的工作人员和公众成员受到的额外照射均小于各自的剂量管理限值（5000 $\mu$ Sv、250 $\mu$ Sv），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。

### 13.5 管理机构和规章制度

医院已成立辐射防护领导机构，指定专人负责辐射装置运行时的安全和防护工作，并制定了《关于调整医院放射防护管理委员会的通知》、《放射诊疗安全防护管理制度》、《放射科影像质量与介入诊疗质量保证实施方案及持续改进计划》、《电离辐射危害温馨告示》、《放射工作人员健康管理制度》、《设备维修保养制度》、《放射事故报告制度及应急处理预案》、《X 射线摄影系统操作规程》、《CT 操作规程》、《移动 X 线机安全操作规程》、《人员培训计划、体检及保健制度》、《监测方案》和《自行检查和年度评估制度》等制度。扩建的射线装置也应制定相应的制度。

本项目扩建使用 DSA，直线加速器、SPECT-CT，在环评报批后尽快向有权限的部门换领《辐射安全许可证》。

### 13.6 安全培训及健康管理

要求本项目新增的辐射工作人员也应配备个人剂量计，个人剂量仪每 3 个月到相关部门检测一次，并建立了个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量检测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年；新增的辐射工作人员也应进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。对于新上岗工作人员，做好

上岗前的健康体检，合格者才能上岗；在本单位从事过辐射工作的人员在离开工作岗位时也要进行健康检查；新增的辐射工作人员也应参加有资质单位的辐射防护培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗。辐射安全与防护培训学习需按 4 年一次的要求进行复训。

### **13.7 环保可行性结论**

绍兴第二医院在落实报告提出的各项污染防治措施后，医院将具备相应从事的辐射活动的技术能力，本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

### **建议和承诺**

（1）环评报批后，医院需及时向环境保护主管部门换领《辐射安全许可证》。

（2）建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

表 14 审批

|              |              |
|--------------|--------------|
| 下一级环保部门预审意见: |              |
| 经办人          | 公 章<br>年 月 日 |
| 审批意见:        |              |
| 经办人          | 公 章<br>年 月 日 |

