

新建江宁区医疗服务中心核医学、医
用直线加速器、DSA 等核技术应用
项目(本期验收 1 台医用直线加速器
及 3 台 DSA) 竣工验收监测报告

报告编号：瑞森（验）字（2020）第063号

建设单位： 南京市江宁医院

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二一年一月

目 录

1.项目概况	1
1.1 建设单位基本情况.....	1
1.2 项目建设规模.....	1
1.3 验收工作由来.....	2
1.4 项目基本信息一览表.....	2
2.验收依据	4
2.1 建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度.....	4
2.2 建设项目竣工环境保护验收技术规范.....	5
2.3 建设项目环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定.....	5
3.项目建设情况	6
3.1 地理位置及平面布置.....	6
3.2 建设内容.....	11
3.3 工作原理及工艺流程.....	16
3.4 项目变动情况.....	19
4.辐射安全与防护环境保护措施	20
4.1 污染源项分析.....	20
4.2 布局与分区.....	21
4.3 辐射安全措施.....	23
4.4 辐射安全管理制度.....	29
4.5 辐射安全应急措施.....	30
4.6 非放污染防治.....	30
4.7 辐射安全与防护措施落实情况.....	31
5.环境影响报告书（表）主要结论与建议及其审批部门审批决定	34
5.1 环境影响报告书（表）主要结论与建议.....	34
5.2 审批部门审批决定.....	36
6.验收执行标准	38
6.1 人员年受照剂量管理目标值.....	38
6.2 辐射管理分区.....	38

6.3 工作场所布局要求.....	38
6.4 工作场所放射防护安全要求.....	39
6.5 安全管理要求及环评要求.....	41
7.验收监测	42
7.1 监测分析方法.....	42
7.2 监测因子.....	42
7.3 监测工况.....	42
7.4 监测内容.....	42
8.质量保证和质量控制	43
8.1 本次验收监测质量保证和质量控制.....	43
8.2 自主检测质量保证和质量控制.....	44
9.验收监测结果	45
9.1 辐射工作场所监测结果.....	45
9.2 辐射工作人员和公众年有效剂量分析.....	57
10.验收监测结论	63
10.1 验收结论.....	63
10.2 建议.....	63
附件 1 项目委托书	65
附件 2 项目环境影响报告表主要内容	66
附件 3 项目环境影响报告表批复文件	80
附件 4 辐射安全许可证及辐射工作人员相关信息	82
附件 5 辐射安全管理机构及制度	90
附件 6 辐射工作人员培训证书及健康证明	117
附件 7 个人剂量检测委托合同及检测报告	138
附件 8 竣工环保验收监测报告	146
附件 9 III 类射线装置检测报告	165
附件 10 验收监测单位 CMA 资质证书.....	192
附件 11 专家意见及修改说明.....	197

1.项目概况

1.1 建设单位基本情况

南京市江宁医院（以下简称医院），创建于1935年，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健、康复为一体的三级综合医院。医院分鼓山路院区（老院区）和湖山路院区（新院区），新院区位于南京市江宁区湖山路169号。医院于2019年9月6日重新申领了辐射安全许可证（证书编号：苏环辐证[01279]），活动种类和范围为：使用II、III类射线装置，有效期至2024年9月5日，辐射安全许可证见附件4。

1.2 项目建设规模

为了进一步推动医院医疗事业的发展，更优质地服务当地患者，医院在湖山路院区病房楼负二层新建2台医用直线加速器，用于放射治疗；在门急诊医技楼新建5台DSA，用于放射介入；在核医学科地下一层新建1台PET/CT，在核医学科地下二层新建1台SPECT/CT，用于核医学诊断；在门急诊医技楼、病房楼、产科楼、感染楼等场所新建4台CT、1台可移动CT、1台CT模拟机、9台DR、7台移动C臂机、1台模拟定位机、2台数字胃肠机、2台乳腺钼靶机、2台碎石机、1台牙片机、1台中型C臂机等III类射线装置，用于放射诊断。该项目已于2015年3月完成环境影响评价，于2015年6月3日取得了江苏省环境保护厅关于该项目的环评批复文件(苏环辐（表）审[2015]052号)。目前，医院1台医用直线加速器（型号：Vital Beam）、3台DSA（型号：Artis Zee Ceiling、FD-20、FD-20）、2台CT（型号：（型号：Revolution CT、SOMATOM Force）、1台CT模拟机（型号：Brilliance CT BigBore）、4台DR（型号：Definium 6000、Multix Fusion Max、Multix Fusion Max、DigiEye 680E）、1台乳腺钼靶机（型号：Senogaphe Essential）、1台数字胃肠机（型号：SONIALVISION G4）等设备已完成许可。

上述项目自2016年开始陆续开工建设，至2020年，医院1台医用直线加速器、3台DSA项目陆续建设完成，本项目配套环保设施均已与主体工程同时建成，具备竣工环境保护验收条件。2台CT（型号：Revolution CT、SOMATOM Force）、1台CT模拟机（型号：Brilliance CT BigBore）、4台DR（型号：Definium 6000、

Multix Fusion Max、Multix Fusion Max、DigiEye 680E)、1台乳腺钼靶机(型号: Senogaphe Essential)、1台数字胃肠机(型号: SONIALVISION G4)等III类射线装置已完成周围环境辐射水平检测(检测报告见附件9),其余项目未建成。

1.3 验收工作由来

根据《建设项目环境保护管理条例》及《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定,南京市江宁医院于 2020 年 9 月组织并启动验收工作,委托南京瑞森辐射技术有限公司对本项目开展竣工环境保护验收监测工作。项目委托书见附件 1。

南京瑞森辐射技术有限公司接受委托后,编制了《南京市江宁医院新增 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA 项目竣工环境保护验收监测方案》。本次验收内容为:在湖山路院区病房楼负二层建设 1 台医用直线加速器(型号: Vital Beam, X线:6、8、10MV,电子线:6、9、12、15MeV, X射线最大输出剂量率 600cGy/min);在门急诊医技楼一层及四层新增 3 台 DSA(型号: Artis Zee Ceiling、FD-20、FD-20,最大管电压均为 125kV,最大管电流均为 1000mA)。南京瑞森辐射技术有限公司分别于 2020 年 9 月 4 日和 2021 年 1 月 7 日开展了现场监测和核查,根据现场监测和核查情况,编制本项目验收监测报告。

1.4 项目基本信息一览表

本项目基本情况见表 1-1。

表 1-1 项目建设基本信息

项目名称	新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目(本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA)		
建设单位	南京市江宁医院		
法人代表	丁 政	项目联系人	吕小勇
联系电话	13851566922		
通讯地址	南京市江宁区湖山路 169 号		
项目地点	南京市江宁区湖山路 169 号		
建设性质	新建		

新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目
(本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA) 竣工环境保护验收监测报告

环评单位	江苏嘉溢安全环境科技服务有限公司		
环评报告名称	《新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目环境影响报告表》		
环评审批部门	原江苏省环境保护厅	批复时间	2015 年 6 月 3 日
批准文号	苏环辐(表)审[2015]052 号		
竣工验收监测单位	南京瑞森辐射技术有限公司	委托时间	2020 年 9 月 1 日
核技术项目投资 (万元)	6318	核技术项目环保 投资(万元)	200

由于核医学科、CT 模拟机、移动 CT、DR、乳腺 X 线机和数字胃肠机等 III 类射线装置项目不在本次验收范围以内，因此本次验收项目的总投资额、核技术项目投资额及核技术项目环保投资额均比环评预算投资额少。医院本次验收项目环评审批及实际建设情况见表 1-2。

表 1-2 核技术应用项目环评审批及实际建设情况一览表

环评报告表名称	环评审批情况及批复时间	实际建设情况	备注
《新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目环境影响报告表》	建设地点：位于江苏省南京市江宁区湖山路 169 号病房楼负二层（医用直线加速器），门急诊医技楼（DSA）。 项目内容：新增 1 台医用直线加速器（型号未定，X 线： $\leq 15\text{MV}$ ，电子线： $\leq 22\text{MeV}$ ）；新增 3 台 DSA（型号未定，最大管电压 150kV，最大管电流 1250mA）。 批复时间：2015 年 6 月 3 日 批准文号：苏环辐（表）审[2015]052 号	建设地点：位于江苏省南京市江宁区湖山路 169 号病房楼负二层（医用直线加速器），门急诊医技楼（DSA）。 项目内容：新增 1 台医用直线加速器（型号：Vital Beam，X 线：6、8、10MV，电子线：6、9、12、15MeV，X 射线最大输出剂量率 600cGy/min）；在门急诊医技楼一层及四层新增 3 台 DSA（型号：Artis Zee Ceiling、FD-20、FD-20，最大管电压均为 125kV，最大管电流均为 1000mA）。	在环评范围内

2. 验收依据

2.1 建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起实施；
- 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），2018 年 12 月 29 日起施行；
- 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，全国人大常委会，2003 年 10 月 1 日起施行；
- 4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行；
- 5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修改，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日施行；
- 6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 年修订），环保部令第 47 号，2017 年 12 月 20 日施行；
- 7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；
- 8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；
- 9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环境保护总局（环发〔2006〕145 号文）；
- 10) 《射线装置分类》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；
- 11) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修订），2018 年 5 月 1 日起施行；
- 12) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 22 日起施行；
- 13) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》生态环保部公告 [2018]第 9 号，2018 年 5 月 15 日印发；
- 14) 《放射工作人员职业健康管理辦法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行。

2.2 建设项目竣工环境保护验收技术规范

- 1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；
- 2) 《电离辐射监测质量保证一般规定》(GB 8999-1988)；
- 3) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-1993)；
- 4) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)；
- 5) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；
- 6) 《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)；
- 7) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子加速器放射治疗》(GBZ/T 201.2-2011)；
- 8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；
- 9) 《放射工作人员健康要求》(GBZ 98-2017)；
- 10) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)。

2.3 建设项目环境影响报告书(表)及其审批部门审批决定

1) 《新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目环境影响报告表》，江苏嘉溢安全环境科技服务有限公司，2015 年 3 月。见附件 2。

2) 《关于南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目环境影响报告表的批复》(苏环辐(表)审[2015]052 号)，江苏省环境保护厅，2015 年 6 月 3 日。见附件 3。

3.项目建设情况

3.1 地理位置及平面布置

项目名称：新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目（本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA）。

建设地点：江苏省南京市江宁区湖山路 169 号该院病房楼负二层（医用直线加速器），门急诊医技楼（3 台 DSA）。医院地理位置见图 3-1，本项目周围 50m 范围示意图见图 3-2。

现场环境：南京市江宁医院湖山路院区位于南京市江宁区湖山路 169 号，其东侧为外港河西路；南侧为外港河南路；西侧为湖山路；北侧为泥塘西路及水库，本次放射诊疗项目主要位于医院门急诊医技楼和病房楼。该项目周围 50m 范围内无学校、居民区等环境敏感点。工作场所现场环境及环境保护目标与环评时一致。

新建 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA 项目周围环境环评中规划情况与现场核实情况对照见表 3-1，由表可知，本项目建设情况与环评及其批复一致。

表 3-1 本项目所在场所周围环境现场核实情况对照表

位置		周围环境环评规划情况	周围环境现场核实情况	备注
病房楼	东侧	院内道路	院内道路	与环评时一致
	南侧	医技楼	医技楼	与环评时一致
	西侧	院内道路	院内道路	与环评时一致
	北侧	院内道路	院内道路	与环评时一致
门急诊医技楼	东侧	道路/产科楼/感染楼	道路/产科楼/感染楼	与环评时一致
	南侧	院内道路	院内道路	与环评时一致
	西侧	院内道路	院内道路	与环评时一致
	北侧	道路/病房楼	道路/病房楼	与环评时一致

本项目工作场所周围环境见表 3-2，工作场所周围环境示意图 3-4、图 3-5。

表 3-2 本项目各机房周围环境描述表

位置		周围环境		备注
		环评规划情况	现场核实情况	
医用直线加速器机房	东侧	模拟定位机机房	模拟定位机机房	与环评文件一致
	南侧	控制室及设备间	控制室及设备间	与环评文件一致
	西侧	土层	土层	与环评文件一致
	北侧	土层	土层	与环评文件一致
	楼上	地上绿化和人行通道	地上绿化和人行通道	与环评文件一致
	楼下	土层	土层	与环评文件一致
介入科 1 室	东侧	介入科 2 室	介入科 2 室	与环评文件一致
	南侧	DSA 内走廊	DSA 内走廊	与环评文件一致
	西侧	DSA 护士站	DSA 护士站	与环评文件一致
	北侧	外走廊	外走廊	与环评文件一致
	楼上	检验科	检验科	与环评文件一致
	楼下	负一层停车场	负一层停车场	与环评文件一致
介入科 2 室	东侧	介入科 3 室	介入科 3 室	与环评文件一致
	南侧	DSA 内走廊	DSA 内走廊	与环评文件一致
	西侧	介入科 1 室	介入科 1 室	与环评文件一致
	北侧	外走廊	外走廊	与环评文件一致
	楼上	检验科	检验科	与环评文件一致
	楼下	负一层停车场	负一层停车场	与环评文件一致
介入科 3 室	东侧	清洁走廊	清洁走廊	与环评文件一致

新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目
(本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA) 竣工环境保护验收监测报告

	南侧	设备房及体外循环间	设备房及体外循环间	与环评文件一致
	西侧	洁净走廊	洁净走廊	与环评文件一致
	北侧	操作间	操作间	与环评文件一致
	楼上	空调机房	空调机房	与环评文件一致
	楼下	供应室	供应室	与环评文件一致

新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目
(本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA) 竣工环境保护验收监测报告



图 3-1 南京市江宁医院湖山路院区地理位置示意图

新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目
 (本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA) 竣工环境保护验收监测报告



图 3-2 本项目 50m 范围示意图

3.2 建设内容

3.2.1 医用直线加速器

医院本次验收的医用直线加速器位于南京市江宁区湖山路 169 号医院病房楼负二层，实物图见图 3-3。本次验收项目环评建设规模和实际建设规模主要技术参数对比见表 3-3，废弃物环评建设规模见表 3-4。由表中信息可知，本项目验收医用直线加速器实际建设技术参数及建设内容与环评及其批复一致。



图 3-3 本项目医用直线加速器实物图

3.2.2 DSA

医院本次验收的 3 台 DSA 中，2 台位于南京市江宁区湖山路 169 号医院门急诊医技楼一层（DSA1 位于西侧，DSA2 位于东侧），1 台位于门急诊医技楼四层，实物图见图 3-4。本次验收项目环评建设规模和实际建设规模主要技术参数对比见表 3-3，废弃物环评建设规模见表 3-4。由表中信息可知，本项目验收的 3 台 DSA 实际建设技术参数及建设内容与环评及其批复一致。



图 3-4 本项目介入科 DSA1 实物图



图 3-5 本项目介入科 DSA2 实物图



图 3-6 本项目手术室 DSA 实物图

表 3-3 南京市江宁医院验收项目环评建设规模与实际建设规模比较

射线装置								
名称	环评建设规模				实际建设规模			
	数量 (台)	型号	技术参数	工作场所	数量 (台)	型号	技术参数	工作场所
医用直线加速器	1	Clinic ix	X 射线: 10MV 电子线: 22MeV X 射线最大剂量率: 600cGy/h 电子线最大剂量率: 1000cGy/h	内科楼(原精神病专科医院治疗楼)负一层加速器机房	1	Clinic ix	X 射线: 10MV 电子线: 20MeV X 射线最大剂量率: 600cGy/h 电子线最大剂量率: 1000cGy/h	内科楼(原精神病专科医院治疗楼)负一层加速器机房
DSA	5	未定	150kV 1250mA	门急诊医技楼 一层 3 台 门急诊医技楼 四层 2 台	1	Artis Zee Ceiling	125kV 1000mA	门急诊医技楼一层介入科 1 室
					1	FD-20	125kV 1000mA	门急诊医技楼一层介入科 2 室
					1	FD-20	125kV 1000mA	门急诊医技楼四层手术室

表 3-4 南京市江宁医院验收项目废弃物环评建设规模

名称	状态	排放口浓度	年排放总量	暂存情况	最终去向
退役废靶	固态	/	/	暂存于铅罐内	城市放射性废物库送贮或厂家回收
感生放射性气体	气态	少量	少量	不暂存	在空气中自动衰减
臭氧和氮氧化物	气态	/	少量	不暂存	通过排风系统排入空气中, 臭氧 在常温下自动分解为氧气。

3.3 工作原理及工艺流程

3.3.1 工作原理

(1) 医用直线加速器

医用直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器,它的结构单元为:加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场,所形成的电子束由电子窗口射出,通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶,产生大量高能 X 线,经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束,再通过监测电离室和二次准直器限束,最后到达患者病灶实现治疗目的。南京市江宁医院购置的医用直线加速器,型号为 Clinic ix,其使用电子线最大能量为 20MeV; X 线最大能量为 10MV, X 线最大剂量率 600cGy/h。

(2) DSA

DSA 因其整体结构像大写的“C”,因此也称作 C 型臂 X 光机,DSA 由 X 线发生装置,包括 X 线球管及其附件、高压发生器、X 线控制器等,和图像检测系统,包括光栅、影像增强管、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等部件组成。

数字减影血管造影技术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 的成像基本原理为: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 射线荧光图像,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,获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织,只留下单纯血管影像的减影图像,通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像,使血管的影像更为清晰,在进行介入手术时更为安全。

介入治疗是在医学影像设备的引导下,通过置入体内的各种导管(约 1.5-2 毫米粗)的体外操作和独特的处理方法,对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点,目前,基于数字血管造影系统指导的介

入治疗医生已能把导管或其他器械,介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构(消化道、胆道、气管、鼻管、心脏等),以及某些特定部位,对许多疾病实施局限性治疗。

3.3.2 工艺流程

(1) 医用直线加速器

医用直线加速器进行肿瘤放射治疗的基本流程为:

①模拟定位。先通过模拟定位机对患者的病变部位进行详细检查,然后确定照射的方向、角度和射野大小,拍片定位;

②候诊登记。对已做模拟定位检查的患者进行登记候诊;

③计算射线强度。根据患者所患疾病性质、部位和大小确定照射剂量和照射的时间;

④摆位准备。在利用加速器进行治疗时需对患者进行定位、标记,调整照射角度及视野;

⑤实施照射。根据已制定的诊疗计划,实施照射;

⑥治疗结束。

加速器工作人员进行肿瘤放射治疗时正常的开机治疗程序为:

①核对病人的姓名和治疗数据,仔细按治疗单要求摆位,除病人外全部离开治疗室,关闭机房门;

②选择运行模式;

③输入治疗参数;

④确认后开始治疗;

⑤治疗中通过电视屏幕监视病人情况和机器运行情况,一旦发生异常,立即停机、停束等妥善措施,及时报告维修、物理人员,做好记录。

本项目医用直线加速器工作流程及产污环节分析见图 3-7。

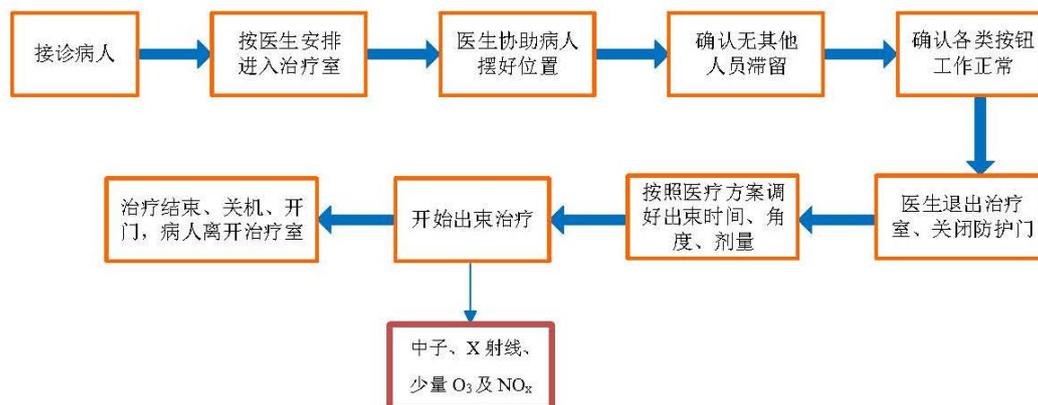


图 3-7 医用直线加速器工作流程与产污环节分析

(2) DSA

放射性污染：DSA 在工作状态下会发出 X 射线。其主要用作血管造影检查及配合介入治疗，由于在荧光影像与视频影像之间有影像增强器，从而降低了造影所需的 X 射线能量，再加上一次血管造影检查需要时间很短，因此血管造影检查的辐射影响较小。而介入放射需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和医务人员有一定的附加辐射剂量。DSA 产生的 X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目新建的 DSA 只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。因此，在开机出束期间，X 射线是主要污染因子。

DSA 工作时，空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)，少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排出机房，臭氧在常温下自动分解为氧气，废气对周围环境影响较小。

本项目 DSA 工作流程及产污环节如图 3-8:

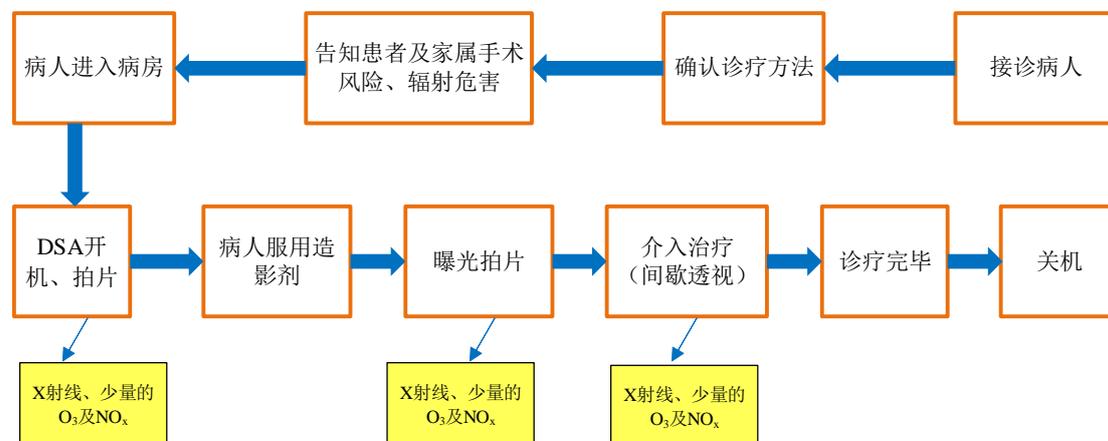


图 3-8 本项目 DSA 工作流程及产污环节示意图

3.3.3 污染因子

本项目工作时，主要辐射污染是 X 射线、中子及少量臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)。

3.4 项目变动情况

南京市江宁医院新增 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA 项目技术参数及建设情况在环评及其批复范围以内，本项目无变动情况。

4. 辐射安全与防护环境保护措施

4.1 污染源项分析

4.1.1 辐射污染源项分析

由本项目工程分析和产污环节可知，本项目主要产生以下放射性污染：

1) 医用直线加速器项目主要产生以下放射性污染：

① X 射线

当医用直线加速器以 X 射线模式运行时，从加速器电子枪里发出来的电子束，在加速管内经加速电压加速，轰击到钨金靶上，产生 X 射线。该院购置的医用直线加速器 X 射线最大能量为 10MV，由于 X 射线的贯穿能力极强，将对工作人员、公众及周围环境辐射造成辐射污染。

② 电子束

当医用直线加速器按电子束模式运行时，从电子枪里发出来的电子束经加速器加速后直接从加速管引出用于治疗病人。产生的电子属初级辐射，贯穿物质时受物质库伦场的影响，贯穿深度有限。加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽，因此，在加速器电子束治疗时，电子线对周围环境辐射影响小于 X 射线治疗。

③ 中子和感生放射性

医用直线加速器，高压可以达到 10MV，因此会有较高能量的电子，这些电子轰击加速器构件（如：真空管壁、波导管壁、金属靶、准直器、均整器和机头屏蔽体乃至病床）时，会产生高能 X 射线，通过光致裂变反应，产生中子，甚至通过 (e、n) 反应直接产生中子。

当入射电子能量高于 10MeV，它发射的强电离辐射照射在医用直线加速器设备的结构材料、治疗室内的各种设备和器械、治疗室的墙壁和室内空气等物质上时，都可能使它们活化而产生感生放射性。感生放射性主要包括加速器结构材料的感生放射性、空气活化产生的放射性气体和冷却水的感生放射性。

2) DSA 项目主要产生以下放射性污染：

① 辐射：在开机出束期间，X 射线是主要污染因子。

② DSA 工作时，空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧(O₃)和氮氧化物

(NO_x)。

4.1.2 其他污染源项分析

臭氧和氮氧化物：加速器和 DSA 开机运行时，产生的 X 射线空气 X 射线与空气中氧气相互作用可产生少量的臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)，少量臭氧和氮氧化物通过动力排风装置排出机房，臭氧在常温下自动分解为氧气，废气对周围环境影响较小。

工作人员和部分病人产生的生活污水和生活垃圾，由院内污水处理站和垃圾处理站统一处理。

4.2 布局与分区

布局

该加速器机房（加速器 1 机房内）机房东侧为加速器 2 机房，南侧为土层，西侧为空置房间，北侧为控制室，机房上方为院内空地，机房下方为土层；CT 模拟机房东侧为控制室，西侧为制模间，南侧和北侧为过道。机房上方为配电房，机房下方为土层；治疗机房控制室与治疗机房分离，治疗室面积约为 66.45m²。该加速器机房布局符合《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）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定及《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)中“新建治疗室不应小于 45m²”、“治疗室入口处必须设置防护门和迷路”等规定，布局合理。其平面布局示意图见图 4-1。

该项目 DSA 工作场所主要分布在门急诊医技楼一楼介入科和四楼手术室，包括介入科 2 台 DSA 和手术室 1 台 DSA，机房四周情况见表 3-2。其平面布局示意图见图 4-2 至图 4-3。

辐射防护分区：

本项目将加速器治疗室、迷道作为辐射防护控制区，并在治疗室入口处设置电离辐射警告标志及中文警示说明；将加速器控制室作为辐射防护监督区。分区示意图见图 4-1。

本项目将 DSA1、DSA2 及手术室 DSA 机房划为控制区，控制区入口处设置有电离辐射警告标志和工作状态指示灯；将 DSA1、DSA2 操作间、缓冲间、设备间、手术室 DSA 操作间、设备房及体外循环间等划为监督区。分区示意图见

图 4-2 至图 4-3。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
 (GB 18871-2002) 中关于辐射工作场所的分区规定。

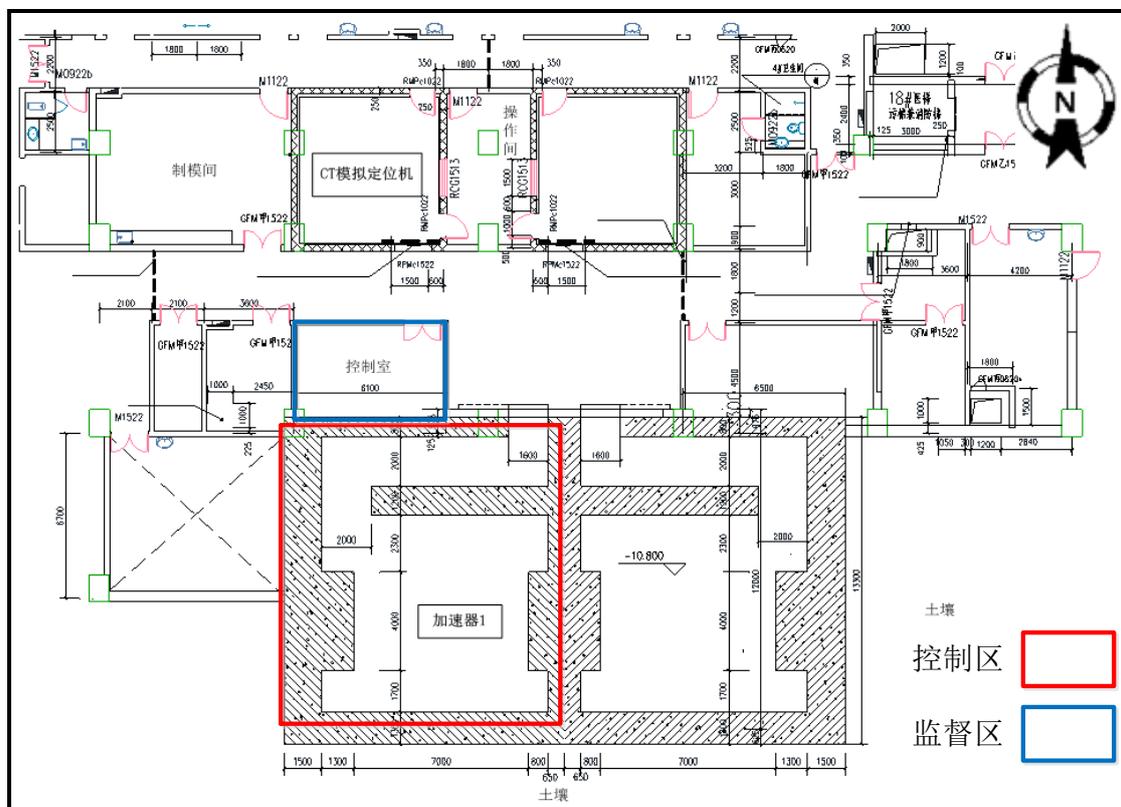


图 4-1 医用直线加速器工作场所平面布局及辐射防护分区示意图

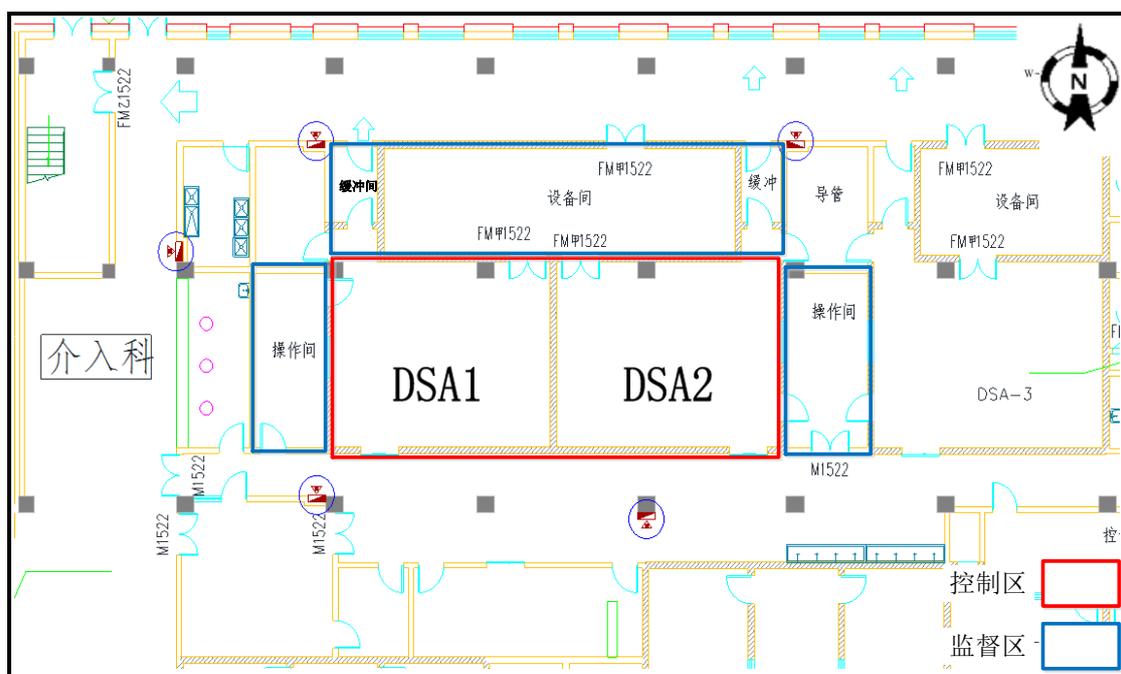


图 4-2 医技楼介入科工作场所平面布局及辐射防护分区示意图

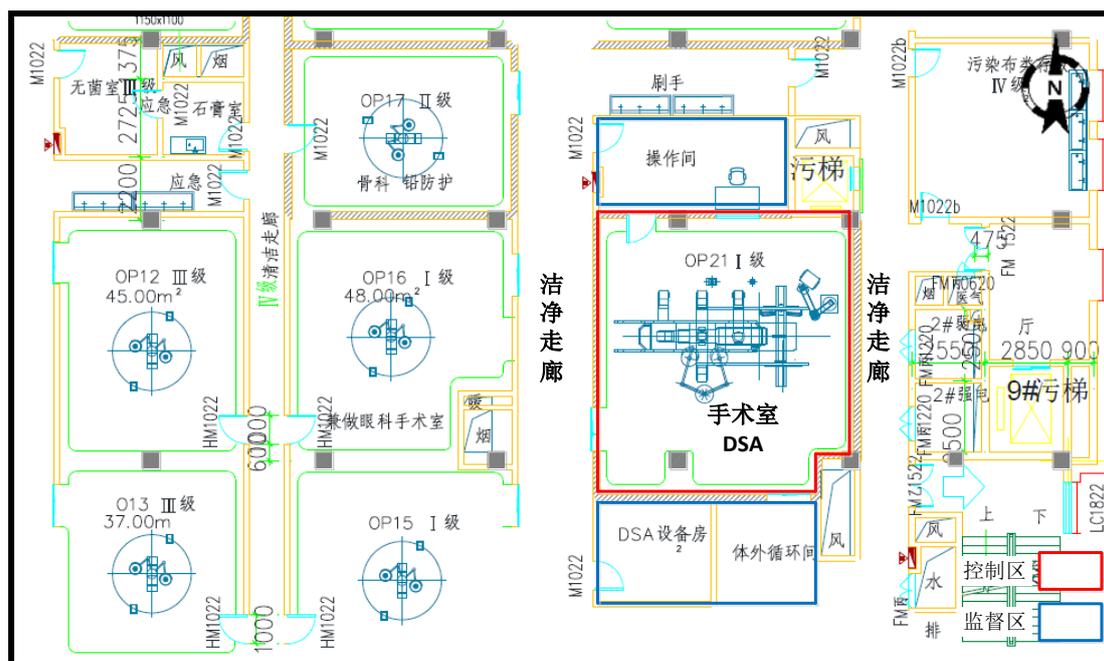


图 4-3 手术室 DSA 工作场所平面布局及辐射防护分区示意图

4.3 辐射安全措施

4.3.1 工作状态指示灯和电离辐射警告标志

本项目医用直线加速器及 DSA 机房出入口处设置有电离辐射警告标志、中文警示说明和工作状态指示灯。工作状态指示灯和电离辐射警告标志见图 4-4 至图 4-8。



图 4-4 加速器机房防护门



图 4-5 加速器机房防护门



图 4-6 介入科 1 室防护门



图 4-7 介入科 2 室防护门



图 4-8 手术室 DSA 防护门

4.3.2 人员监护

目前医院为本项目调配辐射工作人员 11 名(名单见表 4-1), 满足医用直线加速器的配置要求。11 名辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训, 并且考核合格, 均进行了健康体检及个人剂量监测, 体检结果均为“可继续从事原放射工作”, 并建立了个人职业健康监护档案。

表 4-1 本项目配备的职业人员名单

姓名	性别	学历	培训合格证书编号	工作场所
潘 巍	男	硕士	苏辐培 201903884	放射治疗
徐 乐	女	本科	苏辐培 201903917	放射治疗
缪永梅	女	本科	苏辐培 201903869	放射治疗
尹 光	男	本科	苏辐培 201903933	放射治疗
方 芳	女	本科	苏辐培 201903911	放射治疗
徐晨辉	男	本科	苏辐培 201903988	心内科
严建军	男	本科	苏辐培 201903956	心内科
韦 伟	男	本科	苏辐培 201903844	心内科
高立兵	男	本科	苏辐培 201903961	介入科
刘 亮	男	本科	苏辐培 201903995	介入科
彭 鹏	男	本科	苏辐培 201903918	介入科

4.3.3 辐射监测仪器

医院为医用直线加速机房配备 1 台固定式剂量报警仪，，并为本项目配备辐射巡测仪 1 台及 9 台个人剂量报警仪，满足环评及其批复的要求。见图 4-9。



固定式剂量报警仪



个人剂量报警仪



辐射巡测仪

图 4-9 辐射监测仪器

4.3.4 门机联锁

本项目医用直线加速机房的防护门设置有门机联锁装置，只有入口防护门关

闭到位时才能启动设备工作。

本项目 DSA 工作状态指示灯能与机房门有效关联，机房门闭合时工作状态指示灯亮。现场检查工作状态指示灯运行正常。

4.3.5 影像监视对讲系统

医院为防止放射治疗过程中的误操作、防止工作人员和公众受到意外照射对本项目加速器和 DSA 机房配备了影像监视系统、对讲装置和观察窗，经现场检查，该对讲装置和影像监视系统运行正常。影像监视对讲系统见图 4-10 至图 4-11。

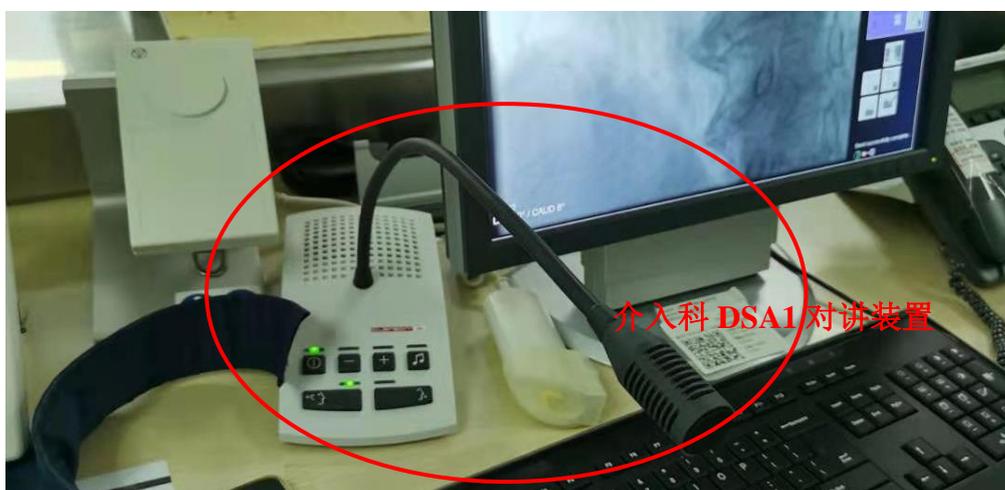




图 4-10 本项目监控及对讲装置



图 4-11 DSA1 观察窗

4.3.6 急停按钮

加速器项目治疗室墙壁上、治疗床上设有急停按钮，当出现紧急情况时，按下急停按钮即可关闭设备。本项目 DSA 控制室、机房内均设有急停按钮，当出现紧急情况时，按下急停按钮即可关闭设备，现场已核实。

经现场核查，有效。急停装置见图4-12至图4-13。



图 4-12 加速器急停按钮



图 4-13 DSA 急停开关

4.3.6 防护用品

医院配备有防护铅衣、防护铅围脖、铅帽、铅眼镜等防护用品。满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中介入放射学操作时,需配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等个人防护用品,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 的要求。本项目配备的个人防护用品见图 4-14,个人防护用品清单见表 4-2。按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)的要求,建议为介入工作人员配备介入防护手套。

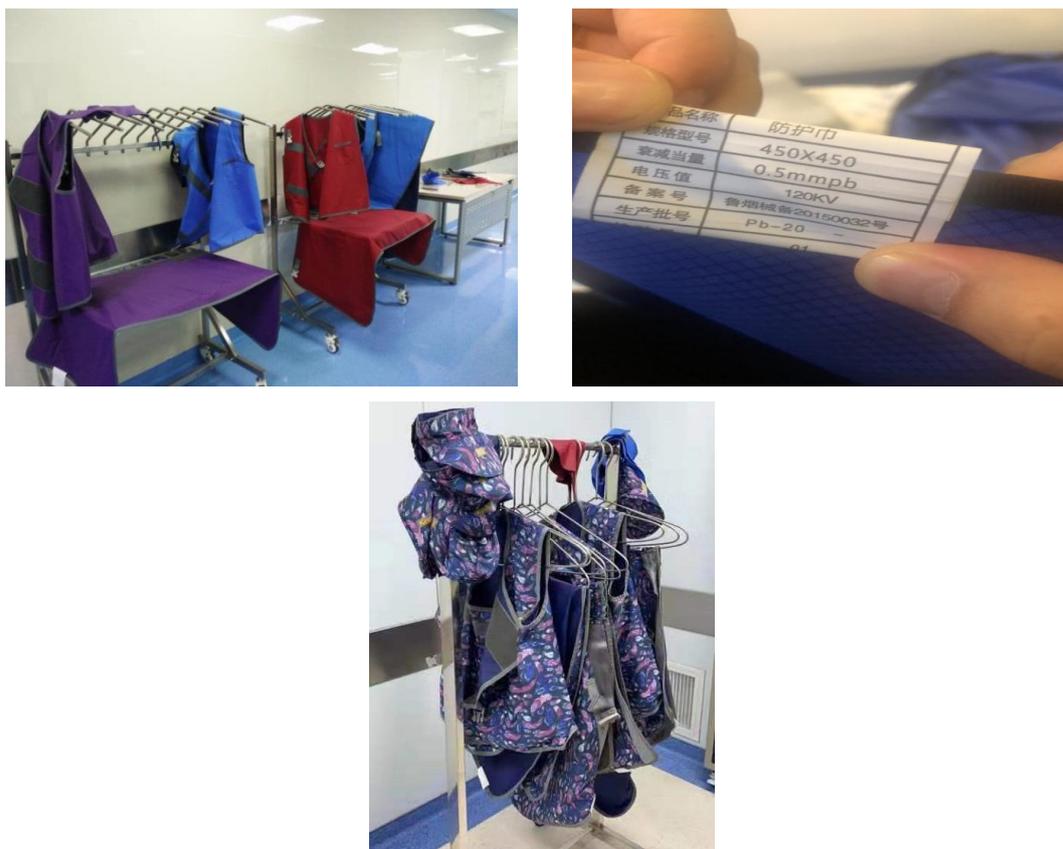


图 4-14 DSA 工作场所防护用品

表 4-2 本项目配备的个人防护用品清单

防护用品	数量	防护参数	用途	生产日期
铅围脖	4	0.5mmPb	医生用/病人用	2018.2
铅衣	4	0.5mmPb	医生用/病人用	2018.2
铅帽	4	0.5mmPb	医生用	2018.2
铅眼镜	4	0.5mmPb	医生用	2018.2

4.4 辐射安全管理制度

医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，针对所开展的放射诊疗活动制定了相应的辐射安全与防护管理制度，清单如下：

- 1) 医院辐射事故应急处理预案
- 2) 放射诊疗安全制度
- 3) 放射诊疗质量保证方案

- 4) 放射诊疗工作职责
- 5) 放射事件应急预案
- 6) 设备检修维护制度
- 7) 放射工作人员个人剂量管理制度
- 8) 放射工作人员培训制度
- 9) 射线装置使用登记、台账管理制度
- 10) 医院辐射环境监测方案
- 11) DSA 导管室岗位职责
- 12) DSA 操作规程
- 13) 医用直线加速器操作规程
- 14) 医用直线加速器放射事故应急预案

以上辐射安全与防护管理制度能够满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求。辐射安全规章管理机构及制度详见附件 5。

4.5 辐射安全应急措施

医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的规定，已建立相应的放射安全事故应急预案，对医院放射事故应急处理小组的职责、事故应急处理方案、事故调查及信息公开、以及应急保障、人员培训和演练等方面进行了规定，可以满足放射安全事故应急要求。

4.6 非放污染物防治

本项目医用直线加速器机房通过新风管道和机械排风装置进行通风换气，进风口 2 个，位于加速器治疗室迷道入口处的吊顶上；排风口 2 个，分别位于治疗室的东侧主屏蔽墙上，排风口下边沿距地面约 30cm 处，见图 4-15。排风口大小均为 0.384m×0.283m，治疗室容积为 265.8m³。经检测，2 个排风口排风速率分别为 3.14m/s、2.88m/s，由此可知治疗室内空气每小时交换次数为 5.91 次，符合《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）的要求。

本项目 3 台 DSA 机房采取空调新风系统进行机械通风，均保持良好通风，符合相关标准要求。排风口见图 4-16。



图 4-15 医用直线加速器机房内的排风口

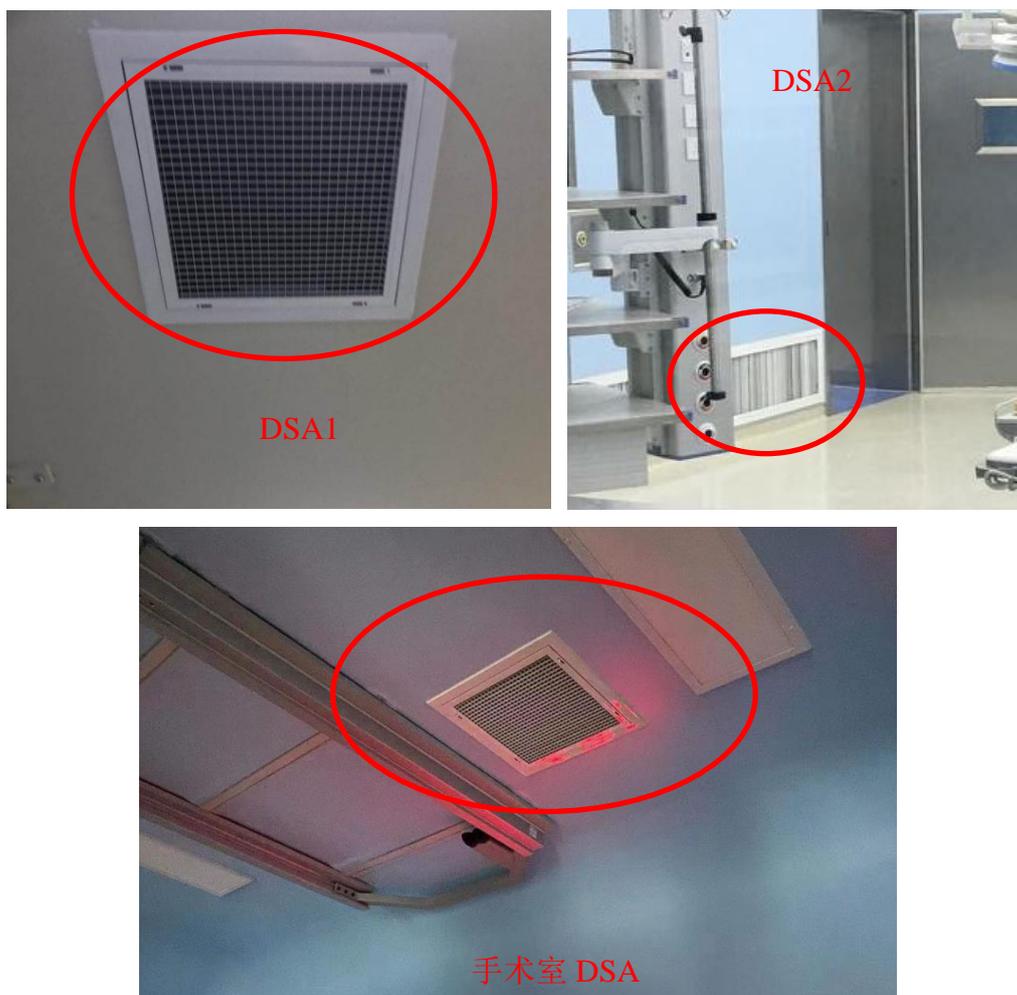


图 4-16 DSA 机房内的排风口

4.7 辐射安全与防护措施落实情况

经现场核查、查阅相关资料，新建 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA 项目环评及批复落实情况见表 4-3。

表 4-3 新建 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA 项目环评及批复落实情况一览表

检查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
辐射安全管理机构	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派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。	建立健全辐射安全防护与环保管理机构或指定一名本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作。	已设有放射防护与辐射安全领导小组，见附件5。	已落实
人员配备	辐射工作人员在上岗前应参加辐射安全与防护培训，通过考核后才能正式从事相应的放射诊断或治疗工作。	对辐射工作人员进行岗位技能和辐射安全与防护知识的培训，并经考核合格后方可上岗。	11 名辐射工作人员均参加辐射安全培训，考核合格后持证上岗。	已落实
	在项目运行前委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测。	建立个人剂量档案	11 名辐射工作人员均佩戴个人剂量计，每季度送南京瑞森辐射技术有限公司监测。	已落实
	医院应定期组织职业健康体检，医院应按相关要求建立放射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。	建立职业健康档案	11 名辐射工作人员在上岗前进行了职业健康体检，体检结论均为“可继续从事放射性工作”，并已建立职业健康档案。	已落实
辐射安全和防护措施	各放射诊断、治疗工作场所均采用混凝土浇筑结构，各防护门均采用铅防护门，观察窗均为铅玻璃观察窗。	严格执行辐射防护和安全设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环保“三同时”制度。确保辐射工作人员和公众的年受照有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中相应的剂量限值要求。	加速器和 DSA 工作场所均采用混凝土浇筑结构，各防护门均采用铅防护门，观察窗均为铅玻璃观察窗。经现场检测，工作人员和周围公众的年有效剂量符合项目剂量约束值要求。	已落实
	加速器机房防护门外拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，拟设置门机联锁装置、急停装置、监控对讲装置。DSA机房以及CT等其他III类X射线装置机房防护门外均拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	定期检查辐射工作场所门机联锁、急停按钮、工作指示灯、电离辐射警告标志等安全措施，确保正常工作。	加速器和 DSA 机房防护门外设置有工作状态指示灯，机房入口处粘贴有电离辐射警告标志，加速器控制室操作台上、治疗室内墙壁上、治疗床上、DSA 设备上及控制室操作台上均设置有急停按钮，加速器机房已设置门机联锁，DSA 机房已设置门灯联锁闭门装置。	已落实

新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目
 (本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA) 竣工环境保护验收监测报告

检查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
监测仪器和防护用品	辐射剂量仪：配置 1 台环境辐射巡测仪。	配备环境辐射剂量巡测仪，定期对项目周围辐射水平进行检测，及时解决发现的问题。	已配备 1 台巡检仪，定期对项目周围辐射水平进行监测。	已落实
	个人剂量报警仪：每个加速器机房、DSA 机房均各配备 2 台个人剂量报警仪。	辐射工作人员工作时须随身携带辐射报警仪。	医院已配备了 9 台个人剂量报警仪，辐射工作人员工作时随身携带。辐射工作人员已配备个人剂量计。	已落实
	DSA 项目拟配置铅服、铅帽、铅眼镜等个人防护用品。	配备必要的个人防护用品。	DSA 工作人员已配备铅衣、铅帽、铅眼镜等个人防护用品。	
非辐射环境影响预防措施	/	运行期间加强辐射工作场所通风，防止臭氧及氮氧货物有害气体影响人体健康。	本项目医用直线加速器机房通过新风管道和机械排风装置进行通风换气。DSA 机房采取空调新风系统进行机械通风。	已落实
辐射监测	/	定期对项目周围辐射水平进行检测，及时解决发现的问题。每年请有资质的单位对项目周围辐射水平检测 1~2 次。	每年请有资质单位对辐射工作场所进行监测。医院定期对场所周围环境辐射剂量率进行监测。	已落实
辐射安全管理制度	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、放射性同位素或射线装置使用登记、台账管理制度人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施。	建立健全辐射安全与防护规章制度，落实安全责任制，制定事故应急预案，确保项目安全运行。	已制定辐射安全管理制度，包括《医院辐射事故应急处理预案》、《放射诊疗安全制度》、《放射诊疗质量保证方案》、《放射诊疗工作职责》、《放射事件应急预案》、《设备检修维护制度》、《放射工作人员个人剂量管理制度》、《放射工作人员培训制度》、《射线装置使用登记》、《台账管理制度》、《医院辐射环境监测方案》、《DSA 导管室岗位职责》、《DSA 操作规程》、《医用直线加速器操作规程》、《医用直线加速器放射事故应急预案》等。	已落实

5.环境影响报告书（表）主要结论与建议及其审批部门审批决定

5.1 环境影响报告书（表）主要结论与建议

5.1.1 结论

1、实践正当性

南京市江宁医院拟新建江宁区医疗服务中心，为服务患者，医院拟在新建江宁区医疗服务中心开展核医学诊断治疗、肿瘤放射治疗、介入治疗及X射线诊断等核技术应用项目，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)“实践的正当性”的原则。

2、选址、布局合理性

南京市江宁医院现位于南京市江宁区东山街道鼓山路168号，医院拟在南京市江宁区东山街道泥塘片区新建江宁区医疗服务中心。项目地东侧为外港河西路；南侧为外港河南路；西侧为湖山路；北侧为泥塘西路及河流；南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心本项目中各核技术利用工作场所周围50m范围内均为医院院区，无居民区等环境敏感目标，各项目选址合理。

本项目核医学工作场所控制区和监督区划分明显，工作人员工作区与办公室划分明确，设计有受检者进出路线、医务人员进出路线，可有效避免带有放射性的受检者(病人)对其它人员造成不必要照射，项目布局基本合理。

医用直线加速器控制室与治疗室分开，控制室位于治疗机房外，主射线不向控制室照射，机房均设“L型”迷路，迷路口设计安装铅防护门。项目布局基本合理。

DSA机房及CT等X射线机机房控制室与诊断机房分开布置，布局均符合相关要求，本项目布局基本合理。

3、辐射屏蔽能力分析

南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心拟建核医学科、医用直线加速器机房、DSA机房、CT等X光机机房等辐射工作场所均设计采用混凝土浇筑结构（混凝土密度不低于 $2.35/\text{m}^2$ ），机房均采用铅防护门、铅玻璃观察窗等。核医学科注射室、供药室等核素操作场所拟根据需要配置通风橱及铅服等个人防护用品，在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，该院拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护

要求。

4、保护目标剂量

根据理论估算结果，该院新建江宁区医疗服务中心核医学科、医用直线加速器、DSA、CT等X光机等项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对放射工作人员及周围的公众产生的年有效剂均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求。

5、辐射安全措施

南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心核医学科PET/CT、SPECT/CT机房、注射室、污染物暂存库等辐射工作场所显著位置均拟设置电离辐射警告标志，PET/CT、SPECT/CT机房门口设计安装工作状态指示灯；医院拟应备专用柜并加锁储存¹²⁵I豁免试剂盒，柜门上拟设置电离辐射标志，¹²⁵I粒子在专用防护屏(罩)的防护下装入粒子植入枪，在进行¹²⁵I粒子植入手术时工作人员穿戴铅衣、铅眼镜、铅围脖等，并尽可缩短手术时间，减小照射。

该院新建江宁区医疗服务中心加速器机房防护门外拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，拟设计安装门机联锁装置、急停装置、监控对讲装置等。

该院新建江宁区医疗服务中心机房以及CT等其他X射线装置机房防护门外均拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

在落实以上措施后，该院新建江宁区医疗服务中心核技术应用项目的安全措施能够满足安全防护要求。

6、放射性废物处理分析

南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心核医学科拟设置放射性废物箱、污染物暂存库和衰变池，核素诊断和治疗过程中所产生的放射性废水、固体放射性废物收集后自然衰变十个半衰期作为普通医疗废水、普通医疗废物处理；核医学科核素操作区域拟设计通风系统，核素操作过程中挥发产生的少量放射性废气通过专用通风管道排出室外，通风口设于核医学楼楼顶地面，通风口设置活性炭过滤装置和雨帽。该院放射性废物收集和处理方法基本合理，放射性废物处置得当，符合环境保护要求。

7、监测仪器和防护设备

南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心应尽快配置相应的辐射监测仪器，

包括：配置 1 台环境辐射巡测仪和 1 台表面污染沾污仪，每个加速器机房、DSA 机房均各配置 2 台个人剂量报警仪，每个 III 类 X 射线机机房各配置 1 台个人剂量报警仪。

8、辐射环境管理

南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心应尽快成立辐射防护管理机构，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，其还应以文件的形式明确各成员管理职责。同时应按管理要求尽快制定相应的安全管理措施和规章制度；医院应尽快组织安排相关辐射工作人员参加辐射安全与防护知识的培训，通过考核后方能上岗，并对工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，医院还应为放射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

综上所述，南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射环境管理计划后，该医院将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，本项目核医学科及射线装置运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，项目的建设是可行的。

5.1.2 建议和承诺

1) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

5.2 审批部门审批决定

你单位报送的《新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目环境影响报告表》(以下简称《报告表》)收悉。经研究，批复如下：

一、根据《报告表》评价结论，项目建设具备环境可行性。从环境保护角度考虑，我厅同意你单位该项目建设。项目地点位于南京市江宁区东山街道泥塘片区，项目内容：新增核医学项目，使用 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{89}Sr 进行放射性诊断和治疗，属乙级非密封放射性同位素工作场所；新增 3 枚 V 类 ^{68}Ge 放射源，用

于仪器校验；新增 2 台医用电子直线加速器，最大 X 射线能量为 15MV，属 II 类射线装置；新增 5 台 DSA(管电压 150kV，最大管电流 1250mA，属 II 类射线装置)和 33 台医用 III 类射线装置。项目总投资 10000 万元，其中环保投资 1670 万元。

二、在工程设计、建设和运行中应认真落实《报告表》所提出的辐射污染防治和安全管理措施，并做好以下工作：

(一)严格执行辐射防护和安全设施与主体工程同时设计同时施工、同时投入使用的环保“三同时”制度，确保辐射工作人员和公众的年受照有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中相应的剂量限值要求。

(二)定期检查辐射工作场所门机联锁、急停按钮、工作指示灯、电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。运行期间加强辐射工作场所通风，防止臭氧及氮氧化物有害气体影响人体健康。

(三)非密封放射性物质工作场所功能区域布置应符合国家的有关规定和要求；放射源和非密封放射性同位素转让须及时到环保部门办理审批与备案手续。

(四)建立健全辐射安全与防护规章制度并严格执行。建立辐射安全防护与环保管理机构或指定一名本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作。

(五)对辐射工作人员进行岗位技能和辐射安全与防护知识的培训，并经考核合格后方可上岗，建立个人剂量档案和职业健康档案，配备必要的个人防护用品。辐射工作人员工作时须随身携带辐射报警仪和个人剂量计。

(六)配备环境辐射剂量巡测仪，定期对项目周围辐射水平进行检测，及时解决发现的问题。每年请有资质的单位对项目周围辐射水平监测 1~2 次，结果报我厅。

(七)项目安装完毕后建设单位应及时向我厅申办环保相关手续，依法取得辐射安全许可证并经验收合格后，方可投入正式运行。

三、本批复只适用于以上核技术应用项目，其它如涉及非放射性污染项目须按有关规定另行报批。本批复自下达之日起五年内建设有效。项目的性质、规模、地点、拟采取的环保措施发生重大变动的，应重新报批项目的环境影响评价文件。

6. 验收执行标准

本项目验收监测的执行标准以环境影响评价阶段经审批部门确认的环境保护标准和要求为准。

6.1 人员年受照剂量管理目标值

依据环评及批复文件确定本项目验收个人剂量管理目标值，见表 6-1；关注点处剂量率参考控制水平不超过 2.5 μ Sv/h。

表 6-1 工作人员职业照射和公众照射剂量管理目标值

项目名称	适用范围	管理目标值
新建 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA 项目	职业照射年有效剂量	5mSv/a
	公众年有效剂量	0.25mSv/a

6.2 辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的要求，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

1) 控制区

注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限值潜在照射的范围。

2) 监督区

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

6.3 工作场所布局要求

6.3.1 医用直线加速器

根据《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)和《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)的要求，本项目医用直线加速器工作场所布局应遵循下述要求：治疗装置控制室应与治疗机房分离；新建治疗室不应小于 45m²、治疗室入口处必须设置防护门和迷路。

6.3.2 DSA

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)的要求,本项目 DSA 工作场所布局应遵循下述要求:

应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置,应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位;机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物;机房应设置动力通风装置,并保持良好的通风。

6.4 工作场所放射防护安全要求

6.4.1 医用直线加速器

根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011),本项目医用直线加速器机房应满足下述要求。

6 治疗室防护和安全操作要求

6.1 治疗室的防护要求

6.1.1 治疗室选址、场所布局和防护设计应符合 GB 18871 的要求,保障职业场所和周围环境安全。

6.1.2 有用线束直接投照的防护墙(包括天棚)按初级辐射屏蔽要求设计,其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计,辐射屏蔽设计应符合 GBZ/T 201.1 的要求。

6.1.3 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

6.1.5 X 射线能量超过 10MV 的加速器,屏蔽设计应考虑中子辐射防护。

6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。

6.1.7 治疗室应有足够的使用面积,新建治疗室不应小于 45m^2 。

6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路,防护门应与加速器联锁。

6.1.9 相关位置(例如治疗室入口处上方等)应安装醒目的照射指示灯及辐射标志。

6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

6.4.2 DSA

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)的要求,本项目 DSA 机房应满足下述要求。

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

2) 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、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房,其最小有效使用面积、最小单边长度应符合下表的要求。

表 6-8 医用诊断 X 射线装置最小有效使用面积及最小单边长度

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

3) X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求。

表 6-9 医用诊断 X 射线装置机房屏蔽防护

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	3.0	2.0
标称 125 kV 及以下的摄影机房	2.0	1.0
a 按 GBZ/T180 的要求。		

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 2.5μSv/h;测量时,X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间;

b)CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h;

c)具有短时、高剂量率曝光的摄影程序(如 DR、CR、屏片摄影)机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h,当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估,应不大于 0.25mSv;

d)车载式诊断 X 射线设备工作时,应在车辆周围 3m 设立临时控制区,控制区边界的周围剂量当量率应符合 a)~c)的要求。

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受检者状态及防护门开闭情况。

6) 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置,应尽量避免有用

线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位；机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

7) 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏；平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联；电动推拉门宜设置防夹装置；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；CT 装置的安放应利于操作者观察受检者；机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

8) 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 6-10 中基本种类要求的工作人员、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橡胶防护衣；除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb；应为儿童的 X 射线检查配备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小于 0.5mmPb；个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 6-10 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
介入放射操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/ 铅防护帘、床边防护帘/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 选配：铅橡胶帽子	—
注 1：“—”表示不做要求。 注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。				

6.5 安全管理要求及环评要求

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及环评报告、环评批复中的相关要求。

7. 验收监测

7.1 监测分析方法

本次监测按照《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)、《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-1993)、《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ 130-2013)、《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011) 和《公共场所集中空调通风系统卫生规范》(WS 394-2012) 的要求进行监测。

7.2 监测因子

根据项目污染源特征, 竣工验收监测因子为医用直线加速器机房和 DSA 机房周围 X- γ 辐射剂量率、医用直线加速器机房周围中子辐射剂量率及机房内通风风速。

7.3 监测工况

南京瑞森辐射技术有限公司分别于2020年9月4日、2021年1月7日对南京市江宁医院新建1台医用直线加速器及3台DSA进行了验收监测, 验收工况如下:

表 7-1 本项目验收工况

项目名称型号	技术参数	验收监测工况	使用场所
医用直线加速器 (Clinic ix)	X 线: 10MV; 最大剂量率 600cGy/h	X 线: 10MV; 剂量率 600cGy/h	病房楼负二层 加速器 1
DSA (Artis Zee Ceiling)	125kV/1000mA	83kV/231mA	DSA1 室
DSA (UNIQ FD20)	125kV/1000mA	84kV/11.2mA	DSA2 室
DSA (UNIQ FD20)	125kV/1000mA	86kV/9.5mA	手术室

7.4 监测内容

对直线加速器工作场所周围环境布设监测点, 特别关注控制区、监督区边界, 监测医用直线加速器、DSA 运行状态、非运行状态下的 X- γ 辐射剂量率、医用直线加速器中子辐射剂量率及机房内通风风速, 每个点位监测 5 个数据。

8.质量保证和质量控制

8.1 本次验收监测质量保证和质量控制

8.1.1 监测单位资质

验收监测单位获得 CMA 资质认证 (161012050353) 和江苏省社会化辐射环境检测机构甲级资质 (苏环办 (2017) 357 号), 见附件 10。

8.1.2 监测人员能力

参与本次验收监测人员均符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求: 验收监测人员已通过江苏省社会辐射环境检测机构辐射检测技术人员上岗培训。检测人员资质见表 8-1。

表 8-1 检测人员资质

序号	姓名	证书编号	取证时间
1	赵国良	SHFSJ0497 (电离类)	2018.01.26
2	刘彧好	SHFSJ0583 (电离类)	2019.11.28

8.1.3 监测仪器

本次监测使用仪器符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求, 监测所用设备通过检定并在有效期内, 满足监测要求。

监测仪器见表 8-2。

表 8-2 检测使用仪器

序号	仪器名称/型号	仪器编号	主要技术参数
1	X-γ 辐射巡测仪 (AT1123)	NJRS-125	能量响应: 0.025eV~5GeV 测量范围: 1nSv/h~100mSv/h 检定证书编号: DYjs2020-00396 检定有效期限: 2020.04.26~2021.04.25
2	中子周围剂量当量率仪 (FH40G+FHT762)	NJRS-022	能量响应: 0.025eV~5GeV 测量范围: 1nSv/h~100mSv/h 检定证书编号: DYjs2020-00396 检定有效期限: 2020.04.26~2021.04.25
3	风速仪 (HT625B)	NJRS-136	检定证书编号: H2020-0047768 检定有效期限: 2020.6.9~2021.6.8

8.2 自主检测质量保证和质量控制

8.2.1 监测仪器

经现场核查,南京市江宁医院为本项目配备的辐射检测仪均能正常使用,可以满足日常自检要求。

监测仪器见表 8-3。

表 8-3 检测使用仪器

仪器名称/型号	型号	数量	购买日期	性能状态
X- γ 辐射巡测仪	FD-3013H	1	2019 年 7 月	正常
个人剂量报警仪	DP802i	9	2019 年 7 月	正常

8.2.2 人员能力

本项目辐射安全管理人员及辐射工作人员已于 2019 年 6 月参加了江苏省辐射防护协会组织的辐射安全与防护培训班,并通过考核取得培训合格证书,见附件 6。

8.2.3 质量保证措施

南京市江宁医院已为本项目制定了《医院辐射环境监测方案》、《放射工作人员培训制度》等规章制度,以保证日常自检的质量控制。见附件 5。

9.验收监测结果

9.1 辐射工作场所监测结果

本项目介入科 DSA1 机房在正常工作时周围环境 X- γ 辐射剂量率监测结果见表 9-1, 监测点位见图 9-1。

表 9-1 介入科 DSA1 机房周围环境 X- γ 辐射剂量率

测点编号	检测点位描述	测量结果($\mu\text{Sv/h}$)	设备状态
1	操作位	0.12	关机
	操作位	0.14	开机
2	观察窗外 30cm 处 (左)	0.14	开机
3	观察窗外 30cm 处 (中)	0.14	开机
4	观察窗外 30cm 处 (右)	0.14	开机
5	西墙外 30cm 处	0.13	开机
6	西墙外 30cm 处	0.14	开机
7	西门 1 外 30cm 处 (左缝)	0.14	开机
8	西门 1 外 30cm 处 (中间)	0.14	开机
9	西门 1 外 30cm 处 (右缝)	0.14	开机
10	西门 1 外 30cm 处 (下缝)	0.14	开机
11	西门 2 外 30cm 处 (左缝)	0.13	开机
12	西门 2 外 30cm 处 (中间)	0.12	开机
13	西门 2 外 30cm 处 (右缝)	0.13	开机
14	西门 2 外 30cm 处 (下缝)	0.13	开机
15	北门 1 外 30cm 处 (左缝)	0.13	开机

新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目
 (本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA) 竣工环境保护验收监测报告

测点编号	检测点位描述	测量结果($\mu\text{Sv/h}$)	设备状态
16	北门 1 外 30cm 处 (中间)	0.13	开机
17	北门 1 外 30cm 处 (右缝)	0.13	开机
18	北门 1 外 30cm 处 (下缝)	0.13	开机
19	北墙外 30cm 处	0.12	开机
20	北墙外 30cm 处	0.12	开机
21	北门 2 外 30cm 处 (左缝)	0.13	开机
22	北门 2 外 30cm 处 (中间)	0.13	开机
23	北门 2 外 30cm 处 (右缝)	0.13	开机
24	北门 2 外 30cm 处 (下缝)	0.13	开机
25	南门外 30cm 处 (左缝)	0.13	开机
26	南门外 30cm 处 (中间)	0.13	开机
27	南门外 30cm 处 (右缝)	0.12	开机
28	南门外 30cm 处 (下缝)	0.56	开机
29	南墙外 30cm 处	0.12	开机
30	南墙外 30cm 处	0.14	开机
31	东墙外 30cm 处	0.13	开机
32	东墙外 30cm 处	0.12	开机
33	机房楼上距地面 1m 处	0.13	开机
34	机房楼上距地面 1m 处	0.13	开机
35	机房楼下距地面 1.7m 处	0.14	开机

测点编号	检测点位描述	测量结果($\mu\text{Sv/h}$)	设备状态
36	机房楼下距地面 1.7m 处	0.13	开机

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值。

2.检测环境条件：天气：晴，温度：(30~31)℃，湿度：(42~45)%RH。

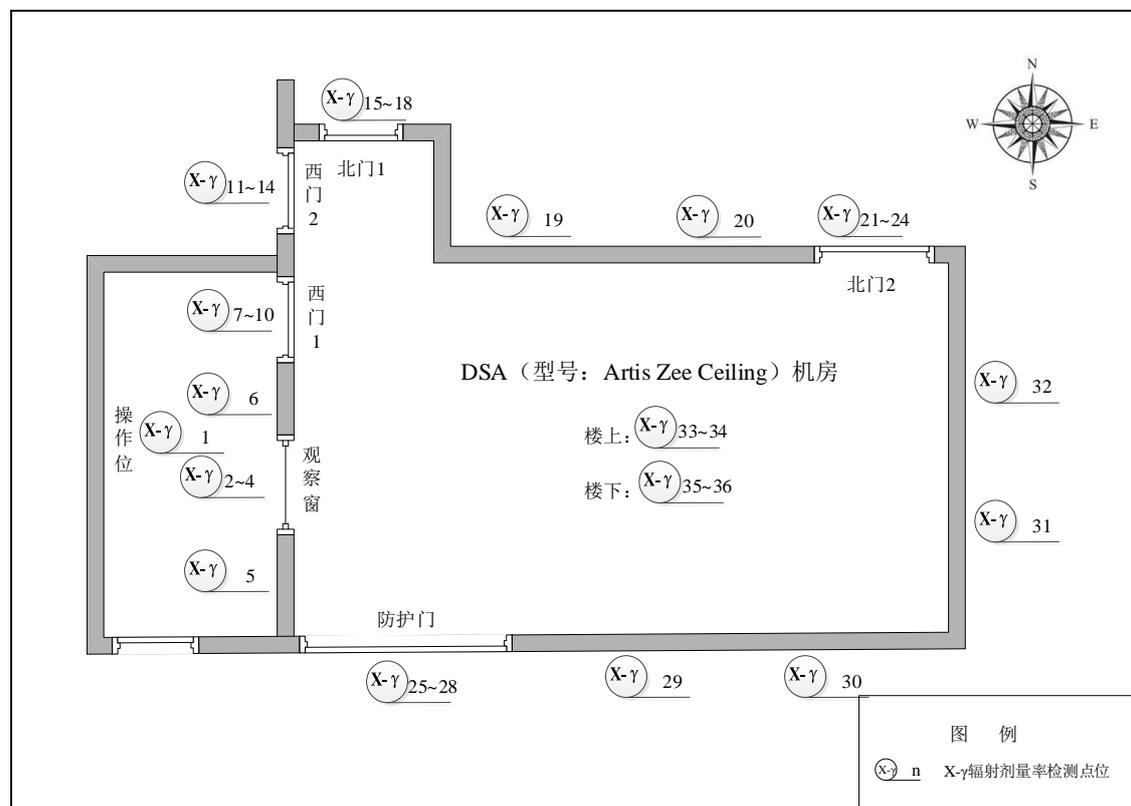


图 9-1 本项目介入科 DSA1 机房监测布点图

根据表 9-1 可知,当此 DSA(型号:Artis Zee Ceiling)检测工况为 83kV/231mA 时,机房周围的 X- γ 辐射剂量当量率为 (0.12~0.56) $\mu\text{Sv/h}$,符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的标准要求。

本项目介入科 DSA2 机房在正常工作时周围环境 X- γ 辐射剂量率监测结果见表 9-2,监测点位见图 9-2。

表 9-2 介入科 DSA2 机房周围环境 X- γ 辐射剂量率

测点编号	检测点位描述	测量结果($\mu\text{Sv/h}$)	设备状态
1	操作位	0.12	关机
	操作位	0.12	开机

新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目
 (本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA) 竣工环境保护验收监测报告

测点编号	检测点位描述	测量结果($\mu\text{Sv/h}$)	设备状态
2	观察窗外 30cm 处 (左)	0.13	开机
3	观察窗外 30cm 处 (中)	0.12	开机
4	观察窗外 30cm 处 (右)	0.13	开机
5	东墙外 30cm 处	0.13	开机
6	东墙外 30cm 处	0.12	开机
7	东门 1 外 30cm 处 (左缝)	0.12	开机
8	东门 1 外 30cm 处 (中间)	0.12	开机
9	东门 1 外 30cm 处 (右缝)	0.12	开机
10	东门 1 外 30cm 处 (下缝)	0.12	开机
11	南门外 30cm 处 (左缝)	0.13	开机
12	南门外 30cm 处 (中间)	0.14	开机
13	南门外 30cm 处 (右缝)	0.14	开机
14	南门外 30cm 处 (下缝)	0.13	开机
15	南墙外 30cm 处	0.12	开机
16	南墙外 30cm 处	0.13	开机
17	西墙外 30cm 处	0.16	开机
18	西墙外 30cm 处	0.15	开机
19	北墙外 30cm 处	0.15	开机
20	北门 2 外 30cm 处 (左缝)	0.15	开机
21	北门 2 外 30cm 处 (中间)	0.14	开机
22	北门 2 外 30cm 处 (右缝)	0.13	开机

新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目
 (本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA) 竣工环境保护验收监测报告

测点编号	检测点位描述	测量结果($\mu\text{Sv/h}$)	设备状态
23	北门 2 外 30cm 处 (下缝)	0.13	开机
24	北墙外 30cm 处	0.13	开机
25	北门 1 外 30cm 处 (左缝)	0.14	开机
26	北门 1 外 30cm 处 (中间)	0.14	开机
27	北门 1 外 30cm 处 (右缝)	0.13	开机
28	北门 1 外 30cm 处 (下缝)	0.12	开机
29	东门 2 外 30cm 处 (左缝)	0.15	开机
30	东门 2 外 30cm 处 (中间)	0.15	开机
31	东门 2 外 30cm 处 (右缝)	0.15	开机
32	东门 2 外 30cm 处 (下缝)	0.14	开机
33	机房楼上距地面 1m 处	0.13	开机
34	机房楼上距地面 1m 处	0.13	开机
35	机房楼下距地面 1.7m 处	0.13	开机
36	机房楼下距地面 1.7m 处	0.13	开机

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值。

2.检测环境条件：天气：阴，温度：(30~31)℃，湿度：(42~45)%RH。

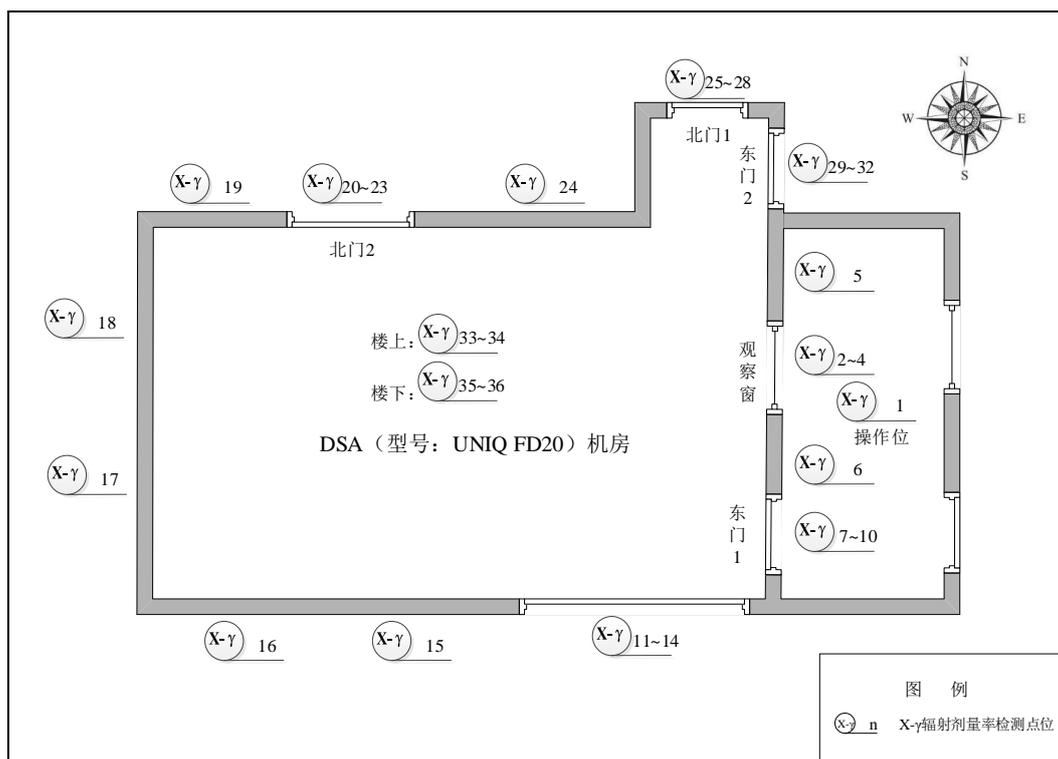


图 9-2 本项目介入科 DSA2 机房监测布点图

根据表 9-2 可知, 当此 DSA (型号: UNIQ FD20) 检测工况为 84kV/11.2mA 时, 机房周围的 X-γ 辐射剂量当量率为 (0.12~0.16) $\mu\text{Sv/h}$, 符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 的标准要求。

本项目手术室 DSA 机房在正常工作时周围环境 X-γ 辐射剂量率监测结果见表 9-3, 监测点位见图 9-3。

表 9-3 手术室 DSA 机房周围环境 X-γ 辐射剂量率

测点编号	检测点位描述	测量结果($\mu\text{Sv/h}$)	设备状态
1	观察窗外 30cm 处	0.13	开机
2	观察窗缝外 30cm 处	0.13	开机
3	操作位	0.14	开机
4	北墙外 30cm 处	0.13	开机
5	北墙外 30cm 处	0.14	开机

新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目
 (本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA) 竣工环境保护验收监测报告

测点编号	检测点位描述	测量结果($\mu\text{Sv/h}$)	设备状态
6	北门外 30cm 处(左缝)	0.14	开机
7	北门外 30cm 处(中间观察窗)	0.15	开机
8	北门外 30cm 处(右缝)	0.14	开机
9	北门外 30cm 处(下缝)	0.15	开机
10	西门外 30cm 处(左缝)	0.14	开机
11	西门外 30cm 处(中间观察窗)	0.15	开机
12	西门外 30cm 处(右缝)	0.14	开机
13	西门外 30cm 处(下缝)	0.15	开机
14	西墙外 30cm 处	0.15	开机
15	南墙外 30cm 处	0.15	开机
16	南墙外 30cm 处	0.15	开机
17	南墙外 30cm 处	0.14	开机
18	东门外 30cm 处(左缝)	0.15	开机
19	东门外 30cm 处 (中间观察窗)	0.15	开机
20	东门外 30cm 处(右缝)	0.14	开机
21	东门外 30cm 处(下缝)	0.15	开机
22	东墙外 30cm 处	0.15	开机
23	机房楼上距地面 1m 处	0.13	开机
24	机房楼上距地面 1m 处	0.13	开机
25	机房楼下距地面 1.7m 处	0.14	开机
26	机房楼下距地面 1.7m 处	0.14	开机

测点编号	检测点位描述	测量结果($\mu\text{Sv/h}$)	设备状态
27	控制室门口	0.12	关机

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值。

2.检测环境条件：天气：晴，温度：(30~31)℃，湿度：(42~45)%RH。

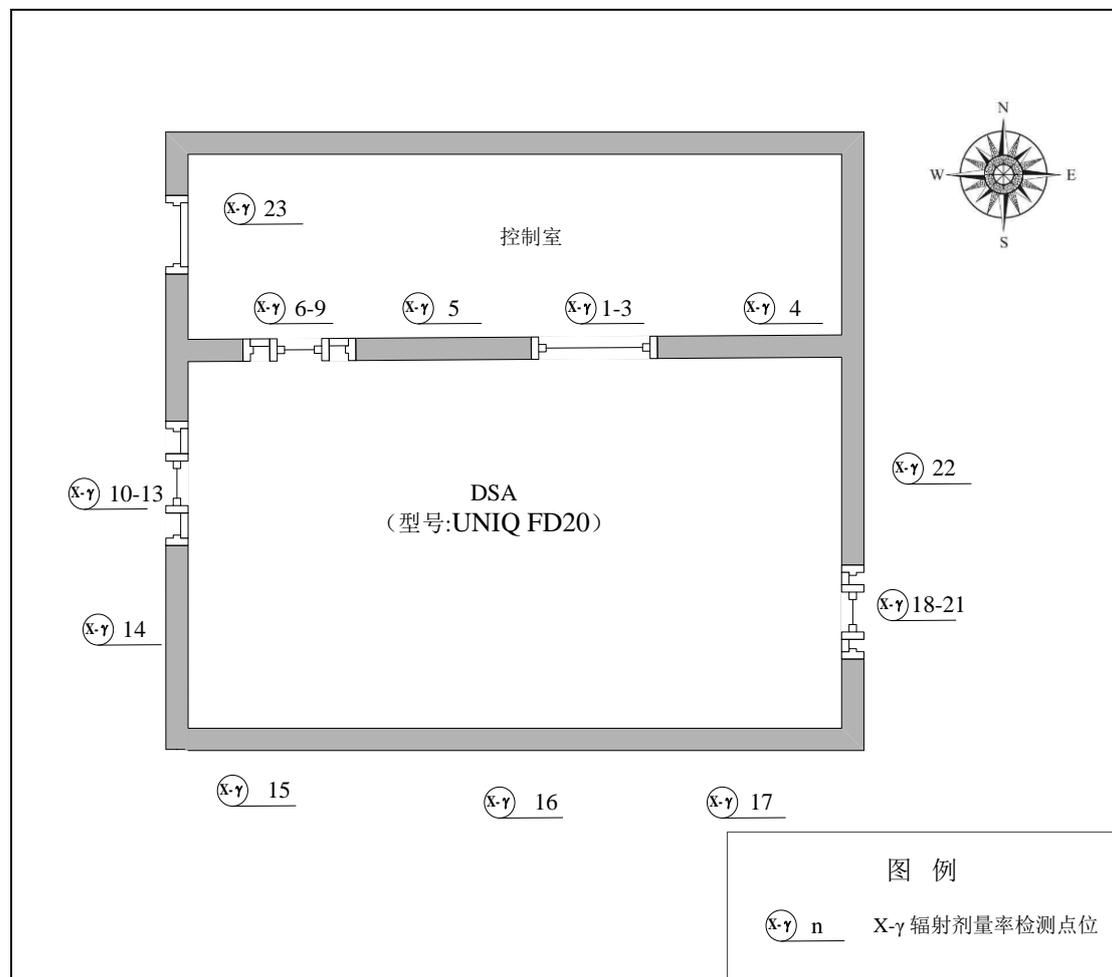


图 9-3 本项目手术室 DSA 机房监测布点图

根据表 9-3 可知，当此 DSA（型号：UNIQ FD20）正常工作（检测工况：86kV/9.5mA）时，机房周围的 X- γ 辐射剂量当量率为 (0.13~0.15) $\mu\text{Sv/h}$ ，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的标准要求。

本项目医用直线加速器机房在正常工作时周围环境 X- γ 辐射剂量率监测结果见表 9-4，监测点位见图 9-4。

表 9-4 医用直线加速器机房周围环境 X- γ 辐射剂量率

测点编号	点位描述	测量结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
1	北门外 30cm 处 (左缝)	0.23	射线朝东
		0.28	射线朝下
2	北门外 30cm 处 (中间)	0.22	射线朝东
		0.27	射线朝下
3	北门外 30cm 处 (右缝)	0.20	射线朝东
		0.27	射线朝下
4	北门外 30cm 处 (下缝)	0.21	射线朝东
		0.31	射线朝下
5	北墙外 30cm 处	0.10	射线朝下
6	北墙外 30cm 处	0.13	
7	北墙外 30cm 处	0.12	
8	穿线口	0.15	
9	操作位	0.09	
10	东墙外 30cm 处	0.11	射线朝东
11	东墙外 30cm 处	0.16	
12	东墙外 30cm 处	0.14	
13	西墙外 30cm 处	0.14	射线朝西
14	西墙外 30cm 处	0.20	
15	西墙外 30cm 处	0.16	
16	距顶棚地面 1m 处	0.10	射线朝上

新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目
 (本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA) 竣工环境保护验收监测报告

测点编号	点位描述	测量结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
17	距顶棚地面 1m 处	0.11	
18	距顶棚地面 1m 处	0.13	
19	候诊处地面	0.08	关机

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值。

2.检测环境条件：天气：晴，温度：(30~31)℃，湿度：(42~45)%RH。

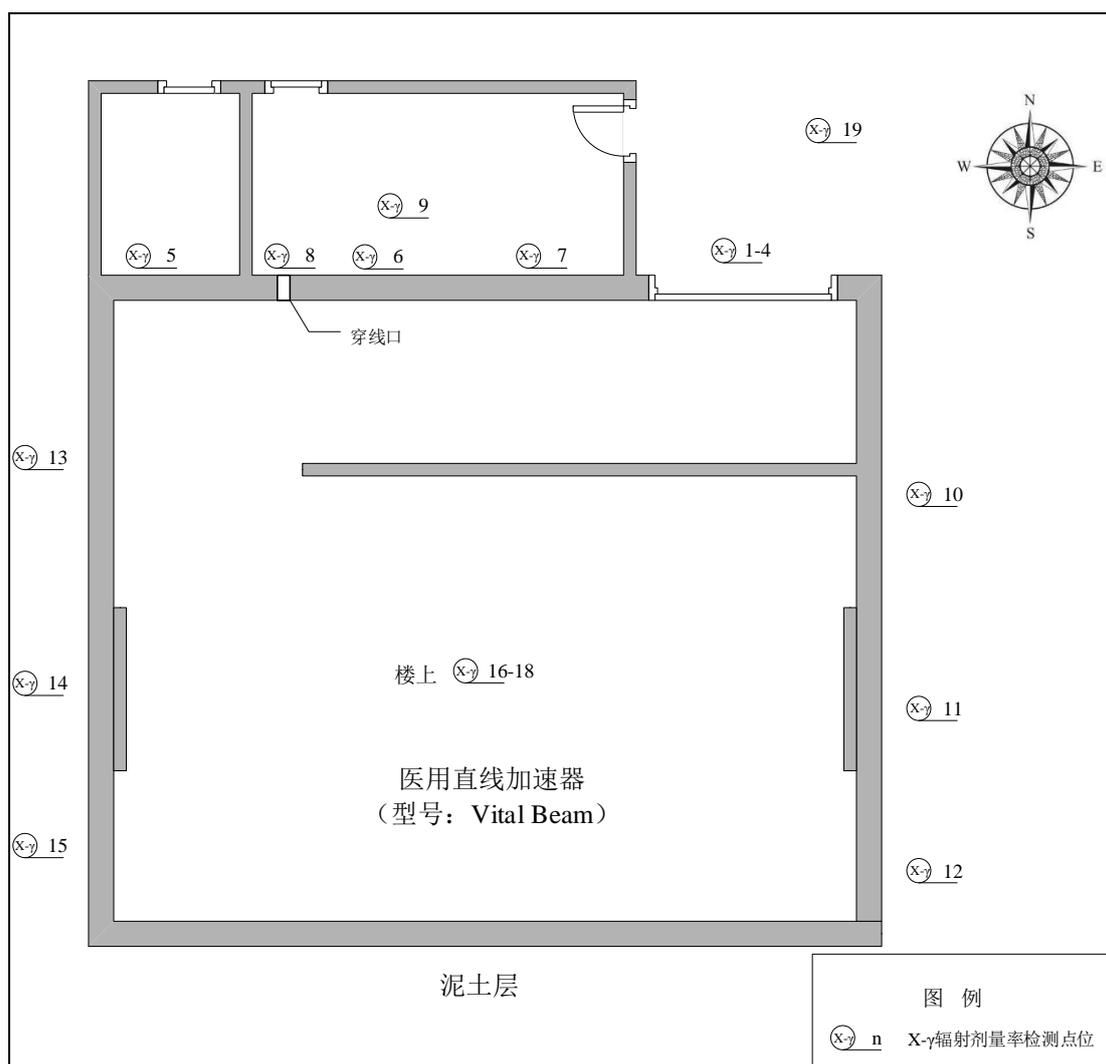


图 9-4 本项目医用直线加速器机房监测布点图

本项目医用直线加速器所在机房在正常工作时周围环境中子辐射剂量率监测结果见表 9-5，监测点位见图 9-5。

表 9-5 医用直线加速器机房周围环境中子辐射剂量率

测点编号	点位描述	测量结果($\mu\text{Sv/h}$)	备注
1	北门外 30cm 处 (左缝)	<0.001	射线朝东
		<0.001	射线朝下
2	北门外 30cm 处 (中间)	<0.001	射线朝东
		<0.001	射线朝下
3	北门外 30cm 处 (右缝)	<0.001	射线朝东
		<0.001	射线朝下
4	北门外 30cm 处 (下缝)	<0.001	射线朝东
		<0.001	射线朝下
5	北墙外 30cm 处	<0.001	射线朝下
6	北墙外 30cm 处	<0.001	
7	北墙外 30cm 处	<0.001	
8	穿线口	<0.001	
9	操作位	<0.001	
10	东墙外 30cm 处	<0.001	射线朝东
11	东墙外 30cm 处	<0.001	
12	东墙外 30cm 处	<0.001	
13	西墙外 30cm 处	<0.001	射线朝西
14	西墙外 30cm 处	<0.001	
15	西墙外 30cm 处	<0.001	
16	距顶棚地面 1m 处	<0.001	射线朝上

新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目
(本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA) 竣工环境保护验收监测报告

测点编号	点位描述	测量结果($\mu\text{Sv/h}$)	备注
17	距顶棚地面 1m 处	<0.001	
18	距顶棚地面 1m 处	<0.001	

注：1.中子周围剂量当量仪（FH40H+FHT762）探测下限（LLD）为 $0.001\mu\text{Sv/h}$ 。

2.检测环境条件：天气：晴，温度： -5°C ，湿度：45%RH。

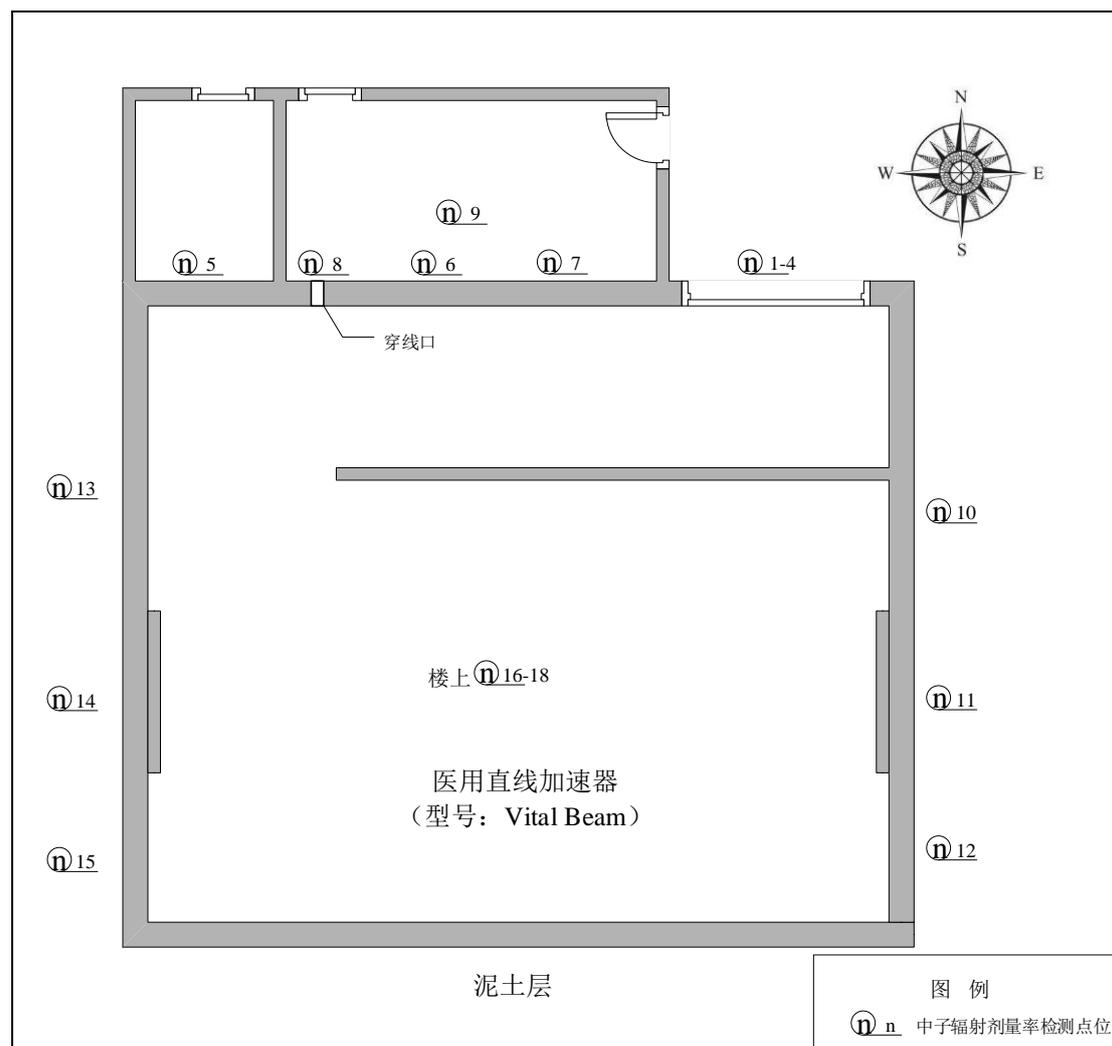


图 9-5 本项目医用直线加速器机房监测布点图

本项目医用直线加速器所在机房通风速率监测结果见表 9-6。

表 9-6 医用直线加速器机房通风

测点描述	测量结果 (m/s)	备注
加速器机房内通风口 (北侧)	3.14	—
加速器机房内通风口 (南侧)	2.88	—

根据表 9-4 及表 9-5 可知, 当此医用直线加速器(型号: Vital Beam)正常工作(工况: 10MV X 射线、600cGy/min、40cm×40cm)时, 机房周围的 X-γ 辐射剂量当量率为(0.09~0.31)μSv/h, 机房周围的中子辐射剂量率为<0.001μSv/h, 符合《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的标准要求。

根据表 9-6 可知, 医用直线加速器机房内北侧排风口风速为 3.14m/s, 南侧排风口风速为 2.88m/s, 该机房两侧排风口横截面均为 0.072m², 机房容积约为 265.8m³, 经计算机房每小时通风次数约为 5.9 次, 机房每小时通风量满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)“治疗室通风次数不小于 4 次/h”的要求。

9.2 辐射工作人员和公众年有效剂量分析

根据本项目现场监测结果及个人剂量监测结果对本项目运行期间公众的年有效剂量进行计算分析, 计算未扣除环境本底剂量率。

1) 辐射工作人员

医院已委托南京瑞森辐射技术有限公司对本项目工作人员进行个人剂量监测, 根据医院提供的 2020 年 9 月 21 日~2020 年 12 月 18 日个人剂量监测报告(瑞森(剂)字(2021)第 0108 号), 本项目辐射工作人员 2020 年第四季度受照剂量结果见表 9-7。监测报告见附件 7。

表 9-7 本项目辐射工作人员年有效剂量分析

姓名	工作场所	2020 年第四季度 (mSv)	估算年剂量 (mSv)
潘 巍	加速器	0.02	0.08
徐 乐	加速器	0.02	0.08
缪永梅	加速器	0.02	0.08
尹 光	加速器	0.02	0.08
方 芳	加速器	0.02	0.08
徐晨辉	心内科	铅衣内: 0.10	按照 GBZ 128-2019 估算年有效剂量结果为: 0.88mSv/a
		铅衣外: 2.12	

姓名	工作场所	2020 年第四季度 (mSv)	估算年剂量 (mSv)
严建军	心内科	铅衣内: 0.02	0.08
		铅衣外: 0.02	0.08
韦伟	心内科	铅衣内: 0.02	0.08
		铅衣外: 0.02	0.08
高立兵	介入科	铅衣内: 0.02	0.08
		铅衣外: 0.02	0.08
刘亮	介入科	铅衣内: 0.02	按照 GBZ 128-2019 估算年有效剂量结果为: 1.78mSv/a
		铅衣外: 4.47	
彭鹏	介入科	铅衣内: 0.02	0.08
		铅衣外: 0.02	0.08

由表 9-7 可知, 根据个人剂量监测结果, 估算本项目加速器辐射工作人员年有效剂量最大为 0.08mSv/a; 介入科 DSA1、DSA2 辐射工作人员年有效剂量最大为 0.08mSv/a; 手术室 DSA 辐射工作人员年有效剂量最大为 0.40mSv/a, 均低于本项目辐射工作人员个人剂量目标管理值 (5mSv/a)。从事 DSA 工作的徐晨辉和刘亮 2 名辐射工作人员铅衣外年有效剂量估算值分别为 0.88mSv/a、1.78mSv/a, 均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中“职业工作人员眼晶体的年当量剂量限值 150mSv、四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量限值 500mSv”的限值要求。尽管如此, 依据辐射防护最优化原则, 建议从事放射介入的工作人员采取包括穿铅手套、戴铅眼镜在内的辐射防护措施, 尽最大可能降低工作人员的受照剂量。

根据本项目现场监测结果, 对项目运行期间辐射工作人员和公众的年有效剂量进行估算。本项目 DSA 工作人员按年曝光时间 50h 进行剂量估算, 加速器工作人员按一天约 8h, 一年 250 个工作日进行剂量估算, 各参考点对周围人员的剂量贡献见表 9-8 至表 9-11。

表 9-8 介入科 DSA1 机房周围公众及辐射工作人员年有效剂量分析

序号	关注点位	最大监测值($\mu\text{Sv/h}$)	人员性质	居留因子	年曝光时间 (h)	人员年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值(mSv/a)
1	观察窗外	0.14	职业人员	1	50	<0.01	5
			公众	—	—	—	0.25
2	操作位	0.14	职业人员	1	50	<0.01	5
			公众	—	—	—	0.25
3	四周墙外	0.14	职业人员	1/4	50	<0.01	5
			公众	1/4	50	<0.01	0.25
4	控制室防护门外	0.14	职业人员	1	50	<0.01	5
			公众	—	—	—	0.25
5	其它防护门外	0.56	职业人员	1/4	50	<0.01	5
			公众	1/4	50	<0.01	0.25
6	楼上	0.13	职业人员	—	—	—	5
			公众	1/16	50	<0.01	0.25
7	楼下	0.14	职业人员	—	—	—	5
			公众	1/16	50	<0.01	0.25

表 9-9 介入科 DSA2 机房周围公众及辐射工作人员年有效剂量分析

序号	关注点位	最大监测值($\mu\text{Sv/h}$)	人员性质	居留因子	年曝光时间 (h)	人员年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值(mSv/a)
1	观察窗外	0.13	职业人员	1	50	<0.01	5
			公众	—	—	—	0.25
2	操作位	0.12	职业人员	1	50	<0.01	5

新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目
(本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA) 竣工环境保护验收监测报告

			公众	—	—	—	0.25
3	四周墙外	0.16	职业人员	1/4	50	<0.01	5
			公众	1/4	50	<0.01	0.25
4	控制室防护门外	0.12	职业人员	1	50	<0.01	5
			公众	—	—	—	0.25
5	其它防护门外	0.15	职业人员	1/4	50	<0.01	5
			公众	1/4	50	<0.01	0.25
6	楼上	0.13	职业人员	—	—	—	5
			公众	1/16	50	<0.01	0.25
7	楼下	0.13	职业人员	—	—	—	5
			公众	1/16	50	<0.01	0.25

表 9-10 手术室 DSA 机房周围公众及辐射工作人员年有效剂量分析

序号	关注点位	最大监测值($\mu\text{Sv/h}$)	人员性质	居留因子	年曝光时间 (h)	人员年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值(mSv/a)
1	观察窗外	0.13	职业人员	1	50	<0.01	5
			公众	—	—	—	0.25
2	操作位	0.14	职业人员	1	50	<0.01	5
			公众	—	—	—	0.25
3	四周墙外	0.15	职业人员	1/4	50	<0.01	5
			公众	1/4	50	<0.01	0.25
4	控制室防护门外	0.15	职业人员	1	50	<0.01	5
			公众	—	—	—	0.25
5	其它防护门外	0.15	职业人员	1/4	50	<0.01	5

			公众	1/4	50	<0.01	0.25
6	楼上	0.13	职业人员	—	—	—	5
			公众	1/16	50	<0.01	0.25
7	楼下	0.14	职业人员	—	—	—	5
			公众	1/16	50	<0.01	0.25

表 9-11 医用直线加速器机房周围公众及辐射工作人员年有效剂量分析

场所	关注点位	最大监测值 ($\mu\text{Sv/h}$)	人员性质	居留 因子	年工作 时间(h)	人员年有 效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)
医用 直线 加速 器机 房	防护门外	0.28	职业人员	1/4	2000	0.14	5
			公众	1/4	2000	0.14	0.25
	控制室	0.18	职业人员	1	2000	0.36	5
			公众	—	—	—	0.25
	东墙外	0.19	职业人员	1/4	2000	0.10	5
			公众	1/4	2000	0.10	0.25
	北墙外	0.19	职业人员	1	2000	0.38	5
			公众	—	—	—	0.25
	西墙外	0.16	职业人员	1/16	2000	0.02	5
			公众	1/16	2000	0.02	0.25
	楼上	0.16	职业人员	1/16	2000	0.02	5
			公众	1/16	2000	0.02	0.25

注：1.计算时未扣除环境本底剂量；

2.工作人员的年有效剂量由公式 $E_{\text{eff}} = D \cdot t \cdot T \cdot U$ 进行估算，式中： E_{eff} 为年有效剂量， D 为关注点处剂量率， t 为年工作时间， T 为居留因子（取值参照环评文件）， U 为使用因子（保守取 1）。

由表 9-8 至表 9-10 可知，本项目介入科 DSA1、DSA2 及手术室 DSA 辐射

工作人员有效剂量均小于 0.01mSv/a (未扣除环境本底剂量), 低于本项目辐射工作人员个人剂量目标管理值 (5mSv/a)。

由表 9-11 可知, 本项目加速器辐射工作人员有效剂量最大为 0.38mSv/a (未扣除环境本底剂量), 低于本项目辐射工作人员个人剂量目标管理值。

2) 公众

本项目评价的公众为辐射工作场所周围的非辐射工作人员, 计算方法同辐射工作人员。计算结果见表 9-8 至表 9-11。由表可知, 介入科 DSA1、DSA2 及手术室 DSA 场所周围公众年有效剂量均小于 0.01mSv/a (未扣除环境本底剂量), 加速器场所周围公众年有效剂量最大为 0.14mSv/a (未扣除环境本底剂量)。

综上所述, 本项目机房周围辐射工作人员和公众根据实际监测结果及个人剂量监测结果计算年最大有效剂量为: DSA 辐射工作人员有效剂量最大为 0.40mSv/a, 周围公众年有效剂量均小于 0.01mSv/a (未扣除环境本底剂量); 加速器辐射工作人员有效剂量最大为 0.38mSv/a (未扣除环境本底剂量), 周围公众年有效剂量最大为 0.14mSv/a (未扣除环境本底剂量)。辐射工作人员和公众年有效剂量能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 限值的要求 (职业人员 20mSv/a, 公众 1mSv/a), 并低于本项目目标管理值 (职业人员 5mSv/a, 公众 0.25mSv/a)。

根据监测结果及辐射工作人员和公众年有效剂量分析可知, 直线加速器机房防护门外存在一定的附加剂量, 建议在加速器防护门外的地面一定范围设置警示线, 避免人员逗留。

10. 验收监测结论

10.1 验收结论

南京市江宁医院新建 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA 项目已按照环评及批复要求落实辐射防护和安全管理措施，经现场监测和核查表明：

1) 本项目新建 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA 项目在《新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目环境影响报告表》及其环评批复范围以内；

2) 本项目新建 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA 工作场所控制区和监督区划分明显；机房屏蔽和防护措施已按照环评及批复要求落实，在正常工作条件下运行时，工作场所周围所有监测点位的 X- γ 辐射剂量率、中子辐射剂量率、通风风速等均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 的要求；

3) 本项目机房入口显著位置设置有电离辐射警告标志，防护门上安装工作状态指示灯，控制室、机房内设有急停按钮，操作台设有视频对讲装置；已落实环评及批复中相关要求

4) 医院为本项目共配备了 1 台巡检仪、1 台固定式辐射报警仪、9 台个人剂量报警仪等辐射监测仪器；已落实环评及批复中相关要求

5) 本项目辐射工作人员均已通过辐射防护安全与防护知识培训考核，并获得培训合格证书；本项目辐射工作人员已开展个人剂量监测和个人职业健康体检，并建立个人剂量和职业健康档案。医院具有辐射安全管理机构，并建立内部辐射安全管理规章制度；已落实环评及批复中相关要求。

综上所述，南京市江宁医院新建 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA 项目满足环评及批复中有关辐射管理的要求，环境保护设施满足辐射防护与安全的要求，监测结果符合国家标准，满足《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定要求，建议通过验收。

10.2 建议

1) 认真学习《中华人民共和国放射性污染防治法》等有关法律法规，不断提高核安全文化素养和安全意识。

2) 按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 的要求, 建议为介入工作人员配备介入防护手套。

3) 积极配合生态环境部门的日常监督核查, 按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求, 每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至国家核技术利用申报系统。每年请有资质单位对项目周围辐射环境水平监测 1~2 次, 监测结果上报环境保护主管部门。