

核技术利用建设项目

浙北医学中心医用放射性同位素及后装机等  
辐射装置应用项目环境影响报告表  
(报批稿)

湖州市中心医院

2018 年 11 月

环境保护部监制

## 核技术利用建设项目

# 浙北医学中心医用放射性同位素及后装机等 辐射装置应用项目环境影响报告表

建设单位名称：湖州市中心医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：湖州市红旗路医院巷

邮政编码：313300

联系人：林\*

电子邮箱：

联系电话：139\*\*\*\*4170

# 目 录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 表 1 项目基本情况.....      | 1  |
| 表 2 放射源.....         | 4  |
| 表 3 非密封放射性物质.....    | 4  |
| 表 4 射线装置.....        | 5  |
| 表 5 废弃物.....         | 7  |
| 表 6 评价依据.....        | 8  |
| 表 7 保护目标与评价标准.....   | 10 |
| 表 8 环境质量和辐射现状.....   | 20 |
| 表 9 项目工程分析与源项.....   | 23 |
| 表 10 辐射安全与防护.....    | 29 |
| 表 11 环境影响分析.....     | 41 |
| 表 12 辐射安全管理.....     | 54 |
| 表 13 从事辐射活动能力要求..... | 57 |
| 表 14 结论与建议.....      | 59 |
| 表 15 审批.....         | 63 |

表 1 项目基本情况

|             |          |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                  |                       |             |
|-------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------|
| 建设项目名称      |          | 浙北医学中心医用放射性同位素及后装机等辐射装置应用项目                                                                                                |                                                                                                                                                                                  |                       |             |
| 建设单位        |          | 湖州市中心医院                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                  |                       |             |
| 法人代表        | 钮**      | 联系人                                                                                                                        | 林*                                                                                                                                                                               | 联系电话                  | 139****4170 |
| 注册地址        |          | 湖州市红旗路医院巷                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                  |                       |             |
| 项目建设地点      |          | 市北分区 SB38 号地块内，地块东为望湖路（规划），南为三环北路，西为潜庄路（规划），北为日晖路（规划）                                                                      |                                                                                                                                                                                  |                       |             |
| 立项审批部门      |          | 湖州市发展和改革委员会                                                                                                                | 批准文号                                                                                                                                                                             | 湖发改审批[2014]181 号      |             |
| 建设项目总投资(万元) | 198764   | 项目环保投资(万元)                                                                                                                 | 1500                                                                                                                                                                             | 投资比例（环保投资/总投资）        | 0.75%       |
| 项目性质        |          | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它 |                                                                                                                                                                                  | 占地面积(m <sup>2</sup> ) | ---         |
| 应用类型        | 放射源      | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | <input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类                             |                       |             |
|             |          | <input type="checkbox"/> 使用                                                                                                | <input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input checked="" type="checkbox"/> V 类 |                       |             |
|             | 非密封放射性物质 | <input type="checkbox"/> 生产                                                                                                | <input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物                                                                                                                                           |                       |             |
|             |          | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | /                                                                                                                                                                                |                       |             |
|             |          | <input type="checkbox"/> 使用                                                                                                | <input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙                                                                                                                 |                       |             |
|             | 射线装置     | <input type="checkbox"/> 生产                                                                                                | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类                                                                                                                     |                       |             |
|             |          | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类                                                                                                                     |                       |             |
|             |          | <input checked="" type="checkbox"/> 使用                                                                                     | <input type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类                                                                                                          |                       |             |
|             | 其他       | /                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                  |                       |             |

### 医院概述:

浙北医学中心（湖州市中心医院迁建工程）位于市北分区 SB38 号地块内，地块东为望湖路（规划），南为三环北路，西为潜庄路（规划），北为日晖路（规划）。主要建设内容包括中心医院、南太湖医疗保健中心（暂定名）、地下停车库等建筑，道路、绿化、堆晒和医疗废物与日产垃圾存放、处置等外配套工程。项目按 1500 张床位规模建设，其中中心医院 1200 床，南太湖医疗保健中心 300 床。项目总用地面积 213500 平方米，总建筑面积 206880 平方米。湖州市中心医院老院区辐射项目于 2004 年取得辐射环评批复文件（批文号：浙环建[2004]245 号）；2007 年 1 月 4 日通过验收（批文号：浙环辐验[2007]1 号）；于 2014 年 4 月 27 日续领了辐射安全许可证，种类和范围：使用 II 类、III 类射线装置，证书编号：浙环辐证[E2130]（E0006），有效期至：2019 年 4 月 26 日。

### 任务由来:

2017 年，浙北医学中心（湖州市中心医院迁建工程）7 台 II 类射线装置（其中直线加速器 3 台，DSA 3 台，ERCP 1 台）和 35 台 III 类射线装置（其中 CT 机 9 台、DR 机 7 台和其他普通 X 光机 19 台）已取得湖州市环境保护局关于浙北医学中心直线加速器、DSA 等医用射线装置建设项目（新建）环境影响报告表的审批意见（文号：湖环辐管[2017]3 号）。

根据建设单位发展规划，浙北医学中心（湖州市中心医院迁建工程）拟新增医用放射性同位素及后装机等辐射装置应用项目，具体建设内容为：核医学科新增 1 台 SPECT-CT、1 台 PET-CT 和 1 台 PET-MR；新增  $^{68}\text{Ge}$  密封放射源（总活度  $5.18 \times 10^8 \text{Bq}$ ，属于 V 类源）；新增乙级非密封源工作场所，具体使用放射性同位素  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ ；放疗科新增 1 台后装机（含 1 枚  $^{192}\text{Ir}$  放射源，活度  $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ （10Ci），属 III 类源）。

根据国家相关的法规要求，医院该项目应进行辐射环境影响评价，同时为了更好的满足国家有关辐射环境管理的规定和环保管理部门的监管要求，保护公众健康，医院于 2018 年 9 月 6 日正式委托四川省核工业辐射测试防护院对该项目进行辐射环境影响评价。

评价单位在现场踏勘、检测和收集有关资料的基础上，按照国家对辐射项目环境影

响评价技术规范的要求，编制完成该项目的辐射环境影响报告表。

#### **项目地理位置：**

##### **（1）医院地理位置**

浙北医学中心（湖州市中心医院迁建工程）位于市北分区 SB38 号地块内，地块东为望湖路（规划），南为三环北路，西为潜庄路（规划），北为日晖路（规划）。其具体地理位置示意图见附图 1。

##### **（2）辐射工作场所位置**

本次环评项目所在的核医学科位于医院 D 楼北侧地下一层，利用该场所开展 SPECT-CT、PET-CT、PET-MR 显像检查和  $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  等核素治疗相关工作；放疗科位于 D 楼和 E 楼之间地下一层，利用该场所的后装机房开展放疗工作；评价范围 50m 内无环境敏感目标。医院总平面布置及周边环境概况见附图 2，地下一层平面布置见附图 3。

表 2 放射源

| 序号 | 核素名称              | 总活度 (Bq)<br>活度 (Bq) × 枚数                                                                                  | 类别 | 活度<br>种类 | 用途       | 使用场所      | 贮存方式与地点        | 备注 |
|----|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------|----------|-----------|----------------|----|
| 1  | <sup>192</sup> Ir | $3.7 \times 10^{11}$ Bq (10Ci) × 1                                                                        | 使用 | III类     | 放射治疗     | 放疗科       | 放射源配置在放射治疗机机头内 | /  |
| 2  | <sup>68</sup> Ge  | 总活度: $1.85 \times 10^8$<br>活度: $4.625 \times 10^7$ Bq (1.25mCi) × 2<br>$9.25 \times 10^7$ Bq (2.5mCi) × 1 | 使用 | V类       | PET 设备校正 | PET/CT 机房 | 储源室保险箱内        | /  |
| 3  | <sup>68</sup> Ge  | 总活度: $3.33 \times 10^8$<br>活度: $5.55 \times 10^7$ Bq (1.5mCi) × 4<br>$1.11 \times 10^8$ Bq (3mCi) × 1     | 使用 | V类       | PET 设备校正 | PET/MR 机房 | 储源室保险箱内        | /  |

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                  |                       |          | 周操作频次 | 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                                               |
|----|-------------------|------|------|---------------------------|-----------------------|----------|-------|--------------------|-----------------------|----------------|--------|-------------|-------------------------------------------------------|
|    |                   |      |      | 单人最大用量 (Bq)               | 实际日最大操作量 (Bq)         | 数量 (人/日) |       |                    |                       |                |        |             |                                                       |
| 1  | <sup>99m</sup> Tc | 液体   | 使用   | $7.4 \times 10^8$ (20mCi) | $2.22 \times 10^{10}$ | 30       | 5     | $2.22 \times 10^7$ | $5.55 \times 10^{12}$ | SPECT 显像       | 很简单的操作 | SPECT-CT 机房 | 根据实际使用量向有资质的单位购买, 购买后装有放射药品溶液的铅罐暂存于源库, 源库采取双人双锁的管理方式。 |
| 2  | <sup>18</sup> F   | 液体   | 使用   | $3.7 \times 10^8$ (10mCi) | $1.48 \times 10^{10}$ | 20       | 5     | $1.48 \times 10^7$ | $3.7 \times 10^{12}$  | PET-CT 显像      | 很简单的操作 | PET-CT 机房   |                                                       |
| 3  | <sup>18</sup> F   | 液体   | 使用   | $3.7 \times 10^8$ (10mCi) |                       | 20       | 5     |                    |                       | PET-MR 显像      | 很简单的操作 | PET-MR 机房   |                                                       |
| 4  | <sup>131</sup> I  | 液体   | 使用   | $1.85 \times 10^8$ (5mCi) | $2.78 \times 10^9$    | 5        | 2     | $2.78 \times 10^8$ | $2.78 \times 10^{11}$ | 甲状腺功能测定, 甲状腺显像 | 简单操作   | SPECT-CT 机房 |                                                       |
| 5  | <sup>131</sup> I  | 液体   | 使用   | $3.7 \times 10^8$ (10mCi) |                       | 5        | 2     |                    |                       | 甲亢治疗           | 简单操作   | SPECT-CT 机房 |                                                       |
| 6  | <sup>89</sup> Sr  | 液体   | 使用   | $1.48 \times 10^8$ (4mCi) | $7.4 \times 10^8$     | 5        | 2     | $7.4 \times 10^7$  | $7.4 \times 10^{10}$  | 肿瘤骨转移治疗        | 简单操作   | 核医学科注射室     |                                                       |

表 4 射线装置

表 4-1 已审批、未运行的直线加速器

| 序号 | 名称      | 类别   | 数量 | 型号 | 加速<br>粒子 | 最大能量<br>(MeV) | 额定电流 (mA) /<br>剂量率 (Gy/h) | 用途    | 工作场所 | 备注                                   |
|----|---------|------|----|----|----------|---------------|---------------------------|-------|------|--------------------------------------|
| 1  | 电子直线加速器 | II 类 | 2  | 待定 | 电子       | 10MeV         | —                         | 放射性诊断 | 地下一层 | 2017 年环评, 批文<br>号: 湖环辐管<br>[2017]3 号 |
| 2  | 电子直线加速器 | II 类 | 1  | 待定 | 电子       | 15MeV         | —                         | 放射性诊断 | 地下一层 |                                      |

表 4-2 已审批、未运行的射线装置

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压<br>(kV) | 最大管电流<br>(mA) | 用途    | 工作场所     | 备注                                   |
|----|----|----|----|----|---------------|---------------|-------|----------|--------------------------------------|
| 1  | CT | Ⅲ类 | 1  | 待定 | 150           | 800           | 放射性诊断 | 地下一层     | 2017年环评，<br>批文号：湖环<br>辐管[2017]3<br>号 |
| 2  | CT | Ⅲ类 | 1  | 待定 | 150           | 800           | 放射性诊断 |          |                                      |
| 3  | DR | Ⅲ类 | 1  | 待定 | 150           | 800           | 放射性诊断 | E楼一层感染门诊 |                                      |
| 4  | DR | Ⅲ类 | 1  | 待定 | 150           | 800           | 放射性诊断 | C楼二层影像中心 |                                      |
| 5  | DR | Ⅲ类 | 1  | 待定 | 150           | 800           | 放射性诊断 |          |                                      |
| 6  | DR | Ⅲ类 | 1  | 待定 | 150           | 800           | 放射性诊断 |          |                                      |
| 7  | DR | Ⅲ类 | 1  | 待定 | 150           | 800           | 放射性诊断 |          |                                      |
| 8  | DR | Ⅲ类 | 1  | 待定 | 150           | 800           | 放射性诊断 |          |                                      |
| 9  | CT | Ⅲ类 | 1  | 待定 | 150           | 800           | 放射性诊断 |          |                                      |
| 10 | CT | Ⅲ类 | 1  | 待定 | 150           | 800           | 放射性诊断 |          |                                      |
| 11 | CT | Ⅲ类 | 1  | 待定 | 150           | 800           | 放射性诊断 |          |                                      |

|    |           |    |   |    |     |      |       |                                     |                                      |  |
|----|-----------|----|---|----|-----|------|-------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 12 | CT        | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 150 | 800  | 放射性诊断 |                                     | 2017年环评，<br>批文号：湖环<br>辐管[2017]3<br>号 |  |
| 13 | CT        | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 150 | 800  | 放射性诊断 |                                     |                                      |  |
| 14 | 胃肠机       | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 150 | 800  | 放射性诊断 |                                     |                                      |  |
| 15 | 乳腺钼靶机     | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 150 | 300  | 放射性诊断 |                                     |                                      |  |
| 16 | 骨密度仪（全身）  | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 76  | 3    | 放射性诊断 |                                     |                                      |  |
| 17 | DR        | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 150 | 800  | 放射性诊断 | D楼二层体检中心                            |                                      |  |
| 18 | 骨密度仪（全身）  | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 76  | 3    | 放射性诊断 |                                     |                                      |  |
| 19 | CT        | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 150 | 500  | 放射性诊断 |                                     |                                      |  |
| 20 | 乳腺钼靶机     | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 150 | 300  | 放射性诊断 |                                     |                                      |  |
| 21 | 碎石机       | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 110 | 50   | 放射性诊断 | E楼二层外科门诊                            |                                      |  |
| 22 | 全景机       | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 90  | 15   | 放射性诊断 | F楼三层口腔科                             |                                      |  |
| 23 | 口腔 CT     | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 96  | 16   | 放射性诊断 |                                     |                                      |  |
| 24 | 牙片机       | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 70  | 8    | 放射性诊断 |                                     |                                      |  |
| 25 | C 臂机      | Ⅲ类 | 5 | 待定 | 125 | 30   | 放射性诊断 | C楼四层手术中心3#、4#、7#、8#、13#—18#手术室（10间） |                                      |  |
| 26 | CT        | Ⅲ类 | 1 | 待定 | 150 | 800  | 放射性诊断 | C楼四层手术中心                            |                                      |  |
| 27 | 移动式 X 射线机 | Ⅲ类 | 5 | 待定 | 125 | 300  | 放射性诊断 | 病房                                  |                                      |  |
| 28 | ERCP      | Ⅱ类 | 1 | 待定 | 150 | 800  | 放射性诊断 | C楼三层腔镜中心十二指肠室                       |                                      |  |
| 29 | DSA       | Ⅱ类 | 1 | 待定 | 150 | 1250 | 放射性诊断 | C楼三层心血管科                            |                                      |  |
| 30 | DSA       | Ⅱ类 | 1 | 待定 | 150 | 1250 | 放射性诊断 |                                     |                                      |  |
| 31 | DSA       | Ⅱ类 | 1 | 待定 | 150 | 1250 | 放射性诊断 |                                     |                                      |  |

表 4-3 本次环评的射线装置

| 序号 | 名称               | 类别  | 数量 | 型号 | 最大管电压<br>(kV) | 最大管电流<br>(mA) | 用途   | 工作场所        | 备注   |
|----|------------------|-----|----|----|---------------|---------------|------|-------------|------|
| 1  | CT, SPECT-CT 配套用 | III | 1  | 待定 | 150           | 800           | 放射诊断 | SPECT-CT 机房 | 本次环评 |
| 2  | CT, PET-CT 配套用   | III | 1  | 待定 | 150           | 800           | 放射诊断 | PET-CT 机房   |      |

表 5 废弃物

| 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                              |
|-----------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------|----------|--------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 放射性废水                       | 液体 | $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ | 根据实际使用情况                       | <10ALI | 根据实际使用情况 | 总 $\alpha$ : <1Bq/L<br>总 $\beta$ : <10Bq/L | 核医学科衰变池暂存                | 符合 GB18871-2002 低放废水排放条件后, 排入市政管网 |
| 报废的 $^{192}\text{Ir}$ 放射源** | 固态 | $^{192}\text{Ir}$                                                         | 在使用过程中不产生放射性废水、废气, 根据实际使用情况更换。 |        |          |                                            | 放射治疗机机头内                 | 废源须由有资质的单位处置或生产厂家回收               |
| 报废的 $^{68}\text{Ge}$ 放射源**  | 固态 | $^{68}\text{Ge}$                                                          |                                |        |          |                                            | 专用保险箱暂存, 做好双人双锁管理, 并尽快处置 |                                   |

注: \*目前医院无废放射源。

\*\*废放射源是指不打算用于其初始目的的密封放射源。

表 6 评价依据

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 法规文件 | <p>(1) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2016 年 9 月；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月；</p> <p>(3) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年；</p> <p>(4) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部令第 44 号，2017 年 6 月 29 日；</p> <p>(6) 《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》，生态环境部令第 1 号，2018 年 4 月 28 日起实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 修正版），中华人民共和国环境保护部令第 47 号，2017 年 12 月；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2014 年修订）》，国务院第 449 号令，于 2014 年 7 月 29 日起施行；</p> <p>(9) 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>(10) 《浙江省辐射环境管理办法》，省政府令第 289 号，2012 年 2 月；</p> <p>(11) 《国家危险废物名录》，环境保护部令第 39 号，2016 年 8 月；</p> <p>(12) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，浙江省人民政府令第 364 号，2018 年 3 月 1 日起施行；</p> <p>(13) 《射线装置分类》，环境保护部和国家卫生计生委，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日。</p> |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|             |                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>技术标准</p> | <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 10.1-2016，环境保护部。</p>                                                                                                                                                                           |
| <p>其他</p>   | <p>(1) 事业单位法人证书，见附件 1；</p> <p>(2) 环评委托书，见附件 2；</p> <p>(3) 湖州市环境保护局关于浙北医学中心（湖州市中心医院迁建工程）项目环境影响报告书的批复，湖环建[2014]43 号，见附件 3；</p> <p>(4) 关于浙北医学中心直线加速器、DSA 等医用射线装置建设项目（新建）环境影响报告表的审批意见，湖州市环境保护局，湖环辐管[2017]3 号，见附件 4；</p> <p>(5) 检测报告，见附件 5。</p> |

表 7 保护目标与评价标准

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>评价范围</b></p> <p>根据本项目的特点，同时结合《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）的相关规定，放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙、丙级取半径 50m 的范围，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。</p> <p>因此，本项目的评价范围为核医学科乙级非密封工作场所周围 50m 范围以及放疗科后装机机房屏蔽墙边界外 50m 范围。</p>                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>保护目标</b></p> <p>本项目环境保护目标为医院核医学科从事注射核素和操作 PET-CT、PET-MR、SPECT-CT 设备的放射工作人员以及放疗科从事操作后装机的放射工作人员、周围其他非辐射工作人员和公众成员。</p> <p>据现场踏勘，本项目相关辐射工作场所周围 50m 区域内无环境敏感点。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <p><b>评价标准</b></p> <p><b>（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</b></p> <p>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。</p> <p>①防护与安全的最优化</p> <p>第 4.3.3.1 款 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束的潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。</p> <p>②剂量限值</p> <p>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。</p> <p>第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：</p> |

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。

### ③分区

#### 第 6.4.1 款 控制区

第 6.4.1.1 款 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定位控制区，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。

#### 第 6.4.2 款 监督区

第 6.4.2.1 款 注册者和许可证持有者应将下述区域定位监督区：这种区域未被定为控制区，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。

### ④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 7-1 所列。

表 7-1 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> |
| <sup>1)</sup> 该区内的污染子区除外。 |                   |                    |

### ⑤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 7-2 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 7-2 非密封源工作场所的分级

| 级别 | 日等效最大操作量/Bq                        |
|----|------------------------------------|
| 甲  | $>4 \times 10^9$                   |
| 乙  | $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$ |
| 丙  | 豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$       |

⑥放射性物质向环境排放的控制规定

该标准对放射性物质向环境排放的控制规定。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  $10ALI_{\min}$  ( $ALI_{\min}$  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)《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）

本标准规定了操作非密封源的辐射防护原则与要求。

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，废液收集地点应由外照射防护措施。

第 7.2.3 款规定，经过处理的废液在向环境排放前，应先送往检测槽逐槽分析，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透能力。

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。

**（3）《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）**

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 临床核医学工作场所的放射防护要求**

4.1 临床核医学的工作场所应按照 GB18871 非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应放射防护措施。

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。为便于操作，针对临床核医学实践的具体情况，可以依据计划操作最大量放射性核素的加权活度，把工作场所分为 I、II、III 等三类（见表 7-3）。

**表 7-3 临床核医学工作场所具体分类<sup>1)</sup>**

| 分类                                                                                                             | 操作最大量放射性核素的加权活度 <sup>2)</sup> ，MBq |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| I                                                                                                              | > 50000                            |
| II                                                                                                             | 50~50000                           |
| III                                                                                                            | < 50                               |
| 注： <sup>1)</sup> 本表和表 2、表 3 均依据国际放射防护委员会（ICRP）第 57 号出版物；<br><sup>2)</sup> 加权活度=（计划的日操作最大活度×核素的毒性权重因子）/操作性质修正因子 |                                    |

**表 7-4 按表 7-3 划分的三类核医学工作场所的室内表面及装备结构要求<sup>1)</sup>**

| 场所分类                                                                                                      | 地面         | 表面  | 通风橱 <sup>2)</sup> | 室内通风   | 管道                 | 清洗及去污设备 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----|-------------------|--------|--------------------|---------|
| I                                                                                                         | 地板与墙壁接缝无缝隙 | 易清洗 | 需要                | 应设抽风机  | 特殊要求 <sup>3)</sup> | 需要      |
| II                                                                                                        | 易清洗且不易渗透   | 易清洗 | 需要                | 有较好通风  | 一般要求               | 需要      |
| III                                                                                                       | 易清洗        | 易清洗 | 不必                | 一般自然通风 | 一般要求               | 只需清洗设备  |
| 注： <sup>1)</sup> 依据国际放射防护委员会（ICRP）第 57 号出版物。<br><sup>2)</sup> 仅指实验室。 <sup>3)</sup> 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。 |            |     |                   |        |                    |         |

**6 临床核医学治疗的放射防护要求**

6.1 使用治疗量发射  $\gamma$  射线放射性药物的区域应划为控制区。用药后患者床边 1.5m 处或单人病房应划为临时控制区。控制区入口处应有 GB18871 规定的电离辐射警告标志；除医务工作人员外，其他无关人员不得入内，患者也不应随便离开该区。

6.2 配药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和已给药治疗的患者通过非放射性区域。

6.3 根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定临床核医学治疗病房的位置及其放射防护要求。

6.4 接受放射性药物治疗的患者应使用专用便器或者设有专用卫生间和浴室。

#### (4) 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)

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、固体废物、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，应有防渗透措施。

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

5.2.1 使用放射性药物治疗患者的临床核医学单位，应为住院患者治疗提供有防护标志的专用厕所，对患者排泄物实施统一收集和管理。规定患者住院治疗期间不得使用其他厕所。

5.2.2 专用厕所应具备使患者排泄物迅速全部冲洗入专用化粪池的条件，而且随时保持便池周围清洁；

5.2.3 专用化粪池内排泄物在贮存衰变后，经审管部门核准方可排入下水道系统。池内沉渣如难于排出，可进行酸化预处理后再排入下水道系统。

5.2.4 对不可设置专用厕所和专用化粪池的单位，应为注射或服用放射性药物（如<sup>131</sup>I、<sup>32</sup>P等）的住院治疗患者提供具有辐射防护性能的尿液、粪便收集器和呕吐物收集器。收集器内的排泄物在贮存衰变后，经审管部门批准可作免管废物处理。

5.2.5 收集含<sup>131</sup>I排泄物时，应同时加入NaOH或10%KI溶液后密闭存放待处理。

5.2.6 对含有放射性核素的实验动物排泄物，如本单位不具备专用化粪池，可以按照5.2.4处理。

5.2.7 对同时含有病原体的患者排泄物应使用专用容器单独收集，在贮放衰变、杀菌和消毒处理后，经审管部门批准可排入下水道系统。

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和不可燃、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，不破漏，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）《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）

## 4 技术内容

### 4.1 污水排放要求

4.1.2 县级及县级以上或 20 张床位及以上的综合医疗机构和其他医疗机构污水排放执行表 7-5 的规定。直接或间接排入地表水体和海域的污水执行排放标准，排入终端已建有正常运行城镇二级污水处理厂的下水道的污水，执行预处理标准。

**表 7-5 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值（日均值）**

| 序号 | 控制项目              | 排放标准 | 预处理标准 |
|----|-------------------|------|-------|
| 22 | 总 $\alpha$ (Bq/L) | 1    | 1     |
| 23 | 总 $\beta$ (Bq/L)  | 10   | 10    |

**(6) 《后装  $\gamma$  源近距离治疗放射卫生防护标准》（GBZ 121-2002）**

本标准规定了后装  $\gamma$  源近距离治疗设备、放射治疗室和实施后装放射治疗的防护要求与设备的检测。

**5 后装放射治疗室的防护要求**

5.1 放射治疗室必须经专业人员设计，治疗室必须与准备室和控制室分开设置。治疗室使用面积应不小于 20m<sup>2</sup>。

5.2 治疗室入口必须采用迷路设计，设置门机联锁，并在治疗室门上要有声、光报警。治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器。

5.3 治疗室墙壁及防护门的屏蔽厚度应符合防护最优化的原则，确保工作人员及公众的受照剂量小于相应的年剂量限值。

5.4 在控制室与治疗室之间应设观察窗(或监视器)与对讲机。

**(7) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）**

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（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

5.2 每台X射线机（不含移动式和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7-6要求。

表7-6 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 $m^2$ | 机房内最小单边长度 $m$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------|
| 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。 |                   |               |

## 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7-7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 $2.5\mu Gy/h$ 时，可不使用带有屏蔽防护的机房。

表7-7 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>mm          | 非有用线束方向铅当量<br>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。

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）：

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。

5.5 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。

5.6 机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

5.7 机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

5.9 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-8 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 0.25mm 铅当量；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 0.5mm 铅当量。

表 7-8 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

| 放射检查<br>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（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。        |                                     |                                        |                                     |                               |

**表 8 环境质量和辐射现状**

**环境质量和辐射现状：**

**8.1 辐射工作场所位置**

浙北医学中心（湖州市中心医院迁建工程）位于市北分区 SB38 号地块内，地块东为望湖路（规划），南为三环北路，西为潜庄路（规划），北为日晖路（规划）。其具体地理位置示意图见图 1。

本次环评核医学科应用项目位于医院 D 楼北侧地下一层，其上方为院内绿化带，下方为岩土层；放疗科后装机应用项目位于 D 楼和 E 楼之间地下一层，其上方为院内绿化带，下方为岩土层；评价范围 50m 内无环境敏感目标。医院总平面布置及周边环境概况见图 2，放疗科平面布置见图 4，核医学科平面布置见图 5。

**8.2 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，评价单位委托杭州旭辐检测技术有限公司于 2018 年 9 月 10 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。

**（4）检测仪器与规范**

检测仪器的参数与规范见表 8-1。

**表 8-1 X- $\gamma$ 辐射剂量当量率仪参数与规范**

|      |                      |
|------|----------------------|
| 仪器名称 | X- $\gamma$ 辐射剂量当量率仪 |
| 仪器型号 | 451P-DE-SI-RYR       |
| 生产厂家 | （美）Fluke Biomedical  |
| 能量响应 | >25 keV              |
| 量程   | 0~50mSv/h            |

|      |                                                                                           |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 检定证书 | 上海市计量测试技术研究院<br>(检定证书编号: 2017H21-20-1260484001)<br>有效期: 2017 年 10 月 19 日-2018 年 10 月 18 日 |
| 检测规范 | 电离辐射防护与辐射源安全基本标准 GB18871-2002<br>环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范 GB/T 14583-1993                  |

#### (5) 质量保证措施

- 合理布设检测点位, 保证各检测点位布设的科学性和可比性。
- 检测方法采用国家有关部门颁布的标准, 检测人员经考核并持有合格证书上岗。
- 检测仪器每年定期经计量部门检定, 检定合格后方可使用。
- 由专业人员按操作规程操作仪器, 并做好记录。
- 检测报告严格实行三级审核制度, 经过校对、校核, 最后由技术总负责人审定。

#### (6) 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 8-2, 检测报告见附件 4。

表 8-2 拟建辐射工作场所周围 X- $\gamma$ 辐射剂量率检测结果

| 点位序号 | 测 点 描 述    | 辐射剂量率 ( $\mu$ Sv/h ) |      |
|------|------------|----------------------|------|
|      |            | 平均值                  | 标准差  |
| ▲1   | 放疗科后装机房拟建址 | 0.11                 | 0.01 |
| ▲2   | 核医学科拟建址东侧  | 0.09                 | 0.01 |
| ▲3   | 核医学科拟建址南侧  | 0.12                 | 0.01 |
| ▲4   | 核医学科拟建址西侧  | 0.11                 | 0.01 |
| ▲5   | 核医学科拟建址北侧  | 0.10                 | 0.01 |

注: 检测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应。

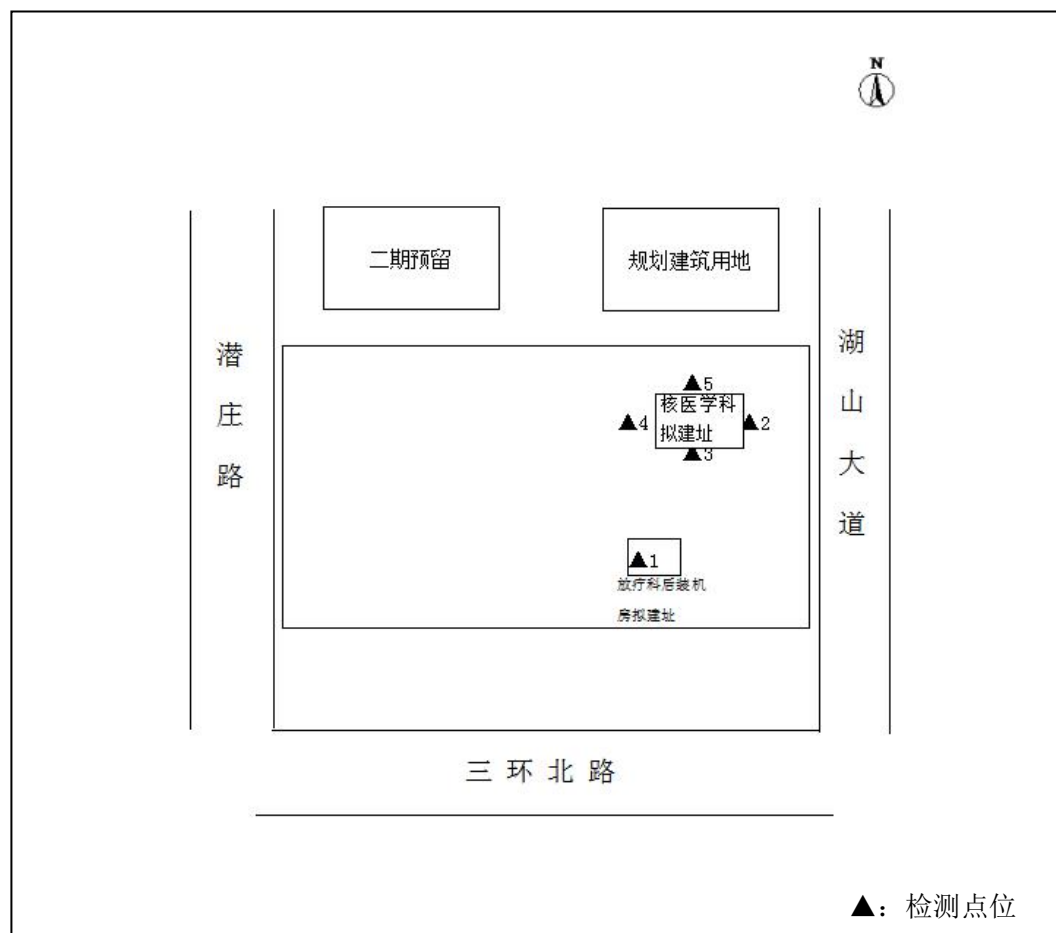


图 8-1 本项目拟建址周围检测点位示意图

## 8.2 现状评价

由检测结果可知：本项目拟建址周围辐射剂量率测量值在  $0.09 \mu\text{Sv/h} \sim 0.12 \mu\text{Sv/h}$  之间，由《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，湖州市建筑物室内  $\gamma$  辐射剂量率在  $0.04 \mu\text{Sv/h} \sim 0.17 \mu\text{Sv/h}$  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。

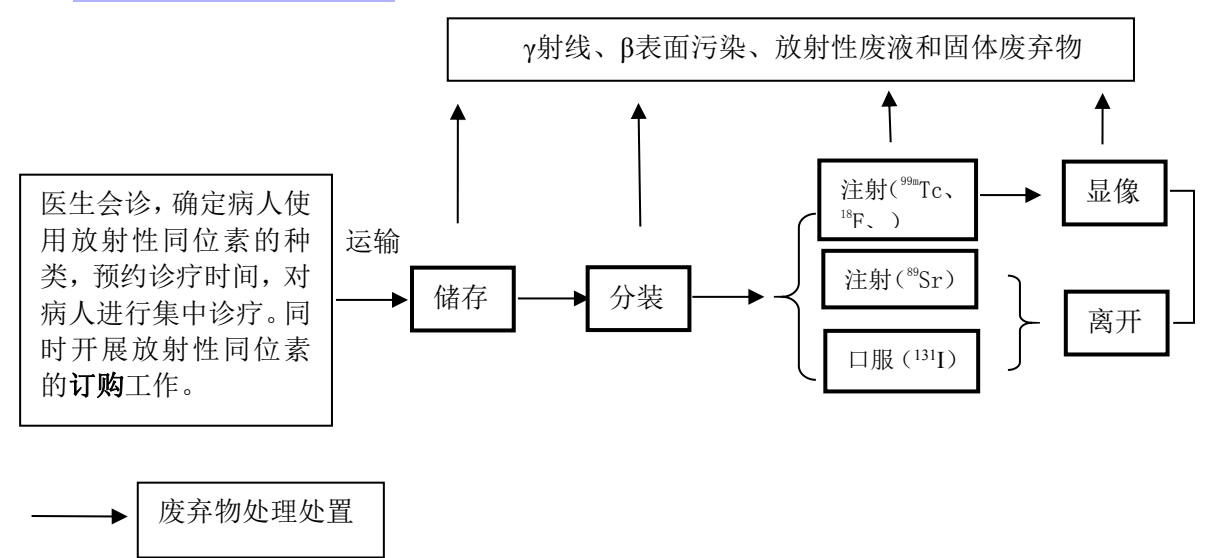
表 9 项目工程分析与源项

9.1 非密封源应用项目

本项目中核医学科辐射工作场所主要在 D 楼地下一层北侧。具体为：PET-CT 机房和 PET-MR 机房（使用  $^{18}\text{F}$ ）、SPECT-CT 机房（使用  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）、分装注射室（ $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）。

SPECT-CT、PET 显像检查主要通过给受检者注射放射性标记药物，如  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$ ，并利用单光子发射计算机断层扫描系统（SPECT-CT）或正电子发射型计算机断层扫描系统（PET）对受检者全身或者相关脏器进行诊断检查。

9.1.1 放射性同位素使用流程



9.1.2 性能参数

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 本项目使用的放射性同位素性能参数

| 核素                       | 半衰期   | 毒性 | 衰变方式      | 物理性态 | 年最大用量 (Bq)           | 日最大用量 (Bq)           | 用途            |
|--------------------------|-------|----|-----------|------|----------------------|----------------------|---------------|
| $^{99\text{m}}\text{Tc}$ | 6.02h | 低毒 | IT        | 液态   | $5.55\times 10^{12}$ | $2.22\times 10^{10}$ | SPECT-CT 显像   |
| $^{18}\text{F}$          | 1.83h | 低毒 | $\beta^+$ | 液态   | $3.7\times 10^{12}$  | $1.48\times 10^{10}$ | PET-CT/MR 显像  |
| $^{131}\text{I}$         | 8.04d | 中毒 | $\beta^-$ | 液态   | $2.78\times 10^{11}$ | $2.78\times 10^9$    | 甲状腺功能测定，甲状腺显像 |
| $^{131}\text{I}$         | 8.04d | 中毒 | $\beta^-$ | 液态   |                      |                      | 甲亢治疗          |
| $^{89}\text{Sr}$         | 50.5d | 中毒 | $\beta^-$ | 液态   | $7.4\times 10^{10}$  | $7.4\times 10^8$     | 骨转移治疗         |

### 9.1.3 工作原理

#### (1) 诊断用放射药物（显像剂）

①SPECT 扫描用： $^{99m}\text{Tc}$ （喷替酸盐注射液）；②PET 检查用： $^{18}\text{F}$ （氟代脱氧葡萄糖）。

当某种放射性核素或其标记物通过注射，口服等方式进入体内后，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 或 PET 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，放射性核素显像有助于疾病的早期诊断。

检查流程：

1) 根据医生指导意见，需要接受全身或脏器显像检查的人员提前预约登记，确定用量，医院根据实际情况自行生产或委托供药单位配药；

2) 受检者按约定时间在给药前候诊区准备和等候；

3) 准备好的受检者经过专用通道进入注射区，注射医务人员穿戴好个人防护用品，从贮药罐内用一次性注射器汲取计划的药量，在注射台前为受检者注射药物，注射时间平均约为 10s/每人；

4) 注射了放射性药物的受检者进入给药候诊区候诊或进行检查前的准备；

5) 已注射药物的受检者进入给药候诊区等待一段时间后进入检查室检查，医务人员配合受检病人摆好位后进入操作间进行隔室操作，摆位时间平均约 0.5min/每人；

6) 检查完成，受检者通过专用通道离开核医学区域。

#### (2) 治疗用放射药物

① $^{131}\text{I}$ （甲亢治疗）

$^{131}\text{I}$  药品名为碘化钠，甲状腺具有高度选择性摄取  $^{131}\text{I}$  的功能，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多。 $^{131}\text{I}$  在甲状腺内停留的时间较长，在甲亢患者甲状腺内的有效半衰期约 3~5 天（由于人体代谢等原因，有效半衰期比正常半衰期短）。 $^{131}\text{I}$  衰变时主要发

射 $\beta$ 粒子，且射程短，仅约 2~3mm，对周围正常组织一般无影响。因此，大剂量  $^{131}\text{I}$  进入功能亢进的甲状腺组织，这些组织在 $\beta$ 粒子集中且较长时间的作用下将遭受部分抑制或破坏取得类似部分切除甲状腺的效果，达到治疗甲亢的目的。

治疗流程：

1) 根据医生指导意见，需要接受治疗的患者提前登记预约，进行治疗前准备，需停用抗甲状腺药物两周以上，低碘饮食四周；

2) 进行相关体检和甲状腺  $^{131}\text{I}$  摄取率测定（须在 SPECT-CT 机房进行扫描）；

3) 根据甲亢程度，制定治疗剂量方案；

4) 根据制定方案给患者服碘，“甲亢”患者服碘后一般稍作观察后可直接离开。

② $^{89}\text{Sr}$ （骨转移癌治疗）

治疗骨肿瘤的放射性药物为临床上常用的  $^{89}\text{SrCl}_2$ ，利用机体内能高度选择地聚集在病变组织的化合物作为载体，将放射性核素靶运送到病变组织或细胞，使放射性核素与病变细胞紧密结合。根据当距辐射源的距离增大，来自源的辐射强度随距离平方值增长而减小的原理，使得辐射剂量主要集中在病灶内，而在比较远处的正常健康细胞得到较低的、不太会引起损伤的剂量。

$^{89}\text{Sr}$  具有趋骨性，在骨病变组织中浓聚更多。癌症晚期患者多会发生癌细胞骨转移，同时引发骨痛症状。骨肿瘤病灶部分由于骨组织受到破坏，成骨细胞的修复作用极其活跃，易浓聚大量  $^{89}\text{Sr}$  放射性药物。 $^{89}\text{Sr}$  衰变时放出最大能量为 1.71MeV 的  $\beta$  射线，用于死肿瘤细胞而发挥治疗作用。 $^{89}\text{Sr}$  用于骨转移癌治疗，病人在核素治疗区通过静脉注射氯化锶注射液，注射完成后病人即可出院，每位患者用量约为 148MBq。 $^{89}\text{Sr}$  骨转移癌治疗过程比较简单，病人一般不需要住院，只需在注射后留院观察一段时间（一般为 30min~60min）即可自行离开。

#### 9.1.4 污染因子

放射性废水：注射后待检人员的排泄物、呕吐物和医疗器械清洗废水。

放射性固废：医生操作过程使用的注射器、棉棒、一次性卫生防护用品、垫料和更换下来的过滤器等。

放射性废气：由于  $^{131}\text{I}$  为挥发性核素，因此在  $^{131}\text{I}$  分装过程会释放出放射性碘含量废气。

综上所述，该项目的污染因子有 $\gamma$ 射线、 $\beta$ 表面污染、废水和固体废弃物中的 $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 核素及放射性碘含量废气。

## 9.2 密封源

### 9.2.1 $^{192}\text{Ir}$ 后装机

#### (1) 工作原理

该设备的医疗应用属近距离放射治疗，是将密封放射源置于病灶附近，提高局部剂量，利用 $\gamma$ 射线的生物效应对肿瘤进行治疗。这种方式可用于治疗人体内各种腔道周围的肿瘤，因所选取的核素的射线能量较低，并以射线的距离衰减效应减少正常组织的损伤，同时也减少了操作人员接受的辐射剂量。

#### (2) 设备组成

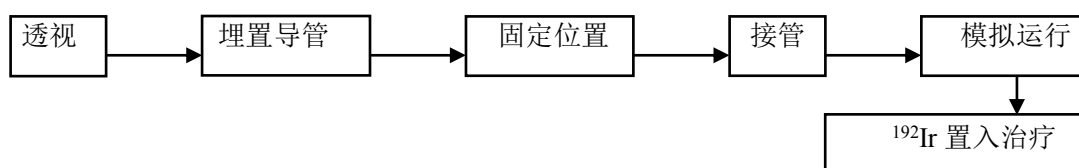
该医院后装机所使用的放射源是 $^{192}\text{Ir}$ ，活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ （10Ci）。

设备采用计算机工作站对后装机控制信号进行发送和接受，外设配置有数字化仪、打印机、绘图仪、鼠标和不间断电源。数字化仪是将X光片上的影像数据输入到电脑内的设备。彩色打印机输出病历档案、当日源强、各通道驻留点位置和驻留时间、参考点和参考剂量以及治疗过程记录和意外故障情况。彩色绘图仪用以绘制优化后的治疗方案，在指定平面上的等剂量线和驻留点投影。依据患者诊断数据，由计算机制定治疗计划并实施对后装机的操作控制。根据“先插管后装源”的技术原理，由电脑选择输源管和施源器中最合适的一组，插入需要治疗的腔道并进行靶区定位，通过分度头的引导控制，将放射源送达治疗区域，按计划实施治疗。

#### (3) 操作流程

- 进行定位。确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。
- 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。
- 固定患者体位，近距离后装机治疗时，要进行病变部位插管，将输源管和施源器送达腔道的病灶。
- 开机治疗，或将放射源送达病灶进行治疗。

操作流程如下：



#### (4) 污染因子

近距离遥控后装治疗系统的放射性核素  $^{192}\text{Ir}$  为密封源, 治疗时由施源器将其顺着输源管释放至病变部位进行照射。 $^{192}\text{Ir}$  已被证明对间质治疗是非常有用的材料, 能够以细丝的形式提供, 可根据需要做成各种形状。该放射源的出厂源强为  $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$  (10Ci),  $^{192}\text{Ir}$  放射源的半衰期为 74.2 天, 其辐射的类型主要为  $\gamma$  射线。近距离遥控后装治疗系统使用的主要射线是  $\gamma$  射线,  $\gamma$  射线即成为该治疗设备的主要污染因子。

#### 9.2.2 $^{68}\text{Ge}$ 密封放射源

本项目 PET-CT 和 PET-MR 室内配套使用  $^{68}\text{Ge}$  校准源, 平时暂存在铅屏蔽容器中。

##### (1) 工作原理

$^{68}\text{Ge}$  校准源模拟注射同位素的人体, 用于探头采集均匀性和能峰的校准。

##### (2) 操作流程

- a、将  $^{68}\text{Ge}$  校准源放置在病床上;
- b、做放射源投射的质量控制;
- c、进行病人检查, 采集病人体内核素发射的射线, 然后再采集校准源的透射线;
- d、将源卸下, 放入放射源贮存室内暂存。

##### (3) 污染因子

$^{68}\text{Ge}$  校准源

$^{68}\text{Ge}$  的半衰期为 288 天, 主要衰变方式是电子俘获(EC), 主要发射能量为 0.511MeV 的  $\gamma$  射线 (经由  $^{68}\text{Ga}$ , 正电子湮没)。因此, 该项目的主要污染因子是  $\gamma$  射线。

#### 9.3 射线装置

本项目包括的射线装置为 PET、SPECT 设备配套用的 CT。

##### (1) 工作原理

CT 是利用 X 射线进行诊断的, 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 9-2。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。

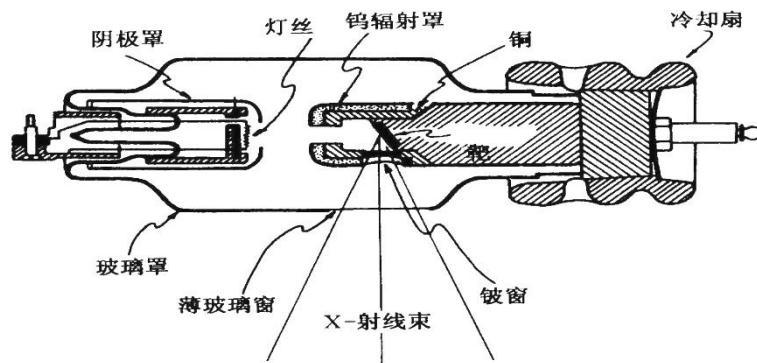


图 9-2 典型 X 射线管结构图

CT 是计算机断层 X 射线摄影术（Computed Tomography）的简称，它使用了精确准直的 X 射线从各种不同的离散角度扫描所关注的平面，利用探测器记录透射光束的衰减量，并经过数学运算，电子计算机处理相应数据，从而产生一个以检查层的相对衰减系数为依据的躯体横断面的影像。

#### （2）设备组成

由产生 X 射线的 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

确定患者体层摄影的体位，扫描定位，投照摆位，屏气曝光。扫描过程中，X 线球管连续地发射 X 线，扫描床持续同步前移，实现无间断容积数据采集。

#### （4）污染因子

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，且在开机期间 X 射线与空气作用将产生臭氧、氮氧化物等有害气体。因此，本项目 CT 在开机期间 X 射线为主要污染因子，其次为臭氧、氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

## 10.1 项目安全设施

### 10.1.1 评价规模

(1) 放射性同位素：乙级非密封放射性工作场所（使用  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  4 种核素；

(2) 密封源： $^{192}\text{Ir}$  放射源 1 枚（III类源）， $^{68}\text{Ge}$  密封源 8 枚（V类源）；

(3) 射线装置：2 台（套）III射线装置（SPECT 配套用 CT、PET 配套用 CT 各 1 台）。

### 10.1.2 辐射工作场所

具体 2 处辐射工作场所分布情况如下：

(1) 辐射工作场所 1：D 楼地下一层北侧核医学科（独立区域，该区域包含 PET-MR 机房及其候诊室、SPECT-CT 机房及其候诊室、PET-CT 机房及其候诊室、储源室、污物储存室、分装注射室、给药后患者卫生间、留观室等），乙级非密封放射性工作场所（使用  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  4 种核素）； $^{68}\text{Ge}$  密封源；2 台（套）III类射线装置（SPECT 配套用 CT、PET 配套用 CT 各 1 台）；

(2) 辐射工作场所 2：D 楼与 E 楼之间地下一层放疗科（独立区域，该区域包含后装机房）， $^{192}\text{Ir}$  密封源。

辐射装置的评价范围内，均位于医院内部，且周围无敏感点。

### 10.1.3 辐射屏蔽设计

核医学科辐射工作场所采用的屏蔽设计具体情况见表 10-1，SPECT-CT 机房、PET-CT 机房所采用的屏蔽设计具体情况见表 10-2；放疗科后装机房所采用的屏蔽设计具体情况见表 10-3。

表 10-1 放射性同位素工作场所辐射屏蔽设计一览表

| 序号 | 机房名称           | 辐射屏蔽材料及厚度                                                                                                          |                  |                     |                     |
|----|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------|---------------------|
|    |                | 四侧墙体                                                                                                               | 顶棚               | 防护门                 | 观察窗                 |
| 1  | PET-CT 机房      | 24cm 实心粘土砖+2cm 硫酸钡水泥                                                                                               | 25cm 砼           | 内衬 4mm 铅板           | 4mmPb 铅玻璃           |
| 2  | PET-CT 候诊室、留观室 | 24cm 实心粘土砖                                                                                                         | 30cm 砼           | 内衬 2mm 铅板           | —                   |
| 3  | PET-MR 机房      | 24cm 实心粘土砖+0.35mm 铜网                                                                                               | 25cm 砼+0.35mm 铜网 | 内衬 4mm 铅板+0.35mm 铜网 | 4mmPb 铅玻璃+0.35mm 铜网 |
| 4  | PET-MR 候诊室、留观室 | 24cm 实心粘土砖                                                                                                         | 30cm 砼           | 内衬 2mm 铅板           | —                   |
| 5  | 显像检查区域分装注射室    | 24cm 实心粘土砖                                                                                                         | 25cm 砼           | 内衬 2mm 铅板           | 4mmPb 铅玻璃           |
| 6  | SPECT-CT 候诊室   | 24cm 实心粘土砖                                                                                                         | 25cm 砼           | 内衬 2mm 铅板           | —                   |
| 7  | SPECT-CT 机房    | 24cm 实心粘土砖+2cm 硫酸钡水泥                                                                                               | 25cm 砼           | 内衬 4mm 铅板           | 4mmPb 铅玻璃           |
| 8  | 放射性固废暂存间       | 24cm 实心粘土砖                                                                                                         | 25cm 砼           | 内衬 2mm 铅板           | —                   |
| 9  | 储源室            | 24cm 实心粘土砖                                                                                                         | 25cm 砼           | 内衬 2mm 铅板           | —                   |
| 10 | 衰变池            | 设有 3 个并联的地埋式不锈钢衰变池，每个容积为 24m <sup>3</sup> ，内径尺寸：长 4m×宽 3m×高 2m，池体采用 5mm 厚 304 不锈钢，在现有地面做防水层，地面和墙壁应坚固、耐酸碱腐蚀、防水、防渗漏。 |                  |                     |                     |

备注：砼为标准混凝土，密度为 2.35t/m<sup>3</sup>，实心粘土砖密度为 1.65t/m<sup>3</sup>，硫酸钡水泥密度为 2.89t/m<sup>3</sup>

表 10-2 核医学科检查机房辐射屏蔽设计一览表

| 序号 | 机房名称        | 设备 | 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 (mmPb)     |        |           |           |           | 符合性 |
|----|-------------|----|-----|--------------------------|------------|----------------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----|
|    |             |    |     |                          |            | 四侧墙体                 | 顶棚     | 工作人员防护门   | 受检者防护门    | 观察窗       |     |
| 1  | PET-CT 机房   | CT | 设计  | 49                       | 6          | 24cm 实心粘土砖+2cm 硫酸钡水泥 | 25cm 砼 | 内衬 4mm 铅板 | 内衬 4mm 铅板 | 4mmPb 铅玻璃 | 符合  |
|    |             |    | 折算值 | —                        | —          | 4                    | 3      | 4         | 4         | 4         |     |
|    |             |    | 标准  | 30                       | 4.5        | 2.5                  | 2.5    | 2.5       | 2.5       | 2.5       |     |
| 2  | SPECT-CT 机房 | CT | 设计  | 42                       | 5.1        | 24cm 实心粘土砖+2cm 硫酸钡水泥 | 25cm 砼 | 内衬 4mm 铅板 | 内衬 4mm 铅板 | 4mmPb 铅玻璃 | 符合  |
|    |             |    | 折算值 | —                        | —          | 4                    | 3      | 4         | 4         | 4         |     |
|    |             |    | 标准  | 30                       | 4.5        | 2.5                  | 2.5    | 2.5       | 2.5       | 2.5       |     |

备注：砼为标准混凝土，密度为 2.35t/m<sup>3</sup>，实心粘土砖密度为 1.65t/m<sup>3</sup>；16cm 混凝土和 24cm 实心粘土砖相当于 2mmPb。

表 10-3 放疗科后装机房屏蔽设计情况

| 指标<br>机房 | 机房面积 (m <sup>2</sup> ) | 高度 (m) | 墙体                                                                       | 防护门    | 顶棚        | 符合性 | 备注                     |
|----------|------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|-----|------------------------|
| 后装机房     | 38.9                   | 4      | 东侧墙体：1400mm 混凝土<br>西侧、南侧墙体：600mm 混凝土<br>迷道内墙：600mm 混凝土<br>迷道外墙：600mm 混凝土 | 6mm 铅板 | 700mm 混凝土 | 符合  | 储源库独立<br>设置在后装<br>机房内部 |

## 10.2 辐射安全措施

### 10.2.1 核医学科拟采取的污染防治措施

①核医学用房地面均须铺设塑料地坪，地面平整光滑无接缝，易于清洗不渗漏；墙面 1 米以下亦须采用易于清洗的涂料，有利于表面污染的防治。

②医院须设置接受放射性药物治疗的患者专用的卫生间。

③医院须设置医护清洗室，工作人员操作后离开放射性工做场所前应洗手和进行表面污染监测，有利于工作人员污染的防治。

④辐射工作场所各侧屏蔽体须按辐射防护要求建设。

⑤辐射工作场所须设置有中文注示的电离辐射警告标志。

⑥须设置专门的源库，并对该房间实行双人双锁管理。

⑦源库须设置报警装置与当地公安“110”联网。

⑧源库须设置红外监控录像设备，且录像保存时间在 30 天以上。

⑨医生进入辐射机房须携带个人剂量报警器和佩戴个人剂量计。辐射工作场所须配备便携式 X-γ 辐射监测仪和 β 表面污染监测仪各一台。

⑩核医学工作场所应备有收集放射性废物的容器，容器上应有放射性标志；放射性废物应按长半衰期和短半衰期分别收集，并给予适当屏蔽；固体废物如污染的针头、注射器、破碎的玻璃器皿、绷带、敷料等应贮于不泄漏、较牢固、并有合适屏蔽的容器内。

## 10.3 工作场所分区

### (1) 工作场所分级

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：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \quad (10-1)$$

根据（10-1）式计算得到的各核素的日等效操作量及分级结果见表 10-1。

表 10-1 工作场所分级（乙级： $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$ ）

| 序号 | 核素名称              | 日实际最大操作量（Bq）          | 毒性因子 | 操作因子 | 日等效最大操作量（Bq）         | 日等效最大操作量叠加（Bq）       | 工作场所分级 |
|----|-------------------|-----------------------|------|------|----------------------|----------------------|--------|
| 1  | <sup>99m</sup> Tc | 2.22×10 <sup>10</sup> | 0.01 | 10   | 2.22×10 <sup>7</sup> | 3.89×10 <sup>8</sup> | 乙级     |
| 2  | <sup>18</sup> F   | 1.48×10 <sup>10</sup> | 0.01 | 10   | 1.48×10 <sup>7</sup> |                      |        |
| 3  | <sup>131</sup> I  | 9.25×10 <sup>8</sup>  | 0.1  | 1    | 2.78×10 <sup>8</sup> |                      |        |
| 4  | <sup>131</sup> I  | 1.85×10 <sup>9</sup>  | 0.1  | 1    |                      |                      |        |
| 5  | <sup>89</sup> Sr  | 7.4×10 <sup>8</sup>   | 0.1  | 1    | 7.4×10 <sup>7</sup>  |                      |        |

根据表 10-1 可知，医院核医学科应按照乙级工作场所进行管理。

《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）提供的加权活度计算公式见式 10-2，根据该公式可计算得本项目核医学科使用的放射性药物加权活度最大值为  $2.78 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，因此本项目核医学科属于 I 类工作场所。

$$\text{加权活度} = \frac{\text{计划的日操作最大活度} \times \text{核素的毒性权重因子}}{\text{操作性质修正因子}} \quad (10-2)$$

对照《临床核医学卫生防护标准》（GBZ120-2006）中关于“按不同级别工作场所室内表面和装备的要求”，I 类工作场所的要求见表 10-2。核医学科用房的地板与墙壁要求无缝隙、易于清洗的装修，药物分装室应有通风柜及活性炭过滤装置，应配备清洗及去污设备。

表 10-2 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 |
|------|------------|-----|-----|-------|-----------------------|---------|
| I    | 地板与墙壁接缝无缝隙 | 易清洗 | 需要  | 应设抽风机 | 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测 | 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，辐射工作场所可分为控制区、监督区。控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指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。

①储源室、污物储存室、分装注射室、PET-CT 机房、SPECT-CT 机房、PET-MR 机房、候检室、给药后患者卫生间、留观室、活性区域病人通道可划为控制区。

②注射前候诊区、接诊室、护士站、医护更衣间、卫生通过间、机房控制及设备间及医护人员通道可划为监督区。

本项目核医学科分区情况如附图 5 所示，并采取以下措施：

- 1) 设置了医生通道和病人通道，保证服药后病人不会与公众混合通行；
- 2) 在控制区边界设置明显的电离辐射标志，并严格控制人员的单通道运行；
- 3) 并有病人专用的候诊室和病人厕所。

因此，本项目功能分区基本满足分区管理的要求。

## 10.4 放射性废水

### (1) 放射性废水

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）5.1.1 款规定：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。

对于病人的排泄物，按照《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）第 5.2.8 款规定：“符合下列条件之一的患者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) 符合出院条件的患者排泄物”，但参照《医院污水处理技术指南》2.1.4：同位素治疗和诊断产生的放射性废水，必须单独收集处理。

因此，本次放射性废水的评价重点主要为：

- 1) 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带有微量核素的清洗水；
- 2) 核医学科病人专用厕所的废水。

### (2) 放射性废水排放方式及管道设置

根据 GB18871-2002 的排放要求：每月排放总活度  $< 10 \text{ALI}_{\min}$ ，每次排放活度  $< 1 \text{ALI}_{\min}$ ，本次评价根据实际日最大操作量进行了保守的估算，以对设计衰变池作出评价，具体如下：

由污染源分析可知，放射性废水主要来自工作人员操作过程中可能受到微量同位素污染的清洗水，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同位素的清

洗水，工作人员的清洗水以及病人排泄物等。清洗废水排放流程见图 10-1。

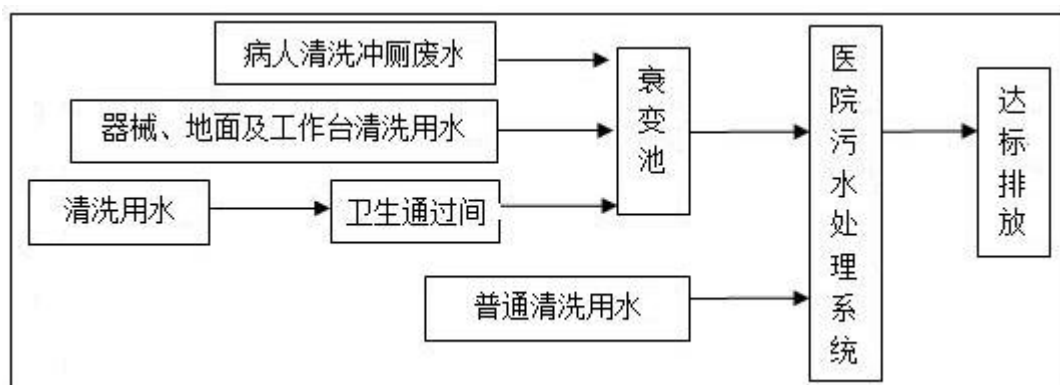


图 10-1 放射性废液处理流程图

### （3）放射性废水排放量

注射区域清洗废水保守假设：

每日门诊按最大检查病人量 85 人计，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，事故排水按每次操作均存在计，则这些废水中每月初始排放放射性同位素的含量见表 10-3。注射区域清洗废水量按照每天 30L 核定。

检查病人专厕排放废水保守假设：

医院严格按照预约制度，除行动不便的特殊病人，家属不进入控制区，且在病人专用厕所设置警示标志，提醒为病人专用。

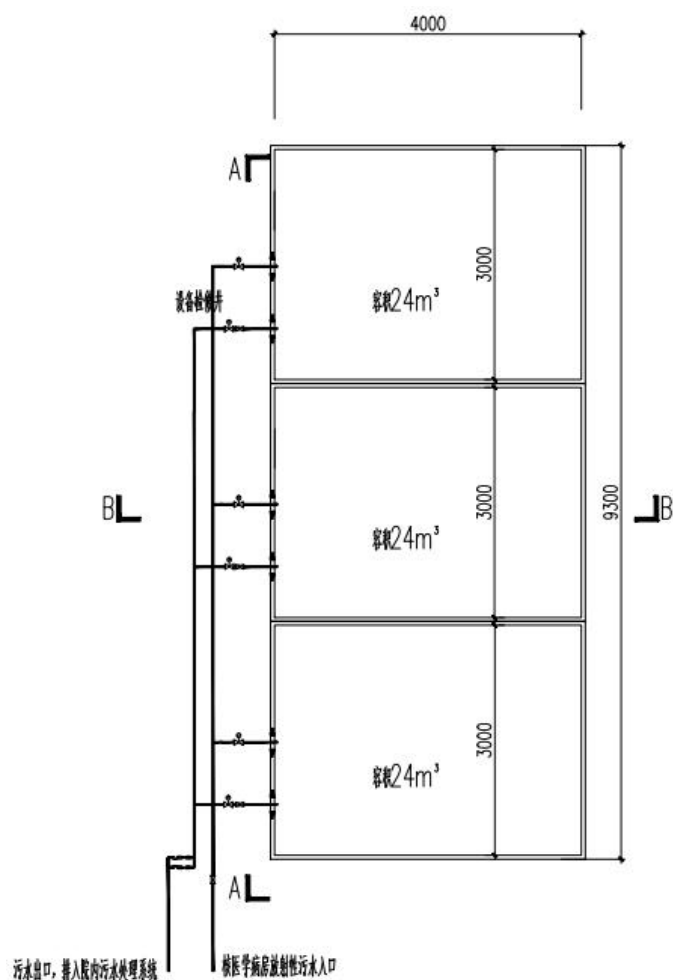
再根据每日门诊按最大检查病人量 85 人计，一般病人候诊室的停留时间为 1-2 小时左右，假设在诊治过程中 80%病人检查期间可能排泄 2 次计算（主要为注射  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$  诊断的病人，每日最多为 70 人），每次按照最大用水量 3 升计算，则每日产生含放射性废水的量为 700 升。

### （4）衰变池设置情况

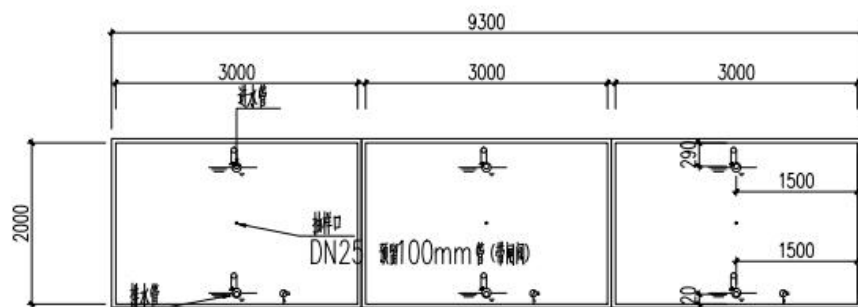
医院核医学科产生的放射性废水拟采用一套全自动放射性废水处理系统，该系统由放射性废液衰变槽体、电动阀执行器、无堵塞排污泵、位置超声传感器、废液取样测量系统、放射性废液控制柜、管路连接、控制电路及线路、温湿度传感器、流量传感器、专业化控制软件、远程监控软件等部分组成。通过专用的管道收集、暂存核医学科在诊疗过程中产生的放射性废液，设计方案为槽式排放、自然衰变方式。为限制排放总量要求，医院拟在公卫楼东南侧设置 3 个地埋式不锈钢衰变池，每个体积为  $24\text{m}^3$ （内径尺

寸：长 4m×宽 3m×高 2m，池体采用 304 不锈钢，厚度为 5mm，在现有地面做防水层，地面和墙壁应坚固、耐酸碱腐蚀、防水、防渗漏），3 个衰变池并联切换使用。衰变池通过管网收集核医学科各业务用房的放射性废水。该系统可自动监控衰变槽内液位的变化，并且直观的反应槽体内液位高度，定量的确定何时排放，何时排放结束。当决定某一槽体轮到排放时，首先会自动执行取样动作，待检验合格后方可启动排污泵进行排放。该系统可实现无人化值守、简洁明了的操控界面，可反应衰变池当前状态、排放记录、液位报警、故障点报警等信息。

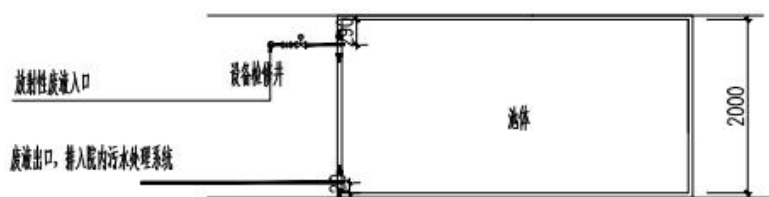
项目建成后，预计核医学科每日产生需要进入衰变池的废水为 730L/天。具体位置见附图 2，衰变池平面布置图、立面图见图 10-2。



衰变池平面布置图



A—A 立面图



B—B 立面图

图 10-2 衰变池平面布置及立面图

## (5) 放射性废水排放预测

### 1) 核素使用情况

核医学科使用 4 种放射性核素，其中诊断类核素  $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$  注射后病人需根据不同检查项目等待相应时间后才能进行扫描检查，核素  $^{89}\text{Sr}$  为治疗类核素，病人治疗后随即离开。

### 2) 预测分析和排放情况

本项目建成后，医院每日平均产生放射性废水总量为 730L。废水采用轮流收集贮存，轮流排放的形式。每个衰变池能存放约 32 天，当第三个衰变池收集满时排放第一个衰变池废水，则第一池的废水总计存放了约 64 天。为了满足尽可能的减少放射性废水对环境的影响和满足排放标准要求，对废水中各种核素经过衰变池的衰变后的情况进行预测分析。由估算可知，各核素的排放已满足标准要求，具体见表 10-3。

表 10-3 放射性废水排放方式表

|                            | $^{18}\text{F}$                                              | $^{99\text{m}}\text{Tc}$ | $^{131}\text{I}$   | $^{89}\text{Sr}$   |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
| 半衰期                        | 1.83h                                                        | 6.02h                    | 8.04d              | 50.5d              |
| 一次误操作时的含量 (Bq)             | $1.48 \times 10^7$                                           | $2.22 \times 10^7$       | $2.78 \times 10^6$ | $7.4 \times 10^5$  |
| $\text{ALI}_{\min}$ (Bq)   | $2 \times 10^9$                                              | $3 \times 10^9$          | $1 \times 10^6$    | $5 \times 10^6$    |
| $10\text{ALI}_{\min}$ (Bq) | $2 \times 10^{10}$                                           | $3 \times 10^{10}$       | $1 \times 10^7$    | $5 \times 10^7$    |
| 每月排放量 (Bq)                 | 远小于 1Bq                                                      | 远小于 1Bq                  | $1.11 \times 10^4$ | $3.03 \times 10^5$ |
| 每月达标情况                     | 达标                                                           | 达标                       | 达标                 | 达标                 |
| 排放标准                       | 每月排放总活度 $<10\text{ALI}_{\min}$ ；每次排放活度 $<1\text{ALI}_{\min}$ |                          |                    |                    |

对未用完已没有医用价值的其它放射性药品（统称为废液），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，按半衰期时间长短顺序摆放于废物储存室中，经过 10 个半衰期后，再经过衰变池停留一段时间后排放。

#### (6) 放射性废水排放符合性

由上述计算可知，核医学用房产生的放射性废水经过衰变池后能达到排放标准的要求。

### 10.5 放射性固体废弃物

由污染源分析可知，在使用过程中会产生一些带有微量放射物质的口杯、器械、棉花、纱布、吸水纸、针筒、手套等物品，将这些物品先收集在各相关工作场所的放射性固体废弃物收集在专用污物桶内，再将污物桶内的固体废弃物连同垃圾袋存放到放射性废弃物贮存室，集中收储 10 个半衰期（其中含  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的废物须满足贮存 3 天的要求，含  $^{18}\text{F}$  的废物须贮存 1 天，含  $^{89}\text{Sr}$  的废物须贮存 500 天，含  $^{131}\text{I}$  的废物须贮存 80 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。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，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。

医院的衰变池池底部会沉积少量的沉积物，该沉积物每年清运一次，应安装危废处置要求进行处理。

## 10.6 放射性废气

由污染源分析可知，核医学科使用的放射性同位素除  $^{131}\text{I}$  外均为非挥发性核素，使用过程介质均为水，操作比较简单，不经过加热、振荡等步骤。核医学科进行  $^{131}\text{I}$  分装操作时，由于药物处于开放状态，空气中可能挥发微量放射性同位素，污染途径为放射性药物在空气中挥发散逸造成人员吸入的内照射，因此为了安全起见，医院都通过自动分装仪远程操控分装，给药室的通风排气与通风柜排风管道相连，在进行给药操作时，风速不小于  $1\text{m/s}$ ，通风方式可以以机械通风为主。排气口应高于本建筑屋脊 3 米以上高度。通风换气次数一般每小时 4 次，并应在出风口处设有活性炭过滤装置，含放射性废气经过过滤后排放。

核医学排风系统所使用的活性炭过滤装置需定期更换（一般每年更换一次），更换下来的活性炭过滤装置应按放射性固废进行处理。

## 10.7 放疗科机房投入运行后将具备的污染防治设施

### 10.7.1 密封源应用（ $^{192}\text{Ir}$ 后装机）

（1）治疗室须设置门机联锁，并在治疗室门上要有声、光报警。治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器。

（2）治疗室应与准备室和控制室分开设置。

（3）在控制室与治疗室之间应设观察窗（或监视器）与对讲机。

（4）实施治疗时，治疗室内除病人外不得停留其他任何人员。

（5）对于报废的  $^{192}\text{Ir}$  放射源，应由有资质的单位处置或生产厂家回收。

（6）需配备 2 只个人剂量报警器和 1 台便携式 X- $\gamma$  辐射监测仪（可与核医学科共用一台）。

（7）治疗室配备一套固定式剂量实时监测系统（其设置点位可重点布置在迷道口、出入口、主控室等位置）。

## 10.8 射线装置

①各射线装置机房屏蔽情况见表 10-2，其防护能力基本能满足辐射环境保护的要

求。

②医院须在所有操作室上张贴相应的操作规程。

③所有射线装置机房内布局要合理,应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置;不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物;机房应设置动力排风装置,并保持良好的通风。

④所有射线装置机房均须设置工作指示灯,门外均须张贴电离辐射警告标志及其中文警示说明;各机房门应有闭门装置,且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

⑤各机房门口均应设置 1m 警戒线,告知公众成员在黄色警戒线外等待。

⑥医院应配备必要的符合防护要求的个人防护用品和辅助防护设施,建议医院按照 GBZ130-2013 的要求(详见表 10-4)配置相应的个人防护用品和辅助防护设施。

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 |
| CT体层扫描(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 | ——     |

注:“—”表示不要求。

表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

建设期不涉及放射性同位素及射线装置的操作，故不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 辐射工作人员剂量估算

放射性同位素无屏蔽时剂量率计算可按式计算：

$$D = \frac{A \cdot \Gamma}{R^2} \dots\dots\dots (11-1)$$

式中 D:  $\gamma$ 辐射剂量率水平

A: 辐射源放射性活度

$\Gamma$ : 各种核素的 $\gamma$ 照射率常数

R: 预测点离源的距离

剂量估算公式按照环评报告中的计算公式（UNSCEAR--2000 年报告附录 A），计算 X- $\gamma$ 射线产生的外照射人均年有效剂量：

$$H_{Er} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-6} (mSv) \dots\dots\dots (11-2)$$

其中:  $H_{Er}$ : X- $\gamma$ 射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$D_r$ : X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率，nGy/h；

t: X- $\gamma$ 照射时间，小时；

0.7:剂量换算系数，Sv/Gy。

##### 11.2.1.1 PET-CT、PET-MR ( $^{18}F$ )

本项目 PET-CT、PET-MR 使用核素为  $^{18}F$ ，且工作中单个病人核素用量平均为 10mCi。

##### 1) 类比监测

PET-CT 类比对象选取浙江省人民医院已投入运行的 PET 机房（数据源于 2014 年浙江省辐射环境监测站编制的浙江省人民医院 PET/CT、DSA、伽马刀等医用辐射装置建设项目竣工环境保护验收监测表），其防护情况见表 11-1。本项目与类比项使用的核素均为  $^{18}F$ ，本项目  $^{18}F$  最大使用量为 10mCi，为类比监测时单个病人使用量的 1.43 倍(7mCi)，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。 $\gamma$ 辐射剂量率类比监测结果见表 11-2、11-3，监测点位示意图见图 11-1。

表 11-1 PET-CT 类比情况一览表

| 对比情况<br>指标 | 类比项目                   | 本项目                  | 分析比对结论    |
|------------|------------------------|----------------------|-----------|
|            | PET-CT                 | PET-CT               | -         |
| 四周墙体       | 24cm 实心砖+2mm 铅当量辐射防护涂料 | 24cm 实心粘土砖+2cm 硫酸钡水泥 | 一致        |
|            | 相当于 4mm 铅当量            | 相当于 4mm 铅当量          |           |
| 防护门        | 3mm 铅当量                | 内衬 4mm 铅板            | 本项目优于类比项目 |
| 观察窗        | 3mm 铅当量                | 4mm 铅当量              |           |
| 顶棚         | 30cm 混凝土               | 25cm 砼               | 基本一致      |
|            | 相当于 3.7mm 铅当量          | 相当于 3mm 铅当量          |           |

表 11-2 PET/CT 类比项目周围 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果

| 点位<br>序号 | 点位描述                                          |                          | $\gamma$ 剂量当量率 (nSv/h) |       |
|----------|-----------------------------------------------|--------------------------|------------------------|-------|
|          |                                               |                          | 未运行时                   | 运行时   |
| ★1       | 源库中间                                          |                          | ——                     | 571   |
| ★2       | 污物间 $^{99}\text{Tc}$ 废物桶表面                    |                          | ——                     | 186   |
| ★3       | $^{131}\text{I}$ 自动分装机表面 (127mCi)             |                          | ——                     | 20200 |
| ★4       | 注射 $7\text{mCi }^{18}\text{F}$ 时, 护士铅衣后       |                          | ——                     | 35000 |
| ★5       | $^{131}\text{I}$ 给药室观察窗外 30cm 处               |                          | ——                     | 288   |
| ★6       | 运行时, 内有一名注射 $6.5\text{mCi }^{18}\text{F}$ 的病人 | PET-CT 机房医生出入门左缝外 30cm 处 | ——                     | 575   |
| ★7       |                                               | PET-CT 机房医生出入门右缝外 30cm 处 | ——                     | 562   |
| ★8       |                                               | PET-CT 机房医生出入门中间外 30cm 处 | ——                     | 389   |
| ★9       |                                               | PET-CT 机房操作位             | ——                     | 195   |
| ★10      |                                               | PET-CT 机房观察窗             | ——                     | 218   |
| ★11      |                                               | PET-CT 机房病人出入门左缝外 30cm 处 | ——                     | 478   |
| ★12      |                                               | PET-CT 机房病人出入门右缝外 30cm 处 | ——                     | 599   |
| ★13      |                                               | PET-CT 机房病人出入门中间外 30cm 处 | ——                     | 600   |
| ★14      | PET-CT 候诊室门口 (内有 6 名病人)                       |                          | ——                     | 13000 |

表 11-3 PET 校准源周围  $\gamma$  剂量当量率监测结果

| 点 位 描 述                         | 剂量当量率 (nSv/h) |     |
|---------------------------------|---------------|-----|
|                                 | 平均值           | 标准差 |
| $^{68}\text{Ge}$ 校准源贮罐表面 5cm 处  | 418           | 2   |
| $^{68}\text{Ge}$ 校准源贮罐表面 30cm 处 | 239           | 1   |
| $^{68}\text{Ge}$ 校准源贮罐表面 1m 处   | 185           | 2   |

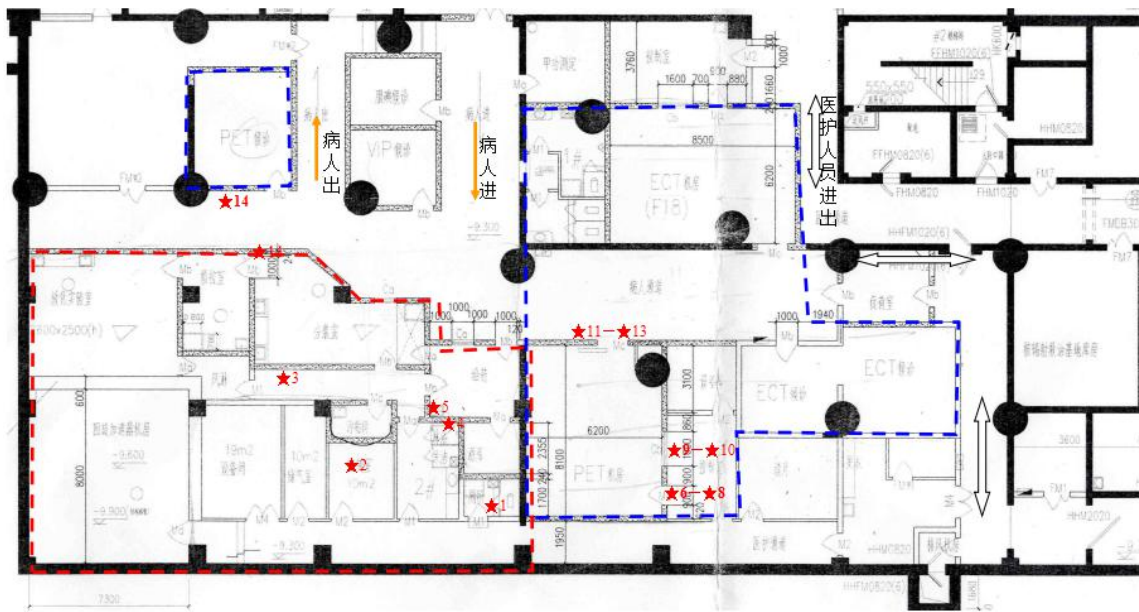


图 11-1 类比项目核医学科（PET-CT）工作场所监测点位示意图

## 2) $^{18}\text{F}$ 致辐射工作人员外照射年有效剂量估算

由于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。

根据医院的预计门诊量， $^{18}\text{F}$  每年的最大门诊病人将达到 10000 人，辐射剂量率采用类比监测和理论计算相结合的评价方法进行估算。根据公式 (11-1)， $\gamma$  辐射剂量率与  $\gamma$  照射率常数和活度成正比。现假设：a、工作人员每次注射  $^{18}\text{F}$  核素为 10s ( $\gamma$  辐射剂量率取  $35000\text{nSv/h} \times 10 \div 7$ )，工作人员在扫描室病人诊断床边侍服病人上机、下机的时间约 0.5min ( $\gamma$  剂量当量率取  $35000\text{nSv/h} \times 10 \div 7$ )， $^{18}\text{F}$  核素的年操作量为 10000 人次；b、

某一工作人员每次因校准活动需近距离靠近  $^{68}\text{Ge}$  校准源（ $\gamma$  辐射剂量率取  $418\text{nSv/h}$ ）2 分钟，每年校准 12 次；c、所有工作由核医学科 5 名工作人员承担（其中注射标记液由 2 名护士轮流完成，摆位操作由 2 名技师完成和 1 名医生进行诊断）。

根据监测结果和剂量估算公式，可以计算出每位  $^{18}\text{F}$  核素操作人员接收的附加年有效剂量当量约为  $0.69\text{mSv}$ ，每位服侍病人上下机的辐射工作人员接受的附加年有效剂量当量约为  $2.08\text{mSv}$ 。近距离靠近  $^{68}\text{Ge}$  校准源进行校准的辐射工作人员接受的附加年有效剂量当量约为  $0.17 \times 10^{-3}\text{mSv}$ 。本评价项目以  $5\text{mSv}$  作为职业人员年剂量管理限值，相比之下，该院 PET-CT 项目辐射工作人员所接受年有效剂量低于该管理限值，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。

#### 11.2.1.2 SPECT（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）

##### 1) 类比监测

为了评价该院核医学科新建 SPECT 项目运行后业务用房周围辐射环境影响，本评价选取浙江省肿瘤医院 SPECT 项目作类比分析调查（数据源于 2014 年浙江省辐射环境监测站编制的浙江省肿瘤医院医用放射性同位素应用项目（扩建）竣工环境保护验收监测表），类比医院相同项目采取的防护措施类比可比性分析见表 11-4。

表 11-4 SPECT 机房类比分析比对表

| 内容     | 本项目 SPECT 机房                           | 浙江省肿瘤医院                  | 分析比对结论            |
|--------|----------------------------------------|--------------------------|-------------------|
| 使用核素   | <sup>99m</sup> Tc                      | <sup>99m</sup> Tc        | 一致                |
| 药物来源   | 外购                                     | 外购                       | 一致                |
| 屏蔽能力   | 墙体：24cm 实心砖+2mm 铅当量辐射防护涂料（相当于 4mm 铅当量） | 墙体 4mm 铅当量<br>门窗 5mm 铅当量 | 基本一致              |
|        | 防护门：4mm 铅当量                            |                          |                   |
|        | 观察窗：4mm 铅当量                            |                          |                   |
| 病患受检流程 | 先注射药物，然后上机检查                           |                          | 工作流程一致，均不需要药物的分装。 |

##### 2) 类比监测结果

浙江省肿瘤医院 SPECT 机房正常运行情况下，其周围各监测点位的监测结果见表 11-5、表 11-6、表 11-7。

表 11-5 SPECT 项目场所周围环境 X-γ辐射剂量率监测结果一

| 点位<br>序号 | 点位描述                                     | 剂量当量率 (nSv/h)                           |       |
|----------|------------------------------------------|-----------------------------------------|-------|
|          |                                          | 平均值                                     | 标准差   |
| ▲1       | 待检病人候诊室中心                                | 1576                                    | 48    |
| ▲2       |                                          | 865                                     | 4     |
| ▲3       |                                          | 235                                     | 4     |
| ▲4       | 内有注射<br><sup>99m</sup> Tc15mCi<br>病人 1 名 | 病人表面 5cm 处                              | 45934 |
| ▲5       |                                          | 病人表面 1m 处                               | 3368  |
| ▲6       |                                          | ECT 机房内铅衣后 5cm 处                        | 3308  |
| ▲7       |                                          | 铅屏风后                                    | 188   |
| ▲8       | 静脉注射室中                                   | 274                                     | 4     |
| ▲9       |                                          | 垃圾房空间                                   | 133   |
| ▲10      |                                          | 垃圾袋表面 5cm 处                             | 1652  |
| ▲11      |                                          | <sup>18</sup> F 病人候诊室边卫生间               | 2974  |
| ▲12      |                                          | <sup>18</sup> F 候诊室门口                   | 3238  |
| ▲13      |                                          | I <sup>131</sup> 分装室分装机表面<br>30cm       | 563   |
| ▲14      |                                          | I <sup>131</sup> 分装室分装机表面 1m            | 77505 |
| ▲15      |                                          | 储源室通风柜表面 5cm 处                          | 94914 |
| ▲16      |                                          | 储源室保险柜表面 5cm 处                          | 3084  |
| ▲17      |                                          | 储源室废物袋表面 5cm 处                          | 82610 |
| ▲18      |                                          | 核素注射室注射时 (注射<br><sup>99m</sup> Tc15mCi) | 27894 |
| ▲19      |                                          | 医生办公室                                   | 188   |
| ▲20      |                                          | 科教室                                     | 199   |
| ▲21      |                                          | 卫生通过左门缝 30cm 处                          | 708   |
| ▲22      |                                          | 卫生通过中间 30cm 处                           | 700   |
| ▲23      |                                          | 卫生通过右门缝 30cm 处                          | 678   |

表 11-6 SPECT 项目场所周围环境 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测结果二

| 点位<br>序号 | 点位描述 |               | 剂量当量率 (nSv/h) |     |     |     |
|----------|------|---------------|---------------|-----|-----|-----|
|          |      |               | 未运行时          |     | 运行时 |     |
|          |      |               | 平均值           | 标准差 | 平均值 | 标准差 |
| ▲24      | ECT1 | 医生门左缝外 30cm 处 | 128           | 1   | 210 | 2   |
| ▲25      |      | 医生门中间外 30cm 处 | 134           | 1   | 201 | 2   |
| ▲26      |      | 医生门右缝外 30cm 处 | 140           | 1   | 212 | 2   |
| ▲27      |      | 机房观察窗外 5cm    | 164           | 1   | 387 | 3   |
| ▲28      |      | 操作位           | 169           | 2   | 183 | 3   |
| ▲29      | ECT2 | 医生门左缝外 30cm 处 | 163           | 2   | 154 | 4   |
| ▲30      |      | 医生门中间外 30cm 处 | 167           | 2   | 164 | 3   |
| ▲31      |      | 医生门右缝外 30cm 处 | 150           | 3   | 156 | 2   |
| ▲32      |      | 机房观察窗外 5cm    | 147           | 3   | 151 | 2   |
| ▲33      |      | 操作位           | 154           | 5   | 148 | 1   |

注：ECT 室内分别有一位注射了  $15\text{mCi}^{99\text{m}}\text{Tc}$  的病人。

表 11-7 核医学科表面污染监测结果

| 点位<br>序号      | 点位描述         | $\beta$ 表面污染 ( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ ) |
|---------------|--------------|------------------------------------------|
| $\triangle 1$ | WC1 地上表面污染   | 8.30                                     |
| $\triangle 2$ | 分装室地上表面污染    | 0.08                                     |
| $\triangle 3$ | 储源室地上表面污染    | 10.28                                    |
| $\triangle 4$ | 核素注射室操作台表面污染 | 0.59                                     |
| $\triangle 5$ | 核素注射室地面表面污染  | 0.51                                     |
| $\triangle 6$ | WC2 地面表面污染   | 2.73                                     |

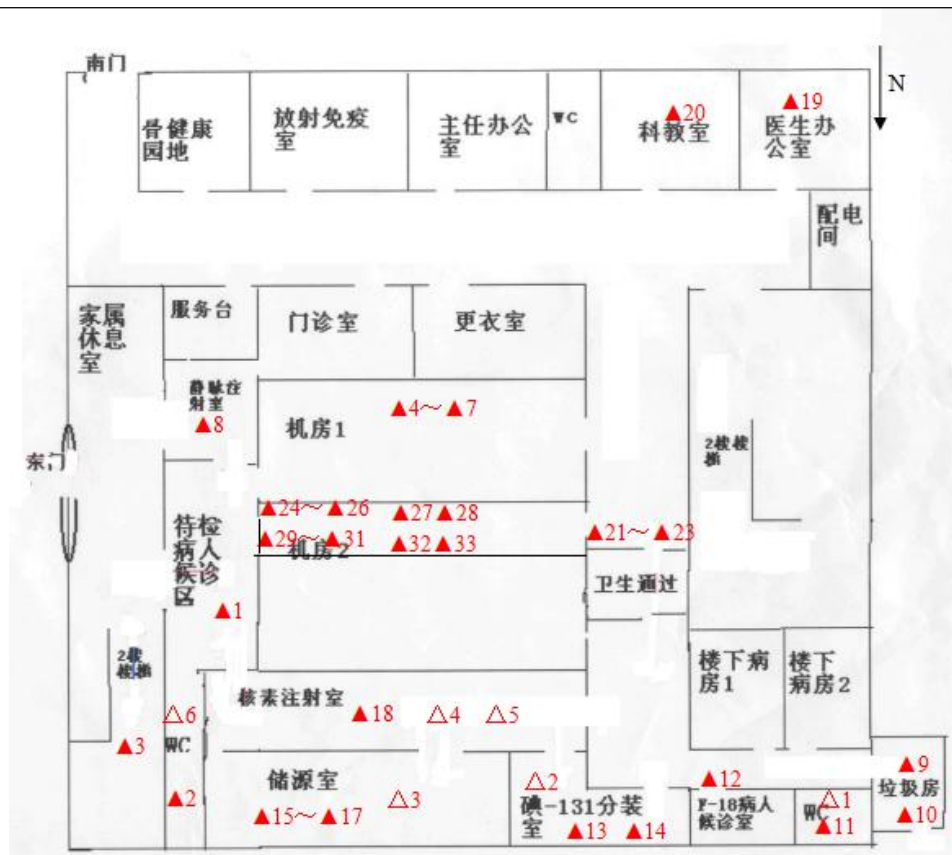


图 11-2 类比项目核医学科（SPECT）工作场所监测点位图

### 3) SPECT 项目辐射工作人员外照射年有效剂量估算

类比监测结果可见，当机房内有正在进行扫描的病人时，SPECT 控制室操作位处的 $\gamma$ 辐射剂量率与无病人诊断时水平相当，可以认为工作人员在操作位处操作时不会因为项目运行而受到额外附加辐射剂量。医护人员所受的辐射照射主要来自放射性核素的注射和近距离接触受药病人的两个环节，因此其受到的额外照射主要考虑这两个环节的辐射工作人员。

本项目  $^{99m}\text{Tc}$  最大使用量为  $20\text{mCi}$ ，为类比监测时单个病人使用量的 1.3 倍 ( $15\text{mCi}$ )，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。

根据医院的预计门诊量， $^{99m}\text{Tc}$  每年的最大门诊病人将达到 7500 人，辐射剂量率采用类比监测和理论计算相结合的评价方法进行估算。根据公式 (11-1)， $\gamma$ 辐射剂量率与 $\gamma$ 照射率常数和活度成正比。现假设：a、工作人员每次注射  $^{99m}\text{Tc}$  核素为 10s ( $\gamma$ 辐射剂量率取  $27894\text{nSv/h} \times 20 \div 15$ )，工作人员在扫描室病人诊断床边侍服病人上机、下机的时间 0.5min ( $\gamma$ 剂量当量率取  $3368\text{nSv/h} \times 20 \div 15$ )；b、 $^{99m}\text{Tc}$  核素的年操作量为 7500 人次。所有工作由核医学科 5 名工作人员承担（其中注射标记液由 2 名护士轮流完成，摆

位操作由 2 名技师完成和 1 名医生进行诊断）。

根据监测结果和式（11-2）可以计算出每位  $^{99m}\text{Tc}$  核素操作辐射工作人员接收的附加年有效剂量当量约为  $0.39\text{mSv}$ ，每位服侍病人上下机的辐射工作人员接受的附加年有效剂量当量约为  $0.14\text{mSv}$ 。本评价项目以  $5\text{mSv}$  作为职业人员年剂量管理限值，相比之下，该院 SPECT 项目辐射工作人员所接受年有效剂量低于该管理限值，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。

#### 11.2.1.3 $^{131}\text{I}$ 治疗甲亢项目

根据诊疗流程，工作人员通过视频和语音设备远程遥控指挥在服药室内等待接受  $^{131}\text{I}$  治疗甲亢的患者服药，含  $^{131}\text{I}$  的放射性药品由分装装置自动分装。患者服完药后直接离开核医学科或经患者通道进入病房。住院期间，医生通过视频和语音设备与患者进行交流。

$^{131}\text{I}$  治疗甲亢项目中，工作人员在分装、服药、住院期间治疗指导过程中一般并不与患者近距离接触，因此这个过程中辐射工作人员不会受到显著的辐射照射。根据表 11-5 类比监测结果可知，自动分装机周围辐射剂量率水平较高，因此，该院核医学科从事  $^{131}\text{I}$  治疗甲亢项目的辐射工作人员所受剂量主要来自装卸  $^{131}\text{I}$  源罐而近距离靠近自动分装机时受到一定外照射剂量。

根据医院的预计门诊量， $^{131}\text{I}$  治疗甲亢每年的最大门诊病人预计达到 500 人，辐射剂量率采用类比监测评价方法进行估算。现假设：a、工作人员每次装卸  $^{131}\text{I}$  源罐时间为 2min（ $\gamma$ 辐射剂量率取  $77505\text{nSv/h}$ ）；b、年操作量为 500 人次，所有工作由至少由 2 名工作人员承担。根据以上参数及式（11-2）可以计算出每位  $^{131}\text{I}$  治疗甲亢项目操作辐射工作人员接收的外照射附加年有效剂量为  $0.05\text{mSv}$ ，低于  $5\text{mSv}$  的职业人员年剂量管理限值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

以上剂量的估算是在没有考虑医护人员在操作过程中个人防护的情况下进行的，实际上医护人员在进行操作的过程中均作铅防护服、戴铅防护眼镜及铅手套，其实际所接受到的剂量远没有估算大。

#### 11.2.1.4 $^{89}\text{Sr}$ 治疗恶性骨肿瘤

一例病人治疗需用  $^{89}\text{Sr}$  的量为  $1.48 \times 10^8\text{Bq}$ （ $4\text{mCi}$ ）， $^{89}\text{Sr}$  的  $\gamma$ 照射率常数为： $4.7 \times 10^{-5} \text{R} \cdot \text{m}^2/\text{h} \cdot \text{Ci}$ ；

按公式（11-1）计算在距其 30cm 处参考点的空气比释动能率应为  $0.018\mu\text{Gy/h}$ ；根

据工作流程可知，辐射工作人员受到的辐射照射来自为病人提供核素过程中产生的外照射，每年病人约 500 人次，每次伺候病人 2 分钟。根据以上参数及式（11-2），可以认为辐射工作人员基本不会因为  $^{89}\text{Sr}$  核素的应用而接受附加年有效剂量。

#### 11.2.1.5 公众成员剂量估算

医院核医学科用房是相对封闭的区域，科室有严格的“三区”管理制度，公众成员不会到达控制区与监督区。因此，公众成员不会受到本项目运行而受到额外的辐射照射剂量。符合公众成员年剂量管理限值的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

#### 11.2.1.6 工作场所表面污染

由表 11-7 检测结果可知，类比项目放射性药物分装室和给药台、地面、洗手间等控制区地上的表面污染水平最大值为  $10.28\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中地面控制区  $4 \times 10 \text{ Bq}/\text{cm}^2$  的限制要求。

由此可见，本项目核医学科建成投入运行后，工作场所的  $\beta$  表面污染也能符合标准的要求。

### 11.2.2 密封源（ $^{192}\text{Ir}$ 后装机）

#### 11.2.2.1 类比分析

本次类比分析选用金华广福医院现运行  $^{192}\text{Ir}$  后装机的辐射环境检测情况进行类比。其可行性分析详见表 11-8。

表 11-8 本项目与金华广福医院后装机类比情况一览表

| 指 标                  | 医 院 | 本项目                                                             | 金华广福医院（类比项目）              |
|----------------------|-----|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 放射性活度（Bq）            |     | $3.7 \times 10^{11}$ （新源）                                       | $3.7 \times 10^{11}$ （现状） |
| 机房面积（ $\text{m}^2$ ） |     | 38.9                                                            | 27                        |
| 防护墙厚                 |     | 东侧墙体：1400mm 现浇混凝土<br>西侧、南侧墙体：600mm 现浇混凝土<br>迷道内墙、外墙：600mm 现浇混凝土 | 0.55m 厚混凝土                |
| 房顶厚                  |     | 700mm 现浇混凝土                                                     | 0.55m 厚混凝土                |
| 屏蔽门铅板                |     | 6mm 铅板                                                          | 6mm 铅当量                   |

由类比情况一览表可知，本项目防护情况略优于类比项目，具有很好的可比性，因此可用金华广福医院现运行  $^{192}\text{Ir}$  后装机的使用情况说明本项目后装机对周围环境的辐射影响。类比测量结果见表 11-9。

表 11-9 后装机类比检测结果

单位: nGy/h

| 测量点位 | 测量点位描述        | 开关机状态 | 辐射剂量率 <sup>*</sup> | 标准差   |
|------|---------------|-------|--------------------|-------|
| ▼1   | 后装机北侧操作室控制位   | 未出源   | 163.0              | 1.4   |
|      |               | 出源    | 161.7              | 4.9   |
| ▼2   | 后装机西侧防护门外     | 未出源   | 133.5              | 2.1   |
|      |               | 出源    | 130.0              | 1.7   |
| ▼3   | 后装机西侧墙外 1m    | 未出源   | 133.5              | 2.1   |
|      |               | 出源    | 161.0              | 11.1  |
| ▼4   | 后装机南侧墙外 1m    | 未出源   | 151.0              | 2.6   |
|      |               | 出源    | 160.7              | 11.6  |
| ▼5   | 后装机东侧墙外 1m    | 未出源   | 143.0              | 2.0   |
|      |               | 出源    | 154.7              | 5.5   |
| ▼6   | 治疗室内机头正前方 5cm | 未出源   | 1456.3             | 103.6 |

由上表可见, 在  $^{192}\text{Ir}$  后装机正常运行时, 机房周围各检测点位的 $\gamma$ 射线空气吸收剂量率水平均未见明显升高。

由于本项目  $^{192}\text{Ir}$  后装机机房的屏蔽墙防护能力及屏蔽门的防护能力均大于类比项目的防护能力, 因此, 可以预测本项目的  $^{192}\text{Ir}$  后装机机房装源后, 正常运行时其机房周围辐射剂量率水平也不会有显著的升高。

#### 11.2.2.2 剂量估算

##### 1) 辐射工作人员

辐射工作人员受到的照射主要是每次治疗前后进入治疗室伺候病人受密封放射源产生的 $\gamma$ 射线的照射。根据类比监测结果, 现假设: ①每天的病人数为 10 人; ②医生进入治疗室伺候病人每次 5 分钟 ( $\gamma$ 辐射剂量率取 1456.3 nGy/h); ③每年按 250 个工作日计算, 所有工作由 1 名工作人员承担, 在这样偏保守的条件下, 由公式 (11-2) 可以计算出该工作人员接受的附加年有效剂量当量约为 0.21mSv。

本评价项目以 5mSv 作为管理限值, 相比之下, 该院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) 的要求。

##### 2) 公众成员

在后装机出源治疗时, 机房墙体、防护门外的辐射水平均未见升高, 故不致对公众产生附加的辐射照射。

### 11.3 辐射屏蔽设计符合性分析

#### 11.3.1 核医学科

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，可分为三区，即控制区、监督区和非限制区。①储源室、污物储存室、分装注射室、PET-CT 机房、SPECT-CT 机房、PET-MR 机房、候检室、给药后患者卫生间、留观室、活性区域病人通道可划为控制区。②注射前候诊区、接诊室、护士站、医护更衣间、卫生通过间、机房控制及设备间及医护人员通道可划为监督区。

目前该院核医学用房的设计布局如附图 5 所示。设置了专用的病人通道，有病人专用的候诊室和病人厕所，设置了专用的医生通道，有医生专用的卫生通过间，其功能分区基本满足三区管理的要求。

#### 11.3.2 后装机

对照《后装 $\gamma$ 源近距离治疗放射卫生防护标准》（GBZ 121-2002）的符合性分析如表 11-10 所示。

表 11-10 后装机机房屏蔽设计符合性分析

| 序号 | 标准防护要求                                                             | 本项目方案                                   | 符合性 |
|----|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----|
| 1  | 放射治疗室必须经专业人员设计，治疗室必须与准备室和控制室分开设置。治疗室使用面积应不小于 20m <sup>2</sup> 。    | 治疗室与准备室和控制室已分开，面积为 38.9m <sup>2</sup> 。 | 符合  |
| 2  | 治疗室入口必须采用迷路设计，设置门机连锁，并在治疗室门上要有声、光报警。治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器 | 已用迷路设计，拟设置门机连锁，声、光报警系统和应急开关与放射源监测器。     | 符合  |
| 3  | 治疗室墙壁及防护门的屏蔽厚度应符合防护最优化的原则，确保工作人员及公众的受照剂量小于相应的年剂量限值                 | 根据屏蔽设计和类比监测，能确保工作人员及公众的受照剂量小于相应的年剂量限值。  | 符合  |
| 4  | 在控制室与治疗室之间应设观察窗(或监视器)与对讲机                                          | 按要求设置。                                  | 符合  |

#### 11.3.3 射线装置（PET、SPECT 配套用 CT 机）

本项目 CT 机拟采取的辐射防护屏蔽机房对照《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的符合性分析如表 10-2，其机房屏蔽能力能符合工作开展需要。

## 11.4 事故影响分析

### 11.4.1 放射性同位素

①由于管理不善，发生放射性物品失窃，造成放射性污染事故。医院将设有专门放射性物品的房间，为杜绝该事故的发生，医院应加强管理，实行双人双锁。

②由于操作不慎，有少量的液态放射性药品溅洒。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。

③由于意外事故造成大量的液态放射性药品溅洒，如药剂瓶被打破，造成放射性污染事故。发生这种事故应首先保持镇静！然后用吸附衬垫盖住发生溅洒的物品，以遏制液体流动。关闭门窗，并通知房间里的每一个人走到门口，用脚踢脱鞋子走出房间，但不要走远，关上门，呼叫求助其他人，请他拿来一台表面污染监测仪（留在这个房间里的仪器可能已被污染）测量每个人全身的 $\beta$ 表面污染，特别是手和脚的测量。如果 $\beta$ 表面污染大于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，则应进行去污洗涤，直至小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。

④对病人的治疗剂量，医院工作人员应严格核算和控制，避免因剂量估算出错而引起的过量照射。

### 11.4.2 后装机

①联锁装置失灵，人员误入。在某些极端情况下，所有联锁系统，监视系统、声光报警系统全部失灵。导致人员进入，产生误照射。

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，外疗供电系统断电，而不间断电源不能供电或已损坏。

③卡源事故。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。

上述三种情况下，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室，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。

#### 11.4.3 射线装置

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

②安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的射线装置辐照室。

#### 11.5 选址合理性分析

浙北医学中心（湖州市中心医院迁建工程）位于市北分区 SB38 号地块内，地块东为望湖路（规划），南为三环北路，西为潜庄路（规划），北为日晖路（规划）。

本次环评核医学科应用项目位于医院 D 楼北侧地下一层，其上方为院内绿化带，下方为岩土层；放疗科后装机应用项目位于 D 楼和 E 楼之间地下一层，其上方为院内绿化带，下方为岩土层；评价范围 50m 内无环境敏感目标，且各机房屏蔽能力基本满足相关要求，故其选址是合理可行的。

**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**

医院须按照《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》及环境保护主管部门的要求，制定系统的辐射环境管理制度，成立辐射防护管理机构。在取得相应的《辐射安全许可证》后医院方可正式运行。

医院须制定《放射防护安全管理机构及职责》。内容包括：

①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，并指定专人负责本项目运行时的安全和防护工作。

②辐射防护领导机构须规定各成员的职责，分工明确、职责分明。

③辐射防护领导机构应加强监督管理，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**

本项目建成后，医院须制定的规章制度：《辐射安全管理制度》、《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》、《辐射防护措施》、《台账管理制度》、《人员培训计划》、《监测方案》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》、《废源处理方案》、《订购、转让、运输及退役处理制度》、《放射性废气、废液、固体废物处理方案》等。

### **12.3 辐射检测**

#### **12.3.1 场所检测**

##### **（一）年度检测**

医院须定期（每年一次）请有资质的单位对辐射工作场所周围环境进行辐射环境检测，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：X- $\gamma$ 辐射剂量率可一年检测一次，工作场所的表面污染及个人外照射累计剂量可加密检测。

（2）检测范围：放疗科、核医学科各辐射工作场所周围：机房操作位、屏蔽墙外、防护门及缝隙处以及周围其他评价范围。

（3）检测项目：X- $\gamma$ 辐射剂量率、 $\alpha$  -  $\beta$  表面污染、放射性废水排放前对池水取样检测。

（4）检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

## （二）自行检测

医院须定期（每月一次）对辐射工作场所周围环境进行辐射环境检测，建立检测技术档案。

（1）检测频度：每月常规检测一次。

（2）检测范围：放疗科、核医学科各辐射工作场所周围：机房操作位、屏蔽墙外、防护门及缝隙处以及周围其他评价范围。

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

（4）检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

### 12.3.2 辐射工作人员安全培训及健康检测

（1）医院须组织所有从事辐射操作的工作人员参加有资质单位的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗。取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次复训。不参加再培训的人员或者复训考核不合格的人员，其辐射安全培训合格证书自动失效。

（2）医院须为每位辐射工作人员配备个人剂量计，并每季度送有资质单位进行检定，建立个人剂量档案。

（3）医院须安排辐射工作人员每两年进行一次职业健康体检，辐射工作人员上岗和离岗前也须进行职业健康体检，并建立健康档案。

### 12.4 辐射事故应急

本项目为乙级非密封放射性物质工作场所、使用Ⅲ类、V类密封源及使用Ⅲ类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条至四十五条之规定，医院应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备。同时结合表 11 中“**事故影响分析**”，医院须建立《辐射事故应急处理预案》，应包括下列内容：

（1）应急机构和职责分工。

（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备。

（3）辐射事故分级与应急响应措施。

（4）辐射事故调查、报告和处理程序。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。

环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门接到辐射事故报告后，应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，控制并消除事故影响，同时将辐射事故信息报告本级人民政府和上级人民政府环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门。

（5）环保、卫生、公安部门的联系部门和电话。

1）环境保护主管部门负责辐射事故的应急响应、调查处理和定性定级工作，协助公安部门监控追缴丢失、被盗的放射源；

2）公安部门负责丢失、被盗放射源的立案侦查和追缴；

3）卫生主管部门负责辐射事故的医疗应急。

另外，发生辐射事故的单位应当立即将可能受到辐射伤害的人员送至当地卫生主管部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。

**表 13 从事辐射活动能力要求**

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。对医院从事本项目内辐射活动能力的评价见表 13-1。

表 13-1 从事本项目辐射活动能力评价

| 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 1 名具有本科以上学历的计算人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。 | 医院须成立辐射防护和放药管理小组。                                                             |
| （二）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全 and 防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。                                                         | 医院须组织辐射工作人员参加岗前培训并取得合格证书后方能上岗。                                                |
| （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                                                              | 已设置源库。                                                                        |
| （四）放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。                                                      | 根据设计资料，本项目平面布置已满足分区管理要求，防护门、墙、观察窗均具有相应的屏蔽能力。                                  |
| （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有表面污染仪。                                | 本项目须配备口罩、铅围裙、铅手套、铅眼镜、个人剂量计，控制区边界出入口均安装 X-γ 剂量报警仪，医院须配备一台表面污染监测仪和一台 X-γ 辐射监测仪。 |
| （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。                                      | 须制定                                                                           |
| （七）有完善的辐射事故应急措施                                                                                       | 须制定                                                                           |

|                                                                                           |                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| （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                                 | 针对本项目拟设计有 3 个 24m <sup>3</sup> 的放射性废水衰变池，有放射性固废暂存室。 |
| （九）使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。 | 须制定                                                 |

由表 13-1 可知，医院须尽快按规定要求落实各项能力要求，在满足规定要求的前提下，方能具备从事辐射活动的技术能力。

表 14 结论与建议

### 14.1 实践的正当性

浙北医学中心医用放射性同位素及后装机等辐射装置应用项目目的在于开展放射诊疗工作，最终是为了治病救人，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，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。

### 14.2 选址合理性

浙北医学中心（湖州市中心医院迁建工程）位于市北分区 SB38 号地块内，地块东为望湖路（规划），南为三环北路，西为潜庄路（规划），北为日晖路（规划）。

本次环评项目所在的核医学科位于医院 D 楼北侧地下一层，放疗科位于 D 楼和 E 楼之间地下一层，评价范围 50m 内无环境敏感目标。根据辐射环境影响分析，医院开展该项目不会对周围环境产生辐射影响，故其选址是合理可行的。

### 14.3 辐射环境影响评价

本项目主要污染因子为：X 射线、 $\gamma$ 射线、 $\beta$ 表面污染、废气、废水和固体废物中的  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 。

医院通过增加墙体、防护门的防护厚度来屏蔽 X- $\gamma$ 射线，通过清洗，加强管理等措施来减少 $\beta$ 表面污染，并将废水中的放射性核素通过衰变池衰减后排放。操作放射性药物使用通风橱，并加强通风，设置机械通风系统。

根据类比监测结果及预测分析可知，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（5mSv、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“剂量限值”的要求。

### 14.4 污染防治措施

#### 14.4.1 核医学科采取的污染防治措施

本项目核医学科辐射工作场所布局合理，设置有衰变池、污物间等设施。辐射工作场所均采取了相应的屏蔽措施。对照《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，医院辐射工作场所的屏蔽设计能满足要求。

医院应在本项目正式运行前，落实好以下污染防治措施：

（1）控制区与监督区的地面与工作台面均将铺设塑料地坪，地面平整光滑无缝，

易于清洗不渗漏；墙面 1 米以下亦须采用易于清洗的涂料，有利于表面污染的防治。

### （2）放射性废水

①对放射性废水衰变池应建立定期检查制度，防止泄漏。

②放射性废水排放前，须对池水取样检测，确认池中废水放射性活度，并做好排放记录。

### （3）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核医学科相关工作场所的放射性固体废物收集在专用污物桶内，再将污物桶内的固体废物连同垃圾袋存放到放射性废弃物库内，集中收储 10 个半衰期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。用来收集放射性固体废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。

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。

### （4）放射性废气

$^{131}\text{I}$  分装过程在通风橱内进行，不存在食入、吸入等内照射影响。通风橱有足够风速（不小于  $1\text{m/s}$ ），排气口应高于本建筑屋脊。

（5）医院须设置接受放射性药物治疗的患者专用的卫生间。

（6）医院须设置医护清洗室，工作人员操作后离开放射性工做场所前应洗手和进行表面污染监测，有利于工作人员污染的防治。

（7）辐射工作场所须设置有中文注示的电离辐射警告标志。

（8）须设置专门的源库，并对该房间实行双人双锁管理。

（9）源库须设置报警装置与当地公安“110”联网。

（10）源库须设置红外监控录像设备，且录像保存时间在 30 天以上。

(11) 医生进入辐射机房须携带个人剂量报警器和佩戴个人剂量计及防护服。辐射工作场所须配备便携式 x- $\gamma$  辐射监测仪和  $\beta$  表面污染监测仪各一台。

#### **14.4.2 放疗科机房采取的污染防治设施**

(1) 治疗室须设置门机联锁，并在治疗室门上要有声、光报警。治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器。

(2) 治疗室防护门可根据类比对象建造。

(3) 在控制室与治疗室之间应设观察窗（或监视器）与对讲机。

(4) 实施治疗时，治疗室内除病人外不得停留其他任何人员。

(5) 对于报废的  $^{192}\text{Ir}$  放射源，应由有资质的单位处置或生产厂家回收。

(6) 需配备 2 只个人剂量报警仪和 1 台便携式 X- $\gamma$  辐射监测仪（可与核医学科共用一台）。

(7) 治疗室配备一套固定式剂量实时监测系统（其设置点位可重点布置在迷道口、出入口、主控室等位置）。

#### **14.5 辐射环境管理**

医院须制定《辐射安全管理制度》、《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》、《辐射防护措施》、《台账管理制度》、《人员培训计划》、《监测方案》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》、《废源处理方案》、《订购、转让、运输及退役处理制度》、《放射性废气、废液、固体废物处理方案》等辐射相关规章制度。

#### **14.6 安全培训及健康管理**

(1) 医院须组织所有从事辐射操作的工作人员参加有资质单位的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗。取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次复训。

(2) 所有辐射工作人员均须配备个人剂量计，个人剂量计每 3 个月到有资质的单位检测一次，并建立个人剂量档案。

(3) 医院须组织辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，并每两年进行职业健康检查，并建立个人健康档案。

#### **14.7 结论**

综上所述，浙北医学中心医用放射性同位素及后装机等辐射装置应用项目在落实

本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理制度后，其具备从事相应辐射工作的技术能力。从辐射环境保护角度论证，浙北医学中心医用放射性同位素及后装机等辐射装置应用项目的建设和运行是可行的。

#### 建议和承诺

- 1、本项目布局、设计、源项发生重大改变时要另行评价。
- 2、医院必须向辐射安全许可证中有销售资质的单位购买核素。
- 3、施工阶段，辐射防护人员应对辐射防护设施的工程质量进行检查，以保证设计要求。
- 4、医院应在本项目内容投入试运行后按规定开展竣工验收。

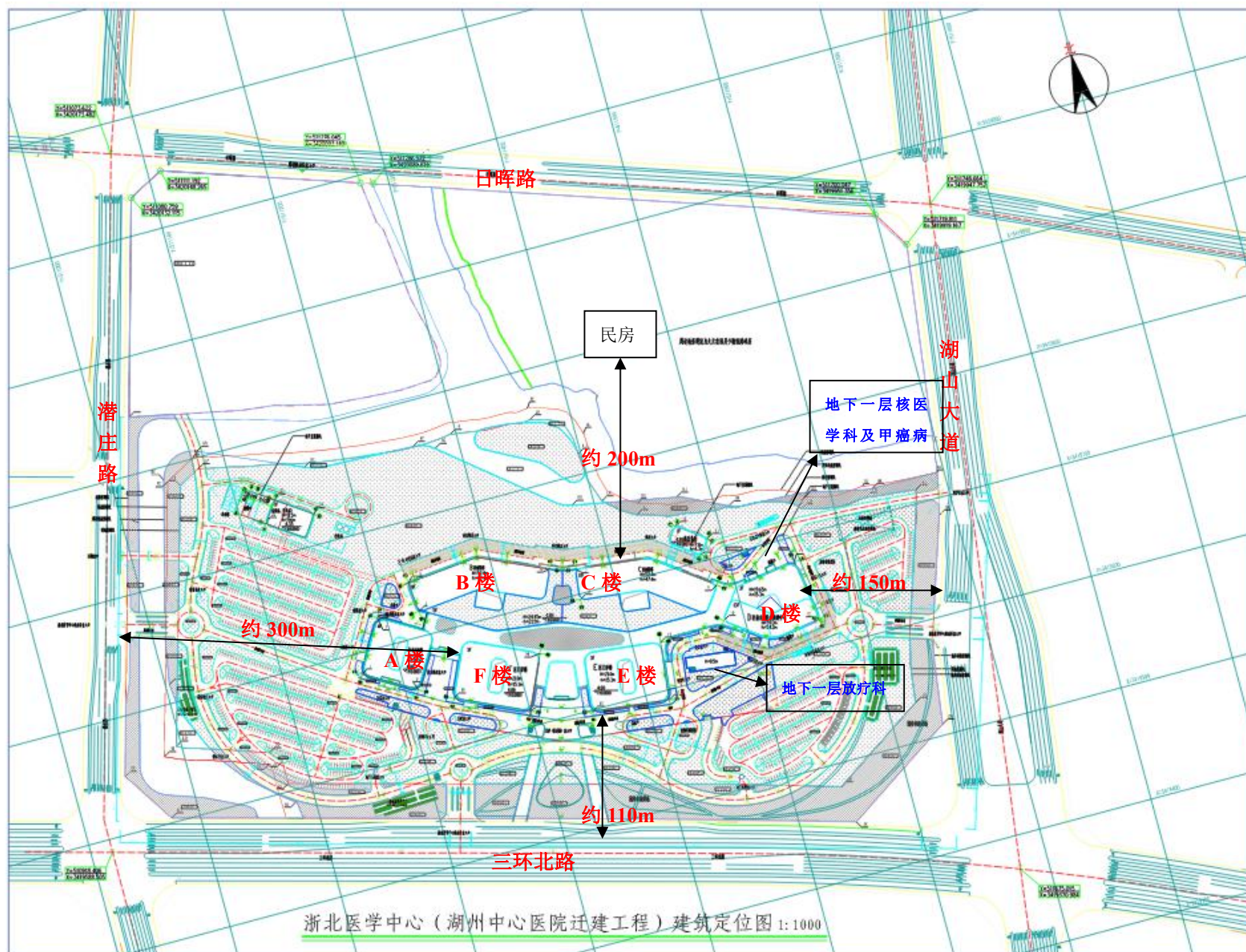
表 15 审批

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

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 审批意见： |   |     |
|       |   |     |
| 公 章   |   |     |
| 经办人   | 年 | 月 日 |



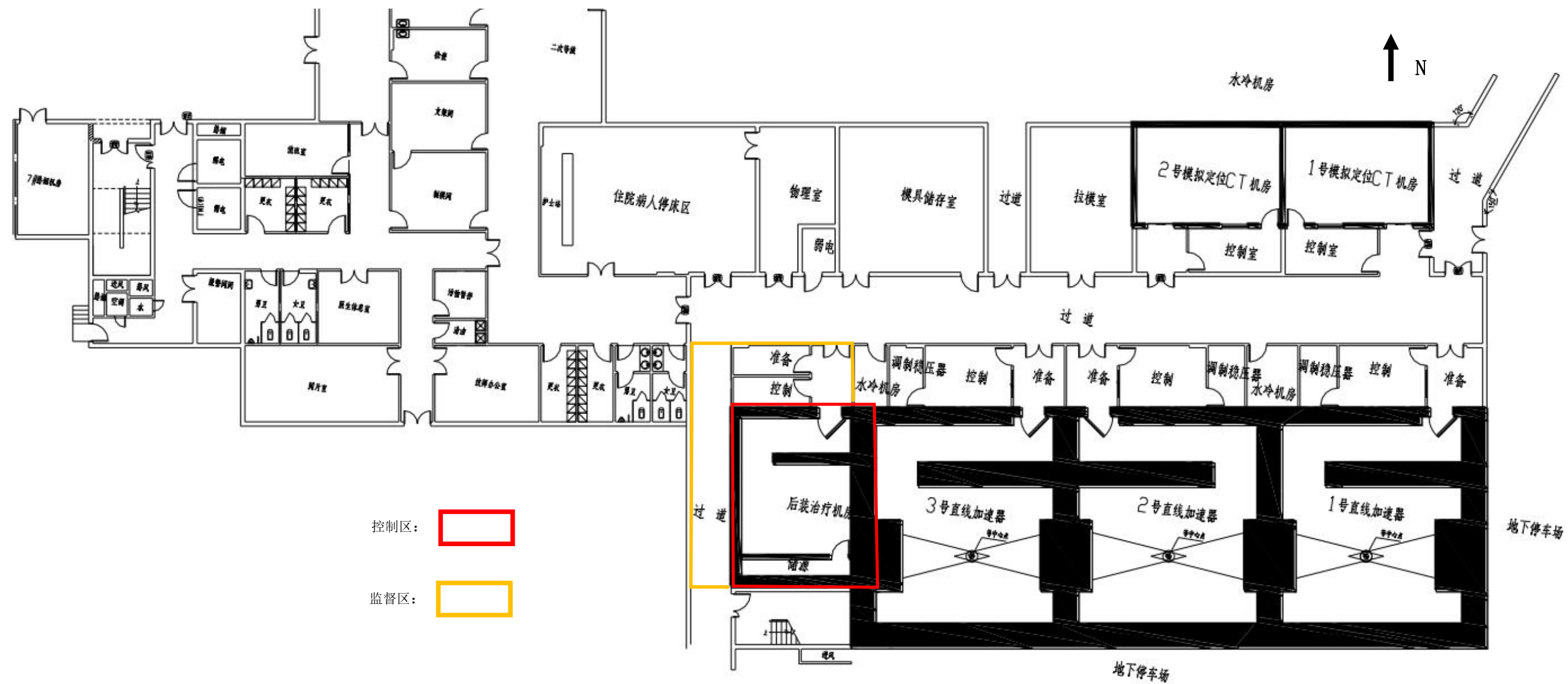
附图1 本项目地理位置示意图



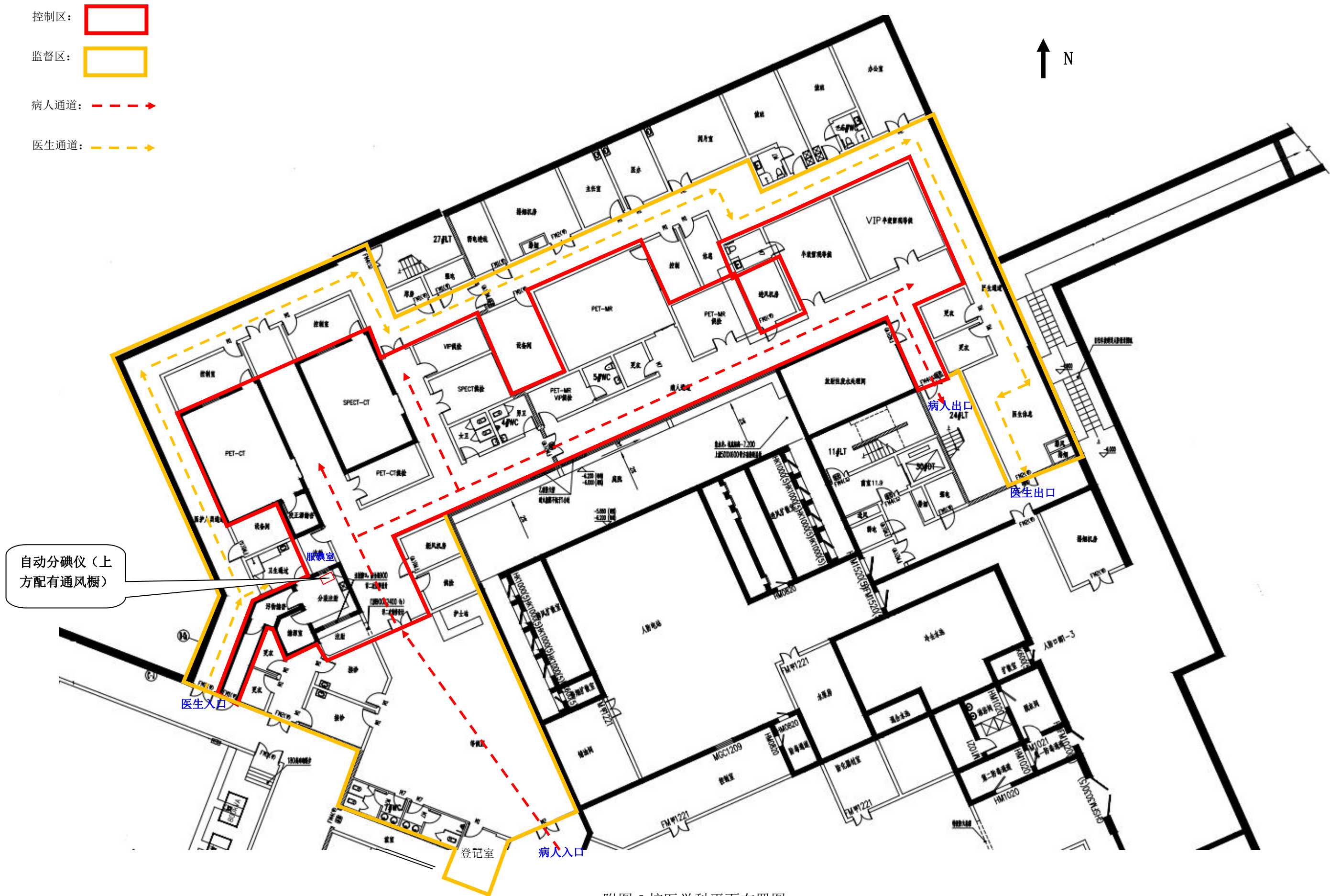
附图2 医院总平面布置及周边环境概况图



附图 3 医院地下一层平面布置图



附图 4 放疗科平面布置图



附图 5 核医学科平面布置图