

核技术利用建设项目

南乐县人民医院数字减影血管造影机应用项目

# 环境影响报告表

建设单位：南乐县人民医院

法人代表（签名或签章）：

通信地址：濮阳市南乐县兴华路 16 号

邮政编码：457400 联系人：李广涛

电子邮箱：13513911548@163.com 联系电话：0393-6221539



## 目 录

表 1	项目基本情况.....	1
表 2	放射源.....	9
表 3	非密封放射性物质.....	10
表 4	射线装置.....	11
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	12
表 6	评价依据.....	13
表 7	保护目标与评价标准.....	14
表 8	环境质量和辐射现状.....	16
表 9	项目工程分析与源项.....	20
表 10	辐射安全与防护.....	23
表 11	环境影响分析.....	25
表 12	辐射安全管理.....	37
表 13	结论与建议.....	41
表 14	审批.....	43



表 1 项目基本情况

建设项目名称	南乐县人民医院数字减影血管造影机应用项目				
建设单位	南乐县人民医院				
法人代表	王雪霞	联系人	李广涛	联系电话	0393-6221539
注册地址	南乐县城关镇兴华路				
项目建设地点	濮阳市南乐县兴华路 16 号南乐县人民医院门诊楼三楼				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资(万元)	850	项目环保投资(万元)	27	投资比例(环保投资/总投资)	3.18%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m <sup>2</sup> )	200
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 建设单位简介

南乐县人民医院位于河南省濮阳市南乐县城关镇兴华路 16 号，二级甲等医院，始建于 1947 年，1950 年开始营运。医院占地面积 35200 平方米，总建筑面积 32851 平方米，有门诊楼、医技楼、病房楼、职工食堂、病人食堂、供暖锅炉房等配套工程，医院 2009 年最新建设的病房楼，住院床位达到 600 张，满足南乐县建设发展的医疗需要，是濮阳市境内具有一定影响的医院，新病房楼于 2008 年 11 月取得濮阳市环境保护局环评批复，批复文号为濮环审表[2008]61 号，并于 2017 年 9 月取得南乐县环保局验收批复，批复文号为乐环验[2017]35 号，见附件 7。

南乐县人民医院是一家集多科室为一体的综合性、面向大众的现代化综合性医疗机

构。就医环境优雅，交通便利，就诊流程便捷，诊疗管理规范，医疗设备先进。坚持以人为本，缔造健康、真诚服务、追求卓越的经营理念。南乐县人民医院为了更好的服务全市广大群众，现设科室：病理科、儿科、妇产科、功能检查科、骨科、护理部、急诊科、检验科、口腔科、麻醉科、内科、皮肤性病科、普通外科、神经内科、五官科、消毒科、心内科、眼科、药剂科、医务处、院办、中医科。

本次评价的核技术应用项目建设地点位于濮阳市南乐县兴华路 16 号南乐县人民医院门诊楼三楼，本次评价的仪器设备有 1 台数字减影血管造影机（以下简称 DSA），为拟购置。

## 1.2 本项目建设规模

南乐县人民医院本次建设内容为 II 类射线装置数字减影血管造影机 1 台。本次环评的射线装置见表 1-1。

表 1-1 本次环评的射线装置一览表

序号	装置名称	型号	类别	装置数量	技术参数	生产厂家	安装地点	备注
1	数字减影血管造影机	Optima IGS330	II	1	125kV /1000mA	美国 GE	门诊楼三楼	拟购

## 1.3 本次环评项目周围环境概况

南乐县人民医院位于河南省濮阳市南乐县城关镇兴华路 16 号，医院东侧为瑜达苑小区，南侧为兴华路、老印刷厂，西侧为开元路、中医肛肠医院、南乐县卫生局，北侧为兴乐花园小区，南乐县人民医院地理位置示意图见图 1-1，南乐县人民医院周围环境概况图见图 1-2。

该医院门诊楼位于医院最南侧，向北依次为老病房楼和新病房楼；医技楼、发热门诊、传染病房楼、体检中心、放射楼位于医院的东侧，南乐县人民医院总平面布置图见图 1-3。



图 1-1 南乐县人民医院地理位置示意图



图 1-2 南乐县人民医院周围环境概况图

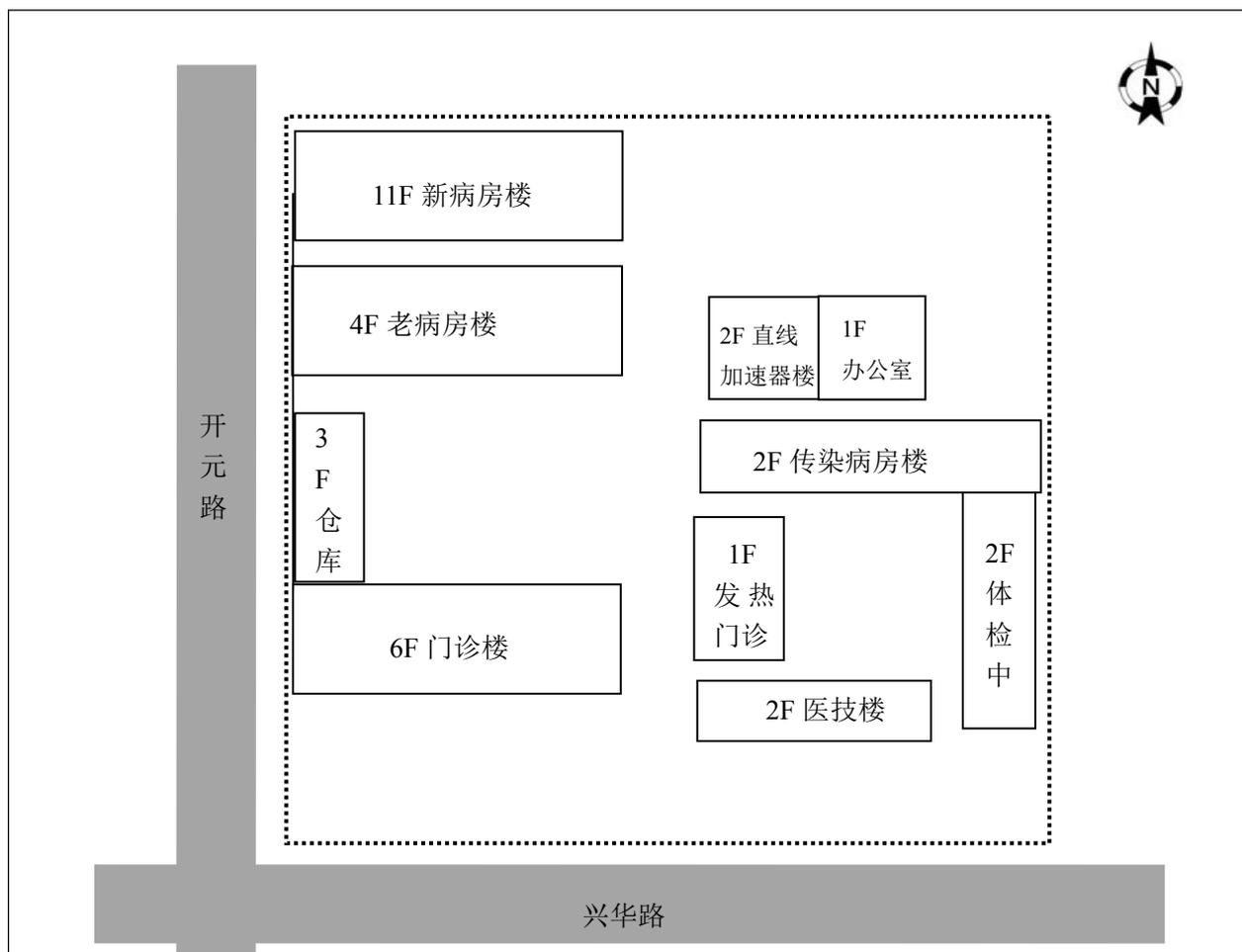


图 1-3 南乐县人民医院总平面布置图

#### 1.4 本项目拟建位置现状

本次环评的数字减影血管造影机机房拟建在门诊楼三楼，拟由婴幼儿洗浴中心改造而成。现状婴幼儿洗浴中心面积为 80 平方米（婴幼儿洗浴中心现状照片见图 1-5），保留原婴幼儿洗浴中心西侧 24 厘米灰浆饱满砖缝饱和红砖墙，拆除原婴幼儿洗浴中心的东、南、北墙并重建 24 厘米灰浆饱满砖缝饱和红砖墙，新建机房东西两侧 24 厘米灰浆饱满砖缝饱和红砖墙。改造后本项目面积为 75.9 平方米（设备间 13.8 平方米，机房 48.3 平方米，操作间 13.8 平方米），拟建 DSA 机房北侧现状为走廊、碎石室和针灸室，东侧为过道、血库，拟建 DSA 机房正上方为四楼病房，拟建 DSA 机房正下方为二楼内镜室，DSA 机房所在门诊楼三楼平面布置图见图 1-3（红框内为原婴幼儿洗浴中心）。

本项目工作场所由西向东依次为：设备间、机房扫描间、操作间。本项目工作场所所用配电柜、电源分配柜、水冷机变压器及系统柜放置在设备间；扫描架、扫机床等 DSA 主体系统放置在机房扫描间；操作主机、操作监视器放置在操作间。观察窗（1 个）位于机房的东墙中央位置，医务人员通道防护门（1 个）位于机房的东墙东北角方向，患

者通道防护门（1个）位于机房的北墙东北角方向。DSA 机房平面布置图见图 1-4。项目周围环境现状照片见图 1-5。

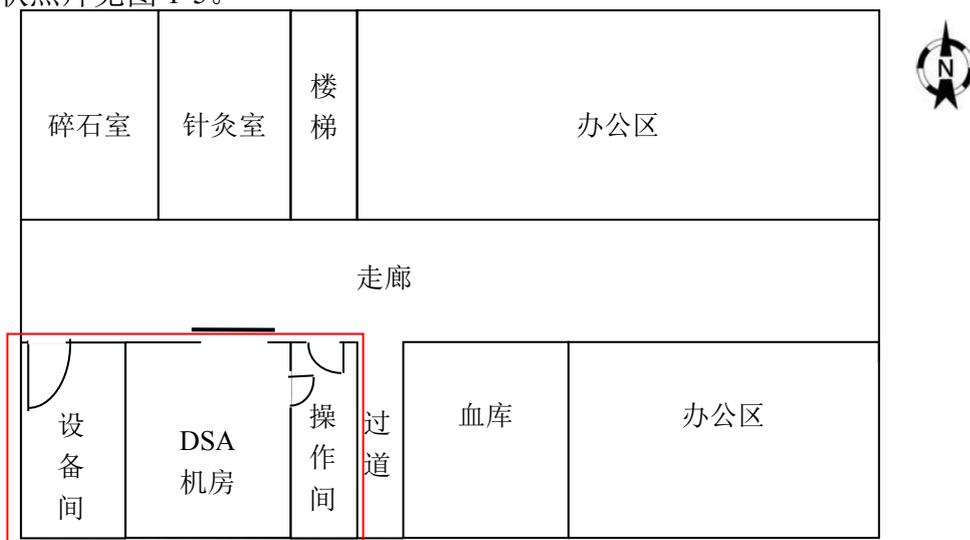


图 1-3 DSA 机房所在门诊楼三楼平面布置图

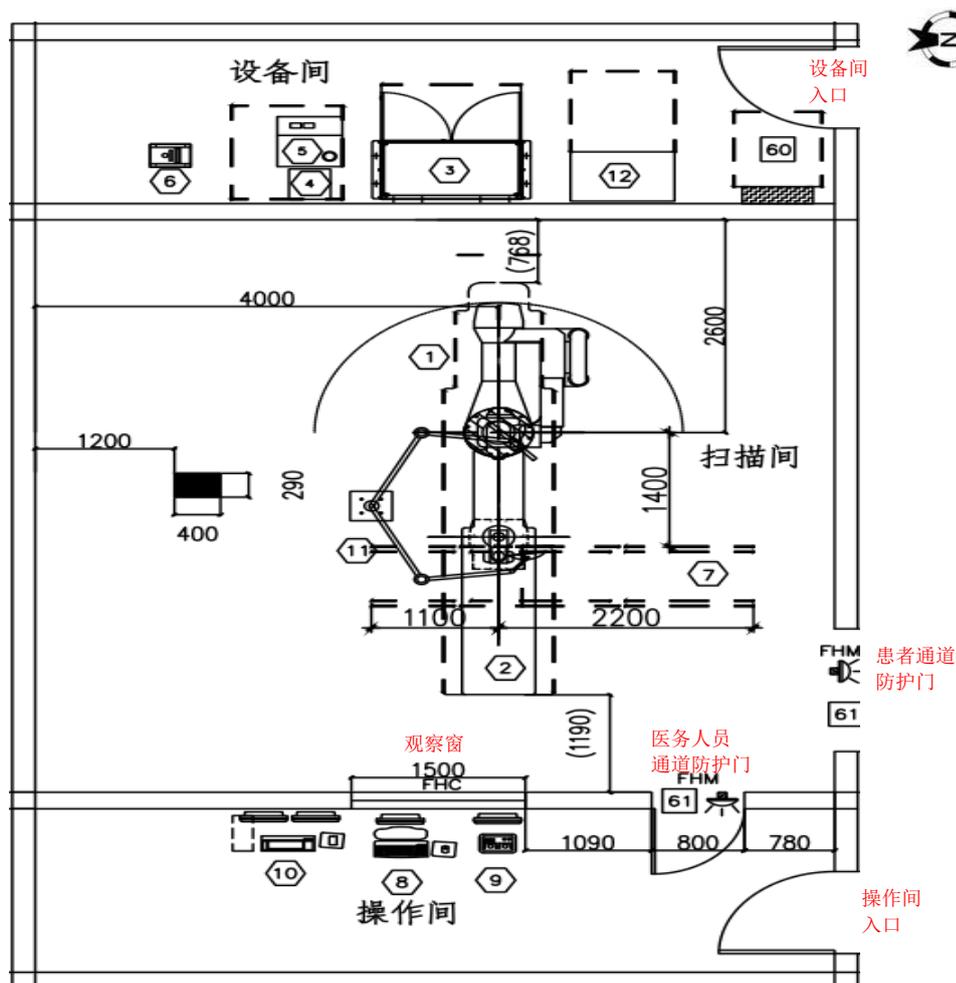


图 1-4 DSA 机房平面布置图



图 1-5 项目周围环境现状照片

### 1.5 原有核技术利用情况

南乐县人民医院现已被批准使用 II 类射线装置 1 台、III 类射线装置 5 台。其中数字肠胃机（1 台）、全数字乳腺成像系统（1 台）、DR（1 台）、螺旋 CT（1 台）已于 2008 年 10 月取得以评代验批复文件，批复文号为濮环辐审[2008]17 号；直线加速器（1 台）、模拟定位机（1 台）已于 2012 年 12 月取得环评批复文件，批复文号为豫环辐表[2012]67 号，并于 2017 年 3 月通过竣工环境保护验收会，前期工程环评验收批复文件见附件 4。

该单位于 2014 年 1 月 23 日取得河南省环境保护厅颁发的辐射安全许可证，证书编号为豫环辐证[10394]，许可的种类和范围：使用 II、III 类射线装置，有效期至 2019 年 1 月 22 日，见附件 2。南乐县人民医院已许可使用的射线装置见表 1-2。

表 1-2 南乐县人民医院已许可使用的射线装置一览表

序号	装置名称	类别	型号	装置数量	活动种类	环评批复情况	验收批复情况
1	数字肠胃机	III 类	PS800A	1	使用	濮环辐审 [2008]17 号	以评代验
2	全数字乳腺成像系统	III 类	Senngraphe	1	使用		
3	DR	III 类	DR-S	1	使用		
4	螺旋 CT	III 类	Light speed	1	使用		
5	模拟定位机	III 类	SL-IC	1	使用	豫环辐表 [2012]67 号	2017 年 3 月 通过竣工 环境保护 验收会
6	直线加速器	II 类	XHA600D	1	使用		



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》(GB 18871-2002)

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA)/ 剂量率 (cGy/min)	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	数字减影血管造影机	II	1	Optima IGS330	125	1000	诊疗	门诊楼三楼	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 ( $\mu$ A)	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
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2016 年 9 月 1 日起实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005 年 12 月 1 日起实施；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2016 年 3 月 1 日施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2018 年 4 月 28 日修订；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(9) 《河南省辐射污染防治条例》，2016 年 3 月 1 日起实施；</p> <p><b><u>(10) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行。</u></b></p>
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)；</p> <p>(4) 《环境地表 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93)；</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p><b><u>(6)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范—第 1 部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)；</u></b></p> <p><b><u>(7)《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ 130-2013)；</u></b></p> <p><b><u>(8)《医用诊断 X 射线个人防护材料及用品标准》(GBZ176-2006)；</u></b></p> <p><b><u>(9)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2002)；</u></b></p> <p>(10) 《数字减影血管造影 X 射线装置 (DSA) 监督检查技术程序》。</p>
其他	<p>(1) 南乐县人民医院数字减影血管造影机应用项目环境影响评价工作委托书；</p> <p>(2) 南乐县人民医院设计图纸；</p> <p>(3) 其它技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

**7.1 评价目的**

(1) 对医院本次评价的核技术应用项目机房位置及周围环境进行辐射环境质量现状监测，以掌握各场所周围的辐射环境质量现状水平。

(2) 对医院本次评价的核技术应用项目进行辐射环境影响预测评价，以掌握项目运行后机房及其周围的辐射水平。

(3) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

(4) 满足国家和地方环境保护部门对辐射项目环境管理规定的要求，为辐射环境保护管理提供科学依据。

**7.2 评价范围**

按照《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)的规定，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，因此，确定本项目评价范围为射线装置机房外 50m 的区域。

**7.3 保护目标**

经现场调查，本项目评价范围内无居民区等环境保护目标，本项目敏感目标主要为射线装置机房周围患者及陪同家属、射线装置操作人员。

**7.4 评价标准****(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)**

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

**① 剂量限制**

第 B1.1.1.1 条规定，应对任何工作人员的照射水平进行控制，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；依照本标准规定，结合医院实际情况，南乐县人民医院制定放射工作人员管理目标值为 5mSv/a，见附件 3。

第 B1.2.1 条规定，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下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；依照本标准规定，结合医院实际情况，南乐县人民医院制定公众管理目标值为 0.25mSv/a，见附件 3。

**(2) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)。**

本项目医用 X 射线诊断装置机房的防护屏蔽应满足以下要求。

① 每台 X 射线机应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求，各机房内最小有效使用面积、最小单边长度应满足下表要求。

表 7-1 X 射线机房设备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 <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 m
CT 机	30	4.5
双管头或多管头 X 射线机	30	4.5

<b>单管头 X 射线机</b>	<b>20</b>	<b>3.5</b>
透视专用机、碎石定位机、口腔 CT 卧位扫描	15	3
乳腺机、全身骨密度仪	10	2.5
牙科全景机、局部骨密度仪、口腔 CT 坐位扫描/站位扫描	5	2
口内牙片机	3	1.5

注：南乐县人民医院拟购的 DSA 为单管头 X 射线机。

②不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于下表要求。

**表 7-2 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护要求**

设备类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
标称 125kV 以上的摄影机房	3	2
标称 125kV 及以下的摄影机房、口腔 CT、牙科全景机房（有头颅摄影）	2	1
透视机房、全身骨密度仪机房、口内牙片机房、牙科全景机房（无头颅摄影）、乳腺机房	1	1
<b>介入 X 射线设备机房</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
CT 机房	2（一般工作量）2.5（较大工作量）	

注：南乐县人民医院拟购的 DSA 属于介入治疗仪器，本项目的机房的屏蔽防护符合介入 X 射线设备机房的要求。

③近台同室操作用 X 射线设备在透视防护区测试平面上的空气比释动率不大于  $400\mu\text{Gy/h}$ ；在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

④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患者和受检者状态。

⑤机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

⑥机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

### **(3) 《医用诊断 X 射线个人防护材料及用品标准》(GBZ176-2006)。**

#### 第 13.2 款 应用中的检查

使用中的个人防护材料及用品每年应至少自行检查 2 次，防止因老化、断裂或损伤而降低防护质量。

#### 第 13.3 款 使用年限的要求

个人防护材料及用品的正常使用年限为 5 年，经检查并符合防护要求时可延至 6 年。



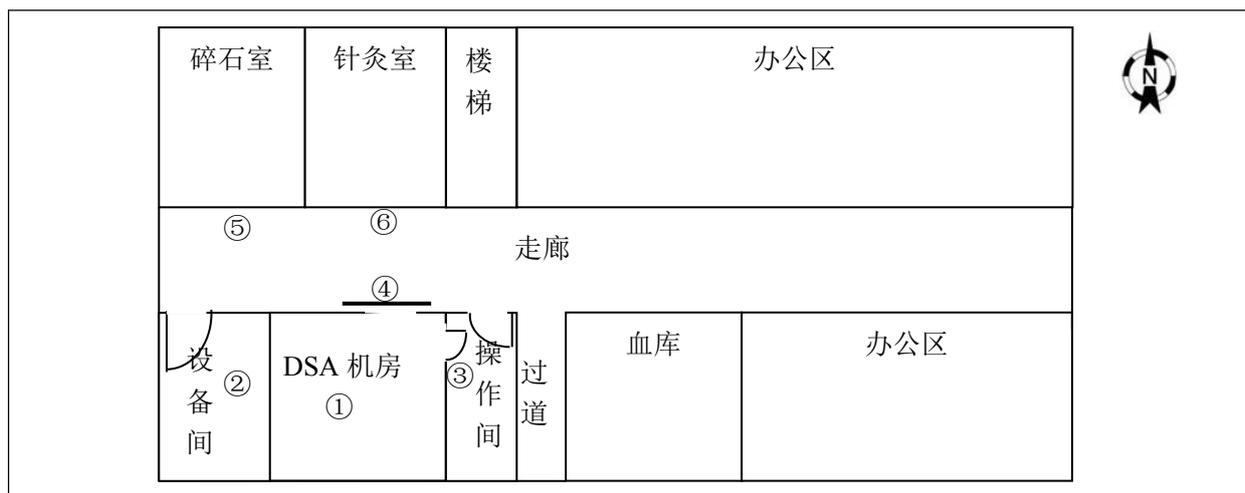


图 8-1 南乐县人民医院门诊楼三楼检测点位布设示意图

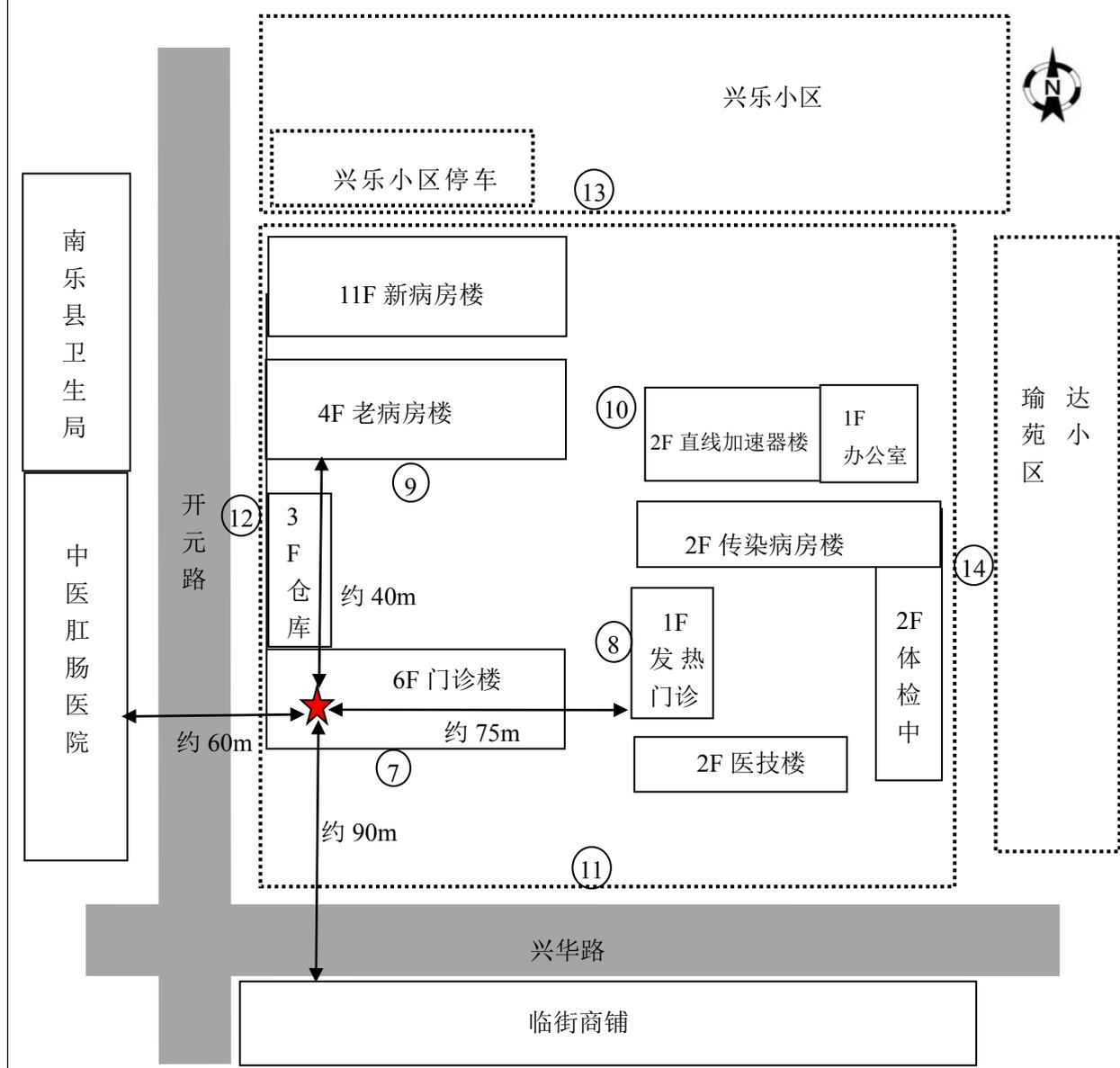


图 8-2 南乐县人民医院四周及一楼检测点位布设示意图

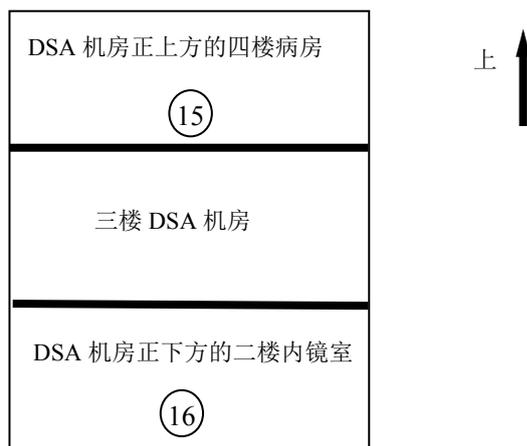


图 8-3 DSA 机房正上方四楼及 DSA 机房正下方三楼检测点位布设示意图

#### 8.1.4 质量保证措施

(1) 监测人员：参加监测人员均经过培训、考试合格持证上岗。

(2) 监测仪器：监测所用仪器经计量部门定期校验，保证仪器性能稳定，处于良好的工作状态。

(3) 监测记录与分析结果：所有记录及分析结果均经过三级审核。

#### 8.1.5 监测结果

南乐县人民医院环境辐射水平现状监测结果见表 8-2。

表 8-2 评价区环境  $\gamma$  辐射剂量率监测结果

序号	检测点位描述	$\chi$ - $\gamma$ 辐射剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	备注
1	DSA 机房	0.092	大理石地面
2	DSA 机房西侧	0.069	大理石地面
3	DSA 机房东侧	0.077	大理石地面
4	DSA 机房北侧	0.089	大理石地面
5	碎石室	0.089	大理石地面
6	针灸室	0.082	大理石地面
7	门诊楼	0.087	地砖
8	发热门诊	0.086	地砖
9	老病房楼	0.075	地砖
10	直线加速器	0.084	地砖

11	医院南侧	0.087	水泥地面
12	医院西侧	0.082	地砖
13	医院北侧	0.133	地砖
14	医院东侧	0.097	土地
15	门诊楼四楼病房	0.102	大理石地面
16	门诊楼二楼内镜室	0.100	大理石地面

## 8.2 辐射环境现状监测结果分析

根据对南乐县人民医院的监测结果，项目拟建区域监测点位辐射环境质量现状监测值在（0.069~0.133） $\mu\text{Sv/h}$  之间，各监测点监测结果变化不大，监测数据未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 医用 X 射线诊断装置工程设备及工艺分析

### 9.1.1 工作原理

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

DSA 是采用 X 射线进行摄影的技术设备。设备中产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击，靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶突然阻挡从而产生 X 射线。

### 9.1.2 设备组成

DSA 主要组成部分：带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图象处理系统、治疗床、操作台、磁盘或磁带机、多幅照相机。

### 9.1.3 工作流程

本项目介入诊疗工作流程：医生在介入科门口接患者进入介入科（患者家属在介入科门外等候），推送（引导）其进入机房内，并在治疗床上躺好（摆位），医生回到操作间内穿戴防护用品，随后再次进入机房，此时关闭防护门，打开警示装置和通风系统，按照预先制定的诊疗方案实施介入手术，手术完毕后，关闭射线装置，打开防护门推送患者出介入科，清理机房及手术台，整理手术过程记录档案，准备迎接下次手术。

数字减影血管造影机诊断时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达上腔静脉，加压输送造影液，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

A、第一种情况，操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

B、第二种情况，医生需进行手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用脉冲透视，此时操作医师位于铅屏风后身着铅服和铅围脖，戴铅帽、铅眼镜等、铅手套在曝光室内对病人进行直接的手术操作。

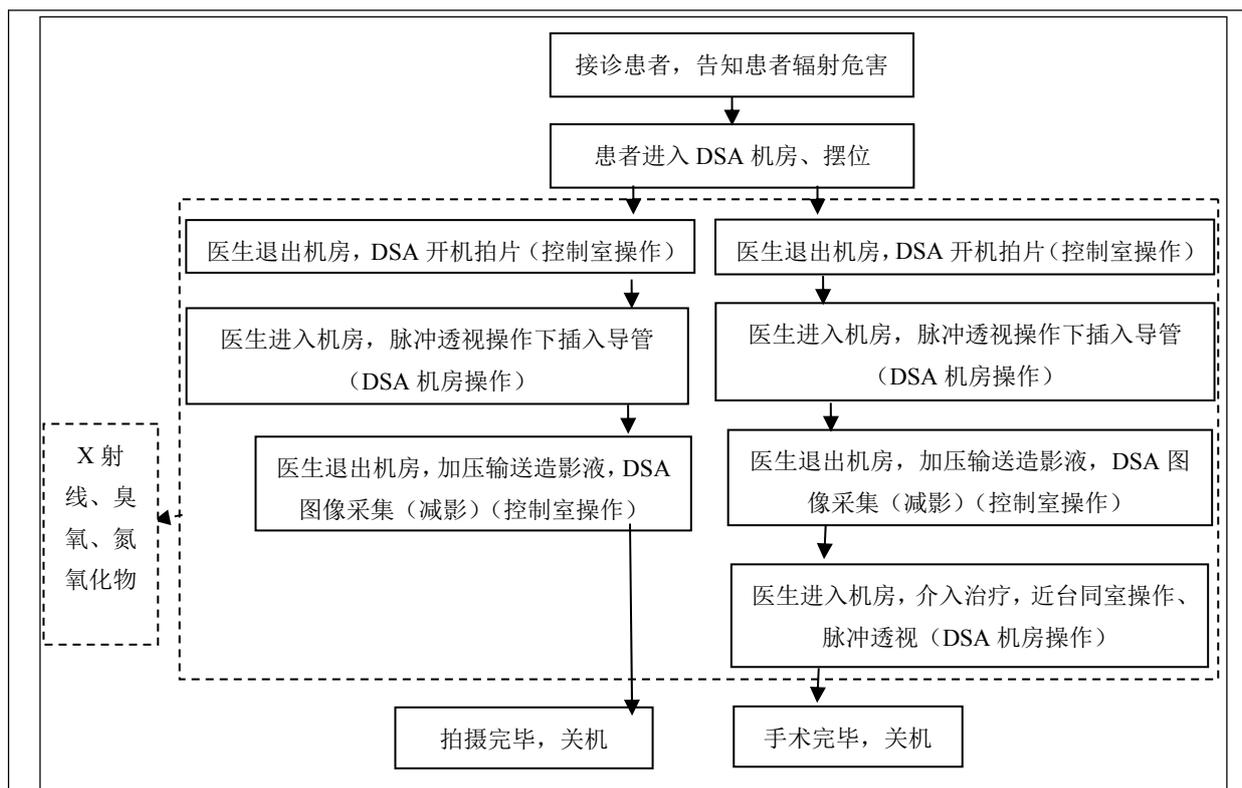


图 9-1 DSA 治疗流程及产污环节示意图

#### 9.1.4 工作人员防护情况

主治医师和助理医师在操作位进行手术，穿戴防护用品，包括铅衣、铅围脖、铅眼镜和铅帽，手部和腿部暴露于外部。手术护士穿戴防护用品位于护士位进行手术辅助工作，手部和腿部暴露于外部。操作室工作人员位于操作室内，控制电子系统，由机房墙体，防护门，防护窗进行隔离防护。

#### 9.1.5 污染因子

医用 X 射线诊断装置产生的 X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，医用 X 射线诊断装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机处于出线状态时才会发出 X 射线。DSA 曝光过程中释放的 X 射线会使空气发生电离，产生极少量的臭氧和氮氧化物等有害气体。少量臭氧及氮氧化物，可通过机房排风系统排入室外空气，医院利用每小时排风不少于 4 次的排风扇，以确保机房内通风良好。由于臭氧产生量小、容易分解为氧气，故不会对大气造成影响。因此，在开机期间，X 射线为污染环境的主要因子。

### 9.2 污染源项描述

#### 9.2.1 正常工况下污染途径

由医用诊断 X 射线机的工作原理可知，只有在其开机照射时才会发出 X 射线，成为污染周围环境的主要因子，在此过程中，X 射线贯穿机房的屏蔽墙进入外环境，对操作间职业人员及机房周围公众人员产生外照射影响；而在介入手术过程中，职业人员需在 X 射线影像引导下进行操作，将受到外照射。

在诊断的过程中，X 射线束对病人进行诊断的同时，射线装置产生漏射线及散射射线会穿透诊断室的屏蔽墙、观察窗、防护门等对诊断室外的职业人员和公众产生辐射影响。凡是经过 X 射线管窗口（主束窗口）以外的地方射出来的直射射线，叫漏射线（非有

用线束)。由于这部分 X 射线经过了 X 线管壳壁很厚的滤过,所以具有很厚的穿透能力,漏射线透过管壳,向四面八方照射,特别是在 X 线管头四周的空间照射率较高;主束线、漏射线照射到机房内的物品、墙壁、地面、天棚等上面有被这些物体所散射,这些被散射出来的 X 线可能再次打在物体上又被散射,这些被物体散射出来的辐射总称散射线(非有用线束),虽然散射线的强度和穿透能力都被减弱了,但是对 X 射线工作者来说,也是有害的。本项目血管造影机主束(有用线束)照向患者,因此对诊断室外的职业人员和公众产生辐射影响仅考虑泄漏线和散射线影响。根据建设单位提供资料,本项目数字减影血管造影机靶点 1m 处的最大剂量率(额定输出剂量率/有用线束剂量率)为:透视模式下为  $5.1 \times 10^5 \mu\text{Gy/h}$ ,采集模式下为  $3.0 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$ ,泄露剂量率及散射剂量率见章节表 11.2。

此外,DSA 曝光过程中释放的 X 射线会使空气发生电离,产生极少量的臭氧和氮氧化物等有害气体。少量臭氧及氮氧化物,可通过机房排风系统排入室外空气,医院利用每小时排风不少于 4 次的排风扇,以确保机房内通风良好。由于臭氧产生量小、容易分解为氧气,故不会对大气造成影响。

放射性污染源主要包括 X 射线,详见表 9-1。

**表 9-1 正常工况污染因子及污染途径**

序号	设备名称	污染因子		污染途径
1	数字减影血管造影机	放射性	X 射线	对职业人员及周围公众造成外照射

### 9.2.2 事故工况下污染途径

事故工况下的污染主要是操作人员或维修人员的误照射以及病人超剂量受照射。主要由以下几种途径:

1) 安全联锁装置发生故障状况下,人员误入正在运行的机房内而造成 X 射线误照射。

2) 射线装置运行时,铅防护门未完全关闭,致使 X 射线泄漏到机房外面,给周围活动人员造成不必要的照射。

3) 工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离机房,设备运行,会对工作人员或病人家属产生不必要的 X 射线照射。

4) 工作人员在机房内为患者摆位或其它准备工作,控制台处操作人员误开机出束,发生事故性出束,对工作人员造成辐射伤害。

5) 维修期间,数字减影血管造影机维修工程师在检修期间误开机出束,造成辐射伤害。

### 9.2.3 放射性三废

本项目射线装置在正常运行时,不产生放射性固体废弃物、废液。DSA 曝光过程中释放的 X 射线会使空气发生电离,产生极少量的臭氧和氮氧化物等有害气体。少量臭氧及氮氧化物,可通过机房排风系统排入室外空气,医院利用每小时排风不少于 4 次的排风扇,以确保机房内通风良好。由于臭氧产生量小、容易分解为氧气,故不会对大气造成影响。

表 10 辐射安全与防护

## 10.1 医用 X 射线诊断装置辐射安全设施

## 10.1.1 场所防护设计

本项目 DSA 机房防护设计为：

1、机房四周 240mm 灰浆饱满砖缝饱和实心红砖墙基础上挂网涂 50mm 硫酸钡水泥，防护级别 4.5mmPb；

2、机房地面 200mm 混凝土基础上铺 50mm 硫酸钡水泥，防护级别 5mmPb；

3、机房屋顶采用双层共 13mm 硫酸钡水泥板、钢结构托架和顶部 200mm 混凝土整浇顶共同防护，防护级别 3.8mmPb；

4、防护门内置铅板外包不锈钢，防护级别 3mmPb；（建设单位提供）

5、防护窗为防护铅玻璃，防护级别 3.3mmPb。（建设单位提供）

本项目拟购的 DSA 防护设计见表 10-1。

表 10-1 射线装置机房防护设计一览表

序号	装置名称	设备型号	防护设计			机房面积
			建筑防护	防护门	观察窗	
1	数字减影血管造影机	Optima IGS330	四周墙体：240mm 红砖+50mm 硫酸钡水泥；地面：200mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥；屋顶：200mm 混凝土+ 双层共 13mm 硫酸钡水泥板	3mmPb	3.3mmPb	48.3m <sup>2</sup>

注：根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）可推算：240mm 红砖+50mm 硫酸钡水泥，相当于 4.5mmPb；200mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥，相当于 5mmPb；200mm 混凝土+双层共 13mm 硫酸钡板，相当于 3.8mmPb。本项目 DSA 机房防护设计满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）防护要求。

## 10.1.2 辐射安全措施

除诊断机房的建筑屏蔽外，其它的辐射安全措施还有：

- (1) 诊断机房防护门设置电离辐射警告标志及中文警示说明。
- (2) X 射线诊断装置启动与工作时，在防护门外设置工作状态指示灯。机房门设置闭门装置，工作状态指示灯与机房防护门联动。
- (3) 诊断机房均安装有观察窗，便于观察患者和受检者状态。
- (4) 应配备足够数量的铅衣、铅帽、铅围裙、铅围脖、铅眼镜（各 4 件，防护级别 0.5mmPb）以及铅屏风、铅防护帘（各 1 套，防护级别 0.5mmPb）。
- (5) 配备便携式 X、 $\gamma$  辐射监测仪（1 台），职业人员配备个人剂量卡（3 台）。
- (6) 治疗机房内安装火灾自动报警装置，配备灭火器材，火灾报警装置与通风连锁。设置必要的应急照明设备和紧急出口标志。

此外,根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号)、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护总局第 31 号令及环境保护部第 3 号令对其所做的修改决定)、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保部第 18 号令)以及《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》的规定,项目还需要补充、落实和实施以下辐射安全措施:

(1) 诊断机房内不得堆放与设备诊断工作无关的杂物。

(2) 安排专人负责个人剂量监测管理,建立辐射职业人员个人剂量档案。个人剂量档案应当保存至辐射职业人员年满七十五周岁,或者停止辐射工作三十年。

## 10.2 三废治理

### 10.2.1 固体废弃物

数字减影血管造影机运行阶段不涉及洗片,不会产生废弃 X 光片,设备维修更换的废旧 X 射线管、废靶均由设备厂家回收处置。

### 10.2.2 废液

本项目数字减影血管造影机运行过程不产生废液。

### 10.2.3 废气

DSA 曝光过程中释放的 X 射线会使空气发生电离,产生极少量的臭氧和氮氧化物等有害气体。少量臭氧及氮氧化物,可通过机房排风系统排入室外空气,医院利用每小时排风不少于 4 次的排风扇,以确保机房内通风良好。由于臭氧产生量小、容易分解为氧气,故不会对大气造成影响。

机房拟设计安装机械通风装置,使机房内空气通过机房排风系统排入室外空气,机房排风拟采用直排方式,利用每小时排风不少于 4 次的排风扇,以确保机房内通风良好。

## 10.3 环保投资

本项目总投资 850 万元,其中环保投资 27 万元,占工程总投资的 3.18%,具体见表 10-2。

**表 10-2 南乐县人民医院 DSA 应用项目环保投资一览表**

项目	费用(万元)
射线装置机房防护措施	17
辐射监测仪器	4
个人防护用品	3
个人剂量报警仪	3
项目环保投资合计	27
项目总投资	850
环保投资占总投资比例	3.18%

表 11 环境影响分析

### 11.1 建设期对环境的影响

南乐县人民医院数字减影血管造影机应用项目建设阶段主要工作为设备安装及调试，该过程时间短，产生的废弃物较少，对周围环境产生的影响微弱。

### 11.2 运行期数字减影血管造影机对环境的影响

由医用诊断 X 射线机的工作原理可知，只有在其开机照射时才会发出 X 射线，成为污染周围环境的主要因子，在此过程中，X 射线贯穿机房的屏蔽墙进入外环境，对操作间职业人员及机房周围公众人员产生外照射影响；而在介入手术过程中，职业人员需在 X 射线影像引导下进行操作，将受到较高剂量的外照射。

在诊断的过程中，X 射线束对病人进行诊断的同时，射线装置产生漏射线及散射射线会穿透诊断室的屏蔽墙、观察窗、防护门等对诊断室外的职业人员和公众产生辐射影响。凡是经过 X 射线管窗口（主束窗口）以外的地方射出来的直射射线，叫漏射线（非有用线束）。由于这部分 X 射线经过了 X 线管壳壁很厚的滤过，所以具有很厚的穿透能力，漏射线透过管壳，向四面八方照射，特别是在 X 线管头四周的空间照射率较高；主束线、漏射线照射到机房内的物品、墙壁、地面、天棚等上面有被这些物体所散射，这些被散射出来的 X 线可能再次打在物体上又被散射，这些被物体散射出来的辐射总称散射线（非有用线束），虽然散射线的强度和穿透能力都被减弱了，但是对 X 射线工作者来说，也是有害的。本项目血管造影机主束（有用线束）照向患者，因此对诊断室外的职业人员和公众产生辐射影响仅考虑泄漏线和散射线影响。

此外，DSA 曝光过程中释放的 X 射线会使空气发生电离，产生极少量的臭氧和氮氧化物等有害气体。少量臭氧及氮氧化物，可通过机房排风系统排入室外空气，医院利用每小时排风不少于 4 次的排风扇，以确保机房内通风良好。由于臭氧产生量小、容易分解为氧气，故不会对大气造成影响。

主治医师和助理医师在操作位进行手术，穿戴防护用品，包括铅衣、铅围脖、铅眼镜和铅帽，手部和腿部暴露于外部。手术护士穿戴防护用品位于护士位进行手术辅助工作，手部和腿部暴露于外部。操作室工作人员位于操作室内，控制电子系统，由机房墙体，防护门，防护窗进行隔离防护。

#### 11.2.1 数字减影血管造影机的参数

南乐县人民医院的 1 台数字减影血管造影机，型号为 Optima IGS330，具体参数见表 11-1。

表 11-1 本项目数字减影血管造影机参数一览表

型号	Optima IGS330
数量	1
管电压(kV)/管电流(mA)	125kV/1000mA
医生铅衣	0.5mmPb
防护门	3mmPb
观察窗	3.3mmPb
机房面积 m <sup>2</sup>	48.3m <sup>2</sup>
四周墙体	四周墙体: 240mm 红砖+50mm 硫酸钡水泥 (折合 4.5mmPb); 地面: 200mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥 (折合 5.0mmPb); 顶部: 200mm 混凝土+ 双层 13mm 硫酸钡板 (折合 3.8mmPb)。

按照《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 的规定, 对于介入 X 射线设备机房的屏蔽防护应满足: 有用线束及非有用线束方向的铅当量均不小于 2mm。由上表可知, 本项目血管造影机机房的四周屏蔽墙、地面、顶棚、防护门及观察窗的防护能力均不小于 2mm 铅当量, 符合上述标准的要求。

### 11.2.2 预计工作量

本项目 DSA 在进行曝光时分为采集 (摄影) 和透视两种模式:

#### A 采集 (摄影) 过程

操作人员采取隔室操作的方式, 医生通过操作间铅玻璃观察窗观察机房内病人情况, 并通过对讲系统与病人交流。在拍片过程中, 医生位于操作间内, 经机房各屏蔽体屏蔽后, 对机房外 (包括机房楼上、楼下区域) 的公众和工作人员基本没有影响。

#### B 透视过程

为更清楚的了解病人情况, 医生需进入 DSA 机房进行治疗时会有连续曝光, 并采用连续脉冲透视, 此时操作医师位于铅屏风后身着铅服、戴铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作。

根据建设单位提供的信息, 本项目正常运行后, 保守预计单台每月最大工作量为 30 台手术, 每次手术数字减影血管造影机的最大开机时间包括透视 10 分钟、采集 2 分钟, 全年工作天数按最多 260 天 (每周工作 5 天) 考虑, 本项目血管造影机的预计年开机时间如下。

表 11-2 不同工作模式下的预计开机时间一览表

工作模式	每次开机时间	年最大工作量	年开机时间	年工作天数
透视	10 分钟	360 台手术	60 小时	260 天
采集	2 分钟	360 台手术	12 小时	260 天

### 11.2.3 附加剂量率计算

本项目血管造影机主束照向患者, 因此对诊断室外的职业人员和公众产生辐射影响仅考虑泄漏线和散射线影响。根据建设单位提供资料, 数字减影血管造影机靶点 1m 处的最大剂量率为: 透视模式下为  $5.1 \times 10^5 \mu\text{Gy/h}$ , 采集模式下为  $3.0 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$ 。

各关注点位置示意图如图 11-1、图 11-2。

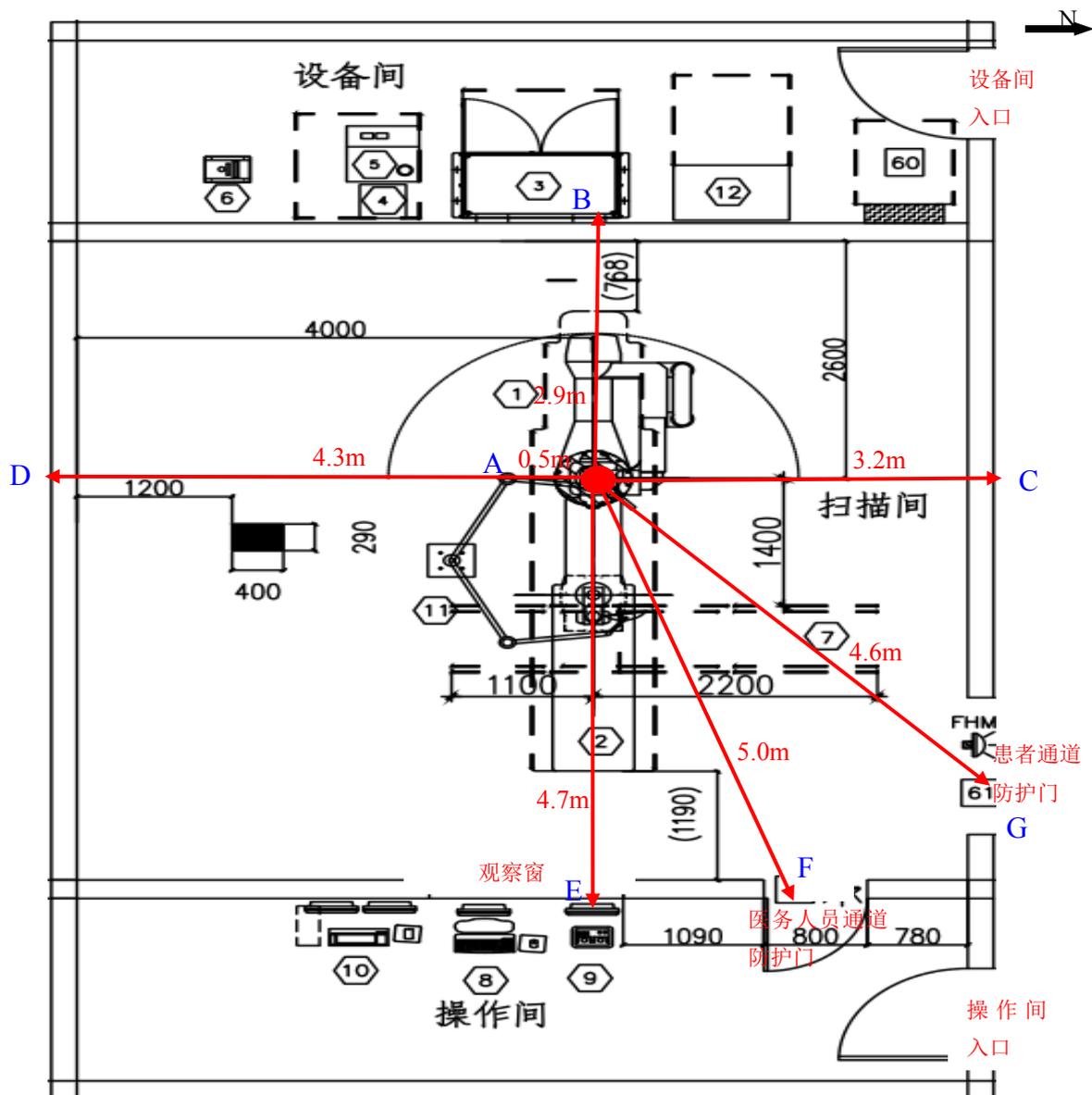


图 11-1 数字减影血管造影机机房各关注点位置示意图

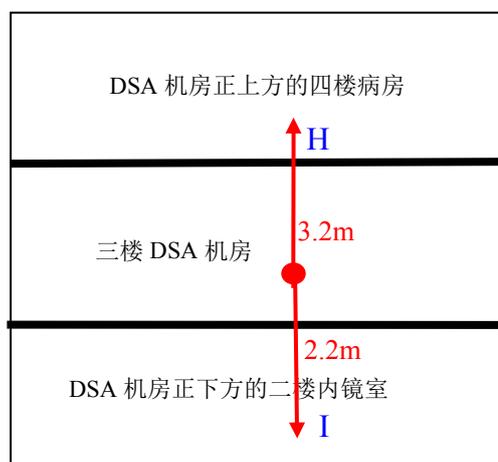


图 11-2 数字减影血管造影机机房正上方四楼及正下方三楼关注点位置示意图

1) 泄露辐射剂量率

关注点处的泄漏辐射剂量率参考《辐射防护手册 第一分册》(李德平、潘自强主编,原子能出版社,1987)中给出的公示计算。

$$H = \frac{f \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

H—关注点处的泄漏辐射剂量率, μGy/h;

f—泄漏射线比率, 取 0.1%;

H<sub>0</sub>—距靶点 1m 处的最大剂量率, μGy/h;

R—靶点至关注点的距离, m;

B—屏蔽透射因子, 按照《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 附录 D 中给出的公式计算。

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

式中:

B—屏蔽透射因子;

X—屏蔽材料铅当量厚度, mm;

α、β、γ—铅对 125kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数。

将各关注点处泄漏辐射剂量率计算结果列表如下。

表 11-3 泄露辐射各关注点的屏蔽透射因子计算结果一览表

关注点位	关注点位置描述	防护铅当量	α	β	γ	B
A	手术医生操作位处	2.5mmPb	2.219	7.923	0.5386	2.49E-04
B	西侧墙外 30cm 处	4.5mmPb	2.219	7.923	0.5386	2.74E-06
C	北侧墙外 30cm 处	4.5mmPb	2.219	7.923	0.5386	2.74E-06
D	南侧墙外 30cm 处	4.5mmPb	2.219	7.923	0.5386	2.74E-06
E	观察窗外 30cm 处	3.3mmPb	2.219	7.923	0.5386	4.02E-05
F	东侧医务人员通道防护门外 30cm 处	3mmPb	2.219	7.923	0.5386	7.93E-05
G	北侧患者通道防护门外 30cm 处	3mmPb	2.219	7.923	0.5386	7.93E-05
<b>H</b>	<b>楼上房间距地 1.0m 处</b>	<b>3.8mmPb</b>	<b>2.219</b>	<b>7.923</b>	<b>0.5386</b>	<b>1.31E-05</b>
<b>I</b>	<b>楼下房间距地 1.7m 处</b>	<b>5mmPb</b>	<b>2.219</b>	<b>7.923</b>	<b>0.5386</b>	<b>9.01E-07</b>

注: α、β、γ数据取自(GBZ130-2013)附录 D 中表 D.2。

表 11-4 不同模式下各关注点处泄漏辐射剂量率计算结果一览表

工作模式	关注点位置描述	R	f	H <sub>0</sub>	B	H (μGy/h)
透视	手术医生操作位处	0.5	0.001	5.1×10 <sup>5</sup>	2.49E-04	0.508
	西侧墙外 30cm 处	2.9	0.001	5.1×10 <sup>5</sup>	2.74E-06	1.66E-04
	北侧墙外 30cm 处	3.2	0.001	5.1×10 <sup>5</sup>	2.74E-06	1.37E-04
	南侧墙外 30cm 处	4.3	0.001	5.1×10 <sup>5</sup>	2.74E-06	7.57E-05
	观察窗外 30cm 处	4.7	0.001	5.1×10 <sup>5</sup>	4.02E-05	9.29E-04
	东侧医务人员通道防护门外 30cm 处	5.0	0.001	5.1×10 <sup>5</sup>	7.93E-05	1.62E-03
	北侧患者通道防护门外 30cm 处	4.6	0.001	5.1×10 <sup>5</sup>	7.93E-05	1.91E-03

	<b>楼上房间距地 1.0m 处</b>	<b>3.2</b>	<b>0.001</b>	<b>5.1×10<sup>5</sup></b>	<b>1.31E-05</b>	<b>6.52E-04</b>
	<b>楼下房间距地 1.7m 处</b>	<b>2.2</b>	<b>0.001</b>	<b>5.1×10<sup>5</sup></b>	<b>9.01E-07</b>	<b>9.49E-05</b>
采集	手术医生操作位处	0.5	0.001	3.0×10 <sup>7</sup>	2.49E-04	29.9
	西侧墙外 30cm 处	2.9	0.001	3.0×10 <sup>7</sup>	2.74E-06	9.78E-03
	北侧墙外 30cm 处	3.2	0.001	3.0×10 <sup>7</sup>	2.74E-06	8.04E-03
	南侧墙外 30cm 处	4.3	0.001	3.0×10 <sup>7</sup>	2.74E-06	4.45E-03
	观察窗外 30cm 处	4.7	0.001	3.0×10 <sup>7</sup>	4.02E-05	5.47E-02
	东侧医务人员通道防护门外 30cm 处	5.0	0.001	3.0×10 <sup>7</sup>	7.93E-05	9.52E-02
	北侧患者通道防护门外 30cm 处	4.6	0.001	3.0×10 <sup>7</sup>	7.93E-05	1.12E-01
	<b>楼上房间距地 1.0m 处</b>	<b>3.2</b>	<b>0.001</b>	<b>3.0×10<sup>7</sup></b>	<b>1.31E-05</b>	<b>3.84E-02</b>
	<b>楼下房间距地 1.7m 处</b>	<b>2.2</b>	<b>0.001</b>	<b>3.0×10<sup>7</sup></b>	<b>9.01E-07</b>	<b>5.58E-03</b>

2) 散射辐射剂量率

关注点处的散射辐射剂量率参考《辐射防护手册 第一分册》(李德平、潘自强主编, 原子能出版社, 1987) 中给出的公示计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- H—关注点处的患者散射剂量率, μGy/h;
- H<sub>0</sub>—距靶点 1m 处的最大剂量率, μGy/h;
- α—患者对 X 射线的散射比, 取 0.0013 (90°散射, 相对于 400cm<sup>2</sup> 散射面积);
- S—散射面积, 取典型值 100cm<sup>2</sup>;
- d<sub>0</sub>—源与患者的距离, 取 0.3m;
- d<sub>s</sub>—患者与关注点的距离, m;
- B—屏蔽透射因子, 按式 (2) 计算。

将各关注点处散射辐射剂量率计算结果列表如下。

表 11-5 散射辐射各关注点的屏蔽透射因子计算结果一览表

关注点位	关注点位置描述	防护铅当量	α	β	γ	B
A	手术医生操作位处	2.5mmPb	2.233	7.888	0.7295	4.81E-04
B	西侧墙外 30cm 处	4.5mmPb	2.233	7.888	0.7295	5.42E-06
C	北侧墙外 30cm 处	4.5mmPb	2.233	7.888	0.7295	5.42E-06
D	南侧墙外 30cm 处	4.5mmPb	2.233	7.888	0.7295	5.42E-06
E	观察窗外 30cm 处	3.3mmPb	2.233	7.888	0.7295	7.95E-05
F	东侧医务人员通道防护门外 30cm 处	3mmPb	2.233	7.888	0.7295	1.56E-04
G	北侧患者通道防护门外 30cm 处	3mmPb	2.233	7.888	0.7295	1.56E-04
<b>H</b>	<b>楼上房间距地 1.0m 处</b>	<b>3.8mmPb</b>	<b>2.233</b>	<b>7.888</b>	<b>0.7295</b>	<b>2.59E-05</b>
<b>I</b>	<b>楼下房间距地 1.7m 处</b>	<b>5mmPb</b>	<b>2.233</b>	<b>7.888</b>	<b>0.7295</b>	<b>1.77E-06</b>

注: α、β、γ数据取自 (GBZ130-2013) 附录 D 中表 D.2。

表 11-6 不同模式下各关注点处散射辐射剂量率计算结果一览表

工作模式	关注点位置描述	H <sub>0</sub>	α	S	d <sub>0</sub>	d <sub>s</sub>	B	H (μGy/h)
透视	手术医生操作位处	5.1×10 <sup>5</sup>	0.0013	100	0.3	0.5	4.81E-04	3.54
	西侧墙外 30cm 处	5.1×10 <sup>5</sup>	0.0013	100	0.3	2.9	5.42E-06	1.19E-03

采集	北侧墙外 30cm 处	5.1×10 <sup>5</sup>	0.0013	100	0.3	3.2	5.42E-06	9.74E-04	
	南侧墙外 30cm 处	5.1×10 <sup>5</sup>	0.0013	100	0.3	4.3	5.42E-06	5.40E-04	
	观察窗外 30cm 处	5.1×10 <sup>5</sup>	0.0013	100	0.3	4.7	7.95E-05	6.62E-03	
	东侧医务人员通道防护门外 30cm 处	5.1×10 <sup>5</sup>	0.0013	100	0.3	5.0	1.56E-04	1.15E-02	
	北侧患者通道防护门外 30cm 处	5.1×10 <sup>5</sup>	0.0013	100	0.3	4.6	1.56E-04	1.36E-02	
	<b>楼上房间距地 1.0m 处</b>	<b>5.1×10<sup>5</sup></b>	<b>0.0013</b>	<b>100</b>	<b>0.3</b>	<b>3.2</b>	<b>2.59E-05</b>	<b>4.66E-03</b>	
	<b>楼下房间距地 1.7m 处</b>	<b>5.1×10<sup>5</sup></b>	<b>0.0013</b>	<b>100</b>	<b>0.3</b>	<b>2.2</b>	<b>1.77E-06</b>	<b>6.74E-04</b>	
	手术医生操作位处	3.0×10 <sup>7</sup>	0.0013	100	0.3	0.5	4.81E-04	208	
	西侧墙外 30cm 处	3.0×10 <sup>7</sup>	0.0013	100	0.3	2.9	5.42E-06	6.98E-02	
采集	北侧墙外 30cm 处	3.0×10 <sup>7</sup>	0.0013	100	0.3	3.2	5.42E-06	5.73E-02	
	南侧墙外 30cm 处	3.0×10 <sup>7</sup>	0.0013	100	0.3	4.3	5.42E-06	3.17E-02	
	观察窗外 30cm 处	3.0×10 <sup>7</sup>	0.0013	100	0.3	4.7	7.95E-05	3.90E-01	
	东侧医务人员通道防护门外 30cm 处	3.0×10 <sup>7</sup>	0.0013	100	0.3	5.0	1.56E-04	6.75E-01	
	北侧患者通道防护门外 30cm 处	3.0×10 <sup>7</sup>	0.0013	100	0.3	4.6	1.56E-04	7.98E-01	
	<b>楼上房间距地 1.0m 处</b>	<b>3.0×10<sup>7</sup></b>	<b>0.0013</b>	<b>100</b>	<b>0.3</b>	<b>3.2</b>	<b>2.59E-05</b>	<b>2.74E-01</b>	
	<b>楼下房间距地 1.7m 处</b>	<b>3.0×10<sup>7</sup></b>	<b>0.0013</b>	<b>100</b>	<b>0.3</b>	<b>2.2</b>	<b>1.77E-06</b>	<b>3.97E-02</b>	
	注：α数据取自《辐射防护手册 第一分册》P437 表 10.1。								

### 3) 总的辐射剂量率

根据表 11-4、11-6 的计算结果，将不同模式下各关注点处总的剂量率列于下表。

表 11-7 不同工作模式下各关注点处总的剂量率计算结果一览表

工作模式	关注点位置描述	泄露辐射剂量率 (μGy/h)	散射辐射剂量率 (μGy/h)	附加剂量率 (μGy/h)	标准限值 (μGy/h)	达标情况
透视	手术医生操作位处	5.08E-01	3.54E+00	4.05	400	达标
	西侧墙外 30cm 处	1.66E-04	1.19E-03	1.36E-03	2.5	达标
	北侧墙外 30cm 处	1.37E-04	9.74E-04	1.11E-03	2.5	达标
	南侧墙外 30cm 处	7.57E-05	5.40E-04	6.16E-04	2.5	达标
	观察窗外 30cm 处	9.29E-04	6.62E-03	7.55E-03	2.5	达标
	东侧医务人员通道防护门外 30cm 处	1.62E-03	1.15E-02	1.31E-02	2.5	达标
	北侧患者通道防护门外 30cm 处	1.91E-03	1.36E-02	1.55E-02	2.5	达标
	<b>楼上房间距地 1.0m 处</b>	<b>6.52E-04</b>	<b>4.66E-03</b>	<b>5.31E-03</b>	<b>2.5</b>	<b>达标</b>
	<b>楼下房间距地 1.7m 处</b>	<b>9.49E-05</b>	<b>6.74E-04</b>	<b>7.69E-04</b>	<b>2.5</b>	<b>达标</b>
采集	手术医生操作位处	29.9	208	237.9	400	达标
	西侧墙外 30cm 处	9.78E-03	6.98E-02	7.96E-02	2.5	达标

北侧墙外 30cm 处	8.04E-03	5.73E-02	6.53E-02	2.5	达标
南侧墙外 30cm 处	4.45E-03	3.17E-02	3.62E-02	2.5	达标
观察窗外 30cm 处	5.47E-02	3.90E-01	4.45E-01	2.5	达标
东侧医务人员通道防护门外 30cm 处	9.52E-02	6.75E-01	7.70E-01	2.5	达标
北侧患者通道防护门外 30cm 处	1.12E-01	7.98E-01	9.10E-01	2.5	达标
<b>楼上房间距地 1.0m 处</b>	<b>3.84E-02</b>	<b>2.74E-01</b>	<b>3.12E-01</b>	<b>2.5</b>	<b>达标</b>
<b>楼下房间距地 1.7m 处</b>	<b>5.58E-03</b>	<b>3.97E-02</b>	<b>4.53E-02</b>	<b>2.5</b>	<b>达标</b>

有计算结果可知：本项目手术室血管造影机在正常运行状况下，经屏蔽后医生手术位总附加剂量能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中介入放射学设备在透视防护区测试平面上的空气比释动率不大于 400μGy/h 的要求。其他关注点位辐射剂量率能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 2.5μGy/h 的要求。事实上，上述计算是偏保守的，忽略了设备材料的衰减作用和人体的吸收作用，实际预计本项目血管造影机在正常运行情况下，机房周围的辐射剂量率将维持在当地的正常辐射环境本底水平。

#### 11.2.4 附加年剂量计算

人员附加年有效剂量参照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000 年报告附录 A 中给出的公式计算。

$$H_{E-r} = D_r \times t \times k \times T \times 10^{-3} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$H_{E-r}$ —外照射附加年有效剂量，mSv/a；

$D_r$ —外照射附加剂量率，μSV/h；

t—年照射时间，h/a；

T—居留因子，职业人员全居留取 1，公众人员部分居留取 1/4、偶然居留取 1/16（取值参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范—第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007））；

k—有效剂量与吸收剂量换算系数，保守取 1，即 1Sv=1Gy。

人员受到的附加年有效剂量计算结果详见下表。

表 11-8 人员受到的附加年有效剂量计算结果一览表

工作模式	预测点位	附加剂量率 (μGy/h)	年出束时间 (μGy/h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)	备注
透视	手术医生操作位处	4.05	60	1	2.43E-01	职业人员
	西侧墙外 30cm 处	1.36E-03	60	1/16	5.10E-06	公众人员

	北侧墙外 30cm 处	<u>1.11E-03</u>	<u>60</u>	<u>1/4</u>	<u>1.67E-05</u>	公众人员
	南侧墙外 30cm 处	<u>6.16E-04</u>	<u>60</u>	<u>1/16</u>	<u>2.31E-06</u>	公众人员
	观察窗外 30cm 处	<u>7.55E-03</u>	<u>60</u>	<u>1</u>	<u>4.53E-04</u>	职业人员
	东侧医务人员通道防护门外 30cm 处	<u>1.31E-02</u>	<u>60</u>	<u>1</u>	<u>7.86E-04</u>	职业人员
	北侧患者通道防护门外 30cm 处	<u>1.55E-02</u>	<u>60</u>	<u>1/4</u>	<u>2.33E-04</u>	公众人员
	楼上房间距地 1.0m 处	<u>5.31E-03</u>	<u>60</u>	<u>1/4</u>	<u>7.97E-05</u>	公众人员
	楼下房间距地 1.7m 处	<u>7.69E-04</u>	<u>60</u>	<u>1/4</u>	<u>1.15E-05</u>	公众人员
采集	手术医生操作位处	<u>237.9</u>	<u>12</u>	<u>1</u>	<u>2.85</u>	职业人员
	西侧墙外 30cm 处	<u>7.96E-02</u>	<u>12</u>	<u>1/16</u>	<u>5.97E-05</u>	公众人员
	北侧墙外 30cm 处	<u>6.53E-02</u>	<u>12</u>	<u>1/4</u>	<u>1.96E-04</u>	公众人员
	南侧墙外 30cm 处	<u>3.62E-02</u>	<u>12</u>	<u>1/16</u>	<u>2.72E-05</u>	公众人员
	观察窗外 30cm 处	<u>4.45E-01</u>	<u>12</u>	<u>1</u>	<u>5.34E-03</u>	职业人员
	东侧医务人员通道防护门外 30cm 处	<u>7.70E-01</u>	<u>12</u>	<u>1</u>	<u>9.24E-03</u>	职业人员
	北侧患者通道防护门外 30cm 处	<u>9.10E-01</u>	<u>12</u>	<u>1/4</u>	<u>2.73E-03</u>	公众人员
	楼上房间距地 1.0m 处	<u>3.12E-01</u>	<u>12</u>	<u>1/4</u>	<u>9.36E-04</u>	公众人员
	楼下房间距地 1.7m 处	<u>4.53E-02</u>	<u>12</u>	<u>1/4</u>	<u>1.36E-04</u>	公众人员

注：机房正上方四楼及正下方三楼的医务工作人员相对于本项目为公众人员。

由计算结果可知：本项目血管造影机在正常运行时，对职业人员的最大年附加有效剂量为  $2.85\text{mSv/a}$ ，对公众人员的最大年附加有效剂量为  $2.73 \times 10^{-3}\text{mSv/a}$ ，分别低于南乐县人民医院制定的管理目标限值（职业人员年有效剂量不超过  $5\text{mSv/a}$ ，公众人员年有效剂量不超过  $0.25\text{mSv/a}$ ），且均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。由此说明，本项目血管造影机机房的防护设计满足要求，其正常运行后产生的辐射影响在国家允许的范围以内。

## 11.2.5 类比分析

### 11.2.5.1 数字减影血管造影机类比分析

本项目数字减影血管造影机选择《焦作市人民医院医用射线装置应用项目监测报

告》中数字减影血管造影机机房运行时的监测数据来类比分析本项目数字减影血管造影机运行后的情况。数据为河南志鹏环境监测有限公司监测，河南志鹏环境监测有限公司资质认定证书编号：2013162285U，有效期至2016年10月29日，检测期间检测资质和仪器校准证书均在有效期内。

### (1) 类比条件

本次评价的数字减影血管造影机与类比的数字减影血管造影机管电压和输出电流均为125kV和1000mA，类比数字减影血管造影机机房与本次评价数字减影血管造影机机房的屏蔽参数对比见表11-9。

表 11-9 类比血管造影机机房与本次评价血管造影机机房屏蔽参数对比表

项目	本次评价南乐市人民医院 DSA	类比焦作市人民医院 DSA
型号	Optima IGS330	飞利浦
技术参数	125kV/1000mA	125kV/1000mA
屏蔽墙	四周墙体：24mm 砖墙+50mm 硫酸钡水泥	四周墙体：240mm 砖墙
房顶和地面	地面：200mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥；顶部：200mm 混凝土+ 双层 13mm 硫酸钡板	地面/顶部：200mm 混凝土
防护门	3mmPb	3mmPb
操作间观察窗	3.3mmPb	3mmPb

由表 11-9 可知，本次评价的数字减影血管造影机机房屏蔽防护情况与类比项目屏蔽能力基本相当，可知本项目和类比项目具有可比性。

### (2) 类比监测

类比检测所用 x -  $\gamma$  辐射监测仪检定情况见表 11-10，类比监测布点示意图见图 11-1，类比监测数据见表 11-11。

表 11-10 类比检测所用  $\chi$ - $\gamma$  辐射监测仪检定情况表

仪器名称	便携式 $\chi$ - $\gamma$ 剂量率仪
仪器型号	BH3103B
生产厂家	中核（北京）核仪器厂
出厂编号	014
检定单位	河南省计量科学研究院
有效期	2014 年 05 月 13 日-2015 年 05 月 12 日
证书编号	医字 20140505-102
检定结论	合格
检测依据	《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）； 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）。

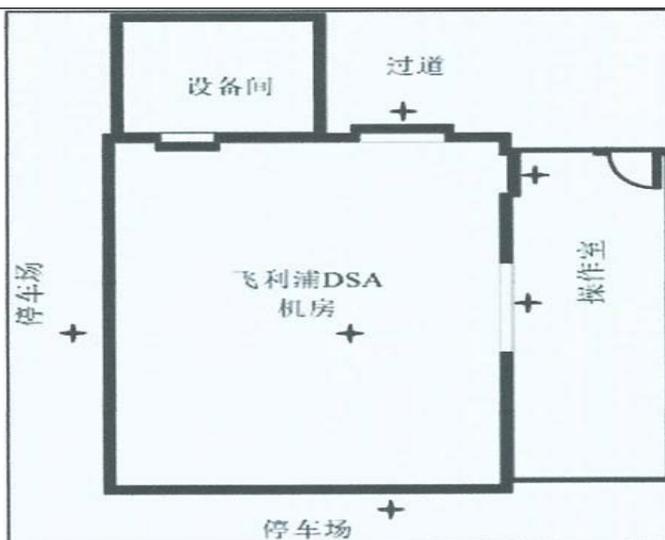


图 11-1 类比数字减影血管造影机机房监测布点示意图

表 11-11 类比数字减影血管造影机机房监测数据表

编号	监测点位	X-γ 辐射剂量率 (nGy/h)		备注
1	控制室内	109		透视工况： 电压： 115kV； 电流： 9.7mA； 剪影工况： 电压： 125kV； 电流： 330mA；
2	医生操作位	剪影	5300	
3		透视	645	
4	工作人员防护门左侧	108		
5	工作人员防护门中部	112		
6	工作人员防护门右侧	105		
7	病人防护门左侧	96		
8	病人防护门中部	96		
9	病人防护门右侧	95		
10	防护窗左侧	99		
11	防护窗中部	98		
12	防护窗右侧	95		
13	停车场	98		

(3) 剂量估算

通过对类比数字减影血管造影机机房周围辐射水平监测结果，可类比估算本次评价的数字减影血管造影机运行后对工作人员及公众人员造成的剂量当量。

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）—2000 年报告附录 A，X-γ射线产生的外照射人均年当量剂量计算公式如下：

$$H_{Er} = D_r \times t \times 1 \times 10^{-6} \text{ (mSv)} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$H_{Er}$ ：X-γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

Dr: X-γ射线空气吸收剂量率, nGy/h;

t: X-γ射线年照射时间, h;

1: 剂量换算系数, Sv/Gy。

则工作人员及公众人员年有效剂量如下。

**表 11-11 工作人员及公众人员年有效剂量表**

位置	Dr (nGy/h)	年工作 时间 (h)	居留因 子	年有效剂量 (mSv/a)	备注
数字减影血管造影机手术医生	5300	60	1	0.32	工作人员
北侧病人防护门外(预算中图 11-1 中 G 点、现状监测中图 8-1④号)	96	60	1/4	1.44E-03	公众人员

经过类比分析,本次评价的数字减影血管造影机运行后,对工作人员及公众人员造成的年有效剂量分别为  $0.32\text{mSv/a}$  和  $1.44\times 10^{-3}\text{mSv/a}$ ,均低于南乐县人民医院提出的  $5\text{mSv/a}$  及  $0.25\text{mSv/a}$  的管理目标限值。由模式估算结果可知:本项目血管造影机在正常运行时,对职业人员的最大年附加有效剂量为  $2.85\text{mSv/a}$ ,对公众人员的最大年附加有效剂量为  $2.73\times 10^{-3}\text{mSv/a}$ ,类比结果低于预测结果,说明本项目预测结果偏保守。

### 11.2.6 误照射分析

本项目血管造影机所在的导管室设置单一的出入口,门口安装门禁系统,非经医生允许无关人员无法进入该区域,故正常情况下,发生人员误入 DSA 机房的可能性几乎为零。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和国家环境保护总局环发[2006]145号文件之规定,发生辐射事故时,事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案,采取必要防范措施,并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》,向当地环境保护部门报告,涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告,造成或可能造成人员超剂量照射的,还应同时向当地卫生行政部门报告。因此,该医院应按相关规定要求,完善和加强管理,使射线装置始终处于监控状态。

### 11.2.7 事故影响分析

#### 11.2.7.1 事故风险类别识别

医用 X 射线装置发生大剂量照射事故的几率极小。设备在运行中,可能发生以下事件:

1) 安全联锁装置发生故障状况下,人员误入正在运行的机房内而造成 X 射线误照射。

2) 射线装置运行时,铅防护门未完全关闭,致使 X 射线泄漏到机房外面,给周围

活动人员造成不必要的照射。

3) 工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离机房, 设备运行, 会对工作人员或病人家属产生不必要的 X 射线照射。

4) 工作人员在机房内为患者摆位或其它准备工作, 控制台处操作人员误开机出束, 发生事故性出束, 对工作人员造成辐射伤害。

5) 维修期间, 数字减影血管造影机维修工程师在检修期间误开机出束, 造成辐射伤害。

#### 11.2.7.2 风险应急措施

1) 门灯联动装置或报警系统发生故障状况下, 人员误入正在运行的仪器机房。仪器机房防护门与设备之间设有门机联锁装置, 防护门上设有警示信号灯。每当打开防护门时, 立即断电并停机, 不致出现误照射。只有当联锁装置或报警系统发生故障情况时, 医务人员强行运行机器, 才可能发生此类事故。因此, 医务人员必须严格按照仪器操作程序进行诊疗, 有效防止事故照射的发生。为避免此类事故的发生, 要求工作人员每次上班时首先要检查防护门上的联锁装置和报警系统是否正常。如果报警系统失灵, 应立即修理, 恢复正常。

2) 射线装置运行时, 铅防护门未完全关闭, 工作人员应立即切断电源, 将病人撤出机房, 关闭机房门, 同时向医院主管领导报告。

3) 工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离机房, 则可利用机房防护门内与操作间设置的人工紧急停机、开门按钮, 只要未撤离人员了解该按钮的作用, 可避免此类事故的发生。因此, 在机房内应设置此按钮醒目的指示和说明, 便于在紧急情况下使用。

4) 工作人员在机房内为患者摆位或其它准备工作, 控制台处操作人员误开机出束, 发生事故性出束, 医院应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。

5) 维修人员调试过程中应加强对设备的看管, 必要时可切断主电源, 避免误照射。

事故原因主要是由于设备控制失灵或操作失误, 使被检者受到不必要的照射。因此, 在诊断过程中应注意对被检者的防护, 合理使用 X 射线, 实施医疗照射防护最优化的原则, 实际操作中可采用“高电压、低电流、重过滤、小视野”的办法, 使被检者所受的剂量, 达到合理的尽可能的低水平。同时, 按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, 当导致一般辐射事故时, 医院即时上报当地环境保护局。

表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款的要求，使用 II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

南乐县人民医院成立了辐射安全与防护管理领导小组，负责全院辐射安全与防护监督管理工作，划定职责与分工，保障放射职业人员、社会公众的健康与安全。该管理机构的基本组成涵盖各射线装置各使用部门，在框架上基本符合要求。辐射安全与防护管理领导小组文件见附件 3。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

#### 12.2.1 关于辐射安全和防护专业知识及相关法律法规培训和考核

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）及《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中相关要求，从事辐射防护负责人和辐射工作人员上岗前需参加环保部门推荐或认可的培训机构组织的辐射防护培训，经考核合格后方可上岗，并每四年接受一次再培训，不参加再培训的人员或者再培训考核不合格的人员，不得从事辐射工作。除此之外，需根据岗位的性质参加相应的培训并通过知识技能测试后才能上岗。

本项目处于筹划阶段，医院计划为本项目配备 3 名辐射工作人员，均尚未通过辐射安全与防护培训，本次评价建议医院尽快组织安排操作人员参加辐射安全与防护培训，保证人员持证上岗。

#### 12.2.2 关于操作规程、岗位职责、辐射安全和安全保卫等制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第六款的要求，使用射线装置的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射安全和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

根据《数字减影血管造影 X 射线装置（DSA）监督检查技术程序》的要求管理制度要有《辐射安全管理制度》、《操作规程》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《监测方案》、《监测仪器使用与校验管理制度》、《辐射工作人员培训/再培训管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急预案》。

医院制定有相关的辐射安全与防护管理制度，涉及本项目的管理制度包括：《南乐县人民医院关于成立辐射安全与环境保护管理领导小组的通知》、《辐射安全与环境保护机构工作职责》、《辐射安全管理制度》、《DSA 操作规范》、《放射性工作人员个人剂量监测方法》、《放射工作人员体检管理制度》、《放射工作人员档案管理制度》、《放射工作人员培训制度》、《辐射事故应急预案》等。框架上，基本能够满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《数字减影血管造影 X 射线装置（DSA）监督检查技术程序》的相关要求，但相关制度通用性较强，需要逐步补充完善的制度包括：《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《监测仪器使用与校验管理制度》等管理制度。

### 12.3 辐射监测计划

#### 12.3.1 个人剂量监测

从事放射工作的人员须佩戴个人剂量卡，记录个人受照射剂量情况，按每季度 1 次的频度交由有相关资质的服务机构进行监测评价，并按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》的要求建立个人剂量管理档案。

#### 12.3.2 工作场所辐射环境监测

①、常规监测：医院应至少为本项目配备一台 X、 $\gamma$ 辐射监测仪，对辐射工作场所进行常规监测，并建立环境安全档案。常规监测一般每月进行一次。

②、定期监测：医院应委托有资质的单位定期（每年 1 次）对辐射工作场所及周围环境进行辐射环境监测，并建立监测技术档案。

③、监测范围：工作场所屏蔽墙外，防护门及缝隙处，操作间，操作台等。

④、监测项目：X- $\gamma$ 辐射剂量率。

⑤、监测频度：医院常规监测每月一次、定期监测每年一次。

⑥、监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

⑦、监测布点方案：详见表 12-1。

表 12-1 本项目监测计划

项目	监测内容	监测点位
DSA 工作场所（介入治疗区）	X- $\gamma$ 空气吸收剂量率	DSA 机房防护门及缝隙处、操作间、设备间、观察窗、机房四周屏蔽墙外（包括机房楼上、楼下区域）

### 12.4 配置防护用品

每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 12-2 基本种类要求的工作人

员、患者和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防护衣；防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低 0.25mmPb；应为不同年龄儿童的不同检查，配备有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低于 0.5mmPb。

医院计划为本项目配备 3 名辐射工作人员，根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中个人防护用品的配置要求，结合本项目的情况，建设单位拟配置的个人防护用品见表 12-2。

表 12-2 项目拟配置的防护用品一览表

标准要求			建设单位拟配备情况
工作人员 (个人防护用品)	工作人员 (辅助防护设施)	患者和受检者 (个人防护用品)	
铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、铅橡胶手套（选配）	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏、移动铅防护屏风（选配）	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具	全身铅衣 4 件（0.5mmPb）、铅围裙 4 件（0.5mmPb）、铅颈套 4 件（0.5mmPb）、铅眼镜 4 副（0.5mmPb）、铅帽 4 顶（0.5mmPb）、铅屏风、铅防护帘各 1 套（0.5mmPb）

建设单位拟配备的个人防护用品和辅助防护设施符合国家标准要求；此外，医院将对辐射剂量率监测仪定期进行检定，保证其在检定有效期内使用，若仪器发生故障，立即进行维修，防护铅衣、铅帽等使用一定年限后（不超过 5 年），重新购置予以替换。

## 12.5 辐射事故应急

若本项目发生了辐射事故，建设单位应迅速、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，将病人撤出机房，关闭机房门，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》，向当地环境保护主管部门和公安部门报告。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。

## 12.6 项目竣工环境保护验收内容建议

根据《建设项目环境保护管理条例》，本项目的建设应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。建设项目竣工试运行三个月内需要进行自主验收，自主验收合格后方可正式运行，竣工环保验收相关内容见表 12-1。

表 12-1 建设项目竣工环境保护验收内容一览表

项目	对象	验收内容
相关资料、手续	环评批复文件	环评批复情况
实际项目内容及方案设计情况	DSA 机房防护情况	DSA 管电压、管电流情况，机房屏蔽防护材料及厚度情况
辐射安全管理机构	辐射防护管理	建立辐射安全管理机构，配备经过相关部门培训合格的辐射防护技术人员
辐射安全防护措施	安全措施（联动装置、警示标志、工作指示灯等）	联动装置、警示标志、工作指示灯情况
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	辐射工作人员应参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗
	个人剂量监测	为辐射工作人员每人配备 1 台个人剂量计，定期（一般为三个月一次）送检并建立个人剂量档案
	人员职业健康监测	辐射工作人员定期进行体检，并建立职业健康档案
监测仪器防护用品	个人剂量报警仪 辐射剂量巡测仪	新增足够数量个人剂量报警仪和辐射剂量巡测仪，确保配备 3 台个人剂量报警仪和 1 台辐射剂量巡测仪。
辐射安全管理制度	《辐射安全与环境保护机构工作职责》、《辐射安全管理制度》、《放射性工作人员个人剂量监测方法》、《放射工作人员体检管理制度》、《放射工作人员档案管理制度》、《放射工作人员培训制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射环境监测管理制度》	完善有关管理制度，《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《监测仪器使用与校验管理制度》等

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

(1) 南乐县人民医院数字减影血管造影机应用项目，提高了医院医疗水平、满足患者就诊需求并改善了医院经济效益。在考虑社会、经济和其它有关因素的前提下，项目在采取相应的防护措施和管理措施的同时，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害。因此，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的要求。

(2) 通过调查，项目选址周围活动人群主要为辐射职业人员、患者及其家属，避开了门诊、住院等人员密集的区域，周围人群较为单一，减少对其它非辐射职业人员和公众人员的影响。因此，评价认为项目选址合理可行。

(3) 根据对南乐县人民医院的监测结果，项目拟建区域监测点位辐射环境质量现状监测值在(0.069~0.133)  $\mu\text{Sv/h}$  之间，各监测点监测结果变化不大，监测数据未见异常。

(4) 数字减影血管造影机机房面积为 48.3 $\text{m}^2$ ，机房防护设计为：四周墙体 240mm 红砖+50mm 硫酸钡水泥，地面为 200mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥，屋顶为 200mm 混凝土+双层 13mm 硫酸钡水泥板，防护门内置铅板外包不锈钢，铅当量 3mmPb，防护窗为防护铅玻璃，铅当量 3.3mmPb。机房防护设计满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)中介入 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量为 2mm 的厚度要求。

通过对数字减影血管造影机的预测分析，本项目血管造影机在正常运行时，本项目血管造影机在正常运行时，对职业人员的最大年附加有效剂量为 2.85mSv/a，对公众人员的最大年附加有效剂量为  $2.73 \times 10^{-3}\text{mSv/a}$ ，分别低于南乐县人民医院制定的管理目标限值（职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a，公众人员年有效剂量不超过 0.25mSv/a），且均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求。

通过对数字减影血管造影机的类比分析，对工作人员及公众人员造成的年有效剂量分别为 0.32mSv/a 和  $1.44 \times 10^{-3}\text{mSv/a}$ ，均低于南乐县人民医院制定的管理目标限值（职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a，公众人员年有效剂量不超过 0.25mSv/a）。通过比较，类比结果低于预测结果，说明预测结果偏保守。

此外，拟购的 III 类射线装置机房防护措施和安全措施，满足《医用 X 射线诊断放

射防护要求》(GBZ 130-2013)的相关要求。

(5) 南乐县人民医院已取得了河南省环保厅颁发的辐射安全许可证,具备一定的辐射环境管理能力。医院成立了辐射安全与防护管理领导小组,负责全院辐射安全与防护监督管理工作,划定职责与分工,保障放射职业人员、社会公众的健康与安全。

医院制定了相对完整的辐射安全与防护管理制度,从事辐射活动应具备的条件分析,医院从事辐射活动的的能力基本符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。另外,针对尚不完善的管理措施,要求及时补充完善。

综上所述,南乐县人民医院数字减影血管造影机应用项目,选址合理,符合辐射防护“实践的正当性”的要求。在落实相关污染防治措施和辐射环境管理措施的前提下,项目正常运行对周围环境产生的辐射影响满足相关标准的要求。因此,从辐射环境保护的角度认为本项目可行。

### 13.2 建议

(1) 该项目运行中应严格遵循各项辐射管理制度,加强对操作人员的教育培训,杜绝麻痹大意思想,以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响,使对环境的影响降低到最低。

(2) 在治疗手术中,需要进行多次曝光定位,手术医生靠近射线源,医生应注重自身防护,正确穿戴必须的防护用品,正确使用铅屏风,尽量减少使用脚踏开关时间、由于手部防护薄弱,应注意减少不必要的照射,从而降低手部受照剂量。

(3) 医院购置的防护用品的铅当量应达到 0.5mmPb,个人防护用品的正常使用年限为 5 年,及时淘汰达到使用年限的防护用品。

(4) 合理控制患者的照射野,减少射线的散射面积,降低医生及患者的受照剂量,加强非照射部位的防护,降低不必要的照射。

(5) 注意非辐射危害的防护,如火灾、外爆、机械、电气和有毒物质的危害等,预防由这些原因间接引起的辐射事故。

(6) 医院应配备辐射监测仪器,定期进行辐射工作场所的检查及监测,及时排除事故隐患。

(7) 组织单位辐射工作人员参加辐射安全与防护培训,并取得合格证,定期进行辐射防护知识的培训 and 安全教育。建立个人剂量监测制度,健全个人剂量档案。

(8) 认真落实环评提出的管理措施和辐射防护措施要求,完善辐射安全管理制度。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日