

核技术利用建设项目
新院区使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置项目
环境影响报告表

首都医科大学附属北京儿童医院
2026 年 09 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

新院区使用II类、III类射线装置项目

环境影响报告表

建设单位：首都医科大学附属北京儿童医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：北京市西城区南礼士路 56 号

邮政编码：100045

联 系 人：孙天智

电子邮箱：beitou_bch_project@163.com 联系电话：15201232168

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	14
表 3	非密封放射性物质	15
表 4	射线装置	16
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	18
表 6	评价依据	19
表 7	保护目标与评价标准	22
表 8	环境质量和辐射现状	33
表 9	项目工程分析与源项	36
表 10	辐射安全与防护	45
表 11	环境影响分析	56
表 12	辐射安全管理	76
表 13	结论与建议	82
表 14	审 批	84

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新院区使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置项目				
建设单位		首都医科大学附属北京儿童医院				
法人代表		倪鑫	联系人	孙天智	联系电话	15201232168
注册地址		北京市西城区南礼士路 56 号				
项目建设地点		北京市北京经济技术开发区亦庄新城 0203 街区 X100A1 地块临床诊疗中心四层				
立项审批部门		无		批准文号	无	
建设项目总投资（万元）		3388	项目环保投资（万元）	508	投资比例（环保投资/总投资）	15%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ）	181.4
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ Ⅰ类 ☐ Ⅱ类 ☐ Ⅲ类 ☐ Ⅳ类 ☐ Ⅴ类			
		☐ 使用	☐ Ⅰ类（医疗使用） ☐ Ⅱ类 ☐ Ⅲ类 ☐ Ⅳ类 ☐ Ⅴ类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ Ⅱ类 ☐ Ⅲ类			
		☐ 销售	☐ Ⅱ类 ☐ Ⅲ类			
		☒ 使用	☒ Ⅱ类 ☒ Ⅲ类			
	其他					
	1.1 单位概况 首都医科大学附属北京儿童医院（简称“北京儿童医院”或“医院”）是集医疗、科研、教学、保健于一体的三级甲等综合性儿科医院，前身是我国现代儿科学奠基人诸福棠院士于 1942 年创办的北平私立儿童医院。现有院区位于北京市西城区南礼士路 56 号，医院总占地面积 7 万平方米，建筑面积 12 万平方米，编制病床 970 张，年均门诊量约 300 万人次，住院病人 8 万余人次，手术逾 3.4 万例。 医院技术力量雄厚。拥有国家级重点学科儿科学，国家儿童肿瘤监测中心、国家呼吸系统疾病临床医学研究中心等 12 个国家级平台，10 个国家临床重点专科，7 个北京市重点实验室，4 个北京市级研究平台以及 16 个市级医疗中心。					

医院设有疑难病例会诊中心和远程会诊中心，儿科疑难重症疾病的诊断治疗水平居国内领先地位。

医院为积极推进国家儿童医学中心（北京）的建设，积极落实国家与北京市各项发展规划，促进北京市儿童医疗卫生事业持续健康发展，实现核心区非首都功能疏解，北京市南部地区可持续优质发展，改善北京儿童医院诊疗与科研环境，为北京市乃至全国的疑难杂症与危急重症患儿提供优质可靠的医疗服务，医院拟建设新院区，设置床位 1200 张。

1.2 核技术利用及辐射安全管理现状

1.2.1 核技术利用现状情况

北京儿童医院本部已取得了辐射安全许可证（京环辐证[B0058]，有效期至 2028 年 10 月 11 日），许可的种类和范围是：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置，北京儿童医院已许可射线装置使用情况见表 1-1。

表 1-1 北京儿童医院已许可的射线装置情况

序号	装置名称	类别	装置数量 (台)	活动种类
1	牙科 X 射线机	Ⅲ	2	使用
2	牙科 X 射线机 CBCT	Ⅲ	1	使用
3	放射诊断用普通 X 射线机（床旁）	Ⅲ	14	使用
4	X 射线摄影装置（数字胃肠机）	Ⅲ	2	使用
5	医用 X 射线骨密度仪	Ⅲ	1	使用
6	数字减影血管造影装置	Ⅱ	2	使用
7	放射诊断用普通 X 射线机（固定）	Ⅲ	6	使用
8	X 射线摄影装置（泌尿造影机）	Ⅲ	1	使用
9	医用 X 射线 CT 机	Ⅲ	2	使用
合计		Ⅱ类：2 台；Ⅲ类：29 台		

1.2.2 近几年履行环保审批情况

北京儿童医院近五年以来一共有 1 个辐射环评报告表项目，建设项目依照法规要求履行了环保手续，具体落实情况见表 1-2。

表 1-2 建设项目竣工验收落实情况

序号	项目名称	环评批复文号	竣工验收情况
1	新增使用II类射线装置项目	京环审[2022]74号	2023年9月完成自行验收

目前，医院辐射安全许可证上现有的射线装置均满足相关要求，正常运行中。

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

为了加强辐射安全和防护管理工作，促进放射性同位素和射线装置的安全使用，北京儿童医院专门成立了辐射安全与防护管理委员会，由院长担任组长，常务副院长担任副组长，心脏内科、心脏外科、影像中心、神经外科及功能神经外科、口腔科、急诊外科及普外科、消化科、麻醉科、医务处、采购中心、物管中心、保卫处、运营保障处等各部门的相关人员担任组员，并指定医务处专职负责辐射安全管理工作，辐射防护领导小组成员名单见表 1-3。

表 1-3 北京儿童医院辐射安全与防护管理委员会名单

职位	姓名	性别	专业	职务或职称	工作部门	专/兼职
组长	倪鑫	男	行政	院长	院办	兼职
副组长	赵成松	女	行政	常务副院长	院办	兼职
成员	贾晨光	男	行政	副院长	院办	兼职
成员	肖燕燕	女	心脏内科	副主任	心脏内科	兼职
成员	李志强	男	心脏外科	主任	心脏外科	兼职
成员	彭芸	女	影像医学	主任	影像中心	兼职
成员	段晓岷	女	影像技术	副主任	影像中心	兼职
成员	梁树立	男	神经外科及功能神经外科	主任	神经外科及功能神经外科	兼职
成员	于国霞	女	口腔	副主任	口腔科	兼职
成员	黄柳明	男	普外科	主任	急诊中心、急诊外科、普外科（移植）	兼职
成员	吴捷	女	消化科	主任	消化科	兼职
成员	张钰	女	护理	手术室护士长	麻醉科	兼职
成员	王芳	女	麻醉科	副主任	麻醉科	兼职

成员	田超	男	行政	副处长	医务处	兼职
成员	杜亚楠	男	行政	研究员	医务处	兼职
成员	涂途	女	行政	主任	采购中心	兼职
成员	徐恒	男	行政	副主任	物管中心	兼职
成员	赵国	男	行政	助理工程师	物管中心	兼职
成员	翟敬刚	男	行政	处长	保卫处	兼职
成员	聂纪锋	男	行政	副处长	运营保障处	兼职
成员	王晓瑜	男	院办	副主任	院办	兼职
成员	王桂香	女	医务处	副主任	医务处	专职

1.2.3.2 制定规章制度及落实情况

北京儿童医院依照《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》，结合医院情况和实践，已制定一套相对完善的管理制度和操作规程，包括《辐射安全与放射防护安全保卫制度》《设备台账管理制度》《设备检修保养及报废制度》《环境监测及工作人员管理制度》《从业人员安全培训制度》《辐射安全与放射防护工作操作规程》《辐射安全与放射防护应急预案》《辐射事件报告制度》等，并按照规章制度执行。

1.2.3.3 工作人员考核情况

北京儿童医院制定了辐射工作人员培训考核计划。目前，医院从事辐射相关工作人员共约 114 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

北京儿童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全国核技术利用辐射安全申报系统中。

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。医院 2025 年度个人剂量监测结果表明，辐射工作人员年剂量最大值 0.373mSv，均不高于 1mSv，所有人员都低于医院规定的管理目标值。

医院有专人负责个人剂量监测管理工作。发现个人剂量监测结果异常的，将及时调查原因，并将有关情况及时报告医院辐射防护领导小组。今后将继续加强个人受照剂量监测工作，如果某位辐射工作人员的单季度个人剂量监测结果高于年剂量约束值的 1/4，将对其受照原因进行调查，结果由本人和科室负责人签字后存档；必要时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

（1）委托第三方检测：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部令第 18 号）的要求，医院每年委托有资质单位对射线装置工作场所进行 1 次工作场所环境辐射水平监测，监测数据记录存档。

医院每年委托有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，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，检测报告齐全，检测结果均满足相关标准要求。

医院最近一次于 2025 年 9 月委托北京贝特莱博瑞技术检测有限公司对医院现有辐射工作场所进行了场所监测，监测项目为 X、 γ 辐射剂量率。据检测结果，DR 摄影相关设备机房外的周围剂量当量率为 0.12 μ Sv/h~16 μ Sv/h（小于 25 μ Sv/h），其他射线装置机房外的周围剂量当量率为 0.11~1.8 μ Sv/h（小于 2.5 μ Sv/h），满足 GBZ130-2020 中限值要求。

（2）工作场所自行监测：医院定期开展工作场所环境辐射水平自行监测。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 1-4。

表 1-4 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
1	X、Y辐射空气比释动能率仪	JB4000型	2022-11-10	正常	1
2	环境辐射 X- γ 剂量率仪	AT112	2018-03-01	正常	1

3	X 线检测仪	TNT12000D	2010-01-01	正常	1
---	--------	-----------	------------	----	---

本项目运行后，周围场所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

北京儿童医院依据《中华人民共和国生态环境法典》《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，事故单位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。

医院已获得许可使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。医院已针对上述许可使用中可能发生大剂量照射等事故/事件，制定了每年一次的演练计划。为规划和加强放射突发事件应急处理能力，同时最大程度地降低放射事件可能造成的后果，保障辐射工作人员及患者的生命安全，其中 2025 年度于 2025 年 8 月 5 日，在急救楼 3 层进行了医院 2025 年年度的辐射安全事故应急演练。本次演练由医务处、放射科、保卫处联合策划，以检查过程中公众误入机房事故为背景开展，演练采取“实景设置、实兵展开、实际操作”的方法进行。参与演练人员较好地履行各自的职责，并根据事前商定的射线装置辐射安全事故应急处置流程有序地完成了既定任务，达到了演练的预期效果。通过此次演练，提高了医务人员对突发性辐射事故的安全意识、岗位责任感、防范意识和应急处理能力，增强了科室间的协作能力，保障了职工和就诊群众的安全。

1.2.3.7 其他情况

北京儿童医院较圆满地完成了各项辐射安全防护工作，依据法律法规每年对本单位射线装置的安全和防护状况进行了年度评估，目前已编写上报了 2025 年度评估报告。

1.3 项目建设规模、目的和任务的由来

1.3.1 项目建设背景

近年来，随着北京医疗卫生事业的迅速发展，人民健康水平持续提高，但医疗卫生服务体系结构性问题依然突出。特别是国家最新人口政策发布以来，新生儿人口数量剧增，儿科医疗存在的问题尤其突出。北京儿童医院作为全国儿科专业“领头羊”，大量的全国的患儿前来就诊，医院面临着超负荷运转，新技术、新方法因基础设施的限制无法开展，手术期难排、床位紧张等诸多困难；同时还给中心城区带来大量人流、交通和环境压力。为积极推进国家儿童医学中心（北京）的建设，积极落实国家与北京市各项发展规划，促进北京市儿童医疗卫生事业持续健康发展，实现核心区非首都功能疏解及改善北京儿童医院诊疗与科研环境，首都医科大学附属北京儿童医院特提出建设新院区工程。

作为国家儿童医学中心的依托主体医院，北京儿童医院在全国儿科疑难危重症诊断治疗、医学科学关键技术突破、高水平医学研究与成果转化等方面始终发挥着示范引领作用。但当前医院存在核心诊疗链条的关键短板——尚未组建核医学科与放疗科，同时儿童肿瘤、心血管等重症精准诊疗资源高度紧缺；更值得关注的是，新院区所在区域尚无医疗机构具备儿童专用核医学诊疗、肿瘤放射治疗及高端介入治疗能力，进而造成患儿跨区就医成本攀升、救治时效大打折扣。在此背景下，同步推进核医学科建设、直线加速器（放疗科核心设备）、DSA及 ERCP 设备配置，不仅是填补区域儿科高端诊疗缺口的核心抓手，更是国家儿童医学中心践行行业引领使命、促进儿科核技术规范应用与发展的必然选择。

1.3.2 建设工程概况

本项目位于北京经济技术开发区亦庄新城 0203 街区 X100A1 地块拟建北京儿童医院新院区内，北京儿童医院新院区总用地面积约 153340.1m²，规划总建筑面积 295800m²，其中地上建筑面积 205800m²，地下建筑面积 90000m²。新院区主要建设临床诊疗中心、科创中心、感染性疾病中心及配套用房等。新院区建成后，设置床位 1200 张。

2025 年 7 月 22 日医院取得了北京经济技术开发区行政审批局《关于北京市首都医科大学附属北京儿童医院新院区建设工程环境影响报告书的批复》（经环保审字 [2025]0097 号），2025 年 10 月 31 日取得北京市规划和自然资源委员会开发区分局《建设工程规划许可证》（2025 规自（开）建字 0069 号）等审批文

件。

新院区于 2025 年 3 月 5 日正式开工，预计 2028 年投入使用。

1.3.3 本项目环境影响评价内容

新院区新建的辐射工作场所均位于临床诊疗中心（位于医院中部，为地上九层、地下两层建筑），涉及的核技术利用建设内容主要包括五部分：1.核医学科：设有 SPECT、PET 显像场所和门诊治疗场所，位于临床诊疗中心地下一层南侧；2.放射科（影像中心）：设有 CT 扫描、DR 诊断等场所，位于临床诊疗中心地下一层中部；3.放疗中心：使用 2 台加速器、1 台模拟 CT、1 台模拟 MR，位于临床诊疗中心地下一层东南侧；4.手术中心：使用 3 台 DSA 及 1 台滑轨 CT，位于临床诊疗中心地上四层；5.内镜中心：使用 1 台 ERCP，位于临床诊疗中心地上四层。

为了使环评报告的内容清晰明了，避免交叉凌乱，本项目对核医学科及放疗中心、DSA 及 ERCP 项目分别编制环境影响报告表进行报批。由于上述建设内容均为编制“环境影响报告表”类别的建设项目，所以不存在建设项目拆分问题。地下一层还涉及放射科 CT、DR 以及放疗中心 1 台 CT 模拟定位机等其他使用的Ⅲ类射线装置拟在确定设备具体厂家和型号后单独进行备案。

本项目涉及临床诊疗中心四层手术中心的 3 台 DSA 及 1 台滑轨 CT 相关区域，四层内镜中心的 1 台 ERCP 相关区域。

1.3.4 项目建设内容与规模

（1）手术中心

本项目手术中心拟新建 4 间机房，均位于临床诊疗中心四层中部手术中心南段，包括 20#手术室、22#手术室、27#手术室和 28#手术室。其中 20#手术室、27#手术室和 28#手术室分别新增使用 1 台 DSA 设备，20#手术室除通常使用 DSA 外，还使用 1 台滑轨 CT 开展术中定位；该台 CT 存放在 20#手术室和 22#手术室中间的 CT 停泊间，在手术过程中需要获取患者断层扫描图像时，CT 通过轨道从 CT 停泊间移动到 20#手术室或 22#手术室（其他手术若有需要，即 22#手术室除了使用滑轨 CT 开展放射工作外，还用于开展常规外科手术）使用，CT 停泊间和 20#手术室、22#手术室之间均设屏蔽墙和连通门，地面均设置 CT 机滑轨。拟新增的 DSA 设备将用于开展外周血管介入、心血管介入和神经介入手

术,滑轨 CT 将用于配合 DSA 设备进行术中定位并配合外科手术进行术前定位。

本项目 DSA 均为双管球设备,本项目双管球 DSA 只有复杂心脏病介入、神经介入的时候是双球管出束,其他类型手术都是单球管出束。

(2) 内镜中心

本项目内镜中心拟新建 1 间 ERCP 手术室,安装 1 台 ERCP,位于临床诊疗中心四层南部内镜中心。考虑到 ERCP 的造影介入操作方式与血管造影介入操作方式相类似,既有同室操作,也有隔室操作,本项目 ERCP 参考 DSA 进行分类,列为II类射线装置。

本项目设备最大管电压和管电流不高于表 1-5 情况。

表 1-5 本项目拟使用的射线装置情况表

序号	工作场所	设备名称	设备型号	生产厂家	管电压(kV)	输出电流(mA)	类别	备注
1	20#手术室	数字减影血管造影装置(DSA)	待定	西门子	125	1000	II类	双球管,新增
2	27#手术室	数字减影血管造影装置(DSA)	待定	待定	125	1000	II类	双球管,新增
3	28#手术室	数字减影血管造影装置(DSA)	待定	待定	125	1000	II类	双球管,新增
4	20#手术室、22#手术室	医用X射线CT机	待定	西门子	140	1250	III类	新增
5	ERCP手术室	内镜逆行胰胆管造影装置(ERCP)	待定	待定	125	1000	II类	新增

1.3.5 目的和任务的由来

本项目使用的数字减影血管造影机(DSA)、内镜逆行胰胆管造影装置(ERCP)属于使用II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、ERCP 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。

1.3.6 本项目产业政策符合性及实践正当性

本项目使用的数字减影血管造影装置(DSA)、内镜逆行胰胆管造影装置(ERCP)属于II类射线装置项目,依据《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.高端医疗器械创新发展:新型基因、蛋白和细胞诊断设备,新型医用诊断设备和试剂,高性能医学影像设备,高端放射治疗设备,急危重症生命支持设备,人工智能辅助医疗设备,移动与远程诊疗设备,高端康复辅助器具,高端植入介入产品,手术机器人等高端外科设备及耗材,生物医用材料、增材制造技术开发与应用”,本项目属于“**新型医用诊断设备、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。

介入放射学是基于影像学融合影像诊断与介入性治疗为一体的学科,是现代影像学的重要组成部分。由于介入诊断直观有效,为临床上许多问题开拓了新的解决途径,使介入诊断成为许多病患诊断的黄金标准。介入治疗具有创伤小、疗效迅速、恢复快等特点,是目前部分疾病的首选治疗方法。而先进的造影设备则是介入诊疗一个非常重要的手段及平台。

随着区域儿童就诊量逐年递增,医院本院区现有的 2 台 DSA 的使用频次接近饱和,无法覆盖全域患儿诊疗需求,分流就医压力较大。同时,儿童先天性胰胆管畸形、梗阻性黄疸、胆总管结石、复发性胰腺炎等胆胰系统疑难病例逐年增多,既往本院区无专属 ERCP 介入诊疗条件,无法开展儿童 ERCP 微创诊疗,相关患儿需跨院区转诊就诊,急重症病例救治时效性受限,存在明显专科诊疗短板。为完善新院区诊疗架构,扩充专科救治能力,本次新院区规划常规独立 DSA 机房,增设 DSA 联合滑轨 CT 复合诊疗机房,同时配套增设 ERCP,实现儿科介入诊疗全品类覆盖。

儿童患者病情复杂多样,普通常规介入手术可依托独立 DSA 完成诊疗,针对重症颅脑损伤、复杂血管畸形、多学科联合救治的危重患儿,单一 DSA 设备

存在诊疗局限。DSA 搭配滑轨 CT 可实现一机双区移动作业，完成介入手术与断层扫描一体化联动，术中实时精准成像、快速排查病变、即刻评估手术效果，大幅提升复杂危重患儿救治成功率。ERCP 作为儿童胆胰疾病无可替代的微创介入技术，可在影像实时监视下完成胰胆管造影、结石取出、胆道支架置入、胆汁引流等诊疗操作，规避传统开放手术创伤大、恢复慢的弊端，高度适配儿童低损伤、高安全的诊疗需求，是完善新院区消化专科救治能力的刚需设备。

本次新增 DSA 设备为双球管配置，搭载两套 X 射线球管与探测器，可同步采集正交角度高清血管影像，能够全方位、精准呈现儿童血管病变的位置、形态及毗邻解剖关系，对复杂神经血管畸形诊疗优势突出。双球管 DSA 可单次造影获取多维度成像信息，无需反复转动机架、多次曝光造影，有效缩短手术时长，显著降低患儿辐射暴露剂量及造影剂使用量。

新增不同功能配置的血管介入、消化介入诊疗设施，既能分流老院区就诊压力，均衡两院区医疗资源，满足常规儿科血管、神经介入诊疗需求，又可开展高难度复合介入手术与儿童胆胰微创介入诊疗，全面补齐新院区重症救治及专科特色诊疗短板。进一步丰富医院多学科介入诊疗手段，完善儿科介入诊疗体系，提升区域儿童急危重症综合救治水平，减少各类疑难患儿外转就医，切实保障辖区儿童身体健康。

医院本次申请使用的 DSA、ERCP 医用 X 射线设备均为成熟的医用Ⅱ类射线装置，分别为儿童血管疾病介入检查治疗、胆胰消化介入检查治疗的必需设备，被广泛地应用于临床微创介入诊疗中，针对性解决儿科各类疑难疾病，诊疗特异性强、临床不可替代性高。尽管 X 射线对人体存在微量潜在危害，但两类设备分别覆盖不同专科诊疗场景，精准补齐新院区诊疗空白，通过专用机房屏蔽、规范化诊疗流程、儿童低剂量扫描方案、专人操作管控等措施，可实现辐射风险全面可控，设备应用带来的临床救治收益、区域医疗服务提升收益，远大于辐射潜在危害。

DSA、ERCP 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，故该核技术应用项目具有正当性。

1.3.7 选址的合理性分析

北京儿童医院新院区位于北京市北京经济技术开发区亦庄新城 0203 街区 X100A1 地块，拟建院区东侧为四合路，南侧为新凤河路，西侧为三海子东路，北侧为仁凤路。临床诊疗中心位于医院中部。

本项目手术中心共涉及 4 间机房，分别为 1 间复合手术室（DSA 设备+滑轨 CT，20#手术室）、1 间 CT 手术室（滑轨 CT，22#手术室）和 2 间 DSA 手术室（DSA 设备，27#手术室和 28#手术室），均位于临床诊疗中心（地上九层、地下二层）四层中部手术中心。手术中心内设有 1#~28#手术室、设备间、敷料间、无菌品库、器械库、谈话间、麻醉准备间、苏醒间等。4 间手术室均位于手术中心南段，楼上为值班、室外机平台、接待、电池室、汇流排间、工作走廊、手术净化机房等。楼下为病房家属等候厅、公共卫生间、医护走廊、更衣淋浴区等。

本项目内镜中心 ERCP 手术室，位于临床诊疗中心（地上九层、地下二层）四层南部内镜中心（该区域只有地上四层、地下二层）。ERCP 手术室东侧为库房、物流井，南侧为公共走廊，西侧为操作间，北侧为公共走廊，楼下为 PICU，楼上为屋面。

现有场所环境辐射本底未见异常，评价范围内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，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。

1.3.8 开展新项目的技术能力

（1）DSA 人员配备

目前医院现有 2 台 DSA，目前全院从事介入工作的医、技、护有 51 名（其中医师 27 名，技师 12 名，护士 12 名）。

本项目 DSA 拟配备 32 名辐射工作人员，其中 27 名从现有介入工作人员中调配（15 名医师、6 名技师和 6 名护士），2 名放射科 CT 技师从现有放射科辐射工作人员中调配，再新增 3 名（医师 3 名）辐射工作人员，按照每台手术通常由 2 名医师、1 名技师、1 名护士组成配备，每台 DSA 可以配备 3 组医师。2 名 CT 技师为固定辐射工作人员。

本项目建成启用后，预计新增 DSA 每年每台手术量一般不超过 1300 例，考虑到将来手术量增加等情况，保守每年每台按不超过 1500 例估算，参与轮班

的医师可分为 9 组，每组平均年手术量不超过 500 例，本项目保守按每名医师全年手术量 500 例进行剂量估算。参与介入手术的护士、技师按每年最大手术量 1500 例估算。滑轨 CT 机将用于配合 20#手术室进行术中定位 500 例，并配合外科手术进行术前定位 1000 例。

（2）ERCP 人员配备

本项目 ERCP 拟配备 8 名辐射工作人员，其中 6 名为现有介入工作人员（3 名医师、1 名技师和 2 名护士），再新增 2 名（医师 1 名、技师 1 名）辐射工作人员。按照每台手术通常由 2 名医师、1 名技师、1 名护士组成配备，ERCP 可以配备 2 组医师。

（3）检测仪器配备

本项目拟新增 2 台便携式辐射巡测仪，用于开展自行监测，可以满足本项目的需要。

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
/	以下无内容							

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
/	以下无内容									

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
/	以下无内容									

(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	数字减影血管造 影装置 (DSA)	II类	1	待定	125	1000	介入治疗	新院区临床诊疗中心四层手 术中心20#手术室	双球管， 新增
2	数字减影血管造 影装置 (DSA)	II类	1	待定	125	1000	介入治疗	新院区临床诊疗中心四层手 术中心27#手术室	双球管， 新增
3	数字减影血管造 影装置 (DSA)	II类	1	待定	125	1000	介入治疗	新院区临床诊疗中心四层手 术中心28#手术室	双球管， 新增
4	医用X射线CT机	III类	1	待定	140	1250	影像诊断	新院区临床诊疗中心四层手 术中心20#手术室、21#手术 室	新增
5	内镜逆行胰胆管 造影装置 (ERCP)	II类	1	待定	125	1000	消化道造 影放射诊 断	新院区临床诊疗中心四层内 镜中心ERCP手术室	新增
/	以下无内容								

(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 (μ A)	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	
/	以下无内容												

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
/	以下无内容							

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

法规 文件	(1) 《中华人民共和国生态环境法典》，中华人民共和国主席令第七十号，2026 年 8 月 15 日起施行。 (2) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号修订，2017 年 6 月 21 日公布，2017 年 10 月 1 日起实施。 (3) 《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。 (4) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，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。 (5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部部令第 20 号修订，2021 年 1 月 4 日公布并实施。 (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部第 18 号令，2011 年 4 月 18 日公布，2011 年 5 月 1 日起实施。 (7) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，原环境保护部、国家卫生计生委公告第 66 号，2017 年 12 月 5 日。 (8) 《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。 (9) 《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 9 月 20 日公布，2019 年 11 月 1 日起施行 (10) 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 号，2022 年 4 月 1 日。 (11) 《北京市城乡规划条例》，京人常[2021]61 号，2021 年 9 月 24 日。 (12) 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，生态环境部，2020 年 2 月。 (13) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布，2024 年 2 月 1 日起施行。
----------	---

	(14) 《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。 (15) 《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。 (16) 《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》生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日。 (17) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》生态环境部公告 2021 年第 9 号，2021 年 3 月 11 日。 (18) 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。 (19) 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。
技术标准	(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》(HJ 10.1-2016)，中华人民共和国环境保护部，2016 年 04 月 01 日实施。 (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)，中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，2003 年 04 月 01 日实施。 (3) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)，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》(GBZ 128-2019)，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》(HJ 1157-2021)，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》(HJ 61-2021)，中华人民共和国生态环境部，2021 年 05 月 01 实施。 (7) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ

	1326-2023），中华人民共和国生态环境部，2024 年 02 月 01 日实施。
其他	(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) 《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。 (6) 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。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

7.1.1 评价内容

本项目评价内容为在医院新院区临床诊疗中心四层手术中心新建 4 间机房，包括 20#手术室、22#手术室、27#手术室和 28#手术室，拟新增 3 台 DSA 及 1 台滑轨 CT，其中 3 台 DSA 设备将分别安装在 20#手术室、27#手术室和 28#手术室内使用，1 台滑轨 CT 将移动在 20#手术室和 22#手术室内使用；在四层内镜中心新建 1 间 ERCP 手术室，使用 1 台 ERCP。

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项目机房外周围 50m 区域。本项目拟建手术室位于临床诊疗中心四层手术中心，临床诊疗中心东侧为院内道路、绿地，南侧为院内道路、绿地、感染性疾病中心，西侧为院内道路、绿地等，北侧为院内道路、绿地、科创中心等，本项目评价范围示意图见图 7-1 所示，本项目相关场所控制区周围 50m 范围内，无学校、居民楼等敏感目标。

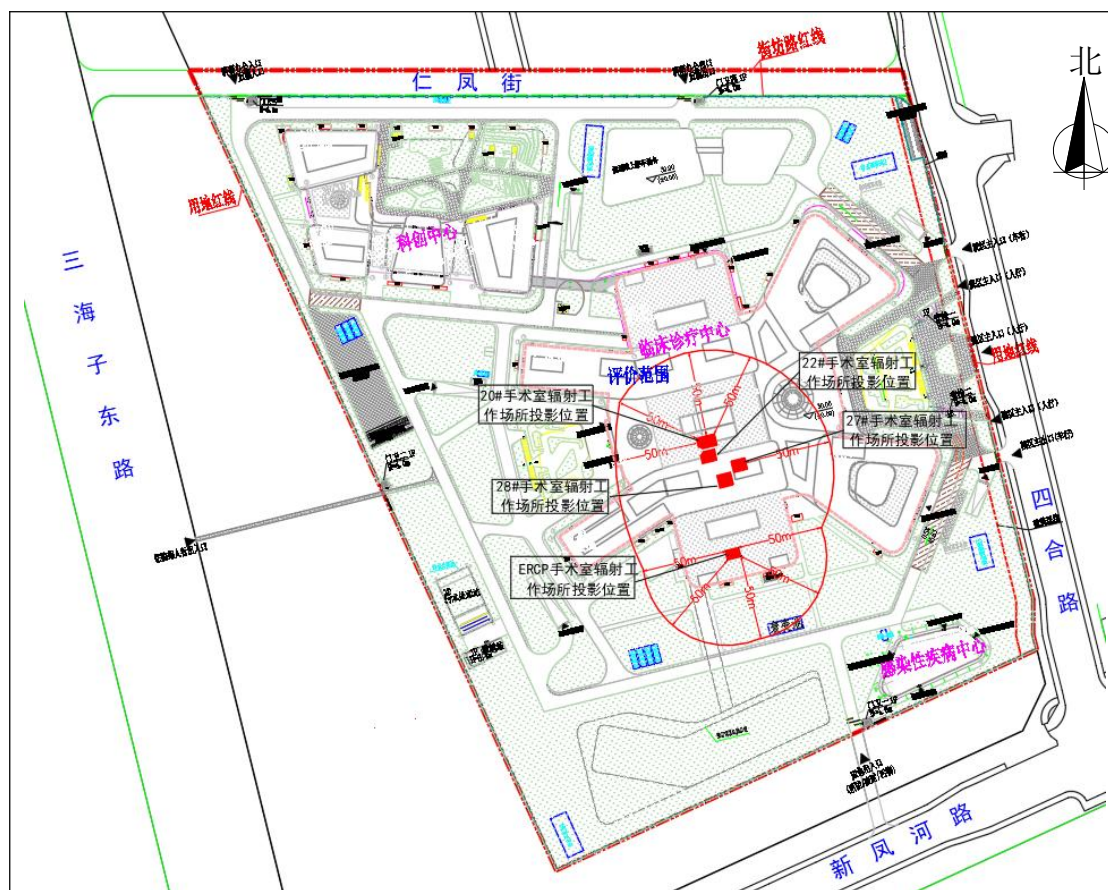


图 7-1 本项目评价范围示意图

7.2 环境保护目标

本项目辐射工作场所为新院区临床诊疗中心四层中部手术中心 20#手术室、22#手术室、27#手术室和 28#手术室及四层南部内镜中心 ERCP 手术室。手术中心所在区域东侧隔屋面为儿科诊室，南侧为日间手术、内镜中心，西侧为儿科病房，北侧为输血科、分娩区。内镜中心所在区域东侧隔楼外为儿科诊室，南侧为楼外，西侧为天井、日间手术，北侧隔楼外为儿科病房。

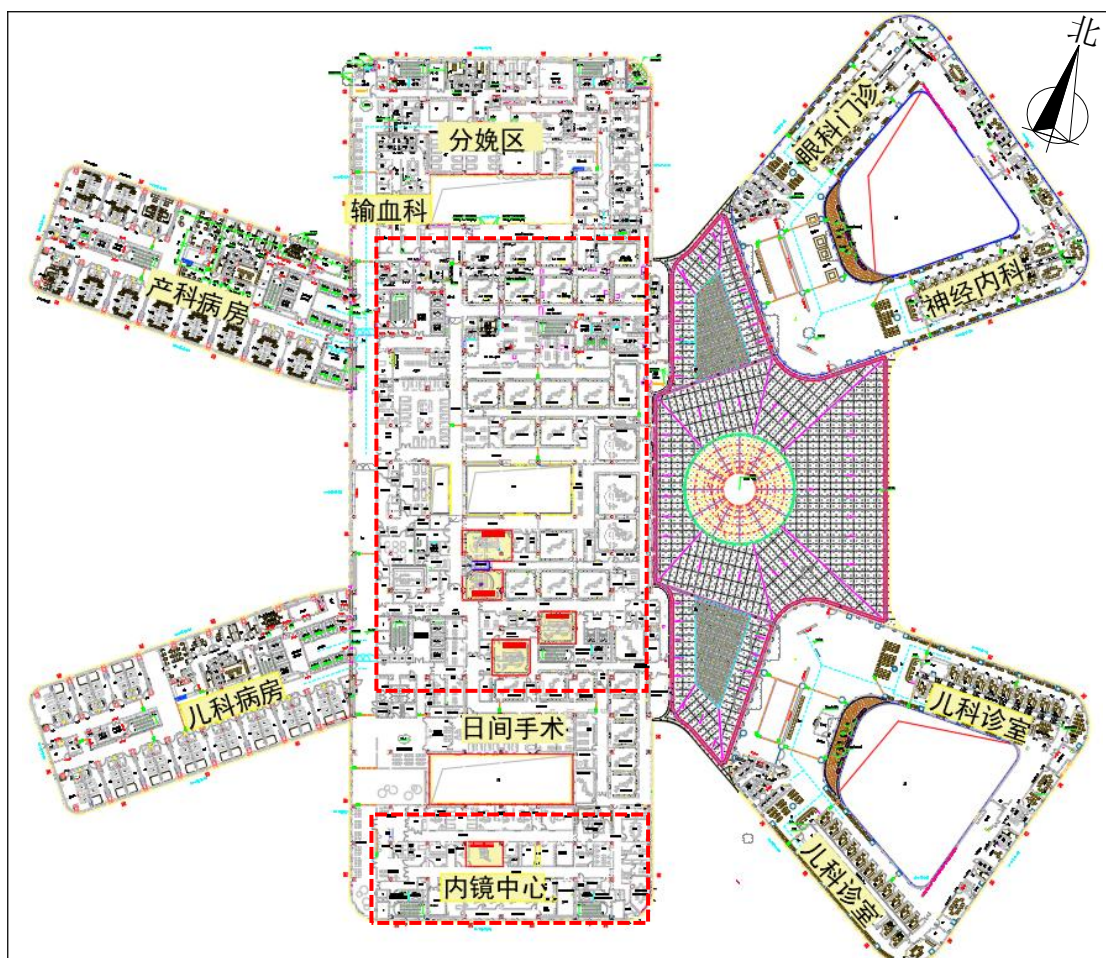


图 7-2 临床诊疗中心四层平面图

手术中心内设有 1#~28#手术室、设备间、敷料间、无菌品库、器械库、谈话间、麻醉准备间、苏醒间等。20#手术室东侧为操作间、设备间，南侧为清洁间、CT 停泊间，西侧为操作间、净化走廊，北侧为洁净走廊，楼上为值班、工作走廊、室外机平台，楼下为病房家属等候厅；22#手术室东侧为 23#手术室，南侧为洁净走廊，西侧为操作间、净化走廊，北侧为清洁间、CT 停泊间，楼上为接待、工作走廊、电池室，楼下为病房家属等候厅；27#手术室东侧为电梯厅，南侧为楼梯间，西侧为操作间、设备间，北侧为洁净走廊，楼上为工作走廊、手术净化机房，楼下为公共卫生间；28#手术室东侧为清洁走廊，南侧为 1#日间手术，西侧为操作间、缓冲，北侧为设备间、敷料间，楼上为工作走廊、汇流排间，楼下为医护走廊、更衣淋浴区。

内镜中心 ERCP 手术室，东侧为库房、物流井，南侧为公共走廊，西侧为操作间，北侧为公共走廊，楼下为 PICU，楼上为屋面。

根据项目特点及周围毗邻关系，确定主要环境保护目标主要为评价范围内

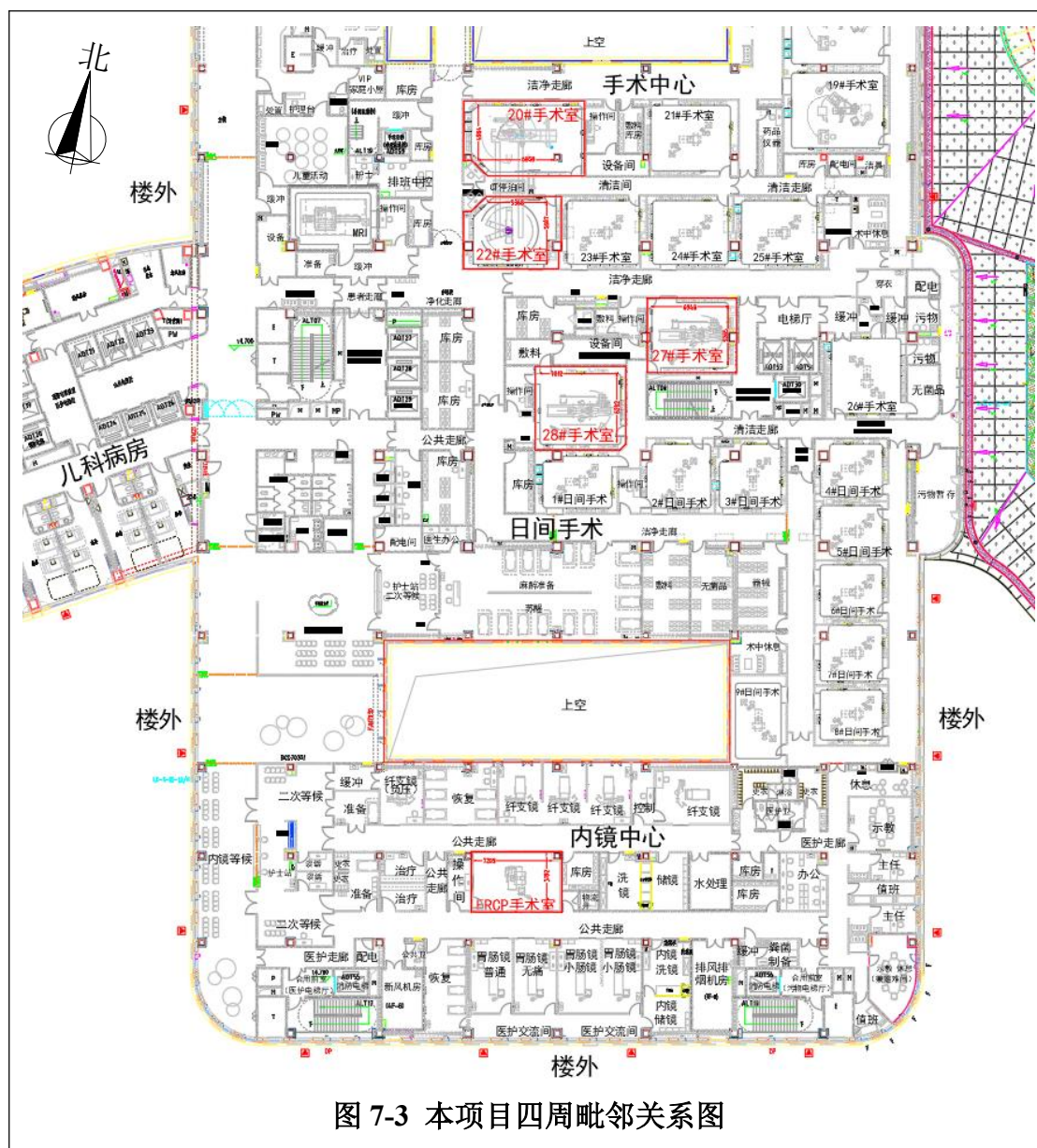
工作人员，以及场所周围活动的公众人员。本项目将采取有效的辐射防护与安全措施，确保射线装置工作时所致工作人员和周围公众的年受照射剂量低于本报告提出的剂量约束值。本项目评价范围见图 7-1 所示，项目边界周围 50m 范围内保护目标相关情况见表 7-1 所示。本项目四周毗邻关系见图 7-3，机房楼上、楼下关系图见图 7-4~7-5。

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	距离范围(m)	常居留人数(人)	方位	周围 50m 范围内主要场所
20#手术室	20#手术室工作人员	紧邻	6	东侧	20#手术室操作间、设备间等
	手术中心其他工作人员及公众	4~31	15~20		手术中心手术室
	/	32~50	/		屋面
	/	紧邻	/	南侧	清洁间、CT 停泊间
	手术中心其他工作人员及公众	4~26	15~20		手术中心手术室
	日间手术工作人员及公众	27~50	15~20		日间手术
	20#手术室工作人员	紧邻	2	西侧	操作间、净化走廊
	其他工作人员及公众	5~26	10~20		电梯厅、麻醉准备、儿童活动等
	其他工作人员及公众	27~50	15~20		儿科病房、四层楼外
	/	紧邻	/	北侧	洁净走廊、天井
	手术中心其他工作人员及公众	16~50	25~30		手术中心手术室
	/	紧邻	/	楼上	值班、工作走廊、室外机平台
	/	紧邻	/	楼下	病房家属等候厅
22#手术室	手术中心其他工作人员及公众	紧邻	6	东侧	23#手术室
	手术中心其他工作人员及公众	8~33	15~20		手术中心手术室
	/	34~50	/		屋面
	/	紧邻	/	南侧	洁净走廊
	手术中心其他工作人员及公众	4~17	5~10		手术中心手术室
	日间手术工作人员及公众	18~45	15~20		日间手术
	内镜中心工作人员及公众	46~50	5~10		内镜中心
	22#手术室工作人员	紧邻	6	西侧	操作间、净化走廊

27#手术室	其他工作人员及公众	5~26	10~20		电梯厅、麻醉准备、儿童活动等
	其他工作人员及公众	27~50	15~20		儿科病房、四层楼外
	/	紧邻	/	北侧	清洁间、CT 停泊间
	手术中心其他工作人员及公众	3~50	30~35		手术中心手术室
	/	紧邻	/	楼上	接待、工作走廊、电池室
	/	紧邻	/	楼下	病房家属等候厅
	/	紧邻	/	东侧	电梯厅
	手术中心其他工作人员及公众	8~21	10~15		手术中心手术室
	/	22~43	/		屋面
	其他工作人员及公众	44~50	5~10		儿科诊室
	/	紧邻	/	南侧	楼梯间
	日间手术工作人员及公众	6~35	15~20		日间手术
	内镜中心工作人员及公众	36~50	10~15		内镜中心
	27#手术室工作人员	紧邻	6	西侧	操作间、设备间
	其他工作人员及公众	3~41	10~20		电梯厅、麻醉准备、儿童活动等
	其他工作人员及公众	42~50	10~15		儿童病房
	/	紧邻	/	北侧	洁净走廊
	手术中心其他工作人员及公众	4~50	30~35		手术中心手术室
	/	紧邻	/	楼上	工作走廊、手术净化机房
	/	紧邻	/	楼下	公共卫生间
28#手术室	/	紧邻	/	东侧	清洁走廊
	手术中心其他工作人员及公众	3~31	15~20		手术中心手术室
	/	32~50	/		屋面
	1#日间手术工作人员及公众	紧邻	3~5	南侧	1#日间手术
	日间手术工作人员及公众	6~29	15~20		日间手术
	内镜中心工作人员及公众	30~50	15~20		内镜中心
	28#手术室工作人员	紧邻	6	西侧	操作间、缓冲区
	其他工作人员及	3~31	10~20		电梯厅、麻醉准备、

	公众				儿童活动等
	其他工作人员及公众	32~50	15~20		儿科病房
	/	紧邻	/	北侧	设备间、敷料间
	手术中心其他工作人员及公众	3~50	30~35		手术中心手术室
	/	紧邻	/	楼上	工作走廊、汇流排间
	/	紧邻	/	楼下	医护走廊、更衣淋浴区
	/	紧邻	/	东侧	库房、物流井
	内镜中心其他工作人员及公众	5~33	15~20		内镜中心
ERCP 手术室	/	34~50	/		楼外
	/	紧邻	/	南侧	公共走廊
	内镜中心其他工作人员及公众	3~12	10~15		内镜中心
	/	13~50	/		楼外
	ERCP 工作人员	紧邻	8	西侧	ERCP 操作间
	内镜中心其他工作人员及公众	3~26	15~20		内镜中心
	/	27~50	/		楼外
	/	紧邻	/	北侧	公共走廊
	内镜中心其他工作人员及公众	3~9	5~10		内镜中心
	/	10~20	/		天井
	日间手术、手术中心工作人员及公众	21~50	20~30		日间手术、手术中心
	/	紧邻	/	楼上	屋面
	公众	紧邻	1	楼下	PICU



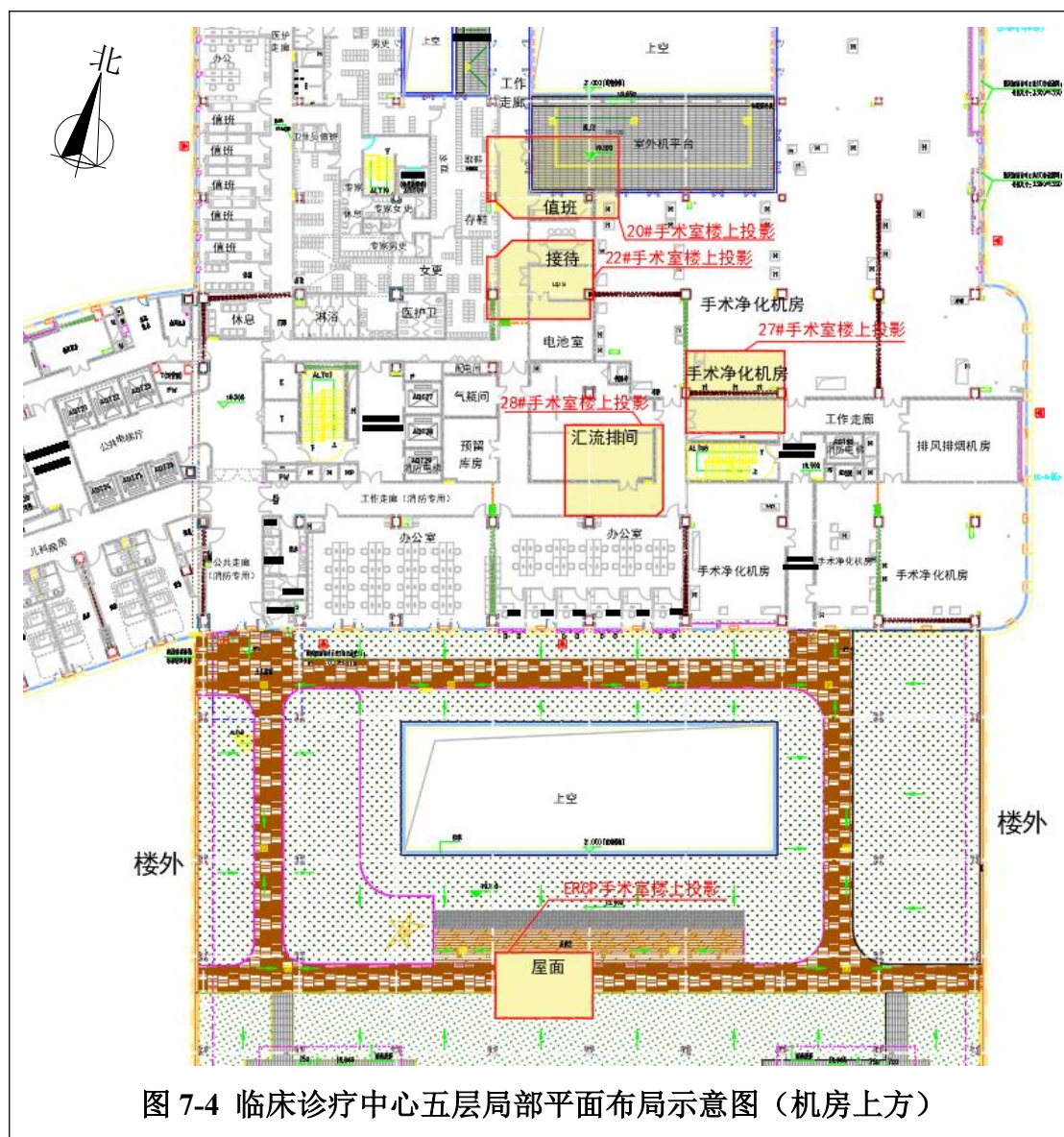
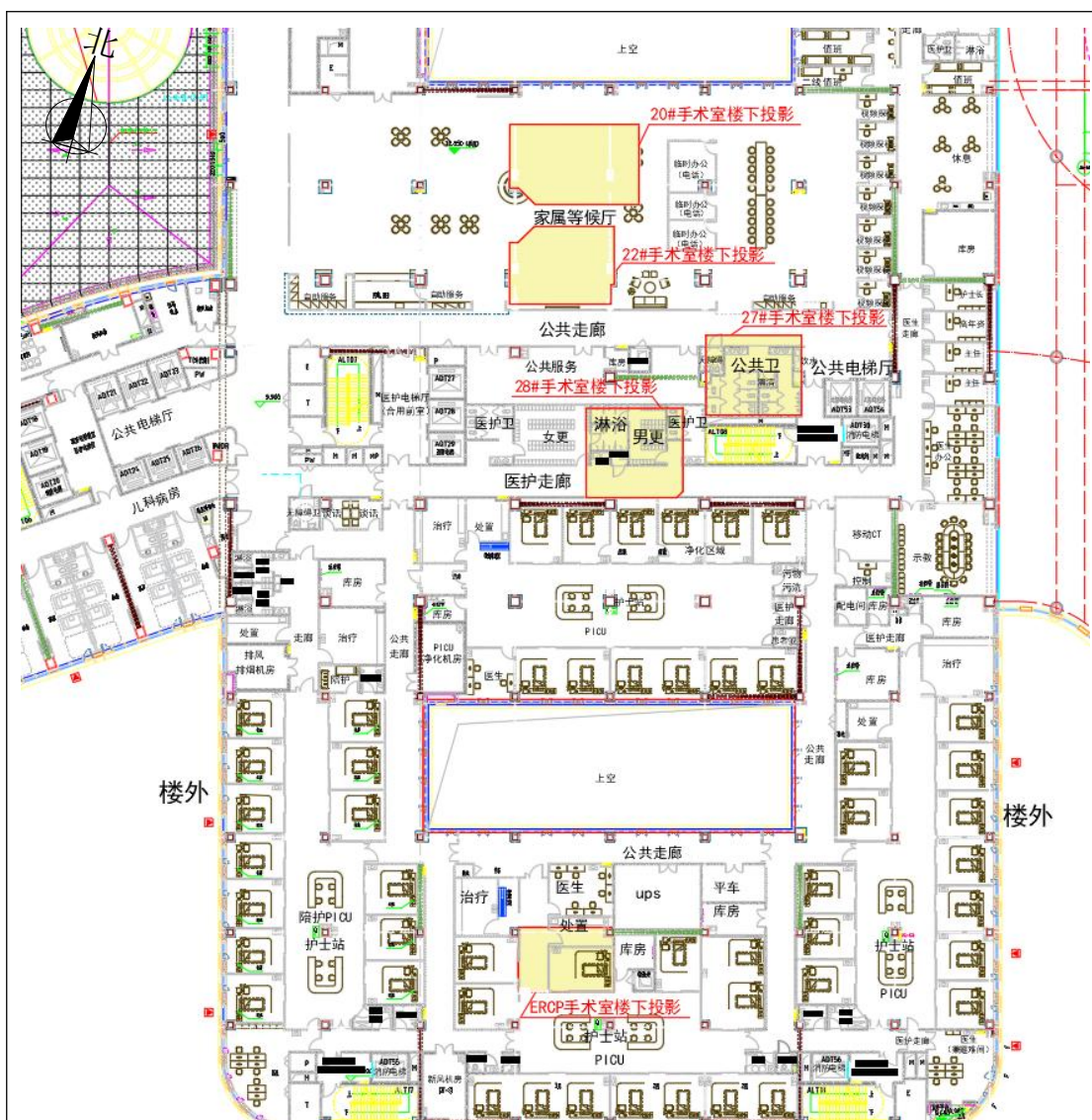


图 7-4 临床诊疗中心五层局部平面布局示意图（机房上方）



7.3 评价标准

表 7-2 个人剂量限值 (GB18871-2002)

7.3.2 剂量约束值

7.3.3 剂量率控制水平

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）第 6.3，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 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/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 2.5μSv/h；

c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/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 0.25mSv。

为了有效减少手术室内相邻场所医护人员和公众的受照剂量，五间手术室周围和屋顶的剂量当量率也不大于 2.5μSv/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 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5	

注：①此处 C 形臂 X 射线设备机房指 20#、27#、28#手术室。②参考根据“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），20#手术室 DSA+滑轨 CT 机房屏蔽防护铅当量为 2.5mm。

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：每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-4 的要求。

表 7-4 X 射线设备机房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)
双管头或多管头 X 射线 设备 (含 C 形臂)	30	4.5
CT 机 (不含头颅移动 CT)	30	4.5

注：①本项目 20#手术室、27#及 28#手术室 DSA 设备均为双管头 X 射线设备。②参考根据“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），本项目 20#手术室 DSA+滑轨 CT 机房内最小有效面积 30m²，最小单边长度 4.5m。

7.3.6 其他要求

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，确保在同一间机房内 DSA 设备和 CT 机不能同时出束。

当滑轨 CT 机仅用于配合 DSA 设备手术使用且停放在 DSA 设备机房内时，CT 机应设置明显的固定停放区域。

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，于 2026 年 3 月 12 日对本次新建的辐射工作场所周围进行了环境γ辐射剂量监测。

8.1.1 监测项目

环境γ辐射剂量率。

8.1.2 监测对象及点位布设

监测对象：本次监测针对拟建场所周边进行环境辐射现状监测。

监测点位：本次监测对拟建场所在区域及周边进行环境地表γ辐射剂量率监测，监测点位布设见图 8-1。

8.1.3 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。

(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。测量点距地面 1m，间隔 30s 测读 1 次，每个测量点测量 10 次，取平均值。

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	AT1121/20171220	DLjl2026-01593/2027年2月4日 DLjl2026-00544/2027年1月15日	测量范围：50nSv/h~10Sv/h； 能量范围：15keV~10MeV； 相对响应之差：<±25%。

8.1.4 监测依据

(1) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）。

8.1.5 监测结果

环境γ辐射剂量率的监测数据见表 8-2。

表 8-2 拟建临床诊疗中心区域环境γ辐射剂量率检测结果

检测点编号	检测点位置	γ辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)
1	拟建临床诊疗中心点位 1	101±3
2	拟建临床诊疗中心点位 2	100±5

3	拟建临床诊疗中心点位 3	103±3
4	拟建临床诊疗中心点位 4	101±4
5	拟建临床诊疗中心点位 5	103±4
6	拟建临床诊疗中心点位 6	99±4
7	拟建临床诊疗中心点位 7	99±4
8	拟建临床诊疗中心点位 8	103±4
9	拟建临床诊疗中心点位 9	101±5
10	拟建临床诊疗中心点位 10	100±7
11	拟建临床诊疗中心点位 11	101±2
12	拟建临床诊疗中心点位 12	102±3
13	拟建临床诊疗中心点位 13	105±2

注：检测结果包含检测仪器在检测点处的宇宙射线响应值（30nGy/h）；检测时仪器探头中心距离地面为 1m。

8.2 监测结果评价

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，拟建临床诊疗中心区域的环境 γ 辐射剂量率为 95~107nGy/h，为北京市的天然本底范围之内，未发现异常高值。

1、拟建临床诊疗中心布局图

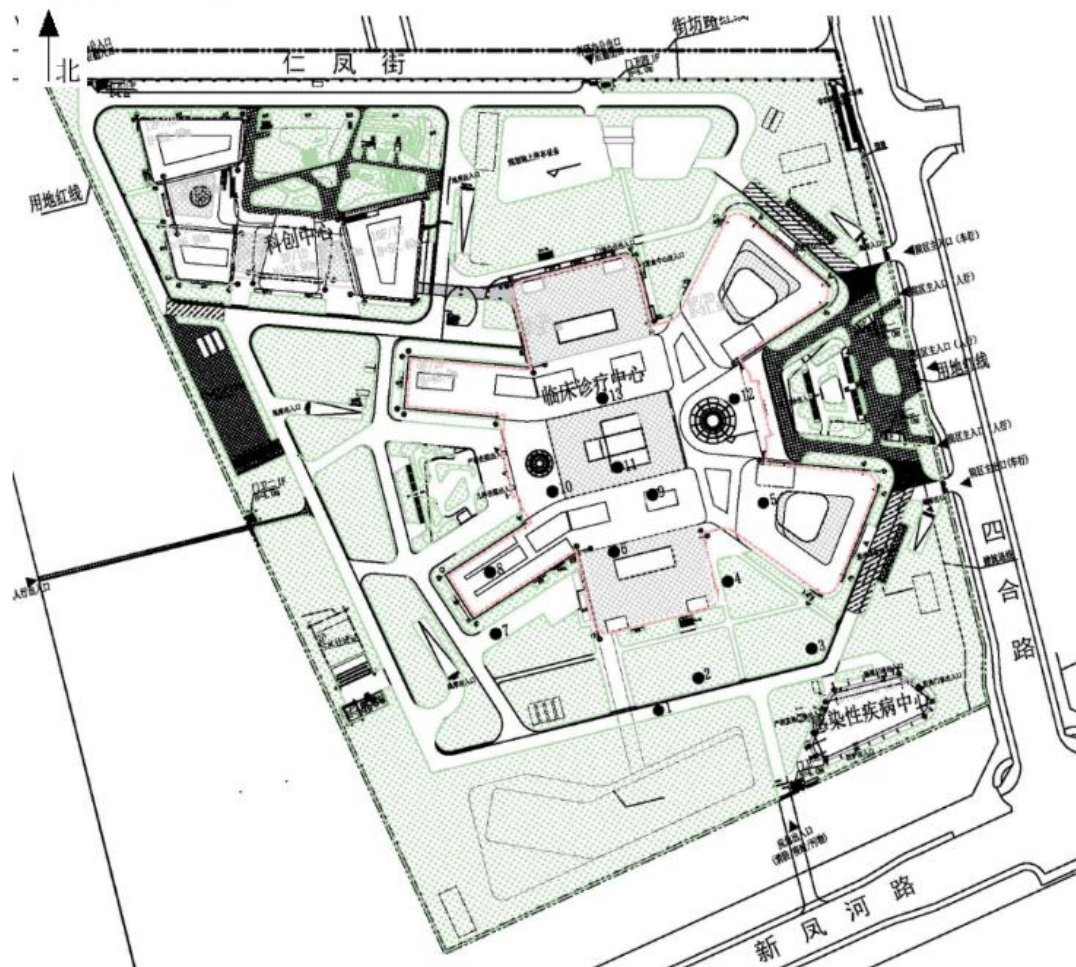


图 8-1 检测布点示意图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备

9.1.1 手术中心

9.1.1.1 血管造影机（DSA）工作原理

数字减影血管造影机为采用 X 射线进行成像的技术设备，主要由 X 射线管、高压电源和数字平板探测器等组成，是利用人体不同的组织或者组织与造影剂密度的差别，对 X 射线吸收能力不同的特点，透射人体的 X 射线使数字平板探测器显影，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。目前主要有两种诊断方法：即透视和摄影。

数字减影血管造影机（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、图像处理技术等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。

DSA 适用于心脏大血管的检查。对心内解剖结构异常、主动脉夹层、主动脉瘤、主动脉缩窄和分支狭窄以及主动脉发育异常等显示清楚。对冠状动脉也是最好的显示方法。显示颈段和颅内动脉清楚，用于诊断颈段动脉狭窄或闭塞、颅内动脉瘤、动脉闭塞和血管发育异常，以及颅内肿瘤供血动脉的观察等。本项目 DSA 设备主要开展心血管介入、神经血管介入和外周血管介入治疗等工作。典型双管球设备如图 9-1 所示。



图 9-1 同类血管造影机典型设备图（双管球）

9.1.1.2CT 工作原理

医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置主要由 X 射线管、高压发生器、探测器、计算机成像系统、控制装置和诊断床等组成, 它根据人体不同组织和病变对 X 射线吸收系数不同, 利用高灵敏光子探测技术, 先进的数据处理方法和显示技术, 由探测器接收扫描层面 X 射线的衰减值并转化为电信号, 再经过模数和数模转换器, 由计算机系统处理成不同灰度的像素矩阵显示在电脑屏幕上, 从而把探测的结果用一系列准确而详细的组织层面图像显示出来, 便能得到有关组织结构的立体形象和病变情况, 达到诊断的目的。其同类型设备如图 9-2 所示。



图 9-2 同类型滑轨 CT 装置照片

9.1.1.3DSA-CT 复合设备组成、布置和用途

20#手术室除使用 DSA 进行介入诊疗外, 还使用滑轨 CT 进行患者的术中定位 (DSA 和 CT 设备共用一个手术床)。复合型 DSA-CT 设备外观如图 9-3 所示。DSA 和 CT 分开放置, 通过滑轨精准移动设备, 实现结构上和功能上的融合。患者接受 DSA 介入治疗过程中, 如果需要 CT 进行影像检查确认, 无需更换手术床, 可先关闭 DSA 设备, 将其移到存放位置, 并将 CT 通过滑轨移至 DSA 手术床, 直接进行 CT 扫描。扫描时与常规 CT 不同的是, CT 机架通过滑轨步进, 这样可以保证患者在不移动的情况下开展两种影像设备的检查, 提高了治疗的效率及临床的安全性。

本项目拟在 20#手术室和 22#手术室内共用滑轨 CT 装置 (提高移动 CT 的

使用效率），故在布局设计时，将 20#手术室和 22#手术室中间设置 CT 停泊间，20#手术室和 22#手术室南北向毗邻，20#手术室位于 22#手术室正北侧，20#手术室 DSA 操作间位于 20#手术室东侧，CT 操作共用西侧操作间，详见图 9-4 所示。

在 CT 停泊间与 20#手术室和 22#手术室之间设置了屏蔽墙和可通过 CT 的折叠防护门，CT 停泊间与 20#手术室、22#手术室之间共设 2 个折叠防护门，均为三折叠式，北侧折叠防护门与 20#手术室相隔，南侧折叠防护门与 22#手术室相隔，平面布置见图 9-4。这样，CT 在 22#手术室内使用时，不会影响 20#手术室的正常使用。



图 9-3 DSA-CT 设备外观示意图



图 9-4 20#手术室、22#手术室布局示意图

本项目 20#手术室和 22#手术室共用 1 个 CT 操作间，CT 设备共设有 2 个

控制台，在 20#手术室西南侧 CT 操作间观察窗位置设置 1 个 CT 控制台，在 22#手术室西北侧 CT 操作间观察窗位置设置 1 个 CT 控制台，2 个 CT 控制台设置互锁装置，当 1 个控制台启动时，通过系统软件控制，另一个控制台自动锁闭。在 20#手术室东侧操作间观察窗位置设置 1 个 DSA 控制台。

在系统安装时，将 DSA 安装于北侧的 20#手术室内，顶部设移动 DSA 设备的滑轨，地面设 CT 滑轨。将 CT 储存在 20#手术室机房南侧的 CT 停泊间，地面设滑轨与北侧 22#手术室相通。墙体部分为钢框架+3mm 铅屏蔽；折叠防护门为三联体电动推拉门，可向西侧移动并折叠（每扇门之间搭接 100mm），屏蔽材料为 3mm 铅，两扇折叠门设置互锁（一扇门开启时，另一扇门锁住不能开启）。

9.1.2 内镜中心

9.1.2.1 内镜逆行胰胆管造影装置（ERCP）工作原理

ERCP 设备主要由三类核心部分构成，其中核心内镜系统以十二指肠镜为核心，凭借可弯曲镜身经口抵达胰胆管开口所在的十二指肠降部，通过工作通道供器械穿行、操控手柄调整位置，并结合光源成像模块清晰观察定位乳头；辅助成像系统包含 C 臂 X 线机与造影剂注射装置，前者能实时透视并拍摄胰胆管显影图像，后者推注非离子型碘造影剂让胰胆管显影，帮助医生看清管内病变；介入治疗器械则有插管导丝、导管（用于送造影剂）、球囊或探条扩张器（扩张狭窄处）、取石网篮或球囊（取出结石）等，可在诊断的同时完成治疗操作。ERCP 装置由高压电源和 X 射线管组成，其中 X 射线管位于治疗床下方，由阴极、阳极和聚焦器组成，出束方向只能朝上。利用高压电源加热阴极灯丝使之发射电子，电子被加速后打在阳极金属靶上，因韧致辐射效应而产生 X 射线。常见 ERCP 设备外观图见图 9-5。



图 9-5 常见 ERCP 装置整体外观示意图

9.2 操作流程

9.2.1 手术中心

9.2.1.1 DSA 操作流程

数字减影血管造影机（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。

数字减影血管造影机（DSA）操作流程及产污环节如下图所示。

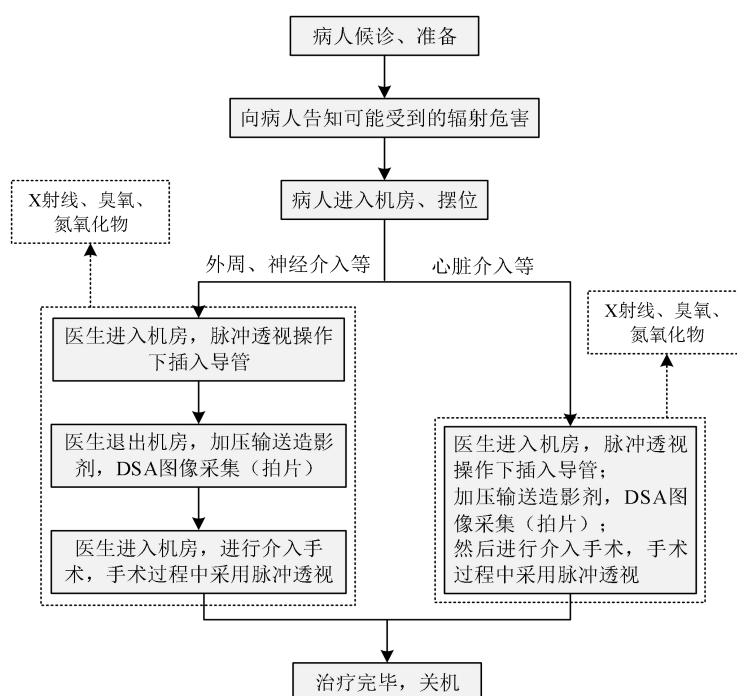


图 9-6 数字减影血管造影机（DSA）操作流程及产污环节示意图

(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) 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、佩戴铅眼镜等个人防护用品进行防护。

出束时间与手术性质（如心血管、外周介入手术等）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。

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

(5) 介入手术完成后，拔管按压穿刺部位后包扎，关闭射线装置。

工作量预计：本项目拟配备 32 名辐射工作人员（18 名医师、8 名技师（含 2 名放射科 CT 技师）和 6 名护士，其中 3 名医师为新增）。按照每台手术配备 2 名医师、1 名技师和 1 名护士，则本项目 DSA 医师可分为 9 组（每组 2 名医师）、每台 DSA 可分别配备 2 名技师和 2 名护士。本项目建成启用后，预计新增 DSA 每年每台手术量一般不超过 1300 例，考虑到将来手术量增加等情况，保守每年每台按不超过 1500 例估算，参与轮班的医师可分为 9 组，每组平均年手术量不超过 500 例，本项目保守按每名医师全年手术量 500 例进行剂量估算。参与介入手术的护士、技师按每年最大手术量 1500 例估算。滑轨 CT 机将用于配合 20#手术室进行术中定位 500 例，并配合外科手术进行术前定位 1000 例。

9.2.1.2 DSA-CT 操作流程

20#手术室除使用 DSA 进行介入诊疗外，还使用 CT 进行患者的术中定位，具体流程如下：

(1) CT 模式：在 20#手术室使用 CT 时，DSA 须先处于停泊位，并且手术床处于 CT 可移动的位置上，并触发信号位置开关时，此时才可将 CT 滑动机架从 CT 停泊间停泊位沿导轨自动移至 20#手术室内工作位，当 CT 设备移动出停泊位时，DSA 设备则为锁止状态。在 CT 移动过程中到达工作区域时触发线性

控制开关，信号灯亮起 CT 才可进行曝光操作。在 20#手术室内使用 CT 模式下，因软硬件互锁 DSA 系统的所有移动和曝光功能均被禁用。在 20#手术室内使用 CT 机前，工作人员须对 20#手术室开展清场，确保场所内无人员滞留：并确保 CT 在 DSA 机房工作期间各防护门处于关闭状态。

（2）CT 模式改为 DSA 模式：CT 使用结束后，通过系统设置自动将 CT 滑动机架移出 20#手术室后到达 CT 停泊间的停止位并触发信号位置开关时，DSA 才能回至工作位置，正常启动。

9.2.1.3 DSA 与滑轨 CT 联锁设置

DSA-CT 系统设有安全控制系统，从移动互锁和曝光互锁两个方面确保 CT 和 DSA 不能同时使用，并且通过 Angio-CT 指示灯指示设备是否处于锁止状态。

移动互锁：DSA 的锁止预设的停车位电机位置控制，是由 CT 的锁止停车位导轨下方的行程开关控制。1）当 DSA 和 CT 都处于停泊位，并且手术床处于 CT 可以移动的位置上，Angio-CT 指示灯绿灯亮起。此时 CT 和 DSA 均可移动。当一台设备移出停泊位时，另一台设备为锁止状态。2）CT 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 可以正常曝光，DSA 处于移动锁止和曝光锁止状态。3）DSA 在停泊位或转移过程中不能进行 X 光曝光操作。当 DSA 进入工作区域时，此时 DSA 可以正常曝光，CT 处于移动锁止和曝光锁止状态。

曝光互锁：DSA 和 CT 使用的系统是西门子同一套软件系统 Syngo system，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。DSA 使用时，高压发出 X 射线触发信号，触发 CT-DSA 联动控制模块，使 CT 控制为低电平状态，此时 CT 不能加高压产生 X 射线。同理，CT 高压发出 X 射线触发信号，触发 CT-DSA 联动控制模块，使 DSA 控制为低电平状态，此时 DSA 不能加高压产生 X 射线。

9.2.2 内镜中心

9.2.2.1 ERCP 操作流程

ERCP 主要用于胰胆管疾病诊断以及治疗，具体工作流程及产污环节见图 9-7。

(1) 待诊断的患者进入 ERCP 手术室，在医务人员的安排协助下准备好，等待诊断治疗。

(2) 医务人员对患者进行消毒处理，插入内镜，通过十二指肠乳头输送导管进入胆管或胰腺管，在胰胆管造影 X 射线机透视下注射造影剂，此过程会产生 X 射线。

(3) 医务人员离开机房，操作胰胆管造影 X 射线机，采取隔室的操作方式，进行胰胆管造影成像检查病症。部分手术操作医生需在机房内操作胰胆管造影 X 射线机进行胰胆管手术治疗，手术完成后，离开机房进行摄影记录。此过程会产生 X 射线。

(4) 医生利用胰胆管造影图像进行药物治疗，治疗结束后，患者离开机房。

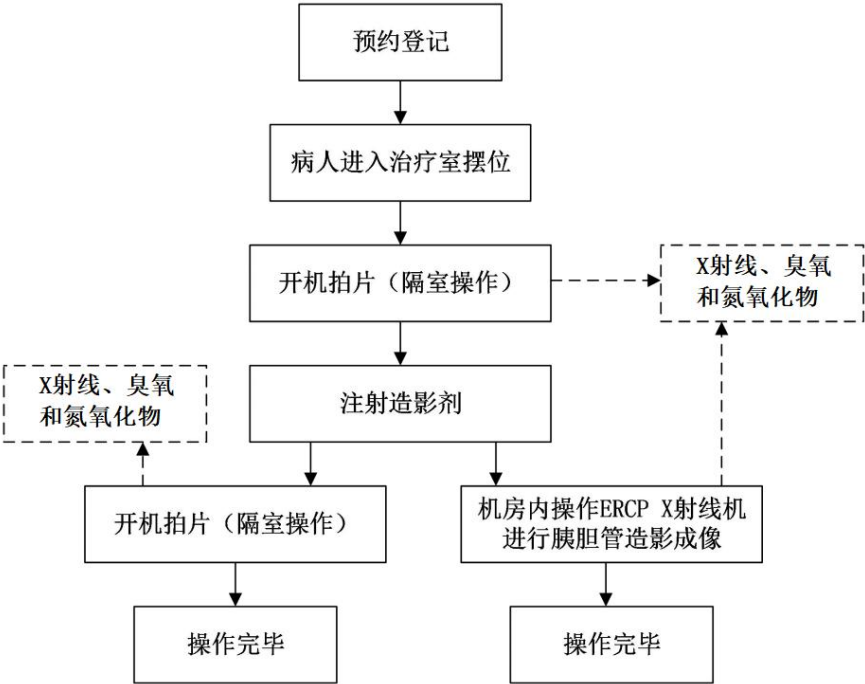


图 9-7 ERCP 手术工作流程及产污环节示意图

工作量预计：本项目 ERCP 拟配备 8 名辐射工作人员（4 名医师、2 名技师和 2 名护士（其中 1 名医师及 1 名技师为新增））。按照每台手术配备 2 名医师、1 名技师和 1 名护士，则本项目 ERCP 医师可分为 2 组（每组 2 名医师）。本项目建成启用后，预计新增 ERCP 每年手术量一般不超过 1000 例，参与轮班的医师可分为 2 组，每组平均年手术量不超过 500 例，本项目保守按每名医师全年手术量 500 例进行剂量估算。参与介入手术的护士、技师按每年最大手术量 1000 例估算。

9.3 污染源描述

9.3.1 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他放射性废气、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。

9.3.2 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 X 射线装置使用过程中, 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。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, 但由于该项目数字减影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) 人员误入机房受到辐射照射。

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

本项目拟在医院新院区临床诊疗中心四层中部手术中心新建 4 间机房，包括 20#手术室、22#手术室、27#手术室和 28#手术室，拟新增 3 台 DSA 及 1 台滑轨 CT，其中 3 台 DSA 设备将分别安装在 20#手术室、27#手术室和 28#手术室内使用，1 台滑轨 CT 将移动在 20#手术室和 22#手术室内使用；在四层南部内镜中心新建 1 间 ERCP 手术室，新增使用 1 台 ERCP。

10.1.1.1 手术中心

手术中心内设有 1#~28#手术室、设备间、敷料间、无菌品库、器械库、谈话间、麻醉准备间、苏醒间等。20#手术室东侧为操作间、设备间，南侧为清洁间、CT 停泊间，西侧为操作间、净化走廊，北侧为洁净走廊，楼上为值班、工作走廊、室外机平台，楼下为病房家属等候厅；22#手术室东侧为 23#手术室，南侧为洁净走廊，西侧为操作间、净化走廊，北侧为清洁间、CT 停泊间，楼上为接待、工作走廊、电池室，楼下为病房家属等候厅；27#手术室东侧为电梯厅，南侧为楼梯间，西侧为操作间、设备间，北侧为洁净走廊，楼上为工作走廊、手术净化机房，楼下为公共卫生间；28#手术室东侧为清洁走廊，南侧为 1#日间手术，西侧为操作间、缓冲，北侧为设备间、敷料间，楼上为工作走廊、汇流排间，楼下为医护走廊、更衣淋浴区。

20#手术室东墙为 DSA 操作间，东墙与操作间拟设置铅玻璃观察窗和连通门（称操作间门 M11），西墙设 CT 操作间（与 22#手术室共用 CT 操作间），机房与北墙设置与患者连通门（称受检者门 M21），机房与南墙拟设置与清洁间连通门（称污物门 M31），机房南墙与 CT 停泊间拟设置连通门（称停泊间门 M41）。

22#手术室（CT 室）西墙为操作间（与 20#手术室共用 CT 操作间），机房南墙设置与医护、患者连通门（称受检者门 M22），机房与北墙拟设置与清洁走廊连通门（称污物门 M32）。机房北墙与 CT 停泊间拟设置连通门（称停泊间门 M42）。

27#手术室西墙为操作间，西墙与操作间拟设置铅玻璃观察窗和连通门（称

操作间门 M13），机房与北墙设置与患者连通门（称受检者门 M23），机房与西墙南段拟设置与清洁走廊连通门（称污物门 M33）。

28#手术室西墙为操作间，西墙北段与操作间拟设置铅玻璃观察窗和连通门（称操作间门 M14），机房与西墙南段设置与患者连通门（称受检者门 M24），机房与东墙拟设置与清洁走廊连通门（称污物门 M34），机房北侧设置与敷料间连通门（称敷料间门 M44）。

20#、27#、28#手术室内检查床旁均拟设置铅防护帘，床上方拟设置悬挂铅玻璃防护屏。工作人员拟同室近台和位于操作间操作设备，手术前工作人员穿戴防护用品并刷手后经操作间门 M11、M13、M14 进入手术室，患者从受检者门 M21、M23、M24 进入手术室，手术后污物从 M31、M33、M34 运出机房。

22#手术室工作人员经西侧操作间门进入 CT 停泊间，由 CT 停泊间折叠防护门 M42 进入机房，患者从受检者门 M22 进入，污物从北侧污物门 M32 运出，20#手术室和 22#手术室中间设置 CT 停泊间，设置 2 个防护门 M41、M42，用于 CT 在 CT 停泊间与 20#手术室、22#手术室两个机房之间移动。

工作人员同室近台和位于操作间操作设备，DSA 摄影曝光时，医师除存在临床不可接受的情况外工作人员均拟回到操作间进行操作，护士、技师都在操作间；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，技师通常都在操作间。CT 仅进行隔室操作。机房采用空调通风，不设采光窗。

10.1.1.2 内镜中心

本项目内镜中心 ERCP 手术室，东侧为库房、物流井，南侧为公共走廊，西侧为操作间，北侧为公共走廊，楼下为 PICU，楼上为屋面。

工作人员同室近台和位于操作间操作设备，ERCP 摄影曝光时，医师除存在临床不可接受的情况外工作人员均拟回到操作间进行操作，护士、技师都在操作间；ERCP 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，技师通常都在操作间。

本项目机房拟采取的屏蔽防护设施如表 10-1 所示。

表 10-1 机房屏蔽材料及厚度情况一览表

序号	场所名称	机房有效面积	屏蔽墙体方向	屏蔽材料及厚度
1	20#手术室	33.9m ²	东、南、西、北墙	龙骨+3mm 铅

		(4.96m×6.85m)	顶棚	20cm 混凝土+ 9cm 细石混凝土
			地板	25cm 混凝土
			操作间门 M11	3mm 铅
			受检者门 M21	3mm 铅
			污物门 M31	3mm 铅
			停泊间门 M41	3mm 铅
			观察窗	3mm 铅当量铅玻璃
2	22#手术室 (CT 室)	30.0m ² (5.36m×5.60m)	东、南、西、北墙	龙骨+3mm 铅
			顶棚	20cm 混凝土+ 9cm 细石混凝土
			地板	25cm 混凝土
			受检者门 M22	3mm 铅
			污物门 M32	3mm 铅
			停泊间门 M42	3mm 铅
			观察窗	3mm 铅当量铅玻璃
3	27#手术室	36.6m ² (6.94m×5.28m)	东、南、西、北墙	龙骨+3mm 铅
			顶棚	20cm 混凝土+ 9cm 细石混凝土
			地板	25cm 混凝土
			操作间门 M13	3mm 铅
			受检者门 M23	3mm 铅
			污物门 M33	3mm 铅
			观察窗	3mm 铅当量铅玻璃
4	28#手术室	43.4m ² (7.01m×6.20m)	东、南、西、北墙	龙骨+3mm 铅
			顶棚	20cm 混凝土+ 9cm 细石混凝土
			地板	25cm 混凝土
			操作间门 M14	3mm 铅
			受检者门 M24	3mm 铅
			污物门 M34	3mm 铅
			敷料间门 M44	3mm 铅
5	ERCP 手术 室	37.3m ² (7.20m×5.19m)	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃
			东、南、西、北墙	龙骨+3mm 铅
			顶棚	25cm 混凝土+ 8cm 细石混凝土
			地板	25cm 混凝土+ 8cm 细石混凝土
			操作间门 M15	3mm 铅
			受检者门 M25	3mm 铅
			观察窗	3mm 铅当量铅玻璃

注：混凝土及细石混凝土密度均不低于2.35g/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 本项目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*	单独机房	√	单独机房
2*	操作部位局部屏蔽防护设施	√	20#、27#、28#手术室均拟新增铅悬挂防护屏 1 个、床侧防护帘 1 个、移动铅防护屏风 1 个；ERCP 手术室拟新增铅悬挂防护屏 1 个、床侧防护帘 1 个
3*	医护人员的个人防护	√	20#、27#、28#手术室及 ERCP 手术室均拟配铅衣、铅橡胶颈套各 4 件；铅眼镜、铅手套各 4 副
4*	患者防护	√	20#、22#、27#、28#手术室及 ERCP 手术室均拟新增铅围裙、铅橡胶颈套各 1 件
5*	机房门窗防护	√	铅防护门、铅玻璃观察窗
6*	闭门装置	√	5 间机房的受检者门，20#及 22#手术室 CT 停泊间的门均为电动平移门；操作间门、污物门、敷料间门均为手动平开门，拟配自闭器。
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*	监测仪器	√	拟新增 2 台便携式辐射巡测仪
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 机房辐射防护措施

（1）机房采取实体屏蔽和铅屏蔽措施，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）辐射分区：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，操作间、CT 停泊间、设备间、敷料间为监督区。

（3）警告标志：受检者门 M21、M22、M23、M24、M25，停泊间门 M41、M42 均设为有自动延时关闭和防夹保护功能的电动平移门。操作间门 M11、M13、M14、M15，污物门 M31、M32、M33、M34，敷料间门 M44 为手动平开门，拟设置自闭器。为防止 X 射线机在运行过程中其他人员误入机房而受到不必要的照射，拟在该项目所有机房防护门外醒目位置设置电离辐射警告标志。

（4）门控开关：拟在机房的受检者门墙上设置电动控制开关，用于控制机房门的开启和关闭。

（5）门灯连锁：拟在与机房相连的所有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”。工作状态指示灯的供电线路拟与各机房内照明灯供电线路的控制开关连接，指示灯的控制开关拟与机房各防护门关联，拟不设置独立控制开关。当接通各机房内照明灯供电电源时，指示灯具备供电条件；当同时关闭机房各防护门时，指示灯均亮起；当打开机房任意一个防护门时，指示灯同时熄灭。

（6）语音对讲：机房内拟设有语音对讲系统，并在操作间墙上设有观察窗。

（7）急停：DSA 设备诊疗床上的控制台拟设置急停按钮。

（8）机房操作部位局部拟采取下列屏蔽防护设施：20#、27#、28#手术室及 ERCP 手术室的床侧悬挂含 0.5mm 铅当量的床侧防护帘 1 个，床上悬挂可移动 0.5mm 铅当量的铅悬挂防护屏 1 个，20#、27#、28#手术室各设置移动式铅屏风 1 个，用于阻挡散、漏射线对辐射工作人员的照射。

（9）医院配备符合防护要求的辅助防护用品，拟为每间 DSA 机房（20#、27#、28#手术室）及 ERCP 手术室配置工作人员防护用品，包括 0.5mm 铅当量的铅衣、铅橡胶颈套各 4 件；0.25mm 铅当量的铅眼镜，0.025mm 铅当量的铅手套 4 副；拟为每间手术室配置 0.5mm 铅当量的受检者防护用品，包括铅围裙、铅橡胶颈套各 1 件。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。

（10）辐射工作人员均佩戴个人剂量计。

（11）本项目拟新增 2 台便携式辐射巡测仪，用于开展自行监测。

（12）机房拟采用空调进行通风，防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积。

（13）家属等候区拟设置放射防护知识宣传栏。

（14）机房配备火灾报警系统，配有灭火用品。

（15）DSA-CT 联锁：DSA-CT 系统设有安全控制系统，从移动互锁和曝光互锁两个方面确保 CT 和 DSA 不能同时使用，并且通过 Angio-CT 指示灯指示设备是否处于锁止状态。当 DSA 处于停泊位，并且手术床处于 CT 可以移动的位置上，Angio-CT 指示灯绿灯亮起，CT 可移动，当 CT 进入工作区域时，Angio-CT 指示灯黄灯亮起，此时 CT 可以正常曝光，DSA 处于移动锁止和曝光锁止状态。将 CT 移动至停泊位，DSA 才能回至工作位置，正常启动。此时 CT 在停泊

位，不能移动，不能出束，CT 工作状态指示灯灭。DSA 和 CT 使用的系统是西门子同一套软件系统 Syngo system，并 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。

本项目辐射安全设施布置及分区图见图 10-1、10-2。

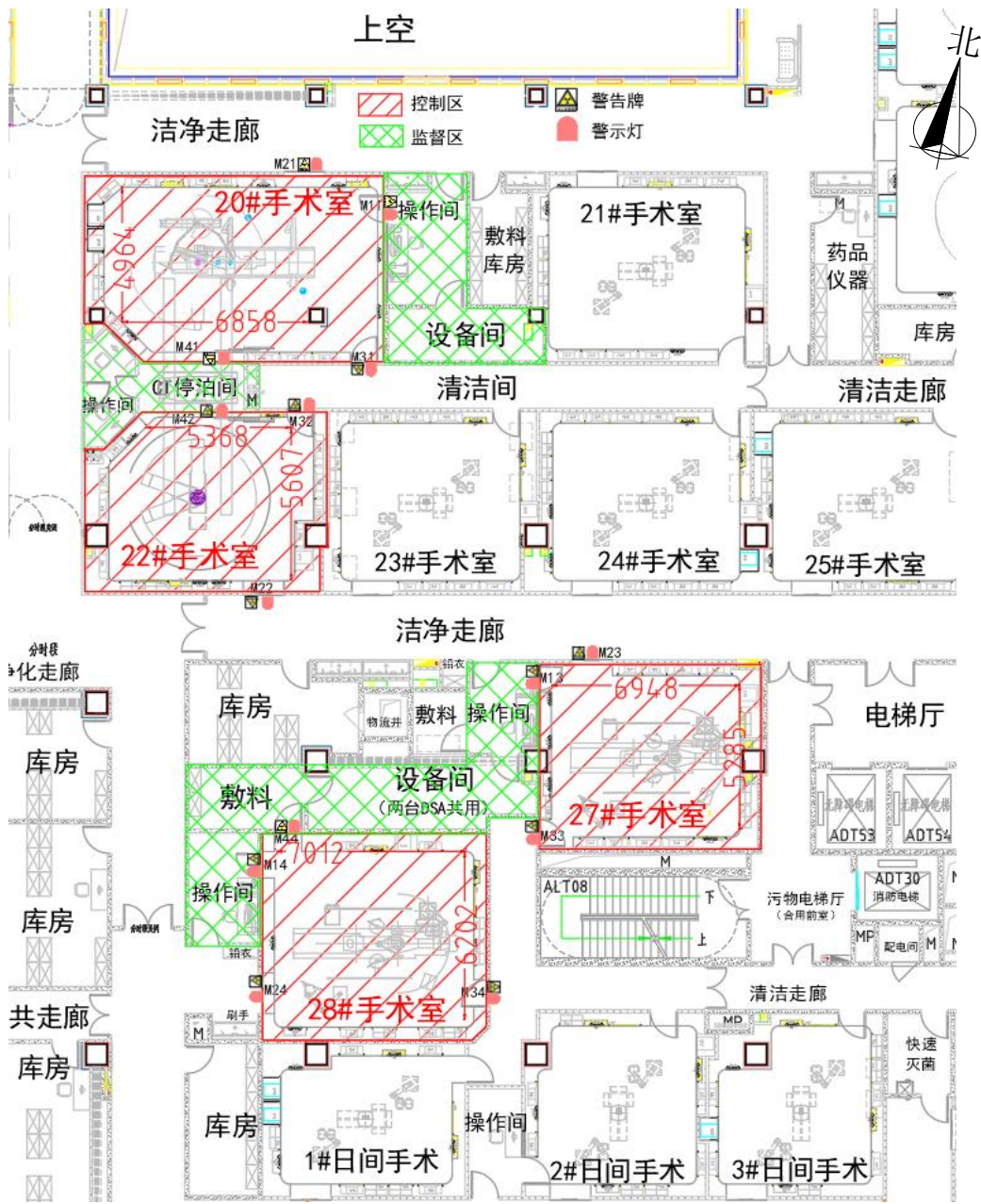


图 10-1 手术中心手术室辐射安全设施布置及分区图

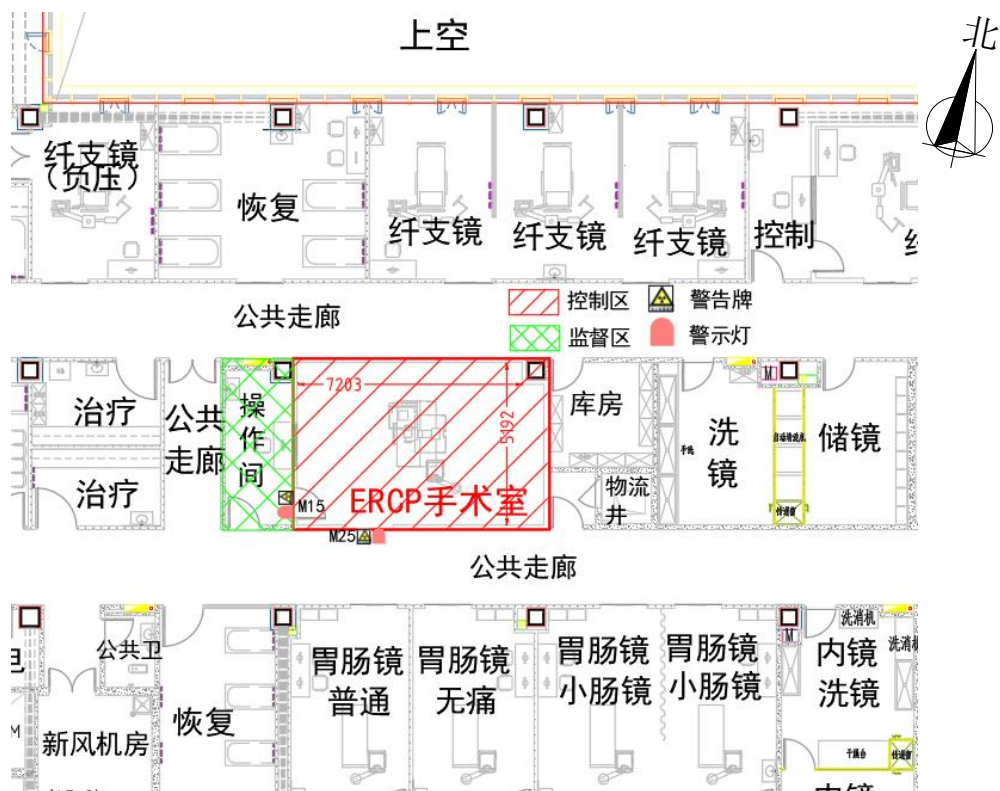


图 10-2 ERCP 手术室辐射安全设施布置及分区图

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
20#手术室	东、南、西、北墙	龙骨+3mm 铅	3mm	2.5mm	是
	顶棚	20cm 混凝土+9cm 细石混凝土	3.5mm (4.5mm) *	2.5mm	是
	地板	25cm 混凝土	3mm (3.9mm) *	2.5mm	是
	操作间门 M11	3mm 铅	3mm	2.5mm	是
	受检者门 M21	3mm 铅	3mm	2.5mm	是
	污物门 M31	3mm 铅	3mm	2.5mm	是
	停泊间门 M41	3mm 铅	3mm	2.5mm	是
	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃	3mm	2.5mm	是
	机房有效尺寸：4.96m×6.85m，有效面积 33.9m 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）。等效铅当量为相对于 CT 的等效铅当量，括号内为相对于 DSA 设备等效铅当量。				是
22#手术室	东、南、西、北墙	龙骨+3mm 铅	3mm	2.5mm	是
	顶棚	20cm 混凝土+9cm 细石混凝土	3.5mm	2.5mm	是
	地板	25cm 混凝土	3mm	2.5mm	是

	受检者门 M22	3mm 铅	3mm	2.5mm	是
	污物门 M32	3mm 铅	3mm	2.5mm	是
	停泊间门 M42	3mm 铅	3mm	2.5mm	是
	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃	3mm	2.5mm	是
	机房有效尺寸：5.36m×5.60m，有效面积 30m 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）。				
27#手术室	东、南、西、北墙	龙骨+3mm 铅	3mm	2mm	是
	顶棚	20cm 混凝土+9cm 细石混凝土	4.5mm	2mm	是
	地板	25cm 混凝土	3.9mm	2mm	是
	操作间门 M13	3mm 铅	3mm	2mm	是
	受检者门 M23	3mm 铅	3mm	2mm	是
	污物门 M33	3mm 铅	3mm	2mm	是
	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃	3mm	2mm	是
机房有效尺寸：6.94m×5.28m，有效面积 36.6m 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
28#手术室	东、南、西、北墙	龙骨+3mm 铅	3mm	2mm	是
	顶棚	20cm 混凝土+9cm 细石混凝土	4.5mm	2mm	是
	地板	25cm 混凝土	3.9mm	2mm	是
	操作间门 M14	3mm 铅	3mm	2mm	是
	受检者门 M24	3mm 铅	3mm	2mm	是
	污物门 M34	3mm 铅	3mm	2mm	是
	敷料间门 M44	3mm 铅	3mm	2mm	是
	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃	3mm	2mm	是
机房有效尺寸：7.01m×6.20m，有效面积 43.4m 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
ERCp 手术室	东、南、西、北墙	龙骨+3mm 铅	3mm	2mm	是
	顶棚	25cm 混凝土+8cm 细石混凝土	5mm	2mm	是
	地板	25cm 混凝土+8cm 细石混凝土	5mm	2mm	是
	操作间门 M15	3mm 铅	3mm	2mm	是
	受检者门 M25	3mm 铅	3mm	2mm	是
	机房有效尺寸：7.20m×5.19m，有效面积 37.3m 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）				
备注：①混凝土及细石混凝土密度均不低于 2.35g/cm ² ，参照 GBZ 130-2020 表 C，对于管电压 100kV（有用线束）情况下 190mm 混凝土相当于 3mmPb，20cm 混凝土+9cm 细石混凝土相当于 4.5mmPb，25cm 混凝土相当于 3.9mmPb；25cm 混凝土+8cm 细石混					

混凝土相当于 5mmPb；②参照 GBZ 130-2020 表 C，对于对于 140kV（CT），249mm 混凝土相当于 3mmPb，本项目 20cm 混凝土+9cm 细石混凝土相当于 3.5mmPb，25cm 混凝土相当于 3mmPb。

表 10-4 本项目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/铅防护吊帘、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	—
机房配备情况	20#、27#、28#手术室及 ERCP 手术室均拟新增铅衣、铅橡胶颈套各 4 件，铅眼镜、铅手套各 4 副。	20#、27#、28#手术室均拟新增铅悬挂防护屏 1 个、床侧防护帘 1 个、移动铅防护屏风 1 个；ERCP 手术室拟新增铅悬挂防护屏 1 个、床侧防护帘 1 个	每间手术室均拟新增铅围裙、铅颈套各 1 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 项目执行《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 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	已成立辐射防护领导小组，并在该机构设置专职管理人员。	符合
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。	本项目拟配备 40 名辐射工作人员（其中手术中心配备 18 名医师（含 3 名新增）、8 名技师（含 2 名放射科 CT 技师）和 6 名护士，内镜中心配备 4 名医师（含 1 名新增），2 名技师（含 1 名新增），2 名护士）。所有辐射工作人员均须参加辐射安全和防护专业知识考核，取得合格证后方可上岗。	落实后符合

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。	拟修订完善相应的操作规程，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。	辐射工作人员拟配备个人剂量计，拟新增 2 台便携式辐射巡测仪，用于开展自行监测。	落实后符合
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。	已制定规章制度，如射线装置操作规程、岗位职责及辐射防护和安全保卫制度、射线装置检修维护制度、人员考核计划、监测方案等。本项目建成后拟完善操作规程、监测方案等。	落实后符合
7	有完善的辐射事故应急措施。	已制定辐射事故应急措施。	近期符合
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 项目执行《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。	机房拟设置醒目的电离辐射警告标志及配有“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。	落实后符合
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。	近期符合
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。	本项目拟配备40名辐射工作人员（其中手术中心配备18名医师（含3名新增）、8名技师（含2名放射科CT技师）和6名护士，内镜中心配备4名医师（含1名新增），2名技师（含1名新增），2名护士）。所有辐射工作人员均须参加辐射安全和防护专业知识考核，取得合格证后方可上岗。	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。	为所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）。	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。	委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测。	近期符合

10.2 三废的治理

本项目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 建设或安装过程的环境影响

本项目在建设和安装阶段无辐射产生，对周围环境没有辐射影响。

本次评价项目涉及屏蔽体的浇筑、建筑装饰、设备安装等，在项目建设过程中，应采取污染防治措施，减轻对周边地区的环境影响。项目建设期主要的污染因子有：噪声、废水、固体废弃物和扬尘，本项目简要说明。

1、声环境影响分析

该项目施工期的噪声主要来源于机房屏蔽体浇筑、相关设施安装调试等阶段，但该评价项目的建设工程，影响期短暂，且在地面下施工，对周围环境影响小。因此，合理安排施工时间，夜间禁止高噪声机械作业，对周围的影响不大。

2、大气环境影响分析

施工期，扬尘来自材料搬运、装卸等施工活动，由于扬尘源多且分散，属于无组织排放。受施工方式、设备、气候等因素制约，产生的随机性和波动性大。本项目施工量较少，施工范围较小，对环境影响较小，土建工程结束后即可恢复。

3、水环境影响分析

本工程施工污水主要来自少量施工废水。施工废水主要包括砂石料加工水。施工废水含泥沙和悬浮物，直接排出会阻塞排水管道和对附近水体造成污染。对此，施工单位应对施工废水进行妥善处理。

4、固体废物影响分析施工期间固体废物主要为建筑垃圾。施工过程中的建筑垃圾和生活垃圾必须集中处理，严禁随意堆放和倾倒。生活垃圾应置于公司内部垃圾收集箱内。施工建筑垃圾委托有资质的渣土运输公司处置，运垃圾的专用车每次装完垃圾后，用苫布盖好，避免途中遗撒和运输过程中造成扬尘。可以使工程建设产生的垃圾处于可控制状态。

综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取上述措施进行污染防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

11.2 项目运行（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

拟建的 5 间机房及相关场所位于医院新院区临床诊疗中心四层，临床诊疗中心四周为院内道路和绿地等，评价范围 50m 范围内均为医院内部，无敏感目标。

临床诊疗中心四层手术中心内设有 1#~28#手术室、设备间、敷料间、无菌品库、器械库、谈话间、麻醉准备间、苏醒间等。20#手术室东侧为操作间、设备间，南侧为清洁间、CT 停泊间，西侧为操作间、净化走廊，北侧为洁净走廊，楼上为值班、工作走廊、室外机平台，楼下为病房家属等候厅；22#手术室东侧为 23#手术室，南侧为洁净走廊，西侧为操作间、净化走廊，北侧为清洁间、CT 停泊间，楼上为接待、工作走廊、电池室，楼下为病房家属等候厅；27#手术室东侧为电梯厅，南侧为楼梯间，西侧为操作间、设备间，北侧为洁净走廊，楼上为工作走廊、手术净化机房，楼下为公共卫生间；28#手术室东侧为清洁走廊，南侧为 1#日间手术，西侧为操作间、缓冲，北侧为设备间、敷料间，楼上为工作走廊、汇流排间，楼下为医护走廊、更衣淋浴区。

20#手术室（DSA 机房）南侧设置了 CT 停泊间，与 20#手术室之间设置实体屏蔽墙与设备折叠防护门。CT 可用于 20#手术室和 22#手术室，当 CT 在 22#手术室使用时，关闭 20#手术室与 CT 停泊间之间的折叠防护门，20#手术室和 22#手术室不会互相影响。CT 设备平时贮存在 CT 停泊间，在 CT 停泊间时机器不开启，不存在设备误开对手术室工作人员误照的问题。

内镜中心 ERCP 手术室，东侧为库房、物流井，南侧为公共走廊，西侧为操作间，北侧为公共走廊，楼下为 PICU，楼上为屋面。

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，操作间、CT 停泊间、设备间、敷料间为监督区。两区分区合理，符合辐射防护要求。

由项目所在楼层及手术室平面布局可见，与射线装置相关的各辅助用房紧密布置于射线装置机房周围，整体布局紧凑，且患者通道、医护人员路线相对合理，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，本项目两区划分明确，平面布局既满足介入诊疗工作要求，又有

利于辐射防护，评价认为本项目平面布局合理。

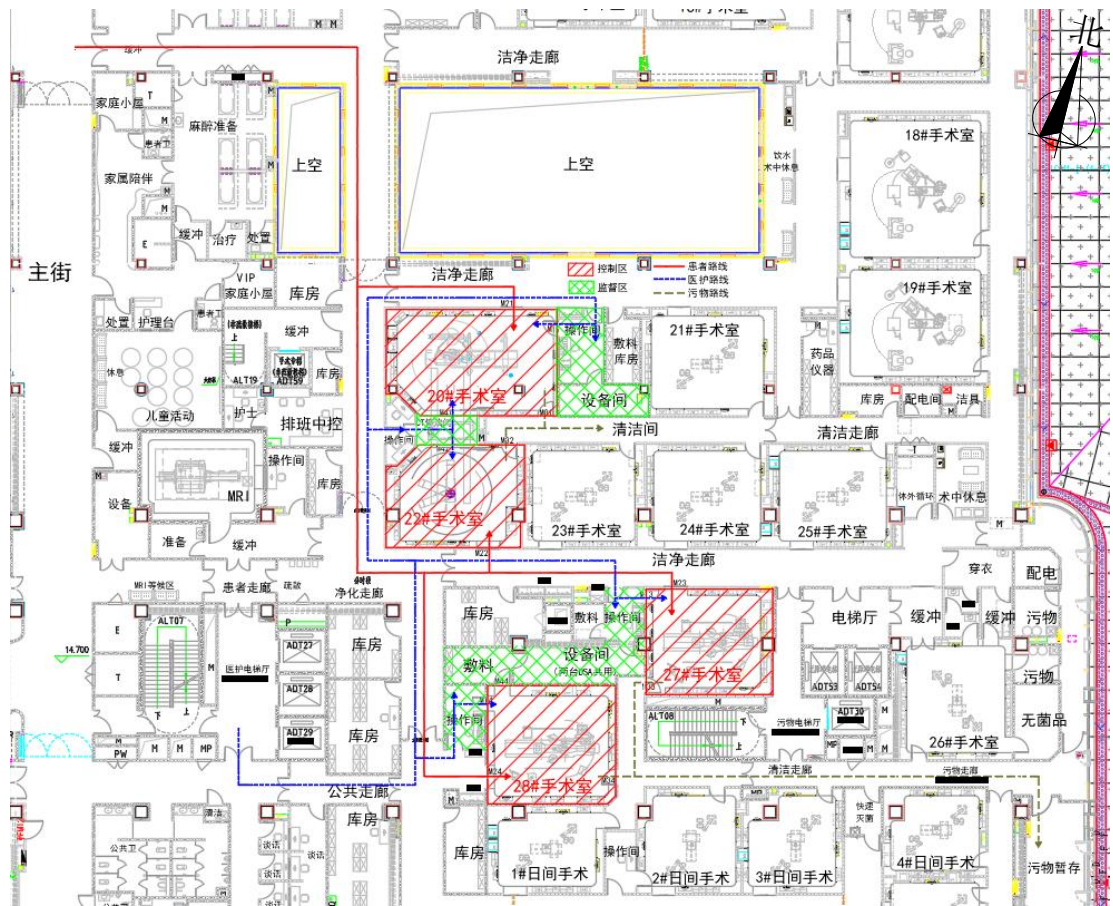


图 11-1 本项目手术中心辐射工作场所分区和路由平面布局图



图 11-2 本项目 ERCP 手术室辐射工作场所分区和路由平面布局图

11.2.2 设备参数和使用规划

(1) 设备技术参数

本项目拟在医院新院区临床诊疗中心四层手术中心新建 4 间机房，包括 20#

手术室、22#手术室、27#手术室和 28#手术室，拟新增 3 台 DSA 及 1 台滑轨 CT，其中 3 台 DSA 设备将分别安装在 20#手术室、27#手术室和 28#手术室内使用，1 台滑轨 CT 将移动在 20#手术室和 22#手术室内使用。新增的 3 台数字减影血管造影机（DSA）均为双管球设备，最大管电压为 125kV，最大管电流不大于 1000mA。新增的 1 台滑轨 CT，最大管电压 140kV，最大管电流 1250mA。双管球与单管球 DSA 的工作流程一致，主要是节约旋转 C 型臂的时间，缩短了手术时间。

临床诊疗中心四层内镜中心拟新建 1 间 ERCP 手术室，新增使用 1 台 ERCP，最大管电压不大于 125kV，最大管电流不大于 1000mA。

（2）使用规划

①手术中心

本项目 DSA 主要用于心血管介入、神经血管介入和外周血管介入治疗等诊疗程序，本项目建成启用后，预计新增 DSA 每年每台手术量一般不超过 1300 例，考虑到将来手术量增加等情况，保守每年每台按不超过 1500 例估算，配备 32 名辐射工作人员（医师 18 名，技师 8 名（含 2 名固定放射科技师），护士 6 名），参与轮班的医师可分为 9 组，每组平均年手术量不超过 500 例，本项目保守按每名医师全年手术量 500 例进行剂量估算，参与介入手术的护士、技师按每年最大手术量 1500 例估算。根据经验数据，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	年手术量 (例)	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(技) 近台操作时 间(min)	摄影时护(技) 近台操作时 间(min)
冠心病介入 (冠状动脉造影 +放置支架)	150	12	1	12	1	3	0.25
心脏导管射频消 融、心内起搏器 植入	100	5	0.5	5	0.5	1.3	0.13
心血管介入治疗 (包括先心病和 心律失常等)	300	5	1	5	1	1.3	0.13
神经介入治疗	150	8	1	8	1	2.5	0.5
脑血管介入	200	10	1	10	1	2.5	0.25
外周血管介入	500	10	2	10	2	2.5	0.5
其它	100	8	1	8	1	2	0.25

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）时都在控制室；②技师都在操作间操作，不在导管室内。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。④护士、技师机房外的透视和摄影工作按每年最大手术量 1500 例修正后的时间进行估算。

根据美国 NCRP147 报告，心脏血管造影比外周血管造影和神经血管造影的工作负荷、泄漏辐射与侧向散射的空气比释动能都大，因此本项目透视以心脏血管造影模式和摄影以外周介入治疗的工况进行估算，其单台手术透视和摄影工作状态的累积出束时间分别为12min和2min，500例手术透视和摄影工作状态的累积出束时间分别为100h和16.7h，总计116.7h。本项目医师的机房内工作时间按500例手术透视工作状态的累积出束时间按100h进行估算；护士的机房内工作时间按1500例手术透视工作状态的累积出束时间300h进行估算；护士、技师机房外的透视和摄影工作按每年最大手术量1500例修正后，护士、技师机房外透视和摄影时间保守取300h和50.1h进行估算。

②内镜中心

本项目ERCP主要用于胰胆管疾病诊断以及治疗等，项目建成启用后，预计新增ERCP每年手术量一般不超过1000例，配备8名辐射工作人员（医师4名，技师2名，护士2名），参与轮班的医师可分为2组，每组平均年手术量不超过500例，本项目保守按每名医师全年手术量500例进行剂量估算，参与介入手术的护士、技师按每年最大手术量1000例估算。

ERCP手术出束时间参照DSA，500例手术透视和摄影工作状态的累积出束时间分别为100h和16.7h，总计116.7h。医师的机房内工作时间按500例手术透视工作状态的累积出束时间按100h进行估算；护士的机房内工作时间按1000例手术透视工作状态的累积出束时间200h进行估算；护士、技师机房外的透视和摄影工作按每年最大手术量1000例修正后，护士、技师机房外透视和摄影时间保守取200h和33.4h进行估算。

11.2.3 辐射环境影响评价

11.2.3.1 DSA 模式、ERCP 手术时手术室外剂量率估算

手术中DSA、ERCP设备运行分为透视和摄影（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、ERCP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、ERCP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，因此在估算手术室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保守按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 $500\text{mA} \times 15\text{帧/s} \times 0.01\text{s/帧} \times 2\text{min} + 10\text{mA} \times 12\text{min} = 270\text{mA} \cdot \text{min}$ （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 $160\text{mA} \cdot \text{min/患者}$ 的要求（神经外周造影最大为 $64\text{mA} \cdot \text{min/患者}$ ），因此本项目的估算条件是保守的。

ERCP内镜介入诊疗，临床既可以实现隔室操作，复杂手术工况下也需要医护人员在机房内近台同室开展手术，诊疗场景与DSA血管介入诊疗一致，两类手术过程均存在长时间透视、脉冲采集曝光，机房散射辐射产生条件、单次手术出束时长、辐射暴露特征高度一致。因此本次ERCP手术室屏蔽计算的评价思路、剂量估算方法、单次手术曝光出束时间均参照DSA介入机房开展。

（1）散射辐射+泄漏辐射

$$\dot{H}_s = \frac{\dot{H}_{01}}{R^2} \times B \times \frac{F \times \alpha}{400 \times R_0^2} \quad (11-1)$$

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

$\dot{H}_{01}$ —为距DSA设备靶点1m处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

R —散射面中心点到关注点的距离，m；

B —已知屏蔽墙厚度的衰减因子；

R_0 —辐射源点（靶点）至散射体的距离，0.6m；

F — R_0 处的辐射野面积， m^2 （取 400cm^2 ）；

α —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 辐射源与屏蔽>（李德平 潘自强 主编）

表10.1，取100kV X线90°方向400cm²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 4.692mGy/mA·min，则设备在上述摄影工况时有用束的剂量率为 4.692mGy/mA·min×500mA×60min/h×15帧/s×0.01s/帧=21.1Gy/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，则摄影工况下，1m处侧向散射辐射剂量率为 76.2mGy/h。泄漏辐射取有用束输出量的0.1%，为21.1mGy/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97.3mGy/h。双管球同时出束时1m处剂量率取泄漏和侧向散射辐射的总的剂量率为单管球的双倍，即194.6mGy/h。

（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，μGy/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，本项目拟合参数取100kV管电压的散射线的相关参数（铅：2.507、15.33、0.9124）。

由于透视模式下剂量率水平小于摄影模式，本项目场所周围剂量率以摄影模式估算。根据上述估算方法得出摄影工况下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 11-2~11-3，手术室楼上、楼下剖面图见图 11-4~11-5。

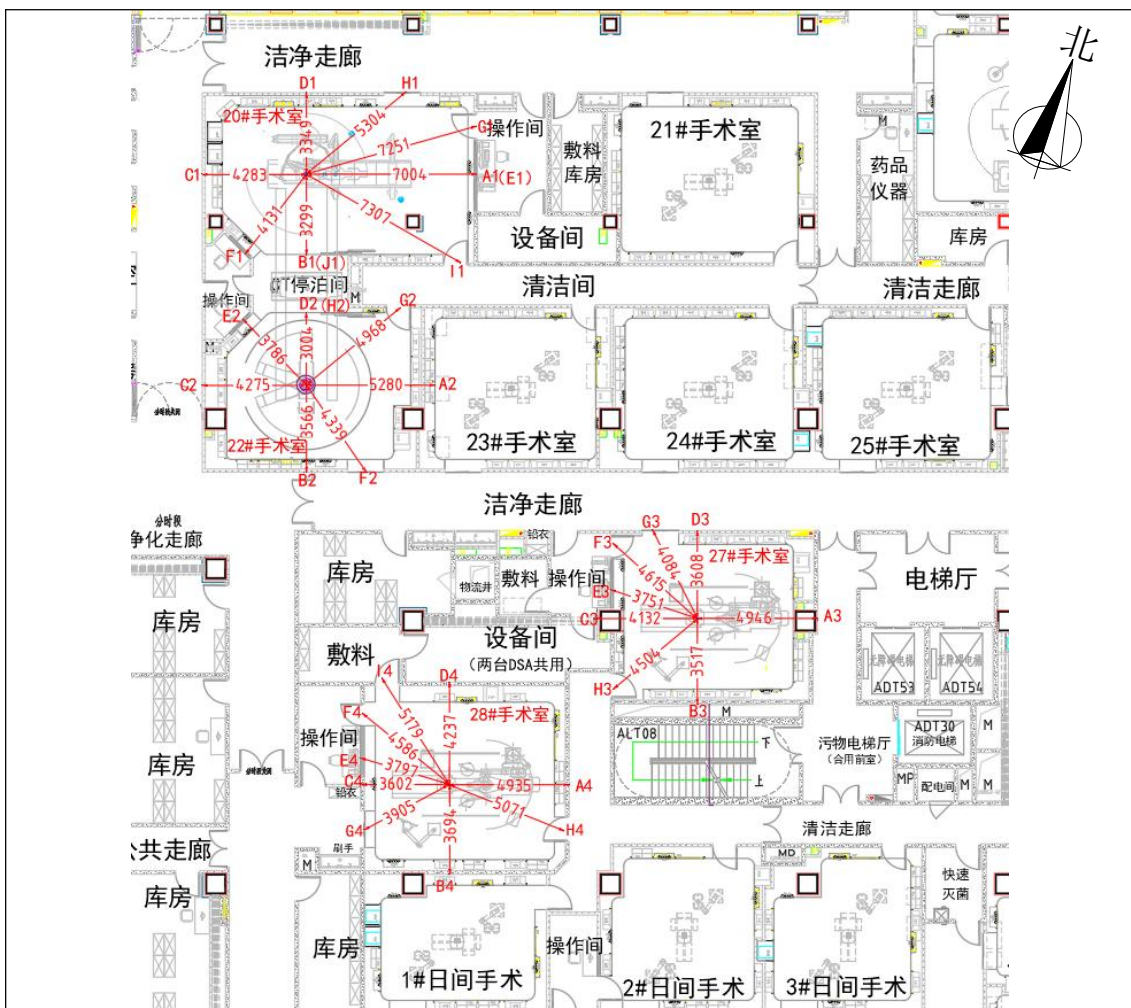


图 11-2 手术中心手术室估算点位示意图

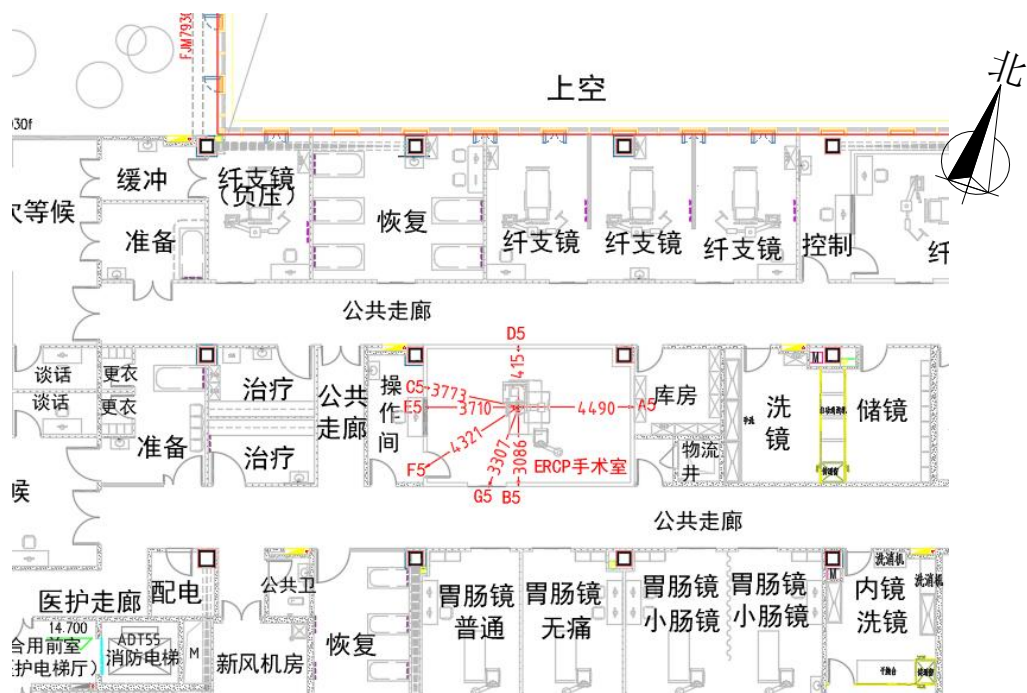


图 11-3 ERCP 手术室估算点位示意图

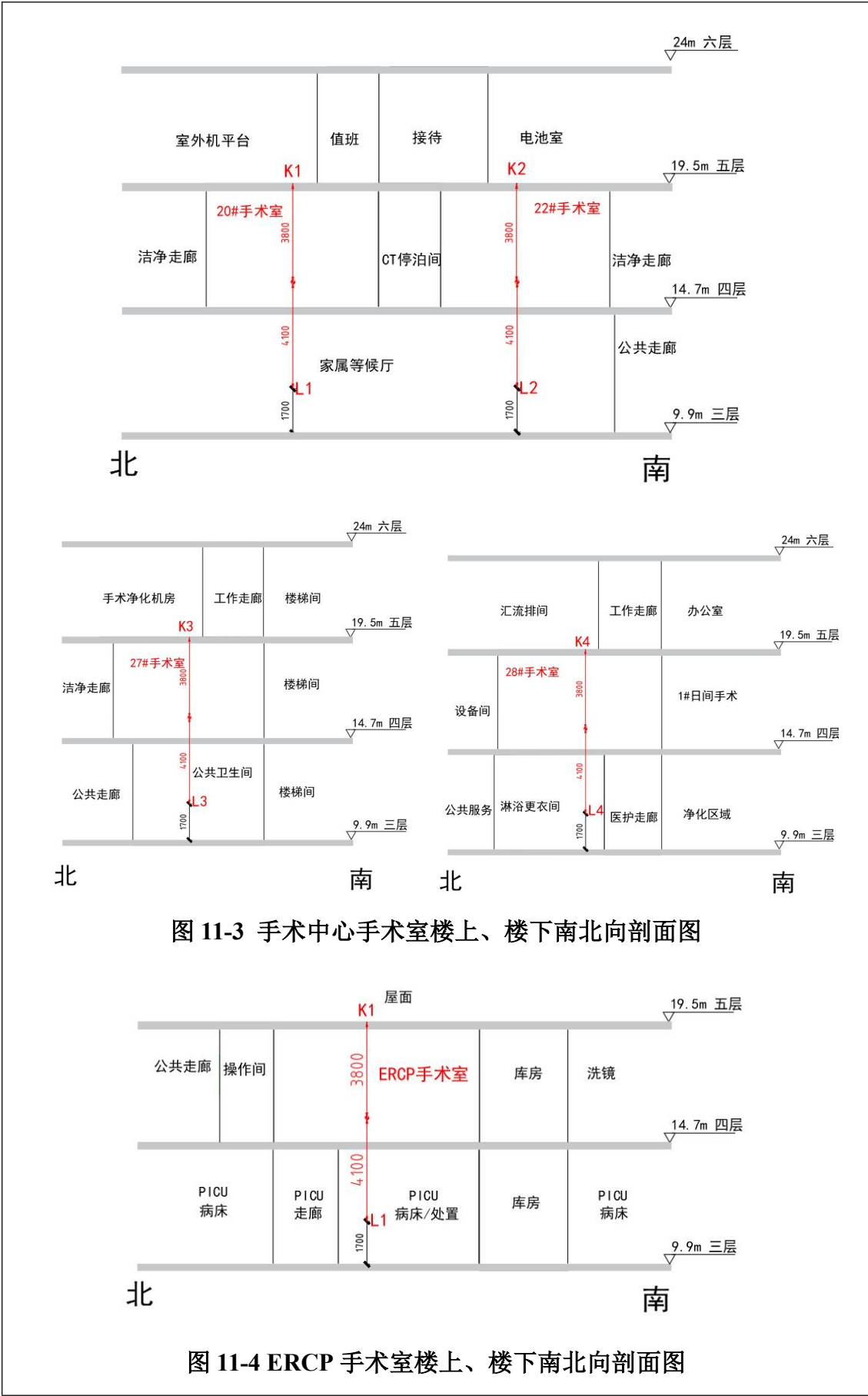


图 11-3 手术中心手术室楼上、楼下南北向剖面图

图 11-4 ERCP 手术室楼上、楼下南北向剖面图

表 11-2 摄影工况下手术室周围辐射剂量水平估算结果

估算场所	估算位置	屏蔽材料及厚度	衰减因子/B	射线束	距离/m	屏蔽后附加剂量率 $\mu\text{Gy/h}$	备注
20#手术室	东墙外 A1	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	7.3	2.30E-01	操作间
	南墙外 B1	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	3.6	9.48E-01	CT 停泊间
	西墙外 C1	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4.5	6.07E-01	净化走廊
	北墙外 D1	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	3.6	9.48E-01	洁净走廊
	东侧观察窗 E1	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	7.3	2.30E-01	操作间 (DSA)
	西侧观察窗 F1	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4.4	6.34E-01	操作间 (CT)
	操作间门 M1 外 G1	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	7.5	2.18E-01	操作间 (DSA)
	受检者门 M2 外 H1	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	5.6	3.92E-01	洁净走廊
	污物门 M3 外 I1	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	7.6	2.13E-01	清洁间
	停泊间 M4 外 J1	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	3.6	9.48E-01	CT 停泊间
	楼上 K1	20cm 混凝土 +9cm 细石 混凝土	1.47E-06	泄漏+散射	4.1	1.70E-02	室外平台机、值班、工作走廊
	楼下 L1	25cm 混凝土	6.60E-06	泄漏+散射	4.1	7.65E-02	病房家属等候厅
27#手术室	东墙外 A3	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	5.2	4.54E-01	电梯厅
	南墙外 B3	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	3.8	8.51E-01	楼梯间
	西墙外 C3	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4.4	6.34E-01	设备间、操作间
	北墙外 D3	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	3.9	8.07E-01	洁净走廊
	观察窗 E3	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4.0	7.68E-01	操作间
	操作间门 M12 外 F3	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	5.3	4.37E-01	操作间
	受检者门 M22 外 G3	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4.3	6.64E-01	洁净走廊
	污物门 M32 外 H3	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4.8	5.33E-01	清洁走廊
	楼上 K3	20cm 混凝土 +9cm 细石 混凝土	1.47E-06	泄漏+散射	4.1	1.70E-02	手术净化机房、工作走廊
	楼下 L3	25cm 混凝土	6.60E-06	泄漏+散射	4.1	7.65E-02	公共卫生间
28#手术室	东墙外 A4	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	5.2	4.54E-01	清洁走廊
	南墙外 B4	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4	7.68E-01	1#日间手术
	西墙外 C4	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	3.9	8.07E-01	操作间、缓冲
	北墙外 D4	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4.5	6.07E-01	设备间
	观察窗 E4	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4.1	7.31E-01	操作间
	操作间门 M13 外 F4	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4.8	5.33E-01	操作间

ERC 手术室	受检者门 M23 外 G4	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4.2	6.96E-01	缓冲
	污物门 M33 外 H4	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	5.3	4.37E-01	清洁走廊
	敷料间门 M43 外 I4	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	5.4	4.21E-01	敷料间
	楼上 K4	20cm 混凝土 +9cm 细石 混凝土	1.47E-06	泄漏+散射	4.1	1.70E-02	汇流排间、 工作走廊
	楼下 L4	25cm 混凝土	6.60E-06	泄漏+散射	4.1	7.65E-02	医护走廊、 更衣淋浴区
	东墙外 A5	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4.8	2.67E-01	库房
	南墙外 B5	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	3.3	5.64E-01	公共走廊
	西墙外 C5	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4	3.84E-01	操作间
	北墙外 D5	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	2.7	8.42E-01	公共走廊
	观察窗 E5	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4.0	3.84E-01	操作间
	操作间门 M15 外 F5	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	4.6	2.90E-01	操作间
	受检者门 M25 外 G5	3mmPb	6.31E-05	泄漏+散射	3.6	4.74E-01	公共走廊
	楼上 K5	25cm 混凝土 +8cm 细石 混凝土	4.19E-07	泄漏+散射	4.1	2.42E-03	屋面
	楼下 L45	25cm 混凝土 +8cm 细石 混凝土	4.19E-07	泄漏+散射	4.1	2.42E-03	PICU

备注：①单管球工况下泄漏和散射 1m 处剂量率取 $9.73\text{E}+04\mu\text{Gy/h}$ ；双管球工况下 1m 处的剂量率为单管球工况下的 2 倍，即取 $1.946\text{E}+05\mu\text{Gy/h}$ （双管球同时出束）；故 DSA 双管球工况下机房周围剂量当量率为单管球工况下的 2 倍；ERCp 为单管球设备；②泄漏和散射的预测距离保守取散射面中心点到关注点的距离与靶点到关注点的距离中的较小值进行评价，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，设备正常摄影工况下，手术中心手术室、ERCp 手术室外周围附加剂量率最大值分别为 $1.41\text{E}+01\mu\text{Sv/h}$ 、 $1.25\text{E}+01\mu\text{Sv/h}$ （ $9.48\text{E}-01\mu\text{Gy/h}\times 1.49$ ， $8.42\text{E}-01\mu\text{Gy/h}\times 1.49$ ，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 ），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，则在导管室周围 50m 评价范围内的其他场所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。

11.2.3.2CT 模式时机房外剂量率估算

参照普通 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，故以此为源项评价 CT 运行时场所外剂量率。计算结果见表 11-3，计算点位图见图 11-2~11-3。

表 11-3 CT 正常工况时场所外剂量率水平估算结果

位置	点位	屏蔽厚度	衰减因子 (K^{-1}) *	估算预测 距离/m	屏蔽后附加 剂量率 μ Gy/h	备注
20#手术室	东墙外 A1	3mmPb	1.28E-04	7.3	1.34E-01	操作间
	南墙外 B1	3mmPb	1.28E-04	3.6	5.53E-01	CT 停泊间
	西墙外 C1	3mmPb	1.28E-04	4.5	3.54E-01	净化走廊
	北墙外 D1	3mmPb	1.28E-04	3.6	5.53E-01	洁净走廊
	东侧观察窗 E1	3mmPb	1.28E-04	7.3	1.34E-01	操作间 (DSA)
	西侧观察窗 F1	3mmPb	1.28E-04	4.4	3.70E-01	操作间 (CT)
	操作间门 M1 外 G1	3mmPb	1.28E-04	7.5	1.27E-01	操作间 (DSA)
	受检者门 M2 外 H1	3mmPb	1.28E-04	5.6	2.28E-01	洁净走廊
	污物门 M3 外 I1	3mmPb	1.28E-04	7.6	1.24E-01	清洁间
	停泊间 M4 外 J1	3mmPb	1.28E-04	3.6	5.53E-01	CT 停泊间
	楼上 K1	20cm 混凝土 +9cm 细石混凝土	4.32E-05	4.1	1.44E-01	室外平台 机、值班、工作 走廊
	楼下 L1	25cm 混凝土	1.28E-04	4.1	4.26E-01	病房家属 等候厅
22#手术室	东墙外 A2	3mmPb	1.28E-04	5.5	2.37E-01	23#手术室
	南墙外 B2	3mmPb	1.28E-04	3.8	4.96E-01	洁净走廊
	西墙外 C2	3mmPb	1.28E-04	4.5	3.54E-01	净化走廊
	北墙外 D2	3mmPb	1.28E-04	3.3	6.58E-01	CT 停泊间
	观察窗 E2	3mmPb	1.28E-04	4.0	4.48E-01	操作间
	受检者门 M21 外 F2	3mmPb	1.28E-04	4.6	3.39E-01	洁净走廊
	污物门 M31 外 G2	3mmPb	1.28E-04	5.2	2.65E-01	清洁间
	停泊间 M41 外 H2	3mmPb	1.28E-04	3.7	5.23E-01	CT 停泊间
	楼上 K2	20cm 混凝土 +9cm 细石混凝土	4.32E-05	4.1	1.44E-01	电池室、 接待

		土				
	楼下 L2	25cm 混凝土	1.28E-04	4.1	4.26E-01	病房家属 等候厅

备注：①参照 GBZ 130-2020 表 C，对于 140kV（CT），249mm 混凝土相当于 3mmPb，本项目 20cm 混凝土+9cm 细石混凝土相当于 3.5mmPb，25cm 混凝土相当于 3mmPb。②计算公式参照公式 11-2~11-3，CT 模式下拟合参数取 140kV（CT）管电压的散射线的相关参数（铅：2.009、3.990、0.3420）。

从上述估算结果可知，CT 正常摄影工况下，机房外周围附加剂量率最大值为 $9.8\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ($6.58\text{E-}01\mu\text{Gy/h} \times 1.49$ ，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)，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 评价范围内的其他区域等人员长居留场所的剂量率仍小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

11.2.3.2 年附加剂量估算

（1）DSA、ERCp 同室操作位剂量水平

依据相关标准要求，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

透视模式时，采用脉冲模式，剂量率与帧数成正比。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 I.3 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（摄影模式）

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（500mA/10mA），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 $3000\mu\text{Sv/h}$ 。

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，居留因子保守取 1/16（偶然居留）。

（2）DSA、ERCP 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，考虑裸露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 $Hp(10)$ ，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 $Hp(10)$ ，单位为 mSv。

工作人员采取铅衣、铅颈套（均为 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，实际检测值约 200 μ Sv/h 左右）， 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：

$$E = \dot{H}_0 \times t \times T \times K \quad (11-5)$$

式中： E —年有效剂量， μ Sv；

$\dot{H}_0$ —计算点附加剂量率， μ 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 潘自强 主编）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) DSA、ERCP 工作人员年附加有效剂量

该项目 DSA、ERCP 透视曝光时，医师在手术间内近台操作，居留因子为 1（全部居留），DSA、ERCP 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间进行操作，居留因子保守取 1/16（偶然居留）；护士为辅助人员，透视时偶尔会在机房内，保守考虑透视居留因子取 1/16，摄影（采集）时都在操作间；③技师摄影（采集）、透视时都在操作间操作，不在 DSA 机房内。

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、ERCP 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 100h，摄影时间为 16.7h。

根据前文所述，采集产生的剂量率与透视产生的剂量率之比为 7.5，故本项目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 进行评价。职业人员附加年有效剂量估算结果见表 11-4。

表 11-4 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 t (h/a) *	居留 因子 T	年附加 有效剂量 E (μSv)
20# 手术 室	术者 (医生)	机房 内	透视（铅衣内）	18.8	100	1	3801.2
			透视（铅衣外）	400	100	1	
			摄影（铅衣内）	141	16.7	1/16	
			摄影（铅衣外）	3000	16.7	1/16	
	辅助人员 (护士)	机房 内	透视（铅衣内）	18.8	300	1/16	681.7
			透视（铅衣外）	400	300	1/16	
		机房 外	透视	3.07E-02	300	1	
			摄影	2.30E-01	50.1	1	
	操作间 (技师)	机房 外	透视	3.07E-02	300	1	20.8
			摄影	2.30E-01	50.1	1	
27# 手术 室	术者 (医生)	机房 内	透视（铅衣内）	18.8	100	1	3801.2
			透视（铅衣外）	400	100	1	
			摄影（铅衣内）	141	16.7	1/16	
			摄影（铅衣外）	3000	16.7	1/16	
	辅助人员 (护士)	机房 内	透视（铅衣内）	18.8	300	1/16	730.1
			透视（铅衣外）	400	300	1/16	
		机房 外	透视	1.02E-01	300	1	
			摄影	7.68E-01	50.1	1	
	操作间 (技师)	机房 外	透视	1.02E-01	300	1	69.2
			摄影	7.68E-01	50.1	1	

28# 手术室	术者 (医生)	机房 内	透视 (铅衣内)	18.8	100	1	3801.2
			透视 (铅衣外)	400	100	1	
			摄影 (铅衣内)	141	16.7	1/16	
			摄影 (铅衣外)	3000	16.7	1/16	
	辅助人员 (护士)	机房 内	透视 (铅衣内)	18.8	300	1/16	726.8
			透视 (铅衣外)	400	300	1/16	
		机房 外	透视	9.74E-02	300	1	
			摄影	7.31E-01	50.1	1	
	操作间 (技师)	机房 外	透视	9.74E-02	300	1	65.8
			摄影	7.31E-01	50.1	1	
ERC P 手 术室	术者 (医生)	机房 内	透视 (铅衣内)	18.8	100	1	3801.2
			透视 (铅衣外)	400	100	1	
			摄影 (铅衣内)	141	16.7	1/16	
			摄影 (铅衣外)	3000	16.7	1/16	
	辅助人员 (护士)	机房 内	透视 (铅衣内)	18.8	200	1/16	469.1
			透视 (铅衣外)	400	200	1/16	
		机房 外	透视	9.74E-02	200	1	
			摄影	7.31E-01	33.4	1	
	操作间 (技师)	机房 外	透视	9.74E-02	200	1	28.5
			摄影	7.31E-01	33.4	1	

备注：①DSA 护士、技师机房外的透视和摄影工作时间按每年最大手术量 1500 例修正后，护士、技师机房外透视和摄影时间保守取 300h 和 50.1h 进行估算。②ERCP 护士、技师机房外的透视和摄影工作时间按每年最大手术量 1000 例修正后，护士、技师机房外透视和摄影时间保守取 200h 和 33.4h 进行估算。

本项目 DSA 介入治疗医师的年附加有效剂量均不大于 3.81mSv，护士年附加有效剂量不大于 0.73mSv，技师年附加有效剂量不大于 0.07mSv；ERCP 介入治疗医师的年附加有效剂量均不大于 3.81mSv，护士年附加有效剂量不大于 0.47mSv，技师年附加有效剂量不大于 0.03mSv；本项目辐射工作人员都是按照每年的最大手术量、术者位剂量率按 400 μ Sv/h 上限值（实际检测值约 200 μ Sv/h 左右）进行估算，且手术量都是按照保守估算，可不考虑剂量累加情况，预计手术室工作人员的实际年受照剂量小于以上估算值，能够满足剂量约束值 5mSv/a 要求。

（4）CT 模式下工作人员年附加有效剂量

本项目滑轨 CT 为手术配套检查设备，每名患者 CT 定位加显像最多出束时间不超过 30s，年手术量 500 人次，则年出束时间为 4.2h。CT 出束时，医生、护士和技师均隔室。根据此出束时间计算，20#手术室周围停留职业人员的最大

年受照剂量为 $1.6\mu\text{Sv}$ ($3.70\text{E-}01 \times 4.2 = 1.6\mu\text{Sv}$)。

本项目 22#手术室使用 CT 开展外科手术术前定位，应考虑在进行 CT 扫描检查时，控制室的技师受到的辐射影响。保守假设，CT 扫描时间 30s/人次，年手术量 1000 人次，则 CT 年累计年出束时间为 8.3h。CT 出束时，技师隔室操作。根据此出束时间计算，22#手术室周围停留职业人员的最大年受照剂量为 $3.7\mu\text{Sv}$ ($4.48\text{E-}01 \times 8.3 = 3.7\mu\text{Sv}$)。

综上，本项目医师的年附加有效剂量均不大于 3.81mSv ，护士年附加有效剂量不大于 0.73mSv ，技师年附加有效剂量不大于 0.07mSv 。

(5) 公众年附加有效剂量

根据表 11-2~11-3 的辐射工作场所外主要关注点辐射剂量率水平，同时考虑辐射工作场所外公众居留情况估算出公众的年附加剂量见表 11-5，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 11-5 公众的年附加有效剂量

估算对象	估算位置			附加剂量率 (μSv/h)		年工作时间 (h/a)	居留因子	年附加有效剂量 (μSv)
公众	20#手术室	西墙外 C1	DSA 模式	透视	8.09E-02	300	1/16	3.51
				摄影	6.07E-01	50.1	1/16	
			CT 模式		3.54E-01	4.2	1/16	
		北墙外 D1	DSA 模式	透视	1.26E-01	300	1/16	5.48
				摄影	9.48E-01	50.1	1/16	
			CT 模式		5.53E-01	4.2	1/16	
		受检者门 M2 外 H1	DSA 模式	透视	5.22E-02	300	1/16	2.27
				摄影	3.92E-01	50.1	1/16	
			CT 模式		2.28E-01	4.2	1/16	
		楼上 K1	DSA 模式	透视	2.26E-03	300	1/16	0.14
				摄影	1.70E-02	50.1	1/16	
			CT 模式		1.44E-01	4.2	1/16	
		楼下 L1	DSA 模式	透视	1.02E-02	300	1/16	0.55
				摄影	7.65E-02	50.1	1/16	
			CT 模式		4.26E-01	4.2	1/16	
	22#手术室 (CT)	南墙外 B2			4.96E-01	8.3	1/16	0.26
		西墙外 C2			3.54E-01	8.3	1/16	0.18
		受检者门 M21 外 F2			3.39E-01	8.3	1/16	0.18
		污物门 M31 外 G2			2.65E-01	8.3	1/16	0.14
		楼上 K2			1.44E-01	8.3	1/16	0.08

		楼下 L2		4.26E-01	8.3	1/16	0.22
公众	27#手术室	东墙外 A3	摄影	8.46E-02	300	1/16	3.57
			透视	6.34E-01	50.1	1/16	
		南墙外 B3	摄影	1.13E-01	300	1/16	4.79
			透视	8.51E-01	50.1	1/16	
		北墙外 D3	摄影	1.08E-01	300	1/16	4.55
			透视	8.07E-01	50.1	1/16	
		受检者门 M22 外 G3	摄影	8.86E-02	300	1/16	3.74
			透视	6.64E-01	50.1	1/16	
		污物门 M32 外 H3	摄影	7.11E-02	300	1/16	3.00
			透视	5.33E-01	50.1	1/16	
		楼上 K3	透视	2.26E-03	300	1/16	0.10
			摄影	1.70E-02	50.1	1/16	
		楼下 L3	摄影	1.02E-02	300	1/16	0.43
			透视	7.65E-02	50.1	1/16	
公众	28#手术室	东墙外 A4	摄影	6.06E-02	300	1/16	2.56
			透视	4.54E-01	50.1	1/16	
		西墙外 C4	摄影	1.08E-01	300	1/16	4.55
			透视	8.07E-01	50.1	1/16	
		受检者门 M23 外 G4	摄影	9.28E-02	300	1/16	3.92
			透视	6.96E-01	50.1	1/16	
		污物门 M33 外 H4	摄影	5.83E-02	300	1/16	2.46
			透视	4.37E-01	50.1	1/16	
		楼上 K4	摄影	2.26E-03	300	1/16	0.10
			透视	1.70E-02	50.1	1/16	
		楼下 L4	摄影	1.02E-02	300	1/16	0.43
			透视	7.65E-02	50.1	1/16	
公众	ERCP 手术室	东墙外 A5	摄影	3.55E-02	200	1/16	1.00
			透视	2.67E-01	33.4	1/16	
		南墙外 B4	摄影	7.52E-02	200	1/16	2.12
			透视	5.64E-01	33.4	1/16	
		北墙外 D4	摄影	1.12E-01	200	1/16	3.16
			透视	8.42E-01	33.4	1/16	
		受检者门 M25 外 G5	摄影	6.32E-02	200	1/16	1.78
			透视	4.74E-01	33.4	1/16	
		楼下 L5	摄影	3.23E-04	200	1	0.15
			透视	2.42E-03	33.4	1	

备注：DSA 机房外的工作时间按每台年平均手术量 1500 例修正。ERCP 机房外的工作时间按每台年平均手术量 1000 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 $5.48\mu\text{Sv}$ ，能满足本评价剂量约束目标值 0.1mSv ($100\mu\text{Sv}$) 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，预计手术室周围其他诊疗场所的公众长居留场所的年附加剂量将远小于 $5.48\mu\text{Sv}$ 。

综上所述，在本项目周围 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。

11.3 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。DSA、ERCP射线装置在运行中，可能发生以下事件：

①人员误入机房受到不必要的照射；

②X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，并且和防护门联锁。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。

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，辐射防护领导小组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，假设联锁故障，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11-6。

表11-6 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	手术室外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/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，防护门外贴有放射性标志。
布局和屏蔽设计	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	机房设有工作状态指示灯和放射性标志等。
监测仪器	配备检测仪器：新增 2 台便携式辐射巡测仪，新增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安全与防护委员会作为专门管理机构，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 1-3 所示。本项目实施后，医院将本项目机房纳入辐射安全管理范围，相关负责人将担任辐射安全与环境保护管理领导小组成员，负责相关科室的日常管理。辐射安全管理小组的职责：

1. 在医院辐射安全与防护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，在辐射安全与防护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

本项目拟配备 40 名辐射工作人员（其中手术中心配备 18 名医师（含 3 名新增）、8 名技师（含 2 名放射科 CT 技师）和 6 名护士，内镜中心配备 4 名医师（含 1 名新增），2 名技师（含 1 名新增）和 2 名护士）。医院辐射防护负责

人员、专职人员及所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，并参加每五年一次的重考核，并制定辐射工作人员考核计划。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

北京儿童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、辐射事故应急制度等。医院辐射安全管理严格遵循国家的各项相关规定，针对血管造影诊疗项目，将修订 DSA、DSA-CT 及 ERCP 操作规程、辐射监测方案、辐射事故（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

北京儿童医院根据制定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贝特莱博瑞技术检测有限公司承担，本项目投入使用后，所涉及新增辐射工作人员将继续进行个人剂量监测。

12.3.2 工作场所和辐射环境监测

（1）委托监测

医院每年委托有资质的单位对医院所有射线装置机房（含本项目新增的射线装置机房）进行防护和机器性能检测 1 次。

(2) 本项目工作场所自行监测方案

医院针对本项目，拟建立辐射环境自行监测方案，本项目辐射工作人员使用新增的 1 台便携式辐射巡测仪，对辐射工作场所进行监测，可以满足医院辐射防护和环境保护的要求。自行监测方案如下：

(1) 监测项目：X 射线剂量率水平

(2) 检测设备：便携式辐射巡测仪

(3) 检测频次：剂量率水平每年不少于 1 次。

(4) 本项目涉及工作场所的监测布点：监测点位见图 12-1~12-3，主要是机房的周边、楼上、楼下、特别是操作间和防护门处。测量结果连同测量条件、测量方法和仪器室、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自行监测计划

场所	测点编号	测点位置	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	检测频次
20#手术室	1	东墙外操作间		1 次/年
	2	南墙外 CT 停泊间		1 次/年
	3	西墙外净化走廊		1 次/年
	4	北墙外洁净走廊		1 次/年
	5	西南墙观察窗		1 次/年
	6	操作间门		1 次/年
	7	受检者门		1 次/年
	8	污物门		1 次/年
	9	楼上		1 次/年
	10	楼下		1 次/年
22#手术室	11	东墙外 23#手术室		1 次/年
	12	南墙外洁净走廊		1 次/年
	13	西墙外净化走廊		1 次/年
	14	北墙外 CT 停泊间		1 次/年
	15	观察窗		1 次/年
	16	受检者门		1 次/年
	17	污物门		1 次/年
	18	楼上		1 次/年
	19	楼下		1 次/年
27#手术室	20	东墙外电梯厅		1 次/年
	21	南墙外楼梯间		1 次/年
	22	西墙外设备		1 次/年

	23	北墙外洁净走廊		1 次/年
	24	观察窗		1 次/年
	25	操作间门		1 次/年
	26	受检者门		1 次/年
	27	污物门		1 次/年
	28	楼上		1 次/年
	29	楼下		1 次/年
28#手术室	30	东墙外清洁走廊		1 次/年
	31	南墙外 1#日间手术		1 次/年
	32	西墙外操作间		1 次/年
	33	北墙外设备间		1 次/年
	34	观察窗		1 次/年
	35	操作间门		1 次/年
	36	受检者门		1 次/年
	37	污物门		1 次/年
	38	敷料间门		1 次/年
	39	楼上		1 次/年
	40	楼下		1 次/年
ERCP 手术室	41	东墙外库房		1 次/年
	42	南墙外公共走廊		1 次/年
	43	西墙外操作间		1 次/年
	44	北墙外公共走廊		1 次/年
	45	观察窗		1 次/年
	46	操作间门		1 次/年
	47	受检者门		1 次/年
	48	楼下		1 次/年



图 12-1 手术室周围自行检测点位图（标注●为检测位置）

12.4 辐射事故应急管理

医院依据《中华人民共和国生态环境法典》、《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，将修订《辐射事故（件）应急预案》，包含对 DSA、ERCP 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

医院为了满足患者的及时介入诊断和治疗需要，拟在医院新院区临床诊疗中心四层手术中心新建 4 间机房，拟新增 3 台 DSA 及 1 台滑轨 CT；在临床诊疗中心四层内镜中心新建 1 间机房，拟新增 1 台 ERCP。DSA、ERCP 及 CT 为很成熟的医用 X 射线设备，尽管 X 射线对人体有少许危害，但是借助 DSA、ERCP 及 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

拟建的手术室及相关场所位于医院新院区临床诊疗中心四层，50m 评价范围内均为医院内部，无学校、居民楼、养老院等敏感目标，无商场等人员密集场所。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，DSA、ERCP 和 CT 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 DSA、ERCP 和 CT 设备在正常运行（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：医院设有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。医院拟完善现有操作规程、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，首都医科大学附属北京儿童医院新院区新增使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置项目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）项目竣工许可后应按照环保相关法规要求及时自行办理竣工验收，并接受生态环境部门的监督检查。

（4）在辐射项目运行中绝不容许违规操作和弄虚作假等现象发生，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。

表 14 审 批

下一级环保部门预审意见：	
公 章	
年 月 日	
经 办 人	

审批意见：	
公 章	
年 月 日	
经 办 人	