

核技术利用建设项目

嘉兴凯宜医院医用放射性同位素及射线装置应用项目环境影响报告表 (公示稿)

嘉兴凯宜医院有限公司

2020 年 3 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

嘉兴凯宜医院医用放射性同位素及射线装置应用项目环境影响报告表

建设单位名称：嘉兴凯宜医院有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：嘉兴市融通商务中心 5 幢 101-2 室

邮政编码：314001

联系人：吴**

电子邮箱：

联系电话：186****6906

目 录

表 1 项目基本概况.....	1
表 2 放射源.....	4
表 3 非密封放射性物质.....	4
表 4 射线装置.....	4
表 5 废弃物.....	5
表 6 评价依据.....	6
表 7 保护目标与评价标准.....	8
表 8 环境质量和辐射现状.....	18
表 9 项目工程分析与源项.....	21
表 10 辐射安全与防护.....	26
表 11 环境影响分析.....	44
表 12 辐射安全管理.....	55
表 13 从事辐射活动能力要求.....	58
表 14 结论与建议.....	60

表 1 项目基本情况

建设项目名称		嘉兴凯宜医院医用放射性同位素及射线装置应用项目				
建设单位		嘉兴凯宜医院有限公司				
法人代表	陈** (Tan Bee Lan)	联系人	吴**	联系电话	186****6906	
注册地址		嘉兴市融通商务中心 5 幢 101-2 室				
项目建设地点		浙江省嘉兴市开发区东至大木西路，南至秀桥路，西至双溪路，北至毓秀路				
立项审批部门		浙江省发展和改革委员会	批准文号	浙发改外资[2016]839 号		
建设项目总投资 (万元)	68200	项目环保投资 (万元)	1000	投资比例 (环保投资/总投资)	1.4%	
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积	-
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 项目概述

1.1.1 建设单位情况

嘉兴凯宜医院有限公司由外方投资者哥伦比亚嘉兴医院私人有限公司与中方投资者嘉兴嘉凯投资管理有限公司合资成立，投资 9980 万美元（折合人民币约 6.82 亿元），实施嘉兴凯宜医院建设项目，项目用地面积 56216 平方米，总建筑面积约为 102030 平方米，其中地上建筑面积 85230 平方米，地下建筑面积 16800 平方米，主要建设一幢门急诊医技住院大楼（地上 11 层、半地下 1 层、地下室 1 层）、地下车库及相关配套用房，医院按照国家三级医院、参照国际 JCI 标准建设，诊疗科目分为：内科、外科、妇产科、儿科、眼科、耳鼻喉科、口腔科、皮肤科、传染病

科、康复医学科、急诊医学科、重症医学科、麻醉科、医学检验科、病理科、医学影像科、中医科，共设置床位 500 张，项目共设机动车停车位 871 个，其中地面停车位 82 辆，停车楼停车位 312 辆，地下停车位 477 辆。项目实施后可以整合嘉兴国际商务区的公共卫生资源，提升区域医疗卫生水平，推动区域卫生事业提升发展。该建设项目已取得嘉兴经济技术开发区（嘉兴国际商务区）环境保护局“关于嘉兴凯宜医院建设项目环境影响报告书的审查意见”，文件号：嘉开环建[2018]6 号。

1.1.2 项目建设内容和任务由来

随着嘉兴市经济社会的迅速发展，人民群众对高质量医疗卫生服务的需求，建设单位拟在门诊医技楼地下二层新建核医学工作场所（建筑面积约 480 平方米），在病房楼三层手术中心新建两间 DSA 机房，核医学科拟配备 1 台 PET-CT，涉及 ^{18}F 放射性同位素的使用，日等效最大操作量为 $3.7\text{E}+6$ ，属丙级非密封放射性物质工作场所，用于开展核素显像检查；手术中心拟配备两台 DSA，用于心血管介入治疗。

经与建设单位核实，本次评价内容为：1）门诊医技楼地下二层新建核医学科，拟配备 1 台 PET-CT，使用 ^{18}F 放射性同位素，日等效最大操作量为 $3.7\text{E}+6$ ，属丙级非密封放射性物质工作场所，用于开展核素显像检查；2）病房楼三层手术中心新建两间 DSA 机房，拟配备两台 DSA，用于心血管介入治疗。

另外，本项目 PET-CT 拟配置校准源，由于设备厂家及活度待定，校准源枚数及活度暂未确定，因此本次环评不对其进行评价，后续定好后在建设项目环境影响登记表备案系统（浙江省）进行备案。

根据国家相关的法规要求，该项目应进行辐射环境影响评价，同时为了更好的满足国家有关辐射环境管理的规定和环保管理部门的监管要求，保护公众健康，嘉兴凯宜医院有限公司委托杭州旭辐检测技术有限公司对该项目进行辐射环境影响评价。

评价单位在现场踏勘的基础上，按照国家有关建设项目辐射环境影响报告表的内容和格式，编制完成本项目的环境影响报告表。

1.2 项目周边保护目标及场址选址

1.2.1 医院地理位置

医院位于浙江省嘉兴市开发区，东至大木西路，南至秀桥路，西至双溪路，北至毓秀路，其具体地理位置见附图 1。

1.2.2 辐射工作场所位置及周边保护目标

本次评价的核医学科项目位于门诊医技楼地下二层南侧，其东侧和南侧为车库，西侧和北侧为放疗科，上层为车库，无下层；DSA 机房位于病房楼三层手术中心东南侧，DSA1 机房东侧为控制室，南侧为走道，西侧为污物暂存和设备室，北侧为术前术后接待室，上层为走道和护士站，下层为等候区；DSA2 机房东侧为污物暂存和设备室，南侧为控制室，西侧为术前术后接待室，北侧为走道，上层为血透室，下层为更衣室和治疗准备间；评价范围 50m 区域内为无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区、学校、办公楼等其他环境敏感区，医院总平图及周围环境状况见附图 2，医院门诊医技楼地下二层平面布置见附图 3，医院门诊医技楼半地下室平面布置见附图 4，医院病房楼三层平面布置见附图 5，医院病房楼二层平面布置见附图 6，医院病房楼四层平面布置见附图 7。

1.2.3 项目选址合理性分析

（1）项目与土地利用总体规划、城乡规划相符性分析

根据嘉兴市城乡规划建设管理委员会出具的双溪路东、毓秀路南地块规划设计条件嘉经开规设（2016）字 0025 号，本项目所用地块为医疗卫生用地，环评据此认为项目选址符合《嘉兴国际商务区总体规划》的要求。

（2）项目与国家、省产业政策等相符性分析

本项目为医院项目，公司投资主体为外商投资，对照《鼓励外商投资产业目录（2019 年版）》，本项目属于鼓励类项目；同时项目不属于《浙江省淘汰落后生产能力目录（2012 年本）》和嘉淘汰办〔2010〕3 号《嘉兴市淘汰和禁止发展的落后生产能力目录（2010 年本）》中所禁止或限制类项目。

另外，项目不属于浙江省国土资源厅和浙江省发展和改革委员会发布的《浙江省限制用地项目目录（2014 年本）》和《浙江省禁止用地项目目录（2014 年本）》规定的项目。本项目的建设可以整合嘉兴国际商务区的公共卫生资源，提升区域医疗卫生水平，推动区域卫生事业提升发展，因此，项目的建设十分必要，浙江省发展和改革委员会已对本项目核准，文号为：浙发改外资[2016]839 号。

综上，项目建设符合国家、省和地方产业政策要求。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) 活度 (Bq) × 枚数	类别	活度 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			操作 频次	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
				单人最大用 量 (Bq)	实际日最大 操作量 (Bq)	数量 (人/日)							
1	¹⁸ F	液态	使用	3.7×10 ⁸ (10mCi)	3.7×10 ⁹ (100mCi)	10	每周 6 次	3.7×10 ⁶	1.11×10 ¹²	PET-CT 显像	很简单的 操作	门诊医技 楼地下二 层核医学 科	根据实际使用量向 有资质的单位购买，购买后将装有 放射药品溶液的铅罐暂存于源库， 源库采取双人双锁的管理方式。

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	PET-CT	III	1	待定	150	800	放射诊断	门诊医技楼地下二层核医学科 PET-CT 机房	新增
2	DSA	II	2	待定	125	1000	介入治疗	病房楼三层手术中心	新增

(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 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性固废	固态	^{18}F	--	--	--	$<1 \times 10^1 \text{ Bq/g}$	收集于放射性废物桶中，转移至废物库贮存。	存放十个半衰期后，经检测满足清洁解控水平（GBZ133-2009 附录 B），按一般医疗废物处理。
放射性废水	液态	^{18}F	$<1\text{ALI}_{\min}$	$<10\text{ALI}_{\min}$	根据实际使用情况	总 α : $<1\text{Bq/L}$ 总 β : $<10\text{Bq/L}$	核医学科衰变池暂存	符合 GB18871-2002 低放废水排放条件后，排入市政管网。

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影响评价法》，2018 年 12 月； (2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月； (3) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年； (4) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起施行； (5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部令第 44 号，2017 年 6 月 29 日； (6) 《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》，生态环境部令第 1 号，2018 年 4 月 28 日起实施； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 修正版），中华人民共和国环境保护部令第 47 号，2017 年 12 月； (8) 《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》（生态环境部令第 7 号，2019 年 8 月 22 日修改）； (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年第二次修订）》，国务院令第 449 号，于 2019 年 3 月 2 日起施行； (10) 《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，于 2011 年 5 月 1 日起施行； (11) 浙江省环保厅关于发布《省环境保护行政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《设区市环境保护行政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，2015 年 9 月 23 日； (12) 《浙江省辐射环境管理办法》，省政府令第 289 号，2012 年 2 月； (13) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，浙江省人民政府令第 364 号，2018 年 3 月 1 日起施行； (14) 《国家危险废物名录》，环境保护部令第 39 号，2016 年 8 月； (15) 《射线装置分类》，环境保护部和国家卫生计生委，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日。 (16) 《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，原国家环保总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日）；
技术标准	（1）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》，HJ 10.1-2016，环境保护部； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （3）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； （4）《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）； （5）《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）； （6）《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）； （7）《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）； （8）《医院污水处理技术指南》环发[2003]197 号。
其他	（1）事业单位法人证书（见附件 1）； （2）省发展改革委关于外商投资嘉兴凯宜医院建设项目核准的通知，浙江省发展和改革委员会文件，批文号：浙发改外资〔2016〕839 号（见附件 2）； （3）关于嘉兴凯宜医院建设项目环境影响报告书的审查意见，嘉兴经济技术开发区（嘉兴国际商务区）环境保护局文件，批文号：嘉开环建[2018]6 号（见附件 3）； （4）委托书（见附件 4）； （5）环境本底检测报告（见附件 5）。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，同时结合《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）的相关规定，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，放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围。

因此，本项目的评价范围为核医学科工作场所和 DSA 工作场所实体屏蔽墙边界外 50m 范围。

7.2 保护目标

据现场踏勘，本项目各辐射工作场所周围 50m 范围内无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区、学校、办公楼等其他环境敏感区。

本次评价范围内主要环境保护目标为医院核医学科和心血管介入治疗的辐射工作人员以及周围其他非辐射工作人员和公众成员。

7.3 评价标准

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

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。

①防护与安全的最优化

第 4.3.3.1 款 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束的潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

②剂量限值

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。

第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下

述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；本项目取其四分之一即 5mSv 作为辐射剂量约束值。

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 0.25mSv 作为辐射剂量约束值。

③分区

第 6.4.1 款 控制区

第 6.4.1.1 款 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定位控制区，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。

第 6.4.2 款 监督区

第 6.4.2.1 款 注册者和许可证持有者应将下述区域定位监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

④表面放射性污染的控制

工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B（标准的附录 B）B2 所规定的限制要求。

第 B2 款 表面污染控制水平

第 B2.1 款，工作场所的表面污染控制水平如表 7-1 所列。

表 7-1 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位：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
	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) 该区内的污染子区除外。		

⑤非密封源工作场所的分级

非密封源工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。

第 C1 款，应按表 7-2 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-2 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 $\sim 2 \times 10^7$

⑥放射性物质向环境排放的控制规定

该标准对放射性物质向环境排放的控制规定。第 8.6.2 款规定，不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

a)每月排放的总活度不超过 $10ALI_{\min}$ ($ALI_{\min}$ 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得)；

b)每一次排放的活度不超过 $1ALI_{\min}$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

(2) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）

本标准规定了操作非密封源的辐射防护原则与要求。

第 7.1.2 款规定，应从源头控制，减少放射性废物的产生，防止污染扩散。

第 7.1.3 款规定，应分类收储废物，采取有效方法尽可能进行减容或再利用，努力实现废物最小化。

第 7.1.4 款规定，应做好废物产生、处理、处置（包括排放）的记录，建档保存。

第 7.2.1 款规定，不得将放射性废液排入普通下水道；不允许利用生活污水系统洗涤被放射性污染的物品。

第 7.2.2 款规定，废液应妥善地收集在密闭的容器内。盛装废液的容器，除了其材质应不易吸附放射性物质外，还应采取适当措施保证在容器万一破损时其中的废液仍能收集处理，遇有强外照射时，废液收集地点应由外照射防护措施。

第 7.2.3 款规定，经过处理的废液在向环境排放前，应先送往检测槽逐槽分析，符合排放标准后方可排放。

第 7.2.4 款规定，使用少量或短寿命放射性核素的单位，可设立采取衰变方法进行放射性废液处理处置系统，该系统应有足够的防渗透能力。

第 7.3.3 款规定，对于半衰期短的废物可用放置衰变的办法，待放射性物质衰变到清洁解控水平后作普通废物处理，以尽可能减少放射性废物的数量。

(3) 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）

本标准适用于临床核医学应用放射性药物实施诊断与治疗的实践。

4 临床核医学工作场所的放射防护要求

4.1 临床核医学的工作场所应按照 GB18871 非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应放射防护措施。

4.2 一般临床核医学的活性实验室、病房、洗涤室、显像室等工作场所属于 GB18871 规定的乙级或丙级非密封源工作场所。为便于操作，针对临床核医学实践的具体情况，可以依据计划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 等三类（见表 7-3）。

表 7-3 临床核医学工作场所具体分类¹⁾

分类	操作最大量放射性核素的加权活度 ²⁾ ，MBq
I	> 50000
II	50~50000
III	< 50
注： ¹⁾ 本表和表 2、表 3 均依据国际放射防护委员会（ICRP）第 57 号出版物； ²⁾ 加权活度=（计划的日操作最大活度×核素的毒性权重因子）/操作性质修正因子	

表 7-4 按表 7-3 划分的三类核医学工作场所的室内表面及装备结构要求¹⁾

场所分类	地面	表面	通风橱 ²⁾	室内通风	管道	清洗及去污设备
I	地板与墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要	应设抽风机	特殊要求 ³⁾	需要
II	易清洗且不易渗透	易清洗	需要	有较好通风	一般要求	需要
III	易清洗	易清洗	不必	一般自然通风	一般要求	只需清洗设备

注：¹⁾ 依据国际放射防护委员会（ICRP）第 57 号出版物。

2³⁾ 仅指实验室。3³⁾ 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。

6 临床核医学治疗的放射防护要求

6.1 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 处或单人病房应划为临时控制区。控制区入口处应有 GB18871 规定的电离辐射警告标志；除医务工作人员外，其他无关人员不得入内，患者也不应随便离开该区。

6.2 配药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和已给药治疗的患者通过非放射性区域。

6.3 根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定临床核医学治疗病房的位置及其放射防护要求。

6.4 接受放射性药物治疗的患者应使用专用便器或者设有专用卫生间和浴室。

(4) 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)

本标准规定了对医用放射性废物管理的基本防护、液体废物、固体废物、气载废物、含放射性核素尸体的卫生防护管理要求及废物管理制度。

本标准适用于医学实践中所产生的含有放射性核素或被放射性核素所污染且不再利用的废弃物即医用放射性废物管理。

5 液体废物的管理

5.1 放射性废液

5.1.1 使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 $2 \times 10^7 \text{Bq}$ 的临床核医学单位和医学科研机构，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，应有防渗透措施。

5.1.3 经审管部门确认的下列低放废液可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道：每月排放总活度或每一次排放活度不超过 GB18871-2002 中 8.6.2 规定的限制要求，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，每次排放应做记录并存档。

5.2 注射或服用过放射性药物的患者排泄物

5.2.1 使用放射性药物治疗患者的临床核医学单位，应为住院患者治疗提供

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。规定患者住院治疗期间不得使用其他厕所。

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

5.2.3 专用化粪池内排泄物在贮存衰变后，经审管部门核准方可排入下水道系统。池内沉渣如难于排出，可进行酸化预处理后再排入下水道系统。

5.2.4 对不可设置专用厕所和专用化粪池的单位，应为注射或服用放射性药物（如 ^{131}I 、 ^{32}P 等）的住院治疗患者提供具有辐射防护性能的尿液、粪便收集器和呕吐物收集器。收集器内的排泄物在贮存衰变后，经审管部门批准可作免管废物处理。

5.2.6 对含有放射性核素的实验动物排泄物，如本单位不具备专用化粪池，可以按照 5.2.4 处理。

5.2.7 对同时含有病原体的患者排泄物应使用专用容器单独收集，在贮放衰变、杀菌和消毒处理后，经审管部门批准可排入下水道系统。

5.2.8 符合下列条件之一的病人排泄物不需要统一管理：

- a) 注射或服用放射性药物的门诊患者排泄物；
- b) 符合出院条件的病人排泄物。

6 固体废物管理

6.1 废物收集

6.1.1 按第 4.2 条放射性废物分类和废物的可燃和不可燃、可压实与不可压实、有无病原体毒性，分开收集废物。

6.1.2 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走动的区域。

6.1.3 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。

6.1.5 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h ，重量不超过 20kg 。

6.2 废物临时贮存

6.2.1 款 产生少量放射性废物的非密封型放射性核素应用单位，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。

6.2.2 款 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，出入处设电离辐射警示标志。

6.2.3 款 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，比活度水平和存放日期等说明。

6.2.4 款 废物包装体外表面的污染控制水平 $\alpha < 0.04\text{Bq/cm}^2$ ， $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

7 气载废物的管理

7.1 操作放射性碘化物等具有挥发性的放射性物质时，应在备有活性炭过滤或其他专用过滤装置的通风橱内进行。

(5) 《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）

4 技术内容

4.1 污水排放要求

4.1.2 县级及县级以上或 20 张床位及以上的综合医疗机构和其他医疗机构污水排放执行表 7-5 的规定。直接或间接排入地表水体和海域的污水执行排放标准，排入终端已建有正常运行城镇二级污水处理厂的下水道的污水，执行预处理标准。

表 7-5 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值（日均值）

序号	控制项目	排放标准	预处理标准
22	总 α (Bq/L)	1	1
23	总 β (Bq/L)	10	10

(6) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）

本标准适用于医用诊断 X 射线机的生产和使用。

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（不含移动式和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7-6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
CT机	30	4.5
双管头或多管头 X 射线机 ^a	30	4.5
单管头 X 射线机 ^b	20	3.5
透视专用机 ^c 、碎石定位机、口腔CT卧位扫描	15	3
乳腺机、全身骨密度仪	10	2.5
牙科全景机、局部骨密度仪、口腔CT坐位扫描 / 站位扫描	5	2
口内牙片	3	1.5

a 双管头或多管头X射线机的所有管球安装在同一间机房内。

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7-7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 $2.5 \mu Gy/h$ 时，可不使用带有屏蔽防护的机房。

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
标称 125kV 以上的摄影机房	3	2
标称 125kV 及以下的摄影机房、口腔 CT、牙科全景机房（有头颅摄影）	2	1
透视机房、全身骨密度仪机房、口内牙片机房、牙科全景机房（无头颅摄影）、乳腺机房	1	1
介入 X 射线设备机房	2	2
CT 机房	2（一般工作量） a 2.5（较大工作量） a	
a 按 GBZ/T 180 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（其检测方法按 7.2 和附录 B 中 B.6 的要求）：

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、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 7-8 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 0.25mm 铅当量；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 0.5mm 铅当量。

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	—
注：“—”表示不要求。				

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 辐射工作场所位置

医院位于浙江省嘉兴市开发区，东至大木西路，南至秀桥路，西至双溪路，北至毓秀路，其具体地理位置见附图 1。

本次评价的核医学科项目位于门诊医技楼地下二层南侧，其东侧和南侧为车库，西侧和北侧为放疗科，上层为车库，无下层；DSA 机房位于病房楼三层手术中心东南侧，DSA1 机房东侧为控制室，南侧为走道，西侧为污物暂存和设备室，北侧为术前术后接待室，上层为走道和护士站，下层为等候区；DSA2 机房东侧为污物暂存和设备室，南侧为控制室，西侧为术前术后接待室，北侧为走道，上层为血透室，下层为更衣室和治疗准备间；评价范围 50m 区域内为无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区、学校、办公楼等其他环境敏感区，医院总平面图及周围环境状况见附图 2，医院门诊医技楼地下二层平面布置见附图 3，医院门诊医技楼半地下室平面布置见附图 4，医院病房楼三层平面布置见附图 5，医院病房楼二层平面布置见附图 6，医院病房楼四层平面布置见附图 7。

8.2 辐射环境现状检测

1、本项目拟建辐射工作场所

(1) 检测目的

评价单位对本项目拟建辐射工作场所周围进行 γ 辐射剂量率背景水平检测，以掌握辐射环境背景水平，为辐射环境影响预测评价提供基础数据。

(2) 检测内容

根据污染因子分析，检测单位于 2020 年 1 月 13 日对本项目拟建辐射工作场所周围进行辐射剂量率背景水平检测。

(3) 检测点位

检测点位布点详见图 8-1。

(4) 检测仪器与规范

检测仪器的参数与规范见表 8-1。

(5) 质量保证措施

- a 合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性。
- b 检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持有合格证书上

岗。

c 检测仪器每年定期经有相应资质的计量部门检定，并在有效期使用期内。

d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，确保仪器正常后方可进行监测。

e 检测人员经过省级培训机构的监测技术培训，并经考核合格，做到持证上岗。

f 检测人员按操作规程操作仪器，测量方法选用质量手册有关本次检测项目的检测实施细则，并做好记录。

g 检测单位已通过了浙江省质量技术监督局计量认证。

表 8-1 X-γ辐射剂量当量率仪参数与规范

仪器名称	环境监测用 X、γ 辐射空气比释动能率仪
仪器型号	JC-5000
生产厂家	上海见驰辐射检测设备有限公司
能量响应	48KeV~3MeV≤±30%（相对于 ^{137}Cs ）
量程	1nGy/h~200uGy/h, 1nSv/h~200uSv/h
检定证书	上海市计量测试技术研究院 (检定证书编号: 2019H21-20-1782071001 号) 有效期: 2019 年 04 月 04 日-2020 年 04 月 03 日
监测规范	环境地表γ辐射剂量率测定规范 GB/T 14583-1993

(6) 检测结果

本项目辐射工作场所周围的γ辐射剂量率背景水平检测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目拟建址周围的γ辐射剂量率检测结果

检测点位	检测点位描述	辐射剂量率 (nGy/h)	
		平均值	标准差
▲1	核医学科拟建址东侧	114	5.01
▲2	核医学科拟建址南侧	121	6.12
▲3	核医学科拟建址西侧	103	4.87
▲4	核医学科拟建址北侧	117	5.65
▲5	DSA 机房拟建址中央	121	6.12
▲6	DSA 机房拟建址东侧	108	5.03
▲7	DSA 机房拟建址南侧	120	6.22
▲8	DSA 机房拟建址西侧	123	7.32
▲9	DSA 机房拟建址北侧	119	5.92

注：检测结果未扣除宇宙射线的响应。

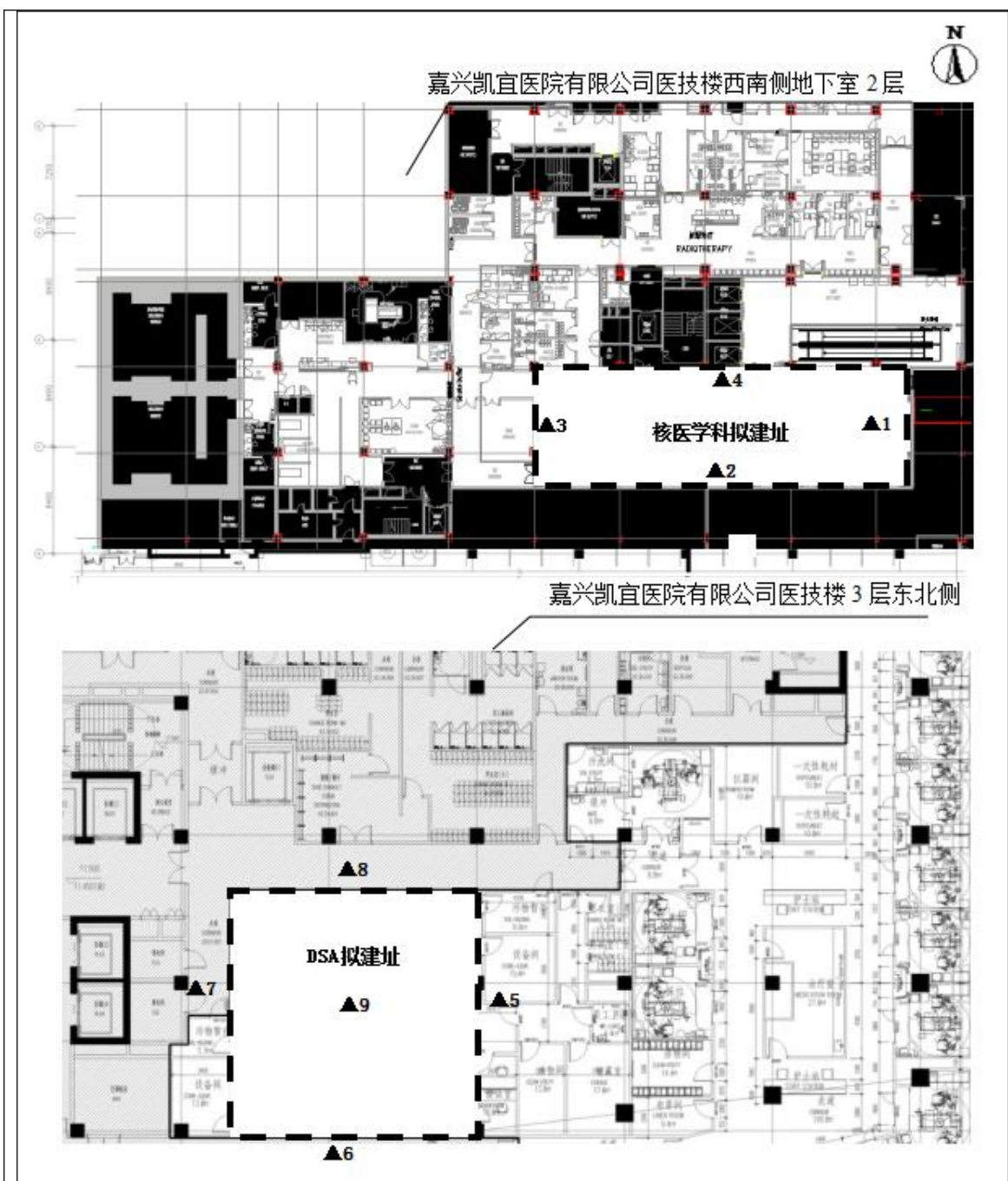


图 8-1 本项目拟建址周围现状检测点位示意图

由表 8-2 的检测结果可知，本项目拟建址周围各现状检测点位的 γ 辐射剂量率在 103~123nGy/h 之间，由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，嘉兴市建筑物室内 γ 辐射剂量率在 76~271nGy/h 之间，可见其 γ 辐射量率处于一般本底水平，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

9.1 非密封放射性物质

本项目核医学科辐射工作场所位于医院门诊医技楼地下二层南侧，主要使用的非密封放射性物质有 ^{18}F （用于 PET-CT 显像检查）。

9.1.1 性能参数

本项目中核医学科使用的放射性同位素 ^{18}F 用量按照病人预约情况提前订购，运输到医院后当日可在源库暂存，不贮存。

^{18}F 的性能参数见表 9-1。

表 9-1 本项目使用的放射性同位素性能参数

核素	半衰期	毒性	衰变方式	物理状态	日最大用量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途
^{18}F	1.83h	低毒	β^+	液态	3.7×10^9	1.11×10^{12}	PET-CT 显像

9.1.2 PET-CT 显像诊断

(1) 工作原理

PET-CT 显像用 ^{18}F 作为示踪剂，常用药物为 ^{18}F -FDG（氟代脱氧葡萄糖），适用于机体各组织细胞的糖代谢等检查。

当某种放射性核素或其标记物通过注射方式进入体内后，依其化学及生物学特性不同，随血流等进入某些特定的组织器官，参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、引流代谢的过程。由于正常组织和病变组织在这个过程中的差异，使其聚集这种放射性核素或其标记物的能力发生了变化。利用 PET-CT 来探测这种放射性核素发射的 γ 射线在体内的分布状态并还原成图像，其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，更重要的是可以显示脏器的功能、代谢情况，提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息。而血流、功能和代谢的异常，常是疾病的早期变化，出现在形态结构发生改变之前。因此，放射性核素显像有助于疾病的早期诊断。

正电子发射型断层扫描仪（PET）成像技术是利用回旋加速器生产的带正电子的放射性核素注入人体内产生的湮没辐射 γ 光子构成影像。正电子只能瞬态存在，很快与组织中的负电子湮没产生两个能量相等、方向相反的 γ 光子。正电子

放射性核素可构成人体各部位的任何影像，包括平面影像、动态影像、断层影像及全身影像。由于核医学技术的特点，PET 在精度方面和定位方面有一定的限制。PET-CT 将 PET 和 CT 设备整合不仅能够解决同步扫描的问题，还能通过 CT 扫描得到密度图，用于散射校正，可以极大地提高精度和诊断准确率。PET 本身不产生线，仅作为光子接收和成像设备，服药后的患者作为辐射源项。CT 扫描过程中会生 X 射线。

(2) 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。

(3) 工作流程及产污环节

1) 根据医生指导意见，需要接受 PET-CT 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；

3) 准备好的受检者经过专用通道进入注射区，核素注射医务人员穿戴好个人防护用品，从贮药铅罐内取药，在注射台前为受检者注射药物，注射时间平均约为 50s/人。

4) 注射了放射性药物的受检者进入给药后候诊区或进行检查前的准备；

5) 完成候诊或准备的受检者/患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正确摆位后进入操作间进行隔室操作，摆位时间平均约 1min/每人；

6) 检查完成，受检者通过专用通道离开核医学区域。

PET-CT 显像检查工作流程及产污环节示意图见图 9-1。

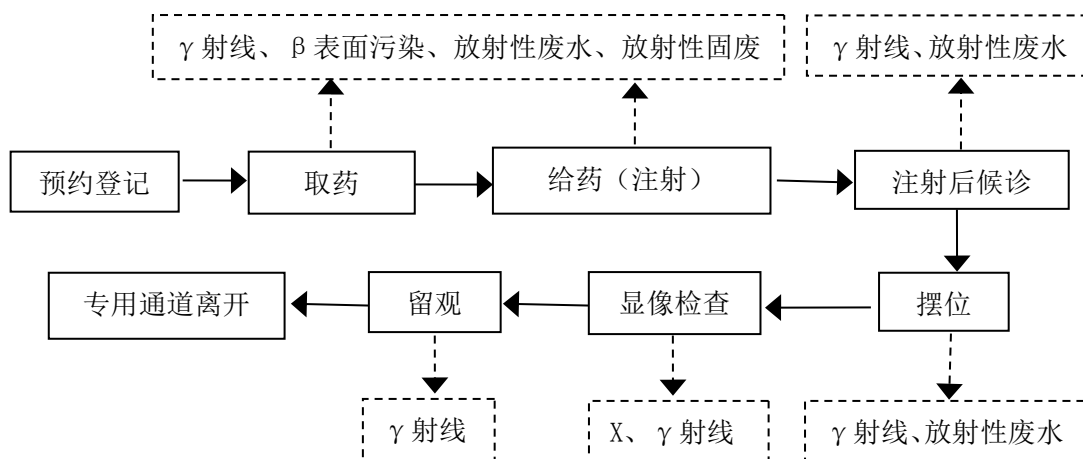


图 9-1 PET-CT 显像检查工作流程及产污环节示意图

(4) 污染因子

- 1) β 射线和 γ 射线： ^{18}F 在衰变过程中释放 β 射线和 γ 射线， β 射线穿透力很弱，在组织内辐射距离很短，不会对环境产生明显影响， γ 射线穿透能力很强，会对周围环境造成一定的辐射影响；因此 γ 射线是 PET-CT 显像过程主要污染因子。
- 2) X 射线：PET-CT 在开机扫描过程中会产生 X 射线，该 X 射线随着机器的开关而产生和消失。
- 3) β 表面污染：本项目放射性药物在操作过程中可能洒漏至工作台面、地面、工作人员衣服和手上等处，从而造成 β 表面污染。
- 4) 放射性废气： ^{18}F 为非挥发性核素，无溶液挥发，因此无放射性废气。
- 5) 放射性废水：主要来源是诊断、治疗过程中患者注射 ^{18}F 后所产生的排泄物冲洗废水、工作人员清洗产生的废水等。
- 6) 放射性固废：主要为剩余放射性药物、注射器、针头、手套、药棉、纱布、擦拭污染地面的物品等。

因此，在使用 PET-CT 显像诊断过程中，将产生 X 射线、 γ 射线、 β 表面污染、放射性固废及放射性废水。

9.2 DSA

(1) 工作原理

X 射线装置主要由 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 9-2。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。

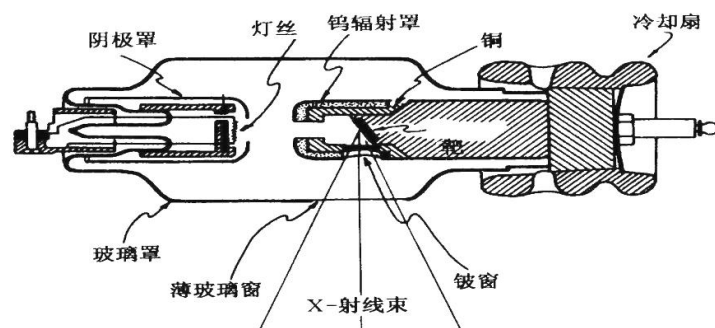


图 9-2 典型 X 射线管结构图

数字减影血管造影（DSA）是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是 70 年代以来应用于临床的一种崭新的 X 线检查新技术。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。

（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）操作流程

诊断时，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上腔静脉，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。

（4）污染因子

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 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，且在开机期间 X 射线与空气作用将产生臭氧、氮氧化物等有害气体。因此，本项目 DSA 在开机期间 X 射线为主要污染因子，其次为

臭氧、氮氧化物。

9.3 人流和物流的路径规划

(1) 人流路径

核医学科人流路径主要是工作人员（包括核素操作人员、设备操作人员）路径和受检者路径。

工作人员路径：核医学科核素操作人员由核医学科北侧西边的医护入口通过走道往东经卫生通过间进入核医学科注射室，在注射室内完成取药和给药操作，工作结束后原路返回。该路径上卫生通过间内拟配置有表面污染监测设备，拟设置有淋浴设施，取（给）药过程中产生的固体放射性废弃物暂存于放射废物存储空间。核医学科设备操作人员由核医学科北侧西边的医护入口通过走道进入控制室内，经由控制室可直接到达 PET-CT 机房内完成摆位，工作结束后原路返回。

受检者路径：受检者按预约时间由核医学科北侧东边的病人入口通过走道进入核医学科等候区进行注射前候诊，并按照叫号通过走道进入病人准备区接受药物注射，注射后进入注射后候诊室进行扫描前的候诊。完成扫描后由核医学科南侧西边的病人出口离开，需要留观的则在病人恢复室观察。

(2) 物流路径

由放射性药物生产厂家药物配送人员每天上班前从核医学科北侧走道经卫生通过间将预定的放射性药物送至注射室，由核医学科工作人员交接登记签收，将其暂存于储源间。核医学科医护出入口和病人出入口拟设置门禁系统，允许医护人员在必要时进入放射性工作区，只允许单向通行，防止给药后患者进入非放射工作区，或无关人员进入放射性工作区。

核医学科人流、物流路径规划图见图 10-1 所示。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局

本项目核医学科位于医院门诊医技楼地下二层，该大楼地上三层，地下二层。核医学科上方为地下车库，无下方。核医学科具体布局为：PET-CT 机房东侧从左往右依次为卫生通过间、放射性废物储存间、注射室、源库、病人走道、注射后候诊室和病人卫生间，南侧为病人走道，西侧从右往左依次为控制室、病人卫生间、抢救室和病人恢复室，北侧为医生走道，受检者防护门拟设置于机房南墙，工作人员防护门和观察窗均拟设置于机房西墙，设备操作工作人员拟通过观察窗进行隔室操作。卫生通过间、注射室、储源间、放射性废物储存间、注射后候诊室、病人恢复室、病人卫生间等配套用房均拟设置于机房四周邻近区域，基本按照核医学显像检查流程布置。

拟建核医学科走道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》（GBZ120-2006）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。

拟建核医学科的药物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《临床核医学卫生防护标准》（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，与四周及上下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，可避免与本职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，因此核医学科平面布局基本合理。

本项目 2 间 DSA 机房位于医院病房楼三层手术中心东南侧，DSA1 机房东侧为控制室，南侧为走道，西侧为污物暂存间和设备室，北侧为术前术后接待室，上层为走道和护士站，下层为等候区；DSA2 机房东侧为污物暂存间和设备室，南侧为控制

室，西侧为术前术后接待室，北侧为走道，上层为血透室，下层为更衣室和治疗准备间；各机房与控制室、术前术后接待室之间各设一个防护门，DSA1 机房的观察窗设置于东墙，DSA2 机房的观察窗设置于南墙，2 间 DSA 机房的设置满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）平面布局的要求，各机房四侧墙体、顶棚、地坪、防护门及观察窗采取了防辐射的屏蔽措施，能够满足屏蔽要求，因此本项目工作场所布局是合理的。

10.1.2 辐射屏蔽设计

核医学科辐射工作场所采用的屏蔽设计具体情况见表 10-1，PET-CT 和 DSA 机房所采用的屏蔽设计具体情况见表 10-2，核医学科平面布置见图 10-1，DSA 机房平面布置见图 10-2。

表 10-1 核医学科辐射工作场所辐射屏蔽设计一览表

序号	机房名称	辐射屏蔽材料及厚度			
		四侧墙体	顶棚	防护门	观察窗
1	PET-CT 机房	24cm 实心砖墙+6mmPb 铅板	12cm 混凝土+6mmpb 铅板	8mmpb 铅板	8mmpb 铅玻璃
2	注射后候诊室	24cm 实心砖墙+6mmPb 铅板	12cm 混凝土+6mmpb 铅板	—	—
3	注射室	24cm 实心砖墙+6mmPb 铅板	12cm 混凝土+6mmpb 铅板	8mmpb 铅板	—
4	源库	24cm 实心砖墙+6mmPb 铅板	12cm 混凝土+6mmpb 铅板	8mmpb 铅板	—
5	放射性废物暂存间	24cm 实心砖墙+6mmPb 铅板	12cm 混凝土+6mmpb 铅板	8mmpb 铅板	—
6	注射后候诊病人用卫生间	24cm 实心砖墙+6mmPb 铅板	12cm 混凝土+6mmpb 铅板	8mmpb 铅板	—
7	抢救室	24cm 实心砖墙+6mmPb 铅板	12cm 混凝土+6mmpb 铅板	8mmpb 铅板	—
8	病人恢复室	24cm 实心砖墙+8mmPb 铅板	12cm 混凝土+8mmpb 铅板	10mmpb 铅板	—
9	留观病人用卫生间	24cm 实心砖墙+8mmPb 铅板	12cm 混凝土+6mmpb 铅板	10mmpb 铅板	—
10	衰变池	衰变池设置于室外地下，位于门诊医技楼西北侧，每个衰变池容积设计为 20.16m ³ ，共 2 个，用于存储核医学产生的放射性废水。衰变池四侧墙体、底部及顶盖采用 25cm 砼+防水层+不锈钢层进行屏蔽防护。			

备注：混凝土砼密度不低于 2.35g/cm³，铅板密度不低于 11.3g/cm³，铅玻璃密度 4.1g/cm³，实心砖密度 1.65g/cm³。

表 10-2 放射机房辐射屏蔽设计一览表

序号	机房名称	设备	分类	机房有效面积 (m ²)	最小单边长度 (m)	辐射屏蔽材料及厚度 (mmPb)						符合性
						四侧墙体	顶棚	地坪	工作人员防护门	受检者防护门	观察窗	
1	PET-CT 机房	PET-CT	设计	46	6	24cm 实心砖墙 +6mmPb 铅板	12cm 混凝土 +6mmpb 铅板	-	8mmpb 铅板	8mmpb 铅板	8mmpb 铅玻璃	符合
			折算值	-	-	8	7.5	-	8	8	8	
			标准	30	4.5	2.5	2.5	-	2.5	2.5	2.5	
2	DSA1 机房	DSA	设计	50	6.2	15cm 砌块墙体 +4mmpb 铅板	12cm 混凝土 +3mmpb 铅板	12cm 混凝土 +4cm 硫酸钡	4mmpb 铅板	4mmpb 铅板	4mmpb 铅玻璃	符合
			折算值	-	-	4	4.5	5.5	4	4	4	
			标准	20	3.5	2	2	2	2	2	2	
3	DSA2 机房	DSA	设计	50	6	15cm 砌块墙体 +4mmpb 铅板	12cm 混凝土 +3mmpb 铅板	12cm 混凝土 +4cm 硫酸钡	4mmpb 铅板	4mmpb 铅板	4mmpb 铅玻璃	符合
			折算值	-	-	4	4.5	5.5	4	4	4	
			标准	20	3.5	2	2	2	2	2	2	

备注：混凝土砗密度不低于 2.35g/cm³，铅板密度不低于 11.3g/cm³，硫酸钡水泥密度 3.2 g/cm³，铅玻璃密度 4.1g/cm³，实心砖密度 1.65g/cm³。

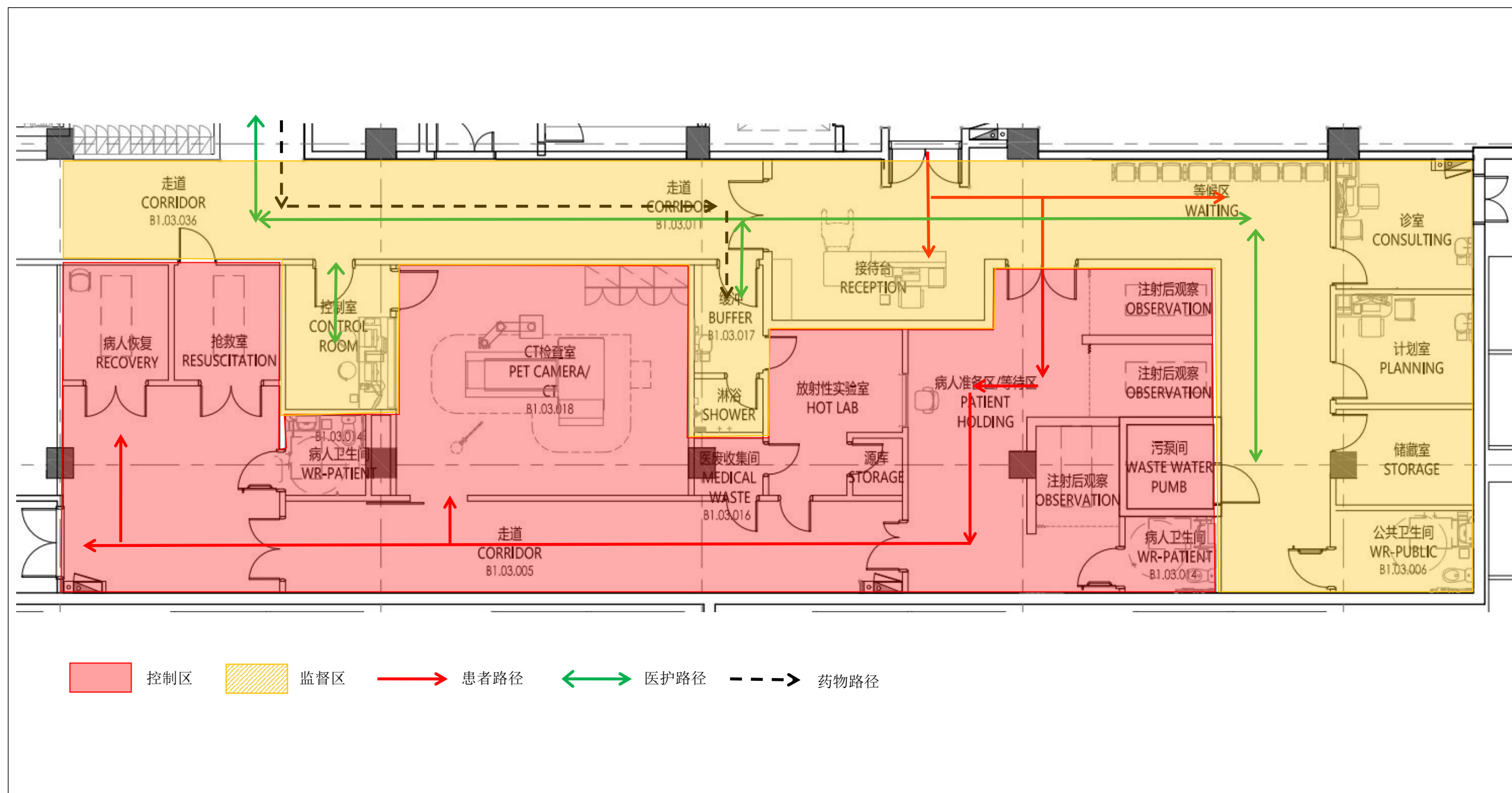


图 10-1 核医学科平面布置图

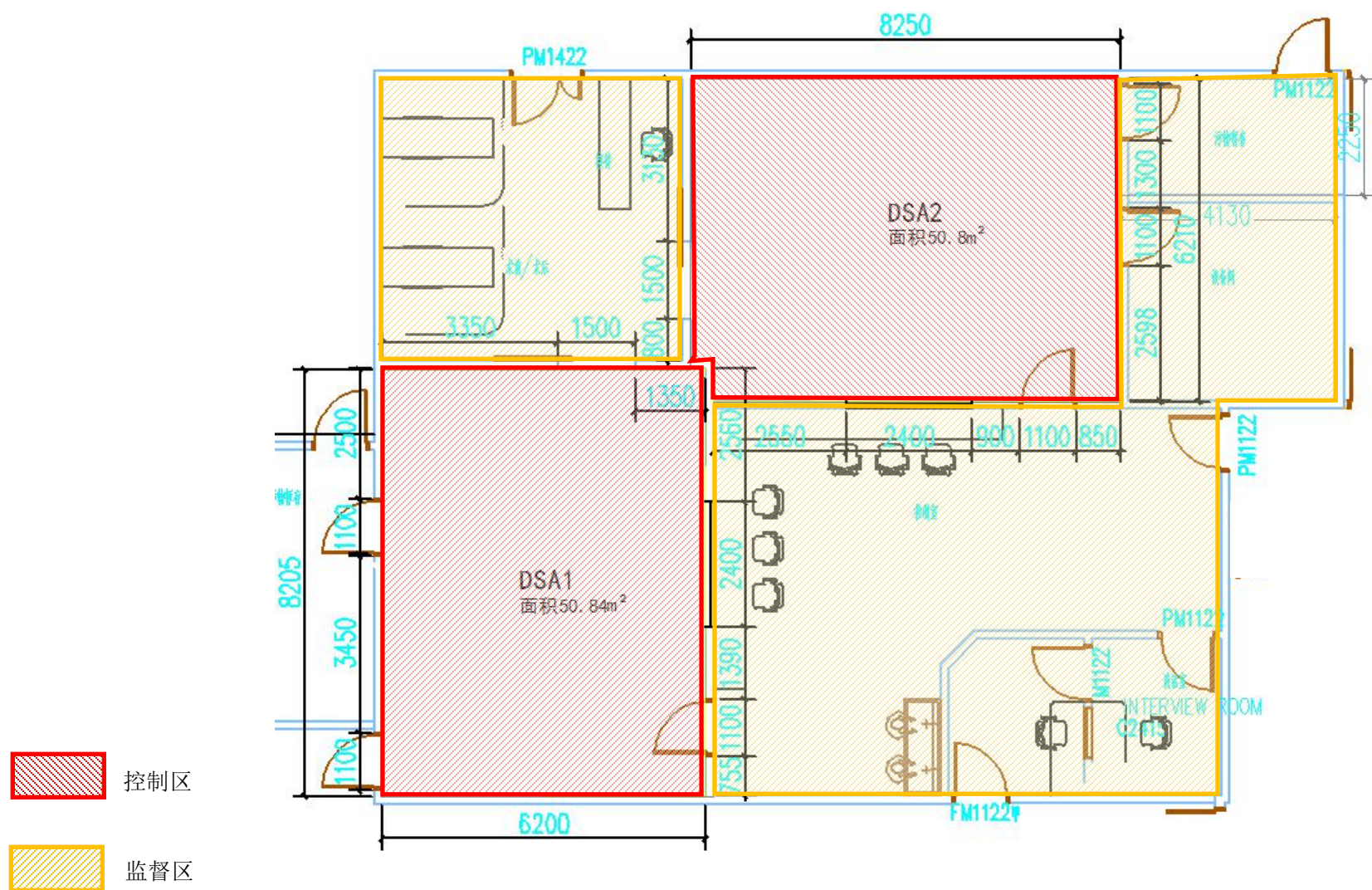


图 10-2 DSA 机房平面布置图

10.2 辐射防护措施

10.2.1 核医学科拟采取的污染防治措施

(1) 密闭和通风要求

1) 核医学工作场所应保持良好的通风条件，工作场所的气流组织应遵循自清洁区向监督区再向控制区的流向设计，保持工作场所负压，以防止工作场所放射性气体交叉污染。

2) ^{18}F 核素分装操作在通风橱内进行，通风橱防护铅当量不低于 50mmPb，通风橱通风速率不小于 1m/s，设独立排风管道，排气口应高于本建筑物屋顶，本项目排气口拟设置于门诊医技楼四楼屋顶西侧的小屋面顶。

(2) 上下水要求

1) 核医学工作场所应设有放射性废水衰变池，衰变池的容积应充分考虑放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生的废水量以及事故应急时的清洗需要。

2) 放射性核素操作间的清洗池，放射性核素治疗病房的淋浴间、盥洗水盆和卫生间，给药后患者的专用卫生间，控制区出口卫生通过间的清洗池，事故应急时清洗的下水系统，均应通过专设的下水管道接入衰变池。

3) 核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或肘式开关，以减少场所内的设备污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。

4) 放射性废水收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废水集聚，便于检测和维修。

5) 当核医学工作场所的上水管道与放射性废水管道平行敷设时，它们之间的距离，一般不应小于 3m，其标高应高于放射性废水管道。当交叉敷设时，应设在放射性废水管道的上方，距离至少大于 1m，且交叉处应避开放射性废水管道的焊缝并给废水管道加套管隔离。

(3) 核医学工作场所设备/设施要求

1) 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。

2) 操作放射性药物应在衬有吸水纸的托盘内进行，应为从事放射性药物操作的

工作人员配备必要的防护用品，配备要求见表 10-3。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。

表 10-3 核医学工作场所防护用品与监测仪器的配置要求

序号	用途	所需产品名称	数量
1	药物分装	密闭式通风柜	1
2	药物质控	活度计	1
3	药物注射	防护注射窗	1
		铅注射器防护套	1
4	废物处理	放射性废物桶	若干
		紧急辐射泄露处理包	1
		远距离取物夹	1
5	其他防护制品	铅屏风	1
6	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
		个人剂量报警仪	一名辐射工作人员一只
7	辐射监测仪器	X- γ 电离巡检仪	1
		表面污染监测仪	1
		在线辐射监测系统	选配
		辐射检测门	选配

3) 应为核医学工作场所内部放射性物质运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器，容器表面应设置电离辐射标志。

4) 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人和物品均应进行表面污染检测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。

5) 扫描机房外门口上方应设置工作状态指示灯。

(4) 储源库要求

1) 核医学科须设置专门的储源库，并对该房间实行双人双锁管理。

2) 储源库须设置报警装置与当地公安“110”联网。

3) 储源库须设置红外监控录像设备, 且录像保存时间在 30 天以上。

(5) 其他

1) 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志, 监督区入口处的适当地点应设立标明监督区的标志。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。

2) 设置告示牌, 告示病人家属控制区范围不能进入进行陪护。

10.2.3 DSA 机房拟采取的污染防治措施

①各射线装置机房屏蔽情况见表 10-3, 其防护能力基本能满足辐射环境保护的要求。

②医院须在所有操作室上张贴相应的操作规程。

③所有射线装置机房内布局要合理, 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。

④所有射线装置机房均须设置工作指示灯, 门外均须张贴电离辐射警告标志及其中文警示说明; 各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各机房门口均应设置 1m 警戒线, 告知公众成员在黄色警戒线外等待。

⑥医院应配备必要的符合防护要求的个人防护用品和辅助防护设施, 建议医院按照 GBZ130-2013 的要求(详见表 10-4)配置相应的个人防护用品和辅助防护设施。

表 10-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
DSA	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜选配: 铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏选配: 移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具	—

注: “—”表示不要求。

10.3 工作场所分区

(1) 工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 C 提供的

非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法，可以计算出各核素的日等效最大操作量。

日等效最大操作量的计算公式如下：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \quad (10-1)$$

根据（10-1）式计算得到的各核素的日等效操作量及分级结果见表 10-5。

表 10-5 工作场所分级（丙级：豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$ ）

序号	核素名称	日实际最大操作量（Bq）	毒性因子	操作因子	日等效最大操作量（Bq）	工作场所分级
1	^{18}F	3.7×10^9	0.01	10	3.7×10^6	丙级

根据表 10-5 可知，医院核医学科应按照丙级工作场所进行管理。

《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）提供的加权活度计算公式见式 10-2，根据该公式可计算得本项目核医学科使用的放射性药物加权活度最大值为 $3.7 \times 10^9 \text{Bq}$ ，因此本项目核医学科属于 II 类工作场所（50 $\sim 50000 \text{MBq}$ ）。

$$\text{加权活度} = \frac{\text{计划的日操作最大活度} \times \text{核素的毒性权重因子}}{\text{操作性质修正因子}} \quad (10-2)$$

表 10-6 临床核医学工作场所分类

工作场所	核素名称	计划的日操作最大活度（Bq）	核素的毒性权重因子	操作性质修正因子	放射性核素加权活度（Bq）	场所分类
PET-CT 机房及候诊区	^{18}F	3.7×10^9	1	10	3.7×10^8	II 类
药物注射室	^{18}F	3.7×10^9	1	1	3.7×10^9	II 类

对照《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中关于“不同类别核医学工作场所的室内表面及装备结构要求”，II 类工作场所的要求见表 10-7。

表 10-7 不同类别核医学工作场所的室内表面及装备结构要求

场所分类	地面	表面	通风厨	室内通风	管道	清洗及去污设备
II	易清洗且不易渗透	易清洗	需要	有较好通风	一般要求	需要

（2）工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，辐射工作场所可分为控制区、监督区。控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指通常不需要专门的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的区域。

①PET-CT 机房、注射室、源库、放射性废物暂存间、注射后候诊室、病人卫生间、抢救室、留观病人恢复室、活性区域病人走道及衰变池可划为控制区。

②注射前等候区、护士站、诊室、医生办公室、卫生通过间、控制室及医护人员通道可划为监督区。

本项目核医学科分区情况见图 10-1，并采取以下措施：

- 1) 设置了医护通道和通道，保证服药后病人不会与公众混合通行；
- 2) 在控制区边界设置明显的电离辐射标志，并严格控制患者的单通道运行；
- 3) 并有病人专用的候诊室和卫生间。

因此，本项目功能分区基本满足分区管理的要求。

10.4 三废的治理

10.4.1 放射性废水

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）5.1.1 款规定，使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 $2 \times 10^7 \text{Bq}$ 的临床核医学单位和医学科研机构，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，应有防渗漏措施。同时参照《医院污水处理技术指南》2.1.4 款规定：同位素治疗和诊断产生的放射性废水，必须单独收集处理。

偏安全考虑，本次放射性废水的评价重点主要为：

- 1) 医护人员的洗手水、清洗（主要为注射分装处）室内地面、工作台和一些重复使用的医疗器械带有微量核素的清洗水；
- 2) 核医学科病人专用厕所的废水。

（1）放射性废水排放方式及管道设置

根据 GB18871-2002 的排放要求：每月排放总活度 $< 10 \text{ALI}_{\min}$ ，每次排放活度 $< 1 \text{ALI}_{\min}$ ，本次评价根据实际日最大操作量进行了保守的估算，以对衰变池作出评价，具体如下：

由污染源分析可知，放射性废水主要来自工作人员操作过程中可能受到微量同位素污染的清洗水，清洗室内地面、工作台和一些重复使用的医疗器械带有微量同位素的清洗水，以及病人排泄物冲洗水等。衰变池池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防渗漏措施。所有连接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，除深埋地下管道，本项目露面管根部位拟用 2~4mm 铅板包裹。放射性废水处理流程见图 10-3。

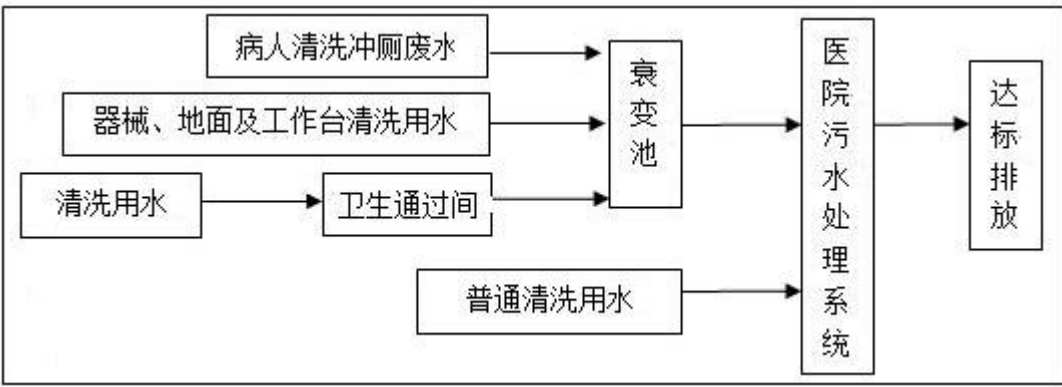


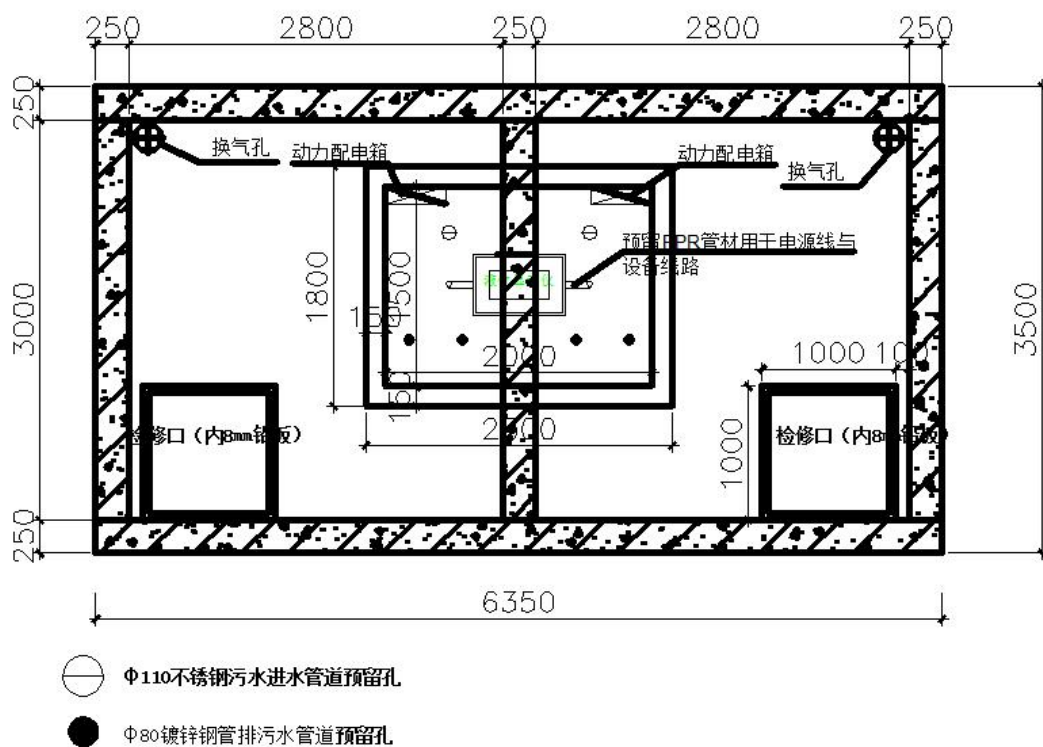
图 10-3 放射性废水处理流程图

（2）放射性废水排放量

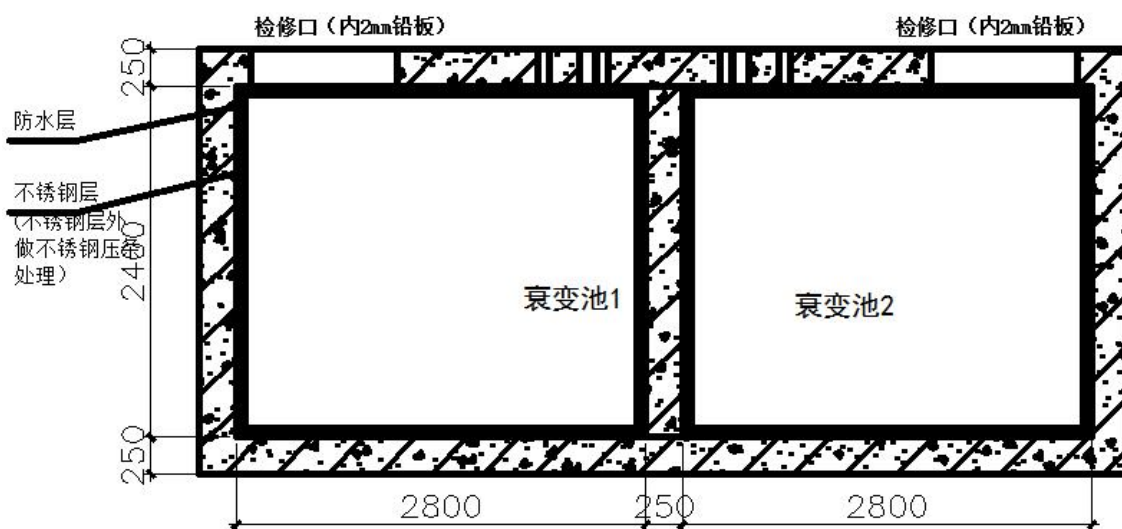
根据医院提供的资料，本项目拟建核医学科放射性废水产生量估算如下：拟建核医学科最大工作量为： ^{18}F 显像检查预计最大工作量为 10 人（次）/天，每周工作 6 天，则每周共计 60 人（次），保守按每检查一人（次）产生废水平均量 10L 估算（含工作人员清洁用水、患者排泄冲洗用水等），则其核素显像诊断一周产生的总废水量约为 0.6m^3 。

（3）衰变池设置情况

医院拟采用一套电脑自动控制衰变周期的放射性废水处理系统，通过液位报警装置获取衰变池的容量变动信息，池体为砼不锈钢结构，污水提升泵一备一用、液位显示器、检修盖、变频配电柜和厚壁不锈钢管道构成。通过专用的管道收集、暂存核医学科在诊疗过程中产生的放射性废水，设计方案为槽式排放、自然衰变方式。衰变池拟设置在门诊医技楼西北侧室外地下，每个体积为 20.16m^3 ，共 2 个，并联切换使用。衰变池设计见图 10-3，衰变池管道平面布置图见附图 8，所在医院具体位置见附图 2。

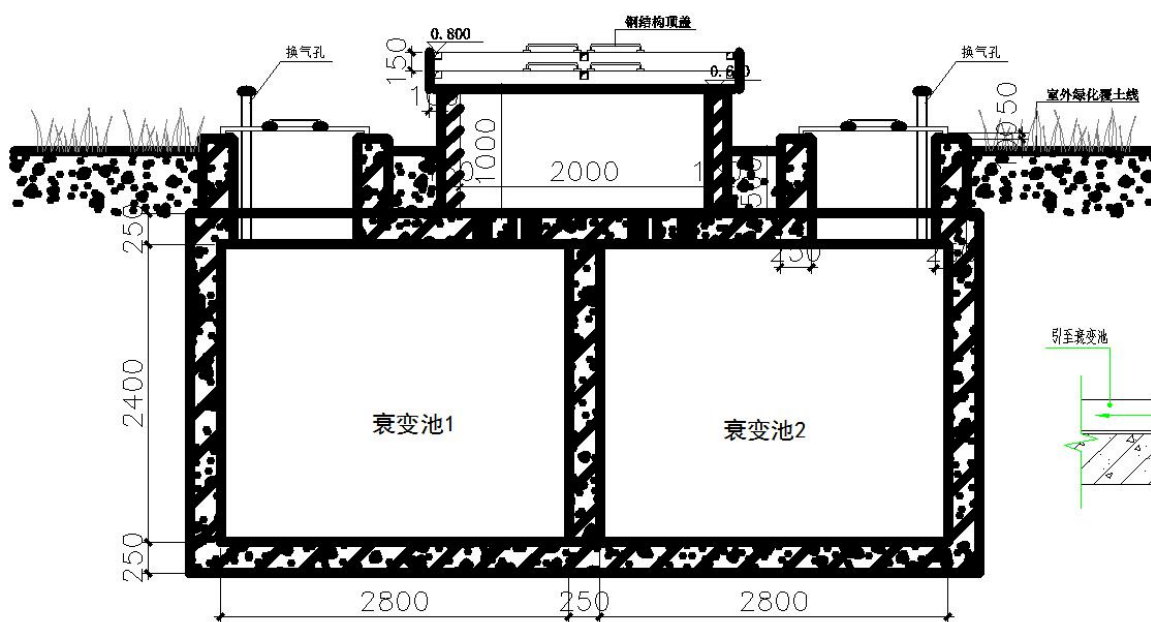


衰变池平面图

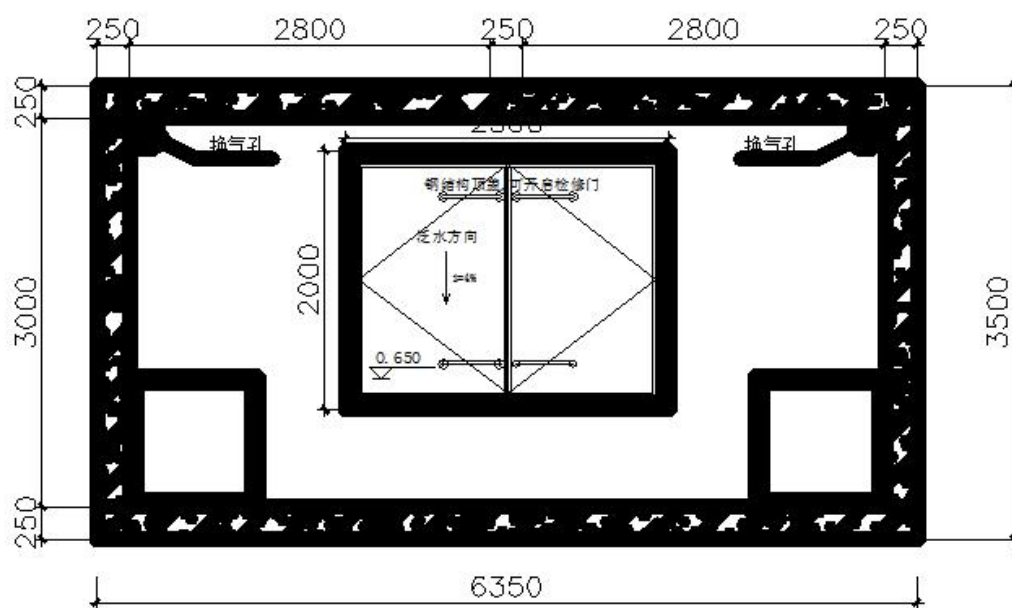


1. 池体内胆采用304不锈钢, 壁厚2mm.
2. 池体四周为C25钢筋混凝土结构, 并做防水层。(总包完成施工)

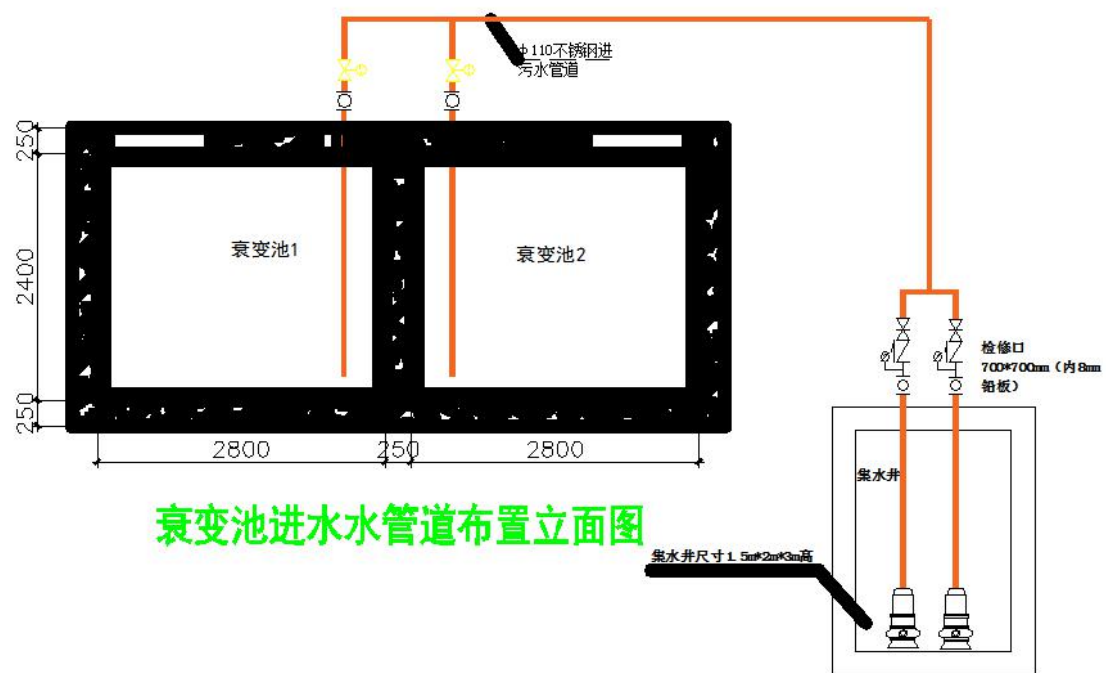
衰变池立面图



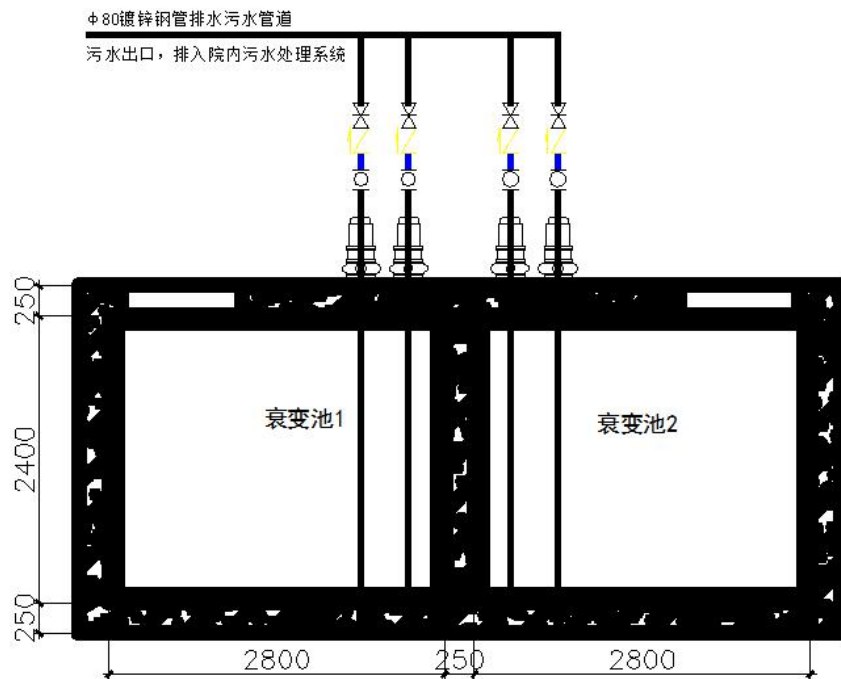
衰变池剖面图



室外衰变池钢结构顶盖平面图



衰变池进水水管道布置立面图



衰变池排水管道布置立面图

图 10-3 衰变池设计图

(4) 放射性废水排放预测分析和排放情况

项目建成后，预计核医学科每周产生需要进入衰变池的废水为 0.6m^3 ，则每个衰变池可收集约 33 周产生的放射性废水，既可收集约 231 天内的废水，二级并联衰变池按序轮流收贮、排放，在第一个衰变池开始收贮废水后的第 232 天，即开启第二个衰变池收贮废水，让第一衰变池废水中放射性物质自行衰变；待第二个衰变池即将贮满的前一天，开启第一个衰变池开始排放废水，此时第一个衰变池中废水已至少衰变了 230 天，二个衰变池按照上述程序，依次轮流反复交替使用，能够满足《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）中规定的经衰变池存放的放射性废水经 10 个半衰期后排放的要求。排放方式具体见表 10-8。

表 10-8 放射性废水排放方式表

核素 排放方式	^{18}F
单人最大用量 (Bq)	3.7×10^8
单人进入衰变池的初始量 (Bq) 按 15%比例计	5.6×10^7
每周核素排入衰变池最大量 (Bq)	3.36×10^9
(未经过衰变时)一个衰变池贮满的初始量 (Bq)	1.1×10^{11}
半衰期	1.83h
排放时贮存天数	230d
衰变后排放量 (Bq)	0
$\text{ALI}_{\min}$ (Bq)	2.15×10^8
$10\text{ALI}_{\min}$ (Bq)	2.15×10^9
达标情况	达标
排放标准	每月排放总活度 $<10\text{ALI}_{\min}$ ；每次排放活度 $<1\text{ALI}_{\min}$

另外，对未用完已没有医用价值的其它放射性药品（统称为废原液），医院要严格控制其产生，根据病人的实际或预计使用量，根据最优化原则，预定放射性药品。对残余的微量余液，应存放在原容器内，经过 10 个半衰期后，再与医院的其他固体废物一起作为普通的医疗垃圾处理。

(5) 放射性废水排放符合性

由表 10-8 可知，经衰变池衰变后每次排出的核素总活度 $<1\text{ALI}_{\min}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）低放废液向环境排放每月排

放的总活度不超过 10AIlmin，每次排放的活度不超过 1AIlmin 的条件，可以直接排放入医院污水管网，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。上述估算是按偏保守原则进行的，实际活度比估算值要低。因此，拟建的放射性废水处理系统能够满足核医学科的工作需求。

10.4.2 放射性固体废弃物

由污染源分析可知，该项目放射性固体废物主要来源：①放射性药物常规操作过程中产生一些带有微量放射性的注射器、针头、试管、棉花、棉棒、纱布、一次性手套等，以及异常洒落时使用的吸水纸、抹布等；②排风系统置换下来的废活性炭。

将以上废物先收集在各相关工作场所的专用污物桶内，再将污物桶内的固体废物连同垃圾袋存放到放射性废弃物贮存室，集中收储 10 个半衰期（含 ^{18}F 的废物须满足贮存 18.3h 的要求）后，再与医院的其他固体废物一起作为普通的医疗垃圾处理。

具体管理要求：

（1）废物收集

①应按照放射性废物分类的要求，将废物按照可燃与不可燃、可压实与不可压实、有无病原体毒性，分开收集。

②固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射警示标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，应尽量使用有脚踏式开关的废物收集桶。

③对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入废物桶。

④放射性废物包装袋外的表面污染水平应满足表面剂量率不超过 0.1mSv/h，每袋重量不超过 20 kg。装满废物的塑料袋应密封，及时转送至放射性废物暂存间存储。

（2）固体放射性废物的储存

①放射性废物储存场所应安装通风换气装置，并应有专用的排风管道。废物暂存间应按照控制区管理，入口处应配置电离辐射警示标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏的措施。

②污物桶放置于废物贮存室内，应避开工作人员作业和经常走动的地方。

③废物暂存间内应设置专门容器用于盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别

的废物应分开存放，合理有序，易于取放。盛放废物的容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

④废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

（3）固体放射性废物处理

①固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、入库日期、解控或送贮日期、责任人员等信息。

②医院的衰变池池底部会沉积少量的沉积物，该沉积物每年清运一次，应按照危废处置要求进行处理。

放射性废物按照上述要求集中收储 10 个半衰期后满足《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）中规定的清洁解控水平后排放。

10.4.3 放射性废气

由污染源分析可知，核医学科使用的放射性同位素 ^{18}F 为非挥发性核素，无放射性废气产生，使用过程介质为水，操作比较简单，不经过加热、振荡等步骤。为了安全起见，医院拟在核医学科注射室设置专用通风橱，放射性药物的操作在通风橱内进行，通风橱通风速率一般应不小于 1m/s 。注射室、PET-CT 机房、注射后候诊室、病人专用卫生间、病人恢复室等区域拟设置独立的机械排风系统，排风管道设置应按照室内低活度区域流向高活度区域，将室内空气经单独通风管道由风机抽吸至排风井，经预留的核医学专用通风井排至三楼顶面，再从三楼顶面横向转至楼梯通风井排至小屋面楼顶。排放口拟设置活性炭过滤装置，经过滤后排出，采取上述措施后将符合《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的要求，基本不会对周围环境造成影响。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

建设期不涉及放射性同位素及射线装置的操作，故不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 PET-CT (¹⁸F)

(1) 理论计算

PET-CT运行过程中使用的放射性核素¹⁸F，由药物供应商分批次直接运输至储源室内，¹⁸F药物置于供应商提供的铅防护罐中，使用前由医护人员从储源室拿出连同铅防护罐置于通风橱内进行分装，分装好的药品由注射人员对受检者进行隔室注射，所有药品当天用完。

医务人员分装、取用¹⁸F药剂涉及的工作场所为注射室；受检者注射¹⁸F后，在注射后候诊室、PET-CT 机房停留的时间相对长些。注入体内的¹⁸F 在某器官或组织内相对集中，可近似将其视为点源；取用过程中的药剂也可视为点源。

本项目核医学科正常运行过程中工作场所辐射影响评价，主要通过对注射室、注射后候诊室、PET-CT 机房周围关注点辐射剂量水平估算来完成。

1) γ 剂量率的计算公式

①无屏蔽状态下的剂量率估算公式为：

$$H = f \times A \Gamma / R^2 \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：

- H --- γ 辐射剂量率，Gy/h；
- f ---转换系数 $8.73 \times 10^{-3} \text{Gy/R}$ ；
- A ---放射源的预期最大放射性活度，Ci；
- Γ ---空气吸收剂量率常数， $\text{R} \cdot \text{m}^2/(\text{h} \cdot \text{Ci})$ ；
- R ---距放射源的距离，m。

②屏蔽状态下的剂量率估算公式为：

$$H_0 = H \times 2^{-(h / HVL)} \dots\dots\dots (11-2)$$

式中：

H_0 ---参考点的辐射剂量率，Gy/h；

h ---屏蔽层的厚度，mm；

HVL ---半值层厚度，mm。

③外照射辐射剂量率估算：

$$H_r = H_0 \times T \times U \times t \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：

H_r ---附加年有效剂量，mSv；

H_0 ---参考点的辐射剂量率，Gy/h；

T ---居留因子；

U ---使用因子，放射性核素以点源考虑， U 取 1；

t ---年工作时间；

简化估算：1Gy 近似为 1Sv。

由《辐射防护手册》第三分册查出铅与混凝土对¹⁸F的半值层为5.7mm和64mm，实心砖保守考虑参考空心砖的数据取100mm。¹⁸F的照射量常数 Γ 依据《 γ 射线屏蔽参数手册》（原子能出版社，1976）查表得到为0.57 R·m²/(h·Ci)。

2) PET-CT 运行工况

PET-CT 采用 ¹⁸F 做显像检查，每天最多检查 10 人次，每周工作 6 天，每年工作 300 天，总计每年检查患者 3000 人次。¹⁸F 单次静脉注射的核素最大活度为 3.7 × 10⁸Bq 即 10mCi，一天最大用量 100mCi。

注射前取药平均约 10s/人次，全年累计约 8.33h；药物注射平均约 10s/人次，全年累计约 8.33h；病人摆位时间约 1min/人次，PET-CT 摆位全年累计约 50h；病人扫描时间约 30min/人次，PET-CT 扫描全年累计约 1500h。

3) ¹⁸F 产生 γ 射线辐射水平预测

①¹⁸F 核素无屏蔽状态下不同距离的 γ 剂量率

表 11-1 ¹⁸F 核素无屏蔽状态下不同距离的 γ 剂量率（ μ Gy/h）

距离 活度	1m	2m	3m	5m	10m
10mCi	49.8	12.45	5.53	1.99	0.5

从表中计算结果看出，裸露状态下的 ¹⁸F 药物辐射水平较高，对周围影响较大，因此，在操作 ¹⁸F 药物应采取一定的防护措施，工作人员还应做好个人防护。

②通风橱、取药、注射过程中 γ 剂量率预测

由于药品由药物供应商分批次运至医院，取药过程保守按一天最大用量（100mCi）即 $3.7 \times 10^9 \text{Bq}$ 进行预测。分装过程中工作人员穿着 0.5mm 铅当量防护衣，通过 50mm 铅当量的铅通风橱进行操作，距离身体约 50cm。根据估算， ^{18}F 分装过程工作人员身体（0.5m 处）受辐射剂量率为 $4.4 \mu\text{Gy/h}$ 。

取药过程按 ^{18}F 单次最大注射量 10mCi 即 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ 进行预测，取药过程工作人员穿着 0.5mm 铅当量的防护衣，装有药物的注射器有钨合金防护套（30mm 铅当量），按药物距离身体约 50cm 进行计算。经计算， ^{18}F 取药过程工作人员身体（0.5m 处）受照剂量 $4.98 \mu\text{Gy/h}$ 。

注射过程按 ^{18}F 单次最大注射量 10mCi 即 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ 进行预测，注射时，工作人员穿着 0.5mm 铅当量的铅防护围裙，通过 20mm 铅当量的玻璃注射窗对患者进行注射。注射过程按药物距离身体约 50cm 进行估算。经计算， ^{18}F 注射过程工作人员身体（0.5m 处）受照剂量 $16.3 \mu\text{Gy/h}$ 。

②注射后候诊室、PET-CT 机房周围关注点 γ 剂量率预测

患者注射 ^{18}F 后，在注射后候诊室等候，然后进入扫描室，保守计不考虑候诊过程中核素衰变。

本项目注射后候诊室共计3个，每个候诊室最多候诊1人，则每个候诊室的源强总活度为1个病人最大注射量—10mCi即 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ 。

表11-2 核医学科周围预测点描述

工作场所	点位名称	屏蔽厚度	关注点到源的距离（m）	辐射剂量率（ $\mu\text{Gy/h}$ ）
注射后候诊室（10mCi）	北墙外 30cm 处（走廊）	24cm 实心砖墙 +6mmPb 铅板	1.46	2.2
	东墙外 30cm 处（走廊）	24cm 实心砖墙 +6mmPb 铅板	2.24	0.9
	楼上 30cm 处（车库）	12cm 混凝土 +6mmPb 铅板	3.82	0.4
PET-CT 机房（10mCi）	西墙外 30cm 处（控制室）	8mm 铅玻璃	4.1	1.1
	北墙外 30cm 处（走廊）	24cm 实心砖墙 +6mmPb 铅板	3.5	0.37
	南墙防护门外 30cm 处（走廊）	8mm 铅门	3.5	1.5
	楼上 30cm 处（车库）	12cm 混凝土 +6mmPb 铅板	3.82	0.4

注：偏保守考虑，核医学科工作场所墙体外侧为公众区域均按墙外 30cm 剂量率为 2.5μSv/h 进行控制，其它墙体不做特殊要求。

4) 人员受照剂量分析

①工作人员受照射剂量分析

根据医院提供的资料，核医学科 PET 诊断工作人员受照射的主要环节有：分装、取药、注射、摆位和扫描过程。

分装过程：分装过程按 100mCi 即 $3.7 \times 10^9 \text{Bq}$ 进行预测。分装过程工作人员身体受照射剂量率为 4.4μGy/h。每次分装过程约 30s 完成，按每天分装 10 份，年工作 300 天，每年总分装次数 3000 次计，则身体的年剂量率为 0.11 mSv。

取药过程：取药过程按 ^{18}F 单次最大注射量 10mCi 即 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ 进行预测，取药过程身体受照射剂量 4.98μGy/h。每次取药过程约 10s 完成，按每年总诊断人数 3000 人次计，则身体的年剂量率为 0.04mSv。

注射过程：注射过程按 ^{18}F 单次最大注射量 10mCi 即 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ 进行预测，注射过程工作人员身体受照射剂量 16.3μGy/h。每次注射过程约 10s 完成，按每年总诊断人数 3000 人次计，则身体的年剂量率为 0.14mSv。

摆位过程：摆位过程按 ^{18}F 单次最大注射 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ (10mCi) 进行预测，摆位过程工作人员穿着 0.5mm 铅当量的防护衣，在防护屏风 (≥10mm 铅当量) 后进行摆位工作，按身体距离病人约 50cm 进行估算。根据估算， ^{18}F 摆位过程工作人员身体受照剂量为 55.8μGy/h。每次摆位约 1min 完成，按每年总诊断人数 3000 人次计，则身体的年剂量率为 2.79mSv。

扫描过程：扫描过程按 ^{18}F 单次最大注射 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ (10mCi) 进行预测，单个病人约需扫描 30min，按每年总诊断人数 3000 人次计，按控制室设计屏蔽防护措施 (8mmPb 铅玻璃处计算，距离取 4.1m)，通过公式计算可知，扫描操作位γ辐射剂量率为 1.1μGy/h，扫描操作人员受到的年剂量为 1.65mSv。

表11-3 核医学科辐射工作人员年照射剂量

操作项	操作时间	年累计操作次数	受照射剂量率	年剂量
分装	30s	3000	4.4μGy/h	0.11mSv
取药	10s	3000	4.98μGy/h	0.04 mSv
注射	10s	3000	16.3μGy/h	0.14mSv
摆位	1min	3000	55.8μGy/h	2.79mSv

扫描	30min	3000	1.1μGy/h	1.65mSv
----	-------	------	----------	---------

本项目核医学科拟增设 4 名辐射工作人员，具体工作岗位设置如下：分装+取药+注射（分装、取药和注射由一人完成）工作人员 2 名（轮岗），摆位和扫描操作人员 2 名（轮岗）。

表 11-4 核医学科各岗位工作人员年受照剂量预测结果

工作岗位	年有效剂量（mSv/a）	岗位人数	人均（mSv/a）
分装	0.11	2	0.15
取药	0.04		
注射	0.14		
摆位	2.79	2	2.22
扫描	1.65		

由表11-4可知，核医学科工作人员身体受照射剂量小于工作人员身体职业照射剂量约束值5mSv/a。

②公众人员受照射剂量分析

根核医学科工作场所布局设计、工作流程以及辐射防护管理制度分析，本项目辐射工作区将严格限制其它科室工作人员及非就诊者进入。

核医学科工作场所邻近区域涉及公众人员停留的区域主要为北侧的电梯厅、南侧的车库、西侧储藏室、负一层车库等。按照式11-3分别计算公众人员受照剂量，结果见表11-5。

表 11-5 核医学科辐射工作场所周围公众人员剂量预测结果

停留区域	所选点剂量率（μGy/h）	时间（h/a）	停留因子	年受照剂量（mSv/a）
等候区（注射后候诊室北侧）	2.2	150	1/4	0.083
电梯厅（医护走廊北侧）	0.37	150	1/16	0.004
车库（注射后患者走廊南侧）	1.5	150	1/16	0.014
储藏室（留观室西侧）	1.1	150	1/16	0.01
车库（负一层）	0.4	150	1/16	0.004
计算过程做以下保守假设：公众人员在以上区域每天停留时间为 30 分钟；				

由表11-5可知，核医学科辐射工作场所邻近区域公众人员年最大受照剂量为0.083mSv，小于公众照射剂量管理约束值0.25mSv/a。

（2）PET-CT 类比分析

PET-CT 类比对象选取树兰（杭州）医院已投入运行的 PET-CT 机房（数据源于 2019 年杭州旭辐检测技术有限公司编制的树兰（杭州）医院有限公司 PET-CT 及医用放射性同位素应用项目（扩建）竣工环境保护验收监测表），其可比性分析见表

11-6。

表 11-6 PET 机房类比分析比对表

内容	本项目	树兰（杭州）医院	分析比对结论
使用核素	^{18}F	^{18}F	一致
单人最大用量	10mCi	10mCi	一致
药物来源	外购	外购	一致
屏蔽能力	四侧墙体：24cm 实心砖墙+6mmPb 铅板（相当于 8mmPb） 楼板：12cm 混凝土+6mmPb 铅板（相当于 7.5mmPb）	四侧墙体：40cm 混凝土（相当于 5mmPb） 楼板：27cm 混凝土（相当于 3mmPb）	本项目优于类比项目
	防护门：8mmPb 铅板	防护门：5.5mmPb 铅板	本项目优于类比项目
	观察窗：8mmPb 铅玻璃	观察窗：5.5mmPb 铅当量	

树兰（杭州）医院 PET-CT 机房正常运行情况下，其周围各检测点位的检测结果见表 11-7、 β 表面污染检测结果见表 11-8，检测点位示意图见图 11-1。

表 11-7 类比项目 PET-CT 工作场所 X- γ 辐射剂量率检测结果

点位序号	点位描述		检测结果($\mu\text{Sv/h}$)
$\triangle 1$	源库中间		0.57
$\triangle 2$	废物桶表面		0.08
$\triangle 3$	^{18}F 分装柜表面		0.17
$\triangle 4$	注射 $5\text{mCi } ^{18}\text{F}$ 时，护士铅衣后		45.03
$\triangle 5$	运行时，内有一名注射 $5\text{mCi } ^{18}\text{F}$ 的病人	PET-CT 机房医生出入门左侧门缝外 30cm 处	0.09
$\triangle 6$		PET-CT 机房医生出入门中间外 30cm 处	0.07
$\triangle 7$		PET-CT 机房医生出入门右侧门缝外 30cm 处	0.08
$\triangle 8$		PET-CT 机房操作位	0.07
$\triangle 9$		PET-CT 机房观察窗	0.12
$\triangle 10$		PET-CT 机房病人出入门左侧门缝外 30cm 处	0.08
$\triangle 11$		PET-CT 机房病人出入门右侧门缝外 30cm 处	0.08
$\triangle 12$		PET-CT 机房病人出入门中间外 30cm 处	0.09
$\triangle 13$	PET-CT 候诊室门口（内有 1 名病人）		0.26
$\triangle 14$	注射 $5\text{mCi } ^{18}\text{F}$ 病人表面 30cm 处		117.07
$\triangle 15$	注射窗口医生操作位处（注射 $5\text{mCi } ^{18}\text{F}$ ）		29.63
$\triangle 16$	病人卫生间		0.16
$\triangle 17$	操作室巡测本底值		0.14
$\triangle 18$	衰变池表面 30cm 处		0.17

表 11-8 核医学科工作场所 β 表面污染检测结果

序号	点位描述	β 表面污染 (Bq/cm^2)
1	病人洗手间地面	未检出
2	PET 给药处台面	未检出
3	注射室地面	未检出
4	分装柜表面	未检出
5	PET-CT 室地面	未检出
6	污物桶表面	未检出
7	注射护士皮肤表面	未检出

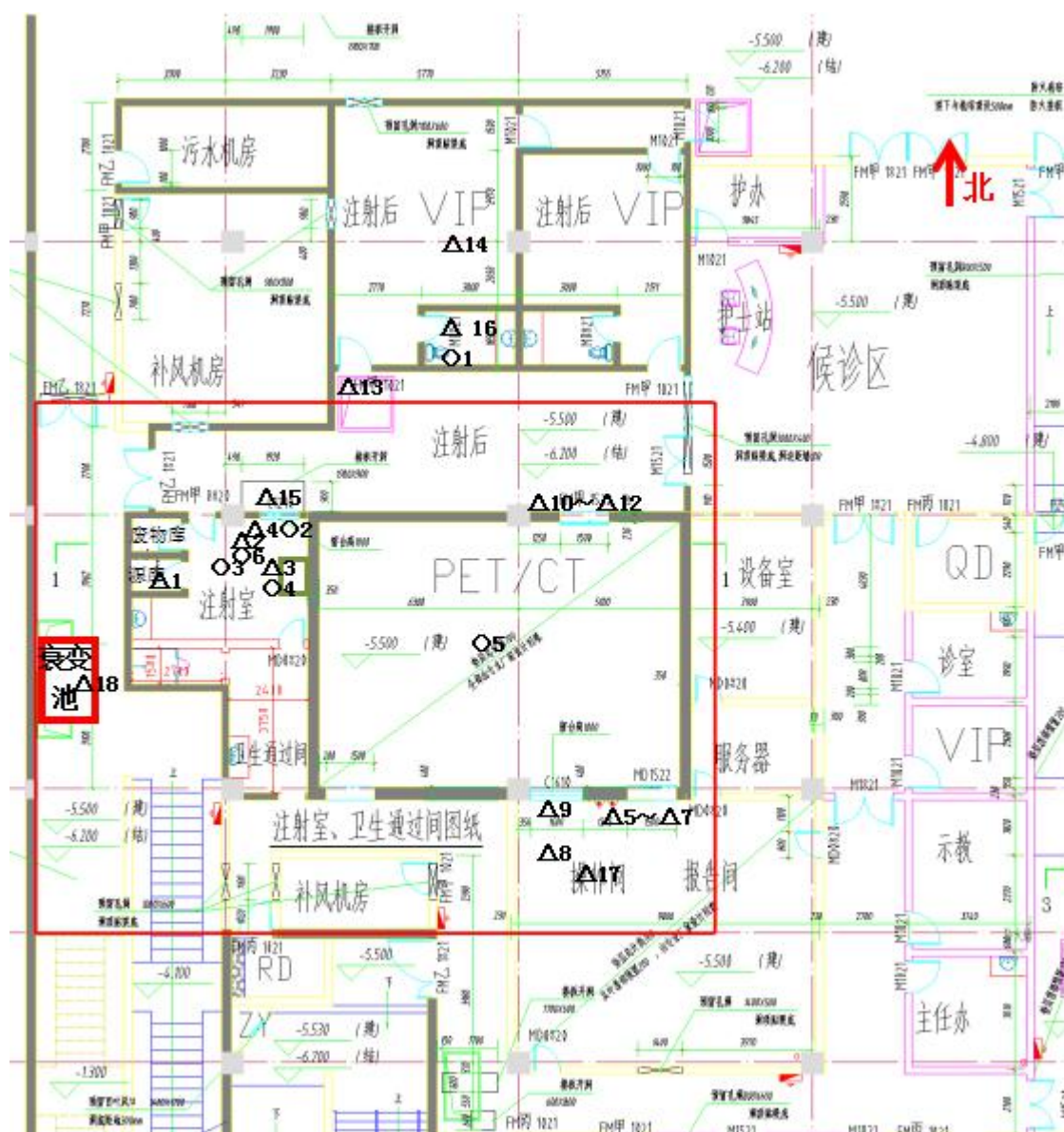


图 11-1 类比项目检测点位示意图

由表 11-7 的检测结果可知：病人注射后在机房内扫描检查时，机房周围 γ 辐射剂量率最高处为观察窗外，其测量值为 $0.12\mu\text{Sv/h}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对的剂量限值要求。

由表 11-8 检测结果可知，类比项目机房地面和给药台、地面、洗手间等控制区地上的表面污染水平均未检出，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中地面控制区 $4\times 10\text{Bq/cm}^2$ 的限制要求。

11.2.2 DSA

（1）类比检测

为分析了解该医院的 DSA 建成投入运行后对周围环境所造成的辐射环境影响，本次评价选择了浙江大学医学院附属第一医院庆春院区目前已投入运行的 DSA 进行类比。其可比性分析详见表 11-4。

表 11-4 类比情况一览表

内容		类比对象	本项目
技术参数（最大管电压/管电流）		125kV/1250mA	125kV/1000mA
主要设备		DSA	DSA
防护设施	防护门	内衬 3mm 铅板	4mmpb 铅板
	观察窗	3mm 铅当量	4mmpb
	四侧墙体	3mm 铅当量	15cm 砌块墙体+4mmpb 铅板（相当于 4mm 铅当量）
	顶棚	16cm 混凝土（相当于 2.0mm 铅当量）	12cm 混凝土+3mmpb 铅板（相当于 4.5mm 铅当量）

注：16cm 混凝土相当于 2mm 铅当量。

由表 11-4 可知，本项目 DSA 的技术参数低于类比对象，但防护水平优于类比对象，因此两个项目有很好的可比性，通过对类比对象的检测，可预测本项目运行后的辐射环境影响。类比检测结果见表 11-5，类比检测点位图见图 11-2。

表 11-5 类比项目机房周围 X- γ 辐射剂量率检测结果

机房名称	点位序号	点 位 描 述		辐射剂量率(nGy/h)	
				平均值	标准差
DSA 6 号机房 125kV/1000mA 2 号楼 2 楼	▲11	工作人员出入门 30cm 处	关机	79.6	1.4
			开机	81.6	1.1
	▲12	观察窗（操作位）	关机	79.0	1.2

			开机	79.8	1.3
	▲13	病人出入门 30cm 处	关机	78.7	0.9
			开机	100.4	2.1
	▲14	东侧血管造影准备室内	关机	79.7	0.9
			开机	80.4	1.1
	▲15	机房内医生操作位	关机	79.4	1.0
			开机	4069.0	6.0
	▲16	机房三楼，13 号机房操作室内	关机	87.6	1.7
			开机	87.0	1.6

注：检测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应。

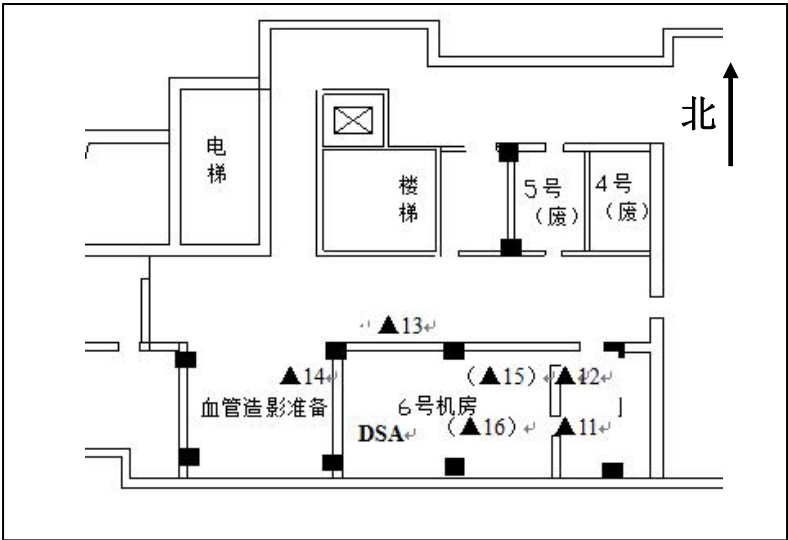


图 11-2 类比项目（DSA 机房）检测点位图

(2) 剂量估算

a. 辐射工作人员

由类比检测结果可知，根据其工作流程分析，DSA 机操作为介入操作，医生需进操作室内工作，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，在近距离操作，因此 X-γ辐射剂量率较高。现根据医院预计最大工作量作保守假设，①每年的病人数为 500 人；②医生手术时间 1~4 小时不等（脑血管治疗、射频及起搏器等在 2 小时以上），但是其实际开机曝光时间最多为 40min（γ辐射剂量率取操作位处 4069.0nGy/h，该检测数据为铅衣后辐射工作人员身体位受到的辐射照射剂量）；③每次 DSA 操作有 2 名辐射工作人员共同完成，其中 1 名辐射工作人员在近距离操作，另 1 名工作人员在操作室内通过观察窗观察。假设所有近距

离操作均由 1 位工作人员承担。

则据式 (11-1) 可以计算出辐射工作人员的年附加有效剂量当量约为 0.95mSv。

本评价项目以 5mSv 作为辐射剂量约束值，相比之下，该医院从事介入操作的辐射工作人员所接受的年附加有效剂量低于辐射剂量约束值，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。

b. 公众成员

由表 11-5 的类比检测结果可知：在正常使用条件下，机房周围各关心点位 X- γ 辐射剂量率与未开机时相比未见明显升高，故不会对周围公众（包括楼上和楼下公众）造成额外的照射。

11.3 辐射屏蔽设计符合性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，核医学工作场所依据管理的需要，可分为控制区和监督区，即 PET-CT 机房、注射室、源库、放射性废物暂存间、注射后候诊室、病人卫生间、抢救室、留观病人恢复室、活性区域病人走道及衰变池可划为控制区；注射前等候区、护士站、诊室、医生办公室、卫生通过间、控制室及医护人员通道可划为监督区。

目前该院核医学用房的设计布局见图 10-1 所示。设置了专用的病人通道，有病人专用的候诊室和病人厕所，设置了专用的医生通道，其功能基本满足分区管理的要求。

另外，本项目 PET-CT 机房和 DSA 机房单边长度、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）。

11.4 事故影响分析

11.4.1 核医学科放射性同位素应用

①由于管理不善，发生放射性物品失窃，造成放射性污染事故。医院已设有专门存放放射性物品的源库，为杜绝该事故的发生，医院应加强管理，实行双人双锁。

②由于操作不慎，有少量的液态放射性药品溅洒。发生这种事故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的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抹，直到擦干污染区。用表面污染监测仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 40Bq/cm²，表明该污染区未达到控制标准，这时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。

③由于意外事故造成大量的液态放射性药品溅洒，如药剂瓶被打破，造成放射性污染事故。发生这种事故应首先保持镇静，然后用吸附衬垫盖住发生溅洒的物品，以遏制液体流动。关闭门窗，并通知房间里的每一个人走到门口，用脚踢脱鞋子走出房间，但不要走远，关上门，呼叫求助其他人，请他拿来一台表面污染监测仪（留在这个房间里的仪器可能已被污染）测量每个人全身的 β 表面污染，特别是手和脚的测量。如果 β 表面污染大于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，则应进行去污洗涤，直至小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。

11.4.2 PET-CT、DSA 射线装置

①工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离辐照室，射线装置运行可能产生误照射。

②安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的射线装置机房。

因此，医务人员必须严格按照 X 射线装置操作程序进行诊断，防止事故照射的发生，避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射。并且，工作人员每次上班时首先要检查防护门上的灯光警示装置是否正常。如果失灵，应立即修理，恢复正常。

表 12 辐射安全管理

12.1辐射安全与环境保护管理机构的设置

按照《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》及生态环境主管部门的要求，医院应有专门的辐射安全与环境保护管理机构，并制定健全的安全和防护管理规章制度、辐射事故应急措施。

医院应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，内容应包括：

- ①确定本单位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机构，并指定专人负责本项目运行时的安全和防护工作。
- ②辐射防护领导机构须规定各成员的职责，分工明确、职责分明。
- ③辐射防护领导机构应加强监督管理，切实保证医院各项规章制度的实施。

12.2 辐射安全管理规章制度

本项目建成后，医院须制定的规章制度：《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》、《辐射防护措施》、《台账管理制度》、《人员培训计划》、《监测方案》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》、《废源处理方案》、《订购、转让、运输及退役处理制度》、《放射性废气、废液、固体废物处理方案》等规章制度。

12.3 辐射检测

12.3.1 场所检测

（一）年度检测

本项目建成后医院须定期（每年一次）请有资质的单位对辐射工作场所周围环境进行辐射环境检测，建立检测技术档案。检测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案。

（1）检测频度：每年常规检测一次。

（2）检测范围：X- γ 辐射剂量率检测：a)核医学科：PET-CT 机房屏蔽墙外、操作位、防护门、观察窗及缝隙处，PET-CT 机房内医生摆位处、注射室、注射后候诊室、储源库、放射性废物库、衰变池周围等；b)DSA 机房周围：机房屏蔽墙外、操作位、防护门、观察窗及缝隙处。 β 表面污染检测：核医学科工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套、工作鞋、手、皮肤等、受检者通道、注射室、注射后候诊室。

(3) 检测项目：a)核医学科：X- γ 辐射剂量率、 β 表面污染；b)DSA 机房：X- γ 辐射剂量率。

(4) 检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

(二) 自行检查

每天工作结束后核医学科工作人员利用 β 表面污染检测仪对放射性药物取药、给药等处的工作台面，通风橱操作台面、墙面、地面等区域，进行 β 表面污染检测；使用 X- γ 电离巡检仪对辐射工作场所周围（包括核医学科和 DSA 机房周围）进行 X- γ 辐射剂量率的日常检测。利用活度计对放射性药物活度每批次检测一次；每日对防护门外工作状态指示灯、机房门的闭门装置检查；安全联锁系统每月检查一次；其它防护设施定期检查。

12.3.2 辐射工作人员安全培训、个人剂量及健康检测

(1) 医院须组织本项目新进辐射工作人员参加有资质单位的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗。取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次复训。不参加再培训的人员或者复训考核不合格的人员，其辐射安全培训合格证书自动失效。

(2) 医院须为本项目新进辐射工作人员配备个人剂量计，并每季度送有资质单位进行检定，建立个人剂量档案。

(3) 医院须安排本项目新进辐射工作人员进行上岗前体检，并每两年进行一次职业健康体检，离岗前也须进行职业健康体检，并建立健康档案。

12.3.3 放射性废物检测

1、放射性废水排放前检测

本项目放射性废水在排放前应自行或委托有资质的单位开展检测，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》（GB18466-2005）规定的限值（总 β 小于 10Bq/L）。

2、放射性废物处理前检测

本项目放射性固废在废物间放置至少 10 个半衰期后，待衰变至符合清洁解控水平（GBZ133-2009 附录 B）后，方可作为一般医疗废物进行处置。

12.4 辐射事故应急

根据本项目特点：使用放射性同位素和 II、III 类射线装置，并结合《放射性同位

素与射线装置安全和防护条例》第四十条至四十五条之规定，辐射事故应急预案应包括以下内容：

- (1) 应急机构和职责分工。
- (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) 辐射事故调查、报告和处理程序。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。

生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门接到辐射事故报告后，应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，控制并消除事故影响，同时将辐射事故信息报告本级人民政府和上级人民政府生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门。

县级以上地方人民政府及其有关部门接到辐射事故报告后,应当按照事故分级报告的规定及时将辐射事故信息报告上级人民政府及其有关部门。发生特别重大辐射事故（是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上(含3人)急性死亡）和重大辐射事故（是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控,或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下(含2人)急性死亡或者10人以上(含10人)急性重度放射病、局部器官残疾）后，事故发生地省、自治区、直辖市人民政府和国务院有关部门应当在4小时内报告国务院；特殊情况下，事故发生地人民政府及其有关部门可以直接向国务院报告，并同时报告上级人民政府及其有关部门。禁止缓报、瞒报、谎报或者漏报辐射事故。

- (5) 生态环境、卫生、公安部门的联系部门和电话。

1) 生态环境主管部门负责辐射事故的应急响应、调查处理和定性定级工作，协助公安部门监控追缴丢失、被盗的放射源，联系电话：12345；

2) 公安部门负责丢失、被盗放射源的立案侦查和追缴，联系电话：110；

3) 卫生主管部门负责辐射事故的医疗应急，联系电话：12345。

另外，发生辐射事故的单位应当立即将可能受到辐射伤害的人员送至当地卫生主管部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。

表 13 从事辐射活动能力要求

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素、射线装置的单位应具备相应的条件。对医院从事本项目内辐射活动能力的评价见表 13-1。

表 13-1 从事本项目辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
（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 1 名具有本科以上学历的计算人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	医院应设立专门的辐射安全与环境保护管理机构。
（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。	医院须组织本项目新增的辐射工作人员参加上岗前培训，经考核合格后方能上岗。
（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	根据设计资料，医院核医学科已设计储源库。
（四）放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	根据设计资料，本项目核医学科平面布置已满足分区管理要求，射线装置机房防护门、墙、观察窗均具有相应的屏蔽能力。医院须制定相应的操作规程，并须张贴电离辐射警示标志，安装工作状态指示灯，门外一米处须划有黄色警戒线。
（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，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应有表面污染仪。	本项目须配备口罩、铅围裙、铅手套、铅眼镜、个人剂量计，控制区边界出入口拟安装在线辐射监测系统，拟配备一台表面污染监测仪和一台 X-γ 电离巡检仪。
（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。	须制定。
（七）有完善的辐射事故应急措施	须制定

（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	放射性同位素在通风柜内操作；放射性废水设衰变池；固体废物设置铅屏蔽废物桶并集中存放于废物库，均能得到合理处置。
（九）使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。	须制定

由表 13-1 可知，医院须尽快按规定要求落实各项能力要求，在满足规定要求的前提下，方能具备从事辐射活动的技术能力。

表 14 结论与建议

结论

14.1 实践正当性分析

随着社会的发展，医疗卫生事业与人们的生活息息相关。为了增强和补充医疗行业中的薄弱专科，完善医疗救治、健康管理体系，满足社会需要、提供优质的医疗服务，嘉兴凯宜医院有限公司拟实施医用放射性同位素及射线装置应用项目，目的在于开展放射治疗工作，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。

14.2 选址合理性分析

（1）项目与土地利用总体规划、城乡规划相符性分析

根据嘉兴市城乡规划建设管理委员会出具的双溪路东、毓秀路南地块规划设计条件 嘉经开规设（2016）字 0025 号，本项目所用地块为医疗卫生用地，环评据此认为项目选址符合《嘉兴国际商务区总体规划》的要求。

（2）项目与国家和省产业政策等相符性分析

本项目为医院项目，公司投资主体为外商投资，对照《鼓励外商投资产业目录（2019 年版）》，本项目属于鼓励类项目；同时项目不属于《浙江省淘汰落后生产能力目录（2012 年本）》和嘉淘汰办〔2010〕3 号《嘉兴市淘汰和禁止发展的落后生产能力目录（2010 年本）》中所禁止或限制类项目。

另外，项目不属于浙江省国土资源厅和浙江省发展和改革委员会发布的《浙江省限制用地项目目录（2014 年本）》和《浙江省禁止用地项目目录（2014 年本）》规定的项目。本项目的建设可以整合嘉兴国际商务区的公共卫生资源，提升区域医疗卫生水平，推动区域卫生事业提升发展，因此，项目的建设十分必要，浙江省发展和改革委员会已对本项目核准，文号为：浙发改外资[2016]839 号。

综上，项目建设符合国家、省和地方产业政策要求。

14.3 辐射环境影响评价

本项目主要污染因子为：X 射线、 γ 射线、 β 表面污染以及放射性废水和固废。

（1）现状剂量率评价

由辐射环境现状检测结果可知，项目拟建址周围 γ 辐射剂量率在 103~123nGy/h

之间，与嘉兴市建筑物室内 γ 辐射剂量率（76~271nGy/h）相比，符合当地天然辐射本底水平，环境现状良好。

(2)辐射环境影响预测评价

①根据类比检测结果及预测分析可知，从事辐射操作的工作人员和周围公众成员受到的额外照射均小于各自的剂量辐射剂量约束值（5mSv、0.25mSv），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。

②本项目运行后，产生放射性废水经衰变池暂存 10 个半衰期后经检测达标及审管部门批准后排入医院污水处理管网，对周围环境影响较小。

③本项目运行产生的放射性固体废物按半衰期分批分类暂存于废物储存间不同的废物桶中，放射性废物按照要求集中收储 10 个半衰期后经检测达标后按一般医疗废物处理，对周围环境影响较小。

14.4 辐射环境管理制度

本项目建成后，医院须制定的规章制度：《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》、《辐射防护措施》、《台账管理制度》、《人员培训计划》、《监测方案》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》、《废源处理方案》、《放射性废气、废液、固体废物处理方案》及《辐射事故应急措施》等规章制度。

14.5 安全培训

本项目建成后医院须组织新进辐射工作人员参加有资质单位的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗。取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次复训。不参加再培训的人员或者复训考核不合格的人员，其辐射安全培训合格证书自动失效。

14.6 健康管理及个人剂量检测

（1）本项目建成后新进辐射工作人员均须配备个人剂量计，并每 3 个月送有资质的单位检测一次，同时建立个人剂量档案。

（2）本项目建成后新进辐射工作人员上岗前均须参加职业健康体检，并每两年进行一次岗中体检，离岗前也应进行职业健康体检，同时建立职业健康档案。

14.7 结论

嘉兴凯宜医院医用放射性同位素及射线装置应用项目，在落实本评价报告所提出

的各项污染防治措施和辐射环境管理计划后，该医院将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

建议

- （1）本项目布局、设计、源项发生重大改变时要另行评价。
- （2）施工阶段，辐射防护人员应对辐射防护设施的工程质量进行检查，以保证设计要求。
- （3）医院必须向辐射安全许可证中有销售资质的单位购买医用放射性同位素。
- （4）医院应在本项目内容投入运行后按规定开展竣工验收。