

核技术利用建设项目
保健中心使用 DSA 项目
环境影响报告表

建设单位：北京大学第一医院 (公章)

2019 年 8 月

核技术利用建设项目

保健中心使用 DSA 项目

环境影响报告表

建设单位名称：北京大学第一医院

建设单位法人代表（签名或签章）：刘新民

通讯地址：北京西城区西什库大街 8 号

邮政编码：100034

联系人：王程伟

电子邮箱：421975363@qq.com

联系电话：010-66551011

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	9
表 3 非密封放射性物质	9
表 4 射线装置	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6 评价依据	12
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	17
表 9 项目工程分析与源项	19
表 10 辐射安全与防护	21
表 11 环境影响分析	34
表 12 辐射安全管理	32
表 13 结论与建议	65

附图 1 北大第一医院第二住院部地理位置示意图

附图 2 第二住院部平面布局及环境辐射水平监测点位示意图

附图 3 保健中心二层平面布局示意图

附图 4 保健中心 01 介入手术室和 02 介入手术室平面布局示意图

附图 5 保健中心 OR02 复合手术室平面布局示意图

附件 1:《辐射安全许可证》正副本复印件

附件 2: 医院放射防护管理机构、分工及实施细则

附件 3: 已通过环保培训辐射工作人员名单

附件 4: 2018 年度辐射工作个人剂量检测结果

附件 5: 建设项目规划许可证

附件 6: 委托书

表 1 项目基本情况

建设项目名称		保健中心使用 DSA			
建设单位		北京大学第一医院			
法人代表	刘新民	联系人	王程伟	联系电话	010-66551011
注册地址		北京西城区西什库大街 8 号			
项目建设地点		北京西城区大红罗厂街 1 号（西什库大街 7 号）保健中心			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)	4000	项目环保投资(万元)	320	投资比例（环保投资/总投资）	8%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它		占地面积(m ²)	700
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. 项目概述

1.1 医院概况

北京大学第一医院（以下简称“北大第一医院”）是一所融医疗、教学、科研、预防为一体的大型综合性医院，创建于 1915 年，为国内首批建立的临床医学院。1991 年设立妇儿医院，为卫生部、世界卫生组织（WHO）审定的三级甲等医院和爱婴医院。全院共有 51 个病房 1500 余张病床，设有 29 个临床科室和 12 个医疗技术科室，拥有代表当代医学水平的高、精、尖设备 6678 台（件）。日均门急诊量 7000 人次，年收治病人 45000 余人，手术近 2 万例。医院承担 50 万人的职工基本医疗保险任务，62105 人的公费医疗合同；承担医疗照顾合同 8620 人，及占北京八分之一的干部保健任务。

医院还有多专业、多层次、高质量的 100 多个特需门诊和 400 多个专家门诊及 103 个专业门诊。医院学科齐全，综合诊疗水平高，尤其对肾脏内科、心血管内科、泌尿外科及男科、外科、神经内科、妇产科、小儿科、皮肤性病科等各类常见病、多发病、疑难重症的救治均具有丰富的经验。

医学科学研究设有 6 个研究所，10 个研究中心，1 个部级重点实验室、14 个研究室、5 个实验室、6 个科研辅助科室，1 个国家药品临床研究基地 12 个专业。医学教育实行本科生、研究生、进修生三条教育轨道。研究生教育设有 4 个国家级重点学科，18 个博士点，24 个硕士点，1 个临床博士后流动站。医院还设有专门的预防保健机构，负责传染病防治、计划免疫、妇幼保健、定期体检、卫生宣教等工作。

1.2 核技术应用情况

北京大学第一医院开展放射性工作的院址有 5 处：

1. 北京大学第一医院门诊部，位于北京西城区西什库大街 8 号。
2. 北京大学第一医院妇儿门诊部，简称“一部”，位于西城区西安门大街 1 号。
3. 北京大学第一医院第二住院部，简称“二部”，位于西城区大红罗厂街 1 号（西什库大街 7 号）。
4. 北京大学第一医院肿瘤诊疗中心，简称“三部”，位于东城区安定门内大街车辇店 15 号。
5. 北京大学第一医院男科中心，简称“男科中心”，位于地安门西大街 57 号院。

北大第一医院现持有《辐射安全许可证》（京环辐证[B0044]，发证日期为 2018 年 2 月 13 日，有效期至 2022 年 8 月 6 日，见附件 1 所示），许可使用 IV 类、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。

表 1-1 已许可使用的非密封放射性物质

使用场所	场所等级	同位素名称	批准的日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)
二部中心手术室	丙	Pd-103 粒子源	1.85E+07	7.40E+10
	丙	I-125 粒子源	1.85E+07	7.40E+10
急诊楼核医学科 (诊疗)	乙	Pd-103 粒子源	1.85E+07	7.40E+10
	乙	I-125 粒子源	1.85E+07	7.40E+10
	乙	Tc-99m	1.85E+08	4.44E+12
	乙	I-131	4.44E+08	2.37E+11
	乙	Ga-67	3.70E+07	1.85E+10
	乙	Sr-89	2.96E+07	3.70E+10
	乙	Sm-153	1.85E+08	9.25E+10

急诊楼核医学科 (放免)	乙	P-32	3.70E+07	3.70E+09
	乙	Re-186	2.22E+08	3.33E+10
	乙	Re-188	2.22E+08	3.33E+10
	乙	Ra-223	1.11E+08	5.55E+08
	乙	I-123	7.40E+06	1.85E+10
	乙	Lu-177	7.40E+07	1.85E+10
	乙	Y-90	3.70E+08	3.70E+10
	乙	In-111	2.22E+07	5.55E+09
	乙	Tl-201	2.22E+06	5.55E+09
	乙	F-18	1.78E+08	4.44E+12
	丙	I-125	3.70E+05	9.25E+08
	丙	H-3	3.70E+04	1.85E+08
	丙	S-35	3.70E+05	1.85E+08
	丙	Cr-51	3.70E+04	1.85E+08
	丙	C-14	3.70E+05	1.85E+08
	丙	Tc-99m	3.70E+06	1.85E+10
	丙	I-131	1.85E+07	9.25E+09
	丙	F-18	3.70E+06	1.85E+10
	丙	Cu-64	1.85E+06	5.55E+09
	丙	Ga-68	1.85E+06	5.55E+09

表 1-2 已许可使用的密封源（共 18 枚）

序号	放射源种类	类别	活度(Bq)×数量	活动种类
1	Am-241	V	3.70E+7 × 1	使用；
2	Cs-137	V	9.99E+6 × 1	使用；
3	Cs-137	V	3.70E+5 × 1	使用；
4	Cs-137	V	1.11E+6 × 1	使用；
5	Ge-68	V	1.11E+8 × 1	使用；
6	Gd-153	V	9.25E+9 × 2	使用；
7	Cs-137	IV	1.11E+9 × 2	使用；
8	Na-22	V	3.70E+6 × 2	使用；
9	Na-22	V	3.70E+5 × 6	使用；
10	Cs-137	V	3.70E+8 × 1	使用；

表 1-3 已许可使用的射线装置（共 48 台，Ⅱ类 7 台，Ⅲ类 41 台）

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	牙科 X 线机	Ⅲ	2	使用；
2	CT 机	Ⅲ	5	使用；
3	医用电子直线加速器	Ⅱ	2	使用；
4	血管造影机	Ⅱ	5	使用；
5	膀胱镜机	Ⅲ	1	使用；
6	骨密度仪	Ⅲ	3	使用；
7	小动物 SPECT/CT	Ⅲ	1	使用；

8	CT 模拟定位机	III	1	使用；
9	PET/CT	III	1	使用；
10	SPECT/CT	III	1	使用；
11	碎石机	III	1	使用；
12	医用 X 射线机 (DR)	III	1	使用；
13	胆道造影机	III	1	使用；
14	模拟定位机	III	2	使用；
15	移动 X 线机	III	6	使用；
16	普通 X 线机	III	10	使用；
17	乳腺 X 射线机	III	1	使用；
18	胃肠机	III	4	使用；

1.3 医院近几年履行环保审批手续情况

医院自 2009 年以来，共开展了 11 个核技术利用项目，均履行了环保审批手续。其中，满足条件的 9 个项目已完成了竣工环保验收，见表 1-4 所示。2 个项目正在建设。

表 1-4 近几年履行环保审批手续情况一览表

编号	项目名称	环保审批	竣工环保验收
1	核医学科技术改造项目	京环审[2009]379 号	京环验[2012]252 号
2	放射性同位素使用场所的退役	京环审[2009]1237 号	京环验[2012]252 号
3	使用数字减影血管造影机项目	京环审[2009]1296 号	京环验[2012]279 号
4	新增医用 X 射线装置项目	京环审[2010]599 号	京环验[2014]190 号
5	新增医用射线装置项目	京环审[2011]96 号	京环验[2014]122 号
6	新建 PET/CT 工作场所和新增医 用 X 射线装置项目	京环审[2013]47 号	新建 PET/CT 工作场所未 实施，其余建设内容已完 成竣工环保验收 (京环验[2014]190 号)
7	更新医用电子直线加速器和新 增 III 类射线装置	京环审[2015]066 号	京环验[2016]200 号
8	新建核医学科工作场所及使用 医用 X 射线机	京环审[2015]0101 号	京环验[2017]66 号
9	二部核医学科工作场所退役	京环审[2015]0292 号	京环验[2015]0289 号
10	新增使用一台 DSA 装置	京环审[2016]0038 号	建设中
11	保健中心工程放射类设备	京环审[2018]195 号	建设中

1.4 辐射安全管理情况

(一) **辐射安全管理机构：**为了保证密封源、非密封放射性同位素和射线装置的安全使用和有效管理，北大第一医院设立了放射防护管理委员会，由医疗行政管理人员及临床科室等部门的专家组成。设主任委员 2 名，由分别党委书记和院长担任，副主任委

员 1 名，由医疗副院长担任。委员分为领导小组和日常工作小组。领导小组由党委书记、院长、医疗副院长、后勤副院长、纪委书记、党委副书记、人力资源处处长担任组成；日常工作小组由医务处、保卫处、总务处、工程办公室、教育处、医学装备处、医学影像科、放射治疗科、核医学科、心血管科、介入血管外科、骨科、口腔科、泌尿外科等部门人员组成。

委员会为医院放射防护的最高管理组织，医院院长为第一责任人，常设机构为医务处，日常放射防护管理工作由医务处负责。医院领导小组职责、工作小组职责、委员会人员名单、放射防护管理工作分工及实施细则见附件 2 所示。

（二）辐射防护规章制度：制定有较为齐全、比较严格的辐射防护规章制度和放射性事故应急预案，制定有《操作规程》、《人员培训计划》、《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》、《放射性废物管理制度》等规章制度，以及《辐射事故应急预案》。各项规章制度已得到落实。

（三）密封源的安全管理：一些密封源保存在保险柜内，实行双人双锁管理；另一些密封源存储在含源设备内的贮源容器中。为了减少密封源丢失所致的潜在危险，已建立密封源台帐，对放射源的数量和活度等数据，有详细登记，建立专门档案，并定期盘查，严防丢失。

（四）非密封放射性同位素的安全管理：医院核医学科等使用非密封放射性同位素的科室，均制定有严格的放射性药品管理制度。放射性药品的订购由放药专业人员负责；放射性药品管理由专人负责；放射性药品的交接在摄像头监控下，施行“点对点”的交接手续；放射性药品使用由专业人员监督，由指定人员进行。对放射性药品的采购、登记、使用、核对、保管和注销，药品的配制、质控和记录，以及放射性废物的处理，都作了明文规定。各项规定已在工作中得到落实。

（五）放射性废物的安全管理：(1) 当密封源进行退役处理时，将 IV 类和 V 类报废密封源送至城市放射性废物库；(2) 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。依照《北京市医疗机构核医学放射性废物清洁解控管理办法（试行）》，符合清洁解控水平的废物做为医疗废物处置。目前，北大第一医院产生放射性“三废”的场所主要是二部核医学科。

（六）放射工作人员培训：制定有放射性工作人员培训计划。医院已于 2015 年 11 月委托生态环境部门推荐的培训机构（中国原子能科学研究院），对所有放射工作人员（共计 212 人）进行了辐射安全和防护培训，并通过了考核。参加环保培训的辐射工作

人员具体情况见附件 3 所示。

(七) 监测计划

(1) 个人剂量监测：所有从事放射性工作的医护人员均佩戴 TLD 个人剂量计，按每季度 1 次的频度，按照《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2016) 和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令 18 号)要求建立个人剂量档案。

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。

目前，北大第一医院的个人剂量检测委托北京贝特莱博瑞技术检测有限公司进行，个人剂量档案齐全。根据医院提供的 2018 年度辐射工作人员个人剂量监测结果(见附件 4)，共计 251 人开展个人剂量检测，年受照剂量大于 1mSv 的 1 人 (2.64mSv，核医学科)，其余人员的年受照剂量均低于 0.5mSv，多数人为 0.144mSv，表明医院辐射防护和安全管理措施是可行的。

(2) 工作场所辐射水平监测

根据环保部 18 令的要求，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 次场所辐射水平监测。对于有射线装置工作场所，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 SPECT、SPECT/CT 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。监测数据记录存档。

工作场所辐射水平监测工作由北大第一医院辐射安全管理委员会组织实施，目前委托北京贝特莱博瑞技术检测有限公司进行，每年 1 次，监测报告齐全。评价期间查阅了 2019 年 6 月的检测报告，检测结果均满足相关标准要求。

本项目运行后，3 台 DSA 机房周围场所的辐射水平监测工作，将纳入医院放射工作场所的监测范围，一并按照 1 次/a 的频度开展。

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

(八) 辐射应急措施

医院已获得许可使用 IV 类、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，丙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故事/事件，制定了相应的《辐射事故应急预案》。

1.5 项目概况

1.5.1 保健中心建设背景

保健中心工程项目于 2012 年在国家发改委立项，项目总建筑面积 60026 平方米，总投资 67142 万元。该项目位于大红罗厂街 1 号（第二住院部）院区的西南侧，地上六层，地下三层，高度 24m。该项目的规划许可证见附件 5 所示。第二住院部西临西黄城根北街，南临大红罗厂街，东临西什库大街，北侧为全国人大用地。保健中心地理位置见附图 1 所示。

保健中心工程项目环境影响报告书于 2013 年 9 月取得了原北京市环保局的批复（京环审〔2013〕336 号）。保健中心工程放射类设备环境影响报告表于 2018 年 12 月取得了北京市生态环境局的批复（京环审[2018]195 号），内容包括：使用 1 台医用电子直线加速器（15MV），1 台后装机和 2 台 DSA。

保健中心拟使用的 10 台 III 类医用射线装置（2 台 CT，3 台 DR，1 台骨密度，1 台 ERCP，1 台牙片机，1 台口腔 CT 和 1 台术中 CT），已于 2019 年 1 月 15 号完成了备案，备案号为 201911010200000046。

保健中心工程完成后，医院的干部保健工作将独立实现门诊、医技检查、住院治疗一体化医疗服务。

1.5.2 本项目建设内容

本项目建设内容为在保健中心二层使用 3 台 DSA 设备：

1) 因杂交手术需要，拟在保健中心二层净化手术区内的 OR02 复合手术室内使用 1 台 DSA 设备。

2) 因介入手术需要，拟在保健中心二层 01 介入手术室和 02 介入手术室内分别使用 1 台 DSA 设备。该 2 台设备已在“京环审[2018]195 号”予以批复，但因后期深化设计对介入中心的整体平面布局进行了调整，使得 2 间 DSA 机房的位置和面积均发生变化，属于建设方案发生重大变更的情况，故重新进行评价。

表 1-5 拟新增使用 DSA 射线装置相关情况

设备型号	生产厂家	技术指标	球管数	放置场所
UNIQ FD10C	飞利浦	125kV, 1000mA	1	保健中心二层 01 介入手术室
ARTIS Q BIPLANE	西门子	125kV, 1000mA	1	保健中心二层 02 介入手术室

ARTIS Q CEILING	西门子	125kV, 1000mA	1	保健中心二层 OR02 复合手术室
-----------------	-----	---------------	---	-------------------

1.5.3 本项目性质和评价内容

本项目核技术利用内容均为新建。

评价内容为：在保健中心大楼二层的 OR02 手术室内，新增使用 1 台 1 台 ARTIS Q CEILING 型 DSA；在 01 介入手术室内新增使用 1 台 UNIQ FD10C 型 DSA；在 02 介入手术室新增使用 1 台 ARTIS Q BIPLANE 型 DSA。上述 3 台 DSA 设备均为 II 类射线装置，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。

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《关于取消建设项目环境影响评价资质行政许可事项后续相关工作要求公告(暂行)》(2019 年第 2 号公告) 最新要求，北京万澈环境科学与工程技术有限公司为独立法人机构，且有多名环评工程师，有能力开展环境影响评价工作。受北大第一医院委托，北京万澈环境科学与工程技术有限公司开展“保健中心使用 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，编制了本建设项目的辐射环境影响报告表。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。

1.6.3 本项目人员配备和工作负荷

保健中心专职从事介入诊断和治疗的工作人员共计 30 名（人员名单见表 12-1），上述人员分为 6 组，每台 DSA 设备配备 2 组工作人员，2 班倒，每班 8h，轮流开展介入治疗工作。

保健中心 DSA 设备主要用于保健工作，设备的工作负荷较门诊设备少一些，预计每台设备的最大工作负荷为 1000 例/年。

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	UNIQ FD10C	125	1000	介入治疗	保健中心二层 01介入手术室	
2	血管造影机	II	1	ARTIS Q BIPLANE	125	1000	介入治疗	保健中心二层 02介入手术室	
3	血管造影机	II	1	ARTIS Q CEILING	125	1000	介入治疗	保健中心二层 OR02复合手 术	

(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
有害气体 O ₃ 等	气体				<10g	<0.01 mg/m ³	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	1. 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施； 2. 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； 3. 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 28 日修订； 4. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 709 号修改，2019 年 3 月修订； 5. 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施； 6. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原环境保护部令第 3 号，2017 年 12 月第二次修改； 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； 8. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第 1 号，2018.4.28 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 66 号； 10. 《北京市禁止违法建设若干规定》，北京市政府第 228 号令，2011 年； 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. 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，原环境保护部，2012 年 3 月； 13. 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； 14. 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）； 15. 生态环境部《关于取消建设项目环境影响评价资质行政许可事项后续相关工作要求的公告（暂行）》，2019 年 第 2 号公告。
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）； 2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 3. 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）； 4. 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；

	5. 《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013); 6. 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2007); 7. 《核辐射环境质量评价一般规定》(GB11215-1989); 8. 《环境空气质量标准》(GB3095-2012); 9. 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2016); 10. 《医用常规 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2017); 11. Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities,NCRP REPORT No.147, 2005; 12. 《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。
其他	1. 北京大学第一医院环境影响评价咨询协议书; 2. 医院放射诊疗操作规程、辐射安全管理制度、个人剂量检测报告等相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 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,并结合本项目的特性,确定评价范围为:DSA 机房实体边界外围 50m 的区域。本项目保守将 3 台 DSA 设备屏蔽外墙围成的矩形区域,向外扩展 50m 的范围做为评价范围。本项目评价范围示意图见图 7-1 所示。

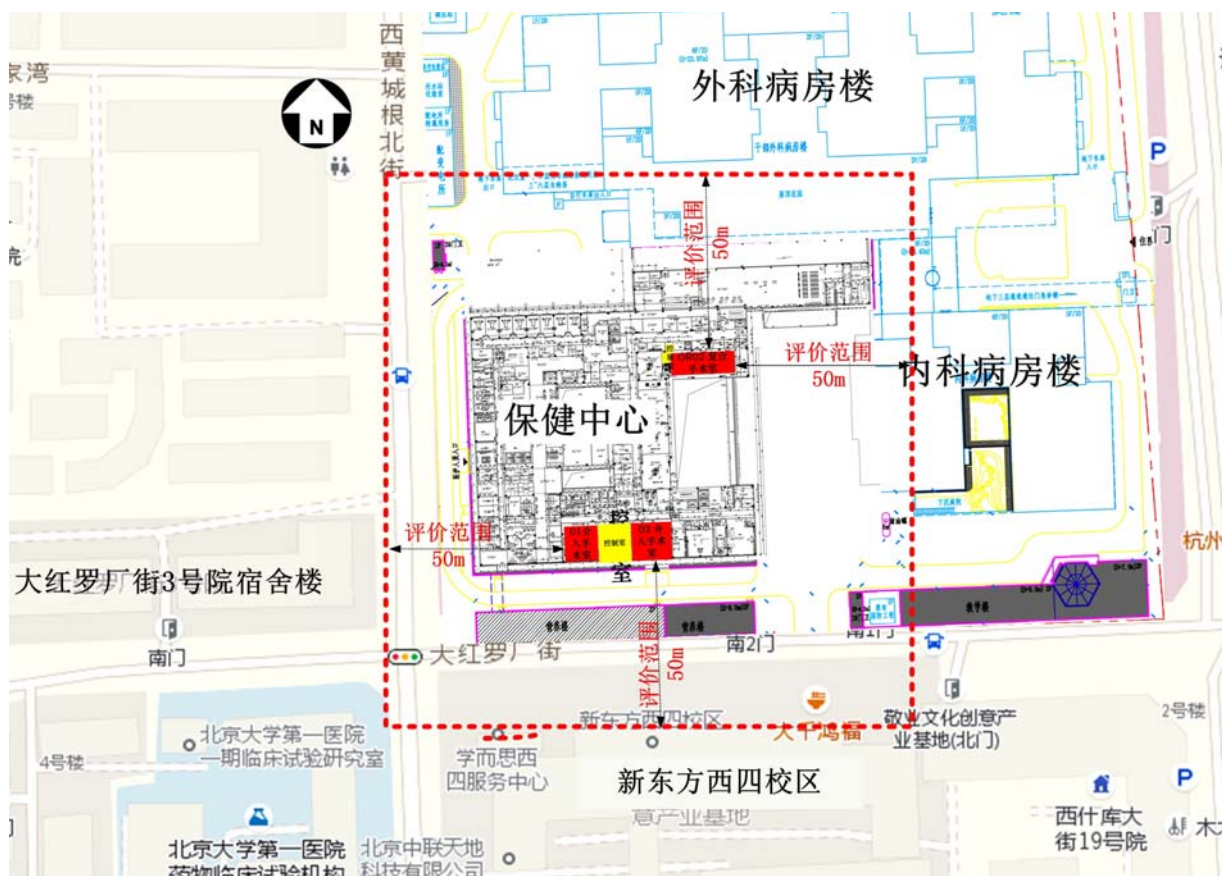


图 7-1 本项目评价范围示意图

7.2 评价因子

本项目主要评价因子为 X 射线和 O_3

7.3 评价目的

- 1、对建设项目环境辐射现状进行调查及辐射环境现状监测;
- 2、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;
- 3、评价辐射防护措施效果,提出减少辐射危害的措施,为生态环境行政主管部门管理提供依据;
- 4、通过项目辐射环境影响评价,为使用单位保护环境和公众利益给予技术支持;
- 5、对不利辐射环境影响和存在的问题提出防治措施,把其减少到“可合理达到的尽

量低水平”；

6、为医院的辐射环境保护管理提供科学依据。

7.4 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。

7.5 保护目标

3 间 DSA 机房位于保健中心二层，其中 01 介入手术室和 02 介入手术室位于南侧中间位置，OR02 复合手术室位于东北角区域。机房周围为医疗用房，顶部为病房，楼下为门诊大厅。

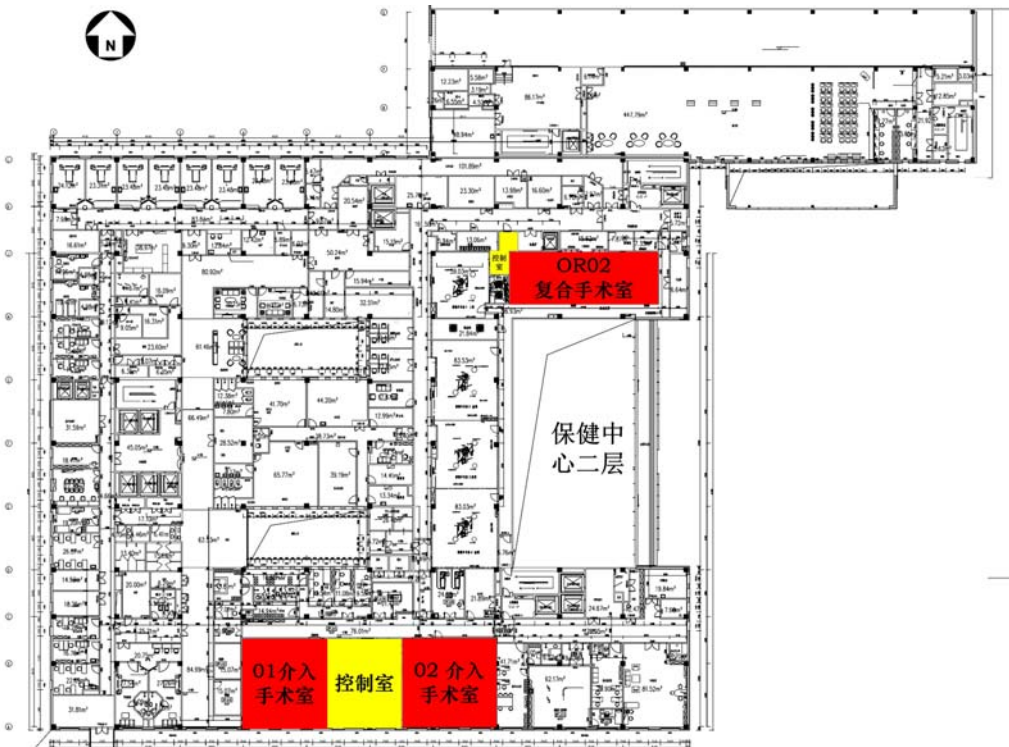


图 7-2 保健中心二层（DSA 所在楼层）平面布局示意图

本项目的评价范围内保护目标主要是医护人员、就诊患者和公众本项目的评价范围见图 7-2 所示，具体保护保护目标情况表 7-1 所示。

表 7-1 本项目 DSA 机房周围 50m 范围内的保护目标情况

手术室	保护目标	方位	距离(m)	常居留人数
01 介入手术室	控制室	东侧	紧邻	8
	营养楼（地面）	南侧	10	15
	大红罗厂街	南侧	29	/
	呼吸睡眠诊室	西侧	8	4
	西什库大街	西侧	35	/
	患者通道、更衣室	北侧	紧邻	20

	病房	顶部	5	8
	门诊大厅	下方	5	3
02 介入手术室	医护办公室	东侧	紧邻	12
	抢救室	东侧	5	3
	医院营养楼（地面）	南侧	10	15
	大红罗厂街	南侧	29	/
	控制室	西侧	紧邻	8
	患者通道、术后苏醒	北侧	紧邻	20
	病房	顶部	5	8
	门诊大厅	下方	5	3
	通道	东侧	紧邻	12
OS02 复合手术室	内科病房楼	东侧	40	100
	庭院上空	南侧	紧邻	/
	控制室	西侧	紧邻	4
	电梯间、CT 控制室、物品库	北侧	紧邻	10
	图书室	北侧	12	10
	病房	顶部	5	8
	门诊大厅	下方	5	3

7.6 评价标准

7.6.1 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

本项目辐射工作人员的职业照射取 5mSv/a 作为年有效剂量约束值；公众取 0.1mSv/a 作为年有效剂量约束值。

7.6.2 放射工作场所周围剂量率控制水平

除新增 DSA 所致周围公众的年有效剂量满足 0.1mSv/a 外，DSA 机房实体屏蔽外(包括屋顶、防护门)30cm 处的剂量率，均采用 2.5 μSv/h 为剂量率控制水平。

7.6.3 透视受检者 DSA 体表空气比释动能率

《医用常规 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2017) 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最大值 $\leq 100\text{mGy/min}$ 。《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）4.7 规定，介入治疗最小焦皮距 20cm。由以上两个条件，可得出透视工况下，距离靶点 1 米处的主束辐射剂量率最大为 240mGy/h 。

7.6.4 透视防护区测试平面上的空气比释动能率

依据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）的相关规定，介入放射学 X 射线设备在确保铅屏风 and 床侧铅挂帘等防护设施正常使用情况下，在透视防护区测试平面上的空气比释动能率不大于 $400\mu\text{Gy/h}$ 。

7.6.5 X 射线设备机房的屏蔽防护及空间要求

1. 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《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）给出的相应屏蔽防护要求，见表 7-3。

表 7-3 DSA 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
介入X射线设备机房	2	2

2. 射线装置机房空间要求：根据《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）相关要求，本项目的3间DSA机房最小有效使用面积、最小单边长度将满足表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	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

评价单位在2018年开展“北京大学第一医院保健中心工程放射类设备项目”环境影响评价工作期间，曾委托持有计量认证资质证书(CMA180121340714)的北京森馥科技股份有限公司于2018年10月14日（天气晴）开展了保健中心周围环境的辐射本底监测，监测内容为 γ 剂量率。检测使用便携式AT1121型X- γ 剂量率仪，该设备经过检定（有效期至2019年5月14日）。

表8-1监测结果表明：各测点 γ 辐射剂量率为0.10-0.12 μ Sv/h，与北京市环境 γ 辐射剂量率结果比较，属于正常本底水平。监测点位见图8-1所示。

表 8-1 北大第一医院二部室外环境 γ 射线剂量率监测结果

点位*	地点	γ 辐射剂量 (μ Sv/h)*
①	保健中心南侧空地	0.11
②	保健中心与内科病房楼之间空地	0.10
③	保健中心北侧花园空地	0.12
④	保健中心西侧空地	0.11
⑤	干部外科病房楼东侧	0.10
⑥	干部外科病房楼东北角	0.11
⑦	干部外科病房楼北侧	0.10
⑧	干部外科病房楼东南角	0.11

注：*含宇宙射线

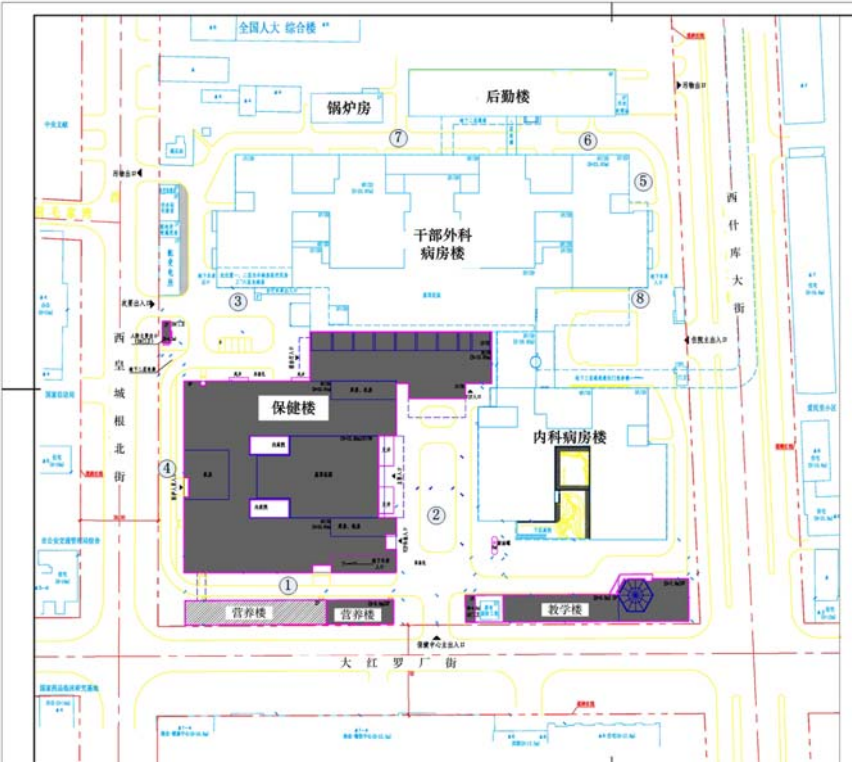


图 8-1 本底辐射水平监测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 血管造影机工作原理

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，即将预检部位影象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 同类 DSA 外观图

9.2 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。



① 医生根据患者预约安排手术；

② 病人由专职人员通过受检者防护门接入检查室，由护理人员进行摆位，并做局部消毒处理；

③ 医生根据手术性质在透视条件下进行手术，按照手术性质和医生手术水平不同，每台手术累计曝光时间多为几十分钟；

④ 手术完成后门诊病人通过受检者防护门自行离开，其余病人由专职人员负责送回病房。

工作量预计：平均每台 DSA 每天约完成 4 例手术，平均每台设备每年完成 1000 例手术。本项目投入运行后，6 组医护人员轮流在 3 台 DSA 设备上开展介入治疗手术，预计每组医生的年手术量低于 500 例。

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 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 项目竣工环保验收

项目竣工后，应对辐射防护设施进行竣工环保验收，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，DSA 方可正式投入运行。如机房位置发生变化，需重新履行环保审批手续。

10.1.2 DSA 项目辐射安全防护设施

1) 机房采取实体屏蔽措施，保证人员全居留场所、机房周围（含观察窗）及防护门外 30cm 处辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

2) 机房出入口内的所有区域为控制区，控制室、机房门外和机房毗邻区域设为监督区。在机房门口设置明显的放射性警告标识和中文警示说明，以及设备工作状态指示灯。

3) 控制台电源钥匙妥善保管。

4) 机房和控制室之间设有观察窗，并配置有对讲系统。

5) DSA 机房的患者门拟为搭接口的电动推拉门，设有内外感应式开门、自动延迟关门和防挤压功能；控制室门和设备机房门均拟为搭接口的平开门，设备机房门拟安装门自闭器。机房门外拟设置电离辐射警告标志牌和工作状态指示灯各 1 个，指示灯的灯箱上拟设有“射线有害，灯亮勿入”的警示语句；工作状态指示灯的供电线路拟与 X 射线机供电线路的控制开关连接，指示灯的控制开关拟与控制室门连接。设备通电时，只要控制室门关闭，指示灯自动亮起，不设独立控制开关。

6) 机房配备火灾报警系统，配有灭火用品。

7) 采用中央空调系统动力送新风的方法对 X 线机房进行机械通风换气，防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积。

8) 拟至少配置 0.5mm 铅当量的工作人员防护用铅橡胶防护衣 12 件，0.5mm 铅当量的铅橡胶颈套、铅橡胶帽各 12 件，铅眼镜 12 副；拟配置 0.5mm 铅当量的受检者防护用铅橡胶方围裙、铅橡胶颈套和铅橡胶帽各 3 件。

9) 每名介入工作人员均佩戴个人剂量计，进行个人剂量监测。个人剂量计应佩戴在铅衣里面的胸部位置。

10) 拟新增配备 1 台便携式剂量率监测仪。介入治疗时，使用便携式 X- γ 剂量率仪帮助医护人员选择治疗站位、铅屏风的摆放位置等，提高辐射防护水平。

11) 采取附加屏蔽 X 线措施: 每台 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。

12) 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。

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	√	12 套
3		患者防护	√	3 套
4*		观察窗屏蔽	√	3mm 铅当量铅玻璃
5		机房防护门窗	√	脚触感应式电动防护门和平开门 共 3 扇, 3mm 铅当量
6		通风设施	√	空调系统
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	√	标准电离辐射警告标志
9*	B 监测设备	X-γ 剂量率仪	√	1 台, 型号待定
10*		个人剂量计		每人 1 个
11		腕部剂量计		—

10.2 三废的治理

本项目无放射性“三废”产生。

10.3 对环保部令《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》对生产、销售、使用放射性同位素和射线装置单位要求的对照评估情况。

表 10-2 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》符合情况

序号	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》	项目单位情况	检查结果
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。	医院成立有辐射安全管理领导小组, 全面负责医院的辐射防护监督和管理工作的, 小组下设专职人员具体处理各项事务, 具体情况见附件 2。	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。	医院制定了辐射工作人员培训计划。医院 212 名辐射工作人员均经过了生态环境部门认可的培训单位组织的辐射安全与防护培训。	符合

		本项目 3 台 DSA 拟配置 30 名辐射工作人员，分为 6 组轮流工作。	
3	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。	不涉及该内容。	不涉及
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的安全措施。	DSA 机房出入口显著位置处均设置放射性警告标识和中文警示说明，以及在防护门上方设置工作状态指示灯。	符合
5	配备必要的防护用品和监测仪器。	已配备有相应的防护用品和监测仪器，以及拟配置的辐射监测设备。	符合
6	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。	制定有较为齐全、比较严格的辐射防护规章制度，有人员辐射安全培训制度、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、放射性废物管理制度、放射性事故应急预案。	符合
7	有辐射事故应急措施。	已制定有辐射事故应急处理预案。	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。	本项目不产生放射性“三废”。	符合

10.4 对比环保部第 18 号令要求的满足情况

2011 年环保部令第 18 号《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“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

安全和防护管理办法要求	单位情况	符合情况
第五条 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。	DSA 机房出入口显著位置处均设置放射性警告标识和中文警示说明，以及在防护门上方设置工作状态指示灯。	符合

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。	医院已委托具有辐射水平监测资质单位每年对环境和场所周围的辐射水平进行一次监测。	符合
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 日前向北京市生态环境局提交年度评估报告。	符合
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。	医院 212 名辐射工作人员均经过了生态环境部门认可的培训单位组织的辐射安全与防护培训，并取得合格证书。 本项目 3 台 DSA 拟配置 30 名辐射工作人员，分为 6 组轮流工作。	符合
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。	已为所有辐射工作人员配备了个人剂量计，并委托有资质单位进行个人剂量监测（每季度 1 次）。	符合

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 血管造影机环境影响分析

11.2.1 机房所在位置及周边环境

3 间 DSA 机房分别位于保健中心二层南侧介入导管中心和北侧手术区，见附图 3 所示。其中，南侧介入导管中心的 01 和 02 介入室东西排列，2 间 DSA 机房中间为控制室，机房东侧为医护办公室，南侧为楼外，西侧为机房和通道，北侧为患者走廊，顶部为病房，楼下为门诊大厅，周围环境见图 11-1。北侧的 OR02 复合手术室设 1 间 DSA 机房，其西侧为控制室，南侧、东侧为洁净走廊，北侧为电梯厅、缓冲间等，顶部为住院病房，楼下为门诊大厅。周围环境见图 11-2 所示。

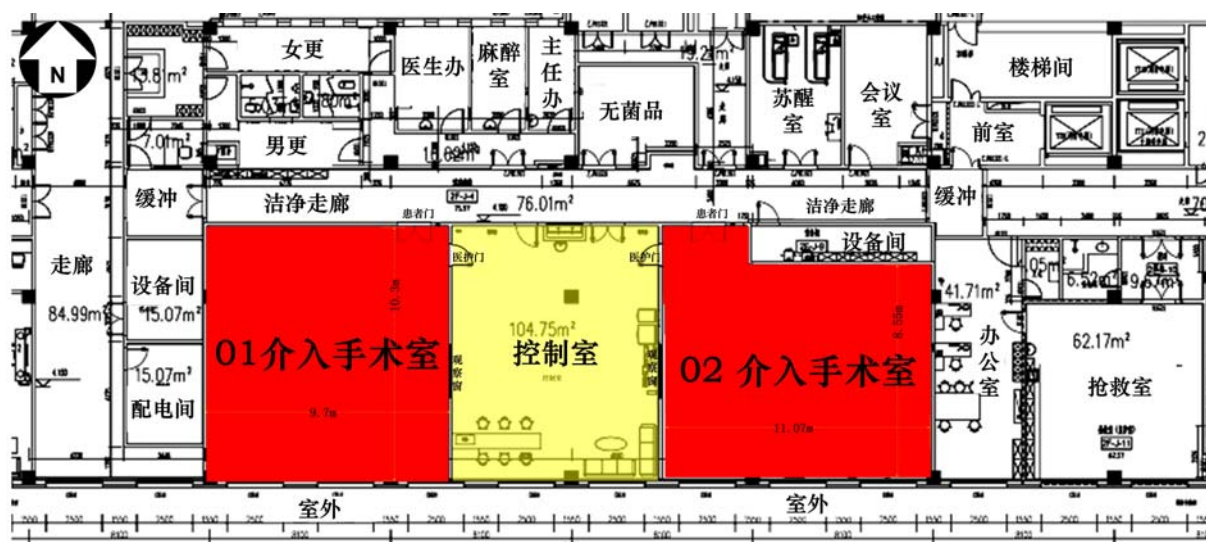


图 11-1 保健中心 01 介入手术室和 02 介入手术室平面布局示意图

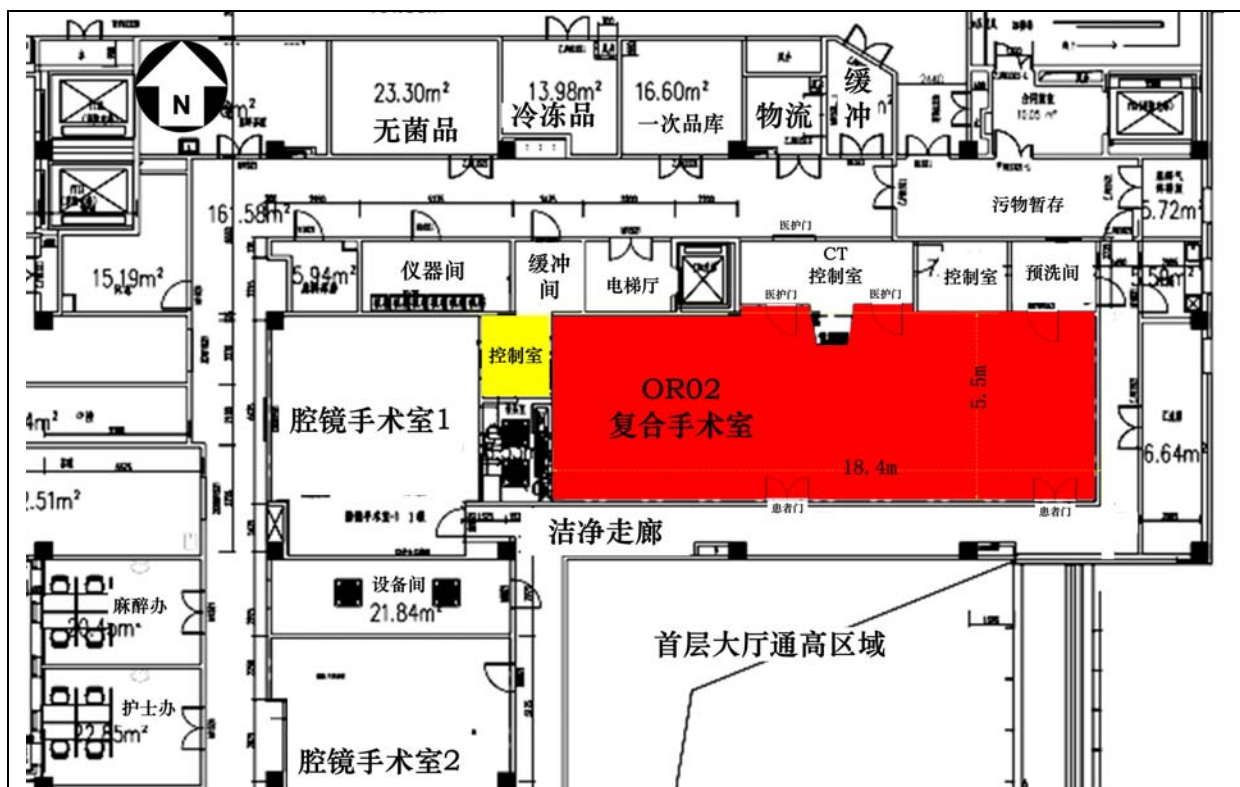


图 7-2 保健中心 OR02 复合手术室平面布局示意图

11.2.2 DSA 机房屏蔽设计

(1) DSA 机房规格

使用 DSA 设备的机房为 OR02 复合手术室、01 介入手术室和 02 介入手术室，三间机房规格如表 11-1 所示。

表 11-1 保健中心二层三间 DSA 机房规格

机房	面积 (m ²)	房间尺寸 (m)	《医用 X 射线诊断放射 防护要求》 (GBZ130-2013) 要求
01 介入手术室	99.9	长 9.7×宽 10.3×高 2.9	最小有效使用面积 20m ² ，最小单边长度 3.5m。
02 介入手术室	94.6	长 11.07×宽 8.55×高 2.9	
OR02 复合手术室	101.2	长 18.4×宽 5.5×高 2.9	

对照《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）对 DSA 设备机房的面积和单边长度的要求，本项目 3 间 DSA 机房均满足相应要求。

(2) 机房布局和屏蔽防护

三间 DSA 机房屏蔽材料和厚度如表 11-2 所示。对照《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）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 机房的辐射屏蔽满足要求。

表 11-2 3 间 DSA 机房的屏蔽设计

机房类型	屏蔽体	屏蔽设计	折合铅当量
	四周墙体	轻钢龙骨+3mm 铅当量铅钡	3mmPb

OR02 复合手术室 01 介入手术室、 02 介入手术室		复合板	
	防护门	不锈钢门内夹 3mmPb	3mmPb
	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃	3mmPb
	顶板和地板	20cm 混凝土+2mm 铅当量铅 钡复合板	4.5 mmPb
	地板	20cm 混凝土+2mm 铅当量硫 酸钡水泥	4.5 mmPb

11.2.3 设备参数和使用规划

(1) 设备技术参数

本项目拟使用的 3 台 DSA 设备,最大管电压均为 125kV,最大管电流均为 1000mA。

(2) 使用规划

DSA 可用于心脏造影、心脏支架、起搏器手术、脑血管造影、脊髓血管造影、脑血管支架、脑动脉瘤栓塞、脑血管畸形栓塞等。本项目 DSA 开展的介入手术类型主要为外周血管类、脑神经和心血管介入类。保健中心重点工作是干部保健,介入工作量较普通门诊少一些,预计平日手术量 4 例,全年工作 250d,年开展介入手术量最多 1000 例。工作人员采取 2 班轮流模式,每组工作人员年手术量最多 500 例。

根据经验数据,DSA 手术类型、工作量、曝光时间见表 11-3 所示。

表 11-3 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	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
外周介入治疗	10	2

本项目 DSA 保守以开展外周介入为例进行评价,其透视和摄影工作状态的累积出束时间见表 11-4 所示。

表 11-4 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	1000	166.7h
摄影	2min	1000	33.3h

11.2.4 辐射环境影响评价

(1) DSA 机房周围的贯穿辐射水平

手术中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较大裕量，即管电压通常控制在 100kV 以下，管电流通常控制 600mA 以下。

ICRP33 报告给出了 DSA 设备运行典型工况和相关参数，见表 11-5。

表 11-5 设备运行典型工况及相关参数

运行工况	X 线工作状态参数	混凝土中 TVL (cm)	Pb 中 TVL (cm)
摄影	90kV/500mA	5.0	0.704
透视	90kV/10mA	5.0	0.704
备注：数据参考 ICRP REPORT NO.33			

《医用常规 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2017）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最大值 $\leq 100\text{mGy/min}$ 。《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）4.7 规定，介入治疗最小焦皮距 20cm。由以上两个条件，可得出透视工况下，距离靶点 1 米处的主束辐射剂量率最大为 240mGy/h。

本项目保守以 240mGy/h 为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，最大输出量率为 12Gy/h。

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），混凝土和铅的透射系数依据 GBZ130-2013 附录 D 计算，再结合距离衰减，来估算法机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， $\mu\text{Gy/h}$ ；

D_0 -距源 1m 处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

B-衰减因子， $B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{-\alpha x} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}}$ ，依据 GBZ130-2013 附录 D 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。散射辐射的剂量率水平与泄漏辐射水平相当（ $\sim 10^{-3}$ ），但其穿透能力较弱，故计算周围剂量率水平时，保守以泄漏辐射水平的 2 倍作为周围的附加剂量率水平。

本项目的 3 间 DSA 手术室的长度均大于 9.7m，宽度均大于 5.5m，高度均为 2.9m，在屏蔽计算时，保守取设备靶点距离四周墙壁、楼上和楼下 30cm 的距离为 2.5m，进行附加剂量率估算。

11-6 介入治疗条件下，DSA 机房周围的附加剂量率估算结果

介入治疗种类	使用工况	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 125kV	楼上地面 30cm 处	20cm 混凝土+2mm 铅当量铅钨复合板 (4.5mmPb)	5.45E-06	0.24	泄漏+散射	2.5	4.2E-04
		楼下地面 30cm 处	20cm 混凝土+2mm 铅当量硫酸钡水泥 (4.5mmPb)	5.45E-06		泄漏+散射	2.5	4.2E-04
		四周墙壁外 30cm 处	3mm 铅当量	1.56E-04		泄漏+散射	2.5	1.2E-02
		防护门外 30cm 处	3mm 铅当量	1.56E-04		泄漏+散射	2.5	1.2E-02
		观察窗外 30cm 处	3mm 铅当量	1.56E-04		泄漏+散射	2.5	1.2E-02
X 线摄影	最大管电压 125kV	楼上地面 30cm 处	20cm 混凝土+2mm 铅当量铅钨复合板 (4.5mmPb)	5.45E-06	12	泄漏+散射	2.5	2.1E-02
		楼下地面 30cm 处	20cm 混凝土+2mm 铅当量硫酸钡水泥 (4.5mmPb)	5.45E-06		泄漏+散射	2.5	2.1E-02
		四周墙壁外 30cm 处	3mm 铅当量	1.56E-04		泄漏+散射	2.5	6.0E-01
		防护门外 30cm 处	3mm 铅当量	1.56E-04		泄漏+散射	2.5	6.0E-01
		观察窗外 30cm 处	3mm 铅当量	1.56E-04		泄漏+散射	2.5	6.0E-01

注：*射线泄漏率按 0.1%计，散射辐射贡献保守按照泄漏辐射计。

从上述估算结果可知，在“透视”和“摄影”过程中，DSA 机房周围附加剂量率最大值为 0.6μSv/h，满足本项目所设定的机房屏蔽体外 30cm 处 2.5μSv/h 的剂量率控制水平。上述评价是基于保守假设进行的。事实上，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），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。

（2）DSA 正常工况下所致医护人员的年受照剂量

保守假设，在介入治疗的透视工况时，医生手术位置的附加剂量率水平为 GBZ130-2013 规定的限值（400μGy/h），且医生全居留；在介入治疗的摄影工况时，管电流增加 50 倍，医生所在位置的附加剂量率水平也增加 50 倍，最高为 20mGy/h。GBZ130-2013 要求，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留，故保守取居留因子为 1/4。

根据 GBZ130-2013，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 μ Gy/h 和 500 μ 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， μ Sv/a；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。

本评价按每组医生全年开展介入治疗 500 例估算，每名医生在透视工况下的暴露时间为 83.3h，摄影工况下的暴露时间为 16.7h。职业人员附加年有效剂量估算结果见表 11-7，可见，介入工作人员的年受照剂量低于本项目设定的 5mSv 的年有效剂量约束值。

表 11-7 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 (μ Gy/h)	年工作时间 (h/a)	居留因子	年附加有效剂量(mSv)
术者	透视	10	83.3	1	2.9
	摄影	500	16.7	1/4	
控制室 技师	透视	1.2E-02	166.7	1	0.022
	摄影	6.0E-01	33.3	1	

上述剂量估算是基于 1 名医生全年完成 500 例 DSA 手术的最大工作负荷进行的，介入治疗医护人员会轮流在 3 台 DSA 设备上开展介入手术，但是不从事其它放射性工作，故不考虑个人剂量叠加问题，预计每名辐射工作人员的年受照剂量不会超过 2.9mSv。

上述估算是依照“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”进行估算的，实际上，操作位的剂量率水平通常低于 150 μ Gy/h（多数低于 100 μ Gy/h），预计介入人员的实际年受照剂量低于 2mSv。

（3）介入工作人员配备情况

保健中心拟使用 3 台 DSA，配置了共计 30 名辐射工作人员。按照每台设备 2 班倒模式，每台设备平均配备 5 名辐射工作人员，能够满足 DSA 运行至少需要 4 名辐射工作人员的需要。将来如果有新增的辐射工作人员，将在通过辐射安全与防护培训后，持证上岗。

（4）DSA 正常工况下所致周围公众的年受照剂量

机房四周墙壁外的非辐射工作人员年受照剂量较大，具体估算结果见表 11-8，可见，公众的年受照剂量低于设定的 100 μ Sv 的剂量约束值。

表 11-8 公众年附加受照剂量估计

估算对象		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)
机房四周墙壁和防护门外	透视	1.2E-02	166.7	1/4	5.5
	摄影	6.0E-01	33.3	1/4	
机房楼上和楼下	透视	4.2E-04	166.7	1	0.8
	摄影	2.1E-02	33.3	1	

(5) 有害气体的环境影响

根据以往的估算结果，在介入治疗过程中，臭氧的小时平均产额低于 1 mg/h，对环境的影响十分轻微，本报告对其环境影响不做评价。

11.3 DSA 事故/事件影响分析

(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，不会对身体造成影响。DSA 机房为手术区域，人员进入控制严格，发生误入的可能性很小。针对该类事件的防范措施是：机房防护门上设置辐射警告标识和中文警示说明。防护门上方设置工作状态指示灯，并且和防护门关联。

(2) 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。防范措施是：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》。此外，辐射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。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全管理机构的设置

为了保证放射性同位素和射线装置的安全使用和有效管理，医院设立了放射防护管理委员会，主任委员由党委书记和院长担任，副主任委员由医疗副院长担任，成员为各职能部门人员组成。该机构内部职责明确，且设有专职管理人员。放射防护管理委员会成员名单以及各部门的职责和分工见附件2所示。

12.2 辐射安全管理规章制度

北大第一医院为了保障放射诊疗工作安全、有效的开展，医院已制定了相应的放射防护管理制度，如《放射防护管理委员会人员组成及工作职责的通知》、《放射诊疗及辐射安全管理制度》、《血管造影机（DSA）操作规程》、《医用直线加速器安全防护操作规程》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射诊疗设备检修维护制度》、《台账管理制度(含放射源、非密封放射性物质、射线装置)》、《辐射安全培训制度》、《辐射监测方案》、《放射工作人员职业健康及放射防护知识培训》和《辐射事故（件）应急预案》等，能够满足工作需要。

本项目实施后，北大第一医院核技术利用项目将新增使用 III 类放射源的范围。医院将结合新项目的开展，在重新申领辐射安全许可证前，组织相关人员完善相关制度，以确保全部辐射工作有章可循。同时，组织各科室人员进行学习，确保大家依照规定安全使用放射性同位素和射线装置。

12.3 人员配置和辐射安全与防护培训

医院制定有周密的辐射工作人员培训计划。目前，医院已于 2015 年 11 月委托生态环境部门推荐的培训机构（中国原子能科学研究院），对所有放射工作人员（共计 212 人）进行了“辐射安全和防护工作人员”培训，并通过了考核。

医院也利用集会、内网、宣传展板等形式对全员进行辐射安全知识教育，提高人员的辐射安全文化素养，定期组织放射工作人员和辐射安全管理人员参加辐射安全法规防护和防护新知识培训。

医院拟为本项目 3 台 DSA 新增调配 30 名辐射工作人员，其中医生、技师和护师均采用轮岗模式在 3 台设备上工作。目前，多数人员（21 人）已于 2015 年 11 月通过了辐射安全与防护培训，少数人员（9 人）将于近期参加辐射安全与防护培训，持证上岗。

表 12-1 本项目拟配置辐射工作人员基本情况

编号	科室	姓名	性别	文化程度	类别	职称	培训证书编号
1	介入血管外科	邹英华	男	博士	医师	高级	B1549095
2	介入血管外科	佟小强	男	博士	医师	高级	B1549096
3	介入血管外科	王健	男	博士	医师	高级	B1549099
4	介入血管外科	杨敏	男	博士	医师	高级	B1549100
5	介入血管外科	王超	男	本科	医师	中级	B1549101
6	介入血管外科	刘伯山	男	本科	技师	高级	B1549103
7	介入血管外科	张玉香	女	专科	技师	初级	B1549104
8	介入血管外科	姚立群	女	专科	护师	初级	B1549105
9	介入血管外科	牛国晨	男	博士	医师	中级	B1549107
10	介入血管外科	关海涛	男	博士	医师	初级	B1549109
11	介入血管外科	吕天石	男	硕士	医师	初级	B1548022
12	介入血管外科	闫子光	男	博士	医师	中级	B1548023
13	介入血管外科	吴启佳	男	大专	护师	初级	待培训
14	介入血管外科	范则杨	男	博士	医师	初级	待培训
15	介入血管外科	张碧辉	男	博士	医师	初级	待培训
16	心血管内科	李建平	男	博士	医师	高级	B1549113
17	心血管内科	郑博	男	博士	医师	中级	B1549116
18	心血管内科	周菁	男	博士	医师	高级	B1549119
19	心血管内科	蒋捷	女	博士	医师	高级	B1549120
20	心血管内科	胡灏	男	本科	护理	初级	B1549125
21	心血管内科	王新刚	男	博士	医师	中级	B1548033
22	心血管内科	李康	女	博士	医疗	中级	B1548036
23	心血管内科	王梓鸣	男	大专	医技	初级	B1548038
24	心血管内科	郭玉霞	女	本科	护理	初级	B1548037
25	心血管内科	贺鹏康	男	博士	医师	中级	待培训
26	心血管内科	陈尔冬	男	博士	医师	初级	待培训
27	心血管内科	褚京津	女	本科	护理	中级	待培训
28	心血管内科	夏驭龙	男	博士	医师	初级	待培训
29	心血管内科	王文烨	女	本科	护师	初级	待培训
30	心血管内科	易铁慈	男	博士	医师	中级	待培训

12.4 辐射监测

(1) 个人剂量监测

从事放射工作的人员佩戴使用 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》（GBZ128-2016）和《放射工作人员职业健康管理辦法》（卫生部令第 55 号）要求建立放射工作人员个人剂量档案。

放射工作人员进行个人剂量监测发现监测结果异常的（每季度超出 1.25mSv/a，或者显著高于同科室其它人员），应当立即核实和调查，并将有关情况进行文字记录。

(2) 工作场所监测

根据环保部 18 令的要求，北大第一医院每年委托有资质单位对放射工作场所进行 1 次辐射水平监测。

监测项目：X 和 γ 射线空气吸收剂量率；

监测频次：1 次/年；

本项目涉及工作场所的监测布点：机房的周边、楼上、楼下、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。监测点位见图 12-1 和 12-2 所示。

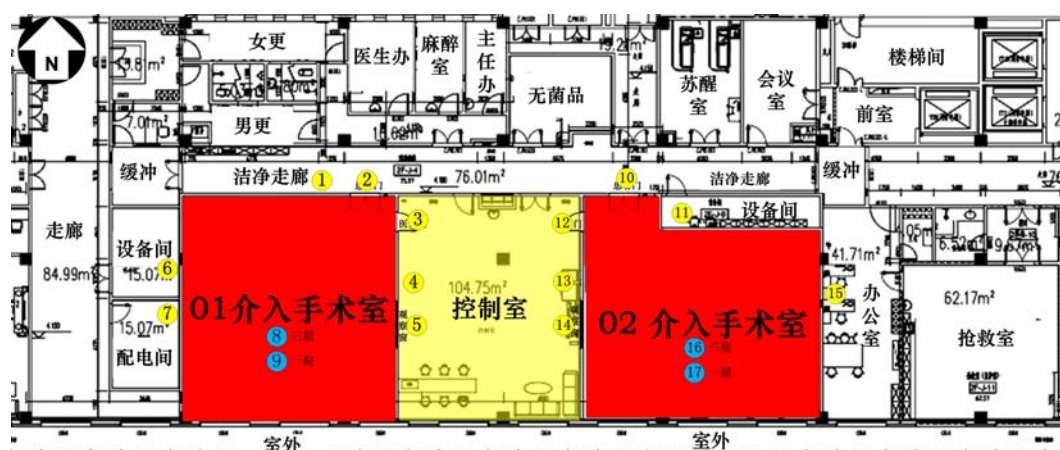


图 12-1 介入手术室监测点位示意图（图中圆圈数字为监测点位）



图 12-2 复合手术室监测点位示意图（图中圆圈数字为监测点位）

(3) 环境监测

根据环保部 18 令的要求，每年委托有资质单位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。

12.5 辐射监测设备和防护用品

医院已购置了必要的辐射监测设备，见表 12-2。同时为保障辐射工作人员的安全，医院为每位辐射工作人员配备个人剂量计 1 套，并配备有铅衣、铅围脖、铅眼镜等防护用品。

表 12-2 医院现有的辐射监测仪器和防护用品

序号	仪器名称	型 号	购置日期	仪器状态	数量	备 注
1	手持辐射剂量仪	Ser.No.903	2009-06-17	在用	1	放疗科使用
2	辐射剂量仪	Framra NE-2570	2012-05-24	在用	1	放疗科使用
3	多功能辐射检测仪	Inspector-alert	2009-06-19	在用	1	核医学科使用
4	表面污染仪	14C	2008-06-11	在用	1	核医学科使用
5	多功能辐射检测仪	Inspector-aler	2013-06-12	在用	1	核医学科使用
辐射防护用品						
名 称		数 量		名 称		数 量
铅衣		86		铅帽		23
铅手套		15		铅眼镜		24
铅围裙		50		铅围脖		26
铅屏风		15		个人剂量计		212
其它		无				

本项目投入使用前，医院将新购辐射监测设备，具体见表 12-3 所示。此外，将为 DSA 机房配备下列个人防护用品，具体见表 12-4 所示。

表 12-3 医院拟新购置的辐射监测仪器

仪器名称	型 号	数量	备 注
便携式 x-γ 剂量率仪	待定	1	DSA 机房

表 12-4 DSA 机房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	12
	铅橡胶颈套	0.5 mmPb	12
	铅橡胶帽子	0.5 mmPb	12
	铅眼镜	0.5 mmPb	12

	患者和受检者	铅橡胶性腺防护围裙	0.5 mmPb	3	
		铅橡胶颈套	0.5mmPb	3	
		铅橡胶帽子	0.5 mmPb	3	
	设备辅助防护用品	铅悬挂防护屏	0.5 mmPb	3	
		床侧防护屏	0.5 mmPb	3	

12.6 项目环境保护验收内容建议

建议本项目的环保验收内容列于表 12-5 中。

表 12-5 项目环境保护竣工验收内容

验收内容	验收要求
剂量约束值和剂量率控制水平	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。机房周边六面墙体(含防护门、观察窗)外 30cm 处辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h。
电离辐射标志和中文警示	在 DSA 房门口显著位置设置辐射警告标识和中文警示说明,以及在防护门上方设置工作状态指示灯。
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。机房通风换气设施运转正常,通风能力满足设计要求。
辐射安全设施	配备患者用铅围裙、铅围脖、铅帽各 3 件,均为 0.5mmPb。为医护人员配备围裙、铅围脖、铅帽、铅眼镜各 12 套,均为 0.5mmPb。配置铅屏风、铅玻璃防护帘、床侧防护帘各 3 件,均为 0.5mmPb。
辐射监测	有满足管理要求的辐射监测制度;监测记录存档;新增配备 1 台辐射剂量检测仪器,为所有辐射工作人员进行个人剂量监测,建立健康档案。
规章制度	对规章制度进行完善,在以往制度的基础上,增加新设备的操作规程。辐射监测方案中,将新增场所纳入监测范围。
人员培训	从事介入治疗工作的 30 名辐射工作全部通过辐射安全与防护培训。
应急预案	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：北大第一医院现持有《辐射安全许可证》（京环辐证[B0044]），有效期至 2022 年 8 月 6 日，许可使用 IV 类、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，丙级非密封放射性物质工作场所。

2) 实践正当性：经国家发改委批准，医院在第二住院部院区西南侧建设保健中心工程，该项目取得了建设工程规划许可证，获得了原北京市环保局同意建设的批复。因临床诊疗工作需要，医院拟在保健中心二层新增使用 3 台血管造影机。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的环境 γ 辐射剂量率水平基本一致，属于正常本底水平，说明以往核技术利用项目未造成当地辐射环境本底异常。

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均满足剂量约束要求。

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，在各装置机房门口等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，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：医院设有放射防护管理委员会，负责全院的辐射安全管理和监督工作。有较健全的操作规程、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，随着本项目的建设，将不断完善操作规程和事故应急预案。

7) 本项目拟配备的辐射工作人员多数已通过了辐射安全与防护培训，近期将安排其它人员参加辐射安全与防护培训，考核通过后持证上岗。放射工作场所将配备必要的辐射监测设备，如便携式剂量率，也将配备铅衣、铅屏风等个人防护用品，能够满足工作需要。

9) 与环保部 2017 年修订的《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和环保部 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》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，北大第一医院使用 DSA 设备，开展放射介入诊疗工作，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，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，北大第一医院承诺：

- 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，对未进行培训和需再培训的辐射工作人员进行辐射防护培训，培训合格后，持证上岗。
- 5) 及时办理辐射安全许可证变更手续。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

下一级环保部门预审意见:

公 章

经办人

年 月 日

审批意见:

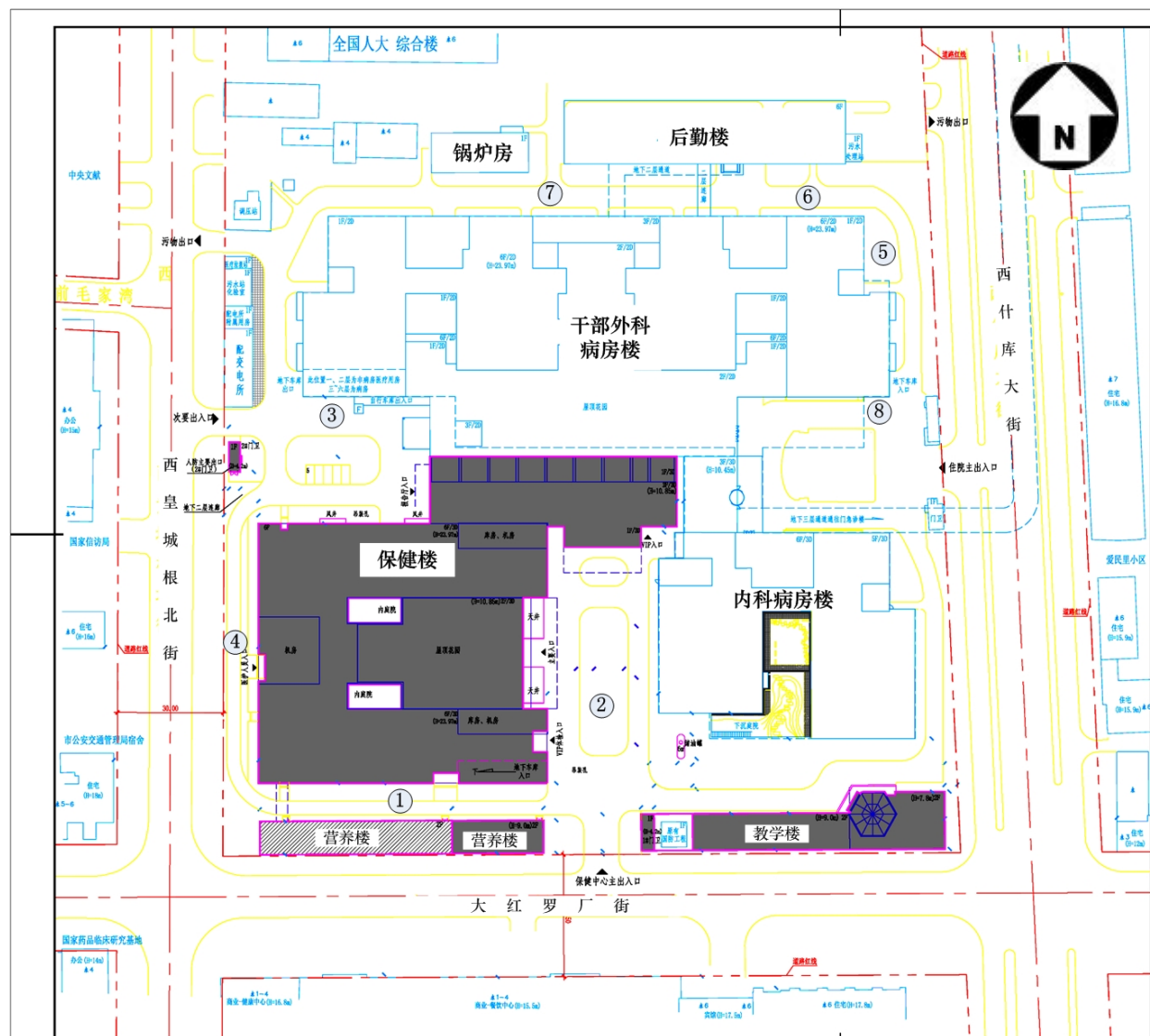
公 章

经办人

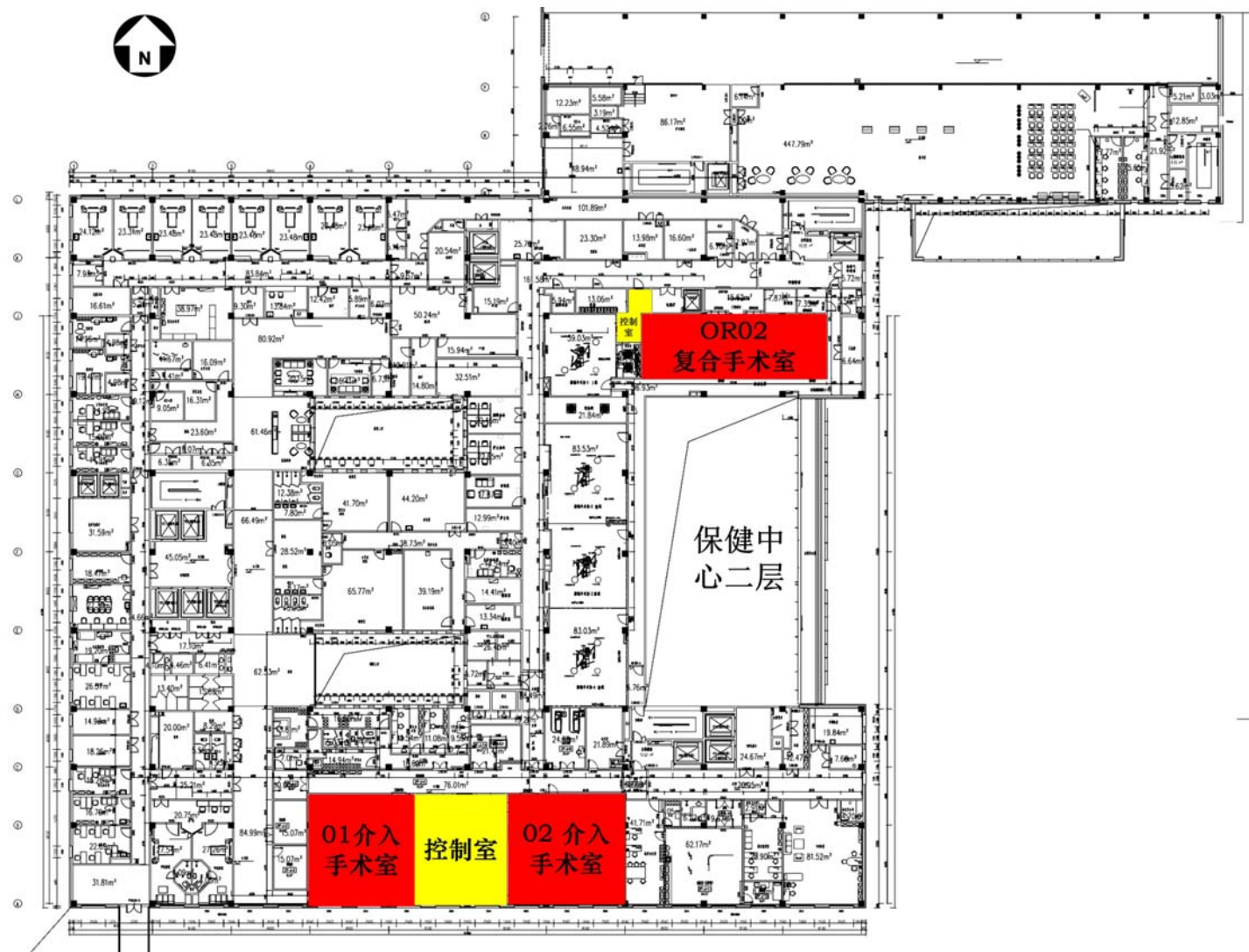
年 月 日



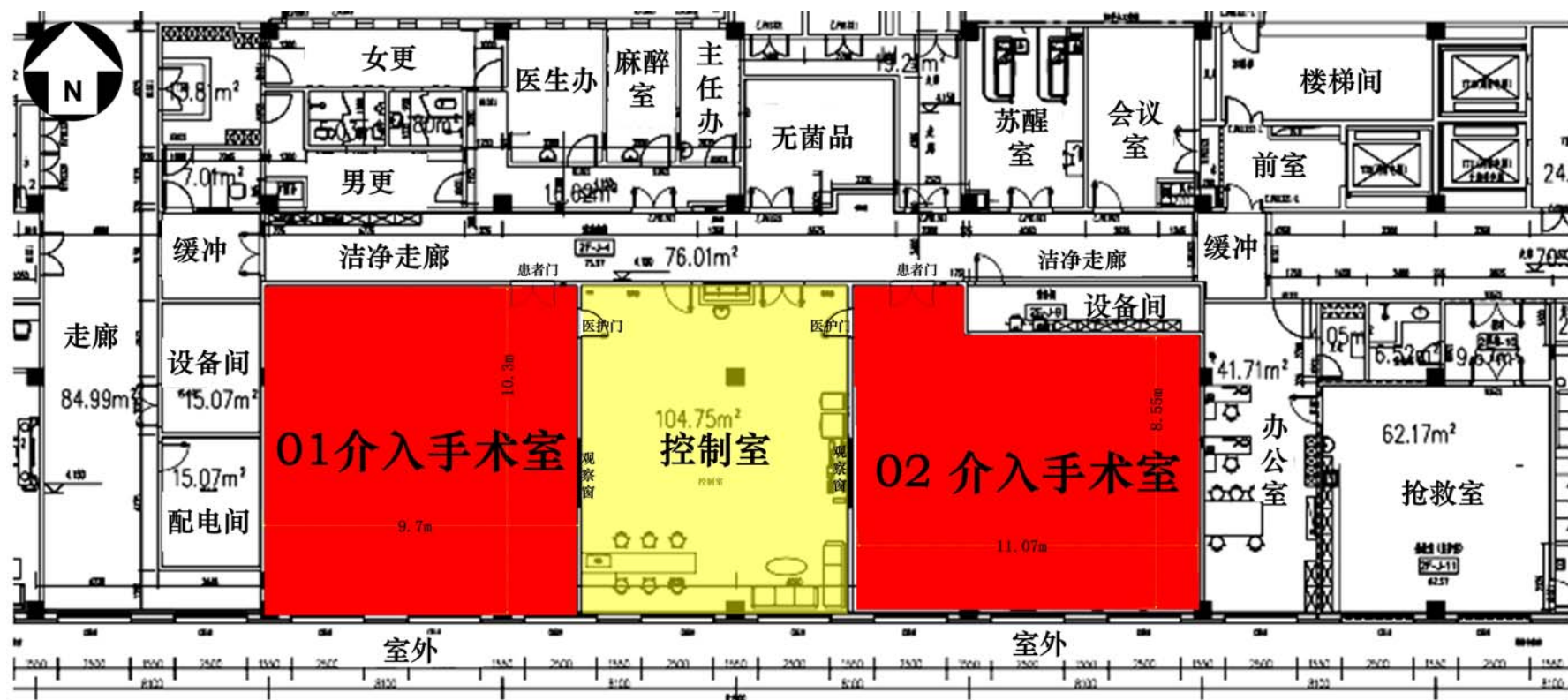
附图 1 北大第一医院第二住院部地理位置示意图



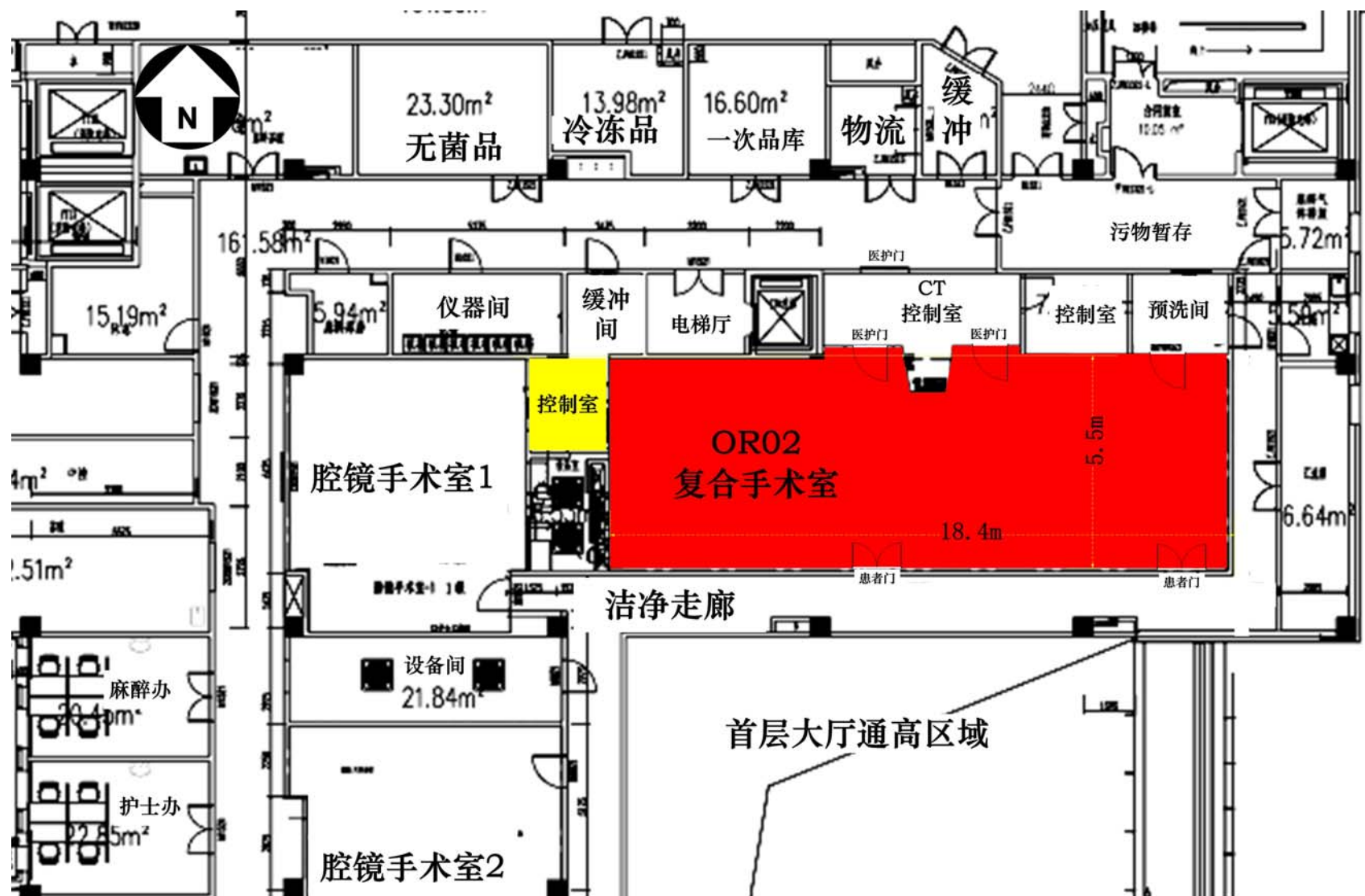
附图 2 第二住院部平面布局及环境辐射水平监测点位示意图



附图 3 保健中心二层平面布局示意图



附图 4 保健中心 01 介入手术室和 02 介入手术室平面布局示意图



附图 5 保健中心 OR02 复合手术室平面布局示意图