

核技术利用建设项目
手术室使用II类、III类射线装置项目
环境影响报告表

中国医学科学院肿瘤医院

2026年04月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
手术室使用II类、III类射线装置项目
环境影响报告表

建设单位：中国医学科学院肿瘤医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：北京市朝阳区潘家园南里 17 号

邮政编码：100021

联系人：杨一博

电子邮箱：yiwuchu8500@sina.com

联系电话：010-87788020

目录

| | | |
|------|----------------------|----|
| 表 1 | 项目概况 | 1 |
| 表 2 | 放射源 | 12 |
| 表 3 | 非密封放射性物质 | 13 |
| 表 4 | 射线装置 | 14 |
| 表 5 | 废弃物（重点是放射性废弃物） | 15 |
| 表 6 | 评价依据 | 16 |
| 表 7 | 保护目标与评价标准 | 19 |
| 表 8 | 环境质量和辐射现状 | 24 |
| 表 9 | 项目工程分析与源项 | 28 |
| 表 10 | 辐射安全与防护 | 33 |
| 表 11 | 环境影响分析 | 41 |
| 表 12 | 辐射安全管理 | 54 |
| 表 13 | 结论与建议 | 58 |
| 表 14 | 审批 | 60 |

表 1 项目概况

| | | | | | |
|--|----------|--|---|-----------------------|--------------|
| 建设项目名称 | | 手术室使用II类、III类射线装置 | | | |
| 建设单位 | | 中国医学科学院肿瘤医院 | | | |
| 法人代表 | 赫捷 | 联系人 | 杨一博 | 联系电话 | 010-87788020 |
| 注册地址 | | 北京市朝阳区潘家园南里 17 号 | | | |
| 项目建设地点 | | 北京市朝阳区潘家园南里 17 号外科楼 3 层东侧 | | | |
| 立项审批部门 | | 无 | 批准文号 | 无 | |
| 建设项目总投资（万元） | 4000 | 项目环保投资（万元） | 400 | 投资比例（环保投资/总投资） | 10% |
| 项目性质 | | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它 | | 占地面积（m ² ） | 60.2 |
| 应用类型 | 放射源 | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类 | | |
| | 非密封放射性物质 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | / | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙 | | |
| | 射线装置 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 | | |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> 使用 | <input checked="" type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类 | | |
| 其他 | | | | | |
| <p>1.1 单位概况</p> <p>中国医学科学院肿瘤医院（以下简称“医科院肿瘤医院”或“医院”）始建于 1958 年，1963 年增设肿瘤研究所，1996 年医院通过三级甲等医院评审。2009 年成为国家癌症中心依托单位，肿瘤研究所并入国家癌症中心。2021 年成为首批“辅导类”国家医学中心。医院是协和医学院研究生培养单位。此外，医院也是国家恶性肿瘤临床医学研究中心、国家肿瘤规范化诊治质控中心、国家药物临床研究中心、临床研究国家级质量评价和促进中心，以及国家抗肿瘤药物监测网所在地，是集医、教、研、防于一体的国家级肿瘤防治中心。医院高层次</p> | | | | | |

人才荟萃、学科设置齐全、技术力量雄厚、仪器设备先进。拥有包括 3 名中国科学院院士、4 名中国工程院院士在内的国内一流的专家团队，多名专家在 50 余个全国性专业学术组织中担任主任委员或副主任委员职务。拥有 5 个国家级重点学科、6 个国家临床重点专科。

医院注重肿瘤基础与临床研究。拥有 1 个国家重点实验室、2 个北京市重点实验室。建院以来，共获科研成果 230 余项，其中 60% 为省部级以上奖励，包括 3 项国家科技进步一等奖。

拥有多台能完成调强放疗、图像引导放疗和旋转调强放疗的直线加速器、大孔径 CT 模拟定位机与核磁共振模拟定位机、肿瘤射频热疗设备、平板数字减影血管造影、第二代宝石能谱 CT、3T 高场强功能成像 MRI、PET-CT、全院级 PACS-RIS 系统等先进的仪器设备。医院能够全面开展手术(含微创和内镜下治疗)、化疗、放射治疗、介入治疗等多种治疗手段。在肺癌、食管癌、乳腺癌、恶性淋巴瘤、大肠癌、肝癌、胰腺癌、胃癌、宫颈癌、卵巢癌、子宫内膜癌、前列腺癌、甲状腺癌、鼻咽癌(含挽救手术)、下咽颈段食管癌、喉癌(含保留功能手术)、口咽癌、鼻腔副鼻窦癌、颅脑肿瘤(含颅底沟通肿瘤)、髓内肿瘤、骨与软组织肿瘤(含保肢手术)、恶性黑色素瘤、骨转移瘤、神经内分泌肿瘤等多种肿瘤的多学科规范化综合治疗位居国内前列，部分达到国际先进水平。医院还设置有专门的科室开展癌症筛查和早诊工作。

目前医科院肿瘤医院为已取得《辐射安全许可证》的核技术利用单位。

1.2 核技术利用及辐射安全管理现状

1.2.1 核技术利用现状

医科院肿瘤医院已取得了北京市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》（京环辐证[E0168]，有效期至 2027 年 1 月 29 日），许可的种类和范围是：使用 III、V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所，见附件 1。医院已许可射线装置使用情况见表 1-1。

表 1-1 医科院肿瘤医院已许可的射线装置情况

| 序号 | 名称 | 类别（类） | 数量（台） |
|----|-----------|-------|-------|
| 1 | 医用诊断 X 线机 | III | 8 |
| 2 | 回旋加速器 | II | 1 |

| | | | |
|----|----------------|-----|----|
| 3 | CT 模拟机 | III | 1 |
| 4 | 数字式血管造影机 (DSA) | II | 1 |
| 5 | 计算机断层扫描仪 (CT) | III | 9 |
| 6 | 医用直线加速器 | II | 9 |
| 7 | PET-CT | III | 2 |
| 8 | 模拟定位机 | III | 1 |
| 合计 | | | 32 |

医院已许可的非密封放射性同位素使用情况见表 1-2。

表 1-2 医学科学院肿瘤医院已许可非密封放射性同位素使用情况

| 序号 | 工作场所名称 | 等级 (类别) | 核素名称 | 日等效最大操作量 (Bq) | 年最大用量 (Bq) | 活动种类 | 备注 |
|----|-----------|---------|--------|---------------|------------|------|-----|
| 1 | 核医学科 | 乙级 | I-131 | 5.92E+09 | 1.85E+12 | 使用 | |
| 2 | | | In-111 | 1.85E+07 | 1.85E+09 | 使用 | |
| 3 | | | Sr-89 | 2.96E+08 | 1.85E+10 | 使用 | |
| 4 | | | Ra-223 | 7.40E+07 | 2.25E+08 | 使用 | |
| 5 | | | Sm-153 | 1.11E+09 | 1.11E+11 | 使用 | |
| 6 | | | H-3 | 7.70E+04 | 3.90E+06 | 使用 | 已停用 |
| 7 | | | P-32 | 8.82E+05 | 1.62E+08 | 使用 | |
| 8 | | | Ga-67 | 7.40E+07 | 5.50E+09 | 使用 | 已停用 |
| 9 | | | I-125 | 1.85E+04 | 1.85E+06 | 使用 | |
| 10 | | | Re-188 | 2.96E+08 | 1.11E+10 | 使用 | |
| 11 | | | Tc-99m | 4.44E+08 | 1.11E+13 | 使用 | |
| 12 | PET-CT 中心 | 乙级 | N-13 | 3.70E+08 | 2.00E+13 | 使用 | |
| 13 | | | F-18 | 3.70E+08 | 9.25E+13 | 使用 | |
| 14 | | | C-11 | 3.70E+08 | 2.00E+13 | 使用 | |
| 15 | | | O-15 | 3.70E+08 | 2.00E+13 | 使用 | |
| 16 | 第 17 手术间 | 丙级 | I-125 | 2.00E+07 | 2.96E+11 | 使用 | |

医院许可使用 Tc-99m 等 16 种核素，使用场所为核医学科、PET-CT 中心、手术室第 17 手术间，2020 年 1 月 23 日至今使用核素的只有 Tc-99m、F-18 和 I-125（粒子）。

医科院肿瘤医院已许可的放射源使用情况见表 1-3。

表 1-3 医科院肿瘤医院已许可放射源使用情况

| 序号 | 核素 | 类别 | 活度（贝可） | （枚数） | 活动种类 |
|----|--------|-----|---------|------|------|
| 1 | Ir-192 | III | 3.7E+11 | 2 | 使用 |
| 2 | Ge-68 | V | 5.55E+7 | 1 | 使用 |
| 3 | Ge-68 | V | 1.85E+7 | 1 | 使用 |
| 4 | Ge-68 | V | 3.5E+7 | 1 | 使用 |
| 5 | Co-57 | V | 1.48E+6 | 1 | 使用 |
| 6 | Co-57 | V | 1.2E+8 | 1 | 使用 |

1.2.2 近几年履行环保审批情况

医院近五年以来一共有 2 个辐射环评报告表项目，具体落实情况见表 1-4。

表 1-4 建设项目竣工验收落实情况

| 序号 | 环评批复文号 | 项目名称 | 类别 | 备注 |
|----|---------------|-------------|-----|---------------------|
| 1 | 京环审[2021]16号 | 放疗科使用加速器项目 | 报告表 | 2025年4月完成部分设备竣工环保验收 |
| 2 | 京环审[2025]113号 | 核医学科衰变池改造项目 | 报告表 | 正在建设中 |

1.2.3 辐射安全管理情况

1.2.3.1 辐射管理机构基本情况

为了加强对辐射安全和防护管理工作，促进同位素和射线装置合法的使用，医科院肿瘤医院专门成立了辐射防护领导小组，由副院长担任组长，放疗科副主任、影像诊断科主任和医务处副处长担任副组长，医务处、保卫处、核医学科、放疗科、介入科、基建处、影像诊断科、泌尿外科、妇科、总务处等各部门的相关人员担任组员，并指定医务处负责辐射安全管理工作，辐射防护领导小组成员名单见表 1-5。

表 1-5 中国医学科学院肿瘤医院辐射防护领导小组成员名单

| 职位 | 姓名 | 性别 | 职务或职称 | 工作部门 | 专/兼职 |
|----|-----|----|-----------|------|------|
| 组长 | 易俊林 | 男 | 主任委员、院长助理 | 放疗科 | 兼职 |

| | | | | | |
|-----|-----|---|-------------|-------|----|
| 副组长 | 戴建荣 | 男 | 副主任委员、研究员 | 放疗科 | 兼职 |
| 副组长 | 赵心明 | 男 | 副主任委员、主任医师 | 影像诊断科 | 兼职 |
| 副组长 | 杨 剑 | 男 | 副主任委员、助理研究员 | 医务处 | 专职 |
| 组员 | 王兴宇 | 男 | 工程师 | 总务处 | 兼职 |
| 组员 | 王雪鹃 | 女 | 主任医师 | 核医学科 | 兼职 |
| 组员 | 王宏凯 | 男 | 工程师 | 放疗科 | 兼职 |
| 组员 | 王建卫 | 男 | 主任医师 | 影像诊断科 | 兼职 |
| 组员 | 田 源 | 男 | 秘书, 物理师 | 放疗科 | 兼职 |
| 组员 | 刘林斌 | 男 | 主管技师 | 影像诊断科 | 兼职 |
| 组员 | 刘宗义 | 男 | 主管技师 | 介入科 | 兼职 |
| 组员 | 郇福奎 | 男 | 主管技师 | 放疗科 | 兼职 |
| 组员 | 耿建华 | 女 | 研究员 | 核医学科 | 兼职 |
| 组员 | 肖泽钧 | 男 | 主任医师 | 泌尿外科 | 兼职 |
| 组员 | 安菊生 | 女 | 主任医师 | 妇科 | 兼职 |
| 组员 | 蔡 军 | 男 | 助理研究员 | 保卫处 | 兼职 |
| 组员 | 熊随阳 | 男 | 主管技师 | 妇科 | 兼职 |
| 组员 | 王 滨 | 男 | 副研究员 | 基建处 | 兼职 |
| 组员 | 杨一博 | 男 | 助理研究员 | 医务处 | 兼职 |

1.2.3.2 制定规章制度及落实情况

医科院肿瘤医院结合医院实际情况, 已制定一套相对完善的管理制度和操作规程, 包括辐射防护领导小组及岗位职责、放射性同位素与射线装置操作规程、辐射工作人员考核计划、辐射工作场所安全和防护管理制度、设备检修维护制度、辐射工作人员个人剂量监测制度、工作场所和环境辐射水平监测方案、台帐管理制度、放射性废物管理制度、辐射事故应急制度以及回旋加速器相关制度等, 并严格按照规章制度执行。

医院每年均依据相关法律法规对辐射工作的安全和防护状况进行年度评估, 编写并在全国核技术利用辐射安全申报系统上报了年度评估报告。

1.2.3.3 工作人员考核情况

医科院肿瘤医院制定了辐射工作人员考核计划。目前, 全部从事辐射工作的职业人员和管理人员共计 305 人, 分批参加了辐射安全和防护培训, 并通过

了考核。

今后，医院将按照生态环境部 2019 年第 57 号公告、2021 年第 9 号公告要求，定期（五年一次）组织辐射工作人员进行辐射安全防护考核，考核通过后方可上岗。

1.2.3.4 个人剂量监测

医科院肿瘤医院所有从事辐射工作的医护人员均佩戴 TLD 个人剂量计，每季度监测一次，按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令 18 号）要求建立个人剂量档案，并于每年 5 月 31 日前将上一年度全体辐射工作人员的个人剂量监测数据上报至北京市辐射安全监管系统中。

目前，个人剂量监测工作已委托北京贝特莱博瑞技术检测有限公司承担，监测频度为每 3 个月检测一次，一共开展个人剂量监测人员数量 531 人。根据医院提供的 2025 年度的个人剂量监测结果（见附件 2），参与个人剂量检测的 531 名人员，年度个人剂量监测结果为 0.036mSv~2.653mSv，除了田静（1.075mSv）、李晔雄（1.307mSv）、张瑾瑶（1.760mSv）、武奕辰（2.653）外，其他人员都不高于 1mSv，都低于单位剂量管理目标值 5mSv/a。

开展个人剂量检测的人员，包含辐射工作人员、核技术利用场所的进修人员、核医学科就医引导人员等，所以开展个人检测的人数（531 名）多于考核证人员数量（305 名）。部分进修人员工作时间较短，所以出现了只有一个季度的个人剂量检测结果的情况。

医院今后将继续加强个人受照剂量的监管，如果某位职业人员的单季度个人剂量监测结果高于单位剂量管理目标值（5mSv/a）的 1/4，将对其受照原因进行调查，结果由本人签字后存档；如果单季度个人剂量监测结果高于剂量约束值，追查超标原因，将采取调离工作岗位或控制从事辐射工作时间等措施，保障辐射工作人员的健康。

1.2.3.5 工作场所及辐射环境监测

医院已制定辐射工作场所监测制度和自行监测记录档案，监测方案内容含有工作场所辐射水平监测和环境辐射水平监测，监测方案中包括实施部门、监测项目、点位及频次等，并妥善保存，接受生态环境行政主管部门的监督检查。

查。监测记录记载监测数据、测量条件、测量仪器和方法、测量时间和测量人员等信息，监测记录随本单位辐射安全和防护年度评估报告一并提交至全国核技术利用辐射安全申报系统中。

委托监测：医院每年委托有 CMA 或 CNAS 资质的单位对医院已有的辐射场所防护和机器性能检测一次，最近一次工作委托北京贝特莱博瑞技术检测有限公司承担，其中 2025 年 1 月对核医学场所的剂量率和表面污染水平进行检测；2025 年 6 月~7 月对诊断场所射线装置的剂量率水平进行检测；2025 年 7 月对放疗场所的剂量率水平进行检测，检测结果都满足相关标准要求，且北京市卫生健康委员会每年都要对医院的《放射诊疗许可证》校验一次，校验时医院必须提供当年的检测合格报告。

表面污染监测：每天工作结束后，对非密封放射性同位素工作场所的工作台面、手套箱台面、注射台以及设备等进行表面污染监测，监测数据记录存档。工作人员离开可能受到放射性污染的工作场所时，监测其工作服、体表的表面污染水平。根据《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》要求，该项工作由使用科室工作人员自行完成。

医院现有的监测方案基本能够满足现有场所使用要求，医院已配备的辐射监测仪器，详细清单见表 1-6。

表 1-6 医院现有辐射防护监测仪器清单

| 序号 | 仪器名称 | 型号 | 购置日期 | 仪器状态 | 数量 | 备注 |
|----|-------------------------|-----------|---------------|------|----|------------|
| 1 | 环境剂量检测仪 | RM2108 | 2010 年 | 正常使用 | 2 | 核医学楼 |
| 2 | 多功能剂量监测仪 | Inspector | 2016 年、2010 年 | 正常使用 | 4 | 核医学楼 |
| 3 | 手足污染检测仪 | RM-7510 | 2010 年 | 正常使用 | 1 | 核医学楼 |
| 4 | 场所固定式 X、 γ 射线报警仪 | SB-1Z | 2012 年~2014 年 | 正常使用 | 9 | 放疗大厅 |
| 5 | 场所固定式 X、 γ 射线报警仪 | SB-I | 2024 年 | 正常使用 | 2 | 放疗大厅 |
| 6 | 辐射巡检仪 | 451P | 2009 年、2016 年 | 正常使用 | 2 | 放疗科 |
| 7 | 个人剂量报警仪 | FJ3500 | 2014 年 | 正常使用 | 9 | 放疗大厅、影像诊断科 |
| 8 | 个人剂量报警仪 | JF200 | 2024 年 | 正常使用 | 10 | 放疗大厅 |

| | | | | | | |
|----|------------------------|--------------------|-------|------|----|------|
| 9 | 个人剂量报警仪 | PM1621 | 2016年 | 正常使用 | 5 | 放疗大厅 |
| 10 | 在线监测 γ 辐射剂量当量率仪 | SB-IX γ | 2011年 | 正常使用 | 1 | 核医学楼 |
| 11 | 个人剂量报警仪 | RAD-60 | 2010年 | 正常使用 | 10 | 核医学楼 |
| 12 | 固定式环境剂量监测报警仪 | 8探头 | 2016年 | 正常使用 | 1 | 核医学楼 |
| 13 | 多用途表面污染测量仪 | 14-C | 2006年 | 正常使用 | 1 | 核医学楼 |
| 14 | 多功能辐射测量仪 | INSPECTOR ALERT | 2018年 | 正常使用 | 1 | 手术室 |
| 15 | 个人剂量报警仪 | NGP-2 | 2024年 | 正常使用 | 4 | 核医学楼 |
| 16 | 辐射剂量率仪 | GEMINI-N | 2024年 | 正常使用 | 4 | 核医学楼 |
| 17 | 放射性污染仪 | 中智核安 | 2024年 | 正常使用 | 2 | 核医学楼 |

本项目运行后，场所周围的辐射水平监测工作，将继续纳入医院辐射工作场所的监测范围，一并按照现有制度规定的频度开展。

1.2.3.6 辐射事故应急管理

医院依据《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，制定了关于本单位辐射项目的辐射事故（件）应急预案，以保证本单位一旦发生辐射意外事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理放射事故，保护工作人员和公众的健康与安全，同时在预案中进一步明确规定本单位有关意外放射事件处理的组织机构及其职责、事故报告、信息发布和应急处理程序等内容。发生辐射事故时，单位应当立即启动辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

2025年3月31日医院组织核医学科、医务处和保卫处进行核医学科床旁放射性药物注射污染应急演练。此次演练以医护人员在患者床旁注射放射性药物（如 ^{18}F -FDG、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记药物）时，注射器意外泄漏或针头脱落，导致放射性药物污染患者床单、地面、设备、或医护人员皮肤/衣服作为事件背景，工作人员按照应急流程，开展污染评估、区域隔离、人员去污、设备清洁机辐射监测以及事件报告总结等工作。演练过程由主管部门牵头，医务处组织协调，参加部门有核医学、医务处、保卫处等。通过演练，使核医学工作人员对操作中

可能出现的情况有了直观清楚的认识；对辐射工作人员进行宣传教育，加强了辐射工作人员的辐射安全防护意识和应急处置能力。同时也使各相关部门对辐射事故应急处置的流程更加清楚和熟练，达到预期效果。

1.2.3.7 其他情况

2025 年度，医科院肿瘤医院较圆满地完成了各项辐射安全防护工作，依据相关法律法规对该单位放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行了年度评估，编写了年度评估报告。

1.3 本项目概况

1.3.1 本项目基本情况

外科手术室在经历洁净手术室，数字一体化手术室的发展，目前已经进入全新的复合手术室时代，精准资料、实时影像与外科微创化结合是复合手术技术的发展方向。复合手术室有着传统手术室无可比拟的优势，体现在：第一，减少了患者移动，提高了手术的安全性；第二，术中定位保证了外科治疗手术的精准性；第三，术中扫描及时评价手术效果，同时根据情况可以及时采取其他的治疗方案。

因介入诊疗工作需要和科室发展需求，本项目内容为拟将外科楼3层东侧预留机房改建为1间手术室（拟命名为手术室38间，以下简称“手术室”或“机房”）及配套房间，并新增1台DSA设备和1台CT。在手术过程中可以利用DSA及CT进行影像诊断、定位治疗，从而解决各类复杂手术，降低手术风险，节约手术时间。比如：医生在手术过程中，借助DSA血管造影系统可以清晰地获得人体血管立体图像，对观察血管病变等提供“透视眼”的功能，利用CT滑轨，可以将CT滑行到手术床旁，完成对患者病变位置的检查，为医生提供全方位的辅助。

本项目新增DSA和CT联合开展外科手术，DSA设备将用于开展外周血管介入手术，预估工作量约800例/年；CT将用于术中定位，配合DSA设备进行术中定位400例，开展常规外科手术术前定位约1200例，共计约1600例/年。手术中工作人员床侧操作仅出于DSA透射情况下，CT扫描时人员退出机房，位于南侧控制室内，不进行床旁操作。本项目拟使用的射线装置情况见表1-7。

表 1-7 本项目射线装置情况表

| 序号 | 工作场所 | 型号及名称 | 影像采集方式 | 生产厂家 | 最大管电压 (kV) | 最大管电流 (mA) | 类别 | 备注 |
|----|----------|-----------------------------|--------|-----------|------------|------------|------|----|
| 1 | 手术室 38 间 | Artis zee III ceiling型血管造影机 | 单球管 | 西门子医疗有限公司 | 125 | 1000 | II类 | |
| 2 | | SOMATOM Confidence型 CT机 | 单球管 | 西门子医疗有限公司 | 140 | 1250 | III类 | |

1.3.3 目的和任务的由来

本项目使用 II 类和 III 类射线装置项目，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等相关规定，本项目应当进行环境影响评价，编制环境影响报告表，报生态环境主管部门审批。

根据生态环境部《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（2019 年生态环境部令第 9 号）最新要求，北京辐环科技有限公司符合第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于该条第二款所列单位。公司有专职环评工程师，有能力开展环境影响评价工作。受中国医学科学院肿瘤医院的委托，评价机构环评人员在现场踏勘、收集资料的基础上，对该项目建设和运行对环境的辐射影响进行了分析评价，并编制了环境影响报告表。评价主要考虑 DSA 在使用过程中，对周围环境的辐射影响，对职业人员和公众的辐射影响。

1.3.4 项目建设正当性和必要性

本项目属于使用 II 类和 III 类射线装置项目，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“第一类 鼓励类”“十三、医药”中“4. 高性能医学影像设备”类项目，属于鼓励类，符合国家产业政策。

本项目不属于《北京市新增产业的禁止和限制目录（2022 年版）》中禁止和限制项目。因此本项目的建设符合国家及地方产业政策要求。

本项目的建设可以提高医院对疾病的诊治能力。DSA 和 CT 设备运行不产生放射性“三废”，对周围环境的辐射影响也很小，对职业人员、公众以及环境带来的不利影响，远低于其使用对社会带来的利益，故上述设备的使用具有正当性。

1.3.5 开展新项目的技术能力

(1) 人员配备：医院现有 DSA 设备已停用，拟将其配备的 10 名辐射工

作人员调配至本项目使用，包括医师 6 名、技师 3 名、护士 1 名，其中医师可分为 3 组，技师 3 组，护士 1 组，若现有 DSA 设备重新启用，则需新增辐射工作人员。

本项目启用后 DSA 手术量约为 800 例，CT 配合 DSA 设备进行术中定位约 400 例，开展常规外科手术术前定位量约 1200 例。平均每组医师 DSA 手术量约为 267 例。但考虑到 DSA 设备发生故障及将来手术量增加等情况，本项目保守按每名医师全年手术量 500 例进行剂量估算。

(2) 检测仪器配备：本项目拟新增 1 台辐射监测仪，用于机房自行监测，可满足本项目监测需求。

表 2 放射源

| 序号 | 核素名称 | 总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数 | 类别 | 活动种类 | 用途 | 使用场所 | 贮存方式与地点 | 备注 |
|----|------|---------------------------|----|------|----|------|---------|----|
| 无 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

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

表3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 加速 粒子 | 最大 能量 (MeV) | 额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h) | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|----|----|----|----|----|----------|----------------|-----------------------------|----|------|----|
| 无 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电 压 (kV) | 最大管电 流 (mA) | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|----|-------|------|----|--------------------------|----------------|----------------|---------------|-------------|----|
| 1 | 血管造影机 | II类 | 1 | Artis zee III ceiling | 125 | 1000 | 介入诊疗 | 外科楼3层手术室38间 | 新增 |
| 2 | CT机 | III类 | 1 | SOMATOM Confidence | 140 | 1250 | 术中定位, 术前定位 | 外科楼3层手术室38间 | 新增 |
| 无 | | | | | | | | | |

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电 压 (kV) | 最大靶电 流 (μA) | 中子强 度 (n/s) | 用途 | 工作场所 | 氚靶情况 | | | 备注 |
|----|----|----|----|----|----------------|----------------|-------------------|----|------|------------|------|----|----|
| | | | | | | | | | | 活度 (Bq) | 贮存方式 | 数量 | |
| 无 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

| 名称 | 状态 | 核素名称 | 活度 | 月排放量 | 年排放总量 | 排放口浓度 | 暂存情况 | 最终去向 |
|----|----|------|----|------|-------|-------|------|------|
| 无 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m³；年排放总量用kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

| | |
|-------------|---|
| <p>法规文件</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第九号，2015 年 1 月 1 日起施行。 2. 《中华人民共和国环境影响评价法》，全国人民代表大会常务委员会，2002 年 10 月 28 日通过，自 2003 年 1 月 1 日起实施；2016 年 7 月 2 日第一次修正；2018 年 12 月 29 日第二次修正。 3. 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日起实施。 4. 《建设项目环境保护管理条例》，1998 年 11 月 29 日国务院令第 253 号发布施行；2017 年 7 月 16 日国务院令第 682 号修订，2017 年 10 月 1 日起实施。 5. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日第二次修订版公布并实施。 6. 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部部令第 16 号，2020 年 11 月 30 日公布，2021 年 1 月 1 日起实施。 7. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，中华人民共和国生态环境部部令第 20 号修订，2021 年 1 月 4 日公布并实施。 8. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原中华人民共和国环境保护部第 18 号令，2011 年 4 月 18 日公布，2011 年 5 月 1 日起实施。 9. 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，原中华人民共和国环境保护部、国家卫生计生委公告第 66 号，2017 年 12 月 5 日。 10. 《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》，国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日。 11. 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日。 12. 北京市生态环境局关于发布《〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉北京市实施细化规定（2022 年本）》的通告，〔2022〕4 |
|-------------|---|

| | |
|--------------------|---|
| | <p>号，2022年4月1日。</p> <p>13. 《北京市城乡规划条例》，北京市人民代表大会常务委员会公告（十五届）61号，2021年9月24日修订版公布并实施。</p> <p>14. 《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》，原北京市环境保护局文件，京环发〔2011〕347号。</p> <p>15. 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，生态环境部，2020年2月。</p> <p>16. 《北京市生态环境局办公室关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作通知》，京环办[2018]24号，2018年1月25日。</p> <p>17. 《产业结构调整指导目录（2024年本）》，国家发展改革委令第七号，2024年2月1日施行。</p> <p>18. 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，2019年12月24日。</p> <p>19. 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2021年第9号，2021年03月15日实施。</p> <p>20. 《产业结构调整指导目录（2024年）》，国家发展和改革委员会2023年第7号令，2024年2月1日起施行。</p> <p>21. 《北京市新增产业的禁止和限制目录（2022年版）》，北京市人民政府办公厅，京政发办〔2022〕5号，2022年2月14日起施行。</p> <p>22. 北京市生态环境局关于发布《北京市生态环境局环境影响评价文件管理权限的建设项目目录（2024年本）》的通告（京环发〔2024〕24号），自2025年1月1日起实施</p> |
| <p>技术标准</p> | <p>1. 《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016），中华人民共和国环境保护部，2016年04月01日实施。</p> <p>2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，2003年04月01日</p> |

| | |
|----|--|
| | <p>实施。</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），中华人民共和国国家卫生健康委员会，2020年10月01日实施。 4. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），中华人民共和国国家卫生健康委员会，2020年04月01日实施。 5. 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），中华人民共和国生态环境部，2021年05月01日实施。 6. 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），中华人民共和国生态环境部，2021年05月01日实施。 7. 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范》（HJ1326-2023），2024年02月01日实施 |
| 其他 | <ol style="list-style-type: none"> 1. NCRP Report No.147: Structural Shielding Design and Evaluation for Medical X-Ray imaging Facilities, 2004。 2. 《辐射防护手册》<第一分册 辐射源与屏蔽>（李德平 潘自强主编），1987。 3. 《辐射防护手册》<第三分册 辐射安全>（李德平 潘自强 主编），1990。 4. 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020），中华人民共和国国家卫生健康委员会，2021年05月01日实施。 5. 《医用辐射危害控制与评价》，中国原子能出版社，2017年11月。 6. 《中国环境天然放射性水平》，原国家环境保护局监督管理司，1995年8月。 7. 中国医学科学院肿瘤医院提供的建筑结构设计图以及与建设项目相关的其他技术资料，2026年2月。 |

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价内容、范围

7.1.1 评价内容

本项目内容为医院拟将外科楼 3 层东侧预留机房改建为 1 间手术室及其配套房间，并新增 1 台 DSA 设备和 1 台 CT。

7.1.2 关注问题

- (1) 机房屏蔽是否满足国家相关标准的要求。
- (2) 辐射安全管理情况及污染防治措施是否满足新增使用射线装置的要求。

7.1.3 评价因子

主要为 X 射线。

7.1.4 评价范围

按照《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）的规定，并结合该项目辐射为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定本项目评价范围为手术室周围 50m 区域。本项目拟建手术室位于外科楼 3 层东侧，外科楼东侧为住院综合楼，南侧为院内空地，西侧为院内空地、综合病房楼等，北侧为院内空地、内科病房、放疗病房楼等，周围 50m 范围内主要建筑物见图 7-1。



图 7-1 本项目评价范围示意图

7.2 环境保护目标

本项目建成后手术室东侧为洁净走廊、准备间、水管井、手术室、缓冲、电梯井、住院综合楼等，南侧为控制室、设备间、手术室、洁净走廊、工友间、院内空地等，西侧为清洁走廊、手术室、洁净走廊、电梯厅、准备间、换床间、弱电间、公共走廊等，北侧为洁净走廊、配液间、准备间、院内空地等，楼上为设备层，楼下为病房区、患者走廊、抢救、医办等。

根据项目特点及周围毗邻关系，确定主要环境保护目标为医护人员、从事本项目射线装置操作的辐射工作人员、机房周围其他公众成员。本项目相关场所周围 50m 范围内，均为医院内部建筑，无商超等人员密集区域，也无居民楼、学校、图书馆等敏感目标，详见表 7-1。四周毗邻关系见图 7-3，机房楼下、楼下关系图见图 7-2、7-4。

表 7-1 本项目场所周围 50m 范围内主要保护目标

| 项目 | 保护目标 | 距离 (m) | 常居留人数 | 方位 | 周围 50m 范围内主要场所 |
|-----|-----------|--------|-------|----|----------------------------|
| 本项目 | 医院工作人员、患者 | 0~14 | 4 | 东侧 | 洁净走廊、准备间、水管井、手术室、缓冲等 |
| | 医院工作人员、患者 | 14~50 | 40 | | 电梯井、住院综合楼等 |
| | 本项目工作人员 | 0~3.3 | 6 | 南侧 | 控制室、机房内 |
| | / | 0~3.3 | / | | 设备间 |
| | 医院工作人员、患者 | 3.3~24 | / | | 手术室、洁净走廊、工友间等 |
| | 公众 | 24~50 | / | | 院内空地 |
| | / | 0~1.8 | / | 西侧 | 清洁走廊 |
| | 医院工作人员、患者 | 1.8~12 | 10 | | 手术室 |
| | 公众 | 12~38 | / | | 洁净走廊、电梯厅、准备间、换床间、弱电间、公共走廊等 |
| | 医院工作人员、患者 | 38~50 | 10 | | 手术室、准备间等 |
| | / | 0~5.5 | / | 北侧 | 洁净走廊 |
| | 医院工作人员 | 5.5~15 | / | | 配液间、准备间 |
| | 公众 | 15~50 | / | | 院内空地 |
| | / | 4.5 | 6 | 楼上 | 设备层 |
| | 医院工作人员、患者 | 4 | 8 | 楼下 | 病房区、患者走廊、抢救、医办 |

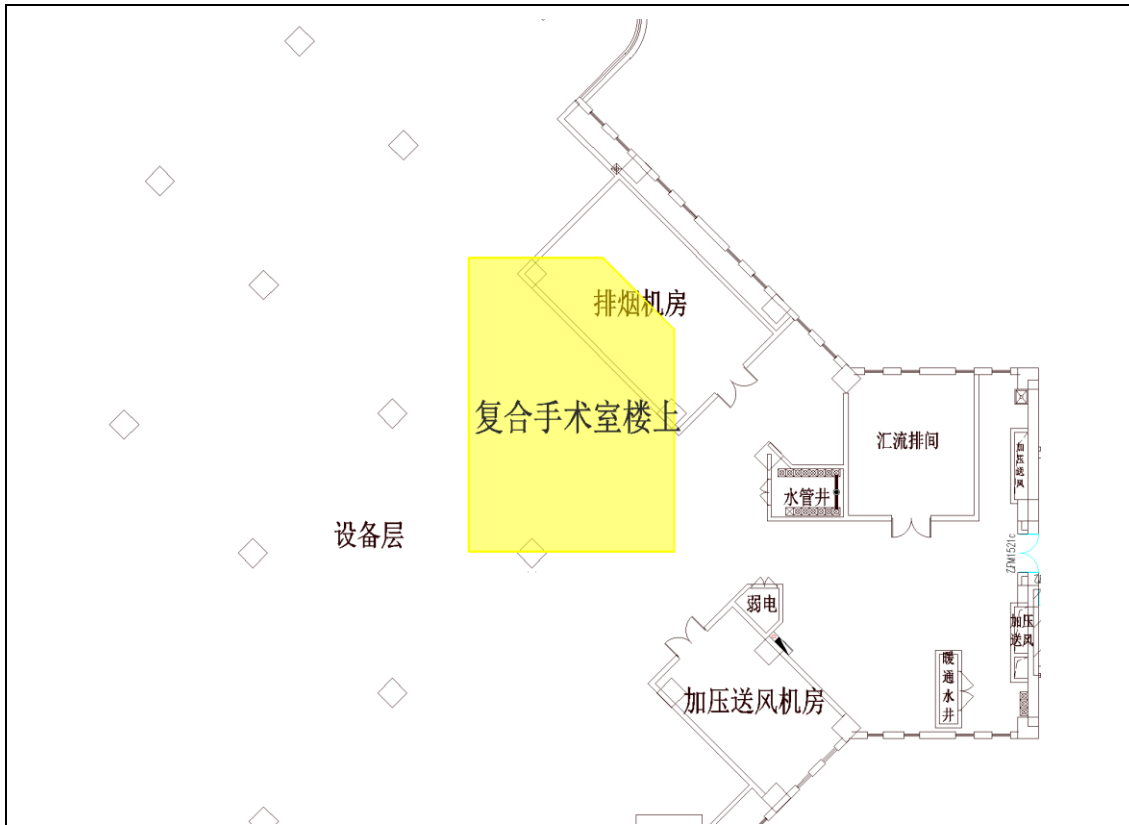


图 7-2 外科楼 4 层（手术室楼上）周围关系图

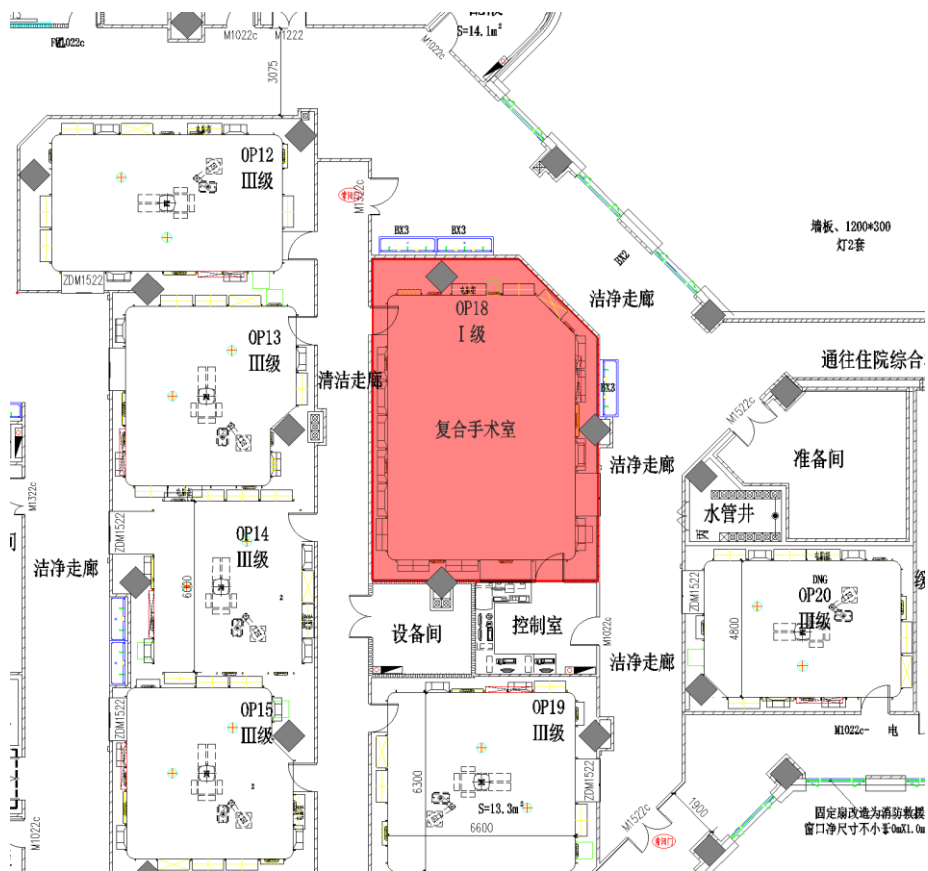


图 7-3 外科楼 3 层（本项目手术室）周围关系图

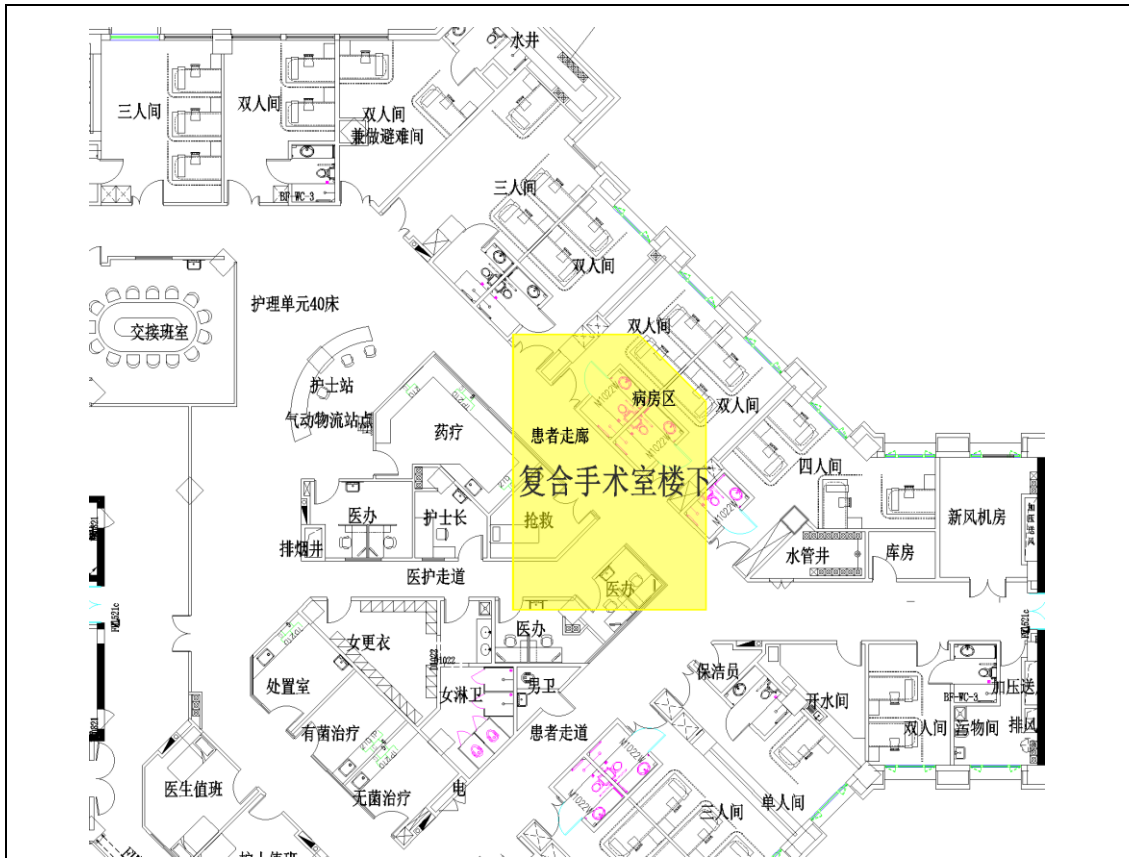


图 7-4 外科楼 2 层（手术室楼下）周围关系图

7.3 评价标准

7.3.1 基本剂量限值

电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB 18871-2002）规定的剂量限值列于表 7-2。

表 7-2 个人剂量限值（GB 18871-2002）

| 辐射工作人员 | 公众关键人群组成员 |
|--|--|
| 连续五年平均有效剂量 20mSv，且任何一年有效剂量 50mSv | 年有效剂量 1mSv；但连续五年平均值不超过 1mSv 时，某一单一年可为 5mSv |
| 眼晶体的当量剂量 150mSv/a 四肢或皮肤的当量剂量 500mSv/a | 眼晶体的当量剂量 15mSv/a 皮肤的当量剂量 50mSv/a |

7.3.2 剂量约束值

该项目公众和职业照射剂量约束值分别执行 0.1mSv/a 和 5mSv/a。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位应该进行调查并报生态环境部门备案。

7.3.3 剂量率控制水平

本项目对职业人员核公众的受照剂量除满足剂量约束值条件外，还要符合：

1) 《放射诊断放射防护要求》(GB130-2020)规定, DSA 设备在透视时, 机房周围(含墙体、防护门、观察窗、楼上核楼下等)的剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h;

2) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)规定: DSA 设备在屏片摄影时, 机房周围(含墙体、防护门、观察窗、楼上和楼下等)的剂量当量率应不大于 25 μ Sv/h。为了有效减少 DSA 相邻场所医护人员和公众的受照剂量, 医院拟进一步加强屏蔽防护, 确保 DSA 在摄影工况下, 其机房周围和屋顶的剂量当量率也不大于 2.5 μ Sv/h。

7.3.4 射线装置机房屏蔽防护基本要求

X 射线设备机房屏蔽防护要求: 本项目设备机房屏蔽执行现行的《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)给出的不同类型 X 射线机房的屏蔽防护要求如下。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

| 机房类型 | 有用线束方向铅当量 (mm) | 非有用线束方向铅当量 (mm) |
|---------------|----------------|-----------------|
| C 形臂 X 射线设备机房 | 2.0 | 2.0 |
| CT | 2.5 | |

7.3.5 X 射线设备机房的面积要求

《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)第 6.1 条款指出: 对新建、改建和扩建的 X 射线机房, 其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-4 的要求。

表 7-4 X 射线设备机房(照射室)使用面积及单边长度

| 设备类型 | 机房内最小有效使用面积 (m ²) | 机房内最小单边长度 (m) |
|-----------------------------|-------------------------------|---------------|
| 单管头 X 射线设备(含 C 型臂, 乳腺 CBCT) | 20 | 3.5 |
| CT | 30 | 4.5 |

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 辐射环境现状监测

委托持有计量认证资质证书的深圳市瑞达检测技术有限公司（证书编号：202319120948，已于 2026 年 2 月 26 日完成北京市生态环境监测技术服务机构备案），于 2026 年 2 月 3 日对本项目相关场所进行了环境 γ 辐射剂量率本底监测，检测报告见附件 4。

8.1.1 监测项目

环境 γ 辐射剂量率。

8.2.2 监测对象及点位布设

监测对象：本次监测针对拟建场址所在区域及周边进行环境辐射现状监测。

监测点位：本次监测对拟建场址所在区域及周边进行环境地表 γ 辐射监测，监测点位布设见图 8-1、图 8-2、图 8-3。

8.2.3 监测仪器及方法

(1) 监测设备

本次监测采用的监测设备见表 8-1。

表 8-1 监测设备及性能指标

| 仪器名称 | 型号/编号 | 检定/校准证书、有效日期 | 主要技术性能指标 |
|-------|-----------------|--|---|
| 辐射检测仪 | AT1121/20170421 | DLjl2025-11125/ 2025年8月25日 ~2026年8月24日 | 测量范围： 0.01 μ Sv/h~10 μ Sv/h； 能量范围：15keV~10MeV； 相对固有误差： $\leq \pm 15\%$ 。 |

(2) 监测方法

γ 辐射剂量率：采用便携式监测仪表，以定点的测量方式进行。监测时每点测量 10 次，每次间隔 10 秒钟，取平均值。

8.2.4 监测依据

- (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- (2) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

8.2.5 监测结果

γ 剂量率的监测数据见表 8-2，检测点位图见图 8-1、图 8-2、图 8-3。

表 8-2 辐射工作场所及周围辐射环境水平监测结果

| 编号 | 检测位置描述 | γ 辐射剂量率 μGy/h | |
|----|-------------|---------------|------|
| | | 平均值 | 标准差 |
| 1 | 复合手术室中央 | 0.09 | 0.01 |
| 2 | 复合手术室东侧洁净走廊 | 0.09 | 0.01 |
| 3 | 复合手术室南侧控制室 | 0.09 | 0.01 |
| 4 | 复合手术室南侧设备间 | 0.10 | 0.01 |
| 5 | 复合手术室西侧清洁走廊 | 0.09 | 0.01 |
| 6 | 复合手术室北侧洁净走廊 | 0.09 | 0.01 |
| 7 | 楼上设备层入口处 | 0.09 | 0.01 |
| 8 | 楼下胸外病房患者走廊 | 0.09 | 0.01 |
| 9 | 楼下胸外病房抢救室 | 0.09 | 0.01 |
| 10 | 楼下胸外病房办公室 | 0.09 | 0.01 |
| 11 | 楼下胸外病房 | 0.09 | 0.01 |

注：检测结果含宇宙射线响应值。检测仪器使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，根据 HJ1157-2021 第 5.5 条，该条件下周围剂量当量和空气比释动能换算系数取 0.833Gy/Sv。

根据《中国环境天然放射性水平》（1995），北京市天然辐射水平范围为 60~123nGy/h（室外，含宇宙射线）和 69.8~182nGy/h（室内，含宇宙射线）。由表 8-2 中检测结果可知，拟建辐射工作场所及周围的辐射剂量率范围为 0.08~0.10μGy/h，因此，本项目场所室内辐射剂量率水平处于北京市室内 γ 辐射剂量率正常本底范围之内，未发现异常高值。

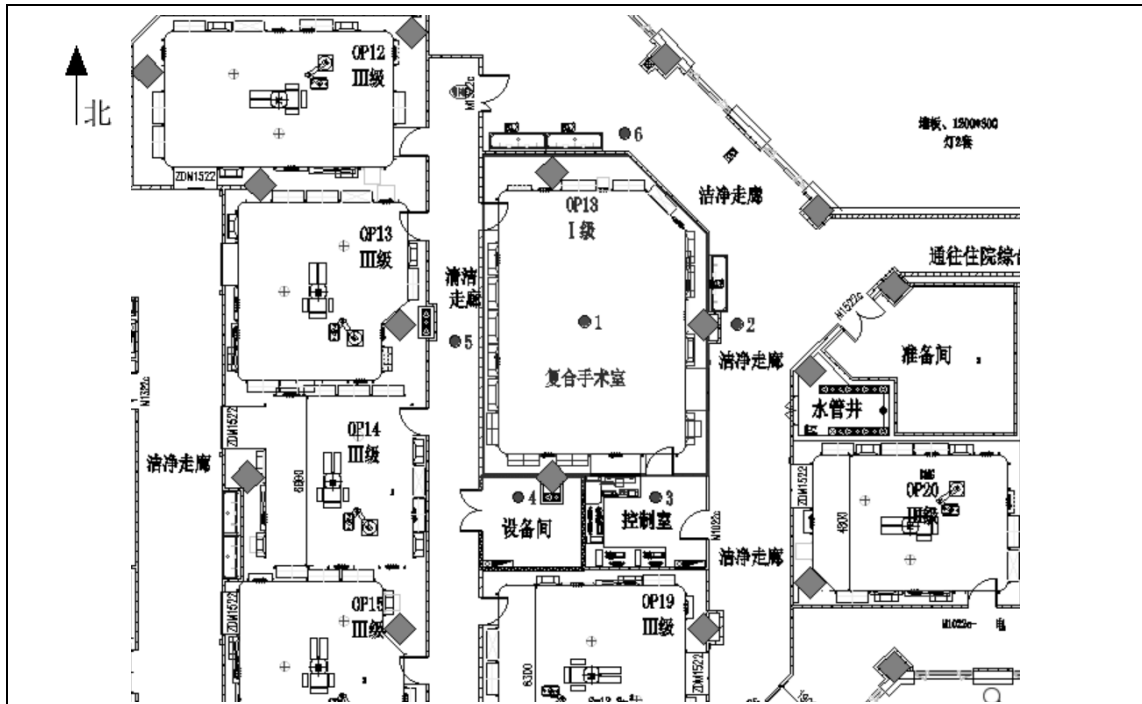


图 8-1 拟建三层复合手术室周围检测点位图

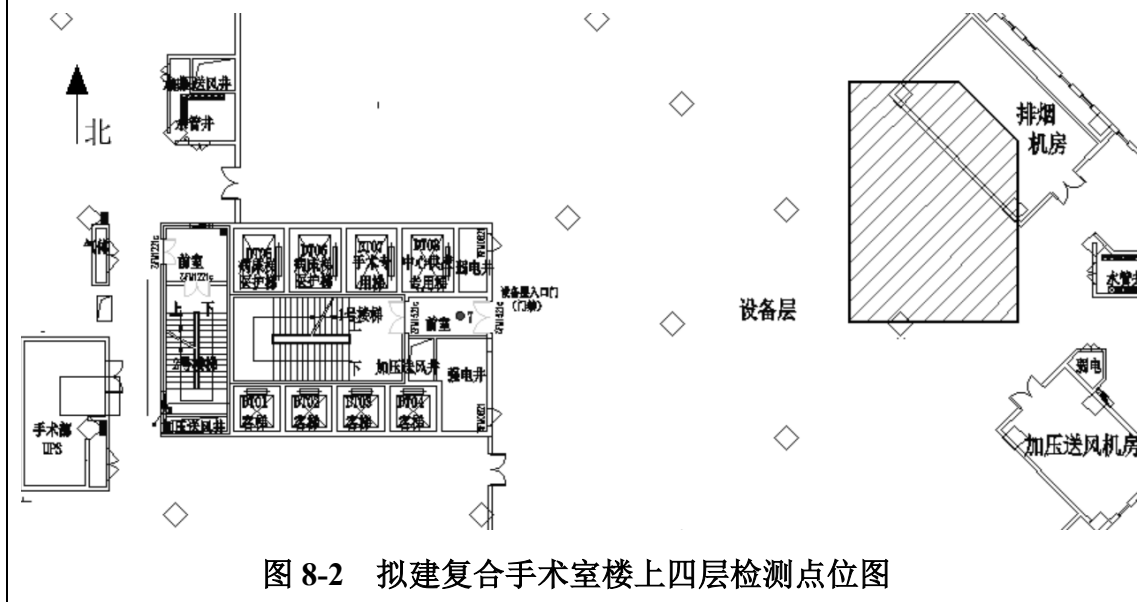


图 8-2 拟建复合手术室楼上四层检测点位图

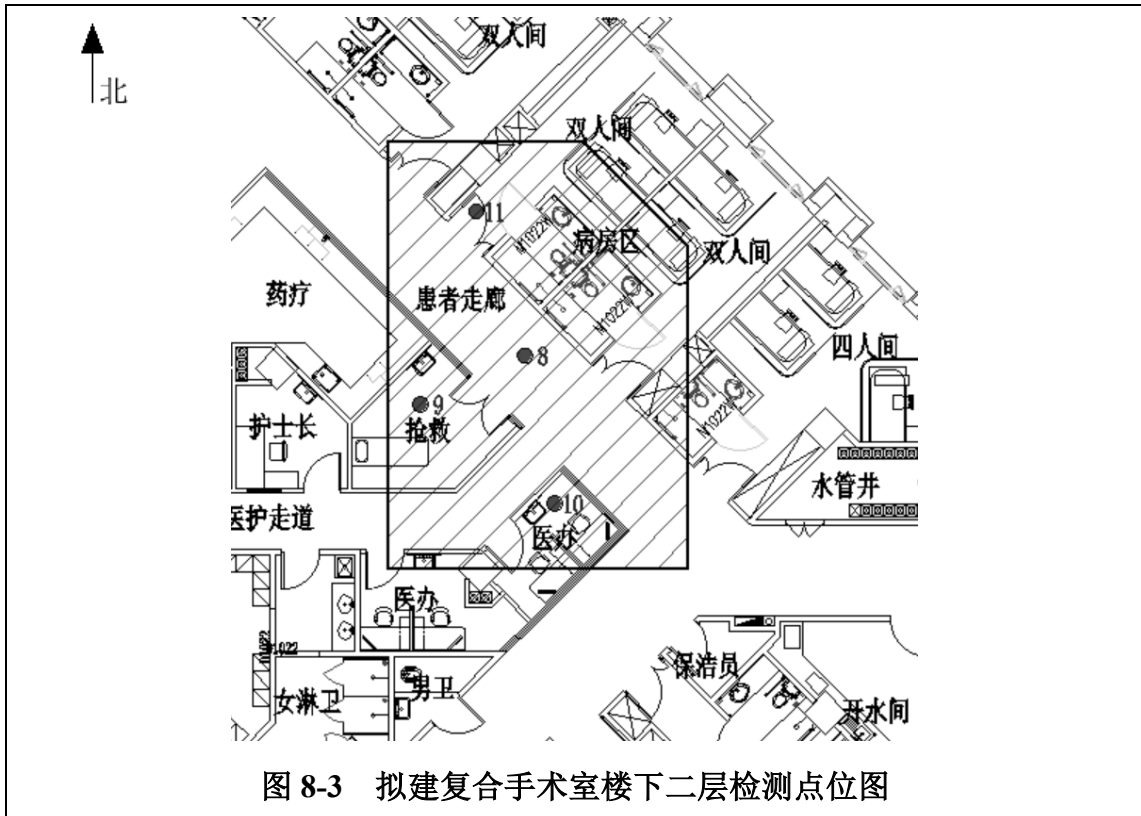


表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工作原理

X 射线是高速电子与靶物质相互作用的。医用 X 射线诊断设备是利用人体不同的组织或者组织与造影剂，对 X 射线吸收能力不同的特点，透射人体的 X 线使荧光屏、电子暗盒或感光胶片显影，来间接观察内脏形态的变化、器官活动情况等，辅助临床诊断。

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

CT 是计算机技术与 X 射线断层摄影技术融合的成果，它的基本结构包括由中央系统控制器协调的扫描与数据采集系统、图像重建系统、图像显示与存储系统等；通过计算机承担大量运算，形成医学影像的扫描、图像重建和显示（以及保存）三个阶段；由 X 射线发生器输出的扇形 X 射线束对人体某断层连续扫描后，通过探测器检测采集到与所扫描断层结构相关的各体积元衰减系数的数据集合；然后按一定数学原理对这些数据进行逆运算，获得与扫描断层结构逐一对应的参数值；最后又把所得参数进行再次转换，重建为可以清晰显示的灰度图像。

本项目 DSA 设备主要开展外周血管介入诊断工作（不做心脏介入相关手术）。CT 设备用于患者病变位置的检查，为医生提供全方位的辅助。其典型设备如图 9-1 所示。

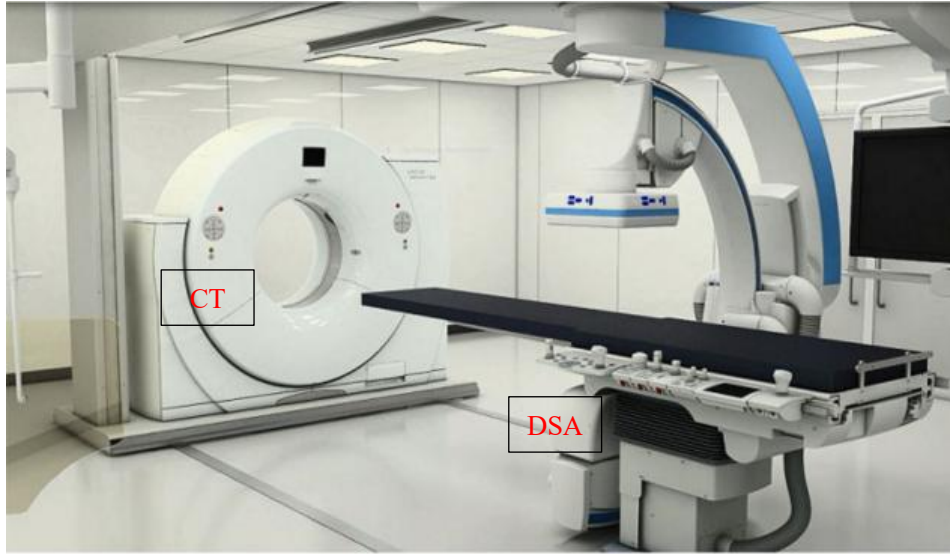


图 9-1 同类型 DSA-CT 外观图

DSA-CT 在多模态手术室使用时，先应用 CT 扫描，定位病灶位置，此时仅 CT 出束而不需要 DSA 出束；然后将 CT 移出，根据 CT 扫描结果制定手术方案后，应用 DSA 进行介入手术，此时仅需要 DSA 出束而不需要 CT 出束；术后如需要确认手术结果，再次应用 CT 扫描病灶位置，此时仅 CT 出束不需要 DSA 出束。因此，从使用角度分析，CT 和 DSA 两个设备不需要同时出束。

9.1.2 操作流程

血管造影机（DSA）诊疗时患者仰卧并进行经皮静脉穿刺，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达检查治疗部位施行探查、治疗，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。DSA 诊疗前、中、后以及常规外科手术前均可依情况实施 CT 检查。

（1）医生根据患者预约安排手术，并在手术前告知患者在手术过程中可能受到一定的辐射照射。

（2）病人由专职人员通过受检者防护门接入检查室，在医生指导下进行摆位，在确认手术室内没有无关人员滞留后，关闭防护门。

（3）如果病人需要先开诊 CT 扫描，可先移动 CT 至工作位，CT 扫描时工作人员为隔室曝光。CT 扫描结束后，将 CT 移动至停机位，启用 DSA。

（4）对患者进行无菌消毒、麻醉后，经穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张

管与外鞘，经鞘插入导管。医生利用脚踏板开关启动 X 射线系统进行透视。进行过程中医生穿戴铅衣、铅围脖、佩带铅眼镜等个人防护用品进行防护。

出束时间与手术性质（如心脏血管介入、外周介入手术、神经介入手术等）和医生手术水平有关，每台手术累计透视时间多为十几分钟。

（5）导管到位后，对患者注射造影剂，开启设备，摄影采集图像。进行过程中，根据诊疗需要，医生或在操作室进行隔室摄影，或在床旁进行摄影。每台介入手术的摄影时间为 1~2 分钟。

（6）介入手术过程中，如需开展 CT 扫描影像，将 DSA 机械臂移动至停机位，启用 CT 机沿着滑轨运至 CT 工作位。

（7）介入手术完成后，拔管按压穿刺部位后包扎，关闭射线装置。

血管造影机（DSA）操作流程及产污环节如下图所示。

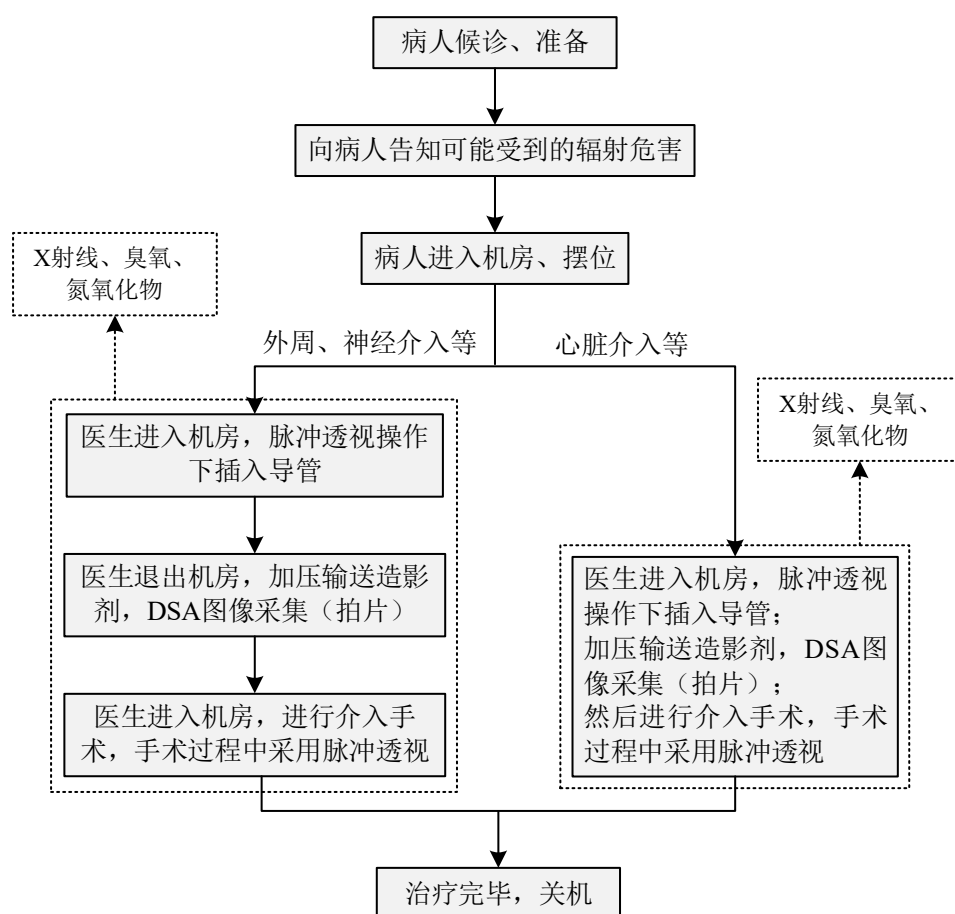


图 9-2 血管造影机（DSA）操作流程及产污环节示意图

工作量预计：本项目运行后 DSA 手术量约为 800 例，CT 配合 DSA 设备进行术中定位约 400 例，开展常规外科手术术前定位约 1200 例。平均每组医师手术量约为 267 例。但考虑到 DSA 设备发生故障及将来手术量增加等情

况，本项目保守按每名医师全年手术量 500 例进行剂量估算。

9.1.3 DSA 与滑轨 CT 布局及联锁设置

手术室内采用 DSA 与滑轨 CT 共室布局，CT 停机位设于机房北侧，DSA 待机位设于机房南侧，检查床位于中部偏南区域。检查床具备旋转功能，其方向定义如下：当进行 DSA 介入手术时，检查床旋转至头朝南方向；当进行 CT 扫描时，检查床旋转至头朝北方向。

为明确设备工作状态，定义“停泊位”与“非停泊位”如下：停泊位：设备位于预设的存放位置（CT 位于北侧停机位，DSA 位于南侧待机位），非停泊位（工作位）：设备移出停泊位，进入可进行 X 射线曝光操作的工作位置。

设备位置控制机制如下：DSA 的停泊位锁止由预设的点击位置控制。CT 的停泊位锁止由停机导轨下方的行程开关控制当 DSA 和 CT 都处于停泊位，并且手术床处于 CT 可移动的位置上，Angio-CT 指示灯黄灯熄灭，绿灯亮起，此时 CT 和 DSA 均可移动，当某一台设备移出停车位时，另一台设备则为锁止状态。

为避免同一机房内两台射线装置同时运行可能导致的辐射叠加风险，系统基于西门子统一的 Syngo 系统软件平台实现。DSA 与 CT 设备之间设有专用数据连接模块，可实现设备间的实时信息共享与运行互锁。通过该系统层面的控制，确保同一时刻仅允许一台设备进入曝光状态，从根本上避免两台设备同时进行 X 射线检查的可能性。通过检查床角度、设备位置及系统状态，实现统一控制。具体联锁逻辑分为以下三种情况：

双设备停泊状态：当 DSA 和 CT 都处于停泊位，并且手术床处于 CT 可移动的位置上，Angio-CT 指示灯黄灯熄灭，绿灯亮起，此时 CT 和 DSA 均可移动。当某一台设备移动出停泊位时，另一台设备则为锁止状态。

CT 曝光：在停泊位或转移过程中不能进行 X 光曝光操作，当 CT 进入工作区域时，Angio-CT 指示灯黄灯亮起，此时 CT 具备曝光条件，可以正常曝光，DSA 处于移动锁止或曝光锁止状态。

DSA 曝光：工作位为除了停泊和切换位置之外的位置，包括当设备处于手术床旁时均为工作位。CT 状态指示灯黄灯熄灭，此时 DSA 可以正常曝

光，CT 处于移动锁止和曝光锁止状态。

上述联锁设计与实际临床工作流程相一致，从使用需求和工程控制两方面避免了设备同时出束的情况。手术室平面布局图见图 10-1。

9.2 污染源描述

9.2.1 主要放射性污染物

(1) 由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，本项目使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会放射 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。射线装置在运行时无其它放射性废气、废水和固体废弃物产生。

(2) 主要放射性污染因子：X 射线贯穿辐射。

9.2.2 污染途径

(1) 正常工况时的污染途径

X 射线装置主要的放射性污染是 X 射线，污染途径是 X 射线外照射。X 射线装置只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。在开机出束时，有用束和漏射、散射的 X 射线对周围环境造成辐射污染。在 DSA 使用过程中，X 射线贯穿机房的屏蔽设施进入外环境中，将对操作人员及机房周围人员造成辐射影响。

介入手术需借助 X 射线影像检查系统引导操作，治疗过程中工作人员将暴露于 DSA 附近，人员受照剂量较高。CT 扫描时，工作人员全部离开机房至控制廊，医护人员受照剂量较少。

此外，X 射线与空气作用产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，但由于该项目血管造影机工作时的管电压、管电流较小，因此产生的臭氧和氮氧化物也较少。

(2) 事故工况的污染途径

①射线装置发生控制系统或电器系统故障或人员疏忽，造成管电流、管电压设置错误，使得受检者或工作人员受到超剂量照射。

②无关人员误入或误留多模态手术室，受到辐射照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 项目建设内容

本项目内容为将外科楼 3 层东侧预留机房改建为 1 间手术室及配套房间，并新增 1 台 DSA 设备和 1 台 CT。

本项目建成后手术室东侧为洁净走廊、准备间、水管井、手术室、缓冲、电梯井、住院综合楼等，南侧为控制室、设备间、手术室、洁净走廊、工友间、院内空地等，西侧为清洁走廊、手术室、洁净走廊、电梯厅、准备间、换床间、弱电间、公共走廊等，北侧为洁净走廊、配液间、准备间、院内空地等，楼上为设备层，楼下为病房区、患者走廊、抢救、医办等。

手术前工作人员需穿戴防护用品并刷手。手术室工作人员从控制室防护门 M1 进入手术室，患者从受检者门 M2 进入手术室，污物从污物门 M3 运出手术室，控制室位于机房南侧，控制室设置观察窗。新增 DSA 设备拟南北方向摆放，机房内北侧地面拟设置 CT 停放区域，CT 机平时停放在该区域内，使用时沿滑轨运行至工作区域。2 台设备共用 1 个治疗床，治疗床可旋转，进行介入手术时，治疗床头位于南侧，进行 CT 术中定位时，治疗床头旋转至北侧。治疗床旁拟设置铅防护帘、防护帘，床上方拟设置铅悬挂防护屏，DSA 球管根据手术需要可在机房内进行局部移动。

工作人员同室近台和位于控制室操作设备，DSA、CT 摄影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员（医师）均在机房外观察，DSA 透视曝光时，医师在手术室内近台操作，护士和技师不在手术室内。机房采用空调通风，不设采光窗。手术室拟采取的屏蔽防护设施如表 10-1 所示。

表 10-1 手术室屏蔽材料及厚度情况一览表

| 序号 | 场所名称 | 机房有效面积 (m ²) | 位置 | 建成后屏蔽材料及厚度 |
|----|-------------|--------------------------|----------|-----------------------|
| 1 | 手术室 38 间 | 60.2 (6.6m×9.3m) | 东、南、西、北墙 | 砌块砖+3mm 铅 |
| | | | 地板 | 140mm 混凝土+35mm 硫酸钡混凝土 |
| | | | 顶棚 | 140mm 混凝土+3mm 铅 |
| | | | 控制室门 M1 | 3mm 铅 |

| | | | |
|--|--|---------|----------------|
| | | 受检者门 M2 | 3mm 铅 |
| | | 污物门 M3 | 3mm 铅 |
| | | 观察窗 | 铅玻璃（约 3mm 铅当量） |

注：混凝土的密度不低于 2.35g/cm³；硫酸钡混凝土密度不低于 3.20g/cm³；铅密度不低于 11.34g/cm³。

10.1.2 工作场所安全防护设施管理

工作场所安全与防护设施设计要求见表 10-2。

表 10-2 手术室辐射安全与防护设施设计表

| 序号 | 检查项目 | | 是否拟设置 | 备注 |
|-----|---------------|--------------|-------|---|
| 1* | A 场所 设施 | 单独机房 | √ | 本项目手术室为单独的机房，根据“北京市卫生健康委员会关于印发《关于部分新型放射诊疗设备放射防护管理要求专家共识》的通知”（京卫职健函[2024]15号）DSA 设备+滑轨 CT 机是指在同一机房工作的两台设备。两台设备之间应设置相关联锁程序或装置，确保在同一机房内 DSA 设备和 CT 机不能同时出束。本项目血管造影机和 CT 机设有曝光互锁，满足其要求。 |
| 2* | | 操作部位局部屏蔽防护设施 | √ | 手术室拟新增铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏各 1 个 |
| 3* | | 医护人员的个人防护 | √ | 手术室拟配置铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 6 件、介入防护手套 4 对 |
| 4* | | 患者防护 | √ | 受检者拟配铅橡胶颈套 1 件，铅橡胶性腺防护围裙 2 件。 |
| 5* | | 机房门窗防护 | √ | 设置铅防护门、铅玻璃观察窗 |
| 6* | | 闭门装置 | √ | 机房平开防护门拟配自闭器，平移防护门拟设有自动延迟关门、防挤压功能 |
| 7* | | 入口处电离辐射警告标志 | √ | 机房门上粘贴电离辐射警示标志 |
| 8* | | 入口处机器工作状态显示 | √ | 机房门上拟安装工作状态指示灯 |
| 9* | B 监测 设备 | 监测仪器 | √ | 新增 1 台 X-γ 剂量率仪 |
| 10* | | 个人剂量计 | √ | 所有工作人员配备 TLD 个人剂量计 |
| 11 | | 腕部剂量计 | × | / |

注：加*的项目是重点项，有“设计建造”的划√，没有的划×，不适用的划/。

10.1.3 手术室辐射防护措施

(1) 机房采取实体屏蔽和铅屏蔽措施，手术室机房设计的防护能力和

评价依据对照情况见表 10-3，满足 GBZ130-2020 标准相关要求，保证工作人员和公众的受照剂量满足环评文件提出的剂量约束要求。

(2) 辐射工作场所实行控制区和监督区分区管理。机房出入口内的所有区域为控制区，机房南侧控制室、设备间为监督区，分区图见图 10-1。

(3) 门控制开关：控制室防护门 M1、污物门 M3 为手动平开门，设置自闭器；受检者防护门 M2 为电动平移门，设置自动延迟闭门装置，拟在机房内邻近受检者防护门的墙上设置非接触式脚控开关，用于控制机房门的开启和关闭。

(4) 辐射警示标识：拟在该项目机房防护门外醒目位置设置电离辐射警告标志并在防护门外上方安装工作状态指示灯，指示灯标志牌上拟设警示语“射线有害，灯亮勿入”。

(5) 门灯联锁：工作状态指示灯的供电线路拟与机房内照明供电线路的控制开关连接，指示灯拟与机房 3 个防护门同时连接，不设独立控制开关。当打开机房内照明灯时，指示灯具备供电条件；当同时关闭机房 3 个防护门时，指示灯均亮起；当打开任意一个防护门时，指示灯同时熄灭。

(6) 设置紧急停机按钮：CT 机架和操作面板、DSA 床旁和 DSA 操作面板、控制室墙上均设置紧急停机按钮。在出束过程中，一旦按下该按钮，可以停止 X 射线出束和设备运行。

(7) 辐射工作人员均佩戴个人剂量计。

(8) 机房内拟设有语音提示系统，手术室南侧控制室设置观察窗。

(9) 采取附加屏蔽 X 射线措施：拟新增铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏各 1 个，用于阻挡散、漏射线对辐射工作人员的照射。

(10) 医院配备符合防护要求的辅助防护用品，手术室拟配置铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 6 件、介入防护手套 4 对。机房个人防护用品和辅助防护设施配置情况见表 10-4，满足 GBZ130-2020 标准相关要求。

(11) 机房配备火灾报警系统，配有灭火用品。

(12) 机房拟设置净化通风系统，并设置动力回风口，防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积；家属等候区拟设置放射防护知识宣传栏。

(13) 本项目拟使用现有 1 台辐射防护监测仪用于自行监测。

(14) 其它：DSA 与 CT 设备基于西门子 Syngo 系统及专用数据模块实现实时联动，通过导轨行程开关精准监测位置状态。系统设定：双设备停泊时亮绿灯允许移动；任一设备进入工作区（亮黄灯）准备曝光时，另一设备即刻触发移动与曝光双重锁止；且 CT 在停泊或转移中禁止曝光。该机制强制“单机运作”，从软硬件层面彻底杜绝双设备同时出束及碰撞风险。DSA 和 CT 使用的系统是西门子同一套软件系统 Syngo 系统，并且 DSA 与 CT 设备之间有专门的数据连接模块，从而使得两个设备能够实时共享数据信息，并实现每次只能一个设备运作且两个设备又不相互干扰。

手术室辐射安全设施布置及分区图见图 10-1。

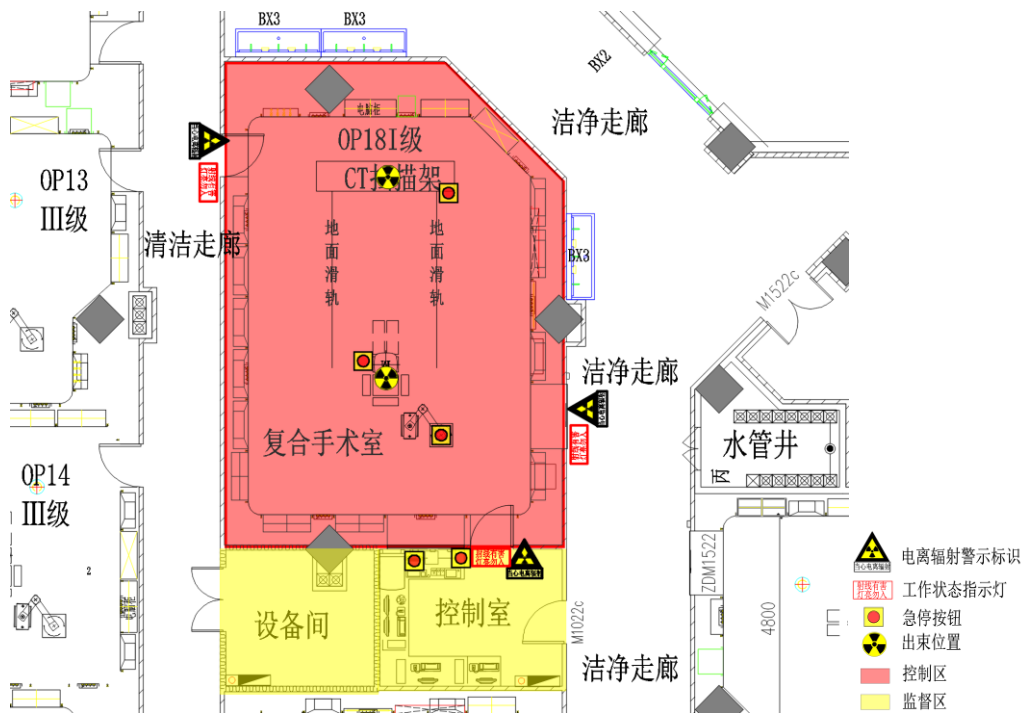


图 10-1 辐射安全设施布置及分区图

表 10-3 手术室的防护能力和评价依据对照情况

| 场所名称 | 屏蔽墙体方向 | 屏蔽材料及厚度 | 等效铅当量 | 标准要求 | 是否符合标准要求 |
|----------|----------|-----------------------|---------|-------|----------|
| 手术室 38 间 | 东、南、西、北墙 | 砌块砖+3mm 铅 | 3mmPb | 2.5mm | 是 |
| | 地板 | 140mm 混凝土+35mm 硫酸钡混凝土 | 4.5mmPb | 2.5mm | 是 |
| | 顶棚 | 140mm 混凝土+3mm 铅 | 4.2mmPb | 2.5mm | 是 |
| | 控制室门 M1 | 3mmPb | 3mmPb | 2.5mm | 是 |
| | 患者通道门 M2 | 3mmPb | 3mmPb | 2.5mm | 是 |

| | | | | |
|---|----------------|-------|-------|---|
| 污物门 M3 | 3mmPb | 3mmPb | 2.5mm | 是 |
| 观察窗 | 铅玻璃（约 3mm 铅当量） | 3mmPb | 2.5mm | 是 |
| 手术室有效尺寸：6.6m×9.3m，有效面积为 60.2m ² （标准要求：最小有效使用面积不小于 30m ² ；机房内最小单边长度不小于 4.5m） | | | | 是 |

备注：①参照 GB130 表 C：对于 DSA：100kV（有用线束）情况下，129mm 混凝土相当于 2mmPb，159mm 混凝土相当于 2.5mmPb；②硫酸钡水泥铅当量参照“硫酸钡检测报告”（见附件）中数据：14mm 硫酸钡水泥相当于 1mmPb，保守取 15mm 硫酸钡相当于 1mmPb 进行评价。铅当量等效折算参考材料见附件 5。

表 10-4 介入放射学操作个人防护用品和辅助防护设施配置情况

| | 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 |
| 标准要求 | 铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、防护手套、铅防护眼镜；选配：铅橡胶帽子 | 铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏；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；选配：铅橡胶帽子 | — |
| 手术室 38 间配备情况 | 手术室拟配置铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 6 件、介入防护手套 4 对 | 手术室拟新增铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏各 1 个 | 受检者拟配铅橡胶颈套 1 件，铅橡胶性腺防护围裙 2 件。 | — |
| 是否符合要求 | 是 | 是 | 是 | — |

10.1.4 法规符合情况

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定，现对医院从事本项目辐射活动能力评价列于表 10-5 和表 10-6。

10.1.4.1 对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求的满足情况

表 10-5 汇总列出了本项目对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对使用放射性同位素和射线装置单位承诺的对应检查情况。

表 10-5 执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求对照表

| 序号 | 要求 | 本单位落实情况 | 是否符合要求 |
|----|--------------------------------|-----------------------------|--------|
| 1 | 应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名 | 已成立辐射安全管理委员会，并在该机构设有专职管理人员。 | 符合 |

| | | | |
|---|---|--|-------|
| | 具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。 | | |
| 2 | 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。 | 本项目拟调配 10 名辐射工作人员（其中医师 6 名、技师 3 名、护士 1 名），满足新增后所有 DSA 设备的辐射工作人员需求。所有辐射工作人员上岗前需完成辐射安全与防护知识考核。 | 符合 |
| 3 | 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体防卫要求的放射源暂存库或设备。 | 本项目不涉及放射性同位素。 | / |
| 4 | 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。 | 已制定相应的操作规程，人员出入口处拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯等。 | 落实后符合 |
| 5 | 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。 | 为辐射工作人员配备个人剂量计，拟新增 1 台辐射防护监测仪用于自行监测。 | 近期符合 |
| 6 | 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。 | 已制定健全的规章制度、操作规程、岗位职责及辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训考核计划等，本项目建成后拟完善监测方案。 | 近期符合 |
| 7 | 有完善的辐射事故应急措施。 | 已制定辐射事故应急措施。 | 符合 |
| 8 | 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。 | 本项目不涉及 | / |

10.1.4.2 对《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求的满足情况

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求的对照检查如表 10-6 所示。

表 10-6 执行《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求对照表

| 序号 | 安全和防护管理办法要求 | 本单位落实情况 | 是否符合要求 |
|----|---------------------------|---------------------|--------|
| 1 | 第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与 | 机房拟设置醒目的电离辐射警告标志及配有 | 落实后符合 |

| | | | |
|---|---|--|--------|
| | 射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其出口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。 | “当心电离辐射”的中文警示说明。机房拟安装门-灯联锁安全装置及工作警示灯。 | |
| 2 | 第七条 放射性同位素和被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。 | 本项目不涉及放射性同位素。 | 不涉及该内容 |
| 3 | 第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。 | 拟委托有辐射水平监测资质单位每年对辐射工作场所及其周围环境进行1次监测。 | 落实后符合 |
| 4 | 第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。 | 承诺每年1月31日前向生态环境部门提交年度评估报告。 | 落实后符合 |
| 5 | 第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。 | 本项目拟调配10名辐射工作人员（其中医师6名、技师3名、护士1名），满足新增后所有DSA设备的辐射工作人员需求。所有辐射工作人员上岗前需完成辐射安全与防护知识考核。 | 落实后符合 |
| 6 | 第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。 | 拟为所有从事放射性工作的人员配备个人剂量计，并委托有资质单位进行个人剂量监测（每季度1次）。 | 落实后符合 |
| 7 | 第二十四条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。 | 拟委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测。 | 落实后符合 |

以上分析可知，该单位从事本项目辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

10.2 三废的治理

本项目中主要开展使用射线装置，项目运行过程中不产生放射性废物。

表 11 环境影响分析

11.1 建设期环境影响

该项目施工活动对环境的影响主要是机房改造、防护装修、DSA 和 CT 安装过程中产生的噪声、粉尘以及振动等，为了不影响周围环境，在施工过程中，将采取一些降噪、防尘措施。如在施工现场设置隔离带、设立声障，这样既可有效的减少扬尘的污染，又可降低噪声；合理安排施工时间，对振动较大的施工，尽量安排在下班或节假日进行。本项目拟利用预留机房改造成手术室及相关场所，工程量小，且施工基本上都在医院内进行，并且项目所在地区的地面已经过硬化，无裸露地面，因此产生的扬尘相对较小，因此基本不影响单位和周围其他单位的正常工作。

11.2 血管造影机运行（使用）后对环境的影响

11.2.1 机房所在位置及平面布局合理性分析

本项目位于中国医学科学院肿瘤医院拟将医院外科楼 3 层东侧，手术室距离周围环境敏感点较远，50m 范围内均为医院内部，无学校、居民楼、养老院等敏感目标，无商城等人员密集场所。

本项目将划分为控制区和监督区进行管理。机房出入口内的所有区域为控制区，机房南侧控制室、设备间为监督区，分区图见图 11-1。两区分区合理，符合辐射防护要求。

由项目所在楼合手术室平面布局（图 11-1）可见，与射线装置相关的各辅助用房布置于射线装置机房周围，整体布局紧凑，且患者通道、医护人员通道相对独立，路线合理，有利于辐射防护，机房墙体、防护门、观察窗、楼板的屏蔽防护材料和厚度充分考虑了防护效果，能够有效降低电离辐射对工作人员和周围公众的辐射影响。

综合分析，本项目两区分区明确，平面布局既满足介入诊疗工作的要求，又有利于辐射防护，评价认为本项目平面布局合理。

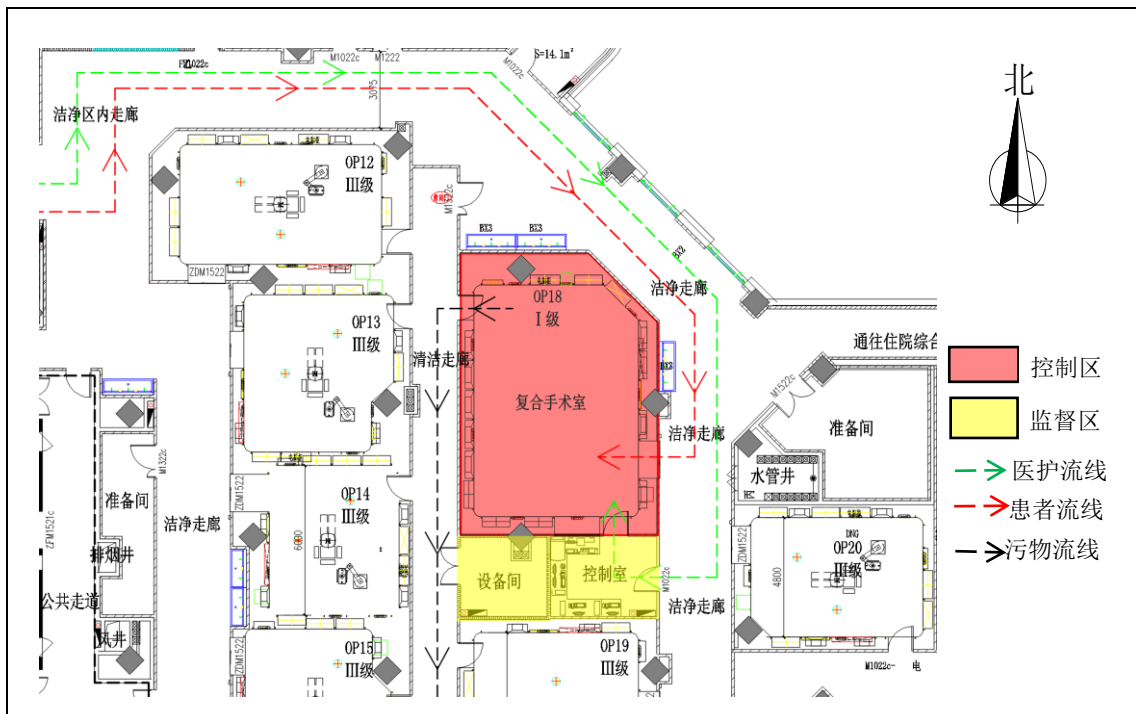


图 11-1 手术室分区和路由平面布局示意图

11.2.2 设备参数和使用规划

(1) 设备技术参数

本项目拟将外科楼 3 层东侧预留机房改建为 1 间手术室及配套房间，并在手术室新增使用 1 台 Artis zee III ceiling 型血管造影机，生产厂家为西门子医疗有限公司，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA；新增使用 1 台 SOMATOM Confidence 型 CT 机，生产厂家为西门子医疗有限公司，最大管电压 140kV，最大管电流 1250mA。

(2) 使用规划

根据医院提供的资料，新增 DSA 和 CT 联合开展外科手术，DSA 设备将用于开展外周血管介入手术，预估工作量约 800 例/年，平均每组医师手术量约为 267 例；滑轨 CT 将用于术中定位，配合 DSA 设备进行术中定位 400 例，开展常规外科手术术前定位约 1200 例，共计约 1600 例。考虑到将来手术量增加等情况，本项目手术室保守按每名医师全年手术量 500 例进行剂量估算。

根据单位提供资料及经验数据，DSA 手术类型、工作量、曝光时间见表 11-1 所示。

表 11-1 DSA 手术类型、手术曝光时间预计

| 手术类型 | 单台透视时间(min) | 单台摄影时间(min) | 透视时医生近台操作时间(min) | 摄影时医生近台操作时间(min) | 透视时护士近台操作时间(min) | 摄影时护士近台操作时间(min) |
|--------|-------------|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 外周血管造影 | 10 | 2 | 10 | 2 | 2.5 | 0.5 |

备注：①护士为辅助人员，透视时偶尔会在机房内，透视居留因子取1/16，摄影（采集）时都在操作间；②技师都在操作间（控制室）操作，不在DSA机房内。③本项目护士的机房内透视按医师近台透视的工作时间进行估算。

本项目用于开展外周血管介入手术，透视和摄影以外周血管造影的工况进行估算，其单台手术透视和摄影工作状态的累积出束时间分别为10min和2min，本项目医师500例手术透视和摄影工作状态的累积出束时间分别为83.3h和16.7h，总计100h。本项目护士在机房内工作时间按最大手术量800例手术透视工作状态的累积出束时间133.3h进行估算；手术室护士、技师机房外的透视和摄影工作按每年最大手术量800例修正后，护士、技师机房外透视和摄影时间保守取133.3h和26.7h进行估算。

11.2.3 辐射环境影响评价

11.2.3.1 机房外剂量率估算

手术中DSA设备运行分透视和摄影（采集）两种模式。设备具有自动调强功能，能根据患者条件等差异，自动调节曝光参数和X射线辐射剂量。即如果受检者体型偏瘦，管电流（功率）自动降低。反之管电流（功率）自动增强。

DSA设备的额定功率约80~100kW。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，DSA设备管电压和管电流都留有较大余量，实际使用时管电压通常在100kV以下，透视管电流通常为几十mA，摄影功率较大，管电流通常为几百mA，相差可达50倍，因此在估算DSA机房外剂量率时需使用摄影工况。另外，NCRP147报告4.1.6章节指出，DSA屏蔽估算时不需要考虑主束照射，只需考虑散漏射线的影响，机房外人员受到的贯穿辐射来自于X射线管球的泄漏辐射与介入患者的散射辐射。对于机房外四周关注点，考虑泄漏辐射和患者的侧向散射，对于机房楼上和楼下关注点则考虑泄漏辐射和患者的前/背向散射。因此在估计算机房外关注点剂量率时需首先确定机房内患者1m处未屏蔽次级散漏辐射水平。

本项目DSA设备透视和摄影均采用脉冲模式，计算机房外剂量率水平时按100kV、500mA、15帧/s、10ms/帧的摄影工况考虑，可得每名患者工作负荷为 $500\text{mA} \times 15\text{帧/s} \times 0.01\text{s/帧} \times 2\text{min} + 10\text{mA} \times 10\text{min} = 250\text{mA} \cdot \text{min}$ （保守取透视平均电流

为10mA)，远大于NCRP147报告中心血管造影给出的最大160mA·min/患者的要求，因此本项目的估算条件是保守的。

(1) 散射辐射+泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0}{R^2} \times B \times \frac{F \times \alpha}{400 \times R_0^2} \quad (11-1)$$

式中： \dot{H} 为预测点位的散射辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

\dot{H}_0 为距 DSA 设备靶点 1m 处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

R 为散射面中心点到关注点的距离，m；

B 为已知屏蔽墙厚度的衰减因子；

R_0 为辐射源点（靶点）至散射体的距离，m；

F 为 R_0 处的辐射野面积， m^2 （取 400cm^2 ）；

α 为散射因子，定义为入射辐射被面积为 400cm^2 水模体散射至 1m 处的相对份额，依据《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1，取 100kV X 线 90° 方向 400cm^2 的散射因子 1.3×10^{-3} 。

根据 NCRP147 报告 100kV 设备有用线束距焦点 1m 处输出量约为 $4.692\text{mGy}/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，则设备在上述摄影工况时有用束的剂量率为 $4.692\text{mGy}/\text{mA}\cdot\text{min} \times 500\text{mA} \times 60\text{min}/\text{h} \times 15\text{帧}/\text{s} \times 0.01\text{s}/\text{帧} = 21.1\text{Gy}/\text{h}$ （不考虑 DSA 附加的 Cu 和 Al 过滤材料的自吸收），设备靶点至接收器最小距离多为 90cm，距离手术床的距离最小为 60cm，因此，在摄影工况下，以靶点至散射体的距离（ R_0 ）为 60cm，散射面中心点到关注点的距离（ R ）为 1m 进行估算，则该关注点处的侧向散射辐射剂量率为 $76.2\text{mGy}/\text{h}$ 。泄漏辐射取有用束输出量的 0.1%，为 $21.1\text{mGy}/\text{h}$ ，则机房内辐射源 1m 处泄漏辐射和侧向散射辐射总的剂量率为 $97.3\text{mGy}/\text{h}$ 。

故本项目在估算机房周围附加剂量率水平时，以 1m 处剂量率 $97.3\text{mGy}/\text{h}$ 作为源项，保守估算 DSA 机房周围的附加剂量率水平。

(2) 场所周围的附加剂量率水平

机房外关注点的剂量率可按下式计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \times B/R^2 \quad (11-2)$$

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma x} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (11-3)$$

式中： \dot{H}_0 —距散射体（患者）1m处的泄漏和散射辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

R —散射面中心点到关注点的距离，m；

B —屏蔽体衰减因子；

χ —某种屏蔽材料的厚度；

α 、 β 、 γ —与不同屏蔽材料有关的三个拟合参数。

由于GBZ130-2020没有针对血管造影机的拟合参数值，故本项目拟合参数取NCRP147报告外周血管造影模式下的相关参数（铅：2.661、19.54、0.5094）。

根据上述估算方法得出摄影工况下本项目手术室周围的剂量率估算结果如表11-2所示，估算点位见图11-2，本项目手术室楼上、楼下剖面图见图11-3。

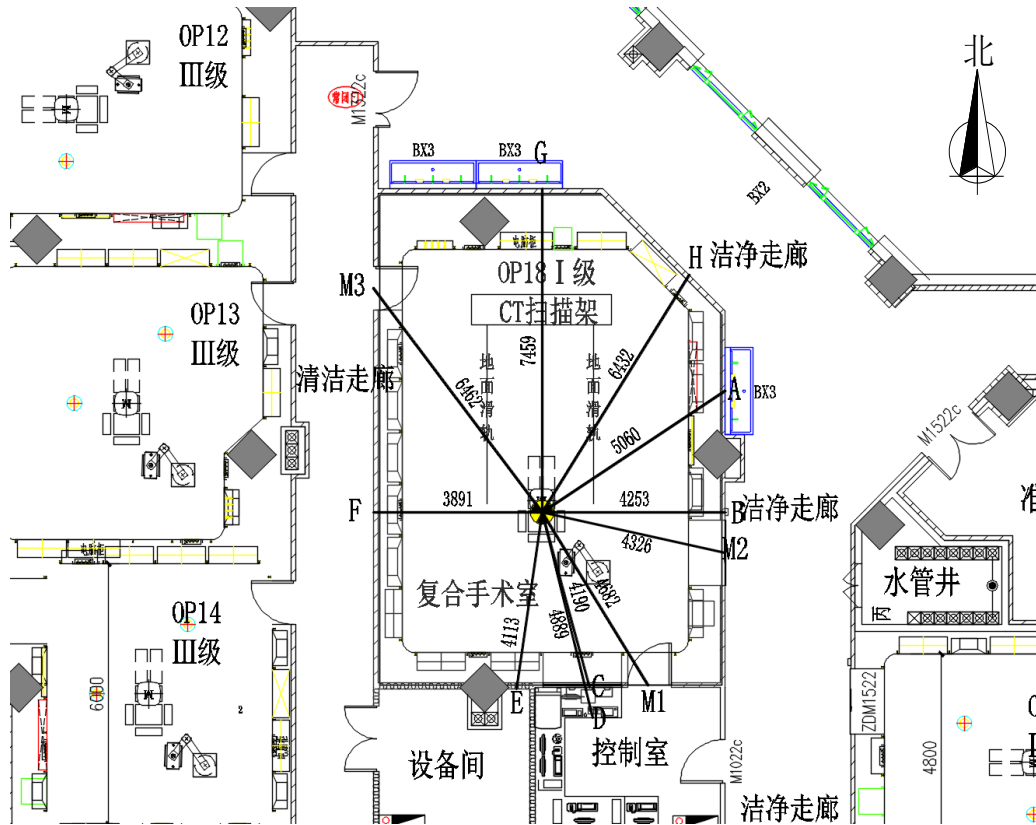


图 11-2 手术室估算点位示意图

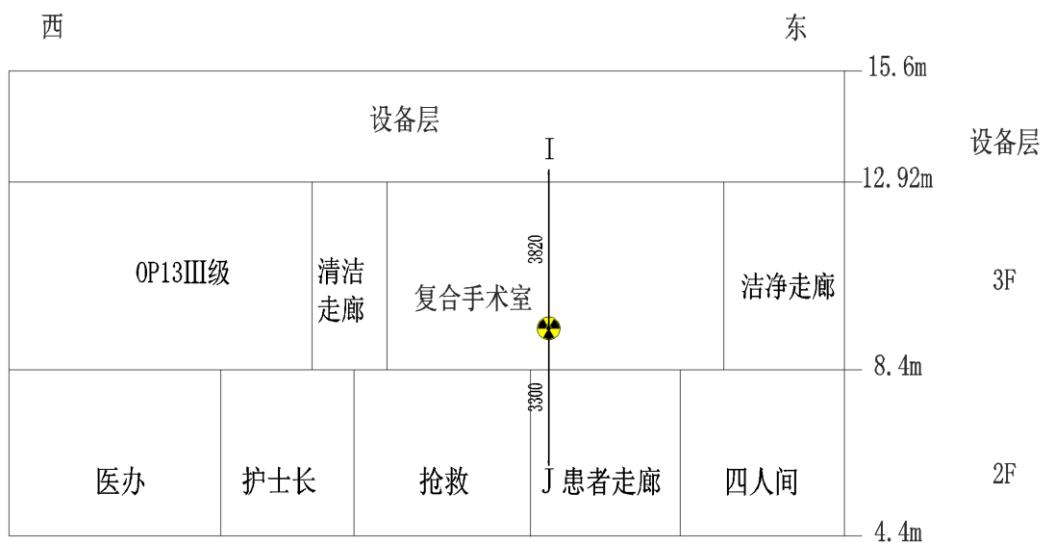


图 11-3 手术室楼上、楼下剖面图

表 11-2 摄影工况下手术室周围辐射剂量水平估算结果

| 位置 | 点位 | 屏蔽厚度 | 衰减因子 (K^{-1}) * | 射线束 | 估算预 测距离 /m | 屏蔽后附 加剂量率 $\mu\text{Gy/h}$ | 备注 |
|-------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------|-------|------------------|----------------------------------|------|
| 手术室 38 间 | 东墙外洗手池 处 A | 3mm 铅板 | 6.00E-05 | 泄漏+散射 | 5.4 | 2.00E-01 | 洁净走廊 |
| | 东墙外 30cm 处 B | 3mm 铅板 | 6.00E-05 | 泄漏+散射 | 4.6 | 2.76E-01 | 洁净走廊 |
| | 南侧控制室观 察窗外 30cm 处 C | 3mm 铅板 | 6.00E-05 | 泄漏+散射 | 4.5 | 2.88E-01 | 控制室 |
| | 操作位 D | 3mm 铅板 | 6.00E-05 | 泄漏+散射 | 4.9 | 2.43E-01 | 控制室 |
| | 南侧设备间外 30cm 处 E | 3mm 铅板 | 6.00E-05 | 泄漏+散射 | 4.4 | 3.01E-01 | 设备间 |
| | 西墙外 30cm 处 F | 3mm 铅板 | 6.00E-05 | 泄漏+散射 | 4.2 | 3.31E-01 | 清洁走廊 |
| | 北墙外 30cm 处 | 3mm 铅板 | 6.00E-05 | 泄漏+散射 | 7.8 | 9.59E-02 | 洁净走廊 |
| | 东北墙外 30cm 处 | 3mm 铅板 | 6.00E-05 | 泄漏+散射 | 6.7 | 1.30E-01 | 洁净走廊 |
| | 楼上离地 30cm 处 I | 140mm 混凝土 +3mm 铅 | 3.54E-06 | 泄漏+散射 | 3.8 | 2.38E-02 | 设备层 |
| | 楼下离地 1.7m 处 J | 140mm 混凝土 +35mm 硫酸钡 混凝土 | 1.75E-06 | 泄漏+散射 | 3.3 | 1.56E-02 | 患者走廊 |
| | 控制室门 M1 | 3mm 铅 | 6.00E-05 | 泄漏+散射 | 5 | 2.33E-01 | 控制室 |
| | 患者通道门 M2 | 3mm 铅 | 6.00E-05 | 泄漏+散射 | 4.6 | 2.76E-01 | 洁净走廊 |
| | 污物通道门 M3 | 3mm 铅 | 6.00E-05 | 泄漏+散射 | 6.8 | 1.26E-01 | 清洁走廊 |

备注：泄漏和散射 1m 处剂量率取 $9.73E+04\mu\text{Gy/h}$ ； K^{-1} 取 NCRP147 报告外周造影模式下的衰减因子；防护门屏蔽未考虑了斜射情况下等效厚度的影响。估算距离为距墙体、门和观察窗外 30cm 处。

从上述估算结果可知，DSA 正常摄影工况下，手术室外周围附加剂量率最大值为 $4.93E-01\mu\text{Sv/h}$ （西墙外 30cm 处 F，参照 GBZ 128-2019 表 B.1，本项目周围剂量当量与吸收剂量换算系数保守按 40keV 光子能量取值 1.49Sv/Gy ， $4.93E-01\mu\text{Sv/h}=3.31E-01\mu\text{Gy/h}\times 1.49\text{Sv/Gy}$ ），满足本项目所设定的机房屏蔽体外 30cm 处 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率控制水平，根据剂量率与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽，则在手术室周围 50m 评价范围内的其他治疗室等人员长居留场所的剂量率远小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。上述剂量率的计算是基于保守假设进行的，实际工作中 X 射线机运行参数要小于 100kV/500mA，且患者身体对 X 射线会有部分的吸收，约衰减 1-2 个量级（NCRP147 号报告），预计实际运行时，机房周围的剂量率水平可以维持在正常本底水平。

11.2.3.2 DSA 正常工况下年附加剂量估算

（1）DSA 同室操作位剂量水平

依相关标准要求，工作人员在同室操作时，应合理穿戴个人防护用品、使用相关防护设施，并在满足诊疗要求的前提下尽量缩短曝光时间，对术者位剂量率的取值如下：

① 透视模式

参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）表 B.1 和图 L3 规定：透视防护区检测平面上周围剂量当量应不大于 $400\mu\text{Sv/h}$ 。除存在临床不可接受的情况外，摄影工况图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留。

本评价取标准要求的上限值保守考虑，医生手术位置的附加剂量率水平为 $400\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子为 1（全部居留）。

② 采集模式

采集模式时，采用脉冲模式，剂量率与帧数成正比。参考帧数较高的心脏模式条件：15 帧/s、10ms/帧，采集时电流与透视时电流之比取 50（ $500\text{mA}/10\text{mA}$ ），假设采集与透视时 kV 相同（按 100kV 考虑），则采集产生的剂量率与透视产生的剂量率之比为 7.5（ $(500\text{mA}\times 15\text{帧/s}\times 0.01\text{s/帧}) / (10\text{mA}\times 1\text{s})$ ），故本评价采用标准要求的透视时术者位剂量率上限值保守考

虑，即处于同室状态的工作人员在采集时（摄影模式）术者位剂量率为 3000 μ Sv/h。

只有在临床不可接受的情况下，医护人员在摄影时才在机房内停留。做心脏介入手术时，医生会在摄影图像采集时在机房内停留，开展其它手术时医生在摄影图像采集时均会离开机房。本项目不做心脏介入手术，故居留因子保守取 1/16。

（2）年附加剂量估算公式

①同室操作

本项目依照 GBZ128-2019《职业性外照射个人监测规范》评价术者的受照剂量评价模式，考虑裸漏部位和屏蔽部位受照的综合剂量。据 GBZ128-2019 中第 6.2.4 条，外照射致有效剂量计算公式为：

$$E_{\text{同室}} = \alpha H_u + \beta H_o \quad (11-4)$$

式中：

$E_{\text{同室}}$ ——同室操作外照射致年有效剂量，单位为 mSv；

α ——系数，取 0.79 同室（有甲状腺屏蔽）；

H_u ——铅防护用品内佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，单位为 mSv；

β ——系数，取 0.051（有甲状腺屏蔽）；

H_o ——铅防护用品外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，单位为 mSv。

工作人员采取铅衣（0.5mm 铅当量）屏蔽措施，根据 GBZ130-2020，在透视和摄影时，100kV 散射情况下衰减系数约为 0.047， H_o 和 H_u 本次均采用剂量率乘以年受照时长计算，其中 H_o 对应剂量率为术者位剂量率上限值（400 μ Sv/h）， H_u 对应剂量率为经过个人防护用品屏蔽后的（0.5mmPb 铅衣、铅颈套等）术者位剂量率估算值，即计算 H_o 时，透视模式和采集模式对应剂量率为 400 μ Sv/h 和 3000 μ Sv/h，计算 H_u 时，透视模式和采集模式对应剂量率为 18.8 μ Sv/h 和 141 μ Sv/h。

②隔室操作

附加年有效剂量计算公式： $E = \dot{H} \times t \times T \times K$ （11-5）

式中： E ——年有效剂量， μ Sv；

\dot{H} —计算点附加剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

t —DSA年出束时间, h/a ;

K —有效剂量与吸收剂量换算系数, Sv/Gy , 本项目取1.0;

T —居留因子, 参考《辐射防护手册第三分册辐射安全》(李德平编) P80, 居留因子 T 按三种情况取值: (1) 全居留因子 $T=1$, (2) 部分居留 $T=1/4$, (3) 偶然居留 $T=1/16$ 。

(3) 工作人员年附加有效剂量

该项目 DSA 摄影曝光时, 医师除存在临床不可接受的情况外均回到操作室进行操作, DSA 透视曝光时, 医师在手术间内近台操作; 护士为辅助人员, 透视时偶尔会在机房内, 透视居留因子取 $1/16$, 系列采集时都在控制室, 技师都在操作室操作, 不在 DSA 手术室内。

本项目每台手术通常由 2 名医师、1 名技师、1 名护士组成, 根据医院提供资料, 每个医师在 DSA 设备上的年工作量最多不超过 500 台相关手术, 年累积透视时间 83.3h, 摄影时间为 16.7h。

职业人员附加年有效剂量估算结果见表 11-3, 其中透视情况下的剂量率取摄影工况下剂量率的 $1/7.5$ 。可见, 介入工作人员的年受照剂量低于本项目设定的 5mSv 的年剂量约束值。

表 11-3 手术室工作人员的年附加有效剂量

| 估算对象 | | | 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) | 工作时间 (h/a) * | 居留 因子 | 年附加有效 剂量 (μSv) | | |
|-----------------|-------------|--------------|-----------------------------|----------------------------|----------|--------------------------------|-------|------|
| 手术 室 38 间 | 机 房 内 | 术者 (医生) | 透视 (铅衣内) | 18.8 | 83.3 | 1 | 3212 | |
| | | | 透视 (铅衣外) | 400 | | | | |
| | | 摄影 (铅衣内) | 141 | 16.7 | 1/16 | | | |
| | | | 摄影 (铅衣外) | | | 3000 | | |
| | 机 房 外 | 辅助人员 (护士) | 透视 (铅衣内) | 18.8 | 133.3 | 1/16 | 306.5 | |
| | | | 透视 (铅衣外) | 400 | | | | |
| | | 透视 | 3.84E-02 | 133.3 | 1 | | | |
| | | | 摄影 | | | 2.88E-01 | | 26.7 |
| | | 控制室 (技师) | 透视 | 3.84E-02 | 133.3 | 1 | | 12.8 |
| | | | 摄影 | 2.88E-01 | | | | |

备注：①手术室护士机房内、机房外和技师机房外的工作时间按每年最大手术量 800 例修正，护士机房内透视时间保守取 133.3h，护士、技师机房外透视和摄影时间保守取 133.3h 和 26.7h。②机房外剂量率以手术室南侧观察窗外 30cm 处 C 点的附加剂量率 2.88E-01 μ Gy/h，其中机房外透视情况下的剂量率取摄影工况下剂量率的 1/7.5。

本项目技师和护士在射线出束时都是位于机房外隔室防护。手术室医师的年附加有效剂量不大于 3.21mSv，机房外的技师年附加剂量约为 0.013mSv，护士的年附加剂量约为 0.31mSv。为充分考虑急诊、未来手术量增长及剂量保守评估原则，本项目在辐射评价中采用更高的保障标准，按每名医师年承担 500 例手术进行个人剂量估算。该估算值远高于预期手术量（预期每年承担 800 例，平均每组医师手术量约为 267 例），已包含极大的安全余量。因此，基于此保守估算得出的个人受照剂量结果已能充分覆盖各种极端情况，无需再额外考虑剂量累积的风险。

(4) 公众年附加有效剂量

根据表 11-2 的手术室外主要关注点辐射剂量率水平，同时考虑手术室外公众居留情况估算出公众的年附加剂量见表 11-4，其中透视情况下的剂量率取摄影工况下剂量率的 1/7.5。

表 11-4 手术室外公众的年附加有效剂量

| 估算对象 | 估算位置 | 附加剂量率 (μ Gy/h) | | 年工作时间 (h/a) * | 居留因子 | 年附加有效剂量 (μ Sv) |
|------|------------------|---------------------|----------|---------------|------|---------------------|
| 公众 | 手术室西墙外 30cm 处 F | 透视 | 4.41E-02 | 133.3 | 1/4 | 3.68 |
| | | 摄影 | 3.31E-01 | 26.7 | 1/4 | |
| | 手术室楼上离地 30cm 处 I | 透视 | 3.18E-03 | 133.3 | 1 | 1.06 |
| | | 摄影 | 2.38E-02 | 26.7 | 1 | |
| | 手术室楼下离地 1.7m 处 J | 透视 | 2.08E-03 | 133.3 | 1 | 0.69 |
| | | 摄影 | 1.56E-02 | 26.7 | 1 | |

备注：手术室外的工作时间按每年最大手术量 800 例修正。

根据上述估算结果，本项目手术室外主要公众关注点年附加剂量最大值为 3.68 μ Sv，能满足本评价剂量约束目标值 0.1mSv 的要求。根据剂量与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽，预计周围其它诊疗场所的公众长居留场所的年附加剂量将远小于 3.68 μ Sv。

综上所述，在手术室周围 50m 评价范围内工作人员和公众的年剂量能满足

本评价剂量约束目标值（5mSv，0.1mSv）的要求。由此可见，工作人员防护铅衣铅当量和机房屏蔽厚度达到要求情况下，在机房内部和周围的辐射工作人员及公众所接受剂量低于剂量约束值的要求。

11.2.3.3 辐射剂量叠加分析

（1）CT 运行的环境影响分析

根据西门子厂家 140kVp 工况下 CT 周围的剂量率分布曲线，1m 处的杂散辐射为 0.052 μ Gy/mAs（垂直）和 0.051 μ Gy/mAs（水平），CT 扫描通常不超过 300mA，故 1m 处的杂散辐射剂量率最高约 56.16mGy/h（0.052 μ Gy/mAs \times 300mA \times 3600s=56.16mGy/h）。

辐射手术室墙体、防护门、观察窗屏蔽为 3mmPb，透射因子为 1.28E-04，CT 运行时，区距离墙体最近距离（北墙外 30cm 处）3.1m 进行估算，计算得出 CT 运行所致机房周围附加剂量率最大值为 1.11 μ Sv/h，满足 2.5 μ Sv/h 的剂量率控制要求。

（2）CT 运行所致人员受照剂量叠加估算

本项目为 DSA、CT 联合开展介入手术，应考虑在进行 CT 扫描检查时，控制室的技师和机房外停留的手术相关医护人员说收到的辐射影响。因此职业人员应考虑叠加 DSA 介入手术和 CT 扫描的年附加受照剂量。

保守假设，CT 扫描时间 10s/人次，每次手术扫描 2 次，年手术量 1600 人次，则 CT 年累计年出束时间为 8.89h，根据此出束时间计算，机房周围停留职业人员的最大年受照剂量为 1.11 μ Sv/h \times 8.89h=9.87 μ Sv。

结合 DSA 正常运行时职业人员年附加剂量估算结果，本项目的操作技师附加年受照剂量为 0.023mSv，医师附加年受照剂量为 3.22mSv，护士附加年受照剂量为 0.32mSv，满足 5mSv/a 的剂量约束要求。

11.3 异常事件分析与防范建议

（1）事件（故）分析

医用射线装置发生大剂量照射事故的几率极小。本项目射线装置在运行中，可能发生以下事件：

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

2) 人员误入机房受到不必要的照射；

3) X射线装置工作状态下, 没有关闭防护门, 对附近经过或停留人员产生误照射。

(2) 事件(故)防范措施

针对人员误入机房受到照射的防范措施是: 机房防护门上设置电离辐射警示标志、中文警告说明。防护门上方设置工作状态指示灯, 并且和防护门连锁。当防护门关闭准备出束时, 警示灯自动点亮, 以警示人员别误入机房。定期检查门灯连锁、工作状态指示灯等辐射防护设施是否正常, 如发现不够完善或失灵, 立即维护、修复。

针对没有关闭防护门出束的防范措施是: 规范工作秩序, 严格执行《操作规程》和《辐射防护和安全保卫制度》, 此外, 辐射安全管理委员会每半年一次检查安全规章和制度落实情况, 发现问题及时纠正。

当射线装置出束时防护门未关闭或突然被打开, 假设连锁故障, 防护门附近人员将受到一定量的散射和漏射X射线照射。由于设备出束持续时间短, 散射线和漏射线能量有限, 加之X射线能量的距离衰减作用, 此种偶发情况下人员受照剂量很小, 但是容易引发医疗纠纷。一旦出现该种情况, 要耐心细致给予解释, 防止事态扩大化。

如果出现上述事件, 迅速启动应急处理预案, 依照应急预案人员和职责、事故处理原则和处理程序等进行处理。

11.4 项目环保验收内容建议

根据项目建设和运行情况, 评价单位建议本项目竣工环境保护验收的内容见表11-5。

表11-5 项目环保验收内容建议表

| 验收内容 | 验收要求 |
|-------------|---|
| 剂量限值 | 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和环评报告预测, 公众、职业照射剂量约束值执行 0.1mSv/a 和 5mSv/a 要求。 |
| 剂量当量率 | 机房外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。 |
| 电离辐射标志和中文警示 | 在辐射工作场所设有出束工作状态指示灯, 防护门外贴有电离辐射警告标志。 |

| | |
|-------------|---|
| 布局 and 屏蔽设计 | 辐射工作场所建设和布局与环评报告表描述内容一致。辐射工作场所墙和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。 |
| 辐射安全设施 | 机房采取分区管理、实体屏蔽。设置工作状态指示灯、电离辐射警告标志等，可有效防止职业和公众受到意外照射。 |
| 监测仪器 | 配备检测仪器：新增 1 台便携式辐射巡测仪，辐射工作人员进行个人剂量监测，建立健康档案。 |
| 规章制度 | 已经制定各项安全管理制度、操作规程、工作人员考核计划等。辐射安全管理制度和操作规程得到宣贯和落实。 |
| 人员培训 | 辐射工作人员通过辐射安全与防护考核。 |
| 应急预案 | 辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确了应急处理组织机构及职责、处理原则、信息传递、处理程序和处理技术方案等。配备必要的应急器材、设备。针对使用射线装置过程中可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急装备。进行过辐射事故（件）应急演练。 |

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 辐射安全管理小组

医院已经设置了辐射防护领导小组作为专门管理机构，并指定了专人负责辐射安全与环境保护管理工作。人员构成具体情况见表 1-5 所示。本项目为在已许可项目增加同类型的设备，相关负责人将继续担任辐射安全管理委员会成员，负责相关科室的日常管理。辐射安全管理小组的职责：

1. 在医院辐射安全管理委员会主席的领导下，负责本医院辐射安全防护的管理工作。

2. 贯彻执行国家、北京市政府部门有关法律、法规、规章、相关标准及有关规定。负责对本医院相关部门和人员进行法律、法规及相关标准的培训、教育、指导和监督检查等工作。

3. 制定、修订本医院辐射安全防护管理制度及仪器设备操作规程。

4. 制定、修订辐射事故应急预案，配备相应的事事故处理物资仪器、工具，一旦发生辐射意外事故或情况，在辐射安全管理委员会主席的指挥下负责事故现场的应急处理工作。

5. 负责办理辐射安全许可证的申请、登记、换证及年审等工作。

6. 建立装置档案，组织医院有关部门和人员对使用的装置及剂量监测仪器进行检查和维护保养，保证正常使用。

7. 对医院从事辐射工作的人员进行条件和岗位能力的考核，组织参加专业体检、培训并取得相应资格证。

8. 组织实施对从事辐射工作人员的剂量监测，做好个人剂量计定期检测工作，对数据进行汇总、登记、分析等工作。做好医院年度评估报告工作，认真总结、持续改进并上报有关部门。

12.1.2 辐射工作人员

目前，医院现有辐射工作人员将在生态环境部培训平台报名参加并通过辐射安全和防护考核，经过考核合格后持证上岗，并及时参加每五年一次重新考核，同时按照国家相关规定进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并为工作人员保存职业照射记录。

12.2 辐射安全管理规章制度

医院制定了多项辐射安全管理制度，包括辐射防护和安全保卫制度、操作规程、设备检修维护制度、辐射工作人员培训考核制度、辐射工作人员个人剂量监测制度、工作场所和环境辐射水平监测方案、辐射工作岗位职责、台帐管理制度、放射性废物管理制度、辐射事故应急制度等。

本项目实施后，医院将结合新项目的开展，在重新申领辐射安全许可证前，组织相关人员完善相关制度，如监测方案、辐射突发环境事件应急预案等，确保全部辐射工作有章可循。同时，组织各科室人员进行学习，确保依照规定安全使用射线装置。

12.3 辐射监测

12.3.1 个人剂量监测

医院根据制订了医院有关辐射工作人员个人剂量监测的管理要求，并将辐射工作人员个人剂量监测工作作为全院辐射监测计划体系的管理目标之一，要求全院辐射工作人员按要求接受个人剂量监测，监测频度为每 3 个月检测一次，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令 18 号）要求建立个人剂量档案。辐射工作人员进行个人剂量监测发现监测结果异常的，立即核实和调查，并将有关情况进行文字记录。

全院现有的辐射工作人员的个人剂量监测工作已委托北京市疾病预防控制中心承担。

12.3.2 工作场所和辐射环境监测

医院每年委托有资质的单位对本项目射线装置工作场所进行 1 次辐射环境水平监测，检测数据记录存档。

12.3.3 本项目工作场所自行监测方案

本项目拟新增 1 台辐射防护监测仪用于本项目的自行监测，可以满足医院辐射防护和环境保护的要求。针对本项目，拟建立辐射环境自行监测方案，辐射工作人员使用便携式辐射巡测仪，对辐射工作场所进行监测，方案如下：

- (1) 监测项目：X 射线剂量率水平

(2) 监测设备：便携式辐射巡测仪

(3) 监测频次：剂量率水平每年不少于 1 次。

本项目涉及工作场所的监测布点：监测点位如图 12-1，主要是机房的周边、楼上、楼下、特别是控制室和防护门处。测量结果连同测量条件、测量方法和仪器、测量时间等一同记录并妥善保存，并根据标准要求，每年进行一次设备状态检测。监测计划见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射工作场所监测计划

| 场所 | 测点编号 | 测点位置 | 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) | 监测频次 |
|----------|------|-----------|-----------------------------|-------|
| 手术室 38 间 | 1 | 手术室东侧洗手池 | | 1 次/年 |
| | 2 | 手术室东墙外 | | 1 次/年 |
| | 3 | 手术室东侧防护门 | | 1 次/年 |
| | 4 | 手术室南侧手术室 | | 1 次/年 |
| | 5 | 手术室南侧观察窗 | | 1 次/年 |
| | 6 | 操作位 | | 1 次/年 |
| | 7 | 手术室南侧设备间 | | 1 次/年 |
| | 8 | 手术室西墙外 | | 1 次/年 |
| | 9 | 手术室西侧防护门 | | 1 次/年 |
| | 10 | 手术室北墙外 | | 1 次/年 |
| | 11 | 手术室东北墙外 | | 1 次/年 |
| | 12 | 手术室楼上设备层 | | 1 次/年 |
| | 13 | 手术室楼下患者走廊 | | 1 次/年 |

备注：观察窗和防护门为四周搭接处和中间区域。

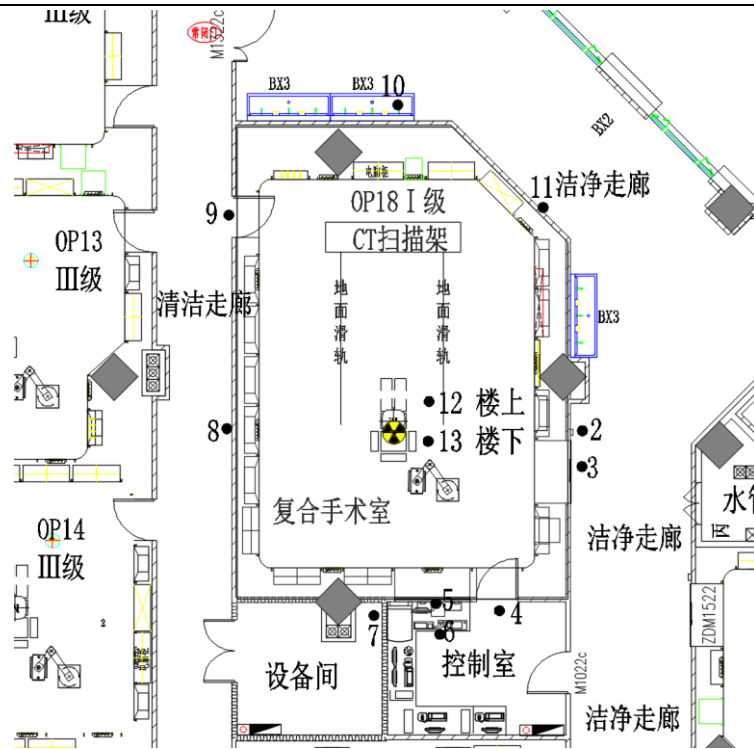


图 12-1 本项目 3 层手术室自行检测点位图

12.4 辐射事故应急管理

医院依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，制定了《辐射事故（件）应急预案》，包含对 DSA 项目的辐射事故应急管理相关内容，一旦发生辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理，保护工作人员和公众的健康与安全，同时在应急预案中进一步明确规定处理的组织机构及其职责分工、事故分级、应急措施、报告程序、联系方式等内容，能够满足医院实际辐射工作的需要。

发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。医院将每年至少组织一次应急演练。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 实践正当性分析

中国医学科学院肿瘤医院在外科楼 3 楼东侧拟将预留机房改建成 1 间手术室及配套房间，并新增使用 1 台 DSA 设备和 1 台 CT。血管造影机和 CT 是很成熟的医用 X 射线设备，尽管 X 射线对人体有少许危害，但是借助 DSA、CT 设备可以辅助医学诊断治疗，所获利益远大于其危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

13.1.2 选址合理性分析

本项目位于在中国医学科学院肿瘤医院外科楼 3 楼东侧，评价范围 50m 区域都是医院内部，项目场址环境辐射本底未见异常，选址充分考虑了患者诊疗的便利性以及周围场所的防护与安全，对公众影响较小。因而从辐射环境保护方面论证，该项目选址是可行的。

13.1.3 辐射防护屏蔽能力分析

通过对手术室的辐射屏蔽措施分析可知，机房外周围剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，并设置门-灯联锁、工作状态指示及电离辐射警示等措施，符合辐射安全防护的要求。

13.1.4 辐射环境评价

（1）根据现场监测和估算结果可知，本项目设备运行后，预计工作人员和公众的年受照剂量均低于相应剂量约束限值（ 5mSv/a 、 0.1mSv/a ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位应该进行调查并报生态环境部门备案。

（2）本项目设备正常运行（使用）情况下，不产生放射性废气、放射性废水和放射性固废。

（3）辐射安全防护管理：医院已设辐射安全与环境保护管理机构，负责全院的辐射安全管理和监督工作。医院已制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、人员培训考核计划、健康体检制度、辐射事故应急预案和设备检修维护等制度。

(4) 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定对照检查，满足要求。

13.1.5 结论

综上所述，中国医学科学院肿瘤医院在外科楼 3 楼东侧拟将预留机房改建成 1 间手术室及配套房间，并新增使用 1 台 DSA 设备和 1 台 CT，相应的辐射安全和防护措施基本可行，在落实项目实施方案和本报告表提出的污染防治措施及建议前提下，其运行对周围环境产生的辐射影响，符合环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，本项目的运行是可行的。

13.2 承诺

(1) 加强本单位的辐射安全管理，发现问题，及时整治，完善管理制度，落实管理责任。

(2) 严格按照工程设计施工，保证工程建设质量。

(3) 严格按照辐射监测方案定期对辐射工作场所和参与辐射工作的工作人员进行监测，并将监测记录保存留档；

(4) 项目竣工后按照生态环境主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并接受生态环境主管部门的监督检查。

(5) 在辐射项目运行中决不容许违规操作和弄虚作假等现象发生，如若发现相关现象接受相关处理。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位进行调查并报生态环境部门备案。

