

核技术利用建设项目
DSA 装置应用项目
环境影响报告表

临沂市兰山区枣园中心卫生院

2024 年 1 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目
DSA 装置应用项目
环境影响报告表

建设单位名称：临沂市兰山区枣园中心卫生院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：山东省临沂市兰山区枣园镇驻地

邮政编码：276038

联系人：臧聚亮

电子邮箱：18769993390@163.com

联系电话：18769993390

表 1 项目基本情况

建设项目名称		DSA 装置应用项目			
单位名称		临沂市兰山区枣园中心卫生院			
法人代表	张云峰	联系人	臧聚亮	联系电话	15318807355
注册地址		山东省临沂市兰山区枣园镇驻地			
项目建设地点		山东省临沂市兰山区枣园镇驻地临沂市兰山区枣园中心卫生院，济众楼一楼东北侧			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		30	项目环保投资 (万元)	6	投资比例(环保投资/总投资) 20%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 38.56m ²
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	/			

1.1 医院概况

临沂市兰山区枣园中心卫生院成立于 1958 年，占地面积 8000m²，建筑面积约 1.2 万 m²，是区医保、居民医疗保险、工伤、生育保险定点医院，集医疗、预防、保健于一体。医院现有卫生技术人员 220 余人，其中高、中级职称 41 人，开放病床 317 张，年门诊量 18 万人次，年收治住院病人 10000 余人次，手术约 2000 台(次)。

医院地理位置示意图见图 1-1，医院周边环境影像图见图 1-2，医院总平面布置图见图 1-3。

1.2 现有工程

1.2.1 核技术利用现状

医院现持有辐射安全许可证，证书编号：鲁环辐证[13748]，有效期至 2028 年 11 月 23 日，种类和范围：使用Ⅲ类射线装置。医院辐射安全许可证已许可射线装置情况见表 1-1

表 1-1 医院辐射安全许可证已许可射线装置情况一览表

序号	装置名称	型号	数量（台）	射线装置分类	备案号：	备注
1	数字胃肠机	Ultimax-1000	1	Ⅲ类	20183713020	在用
2	DR	WISE-DR5050B	1	Ⅲ类	0001033	在用

综上所述，医院在用 2 台Ⅲ类射线装置。

1.2.2 辐射安全管理现状

（1）医院已成立辐射安全与环境保护领导小组，签订有辐射工作安全责任书，确定了法人代表为辐射工作安全责任人，设置专项机构辐射安全与环境保护领导小组负责射线装置安全和防护工作。

（2）建立了各项辐射安全管理规章制度并严格落实。

（3）已制定《辐射事故应急预案》，以保证医院一旦发生辐射意外事件，能够立即采取必要的有效的应急响应行动，妥善处理辐射事故，保护工作人员和公众的健康与安全。

（4）各项辐射安全防护设施齐全且有效运行，医护人员和受检者配备有符合要求的个人防护用品（铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅帽、铅手套等），配备 1 台 FJ 2000 型 X γ 个人剂量仪。

（5）辐射工作人员均有个人剂量计，并定期进行个人剂量检测。建立有个人剂量档案和健康档案，一人一档。

（6）每年对辐射工作场所及周围环境进行辐射监测。并按时向生态环境主管部门上报安全防护状况年度评估报告，医院已提交 2022 年年度评估报告。

医院辐射安全管理档案健全，符合有关法律法规以及生态环境主管部门要求。

1.3 本项目规模

医院于 2023 年建设一座 DSA 介入室，因项目未按规定履行相应环评手续，DSA 装置一直未启用，因建设前未按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》等有关法律法规要求报批环境影响评价文件，擅自开工建设，临沂市生态环境局给予行政处罚，并于 2023 年 10 月 9 日送达《行政处罚决定书》（临环（兰山）罚字[2023]148 号）。

为满足放射诊断需求，医院拟启用济众楼一楼东北侧 DSA 介入室，并使用 1 台 HEARTSPEED

10C 型 DSA 装置，并对设备机房防护重新改造，进行经现场勘查，DSA 介入室已建成，DSA 装置已购置，未投入使用。DSA 装置属于 II 类射线装置，本次评价的射线装置如下表 1-2 所示。

表 1-2 本次评价的射线装置

装置名称	型号	主要参数	生产厂家	数量	类别	安装使用场所	备注
DSA 装置	HEARTSPEED 10C	125kV 1000mA	株式会社岛津制作 所	1 台	II 类	济众楼一楼东北 侧 DSA 介入室内	已购 置

1.4 实践正当性

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，它在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。本项目 DSA 装置用于放射诊断，有利于提高医院的放射诊断水平，可为当地人民群众提供特色的、现代化的医疗服务，有利于提高疾病的诊疗正确率，能有效减少患者疼痛和对患者损伤，总体上大大节省了医疗费用，争取了宝贵的治疗时间，具有良好的社会效益；该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益；同时根据下文分析，其运行过程中产生的辐射影响可以满足国家有关要求，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 选址合理性

2010 年 2 月 6 日，临沂市兰山区枣沟头中心卫生院取得由原临沂市环保局兰山分局出具的关于《临沂市兰山区枣沟头中心卫生院新建病房楼项目环境影响报告书的批复》“临环兰函[2010]88 号”临沂市兰山区枣园中心卫生院位于山东省临沂市兰山区枣园镇驻地，DSA 介入室位于医院济众楼一楼，无新增用地。DSA 介入室北侧为设备机房、兰山农村商业银行枣园支行办公楼，东侧为空地、道路、南侧为磁共振室、走廊、热水间/厕所，西侧为操作间、更衣室、洗手间、储藏室、楼梯、阅片室、CT 操作间、CT 室，楼上为化验区（用于老人、小孩血常规等检验），楼下为土层。

根据现场勘查，周围 50m 评价范围内存在 4 处环境保护目标，分别为 DSA 介入室建设位置西侧约 40m 枣园楼、西北侧约 50m 厚德楼、北侧约 40m 兰山农村商业银行枣园支行、DSA 所在济众楼，经下文分析，DSA 装置运行过程中对以上环境保护目标的辐射影响较小，满足相关标准要求。因此本项目工作场所选址合理。

1.6 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录(2019 年本)》及《国家发展改革委关于修改〈产业结构调

整指导目录（2019 年本）>的决定》（2021 年第 49 号令），本项目属于“鼓励类”中“三十七、卫生健康”、“5、医疗卫生服务设施建设”，符合国家产业政策要求。

1.7 目的和任务由来

本项目开展使用 DSA 进行放射诊断过程，可能对环境产生一定的辐射影响。根据《关于发布<射线装置分类>的公告》，本项目 DSA 装置属 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 年版）》，应编制环境影响报告表。

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》、《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》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法律法规对伴有辐射建设项目环境管理的规定，进一步完善相关的环保手续，临沂市兰山区枣园中心卫生院委托我单位对其 DSA 装置应用项目进行环境影响评价。接受委托后，在进行现场调查与核实、环境检测、收集和分析有关资料、预测估算等基础上，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），我单位编制完成了《临沂市兰山区枣园中心卫生院 DSA 装置应用项目环境影响报告表》。

表 2 射线装置

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	HEARTSPEED 10C	125	1000	放射诊断	济众楼一楼东北侧 DSA 介入室内	已购置

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	/	/	通过排风装置排至介入室外部环境
医疗废物	液态、固态	/	/	少量	少量	/	医疗废物暂存间	暂存于医院医疗废物暂存间，交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	<ol style="list-style-type: none"> 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，2018.12.29 修订后施行； 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 253 号，1998.11 实施；国务院令第 682 号，2017.7.16 修订，2017.10.1 实施； 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 实施；2014.7.29 修订后实施；国务院令第 709 号修订，2019.3.2 实施； 6. 《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 号公布，2006.3 实施；环境保护部令第 3 号修订，2008.12 实施；环境保护部令第 47 号修订，2017.12 实施；生态环境部令第 7 号修订，2019.8 实施；生态环境部令第 20 号修订，2021.1 实施； 7. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，国家环境环保部令第 18 号，2011.5 施行； 8. 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021.1 实施； 9. 《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部与国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号，2017.12 施行； 10. 《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； 11. 《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，2018.11.30 修订，2019.1.1 施行； 12. 《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。
技术标准	<ol style="list-style-type: none"> 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》（HJ10.1-2016）； 2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

	3. 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 4. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 5. 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； 6. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。
其他	1. 临沂市兰山区枣园中心卫生院 DSA 装置应用项目环境影响评价委托书； 2. 《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）； 3. 临沂市兰山区枣园中心卫生院提供的相关技术资料。

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》（HJ10.1—2016）规定：“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 介入室内使用射线装置，评价范围为 DSA 介入室实体屏蔽边界外 50m 的范围。

5.2 保护目标及评价目的

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，职业人员指利用本项目 DSA 装置开展放射诊断工作的辐射工作人员，公众成员主要为 DSA 介入室周围及楼上经过的非本项目医护人员、非本项目就诊患者、其他公众成员及环境保护目标处的公众成员等。

本项目主要保护人群情况见表 5-1。

表 5-1 本项目主要保护人群情况

场所名称	位置描述	环境保护目标	环境特征	方位及距离	规模
DSA 介入室	DSA 介入室内、控制室	辐射工作人员	/	场所内、四周毗邻	5 人
	DSA 介入室所在楼	济众楼	4 层平顶，高 11m，混凝土结构	0m~50m 范围内	约 200 人
	DSA 介入室西侧	枣园楼	3 层平顶高 9m，混凝土结构	西侧 40m~50m 范围内	约 200 人
	DSA 介入室西北侧	厚德楼	6 层顶部弧形结构，高 18m，混凝土结构	西北侧 50m~50m 范围内	约 200 人
	DSA 介入室北侧	兰山农村商业银行枣园支行	3 层平顶，高 8，混凝土结构	北侧 40m~50m 范围内	约 50 人
	院内、外	DSA 介入室周围非本项目医护人员、非本项目就诊患者和其他公众成员	/	四周 0~50m 范围内	流动人员

注：以上距离为直线最近距离。

5.3 评价标准

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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。

2. 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

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

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

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。

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 5-2 的规定。

表 5-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积(m ²)	机房内最小单边长度(m)
单管头 X 射线机 ^b (含 C 形臂，乳腺 CBCT)	30	3.5
^b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。		

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 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	非有用线束方向铅当量 mm
C 形臂 X 射线设备机房	2	2

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 5-3 的要求。

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 μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

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

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。

6.4.10 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。

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5-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辐射防护设施
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	—

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GBZ128的规定。

7.8.5 移动式C形臂X射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向

透视时，工作人员可位于影像增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。

3. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射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）。

6.1 剂量评价一般原则

6.1.1 按照 GB18871 的规定，对职业照射用年有效剂量评价。

6.1.2 当职业照射受照剂量大于调查水平时，除记录个人监测的剂量结果外，还应作进一步调查，本标准建议的年调查水平为有效剂量 5.0mSv。

参考以上标准，本次评价采用 2.5 μ Sv/h 作为 DSA 介入室屏蔽层外 30cm 处剂量率目标控制值；以《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的年有效剂量限值的 1/4，即以 5.0mSv/a 作为职业人员的年管理剂量约束值，以 37.5mSv/a 作为职业人员眼晶体的当量剂量约束值，以 125mSv/a 作为职业人员四肢的当量剂量约束值；以 0.1mSv/a 作为公众成员的年管理剂量约束值

表 6 环境质量和辐射现状

6.1 项目地理及场所位置

临沂市兰山区枣园中心卫生院位于山东省临沂市兰山区枣园镇驻地，本项目 DSA 介入室位于济众楼一楼东北侧，安装 1 台 HEARTSPEED 10C 型 DSA 装置；本项目 DSA 介入室四周相邻情况见表 6-1，综济众楼一楼局部平面布置见图 6-1，综济众楼二楼局部平面布置见图 6-2。现场勘察照片见图 6-2。

表 6-1 DSA 介入室周围环境一览表

工作场所	方向	周围场所名称
DSA 介入室	北侧	设备机房、兰山农村商业银行枣园支行办公楼
	西侧	依次：操作间、更衣室、洗手间、储藏室、楼梯、阅片室、CT 操作间、CT 室
	南侧	依次：走廊、磁共振室、走廊、热水间/厕所
	东侧	依次：空地、道路
	楼上	化验区
	楼下	土层





通风口



设备机房



铅玻璃



DSA 介入室患者进出防护门



DSA 人员进出防护门



操作位



图 6-1 现场勘察照片

6.2 环境天然辐射水平

根据山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查，临沂市环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 6-2。

表 6-2 临沂市环境天然辐射水平 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)

监测内容	范围	平均值	标准差
原野	1.97~12.27	5.17	1.39
道路	1.03~13.06	4.92	1.90
室内	2.96~19.17	7.60	2.77

注：表中数据摘自《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。

6.3 环境质量和辐射现状

6.3.1 检测方案

本项目 DSA 介入室已建成，未投入使用，本次评价根据项目实际情况制定辐射检测方案，对本项目 DSA 介入室建设区域及周围进行辐射环境现状检测。检测方案如下：

1、环境现状评价对象

本项目 DSA 介入室建设区域及周围辐射环境现状。

2、检测因子

γ 辐射空气吸收剂量率。

3、检测点位

本次评价按照《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)测点布设原则，于 DSA 介入室内及介入室周围及保护目标处布设 15 个检测点位。检测布点图见图 1-2、图 6-1 及图 6-2。

6.3.2 质量保证措施

1、检测单位

本次评价委托具备生态环境检测资质的山东华标检测评价有限公司开展检测。

2、检测仪器

检测仪器为 FJ1200 型辐射检测仪，设备编号：YQ02027；测量范围为（ $1\times10^{-8}\sim1$ ）Gy/h，能量范围：40keV～3MeV；检定证书编号：Y16-20230208，检定有效期至 2024 年 02 月 07 日。

3、检测方法

依据相关要求和方法进行现场测量。将仪器接通电源，仪器探头离地 1m，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。

6.3.3 检测结果

1、检测时间与条件

2023 年 12 月 28 日，天气：晴，气温：9℃，相对湿度 58%。

2、检测结果

环境γ辐射剂量率检测结果见表 6- 3。

表 6-3 环境 γ 辐射剂量率检测结果

序号	点位描述	检测结果（μGy/h）	
		平均值	标准偏差
A1	介入导管室北墙外 30cm 处	0.05	0.01
A2	介入导管室东墙外 30cm 处	0.05	0.00

A3-1	患者进出大防护门中间位置外 30cm 处	0.07	0.00
A3-2	患者进出大防护门上侧门缝外 30cm 处	0.07	0.01
A3-3	患者进出大防护门下侧门缝外 30cm 处	0.07	0.01
A3-4	患者进出大防护门西侧门缝外 30cm 处	0.07	0.01
A3-5	患者进出大防护门东侧门缝外 30cm 处	0.07	0.00
A4	介入导管室南墙外 30cm 处（走廊）	0.07	0.01
A5-1	医护进出小防护门中间位置外 30cm 处	0.08	0.01
A5-2	医护进出小防护门上侧门缝外 30cm 处	0.08	0.01
A5-3	医护进出小防护门下侧门缝外 30cm 处	0.08	0.01
A5-4	医护进出小防护门南侧门缝外 30cm 处	0.07	0.00
A5-5	医护进出小防护门北侧门缝外 30cm 处	0.07	0.00
A6	介入导管室西墙外 30cm 处（等候区）	0.08	0.00
A7	控制室操作位	0.08	0.01
A8	介入导管室西墙观察窗中部外 30cm 处	0.07	0.01
A9	介入导管室西墙外 30cm 处（操作室）	0.08	0.01
A10	介入导管室楼上地面 100cm 处（化验区）	0.07	0.01
A11	介入导管室西侧 40m 枣园楼	0.05	0.00
A12	介入导管室西北侧 50m 厚德楼	0.05	0.00
A13	介入导管室北侧 40m 兰山农村商业银行枣园支行	0.05	0.00
A14	介入导管室南侧相邻济众楼	0.06	0.00
A15	控制室内管线口处	0.06	0.00

6.3.4 环境现状调查结果评价

由表 6-3 可知, DSA 介入室周围的 γ 辐射空气吸收剂量率室内 (A1-A10、A15) 为 (0.05~0.08) $\mu\text{Gy/h}$, [即 $(5.0\sim 8.0)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$], 室外 (A11-A14) 为 (0.05~0.06) $\mu\text{Gy/h}$, [即 $(5.0\sim 6.0)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$], 均处于临沂市环境天然放射性水平范围内[室内 (2.96~19.17) $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 、道路 $(1.03\sim 13.06)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$]。

表 7 项目工程分析与源项

7.1 施工期分析

本项目已建成，施工期需要进行主体工程、装饰工程、安全设施安装、设备安装、设备调试。主要产生噪声、扬尘、生活污水和固体废物影响。施工期已结束，相关影响也已随之结束，本次进行简要回顾。

施工期可能的污染因素主要为常规环境要素，主要为扬尘、废水、噪声及固体废物。施工期流程及产污环节见图 7-1。

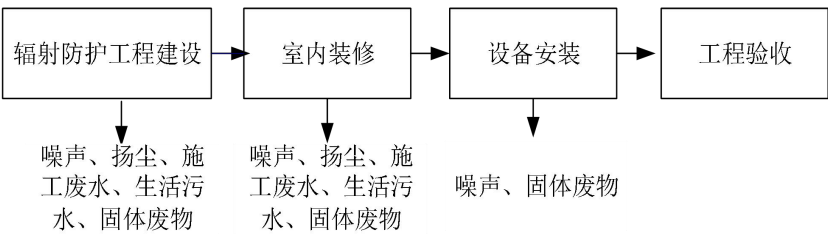


图 7-1 施工期工艺流程及产污环节图

7.2 营运期分析

7.2.1 射线装置

本次评价的射线装置为数字减影血管造影系统（DSA），属于 II 类射线装置。

①设备参数

设备主要参数如下表所示：

表 7-1 DSA 装置主要参数

名称	数字减影血管造影系统（DSA）
型号	HEARTSPEED 10C
管电压 kV	125
管电流 mA	1000
生产厂家	株式会社岛津制作所
数量	1 台
安装使用场所	济众楼一楼东北侧手术间

②设备组成

DSA 装置因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，DSA 设备主要由 X 射线发生系统、影像增强接收器和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统、防护屏及防护铅帘等构成。数字减影血管造影（DSA）是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，通过计算机程序两次成像完成。

③工作原理

介入诊疗是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术多种科技手段于一体的系统。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。DSA 用于全身血管检查，可消除其余影像，清晰地显示血管的精细解剖结构。利用计算机系统将注射造影剂前的透视影像转换成数字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，并减去蒙片的数字，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的骨骼和软组织影像，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-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储器。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。

7.2.2 诊疗流程

本项目工作流程如下所示：

- (1) 由主管医生写介入诊疗申请单。
- (2) 介入接诊医师检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间。
- (3) 介入主管医生向病人或其家属介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症等。
- (4) 根据不同手术及检查方案，设置 DSA 系统的相关技术参数。
- (5) 根据不同的诊疗方案，为患者建立医疗档案，开展术前准备，医护人员准备手术所需器械，材料及药品等，设置 DSA 系统的相关技术参数：

①减影模式：受检者预约，医师接诊受检者并告知在拍片过程中可能受到的辐射危害。受检者登记，穿戴个人防护用品后进入 DSA 介入室，护士协助病人摆好位置后退至操作间内，医师调整大平板影像接收器并对检查部位进行定位后站在 DSA 装置铅屏后，关闭防护门。位于操作间操作位的技师开机进行照射，分别对没有注入造影剂和注入造影剂的受检部位进行照射，得到的两幅血管造影 X 射线荧光图像经计算机减影处理后，在计算机显示屏上显示出血管影像的减影图像。医师根据该图像诊断受检者是否患有心血管病，若确诊没有问题，诊

疗结束，若确诊有问题，则根据受检者病变的范围、程度，选择治疗方案，开展介入治疗。

②透视模式：按照治疗方案对受检者实施介入治疗。介入操作中，病人穿戴个人防护用品后进入手术室，护士协助病人摆好位置后退至操作间内，医师穿戴个人防护用品后根据操作要求站在 DSA 装置铅屏后踩住手术床下的脚踏板开关启动血管造影机的 X 射线系统进行透视，通过大平板影像接收器显示的连续画面，完成介入操作。技师位于操作间操作位协助介入治疗。每台手术 DSA 装置进行透视的次数及每次透视时间因受检者的部位、手术的复杂程度而不同。介入手术完成后关机，受检者离开 DSA 介入室。

（6）手术医师应及时书写手术记录，技师应及时处理图像、刻录光盘或照片。

（7）对单纯接受介入造影检查的病人，手术医师应在 24 小时内将诊断报告写出由病人家属取回交病房放病历保管。

本项目介入诊疗工作流程及产污环节见下图：

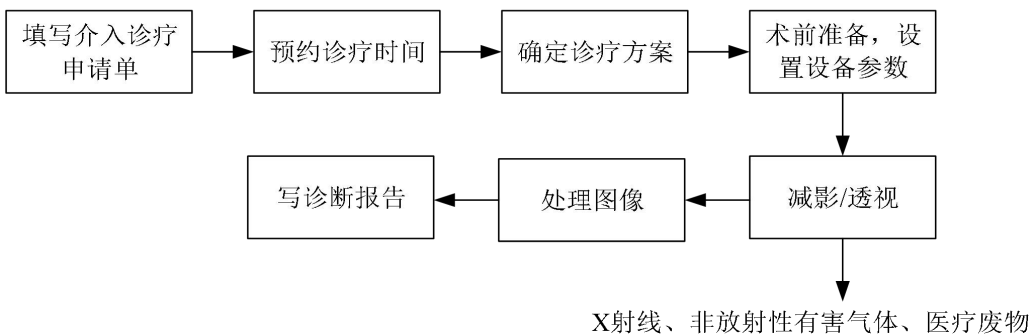


图 7- 2 本项目工作流程及产污环节图

7.2.3 辐射工作人员与工作负荷

根据医院提供资料，本项目 DSA 主要用于脑血管介入、心血管介入等介入手术等手术。医院现有 DSA 辐射工作人员 5 人，其中技师 2 人，医师 2 人、护理 1 人，可从事本项目 DSA 相关工作。5 人均已参加国家核技术利用辐射安全与防护考核，并考核合格。

根据建设单位提供资料，本项目 DSA 手术量最多为 210 例/年，平均每例最大照射时间 15min（其中透视时间 10min，摄影时间 5min），则 DSA 辐射工作人员最大受照时间为 52.5h（透视时间 35h/a、摄影时间 17.5h/a）。

7.3 污染源项

7.3.1 施工期污染因素分析

1. 噪声

本项目施工期噪声主要来自机房墙体改造、辐射防护工程的建设、室内装修和设备安装

过程等，主要为一些突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声。

2. 废水

施工期废水主要来自施工人员的生活污水，约 5 人同时施工，施工期约 1 个月，按 50L/人·d 计，用水量为 0.25m³/d。生活污水产生量约为用水量的 80%，则生活污水产生量为 0.2m³/d。

3. 固体废物

固体废物主要是建筑垃圾和施工人员的生活垃圾。建筑垃圾尽量回收其中尚可利用的部分材料，对没有利用价值的废弃物运送到环卫部门指定的建筑垃圾堆埋场；生活垃圾按 0.25kg/人·d 计，产生量为 1.25kg/d。

4. 扬尘

本项目施工期在机房防护工程建设、场所清扫等过程中将产生少量扬尘，另外机械和运输车辆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。

综上，施工期主要环境影响评价因子为：噪声、扬尘、施工废水、生活污水、生活垃圾和建材垃圾。

7.3.2 运营期污染因素分析

1. 放射性污染因素

(1) X 射线

本项目 DSA 装置开机后产生 X 射线，对周围环境产生辐射影响，关机后 X 射线随之消失。

(2) 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、废水和废气。

2. 非放射性污染因素分析

(1) 废气

DSA 装置运行中可能产生非放射性有害气体氮氧化物和臭氧等。空气在 X 射线的辐射下，空气吸收辐射能量并通过电离作用产生少量 NO_x 和 O₃。它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体，通过 DSA 介入室层流通风系统，可保持 DSA 良好通风，可以最大限度降低有害气体的浓度，不会对周围环境和周围人员造成影响。

(2) 医疗废物

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，剩余的少量造影剂及沾染造影剂的器皿属于医疗废物，介入手术产生的医疗废物采用专门的收集容器暂存，由专人每天到手术室收集至医院现有医疗废物暂存间内，定期委托有资质单位统一处置。

综上，本项目污染因素为 X 射线、非放射性有害气体和医疗废物，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

1、项目布局

本项目 DSA 工作场所主要由 DSA 介入室，及其西侧的操作间、DSA 内部设备间等组成。

DSA 介入室设 1 个大防护门，位于南墙西侧，连接走廊，用于患者进出；设 1 个小防护门，位于西墙北侧，用于医护进出。具体如下：

患者通道：患者就诊时由 DSA 机房南侧走廊→患者进出大防护门进入 DSA 介入室，手术结束后原路返回。

医护通道：医护人员由 DSA 机房西侧走廊→更衣室→洗手室→医护进出小防护门进入 DSA 介入室，手术结束后原路返回。

污物通道：手术过程中产生的污物运出在无人候诊时进行，通过 DSA 机房南墙西侧患者进出大防护门→污物通道运出，并由专人运出至医院医疗废物暂存间。

综上所述，本项目通道互不干扰，从辐射防护角度分析，本项目 DSA 机房布局基本合理。DSA 介入室平面布置图见图 8-1。

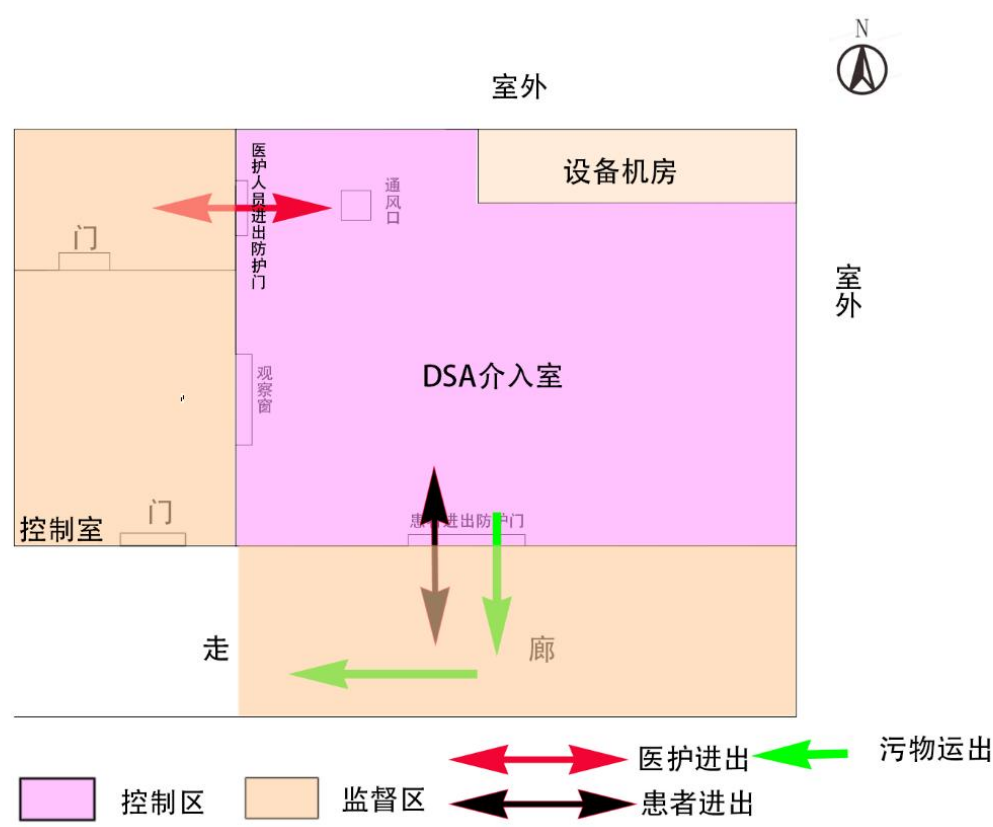


图 8-1 DSA 介入室平面布置图

2、项目分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），医院对 DSA 工作场所进行分区管理，将 DSA 介入室四周墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻的控制室、走廊、设备机房等划为监督区，并在控制区边界设置电离辐射警告标志。本项目控制区和监督区划分情况见图 8-1。

手术之前，技师经控制室南门进入控制室；手术前介入人员经 DSA 介入室西侧医护防护门进入 DSA 介入室，手术过程中，医护人员由 DSA 介入室西墙北侧的医护防护门进出；患者由 DSA 介入室南墙的患者进出防护门进出；手术以后，在无人的情况下，污物从患者进出防护门运出，暂存于医院综合楼楼外医疗废物间，统一运出。

3、介入室安全与防护设计

本项目 DSA 装置安装于 DSA 手术室中，DSA 属床下球管，于手术室内按东西方向放置，球管位于东侧。根据建设单位提供资料及现场勘查，DSA 有用射束主要向上照射，DSA 手术室南墙、北墙体及室顶能够受有用线束的直接照射，地板、东墙、西墙仅受漏射线及散射线的照射。根据建设单位提供资料以及设计方案，本项目 DSA 介入室主要设计参数如下。

表 8-1 本项目 DSA 介入室主要设计参数

项目	DSA 介入室
位置	济众楼一楼东北侧
尺寸（长×宽×高）	7.6m×5.6m×2.7m
面积	38.56m ²
四周墙体	240mm 红砖+30mm 钡水泥
地板	160mm 混凝土+50mm 钡水泥
室顶	160mm 混凝土+50mm 钡水泥
观察窗	3.0mmpb
大防护门（患者进出）	电动推拉门 3.0mmpb
小防护门（医护进出）	手动平开门 3.0mmpb

4. 屏蔽设计

根据医院提供的 DSA 介入室防护设计方案，本项目 DSA 介入室四周墙体采用红砖厚度 240mm+30mm 钡水泥，室顶、地板均采用 160mm 混凝土+50mm 钡水泥。防护门均为铅钢复合结构，总体防护能力均为 3mmPb；观察窗为铅玻璃结构，总体防护能力为 3mmPb。

经与医院核实，医院使用的红砖密度为 1.65g/cm³，钡水泥密度为 2.7g/cm³，则四周墙体折合混凝土厚度为 $(240 \times 1.65 + 30 \times 2.7) \div 2.35 \approx 203\text{mm}$ ，室顶、地板折合混凝土厚度为

$$160 + (50 \times 2.7) \div 2.35 \approx 217\text{mm}$$

本项目受有用射束照射的室顶折合混凝土厚度为 217mm，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C.1、C.2 公式计算可得，125kV 有用线束方向 217mm 混凝土折合铅当量厚度为 2.89mmPb。

本项目受有用线束照射的南、北墙体折合混凝土厚度均为 203mm，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C.1、C.2 公式计算可得，125kV 有用线束方向 203mm 混凝土折合铅当量厚度为 2.67mmPb。

本项目受非有用线束照射的地板折合混凝土厚度为 217mm，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C.1、C.2 公式计算可得，125kV 非有用线束方向 217mm 混凝土折合铅当量厚度为 3.10mmPb。

本项目受非有用线束照射的东墙、西墙折合混凝土厚度为 203mm，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C.1、C.2 公式计算可得，125kV 非有用线束方向 203mm 混凝土折合铅当量厚度为 2.89mmPb。

DSA 手术室墙体、室顶、地板等的防护能力相当于铅的厚度见表 8-2。

表 8-2 DSA 介入室屏蔽参数

序号	线束类型	项目	屏蔽参数情况	折合铅当量
1	有用线束方向	室顶	160mm 混凝土+50mm 钡水泥	2.89mmPb
2		南墙、北墙	240mm 红砖+30mm 钡水泥	2.67mmPb
3		患者进出防护门	铅钢复合结构	3.0mmPb
4	非有用线束方向	地板	160mm 混凝土+50mm 钡水泥	3.10mmPb
5		东墙、西墙	240mm 红砖+30mm 钡水泥	2.87mmPb
6		观察窗	铅玻璃结构	3.0mmPb
7		医护进出防护门	铅钢复合结构	3.0mmPb

根据表 8-1，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 2mmPb，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

5、安全防护设计及防护用品配备

DSA 手术室和控制室之间已设置双向对讲装置和视频监控装置，便于与手术室内医护人员进行监视观察和通话；患者进出防护门为电动推拉式，医护进出防护门为手动平开式，均设置有电离辐射警告标志；患者进出防护门设置有工作状态指示灯，且工作状态指示灯和防

护门能够有效联动；医护进出防护门设有自动闭门装置；控制台及扫描床处各设置有紧急停机按钮，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。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。


医院已为 DSA 介入室工作人员配备的个人防护用品有铅衣 6 件、铅橡胶围裙 6 件、铅防护眼镜 6 副、铅橡胶颈套 6 件、铅橡胶帽子 6 件及介入防护手套 6 副。经核实，职业人员将根据手术需要轮换开展工作，同时进入介入室内的医护人员不超过 3 人，已配备的个人防护用品能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求以及日常使用要求。另外，本项目 1 台 DSA 装置自带 1 个 0.5mmPb 铅防护吊屏、1 个 0.5mmPb 床侧防护帘。已配备的个人防护用品及辅助防护用品可满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第五款辐射防护要求。本项目配备防护器材详见表 8-3。

表 8-3 本项目 DSA 介入室配备的防护器材一览表

防护器材	名称	工作人员	患者和受检者
个人防护用品	铅衣（0.5mmPb）	6 件	1 件
	铅防护眼镜（0.5mmPb）	6 副	/
	铅橡胶颈套（0.5mmPb）	6 件	1 件
	铅橡胶围裙（0.5mmPb）	6 件	1 件
	铅橡胶帽子（0.5mmPb）	6 件	1 件
	介入防护手套（0.025mmPb）	6 副	/
辅助防护用品	铅防护吊屏（0.5mmPb）	1 件	/
	床侧防护帘（0.5mmPb）	1 件	/
	个人辐射报警仪	FJ 2000	1 台



FJ 2000 型 Xγ 个人剂量仪



个人剂量计

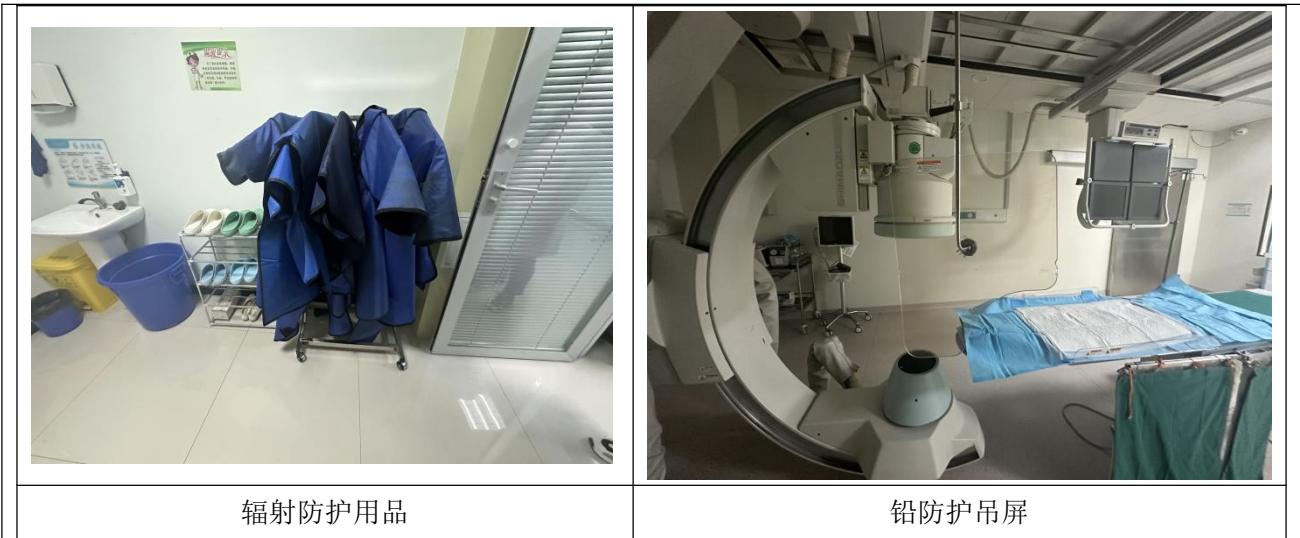


图 8-2 医院辐射监测与防护用品

本项目介入手术辐射工作人员在工作期间佩戴 2 枚个人剂量计，1 枚在铅围裙内躯干位置，1 枚在铅围裙外锁骨对应的领口位置，对 2 枚个人剂量计分别进行定期检测；医院拟配备 1 台便携式辐射监测仪，用于开展自行监测。待按照上述要求配备后，可满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第五款和《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）第 5.3.3 款要求。

5、通风设施

本项目 DSA 介入室室顶上端设一处方形通风口，尺寸为 40cm×40cm，并设置 3mmPb 的铅防护罩，设置动力排风扇，设计排风量约 1000m³/h，将废气通过管道排至 DSA 介入室北侧外环境，此处为济众楼外部，基本无人员居留。排风扇使 DSA 介入室能够保持良好通风，可明显降低室内有害气体浓度，不会对周围环境和周围人员造成影响，通风设计符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.4.3 款的规定。

8.2 三废治理

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。

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 手术室设计有机械排风装置使介入室保持良好的通风，可明显降低其浓度，不会对周围环境和周围人员造成影响。废造影剂及沾染造影剂的器皿集中收集至医院现有医疗废物暂存间暂存，定期按照医疗废物委托有资质的单位处置，不会对周围环境产生明显影响。

DSA 报废时 X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

表 9 环境影响分析

9.1 施工期对环境造成的影响

本项目施工期已结束，施工期主要产生施工噪声，以及少量扬尘、固体废物和废水，其环境影响已随施工期的结束而消失，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，本次进行简要回顾。

1、声环境影响分析

本项目施工期噪声主要来自手术室辐射防护工程建设、室内装修和设备的安装等几个阶段，本项目施工期较短，仅在白天工作时间施工，经距隔声降噪、离衰减后，对周边环境影响小。

2、水环境影响分析

本项目施工期较短且施工量小，施工期废水主要为施工人员的生活污水，排入医院污水处理系统处理，不直接外排环境，对水环境影响小。

3、固体废物影响分析

本项目固体废物主要为施工期间人员日常生活产生的生活垃圾和施工垃圾，生活垃圾统一放至医院内生活垃圾存放点，由环卫部门定期清运。施工垃圾对弃渣处置必须坚持“先挡后弃”，其次将建筑垃圾分类，尽量回收其中尚可利用的部分建筑材料，对没有利用价值的废弃物运送到环卫部门指定的建筑垃圾堆埋场。经采取以上措施，对周围环境影响小。

4、大气环境影响分析

本项目在建设施工期各种施工将产生地面扬尘，施工期通过及时清扫地面、保持一定湿度以控制扬尘污染，对大气环境影响小。

综上所述，通过以上诸多措施，本项目施工期对周围环境影响小。

9.2 运行阶段对环境的影响

9.2.1 DSA 机房屏蔽及辐射剂量率估算

1. DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的符合性分析

(1) DSA 机房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

对给定的铅厚度，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，结合式 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，见表 9-1。

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			砖		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
125（主束）	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974	0.0287	0.067	1.346
125（散射）	2.233	7.888	0.7295	0.0351	0.066	0.7832	—	—	—

经核实，本项目 DSA 机房红砖密度为 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ ，混凝土密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，钡水泥密度为 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ 。

②计算结果

由式 9-1、式 9-2 计算，DSA 机房四周墙体、室顶等的防护能力相当于铅的厚度见表 9-2。

表 9-2 DSA 机房屏蔽折合铅当量

机房	射束类型	屏蔽体	屏蔽参数	折合铅当量
DSA 机房	有用线束方向	南墙、北墙	240mm 红砖+30mm 钡水泥	2.67mmPb
		室顶	160mm 混凝土+50mm 钡水泥	2.89mmPb
	非有用线束方向	东墙、西墙	240mm 红砖+30mm 钡水泥	2.87mmPb
		地板	160mm 混凝土+50mm 钡水泥	3.10mmPb

(2) DSA 机房设计与标准对照分析

本项目 DSA 机房设计与《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）符合性分析见表 9-3。

表 9-3 本项目 DSA 机房设计与标准要求对照

项目	本项目	(GBZ 130-2020) 要求	符合性
尺寸	东西长 7.6m×南北宽 4.6m×高 2.7m	机房内最小单边长度 3.5m	符合
面积	约 38.56m ²	机房内最小使用面积 20m ²	符合
四周墙体	南墙、北墙为 240mm 红砖+30mm 钡水泥，有用线束方向折合 2.67mmPb 东墙、西墙 240mm 红砖+30mm 钡水泥，非有用线束方向折合 2.87mmPb	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	符合
室顶	160mm 混凝土+50mm 钡水泥，有用线束方向折合 2.89mmPb		
各防护门	均为铅钢复合结构，3mmPb		
观察窗	铅玻璃结构，3mmPb		

2. DSA 机房外辐射剂量率分析

当已知距离靶点处的剂量率时，可用以下公式计算屏蔽体外参考点至靶点距离为 R 处的剂量率 H_R ：

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

式中：

H_0 ：距离靶点为 R_0 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

B ：屏蔽物质的屏蔽透射因子；

R_0 ：参考点与靶点的距离，m；

R ：关注点与靶点的距离，m。

本次参考 Artis zee III ceiling 型 DSA 装置的等剂量图计算介入室外关注点处的剂量率，X 射束等值线图见图 9- 1、图 9- 2，X 射束等值线图所对应的工况为透视状态，管电压为 125kV，主射束向上照射。

根据《StructuralShielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》第 4.1.6 节指出，DSA 装置防护设计不需要考虑主束照射。本次保守考虑，机房外剂量率估算时，屏蔽透射因子均按散射线计算。

正向 X 射线

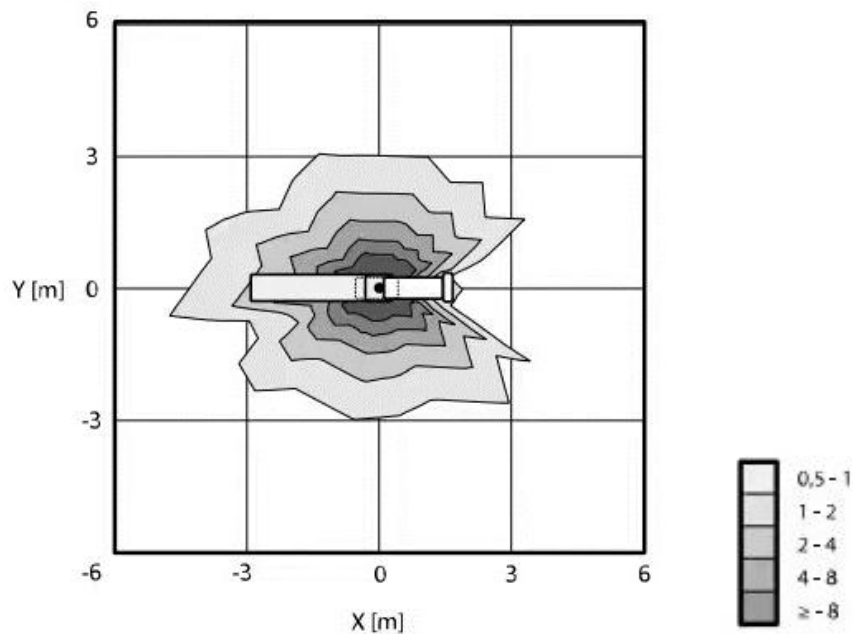


图 9- 1 X 射束垂直面等值线图（单位： $\mu\text{Sv/s}$ ）

横向 X 射线

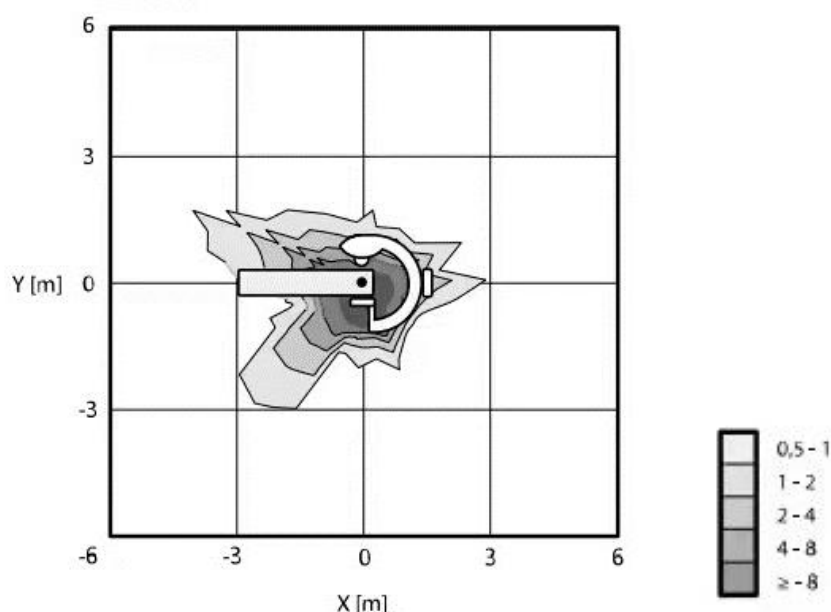


图 9- 2 X 射束平行面等值线图（单位：μSv/s）

根据表 9- 2、图 9- 1 及图 9- 2 计算各屏蔽体外关注点处的剂量率具体见表 9- 4。

表 9- 4 DSA 机房蔽体外关注点剂量率计算结果

屏蔽体及铅当量	关注点与靶点距离 R (m)	屏蔽透射因子 B	参考剂量率 H_0 (μSv/s)	剂量率 H_R (μSv/h)
北墙 (2.67mmPb)	3.2+0.3=3.5	1.58×10^{-4}	0.5 (4m 处)	0.37
南墙 (2.67mmPb)	2.4+0.3=2.7	1.58×10^{-4}	0.5 (3m 处)	0.35
患者进出防护门 (3.0mmPb)	2.4+0.3=2.7	7.97×10^{-5}	0.5 (-3m 处)	0.18
西墙 (2.87mmPb)	3.6+0.3=3.9	1.96×10^{-4}	0.5 (4m 处)	0.37
东墙 (2.87mmPb)	4+0.3=4.3	1.96×10^{-4}	0.5 (4m 处)	0.31
医护进出防护门 (3.0mmPb)	3.6+0.3=3.9	1.56×10^{-4}	0.5 (4m 处)	0.30
室顶 (2.89mmPb)	2.2+0.3=2.5	1.0×10^{-4}	2 (2m 处)	1.1

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，球管位于导管床西侧。X 射线垂直向上照射时，X 射线管距 DSA 机房距北墙约 3.2m，距南墙约 2.4m，距西墙约 3.6m，距东墙约 4m，距地板约 0.5m，距室顶约 2.2m

由上表理论计算结果可知，DSA 机房四周防护墙、室顶及各防护门窗外 30cm 处辐射剂量率最大为 $1.1\mu\text{Sv/h}$ ，在严格按照屏蔽设计方案进行建设，尽可能减小各防护门与周围墙体之间缝隙，并加强日常管理后，预计本项目 DSA 机房蔽墙体、防护门及观察窗外的辐射水平能够满足（GBZ 130-2020）中规定的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量率控制要求。

3. 保护目标处剂量率计算分析

本次保守按照 DSA 机房各屏蔽体外关注点处的剂量率计算各保护目标处的剂量率，见表 9-5。

表 9-5 保护目标处剂量率计算结果

保护目标	方位、距离	屏蔽体	屏蔽体外关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	保护目标处剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
枣园楼	西侧约 40m	西墙	0.37	2.31×10^{-4}
厚德楼	西北侧约 50m	北墙	0.37	1.48×10^{-4}
兰山农村商业银行枣园支行	北侧约 40m	北墙	0.37	2.31×10^{-4}
济众楼	相邻	西墙	0.37	0.37

由上表理论计算结果可知，本项目各保护目标处的剂量率均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制水平。

9.2.2 年有效剂量

1. 年有效剂量估算公式

$$H = D_r \times T \quad (9-1)$$

式中： H ——年有效剂量当量， Sv/a ；

T ——年受照时间， h ；

0.7——吸收剂量对有效剂量当量的换算系数， Sv/Gy ；

D_r —— X 剂量率， Sv/h 、 Gy/h 。

2. 照射时间确定

经核实，本项目 DSA 手术量最多为 210 例/年，平均每例最大照射时间 15min（其中透视时间 10min，摄影时间 5min），则 DSA 辐射工作人员最大受照时间为 52.5h（透视时间 35h/a、摄影时间 17.5h/a）。

3. 居留因子确定

居留因子的选取参考《放射治疗介入室的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）附录 A，见表 9-1。

表 9-1 居留因子的选取

场所	居留因子		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、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区
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
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗室房门 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/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

4. 职业人员年有效剂量

(1) 操作间内工作人员

本项目 DSA 介入室屏蔽设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求，预计 DSA 介入室屏蔽墙体、防护门及观察窗外的辐射剂量率可满足该标准中提出的 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。则本项目所致操作间内工作人员所受年有效剂量约为：

$$2.5 \times 52.5 / 1000 = 0.131 \text{mSv/a}.$$

(2) 介入室内工作人员

本次评价采用类比监测的方法评价职业工作人员可能接受的辐射年有效剂量。经过比较选取 DSA 装置管电压同为 150kV、管电流同为 1000mA、防护吊屏同为 0.5mmPb 当量的潍坊市市立医院于 2016 年 8 月进行监测的 DSA 装置进行类比，其主射束照射方向相同，具备类比的相关条件。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运行时相近，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，因此两者具有较好的类比性。

监测日期：2016 年 8 月 31 日。

监测单位：济南中威环境检测有限公司。

检测仪器为加压电离室巡测仪，型号：451P 型，编号为 JC15-01-2014，检定证书编号：DYj12016-1705，检定有效期：2016 年 4 月 11 日至 2017 年 4 月 10 日。测量范围：0~500mSv/h；测量精度：满量程刻度显示的 10%~100% 之间为 10%，校准源为 ^{137}Cs ；响应时间：0~50 $\mu\text{Sv/h}$ —8 秒，0~500 $\mu\text{Sv/h}$ —2.5 秒，0~500mSv/h—2 秒；温度范围：-20℃~+70℃；相对湿度：0~100%（在+60℃）；地源性：少于 1%。

检测时 Innova 3100-IQ 型 DSA 运行工况：开机状态透视（85kV、165mA）、减影（即摄影，105kV、732mA），监测时主射束照射方向向上，0.5mmPb 防护屏后监测，放置水模。

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表9-2。

表9-2 Innova 3100-IQ型DSA辐射工作人员操作位X-γ 辐射剂量率监测结果

监测点位		X-γ 辐射剂量率 (μ Gy/h)	
		透视 (85kV、165mA)	摄影 (105kV、732mA)
胸部	铅衣外	85	124
	铅衣内	9.2	14.5
腹部	铅衣外	134	302
	铅衣内	15.7	33.8
手部	未戴手套	299	433
下肢	铅衣外	123	246
	铅衣内	14.1	26.8
眼部	铅眼镜外	30.6	43.4
	铅眼镜内	4.9	7.3

职业人员所受剂量根据上表中剂量率最大的腹部铅衣内和铅衣外剂量率进行估算，根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) 6.2.4推荐公式，本项目DSA装置所致辐射工作人员年有效剂量为 $H=0.79H_u+0.051H_o=0.79\times(0.7\times15.7\times35/1000+0.7\times33.8\times17.5/1000)+0.051\times(0.7\times134\times35/1000+0.7\times302\times17.5/1000)\approx0.987\text{mSv/a}$ 。透视、摄影状态下铅眼镜内的最大剂量率分别为4.9 μ Gy/h、7.3 μ Gy/h，则职业人员眼部年当量剂量为 $0.7\times(4.9\times35+7.3\times17.5)\times1/1000\approx0.210\text{mSv/a}$ 。透视、摄影状态下手部的最大剂量率分别为299 μ Gy/h、433 μ Gy/h，则职业人员四肢年当量剂量为 $0.7\times(299\times35+433\times17.5)\times1/1000=12.631\text{mSv/a}$ 。

综上所述，本项目控制室内工作人员所受年有效剂量最大为0.131mSv/a，本项目介入室内工作人员躯干年有效剂量最大值为0.987mSv/a，四肢年当量剂量为12.631mSv/a，眼部年当量剂量率为0.210mSv/a。分别满足本次评价提出的职业人员躯干、四肢、眼晶体年管理剂量约束值不超过5.0mSv/a、125mSv/a、37.5mSv/a的要求。

5、公众成员年有效剂量

(1) DSA介入室周围公众成员及环境保护目标处公众成员

场所	方位及距离	剂量率 (μ Sv/h)	停留区域描述	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
走廊	DSA 介入室外南	0.35	周边建筑物中驻留区域	1	1.84×10^{-2}

	侧紧邻				
化验区	DSA 介入室上方	1.1	周边建筑物中驻留区域	1	5.58×10^{-2}
枣园楼	西侧约 40m	2.31×10^{-4}	周边建筑物中驻留区域	1	1.21×10^{-5}
厚德楼	西北侧约 50m	1.48×10^{-4}	周边建筑物中驻留区域	1	7.77×10^{-6}
兰山农村商业 银行枣园支行	北侧约 40m	2.31×10^{-4}	周边建筑物中驻留区域	1	1.21×10^{-5}
济众楼	相邻	0.37	周边建筑物中驻留区域	1	1.94×10^{-2}

综上，DSA 介入室周围公众成员年有效剂量为 $5.58 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于本报告提出的公众成员 0.25mSv/a 的年管理剂量约束值。经墙体间隔和距离衰减后，环境保护目标处公众成员年有效剂量为 $1.94 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于本报告提出的公众成员 0.1mSv/a 的年管理剂量约束值。

9.2.4 三废环境影响分析

DSA 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 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 手术室设计有排风装置，能够使介入室保持良好的通风，可明显降低有害气体浓度，通风设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.4.3 款要求。

废造影剂及沾染造影剂的器皿集中收集至医院现有医疗废物暂存间暂存，定期委托有资质的单位进行处置。本项目产生的医疗废物均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

9.3 事故影响分析

1、可能的辐射事故

- ① DSA 介入室屏蔽厚度不能满足辐射安全需要，造成工作人员和公众受照；
- ② DSA 装置故障，不能正常关机，导致工作人员和误入的公众成员受到照射；
- ③ 监视器、工作状态指示灯、电离辐射警告标志等防护设施不完善或失灵，导致人员误入射线装置室内而受照；
- ④ 工作人员不按要求佩戴个人防护用品，造成超剂量照射；
- ⑤ 误设置照射参数，造成超剂量照射。

2、事故防范措施

- ① 配置必要的辐射监测仪器对工作场所实施必要的监测，及时发现使用过程中可能射线的泄漏；
- ② 射线装置均配有紧急停止按钮，医院应定期进行射线装置检修和维护，及时发现问题，如超过使用年限，应停止使用；

③制定并执行规范的操作规程，每日对门灯联动装置、闭门装置、工作状态指示灯进行检查，对监视器、紧急停机按钮、DSA 装置等进行定期检查；

④制定 DSA 的安全操作规程，加强人员培训；配备铅衣、铅屏风及铅帘等防护用品；

⑤本项目 DSA 可根据患者的被检部位，自动设置照射管电压和管电流。定期检查和检测 DSA 装置性能，并定期进行设备维护。

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

(1) 管理机构

按照《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责任书，法人代表为第一责任人。已成立了辐射安全与环境保护领导小组，辐射安全与环境保护领导小组为医院辐射安全与防护机构，全面负责医院放射事件应急统一协调工。辐射安全与环境保护领导小组成员如下：

组 长：魏 娜

组 员：卢念明 王友爱

(2) 职业工作人员

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，本项目辐射工作人员均应进行辐射安全防护培训，持有培训合格证书上岗。

医院本项目共配置 5 辐射工作人员，均已参加核技术利用辐射安全与防护考核，取得合格成绩，考核合格并在有效期内。辐射工作人员每人均配置有个人剂量计，定期对个人剂量进行了检测。

10.2 辐射安全管理规章制度

医院制定了多项辐射安全管理规章制度，主要包括《射线装置安全操作规程》《辐射工作人员岗位职责》《安全保卫制度》《辐射监测方案》《设备检修维护制度》《医疗设备台账登记制度》《辐射工作人员培训制度》《人员培训计划》《自行检查与年度评估制度》等，并严格按照规章制度执行。

本项目涉及新增 1 台 II 类射线装置，按照《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，医院需制定《DSA 设备操作规程》，制定后满足辐射管理要求，医院应同时根据实际情况修订原有制度，严格落实各项辐射管理规章制度，并按规定定期向生态环境部门上报年度评估报告。

10.3 辐射监测

医院辐射工作人员每人佩戴有个人剂量计，并定期对个人剂量进行了检测。医院拟配备 1 台便携式辐射监测仪，用于自行监测使用。。并每年委托有资质的单位对辐射工作场

所进行辐射防护和设备性能检测。

医院拟完善《辐射环境监测方案》，主要内容如下：

一、辐射监测

(1) 委托监测（验收监测、年度监测）：取得环评批复后，应及时重新申请辐射安全许可证，并委托有资质单位对项目周围辐射环境进行验收监测；联系有监测资质的机构定期对医院辐射工作场所进行年度监测。监测报告与年度评估报告一并上报生态环境部门。

(2) 自行监测：定期自行开展辐射监测，制定定期监测制度，监测数据应存档备案。

(3) 应急监测：当有预期运行事件或异常情况下，为保证辐射安全和防止发生辐射污染进行必要的相关场所应急监测。

(4) 个人剂量监督检测：对工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超剂量约束值。

二、辐射工作场所监测

由从事辐射安全与环境保护管理的人员对医院辐射工作场所进行监测，监测数据记入档案。在运行前对屏蔽墙外 30cm 处的辐射剂量率进行一次监测；运行中，对屏蔽墙外 30cm 处的辐射剂量率进行巡测，并选择部分关注点位开展 γ 辐射空气吸收剂量率（开关机时各测量一次）或累积剂量监测，每年 1~2 次。

①监测因子：X- γ 空气吸收剂量率；

②监测频次：1~2 次/年，应急状况随时监测；

③监测点位：控制室操作位、观察窗、防护门（门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周）外表面 30cm 处；介入室四周墙外 30cm 处；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，介入室地面下方（楼下）距楼下地面 170cm；射线装置介入室外可能受到辐射影响的位置。包括巡测和定点，巡测范围包括所有可达的介入室外墙壁屋顶及介入室下面。定点位置一般为关键部位，包括出线状态下的介入室门口及工作人员操作位置。

④监测记录：所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括但不限于测量对象、条件、方法、仪器、时间和人员等信息。委托监测报告与年度评估报告一并上报生态环境部门。定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应及时查找原因并报告，同时进行整改。

三、个人剂量检测

1、所有从事辐射工作的人员，须接受个人剂量监测。临时工作人员、实习人员应纳

入个人剂量监测范围。进行定期查体，建立个人剂量档案和健康档案，一人一档，由专人负责保管和管理，保存至年满 75 周岁，或在工作人员停止放射工作后，其职业照射个人监测档案至少也应保存 30 年。

2、每位工作人员工作期间须按要求佩戴个人剂量计，委托有资质单位对个人剂量计进行定期检测。对于介入辐射工作人员存在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；同时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。

3、个人剂量计的读取时间一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月一次。

4、个人剂量监测数据异常时，应及时查明原因并报告生态环境主管部门。

10.4 辐射事故应急

10.4.1 辐射事故应急预案

医院已按照《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）以及《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第 17 号）中的有关要求，已制定《放射事件应急处理预案》，主要内容如下：

一、应急组织机构

（一）应急组织

组 长：张云峰

副组长：臧聚亮

成 员：魏娜 卢念明 高谦 王兆晨

应急处理电话：8631015 臧聚亮：18769993390

应急处理领导小组职责：

（1）定期组织对放射诊断场所、设备和人员进行放射防护情况自查和监测，发现事故隐患技师上报至院办并落实整改措施；

（2）发生人员受超剂量照射事故，启动本应急预案；

（3）事故发生后立即组织有关部门和人员进行事故应急处理；

（4）负责向有关部门（生态环境部门、卫健部门、公安部门）及时报告事故情况；

（5）负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员撤离，及时开工至事故影响，防止事故扩大蔓延；

（6）后勤保障部负责应急中所需物资、通讯、技术的供需，对各应急物资、设备定

期检验，确保应急物资和设备维持在可用状态。

(7) 资金保障部负责供应应急中各类需求的资金输出。

二、工作原则

(一) 迅速报告原则；

(二) 主动抢救原则；

(三) 生命第一的原则；

(四) 科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；

(五) 保护现场，收集证据的原则。

三、事故分级与报告

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

(1) 特别重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

(2) 重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

(3) 较大辐射事故，是指Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

(4) 一般辐射事故，是指Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

本项目使用Ⅱ类射线装置，开展介入放射学工作，存在发生辐射事故的危险因素，主要可能发生一般辐射事故。发生事故时应立即启动本预案。发生辐射事故时立即报告医院辐射事故应急领导小组，并在 2 小时内填写《辐射事故初始事故表》，及时报告生态环境部门、公安部门和卫健部门。

五、辐射事故应急培训和演练

为保证本单位一旦发生放射性事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员及公众及环境的安全，放射安全工作领导小组和应急领导小组联合制定本应急救援培训和演练制度。

(1) 每两年进行一次综合性辐射事故应急培训，并作好培训记录。

(2) 参加培训的人员为各级应急指挥机构成员和应急保障系统、应急信息系统的有关人员。

(3) 培训的主要内容是应急管理程序的有关规定以及放射事故发生后的应急基础知识、运行组织方式和抢险救助措施。

(4) 结合本单位实际情况制定放射事故应急救援培训计划，每年进行一次有针对性的应急救援培训并作好应急培训记录，参加培训的人员和培训的主要内容。

(5) 应急演习

①应急领导小组制定应急演习计划。

②每年至少组织一次应急演习，针对具体的放射事件进行演习，由医院应急小组和有关科室人员参加演习，必要时还应联络各有关单位和公司应急保障系统参加演习。

③每次演习前，应制定详细的演习流程，包括：演习时间、地点、人员等等。

④演习结束后，由应急领导小组负责人组织对整个演习情况进行讨论总结，并作好记录。

该应急预案内容较为全面，具有针对性和可操作性，满足本项目辐射安全管理要求。

10.4.2 应急演练

(1) 应急培训

医院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

医院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。医院运行至今未发生辐射事故。

六、事故状态下人员受照剂量分析

本项目 DSA 工作状态下，出现人员误入或误留机房内，职业人员立即启动急停按钮，DSA 在 2s 之内关闭。本项目 DSA 剂量率保守按最大值为 $0.5 \mu\text{Sv/h}$ ，误入人员停留时间按照为 2min，误入人员距离出束点 3m 考虑，则误入人员受照剂量最大为 $2.22 \times 10^{-6} \text{mSv}$ 。

表 11 结论与建议

11.1 结论

11.1.1 项目概况

临沂市兰山区枣园中心卫生院位于山东省临沂市兰山区枣园镇驻地，本次评价项目涉及 1 台 DSA 装置，属于 II 类射线装置。本项目 DSA 介入室位于济众楼一楼东北侧，安装 1 台 HEARTSPEED 10C 型 DSA 装置；本项目应用于放射诊断，符合实践的正当性。

11.1.2 选址合理性

临沂市兰山区枣园中心卫生院位于临沂市兰山区枣园中心卫生院，DSA 介入室位于医院济众楼一楼，无新增用地。DSA 介入室北侧为兰山农村商业银行枣园支行办公楼，东侧为空地、道路、南侧为磁共振室、走廊、热水间/厕所，西侧为操作间、储藏室、楼梯、阅片室、CT 操作间、CT 室，楼上为化验区，楼下为土层。

根据现场勘查，周围 50m 评价范围内存在 4 处环境保护目标，分别为 DSA 介入室建设位置西侧约 40m 枣园楼、西北侧约 50m 厚德楼、北侧约 40m 兰山农村商业银行枣园支行、DSA 所在济众楼，经上文分析，DSA 装置运行过程中对以上环境保护目标的辐射影响较小，满足相关标准要求。因此本项目工作场所选址合理。

11.1.3 现状检测

经现状检测，DSA 介入室周围的 γ 辐射空气吸收剂量率室内 (A1-A10、A15) 为 (0.05~0.08) $\mu\text{Gy/h}$ ，[即 (5.0~8.0) $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$]，室外 (A11-A14) 为 (0.05~0.06) $\mu\text{Gy/h}$ ，[即 (5.0~6.0) $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$]，均处于临沂市环境天然放射性水平范围内[室内 (2.96~19.17) $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 、道路 (1.03~13.06) $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$]。

11.1.4 辐射安全与防护分析结论

本项目 DSA 介入室东西净长 7.6m，南北净宽 5.6m，净高 2.7m，四周墙为 240mm 红砖+30mm 钡水泥，室顶、地板均为 160mm 混凝土+50mm 钡水泥，防护门为 3mmPb，观察窗为 3.6mmpb。

DSA 介入室已设置双向对讲装置和视频监控装置，便于与介入室内医护人员进行通话；用于患者进出的大防护门安装有工作状态指示灯和电离辐射警告标志；用于医护进出的小防护门张贴有电离辐射警告标志、自动闭门装置。控制台及扫描床处各设置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。

医院已为 DSA 介入室配备的个人防护用品有铅衣 6 件、铅橡胶围裙 6 件、铅防护眼镜 6 副、铅橡胶颈套 6 件、铅橡胶帽子 6 件及介入防护手套 6 副。另外，本项目 1 台 DSA 装置各自带 1 个 0.5mmPb 防护吊屏、1 个 0.5mmPb 床侧防护帘。已配备的个人防护用品可以满足防护要求及工作需求。DSA 工作人员在开展工作时应采取防护措施。

DSA 介入室设计有机械排风装置，使介入室保持良好的通风，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.4.3 款要求。

废造影剂及沾染造影剂的器皿集中收集至医院现有医疗废物暂存间暂存，定期委托有资质的单位进行处置，不会对周围环境产生明显影响。

11.1.5 环境影响评价分析结论

在本项目 DSA 总照射时间 52.5h/a 情况下，本项目控制室内工作人员所受年有效剂量最大为 0.131mSv/a，本项目介入室内工作人员躯干年有效剂量最大值为 0.987mSv/a，四肢年当量剂量为 12.631mSv/a，眼部年当量剂量率为 0.210mSv/a。分别满足本次评价提出的职业人员躯干、四肢、眼晶体年管理剂量约束值不超过 5.0mSv/a、125mSv/a、20mSv/a 的要求。

DSA 介入室周围公众成员年有效剂量为 5.58×10^{-2} mSv/a，低于本报告提出的公众成员 0.25mSv/a 的年管理剂量约束值。经墙体间隔和距离衰减后，环境保护目标处公众成员年有效剂量为 1.94×10^{-2} mSv/a，小于公众成员 0.25mSv/a 的年管理剂量约束值。

11.1.6 辐射安全管理结论

医院已成立辐射安全与环境保护领导小组，已制定各项辐射安全管理制度以及辐射事故应急预案。在建立健全并落实各项规章制度条件下，确保工作人员和公众成员的安全满足辐射安全管理要求。

医院本项目共配置 5 辐射工作人员，均已参加核技术利用辐射安全与防护考核，取得合格成绩，考核合格并在有效期内。辐射工作人员每人均配置有个人剂量计，定期对个人剂量进行了检测。

综上所述，临沂市兰山区枣园中心卫生院 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，该项目对辐射工作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 建议与承诺

11.2.1 承诺

- 1、医院拟配备 1 台巡检仪，定期对射线装置 DSA 介入室开展自主监测；
- 2、严格执行辐射监测计划，发现问题及时处理。定期检查 DSA 装置的辐射安全防护装置及措施，确保正常工作，避免无关人员误入介入室。
- 3、及时自行组织竣工环境保护验收工作。

11.2.2 建议

1. 建立健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。
2. 医院应结合工作实际情况对辐射安全管理制度不断进行修改和完善。
3. 增加辐射工作人员时，应组织相应的辐射工作人员参加辐射安全防护培训。并为其配备个人剂量计，定期进行检测，纳入医院辐射工作人员统一管理。

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