

核技术利用建设项目

福建医科大学附属第一医院 1 台 DSA 机项目环境影响报告表 (公示版)

福建医科大学附属第一医院

二〇一九年十一月

环境保护部监制

表 1 项目基本情况

建设项目名称		福建医科大学附属第一医院 1 台 DSA 机项目			
建设单位		福建医科大学附属第一医院			
法人代表	康**	联系人	吴*	联系电话	186****5583
注册地址		福建省福州市台江区茶中路 20 号			
项目建设地点		福建医科大学附属第一医院外科综合楼一层 Pheno 手术室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	**	项目环保投资 (万元)	**	投资比例(环保 投资/总投资)	**%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	/
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射 性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他					
<p>1.1、建设单位情况</p> <p>福建医科大学附属第一医院创建于 1937 年，现已发展成为集医疗、教学、科研于一体的大型综合性三级甲等医院，医疗卫生服务水平居于全省前列。医院本部位于福州市台江区茶中路 20 号，占地面积 105 亩，核定床位 2500 张。医院现有职工总数超过 3000 人，其中正、副高级职称人员 484 人，医师中具有博士、硕士学历的超过总数 60% 以上，年门诊量 240 万多人次、出院病人数 8 万多人次、年手术量 2 万 3 千多台。</p> <p>1.2、项目建设内容与目的</p> <p>为了更好的给病人提供医疗服务，福建医科大学附属第一医院拟在外科综合楼一层 Pheno 手术室新建 1 台数字平板减影血管造影机(DSA)。Pheno 手术室位于一层复合手术室预留区域内，本项目将对预留区域进行重新分隔改造，并加装防护及装修。外科综</p>					

合楼建设项目已于 2005 年编制了环境影响报告表，并于 2005 年 2 月 3 日取得了原福建省环境保护局的批复。本项目射线装置情况详见表 1-1。

表 1-1 医院此次环评射线装置情况一览表

序号	设备名称	数量(台)	型号	类别	应用目的	设备位置
1	数字平板减影血管造影机(DSA)	1	Artis Pheno	II类	介入治疗	外科综合楼一层 Pheno 手术室

根据《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）可知，本项目新建的 1 台 DSA 属于 II 类射线装置。根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订本）（国务院令 653 号）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019 年修订 生态环境部部令第 7 号）、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令 44 号，2018 年修正版）等国家辐射环境管理相关法律法规的规定，福建医科大学附属第一医院 1 台 DSA 机项目应进行辐射环境影响评价并编制辐射环境影响报告表。为此，福建医科大学附属第一医院于 2019 年 11 月正式委托江西省核工业地质局测试研究中心进行辐射环境影响评价。江西省核工业地质局测试研究中心则立即组织人员进行了现场踏勘和资料收集等相关工作，在此基础上编制完成了本项目的辐射环境影响报告表。

1.3、原有核技术利用项目许可情况

福建医科大学附属第一医院已取得原福建省环境保护厅颁发的辐射安全许可证（闽环辐证[00174]）。辐射工作许可的种类和范围为：使用 III 类、V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所（辐射安全许可证见附件 2）。

福建医科大学附属第一医院原有 1 台瓦里安 TrilogY 型直线加速器由于使用时间较长，故障频发且精度降低，医院计划购置 1 台医科达 Infinity 型直线加速器替换原有设备。该项目于 2019 年 8 月编制了《福建医科大学附属第一医院 1 台直线加速器项目环境影响报告表》，并于 2019 年 10 月 12 日取得了福建省生态环境厅的批复，批复文号“闽环辐评（2019）46 号”。

福建医科大学附属第一医院原有密封源环保手续履行情况见表 1-2，原有非密封放射性物质环保手续履行情况见表 1-3，原有射线装置环保手续履行情况见表 1-4。

表 1-2 医院原有密封源一览表

序号	核素	类别	总活度 (Bq)	环评	验收	活动种类
1	⁹⁰ Sr	V类放射源	4×10 ⁸	2009年4月24日批复	闽环辐[2010]验收79号	使用
2	⁶⁸ Ge	V类放射源	(9.25×10 ⁷) *2	闽环辐评(2014)1号		使用
3	⁶⁸ Ge	V类放射源	(4.63×10 ⁷) *4			使用
4	¹⁹² Ir	III类放射源	3.7×10 ¹¹	闽环辐评(2016)22号	2019年4月4日通过竣工环保自主验收	使用
5	⁵⁷ Co	V类放射源	(1.85×10 ⁶) *2			使用
6	⁵⁷ Co	V类放射源	(1.2×10 ⁸) *2			使用
7	⁵⁷ Co	V类放射源	(3.7×10 ⁸) *2			使用
8	¹⁵³ Gd	V类放射源	(3.7×10 ⁸) *2			使用

表 1-3 医院原有非密封放射性物质一览表

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	环评	验收	活动种类
1	院内介入室	乙级	¹²⁵ I 粒子源	7.4×10 ⁸	2.13×10 ¹²	闽环辐评(2016)22号	2019年4月通过竣工环保自主验收	使用
2	院内核医学科	乙级	¹⁵³ Sm	1.85×10 ⁸	4.44×10 ¹⁰			使用
3	院内核医学科	乙级	⁸⁹ Sr	2.96×10 ⁷	7.4×10 ¹⁰			使用
4	院内核医学科	乙级	⁶⁸ Ge (⁶⁸ Ga)	7.4×10 ⁷	9.6×10 ¹⁰	已环评		使用
5	院内核医学科	乙级	¹⁸ F	1.11×10 ⁸	3.2×10 ¹²	闽环辐评(2016)22号		使用
6	院内核医学科	乙级	¹²⁵ I	5.0×10 ⁴	2×10 ¹⁰		使用	
7	院内核医学科	乙级	¹³¹ I	2.37×10 ⁹	6.82×10 ¹²		使用	
8	院内核医学科	乙级	^{99m} Tc	4.44×10 ⁸	1.15×10 ¹³		使用	

表 1-4 医院原有射线装置一览表

序号	设备名称		分类	数量 (台)	环评	验收	活动种类
1	医用直线加速器	6MV	II类	2	闽环辐评(2019)46号	设备投运后将按规定开展竣工环保自主验收	使用
		10MV			闽环辐评(2015)1号		
2	DSA		II类	3	2012年2月21日批复	闽环辐验(2013)12号	使用
				1	闽环辐评(2019)20号	已委托江西省核工业地质局测试研究中心进行验收	

3	体外振波碎石机	III类	1	已环评	/	使用	
4	模拟定位机	III类	1		/	使用	
5	CT机	III类	5		/	使用	
6	普通X线机	III类	13		/	使用	
7	口腔X光机	III类	3		/	使用	
8	乳腺X光机	III类	3		/	使用	
9	胃肠X光机	III类	3		/	使用	
10	床边移动X光机	III类	9		/	使用	
11	骨密度仪	III类	2		/	使用	
12	SPET/CT	III类	1		闽环辐评(2016) 22号	2019年4月通过竣工环保自主验收	使用
13	PET-CT	III类	1		闽环辐评(2014) 1号		使用
14	CT模拟定位机	III类	1	闽环辐评(2015) 1号	/	使用	
15	移动DR	III类	1	备案号: 20183501030000 0153	/	使用	

1.4、项目建设的必要性

介入治疗是一个多专业、多层次的综合技术结构体，在医院构成中具有其必要性和重要性。伴随“海西”经济的快速发展，福州城市化规模的不断扩大，社会对介入治疗的需要日益增长，福建医科大学附属第一医院现有介入诊疗设备规模已无法满足其开展医疗、教学、科研的需求。因此，福建医科大学附属第一医院新增1台DSA有助于提高医院医疗服务体系水平，为病人提供更方便、快捷、专业的治疗，更好的服务于社会，本项目建设是必要的。

1.5、项目地理位置及周边环境

本项目位于福建省福州市台江区茶中路20号福建医科大学附属第一医院外科综合楼一层Pheno手术室，地理坐标为：东经119°18'06.56"，北纬26°04'10.41"。外科病房楼东面为急诊科、门诊部，南面为急诊科，西面为台胞医疗服务中心，北侧为院内道路。

拟建DSA机房东面为MRI机房及MRI设备间，南面为设备间、走廊、控制室，西面为通往地下停车场汽车坡道，北面为配电间、污物暂存间，机房正上方二层为检验科，机房正下方负一层为热水泵房。本项目机房周边人员停留较少，DSA机房大小、屏蔽物质厚度等符合相关标准要求。机房选址充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围

场所的人员防护与安全，避开了人群聚集点，故本项目工作场所选址合理。

医院地理位置见图 1-1，医院总平面布置见图 1-2，外环境关系见图 1-3，本项目 DSA 所在地外科综合楼一层平面布置图见图 1-4，现状照片见图 1-5。



图 1-1 福建医科大学附属第一医院地理位置图



图 1-2 福建医科大学附属第一医院总平面布置图



图 1-3 本项目外环境关系图



外科综合楼



外科综合楼东侧急诊科



外科综合楼南侧急诊科



外科综合楼西侧台胞医疗服务中心



外科综合楼北侧院内道路



拟建 DSA 机房现状



拟建DSA机房东侧现状



拟建DSA机房南侧现状



拟建 DSA 机房西侧现状



拟建 DSA 机房北侧现状



拟建 DSA 机房上方检验科



拟建 DSA 机房下方热水泵房

图1-5 本项目现状照片

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 (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	数字平板减影血管造影机 (DSA)	II类	1	Artis Pheno	125	1000	介入治疗	外科综合楼一层 Pheno 手术室	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 6 评价依据

<p>法律、 法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，（2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，2015年1月1日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第二十四号，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》（中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日起施行）；</p> <p>(4) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院令第六82号，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》（中华人民共和国国务院令第七09号，2019年修订）；</p> <p>(6) 《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>(7) 《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》（2019年修订，生态环境部部令第七号）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令第十八号，2011年5月1日起施行）；</p> <p>(9) 《关于印发辐射安全许可座谈会会议纪要的函》（环办函〔2006〕629号，2006年9月28日印发）；</p> <p>(10) 《关于发布射线装置分类办法的公告》（国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月6日期实行）</p> <p>(11) 《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，2006年9月26日）；</p> <p>(12) 福建省环保厅关于印发《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》（试行）的通知（闽环保辐射〔2013〕10号）。</p>
--------------------------	---

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）；</p> <p>(3) 《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130—2013）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61—2001）；</p> <p>(5) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583—93）。</p>
<p>其他</p>	<p>1、委托书（附件1）；</p> <p>2、《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995年）；</p> <p>3、其他技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

1、评价范围				
<p>本项目为使用 II 类射线装置，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评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016），考虑到该项目的实际情况，本项目评价范围为 DSA 机房实体屏蔽物外 50m。</p>				
2、保护目标				
<p>本项目的环境保护目标主要为医院职业工作人员、病人及其陪护人员等，具体环境保护目标见下表 7-1。</p>				
表 7-1 环境保护目标一览表				
环境保护对象		相对方位	距离	规模
职业工作人员	控制室操作人员	机房南侧控制室	≥4.5m	2 人
	介入手术人员	DSA 机房内	<1m	4 人
其他公众	病人、陪护人员、 医院工作人员	机房东侧 MRI 机房、南侧控制室、 走廊、西侧通道、上方检验科	≥3.5m	约 15 人
		西侧台胞医疗服务中心	≥28m	约 200 人
		南侧急诊科	≥30m	约 80 人
		南侧体检中心	≥48m	约 100 人
3、评价标准				
<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p>				
<p>第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。</p>				
<p>B1 剂量限值</p>				
<p>B1.1 职业照射</p>				
<p>B1.1.1 剂量限值</p>				
<p>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：</p>				

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；本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理限值。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

年有效剂量，1mSv；本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为管理限值。

(2) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）

5 X 射线设备机房防护设施的技术要求

5.1 X 射线设备机房（照射室）应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护和安全。

5.2 每台 X 射线机（不含移动式 and 携带式床旁摄影机与车载 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。对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-2 要求。

表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线机 ^b	20	3.5
b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。		
c 透视专用机指无诊断床、标称管电流小于 5mA 的 X 射线机。		

5.3 X 射线设备机房屏蔽防护应满足下表 7-3 要求：

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	有线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
介入 X 射线设备机房	2	2
a 按 GBZ/T180 的要求		

5.4 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，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 2.5μSv/h；测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

b) CT机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；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 ；测量时，测量仪器读出值应经仪器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。

5.5 机房应设有观察窗或摄影装置，其设置的位置便于观察到患者和受检者的状态。

5.6 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。

5.7 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同的门能有效联动。

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

5.9 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（见下表 7-4）基本种类要求的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助设施，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；防护用品和辅助设施的铅当量应不低于 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，防护用品和辅助设施的铅当量应不低于 0.5mmPb 。

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		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	——

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

本项目位于福建省福州市台江区茶中路 20 号福建医科大学附属第一医院外科综合楼一层 Pheno 手术室，项目地理位置见图 1-1。为掌握项目所在地的辐射环境质量现状，江西省核工业地质局测试研究中心于 2019 年 10 月 31 日对项目所在地进行了辐射环境现状监测。

2、监测内容与点位

本次监测主要针对其拟建工作场所及周边环境 X- γ 本底值。监测布点图如图 8-1、8-2 所示。

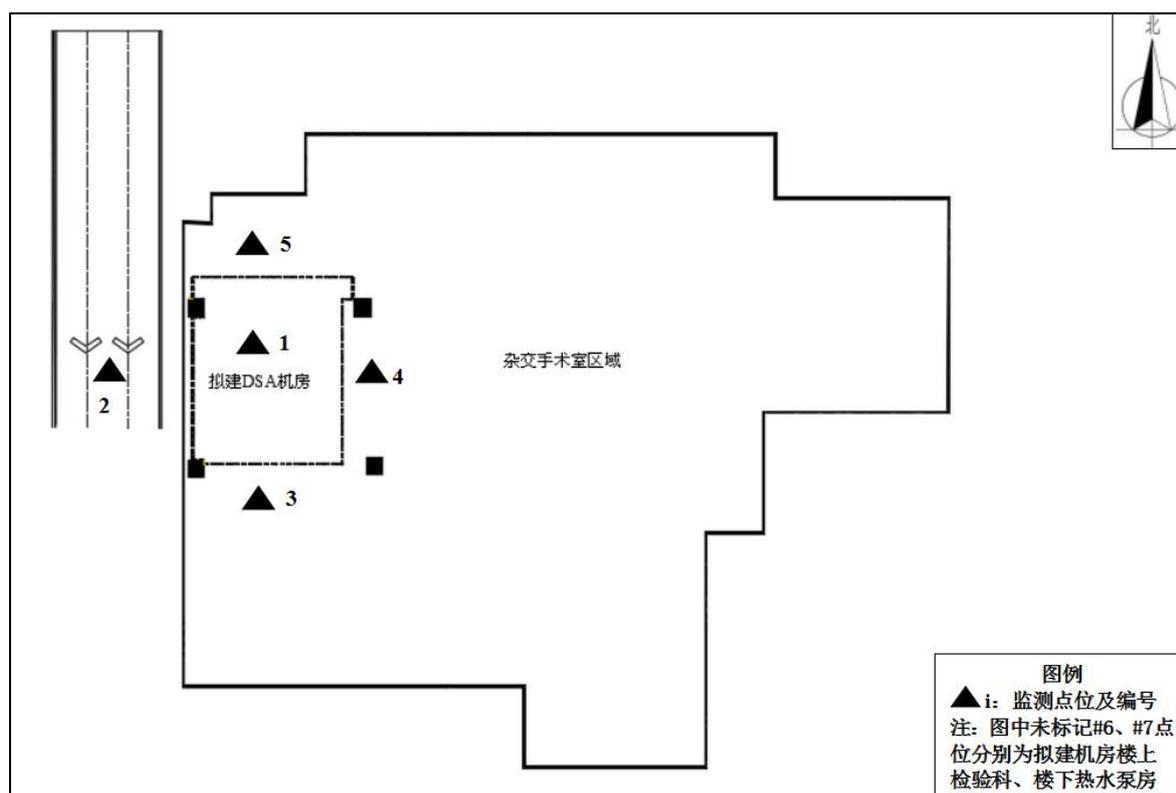


图 8-1 拟建 DSA 机房监测布点图



图 8-2 外科综合楼周边环境监测布点图

3、监测仪器与规范

电离辐射监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 监测仪器与监测规范表

仪器名称	辐射防护用 X、 γ 辐射剂量当量率仪
仪器型号	FH40G(主机)+FHZ672E-10 (探头)
生产厂家	Thermo Fisher Scientific Messtechnik GmbH
测量范围	10nSv/h~1Sv/h
能量范围	36keV~1.3MeV
探测器灵敏度	2.0 Imp/ μ Sv/h
监测规范	《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-1993)
监测单位	江西省核工业地质局测试研究中心 (证书编号: 161420180567)
监测时间	2019 年 10 月 31 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院
检定证书编号	2019H21-10-1789730002
有效日期	2019 年 4 月 12 日至 2020 年 4 月 11 日

4、质量保证措施

- a 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- b 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- c 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- e 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- f 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

二、辐射环境质量现状监测结果

评价单位于 2019 年 10 月 31 日对评价项目场址及周围的辐射环境现状进行监测，监测结果见表 8-2，测量布点见图 8-1、图 8-2，监测报告见附件 10。

表 8-2 机房周围环境环境 X-γ辐射剂量率检测数据

序号	监测点位描述	X-γ剂量率 (nSv/h)	
		范围值	平均值
1	拟建 DSA 机机房	**	**
2	拟建 DSA 机机房西侧通道	**	**
3	拟建 DSA 机机房南侧	**	**
4	拟建 DSA 机机房东侧	**	**
5	拟建 DSA 机机房北侧	**	**
6	拟建 DSA 机机房上方检验科	**	**
7	拟建 DSA 机机房下方热水泵房	**	**
8	外科综合楼东侧急诊科	**	**
9	外科综合楼南侧急诊科	**	**
10	外科综合楼西侧台胞医疗服务中心	**	**
11	外科综合楼北侧院内道路	**	**

注：以上数据均未扣除宇宙射线的贡献。

由表 8-2 可知，本项目 DSA 应用场所周边外环境的 X-γ辐射剂量率在 136~142nSv/h，即 136~142nGy/h[1nSv/h=1nGy/h]，室内环境 X-γ辐射剂量率在 171~185nSv/h 之间，即 171~185nGy/h，处于福建省室外、室内辐射环境本底范围值内（注：福建室外辐射环境本底范围值 39.4~399.1nGy/h，室内辐射环境本底范围值 70.9~351.7nGy/h，来源于《中国环境天然放射性水平》）。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

(一) 工作原理

DSA是利用X射线进行摄影或诊疗的设备，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，详见图9-1。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所突然阻挡从而产生X射线。

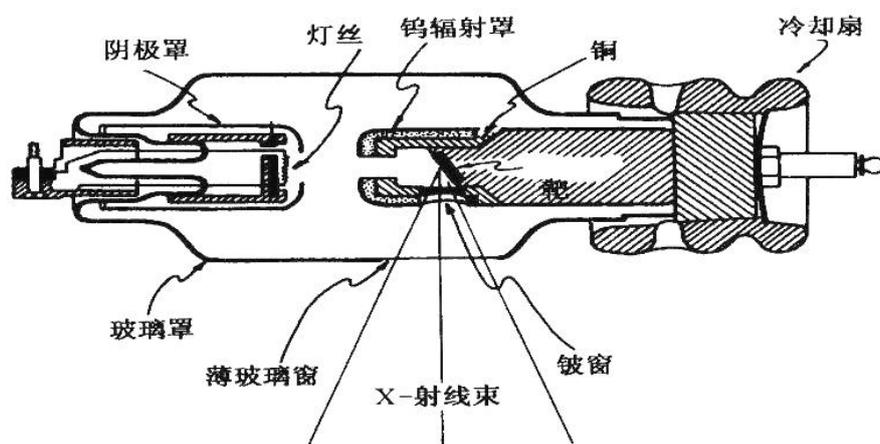


图 9-1 X 射线管结构及原理

数字平板减影血管造影机 (DSA) 是利用X射线技术和造影剂，清晰显示血管影像，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。主要用于心脏、脑血管、外周血管的造影诊断及介入治疗，是心血管造影诊断及介入治疗的专用血管造影机。

（二）设备组成

DSA机主要由机架、导管床、高压发生器、X线球管、影像增强器、电视摄像系统、影像数字处理系统、图像显示和外部数据存储等部分组成。

（三）操作流程

介入放射手术的工作流程如下：

①根据预约接诊患者，医护人员做好手术前洁净准备，并穿戴好防护用品；

②根据患者检查部位，选择合适的曝光条件进行影像采集；

③医生在透视条件下插入导管，注入造影剂进行检查或进行介入治疗；

④注入造影剂后需再次进行影像采集，影像采集或介入治疗完成后由工作人员协助患者离开检查室。



图 9-2 介入设备工作流程图

污染源项描述

本次项目数字平板减影血管造影机（DSA）属于 X 射线装置，为采用 X 射线进行放射诊断的设备，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。其主要放射性污染因子为 X 射线对公众及放射性工作人员的外照射。项目运行期没有放射性的废气、废水和固体废弃物产生。

（一）正常工况

①在采取隔室操作的情况下，并且在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，X 射线机房外的工作人员及公众受到的泄漏 X 射线的外照射。介入人员在介入室内进行出束操作时，受到 X 射线的外照射影响。

②对于使用 DSA 装置的介入手术项目，手术室内进行手术操作的医生和其他医务人员，则会受到一定程度的 X 射线外照射。

③X射线与空气作用产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，但由于该项目血管造影仪工作时的管电压、管电流较小，因此产生的臭氧和氮氧化物也较少。

（二）事故工况

①当警示灯、门灯联锁损坏时，公众、辐射工作人员、检查管理人员或检修维护人员在 DSA 开机状态下误入介入手术室。DSA 运作异常造成辐照室外剂量超标，造成人员在不知情的情况下在辐照室周围活动，致使人员所受剂量超标。

②DSA 在不停机、铅玻璃老化和铅门破损未及时维修情况下，给周围活动人员及辐射工作人员造成额外的照射。

③因违章操作，人员未全部撤离机房，DSA 运行给公众、辐射工作人员造成额外的照射。

本次评价项目中使用的 DSA 为数字化显影设备，不会产生废显影水、定影水，因此不存在污水污染的问题。

表 10 辐射安全与防护

一、项目安全设施

1、选址合理性分析

福建医科大学附属第一医院位于福州市台江区茶中路20号，本项目拟建设地点为外科综合楼一层Pheno手术室，DSA机房实体屏蔽外50m范围内均为医院用地。福建医科大学附属第一医院规划、设计时充分考虑了项目特点和本项目对周围环境可能存在的影
响，使职业人员集中作业，便于对射线装置集中管理，有利于辐射防护和环境保护以及各组成部分功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰，项目选址合理。工作场所平面布置图见图10-1。

2、控制区和监督区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的规定，为了便于辐射防护管理和职业照射控制，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，将辐射工作场所分为控制区和监督区。其中 DSA 机房划为控制区，控制室和防护门外等相邻区域划为监督区，实行分区管理，避免人员误闯入或误照。本项目 DSA 机房及周边用房的分区情况见图 10-1。

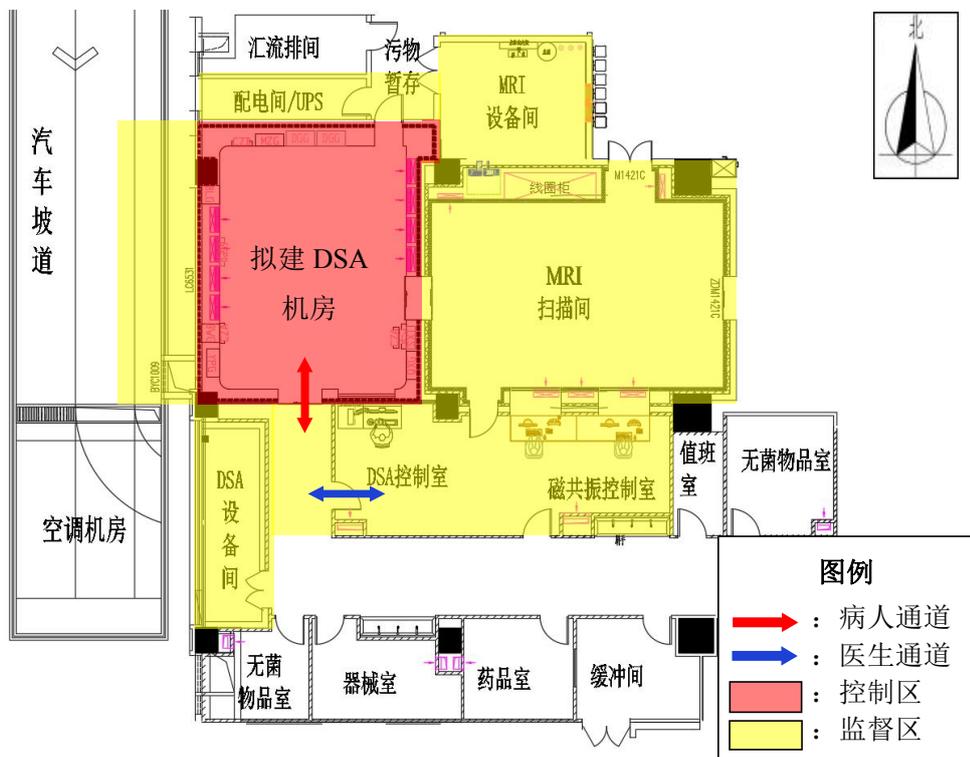


图10-1 机房平面布置及分区及病人、工作人员路线示意图

3、辐射安全和防护分析

本次项目 DSA 机房采取了符合标准的防护措施，机房充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护和安全。拟采取的防护措施情况见下表 10-1。

表 10-1 X 射线装置机房防护措施情况一览表

项目		辐射防护情况
Artis Pheno	四周墙体	东、北墙：20cm 混凝土+4mm 铅板（约 6.5mmPb）；西、南墙：方钢龙骨隔墙+4mm 铅板（约 4mmPb）
	顶棚	10cm 混凝土+4mm 铅板（约 5mmPb）
	底板	30cm 水泥砂浆+3cm 硫酸钡防护涂料（约 3mmPb）
	防护门、观察窗	防护门内衬 4mm 铅板，观察窗为 4mm 铅当量铅玻璃
	机房大小	机房面积为 45.7m ² （7.75m×5.9m）
标志、警示灯		防护门上均安装醒目的电离辐射标志和工作指示灯。
防护措施		配备辐射剂量巡测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪、铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜等。

4、工作场所辐射安全和防护措施分析

为保障 DSA 的安全运行，避免在开机期间人员误留或误入机房内而发生误照射事故，以及对工作人员和病人的辐射防护，本项目 DSA 机房设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

（1）DSA 检查室病人入口防护门上方设置工作状态指示灯，入口显著位置粘贴电离辐射警告标志。工作状态指示灯和与防护门联动，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。

（2）DSA 机房及控制室内各设置 1 个急停开关按钮，在出现紧急情况下，按下急停按钮，可以切断设备电源，X 射线停止出束。

（3）DSA 机房内设置对讲装置，方便工作人员实时关注机房内情况并与病人交流。

（4）DSA 机房设置观察窗，在控制室内可以观察到介入手术室内的情况，当发生意外情况（有人误入或滞留）时，控制室内操作人员可以及时发现并采取应急措施。

(5) 医院拟配备防护铅衣、防护铅围脖、铅帽等个人防护用品，临床介入手术时采用铅玻璃板等必要的屏蔽防护措施，医院拟购置的各类防护用品均有 0.5mm 实际铅当量，能够有效降低介入手术工作人员的吸收剂量。

(6) 介入手术时，曝光条件电压、电流、照射野面积以及脉冲透视频率均与介入手术医生的受照剂量相关。医院引入的 DSA 及配套设备符合国家的相关标准，设备使用时应调节到满足低剂量的有效范围内，在提高图像质量的同时也可减小不必要的照射。

(7) 操作中减少透视时间和减少拍片的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入手术工作人员在操作时应尽量远离检查床。同时，加强辐射工作人员的培训，参与介入手术的工作人员应该技术熟练，以减少介入手术工作人员的剂量。

(8) 医院将为所有辐射工作人员配备个人剂量计并定期送检，同时建立个人剂量档案；定期安排人员参加职业健康体检，并建立个人职业健康监护档案。

(9) DSA 机房在对病人病灶进行照射时，将对病人病灶以外的部位用铅橡胶布或其他防护用品进行遮盖，避免病人受到不必要的辐射照射。

5、辐射防护措施符合性分析

为分析 DSA 机房的辐射防护性能，根据医院提供的的设计资料，将拟建 DSA 机房的主要技术参数列表分析，并与《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130—2013）中对各射线装置机房的防护设施的技术要求对照，具体见表 10-2。

表 10-2 医院 X 射线装置辐射防护措施符合性分析表

设备名称	《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）要求	本项目方案	符合情况
DSA	单管头 X 射线机：机房内最小有效使用面积 20m ² ，机房内最小单边长度 3.5m。	本项目 DSA 机房面积为 45.7m ² （7.75m×5.9m）。	符合
	X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求： 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。	由表 10-1 可知，拟建 DSA 机房东、北测墙体为 20cm 混凝土+4mm 铅板（约 6.5mmPb）；西、南墙为方钢龙骨隔墙+4mm 铅板（约 4mmPb）	符合

		顶棚为 10cm 混凝土+4mm 铅板（约 5mmPb）、底板均为 12cm 混凝土+3cm 防护涂料（约 4.0mmPb）；防护门为 4mm 铅板，观察窗为约为 4mm 铅当量铅玻璃。	
	在距机房屏蔽体外表面0.3m处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：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2.5μSv/h。	根据表11-5和表11-9的理论计算和类比分析结果表明，医院X射线装置在正常使用条件下，机房周边各点X-γ剂量率最高值为0.48uSv/h。	符合
	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，保持良好的通风。	X射线装置机房有用线束未直接照射门、窗和管线口位置，机房内设有通风装置。	符合
	机房门外应有电离辐射标志、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同的门能有效联动。	X射线装置机房门外拟设置电离辐射警告标志和工作指示灯；设置门机联动装置。	符合
防护用品	患者和受检者：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子；或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。	配备铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜等。	符合

二、三废的治理

本次评价的DSA属于利用X射线进行介入诊疗和摄影诊断的医用设备，只有在设备开机的状态下才产生X射线，项目无放射性废气、废水和固体废弃物产生。

1、废气

DSA运行时产生的少量氮氧化物和臭氧，通过机房内设置的中央空调和通风系统进行机械通风换气，工作时均开启，防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积，故产生的少量氮氧化物和臭氧对周围环境空气质量和辐射工作人员影响极小。

2、危险废物

DSA达到设备使用年限或阴极射线管损坏进行更换时，产生的废旧阴极射线管属于危险废物（代码：900-044-49），应委托有资质单位处置。拆除X射线管的DSA在任何

情况下均不会再产生X射线，医院可按照一般设备报废的相关规定进行处置。

本项目DSA为数字化显影设备，故无废显影液、废胶片产生。

表 11 环境影响分析

11.1、建设阶段对环境的影响

本项目 DSA 机房利用外科综合楼复合手术室预留区域进行建设，外科综合楼建设项目已于 2005 年编制了环境影响报告表，并于 2005 年 2 月 3 日取得了原福建省环境保护局的批复。本项目需对预留区域进行用房分隔及加装铅板、铅防护门、铅玻璃窗等辐射防护措施改造，以满足机房屏蔽防护铅当量要求。施工期约为 3 个月，施工涉及的区域面积较小，施工期间以施工机械噪声、装修和设备安装噪声为主，同时伴有少量粉尘和固体废物产生。

(1) 施工噪声环境影响分析

机房装修电钻作业、设备安装等施工时产生间歇性噪声和振动，最大噪声级可达 85dB，对楼内邻近科室有影响。

为了降低施工噪声对周围环境的影响，施工时应文明施工，合理安排施工时间，午间和夜间休息时间禁止施工；同时应选择噪声级尽可能低的施工机械进行施工，对施工机械采取消声降噪措施，施工场所应采取消声减震措施，避免对邻近科室产生影响。

(2) 施工期扬尘影响分析

本项目用房均位于医院外科综合楼楼内，施工过程中会产生少量的扬尘，其施工扬尘影响局限在建筑物内，通过洒水、围挡等相关措施，对外环境扬尘影响较小。

(3) 施工期废水影响分析

项目施工期间，砌墙等工序将产生少量含有泥浆的施工废水，施工废水进行沉淀处理后用于施工区域洒水降尘，不外排，故对项目区域周边水环境无影响。

本项目用房施工期施工人员约 5 人，根据给水排水设计规范，按每人每天用水 80L 计算，则施工期总用水量约为 36t (0.4t/d)，污水排放量按用水量的 90% 计算，则生活污水总排放量约 32.4t。项目施工生活污水主要是依托外科综合楼内现有设施（卫生间），通过下水管道排入医院污水处理设施处理达标后排放，对周围环境影响较小。

(4) 施工期固体废物影响分析

项目施工期间固废主要为施工人员生活垃圾、少量建筑垃圾及施工废物料。施工期间，施工人员按5人计，生活垃圾量按0.5kg/人·d计算，则施工期内每天产生生活垃圾约2.5kg/d。生活垃圾经楼内现有垃圾箱收集后交由环卫部门清运。

机房装修及设备安装过程将产生少量建筑垃圾及包装箱、防震泡沫、少量防护涂料等施工废物料。建筑垃圾定点收集后由施工方统一运输至政府部门指定建筑垃圾储运消纳场。对废纸箱等可回收利用的施工废物料应予以回收综合利用，不可回收利用的收集后交由环卫部门清运。

因本项目施工期短，施工范围小，通过控制作业时间、加强施工现场的管理等手段，对周围环境影响较小，且该影响是暂时的，随着施工期的结束而消除。

11.2、运行阶段对环境的影响

11.2.1、环境影响

本项目DSA运行期对环境的影响主要是射线装置在医用诊疗时产生的X射线对公众及职业工作人员的外照射，项目运行没有放射性废水、废气和固体废弃物产生。

11.2.2、射线对环境附加剂量的影响分析

为分析拟建DSA项目的辐射环境影响，根据医院提供的相关参数及设计方案，对射线装置运行后辐射环境影响进行理论计算和类比分析。

一、理论计算

为分析拟建DSA项目的辐射环境影响，根据医院提供的相关参数及设计方案，对射线装置运行后辐射环境影响进行理论计算。本项目血管造影机主束朝上照向患者，机房四周各关注点仅考虑漏射和散射影响。

①泄露辐射剂量率

根据《医用血管造影X射线机专用技术条件》（YYT 0740-2009）的要求，在管电压和管电流的任意组合下，入射皮肤表面的空气比释动能率不超过100mGy/min。根据《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130—2013）中的规定，介入放射学用X射线设

备应配备能阻止使用焦皮距小于20cm的装置，由此可知，最小焦皮距SID为20cm。

主射线在关注点处造成的辐射剂量当量公式如下：

$$\dot{H}_0 = \frac{\dot{H}_x \cdot r_1^2}{r_2^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-1)}$$

式中： \dot{H}_0 —距出束点1m处的剂量率水平，mGy/h；

\dot{H}_x —机头0.2m处的剂量率水平，100mGy/min=6000mGy/h；

r_1 —0.2m；

r_2 —机头至计算点的距离，1m；

经计算可得出距离出束点1m处的主束辐射剂量率 \dot{H}_0 为240mGy/h。

泄漏辐射剂量率计算公式参考李德平、潘自强主编《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》（[M]北京：原子能出版社，1987）中给出的公式计算。

$$\dot{H}_L = \frac{\dot{H}_0 \cdot B \cdot f}{d^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-2)}$$

式中： \dot{H}_L —关注点漏射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

f —设备射线泄露率，取0.1%；

\dot{H}_0 —距焦点1m处的剂量率，取240mGy/h；

d —关注点至靶点的距离；

B —透射因子，按照GBZ130-2013附录D计算，见式（11-3）

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \dots\dots\dots \text{式 (11-3)}$$

式中： B —透射因子；

X —铅屏蔽厚度；

α 、 β 、 γ —铅对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数。

根据公式（11-1）、（11-2）各关注点处泄漏辐射剂量率计算结果见表11-1。

表11-1 关注点处泄漏辐射剂量率计算结果

关注点	X（铅屏蔽厚度）	d（m）	α	β	γ	\dot{H}_L （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	
介入操作位	2.0mmPb	*				7.75×10^{-1}	
东墙外30cm	6.5mmPb	*				5.18×10^{-7}	
东侧防护门外 30cm	4.0mmPb	*				1.35×10^{-4}	
南墙外30cm	4.0mmPb	*				8.77×10^{-5}	
南侧控制室操 作位	4.0mmPb	*				8.77×10^{-5}	
南侧防护门外 30cm	4.0mmPb	*				* * *	8.77×10^{-5}
西墙外30cm	4.0mmPb	*				1.35×10^{-4}	
北墙外30cm	6.5mmPb	*				3.38×10^{-7}	
北侧防护门外 30cm	4.0mmPb	*				8.77×10^{-5}	
上方检验科	5.0mmPb	*				1.08×10^{-5}	
下方热水泵房	3.0mmPb	*	1.19×10^{-3}				

②散射辐射剂量率

对于病人体表的散射X射线可以用反照率法估计。散射剂量率计算如下（采用李德平、潘自强主编《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》（[M]北京：原子能出版社，1987）：

$$\dot{H}_s = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha \cdot S}{d_0^2 \cdot d_s^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{式 (11-4)}$$

式中： \dot{H}_s —散射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

α —受照射物体对入射X射线的散射比， $\alpha=a/400$ 其中a是相对于 400cm^2 散射面积的受照物体对入射X射线的散射比，保守取0.0015（ 90° ）散射角；

S—散射面积， cm^2 ；此处取 225cm^2 ；

d_0 —X射线机与受照体的距离，m；此处取0.5m；

d_s —受照体与关注点的距离，m。

可计算得各关注点处散射剂量率，计算结果见表11-2：

表11-2 关注点处散射辐射剂量率计算结果

关注点	X (铅屏蔽厚度)	d_0 (m)	d_s (m)	α	β	γ	\dot{H}_s ($\mu\text{Sv/h}$)
介入操作位	2.0mmPb	*	*	*	*	*	4.89
东墙外30cm	6.5mmPb	*	*				3.38×10^{-6}
东侧防护门外 30cm	4.0mmPb	*	*				8.99×10^{-4}
南墙外30cm	4.0mmPb	*	*				5.86×10^{-4}
南侧控制室操 作位	4.0mmPb	*	*				5.86×10^{-4}
南侧防护门外 30cm	4.0mmPb	*	*				5.86×10^{-4}
西墙外30cm	4.0mmPb	*	*				8.99×10^{-4}
北墙外30cm	6.5mmPb	*	*				2.20×10^{-6}
北侧防护门外 30cm	4.0mmPb	*	*				5.86×10^{-4}
上方检验科	5.0mmPb	*	*				7.14×10^{-5}
下方热水泵房	3.0mmPb	*	*				7.92×10^{-3}

③各关注点总剂量率

各关注点总剂量率为漏射剂量率和散射剂量率之和，结果见表11-3：

表11-3 各关注点总剂量率

关注点	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_s ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
介入操作位	7.75×10^{-1}	4.89	5.67
东墙外30cm	5.18×10^{-7}	3.38×10^{-6}	3.90×10^{-6}
东侧防护门外30cm	1.35×10^{-4}	8.99×10^{-4}	1.03×10^{-3}
南墙外30cm	8.77×10^{-5}	5.86×10^{-4}	6.74×10^{-4}
南侧控制室操作位	8.77×10^{-5}	5.86×10^{-4}	6.74×10^{-4}
南侧防护门外30cm	8.77×10^{-5}	5.86×10^{-4}	6.74×10^{-4}
西墙外30cm	1.35×10^{-4}	8.99×10^{-4}	1.03×10^{-3}
北墙外30cm	3.38×10^{-7}	2.20×10^{-6}	2.54×10^{-6}

北侧防护门外30cm	8.77×10^{-5}	5.86×10^{-4}	6.74×10^{-4}
上方检验科	1.08×10^{-5}	7.14×10^{-5}	8.21×10^{-5}
下方热水泵房	1.19×10^{-3}	7.92×10^{-3}	9.12×10^{-3}

由表11-3可知，本项目血管造影机在最大工况运行情况下，机房四周各关注点剂量率在 $(2.54 \times 10^{-6} \sim 9.12 \times 10^{-3}) \mu\text{Sv/h}$ 之间，机房介入手术医生操作位处剂量率为 $5.67 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）中规定的屏蔽体外表面30cm处剂量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 和透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 $400 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。可知项目设备运行对拟建DSA机房四周及周边外环境敏感目标公众的影响较小。

④附加年有效剂量当量计算公式如下：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{式 (11-5)}$$

式中：H—关注点处的年附加有效剂量，mSv；

t—年工作时间，h；

T—居留因子。

根据医院提供资料，拟建DSA年工作负荷情况见下表11-4。

表11-4 设备工作负荷

设备	年最大手术(台)	每台手术最大透视时间(min)	每台手术最大减影时间(min)	年最大透视时间(min)	年最大减影时间(min)	时间合计(min)
Artis Pheno	*	*	*	*	*	49500

按照公式（11-5）计算工作人员或公众在各关注点的年附加有效剂量，结果见表11-5。

表11-5 各关注点年附加有效剂量

关注点	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	t (h)	T	H (mSv/a)
介入操作位	5.67	*	*	4.67
东墙外30cm	3.90×10^{-6}		*	8.04×10^{-7}
东侧防护门外30cm	1.03×10^{-3}		*	2.13×10^{-4}

南墙外30cm	6.74×10^{-4}		*	1.39×10^{-4}
南侧控制室操作位	6.74×10^{-4}		*	5.56×10^{-4}
南侧防护门外30cm	6.74×10^{-4}		*	1.39×10^{-4}
西墙外30cm	1.03×10^{-3}		*	2.13×10^{-4}
北墙外30cm	2.54×10^{-6}		*	5.24×10^{-7}
北侧防护门外30cm	6.74×10^{-4}		*	1.39×10^{-4}
上方检验科	8.21×10^{-5}		*	6.78×10^{-5}
下方热水泵房	9.12×10^{-3}		*	4.70×10^{-4}

根据上述计算结果，本项目拟建 DSA 机房周围的剂量当量率最高值为 $9.12 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中的有关规定。医院血管造影机运行后，手术人员年附加有效剂量为 4.67mSv/a ，控制室中工作人员年附加有效剂量为 $5.56 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，公众年附加有效剂量最大为 $4.70 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，职业人员和公众人员受到的年有效剂量分别满足《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，也低于本报告提出的管理限值（职业人员 5mSv/a ，公众人员 0.25mSv/a ）。

二、类比分析

类比分析采用已批复的《福建省第二人民医院 1 台 DSA 和 20 台 III 类射线装置项目环境影响报告表》（批复文号“闽环辐评〔2016〕21 号”）中的有关监测数据（福建省环境辐射监督站，闽环辐〔2016〕监 030 号）。福建省第二人民医院 Allura Xper FD20 型 DSA 环评时已建成并运行，报告表中监测数据为实测结果，类比监测结果选段见附件 11。

① 类比可行性分析

本次拟建的 DSA 与类比项目设备工况、防护措施及机房周边环境对比一览表见表 11-6、表 11-7、表 11-8。

表 11-6 DSA 工况对比条件一览表

项目	设备型号	最大管电压、 最大管电流	实际 工作电压	实际 工作电流	单个病人诊疗 最大出束时间	年诊断 病人数
本 项目	Artis Pheno	125kV 1000mA	≤120kV	≤800mA	30min	1500人
类比 项目	Allura Xper FD20	125kV 1000mA	≤120kV	≤800mA	30min	3000人

表 11-7 DSA 防护措施对比条件一览表

项目	设备 型号	管电压、 管电流	屏蔽墙	顶棚/底板	防护门 铅当量	观察窗 铅当量
本 项目	Artis Pheno	125kV 1000mA	东、北墙：20cm 混凝土+4mm铅板 (约6.5mmPb)； 西、南墙： 方钢龙骨隔墙 +4mm铅板 (约4mmPb)	顶棚：10cm混凝土 +4mm铅板（约 5mmPb）；底板： 30cm水泥砂浆 +3cm硫酸钡防护 涂料（约3mmPb）	4mmPb	4mmPb
类比 项目	Allura Xper FD20	125kV 1000mA	5cm 酚醛板 +3cm 防护涂料 (3mm 铅当量)	12cm 砼+彩钢板 +2.5cm 防护铅板 (约3mm Pb)	3mmPb	15mm铅玻璃 (3mmPb)

表 11-8 机房周边环境对比表

项目	设备型号	射线朝向	机房上方	机房下方	机房周边情况	
本 项目	Artis Pheno	向上	检验科	热水 泵房	东侧	MRI机房、MRI设备间
					南侧	控制室、走廊、设备间
					西侧	汽车坡道
					北侧	配电间、污物暂存间
类比 项目	Allura Xper FD20	向下	杂物间	无负 一层	东侧	控制室、病人通道
					南侧	通道
					西侧	污物间、通道
					北侧	病房

由表 11-6 可知，本项目 DSA 最大管电压、最大管电流类比项目相同，实际运行电压、电流也与类比项目相近。由表 11-7 可知，本项目各屏蔽措施均优于或等同于类比项目。由表 11-8 可知，类比项目设备射线朝下，本项目设备射线朝上，虽然射线朝向不同，但本项目机房顶棚防护措施铅当量为 4mm，满足有用线束方向防护铅当量的要

求，且本次评价的项目机房周围环境与类比项目相似，综上所述，类比条件充分。

②类比监测结果

根据《福建省第二人民医院 1 台 DSA 和 20 台 III 类射线装置项目环境影响报告表》，本项目类比监测结果见下表 11-9。

表 11-9 DSA 机房周围 X-γ 剂量率类比监测结果

序号	监测位置	辐射剂量率 (nSv/h)		附加辐射剂量率 (nSv/h)
		开机状态	关机状态	
1	操作位	127	128	/
2	医生防护门外 30cm	255	110	145
3	病人防护门外 30cm	286	125	161
4	西侧通道	148	137	11
5	南侧通道	145	138	7
6	西侧污物间	298	134	164
7	西侧无菌间	157	126	31
8	北侧 11 号病房楼 1F 走廊	480	134	346
9	北侧 11 号病房楼 2F209 病房	213	146	67

注：监测时工况为介入操作时常用最大值。

由表 11-9 类比监测结果可知，类比 DSA 在正常使用件下，机房周边各点 X-γ 剂量率监测结果在 127~480nSv/h 之间，符合《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）标准的相关要求。本项目 DSA 实际运行电压、电流与类比项目相近，且机房的屏蔽措施优于类比项目，故可预测本项目 DSA 正常运行后对周边环境影响较小。

③工作人员和公众年有效剂量评价

为确定本项目拟建 1 台 DSA 机房屏蔽防护的有效性及其项目运行过程中对操作人员和公众产生的附加辐射剂量，同时估算放射性工作对公众造成的辐射环境影响，对 DSA 运行过程中对辐射工作人员和公众进行附加辐射剂量估算评价。

DSA 操作人员的附加辐射剂量率为开机状态下控制室内监测数值中最高值与该点关机状态下的辐射剂量率之差。公众成员附加辐射剂量率为开机状态下机房周边监测数值中最高值与其关机时辐射剂量率之差，公众成员居留因子取 1/4。

$$H=D \times T \times 0.7 \times 10^{-6} \dots\dots\dots \text{式 (11-5)}$$

式中：H—辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

D—辐射剂量率，nSv/h；

T—一年工作时间，h；

0.7—剂量率与有效剂量之间的转换系数。

福建省第二人民医院为三级甲等综合性医院，介入手术量达3000例/年，类比项目职业人员为8人，年平均受照射时间为3000人×30min÷8=11250min。本项目拟建DSA介入手术人员年平均受照射时间的为1500人×30min÷4=11250min，与类比项目相同，且拟建机房屏蔽措施优于或等于类比项目，因此本项目介入手术人员年有效剂量类比福建省第二人民医院是合理的。

DSA 介入人员的年有效剂量由热释光剂量计得出。根据 2014 年 10 月 1 日至 2015 年 9 月 30 日连续一年个人剂量监测报告，福建省第二人民医院 DSA 手术医生中年受照有效剂量最大的放射工作人员为陈宇宇的 0.92mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB1887-2002）中年剂量约束值的要求。

则本项目工作人员和公众成员最大附加年有效剂量估算结果分别见表 11-10。

表 11-10 职业人员及公众人员最大附加年有效剂量估算表

设备名称	对象	最大辐射剂量率 (nSv/h)	辐射剂量率本底 (nSv/h)	附加辐射剂量率 (nSv/h)	年最大曝光 (工作) 时间(h)	最大附加年有效剂量(mSv/a)
Artis Pheno	操作人员	255	110	145	*	8.37×10 ⁻²
	介入人员	/	/	/	*	0.92
	公众	480	134	346	*	5.00×10 ⁻²

表 11-10 结果表明，DSA 正常运行时对工作人员职业照射的最大附加年有效剂量值为 0.92mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也低于职业照射剂量管理限值 5mSv/a 的要求；对公众照射的最大附加年有效剂量值为 5.00×10⁻²mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的标准，

也低于公众照射剂量管理限值 0.25mSv/a 的要求。

11.2.3、事故影响分析

本项目工作场所可能发生的辐射事故为：

①当警示灯、门灯联锁损坏时，公众、辐射工作人员、检查管理人员或检修维护人员在 DSA 开机状态下误入介入手术室。DSA 运作异常造成辐照室外剂量超标，造成人员在不知情的情况下在辐照室周围活动，致使人员所受剂量超标。

②DSA 在不停机、铅玻璃老化和铅门破损未及时维修情况下，给周围活动人员及辐射工作人员造成额外的照射。

③因违章操作，人员未全部撤离机房，DSA 运行给公众、辐射工作人员造成额外的照射。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及《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》（原国家环境保护总局环发 145 号文件）等相关规定，发生辐射事故时，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的事态应急方案，采取应急措施，并立即向当地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。针对 DSA 机房可能发生的辐射事故，本项目采取的预防措施如表 11-12。

表 11-12 本项目采取的预防措施

辐射工作场所	环境风险因子	可能发生的辐射事故	采取的风险防范措施
DSA	X射线	当警示灯、门灯联锁损坏时，辐射工作人员、检查管理人员或检修维护人员在 DSA 开机状态下误入介入手术室。DSA 运作异常造成辐照室外剂量超标，造成人员在不知情的情况下在辐照室周围活动，致使人员所受剂量超标。	为辐射工作人员配置个人剂量计、个人剂量报警仪、铅防护服及移动铅屏风等辐射防护用品。
			DSA 机房上设置了工作状态指示灯和警示标识，如果工作人员（非职业人员）或病人家属在防护门关闭后尚未撤离机房。可利用机房防护门内与控制室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，便于在急情况下使用。
		DSA 在不停机、铅玻璃老化和铅门破损未及时维修情况下，给周围活动人员及辐射工作人员造成额外的照射。	与当地生态环境部门密切配合，加强环境剂量和放射性的监督检测。 装置维修保养时，由专业检修人员进行操作，并在操作台处标识“维修中”，待检修完成后，将维修标识取走，医务人员方可进行治疗操作，可有效避免事故的发生。
		因违章操作，人员未全部撤离机房，DSA运行给公众、辐射工作人员造成额外的照射。	已制定辐射安全管理相关制度，辐射工作人员经培训后上岗，严格按照操作规程操作，杜绝因违章操作造成额外照射。

11.2.4、退役影响分析

DSA达到设备使用年限时，产生的废旧阴极射线管属于危险废物（代码：900-044-49），应委托有资质单位处置。拆除X射线管的DSA在任何情况下均不会再产生X射线，医院可按照一般设备报废的相关规定进行处置。DSA机X射线屏蔽材料含铅，必须按规定处置，不得随意弃置。

表 12 辐射安全管理

一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

福建医科大学附属第一医院根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部令第 3 号）的规定以及该院所使用放射源及射线装置的管理分类、数量，非密封源工作场所的分级所对应的分类管理要求，已成立了以谢良地为主任委员，程波为副主任委员，包括 21 名成员的辐射安全与环境保护管理委员会，委员会下设办公室，挂靠设备处，并对委员会及相关处室工作职责作出明确规定（见附件 5）。

二、辐射安全管理规章制度

1、医院辐射安全管理现状

福建医科大学附属第一医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关放射性法律、法规，配合各级生态环境部门监督和指导，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的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

①医院已建立《福建医科大学附属第一医院放射防护安全管理制度》、《福建医科大学附属第一医院放射诊疗设备个人防护用品配置使用及维护管理制度》、《福建医科大学附属第一医院放射诊疗设备维护维修管理制度》、《DSA 机操作制度》和《辐射事故（件）应急预案》等制度（详见附件 9），并严格按照规章制度执行。

②为加强对辐射安全和防护管理工作，医院成立了辐射安全与环境保护管理委员会，明确辐射防护责任，并加强了对射线装置的监督和管理。

③本项目拟安排 10 名辐射工作人员，部分从介入科现有人员抽调，其余为新增人员，医院已制订计划安排所有辐射工作人员参加辐射防护安全知识和法律法规教育。

④辐射工作期间，辐射工作人员佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，接受剂量监测，建立剂量健康档案并存档。

⑤医院放射性工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作指示灯。

2、此次环评项目

医院根据国家相关法律法规，并结合项目内容情况，制定并完善了《辐射事故（件）应急处理预案》制度（详见附件 9），能够保障医院射线装置的安全运行。

三、辐射监测

1、已有项目的辐射监测开展情况

①常规监测：每年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、观察窗和防护门等工作场所，并于每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交上一年度的评估报告。

②辐射工作人员佩戴个人剂量计上岗，并每季度送有资质单位监测，个人剂量监测报告见附件 7。

2、此次项目辐射监测计划

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）等的要求，医院针对此次核技术应用项目制定相应的辐射监测计划，包括：

①给新增辐射工作人员配备个人剂量计，并定期（每季度 1 次）送检。

②每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

③医院利用已有或配备新的 X-γ辐射监测仪器自行定期对医院各工作场所进行监测。

表 12-1 辐射监测计划

监测对象		监测方案	监测项目	监测频率
DSA	防护性能	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、观察窗、楼上、楼下等	X-γ辐射剂量率	每年 1 次
	安全连锁	实测并检查	安全	每次使用前
辐射工作人员		佩带个人辐射剂量计	年有效剂量	操作时，每季度送检 1 次
外环境		实测	X-γ辐射剂量率	每年 1 次
竣工环境保护验收监测		实测	X-γ辐射剂量率	本项目运行后

本项目建设单位制定的辐射监测计划辐射符合项目实际情况，包括了竣工环保验收

监测、定期委托监测、自行监测以及辐射工作人员个人剂量监测，内容全面，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（H/T61-2001）、《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）等的要求。

四、辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，医院根据可能发生的辐射事故的风险，成立了突发辐射事故应急领导小组负责本单位的放射事故应急管理工作。发生辐射事故时，单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防护措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门、公安部门和卫生部门报告。

医院运行至今，未发生放射性事故。但本项目运行后，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）医院应定期修改完善应急预案等相关规章制度。

五、建设项目竣工环境保护验收一览表

建设项目竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

表 12-2 辐射环境保护“三同时”验收清单

污染源或保护源	主要环保措施	验收标准
辐射防护措施	<p>射线装置产生的 X 射线均采用屏蔽墙及屏蔽门进行屏蔽。</p> <p>Artis Pheno 型 DSA: 机房东、北侧墙体为 24cm 混凝土+4mm 铅板 (6.5mmPb), 西、南侧墙体为方钢龙骨隔墙+4mm 铅板 (约 4mmPb), 顶棚为 10cm 混凝土+3cm 防护涂料 (4.0mmPb), 底板为 30cm 水泥砂浆+3cm 硫酸钡防护涂料 (约 3mmPb); 防护门为 4mm 铅板, 观察窗为 4mm 铅当量铅玻璃 (4mmPb)。</p>	<p>1、《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2002)</p> <p>2、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>3、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》</p>
	<p>机房门外设置安全指示灯及电离辐射警告标志并实行门灯联锁。在机房内设置通风管道, 安装动力通风装置。</p>	
	<p>配备个人剂量计 (所有辐射工作人员)、个人剂量报警仪、辐射剂量率仪、铅衣、铅帽、铅围脖等辐射监测仪器与防护用品。</p>	
	<p>项目辐射工作场所分监督区和控制区进行管理。</p>	
	<p>机房和控制室各设有一个紧急停机按钮, 并设置对讲系统。</p>	
管理措施	<p>工作人员佩戴个人剂量计并建立个人剂量档案。</p>	
	<p>制定相应的规章制度和应急预案, 规章制度应张贴在相关操作室。建立完善的射线装置台帐。</p>	
	<p>辐射工作人员参加生态环境部门或其认可的单位举办的电离辐射安全与防护培训, 并通过考核。</p>	
	<p>辐射工作人员每年均应参加健康体检。</p>	
	<p>委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境监测, 并于每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交上一年度的评估报告。</p>	
	<p>废旧 X 射线管等危险废物交由有资质单位处置。</p>	

表 13 结论与建议

1、结论

福建医科大学附属第一医院位于福建省福州市台江区茶中路 20 号，为给患者提供更好的医疗服务，本次拟在外科综合楼一层 Pheno 手术室新建 1 台数字平板减影血管造影机(DSA)。

(1) 辐射安全与防护分析结论

数字平板减影血管造影仪（DSA）的应用在我国是一门成熟的技术，它在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。本项目建设运行后，将为患者提供一个更优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时能在保障病人健康的同时为医院创造更大的经济效益。做好辐射管理工作和采取必要的防护措施后，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，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“实践正当性”的要求。

(2) 环境影响评价结论

由理论计算及类比分析结果可知，本项目正常运行时，对工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 4.67mSv/a，对公众照射的最大年有效剂量值为 5.00×10^{-2} mSv，均可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的要求，也可满足管理限值要求（职业人员 5mSv/a，公众人员 0.25mSv/a）。

(3) 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录》（2011年本，2018修订版），本项目属于“第十三条 医药”中“第六款、数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用”，为鼓励类，因此本项目的建设符合国家当前产业政策。

(4) 总结论

福建医科大学附属第一医院 1 台 DSA 机项目旨在改善患者就医环境，项目建设方案中已按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行设计，建设过程如能严格按照设计方

案进行施工，建筑施工质量能达到要求，并且完善本次评价对该项目提出的各项要求及措施，则本项目正常运行时，对周围环境的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射防护角度论证，该项目是可行的。

2、建议

(1) 对本评价提出的辐射管理和辐射防护措施，建设单位应尽快落实，严格按照设计方案进行施工，并设立施工监理，确保建筑施工质量达到防护要求。在项目建设同时，切实做到环保设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。

(2) 建设单位如需增加本报告表所涉及之外的放射性同位素、射线装置或对其使用功能进行调整，则应按要求向生态环境部门进行申报，并按污染控制目标采取相应的辐射防护措施。

(3) 本项目环评批复后，建设单位应及时向环保行政主管部门办理辐射安全许可证重新申领手续，项目运行后及时开展竣工环保验收工作。