

核技术利用建设项目
威海高区利民医院有限公司
DSA 装置应用项目
环境影响报告表

威海高区利民医院有限公司

2024 年 12 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

威海高区利民医院有限公司

DSA 装置应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：威海高区利民医院有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：山东省威海市火炬高技术产业开发区沈阳路-96 号

邮政编码：

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

表 1 项目基本情况

建设项目名称		威海高新区利民医院有限公司 DSA 装置应用项目			
建设单位		威海高新区利民医院有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地点		山东省威海市火炬高技术产业开发区沈阳路-96 号			
项目建设地点		威海市火炬高技术产业开发区沈阳路-96 号 威海高新区利民医院门诊楼四层偏北侧中部			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		1450	项目环保投资 (万元)	40	投资比例(环保 投资/总投资) 2.76%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m ²) 70.10 (介入手术室)
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	/			

1.1 建设单位情况

威海高新区利民医院有限公司（2022-05 至现在）成立于 2016 年 1 月，曾用名威海吞武里医疗投资有限公司威里金海湾医院（2016-01 至 2017-11）、威海威里医院有限公司（2017-11 至 2020-04）、威海市高新区利民医院有限公司（2020-04 至 2020-05）、威海高新区医院有限公司（2020-05 至 2022-05），威海高新区利民医院系二级综合医院，地处威海市高新区中心位置，医院救治能力辐射周边 20 余万人口，现有开放床位 337 张，自中心医院接管以来，逐渐得到当地百姓的认可，门诊、住院患者数量逐渐增多，月门诊量 5000 余人次，月出院病人 300 余人次，特别是高新区医院卒中中心、胸痛中心、创伤中心启动以来，卒中、胸痛、创伤患者较前明显增多。目前已多次成功完成关节置换术、血管

杂交术、胸腰椎骨折固定术、静脉曲张微创治疗、关节镜微创治疗、脑血管搭桥术、脑血管瘤夹闭术、胃肠道肿瘤根治术、肺段切除术、心脏支架植入术、脑血管支架植入术等高难度手术，使高区百姓在家门口即可享受到三甲医院的医疗服务。

2016 年 12 月威海吞武里医疗投资有限公司威里金海湾医院项目编制完成环境影响报告书，2016 年 12 月 23 日原威海市环保局高区分局作出“关于威海吞武里医疗投资有限公司威里金海湾医院项目环境影响报告书的批复”（威环高评字[2016]14 号），医院于 2020 年进行了扩建，威海市生态环境局于 2020 年 5 月 20 日对其进行了批复：威环高（2020）23 号，医院已完成验收，环保手续齐全。

1.2 现有工程规模及辐射安全管理现状

1.2.1 现有工程规模

医院现持有《辐射安全许可证》，许可种类和范围：使用 II 类、III 类射线装置，有效期至 2026 年 11 月 23 日，证书编号为鲁环辐证[10595]，见附件 2。医院辐射安全许可证上登记有 2 台 II 类射线装置和 8 台 III 类射线装置，2 台 II 类射线装置均已完成竣工环境保护验收，环保验收情况见下表，环保手续齐全；III 类射线装置均已进行环境影响登记备案。

威海高区利民医院有限公司辐射安全许可证所列项目情况见下表。

表 1-1 医院现有项目一览表

序号	射线装置名称	型号	类别	数量	工作场所	环评情况	验收情况
1	DSA	Optima CL323i	II 类	1	影像科（一楼）	2019 年 6 月 12 日威环辐表审[2019] 6 号	2019 年 8 月 10 日通过竣工环保验收
2	DSA	Discovery IGS 7-30HOR	II 类	1	四楼手术室	2021 年 7 月 13 日威环高[2021] 22 号	2021 年 11 月 1 日通过竣工环保验收
3	X 线透视减影系统	D-VISION PLUS	III 类	1	影像科	备案号：20193710000100000121	
4	64 排 CT	Optima CT680 FXPONT	III 类	1	影像科	备案号：20193710000100000122	
5	乳腺机	Senographe Crystal	III 类	1	影像科	备案号：20193710000100000123	
6	X 射线骨密度仪	DPR-NT	III 类	1	影像科	备案号：20193710000100000124	

7	数字化 X 射线 减影系统	YDR-XD	III类	1	影像科	备案号: 20193710000100000125
8	口腔 CT 机	XG 3D/CEPH 1Y-XG3D	III类	1	口腔科	备案号: 20193710000100000126
9	16 排 CT	Access CT	III类	1	影像科	备案号: 20213710000100000010
10	256 排 CT	Revolution CT	III类	1	影像科	备案号: 20213710000100000016

1.2.2 辐射安全管理现状

为了加强辐射安全和防护管理工作，医院签订了辐射工作安全责任书，成立了辐射安全领导小组，制定了各项辐射安全管理规章制度；现有辐射工作人员的个人剂量监测工作已委托有资质单位开展，监测频次为每 3 个月检测一次，同时建立了个人剂量档案，每人一档；委托有资质单位对机房周边 X- γ 空气吸收剂量率开展年度监测；制定了《辐射事故应急处理预案》，定期开展辐射事故应急演练，在多年运行过程中，未发生过辐射安全事故；每年对射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写了年度评估报告，委托监测出具的监测报告与年度评估报告于每年 1 月 31 日前一并上报生态环境部门，同时将年度评估报告上传全国核技术利用辐射安全申报系统。

1.3 本项目建设规模

为满足医院介入诊疗工作需要，医院拟将门诊楼四楼偏北侧中间位置现有 2 号普通手术室进行改造，改造后建设为 DSA 工作场所，DSA 工作场所包括 DSA 介入手术室、操作室、设备间、器械库、污物走廊、走廊等，DSA 介入手术室占地面积约 70.10m²。

拟在 DSA 介入手术室内安装使用 1 台 Azurion7M20C 型 DSA，用于开展介入诊疗工作，DSA 属于 II 类射线装置。

医院地理位置见附图 1，项目周边环境关系影像图见附图 2，医院门诊楼总平面布置见附图 3。

经现场勘查，DSA 机房尚未进行防护工程，DSA 装置尚未安装。DSA 介入手术室内现状见图 6-1。

本次评价包含的射线装置如下表所示：

表 1-2 本项目 DSA 装置情况

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	Azurion7M20C	125	1000	医学 诊疗	医院四层拟建 DSA介入手术室	拟 购
---	-----	-----	----	--------------	-----	------	----------	--------------------	--------

1.4 选址合理性和实践正当性

1.4.1 选址合理性

医院建设项目环保手续齐全，本项目于现有院区内部进行建设，不新增用地，医院用地性质为医疗卫生用地，用地符合相关规划要求。

根据医院提供的图纸及现场勘查，本项目 DSA 介入手术室位于门诊楼四楼偏北部中间位置，手术室东侧为洁净走廊，走廊隔壁为手术室，南侧为洁净走廊，走廊隔壁为手术室复苏室、仪器间、换床间，西侧为耗材间，北侧为设备间、控制室、器械库、污物通道，楼层上方为门诊楼裙楼楼顶，楼层下方为病房，所在区域均相对独立，周围无关人员较少。

针对 DSA 介入手术室楼下病房，项目采用 150mm 混凝土+50mm 硫酸钡地面，加强地面的防护能力，有效减少对楼下病房的影响。本项目 DSA 介入手术室周围 50m 评价范围内除所在门诊楼外，门诊楼北侧存在一座综合楼、西侧为蓝天广场居民楼。经下文分析，上述环境保护目标处的辐射水平及公众受照剂量可满足国家相关要求，DSA 装置进行放射诊断过程对辐射工作人员和周围公众成员的辐射影响较小，因此本项目选址合理可行。

医院所在地理位置见附图 1，周边影像关系见附图 2，医院平面布置图见附图 3。

1.4.2 实践正当性

目前院区已拥有两台 DSA，现有装置已不能满足日益增长的医疗需求，院方拟新建一台 DSA 装置用于医学诊疗，有利于提高医院的介入诊疗水平，具有良好的社会效益和经济效益。同时根据下文分析，本项目采取辐射防护措施，能保证 DSA 工作场所外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内；项目运行过程中产生的辐射影响可以满足国家相关要求，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

1.5 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展和改革委员会令第 7 号）中的鼓励类项目“三十七 卫生健康、1、医疗卫生服务设施建设”。本项目属服务于主体工程的辅助项目，因此本项目符合国家当前产业政策要求。

1.6 目的和任务的由来

根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，DSA 装置属于 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》“五十五 核与辐射-172 核技术利用建设项目”，本项目属于使用 II 类射线装置，应当编制环境影响报告表。DSA 装置在运行过程中产生的 X 射线可能对环境产生一定的辐射影响。为保护环境和保障公众的环境权益，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规对伴有辐射建设项目环境管理的规定，威海高区利民医院有限公司委托山东海美依项目咨询有限公司对其 DSA 装置应用项目进行环境影响评价。在收集资料、现场调查、辐射环境现状检测以及理论分析等基础上，依照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）编制了该项目的环境影响报告表。

表 2 射线装置

(一) 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 装置	II 类	1 台	Azurion7M20C	125	1000	放射诊疗	医院四层拟建 DSA 介入手术 室	拟购

表 3 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
非放射性有害气体	气态	/	/	少量	少量	/	/	DSA 介入手术室设有新风系 统，废气经排风口排至外环境
医疗废物（废造影 剂、其他一次性医疗 器材）HW01 类	液态、固态	/	/	少量	少量	/	医疗废物间	由有资质的单位处置

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 4 评价依据

法规文件	1. 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号，2015.1 施行； 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 24 号，2018.12 修订并施行； 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 6 号，2003.10 施行； 4. 《建设项目环境保护管理条例（2017 修订）》，国务院令第 682 号，2017.10 施行； 5. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005.12 施行，2014.7 第一次修订，2019.3 第二次修订； 6. 《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，2017.12 施行； 7. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2006.3 施行，2021.1 第四次修订； 8. 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环保总局环发[2006]145 号，2006.9 施行； 9. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011.5 施行； 10. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第 16 号公布，2021.1 施行； 11. 《山东省辐射污染防治条例》，山东省人民代表大会常务委员会公告第 37 号，2014.5 施行； 12. 《山东省环境保护条例》，山东省第十三届人大常委会第七次会议，2018.11 修订，2019.1 施行。
技术标准	1. 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； 2. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； 3. 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； 4. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；

	5. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； 6. 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）。
其他	1. 威海高区利民医院有限公司 DSA 装置应用项目环境影响评价委托书； 2. 威海高区利民医院有限公司提供的辐射安全许可证、DSA 介入手术室设计图纸等资料； 3. 《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》（山东省环境监测中心站，1989 年）。

表 5 保护目标与评价标准

5.1 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）规定要求，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。

本项目为在 DSA 介入手术室使用 II 类射线装置，本次评价范围为 DSA 介入手术室屏蔽体外 50m 区域内。

5.2 保护目标

本项目保护目标为评价范围内活动的职业人员和公众成员。其中，职业人员主要指利用本项目 DSA 装置开展诊疗工作的辐射工作人员；公众成员主要为评价范围内活动的非本项目医护人员、就诊患者、环境保护目标处人员及其他公众人员。介入室周围环境保护目标见下表。

表 5-1 本项目主要保护目标情况一览表

保护目标	人数	区域及人群	方位、距离	环境特征
职业人员	9 人	在控制室内进行设备操作的技师及在介入室内进行介入手术的医师、护士	北侧相邻的控制室与介入室内	——
公众成员	约 400 人	医院门诊楼工作人员及患者	门诊楼 DSA 所在机房、楼下	地上 13 层结构楼房(裙楼 4 层)无地下室
	约 200 人	医院门诊楼工作人员及患者	门诊楼 DSA 所在机房楼上	地上 13 层结构楼房（5-13 层）
	约 500 人	医院综合楼工作人员及患者	北部综合楼约 30 米	地上 13 层结构楼房、地下 2 层（均为仓库）
	约 56 人	蓝天广场 193-16 栋二单元、193-9 栋五单元	DSA 所在门诊楼西侧居民楼 W，35m	地上 7 层结构楼房，地下 1 层
	约 300 人	手术室周围评价范围内经过的就诊患者、非本项目医护人员及其他公众成员	手术室周围 0~50m	——

5.3 评价标准

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 B 规定：

B1 剂量限值：

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 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：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；

d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

b) 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；

c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

职业人员和公众成员一般取其剂量限值的 1/10-3/10 作为剂量约束值。

2. 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

第 6.1.1 款：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。

第 6.1.2 款：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。

第 6.1.5 款：除床旁减影设备、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、技术引用项目的 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 5-2 的规定。

表 5-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^d （m ² ）	机房内最小单边长度 ^e （m）
单管头 X 射线设备 ^b （含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5

^b单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。

^d机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。

^e机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

第 6.2.1 款：不同类型 X 射线设备（不含床旁减影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 5-3 的规定。

表 5-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用束方向铅当量 mm
C 形臂 X 射线设备机房	2	2

第 6.2.3 款：机房的门和窗关闭时应满足表 5-3 的要求。

第 6.3.1 款：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 $\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。

第 6.4.1 款：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。

第 6.4.3 款：机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

第 6.4.4 款：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。

第 6.4.5 款：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防护门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

第 6.4.6 款：电动推拉门宜设置防夹装置。

第 6.5.1 款：每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 5-4 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。

第 6.5.3 款：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。

第 6.5.4 款：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。

表 5-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查	工作人员	受检者
------	------	-----

类型	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	—
注：“—”表示不做要求。				

综上所述，本次评价采用 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 作为 DSA 手术室屏蔽层外剂量率目标控制值；以 GB 18871-2002 规定的年有效剂量限值的 $1/4$ 作为职业人员年管理剂量约束值，即以 5.0mSv 作为职业人员的年管理剂量约束值，以 125mSv 作为职业人员四肢的年当量剂量约束值，参照 GBZ 120-2020，以 20mSv 作为职业人员眼晶体的年当量剂量约束值；以 GB 18871-2002 规定的年有效剂量限值的 $1/10$ 即 0.1mSv 作为公众成员年管理剂量约束值。

3. 环境天然辐射水平

根据山东省环境监测中心站 1989 年所出具的《山东省环境天然放射性水平调查报告》，本次评价以烟台市（当时威海市属于烟台市）环境天然 γ 空气吸收剂量率作为本项目天然辐射水平的参考。烟台市环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 5-5。

表 5-5 烟台市环境天然 γ 空气吸收剂量率 单位： $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$

监测内容	范 围	平均值	标准差
原 野	2.14~12.05	5.84	5.84
道 路	1.94~20.14	6.49	6.49
室 内	4.56~20.53	10.11	10.11

注：表中数据摘自 1989 年《山东省环境天然放射性水平调查报告》，报告中无威海市数据，使用原隶属烟台市数据。

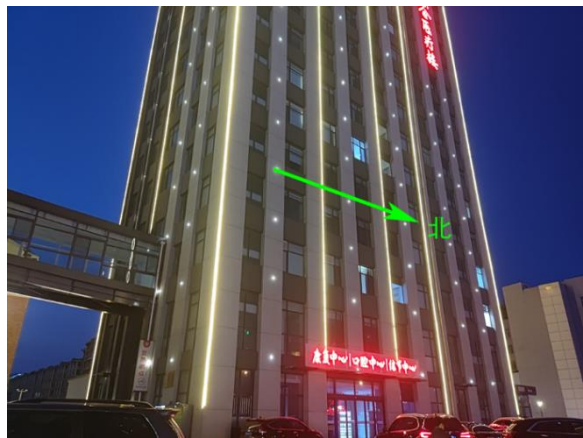
表 6 环境质量和辐射现状

6.1 项目地理及场所位置

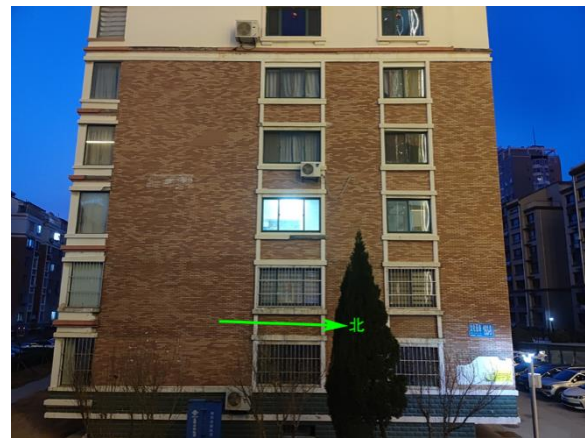
威海高区利民医院有限公司位于山东省威海市火炬高技术产业开发区沈阳路-96 号，医院共有南部门诊楼及北部综合楼两座大楼，其中拟建 DSA 装置位于南部门诊楼上，门诊楼下部四层为裙楼，五至十三楼为主楼，拟建 DSA 装置位于门诊楼四楼偏北部中间位置，装置楼上为裙楼楼顶。医院大楼四层平面布置见附图 3，本项目场所四周环境详见表 6-1，现场勘查时现状照片见图 6-1。

表 6-1 DSA 介入手术室周围环境一览表

名称	方向	场所名称（0~50m）
DSA 手术 室	楼上	门诊楼裙楼四楼楼顶、楼上 5-13 主楼病房
	东侧	洁净走廊、6 号手术室、7 号手术室、DSA 介入手术室、院内道路、空地、沈阳路
	南侧	洁净走廊、病人缓冲区、仪器间、复苏室、换床间等
	西侧	消毒间、耗材间、器械间、院内空地、内部通道等
		蓝天广场 193-16 栋二单元（距 DSA 介入手术室约 38m）、193-18 栋五单元（距 DSA 介入手术室约 35m）
	北侧	设备间、控制室、器械库、手术室、院内道路
		综合楼病房（距 DSA 介入手术室约 30m）
	楼下	走廊、病房、门诊科室



北侧综合楼



门诊楼西侧蓝天广场居民楼



机房上部楼顶无建筑，无法进入。

图 6-1 本项目周围现场拍摄照片（2024 年 1 月）

6.2 环境质量和辐射现状

6.2.1 检测方案

本次评价根据项目实际情况制定辐射环境检测计划，对本项目 DSA 介入手术室周围

辐射环境现状进行检测。检测方案如下所示：

1. 环境现状评价对象

本项目 DSA 介入手术室周围辐射环境现状。

2. 检测因子

γ 辐射空气吸收剂量率。

3. 检测点位

根据实际建设情况，本次评价只进行现状值检测，按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）测点布设原则，于机房周围及门诊楼周边共布设 9 个检测点，检测布点见图 6-2。

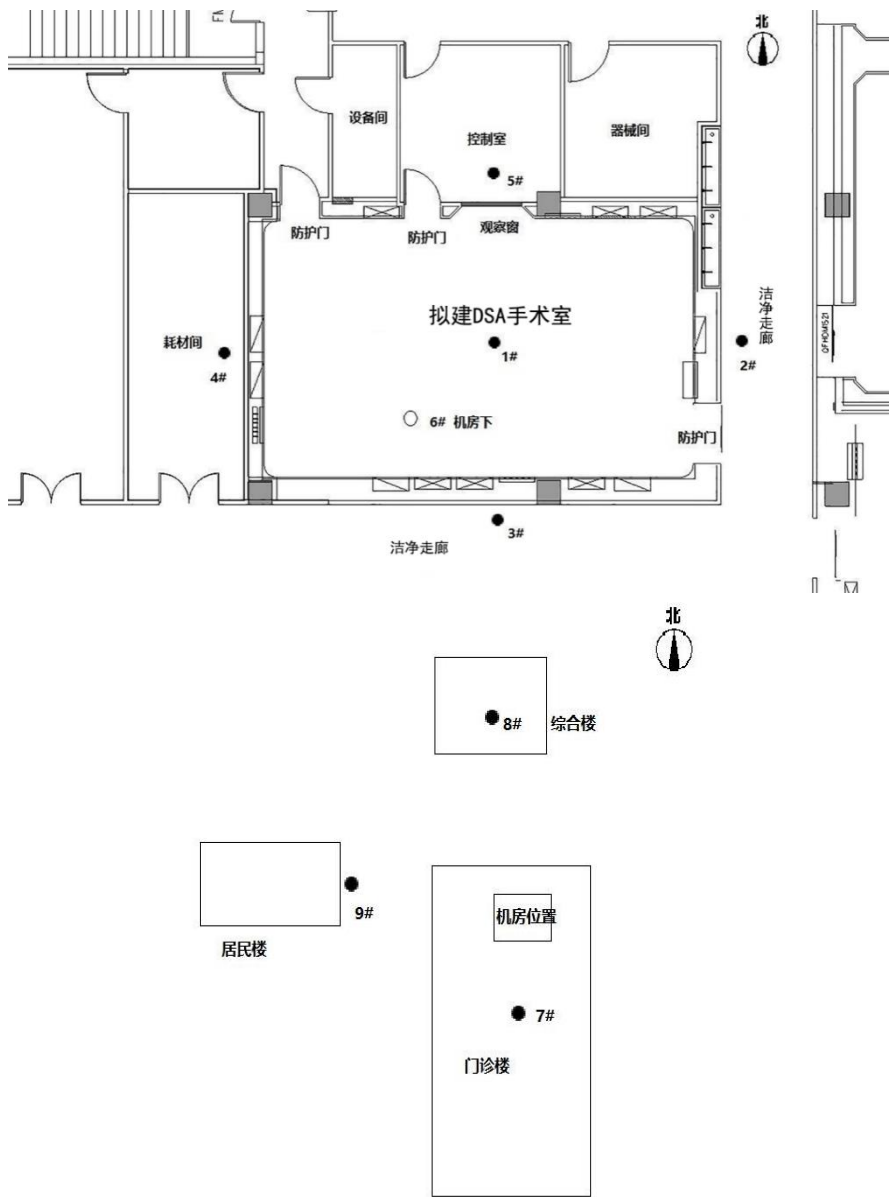


图 6-2 检测布点示意图

6.2.2 质量保证措施

1、检测单位

本次评价委托具备检测资质的山东杰创安全检测有限公司开展检测，该公司已取得生态环境认证，具备环境 γ 空气吸收剂量率的检测资质。

2、检测仪器

检测仪器名称：便携式 X、 γ 剂量率仪；

仪器型号：HD-2005；内部编号：JCJ044；

量程范围：（1~50000） $\times 10^{-8}$ Gy/h；能量响应：25KeV~3MeV；

检定单位：山东省计量科学研究院；

检定日期：2023 年 10 月 29 日；检定周期：1 年；

检定证书编号：Y16-20232570。

3、检测方法

依据《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）的要求和方法进行现场测量。将仪器接通电源预热 15min 以上，设置好测量程序，仪器自动读取 10 个数据，计算均值和标准偏差。

4、其他保证措施

本次由两名检测人员共同进行现场检测，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。检测时获取足够的数据量，以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料、仪器校准（测试）证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留，以备复查。检测报告严格实行多级审核制度，经过校对、审核，最后由授权签字人审定。

6.2.3 检测时间与条件

2024 年 1 月 8 日，天气：晴，温度：23℃，相对湿度：45%。

6.2.4 检测结果

γ 辐射空气吸收剂量率检测结果见下表。

表 6-2 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果

点位编号	检测位置描述	检测结果（ $\times 10^{-8}$ Gy/h）		备注
		平均值	标准差	
1#	门诊楼四楼拟建 DSA 介入手术室中心位置	7.1	0.4	室内布点
2#	门诊楼四楼拟建 DSA 介入手术室东侧	7.8	1.1	室内布点
3#	门诊楼四楼拟建 DSA 介入手术室南侧	9.2	0.7	室内布点
4#	门诊楼四楼拟建 DSA 介入手术室西侧	7.8	0.6	室内布点

5#	门诊楼四楼拟建 DSA 介入手术室北侧	8.4	0.4	室内布点
6#	门诊楼四楼拟建 DSA 介入手术室楼下	12.9	0.4	室内布点
7#	门诊楼一层大厅	12.7	0.9	室内布点
8#	门诊楼北侧综合楼一层大厅	11.1	0.7	室内布点
9#	门诊楼西侧居民楼外	9.3	1	室外布点

注：1. 机房上无建筑。

2. 检测结果已扣除所使用仪器宇宙射线响应值： $3.34 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 。

3. 监测期间四层现有 DSA 正常开机。

4. 宇宙射线响应值的屏蔽修正因子：原野及道路取 1.0 平房取 0.9 多层建筑物取 0.8。

6.2.5 环境现状调查结果评价

由表 6-2 可知，本项目 DSA 介入手术室周围室内 γ 辐射空气吸收剂量率在 $(7.1 \sim 12.9) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间，室外 γ 辐射空气吸收剂量率为 $9.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，处于威海市环境天然放射性水平范围内[室内 $(4.56 \sim 20.53) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 、[道路 $(1.94 \sim 20.14) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 。

表 7 项目工程分析与源项

7.1 施工期工艺流程简述

本项目 DSA 介入手术室拟在现有手术室的基础上进行改建，本次改建不涉及墙体变动，主要对墙面及地面、楼顶、通风管道、排风井等进行装修改造，墙面及室顶加装铅防护板、地面新浇筑硫酸钡地面，通风管道内加装屏蔽装置，同时换装铅屏蔽门、屏蔽玻璃等。本次施工期主要包括手术室的防护装修工程以及设备安装工程等，建设内容较少。本项目施工期工艺流程及产污环节见图 7-1。施工期可能的污染因素主要为常规环境要素，无辐射影响。

```
graph LR; A[装修工程  
(辐射防护工程)] --> B[设备安装]; B --> C[工程验收]; A --> D[噪声、扬尘、施工  
废水、生活污水、  
固体废物]; B --> E[噪声、生活  
污水、固体  
废物];
```

图 7-1 施工期工艺流程及产污环节

7.2 营运期工艺流程简述

7.2.1 DSA 装置简介

1. 设备组成及参数

DSA 主要由平板探测器、球管、C-arm 支持系统、导管床及操作台组成。本项目 DSA 装置主要技术参数见表 7-1。

表 7-1 本项目 DSA 装置主要技术参数

设备名称	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	工作场所	备注
DSA 装置	飞利浦 Azurion7M20C	125	1000	门诊楼四层偏北侧 拟建 DSA 介入手术 室	拟购

2. 基本原理

数字减影血管造影 (DSA)，主要采用时间减影法，即将造影剂未达到欲检部位前摄取的蒙片与造影剂注入后摄取的造影片在计算机中进行数字信号相减处理，仅显示有造影剂充盈的结构，具有高精密度和灵敏度。利用计算机系统将注射造影剂前的透视影像转换成数字信号形式贮存于记忆盘中，称作蒙片。然后将注入造影剂后的造影区的透视影像也转换成数字信号，并减去蒙片的数字信号，将剩余数字再转换成图像，即成为除去

了注射造影剂前透视图像上所见骨骼和软组织影像，剩下的只是清晰的纯血管造影像。

在血管造影时，X 射线照射人体后产生的影像，经影像增强器强化，由摄像机接收并把它变成模拟信号输入模一数转换器，把模拟信号转变成数字信号，然后把数字信号存入存贮器。同时电子计算机图像处理系统把图像分成许多像素，并通过数-模转换器把数字信号变成模拟信号，再输入监视器，从监视器屏幕上就可见到实时纯血管的图像。

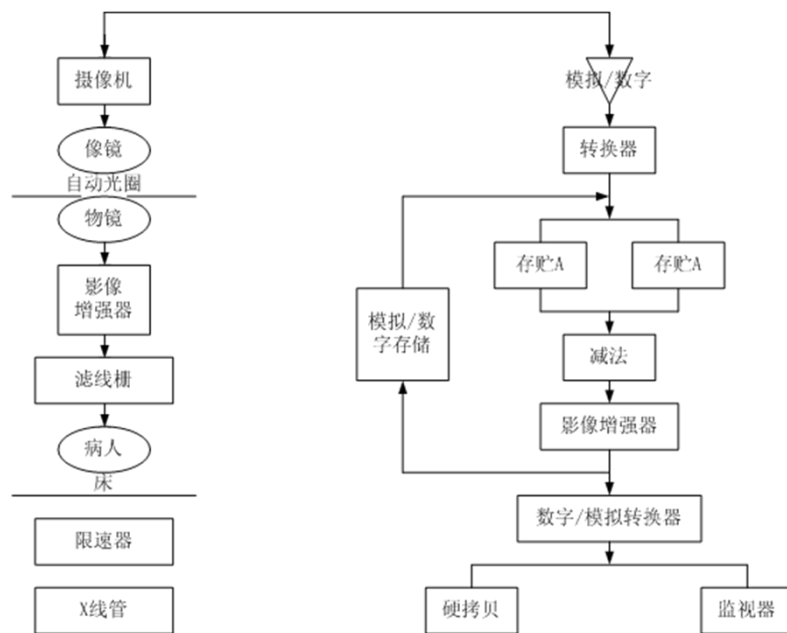


图 7-2 DSA 工作原理示意图

7.2.2 工作流程

本项目 DSA 放射介入诊断流程如下所示：

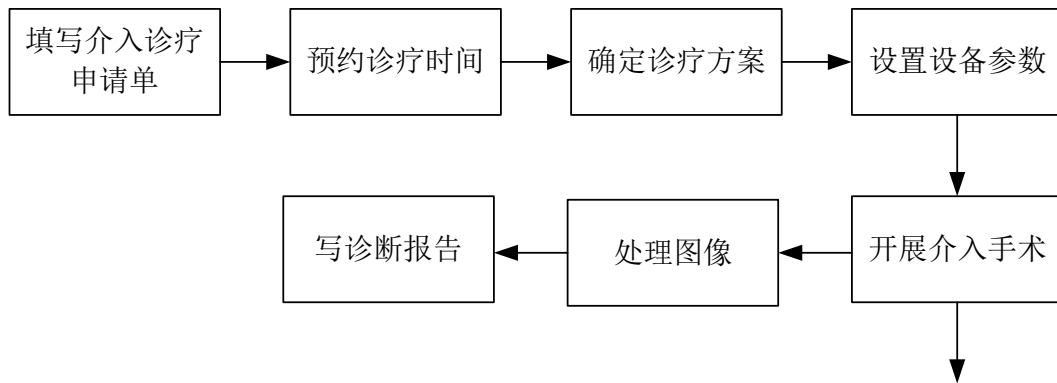
①医生根据患者预约安排手术，并在手术前告知患者在手术过程中可能受到一定的辐射照射；

②病人在 DSA 操作技师的引导下通过患者防护门接入 DSA 介入手术室，在医生指导下进行摆位，在确认手术室内没有无关人员滞留后，关闭防护门；

③对患者进行无菌消毒、麻醉后，经穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，经鞘插入导管。导管到位后，对患者注射造影剂，开启设备，减影采集图像。医生利用脚踏板开关启动 X 射线系统进行透视。操作过程中医生穿戴铅衣、铅围脖、佩带铅眼镜等个人防护用品进行防护。出束时间与手术性质和医生手术水平有关，每台手术累计透视时间多为 5 分钟左右；或在床旁进行减影。每台介入手术的减影时间多为 1-2 分钟；

④介入手术完成后，拔管按压穿刺部位后包扎，关闭射线装置，病人由专职人员负责送回病房。

营运期工艺流程及产污环节详见下图。



X射线、非放射性有害气体、废造影剂、其他医疗废物

图 7-3 DSA 装置诊疗流程图

7.2.3 职业人员与工作负荷

本项目 DSA 装置主要用于开展神经血管介入、心血管介入和外周血管介入，医院拟从现有科室内新调剂 9 名工作人员（医师 5 名、护士 2 名、技师 2 名）作为本项目 DSA 辐射工作人员，只负责本项目 DSA 操作。其中护士和技师为介入中心固定人员，负责本项目 DSA 的介入工作；医师（含麻醉师）从现有科室调配，只负责本科室 DSA 介入手术工作。拟调配的工作人员尚未持有辐射安全与防护培训合格证书，医院拟安排辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台网上培训并参加考核，经考核合格后方可上岗。

经核实，现有 DSA 装置每年开展介入手术量最大约 600 例，主要开展心血管介入手术、神经血管介入，并开展少量外周介入手术。本项目 DSA 装置投运后，本项目 DSA 装置主要开展神经血管介入手术和心血管介入手术，同时也开展少量外周介入手术，本项目 DSA 装置预计每年开展介入手术量最大约 600 例，各类型介入手术每年开展情况详见下表。

表 7-2 本项目 DSA 装置每年开展各手术类型情况一览表

手术类型	年手术台数	单台手术 透视时间	单台手术 减影时间	年总曝光时间
心血管介入	240 台	5min	2min	28h（透视 20h、减影 8h）
神经血管介入	300 台	6min	2min	40h（透视 30h、减影 10h）
外周介入	60 台	8min	2min	10h（透视 8h、减影 2h）
合计	600 台	——	——	78h（透视 58h、减影 20h）

经核实，各科室医师分别负责自己科室介入手术，护士、技师负责本项目 DSA 全部

介入手术辅助操作，保守按照曝光时职业人员均位于手术室内考虑，职业人员各科室人员手术参与情况和受照时间详见下表。

表 7-3 各科室人员手术参与情况和受照时间一览表

职业人员	工作分工	年受照时间
介入科技师、护士	一组，参与本项目 DSA 全部介入手术操作	78h（透视 58h、减影 20h）
心血管介入医师	一组，参与本项目 DSA 心血管介入手术操作	28h（透视 20h、减影 8h）
神经血管介入医师	一组，参与本项目 DSA 神经血管介入手术操作	40h（透视 30h、减影 10h）
外周血管介入医师	一组，参与本项目 DSA 外周血管介入手术操作	10h（透视 8h、减影 2h）

7.3 污染源项描述

7.3.1 施工期污染因素分析与评价因子

1、噪声

本项目施工期噪声主要来自辐射安全措施及设备安装过程等，主要为一些不连续性的敲打噪声。施工期噪声特点是周期短、强度小，且施工结束后，噪声的影响随之停止。

2、废水

本项目废水主要为施工人员的生活污水及手术室装修过程产生的清洗废水。

3、废气

施工期废气主要为材料加工及施工过程产生的扬尘，施工过程手术室内封闭施工，防治对外部造成污染，同时利用通风系统将扬尘外排至室外。

4、固体废物

固体废物主要是建筑垃圾、包装垃圾和施工人员的生活垃圾。

综上，施工期主要环境影响评价因子为：施工噪声、生活污水、生活垃圾和包装垃圾。

7.3.2 营运期污染因素分析与评价因子

（1）放射性废物

本项目 DSA 装置运行过程不产生放射性固体废物、放射性废水和放射性废气。

（2）X 射线

DSA 运行时会产生 X 射线，X 射线辐射污染途径主要包括有用线束辐射、泄漏辐射和散射辐射。上述 X 射线随着射线装置的开关而产生和消失。

（3）非放射性污染因素分析

DSA 装置运行中产生的 X 射线与空气作用会产生氮氧化物（NO_x）和臭氧（O₃）等非放射性有害因素，为具有刺激性作用的非放射性有害气体，但产生量小。

进行介入手术前需对患者注射造影剂，常为含碘制剂，有助于进行显像，剩余的少量废造影剂属于医疗废物中的药物性废物，属于危险废物（HW01 医疗废物），介入手术治疗过程产生的其他一次性医疗器械、用品等均属于危险废物（HW01 医疗废物）。

由上述分析可知，DSA 装置运行过程中评价因子为 X 射线、非放射性有害气体及医疗废物；其中，X 射线为评价重点。

表 8 辐射安全与防护

8.1 项目安全措施

8.1.1 项目分区与屏蔽设计

本项目涉及新增 1 台 DSA 装置，拟安装于医院门诊楼四层偏北侧中部，DSA 手术室东西净长 10.7m、南北净宽 6.45m、净高 3.0m，手术室有效使用面积约 69.02m²，净容积约 207.06m³。DSA 装置安装于手术室内中心位置，导管床按东西方向放置，球管位于导管床下西侧。

1. DSA 机房平面布局

本项目 DSA 机房包括 DSA 手术室、控制室、设备间、器械库等辅助房间；其中 DSA 手术室北侧自西向东分别为设备间、控制间、器械库，DSA 手术室设置 3 个防护门，手术室东墙南侧的大防护门用于患者进出，北墙西侧的小防护门用于污物运输，北侧中部的小防护门用于职业人员进出控制室。手术室与控制室之间设有 1 个铅玻璃观察窗，管线口拟采用地下弧式管孔穿墙，管道穿墙处可避开有用射束照射区域。

经核实，DSA 装置设计安装于 DSA 介入手术室中心位置，导管床按东西方向放置，球管位于导管床东侧。本项目 Azurion7M20C 型 DSA 装置为落地式，则 DSA 介入室南墙、北墙、室顶均能够受有用线束的直接照射。

本项目设有医护人员通道、病人通道及污物通道。

医护人员通道：从场所南侧医护入口进入-分别进入更衣、沐浴区-医护缓冲区-洁净走廊 1-洁净走廊 2-洁净走廊 3-控制室（小防护门）-介入室，再由原路返回。

患者通道：从手术室入口进入病人缓冲区-洁净走廊-大防护门-介入室，治疗结束后原路返回。

污物通道：介入室北墙西侧小防护门-污物走廊。

污物转运选择在无人候诊时进行，三个通道互不干扰。综上所述，从辐射防护角度分析，本项目 DSA 机房布局基本合理。

2. 项目分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），医院拟对 DSA 介入手术室进行分区管理，将手术室四周墙壁围成的区域划为控制区，将控制室、设备间、洁净走廊及污物走廊等辅助房间划为监督区，并在控制区边界设置电离辐射警告标志。

DSA 介入手术室平面布局见图 8-1，项目分区管理图见图 8-2。

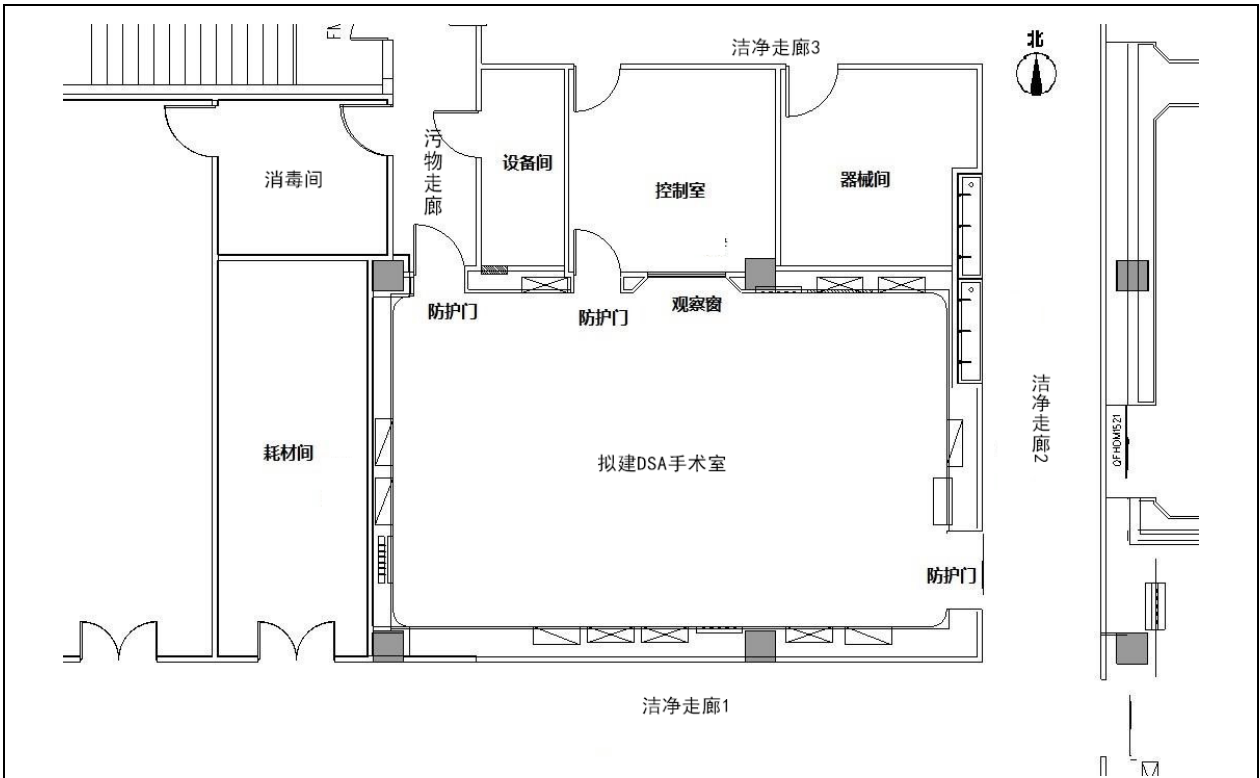


图 8-1 DSA 介入手术室平面布局图

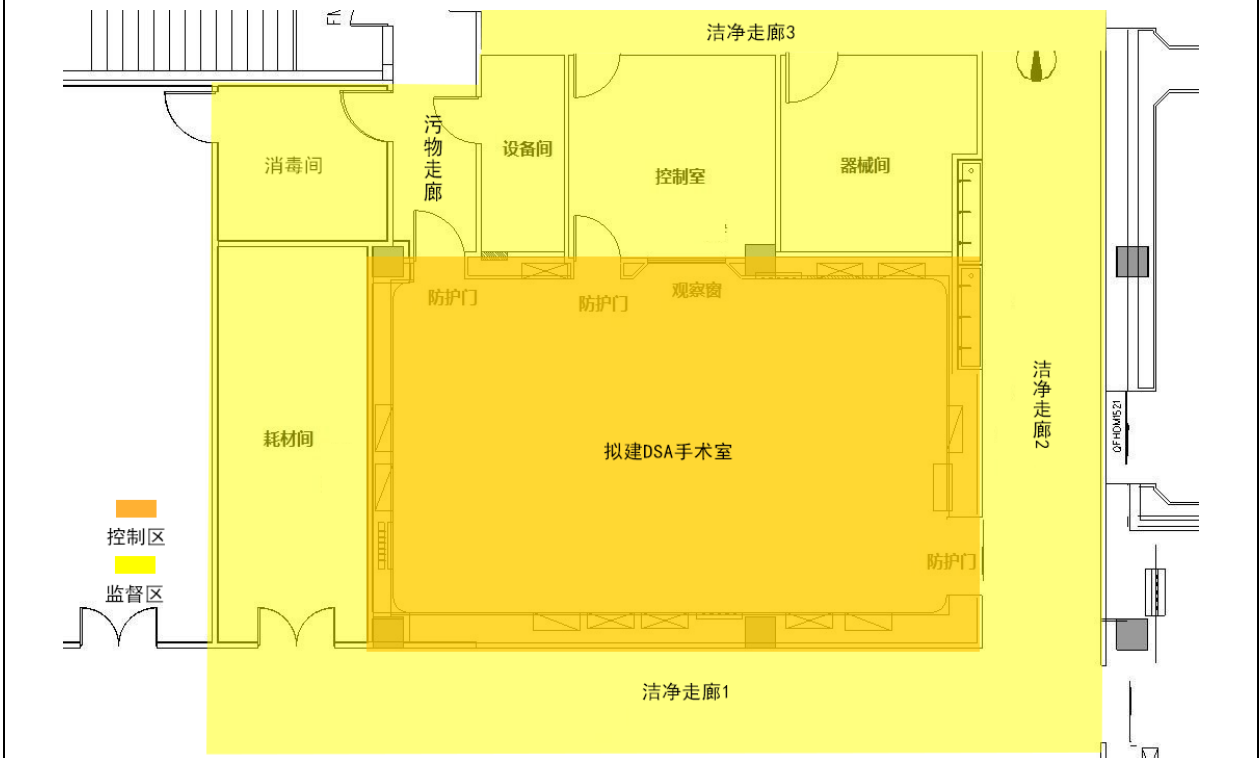


图 8-2 DSA 介入手术室分区管理图

3. 屏蔽设计

根据现场勘查及医院提供的防护方案，本项目 DSA 介入手术室防护情况如下。

表 8-1 本项目 DSA 介入手术室防护情况一览表

名称	拟建 DSA 介入手术室
位置	门诊楼四楼北侧中部位置
尺寸	东西净长 10.7m、南北净宽 6.45m、净高 3.0m
面积	69.02m ²
四周墙体	30×50 国标方通龙骨+4mm 铅防护板+1.2mm 厚钢板
室顶	100mm 混凝土+4mm 铅防护板+1.2mm 厚钢板
地面	150mm 混凝土+50mm 硫酸钡地面
观察窗	1.5×0.8cm 铅玻璃结构，防护能力为 4.0mmPb
小防护门 (进出控制室)	位于北墙中侧，铅钢结构，电动平开式，宽 0.9m、高 2.1m、防护能力为 4.0mmPb
小防护门 (进出污物走廊)	位于北墙西侧，铅钢结构，电动平开式，宽 1.0m、高 2.1m、防护能力为 4.0mmPb
大防护门 (患者进出)	位于东墙南部，铅钢结构，电动推拉式，宽 1.5m、高 2.1m、防护能力为 4.0mmPb
注：混凝土密度为 2.35g/cm ³ 。	

由表 8-1 可知，机房面积和最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中规定的单管头 X 射线设备机房最小有效使用面积 20m²、最小单边长度 3.5m 的要求。

本项目 DSA 装置最大管电压 125kV，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 C.5，125kV 管电压条件下，受有用射束照射时相当于 2mmPb 材料厚度为混凝土 158mm（2.35g/cm³），受非有用射束照射时相当于 2mmPb 材料厚度为混凝土 147mm（2.35g/cm³）。

受有用射束照射时相当于 2mmPb 材料厚度为硫酸钡 148.5mm（2.5g/cm³），受非有用射束照射时相当于 2mmPb 材料厚度为硫酸钡 138mm（2.5g/cm³）。

DSA 介入手术室墙体、室顶等的防护能力相当于铅的厚度见下表。

表 8-2 DSA 介入手术室屏蔽参数

序号	项目	屏蔽情况	折合后的铅当量 (有用线束)	折合后的铅当量 (90° 非有用线束)
1	四周墙体	4mm 铅防护板+1.2mm 厚钢板	4.0mmPb	4.0mmPb
2	室顶	100mm 混凝土+4mm 铅防护板+1.2mm 厚钢板	$100 \div 158 \times 2 + 4 \approx 5.2\text{mmPb}$	$100 \div 147 \times 2 + 4 \approx 5.3\text{mmPb}$
3	地板	150mm 混凝土+50mm 硫酸钡地面	$150 \div 158 \times 2 + 50 \div 148.5 \times 2 \approx 2.6\text{mmPb}$	$150 \div 147 \times 2 + 50 \div 138 \times 2 \approx 2.8\text{mmPb}$
4	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	

5	防护门	4.0mmPb 铅屏蔽门	4.0mmPb
注：不考虑钢板的屏蔽效果。 硫酸钡砂密度不低于 2.5g/cm ³ ；混凝土密度不低于 2.35g/cm ³ 。			
由上表可知，本项目 DSA 介入手术室四周墙体、防护门、观察窗及室顶、地板的防护能力均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中表 3 规定的 C 形臂 X 射线设备机房 2.0mmPb 的屏蔽要求。 8.1.2 项目防护措施 除工作场所屏蔽设计的安全防范措施外，医院还将完善和加强以下几个方面的防护措施。 1. 辐射安全措施 （1）手术室管线口位于手术室与控制室之间的墙体下方，斜穿 45°，并避开控制台区域，管线口两侧设有铅板屏蔽补偿，确保不影响屏蔽体的防护效果，保证管线口外剂量率满足标准限值要求。DSA 装置主射束主要向上照射，向四周照射时，C 型臂仅偏离一定角度，最大约 30°，工作人员操作位、管线口、防护门及观察窗能够尽量避开主射束照射，满足 GBZ 130-2020 第 6.1.1 款要求。 （2）本项目手术室所在区域相对独立，无关人员禁止入内，周围无关人员流动较少，充分考虑了周围（含楼下）的人员防护和安全，满足 GBZ 130-2020 第 6.1.2 款要求。 （3）本项目 DSA 介入手术室拟设观察窗及双向对讲装置，便于监视观察和通话。其中观察窗位置便于医护人员观察到受检者状态及防护门开闭情况，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中第 6.4.1 款要求。 （4）项目机房门外设有电离辐射警告标志；机房门上方设有“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句的工作状态指示灯，候诊区设置放射防护注意事项告知栏；项目共设置 3 扇防护门，其中进出控制室、污物走廊采用电动平开门，患者进出手术室采用电动推拉门；平开机房门设有自动闭门装置；推拉式机房门设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联，电动推拉门均设置有防夹装置。项目工作场所防护设施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中第 6.4.4 款要求、第 6.4.5 款、第 6.4.6 款要求。 （5）DSA 装置扫描床处设计有一个紧急停机按钮，控制台设有一个紧急停机按钮，紧急状态下按下紧急停机按钮即可实现紧急停机，防止发生辐射安全事故。 （6）医院拟为本项目配备 9 名职业人员，为新增辐射工作人员，医院拟为手术室配			

备的个人防护用品和辐射防护用品详见下表。

表 8-3 本项目个人防护用品和辐射防护用品一览表

分项	内容	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ 130-2020) 要求	是否满足要求
患者防护用品	成人铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子各 1 件 (0.5mmPb)、儿童铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子各 1 件 (0.5mmPb)	为患者配备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	是
工作人员防护用品	介入防护手套 (0.025mmPb) 5 件, 铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜各 10 件 (0.5mmPb) 铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏各 1 件 (0.5mmPb)	为工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套; 选配: 铅橡胶帽子 辅助防护用品: 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	是

由上表可知, 本项目 DSA 手术室拟配备防护用品及设施均能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 要求

2. 通风设计

本项目 DSA 手术室内设计有新风系统, 手术为正压通风, 手术室设送风口 1 个, 尺寸: 200cm×300cm, 位于室顶位置, 同时在手术室东、西墙靠近地面位置各设排风口 6 个, 距地面约 10cm, 尺寸: 100cm×40cm, 排风风量约为 800m³/h, 可以保持室内良好的通风, 各排风管道均在手术室北墙靠近室顶处穿墙, 穿墙位置处均以 4mmPb 铅板进行屏蔽补偿, 确保不影响墙体的屏蔽能力, 排风管道穿过墙后在吊顶内排出, 经建筑排风井引至建筑四楼裙楼楼顶排放, 可明显降低手术室内有害气体浓度, 且楼顶无人到达, 非人员密集区, 排风口设置在楼顶东北侧, 远离南侧主楼建筑, 排风口与主楼楼体外墙距离大于 20m, 废气经过环境空气稀释后对楼内人员影响较小。因此本项目产生的废气不会对周围环境和人员造成影响, 符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 中第 6.4.3 款要求。

3. 其他安全环保措施

除工作场所屏蔽设计的安全防范措施外, 医院还将完善和加强以下几个方面的防护措施。

(1) 医院职业人员需参加核技术利用辐射安全与防护考核, 考核成绩合格后才能上岗。

(2) 医院应为每位职业人员配备个人剂量计 2 支（委托检测后由检测单位配发。一支佩戴在胸前、铅围裙内侧；另一支佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置），委托有资质的单位每三个月检测一次，医院已配备 1 台 BG9511 型 X- γ 辐射空气比释动能率仪。按照要求配备后可满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第五款的要求和《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）第 5.3.2、第 5.3.3 款要求。

8.2 三废的治理

本项目 DSA 装置在运行过程中不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物。

(1) 非放射性有害气体

DSA 在开机运行时，产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧和氮氧化物。DSA 介入手术室采用新风系统，有效排风量约 800m³/h，使机房保持良好的通风，可明显降低其浓度，对周围环境和周围人员影响甚微。

(2) 废造影剂等医疗废物

手术过程产生的废造影剂等医疗废物，处置前暂存于医院医疗废物暂存间，交由有相应资质的单位处置，对周围环境影响较小。

表 9 环境影响分析

9.1 建设阶段对环境的影响

施工期主要产生施工噪声、固体废物、废水、扬尘等。

(1) 噪声：辐射防护设施及设备安装过程中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），噪声经墙体阻隔和距离衰减，噪声对周围的影响较小。

(2) 扬尘：手术室装修过程中会产生少量扬尘，施工过程应确保施工手术间密闭，防止污染施工区外其他手术室，同时应及时清扫地面、保持一定湿度，并在施工区域周围设置防尘罩，以控制扬尘污染。

(3) 固体废物：施工期间，产生一定量包装废物，及时清运，并做好清运工作中的装载工作，防止其在运输途中散落。生活垃圾集中收集后由环卫不定期清运。

(4) 废水：生活污水进入医院污水处理系统后排入市政污水管网进一步处置。

该单位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内局部区域，对周围环境影响较小。

9.2 运行阶段对环境的影响

9.2.1 DSA 介入手术室屏蔽分析

(1) DSA 介入室各屏蔽部位的铅当量厚度核算

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中表 3，“C 形臂 X 射线设备机房有用线束方向铅当量 2mm；非有用线束方向铅当量 2mm”C。根据附录 C，按照管电压 125kV 计算，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C.1、C.2 公式进行计算。

①估算公式及相关参数取值

对给定物质厚度 X，依据（GBZ 130-2020）中给出的不同管电压 X 射线辐射在铅中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值按下式计算屏蔽透射因子 B。

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 9-1})$$

式中：

- B：给定物质厚度的屏蔽透射因子；
- β ：给定物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；
- α ：给定物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ : 给定物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

X : 给定物质厚度。

依据 (GBZ 130-2020) 中给出的不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值和 (式 9-1) 中的 B 值, 使用下式计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X 。

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left(\frac{B - \gamma + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \quad (\text{式 9-2})$$

式中:

X : 不同屏蔽物质的铅当量厚度;

α : 不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

γ : 不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

B : 给定物质厚度的屏蔽透射因子, 结合表 8-1 计算得出;

β : 不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数。

根据 (GBZ 130-2020) 中表 C.2 查管电压 125kV 工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数, 见下表。

表 9-1 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压 (kV)	铅			混凝土		
	α	β	γ	α	β	γ
125 (主束)	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974
125 (散射)	2.233	7.888	0.7295	0.0351	0.066	0.7832

②计算结果

由式 9-1、式 9-2 计算, DSA 介入室四周墙体、室顶等的防护能力相当于铅的厚度见下表。

表 9-2 DSA 介入室屏蔽折合铅当量

介入室	射束类型	屏蔽体	屏蔽参数	折合铅当量
DSA 介入手术室	有用线束方向	南墙、北墙	4mm 铅防护板+1.2mm 厚钢板	4mmPb
		东墙、西墙	4mm 铅防护板+1.2mm 厚钢板	4mmPb
		室顶	100mm 混凝土+4mm 铅防护板+1.2mm 厚钢板 (等效铅当量厚度为 5.2mmPb)	5.2mmPb
		地板	150mm 混凝土 (2.35g/cm ³) +50mm 硫酸钡地面 (3.0g/cm ³) (等效铅当量厚度为 2.6mmPb)	2.6mmPb
	—	观察窗	铅玻璃(等效铅当量厚度为 4.0mmPb)	4mmPb
		各防护门	均为铅钢复合结构, 4mmPb	4mmPb

备注：本次不考虑钢板的屏蔽作用。

DSA 介入手术室设计与标准对照分析：

本项目 DSA 介入室设计与（GBZ 130-2020）符合性分析见下表。

表 9-3 本项目 DSA 介入室设计与（GBZ 130-2020）要求对照

项目	（GBZ 130-2020）要求	本项目	符合性
尺寸	机房内最小单边长度 3.5	东西净长 10.7m、南北净宽 6.45m、净高 3.0m	符合
面积	机房内最小使用面积 20m ²	69.02m ²	符合
四周墙体	C 形臂 X 射线设备机房有用线束方向铅当量 2mm；非有用线束方向铅当量 2mm	均为 4mm 铅防护板+1.2mm 厚钢板，有用线束方向折合 4mmPb，非有用线束方向折合 4mmPb	符合
室顶		100mm 混凝土+4mm 铅防护板+1.2mm 厚钢板，有用线束方向折合 5.2mmPb	
各防护门		均为铅钢复合结构，4mmPb	
观察窗		铅玻璃结构，4mmPb	

由上表可知，本项目 DSA 介入室四周墙体、防护门、观察窗、室顶及地板的防护能力均大于 2.0mmPb，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中关于“C 形臂 X 射线设备介入室有用线束方向铅当量 2mm；非有用线束方向铅当量 2mm”的要求。

（2）DSA 手术室外 γ 辐射剂量率分析

手术中 DSA 设备运行分透视和减影（采集）两种模式。设备具有自动调强功能，能根据患者条件等差异，自动调节曝光参数和 X 射线辐射剂量。即如果受检者体型偏瘦，管电流（功率）自动降低。反之管电流（功率）自动增强。

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

本项目 DSA 设备透视和减影均采用脉冲模式，计算 DSA 手术室外剂量率水平时保守按 100kV、500mA、15 帧/s、10ms/帧的减影工况考虑，可得每名患者工作负荷为 500mA×15 帧

/s×0.01s/帧×2min+10mA×13min=280mA·min（保守取透视平均电流为10mA），该条件远大于NCRP147报告中心血管造影给出的最大160mA·min/患者的要求，因此本项目的估算条件是保守的。

① 散射辐射+泄漏辐射

$$H = \frac{H_0}{R^2} \times B \times \frac{F \times \alpha}{400 \times R_0^2} \quad (\text{式 9-3})$$

式中：

H : 预测点位的散射辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 : 距离靶点为1m处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

R : 散射面中心点到关注点的距离，m；

B : 已知屏蔽墙厚度的衰减因子；

R_0 : 辐射源点（靶点）至散射体的距离，0.6m；

F : R_0 处的辐射野面积， m^2 ，取 400cm^2 ；

α : 散射因子，定义为入射辐射被面积为 400cm^2 水模体散射至1m处的相对份额，依据《辐射防护手册》〈第一分册 辐射源与屏蔽〉（李德平 潘自强 主编）表10.1，取100kV X线 90° 方向 400cm^2 的散射因子0.0013。

根据NCRP147，100kV设备有用线束距焦点1m处输出量约为 $4.692\text{mGy}/\text{mA} \cdot \text{min}$ ，则设备在上述减影工况时有用束的剂量率为 $4.692\text{mGy}/\text{mA} \cdot \text{min} \times 500\text{mA} \times 60\text{min/h} \times 15 \text{ 帧/s} \times 0.01\text{s/帧} = 21.1\text{Gy/h}$ （不考虑DSA附加的Cu和Al过滤材料的自吸收），设备靶点至接收器最小距离多为90cm，距离手术床的距离最小为60cm，根据式9-3，减影工况下1m处侧向散射辐射剂量率为 76.2mGy/h 。泄漏辐射取有用束输出量的0.1%，为 21.1mGy/h ，则DSA手术室内辐射源1m处泄漏辐射和侧向散射辐射总的剂量率为 97.3mGy/h 。

故本项目在估算DSA手术室周围附加剂量率水平时，以1m处剂量率 97.3mGy/h 作为源项，保守估算DSA手术室周围的附加剂量率水平。

（2）DSA手术室周围的附加剂量率水平

DSA手术室外关注点的剂量率可按下式计算：

$$H = H_0 \times B / R^2 \quad (\text{式 9-4})$$

式中：

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

R : 散射面中心点到关注点的距离，m；

B : 屏蔽物质的屏蔽透射因子；采用式9-2进行计算，其中 α 、 β 、 γ 拟合参数取NCRP147报告心脏血管造影模式下的相关参数（混凝土：0.0371、0.1067、0.5733，铅：2.354、14.94、0.7481）。

根据上述估算方法得出减影工况下 DSA 介入手术室周围辐射剂量水平估算结果见下表。

表 9-4 摄影工况下 DSA 介入手术室周围辐射剂量水平估算结果

机房	屏蔽体及铅当量	关注点与靶点最近距离 R (m)	屏蔽透射因子 B	射线束	剂量率 H_R ($\mu\text{Gy/h}$)
拟建 DSA 介入 手术	东墙 (4mmPb)	$4.8+0.004+0.0012=4.81$	$5.668\text{E}-06$	漏射+散射	0.024
	西墙 (4mmPb)	$6+0.004+0.0012=6.01$	$5.668\text{E}-06$	漏射+散射	0.015
	南墙 (4mmPb)	$3.3+0.004+0.0012=3.31$	$5.668\text{E}-06$	漏射+散射	0.050
	北墙 (4mmPb)	$3.3+0.004+0.0012=3.31$	$5.668\text{E}-06$	漏射+散射	0.050
	大防护门 (4mmPb)	$4.8+0.004+0.0012=4.81$	$5.668\text{E}-06$	漏射+散射	0.024
	北墙西部小防护门 (4mmPb)	$3.3+0.004+0.0012=3.31$	$5.668\text{E}-06$	漏射+散射	0.050
	北墙中部小防护门 (4mmPb)	$3.3+0.004+0.0012=3.31$	$5.668\text{E}-06$	漏射+散射	0.050
	观察窗 (4mmPb)	$3.3+0.004+0.0012=3.31$	$5.668\text{E}-06$	漏射+散射	0.050
	室顶 (5.2mmPb)	$2+0.1+0.004+0.0012+1=3.11$	$3.359\text{E}-07$	漏射+散射	0.003
	地板 (2.6mmPb)	$1+0.15+0.05+(4.2-1.7)=3.7$	$1.15\text{E}-05$	漏射+散射	0.082

注：1. 上述折合铅当量为采用管电压 125kV 保守折算；

2. 根据医院提供的安装位置，本项目 DSA 装置导管床东西方向放置，球管位于导管床东侧；X 射线束垂直向上时，X 射线管距介入手术东墙最近约 4.8m，距西墙最近约 6m，距北墙约 3.3m，距南墙约 3.3m，距地面约 1m；

3. 室顶上方关注点为上层地面以上 1m，地板下方关注点为下层地面以上 1.7m，楼下三层层高为 4.2m。

从上述估算结果可知，DSA 正常减影工况下，DSA 介入手术室外周围附加剂量率最大值为 $0.082 \mu\text{Gy/h}$ （空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG 393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数分别取 1.20Sv/Gy ），换算之后 DSA 介入手术室外周围附加剂量率最大值为 $0.0984 \mu\text{Sv/h}$ ，满足 GBZ 130-2020 中规定的 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率控制水平。根据剂量率与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽，则在 DSA 介入手术室 50m 评价范围内场所等公众长居留场所的剂量率远小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。北侧 30m 综合楼和西侧 35m 蓝天广场处剂量率贡献分别为 $1.09\text{E}-04 \mu\text{Sv/h}$ 、 $8.03\text{E}-05 \mu\text{Sv/h}$ ，项目对环境保护目标影响可忽略不计。上述剂量率的计算是基于保守假设进行的，实际工作中 X 射线机运行参数要小于 100kV/500mA，且患者身体对 X 射线会有部分的吸收，约衰减 1-2 个量级（NCRP147 号报告），预计实际运行时，DSA 介入手术室周围的剂量率水平可以维持在正常本底水平。

9.2.2 年有效剂量估算

1. 估算公式

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）—2000 年报告附录 A，X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H^* = H \times U \times T \times t \times 10^{-3} \text{ (式 9-5)}$$

式中：

- H^* ——年有效剂量，mSv/a；
- H ——参考点处辐射剂量率，μSv/h；
- U ——使用因子，无量纲；
- T ——居留因子，无量纲；
- t ——年照射时间，h/a。

2. 照射时间

根据表 7-2，本项目 DSA 装置预计每年开展介入手术量最大约 600 例，年最大照射时间约为 78h（透视时间 58h/a、减影时间 20h/a）。

3. 居留因子确定

居留因子参照 GBZ/T 201.1-2007 表 A.1 选取，见下表。

表 9-5 居留因子的选取

标准			本项目	
场所	居留因子（T）			示例
	典型值	范围		
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区	楼下病房、楼上主楼病房、蓝天广场（取值 1）
部分居留	1/4	1/2-1/5	1/2： 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5： 走廊、雇员休息室、职员休息室	东侧手术室、南侧复苏室（取值 1/2）；手术室南侧、东侧走廊、北侧走廊/污物走廊；（取值 1/5）
偶然居留	1/16	1/8-1/40	1/8： 各治疗室门 1/20： 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40： 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货区域、楼梯、无人	手术室北侧设备间、器械库；西侧耗材间；西北方向打包间（取值 1/8），楼梯间等（取值 1/20）

		看管的电梯	
--	--	-------	--

4. 职业人员年有效剂量估算

(1) 类比分析

本次评价采用类比监测的方法评价 DSA 介入手术室内职业工作人员可能接受的年有效剂量。本项目 DSA 装置的最大管电压 125kV、最大管电流 1000mA。本次评价类比对象选择日照市人民医院 Azurion 7M20 型 DSA 装置（管电压 125kV、管电流 1000mA）正常运行时监测数据。该 DSA 装置最大管电压、最大管电流与本项目 DSA 装置参数一致，同时根据医院提供的资料，本项目正常开展介入手术时的工况与类比项目相近，而且 DSA 工作时会根据患者胖瘦自动调节电压及电流，并留有一定余量，一般不超过检测工况，且防护铅屏为 0.5mmPb 当量，与本项目配备防护吊屏及床侧防护帘一致，因此具有较好的类比性。类比结果可作为本项目运行后的最大剂量率参考。

监测日期：2023 年 3 月 31 日。

监测单位：山东丹波尔环境科技有限公司。

检测仪器为 FH40G+FHZ672E-10 型便携式 X-γ 剂量率仪；测量范围：10nGy/h~1Gy/h；能量范围：33keV~3MeV；检定单位：山东省计量科学研究院；检定证书编号：Y16-20232192。

检测时 Azurion 7M20 型 DSA 运行工况：开机状态透视（95kV、16.7mA）、减影（125kV、111mA），监测时主射束照射方向向上，0.5mmPb 防护屏后监测，放置 Cu+水模。检测时距离 DSA 球管距离为 0.5m~1.0m，穿戴 0.5mmPb 防护用具。

各部位辐射水平监测结果见下表。

表 9-6 Azurion 7M20 型 DSA 辐射工作人员操作位 X 射线辐射剂量率监测结果

点位描述			透视状态检测结果（μGy/h）		减影状态检测结果（μGy/h）	
			检测值	标准差	检测值	标准差
介入室内 职业人员	胸部	铅衣外	11.9	0.88	27.2	1.15
		铅衣内	779.1nGy/h	1.41	1.34	0.07
	眼部	铅眼镜外	10.1	0.74	20.5	1.53
	手部	未戴手套	201.4	1.43	310.5	1.51
	腹部	铅衣外	15.3	0.70	41.4	0.88
		铅衣内	1.77	0.05	4.98	0.43
	下肢	铅衣外	9.79	0.79	12.5	0.85
		铅衣内	853.0nGy/h	1.51	1.35	0.08

注：1. 检测结果未扣除宇宙射线响应值；

2. 检测时放置水模+1.5mmCu；在防护吊屏后检测、防护吊屏为 0.5mmPb 当量；

3. 主射束为向上照射；

4. 减影状态下自动曝光电压电流分别为 125kV、111mA；透视状态下自动曝光电压电流分别为 95kV、16.7mA。

(2) 介入室内职业人员年有效剂量

根据 GBZ 128-2019 相关规定，个人剂量计分别佩戴于铅衣外锁骨对应的领口位置和铅衣内躯干上，因此职业人员身体所受年有效剂量主要体现在胸部或腹部，根据表 7-2 及表 9-4，采用 DSA 介入诊断时胸部及腹部两者中的最大检测结果（透视 1.77 $\mu\text{Gy/h}$ 、减影 4.98 $\mu\text{Gy/h}$ ）估算职业人员身体所受年有效剂量，采用铅眼镜外检测数据（透视 10.1 $\mu\text{Gy/h}$ 、减影 20.5 $\mu\text{Gy/h}$ ）估算介入职业人员眼晶体有效剂量，采用手部检测数据（透视 201.4 $\mu\text{Gy/h}$ 、减影 310.5 $\mu\text{Gy/h}$ ）估算介入职业人员四肢有效剂量，具体如下表。

表 9-7 介入室内职业人员附加有效剂量一览表

项目	透视时间 (h/a)	减影时间 (h/a)	附加剂量 (mSv/a)		
			身体	眼晶体	四肢
心血管科医师	20	8	0.075	0.366	6.512
神经内科医师	30	10	0.103	0.508	9.147
外周血管医师	8	2	0.024	0.122	2.232
介入固定人员 (DSA 介入手术室护士)	58	20	0.202	0.996	17.891

注：介入固定人员保守按参加全部手术考虑。透视时间、减影时间取自于表 7-2。

根据上表可知，本项目各科室医师及介入室护师、护士躯干年有效剂量最大值为 0.202mSv，四肢年当量剂量最大值为 17.891mSv，眼部年当量剂量最大值为 0.996mSv，分别满足本评价采用的职业人员年剂量管理目标值不超过 5.0mSv、四肢不超过 125mSv、眼晶体不超过 20mSv 的管理要求。

(3) 介入室外职业人员年有效剂量

本项目医师和护士在介入室内进行介入手术，技师在介入室东侧控制室内进行设备操作，本项目 DSA 介入手术室四周及室顶屏蔽设计均符合 GBZ 130-2020 要求，根据前述理论估算，DSA 介入手术室北侧观察窗、北墙及操作室防护门外部剂量率为 0.050 $\mu\text{Gy/h}$ ，换算后为 0.060 $\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子为 1，则技师年有效剂量为 $1 \times 0.060 \times 1872 \div 1000 = 0.112\text{mSv}$ 。低于本报告提出的职业人员 5.0mSv 的年管理剂量约束值。

5. 公众成员年有效剂量

本项目介入室周围公众成员年有效剂量详见下表。

表 9-8 本项目公众成员年有效剂量计算一览表

停留人员描述	时间 (h/a)	居留因子	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	最大年有效剂 量 ($\mu\text{Sv/a}$)
介入室楼下病房	78	T=1	0.082	6.396
介入室楼上病房	78	T=1	0.003	0.234
介入室东墙外 (走廊)	78	T=1/5	0.024	0.374
介入室东墙外 (东侧手术室)	78	T=1/2	0.024	0.936
介入室南墙外 (复苏室)	78	T=1/2	0.05	1.950
介入室南墙外 (走廊)	78	T=1/5	0.05	0.780
介入室西墙外 (西侧耗材间; 西北方向打包间)	78	T=1/8	0.015	0.146
北侧设备间、器械库	78	T=1/8	0.05	0.488
北侧走廊/污物走廊	78	T=1/5	0.05	0.780
楼梯间	78	T=1/20	0.05	0.195

根据上表可知, 本项目公众成员年有效剂量最大为 $6.396 \mu\text{Sv}$, 低于本报告提出的公众成员 0.1mSv 的年管理剂量约束值。

综上所述, 威海高新区利民医院有限公司新建 DSA 装置运行时, 职业人员及公众成员所接受的年有效剂量均不大于本报告规定的年管理剂量约束值, 满足国家有关要求。

需说明的是工作人员接受的剂量与手术类型、手术位置、防护条件、防护意识等诸多因素有关。因此辐射工作人员在手术过程中须佩戴个人剂量计及个人防护用品, 并采取必要的防护措施。通过监督性监测, 如有超过管理剂量约束值趋势时, 应及早提示工作人员, 加强介入手术中的辐射防护, 必要时可采取轮岗等措施, 尽可能减少受照剂量, 并使之控制在管理约束值范围内。

本项目辐射工作人员在透视及减影两种状态下采取的主要防护措施如下:

减影状态: 操作人员采取隔离操作的方式 (即操作人员在控制室内对病人进行曝光), 医生通过铅玻璃观察窗和工作台观察介入室/手术室内病人情况, 并通过对讲装置与病人交流, 此种情况实际运行中仅占很少比例, 有时也会在介入室/手术室内进行减影。

透视状态: 病人进行介入手术治疗时, 为更清楚的了解病人情况, 会连续曝光, 并采用连续脉冲透视, 此时操作医师位于防护屏后并身穿铅衣、佩戴铅防护眼镜等在介入室/手术室内对病人进行直接的介入手术操作。

9.2.4 三废环境影响分析

本项目 DSA 装置在运行过程中不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物。

DSA 在开机运行时，产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧和氮氧化物。本项目 DSA 介入手术室设计有新风系统，手术室设送风口 1 个，位于室顶位置，尺寸约 200cm×300cm，同时在手术室东、西墙靠近地面位置各设排风口 6 个，距地面约 10cm，排风风量约为 800m³/h，尺寸约 100cm×40cm。

手术室内的排风口与楼内排风管道相连，排风管道穿墙位置靠近室顶处，穿墙外侧设有 4mm 铅当量的百叶格栅屏蔽补偿，确保墙体的屏蔽效果，排风管道在吊顶内出手术室进入外部风井中，然后经风井向上延伸，最终经机房所在建筑物楼顶排放至外部环境，设计排风量约为 800m³/h，手术室最大有效容积约 207.06m³，排风次数大于 4 次/小时，能够保持良好通风，可明显降低介入室/手术室内有害气体浓度，且楼顶无人到达，非人员密集区，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中第 6.4.3 款要求。

另外，DSA 装置运行过程中会产生废造影剂等医疗废物（HW01 医疗废物），经所在楼层污物间收集后，最终暂存于医院医疗废物暂存间内，委托有相应危废处置资质的单位处置。

9.3 事故影响分析

9.3.1 风险识别

本项目为利用 DSA 装置开展介入诊断，不涉及危险物质和工艺流程，因此本次仅对风险识别和风险防范措施进行简单分析。

结合 DSA 装置工艺流程，事故风险主要来自于设备工作状态环节。其潜在的危害因素主要有：

1. 机房辐射防护不满足要求，导致机房外剂量率超标；
2. 装置不能正常关机，导致进入介入室内的辐射工作人员和公众成员受到误照射；
3. 工作状态指示灯、紧急停机按钮、电离辐射警告标志等防护设施不完善或失灵，或者防护门发生故障，导致人员误入或停留介入室内而造成误照射；
4. 辐射工作人员及患者不按要求佩戴个人防护用品，造成误照射。

9.3.2 风险防范措施

本项目风险防范管理如下：

1. 机房墙体、防护门及观察窗的防护能力均满足 GBZ 130-2020 的要求，严格按照防护设计方案建设，运行后定期进行自主检测，若发现有超标情况，立刻停止使用，并查明原因，改进后方可使用；

2. 定期对射线装置进行检查和维护，发现问题应及时进行维修；

3. 制定自检制度，每日对工作状态指示灯、闭门装置进行检查，对其余防护设施进行定期检查，如发现闭门装置、紧急停机按钮、工作状态指示灯、电离辐射警告标志等防护设施不够完善或失灵，或防护门出现故障，应及时检修和维护；

4. 制定 DSA 的安全操作规程，加强人员培训；配备铅衣等防护用品，手术过程中职业人员及患者严格按照要求穿戴好个人防护用品。

表 10 辐射安全管理

10.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置 10.1.1 管理机构 按照国务院令第 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及生态环境主管部门的要求，医院已签订辐射安全工作责任书，法人代表为辐射安全工作第一责任人，建立了辐射安全与环境保护管理领导机构，设有专门的“辐射安全工作管理小组”，并配备了辐射安全管理人员，负责辐射安全与环境保护。 领导小组成员名单如下： 组 长：丁英杰 副组长：姜华伟 成 员：张艺琳、段立娟 领导小组主要职责是： （1）全面负责医院辐射防护管理工作。 （2）根据国家相关法律法规政策的要求，制定医院的放射防护管理制度、工作计划，并组织实施。 （3）指导有关科室制定相应的规章制度，并督促落实。 （4）定期对辐射安全与防护工作进行督查，检查本院放射工作人员的技术操作情况，指导做好个人及患者的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。 10.1.2 职业人员 ①人员培训 医院拟从现有科室内新调剂 9 名工作人员（医师 5 名、护士 2 名、技师 2 名）负责 DSA 介入手术工作。现有的 9 名工作人员均未取得辐射安全防护培训合格证书。医院应尽快组织未取得辐射安全防护培训合格证书的工作人员参加辐射安全防护培训，持证上岗。 ②健康管理 医院严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，已为所有在职放射工作人员配备个人剂量计，并定期对工作人员进行个人剂量监测（3 个月 1 次），建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并为工作人员保存职业照射记录。医院应根据 GBZ 128-2019 中 5.3.2 及 5.3.3 要求，为 DSA 介入手术室内工作人员配备 2 支个人剂量计，采用双剂量计监测方法对工作人员个人剂量进行监测。
--

医院相关负责人应检查核实是否所有放射工作人员均按要求正确佩戴个人剂量计，应合理安排工作时间、加强个人剂量监测管理，保障放射工作人员的职业健康与安全管理。同时，应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计。放射工作人员进行放射工作作业时，应严格遵守实践的正当化、放射防护最优化和个人剂量限制三原则。充分利用时间防护、距离防护和屏蔽防护等防护条件，使个人受照剂量控制在最低水平。

10.2 辐射安全管理规章制度

目前医院开展的各项辐射活动均在国家允许的范围内，医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院 449 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和各级政府环境保护主管部门的要求，为加强医院辐射安全与环境保护工作，保障工作人员健康，保护环境，根据实际，医院各科室组织制定了如下放射防护规章制度：《放射防护安全管理制度》、《放射安全管理措施》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《放射工作人员个人剂量监测制度》、《放射工作人员培训制度》、《医疗设备维修保养制度》、《设备运行保障方案》、《患者和受检者安全防护制度》、《放射科安全操作规程》、《放射科 X 诊断质量保证措施》、《辐射监测计划》、《放射卫生档案管理制度》、《放射机房环境安全管理制度》、《放射安全应急预案》、《放射科质量与安全培训计划》、《放射诊疗安全防护管理制度》、《放射诊疗设备状态及防护检测制度》、《患者辐射防护管理制度》、《DSA 操作规程》、《自行检查和年度评估制度》等。

上述辐射环境管理制度基本合理，DSA 相关管理制度较全面。医院应结合本项目的开展，根据要求进一步完善并加强对辐射工作人员的安全防护意识教育。

医院将各项规章制度落实到平时工作中，落实了辐射工作安全责任，开展了辐射环境监测及个人剂量监测，建立了完善的辐射管理档案，并设有专人负责管理。医院从事辐射工作多年，目前尚未发生过辐射事故，表明已制定的辐射安全规章制度是有效的。

综上所述，医院已制定的各项辐射管理规章制度基本合理，具有一定的可操作性，能够满足本项目的工作需求。

10.3 辐射监测

10.3.1 辐射监测方案

医院已制定《辐射监测方案》，已配备 1 台 BG9511 型 X- γ 辐射空气比释动能率仪，定期或不定期地对工作场所和周围环境进行监测。如发现异常情况或怀疑有异常情况，及时对工作场所和环境进行监测。医院拟针对本项目补充完善现有《辐射监测方案》，具

体参考如下：

1. 辐射工作场所监测

表 10-1 辐射工作场所监测方案

监测类型	监测对象	布点	覆盖区域	监测项目	频次	监测单位	监测依据
辐射环境监测	γ 辐射	以射线装置所在机房为中心 50m 范围内	在射线装置所在机房周围巡测的基础上,重点关注控制室操作位、各观察窗、各防护门门缝、防护门外表面 30cm 处,机房四周墙外 30cm 处,管线口处,楼下相邻房间,射线装置机房外人员经常驻留的位置及环境保护目标处。	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/年	委托有资质的单位	HJ 61-2021 第 5.3.3.2 款
辐射工作场所自主监测	工作场所外照射	辐射工作场所控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的区域,包含楼上、楼下对应区域。		γ 辐射空气吸收剂量率	根据操作情况随时进行监测	自主监测	HJ 61-2021 第 5.1.2.7 款

注：辐射监测过程中同时选取部分关注点开展关机时 γ 辐射空气吸收剂量率监测。

2. 个人剂量检测

(1) 严格遵守国家辐射环境管理法规；

(2) 所有辐射工作人员必须接受个人剂量监测，建立个人剂量档案，每人一档，由专人负责保管和管理，职业照射个人剂量档案按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）终生保存。辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件；

(3) 每位辐射工作人员工作期间须按要求佩戴个人剂量计；

(4) 个人剂量计的读取时间为 3 个月一次；

(5) 辐射工作人员受照剂量超过年管理剂量约束值时，应查明原因，采取改进措施；

(6) 安排专人负责个人剂量监测管理。

医院制定的《辐射监测方案》内容较为全面，从辐射工作场所监测和个人剂量检测两方面进行了规定，其中场所监测方面对自主检测和年度监测均进行了详细规定，适用于医院现有射线装置及本项目 DSA 装置。

10.3.2 医院监测方案落实情况

经核实，医院现有辐射工作人员均配有个人剂量计，委托有资质单位每三个月检测一次，出具个人剂量检测报告，由医院提供的个人剂量检测报告可知，医院现有辐射工

作人员年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定职业人员剂量限值，医院建立有个人剂量档案，检测数据填入个人剂量档案，档案一人一档，由专人保管，个人剂量档案应终生保存；医院已委托有资质单位对各辐射工作场所周围进行检测，出具年度检测报告，同时医院配备有 1 台 BG9511 型 X- γ 辐射空气比释动能率仪，定期对各辐射工作场所周围辐射水平进行自主监测，并做好记录，落实情况较好。

10.4 辐射事故应急预案

该院已根据《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）第四十条、国家环保总局《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发【2006】145 号）的有关规定，制定了《辐射事故应急预案》，成立了突发性核事故与辐射事故应急指挥部，组织、开展放射事件的应急处理救援工作，该预案主要规定了辐射事故应急处理机构的成员组成及职责、辐射事故应急救援应遵循的原则、辐射事故处理程序及辐射事故调查、报告和处理等内容，具体如下：

1. 组织机构

①成立辐射安全事故应急处理小组

医院成立辐射安全事故应急处理小组，领导小组成员名单如下：

组 长：

副组长：

成 员：

2. 辐射事故应急处理的责任划分

①医院辐射安全领导小组组长负责辐射事故应急处理的组织及指挥工作。

②医院辐射安全领导小组组长负责辐射事故应急处理中人员、物资的调动调配工作，向院应急救援领导小组及生态环境部门、卫生行政部门、公安部门快速上报，最迟不得超过两小时。《辐射事故初始报告表》在 24 小时内填报。

③医院辐射防护管理领导小组副组长应全力协助安全第一责任人，在抓好辐射事故应急处理工作的同时，协助做好受伤害人员的家属安抚工作。

④现场处置组要认真做好事故现场的保护工作，协助上级主管部门调查事故、搜集证据，整理资料并做好记录。

⑤参加事故应急救援人员要自觉遵守纪律，服从命令，听从指挥，为完成救援任务尽

职尽责，通过积极工作最大限度地控制事故危害，为尽快恢复工作创造条件。

⑥加强对发生事故现场的治安保卫工作，现场处置组要密切配合、做好事故现场的保卫工作，防止现场物资及财产被盗或丢失。

3. 辐射事故应急救援应遵循的原则

- ①迅速报告原则；
- ②主动抢救原则；
- ③生命第一的原则；
- ④科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；
- ⑤保护现场，收集证据的原则。

4. 辐射安全事故分类

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）中的辐射事故分级情况，结合我院辐射防护工作的具体情况，将辐射安全事故分为以下两类：

（1）人员的意外放射性照射，指放射性工作人员或公众受到射线装置的超剂量误照射。

（2）放射装置场所火灾。

5. 应急处置程序

本单位一旦发生辐射事故，必须立即采取措施（如切断电源，迫使设备停止曝光）防止事故继续发生和蔓延而扩大危害范围，并在第一时间向辐射事故应急工作领导小组组长报告，同时启动应急指挥系统，具体程序如下：

①现场处置

1) 操作开关失灵

操作开关可能会失灵。当松开操作开关后，如果设备还在运行或者该灭的灯还亮着，应采取如下措施：

- a、立即关掉电源；
- b、如果有受检者在机房，应将受检者迅速从机房内移开；
- c、操作人员不得试图再次开机，应联系维修人员进行维修，在确保设备能够正常运行和操作开关电路正常时才能重新开机。

②迅速报告

必须立即将发生事故的性质、时间、地点、科室名称、联系人、电话等报告给辐射事

故应急工作领导小组组长，组长接到报告后立即通知现场处置组组长并做好准备。

③现场控制

应急处置组组长接到事故发生报告后，立即集合人员赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，最大限度控制事态发展；用警示条划定紧急隔离区，禁止无关人员进入，保护好现场；迅速、正确判断事件性质，将事故情况报告应急指挥组。

④现场报告

根据现场情况，由本单位应急指挥组将事故发生时间、地点、造成事故射线装置、危害程度和范围及射线装置的名称等主要情况报告生态环境、卫生行政部门、公安部门等相关部门以及上级行政主管部门。

⑤查找事故原因

配合上级有关部门对现场进行勘查以及环保安全技术处理，检测等工作，查找事故发生的原因，进行调查处理。将事故处理结果及时报上级生态环境及卫生行政主管部门。

⑥警报解除

总结经验教训，制定或修改防范措施，加强日常环境安全管理，杜绝类似事故发生。

6. 应急能力的保持

①应急培训

每年定期进行辐射事故应急培训，主要内容为辐射事故种类、应急程序、应急人员职责等，培训材料归档保存。

②应急演练

每年定期进行辐射事故应急演练，模拟真实事故现场，保持应急人员的应急能力。演练由辐射事故应急工作领导小组负责，事先制定演练方案，事中检查演练过程并及时发现问题，事后形成事故演练评价，对发现的问题及时纠正，应急演练所有材料均归档保存。

经核实，医院定期开展辐射事故应急演练，详细记录演练过程、参与人员等，对存在的问题进行总结并提出相应的改进措施，对演练材料进行归档保存。医院未发生过辐射安全事故。

7. 公安、卫生及生态环境部门电话

公安部门电话：110；卫生部门电话：120；当地生态环境部门电话：12345。

本次评价要求医院完善《辐射事故应急预案》，医院定期开展辐射事故应急演练，详

细记录演练过程、参与人员等，对存在的问题进行总结并提出相应的改进措施，对演练材料进行归档保存；应急预案须补充完善的主要内容有当地生态环境部门、卫生部门及公安部门的联系方式；本次评价建议医院根据当地生态环境部门的要求定期修订《辐射事故应急预案》，特别是本项目建成后，重新修订应急预案，充有关本项目辐射事故应急预案相关内容及应急措施等。

综上所述，医院制定的《辐射事故应急预案》内容全面，可操作性强，适用于医院现有辐射项目以及本次评价项目。

表 11 结论与建议

11.1 结论 1. 威海高新区利民医院有限公司位于山东省威海市火炬高技术产业开发区沈阳路-96号，医院现持有辐射安全许可证，证书编号为鲁环辐证[10595]，种类和范围：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；有效期至2026年11月23日。为满足医疗诊断需求，医院于门诊楼四层偏北侧中部位置建设一座DSA介入手术室，包括介入手术室、控制室、器材间及设备间等辅助房间；拟购置1台飞利浦公司Azurion7M20C型DSA装置，最大管电压125kV、最大管电流1000mA，用于开展介入手术，核技术利用类型属使用Ⅱ类射线装置。本项目DSA装置用于医学诊断，可提高医院的放射诊断水平，具有良好的社会效益和经济效益，符合实践正当性的要求。 2. 本项目DSA装置用于医学诊断，有利于提高医院的介入诊断水平。根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展和改革委员会令第7号、2023年12月27日）中的鼓励类项目“三十七 卫生健康、1.医疗卫生服务设施建设”。本项目属服务于主体工程的辅助项目，因此符合产业政策。 3. 本项目建设于医院内部，不新增用地，因此本项目选址符合要求。经现场勘查，本项目位于门诊楼四层偏北侧中部，该区域为手术，位置相对独立，周围无关人员相对较少，且集中分布，便于日常辐射安全管理。且本项目DSA介入手术室周围辐射水平及公众受照剂量均满足标准要求，因此本项目DSA装置运行时对周围辐射影响较小。综上所述，本项目选址合理可行。 4. 现状检测表明，本项目DSA介入手术室周围室内γ辐射空气吸收剂量率在$(7.1\sim 12.9)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$之间，室外$\gamma$辐射空气吸收剂量率为$9.3\times 10^{-8}\text{Gy/h}$，处于威海市环境天然放射性水平范围内[室内$(4.56\sim 20.53)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$、[道路$(1.94\sim 20.14)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$。 5. DSA辐射环境影响评价结论 ①DSA介入手术室东西净长10.7m、南北净宽6.45m、净高3.0m。四周墙体采用4mm铅防护板+1.2mm厚钢板，室顶采用100mm混凝土+4mm铅防护板+1.2mm厚钢板，地板采用150mm混凝土+50mm硫酸钡地面；各防护门及观察窗防护能力均为4.0mmPb。患者进出防护门及进出控制室的防护门均拟设置防夹装置、工作状态指示灯、门灯联动装置、电离辐射警告标志和曝光时关闭机房门的管理措施，且在灯箱上设置“射线有害，灯亮勿入”的警示语句；进入污物走廊的防护门拟设置自动闭门装置和电离辐射警告标志。DSA介入手术

室拟设计观察窗及双向对讲装置，控制台、扫描床处拟各设一个紧急停机按钮。

医院拟配备铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、介入防护手套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等个人防护用品，同时 DSA 装置设备自带防护吊屏、床侧防护帘各 1 个，可以满足防护要求及工作需求。

DSA 介入手术室拟设置新风系统，设有 1 个进风口，位于室顶位置；同时在手术室东、西墙靠近地面位置各设排风口 6 个，距地面约 10cm；手术室内的排风口与楼内排风管道相连，排风管道穿墙位置靠近室顶处，穿墙外侧设有 4mm 铅当量的百叶格栅，排风管道在吊顶内出手术室进入外部排风井中，然后经风井向上延伸，最终经机房所在建筑物楼顶排放至外部环境，设计排风量为 $800\text{m}^3/\text{h}$ ，可保持室内良好通风。且排风口外为五层楼顶，该处无人员停留，不属于人员密集区，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）第 6.4.3 款要求，对周围环境和周围人员影响较小。

手术过程产生的废造影剂属医疗废物（HW01 医疗废物），拟暂存于医疗废物间，交由有资质的单位处置。

②通过对 DSA 介入手术室设计与《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）进行对照分析，DSA 复合手术室屏蔽设计满足该标准要求，经估算，手术室四周墙体、室顶、防护门及观察窗外辐射剂量率可满足本次评价采用的 $2.5\ \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率目标控制值，环境保护目标处的剂量率也低于 $2.5\ \mu\text{Sv/h}$ 。

项目所在门诊楼、西侧 35m 蓝天广场及北侧 30m 医院综合楼距离介入室较远，在经多面墙体阻隔和距离衰减后手术室对环境保护目标处的剂量率贡献值较低，基本无影响。

③本项目职业人员躯干所受年有效剂量最大为 0.202mSv ，四肢所受年当量剂量为 17.891mSv ，眼部所受年当量剂量为 0.996mSv ，分别低于本评价采用的职业人员年有效剂量管理约束值 5.0mSv 、四肢年当量剂量约束值 125mSv 、眼晶体年当量剂量约束值 20mSv ；介入室四周公众成员及环境保护目标处最大年有效剂量为 $6.396\ \mu\text{Sv}$ 满足本次评价采用的公众成员年管理剂量约束值不超过 0.1mSv 的要求。说明本项目的运行对职业人员及公众成员是安全的。

6. 医院拟从现有科室内新调剂 9 名工作人员（医师 5 名、护士 2 名、技师 2 名）负责 DSA 介入手术工作。其中护士和技师为介入中心固定人员，负责本项目及现有 DSA 的介入工作；医师（含麻醉师）从现有科室调配，只负责本项目 DSA 介入手术工作。现有的 9 名辐射工作人员均未持有辐射安全与防护培训合格证书，医院需安排相关人员参加国家核技

术利用辐射安全与防护培训平台网上培训并参加考核，经考核合格后方可上岗。

7. 本项目 9 名 DSA 介入工作人员正式上岗工作前均应佩戴个人剂量计（由检测单位配发；医师及护士每人 2 支，分别佩戴于铅衣外锁骨对应的领口位置和铅衣内躯干上，技师每人 1 支），医院现有 1 台 BG9511 型 X- γ 辐射空气比释动能率仪，为全院共用。已配备及拟配备仪器可满足防护要求及工作需求。

8. 医院已成立了辐射安全管理机构，编制了辐射事故应急预案，并按照有关要求建立各项规章制度。已制定及拟制定的防护制度正常情况下可以确保工作人员和公众成员的安全；制定的辐射事故应急预案正常情况下可以应对突发事件的发生。

9. 在已有的风险防范措施和相应的事故应急救援预案条件下，通过进一步完善安全措施，其环境风险是可控的。

综上所述，威海高区利民医院有限公司新增 1 台 DSA 装置应用项目，在切实落实报告中提出的辐射管理、辐射防护等各项措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件的前提下，该项目对职业人员和公众成员是安全的，对周围环境产生的辐射影响较小，不会引起周围辐射水平的明显变化。因此，从环境保护角度分析，项目建设是可行的。

11.2 承诺和建议

11.2.1 承诺

- 1、结合工作实际情况对辐射安全管理制度进行不断修改和完善；
- 2、为本项目配备铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品；
- 3、按照环评中屏蔽设计方案建设 DSA 介入手术室；
- 4、按照辐射事故应急方案 and 制度的要求，定期进行演习；
- 5、本次环评批复后，及时重新申领辐射安全许可证；
- 6、按照国家有关规定，及时自行组织建设项目竣工环境保护验收。

11.2.2 建议

- 1、辐射性工作人员，要求熟知防护知识，能合理的应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众和工作人员所受到的照射降到最低。
- 2、加强辐射防护工作档案管理，对辐射工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康查体和辐射防护检测等资料要分开保管并保存。
3. 按照辐射事故应急方案 and 制度的要求，定期进行演习。

下一级环保部门意见

公 章

经办人签字

年 月 日

审批意见

公 章

经办人签字

年 月 日