

核技术利用建设项目

朝阳院区门诊综合楼 17-18 手术室改造并更新

1 台 DSA 项目

环境影响报告表

建设单位：首都医科大学附属北京安贞医院 (公章)

2025 年 03 月

核技术利用建设项目

朝阳院区门诊综合楼 17-18 手术室改造并更新

1 台 DSA 项目

环境影响报告表

建设单位名称：首都医科大学附属北京安贞医院

建设单位法人代表（签名或签章）：蔡军

通讯地址：北京市朝阳区安定门外安贞路 2 号

邮政编码：100029

联系人：崔宇晨

电子邮箱：64419737@163.com

联系电话：13146700228

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	11
表 3 非密封放射性物质.....	12
表 4 射线装置.....	13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	14
表 6 评价依据.....	15
表 7 保护目标与评价标准.....	17
表 8 环境质量和辐射现状.....	22
表 9 项目工程分析与源项.....	25
表 10 辐射安全与防护.....	28
表 11 环境影响分析.....	33
表 12 辐射安全管理.....	46
表 13 结论与建议.....	50
表 14 审批.....	52

表 1 项目基本情况

建设项目名称		朝阳院区门诊综合楼 17-18 手术室改造并更新 1 台 DSA			
建设单位		首都医科大学附属北京安贞医院			
法人代表	蔡军	联系人	崔宇晨	联系电话	13146700228
注册地址		北京市朝阳区安定门外安贞里			
项目建设地点		安贞医院朝阳院区门诊综合楼地下三层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)	1200	项目环保投资(万元)	60	投资比例(环保投资/总投资)	5%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		建筑面积(m ²)	123
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. 项目概述

首都医科大学附属北京安贞医院(以下简称“北京安贞医院”或“医院”)是以治疗心肺血管疾病为重点的三级甲等综合性医院,专科特色突出,在中国心血管领域处于领军地位,多学科综合实力强劲。医院始终坚持公益性,围绕“一核两翼”战略布局,以“强专科,优综合”为方向,坚持医、教、研、创、科学管理、文化建设六位一体,建设国内一流、国际知名的高水平创新型医院。

北京安贞医院成立于 1984 年 4 月,北京市心肺血管疾病研究所成立于 1981 年 9 月,二者均由我国胸心血管外科奠基人吴英恺院士所创立,为一个医疗科研联合体。目前朝阳院区占地 7.65 万平方米,通州院区占地 34 万平方米,现有职工 4790 人,高级专业技术人员 877 人,朝阳院区编制床位 900 张,通州院区编制床位 1300 张。设有 7

个临床中心、35 个临床科室及 12 个医技科室，拥有国家重点学科 1 个，国家临床重点专科 5 个，年门诊量 218 万人次，手术超过 7.4 万例，其中心内外科手术双双破万，疾病难易程度 CMI 值始终居于北京市医疗机构前列。

医院坚持以人才为核心竞争力，现有现有国自然杰青、国家级百千万人才，万人计划，长江学者等国家级人才 25 人，北京学者、北京市百千万人才、北京市优秀青年人才、国家卫生健康突出贡献中青年专家、北京市战略科技人才，北京市海外人才，教育部“新世纪优秀人才”、北京市“科技新星”等省部级人才 59 人，北京市高层次公共卫生人才、“使命、登峰、青苗”等局级人才 72 人。现有首都医科大学 18 个博士研究生培养点、32 个硕士研究生培养点，首都医科大学博士研究生导师 90 名，硕士研究生导师 191 名。国家级诊疗培训基地 2 个，国家临床医学研究中心 1 个，首批成为国家卫生健康委住院医师、全科医生规范化培训基地，现有 16 个住培基地，3 个专培基地，部级重点实验室 2 个，部级工程中心 1 个，北京市重点实验室 2 个，北京市工程中心 3 个。

北京安贞医院为国家区域医疗中心建设输出医院，是首批国家心血管疾病临床医学研究中心，拥有符合国际标准 (ISBER) 的国家和北京市心血管疾病临床样本资源库，是首批获得器官移植诊疗科目资质的医疗机构之一。近年来，围绕优势学科，不断提升综合实力，承担中法急救与灾难医学合作中心、北京市危重孕产妇救治中心、北京市体外生命支持质量控制和改进中心任务，已形成以心血管病学为核心、多学科联合发展的综合学科群，为各类合并心脏病的患者提供优质医疗服务。

多年来，医院全体职工秉承“公勤严廉”的院训，弘扬传承吴英恺院士精神，积极承担社会责任，出色完成应急医疗、对口支援、国际医疗援助等重要任务，连续多次获得首都卫生系统文明单位称号，先后培养出全国医药卫生系统先进工作者、南丁格尔奖章获得者、首都劳动奖章获得者、首都十大健康卫士等一批优秀医务工作者。

“十四五”期间，北京安贞医院将继续以人民健康为中心，坚持两个以人为本，以患者为本，为患者提供精准、安全、有温度的医疗服务，以职工为本，让职工有尊严地工作，拥有执业的幸福感和获得感，构建新发展格局，实现医院高质量发展。

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

北京安贞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[E0125]），许可使用 V 类放射源；使用 II 类、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 2025 年 9 月 20 日，见附件 1。

表 1-1 已许可使用的放射源

序号	核素	类别	总活度(贝可)/活度(贝可)×枚数
1	²² Na	V	9.3E+4×4
2	⁶⁸ Ge	V	1.9E+7×1
3	⁶⁸ Ge	V	4.6E+7×2
4	⁵⁷ Co	V	1.85E+6×1
5	¹⁵³ Gd	V	3.7E+8×1
6	⁶⁸ Ge	V	9.3E+7×1
7	⁵⁷ Co	V	1.17E+8×1
8	²² Na	按 V 类管理	3.7E+5×1
9	⁵⁷ Co	V	4.44E+8×1

目前,北京安贞医院核医学 PET/CT 中心在用的放射源有 3 枚 V 类 Ge-68 密封源,放射源编码分别是 US24GE002225、US24GE002205 和 US24GE002215。

表 1-2 已许可使用的非密封放射性物质工作场所和相关情况

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)
1	核医学 PET-CT 中心	乙	F-18	1.18E+8	2.95E+12
			N-13	1.48E+8	3.70E+12
			C-11	1.48E+8	3.70E+12
			O-15	8.80E+7	2.20E+12
2	核医学科	乙	Tc-99m	2.68E+8	7.72E+12
			Tl-201	5.6E+6	1.12E+10
			I-131	5.92E+7	2.96E+10
			Ga-67	5.60E+7	1.12E+10
			C-14	1.85E+5	1.85E+8
			Sr-89	3.00E+7	1.50E+10
			I-123	1.85E+6	3.7E+10
			F-18	5.92E+7	1.18E+12
3	动物 PET 实验室	乙	F-18	4.63E+6	9.26E+10
			N-13	9.25E+6	2.78E+10
			C-11	9.25E+6	2.78E+10
			O-15	9.25E+6	2.78E+10
4	核医学科分子影像中心	乙	F-18	4.44E+8	1.11E+11
			N-13	2.96E+8	7.4E+10
			O-15	2.96E+8	7.4E+10
			C-11	2.96E+8	7.4E+10
5	通州院区核医学科诊疗场所	乙	F-18	7.4E+6	1.85E+12
			I-123	1.11E+7	7.77E+10
			I-131 (甲功检查)	9.99E+4	9.99E+7
			I-131	3.7E+7	1.85E+10
			Ra-223	1.32E+8	6.60E+8
			Sr-89	2.96E+7	1.48E+10

			Tc-99m (锝气吸入)	1.48E+9	1.48E+11
			Tc-99m	5.92E+7	1.48E+13
6	手术室 3	乙	I-125 粒子源	5.33E+7	1.33E+11
7	手术室 4	丙	I-125 粒子源	1.78E+7	1.33E+11
8	手术室 6	丙	I-125 粒子源	1.78E+7	1.33E+11
9	手术室 10	丙	I-125 粒子源	1.78E+7	1.33E+11
10	高血压研究室	丙	I-125 粒子源	7.40E+5	5.92E+6

医院已获许可使用的射线装置见表 1-3。

表 1-3 已许可使用的射线装置相关情况

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	SPECT/CT	III	2	使用;
2	移动式 C 型臂 X 射线机	III	5	使用;
3	放射诊断用普通 X 线机	III	12	使用;
4	双能 X 射线骨密度仪	III	1	使用;
5	回旋加速器	II	1	使用;
6	PET-CT	III	2	使用;
7	数字胃肠造影机	III	2	使用;
8	移动式床旁 X 线机	III	15	使用;
9	碎石机	III	1	使用;
10	牙科 X 射线机	III	6	使用;
11	PET-CT	III	1	使用;
12	医用 X 射线 CT 机	III	16	使用;
13	数字减影血管造影装置	II	44	使用;
14	乳腺 X 射线机	III	2	使用;
15	动物 CT	III	1	使用;
16	动物 DSA	II	1	使用;

1.2.2 近几年履行环保审批手续情况

北京安贞医院自 2020 年以来, 共计有 16 个核技术利用建设项目按照法规要求履行了环保手续, 具体情况见表 1-4。

表 1-4 建设项目竣工环保验收落实情况

编号	项目名称	环评手续情况	竣工验收情况
1	新增螺旋 CT	202011010500005118	备案项目, 已登证。
2	新增医用 X 射线 C 形臂	202011010500001899	备案项目, 已登证。
3	新增使用血管造影机	京环审[2021]105 号	2022 年 4 月 14 日通过自行组织的竣工环保验收。
4	新增 Co-57 放射源项目	202111010500001059	备案项目, 已登证。
5	通州院区使用电子直线加速器	京环审[2022]17 号	建设中
6	通州院区使用 II 类射线装置	京环审[2022]41 号	项目所含 21 台 DSA 已于 2024 年 12 月 2 日通过自行组织的竣工环保验收, 其它内容建设中。
7	新增使用血管造影机	京环审[2022]112 号	2023 年 8 月 17 日通过自行组

			织的竣工环保验收。
8	通州院区新建核医学科项目	京环审[2023]24号	核医学科诊疗场所已获得使用许可，待验收。药物制备场所和碘病房未启用。
9	通州院区使用Ⅲ类射线装置	202311011200001164	备案项目，已登证。
10	更新双源 CT 并改建机房放射诊疗	202311010500002611	备案项目，已登证。
11	新增医用射线 C 型臂并新建机房放射诊疗	202311010500002612	备案项目，已登证。
14	首都医科大学附属北京安贞医院通州院区使用 26 台Ⅲ类医用射线装置项目	202411011200002811	备案项目，已登证。
15	通州院区使用 1 台动物 DSA	京环审（2024）102号	已获使用许可，待验收。
16	通州院区发热门诊楼使用 1 台 DSA	京环审（2024）134号	近期开工

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

为了保证放射性同位素与射线装置的安全使用和有效管理，保障各类人员的健康与安全，医院成立了辐射安全与环境保护管理小组。由院长担任组长，常务副院长担任辐射防护负责人，医学影像科、核医学科、介入诊疗科、医学工程处和疾控处等相关人员担任组员，并由医务处专职干事负责辐射安全与防护的具体管理工作，辐射防护领导小组成员名单见表 1-5。医院辐射防护负责人（常务副院长周玉杰担任）通过了辐射安全与防护考核（FS23BJ0104049），之前的专职人员（曹景琳）也通过了辐射安全与防护考核（FS24BJ0100367）。新的专职人员（崔宇晨）目前正在网上培训拟于近期参加考核。

表 1-5 医院辐射安全与环境保护管理小组

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	蔡军	男	医院管理	院长	院办	兼职
2	辐射防护负责人	周玉杰	男	医院管理	常务副院长	院办	兼职
3	负责人	陈立颖	女	医政管理	医务部部长	医务部	兼职
4	成员	王悦	男	基建	基建处处长	基建处	兼职
5	成员	徐磊	男	医学影像	医学影像科主任	医学影像科	兼职
6	成员	米宏志	男	核医学	核医学科主任	核医学科	兼职
7	成员	夏宇	男	安全保卫	保卫处处长	保卫处	兼职
8	成员	董继伟	男	医学工程	医学工程处主任	医学工程处	兼职
9	成员	赵汝生	男	后勤管理	总务处处长	总务处	兼职
10	成员	马晓海	男	医学影像	介入诊疗科主任	介入诊疗科	兼职
11	成员	朱晨曦	男	疾病控制与预防	疾控处副主任	疾控处	兼职
12	成员	张汉卿	男	设备管理	医学工程处副主任	医学工程处	兼职
13	成员	朱亚文	男	疾病控制与预防	干事	疾控处	兼职
14	成员	崔宇晨	男	卫生管理	干事	医务处	专职

（二）已建立的辐射防护规章制度及执行情况

医院制定有较为齐全、严格的辐射安全规章制度和辐射事故应急预案，其中包含有《辐射安全管理领导小组》《辐射安全防护管理规定》《射线装置检修维护管理规定》《设备台账管理制度》《工作场所和辐射环境监测制度管理制度》《辐射（放射）工作人员辐射安全培训考核制度》《辐射（放射）工作人员个人剂量计》《数字减影血管造影机操作规程》《导管室 X 线辐射防护规章制度》《核医学辐射安全防护措施管理制度》《放射性同位素使用、操作管理规程》《密封放射源安全使用管理制度》《密封校准源使用流程》《放射性废物管理方案》以及《辐射事故应急制度》等，并在实际工作中严格按照规章制度执行。

（三）辐射工作人员培训考核

医院制定有辐射工作人员（含辐射管理人员）管理制度，医院定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训与考核。

北京安贞医院现有 539 名辐射工作人员通过了辐射安全与防护考核，其中 375 名辐射工作人员专职从事介入治疗相关工作。从事介入治疗辐射工作人员相关信息见附件 2。

（四）个人剂量监测

医院辐射工作人员的个人剂量监测工作目前委托北京市疾病预防控制中心承担，每季度送检一次。评价期间，评价单位调阅了 2023 年度的个人剂量监测报告（见附件 3），参与个人剂量检测的 600 人中，超出 1mSv 的有 7 人（分别为 1.02mSv、2.17mSv、1.61mSv、1.05mSv、1.73mSv、3.24mSv 和 1.49mSv），均为开展介入诊疗工作的医生，其它人员的年度受照剂量均未超出 1mSv/a。上述从事介入治疗的辐射工作人员受照剂量偏高，与其工作性质和工作量相符，但是未超出剂量约束值 5mSv/a，说明北京安贞医院辐射安全与防护措施可行。

（五）工作场所及辐射环境监测

根据原环保部 18 号令的要求，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，定期进行辐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，包括 SPECT 和 PET/CT 等装置机房、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。对于非密

封放射性物质工作场所，还开展了工作场所的表面污染监测：即每天工作结束后，对非密封放射性同位素工作场所的工作台面、通风橱台面、注射车以及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。

2024年5月31日和6月1日，医院委托北京贝特莱博瑞技术检测有限公司对全部辐射工作场所进行了年度检测，全部检测结果符合标准要求。现有 DSA 机房周围的辐射水平最大为 $1.2 \mu\text{Sv/h}$ （门缝），多数机房周围辐射水平接近本底水平。

（六）放射性废物管理

2017 年之后，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》（京环办〔2018〕13 号）的要求，对放射性固体废物和放射性废液暂存后进行解控处理。放射性废物分类收集于专用铅制放射性固体废物箱内，待收集满后由废物桶内取出，标明日期转移至放射性废物暂存库内暂存。符合解控要求的废物作为医疗废物处置。放射性废液暂存至少 30d 后解控排放至医院污水处理站。

2019 年 1 月、2019 年 7 月、2021 年 3 月和 2024 年 5 月，医院对 PET/CT 校验用废旧放射源进行了送贮并办理了备案手续。

（七）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，通过实际操作提高辐射工作人员自我防护意识。

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 2h 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。

2021 年组织了“放射性物品防抢、防盗、防破坏应急演练”。2022 年组织了“核医学科放射性废物失控应急演练”。2023 年组织了“核医学科回旋加速器中心放射性药品运输过程中暴露应急演练”，2024 年组织了“核医学科放射性源库外防盗门未关应急演练”。

1.3 本项目概况

1.3.1 本项目背景

医院朝阳院区门诊综合楼地下三层现有 2 间手术室（17 间和 18 间），分别使用 1 台 OEC9800 plus 型数字减影血管造影装置（II 类，120kV/150mA，台帐序号 4）和 1 台 Ziehm Vision RFD 移动式 C 型臂 X 射线机（III 类，120kV/250mA，台帐序号 9），因设

备老化现已停用。本次拟对 17 间和 18 间手术室进行改造，建成为 1 间规范的血管造影机使用场所，并更新使用 1 台 DSA，开展心血管介入治疗。

1.3.2 本项目产业政策符合性及实践正当性

血管造影机（DSA）属于 II 类射线装置，属于《产业结构调整指导目录（2024 年）》中第十三项第 4 条“高端医疗器械创新发展”中高性能医学影像设备类别，为国家支持和鼓励类产业，属于国家支持和鼓励类产业。

本项目不属于《北京市新增产业的禁止和限制目录（2018 年版）》中禁止和限制项目。因此，本项目的建设符合国家及地方产业政策要求。

本项目的建设可以提高医院医疗和疾病的诊治能力。DSA 为很成熟的医用 X 射线设备，尽管 X 射线存在一定健康损害风险，采取辐射防护措施，保证机房外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，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。

1.3.3 本项目机房位置及选址合理性分析

本项目改建的 DSA 手术室位于朝阳院区门诊综合楼（地上 13 层、地下 4 层），该建筑物位于院区西侧，楼外东侧为医院中心绿化和立体停车场，西侧隔院内地面停车场为安贞路，北临综合病房楼，南侧为院内道路，其外为安贞医院家属区 2 号楼。医院地理位置和布局分别见附图 1 和附图 2。

DSA 实体屏蔽体外周围 50m 范围内，主要是朝阳院区的医疗用房、停车场等。机房位于地下三层，其北侧为楼外土层，东侧紧邻楼梯间，其外为土层，南侧隔走廊为楼外土层，西侧紧邻 DSA 控制室，之外为辅助设备机房。DSA 机房楼上对应区域为车库行车坡道、楼下为夜间值班室。

本项目拟建 DSA 场所现状为已有的 2 间 C 形臂设备机房（1 台为 II 类，1 台为 III 类），四周墙壁的屏蔽能力已满足防护要求，无需改建。为了减少 DSA 机房对楼上和楼下场所的辐射影响，本次改造有针对性地加强上、下楼板屏蔽（顶板为 120mm 混凝土本次拟附加 2mm 铅板，底板为 250mm 混凝土本次拟附加 1mmPb 硫酸钡水泥），可有效减少对楼上、楼下公众的辐射影响。综合考虑，DSA 手术室选址合理，设计科学。

1.3.4 本项目环境影响评价内容

本项目涉及的核技术利用建设内容为改建，建设内容为将朝阳院区门诊综合楼地下三层现有的 17 间和 18 间手术室改建为 1 处介入手术室，更新使用 1 台数字血管造影设备（型号待定），最大管电流 1000mA，最大管电压 125kV，属于 II 类射线装置，开展心血管放射介入诊疗手术。17 间和 18 间原使用的 2 台射线装置后续报废处理。

设备相关情况见表 1-6。

表 1-6 本项目 DSA 射线装置更新使用相关情况

设备名称		设备型号	技术指标	管球数量	使用地点 (机房名称)
旧设备	数字减影血管造影装置(Ⅱ类射线装置)	OEC9800 plus	120kV/150mA	单管球	门诊综合楼地下三层(17间)
	移动式C型臂X射线机(Ⅲ类射线装置)	Ziehm Vision RFD	120kV/250mA	单管球	门诊综合楼地下三层(18间)
本项目拟更新	数字减影血管造影装置(Ⅱ类射线装置)	待定	125kV/1000mA	单管球	门诊综合楼地下三层(DSA手术室)

根据《建设项目环境保护管理条例》《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》相关要求，北京安贞医院委托北京科欣科技发展有限公司开展“朝阳院区门诊综合楼 17-18 手术室改造并更新 1 台 DSA 项目”的环境影响评价工作。评价单位在现场查看、调查、收集资料以及现场监测的基础上，编制了该建设项目的辐射环境影响报告表。

本项目场所原使用的 2 台 C 型臂设备已停用，后续将办理报废相关手续。

1.3.7 开展本项目的技术能力

(1) 人员配备

通常 1 台介入手术由 1~2 名医师、1 名护士和 1 名技师共同完成。根据医院提供的资料，医院现有 375 名从事介入诊疗工作的辐射工作人员。朝阳院区现有 23 台 DSA，将来保留不超过 190 名辐射工作人员（朝阳院区每台 DSA 配置约 8.3 名辐射工作人员），其余 185 辐射工作人员轮转至通州院区工作（通州院区每台 DSA 配置约 8.8 名辐射工作人员，目前的人员配备可以满足工作需要。目前，平均每台 DSA 的年平均手术量低于 2000 例。

8 名辐射工作人员可以组成 3-5 个小组（1 名技师白班，1 名护士白班，1-2 医生轮流）开展介入手术，每组人员的年手术量平均低于 500 例。

本项目投入使用后，DSA 数量保持不变（新增 1 台，报废 1 台），医护人员轮流使用 DSA 设备，后续依然按照目前的工作模式使用新增的 DSA 设备。考虑到本项目更新的设备手术量较之前设备会多，故本项目拟新增 4 名辐射工作人员，在通过辐射安全和防护考核后持证上岗。

(2) 检测仪器配备

医院 17 间和 18 间管理部门（手麻科）已配置 1 台便携式 X-γ 剂量率仪（HY3022 型，见表 12-1 编号 1），该检测设备状态良好，后续可继续用于门诊综合楼 DSA 手术室

场所的自行监测。

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	1	待定	125	1000	血管介入手术	门诊综合楼地下三层 DSA手术室	单管球

(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	
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
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

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[2014]第 9 号，2015 年 1 月 1 日起实施； 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[2003]第 6 号，2003 年 10 月 1 日起实施； 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 449 号公布；2014 年 7 月 29 日经国务院令第 653 号修订；2019 年 3 月 2 日经国务院令第 709 号修订； 5. 《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 31 号公布；2008 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 号生态环境部令第 20 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 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； 8. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第 16 号，2020 年 11 月 5 日，自 2021 年 1 月 1 日起施行； 9. 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，通告（2022）4 号，自 2022 年 4 月 1 日起实施； 10. 《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公告[2017]第 66 号，2017 年 12 月 6 日起施行； 11. 《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； 12. 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； 13. 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 12 月 6 日； 14. 《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
----------	--

	<p>公告（2019）第 57 号，2019 年 12 月 23 日起施行；</p> <p>15. 《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；</p> <p>16. 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，生态环境部，2020 版；</p> <p>17. 《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（2019）第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>18. 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》，国家发展和改革委员会 2023 年第 7 号令，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>19. 《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>20. 《北京市城乡规划条例》，2021 年 9 月 24 日修正；</p>
<p>技术标准</p>	<p>1. 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>3. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>4. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>5. 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>6. 《医用常规 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）。</p>
<p>其他</p>	<p>1. 首都医科大学附属北京安贞医院环境影响评价咨询协议书；</p> <p>2. 医院辐射安全管理制度、个人剂量检测报告等相关资料；</p> <p>3. NCRP REPORT No.147 “Structural Shielding Design for medical X- ray imaging Facilitie” (2005 年)；</p> <p>4. 郑钧正，卢正福，李隆德译。医用外照射源的辐射防护，国际放射委员会第 33 号出版物，人民卫生出版社。1984；</p> <p>5. 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；</p> <p>6. 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；</p> <p>7. 李德平主编，《辐射防护手册（第三分册）辐射安全》第三章 X 射线的防护，原子能出版社，1990 年。</p>

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，按照《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 DSA 手术室实体屏蔽外周界向外围扩展 50m 的区域作为评价范围。

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的管理提供依据；
- 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 评价因子

本项目评价因子主要为 X 射线。

7.2 保护目标

医院朝阳院区位于朝阳区安定门外安贞里，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，院区南侧的安贞医院家属区最近的 2 号楼在 50m 评价范围之外。本项目评价范围和保护目标见图 7-1 和表 7-1。

表 7-1 朝阳院区门诊综合楼 DSA 场所周围 50m 范围内的保护目标

场所名称	保护目标	方位	最近距离 (m)	预计常居留人数
门诊综合楼 DSA 手术室 (地下三层)	楼梯间	东侧	相邻	/
	楼外土层		3.5-50	/
	走廊	南侧	相邻	/
	楼外土层		2.5-21	/
	门诊部用房		21-50	30
	地下立体停车车	东南侧	42-50	/
	控制室、刷手间	西侧	相邻	4
	设备机房		3.3-6.0	/
	楼梯、电梯间、污物清洗间、送风机房		6.6-22	/
	导管室、生活热交换站、电梯间、热力站		22-42.5	15
	停车场		42.5-50	/
楼外土层	北侧	相邻	/	

	车库坡道	楼上	相邻	/
	夜间值班室	楼下	相邻	2

注：符号“/”表示该处无常居留人员。

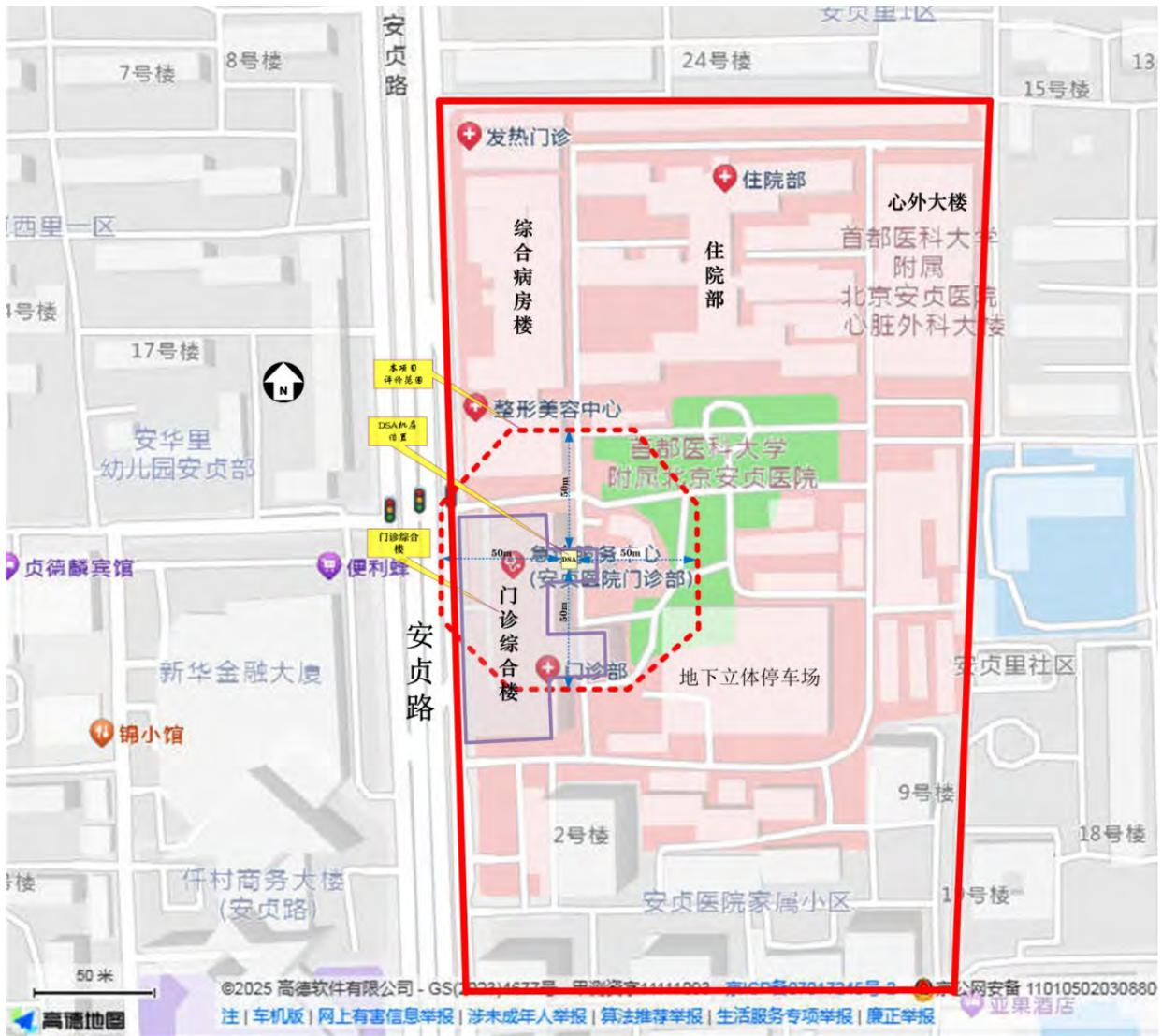


图 7-1 评价范围和保护目标分布示意图

本项目 DSA 位于门诊综合楼地下三层，机房所在位置和楼层布局见图 7-2 所示。DSA 手术室楼上对应区域示意图见图 7-3 和图 7-4 所示。



图 7-2 门诊综合楼地下三层布局和拟建 DSA 手术室位置示意图

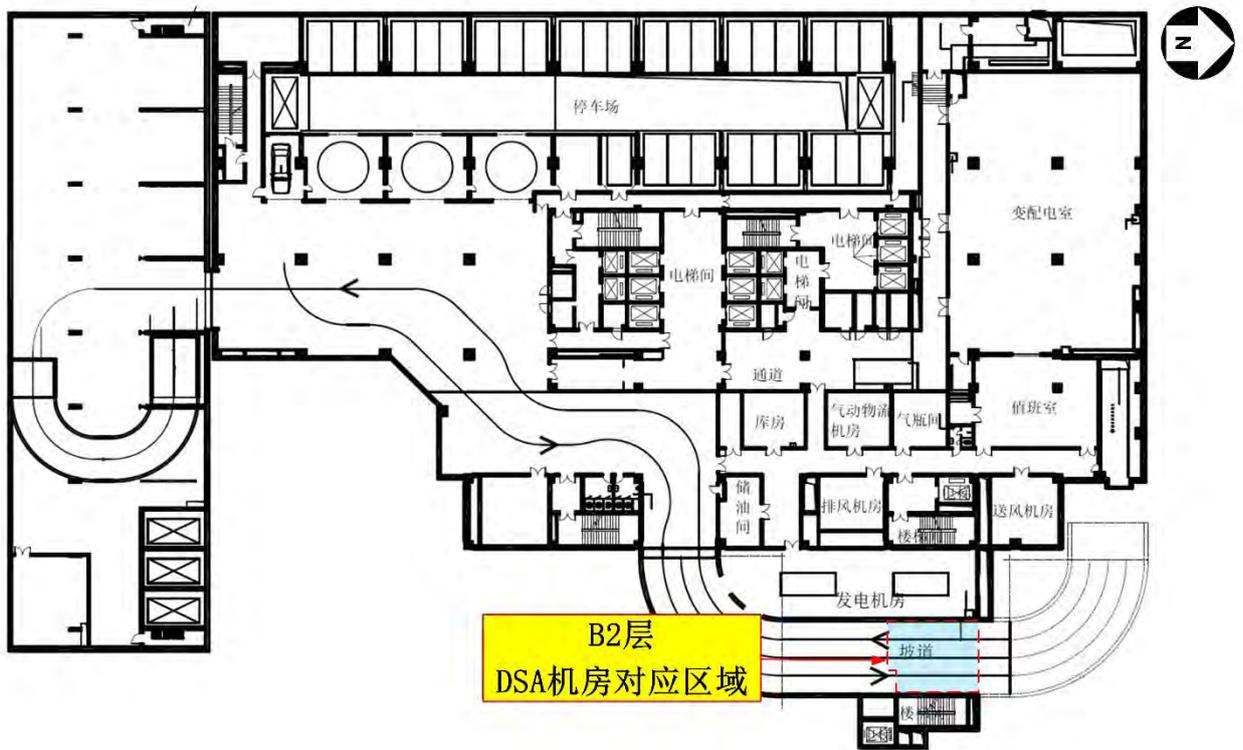


图 7-3 门诊综合楼地下二层布局以及拟建 DSA 手术室对应位置示意图



图 7-4 门诊综合楼地下四层布局以及拟建 DSA 手术室对应位置示意图

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。
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》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

综合考虑医院射线装置的使用现状，并为其它辐射设施和实践活动留有余地，本评价对职业照射和公众分别设定了年受照剂量约束值：

1) 本项目从事介入手术的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

1) DSA 手术室周边墙体(含防护门)30cm 处，楼上 30cm 高度处的辐射剂量率均不大于 2.5 μ Sv/h。

2) 介入放射诊疗设备透视防护区检测平面上的周围剂量当量率不大于 400 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 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C形臂X射线设备机房	2	2

注：DSA属于C形臂X射线设备。

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手术室最小有效使用面积、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射线设备(含C形臂)	20	3.5

注：本项目DSA为单管球X射线设备。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

医院委托有资质单位（长润安测科技有限公司）于 2025 年 2 月 14 日对朝阳院区门诊综合楼拟 DSA 场所和其周围进行了辐射水平检测，监测内容为 γ 空气吸收剂量率。监测设备为便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪，在距地面 1m 高度进行 γ 空气吸收剂量率水平测量，其性能参数见表 8-1。

监测方法：使用便携式环境级 X、 γ 剂量率仪直接测量。朝阳院区 γ 辐射水平监测点位置见图 8-1 至图 8-4，监测结果见表 8-2。

表 8-1 检测仪器性能参数一览表

设备名称	型号（编号）	技术参数	证书编号	有效期至
环境级 X、 γ 剂量率仪	SCB603E (CR-YQ-088)	0.01 μ Gy/h~ 3Gy/h	DD24J-CA100187	2025 年 04 月 11 日

表 8-2 评价区现状环境 γ 辐射剂量率水平监测结果

检测点位编号	检测点位置描述	γ 辐射剂量率* (nGy/h)
①	门诊综合楼西侧空地	74 \pm 0.2
②	门诊综合楼北侧空地	75 \pm 0.2
③	门诊综合楼东侧空地	75 \pm 0.3
④	门诊综合楼东侧空地	76 \pm 0.2
⑤	门诊综合楼南侧空地	76 \pm 0.2
⑥	B3 层拟建 DSA 机房位置	76 \pm 0.2
⑦	B2 层拟建 DSA 机房上方对应区域	78 \pm 0.2
⑧	B4 层拟建 DSA 机房下方对应区域	81 \pm 0.5

注：*以上检测结果数据均未扣除宇宙射线响应值。



图 8-1 医院朝阳院区院内检测点位示意图



图 8-2 项目所在场所（B3层）监测点位示意图

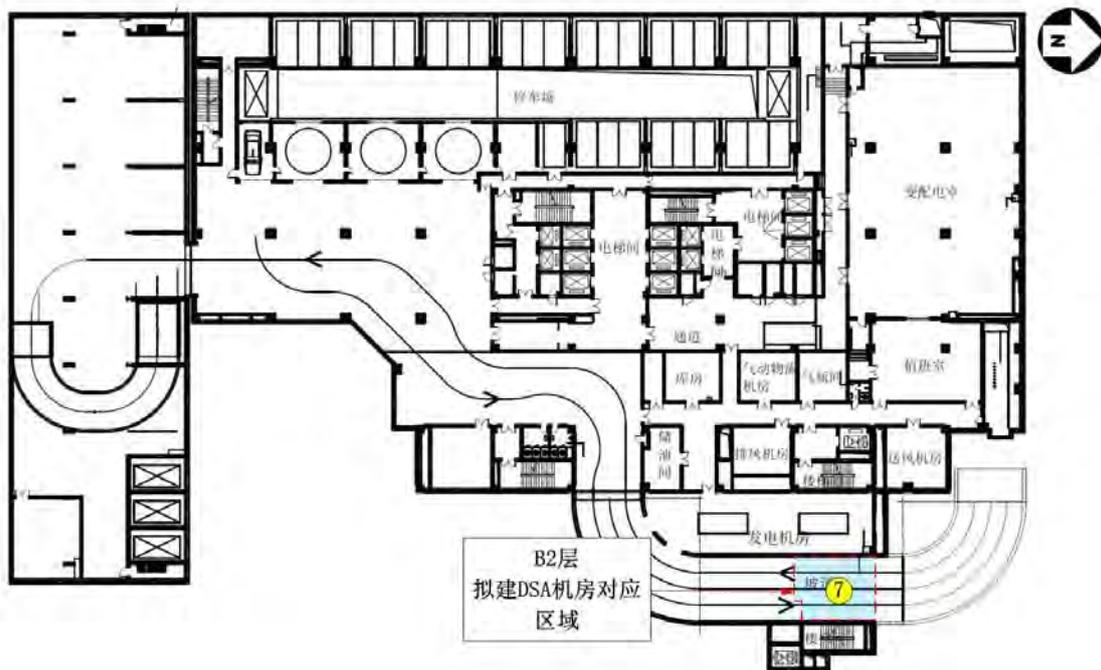


图 8-3 项目楼上（B2 层）监测点位示意图

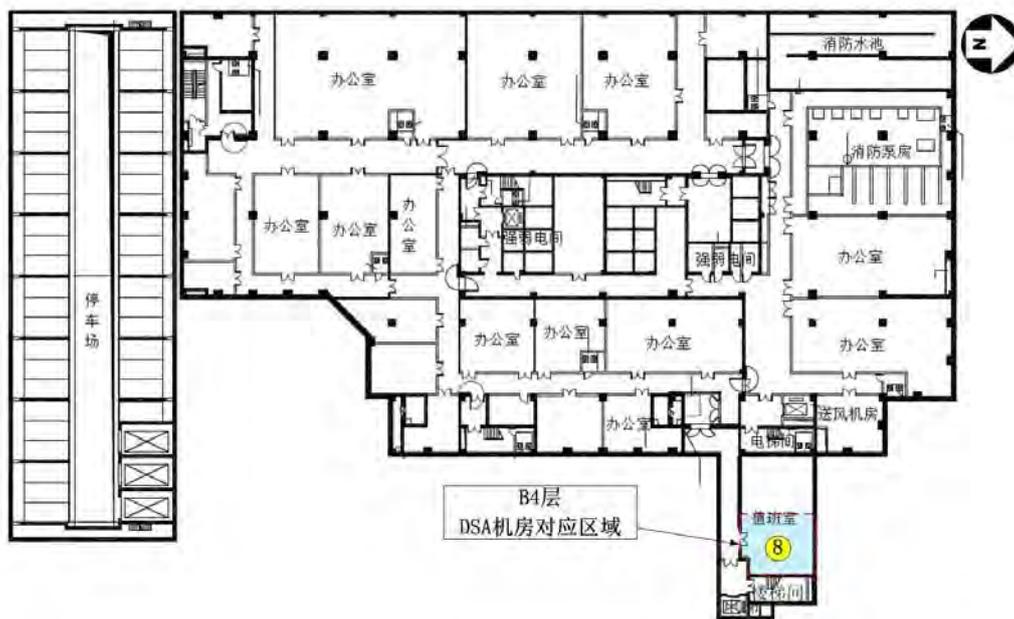


图 8-4 项目楼下（B4 层）监测点位示意图

根据《中国环境天然放射性水平》（1995 年），北京市天然辐射水平范围为 60-123nGy/h（室外，含宇宙射线）和 69.8-182 nGy/h（室内，含宇宙射线）。北京安贞医院朝阳院区本底辐射水平监测结果表明，各测点 γ 空气吸收剂量率属于正常本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 血管造影机及治疗

9.1.1 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。目前主要有两种诊断方法：即透视和摄影。

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、影像增强、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，即将预检部位影像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。



图 9-1 某型号 DSA 设备外观图

9.1.2 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。

9.1.3 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。

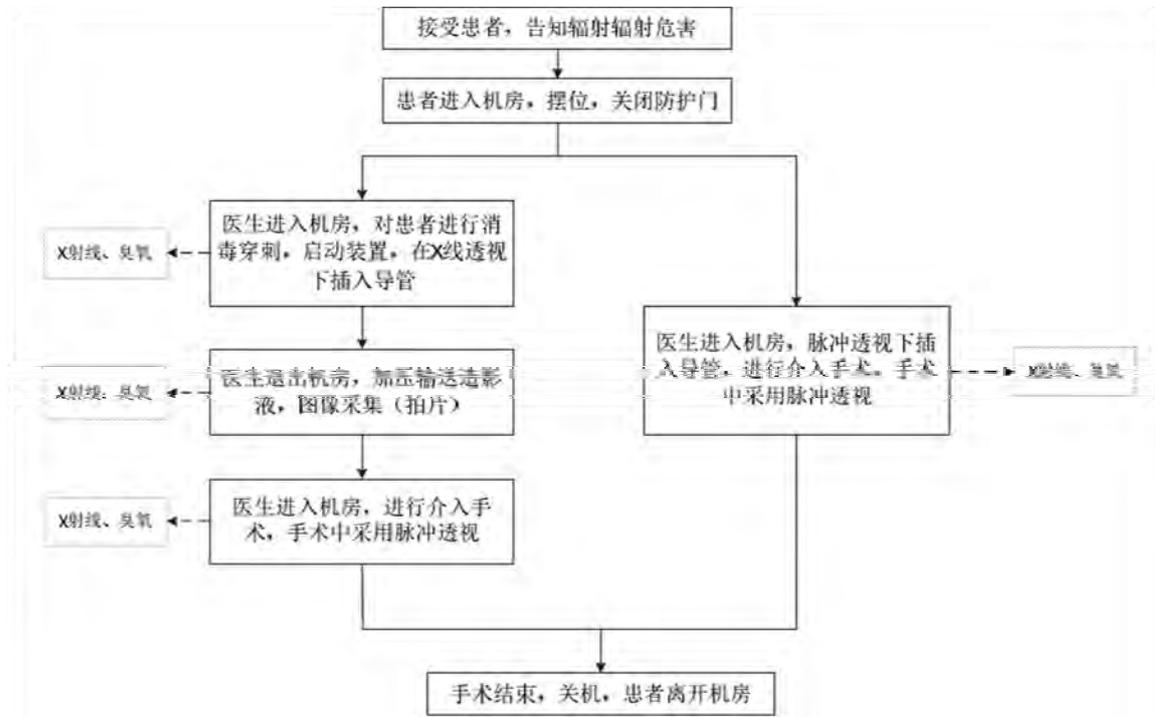


图9-2 手术流程及污染物产生环节示意图

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 手术室，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。

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。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，摄影时间约 2 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。

本项目 DSA 投入运行后，预计单台 DSA 年手术量不超过 2000 例，医院将按每名手术医师主操不超过 500 例/年手术量调配从事介入诊疗的辐射工作人员。

9.1.4 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 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 射线机使用过程中，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下操作，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 项目安全设施

10.1.1 项目环保验收

血管造影机机房项目竣工后，应对辐射防护设施进行验收，其中包括辐射屏蔽、安全联锁和警示系统、通风系统等，这些项目依照设计标准验收合格后，方可正式投入运行。如上述设备的技术参数、机房位置和布局、辐射屏蔽状况发生变化，必须重新办理环保审批手续。

10.1.2 DSA 手术室辐射安全防护设施

1) DSA 手术室采取实体屏蔽措施，保证人员全居留场所、机房墙外（含楼上、楼下）及防护门外 30cm 处的辐射剂量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

2) DSA 手术室出入口内的所有区域为控制区，机房毗邻房间（控制室、洗手间、走廊和楼梯间）为监督区。上述区域地面粘贴“控制区”和“监督区”标志。

3) DSA 手术室和控制室之间设有观察窗，并配置对讲系统。

4) DSA 手术室的患者出入防护门（M2）为 3mmPb 电动平移铅防护门，设有非接触感应式开门、自动延迟关门和防挤压功能。医护人员入口防护门（控制室 M1）为 3mmPb 手动平开铅防护门。在 2 道防护门外均设置电离辐射警告标志，上方均设置工作指示灯，设有“射线有害，灯亮勿入”的警示语句，警示灯箱供电线路与控制室通道门（M1）和患者防护门（M2）关联，防护门关闭时，该出束指示灯自动亮起。

5) 设置紧急停止按钮。在控制台旁设置紧急停止按钮，DSA 设备自带 1 个急停按钮。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。

6) 手术室采用层流通风方式对 X 线机房进行风换气，防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积。

7) 为减少非检查部位的不必要照射，本项目拟按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）配备个人防护用品。至少配置：0.5mmPb 铅橡胶围裙 4 件，0.5mmPb 铅橡胶颈套 4 件，0.25mmPb 铅防护眼镜 4 副，0.025mmPb 介入防护手套 2 副。

8) 介入工作人员均佩带个人剂量计，进行个人剂量监测。

9) DSA 场所已配置有便携式剂量率仪，用于场所的自行监测。

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) 电缆由机房地面管沟从观察窗一侧墙体下面通入控制室。空调管道从机房顶部墙角位置穿过墙体。电缆沟和风管外用 3mm 厚铅板进行覆盖或包裹防护, 确保不影响和不减弱屏蔽体对射线的屏蔽效果。

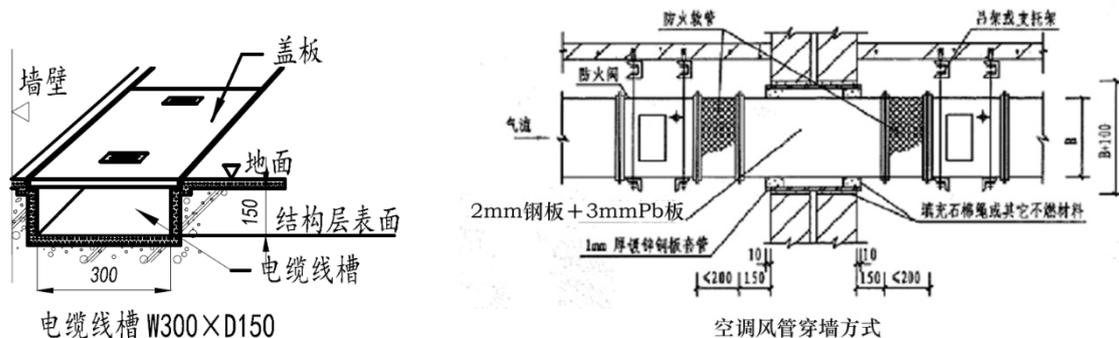


图 10-1 DSA 机房电缆和空调风管穿墙方式示意图

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	检查位局部屏蔽防护设施	√	铅围裙
2*		医护人员个人防护用品	√	至少 4 套铅衣、铅围脖、铅眼镜等
3		患者防护	√	配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 1 套
4*		观察窗屏蔽	√	铅玻璃观察窗
5		机房防护门窗	√	防护门
6		通风设施	√	设通风系统
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	√	指示灯
9*	B 监测设备	辐射水平监测仪表	√	DSA 场所配备了 1 台
10*		个人剂量计	√	每人 1 个
11		腕部剂量计	/	/

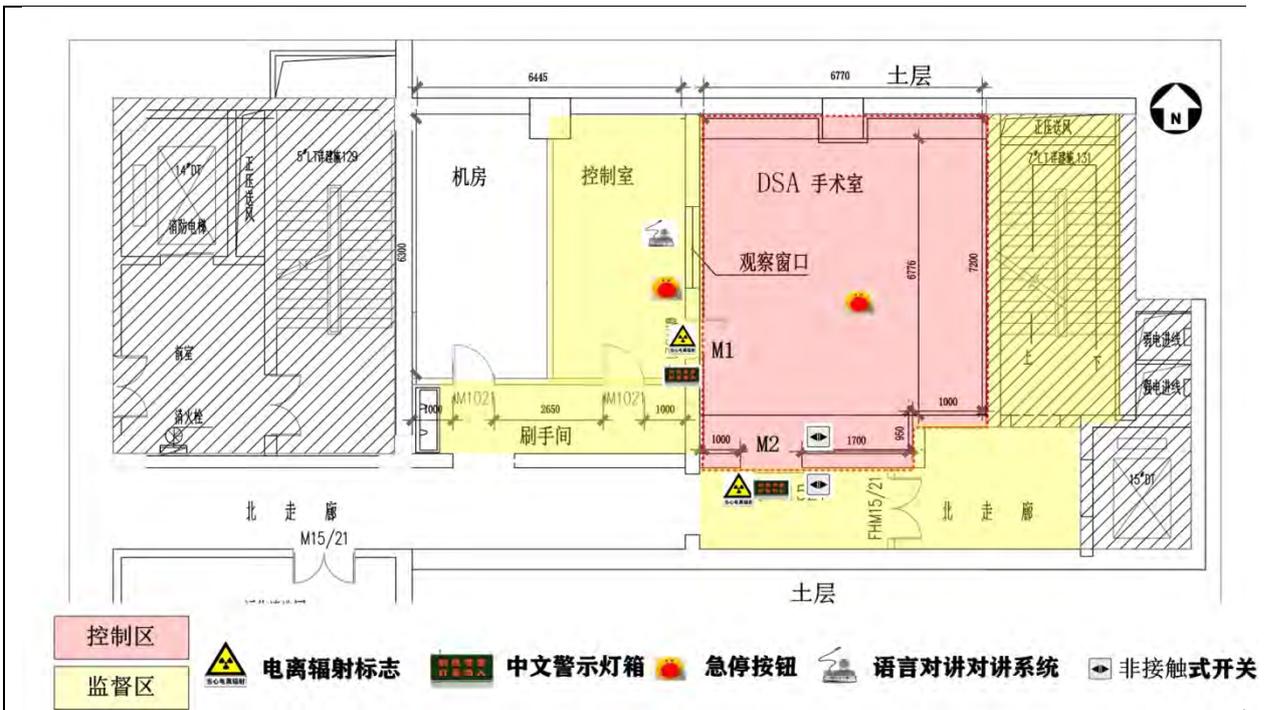


图 10-2 DSA 手术室辐射安全与防护设施布置示意图

10.2 三废的治理

本项目运行无放射性“三废”产生。

10.3 对比《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的满足情况

表 10-2 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满足情况。

表 10-2 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

《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。	北京安贞医院现有辐射安全与环境保护管理小组，全面负责医院的辐射防护监督和管理工作的，相关部门内部职责明确，小组下设专职人员具体处理各项事务，人员组成见表 1-5。 北京安贞医院朝阳院区的辐射安全与防护管理工作，纳入全院的统一管理。	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。	医院制定了辐射工作人员培训考核计划。目前，全部从事辐射工作的职业人员和辐射管理人，均通过了辐射安全与防护考核，并取得合格证书。 本项目拟新增 4 名介入手术的辐射工作人员，在通过辐射安全与防护考核后持证上岗。	近期符合
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	不涉及
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的安全措施。	DSA 手术室门口显著位置处张贴电离辐射警告标识和中文警示说明，并在 2 个机房门口上方均设置工作状态指示灯。DSA 手术室设观察窗、警示灯箱、个人防护用品、急停按钮、门控按钮和对讲装置等，	近期符合

	具体见表 10。	
配备必要的防护用品和监测仪器。	已配备 1 台辐射剂量率仪，个人防护用品配置详见表 12-2。	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。	将制定辐射安全与防护规章制度，如人员辐射安全培训考核制度、各项操作规程、设备检修维护制度、辐射防护和安全保卫制度、台帐管理制度、环境监测及个人剂量监测制度等以及放射性事故应急预案等。	近期符合
有辐射事故应急措施。	医院现制定有辐射事故应急处理预案。本项目为在朝阳院区门诊综合楼使用 1 台 DSA，医院将对现有的《辐射事故应急预案》进行相应的补充和完善。	近期符合
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。	不涉及	符合

10.4 对比《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 10-3 所示。

表 10-3 安全和防护能力对照评估情况

18 号令要求	项目单位情况	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照射的安全措施。	本项目机房 2 个门口显著位置处均张贴有电离辐射警告标识和中文警示说明，并在机房门口均设置有工作状态指示灯或警示灯。DSA 手术室设置对讲系统、急停按钮、观察窗、个人防护用品等，具体见表 10。	符合
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。	每年委托有资质单位进行 1 次射线装置工作场所和环境辐射水平监测，监测数据记录存档。每半年自行检测一次。	符合
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。	医院将在每年 1 月 31 日前向北京市生态环境局提交年度评估报告。	符合
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。	医院制定了辐射工作人员培训考核计划。目前，全部从事辐射工作的职业人员和辐射管理人员，均通过了辐射安全与防护培训和考核，并取得合格证书。本项目拟新增 4 名辐射工作，与原有的辐射工作人员一起使用更新的设备。	近期符合

<p>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，应当立即调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。</p>	<p>所有辐射工作人员均要求佩带 TLD 个人剂量计进行个人剂量检测，频度为每季度一次。</p>	<p>近期符合</p>
--	--	-------------

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，将会在现有的大楼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

(一) DSA 手术室所在位置和周围环境

本项目 DSA 手术室设置在朝阳院区西南侧门诊综合楼地下三层。DSA 使用场所周围 50m 范围内，只涉及院区内医疗用房、绿地、院内道路和立体停车楼，无学校、幼儿园等敏感场所。DSA 工作场所位置及路由示意图见图 11-1。



图 11-1 门诊综合楼地下三层局部布局及 DSA 手术室位置和路由示意图

(二) DSA 手术室规格、屏蔽

(1) 本项目工作场所改建情况

本项目拟建 DSA 场所由门诊综合楼地下三层现有的 2 间 C 形臂机房改建。场所现状布局见图 11-2 所示。其中西侧手术室 1 (17 间) 使用 1 台移动式 GE OEC9800 plus 型数字减影血管造影设备 (II 类)，东侧手术室 2 (18 间) 使用 1 台 Ziehm Vision RFD 型移动式 C 型臂 X 射线机 (III 类)，详细信息见<附件 1, (三) 射线装置 (红框中内容)>。目前 2 间机房的设备均处于停用状态，后续将履行射线装置退役的相关手续。

改建后场所布局见图 11-3 所示。对比改建前后，现状两间机房四周墙体结构及屏蔽

均维持原状，东侧手术室 2 改建为 DSA 机房，在其西侧墙增加观察窗和控制室防护门，南侧墙体不变，拟更换新的防护门；本项目 DSA 机房四周墙壁维持现状，为减小对楼上和楼下的辐射影响拟在顶部和地面分别附加铅板和钡水泥。西侧手术室 1 中间增加“⊥”状隔墙，分割出的东、西和南三间分别改造为控制室、设备间和刷手间。DSA 手术室（机房）的屏蔽设计方案见表 11-2。

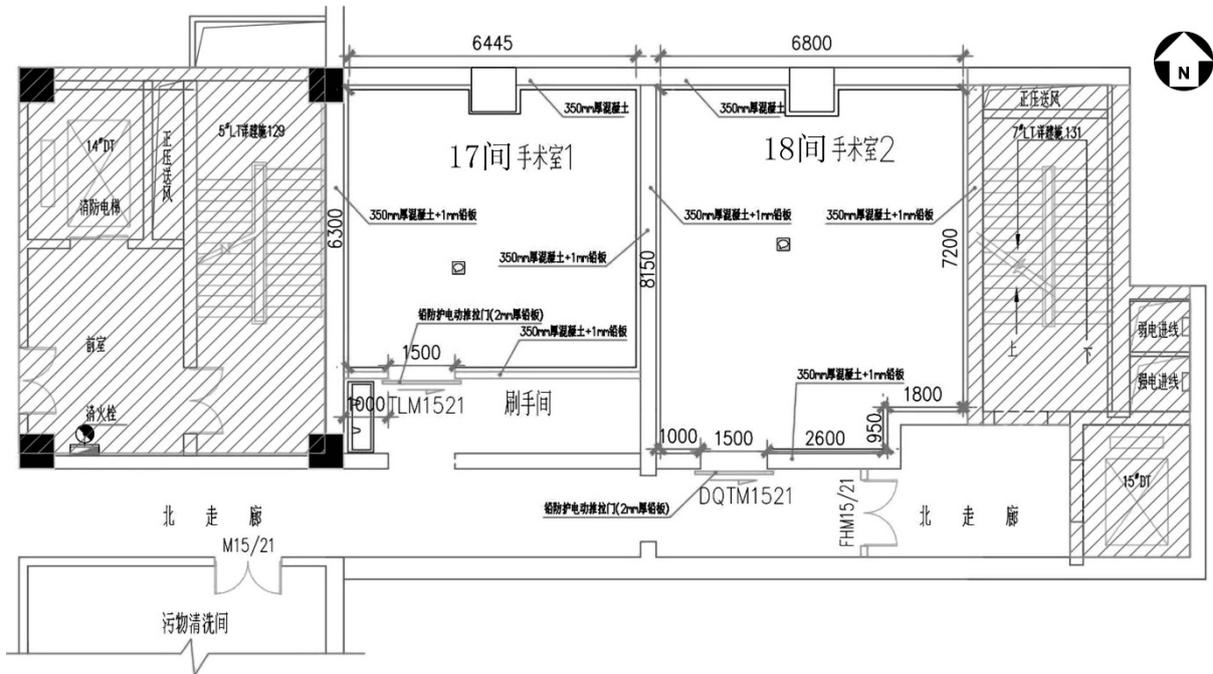


图 11-2 本项目拟建场所改造前布局及屏蔽情况示意图

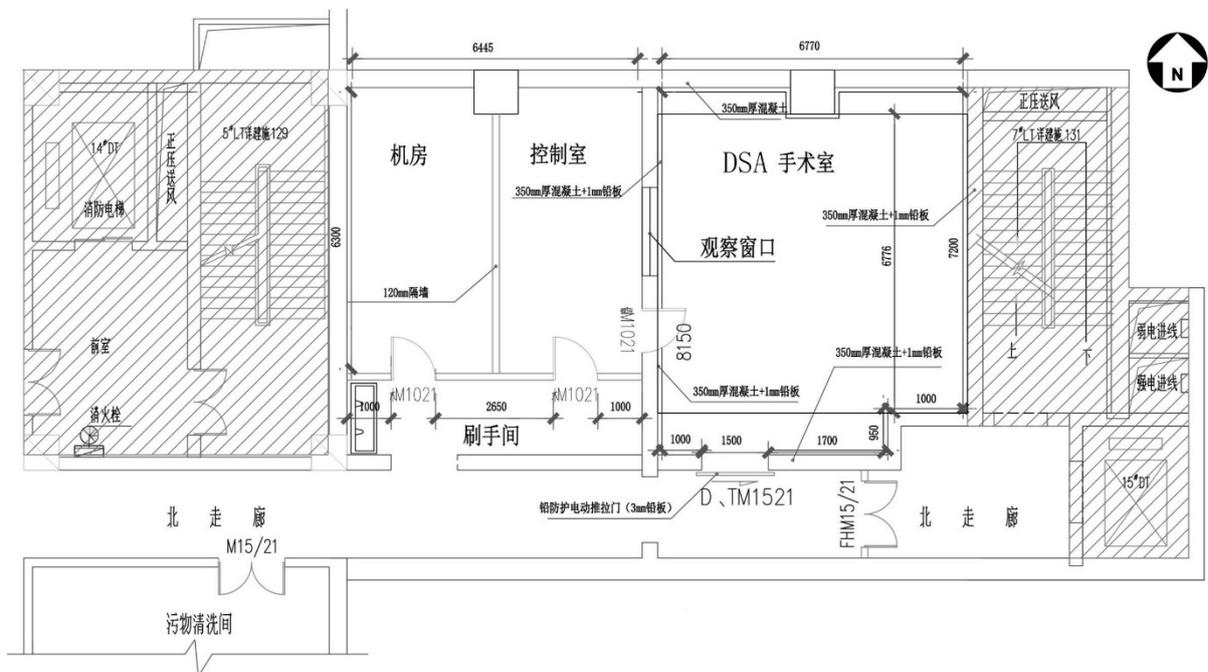


图 11-3 本项目拟建场所改建后布局及屏蔽情况示意图

(2) DSA 手术室规格

本项目拟建 DSA 手术室规格如表 11-1 所示。

表 11-1 本项目 DSA 手术室规格

所在位置	机房名称	建筑尺寸 ^① (m)	有效尺寸 ^② (m)	有效使用面积 (m ²)	最小有效有效面积要求 (m ²)	最小有效单边长度要求 (m)
门诊综合楼 地下三层	DSA 手术室	8.1×7.0	6.77×6.77	44.3	20	3.5

注：①建筑尺寸为机房实体屏蔽结构内的尺寸；②有效尺寸为机房装饰层内的尺寸。

对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）分别对单管球 DSA 设备机房的面积和单边长度的要求，本项目 DSA 手术室全部满足要求。

（3）屏蔽材料和厚度

DSA 手术室屏蔽材料和厚度如表 11-2 所示。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 手术室四周墙壁、底板和顶板均高于 2mm 铅当量，符合上述要求。

表 11-2 DSA 手术室的屏蔽设计

机房名称	屏蔽体	防护材料及厚度		折合铅当量 (mmPb)	标准要求 (mmPb)
		现有屏蔽材料	拟新增屏蔽材料		
DSA 手术室	东、南、西墙	35cm 混凝土 +1mm 铅	利旧，保留现有屏蔽设置	6.5	2.0
	北墙	35cm 混凝土		5.5	2.0
	顶棚	12cm 混凝土	附加 2mm 铅	3.8	2.0
	地板	25cm 混凝土	附加 1mmPb 的硫酸钡水泥	4.9	2.0
	机房门 1 (患者门)	钢框架+2mm 铅	拟更换门，钢框架 +3mm 铅	3.0	2.0
	机房门 2 (控制室门)	无	钢框架+3mm 铅	3.0	2.0
	观察窗	无	3mmPb 铅玻璃	3.0	2.0

注：(1) 机房高度 4.0m, 东、南、西墙附加的铅屏蔽高度均为 4.0m；
 (2) 顶棚和地板附加的铅屏蔽均直接贴附于结构楼板；
 (3) 混凝土密度: 2.35g/cm³、铅密度: 11.3g/cm³、硫酸钡水泥密度 3.2g/cm³ (1cm 相当于 1mmPb)；
 (4) 铅当量依据 GBZ130-2020 附录 C 中 100kV X 射线相关参数进行折算。

表 11-3 本项目 DSA 手术室其它相关情况

机房名称	防护门		观察窗	通风	设备摆向	采光窗
	患者出入防护门	医护出入防护门				
DSA 手术室	南墙设患者出入电动平推铅防护门 (M2)，具有防夹和延时关闭功能，设非接触式门控开关。	西墙设医护人员出入的手动平开控制室铅防护门 (M1)。	西墙	层流通风	北 (头) -南 (足) 方向	/

（4）平面布局合理性分析

DSA 手术室区域严格限制人员出入，只有相关医护人员和患者允许进入。DSA 机房和其周围区域实行辐射安全分区管理。控制区为 DSA 机房内区域，监督区为机房毗邻的控制

室、刷手间、走廊和楼梯间。DSA 手术室布局示意图见图 11-4。场所分区合理，符合辐射防护要求。



图 11-4 本项目拟建 DSA 机房布局和分区示意图

在屏蔽设计时，机房顶板的屏蔽，采用 120mm 普通混凝土（密度 2.35 t/m^3 ），加铺 2mm 铅板，铅当量等效厚度为 3.8mm。DSA 机房底板采用 250mm 普通混凝土，加铺 1mmPb 的硫酸钡，铅当量等效厚度为 4.9mm，均加强了屏蔽效果。

本项目 DSA 手术室四周墙体保留现有屏蔽设置不变，屏蔽厚度均为过防护，因利旧不做更改。防护门、观察窗防护效果为 3mm 铅当量，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 设备型号待定，单管球，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA。DSA 投照方向为“由下向上或者斜上方”。

（2）使用规划

本项目 DSA 主要开展心脏介入手术，以冠状动脉造影为主。DSA 手术室启用后，预计每年手术量不超过 2000 例。保守按每名医师年手术量不超过 500 例的要求配置介入手术医护人员。每台手术由 1-2 名医师、1 名技师和 1 名护士共同完成，目前医院每台设备至少配置 8 名从事介入手术的辐射工作人员，医院目前可以满足工作需要。

DSA 手术类型、工作量、曝光时间预计见表 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	10	2
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
外周介入治疗	6	2
神经介入手术(脑血管支架、脑动脉瘤栓塞、脑血管畸形栓塞)	8	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，故保守按冠状动脉造影+PCI 手术的曝光时间计算 DSA 透视和摄影工作状态的累计出束时间。

本项目 DSA 全年手术不超过 2000 例，每名医师每年完成介入治疗低于 500 例，出束时间见表 11-5。

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	10min	500	83.3
		2000	333.3
摄影	2min	500	16.7
		2000	66.7

(四) 辐射环境影响评价

(1) DSA 手术室周围的辐射水平估算模式

手术中 DSA 设备运行分透视和摄影（采集）两种模式。目前的 DSA 设备均具有自动调强功能，能根据受检者胖瘦差异，自动调节曝光参数和 X 射线辐射剂量，确保入射受检者体表的剂量率不超过标准限值。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。

在进行介入检查和介入治疗时，医师在束旁操作，不可避免会受到一定程度的 X 射线照射。此外，尽管配有防护设施，X 射线也可能贯穿到机房外，对周围公众有一定的影响。

DSA 设备运行最大工况和相关参数，见表 11-6。

表 11-6 设备运行最大工况及相关参数

运行模式	本项目最大工况
摄影	90kV/500mA
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， $\mu\text{Sv/h}$ ； H_0 为距X 射线装置靶点1m 处的泄漏辐射的最大剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，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（90kV）参数求得。

2. 受检者的散射辐射

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

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 10.1，90kV X 线 90° 散射因子取为 1.5×10^{-3} 。

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

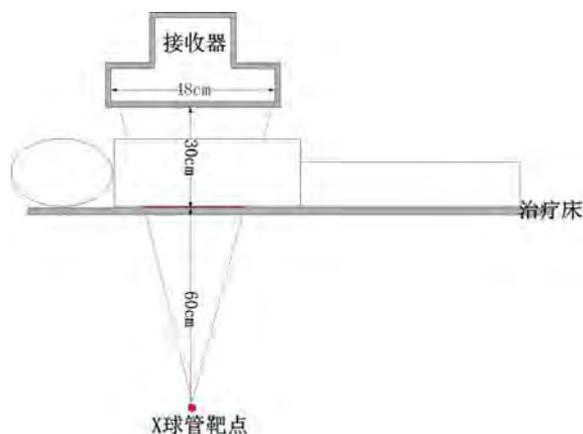


图 11-5 DSA 照射示意图

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%。

受检者散射计算得知，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。故本项目在估算机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，保守估算介入手术室周围的附加剂量率水平。

4. 场所周围的附加剂量率水平

将 X 射线靶点视为点源，输出量率保守按使用的最大功率（透视 90kV/10mA、摄影 90kV/500mA），并根据 GBZ130-2020 附录 C 中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， $B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha r X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}}$ ，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 DSA 手术室有效尺寸为：6.77m(南北) \times 6.77m(东西)，机房高度 4.0m，DSA 设备使用时，管球会在一定范围内（约 1m \times 1m）移动，故在屏蔽计算时，保守取设备靶点距离四面墙外 30cm 处距离为：东侧 3.3m，西侧 3.9m，北侧 3.7m，南侧（防护门）5.0m，南侧（东南墙角）4.8m，距楼上地面 0.3m 处距离为 3.6m，距楼下地面 1.7m 处距离为 3.1m。估算点位分别见图 11-6 和图 11-7。

DSA 手术室周围附加剂量率估算结果见表 11-7。

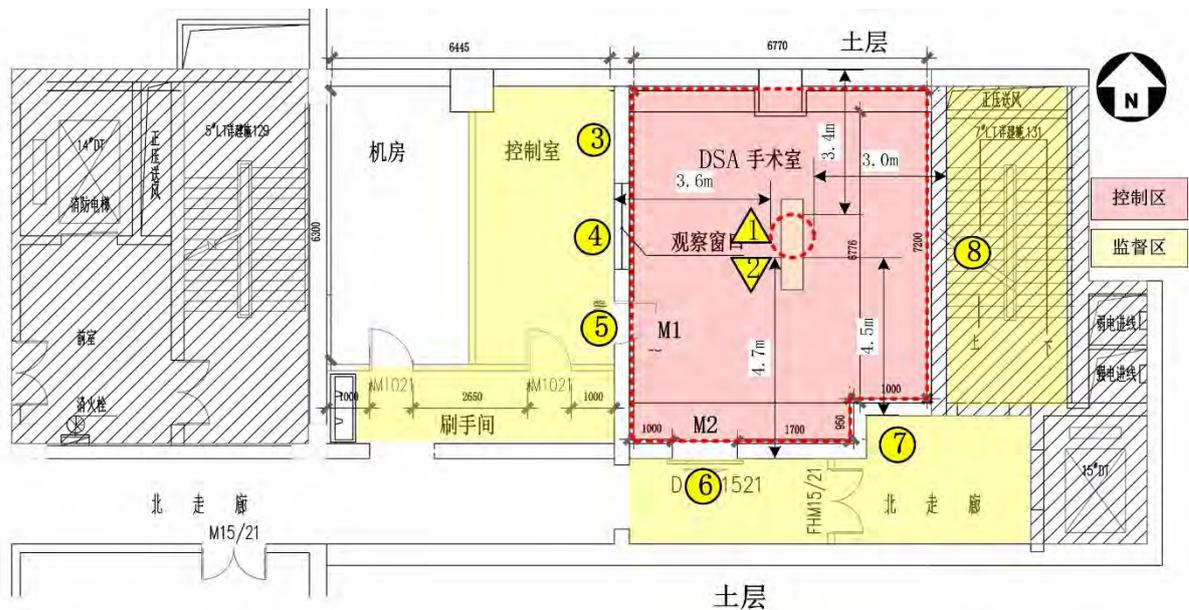


图 11-6 DSA 手术室估算点位置平面示意图

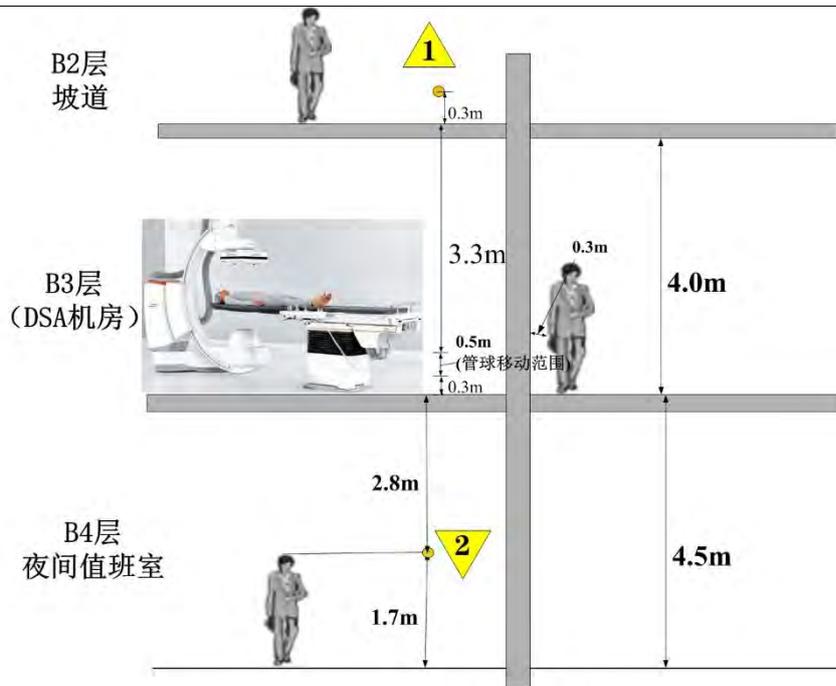


图 11-7 DSA 手术室估算点位置剖面示意图

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 (图 11-6 中周围点位)	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 90kV	1	楼上距地板 30cm 处	3.8mm 铅当量	6.82E-07	3.8	泄漏+散射	3.6	1.02E-03
		2	楼下距地板 170cm 处	4.9mm 铅当量	2.34E-08		泄漏+散射	3.1	4.72E-05
		3	西侧墙外 30cm 处 (控制室)	6.5mm 铅当量	1.73E-10		泄漏+散射	3.9	2.20E-07
		4	西侧观察窗外 30cm 处	3.0mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	3.9	1.01E-02
		5	西侧控制室防护 门(M1)外 30cm 处	3.0mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	3.9	1.01E-02
		6	南侧患者防护门 (M2)外 30cm 处	3.0mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	5.0	6.15E-03
		7	东南侧墙外 30cm 处	6.5mm 铅当量	1.73E-10		泄漏+散射	4.8	1.46E-07
		8	东侧墙外 30cm 处 (楼梯间)	6.5mm 铅当量	1.73E-10		泄漏+散射	3.3	3.08E-07
X 线摄影	最大管电压 90kV	1	楼上距地板 30cm 处	3.8mm 铅当量	6.82E-07	28.5	泄漏+散射	3.6	7.65E-03
		2	楼下距地板 170cm 处	4.9mm 铅当量	2.34E-08		泄漏+散射	3.1	3.54E-04
		3	西侧墙外 30cm 处 (控制室)	6.5mm 铅当量	1.73E-10		泄漏+散射	3.9	1.65E-06
		4	西侧观察窗外 30cm 处	3.0mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	3.9	7.58E-02
		5	西侧控制室防护 门(M1)外 30cm 处	3.0mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	3.9	7.58E-02

	6	南侧患者防护门 (M2) 外 30cm 处	3.0mm 铅当量	7.93E-06		泄漏+散射	5.0	4.61E-02
	7	东南侧墙外 30cm 处	6.5mm 铅当量	1.73E-10		泄漏+散射	4.8	1.09E-06
	8	东侧墙外 30cm 处 (楼梯间)	6.5mm 铅当量	1.73E-10		泄漏+散射	3.3	2.31E-06

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，本项目 DSA 手术室周围附加剂量率最大值约为 $7.58E-02 \mu\text{Sv/h}$ ，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，对楼上剂量率贡献最大为 $7.65E-03 \mu\text{Sv/h}$ ，对楼下（夜间值班室）的剂量率贡献最大为 $3.54E-04 \mu\text{Sv/h}$ ，也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

本项目依照 GBZ128-2019 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。

根据人员配置规划，从事介入手术的医师，按照人均 500 例/年最大工作负荷进行估算，护士和技师保守按每人每年开展全部 2000 例手术估算。辐射工作人员受照射线照射时间如表 11-8 所示。

表 11-8 DSA 工作人员年受照时间预测

人员	人数	工作模式	年出束时间 (h/a)	居留因子	备注
医师	2	同室透视	83.3	1	
		同室采集	16.7	1/16	偶尔停留
护士	1	同室透视	333.3	1/16	偶尔停留
		隔室透视	333.3	1	
		隔室采集	66.7	1	
技师	1	隔室透视	333.3	1	
		隔室采集	66.7	1	

① 同室操作的术者位剂量率

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：

a) 透视模式

《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 $400 \mu\text{Gy/h}$ 。

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 $400 \mu\text{Gy/h}$ ，居留因子为 1（全部居留）。

b) 采集模式

本项目为实验，实验人员在摄影图像采集时均会离开机房。

c) 防护用品透射因子 B

根据标准要求的防护用品配置方案，工作人员穿戴的个人躯干防护用品（铅橡胶围裙和铅橡胶颈套）为 0.5mmPb，按 GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》附录 C 中的方法，计算在 90kV 进行透视时，衰减系数为 0.025。

② 年附加剂量计算公式

a) 同室操作

根据 GBZ128-2019《职业性外照射个人监测规范》中第 6.2.4 条，外照射致有效剂量计算公式为：

$$E_{\text{同室}} = \alpha \cdot H_u + \beta \cdot H_o$$

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，有甲状腺屏蔽时取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

H_u ——铅围裙内佩戴个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，单位为 mSv。

β ——系数，有甲状腺屏蔽，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

H_o ——铅围裙外锁骨对应衣领位置佩戴个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，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 90kV 进行透视时，衰减系数为 0.025， 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， 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，透视模式对应剂量率为 400 $\mu\text{Sv/h}$ ，计算 H_u 时，透视模式对应剂量率为 10 $\mu\text{Sv/h}$ 。

$$E_{\text{透视}} = (0.79 \times 10 + 0.051 \times 400) \times t_{\text{透视}} = 28.3 \times t_{\text{透视}}$$

b) 隔室操作

操作技师在控制室内隔室操作，取观察窗外 30cm 处剂量率。

③ 职业人员年附加剂量估算结果

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 11-9。根据估算，介入工作人员的年受照剂量低于本项目设定的 5mSv 的年有效剂量约束值。

表 11-9 DSA 手术所致工作人员年附加有效剂量估算结果

估算对象	工况	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 (同室)	10(内)/400(外)	83.3	1	2.58
	摄影 (同室)	75(内)/3000(外)	16.7	1/16	
护士	透视 (同室)	10(内)/400(外)	333.3	1/16	0.60
	透视 (隔室)	1.01E-02	333.3	1	
	摄影 (隔室)	7.58E-02	66.7	1	
控制室 (技师)	透视 (隔室)	1.01E-02	333.3	1	8.42E-03
	摄影 (隔室)	7.58E-02	66.7	1	

上述剂量估算保守依照 DSA 设备“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，DSA 出束时操作位的剂量率水平多数低于 $300\mu\text{Gy/h}$ ，故介入手术人员年开展 500 例手术的年受照剂量预计在 2.0mSv 以下。辅助人员在手术室内偶尔会暴露在射线环境中，预计年受照剂量低于 0.15mSv ，设备操作人员仅在控制室内操作设备，年剂量贡献很小，满足本项目设定的 5mSv 的年有效剂量约束要求。

(3) DSA 正常工况下所致周围公众的年受照剂量

本项目的 DSA 手术室位于门诊综合楼地下三层，属于限制无关人员进入的手术室区域，其楼下对应区域为交通坡道，无人员停留，故受到一定剂量的辐射影响的周围公众主要是机房楼下的值班室的医院其他工作人员。

表 11-10 给出了不同位置公众可能受到的最大受照剂量，可见，本项目 DSA 手术室周围停留公众的最大受照剂量为 $2.11\mu\text{Sv/a}$ ，楼下（值班室）公众受照剂量为 $3.93\text{E-}02\mu\text{Sv/a}$ ，均满足本项目设定的 0.1mSv ($100\mu\text{Sv}$) 年剂量约束值。周围 50m 范围内其它公众，年受照剂量均低于 $1.58\mu\text{Sv/a}$ 。

表 11-10 公众年附加受照剂量估算

周围环境	最大附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	年工作时间 (h/a)	居留因子	年附加剂量 (μSv)	
楼上 (坡道)	透视	1.02E-03	333.3	1/16	5.31E-02
	摄影	7.65E-03	66.7	1/16	
楼下 (夜间值班室)	透视	4.72E-05	333.3	1	3.93E-02
	摄影	3.54E-04	66.7	1	
机房西侧 观察窗或防护门外 (控制室、刷手间)	透视	1.01E-02	333.3	1/4	2.11E+00
	摄影	7.58E-02	66.7	1/4	
机房东侧 (楼梯间)	透视	1.46E-07	333.3	1/16	7.59E-06
	摄影	1.09E-06	66.7	1/16	
机房南侧 (走廊)	透视	3.08E-07	333.3	1/16	1.60E-05
	摄影	2.31E-06	66.7	1/16	

(4) 剂量叠加分析

本项目评价是按照介入手术的医师全年开展 500 例手术满负荷估算的，故不考虑剂量叠加。

(5) 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 1 台 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。

(6) 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形处理，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。人员误入介入手术室后，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) 工作人员未撤离介入手术室，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) 操作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。

(5) 开展常规手术时，误开 DSA 设备并出束，导致医护人员受到意外照射。发生该类事件时，立即启动应急预案进行处置。

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，同时加强监督区管理，限制无关人员在进入监督区。

2) 在介入手术室防护门上设置辐射警告标识和中文警示说明。在防护门外上方明显位置设置工作状态警示灯，一旦 DSA 设备通电且控制室防护门关闭，该警示灯能自动亮起，可提醒医护人员设备准备出束，避免受到误照。

3) 每月检查工作状态警示灯与出束关联是否正常，急停按钮是否工作正常，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《仪器操作规程》和《放射性检查安全管理制度》，并要求“制度上墙”，辐射工作人员进入介入手术室，必须穿戴铅衣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后紧急处置

一旦发生人员误照，立即启动应急预案，并在医院内开始医学观察。如果受照时间较长，受照剂量较大的话，将误照的人员送交专业医疗机构（北医三院或者解放军第五医学中心）进行诊治。

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

北京安贞医院已经设置了辐射安全与防护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 1-5 所示。医院落实是责任制，明确了分工和职责。

北京安贞医院朝阳院区的辐射安全与防护管理工作纳入全院的统一管理。

（二）辐射安全管理规章制度

医院已经制定有相应的辐射安全防护制度、操作规程、人员培训考核计划、辐射监测方案、设备检修维护制度、辐射事故应急方案等。

医院的射线装置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，如补充操作规程，完善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）辐射工作人员培训考核

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，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，北京安贞医院现有 375 名从事介入诊疗的辐射工作人员，均通过了辐射安全与防护培训考核。

本项目拟新增 4 名辐射工作人员，均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）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超过 1.25mSv 的介入治疗工作人员，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（DSA 人员 2mSv）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。⑤在每年 5 月 31 日前将上一年度全体辐射工作人员的个人剂量监测数据上报至北京市辐射安全监管系统中。

(2) 工作场所监测

根据原环保部 18 号令的要求，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 11-7 所示，主要是射线装置机房的周边（含楼上、楼下）和防护门 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 号令的要求，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) 医院现有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 X- γ 辐射剂量率仪	HY3022	2018-09-13	正常	1	手麻科
2	便携式表面沾污仪	INSPECTOR	2014-07-01	正常	2	PET/CT
3	便携式表面沾污仪	INSPECTOR ALER	2003-10-11	正常	1	核医学科
4	巡检仪	451-p	20090601	良好	1	仪修室
5	便携式表面沾污仪	RM-2108	2017-04-24	良好	1	核医学科分子影像中心
6	便携式表面沾污仪	INSPECTOR ALER	2004-09-01	正常	1	核医学科
7	X- γ 辐射剂量仪	Tj-1	20090601	良好	1	
8	便携式表面沾污仪	INSPECTOR	2017-10-13	正常	1	手麻科
9	便携式表面沾污仪	INSPECTOR ALERT	2017-03-01	良好	1	核医学科分子影像中心

10	便携式 X- γ 辐射剂量率仪	RAYSAFE 452	2024-08-22	良好	2	通州院区导管室
11	表面污染监测仪	CM-7010	2024-09-02	正常	1	通州院区核医学科诊疗场所
12	便携式剂量率仪	LT6000	2024-09-02	正常	1	通州院区核医学科诊疗场所
13	X、 γ 剂量率仪	YFR-603	2024-12-01	正常	1	动物DSA机房

辐射防护用品

名称	数量	名称	数量
铅衣	360	铅帽	135
铅手套	90	铅眼镜	135
铅围裙	135	铅围脖	135
铅屏风	29	个人剂量计	600

(2) 本项目拟配置的辐射监测仪器和个人防护用品

根据相关标准和管理要求，17间和18件手术室管理部门（朝阳院区手麻科）已配置了辐射检测仪，可用于本项目 DSA 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》GBZ130-2020 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 DSA 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	4
	铅橡胶颈套	0.5 mmPb	4
	铅防护眼镜	0.25 mmPb	4
	介入防护手套	0.025mmPb	4
	铅橡胶帽子	0.25 mmPb	4
患者/受检者	铅橡胶性腺防护围裙	0.5 mmPb	1
	铅橡胶颈套	0.5mmPb	1
	铅橡胶帽子	0.5 mmPb	1
设备辅助防护用品	铅悬挂防护屏	0.5 mmPb	1
	床侧防护帘	0.5mmPb	1

(六) 辐射事故应急

医院将针对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。设备正常运行时,DSA 手术室周围(含墙体、防护门、观察窗、楼上和楼下)的周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。
电离辐射标志和中文警示	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,在防护门、控制室防护门上方设置“射线有害 灯亮勿入”的警示灯。
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。
辐射安全设施	为 DSA 机房配备医护人员使用的个人防护用品。DSA 手术室配置铅玻璃防护帘、床侧防护帘各 1 件。机房设观察窗、对讲装置、急停按钮等。
辐射监测	有满足管理要求的辐射监测方案,监测记录存档;为所有辐射工作人员进行个人剂量监测,建立健康档案。配备剂量率仪。
规章制度	已建立相应辐射安全与防护管理制度,《辐射安全管理体系和岗位职责》《操作规程》《辐射防护和安全保卫制度》《设备检修维护制度》《辐射工作人员管理制度》《台帐管理制度》《辐射工作场所及环境监测方案》《放射诊疗设备质量保证与控制制度》《放射性废物管理制度》等。
辐射工作人员	本项目新增 4 名辐射工作人员,在通过辐射安全与防护考核后持证上岗。
应急预案	医院建立有应急预案。

表 13 结论与建议

13.1 结论

1) 核技术应用现状：北京安贞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[E0125]）。许可使用 V 类放射源；使用 II 类、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 2025 年 9 月 20 日。

2) 实践正当性：为提高医疗和疾病的诊治能力，医院拟在门诊综合楼地下三层更新使用 1 台 DSA 设备开展相关工作。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。

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 手术室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，在射线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，门灯连锁、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：医院已将朝阳院区核技术利用项目的辐射安全与防护管理工作纳入北京安贞医院辐射安全防护管理机体系，建立健全了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、人员培训考核计划、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) 本项目新增配备 4 名辐射工作人员，在通过辐射安全与防护考核后持证上岗。

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，首都医科大学附属北京安贞医院朝阳院区为提高医疗和疾病的诊治能力，更新 II 类射线装置，开展放射介入治疗手术，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) 本项目 DSA 主要用于心脏介入诊疗手术。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