

核技术利用建设项目

徐州和佳医院有限公司

新增 1 台 DSA 项目环境影响报告表

徐州和佳医院有限公司

2025 年 4 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

徐州和佳医院有限公司

新增 1 台 DSA 项目环境影响报告表

建设单位名称：徐州和佳医院有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：江苏省徐州市云龙区民富路 39 号

邮政编码：221000

联系人：操**

电子邮箱：

联系电话：152****9861

目 录

表 1 项目基本情况	- 1 -
表 2 放射源	- 4 -
表 3 非密封放射性物质	- 4 -
表 4 射线装置	- 5 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 6 -
表 6 评价依据	- 7 -
表 7 保护目标与评价标准	- 10 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 13 -
表 9 项目工程分析与源项	- 18 -
表 10 辐射安全与防护	- 25 -
表 11 环境影响分析	- 33 -
表 12 辐射安全管理	- 49 -
表 13 结论与建议	- 53 -
表 14 审批	- 57 -
附图 1 徐州和佳医院有限公司新增 1 台 DSA 项目地理位置示意图	- 58 -
附图 2 徐州和佳医院有限公司整体平面布置和周围环境示意图	- 59 -
附图 3 徐州和佳医院有限公司综合楼三楼平面布置示意图	- 60 -
附图 4 徐州和佳医院有限公司综合楼四楼平面布置示意图	- 61 -
附图 5 徐州和佳医院有限公司综合楼五楼平面布置示意图	- 62 -
附件 1 项目委托书	- 63 -
附件 2 射线装置使用承诺书	- 64 -
附件 3 辐射环境现状监测报告	- 65 -
附件 4 检测机构资质认定证书	- 70 -
附件 5 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书	- 73 -
附件 6 和佳医院建设项目环境影响报告表及其批复	- 76 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		徐州和佳医院有限公司新增 1 台 DSA 项目			
建设单位		徐州和佳医院有限公司 (统一社会信用代码: 91320300MA21A29J4F)			
法人代表	周**	联系人	操**	联系电话	152****9861
注册地址		徐州市云龙区民富路 39 号			
项目建设地点		江苏省徐州市云龙区民富路 39 号			
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		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m ²) 不新增 占地
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类 (医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放 射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			
	项目概述: 一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来 徐州和佳医院有限公司 (以下简称“医院”) 成立于 2020 年 4 月 20 日, 注册地 址位于徐州市云龙区民富路 39 号, 是一所集医疗、教学、科研、康复、预防为一体 的, 以三级妇儿为专科特色的现代化三级医院。医院占地 30 余亩, 总建筑面积 91000m³, 设计床位 487 张, 设有急诊医学科、儿科、麻醉科内科、外科、妇产科、				

五官科、口腔科、眼科、中医科、康复科、临床检验科医学影像科、药械科等科室；绿地社区医院服务中心设有医疗、康复、儿童保健预防接种、健康教育、计划生育技术服务科等多个科室。医院于 2021 年 11 月完成建设项目环境影响报告表（污染影响类）编制工作，并于 2021 年 12 月 1 日取得徐州市生态环境局的环评批复文件，文号徐环项表（2021）15 号，详见附件 6。

为改善医疗条件，满足患者就医需求，徐州和佳医院有限公司拟在综合楼四楼预留位置新建一座数字减影血管造影机（Digital Subtraction Angiography，以下简称“DSA”）机房并配备 1 台 DSA（型号：Azurion7 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。

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》等法律法规的规定，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），徐州和佳医院有限公司新增 1 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。受医院的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了该单位新增 1 台 DSA 项目的环境影响评价工作。南京瑞森辐射技术有限公司在资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。

徐州和佳医院有限公司新增 1 台 DSA 项目情况见下表：

表 1-1 徐州和佳医院有限公司新增 1 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)	类别	工作场所 名称	活动 种类	环评情况及 审批时间	备注
1	DSA (Azurion7 M20)	1	125	1000	II 类	综合楼四楼 DSA 手术室	使用	本次环评	拟新购

本项目拟新增 5 辐射工作人员，包括医师 3 人，技师 1 人，护士 1 人，辐射工作人员年工作 250 天。根据医院提供的 DSA 工作负荷，DSA 手术室内医生、护士年接触射线时间不超过 216.6h，技师在操作台进行隔室操作设备，包括透视及摄影，其年接触射线时间不超过 218.2h。

二、项目选址情况

徐州和佳医院有限公司位于江苏省徐州市云龙区民富路 39 号，医院东侧为法治公园，南侧为云龙玉兰苑小区，西侧为兴云路，北侧为民富路。本项目地理位置示意图见附图 1，医院整体平面布置和周围环境示意图见附图 2。

本项目 DSA 手术室位于医院综合楼四楼，综合楼四周均为院内道路，DSA 手术室东侧为控制室，南侧为洁净走廊及设备间，西侧为污物走廊及污物暂存间，北侧为 ICU 病床区，上方为建筑屋面，下方为妇科中心候诊区、导医台及空调机房。综合楼三楼至五楼平面布局示意图见附图 3~附图 5。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围（见附图 2）北侧至民富路，其余方向均位于医院边界内。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、院内病患及其家属和民富路处公众等。

三、实践正当性分析

本项目的运行，可为患者提供医疗诊断和介入治疗服务，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，其获得的利益远大于对环境的影响，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、原有核技术利用项目许可情况

徐州和佳医院有限公司未开展过核技术利用项目，无辐射安全许可证。本次新增 1 台 DSA 项目是医院首次开展的核技术利用项目。

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	1	Azurion7 M20	125	1000	医用诊断/介入治疗	综合楼四楼 DSA 手术室	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

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
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 50min 左右可自行分解为氧气
介入手术时产生的 医用器具和药棉、 纱布、手套等医用 辅料	固态	/	/	约 10kg	约 120kg	/	暂存在机房内的 废物桶，手术结 束后集中收集	委托有资质单位进行处 理
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，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； (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； (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； (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日起施行； (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； (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； (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； (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； (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； (10) 《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； （11）《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； （12）《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； （13）《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； （14）《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； （15）《关于印发〈生态环境分区管控管理暂行规定〉的通知》，生态环境部，环环评〔2024〕41号，2024年7月8日发布； （16）《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； （17）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28日发布； （18）《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； （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； （20）《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》，苏自然资函〔2023〕880号，2023年10月10日发布； （21）《省政府关于印发江苏省国土空间规划（2021—2035年）的通知》，苏政发〔2023〕69号，2023年8月16日发布； （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。
技术标准	（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通用要求》（GB 8999-2021）；

	(3) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016) ; (4) 《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) ; (5) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022) ; (6) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) ; (7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) ; (8) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) ; (9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019) 。
其他	附图: (1) 徐州和佳医院有限公司新增 1 台 DSA 项目地理位置示意图; (2) 徐州和佳医院有限公司整体平面布置和周围环境示意图; (3) 徐州和佳医院有限公司综合楼三楼平面布置示意图; (4) 徐州和佳医院有限公司综合楼四楼平面布置示意图; (5) 徐州和佳医院有限公司综合楼五楼平面布置示意图。 附件: (1) 项目委托书; (2) 射线装置使用承诺书; (3) 辐射环境现状监测报告; (4) 检测机构资质认定证书; (5) 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书; (6) 和佳医院建设项目环境影响报告表及其批复。

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”的要求，结合本项目的特点，确定本项目的评价范围为徐州和佳医院有限公司新增 1 台 DSA 项目所在机房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）、《关于印发〈生态环境分区管控管理暂行规定〉的通知》（环环评〔2024〕41 号）和《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》（苏自然资函〔2023〕880 号）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徐州市云龙区中心城区重点管控单元（编码：ZH32030320014）内，不在徐州市生态保护红线内，评价范围内均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 DSA 机房周围 50m 评价范围除北侧至民富路，其余方向均位于医院边界内。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、院内病患及其家属和民富路处公众等。详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

保护对象类型	场所	保护目标	方位/位置	距本项目最近距离	人员规模	保护要求
辐射工作人员	综合楼四楼 DSA 手术室	技师	控制室	毗邻	1 人	5mSv/a
		医师、护士	DSA 机房内	同室操作	4 人	
公众	综合楼	其他医护人员	DSA 辐射工作场	1m~50m	约 200 人	0.1mSv/a

		病患、周围公众	所四周及上方、下方			
	院内道路	其他医护人员、病患、周围公众	综合楼四周	30~50m	流动人员	
	民富路	周围公众	北侧	37m	流动人员	

本项目不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，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。

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	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	实践使公众中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

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）

6.3 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 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

三、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）

5.3 佩戴

5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射性药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。

5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

四、项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的标准要求及本项目实际情况确定。

（一）**剂量约束值**：本项目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**；

（二）**辐射剂量率控制水平**：距 DSA 机房墙体、门、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 **2.5μSv/h**。

五、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、潘自强著。

（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γ辐射（空气吸收）剂量率（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
测量范围	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

注：测量值已扣除宇宙射线响应值；评价时采用“测值范围”作为辐射环境本底参考范围。

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

徐州和佳医院有限公司位于江苏省徐州市云龙区民富路 39 号，医院东侧为法治公园，南侧为云龙玉兰苑小区，西侧为兴云路，北侧为民富路。

本项目 DSA 手术室位于医院综合楼四楼，综合楼四周均为院内道路，DSA 手术室东侧为控制室，南侧为洁净走廊及设备间，西侧为污物走廊及污物暂存间，北侧为 ICU 病床区，上方为建筑屋面，下方为妇科中心候诊区、导医台及空调机房。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围除北侧至民富路，其余方向均位于医院边界内。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、院内病患及其家属和民富路处公众等。

本项目 DSA 机房及配套附属功能房拟建址现状及周围环境见图 8-1~图 8-7。



图 8-1 本项目 DSA 机房拟建址



图 8-2 DSA 手术室拟建址东侧控制室拟建址

图 8-3 DSA 手术室拟建址南侧设备间拟建址



图 8-4 DSA 手术室拟建址西侧污物走廊



图 8-5 DSA 手术室拟建址北侧 ICU 病床区



图 8-6 DSA 手术室拟建址楼下
妇科中心导诊台、候诊区

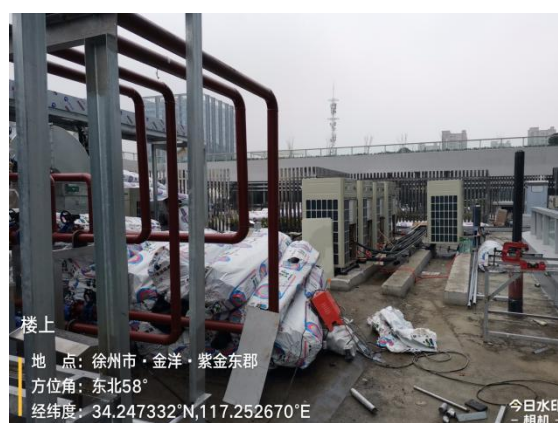


图 8-7 DSA 手术室拟建址楼上建筑屋面

二、辐射环境现状调查

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于本项目拟建址及周围环境进行布点，测量辐射现状剂量率。监测报告详见附件 6，监测结果见表 8-1，监测点位示意图见图 8-8。

监测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

检测仪器：6150 AD6/H+6150 AD-b/H 型 X-γ 辐射监测仪（设备编号：NJRS-126，检定有效期：2024 年 10 月 28 日~2025 年 10 月 27 日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2024-0107802）

能量响应：20keV~7MeV

测量范围：1nSv/h~99.9μSv/h

监测日期：2025 年 3 月 4 日

监测因子：γ 辐射剂量率

天气：阴

温度：2℃

湿度：90%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 4），具备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）的要求，实施全过程质量控制。

数据记录及处理：开机预热，手持仪器。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。仪器读数稳定后，每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差。空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），使用 ¹³⁷Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy。

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：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校准或检验，监测报告实行三级审核。

评价方法：参照江苏省原野、道路、建筑物内γ辐射（空气吸收）剂量率水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。

表 8-1 徐州和佳医院有限公司新增 1 台 DSA 项目拟建址及其周围环境γ辐射剂量率

测点编号	测点描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1	新增 1 台 DSA 项目拟建址东部	34	楼房室内

2	新增 1 台 DSA 项目拟建址中间	37	楼房室内
3	新增 1 台 DSA 项目拟建址西部	51	楼房室内
4	新增 1 台 DSA 项目拟建址东侧控制室拟建址	44	楼房室内
5	新增 1 台 DSA 项目拟建址南侧洁净走廊	37	楼房室内
6	新增 1 台 DSA 项目拟建址南侧准备间拟建址	36	楼房室内
7	新增 1 台 DSA 项目拟建址西侧污物走廊	52	楼房室内
8	新增 1 台 DSA 项目拟建址西侧污物暂存间	52	楼房室内
9	新增 1 台 DSA 项目拟建址北侧 ICU 病床区拟建址	43	楼房室内
10	新增 1 台 DSA 项目拟建址楼上（建筑楼顶）	30	参考道路
11	新增 1 台 DSA 项目拟建址楼下妇科中心候诊区	65	楼房室内
12	新增 1 台 DSA 项目拟建址楼下妇科中心导医台	69	楼房室内
13	新增 1 台 DSA 项目拟建址楼下空调机房	64	楼房室内
14	徐州和佳医院有限公司北侧民富路	72	道路

注：1.上表数据已扣除检测仪器宇宙射线响应值；

2.环境 γ 辐射剂量率测量结果按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中公式 $\dot{D} = C_f(E_f\dot{X} - \mu_c\dot{X}_c')$ 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； $\dot{X}$ 为现场监测时仪器 n 次读数的平均值（ $n \geq 10$ ）； μ_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； $\dot{X}_c'$ 为测点处仪器对宇宙射线的响应值。

由表 8-1 监测结果可知，徐州和佳医院有限公司新增 1 台 DSA 项目拟建址及其周围环境楼房室内 γ 辐射剂量率为 34nGy/h~69nGy/h，略低于江苏省室内环境天然 γ 辐射剂量率水平 50.7nGy/h~129.4nGy/h 范围；室外道路 γ 辐射剂量率为 30nGy/h~72nGy/h，处于江苏省道路环境天然 γ 辐射剂量率水平 18.1nGy/h~102.3nGy/h 范围内，属江苏省环境天然 γ 辐射剂量率本底水平。



图 8-8 徐州和佳医院有限公司新增 1 台 DSA 项目拟建址周围γ辐射监测点位示意图

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

徐州和佳医院有限公司拟在综合楼四楼新建一座 DSA 手术室并配备 1 台 DSA（型号未定，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。

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、影像接收器（平板探测器））、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等）组成。常见 DSA 外观如图 9-1 所示，本项目配备的 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。

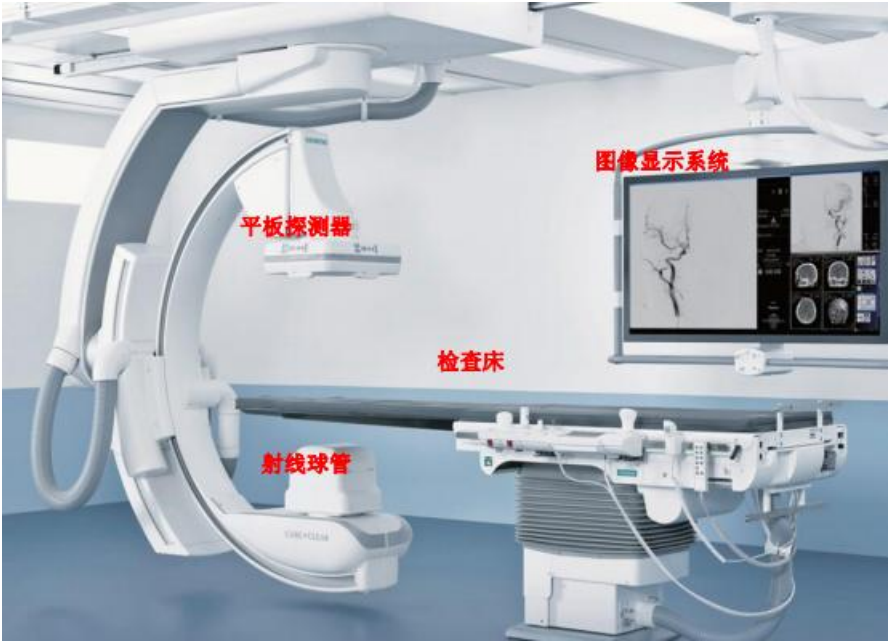


图 9-1 常见 DSA 外观示意图

表 9-1 本项目 DSA 主要设备技术参数

指 标	技 术 参 数*
供应商品牌	飞利浦
型号	Azurion 7 M20
球管类型	单球管

额定管电压	$\leq 125\text{kV}$
额定管电流	$\leq 1000\text{mA}$
X 射线球管滤过条件	固有滤过 2.5mmAl+附加滤过
焦皮距	$\geq 45\text{cm}$
照射野	最大：30cm×40cm 最小：12cm×12cm

注：设备技术参数根据建设单位招标意向及主流供应商的常用参数确定，实际采购设备参数不大于表列参数。

表 9-2 本项目 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，DSA 的平板探测器会根据检测到的 X 射线输出模拟数字信号，并用计算机储存起来；注入造影剂后，再次成像并获得数字信号。两次数码信号相减，消除相同的信号，得到一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规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 9-2。

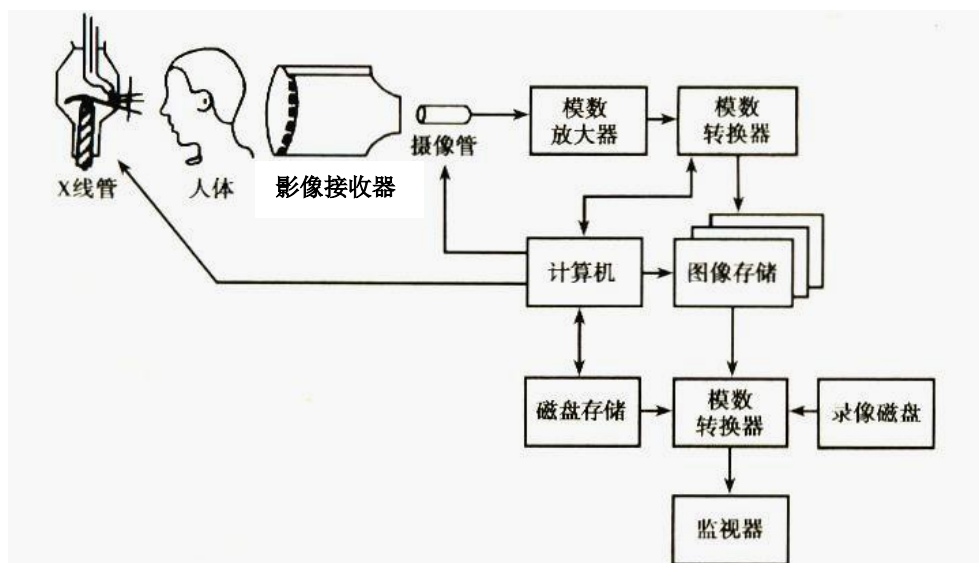


图 9-2 DSA 系统结构图

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、鼻管、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

DSA 工艺流程及产污环节如下：

1、医疗诊断

DSA 的产污环节分析：

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 9-3。

图 9-3 本项目 DSA 工作流程及产污环节示意图

四、工作负荷及人员配置

根据医院提供的资料，预估 DSA 的工作负荷情况见表 9-3。

表 9-3 预估本项目 DSA 手术室工作负荷

(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	300 台	约 25min	约 125h
心脏介入	150 台	约 20min	约 50h

脑血管介入	100 台	约 25min	约 41.6h		
小计	/	/	约 216.6h		
(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	300 台	0.5~1s	5~10 次	约 0.17min	约 0.85h
心脏介入	150 台	0.5~1s	7~11 次	约 0.18min	约 0.45h
脑血管介入	100 台	0.5~1s	3~10 次	约 0.17min	约 0.28h
小计	/	/	/	/	约 1.58h
总 计					约 218.2h

本项目拟新增 5 名辐射工作人员，其中医师 3 人，技师 1 人，护士 1 人，辐射工作人员年工作 250 天。

项目开展后，护士在透视模式下主要承担在控制室隔室观察患者、记录手术情况的工作，少部分时间承担同室在铅屏风后传递医疗器械及辅助医生手术的工作，摄影模式下，护士在控制室隔室观察患者、记录手术情况；技师在透视模式和摄影模式下均位于控制室隔室操作；医生在透视模式下同室对患者进行手术操作，摄影模式下在控制室隔室观察患者情况，操作方式既有同室操作又有隔室操作。DSA 机房内和机房外辐射工作不进行轮换，且不兼职其他辐射工作。今后医院可根据开展项目的实际情况做适当调整。

根据医院提供的 DSA 工作负荷，DSA 手术室内医生、护士年接触射线时间不超过 216.6h，技师在操作台进行隔室操作设备，包括透视及摄影，其年接触射线时间不超过 218.2h。

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，本项目拟配置的 DSA 最大管电压为 125kV、最大管电流为 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 DSA 的有用线束透射方向为由下至上。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留有一定的裕量。根据医院提供资料，当 DSA 运行管电压为额定电压的极端情况时，透视模式下的电流不大于 100mA，摄影模式下的电流不大于 500mA；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 过滤装置保守拟采用 2.5mmAl 过滤片+附加过滤器，按照过滤材料为 2.5mmAl 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 $5\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ 。

（二）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^2 的面积上或者在离管或源壳 5cm 处的 10cm^2 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 。

（三）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。

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。

（二）废水：主要是工作人员产生的生活污水。

（三）固体废物：主要是工作人员产生的生活垃圾和 DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物。

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

(一) 工作场所布局合理性

本项目 DSA 手术室东侧为控制室，南侧为设备间、洁净走廊，西侧为污物走廊、污物暂存间，北侧为 ICU 病床区，上方为建筑屋面，下方为妇科中心候诊区、导医台、空调机房。DSA 配套独立用房，房间由射线装置机房和控制室及其他辅助用房组成。DSA 机房控制室与射线装置机房分开单独布置，区域划分明确，项目布局合理。

(二) 两区划分

1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求，将本项目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—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—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的区域。

2、控制区与监督区的划分

根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。医院拟将 DSA 手术室内部分为控制区，该区域涉及射线装置使用区域，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：控制室、设备间、污物走廊门口、设备间东侧洁净走廊等区域属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）定义的监督区。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，并在图 10-1 上进行了标识。

表 10-1 项目控制区和监督区划分情况

场所名称	控制区	监督区
DSA 手术室	DSA 机房内	控制室、设备间、污物走廊门口、设备间东侧洁净走廊

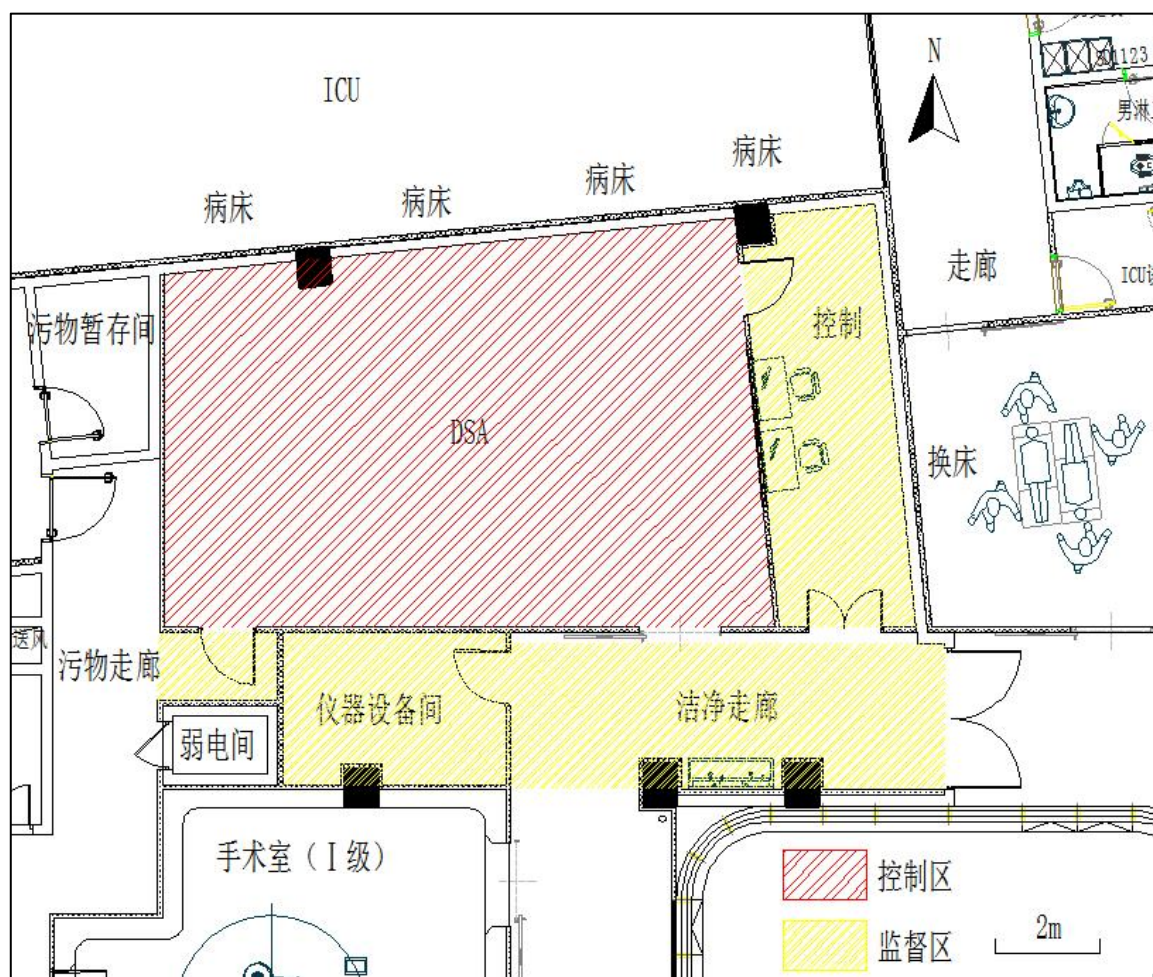
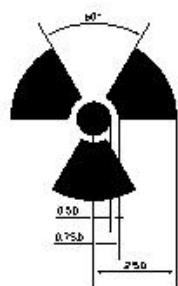


图 10-1 本项目工作场所辐射防护分区管理示意图

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。关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，医院应做到：

（1）控制区的防护手段与安全措施：

①DSA 工作场所进、出口防护门外及其他适当位置处设立醒目的“当心电离辐射”警告标志。“当心电离辐射”警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 F 要求，如图 10-2 所示。



电离辐射标志



电离辐射警告标志

图 10-2 电离辐射警告标志

②制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

④在缓冲区备有个人防护用品、工作服；

⑤定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

2、监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

二、辐射防护屏蔽设计

本项目 2 座 DSA 机房辐射防护设计见表 10-1。

表 10-1 本项目 DSA 机房屏蔽设计一览表

屏蔽体	屏蔽设计（屏蔽体厚度及材质）
四周墙体	30×50 镀锌方管龙骨+4mm 铅板
屋顶	200mm 混凝土+4mm 铅当量硫酸钡
地面	200mm 混凝土+4mm 铅当量硫酸钡
防护门	内衬 4mm 铅板
观察窗	4mm 铅当量铅玻璃

机房尺寸：本项目 DSA 机房平面为不规则四边形，东墙长度为 7.8m、南墙长度为 11.6m、西墙长度为 6.7m、北墙长度为 10.9m，DSA 机房所在楼层层高 3.9m。参考 GBZ 130-2020 表 2

中机房内有效使用面积和单边长度的要求，本项目 DSA 机房内最小有效使用面积为 58m²，最小单边长度为 5.8m。

注：铅密度为 11.3g/cm³，砼密度不低于 2.35g/cm³。

三、辐射安全措施

（一）电离辐射警告标志

DSA 机房入口处拟设置“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拟设置工作状态指示灯，灯箱上拟设置如“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。控制室、污物通道侧防护门拟采用平开机房门，拟设有自动闭门装置；防护大门拟采用电动推拉门，拟设置自动闭门装置及防夹装置。

（三）急停按钮

DSA 机房内的治疗床边操作面板自带急停按钮，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）观察窗和对讲装置

DSA 机房拟设置观察窗，可有效观察到患者和受检者状态及防护门开闭情况。操作台上拟设置双向语音对讲装置。

（五）防护用品

医院拟为本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，医院拟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

医院拟为本项目配备 5 名辐射工作人员（均为新增辐射工作人员），拟为辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检且做好个人剂量档案管理工作。医院拟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，建立职业健康监护档案。

（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辐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，严格按照操作程序，避免发生事故。

（八）机房管线穿越屏蔽体设计方案和屏蔽补偿措施

1、电力电缆/信号线

外裹 3mm 铅当量铅橡胶套管，两端与机房铅板搭接 $\geq 50\text{mm}$ ；接口采用铅腻子（含铅量 $\geq 60\%$ ）填充缝隙，表面覆盖铅箔胶带（0.5mmPb）。

2、通风管道

管道穿墙处安装可拆卸铅挡板（3mmPb），与墙体铅防护层重叠 $\geq 100\text{mm}$ 。

3、液体管道

管道外壁包覆 3mm 铅板，焊接固定；管道穿墙处设置 U 型弯头，利用几何衰减降低直射辐射；检修口采用铅玻璃。

4、其他屏蔽补偿措施

墙体上的开关、插座、底盒等其底面采用与机房同等防护铅当量的铅板进行防护处理；机房内的空调管洞、消防管洞及排气孔等所有穿墙洞口在洞口周围 500mm 内用与机房同等防护铅当量的铅板进行包裹防护处理。

（九）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，对病人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、所有在介入治疗机房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。

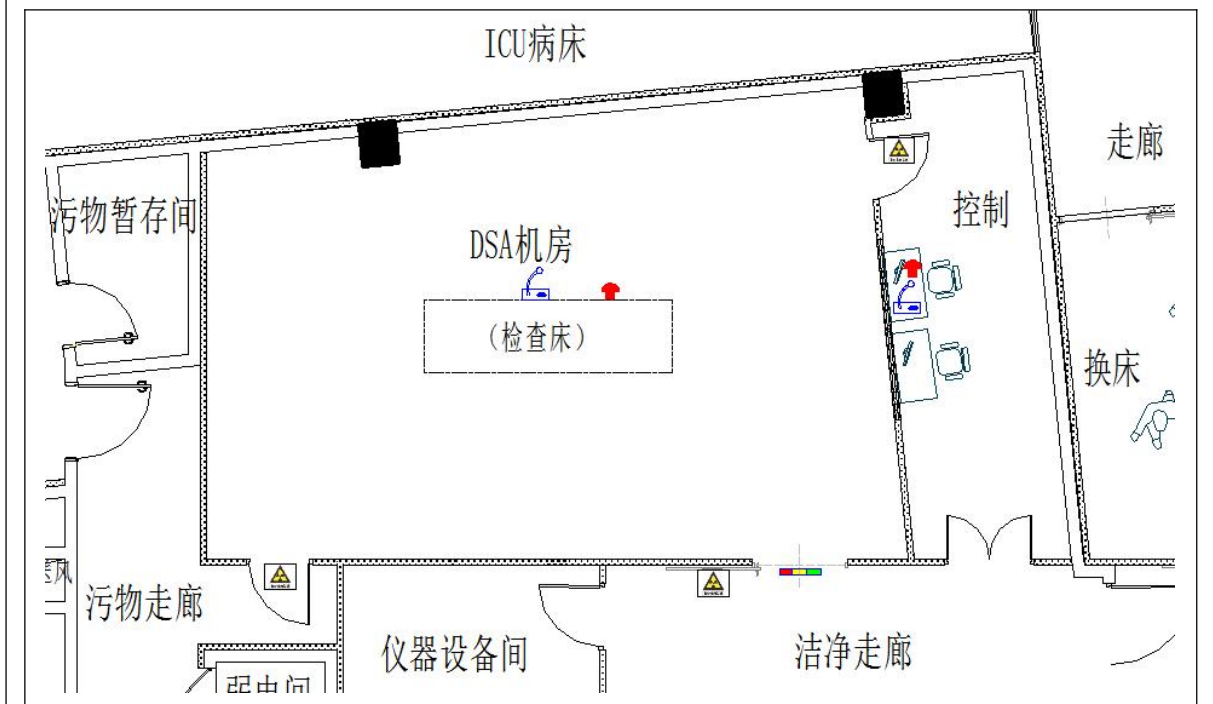
4、引入的 DSA 及配套设备必须符合国际的或者国家的标准，满足各种特殊操

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。



图例	说明
	电离辐射警告标志
	工作状态指示灯（射线有害 灯亮勿入）
	紧急停机按钮
	语音对讲

图 10-3 DSA 机房辐射安全装置示意图

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，使用Ⅱ类射线装置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。

医院拟配备辐射巡测仪 1 台、拟为本项目配备个人剂量报警仪 2 台，同时拟为本项目辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶帽子、铅防护眼镜及介入防护手套等个人防护用品（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。

表 10-2 个人防护用品和辅助防护设施配置符合性

设备名称	分项		《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求	本项目拟采取措施
DSA	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	4 件 0.5mmPb 铅橡胶围裙、 4 件 0.5mmPb 铅橡胶颈套、 4 顶 0.5mmPb 铅橡胶帽子、 2 副 0.5mmPb 铅防护眼镜、 2 副 0.025mmPb 介入防护手套
		辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、 床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	1 个 0.5mmPb 铅悬挂防护屏、 2 个 0.5mmPb 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	2 件 0.5mmPb 铅橡胶围裙、 2 件 0.5mmPb 铅橡胶围脖
		辅助防护设施	/	/

三、废治理

本项目新增 1 台 DSA，用于开展医疗诊断和介入治疗，项目运行过程中不产生放射性废弃物。

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

徐州和佳医院有限公司新增 1 台 DSA 项目拟建址位于综合楼四楼，土建部分前期已纳入主体工程建设完成，建设时主要工作为墙体隔断与内饰装潢，将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

一、大气：本项目在建设施工期需进行的墙体隔断等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：及时清扫施工场地，设立围挡，并保持施工场地一定的湿度。

二、噪声：整个建筑施工阶段，如墙体连接、内饰装潢等施工中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准，尽量采用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

三、固体废物：项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

四、废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

医院在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在医院延陵院区内部，对周围环境影响较小。

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

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、地面的混凝土和硫酸钡，及观察窗所用的铅玻璃。本项目按额定管电压 125kV 主束方向的极端条件核算 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；

α 、 β 、 γ —相应屏蔽物质（本项目为混凝土）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：

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

式中：B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；

α 、 β 、 γ —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	α	β	γ	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 120mm 混凝土、240mm 混凝土分别按公式 11-2、公式 11-1 计算其屏蔽透射因子 B、等效铅当量厚度 X，计算结果列于表 11-2。

表 11-2 混凝土的屏蔽透射因子 B 、等效铅当量厚度 X 计算结果

管电压	屏蔽材料	屏蔽透射因子 B	等效铅当量厚度 X (mm)
125kV (主束)	200mm 混凝土	1.87E-04	2.63

(2) 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 11-3 DSA 机房屏蔽体等效铅当量厚度核算及其与标准要求对比

参数	设计厚度	等效铅当量	屏蔽要求	评价
DSA 手术室	四周墙体	30×50 镀锌方管龙骨+4mm 铅板	4mm	满足
	顶面	200mm 混凝土+4mm 铅当量硫酸钡	6.63mm	满足
	地面	200mm 混凝土+4mm 铅当量硫酸钡	6.63mm	满足
	防护门	内衬 4mm 铅板	4mm	满足
	观察窗	4mm 铅当量铅玻璃	4mm	满足
	机房内有效使用面积	5.8m×10m=58m ²	单管头 X 射线设备机房内最小有效使用面积不小于 20m ² ，机房内最小单边长度不小于 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、根据 GBZ 130-2020，机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积，机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

由上表可知，徐州和佳医院有限公司本项目拟新建的 DSA 机房在额定最大管电压 125kV 下屏蔽防护措施均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

(二) DSA 机房的辐射影响预测

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。预测点选取如下：

1#—DSA 手术室东门外 30cm 处，控制室；

2#—DSA 手术室观察窗外 30cm 处，控制室；

3#—DSA 手术室东墙外 30cm 处，控制室；

- 4#—DSA 手术室防护大门外 30cm 处，洁净走廊；
- 5#—DSA 手术室南墙外 30cm 处，设备间；
- 6#—DSA 手术室污物走廊防护门外 30cm 处，污物走廊；
- 7#—DSA 手术室西墙外 30cm 处，污物走廊；
- 8#—DSA 手术室西墙外 30cm 处，污物暂存间；
- 9#—DSA 手术室北墙外 30cm 处，ICU 病床区；
- 10#—DSA 手术室楼上地面 30cm 处，建筑楼顶；
- 11#—DSA 手术室楼下地面 170cm 处，妇科中心导医台。

于 DSA 手术室周围共布设 11 处预测点，预测点布设如图 11-1、图 11-2 所示。

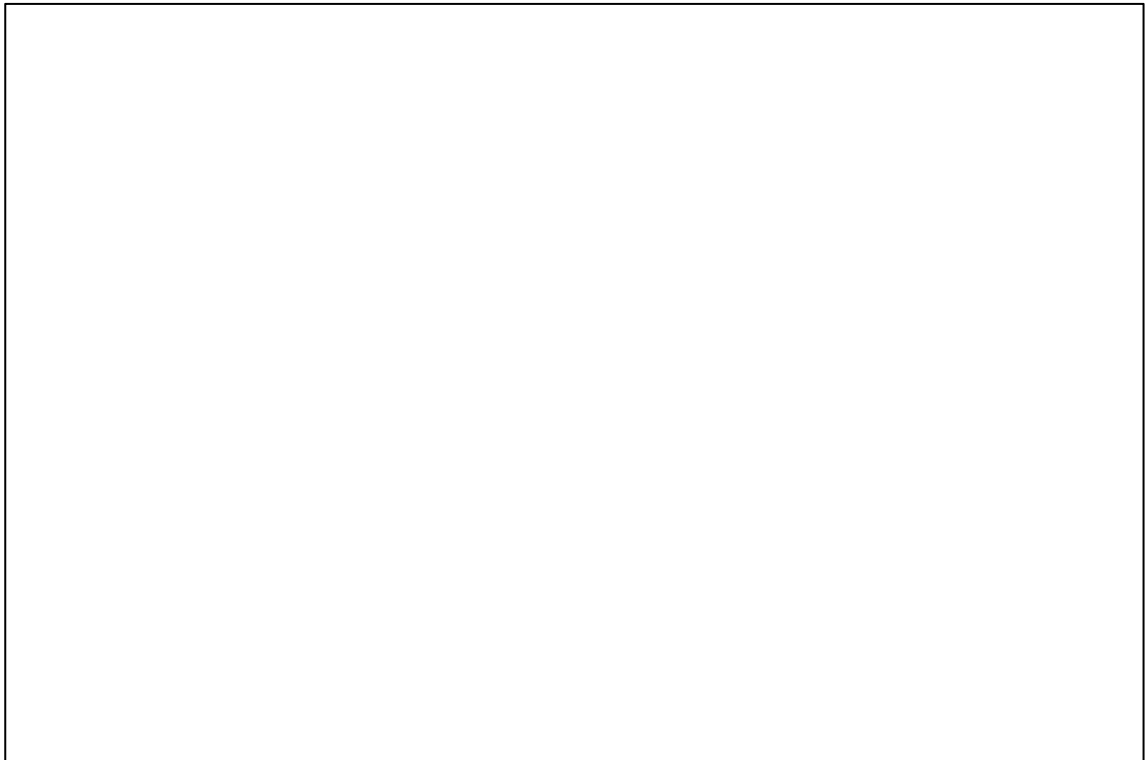


图 11-1 DSA 机房周围预测点布设平面示意图

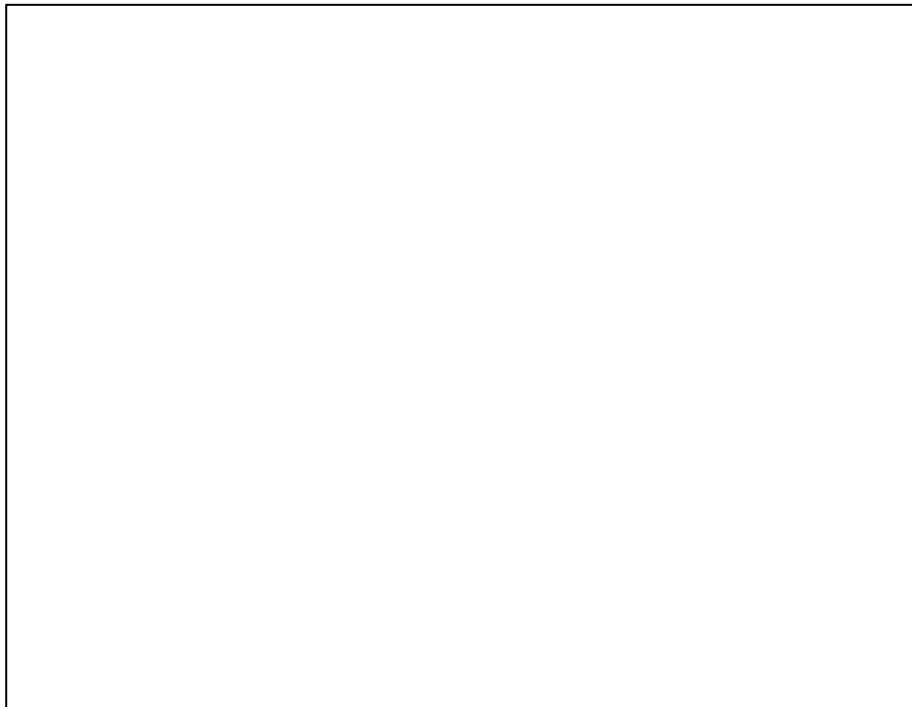


图 11-2 DSA 机房周围预测点布设剖面示意图

本项目 DSA 的辐射影响构成情况见表 11-4。

表 11-4 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、操作台操作人员
透视模式	80kV/20mA	机房外公众、操作台操作人员； 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

本项目介入手术过程中，DSA 平板探测器对 X 射线主束有屏蔽作用，NCRP147 号报告“Structural Shielding Design for Medical Imaging X-ray Facilities”4.1.6 节（Primary Barriers，P41-45）及 5.1 节（Cardiac Angiography，P72）指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。因此本项目 DSA 需要屏蔽的辐射仅考虑泄漏辐射和散射辐射。

2、关注点处泄漏辐射影响预测

泄漏辐射存在于透视操作和摄影操作过程。泄漏辐射剂量率 $\dot{H}_L$ 采用下式计算：

$$H_L = \frac{H_i \cdot B}{r^2} \cdot K \quad \text{公式 11-3}$$

式中： 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 1.0mGy/h;

B —机房各屏蔽体的泄漏射线屏蔽透射因子, 将 DSA 机房各屏蔽体的铅当量厚度 X (表 11-3) 和铅对 80kV (本项目正常运行最大管电压) 管电压 X 射线 (主射) 辐射衰减的有关的拟合参数 α 、 β 、 γ 值 (表 11-1) 代入公式 11-2, 计算相应的屏蔽透射因子 B 值;

r —关注点至 X 射线源的距离;

K —有效剂量与空气比释动能转换系数, Sv/Gy, 查《外照射放射防护剂量转换系数标准》(WS/T 830-2024) 表 B2, 对于本项目 DSA 运行时常用最大管电压 80kV, K 值取 1.67。

将有关参数代入公式 11-3, 计算 DSA 机房周围关注点处、机房内介入操作人员操作位关注点处的泄漏辐射剂量率, 计算结果见表 11-5。

表 11-5 DSA 机房关注点处泄漏辐射剂量率计算结果

关注点位置		H_i (mGy/h)	r (m)	X (mmPb)	B	$\dot{H}_L$ (μ Sv/h)
1#—DSA 手术室东门外 30cm 处, 控制室		1.0	6.78			2.65E-07
2#—DSA 手术室观察窗外 30cm 处, 控制室		1.0	6.44			2.94E-07
3#—DSA 手术室东墙外 30cm 处, 控制室		1.0	7.03			2.47E-07
4#—DSA 手术室防护大门外 30cm 处, 洁净走廊		1.0	6.33			3.04E-07
5#—DSA 手术室南墙外 30cm 处, 设备间		1.0	4.13			7.14E-07
6#—DSA 手术室污物走廊防护门外 30cm 处, 污物走廊		1.0	5.76			3.67E-07
7#—DSA 手术室西墙外 30cm 处, 污物走廊		1.0	5.65			3.82E-07
8#—DSA 手术室西墙外 30cm 处, 污物暂存间		1.0	5.58			3.91E-07
9#—DSA 手术室北墙外 30cm 处, ICU 病床区		1.0	4.1			7.25E-07
10#—DSA 手术室楼上地面 30cm 处, 建筑楼顶		1.0	3.7			2.16E-11
11#—DSA 手术室楼下地面 170cm 处, 妇科中心导医台		1.0	2.7			4.06E-11
第一术者	铅衣内	1.0	0.5			9.55
	铅衣外	1.0	0.5			91.54

第二术者	铅衣内	1.0	1			2.39
	铅衣外	1.0	1			22.88

3、关注点处散射辐射水平计算

散射辐射存在于透视操作和摄影操作过程。

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比释动能率 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，得到散射辐射有效剂量率 H_s 计算公式：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (S/400) \cdot B_s}{d_0^2 \cdot d_s^2} \cdot k \quad \text{公式 11-4}$$

式中： 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）， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，本项目取 $5\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，即 $300000\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；

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；

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。本项目最大常用管电压为 80kV，对于散射线向机房四侧墙体投射的情况，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° 时 80kV 对应的 a 值为 0.0008（该取值适用于机房四侧关注点相应预测计算）；对于散射线向机房底面投射的情况，因《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中无散射角 180° 的数据，表中所列散射角中以 135° 最接近 180° ，故从该表中散射角为 135° 、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（该取值适用于机房底面关注点相应预测计算）；对于散射线向机房顶面投射的情况，因《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中无散射角 0° 的数据，表中所列散射角中以 30° 最接近 0° ，故从该表中散射角为 0° 、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 0.0009（该取值适用于机房顶面关注点相应预测计算）；

S —主束在受照人体上的散射面积，考虑手术需要的最大照射面积，本项

目常用最大照射面积取 $16 \times 16 = 256 \text{cm}^2$;

d_0 —源至受照点的距离, 根据设备参数确定, 本项目 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;

B_s —屏蔽材料对散射线的透射因子, 此处散射线是指本项目最大常用管电压 (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 $E/E_0 = 1/[1 + E_0 (1 - \cos\theta) / 0.511] = 1/[1 + 0.08 (1 - \cos 90^\circ) / 0.511] = 0.865$, 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 70kV , 再利用 NCRP147 报告 TABLE C.1 查取散射线 70kV 下铅的 α 、 β 、 γ 拟合参数 (见表 11-1); 将机房各屏蔽体和介入操作人员防护用屏蔽物的铅当量厚度 X (见表 11-3) 和铅对 70kV 管电压 X 射线 (主射) 辐射衰减的有关的拟合参数 α 、 β 、 γ 值 (见表 11-1) 代入公式 11-2, 计算相应的屏蔽透射因子 B 值;

K —有效剂量与空气比释动能转换系数, Sv/Gy , 查《外照射放射防护剂量转换系数标准》(WS/T 830-2024) 表 B2, 按前述 90° 方向一次散射线能量对应的 kV 值为 70kV , K 值取 1.60 。

将前述有关参数代入公式 11-4, 计算透视模式、摄影模式下 DSA 机房外公众、操作台操作人员、机房内介入操作人员处散射辐射剂量率, 计算结果见表 11-6。

表 11-6 DSA 机房关注点处散射辐射剂量率计算结果

关注点位置	操作模式	H_0 ($\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$)	I (mA)	X (mm)	B_s	d_0 (m)	d_s^* (m)	H_s ($\mu\text{Sv/h}$)
1#—DSA 手术室东门外 30cm 处, 控制室	透视							1.43E-08
	摄影							3.57E-07
2#—DSA 手术室观察窗外 30cm 处, 控制室	透视							1.58E-08
	摄影							3.95E-07
3#—DSA 手术室东墙外 30cm 处, 控制室	透视							1.33E-08
	摄影							3.32E-07

4#—DSA 手术室防护大门外 30cm 处，洁净走廊	透视							1.64E-08
	摄影							4.09E-07
5#—DSA 手术室南墙外 30cm 处，设备间	透视							3.84E-08
	摄影							9.61E-07
6#—DSA 手术室污物走廊防护门外 30cm 处，污物走廊	透视							1.98E-08
	摄影							4.94E-07
7#—DSA 手术室西墙外 30cm 处，污物走廊	透视							2.05E-08
	摄影							5.13E-07
8#—DSA 手术室西墙外 30cm 处，污物暂存间	透视							2.11E-08
	摄影							5.26E-07
9#—DSA 手术室北墙外 30cm 处，ICU 病床区	透视							3.90E-08
	摄影							9.75E-07
10#—DSA 手术室楼上地面 30cm 处，建筑楼顶	透视							5.31E-14
	摄影							1.33E-12
11#—DSA 手术室楼下地面 170cm 处，妇科中心导医台	透视							9.44E-14
	摄影							2.36E-12
第一术者	铅衣内	透视						27.54
	铅衣外	透视						519.24
第二术者	铅衣内	透视						6.88
	铅衣外	透视						129.81

4、关注点处预测计算结果汇总

DSA 机房关注点处的辐射剂量率理论估算结果汇总见表 11-7。

表 11-7 DSA 机房关注点处辐射剂量率计算统计结果

关注点位置	操作模式	X 射线辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		
		散射线	漏射线	合计
1#—DSA 手术室东门外	透视	1.43E-08	2.65E-07	2.79E-07

30cm 处，控制室		摄影	3.57E-07		6.22E-07
2#—DSA 手术室观察窗外 30cm 处，控制室		透视	1.58E-08	2.94E-07	3.10E-07
		摄影	3.95E-07		6.89E-07
3#—DSA 手术室东墙外 30cm 处，控制室		透视	1.33E-08	2.47E-07	2.60E-07
		摄影	3.32E-07		5.78E-07
4#—DSA 手术室防护大门外 30cm 处，洁净走廊		透视	1.64E-08	3.04E-07	3.20E-07
		摄影	4.09E-07		7.13E-07
5#—DSA 手术室南墙外 30cm 处，设备间		透视	3.84E-08	7.14E-07	7.53E-07
		摄影	9.61E-07		1.68E-06
6#—DSA 手术室污物走廊防护门外 30cm 处，污物走廊		透视	1.98E-08	3.67E-07	3.87E-07
		摄影	4.94E-07		8.61E-07
7#—DSA 手术室西墙外 30cm 处，污物走廊		透视	2.05E-08	3.82E-07	4.02E-07
		摄影	5.13E-07		8.95E-07
8#—DSA 手术室西墙外 30cm 处，污物暂存间		透视	2.11E-08	3.91E-07	4.12E-07
		摄影	5.26E-07		9.18E-07
9#—DSA 手术室北墙外 30cm 处，ICU 病床区		透视	3.90E-08	7.25E-07	7.64E-07
		摄影	9.75E-07		1.70E-06
10#—DSA 手术室楼上地面 30cm 处，建筑楼顶		透视	5.31E-14	2.16E-11	2.17E-11
		摄影	1.33E-12		2.29E-11
11#—DSA 手术室楼下地面 170cm 处，妇科中心导医台		透视	9.44E-14	4.06E-11	4.07E-11
		摄影	2.36E-12		4.30E-11
第一术者	铅衣内	透视	27.54	9.55	37.09
	铅衣外	透视	519.24	91.54	610.77
第二术者	铅衣内	透视	6.88	2.39	9.27
	铅衣外	透视	129.81	22.88	152.69

根据表 11-7 结果分析可知，综合楼四楼 DSA 手术室外周围剂量当量率均不超过

0.001μSv/h，本项目 DSA 机房屏蔽设计能够满足《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、估算模式

机房周围公众、操作台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：

$$H_{Er} = H_r \times T \times t \quad \text{公式 11-5}$$

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，μSv/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：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad \text{公式 11-6}$$

式中： α —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84（本项目取有甲状腺屏蔽时的系数，即 0.79 进行计算）；

H_u —铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，mSv；

β —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100（本项目取有甲状腺屏蔽时的系数，即 0.051 进行计算）；

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、估算结果

将有关参数代入公式 11-5，估算 DSA 机房四周公众及操作台辐射工作人员的年附加剂量，见表 11-8。

表 11-8 DSA 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 (h)	T	辐射剂量率 (μSv/h)	年有效剂量 H_{Er} (mSv/a)
1#—DSA 手术室东门 外 30cm 处，控制室	透视				6.15E-08
	摄影				

2#—DSA 手术室观察窗外 30cm 处，控制室	透视					6.81E-08
	摄影					
3#—DSA 手术室东墙外 30cm 处，控制室	透视					5.72E-08
	摄影					
4#—DSA 手术室防护大门外 30cm 处，洁净走廊	透视					8.82E-09
	摄影					
5#—DSA 手术室南墙外 30cm 处，设备间	透视					1.04E-08
	摄影					
6#—DSA 手术室污物走廊防护门外 30cm 处，污物走廊	透视					1.06E-08
	摄影					
7#—DSA 手术室西墙外 30cm 处，污物走廊	透视					1.11E-08
	摄影					
8#—DSA 手术室西墙外 30cm 处，污物暂存间	透视					5.67E-09
	摄影					
9#—DSA 手术室北墙外 30cm 处，ICU 病床区	透视					1.68E-07
	摄影					
10#—DSA 手术室楼上地面 30cm 处，建筑楼顶	透视					2.96E-13
	摄影					
11#—DSA 手术室楼下地面 30cm 处，妇科中心导医台	透视					8.88E-12
	摄影					

由表 11-8 计算结果可知，本项目 DSA 机房四周公众的年附加剂量均不超过 0.001mSv，控制室辐射工作人员的年附加剂量均不超过 0.001mSv，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、公众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，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围北侧至民富路，其余方向均位于医院边界

内。由表 11-8 可知，本项目机房周围公众受照剂量最大 $<0.001\text{mSv/a}$ ，且在考虑其他建筑结构的屏蔽、人员居留情况及距离的衰减后，对周围人员的年有效剂量还将进一步降低，远小于上述计算结果，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（公众年有效剂量不超过 0.1mSv ）。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。

将有关参数代入公式 11-6，计算第一术者、第二术者年有效剂量，结果列于表 11-9。

表 11-9 DSA 机房内介入操作人员年有效剂量估算结果

位置		α	β	部位	空气比释动能率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）			年照射时间（h）	年有效剂量 E （mSv）
					散射线	漏射线	合计		
DSA 手术室	第一术者	0.79	0.051	铅衣内	27.54	9.55	37.09	216.6	13.09
				铅衣外	519.24	91.54	610.77		
	第二术者			铅衣内	6.88	2.39	9.27		3.27
				铅衣外	129.81	22.88	152.69		

由表 11-9 可知，本项目 DSA 机房内第一术者操作位分别由 3 人承担，平均每人的年有效剂量最大不超过 4.36mSv ；第二术者操作位由 1 人承担，年有效剂量最大不超过 3.27mSv ；手术室内护士保守参考第二术者操作位估算年有效剂量，均能满足工作人员剂量约束值 5mSv 的要求。上述人员年有效剂量为保守估算，DSA 运行中，受人员操作距离及设备附加滤过的影响，实际年受照剂量小于理论估算值。

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地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。

综上所述，根据上述理论估算结果，本项目 DSA 机房在经实体屏蔽后，对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、非放射性“三废”影响分析

（一）废气

DSA 机房内的空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等气体，DSA 机房内拟设置机械通风装置进行通风换气。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，由院内污水处理站统一处理，对环境的影响较小。

（三）固体废物

工作人员产生的生活垃圾，经分类收集后，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 DSA 属 II 类射线装置，医院在开展介入治疗和诊断过程中，如果安全管理或防护不当，可能对人员产生误照射。因此本项目主要事故风险为：

（一）DSA 工作状态下，未按工作流程进行清场，人员误留、误入机房内，导致发生误照射；

（二）操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射；

（三）使用 DSA 的医生或护士在手术室内曝光时未穿戴铅围裙、铅防护手套、铅防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射；

（四）DSA 检修时，误开机，维修人员受到意外的照射伤害。

二、辐射事故后果计算分析

本项目最大潜在事故为 DSA 运行时，人员误照射。

当人员无防护处于机房内时发生误照射时，保守取摄影模式工况，考虑散射辐射与泄漏辐射，受照时间保守取 1min（发现 DSA 意外出束后按下急停按钮所需的时间），计算人员受照时，职业人员距离按照 1m 考虑，公众距离按照 2m 考虑，事故状态下人员受照剂量计算结果见表 11-10。

表 11-10 事故情况下人员受照剂量估算结果

受照人员	关注点与靶点距离 (m)	时间 (h)	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		年受照剂量 (mSv/次)		
			散射线	漏射线	散射线	漏射线	总计
职业人员	1	1/60	6.07E+05	1.67E+03	1.01E+01	2.78E-02	10.1
公众	2	1/60	1.52E+05	4.18E+02	2.53E+00	6.96E-03	2.54

根据表 11-10 可知，DSA 在一次事故状态下短时间内可导致辐射工作人员受照剂量为 10.1mSv，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中职业人员年受照剂量 20mSv/a 限值，不构成辐射事故；可导致公众受照剂量 2.54mSv，超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中公众年受照剂量 1mSv/a 限值，属于一般辐射事故。

三、事故预防措施及处理方法

（一）事故预防措施

- 1、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；
- 2、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；
- 3、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。

（二）事故处理方法

- 1、当发生误照射时，应立即按下急停开关，确保 DSA 停止工作；
- 2、对工作人员造成额外照射时，应及时检测个人剂量计，剂量超标的人员应及时就医检查并调岗；

3、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，立即启动事故应急方案，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

徐州和佳医院有限公司在综合楼四楼新增 1 台 DSA，DSA 属 II 类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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。从事辐射工作管理和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考核。

根据上述要求，徐州和佳医院有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，以文件形式明确管理人员职责，并指定人员兼职辐射安全与环境保护管理工作。医院拟为本项目配置 6 名辐射工作人员，均为新培训辐射工作人员。根据《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）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目辐射工作人员须参加并通过“医用 X 射线诊断与介入放射学”辐射安全与防护考核，医院辐射管理人员须参加并通过“辐射安全管理”辐射防护上岗考核，考核合格后方可上岗。

医院应及时关注辐射工作人员辐射安全和防护专业知识的培训时间，如有辐射培训证书到期人员还应及时参加生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核。

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”。医院拟根据上述要求并结合本次新增 1 台 DSA 项目的特点及以下内容制定相关制度，落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

1) 操作规程：针对本项目 DSA 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，重点是工作时必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生。

2) 岗位职责：明确与本次新增 DSA 相关的管理人员、射线装置操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

3) 辐射防护和安全保卫制度：根据单位的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，规定专人负责实时 DSA 项目防护与安全保卫工作，定期对辐射防护与安全保卫相关的用品、仪器进行检查。

4) 设备维修制度：明确 DSA 和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常新建过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保射线装置、安全措施（警示标志、工作状态指示灯）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

5) 人员培训计划和健康管理制：明确本项目的培训对象、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。辐射工作人员应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。

6) 监测方案：制订辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。对辐射工作人员进行个人剂量监测并建立个人剂量档案，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环境保护、卫生部门调查处理；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。

辐射监测

根据辐射管理要求，徐州和佳医院有限公司拟配备辐射巡测仪 1 台，拟为本项目配备个人剂量报警仪 2 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：

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

2) 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；

3) 定期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；

4) 所有辐射工作人员上岗前进行职业健康体检，以排除职业禁忌证。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；

5) 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。

徐州和佳医院有限公司拟根据上述监测计划，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- γ 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。此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，使用射线装置的单位，应当对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前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。

表 12-1 工作场所监测计划一览表

监测对象	监测项目	监测点位	监测类别	监测周期	监测方式
DSA 机房	X- γ 辐射剂量率	距墙体、门、观察窗表面 30cm 处；楼上地面 100cm、楼下地面 170cm 处，人员操作位处，电缆口外 30cm 处	验收监测	竣工后 3 个月内	委托有资质单位监测
			日常监测	不少于 1 次/季	自主监测
			年度监测	1~2 次/年	委托有资质单位监测

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：

- 1) 应急机构和职责分工；
- 2) 应急的具体人员和联系电话；
- 3) 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；
- 4) 辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- 5) 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方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，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。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

徐州和佳医院有限公司拟在综合楼四楼新增 1 台 DSA（型号为：Azurion7 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。DSA 属 II 类射线装置。

二、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。

三、选址合理性

徐州和佳医院有限公司位于江苏省徐州市云龙区民富路 39 号，医院东侧为法治公园，南侧为云龙玉兰苑小区，西侧为兴云路，北侧为民富路。

本项目 DSA 手术室位于医院综合楼四楼，综合楼四周均为院内道路，DSA 手术室东侧为控制室，南侧为洁净走廊及设备间，西侧为污物走廊及污物暂存间，北侧为 ICU 病床区，上方为建筑屋面，下方为妇科中心候诊区、导医台及空调机房。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围除北侧至民富路，其余方向均位于医院边界内。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、院内病患及其家属和民富路处公众等。

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《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）、《关于印发〈生态环境分区管控管理暂行规定〉的通知》（环环评〔2024〕41 号）和《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》（苏自然资函〔2023〕880 号）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徐州市云龙区中心城区重点管控单元（编码：ZH32030320014）内，不在徐州市生态保护红线内，评价范围内均不涉及优先保护单

元和一般管控单元。

本项目 DSA 机房与控制室分开，区域划分明确，选址及布局合理。

五、辐射环境现状

徐州和佳医院有限公司新增 1 台 DSA 项目拟建址及其周围环境楼房室内 γ 辐射剂量率为 34nGy/h~69nGy/h，略低于江苏省室内环境天然 γ 辐射剂量率水平 50.7nGy/h~129.4nGy/h 范围；室外道路 γ 辐射剂量率为 30nGy/h~72nGy/h，处于江苏省道路环境天然 γ 辐射剂量率水平 18.1nGy/h~102.3nGy/h 范围内，属江苏省环境天然 γ 辐射剂量率本底水平。

六、环境影响评价

本项目拟采取的辐射防护屏蔽措施适当，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）相关要求。根据理论估算结果，在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施的情况下，本项目投入运行后对辐射工作人员和公众所受辐射剂量能够满足《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）。

七、“三废”的处理处置

DSA 工作时，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。

八、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

本项目 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 机房入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯，工作状态指示灯与防护门设置有效关联，DSA 机房拟设闭门装置、观察窗与对讲装置，DSA 设备上拟设置急停按钮，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的安全管理要求。

九、辐射安全管理评价

徐州和佳医院有限公司拟设定专门的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，以医院内部文件形式明确其管理职责。医院拟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》，建立符合本院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

徐州和佳医院有限公司拟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；拟定期组织辐射工作人员进行职业健康体检，建立个人职业健康监护档案；医院拟配备辐射巡测仪 1 台、拟为本项目配备个人剂量报警仪 2 台。此外，医院拟为辐射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，徐州和佳医院有限公司新增 1 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

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。

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。

4、医院在取得本项目环评批复，且具备辐射安全许可证申请条件后，应及时申请辐射安全许可证，并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）第十二条“除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。”的规定时限要求开展竣工环境保护验收工作。

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。	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机房四侧墙体采用铅板、顶面和地面采用混凝土+硫酸钡、观察窗采用铅玻璃、各防护门内嵌铅板进行辐射防护。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。	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剂量约束值要求。	
	安全措施：本项目DSA机房入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯，工作状态指示灯与防护门设置有效关联；防护门拟设有闭门装置；机房设置观察窗与对讲装置，DSA设备上拟设置急停按钮；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》（GBZ130-2020）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	拟配备辐射巡测仪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。	
	拟配备个人剂量报警仪2台。		
	DSA介入治疗医生配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、介入防护手套等，同时设置铅悬挂防护屏和床侧防护帘等。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求。	
辐射安全管理制度	根据环评要求，按照项目的实际情况，建立操作规程、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，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许可管理办法》相关要求。	
总计	/	/	

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。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

公章

经办人

年 月 日

审批意见

公章

经办人

年 月 日