

核技术利用建设项目

湖州滨湖医学影像诊断中心

PET-CT 及 DSA 建设项目

环境影响报告表

（公示稿）

湖州滨湖医学影像诊断中心有限公司

2021 年 2 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

湖州滨湖医学影像诊断中心

PET-CT 及 DSA 建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：湖州滨湖医学影像诊断中心有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：湖州市仁皇山路 501 号 901 室

邮政编码：313300

联系人：闵**

电子邮箱：*****@163.com 联系电话：182*****

目 录

表 1 项目概况	1
表 2 放射源	4
表 3 非密封放射性物质	4
表 4 射线装置	5
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	6
表 6 评价依据	7
表 7 保护目标与评价标准.....	9
表 8 环境质量和辐射现状.....	15
表 9 项目工程分析与源项.....	20
表 10 辐射安全与防护	25
表 11 环境影响分析.....	40
表 12 辐射安全管理	49
表 13 结论与建议	53
表 14 审批	57

表 1 项目概况

建设项目名称		湖州滨湖医学影像诊断中心 PET-CT 及 DSA 建设项目			
建设单位		湖州滨湖医学影像诊断中心有限公司			
法人代表	金**	联系人	闵**	联系电话	182*****
注册地址		湖州市仁皇山路 501 号 901 室			
项目建设地点		PET-CT 位于湖州市中心医院地下一层； DSA 位于 6 号楼 4 楼 23 号介入手术室。			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	3500	项目环保投资（万元）	1000	投资比例（环保投资/总投资）	28.57%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） 800
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☒ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☒ 使用	☐ 乙 ☒ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			
	1.1 项目建设单位概况 湖州滨湖医学影像诊断中心有限公司（以下简称为“影像中心”），成立于 2019 年 9 月 18 日，是湖州市中心医院和湖州市第一人民医院合作共建医学影像共享中心，为医共体内各医疗机构提供同质化、一体化和便捷化的服务，更好地为全市人民提供卫生健康服务。				
1.2 项目建设目的和任务由来 为医共体内各医疗机构提供同质化、一体化和便捷化的服务，更好地为全市人民提供卫生健康服务，湖州市中心医院和湖州市第一人民医院合建医学影像共享中心成立湖州滨湖医学影像诊断中心有限公司，拟在湖州市中心医院地下一层成立核医学科，配置 1 台 PET-CT 装置，并使用放射性同位素 ¹⁸F 进行医学诊断；在 6 号楼 4 楼 23 号介入手					

术室配置 1 台 DSA 开展介入治疗。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019 年修改）、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》及浙江省生态环境厅的有关规定，本项目在申领辐射安全许可证前须编制环境影响报告表，受湖州滨湖医学影像诊断中心有限公司的委托，浙江问鼎环境工程有限公司承担了该项目的辐射环境影响评价工作，评价单位在现场踏勘和收集有关资料的基础上，结合本项目特点，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》（HJ10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表，供建设单位上报审批。

1.3 评价目的

（1）对本项目辐射工作场所拟建址及周围环境进行辐射环境本底水平检测，以掌握该拟建地的辐射环境背景水平；

（2）通过类比监测的方法进行环境影响评价，预测辐射项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为建设项目的工程设计和环境管理提供科学依据；

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

（4）提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目运行期辐射环境保护管理提供科学依据。

1.4 项目建设内容与规模

（1）拟在湖州市中心医院地下一层新建 1 台 PET-CT 装置，PET-CT 属 III 类射线装置；使用放射性同位素 ^{18}F 显像，日最大就诊 20 人，年最大就诊 5000 人，人均最大用量为 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi），则计划日最大操作量为 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.85 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，经计算日等效操作量为 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$ ，属于丙级非密封放射性物质工作场所。PET-CT 使用校准源 ^{68}Ge 2 枚，活度均为 9.25×10^7 ，属 V 类放射源。

（2）拟在湖州市中心医院 6 号楼 4 楼 23 号介入手术室配置 1 台 DSA 开展介入治疗，DSA 最大管电压 150kV，最大管电流 1250mA。

1.5 地理位置及周围环境概况

1.5.1 项目地理位置

湖州滨湖医学影像诊断中心有限公司拟在湖州市中心医院开展核医学和 DSA 介入

治疗。

湖州市中心医院位于湖州市吴兴区三环北路 1558 号，东侧为望湖路，南侧为三环北路，西侧为在建潜庄路，北侧为在建日晖路，医院地理位置见附图 1。

本项目核医学位于湖州市中心医院地下一层，DSA 位于湖州市中心医院 6 号楼 4 楼 23 号介入手术室。

本项目拟建的辐射项目均位于医院内，项目用地属于医疗卫生用地。本项目拟建辐射工作场所实体边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑，无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等其他环境敏感区，项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众的辐射影响是可接受的。因此项目选址合理。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，湖州滨湖医学影像诊断中心有限公司之前未开展过与辐射有关的工作，尚未取得浙江省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》，因此不存在原有核技术利用项目许可情况。

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
1	⁶⁸ Ge	9.25×10 ⁷ ×2	V 类	使用	PET-CT 校准源	PET-CT 室	核医学科储源库	新购

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
1	¹⁸ F	液态/低毒 半衰期 109.7min	使用	7.4×10 ⁹	7.4×10 ⁶	1.85×10 ¹²	PET-CT 显像检查	很简单操作	湖州市中心医院地下一层新建核医学科	根据实际使用量购买，当天用完

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X射线 能量 (MV)	额定电流(mA)/ 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	不涉及									

(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	PET-CT	Ⅲ类	1	待定	150	800	放射诊断	湖州市中心医院地下一层 新建核医学科	新购
2	DSA	Ⅱ类	1	待定	150	1250	介入治疗	湖州市中心医院6号楼4楼 23号介入手术室	

(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	
1	不涉及												

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	排放口浓度	月排放量	年排放总量	暂存情况	最终去向
放射性废水 （核医学）	液态	^{18}F	总 α : $<1\text{Bq/L}$ 总 β : $<10\text{Bq/L}$	根据实际使用情况	根据实际使用情况	核医学科衰变池暂存	符合 GB18871-2002 排放条件后，进入湖州市中心医院污水处理站处理后排入城市污水管网
放射性固废 （一次性注射器、针头、手套、药棉等）	固态	^{18}F	$<1 \times 10^1 \text{ Bq/g}$	约 20.8kg	约 250kg	污物间铅容器内	放射性废物衰变十个半衰期，经检测满足清洁解控水平（GBZ133-2009 附录 B），作为医疗废物处理
放射性废气 （核医学）	气态	--	--	--	--	不暂存	--

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^3 ；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^3 ）和活度（ Bq ）。

表 6 评价依据

法规文件	(1)《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日); (2)《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席第 48 号令, 2016 年 9 月 1 日); (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 6 号, 2003 年); (4)《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号, 2017 年); (5)《建设项目环境影响评价分类管理名录 (2021 年版)》(2021 年 1 月 1 日实施); (6)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号, 2005 年 12 月 1 日施行, 2014 年 7 月 29 日修正); (7)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(原国家环境保护总局令第 31 号; 根据 2019 年 8 月 22 日通过《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》修改); (8)《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); (9)《关于发布射线装置分类办法的公告》(环境保护部 国家卫生和计划生育委员 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月 6 日); (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); (11)《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(环办辐射函[2016]430 号)。 (12)《浙江省建设项目环境保护管理办法》(2018 年省政府令第 364 号修订, 2018 年 3 月 1 日实施); (13)《浙江省辐射环境管理办法》(省政府令第 289 号, 2012 年 2 月 1 日起实施); (14)《浙江省环境保护厅关于发布<省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单 (2015 年本)>及<设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单
------	--

	(2015 年本) >的通知》(浙环发[2015]38 号)。
技术标准	(1) 《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》(HJ10.1-2016); (2) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93); (3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001); (4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (5) 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》(GBZ/T180-2006); (6) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ 130-2013); (7) 《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006); (8) 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009); (9) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)。
其他	(1) 建设单位提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1评价范围

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）规定：“以项目实体为中心，放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙、丙级取半径50m的范围”。

结合本项目的实际情况，确定本项目辐射环境评价范围为丙级非密封放射物质工作场所边界和DSA机房边界外50m区域，评价范围示意图见附图2。

7.2保护目标

根据现场踏勘，本项目核医学科工作场所及DSA机房周围50m范围内主要为医院内部建筑、道路及医院围墙外道路等，无居民住宅等环境敏感点，本次评价范围内主要环境保护目标为丙级非密封放射物质工作场所、DSA使用场所的辐射工作人员和公众人员。项目保护目标详见表7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

序号	项目地点	环境保护目标	方位	最近距离	管理约束值
1	核医学科	地面、其他诊室、医办及卫生间	上方	5m	公众：0.25 mSv
		辐射工作人员	内部	/	职业：5mSv
		公众	周围	0-50m	公众：0.25 mSv
2	六号楼四层 23 号介入手术室	控制室辐射工作人员	东	紧邻	职业：5mSv
		机房内辐射工作人员	内部	/	职业：5mSv
		走廊内公众	南北	紧邻	公众：0.25 mSv
		CT 机房内公众	东	紧邻	公众：0.25 mSv
		MR 机房内公众	西	紧邻	公众：0.25 mSv
		会议室内公众	下方	3.4m	公众：0.25 mSv

7.3评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源基本安全标准》（GB18871-2002）

（1）职业照射和公众照射的年剂量限值

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

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B）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。

附录B 第B1.1.1.1 款 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：

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，即辐射工作人员的职业年有效照射剂量不超过 5mSv作为管理约束值。

第B1.2 款 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

本项目取其四分之一，即公众的年有效照射剂量不超过 0.25mSv，作为管理约束值。

（2）表面污染控制水平

GB18871-2002 中对核医学工作场所放射性表面污染控制水平见表 7-2。

表 7-2 表面放射性物质污染控制水平（Bq/cm²）

表面类型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4×10^1
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-1}
1) 该区内的高污染子区除外		

（3）非密封源工作场所分级

GB18871-2002 附录 C 中对非密封源工作场所分级原则见表 7-3。

表 7-3 非密封源工作场所的分级

级 别	日等效最大操作量/Bq
甲	$> 4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

（4）放射性废水排放

GB18871-2002 中对放射性废水排放限值要求：放射性废液每月排放的总活度不超过 10ALImin，每次排放的活度不超过 1ALImin，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。ALImin 采用下式计算：

$$ALIm_{in}=DL/e_j$$

DL 表示职业人员接触限值，20mSv/a；

e_j 表示 GB18871-2002 表 B3 工作人员吸入和食入单位摄入量所致的待积有效剂量，取其中最大值。

表 7-4 放射性废水排放导出限值

放射性核素	e_j (Sv/Bq)	月排放限值 (Bq)	一次排放限值 (Bq)
^{18}F	8.9×10^{-11}	2.2×10^9	2.2×10^8

另外，《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 中“综合医疗机构总 α 排放标准为 1Bq/L，总 β 排放标准为 10Bq/L”。

7.3.2 《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)

(1) 临床核医学的工作场所应按照 GB18871-2002 非密封源工作场所规定进行分级，并采取相应的放射防护措施。

(2) 针对临床核医学实践的具体情况，可依据操作最大量放射性核素的加权活度，把工作场所分为 I、II、III 三类。

表 7-5 临床核医学工作场所具体分类

分 类	操作最大量放射性核素的加权活度/MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

(3) 工作场所应备有收集放射性废物的容器，容器上应有放射性标志。

(4) 诊断及治疗工作场所（包括通道）应注意合理安排与布局。

(5) 诊断室应靠近给药室和检查室，有受检者专用厕所。

(6) 使用治疗量发射 γ 射线放射性药物的区域应划为控制区。用药后患者床边 1.5m 处单人病房应划为临时控制区。控制区入口应有 GB18871 规定的电离辐射警告标志，除医务人员外，其他无关人员不得入内，患者也不应随便离开该区。

(7) 接受放射性药物治疗的患者应使用专用便器或专用卫生间和浴室。

7.3.3 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)

(1) 液体废物的管理

① 使用放射性核素最大操作量等于或大于 $2 \times 10^7 \text{Bq}$ 的临床核医学单位应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防泄漏措施。

②使用放射性药物治疗患者的临床核医学单位，应为住院治疗患者提供有防护标志的专用厕所，对患者排泄物实施统一收集和管理。

③专用厕所应具备使患者排泄物迅速全部冲入专用化粪池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

④符合出院条件的患者排泄物不需要统一管理。

(2) 固体废物的管理

i 废物收集

①供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志，污物桶放置点应避开工作人员工作和经常活动的区域。

②污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转送贮存室，并放入专用容器中贮存。

③对注射器和破碎器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入专用塑料袋内。

④每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。

ii 废物临时贮存

①经审管部门批准可将其废物临时贮存在许可的场所和专门的容器中，贮存时间和总活度不得超过审管部门批准的限值要求。

②临时贮存室建造结构应符合放射卫生防护要求，且具有自然通风或安装通风设备，出入口设电离辐射警示标志。

③废物袋、废物桶及其存放废物的容器必须安全可靠，并应在显著位置标有废物类型、核素种类，比活水平和存放日期等说明。

④废物包装体外表面的污染控制水平 $\alpha < 0.04\text{Bq/cm}^2$ ， $\beta < 0.04\text{Bq/cm}^2$ 。

iii 废物处理

①如果经审管部门确认或批准，凡放射性活度小于或等于附录 B 所示清洁解控水平推荐值的放射性废物，按免管废物处理。

②放射性废物含有多种核素时，按照下面公式来判断该废物是否容许被免管。

$$\sum_{j=1}^n \frac{C_j}{C_{j,h}} \leq 1$$

式中：

C_j : 放射性核素 j 在该废物中的活度浓度 (Bq/g);

$C_{j,h}$: 附录 B 所示放射性核素 j 的清洁解控水平推荐值 (Bq/g), ^{18}F 为 $1 \times 10^1 \text{Bq/g}$;

n : 该废物中所含放射性核素的种类数。

7.3.4 《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ 130-2013)

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与安全。

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 2 要求。

5.3 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求:

a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 3 要求。

b) 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 D。

c) 应合理设置机房的门、窗和管线口位置, 机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。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。

d) 带有自屏蔽防护或距 X 射线设备表面 1m 处辐射剂量水平不大于 $2.5 \mu\text{Gy/h}$ 时, 可不使用带有屏蔽防护的机房。

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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$; 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、口腔 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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$; 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像监控装置, 其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。

5.6 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。

5.7 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通的门能有效联动。

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 基本种类要求的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅防护衣；防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 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，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.5mmPb。

5.10 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

表 7-6 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	备注
CT 机	30	4.5	1 台 PET 配套 CT
单管头 X 射线机 b	20	3.5	1 台 DSA

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。

表 7-7 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 mm	非有用线束方向铅当量 mm	备注
介入 X 射线设备机房	2	2	1 台 DSA
CT 机房	2（一般工作量）a 2.5（较大工作量）a		1 台 PET 配套 CT

a 按 GBZ/T 180 的要求

表 7-8 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
CT 体层扫描（隔室）	——	——	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	——
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	——

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

湖州滨湖医学影像诊断中心有限公司拟在湖州市中心医院开展核医学（PET-CT）和 DSA 介入治疗。湖州市中心医院位于湖州市吴兴区三环北路 1558 号，东侧为望湖路，南侧为三环北路，西侧为在建潜庄路，北侧为在建日晖路。

本项目核医学位于湖州市中心医院地下一层，DSA 位于湖州市中心医院 6 号楼 4 楼 23 号介入手术室。各场所具体位置详见附图 3 和附图 5。

8.2 辐射环境质量现状评价

1、监测目的

本次监测目的为了解项目所在建筑周围辐射环境背景水平。

2、监测项目

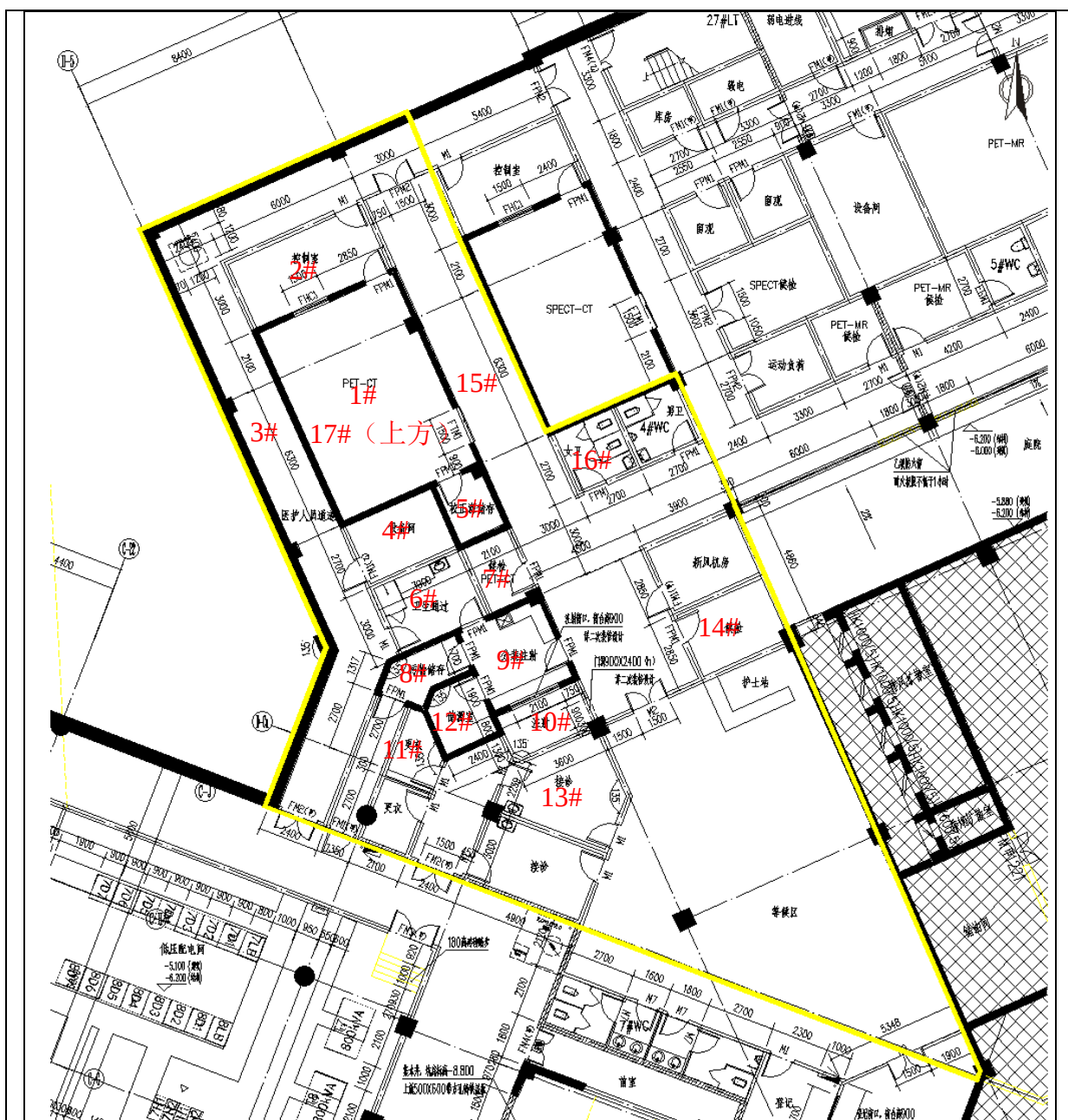
环境 x- γ 空气吸收剂量率

3、监测方法

依据《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）的要求和方法进行现场监测。

4、监测点位

根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况布设监测点。监测点位详见图 8-1~图 8-2。



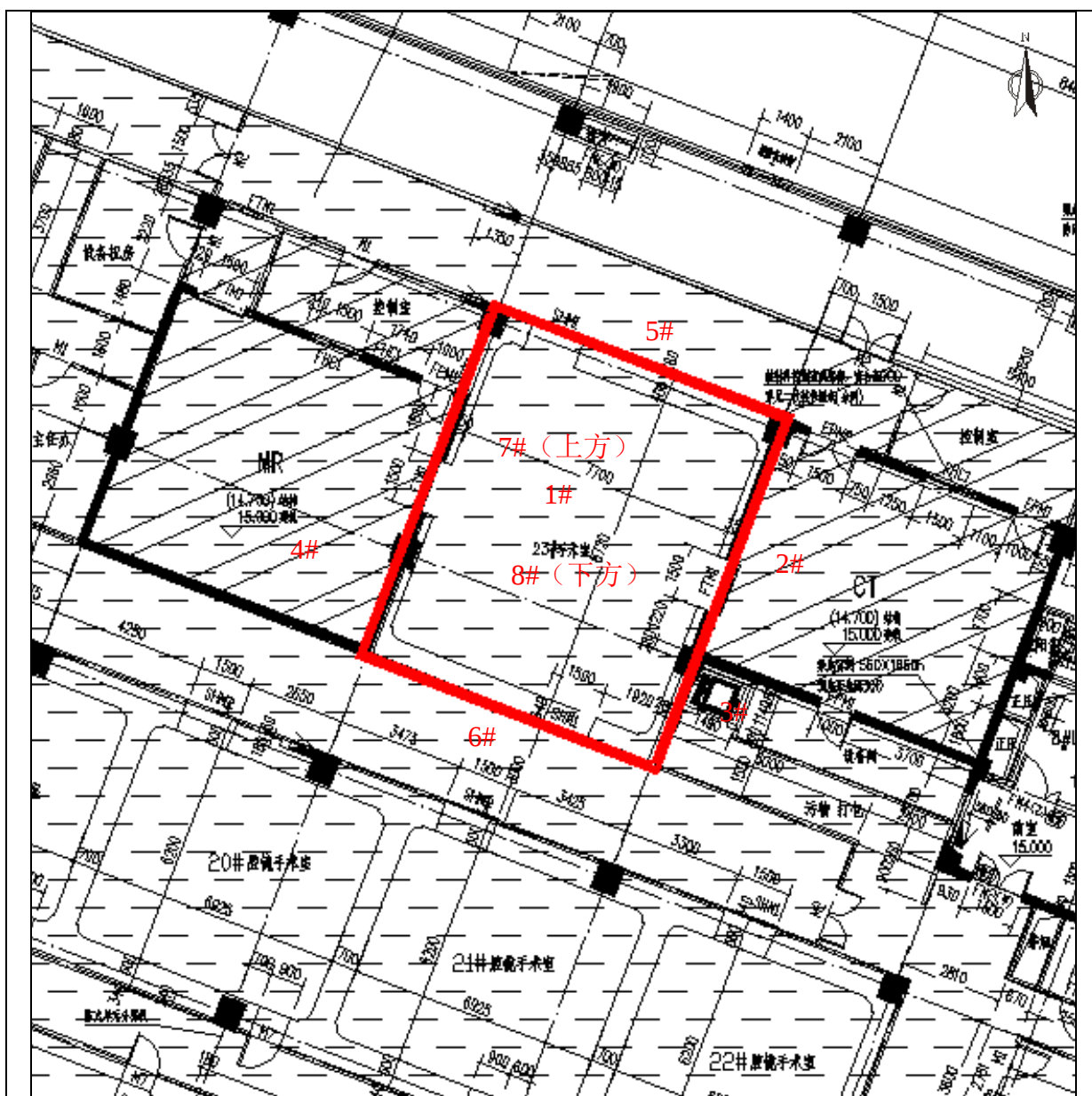


图 8-2 四层 23#介入手术室及周边监测点位图

5、监测仪器

监测仪器的参数详见表 8-1。

表 8-1 X-γ 射线剂量率监测仪器参数与规范

项目	内容
仪器名称	X、γ 辐射剂量率仪
型号规格	AT1121
仪器编号	2018003
量程	50nSv/h~10Sv/h、10nSv~10Sv
校准有效期	2020.11.25-2021.11.24

6、监测单位

湖州环安检测有限公司

7、监测时间

2021 年 1 月 28 日

8、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。
- 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，并用检验源对仪器进行校验。
- 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，经过校核、审核，最后由技术总负责人审定。

9、监测结果

本项目辐射工作场所场址辐射环境监测结果详见表 8-2。

表 8-2 辐射工作场所 X- γ 剂量当量率检测结果 (nGy/h)

场所名称	点位编号	监测点位置	检测结果
核医学科 场所及周 边	1#	PET-CT 机房	110
	2#	控制室	112
	3#	医护人员通道	106
	4#	设备间	100
	5#	校正源储存	110
	6#	卫生通过间	116
	7#	侯检室 (PET-CT)	118
	8#	污物储存间	120
	9#	分装注射室	98
	10#	注射室	106
	11#	更衣室	110
	12#	储源室	118
	13#	接诊室	116
	14#	侯检室	113
	15#	病人走廊	120
	16#	卫生间	125
	17#	核医学科上方	116
四层 23# 介入手术	1#	23#介入手术室	113
	2#	CT 机房	110
	3#	控制室	120

室及周边	4#	MR 机房	123
	5#	通道	119
	6#	通道	117
	7#	DSA 机房上方	106
	8#	DSA 机房下方	120

附注：检测点距地面高 1m。

由表 8-2 检测结果可知，本项目室内各监测点位的 γ 辐射剂量率在 98~125nGy/h 之间，由《浙江省环境陆地 γ 辐射剂量水平调查》可知，湖州市 γ 辐射剂量率在 40~170nGy/h 之间。可见，本拟建址各检测点位地表 γ 辐射剂量率在其范围内，辐射环境质量状况未见异常。

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 非密封放射性物质

本项目使用的非密封放射性物质为 ^{18}F ，用于 PET-CT 显像检查。本项目使用的 ^{18}F 根据实际使用量提前订购，由供货商直接送药到负压式通风橱，当天全部用完，不贮存。

^{18}F 性能参数见表 9-1，本项目放射性同位素的计划工作量见 9-2。

表 9-1 本项目放射性同位素的性能参数

核素	半衰期	衰变类型及分支比 (%)	主要 β 辐射能量 (keV)	主要 γ 、X 射线能量 (keV)	空气比释动能率常数 ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2\text{MBq}^{-1}\text{h}^{-1}$)
^{18}F	109.7min	EC (3.27) β^+ (96.73)	640	511	0.143

表 9-2 本项目放射性同位素的计划工作量

核素	每人最大用量	日最大检查诊疗人数	年最大检查（治疗）人数	日最大用量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途
^{18}F	$3.7\times 10^8\text{Bq}$	20 人	5000 人（每周 5 天，年 50 周）	7.4×10^9	1.85×10^{12}	PET-CT 显像检查

9.1.2 PET-CT检查流程及产污环节分析

1、设备组成

PET-CT 扫描仪由 PET 扫描仪和 CT 扫描仪组成。PET 扫描系统主要由扫描仪、显像床、电子柜、操作工作站、分析工作站和影像硬拷贝等组成，它是决定图像质量的基础。CT 扫描仪位于 PET 扫描仪的前方，两者组合在一个机架内，后配 PET、CT 融合对位工作站，一次成像同时完成 CT 及 PET 扫描。

2、工作原理

PET-CT (Positron Emission Tomography and Computer Tomography)，全称正电子发射断层与计算机断层诊断技术，是在 PET 和 CT 的基础上发展起来的新设备，充分结合了 PET 高灵敏度和 CT 高分辨率的优势。其原理是通过正电子核素或其标记的示踪剂，示踪人体内特定生物物质的生物活动，采用多层、环形排列于发射体周围的探头，由体外探测正电子示踪剂湮灭辐射所产生的光子，然后将获得的信息，通过计算机处理，以解剖影像的形式及其相应的生理参数，显示靶器官或病变组织的状况，藉此诊断疾病，又称为生化显像或功能因子显像，是目前唯一可以在活体分子水平完成生物学显示的影像技术；同时结合应用高档多排 CT 技术进行精确定位，可以精确地提供靶器官的解剖和功能双重信息，并能够独立完成多排螺旋 CT 的临床显像，大大提高临床使用价值。

3、检查流程及污染因子

PET-CT 显像检查主要通过给受检者注射放射性标记药物 ^{18}F 并利用正电子发射型计算机断层扫描系统（PET）对受检者全身或者相关脏器进行诊断检查。检查流程如图 9-1。

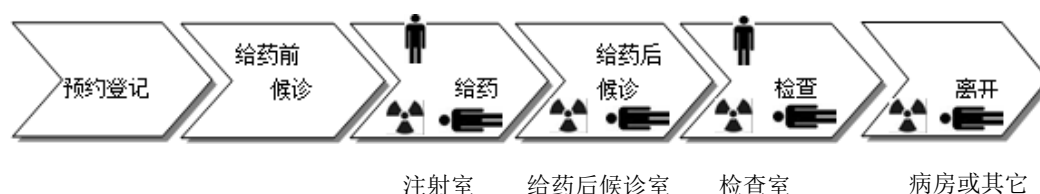


图 9-1 PET-CT 诊断检查流程图

①根据医生指导意见，需要接受全身或脏器显像检查的人员提前预约登记，确定用药量，医院根据实际情况委托供药单位配药；

②受检者按约定时间在给药前候诊区准备和等候，检查前先测血糖、留置针等相关准备工作。

③准备好的受检者经过专用通道进入注射区，注射医务人员穿戴好个人防护用品从贮药铅罐内用一次性注射器汲取计划的药量，在注射台前为受检者注射药物，注射时间平均约 10s/每人；

④注射了放射性药物的受检者进入给药后候诊区候诊或进行检查前的准备；

⑤已注射药物的受检者从给药后候诊区直接进入检查室检查，医务人员配合受检病人摆好位后进入操作间进行隔室操作，摆位时间平均约 1min/每人，每次扫描约 10~20min；

⑥扫描完成后，病人进入留观室观察约半小时，无碍后由病人专用通道离开。

9.1.3 PET 配套用 CT

（1）工作原理

CT 是计算机断层 X 射线摄影术（Computed Tomography）的简称，它使用了精确准直的 X 射线从各种不同的离散角度扫描所关注的平面，利用探测器记录透射光束的衰减量，并经过数学运算，电子计算机处理相应数据，从而产生一个以检查层的相对衰减系数为依据的躯体横断面的影像。

（2）设备组成

由产生 X 射线的 X 线管、供给 X 线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置，以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅

助装置即外围设备组成。

(3) 工作流程及产污环节

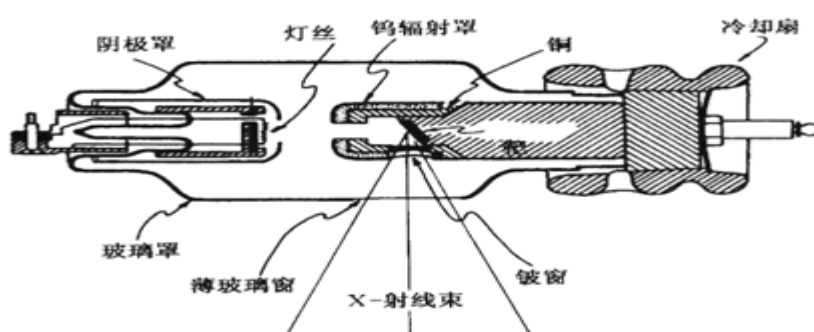
确定患者体层摄影的体位，扫描定位，投照摆位，屏气曝光。扫描过程中，X 线球管连续地发射 X 线，扫描床持续同步前移，实现无间断容积数据采集。

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，该院使用的 CT 装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

9.1.4 DSA 介入诊疗

X 射线诊断装置主要由 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阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装载聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，二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 射线管和两极之间，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。X 射线管基

本结构如图
示。



9-2 所

图 9-2 典型X 射线管结构图

(1) 工作原理

DSA 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，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。两次数值相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规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。且对比度分辨率高，减

去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全；节省胶片使造影价格低于常规造影。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

（2）设备组成

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

（3）工作流程及产污环节

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

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

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

DSA 的 X 射线诊断机曝光时，主要污染因子为 X 射线，DSA 拍片流程及产污环节如图 9-3 所示。

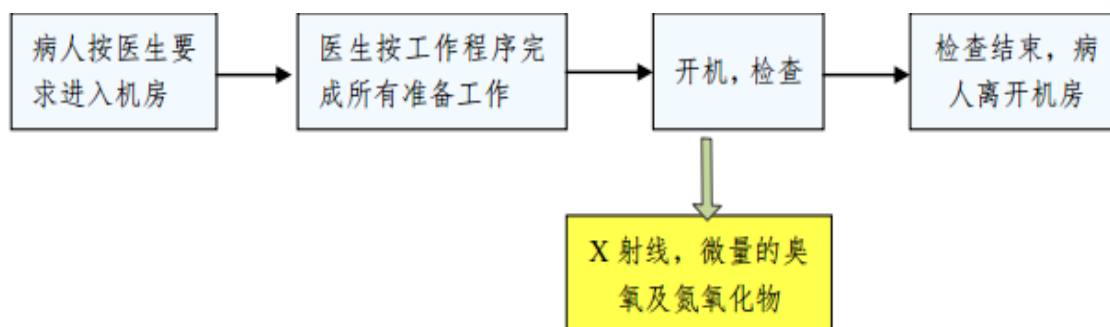


图 9-3 DSA 工作流程及产污环节图

9.2 污染源项分析

9.2.1 非密封放射性物质 ^{18}F

(1) γ 射线

^{18}F （正电子）与负电子相结合，能产生湮灭 γ 光子辐射。因此 ^{18}F 在取药、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的 γ 射线，会造成医务人员和公众的外照射。

(2) β 放射性表面污染

医生在对含有放射性同位素 ^{18}F 的种种操作中，不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等放射性沾污，造成 β 放射性表面污染。

(3) 废气

本项目使用的 ^{18}F 药物在带有通风装置的通风橱内分装完毕，注射时药物在针筒内，无开放液面，空气中挥发散逸的放射性同位素几乎没有，因此放射性气溶胶非常少，其对医护人员和公众的内照射影响可以忽略。

(4) 废水

工作场所沾有放射性污染的各种器械、地面、台面和工作人员手清洗废水；体内含有放射性核素的病人排泄物。

(5) 固体废物

放射性同位素操作过程中产生的如注射器、一次性手套、棉签、滤纸等带微量放射性同位素的医疗固体废弃物，污染途径为操作过程中及收集固废过程中和贮存衰变时对医务人员产生的外照射。

9.2.2 DSA 及 PET 配套 CT

本项目 DSA 为 II 类射线装置，PET 配套 CT 为 III 类射线装置。由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。医院使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，评价因子主要为 X 射线。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 核医学科项目安全设施

10.1.1.1 核医学平面布局及合理性分析

本项目核医学科湖州市中心医院地下一层，拟设置PET-CT机房及控制室、分装注射室、校正源库、污物间、留观室、医生专用卫生通过间、清洁间、给药前等候区、给药后候诊区（内设患者专用卫生间）、患者廊道与医生廊道等相关用房，所在楼层平面布局见附图 3。

核医学科用房东侧为湖州市中心医院核医学科其他预留用房，南侧为设备间，西侧和北侧为地面，楼上为其他诊室、医办及卫生间，一楼对应区域见附图 4。

表 10-1 拟建核医学科四周布局一览表

辐射场所	东	南	西	北	上	下
核医学科	核医学科 其他预留 用房	设备间	地面	地面	诊室、医办、 卫生间及地 面	岩土层

核医学科的控制区走廊出入口防护门设置有门禁系统，满足《临床核医学卫生防护标准》（GBZ 120-2006）中“控制区内走廊应避免无关人员通过。控制区除医务人员外，其他无关人员不得入内，患者也不应随便离开该区”的要求。核医学科药物分装、注射与扫描检查分开，注射后候诊室内设有注射后病人专用卫生间，满足GBZ120-2006 中关于临床核医学工作场所对于布局的要求以及《操作非密封源的辐射防护规定》（GBZ11930-2010）中关于安全操作的要求。

本项目核医学科和其他工作区域相邻，但不相通，与四周及上方的非放射性工作场所完全隔开。核医学科设有独立的出入口，可避免与本工作无关人员任意出入而受到不必要的辐射照射或扩大污染范围。

综上所述，本项目核医学科布局符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《临床核医学卫生防护标准》（GBZ120-2006）、《操作非密封源的辐射防护规定》（GBZ11930-2010）等标准的要求，核医学科平面布局合理。

10.1.1.2 核医学人流、物流路径规划

①注射工作人员工作场所位于分装注射室，工作开始之前，工作人员进入核医学科医生专用入口门M1 进入医生廊道，在廊道右手边由卫生通过间进入分装注射室取药准备注射，通过注射窗口对病人进行隔室注射。工作结束后，工作人员仍需经卫生通过间

淋浴更衣，检测放射表面污染合格，才能回到非控制区域场所。卫生通过间内配置有表面污染监测设备，设置有感应式洗手池和淋浴设施。核医学科工作人员完成工作后均原路返回。

②PET-CT设备操作人员与摆位工作人员工作场所位于控制室和PET-CT机房，工作开始之前，由核医学科医生专用入口门M1 进入医生廊道，在廊道尽头进入控制室，PET-CT操作全部在控制室内进行，摆位时需要通过机房与控制室的门进入机房进行摆位，摆位结束后，原路返回控制室内继续进行设备操作工作。

（2）受检者/患者路径

受检者/患者在核医学科注射前候诊区接受问诊登记，根据叫号通过病人入口 M2 单向门进入核医学科病人走廊。受检者注射后前往相应候诊室休息、候诊，然后进入机房接受检查。PET-CT 显像检查病人在完成扫描后，确认无需进行二次扫描的受检者可直接由病人出口单向门离开。该路径上，受检者/患者出入口 M3（病人走廊出入口）均设置为单向门禁，仅允许受检者/患者单向通行。候诊室设有独立的卫生间，受检者可在专用卫生间内如厕，不随意走动。

（3）放射性药物路径

按照建设单位与送药单位的协定，放射性药物配送人员每天上班前从医生廊道进入核医学科由卫生通过间将预定的放射性药物送至分装注射室的通风橱内，并由专人进行交接，交接过程均在监控下进行。交接结束后，配送人员由原路离开核医学区。建设单位拟制定放射性药物管理制度，做好放射性药物的台账管理。

放射性药物使用时，直接在分装室的通风柜内进行分装，分装好的药品在分装室的注射窗口对病人进行隔室注射。显像剂每次用量在前一天预定，当日进入、当日用完，不在影像中心内存放。

（4）污物路径

核医学科放射性废物在污物间进行暂存，衰变至符合清洁解控水平后，选择在下班后无病人时段，由污物间从患者廊道运输至室外，送影像中心医疗废物库集中收集后按照普通医疗废物处置。

本项目病人进、出各有单独通道，互不交叉；病人检查区域与工作人员区域相对独立，不交叉。因此，核医学科工作场所平面分布基本合理。

其人流与物流的规划路径见附图 8。

10.1.1.3 非密封放射性物质工作场所分级

本项目 PET-CT 使用核素 ^{18}F 进行显像检查, 根据 GB18871-2002 非密封源工作场所的分级原则及《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(环办辐射函〔2016〕430 号), 放射性核素的日等效操作量计算公式见 10-1。修正因子见表 10-2、10-3, 计算见表 10-4。

$$\text{放射性核素的日等效操作量} = \frac{\text{放射性核素的实际操作量} \times \text{毒性组别修正因子}}{\text{操作方式修正因子}} \quad (\text{式 10-1})$$

表 10-2 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 10-3 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较 低的固体	液体、溶液、 悬浮液	表面有污染 的固体	气体、蒸汽、粉末、压 力很高的液体、固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

表 10-4 拟建核医学科工作场所分级计算表

工作场所	核素 名称	计划最大日操 作量 (Bq)	毒性组别 修正因子	操作方式 修正因子	计划日等效最大 操作量 (Bq)	分级
地下一层 核医学科	^{18}F	7.4×10^9	0.01	10	7.4×10^6	丙

注: 根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(环办辐射函〔2016〕430 号) 的规定, ^{18}F 的操作方式属于“很简单的操作”。

因此, 本项目核医学科工作场所放射性核素的日等效操作量为 $7.4 \times 10^6 \text{Bq} < 2.0 \times 10^7 \text{Bq}$, 应按照丙级工作场所进行管理和规划设计。

10.1.1.4 辐射工作场所分区

为了便于加强管理, 切实做好辐射安全防范工作, 按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 的要求, 在辐射工作场所内划出控制区和监督区, 在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区: 在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散, 以及在一定程度上预防或限制潜在照射, 要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志, 并给出相应的辐射水平和污染水平指示。

运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

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，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，本项目核医学科工作场所分区如下：

控制区：PET-CT 机房、分装注射室、给药后候诊室、校正源库、污物间、留观室、医生卫生通过间、清洁间、病人专用卫生间及患者廊道。

监督区：控制室、给药前病人等候区、医生廊道等。

两区划分图见附图 9。

10.1.1.5 辐射防护屏蔽设计

根据建设单位提供的辐射屏蔽防护设计方案，本项目核医学科工作场所具体防护设计见表 10-5。

表 10-5 核医学工作场所屏蔽设计参数

核医学工作场所	屏蔽体	主要屏蔽材料及厚度
PET-CT 机房	四侧墙体	24cm 实心砖+2cm 硫酸钡
	顶棚	25cm 混凝土
	防护门	内衬 4mm 铅板
	观察窗	内衬 4mm 铅板
辅助设备间	四侧墙体	24cm 实心砖
	顶棚	25cm 混凝土
	防护门	内衬 2mm 铅板
校正源库	四侧墙体	24cm 实心砖
	顶棚	25cm 混凝土
	防护门	内衬 2mm 铅板
分装注射室	四侧墙体	24cm 实心砖
	顶棚	25cm 混凝土
	防护门	内衬 2mm 铅板
	观察窗	内衬 4mm 铅板
污物间	四侧墙体	24cm 实心砖
	顶棚	25cm 混凝土
	防护门	内衬 2mm 铅板
卫生通过间	四侧墙体	24cm 实心砖
	顶棚	25cm 混凝土
	防护门	内衬 2mm 铅板
患者廊道	四侧墙体	24cm 实心砖
	顶棚	25cm 混凝土

	防护门	内衬 2mm 铅板
给药后候诊区	四侧墙体	24cm 实心砖
	顶棚	30cm 混凝土
	工作人员防护门	内衬 2mm 铅板
	受检者防护门	内衬 2mm 铅板
	观察窗	内衬 4mm 铅板
留观室	四侧墙体	24cm 实心砖
	顶棚	30cm 混凝土
	工作人员防护门	内衬 2mm 铅板
	受检者防护门	内衬 2mm 铅板
	观察窗	内衬 4mm 铅板
清洁间	入口防护门	内衬 4mm 铅板
	出口防护门	内衬 4mm 铅板
	顶棚	25cm 混凝土

表 10-6 PET-CT 机房设计使用面积与评价一览表

机房名称	使用面积（机房尺寸）	标准要求（最小单边长）	符合性
PET-CT 机房	49m ² (6m)	30m ² (4.5m)	符合

表 10-7 射线装置机房屏蔽设防护参数

机房名称	屏蔽体	材料及规格（铅当量：mmPb）	标准要求	是否符合要求
PET-CT 机房	墙体	24cm 实心砖+2cm 硫酸钡（4）	有用线束及非有用线束方向铅当量均为 2mm（一般工作量）；2.5mm（较大工作量）	是
	顶棚	25cm 混凝土（3）		
	工作人员防护门	内衬 4mm 铅板（4）		
	受检者防护门	内衬 4mm 铅板（4）		
	观察窗	4mmPb 铅玻璃（4）		

10.1.1.6 辐射安全和防护措施

1、辐射防护屏蔽

（1）核医学科工作场所屏蔽设计见表 10-5，屏蔽设计评价见本报告第 11 章节。

（2）辐射工作场所应严格按照相关规范设计机房防护，衰变池容量、通往衰变池的排水管道等，建设单位必须严格监理施工，保证施工按照各项设计和要求完成。

2、辐射安全措施

（1）核医学科将加强对病人的管理，拟设置病人专用的进口与出口、专用厕所。

（2）核医学用房均应按《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）中丙级工作场所的标准来进行设计施工。

（3）核医学用房装修时，控制区和监督区的地面与工作台面均须铺设塑料地坪，地面平整光滑无接缝，易于清洗不渗漏，有利于表面污染的防治。

（4）核医学工作场所拟设置卫生通过间，有利于工作人员污染的防治。

(5) 核医学工作场所拟设置放射性药物注射后受检者等候、检查及检查结束后的走向标识,有效引导受检者走向。

3、辐射安全设施

(1) 警告设施

建设单位计划在核医学科控制区各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志,警示人员注意安全。在 PET-CT 机房受检者防护门上方设置工作状态指示灯,并与防护门联锁,防护门关闭时指示灯为红色,防护门打开时,指示灯灭。

(2) 紧急止动装置

在控制台上、机房内、治疗床上安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急止动按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况,工作人员按动紧急止动按钮即可令 PET-CT 停止运行。

(3) 操作警示装置

PET-CT 扫描时,操纵台上的指示灯变亮,警示装置发出警示声音。

(4) 视频监控和对讲装置

在工作场所范围内设置视频监控系统,便于观察受检者的情况、核医学科工作场所进出/口情况;PET-CT 机房和控制室之间拟安装对讲装置,便于工作人员通过对讲装置于机房内受检者联系。

(5) 门禁系统

在核医学科受检者入口处和通道中设置专用门禁系统,对受检者的出入进行控制。

4、放射性药物的存放

本项目核医学科使用的核素 ^{18}F 置于药商提供的防护罐中,由供应单位派专人于第二日上班前直接送至分装注射室的通风橱暂存,不贮存于源库中。

5、源库的设置要求

本项目 PET-CT 所用 ^{68}Ge 校准源购买后存放于源库的保险箱内,源库必须满足以下的辐射安全防护要求。

(1) 源库应设置报警装置与当地公安“110”联网,同时管理上应做到双人双锁,确保其具备“防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”的功能,同时还需设置红外监控录像设备,且录像保存时间在 15 天以上,主要包括:保险柜、防盗门、双人双锁、房间内设置视频监控、门口设置红外报警系统和电离辐射标志。

(2) 放射源需要使用或存在未使用完的放射性药物需要入库时,由专职人员进行

登记出入库。

(3) 为保证工作人员的安全，源库应装有剂量报警装置。进入源库后，应先打开剂量报警装置，离开源库时，关闭剂量报警装置。

(4) 工作人员离开源库时，必须做到人走断电、断水、锁门、关窗，防止火灾和被盗。

(5) 源库管理人员要做到收支账目清楚，定期检查放射源，做到账物相符，如发现账物不符，应及时上报影像中心主管领导。如遇放射源被盗丢失，应立即上报影像中心主管领导并上报生态环境、公安等部门。

(6) 源库内严禁烟火。

6、表面污染控制措施

为保证非密封源工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的标准，环评提出以下管理措施和要求：

(1) 放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；

(2) 操作放射性药物时，须在有负压的通风柜内进行，防止放射性物质飞散；

(3) 放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有适当的防护用品。

(4) 操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后应当使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污，以满足《电离辐射防护源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的标准值。

7、人员防护措施

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者/患者及本次评价范围内其他人员。

(1) 辐射工作人员的防护

在实际工作中，为了减少辐射工作人员所受到的照射剂量，普遍采用屏蔽防护、时间防护和距离防护。

①屏蔽防护：将辐射源安置在专用、固定的工作场所内，通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的有害辐射；为核素操作人员配备铅防护手套、铅橡胶围裙等个人防护用品，注射器配备注射防护套。

②时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少扫描时间，使照射时间最小化。

③距离防护：在不影响工作质量的前提下，保持与辐射源尽可能大的距离，使距离

最大化。

④本项目核医学所有辐射工作人员均应配备个人剂量计并定期送检,开展职业健康监护并建立个人职业健康监护档案。

(2) 受检者的防护

为减少受检者的照射剂量,主要采取屏蔽防护、时间防护和距离防护措施。

①屏蔽防护: PET-CT 内拟为受检者配备个人防护用品,如铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等。

②时间防护: 在满足检查要求的前提下,尽量减少扫描时间,使照射时间最小化。

③距离防护: 尽可能增加受检者与射线源的距离,减少受检者的受照剂量。

(3) 其他人员防护

①屏蔽防护: 辐射工作场所外围环境中的其他人员主要依托辐射场所墙体、顶棚及地坪、防护门窗等实体进行屏蔽防护。

②时间防护: 设置明显的警示措施,提示其他人员尽可能减少在辐射工作场所周围的停留时间。

③距离防护: 设置必要的防护、隔离、警示措施,尽可能增大人员与辐射场所之间的防护距离。

8、防护设备与防护用品

表 10-8 本项目核医学科工作场所防护用品与监测设备配置计划

序号	用途	所需产品名称	数量
1	药物分装	自动/手动分装仪	2 选 1
2		密闭式百级净化多功能通风柜	1 个
3	药物质控	活度计	1 个
4	药物运输	钨合金防护罐或防护运输盒	若干
5		PET 猫	1 个
6	药物注射	防护注射窗	1 个
7		钨合金注射器防护套	若干
8	废物处理	放射性废物桶	若干
9		放射性废物存储箱	若干
10		紧急辐射泄漏处理包	若干
11		远距离取物夹	若干
12	其他防护制品	铅屏风	若干
13	个人防护用品	铅衣、铅帽、铅围领、铅手套、 铅眼镜	一名辐射工作人员一套
14		个人剂量报警仪	一名辐射工作人员一只
15	辐射监测仪器	X- γ 剂量率测量仪	1 台
16		β 表面污染监测仪	1 台

9、操作过程中的防护措施

(1) 放射性药品的操作防护

除注射、给药外，其余涉及放射性药物的所有操作均在通风柜内进行，通风柜操作台面要求光滑、平整、易于清洗去污。所有涉及放射性物质操作都必须在铺衬有吸水纸的瓷盘内进行。通风柜底部拟设有铅污物桶，用于暂时收集放射性废物，装满后的废物置于废物间暂存。

放射性药物在注射过程中医生应做好个人防护措施，包括穿戴铅衣、铅帽、铅手套和铅围脖等，均具备 0.5mmPb 当量， ^{18}F 注射操作台拟采用 30mm 铅当量的铅玻璃防护，并在注射位挡一厚度约 30mmPb 当量的挡板。注射操作时，医生（采取相应防护措施）与病人及药物分别位于铅玻璃的两侧。病人注射后进入相应的候诊室。

(2) 注射后病人防护措施

首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性， ^{18}F 注射病人要与陪护人员实行隔离，陪护人员不允许在候诊室、留观室驻留，医院需要划定专门的陪护人员等候区并尽量远离非密封源工作场所，同时要求病人在注射后观察期内禁止随意走动，观察期间的呕吐物和排泄物要排入候诊室的专用厕所，留观室内无放射性废水管线，病人呕吐物由铅罐收集后，倒入 PET-CT 候诊室专用厕所。最终排入本项目拟建衰变池。

10.1.2 DSA 介入治疗安全设施

10.1.2.1 工作场所平面布局

湖州滨湖医学影像诊断中心有限公司拟在湖州市中心医院 6 号楼 4 楼 23 号介入手术室并配置 1 台 DSA 开展介入治疗。其平面布局见附图 10，其四周布局见表 10-9。

表 10-9 DSA 机房位置及四周布局一览表

工作场所	位置	东	南	西	北	上	下
23 号介入手术室	6 号楼 4 楼	CT 机房	内部走廊	MR 机房	内部走廊	物流站点	会议室

10.1.2.2 辐射工作场所分区

本项目 DSA 机房两区划分如下：

控制区：DSA 机房。

监督区：机房控制室和 DSA 机房周围 30cm 范围内区域。

两区划分图见附图 10。

10.1.2.3 工作场所防护屏蔽设计

本项目 DSA 机房设计使用面积及最小单边长详见表 10-10，实体屏蔽设计详见表 10-11。

表 10-10 射线装置机房设计使用面积与评价一览表

机房名称	使用面积（机房尺寸）	标准要求（最小单边长）	符合性
23 号介入手术室	67.1m ² (8.72m×7.7m)	20m ² (3.5m)	符合

表 10-11 射线装置机房屏蔽设防护参数

机房名称	屏蔽体	材料及规格（铅当量：mmPb）	标准要求	是否符合要求
23 号介入手术室	四周墙体	24cm 实心砖+3cm 防护涂料（5）	有用线束及非有用线束方向铅当量均为 2mmPb	是
	顶棚	16cm 砼+2cm 防护涂料（4）		
	地坪	16cm 砼+2cm 防护涂料（4）		
	防护门	内衬 5mm 铅板（5）		
	观察窗	5mmPb 铅玻璃（5）		

由上表可知，本项目 DSA 机房有效使用面积和屏蔽防护设计均满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）相关要求。

10.1.2.4 安全防护措施

本项目 DSA 主要辐射为 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源以及加以必要的屏蔽。本项目对 X 射线外照射的防护措施主要有以下几方面。

1、设备固有安全性

本项目 DSA 购买于正规厂家，设备各项安全措施齐备，仪器本身采取了多种安全防护措施：

（1）采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

（2）采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适的铜过滤板，以消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应 DSA 不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铜过滤板。

（3）采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视，改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

（4）采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示（即称之为图像冻结），利用此方法可以明显缩短总透视时间，以减少不必要的照射。

(5) 正常情况下，必须按规定程序并经控制台确认验证设置无误时，才能由“启动”键启动照射；同时在操作台和床体上均设置有“紧急止动”按钮一旦发现异常情况，工作人员可立即按下此按钮来停止照射。

(6) 机房门有闭门装置，且工作状态指示灯与机房门联锁。

2、安全装置

(1) 门灯联锁：DSA 机房防护门外顶部设置工作状态指示灯。防护灯为红色，以警示人员注意安全；当防护门打开时，指示灯灭。

(2) 紧急止动装置：控制台上、介入手术床旁设置紧急止动按钮（各按钮分别与 X 射线系统连接）。DSA 系统的 X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动任一个紧急止动按钮，均可停止 X 射线系统出束。

(3) 操作警示装置：DSA 系统的 X 射线系统出束时，控制台上的指示鸣器发出声音。

(4) 对讲装置：在 DSA 机房与控制室之间安装对讲装置，控制室的工作人员通过对讲机与 DSA 机房内的手术人员联系。

(5) 警告标志：DSA 机房的防护门外的醒目位置，设置明显的电离辐射警告标志。

3、介入手术过程人员防护

(1) 本项目 DSA 装置拟配备铅衣 2 套、铅围脖 2 件、铅围裙 2 件、铅帽子 2 件、铅手套 2 副、铅眼镜 2 副，个人防护用品具有 0.5mm 厚铅当量。

(2) 本项目 DSA 装置拟配备铅悬挂屏 1 件、铅防护帘 1 件、床侧防护帘 1 件、床侧防护屏 1 件，辅助防护设施具有 0.5mm 厚铅当量。

(3) 应根据实际情况，对病人病灶以外的部位进行遮盖，防护用品具有 0.5mm 厚铅当量。

(4) 在满足诊断要求的前提下，每次使用 DSA 进行诊疗之前，应根据诊疗要求和病人实际情况制定最优化的诊疗方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

(5) 本项目 DSA 辐射工作人员必须配备个人剂量计。

10.2 三废治理

10.2.1 核医学科

核医学工作场所使用非密封放射性物质过程中会产生含放射性固废、放射性废水和放射性废气，本项目拟采取以下“三废”治理措施。

1、放射性废水

本项目核医学科产生的放射废水包括：工作人员操作过程手部受到微量污染的清洗废水，清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水，以及患者冲洗排便用水。

核医学产生的放射性废水排放至医院公卫楼东南侧核医学科衰变池内，共设 3 个相同体积地埋式不锈钢衰变池，每个有效容积为 24m^3 ，3 个不锈钢衰变池材质坚固、耐酸碱腐蚀，无渗透性，满足《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）5.1.1 款相关规定，放射性废液衰变系统采用“并联”排放，配置动力及自动运行控制系统，可实现全自动或手动两种运行控制方式，待十个以上半衰期后放射性水平降至豁免值以下进行排放，排放指标为总 $\beta < 10\text{Bq/L}$ 。

（1）核医学放射性废水收集管线

医院核医学科产生的放射性废水通过专门的管道进行统一收集，并经管道排入公卫楼东南侧放射性废液衰变系统，在放射性废液衰变系统内进行粉碎、降解、衰变、取样、监测等过程。当衰变后的废水经放射性废液衰变系统的取样监测单元检测达标后，排入医院污水处理系统。核医学废水处理流程示意图见图 10 -1。

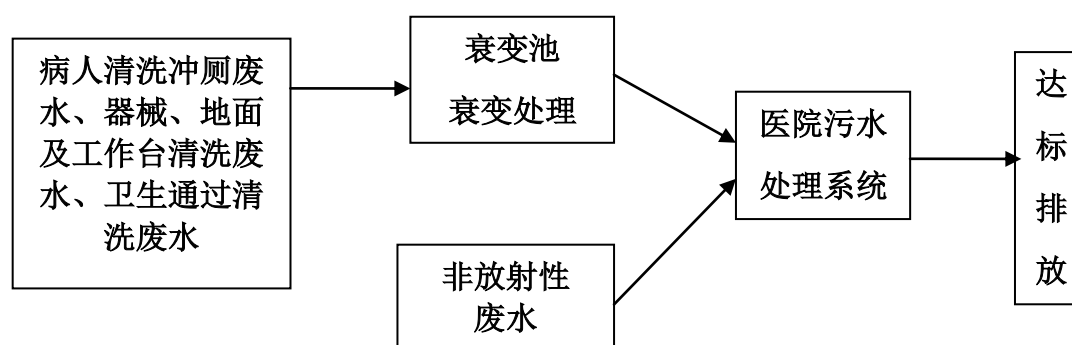


图 10-1 拟建核医学科废水处理流程示意图

核医学科放射性废水管道均要求抗酸碱、耐腐蚀并有一定防辐射功能。本项目的放射性废水管道拟采用金属管并用铅板进行屏蔽防护。留观室内无放射性废水管线，病人呕吐物由铅罐收集后，倒入PET-CT候诊室专用厕所。

(2) 放射性废液衰变池

放射性废液衰变系统采用“并联”排放。衰变池进水管上设电动阀，出水采用排污泵排出。运行时先关闭第二、三衰变池进水管上电动阀，打开第一衰变池进水管上的电动阀，使废水进入第一衰变池；待第一衰变池达到设计液位后，打开第二衰变池进水管上的电动阀，关闭第一衰变池进水管上的电动阀，使废水进入第二衰变池；按照同样的操作方法，使废水依次进入第三衰变池；待第三衰变池达到设计液位后，关闭第三衰变池进水管上的电动阀，打开第一衰变池排水管上的电动阀与衰变池排污泵，将经过衰变后的废水排入医院污水管网，出口设置出水检测井。

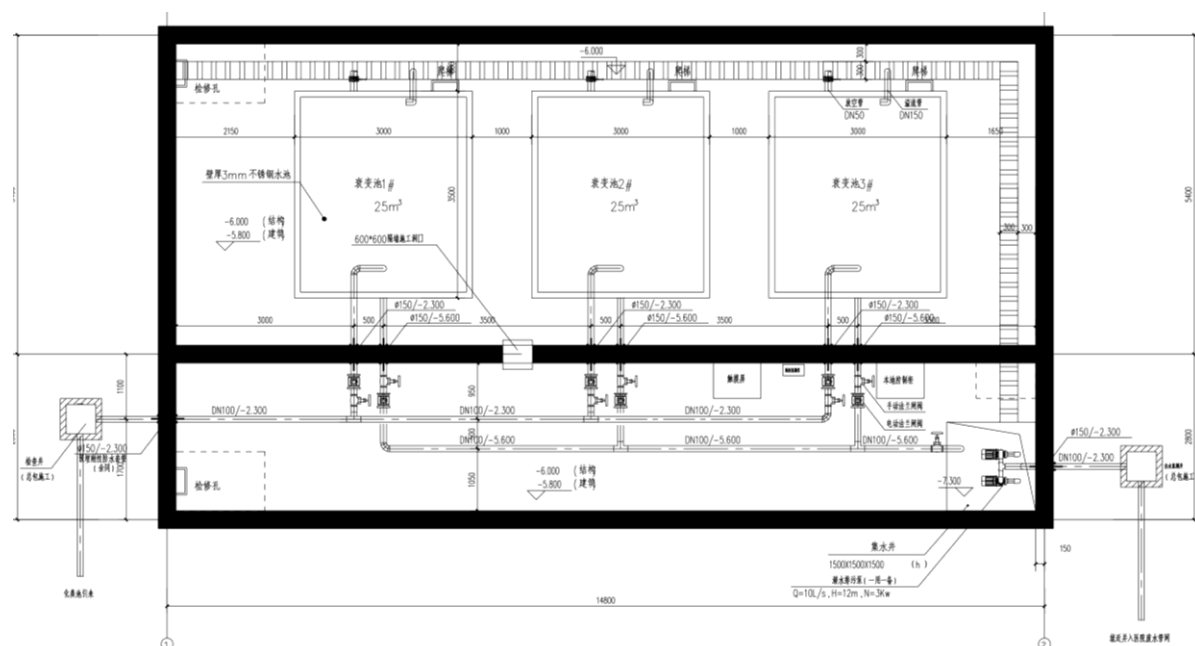


图 10-2 核医学科放射性废液衰变系统设计图

(3) 环评要求

- ①规定患者诊疗期间使用专用厕所，不得使用其他厕所。
- ②专用厕所应具备使病人排泄物迅速全部冲洗入池的条件，而且随时保持便池周围清洁。
- ③衰变池应设为控制区并与其他区域实现物理隔离，在显著位置设置电离辐射警示标志。
- ④衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。
- ⑤衰变后的废水需监测达标（总 β 排放标准：10Bq/L）后方可排入医院污水处理站。
- ⑥影像中心需建立衰变池排放台账，记录每次排放时间、排放量及监测结果情况并由专人负责管理记录。

2、放射性废气

根据建设单位提供的资料，本项目核医学科的PET-CT机房、校正源库、分装注射室、给药后候诊室及患者通道设置有集中排风系统，采取机械风机排风，保证排风系统内为负压，排风口位于屋顶。

本项目PET-CT使用核素 ^{18}F 作为显像剂，显像剂主要存放和使用位置为分装注射室，在分装注射室内设通风橱1个，用于显像剂的取用，通风橱风管单独接入排风口，不与其他风管相通。

根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）中4.5条规定：合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 1m/s ），排气口应高于本建筑屋脊，并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置。

本项目使用的 ^{18}F 为液态药品，挥发性很小，可不设置活性炭过滤装置，采用集中排风系统收集处理即可行；另外本项目排风井是专为核医学科通风系统设置，是核医学科独立使用的排风井，排风井通向楼顶，并高于屋脊 1.0m 。因此，本项目核医学科排风系统能够满足相关标准的要求。

3、放射性固废

本项目核医学科工作场所产生的放射性固体废物，主要为辐射工作人员操作过程产生的一次性注射器、针头、手套、药棉、纱布、破损杯皿、擦拭污染地面的物品等。医护人员定期将该部分放射性固废按类别和日期分别暂存于放射性废物桶内，然后转存于核医学科的污物间内，让放射性物质自行衰变，待十个以上半衰期（ ^{18}F 须贮存 1 天）后衰变至符合清洁解控水平后，按照普通的医疗废物处置。

本项目拟购放射性衰变桶 3 个，计划分装注射室 1 个、污物间 1 个、扫描前候诊室一个。放射性废物衰变桶内放置专用塑料包装袋，桶外贴电离辐射标志，包装袋标明废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明。装满后的专用塑料包装袋应密封、不破漏，及时转存于污物间。根据影像中心拟开展的工作方案，PET-CT（ ^{18}F ）诊断人数为 5000 人次/年，患者诊断过程放射性固废产生量约 0.05kg/人次 ，经计算，本项目核医学科产生的放射性固废约 250kg/年 。本次评价建议将含核素 ^{18}F 的放射性固废每天集中收集并在贮存在铅衰变柜中衰变 2 天，然后按照医疗废物处置，可满足贮存 10 个半衰期以上的要求。

10.2.3 DSA及III类射线装置

DSA 装置诊疗过程使用的造影剂不含放射性；DSA 装置及 PET-CT 均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 装置及 PET-CT 在曝光过程中产生的少量臭氧经空调新风系统换气处理后对环境的影响较小。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期环境影响分析

湖州滨湖医学影像诊断中心有限公司在湖州市中心医院现有房屋开展工作，因此，本次评价仅对运营期核医学科运行造成的辐射环境影响进行分析评价。

11.1.2 设备安装调试期间的环境影响分析

环评要求设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在各个机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。由于各设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 营运期环境影响分析

11.2.1 辐射工作人员剂量估算

1、放射性同位素无屏蔽时剂量率计算

$$D = \frac{A \cdot \Gamma}{R^2} \quad (\text{公式 11-1})$$

式中 D: γ 辐射剂量率水平

A: 辐射源放射性活度

Γ : 各种核素的 γ 照射率常数

R: 预测点离源的距离

2、辐射工作人员与公众所照射的辐射年剂量

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{E,r} = D_{\gamma} \times t \times 0.7 \times 10^{-6} (mSv) \quad (\text{公式 11-2})$$

其中： $H_{E,r}$: X 射线外照射致人均年有效剂量当量，mSv/a；

D_{γ} : 为 X 辐射空气吸收剂量率，nGy/h；

t: 为 X 射线照射时间，h/a；

0.7: 为剂量换算系数，Sv/Gy。

本项目核医学科辐射工作人员 4 名和放射科 DSA 诊疗辐射工作人员 2 名，核医学科和放射科工作人员互不交叉。

11.2.2 核医学辐射环境影响分析

本项目 PET-CT 使用核素为 ^{18}F ，且工作中单个病人核素用量最大为 10mCi。

1、类比监测分析

为分析本医院拟建的 PET-CT 建成后运行期的辐射影响，本报告选取浙江省人民医院已投入运行的 PET-CT 机房（数据源于 2014 年浙江省辐射环境监测站编制的《浙江省人民医院 PET-CT、DSA、伽马刀等医用辐射装置建设项目（迁扩建）竣工环境保护验收监测表》）。其可比性分析详见表 11-1。

表 11-1 PET-CT (^{18}F) 类比情况一览表

医院		本项目 PET-CT	浙江省人民医院 PET-CT 机房 (类比对象)
指标			
使用核素		^{18}F	^{18}F
日等效操作量		7.4×10^6	$4.0 \times 10^8 \text{Bq}$
防护设施	防护门	4mm 铅当量	3mm 铅当量
	四侧墙体	24cm 实心砖墙+2cm 射线防护涂料 (4mm 铅当量)	24cm 实心砖+2mmPb 防辐射涂料 (4mm 铅当量)
	观察窗	4mm 铅当量	3mm 铅当量

由表 11-1 可见，本项目和类比项目的设备参数相同，墙体屏蔽能力相当，日等效操作量低于类比项目，具有很好的可比性。

在使用剂量方面，本项目最大使用量为 10mCi，为类比监测时单个病人使用量的 1.43 倍（7mCi），在剂量估算时，可以按 γ 辐射剂量率与活度成正比的线性关系进行校正。 γ 辐射剂量率类比监测结果见表 11-2， β 表面污染监测结果见表 11-3，监测点位示意图见图 11-1。

表 11-2 PET-CT (^{18}F) 类比项目 γ 辐射剂量率类比监测结果

点位序号	点位描述	γ 剂量当量率 (nSv/h)	
		未运行时	运行时
★1	源库中间	--	571
★2	污物间 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 废物桶表面	--	186
★3	^{131}I 自动分装机表面 (127mCi)	--	20200
★4	注射 7mCi ^{18}F 时，护士铅衣	--	35000
★5	^{131}I 给药室观察窗外 30cm 处	--	288
★6	运行时， 内有一名 注射 7mCi ^{18}F	PET-CT 机房医生出入门左缝外 30cm 处	575
★7		PET-CT 机房医生出入门右缝外 30cm 处	562
★8		PET-CT 机房医生出入门中间外 30cm 处	389
★9		PET-CT 机房操作位	195
★10		PET-CT 机房观察窗	218
★11		PET-CT 机房病人出入门左缝外 30cm 处	478
★12		PET-CT 机房病人出入门右缝外 30cm 处	599

★13	PET-CT 机房病人出入门中间外 30cm 处	--	600
★14	PET-CT 候诊室门口（内有 6 名病人）	--	13000

表 11-3 PET-CT (^{18}F) β 表面污染类比监测结果

序号	测点描述	β 表面污染 (Bq/cm^2)
1	病人洗手间地面	2.3
2	PET 给药处台面	未检出
3	PET-CT 室地面	未检出
4	污物间地面	未检出

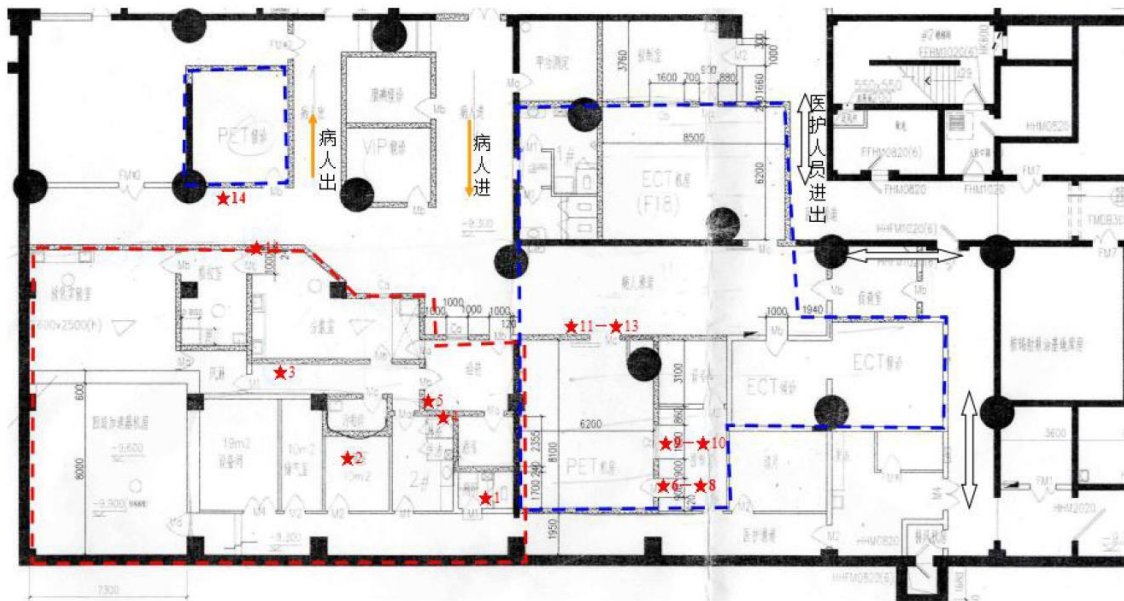


图 11-1 类比项目监测点位示意图

由表 11-2 的监测结果可知：病人注射后在机房内扫描检查时，注射位处 γ 辐射剂量率为 35000nSv/h 。

由表 11-3 的监测结果可知：类比项目机房地面和给药台、污物间地面、洗手间等控制区地上的表面污染水平最大值为 $2.3\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中控制区（工作台、设备、墙壁、地面） $4\times 10\text{Bq}/\text{cm}^2$ 标准的要求。

2、年有效剂量估算

1) 辐射工作人员

根据本项目的预计门诊量， ^{18}F 每年的最大门诊病人数将达到 5000 人，辐射剂量率采用类比监测和理论计算相结合的评价方法进行估算。根据公式（11-1）， γ 辐射剂量率与 γ 照射率常数和活度成正比。辐射工作人员受到的辐射照射主要来自为病人注射核素、伺候病人上机等过程产生的照射。现假设：

a、某一工作人员每次注射 ^{18}F 核素为 1.0min (γ 辐射剂量率取 35000nSv/h $\times 1.43$), 工作人员在扫描室病人诊断床边侍服病人上机、下机的时间约 0.5min (γ 剂量当量率取 35000nSv/h $\times 1.43$), ^{18}F 核素年操作 5000 人次;

b、所有工作由核医学科 6 名工作人员承担 (其中注射标记液由 2 名护士轮流完成, 摆位操作由 2 名技师完成和 2 名医生进行诊断)。

根据监测结果和剂量估算公式 (11-1), 可以计算出每位 ^{18}F 核素操作人员接收的附加年有效剂量当量约为 1.46mSv; 每位侍服病人上下机的辐射工作人员接受的附加年有效剂量当量约为 0.72mSv。本评价项目以 5mSv 作为职业人员年剂量约束值, 相比之下, 该院核医学科项目辐射工作人员所接受年有效剂量低于该年剂量约束值, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中关于“剂量限值”的要求。

2) 公众成员

本项目核医学科用房是相对封闭的区域, 科室有严格的“分区”管理制度, 公众成员不会到达控制区与监督区。因此, 公众成员不会受到本项目运行而受到额外的辐射照射剂量, 能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中对公众成员剂量限值的要求。

11.2.3 DSA 运行期环境影响分析

1、类比监测分析

本项目在湖州市中心医院 6 号楼 4 楼 23 号介入手术室配置 1 台 DSA 开展介入治疗。

为了分析了解本项目 DSA 建成投入运行后对周围环境所造成的辐射影响, 本次评价选取浙江省辐射环境监测站编制的《浙江大学医学院附属第二医院医用放射性同位素及射线装置建设项目 (扩建) 竣工环境保护验收监测表》中已投入运行的 DSA 机房验收监测数据进行类比, 其可比性情况详见表 11-4。

表 11-4 DSA 机房类比分析对比一览表

内容		浙二医院投入运行的 DSA 机房	本项目 DSA 机房
主要技术参数		150kV/1250mA	150kV/1250mA
防护设施	防护门	2mm 铅板	5mm 铅板
	观察窗	2.0~2.5mm 铅当量铅玻璃	5mm 铅当量铅玻璃
	四周墙体	28cm 混凝土 (3mm 铅当量)	24 实心砖+3cm 防护涂料 (5mm 铅当量)
	顶棚和地面	16cm 混凝土 (2mm 铅当量)	16cm 混凝土+2mmPb 防护涂料 (4mm 铅当量)

由表 11-4 可知, 本项目设备技术与类比对象相同, 机房防护水平优于类比对象, 因此这两个项目具有很好的可比性, 通过对类比对象的监测, 可预测本项目运行后的辐射环

境影响。监测结果见表11-5，检测点位图详见图11-2。

表 11-5 类比项目 DSA 机房周围 X- γ 辐射剂量率监测结果

点位 序号	监测点位描述	γ 剂量当量率 (nGy/h)	
		未运行时	运行时
$\Delta 107$	观察窗	141	137
$\Delta 108$	工作位	144	140
$\Delta 109$	医生门右门缝外 30cm 处	116	113
	医生门左门缝外 30cm 处	118	113
$\Delta 110$	病人门左门缝外 30cm 处	135	139
	病人门右门缝外 30cm 处	141	142
$\Delta 111$	医生工作位处（铅衣后）	——	8927

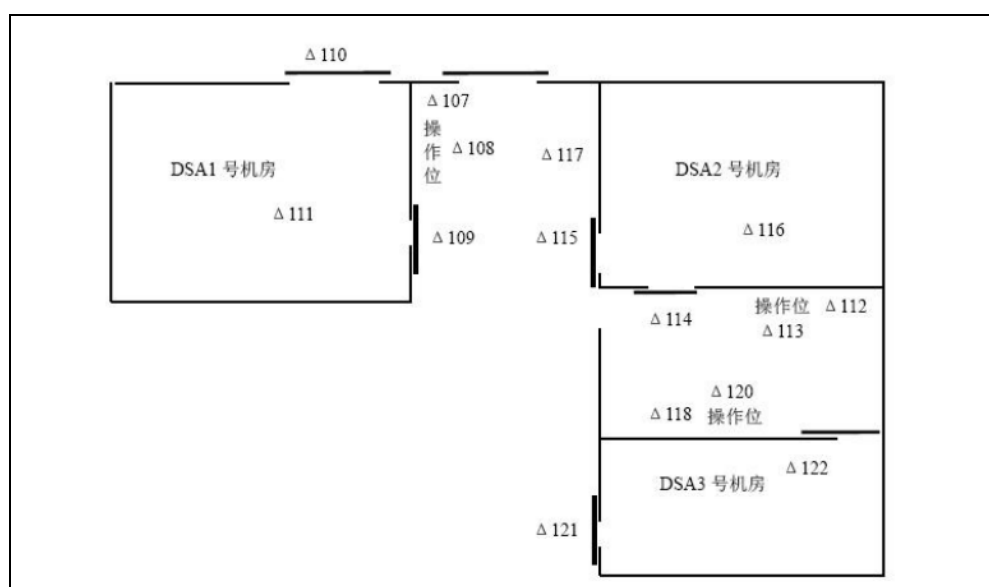


图 11-2 住院部一楼 DSA1 工作场所及周围环境辐射检测布点示意图

由表11-5类比数据可知，设备未运行时和运行时机房外剂量率未显著提高，该机房周围剂量当量率均小于《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中的相关要求。

2、年有效剂量估算

1）辐射工作人员

根据DSA工作流程分析，DSA设备操作为介入操作，医生需进入机房内工作，在患者手术时，医生穿戴好铅衣、铅围脖、铅帽、铅眼镜等辐射防护用品后近距离操作，因此X- γ 辐射剂量率较高。

根据医院预计最大工作量保守假设，单台DSA配备2名医生，2~3名护士，每名辐射工作人员每月的病人数为90人，每台手术曝光时间取30min，在上述偏保守的条件下，

工作人员介入操作过程穿戴好辐射防护用品，取DSA室内医生操作位的剂量率8927nGy/h，可计算出每名辐射工作人员接受的附加年有效剂量约为**1.69mSv**。

由上述类比分析及剂量估算可知，本项目DSA工作人员年附加剂量均低于5mSv的管理约束值，符合《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》GB18871-2002中关于“剂量限值”的要求。

2) 公众成员

根据类比监测结果可知，DSA 机房周围和公众成员可能靠近区域的辐射剂量率在开机前后未见明显升高。另外，医院具有健全的管理制度，公众成员一般不会进入机房周围的 1m 警戒线内。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

11.2.4 “三废”影响分析

本项目核医学科放射性废气经独立的通风管道排至楼顶，不与其他风管相通；放射性废水在衰变池贮存衰变后，经监测达标后排入医院污水处理系统；放射性固废采用专门的固废收集桶收集后，暂存衰变 10 个半衰期经监测达标后按照普通医疗废物处理，不外排。

因此，本项目“三废”可以做到达标排放，对周围环境影响较小。

11.3 辐射事故分析和防范措施

11.3.1 事故影响分析

11.3.1.1 核医学科工作场所

主要考虑电离辐射损伤、放射源和药物失控对环境的影响。

（1）由于工作人员操作不熟练或违反放射操作规程或误操作等其他原因造成的工作是放射性药物撒漏，造成意外照射和辐射污染。

（2）由于未锁好核医学科进出口的大门或取用药物和放射源后未及时锁好防护门或保险柜等药物和放射源保管工作不到位致使放射性药剂丢失，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

（3）核素治疗患者用药后离开核医学科，尤其是在用药初期离开候诊室，可能对接近患者的人员造成附加的照射剂量。

11.3.1.2 DSA 工作场所

（1）安全联锁装置等发生故障情况下，人员误入正在运行的机房而造成 X 射线误

照射。

(2) 工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离机房，射线装置运行，会对工作人员或病人家属产生不必要的 X 射线照射。工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，对工作人员造成辐射伤害。

(3) 射线装置控制系统出现故障，照射不能停止，病人受到计划外照射。

(4) 维修期间的事故，设备维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害。

11.3.2 辐射事故防范措施

上述辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施加以防范，是辐射环境风险控制在可以接受的水平。针对在运行过程中可能发生的事故，本次评价提出以下防范措施，尽可能的减小或控制事故的危害和影响，主要体现在以下几个方面：

11.3.2.1 核医学科工作场所防范措施

(1) 制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，减少药物撒漏事故的发生，发生撒漏等事故后，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦拭，直到擦干污染区。并用表面污染监测测量污染区，如果 β 表面污染大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表面该污染区未达到控制标准，应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 β 表面污染小于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。擦拭物收集放到放射性固体废弃物衰变箱中，作为放射性固体废物进行管理。

(2) 制定和完善放射性核素安全管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。专用贮存间设置防盗门及报警装置等设施，做好防火防盗工作。

(3) 加强对有药患者的管理，在不影响诊断和治疗的情况下，限制其服药量，限制患者出院时的放射性药物携带量，并对出院的有药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公众场所活动，并避免与家人近距离密切接触。

(4) 加强放射性废物的管理，对储存的放射性废物在废物桶外标明放射性废物的型、核素种类和存放日期的说明，并做好相应的记录。放射性废水和固体废物经足够长

的时间衰变后，方可排放或按照普通医疗垃圾处理，并做好监测记录。

(5) 核医学科个人防护用品主要包括工作服、工作鞋、帽等基本防护用品，以及铅防护衣、防护镜等附加防护用品。工作人员进入监督区必须穿戴放射防护用品，个人计量仪佩戴于铅衣内部左胸前。在进行分装及注射放射性药物时穿铅衣、戴口罩、手套，必要时戴防护眼镜。尽量利用长柄钳、镊子等工具操作，增加与放射性药物的距离。为病人注射放射性药物时，工作人员手部有一定受照量，操作者应使用注射器屏蔽装置。科主任负责个人防护用品使用方法培训及个人防护用品的存放、更新工作。

(6) 放射源事故防范措施

①源库应设置报警装置与当地公安“110”联网，同时管理上应做到双人双锁，确保其具备“防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”的功能，同时还需设置红外监控录像设备，且录像保存时间在 15 天以上，主要包括：保险柜、防盗门、双人双锁、房间内设置视频监控、门口设置红外报警系统和电离辐射标志。

②放射源需要使用或存在未使用完的放射性药物需要入库时，由专职人员进行登记出入库。

③为保证工作人员的安全，源库应装有剂量报警装置。进入源库后，应先打开剂量报警装置，离开源库时，关闭剂量报警装置。

④工作人员离开源库时，必须做到人走断电、断水、锁门、关窗，防止火灾和被盗。

⑤源库管理人员要做到收支账目清楚，定期检查放射源，做到账物相符，如发现账物不符，应及时上报影像中心主管领导。如遇放射源被盗丢失，应立即上报影像中心主管领导并上报生态环境、公安等部门。

⑥源库内严禁烟火。

11.3.2.2 DSA 防范措施

(1) 制定有自检制度，且严格进行经常性自查，如发现联锁装置、监视器、工作状态指示灯、电离辐射警告标志不够完善或失灵，以及防护门出现故障，应立即补充和修复。定期进行门机联锁装置、工作指示灯检查，防止人员误入。

(2) 制定规范的操作规程并落实，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，实施照射前控制台工作人员应先观察监控确保机房内出患者外，其他人员已撤出。

(4) 做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

(5) 医院应联系有维修资质的人员前来对设备进行维护，不得私自拆卸维修 X 射线装置。

11.3.3 事故应急措施

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第四十条及《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）有关规定，本项目应制定医院辐射事故应急预案，并在以后辐射工作开展过程中定期进行演练，及时进行整改。同时应配置必要的应急装备、器材以及应急资金。

本项目在落实本次环评提出的环境事故风险防范措施，并落实辐射事故应急预案中提出的各项应急措施和设施的前提下，辐射事故影响可控制在可接受水平内。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境管理机构的设置

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。

建设单位须发文明确《辐射安全与环境保护管理机构及职责》，内容包括：

①必须确定单位负责人为影像中心辐射工作安全责任人，设置以行政主管领导为组长的辐射防护领导结构，并指定专人负责辐射装置运行时的安全和防护工作，切实落实各项污染防治措施和管理制度。

②辐射防护管理机构应规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明。

③管理机构应加强日常监督管理，切实保障各项规章制度的实施。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 辐射工作制度

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》等法律法规要求，使用放射性同位素和射线装置的的单位应制定健全的操作规程、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，并有完善的辐射事故应急措施。

12.2.2 辐射工作人员管理

（1）本项目核医学科辐射工作人员需通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）进行报名，自主学习并参加考核，通过考核后上岗。

（2）根据《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》（浙环函〔2019〕248号），本项目 DSA 辐射工作人员需通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）进行报名，自主学习并参加考核，通过考核后上岗；或者参加放射诊疗培训并合格方可上岗。

（3）个人剂量监测：本项目辐射工作人员均应配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。

（4）职业健康体检：本项目辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康

康档案。

(5) 本项目辐射工作人员的职业卫生健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；辐射工作人员的职业卫生健康档案应永久保存。

12.2.3 年度评估报告

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素和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，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。年度评估报告应当包括放射性同位素与射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器和防护设备

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，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。因此本项目核医学科需配备 1 台环境辐射巡测仪、1 台 β 表面污染监测仪，每名辐射工作人员均配备个人剂量计及个人剂量报警仪并定期进行个人剂量检测，建立个人剂量档案；DSA 介入治疗项目需配备 1 台环境辐射巡测仪，每名辐射工作人员均配备个人剂量计及个人剂量报警仪并定期进行个人剂量检测，建立个人剂量档案。

12.3.2 日常监测

日常工作中，每次诊疗结束或其他相关操作（取药或注射等）完成后，需使用表面污染监测仪对核医学科放射性污染情况进行监测。工作人员离开核医学工作场所，需监测工作服、体表的污染水平。本项目日常监测工作由核医学科工作人员自行完成。

12.3.3 年度监测

建设单位应委托有资质的监测单位，定期（每年 1 次）对辐射工作场所周围环境进行辐射监测，监测数据每年年底须向当地环保局上报备案。

(1) 监测频度：每年常规监测 1 次。

(2) 监测范围：核医学科及各射线装置机房屏蔽墙外、防护门及缝隙处、候诊室、

操作台等，核医学科内部使用核素的区域。

(3) 监测项目：X、 γ 辐射剂量率；表面污染等。

(4) 监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

应将本项目辐射工作场所的监测结果写入《安全和防护状况年度评估报告》中，并于每年 1 月 31 日前向辐射安全许可证发证机关提交上一年度的评估报告。

12.3.4 环保措施竣工环境保护验收

本项目正式运行前应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号），在规定的验收期限内（一般不超过 3 个月），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

12.3.5 个人剂量监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为 1 次/季（每季度将个人剂量片送往有资质的检测机构进行检测）。环评要求：

(1) 如果在单个季度出现个人剂量超过 1.25mSv 时需进行干预，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并本人签字。年剂量超过 5mSv 的管理限制时，暂停该辐射工作人员继续从事放射性作业，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并本人签字，并上报当地环境保护主管部门。年剂量超过 20mSv 标准时，应当查明原因，如构成辐射事故，按事故应急预案处理，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并上报环境主管部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向卫生主管部门报告，并配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给辐射安全许可证发证机关。

(3) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员档案需永久保存。

12.3.6 放射性废物监测

1、放射性废水排放前监测

放射性废水在衰变池内放置 10 个半衰期后，排放前应自行或者委托有资质的单位开展监测，经监测达标后方可排入影像中心污水处理系统，保证排出水中放射性总活度不超过《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)规定的限值（总 $\beta < 10\text{Bq/L}$ ）。

2、放射性废物处理前监测

放射性废物在污物间放置至少 10 个半衰期 (^{18}F 建议 2 天) 后, 待衰变至符合清洁解控水平 (GBZ 133-2009 附录 B) 后, 可作为一般医疗废物进行处理。

12.4 辐射应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环境保护部令第 18 号) 第四十三条规定, 建设单位应建立辐射事故应急预案, 应急预案主要包括以下内容:

- (1) 应急机构和职责分工 (具体人员和联系电话);
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备;
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施;
- (4) 辐射事故的调查、报告和处理程序;
- (5) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

建设单位应定期、具有针对性的对可能发生的放射事故进行演练, 演练内容包括放射事故应急处理预案的可操作性, 针对性、完整性。在发生辐射事故时, 能够立即启动本单位的应急预案, 采取应急措施, 及时向当地人民政府生态环境主管部门报告, 同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为医共体内各医疗机构提供同质化、一体化和便捷化的服务，更好地为全市人民提供卫生健康服务，湖州市中心医院和湖州市第一人民医院合建医学影像共享中心，拟在湖州市中心医院地下一层新建 1 台 PET-CT 装置，配套 CT 属 III 类射线装置；使用放射性同位素 ^{18}F ，日等效操作量为 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$ ，属丙级非密封放射性物质工作场所；PET-CT 使用校准源 ^{68}Ge 2 枚，活度均为 9.25×10^7 ，属 V 类放射源；拟在湖州市中心医院 6 号楼 4 楼 23 号介入手术室配置 1 台 DSA 开展介入治疗，DSA 最大管电压 150kV，最大管电流 1250mA。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

（1）核医学科辐射安全防护措施结论

①本项目核医学科墙体均采用 24cm 实心砖，能够有效屏蔽 X 射线、 γ 射线的辐射影响。

②本项目核医学科拟设置铅注射窗、专用铅通风柜、铅防护屏风、铅废物桶、铅衰变暂存容器、表面污染监测仪、环境辐射巡测仪、个人剂量报警仪等辐射防护用具，拟配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护衣等个人防护用品，在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射。

③本项目核医学储源室防护门拟设计为铅防盗门，钥匙由专人负责保管，双人双锁；由值班人员 24 小时监控；出入口安装摄像头及红外报警系统并入科室监控系统。

④本项目核医学科拟设置放射性废水的专用管线及衰变池、放射性废气专用管线、放射性废物的专用铅收集桶等，射线装置机房的通排风均能满足相关标准规范的要求。

（2）DSA 介入治疗辐射安全防护措施结论

①DSA 机房设计了满足防护要求的实体屏蔽，能够有效屏蔽 X 射线的辐射影响。

②辐射工作人员工作时穿戴铅衣、铅围脖，佩戴防护眼镜等辐射防护用品，辐射工作均拟配备个人剂量计及辐射监测仪器，控制区拟设置相应的警示标志，限制无关人员进入。

综上所述，本项目拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

（3）辐射安全管理结论

建设单位拟成立辐射安全与防护质量管理委员会，负责辐射安全与环境保护管理工作。制定相关辐射安全管理制度、辐射事故应急预案等，以满足辐射管理要求；辐射工作人员均需持证上岗。

每名辐射工作人员均配备个人剂量计，且每 3 个月到有资质的单位检测一次，并建立个人剂量档案；辐射工作人员在上岗前和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检，且须在岗期间每两年进行一次职业病健康体检，并建立完整的个人健康档案，档案保存时限为工作人员年满 75 岁或工作人员停止辐射工作后 30 年。建立年度评估制度对本单位的放射性同位素和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。

（4）事故风险与防范结论

建设单位应按本报告提出的要求制定辐射事故应急预案和安全规章制度，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.3 环境影响分析结论

（1）主要辐射污染因子分析结论

本项目核医学科 PET-CT 产生的主要污染因子是 γ 射线、 β 放射性表面污染、放射性废水和放射性固废，DSA 及其他 III 类射线装置产生的主要污染因子是 X 射线。

（2）辐射环境影响分析结论

经本报告预测评价，在正常工况下，本项目工作人员所受辐射年附加有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“限值”要求，也低于本次评价提出的 5.0mSv/a 年剂量约束值；本项目公众所受辐射年附加有效剂量符合《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，也低于本次评价提出的 0.25mSv/a 年剂量约束值。

（3）“三废”环境影响分析

本项目核医学科放射性废气经独立的通风管道排至楼顶，不与其他风管相通；放射性废水在衰变池贮存衰变后，经监测达标后排入医院污水处理系统；放射性固废采用专门的固废收集桶收集后，暂存衰变 10 个半衰期经监测达标后按照普通医疗废物处理，不外排，对周围环境影响较小。

13.1.4 可行性分析结论

(1) 产业政策符合性分析结论

本项目属于核技术在医学领域内的运用，根据国家发展和改革委员会第9号令《产业结构调整指导目录（2019年本）》相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类项目，符合国家当前的产业政策。

(2) 代价利益分析结论

实施本项目目的在于开展核医学及放射诊疗工作，最终是为了治病救人，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）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

(3) 项目可行性

综上所述，湖州滨湖医学影像诊断中心有限公司在落实本报告提出的各项辐射防护措施、污染防治措施和辐射环境管理要求后，将具备从事相应辐射活动的技术能力，本项目放射性同位素和射线装置运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

建设单位应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

13.2.2 承诺

(1) 建设单位承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

(2) 建设单位承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。

(3) 建设单位承诺加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

(4) 建设单位承诺制定完善的辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。按照应急预案处理上报辐射事故，并及时将应急预案向环境保护主管部门备案。

- (5) 建设单位承诺严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。
- (6) 建设单位承诺本项目环评审批后，及时变更辐射安全许可证。

表 14 审批

生态环境主管部门审批意见：

公 章

经办人

年 月 日