

核技术利用建设项目

新增使用血管造影机
环境影响报告表

建设单位：北京市房山区中医医院 (公章)

2021 年 11 月

核技术利用建设项目

新增使用血管造影机
环境影响报告表

建设单位名称：北京市房山区中医医院

建设单位法人代表（签名或签章）：孙鲁英

通讯地址：北京市房山区城关街道保健路4号

邮政编码：102401

联系人：段浩申

电子邮箱：fszysbk@sina.com

联系电话：69315220

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	8
表 3 非密封放射性物质	8
表 4 射线装置	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6 评价依据	11
表 7 保护目标与评价标准	13
表 8 环境质量和辐射现状	17
表 9 项目工程分析与源项	21
表 10 辐射安全与防护	25
表 11 环境影响分析	29
表 12 辐射安全管理	48
表 13 结论与建议	52
表 14 审批	54
附图 1 房山区中医医院所在地理位置示意图	55
附图 2 房山区中医医院项目位置及评价范围示意图	56
附图 3 本项目周围环境机评价范围示意图	57
附图 4 本项目在综合病房楼一层位置和周围环境示意图	58
附图 5 DSA 机房楼上（综合病房楼二层）对应区域位置示意图	59
附图 6 本项目 DSA 机房布局示意图	60
附件 1: 《辐射安全许可证》正副本复印件	61
附件 2: 已通过考核从事介入治疗工作的辐射工作人员	69
附件 3: 2020 年度个人剂量监测报告	71
附件 4: 环境本底检测报告	73
附件 5: 场所所在建筑物建设工程许可证	74
附件 6: 环评公示截图	76
附件 7: 环评委托书	77

表 1 项目基本情况

建设项目名称	新增使用血管造影机				
建设单位	北京市房山区中医医院				
法人代表	孙鲁英	联系人	段浩申	联系电话	69315220
注册地址	北京市房山区城关街道保健路 4 号				
项目建设地点	北京市房山区城关街道保健路 4 号病房楼二层、门诊楼一层				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资(万元)	1250	项目环保投资	125	投资比例(环保投)	10%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²)	120
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他					

1.1 单位概况

北京市房山区中医医院（以下简称房山区中医医院）于 1982 年 3 月 15 日成立，2018 年 6 月 8 日正式成为北京中医药大学第六临床医学院、北京中医药大学房山医院，是国家三级甲等中医医院、全国文明单位。

医院以总院为中心，建立了四个分院，分别为月华分院（良乡月华北大街 10 号）、西门分院（良乡西路南大街甲 8 号）、东岭分院（燕山羊耳峪北里 6 号楼）和杏花分院（房山区迎风南路 6 号）。医院还技术支持多家乡镇社区卫生服务中心、民营医院

与乡村卫生室。对口支援、协同发展四川什邡、湖北房县、河北省高碑店市等多家医院。医院设有急诊、骨伤、内、外、妇、产、儿、针灸、推拿、康复、疼痛、治未病、皮肤、眼科、口腔、耳鼻喉、感染性疾病科、肛肠、血液透析室、麻醉和重症医学科二十一个临床科室；医学检验、核医学、放射、功能检查、病理、药剂、营养、输血、手术室和供应室十个医技科室。医院目前有一个“十二五”国家级重点专科协作组成员单位：脾胃病科；两个“十二五”市级重点专科：肺病科、脑病科；两个市级重点专病：结石病、糖尿病；三个北京市国家中医重点专科辐射工程首都区域专科：肺病科、脾胃病科、内分泌科；两个区级重点专科：骨伤科、肛肠科。以市级中青年名医和名老中医为学科带头人，成立了三个北京中医药薪火传承“3+3 工程”基层老中医传承工作室和许心如等工作室。编制床位 800 张，为全区 90 余万人口及周边多个县市群众提供中医药服务。

房山区中医医院位于北京市房山区城关街道保健路 4 号，东邻南关南大街，南邻永安路住宅区和中医院家属区，西隔河沿路和马刨泉河，北邻城关保健路。地理位置见附图 1 所示，其平面布局和周围环境示意图见附图 2 所示。

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

房山区中医医院持有北京市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》（京环辐证 [J0024]），许可使用 III 类射线装置，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。有效期至 2022 年 8 月 21 日，见附件 1）。

房山区中医医院已许可使用的射线装置见表 1-1 所示。

表 1-1 房山区中医医院现有的射线装置

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类	备注
1	CT 机	III	1	使用	月华分院
2	医用 X 射线机	III	1	使用	月华分院
3	医用 X 射线机	III	1	使用	西门分院
4	医用 X 射线机	III	1	使用	东岭分院
5	牙片 X 射线机	III	1	使用	总院
6	口腔 CT 机	III	1	使用	总院
7	CT 机	III	1	使用	总院
8	床旁 X 射线机	III	3	使用	总院

9	C型臂 X 射线机	III	1	使用	总院
10	医用 X 射线机	III	5	使用	总院

房山区中医医院已许可使用的非密封放射性物质工作场所见表 1-2 所示。

表 1-2 已许可使用的非密封放射性物质工作场所

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类
1	三层放免室	丙	I-125	7.4E+5	2.7E+8	使用
2	一层核医学科	乙	I-131	1.78E+8	1.85E+11	使用
3			Tc-99m	7.4E+5	1.85E+11	使用

1.2.2 近几年履行环保审批手续情况

房山区中医医院自 2016 年以来, 共计有 5 个核技术利用建设项目履行了环保手续, 具体情况见表 1-3。

表 1-3 建设项目履行环保手续情况

序号	项目名称和环境影响评价	竣工环保验收
1	使用 III 类射线装置登记表 (京环辐登 2016-26 号)	已登记证
2	月华分院新建医用射线装置应用项目登记表 (备案号 201711011100001702)	已登记证
3	核医学科技术改造项目环境影响报告表 (京环审(2019)85 号)	建设中
4	使用 III 类射线装置登记表 (备案号 202011011100002384)	已登记证
5	良乡分院使用使用口腔全景机应用项目登记表 (备案号 202111011100001010)	正在申请许可

1.2.3 辐射安全管理情况

(一) 辐射安全与环境保护管理机构

为了加强对辐射安全和防护工作的管理, 医院设置了辐射安全与防护管理小组, 并指定了专人负责辐射安全与防护工作。人员构成具体情况如下表 1-4 所示。

表 1-4 辐射安全与防护管理小组人员构成和职责

序号	人员类别	姓名	性别	专业	职务或职称	工作部门	专/兼职
1	负责人	孙鲁英	女	管理	院长	院部	兼职
2	负责人	毛廷森	男	管理	副院长	院部	兼职
3	成员	魏淑凤	女	医疗	科长	医务科	兼职
4	成员	宋占庆	男	医疗	主任	口腔科	兼职
5	成员	宋春丽	女	医疗	主任	核医学	兼职

6	成员	段浩申	男	管理	科长	设备科	专职
7	成员	张士朋	男	医疗	主任	CT室	兼职
8	成员	刘红云	女	医疗	副主任	放射科	兼职
9	成员	于宝东	男	管理	科长	保卫科	兼职
10	成员	宋金颖	女	护理	护士长	手术室	兼职

（二）已建立的辐射防护规章制度及执行情况

评价期间，调阅了医院现有的规章制度。医院已制定的辐射安全防护制度有：《III类射线装置操作规程》、《辐射安全领导小组及其职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《医院辐射防护措施》、《射线装置检修维护制度》、《射线装置台帐管理制度》、《辐射安全培训制度》、《辐射监测方案》、《非密封放射性物质管理制度》和《辐射事故（件）应急预案》。医院各项制度在日常工作中得到落实。

（三）辐射工作人员培训

医院规定所有辐射工作人员，在上岗前将通过辐射安全与防护考核，持合格证上岗。定期（培训考核有效期4年，网上考核有效期5年）参加复训，并制定了辐射工作人员培训计划。

目前，房山区中医医院放射科、核医学科、口腔科、外科等科室共有41名正式的辐射工作人员，均通过了辐射安全与防护考核。已通过考核人员名单见附件2。今后如有新增辐射工作人员，通过辐射安全与防护考核后持证上岗。

（四）个人剂量监测

全院所有辐射工作人员的个人剂量监测工作已委托北京市疾病预防控制中心承担，监测频度为每季度监测一次。全部的辐射工作人员均配置了个人剂量计，每季度由医院专人负责收集更换，并将每季度的个人剂量检测结果和每年度的个人剂量检测报告存档备案。

根据医院提供的2020年度的个人剂量监测结果（见附件3），年受照剂量均低于0.175mSv，低于年剂量约束值5mSv/a，说明医院的辐射安全防护措施是可行的。

（五）工作场所及辐射环境监测

根据原环保部18令的要求，医院制定有辐射监测制度，配置了便携式辐射仪、辐射报警仪和表面污染检测仪，定期进行放射工作场所辐射水平和表面污染水平的监测。

此外，医院每年委托有资质第三方检测机构开展工作场所辐射水平监测。对于射线装置工作场所，监测点主要包括机房四周（四周墙体、防护门和观察窗等）和楼上楼

下相应场所、以及控制室等；对于非密封放射性物质工作场所，主要包括伽玛相机机房、注射室和病人候诊室等四周和其楼上楼下相应场所，以及控制室等场所。

评价期间查阅了浙江建安检测研究院有限公司于 2020 年 6 月出具的场所检测报告，全部监测结果满足标准要求。

对于非密封放射性物质工作场所，开展了自行表面污染监测：即每天工作结束后，对非密封放射性同位素工作场所的注射台台面、通风橱台面以及显像设备等进行表面污染监测。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，该项工作由核医学科工作人员自行完成，监测数据记录存档。

（六）辐射事故应急管理

医院成立了辐射事故应急处理领导小组，制定有《放射防护安全应急预案》、《放射性药品丢失紧急处理预案》并定期进行制度修订。医院每年组织一次院内辐射安全应急演练并留存演练记录及照片资料，通过实际操作提高放射人员自我防护意识。

发生辐射事故时，立即启动辐射事故应急方案，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，同时向卫生行政部门报告。

2020 年 10 月，由医院辐射安全管理小组组织，针对医院在拍片过程中发生误照射的情况下的应急演练，在演练过程中各部门通力合作，确保演练的顺利进行，达到了预期效果。

1.3 本项目概况

1.3.1 本项目背景

房山区中医医院经卫健委批准，增加了冠心病介入诊疗科目，具备了开展含心脏介入治疗的介入放射诊疗能力。医院拟新增使用 1 台中型 C 形臂血管造影机（DSA）（以下简称“中 C”），开展静脉滤器置入术、胆道支架置入术、肝动脉栓塞术以及外周动（静）脉血管造影等。使用 1 台大型 C 形臂血管造影机（以下简称“大 C”）开展经皮冠状动脉介入治疗（PCI 手术）。

1.3.2 本项目产业政策符合性及实践正当性

本项目拟用的 2 台 DSA，均属于 II 类射线装置，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中第十三项第 5 条中关于“……、数字化医学影像设备、……”类别，属于国家支持和鼓励类产业。

本项目的建设可以提高医院对疾病的诊治能力。DSA 设备运行产生的辐射影响很

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，故该核技术应用具有正当性。

1.3.3 本项目位置及选址合理性分析

拟建的中 C 型 DSA 机房位于医院病房楼二层。该机房周围 50m 范围内的地上建筑物均为医院用房。拟改建为 DSA 机房的 1#手术室，其南侧和东侧为楼外空间，西侧为控制室和 3#手术室，北侧为库房。其楼上为脾胃病科病房及医生夜间值班室，楼下为住院药房和配电室，可见，周围相邻场所无常居留人员，中 C 机房选址合理。

拟建的大 C 型 DSA 机房位于门诊楼一层东北角，该机房北侧隔 2.2m 的院内通道为医院北墙，之外隔 8.5m 的保健路为便民超市等商铺，距离较远。机房东侧紧邻院墙，之外隔 2.4m 封闭通道为新顺发商场、药店等商铺的后墙，即机房与商铺相隔 3 道墙体，可有效减少 DSA 辐射影响。机房南侧为药房，西侧为门诊大厅，楼上为后勤库房，下面为土层，周围无人员常居留的办公室、护士站或收费处等，也无居民楼、学校和幼儿园等敏感目标。综合分析 DSA（大 C）机房选址基本合理

1.3.4 本项目环境影响评价内容

本项目建设场地为利用现有医疗用房进行改建，其核技术利用项目属于新建。

建设内容为：将医院门诊楼一层现有的门诊外科手术室改建为介入治疗场所，使用 1 台 DSA（大 C），设备型号 INFX-9000F（II 类, 125kV、1000mA）。将医院病房楼二层 1#百级手术室改建为介入手术室,使用 1 台 DSA(中 C),设备型号 AXIOM ARTIS U（II 类, 100kV、650mA）。设备相关情况见表 1-5。

表 1-5 拟新增使用 DSA 射线装置相关情况

设备名称	设备型号	技术指标	管球数量	使用地点	年最多治疗人数
DSA (大 C)	INFX-9000F	125kV/800mA	单管球	门诊介入 手术室	≤500
DSA (中 C)	AXIOM ARTIS U	100kV/650mA	单管球	1#百级 手术室	≤250

本项目属于使用 II 类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《射线装置分类办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》，应该编制环境影响评价报告表，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，北京科欣科技发展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。受房山区中医医院的委托，北京科欣科技发展有限公司环评人员在现场踏勘、监测、收集资料的基础上，编制了新增使用血管造影机环境影响报告表。评价重点是设备在运行过程中产生的X射线对操作人员、周围员工及公众和环境的影响。

1.3.5 工作负荷和人员配备

大 C 拟开展心脏 PCI 手术，每天不超出 2 例，全年最多开展 500 例手术。小 C 开展外科（肝胆肿瘤和外周血管等）介入治疗手术，如肝胆肿瘤栓塞治疗和外周血管栓塞介入治疗等，每天最大开展 1 例手术，全年开展 250 例手术。

本次新增 2 台 DSA 设备后，医院拟配置 12 名辐射工作人员，其中 9 名从现有的辐射工作人员中调配（6 名医生和 3 名技师），计划再新增 3 名辐射工作人员（护士）。具体见表 1-6。上述人员配置，可以满足每台 DSA 配置至少 4 名辐射工作人员（2 名医生、1 名技师和 1 名护士）的基本要求。

表 1-6 本项目拟配置的辐射工作人员

序号	姓名	性别	工作岗位	职业	辐射安全与防护 培训时间	培训证号	使用设备
1	田星	男	外一	内科医生	2019/9/4	A1929022	中 C
2	赵亚东	男	肿瘤科	内科医生	2019/9/4	A1929023	
3	张士朋	男	CT 室	影像医生	2019/9/4	A1929001	
4	杨强	男	CT 室	技师	2019/9/4	A1929008	
5	梁超	男	手术室	护士	待考核	/	
6	邸春雪	女	CT 室	技师	2019/9/4	A1929007	
7	张保栋	男	心血管	内科医生	2019/9/4	A1929029	大 C
8	周翔	男	心血管	内科医生	2019/9/4	A1929030	
9	许士强	男	CT 室	影像医生	2019/9/4	A1929002	
10	郭志强	男	CT 室	技师	2019/9/4	A1929006	
11	魏嘉	女	手术室	护士	待考核	/	
12	刘思稳	女	手术室	护士	待考核	/	

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	1	INFX-9000F	125	1000	介入治疗	门诊介入手术室	
2	血管造影机	II	1	AXIOM ARTIS U	100	650	介入治疗	病房楼1#手术室	
	以下空白								

(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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
有害气体 O ₃ 等	气体				<10g		直接排放	经通风系统直接排入环境大气
以下空白								

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	<ol style="list-style-type: none"> 1. 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第九号，2015年1月1日实施； 2. 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日实施； 3. 《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日起施行；2016年7月2日第一次修正；2018年12月29日第二修正）； 4. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》2005年9月14日经国务院令第四四九号公布；2014年7月29日经国务院令第六五三号修改；2019年3月2日经国务院令第七零九号修改； 5. 《建设项目环境保护管理条例》，1998年11月29日国务院令第二五三号发布施行。2017年7月16日国务院令第六八二号修订，2017年10月1日起施行； 6. 《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三一号公布；2008年12月6日经原环境保护部令第三号修改；2017年12月20日经原环境保护部令第四七号修改；2019年8月22日经生态环境部令第七号修改；2021年1月4号生态环境部令第二十号修订并实施； 7. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第十八号，2011年5月1日起施行； 8. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第十六号，2020年11月5日，自2021年1月1日起施行； 9. 《关于发布射线装置分类》的公告，原环境保护部国家卫生和计划生育委员会，公告2017年第六六号，2017年12月6日起施行； 10. 《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； 11. 关于发布《建设项目竣工环保验收暂行办法》的公告，国环规环评〔2017〕4号，2017年11月； 12. 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的通知》，京环办〔2018〕24号，2018年）； 13. 《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
------	--

	<p>部公告，2019 年第 57 号，2019 年 12 月 23 日；</p> <p>14. 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，生态环境部，2020 年；</p> <p>15. 《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 日起施行；</p> <p>16. 《产业结构调整指导目录(2019 年本)》，国家发展和改革委员会令第 29 号，2020 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>17. 《北京市禁止违法建设若干规定》，北京市政府第 295 号令，2020 年 11 月 15 日实施。</p>
<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 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)； 2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； 3. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； 4. 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； 5. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 6. 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； 7. 《医用常规 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)； 8. 《北京市环境天然放射性水平调查研究》，1989。
<p>其他</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities, NCRP REPORT No. 147, 2005； 2. 《医用外照射源的辐射防护》，ICRP 33 号出版物，人民卫生出版社，1984； 3. 李德平、潘自强《辐射防护手册（第三分册）辐射安全》，1990 年 3 月第 1 版； 4. 李德平、潘自强《辐射防护手册（第一分册）辐射源与屏蔽》，原子能出版社，1987 年 8 月第一版； 5. 房山区中医医院环境影响评价委托书； 6. 房山区中医医院提供的与本项目相关的申请和技术资料； 7. 房山区中医医院提供的辐射安全管理制度、个人剂量检测报告等资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围、目的和评价因子

7.1.1 评价范围

根据本项目评价内容，参照《辐射环境保护管理导则 核技术应用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）要求，确定该项目辐射环境影响评价的范围：以分别以 DSA 机房实体屏蔽边界向外围扩展 50m 的区域作为评价范围。

本项目评价范围示意图见图 7-1 所示。



图 7-1 本项目评价范围示意图

7.1.2 评价目的

通过对本项目内容进行分析和估算，以期达到以下目的：

- 对建设项目环境辐射现状进行调查及辐射环境现状进行监测；
- 评价项目在运行过程中对工作人员及公众成员所造成的辐射影响；
- 评价辐射防护措施效果，为生态环境行政主管部门管理提供依据；

- 对不利环境影响提出防治措施，把其减少到“可合理达到的尽量低水平”；
- 为医院的辐射环境保护管理提供科学依据。

7.1.3 评价原则

- 1、以建设项目为基础，环保法律法规为依据，国家有关方针政策为指导的原则；
- 2、突出该项目的特点，抓住关键问题，坚持实事求是、客观公正的原则；
- 3、评价来源于项目、服务于项目、指导于项目的原则。

7.1.4 评价因子

本项目评价因子主要为 X 射线。

7.2 保护目标

拟建的 DSA（中 C）机房由病房楼二层 1#手术室改建而成。DSA 机房实体屏蔽边界周围 50m 范围的建筑物均为医院医疗用房。该 DSA 介入机房南侧为楼外空间，东侧为门诊楼，西侧为控制室和 3#手术室，北侧为库房。楼上为脾胃病科病房和医生夜间值班室，楼下住院药房和配电室，故相邻场所没有常居留人员。

拟建的 DSA（大 C）机房由门诊楼一层外科手术室改建而成。该机房 DSA 机房实体屏蔽边界周围 50m 范围，西侧和南侧为医院内医疗用房，东侧和北侧为商铺。该 DSA 机房楼上为后勤库房，下面为土层。机房北侧隔 2.2m 院内通道为医院北墙，之外隔 8.5m 保健路为便民超市等商铺。机房东侧紧邻院墙，之外隔 2.4m 封闭通道为新顺发商场、药店等商铺的后墙。南侧为药房，西侧为门诊大厅。

2 个机房周围的保护目标分布情况见表 7-1 和图 7-1，DSA 机房楼上、楼下对应区域见图 8-3 和图 8-4 所示。

表 7-1 DSA 机房实体屏蔽体周围 50m 范围内的保护目标

场所	保护目标	方位	距项目边界最近距离 (m)	常居留人数 (预计)
大 C 机房	新顺发商场、药店等商铺	东侧	3.0	10
	无菌换药室、中药房、门诊大厅	南侧	紧邻	8
	控制室、更衣室、护办麻醉门诊、外科诊室	西侧	紧邻	10
	便民超市等商铺	北侧	10.7	10
	后勤库房	楼上	4.0	2
中 C 机房	门诊大厅	东侧	4.0	50
	食堂、挂号室	南侧	19	10
	控制室、3#手术室、护士值班室等	西侧	紧邻	5
	库房、2#手术室区域	北侧	紧邻	2
	脾胃病科病房和医生夜间值班室	楼上	4.0	/
	住院药房和配电室	楼下	4.0	/

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值和剂量约束值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的规定:

(1) 剂量限值

表 7-2 个人剂量限值

辐射工作人员	公众关键人群组成员
连续 5 年的年平均有效剂量不超出 20mSv, 且任何一年中的有效剂量不超出 50mSv。	年有效剂量不超出 1mSv, 特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

《GB18871-2002》11.4.3.2 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。

(2) 剂量约束值

本评价对职业人员和公众的剂量约束取值如下:

- 1) 本项目辐射工作人员年受照剂量约束值取 5mSv。
- 2) 本项目对周围公众的年受照剂量约束值取 0.1mSv。

7.3.2 剂量率控制水平

本项目对职业人员和公众的受照剂量除满足剂量约束值条件外, 还要符合:

1) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 规定, DSA 设备在透视时, 机房周围(含墙体、防护门、观察窗、楼上和楼下等)的剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h;

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

7.3.3 X 射线设备机房的屏蔽防护及空间要求

X 射线设备机房屏蔽防护要求: 本项目 X 射线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, 见表 7-3。

表 7-3 不同类型 X 射线机房的屏蔽防护要求

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

射线装置机房空间要求：根据现行的《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求，本项目DSA机房最小有效使用面积、最小单边长度应满足表7-4的要求。

表 7-4 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积(m ²)	机房内最小单边长度(m)
单管头X射线机(含C形臂)	20	3.5

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

评价期间，评价单位委托北京森馥科技股份有限公司（CMA 180121340714）于在 2021年11月8日（晴）对房山区中医医院内、拟建2处DSA场所周围进行了本底监测，监测内容为 γ 剂量率。监测设备为国产JW3104型X- γ 剂量率仪(经中国计量科学研究院检定)，在距地面1m高度进行 γ 辐射剂量率水平测量，其性能参数见表8-1。检测布点见图8-1、图8-2、图8-3和图8-3。

监测方法：使用便携式检测设备直接测量。评价区 γ 辐射水平监测点位置见图8-1所示，监测结果见表8-2。

表 8-1 检测仪器性能参数一览表

检测仪器	规格型号	性能参数	仪器编号	溯源方式及有效期
X、 γ 剂量率仪	JW-3104	剂量率范围：0~10 ⁵ ($\times 10^{-8}$ Gy/h)； 能量范围：25keV-3MeV	STT-YQ-102	检定有效期至： 2022年4月14日

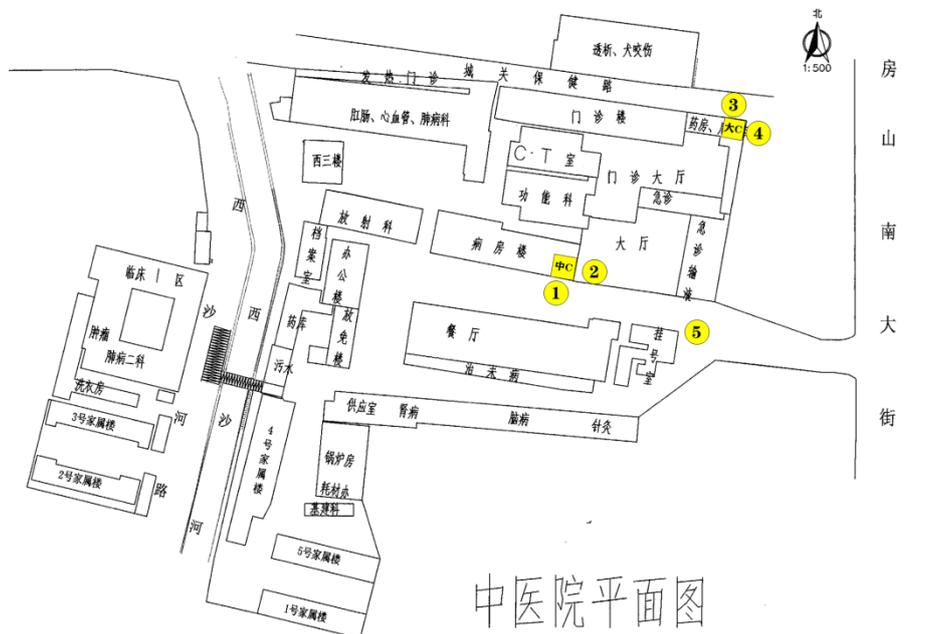


图 8-1 医院院区本底检测点位示意图

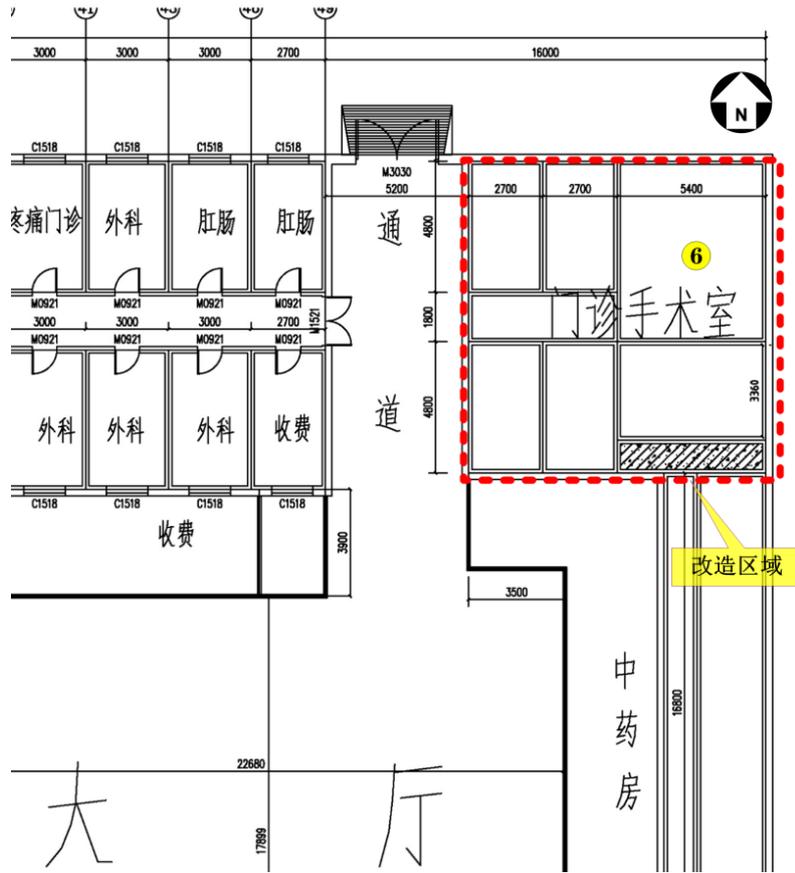


图 8-2 门诊楼一层拟改建区域检测点位示意图

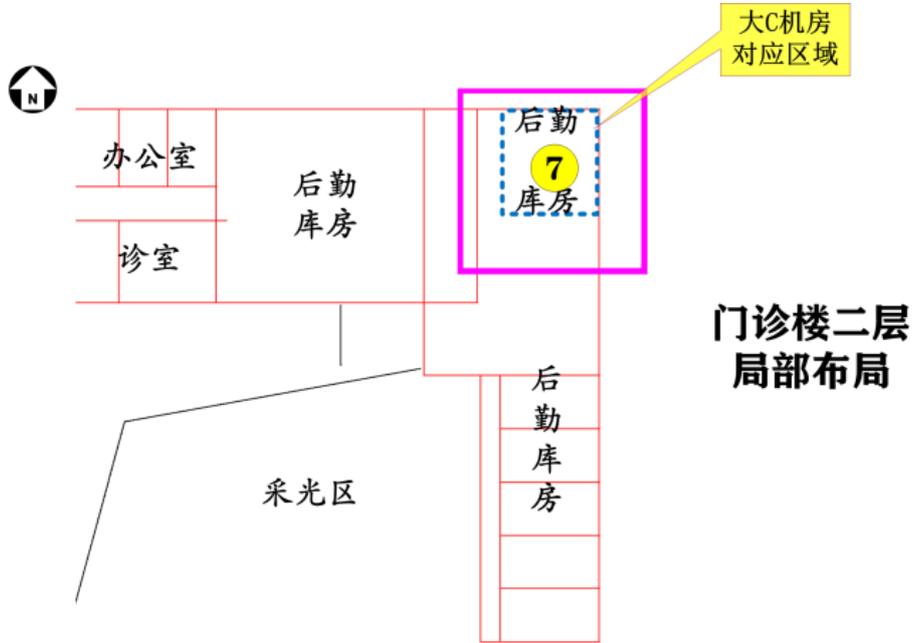
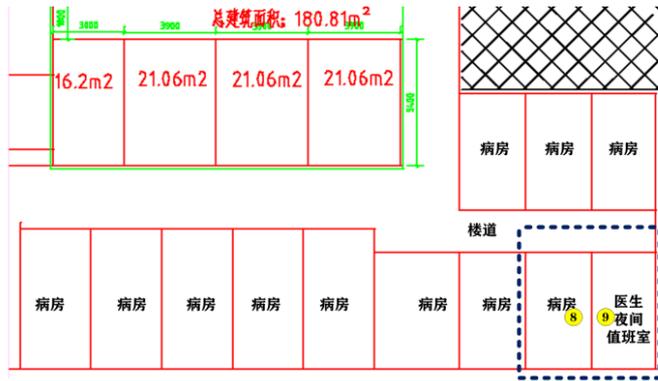
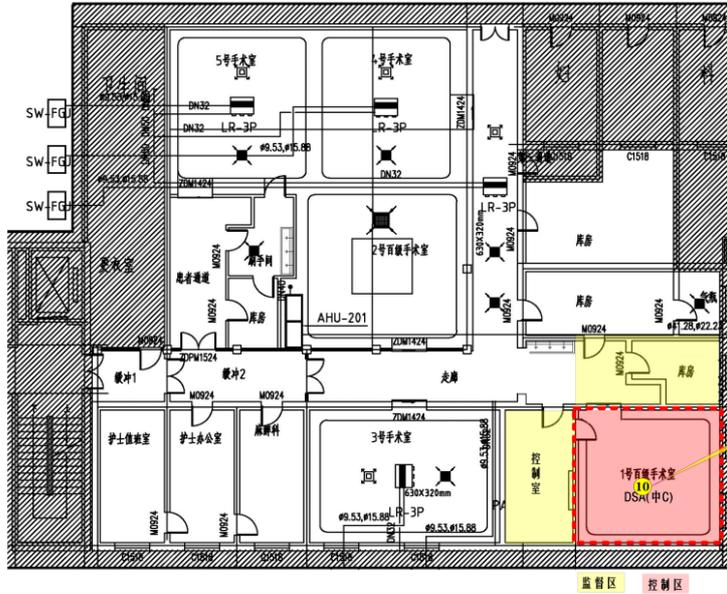


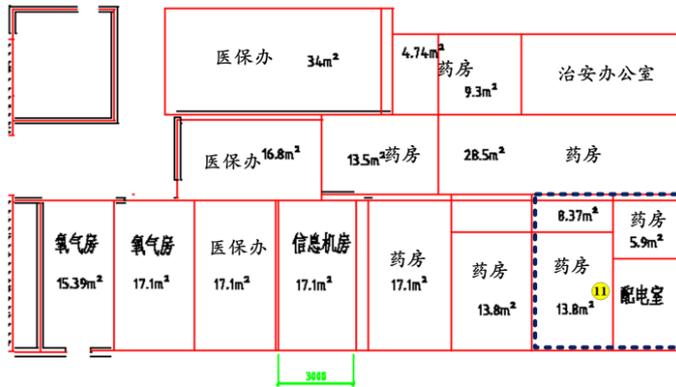
图 8-3 门诊楼二层拟建介入手术室对应区域检测点位示意图



病房楼三层病房
局部平面



病房楼二层手术室
局部平面



病房楼一层
局部平面

图 8-4 病房楼拟建中 C 机房场所及楼上和楼下检测点位示意图

表 8-2 评价区现状环境 γ 辐射剂量率水平监测结果

测点编号	位置	γ 辐射剂量 ($\times 10^{-8}$ Gy/h)
①	病房楼南侧马路	9.44 \pm 4.63
②	病房楼东侧门诊大厅内	8.54 \pm 5.44
③	门诊手术室北侧马路	8.36 \pm 5.16
④	门诊手术室东侧空地	8.52 \pm 5.16

⑤	医院入口处空地	9.47±5.46
⑥	拟改建的门诊手术室内部	10.79±5.12
⑦	门诊楼二层拟建介入手术室对应区域	10.82±5.52
⑧	病房楼二层 1#手术室楼上病房内	10.90±5.22
⑨	病房楼二层 1#手术室楼上医生夜间值班室内	10.88±4.63
⑩	病房楼二层 1#手术室内	10.90±5.36
⑪	病房楼一层 1#手术室内楼下药房	10.98±5.66

注：*监测结果含宇宙射线

根据《北京市环境天然放射性水平调查研究》（1989），北京市天然辐射水平范围为 60-123nGy/h。房山区中医医院周围的本底辐射水平监测结果表明，各测点 γ 辐射剂量率属于正常本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工作原理

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

数字血管减影造影（DSA）是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法。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。

理论上 DSA 设备可开展的介入手术类型包括外周血管类、脑神经和心血管介入类等，本项目 1 台 DSA（中 C）开展静脉滤器置入术、胆道支架置入术、肝动脉栓塞术以及外周动（静）脉血管造影等。另外 1 台 DSA 开展冠心病（主要是 PCI 手术）的介入治疗手术。



图 9-1 本项目拟用的 DSA（中 C）设备外观图



图 9-2 本项目拟用的 DSA（中 C）设备外观图

9.2 设备组成

DSA 主要由带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、治疗床、操作台、磁盘或多幅照相机组成。

9.3 治疗流程

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。

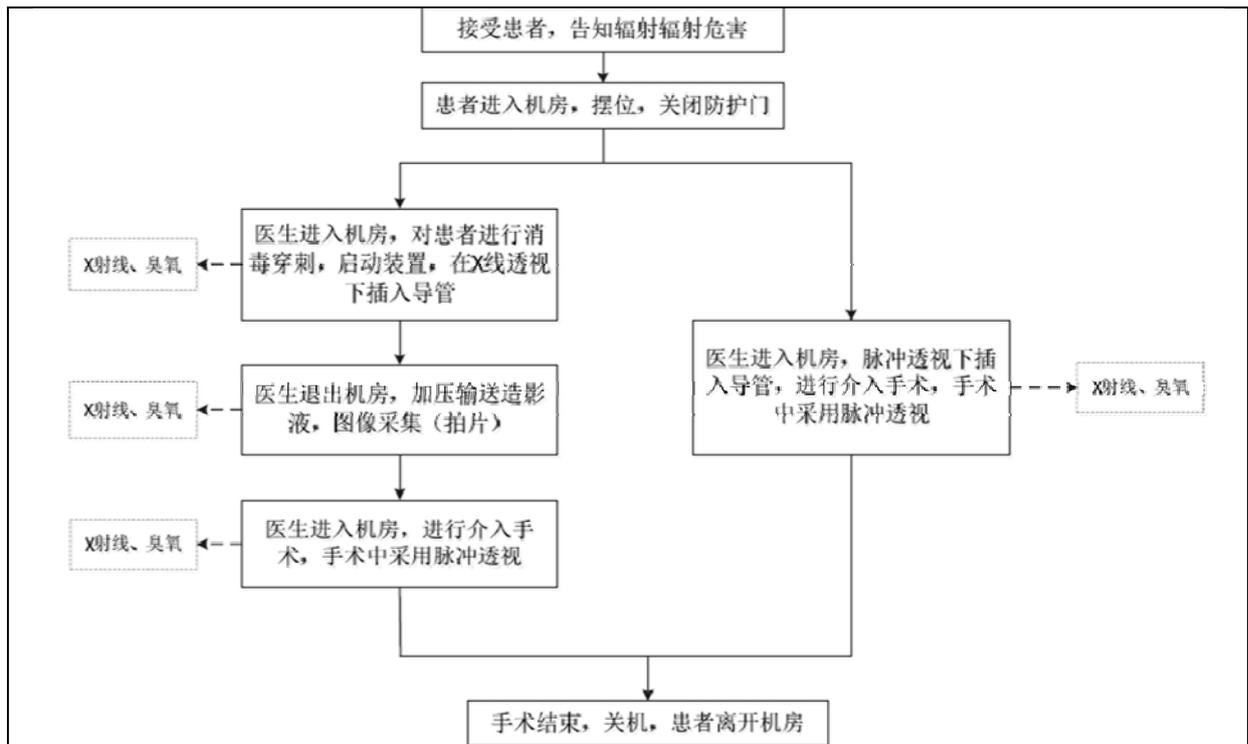


图9-2 手术流程及污染物产生环节示意图

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进入 DSA 机房，在医生指导下进行摆位，在确认机房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，该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。此过程中，根据诊疗需要，医生多在操作室进行隔室摄影，偶然情况会在床旁进行摄影。每台介入手术的摄影时间约 3 分钟左右；

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。

9.3 污染源项描述

1. 主要的放射性污染物

DSA 的放射性污染物主要是设备进行透视和摄影时产生的 X 射线。

2. 正常工况的污染途径

X 射线装置主要的放射污染是 X 射线。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 线机使用过程中，X 射线贯穿机房的屏蔽设施进入外环境中，将对操作人员及机房周围人员造成辐射影响。

介入手术需借助 X 射线影像检查系统引导操作，治疗过程中工作人员将暴露于 X 射线机附近，人员受照剂量较高。

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，将在机房内累积。

3. 非正常情况的污染途径

1) X 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。

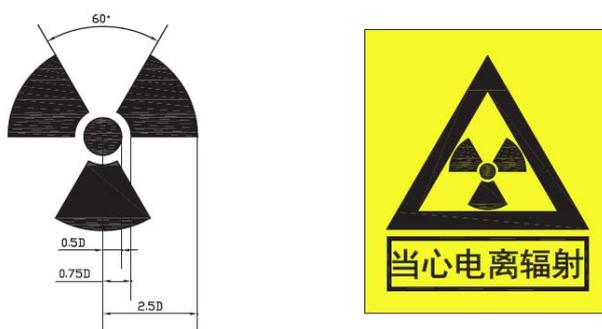
表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射安全与防护措施

10.1.1 二间 DSA 机房均采取的辐射安全与防护措施

1) 机房采取实体屏蔽措施, 保证机房周围(含墙外、防护门、观察窗、楼上、楼下等) 剂量当量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

2) DSA 机房内的所有区域为控制区, DSA 机房相邻区域(如控制室、库房、换药室等) 为监督区, 与 DSA 机房毗邻区域(楼上和楼下场所等) 按照监督区管理, 关注剂量率水平。每间 DSA 机房设有的防护门上设置明显的放射性警告标识和中文警示说明。



a. 电离辐射的标志 b. 电离辐射警告标志

图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

3) 患者通道门上方设置工作状态指示灯, 灯箱上拟设有“射线有害, 灯亮勿入”的警示语句; 指示灯的控制开关拟与控制室通道门关联。设备通电时, 只要控制室防护门关闭, 指示灯自动亮起。

4) 机房和控制台之间设有观察窗, 并配置对讲系统。

5) DSA 机房患者防护口为 3mm 铅当量的自动平开门(具有防夹人和自动延时关闭功能), 安装脚控式门控开关。控制室医护通道门/设备间通道门各为 1 扇含 3mmPb 的手动平开防护门。

6) 设置紧急停止按钮。在控制台旁或设备旁设置紧急停止按钮。DSA 出束过程中, 一旦按下该按钮, 可以停止 X 射线出束和设备运行。

7) 机房拟采用层流洁净通风系统进行通风, 可防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积。

8) 为减少非检查部位的不必要照射, 该项目拟配备个人防护用品。按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020), 为工作人员至少配置: 0.5mmPb 铅橡胶围裙 4 件,

0.5mmPb 铅橡胶颈套 4 件, 0.025mmPb 铅防护眼镜 4 副, 0.025mmPb 介入防护手套 2 副。同样, 为患者至少配备, 0.5mmPb 铅橡胶性腺防护围裙、, 0.5mmPb 铅橡胶颈套各 1 件。

9) 每名辐射工作人员均佩戴个人剂量计, 进行个人剂量监测。本项目拟新增配置的 1 台剂量率仪, 每半年对机房周围辐射水平进行一次监测。

10) 采取附加屏蔽 X 线措施: DSA 手术床沿悬挂含 0.5mmPb 的铅围帘, 阻挡散射 X 线对医生的照射。在床上悬挂 0.5mm 铅当量的铅玻璃吊屏 1 个, 用于阻挡散、漏射线对辐射工作人员的照射。

11) 除存在临床不可接受的情况外, 图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留。

12) 机房配备火灾报警系统, 配有灭火用品。

表 10-1 血管造影机机房安全与防护设施设计要求

序号	项目	检查内容	设计建造	备注
1*	A 场所设施	单独机房	√	设单独机房
2*		检查位局部屏蔽防护设施	√	配备床旁铅帘、铅玻璃吊屏等防护设施。
3*		医护人员的个人防护	√	配备铅衣、铅围脖、铅眼镜等局部个人防护用品。
4*		患者防护	√	为患者配备铅围裙、铅围脖等局部个人防护用品。
5*		机房门窗防护	√	设 3mm 铅当量铅玻璃观察窗, 3mm 铅当量防护门。
6*		闭门装置	√	电动防护门设自动延时关闭系统。
7*		入口处电离辐射警告标志	√	标准电离辐射警告标志。
8*		入口处机器工作状态显示	√	工作状态警示灯。
9*	B 监测设备	监测仪器	√	新增配置 1 台剂量率仪
10*		个人剂量计	√	工作人员每人均配备个人剂量计。

10.2 对《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的满足情况

原环保部 2011 年第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用放射性同位素和射线装置的单位提出了具体条件, 本项目具备的条件与“18 号令”要求的对照评估如表 10-2 所示。

表 10-2 安全和防护能力对照评估情况

安全和防护管理办法要求	单位情况	符合情况
射线装置的生产调试和使用场所, 应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外	本项目 2 间 DSA 机房门口显著位置均设置电离辐射警告标识和中文警示说明, 在防护	符合

照射的安全措施。	门上方设置工作状态警示灯。	
生产、销售、使用射线装置的单位，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。	医院每年委托有资质或有能力单位进行 1 次放射性工作场所和环境辐射水平监测，监测数据记录存档。	符合
生产、销售、使用射线装置的单位，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。	医院将在每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交年度评估报告。	符合
生产、销售、使用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。	医院已制定辐射工作人员培训考核计划，现有全部辐射工作人员通过了辐射安全与防护培训考核。本项目共计 12 名辐射工作人员，其中 9 名为现有人员调配，3 名为新增。	符合
生产、销售、使用射线装置的单位，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，应当立即调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	所有辐射工作人员均要求佩戴 TLD 个人剂量计，医院将委托有资质单位进行个人剂量检测，频度为每季度一次。	符合

10.3 对《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 10-3 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要求的对应评估情况。

表 10-3 项目执行“3 号令”要求对照表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求	项目单位情况	符合情况
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。	医院设立了辐射安全防护管理小组，负责全院辐射安全与防护工作的领导工作。设专人负责辐射安全与防护工作，部门内部职责明确。	符合

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。	医院已制定辐射工作人员培训考核计划, 现有全部辐射工作人员通过了辐射安全与防护培训考核。本项目共计 12 名辐射工作人员, 其中 9 名为现有人员调配, 3 名为新增。	符合
使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及使用放射性同位素。	/
放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目射线装置机房门口显著位置处设置电离辐射警告标识和中文警示说明, 在射线装置机房门口设置工作状态警示灯。	符合
配备必要的防护用品和监测仪器。	医院拟新增购置 1 台辐射剂量仪。还将新增配备铅眼镜、铅手套、铅围档、铅衣、铅围裙和铅围脖等个人防护用品, 满足工作需要。	符合
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护措施、台帐管理制度、培训计划和监测方案。	医院已制定了一系列的规章制度, 如岗位职责、操作规程、台帐管理制度、个人剂量及健康管理制、人员培训考核规定、辐射监测方案、辐射防护和安全防护制度。针对本项目将补充操作规程, 完善辐射监测方案和辐射事故应急预案, 能够满足管理要求。	符合
有辐射事故应急措施。	医院将针对 II 类射线装置可能发生的辐射事故 (件) 补充完善应急预案。	符合
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。	本项目无放射性“三废”产生	/

10.4 三废的治理

本项目无放射性“三废”产生。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

对于本项目而言，将会在现有的医疗用房内进行简单的室内施工活动，对室外环境和周围人群的影响较小，故不再进行详细评价。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 使用血管造影机（大 C）环境影响分析

（一）DSA（大 C）机房所在位置和周围环境

本项目 DSA（大 C）机房由医院门诊手术室改建，位于门诊楼一层东北角。该机房机房北侧隔 2.2m 的院内通道为医院北墙，之外隔 8.5m 保健路为便民超市等商铺。机房东侧紧邻院墙，之外隔 2.4m 封闭通道为新顺发商场、药店等商铺后墙。南侧为药房，西侧为门诊大厅。楼上为后勤库房，下面为土层。

本项目 DSA 机房位置见图 7-1 和附图 2 所示。机房楼上对应位置见图 8-3 所示。

（二）DSA 机房改造方案和屏蔽设计

（1）机房改造方案

拟改造的场所原为门诊手术室。本次改造方案为：

1. 保留门诊手术室东墙、西墙和北墙，拆除南墙。
2. 新砌南墙（隔断墙），内贴 3mm 铅板。西墙上新建控制室防护门（3mm 铅当量）、患者防护门（3mm 铅当量）和铅玻璃观察窗（3mm 铅当量），其余区域内贴 3mm 铅板。

改造前后的平面布局图见图 11-1 和图 11-2 所示。

（2）DSA 机房规格

本项目 DSA 机房布局及规格见图 11-3，机房尺寸东西 5.4m*南北 6.2m*高 3.0m。与《放射诊断放射防护要求》GBZ 130-2020 的符合情况见表 11-1 所示。

表 11-1 本项目 X 射线设备机房使用面积、单边长度要求及符合情况

序号	机房名称	单管头 X 射线设备 (含 C 形臂, 乳腺 CBCT)	GBZ 130-2020 标 准要求	本项目	符合情况
1	DSA 室	机房内最小有效使用面积 (m ²)	20	33.5	符合
		机房内最小单边长度 (m)	3.5	5.4	

对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对 DSA 设备机房的面积和单边长度的要求，本项目 DSA 机房满足相应要求。

DSA 机房其它相关情况见表 11-2 所示。

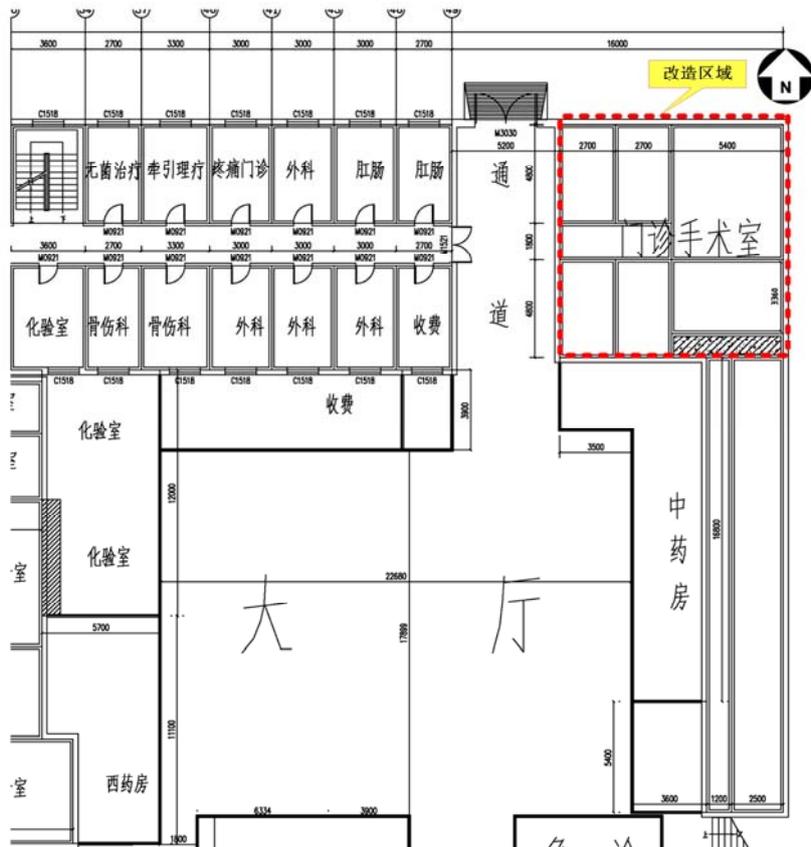


图 11-1 门诊手术室改造前平面布局示意图

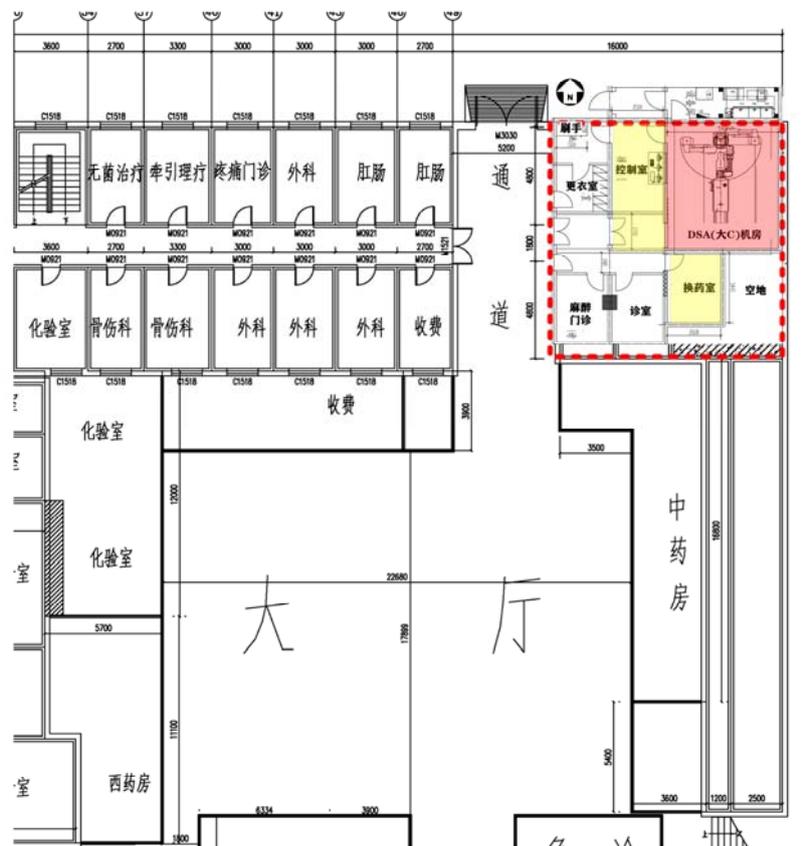


图 11-2 门诊手术室改造后平面布局示意图

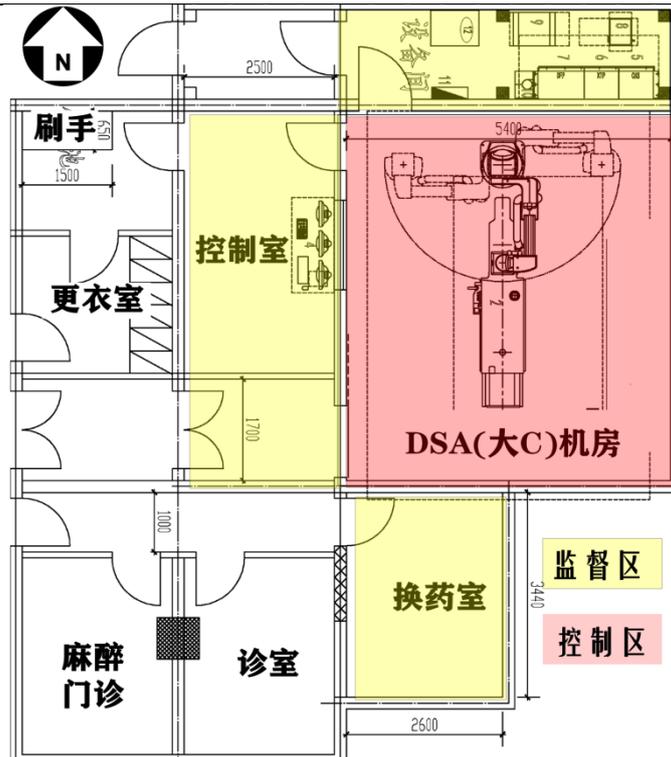


图 11-3 门诊楼 DSA（大 C）场所平面布局图示意图

表 11-2 本项目 DSA 机房其它相关情况

机房名称	防护门	观察窗	通风	设备摆向	采光窗
介入手术室	机房西墙南端设患者进出电动平开防护门，具有防夹和延时关闭功能，机房内和机房外均设感应门控开关。西墙北端设控制室手动平开防护门。	机房西墙中间位置设铅玻璃观察窗。	层流洁净通风系统进行通风。	南北	机房内不设采光窗。

(3) 屏蔽材料和厚度

DSA（大 C）机房的屏蔽方案见表 11-3 所示。

表 11-3 DSA（大 C）机房的屏蔽方案

机房名称	屏蔽体	机房现状墙体和厚度	屏蔽材料及厚度	铅当量设计值 (mmPb)	标准要求值 (mmPb)
介入手术室	西墙和南墙	轻体隔断墙	加 3mm 铅板	3.0	2.0
	北墙和东墙	37cm 实心粘土砖墙	/	3.7	2.0
	顶棚	20cm 混凝土	/	3.5	2.0
	底板	土层	/	/	/
	受检者进出门	/	新建，采用 3mm 铅板	3.0	2.0
	控制室门、污物门	/	新建，采用 3mm 铅板	3.0	2.0
	观察窗	/	新建，采用 3.0mm 铅当量铅玻璃	3.0	2.0

注：混凝土密度为 2.35g/cm^3 ，铅皮密度为 11.34g/cm^3 ，粘土砖 1.65g/cm^3 。

对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对 DSA 设备机房的防护要求，有用线束墙壁应有 2mm 铅当量，非用线束墙壁也应有 2mm 铅当量的防护。本项目 DSA 机房的四周墙壁、防护门、控制台观察窗、屋顶屏蔽厚度为大于或等于 3mm 铅当量，符合相应要求。

（4）平面布局合理性分析

大 C 介入治疗场所设 DSA 机房、控制室、更衣室和设备间。铅玻璃观察窗位于 DSA 机房的西墙，便于观察到受检者状态。工作人员、受检者分别设置出入口，无交叉。介入治疗手术室（DSA 机房）作为控制区管理，机房南侧毗邻的换药室，西侧控制室，北侧设备间作为监督区，楼上后勤库房作为监督区管理，关注其辐射水平。控制区与监督区划分明确，符合放射工作场所分区管理原则。

本项目机房布局及分区见图 11-3 所示。

项目所有的 DSA 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，本项目分区明确，平面布局既满足使用要求，又有利于辐射防护，评价认为本项目平面布局合理。

（三）设备参数和使用规划

（1）设备技术参数

本项目 DSA 设备为单管球，最大管电流 $\leq 1000\text{mA}$ ，最大管电压 $\leq 125\text{kV}$ 。

（2）使用规划

本项目 DSA 在介入治疗手术室内使用，拟主要开展冠状动脉造影+PCI 介入手术。保守估计，平均每天开展 2 例手术，全年开展 500 例手术。

根据经验数据，DSA 手术类型、工作量、曝光时间见表 11-4 所示。

表 11-4 DSA 手术类型、工作量、曝光时间预计

手术类型	每台手术透视累计曝光时间 (min)	每台手术摄影累计曝光时间 (min)
冠状动脉造影+PCI 术	15	2
心脏导管消融	5	0.5
心内起搏器植入	5	0.5
先心病介入治疗	5	1

本项目主要开展冠状动脉造影+PCI 手，曝光时间计算 DSA 透视和摄影工作状态的累积出束时间，见表 11-5 所示。

表 11-5 血管造影机年出束时间

工作状态	平均出束时间/例	年治疗例数	累计出束时间
透视	15min	500	125h
摄影	2min	500	16.7h

(四) 辐射环境影响评价

(1) DSA 机房周围的贯穿辐射水平

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。

为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，DSA 实际使用时，管电压和管电流通常留有一定裕量，管电压通常控制在 100kV 以下，管电流通常控制 600mA 以下。

《医用常规 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）的“表 B.1 X 射线透视设备的检测项目与技术要求”规定，透视受检者入射体表空气比释动能率典型值 ≤25mGy/min。《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）5.8.3 规定，X 射线设备的最小焦皮距为 20cm。由以上两个条件，可得出透视工况下，距离靶点 1 米处的 X 线辐射剂量率最大为 60mGy/h。

本项目保守以透视工况 1m 处 60mGy/h 的最大输出量率进行评价；摄影工况下，管电流约为透视工况的 50 倍，故 1m 处最大输出量率按照 3Gy/h 进行保守评价。

ICRP33 报告给出了 DSA 设备运行典型工况和相关参数，见表 11-6。

表 11-6 设备运行典型工况及相关参数

运行工况	DSA 典型工况	备注
摄影	90kV/500mA	备注：数据参考 ICRP REPORT NO.33
透视	90kV/10mA	

1. X 线泄漏辐射

$$H = \frac{H_0}{R^2} B$$

式中：H 为估算点的泄漏辐射剂量率，μSv/h；H₀ 为距 X 射线装置靶点 1m 处的泄漏辐射的最大剂量率，μSv/h，保守取初级辐射束的 0.1%。R 为 X 射线靶点到关注点的距离，m；B 为屏蔽墙厚度的衰减因子，可以依据 GBZ130-2020 附录 C 表 C.2 参数求得。

2. 患者的散射辐射

$$H = \frac{H_0}{R^2} \frac{F \times \alpha}{400 \cdot R_0^2} B$$

式中：H 为预测点位的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ； H_0 为距 DSA 设备靶点 1m 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；R 为散射面中心点到关注点的距离，m；B 为屏蔽墙衰减因子，可根据 GBZ130-2020 附录 C 中表 C.2 (90kV) 计算得出。 R_0 为辐射源点（靶点）至散射体的距离，m；此处 R_0 取最小值 0.60m（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）；F 为 R_0 处的射野面积， 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，根据《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1，100kV X 线 90° 散射因子取为 1.5×10^{-3} 。

由上述公式计算患者散射辐射可知，1m 处的散射辐射水平约为靶点 1m 处剂量率的 0.41%。

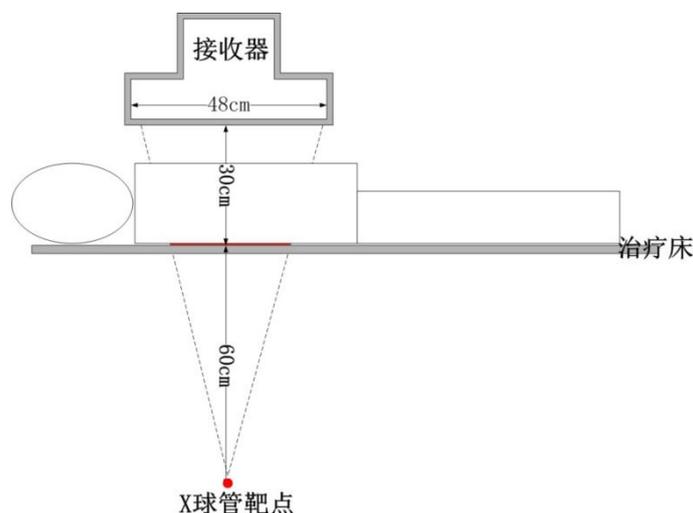


图 11-4 DSA 照射示意图

3. 泄漏辐射+散射辐射

DSA 机头的泄漏辐射水平通常低于靶点 1m 处剂量率的 0.1%。

患者散射计算得知，1m 处散射辐射水平约为靶点 1m 处剂量率的 0.41%。

实际上，散射辐射较泄漏辐射能量低，其透射能力低于泄漏辐射。故本项目在估算法房周围附加剂量率水平时，以 1m 处剂量率的 0.51%（散射+泄漏）作为源项，保守估算 DSA 机房周围的附加剂量率水平。

4. 场所周围的附加剂量率水平

X 射线靶点视为点源，输出量率保守按实际使用的最大功率（透视 90kV/10mA、摄影 90kV/500mA），并根据 GBZ130-2020 附录 C 中最大管电压（90kV）相关参数计算混凝土

和铅的衰减系数，依据再结合距离衰减，来估算法房周围各关注点的剂量率水平。

$$D=D_0 \times B/R^2$$

式中：D-估算点附加剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

D_0 -距源 1m 处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

B-衰减因子， $B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{-\alpha r} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}}$ ，依据 GBZ130-2020 附录 C.1.2 计算；

R—X 射线靶到计算点的距离，m。

DSA 图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用，NCRP147 号报告 “Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities” 4.1.6 节 (P62) 指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射，故本项目重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

本项目介入治疗手术室尺寸：5.4m(长)×6.2m(宽)×3.0m(高)。因 DSA 设备使用时，管球会在一定范围内 (约 1m×1m) 移动，故在屏蔽计算时，保守取设备靶点距离南墙和北墙外 30cm 处距离为 2.4m，距东墙和西墙外 30cm 处距离为 2m，距楼上 0.3m 处距离为 3.3m。

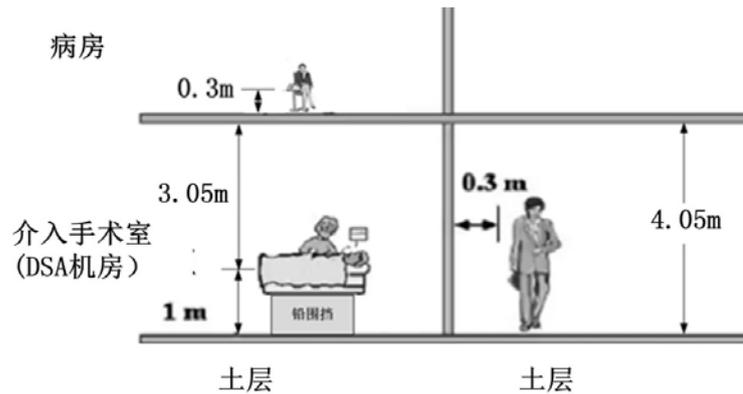


图 11-5 介入治疗手术室剖面示意图以及估算点位位置示意图

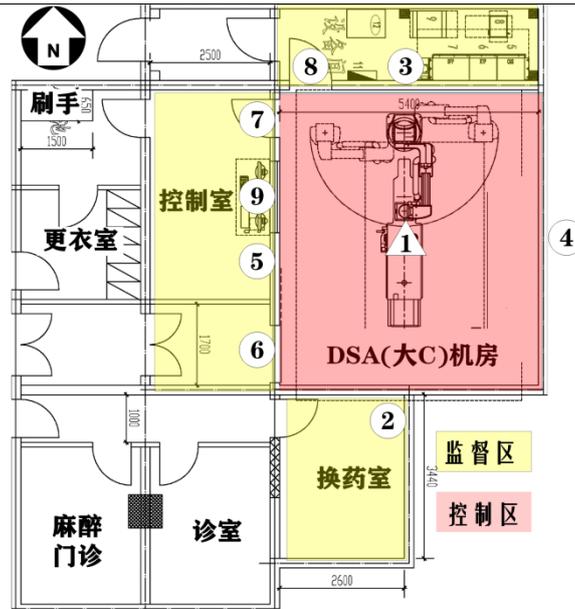


图 11-6 机房周围剂量估算点位置示意图

表 11-7 DSA 运行时机房周围的附加剂量率估算结果

设备工况	使用工况	编号	计算点位置	屏蔽材料与厚度	衰减因子 (B)	设备 1m 处剂量率 (Gy/h)	射线束类型	距离 (m)	剂量率估算值* ($\mu\text{Sv/h}$)
X 线透视	最大管电压 90 kV	1	楼上距地板 30cm 处	3.1mm 铅当量	5.84E-06	0.06	泄漏+散射	2.3	1.64E-04
		2	南墙外 30cm 处	3.0 mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.3	3.88E-04
		3	北墙外 30cm 处	3.2 mm 铅当量	4.30E-06		泄漏+散射	2.3	2.11E-04
		4	东墙外 30cm 处	3.0 mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.0	9.71E-05
		5	西墙外 30cm 处	3.1mm 铅当量	5.84E-06		泄漏+散射	2.0	7.15E-05
		6	东侧患者防护门外 30cm 处	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.0	9.71E-05
		7	南侧控制室防护门外	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.0	3.88E-04
		8	南侧污物间防护门外	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.3	3.88E-04
		9	控制室观察窗外 30cm 处	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.0	3.88E-04
X 线摄影	最大管电压 90 kV	1	楼上距地板 30cm 处	3.1mm 铅当量	5.84E-06	3	泄漏+散射	2.3	8.20E-03
		2	南墙外 30cm 处	3.0 mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.3	1.94E-02
		3	北墙外 30cm 处	3.2 mm 铅当量	4.30E-06		泄漏+散射	2.3	1.05E-02
		4	东墙外 30cm 处	3.0 mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.0	4.85E-03
		5	西墙外 30cm 处	3.1mm 铅当量	5.84E-06		泄漏+散射	2.0	3.57E-03
		6	东侧患者防护门外 30cm 处	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.0	4.85E-03

	7	南侧控制室防护门外	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.0	1.94E-02
	8	南侧污物间防护门外	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.3	1.94E-02
	9	控制室观察窗外 30cm 处	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.0	1.94E-02

注：*保守以距靶点 1m 处剂量率的 0.51%（散射+泄漏）作为源项。

从上述估算结果可知，在“透视”和“摄影”模式下，DSA 机房周围附加剂量率最大值约为 0.0194 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足本项目所设定的机房屏蔽体外剂量率 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率控制水平，对楼上病房和医生夜间值班室的剂量率贡献最大为 8.20E-03 $\mu\text{Sv/h}$ （距地板 30cm 处），均满足本项目设定的剂量率控制水平。

（2） DSA 正常工况下所致医护人员的年受照剂量

《医用常规 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）的“表 B.1 X 射线透视设备的检测项目与技术要求”规定：非直接荧光屏透视设备，在透视防护区测试平面上周围剂量当量率应不大于 400 $\mu\text{Gy/h}$ 。临床中除存在不可接受的情况外，摄影工况下进行图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留。

估算假设：1) 在透视工况下，医生手术位置的附加剂量率水平为标准限值 400 $\mu\text{Gy/h}$ ，居留因子保守取 1（全部居留）；2) 在摄影工况下，医生所在位置的附加剂量率水平增加 50 倍（达 20mGy/h）。因为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，故居留因子保守取 1/16。

根据 GBZ130-2020，工作人员采取铅衣（0.5mm 铅当量）屏蔽措施，在 90kV 进行透视和摄影时，衰减系数为 0.025，即医生在透视和摄影工况下，经铅衣屏蔽后的最大受照剂量率水平分别为 10 $\mu\text{Gy/h}$ 和 500 $\mu\text{Gy/h}$ 。

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， $\mu\text{Sv/a}$ ；D—计算点附加剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；t—DSA 年出束时间，h/a；k—有效剂量与吸收剂量换算系数，Sv/Gy，本项目取 1.0；T—居留因子。参考《辐射防护手册第三分册 辐射安全》（李德平编）P80，居留因子 T 按三种情况取值：（1）全居留因子 T=1，（2）部分居留 T=1/4，（3）偶然居留 T=1/16。

职业人员附加年有效剂量估算结果见表 11-8。根据估算，介入工作人员的年受照剂量均低于本项目设定的 5mSv 的年有效剂量约束值。

表 11-8 职业人员附加年有效剂量估算结果

估算对象	最大附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	年受照时间 (h/a) *	居留因子	Hu (mSv)
------	---------------------------------	------------------	------	----------

术者 (医师)	透视	10	125	1	2.44
	摄影	500	16.7	1/16	
辅助人员 (护士)	透视	10	125	1/16	0.078
	摄影	500	/	/	
控制室 (技师)	透视	3.88E-04	375	1	1.65E-03
	摄影	1.94E-02	50	1	

注： 医师年受照时间为开展 500 例介入手术的受照时间。技师保守按照完成全部手术估算。

上述剂量估算是依照“在透视防护区测试平面上的空气比释动能率为 400 μ Gy/h 的限值”进行的，实际上，操作位的剂量率水平多数低于 300 μ Gy/h，介入治疗医师均不从事其它介入工作，无个人剂量叠加问题。故介入治疗医师年受照剂量预计不超过 2mSv。介入手术技师只在控制室操作设备，年附加受照剂量很小，也不会超过剂量约束值，一定可以满足本项目设定的 5mSv 的年有效剂量约束值。

(3) DSA 正常工况下所致周围公众的年受照剂量

本项目的 DSA 机房设置在医院门诊楼一层，周围的其他工作人员和院外人员属于公众，会受到一定剂量的辐射照射。

表 11-8 给出了不同位置公众可能受到的最大受照剂量，可见，介入手术室 DSA 机房周围停留公众的最大受照剂量为 0.07 μ Sv/a，楼上（库房）公众受照剂量为 0.03 μ Sv/a，均满足本项目设定的 0.1mSv（100 μ Sv）年剂量约束值。周围 50m 范围内其它公众，年受照剂量均低于 0.07 μ Sv。

表 11-8 公众年附加受照剂量估计

机房	方位	最大附加剂量率 (μ Gy/h)		年工作时间 (h/a)	居留 因子	年附加剂量 (μ Sv)
介入治疗 DSA 机房	北侧	透视	2.11E-04	375	1/4	1.51E-01
		摄影	1.05E-02	50	1/4	
	东侧	透视	9.71E-05	375	1/4	6.97E-02
		摄影	4.85E-03	50	1/4	
	西侧	透视	7.15E-05	375	1/16	1.28E-02
		摄影	3.57E-03	50	1/16	
	南侧	透视	3.88E-04	375	1/16	6.97E-02
		摄影	1.94E-02	50	1/16	
	楼上	透视	1.64E-04	375	1/4	1.18E-01
		摄影	8.20E-03	50	1/4 (保守)	

(4) 有害气体的环境影响

根据以往的估算结果，在 DSA 运行中，臭氧的平均产额低于 1mg/h，本项目 DSA 年产生约 400mg 臭氧，对环境的影响十分轻微，本报告对其环境影响不做具体评价。

（五）射线装置报废

本项目 DSA 设备报废时，必须对设备管球进行毁型处理，确保装置无法通电出束，并将设备处理去向记录备案。

11.2.1 使用血管造影机（中 C）环境影响分析

（一）DSA（中 C）机房所在位置

本项目 DSA（中 C）机房由医院病房楼二层的 1#手术室改建而成，作为介入手术室使用。DSA 机房该 DSA 介入机房南侧为楼外空间，东侧为门诊大厅，西侧为控制室和 3#手术室，北侧为库房。楼上为脾胃病科病房和医生夜间值班室，楼下住院药房和配电室。

本项目 DSA 机房位置见图 7-1 或附图 4 所示，机房楼上和楼下场所对应位置示意图见图 8-4 所示。

（二）DSA 机房（中 C）改造方案和屏蔽设计

（1）机房改造方案

拟改造的 1#手术室原为普通手术室。本次改造方案为：

1. 将 1#手术室西侧紧邻的无菌物品间调整为控制室，在与 1#手术室之间的墙壁上设置工作人员通道门（3mm 铅当量防护门）和铅玻璃观察窗（3mm 铅当量）。
2. 将 1#手术室北墙现有的患者通道门更换为 3mm 铅当量的电动防护门，西侧隔断墙上附加 3mm 铅板，北墙和东墙保持现状 370mm 砖墙不变。
3. 采用 3mm 铅板封闭手术室南侧现有的 2 扇窗户，墙体保持 370mm 砖墙不变。

改造前后的平面布局图见图 11-7 和图 11-8 所示。

（2）DSA 机房规格

本项目 DSA 机房布局及规格见图 11-9，机房尺寸 东西 5.2m*南北 4.9*高 2.8m，与《放射诊断放射防护要求》GBZ 130-2020 的符合情况见表 11-9 所示。

表 11-9 本项目中 C 机房使用面积、单边长度要求及符合情况

序号	机房名称	单管头 X 射线设备 (含 C 形臂, 乳腺 CBCT)	GBZ 130-2020 标 准要求	本项目	符合情况
1	中 C 机房	机房内最小有效使用面积 (m ²)	20	25.5	符合
		机房内最小单边长度 (m)	3.5	4.9	

对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对 DSA 设备机房的面积和单边长度的要求，本项目 DSA 机房满足相应要求。

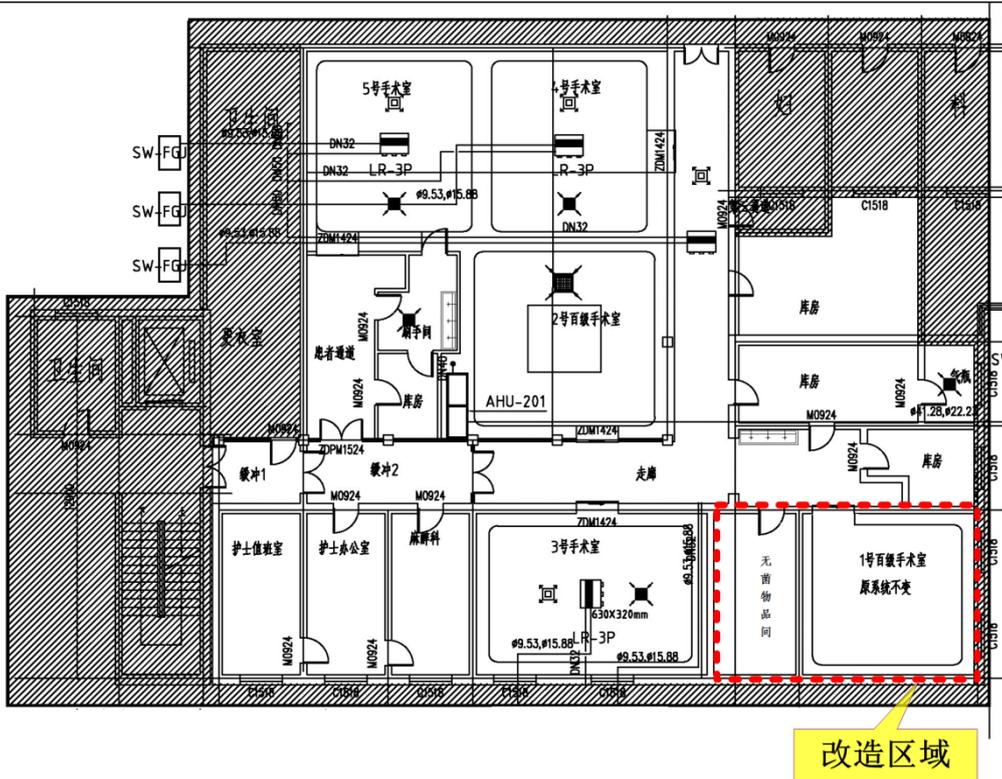


图 11-7 本项目实施前原有场所（门诊手术室）布局示意图

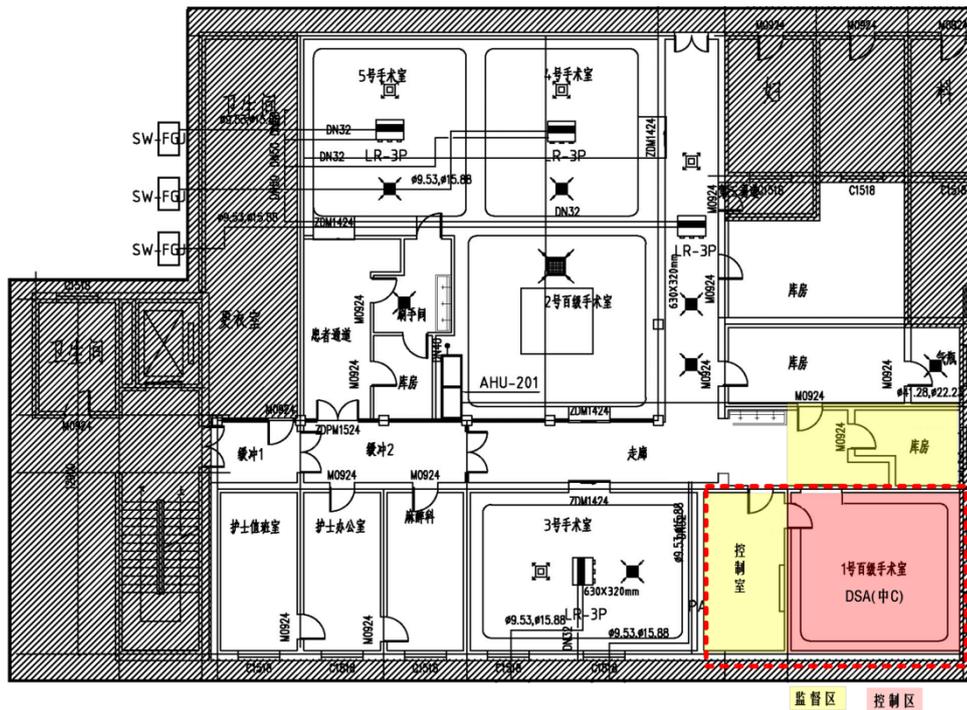


图 11-8 场所改建后 DSA 机房（中 C）平面布局示意图

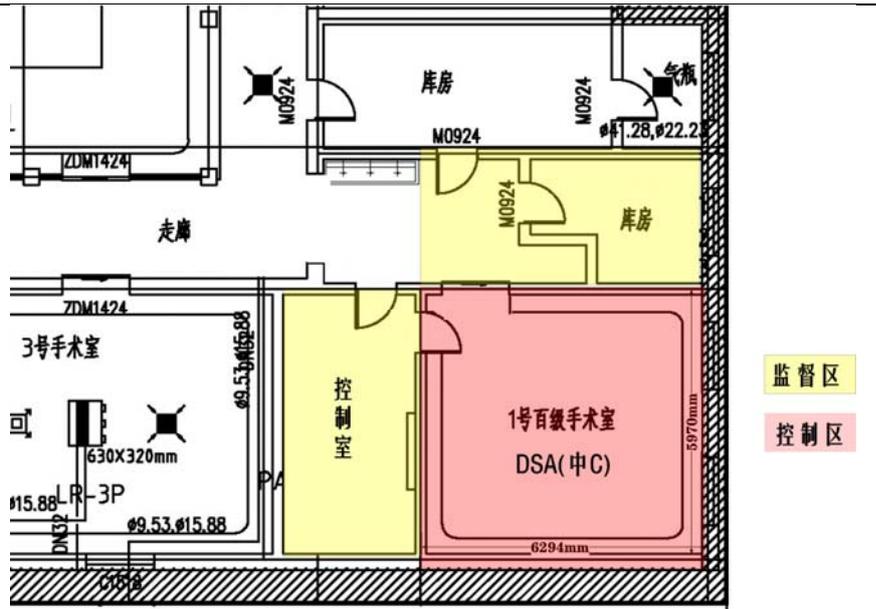


图 11-9 病房楼 1#手术室改建后平面布局图

表 11-10 本项目 DSA 机房其它相关情况

机房名称	防护门	观察窗	通风	设备摆向	采光窗
中 C 手术室	机房北侧设受检者进出电动平开防护门，具有防夹和延时关闭功能，机房内和机房外均设感应门控开关。西墙北侧设控制室手动平开防护门。	机房西墙南侧设铅玻璃观察窗。	层流洁净通风系统进行通风。	东西	机房内不设采光窗。

(3) 屏蔽材料和厚度

DSA 机房屏蔽材料和厚度如表 11-11 所示。

表 11-11 DSA (中 C) 机房的屏蔽方案

机房名称	屏蔽体	机房现状墙体和厚度	本次屏蔽防护改造	铅当量设计值 (mmPb)	标准要求值 (mmPb)
1# 手术室	东墙、南墙	37cm 实心粘土砖墙	/	3.7	2.0
	西墙	轻体隔断墙	加 3mm 铅板	3.0	2.0
	北墙	37cm 实心粘土砖墙	/	3.7	2.0
	顶棚	20cm 混凝土	/	3.5	2.0
	底板	20cm 混凝土	/	3.5	2.0
	受检者进出门	普通电动门	更换为 3mm 铅当量电动门	3.0	2.0
	控制室门	轻体隔断墙	开洞口，安装 3mm 铅当量防护门	3.0	2.0
	观察窗	轻体隔断墙	开洞口，安装 3.0mm 铅当量铅玻璃	3.0	2.0
	南侧窗户	普通玻璃窗户	3mm 铅板封闭	3.0	2.0

注：混凝土密度为 2.35g/cm³，铅皮密度为 11.34 g/cm³，粘土砖 1.65g/cm³。

对照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)对 DSA 设备机房的防护要求，有

用线束墙壁应有 2mm 铅当量，非用线束墙壁也应有 2mm 铅当量的防护。本项目 DSA 机房的四周墙壁、防护门、控制台观察窗、屋顶和底板屏蔽厚度为大于或等于 3mm 铅当量，符合相应要求。

(4) 平面布局合理性分析

1#手术室（中 C）设 DSA 机房、控制室。DSA 机房铅玻璃观察窗设于中 C 机房的西墙，便于观察到受检者状态。工作人员、受检者分别设置出入口。将介入治疗手术室（DSA 机房）作为控制区管理，机房北侧毗邻的通道、库房，西输控制室作为监督区。楼上病房、值班室和楼下药房及配电室按照监督区管理，关注其辐射水平。

本项目机房布局及分区见图 11-9 所示。

本项目 DSA 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，本项目分区明确，平面布局既满足使用要求，又有利于辐射防护，评价认为本项目平面布局合理。

(三) 设备参数和使用规划

(1) 设备技术参数

本项目 DSA 设备为中 C 型臂，单管球，最大管电流 $\leq 650\text{mA}$ ，最大管电压 $\leq 100\text{kV}$ 。

(2) 使用规划

本项目 DSA 在介入治疗手术室内使用，拟主要开展外科介入手术，开展腔静脉滤器置入术、胆道支架置入术、肝动脉栓塞术以及外周动（静）脉血管造影等。保守按照每天开展 1 例手术，全年开展 250 例考虑。

根据经验数据，DSA 手术类型、工作量、曝光时间见表 11-12 所示。

表 11-12 DSA 手术类型、工作量、曝光时间预计

手术类型	每台手术透视累计曝光时间 (min)	每台手术摄影累计曝光时间 (min)
外周介入治疗	10	2
肝脏肿瘤介入治疗	20	3

本项目主要开展外科介入手术，保守按肝脏肿瘤介入治疗的曝光时间计算。DSA 透视和摄影工作状态的累积出束时间，见表 11-13 所示。

表 11-13 血管造影机年出束时间

工作状态	平均出束时间/例	年治疗例数	累计出束时间
透视	20min	250	83.3h
摄影	3min	250	12.5h

(四) 辐射环境影响评价

(1) DSA 机房周围的贯穿辐射水平

为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，DSA 实际使用时，管电压和管电流通常留有一定裕量，本设备管电压通常控制在 80kV 以下，管电流通常控制 300mA 以下。

ICRP33 报告给出了 DSA 设备运行典型工况和相关参数，见表 11-14。

表 11-14 设备运行典型工况及相关参数

运行工况	DSA 典型工况	备注
摄影	80kV/300mA	备注：数据参考 ICRP REPORT NO.33
透视	80kV/10mA	

同前，保守假设透视工况下，距离靶点 1 米处的 X 线辐射剂量率最大为 60mGy/h。摄影工况下，管电流约为透视工况的 30 倍，故 1m 处最大输出量率按照 1.8Gy/h 进行保守评价。

同样，DSA 机头的泄漏辐射水平通常低于靶点 1m 处剂量率的 0.1%。患者散射计算得知，1m 处散射辐射水平约为靶点 1m 处剂量率的 0.41%。以 1m 处剂量率的 0.51%（散射+泄漏）作为源项，保守估算 DSA 机房周围的附加剂量率水平。

4. 场所周围的附加剂量率水平

同大 C 评价方法，将 X 射线靶点视为点源，输出量率保守按实际使用的最大功率（透视 90kV/10mA、摄影 90kV/300mA），同前方法来估算机房周围各关注点的剂量率水平。

本项目介入治疗手术室尺寸：12m(长)×6.4m(宽)×4.05m(高)，在屏蔽计算时，保守取设备靶点距离南墙和北墙外 30cm 处距离为 2.5m，距东墙和西墙外 30cm 处距离为 5m，距楼上 0.3m 处距离为 3.3m。

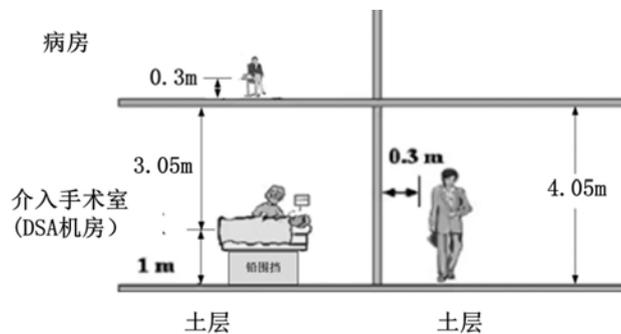


图 11-10 介入治疗手术室剖面示意图以及估算点位位置示意图

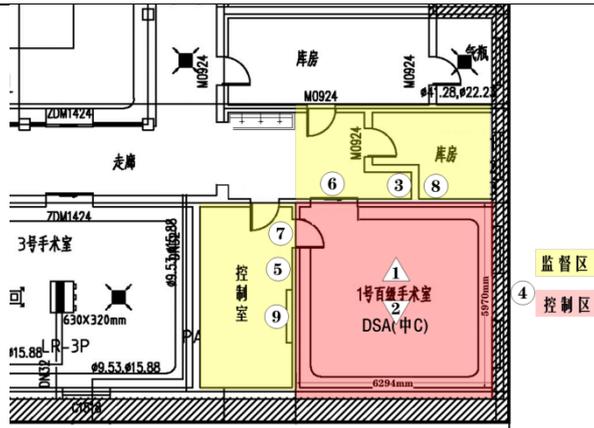


图 11-11 机房周围剂量估算点位置示意图

表 11-15 DSA（中 C）运行时机房周围的附加剂量率估算结果

设备工况	使用工况	编号	计算点位置	屏蔽材料与厚度	衰减因子 (B)	设备 1m 处剂量率 (Gy/h)	射线束类型	距离 (m)	剂量率估算值* (μSv/h)
X 线透视	最大管电压 90 kV	1	楼上距地板 30cm 处	3.1mm 铅当量	5.84E-06	0.06	泄漏+散射	3.3	1.64E-04
		2	楼上距地面 170cm 处	3.1mm 铅当量	5.84E-06		泄漏+散射	2.5	3.88E-04
		3	北墙外 30cm 处	3.2 mm 铅当量	4.30E-06		泄漏+散射	2.5	2.11E-04
		4	东墙外 30cm 处	3.0 mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	5.0	9.71E-05
		5	西墙外 30cm 处	3.1mm 铅当量	5.84E-06		泄漏+散射	5.0	7.15E-05
		6	东侧患者防护门外 30cm 处	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	5.0	9.71E-05
		7	南侧控制室防护门外	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.5	3.88E-04
		8	南侧污物间防护门外	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.5	3.88E-04
		9	控制室观察窗外 30cm 处	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.5	3.88E-04
X 线摄影	最大管电压 90 kV	1	楼上距地板 30cm 处	3.1mm 铅当量	5.84E-06	3	泄漏+散射	3.3	8.20E-03
		2	南墙外 30cm 处	3.0 mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.5	1.94E-02
		3	北墙外 30cm 处	3.2 mm 铅当量	4.30E-06		泄漏+散射	2.5	1.05E-02
		4	东墙外 30cm 处	3.0 mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	5.0	4.85E-03
		5	西墙外 30cm 处	3.1mm 铅当量	5.84E-06		泄漏+散射	5.0	3.57E-03
		6	东侧患者防护门外 30cm 处	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	5.0	4.85E-03
		7	南侧控制室防护门外	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.5	1.94E-02
		8	南侧污物间防护门外	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.5	1.94E-02

		9	控制室观察窗外 30cm 处	3mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	2.5	1.94E-02
--	--	---	-------------------	---------	----------	--	-------	-----	----------

注：*保守以距靶点 1m 处剂量率的 0.51%（散射+泄漏）作为源项。

从上述估算结果可知，在“透视”和“摄影”模式下，DSA 机房周围附加剂量率最大值约为 0.0194 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足本项目所设定的机房屏蔽体外剂量率 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率控制水平，对楼上病房的剂量率贡献最大为 8.20E-03 $\mu\text{Sv/h}$ （距地板 30cm 处），均满足本项目设定的剂量率控制水平。

（2） DSA 正常工况下所致医护人员的年受照剂量

同大 C 评价方法，估算医护人员受照剂量。本项目中 C 设备年最大手术量 250 例，医护人员的年手术量不大于 250 例。

职业人员附加年有效剂量估算结果见表 11-16。根据估算，介入工作人员的年受照剂量均低于本项目设定的 5mSv 的年有效剂量约束值。

表 11-16 职业人员附加年有效剂量估算结果

估算对象		最大附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	年受照时间 (h/a) *	居留因子	年附加有效剂量(mSv)
术者 (医师)	透视	10	125	1	2.44
	摄影	500	16.7	1/16	
辅助人员 (护士)	透视	10	125	1/16	0.078
	摄影	500	/	/	
控制室 (技师)	透视	3.88E-04	375	1	1.65E-03
	摄影	1.94E-02	50	1	

注： 医师年受照时间为开展 500 例介入手术的受照时间。技师保守按照完成全部手术估算。

上述剂量估算是依照“在透视防护区测试平面上的空气比释动能率为 400 $\mu\text{Gy/h}$ 的限值”进行的，实际上，操作位的剂量率水平多数低于 300 $\mu\text{Gy/h}$ ，介入治疗医师均不从事其它介入工作，无个人剂量叠加问题。故介入治疗医师年受照剂量预计不超过 2mSv。介入手术技师只在控制室操作设备，年附加受照剂量很小，也不会超过剂量约束值，一定可以满足本项目设定的 5mSv 的年有效剂量约束值。

（3） DSA 正常工况下所致周围公众的年受照剂量

本项目的 DSA 机房设置在医院综合病房楼一层，周围的其他工作人员和楼上病房患者，属于公众，会受到一定剂量的辐射照射。

表 11-17 给出了不同位置公众可能受到的最大受照剂量，可见，介入手术室 DSA 机房周围停留公众的最大受照剂量为 0.07 $\mu\text{Sv/a}$ ，楼上（病房）公众受照剂量为 0.03 $\mu\text{Sv/a}$ ，均满足本项目设定的 0.1mSv（100 μSv ）年剂量约束值。周围 50m 范围内其它公众，年受照剂量均低于 0.07 μSv 。

表 11-17 公众年附加受照剂量估计

机房	方位	最大附加剂量率 (μ Gy/h)		年工作 时间 (h/a)	居留 因子	年附加剂量 (μ Sv)
		透视	摄影			
介入治疗 DSA 机房	北侧	透视	2.11E-04	375	1/4(保守)	1.51E-01
		摄影	1.05E-02	50	1/4(保守)	
	东侧	透视	9.71E-05	375	1/4	6.97E-02
		摄影	4.85E-03	50	1/4	
	西侧	透视	7.15E-05	375	1/16	1.28E-02
		摄影	3.57E-03	50	1/16	
	南侧	透视	3.88E-04	375	1/16	6.97E-02
		摄影	1.94E-02	50	1/16	
	楼上	透视	1.64E-04	375	1/4(保守)	1.18E-01
		摄影	8.20E-03	50	1/4(保守)	

(4) 有害气体的环境影响

根据以往的估算结果，在 DSA 运行中，臭氧的平均产额低于 1mg/h，本项目 DSA 年产生约 400mg 臭氧，对环境的影响十分轻微，本报告对其环境影响不做具体评价。

(五) 射线装置报废

本项目 DSA 设备报废时，必须对设备管球进行毁型处理，确保装置无法通电出束，并将设备处理去向记录备案。

11.3 事故影响分析

11.3.1 DSA 可能发生的事故/事件情形

DSA 项目可能发生的意外情形主要是误照，具体有：

(1) 人员误入机房受到不必要的照射。人员误入 DSA 机房后，受照剂量有限，不会发生“受到大剂量照射”的辐射事故，也不会对人体造成健康影响。

(2) 工作人员未撤离 DSA 机房，操作间人员启动设备，导致误照。同样受到该种情形的意外照射，受照剂量也有限，同样不会发生“受到大剂量照射”的辐射事故，也不会对人体造成健康影响。

(3) DSA 出束时，没有关闭防护门，对附近经过或停留人员产生误照射。发生该类事件时，误照人员的剂量很小，不会对健康有影响。

(4) 医务人员违反操作规程和有关规定，在从事介入手术期间，未穿戴个人防护用品开展手术。该种情况可能导致辐射工作人员受到较大剂量的照射。

11.3.2 可能发生事故/事件的防范措施

针对该类事件的防范措施是：

1) 加强分区管理，控制区只有辐射工作人员可以进入，同时关注监督区辐射水平。每年委托第三方检测机构对监督区的剂量率水平进行一次监测。

2) 在机房防护门上设置辐射警告标识和中文警示说明。在防护门上方设置工作状态警示灯，并且和医患防护门关联。

3) 每月检查工作状态警示灯与出束关联是否正常，并经常检查警示灯工作是否正常。

4) 规范工作秩序，严格执行《数字减影血管造影机操作规程》，并要求“制度上墙”，辐射工作人员进入 DSA 机房，必须穿戴铅衣、铅帽和铅眼镜等个人防护用品。

5) 辐射安全与防护管理小组定期检查安全规章和制度落实情况，发现问题及时纠正。

11.3.3 发生人员误入或误照情况受照剂量估计

在 X 射线装置出束时，透视时 1m 处的泄露辐射和散射辐射剂量率为 0.306mGy/h，摄影时 1m 处的泄露辐射和散射剂量率为 15.3mGy/h，人员进入射线装置机房距离 X 射线机的距离为 1-3m，摄影曝光人员受照时长按 10s 进行估算，估算结果见下表 11-18。

表 11-18 事故情况下的受照剂量估算

意外情形	曝光参数	停留位置	受照时间	受照剂量 (mSv)
人员误入机房或误留机房	90kV/500mA (摄影工况)	距离靶点 1m	10s	0.0425
防护门未关闭且公众在防护门处停留而误照	90kV/500mA (摄影工况)	防护门处, 距离靶点 3m	10s	0.0047
介入手术医生未穿戴防护用品	90kV/10mA (透视工况)	距离靶点 1m	20min	0.102

由上表可知，一次事故所受照剂量最大值为 0.1mSv/次，均不构成辐射事故。

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：

（一）辐射安全管理机构

房山区中医医院已经设置了辐射安全与防护管理小组作为专门管理机构，并指定了专人负责辐射安全与防护管理工作。人员构成具体情况见表 1-4 所示。医院落实了辐射安全管理责任制，明确了分工和职责。

（二）辐射安全管理规章制度

医院已经制定有《III类射线装置操作规程》、《辐射安全领导小组及其职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《医院辐射防护措施》、《射线装置检修维护制度》、《射线装置台帐管理制度》、《辐射安全培训制度》、《辐射监测方案》、《非密封放射性物质管理制度》和《辐射事故（件）应急预案》。

本项目重新申领辐射安全许可证前，医院将对现有的辐射安全管理制度和辐射防护措施等进行补充完善，补充 II 类射线装置操作规程，完善辐射监测方案和应急预案等，以满足《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》的相关要求。

（三）辐射工作人员培训

医院规定所有辐射工作人员，在上岗前必须按照生态环境部第 57 号公告（2019 年）中辐射安全与防护培训和考核的要求接受辐射安全与防护培训考核（2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效），并考试合格上岗。有效期满再次参加考核，并制定了辐射工作人员培训考核计划。

目前，房山区中医医院医院现有 41 名辐射工作人员全部通过了辐射安全与防护培训考核。

本项目新增 2 台 DSA 设备后，医院拟配置共计 12 名辐射工作人员，其中 9 名为现有人员调配，3 名为新增。如果有新增的辐射工作人员，将在通过辐射安全与防护考核后持证上岗。

（四）辐射监测

（1）个人剂量监测

辐射工作人员佩戴 TLD 个人剂量计。按每个季度一次的频度委托有资质的机构进行个人剂量检测。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《辐射工作人员职业健康管理暂行办法》（原卫生部令第 55 号）要求建立辐射工作人员个人剂量档案。

个人剂量计的佩带位置：依据 GBZ128-2019，从事介入治疗工作人员应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。

相关要求：①应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。②个人剂量档案应终身保存。③对于某一季度个人剂量检测数据超过 1.25mSv 的辐射工作人员，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在情况调查报告上签字确认。对于年度内个人剂量检测数据累计超过 5mSv 的，要开展调查，撰写调查报告，并要求采取暂停开展放射性工作等进一步干预手段，同时上报辐射安全许可证发证机关。④在每年的 1 月 31 日前上报的辐射安全和防护状况评估报告中，应包含辐射工作人员剂量监测数据及安全评估的内容。辐射工作人员进行个人剂量监测发现监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况文字记录。

(2) 工作场所监测

根据原环保部 18 令的要求，医院每年委托有资质单位对 DSA 工作场所进行 1 次辐射水平监测。

监测项目：X- γ 剂量率；

监测频次：1 次/年；

本项目涉及工作场所的监测布点：监测点位见图 11-6 和图 11-11 所示，主要是射线装置机房的周边（含楼上）、防护门、观察窗外 30cm 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。

(3) 环境监测

根据原环保部 18 令的要求，每年委托有资质单位或自行对辐射工作场所的周围环境进行 1 次辐射水平监测，监测数据记录存档。

(五) 辐射监测设备和防护用品

(1) 医院拟配置的辐射监测仪器和个人防护用品

医院现有的监测仪器、报警仪器和辐射防护用品防护用品见表 12-1。

表 12-1 医院现有的监测仪器、报警仪器和辐射防护用品登记表

序号	仪器名称	型号	购置日期	仪器状态	数量	备注
1	便携式表面沾污仪	COMO170	2014-05-20	正常	1	核医学
2	便携式个人剂量检测仪	RADEYE G210	2014-05-20	正常	1	设备科
3	大面积 γ 、 β	FJ-402	2013-09-30	正常	1	核医学

	检测仪					
4	放射性活度计	RM-905A	2013-08-22	正常	1	核医学
辐射防护用品						
	名称	数量	名称	数量		
	铅衣	18	铅帽	18		
	铅手套	1	铅眼镜	4		
	铅围裙	12	铅围脖	16		
	铅屏风	1	个人剂量计	38		
	其它					

本项目拟新增配置 1 台便携式剂量率仪，用于机房周围辐射水平的监测。

医院将按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）规定，为本项目配备一些必要的个人防护用品，具体见表 12-2 所示。

表 12-2 本项目拟配置的个人防护用品

类别	个人防护用品	规格	数量
工作人员	铅橡胶围裙	0.5 mmPb	8
	铅橡胶颈套	0.5 mmPb	8
	铅防护眼镜	0.25 mmPb	8
	介入防护手套	0.025mmPb	8
	铅橡胶帽子	0.25 mmPb	8
患者/受检者	铅橡胶性腺防护围裙	0.5 mmPb	2
	铅橡胶颈套	0.5mmPb	2
	铅橡胶帽子	0.5 mmPb	2
设备辅助防护用品	铅悬挂防护屏	0.5 mmPb	2
	床侧防护帘	0.5mmPb	2

（六）辐射事故应急

医院将针对使用 II 类射线装置可能出现的超出剂量限值的照射事故（件），制定相应的《辐射事故应急预案》。同时，医院规定将每年组织一次演练。

（七）项目环境保护验收内容建议

本建设项目环境保护验收主要内容列于表 12-3 中。

表 12-3 项目竣工环境保护验收内容一览表

验收内容	验收要求
剂量管理约束值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和环评报告建议，公众、职业照射剂量约束值执行 0.1mSv/a 和 5 mSv/a。介入治疗手术室内 DSA 设备运行时，机房周围的剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。
电离辐射标志和	在 DSA 全部防护门显著位置设置辐射警告标识和中文警示说明，以及在

中文警示	患者防护门上方设置工作状态警示灯。
布局和屏蔽设计	辐射工作场所实行分区管理。辐射工作场所及其配套用房的建设和布局与环评报告表的描述一致。屏蔽墙的屏蔽能力满足辐射防护的要求。机房通风系统正常。
辐射安全设施	按照《放射诊断放射防护要求》GBZ 130-2020 规定，每台 DSA 设备机房配备患者用铅围裙、铅围脖、铅帽各 1 件。为医护人员配备围裙、铅围脖、铅帽、铅眼镜、介入防护手套 4 套。DSA 机房配置铅玻璃防护帘、床侧防护帘各 1 件。
辐射监测	完善了辐射监测制度，增加了本项目监测内容；为所有辐射工作人员进行个人剂量监测，建立健康档案。医院新增配置 1 台剂量率仪。
规章制度	建立完善相应的辐射安全与防护管理制度，特别是设备操作规程、辐射监测方案和事故应急预案等。。
人员培训	本项目新增的 4 名辐射工作人员通过了辐射安全与防护考核，其它调配的辐射工作人员通过考核并在有效期内。
应急预案	医院建立有涵盖本项目内容的应急预案。

表 13 结论与建议

13.1 结论

1) 核技术应用现状：房山区中医医院现持有北京市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》（京环辐证[J0024]）。许可使用Ⅲ类射线装置，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。有效期至 2022 年 8 月 21 日。

2) 实践正当性：因诊疗工作需要，医院拟将门诊楼一层现有的门诊外科手术室改建为介入治疗场所，使用 1 台 DSA（Ⅱ类, 125kV、1000mA），拟将病房楼二层 1#百级手术室改建为介入手术室，使用 1 台 DSA（Ⅱ类, 100kV、650mA）。本项目属于医疗常规核技术利用项目，具有良好的社会效益，其获得的利益远大于辐射效应可能造成的损害，符合实践正当性原则，同时医院具备了技术、人员和经费等条件。

3) 本项目周围辐射环境现状：评价区环境 γ 辐射剂量水平与北京市环境 γ 辐射剂量率水平基本一致，属于正常本底水平。

4) 辐射屏蔽能力分析：DSA 机房屏蔽设计符合辐射防护要求，预计场所周围的剂量率水平低于本项目设定的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的控制要求，工作人员和公众受照剂量分别满足 5mSv/a 和 0.1mSv/a 的剂量约束要求。

5) 本项目采取了必要的辐射安全与防护措施，如实行分区管理，在装置机房门口等主要位置设置明显的放射性标志、中文警示说明和工作信号指示。设置门控制开关、急停按钮，观察窗、对讲系统、铅防护屏（帘）等，可以防止设备误操作、避免工作人员和公众受到意外照射。

6) 辐射安全管理：医院后期将新增 DSA 设备的辐射安全管理和防护工作纳入医院辐射安全防护管理机体系，将建立健全医院的辐射工作相关操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、人员培训计划、健康体检制度、设备检修维护制度和辐射事故应急预案，符合许可管理相关要求。

7) 本项目拟配备 12 名辐射工作人员（含新增 4 名）将在通过辐射安全与防护考核后持证上岗，人员数量能够满足工作需要。医院将新增配备 1 台便携式剂量率仪，自行开展辐射监测。

8) 与生态环境部发布的《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》提出的具体要求进行对照评估，环评报告中描述的辐射安全和防护措施如果得到落实，能够满足运行的要求。

综上所述，北京市房山区中医医院因介入诊疗工作需要，新增使用 2 台Ⅱ类射线装

置，相应的辐射安全制度和辐射防护措施基本可行，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，该建设项目是可行的。

13.2 承诺

为了保护环境，保障人员健康，医院承诺：

- 1) 在项目运行过程中，严格依照操作规程操作设备，不弄虚作假、违规操作。
- 2) 不断加强全院的辐射安全管理工作，进一步完善辐射安全管理规章制度，落实辐射安全管理责任。
- 3) 严格按照辐射监测方案定期对辐射工作场所进行监测，并将监测记录保存留档。
- 4) 加强辐射工作人员管理，新增辐射工作人员通过辐射安全与防护考核后，持证上岗。
- 5) 及时办理辐射安全许可手续。在项目建设投入运行后，及时自行组织竣工环境保护验收，运行过程中，并接受生态环境管理部门的监督检查。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人

公 章
年 月 日

审批意见：

经办人

公 章
年 月 日