

安徽医科大学附属阜阳医院医用直  
线加速器等技术应用项目（一期）  
竣工环境保护验收监测报告

报告编号：瑞森（验）字（2020）第060号

建设单位： 安徽医科大学附属阜阳医院

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二一年四月

# 目 录

|                                            |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| <b>1 项目概况 .....</b>                        | <b>1</b>  |
| 1.1 建设单位基本情况.....                          | 1         |
| 1.2 项目建设规模.....                            | 1         |
| 1.3 验收工作由来.....                            | 2         |
| 1.4 项目建设情况.....                            | 2         |
| <b>2 验收依据 .....</b>                        | <b>5</b>  |
| 2.1 建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度.....              | 5         |
| 2.2 建设项目竣工环境保护验收技术规范.....                  | 6         |
| 2.3 建设项目环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定.....          | 6         |
| 2.4 其他相关资料.....                            | 6         |
| <b>3 项目建设情况 .....</b>                      | <b>7</b>  |
| 3.1 地理位置及平面布置.....                         | 7         |
| 3.2 建设内容.....                              | 8         |
| 3.3 工作原理及工艺流程.....                         | 22        |
| 3.4 环境敏感目标.....                            | 29        |
| 3.5 项目变动情况.....                            | 29        |
| <b>4 辐射安全与防护环境保护措施 .....</b>               | <b>30</b> |
| 4.1 污染源项分析.....                            | 30        |
| 4.2 布局与分区.....                             | 32        |
| 4.3 辐射安全措施.....                            | 35        |
| 4.4 辐射安全管理制度.....                          | 41        |
| 4.5 辐射安全应急措施.....                          | 42        |
| 4.6 辐射安全与防护措施落实情况.....                     | 42        |
| <b>5 环境影响报告书（表）主要结论与建议及其审批部门审批决定 .....</b> | <b>46</b> |
| 5.1 安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目环境影响报告表..... | 46        |
| 5.2 审批部门审批决定.....                          | 49        |
| <b>6 验收执行标准 .....</b>                      | <b>51</b> |
| 6.1 人员年受照剂量管理目标值.....                      | 51        |

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| 6.2 辐射管理分区.....                              | 51        |
| 6.3 工作场所布局要求.....                            | 51        |
| 6.4 工作场所放射防护安全要求.....                        | 52        |
| 6.5 核医学工作场所分级.....                           | 54        |
| 6.6 核医学辐射工作场所表面污染控制水平要求.....                 | 54        |
| 6.7 放射性废水排放活度浓度限值.....                       | 55        |
| 6.8 放射性固废暂存及清洁解控的要求.....                     | 55        |
| 6.9 患者体内放射性核素活度残留限值出院标准.....                 | 55        |
| 6.10 安全管理要求及环评要求.....                        | 55        |
| <b>7 验收监测 .....</b>                          | <b>56</b> |
| 7.1 监测分析方法.....                              | 56        |
| 7.2 监测因子.....                                | 56        |
| 7.3 监测工况.....                                | 56        |
| 7.4 监测内容.....                                | 57        |
| <b>8 质量保证和质量控制 .....</b>                     | <b>58</b> |
| 8.1 本次验收监测质量保证和质量控制.....                     | 58        |
| 8.2 自主检测质量保证和质量控制.....                       | 59        |
| <b>9 验收检测结果 .....</b>                        | <b>60</b> |
| 9.1 辐射防护监测结果.....                            | 60        |
| 9.2 辐射工作人员和公众年有效剂量分析.....                    | 73        |
| <b>10 验收监测结论 .....</b>                       | <b>78</b> |
| 10.1 验收结论.....                               | 78        |
| 10.2 建议.....                                 | 79        |
| <b>附图 1 本项目于安徽省生态红线区位置关系 .....</b>           | <b>80</b> |
| <b>附图 2 核医学科、DSA、粒子植入手术等场所平面布置竣工图件 .....</b> | <b>81</b> |
| <b>附图 3 粒籽植入专用病房平面布置竣工图件 .....</b>           | <b>83</b> |
| <b>附图 4 衰变池平面布置竣工图件 .....</b>                | <b>84</b> |
| <b>附图 5 核医学科、DSA 机房、粒籽植入手术室材料图件 .....</b>    | <b>85</b> |
| <b>附图 6 核医学科地面竣工图件 .....</b>                 | <b>86</b> |
| <b>附图 7 核医学科天花板竣工图件 .....</b>                | <b>87</b> |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 附图 8 住院楼一楼通风竣工图件 .....             | 88  |
| 附图 9 住院楼一楼排水竣工图件 .....             | 89  |
| 附件 1 项目委托书 .....                   | 90  |
| 附件 2 项目环境影响报告表主要内容及批复 .....        | 91  |
| 附件 3 辐射安全许可证正副本 .....              | 109 |
| 附件 4 辐射安全管理机构及制度 .....             | 116 |
| 附件 5 辐射工作人员培训证书 .....              | 139 |
| 附件 6 个人剂量监测委托书和个人剂量监测报告 .....      | 141 |
| 附件 7 职业健康检查 .....                  | 155 |
| 附件 8 放射性药品及其原料转让审批表 .....          | 164 |
| 附件 9 竣工环保验收监测报告 .....              | 166 |
| 附件 10 验收监测单位 CMA 资质证书 .....        | 187 |
| 附件 11 投资说明 .....                   | 189 |
| 附件 12 废物处置委托书 .....                | 190 |
| 附件 13 年度评估报告（2020 年度） .....        | 198 |
| 附件 14 SPECT/CT 验收意见 .....          | 211 |
| 附件 15 放射性药品使用登记及辐射工作场所防护检测记录 ..... | 213 |
| 附件 16 籽粒植入手术场所变更备案登记表 .....        | 239 |
| 附件 17 专家意见及修改说明 .....              | 240 |

## 1 项目概况

### 1.1 建设单位基本情况

安徽医科大学附属阜阳医院筹建于2013年，坐落于阜阳市颍州区阜合现代产业园区内，是一所集医疗、教学、科研、康复、保健、预防为一体的省直公立三级综合医院。

医院于2017年7月9日正式开诊，现有各级各类专业技术人员700余人，其中高级职称70人，中级职称近200人，教授6人，副教授20人，博导6人，硕导14人，初步建立起一支可满足医院发展需要的高素质人才队伍。

医院已配备了包括磁共振仪、螺旋CT、医用电子直线加速器（LA）、数字减影血管造影系统（DSA）、单光子发射型计算机断层摄影系统（ECT）、数字化X线摄影系统（DR）、数字化彩色多普勒超声诊断仪、全自动微生物鉴定及药敏分析系统、高清电子内镜系统、微创手术内镜系统、中央监护系统、全自动化学发光仪、全自动生化分析仪、麻醉工作站、Rowa Vmax智能发药机等先进的医疗设备。

目前安徽医科大学附属阜阳医院已取得辐射安全许可证，证书编号：皖环辐证[01841]，种类和范围：使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所，有效期至2022年7月4日。

### 1.2 项目建设规模

为积极响应省委省政府加快皖北发展重大战略的要求，落实国家新医改政策，主动服务基层人民群众，满足人民群众对优质医疗资源迫切需求，安徽医科大学附属阜阳医院在预留机房内增加使用1台医用直线加速器、1台后装机、2台DSA、1台CT和2台DR，并对核医学科放射性核素的使用量和种类进行调整。该项目已于2019年3月完成环境影响评价，并于2019年5月10日取得了安徽省生态环境厅关于该项目的环评批复文件（皖环函〔2019〕544号）。

2020年6月，医院已在医技楼一层预留DSA机房内增加1台DSA，已在住院楼北楼一层核医学科增加 $^{131}\text{I}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ 等核素并对 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素的使用量进行了调整（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素使用的设备SPECT/CT已于2018年12月13日进行了自主验收，验收意见见附件14），已增加 $^{125}\text{I}$ 粒籽植入治疗项目（粒籽植入手术室位于住院楼北楼一层CT室，专用病房位于住院楼南楼十三层介入病房）。

### 1.3 验收工作由来

目前，医院新增 1 台 DSA 及核医学科新增  $^{131}\text{I}$ 、 $^{99}\text{Mo}$  等核素并对  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素使用量进行调整、新增  $^{125}\text{I}$  粒籽植入等核技术应用项目辐射防护和安全设施与主体工程同时建设完成并投入使用，根据《建设项目环境保护管理条例》及《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定，医院于 2020 年 6 月组织并启动验收工作，委托南京瑞森辐射技术有限公司对本项目开展竣工环境保护验收监测工作，项目委托书见附件 1。 $^{89}\text{Sr}$  核素、1 台医用直线加速器、1 台后装机及另 1 台 DSA 等项目未建成，待建成后另行验收，分期验收详情见表 1-1。

表 1-1 分期验收情况一览表

| 项目名称            | 项目内容                                                                                                   | 验收情况    |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1 台医用直线加速器      | 1 台医用直线加速器及加速器机房迷道内墙改造                                                                                 | 未建成，待验收 |
| 1 台后装机          | 使用 1 台后装机                                                                                              | 未建成，待验收 |
| 2 台 DSA         | 1 台 DSA（型号未定）                                                                                          | 未建成，待验收 |
|                 | 1 台 DSA（型号：Artiszee III ceiling）                                                                       | 本次验收    |
| 1 台 CT 和 2 台 DR | 使用 1 台 CT 和 2 台 DR                                                                                     | 已检测     |
| 核医学科            | 开展 $^{131}\text{I}$ 甲亢和甲癌治疗、 $^{125}\text{I}$ 粒籽植入治疗、 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像诊断 | 本次验收    |
|                 | $^{89}\text{Sr}$ 骨转移癌治疗                                                                                | 未建成，待验收 |

南京瑞森辐射技术有限公司接受委托后，于 2020 年 6 月 30 日和 2020 年 12 月 16 日开展了现场监测和核查，并根据 2 次现场监测和核查情况编制了本项目竣工环境保护验收监测报告。2020 年受新冠肺炎疫情影响，各地实施严格的管控措施，因此，本项目验收会议推迟到 2021 年 3 月召开。

### 1.4 项目建设情况

本项目基本情况见表 1-2。

表 1-2 项目基本信息

|      |                                                         |
|------|---------------------------------------------------------|
| 项目名称 | 医用直线加速器等技术应用项目（一期）                                      |
| 建设单位 | 安徽医科大学附属阜阳医院<br>(统一社会信用代码(或组织机构代码): 12340000327998482T) |

|           |                                                                                                                             |          |             |                        |    |      |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------------------|----|------|
| 法人代表      | 余宏铸                                                                                                                         |          | 项目联系人       | 杜金辉                    |    |      |
| 联系电话      | 13167736399                                                                                                                 |          |             |                        |    |      |
| 通讯地址      | 阜阳市颖州区阜阳合肥现代产业园区黄山路 99 号                                                                                                    |          |             |                        |    |      |
| 项目地点      | 阜阳市颖州区阜阳合肥现代产业园区黄山路 99 号                                                                                                    |          |             |                        |    |      |
| 建设性质      | 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技改 <input type="checkbox"/> 迁建 <input type="checkbox"/> |          |             |                        |    |      |
| 环评单位      | 核工业二七〇研究所                                                                                                                   |          |             |                        |    |      |
| 环评报告名称    | 《安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目环境影响报告表》                                                                                         |          |             |                        |    |      |
| 环评报告表编制单位 | 核工业二七〇研究所                                                                                                                   |          | 建设项目环评时间    | 2019 年 3 月             |    |      |
| 环评批复时间    | 2019 年 5 月 10 日                                                                                                             |          | 环评报告表审批部门   | 安徽省生态环境厅               |    |      |
| 批复文号      | 皖环函[2019]544 号                                                                                                              |          | 取得辐射安全许可证时间 | 2019 年 8 月 7 日         |    |      |
| 开工建设时间    | 2019 年 6 月                                                                                                                  |          | 调试时间        | 2020 年 6 月             |    |      |
| 环保设施设计单位  | 深圳市建筑设计研究总院有限公司                                                                                                             |          | 环保设施施工单位    | 安徽万江建设工程有限公司           |    |      |
| 竣工验收监测单位  | 南京瑞森辐射技术有限公司                                                                                                                |          | 验收现场监测时间    | 2020 年 6 月、2020 年 12 月 |    |      |
| 投资总概算（万元） | 3500                                                                                                                        |          | 环保投资总概算（万元） | 40                     | 比例 | 1.1% |
| 实际总概算（万元） | 720                                                                                                                         | 环保投资（万元） | 核医学科        | 20                     | 比例 | 5.6% |
|           |                                                                                                                             |          | DSA         | 10                     |    |      |
|           |                                                                                                                             |          | 籽粒植入        | 10                     |    |      |

项目投资：医院医技楼一层预留 DSA 机房内配备 1 台 Artis zee III ceiling 型 DSA 总投资 500 万元，其中环保投资 10 万元；核医学科新增<sup>131</sup>I、<sup>99</sup>Mo 等核素并对<sup>99m</sup>Tc 核素使用量进行调整项目总投资 200 万元，其中环保投资 20 万元；<sup>125</sup>I 籽粒植入项目总投资 20 万元，其中环保投资 10 万元（见附件 11 投资说明）。

安徽医科大学附属阜阳医院本次验收项目环评审批及实际建设情况见表 1-3。

表 1-3 本次验收项目环评审批及实际建设情况一览表

| 环评报告表名称                             | 环评审批情况及批复时间                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 实际建设情况                                                                                                                                                                                                                                                                     | 备注                                                                    |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 《安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目环境影响报告表》 | 建设地点：阜阳市颍州区阜阳合肥现代产业园区黄山路99号医院住院楼北楼一层。<br>项目内容：拟在医院住院楼北楼一层 DSA 机房内配备 1 台 DSA(最大管电压≤125kV, 最大管电流≤1000mA, 属 II 类射线装置)；拟对核医学科局部进行改造, 在核医学科新增 <sup>131</sup> I、 <sup>99m</sup> Mo 核素及 <sup>125</sup> I 籽粒植入治疗, 并对 <sup>99m</sup> Tc 核素使用量进行调整。<br>批复时间: 2019 年 5 月 10 日。<br>批准文号: 皖环函[2019]544 号。 | 建设地点：阜阳市颍州区阜阳合肥现代产业园区黄山路99号。<br>项目内容：在医院医技楼一层 DSA 机房内配备 1 台 DSA（最大管电压 125kV, 最大管电流 800mA, 属 II 类射线装置)；对核医学科局部进行改造, 在核医学科新增 <sup>131</sup> I、 <sup>99m</sup> Mo 核素, 并对 <sup>99m</sup> Tc 核素使用量进行调整；增加 <sup>125</sup> I 籽粒植入治疗项目（籽粒植入手术室位于住院楼北楼一层 CT 室, 专用病房位于住院楼南楼十三层介入病房）。 | 籽粒植入手术场所环评时为核医学科, 实际为放射科 1 号 CT 室, 已进行变更登记备案, 本期其余实际建设技术参数在环评及其批复范围内。 |



## 2 验收依据

### 2.1 建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》，2014年4月24日修订，2015年1月1日起实施；
- 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），2018年12月29日起施行；
- 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，全国人大常委会，2003年10月1日起施行；
- 4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订版），国务院令第682号，2017年10月1日发布施行；
- 5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第449号，2005年12月1日起施行；2019年修改，国务院令709号，2019年3月2日施行；
- 6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017年修订），环保部令第47号，2017年12月20日施行；
- 7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行；
- 8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行；
- 9) 《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》，国家环境保护总局文件，环发〔2006〕145号文；
- 10) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告2017年第66号，2017年12月5日起施行；
- 11) 《关于印发〈建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）〉的通知》，环办〔2013〕103号，2014年1月1日起施行；
- 12) 《安徽省环境保护条例》（2017年11月17日修订），安徽省人大常委会公告66号，2018年1月1日起施行；
- 13) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评[2017]4号，2017年11月22日起施行；
- 14) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》生态环保部公告[2018]第9号，2018年5月15日印发；

15) 《放射工作人员职业健康管理办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行；

16) 《关于印发〈污染影响类建设项目重大变动清单（试行）〉的通知》，生态环境部办公厅，环办环评函[2020]688 号，2020 年 12 月 13 日印发。

## 2.2 建设项目竣工环境保护验收技术规范

- 1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）；
- 3) 《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB 8999-1988）；
- 4) 《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-1993）；
- 5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；
- 6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；
- 7) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）；
- 8) 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）；
- 9) 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）；
- 10) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；
- 11) 《粒籽源永久性植入治疗放射防护要求》（GBZ 178-2017）；
- 12) 《表面污染测定 第一部分  $\beta$  发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和  $\alpha$  发射体》（GB/T14056.1-2008）；

## 2.3 建设项目环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定

《安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目环境影响报告表》，核工业二七〇研究所，2019 年 3 月。见附件 2。

《安徽省生态环境厅关于安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目环境影响报告表审批意见的函》（皖环函[2019]544 号），安徽省生态环境厅，2019 年 5 月 10 日。见附件 2。

## 2.4 其他相关资料

《安徽省环境状况公报》（2019 年）中数据显示：全省伽玛辐射空气吸收剂量率（含宇宙射线贡献值）年均值为  $101\text{nGy/h}$ ，范围为（60~130） $\text{nGy/h}$ 。

### 3 项目建设情况

#### 3.1 地理位置及平面布置

项目名称：医用直线加速器等技术应用项目（一期）。

建设地点：阜阳市颖州区阜阳合肥现代产业园区黄山路 99 号医院院区内。

医院地理位置见图 3-3，本项目周围 50m 范围示意图见图 3-4。

对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属于国家鼓励类的全科医疗设施建设与服务项目，符合国家产业政策，不属于环境准入负面清单项目；对照阜阳市生态红线图，本项目不在安徽省生态保护红线范围内（见附图 1），符合生态保护红线要求；本项目不存在资源过度使用的情况，符合资源利用上限要求；同时本项目符合环境质量底线要求。故本项目符合生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单“三线一单”生态环境分区管控要求。

本项目周围环境现场核实情况见表 3-1 至表 3-2，由表可知，本项目建设情况与环评及其批复一致。

表 3-1 医院周围环境现场核实表

| 位置               |    | 周围环境现场核实情况                     | 备注 |
|------------------|----|--------------------------------|----|
| 安徽医科大学附属<br>阜阳医院 | 东侧 | 黄山路和海亮悦府小区                     | /  |
|                  | 南侧 | 蜀峰湖路和恒大御景小区                    | /  |
|                  | 西侧 | 医院预留空地、泰山路、润源太阳城小区<br>和阜阳市实验中学 | /  |
|                  | 北侧 | 医院预留空地、天鹅湖路及福和家园小区             | /  |

表 3-2 本项目周围环境环评中规划情况与现场核实情况对照表

| 位置   |    | 周围环境          |               | 备注 |
|------|----|---------------|---------------|----|
|      |    | 环评规划情况        | 现场核实情况        |    |
| 核医学科 | 东侧 | 电梯厅           | 电梯厅           | 一致 |
|      | 南侧 | 放射科           | 放射科           | 一致 |
|      | 西侧 | 院区道路和医院二期预留用地 | 院区道路和医院二期预留用地 | 一致 |

|       |    |              |                  |                                      |
|-------|----|--------------|------------------|--------------------------------------|
|       | 北侧 | 院区道路及锅炉房和冷却塔 | 院区道路及锅炉房和冷却塔     | 一致                                   |
|       | 楼上 | 病理科和药剂科用房    | 空置房间             | /                                    |
|       | 楼下 | 排风、排烟、空调等机房  | 排风、排烟、空调等机房      | 一致                                   |
| DSA 室 | 东侧 | 预留 DSA 机房    | 预留 DSA 机房        | 一致                                   |
|       | 南侧 | 设备间、导管库、缓冲间  | 设备间、导管库、缓冲间      | 一致                                   |
|       | 西侧 | 在用 DSA 机房    | 在用 DSA 机房        | 一致                                   |
|       | 北侧 | 前室和控制室       | 前室和控制室           | 一致                                   |
|       | 楼上 | 产房           | 走廊、库房及产房内无人员居留场所 | 将原治疗室更改为库房，DSA 正上方与产房内其它区域隔开，人员无法进入。 |
|       | 楼下 | 制冷机房         | 制冷机房             | 一致                                   |

### 3.2 建设内容

安徽医科大学附属阜阳医院在医院医技楼一层预留 DSA 机房内增加 1 台 DSA，型号为 Artis zee III ceiling，最大管电压为 125kV、最大管电流为 800mA；在医院住院楼北楼一层核医学科新增  $^{131}\text{I}$ 、 $^{99}\text{Mo}$  等核素并对  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素使用量进行调整；增加  $^{125}\text{I}$  粒籽植入治疗项目（粒籽植入手术室位于住院楼北楼一层 CT 室，专用病房位于住院楼南楼十三层介入病房）。本项目 DSA 实物见图 3-1，SPECT/CT 实物见图 3-2。本次验收项目环评建设规模和实际建设规模主要技术参数对比见表 3-3，废弃物环评建设规模见表 3-4。由表中信息可知，本项目验收时实际建设技术参数在环评及其批复范围以内。本项目本层、上下层、核医学科放射性废水及通风示意图、声环境评价范围示意图见图 3-5 至图 3-12。



图 3-1 本项目 DSA 设备



图 3-2 本项目 SPECT/CT 设备



图 3-3 安徽医科大学附属阜阳医院地理位置示意图



表 3-3 安徽医科大学附属阜阳医院本次验收项目环评建设规模主要技术参数

| 射线装置                     |              |           |                             |                 |              |                          |                                  |                 |
|--------------------------|--------------|-----------|-----------------------------|-----------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------|
| 名称                       | 环评建设规模       |           |                             |                 | 实际建设规模       |                          |                                  |                 |
|                          | 数量（台）        | 型号        | 技术参数                        | 工作场所            | 数量（台）        | 型号                       | 技术参数                             | 工作场所            |
| DSA                      | 2            | 待定        | 最大管电压≤125kV<br>最大管电流≤1000mA | 医技楼一层<br>DSA 机房 | 1            | Artis zee III<br>ceiling | 最大管电压 125kV<br>最大管电流 800mA       | 医技楼一层<br>DSA 机房 |
| 放射性同位素                   |              |           |                             |                 |              |                          |                                  |                 |
| 名称                       | 日等效最大操作量（Bq） | 年最大用量（Bq） | 活动种类                        | 工作场所            | 日等效最大操作量（Bq） | 年最大用量（Bq）                | 活动种类                             | 工作场所            |
| <sup>99m</sup> Tc        | 2.78E+7      | 5.55E+12  | 乙级<br>住院楼北楼一层核医学科           |                 | 2.78E+7      | 5.55E+12                 | 乙级<br>住院楼北楼一层<br>核医学科            |                 |
| <sup>99</sup> Mo         | 2.96E+7      | 5.55E+12  |                             |                 | 2.96E+7      | 5.55 E+12                |                                  |                 |
| <sup>131</sup> I<br>(甲癌) | 2.78 E+9     | 8.33E+11  |                             |                 | 2.78E+9      | 8.33E+11                 |                                  |                 |
| <sup>131</sup> I<br>(甲亢) | 7.4E+8       | 2.22E+11  |                             |                 | 7.4 E+8      | 2.22 E+11                |                                  |                 |
| <sup>125</sup> I         | 2.22E+6      | 8.88E+10  |                             |                 | 2.22E+6      | 8.88E+10                 | 住院楼北楼一层放射科 1 号 CT 室、<br>住院楼南楼十三层 |                 |



表 3-4 安徽医科大学附属阜阳医院本次验收项目废弃物（重点是放射性废弃物）环评建设规模

| 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                               |
|-------------------------------------------------|----|----------------------------------------------|----|------|----------|-------|-----------|------------------------------------|
| $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器 | 固态 | $^{99}\text{Mo}$<br>$^{99\text{m}}\text{Tc}$ | /  | /    | 约 50 只   | /     | 放射性废物间    | 厂家回收                               |
| 试剂瓶                                             | 固态 | $^{99\text{m}}\text{Tc}$<br>$^{131}\text{I}$ | /  | /    | 约 8500 个 | /     | 放射性废物桶    | 经十个半衰期后作医疗废物处置                     |
| 手套                                              | 固态 |                                              | /  | /    | 约 3000 副 | /     |           |                                    |
| 移液器吸头                                           | 固态 |                                              | /  | /    | 约 750 个  | /     |           |                                    |
| 一次性注射器                                          | 固态 |                                              | /  | /    | 约 6060 个 | /     |           |                                    |
| 活性炭                                             | 固态 |                                              | /  | /    | 约 10kg   | /     |           |                                    |
| 放射性废气                                           | 气态 |                                              | /  | 少量   | 少量       | /     | 不暂存       | 通过排风系统经活性炭吸附后排入外环境                 |
| 放射性废水                                           | 液态 | /                                            | /  | /    | /        | 衰变池   | 接入医院污水处理站 |                                    |
| 臭氧<br>氮氧化物                                      | 气态 | /                                            | /  | 少量   | 少量       | /     | 不暂存       | 少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排入外环境，臭氧在常温下自动分解 |

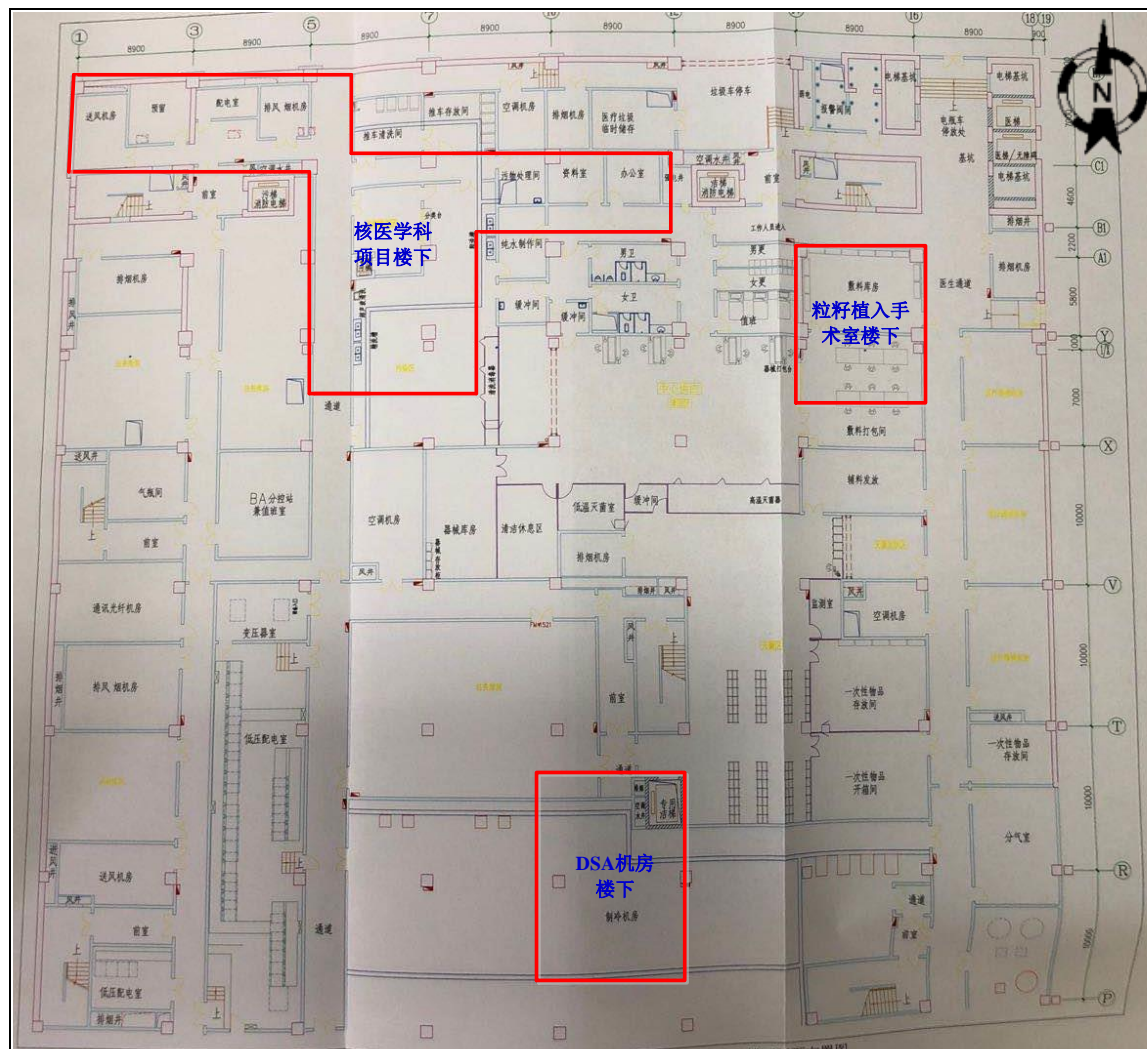


图 3-5 本次竣工环保验收项目楼下（住院楼负一楼）平面布置示意图

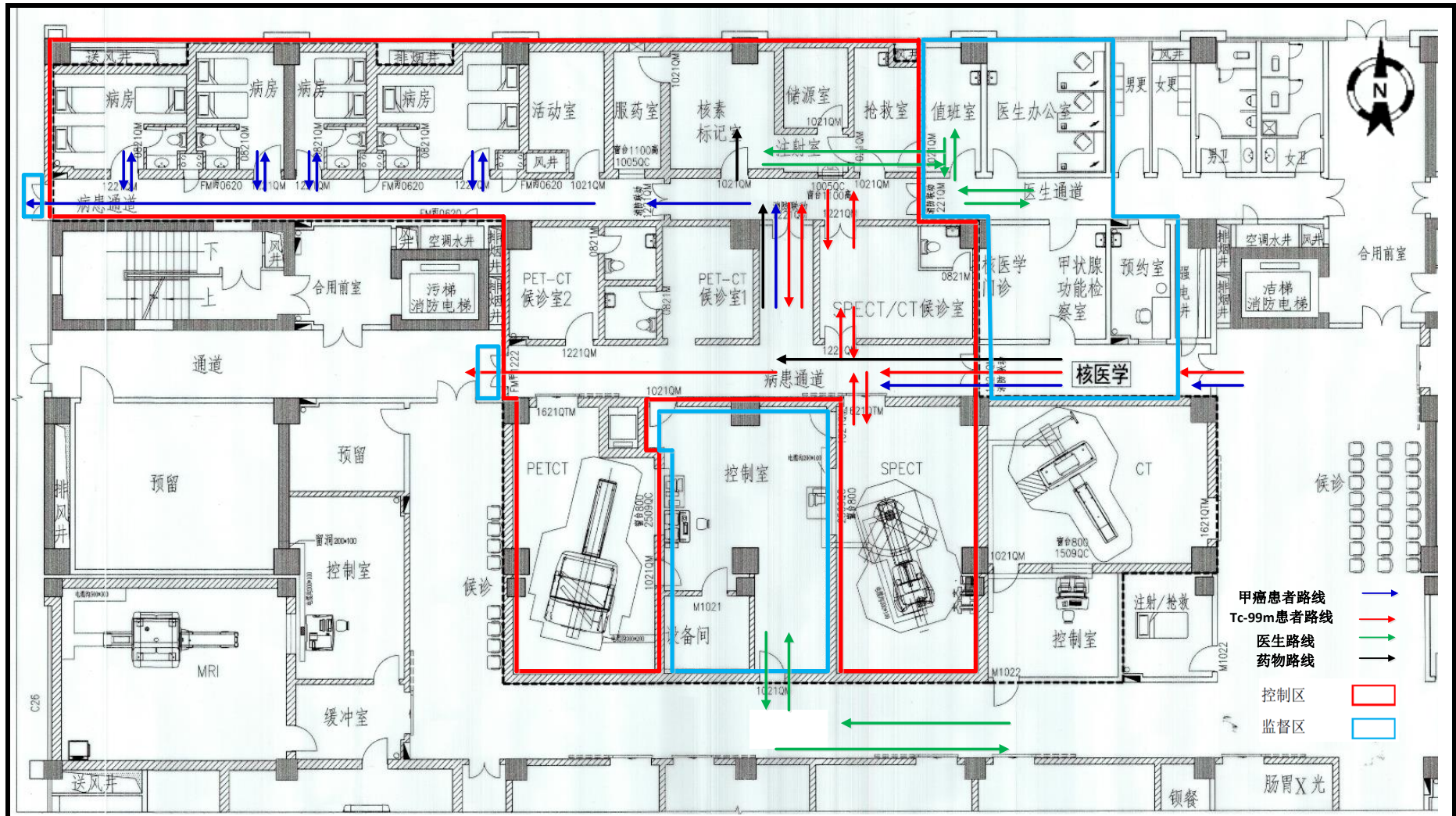


图 3-6 本次竣工环验收项目核医学科场所（住院楼一楼）平面布置示意图

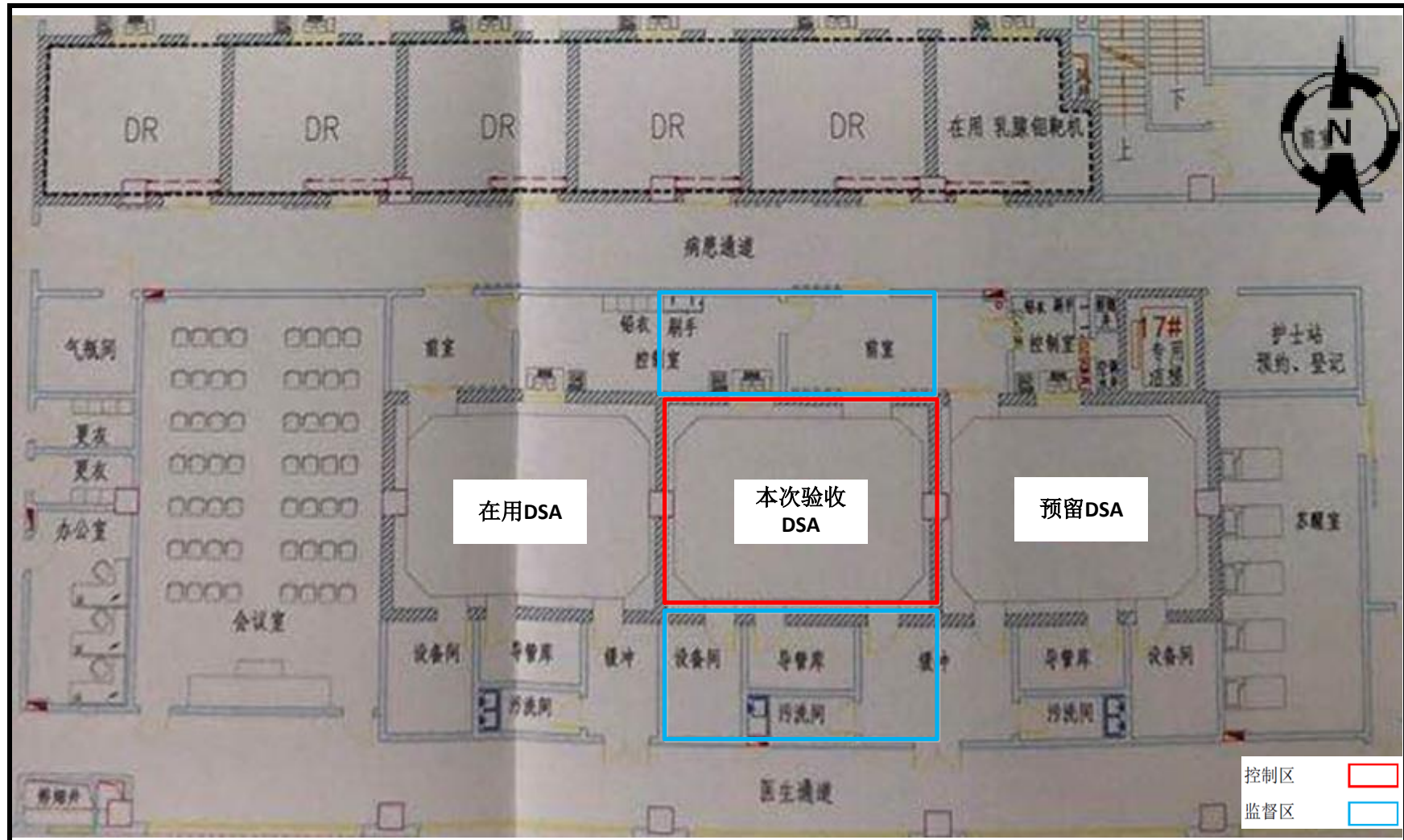


图 3-7 本次竣工环保验收项目 DSA 场所（医技楼一楼）平面布置示意图

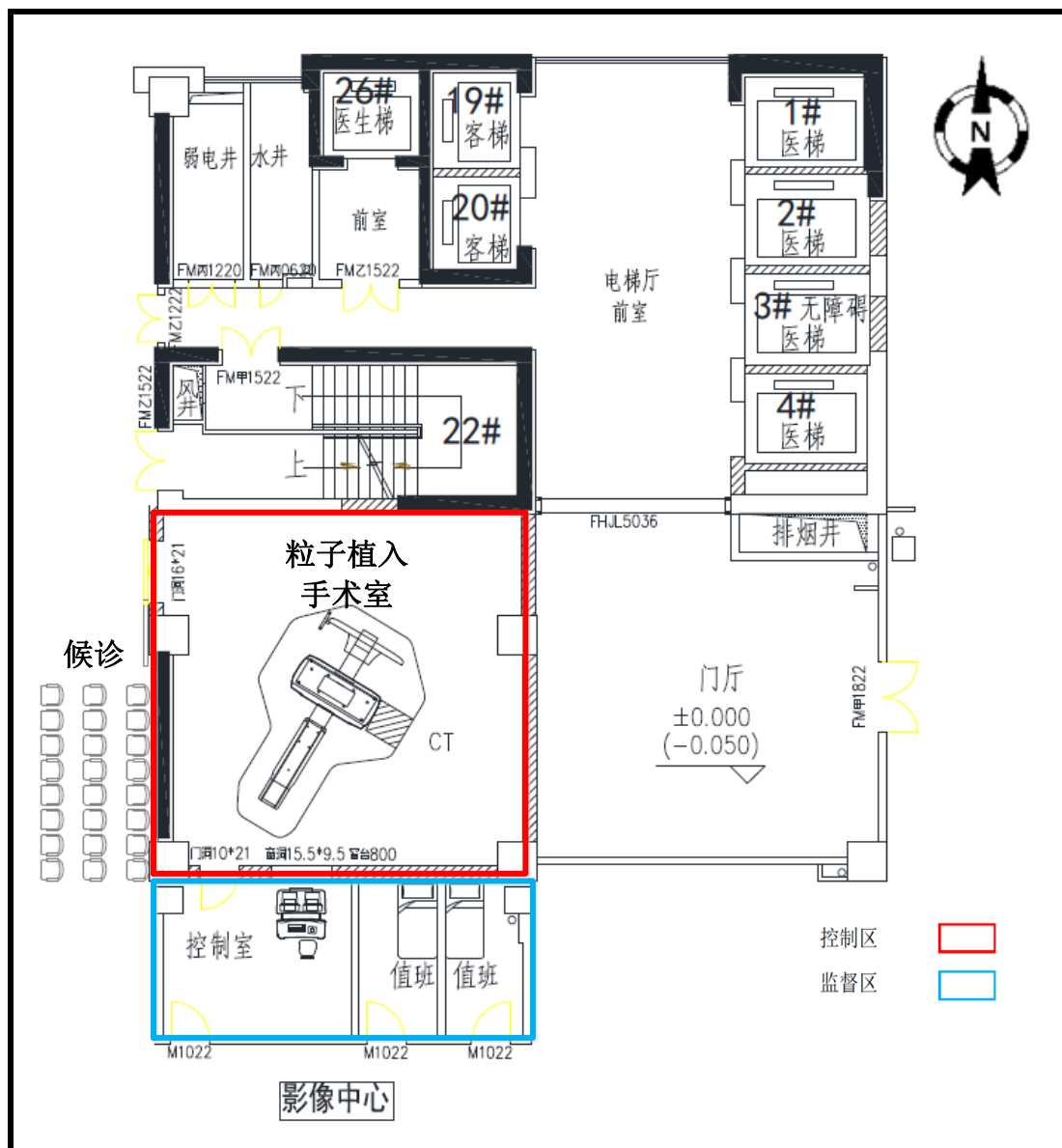


图 3-8 本次竣工环保验收项目粒籽植入手术室等场所（住院楼一楼）平面布置示意图

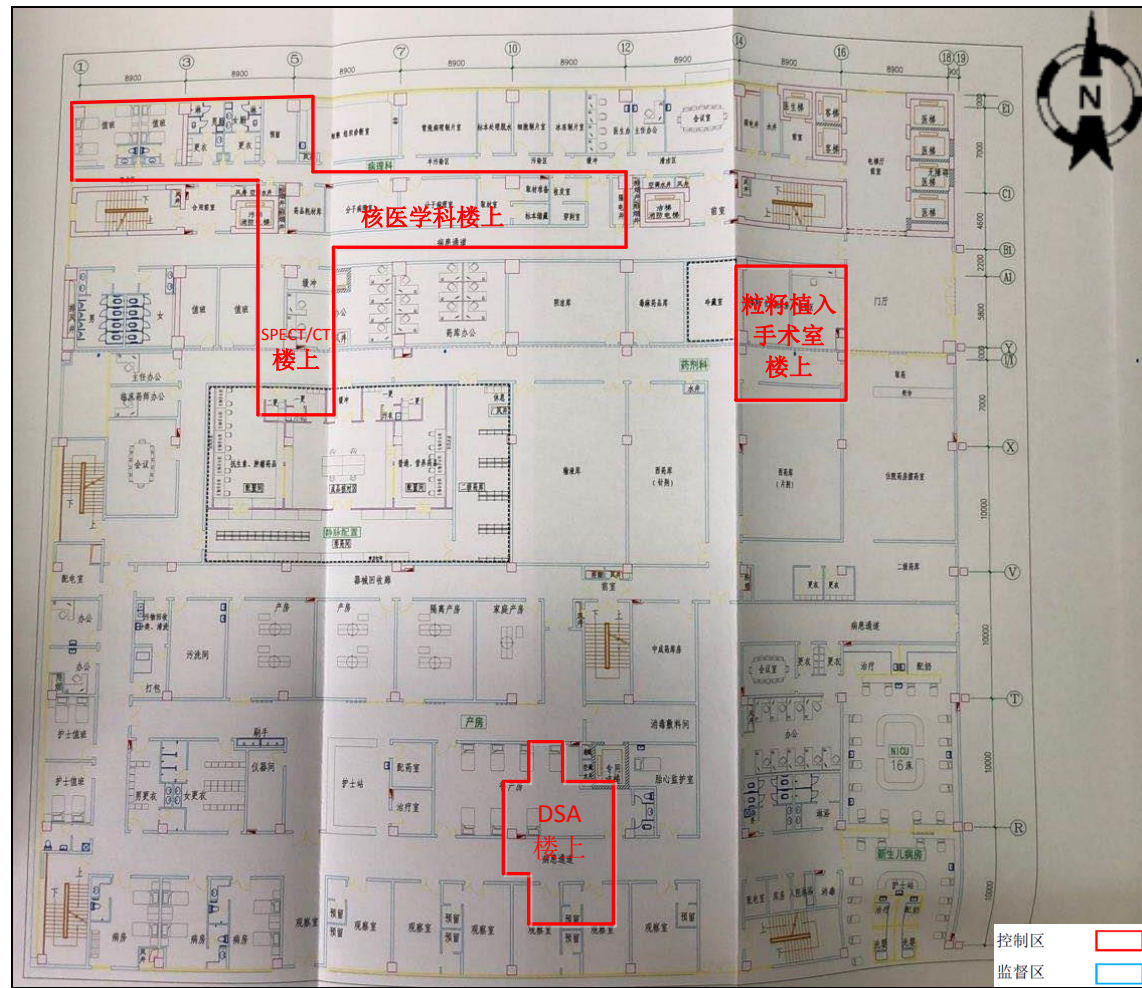


图 3-9 本次竣工环保验收项目楼上（住院楼二楼）平面布置示意图

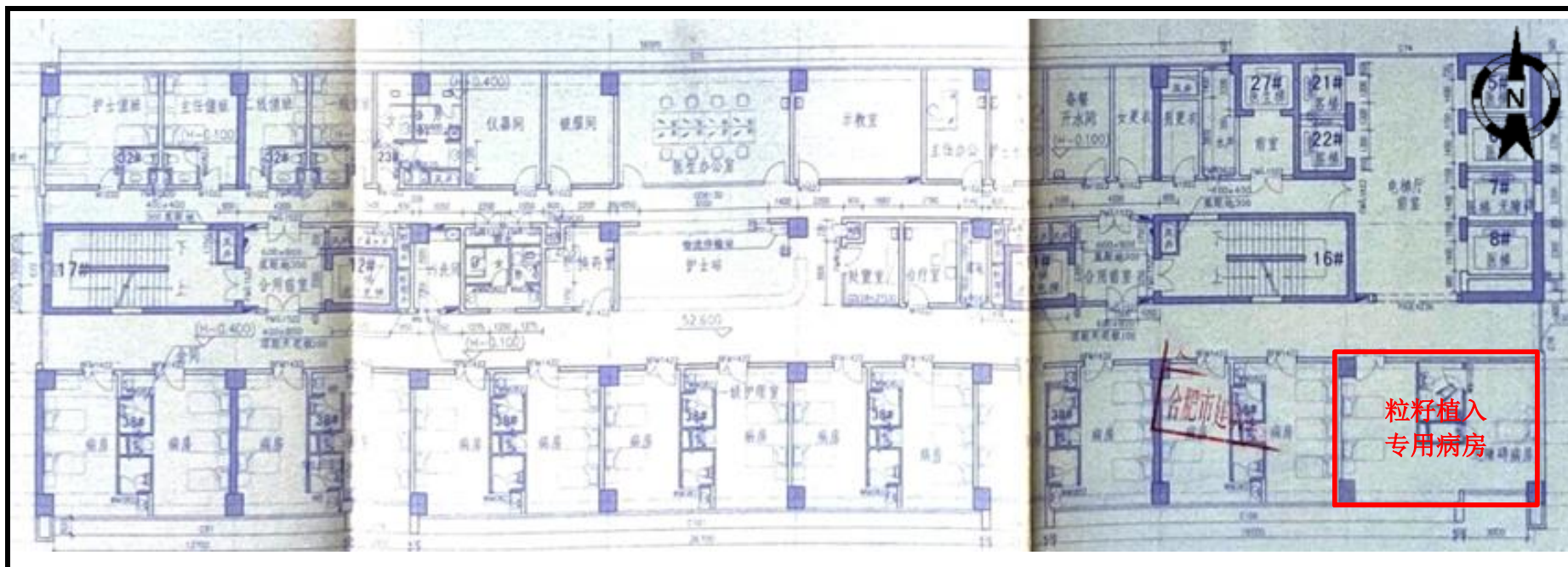


图 3-10 本次竣工环验收项目籽植入专用病房（住院楼十三楼）平面布置示意图

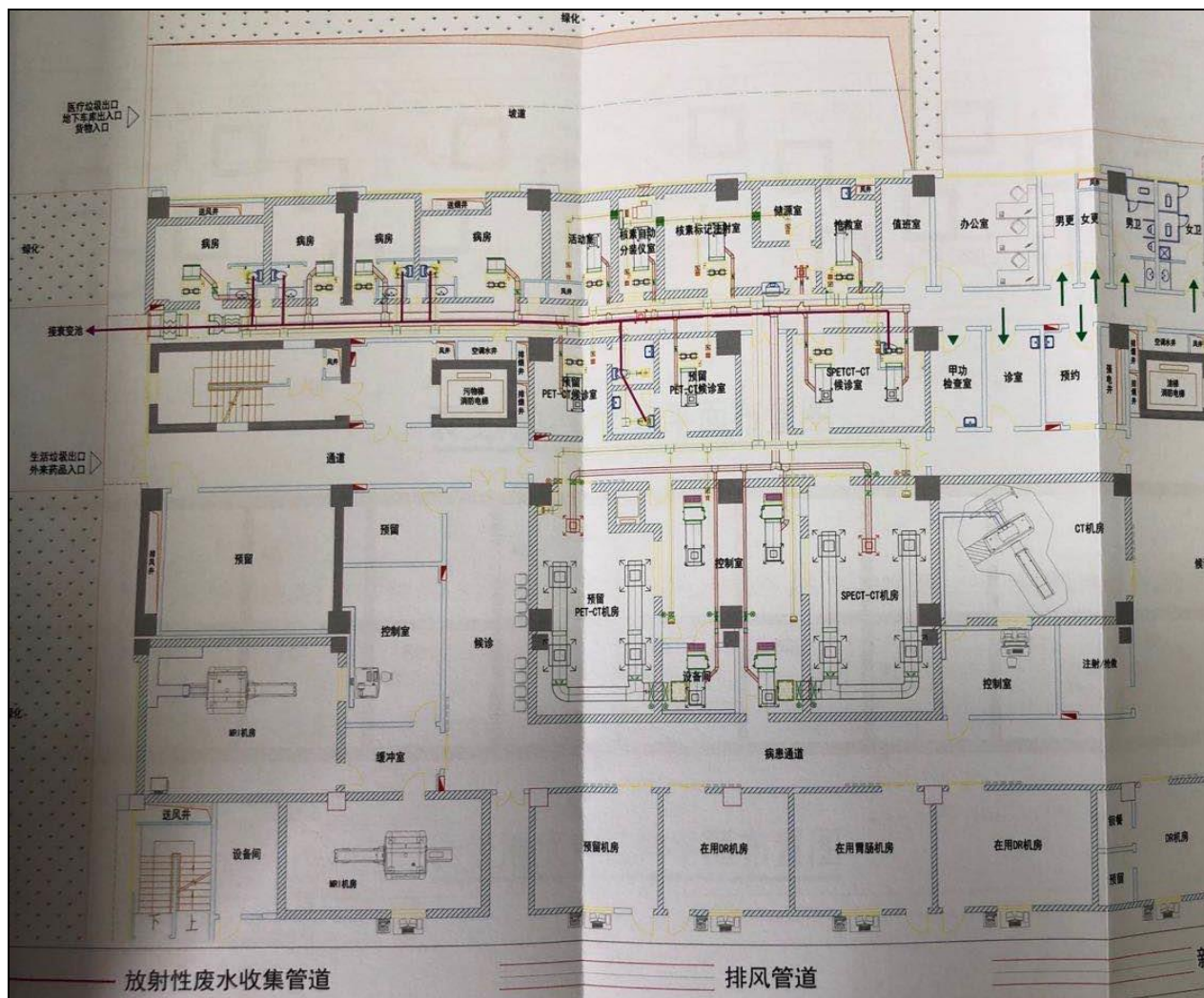


图 3-11 核医学科放射性废水及通风示意图



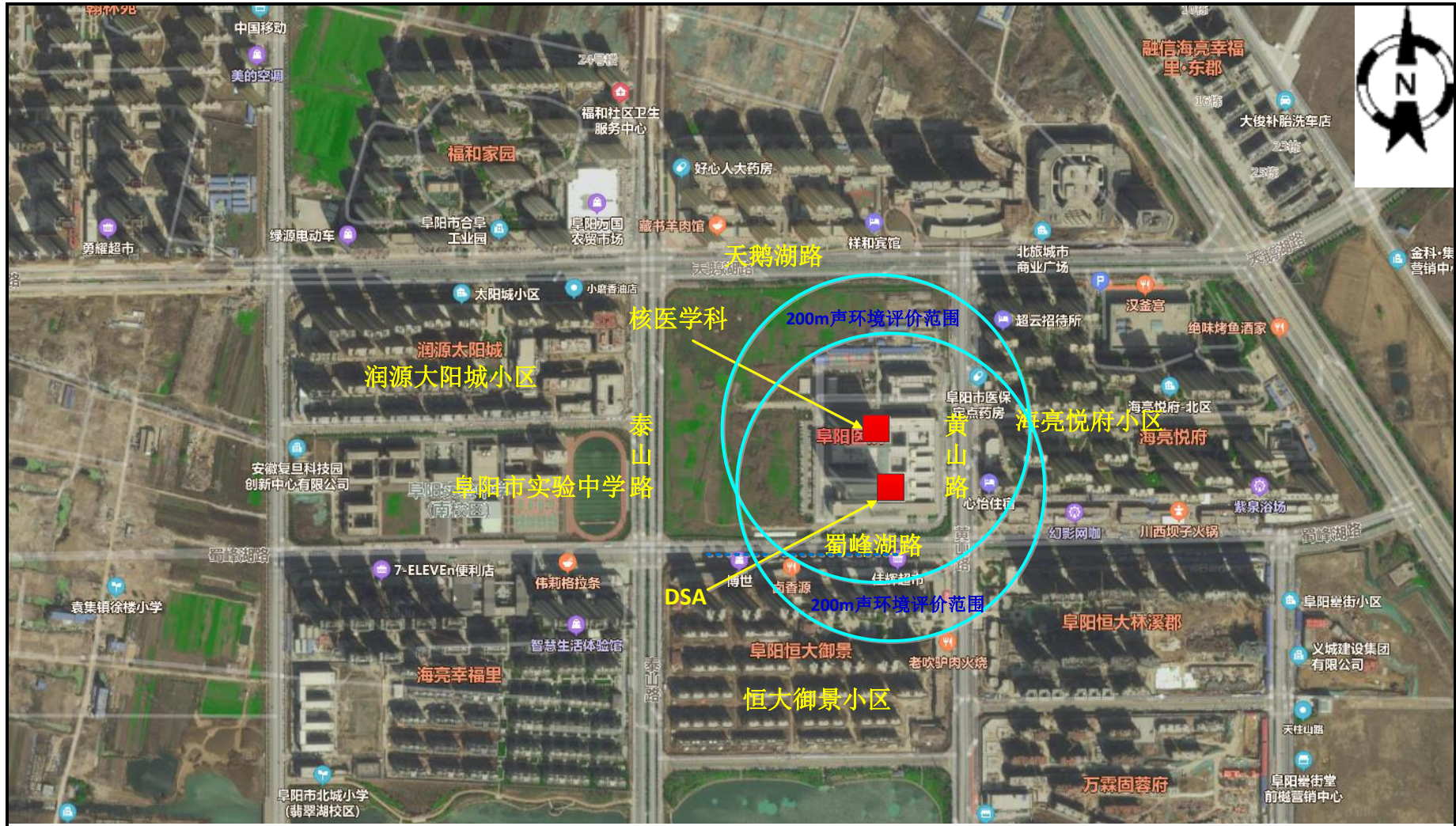


图 3-12 200m 声环境评价范围

### 3.3 工作原理及工艺流程

#### 3.3.1 DSA 项目

##### I 工作原理

DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，DSA 由 X 线发生装置，包括 X 线球管及其附件、高压发生器、X 线控制器等，和图像检测系统，包括光栅、影像增强管、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等部件组成。

数字减影血管造影技术是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA 的成像基本原理为：将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

介入治疗是在医学影像设备的引导下，通过置入体内的各种导管（约 1.5-2 毫米粗）的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点，目前，基于数字血管造影系统指导的介入治疗医生已能把导管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构（消化道、胆道、气管、鼻管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

##### II 工作流程及产污环节

本项目利用 DSA 的引导管方式，能实时显示导管或导丝在血管内推进的情况，并清楚地观察其与血管的关系，使其头部及心脏的定位更为准确，因而能加速选择性或超选择性插管的操作，有助于各种介入性操作。DSA 只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。因此，在开机出束期间，X 射线是主要污染因子。本项目 DSA 每年最多 300 台手术，平均每台手术曝光时间为 20 分钟，年

曝光时间 100 小时。

DSA 工作时，空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧(O<sub>3</sub>)和氮氧化物(NO<sub>x</sub>)，少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排出机房，臭氧在常温下自动分解为氧气，废气对周围环境影响较小。工作范围及工作量

本项目 DSA 工作流程及产污环节如图 3-13。

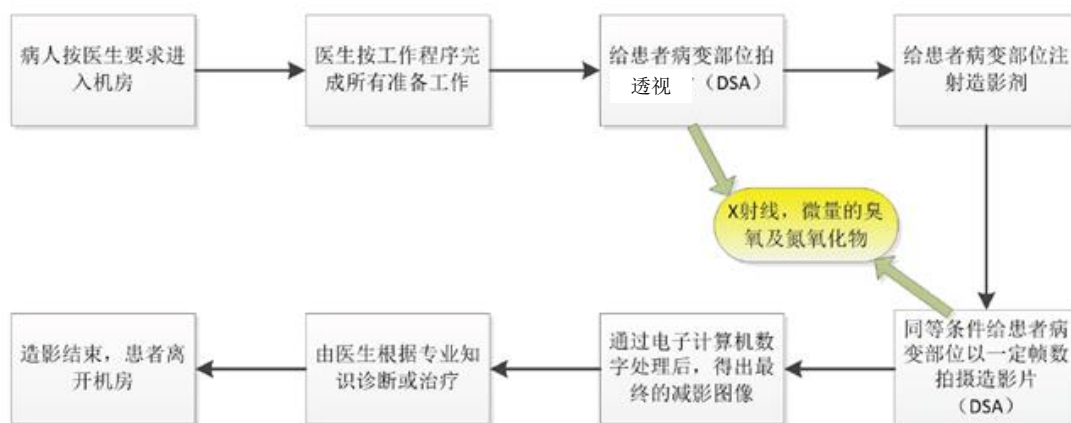


图 3-13 本项目 DSA 工作流程及产污环节示意图

### 3.3.2 核医学项目

#### (1) <sup>99m</sup>Tc、<sup>90</sup>Mo 核素项目

##### I 工作原理

<sup>99m</sup>Tc、<sup>90</sup>Mo 核素主要用于 SPECT，即单光子发射型计算机断层显像 (Single photon emission computed tomography, 简称 SPECT)。SPECT 显像，其原理是利用引入人体内的放射性核素(一般使用 <sup>99m</sup>Tc 核素)发出的  $\gamma$  射线经碘化钠晶体产生闪光，闪烁光子再与光电倍增管的光阴极发生相互作用，产生光电效应。光电效应产生的光电子经光电倍增管的打拿极倍增放大后在光阳极形成电脉冲，其经过放大器放大成形，再经过位置计算电路形成 X、Y 位置信号。各个光电倍增管输出信号之和为能量信号 Z。X、Y 信号经处理后加入显示器偏转极，Z 信号加入启挥极，从而在荧光屏上形成闪烁影像。利用滤波反投影方法，借助计算机处理系统可以从一系列投影影像重建横向断层影像，由横向断层影像的三维信息再经影像重建组合获得矢状、冠状断层或任意斜位方向的断层影像。

SPECT/CT 是单光子发射型计算机断层显像仪和 CT 一体化组合的影像诊断设备，将功能代谢与解剖结构完美结合显示成像，是目前临床核医学最广泛应用

的医学影像诊断设备。SPECT 装置诊断使用的放射性核素为  $^{99m}\text{Tc}$ （由  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  发生器进行淋洗产生）进行显像，通过病灶部位对药物的摄取了解病灶功能代谢状态，从而对疾病正确诊断。

该医院使用的放射性同位素特性见表 3-5。

表 3-5 放射性核素  $^{99m}\text{Tc}$  特性一览表

| 序号 | 核素名称              | 半衰期   | 衰变类型及分支比 (%) | 主要 $\alpha$ 、 $\beta$ 辐射能量 (keV) 与绝对强度 (%) | 主要 $\gamma$ 、X 射线能量 (keV) 与绝对强度 (%) | 空气比释动能率常数 ( $\text{Gy m}^2 \text{Bq}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) |
|----|-------------------|-------|--------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1  | $^{99m}\text{Tc}$ | 6.02h | IT (100)     | -                                          | 140.511 (88.5)                      | 1.8E-14                                                    |

## II 工作流程及产污环节

医院根据确定的放射性同位素注射剂量，在通风柜利用  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  发生器进行淋洗分装并测试活度。核医学科设有储源室，用于放射性同位素及放射源的贮存场所，室内放置铅废物筒，制定了放射性药物的使用登记制度，经现场核实，有记录（见附件 15），受检者到达注射窗口注射药物后，进入候诊区等待，以便药物被病变组织摄取，然后进入 SPECT 扫描间进行扫描，扫描结束后离开。检查流程如图 3-14 所示。

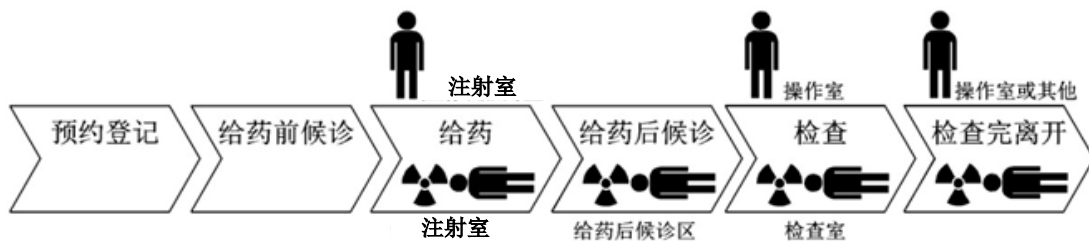


图 3-14 SPECT/CT 影像诊断流程示意图

- ①由医生确认需进行核素显像检查后进行预约登记、确定用药量；
- ②受检者在核医学科检查区注射前等候区候诊；
- ③受检者到达注射窗口接受放射性药物给药；
- ④给药后受检者在注射后候诊室候诊；
- ⑤给药后受检者按序进入扫描间，在工作人员的帮助下正确摆位后，放射工作人员在控制室内进行隔室操作，取得检查部位的影像；
- ⑥受检者检查完成视情况在检查后离开。

$^{99}\text{Mo}$  的衰变时除发射  $\beta$  射线外还发射  $\gamma$  射线， $^{99m}\text{Tc}$  的主要衰变方式是同质异能跃迁，同时发射  $\gamma$  射线。

$^{99}\text{Mo}$  及其衰变产物  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  等均为非挥发性物质，洗脱过程在密闭发生器中负压条件下进行，洗脱一次的时间仅需 5 分钟左右，无放射性气体污染，但是放射性药物的分装、取药可能存在洒出污染危险，为安全起见，洗脱操作通常都在通风柜内进行。

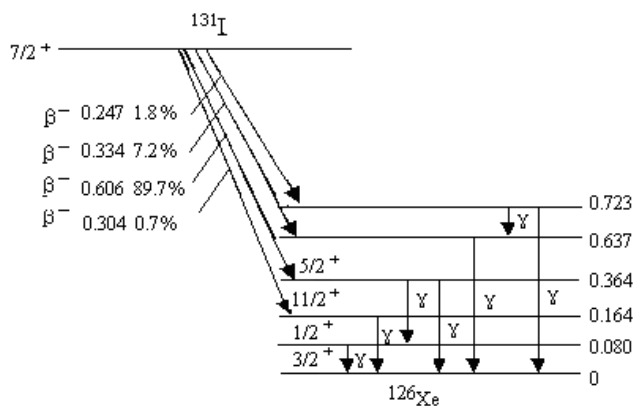
SPECT-CT 显像诊断主要辐射源项为  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  衰变产生的  $\gamma$  射线和 CT 工作产生的 X 射线，操作放射性核素过程中对工作台面、地面等造成表面污染，以及产生放射性废液、废水和固体废弃物、病人排泄物。废旧的  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器由供源厂家回收，不会进入环境。

SPECT/CT 影像诊断：单次注射核素最大活度为 925MBq（25mCi），最大工作量 30 人次/日，年最大工作量 6000 人次/年。 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器淋洗分装及活度测量每天约需 1h，淋洗分装及活度测量由一位工作人员完成，距离药物约 0.5m；注射由一位护士完成，距离药物约 0.3m，每位病人完成注射约需 20s；核医学科设一间 SPECT-CT 候诊室，SPECT-CT 病人分别等候时间约 30min，再进入相应的扫描间扫描约 15min，扫描结束后离开；医生指导摆位时，距离病人约 0.5m，每位病人摆位时间一般不超过 30s。

## （2） $^{131}\text{I}$ 治疗甲亢和甲状腺癌项目

### I 工作原理

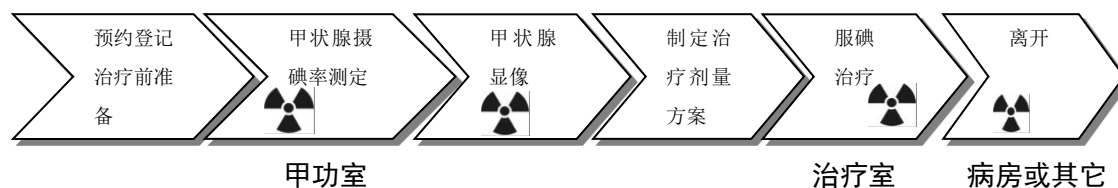
碘是合成甲状腺激素的物质之一，甲状腺细胞通过钠/碘共转运子克服浓度梯度从血循环中浓聚  $^{131}\text{I}$ ，因此，病人口服的  $^{131}\text{I}$  药剂大都聚集在甲状腺内。甲状腺细胞对碘化物具有特殊的亲和力，服用药物后  $^{131}\text{I}$  能够被甲状腺高度选择性吸收，甲亢病人的甲状腺中功能亢进的病变组织比一般的甲状腺组织的摄碘率更高， $^{131}\text{I}$  在衰变为  $^{131}\text{Xe}$  时能放射出  $\beta$  射线和  $\gamma$  射线。 $\beta$  射线有效射程仅有 0.5~2 毫米，能选择性地破坏甲状腺腺泡上皮而不影响邻近组织。甲状腺组织能受到长时间的集中照射，其部分腺体被破坏后逐渐坏死，代之以无功能的结缔组织，减少甲状腺激素的合成，使甲状腺功能恢复，达到治疗的目的。 $^{131}\text{I}$  衰变示意图见图 3-15，核素特性见表 3-6。

图 3-15  $^{131}\text{I}$  衰变示意图表 3-6 放射性核素  $^{131}\text{I}$  特性一览表

| 核素名称             | 半衰期   | 毒性分组 | 衰变类型      | 最大射线及能量(MeV)与绝对强度(%)              | 操作方式 | 医学应用         |
|------------------|-------|------|-----------|-----------------------------------|------|--------------|
| $^{131}\text{I}$ | 8.04d | 中毒   | $\beta^-$ | $\beta$ 0.971 ( $\approx 100\%$ ) | 简单操作 | 甲亢治疗<br>甲癌治疗 |

## II 工作流程及产污环节

医院根据与病人预约情况提前向药物供货商订药,由药物供货商负责药物运输至核医学科核素标记室内的通风橱中,病人到达服药室窗口,口服前药物由自动分装机进行分装,服药完毕后经走廊,进入各自病房,住院隔离一周,出院时经西侧大门离开该场所。病人家属给病人送餐时,从核医学科西侧门外将配餐放置于餐车上即离开,等家属离开后,患者自行领取。 $^{131}\text{I}$  治疗具体流程如图 3-16 所示。

图 3-16  $^{131}\text{I}$  治疗流程图

- 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;
- ③进行  $^{131}\text{I}$  治疗的患者进行甲状腺显像;
- ④根据显像结果计算甲状腺重量,制定治疗剂量方案;

⑤根据制定的方案给患者服碘，甲癌病人住院 1 周观察，甲亢治疗患者服药后离开。

$^{131}\text{I}$  发生  $\beta$  衰变时伴随发射 0.364MeV 的  $\gamma$  射线，物理半衰期 8 天。主要的辐射源项为  $\gamma$  射线、 $\beta$  表面污染、放射性废液、废水和固体废弃物、病人排泄物以及携带的  $^{131}\text{I}$  核素对他人的影响。

$^{131}\text{I}$  甲亢治疗：每人每次用量 370MBq（10mCi），年治疗 600 人次，每周开展一次，一天最多治疗 20 人次。

年工作时间为 3600 小时。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）7.4.4.3 中，“接受放射性核素治疗的患者应在其体内的放射性物质的活度降至一定水平后才能出院，以控制其家庭与公众成员可能受到的照射”。该标准中给出了关于  $^{131}\text{I}$  核素的出院活度限值“接受了  $^{131}\text{I}$  核素治疗的患者，其体内的放射性活度降至低于 400MBq 之前不得出院”。因此，本项目  $^{131}\text{I}$  工作场所出院活度限值按 400MBq 执行。

### （3） $^{125}\text{I}$ 籽粒植入项目

#### I 工作原理

$^{125}\text{I}$  籽粒植入治疗是通过影像学引导手术或术中直视下，将具有放射性的密封籽源直接植入到肿瘤靶体内或肿瘤周围，通过放射性核素持续释放射线对肿瘤细胞进行杀伤，达到肿瘤治疗的目的。籽粒植入时间可分为永久性植入法和非永久性植入法。 $^{125}\text{I}$  密封籽源，其外壳为钛管，外径约为 0.8mm；内核材料为银丝，其直径为 0.5mm，表面镀有  $^{125}\text{I}$  核素。医院使用的  $^{125}\text{I}$  籽粒单枚活度平均约为 0.6mCi，由专业供货商供货，根据肿瘤的大小和所需照射剂量，确定植入的籽源活度和数量，籽源永久性植入病人体内，与  $^{125}\text{I}$  密封籽源配套使用的是专用的籽粒植入枪和贮存铅罐。

$^{125}\text{I}$  籽粒实物与示意图见图 3-17。

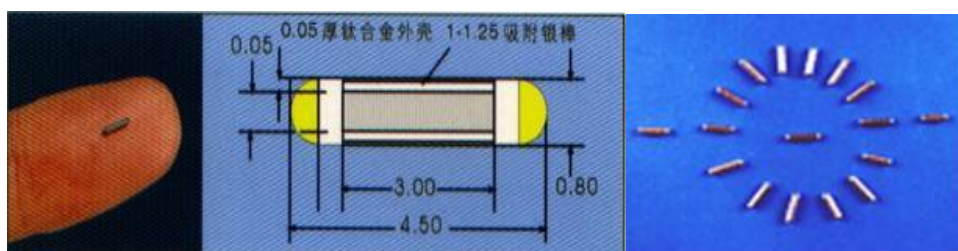


图 3-17  $^{125}\text{I}$  籽粒实物与示意图见图

该医院使用的放射性同位素特性见表 3-7。

表 3-7 放射性核素特性一览表

| 核素种类             | 半衰期   | 衰变类型及分支比 (%) | 主要 $\alpha$ 、 $\beta$ 辐射能量 (keV) 与绝对强度 (%) | 主要 $\gamma$ 、X 射线能量 (keV) 与绝对强度 (%)                                               | 空气比释动能率常数 ( $\text{Gy m}^2 \text{Bq}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) |
|------------------|-------|--------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| $^{125}\text{I}$ | 60.1d | E.C          | /                                          | X0.0275 (79.4%)<br>$\gamma$ 0.0355 (6.82%)<br>ceK 0.004 (81.9)<br>ceL 0.031 (6.7) | 3.5E-14                                                    |

## II 工作流程及产污环节

该院开展的  $^{125}\text{I}$  粒籽植入项目，植入场所为住院楼一楼 CT 机房，专用病房为住院楼十三楼介入病房内的专用病房。本项目主要用于胃癌、胆管癌、肝癌、胰腺癌等恶性肿瘤的术后治疗。该项目年门诊量约为 80 人次，治疗前根据与病人预约情况向厂方定货，厂家负责药物的运输，粒籽源一般早上送至医院，粒籽源到达医院后存放于放射介入科储藏室，手术前送至住院楼负一楼消毒中心进行消毒，工作人员将消毒后的粒籽源送至住院楼一楼手术室（CT 室）内将  $^{125}\text{I}$  粒籽装入植入枪中进行植入手术，粒籽源当天用完不作储存。植入手术结束后，工作人员将病人送至住院楼十三楼放射介入病房中的粒籽植入专用病房内。

该院使用的  $^{125}\text{I}$  粒籽单枚活度为  $1.585 \times 10^7 \text{Bq} \sim 3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ ，单次手术最多植入 30 粒，日最多手术台数 2 台，年治疗 80 人次，每位病人手术时间一般不超过 1h，年最大使用量约为  $8.88 \times 10^{10} \text{Bq}$ 。

$^{125}\text{I}$  粒籽为  $\gamma$  衰变核素，将会持续衰变产生  $\gamma$  射线，对医务人员和公众造成外照射。 $^{125}\text{I}$  粒籽暂存期间、手术植入过程中会对周围以及近距离接触人员造成外照射。

$^{125}\text{I}$  粒籽植入时可能掉落或者破损的粒籽源，手术时产生的一次性手套、绷带、敷料等医疗固体废物等可能带微量放射性同位素，收集过程中和贮存衰变时，对医务人员产生外照射。

$^{125}\text{I}$  半衰期 60.1 天，衰变方式是轨道电子俘获，主要发射 35.5keV 的  $\gamma$  射线（6.8%）和 27.5keV 的 X 射线（79.4%）。 $^{125}\text{I}$  粒籽植入治疗辐射源项为 X 射线和  $\gamma$  射线外照射影响。



### 3.4 环境敏感目标

根据现场勘查可知，本项目 DSA 位于医院医技楼一层，核医学科和粒籽植入手术室位于住院楼北楼一层，本项目周围 50m 范围均在医院院区内。本项目 50m 范围内均无居民区、学校等环境敏感目标。

表 3-8 本项目评价范围内辐射环境保护目标一览表

| 保护目标名称    |              | 性质   | 方位 | 最近距离   | 规模     |
|-----------|--------------|------|----|--------|--------|
| DSA 项目    | 介入中心         | 职业人员 | /  | /      | 约 24 人 |
|           | 放射科和核医学科     | 职业人员 | 北侧 | /      | 约 36 人 |
|           | 产房           | 公众   | 上方 | 3      | 约 20 人 |
|           | 走廊           | 公众   | 周围 | /      | 不定     |
| 核医学项目     | 核医学科         | 职业人员 | /  | /      | 约 8 人  |
|           | 放射科和介入中心     | 职业人员 | 南侧 | 3~50 米 | 约 52 人 |
|           | 放疗中心         | 职业人员 | 北侧 | 3~50 米 | 约 13 人 |
|           | 院区道路及锅炉房和冷却塔 | 公众   | 周围 | 0~50 米 | 不定     |
| 粒籽植入项目手术室 | 门诊大厅         | 公众   | 东侧 | 0~10 米 | 不定     |
|           | 控制室          | 公众   | 南侧 | /      | 约 2 人  |
|           | 候诊大厅         | 公众   | 西侧 | 0~3 米  | 不定     |

### 3.5 项目变动情况

安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目（一期）中 125I 粒籽项目建设地址环评中为住院楼北楼一层核医学科，植入手术在 SPECT/CT 扫描间内开展，125I 粒籽项目实际建设地址为住院楼北楼一层放射科 CT 室（手术区域）和住院楼十三层介入病房（粒籽植入专用病房），医院已于 2021 年 4 月 2 日对粒籽植入手术场所变更进行了登记备案（备案号：20213412000200000002，备案凭证见附件 16），其余项目建设内容及实际建设技术参数在环评及其批复范围以内。

## 4 辐射安全与防护环境保护措施

### 4.1 污染源项分析

#### 4.1.1 辐射源项分析

##### (1) DSA 项目

由 DSA 工作原理和 workflow 可知，本项目主要产生以下污染：

辐射污染：DSA 在工作状态下会发出 X 射线。其主要用作血管造影检查及配合介入治疗，由于在荧光影像与视频影像之间有影像增强器，从而降低了造影所需的 X 射线能量，再加上一次血管造影检查需要时间很短，因此血管造影检查的辐射影响较小。而介入放射需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和医务人员有一定的附加辐射剂量。

DSA 产生的 X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目新建的 DSA 只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。因此，在开机出束期间，X 射线是主要污染因子。

##### (2) $^{99m}\text{Tc}$ 项目

放射性药物和患者注射放射性药物后产生的辐射： $^{99m}\text{Tc}$  日最大用量为  $2.78 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，每一次给受检者注入量一般为  $9.25 \times 10^8 \text{Bq}$ 。 $^{99m}\text{Tc}$  的半衰期为 6.02h，衰变方式是同质异能跃迁，发射能量为 140keV 的  $\gamma$  射线。 $^{99m}\text{Tc}$  和  $^{99}\text{Tc}$  为同质异能素， $^{99m}\text{Tc}$  由激发态跃迁到基态  $^{99}\text{Tc}$  过程释放  $\gamma$  射线，此外， $^{99m}\text{Tc}$  还会放出 292keV 的  $\beta$  射线。 $^{99m}\text{Tc}$  标记的化合物均系非密闭型放射性物质，系非气态物，不产生放射性气溶胶。

表 4-1  $^{99m}\text{Tc}$  使用过程中辐射源项的分布

| 序号 | 工作场所（或操作过程）                  | 主要辐射源项                  |
|----|------------------------------|-------------------------|
| 1  | $^{99m}\text{Tc}$ 淋洗、标记、分装过程 | 放射性药物（ $\gamma$ 射线）     |
| 2  | 注射过程                         | 放射性药物、受检者（ $\gamma$ 射线） |
| 3  | 注射后放射性药物受检者休息场所              | 受检者（ $\gamma$ 射线）       |
| 4  | 注射后放射性药物受检者的检查场所及过程          | 受检者（ $\gamma$ 射线）       |

| 序号 | 工作场所（或操作过程） | 主要辐射源项                                         |
|----|-------------|------------------------------------------------|
| 5  | 检查后受检者离开过程  | 受检者（ $\gamma$ 射线）                              |
| 6  | 专用卫生间       | 受检者排泄物（ $\gamma$ 射线、 $\beta$ 射线）               |
| 7  | 有关废弃物       | 注射用针头、针管和淋洗出来未用完的残液等（ $\gamma$ 射线、 $\beta$ 射线） |
| 8  | 贮存场所        | 放射性药物（ $\gamma$ 射线）                            |

### (3) $^{131}\text{I}$ 核素治疗项目

$^{131}\text{I}$  治疗时的主要有  $\beta$  射线和  $\gamma$  射线， $\beta$  粒籽能量为 0.606MeV（86%）和 0.336MeV（13%），伴随发射 0.364MeV（81%）和 0.637MeV（8.94%）的  $\gamma$  射线。进行分装的工作人员会受到外照射影像。接受放射性碘治疗的患者对其他人的照射包括外照射和污染所致的内照射。根据 ICRP 第 94 号出版物中的数据显示，放射性碘主要通过尿排出，唾液、汗液和粪便中的量较少，呼出量也很少，在治疗初期的一到五天内，大约总活度的 85% 排放到下水道。表面污染、废液、废水和固体废弃物以及病人体内携带的  $^{131}\text{I}$  会对他人进行照射。正常运行状态下可能产生的辐射源项：

(1) 放射性药物  $^{131}\text{I}$ ，在质控、分装、给药等操作过程中可能产生的  $\beta$  射线、 $\gamma$  射线；

(2) 放射性废物，在使用过程产生的废弃物，如剩余药液、病人的呕吐物、洗消废液以及紧急排放等，可能产生的  $\beta$  射线、 $\gamma$  射线；服药后的病人，其本身就形成了放射源，产生  $\gamma$  射线。

### (4) $^{125}\text{I}$ 粒籽植入项目

粒籽植入治疗项目仅有少量擦拭纸，基本没有其他放射性废物产生，项目对环境的影响主要是粒籽在植入过程中发出的  $\gamma$  射线和 X 射线对工作人员产生的外照射影响。

#### 4.1.2 其他污染源项分析

废气：DSA、SPECT/CT 开机运行时，产生的 X 射线与空气中氧气相互作用可产生少量的臭氧( $\text{O}_3$ )和氮氧化物( $\text{NO}_x$ )。少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排至室外，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

固体废物：主要是接入手术中产生的医疗废物及工作人员的办公和生活垃圾。放射诊疗过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置（委托书见附件 12）；工作人员产生的一般生活垃圾，收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

废水：工作人员和部分病人产生的普通生活污水，由院内污水处理站统一处理。

噪声：本项目工作场所设置动力排风装置，排风机运行时产生的噪声。排风机安装在设备间内，经建筑物隔声及距离衰减后，对外界环境影响很小。

## 4.2 布局与分区

### 布局：

该项目涉及的核医学科位于住院楼北楼一层，介入中心（DSA）位于医技楼一层，籽粒植入手术室（CT 机房）位于住院楼北楼一层，籽粒植入专用病房位于住院楼南楼十三层。核医学科东侧为电梯厅，南侧为放射科，西侧隔着院区道路为医院二期预留用地，北侧隔着院区道路为锅炉房和冷却塔，楼下为排风、排烟、空调等机房，以及库房和污物处理等用房，楼上为空置房间；DSA 机房东侧为预留 DSA 机房，南侧为设备间、导管库、缓冲间等，西侧为在用 DSA 机房，北侧为前室和控制室，楼下为制冷机房，楼上为走廊、库房及产房内无人员居留场所。

本项目所在楼层及楼上、楼下平面示意图见图 3-5~图 3-9。

表 4-2 本项目 DSA 机房最小面积及单边长度一览表

| 设备机房            | 机房实际面积                     | 最小有效面积要求 (m <sup>2</sup> ) | 最小单边长度要求 (m) | 评价 |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----|
| DSA 机房          | 6.5m×8.5m=55m <sup>2</sup> | 30                         | 3.5          | 满足 |
| 籽粒植入手术室 (CT 机房) | 6.1m×8.5m=51m <sup>2</sup> | 30                         | 4.5          | 满足 |
| SPECT/CT 室      | 10m×5.6m=56m <sup>2</sup>  | 30                         | 4.5          | 满足 |

表 4-3 本项目 DSA 机房屏蔽防护一览表

| 屏蔽体  | 施工防护工程                                | 防护要求 mmPb                 | 评价 |
|------|---------------------------------------|---------------------------|----|
| 四周墙体 | 370mm 厚的实心灰砂砖+4.0mmPb 防护涂料约 6.5mm 铅当量 | 有用线束方向：2.0<br>非有用线束方向：1.0 | 满足 |
| 顶部   | 150mm 厚的混凝土+4.0mmPb 防护涂料约 5.9mm 铅当量   | 2.0                       | 满足 |
| 底部   | 180mm 厚的混凝土+4.0mmPb 防护涂料约 6.3mm 铅当量   | 2.0                       | 满足 |
| 防护门  | 4mm 铅当量                               | 1.0                       | 满足 |
| 观察窗  | 4mm 铅当量                               | 1.0                       | 满足 |

## 说明：

(1)混凝土密度  $2.35t/m^3$ ；

(2)防护涂料水泥砂浆配比：425 规格水泥：硫酸钡：107 胶水（20:100:2）。硫酸钡水泥砂浆密度为  $2.7t/m^3$  计。

表 4-4 核医学科屏蔽防护一览表

| 屏蔽体             |      | 施工防护工程                                    | 评价 |
|-----------------|------|-------------------------------------------|----|
| 核素标记注射室         | 通风柜  | 20mmPb                                    | 满足 |
|                 | 注射针筒 | 2mmPb                                     | 满足 |
|                 | 顶板   | 110mm 混凝土                                 | 满足 |
|                 | 地板   | 180mm 混凝土                                 | 满足 |
|                 | 墙体   | 370mm 实心灰砂砖<br>约合 299mm 混凝土               | 满足 |
|                 | 防护门  | 2mmPb                                     | 满足 |
| SPECT-CT<br>候诊室 | 顶板   | 110mm 混凝土+3.0mmPb 防护涂料，<br>约合 140mm 混凝土   | 满足 |
|                 | 地板   | 180mm 混凝土+2.0mmPb 防护涂料，<br>约合 200mm 混凝土   | 满足 |
|                 | 墙体   | 370mm 实心灰砂砖+3.0mmPb 防护涂<br>料，约合 329mm 混凝土 | 满足 |
| SPECT-CT<br>扫描间 | 铅屏风  | 2mmPb                                     | 满足 |
|                 | 顶板   | 110mm 混凝土+3.0mmPb 防护涂料，<br>约合 140mm 混凝土   | 满足 |

|      |     |                                           |    |
|------|-----|-------------------------------------------|----|
|      | 地板  | 180mm 混凝土+2.0mmPb 防护涂料，<br>约合 200mm 混凝土   | 满足 |
|      | 墙体  | 370mm 实心粘土砖+3.0mmPb 防护涂<br>料，约合 329mm 混凝土 | 满足 |
|      | 防护门 | 3mmPb                                     | 满足 |
|      | 观察窗 | 3mmPb                                     | 满足 |
| 甲癌病房 | 顶板  | 110mm混凝土+13.0mmPb防护涂料，<br>约合240mm混凝土      | 满足 |
|      | 地板  | 180mm混凝土+4.0mmPb防护涂料，<br>约合220mm 混凝土      | 满足 |
|      | 墙体  | 370mm实心灰砂砖+7.0mmPb防护涂<br>料，约合369mm混凝土     | 满足 |

**说明：**

(1)混凝土密度  $2.35t/m^3$ ；

(2)防护涂料水泥砂浆配比：425 规格水泥：硫酸钡：107 胶水（20:100:2）。硫酸钡水泥砂浆密度为  $2.7t/m^3$ 计。

**辐射防护分区：**

DSA 项目：医院将 DSA 机房划为控制区，控制区入口处设置符合规范的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，防止无关人员逗留和误入。将机房控制室、前室、导管库、设备间及缓冲区等临近场所划为辐射监督区。

核医学科项目：医院将 SPECT/CT 扫描间、PET/CT 扫描间（预留）、患者通道、注射后候诊室、抢救室、储源室、核素标记室、注射室、服药室、活动室、甲癌病房及病患通道等划为控制区，控制区入口处设置符合规范的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，防止无关人员逗留和误入。将核医学科控制室、甲功室、诊室、预约室、值班室、医生办公室及控制区出口 1m 范围等划为监督区。

粒籽植入项目：医院将粒籽植入手术室（CT 机房）划为控制区，将专用病房 1.5m 范围内划为临时控制区，控制区入口处设置符合规范的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，防止无关人员逗留和误入。将粒籽植入手术室控制室、值班室等划为监督区。

本项目分区示意图见图 3-6 至图 3-8。

### 4.3 辐射安全措施

#### 4.3.1 工作状态指示灯和电离辐射警告标志

本项目 DSA 机房、核医学科出入口防护门上粘贴有电离辐射警告标志和中文警示说明，防护门上方设置有工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害，灯亮勿入”的可视警示语句。电离辐射警告标志和工作状态指示灯见图 4-1。



DSA 机房防护门



SPECT/CT 扫描室



甲癌病房



图 4-1 电离辐射警告标志和工作状态指示灯

### 4.3.2 门灯联动装置

本项目 DSA 机房、SPCET/CT 扫描间防护门均已与工作状态指示灯联动；防护门为电动防护门。

### 4.3.3 人员监护

医院已为本项目共调配 18 名辐射工作人员(名单见表 4-5),满足配置要求。18 名辐射工作人员均已通过辐射安全与防护考核,合格证均在有效期内。18 名辐射工作人员均已进行了职业健康体检,体检结果均为“可继续从事原放射工作”。医院已委托江西同欣检测技术有限公司对 18 名辐射工作人员均开展个人剂量监测,并已建立个人剂量档案,但若本项目辐射工作人员在 DSA 曝光时需在机房内进行手术,则应按照《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)的要求采用双剂量计监测方法。

表 4-5 本项目配备的辐射工作人员名单

| 姓名  | 性别 | 岗位    | 培训合格证书编号      | 工作场所  | 职业健康检查结果   | 个人剂量检测情况 |
|-----|----|-------|---------------|-------|------------|----------|
| 侯亚楠 | 女  | 核医学   | 皖环辐培 B1946093 | 核医学科  | 可继续从事原放射工作 | 已检测、无异常  |
| 刘文静 | 女  | 核医学   | 皖环辐培 B1946094 | 核医学科  |            |          |
| 庞旭  | 男  | 核医学   | 皖环辐培 B1711014 | 核医学科  |            |          |
| 沙学琴 | 女  | 核医学   | 皖环辐培 B1711011 | 核医学科  |            |          |
| 余其  | 男  | 核医学   | 皖环辐培 B1805120 | 核医学科  |            |          |
| 朱赤  | 男  | 籽粒植入  | 皖环辐培 B1933013 | 植入手术室 |            |          |
| 庞智  | 男  | 籽粒植入  | 皖环辐培 B1946096 | 植入手术室 |            |          |
| 陈胜  | 男  | 籽粒植入  | 皖环辐培 B1946095 | 植入手术室 |            |          |
| 白云珍 | 女  | 介入放射学 | 皖环辐培 B1711059 | 介入科   |            |          |
| 胡运运 | 女  | 介入放射学 | 皖环辐培 B1805115 | 介入科   |            |          |
| 孙媛媛 | 女  | 介入放射学 | 皖环辐培 B1805116 | 介入科   |            |          |
| 叶孟文 | 男  | 介入放射学 | 皖环辐培 B1711038 | 介入科   |            |          |



| 姓名  | 性别 | 岗位    | 培训合格证书编号         | 工作场所 | 职业健康检查结果 | 个人剂量检测情况 |
|-----|----|-------|------------------|------|----------|----------|
| 周文培 | 女  | 介入放射学 | 皖环辐培<br>B1946062 | 介入科  |          |          |
| 李劲松 | 男  | 介入放射学 | 皖环辐培<br>B1711055 | 介入科  |          |          |
| 李岳  | 男  | 介入放射学 | 皖环辐培<br>B1946103 | 介入科  |          |          |
| 刘红  | 男  | 介入放射学 | 皖环辐培<br>B1711056 | 介入科  |          |          |
| 周金锋 | 男  | 介入放射学 | 皖环辐培<br>B1711053 | 介入科  |          |          |
| 邹华伟 | 男  | 介入放射学 | 皖环辐培<br>B1711058 | 介入科  |          |          |

医院已配备有 1 台辐射巡测仪、1 台表面污染仪、2 台个人剂量报警仪，见图 4-2。

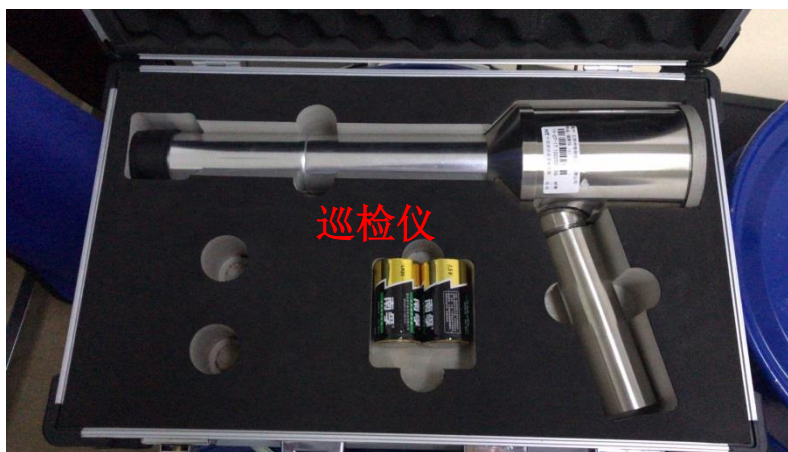


图 4-2 辐射巡测仪及表面污染仪

#### 4.3.4 观察窗和对讲装置

医院为防止诊疗过程中的误操作、防止工作人员和公众受到意外照射，已在 DSA、SPECT/CT 操作台上配备了对讲装置，并在操作台前机房墙上设置了观察窗，通过透明观察窗可以监视机房内患者的情况，经现场核查，对讲系统运行正常。对讲装置和观察窗见图4-3至图4-4。



图 4-3 DSA 观察窗和对讲装置



图 4-4 SPECT/CT 观察窗和对讲装置

#### 4.3.5 急停按钮

本项目 DSA 诊疗床上、SPECT/CT 设备上均设有急停按钮，紧急情况时，按下急停按钮即可关闭设备。经现场核查，急停按钮有效。急停按钮见图4-5~图4-6。



图 4-5 DSA 急停按钮

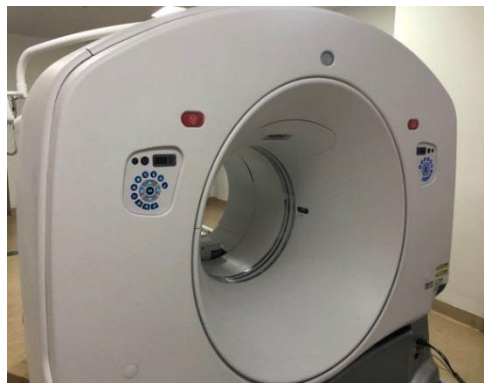


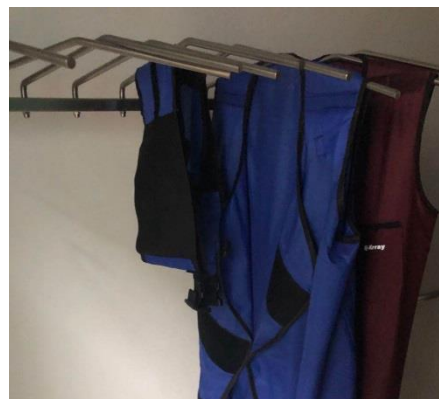
图 4-6 SPECT/CT 急停按钮

#### 4.3.6 防护用品

医院已为 DSA、核医学科辐射工作人员配备了铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜和介入防护手套；为受检者配备了铅橡胶性腺防护围裙，铅橡胶颈套；DSA 上安装了铅悬挂防护屏和床侧防护帘，DSA 机房内均配备了移动铅屏风。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中介入放射学操作时，现场要求配备的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施。本项目配备的个人防护用品见图 4-7。



DSA 个人防护用品



核医学科防护用品

图 4-7 本项目配备的防护用品

#### 4.3.7 通风装置

DSA、SPECT/CT 机房内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，本项目机房采用动力排风装置将臭氧及氮氧化物排入大气，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。本项目 DSA 机房顶部、SPECT/CT 扫描间底部均已设置动力排风装置，见图 4-8。



DSA 机房排风



SPECT/CT 机房排风

图 4-8 动力排风装置

#### 4.3.8 放射性“三废”处置

##### ①放射性废水

医院的放射性废水中含有  $^{131}\text{I}$  和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素。放射性废水主要包括工作人员操作过程中产生少量含放射性核素的废水、核医学科病人排泄物、清洁用水等。由于  $^{131}\text{I}$  的半衰期远大于  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 。因此， $^{131}\text{I}$  作为放射性废水所含主要放射性核素，以  $^{131}\text{I}$  分析衰变池设计容积的符合性。

医院住院楼北楼西侧道路与停车场之间的绿化带内设置了 10 级地下衰变池，每级衰变池容积约为  $55\text{m}^3$ ，总容积约为  $550\text{m}^3$ ，放射性废水经储存超过 10 个半

衰期后，依托医院污水处理站处理后接入城市污水管网。经核实，在医院预计的工作负荷且正常工作状态下，衰变池的设计容积能确保核医学科放射性废水在衰变池的储存衰变远超过主要核素  $^{131}\text{I}$ （8 天）10 个半衰期。

### ②含放射性的固体废物

核医学项目诊疗过程中，放射性药物的操作会产生少量受放射性污染的固体废物，主要包括废  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器、废  $^{125}\text{I}$  粒籽源，放射性药品瓶、一次性注射器、服用器皿、试管、手套和纱布等物品，以及衰变池定期清捞的沉积物。

$^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器一般使用一周后，因放射性活度下降已无实际医用价值，便连同原包装容器退还给供方。废  $^{125}\text{I}$  粒籽源由供方回收。

病人采用食入方式进行检查或治疗时，服用药品的器皿一般均用饮用水荡洗三次，荡洗液均由病人服用。含放射性核素的废物分类放入废物袋专用污物桶内，再将污物桶内的固体废弃物连同垃圾袋暂存在放射性废物桶，贮存 10 个半衰期后作为一般医疗废物处置。医院放射性废物筒见图 4-9。



图 4-9 放射性废物筒

### ③废气处理措施

核医学  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  由钼铈发生器经淋洗后得到，放射性药物在标记注射室内经进一步的分装和活度测试后注射，在淋洗、分装和测试过程中会产生少量放射性废气。因此该项目在标记注射室设置一个两联通风柜，其防护铅当量为 40mmPb，工作中风速均不小于 1m/s，放射性药物的分装和测试操作均在通风柜内进行，

能够有效减少产生的放射性废气对工作人员的影响。通风柜和放射性药物所涉及的功能用房均设有排风系统，通过管道排放至室外。本项目通风橱见图 4-10，通风橱内设专用通风管道。



图 4-10 通风橱

#### 4.3.9 台账管理和辐射监测记录

医院已制定《放射性药品采购、登记、作用、核对、保管及注销制度》和《辐射工作场所监测计划》等制度，对放射性药品的使用进行了登记，定期对辐射工作场所进行辐射监测，并作好记录，使用和监测登记见附件 15。

#### 4.4 辐射安全管理制度

医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，针对所开展的放射性诊疗活动制定了相应的辐射安全与防护管理制度，清单如下：

- 1) 《辐射防护和安全保卫制度》
- 2) 《个人剂量监测制度》
- 3) 《辐射工作场所监测计划》
- 4) 《辐射污染防治措施》
- 5) 《CT 操作规程》
- 6) 《ECT 操作规程》
- 7) 《DSA 操作规程》
- 8) 《放射性药品采购、登记、作用、核对、保管及注销制度》
- 9) 《放射性药品不良反应、放射性污染的紧急处理及报告制度》

- 10) 《放射性核素安全管理措施》
- 11) 《放射性工作人员岗位职责》
- 12) 《放射工作人员培训制度》
- 13) 《安徽医科大学附属阜阳医院辐射事故应急预案》

以上辐射安全与防护管理制度满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求。医院已落实环境保护部令第3号、环境保护部令第18号、环评及批复提出的要求，医院具备从事医用直线加速器等技术应用项目工作的能力。辐射安全管理机构及规章制度详见附件4。

#### **4.5 辐射安全应急措施**

医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的规定，已建立相应的辐射安全事故应急预案，对医院放射事故应急处理小组的职责、事故应急处理方案、事故调查及信息公开、以及应急保障、人员培训和演练等方面进行了规定，满足辐射安全事故应急要求。

#### **4.6 辐射安全与防护措施落实情况**

表 4-6 本项目环评及批复落实情况一览表

| 检查项目 | “三同时”措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 环评批复要求                                                                                                                                                                          | 执行情况                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 结论  |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 管理措施 | 已成立以院领导为第一责任人的辐射安全管理领导小组，辐射安全负责人已取得辐射安全与防护培训合格证。                                                                                                                                                                                                                                                       | /                                                                                                                                                                               | 医院已成立辐射安全管理领导小组，并以文件形式明确管理职责，见附件 4；辐射安全负责人已取得辐射安全与防护培训合格证，见附件 5。                                                                                                                                                                                                                              | 已落实 |
|      | 制定《辐射安全与防护管理领导小组职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射污染防治措施》、《操作规程》、《岗位职责》、《辐射工作场所监测计划》、《个人剂量监测制度》、《辐射工作人员培训计划》、《放射性药品采购、登记、使用、核对、保管及注销制度》、《职业健康体检计划》等一系列规章制度。                                                                                                                                              | 建立放射性药品接收、领用、返还、废物产生和处理台账。                                                                                                                                                      | 医院已制定《辐射防护和安全保卫制度》、《个人剂量监测制度》、《辐射工作场所监测计划》、《辐射污染防治措施》、《CT 操作规程》、《ECT 操作规程》、《DSA 操作规程》、《放射性药品采购、登记、作用、核对、保管及注销制度》、《放射性药品不良反应、放射性污染的紧急处理及报告制度》、《放射性核素安全管理措施》、《放射性工作人员岗位职责》、《放射工作人员培训制度》、《安徽医科大学附属阜阳医院辐射事故应急预案》等制度。                                                                              | 已落实 |
| 防护措施 | 核医学科：①医学科控制区内核素标记注射室墙体为 370mm 厚的实心灰砂砖（密度为 1.9g/cm <sup>3</sup> ），顶板和地板分别为 110mm 和 180mm 厚的混凝土；病房墙体为 370mm 厚的实心灰砂砖+7.0mmPb 防护涂料，顶板为 110mm 厚的混凝土+13.0mmPb 防护涂料，地板为 180mm 厚的混凝土+4.0mmPb 防护涂料；其他用房墙体为 370mm 厚的实心灰砂砖+3.0mmPb 防护涂料，顶板为 110mm 厚的混凝土+3.0mmPb 防护涂料，地板为 180mm 厚的混凝土+2.0mmPb 防护涂料。②淋洗分装室内通风柜防护当量为 | 剩余 1-125 植入粒子应及时退回厂家；I-131、Mo-99 和 Tc-99m 操作中产生的手套、棉签等放射性废物应在医院贮存 10 个半衰期以上后，按医疗废物处理。放射性废水应通过独立排水管道，经衰变池后进入你院污水处理站，严禁擅自改变排放方式，防止造成放射性污染。同时，应严格按照《操作非密封源辐射防护规定》(GB 11930-2010)附录 | 核医学科：①医学科控制区内核素标记注射室墙体为 370mm 厚的实心灰砂砖（密度为 1.9g/cm <sup>3</sup> ），顶板和地板分别为 110mm 和 180mm 厚的混凝土；病房墙体为 370mm 厚的实心灰砂砖+7.0mmPb 防护涂料，顶板为 110mm 厚的混凝土+13.0mmPb 防护涂料，地板为 180mm 厚的混凝土+4.0mmPb 防护涂料；其他用房墙体为 370mm 厚的实心灰砂砖+3.0mmPb 防护涂料，顶板为 110mm 厚的混凝土+3.0mmPb 防护涂料，地板为 180mm 厚的混凝土+2.0mmPb 防护涂料。②淋洗分装室 | 已落实 |

| 检查项目 | “三同时”措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 环评批复要求                                                                   | 执行情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 结论  |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      | <p>20mmPb，放射性药物注射有专用防护针筒，用于<sup>99m</sup>Tc注射的针筒防护铅当量为2mmPb。</p> <p>清污：放射性核素操作过程中如果出现药品泼洒在地板或操作台可其他物体表面，立即进行标记，并用吸水纸吸取、棉纱擦拭、清洗等处理清洁方式处理。</p> <p>废水：放射性废水单独收集，经衰变池处理后排入医院污水处理站。医院已在综合楼B区西侧道路与停车场之间的绿化带内设置了10级地下衰变池，每级衰变池容积约为55m<sup>3</sup>，总容积约为550m<sup>3</sup>。</p> <p>废气：淋洗分装室设置一个防护为40mmPb的两联通风柜，放射性药物的淋洗、分装和测试操作均在通风柜内进行，通风柜和放射性药物所涉及的功能用房均设有排风系统，通过管道引至住院楼北楼楼顶排放。</p> <p>固废：<sup>99</sup>Mo-<sup>99m</sup>Tc发生器一般使用一周后、因放射性活度下降已无实际医用价值，便连同原包装容器退还给供方，废<sup>125</sup>I粒籽源由供方回收，其他放射性废物则储存10个半衰期后作为一般医疗废物处置。</p> | <p>A 的规定，每四周开展一次表面沾污监测，每两周开展一次辐射场所监测，重点监控洗漱池、注射区等易沾污位置，确保不发生放射性污染事故。</p> | <p>内通风柜防护当量为 20mmPb，放射性药物注射有专用防护针筒，用于<sup>99m</sup>Tc注射的针筒防护铅当量为2mmPb。</p> <p>清污：放射性核素操作过程中如果出现药品泼洒在地板或操作台可其他物体表面，立即进行标记，并用吸水纸吸取、棉纱擦拭、清洗等处理清洁方式处理。</p> <p>废水：放射性废水单独收集，经衰变池处理后排入医院污水处理站。医院已在住院楼西侧道路与停车场之间的绿化带内设置了10级地下衰变池，每级衰变池容积约为55m<sup>3</sup>，总容积约为550m<sup>3</sup>。</p> <p>废气：淋洗分装室设置一个防护为40mmPb的两联通风柜，放射性药物的淋洗、分装和测试操作均在通风柜内进行，通风柜和放射性药物所涉及的功能用房均设有排风系统，通过管道引至住院楼外排放。</p> <p>固废：<sup>99</sup>Mo-<sup>99m</sup>Tc 发生器一般使用一周后、因放射性活度下降已无实际医用价值，便连同原包装容器退还给供方，废<sup>125</sup>I粒籽源由供方回收，其他放射性废物则储存 10 个半衰期后作为一般医疗废物处置。</p> |     |
|      | <p>2 座 DSA 机房：</p> <p>①两DSA机房内空尺寸分别为：6.5m×8.5m和6.5m×8.7m。</p> <p>②两DSA机房采用相同的屏蔽措施：四周墙体为370mm厚的实心灰砂砖+4.0mmPb防护涂料，顶板为150mm厚的混凝土+4.0mmPb防护涂料，</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                          | <p>DSA 机房：DSA 机房内空尺寸为：6.5m×8.5m，机房四周墙体为 370mm 厚的实心灰砂砖+4.0mmPb 防护涂料，顶板为 150mm 厚的混凝土+4.0mmPb 防护涂料，地板为 180mm 厚的混凝土+4.0mmPb 防护涂料，防护门和观察窗铅当量为 4mm。据现场</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 已落实 |



| 检查项目 | “三同时”措施                                                      | 环评批复要求                                                        | 执行情况                                                                     | 结论  |
|------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----|
|      | 地板为180mm厚的混凝土+4.0mmPb防护涂料，防护门和观察窗铅当量为4mm。                    |                                                               | 检测结果可知，机房防护效果满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。                            |     |
| 安全措施 | 机房设置动力排风装置，并保持良好通风；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。             | /                                                             | 本项目 DSA 机房顶部、SPECT/CT 扫描间底部、核医学科通风橱均已设置动力排风装置；防护门均设有闭门装置，且防护门与工作状态指示灯连锁。 | 已落实 |
|      | 机房外均张贴电离辐射警告标志、安装工作指示灯，放射性废物桶张贴电离辐射标志。岗位职责和操作规程等工作制度在合适张贴上墙。 | /                                                             | 控制区入口处已设置符合规范的电离辐射警告标志和工作状态指示灯。                                          | 已落实 |
| 个人防护 | 辐射工作人员参加辐射安全与防护培训取得培训合格证。                                    | 你院应开展核安全文化和辐射法律法规宣传，新增辐射工作人员上岗前应参加辐射安全和防护知识培训。                | 辐射工作人员均已参加辐射安全与防护学习并通过考核。                                                | 已落实 |
|      | 辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测。                                     | /                                                             | 医院已委托江西同欣检测技术有限公司对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测。                                     | 已落实 |
|      | 配置 1 表面沾污仪、1 台辐射剂量巡测仪、2 台辐射剂量报警仪                             | /                                                             | 医院已配备 1 台辐射巡检仪、1 台表面污染仪。                                                 | 已落实 |
|      | 配置铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏等个人防护用品。    | /                                                             | 辐射工作人员已参加工作人员职业健康检查，检查结果为“可继续从事原放射工作”；医院已为辐射工作人员建立职业健康管理档案。              | 已落实 |
| 辐射监测 | /                                                            | 应重点做好医用直线加速器机房、后装治疗机房、核医学科等场所周边的辐射环境监测工作，妥善记录监测结果，环境监测信息适时公开。 | 医院委托有资质的单位对本项目周围辐射水平进行检测，若发现问题，将及时处理。                                    | 已落实 |

## 5 环境影响报告书（表）主要结论与建议及其审批部门审批决定

### 5.1 安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目环境影响报告表

结论：

#### 1、产业政策符合性

为积极响应省委省政府加快皖北发展重大战略的要求，落实国家新医改政策，主动服务基层人民群众，满足人民群众对优质医疗资源迫切需求，安徽医科大学附属阜阳医院拟在预留机房内增加使用1台直线加速器、1台后装机、2台DSA、1台CT和2台DR，并对核医学科进行局部改造，调整放射性核素的用量和种类。该项目已获得阜阳合肥现代产业园区经贸局备案（详见《关于安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目备案的函》阜合经贸[2018]51号）。

对照《产业结构调整指导目录(2011年本)》(2013年修正版)，该项目属于国家鼓励类的全科医疗服务、医疗卫生服务设施建设项目，符合国家产业政策。

#### 2、实践正当性

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，它在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目符合所在地区医疗服务需要。因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中“实践正当性”的要求。

#### 3、从事辐射活动技术能力评价

安徽医科大学附属阜阳医院已建立以院领导为第一责任人的辐射防护安全管理领导小组，并制定了《辐射安全与防护管理领导小组职责》、《辐射防护和安全保卫制度》《辐射事故应急预案》、《辐射污染防治措施》、《操作规程》、《岗位职责》《辐射工作场所监测计划》《个人剂量监测制度》、《辐射工作人员培训计划》、《放射性药品采购、登记、使用、核对、保管及注销制度》等一系列规章制度，在修订完善后具备从事辐射活动技术能力。

#### 4、环境现状评价

监测结果表明：该项目应用场所及周边环境辐射环境现状本底在117~126nSv/h范围内，与安徽省全省辐射环境现状水平基本保持一致，辐射水平未见明显异常；核医学科的操作台面、地面、墙面、门面和设备设施表面污染在0.30~

0.43Bq/cm<sup>2</sup>范围内，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中表面污染控制水平的要求；医院南、西、北侧边界和住院楼北楼北侧楼外，以及东侧海亮悦府小区和北侧福和家园小区昼间噪声在53.2~57.3dB(A)范围内，夜间噪声在42.1~53.8dB(A)范围内，满足《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中2类标准要求，东侧边界昼间噪声在57.6~58.2dB(A)范围内，夜间噪声在48.1~48.3dB(A)范围内，满足4a类标准要求。

## 5、非辐射环境影响评价

### 5.1 加速器及伽玛刀机房通风换气次数

该项目加速器和后装机房进风管道Z型穿迷道防护门，上方屏蔽墙，排风管道以60°角斜穿北侧次屏蔽墙与排风井接通，未破坏加速器和后装机机房的屏蔽性能。加速器和后装机房排风均由排风井引至地面排风机，排风量分别为2930m<sup>3</sup>/h和800m<sup>3</sup>/h，加速器和后装机房总体积分别为455m<sup>3</sup>和135m<sup>3</sup>，能确保满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)和《后装γ源近距离治疗卫生防护要求》(GBZ 121-2017)中关于通风换气次数的要求(治疗室通风换气次数应不小于4次/h)。

### 5.2 加速器机房排风机噪声

由加速器和后装机房排风机已安装，监测时已要求医院启动排风机到正常运行状态后，进行的噪声监测。因此，2018年10月9~10日的监测结果能反映该项目投入运行后评价范围声环境的状况。

监测结果表明：医院南、西、北侧边界和住院楼北楼北侧楼外，以及东侧海亮悦府小区和北侧福和家园小区昼间噪声在53.2~57.3dB(A)范围内，夜间噪声在42.1~53.8dB(A)范围内，满足《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中2类标准要求，东侧边界昼间噪声在57.6~58.2dB(A)范围内，夜间噪声在48.1~48.3dB(A)范围内，满足4a类标准要求。

### 5.3 废水和固废处理措施依托可行性

院区废水产生量为275m<sup>3</sup>/d，院区污水处理站设计规模为800m<sup>3</sup>/d。该项目核医学科日均增加放射性废水量约为1.32m<sup>3</sup>，因此，放射性废水经衰变池储存衰变后达标接入院区污水处理站是可行的。院区医疗废物产生量为384t/a，院区设有医疗废物临时贮存场，能满足该项目核医学科增加的少量放射性废物暂存需要，因此，放射性废物在放射性废物库内储存衰变达标后，转移至院区医疗废物临时

贮存点是可行的。

## 6、辐射环境影响评价

安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目采取的辐射安全和防护措施按此报告要求完善后，能满足标准的屏蔽防护要求。

医用直线加速器：

根据预测结果可知，加速器机房屏蔽设计能确保辐射工作人员附加年有效剂量不超过5mSv、公众附加年有效剂量不超过0.25mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

后装机：由预测结果可知，在医院预测的工作负荷情况且在正常工作状态下，后装机机房的屏蔽设计能确保辐射工作人员年有效剂量不超过5mSv、公众年有效剂量不超过0.25mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

核医学科：从核医学科屏蔽设计符合性分析可知，核医学科屏蔽设计措施能确保辐射工作人员附加年有效剂量不超过5mSv、公众附加年有效剂量不超过0.25mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

DSA及III类射线装置：从机房符合性分析可知，机房屏蔽防护措施、面积及最小单边长度能够满足《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）的要求。医院已在防护门外张贴了电离辐射警告标志、设置了醒目的工作状态指示灯和警示语，防护门设有闭门装置，且工作状态指示灯与防护门能有效联动，机房设置的空调系统带有通风换风功能。在投入使用之前，医院还应在控制室适当位置张贴岗位职责和操作规程，放射防护注意事项。

## 7、代价利益分析

安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目符合所在地区医疗服务需要，有利于提高疾病的诊断正确率和有效治疗方案的提出，能有效减少患者疼痛和对患者损伤，总体上大大节省了医疗费用，争取了宝贵的治疗时间，该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

为保护该项目周边其他科室工作人员和公众，各机房均加强了防护，从剂量预测结果可知，该项目周围公众年所受附加剂量能满足项目管理限值0.25mSv的要求。因此，从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

综上所述:安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目符合实践正当性原则,已采取和拟采取的辐射安全和防护措施适当,辐射工作人员及周围公众受到的附加年有效剂量能确保满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于“剂量限值”的要求,进一步完善辐射安全与防护相关管理制度的前提下,从辐射安全和环境影响的角度而言,安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目的建设和运行是可行的。

#### 建议和承诺:

- 1)建议将DSA楼上的产房改为库房等人员不常居留的房间。
- 2)该项目运行中,应严格遵循操作规程,加强对操作人员的培训,杜绝麻痹大意思想,以避免意外事故造成对公众和辐射工作人员的附加影响,使对环境的影响降低到最低。
- 3)各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行,严格按国家有关规定要求进行操作,确保其安全可靠。
- 4)定期进行辐射工作场所的检查及监测,对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患,把辐射影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”。
- 5)尽早准备申请辐射安全许可证材料,待该环评报告审批后,及时申请辐射安全许可证,未取得辐射安全许可证相关设备不得投入使用。
- 6)项目投入使用前三个月内完成竣工环境保护验收手续。

## 5.2 审批部门审批决定

《安徽省环保厅关于安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目环境影响报告表审批意见的函》:

《安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目环境影响报告表》(以下简称《报告表》)收悉。经审查,并参考省环境工程评估中心环评估函[2019]68号评估意见,现提出意见如下:

一、建设项目内容。你院拟在医院北部放疗中心新增使用1台医用直线加速器(最大X射线能量小于15MV,属II类射线装置)和1台后装治疗机(含1枚Ir-192放射源,活度为 $3.7E+11Bq$ ,属II类放射源)。拟在住院楼北楼一层核医学科使用I-131开展甲癌治疗(年最大使用量 $8.33+11Bq$ ,日等效最大操作量 $2.78+9Bq$ ),使用I-131开展甲亢治疗(年最大使用量 $2.22+11Bq$ ,日等效最大操作量 $7.4+8Bq$ ),使用Sr-89

开展骨转移癌治疗(年最大使用量 $8.88+9\text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $2.96+7\text{Bq}$ )，使用 $^{125}\text{I}$ 粒子源开展粒子植入治疗(年最大使用量 $8.88+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $2.22+6\text{Bq}$ )，调整 $^{99}\text{Mo}$ 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 用量( $^{99}\text{Mo}$ ，年最大使用量 $5.55+12\text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $2.96+7\text{Bq}$ ； $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，年最大使用量 $5.55+12\text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $2.78+7\text{Bq}$ )；上述核素在相同场所使用，经叠加计算核医学科为乙级非密封放射性物质工作场所。拟在医技楼一层介入中心使用2台DSA(属II类射线装置)，在放射科、体检中心使用3台II类射线装置。本项目建设可以提高你院医疗水平，符合辐射正当性原则，对周边环境、公众和工作人员的影响均在国家规定的标准内，我厅同意项目建设。

二、你院应重点做好医用直线加速器机房、后装治疗机房、核医学科等场所周边的辐射环境监测工作，妥善记录监测结果，环境监测信息适时公开。

三、直线加速器开机前，应检查门机连锁装置；后装治疗机开机前，应检查警示灯、语音对讲、视频监控等装置；出现异常或损坏，立即停止治疗工作。

四、建立放射性药品接收、领用、返还、废物产生和处理台账。剩余 $^{125}\text{I}$ 植入粒子应及时退回厂家； $^{131}\text{I}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 操作中产生的手套、棉签等放射性废物应在医院贮存10个半衰期以上后，按医疗废物处理。放射性废水应通过独立排水管道，经衰变池后进入你院污水处理站，严禁擅自改变排放方式，防止造成放射性污染。同时，应严格按照《操作非密封源辐射防护规定》(GB 11930-2010)附录A的规定，每四周开展一次表面沾污监测，每两周开展一次辐射场所监测，重点监控洗漱池、注射区等易沾污位置，确保不发生放射性污染事故。

五、本项目建成后，你院将使用5台II类射线装置、19台III类射线装置、1枚III类放射源和1个乙级非密封放射性物质工作场所(含5种非密封放射性物质)，核技术利用项目较多，你院应开展核安全文化和辐射法律法规宣传，新增辐射工作人员上岗前应参加辐射安全和防护知识培训。

六、请在本项目任一设备或放射性核素启用前请向我厅申请重新核发辐射安全许可证，运行三个月后自行开展竣工环境保护验收。

## 6 验收执行标准

### 6.1 人员年受照剂量管理目标值

依据环评及批复文件确定本项目个人剂量管理目标值，本项目管理目标值见表 6-1。

表 6-1 工作人员职业照射和公众照射剂量管理目标值

| 项目名称           | 适用范围             | 管理目标值     |
|----------------|------------------|-----------|
| 医用直线加速器等技术应用项目 | 职业照射有效剂量（介入手术医生） | 10mSv/a   |
|                | 职业照射有效剂量（其他职业人员） | 5mSv/a    |
|                | 公众有效剂量           | 0.25mSv/a |

### 6.2 辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

#### 1) 控制区

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值潜在照射的范围。

#### 2) 监督区

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：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。

### 6.3 工作场所布局要求

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求，本项目 DSA 工作场所布局应遵循下述要求：

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杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的要求，本项目工

作场所布局应遵循下述要求。

第 4.5 款：合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 1m/s），排风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，排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值。

第 4.8 款：临床核医学诊断及治疗用工作场所（包括通道）应注意合理布置和布局。其布局应有助于实施工作程序，如一端为放射性物质贮存室，依次为给药室、候诊室、检查室、治疗室等。并且应避免无关人员通过。

第 4.9 款：临床核医学诊断用给药室与检查室应分开。如必须在检查室给药，应具有相应的放射防护设备。

第 4.10 款：临床核医学诊断用候诊室应靠近给药室和检查室，宜有受检者专用厕所。

#### 6.4 工作场所放射防护安全要求

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求，本项目 DSA 机房应满足下述要求。

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。

2) 每台 X 射线机（不含移动式 and 便携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下表的要求。

表 6-2 医用诊断 X 射线装置最小有效使用面积及最小单边长度

| 设备类型                       | 机房内最小有效使用面积<br>(m <sup>2</sup> ) | 机房内最小单边长度<br>(m) |
|----------------------------|----------------------------------|------------------|
| 单管头 X 射线设备（含 C 型臂、乳腺 CBCT） | 20                               | 3.5              |

3) X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求。

表 6-3 医用诊断 X 射线装置机房屏蔽防护

| 机房类型          | 有用线束方向铅当量<br>(mmPb) | 非有用线束方向铅当量<br>(mmPb) |
|---------------|---------------------|----------------------|
| C 型臂 X 射线设备机房 | 2.0                 | 2.0                  |

4) 在距机房墙体、门、窗表面 30cm 处，顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，



机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a)具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

b)CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT，口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

c)具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、评片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于  $0.25\text{mSv}$ 。

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受检者及防护门开闭情况。

6) 应合理设置 X 射线设备，机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

7) 机房内不应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。

8) 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

9) 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于下表基本种类要求的工作人员、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；除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于  $0.25\text{mmPb}$ ；介入防护手套铅当量应不小于  $0.025\text{mmPb}$ ；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于  $0.5\text{mmPb}$ ；移动铅防护屏风铅当量应不小于  $2\text{mmPb}$ ；应为儿童的 X 射线检查配备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小于  $0.5\text{mmPb}$ 。

表 6-4 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 |
| 介入放射学操作     | 铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套<br>选配：铅橡胶帽子 | 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<br>选配：铅橡胶帽子 | —      |
| 注：“—”表示不要求。 |                                      |                                        |                                    |        |

## 6.5 核医学工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 C 规定的非密封源工作场所的分级，应按表 6-2 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 6-2 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 $\sim 2 \times 10^7$       |

## 6.6 核医学辐射工作场所表面污染控制水平要求

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中表 11 的规定，对于工作场所的放射性表面污染，应满足表 6-3 的控制水平。

表 6-3 工作场所放射性表面污染控制水平（单位：Bq/cm<sup>2</sup>）

| 表面类型         |                   | α 放射性物质 |     | β 放射性物质 |
|--------------|-------------------|---------|-----|---------|
|              |                   | 极毒性     | 其他  |         |
| 工作台、设备、墙壁、地面 | 控制区 <sup>1)</sup> | 4       | 40  | 40      |
|              | 监督区               | 0.4     | 4   | 4       |
| 工作服、手套、工作鞋   | 控制区               | 0.4     | 0.4 | 4       |
|              | 监督区               |         |     |         |

|                |      |      |     |
|----------------|------|------|-----|
| 手、皮肤、内衣、工作袜    | 0.04 | 0.04 | 0.4 |
| 1) 该区内的高污染子区除外 |      |      |     |

### 6.7 放射性废水排放活度浓度限值

参考《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）的要求，本项目污水排放放射性，在衰变池排放口执行“总  $\alpha < 1\text{Bq/L}$ ，总  $\beta < 10\text{Bq/L}$ ”的要求。

### 6.8 放射性固废暂存及清洁解控的要求

根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的要求，本项目应设置满足如下条件的放射性固废容器。

表 6-6 以核素活度浓度表示的清洁解控水平推荐值

| 核素                                                             | 解控水平 (Bq/g)     |
|----------------------------------------------------------------|-----------------|
| $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ | $1 \times 10^1$ |
| 注 1: 上述解控水平推荐值原则上只适用于在组织良好、人员训练有素的工作场所对产生少量放射性固体废物物的医学应用或实验室。  |                 |
| 注 2: 严禁为申报清洁解控而采用人工稀释等方法来降低核素活度浓度。                             |                 |
| 注 3: 本表数值取自 GB 18871-2002 附录 A。                                |                 |

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）的规定，本项目放射性固废在放射性固废贮存设施中暂存衰变，在满足表 6-6 的条件下，方能作为医疗废物处理。

### 6.9 患者体内放射性核素活度残留限值出院标准

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）7.4.4.3 中，“接受放射性核素治疗的患者应在其体内的放射性物质的活度降至一定水平后才能出院，以控制其家庭与公众成员可能受到的照射”。该标准中给出了关于  $^{131}\text{I}$  核素的出院活度限值“接受了  $^{131}\text{I}$  核素治疗的患者，其体内的放射性活度降至低于  $400\text{MBq}$  之前不得出院”。因此，本项目  $^{131}\text{I}$  工作场所出院活度限值按  $400\text{MBq}$  执行。

### 6.10 安全管理要求及环评要求

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及环评报告、环评批复中的相关要求。

## 7 验收监测

### 7.1 监测分析方法

本期监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）、《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-1993）、《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）、《X射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ 165-2012）和《表面污染测定 第1部分： $\beta$ 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 $\alpha$ 发射体》（GB/T 14056.1-2008）和《公共场所集中空调通风系统卫生规范》（WS 394-2012）要求进行监测。

### 7.2 监测因子

根据项目污染源特征，本期竣工验收监测因子为工作场所 X- $\gamma$  周围剂量当量率、放射性表面污染水平及通风装置通风速率。

### 7.3 监测工况

2020年6月30日和12月16日，南京瑞森辐射技术有限公司派监测人员对安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目进行了验收监测，监测时在DSA自动控制功能下选择水模+1.5mmCu作为散射模体进行检测，验收检测工况如下：

表 7-1 安徽医科大学附属阜阳医院本次验收监测工况

| 设备名称/型号或场所                               | 技术参数        | 验收监测工况                                                                                  | 使用场所                |
|------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| DSA（Artis zee III ceiling）               | 125kV/800mA | 96kV/746mA                                                                              | 医技楼一层<br>DSA 机房     |
| SPECT/CT<br>（Discovery NM/CT<br>670 Pro） | 140kV/440mA | 受检者注射<br>$5.55 \times 10^8 \text{Bq}$ 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的<br>CT 工况：130kV/250mA | 住院楼北楼<br>一层<br>核医学科 |
| $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射区域            | /           | 注射了 $5.55 \times 10^8 \text{Bq}$ （15mCi）<br>$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物的患者 1 名          |                     |
| $^{131}\text{I}$ 治疗及住院病房                 | /           | 服用了 $3.7 \times 10^9 \text{Bq}$ （100mCi） $^{131}\text{I}$<br>的患者 1 名                    |                     |
| 籽粒植入手术室                                  | /           | 病人一次植入 37 颗粒籽，每颗<br>籽粒 0.6mCi                                                           | 住院楼北楼<br>一层 CT 室    |
| 籽粒植入专用病房                                 | /           | 病人一次植入 37 颗粒籽，每颗<br>籽粒 0.6mCi                                                           | 住院楼南楼<br>十三层        |

#### 7.4 监测内容

在 DSA、粒籽植入项目工作场所周围环境布设监测点，特别关注控制区、监督区边界，监测本项目运行状态、非运行状态下的 X- $\gamma$  辐射剂量率，每个点位监测 5 个数据；在核医学项目工作场所周围环境布设监测点，特别关注控制区、监督区边界，监测本项目运行状态、非运行状态下的 X- $\gamma$  辐射剂量率、表面污染水平及核医学科通风橱的通风速率，每个点位监测 5 个数据。

## 8 质量保证和质量控制

### 8.1 本次验收监测质量保证和质量控制

#### 8.1.1 监测单位资质

南京瑞森辐射技术有限公司已获得 CMA 资质认证（161012050353），见附件 10。

#### 8.1.2 监测人员能力

参与本次验收监测人员均符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求：验收监测人员已通过江苏省社会辐射环境检测机构辐射检测技术人员上岗培训。检测人员资质见表 8-1。

表 8-1 检测人员资质

| 序号 | 姓名  | 证书编号           | 取证时间       |
|----|-----|----------------|------------|
| 1  | 赵国良 | SHFSJ0497（电离类） | 2018.01.26 |
| 2  | 刘东旭 | SHFSJ0333（电离类） | 2017.10.09 |
| 3  | 王超  | SHFSJ0287（综合类） | 2017.07.19 |

#### 8.1.3 监测仪器

本次监测使用仪器符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求，监测所用设备通过检定并在有效期内，满足监测要求。

监测仪器见表 8-2。

表 8-2 检测使用仪器

| 序号 | 仪器名称/型号               | 仪器编号     | 主要技术参数                                                                                          |
|----|-----------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | X-γ 辐射巡测仪<br>(AT1123) | NJRS-106 | 能量响应：15keV~10MeV<br>测量范围：50nSv/h~10Sv/h<br>检定证书编号：Y2020-0015678<br>检定有效期限：2020.3.17~2021.3.16   |
| 2  | X-γ 辐射巡测仪<br>(AT1123) | NJRS-125 | 能量响应：15keV~10MeV<br>测量范围：50nSv/h~10Sv/h<br>检定证书编号：Y2019-0096742<br>检定有效期限：2019.10.29~2020.10.28 |
| 3  | 表面污染仪<br>(COMO170)    | NJRS-129 | 测量范围：β/γ 0cps~20000cps<br>检定证书编号：DLhd2020-00512                                                 |

|   |               |          |                                                                            |
|---|---------------|----------|----------------------------------------------------------------------------|
|   |               |          | 检定有效期限：2020.04.01~2021.03.31                                               |
| 4 | 风速仪<br>(F30J) | NJRS-065 | 测量范围：0.05m/s~30m/s<br>检定证书编号：H2019-0116185<br>检定有效期限：2019.12.18~2020.12.17 |

### 8.1.4 监测报告

监测报告的编制、审核、出具严格执行南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求，出具报告前进行三级审核。

## 8.2 自主检测质量保证和质量控制

### 8.2.1 监测仪器

经现场核查，安徽医科大学附属阜阳医院为本项目配备的辐射监测仪器均能正常使用，可以满足日常自检要求。

监测仪器见表 8-3。

表 8-3 辐射监测仪器

| 仪器名称/型号 | 型号              | 数量 | 性能状态 |
|---------|-----------------|----|------|
| 辐射剂量巡检仪 | JB4000          | 1  | 良好   |
| 表面污染仪   | Inspector Alert | 1  | 良好   |

### 8.2.2 人员能力

本项目辐射安全管理人员和辐射工作人员已于 2018 年或 2019 年参加了中国科学技术大学核科学技术学院组织的辐射安全与防护培训班，并通过考核取得培训合格证书，见附件 5。

### 8.2.3 质量保证措施

安徽医科大学附属阜阳医院已为本项目制定了《放射工作人员培训制度》、《辐射工作场所监测计划》及《个人剂量监测制度》等规章制度，以保证日常自检的质量控制。规章制度见附件 4。

## 9 验收检测结果

### 9.1 辐射防护监测结果

本次验收监测结果详见附件 9。本项目 DSA 工作时周围环境 X- $\gamma$  辐射剂量率监测结果见表 9-1~表 9-8，监测点位见图 9-1~图 9-6。

表 9-1 DSA 室周围 X- $\gamma$  辐射剂量率检测结果

| 测点<br>编号 | 检测点位描述            | 测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ ) |          |
|----------|-------------------|--------------------------|----------|
|          |                   | 设备状态（开机）                 | 设备状态（关机） |
| 1        | 观察窗外 30cm 处（左缝）   | 0.13                     | 0.12     |
| 2        | 观察窗外 30cm 处（中间）   | 0.15                     | 0.12     |
| 3        | 观察窗外 30cm 处（右缝）   | 0.15                     | 0.12     |
| 4        | 观察窗外 30cm 处（上缝）   | 0.15                     | 0.12     |
| 5        | 观察窗外 30cm 处（下缝）   | 0.16                     | 0.12     |
| 6        | 操作位               | 0.15                     | 0.12     |
| 7        | 北墙外 30cm 处（观察窗西侧） | 0.15                     | 0.12     |
| 8        | 北门外 30cm 处（左缝）    | 0.16                     | 0.11     |
| 9        | 北门外 30cm 处（中间）    | 0.16                     | 0.12     |
| 10       | 北门外 30cm 处（右缝）    | 0.15                     | 0.12     |
| 11       | 北门外 30cm 处（上缝）    | 0.15                     | 0.12     |
| 12       | 北门外 30cm 处（下缝）    | 0.14                     | 0.12     |
| 13       | 北墙外 30cm 处（观察窗东侧） | 0.14                     | 0.12     |
| 14       | 东墙外 30cm 处（北部）    | 0.14                     | 0.12     |
| 15       | 东墙外 30cm 处（南部）    | 0.15                     | 0.12     |
| 16       | 南门 1 外 30cm 处（左缝） | 0.15                     | 0.12     |



| 测点<br>编号 | 检测点位描述            | 测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ ) |          |
|----------|-------------------|--------------------------|----------|
|          |                   | 设备状态（开机）                 | 设备状态（关机） |
| 17       | 南门1外30cm处（中间）     | 0.14                     | 0.12     |
| 18       | 南门1外30cm处（右缝）     | 0.15                     | 0.12     |
| 19       | 南门2外30cm处（左缝）     | 0.14                     | 0.12     |
| 20       | 南门2外30cm处（中间）     | 0.14                     | 0.12     |
| 21       | 南门2外30cm处（右缝）     | 0.14                     | 0.12     |
| 22       | 南门3外30cm处（左缝）     | 0.14                     | 0.12     |
| 23       | 南门3外30cm处（中间）     | 0.15                     | 0.12     |
| 24       | 南门3外30cm处（右缝）     | 0.14                     | 0.12     |
| 25       | 南门3外30cm处（上缝）     | 0.14                     | 0.12     |
| 26       | 南门3外30cm处（下缝）     | 0.15                     | 0.12     |
| 27       | 西墙外30cm处（南部）      | 0.15                     | 0.12     |
| 28       | 西墙外30cm处（北部）      | 0.14                     | 0.12     |
| 29       | 机房楼下距地面170cm处（南部） | 0.14                     | 0.12     |
| 30       | 机房楼下距地面170cm处（北部） | 0.15                     | 0.12     |
| 31       | 机房楼上距地面100cm处（南部） | 0.15                     | 0.11     |
| 32       | 机房楼上距地面100cm处（北部） | 0.14                     | 0.12     |

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值；

2.检测日期：2020年12月16日，检测仪器：NJRS-125。

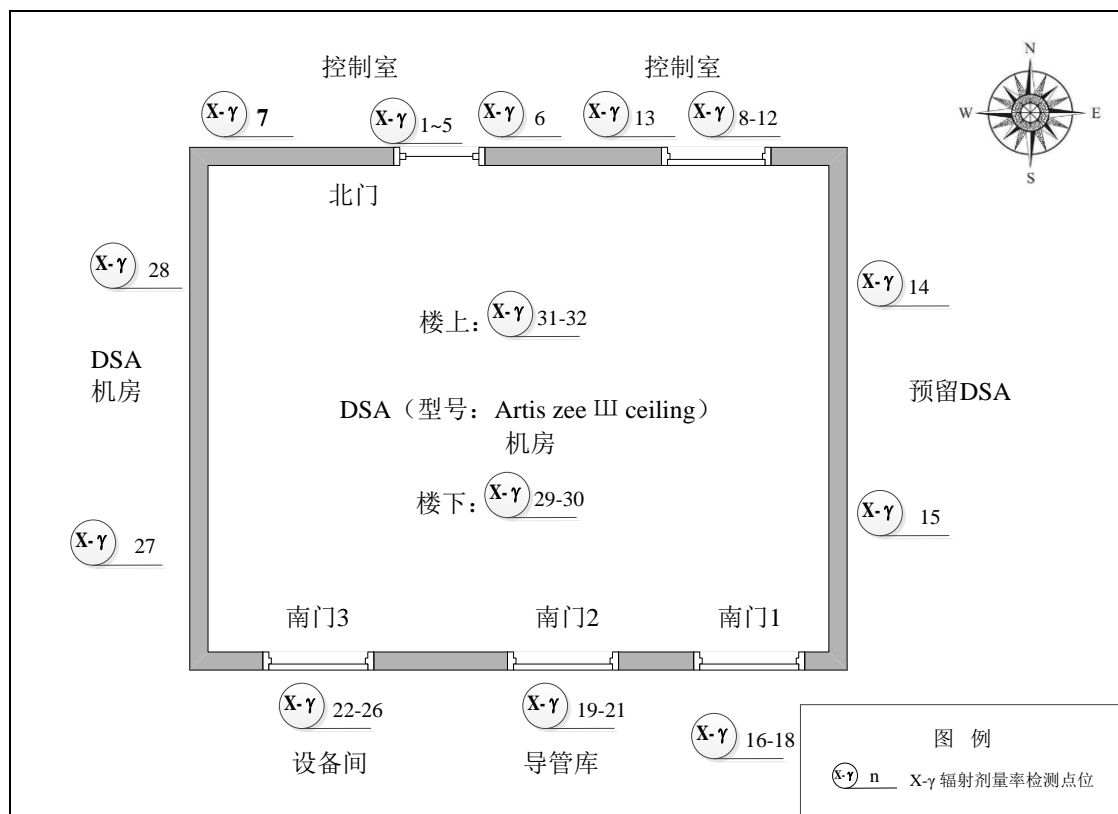


图 9-1 DSA 室周围监测点位示意图

表 9-2 核医学科 SPECT/CT 工作场所周围 X-γ 辐射剂量率检测结果

| 测点编号 | 检测点位描述            | 测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ ) |                  |
|------|-------------------|--------------------------|------------------|
|      |                   | 设备状态<br>(开机、有核素)         | 设备状态<br>(关机、无核素) |
| 1    | 西墙外 30cm 处 (设备间内) | 0.14                     | 0.12             |
| 2    | 西墙外 30cm 处 (控制室内) | 0.15                     | 0.12             |
| 3    | 观察窗外 30cm 处 (左缝)  | 0.15                     | 0.12             |
| 4    | 观察窗外 30cm 处 (中间)  | 0.15                     | 0.11             |
| 5    | 观察窗外 30cm 处 (右缝)  | 0.13                     | 0.12             |
| 6    | 观察窗外 30cm 处 (上缝)  | 0.13                     | 0.11             |
| 7    | 观察窗外 30cm 处 (下缝)  | 0.14                     | 0.12             |
| 8    | 操作位               | 0.14                     | 0.11             |
| 9    | 西门外 30cm 处 (左缝)   | 0.14                     | 0.12             |

| 测点<br>编号 | 检测点位描述                | 测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ ) |                  |
|----------|-----------------------|--------------------------|------------------|
|          |                       | 设备状态<br>(开机、有核素)         | 设备状态<br>(关机、无核素) |
| 10       | 西门外 30cm 处 (中间)       | 0.15                     | 0.12             |
| 11       | 西门外 30cm 处 (右缝)       | 0.13                     | 0.12             |
| 12       | 西门外 30cm 处 (上缝)       | 0.13                     | 0.12             |
| 13       | 西门外 30cm 处 (下缝)       | 0.13                     | 0.12             |
| 14       | 东墙外 30cm 处 (北部)       | 0.13                     | 0.12             |
| 15       | 东墙外 30cm 处 (南部)       | 0.13                     | 0.12             |
| 16       | 东墙外 30cm 处 (CT 控制室内)  | 0.15                     | 0.12             |
| 17       | 南墙外 30cm 处 (东部)       | 0.15                     | 0.12             |
| 18       | 南墙外 30cm 处 (西部)       | 0.15                     | 0.12             |
| 19       | 扫描间楼上距地面 100cm 处 (南部) | 0.14                     | 0.12             |
| 20       | 扫描间楼上距地面 100cm 处 (北部) | 0.14                     | 0.12             |
| 21       | 扫描间楼下距地面 170cm 处 (南部) | 0.14                     | 0.12             |
| 22       | 扫描间楼下距地面 170cm 处 (北部) | 0.18                     | 0.11             |
| 23       | 注射后候诊室东墙外 30cm 处 (南部) | 0.16                     | 0.12             |
| 24       | 注射后候诊室东墙外 30cm 处 (北部) | 0.17                     | 0.12             |
| 25       | 抢救室东墙外 30cm 处 (南部)    | 0.17                     | 0.12             |
| 26       | 抢救室东墙外 30cm 处 (北部)    | 0.16                     | 0.12             |
| 27       | 抢救室北墙外 30cm 处         | 0.15                     | 0.12             |
| 28       | 储源室北墙外 30cm 处         | 0.15                     | 0.12             |
| 29       | 核素标记室北墙外 30cm 处       | 0.14                     | 0.12             |
| 30       | 患者出口防护门外 30cm 处       | 0.16                     | 0.12             |

| 测点编号 | 检测点位描述              | 测量结果(μSv/h)      |                  |
|------|---------------------|------------------|------------------|
|      |                     | 设备状态<br>(开机、有核素) | 设备状态<br>(关机、无核素) |
| 31   | 核素标记室楼上距地面 100cm 处  | 0.15             | 0.12             |
| 32   | 核素标记室楼下距地面 170cm 处  | 0.14             | 0.12             |
| 33   | 注射室楼上距地面 100cm 处    | 0.14             | 0.12             |
| 34   | 注射室楼下距地面 170cm 处    | 0.16             | 0.12             |
| 35   | 注射后候诊室楼上距地面 100cm 处 | 0.16             | 0.12             |
| 36   | 注射后候诊室楼下距地面 170cm 处 | 0.17             | 0.12             |
| 37   | 通风橱表面 30cm 处        | 0.64             | 0.12             |
| 38   | 废物桶表面 30cm 处        | 1.76             | 0.11             |

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值；

2.检测日期：2020年6月30日，检测仪器：NJRS-107。

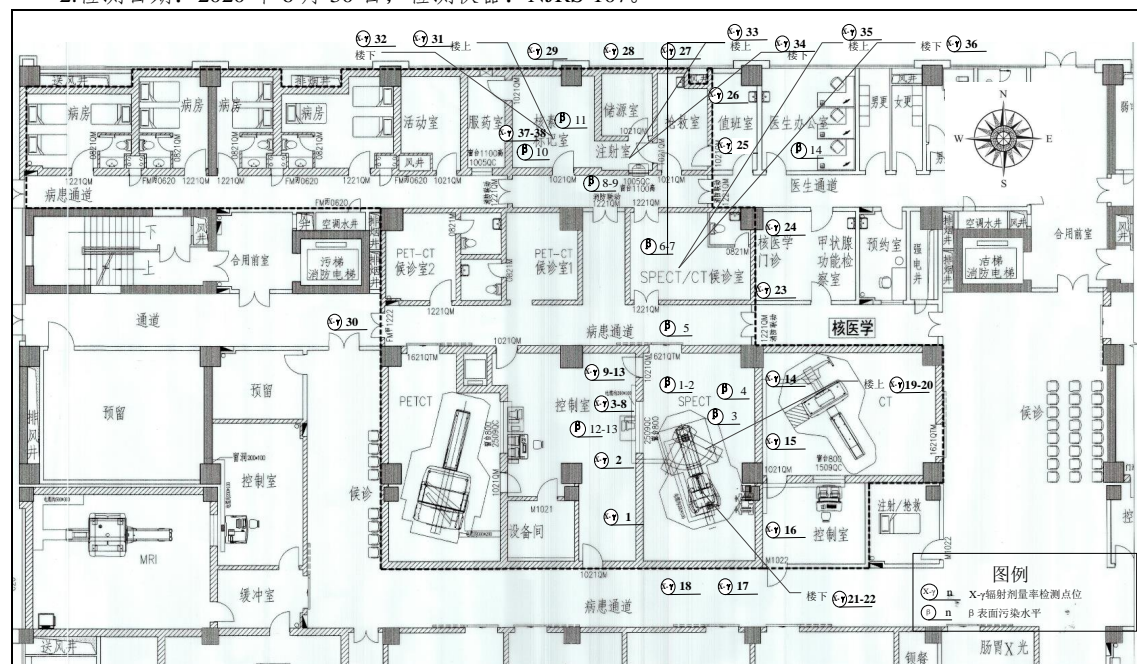


图 9-2 核医学科 SPECT/CT 工作场所监测点位示意图

表 9-3 核医学科 SPECT/CT 工作场所放射性表面污染水平检测结果

| 测点编号 | 检测点位描述   | 表面 $\beta$ 放射性污染测量结果 (Bq/cm <sup>2</sup> ) | 检测状态     |
|------|----------|--------------------------------------------|----------|
| 1    | 控制室地面    | <0.02                                      | 开展核医学工作  |
| 2    | 控制室台面    | <0.02                                      | 开展核医学工作  |
| 3    | 扫描间床面    | <0.02                                      | 开展核医学工作  |
| 4    | 扫描间地面    | <0.02                                      | 开展核医学工作  |
| 5    | 患者通道地面   | <0.02                                      | 开展核医学工作  |
| 6    | 注射后候诊室地面 | <0.02                                      | 开展核医学工作  |
| 7    | 注射后候诊室台面 | 0.02                                       | 开展核医学工作  |
| 8    | 注射室台面    | 0.03                                       | 开展核医学工作  |
| 9    | 注射室地面    | <0.02                                      | 开展核医学工作  |
| 10   | 通风橱表面    | 0.03                                       | 开展核医学工作  |
| 11   | 核素标记室地面  | <0.02                                      | 开展核医学工作  |
| 12   | 控制室桌面    | <0.02                                      | 开展核医学工作  |
| 13   | 控制室地面    | <0.02                                      | 开展核医学工作  |
| 14   | 医生办公室    | <0.02                                      | 未开展核医学工作 |

注：1.表面  $\beta$  放射性污染水平探测下限（LLD）为 0.02Bq/cm<sup>2</sup>；

2.检测日期：2020 年 6 月 30 日，检测仪器：NJRS-129。

表 9-4 核医学科甲癌治疗工作场所周围 X- $\gamma$  辐射剂量率检测结果

| 测点编号 | 检测点位描述          | 测量结果( $\mu$ Sv/h) | 检测状态 |
|------|-----------------|-------------------|------|
| 1    | 服药室北墙外 30cm 处   | 0.14              | 有病人  |
| 2    | 活动室北墙外 30cm 处   | 0.14              | 有病人  |
| 3    | 病房 1 北墙外 30cm 处 | 0.30              | 有病人  |

| 测点编号 | 检测点位描述             | 测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 检测状态 |
|------|--------------------|--------------------------|------|
| 4    | 病房 2 北墙外 30cm 处    | 0.48                     | 有病人  |
| 5    | 病房 3 北墙外 30cm 处    | 0.39                     | 有病人  |
| 6    | 病房 4 北墙外 30cm 处    | 0.42                     | 有病人  |
| 7    | 病房 4 西墙外 30cm 处    | 0.38                     | 有病人  |
| 8    | 患者通道南墙外 30cm 处     | 0.14                     | 有病人  |
| 9    | 患者通道南墙外 30cm 处     | 0.15                     | 有病人  |
| 10   | 服药室楼上距地面 100cm 处   | 0.15                     | 有病人  |
| 11   | 服药室楼下距地面 170cm 处   | 0.15                     | 有病人  |
| 12   | 活动室楼上距地面 100cm 处   | 0.14                     | 有病人  |
| 13   | 活动室楼下距地面 170cm 处   | 0.14                     | 有病人  |
| 14   | 病房 1 楼上距地面 100cm 处 | 0.14                     | 有病人  |
| 15   | 病房 1 楼下距地面 170cm 处 | 0.15                     | 有病人  |
| 16   | 病房 2 楼上距地面 100cm 处 | 0.16                     | 有病人  |
| 17   | 病房 2 楼下距地面 170cm 处 | 0.15                     | 有病人  |
| 18   | 病房 3 楼上距地面 100cm 处 | 0.97                     | 有病人  |
| 19   | 病房 3 楼下距地面 170cm 处 | 0.15                     | 有病人  |
| 20   | 病房 4 楼上距地面 100cm 处 | 0.15                     | 有病人  |
| 21   | 病房 4 楼下距地面 170cm 处 | 0.15                     | 有病人  |
| 22   | 服药室                | 0.11                     | 无病人  |

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值；

2.检测日期：2020 年 6 月 30 日，检测仪器：NJRS-107。

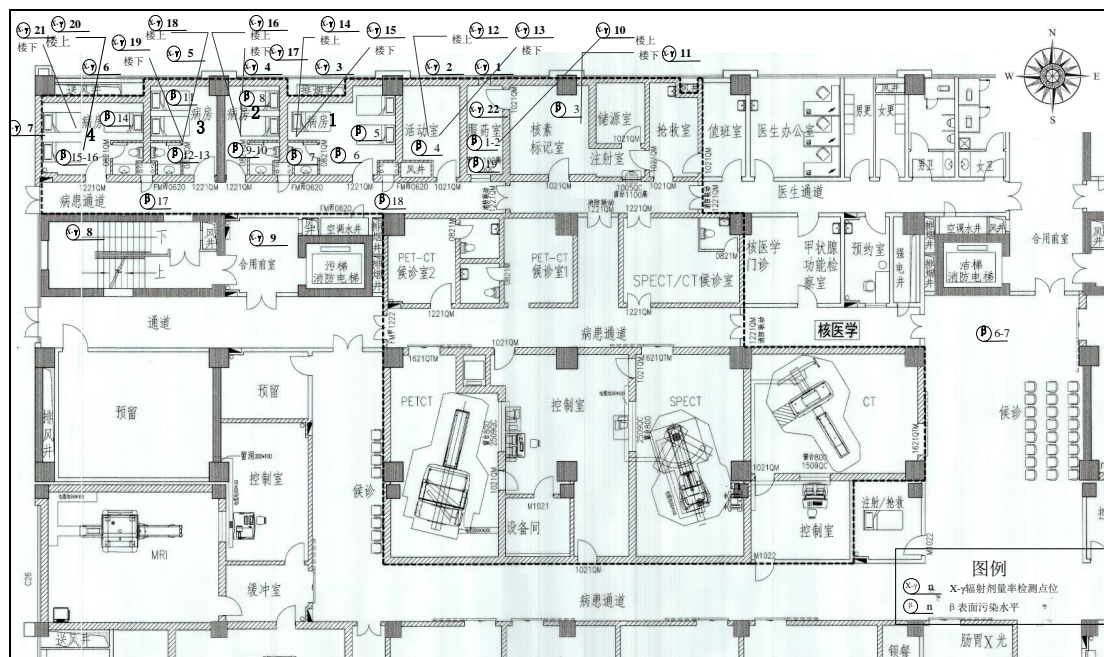


图 9-3 核医学科甲癌治疗工作场所监测点位示意图

表 9-5 核医学科甲癌治疗工作场所放射性表面污染水平检测结果

| 测点编号 | 检测点位描述     | 表面 β 放射性污染测量结果 (Bq/cm <sup>2</sup> ) | 检测状态    |
|------|------------|--------------------------------------|---------|
| 1    | 服药室地面      | <0.02                                | 开展核医学工作 |
| 2    | 服药台面       | 0.03                                 | 开展核医学工作 |
| 3    | 通风橱表面      | 0.03                                 | 开展核医学工作 |
| 4    | 活动室地面      | <0.02                                | 开展核医学工作 |
| 5    | 病房 1 床面    | <0.02                                | 开展核医学工作 |
| 6    | 病房 1 地面    | <0.02                                | 开展核医学工作 |
| 7    | 病房 1 卫生间地面 | <0.02                                | 开展核医学工作 |
| 8    | 病房 2 床面    | <0.02                                | 开展核医学工作 |
| 9    | 病房 2 地面    | <0.02                                | 开展核医学工作 |
| 10   | 病房 2 卫生间地面 | <0.02                                | 开展核医学工作 |
| 11   | 病房 3 床面    | <0.02                                | 开展核医学工作 |

| 测点编号 | 检测点位描述         | 表面 $\beta$ 放射性污染测量结果<br>(Bq/cm <sup>2</sup> ) | 检测状态     |
|------|----------------|-----------------------------------------------|----------|
| 12   | 病房3地面          | <0.02                                         | 开展核医学工作  |
| 13   | 病房3卫生间地面       | <0.02                                         | 开展核医学工作  |
| 14   | 病房4床面          | <0.02                                         | 开展核医学工作  |
| 15   | 病房4地面          | <0.02                                         | 开展核医学工作  |
| 16   | 病房4卫生间地面       | <0.02                                         | 开展核医学工作  |
| 17   | 患者走廊地面<br>(西部) | <0.02                                         | 开展核医学工作  |
| 18   | 患者走廊地面<br>(东部) | <0.02                                         | 开展核医学工作  |
| 19   | 服药室地面          | <0.02                                         | 未开展核医学工作 |

注：1.表面 $\beta$ 放射性污染水平探测下限（LLD）为0.02Bq/cm<sup>2</sup>；

2. 检测日期：2020年6月30日，检测仪器：NJRS-129。

表 9-6 <sup>125</sup>I 籽粒植入手术间（CT室）X- $\gamma$  辐射剂量率检测结果

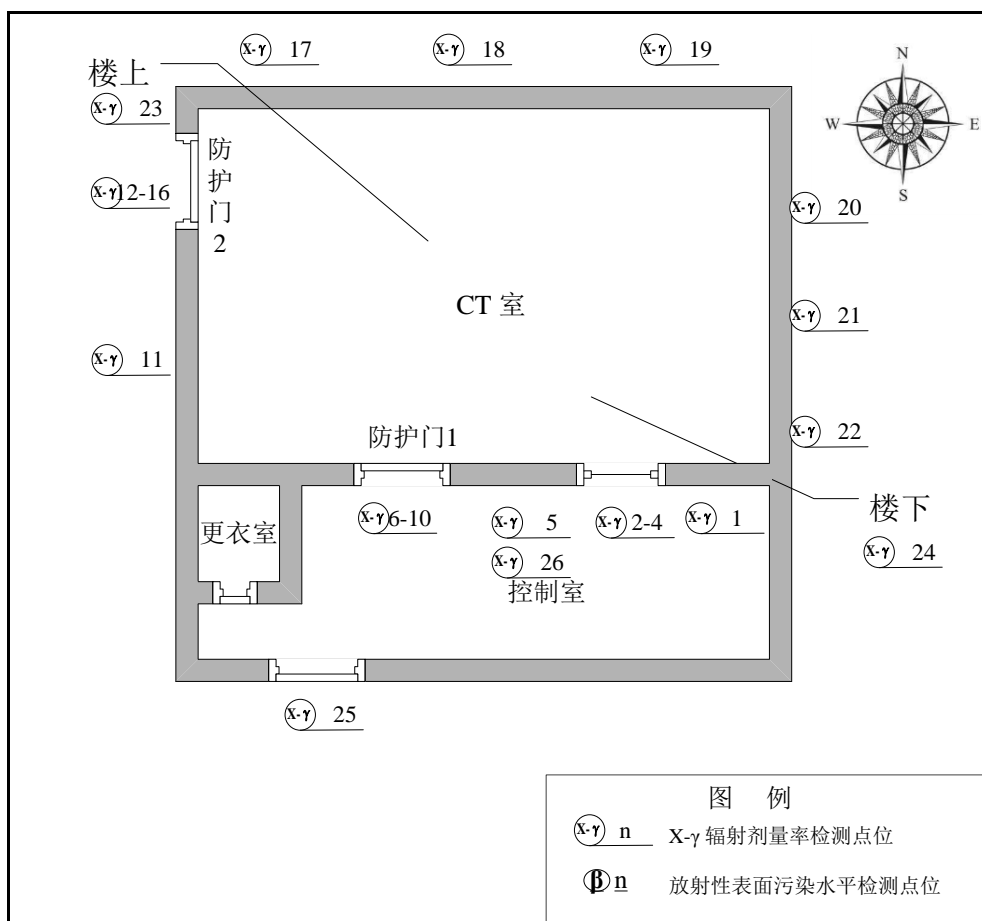
| 测点编号 | 检测点位描述                 | 测量结果( $\mu$ Sv/h) | 检测状态   |
|------|------------------------|-------------------|--------|
| 1    | 南墙外 30cm 处             | 0.12              | 开展植入手术 |
| 2    | 观察窗外 30cm 处            | 0.12              | 开展植入手术 |
| 3    | 观察窗缝外 30cm 处           | 0.12              | 开展植入手术 |
| 4    | 操作位                    | 0.12              | 开展植入手术 |
| 5    | 南墙外 30cm 处             | 0.12              | 开展植入手术 |
| 6    | 防护门 1 外 30cm 处<br>(左缝) | 0.12              | 开展植入手术 |
| 7    | 防护门 1 外 30cm 处<br>(上缝) | 0.12              | 开展植入手术 |
| 8    | 防护门 1 外 30cm 处<br>(下缝) | 0.11              | 开展植入手术 |
| 9    | 防护门 1 外 30cm 处<br>(右缝) | 0.12              | 开展植入手术 |



| 测点编号 | 检测点位描述                 | 测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 检测状态    |
|------|------------------------|--------------------------|---------|
| 10   | 防护门 1 外 30cm 处<br>(中间) | 0.11                     | 开展植入手术  |
| 11   | 西墙外 30cm 处             | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 12   | 防护门 2 外 30cm 处<br>(左缝) | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 13   | 防护门 2 外 30cm 处<br>(上缝) | 0.11                     | 开展植入手术  |
| 14   | 防护门 2 外 30cm 处<br>(下缝) | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 15   | 防护门 2 外 30cm 处<br>(右缝) | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 16   | 防护门 2 外 30cm 处<br>(中间) | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 17   | 北墙外 30cm 处             | 0.11                     | 开展植入手术  |
| 18   | 北墙外 30cm 处             | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 19   | 北墙外 30cm 处             | 0.11                     | 开展植入手术  |
| 20   | 东墙外 30cm 处             | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 21   | 东墙外 30cm 处             | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 22   | 东墙外 30cm 处             | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 23   | 距机房楼上地面 1m 处           | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 24   | 距机房楼下地面 1.7m 处         | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 25   | 控制室门口                  | 0.11                     | 开展植入手术  |
| 26   | 操作位                    | 0.11                     | 未开展植入手术 |

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值；

2.检测日期：2020 年 12 月 16 日，检测仪器：NJRS-125。

图 9-4  $^{125}\text{I}$  籽粒植入手术间（CT室）周围监测点位示意图表 9-7  $^{125}\text{I}$  籽粒植入专用病房 X- $\gamma$  辐射剂量率检测结果

| 测点编号 | 检测点位描述       | 测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 检测状态   |
|------|--------------|--------------------------|--------|
| 1    | 距铅衣表面 5cm 处  | 0.80                     | 开展植入手术 |
| 2    | 距患者床北 1m 处   | 0.30                     | 开展植入手术 |
| 3    | 距患者床北 1.5m 处 | 0.12                     | 开展植入手术 |
| 4    | 距患者床东 1m 处   | 0.12                     | 开展植入手术 |
| 5    | 距患者床东 1.5m 处 | 0.12                     | 开展植入手术 |
| 6    | 距患者床南 1m 处   | 0.28                     | 开展植入手术 |
| 7    | 距患者床南 1.5m 处 | 0.12                     | 开展植入手术 |
| 8    | 西墙外 30cm 处   | 0.12                     | 开展植入手术 |

| 测点编号 | 检测点位描述         | 测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 检测状态    |
|------|----------------|--------------------------|---------|
| 9    | 西墙外 30cm 处     | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 10   | 距机房楼下地面 1.7m 处 | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 11   | 病房门口           | 0.12                     | 开展植入手术  |
| 12   | 病房走廊           | 0.12                     | 未开展植入手术 |

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值；

2.检测日期：2020 年 12 月 16 日，检测仪器：NJRS-125。

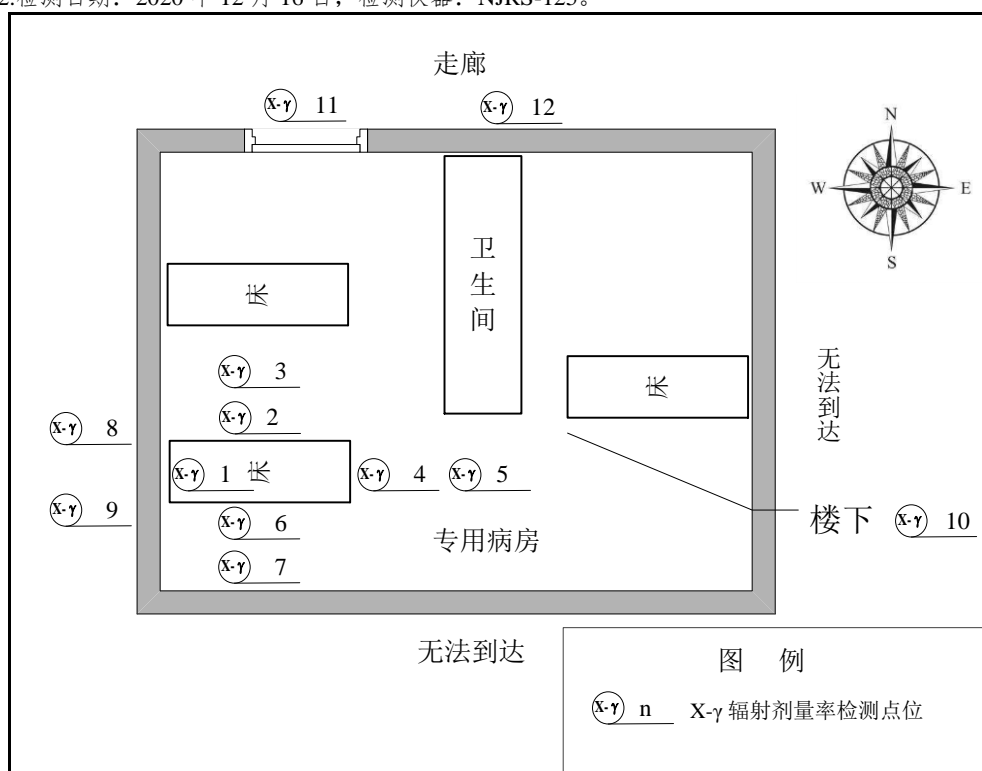


图 9-5  $^{125}\text{I}$  籽粒植入专用病房周围监测点位示意图

表 9-8 核医学科通风橱通风风速检测结果

| 检测点位描述  | 测量结果 (m/s) |      |
|---------|------------|------|
| 核医学科通风橱 | 操作口 1      | 1.42 |
|         | 操作口 2      | 1.36 |
|         | 操作口 3      | 1.39 |

| 检测点位描述 | 测量结果 (m/s) |      |
|--------|------------|------|
|        | 操作口 4      | 1.42 |

注：检测日期：2020年12月16日，检测仪器：NJRS-065。

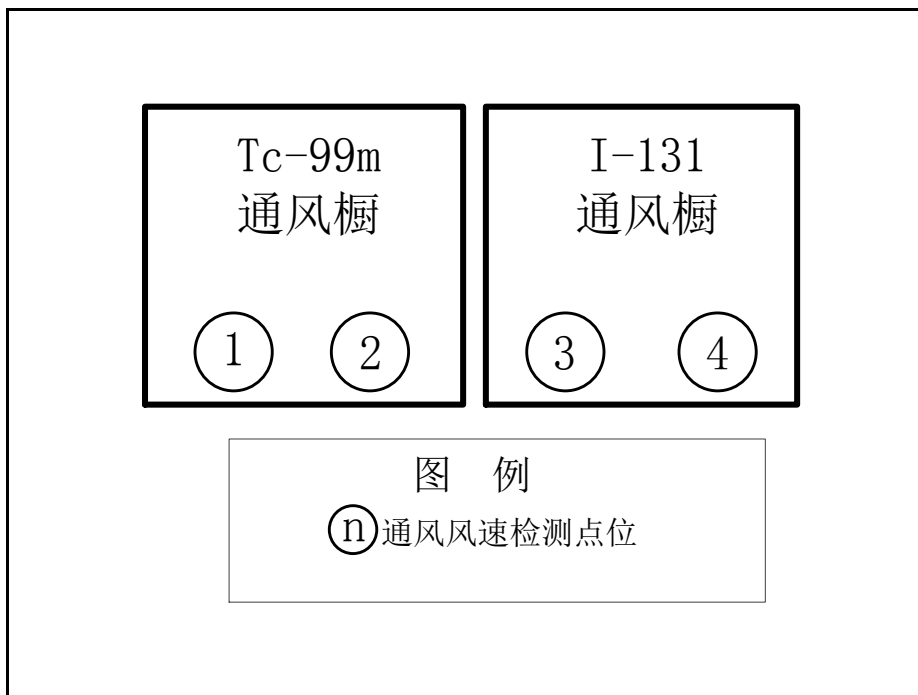


图 9-6 核医学科通风橱通风风速监测点位示意图

DSA（Artis zee III ceiling）检测工况为 96kV/746mA 时，机房周围的 X- $\gamma$  辐射剂量当量率为（0.13~0.16） $\mu\text{Sv/h}$ ，检测结果符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的标准要求；

SPECT/CT（Discovery NM/CT 670 Pro）检测工况为受检者注射  $5.55 \times 10^8 \text{Bq}$  的  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、CT 工况 130kV/250mA，工作场所周围的 X- $\gamma$  辐射剂量当量率为（0.13~1.76） $\mu\text{Sv/h}$ ；甲癌治疗工作场所检测工况为患者服用了  $3.7 \times 10^9 \text{Bq}$  的  $^{131}\text{I}$ ，工作场所周围的 X- $\gamma$  辐射剂量当量率为（0.14~0.97） $\mu\text{Sv/h}$ ； $^{125}\text{I}$  粒籽植入手术间（CT 室）检测工况为：CT 工况：84kV/195mA，机房内检查床上有  $^{125}\text{I}$  粒子 37 粒（单枚活度为 0.6mCi），粒籽植入手术间周围的 X- $\gamma$  辐射剂量当量率为（0.11~0.12） $\mu\text{Sv/h}$ ； $^{125}\text{I}$  粒子植入专用病房的 X- $\gamma$  辐射剂量当量率为（0.12~0.80） $\mu\text{Sv/h}$ ；检测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的标准要求。

甲癌治疗工作场所  $\beta$  放射性污染水平为（ $<0.02 \sim 0.03$ ） $\text{Bq/cm}^2$ ；SPECT/CT

工作场所  $\beta$  放射性污染水平为 ( $<0.02\sim 0.03$ )  $\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；检测结果均符合《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的标准要求。

## 9.2 辐射工作人员和公众年有效剂量分析

### 9.2.1 DSA 项目

根据本项目辐射工作人员个人剂量监测结果及现场监测结果对项目运行期间辐射工作人员的年有效剂量进行计算分析，根据本项目辐射工作人员个人剂量监测结果对公众的年有效剂量进行计算分析，计算未扣除环境本底剂量率。

#### 1) 辐射工作人员

本项目辐射工作人员采用个人累计剂量监测结果计算其年有效剂量。医院已委托江西同欣检测技术有限公司对本项目工作人员进行个人剂量监测，根据医院提供的个人剂量监测报告（JXTX2020-JL0407、JXTX2021-AHJL0006），本项目辐射工作人员 2020 年第三季度和第四季度受照剂量结果见表 9-9。个人剂量监测报告见附件 6。

表 9-9 本项目辐射工作人员年有效剂量分析

| 姓名  | 工作场所 | 2020 年第三季度<br>(mSv) | 2020 年第四季度<br>(mSv) | 估算年有效剂量<br>(mSv) |
|-----|------|---------------------|---------------------|------------------|
| 白云珍 | DSA  | 0.03                | 0.02                | 0.10             |
| 胡运运 | DSA  | 0.06                | 0.02                | 0.16             |
| 孙媛媛 | DSA  | 0.05                | 0.02                | 0.14             |
| 叶孟文 | DSA  | 0.02                | 0.02                | 0.08             |
| 周文培 | DSA  | 0.02                | 0.02                | 0.08             |
| 李劲松 | DSA  | 0.06                | 0.02                | 0.16             |
| 李岳  | DSA  | 1.60                | 0.32                | 3.84             |
| 刘红  | DSA  | 0.03                | 0.02                | 0.10             |
| 周金锋 | DSA  | 0.05                | 0.02                | 0.14             |
| 邹华伟 | DSA  | 0.35                | 0.16                | 1.02             |

根据本项目现场监测结果，对 DSA 项目运行期间辐射工作人员和公众的年有效剂量进行估算。本项目 DSA 每年最多 300 台手术，平均每台手术曝光时间

为 20 分钟，年曝光时间 100 小时（年工作量由医院提供），以此作为基准，预估剂量计算结果见表 9-10。

表 9-10 DSA 室周围关注点位人员年有效剂量估算

| 序号 | 关注点位 | 最大监测值( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 人员性质 | 居留因子 | 年工作时间 (h) | 人员年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ ) | 目标管理值( $\text{mSv/a}$ ) |
|----|------|---------------------------|------|------|-----------|----------------------------|-------------------------|
| 1  | 观察窗外 | 0.16                      | 职业人员 | 1    | 100       | 0.016                      | 5                       |
| 2  | 操作位  | 0.15                      | 职业人员 | 1    | 100       | 0.015                      | 5                       |
| 3  | 东墙外  | 0.15                      | 公众   | 1/4  | 100       | 0.004                      | 5                       |
| 4  | 西墙外  | 0.15                      | 公众   | 1/4  | 100       | 0.004                      | 5                       |
| 5  | 北墙外  | 0.14                      | 职业人员 | 1/4  | 1100      | 0.004                      | 5                       |
| 6  | 北门外  | 0.16                      | 职业人员 | 1/4  | 100       | 0.004                      | 0.25                    |
| 7  | 南门外  | 0.15                      | 公众   | 1/4  | 100       | 0.004                      | 5                       |
| 8  | 楼下   | 0.15                      | 公众   | 1/16 | 100       | 0.001                      | 0.25                    |
| 9  | 楼上   | 0.15                      | 公众   | 1/16 | 100       | 0.001                      | 0.25                    |

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值；

2.工作人员的年有效剂量由公式 $E_{\text{eff}} = \dot{D} \cdot t \cdot T \cdot U$  进行估算，式中： $E_{\text{eff}}$ 为年有效剂量， $\dot{D}$ 为关注点处剂量率， $t$ 为年工作时间， $T$ 为居留因子（取值参照环评文件）， $U$ 为使用因子（保守取 1）。

由表 9-9 和表 9-10 可知，本项目 DSA 室外辐射工作人员年有效剂量最大为 0.016mSv/a（未扣除环境本底剂量），辐射工作人员年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）限值（职业人员 20mSv/a）和医院制定的个人剂量管理目标值（职业人员 5mSv/a）的要求；本项目 DSA 室内手术医生年有效剂量最大为 3.84mSv/a（未扣除环境本底剂量），辐射工作人员年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）限值（职业人员 20mSv/a）和医院制定的个人剂量管理目标值（介入手术医生 10mSv/a）的要求。

## 2) 公众

由表 9-10 可知，DSA 室周围公众年有效剂量最大为 0.004mSv/a（未扣除环

境本底剂量），均符合本项目周围公众个人剂量管理目标值（0.25mSv/a）。

### 9.2.2 SPECT/CT 项目

根据本项目现场监测结果，对 SPECT/CT 项目运行期间辐射工作人员和公众的年有效剂量进行估算。本项目 SPECT/CT 年诊断 6000 人次，每位病人注射约 20s，注射后候诊约 30min，扫描约 15min（年工作量由医院提供），以此作为基准，预估剂量计算结果见表 9-11。

表 9-11 SPECT/CT 工作场所周围关注点位人员年有效剂量估算

| 序号 | 关注点位      | 最大监测值(μSv/h) | 人员性质 | 居留因子 | 年工作时间 (h) | 人员年有效剂量 (mSv/a) | 目标管理值(mSv/a) |
|----|-----------|--------------|------|------|-----------|-----------------|--------------|
| 1  | 扫描间观察窗外   | 0.15         | 职业人员 | 1    | 1500      | 0.225           | 5            |
| 2  | 扫描间操作位    | 0.14         | 职业人员 | 1    | 1500      | 0.21            | 5            |
| 3  | 扫描间东墙外    | 0.15         | 公众   | 1    | 1500      | 0.225           | 0.25         |
| 4  | 扫描间西墙外    | 0.15         | 职业人员 | 1    | 1500      | 0.225           | 5            |
| 5  | 扫描间南墙外    | 0.15         | 职业人员 | 1/4  | 1500      | 0.056           | 5            |
| 6  | 扫描间西门外    | 0.15         | 职业人员 | 1/4  | 1500      | 0.056           | 5            |
| 7  | 注射后候诊室东墙外 | 0.17         | 公众   | 1/4  | 15        | <0.001          | 0.25         |
| 8  | 核医学科北墙外   | 0.15         | 公众   | 1/16 | 15        | <0.001          | 0.25         |
| 9  | 核医学科楼下    | 0.18         | 公众   | 1/16 | 15        | <0.001          | 0.25         |
| 10 | 核医学科楼上    | 0.15         | 公众   | 1/16 | 15        | <0.001          | 0.25         |

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值；

2.工作人员的年有效剂量由公式 $E_{\text{eff}} = D \cdot t \cdot T \cdot U$  进行估算，式中： $E_{\text{eff}}$ 为年有效剂量， $D$ 为关注点处剂量率， $t$ 为年工作时间， $T$ 为居留因子（取值参照环评文件）， $U$ 为使用因子（保守取1）。

#### 1) 辐射工作人员

由表 9-11 可知，本项目 SPECT/CT 工作场所周围辐射工作人员年有效剂量最大为 0.225mSv/a（未扣除环境本底剂量），辐射工作人员年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)限值(职业人员 20mSv/a)和医院制定的个人剂量管理目标值（职业人员 5mSv/a）的要求。

## 2) 公众

由表 9-11 可知, SPECT/CT 工作场所周围公众年有效剂量最大为 0.225mSv/a (未扣除环境本底剂量), 符合本项目周围公众个人剂量管理目标值(0.25mSv/a)。

### 9.2.3 甲癌治疗项目

根据本项目现场监测结果, 对甲癌治疗项目运行期间公众的年有效剂量进行估算。本项目甲癌治疗按年治疗 150 人次, 年工作时间为 3600 小时 (年工作量由医院提供), 以此作为基准, 预估剂量计算结果见表 9-12。

表 9-12 甲癌治疗工作场所周围关注点位人员年有效剂量估算

| 序号 | 关注点位    | 最大监测值( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 人员性质 | 居留因子 | 年工作时间 (h) | 人员年有效剂量 (mSv/a) | 目标管理值(mSv/a) |
|----|---------|---------------------------|------|------|-----------|-----------------|--------------|
| 1  | 北墙外     | 0.48                      | 公众   | 1/16 | 3600      | 0.108           | 0.25         |
| 2  | 患者通道南墙外 | 0.15                      | 公众   | 1/16 | 3600      | 0.034           | 0.25         |
| 3  | 楼上      | 0.97                      | 公众   | 1/16 | 3600      | 0.218           | 0.25         |
| 4  | 楼下      | 0.15                      | 公众   | 1/16 | 3600      | 0.034           | 0.25         |

注: 1. 测量结果未扣除宇宙射线响应值;

2. 工作人员的年有效剂量由公式  $E_{\text{eff}} = \dot{D} \cdot t \cdot T \cdot U$  进行估算, 式中:  $E_{\text{eff}}$  为年有效剂量,  $\dot{D}$  为关注点处剂量率,  $t$  为年工作时间,  $T$  为居留因子 (取值参照环评文件),  $U$  为使用因子 (保守取 1)。

由表 9-12 可知, 甲癌治疗工作场所周围公众年有效剂量最大为 0.218mSv/a (未扣除环境本底剂量), 符合本项目周围公众个人剂量管理目标值(0.25mSv/a)。

### 9.2.3 籽粒植入项目

根据本项目现场监测结果, 对籽粒植入项目运行期间辐射工作人员和公众的年有效剂量进行估算。本项目籽粒植入年治疗 80 人次, 1 次手术约 1h (年工作量由医院提供), 以此作为基准, 预估剂量计算结果见表 9-13。

表 9-13 籽粒植入工作场所周围关注点位人员年有效剂量估算

| 序号 | 关注点位   | 最大监测值( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 人员性质 | 居留因子 | 年工作时间 (h) | 人员年有效剂量 (mSv/a) | 目标管理值(mSv/a) |
|----|--------|---------------------------|------|------|-----------|-----------------|--------------|
| 1  | 手术室南墙外 | 0.12                      | 职业人员 | 1    | 80        | 0.009           | 5            |



| 序号 | 关注点位    | 最大监测值( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 人员性质 | 居留因子 | 年工作时间 (h) | 人员年有效剂量 (mSv/a) | 目标管理值(mSv/a) |
|----|---------|---------------------------|------|------|-----------|-----------------|--------------|
| 2  | 手术室观察窗外 | 0.12                      | 职业人员 | 1    | 80        | 0.009           | 5            |
| 3  | 手术室防护门外 | 0.12                      | 职业人员 | 1/4  | 80        | 0.002           | 5            |
| 4  | 手术室西墙外  | 0.12                      | 公众   | 1/4  | 80        | 0.002           | 0.25         |
| 5  | 手术室北墙外  | 0.12                      | 公众   | 1/4  | 80        | 0.002           | 0.25         |
| 6  | 手术室东墙外  | 0.12                      | 公众   | 1/4  | 80        | 0.002           | 0.25         |
| 7  | 手术室楼上   | 0.12                      | 公众   | 1/16 | 80        | <0.001          | 0.25         |
| 8  | 手术室楼下   | 0.12                      | 公众   | 1/16 | 80        | <0.001          | 0.25         |

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值；

2.工作人员的年有效剂量由公式 $E_{\text{eff}} = \dot{D} \cdot t \cdot T \cdot U$ 进行估算，式中： $E_{\text{eff}}$ 为年有效剂量， $\dot{D}$ 为关注点处剂量率， $t$ 为年工作时间， $T$ 为居留因子（取值参照环评文件）， $U$ 为使用因子（保守取1）。

#### 1) 辐射工作人员

由表 9-13 可知，本项目籽粒植入工作场所周围辐射工作人员年有效剂量最大为 0.009mSv/a（未扣除环境本底剂量），辐射工作人员年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）限值（职业人员 20mSv/a）和医院制定的个人剂量管理目标值（职业人员 5mSv/a）的要求。

#### 2) 公众

由表 9-13 可知，籽粒植入工作场所周围公众年有效剂量最大为 0.002mSv/a（未扣除环境本底剂量），符合本项目周围公众个人剂量管理目标值(0.25mSv/a)。

综上所述，根据实际监测结果，本项目周围辐射工作人员和公众年有效剂量能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）限值的要求（职业人员 20mSv/a, 公众 1mSv/a），并低于本项目管理目标值(职业人员 5mSv/a, 公众 0.25mSv/a)。

## 10 验收监测结论

### 10.1 验收结论

安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目（一期）已按照环评及批复要求落实辐射防护和安全管理措施，经现场监测和核查表明：

1) 本项目在医院医技楼一层 DSA 机房内配备 1 台 DSA(最大管电压 125kV, 最大管电流 800mA, 属 II 类射线装置)；对核医学科局部进行改造，在核医学科新增  $^{131}\text{I}$ 、 $^{99}\text{Mo}$  核素，并对  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素使用量进行调整；增加  $^{125}\text{I}$  籽粒植入治疗项目，本项目建设内容、规模及技术参数在环境影响报告表及其环评批复范围以内。

2) 本项目工作场所控制区和监督区划分合理，能有效避免人员误入或受到非正常受照。

3) 本项目屏蔽和防护措施已按照环评及批复要求落实，在正常工作条件下运行时，工作场所周围所有监测点位的 X- $\gamma$  辐射剂量率、 $\beta$  放射性表面污染水平、通风风速等均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）中的要求和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对工作人员和公众年有效剂量限值的要求。

4) 本项目工作场所设置有电离辐射警告标志，防护门上方安装工作状态指示灯，防护门与工作状态指示灯联动，防护门已设置闭门装置，本项目 DSA 诊疗床上、SPECT/CT 设备上均设有急停按钮，操作台上设有对讲装置，本项目 DSA 机房顶部、SPECT/CT 扫描间底部、核医学科通风橱均已设置动力排风装置，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）及环评报告和环评批复的要求。

5) 医院已配备了 1 台辐射剂量巡检仪及 1 台表面污染仪，已为本项目配备了铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、铅悬挂防护屏、床侧防护帘、移动铅防护屏风等防护用品，满足环评报告和环评批复的要求。

6) 本项目辐射安全负责人和辐射工作人员均已通过辐射防护安全与防护知识培训考核，并获得培训合格证书；辐射工作人员已开展个人剂量监测和个人职业健康体检，并建立个人剂量和职业健康档案，满足环评报告和环评批复的要求。

7) 医院已成立辐射安全管理领导小组，并建立内部辐射安全管理规章制度，满足环评报告和环评批复的要求。

综上所述，安徽医科大学附属阜阳医院医用直线加速器等技术应用项目（一期）满足环评及批复中有关辐射管理的要求，环境保护设施满足辐射防护与安全的要求，监测结果符合国家标准，满足《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定要求，建议通过验收。

## 10.2 建议

1) 认真学习《中华人民共和国放射性污染防治法》等有关法律法规，不断提高核安全文化素养和安全意识。

2) 在  $^{125}\text{I}$  粒籽植入场所增加有效的辐射防护检测仪器。

3) 积极配合生态环境部门的日常监督核查，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至国家核技术利用申报系统。每年请有资质单位对项目周围辐射环境水平监测 1~2 次，监测结果上报生态环境主管部门。

4) 进一步优化放射诊疗工作场所布局和防护措施，定期进行辐射工作场所的检查及监测，排除事故隐患，把辐射影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”。