

核技术利用建设项目  
使用 II 类射线装置项目  
环境影响报告表

北京裕和中西医结合康复医院有限公司

2021 年 11 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目  
使用 II 类射线装置项目  
环境影响报告表

建设单位：北京裕和中西医结合康复医院有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：北京市海淀区永定路 15 号

邮政编码：100089

联系人：封旭

电子邮箱：yuhoywb@163.com

联系电话：17778075652

# 目 录

表 1	项目概况.....	1
表 2	放射源.....	7
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 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.....	19
表 10	辐射安全与防护.....	22
表 11	环境影响分析.....	29
表 12	辐射安全管理.....	39
表 13	结论与建议.....	43
表 14	审 批.....	45

附图 1 北京裕和医院地理位置图

附图 2 北京裕和医院总平面布局示意图

附图 3 北京裕和医院 6 号楼（门诊住院楼）1 层（改造后）平面布局图

附图 4 项目介入治疗室平面布局示意图

附图 5 北京裕和医院 6 号楼（门诊住院楼）2 层（介入治疗室上方）平面图

附图 6 该医院 6 号楼（门诊住院楼）B1 层（介入治疗室下方）平面图

**表 1 项目概况**

<b>建设项目名称</b>		使用 II 类射线装置项目				
<b>建设单位</b>		北京裕和中西医结合康复医院有限公司				
<b>法人代表</b>	许少峰	<b>联系人</b>	封旭	<b>联系电话</b>	17778075652	
<b>注册地址</b>		北京市海淀区永定路 15 号				
<b>项目建设地点</b>		北京市海淀区永定路 15 号 6 号楼（门诊住院楼）1 层				
<b>立项审批部门</b>		无		<b>批准文号</b>	无	
<b>建设项目总投资（万元）</b>		800	<b>项目环保投资（万元）</b>	100	<b>投资比例（环保投资/总投资）</b>	12.5%
<b>项目性质</b>		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			<b>占地面积（m<sup>2</sup>）</b>	116
<b>应用类型</b>	<b>放射源</b>	<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			
	<b>非密封放射性物质</b>	<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			
	<b>射线装置</b>	<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			
	<b>其他</b>					

**1.1 单位概况**

北京裕和中西医结合康复医院有限公司（简称“北京裕和医院”或“医院”）是由北京市中医管理局批准设立的以中西医结合、康复为特色的三级综合性医院。北京裕和医院针对严重威胁健康的重大疾病，为高端客户提供全面、连续、人性化的高品质医疗服务。

北京裕和医院设有全科门诊和专科医学中心。肿瘤医学中心是医院的重点学科，其服务内容包括肿瘤类疾病的全程全面管理，包括预防、全面早筛、诊断、

手术、化疗、靶向治疗、中西医结合支持治疗、康复治疗、营养治疗、疼痛治疗、免疫治疗、心理治疗等。肿瘤医学中心拥有高水平的医生团队，同时联合国内、国际多家一流医院的肿瘤医学专家，为医疗服务提供强大的技术支持。

北京裕和医院为已取得《辐射安全许可证》单位。

## 1.2 核技术利用及辐射安全管理现状

### 1.2.1 核技术利用现状情况

北京裕和医院已取得了《辐射安全许可证》（京环辐证[F0556]），有效期至2023年5月22日，许可的种类和范围为：使用Ⅲ类射线装置。见附件1，北京裕和医院已许可射线装置使用情况见表1-1。

表 1-1 北京裕和医院已许可的射线装置情况

序号	名称	类别（类）	数量（台）
1	C型臂（透增强器）	Ⅲ	1
2	牙科X射线机（其他）	Ⅲ	1
3	牙科X射线机（曲DR）	Ⅲ	1
4	牙科X射线机（CR）	Ⅲ	1
5	数字高频乳腺医用诊断X射线机	Ⅲ	1
6	X射线计算机断层摄影设备	Ⅲ	1
7	骨密度仪	Ⅲ	1
8	X射线数字摄影系统	Ⅲ	2
合计			9

### 1.2.2 近几年履行环保审批情况

北京裕和医院近几年未办理过辐射类环境影响报告表（书）类环评项目。

### 1.2.3 辐射安全管理情况

#### 1.2.3.1 辐射管理机构基本情况

为了加强辐射安全和防护管理工作，促进射线装置的安全使用，北京裕和医院专门成立了辐射防护领导小组，由副院长担任组长，副主任担任副组长，影像

科、医务部等各部门的相关人员担任组员，并指定医务部封旭专职负责辐射安全管理管理工作，辐射防护领导小组成员名单见表 1-2。

**表 1-2 北京裕和医院辐射防护领导小组成员名单**

职位	姓名	性别	职务或职称	专业	工作部门	专/兼职
组长	王志	男	副院长兼医务部主任，主任医师	外科专业	副院长办公室	兼职
副组长	宋凤臣	男	影像科主任，副主任医师	医学影像和放射治疗专业	影像科	兼职
组员	李培珍	女	医务部副主任	中西医结合	医务部	兼职
	荆万旭	男	影像科医师	医学影像和放射治疗专业	影像科	兼职
	郑杰	男	影像科医师	医学影像和放射治疗专业	影像科	兼职
	封旭	男	医务部专员	卫生事业管理	医务部	专职

#### 1.2.3.2 制定规章制度及落实情况

北京裕和医院结合医院实际情况，已制定一套相对完善的管理制度和操作规程，包括辐射防护领导小组及岗位职责、射线装置操作规程、辐射工作人员培训考核计划、辐射工作场所安全和防护管理制度、设备检修维护制度、辐射工作人员个人剂量监测制度、工作场所和环境辐射水平监测方案、台帐管理制度、辐射安全事故应急预案等，并严格按照规章制度执行。

#### 1.2.3.3 工作人员考核情况

北京裕和医院制定了辐射工作人员培训考核计划。目前，医院从事辐射相关工作人员共 11 人分批参加了辐射安全和防护培训，并通过了考核。

今后，医院将按照生态环境部 2019 年第 57 号公告、2021 年第 9 号公告要求，定期（五年一次）组织辐射工作人员进行辐射安全防护考核，考核通过后方可上岗。

#### 1.2.3.4 个人剂量监测

北京裕和医院现有的个人剂量监测工作已委托天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司承担，监测频度为每 3 个月检测一次。最近一年度个人剂量监测结果为 0.01mSv~0.12mSv，低于单位剂量管理目标值 5mSv，个人剂量报告见附件 2。

医院今后将继续加强个人受照剂量监测工作，如果某位辐射工作人员的单季度个人剂量监测结果高于年剂量约束值的 1/4，将对其受照原因进行调查，结果由本人签字后存档；必要时将采取调离工作岗位或控制从事辐射工作时间等措施，保障辐射工作人员的健康。

#### **1.2.3.5 工作场所及辐射环境监测**

医院在北京市海淀区卫生健康管理部门的指导下，每年委托有 CMA 资质的单位对医院已有的射线装置机房防护和机器性能检测一次，且卫生健康部门每年都要对医院的《放射诊疗许可证》校验一次，校验时医院必须提供当年的检测合格报告。评价单位通过现场查验检测报告齐全，检测结果满足相关标准要求。监测报告随本单位辐射安全和防护年度评估报告一并提交北京市海淀区生态环境局。

#### **1.2.3.6 辐射事故应急管理**

北京裕和医院依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，制定了关于本单位辐射项目的辐射事故（件）应急预案，以保证本单位一旦发生辐射意外事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理放射事故，保护工作人员和公众的健康与安全，同时在预案中进一步明确规定本单位有关意外放射事件处理的组织机构及其职责、事故报告、信息发布和应急处理程序等内容，能够满足医院实际辐射工作的需要。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

#### **1.2.3.7 其他情况**

2020 年度，北京裕和医院较圆满地完成了各项辐射安全防护工作，依据法律法规对本单位射线装置的安全和防护状况进行了年度评估，编写并上报了年度评估报告。

### **1.3 项目建设规模、目的和任务的由来**

### 1.3.1 项目背景

北京裕和医院自 2013 年获批以来，在上级主管部门的关心关爱下，每年的门急诊逐步增加。根据医院学科发展规划，医院在 2018 年 6 月经北京市中医管理局审批获得医学影像（介入放射学专业）执业范围。在经过近三年的筹备，患者数量逐年增加，学科发展逐渐完备的情况下，拟申请增加 DSA 设备。在推进医院更好发展的同时，为缓解首都医疗压力紧张的状况，贡献力量。

### 1.3.2 本项目情况

北京裕和医院拟将医院 6 号楼（门诊住院楼）1 层中部原骨密度室、库房、诊室等场所改造成介入治疗室及相关场所，并新增 1 台血管造影机（DSA），开展心脏造影、心脏支架、脑血管造影、外周血管介入等诊疗工作，以解决门诊医疗服务和急诊介入手术需要。本项目射线装置情况见表 1-3。

表 1-3 本项目射线装置情况表

序号	工作场所	型号及名称	生产厂家	管电压 (kV)	输出电流 (mA)	类别	备注
1	门诊住院楼1层介入治疗室	Pilot3000型血管造影机	北京唯迈医疗设备有限公司	120	800	II类	新增

### 1.3.3 目的和任务的由来

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等相关规定，本项目应当进行环境影响评价，编制环境影响报告表，报生态环境主管部门审批。

根据生态环境部《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（2019 年生态环境部令第 9 号）最新要求，北京辐环科技有限公司符合第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于该条第二款所列单位。公司有专职环评工程师，有能力开展环境影响评价工作。受北京裕和医院的委托，评价机构环评人员在现场踏勘、监测、收集资料的基础上，对该项目建设和运行对环境的辐射影响进行了分析评价，并编制了环境影响报告表。评价主要考虑 DSA 在使用过程中，对周围环境的辐射影响，对职业人员和公众的辐射影响。

### 1.3.4 项目建设正当性和必要性

目前，医院患者量日益增加，其中心血管、脑血管患者占相当重要的比例。

为满足广大患者看病难，手术难的问题以及血管患者的看病需求。现在医院未配置有数字血管造影 X 线机，患者不能及时诊断，转院过程风险极大，同时增加病人负担，给医患关系造成不良影响。如果医院配备 DSA，可以满足病人需求，同时有利于医院快速发展，提升医院的医疗水平。

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

### **1.3.5 开展新项目的技术能力**

#### **(1) 人员配备**

医院现有共计约 11 名从事辐射工作人员。本项目新增辐射工作人员，拟设置 8 人，其中 4 名医师、2 名护士和 2 名技师。项目介入治疗室启用后，医院计划每月最多 70 例手术左右（平均每天 3 例），本项目年手术量保守按 1000 例估算（平均每天 4 例）。

#### **(2) 检测仪器配备**

本项目拟配备 1 台辐射巡测仪，用于 DSA 机房开展自行监测。

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类	1	Pilot3000	120	800	血管造影	6号楼(门诊住院楼)1 层介入治疗室	

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
无													

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>)和活度(Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日。</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日。</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日。</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日。</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019 年 3 月 2 日。</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2021 年 1 月 1 日。</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年 1 月 4 日。</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 4 月 18 日。</p> <p>(9) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》，环境保护部、国家卫生计生委公告第 66 号，2017 年 12 月 5 日。</p> <p>(10) 《关于发布&lt;建设项目竣工环境保护验收暂行办法&gt;的公告》，国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日。</p> <p>(11) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日。</p> <p>(12) 《北京市禁止违法建设若干规定》，北京市政府第 228 号令，2011 年。</p> <p>(13) 《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》，原北京市环境保护局文件，京环发〔2011〕347 号。</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 2 月。</p> <p>(15) 《北京市生态环境局办公室关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作通知》，京环办[2018]24 号，2018 年 1 月 25 日。</p>
------	---

<p style="text-align: center;">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），环境保护部。</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。</p> <p>(3) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）。</p> <p>(4) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ157-2021）。</p> <p>(6) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。</p>
<p style="text-align: center;">其他</p>	<p>(1) NCRP Report No.147: Structural Shielding Design and Evaluation for Medical X-Ray imaging Facilities, 2004。</p> <p>(2) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）。</p> <p>(3) 《医用辐射危害控制与评价》，中国原子能出版社，2017 年 11 月。</p> <p>(4) 北京裕和医院提供的建筑结构设计图以及与建设项目相关的其他技术资料，2021 年 9 月。</p>

表 7 保护目标与评价标准

## 7.1 评价范围

### 7.1.1 评价内容

本项目评价内容为医院西侧 6 号楼（门诊住院楼）1 层中部改造后介入治疗室新增的 1 台 DSA。

### 7.1.2 关注问题

- (1) 机房屏蔽是否满足国家相关标准的要求。
- (2) 辐射安全管理情况及污染防治措施是否满足新增使用射线装置的要求。

### 7.1.3 评价因子

主要为 X 射线。

### 7.1.4 评价范围

按照《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的规定，并结合该项目辐射为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定本项目评价范围为介入治疗室外周围 50m 区域。

## 7.2 环境保护目标

本项目介入治疗室所在的医院 6 号楼（门诊住院楼）东侧为院内道路、之外为 7 号楼，南侧为 5 号楼、院内道路、4 号楼和 3 号楼，西侧为院内道路，之外为医院围墙，北侧为院内道路，之外为医院立体停车库。

拟改造的介入治疗室及相关场所位于医院西侧 6 号楼（门诊住院楼）中部，改造后介入治疗室东侧为 CT 机房，南侧为 DSA 操作室，西侧为卫生间、设备间，北侧为通道、之外为 MRI 机房，机房上方为诊室，下方为低压配电室。根据项目特点及周围毗邻关系，确定主要环境保护目标为该单位从事本项目射线装置操作的辐射工作人员、机房周围其他公众成员，详见表 7-1，周围 50m 范围内主要建筑物见图 7-1，介入治疗室周围毗邻关系见图 7-2。

表 7-1 本项目场所周围 50m 范围内主要保护目标

项目	保护目标	最短距离 (m)	常居留人数	方位	周围 50m 范围内主要场所
介入治疗室	其他工作人员	紧邻	2	介入治疗室东侧	CT 机房
	工作人员	紧邻	2	介入治疗室南侧	操作室
	工作人员	4	2	介入治疗室西侧	医护办公室
	公众	5~10	1		卫生间
	公众	2	2	介入治疗室北侧	MRI
	公众	紧邻	2	楼上	诊室
	公众	紧邻	1	楼下	低压配电室

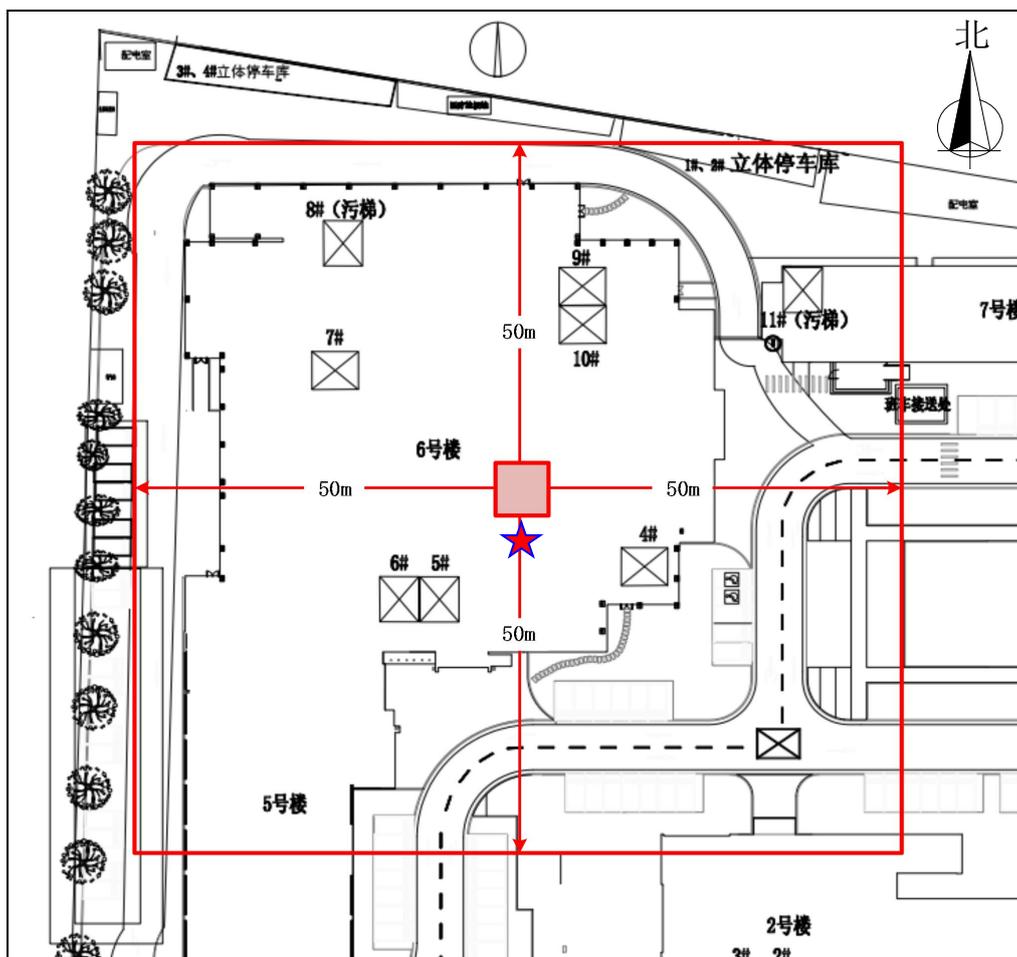


图 7-1 介入治疗室周围 50m 范围内主要建筑物图

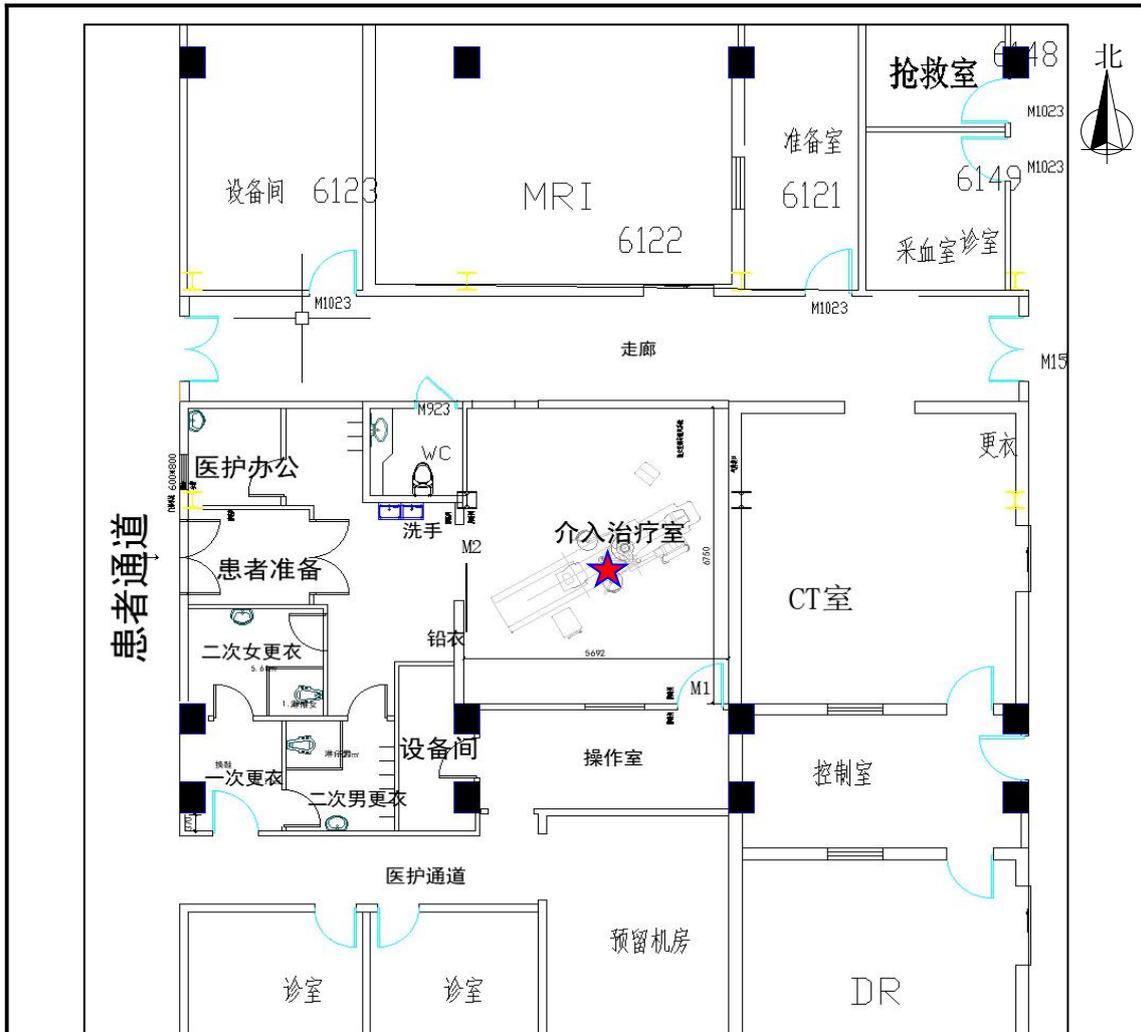


图 7-2 介入治疗室四周毗邻关系图

## 7.3 评价标准

### 7.3.1 剂量限值及剂量约束值

#### 7.3.1.1 基本剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值列于表 7-2。

表 7-2 个人剂量限值（GB18871-2002）

辐射工作人员	公众关键人群组成员
连续五年平均有效剂量 20mSv，且任何一年有效剂量 50mSv	年有效剂量 1mSv；但连续五年平均值不超过 1mSv 时，某一单一年可为 5mSv
眼晶体的当量剂量 150mSv/a 四肢或皮肤的当量剂量 500mSv/a	眼晶体的当量剂量 15mSv/a 皮肤的当量剂量 50mSv/a

GB18871-2002 还规定了年剂量约束值，按辐射防护最优化原则设计的年剂

量控制值应小于或等于该剂量约束值。剂量约束值是剂量限值的一个分数，公众剂量约束值通常应在 0.1~0.3mSv/a 范围内。

### 7.3.1.2 剂量约束值

该项目职业照射剂量和公众约束值分别执行 5mSv/a 和 0.1mSv/a。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位应该进行调查并报生态环境部门备案。

### 7.3.1.3 剂量率控制水平

根据 GBZ130-2020，介入治疗室外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

### 7.3.1.4 射线装置机房屏蔽防护基本要求

参照 GBZ130-2020 第 6.2 表 3，该项目 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求如下。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 (mm)	非有用线束方向铅当量 (mm)
C 型臂 X 射线设备机房 (介入 X 射线设备机房)	2.0	2.0

### 7.3.1.5 X 射线设备机房的面积要求

《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 第 6.1 条款指出：每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-4 的要求。

表 7-4 X 射线设备机房使用面积及单边长度

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

**表 8 环境质量和辐射现状**

## 8.1 地理位置和场所位置

### 8.1.1 地理位置

北京裕和医院位于北京市海淀区永定路 15 号，医院东侧为永定路，西侧 30 米处为泽丰苑北区，南侧为富诚公司，北侧为闲置空地，医院地理位置见附图 1 所示。

### 8.1.2 场所位置

拟改造的介入治疗室及相关场所位于医院西侧 6 号楼（门诊住院楼）中部，医院的平面布局图见附图 2 所示；改造后介入治疗室东侧为 CT 机房，南侧为 DSA 操作室，西侧为卫生间、设备间，北侧为通道、之外为 MRI 机房，机房上方为诊室，下方为低压配电室，该项目 6 号楼（门诊住院楼）1 层改造后平面布局见附图 3，介入治疗室平面布局见附图 4，介入治疗室楼上、楼下平面图见附图 5、附图 6。

## 8.2 辐射环境现状监测

2021 年 9 月 30 日，由北京贝特莱博瑞技术检测有限公司（中国认可检测 TESTING CHAS L14163）对本次新增的辐射工作场所进行了本底监测。监测项目为  $\gamma$  剂量率，监测仪表为  $\alpha$ 、 $\gamma$  剂量仪/AT1121/BT-073，检测报告编号为 2021BJC-F199。 $\gamma$  剂量率的监测数据见表 8-1，点位图见图 8-1，项目本底检测报告见附件 3。

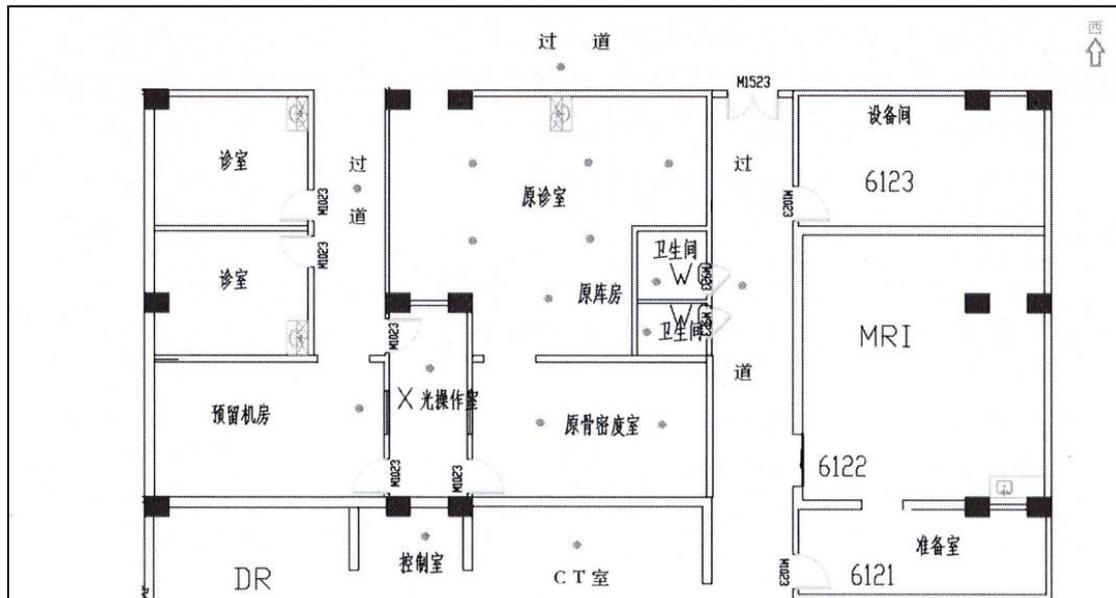
**表 8-1 介入治疗室场所及周围辐射环境水平监测结果**

场所名称	点位序号	测点描述	辐射剂量率 (nSv/h)
介入治疗室	1	原诊室、原库房	110
	2	卫生间	110
	3	原骨密度室	110
	4	CT 室	110
	5	控制室	110

	6	X 光操作室	110
	7	南侧过道	110
	8	西侧过道	110
	9	预留机房	110
	10	北侧过道	110
北京市范围 <sup>[1]</sup>			42.3~151.6nGy/h

注：检测结果含宇宙射线响应值；<sup>[1]</sup>：辐射安全手册，2011.11。

由上表检测结果可知，拟建介入治疗室场所及周围的 x-γ 辐射剂量率为 110nSv/h，在北京市的天然本底范围之内，未发现异常高值。



注：· 为检测位置。

图 8-1 介入治疗室周围检测点位图

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工程设备和工艺分析

### 9.1.1 工作原理

血管造影机为采用 X 射线进行成像的技术设备，主要由 X 射线管、高压电源和数字平板探测器等组成，是利用人体不同的组织或者组织与造影剂密度的差别，对 X 射线吸收能力不同的特点，透射人体的 X 线使数字平板探测器显影，来间接观察内脏形态的变化、器官活动情况等，辅助临床诊断。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、数字平板探测器、数字电子学、计算机技术、图像处理技术多种科技手段于一体的系统。DSA 主要采用时间减影法，即将造影剂未达到欲检部位前摄取的蒙片与造影剂注入后摄取的造影片在计算机中进行数字相减处理，仅显示有造影剂充盈的结构，具有高精密度和灵敏度。

DSA 适用于心脏大血管的检查。对心内解剖结构异常、主动脉夹层、主动脉瘤、主动脉缩窄和分支狭窄以及主动脉发育异常等显示清楚。对冠状动脉也是最好的显示方法。显示颈段和颅内动脉清楚，用于诊断颈段动脉狭窄或闭塞、颅内动脉瘤、动脉闭塞和血管发育异常，以及颅内肿瘤供血动脉的观察等。其典型设备如图 9-1 所示。



图 9-1 同类血管造影机典型设备图

### 9.1.2 操作流程

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，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上腔静脉，顺序取血测定静、动脉，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：考虑到将来手术量增加，本项目 DSA 保守每年按 1000 例手术评价，平均每天完成 4 例手术，介入诊疗医师每人的年手术量不超过 500 例。

## 9.2 污染源描述

### 9.2.1 主要放射性污染物

(1) 由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，本项目使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会放射 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。射线装置在运行时无其它放射性废气、废水和固体废弃物产生。

(2) 主要放射性污染因子：X 射线贯穿辐射。

### 9.2.2 污染途径

(1) 正常工况时的污染途径

X 射线装置主要的放射性污染是 X 射线，污染途径是 X 射线外照射。X 射线装置只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。在开机出束时，有用束和漏射、散射的 X 射线对周围环境造成辐射污染。在 X 射线装置使用过程中，X 射线贯穿机房的屏蔽设施进入外环境中，将对操作人员及机房周围人员造成辐

射影响。此外，X射线与空气作用产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，但由于该项目血管造影机工作时的管电压、管电流较小，因此产生的臭氧和氮氧化物也较少。

(2) 事故工况的污染途径

①射线装置发生控制系统或电器系统故障或人员疏忽，造成管电流、管电压设置错误，使得受检者或工作人员受到超剂量照射。

②人员误入机房受到辐射照射。

表 10 辐射安全与防护

## 10.1 项目安全设施

### 10.1.1 项目建设内容

北京裕和医院拟将医院 6 号楼（门诊住院楼）1 层中部原骨密度室、库房、诊室等场所改造成介入治疗室及相关场所，并新增 1 台血管造影机（DSA），开展心脏造影、心脏支架、脑血管造影、外周血管介入等诊疗工作。介入治疗室南侧为操作室，机房与操作室隔墙拟设置工作人员防护门 M1 和铅玻璃观察窗，机房西墙与患者通道隔墙设置防护门 M2；检查床拟东北方向设置，头部拟朝东北，床旁拟设置铅防护帘，床上方拟设置悬挂铅玻璃防护屏。工作人员同室近台和位于操作室操作设备，DSA 摄影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均拟回到操作室进行操作，DSA 透视曝光时，医师在手术间内近台操作，护士和技师通常不在手术间内。机房采用空调通风，不设采光窗。改造前布局图见图 10-1，拟改造后布局图见附图 3。机房拟采取的屏蔽防护设施如表 10-1 所示。

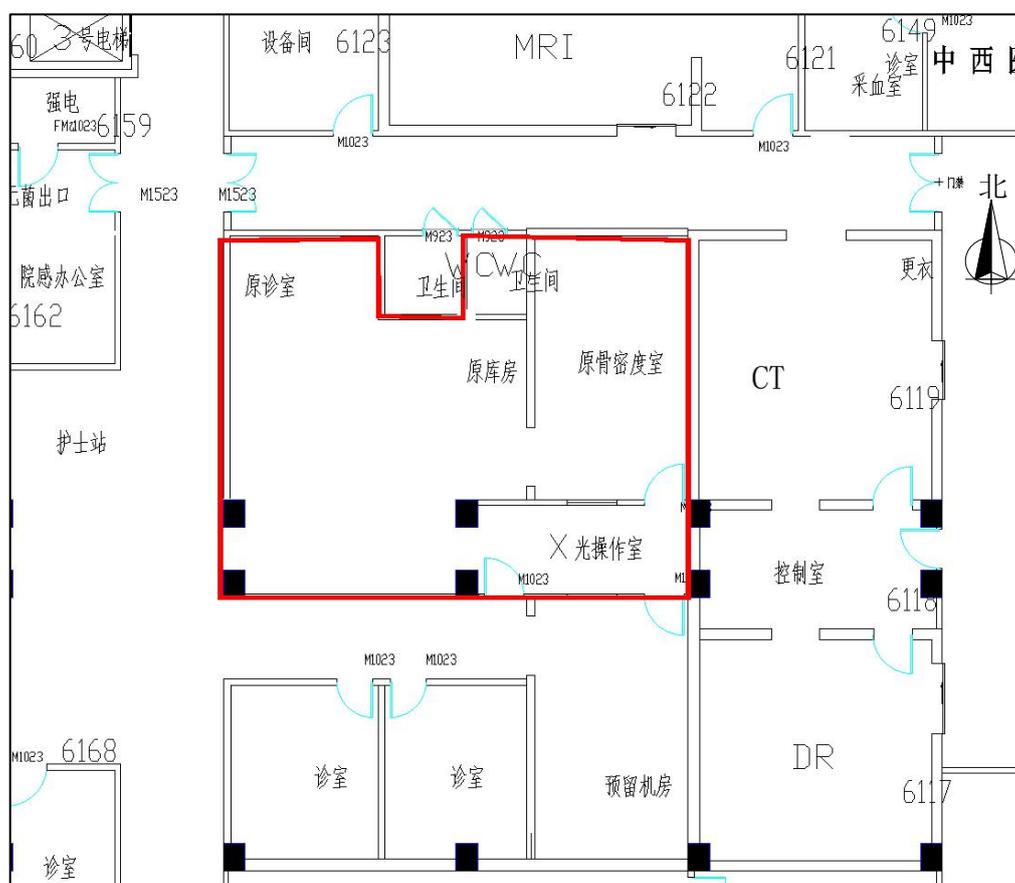


图 10-1 介入治疗室改造前的布局图

表 10-1 机房屏蔽材料及厚度情况一览表

序号	场所名称	机房有效面积 (m <sup>2</sup> )	屏蔽墙体方向	屏蔽材料及厚度
1	介入治疗室	38.4 (6.75m×5.69m)	东、南、西、北墙	15cm 龙骨+3mm 铅板
			操作室门 M1	龙骨+3mm 铅板
			防护门 M2	龙骨+3mm 铅板
			观察窗	15mm 厚铅玻璃
			顶棚	15cm 钢结构+3mm 铅板
			地板	30cm 混凝土

备注：混凝土的密度不低于 2.35g/cm<sup>3</sup>。

### 10.1.2 工作场所安全防护设施管理

工作场所安全与防护设施设计要求见表 10-2

表 10-2 介入治疗室辐射安全与防护设施设计表

序号	检查项目	是否拟设置	备注
1*	单独机房	√	单独机房
2*	操作部位局部屏蔽防护设施	√	铅悬挂防护屏、床侧防护帘、床侧防护屏等
3*	医护人员的个人防护	√	拟配铅衣、铅围裙、铅帽、铅眼镜、铅围脖各 2 件、铅手套 2 副
4*	患者防护	√	拟配铅围裙、铅围脖各 1 件
5*	机房门窗防护	√	铅防护门、铅玻璃观察窗
6*	闭门装置	√	机房防护门为电动推拉门，无需配自闭器
7*	入口处电离辐射警告标志	√	机房门上粘贴电离辐射警示标志
8*	入口处机器工作状态显示	√	门上拟安装工作状态指示灯
9*	监测仪器	√	配备 1 台辐射巡测仪
10*	个人剂量计	√	所有工作人员配备 TLD 个人剂量计

注：加\*的项目是重点项，有“设计建造”的划√，没有的划×，不适用的划/。

### 10.1.3 介入治疗室辐射防护措施

(1) 机房采取实体屏蔽措施，介入治疗室设计的防护能力和评价依据对照情况见表 10-3，满足 GBZ130-2020 标准相关要求，保证工作人员和公众的受照剂量满足环评文件提出的剂量约束要求。

(2) 各辐射工作场所施行控制区和监督区分区管理，机房出入口内的所有区域为控制区，操作室和设备间机房为监督区，分区图见图 10-2。

(3) 机房门 M2 为电动推拉门，操作室门 M1 为平开门。拟在该项目机房防护门 M2 外醒目位置设置电离辐射警告标志，并拟在防护门 M2 外上方安装工作状态指示灯，指示灯标志牌上拟设警示语“射线有害，灯亮勿入”。工作状态指示灯拟与操作室门 M1 关联，指示灯电源拟与设备低压供电线路连接，当设备开启且工作人员防护门 M1 关闭时，防护门 M2 外指示灯亮起。介入治疗室辐射安全设施布置位置见图 10-2 所示。

(4) 辐射工作人员均佩戴个人剂量计。

(5) 介入治疗室设有观察窗和语音提示系统。

(6) 介入治疗室操作部位局部拟采取下列屏蔽防护设施：手术床的床侧悬挂含 0.5mm 铅当量的床侧防护帘 1 个、0.5mm 铅当量的床侧防护屏 1 个；床上悬挂可移动 0.5mm 铅当量的铅悬挂防护屏 1 个，用于阻挡散、漏射线对辐射工作人员的照射。

(7) 医院拟配备符合防护要求的辅助防护用品，介入治疗室拟配置工作人员防护用品，包括前 0.5mm、后 0.25mm 铅当量的铅衣 2 件，0.5mm 铅当量的铅围裙、铅帽、铅眼镜、铅围脖各 2 件，铅手套 2 副；拟配置 0.5mm 铅当量的受检者防护用品，包括配铅围裙、铅围脖各 1 件。机房个人防护用品和辅助防护设施配置情况见表 10-4，满足 GBZ130-2020 标准相关要求。

(8) 项目拟配置 1 台便携式辐射检测仪，用于 DSA 机房日常自行辐射监测。

(9) 介入治疗室拟采用中央空调进行通风，防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积；家属等候区拟设置放射防护知识宣传栏。

(10) 机房配备火灾报警系统，配有灭火用品。

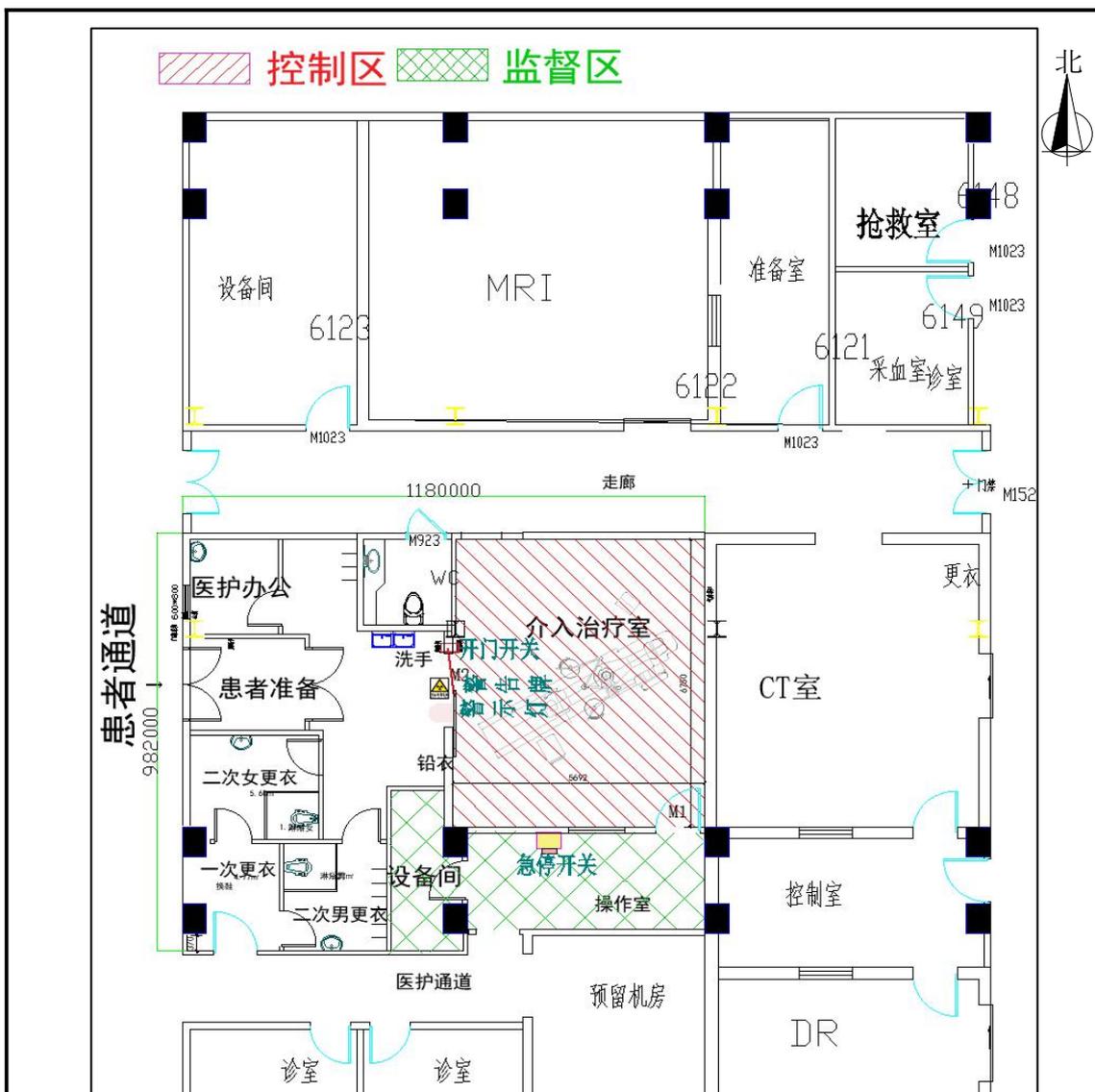


图 10-2 介入治疗室辐射安全设施布置图

表 10-3 介入治疗室的防护能力和评价依据对照情况

场所名称	屏蔽墙体方向	屏蔽材料及厚度	等效铅当量	标准要求	是否符合标准要求
介入治疗室	东、南、西、北墙	15cm 龙骨+3mm 铅板	3mm	2mm	是
	操作室门 M1	龙骨+3mm 铅板	3mm	2mm	是
	机房门 M2	龙骨+3mm 铅板	3mm	2mm	是
	观察窗	15mm 厚铅玻璃	3mm	2mm	是
	顶棚	15cm 钢结构+3mm 铅板	3mm	2mm	是
	地板	30cm 混凝土	3.75mm	2mm	是

机房有效尺寸：6.75m×5.69m，有效面积 38.4m<sup>2</sup>（标准要求：最小有效使用面积不小于 20m<sup>2</sup>；机房内最小单边长度不小于 3.5m）。

备注：参照《医用辐射危害控制与评价》表 5-4 和 GBZ130 表 C.4：对于 DSA：8cm 混凝土相当于 1mmPb。

表 10-4 介入放射学操作个人防护用品和辅助防护设施配置情况

/	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
标准要求	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、防护手套、铅防护眼镜，选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏，选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子 选配：阴影屏蔽器具	—
介入治疗室机房配备情况	铅衣、铅围裙、铅帽、铅眼镜、铅围脖各 2 件、铅手套 2 副	铅悬挂防护屏、床侧防护帘、床侧防护屏各 1 个	铅围裙、铅围脖各 1 件	—
是否符合要求	是	是	是	

#### 10.1.4 法规符合情况

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定，现对北京裕和医院从事本项目辐射活动能力评价列于表 10-5 和表 10-6。

##### 10.1.4.1 对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求的满足情况

表 10-5 汇总列出了本项目对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对使用放射性同位素和射线装置单位承诺的对应检查情况。

表 10-5 项目执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求对照表

序号	要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	已成立辐射防护领导小组，并在该机构设有专职管理人员。	符合
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	医院现有共计约 11 名从事辐射工作人员。本项目新增辐射工作人员，拟设置 8 人，其中 4 名医师、2 名护士和 2 名技师。	近期符合
3	使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体防卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素。	不涉及该内容
4	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措	拟制定相应的操作规程，人员出入口处拟设置电离辐射警告标志和	近期符合

	施。	工作状态指示灯等。	
5	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器,包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。	新增辐射工作人员拟配备个人剂量计,拟配备1台辐射监测仪器开展自行监测。	近期符合
6	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	拟完善已制定的规章制度、操作规程、岗位职责及辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员考核计划、监测方案等。	近期符合
7	有完善的辐射事故应急措施。	拟完善已制定辐射事故应急措施。	近期符合
8	产生放射性废气、废液、固体废物的,还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不涉及	符合

#### 10.1.4.2 对《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求的满足情况

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件,本项目具备的条件与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求的对照检查如表 10-6 所示。

表 10-6 项目执行《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求对照表

序号	安全和防护管理办法要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	<b>第五条</b> 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所,应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志,其出口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求,设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。	机房拟设置醒目的电离辐射警告标志及配有“当心电离辐射”的中文警示说明。机房拟安装门-灯联锁安全装置及工作警示灯。	近期符合
2	<b>第七条</b> 放射性同位素和被放射性污染的物品应当单独存放,不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放,并指定专人负责保管。	本项目不涉及放射性同位素。	不涉及该内容
3	<b>第九条</b> 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照国家环境监测规范,对相关场所进行辐射监测,并对监测数据的真实性、可靠性负责;不具备自行监测能力的,可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	拟委托有辐射水平监测资质单位每年对辐射工作场所及其周围环境进行1次监测。	近期符合
4	<b>第十二条</b> 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	承诺每年1月31日前向生态环境部门提交年度评估报告。	近期符合

	发证机关提交上一年度的评估报告。		
5	<b>第十七条</b> 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。	医院现有共计约11名从事辐射工作人员。本项目新增辐射工作人员，拟设置8人，其中4名医师、2名护士和2名技师。	近期符合
6	<b>第二十三条</b> 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	拟为所从事放射性工作的人员配备个人剂量计，并委托有资质单位进行个人剂量监测（每季度1次）。	近期符合
7	<b>第二十四条</b> 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。	拟委托有资质单位对新增的辐射工作人员进行个人剂量监测。	近期符合

以上分析可知，该单位从事本项目辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

## 10.2 三废的治理

本项目中主要开展使用射线装置，项目运行过程中不产生放射性废物。

表 11 环境影响分析

### 11.1 建设期环境影响

该项目施工活动对环境的影响主要是场所改造和 DSA 安装过程中产生的噪声、粉尘以及振动等，为了不影响周围环境，在场所改造和 DSA 安装过程中，将采取一些降噪、防尘措施。如在施工现场设置隔离带、设立声障，这样既可有效的减少扬尘的污染，又可降低噪声；合理安排施工时间，对振动较大的施工，尽量安排在下班或节假日进行。本项目是对已有房间进行安装设备，工程量小，且施工基本上都在医院内进行，并且项目所在地区的地面已经过硬化，无裸露地面，因此产生的扬尘相对较小，因此基本不影响单位和周围其他单位的正常工作。

### 11.2 血管造影机运行（使用）后对环境的影响

#### 11.2.1 机房所在位置及平面布局合理性分析

拟改造的介入治疗室及相关场所位于医院西侧 6 号楼（门诊住院楼）中部，50m 评价范围内均为医院内部，距周围环境敏感点较远，评价范围内无学校、居民楼、养老院等敏感目标，无商场和超市等人员密集场所。

本项目为介入治疗室，介入诊疗区由介入治疗室（DSA 机房）、操作室、设备间等组成。介入诊疗区将划分为控制区和监督区进行管理。控制区为介入治疗室，监督区为操作室和设备机房。两区分区合理，符合辐射防护要求。

由介入诊疗区平面布局（图 11-1）可见，与射线装置相关的各辅助用房紧密布置于射线装置机房周围，整体布局紧凑，且患者通道、医护人员通道相对独立，路线合理，有利于辐射防护。机房墙体、防护门、观察窗、楼板的屏蔽防护材料和厚度充分考虑了防护效果，能够有效降低电离辐射对工作人员和周围公众的辐射影响。

综合分析，本项目两区划分明确，平面布局既满足介入诊疗工作要求，又有利于辐射防护，评价认为本项目平面布局合理。

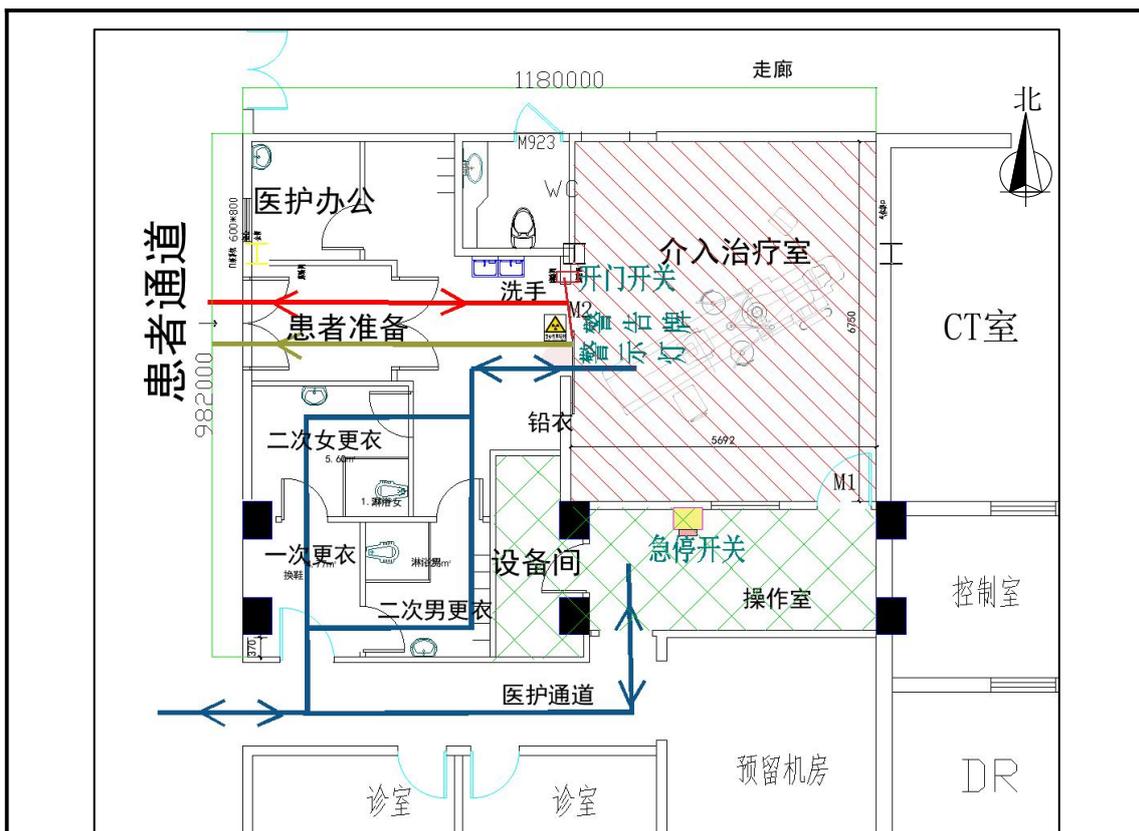


图 11-1 介入治疗室分区和路由平面布局图

### 11.2.2 设备参数和使用规划

#### (1) 设备技术参数

本项目拟配由北京唯迈医疗设备有限公司生产的 Pilot3000 型血管造影系统，该血管造影机（DSA）最大管电压为 120kV，最大管电流为 800mA。

#### (2) 使用规划

根据医院提供的资料，介入治疗室 DSA 主要用于设备开展心脏造影、心脏支架、脑血管造影、外周血管介入等介入诊疗程序，本项目手术量预计不超过 1000 例/年，每名医生全年最多手术量不超过 500 例，本评价以 1 名医师全年手术 500 例进行剂量估算。根据经验数据，DSA 手术类型、工作量、曝光时间见表 11-1 所示。

表 11-1 DSA 手术类型、手术曝光时间预计

手术类型	透视时间 (min)	摄影时间 (min)
心脏造影+心脏支架	12	1

脑血管造影	8	2
下肢造影	6	1
起搏器	5	0.5
外周介入治疗	10	2

根据美国NCRP147报告，心脏血管造影比外周血管造影和神经血管造影的工作负荷、泄漏辐射与侧向散射的空气比释动能都大，因此本项目透视以心脏血管造影模式和摄影以外周介入治疗的工况进行估算，其单台手术透视和摄影工作状态的累积出束时间分别为12min和2min，500例手术透视和摄影工作状态的累积出束时间分别100h和16.7h，总计116.7h。

### 11.2.2 辐射环境影响评价

#### 11.2.2.1 机房外剂量率估算

DSA设备的额定功率约80~100kW。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，DSA设备管电压和管电流都留有较大裕量，实际使用时管电压通常在100kV以下，透视管电流通常为几十mA，摄影功率较大，管电流通常为几百mA，相差可达50倍，因此在估算DSA机房外剂量率时需使用摄影工况。另外，NCRP147报告4.1.6章节指出，DSA屏蔽估算时不需要考虑主束照射，只需考虑散漏射线的影响，机房外人员受到的贯穿辐射来自于X射线管球的泄漏辐射与介入患者的散射辐射。对于机房外四周关注点，考虑泄漏辐射和患者的侧向散射，对于机房楼上和楼下关注点则考虑泄漏辐射和患者的前/背向散射。因此在估算法机房外关注点剂量率时需首先确定机房内患者1m处未屏蔽次级散漏辐射水平。

本项目DSA设备透视和摄影均采用脉冲模式，计算机房外剂量率水平时保守按100kV、500mA、15帧/s、10ms/帧的摄影工况考虑。根据NCRP147报告100kV设备有用线束距焦点1m处输出量约为4.692mGy/mA·min，则设备在上述摄影工况时有用束的剂量率为4.692mGy/mA·min×500mA×60min/h×15帧/s×0.01s/帧=21.1Gy/h（不考虑DSA附加的Cu和Al过滤材料的自吸收）。依据《辐射防护手册》（第一分册）表10.1，保守取100kVX线90°方向400cm<sup>2</sup>的散射因子1.3×10<sup>-3</sup>，则摄影工况下，1m处侧向散射辐射剂量率为27.4mGy/h。泄漏辐射保守取有用束

输出量的0.1%，为21.1mGy/h，则机房内辐射源1m处泄漏辐射和侧向散射辐射总的剂量率为48.5mGy/h。

参照NCRP147报告中心血管造影情况下，距X射线源1m处所指定工作负荷（160mA·min/患者）情况下每名患者未屏蔽次级泄漏辐射与侧向散射的空气比释动能总和为2.7mGy/患者（即做1名心血管造影手术，在侧向的空气比释动能总和为2.7mGy）、泄漏+前/背向散射总和为3.8mGy/患者，后者为前者的1.41倍，可推导出机房内辐射源1m处的泄漏辐射和前/背向散射总的剂量率为48.5mGy/h×1.41=68.3mGy/h。

机房外关注点的剂量率可按下式计算：

$$H = \frac{H_0}{R^2} \times K^{-1} \quad (11-1)$$

$$K^{-1} = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha x} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad (11-2)$$

式中： $H_0$ —距散射体（患者）1m处的泄漏和散射辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$R$ —散射面中心点到关注点的距离，m；

$K$ —屏蔽体衰减因子；

$x$ —某种屏蔽材料的厚度；

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ —与不同屏蔽材料有关的三个拟合参数，取NCRP147报告心脏血管造影模式下的相关参数（混凝土：0.0371、0.1067、0.5733，铅：2.354、14.94、0.7481）。

根据上述估算方法得出摄影工况下介入治疗室周围的剂量率估算结果如表11-2所示，估算点位见图11-2，介入治疗室楼上楼下剖面图见图11-3。

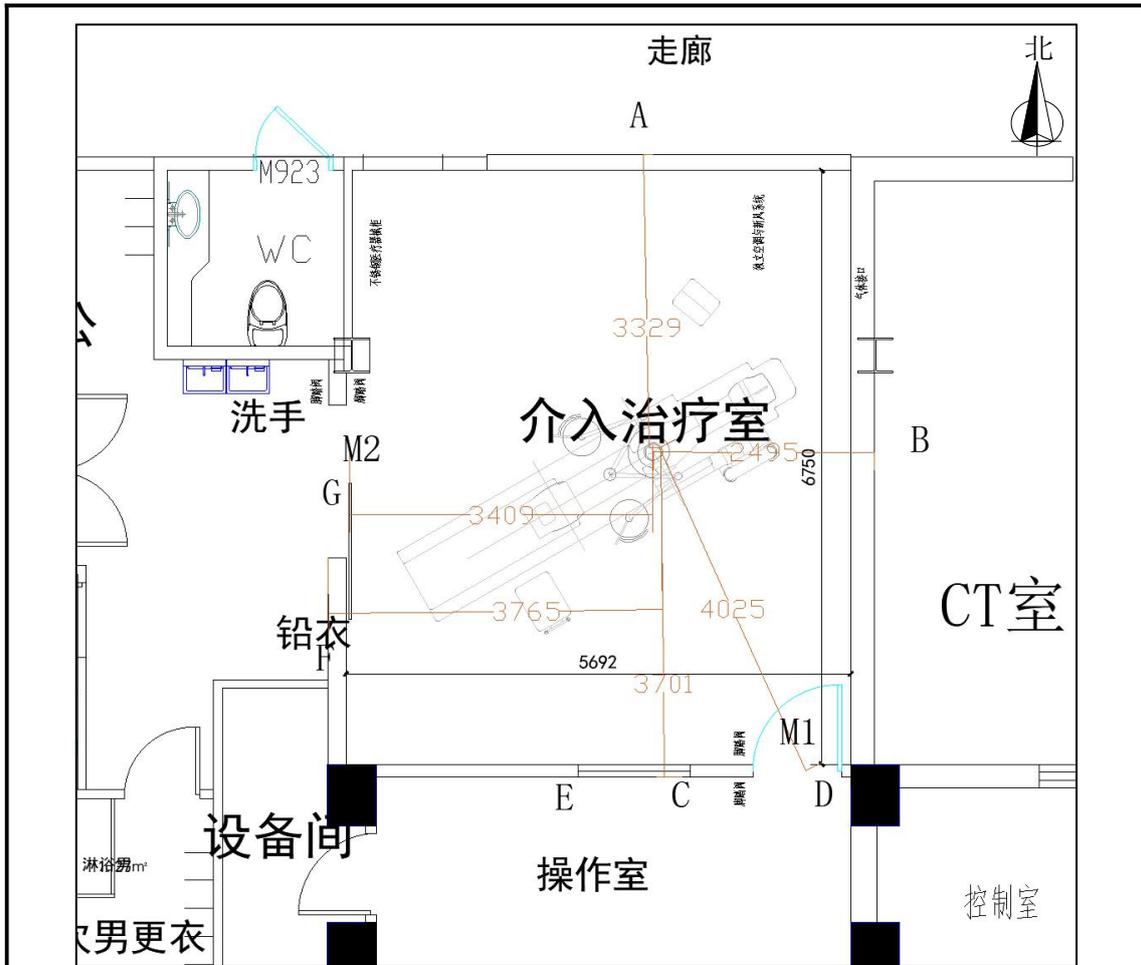


图 11-2 介入治疗室估算点位示意图

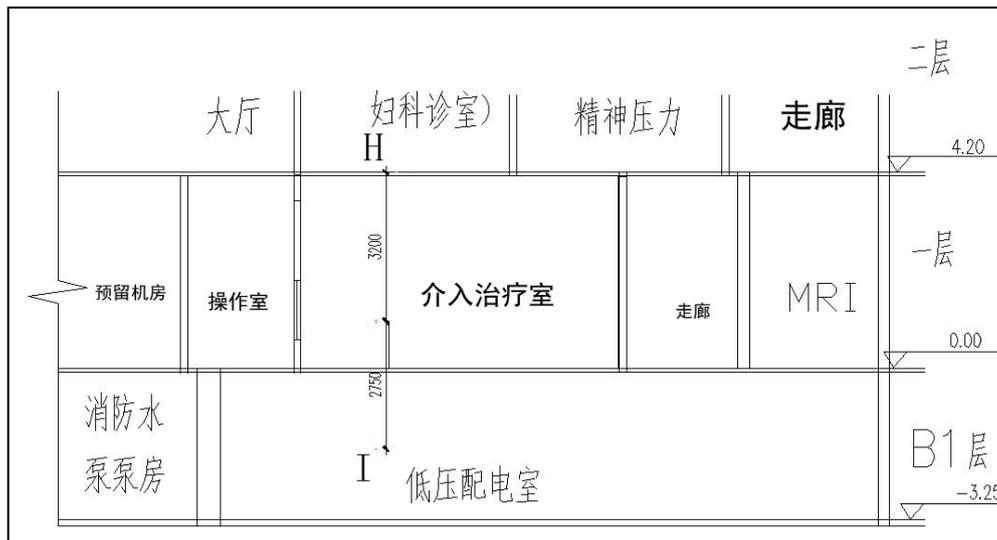


图 11-3 介入治疗室楼上、楼下南北向剖面图

表 11-2 摄影工况下介入治疗室周围辐射剂量水平估算结果

位置	屏蔽厚度	衰减因子 (K <sup>-1</sup> )	射线束	距离 /m	屏蔽后附加剂量率 μGy/h	备注
北墙外 A	龙骨+3mm 铅板 (3mm 铅当量)	6.00E-05	泄漏+侧向散射	3.6	2.24E-01	走廊
东墙外 B			泄漏+侧向散射	2.8	3.71E-01	CT 机房
南墙外 E			泄漏+侧向散射	4.0	1.82E-01	操作室
西墙外 F			泄漏+侧向散射	4.1	1.73E-01	设备间、洗手间等
观察窗 C	15mm 厚铅玻璃 (3mm 铅当量)	6.00E-05	泄漏+侧向散射	4.0	1.82E-01	操作室
操作室门 M1 外 D	龙骨+3mm 铅板 (3mm 铅当量)	6.00E-05	泄漏+侧向散射	4.3	1.57E-01	操作室
防护门 M2 外 G		6.00E-05	泄漏+侧向散射	3.7	2.12E-01	设备间、洗手间等
楼上 H	15cm 钢结构+3mm 铅板 (3mm 铅当量)	6.00E-05	泄漏+侧向散射	3.5	3.34E-01	诊室
楼下 I	30cm 混凝土 (3.75mm 铅当量)	1.02E-05	泄漏+侧向散射	2.8	8.90E-02	低压配电室
备注：泄漏和侧向散射 1m 处剂量率取 4.85E+04μGy/h，泄漏和前/背向散射 1m 处剂量率取 6.83E+04μGy/h；K <sup>-1</sup> 取 NCRP147 报告心脏血管造影模式下的衰减因子。						

从上述估算结果可知，DSA 正常摄影工况下，介入治疗室外周围附加剂量率最大值为 3.71E-01μGy/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，根据剂量率与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽，则在介入治疗室周围 50m 评价范围内的办公区、其他诊疗场所等公众长居留场所的剂量率远小于 2.5μSv/h。上述剂量率的计算是基于保守假设进行的，实际工作中 X 射线机运行参数要小于 100kV/500mA，且患者身体对 X 射线会有部分的吸收，约衰减 1-2 个量级（NCRP147 号报告），预计实际运行时，机房周围的剂量率水平可以维持在正常本底水平。

### 11.2.2.2 年附加剂量估算

#### (1) 工作人员年附加有效剂量

该项目 DSA 摄影曝光时，医师除存在临床不可接受的情况外均回到操作室进行操作，DSA 透视曝光时，医师在手术间内近台操作，护士和技师不在第一介入室内，考虑到特殊情况摄影工况（图像采集）时医生可能在机房停留，本评

价保守以透视和摄影近台操作全居留模式下估算医师的受照剂量。

每台手术通常由 2 名医师、1 名技师、1 名护士组成，根据医院提供资料，每个医师在 DSA 设备上的年工作量最多不超过 500 台相关手术，年累积透视时间 100h，摄影时间为 16.7h。

参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS 76-2020）表 B.1 和图 I.3 规定：透视防护区检测平面上周围剂量当量应不大于  $400\mu\text{Sv/h}$ 。除存在临床不可接受的情况外，摄影工况图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留。

保守假设：1) 医生在透视工况下，手术位置的附加剂量率水平为标准限值  $400\mu\text{Sv/h}$ ，且医生全居留；2) 按 15 帧/s、10ms/帧的摄影工况考虑下，医生所在位置的附加剂量率水平增加 7.5 倍，保守取 10 倍（达  $4\text{mSv/h}$ ）。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  $T=1/16$ 。

本项目医护人员在除了心脏造影外，摄影工况（图像采集）时基本不在机房停留，考虑到心脏造影全居留的情况，本评价保守居留因子取 1。

根据 GBZ130-2020，工作人员采取铅衣（0.5mm 铅当量）屏蔽措施，在透视和摄影时，衰减系数约为 0.025，即医生在透视和摄影工况下的最大受照剂量率水平为  $10\mu\text{Gy/h}$  和  $100\mu\text{Gy/h}$ 。

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， $\mu\text{Sv}$ ；

$D$ —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。

职业人员附加年有效剂量估算结果见表 11-3，其中透视情况下的剂量率取摄影工况下剂量率的 1/10。可见，介入工作人员的年受照剂量低于本项目设定的  $5\text{mSv}$  的年剂量约束值。

表 11-3 介入治疗室工作人员的年附加有效剂量

估算对象		剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	工作时间 (h/a) *	居留 因子	年附加有效剂量 ( $\mu\text{Sv}$ )
机房内	工作人员 (术者)	透视	10	100	2670
		摄影	100	16.7	
机房外	操作室 (技师、护士)	透视	3.71E-02	200	19.77
		摄影	3.71E-01	33.3	

备注：\*机房外的工作时间按每年最大手术量 1000 例修正。

本项目技师和护士在射线束时都是位于机房外隔室防护，介入治疗医师的年附加有效剂量不大于 2.67mSv，机房外的工作人员年附加剂量约为 19.44 $\mu\text{Sv}$ 。本项目辐射工作人员都是按照每年的最大手术量进行估算，理论上可不考虑剂量累加情况，根据医院提供的个人剂量监测报告，从事介入的辐射工作年附加剂量不超过 1mSv/a，即使累加后也小于单位所设定的工作人员剂量管理目标值 5mSv/a 要求。上述估算是依照“透视防护区检测平面上周围剂量当量应不大于 400 $\mu\text{Sv/h}$  的限值”进行估算的，实际上，操作位的剂量率水平通常低于 200 $\mu\text{Sv/h}$ ，预计介入人员的实际年受照剂量可以低于 2mSv/a。

(2) 公众年附加有效剂量

根据表 11-2 介入治疗室外主要关注点辐射剂量率水平，同时考虑介入治疗室外公众居留情况估算出公众的年附加剂量见表 11-4，其中透视情况下的剂量率取摄影工况下剂量率的 1/10。

表 11-4 介入治疗室外公众的年附加有效剂量

估算对象	估算位置	附加剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	年工作时间 (h/a) *	居留 因子	年附加有效剂量 ( $\mu\text{Sv}$ )	
公众	西墙外 F (设备间、洗手间等)	透视	1.73E-02	200	1/16	0.27
		摄影	1.73E-01	33.3		
	防护门 M2 外 G (设备间、洗手间等)	透视	2.12E-02	200	1/16	0.71
		摄影	2.12E-01	33.3		

	楼上 H (体检超声检查室)	透视	3.34E-02	200	1/16	1.11
		摄影	3.34E-01	33.3	1/16	
备注：*机房外的工作时间按每年最大手术量 1000 例修正。						

根据上述估算结果，介入治疗室外主要公众关注点年附加剂量最大值为 1.11 $\mu$ Sv，能满足本评价剂量约束目标值 0.1mSv 的要求。根据剂量与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽，预计周围其它诊疗场所的公众长居留场所的年附加剂量将远小于 1.11 $\mu$ Sv。

因此，在介入治疗室周围 50m 评价范围内工作人员和公众的年剂量能满足本评价剂量约束目标值（5mSv，0.1mSv）的要求。由此可见，工作人员防护铅衣铅当量和机房屏蔽厚度达到要求情况下，在机房内部和周围的辐射工作人员及公众所接受剂量低于剂量约束值的要求。

### 11.3 异常事件分析与防范建议

#### (1) 事件（故）分析

医用射线装置发生大剂量照射事故的几率极小。DSA 射线装置在运行中，可能发生以下事件：

①人员误入机房受到不必要的照射；

②X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门，对附近经过或停留人员产生误照射。

#### (2) 事件（故）防范措施

针对人员误入机房受到照射的防范措施是：机房防护门上设置电离辐射警示标志、中文警告说明。防护门上方设置工作状态指示灯，并且和防护门联锁。当防护门关闭准备出束时，警示灯自动点亮，以警示人员别误入机房。

针对没有关闭防护门出束的防范措施是：规范工作秩序，严格执行《操作规程》和《辐射防护和安全保卫制度》，此外，辐射防护领导小组每半年一次检查安全规章和制度落实情况，发现问题及时纠正。

当射线装置出束时防护门未关闭或突然被打开，假设联锁故障，防护门附近人员将受到一定量的散射和漏射 X 射线照射。由于设备出束持续时间短，散射线

和漏射线能量有限，加之X射线能量的距离衰减作用，此种偶发情况下人员受照剂量很小，但是容易引发医疗纠纷。一旦出现该种情况，要耐心细致给予解释，防止事态扩大化。

如果出现上述事件，迅速启动应急处理预案，依照应急预案人员和职责、事故处理原则和处理程序等进行处理。

#### 11.4 项目环保验收内容建议

根据项目建设和运行情况，评价单位建议本项目竣工环境保护验收的内容见表11-5。

表11-5 项目环保验收内容建议表

验收内容	验收要求
剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和环评报告预测，公众、职业照射剂量约束值执行 0.1mSv/a 和 5mSv/a 要求。
剂量当量率	机房外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。
电离辐射标志和中文警示	在辐射工作场所设有出束工作状态指示灯，防护门外贴有电离辐射警告标志。
布局和屏蔽设计	辐射工作场所建设和布局与环评报告表描述内容一致。辐射工作场所墙和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。
辐射安全设施	机房设有工作状态指示灯、电离辐射警告标志以及铅衣等个人防护用品。
监测仪器	配备检测仪器：已配备 1 台辐射巡测仪，辐射工作人员进行个人剂量监测，建立健康档案。
规章制度	已经制定有各项安全管理制度、操作规程、工作人员考核计划等。辐射安全管理制度和操作规程得到宣贯和落实。
人员培训	辐射工作人员通过辐射安全与防护考核。
应急预案	辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确了应急处理组织机构及职责、处理原则、信息传递、处理程序和处理技术方案等。配备必要的应急器材、设备。针对使用射线装置过程中可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急装备。进行过辐射事故（件）应急演练。

表 12 辐射安全管理

## 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

### 12.1.1 辐射安全管理小组

医院已经设置了辐射安全与环境保护管理领导小组作为专门管理机构，并指定了专人负责辐射安全与环境保护管理工作。人员构成具体情况见表 1-2 所示。本项目实施后，医院将介入治疗室纳入辐射安全管理范围，介入治疗室主任将担任辐射安全与环境保护管理领导小组成员，负责介入治疗室的日常管理。辐射安全管理小组的职责包括：

(1) 在医院辐射安全防护组组长、副组长的领导下，负责本医院辐射安全防护的管理工作。

(2) 贯彻执行国家、北京市政府部门有关法律、法规、规章、相关标准及有关规定。负责对本医院相关部门和人员进行法律、法规及相关标准的培训、教育、指导和监督检查等工作。

(3) 制定、修订本医院辐射安全防护管理制度及仪器设备操作规程。

(4) 制定、修订辐射事故应急预案，配备相应的事故处理物资仪器、工具，一旦发生辐射意外事故或情况，在辐射安全防护组组长的指挥下负责事故现场的应急处理工作。

(5) 负责办理辐射安全许可证的申请、登记、换证及年审等工作。

(6) 建立射线装置档案，组织医院有关部门和人员对使用的射线装置及剂量监测仪器进行检查和维护保养，保证正常使用。

(7) 对医院从事辐射工作的人员进行条件和岗位能力的考核，组织参加专业体检、培训并取得相应资格证。

(8) 组织实施对从事辐射工作人员的剂量监测，做好个人剂量计定期检测工作，对数据进行汇总、登记、分析等工作。做好医院年度评估报告工作，认真总结、持续改进并上报有关部门。

### 12.1.2 辐射工作人员

医院现有共计约 11 名从事辐射工作人员。本项目新增辐射工作人员，拟设

置 8 人，其中 4 名医师、2 名护士和 2 名技师。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

医院辐射安全管理严格遵循国家的各项相关规定，针对 DSA 诊疗项目，将制定血管造影机（DSA）操作规程，完善辐射监测方案、辐射事故（件）应急预案等辐射安全管理制度，严格执行后能确保 DSA 项目的顺利实施。

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 个人剂量监测

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

全院辐射工作人员的个人剂量监测工作目前已委托天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司承担，监测频度为每 1 个季度检测一次。医院严格要求辐射工作人员按照规范佩戴个人剂量计，规定在个人剂量计佩戴时间届满一个监测周期时，由专人负责收集人员佩戴的剂量计送检更换，医院严格按照国家法规和相关标准进行个人剂量监测和相关的防护管理工作。

### 12.3.2 工作场所和辐射环境监测

北京裕和医院介入治疗室拟配备 1 台辐射巡测仪用于介入治疗室的自行监测，可以满足医院辐射防护和环境保护的要求。

### 12.3.3 本项目工作场所自行监测方案

北京裕和医院针对本次 DSA 项目，拟建立辐射环境自行监测方案，介入治疗室工作人员使用辐射监测仪，对辐射工作场所进行监测，方案如下：

- (1) 监测项目：X 射线剂量率水平
- (2) 检测设备：便携式辐射巡测仪
- (3) 检测频次：剂量率水平每年不少于 1 次。

本项目涉及工作场所的监测布点：监测点位如图 12-1、图 11-3，主要是机房的周边、楼上、楼下、特别是操作室和防护门处。测量结果连同测量条件、测量方法和仪器、测量时间等一同记录并妥善保存，并根据标准要求，每年进行一

次设备状态检测。监测计划见表 12-1。

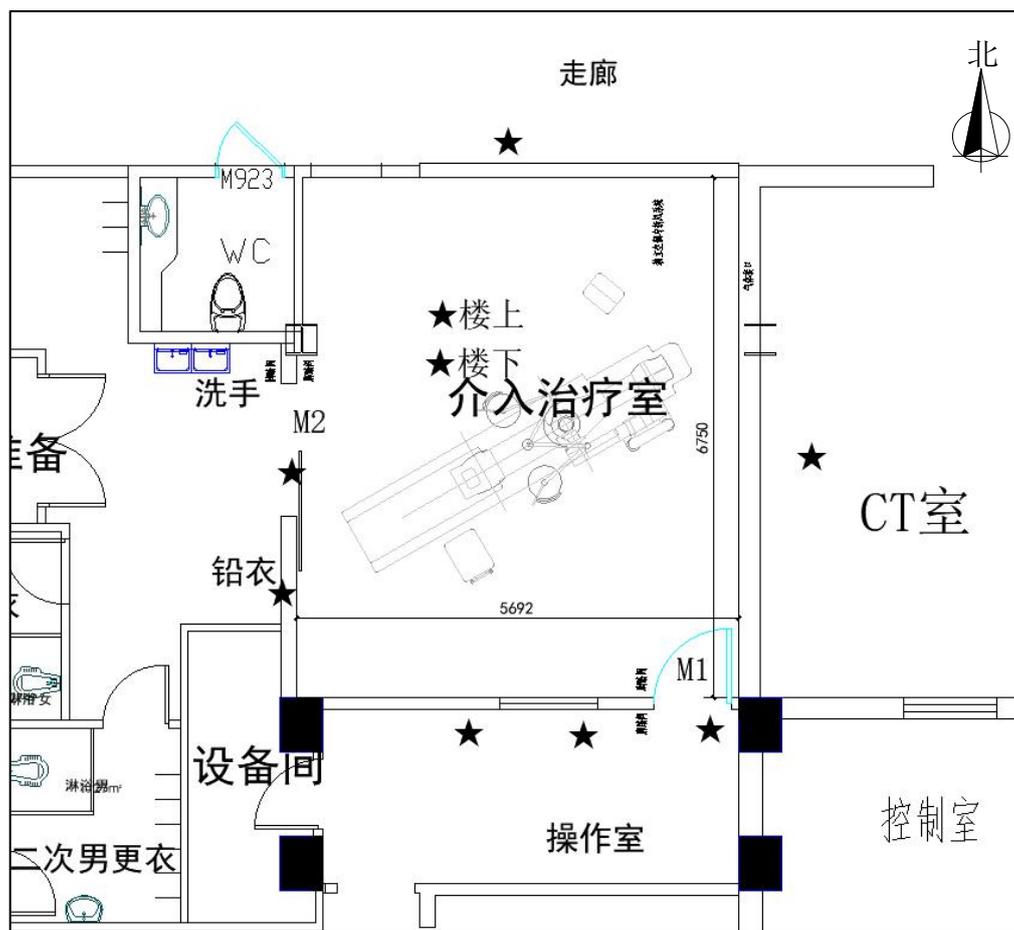


图 12-1 介入治疗室周围自行检测点位图（标注★为检测位置）

表 12-1 本项目辐射工作场所监测计划

场所	测点编号	测点位置	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	检测频次
介入治疗室	1	控制室		1 次/年
	2	观察窗外		1 次/年
	3	控制室门外		1 次/年
	4	机房门外		1 次/年
	5	东墙外		1 次/年
	6	南墙外		1 次/年
	7	西墙外		1 次/年

	8	北墙外		1次/年
	9	楼上		1次/年
	10	楼下		1次/年
备注：墙外和楼下检测高度为 1.5m，观察窗和防护门为四周搭接处和中间区域。				

## 12.4 辐射事故应急管理

北京裕和医院将制定《辐射事故（件）应急预案》，包含对 DSA 项目的辐射事故应急管理相关内容，依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，一旦发生辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理，保护工作人员和公众的健康与安全，同时在应急预案中进一步明确规定处理的组织机构及其职责分工、事故分级、应急措施、报告程序、联系方式等内容，能够满足医院实际辐射工作的需要。

发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。医院将每年至少组织一次应急演练。

表 13 结论与建议

## 13.1 结论

### 13.1.1 实践正当性分析

北京裕和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[F0556]）。随着导管检查病人逐年增加，门诊医疗服务和急诊介入手术需求也同步增加，医院为了满足急诊患者的及时介入诊断和治疗需要，医院拟新建介入治疗室并新增 1 台新的血管造影机。血管造影机为很成熟的医用 X 射线设备，尽管 X 射线对人体有少许危害，但是借助 DSA 设备可以辅助医学诊断治疗，所获利益远大于其危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

### 13.1.2 选址合理性分析

本项目介入治疗室位于该医院 6 号楼（门诊住院楼）1 层，评价范围 50m 内均为医院内部，选址充分考虑了患者诊疗的便利性以及周围场所的防护与安全，对公众影响较小。因而从辐射环境保护方面论证，该项目选址是可行的。

### 13.1.3 辐射防护屏蔽能力分析

通过对介入治疗室的辐射屏蔽措施分析可知，机房外周围剂量当量率不超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，并设置门-灯联锁、工作状态指示及电离辐射警示等措施，符合辐射安全防护的要求。

### 13.1.4 辐射环境评价

（1）根据现场监测和估算结果可知，DSA 设备运行后，预计工作人员和公众的年受照剂量均低于相应剂量约束限值（ $5\text{mSv/a}$ 、 $0.1\text{mSv/a}$ ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位应该进行调查并报生态环境部门备案。

（2）本项目 DSA 设备正常运行（使用）情况下，不产生放射性废气、放射性废水和放射性固废。

（3）辐射安全防护管理：医院设有辐射安全与环境保护管理机构，负责全

院的辐射安全管理和监督工作。医院拟完善现有操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、人员培训考核计划、健康体检制度、辐射事故应急预案和设备检修维护等制度。

(4) 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定对照检查，满足要求。

### **13.1.5 结论**

综上所述，北京裕和医院使用Ⅱ类射线装置项目，相应的辐射安全和防护措施基本可行，在落实项目实施方案和本报告表提出的污染防治措施及建议前提下，其运行对周围环境产生的辐射影响，符合环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，本项目的运行是可行的。

### **13.2 承诺**

(1) 加强本单位的辐射安全管理，发现问题，及时整治，完善管理制度，落实管理责任。

(2) 严格按照工程设计施工，保证工程建设质量。

(3) 项目竣工许可后应按照环保相关法规要求及时自行办理竣工验收，并接受生态环境部门的监督检查。

(4) 在辐射项目运行中决不容许违规操作和弄虚作假等现象发生，如若发现相关现象接受相关处理。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位进行调查并报生态环境部门备案。

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：

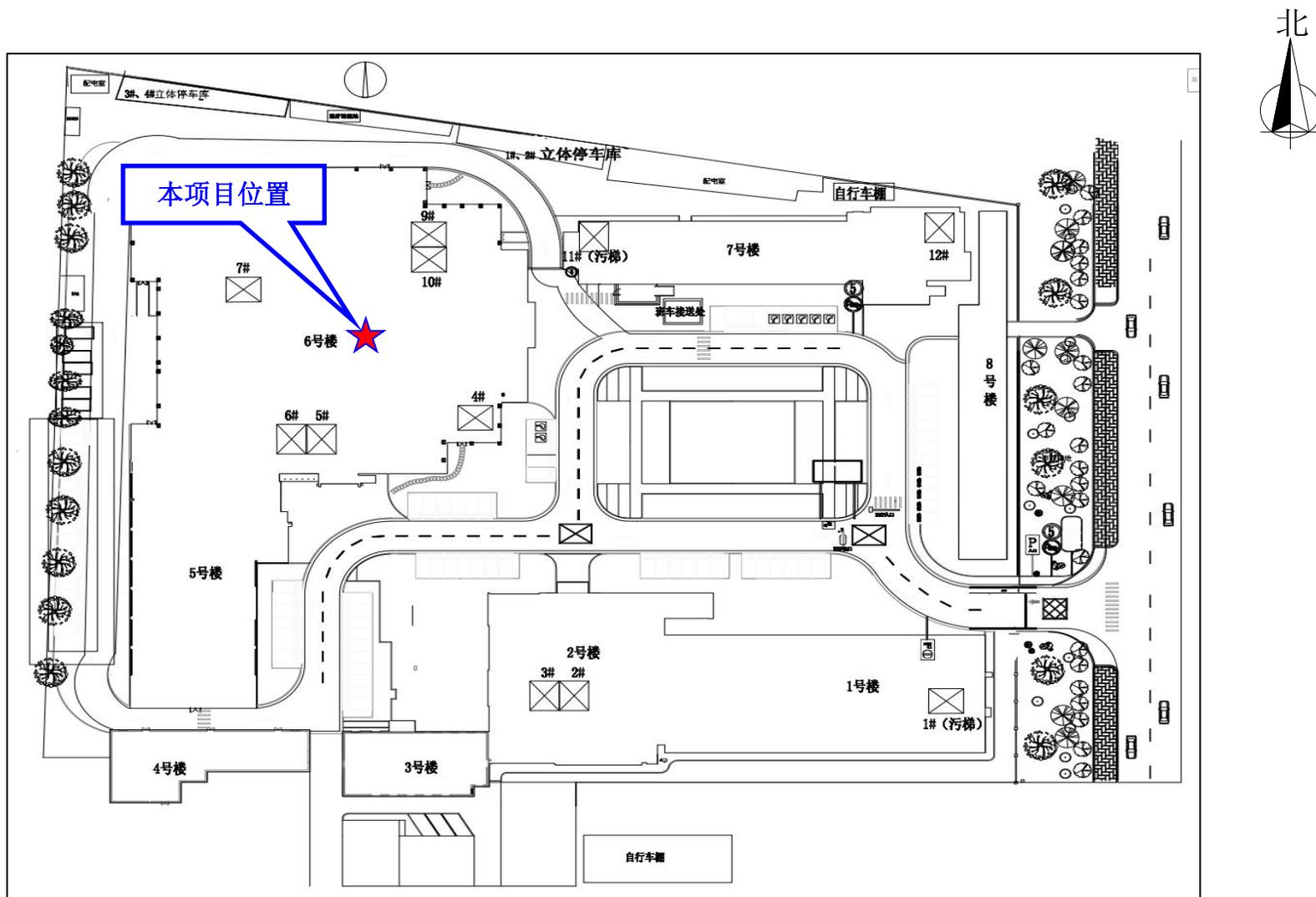
公 章

经办人

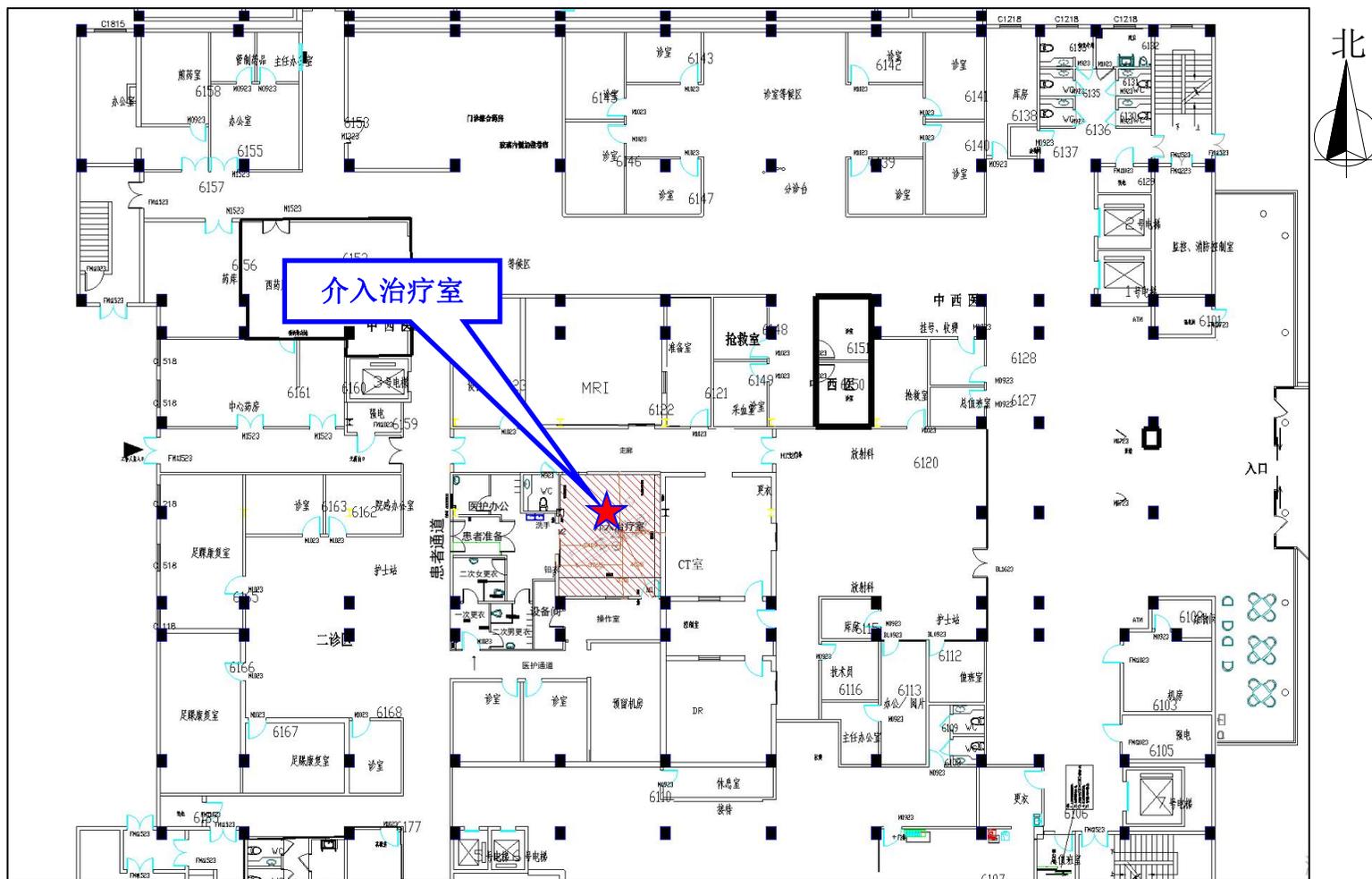
年 月 日



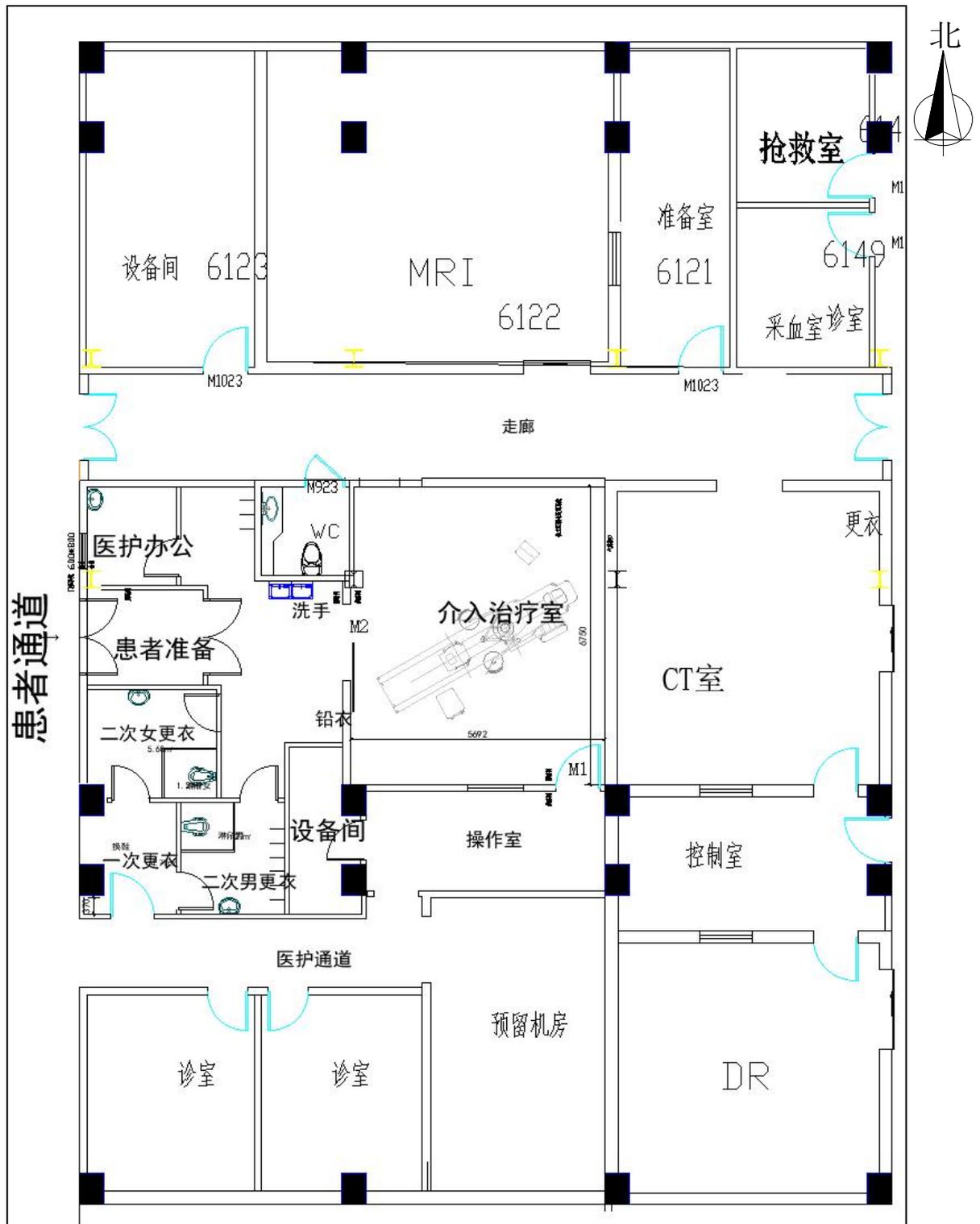
附图 1 北京裕和医院地理位置图



附图 2 北京裕和医院总平面布局示意图

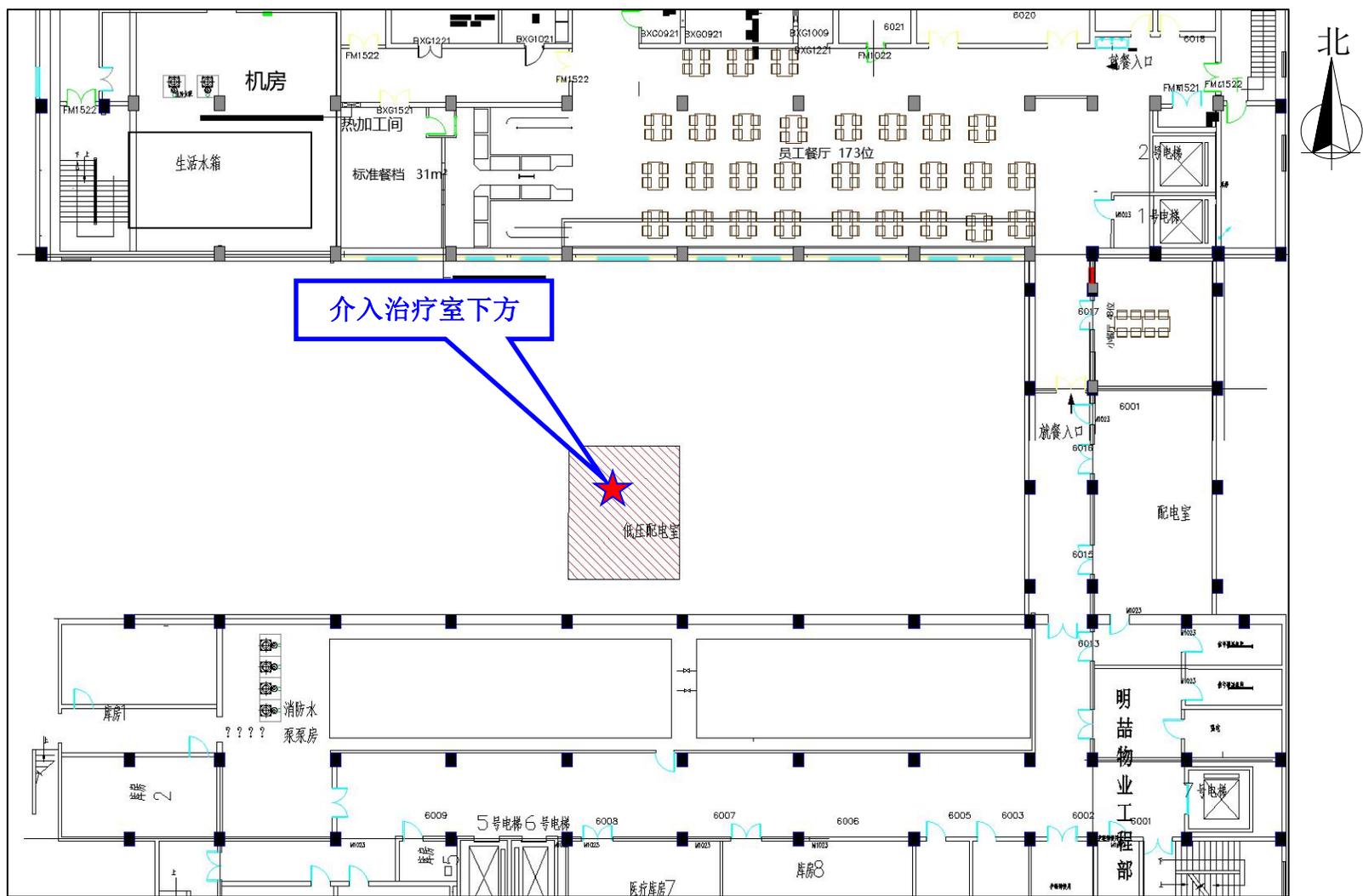


附图3 北京裕和医院6号楼(门诊住院楼)1层(改造后)平面布局图



附图 4 项目介入治疗室平面布局示意图





附图6 该医院6号楼（门诊住院楼）B1层（介入治疗室下方）平面图