核技术利用建设项目

万源市中心医院
新建数字减影血管造影装置（DSA）项目环境影响报告表

（公示本）

万源市中心医院

二 O 二三年九月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

万源市中心医院

新建数字减影血管造影装置（DSA）项目

环境影响报告表

建设单位：万源市中心医院

建设单位法人代表（签名或签章）：***

通讯地址：万源市古东关街道春坪巷 7 号

邮政编码：636350　　联系人：***

电子邮件：86****3@qq.com　联系电话：18******535**

目　　录

表 1 项目基本情况 1
表 2　放射源 12
表 3　非密封放射性物质 13
表 4　射线装置 14
表 5　废弃物 15
表 6　评价依据 16
表 7　保护目标与评价标准 18
表 8　环境质量和辐射现状 20
表 9　项目工程分析与源项 24
表 10　辐射安全与防护 31
表 11　环境影响分析 41
表 12　辐射安全管理 61
表 13　结论与建议 71

表 1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">新建数字减影血管造影装置（DSA）项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">万源市中心医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>***</td><td>联系人</td><td>***</td><td>联系电话</td><td colspan="2">1*********5</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">万源市古东关街道春坪巷 7 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">达州市万源市古东关街道罗家湾万源市中心医院新院区门急诊医技住院楼 4 层 DSA 手术室内</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">—</td><td>批准文号</td><td colspan="3">—</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>***</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>**</td><td>投资比例</td><td colspan="2">***%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建　□改建　□扩建　□其它</td><td>占地面积（m^2）</td><td colspan="2">\</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="5">□I 类□II 类□III 类□IV 类□V 类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□I 类（医疗使用）□II 类□III 类□IV 类□V 类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="5">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□乙　□丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□II 类□III 类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□II 类□III 类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑II 类□III 类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">无</td></tr>
</table>

项目概述

一、建设单位情况

万源市中心医院（统一社会信用代码：125114814524038550）始建于 1947 年，地处万源市古东关街道春坪巷 7 号，是万源市唯一一所集医疗、教学、科研、康复于一体的国家二级甲等综合医院、爱婴医院，是国家卫健委“千县工程”首批建设县级人民医院，是万源市急危重症救治中心，是四川大学华西第二医院、浙江省普陀区人民医院、达州市中心医院帮扶医院，担负着川、渝、陕结合部 60 多万人民的医疗救治任务和乡镇卫生院的业务指导任务。

医院占地面积近 2 万平方米，编制床位 500 张，有医疗、医技等科室 40 余个，在岗职工 700 余人（其中高级职称 100 余人，中级职称 170 余人），有西门子、奥泰磁共振，GE、飞利浦 CT，GE DSA，以及钬激光、椎间孔镜、氩气高频电刀、多台显微外科等设备。

随着万源城市社会经济建设的持续发展，人民生活水平与医疗标准的提高，现有医院的业务结构、功能和规模、场地和设施技术条件已不能满足医疗救治、人民群众患病就医、健康保障增长的需求。根据万源市城市总体规划和《四川省 2008-2020 卫生资源配置标准》万源市政府决定重新选址于万源城区罗家湾，按三级乙等医院要求新建万源市中心医院新院区。万源市中心医院三乙医院建设项目于 2019 年 12 月 30 日取得了达州市生态环境局关于“万源市中心医院三乙医院建设项目环境影响报告书”的审查批复（达市环审【2019】18 号），目前万源市中心医院新院区主体施工建设已完成，新院区占地面积约 35 亩，总建筑面积 76193m^2，设置床位 800 张，计划于 2023 年建成并投入使用，届时医院的综合服务能力将再上新台阶，为万源及周边区县乡亲提供优质的康养服务。

（一）任务由来

万源市中心医院新院区建成后，为进一步提高医疗服务能力，提高医疗机构的放射诊断技术能力和服务水平，更好的惠及人民群众，满足患者的诊疗需要，万源市中心医院拟在新院区门急诊医技住院楼 4 层中心手术部 DSA 手术室内安装使用 1 台数字减影血管造影机（digital subtraction angiography，简称 DSA），属于 II 类射线装置，主要用于血管造影、介入治疗等。

（二）编制目的

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》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第449号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第18号）的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。根据《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），本项目属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，本项目应编制环境影响报告表。根据四川省生态环境厅发布的《关于优化调整建设项目环境影响评价文件审批权限的公告》（2023年第7号），本项目应报达州市生态环境局审查批准。因此，万源市中心医院委托四川省中栎环保科技有限公司编制本项目的环境影响报告表（委托书见附件1）。

四川省中栎环保科技有限公司接受本项目编制工作的委托后，在进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地周围环境和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，对项目环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

（三）本项目建设内容

1、工程概况

项目名称：新建数字减影血管造影装置（DSA）项目

建设单位：万源市中心医院

建设性质：新建

建设地点：达州市万源市古东关街道罗家湾万源市中心医院新院区门急诊医技住院楼4层南侧DSA手术室内

2、工程建设内容及规模

医院拟在新院区门急诊医技住院楼（已建，-2~13F，高约57.9m）4层南侧手术中心DSA手术室内安装使用1台DSA，型号为****，其额定管电压为125kV，额定管电流为1000mA，出束方向由下向上，属于II类射线装置，年诊疗病例预计500例（其中心血管介入手术300例，神经内科介入手术200例），年累计最大出束时间约127.08h（其中透视125h，拍片2.08h），主要用于血管造影、介入治疗等。

本项目DSA手术室净空面积约58.56m^2（L×B= 9.15m×6.40m），四周墙体均为方钢龙骨+4mm铅板；屋顶为200mm现浇钢筋混凝土+ 2mm铅板；地面为200mm现浇钢筋混凝土+40mm硫酸钡防护涂料；设有1扇铅玻璃观察窗，屏蔽效能为3mmPb；设有3扇防护铅门，屏蔽效能均为3mmPb。

表1-2　建设项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题		备注
		施工期	营运期	
主体工程	DSA手术室净空面积约58.56m^2，四周墙体均为方钢龙骨+4mm铅板；屋顶为200mm现浇钢筋混凝土+ 2mm铅板；地面为200mm现浇钢筋混凝土+40mm硫酸钡防护涂料；设有1扇铅玻璃观察窗，屏蔽效能为3mmPb；设有3扇防护铅门，屏蔽效能均为3mmPb	扬尘、施工噪声、施工废水、固体废物	X射线 臭氧 噪声 医疗废	新建

	设备：拟在 DSA 手术室内安装使用 1 台 DSA，型号为****，其额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，出束方向由下向上，属于 II 类射线装置，年诊疗病例预计 500 例，年累计最大出束时间约 127.08h（其中透视 125h，拍片 2.08h），主要用于血管造影、介入治疗等。		物	
辅助工程	控制室、设备间、石膏间等		生活垃圾、生活污水	
公用工程	污水处理站、市政水网、市政电网、配电系统、通风系统、通讯系统等	—		
办公及生活设施	办公室、卫生间等	—		
环保工程	**废气处理：**DSA 手术室采用空调新风系统进风，采用风机机械排风，排风口置于手术床头部上方，排风口设置中效过滤器独立的排风管道，设计排风量约为 300m³/h，通过排风管道（R=200mm）从东北侧墙体上方引出 DSA 手术室，经石膏间、污物通道、手术室 2、3 至走廊顶部排风管道口，再经楼上 5 层设备间机房，最终汇至西南侧大楼室外排放（排风口设置为防风防雨百叶，朝向屋顶绿化区域，距地高度约 21.3m）。	施工扬尘、施工噪声、施工废水、固体废物	废水、废气、固体废物	
	废水处理：项目产生的废水依托新院区污水处理设施处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的预处理标准后排入市政污水管网，接入万源市城市生活污水处理厂集中处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准后，排入后河	—		
	固废处理：DSA 手术室旁设置有污物处置间，手术过程中产生的医疗废物经收集后运至一旁污物处置间内暂存，最后统一交由有相应资质的单位收运处置；办公、生活垃圾依托医院设置的垃圾桶经统一收集	—		

（四）本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-3。

表 1-3　主要原辅材料及能耗情况表

项目	名称	年耗量	来源	主要化学成分
主要原辅材料	造影剂	100L	外购	碘克沙醇
能源	煤	—	—	—
	电(kW·h)	1000	市政电网	—
	气(Nm³)	—	—	—
水资源	用水量	100m³/a	市政水网	—

本项目使用的造影剂为碘克沙醇注射液，是为增强影像观察效果而注入（或服用）到人体组织或器官的化学制品，具有粘稠度低、渗透压小、物化性质稳定和容易排泄等特点。

碘克沙醇：分子式 $C_{35}H_{44}I_6N_6O_{15}$，分子量 1550.20，浓度为 320mg I/ml，渗透压为 290mosm/kg·H2O（37℃），粘度为 11.4mPa·s（37℃），pH 值为 6.8-7.6。本品为无色或淡黄色的澄明液体。活性成分为碘克沙醇，辅料为氯化钙、氯化钠、氨丁三醇、依地酸钙钠，包装为中性硼硅玻璃输液瓶。规格为 100ml/瓶，平均每台介入手术使用 2 瓶，每年约 500 台手术，年使用量约为 100L。由医院统一采购，常温储存，使用后的废包装物按医疗废物处置。

（五）本项目主要设备配置及技术参数

本项目使用的 DSA 射线机位于新院区门急诊医技住院楼 4 层中心手术区 DSA 手术室内，由放射科进行日常管理。根据医院提供资料，本项目 DSA 主要用于介入治疗、血管造影，医院年最大手术台数约 500 台，年最大出束时间为约 116.81h。本项目设备参数及技术参数见表 1-4。

表 1-4　本项目射线装置相关参数

设备名称	型号	数量	最大管电压	最大管电流	使用场所
DSA	待定	1 台	125kV	1000mA	DSA 手术室内
设备使用情况					
出束方向	所在科室	常用拍片工况		常用透视工况	
		管电压	管电流	管电压	管电流
由下向上	中心手术	60~100kV	100 ~500mA	70~90kV	6~20mA
设备出束时间					
手术类型	单台手术最长曝光时间		年手术台数（台）	年最大出束时间	
	拍片（s）	透视（min）		拍片（h）	透视（h）
心血管介入	15	15	300	1.25	75
神经内科介入	10	12	200	0.56	40
合计			500	1.81	115
				116.81	

（六）工作人员配置情况

本项目拟配置6名辐射工作人员，包括医生3名(其中负责心血管介入手术的医生2名，负责神经内科介入手术的医生1名)、护士2名，技师1名。本项目辐射工作人员均为医院新增辐射工作人员，技师不从事其他III类射线装置操作工作。今后医院可根据开展项目的实际情况适当调整辐射工作人员配置。

工作制度：医院实行每年工作250天，每天8小时的工作制度，实行白班单班制。

（七）依托环保设施情况

1、废水：施工期废水、运营期医疗废水依托新院区污水处理设施处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的预处理标准后排入市政污水管网，接入万源市城市生活污水处理厂集中处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准后，排入后河。

2、固体废物：施工期产生的固体废物主要为装修和设备安装过程中产生建筑弃渣、废砂石、废木料、废纸皮和施工人员产生的生活垃圾；其中建筑垃圾由施工单位集中分类收集，运送到指定的建筑垃圾堆放场；生活垃圾依托医院收集系统收集，由环卫部门定期统一清运至垃圾中转站；包装垃圾通过集中分类收集，由废品回收站回收。运营期产生的医疗废物经打包后与医院其他医疗废物一起在医疗废物暂存间暂存，统一交由有相应资质的单位收运处置（目前医院已签订的医疗废物处置协议见附件 10）；生活垃圾经统一收集后由环卫部门定期清运。

二、本项目产业政策符合性分析

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2019年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号，2020年1月1日施行）、《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》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第49号，2021年12月30日实施）的相关规定，本项目使用数字减影血管造影机（DSA）为医院医疗基础建设内容，属该指导目录中第三十七项“卫生健康”中第5款“医疗卫生服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

三、本项目外环境关系、选址合理性及实践正当性分析

（一）外环境关系分析

1、医院用地红线外环境关系

万源市中心医院新院区选址于达州市万源市古东关街道罗家湾，根据现场踏勘，医院东面为城市规划道路，道路以东与医院边界距离约 55~75m 为未来城市住宅小区；南面与医院边界距离约 40 为未来城市住宅小区；西面为高约 70m 的山坡，山坡地下距离约 50 处为渝铁路及白沙铁路专线；北面与医院边界距离约 15m 为规划的市公安局建设用地。本项目地理位置示意图见附图 1。

2、本项目平面布局及外环境关系

本项目位于新院区门急诊医技住院综合楼内（-2~13F，高约 57.9m，北侧为-2~5 层裙

楼；南侧为-2~13 层主楼），西南侧约 0~29m 为医院道路、29~50m 为污水处理站、院外山坡，东南侧约 0~16m 位于大楼内部、16~36m 为医院道路、36~50m 为院外城市规划道路，西北及东北侧 50m 范围均位于门急诊医技住院楼内。

根据门急诊医技住院楼 4 层平面布局图可知，以 DSA 手术室四周墙体为边界：**西北侧** 50m 范围内自东南向西北依次为控制室、百级手术室、限制区、无菌物品间、半限制区、麻醉区、办公辅助用房区域等；**东南侧** 50m 范围内自西北向东南依次为污物通道、污洗间、标本暂存间、百级手术室、院外城市规划道路；**西南侧** 50m 范围内自东北向西南依次为污物处置室、医院污水处理站；**东北侧** 50m 范围内自西南向东北均为中心手术室；正上方为设备机房和屋顶绿化，正下方为病理科的细胞学间、污物处置/暂存间、石蜡制片脱水包埋间。DSA 手术室平面布置图见附图 4。

（二）项目选址合理性分析

本项目所在新院区用地已经取得了万源市自然资源局颁发的不动产权证书（川）2019 万源市不动产权第 0004865 号），用地用途为医卫慈善用地，并于 2019 年 12 月 30 日取得了达州市生态环境局关于“万源市中心医院三乙医院建设项目环境影响报告书”的审查批复（达市环审【2019】18 号，见附件 4）。

本项目所在门急诊医技住院楼 4 层北侧为 ICU，南侧为中心手术，西侧为办公辅助用房，东侧为消毒供应中心，DSA 手术室位于南侧中心手室，所在区域设有配套的功能性房间或是缓冲间，所在区域为手术室洁净区，极大程度减少公众误入的几率，有利于科室统一管理。DSA 手术室所在中心手术西北侧临近急救梯，便于急诊病人转运，能够节约心内科病人黄金抢救时间；北侧距离 ICU 较近，当重症患者在做完手术后容易出现生命体征不平稳、意识昏迷的情况，有利于患者转运继续治疗；东南侧紧邻污物通道和污物处置室，便于术后污物的运输，且靠近消防楼梯，一旦发生事故，周围公众也能够很快得到疏散。通过建筑物屏蔽和距离的衰减，能够确保本项目运行期间建筑物内辐射水平维持在当地天然本底范围，同时，医院也将通过采取相应有效治理和屏蔽措施减小对周围的环境影响。

综上而言，新院区选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目为医疗设备建设项目，与新院区规划相容，且 DSA 手术室为专门的辐射工作场所，建成后有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

（三）布局合理性分析

（1）DSA 手术室位于中心手术区域均为洁净手术室，配套设置有辅助用房限制区（缓冲区）、设备间、控制室、石膏间、污物处置室、无菌物品间、更衣室、换床间、库房、麻醉恢复室等辅助用房，所在中心手术配套设施完善，充分考虑了手术医生和病人的需求。

（2）DSA 手术室所在区域日常洁净管控，病人家属在家属等候区进行等待，禁止进入手术区，因此 DSA 手术室基本杜绝了公众误入的可能性。

（3）DSA 手术室有效使用面积达到 58.56m^2，对于开展手术而言空间十分宽敞。

（4）本项目人员与污物流出路线不交叉。医护人员在更衣室里更换手术服后，穿戴辐射防护用品，进入中心手术，经半限制区进入限制区，最后进入 DSA 手术室，技师进入控制室；病人换床后经半限制区至限制区直行进入 DSA 手术室；手术结束医护人员和患者离开后，清洁人员将打包好的污物经手术室东南侧污物通道运送至一旁的污物处置室暂存。整体实现了医护人员、病人、医疗废物的路线分流，人流和物流时间严格错开。本项目人流物流示意图见附图 7。

（5）本项目的修建不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。综上所述，本项目各组成部分功能区明确，所在位置既方便就诊、满足科室诊疗需要，也能够降低人员受到意外照射的可能性，所以平面布置是合理的。

（四）实践正当性分析

本项目 DSA 设备用于医学诊断和治疗，可提高医院的放射治疗水平，具有良好的社会效益和经济效益，且 DSA 设备运行过程中带来的辐射环境影响可以满足国家有关标准要求，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）辐射防护“实践正当性”的要求。

四、原有核技术利用情况

（一）医院原有项目辐射安全许可情况

（1）万源市中心医院现持有达州市生态环境局核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[16078]），许可的种类和范围：使用III类射线装置。发证日期：2021 年 04 月 16 日，有效期至 2026 年 04 月 15 日。

（2）医院现有核技术利用项目的许可情况见表 1-6。

表 1-6 医院已获许可使用射线装置

序号	设备名称	规格型号	类别	数量	使用场所	备注

1	牙片机	ROTOGRAPHEVO D	III	1	本部住院部放射科	已上证，在用
2	医用 X 射线 CT 机	PhilipsBriliance	III	1	本部住院部 1 号 CT 室	
3	医用 X 射线 CT 机	TCT-300	III	1	白沙分院 CT 室	
4	医用 X 射线机	F78-IIIA	III	1	白沙分院放射科	
5	医用 X 射线机数字胃肠机	KD-GRAND	III	1	本部住院部放射科	
6	数字化 X 射线摄影装置	DRF-2	III	1	本部住院部放射科	
7	医用 X 射线机	NSX-500R	III	1	秦川分院放射科	
8	移动式 C 形臂 X 射线机	HMC-160	III	1	秦川分院第二手术间	
9	X 射线计算机体层摄影设备	IngenuityCore 128	III	1	本部住院部 2 号 CT 室	

医院在用 III 类医用射线装置 9 台，经调查，医院 2022 年对全院所有射线装置工作场所均进行了年度监测，所有射线装置运行正常。医院自开展辐射项目以来未发生辐射安全事故。

（二）辐射工作人员培训情况

万源市中心医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度，医院现有从事 III 类射线装置辐射工作人员共72人，均参加培训，持证上岗；本项目拟新增6名 II 类射线装置辐射工作人员，医院承诺尽快安排相关辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（http://fushe.mee.gov.cn）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，并取得辐射安全培训合格证，确保持证上岗。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告2021年9号）的相关规定，仅从事III类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。又根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，新从事II类射线装置活动（包括本项目新增辐射工作人员），以及医院原持有辐射安全培训合格证书到期的II类射线装置人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：http://fushe.mee.gov.cn）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

（三）年度评估报告

医院在全国核技术利用辐射安全申报系统（rr.mee.gov.cn）中提交了“2022年度四川省

核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，医院对2022年度的辐射工作场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了评估说明。

（四）辐射管理规章制度执行情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，制定有相对完善的管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急预案》、等。医院辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，在落实各项辐射安全规章制度后，可满足原有射线装置防护实际需要。对医院现有场所而言，医院也已具备辐射安全管理的综合能力。医院应本次项目内容补充完善，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改。

根据医院提供的最新连续四个季度个人剂量监测报告，经统计计算，未发现单季度个人有效剂量超过季度限值1.25mSv的情况，也未发现个人年剂量值超过5mSv的情况；由辐射工作场所年度监测报告得知，屏蔽体外30cm处，没有超过2.5μSv/h的情况；由医院反馈得知，医院自取得取得辐射安全许可证以来，未发生过辐射安全事故。

（五）小结

综上所述，医院按照上述要求落实到位后，不存在原有辐射环境问题。

表 2　放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	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》（GB18871-2002）。

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（MeV）	额定电流（mA)/剂量（Gy/h）	用途	工作场所	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	1 台	****	125	1000	血管造影、介入治疗	DSA 手术室	拟购
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

（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	气态	—	—	少量	少量	少量	不暂存	直接排向大气环境

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m^3，年排放总量为 kg。

2. 含有放射性的废物要注明其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3）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》，2015 年 1 月 1 日实施； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； （4）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年4月29日修订； （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682号，2017年10月1日实施； （6）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； （7）《四川省辐射污染防治条例》，四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日起实施； （8）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院第 449 号令，2019 年 3 月修订； （9）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部第 18 号令，2011 年 5 月起实施； （10）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》；原环境保护部令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订； （11）《射线装置分类》，原环境保护部公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月起实施； （12）《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发[2015]162 号，2015 年 12 月实施； （13）《关于建设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，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日； （14）《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发[2012]77 号，环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日； （15）《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，公告 2019 年第 57 号。

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与格式》（HJ10.1－2016)； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （3）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （5）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （6）《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）； （7）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （8）《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 9-2020）。
其他	（1）《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987)； （2）院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料； （3）《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》（生态环境部（国家核安全局））； （4）《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号； （5）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）； （6）环评委托书。

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》（HJ10.1-2016）中的相关要求，结合项目特点和现场监测的实际情况，确定辐射环境影响评价的范围：以 DSA 手术室实体屏蔽体边界外 50m 范围。

保护目标

根据本项目确定的评价范围，环境保护目标主要是医院辐射工作人员和周围停留的公众，由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1　本项目环境保护目标一览表

项目位置	保护目标	相对方位	距辐射源最近距离(m)	人流量（人次/天）	照射类型	剂量约束值（mSv/年）
DSA 手术室内	心血管介入手术医生	-	**	**	职业照射	5.0
	神经内科介入手术医生	-	**	**	职业照射	5.0
	护士	-	**	**	职业照射	5.0
本项目周围	控制室内的技师	西北侧	**	**	职业照射	5.0
	设备间、石膏间的工作人员	东北侧	**	**	公众照射	0.1
	污物处置室的人员	西南侧	**	**	公众照射	0.1
	污物通道的工作人员	东南侧	**	**	公众照射	0.1
	中心手术室的人员及公众	东北侧	**	**	公众照射	0.1
	无菌物品间、半限制区的工作人员	西北侧	**	**	公众照射	0.1
	办公辅助用房区域的工作人员	西北侧	**	**	公众照射	0.1
	电梯厅的公众	北侧	**	**	公众照射	0.1
	污水处理站的工作人员	西南侧	**	**	公众照射	0.1
	城市规划道路的公众	东南	**	**	公众照射	0.1
	3 层病理科细胞学间、污物处置/暂存间、石蜡制片脱水包埋间的人员	正下方	**	**	公众照射	0.1
	5 层设备机房和屋顶绿化的公众	正上方	**	**	公众照射	0.1
	评价范围内门急诊医技住院楼的其他人员	周围	**	**	公众照射	0.1

评价标准

一、环境质量标准

（1）大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

（2）地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准。

（3）声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

二、污染物排放标准

（1）废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。

（2）医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中的预处理排放标准。

（3）噪声：①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准。

（4）固废：医疗废物执行《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB39707-2020）。

三、电离辐射剂量限值和剂量约束值

电离辐射执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。

本项目评价取上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的 1/4（即 5mSv/a）作为职业人员年剂量约束值；取四肢（手和足）或皮肤年当量剂量的 1/4（即 125mSv/a）作为职业人员四肢（手和足）或皮肤年当量剂量约束值。

公众照射：第 B1.2.1 条的规定，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年有效剂量 1mSv。

本项目评价取上述标准中规定的公众年有效剂量限值的 1/10（即 0.1mSv/a）作为公众的年剂量约束值。

四、辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）有关规定，在距离本项目复合手术室屏蔽体外表面30cm处，周围控制目标辐射剂量率应不大于2.5μSv/h。

表 8　环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

本项目选址于达州市万源市古东关街道罗家湾新院区门急诊医技住院综合楼内（-2~13F，高约 57.9m，北侧为-2~5 层裙楼；南侧为-2~13 层主楼），根据现场踏查，本项目的外环境关系如下：

本项目辐射工作场所西北及东北侧 50m 范围内均位于门急诊医技住院楼内；西南侧约 0~29m 为医院道路、29~50m 为污水处理站、院外山坡；东南侧约 0~16m 位于大楼内部、16~36m 为医院道路、36~50m 为院外城市规划道路。医院目前现状见图 8-1。

*

图8-1 本项目所在院区建设现状图

二、本项目主要环境影响

本项目在投入运营后，主要对环境造成影响的是 DSA 在曝光过程中，产生的 X 射线。

三、本项目所在地 X-γ辐射空气吸收剂量现状监测

受四川省中栎环保科技有限公司的委托，四川省永坤环境监测有限公司于 2023 年 9 月 16 日对“万源市中心医院新建数字减影血管造影装置（DSA）项目”场所周围进行了辐射环境现状布点监测，其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

表 8-1　监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源
X-γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》	HJ 1157-2021
	《辐射环境监测技术规范》	HJ 61-2021

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2　监测使用仪器表

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	测量范围	检定/校准情况	
环境 X-γ辐射剂量率	RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪 编号：YKJC/YQ-40	测量范围： 1nGy/h~1.2mGy/h 20keV~3.0MeV	检定/校准单位： 中国测试技术研究院 证书编号： 202210005087 检定/校准有效期： 2022.10.24~2023.10.23 校准因子：1.06（使用 137Cs 校准源）	天气：晴 温度： 21~21.5℃ 湿度： 56~57%

四、质量保证

该公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的检定合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行数据处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川省永坤环境监测有限公司质量管理体系：

（一）资质认证

从事监测的单位，四川省永坤环境监测有限公司于 2018 年 1 月取得了原四川省质量技术监督局颁发的计量认证证书，证书编号为：182312080067，有效期至 2024 年 1 月 28 日。

（二）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

（三）记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

五、监测布点原则及监测点布置

本项目在正常运行时，对环境影响的污染因子，主要为 DSA 曝光时高压射线管发出的 X 射线，由此确定本项目现状监测因子为 X-γ辐射剂量率。根据现场实际情况结合医院提供的设计图纸，X-γ辐射剂量率监测点位主要包括 DSA 手术室拟建位置、DSA 手术室四周评价范围内的敏感点。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，以上监测布点能够科学的反映该射线装置工作场所周围的辐射水平及人员受照射情况，点位布设符合技术规范要求。监测布点示意图如下：

*

图8-2 本项目DSA手术室周围现状监测布点示意图

六、环境现状监测与评价

具体监测结果如下：

表 8-3　　环境 X-γ辐射剂量率监测结果　　单位：nGy/h

点位	监测位置	测量值	标准差	备注
1	复合手术室所在位置	**	**	室内
2	西北侧控制室	**	**	室内
3	东北侧设备间	**	**	室内
4	东南侧污物通道	**	**	室内
5	西南侧污物暂存间	**	**	室内
6	复合手术室正上方	**	**	室内
7	复合手术室正下方	**	**	室内
8	西南侧污水处理站	**	**	院内
9	东南侧院外城市规划道路	**	**	院外
10	东北侧门急诊医技住院楼门诊入口处	**	**	院内

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

根据现场监测报告，本项目所在区域 X-γ辐射剂量率为 74nGy/h ~101nGy/h，与中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省环境电离辐射水平（61.9~151.8nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

表 9　项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

（一）、施工期污染源项分析

本项目辐射工作场所DSA手术室施工期土建工程属于“万源市中心医院三乙医院建设项目”建设内容之一，其土建施工期环境影响包含在的《万源市中心医院三乙医院建设项目环境影响报告书》（达市环审【2019】18号，附件4）中。

本项目辐射工作场所DSA手术室还需进行场所装修、设备安装、管线敷设、铅玻璃窗、铅防护门及其他防护设施的安装，施工期将产生少量扬尘、噪声、生活污水及固体废物。施工期工艺流程及污染物主要产生环节见图9-1。

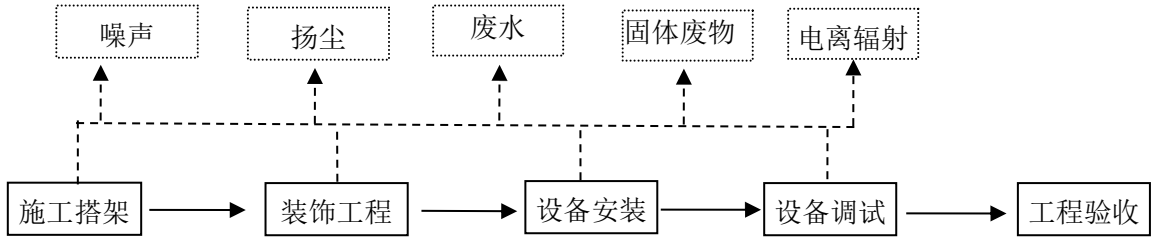

图 9-1 施工期工艺流程及污染物主要产生环节图

1、施工期主要污染源处理措施

①扬尘

施工过程中产生的扬尘，主要是装修过程中产生的扬尘，属于无组织排放，在主体墙体粉刷装饰后，设备安装及管线敷设过程中几乎不产生扬尘。

②噪声

主体工程施工期间已预留有管线沟槽，施工期噪声主要为装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，项目通过合理布局，合理安排施工时间，选用低噪设备、通过建筑隔声等措施，施工噪声对周围环境的影响较小。

③固体废物

固体废物主要为装修和设备安装过程中产生建筑弃渣、废砂石、废木料、废纸皮和施工人员产生的生活垃圾。其中建筑垃圾由施工单位集中分类收集，运送到指定的建筑垃圾堆放场；生活垃圾依托医院收集系统收集，由环卫部门定期统一清运至垃圾中转站；包装垃圾通过集中分类收集，由废品回收站回收。

④废水

本项目施工期废水主要为施工人员产生的生活污水，生活污水排入医院新建污水处理站，处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中要求后排入市政污水管网，接入万源市城市生活污水处理厂集中处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准后，排入后河。

2、设备安装调试期间

本项目射线装置的安装、调试请设备厂家专业人员进行，医院不会自行安装及调试设备。在射线装置调试阶段，主要污染因素为 X 射线、臭氧。医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。在设备调试过程中，射线源开关钥匙必须由专人看管或由操作人员随身携带；工作结束后，启动安全联锁并确认系统正常后才能启动射线装置。人员离开时运输设备及车辆、机房必须上锁并派人看守。

由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。

（二）、运营期污染源项分析

1、设备组成及工作原理

（1）设备组成

DSA 主要由带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、治疗床、操作台、磁盘或磁带机和多幅照相机组成。

（2）工作原理

数字减影血管造影技术是常规血造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA 的成像基本原理为：将受检部位没有注入透明的造影剂和注入透明的造影剂（含有有机化合物，在 X 射线照射下会显影）后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方块，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经过对数字幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别储存起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比增强和数/模转换为普通的模拟信号，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，可以看到含有造影剂的血液流动顺序以及血管充盈情况，从而了解血管的生理和解剖的变化，并以造影剂排

出的路径及快慢推断有误异常通道和血液动力学的改变，因此进行介入手术时更为安全。

2、诊断及治疗流程简述

本项目放射介入诊疗流程如下所示：

（1）病人候诊、准备、检查：由主管医生写介入诊疗申请单；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。

（2）向病人告知可能受到的辐射危害：介入主管医生向病人或其家属详细介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果、术中所用的介入材料及其费用等。对各种需放置支架的病人，由介入主管医生根据精确测量情况提前预定核实的支架。

（3）设置参数，病人进入 DSA 手术室、摆位：根据不同手术及检查方案，设置 DSA 系统的相关技术参数，以及其他监护仪器的设定；引导病人进入 DSA 手术室并进行摆位。

（4）根据不同的治疗方案，医师及护师密切配合，完成介入手术或检查。DSA 在进行曝光时分为拍片和透视两种情况：

①DSA 拍片检查

DSA 检查采用隔室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员调整 X 线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，然后进入控制室，关好防护门。医师、操作人员通过控制室的计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

②DSA 介入治疗

DSA 介入治疗采用近台同室操作方式。通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的部位进行间歇式透视。具体方式是受检者位于手术床上，介入手术医师位于手术床一旁，距 DSA 的 X 线管 0.5~1.0m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等）。同时手术床旁设有屏蔽挂帘和移动式防护帘。介入治疗中，医师根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视（DSA 的 X 线系统连续发射 X 射线），通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。医生、护士佩戴防护用品。每台手术 DSA 系统的 X 线系统

进行透视的次数及每次透视时间因患者的部位、手术的复杂程度而不同。介入手术完后关机，医生、病人离开 DSA 手术室。

（5）治疗完毕关机：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，急症病人应尽快将胶片交给病人；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房病历保管。

本项目 DSA 工作流程及产污图见图 9-2：

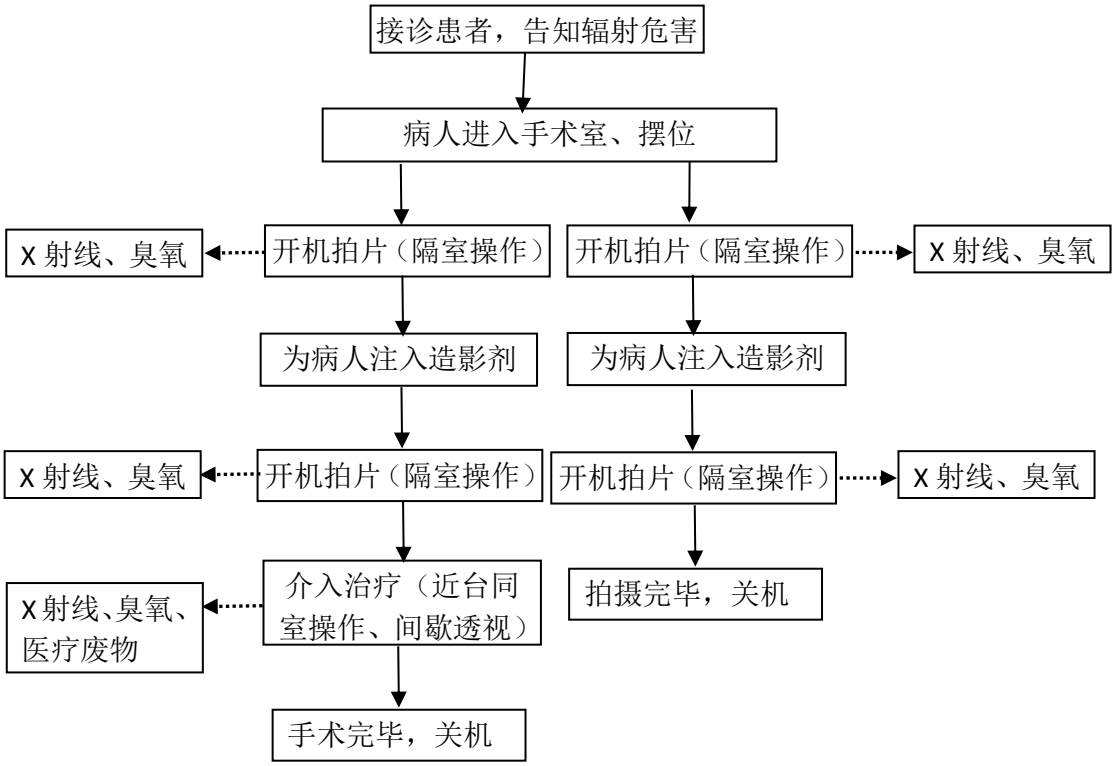

图 9-2　DSA 介入治疗流程及产污环节示意图

3、产污环节

本项目使用 1 台 DSA 用于介入治疗，属于II类射线装置。产污环节为：在注入造影剂之前拍片产生的 X 射线和臭氧，注入造影剂之后产生的 X 射线和臭氧，介入治疗过程中间歇透视产生的 X 射线和臭氧。在手术时，产生医疗包装物和容器和药棉、纱布、手套等医疗废物。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。

4、本项目医护人员、患者、污物路径分析

医护人员路径：本项目医护人员在更衣室里更换手术服后，穿戴辐射防护用品，经半限制区进入中心手术限制区，医生直行进入 DSA 手术室、技师进入控制室。

患者路径：病人经换床后经半限制区至中心手术限制区，再直行进入 DSA 手术室。

污物路径：手术结束医护人员和患者离开后，清洁人员将打包好的污物经手术室东南侧污物通道运送至一旁的污物处置室暂存，暂存一段时间后通过医疗废物通道运转至医院统一的医疗废物暂存间，最终交由有相应资质的单位回收处理。

本项目人流、污物路径示意见图 9-3。

*

图9-3 本项目人流、物流路径示意图

5、污染源项描述：

（1）电离辐射

DSA 在开机状态下产生的 X 射线，不开机状态下不产生 X 射线。本项目数字减影血管造影机（DSA）的相关参数具体如下表所示：

表 9-1 本项目 DSA 相关参数表

*

（2）废气

DSA 手术室采用空调新风系统进风，采用风机机械排风，排风口置于手术床头部上方，排风口设置中效过滤器独立的排风管道，设计排风量约为 300m^3/h，通过排风管道（R=200mm）从 DSA 手术室东北侧引出经石膏间、污物通道、手术室 3、手术室 2 至走廊顶部排风管道口，再经楼上 5 层设备间机房最终汇至西南侧大楼室外排放（排风口设置为防风防雨百叶，朝向屋顶绿化区域，距地高度约 21.3m），经自然分解和稀释，能满足《环境空气质量标准》（GB3095－2012）室外臭氧小时平均浓度符合二级标准（0.20mg/m^3）的要求。

（3）固体废物

①本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，因此不会有废胶片产生。

②手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，按每台手术产生约 2kg 的医疗废物，每年 DSA 手术室预计手术量为 500 台，则每年固体废物产生量约为 1000kg。项目产生的医疗废物经专用容器统一收集打包后经手术室西北侧污物通道运送至污物处置室暂存，暂存一段时间后通过医疗废物通道运转至医院统一的医疗废物暂存间，最终交由有相应资质的单位回收处理。

③本项目拟配置 6 名辐射工作人员，其中 3 名医生，2 名护士，1 名技师。每人每天产生办公垃圾和生活垃圾约 0.5kg，则每年办公垃圾和生活垃圾产生量约 0.75t。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，进行统一收集后由环卫部门统一定期清运。项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

（4）废水

2、项目产生的废水依托污水处理设施处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的预处理标准后排入市政污水管网，接入万源市城市生活污水处理厂集中处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准后，排入后河。

（5）噪声

本项目所有设备选用低噪声设备，噪声主要为空调噪声，最大源强不超过 65dB（A），且均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

（6）造影剂的存储、泄露风险

造影剂（碘克沙醇）是介入放射学操作中最常使用的药物之一，医院将外购造影剂采用不锈钢药品柜作为普通药品单独密封保存，钥匙交专人保管；未使用完和过期的造影剂均作为医疗废物处理；在进行介入手术时，使用带托盘的不锈钢推车进行运送。在使用造影剂前由药剂师进行剂量核算后护士取药，医生用高压注射器按照血液流速注入病人血管内，在 X 射线的照射下达到血管造影的目的，最后由泌尿系统排除体外。医院未使用完和过期的造影剂作为医疗废物进行处理。造影剂不属于重金属和其他持久性有机物，不存在泄露风险。

表 10　辐射安全与防护

一、总平布置及两区划分

1、总平面布局合理性分析

平面布局：本项目所在门急诊医技住院楼 4 层北侧为 ICU，南侧为中心手术，西侧为办公辅助用房，东侧为消毒供应中心，DSA 手术室位于南侧中心手室，该区域均为手术室洁净区。根据门急诊医技住院楼 4 层平面布局图可知，以 DSA 手术室四周墙体为边界：**西北侧** 50m 范围内自东南向西北依次为控制室、百级手术室、限制区、无菌物品间、半限制区、麻醉区、办公辅助用房区域等；**东南侧** 50m 范围内自西北向东南依次为污物通道、污洗间、标本暂存间、百级手术室、院外城市规划道路；**西南侧** 50m 范围内自东北向西南依次为污物处置室、医院污水处理站；**东北侧** 50m 范围内自西南向东北均为中心手术室；正上方为设备机房和屋顶绿化，正下方为病理科的细胞学间、污物处置/暂存间、石蜡制片脱水包埋间。

合理性分析：①本项目位于中心手术最南侧区域，周围均设有配套的功能性房间或是缓冲间，所在区域为手术室洁净区，极大程度减少公众误入的几率，有利于科室统一管理。②DSA 手术室所在中心手术西北侧临近急救梯，便于急诊病人转运，能够节约心内科病人黄金抢救时间；北侧距离 ICU 较近，当重症患者在做完手术后容易出现生命体征不平稳、意识昏迷的情况，有利于患者转运继续治疗。③DSA 手术室东南侧紧邻污物通道和污物处置室，便于术后污物的运输，且靠近消防楼梯，一旦发生事故，周围公众也能够很快得到疏散。④本项目人员与污物流出路线不交叉，实现了人流与医疗废物的路线分流，人流和物流时间严格错开。⑤本项目的修建不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，所在位置既方便就诊、满足科室诊疗需要，也能够降低人员受到意外照射的可能性，所以平面布置是合理的。

2、辐射工作场所两区划分

（1）分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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

本次环评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。拟将 DSA 手术室划分为控制区；将限制区、控制室、设备间、石膏间、污物处置室划分为监督区，项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，并在附图上进行了标识。

*

图 10-1　DSA 手术室两区划分示意图

表 10-1　本项目控制区和监督区划分情况

场所	控制区	监督区
DSA 手术室	DSA 手术室	限制区、控制室、设备间、石膏间、污物处置室

（3）控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志，见图 10-2；

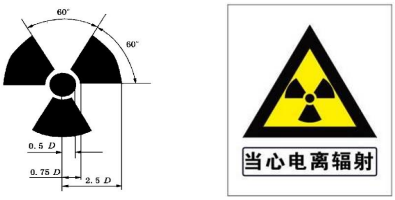

图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定职业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（包括门禁）限制进出控制区；

④在卫生通过区域配备个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜等；

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。

（4）监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区为边界；

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、辐射安全与防护措施

在利用 X 射线进行放射检查和介入治疗的同时，在无任何屏蔽设施的情况下，会对辐射源的周围环境及人员造成不应有的危害。为了减少这种辐射危害，以及避免辐射事故的发生，医院针对 DSA 的特点，采取了相应的辐射安全防护措施。

1、DSA 的固有安全性

本项目配备的 DSA 已采取如下技术措施：

①采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。

③采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视（如每秒 25 帧、12.5 帧、6 帧等可供选择），改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

④采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结（last image hold，LiH）。充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

⑤配备相应的表征剂量的指示装置：配备能在线监测表征输出剂量的指示装置，例如剂量面积乘积（DAP）仪等。

⑥配备辅助防护设施：配备床下铅帘（0.5mmPb）和悬吊铅帘(0.5mmPb)、铅屏风等辅助防护用品与设施，则在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。

⑦正常情况下，必须按规定程序并经控制台确认验证设置无误时，才能由“启动”键启动照射；同时在操作台和介入手术床体旁上均设置 “紧急停机”按钮，一旦发生异常情况，工作人员可立即按下此按钮来停止照射。

2、屏蔽防护措施

根据医院提供防护设计资料，对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C查询，DSA手术室实体防护设施铅当量折合估算见表10-2。参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），根据设备特性，针对DSA主要考虑散射线和泄露射线影响，保守估计，在折合铅当量时，仍按照主射线辐射衰减拟合参数（125kV）进行铅当量折算，因此根据最大工况下管电压和不同屏蔽体材料铅当量厚度，本项目DSA手术室与标准屏蔽措施对照，具体见表10-3。

表 10-2　DSA 手术室的实体防护折合铅当量计算表

*

表 10-3　　DSA 手术室的实体防护设施对照表

DSA手术室	DSA手术室规格	四周墙体	屏蔽门	观察窗	屋顶	地面
		结构及厚度	结构及厚度	结构及厚度	结构及厚度	结构及厚度
DSA手术室	58.56m²（最小单边长度6.4m）	方钢龙骨+4mm铅板	内衬3mm铅板的铅钢防护门	3mm铅当量含铅玻璃	200mm现浇钢筋混凝土+2mm铅板（约合4.5mmPb）	200mm现浇钢筋混凝土+40mm硫酸钡防护涂料（约合4.8mmPb）
放射诊断放射防护要求	**最小有效使用面积20m²，最小单边长度3.5m**	**非有用线束2mm铅当量**	**非有用线束2mm 铅当量**	**非有用线束2mm 铅当量**	**有用线束2mm 铅当量**	**有用线束 2mm铅当量**
备注	**满足要求**	**满足要求**	**满足要求**	**满足要求**	**满足要求**	**满足要求**

3、安全措施

（1）警告标识：DSA 手术室患者/医护进出防护门、污物通道防护门外要求设置电离辐射警告标志，提醒周围人员尽量远离该区域，同时在 DSA 手术室患者通道应设置电离辐射危害告知等提示信息。

（2）观察及对讲装置：DSA 手术室与控制室操作台之间安装铅玻璃观察窗，便于医护人员观察患者和受检者状态及防护门开闭情况；DSA 手术室与介入控制室之间设置对讲装置，便于医护人员与患者交流。

（3）闭门、防夹装置：本项目 DSA 手术室设置 3 个防护门，其中患者和医护人员共用的 1 扇防护门设计为电动推拉式门，污物机设备间门设计为手动平开式单扇门。电动推拉式防护门设置防夹装置，平开式单扇防护门设计安装有自动闭门装置。

（4）联锁装置：本项目 DSA 手术室人员进出防护门、污物门、设备间门均应设置有门灯联锁系统，手术室防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如

“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。

（5）急停按钮：本项目在手术床侧和操作台各设置1个急停按钮（带中文标识），在机器故障时可按下，避免意外照射。

4、人员的安全与防护

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者或患者、本次评价范围内公众。

（1） 辐射工作人员

为减少辐射工作人员的照射剂量，采取防护X射线的主要方法有屏蔽防护、时间防护和距离防护，三种防护联合运用、合理调节。

①距离防护

DSA手术室严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在DSA手术室人员通道门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯箱。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

②时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊断之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。根据医院的实际情况，本项目 DSA 主要用于介入手术、血管造影等。

③屏蔽防护

（1）隔室操作：辐射工作人员采取隔室操作方式，通过控制室与 DSA 手术室之间的墙体、铅门和铅玻璃窗屏蔽 X 射线，以减弱或消除射线对人体的危害。

（2）防护用品：对于介入诊疗操作时工作人员和受检者需配备的个人防护用品须满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关要求：

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
介入放射学操作	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
	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/铅防护吊帘、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：“—”表示不需要求。				

备注：除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量不小于0.25mmPb；介入防护手套铅当量不小于 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不小于2mmPb，放射工 作人员需要光学铅眼镜的另行单独配置。儿童防护用品和辅助防护设施的铅当量不小于0.5mmPb。防护用品采用悬挂或平铺方式存放，不折叠。

DSA手术室内配备有铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏、移动铅防护屏风（选配）等防护用品，本项目DSA手术室防护用品配备如表10-4所示。

表 10-4 DSA 手术室防护用品配备一览表

序号	场所	防护名称	数量	铅当量	医院拟配备情况
1	DSA手术室	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	1	≥0.5mmPb	设备采购时自带辅助防护设施，含铅防护吊帘和床侧防护帘，铅当量均为0.5mmPb
2		床侧防护帘/ 床侧防护屏	1	≥0.5mmPb	
3		移动铅防护屏	1	≥2mmPb	暂不配备

辐射工作人员应配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、铅橡胶帽子（选配）、铅橡胶防护衣等防护用品，本项目DSA手术室拟配备个人防护用品如表10-5所示。

表 10-5 DSA 手术室个人防护用品配备一览表

序号	场所	防护名称		数量/件	铅当量（mmPb）
1	DSA手术室	患者	铅橡胶围裙	1	0.5
2			铅橡胶颈套	1	0.5
3			铅橡胶帽子（选配）	1	0.5
4		工作人员	铅橡胶颈套	3	0.5
5			铅防护眼镜	3	0.5
6			介入防护手套	3	0.025
7			铅橡胶帽子（选配）	3	0.5
8			铅衣	3	0.5

本项目受检者个人防护用品配备铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅橡胶围裙。工作人员辅助防护设施配备铅防护吊帘和床侧防护帘，个人防护用品配备铅橡胶颈套、介入防护手套、铅橡胶帽子、铅衣、铅防护眼镜。防护用品数量及铅当量均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关规定。

④个人剂量监测

辐射工作人员均应配备有个人剂量计，并要求上班期间必须佩带。医院拟为DSA手术室医师位、护士位各配备1套个人剂量报警仪，共计3套个人剂量报警仪。

医院定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，检测结果存入个人剂量档案。

（2） 受检者或患者的安全防护

医院应配有三角巾、铅橡胶颈套，用于患者非照射部位进行防护，以避免病人受到不必要的照射。另外，在不影响工作质量的前提下，保持与射线装置尽可能大的距离。

（3） DSA 手术室周边公众的安全防护

周边公众主要依托辐射工作场所的屏蔽墙体、防护门窗和地板楼板屏蔽射线。同时，辐射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理，在 DSA 手术室进出门外张贴电离辐射警告标志和工作状态指示灯箱，禁止无关人员进入，以增加公众与射线装置之间的防护距离，避免受到不必要的照射，定期对辐射安全设施的进行维护，确保实时有效。

5、与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求符合性分析

本项目 DSA 涉及医用射线装置的个人防护用品和辅助防护设施配置符合性分析见下表 10-6：

表 10-6 项目涉及个人防护用品和辅助防护设施配置符合性分析表

放射检查类型	分项		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	本项目已采取措施	符合性分析
介入放射学操作	工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	医院配备铅橡胶围裙 3 套、铅橡胶颈套 3 套、 铅防护眼镜 3 副、介入防护手套 3 双	符合
		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	医院配备铅悬挂防护屏和床侧防护帘 1 套	符合
	患者和受检者	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	医院配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾 1 套、铅橡胶颈套 1 套	符合

三、工作场所辐射安全防护设施

根据《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》（生态环境部（国家核安全局））和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号）对II医用射线装置的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全措施进行了对照分析，具体情况见表 10-7：

表 10-7 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	规定的措施和制度	落实情况	应增加的措施
场所	墙体+屋顶+地面实体防护	/	设计中已有

设施	观察窗屏蔽	1 扇（屏蔽效能为 3mmPb）	设计中已有
	机房防护门	3 扇（屏蔽效能均为 3mmPb）	设计中已有
	操作位局部屏蔽防护设施	设备自带铅帘	设计中已有
	紧急停机按钮	设备自带	设计中已有
	门灯联锁	/	需配备
	对讲系统	/	需配备
	入口处电离辐射警告标志	/	需配备
	入口处机器工作状态指示灯箱	/	需配备
	闭门装置（平开门）/防夹装置（推拉门）	/	需配备
监测设备	便携式辐射监测仪	/	需配备
	个人剂量计	/	需配备 6 套
	个人剂量报警仪	/	需配备 3 台
防护器材	医护人员个人防护	/	需配备铅衣 3 套、铅橡胶颈套 3 套、 铅防护眼镜 3 副、介入防护手套 3 双
	患者防护	/	需配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾 1 套、铅橡胶颈套 1 套
其他	灭火器材	/	需配备 1 套
	通风设施	排风系统	设计中已有

四、投资估算

本核技术应用项目总投资**万元，其中环保投资**万元，占总投资约**6%。具体环保设施及投资见表 10-8。

表 10-8 环保设施及投资一览表

项目		环保设施	数量	投资（万元）
DSA 手术室	场所实体屏蔽	四周、屋顶、地面屏蔽体	**	**
		观察窗屏蔽屏蔽效能为3mmPb）	**	**
		机房防护门（屏蔽效能均为3mmPb）	**	**
	安全装置	电离辐射警告标志	**	**
		防夹装置（推拉门）	**	
		闭门装置（平开门）	**	
		有中文标识的紧急停机按钮（操作台和介入手术床旁）	**	
		门灯联锁装置及工作状态指示灯箱	**	
		对讲系统	**	
		铅悬挂防护屏/铅防护吊帘 1 副（0.5mmPb）	**	机器自带
		床侧防护帘/床侧防护屏 1 副（0.5mmPb）	**	
	监测	个人剂量计	**	**

	仪器及个人防护用品	个人剂量报警仪	**	
		便携式辐射监测仪	**	
		医护人员防护：铅衣、铅橡胶颈套、 铅防护眼镜、介入防护手套	**	**
		患者防护：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	**	**
	其他	通风设施	**	**
		灭火器材	**	**
合计				**

在今后实践中，医院应根据国家发布的法规内容，结合自身实际情况对环保设施做相应补充，使之更能满足实际需要和法规要求。

三废的治理

1、废水

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员产生的生活污水及项目产生的医疗废水。生活污水和医疗废水依托污水处理设施处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的预处理标准后排入市政污水管网，接入万源市城市生活污水处理厂集中处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准后，排入后河。

2、废气

DSA 手术室采用空调新风系统进风，采用风机机械排风，排风口置于手术床头部上方，排风口设置中效过滤器独立的排风管道，设计排风量约为 300m^3/h，通过排风管道（R=200mm）从 DSA 手术室东北侧引出经石膏间、污物通道、手术室 3、手术室 2 至走廊顶部排风管道口，再经楼上 5 层设备间机房最终汇至西南侧大楼室外排放（排风口设置为防风防雨百叶，朝向屋顶绿化区域，距地高度约 21.3m），经自然分解和稀释，能满足《环境空气质量标准》（GB3095－2012）室外臭氧小时平均浓度符合二级标准（0.20mg/m^3）的要求。

3、固体废物

固体废物主要为辐射工作人员产生的生活垃圾和介入手术时产生的医疗废弃物，如医疗包装物和容器和药棉、纱布、手套、废造影剂等。生活垃圾每天由保洁人员收集至垃圾收集点，然后由环卫部门定期清运；医疗废物由有相应资质的单位统一回收处理：①本项目拟配置 6 名辐射工作人员，其中 3 名医生，2 名护士，1 名技师。每人每天产生办公垃圾和生活垃圾约 0.5kg，则每年办公垃圾和生活垃圾产生量约 0.75t。

工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，进行统一收集后由环卫部门统一定期清运。项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。②手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，经专用容器统一收集打包后经手术室西北侧污物通道运送至污物处置室暂存，暂存一段时间后通过医疗废物通道运转至医院统一的医疗废物暂存间，最终交由有相应资质的单位回收处理。

表 11　环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、施工期的环境影响分析

本项目辐射工作场所 DSA 手术室施工期土建工程属于“万源市中心医院三乙医院建设项目”建设内容之一，《万源市中心医院三乙医院建设项目环境影响报告书》（达市环审【2019】18 号）已对门急诊医技住院楼整体建设、房间装修和设备安装可能产生的环境影响进行了评价，并提出了污染防治措施。

1、扬尘的防治措施：本项目施工在门急诊医技住院楼内部进行，通过洒水、设备轻拿轻放、材料集中堆放等措施控制扬尘的产生。

2、废水防治措施：施工废水经沉淀后循环使用；生活污水依托医院既有污水处理站预处理，达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中要求后排入市政污水管网进入万源市城市生活污水处理厂集中处理。

3、噪声防治措施：本项目施工在门急诊医技住院楼内进行，设施设备轻拿、轻放，选用低噪声设备，合理安排施工时间。

4、固废防治措施：生活垃圾依托医院既有生活垃圾收集设施收集后由市政环卫统一清运；装修和设备安装期间的垃圾经过分类收集，能回收部分由施工单位回收，不能回收部分作为建筑垃圾，由施工单位集中收集，运送到指定的建筑垃圾堆放场处理。

注：建设单位应强化施工期环境管理，严格落实施工期各项环保措施，采取有效措施，尽可能减缓施工期对环境产生的影响。

二、防辐射泄露施工要求

①手术室防护门结构应考虑因自身重量而发生形变，频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等原因，其宽于门洞的部分应大于“门—墙”间隙的十倍，并预留防护门下沉沟槽；

②穿过DSA手术室的电缆沟及通风管道均采用“U”型或者“S”型穿墙，以避免电缆沟及通排风管道布设方式影响到屏蔽墙体的屏蔽效果，不得正对工作人员经常停留的地点。

三、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目射线装置在安装调试阶段会产生X射线，造成一定辐射影响。在设备安装调试完后，现场会有少量的废包装材料产生。

本项目拟购射线装置的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行，安装和调试均在辐射防护设施建设完成后进行。

在设备安装调试阶段，医院应配合设备厂家加强安装调试现场的辐射安全管理，在此过程中保证各类辐射安全防护设施正常运行。在设备调试期间关闭防护门，在防护门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对周边的辐射影响是可接受的。设备安装完成后，医院方及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

医院在 DSA 手术室内使用 1 台 DSA，进行介入手术治疗的工作负荷约 500 人次/年，DSA 主要用于血管造影，介入治疗等。

根据原环境保护部和国家卫生计生委联合发布公告 2017 年第 66 号《射线装置分类办法》，DSA 属于II类射线装置，工作时不产生放射性废气、废水和固体废物。本机为数字成像设备，不使用显、定影液，其主要环境影响因素为工作时产生的 X 射线，出束方向向上。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

①造影拍片过程：操作人员采取隔室操作的方式，医生通过铅玻璃观察窗 DSA 手术室内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。在拍片过程中，医生位于控制室内，经 DSA 手术室各屏蔽体屏蔽后，对 DSA 手术室外（包括 DSA 手术室楼上楼下）的公众和工作人员基本没有影响。

②脉冲透视过程

为更清楚的了解病人情况，医生需进入 DSA 手术室，进行治疗时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时手术医生身着铅衣、戴铅防护眼镜等在 DSA 手术室内对病人进行直接的手术操作。

本次分析采用理论预测方法对本项目 DSA 系统在正常运行期间对辐射工作人员及公众的辐射影响分析。

1、本项目关注点的辐射环境影响分析

根据医院实际诊疗情况，拍片时，DSA的常用电压60~100kV，常用电流为100~500mA；透视时，DSA常用管电压为70~90kV，常用管电流为6~20mA。

本项目保守取0.5mmCu过滤条件，通过查《辐射防护手册 (第一分册)辐射源与屏蔽》图4.4，对于管电压为90kV，0.5mmCu作为过滤板的条件下，当管电压为90kV时（透视最大工况），查得v_{r0}= 0.15R·mA^{-1}·min^{-1}；当管电压为100kV时（拍片最大工况），查得v_{r0}=0.21R·mA^{-1}·min^{-1}。经计算后，在透视时管电压为90kV、管电流为20mA时，距靶1m处的剂量率H_0为26.19mGy·min^{-1}；在拍片管电压为100kV、管电流为500mA时，距靶1m处的剂量率H_1为916.65mGy·min^{-1}。见下表：

表 11-1 本项目 DSA 常用工况及源强取值

工作模式	常用管电压	常用管电流	最大使用工况	v_{r0}	H_0
透视	70~90kV	6~20mA	90kV、20mA	0.15R·mA^{-1}·min^{-1}	26.19mGy·min^{-1}
拍片	60~100kV	100~500mA	100kV、500mA	0.21R·mA^{-1}·min^{-1}	916.65mGy·min^{-1}

本项目 DSA 投用后，手术过程中 DSA 手术室四周的保护目标，均受到漏射射线和散射射线的影响，DSA 手术室正上方受主射辐射的影响，DSA 手术室内的辐射工作人员受到散射和漏射的影响。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离 DSA 手术室最近关注点可以代表最大可能辐射影响。

本项目共布设 15 个预测点位，预测点位见下图 11-1，预测点位说明如下：

1：DSA 手术室内医生

2：DSA 手术室内护士

3：DSA 手术室西北侧观察窗外 30cm 处：控制室内技师

4：DSA 手术室东南侧铅门外 30cm 处：污物通道的工作人员

5：DSA 手术室东北侧铅门外 30cm 处：设备间、石膏间的工作人员

6：DSA 手术室西南侧墙体外 30cm 处：污物处置室的工作人员

7：DSA 手术室西北侧滑动铅门外 30cm 处：限制区的工作人员

8：DSA 手术室西北侧 16m 处：无菌物品间、半限制区的人员

9：DSA 手术室东北侧 8m 处：中心手术的工作人员

10：DSA 手术室北侧 44cm 处：电梯厅的人员

11：DSA 手术室西北侧 23m 处：办公辅助用房区域的工作人员

12：DSA 手术室西南侧 35m 处：医院污水处理站的工作人员

13：DSA 手术室东南侧 40m 处：院外城市规划道路的公众

14：DSA 手术室正上方 30cm 处：5 层设备机房和屋顶绿化的公众

15：DSA 手术室正下方 30cm 处：3 层病理科细胞学间、污物处置暂存间等的公众

*

图 11-1　本项目 DSA 手术室四周预测关注点位示意图

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式C.1以及附录表C.2可知。屏蔽减弱因子B：

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

式中：

B—给定屏蔽材料厚度的屏蔽减弱因子；

β—给定屏蔽材料对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α—给定屏蔽材料对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ—给定屏蔽材料对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X—屏蔽材料厚度。

散射线的减弱因子将根据实际情况，采用常用工况下散射线拟合参数进行计算；泄漏射线因和主射线能量一样，故采用常用工况下主射线拟合参数计算其减弱因子。

表 11-2 屏蔽材料对 X 射线的辐射衰减拟合参数

管电压90kV（透视）						
材料	α		β		γ	
铅	3.067		18.83		0.7726	
管电压 100kV（拍片）						
材料	α		β		γ	
	主束	散射	主束	散射	主束	散射
铅	2.500	2.507	15.28	15.33	0.7557	0.9124

根据计算，DSA手术室不同防护措施对应的屏蔽减弱因子见表11-3。

表 11-3 DSA 手术室设计屏蔽参数及防护措施铅当量一览表

屏蔽方位	屏蔽材料与厚度	等效约合铅当量	屏蔽减弱因子（透视）	屏蔽减弱因子（拍片）	
				主束	散射
四周墙体	方钢龙骨+4mm 铅板	4mmPb	3.69×10^{-7}	3.39×10^{-6}	5.14×10^{-6}
屏蔽门	3mmPb 铅门	3mmPb	7.93×10^{-6}	4.14×10^{-5}	6.31×10^{-5}
观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mmPb	7.93×10^{-6}	4.14×10^{-5}	6.31×10^{-5}
屋顶	200mm 现浇钢筋混凝土+2mm 铅板	4.5mmPb	7.96×10^{-8}	9.70×10^{-7}	1.47×10^{-6}
地面	200mm 现浇钢筋混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	4.8mmPb	3.17×10^{-8}	4.58×10^{-7}	6.92×10^{-7}
手术医生位	0.5mmPb铅衣+0.5mmPb铅帘	1mmPb	4.08×10^{-3}	7.36×10^{-3}	1.05×10^{-2}
护士位	0.5mmPb铅衣	0.5mmPb	2.52×10^{-2}	3.66×10^{-2}	4.72×10^{-2}
腕部	0.025mmPb 铅手套	0.025mmPb	6.26×10^{-1}	/	/
眼晶体	0.5mmPb 铅眼镜	0.5mmPb	2.52×10^{-2}	/	/

（1）主射线束方向影响分析

①计算模式

本项目主射方向屏蔽防护采用《辐射防护手册》（第一分册）中计算公式如下：

$$D_r = D_1 \cdot \mu \cdot \eta \cdot f \cdot T / r^2 \quad \text{.....（式 2）}$$

式中：

Dr—预测点处辐射空气吸收剂量，mGy/a；

D_1—X 射线在 1m 处的辐射空气吸收剂量率，mGy/min；

T—每年工作时间，7008.6min（包括透视 6900min 和拍片 108.6min）；

μ—利用因子，主射方向取 1；

η—对防护区的占用因子；

f—屏蔽材料对初级 X 射线束的减弱因子；

r—预测点距 X 射线源的距离，m。

②预测结果分析

根据 NCRP147 报告，患者和接收器对初始线束的减弱倍数为 10 到 100 倍，考虑最不利影响，患者和接收器对初始线束的减弱倍数取 10 倍，则主射方向照射量率取主射线束的 10%。

将相关参数带入（式 2）中，进行各关注点年有效剂量预测，预测点年剂量估算结果见表 11-4：

表 11-4　DSA 手术室主射方向预测点年有效剂量估算

预测点保护目标	与出束口直线距离（m）	屏蔽材料与厚度及等效铅当量（mm）	照射类型	屏蔽减弱因子（f）	衰减倍数	利用因子（μ）	占用因子（η）	预测点辐射剂量率（μGy/h）	预测点年有效剂量（mGy/a）
14#DSA 手术室正上方	4.0	200mm 现浇钢筋混凝土+2mm 铅板	透视	7.96×10^{-8}	10	1	1/4	1.95×10^{-4}	2.25×10^{-5}
			拍片	9.70×10^{-7}	10			8.34×10^{-2}	1.51×10^{-4}

（2）病人体表散射辐射剂量估算

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot s}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad \text{.....（式3）}$$

式中：

H_s——预测点处的散射剂量率，μGy/h；

H_0——距靶 1m 处的剂量率，μGy/h；

a——患者对 X 射线的散射比；根据《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 查表取得当 400cm^2 散射面积时，$a=1.3\times10^{-3}$；故当 1cm^2 散射面积时，$a=3.25\times10^{-6}$（90°散射）；

s——散射面积，cm^2，取 100cm^2；

d_0——射线源与病人的距离，m，取 1m；

d_s——病人与预测点的距离，m；

B——减弱因子。

个人年最大有效剂量估算公式如下：

$$E = H \bullet t \bullet T \bullet 10^{-3} \qquad \text{（式4）}$$

式中：

E—辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

H—辐射剂量率，μSv/h；

t—年工作时间，h；

T—居留因子，职业人员保守取 1，公众保守取 1/4。

各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-5。

表 11-5　散射辐射各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

关注点保护目标	病人（散射点）到关注点距离（m）	屏蔽材料及厚度	屏蔽材料折合铅当量（mmPb）	照射类型	屏蔽减弱因子	散射辐射剂量率（μGy/h）
1#医生	0.5	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅帘	1	透视	4.08×10^{-3}	8.33
2#护士	1	0.5mmPb 铅衣	0.5	透视	2.52×10^{-2}	12.86
3#控制室内的技师（观察窗外 30cm 处）	5.0	3mmPb 铅玻璃窗	3	透视	7.93×10^{-6}	1.62×10^{-4}
				拍片	6.31×10^{-5}	4.51×10^{-2}
4#污物通道的工作人员（东南侧铅门外 30cm）	5.2	3mmPb 铅门	3	透视	7.93×10^{-6}	1.50×10^{-4}
				拍片	6.31×10^{-5}	4.17×10^{-2}
5#设备间、石膏间的人员（东北侧铅门外 30cm）	3.8	3mmPb 铅门	3	透视	7.93×10^{-6}	2.80×10^{-4}
				拍片	6.31×10^{-5}	7.81×10^{-2}
6#污物处置室的人员（西南侧墙外 30cm 处）	4.3	方钢龙骨+4mm 铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	1.02×10^{-5}
				拍片	5.14×10^{-6}	4.97×10^{-3}
7#限制区的人员（西北侧滑动铅门外 30cm 处）	5.5	3mmPb 铅门	3	透视	7.93×10^{-6}	1.34×10^{-4}
				拍片	6.31×10^{-5}	3.73×10^{-2}
8#无菌物品间及半限制区的人员	16	方钢龙骨+4mm 铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	7.35×10^{-7}
				拍片	5.14×10^{-6}	3.59×10^{-4}
9#中心手术的人员	8.0	方钢龙骨+4mm 铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	2.94×10^{-6}
				拍片	5.14×10^{-6}	1.44×10^{-3}
10#电梯厅的人员	44	方钢龙骨+4mm 铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	9.73×10^{-8}
				拍片	5.14×10^{-6}	4.75×10^{-5}
11#办公辅助用房区域的人员	23	方钢龙骨+4mm 铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	3.56×10^{-7}
				拍片	5.14×10^{-6}	1.74×10^{-4}
12#污水处理站的人员	35	方钢龙骨+4mm 铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	1.54×10^{-7}
				拍片	5.14×10^{-6}	7.50×10^{-5}
13#城市规划道路的人员	40	方钢龙骨+4mm 铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	1.18×10^{-7}
				拍片	5.14×10^{-6}	5.74×10^{-5}
15#DSA 手术室正下方	4	200mm 现浇钢筋混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	4.8	透视	3.17×10^{-8}	1.01×10^{-6}
				拍片	6.92×10^{-7}	7.73×10^{-4}

（3）泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率按初级辐射束的 1‰计算，利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用下(式 4)进行计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot f \cdot B}{R^2} \quad \text{.....（式5）}$$

式中：

H—预测点处的泄漏辐射剂量率，μGy/h；

f—泄漏射线比率，1‰；

H_0—距射线源 1m 处的最大剂量率，μGy/h；

R—射线源距关注点的距离，m；

B——减弱因子，前文表 11-3 计算取得。

各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-6。

表 11-6　各预测点的泄漏辐射剂量率计算参数及结果

关注点保护目标描述	射线源距关注点的距离（m）	屏蔽材料及厚度	屏蔽材料折合铅当量（mmPb）	照射类型	减弱因子	漏射辐射剂量率（μGy/h）
1#医生	0.5	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅帘	1	透视	4.08×10^{-3}	25.62
2#护士	1	0.5mmPb 铅衣	0.5	透视	2.52×10^{-2}	39.56
3#控制室内的技师（观察窗外 30cm 处）	5.0	3mmPb 铅玻璃窗	3	透视	7.93×10^{-6}	4.98×10^{-4}
				拍片	4.14×10^{-5}	9.11×10^{-2}
4#污物通道的工作人员（东南侧铅门外 30cm）	5.2	3mmPb 铅门	3	透视	7.93×10^{-6}	4.60×10^{-4}
				拍片	4.14×10^{-5}	8.42×10^{-2}
5#设备间、石膏间的人员（东北侧铅门外 30cm）	3.8	3mmPb 铅门	3	透视	7.93×10^{-6}	8.62×10^{-4}
				拍片	4.14×10^{-5}	1.58×10^{-1}
6#污物处置室的人员（西南侧墙外 30cm 处）	4.3	方钢龙骨+4mm 铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	3.13×10^{-5}
				拍片	3.39×10^{-6}	1.01×10^{-2}
7#限制区的人员（西北侧滑动铅门外 30cm 处）	5.5	3mmPb 铅门	3	透视	7.93×10^{-6}	4.12×10^{-4}
				拍片	4.14×10^{-5}	7.53×10^{-2}
8#无菌物品间及半限制区的人员	16	方钢龙骨+4mm 铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	2.26×10^{-6}
				拍片	3.39×10^{-6}	7.28×10^{-4}
9#中心手术的人员	8.0	方钢龙骨+4mm 铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	9.05×10^{-6}
				拍片	3.39×10^{-6}	2.91×10^{3}
10#电梯厅的人员	44	方钢龙骨+4mm 铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	2.99×10^{-7}
				拍片	3.39×10^{-6}	9.63×10^{-5}
11#办公辅助用房区域的人员	23	方钢龙骨+4mm 铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	1.10×10^{-6}
				拍片	3.39×10^{-6}	3.52×10^{-4}

12#污水处理站的人员	35	方钢龙骨+4mm铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	4.73×10^{-7}
				拍片	3.39×10^{-6}	1.52×10^{-4}
13#城市规划道路的人员	40	方钢龙骨+4mm铅板	4	透视	3.69×10^{-7}	3.62×10^{-7}
				拍片	3.39×10^{-6}	1.17×10^{-4}
15#DSA手术室正下方	4	200mm现浇钢筋混凝土+40mm硫酸钡防护涂料	4.8	透视	3.17×10^{-8}	3.11×10^{-6}
				拍片	4.58×10^{-7}	1.57×10^{-3}

（4）关注点辐射剂量率综合分析

表11-7　本项目各预测点保护目标最大辐射剂量率表

保护目标相对位置	关注点位保护目标	照射类型	辐射剂量率（μSv/h）				备注
			主射	散射	漏射	综合剂量率	
DSA手术室内	1#医生	透视	/	8.33	25.62	33.95	职业
	2#护士	透视	/	12.86	39.56	52.42	职业
DSA手术室周围	3#控制室内的技师（观察窗外30cm处）	透视	/	1.62×10^{-4}	4.98×10^{-4}	6.60×10^{-4}	职业
		拍片		4.51×10^{-2}	9.11×10^{-2}	1.36×10^{-1}	
	4#污物通道的工作人员（东南侧铅门外30cm）	透视	/	1.50×10^{-4}	4.60×10^{-4}	6.10×10^{-4}	公众
		拍片		4.17×10^{-2}	8.42×10^{-2}	1.26×10^{-1}	
	5#设备间、石膏间的人员（东北侧铅门外30cm）	透视	/	2.80×10^{-4}	8.62×10^{-4}	1.14×10^{-3}	公众
		拍片		7.81×10^{-2}	1.58×10^{-1}	2.36×10^{-1}	
	6#污物处置室的人员（西南侧墙外30cm处）	透视	/	1.02×10^{-5}	3.13×10^{-5}	4.15×10^{-5}	公众
		拍片		4.97×10^{-3}	1.01×10^{-2}	1.51×10^{-2}	
	7#限制区的人员（西北侧滑动铅门外30cm处）	透视	/	1.34×10^{-4}	4.12×10^{-4}	5.45×10^{-4}	公众
		拍片		3.73×10^{-2}	7.53×10^{-2}	1.13×10^{-1}	
	8#无菌物品间及半限制区的人员	透视	/	7.35×10^{-7}	2.26×10^{-6}	3.00×10^{-6}	公众
		拍片		3.59×10^{-4}	7.28×10^{-4}	1.09×10^{-3}	
	9#中心手术的人员	透视	/	2.94×10^{-6}	9.05×10^{-6}	1.20×10^{-5}	公众
		拍片		1.44×10^{-3}	2.91×10^{3}	4.35×10^{-3}	
	10#电梯厅的人员	透视	/	9.73×10^{-8}	2.99×10^{-7}	3.96×10^{-7}	公众
		拍片		4.75×10^{-5}	9.63×10^{-5}	1.44×10^{-4}	
	11#办公辅助用房区域的人员	透视	/	3.56×10^{-7}	1.10×10^{-6}	1.45×10^{-6}	公众
		拍片		1.74×10^{-4}	3.52×10^{-4}	5.26×10^{-4}	
	12#污水处理站的人员	透视	/	1.54×10^{-7}	4.73×10^{-7}	6.27×10^{-7}	公众
		拍片		7.50×10^{-5}	1.52×10^{-4}	2.27×10^{-4}	
	13#城市规划道路的人员	透视	/	1.18×10^{-7}	3.62×10^{-7}	4.80×10^{-7}	公众
		拍片		5.74×10^{-5}	1.17×10^{-4}	1.74×10^{-4}	
	14#DSA手术室正上方	透视	1.95×10^{-4}	/	/	1.95×10^{-4}	公众
		拍片	8.34×10^{-2}			8.34×10^{-2}	
	15#DSA手术室正下方	透视	/	1.01×10^{-6}	3.11×10^{-6}	4.12×10^{-6}	公众

		拍片		7.73×10^{-4}	1.57×10^{-3}	2.35×10^{-3}		

由表 11-7 可知，本项目 DSA 手术室周围最大辐射剂量率为 2.36×10^{-1}μSv/h，低于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定的屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率不大于 2.5μSv/h 的规定。

（5）关注点年辐射剂量分析

表 11-8 本项目各预测点理论预测最大受照剂量统计表

保护目标相对位置	关注点位保护目标		照射类型	综合剂量率（μSv/h）	年最大受照时间（h）	居留因子	透视/拍片总辐射剂量（mSv/a）	年总辐射剂量（mSv/a）	备注
DSA手术室内	1#医生	心内血管介入手术医生	透视	33.95	75	1	2.55	2.55	职业
		神经内科介入手术医生	透视	33.95	40	1	1.36	1.36	职业
	2#护士		透视	52.42	115	1	6.03	6.03	职业
DSA手术室周围	3#控制室内的技师（观察窗外 30cm 处）		透视	6.60×10^{-4}	115	1	7.59×10^{-5}	3.22×10^{-4}	职业
			拍片	1.36×10^{-1}	1.81	1	2.47×10^{-4}		
	4#污物通道的工作人员（东南侧铅门外 30cm）		透视	6.10×10^{-4}	115	1/4	1.75×10^{-5}	7.45×10^{-5}	公众
			拍片	1.26×10^{-1}	1.81	1/4	5.70×10^{-5}		
	5#设备间、石膏间的人员（东北侧铅门外 30cm）		透视	1.14×10^{-3}	115	1/4	3.28×10^{-5}	1.40×10^{-4}	公众
			拍片	2.36×10^{-1}	1.81	1/4	1.07×10^{-4}		
	6#污物处置室的人员（西南侧墙外 30cm 处）		透视	4.15×10^{-5}	115	1/4	1.19×10^{-6}	8.00×10^{-6}	公众
			拍片	1.51×10^{-2}	1.81	1/4	6.81×10^{-6}		
	7#限制区的人员（西北侧滑动铅门外 30cm 处）		透视	5.45×10^{-4}	115	1/4	1.57×10^{-5}	6.66×10^{-5}	公众
			拍片	1.13×10^{-1}	1.81	1/4	5.09×10^{-5}		
	8#无菌物品间及半限制区的人员		透视	3.00×10^{-6}	115	1/4	8.62×10^{-8}	5.78×10^{-7}	公众
			拍片	1.09×10^{-3}	1.81	1/4	4.92×10^{-7}		
	9#中心手术的人员		透视	1.20×10^{-5}	115	1/4	3.45×10^{-7}	2.31×10^{-6}	公众
			拍片	4.35×10^{-3}	1.81	1/4	1.97×10^{-6}		
	10#电梯厅的人员		透视	3.96×10^{-7}	115	1/4	1.14×10^{-8}	7.65×10^{-8}	公众
			拍片	1.44×10^{-4}	1.81	1/4	6.51×10^{-8}		
	11#办公辅助用房区域的人员		透视	1.45×10^{-6}	115	1/4	4.17×10^{-8}	2.80×10^{-7}	公众
			拍片	5.26×10^{-4}	1.81	1/4	2.38×10^{-7}		
	12#污水处理站的人员		透视	6.27×10^{-7}	115	1/4	1.80×10^{-8}	1.21×10^{7}	公众
			拍片	2.27×10^{-4}	1.81	1/4	1.03×10^{-7}		
	13#城市规划道路的人员		透视	4.80×10^{-7}	115	1/4	1.38×10^{-8}	9.25×10^{-8}	公众
			拍片	1.74×10^{-4}	1.81	1/4	7.87×10^{-8}		

	14#DSA 手术室正上方	透视	1.95×10^{-4}	115	1/4	5.62×10^{-6}	4.33×10^{-5}	公众
		拍片	8.34×10^{-2}	1.81	1/4	3.77×10^{-5}		
	15#DSA 手术室正下方	透视	4.12×10^{-6}	115	1/4	1.18×10^{-7}	1.18×10^{-6}	公众
		拍片	2.35×10^{-3}	1.81	1/4	1.06×10^{-6}		

注：①本项目 DSA 年最大出束时间为 116.81h（拍片 1.81h，透视 115h）。医生位于 DSA 手术室内手术位进行介入手术时，只存在透视工况。

②根据不同病人手术情况的需要，护士进入手术室内，在术中配合跟台手术，在距离主射线束最近为 1.0m 的位置，保守按照 DSA 的年透视总时间 115h 计算年有效剂量。

本项目拟配置 3 名手术医生（其中 2 名心血管介入手术医生，1 名神经内科介入手术医生），2 名护士，1 名技师；根据实际情况心血管介入手术医生和护士的工作时间很难人均分配，本次预测取心血管介入手术医生和护士的工作时间不超过人均受照时间的 1.2 倍，保守考虑各科室每名医生及护士技师的年剂量核算见下表 11-9。

表11-9 本项目每名职业人员年剂量核算表

职务/人数	科室年辐射剂量（mSv/a）	科室年最大受照时间（h）	理论人均受照时间（h）	保守考虑人均受照时间（h）	每名职业人员最大年剂量(mSv/a)
心血管介入手术医生/2 名	2.55	75	37.5	45	1.53
神经内科介入手术医生/1 名	1.36	40	/	/	1.36
护士/2 名	6.03	115	57.5	69	3.62
技师/1 名	3.22×10^{-4}	116.81	/	/	3.22×10^{-4}

由表 11-8、11-9 可知，在 DSA 手术室内心血管介入手术医生最大有效剂量 1.53mSv/a，神经内科介入手术医生最大有效剂量为 1.36mSv/a，护士最大有效剂量为 3.62mSv/a，在控制室内技师最大有效剂量为 3.22×10^{-4}mSv/a，均低于本次评价确定的职业人员 5mSv/a 的管理约束值，也均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 剂量限值；手术室周围的公众最大有效剂量为 1.40×10^{-4}mSv/a，低于本次评价确定的公众 0.1mSv/a 的管理约束值，也低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众 1mSv/a 剂量限值。

建议：医院应合理安排手术医生的人均手术量，控制各科室手术医生的手术台数，每个季度对辐射工作人员个人剂量进行严格监督，辐射工作人员个人剂量单季度超过1.25mSv、年超过5mSv事件的发生，若发现辐射工作人员有单季度超过1.25mSv的情况，医院应立即采取有效的管控措施，暂停该辐射工作人员继续从事的放射诊疗作业，同时进行原因调查，调整岗位安排等。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离DSA手术室最近的关注点

可以代表最大可能辐射有效剂量。在DSA运行后，实际工作中，常用管电压和管电流远低于预测工况，且项目运行产生的X射线经墙体、门窗屏蔽、距离衰减后，DSA手术室周围环境保护目标受照剂量远低于预测剂量，对DSA手术室周围公众影响更小。

（6）医生腕部皮肤受照剂量分析

医生介入手术操作时,会穿连体铅衣、戴介入防护手套、铅防护眼镜、铅橡胶颈套等防护用品，通常站立于介入治疗病床侧面，面对病患，受到散射和漏射线束照射，由于手术过程中手术医生随时在活动，其腕部不会一直处于受照射位置不动，因此保守考虑，分以下两种情况预测：①预计在透视时有 1/5 时间手术医生在受照位置进行插入导管等操作，此时医生腕部受铅防护手套（0.025mmPb）保护；②预计在剩余透视时的 4/5 时间内手术医生在手术床侧的其他位置，此时腕部未处于受照位置，腕部受到铅防护手套（0.025mmPb）和铅悬挂防护屏（0.5mmPb）的保护。

本项目采用理论预测分析介入手术医生腕部所受到的皮肤剂量，减弱因子参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式 C.1 以及附录表 C.2，则手术时医生腕部及眼睛状体所受的最大辐射剂量见下表：

表11-10　本项目介入手术医生腕部及眼睛状体最大辐射剂量率表

*****

①腕部皮肤受照剂量：

手术医生和护士在 DSA 手术室内进行介入手术时，手术医生腕部距离辐射源（非主射束方向）最近，因 X 射线随着距离的增加呈现衰减趋势，故以手术医生腕部剂量估算结果进行核算医护人员皮肤照射年剂量，根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）中的公式估算 DSA 手术室或 DSA 手术室人员年皮肤吸收剂量：

$$D_S = C_{ks}(\dot{k} \bullet t) \bullet 10^{-3} \quad \text{.....（式 6）}$$

$$H_S = D_S \cdot W_R \quad \text{.....（式 7）}$$

式中：D_S—皮肤吸收剂量，mGy；

$\dot{k}$—X 辐射场的空气比释动能率，μGy/h；

C_{KS}—空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数（Gy/Gy）；

t—人员累积受照时间，h；

H_S—关注点的当量剂量，mSv；

W_R—辐射权重因数，X 射线取 1。

理论计算：根据表 11-11 分析，①手术医生在受照位置进行插入导管等操作时，腕部位置处的空气比释动能率为 5.21×10^3μGy/h，受照时间为 9h（45h×1/5）；②手术医生在非受照位置进行手术操作时，腕部位置处的空气比释动能率为 1.89×10^2μGy/h，受照时间为 36h（45h×4/5）。从表 A.4/A5 中查得空气比释动能到皮肤吸收剂量的最大转换系数C_{KS}=1.156mGy/mGy，根据式 6，手术医生在受照位置进行插入导管等操作时，医生手术位腕部皮肤受照当量剂量为：54.2mGy/a，手术医生在非受照位置进行手术操作时，医生手术位腕部皮肤受照当量剂量为：3.9mGy/a，则手术医生腕部皮肤受照当量剂量叠加共为 58.1mGy/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv 的要求，也满足本项目对于放射工作人员四肢（手和足）或皮肤当量剂量通常管理限值，即不超过 125mSv/a 的要求。

（7）介入治疗对医生和患者的辐射防护要求

介入治疗是一种解决临床疑难病的新方法，但介入治疗时 X 射线曝光量大，曝光时间长，距球管和散射体近，使介入治疗操作者受到大剂量的 X 射线照射。为了减少介入治疗时 X 射线对操作者和其他人员的影响，本评价提出以下几点要求：

介入治疗医生自身的辐射防护要求：①加强教育和培训工作，提高辐射安全文化素养，全面掌握辐射防护法规和技术知识；②结合诊疗项目实际情况，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施；③在介入手术期间，必须穿戴个人防护用品，并佩戴个人剂量报警仪；④定期维护 DSA 系统设备，制定和执行介入治疗的质量保证计划。

患者的辐射防护要求：①严格执行 GB18871-2002 中规定的介入诊疗指导水平，保证患者的入射体表剂量率不超过 100mGy/min；②选择最优化的检查参数，为保证影像质量可采用高电压、低电流、限制透视检查时间等措施；③采用剂量控制与分散措施，通过调整扫描架角度，移动扫描床等办法，分散患者的皮肤剂量，避免单一皮肤区域接受全部剂量；④作好患者非照射部位的保护工作。

（8）射线装置报废

射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源和拆解加高压射线管），确保装置无法再次组装通电使用，并按照国有资产和生态环境主管部门的要求，履行相关报废手续。

二、大气环境影响分析

本项目在运行过程中，主要大气污染因子为 DSA 手术室内空气中氧受 X 射线电离而产生的臭氧。DSA 曝光过程中臭氧产生量很小，DSA 手术室采用空调新风系统进风，采用风机机械排风，排风口置于手术床头部上方，排风口设置中效过滤器独立的排风管道，设计排风量约为 300m^3/h，通过排风管道（R=200mm）从 DSA 手术室东北侧引出经石膏间、污物通道、手术室 3、手术室 2 至走廊顶部排风管道口，再经楼上 5 层设备间机房最终汇至西南侧大楼室外排放（排风口设置为防风防雨百叶，朝向屋顶绿化区域，距地高度约 21.3m），经空气稀释后，对周围环境影响较小。

三、废水环境影响分析

项目运行后，废水主要为辐射工作人员的生活污水和医疗废水，处理措施：依托污水处理设施处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的预处理标准后排入市政污水管网，接入万源市城市生活污水处理厂集中处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准后，排入后河。

四、固体废物影响分析

①本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，因此不会有废胶片产生。

②手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，按每台手术产生约 2kg 的医疗废物，每年固体废物产生量约为 1000kg。这些医疗废物严格按国家《医疗废物管理条例》的要求分类暂存于医疗废物暂存间，统一收集后交由有相应资质的单位处置。

③工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，办公垃圾和生活垃圾产生量约 0.75t/a，医院按照当地管理部门要求，由市政环卫部门收集清运处置。项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

五、声环境影响分析

本项目噪声源主要为风机噪声，所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过 65dB

（A），均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

环境影响风险分析

一、环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在建设、运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

二、风险识别

本项目使用的 DSA 属于II类射线装置，属中危险射线装置，事故时可使受照人员产生较严重的放射损伤，大剂量照射甚至可导致死亡。DSA 不运行时不可能发生放射性事故，也不存在影响辐射环境质量的事故，只有当机器运行期间才会产生 X 射线等危害因素，最大可能发生的事故情景如下：

装置在运行时，介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行介入手术操作；手术过程中，人员误入或滞留在 DSA 手术室内而造成非主射方向的误照射；

三、源项分析及事故等级分析

本项目医用 X 射线装置主要的环境风险因子为工作时产生的 X 射线。按照中华人民共和国国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-11 中。

表 11-11　项目的环境风险物质、因子、潜在危害及事故等级表

项目名称	环境风险因子	潜在危害	事故等级
DSA	X 射线	X 射线装置失控导致人员受超年剂量限值的照射	一般辐射事故
		X 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	较大辐射事故
		X 射线装置失控导致 2 人以上（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	重大辐射事故
		X 射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡	特别重大辐射事故

四、辐射事故分析

（1）事故分析

本项目涉及Ⅱ类射线装置，运营期间存在的风险和潜在危害及事故隐患如下：

表 11-12　项目环境风险和可能发生的事故情景

设备名称	类型	风险因子	可能发生的辐射事故
DSA	Ⅱ类射线装置	X射线	①介入手术操作过程中，介入手术人员未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行透视手术操作。②在装置运行时，公众误入DSA手术室或者未撤离DSA手术室，造成不必要的照射。

DSA 设备运行期间可能发生事故类型及相关参数情况如下表 11-13 所示：

表 11-13　DSA 设备运行期间可能发生事故类型及相关参数

序号	事故情景	受照人员	设备参数	距靶1m处剂量率μSv/h	射束方向
1	手术期间误照射	手术医生	90kV/20mA（按透视运行参数）	1.57×10^{6}	散射、漏射
2	公众误入DSA手术室或未撤离	误入人员	90kV/20mA（按透视运行参数）	1.57×10^{6}	散射、漏射

（2）剂量估算

①手术期间可能发生的辐射事故情景

介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行透视手术操作，受到非主射方向的照射。

则在不同距离，不同曝光时间（最大按 15min 手术曝光时间计算），介入手术操作人员所受辐射剂量估算详见表 11-14。

表 11-14　介入手术过程中误照射不同距离、时间人员受照剂量表

关注点与射线装置的距离（m）	时间（min）	散射所致剂量（mSv/次）	漏射所致剂量（mSv/次）	总剂量（mSv/次）
0.5	1.0	3.41×10^{-2}	1.05×10^{-1}	1.39×10^{-1}
	5	1.70×10^{-1}	5.24×10^{-1}	6.95×10^{-1}
	10	3.41×10^{-1}	1.05	1.39
	15	5.11×10^{-1}	1.57	2.08
1	1.0	8.53×10^{-3}	2.62×10^{-3}	3.47×10^{-2}
	5	4.26×10^{-2}	1.31×10^{-1}	1.74×10^{-1}
	10	8.52×10^{-2}	2.62×10^{-1}	3.47×10^{-1}
	15	1.28×10^{-1}	3.93×10^{-1}	5.21×10^{-1}

②公众误入机房或未撤离机房的辐射事故情景

在装置运行时，公众误入 DSA 手术室或未撤离 DSA 手术室的情况下进行照射操作，

对人员造成不必要的照射。

则在不同距离，不同曝光时间（本项目手术床旁及操作室内均设置有“紧急停止”按钮，只要按下按钮就可以停机，人员反应时间取 15s），人员误入所受辐射剂量估算详见表 11-15。

表 11-15　误入 DSA 手术室误照射不同距离、时间人员受照剂量表

关注点与射线装置的距离（m）	时间（s）	散射所致剂量（mSv/次）	漏射所致剂量（mSv/次）	总剂量（mSv/次）
1	5	7.09×10^{-4}	2.18×10^{-3}	2.89×10^{-3}
	10	1.42×10^{-3}	4.36×10^{-3}	5.78×10^{-3}
	15	2.13×10^{-3}	6.54×10^{-3}	8.67×10^{-3}
2	5	1.77×10^{-4}	5.46×10^{-4}	7.23×10^{-4}
	10	3.54×10^{-4}	1.09×10^{-3}	1.45×10^{-3}
	15	5.31×10^{-4}	1.64×10^{-3}	2.17×10^{-3}

（3）事故后果

①根据表 11-14 可知，本项目介入手术人员在不同位置随着时间的推移，非主射方向上最大可能受照剂量为 2.08mSv/次，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871- 2002）规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值，不构成辐射事故。

②根据表 11-15 可知，公众误入 DSA 手术室或未撤离 DSA 手术室，在不同位置随着时间推移，非主射方向上最大可能受照剂量为 8.67×10^{-3}mSv/次，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871- 2002）规定的职业人员 1mSv/a 的剂量限值，不构成辐射事故。

综上所述，本项目 DSA 在上述事故情景中不构成辐射事故，但不排除在事故发生情况下随着时间的推移，人员受到持续照射，其所受剂量可能将远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中的剂量限值，也可能造成更大的辐射事故。本项目射线装置一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停止射线装置出束。建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

五、事故情况下的环境影响分析与防范应对措施

（1）装置在运行时，介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行介入手术操作；手术过程中，人员误入或滞留在治疗 DSA 手术室内而造成非主射方向的误照射。

应对措施：介入手术人员佩戴剂量报警仪进行手术；治疗手术床侧及操作台上方各安装 1 套紧急止动装置，每套皆可单独终止照射；当有人员误入或滞留时，人员可立即按动紧急停机按钮逃出 DSA 手术室。

（2）DSA 设备维护人员在维护 DSA 射线管或测量探测器时，射线管处于出束状态，维修人员处于主射方向。

应对措施：检修人员必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪；当有人员误入或滞留时，人员可立即按动设备自带紧急停机按钮逃出 DSA 手术室。本项目控制台上亦配置有紧急停机按钮，在紧急情况下可按动这类紧急按钮。

（3）为了防止事故的发生，医院在辐射防护设施方面应做好以下工作：

①购置工作性能和防护条件均较好的介入诊疗设备；

②实施介入诊疗的质量保证；

③做好医生的个人防护；

④做好病人非投照部位的防护工作；

⑤按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当发生辐射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出 DSA 手术室，关闭 DSA 手术室门，及时向医院主管领导和当地生态环境主管部门报告。

（4）管理应对措施

医院在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门灯联锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。

②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。

③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

④制定医院重大事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

⑤按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当发生辐射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出 DSA 手术室，关闭 DSA 手术室门，及时向医院主管领导和当地生态环境主管部门报告。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

表 12　辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理

一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

医院已成立放射安全防护管理领导小组(见附件 2），领导本院的放射诊疗安全防护和质量保证工作，全面负责并执行本院放射防护管理工作。

（1）文件已包含内容：

一、放射安全防护管理领导小组成员

组　长:　石庆明

副组长:　朱俊城

组　员:　唐从禄　杨波 邓才容　史常炎　宋兴权　万明涛　王前述　韩波　宋泠君　陈义　马洁

二、放射安全防护管理领导小组职责

1、在院长及分管院长的领导下，根据国家相关法律法规政策，制定我院的放射防护管理工作计划、规章制度，组织实施并进行督促检查及考核总结。

2、做好国家放射卫生防护法规的宣传工作，提高我院放射工作人员放射卫生防护意识及法制观念。

3、明确放射防护监督工作人员的职责，建立完善放射工作管理档案。

4、负责对本院放射性同位素、放射源的运输、储存和使用中的放射卫生防护情况实施监督监测检查，负责医院废弃放射源及放射性医疗垃圾处理的监管工作。

5、定期对医院射线装置、放射源的放射卫生防护情况进行监测检查。

6、对医院新建、改建、扩建有关放射防护工程进行前期可行性研究，并报批省卫生厅、省环保局。

7、负责对本院放射工作人员个人剂量监测及放射人员健康查体情况进行监督检查。

8、组织医院放射工作人员接受放射防护法规、专业技术知识培训。

9、制定并落实放射事故预防措施与应急预案，如发生放射性医疗事故，应及时按有关规定逐级上报。

10、对加强和完善本院的放射防护工作提出合理化建议。

11、制定放射防护管理相关年度预算，审核放射防护管理相关费用支出

12、定期召开（每季度一次）工作例会。

13、督查及审核有关科室在购买放射诊疗设备时所提供详细的设备清单及有关设备放置的场地情况。

14、根据设备清单及场地的基本情况，制定详细的防护计划、设计图纸和防护预评价报告，同时上报市卫健委和市卫生监督局等相关单位。

15、根据放射诊疗设备的基本情况，制定相应的防护等级，审查并监督防护设备的准入及具体施工情况。

16、日常定期检查院内的各放射诊疗设备的防护情况，并对放射泄漏情况进行应急处理。

放射防护领导组下设办公室，办公室在医教科，杨波同志任办公室主任，方诤冬同志具体负责放射防护监督、检查、管理工作。

（2）需要完善的相关内容

根据医院辐射安全与环境保护管理领导小组机构文件，医院还需在以下几个方面对文件进行完善：

①补充辐射安全管理小组职责和机构成员职能分工；

②补充领导小组日常办公地点、相关联系人电话；

③定期修订、检查辐射安全管理领导小组机构成员名单，确保领导小组的实效性；

④发生放射事故事件和和个人剂量异常事件后，积极组织开展事故原因调查，并按照程序向生态环境主管部门报告；

⑤定期维护检查辐射工作场所安全设施设备，确保实时有效。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

1、辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

①本项目拟配置 6 名辐射工作人员，其中 3 名医生，2 名护士，1 名技师，均为医院新增辐射工作人员。今后医院可根据开展项目的实际情况适当调整辐射工作人员配置。

工作制度：医院实行每年工作 250 天，每天 8 小时的工作制度，实行白班单班制。

②医院现有从事 III 类射线装置辐射工作人员共72人，均参加培训，持证上岗；本

项目拟新增6名 II 类射线装置辐射工作人员，医院承诺尽快安排相关辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（http://fushe.mee.gov.cn）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，并取得辐射安全培训合格证，确保持证上岗。

③射线装置操作人员均需取得射线装置操作证书，熟悉专业技术。

④医院应定期委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行检测，且应建立辐射工作人员个人剂量档案管理。

2、辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强

①建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（http://fushe.mee.gov.cn）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗。

②个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，查明原因并解决发现的问题。

③正确佩戴个人剂量计，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）。铅衣外剂量计一般佩戴在左胸前或衣领前面，并将有标签的一面朝外，穿戴铅围裙时，应戴在铅围裙里面。

三、辐射安全档案资料管理和规章管理制度

1、辐射安全综合管理要求及落实情况

本项目建设单位拟新增 DSA，涉及使用 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》“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》(川环函[2016]1400 号）等，建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-1。

表 12-1 建设单位辐射安全与防护管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射安全管理要求	落实情况	备注
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应持有有效的辐射安全许可证	拟办理辐射安全许可证增项	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关规定要求
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	本项目辐射工作人员，医院应安排其参加辐射安全与防护相关学习和考核，确保持证上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定要求
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）	医院已成立“辐射安全防护领导小组”，有专人负责辐射安全管	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等

	职管理人员	理工作	相关规定要求
4	需配备必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备案	医院按照表 10-5 进行辐射防护设施的配备，制定《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《监测仪表使用与校验管理制度》等制度并严格执行监测计划	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应预案	根据本项目实际情况补充完善《辐射事故应急预案》	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
6	核技术利用单位应建立健全的辐射安全和防护管理规章制度及辐射工作单位基础档案	需对现有辐射安全和防护管理规章制度等进行完善	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定要求
7	个人计量监测、职业健康检查及档案管理	医院应做好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定要求
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警告标志	拟在 DSA 手术室辐射工作人员进出口、患者进出口等醒目位置粘贴电离辐射警告标志	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
9	监测	建设单位须制定监测方案，开展辐射工作场所和环境的辐射水平监测，辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告，该监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容，一并提交给发证机关	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
10	年度评估	建设单位已将 2022 年度安全和防护状评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求

2、辐射安全管理规章制度及落实情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第 20 号）“第十六条”、《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》（生态环境部（国家核安全局））及《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400 号）的相关要求中的相关规定，将建设单位现有的规章制度落实情况进行对比说明，具体见表 12-2：

表 12-2 辐射安全管理规章制度汇总对照表

序号	《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》		医院制定情况	备注
	制度	具体制度要求		
1	辐射安全管理规定（综合性文件）	根据医院具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是射线装置运行和维修时辐射安全管理	需完善	将本次新增设备纳入其中，并将“辐射安全管理规定”上墙
2	辐射工作设备操作规程	明确辐射工作人员的资质条件要求、装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确操作步骤、出束过程中必须采取的辐射安全措施	需完善	增加本项目拟新增的射线装置，并将 DSA 设备操作流程上墙
3	辐射安全防护设施维护维修制度	明确射线装置维修计划、维修记录和在日常使用过程中应采取的具体防护措施，确保射线装置保持良好的工作状态	需完善	增加本项目拟新增的射线装置辐射工作场所
4	辐射工作人员岗位职责	明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位职责	需完善	需包含本项目新增及原有辐射工作人员应参加辐射安全专业知识的学习、持证上岗，需悬挂于辐射工作场所墙上
5	射线装置台账管理制度	应记载放射性同位素与射线装置台账，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度	需完善	增加本项目拟新增的射线装置
6	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	/	需完善	增加本项目拟新增的射线装置
7	监测仪表使用与校验管理制度	/	需完善	/
8	辐射工作人员培训制度	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容，内容应至少明确“培训平台为国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：http://fushe.mee.gov.cn）学习辐射安全与防护知识并通过考试。	需完善	根据最新的辐射工作人员培训要求进行完善，
9	辐射工作人员个人剂量管理制度	在操作射线装置时，辐射工作人员须佩戴个人剂量计。医院定期将个人剂量计送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案	需完善	辐射工作人员应包含本次新增人员，明确介入工作人员个人剂量计佩带位置等内容

10	辐射事故预防措施及应急处理预案	针对射线装置应用可能产生的辐射事故，应制定较为完善的事故应急预案或应急措施，包括：“应急物资的准备和应急责任人员、生态环境主管部门应急电话及发生事故时的辐射事故处理措施”的内容	需完善	将本次新增设备纳入其中，制定“辐射安全事故应急响应程序”需悬挂于辐射工作场所墙上
11	质量保证大纲和质量控制检测计划	/	需完善	将本次新增设备纳入其中

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》（川环函 [2016]1400 号）的要求，建设单位应根据使用射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。

医院应按照《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号）的要求，**将《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所**。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

建设单位应根据规章制度内容认真组织实施，并且根据国家发布的新的相关法律法规内容,结合医院实际情况及时对各项规章制度补充修改,使之更能符合实际需要。

四、档案管理

医院对相关资料进行了分类归档放置，包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“废物处置记录”，存放在医务科办公室。

五、辐射监测

1、工作场所监测

年度监测：医院每年应委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

据调查，医院委托了四川世阳卫生技术服务有限公司开展了 2022 年度辐射工作场所环境现状监测。根据医院提供的 2022 年度辐射工作场所环境监测情况说明（附件 6），医院现有辐射工作场所屏蔽体外 30cm 处，均无超过 2.5μSv/h 的情况，满足相关法律法规的要求。

自主验收监测：医院在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位开展 1 次辐射工作场所验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

2、监测内容和要求

（1）监测内容：X-γ空气吸收剂量率。

（2）监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-3）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-3　工作场所监测计划建议

设备名称	监测项目	监测周期	监测点位
DSA	X-γ空气吸收剂量率	验收监测 1 次；委托有资质的单位进行监测，频率为 1 次/年；自行开展辐射监测	铅窗四周缝隙、控制室技师操作位、患者限制缓冲区、污物处置室、设备间、石膏间等配套房间、DSA 手术室 3 扇防护门的上下左右门缝隙处、手术室四周环境敏感点等

（3）监测范围：控制区和监督区域及周围环境

（4）监测质量保证

①落实监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测单位的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；或委托有资质的单位对监测仪器进行检定/校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③完善辐射工作场所环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

3、个人剂量检测

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为 1 次/季。

（1）当单个季度个人剂量超过1.25mSv时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；采取防护措施

减少或者避免过量照射；若全年个人累计剂量检测数值超过5mSv，医院应当立即暂停该辐射工作人员继续从事放射诊疗作业，同时进行原因调查，撰写正式调查报告，经本人签字确认后通过年度评估报告上报发证机关；当单次个人累积剂量检测数值超过20mSv，应立即开展调查并报告辐射安全许可证发证机关，启动辐射事故处置程序。个人剂量检测报告及有关调查报告均应存档备查。

（2）个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

（3）根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

（4）辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、职业健康体检、个人剂量检测结果等材料。医院应将辐射工作人员的个人剂量档案终身保存。

（5）医院须严格按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求配发个人剂量计，要求辐射工作人员正确配戴个人剂量计，每季度由专人负责回收后交由有资质的检测单位进行检测，按照要求建立个人剂量档案，并将个人剂量档案终生保存。

据调查，医院 2022 年度委托了四川中环康源卫生技术服务有限公司进行个人剂量计的检测，提供了最新连续四个季度个人剂量监测报告，经统计计算，未发现单季度个人有效剂量超过季度限值 1.25mSv 的情况，也未发现个人年剂量值超过 5mSv 的情况，符合管理要求。

五、年度监测报告情况

医院应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）规定的格式编写《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 http://rr.mee.gov.cn/)中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

六、辐射事故应急

1、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，医院制订了辐射事故应急预案。

（1）医院现有辐射事故应急预案内容

医院现有辐射事故应急预案内容包括：应急机构人员组成，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

（2）本项目辐射事故应急预案可行性分析

医院现有辐射事故应急预案内容包括了应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话等，仍需补充完善以下内容：

①增加应急人员的培训，应急和救助的装备、资金、物资准备和应急演练。

②增加环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容。

③增加应急机构和职责分工，辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话。

④增加发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地市级地方人民政府及其生态环境、公安、卫健等部门报告。

⑤辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府环境保护主管部门备案。

⑥在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

2、应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

（1）发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出 DSA 手术室，关闭 DSA 手术室门，同时向医院主管领导报告。

（2）医院根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

（3）事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（4）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 13　结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：新建数字减影血管造影装置（DSA）项目

建设单位：万源市中心医院

建设性质：新建

建设地点：达州市万源市古东关街道罗家湾万源市中心医院新院区门急诊医技住院楼 4 层南侧 DSA 手术室内

本次评价内容及规模为：医院拟在新院区门急诊医技住院楼（已建，-2~13F，高约 57.9m）4 层南侧手术中心 DSA 手术室内安装使用 1 台 DSA，型号为****，其额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，出束方向由下向上，属于 II 类射线装置，年诊疗病例预计 500 例（其中心血管介入手术 300 例，神经内科介入手术 200 例），年累计最大出束时间约 127.08h（其中透视 125h，拍片 2.08h），主要用于血管造影、介入治疗等。

二、本项目产业政策符合性分析

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2019年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号，2020年1月1日施行）、《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》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第49号，2021年12月30日实施）的相关规定，本项目使用数字减影血管造影装置（DSA）为医院医疗基础建设内容，属该指导目录中第三十七项“卫生健康”中第5款“医疗卫生服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目所在新院区用地已经取得了万源市自然资源局颁发的不动产权证书（川）2019 万源市不动产权第 0004865 号），用地用途为医卫慈善用地，并于 2019 年 12 月 30 日取得了达州市生态环境局关于“万源市中心医院三乙医院建设项目环境影响报告书”的审查批复（达市环审【2019】18 号）（见附件 4）。本项目仅为医院配套建设项目，不新增用地，且 DSA 手术室为专门的辐射工作场所，建成后有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护

的角度分析，本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据四川省永坤环境监测有限公司的监测报告，本项目所在区域 X-γ辐射剂量率为 74nGy/h ~101nGy/h，与中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省环境电离辐射水平（61.9~151.8nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价分析结论

（一）施工期环境影响分析

医院强化施工期环境管理，严格落实施工期各项环保措施，采取有效措施，尽可能减缓施工期对环境产生的影响。

（二）营运期环境影响分析

本项目投入运营后，在 DSA 手术室内心血管介入手术医生最大有效剂量 1.53mSv/a，神经内科介入手术医生最大有效剂量为 1.36mSv/a，护士最大有效剂量为 3.62mSv/a，在控制室内技师最大有效剂量为 3.22×10^{-4}mSv/a，DSA 手术室周围的公众最大有效剂量为 1.40×10^{-4}mSv/a，DSA 投入运营后，本项目产生的 X 射线经墙体、门窗屏蔽、距离衰减后，对 DSA 手术室外公众影响更小。

综上所述，本项目工作人员所受的年剂量低于本次评价中所确定的 5.0mSv 的年剂量约束值，公众所受的年剂量低于本次评价中所确定的 0.1mSv 的年剂量约束值。从上述结果可以看出，本项目辐射工作场所的墙体、防护门窗满足辐射防护的要求。

六、事故风险与防范

医院制定的辐射事故应急预案和安全规章制度经补充和完善后可行，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

七、环保设施与保护目标

医院落实本报告表提出的环保措施后，可使本次环评中确定的所有保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

八、医院辐射安全管理的综合能力

经过医院的不断完善，医院安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，医技人员配置合理，考试（核）合格，持证上岗，有应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。

九、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为项目在达州市万源市古东关街道罗家湾万源市中心医院新院区门急诊医技住院楼 4 层南侧 DSA 手术室内建设，从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

建议和承诺

一、要求

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度。

2、建设单位须重视控制区和监督区的管理。

3、医院应严格执行辐射工作人员学习考核制度，组织辐射工作人员、相关管理人员到生态环境部网上免费学习考核平台（http://fushe.mee.gov.cn）中进行辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能继续上岗。

4、本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时向四川省生态环境厅及时重新申领《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3个月内完成本项目自主验收。

5、定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前在核安全申报系统中进行报送，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育学习考核情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；⑦存在的安全隐患及其整改情况；⑧其他有关法律、法规规定的落实情况。

6、按照《四川省辐射污染防治条例》，射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化处理。

7、建设单位必须在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：http：//rr.mee.gov.cn）中实施申报登记。申领、延续、更换《辐射安全许可证》、新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

二、项目竣工验收检查内容

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同

时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应组织专家完成自主环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见下表13-1：

表 13-1　项目环保竣工验收检查一览表

项目	设施
辐射屏蔽措施	四周、屋顶、地面屏蔽
	铅玻璃观察窗1扇（屏蔽效能为3mmPb）
	机房防护门3扇（屏蔽效能均为3mmPb）
安全装置	电离辐射警告标志 3 个
	防夹装置（推拉门）1 套
	闭门装置（平开门）2 套
	有中文标识的紧急停机按钮 1 套（2 个）
	门灯联锁装置及工作状态指示灯箱 3 套
	对讲系统 1 台
	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘 1 副（0.5mmPb）
	床侧防护帘/床侧防护屏 1 副（0.5mmPb）
监测仪器和个人防护用品	个人剂量计 6 套
	个人剂量报警仪 3 台
	便携式辐射监测仪 1 台
	医护人员防护：铅衣 3 套、铅橡胶颈套 3 套、 铅防护眼镜 3 副、介入防护手套 3 双
	患者防护：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾 1 套、铅橡胶颈套 1 套
其他	通风设施 1 套
	灭火器材 1 个

验收时依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防 治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表验收。

1、根据《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十七条规定：

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照中华人民共和国国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（2）建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目

环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4号）规定：

（1）建设单位可登陆生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（http://kjs.mee.gov.cn/hjbhbz/bzwb/other）。

（2）项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。

（3）本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

（4）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：①对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的起止日期；②验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。

（5）建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（http://114.251.10.205 /#/pub-message）中备案，且向项目所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。