

核技术利用建设项目  
宜兴市人民医院  
新增 2 台 DSA 项目  
环境影响报告表

宜兴市人民医院  
2024 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目  
宜兴市人民医院  
新增 2 台 DSA 项目  
环境影响报告表

建设单位名称：宜兴市人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：江苏省无锡市宜兴市新城路 1588 号

邮政编码：213004

联系人：

电子邮箱

联系电话

# 目 录

表 1	项目基本情况.....	- 1 -
表 2	放射源.....	- 5 -
表 3	非密封放射性物质.....	- 5 -
表 4	射线装置.....	- 6 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	- 7 -
表 6	评价依据.....	- 8 -
表 7	保护目标与评价标准.....	- 11 -
表 8	环境质量和辐射现状.....	- 17 -
表 9	项目工程分析与源项.....	- 24 -
表 10	辐射安全与防护.....	- 31 -
表 11	环境影响分析.....	- 36 -
表 12	辐射安全管理.....	- 56 -
表 13	结论与建议.....	- 61 -
表 14	审批.....	- 66 -

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		宜兴市人民医院新增 2 台 DSA 项目			
建设单位		宜兴市人民医院（统一社会信用代码：12320282466455146Q）			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		江苏省无锡市宜兴市新城路 1588 号			
项目建设地点		宜兴市新城路 1588 号（新院区综合楼一楼急诊科 DSA 室、综合楼四楼手术室 4）			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		项目环保总投资（万元）		投资比例（环保投资/总投资）	
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m <sup>2</sup> ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			
	<p><b>项目概述：</b></p> <p><b>一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来</b></p> <p>宜兴市人民医院本部位于宜兴市通贞观路 75 号，成立于 1946 年，是一所三级甲等综合性医院，现有核医学科、放射科、重症医学科、心血管内科、肿瘤科、麻醉科等科室，是全市医疗急救中心、江苏大学附属医院、宜兴临床医学院、扬州大学医学院宜兴临床学院和南京医科大学、东南大学医学院的教学医院。</p>				

随着医院的不断发展，宜兴市人民医院本部已不能满足发展需求，宜兴市人民政府全额投资，建设宜兴市人民医院新院区，该建设工程是全市最大规模的单体市政工程，地处宜兴市潢潼路南侧、兴业路东侧、新城路西侧、梅潼路北侧。工程立足全市医疗中心的定位，根据现代化三级甲等医院的设计理念规划设计，满足医疗、急救、教学、科研、健康体检等功能需求，设置床位 1600 张，内设市临床检验中心、影响诊断报告中心、卫生职工教育培训中心。2023 年 8 月初，宜兴市人民医院新院区整体迁建工程已基本竣工，2023 年 8 月 16 日医院本部正式启动整体搬迁。

为改善医疗条件，方便患者就医，宜兴市人民医院将综合楼一楼急诊科内 1 间 DR 预留机房改造为 1 间数字减影血管造影机（Digital Subtraction Angiography，以下简称“DSA”）机房及配套附属功能房，并新增一台 DSA（型号为 Azurion5 M20，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA），用于开展医疗诊断和介入治疗。在综合楼四楼手术室 4 新建 1 间 DSA 机房及配套附属用房，新增一台 DSA（型号为 Discovery IGS 7 OR，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA），用于开展医疗诊断和介入治疗。

2024 年 7 月 25 日，江苏省生态环境厅针对宜兴市人民医院进行现场检查时发现，该两间 DSA 机房已建设完成，设备已安装调试完毕，医院未能提供两台 DSA 项目的环评手续，目前，医院已暂停使用两台 DSA 设备，补办综合楼一楼急诊 DSA 室和四楼手术室 4 的环评审批手续，并将在取得环评批复后按规定开展竣工环保验收，江苏省生态环境厅现场检查相关笔录见附件 8。

宜兴市人民医院从现有人员中调用共计 10 名辐射工作人员承担本次新增 2 台 DSA 项目的辐射工作，该 10 名辐射工作人员仅承担本次新增 2 台 DSA 项目的辐射工作，不从事其他辐射工作。其中手术医生 4 人，影像医生 2 人，技师 2 人，护士 2 人。辐射工作人员年工作 250 天，此 10 名辐射工作人员存在 2 座 DSA 机房交叉工作的情况，根据医院提供的 DSA 工作负荷，综合楼一楼急诊科内 DSA 年出束时间约 31.25h，综合楼四楼手术室 4 内 DSA 年出束时间约 85.41h。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律、法规和部门规章，宜兴市人民医院新增 2 台 DSA 项目需进行环境影响评价。受宜兴市人民医院的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了新增 2 台 DSA 项目的环境影响评价工作（见附件 1）。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态

环境部令 第 16 号，2021 年版），本项目为新增 2 台 DSA 项目，属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类射线装置”的项目，确定为编制环境影响报告表。南京瑞森辐射技术有限公司通过资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了项目环境影响报告表。医院新增 2 台 DSA 项目情况见表 1-1：

表 1-1 新增 2 台 DSA 项目情况一览表

射线装置									
序号	射线装置名称型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	射线装置类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	备注
1	DSA (Azurion 5M20 型)	1	125	1000	II 类	新院区综合楼一楼急诊科 DSA 机房	使用	本次环评	单球管
2	DSA (Discovery IGS 7 OR 型)	1	125	1000	II 类	新院区综合楼四楼手术室 4	使用	本次环评	单球管

## 二、项目选址情况

宜兴市人民医院新院区位于宜兴市新城路 1588 号，医院东侧为新城路，南侧为梅潼路，西侧为兴业路，北侧为潢潼路。本项目地理位置示意图见附图 1，宜兴市人民医院周围环境示意图及总平面图见附图 2。

本次新增 2 台 DSA 项目分别位于综合楼一楼急诊科内和四楼手术室 4 内，综合楼集门急诊、住院为一体，东部、南部的低楼层主要为门急诊区域，住院部占据西侧及其高层部分区域，综合楼四周均为院内道路和绿化。本项目 2 座 DSA 机房分别位于综合楼一层西南部和四层西部。综合楼一楼急诊 DSA 室东侧为受检者候诊区，南侧为 CT 室，西侧为控制室，北侧为设备间、刷手和更衣室，下方为放射科报告室和走廊，上方为质谱实验室和走廊；综合楼四楼手术室 4 东侧为控制室和储存室，南侧为污物通道，西侧为污物通道（走廊），北侧为洁净通道（走廊），下方为病理科取材室、标本存放室和走廊，上方为设备层。宜兴市人民医院综合楼一楼、四楼 DSA 机房及上下楼层平面布置示意图见附图 3~附图 9。

本次新增 2 台 DSA 项目周围 50m 评价范围均位于院区边界内，项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、院区内的其他医护人员、病患及陪同家属和其他公众等。

## 三、原有核技术利用项目许可情况

宜兴市人民医院现持有江苏省生态环境厅核发的辐射安全许可证，证书编号为苏环辐证[00766]，许可种类和范围为“使用III类、V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所（具体范围详见副本）”，有效期至2029年9月3日。医院辐射安全许可证正副本见附件4，原有核技术利用项目情况见附件5。

#### 四、实践正当性分析

本项目的运行，可为患者提供放射诊疗服务，并可提高当地医疗卫生水平，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，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。

#### 五、“三线一单”相符性分析

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。根据《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号）、《生态环境分区管控管理暂行规定》（环环评〔2024〕41号）、《江苏省2023年度生态环境分区管控动态更新成果公告》（江苏省生态环境厅2024年6月13日发布）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于中国宜兴环保科技工业园重点管控单元（编码：ZH32028220208）内，评价范围内不涉及优先保护单元和一般管控单元。对照综合环境管控单元管控要求，本项目为核技术利用项目，满足重点管控单元的管控要求（本项目江苏省生态环境分区管控综合查询报告书见附件7）。

本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	DSA	II类	1 台	Azurion 5M20 型	125	1000	医用诊断/介入治疗	综合楼一楼急 诊 DSA 室	单球管
2	DSA	II类	1 台	Discovery IGS 7 OR 型	125	1000	医用诊断/介入治疗	综合楼四楼手 术室 4	单球管
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物	固体	/	/	约 240kg	约 2880kg	/	暂存在机房内的废物桶	手术结束后集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/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

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989年12月26日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过，2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，中华人民共和国主席令 第九号；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令 第七十七号，2002年10月28日发布，根据2016年7月2日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》第一次修正，根据2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令 第六号，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《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 第709号，2019年3月2日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令 第253号，1998年11月29日发布，根据2017年7月16日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（中华人民共和国国务院令 第682号）修订；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），生态环境部令 第20号，2021年1月4日起施行；</p> <p>(7) 《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；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 第18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(9) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，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；</p> <p>(10) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年修改），国家发展和改革委员会2023年令 第7号，2024年2月1日起施行；</p>
------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>(11) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告，2018年5月1日起实施；</p> <p>(12) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019年 第38号，2019年10月25日发布；</p> <p>(13) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019年 第39号，2019年10月25日发布；</p> <p>(14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019年 第57号，2019年12月24日发布；</p> <p>(15) 《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日起施行；</p> <p>(16) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019年 第57号，2019年12月24日发布；</p> <p>(17) 《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》，自然资发〔2022〕142号，2022年8月16日起试行；</p> <p>(18) 《生态环境分区管控管理暂行规定》，环环评〔2024〕41号，生态环境部2024年7月8日发布，自公布之日起施行；</p> <p>(19) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日发布；</p> <p>(20) 《江苏省2023年度生态环境分区管控动态更新成果公告》（江苏省生态环境厅2024年6月13日发布）；</p> <p>(21) 《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规〔2019〕4号，2019年12月10日起施行；</p> <p>(22) 《江苏省辐射事故应急预案》（2020年修订版），苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日发布。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(2) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>(3) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；</p> <p>(4) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p>

	<p>(6) 《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》(HJ 10.1-2016)；</p> <p>(7) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022)；</p> <p>(8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(9) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)。</p>
其他	<p><b>附图：</b></p> <p>(1) 宜兴市人民医院新增 2 台 DSA 项目地理位置示意图；</p> <p>(2) 宜兴市人民医院院区总平面及周围环境示意图；</p> <p>(3) 宜兴市人民医院综合楼一楼总平面图；</p> <p>(4) 宜兴市人民医院综合楼一楼急诊 DSA 室平面布局及周边环境图；</p> <p>(5) 宜兴市人民医院综合楼一楼急诊 DSA 室楼上（二楼）；</p> <p>(6) 宜兴市人民医院综合楼一楼急诊 DSA 室楼下（B1 楼）；</p> <p>(7) 宜兴市人民医院综合楼四楼总平面图；</p> <p>(8) 宜兴市人民医院综合楼四楼手术室 4 平面布局及周边环境图；</p> <p>(9) 宜兴市人民医院综合楼四楼手术室 4 楼下（三楼）。</p> <p><b>附件：</b></p> <p>(1) 项目委托书；</p> <p>(2) 射线装置使用承诺书；</p> <p>(3) DSA 机房屏蔽设计情况；</p> <p>(4) 辐射安全许可证正副本；</p> <p>(5) 原有核技术利用项目基本情况一览表；</p> <p>(6) 本项目辐射环境现状监测报告；</p> <p>(7) 本项目江苏省生态环境分区管控综合查询报告书；</p> <p>(8) 江苏省生态环境厅现场检查笔录。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《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》（HJ 10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”的规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为本次新增 2 台 DSA 项目工作场所实体屏蔽墙体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 2。

保护目标

本次新增 2 台 DSA 项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。根据《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）、《生态环境分区管控管理暂行规定》（环环评〔2024〕41 号）、《江苏省 2023 年度生态环境分区管控动态更新成果公告》（江苏省生态环境厅 2024 年 6 月 13 日发布）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于中国宜兴环保科技工业园重点管控单元（编码：ZH32028220208）内，评价范围内不涉及优先保护单元和一般管控单元。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。

本项目主要考虑 DSA 工作时可能对周围环境产生的辐射影响。本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围（见附图 2）均位于医院边界内。评价范围内无居民区、学校等环境敏感点，项目运行后的环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、其他医务人员、院内病患和周围公众等。详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

序号	环境保护目标		方位	最近距离	保护对象类别	人口规模	剂量约束值
1	综合楼一楼急诊 DSA 室、综	操作技师	控制室	紧临	辐射工作人员	约 2 人	5mSv/a (职业人员)

	合楼四楼手术室 4	医师、护士	机房内	/		约 8 人	
2	综合楼	其他医务人员	机房四周及上、下方	约 3m	公众	约 200 名	0.1mSv/a (公众)
		病患、周围公众				流动人员	
3	院内道路、停车场公众		四周	约 5m	公众	流动人员	

本项目 DSA 利用 X 射线开展医用诊断和介入治疗，项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

## 评价标准

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：

### 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射 剂量限值	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。

剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

### 辐射工作场所的分区

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。

#### 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制潜在照射的范围。

#### 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。

## 二、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：

### 6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

#### 6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 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。

6.1.2 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。

6.1.3 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；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，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表 2 的规定。

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

机房类型	机房内最小有效使用面积 <sup>d</sup> m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 <sup>e</sup> m
双管头或多管头 X 射线设备 <sup>a</sup> （含 C 形臂）	30	4.5
单管头 X 射线设备 <sup>b</sup> （含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5

#### 6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定。

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 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

#### 6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 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 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5  $\mu$  Sv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

#### 6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 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。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 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。

6.4.5 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。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 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。

6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 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、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。

6.5.3 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。

6.5.4 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。

6.5.5 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 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		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 选配：铅橡胶帽子	—
---------	--------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	---

<sup>a</sup>工作人员、受检者的个人防护用品和辅助防护设施任选其一即可。

## 7 X 射线设备操作的防护安全要求

7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求。

7.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备的防护安全操作要求。

7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ 128 的规定。

## 三、项目管理限值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）等评价标准要求，确定本项目剂量约束值为：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

距 DSA 机房墙体、门、观察窗表面外 30cm 处、顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm 处、地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处的辐射剂量率目标控制值均为 2.5 $\mu$ Sv/h。

## 四、参考资料：

- （一）《辐射防护导论》，方杰主编。
- （二）《辐射防护手册（第一分册）》，李德平、潘自强主编。
- （三）《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省环境监测站。

江苏省环境天然 $\gamma$ 辐射水平 (单位: nGy/h)

	原野剂量率	道路剂量率	室内剂量率
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差 (s)	7.0	12.3	14.0
(均值 $\pm$ 3s) *	50.4 $\pm$ 21.0	47.1 $\pm$ 36.9	89.2 $\pm$ 42.0

注: \*测量值已扣除宇宙射线响应值, 现状评价时, 取测值范围数值: 即原野为 (33.1~72.6) nGy/h; 道路为 (18.1~102.3) nGy/h; 室内为 (50.7~129.4) nGy/h。

表 8 环境质量和辐射现状

## 环境质量和辐射现状

### 一、项目位置、布局和周边环境

宜兴市人民医院新院区位于宜兴市新城路 1588 号，院区东侧为新城路，南侧为梅潼路，西侧为兴业路，北侧为潢潼路。

本项目 2 座 DSA 机房分别位于综合楼一楼西南部和四楼西部。综合楼一楼急诊 DSA 室东侧为受检者候诊区，南侧为 CT 室，西侧为控制室，北侧为设备间、刷手和更衣室，下方为放射科报告室和走廊，上方为质谱实验室和走廊；综合楼四楼手术室 4 东侧为控制室和储存室，南侧为污物通道，西侧为污物通道（走廊），北侧为洁净通道（走廊），下方为病理科取材室、标本存放室和走廊，上方为设备层。宜兴市人民医院综合楼一楼、四楼 DSA 机房及上下楼层平面布置示意图见附图 3~附图 9。

本次新增 2 台 DSA 项目周围 50m 评价范围均位于院区边界内，项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、院区内的其他医护人员、病患及陪同家属和院外其他公众等。本项目 DSA 机房周边环境见图 8-1 至图 8-16。



图 8-1 综合楼一楼急诊 DSA 室



图 8-2 综合楼一楼急诊 DSA 室东侧



图 8-3 综合楼一楼急诊 DSA 室西侧



图 8-4 综合楼一楼急诊 DSA 室南侧



图 8-5 综合楼一楼急诊 DSA 室北侧



图 8-6 综合楼一楼急诊 DSA 室北侧



图 8-7 综合楼一楼急诊 DSA 室北侧



图 8-8 综合楼一楼急诊 DSA 室下方



图 8-9 综合楼一楼急诊 DSA 室上方



图 8-10 综合楼四楼手术室 4



图 8-11 综合楼四楼手术室 4 东侧



图 8-12 综合楼四楼手术室 4 西侧

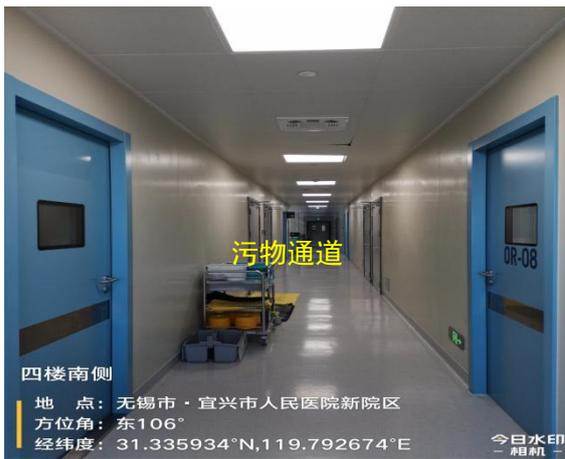


图 8-13 综合楼四楼手术室 4 南侧



图 8-14 综合楼四楼手术室 4 北侧



图 8-15 综合楼四楼手术室 4 下方



图 8-16 综合楼四楼手术室 4 上方

## 二、辐射环境现状调查

根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于本次新增 2 台 DSA 项目机房周围进行布点，测量本底辐射剂量率。监测结果见表 8-1 至表 8-2，监测点位示意图见图 8-17 至图 8-18。

监测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测项目： $\gamma$ 辐射剂量率

检测仪器：6150AD6/H+6150AD-b/H 型 X- $\gamma$ 辐射监测仪（设备编号：NJRS-126，检定有效期：2023 年 10 月 30 日~2024 年 10 月 29 日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2023-0173796）

能量范围：20keV~7MeV

剂量率范围：1nSv/h~99.9 $\mu$ Sv/h

监测日期：2024 年 7 月 29 日

天气：晴

温度：36 $^{\circ}$ C

湿度：45%RH

监测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

质量控制：本项目监测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过检验检测机构资质认定（证书编号：221020340350，检测资质见附件 6），具备有相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技

术规范》（HJ 61-2021）要求，实施全过程质量控制。

监测人员、监测仪器及监测结果：监测人员均经过考核，监测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检验，监测报告实行三级审核。

数据记录及处理： $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。

评价方法：参照江苏省环境天然 $\gamma$ 辐射剂量水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。

表 8-1 综合楼一楼急诊 DSA 室周围 $\gamma$ 辐射水平

测点编号	测点描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1	DSA 机房内	62	楼房
2	DSA 机房东侧（候诊区）	60	楼房
3	DSA 机房南侧（CT 室）	65	楼房
4	DSA 机房西侧（控制室）	65	楼房
5	DSA 机房北侧（更衣室）	97	楼房
6	DSA 机房楼上（质谱实验室）	64	楼房
7	DSA 机房楼下（放射科报告室）	75	楼房

注：1、测量结果已扣除宇宙射线响应值；

2、环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量测量结果按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中公式  $\dot{D} = C_f(E_f\bar{X} - \mu_c X_c')$  计算，其中， $C_f$  为仪器量程检定/校准因子； $E_f$  为仪器检验源效率因子； $\bar{X}$  为现场监测时仪器  $n$  次读数的平均值 ( $n \geq 10$ )； $\mu_c$  为建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1； $X_c'$  为测点处仪器对宇宙射线的响应值，本仪器的宇宙射线响应值为 30nGy/h。

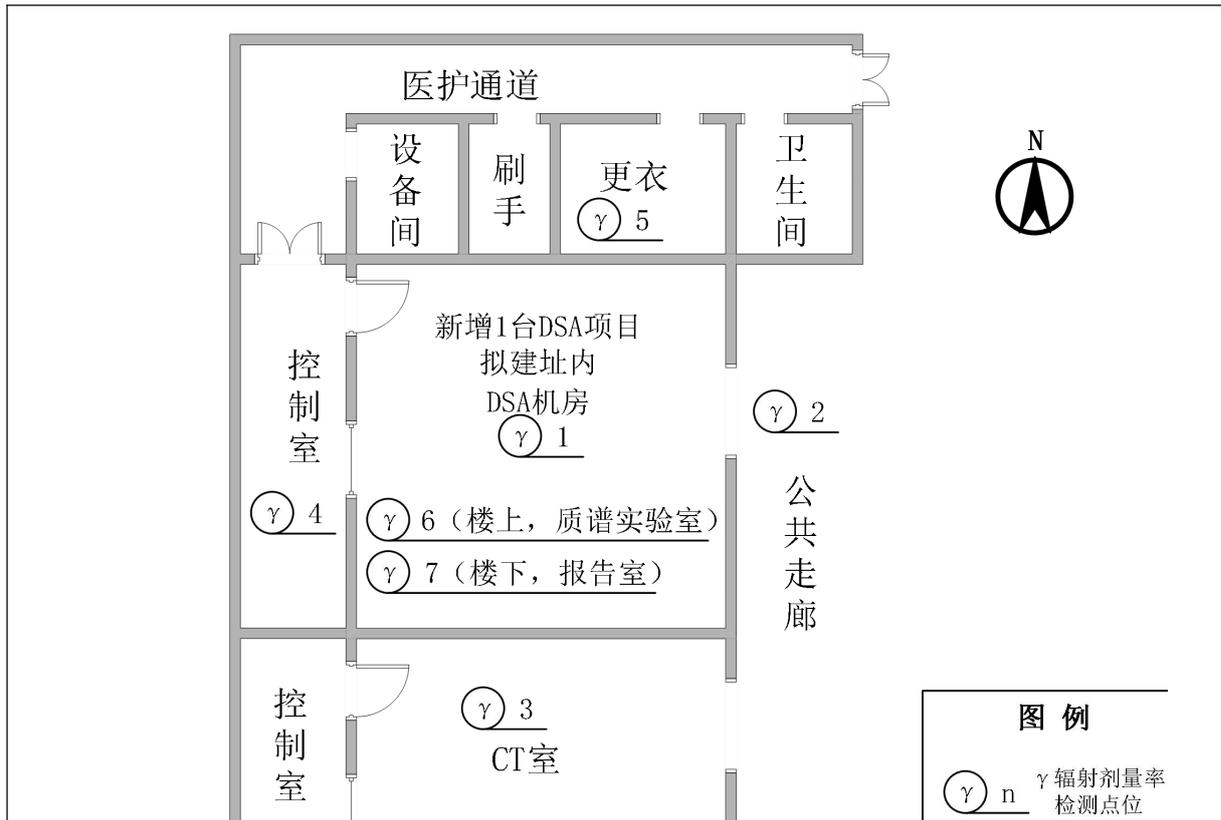


图 8-17 综合楼一楼急诊 DSA 机房周围 $\gamma$ 辐射监测点位示意图

表 8-2 综合楼四楼手术室 4 周围 $\gamma$ 辐射水平

测点编号	测点描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1	DSA 机房内	75	楼房
2	DSA 机房东侧 (控制室内)	37	楼房
3	DSA 机房南侧 (污物通道)	45	楼房
4	DSA 机房西侧 (污物通道)	48	楼房
5	DSA 机房北侧 (洁净通道)	39	楼房
6	DSA 机房楼上 (设备层)	46	楼房
7	DSA 机房楼下 (病理科取材室)	49	道路

注：1、测量结果已扣除宇宙射线响应值；

2、环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量测量结果按照《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)中公式  $\dot{D} = C_f(E_f\bar{X} - \mu_c X_c')$  计算，其中， $C_f$ 为仪器量程检定/校准因子； $E_f$ 为仪器检验源效率因子； $\bar{X}$ 为现场监测时仪器  $n$  次读数的平均值 ( $n \geq 10$ )； $\mu_c$ 为建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1； $X_c'$ 为测点处仪器对宇宙射线的响应值，本仪器的宇宙射线响应值为 30nGy/h。

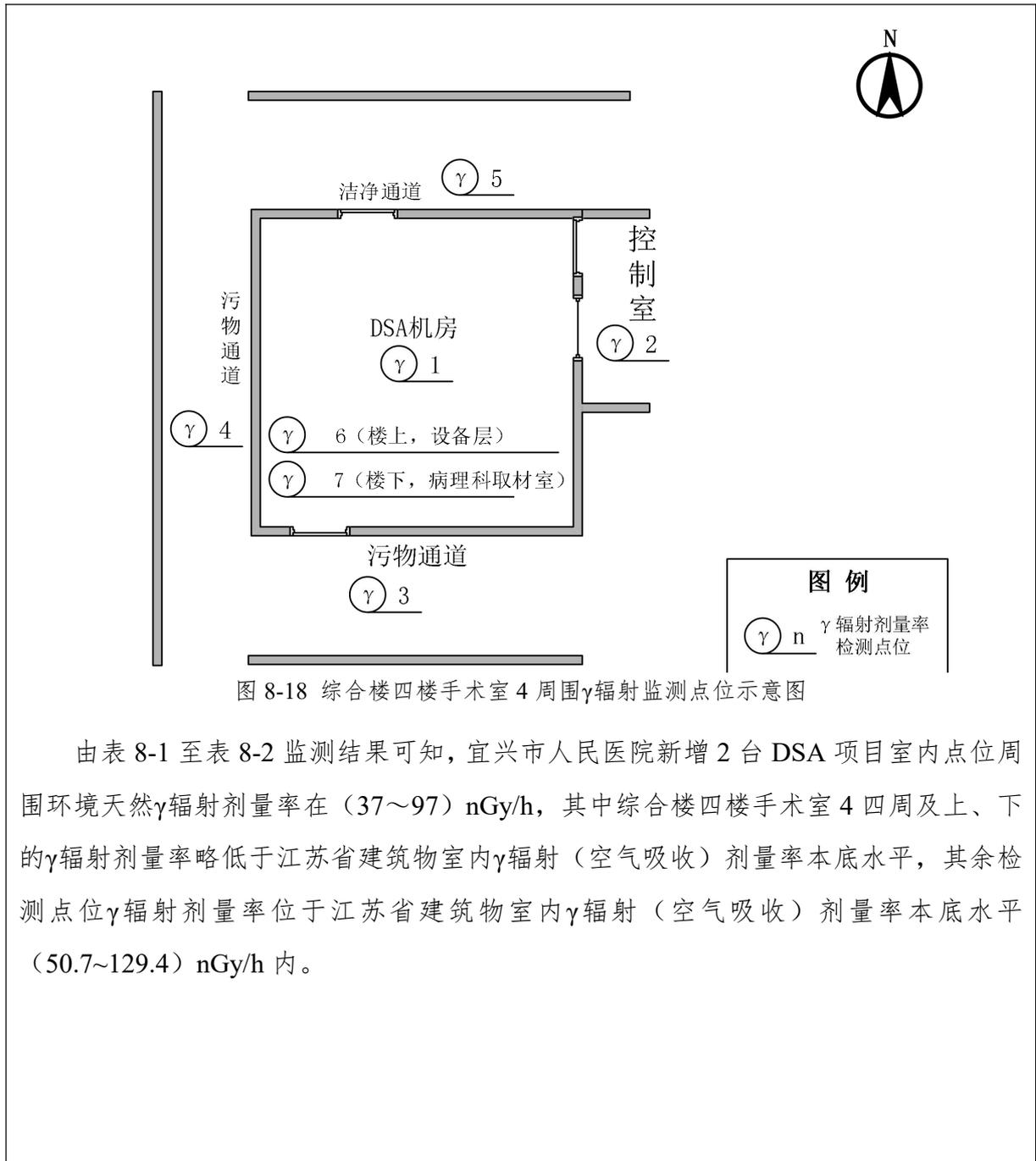


图 8-18 综合楼四楼手术室 4 周围 $\gamma$ 辐射监测点位示意图

由表 8-1 至表 8-2 监测结果可知，宜兴市人民医院新增 2 台 DSA 项目室内点位周围环境天然 $\gamma$ 辐射剂量率在（37~97）nGy/h，其中综合楼四楼手术室 4 四周及上、下的 $\gamma$ 辐射剂量率略低于江苏省建筑物室内 $\gamma$ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平，其余检测点位 $\gamma$ 辐射剂量率位于江苏省建筑物室内 $\gamma$ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（50.7~129.4）nGy/h 内。

表 9 项目工程分析与源项

## 工程设备与工艺分析

### 一、工程设备

宜兴市人民医院将综合楼一楼急诊科内 1 间 DR 预留机房改造为 1 间数字减影血管造影机（Digital Subtraction Angiography，以下简称“DSA”）机房及配套附属功能房，并新增一台 DSA（型号为 Azurion5 M20，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA），用于开展医疗诊断和介入治疗；在综合楼四楼手术室 4 新建 1 间 DSA 机房及配套附属用房，配备 1 台 Discovery IGS 7 OR 型 DSA（最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA），用于开展医疗诊断和介入治疗。

DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 形臂 X 光机，DSA 由 X 射线发生装置（包括 X 射线球管及其附件、高压发生器、X 射线控制器等）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）组成。本项目配备的 2 台 DSA 及其主射线朝向不同方向的状态见图 9-1、图 9-2。



图 9-1 综合楼一楼急诊 DSA 有用线束不同方向的照射状态

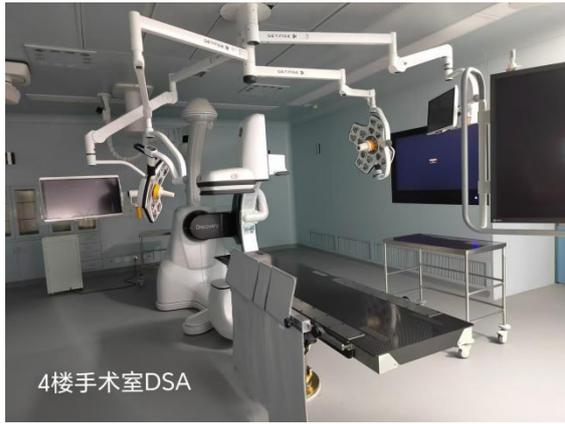


图 9-2 综合楼四楼手术室 4 DSA 有用线束不同方向的照射状态

本项目配备的 2 台 DSA 主要设备技术参数见表 9-1，配套设备配置情况见表 9-2。

表 9-1 本项目 DSA 主要设备技术参数

项目名称	技术参数*	
型号	Azurion 5M20 型（单球管）	Discovery IGS 7 OR 型（单球管）
位置	综合楼一楼急诊 DSA 室	综合楼四楼手术室 4
最大管电压	125kV	125kV
最大管电流	1000mA	1000mA
X 射线球管 滤过条件	固有滤过：0.5mmCu， 附加滤过：0.2/1.0mmCu	固有滤过：0.5mmCu， 附加滤过：0.2/1.0mmCu
焦皮距	45cm	45cm
照射野	最小照射野：11cm×11cm 最大照射野：30cm×38cm	最小照射野：11cm×11cm 最大照射野：30cm×38cm

注：\*本项目 DSA “X 射线球管滤过条件”的参数由厂家提供，其余技术参数由建设单位提供。

表 9-2 本项目每台 DSA 配套设备一览表

序号	名称	数量	用途	位置
1	电源柜	1 套	DSA 配电	设备间
2	高压发生柜	1 套	DSA 高压装置	设备间
3	系统控制柜	1 套	设备控制和数据传输	设备间
4	控制系统	1 套	DSA 设备操作	控制室

## 二、工作原理及工作流程

### （一）工作原理

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 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数值相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少、浓度低、损伤小、较安全，节省胶片使造影价格低于常规造影。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。DSA 系统结构图见图 9-3。

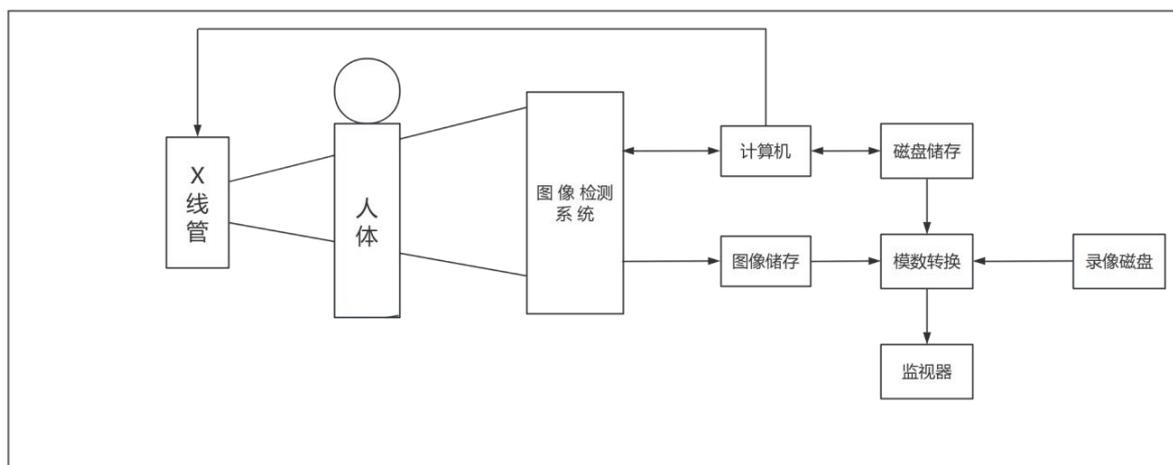


图 9-3 DSA 系统结构图

DSA 是引导介入治疗的重要医学影像设备，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、鼻腔、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

## （二）工作流程及产污环节分析

患者在进行 DSA 诊断和在 DSA 引导下进行介入治疗时，先仰卧进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺动脉，送入引导钢丝及扩张血管与外鞘，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 射线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 射线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。本项目

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况：血管减影检查。操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对患者进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内患者情况，并通过对讲系统与患者交流。

第二种情况：引导介入治疗。患者需要进行介入手术治疗时，为更清楚的了解患者情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅帘后身着铅服、铅眼镜在机房内对患者进行直接的介入手术操作。

本项目采用先进的数字显影技术，电脑成像，不使用显（定）影液，不产生废显影液、废定影液和废胶片。注入的造影剂不含放射性。设备运行过程中产生的污染物主要为 X 射线、少量臭氧和氮氧化物以及手术过程中产生的医疗废物。DSA 项目工作流程及产污环节如图 9-4。

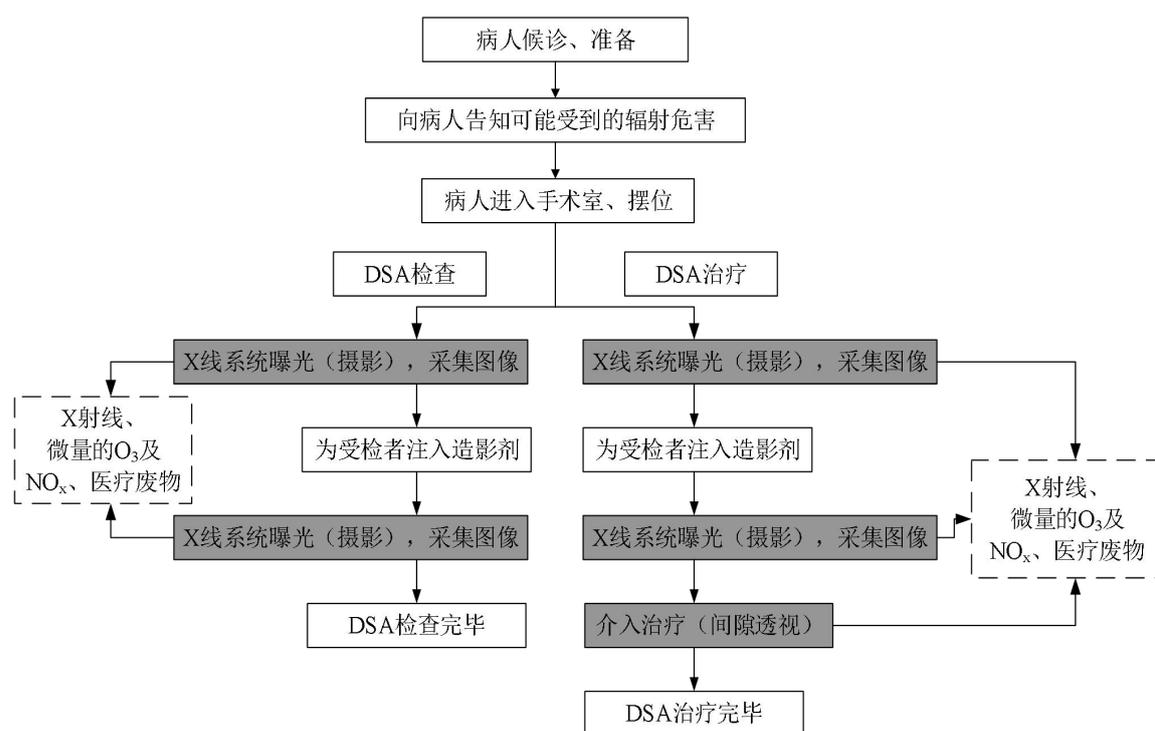


图 9-4 DSA 项目工作流程及产污环节示意图

## 污染源项描述

### 一、放射性污染

DSA 在工作状态下会发出 X 射线，配置的 2 台 DSA 最大管电压均为 125kV、最大管电流均为 1000mA，其主要用作血管造影检查及配合介入治疗，由于存在影像增强

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，对患者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，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。在开机出束期间，X 射线是主要污染因子。辐射场中的 X 射线包括有用线束（主束）、漏射线和散射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

### （一）有用线束

本项目 2 台 DSA 设备主射线可朝向各个方向，介入手术过程中，有用线束的射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。DSA 具有自动照射量控制调节功能（AEC），摄影时，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，照射量率减小；如果受检者体型较胖，功率自动增强，照射量率增大。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常与设备最大管电压和管电流之间留有一定的裕量。根据医院提供资料，DSA 正常运行时，透视模式的工况为（60~80）kV/（5~20）mA，摄影模式的工况为（60~80）kV/（100~500）mA。

DSA 运行时离靶 1 米处的 X 射线发射率根据运行时管电压和 DSA 的 X 射线管的过滤条件从《辐射防护导论》（方杰著）附图 3 中查取。本项目 DSA 过滤材料按照 0.5mmCu 滤片进行剂量预测，查《辐射防护导论》附图 3，本项目正常运行时最大电压为 80kV，离靶 1 米处的发射率约为 0.8mGy·m<sup>2</sup>/mA·min。

### （二）散射线

本项目 DSA 的散射线主要考虑有用线束照射到受检者人体产生的侧向散射线，其强度与有用线束的 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射面积和距离等有关。

### （三）泄漏射线

根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h”（在距离源 1m 处不超过 100cm<sup>2</sup>的面积上或者在离管或源壳 5cm 处的 10cm<sup>2</sup>面积上进行平均测量），以及《医用电气设备 第 1-3 部分：基本安全和基本性能的通用要求 并列标准：诊断 X 射线设备的辐射防护》（GB 9706.103-2020）中 12.4 的相应要求，取本项目 DSA 离焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率为 1.0mGy/h。

工作负荷：根据医院提供的资料，本项目 DSA 的工作负荷情况见表 9-3 至表 9-4。

表 9-3 本项目新增 Azurion 5M20 型（单球管）DSA 工作负荷

(1) 透视					
手术类别	年开展工作量		每台手术透视曝光时间		年透视曝光时间
血管外科介入	150 台		约 12min		约 30.0h
(2) 摄影					
手术类别	年开展工作量	单次采集时间	单台手术采集次数	单台手术最大采集时间	年采集时间
血管外科介入	150 台	≤1s	2-30 次	约 30s	约 1.25h
总 计					约 31.25h

表 9-4 本项目新增 Discovery IGS 7 OR 型（单球管）DSA 工作负荷

(1) 透视					
手术类别	年开展工作量		每台手术透视曝光时间		年透视曝光时间
血管外科介入	150 台		10 分钟		约 25h
心脏介入	150 台		12 分钟		约 30h
脑血管介入	150 台		10 分钟		约 25h
小计	/		/		约 80h
(2) 摄影					
手术类别	年开展工作量	单次采集时间	单台手术采集次数	单台手术最大采集时间	年采集时间
血管外科介入	150 台	≤1s	2-30 次	约 30s	约 1.25h
心脏介入	150 台	≤1s	16-50 次	约 50s	约 2.08h
脑血管介入	150 台	≤1s	16-50 次	约 50s	约 2.08h
小计	/	/	/	/	约 5.41h
总 计					约 85.41h

宜兴市人民医院已配备有 10 名辐射工作人员（名单见表 9-5），其中手术医生 4 人，影像医生 2 人，技师 2 人，护士 2 人，工作人员均须参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习及培训，考核合格后方可上岗。本项目配备的 10 名辐射工作人员存在 2 座 DSA 机房交叉工作的情况，根据医院提供的 DSA 工作负荷，机房内

手术位辐射工作人员（医生、护士）年接触射线时间不超过 110h，其中第一术者操作位、第二术者操作位医生每人年照射时间累积不超过 27.5h，护士每人年照射时间累积不超过 55h，技师在控制室进行隔室操作设备，隔室操作时间不超过 116.66h，包括透视和摄影，单名技师年照射时间累积不超过 58.33h。辐射工作人员年工作 250 天。

表 9-5 本项目已配备的辐射工作人员名单

序号	姓名	性别	岗位	培训合格证书编号
1		女	医师	FS22JS0100052
2		女	医师	FS22JS0100051
3		男	医师	FS22JS0100050
4		男	医师	FS22JS0100023
5		女	医师	FS22JS0100026
6		女	医师	FS22JS0100025
7		女	技师	FS22JS0100144
8		女	技师	FS22JS0100032
9		女	护士	FS24JS0100320
10		女	护士	FS22JS0100114

## 二、非放射性污染

### （一）废气

DSA 在工作状态时，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

### （二）废水

主要是工作人员产生的生活污水，将进入医院污水处理站，处理达标后排入城市污水管网。

### （三）固体废物

DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置；工作人员产生的生活垃圾，分类收集交市政环卫部门处置。

**表 10 辐射安全与防护**

**项目安全措施**

**一、工作场所布局及分区**

本项目 2 座 DSA 机房分别位于综合楼一楼西南部和四楼西部。综合楼一楼急诊 DSA 室东侧为受检者候诊区，南侧为 CT 室，西侧为控制室，北侧为设备间、刷手和更衣室，下方为放射科报告室和走廊，上方为质谱实验室和走廊；综合楼四楼手术室 4 东侧为控制室和储存室，南侧为污物通道，西侧为污物通道（走廊），北侧为洁净通道（走廊），下方为病理科取材室、标本存放室和走廊，上方为设备层。

本项目 2 台 DSA 均配套独立用房，房间由射线装置机房、设备间和控制室组成。DSA 机房控制室与诊断机房分开单独布置，区域划分明确，项目布局合理。

本项目将综合楼一楼急诊 DSA 室、综合楼四楼手术室 4 作为辐射防护控制区，在机房入口处粘贴有电离辐射警告标志；将综合楼一楼急诊 DSA 室西侧的 DSA 控制室、CT 控制室、综合楼四楼手术室 4 东侧的 DSA 控制室、储存室作为监督区进行管理，在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。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。宜兴市人民医院综合楼一楼急诊 DSA 室、综合楼四楼手术室 4 平面布置及分区见附图 4 和附图 8。

**二、辐射防护屏蔽设计**

本项目综合楼一楼急诊 DSA 室东西长 6.85m，南北长 7.43m，有效使用面积为 50.9m<sup>2</sup>，层高 4.8m（装饰面层下机房高 3.0m）；综合楼四楼手术室 4 东西长 9.90m，南北长 6.95m，有效使用面积为 68.8m<sup>2</sup>，层高 4.5m（装饰面层下机房高 2.8m），具体屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 DSA 机房屏蔽设计一览表

序号	射线装置名称型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	工作场所名称	屏蔽设计参数 (厚度及材质) *
1	DSA (Azurion 5M20 型)	1	125	1000	综合楼一楼急诊 DSA 室	四侧墙体: 钢龙骨+3mmPb 射线防护板; 顶面: 钢龙骨+3mm铅板+15cm混凝土; 地面: 20cm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥+10cm 混凝土垫层; 防护门 (2 个): 内衬 3mm 铅板;

						铅玻璃窗：3mm 铅当量铅玻璃
2	DSA (Discovery IGS 7 OR 型)	1	125	1000	综合楼四 楼手术室 4	四侧墙体：钢龙骨+3mmPb 射线防护板； 顶面：钢龙骨+2mm铅板+15cm混凝土； 地面：20cm混凝土+2cm硫酸钡水泥； 防护门：内衬 3mmPb 铅板； 铅玻璃窗：3mm 铅当量铅玻璃

注：混凝土密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>，铅密度为 11.3g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡水泥密度为 3.2g/cm<sup>3</sup>；为防止铅板下坠，医院在施工过程中使用钢龙骨对铅板加以固定。

### 三、辐射安全和防护措施

#### (一) 电离辐射警告标志

DSA 机房入口处设置“当心电离辐射”的警告标志和中文警示说明。

#### (二) 门灯联动

DSA 机房患者入口防护门上方设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。本项目综合楼一楼急诊 DSA 室东侧患者入口防护门、综合楼四楼手术室 4 北侧患者入口防护门、东侧医护入口防护门为电动推拉式防护门，设置了关闭防护门的措施，综合楼一楼急诊 DSA 室西侧医护入口防护门、综合楼四楼手术室 4 南侧污物走廊防护门为平开式防护门，设置自动闭门装置。

#### (三) 急停按钮

DSA 控制室设置 1 个急停按钮，机房内的治疗床边操作面板自带 1 个急停按钮，各按钮分别与 X 射线系统连接，在出现紧急情况下，按下急停按钮，即可停止 X 射线系统出束。

#### (四) 观察窗或摄像监控装置和对讲装置

DSA 机房控制室墙体上设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态防护门开启情况。DSA 机房控制室设置对讲装置，方便机房外工作人员与患者交流。

#### (五) 防护用品

医院为 DSA 项目工作人员配备的辐射防护装置及个人防护用品主要有铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、剂量报警仪、个人剂量计等，医院购置的各类防护用品除介入防护手套防护能力不低于 0.025mm 铅当量外，其余防护用品防护能力均不低于 0.5mm 铅当量。本项目 DSA 设备自带铅防护吊帘、床侧防护帘等辅助防护设施，其防护能力均不低于 0.5mm 铅当量。

#### **(六) 人员监护**

医院为本项目配备 10 名辐射工作人员，已为辐射工作人员配备个人剂量计，采用双剂量计监测方法，已定期送检且做好个人剂量档案管理工作。该医院应开展辐射工作人员的职业健康监护，定期安排其在有相应资质医院体检，建立个人剂量档案。

#### **(七) 规章制度**

完善并落实射线装置相关的安全使用制度、管理制度，从事辐射工作的医务人员均须参加放射工作的培训与辐射安全培训考核。医务人员在操作过程中遵守以上制度，严格按操作程序，避免发生事故。

#### **(八) 其他辐射安全措施**

介入治疗需要长时间的透视和大量的摄片，对患者和医务人员来说辐射剂量较高，因此在评估介入治疗的效应和操作时，其辐射损伤必须要加以考虑。由于需要医务人员在机房内，X 射线球管工作时产生的散射线对医务人员有较大影响，根据辐射防护“三原则”，医院还应在以下方面加强对介入治疗的防护工作：

1、操作中减少透视时间和减少照相的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入人员在操作时应尽量远离检查床。

2、一般说来，降低患者剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入人员的培训，包括放射防护的培训，参与介入的人员应该技术熟练、动作迅速，以减少患者和介入人员的剂量。

3、所有在介入治疗手术室内的工作人员都应开展个人剂量监测，医院应结合工作人员个人剂量监测的数据采取措施，控制和减少工作人员的受照剂量。

4、引入的 DSA 及配套设备必须符合国际的或者国家的标准，满足各种特殊操作的要求，其性能必须与操作性质相符合；设备应该常规调节到满足低剂量的有效范围内，并尽可能提高图像质量。

5、介入人员应该结合 DSA 设备的特点，了解一些降低剂量的方法，比如脉冲透

视、优化滤线器、除滤线栅、图像处理、低剂量透视等方法。

6、加强 DSA 设备的质量保证工作，设备的球管与发生器、透视和数字成像的性能以及其他相关设备应该定期进行检测。

7、临床介入手术时，介入医生需站在 DSA 床边操作，仅依赖于医务人员身着铅橡胶围裙、机器自带的铅防护帘等防护设备被动防护。一般来说，床下球管机对医务人员的辐射剂量，由头、颈、胸至腹部呈现剂量逐渐上升的趋势，故操作人员除个人防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜及介入防护手套等）外，应着重考虑 X 射线机操作侧的屏蔽，该屏蔽要做到既不影响操作者的操作，又能达到防护目的，且能消毒。本项目 DSA 设备自带床侧防护帘、铅防护帘及铅悬挂防护屏，以上组合屏蔽防护措施的设置，能够有效降低介入手术医务人员的吸收剂量。

#### 四、监测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，开展放射诊疗的单位应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。

表 10-2 个人防护用品和辅助防护设置配置符合性

项目	分项		《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求	本项目采取的措施
DSA 项目	工作人员	个人防护用品	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	配备 3 件铅围脖、3 件铅围裙、 3 副铅防护眼镜、6 副介入防护 手套
		辅助防护设施	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	每台 DSA 配备 1 件铅悬挂防护 屏、1 件床侧防护帘
	受检者	个人防护用品	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	每台 DSA 配备 1 件铅围脖、1 顶铅帽、1 件铅围裙
		辅助防护设施	/	/

宜兴市人民医院为本项目配备辐射巡测仪 1 台和个人剂量报警仪 4 台。医院为辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜（不低于 0.5mm 铅当量）及介入防护手套（不低于 0.025mm 铅当量）等个人防护用品（具体配备情况见表 10-2）。

辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计，开展 DSA 介入治疗的辐射工作人员采用双剂量计监测方法，以监测累积受照情况。医院拟定期组织辐射工作人员进行健康体检，并将按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

## 三、废物的治理

### 一、废气

DSA 在工作状态时，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

### 二、废水

主要是工作人员产生的生活污水，将进入医院污水处理站，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

### 三、固体废物

DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置；工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

## 建设阶段对环境的影响

本项目 DSA 机房建设属于整个院区基础建设的部分工程，土建部分已纳入主体项目建设。DSA 机房建设时主要工作为墙体隔断、辐射防护工程施工与内饰装潢，会产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，目前本项目机房已改造完成，医院在施工阶段严格执行相关污染防治措施，施工期间未对周围环境造成影响。

## 运行阶段对环境的影响

### 一、辐射环境影响分析

#### (一) DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性分析评价

##### 1、评价标准

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 3 规定，主束方向、非有用线束方向屏蔽体的铅当量均应不小于 2.0mmPb。

##### 2、本项目 DSA 机房各屏蔽部位的铅当量厚度核算

本项目 2 台 DSA 为单球管设备，其有用线束投射方向均为由下至上，即使旋转机头，向上的散射线和漏射线的辐射影响要小于主束向上的影响，所以本项目保守将两间机房的顶部作为有用线束投射方向。由表 10-1 可知，本项目 DSA 机房使用的屏蔽材料除铅以外，还涉及顶面（有用线束投射方向）的混凝土，机房四侧和地面（非有用线束投射方向）的混凝土、硫酸钡水泥及铅玻璃。本项目按额定管电压 125kV 的极端条件核算 DSA 机房各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度。

##### (1) 混凝土的等效铅当量厚度核算：

按照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 b) 给出的计算公式进行计算：

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left( \frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \quad \text{公式 11-1}$$

式中：X—不同屏蔽物质的铅当量厚度；

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ —相应屏蔽物质（本项目为混凝土、实心砖）对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$B$ —给定铅厚度的屏蔽透射因子；给定铅厚度的屏蔽透射因子  $B$  值对照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 a) 相应要求采用给出的计算公式进行计算：

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad \text{公式 11-2}$$

式中： $B$ —给定铅厚度的屏蔽透射因子；

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ —铅对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$X$ —铅厚度。

由 GBZ 130-2020 中表 C.2 查取 125kV 管电压工况下 X 射线（主束）辐射衰减的有关的拟合参数，由 NCRP147 报告 TABLE A.1、TABLE C.1 查取 80kV 管电压工况下 X 射线（主束）辐射衰减的有关的拟合参数和 70kV 管电压工况下 X 射线（散射）辐射衰减的有关的拟合参数，列于表 11-1：

表 11-1 不同管电压工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	屏蔽材料	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	备注
125kV（主束）	铅	2.219	7.923	0.5386	额定最大管电压
	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974	
80kV（主束）	铅	4.040	21.69	0.7187	常用最大管电压
70kV（散射）	铅	5.369	23.49	0.5883	

本项目机房屏蔽部位涉及的 150mm 混凝土，分别按公式 11-2、公式 11-1 计算其屏蔽透射因子  $B$ 、铅当量厚度  $X$ ，计算结果列于表 11-2。

表 11-2 混凝土屏蔽透射因子  $B$ 、铅当量厚度  $X$  计算结果

管电压	屏蔽材料	屏蔽透射因子 $B$	铅当量厚度 $X$ (mm)
125kV（主束）	150mm 混凝土	1.09E-03	1.87
	200mm 混凝土	1.87E-04	2.63
	300mm 混凝土	5.58E-06	4.18

## (2) 硫酸钡水泥的等效铅当量厚度核算

本项目 DSA 机房地面的屏蔽材料使用了硫酸钡水泥，但 GBZ 130-2020 表 C.4～表 C.7 中缺相应数据，需采用以下方法估算相应的等效铅当量厚度：

《辐射防护导论》（方杰著）P88 给出的相应屏蔽材料的等效混凝土厚度的估算

公式：

$$d_1/d_2 = \rho_2/\rho_1 \quad \text{公式 11-3}$$

式中： $d_1$ —相应屏蔽材料厚度（本项目为硫酸钡水泥），mm；

$d_2$ —相应屏蔽材料的等效混凝土厚度，mm；

$\rho_1$ —相应屏蔽材料密度，由建设单位提供，本项目硫酸钡水泥密度取  $4.7\text{g/cm}^3$ ；

$\rho_2$ —混凝土密度，取  $2.35\text{g/cm}^3$ 。

首先按公式 11-3 计算其铅当量厚度，计算结果列于表 11-3。

表 11-3 相应屏蔽材料的等效混凝土厚度计算结果

相应屏蔽材料	相应屏蔽材料密度 ( $\text{g/cm}^3$ )	混凝土密度 ( $\text{g/cm}^3$ )	相应屏蔽材料厚度 (mm)	等效混凝土厚度 (mm)
硫酸钡涂料	3.2	2.35	20	27

然后再分别按公式 11-2、公式 11-1 计算上述硫酸钡水泥的屏蔽透射因子  $B$ 、铅当量厚度  $X$ ，计算结果列于表 11-4。

表 11-4 相应屏蔽材料屏蔽透射因子  $B$ 、铅当量厚度  $X$  计算结果

屏蔽材料	屏蔽透射因子 $B$	铅当量厚度 $X$ (mm)
20mm 硫酸钡水泥	1.46E-01	0.28

### (3) DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性

根据前述各屏蔽材料的等效铅当量厚度核算情况，可对本项目 DSA 机房屏蔽体等效铅当量进行汇总，结果见下表：

表 11-5 DSA 机房屏蔽体等效铅当量厚度核算及其与标准要求对比

工作场所	参数	设计厚度	125kV 等效 铅当量	屏蔽要求 <sup>1)</sup>	评价
综合楼急诊 DSA 室	墙体 <sup>2)</sup>	钢龙骨+3mmPb 射线防护板	3mm	介入 X 射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度要求：有用线束方向铅当量 2.0mm，非有用线束方向铅当量 2.0mm。	满足
	防护门 <sup>2)</sup>	内衬 3mm 铅板	3mm		满足
	观察窗 <sup>2)</sup>	3mm 铅当量铅玻璃	3mm		满足
	顶面 <sup>3)</sup>	钢龙骨+3mm 铅板+15cm 混凝土	4.87mm		满足
	地面 <sup>2)</sup>	20cm 混凝土+2cm 硫酸钡水泥+10cm 混凝土垫层	4.46mm		满足

	面积	东西长 6.85m, 南北长 7.43m, 有效使用面积为 50.9m <sup>2</sup> , 层高 4.8m (装饰面层下机房高 3.0m)。	单管头 X 射线设备机房内最小有效新建面积不小于 20m <sup>2</sup> , 单边长度不小于 3.5m。	满足	
综合楼四楼手术室	墙体 <sup>2)</sup>	钢龙骨+3mmPb 射线防护板	3mm	介入 X 射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度要求: 有用线束方向铅当量 2.0mm, 非有用线束方向铅当量 2.0mm。	满足
	防护门 <sup>2)</sup>	内衬 3mmPb 铅板	3mm		满足
	观察窗 <sup>2)</sup>	3mm 铅当量铅玻璃	3mm		满足
	顶面 <sup>3)</sup>	钢龙骨+2mm 铅板+15cm 混凝土	3.87mm		满足
	地面 <sup>2)</sup>	20cm 混凝土+2cm 硫酸钡水泥	2.91mm		满足
	面积	东西长 9.90m, 南北长 6.95m, 有效使用面积为 68.8m <sup>2</sup> , 层高 4.5m (装饰面层下机房高 2.8m)。	单管头 X 射线设备机房内最小有效新建面积不小于 20m <sup>2</sup> , 单边长度不小于 3.5m。	满足	

注: 1、屏蔽要求引自《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)表 3; 2、本项目 DSA 主射线可朝向各个方向。

由表 11-5 可知, 本项目 2 座 DSA 机房在额定最大管电压为 125kV 工况下屏蔽防护措施均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中 C 形臂 X 射线设备机房的相关要求, 即: 屏蔽铅当量不少于 2mm。本项目 DSA 机房的有效使用面积、最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中单管头 X 射线设备机房的相关要求, 即: 有效使用面积不少于 20m<sup>2</sup>, 最小单边长度不少于 3.5m。

## (二) DSA 机房的辐射影响预测

本项目于综合楼一楼急诊 DSA 室配备的 Azurion 5M20 型 DSA、综合楼四楼手术室 4 室配备的 Discovery IGS 7 OR 型 DSA 为单球管, 其有用线束可朝向各个方向。为了进一步评价屏蔽效果辐射防护效果, 采用理论预测的方法进行影响分析。

1、综合楼一楼急诊 DSA 室 (Azurion 5M20 型 DSA, 单球管) 的辐射影响预测于综合楼一楼急诊 DSA 室周围共布设 9 个预测点, 预测点布设见图 11-1 所示。

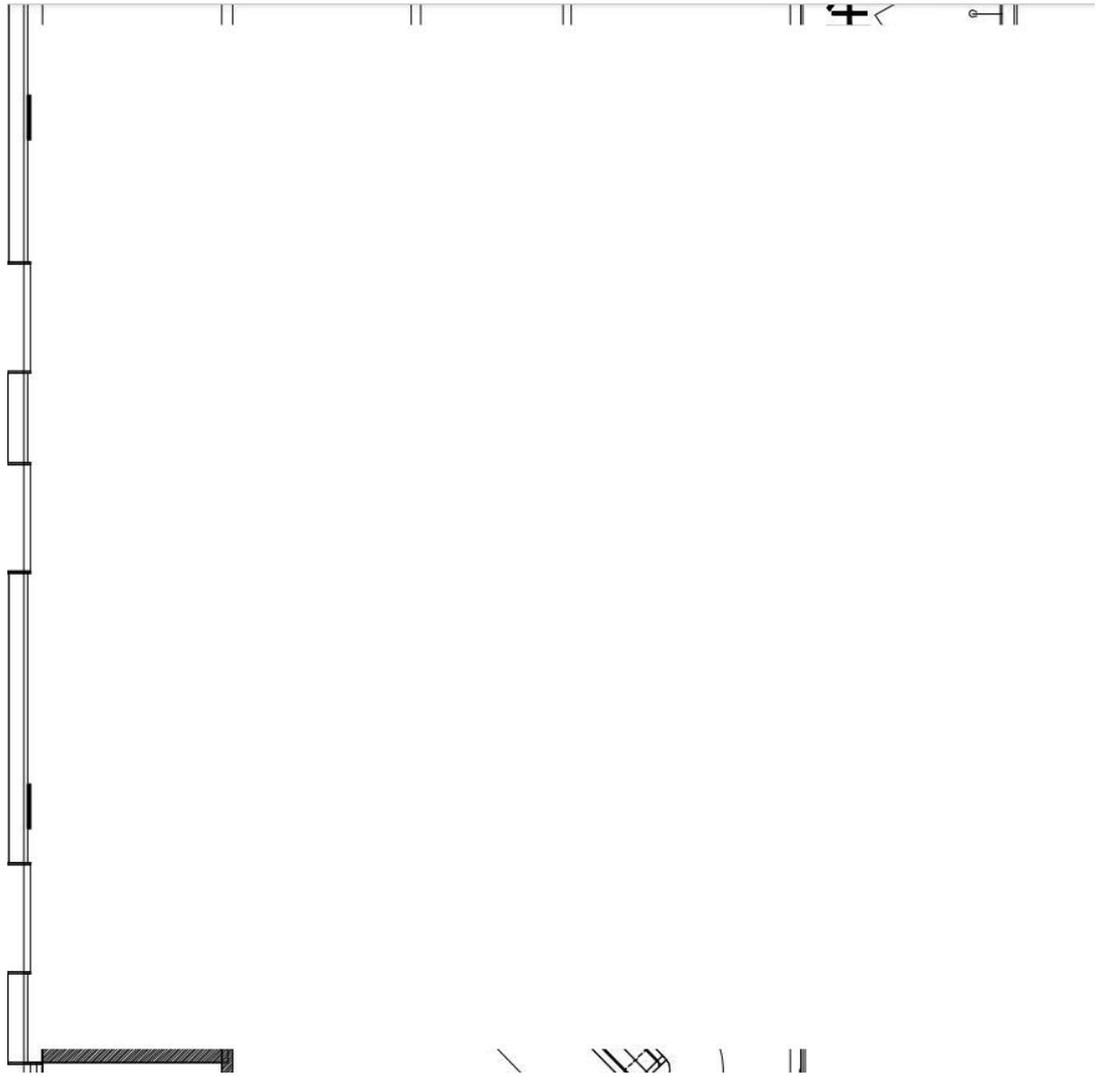


图 11-1 综合楼一楼急诊 DSA 室检测点布设示意图

综合楼一楼急诊 DSA 室预测点选取如下：

- 1#-东侧防护门外 30cm 处，候诊区；
- 2#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，候诊区；
- 3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，CT 室；
- 4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室；
- 5#-西侧观察窗外 30cm 处，操作位；
- 6#-西侧防护门外 30cm 处，控制室；
- 7#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，更衣室；
- 8#-机房下方距楼下地面 170cm 处，放射科报告室；
- 9#-机房上方距顶棚地面 100cm 处，质谱实验室。

本项目 DSA 的辐射影响情况见表 11-6。

表 11-6 本项目 DSA 的辐射影响情况

操作模式	正常运行时最大工况	辐射影响对象
摄影模式	80kV/500mA	机房外公众、控制室操作人员
透视模式	80kV/20mA	机房外公众、控制室操作人员； 机房内介入治疗操作人员

(1) 关注点处有用线束辐射影响预测

由《辐射防护手册（第一分册）》（李德平 潘自强著）给出的X射线机散射线在关注点的周比释动能计算公式（公式 10.8）进行推导，得到有用线束在关注点处的辐射剂量率  $H$  的计算公式（推导中，将原公式中的使用因子、居留因子均取为 1）继而在式中增加“有效剂量与空气比释动能转换系数”修正因子，得到有用线束辐射剂量率计算公式：

$$H = \frac{H_0 \cdot I \cdot B}{d^2} \cdot K \quad \text{公式 11-4}$$

式中： $H$ —关注点处有用线束辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_0$ —X 射线机发射率常数（当管电流为 1mA 时，距离阳极靶 1m 处由主束产生的比释动能率）， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；具体数值可根据 X 射线机管电压、过滤片等条件从《辐射防护导论》附图 3 查取，按本项目正常使用的最大管电压为 80kV、过滤片为 0.5mmCu 的条件从《辐射防护导论》附图 3 查得  $H_0$  为  $0.8\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，即  $48000\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；

$I$ —管电流，mA；本项目透视、摄影模式下正常使用的最大管电流分别取 20mA、500mA；

$d$ —关注点至 X 射线源的距离；

$B$ —屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见公式 11-2；

$K$ —有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表 B2，对于本项目 DSA 运行时常用最大管电压 80kV， $K$  值取 1.67。

(2) 关注点处散射辐射剂量率计算

由《辐射防护手册（第一分册）》（李德平 潘自强著）给出的X射线机散射线在

关注点的周比释动能计算公式（公式 10.10）进行推导，得到散射线在关注点处的有效剂量率  $H_s$  的计算公式（推导中，将原公式中的使用因子、居留因子均取为 1），继而在公式中增加“有效剂量与空气比释动能转换系数”修正因子，得到散射辐射剂量率计算公式：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (s/400) \cdot B_s \cdot K}{d_0^2 \cdot d_s^2} \quad \text{公式 11-5}$$

式中： $H_s$ —关注点处散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_0$ —X 射线机发射率常数（当管电流为 1mA 时，距离阳极靶 1 m 处由主束产生的比释动能率）， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，本项目取  $0.8 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，即  $48000 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；

$I$ —管电流，mA；本项目透视、摄影模式下正常使用的最大管电流分取 20mA、500mA；

$a$ —人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比值，由《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中查取。本项目常用最大管电压为 80kV，对于散射线向机房四侧墙体的情况，从《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中采用内插法查取散射角  $90^\circ$  时 80kV 对应的  $a$  值为 0.0008；对于散射线向机房地面情况，因《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中无散射角  $180^\circ$  的数据，表中所列散射角中以  $135^\circ$  最接近  $180^\circ$ ，故从该表中散射角为  $135^\circ$ 、管电压为 70kV、100kV 对应的  $a$  值采用内插法求取 80kV 对应的  $a$  值为 0.0016；

$S$ —主束在受照人体上的散射面积，根据建设单位提供参数，照射野最小为  $8\text{cm} \times 8\text{cm} = 64\text{cm}^2$ ，最大为  $30\text{cm} \times 38\text{cm} = 1140\text{cm}^2$ ，考虑手术需要的最大照射面积约  $16\text{cm} \times 16\text{cm}$ ，本项目取  $256\text{cm}^2$ ；

$d_0$ —源至受照点的距离，根据设备参数确定，本项目球管的  $d_0$  取最小值 0.45m（符合 ICRP 33 号报告第 98 段关于使用固定式 X 线透视检查设备的焦皮距的要求）；

$d_s$ —受照体至关注点的距离，m；

$B_s$ —屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见式 11-2。此处散射线是指本项目常用最大管电压（80kV，即 0.08MV）下有用线束（初级 X 射线）的散射线，其能量偏保守取有用线束侧向（散射角  $\theta=90^\circ$ ）的一次散射线能量，可借鉴康

普顿散射定律计算一次散射线能量  $E$  与入射的初级 X 射线能量  $E_0$  之比值  $E/E_0=1/[1+E_0(1-\cos\theta)/0.511]=1/[1+0.08\times(1-\cos90^\circ)/0.511]=0.865$ ，继而计算一次散射线能量  $E$  对应的 kV 值为  $80\text{kV}\times 0.865=69.2\text{ kV}$ ，近似取为  $70\text{kV}$ 。再将机房屏蔽体和介入操作人员防护用屏蔽物的铅当量厚度、表 11-1 中  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  值代入公式 11-2，计算响应的散射辐射屏蔽透射因子值，列于表 11-6；

$K$ —有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表 B2，按前述  $90^\circ$  方向一次散射线能量对应的 kV 值为  $70\text{kV}$ ， $K$  值取 1.60。

### （3）关注点处泄漏辐射剂量率计算

泄漏辐射剂量率  $H_L$  采用下式计算：

$$H_L = \frac{H_i \cdot B}{r^2} \cdot K \quad \text{公式 11-6}$$

式中： $H_L$ —关注点处泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_i$ —距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率，mGy/h。本项目 1m 处泄漏射线的空气比释动能率取  $1.0\text{mGy/h}$ ；

$B$ —机房各屏蔽体的泄漏射线屏蔽透射因子，本项目 DSA 常用最大工况管电压（ $80\text{kV}$ ）对应下 DSA 室屏蔽体及介入操作人员防护用屏蔽物的泄漏射线屏蔽透射因子见表 11-9；

$K$ —有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表 B2，对于本项目 DSA 运行时常用最大管电压  $80\text{kV}$ ， $K$  值取 1.67。

根据上述计算模式及预测参数，在不考虑床板、人体等吸收射线的情况下，保守计算机房周围预测点剂量率估算结果，结果见表 11-7。

表 11-7 急诊 DSA 室关注点处辐射剂量率计算结果

预测点位	照射类型	模式	X(mm)	B			d(m)	X 射线辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		
				散射线	漏射线	有用线束		散射线	漏射线	有用线束
1#-东侧防护门外 30cm 处, 候诊区	有用线束、 散射、漏射	透视						1.87E-06	1.13E-04	5.50E-02
		摄影						4.66E-05		1.38
2#-东侧屏蔽墙外 30cm 处, 候诊区	有用线束、 散射、漏射	透视						2.77E-06	2.30E-04	8.16E-02
		摄影						6.91E-05		2.04
3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处, CT 室	有用线束、 散射、漏射	透视						2.08E-06	1.28E-04	6.14E-02
		摄影						5.20E-05		1.54
4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处, 控制室	有用线束、 散射、漏射	透视						9.40E-07	4.29E-05	2.77E-02
		摄影						2.35E-05		6.93E-01
5#-西侧观察窗外 30cm 处, 操作位	有用线束、 散射、漏射	透视						8.47E-07	4.01E-05	2.50E-02
		摄影						2.12E-05		6.25E-01
6#-西侧防护门外 30cm 处, 控制室	有用线束、 散射、漏射	透视						6.10E-07	2.69E-05	1.80E-02
		摄影						1.52E-05		4.50E-01
7#-北侧屏蔽墙外 30cm 处,	有用线束、	透视						8.87E-07	4.25E-05	2.62E-02

更衣室		散射、漏射	摄影						2.22E-05		6.54E-01
8#-机房下方距楼下地面 170cm 处，放射科报告室		有用线束、 散射、漏射	透视						9.09E-10	2.02E-04	9.33E-05
			摄影						2.27E-08		2.33E-03
9#-机房上方距顶棚地面 100cm 处，质谱实验室		有用线束、 散射、漏射	透视						6.08E-11	2.24E-08	2.15E-05
			摄影						1.52E-09		5.38E-04
第一 术者	铅衣内	散射、漏射	透视						27.54	9.55	/
	铅衣外								519.2	91.54	/
第二 术者	铅衣内	散射、漏射	透视						6.88	2.39	/
	铅衣外								129.8	22.88	/

注：距离 d 从 CAD 图纸上读出，保守计算考虑，有用线束、散射线、漏射线源强位置均取 C 型臂上射线球管与影像接收器的中心点；机房四侧屏蔽体外关注点位于屏蔽体外 30cm 处，机房下方关注点位于距下方（楼下）地面 170cm 处，机房上方关注点位于距上方（楼上）地面 100cm 处。

由表 11-7 结果分析知，本项目机房内 DSA 正常运行时，散射线、漏射线产生的辐射剂量率相对值、绝对值均远小于有用线束产生的辐射剂量率，在经机房墙体、防护门等屏蔽防护后，机房边界周围剂量率均能满足不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  的剂量率控制水平要求，本项目 DSA 机房屏蔽能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

## 2、综合楼四楼手术室 4（Discovery IGS 7 OR 型 DSA，单球管）的辐射影响预测

于综合楼四楼手术室 4 室周围共布设 10 个预测点，预测点选取如下：

- 1#-东侧防护门外 30cm 处，控制室；
  - 2#-观察窗外 30cm 处，操作位；
  - 3#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，储存室；
  - 4#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，污物通道；
  - 5#-南侧防护门外 30cm 处，污物通道；
  - 6#-西侧防护门外 30cm 处，污物通道；
  - 7#-北侧防护门外 30cm 处，洁净通道；
  - 8#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，洁净通道；
  - 9#-机房下方距楼下地面 170cm 处，病理科取材室；
  - 10#-机房上方距顶棚地面 100cm 处，设备层。
- 综合楼四楼手术室 4 室周围预测点布设见图 11-2 所示。

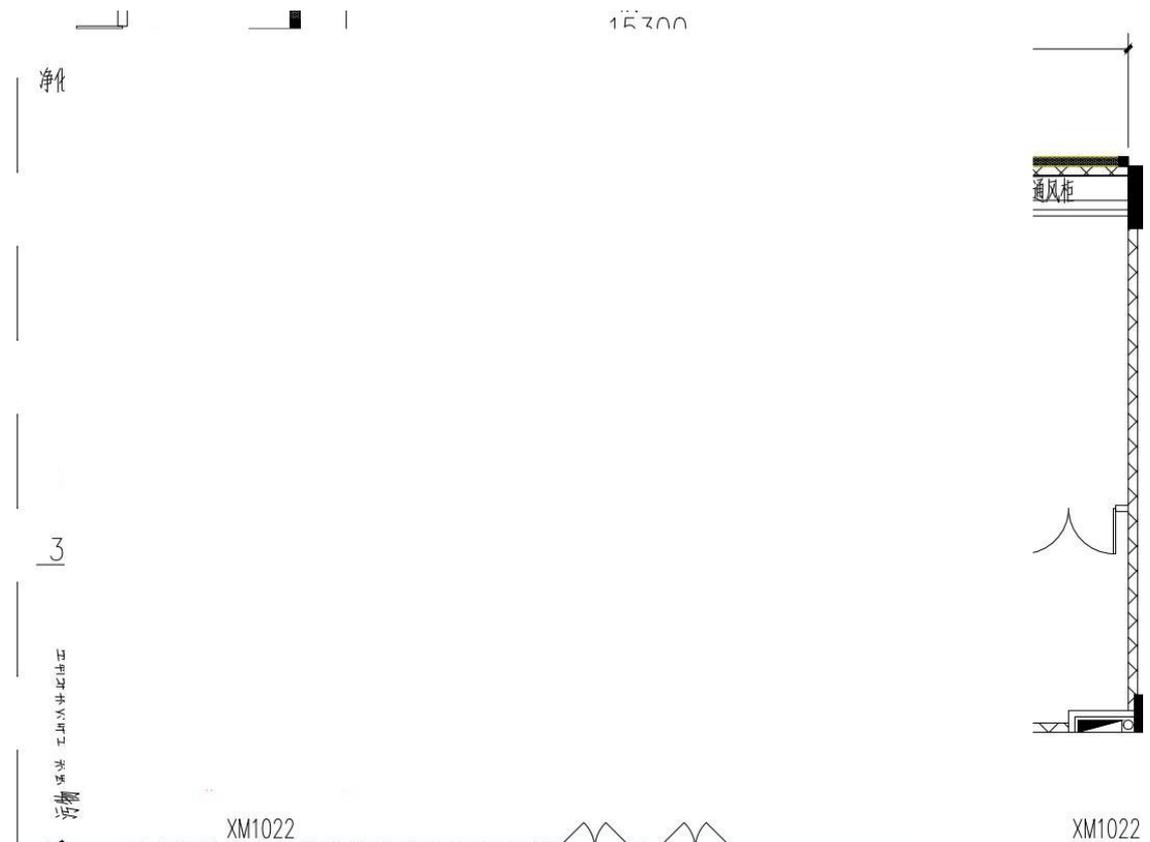


图 11-2 综合楼四楼手术室 4 室检测点布设示意图

根据上述计算模式及预测参数，在不考虑床板、人体等吸收射线的情况下，保守计算机房周围预测点剂量率估算结果，结果见表 11-8。

表 11-8 手术室 4 关注点处辐射剂量率计算结果

预测点位	照射类型	模式	X(mm)	B			d(m)	X 射线辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		
				散射线	漏射线	有用线束		散射线	漏射线	有用线束
1#-东侧防护门外 30cm 处, 控制室	有用线束、 散射、漏射	透视						3.00E-07	9.22E-06	8.84E-03
		摄影						7.49E-06		0.22
2#-观察窗外 30cm 处, 操作位	有用线束、 散射、漏射	透视						3.33E-07	1.02E-05	9.82E-03
		摄影						8.32E-06		0.24
3#-东侧屏蔽墙外 30cm 处, 储存室	有用线束、 散射、漏射	透视						3.09E-07	9.50E-06	9.12E-03
		摄影						7.72E-06		0.23
4#-南侧屏蔽墙外 30cm 处, 污物通道	有用线束、 散射、漏射	透视						1.14E-06	3.51E-05	3.37E-02
		摄影						2.85E-05		0.84
5#-南侧防护门外 30cm 处, 污物通道	有用线束、 散射、漏射	透视						9.57E-07	2.95E-05	2.82E-02
		摄影						2.39E-05		0.71
6#-西侧防护门外 30cm 处, 污物通道	有用线束、 散射、漏射	透视						1.54E-06	4.74E-05	4.55E-02
		摄影						3.85E-05		1.14
7#-北侧防护门外 30cm 处,	有用线束、	透视						5.39E-07	1.66E-05	1.59E-02

洁净通道		散射、漏射	摄影						1.35E-05		0.40
8#-北侧屏蔽墙外 30cm 处， 洁净通道		有用线束、 散射、漏射	透视						8.13E-07	2.50E-05	2.40E-02
			摄影						2.03E-05		0.60
9#-机房下方距楼下地面 170cm 处，病理科取材室		有用线束、 散射、漏射	透视	2.					4.68E-06	2.68E-04	6.13E-02
			摄影						1.17E-04		1.53
10#-机房上方距顶棚地面 100cm 处，设备层		有用线束、 散射、漏射	透视	3					1.61E-08	1.56E-06	1.51E-03
			摄影						4.02E-07		3.77E-02
第一 术者	铅衣内	散射、漏射	透视						27.54	9.55	/
	铅衣外								519.2	91.54	/
第二 术者	铅衣内	散射、漏射	透视						6.88	2.39	/
	铅衣外								129.8	22.88	/

注：距离 d 从 CAD 图纸上读出，保守计算考虑，有用线束、散射线、漏射线源强位置均取 C 型臂上射线球管与影像接收器的中心点；机房四侧屏蔽体外关注点位于屏蔽体外 30cm 处，机房下方关注点位于距下方（楼下）地面 170cm 处，机房上方关注点位于距上方（楼上）地面 100cm 处。

表 11-8 结果分析知，本项目机房内 DSA 正常运行时，散射线、漏射线产生的辐射剂量率相对值、绝对值均远小于有用线束产生的辐射剂量率，在经机房墙体、防护门等屏蔽防护后，机房边界周围剂量率均能满足不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  的剂量率控制水平要求，本项目 DSA 机房屏蔽能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

### (三) 周围公众及辐射工作人员年有效剂量估算

#### 1、年有效剂量估算模式

机房周围公众、控制室辐射工作人员年有效剂量计算采用联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000 年报告附录 A 中的计算公式进行估算：

$$H_{Er} = H_r \times T \times t \quad \text{公式 11-7}$$

式中： $H_{Er}$ —X射线外照射年有效剂量，mSv/a；

$H_r$ —关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$T$ —居留因子；

$t$ —年照射时间，h。

机房内介入操作人员的外照射辐射年有效剂量计算借鉴《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）给出的公式进行估算：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad \text{公式 11-8}$$

式中： $\alpha$ —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；本项目取 0.79；

$H_u$ —铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ，mSv；

$\beta$ —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；本项目取 0.051；

$H_o$ —铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ，mSv。

#### 2、年有效剂量估算

将有关参数代入公式 11-7，估算机房四周公众及控制室辐射工作人员的年附加剂量，见表 11-9。

表 11-9 机房四周公众及控制室辐射工作人员的年附加剂量

关注点位置		操作模式	$t(\text{h})^{1)}$	$T$	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) <sup>2)</sup>	年有效剂量 $H_{Er}$ (mSv/a)
综合楼 一楼急诊 DSA 室	1#-东侧防护门外 30cm 处，候诊区	透视模式			8.25E-05	<0.01
		摄影模式			8.63E-05	
	2#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，候诊区	透视模式			1.22E-04	<0.01
		摄影模式			1.28E-04	
	3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，CT 室	透视模式			2.30E-04	<0.01
		摄影模式			2.41E-04	

综合楼四楼手术室	4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处, 控制室	透视模式		8.31E-04	<0.01	
		摄影模式		8.66E-04		
	5#-西侧观察窗外 30cm 处, 操作位	透视模式		7.50E-04	<0.01	
		摄影模式		7.81E-04		
	6#-西侧防护门外 30cm 处, 控制室	透视模式		5.40E-04	<0.01	
		摄影模式		5.63E-04		
	7#-北侧屏蔽墙外 30cm 处, 库房	透视模式		3.93E-05	<0.01	
		摄影模式		4.09E-05		
	8#-机房下方距楼下地面 170cm 处, 放射科报告室	透视模式		2.80E-06	<0.01	
		摄影模式		2.91E-06		
	9#-机房上方距顶棚地面 100cm 处, 质谱实验室	透视模式		3.23E-08	<0.01	
		摄影模式		3.36E-08		
	综合楼四楼手术室	1#-东侧防护门外 30cm 处, 控制室	透视模式		7.07E-04	<0.01
			摄影模式		1.19E-03	
2#-观察窗外 30cm 处, 操作位		透视模式		7.86E-04	<0.01	
		摄影模式		1.30E-03		
3#-东侧屏蔽墙外 30cm 处, 储存室		透视模式		3.65E-05	<0.01	
		摄影模式		6.22E-05		
4#-南侧屏蔽墙外 30cm 处, 污物通道		透视模式		5.39E-04	<0.01	
		摄影模式		9.09E-04		
5#-南侧防护门外 30cm 处, 污物通道		透视模式		4.51E-04	<0.01	
		摄影模式		7.68E-04		
6#-西侧防护门外 30cm 处, 污物通道		透视模式		7.28E-04	<0.01	
		摄影模式		1.23E-03		
7#-北侧防护门外 30cm 处, 洁净通道		透视模式		2.54E-04	<0.01	
		摄影模式		4.33E-04		
8#-北侧屏蔽墙外 30cm	透视模式		3.84E-04	<0.01		

处, 洁净通道	摄影模式		6.49E-04	
9#-机房下方距楼下地面 170cm 处, 病理科取材室	透视模式		2.45E-04	<0.01
	摄影模式		4.14E-04	
10#-机房上方距顶棚 地面 100cm 处, 设备 层	透视模式		6.04E-06	<0.01
	摄影模式		1.02E-05	

注: 综合楼一楼急诊 DSA 室内 Azurion 5M20 型 (单球管) DSA 透视模式年曝光时间约 30h, 摄影模式年曝光时间约 1.25h, 详见表 9-3; 综合楼四楼手术室 4 内 Discovery IGS 7 OR 型 (单球管) DSA 透视模式年曝光时间约 80h, 摄影模式年曝光时间约 5.41h, 详见表 9-4。

由表 11-9 可知, 综合楼一楼急诊 DSA 室、综合楼四楼手术室 4 四周公众、控制室辐射工作人员的年附加剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中剂量限值要求和本项目剂量约束值要求 (职业人员年有效剂量不超过 5mSv, 公众年有效剂量不超过 0.1mSv)。

将有关参数代入公式 11-8, 计算第一术者、第二术者年有效剂量, 结果列于表 11-10。

表 11-10 DSA 机房内介入操作人员年有效剂量估算结果

位置		$\alpha$	$\beta$	部位	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年照射时间 (h) <sup>1)</sup>	年有效剂量 (mSv) <sup>2)</sup>
综合楼 一楼 急诊 DSA 室	第一术者	0.79	0.051	铅衣内			1.81
				铅衣外			
	第二术者			铅衣内			0.45
				铅衣外			
综合楼 四楼 手术室 4	第一术者	0.79	0.051	铅衣内			4.83
				铅衣外			
	第二术者			铅衣内			1.21
				铅衣外			

注: 1、综合楼一楼急诊 DSA 室内 Azurion 5M20 型 (单球管) DSA 设备透视模式年曝光时间为 30h; 综合楼四楼手术室 4 内 Discovery IGS 7 OR 型 (单球管) DSA 透视模式年曝光时间约 80h。

2、年有效剂量为第一、第二术者操作位全年受到的累积有效剂量。

本项目辐射工作人员共同承担 2 座 DSA 机房的医疗诊断和介入治疗工作, 不从事本项目之外的其他辐射工作, 由表 11-10 可知, DSA 机房内的介入操作第一、第二术

者操作位的年有效剂量分别为 6.64mSv ( 1.81mSv+4.83mSv ) 、 1.66mSv ( 0.45mSv+1.21mSv ) , 第一术者操作位由 2 人承担, 每名医师年有效剂量为 3.32mSv; 第二术者操作位由 2 人承担, 每名医师年有效剂量为 0.83mSv, 机房内护士保守参考第二术者操作位估算年有效剂量, 均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》( GB 18871-2002 ) 中对职业人员的剂量限值要求和本项目剂量约束值要求( 职业人员年有效剂量不超过 5mSv ) 。

对于介入手术, 由于其实际工作中 DSA 透视工况及操作时间的不确定性, 辐射工作人员需要依靠佩戴个人剂量计进行跟踪性监测才能准确的测定其受照剂量的大小, 按照《职业性外照射个人监测规范》( GBZ 128-2019 ) 要求进行佩戴, 开展 DSA 介入治疗的辐射工作人员采用双剂量计监测方法, 医院应加强对介入手术工作人员的个人剂量监测管理, 在日常检测中发现个人剂量异常的, 应当对有关人员采取保护措施, 并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。介入手术工作人员均按照《放射诊断放射防护要求》( GBZ 130-2020 ) 穿戴防护用品( 铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等 ) , 并充分利用自带的铅悬挂防护屏及床侧防护帘等做好自身防护, 确保其年有效剂量满足标准限值要求。

#### (四) 辐射剂量叠加分析

本项目 DSA 机房周围 50m 范围内均为院内建筑和道路, 项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、院区内的其他医护人员、病患及陪同家属和其他公众等。由表 11-15 可知, DSA 机房周围公众可达处最大年附加剂量不超过 0.01mSv, 考虑到 2 台 DSA 同时工作时产生的叠加辐射影响, 院内各保护目标位置由于辐射影响的距离平方反比衰减规律以及墙体、楼体结构的屏蔽作用, 最大年附加剂量不超过 0.02mSv, 因此本项目周围保护目标的年有效剂量能够满足 0.1mSv 的剂量限值要求。

综上所述, 根据上述理论估算结果, 本项目 2 座 DSA 机房在经实体屏蔽后, 对 DSA 机房外辐射工作人员和周围公众的环境影响较小, 同时在开展介入工作时, 在采取有效的辐射防护措施和医院良好的管理情况下, 辐射工作人员的年有效剂量可以满足标准限值要求。

## 二、三废的治理评价

### (一) 废气

DSA 在工作状态时, 会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物, 本项目中

的 DSA 机房采用层流净化系统进行通风换气，各机房内保持正压，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

## （二）废水

工作人员和部分患者产生的生活污水，由医院污水处理站统一处理。

## （三）固体废物

工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理。

本项目 DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。

## 事故影响分析

### 一、主要事故风险

本项目新增的 DSA 为 II 类射线装置，医院在开展医疗诊断和介入治疗过程中，如果安全管理或防护不当，可能对误入机房的受照人员产生较严重放射损伤。因此本项目主要事故风险为：

（一）在介入手术操作过程中，有未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品的公众误留机手术室，室内人员位于手术室床旁，导致发生误照射；

（二）DSA 控制系统失灵持续摄影，而此时手术室内人员未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品，室内人员位于手术室床旁，导致发生误照射；

（三）设备维护人员在维护 DSA 射线管或测量探测器时，射线管正处于出束状态，维修人员处于机头上方，导致发生误照射。

### 二、事故预防和处理措施

医院可采取以下事故预防措施：

（一）建立辐射安全管理机构，制定完善的规章制度，并在实际工作过程中严格执行；

（二）加强辐射安全管理，加强辐射工作人员技能培训和辐射安全与防护知识的培训，提高个人的技能和辐射安全防范意识；

（三）定期检查各辐射工作场所的辐射安全措施运行情况，确保各项安全措施始终保持良好的工作状态。

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下的处理措施：

（一）当发生误照射时，应立即按下急停开关，确保 DSA 停止工作；

（二）对工作人员造成额外照射时，应及时检测个人剂量计，剂量超标则人员应及时就医检查并调岗；

（三）对发生事故的 DSA 或其他设备故障，请设备厂家或相关单位进行检测或维修，分析事故发生原因，不得擅自进行维修。

医院应定期对 DSA 机房辐射安全措施进行检查、维护，发现问题及时维修；每次工作前均应检查相应辐射安全装置的有效性，定期对工作场所进行检测。医院还应在平时工作中加强工作人员的辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

医院应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急预案，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

表 12 辐射安全管理

### 辐射安全与环境保护管理机构的设置

宜兴市人民医院将综合楼一楼急诊科内 1 间 DR 预留机房改建成 1 座 DSA 机房及配套附属功能房，配备 1 台 Azurion 5M20 型 DSA（单球管，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA）；在综合楼四楼手术室 4 新建 1 间 DSA 机房及配套附属用房，配备 1 台 DiscoveryIGS 7 OR 型 DSA（单球管，最大管电压均为 125kV，最大管电流均为 1000mA），用于开展医疗诊断和介入治疗。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用 II 类射线装置的单位，应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，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并参加考核。

宜兴市人民医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，由安监保卫科科长担任辐射防护负责人，负责全院的辐射安全管理工作，组员覆盖各辐射科室，并以文件形式明确管理人员职责。医院应根据本次新增 2 台 DSA 项目制订相关文件，明确医院相关辐射项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。本项目辐射工作人员由宜兴市人民医院从现有人员中调用，不兼职其他放射工作，已配备 10 名辐射工作人员，新进的辐射工作人员须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，参加“医用 X 射线诊断与介入放射学”辐射安全与防护考核，辐射防护管理人员需参加“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，合格后方可上岗。

### 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《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》的有关要求，使用放射源和射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。目前宜兴市人民医院已制定相关辐射安全与防护管理制度，如《操作规程》《辐

射防护和安全保卫制度》《设备维护检修制度》《台帐管理制度》《岗位职责》《放射工作人员培训计划》《个人剂量监测》《放射工作人员职业健康管理制度》《辐射环境监测方案》《辐射事故应急预案》《放射安全事件应急演练方案》等。医院现有管理制度内容较为全面，基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求，拟根据新增 2 台 DSA 项目的特点及以下内容制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

### **一、操作规程**

医院已制定《操作规程》，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。重点是：

（一）确保开展辐射工作时所有辐射屏蔽措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；

（二）从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；

（三）在工作场所严禁吸烟、进食。

### **二、岗位职责**

医院已制定《岗位职责》，明确射线装置使用工作人员、台帐管理人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

### **三、辐射防护和安全保卫制度**

医院已根据射线装置的具体情况制定相应的《辐射防护和安全保卫制度》。重点是：

（一）定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态；

（二）工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

### **四、设备维护检修制度**

医院已制定《设备维护检修制度》，明确射线装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保射线检测装置、安全措施（联锁装置、警示标志、工作状态指示灯、急停按钮）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

### **五、人员培训计划和健康管理制度**

医院已制定《放射工作人员培训计划》，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。医院已制定《放射工作人员职业健康管理制度》，医院应组织辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

## 六、监测方案

明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管部门。为了确保 II 类射线装置的辐射安全，该医院应制定监测方案，重点是：

（一）明确监测项目和频次；

（二）辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理；

（三）医院应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；

（四）每年委托有资质监测单位对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

## 辐射监测

根据辐射管理要求，宜兴市人民医院为本次新增 2 台 DSA 项目配备辐射巡测仪 1 台和个人剂量报警仪 4 台，用于辐射防护监测和报警，同时结合本项目实际情况，拟制定如下监测计划：

一、委托有资质的单位定期对项目周围环境 X- $\gamma$  辐射剂量率进行监测，周期：1~2 次/年；

二、辐射工作人员配备个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于1次/季）送有资质机构进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；

三、定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，包括控制室工作位置和周围毗邻区域人员居留处，并保留自检记录；

四、所有辐射工作人员上岗前进行职业健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于1次/2年），并建立个人职业健康档案；

五、出现外照射事故，立即采取应急措施，并在1小时之内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

宜兴市人民医院已根据上述监测计划，明确监测项目，定期（不少于1次/季）使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录，每年委托有资质的单位定期对项目周围环境 X- $\gamma$ 辐射剂量率进行监测，监测结果上报生态环境行政主管部门。

宜兴市人民医院已为现有辐射工作人员配备个人剂量计，组织辐射工作人员进行个人剂量监测（1次/季）和职业健康体检（1次/2年），辐射安全与防护负责人负责全医院辐射工作人员个人剂量的收发和管理以及职业健康监护、个人剂量监测档案的存放保管。

宜兴市人民医院每年编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，包括射线装置台帐、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

根据医院《2023年度安全和防护状况年度评估报告》显示，2023年度医院未发生辐射事故，医院辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作，定期检查防护情况，发现的隐患及时处理；医院已制定和完善了相应辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。

2023年度医院已开展辐射工作场所的辐射安全与防护年度监测，监测结果均符合国家相关标准要求；已委托无锡国通环境检测技术有限公司完成了辐射工作人员的个人剂量监测，所有辐射工作人员监测结果均符合国家相关标准要求。

## 辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急预案应明确以下几个方面：

- 一、应急机构和职责分工；
- 二、应急的具体人员和联系电话；
- 三、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- 四、辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- 五、辐射事故调查、报告和处理程序。

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况时，应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在1小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的还应当同时向卫生健康部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，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和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康行政部门报告。

宜兴市人民医院已经制定了《辐射事故应急预案》，该预案已包括成立辐射事故应急处理领导小组、应急处理领导小组的职责、预防事故措施、放射性事故应急处置程序和善后处理等内容。由辐射安全与防护领导小组办公室组织辐射工作人员，定期（1次/年）开展应急培训演练，在物资、通讯、技术、人员、经费等准备方面均加以落实。医院开展核技术利用项目至今，未发生辐射事故。

表 13 结论与建议

## 结论

### 一、项目概况

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，宜兴市人民医院将综合楼一楼急诊科内 1 间 DR 预留机房改造为 1 间 DSA 机房及配套附属功能房，配备 1 台 Azurion 5M20 型 DSA（单球管，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA）；在综合楼四楼手术室 4 新建 1 间 DSA 机房及配套附属用房，配备 1 台 Discovery IGS 7 OR 型 DSA（单球管，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA），用于开展医疗诊断和介入治疗。

### 二、项目建设的必要性

本项目的建设，可为医院提供多种诊断、治疗手段，有着重要临床应用价值，可为患者提供放射诊断及治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平。

### 三、实践正当性

本项目的运行，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，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。

### 四、项目产业政策符合性分析

本项目不属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修改）中“限制类”、“淘汰类”项目，项目符合国家产业政策。

### 五、选址合理性

宜兴市人民医院新院区位于宜兴市新城路 1588 号，医院东侧为新城路，南侧为梅潼路，西侧为兴业路，北侧为潢潼路。

本次新增 2 台 DSA 项目周围 50m 评价范围均位于院区边界内，项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、院区内的其他医护人员、病患及陪同家属和其他公众等。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。根据《关于加强生态保

护红线管理的通知》（自然资发〔2022〕142号）和《生态环境分区管控管理暂行规定》（环环评〔2024〕41号），经向江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于中国宜兴环保科技工业园重点管控单元（编码：ZH32028220208）内，对照综合环境管控单元管控要求，本项目为核技术利用项目，满足重点管控单元的管控要求。

本项目 DSA 机房治疗室与控制室分开，区域划分明确，选址及布局合理。

## 六、辐射环境现状评价

宜兴市人民医院新增 2 台 DSA 项目周围环境辐射剂量率在(37~97)nGy/h 之间，位于江苏省环境天然 $\gamma$ 辐射水平涨落区间。

## 七、环境影响评价

根据理论估算结果，宜兴市人民医院新增 2 台 DSA 项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《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和本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

## 八、“三废”的处理处置

DSA 在工作状态时，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，可通过通风系统排至室外，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，对周围环境影响较小；工作人员和部分患者产生的生活污水，由医院污水处理站统一处理；工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小；本项目 DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。

## 九、主要污染源及采取的主要辐射安全防护措施

宜兴市人民医院配备的 2 台 DSA 最大管电压为 125kV、最大管电流为 1000mA，DSA 开机期间，产生的 X 射线为主要辐射环境污染因素。本项目 DSA 机房入口处设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯，DSA 机房设闭门装置，机房内外均设置急停按钮，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的安全管理要求。

## 十、辐射安全管理评价

宜兴市人民医院已设立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全

与环境保护管理工作，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院已制定辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《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》，建立符合医院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

宜兴市人民医院需为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。宜兴市人民医院已为本项目配备有辐射巡测仪 1 台和个人剂量报警仪 4 台。此外，医院应根据相关标准要求，为本项目工作人员和受检者配备足够数量的个人防护用品和辅助防护设施。

综上所述，宜兴市人民医院新增 2 台 DSA 项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

## 建议和承诺

一、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。

二、各项安全措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。

三、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

四、医院取得本项目环评批复后，应重新申领辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月，最长不超过 12 个月。

## 辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设立放射诊疗安全与防护管理领导小组作为专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：DSA 机房四侧墙体采用钢龙骨+射线防护板、顶面采用钢龙骨+混凝土+铅板、地面采用混凝土+硫酸钡水泥进行辐射防护，各防护门均采用铅防护门，观察窗采用铅玻璃进行辐射防护。详见表 11-5。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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。	116
	安全措施：DSA 机房入口处均设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯；DSA 机房设有闭门装置，机房内外均设置有急停按钮；机房内设置动力通风装置，并保持良好的通风。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	/
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过3个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立辐射工作人员职业健康档案。		
监测仪器和防护用品	已配备辐射巡测仪1台。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	2
	已为本项目配备个人剂量报警仪4台。		
	DSA 介入治疗医生配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等，同时设置铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏等防护用品。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求。	4

辐射安全管理制度	制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《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》有关要求。	/
总计	/	/	122

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

