

编号：14FSHP023

核技术应用项目 环境影响报告表

(报批版)

填表人 徐旭东 联系电话 020-83325086

项目联系人 任杰 联系电话 18102812884

法人代表签字 _____

填报单位全名 广州市第一人民医院

单位公章

二〇一四年四月

国家环境保护总局监制

修改说明

根据专家评审意见对报告表作出修改，主要修改内容如下

序号	专家修改意见	修改说明	所在页
1	补充后装机机房选址合理性及施工说明	<p>后装机机房选址：a、考虑了在整个院区的布置。b、考虑了在影像楼内的布置。c、考虑后装机房周围的防护。d、考虑治疗室的专业设计，具体详见 P11。</p> <p>从选择位置、与其他辐射工作场关系、驻留人员时间、人流量、治疗室专业设计以及对天空散射、侧散射辐射影响等方面对选址进行了分析。</p> <p>施工说明：a、医院针必须保证施工建设质量，特别各面墙体的重晶石混凝土要一次性浇筑并有充分的震捣，严防有裂缝、空隙等。b、对穿过治疗机房墙的管线孔（包括通风、电器、水管等）避开控制台等人员高驻留区，采用多折曲路，有效控制管线孔的辐射泄漏。</p>	P11
2	补充放射源卡源及换源辐射防护措施，完善辐射事故应急预案等相关管理制度，突出针对性与可操作性	针对后装治疗项目制定了后装机安全防护制度。	附件 3
3	核实工作人员及公众剂量估算	<p>对医院扩建 DSA 项目的事故工况、正常工况进行了分析，并对个人年累计剂量进行了重新估算。</p> <p>医院出具的个人剂量监测报告和个人剂量说明，医院的操作手术工作负荷较大，而且出现个人剂量计放在辐射工作场所</p>	P55

		的情况（见附件 5），因此医院需要严密监控工作人员的受照情况，保障医务人员的职业健康，同时需要规范工作人员配带个人剂量计的情况。	
4	补充辐射环境监测计划。	补充了医院制定的环境监测计划	P27
5	其他主要修改内容	<ol style="list-style-type: none"> 1、 补充了项目实践的正当性分析 2、 根据后装机大防护门的重新设计，对治疗室迷道散射和透射效应进行重新核算，对大防护门区域辐射剂量率重新预测。 	<p>P9~10</p> <p>P37~42</p>

表 1 项目概况

单位名称	广州市第一人民医院		地址	广州市人民北路 602 号	
法人代表姓名	曹杰		电话	020-81048188	邮编 510180
联系人及电话	任杰 18102812884				
项目名称	广州市第一人民医院新建后装机、扩建医用射线装置		项目地点	广州市第一人民医院影像楼，外科楼	
项目用途	放射诊疗		项目依据	穗卫财 2013【3】(后装机)，设备购置申请书(c 臂 X 光机)，穗卫财 2014【2】(DSA 立项) 见附图 1	
总投资(万元)	1640				
核技术项目投资(万元)	1540		核技术项目环保投资(万元)	100	
应用类型	放射性同位素应用	密封源	射线装置	其它	
	/	使用 III 类密封源	使用 II 类、III 类射线装置	/	
<p>1.1 核技术应用的目的和任务</p> <p>广州市第一人民医院拟新建 1 部后装治疗机、扩建 1 部数字减影血管造影装置(DSA) 和 1 部移动 C 型臂机。</p> <p>本次针对广州市第一人民医院拟新建的 1 部后装治疗机(使用 ¹⁹²Ir 放射源属于 III 类放射源)、扩建 1 部数字减影血管造影装置(DSA) 和 1 部移动 C 型臂 X 光机项目进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》(环境保护部令 第 2 号)，本次评价项目应该编制环境影响报告表。</p> <p>1.2 建设单位简介</p> <p>广州市第一人民医院是广州市卫生局下属大型综合性医院，是广州地区医疗、教学、科研、干部保健的重要基地。医院位于越秀山下，流花湖畔，东风西路主干道旁，由院本部、鹤洞分院两个院区组成，并经营管理广州市南沙中心医院。</p> <p>广州市第一人民医院占地面积约 6.2 万平方米，医疗业务建筑面积 16 万平方米，</p>					

拥有固定资产约 11.58 亿元。现有职工人数 2575 人，其中卫生技术人员 2004 人，高级职称 150 人，博士生导师 20 人，硕士生导师 83 人，享受国务院政府特殊津贴专家 9 人，广州市杰出人才 1 人，广州市优秀专家 2 人。医院编制床位 1990 张，实际开放床位 2000 张，2012 年门急诊量为 224 万人次，年出院病人为 5.3 万人次，日门诊量达超过 10000 人次。医院地理位置详见图 1-1。



图 1-1 医院地理(上北)

医院设置专业学科 50 个，其中消化病学为广东省医学重点专科；普通外科、血液内科、骨科、泌尿外科、神经内科等 9 个广东省临床重点专科；临床分子医学及分子诊断实验室为广东省医学重点实验室。在科研方面，2012 年医院获得各级各类科研项目 150 项，其中国家自然科学基金 15 项，省科技计划项目 43 项、省自然科学基金 6 项、市科技计划项目 10 项、厅局级项目 69 项、横向课题 7 项，共获科研经费 1380.5 万元；获广东省科技进步奖三等奖 3 项，获广州市科技进步奖一等奖 1 项、二等奖 1 项。

1.3 医院核技术应用项目概况

1.3.1 医院原有核技术项目回顾

广州市第一人民医院已经取得《辐射安全许可证》，发证时间 2007 年 3 月 27 日，2012 年 7 月 10 日完成辐射安全许可证延续，证书编号：粤环辐证 [00794]，批准的工作范围是使用 II 类、III 类射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所，辐射安全许可证见附件 1。

广州市第一人民医院原有核技术医用项目包括使用 X 射线装置和放射性核素，其中的 II、III 类 X 射线装置 35 台，医院核医学科设置了乙级和丙级非密封放射性物质工作场所，具体清单见表 1-1 所示。

表 1-1 广州市第一人民医院原有核技术应用项目清单

型号名称	数量	类别	工作场所	状态
医科达 Precise 直线加速器	1	II 类	放疗中心影像楼负一层	在用
飞利浦 Allura Xper FD20 型数字减影血管造影装置 (DSA)	1	II 类	影像楼三楼介入放射科	在用
东芝 Infx-8000F 型数字减影血管造影装置 (DSA)	1	II 类	影像楼三楼介入放射科	在用
GE 公司 Millennium VG 单光子计算机断层成像仪	1	III 类	核医学科 (影像楼 4 楼)	在用
飞利浦 Optimus 50 数字化胸片机	1	III 类	放射科 (影像楼 1 楼 3 室)	在用
东芝 KXO-50R X 线数字摄影机	2	III 类	放射科 (影像楼 1 楼 1、2 室)	在用
东芝 MDX-8000A 胃肠 X 光机	1	III 类	放射科 (影像楼 1 楼 4 室)	在用
东芝 Aquilion16 16 层螺旋 CT 机	1	III 类	放射科 CT 室 (影像楼 2 楼)	在用
飞利浦 ACQSIM 模拟定位 CT 机	1	III 类	放疗中心 (影像楼负一层)	在用
飞利浦 Bv libra C 型臂 X 光机	2	III 类	外科手术室 (外科十三楼)	在用
法国 X-Mind 型 X 射线机 (牙片机)	1	III 类	英东门诊大楼四楼口腔科照片室	在用
意大利 FLATBYM 乳腺 X 射线机	1	III 类	影像楼四楼乳腺机房	在用

法国 DMS LEXXOS 双能 X 射线骨密度仪	1	Ⅲ类	影像楼四楼 核医学科骨密度机房	在用
东芝 Aquilion ONE 320 排螺旋 CT 机	1	Ⅲ类	影像楼二楼 CT2 室	在用
万东 HM-32 移动式 X 射线机	1	Ⅲ类	外科大楼六楼 骨科内不固定使用场所	在用
华线 HF4003 移动式 X 射线机	1	Ⅲ类	英东门诊大楼一楼 急诊科内不固定使用场所	在用
东芝 KXO-50R X 线数字摄影机	1	Ⅲ类	磐松楼二楼	在用
日本岛津 MUX100 移动式 X 光机	1	Ⅲ类	儿科病区 4 楼	在用
华线 HF4003 移动式 X 光机	1	Ⅲ类	磐松楼三号楼	在用
美国 GE FlexiView 8800 移动 C 臂 X 线机	1	Ⅲ类	内镜室 1 楼	在用
日本日立 Sirius 125MP 移动式 X 光机	1	Ⅲ类	磐松楼 6 楼	在用
日本日立 Sirius 125MP 移动式 X 光机	1	Ⅲ类	外科大楼（12 楼）中心 ICU	在用
华线 HF4003 移动式 X 光机	1	Ⅲ类	内科大楼（13 楼）呼吸内科	在用
德国多尼尔 Dornier Compact Sigma 碎石机	1	Ⅲ类	供应楼七楼	在用
日本东芝 MRAD-D50S RADREX DR 机	1	Ⅲ类	英东门诊大楼 1 楼 DR 室	在用
岛津 BSX-100 型 X 射线装置	1	Ⅲ类	鹤洞分院 1 楼 放射科	在用
KXO-80XM.DBX-2000A 型 X 射线装置	1	Ⅲ类	鹤洞分院 1 楼 放射科	在用
GE Flexiview 8800 型 移动式 C 型臂机	1	Ⅲ类	鹤洞分院 3 楼 手术室	在用
OX70 型牙科机	1	Ⅲ类	鹤洞分院 2 楼 口腔科	在用
YZ021-2 型床边机	1	Ⅲ类	鹤洞分院 1-3 楼 移动使用	在用
Brilliance CT 64 Slice 型 CT 机(厂家品牌: philips)	1	Ⅲ类	英东门诊大楼一楼 CT 机房	在用
DRX-EVOLUTION 型 X 线	1	Ⅲ类	英东门诊大楼一楼	在用

数字摄影机(DR)(厂家品牌:carestream)			DR2 室	
HF4003 型 X 射线床边机(厂家品牌:华线)	1	III类	外科大楼十楼东区(心胸外科)	在用
非密封放射性物质				
核素名称	日等效操作	场所等级	工作场所	状态
^{99m} Tc	7.40E+7	乙级	核医学科	使用
¹⁸ F	7.40E+7	乙级	核医学科	使用
¹³¹ I	5.55E+6	丙级	核医学科	使用

1.3.2 医院辐射安全管理现状

广州市第一人民医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关辐射防护法律、法规，配合各级环保部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

(1) 医院已建立《广州市第一人民医院放射安全防护制度》、《广州市第一人民医院放射事件应急预案》等，并严格按照规章制度执行。

(2) 为加强对辐射安全和防护管理工作，医院成立了广州市第一人民医院辐射安全管理小组，明确辐射防护责任，并加强了对射线装置的监督和管理。

(3) 医院从事辐射工作人员定期参加了环保部门组织的上岗培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，提高守法和自我防护意识。辐射工作期间，辐射工作人员佩戴个人剂量计，接受剂量监测，建立剂量健康档案并存档。

(4) 医院放射性场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作指示灯。

1.3.3 本次评价项目内容

广州市第一人民医院本期拟在影像楼负1层新建后装机、影像楼三楼扩建1部DSA，外科楼十三楼扩建1部移动C型臂X光机，详细见表1-2。

表 1-2 本次评价项目参数

位置	评价对象	型号	规模	相关参数
影像楼	^{192}Ir 放射源后装治疗机	拟购核通 microSelectron V3	1 部	^{192}Ir 放射源活度： 3.7×10^{11} Bq
影像楼	拟购 DSA	型号未定	1 部	$\leq 150\text{KV}$ 、 ≤ 1250 mA
外科楼	移动 C 型臂 X 光机	Siremobil Compact L	1 部	110KV、12 mA

(1) 新建后装治疗机项目

根据广州市第一人民医院建设方案,医院拟对影像楼负 1 层原有医生办公室进行辐射防护改造,建设后装机使用场所。

后装治疗项目拟建设的区域位于影像楼负 1 层的西北角,控制室拟设置在新建后装治疗室东面,靠近现有的 CT 扫描间,治疗室南面为现有的直线加速器治疗室,西面为楼梯过道,楼道墙壁外侧和治疗室北面墙体外侧均为地下实心混凝土层。楼上第 1 层为医院 DR 操作室,治疗室楼下无负 2 层,后装机项目的分布图见图 1-2。

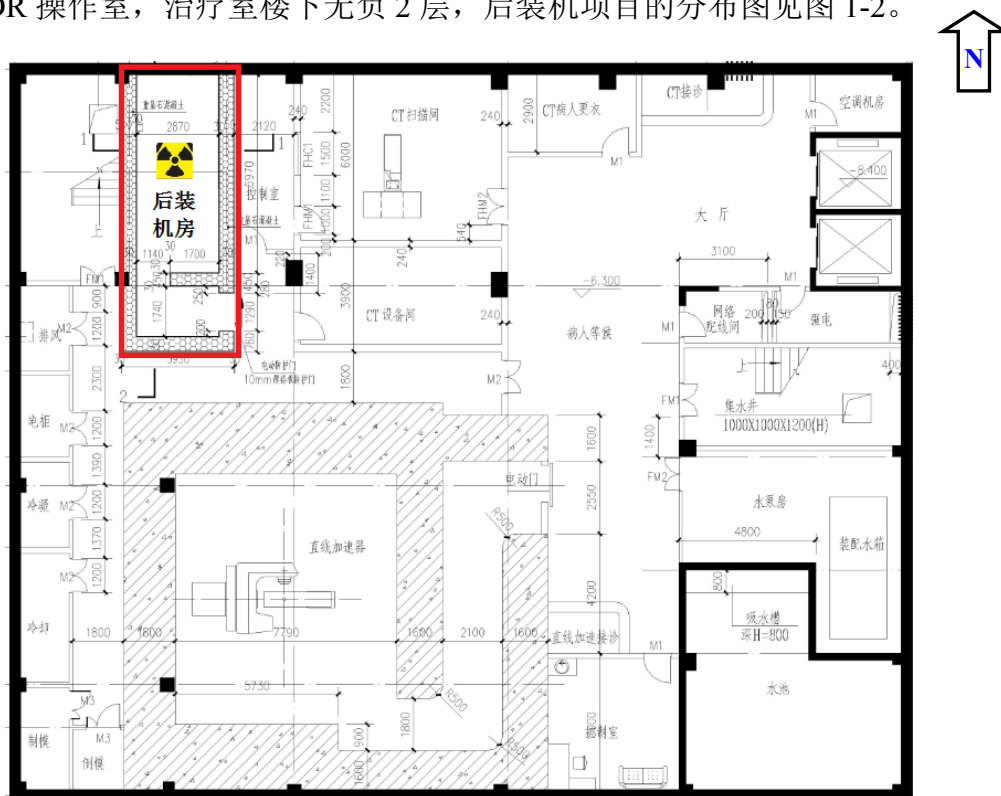


图 1-2 影像楼后装机机房位置图(上北)

医院为新建后装机治疗项目拟引进一台核通 microSelectron V3 后装治疗机系统，该系统为 6 通道遥控后装机，可用于组织间插植、腔内照射和术中放疗的高剂量率近距离治疗，如对鼻咽、食管、肺、乳腺、胰腺、宫腔、宫颈、脑、前列腺等部位的肿瘤治疗，后装治疗机系统参数见表 1-3。

该治疗系统采用放射性活度为 10Ci 的 ^{192}Ir 放射源 ($3.7 \times 10^{11} \text{ Bq}$)，放射源尺寸约 0.9mm x 4.5mm，用激光焊接于 49 根弹性驱动线缆上，从分度盘至最远的位置为 1500mm，密封在铅外壳屏蔽体中，由计算机治疗计划系统完成优化和实施对后装机的操纵控制，达到治疗效果，放射源参数见表 1-4。

表 1-3 后装机参数表

设备名称	^{192}Ir 治疗机
设备型号	核通 microSelectron V3
设备数量	1
核素名称	铱-192
形式	密封
额定装源活度 (Bq)	$3.7 \times 10^{11} \text{ Bq}$
额定装源数量	1 枚
源贮存地点	主机源罐中
用途	放射治疗

表 1-4 放射源主要参数表

项 目	参 数
核素名称	铱-192
额定装源活度 (Bq)	$3.7 \times 10^{11} \text{ Bq}$
铱-192 放射源能量	主要 γ 射线的能量为 0.317MeV， β 射线能量为 0.67MeV
铱-192 放射源半衰期	74d
放射源物理 化学性状	^{192}Ir 是一种沉重的、脆的白色过渡金属，熔点 2443℃，比热 0.13J/Kg，沸点 4428℃，蒸发热 604kJ/mol，导热系数 1.47W/cmK，密度 22.4g/cm ³ (300K)，熔化热 26.1KJ/mol。有金属光泽，在空气和水中稳定，对所有酸都呈惰性，但跟熔融的 NaOH 反应。
放射源分类	III类、出厂活度 $3.7 \times 10^{11} \text{ Bq}$

(2) 扩建 DSA 项目

拟扩建 DSA 项目机房位于影像楼第 3 楼，东侧墙壁为公用过道（候诊区），南面为靠近原有的 DSA 手术室，西面拟建设为 DSA 控制室，北面外医生办公区域。楼上 4 层为医院核医学科，机房楼下 2 层为 CT 室，扩建 DSA 项目的分布图见图 1-3。

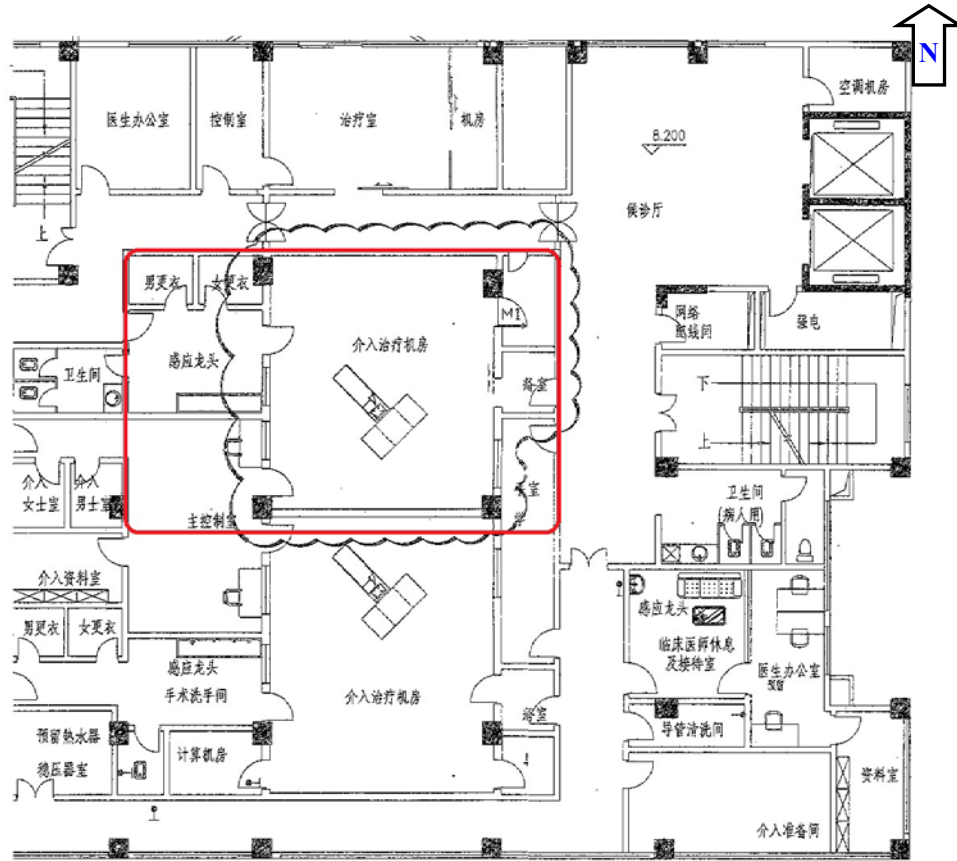


图 1-3 扩建 DSA 位置图(上北)

广州市第一人民医院扩建 DSA 项目（拟购）设备还在招标，设备的型号和 X 射线管电压、管电流暂时还没有确定（常规最大管电压 $\leq 150\text{KV}$ 、管电流 $\leq 1250\text{ mA}$ ），医院正按照设计方案对拟建设区域进行辐射防护改造。

(3) 扩建移动 C 型臂项目

扩建移动 C 型臂 X 光机项目位于外科楼第 13 楼手术室，移动 C 型臂 X 光机使用场所具有不固定性，医院限于外科楼第 13 楼手术室 1、5、6、20 室使用，一般根据病人手术的需要临时推入不同手术室场所。

现场检测时随机选择了外科楼第 13 楼第一手术室，该手术室东侧墙壁靠近洗手池，

南面为第三手术室，西面墙外有休息室，北面过道外靠楼层窗户。手术室正上方 14 层为风机房，机房楼下 12 层为 ICU 病室，扩建移动 C 型臂 X 光机使用场所见图 1-4。

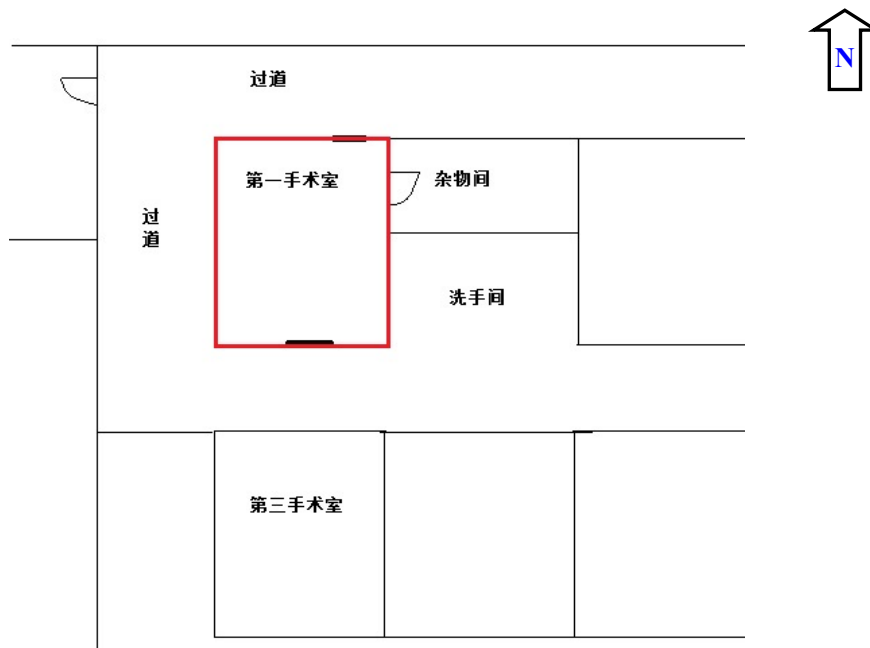


图 1-4 扩建移动 C 型臂位置图(上北)

广州市第一人民医院外科楼第 13 楼手术室原有两台移动 C 型臂 X 光机，管电压 110kV，管电流为 25mA，手术室机房防护及性能均合格，并已取得环保部门的验收。

本次扩建的新移动 C 臂 X 光机仍用于外科楼 13 楼手术室上述机房，设备现已到货。射线机型号为 Siremobil Compact L，管电压 110kV，管电流为 12mA，低于原来所用机型。医院严格规定，本次评价项目取得辐射安全许可证之前，Siremobil Compact L 型移动 C 型臂仅用于开机测试，不能运行使用。

1.4 评价项目实践的正当性分析

广州市第一人民医院拟新建 ^{192}Ir 后装治疗项目和扩建 1 部 DSA、1 部 C 型臂 X 光机项目，目的是开展放射诊断或治疗工作，最终是为了治病救人，该辐射项目实践经过合理的屏蔽设施后，能有效减弱射线的强度，降低辐射水平，使工作人员和公众人员受到的剂量降低到管理目标剂量以下，确保人身安全，达到防护目的。

在考虑经济和社会因素后，本项目辐射实践影响将控制在可合理达到的尽可能低的水平。辐射实践基本满足正当化的要求，防护做到最优化，同时控制剂量在约束剂

量限值以内。

广州市第一人民医院辐射实践项目经过充分论证，权衡利弊，该项目所带来的社会总利益大于为其所付出的代价（风险），同时医院加强对核技术项目的管理，合理控制对周围环境的影响，该项目的实践获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

1.5 选址合理性分析

广州市第一人民医院本次评价建设区域东面为盘福路与海珠北路方向，南面为净慧路方向，西面为人民北路，靠近彭家巷社区，北面为东风西路方向。评价医院的周围均为街道或商铺，机房建设区域直线距离 200 米周围无敏感区域，评价项目周围 200 米范围地理图见图 1-5。



图 1-5 医院 200 米范围地理图(上北)

广州市第一人民医院针对新建后装机项目特别说明如下：

1、后装机机房选址合理性：

a、考虑了在整个院区的布置。后装机机房位于医院影像楼，位居医院南侧中部。影像楼的北侧、南侧均为通道，西侧距离医院职工食堂约 14 米，东侧距离磐松楼绿化用地大约 8 米。

b、考虑在影像楼内的布置。后装机机房设于影像楼负一层，充分考虑到影像楼内原设置有放射科，开展有大量的放射诊断和放射治疗项目，后装治疗项目设置在该楼内辐射工作场所相对集中。

c、考虑后装机房周围的防护。由于后装机放射源的能量较高，辐射防护相对较困难，因此选择了影像楼地下负一层西北角（楼层一端），其北侧和西侧均为实心泥土层，西侧靠近直线加速器治疗室，东侧为大厅，且无地下层，同时在负一层区域，病人和医务人员的驻留人员时间相对其他楼层较短，人流量也相对较少。

d、考虑治疗室的专业设计。后装机治疗室使用面积、防护厚度、迷路设计、门机联锁、声光报警等设施经过严格论证设计，符合国家相关法律法规的要求。后装机顶棚正上方（1 层）为 DR 控制室，医院对后装机顶棚辐射防护能力进行了严密设计，有效防止天空散射、侧散射辐射对周围环境的影响。顶棚足够的防护厚度保证有效减弱射线的强度，降低辐射水平，保证区域内工作人员和公众人员受到的剂量控制在管理目标剂量以下。

2、施工说明：a、广州市第一人民医院针对后装机治疗项目的机房建设，要求施工单位必须保证施工建设质量，特别各面墙体的重晶石混凝土要一次性浇筑并有充分的震捣，严防有裂缝、空隙等。

b、穿过治疗机房墙的管线孔（包括通风、电器、水管等）避开控制台等人员高驻留区，采用多折曲路，有效控制管线孔的辐射泄漏。

本期建设项目满足《广东省未成年人保护条例》第三十二条：学校周围直线延伸二百米范围内禁止设立易燃易爆、剧毒、放射性、腐蚀性等危险物品的生产、经营、储存、使用场所或者设施。

表 2 评价依据及评价标准

2.1 评价依据

《中华人民共和国环境保护法》(1989 年)

《中华人民共和国环境影响评价法》(2002 年)

《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月)

《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令)

《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)

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》国家环境保护总局令 第 31 号

关于修改《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的决定(环境保护部令 第 3 号)

《辐射环境保护管理导则 核技术应用项目环境影响报告书(表)的内容和格式》(HJ/T 10.1-1995)

根据《关于发布放射源分类办法的公告》(国家环境保护总局公告 2005 年 第 62 号)对放射源的分类,本评价项目后装治疗机拟使用的 ^{192}Ir 放射源属于 III 类放射源。

根据《关于发布射线装置分类办法的公告》(国家环境保护总局公告 2006 年 第 26 号)对射线装置的分类,本评价项目 1 部 DSA 属于 II 类射线装置,1 部移动 C 型臂属于 III 类射线装置(参照 II 类射线装置管理)。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》(环境保护部令 第 2 号),该评价项目应该编制环境影响报告表。

根据《广东省未成年人保护条例》第三十二条:学校周围直线延伸二百米范围

内禁止设立易燃易爆、剧毒、放射性、腐蚀性等危险物品的生产、经营、储存、使用场所或者设施。

2.2 评价标准

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)——在实践过程中,工作人员所受的剂量限值为连续5年的年平均有效剂量不超过20mSv/a;公众所受有效剂量不超过1mSv/a。在环境评价中,出于“防护与安全的最优化”原则,对于某单一项目的剂量控制,可以取这个限值的几分之一进行管理,本项目取其四分之一,即工作人员的有效剂量不超过5mSv/a,公众的有效剂量不超过0.25mSv/a。

《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分:一般原则》(GBZ/T 201.1-2007)——治疗机房辐射屏蔽的剂量率参考控制水平:距治疗机房墙和入口门外表面30cm处 $H_c \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ (人员全居留场所),或 $H_c \leq 10\mu\text{Sv/h}$ (人员部分和偶然居留场所)。

《后装 γ 源近距离治疗卫生防护标准》(GBZ121-2002)

——后装放射治疗室的防护要求:治疗室使用面积应不小于 20m^2 。

——后装放射治疗设备的防护要求:运输贮源器(或工作贮源器)内装载最大容许活度时,距离贮源器表面5cm处的任何位置,泄漏辐射的空气比动能率不得大于 $100\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$;距离贮源器表面100cm处的球面上,任何一点的泄漏辐射的空气比释动能率不得大于 $10\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

《医用X射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)。本标准适用于DSA和移动C型臂。

4.7 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用X射线设备防护性能的专用要求

4.7.1 透视曝光开关应为常断式开关并配有透视限时装置。

4.7.2 在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

4.7.5 X射线设备在确保铅屏风和床侧铅挂帘等防护设施正常使用的情况下,按

附录 B 中 B.1.2 的要求，在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 400 μ Gy/h（按附录 C 图 C.3 的要求）。

5 X 射线设备机房防护设施的技术要求

5.1 X 射线设备机房（照射室）应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

5.2 每台 X 射线机(不含移动式和携带式床旁摄影机与车载 X 射线机)应设有单独的机房, 机房应满足使用设备的空间要求。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 2 要求。

表 2 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
双管头或多管头 X 射线机 ^a	30	4.5
单管头 X 射线机 ^b	20	3.5

^a 双管头或多管头 X 射线机的所有管球安装在同一间机房内。
^b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。
^c 透视专用机指无诊断床、标称管电流小于 5 mA 的 X 射线机。

5.3 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

- a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 3 要求。
- b) 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 D。

表 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
标称 125 kV 以上的摄影机房	3	2
介入 X 射线设备机房	2	2

^a 按 GBZ/T 180 的要求。

c) 应合理设置机房的门、窗和管线口位置，机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。设于多层建筑中的机房（不含顶层）顶棚、地板（不含下方无建筑物的）应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。

4 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μ Sv/h；测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

5.5 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。

5.6 机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

5.7 机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

5.8 患者和受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

5.9 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅防护衣；防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.25mmPb；应为不同年龄儿童的不同检查，配备有保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.5mmPb。

表 4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	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
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 选配：铅橡胶手套	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、阴影屏蔽器具	—
注：“—”表示不要求。				

2.3 评价目的

(1) 对该医院拟使用后装治疗机项目和扩建射线装置项目场所进行辐射本底水平监测，以掌握这些用房（或机房）的辐射本底水平；

(2) 对医院原有核技术应用项目回顾；对医院拟使用的后装治疗项目、扩建的 DSA、移动 C 型臂 X 光机室进行辐射环境影响预测；

(3) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合

理达到的尽量低水平”；

(4) 为医院运行期辐射环境保护管理提供科学依据。

2.4 评价范围

按照《辐射环境保护管理导则-核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》 HJ/T10.1-1995 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以及《广东省未成年人保护条例》第三十二条相关规定，确定本项目评价范围为辐射工作场所周围 200m 区域。

2.5 环境保护目标

环境保护目标为该医院从事放射诊断、后装治疗的辐射工作人员、手术间周围其他公众成员。由于手术间内一般没有与手术无关的人员，故环境保护目标为手术间周围的其他员工、公众和本项目的辐射工作人员。

2.6 基本原则

对于符合正当化的辐射工作实践，以辐射防护最优化为原则，使各类人员的受照有效剂量和当量剂量不仅低于规定的限值，而且控制到可以合理做到的尽可能低的辐射水平。

表 3 放射性同位素及密封源

(一) 非密封放射性同位素

核素名称	放射性活度 (Bq)	物理、化学性状	日等效最大用量 (Bq)	年等效用量 (Bq)	操作方式	贮存方式与地点
无	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

注：1. 栏 2 中放射性活度是指核素年使用量 (Bq/a)。

2. 等效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》(GB18871-2002)。

(二) 密封放射源

核素名称	放射性活度 (Bq)	物理、化学性状	密封源类别	贮存方式与地点
¹⁹² Ir	3.7×10^{11}	固态	III类	密封在铅外壳屏蔽体中，安装在后装机中

注：栏 2 中的放射性活度是指使用的密封源的出厂总活度 (Bq)。

表 4 废弃物（重点是放射性废弃物）

废弃物名称	状态	排放口浓度	年排放总量	暂存情况	最终去向
废弃密封源 ¹⁹² Ir	固态	/	/	/	返回放射源供应方
无					

- 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.含有放射性的废弃物要注明,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)。
 3.等效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》(GB18871-2002)。

表5 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学用途的各种类型加速器

名称型号	生产厂家	加速粒子	能量 (MeV)	流量 (μA)	用途	备注
无	-	-	-	-	-	-
废物类型	数量	总活度 (Bq)	主要感生放射性核素		废物去向	
无					-	
放射性废物年产生量						

(二) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

型号	生产厂家	电压 (kV)	靶流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	备注
无						
氚靶情况 (含废弃的)			含放射性废弃物年产量 (含感生的和含 ³ H 和废泵油)			
活度 (Bq)	保管方式	备注	数量	总活度 (Bq)	放射性核素	废物去向
			气 m ³			
			液 m ³			
			固 kg			

(三) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗(含 X 射线 CT 诊断)、分析仪器等

名称型号	管电压 (kV)	输出电流 (mA)	用途	备注
DSA 型号未定	≤150	≤1250	放射诊断	II类射线装置一台
移动 C 臂 Siremobil Compact L	110	12	放射诊断	III类射线装置一台
无				

表 6 污染源分析（包括贯穿辐射污染）

6.1 后装治疗项目主要放射性污染物和污染途径

6.1.1 工作原理

^{192}Ir 后装治疗技术根据病人肿瘤位置形态及所需要的剂量分布,预先为病人安置放射源运行管道（如治疗施源器、插植针），治疗时接上源输送通道与放射源运行管道，由计算机控制放射源在运行管道不同位置驻留时间达到发射预定的剂量。治疗室，除病人外所有人员离开治疗室，在控制室通过视频信号监控观察治疗过程，治疗结束后用遥控技术把放射源退回到贮源器内。

后装治疗技术具有治疗距离短，局部剂量高，周边剂量迅速跌落的特点，因而可提高肿瘤局部照射剂量，有效保护周边正常组织和重要器官，而且治疗部位的功能保持也比单纯外照射好。放射源由机器自动放入，工作人员为隔室操作，避免了工作人员的放射损伤。后装机系统一般分为四个部分：放射源、施源器、源室及放射源驱动单元、治疗计划系统。

后装治疗可用于：1、腔内放疗，如鼻咽、食管、气管、直肠、阴道及宫颈等；2、组织间照射，如鼻咽旁插植后装治疗，舌、乳腺、胸膜肿瘤、软组织肉瘤等；3、术中置管术后照射技术，主要适用于手术难以切净，而周围又有重要脏器限制外照射剂量者。

6.1.2 ^{192}Ir 放射源

广州市第一人民医院新建后装机项目使用 ^{192}Ir 放射源作为辐射源，放射源总活度达到 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ ，根据放射源分类办法，本次评价的 ^{192}Ir 放射源属于 III 类放射源。放射性核素 ^{192}Ir 的半衰期约 74.2 ± 2 天， γ 射线平均能量为 370keV ， ^{192}Ir 核实衰变纲图见图 6-1。

^{192}Ir (铱)

半衰期 74.2 ± 0.2 天.

主要获取方式 $^{191}\text{Ir}(n, \gamma)$, $^{182}\text{Os}(d, 2n)$.

衰变类型和射线				能量		绝对强度	衰变类型和射线				能量		绝对强度
β	X	γ	ce	(keV)		(%)	β	X	γ	ce	(keV)		(%)
β_1^-				50.9	38	0.002				ce _{16K}	510.1897	7	0.064
β_2^-				78.7	38	0.093			γ_{17}		593.39	5	0.037
β_3^-				255.9	38	5.59			γ_{18}		604.41415	47	8.31
β_4^-				536.0	38	41.3				ce _{18K}	526.0194	9	0.18
β_5^-				672.3	38	48.5			γ_{19}		590.5342	6	0.038
				672.3	38	48.5				ce _{18L}	612.46504	75	5.42
	PtK _{α_2}			65.1222		4.66			γ_{21}		534.0702	11	0.066
	PtK _{α_1}			66.8311		2.71			γ_{22}		884.54174	74	0.30
	PtK _{β}			75.7		2.03			γ_{23}		1089.9	3	0.0017
		γ_1		136.34304	49	0.18			γ_{24}		1378.0	5	0.0012
			ce _{1K}	57.9481	3	0.15	EC ₁						0.080
		γ_5		295.95825	13	28.7	EC ₂						3.79
			ce _{4K}	217.5634	7	1.95	EC ₃						0.71
			ce _{5L}	232.0784	4	0.83				OsK _{α_2}	61.4858		1.98
			ce _{6M}	292.6622	9	0.22				OsK _{α_1}	62.9999		1.13
		γ_6		308.45689	15	29.6				OsK _{β}	71.4		0.84
			ce _{4K}	230.0621	7	1.87			γ_2		201.307	30	0.46
			ce _{6L}	294.5770	4	0.79				ce _{2K}	127.346	30	0.11
			ce _{6M}	305.1609	9	0.20			γ_3		265.79549	68	3.20
		γ_7		316.50789	18	82.8				ce _{9K}	131.924	1	0.47
			ce _{7K}	238.1130	7	4.46				ce _{5L}	192.827	1	0.34
			ce _{7L}	302.6280	4	2.06				ce _{6M}	202.747	1	0.09
			ce _{7M}	313.2119	9	0.48			γ_4		283.271	30	0.265
		γ_{10}		416.47136	75	0.66			γ_6		329.13	20	0.016
		γ_{12}		468.07147	27	48.0			γ_9		374.4852	3	0.725
			ce _{12K}	389.6767	7	1.03			γ_{11}		420.50	6	0.058
			ce _{12L}	454.1916	4	0.34			γ_{13}		464.57797	41	3.16
			ce _{12M}	464.7755	9	0.10			γ_{14}		410.7072	6	0.061
		γ_{13}		476.5	7	0.0029			γ_{16}		489.064	30	0.40
		γ_{16}		588.58446	12	4.57			γ_{24}		703.7	4	0.0058

图 6-1 ^{192}Ir 核素衰变纲图

核素 ^{192}Ir 主要的衰变类型包括 β 和 EC 衰变两种衰变方式。

(1) β 衰变是 ^{192}Ir 核素的原子核内一个中子转变为质子，同时发射一个负电子和一个反中微子（静止质量和电荷都为零），其中中微子同物质的相互作用和微弱，在一般的实验条件下观察不到，目前无实际应用；释放的 β 射线 (e) 由于衰变子核处于不同能级激发态，因此能量状态各异，但一般密封源的包壳能屏蔽 β 射线。同时 β 衰变时子核由激发态到基态退级时会伴随释放 γ 射线。

(2) EC 衰变是 ^{192}Ir 核素原子核内质子俘获轨道电子转变为中子同时发射一个中微子的过程。衰变过程中伴随有特征 X 射线，但能量低于 γ 射线。

6.1.3 治疗过程与产污流程

根据以上对 ^{192}Ir 核素衰变方式及衰变释放的射线种类及能量分析，可以对照后装机治疗流程提出每一步骤应该采取的防护目标及措施。首先对后装治疗的施治流程进行分析，对应的产污流程如图 6-2 所示。

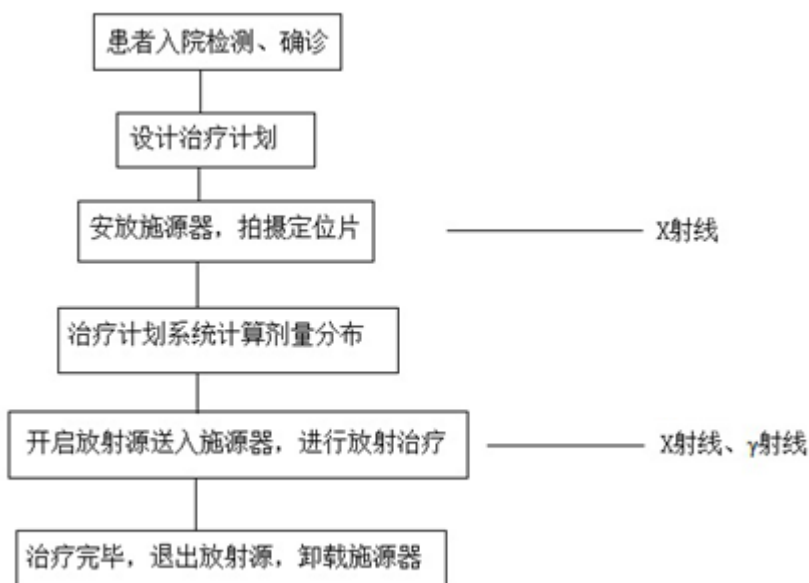


图 6-2 后装项目治疗过程及产污流程

由产污流程可见， ^{192}Ir 后装治疗主要应注意 X 射线及 γ 射线的防护。

6.1.4 正常工况和事故工况

① 正常工况

^{192}Ir 后装治疗机主要的环境影响来自 ^{192}Ir 放射源，由于放射源是密封源，正常情况下源活性物质不会泄露，因此在正常情况下，主要的影响因子是 ^{192}Ir 放射源衰变发射的射线。根据以上对 ^{192}Ir 核素衰变类型分析，衰变产物中负电子被密封源包壳屏蔽，而发射的 X 射线能量低于 γ 射线，因此本项目主要影响因子是 ^{192}Ir 放射源发射的 γ 射线，对周围环境产生的外照射，而无放射性“三废”排放。

^{192}Ir 后装机使用场所的主要辐射危害因素为 ^{192}Ir 源初始辐射及杂散辐射（泄漏辐射和散射辐射），其中 γ 射线贯彻能力强，应采用设置屏蔽层，将辐射水平降至限值以下，同时利用时间和距离防护。

② 事故工况

主要发生的放射性污染有：

(1) 由于操作失误，可能出现机头的源闸未关闭，放射源未被屏蔽的情况下进行操作，可能会对工作人员造成超剂量照射；

(2) 倒源过程中，放射源由于外力作用破损，对周围造成弥散性的放射性表面污染，同时对患者造成内照射的事故；

(3) 倒源过程出现卡源，对在场人员尤其是对疏通源的工作人员造成事故照射；

(4) 废放射源运输可能发生外照射事故。

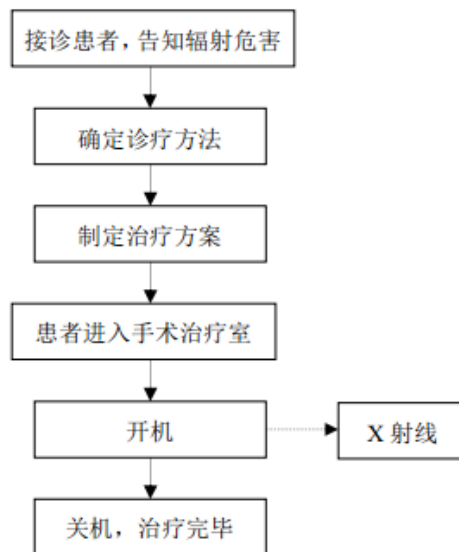
6.2 DSA 和移动 C 型臂放射诊断项目主要放射性污染物和污染途径

6.2.1 DSA 工作原理及产污流程

数字减影血管造影技术（Digital Subtraction Angiography, DSA）是一种新的 X 射线成像系统，是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。

DSA 成像基本原理是将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影 X 线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。

整个施治中，DSA 介入手术的产污流程如图 6-3 所示，产生放射性污染是在手术期间 X 射线机曝光期间。



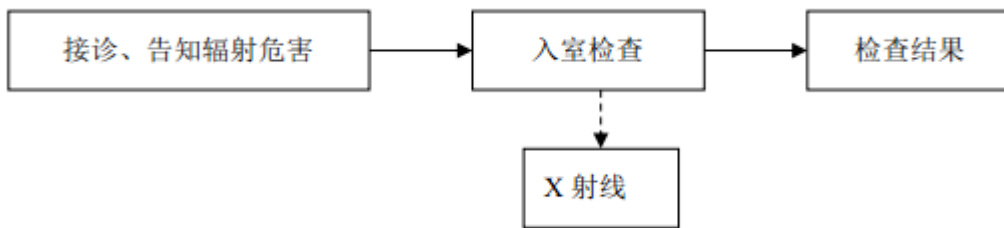
6-3 DSA 项目的诊疗流程

6.2.2 移动 C 型臂工作原理及产污流程

移动式 C 型臂 X 射线机, 也称小 C 臂, 在手术中, 它能使医生随时看到患者的解剖信息影像及其在治疗过程中的动态情况, 而这些视觉信息可辅助医生进行精确定位, 避免手术的盲目和重复, 缩短了时间, 大大减轻了病人的痛苦。同时, 移动式 C 型臂 X 射线机由于其体积小, 移动方便, 避免了频繁移动病人, 使手术中移动变位成为可能。

移动式 C 型臂 X 射线机一般由两个移动车组成。X 射线移动车包括电源系统、控制台、C 臂、X 射线管组合和影像增强器, 另一个移动车包括电视监视器和图像处理系统。该设备在临床上一般应用于骨科 (骨关节成型手术、骨关节打钉、股关机拍片透视、急诊骨伤复位/固定)、放射科 (腹部脏器造型、胃肠透视) 妇科 (子宫造影)、泌尿外科 (肾膀胱造影) 外科 (心脏起搏器安装及周边血管检查) 等。

C 型臂 X 射线管工作时释放的 X 射线穿透性不但与 X 射线管电压有关, 还与被穿透物质性质和结构有关, 这种穿透性的差别, 构成人体不同组织和器官在 X 射线透视和摄影时的影像基础。移动式 C 型臂运行时的产污流程如图 6-4 所示, 产生放射性污染是在手术期间 X 射线机曝光期间。



6-4 移动 C 臂项目产污流程

6.2.3 DSA、移动 C 型臂主要辐射影响和影响途径

DSA、移动 C 型臂的工作原理及产污流程分析可见，DSA 和移动 C 型臂的 X 射线管是 X 射线检查的辐射源。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，热电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高速电子轰击靶体产生 X 射线。

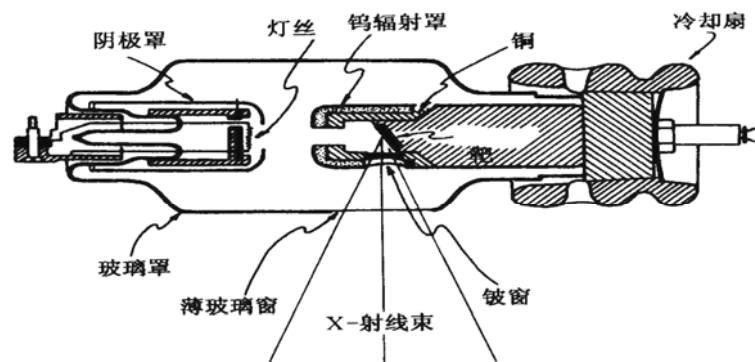


图 6-5 典型 X 射线管结构图

X 射线在辐射场中可分为三种射线：由 X 射线管窗口出射的用于诊断检查的有用射线；有 X 射线管防护套泄漏出来的漏射线；以及由上述两种射线在诊断床、受检者身体上产生的散射线。对于受检者，主要的辐射照射是有用射束，漏射线和散射线对受检者没有任何临床意义，只会增加辐射危险。因此 DSA、移动 C 型臂运行时主要污染因子为 X 射线。

(1) 正常工况

DSA 固定在介入手术室内，采取隔室操作，介入手术室外的工作人员基本不会受到 X 射线的照射，前提是设备安全和防护硬件及措施到位，而手术室内进行手术

操作的医生和其他医务人员，则会受到一定程度的 X 射线外照射。

移动 C 型臂设有脚闸控制器设计，可以在手术室内、外分别对仪器进行控制，方便医护人员，同时减少医护人员与射线接触机会。X 射线装置运行时产生的 X 射线经过屏蔽墙、防护门和观察窗等相关辐射防护屏蔽后，X 射线强度衰减，大部分被屏蔽在诊断室内，漏射线强度低，污染途径为外照射。

DSA 和移动 C 型臂在显示频上观察 X 射线影像，不使用胶片摄影，因此不会产生废显（定）影液、废胶片、废相纸与报废感光原料，无污水污染问题。

(2) 事故工况

① 在介入手术室使用 DSA 装置时，人员误入介入手术室引起误照射；移动 C 型臂使用中发生故障导致受检人员超剂量辐射，或其他人员误入机房引起误照射，污染途径为外照射。

② DSA 介入手术和移动 C 型臂医生在室内曝光时，诊断室内的医生或护士未穿戴铅围裙、防护手套、防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射。

为了杜绝事故发生，医院必须严格按照操作规程和管理制度开展医用诊断工作，以确保安全。发生辐射事故时，事故单位应先切断电源，然后立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地环境保护部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

表 7 辐射监测计划及辐射防护、污染防治措施

广州市第一人民医院针对新建后装机、扩建 DSA 和移动 C 型臂 X 光机项目制定相应的辐射监测计划和污染防治措施，作为核技术应用项目规定要求和技术支持，相应的辐射监测计划和污染防治措施如下。

7.1 辐射监测计划

(1) 正式使用前监测：委托有相关监测资质的监测单位对核技术应用场所的辐射防护设施进行全面的验收监测，做出辐射安全状况的评价。

(2) 配置个人剂量报警仪，应用于使用放射源的后装机治疗场所以及其他辐射工作场所。

(3) 辐射工作人员佩戴个人剂量计上岗，并每季度送相关单位进行监测，建立个人剂量档案。

(4) 每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测。

a、监测环境条件：进行监测时相应的机房周围无其它电离辐射的干扰；

b、监测周期： 1 次/年；

c、监测机构：委托有资质的环境监测技术单位进行监测，医院记录存档；

d、监测点位：辐射场所的四周墙外侧表面 30cm 处、防护门外、主控制观察窗、机房的楼上楼下活动场所。

7.2 污染防治措施

(1) 后装治疗机项目

后装治疗项目需确保以下各项辐射防护措施落实到位：

① 加强辐射安全管理，制定放射治疗设备的放射防护安全制度和放射事故应急处理预案，放疗科必须建立辐射安全防护责任制度，设立辐射安全组织机构，落实安全责任，制订辐射防护措施等。

广州市第一人民医院已制定管理制度和应急预案见附件 2。

② 辐射工作人员需参加广东省辐射安全与防护培训，持证上岗。

医院相关辐射工作人员已经取得上岗证见附件 3，并配置有个人剂量计，医院出具最近连续一年的个人剂量检测报告见附件 4。

③ 治疗室建设完成后，应设置明显电离辐射警示牌和警示灯，治疗时有明显灯光警示，严防人员误入。

④ 必须装备两道独立的剂量监测系统，每一道都必须能单独终止辐射，一道发生故障不得影响另一道系统的功能。

⑤ 治疗室防护门和控制室需要设置安全控制联锁装置、剂量报警系统和声光信号指示系统等。

⑥ 治疗室和控制室之间安装监视和对讲装置，使控制室的工作人员可清楚地观察到治疗室内的工作情况。如发生意外情况可及时处理。

⑦ 操作人员配置个人剂量报警仪，操作人员进入治疗室前需确保佩戴个人剂量报警仪。

⑧ 放射工作场所分区：医院治疗室建设完成后，应把工作场所分为控制区、监督区，实行分区管理，避免人员误闯入或误照射。

控制区：以防护门为界的整个后装机治疗室。在进行放射诊疗工作时，区内不得有人滞留。以辐射安全联锁和警示装置控制及管理制度保障此区的辐射安全。

监督区：防护门外部分缓冲区、控制室，辅助机房划定区域。装置工作时，监督区只允许操作人员在此区域，公众人员不得进入。

管理上必须严格按区管理，避免人员误闯入或误照。

(2) 扩建 DSA、移动 C 臂机项目

扩建 DSA、移动 C 臂机项目利用 X 射线进行诊断，应根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）关于医用诊断 X 射线机房防护设施的技术要求进行辐射防护。

1) 管理制度及人员培训

按相关规定 X 射线装置相关操作人员须持有环保部门认可并推荐的培训机构颁发的辐射工作人员岗位合格证，目前该医院科室从事放射工作的人员已经取得上岗证，持证上岗。

该医院针对 X 射线装置使用项目已制定了 X 射线装置的使用规范、放射工作安全管理制度和事故应急预案等。

2) 标志管理

X 射线机房门口设置电离辐射警示牌和工作指示灯。

3) 个人剂量检测与管理办法

该医院 X 射线装置操作人员已经配置个人剂量计，并定期送有相关资质的检测单位进行检查，建立个人剂量档案。

4) X 射线机维护与性能检测程序

定期检查射线装置的屏蔽性，检查控制和保护系统的可靠性；委托相关单位定期对射线机房进行辐射监测以保证符合《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的相关要求。

5) 安全评估：对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。

7.3. 医院从事辐射活动能力总体评价

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》的规定，从事辐射活动应具备相应的条件。现对广州市第一人民医院从事辐射活动能力评价列于表 7-1。

表 7-1 广州市第一人民医院从事辐射活动能力评价

序号	应具备条件	落实情况	符合情况
1	使用 II 类射线装置的工作单位, 应当设	已成立辐射防护领导	符合

	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。	小组。具有本科以上学历的技术人员。	
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。	辐射工作人员已取得上岗证。	符合
3	射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	现有的放射性场所门外设工作警示灯和电离辐射警告标志。	符合
4	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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	配置多功能剂量计、X、 γ 个人剂量仪、X、 γ 剂量率报警仪、剂量监测报警仪。	符合
5	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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	已制定。	符合
6	有完善的辐射事故应急措施。	已制定。	符合

以上分析可知，广州市第一人民医院从事辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

表 8 环境影响分析

8.1 新建后装机治疗项目评价

8.1.1 场所分析

广州市第一人民医院拟新建后装机房位于影像楼负 1 层的西北角，评价项目的周围均为街道或商铺，机房建设区域直线距离 200 米周围无敏感区域。

新建后装机房区域当前为医生办公室，经改造后，控制室设置在后装治疗机房东面，靠近 CT 扫描间，南面为原有在用的直线加速器治疗室，西面为楼梯过道，楼道外侧和北面墙外侧是实心混凝土层。根据现场勘察情况，拟建设区域现场环境现状见图 8-1。

<p>原医生办公室</p>	<p>拟建设为控制室区域</p>
	
<p>东侧 CT 室</p>	<p>西侧原直线加速器治疗室</p>
	



图 8-1 环境现状图

8.1.2 现场检测及分析

为了解新建后装治疗项目所在区域的环境现状，受广州市第一人民医院委托，广东省环境科学研究院现场进行资料收集和环境调查，并对周围环境进行环境辐射背景水平检测，测量布点见图 8-2，检测数据见表 8-1，检测报告见附件 6。

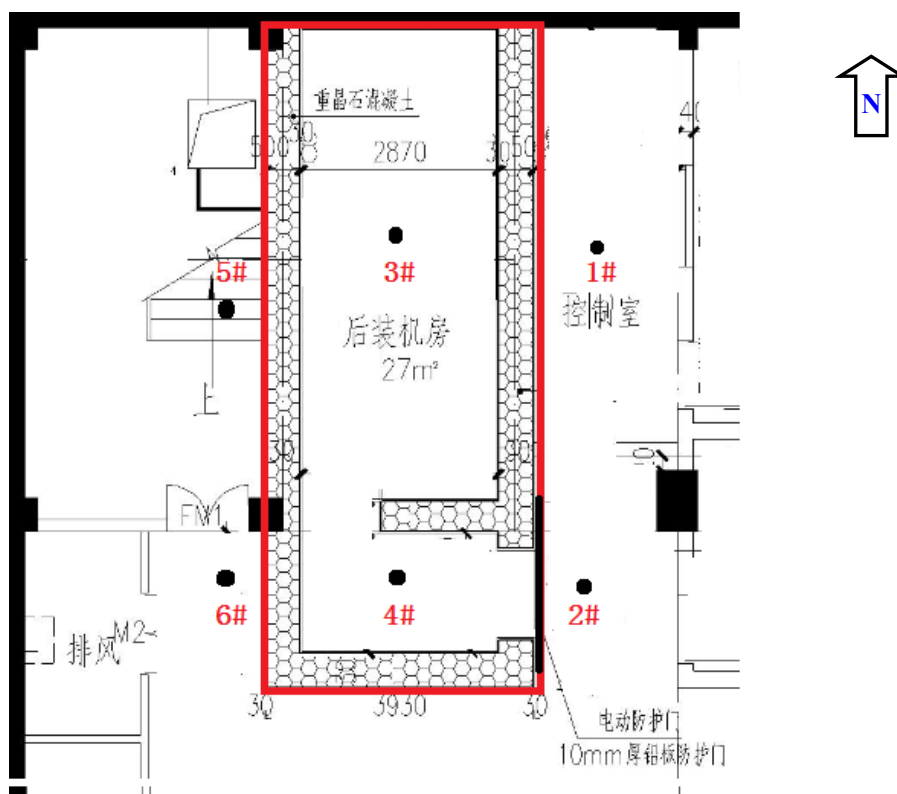


图 8-2 后装机房周围布点图

现场测量仪器是 BH3103B 型 X、 γ 剂量率仪，经广东省辐射剂量计量检定站检

定合格，在测量前后均校准过。

仪器名称：BH3103B 型便携式 X、 γ 剂量率仪 仪器编号：21

生产厂家：中核（北京）核仪器厂 测量范围：1 ~10000 $\times 10^{-8}$ Gy \cdot h $^{-1}$

检定单位：广东省辐射剂量计量检定站 证书编号：GRD(1)字第 20130132 号

检定日期：2013 年 03 月 12 日 有效日期：2014 年 03 月 11 日

表 8-1 环境 γ 辐射剂量率背景水平检测结果

测点编号	检测对象及工况	测量位置	地面介质	X、 γ 辐射剂量率 (μ Gy/h)			
				平均值	最小值	最大值	标准差
1#	后装机周围的环境背景水平	东侧控制室左	水泥	0.11	0.10	0.12	0.01
2#		东侧控制室右		0.17	0.15	0.19	0.02
3#		治疗室		0.14	0.12	0.17	0.02
4#		迷道		0.16	0.15	0.17	0.01
5#		西侧楼梯过道左		0.15	0.12	0.15	0.03
6#		西侧楼梯过道右		0.14	0.12	0.15	0.02
7#	楼上 1 层	CT 操作室	水泥	0.13	0.10	0.18	0.04
8#		DR 操作室		0.14	0.12	0.15	0.02

注：（1）机房环境背景水平测量时仪器探头垂直向下，距离地面约 1m 高，无负 2 层；

（2）所有测量值均未扣除宇宙射线，每个测量点测量 5 个读数。

（3）所有测量值经刻度及校正系数修正。

从现场检测数据可见，机房周围环境 X、 γ 辐射剂量率本底水平约为 0.11~0.17 μ Gy/h (110~170nGy/h)，据《广东省环境天然贯穿辐射水平调查研究》中广州市室内 γ 辐射剂量率在 104.6~264.1nGy/h 范围，拟建设区域的 γ 辐射剂量率与广州市室内 γ 辐射剂量率的范围大致相同，表明辐射环境质量状况未见异常。

8.1.3 环境影响预测及评价

8.1.3.1 机房建设方案分析

根据《后装 γ 源近距离治疗卫生防护标准》(GBZ121-2002),对广州市第一人民医院新建后装机项目拟建设的治疗室辐射防护设计方案进行对比分析,详细参数见表 8-2。

表 8-2 改扩建后装机房的防护设施分析

项目	现行的设计指标	
机房面积	治疗机室面积约 27m ² , 总体面积约 36m ²	治疗室必须与准备室和控制室分开设置, 治疗室使用面积应大于 20m ²
墙体	机房五面墙体厚度均为 530mm (其中 500mm 重晶石混凝土+防护涂料 30mm)	治疗室墙壁及防护门的屏蔽厚度应符合防护最优化的原则, 确保工作人员及公众的受照剂量小于相应的年剂量限值。
门	大防护门约 10mmPb 当量	
迷路设计	采用迷路设计	治疗室入口必须采用迷路设计
联锁装置	设置门机联锁装置	需要设置门机联锁装置
标志、警示灯	机房防护门上设置醒目的电离辐射标志和工作指示灯	治疗室门上要有声、光报警器。
监视装置	设置有摄像系统和对讲机互通	在控制室与治疗室之间应设观察窗(或监视器)与对讲机。

对广州市第一人民医院后装机房设计参数分析,除各面墙体和大防护门的防护性能需要理论计算分析外,机房建设的其他设计方案均符合《后装 γ 源近距离治疗卫生防护标准》(GBZ121-2002)中对后装机房的防护设施技术要求。

8.1.3.2 机房防护性能分析

根据 ¹⁹²Ir 放射源的相关技术参数及医院提供的机房设计方案,对新建后装治疗机房的防护性能进行理论分析。

由于后装治疗机房设计为长方体型对称结构,根据机房的设计和布局,在机房外

控制室、大防护门、机房顶棚外的地面布设预测点，各预测目标点位置见图 8-3。¹⁹²Ir 放射源的主要技术参数见表 8-3，

表 8-3 后装机使用的放射源技术参数

核素名称	活度	半衰期	射线平均能量
¹⁹² Ir	3.7×10^{11} Bq	74.2d	0.37MeV

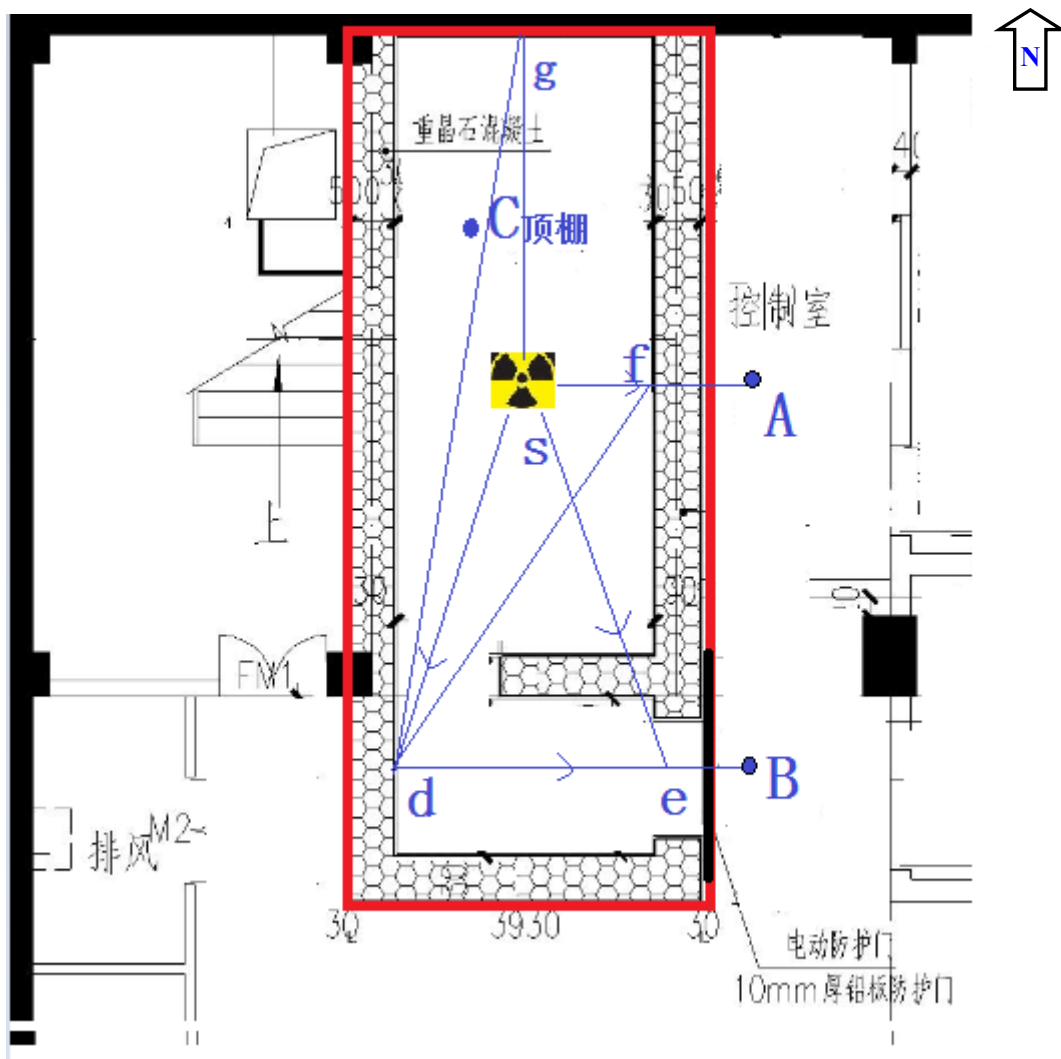


图 8-3 后装室外预测点

参考《放射治疗建设项目》(中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所)第五章关于放射治疗项目职业病危害放射防护评价进行理论分析。

¹⁹²Ir 放射源的尺寸 (0.9mm × 4.5mm) 相对于后装治疗室非常小，且放射源放出的射线具有各向同性，因此可将放射源作为点源进行考虑。保守分析，不考虑放射

源在病人身体内的衰减。典型的 ^{192}Ir 后装治疗项目，常规工作负荷参数如下：

- a、最大源活度 370Gq；
 - b、最大治疗患者数：10/天；
 - c、每周工作天数，5 天/周；
 - d、每个患者最大治疗时间，10 分钟/患者；
 - e、在空气中 1m 处， ^{192}Ir 空气比释动能率常数 $111\mu\text{Gy}/(\text{GBq}\cdot\text{h})$ ；
- 工作负荷： $W=111\times 370\times 10\times 5\times 10\times (1/60)=3.42\times 10^5\mu\text{Gy}/\text{week}$

1、主屏蔽墙 A、C 预测

控制室的墙壁和治疗室正上方顶棚墙壁均为主射束照射方向，根据预测点位与放射源的距离，以及相应的屏蔽厚度，根据公式（8-1）可计算预测点位的 γ 辐射剂量率 D_1 。

$$D_1 = \frac{D_0}{10^{S/\text{TVL}} \cdot d^2} \quad (8-1)$$

式中： D_1 —经相关屏蔽以及距离衰减后，各预测点的 γ 辐射剂量率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；

D_0 —无屏蔽时点源 1m 处的 γ 辐射剂量率， $111\times 370\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；

d —预测点到点源中心的距离，m；

S —屏蔽层的厚度，cm；

TVL —屏蔽材料的 1/10 值层厚度（重混凝土 TVL 为 8.7cm）。

根据公式 8-1 计算主射束照射区域 A、C 点位的 γ 辐射剂量率，预测结果见表 8-4。

表 8-4 主射束 A、C 点的 γ 辐射剂量率预测结果

目标 点位	场所性质	屏蔽厚度 S	距离 d(m)	γ 辐射剂量率 D_1 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)
A	后装室东面操作室 (未考虑防护涂料的防护)	500mm 重混凝土	2.26	0.0144
C	后装室顶棚 (未考虑防护涂料和铝板天花 的防护)	500mm 重混凝土	3.3	0.0067

预测数据显示：由后装机引起的机房各处墙壁外表面约 30cm 处的 γ 辐射剂量率预测值均低于环境背景水平（现场检测治疗室周围环境 X、 γ 辐射剂量率本底水平约为 0.11~0.17 μ Gy/h），表明设备正常运行时机房各处墙体防护性能满足设计要求。

2、防护门外预测

理论模型如下： ^{192}Ir 放射源近似为点源，具有各向同性，放射源各个方向均视为主射方向，无泄漏辐射，为偏保守分析，近似认为 ^{192}Ir 放射源为裸源，辐射防护计算时不考虑射线在人体内的能量衰减。

根据文献资料，在迷道入口（大防护门内侧）e 处，主要受到放射源主射束直射经过 d 处墙体后的散射辐射 D_{pA} ；主射束射到治疗室其他各面墙壁上散射后，再入射到 d 处墙体的散射辐射 D_{wA} ；放射源主射束经过迷道内墙透射到防护门内侧 D_{TA} 的累加。

根据资料，迷道入口 e 处的直射、散射、透射辐射剂量 D_e 按式 8-2 进行估算：

$$D_e = 2.64 (D_{pA} + D_{wA} + D_{TA}) \quad (8-2)$$

式中：

2.64-考虑主要射束方向直射和散射辐射贡献的经验常数；

D_{pA} -为放射源主射束直射到 d 墙后散射引起的迷道入口处的周剂量，单位 $\text{Gy}\cdot\text{week}^{-1}$ ；

D_{wA} -放射源射到其他各面墙体后（即非直射迷道内墙的其他射束），经过墙体散射后再入射到 d 处，经过 d 处散射辐射(至少两次散射)引起的迷道外入口处周剂量，单位 $\text{Gy}\cdot\text{week}^{-1}$ ；

D_{TA} -放射源直射迷道内墙后透射到迷道外入口处引起的周剂量，单位 $\text{Gy}\cdot\text{week}^{-1}$ ；

(1) D_{pA} 预测：

先对治疗室内迷道入口处 e 处 D_{pA} 进行预测，估算公式 8-3:

$$D_{pA} = W \times U \times a \times (F / 400) \times (aL \times AL) \div (dsca \times dl \times dm) \quad (8-3)$$

式中:

D_{pA} -为主射束直射迷道内墙入口 d 引起的迷道入口 e 处的周剂量，单位 $Gy \cdot week^{-1}$;

W-工作负荷: $111 \times 370 \times 10 \times 5 \times 10 / 60 = 3.42 \times 10^5 \mu Gy \cdot week^{-1} = 0.342 Gy \cdot week^{-1}$;

U-为利用因子，主射束取 1;

a-为表面散射系数，近似认为 ^{192}Ir 放射源为裸源，在人体内不考虑射线能量的衰减，仅为小角度散射，取 1.1×10^{-2} ;

F-为患者表面入射面积，按正常人体表面积约 $40cm \times 40cm$;

a_1 -为墙体反射系数， γ 射线能量 $0.37MeV$ ，对入射角 45° ，反射角 0° ，反射系数为 2.9×10^{-2} （见《放射治疗建设项目》（中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所）第五章附表 5，插值）;

A1-迷道内入口处墙体被透射的面，取 $6m^2$;

dsca-源距离体表 $0.1m$;

d1-患者表面到迷道入口的距离 sd 取 $4.8m$;

dm-迷道内墙入口 d 到防护门内侧 e 处的距离 de 取 $3.4m$;

将以上参数带入公式 (8-3)，得，

$$D_{pA} = 0.342 \times 1 \times 1.1 \times 10^{-2} \times (1.6 \times 10^3 / 400) \times (2.9 \times 10^{-2} \times 6) \div (0.1 \times 4.8 \times 3.4)$$

$$= 0.0016 Gy \cdot week^{-1}$$

$$= 192.72 \mu Gy/h$$

(2) D_{wA} 预测:

主射束射到治疗室其他各面墙壁上散射后，再入射到 d 处墙体的散射辐射 D_{wA} ，后装机治疗室内， ^{192}Ir 放射源近似为点源，具有各向同性，无泄漏辐射。

D_{wA} 由五部分组成：经过顶棚、地面、左侧、右侧至少一次散射后，射线到达 d 处，再发生经过迷道内墙第二次散射到防护门内侧，这四种情况射线的散射角度、距离类似，路径如图 8-3 中的 S-f-d-e；还有一种情况，即主射线经过治疗室后墙一次散射后，射线到达 d 处，再发生第二次散射到防护门内侧，路径如图 8-3 中的 S-g-d-e。

以 S-f-d-e 为例：

$$D_{wA} = W \times U \times a_A \times A_A \times a_M \times A_M / (d_A \times d_M \times d_z)$$

W-工作负荷： $111 \times 370 \times 10 \times 5 \times 10 / 60 = 3.42 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{week}^{-1} = 0.342 \text{Gy} \cdot \text{week}^{-1}$ ；

U-为利用因子，主射束取 1；

a_A -为墙体 A 的反射系数取 2.3×10^{-2} ，垂直入射， 30° 反射；

A_A -主射束投射到墙体的面积，取 4m^2 ；

a_M -为迷道内墙体的反射系数取 3×10^{-2} ， 45° 入射， 0° 反射；

A_M -为迷道内口截面积， 4.4m^2

d_A -放射源到墙体的距离，1.4m；

d_M -fd 的距离，取 4m；

d_z -de 的距离，取 3.4m；

将以上参数代入 D_{wA} 计算公式，得

$$D_{wA} = 0.342 \times 1 \times 2.3 \times 10^{-2} \times 4 \times 3 \times 10^{-2} \times 4.4 / (1.4 \times 4 \times 3.4)$$

$$= 0.000218 \text{Gy} \cdot \text{week}^{-1}$$

以上五中情况射线束都至少需要经过两次散射，才能到达防护门内侧，而根据核物理知识， γ 射线与物质相互作用时，发生一次碰撞就会导致损失其大部分或全部能量，即出现大能量转移，光子不是完全消失就是大角度散射。为简化处理，保守估算五个面产生的两次散射辐射剂量率水平相当，则所有的五个面共计 D_{wA} 总：

$$D_{wA}=5 \times 0.000218=0.00109 \text{ Gy} \cdot \text{week}^{-1}$$

$$= 130.8 \mu\text{Gy/h}$$

(3) D_{TA} 预测:

主射束经过迷道内墙透射到防护门内侧 D_{TA} D_{TA} 可以根据 8-1 公式进行计算, 根据预测点位与放射源的距离, 以及相应的屏蔽厚度, 可计算 e 处的 γ 辐射剂量率 D_{TA} 。

$$D_{TA} = \frac{111 \times 370}{10^{450/87} \times 4.8^2}$$

$$D_{TA}=0.0119 \mu\text{Gy/h}$$

以上数据可知主射束经过迷道内墙透射到防护门内侧 D_{TA} 非常低, 与 D_{pA} 相比可以忽略不计。

小结:

将以上各种情况再防护门内侧 e 处的辐射剂量率贡献累加, 带入公式 8-2, 可估算防护门内侧 e 处的 γ 辐射剂量率 D_e

$$\begin{aligned} D_e &= 2.64 (D_{pA} + D_{wA} + D_{TA}) \\ &= 854.12 \mu\text{Gy/h} \end{aligned}$$

同上, 根据公式 (8-1) 可计算在迷道出口 e 处经过 10mmPb 当量大防护门屏蔽后, 大防护门外点 B 的 γ 辐射剂量率 D_B 。

$$D_B = \frac{D_0}{10^{S/TVL}} = \frac{854.12}{10^{\frac{10}{2.9}}} = 0.297 \mu\text{Gy/h}$$

式中: D_1 —经大防护门屏蔽后的 γ 辐射剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

D_0 —无屏蔽时防护门内侧 e 处的 γ 辐射剂量率, $854.12 \mu\text{Gy/h}$;

S—屏蔽层的厚度, 10mmPb;

TVL—屏蔽材料的 1/10 值层厚度(由于 γ 射线与物质相互作用时, 发生一次碰撞就会导致损失其大部分或全部能量, 因此假设由放射源 γ 射线经过治疗室和迷道内散射后, 到达防护门

处的 γ 射线平均能量衰减一半，此时铅的 TVL 约 2.9mm

计算结果见表 8-5。

表 8-5 防护门 B 点的 γ 辐射剂量率预测结果

目标点位	场所性质	屏蔽厚度 S	γ 辐射剂量率 D_1 ($\mu\text{Gy/h}$)
B	大防护门外	10mmpb 当量铅门	0.297

预测数据显示：治疗室经过迷道和大防护门屏蔽后，在防护门外表面约 30cm 处的 γ 辐射空气吸收剂量率预测值略高于环境背景水平（现场检测治疗室周围环境 X、 γ 辐射剂量率本底水平约为 0.11~0.17 $\mu\text{Gy/h}$ ），预测数据满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）规定治疗机房辐射屏蔽的剂量率参考控制水平：距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处 $H_c \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ （人员全居留场所），或 $H_c \leq 10\mu\text{Sv/h}$ （人员部分和偶然居留场所）。

以上数据也表明设备正常运行时机房外大防护门防护性能满足设计要求。需要注意的是，以上数据对预测值放大简化处理，实际运行值将会低于以上预测值，且没有考虑防护涂料的屏蔽性能，为偏保守安全的估算结论。

另外：机房建设时需要特别注意缝隙、孔洞、管道、气窗、电缆地沟等可能产生局部泄漏的部位须妥善处理，在两种不同密度材料的搭接处，要确保任一方向射线均有足够的屏蔽厚度。

8.1.3.3 后装机运行剂量估算

由于拟建设的后装机治疗室位于负 1 层（无地下负 2 层），控制室设置在治疗室东侧，靠近 CT 扫描间，后装机室南面为直线加速器治疗室，西面墙外为医用楼梯通道，楼道墙壁外侧和北面墙体外侧均是实心泥土层，楼上为 CT、DR 操作室，周围一般无公众人员出入，因此周围均为职业照射区域。

以偏保守估算后装机每年工作 2000 小时，在机房周围 30cm 处的年有效累计剂量。对于操作人员：取预测最大的防护门 γ 辐射剂量率 0.297 $\mu\text{Gy/h}$ ，工作区居留因子取 1，可估算改扩建的后装机正常运行时操作人员的年累计有效剂量：

$$E=D \times t=0.297 \times 2000 \times 10^{-3}=0.594 \text{mSv/a}$$

由于后装机治疗室外无公众人员长期停留，若以辐射工作人员的年有效剂量估算值乘以 1/16 的居留因子，预测公众一年的受照个人有效剂量将低于环境辐射背景水平的影响，故可以忽略不计。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定，在实践过程中，工作人员所受的剂量限值为连续 5 年的年平均有效剂量不超过 20mSv/a；公众所受剂量不超过 1mSv/a。在环境评价中，对于某单一项目的剂量控制，可以取这个限值的几分之一进行管理，本项目取其四分之一，即工作人员的管理目标值不超过 5mSv/a，公众的管理目标值不超过 0.25mSv/a。

以上分析可见该新建后装机项目建设完成运行后，对偶尔经过或靠近机房的人员，由该装置运行所引起的放射性照射年有效累积剂量远低于工作人员的剂量控制值 5mSv/a，公众的管理目标值不超过 0.25mSv/a。

小结：以上理论公式没有考虑到 γ 光子在源器内被吸收的影响，没有考虑防辐射涂料的屏蔽，也没有考虑治疗时放射源在患者身体内的衰减。因此实际运行时的 γ 辐射剂量率数值会进一步降低，更偏安全保守。以上所有预测数据均满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》(GBZ/T 201.1-2007)规定治疗机房辐射屏蔽的剂量率参考控制水平：距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处 $H_c \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ (人员全居留场所)，或 $H_c \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ (人员部分和偶然居留场所)，也满足根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的规定要求。

8.1.4 后装机废源分析

由于放射性衰变，随着放射性活度的降低，放射源在一定时间以后将无法继续满足放射治疗要求，需要更换新的放射源。而旧的放射源依然具有一定的放射性强度，依然存在对环境保护和人类健康的不利影响可能性，因此对于废旧放射源需要妥善处理。

该后装机使用的 ^{192}Ir 放射源属于 III 类放射源，根据环境保护部令第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十八条，转让 I 类、II 类、III 类

放射源的，转让双方应当签订废旧放射源返回协议。因此在确定采购放射源后，广州市第一人民医院必须与供源单位签订废旧放射源返回协议，废旧放射源由供源单位负责回收。

根据环境保护部令第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的其他相关规定，对于放射源的使用必须做好以下各项要求：

a 使用放射源的单位应当在废旧放射源交回生产单位或者送交废旧放射源收贮单位贮存活动完成之日起二十日内，报其所在地的省级人民政府环境保护主管部门备案。

b 使用放射源的单位依法被撤销、依法解散、依法破产或者因其他原因终止的，应当事先将本单位的放射源依法转让、交回生产单位、返回原出口方或者送交废旧放射源收贮单位贮存，并承担上述活动完成前所有的安全责任。在实施放射源转移之前，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》(环境保护部令 第 2 号)，应该委托有相关资质的单位针对该检查系统项目编制核技术应用项目环境影响评价文件，并报相应的环境保护行政主管部门审批。审批通过后，才能按照相关要求实施放射源的转移。

8.1.5 事故分析及应急措施

a 放射源丢失或被盗

如发现放射源丢失，当事人应立即保护现场并启动应急程序：及时封锁现场，禁止人员进入，立即报告辐射安全管理领导小组，在 2 小时内报当地环保部门、公安部门，并在当地环保部门的部署下展开应急工作，查找、搜寻丢失的放射源。

b 放射源包装容器泄露

发现泄露后，现场负责人立即组织周围人员撤离，封锁现场，划定警戒区域，立即报告辐射安全管理领导小组，由相关技术人员采取措施将放射源妥善收贮。

c 源脱落

发现泄露后，现场负责人立即组织周围人员撤离，封锁现场，划定警戒区域。立即报告辐射安全管理领导小组，由相关技术人员采取措施将放射源妥善收贮。

d 灾害

当正在使用放射源箱受到撞击、火灾、地震等其它意外灾害时，应立即收回到贮

存位，并尽量将放射源运出灾害区域。如来不及，应立即组织周围人员撤离，封锁现场，划定警戒区域。由相关技术人员采取措施将放射源妥善收贮。

一旦有放射事故发生，应及时处理，严格按放射事故处理规定等要求，同时上报主管部门及环保部门，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理，使污染程度控制在最小范围之内。

8.2 DSA、移动 C 型臂评价

8.2.1 DSA、移动 C 型臂机房防护分析

本次评价的扩建 DSA 介入手术室位于广州市第一人民医院影像楼第 3 楼，机房还在改造，DSA 设备还在招投标，目前还没有到货。本次评价的 DSA 型号未定，拟购但最大管电压不超过 150kV，最大管电流不超过 1250mA。

移动 C 型臂 X 光机拟建设在外科楼第 13 楼手术室，移动 C 型臂 X 光机使用场所不固定，根据手术室需要推至需要的手术间，目前该设备已经到货，但医院只能用于开机测试，在没有取得辐射安全许可证之前不能开机运行。

DSA、移动 C 型臂设备参数见表 8-6。

表 8-6 DSA、移动 C 型臂设备参数

型号	输出电压	最大管电流	曝光时间	防护装置
DSA 型号未定	≤150KV	≤1250mA	透视 摄影	悬吊式铅屏 1 个，铅防护帘 2 个，0.5mm 铅当量防护衣、帽、围脖 6 套
Siremobil Compact L (移动 C 型臂)	110KV	12mA	50ms ~10s	防护衣、帽、围脖

为分析扩建 DSA、移动 C 型臂 X 光机项目的辐射防护性能，根据医院提供的设计方案，对 DSA、移动 C 型臂使用场的建设方案进行列表分析，并与《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)中对医用诊断 X 射线机房的防护设施的技术要求对照，具体数据见表 8-7。

表 8-7 DSA 和移动 C 型臂室防护设施分析

项目	DSA	移动 C 型臂	新建机房标准要求
机房位置	影像楼第 3 层	外科楼第 13 楼手术室	X 射线设备机房（照射室）应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。
机房的大小	约 72m ²	1 号手术室 50.76m ² 5 号手术室 28m ² 6 号手术室 36.5m ² 20 号手术室 47.1m ²	每台 X 射线机应设有单独的机房，应满足使用设备的空间要求。 单管头 X 射线机（DSA）最小有效使用面积 20m ² ，最小单边长度 3.5m；
墙体	砌砖 250mm 灰砂砖墙、中间 10mm 厚重晶砂、墙面批 25mm 厚防辐射水泥砂浆，10mm 厚防辐射材料	墙体为彩钢板，用铝拉铆钉将 2.0mm 铅板固定于角钢上，铅板与铅板相接处采用“鱼磷式”搭接工艺	介入手术室有用线束和非有用线束 2mm 铅当量防护厚度； 设于多层建筑中的机房（不含顶层）顶棚、地板（不含下方无建筑物的）应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。
顶棚	顶棚 180mm 混凝土，面批 25mm 防辐射水泥砂浆，10mm 防辐射材料	顶棚 180mm 混凝土，面批 25mm 防辐射水泥砂浆，10mm 防辐射材料	
地板	地板 180mm 混凝土，面批 25mm 防辐射水泥砂浆，10mm 防辐射材料	地板 180mm 混凝土，面批 25mm 防辐射水泥砂浆，10mm 防辐射材料	
机房通风	机房设计排气装置，保证通风状况良好	机房设计排气装置，保证通风状况良好	良好
防护门	2mmPb 当量	2 mmPb 当量	应合理设置机房的门、窗和管线口位置，机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。
观察窗	20mm 铅玻璃	20mm 铅玻璃	
标志、警示灯	防护门上安装醒目的电离辐射标志和工作指示灯。	防护门上安装醒目的电离辐射标志和工作指示灯。	机房门外要有电离辐射标志，并安设醒目的工作指示灯
候诊位置	位于候诊走廊。	位于候诊走廊。	要选择恰当，并有相应的防护措施
防护措施	配有铅玻璃防护板、铅衣、铅手套、围脖等个人防护用品。	配有铅衣、铅手套、围脖等个人防护用品。	要选择恰当，并有相应的防护措施

DSA 和移动 C 型臂 X 光机射线管最大管电压都不超过 150kV，参照《医用电离辐射防护与安全》文献中“医用射线装置管电压为 150kV 时 2 mmPb 当量防护厚度相当于混凝土(2.2g·cm⁻³)约 160mm，黄砖(1.6g·cm⁻³)约 240mm，熔渣砖(1.2g·cm⁻³)约 250mm；1mmPb 当量的防护厚度相当于混凝土(2.2g·cm⁻³)约 85mm，黄砖

($1.6\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)约 130mm, 熔渣砖($1.2\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)约 140mm; 1 mmPb 当量防护厚度相当于钡水泥($2.7\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)约 17mm”。

对以上 DSA 和移动 C 型臂机房建设方案分析可见:

1) DSA 机房位于影像楼第 3 层, 机房的六面墙体、防护门和观察窗均考虑了射线防护, 各处的防护厚度高于 2.0mmPb 当量; DSA 手术室面积约为 72m^2 , 大于标准中规定的单管头 200mA 的 X 射线机房不小于 20m^2 的面积要求, 最小单边长度不小于 3.5m; 机房设计有排气装置; 配有铅玻璃防护板、铅衣、铅手套、围脖等个人防护用品; 机房建设完成后防护门上安装醒目的电离辐射标志和工作指示灯。

2) 移动 C 型臂机房位于外科楼 13 楼手术室, 机房的六面墙体、防护门和观察窗均考虑了射线防护, 各处的防护厚度高于 2.0mmPb 当量; 拟使用移动 C 型臂的手术室面积均大于标准中规定的单管头 200mA 的 X 射线机房不小于 20m^2 的面积要求, 最小单边长度不小于 3.5m; 机房设计有排气装置; 配有个人防护用品; 机房防护门上安装有醒目的电离辐射标志和工作指示灯。

可见, DSA 和移动 C 型臂 X 光机房屏蔽性能满足标准要求, 其他配套设施基本参数满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 中的相关要求。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定, 在实践过程中, 工作人员所受的剂量限值为连续 5 年的年平均有效剂量不超过 20mSv/a ; 公众所受剂量不超过 1mSv/a 。在环境评价中, 对于某单一项目的剂量控制, 可以取这个限值的几分之一进行管理, 本项目取其四分之一, 即工作人员的管理目标值不超过 5mSv/a , 公众的管理目标值不超过 0.25mSv/a 。由于《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 中机房屏蔽厚度参数是以机房外人员的受照剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中相关规定而推算出的, 以上分析可知, 本评价项目机房设计方案符合《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 中对诊断 X 射线机房的防护设施的技术要求, 以偏保守预测可知本次评价的 X 射线装置在正常运行时对机房外环境的影响可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 对人员受照剂量的相关要求。

另 DSA 设备没到货, 因此环境影响评价以类比预测分析为主 (详见 8.2.3 节), C 型臂 X 射线机已到货, 环境影响评价由开机测试数据进行分析为主 (详见 8.2.2 节)。

8.2.2 项目现状

为了解评价项目扩建 DSA 和移动 C 型臂 X 光机所在区域的环境现状，对评价项目现场进行资料收集和环境调查，现场环境相片见图 8-4。

拟建 DSA 手术室



拟建操作室

东侧原介入手术室大门



楼上核医学科



楼下 CT 操作室



移动 C 型臂 X 光机



楼上风机室

楼下 ICU 病房



图 8-4 环境现状相片

为调查 DSA 建设场所环境 X、 γ 辐射剂量率水平和开机测试移动 C 型臂 X 光机运行时的辐射影响水平，现场对 DSA 拟建机房区域环境 X、 γ 辐射剂量率进行了检测，同时对移动 C 型臂 X 光机试运行时的使用场所环境 X、 γ 辐射剂量率进行了检测。在评价项目四周布设测量点，测量布点见图 8-5、图 8-6，测量结果见表 8-8，检测报告见附件 6。

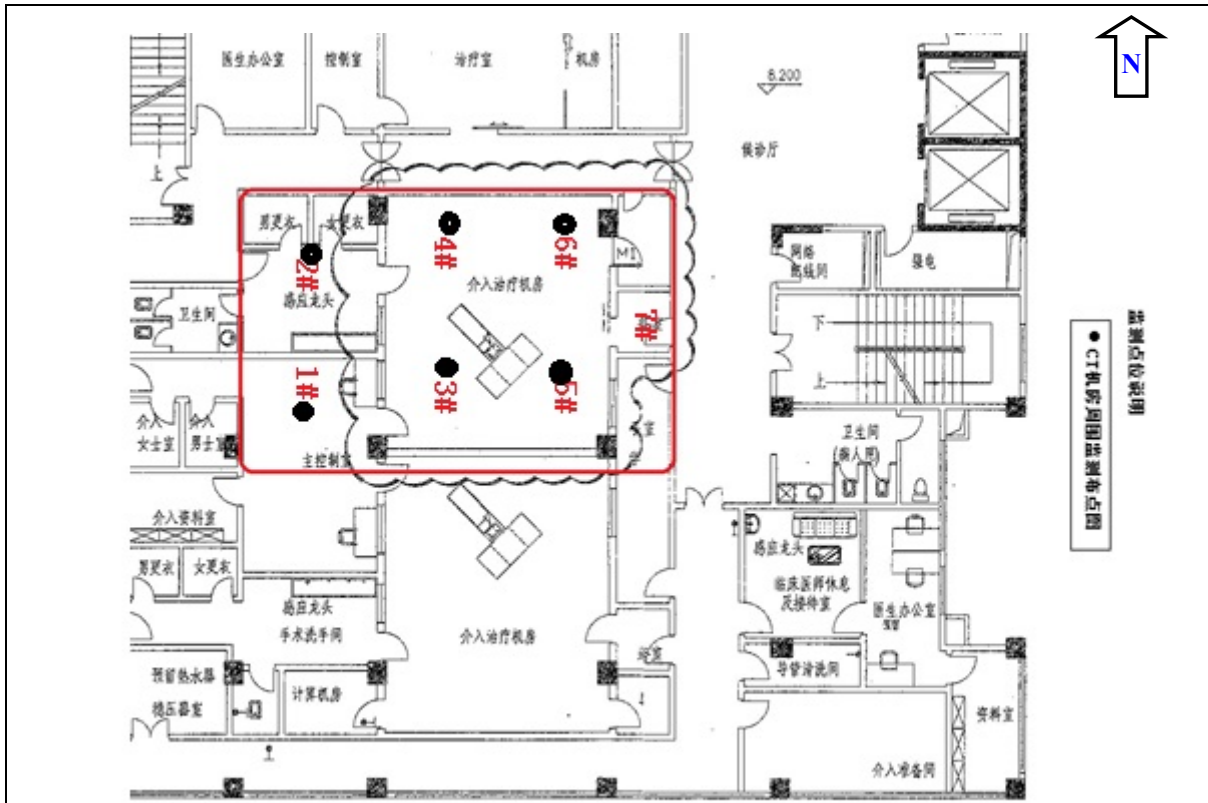
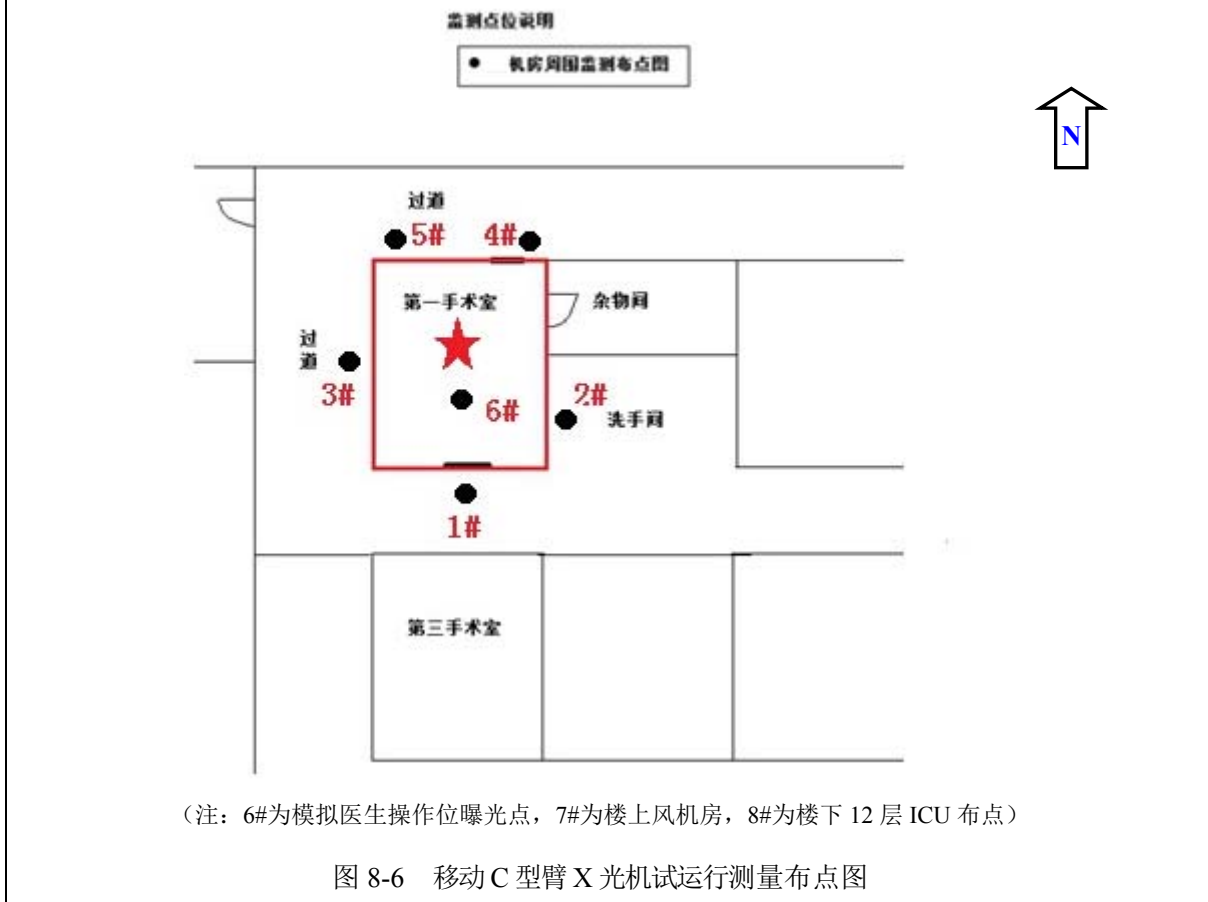


图 8-5 DSA 室测量布点图 (注: 8#为楼上核医学科, 9#为楼下 2 层 CT 室布点)



(注: 6#为模拟医生操作位曝光点, 7#为楼上风机房, 8#为楼下 12 层 ICU 布点)

图 8-6 移动 C 型臂 X 光机试运行测量布点图

表 8-8 DSA 环境背景水平检测、移动 C 型臂开机测试测量结果

测点 编号	检测对 象及工 况	测量位置		环境 X- γ 辐射剂量率 (μ Gy/h)			测量 状态
				平均 值	范 围	标准 差	
1#	DSA 机房建 设场所	控制室		0.13	0.10 ~ 0.15	0.02	环境 背景 值
2#		更衣室		0.13	0.12 ~ 0.15	0.02	
3#		诊断室内东侧右		0.12	0.11 ~ 0.13	0.01	
4#		诊断室内西侧右		0.13	0.11 ~ 0.14	0.02	
5#		诊断室内东侧左		0.12	0.11 ~ 0.14	0.01	
6#		诊断室内西侧左		0.11	0.10 ~ 0.12	0.01	
7#		大防护门过道		0.13	0.11 ~ 0.16	0.03	
8#		楼上第四层核医学科		0.17	0.16 ~ 0.18	0.01	
9#		楼下第二层 CT 室		0.11	0.10 ~ 0.11	0.01	
移动 C 型臂环境背景水平				0.14	0.12 ~ 0.16	0.02	
1#	移动 C 型臂	大防护门		0.11	0.07 ~ 0.15	0.04	关机
				0.13	0.12 ~ 0.16	0.02	开机
2#	Siremobil Compact	洗手池墙壁		0.13	0.12 ~ 0.16	0.02	关机
				0.17	0.13 ~ 0.19	0.03	开机
3#	L 型	西侧过道墙		0.14	0.12 ~ 0.16	0.02	关机
				0.17	0.13 ~ 0.19	0.02	开机
4#	测试工况 53kV	小防护门		0.12	0.10 ~ 0.13	0.01	关机
				0.15	0.12 ~ 0.19	0.04	开机
5#	0.6mA 59.9mS	北侧过道墙壁		0.12	0.10 ~ 0.13	0.02	关机
				0.15	0.12 ~ 0.18	0.03	开机
6#	操作位 距射线 管 1m 处	环境本底		0.14	0.10 ~ 0.17	0.03	关机
		无防护时		1.66	1.37 ~ 1.89	0.20	开机
		0.5mmPb 衣防护时		0.13	0.12 ~ 0.14	0.01	开机

7#	楼上第 14 层风机房	0.16	0.13 ~ 0.18	0.03	关机
		0.19	0.16 ~ 0.21	0.02	开机
8#	楼下第 12 层 ICU	0.15	0.12 ~ 0.19	0.04	关机
		0.18	0.16 ~ 0.19	0.02	开机

注：机房外表面测量点测量时仪器探头垂直于检测系统表面，距离外表面约 30cm；机房楼下测量点测量时探头向上高于头顶。

机房环境背景水平测量和机房楼上测量时仪器探头垂直向下，距离地面约 1m 高；

所有测量值均未扣除宇宙射线。

所有测量值经刻度及校正系数修正。

监测数据结论：

(1) DSA 建设区域和移动 C 型臂开机测试场所的环境 X、 γ 辐射剂量率环境背景平均值约为 0.11~0.17 μ Gy/h (110~170nGy/h)，据《广东省环境天然贯穿辐射水平调查研究》中广州市室内 γ 辐射剂量率在 104.6~264.1nGy/h 范围，DSA 机房建设区域和移动 C 型臂 X 光机房测试区域的 γ 辐射剂量率与广州市室内 γ 辐射剂量率的范围大致相同，表明辐射环境质量状况未见异常。

(2) DSA 因没有到货，现场无开机测试数据。移动 C 型臂 X 光机已经到货，现场在手术室开机测试手术室外各处墙壁外表面、观察窗、防护门外约 30cm 关机状态下测量的环境 X- γ 空气吸收剂量率平均值为 0.11~0.16 μ Gy/h，对应点位开机状态下测量值为 0.13~0.19 μ Gy·h⁻¹，说明所有机房外检测点位在开机、关机状态下的测量值均约为环境背景水平，表明设备正常运行时机房各处防护性能满足设计要求。由此可进一步预测手术室外的工作人员或公众所受外照射的剂量几乎可以忽略不计。由移动 C 型臂 X 光机运行所致手术室外工作人员或公众人员一年个人有效剂量均低于评价项目设定的目标管理值：工作人员的有效剂量不超过 5mSv/a，公众的有效剂量不超过 0.25mSv/a。

(3) 移动 C 型臂 X 光机在手术室内医生操作位无防护时，在透视状态下，脉冲曝光测量时的平均值约 1.66 μ Gy/h；用 0.5mmPb 的铅衣屏蔽后测量值降至 0.13 μ Gy/h，说明医生在手术室内 X 光机曝光状态下穿戴合适的铅防护用具时，操作位医生所受的辐射剂量率能够有效的降低。

8.2.3 DSA 类比预测分析

广州市第一人民医院拟购的 DSA 项目因设备型号没有确定，环境影响评价采用类比预测评价分析。

(1) 类比项目选取

按照广州市第一人民医院扩建 DSA 项目的实际情况，类比项目选择本单位原有 DSA 项目进行类比分析，类比项目已于 2012 年通过环评，参见许可证。评价项目与类比项目主要参数对比见表 8-9 所示。

表 8-9 评价项目与类比项目主要参数对比

主要指标	广州市第一人民医院 扩建 DSA 项目	广州市第一人民医院 原有 DSA 项目
型号	待定	东芝 Infx-8000F 型 数字减影血管造影装置 (DSA)
最大管电压 (kV)	≤150	150
最大管电流	1250	1250
使用场所	影像楼 3 楼介入室	影像楼 3 楼介入放射手术科东 芝室
机房的大小	约 72m ²	约 33.7m ²
墙体	砌砖 250mm 灰砂砖墙、中间 10mm 厚 重晶砂、墙面批 25mm 厚防辐射水泥砂 浆，10mm 厚防辐射材料	250mm 实心灰砂砖墙+1mmPb 防护涂料≈3mmPb
顶棚	顶棚 180mm 混凝土，面批 25mm 防辐 射水泥砂浆，10mm 防辐射材料	12cm 钢筋混凝土+1mmPb 防 护涂料≈2.5mmPb
地板	顶棚 180mm 混凝土，面批 25mm 防辐 射水泥砂浆，10mm 防辐射材料	
防护门	2mmPb 当量	3mmPb 铅当量。
观察窗	20mm 铅玻璃	4mmPb 的铅玻璃。

防护措施	配有铅玻璃防护板、铅衣、铅手套、围 脖等个人防护用品。	配有铅衣、铅手套、围脖等个人防 护用品。
------	--------------------------------	-------------------------

评价项目的六面墙体防护厚度与类比项目墙体厚度（铅当量数值越高，防护性能越强）大致相当，均高于《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中对医用诊断 X 射线机房的防护设施的技术要求，本次评价项目机房面积高于类比项目。评价项目的具体防护性能可通过类比项目的检测数据进行类比预测分析。

(2) 类比方案说明

类比项目与评价项目工作原理、工作流程流程相似，使用条件根据不同病人病情使用 X 射线曝光时间和强度有所不同。因此采用医院原有 DSA 项目的类比检测数据对扩建 DSA 项目分析，具有参考意义。

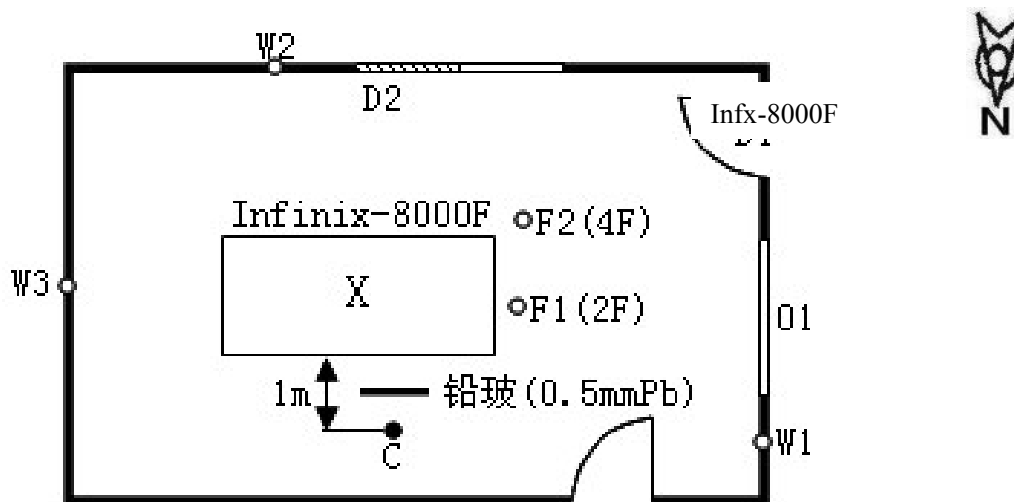
(3) 类比项目数据分析

类比项目的检测数据见表 8-10，检测数据来源原广州市第一人民医院环评检测，类比项目原检测报告见附件 7。

表 8-10 类比项目周围环境 X、γ 辐射剂量率测量结果

测点 编号	测量对象 及测量工况	测量位置	环境 X-γ 空气比释动能率 ($\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$)			测量 状态	地面 介质
			最小值	最大值	平均值		
10#	东芝 Infx-8000F 型 数字减影血管 造影装置(DSA) 工况： 80kV, 3mAs	观察窗 O1	0.10	0.21	0.15	关机	水磨 石
		观察窗 O1	0.13	0.23	0.18	开机	
11#		防护门 D1	0.13	0.18	0.15	关机	
		防护门 D1	0.13	0.21	0.16	开机	
12#		西面墙壁 W1	0.15	0.21	0.17	关机	
		西面墙壁 W1	0.15	0.23	0.19	开机	
13#		防护门 D2	0.10	0.21	0.15	关机	
		防护门 D2	0.13	0.21	0.17	开机	
14#		南面墙壁 W2	0.13	0.21	0.17	关机	
		南面墙壁 W2	0.13	0.23	0.17	开机	
15#		东面墙壁 W3	0.10	0.18	0.14	关机	
		东面墙壁 W3	0.13	0.18	0.15	开机	
16#		无防护时操作位 C	0.07	0.18	0.13	关机	
		无防护时操作位 C	1.35	2.13	1.87	开机	

17#		铅衣防护时操作位 C	0.39	0.42	0.40	开机
18#		机房下一层 F1(2层)	0.15	0.21	0.19	关机
		机房下一层 F1(2层)	0.15	0.21	0.19	开机
19#		机房上一层 F2(4层)	0.13	0.23	0.19	关机
		机房上一层 F2(4层)	0.15	0.23	0.21	开机



(东芝室)

图 8-7 类比项目介入手术室测量布点图

类比项目结论:

(1) 东芝 Infx-8000F 型 DSA 正常工作时, 其机房外测量点位的环境 X、 γ 辐射剂量率为 $0.13\sim 0.19\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, 与机房外的环境背景水平 $0.14\sim 0.19\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 基本相当。

(2) 从 DSA 装置手术医生操作位的测量值可知, 在无任何屏蔽时操作位的环境 X、 γ 辐射剂量率分别为 $1.87\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, 受铅围裙屏蔽后, 其测量值降至 $0.40\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, 略高于环境背景水平, 可知手术操作人员通过穿戴个人防护用具, 可大大降低个人的受照剂量。此外, 在 DSA 装置射线管头关键位置分别设置了均具有 0.5mmPb 的铅玻璃屏风和铅帘, 并分上下两处设置, 能进一步有效地防止操作医生人体关键部位可能受到的外照射。

8.1.4 评价项目预测分析

根据在同一点位相同条件下, X 射线屏蔽层的厚度越厚, 吸收物质的原子吸收截面越大, X 射线被吸收越多, 其强度随屏蔽物质厚度的增加成指数衰减规律。因此广州

市第一人民医院扩建 DSA 项目介入手术开展时，机房周围的工作人员和公众可以综合运用时间、距离与屏蔽物质进行防护。

1、职业照射

经咨询了解，广州市第一人民医院扩建 DSA 项目，职业照射预测选取类比项目开机测量值进行估算（预测工况工况为 80kV，3mAs）。

事故工况：医生在操作位仅铅屏风遮挡时，假设事故工况下医生没有正确穿戴铅衣，类比项目在操作位 1m 处测量平均值约 1.87 μ Gy/h（见表 8-10），可估算操作人员年累计有效剂量：

$$E_{DSA预测} = D_{预测} \cdot t = 1.87 \times 2000 \times 10^{-3} = 3.74mSv$$

注：类比项目检测时的工况为 80kV，3mAs，实际投入使用后管电压、管电流可能差异较大，特别是管电流可能成倍增加，实际剂量率可能远高于 1.87 μ Gy/h。同时可能由于病人身体的散射、医生与射线管头的实际距离，导致实际医生操作位上的辐射剂量率数据增加。虽然以上预测数据不具有严谨的指导性，但能够论证医生利用防护设备的重要性。

正常工况：如果医务人员正常穿戴 0.5mmPb 铅衣，同时利用铅屏风遮挡站在手术室内操作时，估算年累计有效剂量：

$$E_{DSA预测} = D_{预测} \cdot t = 0.4 \times 2000 \times 10^{-3} = 0.8mSv$$

以上估算年累计有效剂量预测数据会受曝光时间、曝光工况、手术次数、医生防护用具的配置穿戴等影响，因此项目运行后实际年累计有效剂量会有较大变动。

根据广州市第一人民医院出具的个人剂量监测报告和个人剂量说明可知，医院的操作手术工作负荷较大，而且出现个人剂量计放在辐射工作场所的情况（见附件 5），因此医院需要严密监控工作人员的受照情况，保障医务人员的职业健康，同时需要规范工作人员配带个人剂量计的情况。

总体上分析医生做好防护后，预测广州市第一人民医院扩建 DSA 项目开展后，医生受年有效累计剂量低于环评项目提出的工作人员管理目标值（<5mSv/a），正确穿戴铅围裙、铅手套和防护眼镜等个人防护用具，并采用铅链、铅屏风屏蔽后，能进一

步降低 X 射线的外照射。因此理论上分析广州市第一人民医院扩建 DSA 项目医院医务人员严格按照操作流程、管理制度并正确佩戴个人剂量计后，评价项目运行后医生实际个人有效剂量将低于预测值，也低于本评价提出的管理目标值不超过 5mSv/a。

2、非职业照射

广州市第一人民医院原有 DSA 项目中手术室外所有检测点位在开机、关机状态下的测量值均约为环境背景水平（见表 8-10），而扩建 DSA 项目机房各面墙体防护性能与类比项目相当，且面积更大，因此广州市第一人民医院扩建 DSA 项目正常运行后，机房各处防护性能满足设计要求。由此可进一步预测评价项目开展后，手术室外的工作人员或公众所受外照射的剂量几乎可以忽略不计。由扩建 DSA 装置的运行所致手术室外工作人员或公众人员一年个人有效剂量均低于评价项目设定的目标管理值：工作人员的有效剂量不超过 5mSv/a，公众的有效剂量不超过 0.25mSv/a。

8.2.3 移动 C 型臂 X 光机预测分析

根据在同一点位相同条件下，X 射线屏蔽层的厚度越厚，吸收物质的原子吸收截面越大，X 射线被吸收越多，其强度随屏蔽物质厚度的增加成指数衰减规律。

经咨询了解，该医院预计 Siremobil Compact L 型移动 C 型臂 X 光机项目建设完成后主要用于骨科透视用，一般都为脉冲曝光，且医生都采用手术中拉出控制线在手术室外曝光的模式，一天最多 2~3 例手术，一例手术曝光约 10 次。

由此推算每年操作手术 3 例 x5 天 x50 周不超过 750 台，平均每台手术约 1 小时，其中约 5 分钟处于 X 射线曝光状态下操作。假设手术室内操作人员穿戴 0.5mmPb 铅衣防护进行手术时，则可估算操作人员年累计有效剂量。

$$E_{DSA\text{预测}} = D_{\text{预测}} \cdot t = 0.13 \times \frac{5}{60} \times 3 \times 5 \times 50 \times 10^{-3} = 0.008125mSv$$

估算结果显示：操作人员只配置 0.5mmPb 铅衣屏蔽后的年有效累计剂量约为 0.008125mSv/a，由移动 C 型臂 X 光机运行所致手术室内工作人员一年个人有效剂量低于评价项目设定的目标管理值：工作人员的有效剂量不超过 5mSv/a。

另外医院相关辐射工作人员已经配置有个人剂量计，医院出具的最近连续一年的个人剂量检测报告见附件 5。剂量检测报告中显示医院放射科的个别医生受到的职业

照射剂量已经超过国家《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定限值,医院出具的核查表见附件5。据调查了解,剂量超标的主要原因是医生佩戴个人剂量计时介入手术增多或剂量计放置在了手术室,因此医院还需要进一步加强个人剂量管理,规范佩戴的方式,并适当安排医生的工作负荷。

8.2.4 DSA、移动C型臂X光机项目对医生及患者的防护要求

广州市第一人民医院针对扩建1部DSA、1部移动C型臂X光机项目应落实以下几项要求:

1、手术医生的防护要求:

- a、提高安全文化素养,全面掌握辐射防护法规与技术知识;
- b、结合诊疗项目实际,综合运用时间、距离与屏蔽防护措施;
- c、佩带好个人防护用具;
- d、必须开展介入诊疗手术医生的个人剂量监测;
- e、发现问题及时整改。

2、介入治疗时防护措施:

(1) 时间防护:熟悉机器性能和介入操作技术,尽量减少照射和采集时间。特别避免未操作时仍踩脚闸。

(2) 缩小照射野:在不影响操作的前提下尽量缩小照射野。

(3) 缩短物片距:尽量让影像增强器或平板靠近患者,减少散射线。

(4) 充分利用各种防护器材:操作者穿铅衣、铅围脖、铅帽、铅眼镜或铅面罩;处于生育年龄者还可加穿铅三角裤;使用床下铅帘及悬吊铅帘;重大手术需要技师、护士或其他人员在手术间时,除佩戴上述物品,最好配有铅屏风,让上述人员在屏风后待命,并做好其他个人防护。

(5) 在不影响图像质量和诊疗需要的前提下,尽量使用低剂量。

3、患者的防护要求:

(1) 采用带有剂量测量系统的介入设备或购置测量仪器,在操作中对放射剂量进行实时监测。

(2) 选择最优化的检查参数,为保证影像质量可采用高电压、低电流、限制透视检查时间等措施。

(3) 采用剂量控制与分散措施，通过调整扫描架角度，移动扫描床等办法，分散患者的皮肤剂量，避免单一皮肤区域接受全部剂量。

(4) 将 X 线球管尽量远离患者，而将影像增强器尽量靠近患者。

(5) 作好患者非投照部位的保护工作。

(6) 定期维护介入设备；制定和执行介入诊疗中的质量保证计划。

8.2.5 DSA、移动 C 型臂 X 光机的事故分析与防范应对措施

DSA、移动 C 型臂 X 光机事故时可使受照人员产生较严重的放射损伤，X 射线管开机时，手术医生与病人同处一室，且距 X 射线机的管头组装体较近。介入手术主要事故是因曝光时间较长，防护条件欠佳对医生和病人引起的超剂量照射。

为了防止事故的发生，应做好以下工作：

①设置工作性能和防护条件均较好的介入诊疗条件；

②保障介入诊疗的质量和效率；

③做好医生的个人防护；

④做好病人非投照部位的防护工作。

表9 结 论

9.1 项目实践正当性分析

广州市第一人民医院拟新建 ^{192}Ir 放射源后装治疗机、扩建医用射线装置项目的目的在于更好开展肿瘤治疗和射线诊断工作，最终是为了治病救人，项目建成以后，医院将能为病人提供一个更优越的诊疗环境，并具有明显的社会效益，能在保障病人健康的同时为医院创造更大的经济效益。其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

9.2 项目选址合理性分析

评价项目位于医院的影像楼、外科大楼，评价项目的各自屏蔽设置和辐射防护措施考虑了周围场所的防护与安全，对公众影响较小。因此从环境保护方面论证，选址基本合理可行。

9.3 事故风险与防范

医院制订的放射性事故应急预案和辐射环境安全管理制度内容较全面、措施可行，应认真贯彻实施，以减少和避免发生放射性事故与突发事件。

9.4 医院辐射安全管理的综合能力

医院安全管理机构健全，领导分管、人员落实，责任明确，医技人员配置合理，持证上岗；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对现有医用辐射设备和场所而言，医院已具备辐射安全管理的综合能力。

9.5 环境影响评价分析结论

广州市第一人民医院新建一部 ^{192}Ir 放射源后装治疗机、扩建 1 部 DSA 和 1 部移动 C 型臂 X 光机项目。经现场调查及预测分析：后装治疗室的设计方案中屏蔽设施能有效屏蔽 γ 射线辐射，治疗室外的环境辐射剂量率水平满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）的要求——治疗机房辐射屏蔽的剂量率参考控制水平：距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处 $H_c \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。扩建的两部 II 类医用射线装置项目的工作场所及相关屏蔽措施符合相关国家标准要求。

根据剂量估算分析，后装机治疗室房外、扩建的 DSA 和移动 C 型臂 X 光机操作人员和公众的个人累积剂量均低于根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）而设定的本项目的目标管理值：工作人员的剂量不超过 5mSv/a，公众的剂量不超过 0.25mSv/a。

根据现场监测及分析，医院还需要落实和完善以下措施：

（1）医院需要严格执行已制定的各项辐射监测计划和污染防治措施。

（2）医院配置的个人剂量计需要按照个人剂量检测制度规范佩戴，加强个人剂量监测意识，并完善防护用具，适当安排辐射工作人员的工作负荷。

此外，广州市第一人民医院针对核技术应用项目制定了相应的监测计划和污染防治措施，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《中华人民共和国国家职业卫生防护标准》（GBZ130-2013）（医用 X 射线诊断放射防护要求）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）、《后装 γ 源近距离治疗卫生防护标准》（GBZ121-2002）等对辐射防护，安全操作以及防护监测的要求。

本评价项目建设方案中已按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行设计，建设过程如能严格按照设计方案进行施工，建筑施工质量能达到要求时，并且完善本次评价对该项目提出的各项要求及措施，则本评价正常运行时，对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射安全与防护角度论证，广州市第一人民医院新建一部 ^{192}Ir 放射源后装治疗机、扩建 1 部 DSA 和 1 部移动 C 型臂 X 光机项目是可行的。

表 10 审 批

<p>主管单位环保机构预审意见</p> <p>经办人签字 年 月 日</p> <p>单位盖章 年 月 日</p>
<p>市(地区)环保部门意见</p> <p>经办人签字 年 月 日</p> <p>单位盖章 年 月 日</p>
<p>省级环保部门审批意见</p> <p>经办人签字 年 月 日</p> <p>单位盖章 年 月 日</p>

建设项目环境保护审批登记表

填表单位（盖章）：广州市第一人民医院

填表人（签字）：

项目经办人（签字）：

建设项目	项 目 名 称	广州市第一人民医院新建后装机、扩建医用射线装置			建 设 地 点	广州市人民北路 602 号											
	建 设 内 容 及 规 模	新建后装机、扩建医用射线装置			建 设 性 质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造											
	行 业 类 别	核技术应用（W13）			环 境 影 向 评 价 管 理 类 别	<input type="checkbox"/> 编制报告书 <input checked="" type="checkbox"/> 编制报告表 <input type="checkbox"/> 填报登记表											
	总 投 资 （ 万 元 ）	1640			环 保 投 资 （ 万 元 ）	100	所 占 比 例 （ % ）	6.10%									
建设单位	单 位 名 称	广州市第一人民医院	联 系 电 话	13725129095	评价单位	单 位 名 称	广东省环境科学研究院		联 系 电 话	020-83329782							
	通 讯 地 址	广州市越秀区人民北路 602 号	邮 政 编 码	510180		通 讯 地 址	广东省广州市东风中路 335 号		邮 政 编 码	510045							
	法 人 代 表	曹杰	联 系 人	任杰		证 书 编 号	国环评证乙字第 2836 号		评 价 经 费	万元							
区域环境现状	环 境 质 量 等 级	环境空气： 地表水： 地下水： 环境噪声： 海水： 土壤： 其它：															
	环 境 敏 感 特 征	<input type="checkbox"/> 自然保护区 <input type="checkbox"/> 风景名胜 <input type="checkbox"/> 饮用水水源保护区 <input type="checkbox"/> 基本农田保护区 <input type="checkbox"/> 水土流失重点防治区 <input type="checkbox"/> 沙化地封禁保护区 <input type="checkbox"/> 森林公园 <input type="checkbox"/> 地质公园 <input type="checkbox"/> 重要湿地 <input type="checkbox"/> 基本草原 <input type="checkbox"/> 文物保护单位 <input type="checkbox"/> 珍稀动植物栖息地 <input type="checkbox"/> 世界自然文化遗产 <input type="checkbox"/> 重点流域 <input type="checkbox"/> 重点湖泊 <input type="checkbox"/> 两控区															
染物排放达标与总量控制（工业建设项目详填）	排 放 量 及 主 要 污 染 物	现有工程（已建+在建）				本工程（拟建或调整变更）						总体工程（已建+在建+拟建或调整变更）					
		实际排 放浓度 (1)	允许排 放浓度 (2)	实际排 放总量 (3)	核定排 放总量 (4)	预测排 放浓度 (5)	允许排 放浓度 (6)	产生量 (7)	自身 削减量 (8)	预测排 放总量 (9)	核定排 放总量 (10)	“以新带 老”削 减量 (11)	区域平衡替 代本工程削 减量 (12)	预测排 放总量 (13)	核定排 放总量 (14)	排放增 减量 (15)	
	废 水	-----	-----			-----	-----										
	化 学 需 氧 量																
	氨 氮																
	石 油 类																
	废 气	-----	-----			-----	-----										
	二 氧 化 硫																
	烟 尘																
	工 业 粉 尘																
	氮 氧 化 物																
	工 业 固 体 废 物																
	征 污 染 物 与项目有关的其它特	工 作 人 员 辐 射 剂 量															<5mSv/a
		公 众 个 人 辐 射 剂 量															<0.25mSv/a

注：1、排放增减量：（+）表示增加，（-）表示减少

2、（12）：指该项目所在区域通过“区域平衡”专为本工程替代削减的量

3、（9）=（7）-（8），（15）=（9）-（11）-（12），（13）=（3）-（11）+（9）

4、计量单位：废水排放量——万吨/年；废气排放量——万标立方米/年；工业固体废物排放量——万吨/年；水污染物排放浓度——毫克/升；大气污染物排放浓度——毫克/立方米；水污染物排放量——吨/年；大气污染物排放量——吨/年

主 要 生 态 破 坏 控 制 指 标	影响及主要措施		名称	级 别 或 种类数量	影响程度 (严重、一 般、小)	影响方式 (占用、阻隔、 或二者均有)	避让、减免影响的 数量 或采取保护措施 的种类数量	工程避让 投资 (万元)	另建及功能 区划调整投 资(万元)	迁地增殖保 护投资 (万元)	工程防护治理投资 (万元)	其 它							
	生态保护目标																		
	自然保护区																		
	水源保护区									-----									
	重要湿地			-----						-----									
	风景名胜区									-----									
	世界自然、人文遗产地			-----						-----									
	珍稀特有动物									-----									
	珍稀特有植物									-----									
	主 要 生 态 破 坏 控 制 指 标	类别及形式		基本农田		林 地		草 地		其 它		工程占地 拆迁人口	环境影响 迁移人口	易地安置	后靠安置	其它			
占用土地 (hm ²)		临时占用	永久占用	临时占用	永久占用	临时占用	永久占用			移民及拆迁 人口数量									
面 积																			
环评后减缓 和恢复的面积											工程治理 (Km ²)	生物治理 (Km ²)	减少水土流失量 (吨)	水土流失 治理率(%)					
噪声治理		工程避让 (万元)	隔声屏障 (万元)	隔声窗 (万元)	绿化降噪 (万元)	低噪设备及 工艺(万元)	其它			治理水土 流失面积									