

核技术利用建设项目

二期新增使用 II 类射线装置项目
环境影响报告表

北京清华长庚医院

2024 年 7 月

环境保护部监制

核技术利用项目

二期新增使用 II 类射线装置项目 环境影响报告表

建设单位名称：北京清华长庚医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：北京市昌平区立汤路 168 号

邮政编码：102218 联系人：王成城

电子邮箱：wcca03723@btch.edu.cn

联系电话：13436705989

目录

表 1 项目概况	1
表 2 放射源	13
表 3 非密封放射性物质	14
表 4 射线装置	15
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	16
表 6 评价依据	17
表 7 保护目标与评价标准	20
表 8 环境质量和辐射现状	26
表 9 项目工程分析与源项	31
表 10 辐射安全与防护	37
表 11 环境影响分析	45
表 12 辐射安全管理	60
表 13 结论与建议	65
表 14 审批	67

表 1 项目概况

建设项目名称		二期新增使用 II 类射线装置				
建设单位		北京清华长庚医院				
法人代表	姜胜耀	联系人	李娜	联系电话	13811769361	
注册地址		北京市昌平区立汤路 168 号				
项目建设地点		北京市昌平区立汤路 168 号医院二期医疗楼四层				
立项审批部门		无		批准文号	无	
建设项目总投资（万元）	1600	项目环保投资（万元）	80	投资比例（环保投资/总投资）	5%	
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ）	146
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

北京清华长庚医院（简称“医院”）是由清华大学与北京市共建共管的大型综合性公立医院，建设和运营过程中得到了台塑企业和台湾长庚纪念医院的无私捐助和援建。医院座落于北京市昌平区天通苑地区，总规划床位 1500 床。于 2014 年 11 月 28 日开业，一期开设 1000 张床位。2015 年 11 月正式为医保患者服务；2017 年 6 月，实现异地医保直接结算；医院二期规划新增 500 张床位。

北京清华长庚医院借鉴并在地化台湾长庚纪念医院管理模式，构建现代医院管理体制和运营模式，实行党委领导下的院长负责制，专业化医疗团队与职

业化行政团队分工协同治理，提高医院管理的效率和效益。

医院以优越的事业平台、舒心的工作环境和体面的薪酬待遇，从海内外引进了一批优秀的专家，组成高水平医疗团队。首任院长董家鸿为国际著名肝胆胰外科和肝脏移植专家，于 2017 年当选中国工程院院士。医院实行 Attending 医师负责制、全责护理制和全人照护模式，并全面推行以疾病为导向的整合式医疗，持续优化医疗流程，为各类病患提供高效、优质、经济的诊疗服务，不断提升疾病治愈率和康复水准。

医院已经形成了涵盖内科部、外科部、妇儿部、专科部、急重症部、医技部、全科与健康医学部的 7 大医疗部和 50 余个临床医技专科，初步建成临床布局合理、专科设置完善、优秀人才汇聚、医院治理良善、医疗品质一流，在业界和社会享有美誉的综合性精品医院；形成了肝胆胰中心、神经中心、消化中心、急重症中心等优势突出的整合式医疗中心，涌现出心脏内科、妇产科、耳鼻咽喉头颈外科、泌尿外科、骨科、放射科、麻醉科等重点专科。医院开展国内外领先的医疗技术百余项，创下多项世界记录，以先进技术和优质服务成功救治了大批来自海内外的复杂危重病患，综合水平进入全国三级公立医院绩效考核前百位。2018 年 12 月，医院获批为首批国家临床教学培训示范中心。

北京清华长庚医院现有设备包括螺旋 CT、SPECT/CT、血管造影机、电子直线加速器、模拟定位系统等一批先进的放射诊断、治疗设备。

北京清华长庚医院为已取得《辐射安全许可证》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

北京清华长庚医院已取得了辐射安全许可证（京环辐证[O0116]，有效期至 2024 年 10 月 11 日，许可的种类和范围是：使用 V 类放射源，使用 II 类、III 类射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所，北京清华长庚医院已许可射线装置使用情况见表 1-1。

表 1-1 北京清华长庚医院已许可的射线装置情况

序号	名称	类别（类）	数量（台）
1	计算机断层扫描仪（CT）	III	5
2	牙科 X 射线 CT	III	1

3	SPECT/CT	III	1
4	移动式 C 型臂 X 射线机	III	6
5	牙根尖 X 射线机	III	1
6	移动 X 射线机	III	5
7	数字乳房摄影 X 射线机	III	1
8	碎石机	III	1
9	医疗电子直线加速器	II	1
10	遥感摄影	III	1
11	血管造影机 (DSA)	II	4
12	骨密度检测仪	III	1
13	牙科全景 X 光机	III	1
14	数字常规检查射线 X 光机	III	4
15	数字胸部 X 射线机	III	2
16	移动式 G 型臂 X 射线机	III	1
17	PET/CT	III	1

北京清华长庚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 北京清华长庚医院已许可非密封放射性同位素使用情况

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
核医学科	乙级	I-131	3.70E+08	3.70E+11	使用;
		Tc-99m	1.85E+07	3.70E+12	使用;
		I-131	3.330E+04	3.33E+08	使用;
		F-18	7.40E+06	1.48E+12	使用;
		Y-90	5.06E+08	7.20E+11	使用;
钇 90 介入治疗场所	乙级	Y-90	5.0E+08	6.00E+11	使用;
		Tc-99m	5.55E+05	8.66E+10	使用;

北京清华长庚医院已许可的放射源使用情况见表 1-3。

表 1-3 北京清华长庚医院已许可使用放射源情况

序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	活动种类
1	Ge-68	V	3.5E+06Bq×1	使用
2	Ge-68	V	5.5E+07Bq×1	使用

1.2.2 近几年履行环保审批情况

北京清华长庚医院近五年以来一共有 3 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]29 号	核医学科改造项目	报告表	于 2022 年 12 月办理 竣工验收
2	京环审 [2022]89 号	Y-90 微球治疗项目	报告表	于 2023 年 2 月办理 竣工验收
3	京环审 [2023]21 号	使用 II 类射线装置项目	报告表	于 2024 年 4 月办理 竣工验收
4	京环审 [2024]11 号	二期新增使用医用电子直线加速器	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，北京清华长庚医院专门成立了辐射安全管理委员会，由党委委员担任主席，医务管理部、核医学科、放射诊断科、总务处、心脏内科、血管外科、总务处、血管外科、心内科、神经外科等各部门的相关人员担任组员，并指定医务管理部李娜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 1-5。

表 1-5 北京清华长庚医院辐射安全管理委员会成员名单

职位	姓名	职务或职称	专业	工作部门	专/兼职
主席	郑卓肇	党委委员/医技部部长	影像医学与核医学	/	兼职
委员	林思勇	医务管理部部长	临床医学	医务管理部	兼职

委员	何作祥	核医学科科主任	临床医学	核医学科	兼职
委员	黎功	放射治疗科执行主任	肿瘤放射治疗学	放射治疗科	兼职
委员	余飞	心脏内科主任医师	心血管介入	心脏内科	兼职
委员	赵克强	血管外科副主任医师	胸心外科	血管外科	兼职
委员	苏伟	神经外科医师	外科学	神经外科	兼职
委员	张跃伟	肝胆胰介入科主任	影像医学与核医学	肝胆介入科	兼职
委员	张琳	肝胆胰介入科副主任医师	外科学	肝胆介入科	兼职
委员	张小峰	神经内科主治医师	神经病学	神经内科	兼职
委员	唐红卫	消化内科主任医师	内科学（消化疾病）	消化内科	兼职
委员	赵喆	骨科副主任医师	临床医学	骨科	兼职
委员	李冬蓉	护理部督导	护理学	护理部	兼职
委员	张杰	基础运行部部长	工商管理	基础运行部	兼职
委员	闫伟娜	总务处副处长	护理学	总务处	兼职
委员	李树勋	工务处副处长	项目管理	工务处	兼职
委员	段鹏	保卫科科长	建筑环境与设备工程	保卫科	兼职
专管员	刘国庆	放射诊断科技师	医学影像技术	放射诊断科	兼职
专管员	王兴	放射治疗科技师	医学影像技术	放射治疗科	兼职
专管员	翟彦龙	心脏内科技师	医学影像	心脏内科	兼职
专管员	梁斌	介入技师	生物医学工程	放射诊断科	兼职
秘书	李娜	助理主办	会计学	医务管理部	专职

1.2.3.2 制定规章制度及落实情况

北京清华长庚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、辐射工作人员培训考核计划、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、辐射安全事故应急预案等，并严格按照规章制度执行。

1.2.3.3 工作人员考核情况

北京清华长庚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 150 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

北京清华长庚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 1 次监测一次，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中国医学科学院放射医学研究所承担，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 212 人。医院 2023 年度个人剂量监测结果表明，大部分辐射工作人员年剂量都在 0.1mSv 左右，参与个人剂量检测人员年度个人受照剂量超出 1mSv 只有从事 DSA 工作的 13 人（剂量分别为 3.40 mSv、1.48 mSv、1.11mSv、2.02 mSv、2.17mSv、1.91mSv、1.87mSv、3.51mSv、2.15 mSv、2.88mSv、3.37mSv、2.54mSv、1.97mSv），其余人员均不高于 1mSv，所有人员都低于医院规定的管理目标值。开展个人剂量检测的人员，部分进修人员、新增辐射工作人员的工作时间较短，出现了不到四个季度的个人剂量检测结果的情况。

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和非密封放射性物质工作场所进行 1 次工作场所环境辐射水平监测和工作场所表面污染水平监测，监测数据记录存档。

医院已委托浙江建安检测研究院有限公司对医院本年度全部在用射线装置、机房防护及核医学工作场所、Y-90 治疗场所进行检测，检测结果全部合格，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。

(2) **工作场所自行监测：**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，医院定期开展工作场所环境辐射水平自行监测。核医学科每天工作结束后，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。

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	个人剂量仪	贝谷/BS2010	2014-07-11	正常	5	放射治疗科
2	多通道辐射剂量监测系统	大建华克/HK-2108	2014-12-20	正常	1	核医科
3	表面沾污仪	Mirion/RDS-80	2014-12-20	正常	1	核医科
4	电离室巡测仪	Fluck/451p	2015-04-15	正常	1	放射科
5	巡测仪	上海贝谷/BS9511	2014-07-11	正常	1	放射治疗科
6	个人剂量仪	RADOS/RAD-60	2014-12-20	正常	3	核医科
7	x/γ 射线报警仪	中康联/SB-I（智能）型	2015-10-09	正常	1	放射治疗科
8	表面污染仪	IA-V2	2022-03-01	正常	1	核医科
9	辐射巡测仪	R-EGD	2022-04-01	正常	3	核医科
10	个人剂量报警仪	RG1000	2022-04-01	正常	3	核医科

11	辐射巡测仪	BG9521	2022-07-10	正常	1	钇 90 介入治疗室
12	表面污染仪	BG9611	2022-07-10	正常	1	钇 90 介入治疗室

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

北京清华长庚医院依据《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，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V类放射源，使用II类、III类射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所。医院已针对上述许可使用中可能发生的放射性污染以及大剂量照射等事故/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，其中本年度于 2024 年 5 月 30 日，医院保卫处联合医务管理部、核医学科等相关科室人员在门诊楼 B1F 核医学科进行了我院 2024 年上半年的放射安全事故应急演练，使工作人员知晓发生辐射时的处置流程，加强应对各类突发事件的处理能力，有效提高工作人员辐射事件的防范意识，效果良好。

1.2.3.7 放射性废物的管理情况

目前，北京清华长庚医院核医学科和钇 90 介入治疗场所 2023 年以来只使用 F-18、Tc-99m、I-131 和 Y-90 四种核素。医院按照《北京市生态环境局办公室关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》要求，对放射性废物进行管理：将放射性固体废物分类收集于专用的废物桶内，在废物衰变间内暂存。含 F-18、Tc-99m 和 Y-90 的放射性废物暂存 30 天，剩余 Y-90 放射性同位素储

存 60 天后，使用经检定合格的检测仪器对废物表面污染和辐射剂量率水平进行监测，辐射剂量率低于 200nSv/h 且 β 表面污染水平小于 0.8Bq/cm²，将废物解控作为医疗废物处置，并详细记录“放射性固体废物暂存、处置管理台账”。

北京清华长庚医院核医学科现有衰变池为槽式衰变池，总体积为 200m³，设有 2 级池，每级 100m³。衰变池废水按照 HJ1188-2021 和《北京市生态环境局办公室关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》要求至少衰变 180 天后排放，衰变池的废水在排放前委托有资质单位进行检测，符合要求后排入医院污水处理站，并详细记录“放射性液体废物暂存、处置管理台账”。

1.2.3.8 其他情况

北京清华长庚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同位素和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 2023 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 本项目情况

国务院批复的《北京城市总体规划（2016 年-2035 年）》（以下简称“《北京城市总规》”）提出昌平区功能定位为首都西北部重点生态保育及区域生态治理协作区；具有全球影响力的全国科技创新中心重要组成部分和国际一流的科教新区；特色历史文化旅游和生态休闲区；城乡综合治理和协调发展的先行示范区。北京清华长庚医院位于昌平区天通苑地区，已逐步成为京北地区急重症救治中心，医院未来将重点提升卒中、胸痛、创伤与孕产妇救治能力，打造“京北区域医疗中心”。医院未来将进一步提升医院整体医疗服务效能，重点打造具有学术与医疗技术持续创新引领力的肝胆胰中心、器官移植中心、神经中心、消化中心、肿瘤中心等优势学科，辐射全国患者。天通苑地区人口稠密，优质医疗资源匮乏，区域健康医疗体系还不完善，与《北京城市总规》相关要求还有一定的差距，亟需进一步提升区域医疗卫生服务水平，使人民群众获得更高水平的医疗卫生服务。

在医院成立运行九年的时间里，已经初步建成了京北肝胆胰中心，建立了肝胆专科治疗联盟，在器官移植方面，医院也计划在董家鸿院士的领导下稳步推进，建立国内领先的移植中心。近年来医院诊疗人数逐年增加，给医院的基

基础设施带来了巨大压力，但医院发展受一期条件制约，矛盾凸显，急需寻求新的诊疗空间。本项目拟在昌平区原址扩建北京清华长庚医院，新增编制床位500张，完善医院学科建设和用房功能，扩大昌平区优质医疗资源，促进现有资源发展升级，使全区医疗资源总量有较高质量的增加，有效填补昌平区目前医疗资源缺口，提高全区整体医疗服务能力和技术水平；不仅可以健全昌平区的基本医疗服务体系，同时作为优质医疗资源，又可通过医疗联合体、技术支持、业务指导等模式发挥带动和辐射作用，全面提升京北地区的医疗服务能力和技术水平，为京北地区提供可靠的医疗保障。

本项目位于北京清华长庚医院院区内，已取得原北京市规划委员会《建设用地规划许可证》（2010规地字0065号）和原北京市规划委员会《建设工程规划许可证》（2010规（昌）建字0064号）。医院于2021年1月取得了昌平区生态环境局《关于北京清华长庚医院二期建设项目环境影响报告书的批复》（昌环审字[2021]0011号）等审批文件。

二期医疗楼于2020年5月12日正式开工，2023年年底实现外立面装修封闭，2024年年底计划实现工程整体竣工验收。

二期医疗楼手术室区域主要集中在四层，为进一步方便患者就医和提高医疗水平，医院拟将手术室区域西北侧1间手术室建设为DSA手术室并新增1台DSA（单管球），拟将南侧中部1间手术室建设为术中放疗手术室并新增1台术中放疗设备。医院目前已完成术中放疗设备的选型工作，DSA设备将在项目建设工作中完成选型。本项目设备最大管电压和管电流不高于下表情况。

表 1-7 本项目射线装置情况表

序号	工作场所	型号及名称	生产厂家	管电压 (kV)	输出电流 (mA)	类别	备注
1	二期医疗楼 四层西北侧 DSA手术室	待定	待定	125	1000	II类	新增
2	二期医疗楼 四层南侧中部 术中放疗手术 室	INTRABEAM 600	卡尔蔡司医 疗技术（德 国）股份有 限公司Carl Zeiss Meditec AG	50	0.04	II类	新增

注：①医院尚未确定两间手术室名称，本报告以 DSA 手术室和术中放疗手术室描述。②DSA 有 CBCT 功能。③术中放疗设备管电压有 40kV 和 50kV 两档，40kV 对应 0.04mA，50kV 对应 0.005、0.01、0.02 和 0.04mA。

1.3.3 目的和任务的由来

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。受北京清华长庚医院的委托，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 和术中放疗在使用过程中，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

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。而先进的血管造影设备则是介入诊疗一个非常重要的手段及平台。引进 DSA 不仅能保证广大患者享受到高质量、便捷的医疗服务，而且缩小诊疗时间、降低诊疗费用，同时满足了医院整体技术水平与医学重点学科发展同步，有效缩小地区间、行业间的医疗服务差距。

本次申请使用的 DSA 为很成熟的医用 X 射线设备，是血管疾病检查治疗的必需设备，被广泛地应用在血管介入治疗中，对血管疾病的检查治疗具有高度特异性，尽管 X 射线对人体有少许危害，但是借助上述设备可以辅助医学诊断治疗，所获利益远大于其危害，故上述设备的使用具有正当性。

术中放疗设备具有即时性、有效性和精准性，是对全身实体肿瘤实现局部控制的有效手段之一，可在切除肿瘤后对具有高复发风险的瘤床区域立刻进行照射，也可以对未完全切除的肿瘤进行照射，可以有效提高肿瘤局部控制率，，能够提供低能量、高剂量、具有良好的各向同性分布的治疗光子线，表

面剂量率可达传统术中放疗平台期剂量的 1.4 倍，有效杀死瘤床表面残存的肿瘤细胞，通过贴近肿瘤靶区由内向外照射，在有效杀死肿瘤细胞的同时保护周围正常组织不受过量辐射伤害。

现有 2 台 DSA 设备，共 53 名相关辐射工作人员，其中医生 37 名，护士 12 名，技师 4 名。本项目建成后，由手术中心导管室统一管理，拟新增 2 名技师和 2 名医师，

1.3.5 开展新项目的技术能力

(1) 人员配备：

① DSA

医院目前共有 3 台 DSA 可开展常规介入手术，均位于 1 号楼，由手术中心导管室统一管理，3 台 DSA 年承担介入手术约 3300 例，已有较为熟练的介入工作经验。手术中心导管室现有介入辐射工作人员 61 名（医师 39 名、护士 14 名、技师 8 名）。本项目将纳入手术中心导管室统一管理，并将新增 2 名技师，即介入辐射工作人员将达到 63 名，包括医师 39 名、护士 14 名、技师 10 名，负责承担包括本项目在内的 4 台 DSA 介入手术的开展，本项目 DSA 预期每年承担 1000 例手术，每台手术一般由 2 名医师、1 名护士、1 名技师负责完成，则共计可分成 19 组医师、14 组护士、10 组技师，人员配备能满足临床使用需求。

② 术中放疗

术中放疗需放疗科医师和物理师、手术医师、护士配合完成，按最多每天 2 台手术，则每年最多开展 500 例，医院将会在项目建设过程中，从各相关临床科室、放疗科和手术室工作人员中确定具体名单，预期配置放疗科医师、护理师各 2 名，手术医师 8 名，护士 4 名，其中仅放疗科物理师负责隔室设备操作，需按辐射工作人员管理，且手术前临床医师将与放疗科医师、物理师进行 MDT 会诊，确认患者适应情况、照射剂量、手术预计开始时间、人员安排等事项，能满足临床开展需求。医院将在项目建设过程中落实并将确保满足辐射工作人员上岗要求。

(2) 检测仪器配备：拟新增 1 台便携式辐射防护巡测仪，分别用于本项目 DSA 手术室和术中放疗手术室开展自行监测，满足本项目的需求。

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	待定	125	1000	介入诊疗	二期医疗楼四层西北侧DSA手术室	新增
2	术中放疗设备	II类	1	INTRABEAM 600	50	0.04	术中放疗	二期医疗楼四层南侧中部术中 介入手术室	新增

(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

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) 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日实施。 (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，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 2003 年第 6 号，2003 年 10 月 1 日实施。 (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》，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》，2006 年 1 月 18 日，原国家环境保护总局令第 31 号公布；2018 年 12 月 6 日经原环境保护部令第 3 号修改，2017 年 12 月 20 日经原环境保护部令第 47 号修改；2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改；2021 年 1 月 4 日生态环境部部令第 20 号修订并实施。 (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》，原环境保护部、原国家卫生和计划生育委员会 2017 年第 66 号公告，2017 年 12 月 6 日起施行。 (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) 《北京市城乡规划条例》，京人常[2021]61 号，2021 年 9 月 24 日。 (13) 《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。 (14) 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，生态环境部，2020 年 2 月。 (15) 原北京市环境保护局办公室《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 12 月 6 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。
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》(HJ10.1—2016)，环境保护部，2016 年 4 月 1 日； (2) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)，原生态环境保护部，2017 年 1 月 1 日； (3) 《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 4 月 1 日； (4) 《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 1 日； (5) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)，中华人民共和国国家卫生健康委员会，2021 年 5 月 1 日； (6) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)，生态环境部，2021 年 5 月 1 日； (7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)，生态环境部，2021 年 5 月 1 日。 (8) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2020)，生态环境

	部，2021 年 12 月 1 日。
其他	(1) 原国家环境保护局监督管理司，《中国环境天然放射性水平》，1995 年 8 月。 (2) 《Structural Shielding Design and Evaluation for Medical X-Ray imaging Facilities》，NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS，2004 年 11 月 19 日； (3) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS 76-2020），中华人民共和国国家卫生健康委员会，2021 年 5 月 1 日； (4) 《医用辐射危害控制与评价》，中国原子能出版社，2017 年 11 月； (5) 《辐射防护手册》，原子能出版社，1991 年 1 月； (6) 北京清华长庚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，2024 年 7 月。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

7.1.1 评价内容

本项目为在医院二期医疗楼四层西北侧新建 DSA 手术室并新使用增 1 台 DSA、四层南侧中部新建术中放疗手术室并新增使用 1 台术中放疗设备。

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导管室室外周围 50m 区域。

7.2 环境保护目标

本项目均位于医院二期医疗楼四层,其中 DSA 手术室位于四层西北侧,术中放疗手术室位于四层南侧中部,两间手术室毗邻关系见表 7-1。

表 7-1 本项目场所毗邻关系

位置	毗邻场所	位置	毗邻场所
①DSA 手术室			
东	术中 CT 手术室	北	清洁走廊
南	控制室	上	设备机房
西	设备间、物品库	下	病理科实验室
②术中放疗手术室			
东	洁净走廊	北	物品库、缓冲
南	洁净走廊	上	露天平台
西	缓冲、清洁走廊	下	移植中心诊室、办公室

根据项目特点及周围毗邻关系，确定主要环境保护目标为该单位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，详见表 7-2，周围 50m 范围内主要建筑物见图 7-1。

表 7-2 本项目场所周围 50m 范围内主要保护目标

项目	保护目标	最短距离 (m)	常居留 人数	方位	周围 50m 范围内主要场所
DSA 手术室	术中 CT 工作人员	紧邻	4	东侧	术中 CT 手术室
	手术室工作人员	15~50	/	东侧	手术室物品库、灭菌室等
	介入治疗工作人员	0~3.1	4	南侧	控制室
	手术室工作人员	3.1~35	10	南侧	各手术室、物品库、走廊等
	/	35~48.4	/	南侧	庭院上空
	公众	48.4~50	/	南侧	会议/示教兼避难间
	手术室工作人员	0~6.4	/	西侧	手术室设备间、清洁走廊、气瓶间、信息间等
	/	6.4~50	/	西侧	四层楼外
	手术室工作人员	0~9.3	/	北侧	物品库、走廊等
	/	9.3~50	/	北侧	四层楼外
	设备机房巡查人员	紧邻	/	楼上	设备机房
	病理科实验室工作人员	紧邻	2	楼下	病理科实验室（污洗、脱水、资料、荧光等）
术中放 疗手术 室	手术室工作人员	0~18.4	/	东侧	走廊、准备室等手术室工作场所
	手术室工作人员、患者	18.4~36.2	/	东侧	手术室电梯、走廊
	手术室工作人员	36.2~50	/	东侧	手术室更衣卫浴间
	手术室工作人员	0~7.4	/	南侧	走廊、麻醉器械室
	/	7.4~50	/	南侧	四层楼外
	手术室工作人员	0~11.7	4	西侧	手术室、走廊
	/	11.7~20	/	西侧	庭院上空
	手术室工作人员	20~39	/	西侧	医生办公室（麻醉师、住院医师）、药物临床试验基地
	/	39~50	/	西侧	庭院上空
	手术室工作	0~8.1	/	北侧	缓冲、物品库

	人员				
	手术室工作人员	8.1~38.9	12	北侧	各手术室
	手术室工作人员	38.9~50	/	北侧	洁车暂存库、液体库
	/	紧邻	/	楼上	露天平台
	移植中心工作人员	紧邻	2	楼下	移植中心诊室、办公室

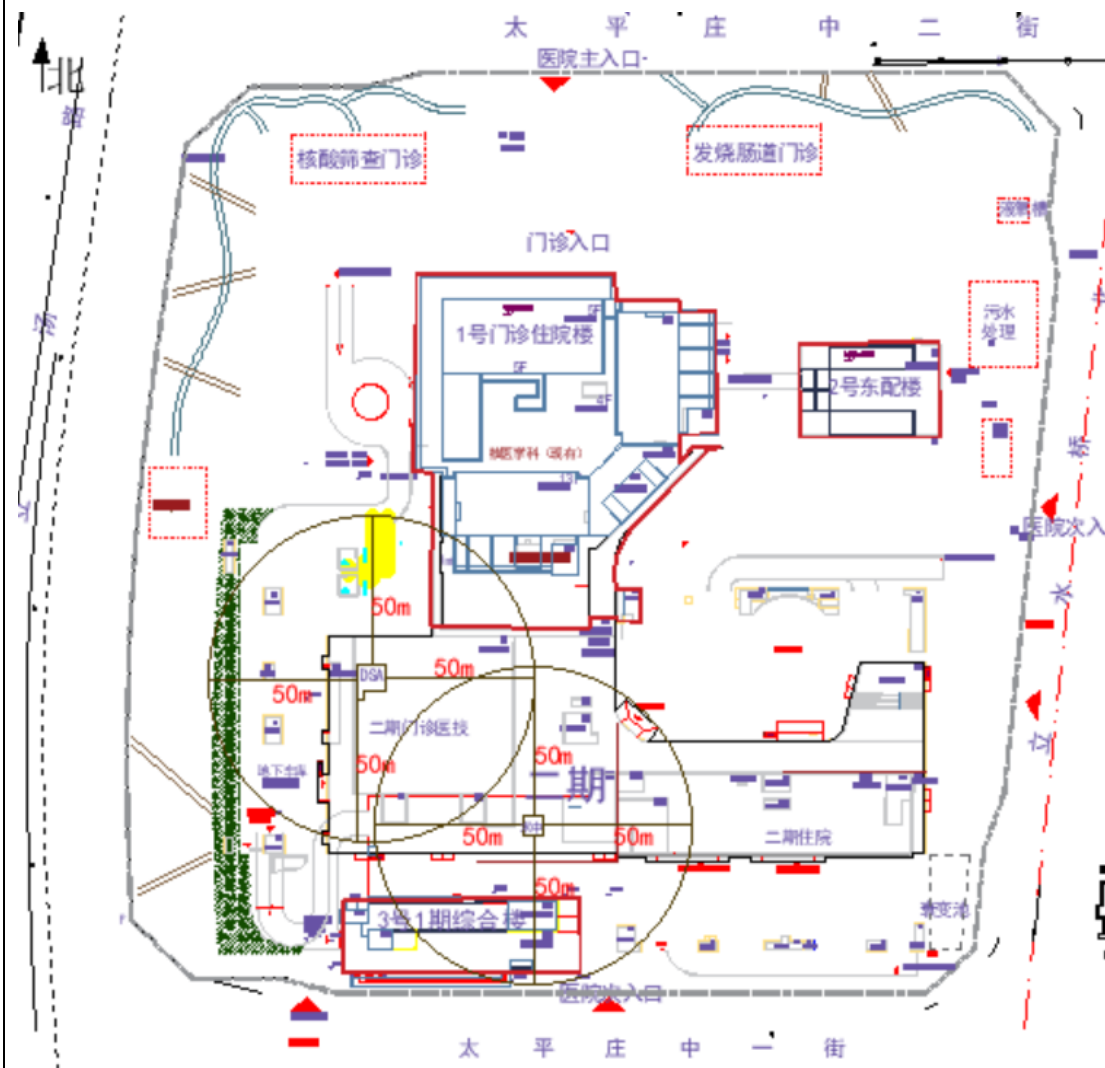


图 7-1 本项目周围 50m 范围内主要建筑物图

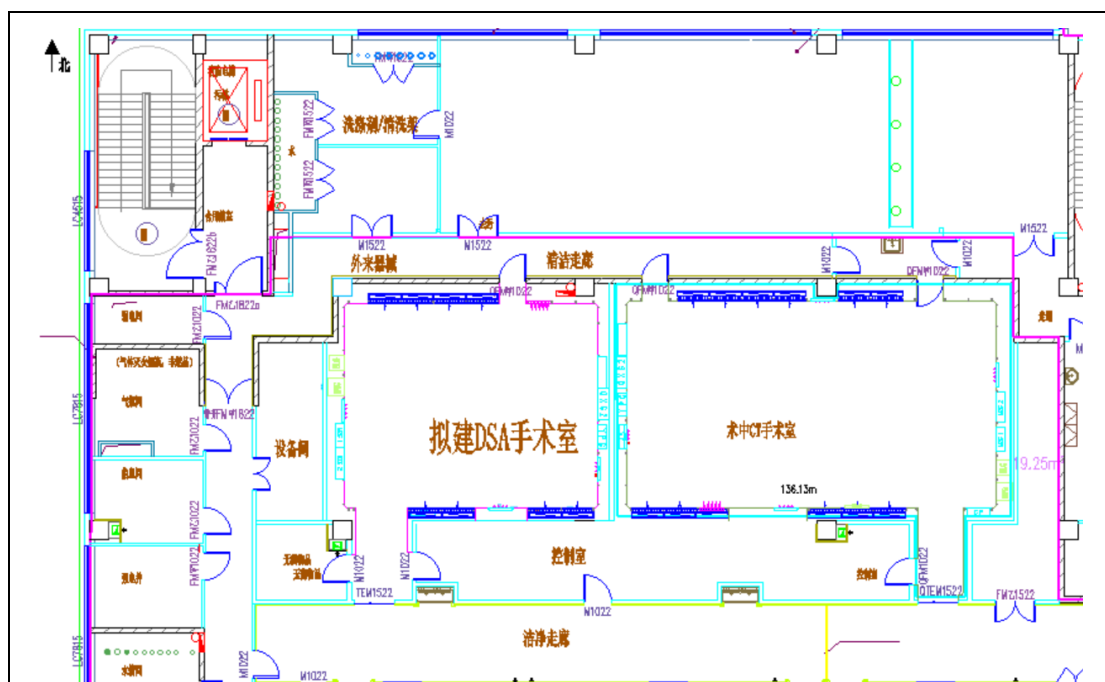


图 7-2 本项目 DSA 手术室四周毗邻关系图

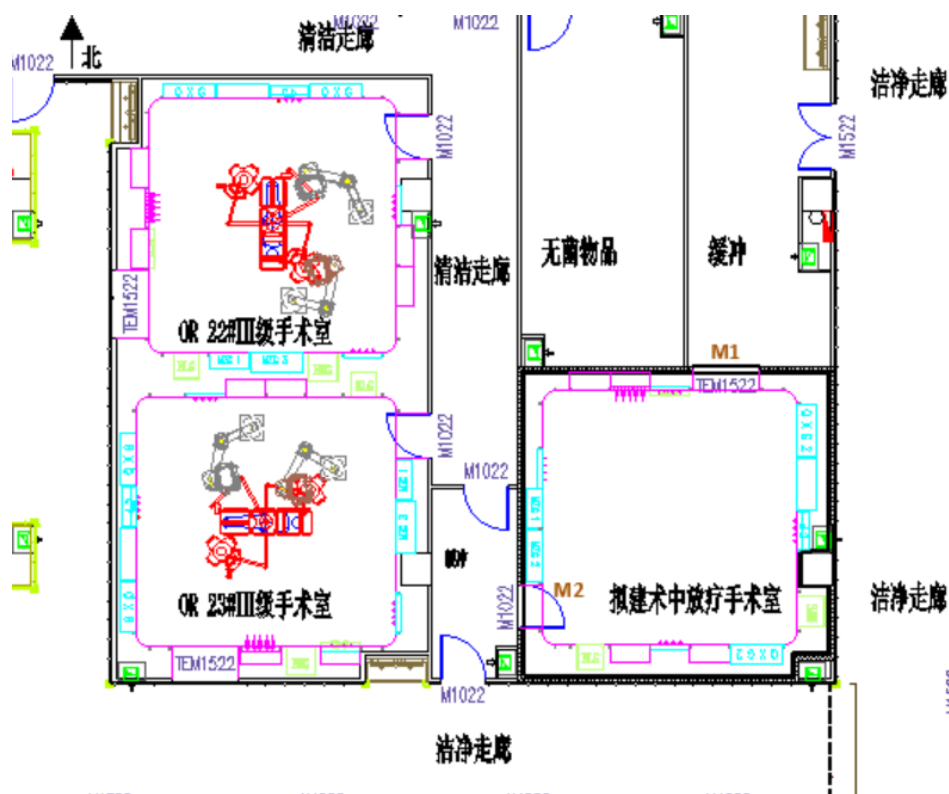


图 7-3 本项目术中放疗手术室四周毗邻关系图

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值及剂量约束值

7.3.1.1 基本剂量限值

电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871-2002）规定的剂量限值列于表 7-3。

表 7-3 个人剂量限值（GB18871-2002）

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

GB18871-2002 还规定了年剂量约束值，按辐射防护最优化原则设计的年剂量控制值应小于或等于该剂量约束值。剂量约束值是剂量限值的一个分数，公众剂量约束值通常应在 0.1~0.3mSv/a 范围内。

7.3.1.2 剂量约束值

该项目公众约束值分别执行 0.1mSv/a，DSA 工作人员职业照射剂量约束值 5mSv/a，术中放疗工作人员职业照射剂量约束值 2mSv/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。

7.3.1.3 剂量率控制水平

参照 GBZ130-2020 和 GBZ121-2020，新建 DSA 手术室和术中放疗手术室外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。

7.3.1.4 射线装置机房屏蔽防护基本要求

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	2
术中放疗设备机房	1	1

注：①C 形臂 X 射线设备机房指导管室。②标准无直接对应术中放疗设备机房铅当量厚度要求，参考相近电压设备并依据设备厂家推荐，本报告取 1mmPb。

7.3.1.5 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)
单管头 X 射线设备 (含 C 型臂)	20	3.5

注：本项目导管室为单管头 X 射线设备。

《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)第 6.2.1 条规定，治疗室应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 地理位置和场所位置

8.1.1 地理位置

北京清华长庚医院位于北京市昌平区立汤路 168 号，医院东邻立水桥北路，西邻立汤路，南邻太平庄中一街，北邻太平庄中二街。

8.1.2 场所位置

本项目 DSA 手术室位于二期医疗楼四层西北侧，其东侧为术中 CT 手术室，南侧为控制室，西侧为设备间和物品库，北侧为清洁走廊，楼上为设备机房，楼下为病理科实验室。

本项目术中放疗手术室位于二期医疗楼四层南侧中部，其东侧为洁净走廊，南侧为洁净走廊，西侧为缓冲和清洁走廊，北侧为缓冲和物品库，楼上为露天平台，楼下为移植中心诊室和办公室。

8.2 辐射环境现状监测

已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（CMA 证书编号：202319120948），于 2024 年 6 月 7 日对本项目相关场所进行了环境 γ 辐射剂量率本底监测。

8.2.1 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。

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
X、 γ 剂量率仪	GH-102A /20170404	DLjl2024-01645、2025年2月25日	测量范围： 0.01 μ Gy/h~100 μ Gy/h； 能量范围：30keV~8MeV； 相对响应之差：< $\pm$ 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》（GB18871-2002）；
- (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。

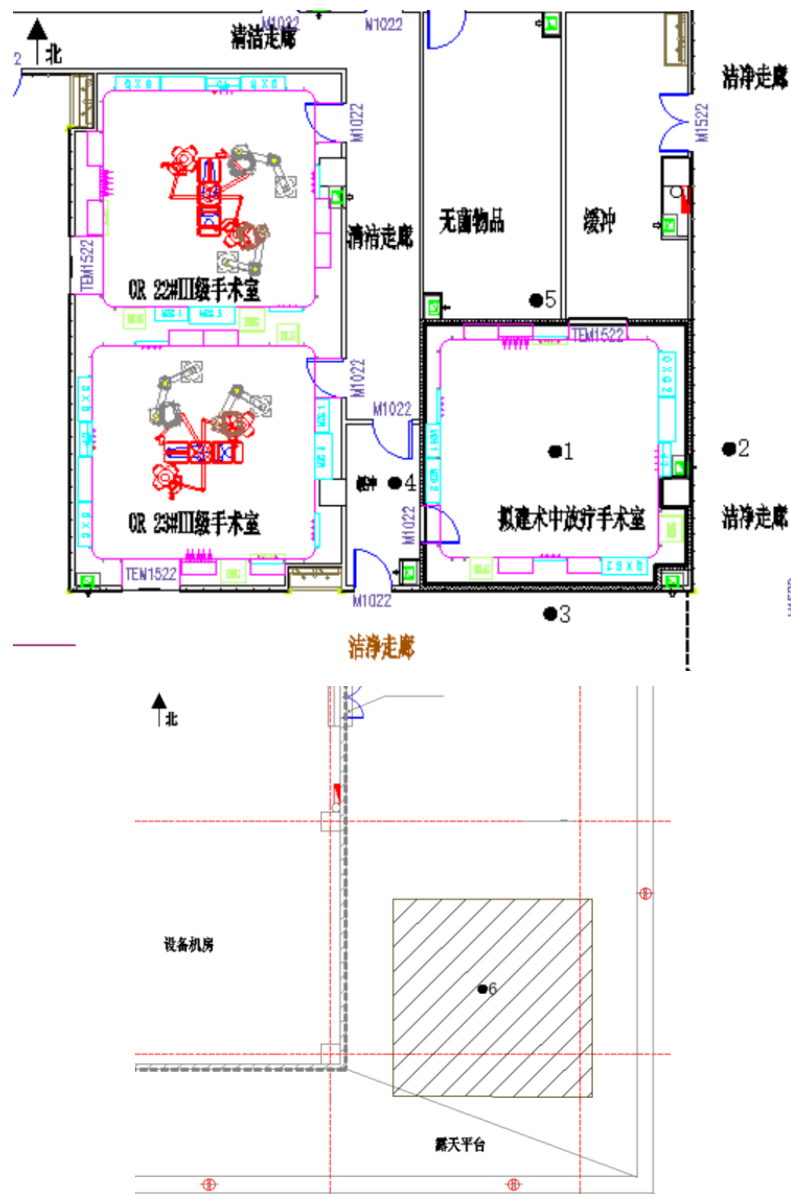
表 8-2 辐射环境现状监测结果

序号	检测点位置	地面介质	检测结果（ μ Gy/h）		备注
			平均值	标准差	
1	拟建术中放疗手术室中央	混凝土	0.08	0.01	楼房
2	拟建术中放疗手术室东侧	混凝土	0.08	0.01	楼房
3	拟建术中放疗手术室南侧	混凝土	0.07	0.01	楼房
4	拟建术中放疗手术室西侧	混凝土	0.07	0.01	楼房
5	拟建术中放疗手术室北侧	混凝土	0.07	0.01	楼房
6	拟建术中放疗手术室楼上	混凝土	0.07	0.01	楼房
7	拟建术中放疗手术室楼下	混凝土	0.08	0.01	楼房
8	拟建 DSA 手术室中央	混凝土	0.08	0.01	楼房
9	拟建 DSA 手术室东侧	混凝土	0.07	0.01	楼房
10	拟建 DSA 手术室南侧	混凝土	0.07	0.01	楼房
11	拟建 DSA 手术室西侧	混凝土	0.07	0.01	楼房

12	拟建 DSA 手术室北侧	混凝土	0.09	0.01	楼房
13	拟建 DSA 手术室楼上	混凝土	0.08	0.01	楼房
14	拟建 DSA 手术室楼下	混凝土	0.08	0.01	楼房

注：检测结果含宇宙射线响应值（0.03 μ Gy/h）。

根据《北京市环境天然贯穿辐射水平调查研究》（北京市环境保护科学研究所）资料，北京市原野 γ 辐射剂量率范围为 29.2~88.9nGy/h，室内为 42.3~151.6nGy/h。由表 8-2 中检测结果可知，拟建辐射工作场所及周围的 X- γ 辐射剂量率为 0.07~0.09 μ Gy/h，为北京市的天然本底范围之内，未发现异常高值。



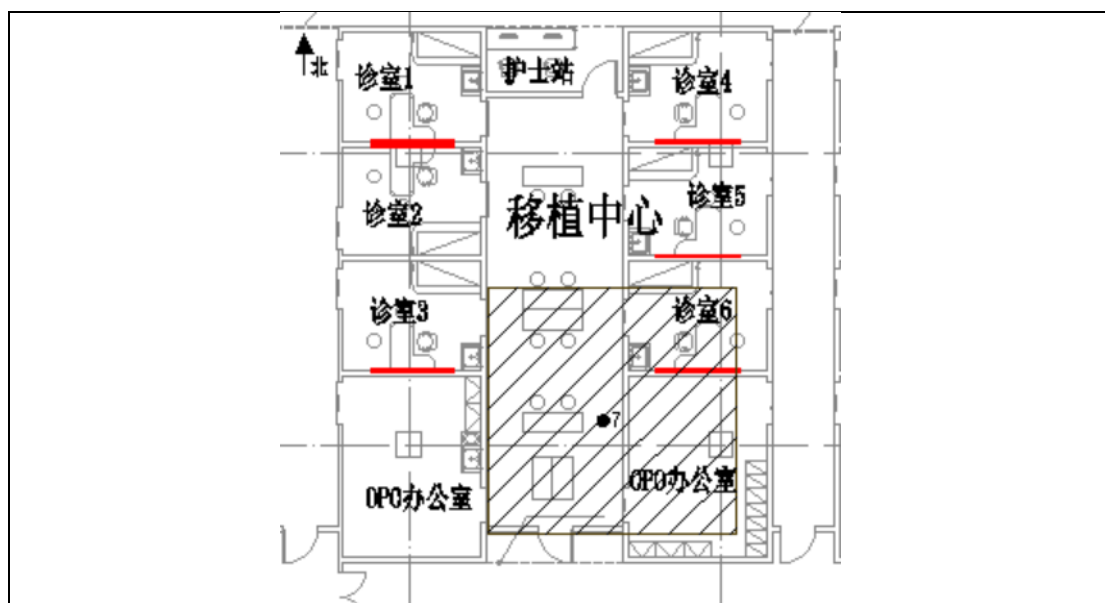
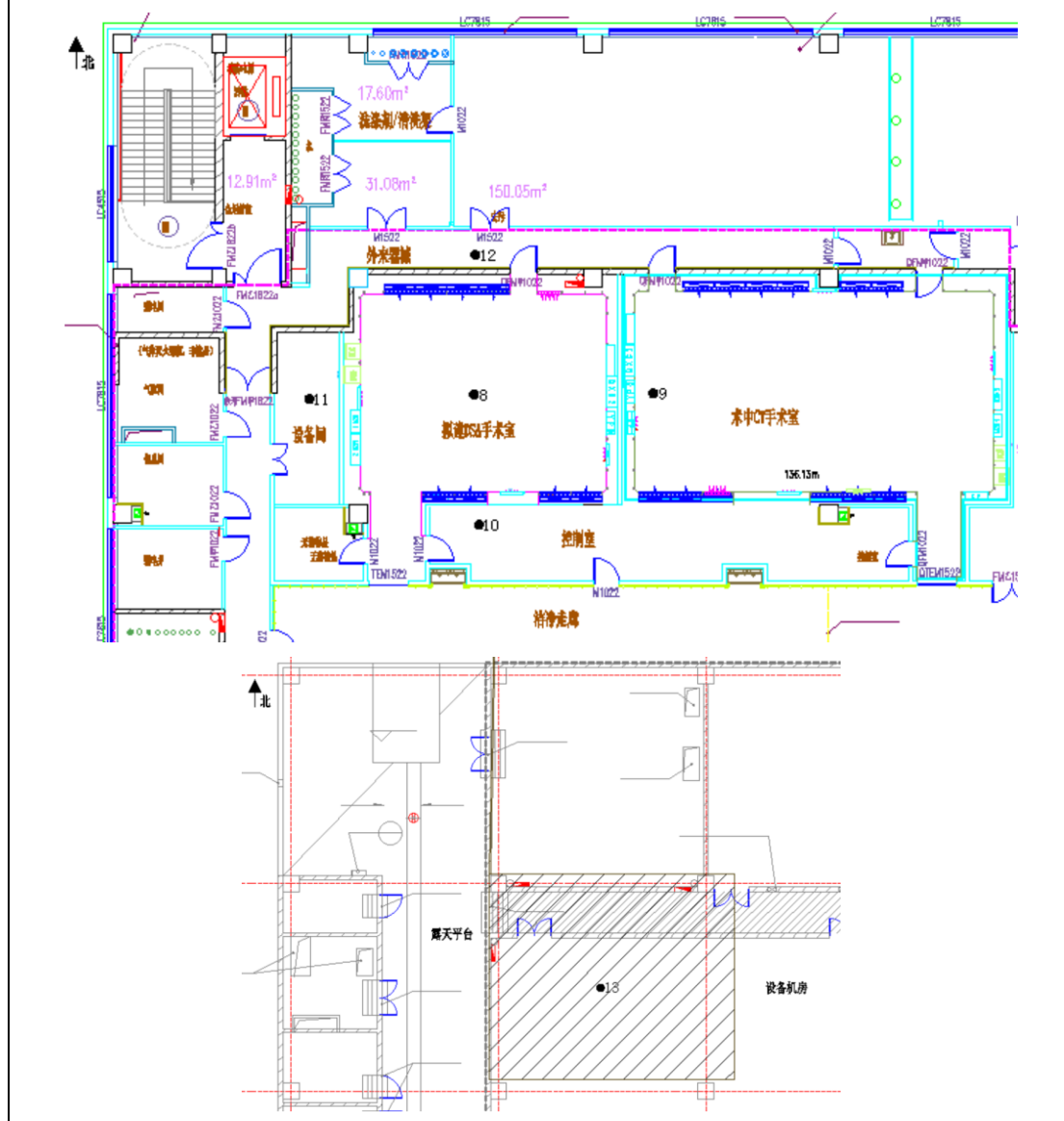


图 8-1 术中放疗手术室辐射环境现状监测点位图



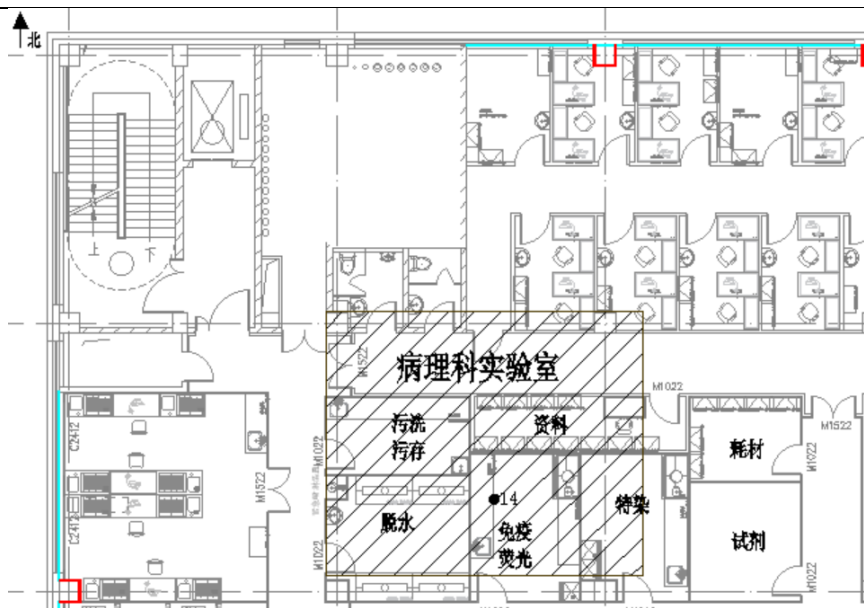


图 8-2 DSA 手术室辐射环境现状监测点位图

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

(1) DSA

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 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。

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。

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 DSA 设备如图 9-1 所示。



图 9-1 本型号血管造影机典型设备图（单管球）

(2) 术中放疗

术中放疗系统由射线发生器、施用器、承载系统和控制平台组成。工作时设备管球阴极发射电子经加速后通过束流偏转系统形成高速电子流打在金靶上，产生点源型、剂量各向同性的 kV 级 X 射线，且剂量衰减陡峭（距靶点 20mm 处剂量率约为 3mm 处的 1%），此过程由内部监控系统进行反馈和监控剂量输出，产生 X 射线的靶端根据治疗需要可连接各种规格的施用器，整个治疗方案的设定、操作均通过控制平台实现，照射剂量主要由出束时间、施用器类型控制。

厂家在设备出厂时将进行水中 PDD、空气中吸收剂量率和剂量各向同性的测定，同时测量各施用器转化函数（系数），继而得到各施用器刻度曲线，并输入控制台电脑。厂家在医院完成装机后，将会同医院代表一并再次对 PDD 和空气中吸收剂量率进行确认，设备每次自检也会对剂量进行检测，确保输出稳定并满足治疗要求。设备外观及主要组成部分见图 9-2。



图 9-2 本型号术中放疗设备外观图

该设备可配置不同类型、尺寸的施用器，如球形施用器、平板施用器、针形施用器和表面施用器，医院本次拟配置球形施用器、平板施用器两种规格，将根据不同的肿瘤类型选择适应的施用器使用（施用器一般需紧贴瘤床），其中球形施用器共 8 个尺寸，直径分别为 15、20、25、30、35、40、45、50mm，平板施用器共 6 个尺寸，直径分别为 10、20、30、40、50、

60mm。球形施用器、平板施用器外观示意及射线发生器（射线源）装载球形施用器示意图 9-3



图 9-3 球形施用器、平板施用器及射线发生器装载球形施用器示意图

9.1.2 操作流程

（1）DSA

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。

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，在确认导管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。

④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图 9-4 所示。

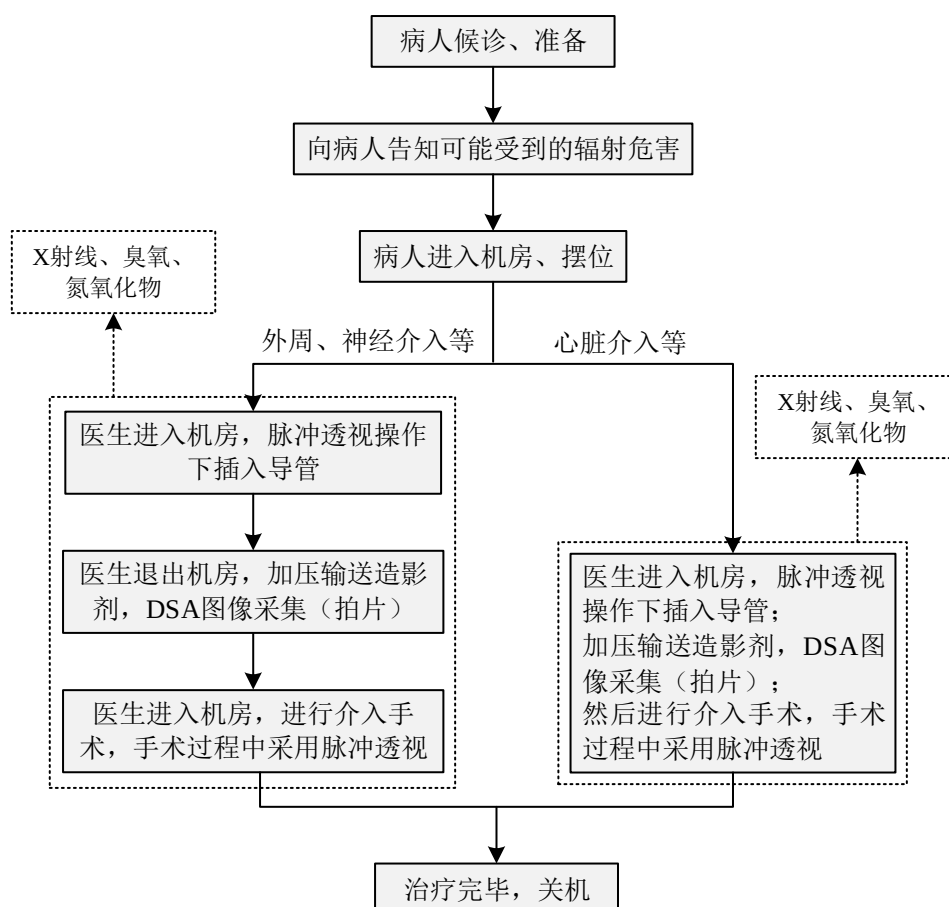


图 9-4 血管造影机（DSA）操作流程及产污环节示意图

工作量预计：本项目 DSA 启用后预计承担的年手术量约 1000 例。

（2）术中放疗

术中放疗主要是患者进行肿瘤切除手术时的“补充”放疗，主要流程和设备操作方式如下：

（1）临床科室术前进行会诊，并根据需要邀请放疗科医师、物理师参加，由其根据影像学、病理学等资料给出照射剂量，常用 15Gy~20Gy，一般不超过 30Gy。

（2）医师在术前与放疗科医师、物理师沟通好手术实施时间。

（3）患者按预定时间到达手术室，手术室护士根据需要对其进行术前准备，由临床医师实施肿瘤外科切除手术，同时物理师从将暂存于手术室东南角的设备推至北侧机房门外，输入用户名和密码，并进行实施治疗前必须完成和通过的质控项目（该过程必须实施且各项指标必须通过方可开始治疗，

否则无法开始治疗)。

(4) 医师切除肿瘤并根据肿瘤区域情况，选择施用器和治疗位置，物理师将承载系统推进手术室并装载施用器，医师放置施用器（一般紧贴瘤床），护士布置无菌罩，物理师确认承载系统（支架、机械臂）处于锁定状态。

(5) 确认后，工作人员全部退出手术室，关闭机房门，物理师在机房外通过操作控制面板控制，输入剂量、深度等参数，设备自动计算治疗所需时间，出束后，物理师将通过控制平台屏幕实时观察剂量、剩余时间等情况。期间医师和护士等手术参与人员将巡查患者呼吸、心跳等生命指征情况。

(6) 治疗完成后由医师确认治疗效果，物理师将设备关机后推回东南角存放。

(7) 术中治疗过程示意图 9-5，物理师隔室操作位置示意图 9-6。

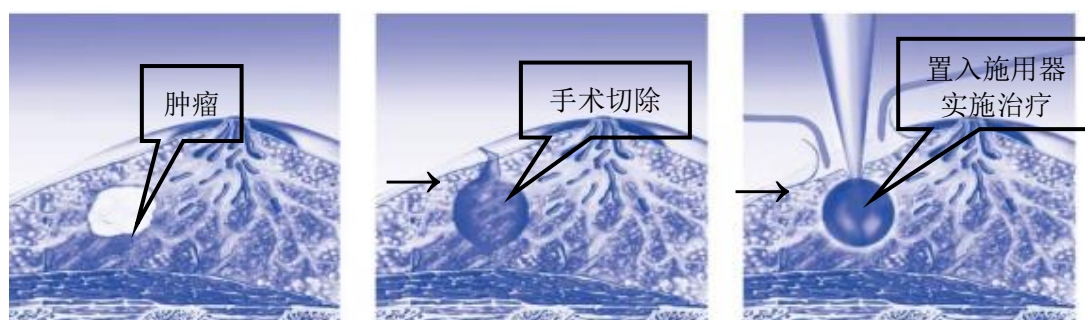


图 9-5 术中治疗过程示意图

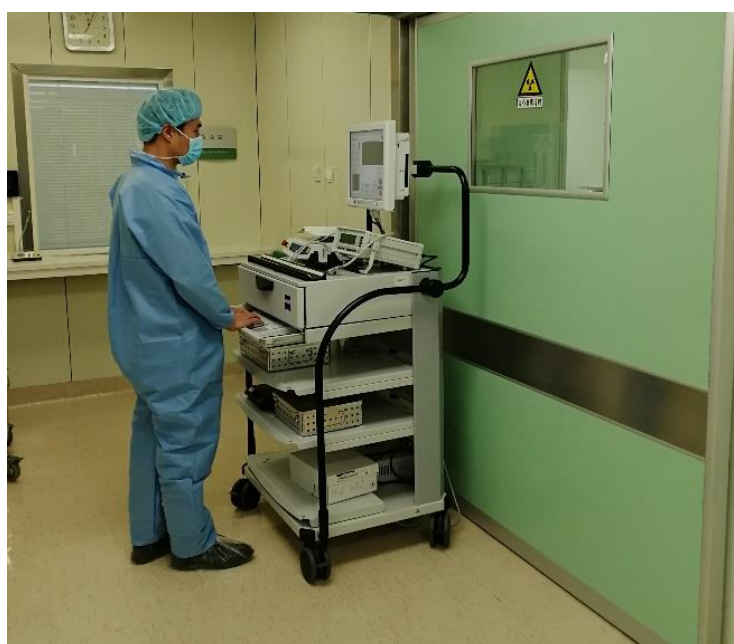


图 9-6 物理师隔室操作位置示意图

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 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，但由于该项目血管造影机和术中放疗设备工作时的管电压、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

本项目医院新建 DSA 手术室和术中放疗手术室，均位于二期医疗四层手术室区域，四层高 4.8m。

DSA 手术室东侧为术中 CT 手术室，南侧为控制室，西侧为设备间和物品库，北侧为清洁走廊，楼上为设备机房，楼下为病理科实验室。工作人员从控制室门 M1（平开）进入手术室，患者从洁净走廊门 M2（平移）进入手术室，污物从清洁走廊门 M3（平开）运出手术室，在手术室西侧设置无菌物品库门 M4（平开），控制室位于手术室南侧，控制室设置观察窗。工作人员拟同室近台和位于控制室操作设备，手术前工作人员穿戴防护用品并刷手后经防护门 M1 进入导管室，患者从防护门 M2 进入导管。导管室内检查床东西方向设置，患者姿态待定，床旁拟设置铅防护帘，床上方拟设置悬挂铅玻璃防护屏，DSA 管球根据手术需要可在 DSA 机房内沿等中心旋转。工作人员同室近台和位于控制室操作设备，DSA 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，医师在导管室内近台操作，护士和技师不在导管室内。

术中放疗手术室东侧为洁净走廊，南侧为洁净走廊，西侧为缓冲和清洁走廊，北侧为缓冲和物品库，楼上为露天平台，楼下为移植中心诊室和办公室。工作人员和患者均从防护门 M1（平移）进入手术室，污物从 M2（平开）运出手术室。手术过程中，手术医师先对患者进行肿瘤切除手术，再用术中放疗设备对肿床等位置进行术中放疗，照射时人员均退出手术室，且仅负责操作设备的放疗科物理师位于防护门 M1 外操作设备，防护门 M1 上将设置观察窗用于观察患者状态。

手术室均将采用层流净化系统通风，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 本项目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	屏蔽材料及厚度
1	DSA 手术室	71.4 (9.4m×7.6m)	四面墙体	3mm 铅板
			各防护门	3mm 铅板
			观察窗（南墙上）	3mmPb 玻璃
			顶棚	130mm 混凝土+2mm 铅板
			地面	130mm 混凝土+4cm 硫酸钡水泥
2	术中放疗手术室	32.5 (5.7m×5.7m)	四面墙体	2mm 铅板
			各防护门	2mm 铅板
			观察窗 (防护门 M1 上)	2mmPb 玻璃
			顶棚	130mm 混凝土+1mm 铅板
			地面	130mm 混凝土+2cm 硫酸钡水泥

注：①拟采用的硫酸钡水泥 2cm 厚度相当于 1mm 铅。②表中尺寸和面积为完成所有防护装修和外装饰后的有效尺寸。③机房楼板高度为 4.8m，四面墙体铅板高度为 4.8m。④将于楼板处架设钢龙骨铺设铅板防护。

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	√	单独机房
2*		操作部位局部屏蔽防护设施	√	铅悬挂防护屏、床侧防护帘、铅防护吊帘、床侧防护屏、移动式铅屏风等
3*		医护人员的个人防护	√	DSA 手术室拟配置铅橡胶围裙、铅橡胶颈套各 2 件、铅防护眼镜和铅手套各 2 副
4*		患者防护	√	DSA 手术室受检者拟配铅橡胶性腺防护围裙、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	√	平开机房防护门拟配自闭器
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*	B	监测仪器	√	新增 1 台便携式辐射巡测仪
10*	监测设备	个人剂量计	√	所有工作人员配备 TLD 个人剂量计

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）机房出入口内的所有区域为控制区，毗邻的控制室等为监督区，分区示意图见图 10-1。

（3）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”。工作状态指示灯拟与工作人员进出防护门关联，当设备开启且该防护门关闭时，所有防护门上指示灯亮起；所有平开门拟安装自闭器，所有平移门拟设置延时自动关闭功能。辐射安全设施布置位置见图 10-1 所示。

（4）辐射工作人员均佩戴个人剂量计。

（5）手术室设有观察窗和语音提示系统。

（6）DSA 手术室操作部位局部拟采取下列屏蔽防护设施：手术床的床侧悬挂含 0.5mm 铅当量的床侧防护帘 1 个、0.5mm 铅当量的床侧防护屏 1 个；床上悬挂可移动 0.5mm 铅当量的铅悬挂防护屏 1 个，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。

（7）DSA 设备诊疗床上和控制台面拟分别设有 1 个急停按钮；术中放疗设备控制台上设有 1 个急停按钮。

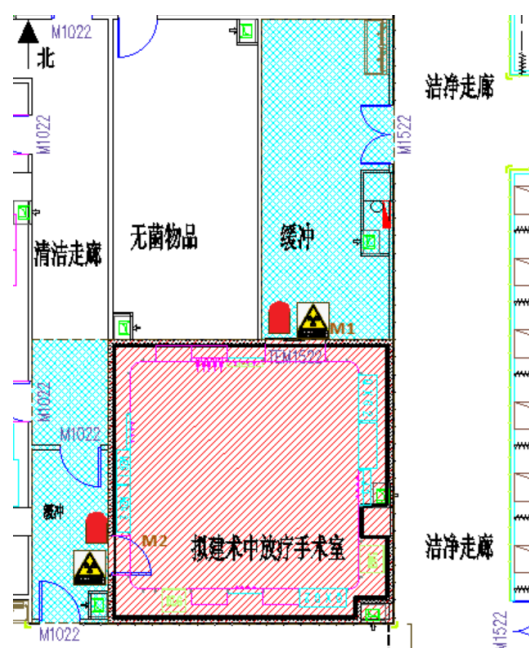
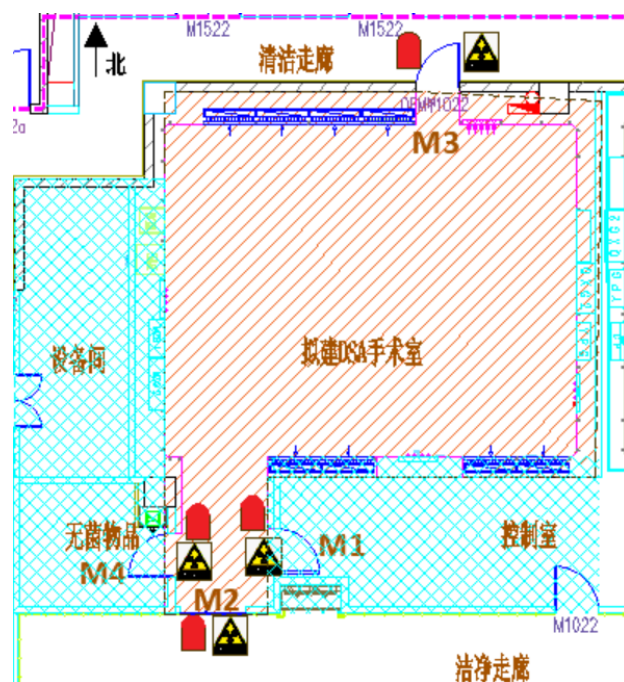
（8）医院配备符合防护要求的辅助防护用品，拟为 DSA 设备工作人员配置防护用品，包括 0.5mm 铅当量铅橡胶围裙、铅橡胶颈套各 2 件，0.5mm 铅当量铅防护眼镜 2 副，0.025mm 铅当量铅手套 2 副；拟为受检者配置 0.5mm 铅当量铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套各 1 件。

（9）手术室配备火灾报警系统，配有灭火用品。

（10）手术室拟采用层流净化系统进行通风，防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积；家属等候区拟设置放射防护知识宣传栏。

(11) 术中放疗手术室拟设置门-机联动，即各防护门关闭方能出束，出束过程中任一防护门开启将立刻停止出束。

(12) 拟新增 1 台便携式辐射巡测仪用于自行监测。



注：  为工作状态指示灯的示意，  为电离辐射警告标志的示意，

 为控制区的示意，  为监督区的示意，

图 10-1 辐射安全设施布置图

表 10-3 手术室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
DSA 手术室	四面墙体	3mm 铅板	3mm	2mm	是
	各防护门	3mm 铅板	3mm	2mm	是
	观察窗（南墙上）	3mmPb 玻璃	3mm	2mm	是
	顶棚	130mm 混凝土+2mm 铅板	3.6mm	2mm	是
	地面	130mm 混凝土+4cm 硫酸钡水泥	3.6mm	2mm	是
	导管室有效尺寸：9.4m×7.6m，有效面积为 71.4m ² （标准要求：最小有效使用面积不小于 20m ² ；机房内最小单边长度不小于 3.5m）				是
术中放疗手术室	四面墙体	2mm 铅板	2mm	2mm	是
	各防护门	2mm 铅板	2mm	2mm	是
	观察窗（防护门 M1 上）	2mm 铅当量玻璃	2mm	2mm	是
	顶棚	130mm 混凝土+1mm 铅板	2mm	2mm	是
	地面	130mm 混凝土+2cm 硫酸钡水泥	2mm	2mm	是
	导管室有效尺寸：5.7m×5.7m，32.5m ² （标准要求：治疗室应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要）				是

备注：①参照《医用辐射危害控制与评价》表 5-4 和 GBZ130 表 C，对于 DSA：80mm 混凝土相当于 1mmPb，2cm 硫酸钡水泥相当于 1mmPb，硫酸钡水泥密度不低于 3.2g/cm³。②术中放疗设备电压固定为 50kV，保守按 130mm 混凝土相当于 1mmPb 考虑。

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
DSA 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	—
DSA 手术室配置计划	拟配置铅橡胶围裙、铅橡胶颈套各 2 件、铅防护眼镜和铅手套各 2 副	铅悬挂防护屏、床侧防护帘、铅防护帘、床侧防护屏、移动式铅屏风各 1 个	拟配置铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套各 1 件	—
是否符合要求	是	是	是	—

注：术中放疗为工作人员隔室操作，患者为接收外科手术状态，暂不配置防护用品。

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，并在该机构设有专职管理人员。	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。	②术中放疗项目拟 2 名放疗科物理师负责设备操作，将在项目建设过程中落实，并确保上岗前需完成辐射安全与防护知识考核。	近期符合
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。	不涉及该内容
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。	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。	拟为辐射工作人员配备个人剂量计，拟新增 1 台便携式辐射巡测仪器开展自行监测。	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	符合

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。	近期符合
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。	近期符合
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。	①目前手术中心导管室共61名（医师39名，护士14名，技师8名），均已通过辐射安全和防护专业知识和相关法律法规的培训和考核，本项目拟增加配置2名技师，将在项目建设过程中落实，并确保上岗前需完成辐射安全与防护知识考核。②术中放疗项目拟设置2名放疗科物理师负责设备操作，将在项目建设过程中落实，	近期符合

		并确保上岗前需完成辐射安全与防护知识考核。	
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）。	近期符合
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。	近期符合

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防护装修和设备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，在防护装修和设备安装过程中，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。本项目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

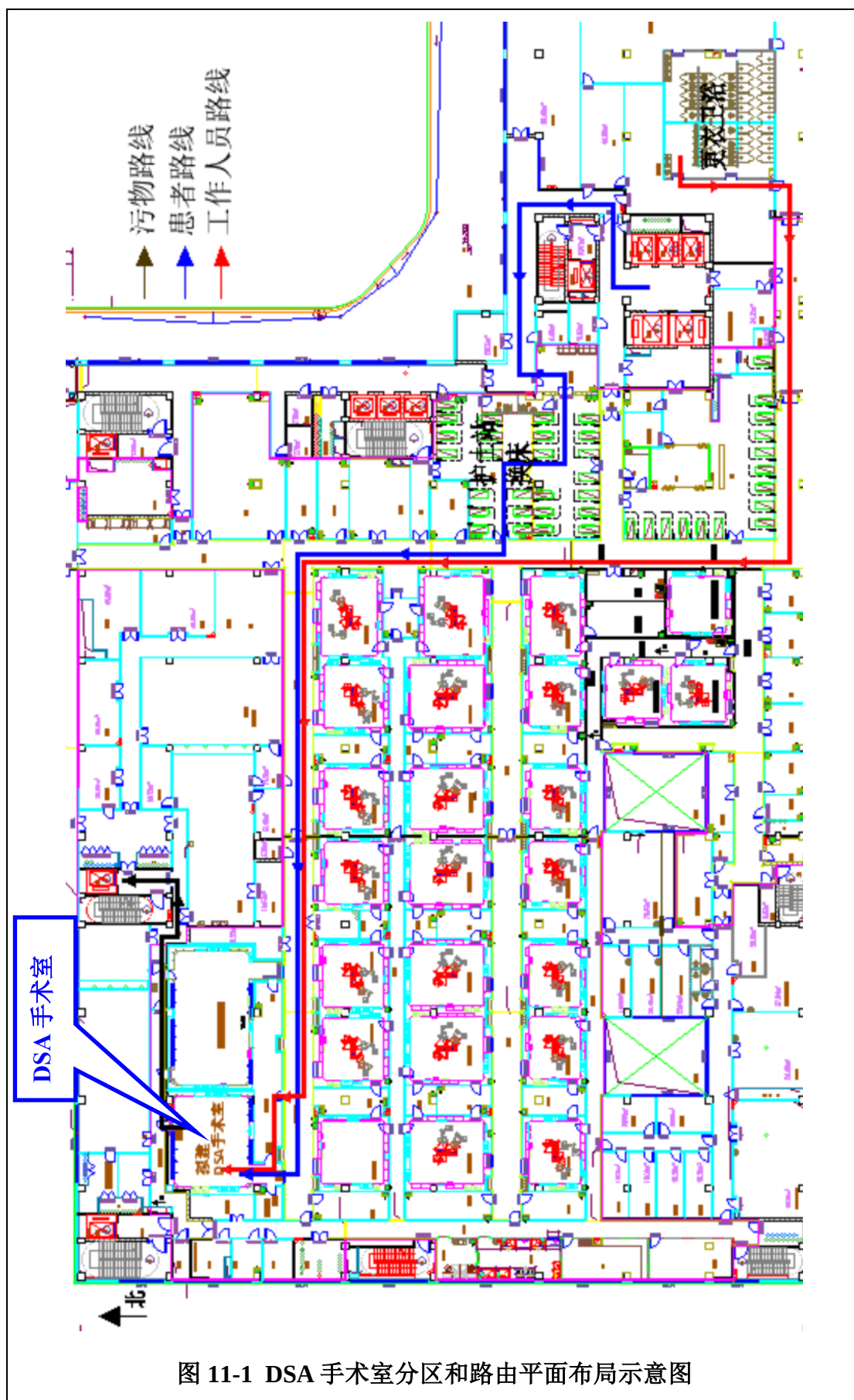
本项目拟建 DSA 手术室位于医院二期医疗楼四层西北侧，东侧为术中 CT 手术室，南侧为控制室，西侧为设备间和物品库，北侧为清洁走廊，楼上为设备机房，楼下为病理科实验室。

医院将 DSA 手术室设为控制区，毗邻的控制室、物品库等设为监督区（详见图 10-1），两区分区合理，符合辐射防护要求。

由场所平面布局（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，DSA 手术室两区划分明确，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。



11.2.2 设备参数和使用规划

(1) 设备技术参数

本项目使用的 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA。

(2) 使用规划

根据医院提供的资料，本项目 DSA 主要用于心血管介入、神经介入、肝胆介入和血管外科介入等，预期承担手术量约为 1000 例/年，现有的 3 台 DSA 预期共承担 3300 例/年，参与轮班的医师可约分为 19 组（每台 DSA 可配 4 组），则本项目 DSA 每组平均手术量约 250 例/年。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 DSA 保守按每名医师全年手术量 500 例进行剂量估算。

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、每台手术曝光时间预计

手术类型	透视时间（min）	摄影时间（min）
冠状动脉造影+放置支架	12	1
心脏射频消融	5	0.5
心内起搏器植入	5	0.5
先心病介入治疗	5	1
脑血管介入治疗	10	1
外周介入治疗	10	2

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。

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500mA×15帧/s×0.01s/帧×2min+10mA×12min=270mA·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

$$H = \frac{H_0}{R^2} \times B \times \frac{F \times \alpha}{400 \times R_0^2} \quad (11-1)$$

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

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 $4.692\text{mGy/mA} \cdot \text{min}$ ，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。

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97.3mGy/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：

$$H = H_0 \times B / R^2 \quad (11-2)$$

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

式中： 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，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报告心脏血管造影模式下的相关参数（混凝土：0.0371、0.1067、0.5733，铅：2.354、14.94、0.7481）。

根据上述估算方法得出摄影工况下DSA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，DSA手术室楼上、楼下剖面图见图11-3。

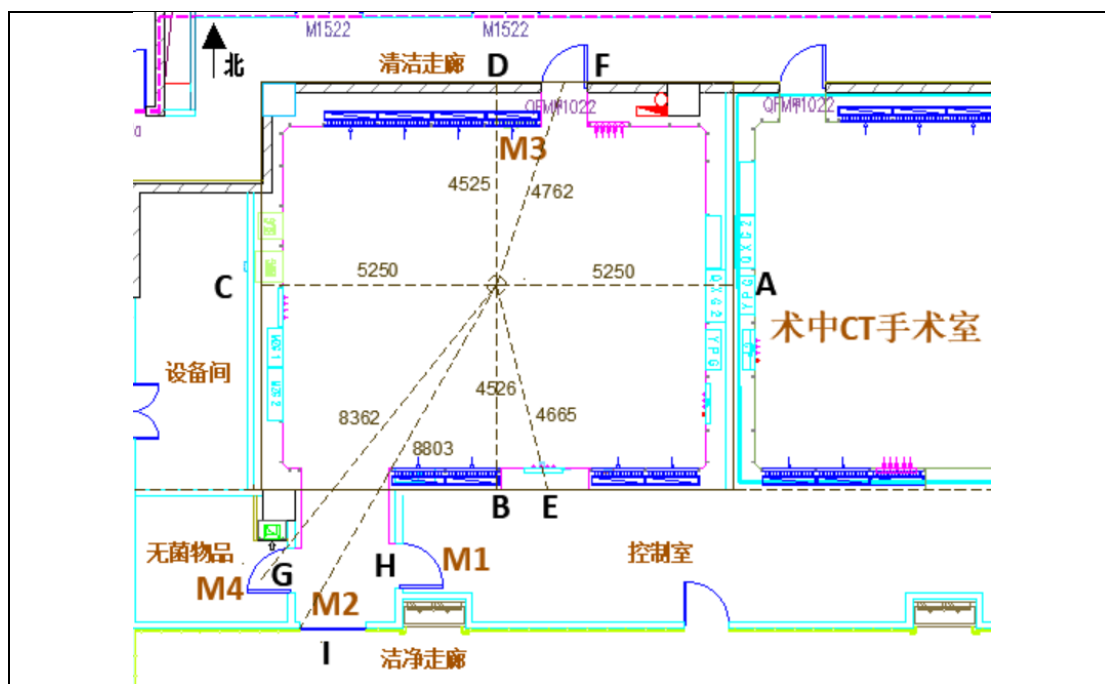


图 11-2 DSA 手术室四周估算点位示意图

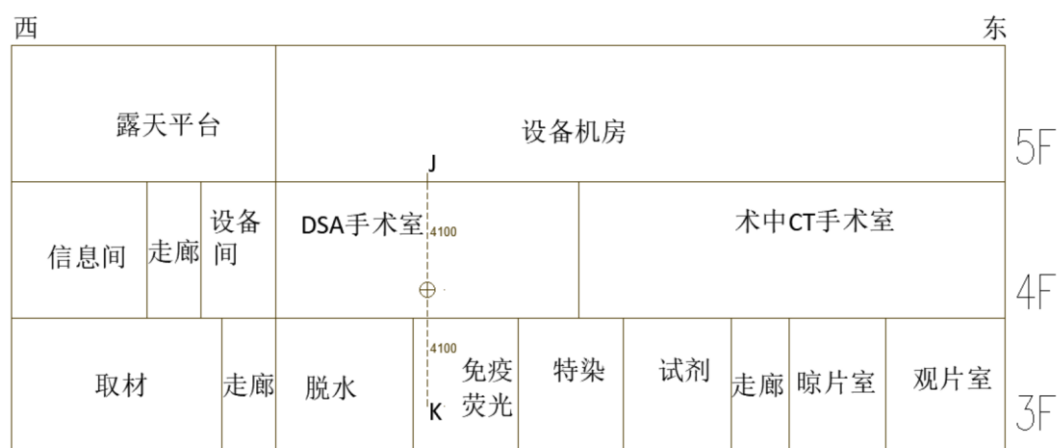


图 11-3 DSA 手术室室楼上、楼下剖面图

表 11-2 摄影工况下导管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
导管室	东墙 A	3mm 铅板	6.0E-05	泄漏+散射	5.6	1.86E-01	术中 CT 手术室
	南墙 B	3mm 铅板	6.0E-05	泄漏+散射	4.8	2.53E-01	控制室
	西墙 C	3mm 铅板	6.0E-05	泄漏+散射	5.6	1.86E-01	设备间
	北墙 D	3mm 铅板	6.0E-05	泄漏+散射	4.8	2.53E-01	清洁走廊

	观察窗 E	3mm 铅当量玻璃	6.0E-05	泄漏+散射	5.0	2.33E-01	控制室
	清洁走廊门 F	3mm 铅板	6.0E-05	泄漏+散射	5.1	2.24E-01	清洁走廊
	物品库门 G	3mm 铅板	6.0E-05	泄漏+散射	8.7	7.71E-02	物品库
	控制室门 H	3mm 铅板	6.0E-05	泄漏+散射	8.7	7.71E-02	控制室
	洁净走廊门 I	3mm 铅板	6.0E-05	泄漏+散射	9.1	7.04E-02	洁净走廊
	顶棚 J	130mm 混凝土+2mm 铅板	1.5E-05	泄漏+散射	4.1	8.42E-02	设备机房
	地板 K	130mm 混凝土+4cm 硫酸钡水泥	1.5E-05	泄漏+散射	4.1	8.42E-02	病理科免疫荧光实验室

备注：①泄漏和散射 1m 处剂量率取 $9.73E+04\mu\text{Gy/h}$ 。② K^{-1} 取 NCRP147 报告心脏血管造影模式下的衰减因子。③防护门屏蔽未考虑了斜射情况下等效厚度的影响，其中控制室门保守按物品库门同等条件考虑。④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，DSA 手术室外周围附加剂量率最大值为 $2.53E-01\mu\text{Gy/h}$ ，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，DSA 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 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 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

采集模式时，采用脉冲模式，剂量率与帧数成正比。根据医院实际工况，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 90kV 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。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，故居留因子保守取 1/4。

（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。

根据 GBZ130-2020, 工作人员采取铅衣 (0.5mm 铅当量) 屏蔽措施, 在透视和摄影时, 衰减系数约为 0.025, H_0 和 H_u 本次均采用剂量率乘以年受照时长计算, 其中 H_0 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_0 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 10 μ Sv/h 和 75 μ Sv/h。

②隔室操作

附加年有效剂量计算公式: $E=D\times t\times T\times K$

式中: E —年有效剂量, μ Sv;

D —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, 透视时偶然会在机房内, 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, 不在导管室内。

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 100h, 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 1/10。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 DS 手术室工作人员的年附加有效剂量

估算对象			剂量率 (μGy/h)	工作时间 (h/a)	居留 因子	年附加有效 剂量 (μSv)	
机房 内	术者 (医师)	透视 (铅衣内)	10	100	1	3716	
		透视 (铅衣外)	400				
		摄影 (铅衣内)	75	16.7	1/4		
		摄影 (铅衣外)	3000				
	辅助人员 (护士)	透视 (铅衣内)	10	100	1/16	190	
		透视 (铅衣外)	400				
机房 外		透视	2.53E-02	200	1		14
		摄影	2.53E-01	33.4	1		
	控制室 (技师)	透视	2.53E-02	200	1		
		摄影	2.53E-01	33.4	1		

注：①机房外的工作时间按每年最大手术量 1000 例修正，即控制室透视和摄影时间保守取 200h 和 33.4h。②取南墙外 E 的附加剂量估算控制室工作人员剂量。

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，介入治疗医师的年附加有效剂量不大于 3.716mSv，机房外的技师年附加剂量约为 0.01mSv，护士的年附加剂量约为 0.2mSv。以上估算是考虑本项目启用后按辐射工作人员每年的最大手术量进行的，故可不考虑剂量累加情况。

(4) 公众年附加有效剂量

根据表 11-2 的 DSA 手术室外主要关注点辐射剂量率水平，同时考虑导管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 1/10。

表 11-4 导管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 ($\mu\text{Gy/h}$)	年工作时间	居留因子	年附加有效剂量 (μSv)
------	------	-------------------------------	-------	------	-------------------------------

				(h/a)		
公众	北墙外清洁走廊 D	透视	2.53E-02	200	1/16	0.84
		摄影	2.53E-01	33.4	1/16	
	东墙外术中 CT 手术室 A	透视	1.86E-02	200	1	9.93
		摄影	1.86E-01	33.4	1	
	楼上设备机房 J	透视	8.42E-03	200	1/32	0.14
		摄影	8.42E-02	33.4	1/32	
	楼下病理科免疫荧光实验室 K	透视	8.42E-03	200	1	4.50
		摄影	8.42E-02	33.4	1	

备注：机房外的工作时间按每年最大手术量 1000 例修正。

根据上述估算结果，导管室外主要公众关注点年附加剂量最大值为 9.9 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期居留场所的年附加剂量将远小于 9.9 μ Sv。

综上所述，在导管室周围 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。

11.3 术中放疗设备运行（使用）后对环境的影响

11.3.1 机房所在位置及平面布局合理性分析

本项目拟建术中放疗手术室位于医院二期医疗楼四层南侧中部，其东侧为洁净走廊，南侧为洁净走廊，西侧为缓冲和清洁走廊，北侧为缓冲和物品库，楼上为露天平台，楼下为移植中心诊室和办公室。

本项目为术中放疗，即先行外科切除手术，再用术中放疗设备对瘤床部位进行放射治疗，实施放射治疗时，仅由物理师在防护门外隔室操作。医院将术中放疗手术室设为控制区，毗邻的走廊等设为监督区（详见图 10-1），

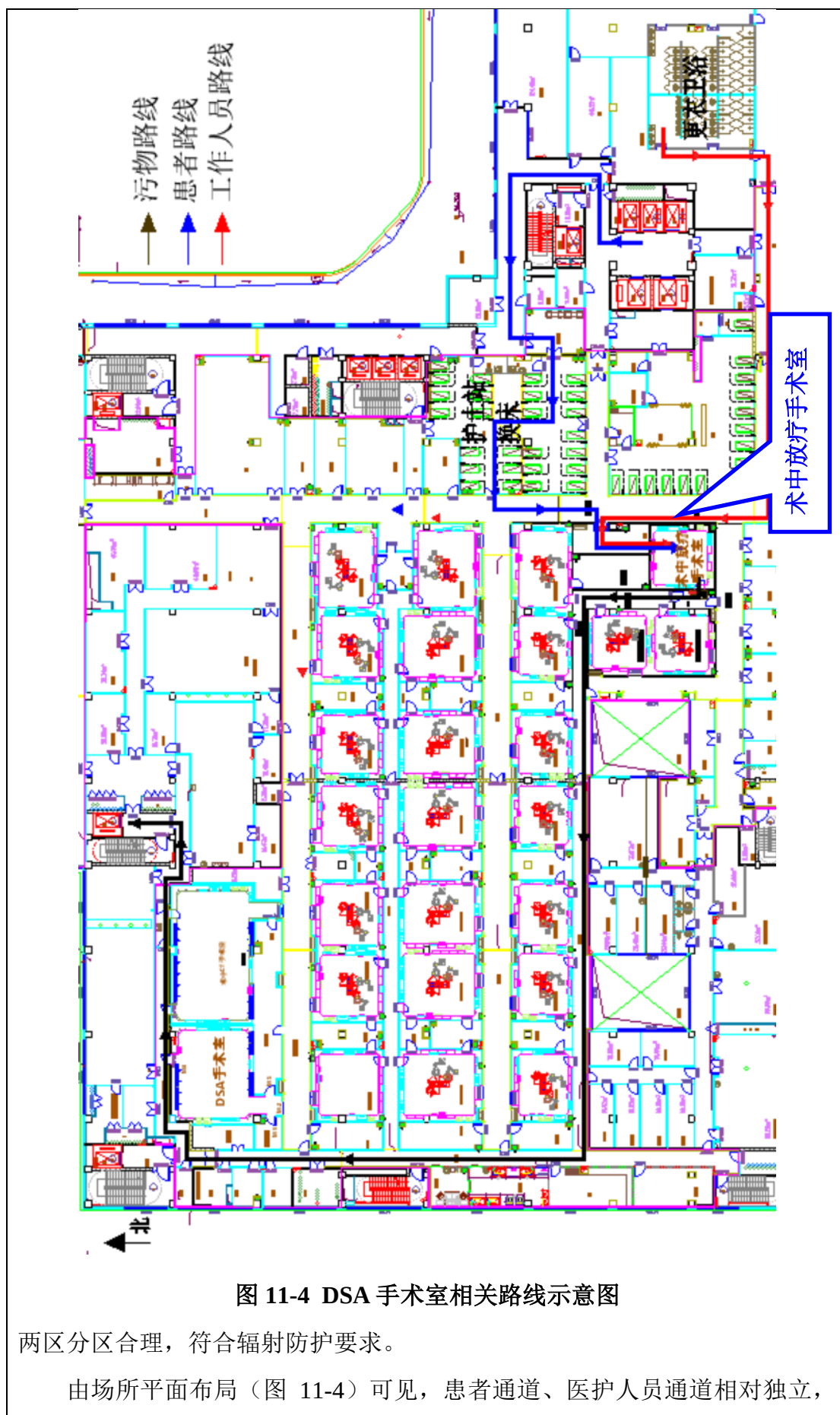


图 11-4 DSA 手术室相关路线示意图

两区分区合理，符合辐射防护要求。

由场所平面布局（图 11-4）可见，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，本项目两区划分明确，平面布局既满足诊疗工作的要求，又有利于辐射防护，评价认为本项目平面布局合理。

11.3.2 设备参数和使用规划

(1) 设备技术参数

本项目使用的术中放疗设备管电压和管电流均为固定值，分别为 50kV 和 0.04mA。

(2) 使用规划

根据医院提供的资料，术中放疗将运用于适应的各类实体肿瘤切除后 D 术中放疗治疗，预期最多每天实施 2 例，全年最多实施 500 例，每次使用前需进行质控，每次质控出束时间约 10min，平均每例放射治疗照射时间为 1h，则年质控出束时间为 83.3h，年治疗出束时间为 500h。

11.3.3 辐射环境影响评价

11.3.3.1 机房外剂量率估算

根据厂家提供的设备资料，在 50kV、0.04mA 条件下，距离靶点半径 20mm 处吸收剂量率为 0.5013 Gy/min，术中放疗手术室各面拟采用 2mm 铅或同等防护能力屏蔽材料，透射因子取 GBZ130-2020 附录 C 中 70kV 对应数据，即 1.25×10^{-6} ，以距离较近的北墙（关注点距离为 3.8m）为例，经屏蔽后剂量率仅为 $1.04 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ ，楼上和楼下均为 $8.92 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ ，均远小于环境本底水平。

工作人员（物理师）将在治疗实施前进行设备质控，需按设备要求的流程出束，射线源将插入设备附带的质控工具或电离室内，插入后形成有效密闭，质控工具和电离室均具有屏蔽能力（2mmPb 屏蔽防护），正常情况下无射线泄漏。

11.3.3.2 年附加剂量估算

根据 11.3.3.1 的分析，同样以北墙外和楼上、楼下为例，保守按居留因子为 1 考虑，对应的年剂量约为 $0.5 \mu\text{Sv}$ ，术中放疗手术室周围 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，在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。

11.4 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。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；

2）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：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：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，依照应急预案人员和职责、事故处理原则和处理程序等进行处理。

11.5 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 2.5μSv/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，防护门外贴有电离辐射警告标志。
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电离辐射警告标志等。
监测仪器	配备检测仪器：新增 1 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环境保护管理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 1-4 所示。本项目实施后，医院将导管室纳入辐射安全管理范围，导管室负责人负责本项目的日常管理。辐射安全管理小组的职责包括：

（1）在医院辐射安全防护组组长、副组长的领导下，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，在辐射安全防护组组长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）建立射线装置档案，组织医院有关部门和人员对使用的射线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

目前医院手术中心导管室现有 3 台 DSA 设备，共 59 名相关辐射工作人员，其中医生 39 名，护士 12 名，技师 8 名。本项目建成后，由手术中心导管室统一管理，并新增 2 名技师，手术中心导管室辐射工作人员可达 61 名（医师 39 名，护士 12 名，技师 10 名）。

术中放疗设备将由放疗科物理师负责操作，本项目拟配置 2 名物理师负责。

目前，医院现有辐射工作人员都分批参加了辐射安全和防护培训，并通过了考核。医院现有的辐射工作人员培训证到期前和本项目新增的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，考核合格后方可继续从事辐射工作，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

医院辐射安全管理严格遵循国家的各项相关规定，针对 DSA 诊疗项目，已制定血管造影机（DSA）操作规程，术中放疗由于是首次开展，将在项目建设过程中落实相关操作规程等。本项目建成后，将完善辐射监测方案、辐射事故（件）应急预案等辐射安全管理制度，严格执行后能确保本项目的顺利实施。

12.3 辐射监测

12.3.1 个人剂量监测

医院制订了辐射工作人员个人剂量监测的管理要求，并已将辐射工作人员个人剂量监测工作纳入全院辐射监测计划体系，要求全院辐射工作人员按要求接受个人剂量监测，并建立相应的个人剂量监测档案。

全院辐射工作人员的个人剂量监测工作目前已委托中国医学科学院放射医学研究所承担，监测频度为每 1 个季度检测一次。医院严格要求辐射工作人员按照规范佩戴个人剂量计，规定在个人剂量计佩戴时间届满一个监测周期时，由专人负责收集人员佩戴的剂量计送检更换，医院严格按照国家法规和相关标准进行个人剂量监测和相关的防护管理工作。

12.3.2 工作场所和辐射环境监测

医院拟新增 1 台便携式辐射巡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。

12.3.3 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，分别由导管室工作人

员和放疗科物理师使用便携式辐射巡测仪，定期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）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。

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 ($\mu\text{Sv/h}$)	检测频次
DSA 手术室	1	东墙		1 次/年
	2	南墙		1 次/年
	3	西墙		1 次/年
	4	北墙		1 次/年
	5	观察窗		1 次/年
	6	控制室门		1 次/年
	7	物品库门		1 次/年
	8	洁净走廊门		1 次/年
	9	清洁走廊门		1 次/年
	10	楼上		1 次/年
	11	楼下		1 次/年
术中放疗 手术室	1	东墙		1 次/年
	2	南墙		1 次/年
	3	西墙		1 次/年
	4	北墙		1 次/年
	5	人员进出门		1 次/年
	6	污物门		1 次/年
	7	楼上		1 次/年

	8	楼下		1 次/年
--	---	----	--	-------

备注：观察窗和防护门为四周搭接处和中间区域。

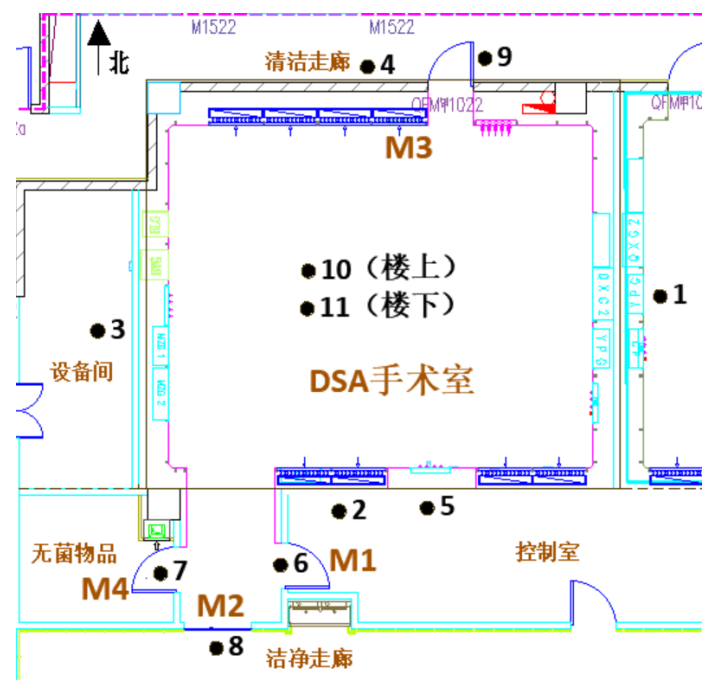


图 12-1 DSA 手术室周围自行检测点位图

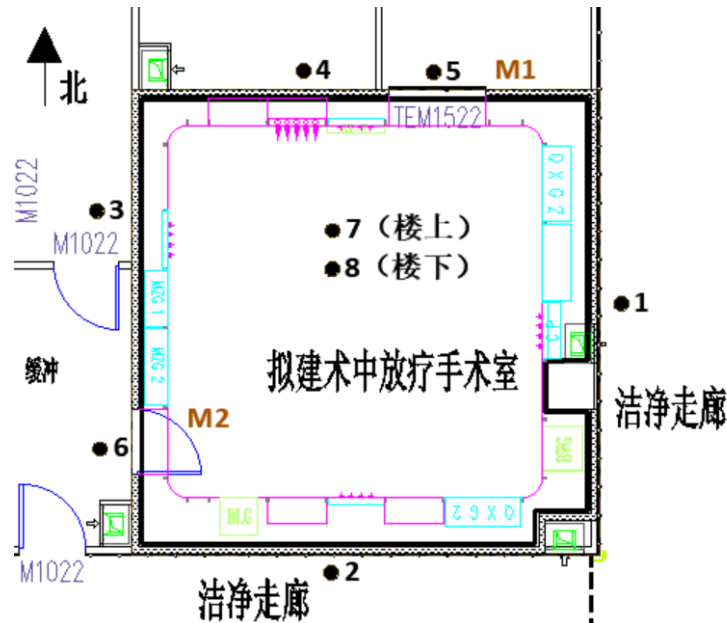


图 12-2 术中放疗手术室周围自行检测点位图

12.4 辐射事故应急管理

医院已制定《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，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，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

北京清华长庚医院拟在二期医疗楼四层西北侧新建 1 间为 DSA 手术室并新增 1 台 DSA，拟在南侧中部新建 1 间术中放疗手术室并新增 1 台术中放疗设备。血管造影机为很成熟的医用 X 射线设备，尽管 X 射线对人体有少许危害，但是借助 DSA 设备可以辅助医学诊断治疗，所获利益远大于其危害，术中放疗作为外科手术的补充，可有效杀死瘤床表面残存的肿瘤细胞同时保护周围正常组织不受过量辐射伤害，均符合《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

本项目两间手术室均位于二期医疗楼四层，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

通过对拟建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，北京清华长庚医院二期新增使用II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) 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。

