

(3) 监测因子

监测因子：环境 γ 辐射剂量率。

8.3 监测方案及结果

(1) 监测方案

本次环境现状监测方案基本情况如下表。

表 8.3-1 本次环境现状监测基本情况一览表

监测单位	中辐评检测认证有限公司
监测报告编号	2025ZFP04010FH01
监测时间	2025年4月11日
监测依据	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)
主要监测仪器	便携式X、 γ 辐射周围剂量当量率仪6150 AD5/H+6150 AD-b/H 主机编号158202, 探头编号160260; 仪器编号ZFPYQ-B-2; 能量响应: 38keV~7MeV; 量程: 99.9 μ Sv/hr (量程上限), 1nSv/h (量程下限) 检定有效期: 2025.02.07~2026.02.06; 检定证书编号: 2025H21-20-5729703004
校准因子	0.91
监测方法	按照《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)要求进行。监测时仪器探头水平距离地面1米高度, 每组读10个数据, 读数间隔10秒。
监测期间周边机房工况	监测期间1号DSA手术室和2号手术室内设备均处于停机状态, 手术室周边无其他放射性工作场所。

(2) 质量保证措施

1) 在本项目周边评价范围内选取监测点位, 充分考虑点位的代表性, 以保证监测结果的科学性和可比性。

2) 监测方法依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)的相关规定, 采用即时测量方法进行。

3) 监测仪器每年定期经计量部门检定, 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) 严格按照实验室体系文件中的《质量手册》《程序文件》及《作业指导书》执行监测任务, 监测人员经考核合格后持证上岗。

6) 监测报告严格实行校对、校核、审定三级审核制度。

(3) 监测结果

监测报告见附件 2, 监测结果见表 8.3-2。

表 8.3-2 监测结果一览表

场所名称	编号	监测点位名称	监测结果 (单位: nGy/h)	
			监测结果	标准偏差
1号 DSA 手术室 (室内)	1&	DSA 手术室内部	74	2
	2&	北侧过道	74	2
	3&	西北侧防护门	74	2
	4&	西侧防护门	79	2
	5&	西侧控制室	77	2
	6&	南侧过道	76	2
	5#	东侧设备间 (共用)	73	2
	7&	上方留观室	75	2
3号 DSA 手术室 室内	1#	DSA 手术室内部	75	2
	2#	东侧实验室	75	2
	3#	南侧控制室	75	2
	4#	西南侧防护门门口	77	2
	5#	西侧设备间 (共用)	73	2
	6#	北侧过道	76	2
	7#	东北侧防护门门口	75	2
	8#	上方抢救室	75	2
周边环境 (室外)	9#	院内空旷处	70	2
	10#	政民路北侧临街商铺	68	2
	11#	政民路南侧临街商铺	70	2

注: (1) 按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021), 使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时, 空气比释动能与周围剂量当量转换系数取 1.20Sv/Gy;
(2) 表中监测结果已扣除仪器对宇宙射线的响应值。

8.4 环境现状调查结果分析

参考《上海市环境天然贯穿辐射水平调查》(杨鹤鸣等), 上海市参考建筑物室内本底范围值为 0.0534~0.1517 $\mu\text{Gy/h}$, 室外(水泥路)本底范围值为 0.0418~0.1046 $\mu\text{Gy/h}$; 表 8.3-2 的监测结果表明, 本项目建筑物室内环境 γ 辐射剂量率水平(0.073~0.079 $\mu\text{Gy/h}$) 和室外(水泥路)环境 γ 辐射剂量率水平(0.068~0.070 $\mu\text{Gy/h}$) 均处于上海市相应场所正常环境本底辐射水平范围内。

表 9 本项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工作原理

DSA（数字减影血管造影）手术的工作原理是通过数字图像处理技术，消除骨骼和软组织的影像，从而清晰显示血管结构。手术过程中，首先在注射造影剂前获取目标区域的 X 光图像（蒙片图像），然后在注射造影剂后获取同一区域的增强图像，最后通过数字减影技术将两者相减，去除无关组织，仅保留血管影像。这种方法具有高分辨率、实时成像和图像处理灵活的优势，广泛应用于血管疾病的诊断和介入治疗，如血管狭窄、动脉瘤等。

本项目搬迁的型号为 ARTIS pheno 的数字减影血管造影（DSA）X 射线机
现有肺部疾病临床诊疗中心 4 层现有 DSA 手术室现场照片如下：



图 9.1-1 本项目搬迁的数字减影血管造影（DSA）X 射线机手术室现场照片
（肺部疾病临床诊疗中心 4 层现有 DSA 手术室）

9.1.2 设备组成

本项目 DSA 设备主要由 X 射线发生器、平板探测器、高压注射器、计算机图像处理系统和显示器等组成。X 射线发生器用于发射 X 射线，平板探测器负责接收穿透人体后的 X 射线信号并将其转换为数字图像，高压注射器用于快速注入造影剂以增强血管显影效果，计算机图像处理系统则对采集的图像进

行减影处理，消除骨骼和软组织影像，最终在显示器上清晰呈现血管结构。

9.1.3 工作流程

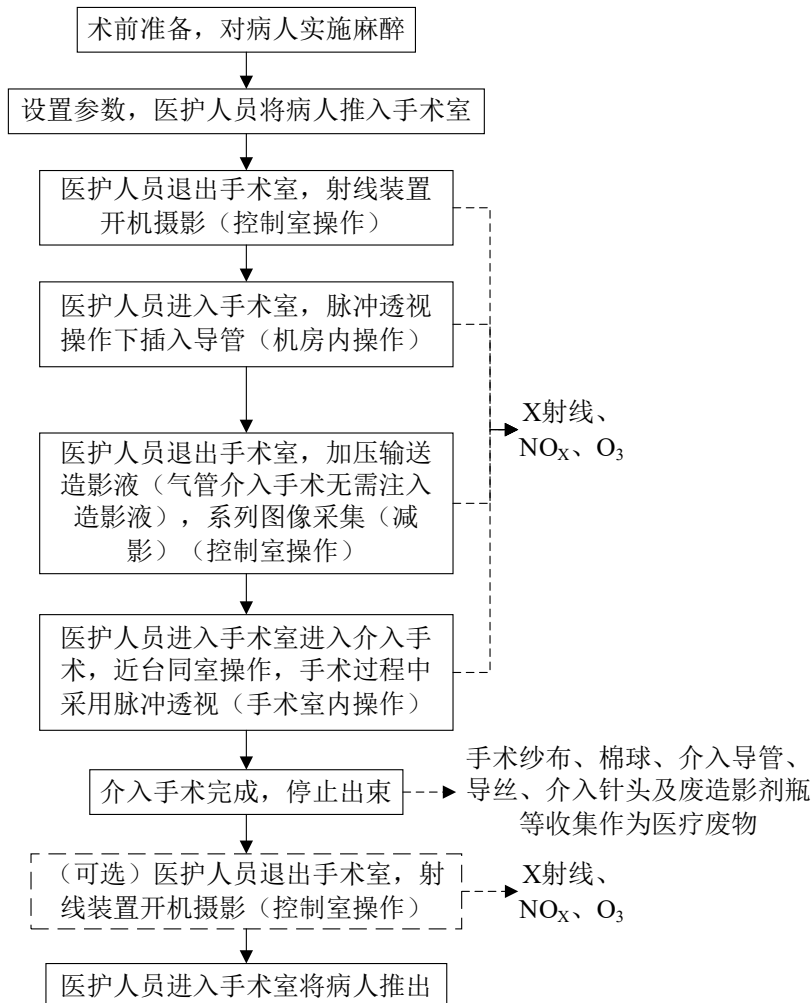


图 9.1-3 本项目数字减影血管造影 (DSA) X 射线机工作流程

工作流程说明:

1) 术前准备, 对病人实施麻醉: 根据不同手术及检查方案, 准备手术耗材, 由麻醉医生对患者实施麻醉。

2) 放射工作人员根据不同手术及检查方案, 设置射线装置的相关技术参数, 以及其他监护仪器的设定; 医护人员将麻醉后的患者推入手术室。

3) 开展介入手术: 医护人员退出手术室进入控制室对患者进行图像采集 (摄影); 医护人员进入手术室在射线装置脉冲透视工况下插入导管并注入造影液; 医护人员退出手术室进入控制室对患者进行图像采集 (摄影), 通过减影技术获取蒙片; 医护人员进入手术室在射线装置脉冲透视工况下开展介入手术操作。此过程中射线装置出束会产生 X 射线、NO_x、O₃。

射线装置在进行曝光时分两种情况：

第一种情况隔室操作（图像采集（摄影））：操作人员采取隔室操作的方式（即医生在手术室外的控制室对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗观察手术室内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

第二种情况同室操作（透视）：医生需要进行手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采取连续脉冲透视，此时操作医生在手术室内同室操作，位于铅屏风或铅帘后身着铅服、戴铅眼镜等防护用品在曝光室内对病人进行直接的手术操作。

4) 手术完成：完成介入手术后，停止射线装置出束。手术医生应及时书写手术记录，技师应及时处理图像。

5) （可选）术后检查：放射工作人员退出手术室进入控制室对患者进行图像采集（摄影）以检查介入手术效果。

9.1.4 射线装置的安装和检修

(1) 射线装置的安装

本项目 2 台 DSA 射线装置均为现有设备，由设备厂家专业人员完成射线装置的搬迁和调试工作。

(2) 射线装置的检修内容：

1、外观检验：检查设备的外观是否有损伤、缺陷，如裂纹、划伤等。对于 X 射线管，需要检查玻璃管壁、阴极接线、灯丝等部件是否完好无损。

2、功能检验：检查设备的各项功能是否正常，包括真空度检查等。通过高频脉冲法或冷高压法检测管内真空度，确保设备在高度真空状态下工作。

3、性能检验：进行性能试验，确保设备在规定的工作电压和电流下正常工作。

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况的放射污染分析

本项目 DSA 装置主要的放射污染是 X 射线，污染途径是 X 射线外照射。X 射线装置只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。在开机出束时，有用束和漏射、散射的 X 射线对周围环境造成辐射污染。在 X 射线装置使用过程中，X 射线贯穿手术室的屏蔽设施进入外环境中，将对操作人员及手术室周

围人员造成辐射影响。

本项目 DSA 手术室工作负荷见下表。

表 9.2-1 DSA 射线装置工作负荷

射线装置名称	工作管电压/管电流	单次手术平均出束时间		年手术台数/台	年最大出束时间	
		20min	30s×2		666.7h	33.33h
1号 DSA 机房 DSA 射线装置	90kV/100mA (透视) 100kV/500mA (摄影)	20min (透视)	30s×2 (摄影)	2000	666.7h (透视)	33.33h (摄影)
3号 DSA 机房 DSA 射线装置	90kV/100mA (透视) 100kV/500mA (摄影)	20min (透视)	30s×2 (摄影)	2000	666.7h (透视)	33.33h (摄影)

在介入手术过程中，机头有用线束直接照向患者，根据 NCRP147 号出版物《Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities》第 4.1.6 节：在血管造影术中将使用图像增强器，可阻挡主射线（有用线束），初级辐射的强度会大幅度地被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱，因此血管造影用 X 射线装置屏蔽估算时可不考虑主束照射。本项目 DSA 射线装置在有用线束出束方向设有平板探测器作为影像接收器，因此，本次屏蔽计算重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

(1) 泄漏辐射外照射源强

根据 NCRP147 号出版物中 4.1.7 小节内容：射线装置必须将 1m 处的泄漏辐射控制在 0.876mGy/h 以下。本项目保守考虑按 1mGy/h 进行计算，Sv/Gy 转换系数取值为 1，即摄影和透视工况下泄漏辐射量均为 1000μSv/h；

(2) 散射辐射外照射源强

本项目 DSA 装置距靶 1m 处对最大辐射剂量率见表 9.2-2。

表 9.2-2 本项目 DSA 装置离靶 1 米处最大辐射剂量率

设备	运行模式	运行管电压 (kV)	运行管电流 (mA)	离靶 1m 处空气比释动能率* (mGy/mAs)	转换系数 Sv/Gy	离靶 1m 处最大辐射剂量率 \dot{H}_0 (μSv/h)
DSA	透视	90	100	0.07	1.0	2.5E+07
	摄影	100	500	0.09	1.0	1.6E+08

注：*离靶1m处空气比释动能率来源于《Protection of the Patient Diagnostic Radiology》(ICRP Publication No.34)，如图9.2-1所示。其中设备总滤过参数符合GBZ130-2020第5.1.5条款的规定(≥2.5mmAl)，本次按照2.5mmAl总滤过进行估算。

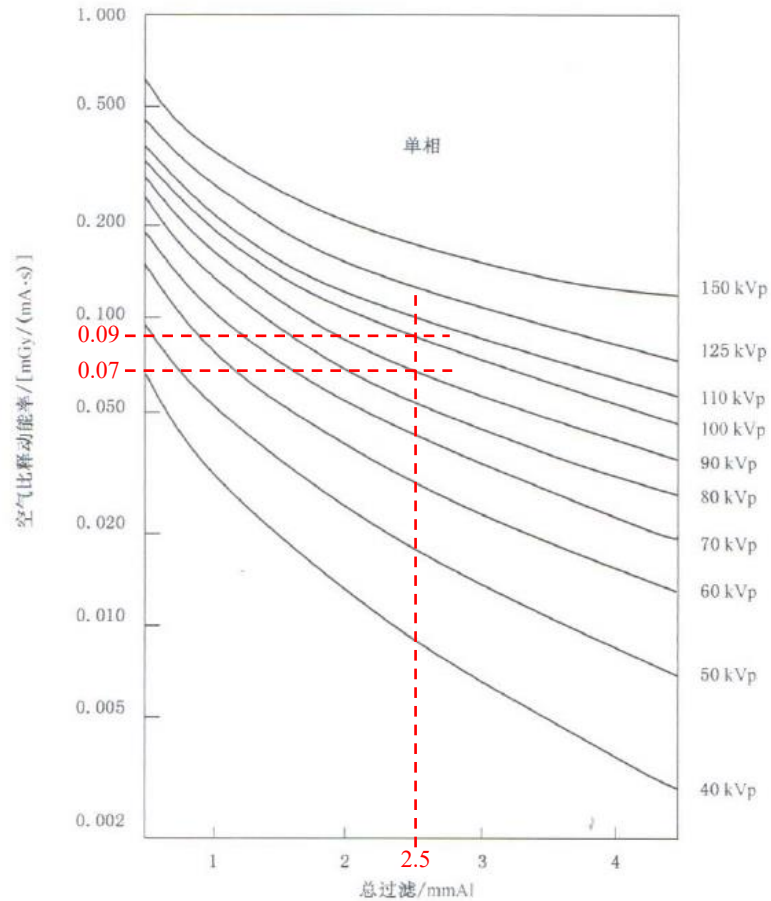


图 9.2-1 不管电压和滤过条件下离球管有效焦点 1m 处空气比释动能率的变化曲线

9.2.2 事故工况放射污染分析

1、门灯安全联锁系统失效，DSA 装置在手术室内有除负责介入手术作业的放射工作人员以外的其他人员停留或者手术室防护门未关闭的情况下启动出束；

2、放射工作人员对 DSA 装置进行误操作或 DSA 装置出现故障，导致出束剂量超过放射诊断要求；

3、DSA 装置所在手术室的局部屏蔽防护遭受损坏，导致射线泄漏，手术室外部辐射剂量率超标；

4、介入手术为近台同室操作，介入手术人员平时工作时不重视个人防护即可能受到超剂量照射。

9.2.3 “三废”产生情况

(1) 废气

DSA 手术室内射线装置运行不产生气态放射性物质。

DSA 装置产生的 X 射线与空气作用会产生微量的臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），由于本项目射线装置工作时的管电压、管电流较小，因此产生的臭氧及氮氧化物也较少，且本项目 2 间 DSA 手术室内设有通风系统将废气引至门诊综合楼排风系统，因而废气污染物对环境的影响很小，能满足手术室的通风换气要求。

（2）废水

DSA 手术室内射线装置运行不产生液态放射性物质。

本项目 DSA 手术室开展介入手术无废水产生；项目放射工作人员生活污水依托大楼管网送至肺科医院现有污水处理站，经污水处理站处理、消毒达标后，排入市政污水管网统一收集处理。

项目依托的现有污水处理站处理工艺为 A/O+消毒工艺，属于《排污许可证申请与核发技术规范 医疗机构》（HJ1105-2020）“附录 A 表 A.2 医疗机构排污单位污水治理可行技术参照表”中医疗污水的可行技术；现有污水处理站设计处理能力为 1150m³/d，目前处理量约为 1000m³/d，故项目废水依托现有污水处理站处理可行。

（3）固体废物

DSA 手术室内射线装置运行不产生放射性固废。

项目放射工作人员产生的生活垃圾，委托市容环卫部门清运；介入放射学手术装置运行过程中不涉及显影液、定影液的使用，不产生废显影液、定影液，产生的医疗废物主要为手术纱布、棉球、介入导管、导丝、介入针头及废造影剂瓶等，属危险废物，平均每次手术固废产生量为 1kg，则项目医疗废物产生量约 4000kg/a（1 号和 3 号 DSA 手术室年预计总手术量为 4000 台/年），经收集后放置于肺科医院西侧医废暂存间，委托有资质单位处置。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局

本项目拟于门诊综合楼地下 1 层设置 2 间 DSA 手术室。1 号 DSA 手术室东侧为设备间，南侧为过道，西侧为控制室，北侧为过道，上方为配药房、留观室，下方为土层；3 号 DSA 手术室东侧为库房和过道，南侧为控制室，西侧为设备间，北侧为过道，上方为抢救室和走廊，下方为土层。手术室相邻区域均无大量公众驻留，有用线束不直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。本项目 DSA 手术室的布局设置较为合理。

手术室周围布局情况见表 10.1-1。

表 10.1-1 DSA 手术室周围布局情况

设备名称	位置	方位	布局	有效使用面积 m ²		最小单边长度 m	
				本项目	标准要求	本项目	标准要求
数字减影血管造影 (DSA) X 射线机	门诊综合楼地下 1 层 1 号 DSA 手术室	东侧	设备间	66.5	20	7.0	3.5
		西侧	控制室				
		南侧	过道				
		北侧	过道				
		楼上	配药房、留观室				
		楼下	土层				
数字减影血管造影 (DSA) X 射线机	门诊综合楼地下 1 层 3 号 DSA 手术室	东侧	库房、过道	55.9	20	6.6	3.5
		西侧	设备间				
		南侧	控制室				
		北侧	过道				
		楼上	抢救室、走廊				
		楼下	土层				

由表 10.1-1 可知，本项目 DSA 手术室最小单边长度和有效使用面积均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 6.1.5 条款表 2 中相关要求。

10.1.2 分区管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制，其分区划分原则如下：

①控制区：把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围；

②监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关规定，划分为控制区、监督区。控制区和监督区以外区域对人员活动不限制。

根据上述划分原则，对本项目辐射工作场所进行辐射分区：

控制区：开展诊疗作业期间的1号 DSA 手术室和3号 DSA 手术室划为控制区，当 DSA 手术室开展介入放射学手术作业时，手术室内仅允许相关病人及开展手术操作的医护人员停留；

监督区：1号 DSA 控制室、3号 DSA 控制室、设备间及1号 DSA 手术室和3号 DSA 手术室出入口防护门外1m划分为监督区，开展诊疗作业期间，仅允许放射工作人员进入。

1号 DSA 手术室与西侧现有2号 DSA 手术室共用1间控制间，由于本项目建成后1号、2号和3号 DSA 手术室由18名放射工作人员共同负责，故可将1号 DSA 控制室划分为监督区。3号 DSA 控制室西侧敞开无墙体，拟在3号 DSA 手术室南防护门外附近地面粘贴警示线标识划定监督区。

具体控制区及监督区区域见图 10.1-1。

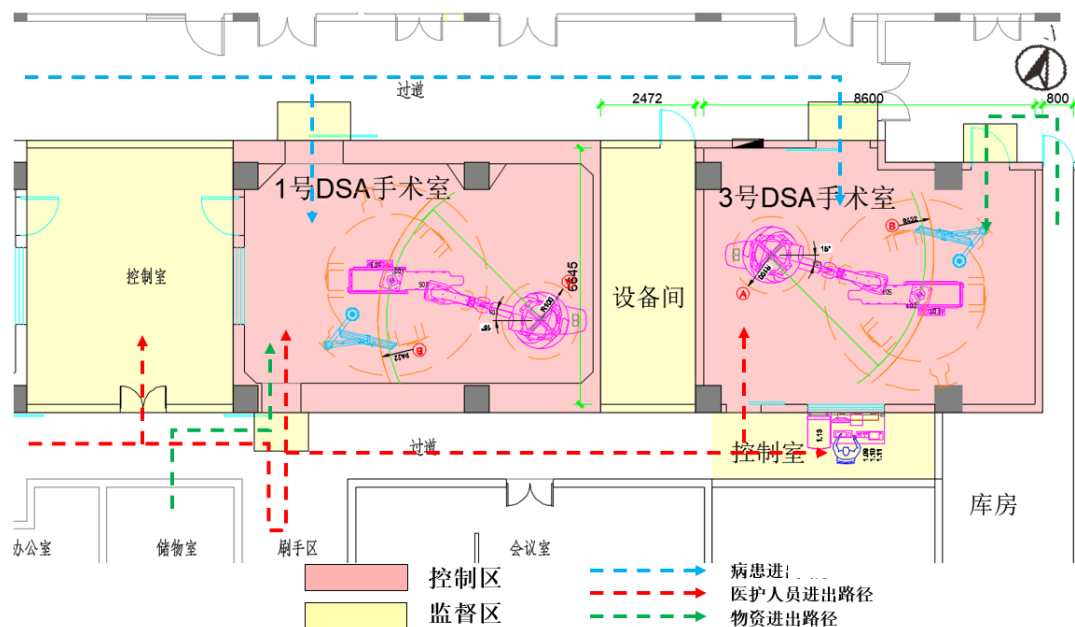


图 10.1-1 本项目 DSA 手术室两区划分图

10.1.3 辐射防护屏蔽设计

根据建设单位提供资料，本项目 DSA 手术室辐射防护屏蔽设计参数见表 10.1-2，手术室各侧墙体、防护门、观察窗、顶部屏蔽设计剖面图见图 10.1-2。

表 10.1-2 本项目 DSA 手术室屏蔽材料及厚度一览表

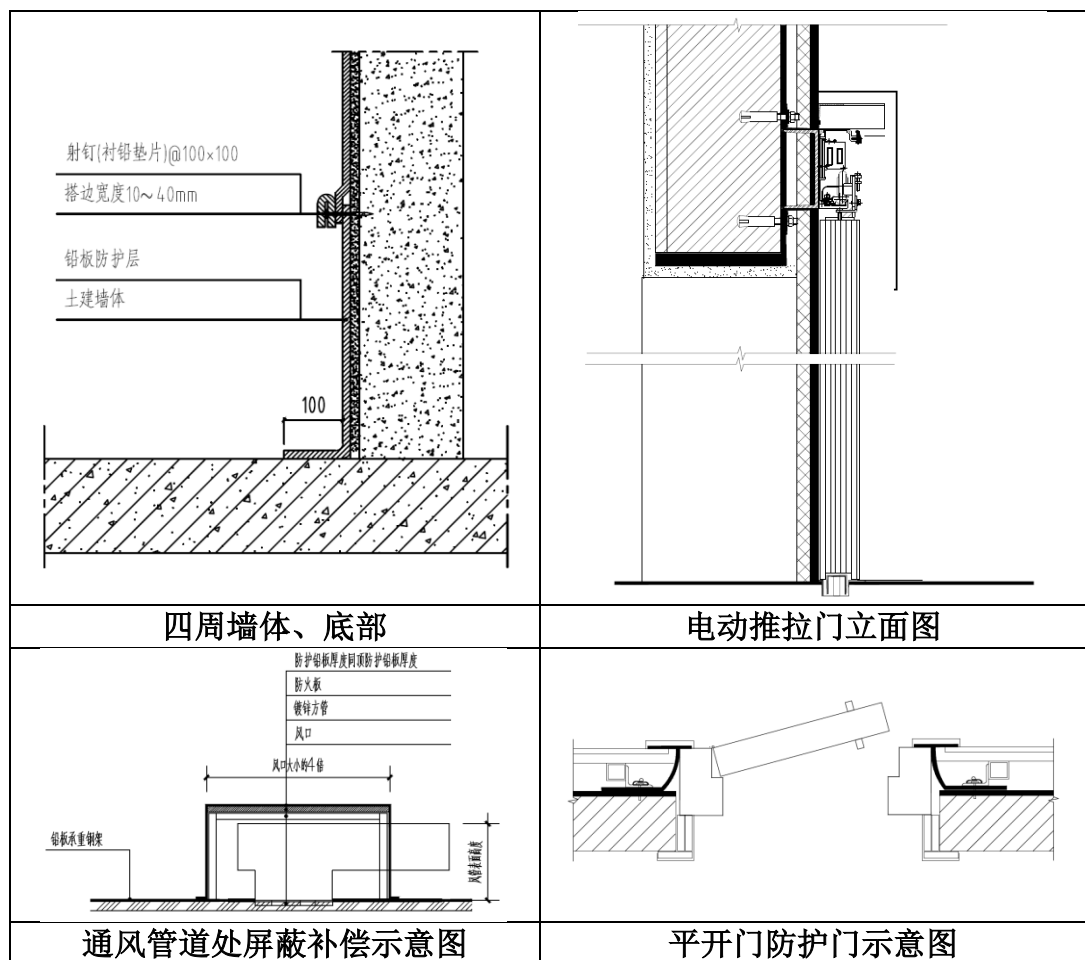
机房名称	屏蔽设施	屏蔽材料及厚度	等效铅当量 ⁽¹⁾ (mmPb)	标准要求 ⁽²⁾ (mmPb)	评价结果
1号 DSA 机房	四周墙	4mm 铅板	4.0	2.0	符合
	顶部	140mm 混凝土+2mm 铅板	3.7 ⁽³⁾	2.0	符合
	观察窗	20mm 铅玻璃	4.0	2.0	符合
	防护门	内衬 4mm 厚铅板	4.0	2.0	符合
3号 DSA 机房	四周墙	4mm 铅板	4.0	2.0	符合
	顶部	140mm 混凝土+2mm 铅板	3.7 ⁽³⁾	2.0	符合
	观察窗	20mm 铅玻璃	4.0	2.0	符合
	防护门	内衬 4mm 厚铅板	4.0	2.0	符合

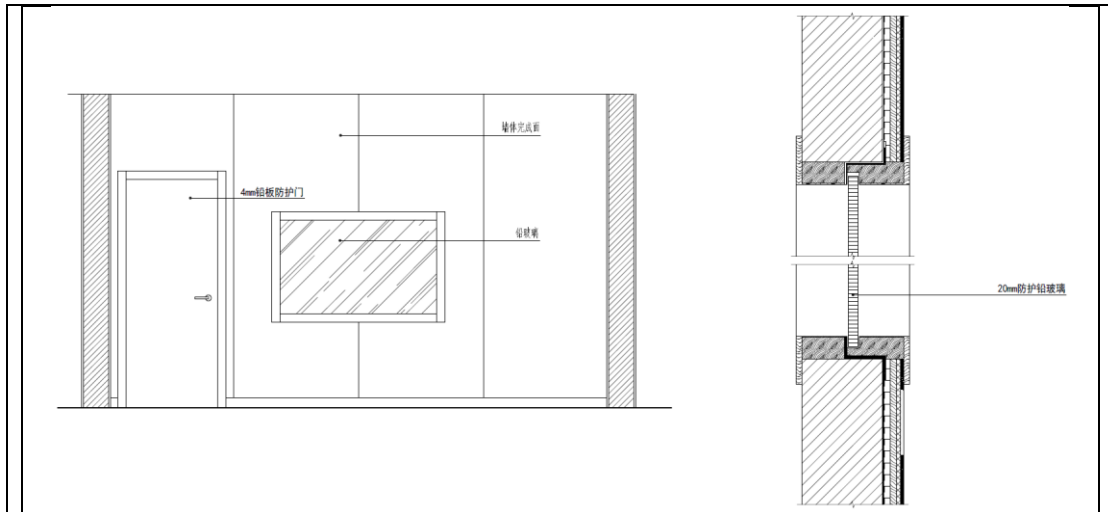
注：（1）根据业主提供资料混凝土密度为 2.35g/cm³，铅板纯度不低于 99.9%；铅玻璃密度为 4.2g/cm³。

（2）以上标准要求摘自《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3。

（3）根据后文透射因子 B 的计算式 11.2-2 及 125kV 工况条件下铅和混凝土的拟合值参数（铅：2.219、7.923、0.5386；混凝土：0.03502、0.07113、0.6974），140mm 混凝土的铅当量计算值为 1.7mmPb；

根据上表，本项目 DSA 手术室屏蔽材料等效铅当量符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3 中的要求。





观察窗示意图

图 10.1-2 DSA 手术室屏蔽节点图

本项目手术室内设备电缆通过手术室地板下方的电缆沟引至 DSA 设备间和 DSA 控制室，电缆沟下方为土层。

10.1.4 辐射安全和防护措施

1、射线装置安全与防护

①射线装置有明显的电离辐射标识和中文警示说明。

②在手术室内设置脚踏式开关，集中设置常断式透视曝光开关、常断式摄影开关，工作人员能在不变换操作位置的情况下成功切换透视和摄影功能并配有透视计时及限时报警装置。

③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剂量记录。

2、射线装置工作场所安全与防护

①1 号 DSA 手术室和 3 号 DSA 手术室北侧和南侧防护门外设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标识，门上设置醒目的“射线有害、灯亮勿入”的工作状态指示灯；工作状态指示灯与防护门有效关联，工作状态指示灯亮时，防护门保持关闭。3 号 DSA 手术室东北侧防护门外设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标识。

②本项目 1 号 DSA 手术室西侧控制室门为平开门，设置有自动闭门装置；1 号 DSA 手术室北侧及南侧防护门为电动推拉门，设置有红外感应防夹装置，设置有曝光时关闭推拉式防护门的管理措施。3 号 DSA 手术室东北侧防护门为平开门，设置有自动闭门装置；3 号 DSA 手术室北侧及控制室门为电动推

拉门，设置有红外感应防夹装置，设置有曝光时关闭推拉式防护门的管理措施

③控制台设出束控制钥匙、急停按钮和对讲装置；手术室内部设急停按钮和对讲装置。

④手术室和控制室之间设铅玻璃观察窗并配置对讲系统，能随时观察到受检者状态及防护门开闭情况。

⑤手术室设置动力通风系统，能防止手术室空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积，保持良好的通风。手术室内不堆放与射线作业无关的杂物。

⑥除存在临床不可接受的情况外，DSA 摄影作业时，除受检者外，手术室内无其他人员停留；DSA 透视作业时，除受检者及负责介入放射学手术的放射工作人员外，手术室内无其他人员停留；非特殊情况，检查过程中陪检者不能滞留在手术室内。

⑦放射工作人员均佩戴个人剂量计，进行个人剂量监测。本项目 DSA 手术室放射工作人员需配备 22 枚个人剂量计（6 名医生和 4 名护士每人配备 2 个个人剂量计，2 名技师配备 1 个个人剂量计），建立个人剂量档案；并定期进行职业健康体检，建立个人职业健康档案。肺科医院已配备便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪等监测仪器，现有监测仪器可用于本项目手术室，无需额外配置监测仪器。

⑧肺科医院拟为 DSA 手术室配备放射工作人员用的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品，为受检者配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套等个人防护用品。

综上，本项目 DSA 手术室、安全设施设置能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部 2011 年 第 18 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2006 年 3 月 1 日起实施，2021 年 1 月 4 日第 4 次修正）的要求。

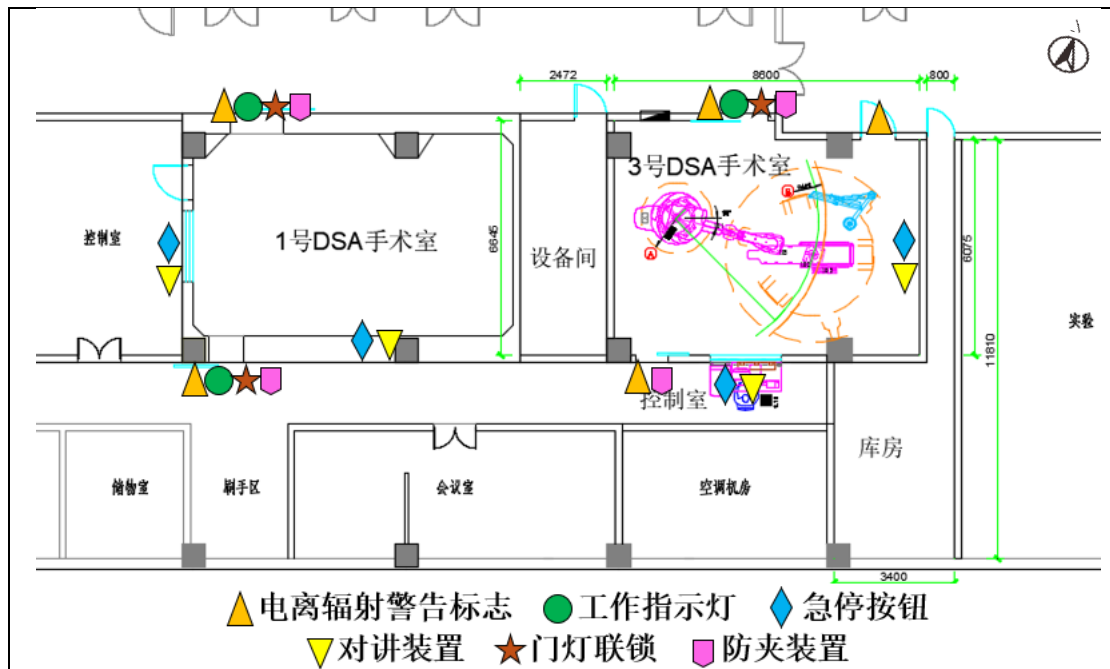


图 10.1-3 本项目 2 间 DSA 手术室主要辐射安全与防护措施示意图

3、射线装置工作场所防护用品及防护设施配置

根据 GBZ130-2020 标准 6.5 章节及表 4 的要求，肺科医院拟配备相应的个人防护用品，包括铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜以及介入防护手套等（详见表 10.1-3）。在辐射工作中应做好个人的放射防护，以达到放射防护的目的。本次根据各机房人员数量变化情况新增个人防护用品。

表 10.1-3 本项目拟配置的个人防护用品/设施

机房名称	放射检查类型	标准配置要求			本项目拟配置的防护用品/设施情况		符合性评价
		防护用品和设施名称	铅当量 (mmPb)	配置对象	数量	铅当量 (mmPb)	
1 号 DSA 手术室	介入放射学操作	铅防护眼镜	≥0.25	手术医生、手术护士	5 副	0.5	符合
		铅橡胶围裙			5 个		
		铅橡胶颈套			5 个		
		介入防护手套	≥0.025		5 双	0.025	符合
		铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	≥0.25		1 个	0.5	符合
		床侧防护帘/床侧防护屏		1 个			
		铅橡胶性腺防护围裙/方巾	≥0.5	受检者	2 个	0.5	符合
铅橡胶颈套	2 个						
3 号 DSA 手术室	介入放射学操作	铅防护眼镜	≥0.25	手术医生、手术护士	5 副	0.5	符合
		铅橡胶围裙			5 个		
		铅橡胶颈套			5 个		
		介入防护手套	≥0.025		5 双	0.025	符合
		铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	≥0.25		1 个	0.5	符合
		床侧防护帘/床侧防护屏		1 个			
		铅橡胶性腺防护围裙/方巾	≥0.5	受检者	2 个	0.5	符合
铅橡胶颈套	2 个						

注：1.表中标准配置要求来源于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表4中关于介入放射学操作的要求及附录F中相关要求。

2.铅防护眼镜、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、介入防护手套具体数量根据项目建成运行后实际放射工作人员人数调整。

根据上表可知，本项目配置的防护用品和设施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关标准要求。

10.1.5 对《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的满足情况

原环保部2011年第18号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置的单位提出了具体要求，本项目放射诊断具备的条件与“18号令”要求的对照评估如表10.1-4所示。

表 10.1-4 安全和防护能力对照评估情况

序号	放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法要求	本项目落实情况	符合情况
1	<p>第五条</p> <p>生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其出口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。</p> <p>射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。</p>	<p>1.本项目2间DSA手术室北侧及南侧防护门处均设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并配备门灯联锁装置和工作状态指示灯；</p> <p>2.本项目手术室内设备面板和控制室操作位设置急停开关；</p> <p>3.辐射工作场所拟实行分区管理，1号手术室和3号DSA手术室内部设为控制区，1号DSA控制室、3号DSA控制室、设备间及1号DSA手术室和3号DSA手术室出入口防护门外1m划为监督区，具体见图10.1-1。</p> <p>4.本项目拟配备22枚个人剂量计。</p>	符合
2	<p>第九条</p> <p>生产、销售、使用射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。</p>	<p>1.肺科医院拟在本项目建成后，对项目辐射工作场所开展自主监测和定期委托监测并保存监测记录；</p> <p>2.委外监测应委托有资质的机构对手术室四周、观察窗、防护门、操作位及手术室上方进行监测，频率为1次/年；</p> <p>3.自主监测的频率不少于1次/季。</p>	符合
3	<p>第十二条</p> <p>生产、销售、使用射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。</p>	<p>肺科医院拟在本项目建成后，向生态环境主管部门重新申请辐射安全许可证，按要求于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的年度评估报告，并补充本项目的工作内容。</p>	符合
4	<p>第十七条</p> <p>生产、销售、使用射线装置的单位应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防</p>	<p>肺科医院拟由12名放射工作人员负责本项目2台射线装置的操作，所有放射工作人员后续均需参加核技术利用辐射安全与防护培训和考核，且考核合格后方可上岗。</p>	符合

	护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。		
5	第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	1.本项目所有放射工作人员均佩戴个人剂量计，委托有资质检测机构定期（不超过3个月）进行个人剂量检测，并出具个人剂量检测报告。 2.如发现个人剂量监测结果异常的，立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。 3.肺科医院设专人管理本项目放射工作人员个人剂量档案并长期保存；肺科医院现有放射工作人员的个人受照剂量未超过5mSv的年度个人剂量约束值。	符合
6	第二十四条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。	肺科医院在本项目建成后，将本项目机房检测要求纳入现有检测计划，委托有资质的机构定期（不超过3个月）对本项目新增放射工作人员进行个人剂量检测，并出具个人剂量检测报告。	符合

由上表可知，如果按照上述要求开展介入放射学手术工作，本项目与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中相关要求相符。

10.1.6 对《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求的满足情况

表 10.1-5 汇总列出了本项目对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对使用放射性同位素和射线装置单位要求的对应评估情况。

表 10.1-5 本项目执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对照情况

序号	放射性同位素与射线装置安全许可管理办法要求	本项目落实情况	符合情况
1	第十六条（一）使用I类、II类、III类放射源，使用I类、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；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。	本项目涉及II类射线装置的使用，肺科医院已设置专门的放射防护管理工作小组，本项目辐射安全工作将纳入肺科医院现有的辐射安全管理体系。	符合
2	第十六条（二）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	本项目拟由12名放射工作人员负责2台射线装置的操作，工作人员需进行核技术利用辐射安全与防护知识培训和考核，并参加生态环境部门组织的考核，考核合格后持证上岗。	符合

3	第十六条（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素使用。	/
4	第十六条（四）放射性同位素与射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	1.本项目 2 间 DSA 手术室北侧及南侧防护门处均设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并配备门灯联锁装置和工作状态指示灯； 2.本项目手术室内设备面板和控制室操作位设置急停开关； 3.辐射工作场所拟实行分区管理，1 号手术室和 3 号 DSA 手术室内部设为辐射控制区，1 号 DSA 控制室、3 号 DSA 控制室、设备间及 1 号 DSA 手术室和 3 号 DSA 手术室出入口防护门外 1m 划为监督区，具体见图 10.1-1。	符合
5	第十六条（五）配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	肺科医院拟为 DSA 手术室配备放射工作人员用的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品，为受检者配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套等个人防护用品（详见表 10.1-3）。肺科医院现有辐射监测仪器可用于本项目。	符合
6	第十六条（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	肺科医院已制定一套相对完善的辐射安全管理制度和操作规程，并严格按照管理制度执行。本项目涉及 II 类射线装置 DSA 设备的使用，与肺科医院现有放射科已有设备类似，故本项目建成后可参照肺科医院现有的应急预案和规章制度进行管理。	符合
7	第十六条（七）有完善的辐射事故应急措施。	本项目建成后，肺科医院将完善现有《辐射事件应急预案》，制定适用于本建设项目的辐射事故应急措施并纳入辐射事故应急响应体系。	符合
8	第十六条（八）产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目手术室无放射性废弃物产生。	/

根据上表可知，如果按照上述要求开展介入放射学手术工作，本项目与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关要求相符。

10.1.7 与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的符合性分析

本项目与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中关于 DSA 手术室防护设施技术要求的符合性分析见表 10.1-6。

表 10.1-6 项目与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）符合性分析

《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	拟采取的措施	符合性分析
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	本项目 DSA 设备有用线束方向主要出束为向上，避开门、窗、管线口和	符合

照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	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。	DSA 手术室顶棚、墙体、防护门及观察窗均采取了符合标准要求的防护措施,手术室充分考虑邻室(含楼上)及周围场所的人员防护与安全。	符合
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 单管头 X 射线设备机房最小有效使用面积不小于 20m ² ,最小单边长不小于 3.5m。	本项目 1 号 DSA 手术室和 3 号 DSA 手术室均为单独机房,有效使用面积分别为 66.5/55.9m ² >20m ² ,最小边长 7.0/6.5m>3.5m。满足单管头 X 射线设备机房对最小有效使用面积和最小单边长度的要求。	符合
6.2.1 C 形臂 X 射线设备机房:有用线束方向铅当量 2mmPb,非有用线束方向铅当量 2mmPb。 6.2.3 机房的门和窗关闭时,也要满足 6.2.1 的要求。	本项目 DSA 手术室各侧墙体、顶部屏蔽层、防护门及观察窗的铅当量均大于 3.7mmPb。满足 C 形臂 X 射线设备机房对有用线束方向铅当量和非有用线束方向铅当量的要求。	符合
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。 7.1.9 工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作,并应通过观察窗等密切观察受检者状态。	本项目 2 间 DSA 手术室与控制室之间设有铅玻璃观察窗,其设置的位置便于观察到患者和受检者的状态。	符合
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。 6.4.2 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。	本项目 2 台射线装置有用线束未直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位,手术室内无杂物,手术室内设有通排风系统。	符合
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。 7.1.5 X 射线设备曝光时,应关闭与机房相通的门、窗。	本项目 2 间 DSA 手术室北侧及南侧防护门处设置符合 GB18871-2002 附录 F 要求的电离辐射警告标志和工作状态指示灯,工作状态指示灯与防护门有效关联。工作状态指示灯拟设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。 电动推拉门设有防夹装置,制定有曝光时关闭防护门的管理措施。平开门设有自动闭门装置。 设备曝光时,防护门窗处于紧闭状态。	符合
6.5.1 对于介入放射学,工作人员个人防护用品:铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套,辅助防护设施:铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏;受检者个人防护用品:铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套。	肺科医院拟为 DSA 手术室配备放射工作人员用的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品,为受检者配备铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套等个人防护用品(详见表 10.1-3)	符合
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	DSA 设备自带铅悬挂防护屏,床侧防护帘等辅助防护措施,铅当量均为 0.5mm,肺科医院配备铅当量为	符合

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。	0.5mm的铅颈套、铅围裙，铅当量为0.25mm 铅眼镜，铅当量为0.025mm 防护手套等辐射防护用品。	
---	---	--

由上表可知，本项目 DSA 手术室的各项辐射防护设施和措施均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的有关规定。

10.2 三废治理

本项目手术室不产生放射性废弃物。

(1) 废气

DSA 装置产生的 X 射线与空气作用会产生微量的臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），由于本项目射线装置工作时的管电压、管电流较小，因此产生的臭氧及氮氧化物也较少，且本项目 2 间 DSA 手术室内设有动力通风系统将废气引至门诊综合楼排风系统，因而废气污染物对环境的影响很小，能满足手术室的通风换气要求。

2 间 DSA 手术室通风管道采用“一”字型穿越手术室，且在穿墙处管口采用与所在墙体相同屏蔽效果的铅补偿，通风系统设置符合屏蔽要求。

(2) 废水

本项目 DSA 手术室开展介入手术无废水产生；项目放射工作人员生活污水依托大楼管网送至肺科医院现有污水处理站，经污水处理站处理、消毒达标后，排入市政污水管网统一收集处理。

项目依托的现有污水处理站处理工艺为 A/O+消毒工艺，属于《排污许可证申请与核发技术规范 医疗机构》（HJ1105-2020）“附录 A 表 A.2 医疗机构排污单位污水治理可行技术参照表”中医疗污水的可行技术；现有污水处理站设计处理能力为 1150m³/d，目前处理量约为 1000m³/d，故项目废水依托现有污水处理站处理可行。

(3) 固废

项目放射工作人员产生的生活垃圾，委托市容环卫部门清运；介入放射学手术装置运行过程中不涉及显影液、定影液的使用，不产生废显影液、定影液，产生的医疗废物主要为手术纱布、棉球、介入导管、导丝、介入针头及废造影剂瓶等，属危险废物，平均每次手术固废产生量为 1kg，则项目医疗废物产生量约 4000kg/a（1 号和 3 号 DSA 手术室年预计总手术量为 4000 台/年），经收集后放置于肺科医院西侧医废暂存间，委托有资质单位处置。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目 2 间 DSA 手术室位于上海市杨浦区政民路 507 号门诊综合楼地下 1 层。

本项目 1 号 DSA 手术室由现有 1 号 DSA 手术室改建而成，3 号 DSA 手术室由现有女更衣室和部分实验室区域改建而成，建设内容主要为墙体施工、屏蔽装修和设备安装调试。预计用时 1 个月，施工涉及的区域面积较小，施工期以施工噪声影响为主，同时伴有粉尘、废水和固体废物产生。

11.1.1 施工期扬尘影响分析

本项目在建设施工期需进行的电气安装、铅门安装等作业，各种施工将产生少量扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。装修作业不涉及墙面粉刷等操作，无有机废气产生。

针对上述扬尘污染采取以下措施：

- a) 及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；
- b) 施工场地应进行围挡，设置洒水装置，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；
- c) 施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

11.1.2 施工期废水环境影响分析

本项目 2 间 DSA 手术室装修作业不产生废水，施工人员生活污水依托肺科医院现有污水处理站处理，不会对周边河道水质产生影响。

11.1.3 施工期噪声环境影响分析

本项目 2 间 DSA 手术室装修电钻作业、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(A)，对项目周边人员有一定的影响。

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，对施工机械及施工场所采取消声降噪措施，避免对项目周边人员产生影响。

11.1.4 施工期固体废物环境影响分析

项目施工期间固废主要为建筑垃圾、施工废物料及施工人员生活垃圾。

对项目施工期间产生的建筑垃圾、施工废物料，可回收利用的部分应尽可能予以回收，不可回收的部分统一收集后交由有资质的渣土运输单位收运处置。建设单位应做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

11.1.5 设备调试期间环境影响分析

本项目射线装置安装后，在正式使用前需由设备厂家对设备进行调试，调试过程中无废气、废水和固体废物产生。因调试前设备手术室结构和屏蔽措施均已落实，调试期间设备运行产生噪声经建筑隔声后对外环境影响较小，设备调试出束期间手术室周边剂量当量率情况与后文辐射环境影响分析结论相同，均符合相关标准限值要求。

11.2 运行阶段辐射环境影响

根据肺科医院提供资料，本项目 2 台 DSA 的典型运行模式见表 11.2-1，项目使用设备均从正规生产厂家购置，滤过参数满足标准要求。

表 11.2-1 DSA 装置的辐射源项参数情况

位置	设备名称	典型运行模式		单次手术平均出束时间	年最大出束时间
1 号 DSA 手术室	数字减影血管造影 (DSA) X 射线机	透视	90kV, 100mA	20min	666.7h
		摄影	100kV, 500mA	30s×2	33.33h
3 号 DSA 手术室	数字减影血管造影 (DSA) X 射线机	透视	90kV, 100mA	20min	666.7h
		摄影	100kV, 500mA	30s×2	33.33h

11.2.1 DSA 装置在手术室内作业期间所致周围辐射剂量率

(1) 关注点设置情况

本项目 DSA 手术室周边关注点分布情况见图 11.2-1 和图 11.2-2，关注点设置详细情况见表 11.2-2。

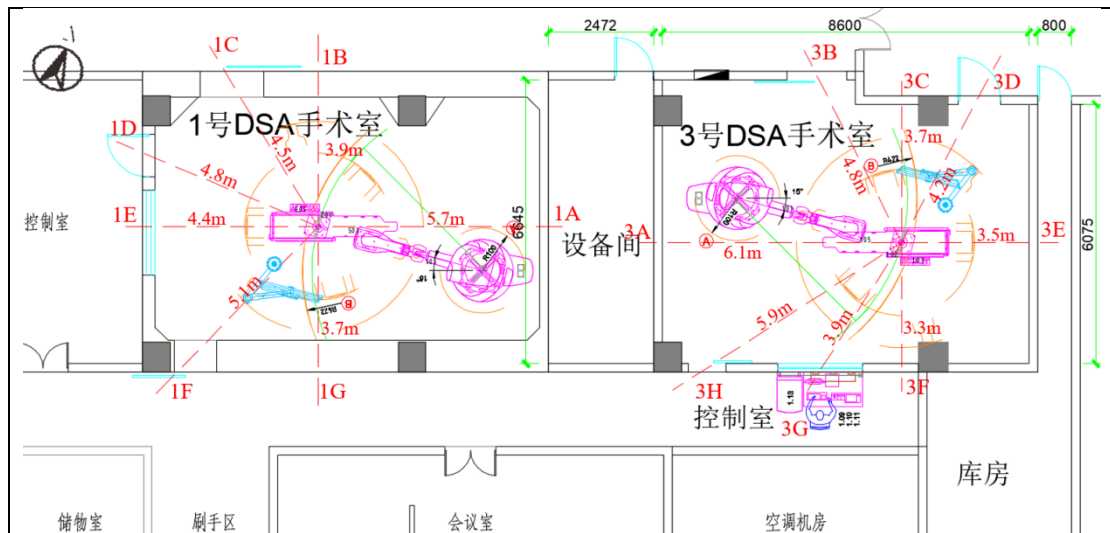


图 11.2-1 DSA 手术室周边关注点位置图（平面）

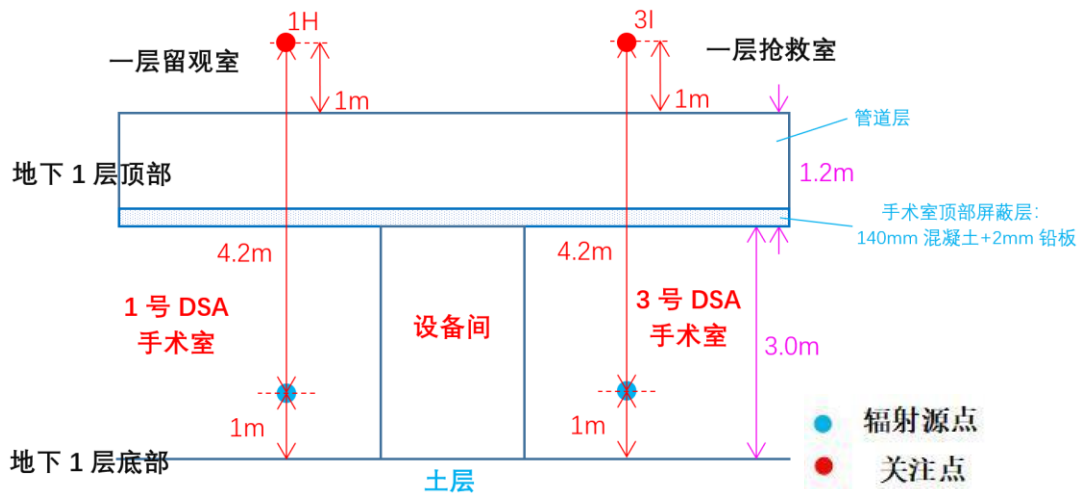


图 11.2-2 DSA 手术室周边关注点位置图（剖面）

表 11.2-2 DSA 手术室周边关注点设置详细情况

名称	关注点描述	屏蔽方式（铅当量）	关注点至靶点的距离
1号 DSA 手术室	东墙外 30cm, 设备间 (1A 点)	4mm 铅板 (4mmpb)	5.7m
	北墙外 30cm, 过道 (1B 点)	4mm 铅板 (4mmpb)	3.9m
	北防护门外 30cm, 过道 (1C 点)	4mm 铅板 (4mmpb)	4.5m
	西防护门外 30cm, 控制室 (1D 点)	4mm 铅板 (4mmpb)	4.8m
	西观察窗外 30cm, 控制室 (1E 点)	20mm 铅玻璃 (4mmpb)	4.4m
	南防护门外 30cm, 过道 (1F 点)	4mm 铅板 (4mmpb)	5.1m
	南墙外 30cm, 过道 (1G 点)	4mm 铅板 (4mmpb)	3.7m
3号 DSA 手术室	上方一层留观室距地面 100cm 处 (1H 点)	140mm 混凝土+2mm 铅板 (3.7mmpb)	4.2m
	西墙外 30cm, 设备间 (3A 点)	4mm 铅板 (4mmpb)	6.1m
	北防护门外 30cm, 过道 (3B 点)	4mm 铅板 (4mmpb)	4.8m
	北墙外 30cm, 过道 (3C 点)	4mm 铅板 (4mmpb)	3.7m
	北防护门外 30cm, 过道 (3D 点)	4mm 铅板 (4mmpb)	4.2m
	东墙外 30cm, 库房 (3E 点)	4mm 铅板 (4mmpb)	3.5m
	南墙外 30cm, 控制室 (3F 点)	4mm 铅板 (4mmpb)	3.3m

	南观察窗外 30cm, 控制室 (3G 点)	20mm 铅玻璃 (4mmpb)	3.9m
	南防护门外 30cm, 控制室 (3H 点)	4mm 铅板 (4mmpb)	5.9m
	上方一层抢救室距地面 100cm 处 (3I 点)	140mm 混凝土+2mm 铅板 (3.7mmpb)	4.2m

(2) 泄漏辐射计算 \dot{H}_L

对关注点的泄漏辐射剂量率结合《辐射防护手册（第一分册）辐射源与屏蔽》和《辐射防护导论》中内容，推导采用下列公式（11.2-1）计算。

$$\dot{H}_L = \frac{\dot{H}_{L0} \cdot B}{R^2} \quad \text{式 (11.2-1)}$$

式中：

\dot{H}_L ：关注点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{H}_{L0} ：距靶点 1m 处 X 射线管组件的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。本项目摄影和透视工况下泄漏辐射量均取 $1000\mu\text{Sv/h}$ ；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B ：透射因子，对给定的铅厚度，依据 GBZ 130-2020 中给出的不同管电压 X 射线辐射在铅中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值按公式 11.2-2 计算屏蔽透射因子 B ，见下式：

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad \text{式 (11.2-2)}$$

式中：

α 、 β 、 γ ：辐射衰减参数拟合值，对于透视和摄影工作模式下泄漏辐射计算，管电压按照 90kV 和 100kV（主束）计算，相应工况下铅的拟合值分别为 3.067、18.83、0.7726 和 2.500、15.28、0.7557。

X ：有效铅当量，mmPb。

表 11.2-3 1 号 DSA 手术室外关注点处泄漏辐射剂量率计算结果

工作模式	关注点	X /mmPb	R/m	B	$\dot{H}_L/\mu\text{Sv/h}$
摄影 100kV 主束	东墙外 30cm, 设备间 (1A 点)	4.0	5.7	3.39E-06	1.04E-04
	北墙外 30cm, 过道 (1B 点)	4.0	3.9	3.39E-06	2.23E-04
	北防护门外 30cm, 过道 (1C 点)	4.0	4.5	3.39E-06	1.67E-04
	西防护门外 30cm, 控制室 (1D 点)	4.0	4.8	3.39E-06	1.47E-04
	西观察窗外 30cm, 控制室 (1E 点)	4.0	4.4	3.39E-06	1.75E-04
	南防护门外 30cm, 过道 (1F 点)	4.0	5.1	3.39E-06	1.30E-04
	南墙外 30cm, 过道 (1G 点)	4.0	3.7	3.39E-06	2.47E-04
	上方一层留观室距地面 100cm 处 (1H 点)	3.7	4.65	7.17E-06	3.32E-04
透视 90kV	东墙外 30cm, 设备间 (1A 点)	4.0	5.7	3.69E-07	1.14E-05
	北墙外 30cm, 过道 (1B 点)	4.0	3.9	3.69E-07	2.43E-05
	北防护门外 30cm, 过道 (1C 点)	4.0	4.5	3.69E-07	1.82E-05

	西防护门外 30cm, 控制室 (1D 点)	4.0	4.8	3.69E-07	1.60E-05
	西观察窗外 30cm, 控制室 (1E 点)	4.0	4.4	3.69E-07	1.91E-05
	南防护门外 30cm, 过道 (1F 点)	4.0	5.1	3.69E-07	1.42E-05
	南墙外 30cm, 过道 (1G 点)	4.0	3.7	3.69E-07	2.70E-05
	上方一层留观室距地面 100cm 处 (1H 点)	3.7	4.65	9.26E-07	4.28E-05

注：因设备出束靶点位于病患正下方 0.45m 处，则对于泄漏射线，靶点距离上方关注点距离为 4.2+0.45=4.65m；

表 11.2-4 3 号 DSA 手术室外关注点处泄漏辐射剂量率计算结果

工作模式	关注点	X /mmPb	R/m	B	$\dot{H}_L/\mu\text{Sv/h}$
摄影 100kV 主束	西墙外 30cm, 设备间 (3A 点)	4.0	6.1	3.39E-06	9.10E-05
	北防护门外 30cm, 过道 (3B 点)	4.0	4.8	3.39E-06	1.47E-04
	北墙外 30cm, 过道 (3C 点)	4.0	3.7	3.39E-06	2.47E-04
	北防护门外 30cm, 过道 (3D 点)	4.0	4.2	3.39E-06	1.92E-04
	东墙外 30cm, 库房 (3E 点)	4.0	3.5	3.39E-06	2.77E-04
	南墙外 30cm, 控制室 (3F 点)	4.0	3.3	3.39E-06	3.11E-04
	南观察窗外 30cm, 控制室 (3G 点)	4.0	3.9	3.39E-06	2.23E-04
	南防护门外 30cm, 控制室 (3H 点)	4.0	5.9	3.39E-06	9.73E-05
	上方一层抢救室距地面 100cm 处 (3I 点)	3.7	4.65	7.17E-06	3.32E-04
透视 90kV	西墙外 30cm, 设备间 (3A 点)	4.0	6.1	3.69E-07	9.92E-06
	北防护门外 30cm, 过道 (3B 点)	4.0	4.8	3.69E-07	1.60E-05
	北墙外 30cm, 过道 (3C 点)	4.0	3.7	3.69E-07	2.70E-05
	北防护门外 30cm, 过道 (3D 点)	4.0	4.2	3.69E-07	2.09E-05
	东墙外 30cm, 库房 (3E 点)	4.0	3.5	3.69E-07	3.01E-05
	南墙外 30cm, 控制室 (3F 点)	4.0	3.3	3.69E-07	3.39E-05
	南观察窗外 30cm, 控制室 (3G 点)	4.0	3.9	3.69E-07	2.43E-05
	南防护门外 30cm, 控制室 (3H 点)	4.0	5.9	3.69E-07	1.06E-05
	上方一层抢救室距地面 100cm 处 (3I 点)	3.7	4.65	9.26E-07	4.28E-05

注：因设备出束靶点位于病患正下方 0.45m 处，则对于泄漏射线，靶点距离上方关注点距离为 4.2+0.45=4.65m；

(3) 散射辐射计算 \dot{H}_s

计算得到屏蔽透射因子 B 后，关注点的散射辐射剂量率 \dot{H}_s ($\mu\text{Sv/h}$) 可根据《辐射防护导论》(原子能出版社)第三章第三节 (P116-P117) 散射线的屏蔽计算公式 (3.66) 进行推导得出，本项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

$$\dot{H}_s = \frac{\dot{H}_0 \cdot B}{R_s^2} \times \frac{\alpha \cdot (S/400)}{R_0^2} \quad \text{式 (11.2-3)}$$

式中：

\dot{H}_s ：关注点处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{H}_0 ：距辐射源点（即靶点）1m 处最大辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；根据前文表 9.2-2 计算结果，透视模式取 $2.5\text{E}+07\mu\text{Sv/h}$ ，摄影模式取 $1.6\text{E}+08\mu\text{Sv/h}$ ；

B：辐射屏蔽因子，计算方法同式 (11.2-2)，对于透视和摄影工作模式下