

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		西安交通大学第二附属医院大明宫院区新增射线装置核技术应用项目			
建设单位		西安交通大学第二附属医院			
法人代表	李宗芳	联系人	魏凯	联系电话	029-87678421
注册地址		陕西省西安市西五路 157 号			
项目建设地点		西安市新城区建强路 5 号			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资(万元)	8000	项目环保投资(万元)	120	投资比例(环保投资/总投资)	1.5%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m <sup>2</sup> )	389 (建筑面积)
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 checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> III 类		
	其他				
	<p><b>项目概述</b></p> <p><b>1.1 建设单位概况</b></p> <p>西安交通大学第二附属医院(又名西北医院)创立于 1937 年,位于西安市新城区西五路,分为南北两院,用地总面积 7.9 万 m<sup>2</sup>,总建筑面积 18.6 万 m<sup>2</sup>。北院为医疗区,主要承担门急诊及住院病人的综合医疗服务和医院后勤保障服务。南院为行政教学区,主要为行政办公、教学、职工及学生住宿使用。</p> <p>为进一步落实国家分级诊疗政策,使优质医疗资源惠及基层百姓,医院决定设置大明宫院区,该院区位于西安市新城区建强路 5 号,南临龙首北路东段,东临大明宫遗址国家公园,西邻“公园一号”二期,北邻“腾联新世纪”社区,位于医院本部北侧约 4km,距龙首村十字及地铁站 600m,距北二环近 2km。</p>				

大明宫院区前后裙楼和主楼紧连为一个整体，裙楼地上共 5 层，主楼地上共 14 层。总建筑面积 5.4 万 m<sup>2</sup>，其中地上 3.5 万 m<sup>2</sup>，地下两层 1.9 万余 m<sup>2</sup>。整体为框架结构。

西安交通大学第二附属医院大明宫院区地理位置见图 1。



图 1 项目地理位置图

## 1.2 项目建设规模

大明宫院区拟新建 3 间 DR 机房、2 间 CT 机房、4 间 DSA 机房和 1 间骨密度机房，各机房配备 1 台相应的射线装置，共配备 10 台射线装置。其中 DSA 机属于 II 类射线装置，共 4 台；DR 机（3 台）、CT 机（2 台）、骨密度机（1 台）属于 III 类射线装置，共 6 台。

项目工程组成见表 1-1。

表 1-1 项目工程组成

序号	机房名称	数量（间）	机房位置
1	DR 机房（DR①、DR②、DR③）	3	三层
2	CT 机房（CT①、CT②）	2	三层
3	骨密度机房	1	四层
4	DSA 机房（DSA①、DSA②、DSA③、DSA④）	4	四层

### 1.3 项目由来

根据《关于发布射线装置分类办法的公告》（环保总局公告 2006 年第 26 号）对射线装置的分类，CT 机、DR 机及骨密度仪均属于 III 类射线装置，DSA（数字减影血管造影机）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》（环保部令第 33 号）和《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（环保部令第 3 号），该项目应该编制环境影响报告表。

2017 年 6 月，西安交通大学第二附属医院委托陕西科荣环保工程有限责任公司对其大明宫院区射线装置核技术应用项目的辐射环境影响进行评价。

我公司接受委托后，组织有关技术人员收集资料，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响报告文件的内容和格式》（HJ/T10.1-2016），编制了该项目环境影响报告表。

### 1.4 项目周边概况

#### (1) DR 机房周边概况

共设置 3 间 DR 机房，均布置于 3 层，其中 DR①、DR② 2 间机房相邻，DR③ 机房位于 DR①、DR② 机房东侧约 33m 处。

DR① 机房北侧为通道，东侧为 DR② 机房，南侧为操作间，西侧为通道；机房正上方（四层）为手术室，正下方（二层）为大厅上空。

DR② 机房北侧为通道，东侧为 CT①，南侧为操作间，西侧为 DR① 机房。机房正上方（四层）为 DSA① 机房，正下方（二层）为大厅上空。

DR③ 机房北侧为通道，东侧、南侧为其控制室，西侧为楼梯间和配电间。机房正上方（四层）为骨密度机房，正下方（二层）为检验室。

DR①、DR②、DR③ 机房平面布置见图 2。

#### (2) CT 机房周边概况

共设置 2 间 CT 机房，均布置于 3 层，2 间机房东西向相邻。CT①、CT② 机房北侧为通道，东侧为公共打印区，南侧为操作间，西侧为 DR② 机房；机房正上方（四层）为 DSA① 机房及其操作室，正下方（二层）为大厅上空。

CT①、CT② 机房平面布置见附图 2。

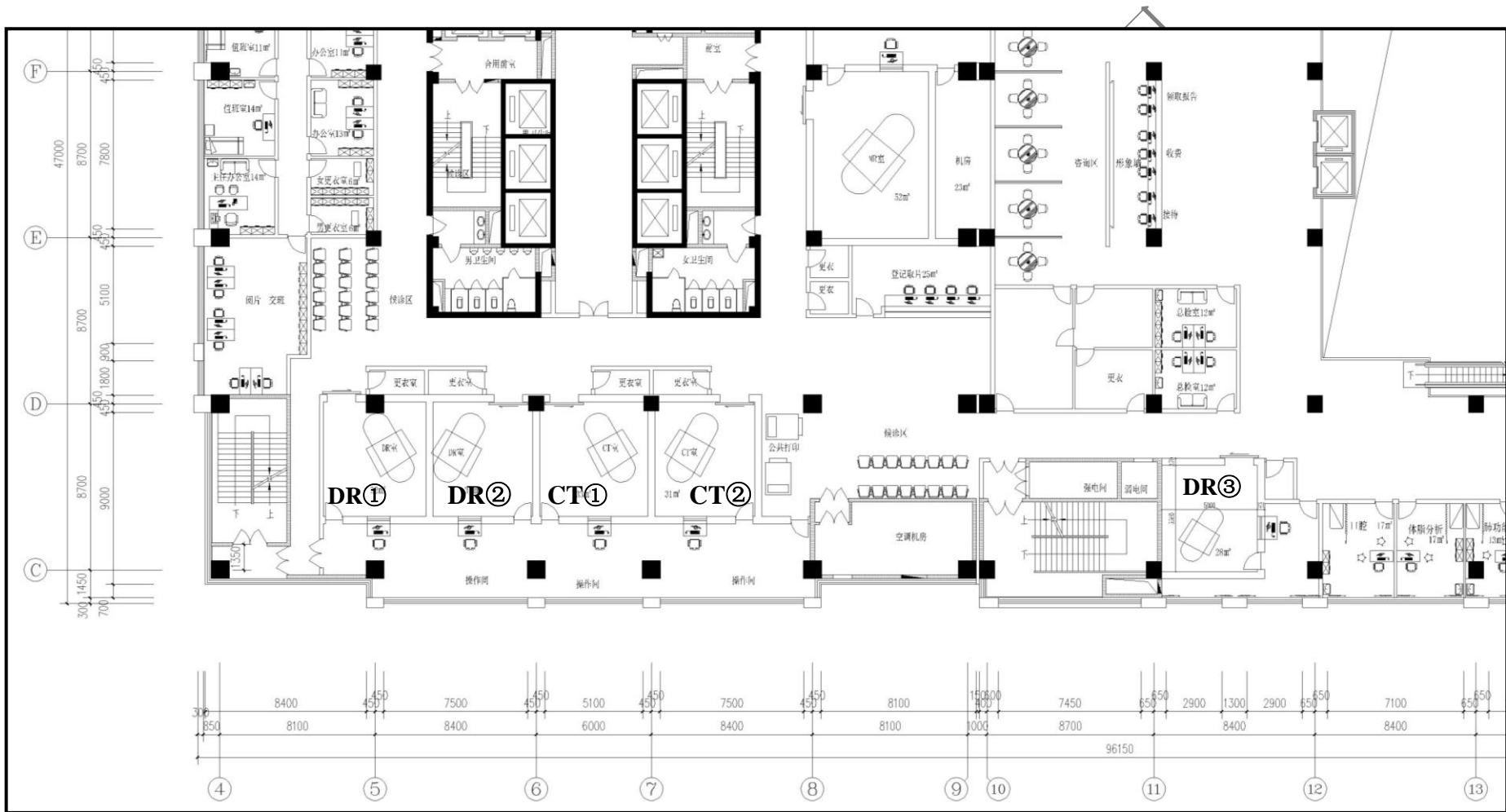


图2 三层辐射机房平面布置图

### (3) 骨密度机房

共设置 1 间骨密度机房，布置于 4 层。

机房北侧为通道，东侧为医院办公室，南侧为其控制室，西侧为楼梯间。机房正上方（五层）为医院空调机房，正下方（三层）为 DR②机房。

骨密度机房平面布置见图 3。

### (4) DSA 机房周边概况

共设置 4 间 DSA 机房，均布设于 4 层。

DSA①机房北侧为通道，东侧为其操作室，南侧为污物通道，西侧为手术室。机房正上方（五层）为医院手术室净化空调机房，正下方（三层）为 DR②、CT①、CT②机房。

DSA②机房北侧为通道，东侧为其操作室，南侧、西侧均为通道。机房正上方（五层）为 ICU 病房区，正下方（三层）为通道和登记取片区。

DSA③机房北侧为通道和 DSA④机房，东侧为通道，南侧为设备间，西侧为其控制室。机房正上方（五层）为医护办公区，正下方（三层）为医院咨询区。

DSA④机房北侧为设备间，东侧为通道，南侧为 DSA③机房，西侧为其控制室和通道。机房正上方（五层）为医护办公区和库房，正下方（三层）为医院收费、接待区。

DSA 机房平面布置见图 3。

### 1.5 医院现有辐射应用项目情况

西安交通大学第二附属医院大明宫院区位于西安交通大学第二附属医院本部北侧约 4km 处，属于新建项目，没有已经许可正在使用的射线装置。

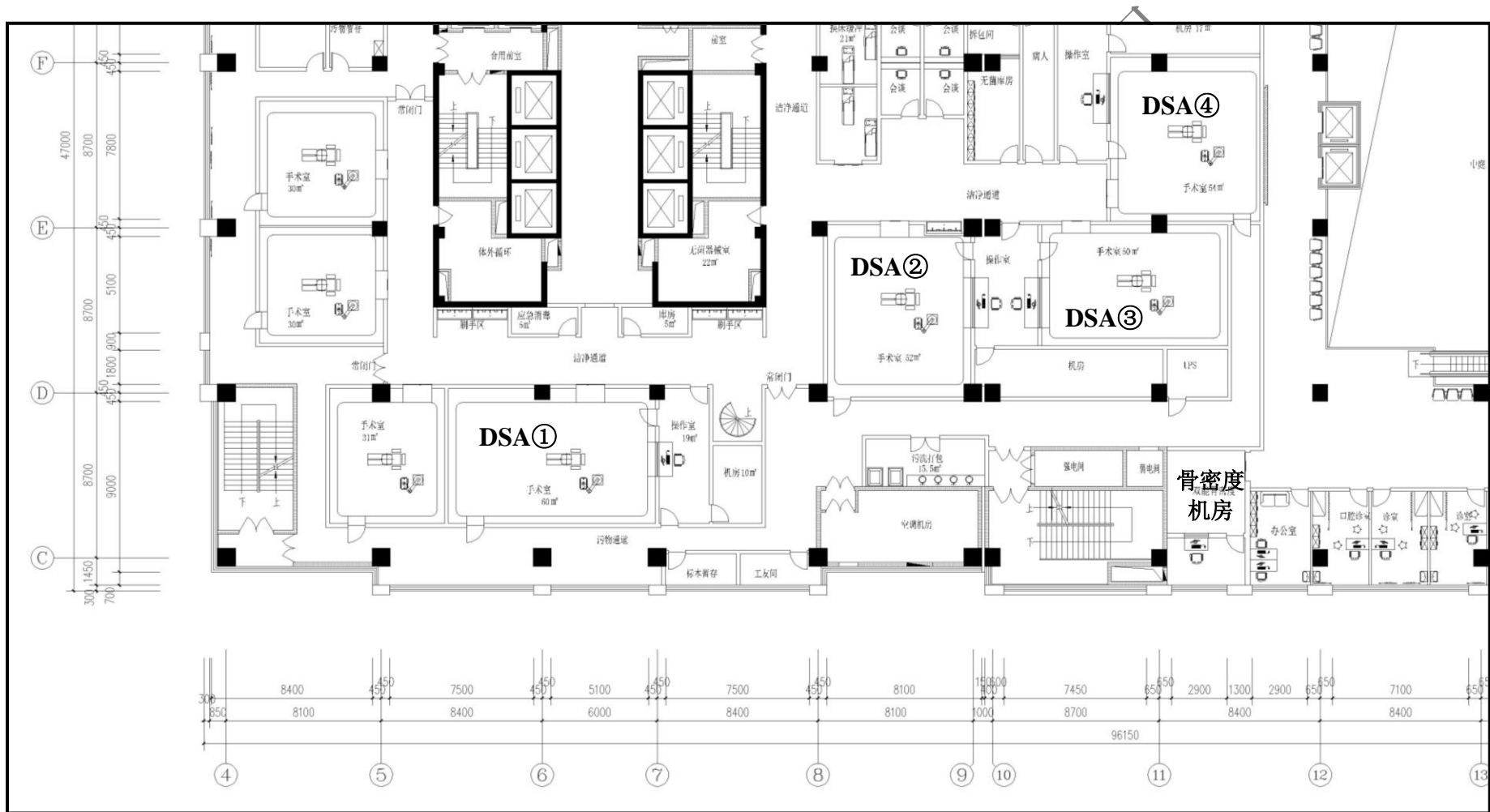


图3 四层辐射机房平面布置图

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	DR	III	3	Definium 6000	150	630	放射诊断	三层 DR 机房	拟购
2	CT	III	2	SOMATOM Dfinition AS+	140	800	放射诊断	三层 CT 机房	拟购
3	骨密度仪	III	1	DPX Bravo	100	3	放射诊断	四层骨密度机房	拟购
4	数字减影血管造影装置 (DSA)	II	4	Allura Xper FD20	125	1250	放射诊断	DSA 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 ( $\mu$ 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

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境影响评价法（2016年修订）》（2016年7月2日）；                  (2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年6月28日）；                  (3) 《关于发布射线装置分类办法的公告》（国家环保总局公告2006年第26号，2006年5月30日）；                  (4) 《关于修改&lt;放射性同位素与射线装置安全许可管理办法&gt;的决定》（环境保护部令第3号，2008年12月6日）；                  (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第18号，2011年4月18日）；                  (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，（国务院第449号令，2014年7月29日修订）。                  (7) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第253号令，1998年11月29日）；                  (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2015年修订）》（2015年4月9日）；                  (9) 《陕西省放射性污染防治条例》（2014年7月31日）；                  (10) 《陕西省环境保护厅办公室关于开展核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作的通知》（陕环发[2015]80号，2015年10月13日）。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；                  (2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）；                  (3) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）；                  (4) 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T 180-2006）；                  (5) 《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响报告文件的内容和格式》（HJ/T 10.1-2016）；                  (6) 《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ165-2012）。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书；                  (2) 项目简介；                  (3) 项目平面布置图；                  (4) 《西安交通大学第二附属医院大明宫院区射线机房建设项目职业病危害放射防护预评价报告表》；                  (5) 西安交通大学医学院第二附属医院放射防护管理制度汇编册；                  (6) 建设单位提供的其他相关资料。</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

**7.1 评价范围**

根据本项目射线装置的内容与规模，考虑射线装置的类型、能量，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报告文件的内容和格式》

(HJ/T 10.1-2016) 规定，结合项目能量流污染特征与距离相关关系，确定本项目评价范围为 DR 机房、CT 机房、骨密度机房及 DSA 机房实体屏蔽墙体外 50m 的区域。

**7.2 保护目标**

根据西安交通大学第二附属医院大明宫院区平面布置及本项目射线位置分布情况，本项目主要保护目标为 CT 机房、DR 机房、骨密度机房及 DSA 机房周围从事医学诊疗的辐射工作人员、手术医护人员、机房周围区域活动的其他工作人员及公众。

DR 机房、CT 机房、骨密度机房及 DSA 机房环境保护对象与控制目标见表 7-1~表 7-4。

**表 7-1 DR 机房环境保护对象与保护目标一览表**

工作场所	序号	保护对象	相对方位	距离 (m)	保护内容	控制目标	
DR①、②机房	1	放射工作人员(操作间)	S	紧邻	年有效剂量控制水平	不大于 5mSv	
	2	走廊	N	紧邻		不大于 0.25mSv	
	3	机房周围其他工作人员、公众	阅片及候诊区	NW			33
	4		手术室	正上方			
	5		一层大厅	正下方			
DR③机房	1		放射工作人员(操作间)	E	紧邻	年有效剂量控制水平	不大于 5mSv
	2	机房周围其他工作人员、公众	走廊	N	紧邻		不大于 0.25mSv
	3		骨密度机房	正上方			
	4		检验室	正下方			

表 7-2 CT 机房环境保护对象与保护目标一览表

工作场所	序号	保护对象	相对方位	距离 (m)	保护内容	控制目标	
CT①、②机房	1	放射工作人员(操作间)	S	紧邻	年有效剂量控制水平	不大于 5mSv	
	2	机房周围其他工作人员、公众	走廊	N		紧邻	不大于 0.25mSv
	3		公共打印区	E		紧邻	
	4		DSA①机房	正上方			
	5		一层大厅	正下方			

表 7-3 骨密度机房环境保护对象与保护目标一览表

工作场所	序号	保护对象	相对方位	距离 (m)	保护内容	控制目标	
骨密度机房	1	放射工作人员(操作室)	S	紧邻	年有效剂量控制水平	不大于 5mSv	
	2	机房周围其他工作人员、公众	走廊	N		紧邻	不大于 0.25mSv
	3		办公室	E		紧邻	
	4		开水间	正上方			
	5		DR③机房	正下方			

表 7-4 DSA 机房环境保护对象与保护目标一览表

工作场所	序号	保护对象	相对方位	距离 (m)	保护内容	控制目标	
DSA①机房	1	放射工作人员(操作室)	E	紧邻	年有效剂量控制水平	不大于 5mSv	
	2	机房周围其他工作人员、公众	走廊	N		紧邻	不大于 0.25mSv
	3		污物通道	S		紧邻	
	4		手术室	W		紧邻	
	5		手术室净化空调机房	正上方			
	6		DR②、CT①、CT②机房	正下方			
DSA②机房	1	放射工作人员(操作室)	E	紧邻	年有效剂量控制水平	不大于 5mSv	
	2	机房周围其他工作人员、公众	走廊	N		紧邻	不大于 0.25mSv
	3		走廊	S		紧邻	
	4		走廊	W		紧邻	
	5		ICU 病房区	正上方			
	6		通道和登记取片区	正下方			

续表 7-4 DSA 机房环境保护对象与保护目标一览表

工作场所	序号	保护对象		相对方位	距离(m)	保护内容	控制目标	
DSA ③ 机房	1	放射工作人员(操作室)		W	紧邻	年有效 剂量控制 水平	不大于 5mSv	
	2	机房 周围 其他 工作 人员、 公众	走廊	E	紧邻		不大于 0.25mSv	
	3		走廊	N	紧邻			
	4		医护办公区		正上方			
	5		咨询区		正下方			
DSA ④ 机房	1	放射工作人员(操作室)		W	紧邻	年有效 剂量控制 水平	不大于 5mSv	
	2	机房 周围 其他 工作 人员、 公众	走廊	E	紧邻		不大于 0.25mSv	
	3		走廊	W	紧邻			
	4		医护办公区 和库房		正上方			
	5		收费、接待区		正下方			

陕西科莱环保工程有限公司

## 7.3 评价标准

### 7.3.1 剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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。标准中相关要求如下：

“标准附录 B 剂量限值和表面污染控制水平：

B1.1.1.1：应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：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。

B1.2.1 剂量限值 实践使公众中有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量 1mSv。”

依据“辐射防护安全与最优化原则”，本项目评价取标准限值的四分之一作为剂量约束值，即对公众成员取 0.25mSv 作为剂量约束值，工作人员的职业照射取 5mSv 作为剂量约束值。

### 7.3.2 剂量当量控制水平

依据《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）第5.4款要求，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；CT机、……和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于2.5 $\mu$ Sv/h；其余各种类型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于0.25mSv。本项目DR机、CT机、骨密度机、DSA所在机房屏蔽墙体外30cm处周围剂量当量率控制目标值为不大于2.5 $\mu$ Sv/h。

依据《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）第4.7款要求，本项目DSA射线装置进行介入手术时，在铅屏风和床侧铅挂帘等防护设施正常使用的情况下，透视防护区工作人员位置空气比释动能率以不大于“400 $\mu$ Gy/h”加以控制。

**表 8 环境质量和辐射现状**

**8.1 项目地理和场所位置**

西安交通大学第二附属医院大明宫院区位于西安市新城区建强路 5 号，项目裙楼地上共 5 层，主楼地上共 14 层。项目地理位置见图 1。

DR 机房位于医院三层，平面布置见图 2。

CT 机房位于医院三层，平面布置见图 2。

骨密度机房位于医院四层，平面布置见图 3。

DSA 机房位于医院四层，平面布置见图 3。

**8.2 辐射环境现状监测**

**8.2.1 评价对象**

本项目评价对象为拟建 DR 机房、CT 机房、骨密度机房及 DSA 机房周围辐射环境现状。

**8.2.2 监测因子**

空气吸收剂量率。

**8.2.3 监测时间**

我公司委托陕西瑞淇检测技术有限公司对本项目拟建机房周围的辐射环境质量现状进行了监测，监测时间为 2017 年 7 月 19 日，监测报告见附件。

**8.2.4 监测仪器及监测方法**

本次监测采用的仪器为 BH3103B 型 X-γ 辐射检测仪(监测仪器有关参数见表 8-1)。监测仪器经检验合格，并在检定有效期内使用仪器。

**表 8-1 监测方法、仪器及检出限**

项目	监测依据	监测仪器	测量范围	有效日期
空气吸收剂量率	1、《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993) 2、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001) 3、《环境监测用 X、γ 辐射测量仪第一部分 剂量率仪》(EJT984-1995)	环境监测 X-γ 辐射空气吸收剂量率仪 BH3103B	$1 \times 10^{-8}$ Gy/h ~ $1 \times 10^{-4}$ Gy/h	2017.12.06

**8.2.5 监测控制**

监测时合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和代表性；监测人员持证上岗。

### 8.2.6 监测结果统计

根据监测报告，监测结果统计见表 8-2。

表 8-2 项目拟建地周围空气吸收剂量率监测结果统计表

序号	监测点位描述	空气吸收剂量率 (nGy/h)	
		监测值范围	平均值
1	三层辐射机房正下方 (一层大堂)	68.5~82.8	73.3
2	三层辐射机房 CT①	97.0~125.5	112.4
3	三层辐射机房正上方 (四层 DSA①机房)	89.9~105.9	99.5
4	四层辐射机房正上方 (五层 ICU 病房)	89.9~113.9	101.3

注：监测数据引自监测报告（陕瑞检字【2017】第 54 号）。

### 8.2.7 监测结果评价

根据检测结果，西安交通大学第二附属医院大明宫院区周围空气吸收剂量率在 68.5~125.5nGy/h 之间。

根据陕西省环保厅发布的《陕西省 2017 年第一季度辐射环境质量季报》，2017 年第一季度西安地区空气吸收剂量率为 71.8~109.9 nGy/h，本次检测结果与西安地区空气吸收剂量率基本处在同一水平，说明该区域的辐射环境现状处于正常环境本底水平。



**表 9 项目工程分析与源项**

### **9.1 工程设备和工艺分析**

本项目拟配备 3 台 DR 机、2 台 CT 机、1 台骨密度仪及 4 台 DSA 机，各设备工作原理及工作流程如下。

#### **9.1.1 DR 机工作原理及工作流程**

##### **(1) 工作原理**

DR 机是数字化 X 线机，由电子暗盒、扫描控制器、系统控制器、影像监视器等组成，可直接将 X 线通过电子暗盒转换为数字影像信息。与普通 X 线机相比，DR 是用电子传感器来接收 X 线，产生数字化影像，并用计算机进行图像处理，所摄取的图像质量更好。

##### **(2) 工作流程**

依据 X 线检查单，核对摄影部位，确定透照条件，患者摆位，有时需屏气进行曝光。

#### **9.1.2 CT 机工作原理及工作流程**

##### **(1) 工作原理**

CT 机是 X 射线计算断层技术的简称，使用了精准准直的 X 射线对人体的某一特定层面从各个角度进行投射。透过人体的射线由探测器接收后进行光电模/数转化，将模拟信号转换成数字信号后，送到计算机进行数据处理，处理后的数据进行图像重建。重建的图像再经数/模转换器转化成模拟信号，最后显示在监测器上，或传输给多幅照相机摄片或传输给光盘磁盘等进行贮存。

##### **(2) 工作流程**

确定患者体层摄影的体位，扫描定位，投照摆位，屏气曝光。扫描过程中，X 线球管连续的发射 X 射线，扫描床持续同步前移，实现无间断容积数据采集。

#### **9.1.3 骨密度仪工作原理及工作流程**

##### **(1) 工作原理**

骨密度仪主要包括 X 线球管及高压发生器、准直器、X 射线探测器、计算机系统以及检查床。X 射线穿透人体骨组织，不同的骨矿物质对 X 线吸收量不同，所以 X 线衰减也不同，将穿透骨组织的 X 线强度通过探测器和计算机系统转换为骨矿物质含量数值。

## (2) 工作流程

骨密度仪操作流程：

- ①开机及操作前准备；
- ②输入受检者的信息资料；
- ③选择测理部位；
- ④患者定位：选好测量部位后，按要求给病人摆位；
- ⑤测量、分析；
- ⑥检查完毕后，进行数据分析并编写诊断报告，然后打印检查报告。

### 9.1.4 DSA 工作原理及工作流程

#### (1) 工作原理

血管造影机（DSA）主要由大功率X线机、影像增强系统、中央处理及图像存储器、图像显示及记录系统、高压注射器、视频图像的摄取、对数增幅、模数转换等系统组成。

血管造影机系统（DSA），是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法。该方法集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术多种科技手段于一体，通过 X 线机产生 X 射线，对人体组织或器官进行照射，探测穿透人体后 X 线强度，继而通过 X 线荧光屏或平板探测器得到信号。血管造影的基本原理是：是利用影像增强器将透过人体后已衰减的未造影图像的 X 线信号增强，再用高分辨率的摄像机对增强后的图像作一系列扫描。扫描本身就是把整个图像按一定的矩阵分成许多小方块，即像素。所得到的各种不同的信息经模/数(A/D)转换成不同值的数字信号，然后存储起来。再把造影图像的数字信息与未造影图像的数字信息相减，所获得的不同数值的差值信号，经数/模(D/A)转制成各种不同的灰度等级，在监视器上构成图像。由此，骨骼和软组织的影像被消除，仅留下含有造影剂的血管影像，从而大大提高血管的分辨率。

#### (2) 工作流程

数字减影血管造影机用于患者手术过程中的造影成像，工艺流程如下：

- ①麻醉患者进行皮下穿刺；
- ②进行血管造影机的透视照射确定插管位置，血管造影机产生 X 射线；
- ③患者进行插管；

- ④注入显影剂，进行血管造影机的采集，血管造影机产生 X 射线；
- ⑤根据控制器上影响进行手术。
- ⑥手术结束患者离开。

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 主要污染物

本项目DSA、CT机、DR机、骨密度机产生的放射性污染物为X射线。

除此之外，射线装置运行时产生的X射线还可能与空气发生电离作用，从而产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体，进而影响周边环境空气质量。

### 9.2.2 正常工况污染途径

由医用X射线装置工作原理可知，X射线是随射线装置的开、关而产生、消失。在正常运行时，主要考虑X射线的直射、散射和泄漏辐射，不产生放射性废气、废液、废水。污染途径为X射线有用束、漏射线、散射线通过穿透物质对环境产生辐射影响，从而对射线装置操作人员及附近人员形成放射性外照射。

本项目介入手术需要在数字血管造影装置（DSA）引导下操作，治疗过程中手术医生、护士人员将受到数字血管造影机产生的X射线辐射影响。由于手术室手术医生、护士人员直接暴露于X射线有用束、漏射线、散射线环境中，其个人受照剂量较大，应加强防护；对于其它射线装置，其产生的X射线有用束、漏射线、散射线经过屏蔽墙体或其他材料屏蔽后，射线强度随距离而发生衰减，并呈现显著减弱趋势，通过屏蔽材料后对射线装置机房工作人员及周边人员产生辐射影响。

数字减影血管造影机诊疗过程和产污环节见图9-1。

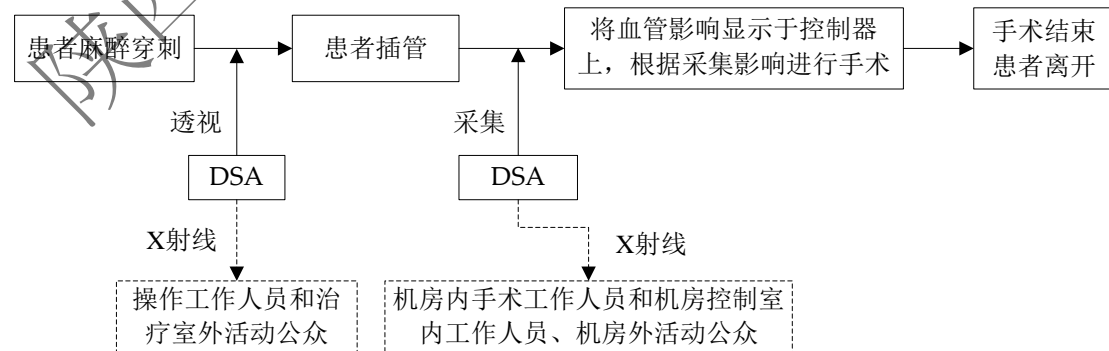


图9-1 数字减影血管造影机产污环节

### 9.2.3 事故工况

事故工况可分为人为原因导致和不可预见的客观原因导致两类。

#### (1) 人为原因

①机房未关门就开机，致使大量X 射线泄出，使机房外相关人员受到不必要的照射；

②无关人员在开机时误入机房或开机时未离开机房，从而受到不必要的辐射照射；

③机房内导线、导管或通风管道穿墙孔设计不合理，屏蔽防护措施不到位，而导致相关操作人员受到不必要的照射。

#### (2) 不可预见的客观原因

由设备突然失灵、损坏或安全系统失效、外界条件突然变化等，引起的意外照射或辐射事故。

发生上述情况时应按辐射事故情况下的应急程序进行操作。平时应加强管理，杜绝此类现象发生。

陕西科莱环保工程有限公司

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 辐射防护屏蔽措施

针对本项目所使用医用射线装置，西安交通大学第二附属医院大明宫院区已对射线装置机房进行了辐射屏蔽防护设计。

#### 10.1.1 DR机房

共设置 3 间 DR 机房，均布置于 3 层。DR①、DR②、DR③机房平面布置见附图 2，设计参数见表 10-1，屏蔽防护设计见表 10-2。

表10-1 DR机房设计参数

序号	机房名称	长 (m)	宽 (m)	机房面积 (m <sup>2</sup> )	设备安装方位	机房位置	
1	DR①	6	5.3	32	DR 机立位架 安装在机房	东侧	三层
2	DR②	6	5.2	31		西侧	三层
3	DR③	5.56	5.0	28		南侧	三层

表10-2 DR机房拟采取的屏蔽防护措施

机房类型	项目	项目拟采取措施	铅当量 mmPb
DR ① 机房	东侧墙体 (主屏蔽体)	370mm 实心砖墙 (约 3mmPb)、方管钢架结构 +3mmPb 当量的铅板	3.0
	其余墙体	370mm 实心砖墙 (约 3mmPb)、方管钢架结构 +3mmPb 当量的铅板	3.0
	屋顶	120mm 混凝土层+1mmPb 当量防护涂料 (约 2mmPb)	2.0
	地板 (主屏蔽体)	120mm 混凝土层+2mmPb 当量防护涂料 (约 3mmPb)	3.0
	观察窗	3mmPb 当量的铅玻璃和窗框	3.0
	工作人员门	3mmPb 当量的手动单开门	3.0
	患者进出门	3mmPb 当量的电动推拉门+红外防夹装置	3.0
	安全连锁	患者门设置门机连锁系统	—

续表10-2 DR机房拟采取的屏蔽防护措施

机房类型	项目	项目拟采取措施	铅当量 mmPb
DR② 机房	西侧墙体 (主屏蔽体)	370mm 实心砖墙(约 3mmPb)、方管钢架结构+3mmPb 当量的铅板	3.0
	其余墙体	370mm 实心砖墙(约 3mmPb)、方管钢架结构+3mmPb 当量的铅板	3.0
	屋顶	120mm 混凝土层+1mmPb 当量防护涂料 (约 2mmPb)	2.0
	地板 (主屏蔽体)	120mm 混凝土层+2mmPb 当量防护涂料 (约 3mmPb)	3.0
	观察窗	3mmPb 当量的铅玻璃和窗框	3.0
	工作人员门	3mmPb 当量的手动单开门	3.0
	患者进出门	3mmPb 当量的电动推拉门+红外防夹装置	3.0
	安全联锁	患者门设置门机联锁系统	—
DR③ 机房	南侧墙体 (主屏蔽体)	370mm 实心砖墙 (约 3mmPb)	3.0
	西侧墙体	200mm 混凝土墙体 (约 2.7mmPb)	2.7
	其余墙体	370mm 实心砖墙 (约 3mmPb)	3.0
	南侧采光窗	370mm 实心砖封堵 (约 3mmPb)	3.0
	屋顶	120mm 混凝土层+1mmPb 当量防护涂料 (约 2mmPb)	2.0
	地板 (主屏蔽体)	120mm 混凝土层+2mmPb 当量防护涂料 (约 3mmPb)	3.0
	观察窗	3mmPb 当量的铅玻璃和窗框	3.0
	工作人员门	3mmPb 当量的手动单开门	3.0
	患者进出门	3mmPb 当量的电动推拉门+红外防夹装置	3.0
	安全联锁	患者门设置门机联锁系统	—

### 10.1.2 CT机房

共设置 2 间 CT 机房，均布置于 3 层。CT①、CT②机房平面布置见附图 2，设计参数见表 10-3，屏蔽防护设计见表 10-4。

表10-3 CT机房设计参数

序号	机房名称	长 (m)	宽 (m)	机房面积 (m <sup>2</sup> )	设备安装方位	机房位置
1	CT①	6	5.6	34	CT 机斜向安装，机头安装在机房西北角	三层
2	CT②	6	5.2	31		三层

**表10-4 CT机房拟采取的屏蔽防护措施**

机房类型	项目	项目拟采取措施	铅当量 mmPb
CT 机房 (2间)	四周墙体	370mm实心砖墙 (约3mmPb)	3.0
	屋顶、地板	120mm混凝土层+2mmPb当量防护涂料 (约3mmPb)	3.0
	观察窗	4mmPb当量的铅玻璃和窗框	4.0
	工作人员门	4mmPb当量的手动单开门	4.0
	患者进出门	4mmPb当量的电动推拉门	4.0
	安全连锁	患者门设置门机连锁系统和红外防夹装置	—

### 10.1.3 骨密度机房

共设置 1 间骨密度机房，布置于 4 层。机房平面布置见附图 3，设计参数见表 10-5，屏蔽防护设计见表 10-6。

**表10-5 CT机房设计参数**

序号	机房名称	长 (m)	宽 (m)	机房面积 (m <sup>2</sup> )	设备安装方位	机房位置
1	骨密度	4.36	4.1	18	骨密度仪 机身南北设置	四层

**表10-6 骨密度机房拟采取的屏蔽防护措施**

机房类型	项目	项目拟采取措施	铅当量 (mmPb)
骨密度机房	西侧墙体	200mm混凝土墙体 (约3mmPb)	3.0
	南侧采光窗	240mm实心砖封堵 (约2mmPb)	2.0
	其余墙体	240mm实心砖墙 (约2mmPb)	2.0
	屋顶、地板	120mm混凝土层 (约1mmPb)	1.0
	观察窗	2mmPb当量的铅玻璃和窗框	2.0
	工作人员门	2mmPb当量的手动单开门	2.0
	患者进出门	2mmPb当量的电动推拉门+红外防夹装置	2.0
	安全连锁	患者门设置门机连锁系统	—

### 10.1.4 DSA机房

共设置 4 间 DSA 机房，均布置于 4 层。DSA①、DSA②、DSA③、DSA④ 机房平面布置见附图 3，设计参数见表 10-7，屏蔽防护设计见表 10-8。

**表10-7 DR机房设计参数**

序号	机房名称	长 (m)	宽 (m)	机房面积 (m <sup>2</sup> )	设备安装 方位	机房位置
1	DSA①	10	6	60	机身南北 居中安装	四层
2	DSA②	7.78	6.7	52		四层
3	DSA③	8.9	5.6	49		四层
4	DSA④	7.48	7.2	54		四层

**表10-8 DSA机房拟采取的屏蔽防护措施**

机房 类型	项目	项目拟采取措施	铅当量 (mmPb)
DSA 机房 (4间)	四周墙体	方管钢架结构+2mmPb的铅板(约2mmPb)	2.0
	屋顶、地板	120mm混凝土层+1mmPb当量防护涂料(约2mmPb)	2.0
	观察窗	3mmPb当量的铅玻璃和窗框	3.0
	工作人员门 、污物门	3mmPb当量的手动单开门	3.0
	患者进出门	3mmPb当量的感应式电动推拉门+红外防夹装置	3.0
	安全连锁	患者门设置门机连锁系统	——

## 10.2 辐射安全措施

根据医院提供的资料，本项目各射线装置机房应至少采取以下措施：

(1) 射线装置的控制位均与机房分开设置，机房门外应张贴醒目的、规范的电离辐射警示标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯及中文警示说明，所有射线装置机房均采用门灯、门机连锁装置，并能有效联动。

(2) 所有机房均采用机械通风方式。

(3) 按照《医用X 射线诊断卫生防护标准》(GBZ130-2013)中相关标准要求，医院为每个射线装置机房配备有铅防护衣、DSA 手术室还配备铅围脖、铅帽等防护用品。

(4) 机房应布局合理，尽量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。

(5) 患者和受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪护人员不应滞留在机房内。

(6) 放射工作人员应进行上岗前培训和在岗定期培训，熟练掌握业务技术



和射线防护知识，配合医师做好X射线检查正当性判断，避免不必要额外检查，合理使用X射线。

射线装置机房需要配备的辐射防护用品见表10-9。

**表10-9 射线装置机房需要配备的辐射防护用品**

机房类型	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
DR 机房	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	可调节防护窗口的立位防护屏；固定特殊受检者体位的各种设备
CT 机房	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	—
骨密度 机房	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	—
DSA 机房	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜；选配：铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏；选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具	—

注：“—”表示不需要。

### 10.3 工作场所分区

西安交通大学第二附属医院大明宫院区各医用射线装置机房设置为控制区，射线装置机房控制室划为监督区，在控制区设置禁止无关人员进入，在监督区设置标识禁止无关人员长期逗留。

### 10.4 三废的治理

本项目设备除了在开机并曝光的状态下会产生X射线，同时X射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物外，基本不产生其他废物。

**表 11 环境影响分析**

**11.1 建设阶段环境影响简要分析**

项目建设和安装阶段，无辐射产生，对周围环境没有辐射影响。

本项目射线装置安装前，需要对机房进行施工装修。机房装修过程中，对周围环境的影响主要是施工噪声影响、粉尘影响、建筑垃圾影响；对于施工期环境影响，建设单位可采取主要污染防治措施如下：

(1) 机房装修时，施工单位应优化施工方案，选用低噪声设备，尽量减小施工作业对周边工作场所的影响。合理安排施工作业时间，减小噪声影响。

(2) 施工时，可能会产生少量无组织排放的粉尘，其产生量较少，必要时可采取临时围挡等防尘措施，限制施工粉尘影响范围。

(3) 施工期间产生的装修废物、建筑垃圾应分类收集，统一收集后，运至指定的地点，交由环卫部门加以处置。

(4) 施工人员产生的生活污水、生活垃圾依托医院已建污水处理设施、生活垃圾贮存设施加以处理。

**11.2 运行阶段环境影响分析**

**11.2.1 辐射屏蔽能力分析**

根据建设单位提供资料，各机房拟采取的屏蔽防护措施见表 11-1~表 11-2。

**表 11-1 各机房面积、长度设计情况**

楼层	射线装置机房			GBZ130-2013 标准以及相关规定		
	射线装置	最小单边长度(m)	最小使用面积(m <sup>2</sup> )	最小单边长度(m)	最小使用面积(m <sup>2</sup> )	符合性
三层	DR①	5.3	32	3.5	20	符合
	DR②	5.2	31			符合
	DR③	5.0	28			符合
三层	CT①	5.6	34	4.5	30	符合
	CT②	5.2	31			符合
四层	骨密度	4.1	18	2.5	10	符合
四层	DSA①	6	60	4.5	30	符合
	DSA②	6.7	52			符合
	DSA③	5.6	49			符合
	DSA④	7.2	54			符合

表 11-2 各机房辐射屏蔽设计情况

楼层	射线装置机房			GBZ130-2013		符合性
	射线装置	屏蔽体	屏蔽设计	铅当量 mmPb		
				有用线束方向	非有用线束方向	
三层	DR①	东侧墙体 (主屏蔽体)	370mm 实心砖墙 (约 3mmPb)、方管钢架结构 +3mmPb 当量的铅板	3	2	符合
		其余墙体	370mm 实心砖墙 (约 3mmPb)、方管钢架结构 +3mmPb 当量的铅板			符合
	DR②	西侧墙体 (主屏蔽体)	370mm 实心砖墙 (约 3mmPb)、方管钢架结构 +3mmPb 当量的铅板			符合
		其余墙体	370mm 实心砖墙 (约 3mmPb)、方管钢架结构 +3mmPb 当量的铅板			符合
	DR③ 机房	南侧墙体 (主屏蔽体)	370mm 实心砖墙 (约 3mmPb)			符合
		西侧墙体	200mm 混凝土墙体 (约 2.7mmPb)			符合
		其余墙体	370mm 实心砖墙 (约 3mmPb)			符合
		南侧采光窗	370mm 实心砖封堵 (约 3mmPb)			符合
	DR① DR② DR③	屋顶	120mm 混凝土层+1mmPb 当量防护涂料 (约 2mmPb)			不符合
		地板	120mm 混凝土层+2mmPb 当量防护涂料 (3mmPb)			符合
		观察窗	3mmPb 当量的铅玻璃和窗框			符合
		工作人员门	3mmPb 当量的手动单开门			符合
		患者进出门	3mmPb 当量的电动推拉门+红外防夹装置			符合
		安全连锁	患者门设置门机连锁系统			符合

续表 11-2 各机房辐射屏蔽设计情况

楼层	射线装置机房			GBZ130-2013		
	射线装置	屏蔽体	屏蔽设计	铅当量 mm		符合性
				有用线束方向	非有用线束方向	
三层	CT	四周墙体	370mm实心砖墙(约3mmPb)	2.5 (较大工作量)		符合
		屋顶、地板	120mm混凝土层+2mmPb当量防护涂料(约3mmPb)			符合
		观察窗	4mmPb当量的铅玻璃和窗框			符合
		工作人员门	4mmPb当量的手动单开门			符合
		患者进出门	4mmPb当量的电动推拉门			符合
		安全联锁	患者门设置门机联锁系统和红外防夹装置			符合
四层	骨密度	西侧墙体	200mm 混凝土墙体(约3.0mmPb)	1	1	符合
		南侧采光窗	240mm 实心砖封堵(约2mmPb)			符合
		其余墙体	240mm实心砖墙(约2mmPb)			符合
		屋顶	120mm混凝土层(约1mmPb)			符合
		地板	120mm混凝土层(约1mmPb)			符合
		观察窗	2mmPb当量的铅玻璃和窗框			符合
		工作人员门	2mmPb当量的手动单开门			符合
		患者进出门	2mmPb当量的电动推拉门+红外防夹装置			符合
		安全联锁	患者门设置门机联锁系统			符合
四层	DSA (4间)	DSA ① 地板	120mm混凝土层+1mmPb当量防护涂料(2mmPb)	2	2	符合
		四周墙体	方管钢架结构+2mmPb的铅板(2mmPb)			符合
		屋顶、地板	120mm混凝土层+1mmPb当量防护涂料(2mmPb)			符合
		观察窗	3mmPb当量的铅玻璃和窗框			符合
		工作人员门、污物门	3mmPb当量的手动单开门			符合
		患者进出门	3mmPb当量的感应式电动推拉门+红外防夹装置			符合
		安全联锁	患者门设置门机联锁系统			符合

根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）标准：“5.3 c）设于多层建筑中的机房（不含顶层）顶棚、地板（不含下方无建筑物的）应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。”本项目射线机房均位于多层建筑中，由于 DR 设备可以 360 度旋转，因此 DR 机房的屋顶、地板应满足主射方向的屏蔽厚度要求，根据建设方提供资料，DR 机房地板已满足要求，屋顶不满足要求，因 DR 机房（3 间）上层为 DSA①机房、骨密度机房，因此 DSA①机房、骨密度机房的地板也应满足 DR 机房屋顶屏蔽厚度的要求。因此环评提出以下屏蔽设计：

表 11-3 DR 机房、DSA①机房辐射屏蔽设计情况

楼层	射线装置机房			GBZ130-2013
	射线装置	屏蔽体	屏蔽设计	铅当量 mm 应满足 DR 机 有用线束方向
三层	DR (3 间)	屋顶	120mm 混凝土层+2mmPb 当量防护涂料 (3mmPb)	3
四层	DSA①	地板	120mm 混凝土层+2mmPb 当量防护涂料 (3mmPb)	3
	骨密度机房	地板	120mm 混凝土层+2mmPb 当量防护涂料 (3mmPb)	3

根据建设单位提供的 DR 机、CT 机、骨密度机及 DSA 机 10 台医用 X 射线装置机房设计参数和屏蔽参数，对照《医用 X 射线诊断放射防护要求》

（GBZ130-2013）标准，可以看出：

（1）每台 X 射线设备机房已满足使用设备的空间要求，每台 X 射线设备机房最小有效使用面积、最小单边长度均大于标准规定的面积、最小单边长度，符合标准第 5.2 款规定及陕西省环保厅《关于开展核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作的通知》相关规定；

（2）在满足环评措施的前提下，每台 X 射线机机房屏蔽墙体、防护门设计的厚度均大于等于该标准规定的铅当量厚度，机房屏蔽防护铅当量厚度要求符合该标准第 5.3 款要求。

由于 X 射线装置辐射源强度与距离的平方成反比、与屏蔽厚度成指数衰减的关系，结合本项目 X 射线装置机房最小使用面积、最小单边长度和机房屏蔽墙体设计厚度、防护门设计厚度均已满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》

（GBZ130-2013）标准相关要求，可以推断本项目 DR 机、CT 机、DSA 及骨密

度机 10 台射线装置运行状态下，其机房屏蔽墙体以及防护门外表面 30cm 处辐射剂量率可以满足 2.5 $\mu$ Sv/h 限值要求。

## 11.2.2 剂量估算

### 11.2.2.1 辐射剂量率及受照时间

#### (1) 辐射剂量率确定

本项目职业照射剂量及公众受照剂量均采用类比方法。类比西安交通大学医学院第二附属医院 X 射线装置验收监测报告，报告文号为：陕辐环监字【2015】第 107 号、陕辐环监字【2015】第 098 号，监测报告见附件。

本项目与类比项目 X 射线装置参数对比见表 11-4。

表 11-4 本项目与类比项目 X 射线装置参数对比

射线装置	本项目		类比项目	
	管电压 (kV)	管电流 (mA)	管电压 (kV)	管电流 (mA)
DR	150	630	150	800
CT	140	800	140	800
DSA	125	1250	125	1000

表 11-5 类比监测报告监测数据 单位：nGy/h

射线装置	监测点位	监测值		
		关机	开机	
			透视	曝光
DSA	操作间	108.2~111.3	106.1~109.2	101.8~108.7
	护士站位点	/	72.8~83.2	74.0~85.2
	医生站位点	/	1330~1420	1410~2170
	机房周围	86.9~160.2	97.2~171.3	95.8~171.3
DR	操作间	104.6~112.3	103.7~118.1	
	机房周围	97.0~142.1	102.7~146.9	
CT	操作间	93.1~99.8	103.7~110.4	
	机房周围	85.8~125.0	96.0~129.6	

注：①DSA 监测数据引自陕辐环监字【2015】第 107 号监测报告；

②DR、CT 监测数据引自陕辐环监字【2015】第 098 号监测报告。

## (2) 射线机工作时间

根据建设单位提供资料，各射线装置工作时间见表 11-6。

表 11-6 各射线装置工作时间

射线装置	每天接触射线 最长时间 (s)	每年工作天数 (d)	年工作小时数 (h/d)
DSA	3000	260	216.67
DR	12.75	280	0.99
CT	28	245	1.91

### 11.2.2.2 剂量估算公示

个人年有效剂量当量采用 UNSCEAR-2002 年报告中提出的模式进行估算。

$$H_y = D_y \times T \times 0.7 \times 10^{-6}$$

式中： $H_y$ —辐射外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$D_y$ —辐射剂量率，nGy/h；

$T$ —年工作时间，h；

0.7—剂量转换因子，Sv/Gy。公众照射取 1.0，职业照射取 0.7。

### 11.2.2.3 剂量估算结果

#### (1) 职业照射剂量估算

表 11-7 职业照射剂量估算

射线装置	点位	最辐射大剂量率 (nGy/h)	年工作小时数 (h/d)	年有效剂量 当量 (mSv)
DSA	手术室内	2170	216.67	0.33
	操作间	109.2		0.017
DR	操作间	118.1	0.99	$8.18 \times 10^{-5}$
CT	操作间	110.4	1.91	$1.48 \times 10^{-4}$

由估算结果可知，DSA 手术室内工作人员所受年有效剂量当量为 0.33 mSv，DSA 操作间工作人员所受年有效剂量当量为 0.017 mSv；DR 操作间工作人员所受年有效剂量当量为  $8.18 \times 10^{-5}$  mSv；CT 操作间工作人员所受年有效剂量当量为  $1.48 \times 10^{-4}$  mSv。

本项目没有骨密度仪类比监测报告，根据项目骨密度仪装置参数，骨密度仪最大管电压为 100kV，最大管电流为 3mA。骨密度仪最大管电压、管电流均比

CT 机的小，年工作时间与 CT 机基本一致，所以骨密度仪操作间工作人员所受年有效剂量当量不大于  $1.48 \times 10^{-4}$  mSv。

综上所述，本项目工作人员所受职业照射均小于 5mSv 的剂量约束值。

## (2) 公众照射剂量估算

表 11-8 公众照射剂量估算

射线装置	点位	最辐射大剂量率 (nGy/h)	年工作小时数 (h/d)	年有效剂量 当量 (mSv)
DSA	机房周围	171.3	216.67	0.037
DR		146.9	0.99	$1.45 \times 10^{-4}$
CT		129.6	1.91	$2.48 \times 10^{-4}$

由估算结果可知，DSA 机房周围公众所受年有效剂量当量为 0.037 mSv；DR 机房周围公众所受年有效剂量当量为  $1.45 \times 10^{-4}$  mSv；CT 机房周围公众所受年有效剂量当量为  $2.48 \times 10^{-4}$  mSv。

本项目没有骨密度仪类比监测报告，根据项目骨密度仪装置参数，骨密度仪最大管电压为 100kV，最大管电流为 3mA。骨密度仪最大管电压、管电流均比 CT 机的小，年工作时间与 CT 机基本一致，所以骨密度仪机房周围公众所受年有效剂量当量不大于  $2.48 \times 10^{-4}$  mSv。

综上所述，本项目机房周围公众所受照射均小于 0.25mSv 的剂量约束值。

### 11.3 非辐射环境影响分析

由于空气在射线电离作用下将会产生臭氧和氮的氧化物等有毒有害气体，其中以臭氧的危害最大。臭氧是强氧化剂，很不稳定，在常温下不断地转变成氧，或与其它材料和空气中的杂质产生化学反应，其有效分解时间与房间大小、室内材料、温度、空气中的杂质及臭氧浓度有关。

根据建设单位提供资料，项目各机房设置动力排风装置，排风口和患者进出门对角设计，通风口位置设置合理，保证机房内各处空气能够充分置换，保持良好通风。项目各机房通风设计见表 11-9。



**表 11-9 项目各机房通风设计**

机房	建议安装位置	建议排风口规格 (cm)	建议总通风量 ( $\geq m^3/h$ )
DR①	天花板东南角	30×30	400
DR②	天花板西南角	30×30	400
DR③	天花板西南角	30×30	360
CT①	天花板西南角	30×30	430
CT②	天花板西南角	30×30	430
骨密度	天花板西南角	30×30	220
DSA①	北墙底部、南墙底部	40×80	720
DSA②	南墙底部、西墙底部	40×80	610
DSA③	东墙底部、南墙底部	40×80	610
DSA④	北墙底部、东墙底部	40×80	820

#### 11.4 事故影响分析

本项目事故风险评价目的是分析、预测射线装置在使用过程中存在的潜在危险和有害因素，可能发生的突发性事件或事故（一般不包括人为破坏及自然灾害），引起电离辐射泄漏，所造成的人身安全与环境的影响和损害程度，提出合理可行的防范应急与减缓措施，以防止辐射事故发生，尽量降低辐射事故后果的负面影响。

##### 11.4.1 事故风险识别

本项目辐射源为医用射线装置，环境危害因子为X射线。可能发生的事故：

(1) 门灯指示灯失效，X射线诊断过程仍然在运行，人员误入机房受到误照射。

(2) 工作人员或病人陪伴进入机房后，未全部撤离，仍有人员滞留在机房内，且没有采取辐射防护措施。

(3) 由于工作人员缺乏防护知识，安全观念淡薄，无责任心；违反操作规程和有关规定，操作失误；特别是育龄妇女、孕妇、儿童等敏感人群照射前，没有按照规定告知、说明或者没有对敏感器官进行必要的屏蔽防护，造成辐射事故。

(4) 未进行质量控制检测，诊断设备年久或更换部件和维修、检修后，未进行质量控制检测。

(5) 工作人员业务技能差, 经验不足, 摆位不正、大视野, 操作不熟练等, 致使患者和医护人员受到超剂量照射。

(6) 辐射工作人员由于个人防护意识不强, 在进入介入手术室后不注意自身防护, 在非必要的情况下长时间停留在机房内, 受到不必要的照射。

(7) 介入手术过程中, 因误操作, 导致手术人员发生剂量增高。

#### 11.4.2 风险防范措施

为防止项目在运行期间、检修维护期间发生辐射事故, 建设单位应做好下列工作:

(1) 单位领导对辐射安全防护应有足够重视。辐射工作人员应加强安全意识和岗位责任心, 并严格按射线装置的操作规程执行操作;

(2) 在操作射线装置时要始终注意安全。辐射工作人员必须对该设备有足够的了解, 能够识别任何可能导致危险的故障。如果发生故障或发现存在安全问题, 在授权人员修复故障之前, 不得使用该设备;

(3) 为保证持续安全的操作, 应按相关要求对设备进行定期维护;

(4) 做好辐射工作人员和患者的防护工作;

(5) 射线装置的钥匙由指定医师控制;

(6) 按操作规程定期对各个连锁装置进行检查, 发现故障及时清除, 严禁在门外警示灯失效的情况下违规操作。

(7) 辐射工作人员必须加强辐射防护知识培训, 提高防护技能, 避免犯普通错误; 加强职业道德修养, 增强责任感; 严格遵守操作规程和规章制度; 管理人员应加强管理, 落实安全责任制, 经常督促检查。

(8) 医院应定期组织辐射工作人员学习专业业务知识, 不断提高业务水平。; 建立管理制度, 规定无关人员不得进入机房; 如确实需要, 应穿戴好防护服, 进入机房后, 尽量远离X射线管, 并快速完成工作, 尽离开机房, 减少受照剂量。

### 11.5 项目选址、布局合理及实践正当性分析

#### 11.5.1 选址合理性

西安交通大学第二附属医院大明宫院区裙楼和主楼紧连为一个整体, 裙楼地上共5层, 主楼地上共14层。本项目DR机房、CT机房位于医院三层南侧, DSA机房、骨密度机房位于医院四层南侧, 放射诊疗工作场所较集中, 方便病人就诊

治疗，且各射线机房的布置尽可能的远离公众，尽量减轻对公众的影响。项目区无环境遗留问题。根据现状监测结果，项目区辐射环境质量现状良好。建设单位应根据国家有关辐射防护规定要求进行建设，项目运行后对周围环境的辐射影响满足评价标准的要求，环境可以接受。因此，从环境保护角度分析，本项目选址可行。

### 11.5.2 布局合理性

每台X射线设备均设置单独的机房，机房已满足使用设备的空间要求，机房最小有效使用面积、最小单边长度及机房辐射屏蔽参数均满足《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）相关要求。

本项目各射线装置的控制位均与机房分开设置，对工作场所进行了划分，各医用射线装置机房设置为控制区，在射线装置作业时，除接受诊断的患者外，不允许无关人员进入和滞留；射线装置机房控制室划为监督区，在射线装置作业时，仅允许放射工作人员进入，不允许无关人员进入和滞留；对机房周围其他区域不做限制，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的相关规定，因此，从环境保护角度分析，项目工作场所布局合理。

### 11.5.3 实践正当性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，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时，该实践才是正当的。

X射线医用装置在医疗诊疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起到了重要的作用。项目营运以后，建设单位将为病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益。因此，在按照环评要求进行建设后，对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《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”的原则与要求。

**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**

目前，西安交通大学第二附属医院已经成立了放射防护管理委员会，拟将大明宫院区纳入其管理范围，确定了放射防护管理委员会的领导小组和小组成员。本项目辐射工作人员与总院共用放射工作人员（共74人），实行总院与分院轮岗制度。

根据陕西省环境保护厅《关于开展核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作的通知》（2015年第80号）相关规定，本项目医院机构建设、人员管理还应满足如下要求：

**表 12-1 陕西省核技术利用单位机构建设、人员管理内容**

管理内容		管理要求
人员管理	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作。
		年初工作安排的和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容。
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障；配置供辐射工作人员使用的铅衣、铅围裙和铅围脖等防护用品。
	管理层	熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求。
		负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年1月31日前向发证机关提交。
		完善辐射安全管理制度并按制度规定检查落实辐射安全管理工作。
		跟踪落实各岗位辐射安全责任。
		建立辐射环境安全管理档案。
		向员工和公众宣传辐射安全相关知识。
		对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有巡查及整改记录。
	辐射工作人员配备个人剂量计，并建立个人剂量健康档案。	
	辐射工作人员	了解本岗位的工作性质，熟悉辐射安全责任，经培训考核合格持证上岗并对确保岗位辐射安全做出承诺。
		熟记和严格执行相关辐射安全规定，建立安全防护设施检查与维护(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）。
熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况时，能有效处理。		
按照监测制度，定期对工作场所及周围环境进行监测，并建立监测记录档案。		

## 12.2 辐射安全管理规章制度

西安交通大学第二附属医院已制定了较为完善的辐射安全管理制度和操作规程，通过不断完善相关的辐射安全管理制度和人员培训，确保射线装置的安全使用。目前医院已制定的制度有：《放射防护管理委员会机构》、《放射防护管理委员会职责》、《放射防护安全规定》、《辐射工作场所及个人监测制度》、《放射源管理规章制度》、《辐射工作场所监测制度》、《辐射人员培训制度》、《DSA 操作规程》、《报告室工作制度》、《登记室（CR 工作站）管理制度》、《介入治疗室工作制度》、《介入治疗室护士职责》、《介入治疗室清洁消毒制度》、《放射事故应急预案》等。大明宫院区执行西安交通大学第二附属医院本部制定的相关辐射安全管理制度和操作规程。

西安交通大学第二附属医院大明宫院区规章管理制度的执行还应满足表 12-2 要求。

表12-2 大明宫院区规章管理制度执行内容

管理内容	管理要求
制度执行	根据国家核技术利用申报系统要求，建立台账制度。
	完善各辐射装置的岗位职责、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。
	制定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。
	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，保证个人剂量检测档案的连续有效性。
	定期进行辐射工作人员的职业健康体检，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。
	制定各相关辐射装置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内容，并建立维护、维修记录档案。
	完善辐射环境监测制度，定期对场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测档案。
制定监测仪器设备的定期检定与管理制度的管理制度，确保仪器按期检定并建立检定档案。	

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 定期监测

1)管理监测：委托具有辐射环境监测资质的机构，对正常工况下辐射工作场所每年进行不少于一次的监督性监测，并建立监测数据档案。监测结果每年向省环境保护厅和项目所在地环保局上报备案。

2) 日常监测：制定日常监测制度，配备一台X- $\gamma$ 剂量率测量仪，对机房周围环境进行辐射监测，并建立监测数据档案。

监测频率：每年不少于一次管理监测。建立巡测档案。

监测范围：射线装置工作场所及周围环境。

监测项目：空气吸收剂量率。

3) 当射线装置的结构、屏蔽设施、位置发生变更时，及时委托有资质的监测单位进行监测和重新评价。在进行监测合格和重新评价后，方可继续使用。

4) 当个人剂量超过年剂量限值、辐射工作场所出现异常情况时，应进行监测，查明原因。发生意外事故，应按辐射事故管理规定，及时监测和处理。

### 12.3.2 监测计划

按照相关法律、法规和标准的要求，结合医院实际情况制定辐射环境监测计划如表12-。监测记录应清晰、完整，并纳入档案管理。

表12-3 西安交通大学第二附属医院大明宫院区监测计划（建议）

序号	监测区域及分类	监测内容	监测频次
1	辐射工作场所	空气吸收剂量率	每年有不少于一次
2	射线装置工作场所及周围环境	空气吸收剂量率	每年有不少于一次
3	个人剂量计	个人剂量	每3个月监测一次

### 12.3.2 个人剂量监测

工作人员配备个人剂量计，进行个人剂量监测，按照《放射性工作人员个人剂量监测方法》(GB5294-85)的要求，每季度委托有资质单位检测，建立个人剂量档案。

### 12.3.3 环境保护投资与竣工环保验收

#### (1) 环境保护投资

本项目总投资 8000 万元，其中环境保护投资 120 万元，占项目总投资的 1.5%，主要用于专用射线机房防护建设、警示标牌、报警装置、防护用品等。

## (2) 竣工环保验收

为了执行《建设项目环境保护管理条例》中的“三同时”制度，要求该项目建成使用前，必须按照《建设项目竣工环境保护验收管理办法》规定，依据环境保护验收监测结果，并通过现场检查等手段，考核该建设项目是否达到环境保护要求。该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	验收内容	验收方式	效果和环境预期目标
1	控制及日常辐射监测	配备有 X-γ 辐射剂量率仪并保存日常监测记录。	掌握辐射环境状况、保护人员免受不必要的辐射。
2	射线装置机房防护状况	在正常工况下监测射线装置机房周围环境辐射剂量率，个人剂量监测报告完整、连续。	机房外表面 30cm 处剂量当量控制率不大于 2.5 μGy/h；年有效剂量：辐射工作人员 5mSv，公众人员 0.25mSv。
3	工作场所设立电离辐射警示	电离辐射警示标志张贴、使用符合 GB18871 的相关要求。	警告无关人员不要靠近。
4	防护用品	按照相关要求配备的防护用具及防护用品。	确保放射性工作人员及陪护人员安全。
5	人员培训	制定辐射工作人员培训管理制度及培训计划。	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。
6	辐射防护机构	设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员。	正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人
7	监测计划	按照监测制度，定期对工作场所及周围环境进行监测。	建立监测记录档案。
8	应急预案	制定应急预案	保障项目污染防治措施正常运行。
9	辐射环境管理	查阅辐射环境管理制度及其执行记录。	确保辐射环境管理制度贯彻落实，保障人员安全。
10	个人剂量档案及健康档案	检查辐射工作人员个人剂量档案和健康档案完整、连续，个人剂量超标人员和疑似放射性疾病人员的调查、复检及处置结果。	确保放射性工作人员安全。
11	安全措施	现场检查	安全通讯和报警装置
12	规章制度	制定辐射工作设备操作规程；辐射设备维护、维修制度；辐射防护和安全保卫制度；辐射人员岗位职责；等规章制度。	保障项目污染防治措施正常运行。

## 12.4 辐射事故应急

医院根据《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》和《关于建立放射源与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》等相关法律法规的规定，制定了《辐射事故应急预案》，以加强对医院内射线装置的安全管理，预防辐射事故的发生、控制或减轻事故后果。根据医院《辐射事故应急预案》，医院成立放射事故应急领导小组，明确小组成员的职责。放射事故应急小组负责放射事故的应急处置以及日常工作中的放射防护管理。

医院应结合本项目射线装置应用情况，依据国家相关法律法规、标准，不断对应急预案进行补充修改、完善，使应急预案更具有操作性、可行性。同时加强应急预案演练，提高事故应急处置能力，以便能够快速有效的处理放射事故，将放射危害的影响降低到最低水平。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。辐射事故应急预案至少应包括如下内容：

- (1) 可能发生的辐射事故及危害程度分析；
- (2) 应急组织体系和职责分工；
- (3) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物质准备；
- (4) 辐射事故分级及响应措施；
- (5) 辐射事故的报告和处理程序；

应急预案执行包括：

- 1) 应急预案启动：发生放射性事故，由放射事故应急小组负责启动应急预案；
- 2) 事故报告：发生事故后事故发现人必须立即报告放射事故应急小组，在事故发生后立即(2小时内)上报环保、公安、卫生计生行政部门，同时积极配合环保、公安、卫生计生行政部门做好事故调查和善后处理工作；
- 3) 应急物资：包括通讯设备、X- $\gamma$ 辐射监测仪、应急响应文件等；
- 4) 现场控制：射线装置立刻切断射线装置的电源，应及时隔离现场，除了事故处理人员外，禁止其他人员进出辐射控制区；
- 5) 病人救治：对受到辐射伤害的人员进行现场处理，而后转到指定医疗机构治疗；



- 6)现场保护：配合环保局、公安局、卫生计生行政部门进行现场保护和调查；
- 7)解除隔离：现场调查结束，查明原因，工作场所检测辐射污染水平正常后，解除隔离。
- 8)评估和总结：对放射事故造成的影响进行评估和总结，找出原因，为整改提供依据。
- 9)整改：按环保局、卫生计生行政部门和公安局联合调查的结论和建议进行整改，杜绝安全隐患，避免类似事故发生。

陕西科莱环保工程有限责任公司

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

(1) 西安交通大学第二附属医院大明宫院区拟新建 2 间 CT 机房、3 间 DR 机房、4 间 DSA 机房和 1 间骨密度机房，各机房配备 1 台相应的射线装置，共配备 10 台射线装置。其中 DSA 机属于 II 类射线装置，共 4 台；CT 机（2 台）、DR 机（3 台）、骨密度机（1 台）属于 III 类射线装置，共 6 台。

(2) X 射线医用装置在医疗诊疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起到了重要的作用。在按照要求建设后，对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《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”的原则与要求。

(3) 每台 X 射线设备均设置单独的机房，各射线装置的控制位均与机房分开设置，对工作场所进行了划分，各医用射线装置机房设置为控制区，在射线装置作业时，除接受诊断的患者外，不允许无关人员进入和滞留；射线装置机房控制室划为监督区，在射线装置作业时，仅允许放射工作人员进入，不允许无关人员进入和停留；对机房周围其他区域不做限制，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）相关规定，项目工作场所布局合理。

(4) 根据检测结果，西安交通大学第二附属医院大明宫院区周围空气吸收剂量率在 68.5~125.5 nGy/h 之间。根据陕西省环保厅发布的《陕西省 2017 年第一季度辐射环境质量季报》，2017 年第一季度西安地区空气吸收剂量率为 71.8~109.9 nGy/h，本次检测结果与西安地区空气吸收剂量率基本处在同一水平，说明该区域的辐射环境现状处于正常环境本底水平。

(4) 根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）标准：“5.3 c) 设于多层建筑中的机房（不含顶层）顶棚、地板（不含下方无建筑物的）应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。”因此本项目 DR 机房（3 间）屋顶应满足主射方向屏蔽要求，由于 DSA①机房、骨密度机房位于 DR 机房正上方，故 DSA①机房地板、骨密度机房地板屏蔽厚度应满足 DR 机主射方向屏蔽要求。

(5) 由于 X 射线装置辐射源强度与距离的平方成反比、与屏蔽厚度成指数衰减的关系，结合本项目 X 射线装置机房最小使用面积、最小单边长度和机房屏蔽墙体设计厚度、防护门设计厚度均已满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 标准相关要求，可以推断本项目 DR 机、CT 机、DSA 及骨密度机 10 台射线装置运行状态下，其机房屏蔽墙体以及防护门外表面 30cm 处辐射剂量率可以满足  $2.5\mu\text{Sv/h}$  限值要求。

(6) 根据对该医院放射工作人员的年有效剂量估算以及公众所接受的剂量分析可知，医院辐射装置对医护人员和公众产生的剂量满足评价提出的职业照射剂量约束值 ( $5\text{mSv}$ )、公众剂量约束值 ( $0.25\text{mSv}$ ) 的要求。

(7) 安全管理措施：医院成立了辐射安全管理领导小组，制定了相关的辐射安全和环境管理制度，对工作人员进行定期培训。工作人员在工作时应佩戴个人剂量计及辐射剂量率报警仪。

综上所述，西安交通大学第二附属医院大明宫院区新增射线装置应用项目，符合辐射防护实践正当性原则；项目采取辐射防护措施后，能够使其对周边环境的辐射影响降到尽可能合理低的水平，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；因此从辐射安全和环境保护角度论证，该项目在严格落实各项辐射防护措施情况下对环境影响是可以接受的。

### 13.2 建议和承诺

(1) 建议大明宫院区成立单独的放射防护管理委员会，参考西安交通大学第二附属医院本部的辐射安全管理制度和操作规程，完善并制定单独的辐射安全管理制度和操作规程。

(2) DR 机房屋顶屏蔽厚度应满足主射方向要求。

(3) 所有诊疗设备及辅助设备应符合国家相关标准要求。

(4) 应加强对项目安全联锁系统、通风设施以及工作场所安全防范设施的日常检查、维护。

(5) 机房的通风管道应做包铅处理，防止辐射泄漏。

(6) 加强对射线装置的安全装置的管理，经常检查射线装置的安全装置，保证其安全装置处于良好工作状态，防止发生以外照射事故的发生。

(7) 环境监测仪器应按照鉴定周期按期鉴定。按照监测计划对周围辐射环境进行监测，按时向监管部门上报辐射环境评估报告。

(8) 及时进行竣工环境保护验收及申报辐射安全许可证。

(9) 定期开展预定场景的演练，做好演练记录、评价总结，不断完善预案内容，提高应急响应、处置能力，杜绝辐射事故发生。

(10) 对本项目拟配备的放射工作人员加强辐射防护与安全培训，且确保所有放射工作人员均持证上岗。

(11) 每年对射线装置以及机房的安全性和防护状况编制相应的评估报告，于每年1月31日前向发证机关及当地环境主管部门提交该评估报告。

陕西科荣环保工程有限责任公司

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

陕西科莱环保工程有限公司