

编号：HJPJ-XAXA-002023029 号

核技术利用建设项目

西安冶金医院  
DSA 核技术利用项目  
环境影响报告表  
(送审稿)

建设单位：西安冶金医院

环评单位：西安旭奥环境科技有限公司

二〇二四年二月

## 目录

表 1 项目基本情况.....	- 1 -
表 2 放射源.....	- 17 -
表 3 非密封放射性物质.....	- 17 -
表 4 射线装置.....	- 18 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	- 19 -
表 6 评价依据.....	- 20 -
表 7 保护目标和评价标准.....	- 22 -
表 8 环境质量和辐射现状.....	- 28 -
表 9 项目工程分析与源项.....	- 31 -
表 10 辐射安全与防护.....	- 36 -
表 11 环境影响分析.....	- 48 -
表 12 辐射安全管理.....	- 62 -
表 13 结论与建议.....	- 70 -
表 14 审批.....	- 74 -

### 附件

- 附件 1 委托书
- 附件 2 现有辐射安全许可证（证书编号：陕环辐证[00202]）
- 附件 3 外科楼环境影响登记表
- 附件 4 现有核技术利用项目的环保文件
- 附件 5 辐射环境质量现状监测报告（检测报告编号：FHJC-SXGK-002023230）
- 附件 6 现有放射工作场所防护检测报告
- 附件 7 辐射工作人员培训情况
- 附件 8 辐射工作人员职业健康检查情况
- 附件 9 辐射工作人员个人剂量监测报告
- 附件 10 医院医疗废物处置合同
- 附件 11 DSA 设备说明（技术参数部分）

表 1 项目基本情况

建设项目名称		西安冶金医院 DSA 核技术利用项目			
建设单位		西安冶金医院			
法人代表	赵斌	联系人	郭建国	联系电话	██████████
注册地址		陕西省西安市莲湖区枣园西路 40 号			
项目建设地点		西安冶金医院外科楼 1 层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	121.035	项目环保投资 (万元)	23	投资比例 (环保投资/总投资)	19%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m <sup>2</sup> )	246
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	/			
	<p><b>1.1 项目概述</b></p> <p><b>1.1.1 项目背景</b></p> <p><b>1.1.1.1 医院简介</b></p> <p>西安冶金医院，位于陕西省西安市莲湖区枣园西路 40 号，创建于 1960 年。编制床位 205 张，牙椅 1 张，现有职工 170 名，其中卫生技术人员占 90% 以上。医院开设预防保健科、内科、外科、妇产科、眼科、耳鼻喉科、口腔科、传染科、急诊医学科、医学检验科、医学影像科、中医科、烧伤整形外科、超声诊断专业、肾病学专业等临床科室，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健和康复为一体</p>				

的公立二级医院。

#### **1.1.1.2 核技术应用的目的和任务**

心脑血管疾病已成为严重影响居民健康的一个重要因素，而介入治疗已成为治疗这类疾病的主要手段。为促进医院各学科发展，提高医院的医疗水平，更好地为患者服务，在外科楼一层东侧新建一间 DSA 手术室，配备一台 KD-C9000 型数字减影血管造影设备（DSA），用于介入诊断及辅助治疗。

#### **1.1.1.3 项目由来**

根据原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会《关于发布<射线装置分类>的公告》（公告 2017 年第 66 号），血管造影用 X 射线装置属于 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号）中“五十五、核与辐射 172、核技术利用建设项目”中“.....生产、使用 II 类射线装置的.....”应编制环境影响报告表。数字减影血管造影设备（DSA）属于 II 类射线装置，因此，西安冶金医院 DSA 核技术利用项目应编制环境影响报告表。

西安旭奥环境科技有限公司（环评单位）接受建设单位委托，承担对该项目的环境影响评价工作。接受委托后，环评单位组织技术人员进行了现场勘察，收集、整理有关资料，对项目的建设情况进行了初步分析，并根据项目类型及项目所在地周围区域的环境特征，在现场勘察、资料调研、预测分析的基础上，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》（HJ10.1-2016）的基本要求，编制了《西安冶金医院 DSA 核技术利用项目环境影响报告表》。

#### **1.1.2 实践正当性分析**

数字减影血管造影设备（DSA）对提高心脑血管疾病治疗水平具有重大意义，在保障病人健康的同时，进一步提高了医院的医疗水平，推动医院整体发展。因此，西安冶金医院 DSA 核技术利用项目（以下简称“项目”）所带来的利益远大于可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中正当性要求。

#### **1.1.3 项目概况**

##### **1.1.3.1 建设规模**

根据医院提供的资料，医院在门诊楼东侧扩建外科楼（共 4 层，1 层部分建筑

依托原有，部分为新建，2-4层均为新建，1层主要为DR、CT及DSA等放射诊疗机房，2层为病房，3层康复大厅，4层为会议室），外科楼目前正在进行主体结构的施工，于2023年11月在建设项目环境影响登记表备案系统进行了备案（备案号：202361010400000115）。本项目拟在外科楼一层东侧建设DSA手术室及控制室、设备间、污物暂存间、缓冲间、苏醒室、更衣室等辅助功能用房。DSA手术室内配置1台型号为KD-C9000的DSA。

(1) 设备主要技术参数

项目涉及的DSA设备主要技术参数详见表1-1。

表1-1 DSA设备主要技术参数一览表

设备	型号	主要参数	类别	放置位置
DSA	KD-C9000	最大管电压：125kV 最大管电流：1000mA	II类	外科楼1层 DSA手术室内

(2) 手术室防护参数

根据医院提供的资料，项目DSA手术室的建设规模见表1-2，项目组成一览表见表1-3。

表1-2 项目DSA手术室建设规模参数一览表

位置	建设规模
DSA手术室	南北长7.0m，东西宽6.0m，高3m，有效使用面积：42.0m <sup>2</sup> 。

表1-3 项目组成一览表

工程名称	项目内容	备注
主体工程	西安冶金医院拟在外科楼1层东侧新建1间为DSA手术室，手术室长7.0m×宽6.0m×高3m，有效使用面积42.0m <sup>2</sup> ；DSA手术室四周墙体采用240mm实心红砖+3cm硫酸钡防护涂料，屋顶采用150mm混凝土+3cm硫酸钡防护涂料，观察窗采用4mmPb当量铅玻璃观察窗，患者门采用4mmPb当量电动推拉门，工作人员门和污物门采用4mmPb当量手动平开门，建筑无地下室，地面无射线防护处理；拟在DSA手术室配置1台KD-C9000型DSA机，属于II类医用射线装置（最大管电压125kV、最大管电流1000mA）。	新建
辅助工程	控制室，长7.85m×宽2.36m，有效使用面积18.53m <sup>2</sup> 。	新建
	设备间，长4.305m×宽2.0m，有效使用面积8.61m <sup>2</sup> 。	

	污物暂存间，长 4.305m×宽 2.0m，有效使用面积 8.61m <sup>2</sup> 。		
	缓冲间，长 4.0m×宽 3.0m，有效使用面积 12.0m <sup>2</sup> 。		
	苏醒室，长 3.0m×宽 3.0m，有效使用面积 9.0m <sup>2</sup> 。		
	更衣室，长 8.13m×宽 3.88m，有效使用面积 31.55m <sup>2</sup> 。		
	导管室，长 2.45m×宽 1.77m，有效使用面积 4.34m <sup>2</sup> 。		
	无菌室，长 2.45m×宽 1.77m，有效使用面积 4.34m <sup>2</sup> 。		
公用工程	项目供电、给水、排水等依托医院设施。	依托原有	
环保工程	废水处理设施	项目产生的医疗废水依托医院现有的污水处理设施，处理后排入市镇污水处理官网。	依托原有
	固废处理设施	项目产生的医疗废物暂存于医院的医疗废物暂存间，后委托有资质的单位处理。	依托原有
		工作人员产生的生活垃圾经统一收集后交由环卫部门处理	
废气处理设施	根据排风系统设计方案，在 DSA 手术室四周墙角底部设置 4 个 300mm×400mm 的排风口，通过排风管道排放至楼外，排风机风量为 4000m <sup>3</sup> /h。	新建	

### 1.1.3.2 劳动定员及工作负荷

项目拟配备 7 名辐射工作人员，3 名控制室操作人员从现有辐射作人员中调配，在本项目运营后将从事除本项目外的其他辐射类岗位工作，4 名医护人员为 2023 年 7 月份新聘人员，目前已纳入辐射工作人员管理，在本项目运营后不从事除本项目外的其他辐射类岗位工作。

DSA 投入使用后，预计每年最多手术 300 例，平均每台手术透视时间 10min，采集 0.5min，则透视年累积出束时间 50h，采集年累积出束时间 2.5h。

### 1.1.4 项目选址及周边环境概况

#### 1.1.4.1 医院地理位置

西安冶金医院位于西安市莲湖区枣园西路 40 号，地理坐标为东经：108.862222°，北纬：34.275556°。医院北侧紧邻莲湖区第十幼儿园及西安市莲湖区远东第二小学，南侧为品格馥桂园幼儿园及天天运动足球场，西侧为馥桂园朗苑小区，东侧为冶金社区绿化地带及冶金小区。医院地理位置见图 1-1，医院四邻关系见图 1-2，医院四邻照片及项目现状见图 1-6。

#### 1.1.4.2 医院总平面布置

根据现场踏勘，西安冶金医院建设有门诊楼（3F）、医养楼（4F）、外科楼

(4F)、发热门诊及病案室等。医院总平面布置及周边环境关系示意图见图 1-3。

#### 1.1.4.3 项目场址周边环境关系

根据现场调查，医院拟在外科楼 1 层新建 1 间为 DSA 手术室，DSA 手术室内拟安装一台数字减影血管造影设备（DSA）。DSA 手术室位于外科楼 1 层东侧，手术室北侧为清洁走廊，南侧为控制室、污物通道，西侧为缓冲间及更衣室，东侧为设备间及污物暂存间；手术室楼上为病房，楼下没有建筑，为土层；手术室南墙上设计有观察窗和工作人员门，西墙上设计有患者门，东墙上设计有污物门。相关辅助用房设计有更衣室、苏醒室、设备间、控制室、污物暂存间等。

项目 DSA 手术室所在楼层平面布局图见图 1-4。

#### 1.1.4.4 项目选址合理性

项目所在楼层为手术区域，一般出现的人员较少，主要为控制室和手术室的医务工作人员与需要手术的患者。此外，项目医护人员、患者、污物流动线路相互独立、不交叉。经理论计算，DSA 运行时，控制室内职业人员受到的附加年有效剂量最大值为 0.78mSv，介入手术所致手术室内操作医生和护士年剂量为 1.12mSv，手术室周围公众受到的年有效剂量最大值为 0.027mSv，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年剂量限值及本次评价所取的年剂量约束限值，从满足安全治疗和辐射安全与防护的角度来看，在 DSA 设备运行时，可有效减少受照的人群，故本项目选址合理。



图 1-1 医院地理位置图





图 1-2 医院四邻关系图

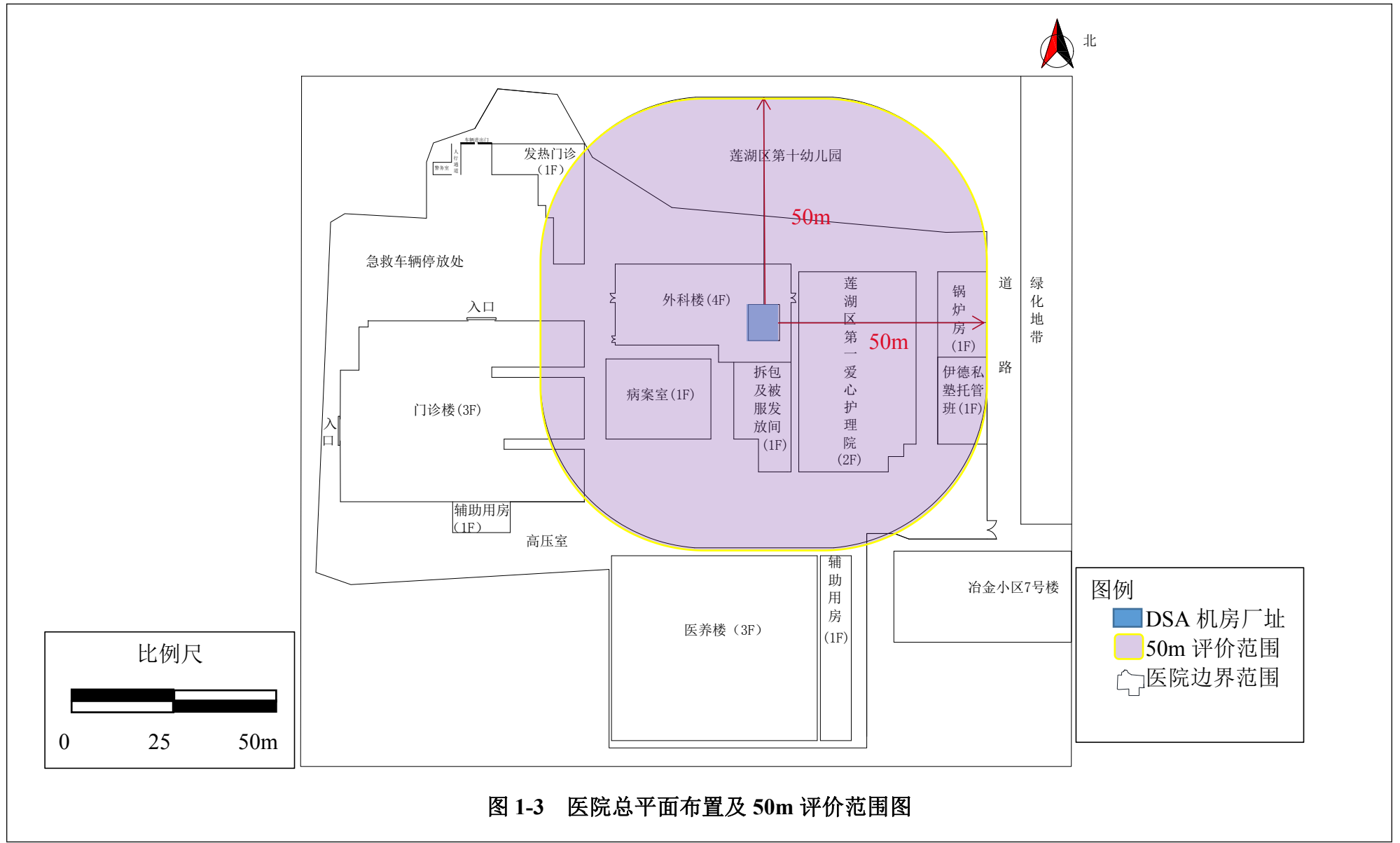
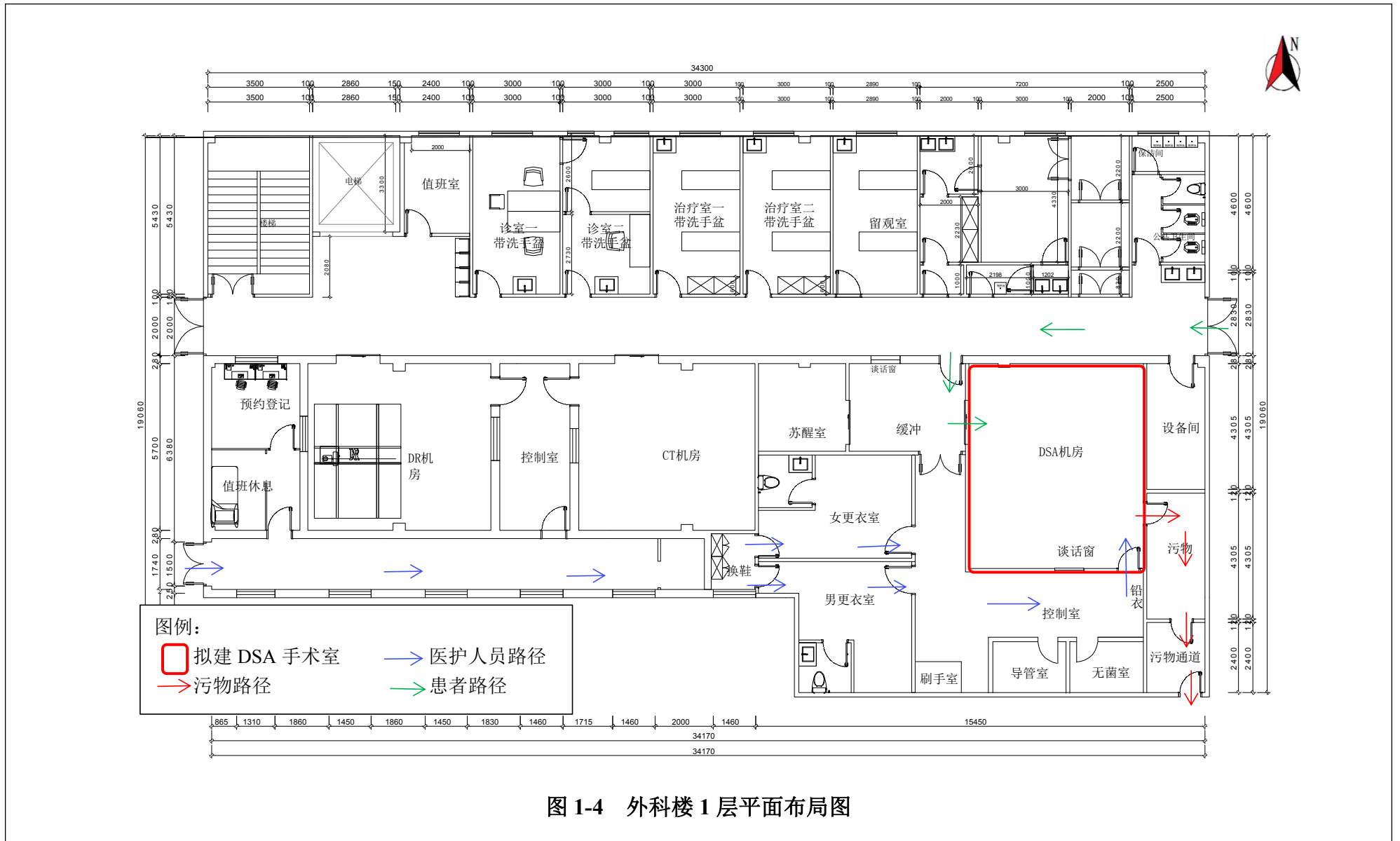


图 1-3 医院总平面布置及 50m 评价范围图



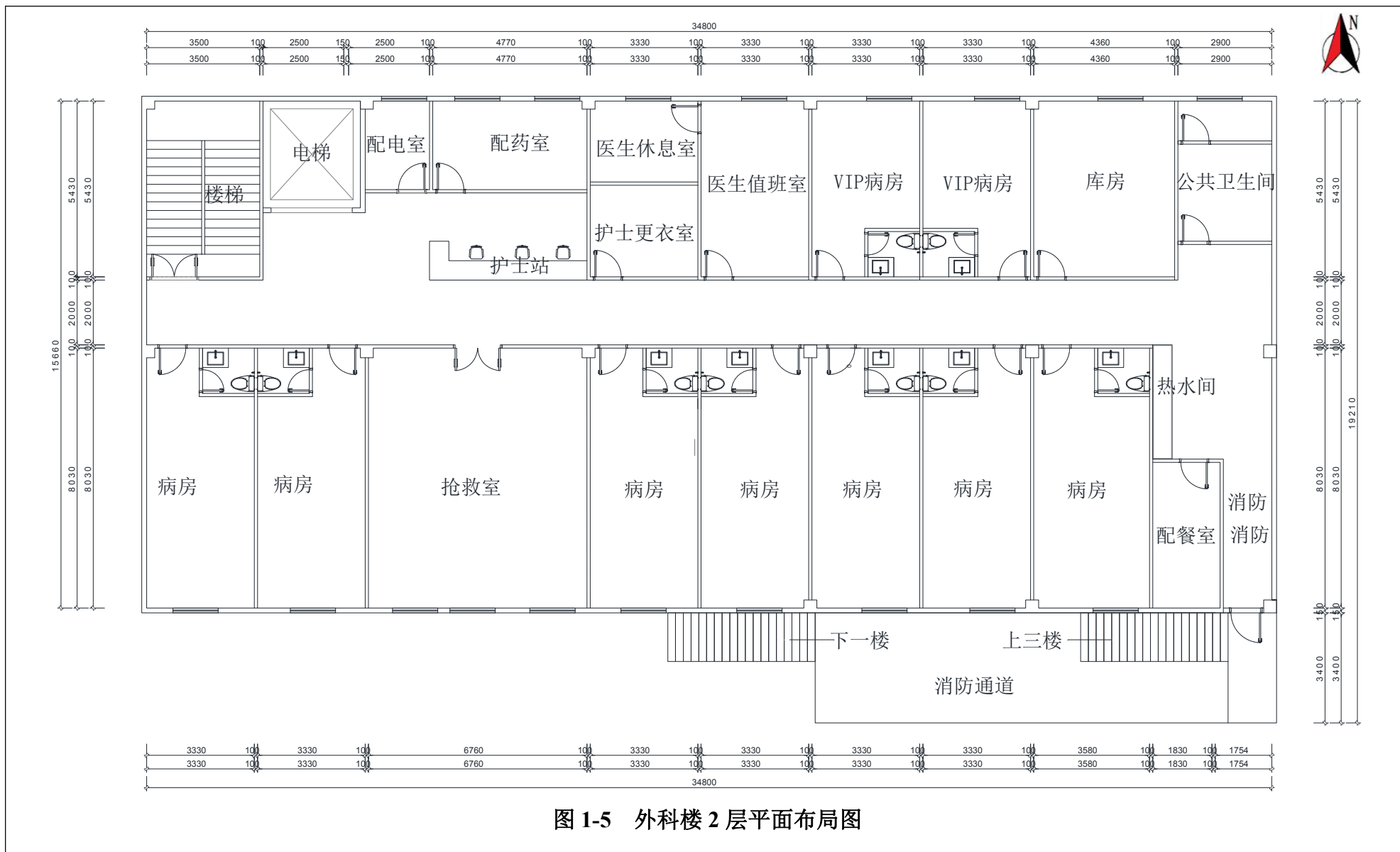


图 1-5 外科楼 2 层平面布局图



项目所在大楼（外科楼）建设前



外科楼现状

DSA 机房现状



北侧莲湖区第十幼儿园

南侧病案室



图 1-6 医院四邻照片及项目现状

## 1.2 医院已有核技术利用项目许可情况

### 1.2.1 环保手续履行情况

西安冶金医院现有 3 台 III 类射线装置。2018 年 1 月 26 日，医院对其 1 台型号为 Apsaras16 的 X 射线计算机体层摄影设备及 1 台型号为 DigiEye280T 的数字化医用 X 射线摄影系统在建设项目环境影响登记表备案系统进行了备案（备案号：

201861010400000063)；2023年12月18日，医院对其1台型号为KD-CZ2000C的车载DR机在建设项目环境影响登记表备案系统进行了备案（备案号：202361010400000128）。

医院现有射线装置环保手续履行情况见表1-4。

**表 1-4 现有核技术利用项目及其环保手续履行情况**

序号	名称	型号	类别	设备参数		工作场所	环保手续履行情况	
				最大管电压	最大管电流			
1	DR	DigiEye280T	III类	80kV	120mA	门诊楼	备案号： 201861010400000063	已取得辐射安全许可，陕环辐证[00202]
2	CT机	Apsaras16	III类	95kV	200mA			
3	车载DR机	KD-CZ2000C	III类	120kV	1000mA	体检中心	备案号： 202361010400000128	暂未取得辐射安全许可

**1.2.2 现有辐射安全许可证**

医院现持有2023年7月5日由西安市生态环境局莲湖分局核发的辐射安全许可证，证书编号：陕环辐证[00202]，许可的种类和范围：使用III类射线装置，有效期至2028年7月4日。

医院现有射线装置情况见表1-5。

**表 1-5 医院现有射线装置情况**

序号	设备名称	型号	设备参数 (最大管电压、最大管电流)	活动种类 与范围	位置
1	CT机	Apsaras 16	80kV、120mA	使用	放射影像科一楼
2	DR机	DigiEye280T	95kV、200mA	使用	放射影像科一楼

**1.2.3 辐射安全管理现状**

医院遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《陕西省放射性污染防治条例》等法律、法规，配合各级生态环境主管部门的监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度建立、落实以及档案管理等方面落实良好。

根据医院提供的资料，医院辐射安全管理现状如下：

### （1）辐射防护管理机构设置及制度情况

医院已成立了辐射防护安全领导小组，医院分管院长魏永红同志任组长，副组长为郭建国、宁桂萍，成员由单位开展放射诊疗的科室负责人或相关科室负责人组成。放射诊疗安全与防护管理领导小组全面负责单位的放射诊疗管理工作及相关工作。办公室设在医务科，宁桂萍同志为专（兼）职的放射诊疗管理人员，具体负责本院的放射防护工作。

医院已制定了一系列辐射防护管理规章制度，包括：《辐射事故应急预案》《放射防护安全管理制度》《放射医、技师岗位职责》《DR 机操作规程》《CT 检查操作规程》《放射工作人员职业健康管理制度》《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》《患者和受检者安全防护制度》《辐射工作场所及个人剂量监测制度》《放射个人防护用品使用管理制度》《放射工作人员档案管理制度》《放射科放射诊断质量保证制度》等，并在工作中予以贯彻落实，保证日常工作的辐射安全和防护。

### （2）辐射工作人员管理情况

根据医院提供的辐射工作人员名单，医院现有辐射工作人员12人，其中有7人参加了核技术利用辐射安全与防护考核，并取得了成绩合格单，其余5人参加了医院自行组织的辐射安全与防护培训，考核合格。

辐射工作人员应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定，定期再培训。项目运行期若新增辐射工作人员或管理人员，同样需要参加辐射安全统一考核并取得合格成绩单。

### （3）职业健康检查

根据医院提供资料，除王静瑄怀孕休假，暂时脱离放射工作岗位，其余 11 名辐射工作人员分别于 2023 年 4 日~2023 年 11 月进行了职业健康检查，建立了职业健康体检档案并存档。体检结果显示辐射工作人员“可继续原放射工作”或“可以从事放射工作”。

项目运行期若新增辐射工作人员，需要进行岗前职业健康检查，建立职业健康体检档案并存档。

### （4）个人剂量监测

医院委托陕西新高科辐射技术有限公司对辐射工作人员进行了个人剂量监



测，每三个月检测一次，建立了个人剂量档案并存档。根据2022年10月~2023年9月年度个人剂量检测报告（报告编号第00070-2204-001483号、第00070-2301-000363号、第00070-2302-000675号、第00070-2303-001028号、），13名辐射工作人员进行了个人剂量监测，目前王阳已经辞职，王静瑄产假休假中，统计医院在岗辐射工作人员连续四个季度的累积剂量最大为0.77mSv，满足不大于5mSv/a的剂量管理目标值。

对于后期新进辐射工作人员应进行个人剂量监测，纳入辐射工作人员管理。工作人员个人剂量监测工作应委托具有相关资质的个人剂量监测技术服务机构进行。

(5) 工作场所及辐射环境监测情况

2023年5月，医院委托陕西新高科辐射技术有限公司对放射工作场所进行了放射防护检测（报告编号：FHJC-SXGK-002023072），检测和评价依据为《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，GB18871-2002。检测结果汇总见表1-6：

表 1-6 放射工作场所关注点最大 X、γ辐射剂量率

序号	设备名称	规格型号	检测条件	关注点最大 X、γ辐射剂量率 (μSv/h)	标准限值 (μSv/h)
1	CT 机	Apsaras 16	120kV,200mAs	0.47	2.5
2	DR 机	DigiEye280T	120kV,100mA	0.70	25
3	车载 DR 机	KD-CZ2000C	120kV,100mA	1.77	25

根据检测报告结果：1 台 CT 机在规定条件下，机房的放射工作人员操作处、观察窗、人员门及四周墙体外的环境辐射水平均符合 GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》中 6.3.1b) 条“机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求；

1 台 DR 机在规定条件下，机房的放射工作人员操作处、观察窗、人员门及四周墙体外的环境辐射水平均符合 GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》中 6.3.1c) 条“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25 μ Sv/h”的要求。

1 车载 DR 机在规定条件下，工作场所的放射工作人员操作位、车门外、车头、车尾、车厢壁外及临时控制区边界处的环境辐射水平均符合 GBZ130-2020《放射

诊断放射防护要求》中 6.3.1c) 条“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25  $\mu$  Sv/h”的要求。

各检测点位的环境辐射水平均符合 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的要求。

#### （6）辐射环境监测设备检定情况

医院目前配备 1 台型号为 LK3600+的辐射剂量报警仪，作为辐射环境自主监测设备，该设备已于 2023 年 11 月 20 日委托山东省计量科学研究院进行检定，并取得检定证书，证书有效期至 2024 年 11 月 19 日。

#### 1.2.4 针对医院现存问题提出的改进建议

根据以上现状调查，医院存在以下问题：

1、医院对于新增的 1 台 KD-CZ2000C 型车载 DR 已填报环境影响登记表进行备案，但是未重新申领辐射安全许可证。

2、辐射剂量报警仪不具备 X- $\gamma$  剂量率监测能力，不能作为辐射工作场所环境监测设备。

针对现存问题，对医院提出如下改进措施：

1、医院新增的 1 台 KD-CZ2000C 型车载 DR 在尚未取得辐射安全许可证之前应停止该设备的使用，及时办理辐射安全许可证。

2、医院应配备 1 台 X、 $\gamma$  辐射空气比释动能率仪。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	放射性活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动类别	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注: 1.放射源包括放射性中子源, 对其要说明是何种核素以及生产的中子流强度 (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: 日最大等效操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

**表 4 射线装置**

**(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器**

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

**(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途**

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	1台	KD-C9000	125	1000	介入诊断/ 辅助治疗	西安冶金医院外 科楼 1 层	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

**(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 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活 度 (Bq)	贮存 方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	/	/	/	通过动力通风装置排出 DSA 手术室，满足手术室通风换气要求
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，气态单位为 mg/kg；年排放总量用 kg。  
 2.含有放射性的废弃物要注明，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

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（修订）》，2015 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（修正）》，2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号修改，2017 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（修订）》，国务院令第 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，2021 年 1 月 1 日；</p> <p>(8) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;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 6 日起施行；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（修订）》，生态环境部令第 20 号第四次修改，2021 年 1 月 4 日；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>(11) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日施行；</p> <p>(12) 《陕西省放射性污染防治条例（2019 年修订）》，陕西省人大，2019 年 7 月 1 日起施行；</p> <p>(13) 陕西省环境保护厅《关于印发新修订&lt;陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表&gt;的通知》（陕环办发〔2018〕29 号），2018 年 6 月 6 日起施行。</p> <p>(14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号），自 2020 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021</p>
------------------	--

	<p>年第9号)，自2021年3月15日起施行。</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》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；</p> <p>(6) 《职业性外照射个人检测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(7) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(8) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)；</p> <p>(9) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ98-2020)；</p> <p>(10) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021)。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 医院提供的其他相关资料。</p>

表 7 保护目标和评价标准

### 7.1 评价范围

项目拟配置的 DSA 为 II 类射线装置，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“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，参考《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)对放射性同位素与射线装置应用的辐射监测技术要求，结合项目实际选址，确定项目辐射环境影响评价的范围为 DSA 手术室防护屏蔽墙体外 50m，人员可能达到的区域。

项目环境影响评价范围见图 1-3。

### 7.2 主要环境保护目标

项目主要环境保护目标为评价范围内的本项目辐射工作人员、医院内活动的其他医护人员、患者家属以及周边公众。项目主要环境保护目标详见表 7-1。

保护目标	方位	场所	主要环境保护目标	距辐射源最近距离	人口规模	年剂量管理约束值
<b>外科楼内工作场所</b>						
职业人员	/	DSA 手术室	介入手术医生	0.5m	1 人	≤5mSv
			护士	0.5m	3 人	
	南侧	控制室	控制室操作人员	3.6m	3 人	
公众	北侧	洁净走廊	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属	3.8m	流动人员	≤0.1mSv
	东侧	设备间	设备维修人员	3.1m	流动人员	
	东侧	污物间	管理人员	3.3m	流动人员	
	西侧	缓冲间	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属	3.2m	5-10	
	楼上	病房	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属	4.2m <sup>#1</sup>	约25人	
	/	50m范围内外科楼其他区域	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	5.0m	约50人	
<b>外科楼外50m<sup>#2</sup>范围内</b>						
公众	北侧	莲湖区第十幼儿园	幼儿及教师、后勤人员	约23m	约350人	≤0.1mSv
	西侧	发热门诊	其他非辐射医务人员	约33m	约15	
流动人员			流动人员			



		门诊楼	其他非辐射医务人员	约32m	约100人
			流动人员		流动人员
南侧		病案室	管理人员	约5m	2人
		拆包及被服发放间	管理人员	约8m	2人
东侧		莲湖区第一爱心护理院	患者及工作人员	约3.8m	约130人
		伊德私塾托管班	幼儿及管理人员	约35m	约25人
		锅炉房	锅炉房管理人员	约30.7m	2人

注1：表示距辐射源点距离（1层和2层的建筑层高为4.2m，治疗床高1m）；  
注2：表示距DSA机房四周墙体的距离；

**表 7-1 项目主要环境保护目标一览表**

### 7.3 评价标准

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

根据标准附录 B1.1 职业照射和 B1.2 公众照射，对人员受照剂量限值规定如下：

B1.1.1.1 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；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

B1.2.1 实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

#### 7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

5 X 射线设备防护性能的技术要求

5.1.1 X 射线设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。

5.1.2 X 射线管组件上应有清晰的焦点位置标志。

5.1.3 X 射线管组件上应标明固有滤过，所有附加滤过片均应标明其材料和厚

度。

## 5.2 透视用X射线设备防护性能的专用要求

5.2.1 C形臂X射线设备的最小焦皮距应不小于20cm，其余透视用X射线设备的最小焦皮距应不小于30cm。

5.2.2 透视曝光开关应为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。

5.2.3 用于介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）的X射线透视设备防护性能专用要求见5.8。

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

5.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用X射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

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

5.8.3 X射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于20cm的装置。

5.8.4 介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

## 6 X射线设备机房防护设施的技术要求

### 6.1 X射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置X射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的X射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式X射线设备和车载式诊断X射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的X射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表7-2的规定。

**表 7-2 X射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度的要求**

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）
------	------------------------------	--------------

单管头X射线设备 (含C形臂、乳腺CBCT) 注	20	3.5
注：单管头、双管头或多管头X射线设备的每个管球各安装在1个房间内。		

## 6.2 X射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型X射线设备（不含床旁摄影设备和便携式X射线设备）机房的屏蔽防护应不小于表7-3规定。

**表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求**

机房类型	有用线束方向铅当量 (mmPb)	非有用线束方向铅当量 (mmPb)
C形臂X射线设备机房	2.0	2.0

6.2.4 距X射线设备表面100cm处的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 时且X射线设备表面与机房墙体距离不小于100cm时，机房可不作专门屏蔽防护。

## 6.3 X射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

## 6.4 X射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

## 6.5 X射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台X射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表7-4基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于2mmPb。

6.5.4 应为儿童的X射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

**表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求**

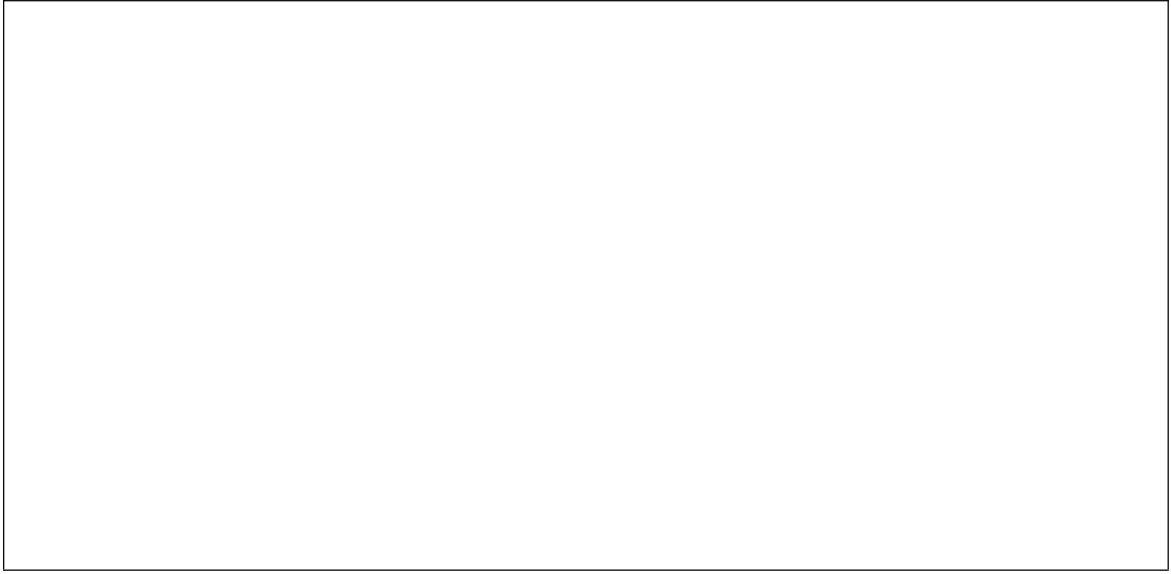
放射检查类型	工作人员		受检者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护用品
介入放射性操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘/床侧防护屏/床侧防护帘 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、 选配：铅橡胶帽子	—

注：“—”表示不需要。

### 7.3.3 环评要求年剂量约束值及控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“辐射防护安全与最优化原则”。本次评价对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值分别进行以下设定：

- (1) 辐射工作人员的年附加剂量约束值：5mSv/a；
- (2) 周围公众的年附加剂量约束值：0.1mSv/a。



## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理位置及场所位置

#### 8.1.1 医院地理位置

医院地理位置见图 1-1，医院总平面布置见图 1-3。

#### 8.1.2 项目场所位置

项目 DSA 机房拟建在外科楼 1 层东侧的位置，项目 DSA 手术室所在楼层平面布局图见图 1-4。

### 8.2 辐射环境质量现状

#### 8.2.1 监测方法

为了解项目所在场所的环境 $\gamma$ 辐射本底水平，本次评价采用医院提供的陕西新高科辐射技术有限公司对项目拟建 DSA 机房及周围区域环境 $\gamma$ 辐射剂量率检测报告中相关数据（报告编号：FHJC-SXGK-002023230）。监测方案见表 8-1。

表 8-1 辐射环境质量现状监测方案

监测因子	监测点位	监测日期和频次
X- $\gamma$ 剂量率	拟建 DSA 机房及周围区域 1#~11#	2023 年 7 月 7 日， 每个点位连续检测 10 次

监测方法：《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》，HJ1157-2021。

#### 8.2.2 监测点位

环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测点位布设情况详见图 8-1。

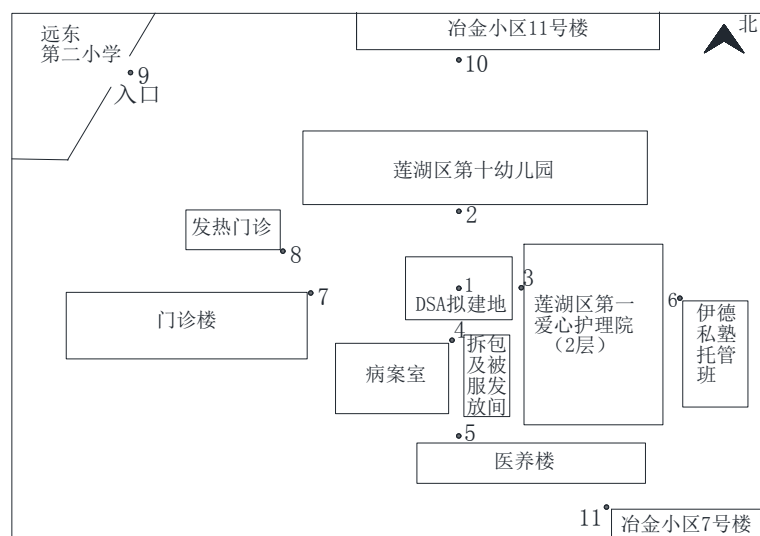


图 8-1 拟建 DSA 机房及周围区域检测点位图

### 8.2.3 监测使用仪器

监测仪器相关情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器相关参数一览表

检测仪器名称、型号、编号	测量范围	检定单位	证书编号	证书有效期
环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪 FD-3013H-5877	0.01~200 $\mu\text{Sv/h}$	中国辐射防护研究院放射性计量站	检字第[2023]-L048	2023.2.15~2024.2.14

### 8.2.4 质量保证措施

(1) 结合现场实际情况及检测点位的可达性，在项目场地周边环境布设检测点位，充分考虑检测点位的代表性和可重复性，以保证检测结果的客观性和公正性；

(2) 严格按照《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）进行检测；

(3) 检测仪器每年定期经有资质的计量部门检定、校准，检定合格后方可使用；

(4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

(5) 检测人员持证上岗；

(6) 检测结果经三级审核，保证检测数据的准确。

### 8.2.5 监测结果及评价

项目拟建 DSA 机房及周围区域环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果见表 8-3。

表 8-3 环境 $\gamma$ 辐射剂量当量率监测结果

点位编号	点位描述	检测结果 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	
		平均值	标准差
1	DSA 拟建地	0.07	0.008
2	莲湖区第十幼儿园	0.08	0.008
3	莲湖区第一爱心护理院	0.07	0.009
4	病案室	0.07	0.008
5	医养楼	0.07	0.021
6	伊德私塾托管班	0.08	0.009

7	门诊楼	0.08	0.009
8	发热门诊	0.08	0.009
9	远东第二小学	0.06	0.013
10	冶金小区 11 号楼	0.06	0.009
11	冶金小区 7 号楼	0.06	0.013

注：1.表中数据已扣除宇宙射线响应值，此处宇宙射线响应值为 0.0097 $\mu$ Gy/h，所有点位的屏蔽因子按原野/道路取 1；2.因检测仪器 FD-3013H-5877 使用  $^{137}\text{Cs}$  放射源进行检定，根据 HJ1157-2021，换算系数取 1.20Sv/Gy。

由表 8-3 可知，西安冶金医院拟建 DSA 机房及周围区域 $\gamma$ 辐射剂量率均值在 60~80nGy/h 之间（已扣除宇宙射线），与《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中“西安市原野 $\gamma$ 辐射剂量率范围为 50~117nGy/h”相当，表明项目所在地辐射剂量率处于正常环境本底水平，辐射环境质量现状无异常，项目所在区域辐射环境质量现状良好。



表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工程设备和工艺分析

### 9.1.1 设备组成

DSA（Digital Subtraction Angiography，数字减影血管造影设备）因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机。DSA 设备主要由 X 射线发生系统、影像接收器和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统、防护屏及防护铅帘等构成。

常见数字减影血管造影机外观见图 9-1。

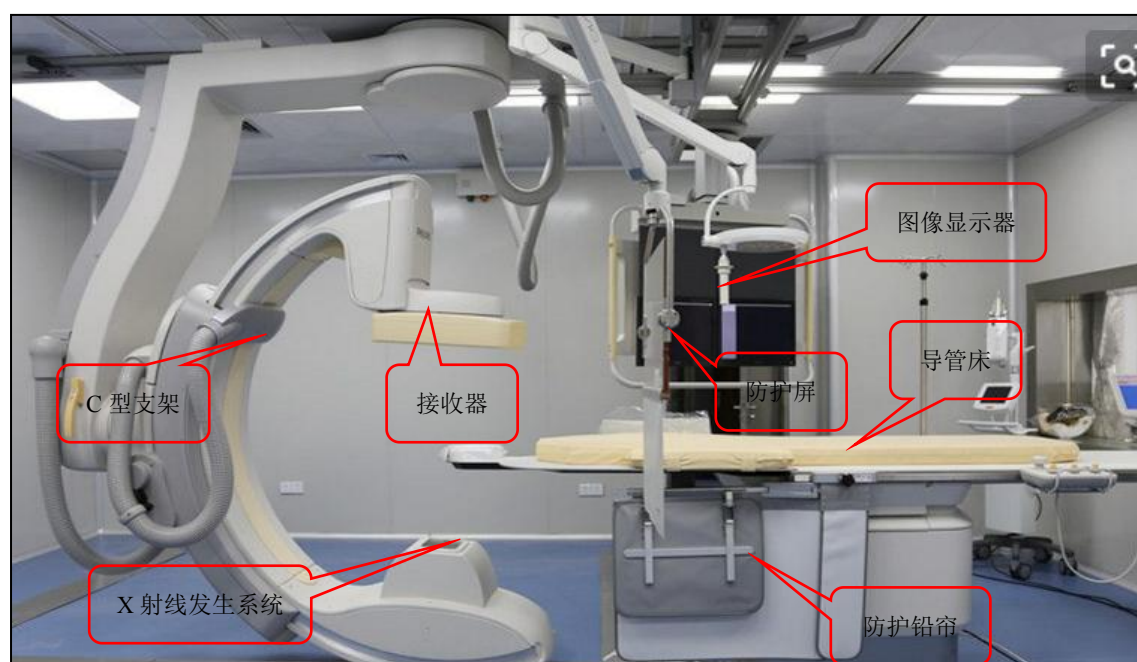


图 9-1 数字减影血管造影机外观图

### 9.1.2 DSA 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，得到一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来，对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示。由于造影剂用量少，浓度低，损伤小，较安全。通过DSA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工作示意图见图9-2。

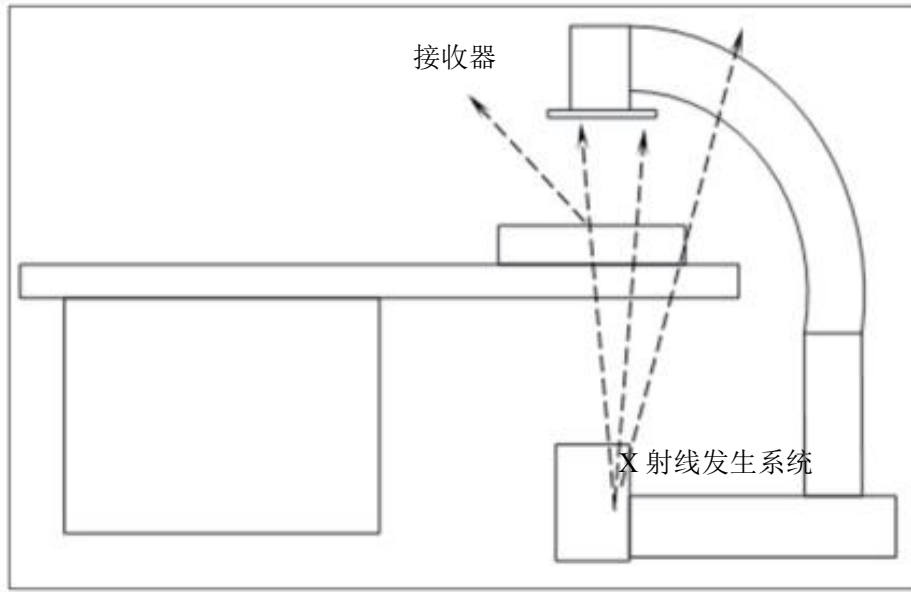


图 9-2 DSA 工作示意图

### 9.1.3 操作流程

数字减影血管造影设备(DSA)在进行曝光时分为DSA诊断和介入治疗两种情况。

#### (1) 诊断

诊断采用隔室操作方式，通过控制 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，然后进入操作间，关好防护门。医师、操作人员通过操作间的电子计算机系统控制 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范围、程度，选择治疗方案。

#### (2) 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隙式透视。具体方法是受检者位于手术床上，介入手术医师位于手术床旁，距 DSA 的 X 线管 0.5m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅衣、铅围脖、铅眼镜、介入防护手套等），同时手术床旁设有屏蔽挂帘和铅防护帘。介入治疗中，医师、护士佩戴防护用品，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。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。介入手术结束后关机，病人离开介入室。

### 9.1.4 污染因子

DSA在正常曝光期间主要的污染因子为X射线、臭氧、氮氧化物等。由于项目注入的造影剂不含放射性，不会产生放射性废物。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。

DSA操作流程及产污环节见图9-3。

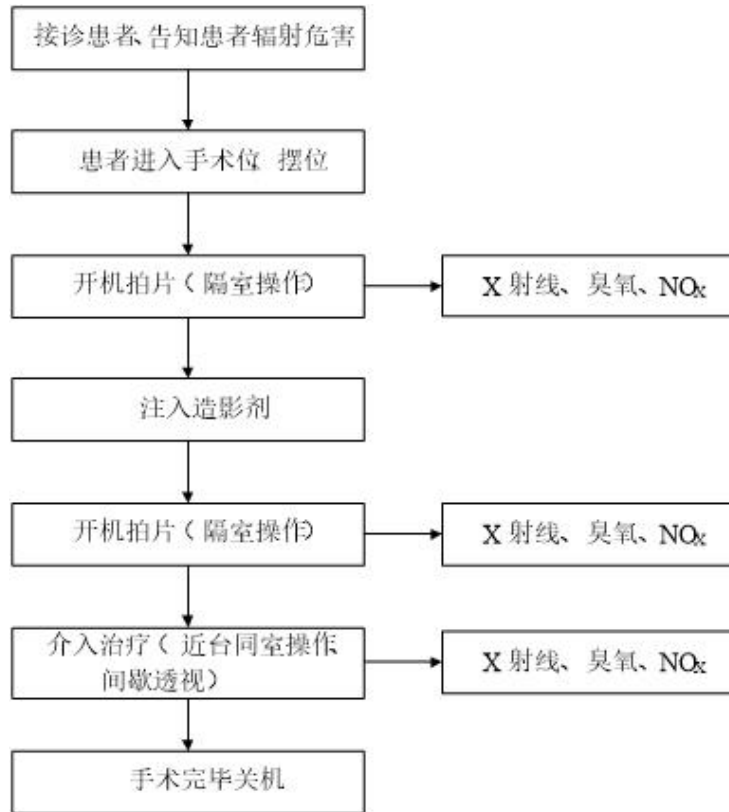


图 9-3 DSA 操作流程及产污环节示意图

### 9.1.5 医护、患者、污物流动路线

(1) 医护人员流动路线：医护人员经换鞋区进入更衣室，后进入控制室，由控制室进入 DSA 手术室。

(2) 患者流动路线：患者经过走廊进入缓冲间，后进入 DSA 手术室。

(3) 污物流动路线：在 DSA 手术室进去污物暂存间，在污物暂存间对污物进行打包，由污物暂存间的南门，通过污物通道运往医院的医疗废物暂存间。

项目医护、患者、污物流动路线详见图 1-4。

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 正常工况下污染途径

(1) X 射线

DSA 开机时发出 X 射线，X 射线贯穿手术室的屏蔽墙进入外环境，对控制室内职业工作人员及手术室周围公众产生外照射影响；在介入手术过程中，对手术室内医护人员造成较高剂量的外照射。

#### (2) 废气

X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，由于项目射线装置的管电压、管电流较小，产生的有害气体相对较少，通过在手术室内安装动力通风装置，可满足手术室通风换气要求。

#### (3) 废水

项目注入的造影剂不含放射性，采用数字显影技术，无废显影液和定影液产生，项目医护人员产生少量的生活污水依托医院现有污水处理系统统一处理后最终排入市政污水管网。

#### (4) 固体废物

DSA 手术室不产生放射性固体废物及废胶片等危险废物，产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医疗废物暂存于 DSA 机房东侧的污物暂存间，在污物暂存间采用专用包装袋、容器分类收集后就地打包，经污物走廊运至医院西北侧的医废暂存间，医院的医疗废物暂存间长 20m，宽 20m，现状见图 9-4，由现状情况可知，医疗废物暂存间足以容纳项目 DSA 产生的医疗废物，最终委托有资质的单位处置（医院医疗废物处置合同见附件 10）。工作人员产生的少量的生活垃圾经垃圾桶分类收集后由环卫部门统一处理。





图 9-4 医疗废物暂存间

### 9.2.2 事故工况下污染途径

项目 DSA 属于 II 类射线装置，运行过程中可能发生的辐射安全事故如下：

- (1) 射线装置发生控制系统或电器系统故障或人员疏忽将照射参数设置错误，使受检者或职业人员受到超剂量照射。
- (2) 与诊疗无关的人员在未撤离手术室，射线装置开始运行，对其造成额外误照射。
- (3) 医生在手术室内为患者摆位或进行其它术前准备工作时，控制台处操作人员误开机出束，对手术室内医生造成误照射。
- (4) 安全警示装置发生故障，医护人员误入正在运行的手术室造成额外照射。

**表 10 辐射安全与防护**

## **10.1 项目安全设施**

### **10.1.1 辐射工作场所分区**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），辐射工作场所应分为控制区及监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：把需要或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：未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据 DSA 手术室平面布局，将 DSA 手术室防护屏蔽体（包括屏蔽墙、顶棚、地板、防护门、防护窗等）以内的区域划分为控制区，DSA 手术室北侧的清洁走廊，南侧的控制室，西侧的缓冲间及走廊，东侧的设备间、污物暂存间，DSA 手术室正上方区域（病房）等划分为监督区。项目分区示意图见图 10-1、图 10-2。

### **10.1.2 辐射防护屏蔽设计**

#### **10.1.2.1 设备固有的主动防护技术**

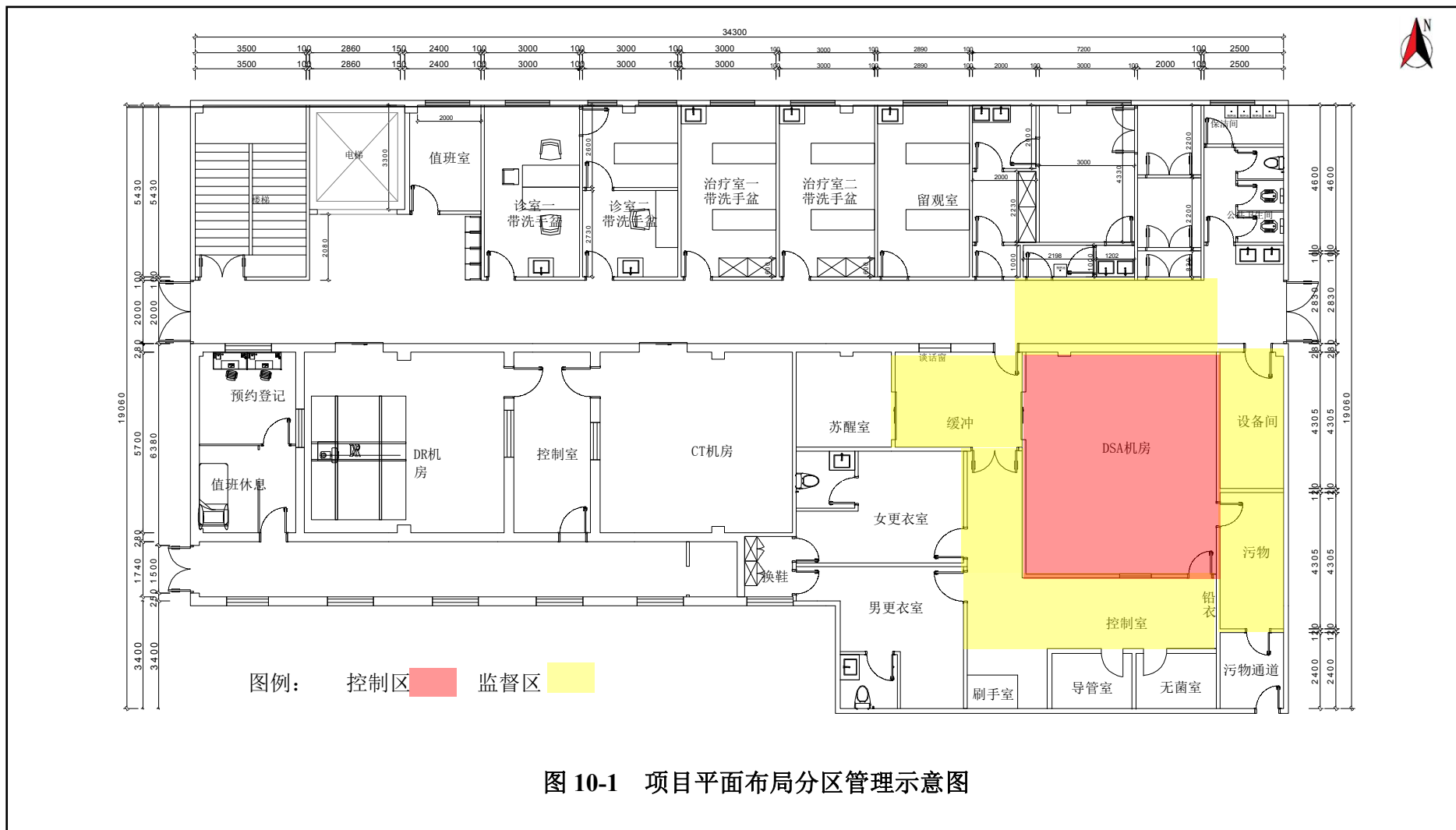
本项目拟配备的 DSA 机应配备但不限于以下先进的主动防护技术：

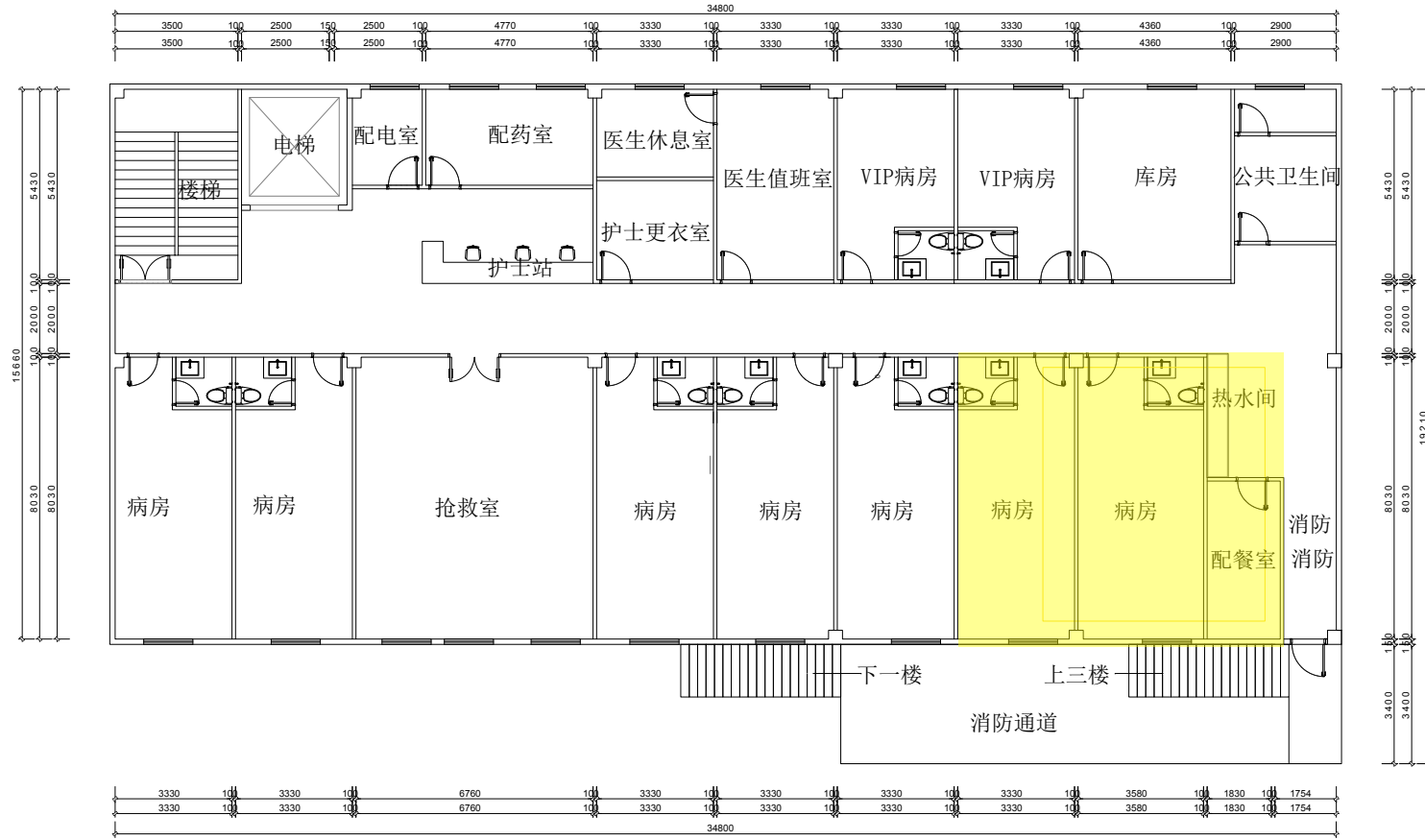
（1）在手术室内具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和采集功能的控制键。

（2）X 射线设备配备有能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

（3）透视曝光开关为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。

（4）介入操作中，设备控制台和手术室内显示器上能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光记录。





监督区

图 10-2 DSA 楼上(二楼)监督区管理示意图



### 10.1.2.2 工作场所辐射屏蔽设计

DSA 手术室的建设规模见表 10-1。

表 10-1 机房设计建设规模表

机房	参数	设计值	GBZ130-2020 要求	评价
DSA 机房	有效使用面积	42.0m <sup>2</sup>	≥20m <sup>2</sup>	符合
	最小单边长度	6.0m	3.5m	符合

DSA 手术室装修后南北长 7.0m，东西宽 6.0m，有效使用面积 42.0m<sup>2</sup>，机房的有效使用面积和最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房内最小有效使用面积 20m<sup>2</sup>，机房内最小单边长度 3.5m”的要求。

DSA 手术室四周墙体采用 240mm 实心红砖+3cm 硫酸钡防护涂料(等效铅当量 4.12mmPb)，屋顶采用 150mm 混凝土+3cm 硫酸钡防护涂料(等效铅当量 3.49mmPb)，DSA 手术室所在楼层以下为土层，地面没有进行射线防护处理。根据 GBZ130-2020 附录 C 公式 C.1 和 C.2， $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 取值自 GBZ130-2020 附录 C 表 C.2，150mm 混凝土在 125kV 下的等效铅当量 1.87mmPb，240mm 实心红砖在 125kV 下的等效铅当量 2.5mmPb。

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

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left( \frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

$\beta$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\alpha$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

表 10-2 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

电压	材料	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
125kV	铅	2.219	7.923	0.5386
	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974

注： $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 取值自 GBZ130-2020 附录 C 表 C.2。

根据医院提供的图纸，DSA 手术室的辐射防护屏蔽参数详见表 10-3。

表 10-3 项目 DSA 手术室的辐射屏蔽防护参数一览表

位置	屏蔽措施	等效铅当量	标准要求
四周墙体	240mm 实心红砖+3cm 防护涂料	4.12mmPb	2.0mmPb
屋顶	150mm 混凝土+3cm 防护涂料	3.49mmPb	2.0mmPb
地板	建筑无地下室，地面无射线防护处理	/	/
观察窗	4mmPb 当量铅玻璃观察窗	4.0mmPb	2.0mmPb
患者门	4mmPb 当量电动推拉门	4.0mmPb	2.0mmPb
工作人员门和污物门	4mmPb 当量手动平开门	4.0mmPb	2.0mmPb

注：①根据《辐射防护手册 第三分册》第 63 页表 3.4，在管电压 150kV 条件下，200mm 红砖（1.9g/cm<sup>3</sup>）相当于 2mm 铅当量，280mm 砖（1.9g/cm<sup>3</sup>）相当于 3mm 铅当量，使用内插法得在管电压 150kV 条件下，240mm 红砖（1.9g/cm<sup>3</sup>）相当于 2.5mm 铅当量，因此本项目管电压 125kV 下，240mm 红砖墙保守取 2.5mmPb。

②根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 公式 C.1 和 C.2，混凝土的 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 取值自附录 C 表 C.2，计算得出在管电压 125kV（CT）下，150mm 混凝土等效铅当量约为 1.87mmPb。

③根据《辐射防护手册 第三分册》第 63 页表 3.4，在管电压 150kV 下，17mm 硫酸钡水泥（2.7g/cm<sup>3</sup>）相当于 1mm 铅当量，38mm 硫酸钡水泥（2.7g/cm<sup>3</sup>）相当于 2mm 铅当量，使用内插法得 30mm 防护涂料相当于 1.62mm 铅当量。

由表 10-3 可知，DSA 手术室四周墙体屏蔽防护的等效铅当量为 4.12mmPb，屋顶屏蔽防护的等效铅当量为 3.49mmPb，手术室位于 1 层，建筑无地下室，地面无射线防护处理，防护门窗的铅当量均为 4.0mmPb，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“C 形臂 X 射线设备机房有用线束方向铅当量 2mm，非有用线束方向铅当量 2mm”的要求。

### 10.1.2.3 安全防护措施

#### (1) DSA 手术室拟采取的安全防护措施

①DSA 手术室患者进出门、工作人员门和污物门外设置电离辐射警告标志，患者进出门上方设置醒目的工作状态指示灯，指示灯灯箱上设“射线有害，灯亮勿入”的警示语句，指示灯与患者进出防护门有效联动，确保门灯连锁装置正常运行，防止人员误入，并定期检查。

②患者进出门设置为电动推拉门并设置红外防夹装置，工作人员门和污物门设置自动闭门装置。

③候诊区设置放射防护注意事项告知栏。

④控制室设置有观察窗，位置便于操作人员观察手术室内工作人员、患者状态和患者防护门开闭情况。

⑤在手术室治疗床旁和控制室各设置1个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

DSA 手术室辐射安全防护设施位置示意图 10-3。

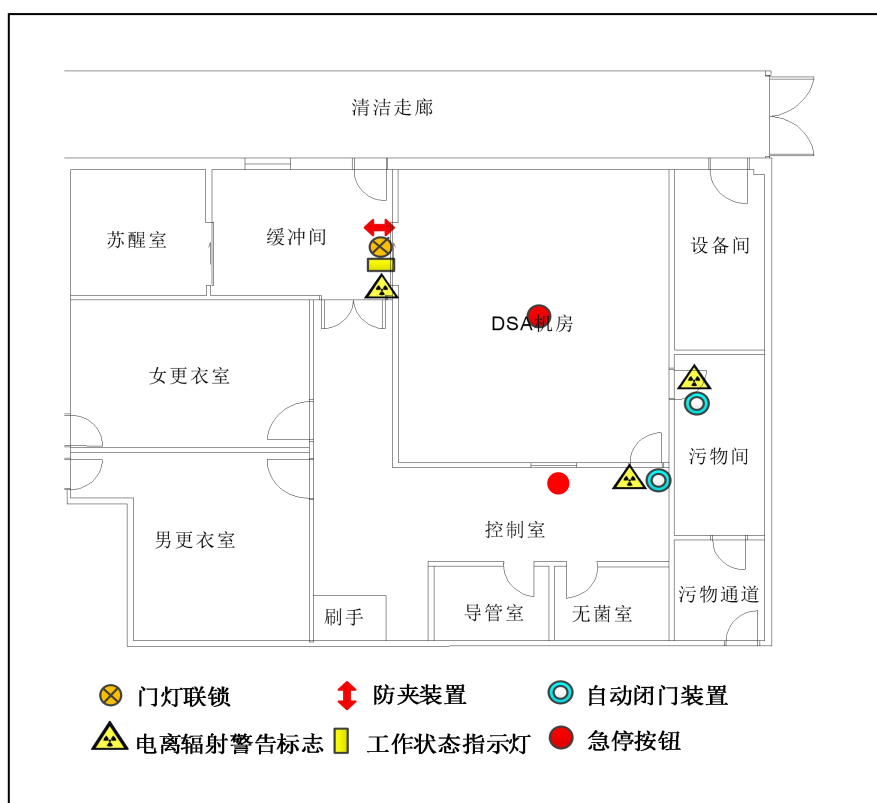


图 10-3 DSA 手术室辐射安全防护设施位置示意图

(2) 项目拟采取的其他安全防护措施

①手术室内布局要合理，尽量避免有用线束直接照射门、窗和管线口（包括线缆沟、通风管道等）位置和工作人员操作位。

DSA 手术室在设备基座下方预留有地沟，电缆通过电缆地沟走线，280mm 宽 x160mm 深的电缆地沟从东侧墙体直穿进入控制室，地沟利用不锈钢盖板进行覆盖，能够有效防止射线泄漏；排风管线、进风管线直穿 DSA 手术室南墙体，排风管道直穿外科楼南侧墙体，风管穿出墙体后安装弯管，弯管向上，风管的穿墙及弯管部

分均包裹 3mmPb 的铅皮，能够有效防止射线泄漏。电缆走线示意图见图 10-4，通风管道示意图见图 10-5，电缆地沟及通风管道穿墙示意图见图 10-6。

②手术室设置有动力通风装置，设备运行时应打开以保持良好的通风。

③医院应配备 1 台便携式 X、 $\gamma$ 辐射监测巡检并建立自行监测数据档案。

④辐射工作人员正确佩戴个人剂量计，介入手术医生和护士建议佩戴双剂量计（在铅围裙内外各佩戴一个剂量计）。

⑤根据 GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》第 6.5 条的规定，医院应为 DSA 手术室患者和工作人员配备相应的个人防护用品和辅助防护设施，配置要求见表 10-4。

**表 10-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求**

放射检查类型	工作人员		患者和受检者				
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施			
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘/床侧防护屏/床侧防护帘 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	不需要			
<b>DSA 手术室个人防护用品及辅助防护设施配备要求</b>							
序号	个人防护用品	防护对象					
		成人受检者		儿童受检者		工作人员	
		铅当量 (mmPb)	数量 (件)	铅当量 (mmPb)	数量 (件)	铅当量 (mmPb)	数量 (件)
1	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾	≥0.5	≥1	≥0.5	≥1	—	—
2	铅橡胶颈套	≥0.5	≥1	≥0.5	≥1	≥0.5	≥2
3	铅橡胶围裙	—	—	—	—	≥0.5	≥2
4	铅防护眼镜	—	—	—	—	≥0.25	≥2
5	介入防护手套	—	—	—	—	≥0.025	≥2
6	铅橡胶帽子（选配）	≥0.25	选配	≥0.25	选配	≥0.25	选配
序号	辅助防护设施	工作人员					
		铅当量 (mmPb)			数量 (件)		
1	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	≥0.25			≥1		
2	床侧防护帘/床侧防护屏	≥0.25			≥1		
3	移动铅防护屏风（选配）	≥2.0			选配		

手术室内配备铅当量不小于0.25mmPb的铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、0.25mmPb床侧防护帘/床侧防护屏、2mmPb移动铅防护屏风等辅助防护设施（选配）。为手术室内医护人员配备铅当量不小于0.5mmPb的铅橡胶围裙、0.5mmPb的铅橡胶颈套、0.025mmPb介入防护手套、0.25mmPb铅防护眼镜、0.25mmPb铅橡胶帽子等个人防护用品（至少满足手术医生、护士各一套）。对病人病灶进行照射时，将病人病灶以外的部位用防护用品（其中儿童铅当量不小于0.5mmPb）进行遮盖，以避免病人受到不必要的照射。

## 10.2 “三废”的治理

项目注入的造影剂不含放射性，DSA设备在运行过程中不产生放射性“三废”。项目拟配备7名辐射工作人员，全部为现有辐射工作人员，产生少量生活污水及生活垃圾，统一纳入医院污水处理系统及生活垃圾清运系统。

### 10.2.1 废水

项目采用先进的数字显影技术，无废显影液和定影液产生。7名工作人员会产生一定量的生活污水，按照《陕西省行业用水定额》（DB61/T 943-2020）行政办公及科研院所通用值 $25\text{m}^3/(\text{人}\cdot\text{a})$ ，产污系数为0.8，则生活污水产生量为 $140\text{m}^3/\text{a}$ ，统一纳入医院污水处理系统，不会对周围水环境产生不良影响。

### 10.2.2 废气

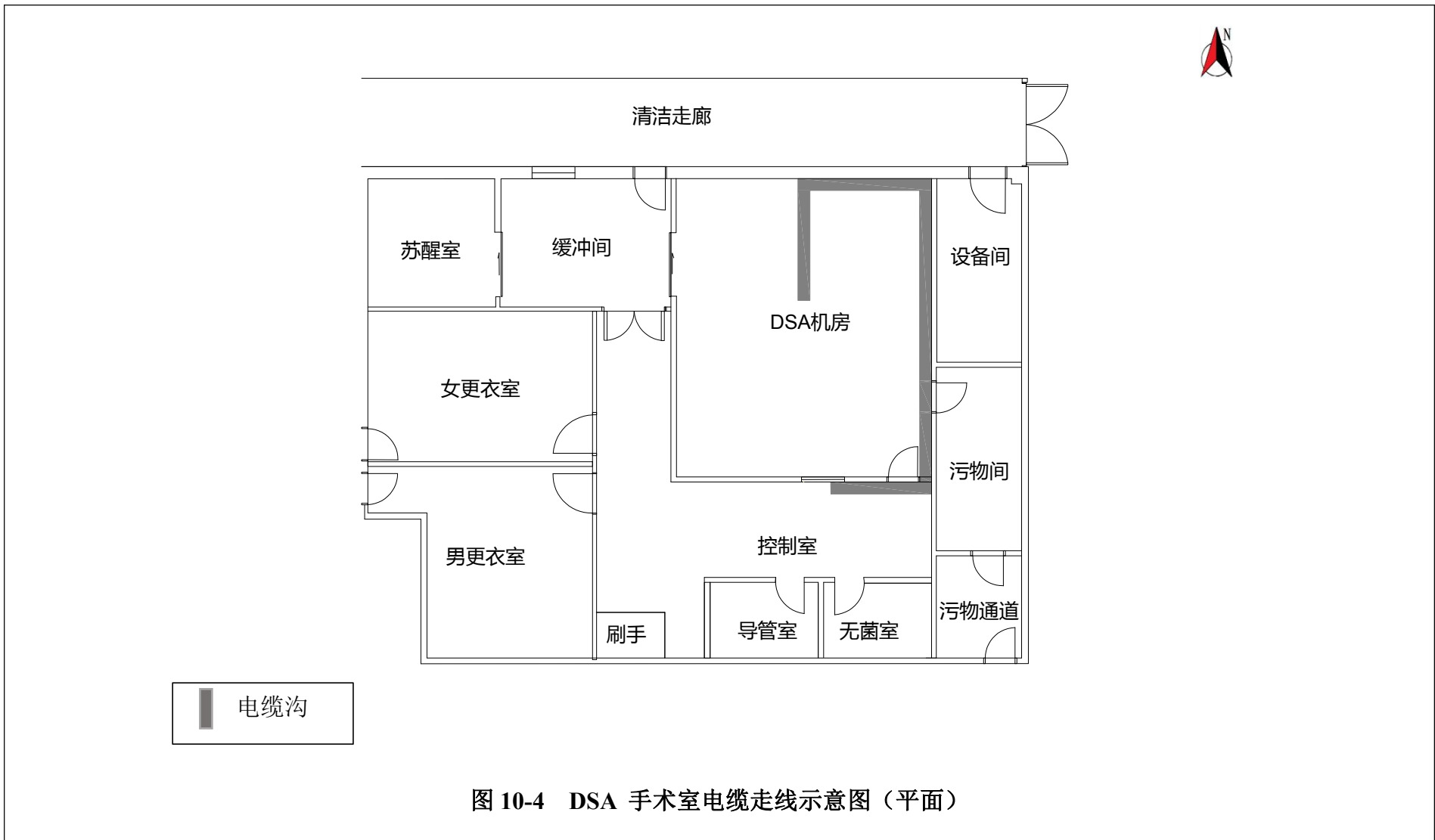
DSA设备在开机并处于出束状态时，X射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，由于项目射线装置的管电压、管电流较小，产生的有害气体相对较少。

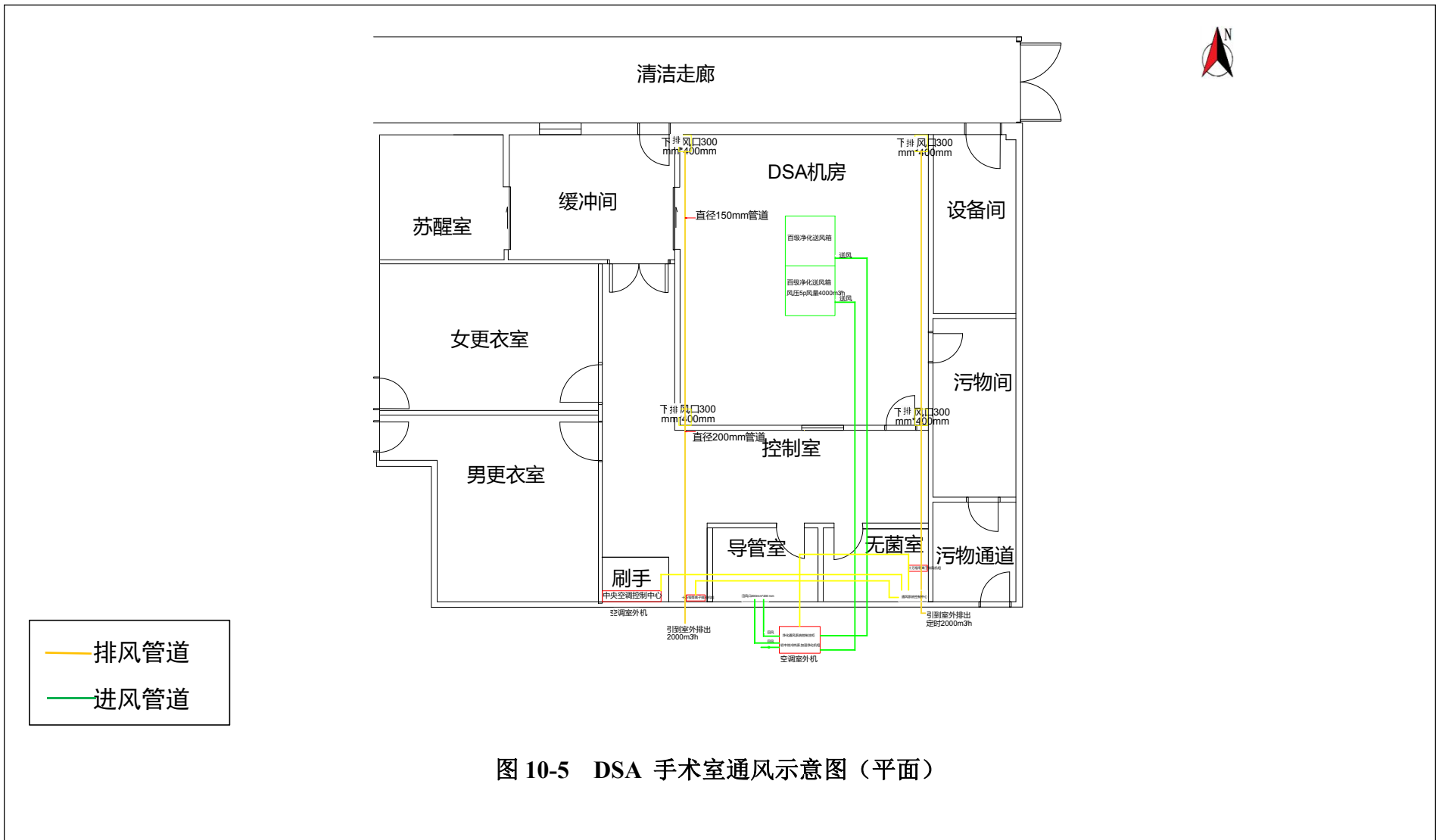
DSA手术室四周墙角底部设置4个 $300\text{mm}\times 400\text{mm}$ 的排风口，排风管道直穿DSA手术室南侧墙体后直穿外科楼南侧墙体，风管穿出墙体后安装弯管，弯管向上，将手术室内产生的废气引至室外进行排放，风管的穿墙及弯管部分均包裹3mmPb的铅皮。

### 10.2.3 固体废物

项目采用先进的数字显影技术，不会产生废胶片。介入手术时产生的废医用器具和废药棉、纱布、手套等医疗废物，暂存于DSA机房东侧的污物暂存间，在污物暂存间采用专用包装袋、容器分类收集后就地打包，经污物走廊运至医院危废暂存间，最终委托有资质的单位进行处置（医院医疗废物处置合同见附件10）。工作

人员产生的少量的生活垃圾经垃圾桶分类收集后由环卫部门统一处理。7名辐射工作人员产生生活垃圾，产生量约为 $0.5\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{d})$ ，则生活垃圾产生量为 $3.5\text{kg}/\text{d}$ ，纳入医院生活垃圾清运系统，不会对周围环境产生不良影响。







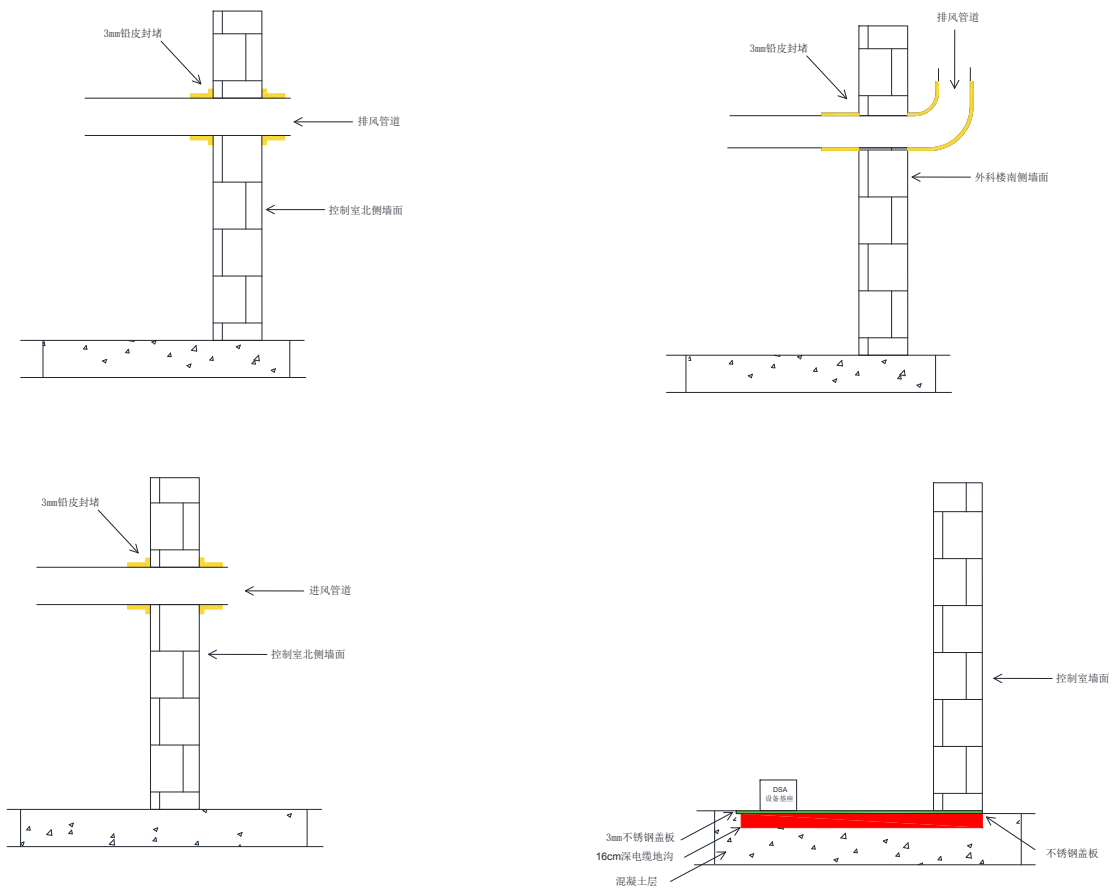


图 10-6 DSA 手术室电缆地沟及通风管道穿墙示意图

**表 11 环境影响分析**

### **11.1 建设阶段对环境的影响**

根据现场踏勘，项目手术室及其辅助功能用房的土建工程已建设完成，目前处于内部装修阶段。本次评价不再对土建环节的环境影响进行分析。项目手术室及辅助用房建设阶段对环境的影响主要为后续装修过程产生的少量施工噪声、废气、废水、建筑垃圾以及设备调试产生的辐射等。

(1) 废气：施工过程中装饰装修施工将产生扬尘，此外运输车辆作业时排放废气，但以上影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染拟采取以下措施：a)施工现场进行围挡；b)及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；c)车辆在运输材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒。

(2) 噪声：施工期机械设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)的标准，尽量使用噪声低的先进设备。

(3) 废水：施工期间的生活污水。治理措施为：生活污水依托医院污水处理站，处理达标后排入市政污水管网。

(4) 固体废物：施工期间建筑垃圾以及建材包装的废包装材料和施工人员产生的生活垃圾等。治理措施为：施工期间的建筑垃圾应在指定的地点堆放，并及时清运；废包装材料和生活垃圾产生量少，分类收集于垃圾桶，由环卫部门统一清运。

(5) 辐射：设备调试产生的辐射污染。治理措施为：项目设备安装、调试、检测和维修等均由设备供应商的放射工作人员进行。在设备安装、调试阶段，医院及设备供应商应加强辐射防护管理，保证手术室各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在手术室防护门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时手术室必须上锁并派人看守。在设备安装、调试阶段，不允许其他无关人员进入手术室所在区域，防止辐射事故发生。

综上所述，在施工阶段采取上述污染防治措施后，施工期的影响可控制在医院内局部区域，对周围环境影响较小。

## 11.2 运行阶段对环境的影响

### 11.2.1 辐射环境影响分析

#### 11.2.1.1 理论估算

##### (1) 关注点选取

关注点的选取以 DSA 机房中心位置作为辐射源点；有用线束向上照射，设备机头距地面 0.5m，治疗床高 1m；防护门窗考虑安装位置角度；关注点位距墙体、门、窗表面 0.3m。屋顶上方（楼上）距屋顶地面 1.0m。

本项目位于医院外科楼 1 层，1 层层高 4.2m，2 层层高 4.2m。泄漏辐射源点按机头距地面 0.5m 考虑，泄漏辐射距楼上取 4.7m；散射辐射源点按治疗床高 1.0m 考虑，散射辐射距楼上取 4.2m。

关注点分布示意图见图 11-1 和图 11-2。

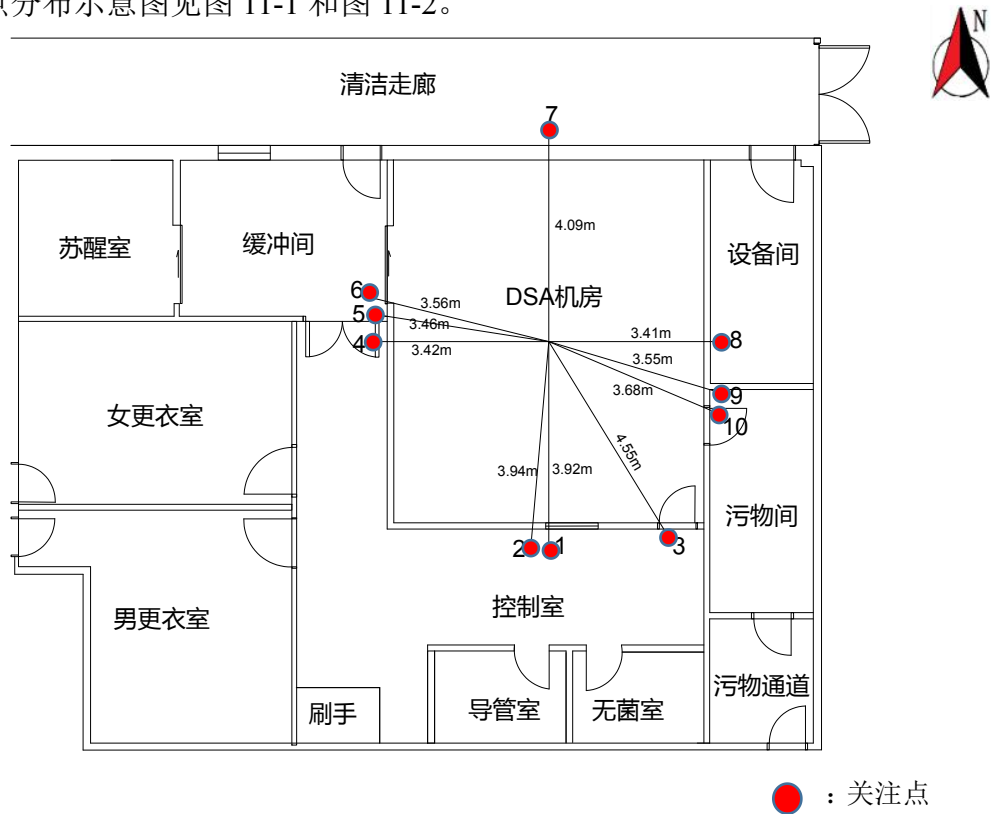


图 11-1 各关注点分布简图（1）

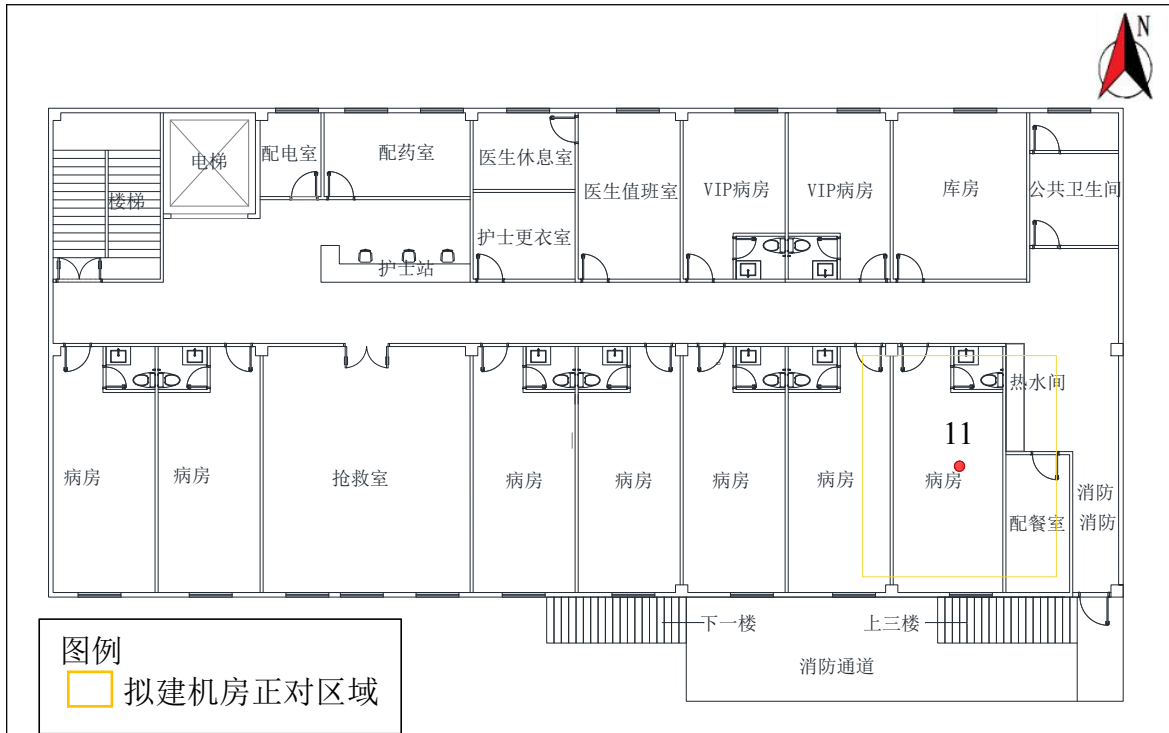


图 11-2 各关注点分布简图（2）

（2）各关注点剂量率估算

医院拟配置 KD-C9000 型的 DSA，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA。根据设备厂家说明书，透视时最大管电压 125kV，长时间连续透视管电流为 4mA；采集时最大管电压为 125kV，管电流根据 DSA 设备 X 射线高压发生器的最大标称电功率 100kW 除以最大管电压得到，为 800mA。

DSA 包括透视和采集两种工作模式。根据《医用外照射源的辐射防护》（ICRP33）P55 图 2，管电压 125kV 时，2mmAl 滤过下，离靶 1m 处的剂量率读值见表 11-1。

表 11-1 不同电压下离靶 1m 处的剂量率

电压	离靶 1m 处的剂量率读值 (mGy/mA·min)
125kV	11

距靶点 1m 处的剂量率  $H_0$  ( $\mu\text{Gy/h}$ ) 为以  $\text{mGy/mA}\cdot\text{min}$  为单位的剂量率读值乘以  $6\times 10^4$ ，再乘以工作电压下对应电流 (mA) 得出。则透视状态下  $H_0=11\times 6\times 10^4\times 4=2.64\times 10^6\mu\text{Gy/h}$ ，采集状态下  $H_0=11\times 6\times 10^4\times 800=5.28\times 10^8\mu\text{Gy/h}$ 。

表 11-2 DSA 不同运行条件下的参数取值

设备	运行条件		距靶 1m 处的剂量率 H <sub>0</sub> (μGy/h)
DSA	透视	125kV, 4mA	2.64×10 <sup>6</sup>
	采集	125kV, 800mA	5.28×10 <sup>8</sup>

项目射线装置主束照向患者，各关注点处仅考虑泄漏线和散射线影响，一般射线泄漏率按 0.1%估算。

### 11.2.1.2 估算方法

#### (1) 泄漏辐射剂量率估算

泄漏周围剂量当量率计算公式参考《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》(李德平、潘自强主编，原子能出版社，1987)。对于给定的屏蔽物质，屏蔽透射因子依据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录 C 计算。

$$H = \frac{f \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (11-1)$$

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

式中：H—关注点处的泄漏周围剂量当量率，μSv/h；周围剂量当量率与空气吸收剂量率换算系数在辐射屏蔽计算时通常取 1Sv/Gy。

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；

X——铅厚度，mm。

α、β、γ为铅对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数见表 11-3。

表 11-3 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

电压	材料	α	β	γ
125kV (主束)	铅	2.219	7.923	0.5386
125kV (散射)	铅	2.233	7.888	0.7295

注：α、β、γ取值参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录 C。

(2) 散射辐射剂量率估算

关注点处的散射周围剂量当量率参考《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）中给出的公式计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot (S/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：H—关注点处的患者散射周围剂量当量率，μSv/h；周围剂量当量率与空气吸收剂量率换算系数在辐射屏蔽计算时通常取 1Sv/Gy。

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，取自《辐射防护手册 第一分册》P437 表 10.1，125kV 射线散射与入射 X、γ 射线照射量之比值 a 为 0.0015（90° 散射，相对于 400cm<sup>2</sup> 散射面积）；

S—散射面积，取典型值 400cm<sup>2</sup>；

d<sub>0</sub>—源与患者的距离，一般取 0.5m；

d<sub>s</sub>—患者与关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子。

11.2.1.3 估算结果

不同模式下，机房各关注点的泄漏和散射辐射剂量率计算结果见表 11-4 和 11-5。

表 11-4 各关注点泄漏辐射剂量率计算结果一览表

关注点位置描述	序号	距离 R (m)	铅当量 X(mm)	透射因子 B	透视状态剂量率(μSv/h)	采集状态剂量率(μSv/h)
南侧观察窗	1	3.92	4.0	8.42×10 <sup>-6</sup>	1.45×10 <sup>-3</sup>	0.289
南侧控制室墙面	2	3.94	4.12	6.44×10 <sup>-6</sup>	1.10×10 <sup>-3</sup>	0.219
南侧工作人员门	3	4.55	4.0	8.42×10 <sup>-6</sup>	1.07×10 <sup>-3</sup>	0.215
西侧控制室墙面	4	3.42	4.12	6.44×10 <sup>-6</sup>	1.45×10 <sup>-3</sup>	0.291
西侧缓冲间墙体	5	3.46	4.12	6.44×10 <sup>-6</sup>	1.42×10 <sup>-3</sup>	0.284
西侧患者门	6	3.56	4.0	8.42×10 <sup>-6</sup>	1.75×10 <sup>-3</sup>	0.351
北侧清洁走廊	7	4.09	4.12	6.44×10 <sup>-6</sup>	1.02×10 <sup>-3</sup>	0.203
东侧设备间	8	3.41	4.12	6.44×10 <sup>-6</sup>	1.46×10 <sup>-3</sup>	0.292

东侧污物间墙壁	9	3.55	4.12	$6.44 \times 10^{-6}$	$1.35 \times 10^{-3}$	0.270
东侧污物门	10	3.68	4.0	$8.42 \times 10^{-6}$	$1.64 \times 10^{-3}$	0.328
楼上病房	11	4.7	3.49	$2.64 \times 10^{-5}$	$3.15 \times 10^{-3}$	0.630

表 11-5 各关注点散射辐射剂量率计算结果一览表

关注点位置描述	序号	距离 R (m)	铅当量 X(mm)	透射因子 B	透视状态剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	采集状态剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ )
南侧观察窗	1	3.92	4.0	$1.67 \times 10^{-5}$	$1.72 \times 10^{-2}$	3.44
南侧控制室墙面	2	3.94	4.12	$1.27 \times 10^{-5}$	$1.30 \times 10^{-2}$	2.60
南侧工作人员门	3	4.55	4.0	$1.67 \times 10^{-5}$	$1.28 \times 10^{-2}$	2.55
西侧控制室墙面	4	3.42	4.12	$1.27 \times 10^{-5}$	$1.73 \times 10^{-2}$	3.45
西侧缓冲间墙体	5	3.46	4.12	$1.27 \times 10^{-5}$	$1.69 \times 10^{-2}$	3.37
西侧患者门	6	3.56	4.0	$1.67 \times 10^{-5}$	$2.08 \times 10^{-2}$	4.17
北侧清洁走廊	7	4.09	4.12	$1.27 \times 10^{-5}$	$1.21 \times 10^{-2}$	2.41
东侧设备间	8	3.41	4.12	$1.27 \times 10^{-5}$	$1.74 \times 10^{-2}$	3.47
东侧污物间墙壁	9	3.55	4.12	$1.27 \times 10^{-5}$	$1.60 \times 10^{-2}$	3.20
东侧污物门	10	3.68	4.0	$1.67 \times 10^{-5}$	$1.95 \times 10^{-2}$	3.90
楼上病房	11	4.2	3.49	$5.22 \times 10^{-5}$	$4.68 \times 10^{-2}$	9.37

(3) 屏蔽体外剂量率

根据表 11-4 和表 11-5 的计算结果, 不同模式下各关注点处总的辐射剂量率见表 11-6。

表 11-6 不同状态下各关注点剂量率汇总结果一览表

关注点位置描述	序号	透视状态剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )			采集状态剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		
		泄漏剂量率	散射剂量率	总剂量率	泄漏剂量率	散射剂量率	总剂量率
南侧观察窗	1	$1.45 \times 10^{-3}$	$1.72 \times 10^{-2}$	$1.86 \times 10^{-2}$	0.289	3.44	3.73
南侧控制室墙面	2	$1.10 \times 10^{-3}$	$1.30 \times 10^{-2}$	$1.41 \times 10^{-2}$	0.219	2.60	2.82
南侧工作人员门	3	$1.07 \times 10^{-3}$	$1.28 \times 10^{-2}$	$1.38 \times 10^{-2}$	0.215	2.55	2.77
西侧控制室墙面	4	$1.45 \times 10^{-3}$	$1.73 \times 10^{-2}$	$1.87 \times 10^{-2}$	0.291	3.45	3.74
西侧缓冲间墙体	5	$1.42 \times 10^{-3}$	$1.69 \times 10^{-2}$	$1.83 \times 10^{-2}$	0.284	3.37	3.66

西侧患者门	6	$1.75 \times 10^{-3}$	$2.08 \times 10^{-2}$	$2.26 \times 10^{-2}$	0.351	4.17	4.52
北侧清洁走廊	7	$1.02 \times 10^{-3}$	$1.21 \times 10^{-2}$	$1.31 \times 10^{-2}$	0.203	2.41	2.62
东侧设备间	8	$1.46 \times 10^{-3}$	$1.74 \times 10^{-2}$	$1.88 \times 10^{-2}$	0.292	3.47	3.76
东侧污物间墙壁	9	$1.35 \times 10^{-3}$	$1.60 \times 10^{-2}$	$1.74 \times 10^{-2}$	0.270	3.20	3.47
东侧污物门	10	$1.64 \times 10^{-3}$	$1.95 \times 10^{-2}$	$2.11 \times 10^{-2}$	0.328	3.90	4.23
楼上病房	11	$3.15 \times 10^{-3}$	$4.68 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$	0.630	9.37	10

由表 11-6 可知，在透视状态下，DSA 机房各屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大为  $0.05 \mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“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  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求；采集状态下周围剂量当量率最大为  $10 \mu\text{Sv/h}$ ，估算条件为 800mA，按照 GBZ130-2020 归一至 100mA 时为  $1.25 \mu\text{Sv/h}$ ，满足“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于  $25 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

## 11.2.2 个人剂量估算

### 11.2.2.1 工作量

项目 DSA 运行包括透视和采集两种模式，项目运行后预计每年进行手术 300 台，平均每台手术透视时间 10min，采集 0.5min。

项目在不同工作模式下年开机时间见表 11-7。

表 11-7 不同工作模式下的开机时间一览表

设备名称	工作模式	管电压 (kV)	管电流 (mA)	单台手术平均出束时间	年预计手术次数(台)	年累积出束时间
DSA	透视	125	4	10min	300	50h
	采集	125	800	0.5min	300	2.5h

### 11.2.2.2 估算方法

相关人员受到的年有效剂量计算公式如下：

$$H_w = H_R \times K \times t \times T \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中： $H_w$ —年有效剂量，mSv/a；

$H_R$ —手术室外周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$K$ —有效剂量与吸收剂量换算系数，取  $1\text{Sv/Gy}$ ；



t—出束时间, h/a;

T—人员居留因子, 参照 GBZT201.1-2007 附录 A 取值。

### 11.2.2.3 估算结果

(1) 职业人员年附加剂量

① 控制室内职业人员年附加有效剂量估算

根据表 11-6 计算结果, 结合公式 11-4, 控制室内职业人员可能受到的年有效剂量见表 11-8。

表 11-8 控制室内职业人员附加年有效剂量估算结果一览表

关注点位置描述	透视状态		采集状态		居留因子	年有效剂量估算 (mSv/a)
	总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	出束时间 (h/a)	总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	出束时间 (h/a)		
南侧观察窗	$1.86 \times 10^{-2}$	50	3.73	2.5	1	0.01
南侧控制室墙面	$1.41 \times 10^{-2}$	50	2.82	2.5	1	$7.76 \times 10^{-3}$
南侧工作人员门	$1.38 \times 10^{-2}$	50	2.77	2.5	1/8	$9.52 \times 10^{-4}$
西侧控制室墙面	$1.87 \times 10^{-2}$	50	3.74	2.5	1	0.01

由表11-8可知, DSA正常运行时, 控制室内职业人员受到本项目的附加年有效剂量最大值为0.01mSv, 因本项目控制室操作人员还参与其他岗位的放射工作, 叠加2022年10月~2023年9月年度医院在岗辐射工作人员连续四个季度的累积剂量最大值0.77mSv, 控制室内职业人员的附加年有效剂量最大值为0.78mSv, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中年剂量限值(职业人员20mSv)及本次评价所取的年剂量约束限值(职业人员5mSv)。

②介入手术医生年附加有效剂量估算“

采集模式是为了给减影状态提供蒙片, 根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中7.8.3“除存在临床不可接受的情况外, 图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留; 对受检者实施照射时, 禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留”。因此, 采集模式下, 介入手术医生和护士退出DSA机房在控制室内, 采集模式下医护人员受照剂量按照操作间处的剂量率(表 11-6) 计算;

在透视模式下, 手术医生和护士在DSA手术室内对患者进行手术。介入手术

时医生、护士穿戴铅衣、铅帽、铅眼镜（医生佩戴介入防护手套）等防护用品，位于铅悬吊屏和床侧铅帘后。根据《医用X射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）附录B中表B.1 X射线透视设备的检测项目及技术要求“7、非直接荧光屏透视设备透视防护区检测平面上周围剂量当量率不大于400 $\mu$ Gy/h”，因此本次评价保守按照X射线设备在确保铅屏风和床侧铅挂帘等防护设施正常使用的情况下，手术医生和护士铅衣外按照在透视防护区测试平面上的空气比释动能率为400 $\mu$ Gy/h进行计算。

根据公式11-2计算可知，管电压125kV时，手术医生、护士穿0.5mm厚铅衣的辐射透射因子B为0.0557。项目DSA手术透视情况下年累积出束时间50h，采集出束时间2.5h，则介入手术所致手术室内操作医生、护士年剂量为1.12mSv。

**表 11-9 DSA 手术室医生护士附加年有效剂量估算结果一览表**

人员	剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	防护铅当量 (mmPb)	透射因子	时间(h)	年有效剂量 (mSv)	
医生	透视: 400	0.5	0.0557	50	1.11	<b>1.12</b>
护士	采集: 3.74	/	/	2.5	0.009	

事实上，上述估算偏保守，忽略了DSA材料的衰减作用，此外项目DSA设备床边操作系统、床边剂量控制系统等防护设施可实时显示剂量率、调节运行档位。因此，项目DSA在正常运行情况下，医护人员实际受到的年附加剂量率小于理论计算值。介入手术医生和护士受到的附加年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年剂量限值（职业人员20mSv）及本次评价所取的年剂量约束限值（职业人员5.0mSv）。

(2) 公众年附加剂量估算

根据表 11-6 计算结果，结合公式 11-4，项目正常运行时，公众受到的年有效剂量见表 11-10。

**表 11-10 DSA 手术室周边公众受到的年有效剂量估算结果一览表**

关注点位置描述	透视状态		采集状态		居留因子	年有效剂量估算 (mSv/a)
	周围剂量当量率 ( $\mu$ Sv/h)	出束时间 (h/a)	周围剂量当量率 ( $\mu$ Sv/h)	出束时间 (h/a)		
西侧缓冲间墙体	$1.83 \times 10^{-2}$	50	3.66	2.5	1/2	0.005
西侧患者门	$2.26 \times 10^{-2}$	50	<b>4.52</b>	2.5	1/8	0.002

北侧清洁走廊	$1.31 \times 10^{-2}$	50	2.62	2.5	1/5	0.001
东侧设备间	$1.88 \times 10^{-2}$	50	3.76	2.5	1/20	$5.18 \times 10^{-4}$
东侧污物间墙壁	$1.74 \times 10^{-2}$	50	3.47	2.5	1/20	$4.51 \times 10^{-4}$
东侧污物门	$2.11 \times 10^{-2}$	50	4.23	2.5	1/8	0.001
楼上病房	$5 \times 10^{-2}$	50	10	2.5	1	<b>0.027</b>
北侧莲湖区第十幼儿园	$3.05 \times 10^{-4}$	50	0.061	2.5	1	$1.68 \times 10^{-4}$
西侧发热门诊	$1.68 \times 10^{-4}$	50	0.034	2.5	1	$9.23 \times 10^{-5}$
西侧门诊楼	$1.77 \times 10^{-4}$	50	0.035	2.5	1	$9.76 \times 10^{-5}$
东侧莲湖区第一爱心护理院	$4.57 \times 10^{-3}$	50	0.914	2.5	1	0.003
东侧伊德私塾托管班	$1.51 \times 10^{-4}$	50	0.030	2.5	1	$8.28 \times 10^{-5}$
东侧锅炉房	$1.91 \times 10^{-4}$	50	0.038	2.5	1	$1.05 \times 10^{-4}$
南侧病案室	$3.85 \times 10^{-3}$	50	0.770	2.5	1	0.002
南侧拆包及被服发放间	$2.12 \times 10^{-3}$	50	0.423	2.5	1	0.001

由表11-10可知，DSA正常运行时，手术室周围公众受到的年有效剂量最大值为0.027mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年剂量限值（公众人员1mSv）及本次评价所取的年剂量约束限值（公众人员0.1mSv）。

### 11.2.3 废气环境影响分析

DSA在开机并处于出束状态时，X射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，由于项目射线装置的管电压、管电流较小，产生的有害气体相对较少。项目在DSA手术室内设置动力通风装置，产生的O<sub>3</sub>和NO<sub>x</sub>通过排风管道排出室外，满足《放射放射防护要求》(GBZ130-2020)“6.4.3 机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”的标准要求，对大气环境影响很小。

### 11.2.4 废水影响分析

项目采用数字显影技术，注入的造影剂不含放射性，无废显影液和定影液产生。非放射性废水主要来自于运行期间DSA机房辐射工作人员产生的少量生活污水，可依托医院污水处理站收集处理，经处理后污水进入市政污水管网，对周围水环境影响较小。

### 11.2.5 固体废物影响分析

项目采用先进的数字显影技术，不会产生废胶片。介入手术时产生的废医用器具和废药棉、纱布、手套等医疗废物，暂存于DSA机房东侧的污物暂存间，在污物暂存间采用专用包装袋、容器分类收集后就地打包，经污物走廊运至医院危废暂存间，最终委托西安卫达实业发展有限公司处置（医院医疗废物处置合同见附件10）。工作人员产生的少量的生活垃圾经垃圾桶分类收集后由环卫部门统一处理。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 风险识别及评价

(1) 射线装置发生控制系统或电器系统故障或人员疏忽将照射参数设置错误，使受检者或职业人员受到超剂量照射。

(2) 人员在防护门关闭后未撤离手术室，射线装置开始运行，造成额外照射。

(3) 医生在手术室内为患者摆位或进行其它术前准备工作时，控制室操作台处操作人员误开机出束，对手术室内医生造成误照射。

(4) 介入治疗时，医生未穿戴防护用品进入手术室，或未配置合格的防护用品，使医生受到较高剂量的附加照射。

(5) 安全警示装置发生故障，防护门打开，医护人员误入正在运行的手术室造成额外照射。

### 11.3.2 事故情况下剂量分析

#### 11.3.2.1 事故工况

DSA 射线装置诊断检查时，可能发生事故风险主要是由于人员疏忽在射线装置在管理上出问题，从而对医护人员、患者以及公众造成不利影响。其次是医疗设备及其安全装置遭到破坏而产生辐射事故。

#### 11.3.2.2 事故情况下的剂量分析

若由于疏忽造成人员误入，误入人员距离辐射源点 1m 处的透视状态下泄漏剂量率为  $2.64 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ，散射剂量率为  $1.58 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ ，总剂量率为  $1.85 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ ，本项目 DSA 透视最大时间为 10min，则在透视情况下距离患者 1m 处 10min 受到的剂量为 3.08mSv。

由于 DSA 的 C 型臂可以切换到水平照射方式，存在 X 射线直接照射的可能，

若误入人员受到 X 射线直接照射，距靶点 1m 处剂量率透视取  $2.64 \times 10^6 \mu\text{Sv/h}$ ，采集取  $5.28 \times 10^8 \mu\text{Sv/h}$ ，则距靶点 1m 处达到确定性效应阈值下限（0.1Sv）的时间分别为透视约 136.36s、采集约 0.68s。若设备曝光时，手术室内有人员滞留或误入，在无任何屏蔽措施条件下受到 X 射线照射，则在透视情况下距离设备 1m 处 1min 受到的剂量为 0.044Sv，采集 1 次（约 0.5s）受到的剂量为 73.33mSv。在前述条件下，透视约 1.36s 或采集约 1 次后，误入人员受到的剂量将高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中年剂量限值（公众人员 1mSv）；在透视约 27.27s 或采集约 1 次后，误入人员受到的剂量将高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中年剂量限值（职业人员 20mSv）。

由此可知，辐射工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行放射工作前按要求穿戴好各种个人防护用品，并定期检查手术室的防护性能及有关安全警示标志是否正常，坚决杜绝人员受到有用线束的直接照射，避免无关人员误入正在曝光的手术室。

### 11.3.3 辐射事故预防措施

针对以上辐射事故，本评价提出以下预防措施以避免辐射事故发生：

（1）定期对 DSA 设备的安全和防护措施进行检查，对发现的安全隐患及时采取有效措施，妥善处置。

（2）加强辐射工作人员的管理与业务培训，确认各项管理制度的执行情况。DSA 开机前，必须确保无关人员全部撤离；针对 DSA 制定相关的操作规程，并做到“制度上墙”（即将操作规程张贴在控制室醒目位置），辐射工作人员必须严格按照操作规程进行操作，以避免因误操作造成工作人员和公众受到意外辐射。

（3）射线装置发生故障而紧急停机后，在未查明原因和维修结束前，不得重新启动射线装置。

（4）介入医生做好个人防护，介入手术前配备必要的铅围裙、铅颈套、铅眼镜、介入防护手套、铅悬挂防护屏或铅防护帘、床侧防护帘或床侧防护屏等防护用品。同时按照 GBZ128-2019 规定正确佩戴个人剂量计。

（5）手术室门外明显处应设置电离辐射警示标志，并安装醒目的工作状态指示灯。定期检查门灯联锁装置，确保门灯联锁装置正常运行，防止人员误入。

（6）定期对辐射工作场所的安全防护装置进行维护、保养。配备必要的辐射

监测仪器，对工作场所实施必要辐射环境监测，及时发现使用过程中可能存在的射线的泄露。

(7) 辐射应急管理机构应对本项目的应急组织人员、救护计划和方法、救护器材和设备以及联络方式进行明确布置和安排，一旦事故发生时可立即执行。

(8) 医院应不断完善辐射事故应急预案，并定期组织医护人员加强应急演练。

#### **11.3.4 辐射事故应急处理措施**

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

(1) 第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

(2) 及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

(3) 及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理，缩小事故影响，减少事故损失。

(4) 在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

(5) 事故处理后应收集资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录，包括事故发生的时间和地点、所有涉及的事故责任人和受害者名单、对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果、所做的任何医学检查及结果、采取的任何纠正措施、事故的可能原因、为防止类似事件再次发生所采取的措施。

(6) 对可能发生的辐射事故，应采取措施避免事故的发生。制定相关制度在事故发生时能妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理。同时上报生态环境主管部门和卫生部门。当发生辐射照射事故时，应在第一时间通报当地生态环境主管部门和公安部门。

#### **11.3.5 辐射事故应急预案**

为有效防护、及时控制辐射事故所致的伤害，加强射线装置安全监测和控制等管理工作，保障放射工作人员以及射线装置周围人员的健康安全，避免环境辐射污染，《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）、《陕西省放射性污染防治条例》和其他有关法律法规、职能管理部门要求，医院应制定《辐射事故应急预案》。根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的〈陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表〉的通知》要求，医院制定的应急预案中应包括下列内容：

- (1) 可能发生的辐射事故及危害程度分析；
- (2) 应急组织指挥体系和职责分工；
- (3) 应急人员培训和应急物资准备；
- (4) 辐射事故应急响应措施；
- (5) 辐射事故报告和处理程序。

依照《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号）有关要求，针对可能发生的风险事故，医院应根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围，执行辐射事故应急预案。

一旦发生辐射事故，现场当事人应立即切断 DSA 射线电源，并报告医院启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急小组上报当地生态环境主管部门，同时上报公安部门；造成或可能造成人员超剂量照射的，还应向当地卫生行政部门报告。及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

#### **11.4 辐射环境影响评价**

西安冶金医院本次 DSA 核技术利用项目工作场所采取相应辐射屏蔽措施后，正常运行时，项目对周边的辐射环境影响满足相关标准限值要求；项目正常运行所致工作人员、公众年附加有效剂量分别满足本次评价 5mSv、0.1mSv 剂量约束值要求；项目选址可行、平面布置基本合理；项目拟配备的辐射安全防护设施及个人防护用品满足标准要求。评价认为：西安冶金医院 DSA 核技术利用项目对周围环境的辐射影响在可接受范围之内，满足辐射安全防护要求。

**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。医院已成立了辐射防护安全管理小组，医院分管院长魏永红同志任组长，副组长为郭建国、宁桂萍，成员由单位开展放射诊疗的科室负责人或相关科室负责人组成。放射诊疗安全与防护管理领导小组全面负责单位的放射诊疗管理工作及相关工作。办公室设在医务科，宁桂萍同志为专（兼）职的放射诊疗管理人员，具体负责本院的辐射防护工作，其主要职责是：

- (1) 负责辐射工作的监督管理，保证辐射防护与安全辐射符合有关规定和规范的要求；
- (2) 组织制定并落实辐射防护管理制度；
- (3) 定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护检测、监测和检查；
- (4) 组织辐射工作人员接受专业技术、辐射防护知识及有关规定的培训和健康检查；
- (5) 制定辐射事件应急预案并组织演练；
- (6) 发生辐射事件应及时报告卫生行政部门，并立即采取有效应急救援和控制措施，防止事件的扩大和蔓延，进行调查处理。

医院现有辐射防护安全管理小组人员配备能够满足对辐射安全与环境保护管理机构设置的管理要求，本项目建成投入使用后，还应根据放射科人员变动情况，及时调整辐射防护安全管理小组人员名单，并调整相应的工作职责。

### **12.2 辐射安全管理规章制度**

#### **12.2.1 辐射安全管理标准化建设**

根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）的相关要求，医院应对制定的管理规章制度的执行情况及应急管理按表12-1的要求，逐项落实完善。



表 12-1 辐射安全管理标准化建设项目表（二）——（辐射安全管理部分）

管理内容	管理要求	有/无
机构建设	设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人。	有
制度建立与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整。	有
	建立放射性同位素与射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立放射性同位素、射线装置台账。	有
	建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案。	有
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案。	有
	建立辐射工作人员个人剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门，保证个人剂量监测档案的连续有效性。	有
	建立辐射工作人员职业健康体检管理制度，定期对辐射工作人员进行职业健康体检，对体检异常人员及时复查，保证职业人员健康监护档案的连续有效性。	有
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度（包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等），建立维护与维修工作记录档案（包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间）。	有
	建立辐射环境监测制度，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测记录或监测报告档案。	有
*应急管理	建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案。	有
	结合单位实际，制定可操作性的辐射事故应急预案，定期进行应急演练。	有
	辐射事故应急预案应报所在地县级环境保护行政主管部门备案。应急预案应当包括下列内容：①可能发生的辐射事故及危害程度分析；②应急组织指挥体系和职责分工；③应急人员培训和应急物资准备；④辐射事故应急响应措施；⑤辐射事故报告和处理程序。	需要完善

注：表中标注有“\*”内容为关键项，为强制性规范要求。

医院已制定了一系列辐射防护管理规章制度，包括：《辐射事故应急预案》《放射工作人员职业健康管理制

度》《放射工作场所及个人剂量监测制度》《放射工作人员培训管理制度及培训计划》《放射医、技师岗位职责》《放射防护安全管理制度》《DR 机操作规程》《CT 检查操作规程》《患者和受检者安全防护制度》《放射个人防护用品使用管理制度》《放射工作人员档案管理制度》《放射科放射诊断质量保证制度》等，并在实际工作中予以贯彻落实。

根据本项目建设内容，医院还应制定 DSA 手术室的相关规章制度，包括《DSA 操作规程》，确保配备的辐射工作人员熟悉操作规程、人员岗位职责等，落实 DSA

的安全使用。

### 12.2.2 人员管理

针对本项目辐射工作人员，辐射工作人员到岗后，本次评价提出以下要求：

#### (1) 辐射安全与防护培训

医院应组织本项目未取得辐射安全与防护培训考试成绩合格单的辐射工作人员参加辐射安全与防护培训考试并取得成绩合格单后方可上岗。辐射工作人员取得成绩合格单后，应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定，每五年进行再培训。项目运行期若新增人员，同样需要参加辐射安全培训并取得合格证书。

#### (2) 职业健康检查

辐射工作人员已进行上岗前的职业健康检查，且符合辐射工作人员健康标准，可参加相应的放射工作；上岗后的辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过2年，必要时可增加临时性检查；辐射工作人员脱离放射工作岗位时，医院应当对其进行离岗前的职业健康检查；工作人员职业健康检查工作应由职业健康检查机构承担。

#### (3) 个人剂量监测

辐射工作人员要接受个人剂量监测，医院负责建立个人剂量档案。辐射工作人员调动时，个人剂量档案将随其转给调入单位，个人剂量档案终身保存；个人剂量计的监测周期一般为1个月，最长不得超过3个月；介入医护人员工作时每人建议佩戴双剂量计，在防护服内的躯干上和防护服外的衣领上分别佩戴相关内外科的工作人员、护士应纳入辐射工作人员管理；工作人员个人剂量监测工作应委托具有相关资质的个人剂量监测技术服务机构进行。

#### (4) 档案管理

应建立辐射工作人员培训档案、个人剂量监测档案和职业健康监护档案，其中培训档案应包括每次培训的课程名称、培训时间、考试或考核成绩等资料；个人剂量监测档案应包括：1) 历年常规监测的方法和结果等相关资料；2) 应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料；职业健康监护档案应包括：1) 职业史、既往病史和职业照射接触史；2) 历次职业健康检查结果及评价处理意见；3) 职业性放射性疾病诊疗、医学随访观察等健康资料。

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 现有项目的辐射监测开展情况

医院已委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测,包括射线机房的各面屏蔽墙和防护门等,医院辐射防护检测结果正常,并按时向辐射安全许可证发证机关提交本院的射线装置的安全和防护状况评估报告;

### 12.3.2 本项目辐射监测计划

项目建成后,医院应定期对 DSA 手术室进行监测,监测要求如下:

(1) 辐射工作场所环境监测: a、项目建成后委托有资质的单位对其进行竣工环境保护验收监测,及时组织竣工环境保护验收工作; b、委托有资质单位对本项目辐射工作场所进行监测,监测频次不小于 1 次/年,监测结果应详细记录并存档; c、利用自主检测设备定期对机房周边环境进行巡检,若发现异常情况,应立即采取应急措施,停止放射工作,并查找原因。

(2) 个人剂量监测: a、项目涉及的辐射工作人员应配备个人剂量计,每季度委托具有资质的个人剂量监测技术服务机构进行监测,建立个人剂量检测档案; b、在每年的辐射安全和防护状况评估报告中,应包含辐射工作人员个人剂量检测数据及安全评估的内容。

项目辐射监测计划见表12-2。

表 12-2 项目辐射监测计划

序号	监测区域及点位	检测内容	监测频次
1	DSA 手术室周围环境巡测		
2	距北侧与清洁走廊相邻墙体、南侧与控制室相邻墙体、西侧与缓冲间相邻墙体、东侧与设备间及污物暂存间相邻墙体外表面 0.3m,距地面 1m 处;防护门和观察窗的上缝、下缝、左缝、右缝及中心外表面 0.3m 处;手术室屋顶距病房地面 1.0m 处、操作位、设备间及控制室线沟处;莲湖区第十幼儿园、莲湖区第一爱心护理院及伊德私塾托管班等敏感点距本项目最近处	X- $\gamma$ 剂量率	每季度自检 1 次,每年由资质单位监测 1 次
3	辐射工作人员个人剂量计	个人剂量	由有资质单位检测,每 3 个月监测 1 次

备注:应在 DSA 设备正常透视情况下监测。

### (3) 年度评估

医院每年应委托有 X- $\gamma$ 辐射剂量率检测资质的单位对辐射工作场所进行年度管理监测，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告。

## 12.4 辐射应急事故

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）、《放射性核素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规规定，医院已制定《辐射事故应急预案》，本项目运行后，医院应对现有的《辐射事故应急预案》进行修订，将本项目可能发生的辐射事故纳入应急预案，修订后的辐射事故应急预案应符合《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的〈陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）的应急管理要求。

一旦发生辐射事故，现场当事人应立即切断 DSA 射线电源，并报告医院启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由医院辐射事故应急小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门，同时上报公安部门，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。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

本项目环评要求项目正式运行后，还应做好以下工作：

- （1）医院每年应组织人员进行应急演练，并记录；
- （2）根据国家最新法律法规，结合医院实际情况，及时对应急预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

## 12.5 环境保护投资与“三同时”环保验收一览表

### 12.5.1 环保投资

项目总投资 121.035 万元，其中环保投资 23 万元，占总投资的 19%。环保投资主要用于辐射安全防护设施的建设，辐射工作人员的培训、职业健康体检、个人防护用品购买以及个人剂量监测、工作场所监测等。

项目环保投资明细一览表见表 12-3。

表 12-3 项目环保投资明细一览表

序号	项目		投资金额（万元）
1	辐射安全防护设施	1 套防护门灯联锁装置、红外防夹装置、1 个自动闭门装置	13.1
		电离辐射警告标志、可视警示标志、放射防护注意事项告知栏	
		1 个工作状态指示灯	
		四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗等防护屏蔽措施	
		1 套动力通风装置等	
2	个人防护用品	2 件铅衣、3 个铅颈套、1 件铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、2 个铅眼镜、2 双介入防护手套等个人防护用品；1 件铅悬挂防护屏、1 件床侧防护帘等辅助防护设施	1.5
3	辐射监测仪器	1 台 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪	1.0
4	职业健康体检	职业健康体检	0.6
5	工作人员培训	辐射安全和防护知识培训	/
6	个人剂量监测	11 个人剂量计	0.2
7	环境监测	工作场所定期监测	0.6
8	环保咨询	环评、验收费用	6.0
合计		/	23

### 12.5.2 竣工环境保护验收

为规范项目竣工环境保护验收的程序和标准，强化医院（建设单位）环境保护主体责任，根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施），项目竣工后应及时对项目配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收监测报告。验收合格并取得辐射安全许可证后，方可投入生产或使用。

项目竣工环境保护验收清单见表 12-4。

表 12-4 项目竣工环境保护验收清单

序号	项目	验收内容	效果和环境预期目标
1	辐射安全防护措施	防护门外有电离辐射警告标志、防护门上方应有醒目的工作状态指示灯、灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示标志、应设有 1 套门灯连锁装置、候诊区设有放射防护注意事项告知栏、手术室内应有 1 套动力通风装置、手术室应设有观察窗或摄像监控装置等、电动推拉门设有红外防夹装置、平开门设有自动闭门装置，在手术室治疗床旁和控制室各设置 1 个紧急停机按钮。	警告无关人员不要靠近，保护人员免受不必要的辐射；手术室设有动力通风装置，保持良好的通风。
2	辐射安全管理机构	设立辐射安全管理机构并明确辐射管理专（兼）职人员和相关人员职责。	负责整个项目辐射安全与环境管理工作。
3	人员管理	检查辐射工作人员职业健康档案，疑似放射性疾病人员的调查、复检及处置结果。	确保辐射工作人员安全。
		检查辐射工作人员个人剂量档案是否完整、连续，个人剂量超标人员的调查、复检及处置结果。	确保辐射工作人员安全，项目年有效剂量管理目标值辐射工作人员 5mSv。
		参加辐射安全和防护知识培训，考核合格方能上岗。	确保工作人员持证上岗。
4	防护用品	为辐射工作人员配备 2 个铅橡胶围裙、2 个铅橡胶颈套、2 副铅防护眼镜、2 双介入手套。为 DSA 手术室内配备 1 件铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、1 件床侧防护帘/床侧防护屏等辅助防护设施。为受检者配备 1 个铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、1 个铅橡胶颈套等防护用品。	辐射工作人员及受检者防护用品与辅助防护设施的数量应满足开展工作需要，保证辐射工作人员及公众安全。
5	监测仪器	建议配备 1 台 X-γ辐射剂量率监测仪。	制定辐射监测计划，建议配备有 1 台 X-γ辐射剂量率监测仪，每年委托有资质单位进行校准，并定期对机房周围辐射环境进行监测；每年委托有资质的单位对放射工作场所进行辐射防护检测，并建立辐射监测档案。

		配备 11 个人剂量计。	建议介入手术医护人员铅衣内外各配 1 个人剂量计。
6	辐射环境管理	辐射事故应急预案、射线装置管理制度、工作人员岗位职责、辐射工作人员培训管理制度、辐射工作人员剂量管理制度、辐射安全设施维护与维修制度、辐射环境监测制度、环境监测设备使用与检定管理制度、全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度、DSA 操作规程、DSA 工作人员岗位职责等。	确保辐射环境管理制度贯彻落实，保障人员安全。
7	剂量率限制要求	按透视条件，对 DSA 手术室四面墙体及门窗表面 0.3m、操作位、顶棚距顶棚地面 1.0m、线沟处、以及手术室内术者位进行检测。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定的屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的标准限值。术者位满足《医用 X 射线诊断设备质量控制检测》（WS76-2020）透视防护区检测平面上不大于 400 $\mu$ Sv/h 的要求。

**表 13 结论与建议**

### **13.1 结论**

#### **13.1.1 项目概况**

医院拟在新建的外科楼一层东侧建设DSA手术室及控制室、设备间、污物暂存间、缓冲间、苏醒室、更衣室等辅助功能用房。DSA手术室内配置1台型号为KD-C9000的DSA，用于介入诊断及辅助治疗。

本项目的建设对于改善医院医疗设施条件，促进医院整体医疗水平的提高具有积极的意义，符合《放射诊断放射防护要求》（GB130-2020）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践正当性”的要求。

#### **13.1.2 辐射安全与防护分析结论**

（1）根据项目位置平面布局，将 DSA 手术室防护屏蔽体（包括屏蔽墙、屋顶、地板、防护门、防护窗等）以内的区域划分为控制区，DSA 手术室北侧的清洁走廊，南侧的控制室，西侧的缓冲间及走廊，东侧的设备间、污物暂存间，DSA 手术室正上方区域（病房）等划分为监督区。

DSA 手术室布局分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 款中有关辐射工作场所的分区规定。

（2）DSA 手术室南北长 7.0m，东西宽 6.0m，使用面积约 42.0m<sup>2</sup>。DSA 手术室的有效使用面积和最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房内最小有效使用面积 20m<sup>2</sup>，机房内最小单边长度 3.5m”要求。

（3）DSA 手术室四周墙体的等效铅当量为 4.12mmPb，屋顶等效铅当量均为 3.49mmPb，观察窗、工作人员门、污物门、患者门的等效铅当量均为 4mmPb，均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“介入 X 射线设备机房有用线束方向铅当量 2mm，非有用线束方向铅当量 2mm”的要求。

（4）项目在操作台处设置观察窗，工作人员通过观察窗观察手术室内患者状态及防护门开闭状态；在手术室治疗床旁和控制室各设置 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射；手术室防护门外应设电离辐射警告标志、辐射安全注意事项和工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；指示灯与患者进出门设置有效的联动装置。患者进出门应设置为感应式电动推拉门，建议设置红外



防夹装置，本项目 DSA 手术室的工作区域内工作人员门及污物门应设置自动闭门装置。

(5) 辐射工作人员和患者应配备足量的个人防护用品，手术室内配备铅悬挂防护屏、铅防护帘等辅助防护设施。医院应配备 1 台 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪，每年应委托有资质单位进行校准，并定期对机房周围辐射环境进行监测；每年委托有资质的单位对放射工作场所进行辐射防护检测，并建立辐射监测档案。

(6) 依据国家有关法规要求，医院制订有《辐射事故应急预案》《放射工作人员职业健康管理制度》《放射工作场所及个人剂量监测制度》《放射医、技师岗位职责》《放射防护安全管理制度》《DR 机操作规程》《CT 检查操作规程》《患者和受检者安全防护制度》《放射个人防护用品使用管理制度》《放射工作人员档案管理制度》《放射科放射诊断质量保证制度》等制度。

医院已制定的《辐射事故应急预案》，内容包括：辐射事件应急处理机构和职责、应急处理领导小组职责、一般性辐射事故应急处理程序，相较于《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的〈陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表〉的通知》对于辐射事故应急预案的内容要求，医院应按照其所要求的内容，重新制定《辐射事故应急预案》，并根据今后工作实际情况不断完善，并加强应急演练，做到有备无患。

根据医院提供的资料，医院现有设备均为 III 类射线装置，对于本次新增的 II 类射线装置 DSA，医院防护管理规章制度不够完善，还应制定《DSA 操作规程》制度，并在工作中予以贯彻落实。

在落实以上辐射安全措施后，项目辐射安全与防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对辐射防护和安全操作的要求。

### 13.1.3 环境影响分析结论

在透视状态下，DSA 手术室各屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大为 0.05 $\mu$ Sv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“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 $\mu$ Sv/h”的要求。采集状态下，周围剂量当量率最大为 10 $\mu$ Sv/h，设备采集状态下的最大管电压为 125kV，最大管电流为 800mA，按照 GBZ130-2020 归一至 100mA 时为 1.25 $\mu$ Sv/h，满足“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）”

机房外的周围剂量当量率应不大于 25 $\mu$ Sv/h”的要求。

DSA 运行时，控制室内职业人员受到的附加年有效剂量最大值为 0.78mSv，介入手术所致手术室内操作医生和护士年剂量为 1.12mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年剂量限值（职业人员 20mSv）及本次评价所取的年剂量约束限值（职业人员 5.0mSv）。

项目 DSA 运行时，手术室周围公众受到的年有效剂量最大值为 0.027mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年剂量限值（公众人员 1mSv）及本次评价所取的年剂量约束限值（公众人员 0.1mSv）。

综上所述，项目在采取的各项辐射防护措施后，对辐射工作人员和公众产生辐射剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则。

#### **13.1.4 总结论**

西安冶金医院 DSA 核技术利用项目能为患者提供更好的医疗服务，符合实践正当性原则；项目严格按照国家有关辐射防护规定执行，切实落实辐射防护措施，能够使其对周边环境的辐射影响降到尽可能合理且低的水平，满足辐射防护最优化原则；项目运行所致职业人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则；从辐射环境保护角度，在严格落实各项辐射防护措施情况下，项目对环境的影响是可以接受的。

### **13.2 建议与承诺**

（1）项目建设期间，医院应严格按照《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）相关要求，建立健全各项辐射防护管理规章制度，规范管理与操作，认真开展自查自评工作，发现问题及时整改，竣工验收前须达到辐射安全管理标准化要求。

（2）项目竣工后，应按照国家生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对项目配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，经验收合格并取得辐射安全许可证后方可投入运行。

（3）项目建成运行后，应严格执行辐射环境监测制度，每年应对射线装置应用的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关报送上一年度辐射安全年度评估报告。

(4) 医院应根据相关规定配备工作人员和患者的个人防护用品，应强调在介入手术室时，医护人员必须穿戴防护用品。对于铅衣等防护用品建议平放，勿折叠。

(5) 定期检查手术室的电离辐射警告标志是否脱落，检查工作状态指示灯和门灯联动装置，确保其处于正常工作状态。

(6) 医院应加强落实档案管理，制定完善的档案管理制度，落实专人管理，定点存放，确保环保文件归档，并妥善保存。

(7) 建议医院配备 1 台环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪，用于医院 X 射线工作场所放射防护的自主检测，应每年将该仪器送至计量站进行检定或校准，并将检定或校准证书存档。

(8) 医院应重新制定《辐射事故应急预案》，针对于本次新增的 II 类射线装置 DSA 机，医院还应制定《DSA 操作规程》等制度，并在工作中予以贯彻落实。

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

