

核技术利用建设项目

新建丙级非密封放射性物质工作场所
项目环境影响报告表

北京全景德康医学影像诊断中心有限公司

2019年7月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新建丙级非密封放射性物质工作场所
项目环境影响报告表

建设单位名称：北京全景德康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：北京市丰台区西四环中路 78 号院 3 号楼

邮政编码：100039 联系人：朱乐明

电子邮箱：zhuleming@uvclinic.cn

联系电话：13584045552

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新建丙级非密封放射性物质工作场所项目			
建设单位		北京全景德康医学影像诊断中心有限公司			
法人代表	杨环球	联系人	朱乐明	联系电话	13584045552
注册地址		北京市丰台区西四环中路 78 号院 3 号楼一层			
项目建设地点		北京市丰台区西四环中路 78 号院 3 号楼一层			
立项审批部门		无		批准文号	无
建设项目总投资(万元)	6000	项目环保投资(万元)	600	投资比例(环保投资/总投资)	10
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m ²)	1280
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET-CT 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input checked="" type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	说明:			
	项目概述				
1.1 单位概况					
<p>北京全景德康医学影像诊断中心(以下简称影像中心)注册地位于北京市丰台区西四环中路 78 号院 3 号楼,是上海全景医学影像科技股份有限公司的全资子公司,系一家筹建中的北京市第三方独立医学影像中心。公司经营范围为医学影像科医疗服务;医学研究和试验发展;技术开发;技术交流;技术转让、技术推广;技术服务;技术咨询;销售计算机、软件及辅助设备等(营业执照见附件 1)。</p> <p>目前影像中心已经获得北京市丰台区卫生健康委批准的“设置医疗机构批准书”(批准文号:丰卫医准字[2019]第 8 号,附件 2,有效期至 2020 年 7 月 1 日)。</p> <p>影像中心拟开展 X 线、CT 和磁共振成像诊断,开展超声诊断,开展 PET/CT、PET/MR 诊断、乳腺 X 线摄影。服务内容包括:高端医学影像检查、医学影像专家门诊、医学影像远程会诊、健康管理云服务、医学影像国际交流与合作等服务内容。</p> <p>影像中心为公众提供先进的医学影像检查和诊断服务,成为国内外医学影像诊断</p>					

领域学术交流平台，拟焦肿瘤精准诊断，主打特殊人群（肿瘤高发家族、肿瘤标志物异常、肿瘤疑似患者等）的核医学检查，不开展普通人群的PET体检等健康检查。中心将以顶尖的人才、高端的设备、严格质量控制体系、优质服务和优美环境为受检人群提供人性化、高质量的医学影像诊断服务。

影像中心位于北京市丰台区西四环中路78号院3号楼，该建筑东侧隔8.4m通道为2号楼，南侧隔18.3m空地为5号楼，西侧隔9.3m通道为4号楼，北侧紧邻西翠路，之外是中石油加油站。地理位置和周围环境见附图1和附图2所示。

1.2 核技术利用及辐射安全管理现状

全景德康影像中心之前未开展核技术利用项目。

1.3 本项目情况

1.3.1 项目背景

第三方医学影像诊断中心是在国家医疗体制改革的大背景下应运而生的创新型医疗业态。根据《国家卫生计生委关于印发医学影像诊断中心基本标准和管理规范》（国卫医发〔2016〕36号）、《国务院办公厅关于支持社会力量提供多层次多样化医疗服务的意见》（国办发〔2017〕44号）等文件精神，为加强北京市医疗资源优势整合与共享，以“资源共享、优势互补、提升质量”为原则，实现区域医疗资源共享，提升基层医疗机构服务能力，推进分级诊疗和全市医疗机构医学影像检查结果互认工作，实现各医疗机构合理检查，降低患者就诊费用，全景德康影像中心计划对接周围医院，有效整合优质医疗资源，帮助提高基层医疗机构的诊疗水平，满足广大群众多层次的医疗健康需求。

影像中心的母公司—上海全景医学影像科技股份有限公司和中国人民保险集团（PICC），阿里健康已签订了全面战略合作协议，是美国USRAD公司（全美最大的远程医学影像诊断公司）在中国唯一的合作伙伴。

影像中心拟配置PET/MR、PET/CT、MR、64排CT、16排CT、乳腺机、DR等大型设备，同时配置超声、心电图、信息系统以及心脏除颤、心电监护、供氧设备等抢救系统，设备的配置符合《医学影像诊断中心基本标准和管理规范》要求。医学影像中心建设项目已完成了备案（备案号201911010600000891，见附件4）。

1.3.2 项目内容

正电子发射扫描技术（PET）在肿瘤、心脏和脑部疾病的诊断和疗效评估中具有独特的优势，常用于多数肿瘤的诊断、分期和治疗评估并进行精确定位，特别适合确定肿瘤有无转移和复发。PET是把标记有正电子核素（如¹⁸F）的示踪剂注射到人体内，然

后利用体外探测器（PET）探测这些正电子核素在人体全身脏器的分布情况，再结合CT和MR的扫描图像，进行影像融合，可以观察病灶的病理生理变化及形态结构，从而显着提高疾病诊断的准确性以及治疗方案的合理性。

北京全景德康医学影像诊断中心有限公司拟建立的丙级PET场所，结合PET/CT和PET/MR一体化的技术，开展核医学影像诊断工作。具体建设内容包括：在3号楼一层东侧新建丙级PET场所，配套1台PET/CT和1台PET/MR设备，使用F-18核素开展核医学显像诊断，该场所属于丙级非密封放射性工作场所。

本项目评价内容为：新建丙级非密封放射性物质工作场所，使用F-18核素开展核医学显像诊断。使用的非密封放射性同位素情况见表1-1。

表 1-1 本项目使用非密封放射性同位素情况

序号	核素	单例最大使用量 (MBq)	规划检查人数 (例/日)	日操作量 (Bq)	毒性因子	操作修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq/a)
1	F-18	370	30	1.1E+10	0.01 (低毒)	10 (很简单)	1.1E+07	2.78E+12

本项目拟配套的1台PET/CT, 1台64排CT, 1台16排CT, 1台DR, 1台乳腺机, 以及PET/CT配套使用3枚Ge-68密封源, PET/MR配套使用5枚密封源, 均已单独备案, 备案号为201911010600001282, 见附件4所示。

1.3.3 周围环境

影像诊断中心位于北京市丰台区西四环中路78号院3号楼, 该楼处于首汇健康科技园项目用地北侧中间位置, 为方形独栋建筑, 地下一层、地上三层。整栋套内建筑面积约2892平方米, 高度19.3m。该栋建筑由北京全景德康医学影像诊断中心有限公司**整栋租用** (租赁协议见附件5), 影像诊断中心的PET场所位于3号楼一层东侧。3号楼东侧隔8.4m通道为2号楼, 南侧隔18.3m空地为5号楼, 西侧隔9.3m通道为4号楼, 北侧紧邻西翠路, 之外是中石油加油站。3号楼各楼层使用情况见表1-2所示。

表1-2 3号楼各楼层使用情况

楼层	3#西侧	3#东侧
负一层	停车场	停车场
一层	本影像中心问诊咨询室、候诊区, 核磁检查区等。	本影像中心丙级非密封放射性物质工作场所。
二层	本影像中心双源CT、B超、钼靶和DR检查区。	本影像中心16排CT、B超、心电检查等检查和候诊区。
三层	本影像中心办公区域和多学科会诊区	本影像中心多学科会诊区和餐厅。

3号楼周围50m范围内，无学校、居民楼、养老院等敏感目标，无食品生产企业，无商场和超市等人员密集场所，且远离市区核心区。

1.3.4 项目选址和与规划符合性

2016年12月30日，北京西四环阳光新生活购物广场有限公司（现更名为北京首汇创新健康科技发展有限公司）取得了《1#商业楼等13项（阳光新生活广场改建工程）建设工程规划许可证》（建字第11010620160015号/2016规（丰）建字0069号，见附件2），说明项目所在建筑物符合北京市总体规划要求。

《1#商业楼等13项（阳光新生活广场改建工程）建设工程规划许可证》显示，本项目租用建筑物（3#商业楼）用途为商业，符合影像中心类项目用房要求。

本项目所在的建筑物（3#楼）由北京全景德康医学影像诊断中心有限公司整栋租用（租赁协议见附件5），属于医学影像诊断中心建设内容的一部分。本项目使用半衰期很短（110min）的F-18放射性药物，开展特殊人群的肿瘤早期诊断等，属于丙级非密封放射性物质工作场所，对环境的影响十分轻微。

北京西四环阳光新生活购物广场现已更名为北京首汇健康园，将来入住企业侧重于医疗和健康服务类项目。

综上所述，项目用房和项目建设内容符合规划要求，选址合理。

1.3.5 产业政策符合性

本项目使用放射性药物进行核医学诊断，属于《产业结构调整指导目录（2013修订）》中第十三项中关于“新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装备及机械、医疗急救、移动医疗装备…数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用”类别，属于国家支持和鼓励类产业。

1.3.6 开展本项目的技术能力

（1）影像中心的执业范围

影像中心持有的设置医疗机构批准书中，诊疗科目包括医学影像科：X线诊断专业、CT诊断专业、磁共振成像诊断专业、核医学科专业、超声诊断专业、心电诊断专业。本项目PET场所涉及核医学科专业、CT诊断专业以及磁共振成像诊断专业，均包括在设置医疗机构批准书中，符合执业范围要求。

（2）辐射工作人员配备

根据《放射诊疗管理规定》的要求，PET场所项目的辐射工作人员配置计划见表1-3所示。

表 1-3 核医学工作人员要求及配置计划

序号	《放射诊疗管理规定》的要求	本项目人员配置计划
1	中级以上专业技术职务任职资格的核医学医师	拟配置中级以上医师至少 1 名
2	病理学、医学影像学专业技术人员	拟配置医学影像学专业技术人员至少 1 名。
3	大学本科以上学历或中级以上专业技术职务任职资格的技术人员或核医学技师	拟配置相应资质的核医学技师 4 名，药物注射护士 2 名。

为使本项目顺利运行，影像诊断中心 PET 场所拟配置共计 8 名辐射工作人员，工作人员和分工情况如下表 1-4 所示。

表 1-4 新建 PET 场所辐射工作人员配备情况

类别	数量	拟从事具体工作
中级以上医师	1	核医学科检查适合人员确认、PET 诊断报告
医学影像学专业技术人员	1	CT 和核磁影像诊断
PET 技师	4	PET/CT 和 PET/MR 设备操作、受检者摆位。
护士	2	F-18 药物交接、分装和注射，放射性废物管理、表面污染监测等。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	¹⁸ F	液态针剂； 半衰期110min； 低毒	使用	1.1E+10	1.1E+07	2.78E+12	放射诊断	很简单操作	PET场所	PET场所高活室

注：日等效最大操作量见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），操作方式依照《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）确定。

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
无										

(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

(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 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存 方式	数量	
无													

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
洗涤废水、受检人员排泄物	液体	F-18			约 50m ³	总 β <10Bq/L	衰变池暂存	依照《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》，暂存至少 1 个月，排入园区市政污水管网，严格记录废水处理台帐。
手套、棉签等其他固态物质、一次性注射器	固体	F-18			375kg	<10 ⁴ Bq/kg	暂存于医学科内放射性废物间	暂存至少一个月，经自行检测，符合清洁解控要求后作为医疗废物处置。
PET 场所高活室通风柜排气	气体	F-18			少量，可忽略		--	通风橱排气经管道在 3# 楼顶部排放。

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/m³；年排放总量用 kg。

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（Bq³/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 号实施； 2. 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； 3. 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订； 4. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 709 号修改，2019 年 3 月； 5. 《建设项目环境保护管理条例》国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施 6. 《放射性物品运输安全管理条例》国务院令第 562 号，2009 年； 7. 《放射性废物安全管理条例》国务院令第 612 号，2012 年； 8. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2017 年 12 月第二次修订； 9. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部第 18 号令，2011 年； 10. 《放射性药品管理办法》，国务院令第 25 号，2017 年 3 月修订； 11. 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，原环保部，环办辐射函〔2016〕430 号； 12. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第 1 号，2018.4.28 施行； 13. 《北京市禁止违法建设若干规定》，北京市政府第 228 号令，2011 年； 14. 《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》，原北京市环境保护局文件，京环发〔2011〕347 号； 15. 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，原环保部，2012 年 3 月； 16. 《北京市环境保护局办公室关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作的通知》，（京环办〔2018〕24 号） 17. 《北京市生态环境局办公室关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》，京环办〔2018〕13 号。
<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 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

	<p>容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 3. 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）； 4. 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）； 5. 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）； 6. 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）； 7. 北京市地方标准《水污染物综合排放标准》（DB11/307-2005）； 8. 北京市地方标准《核技术利用放射性废物、废放射源收贮准则》DB11/693-2009； 9. 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； 10. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）。
其他	<ol style="list-style-type: none"> 1. 北京全景德康医学影像诊断中心有限公司环境影响评价咨询协议书； 2. AAPM Task Group 108: PET and PET/CT Shielding Requirements, 2006； 3. Radiation and radiation protection data handbook 2002, Radiation Protection Dosimetry, 98(1), 2002. 4. 环境影响评价委托北京全景德康医学影像诊断中心有限公司提供的与本项目相关的技术资料； 5. 影像诊断中心新建 PET 场所工作场所建筑及辐射屏蔽工程设计资料； 6. 影像诊断中心提供的辐射安全规章制度。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围和目的

7.1.1 评价范围：按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的规定，确定本项目评价范围为新建 PET 场所场所边界周围 50m 区域。

7.1.2 评价目的：通过对本项目内容进行分析和估算，以期达到以下目的：

- 对建设项目环境辐射现状进行调查及辐射环境现状进行监测；
- 评价项目在运行过程中对工作人员及公众成员所造成的辐射影响；
- 评价辐射防护措施效果，为环境保护行政主管部门管理提供依据；
- 对不利影响提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”；
- 为影像诊断中心的辐射环境保护管理提供科学依据。

7.1.3 保护目标：评价范围内无居民楼、学校等敏感目标，本保护目标为周围办公场所的公众，以及影像中心的工作人员。本项目将采取有效的辐射防护与安全管理措施，确保 PET 场所运营所致工作人员和周围公众的年受照射剂量低于本报告提出的剂量约束值。本项目评价范围见图 7-1 所示，项目边界周围 50m 范围内的保护目标相关情况见表 7-1 所示。



图 7-1 本项目评价范围示意图

表 7-1 新建 PET 场所周围 50m 范围内的保护目标

位置	保护目标	方位	最近距离(m)	常停留人数	备注
3 号楼内	地下停车场	楼下	6	3	停车引导员
	一层西侧 (本影像中心)	西侧	相邻	8	本影像中心
	一层夹层(库房)	楼上	4	0	本影像中心
	二层 (本影像中心用房)	楼上	6.8	10	本影像中心
	二层夹层 (工作人员办公区)	楼上	10.5	10	本影像中心
	三层 (工作人员办公区)	楼上	13.7	10	本影像中心
3 号楼周围	2 号楼(3F)	东侧	8.4	30	拟建影像中心
	4 号楼(3F)	西侧	23	20	山东鼎瓯文化旅游发展集团有限公司(远程医疗)
	5 号楼(2F)	南侧	18.3	30	待租
	6 号楼(3F)	西南	42	20	中国船舶重工集团环境工程有限公司(环境工程)
	12 号地下室(-1F)	东南	31	25	地下车库和物业用房
	中石油加油站	半侧	47	0	目前关闭状态

7.2 评价标准

7.2.1 剂量限值和剂量约束值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的规定:

(1) 剂量限值

表 7-2 个人剂量限值

辐射工作人员	公众关键人群组成员
连续 5 年的年平均有效剂量不超出 20mSv, 且任何一年中的有效剂量不超出 50mSv。	年有效剂量不超出 1mSv, 特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。
眼晶体的当量剂量 150mSv/a; 四肢或皮肤的当量剂量 500mSv/a。	眼晶体的当量剂量 15mSv/a 皮肤的当量剂量 50mSv/a。

《GB18871-2002》11.4.3.2 还规定了年剂量约束值, 按辐射防护最优化原则设计的年剂量控制值应小于或等于该剂量约束值。剂量约束值是剂量限值的一个分数, 公众剂量约束值通常应在 0.1~0.3mSv/a 范围内。

(2) 剂量约束值

PET 场所辐射工作人员的年受照剂量约束取 5mSv, 周围公众的年受照剂量约束值取 0.1mSv。

7.2.2 剂量率控制

1) 本项目周围公众除满足上述剂量约束要求外,核医学科控制区边界外(含楼上)30cm 处的辐射剂量率水平采用 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 进行控制。PET/CT 和 PET/MR 机房周围 30cm 处的剂量率按照 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 进行控制。

2) 放射性药物分装的通风柜外表面 30cm 处(人员操作位)的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

3) 固体放射性废物收集桶、放射性废液收集罐体和管道外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

7.2.3 放射性废水排放控制要求

(1) 水污染物排放标准

《北京市水污染物排放标准》(DB11/307-2005)规定了排入城镇污水处理厂的水污染物排放标准,其中总 β 排放限值为 10Bq/L 。

(2) 排放含放射性核素废水要求

根据《电离辐射与辐射源安全基本标准》的有关规定,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。每月排放的总活度不超过 10ALImin ,每次排放的活度不超过 1ALImin 。废水中放射性核素职业照射排放导出限值列于表 7-2 内。

表 7-3 放射性核素排放导出限值

核素名称	月排放限值 (Bq)	一次排放限值 (Bq)
^{18}F	2.2×10^9	2.2×10^8

(3) 放射性废水排放管理要求

依据《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》,本项目使用核素为 A 类,放射性废水暂存 30d 后,可直接解控排放。科室将在“放射性废水暂存、处置管理台帐”上详细记录解控排放废水所含核素、体积、废水暂存起始日期,处置人员和处置日期等信息。

7.3 放射性工作场所分级

非密封放射性物质工作场所按日等效最大操作量的大小进行分级,见表 7-4。

表 7-4 非密封放射性物质工作场所分级

分 级	日等效最大操作量/Bq
甲级	$>4 \times 10^9$
乙级	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙级	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

依据《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）中操作因子选取原则，医疗机构使用¹⁸F相关活动视为“很简单操作”。本项目的日等效最大操作量为 1.1×10^7 Bq，故属于丙级非密封放射性物质工作场所。

7.4 工作场所及工作人员的表面污染控制要求

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的有关规定，见表 7-5。

表 7-5 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	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜	4×10^{-1}	

7.5 放射性固体废物管理

由于 PET 场所使用的放射性核素 F-18 其半衰期较短，因此可以将放射性废物收集暂存，待衰变至符合清洁解控水平时，再按医疗废物要求进行处置。

依据《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》，本项目使用核素为 A 类，放射性固体废物在暂存室内暂存衰变时间超过 30 天后，使用监测仪器对废物逐袋进行表面巡测，辐射剂量率低于 200nSv/h 且 α、β 表面污染水平分别小于 0.08 Bq/cm² 和 0.8Bq/cm²，可对废物解控作为医疗废物处置。科室详细记录“放射性固体废物暂存、处置管理台账”，内容包括废物分类、所含核素名称，重量，暂存起止时间，表面污染和辐射剂量自测结果，废物处置日期，处置操作人员，废物去向，部门审核人员等内容。

7.6 操作放射性同位素通风橱及排风口设置要求

《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）第 4.5 款：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（一般不小于 1m/s），排气口应高于本建筑屋脊，排出空气浓度不应超过有关法规标准规定限值。

本项目 PET 场所的分装质控室内安装手套箱，操作口风速 $>1\text{m/s}$ 。手套箱设置

独立的排风系统，排风口设在本建筑物顶部，高度约 20m。

7.7 PET 场所工作场所室内表面及装备结构要求

《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）第 4.4 款给出了核医学科工作场所表面及装备结构要求，具体见表 7-6。本项目属于 II 类场所，需设置通风橱、专用排风，地板采用 PVC 等易清洗且不易渗透的材料敷设，地板与墙壁接缝无缝隙。

表 7-6 核医学科工作场所表面及装备结构要求

场所分类	地面	表面	通风橱	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	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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

评价单位委托持有计量认证资质证书(CMA, 180121340714)的北京森馥科技股份有限公司, 于 2019 年 6 月 25 日对北京全景德康医学影像诊断中心有限公司租用的 3 号楼周围以及项目用房内的辐射水平现状进行了现状本底辐射水平监测 (报告编号 DL-2019-021, 见附件 6)。检测使用便携式 JW-3104 型 X- γ 剂量率仪, 在距地面 1m 高度测量 γ 辐射剂量率, 其性能参数见表 8-1。

评价区 γ 辐射水平监测点位置见图 8-1, 监测结果见表 8-1。

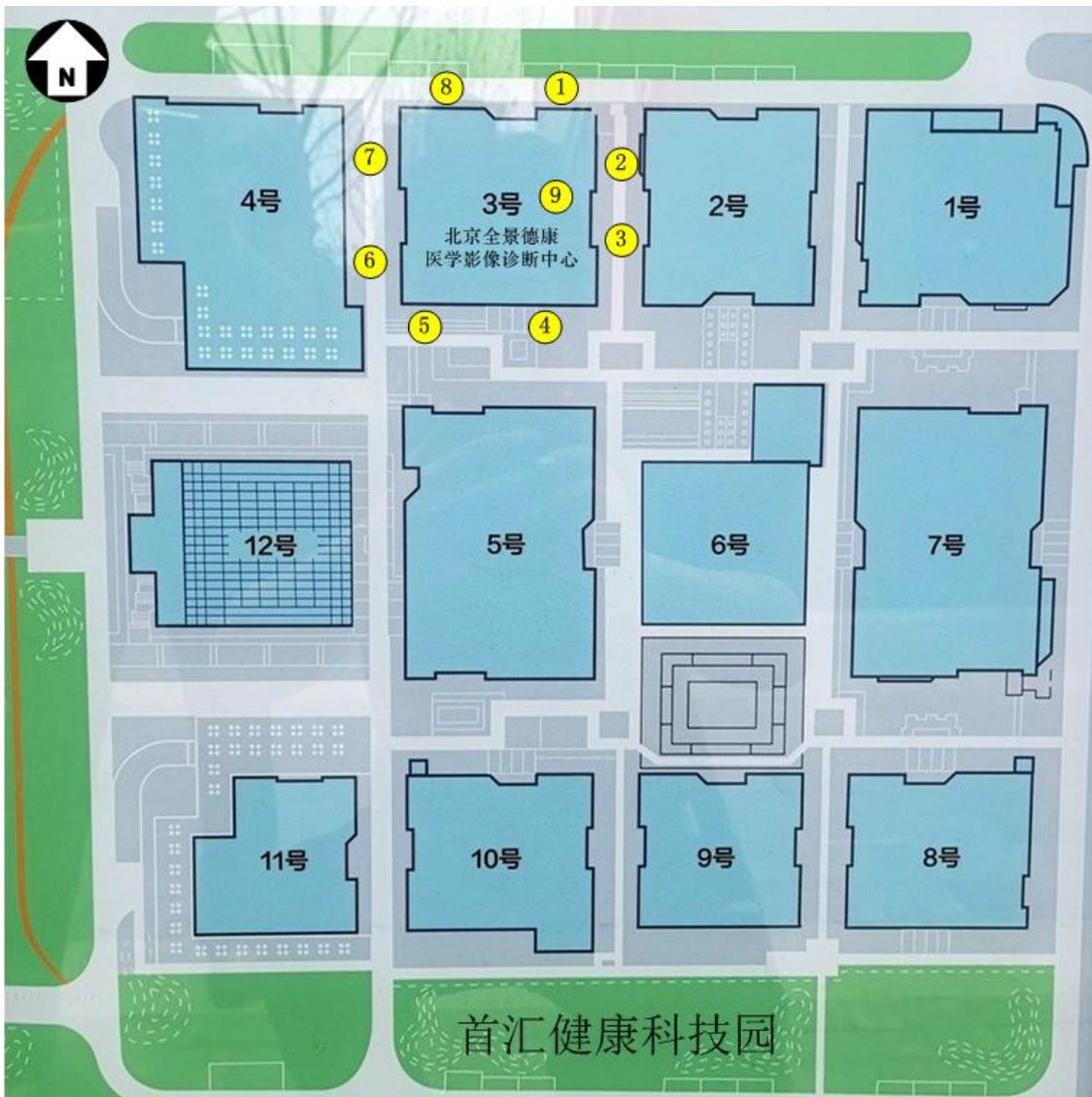


图 8-1 检测点位示意图

表 8-1 评价区现状环境 γ 辐射剂量率水平监测结果

点位	地点	γ 辐射剂量率 ($\times 10^{-8}$ Gy/h)*
①	3 号楼北侧东端过道	11.66 \pm 0.75
②	3 号楼东侧北端过道	11.71 \pm 0.63
③	3 号楼东侧南端过道	12.15 \pm 0.64
④	3 号楼南侧东端空地	11.78 \pm 0.50
⑤	3 号楼南侧西端空地	11.57 \pm 0.59
⑥	3 号楼西侧南端过道	12.38 \pm 0.59
⑦	3 号楼西侧北端过道	12.12 \pm 0.54
⑧	3 号楼北侧西端过道	12.12 \pm 0.78
⑨	3 号楼内拟建项目控制区中心	12.46 \pm 0.78

注：*监测结果含宇宙射线

监测结果表明：各测点 γ 辐射剂量率为 115.7-124.6nGy/h，与北京市环境 γ 辐射剂量率结果比较，属于正常本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 X 射线诊断装置

本项目使用 1 台 PET/CT 装置，属于 III 类射线装置，拟单独备案，故本评价报告不再涉及。

9.2 密封校验源

本项目配置 Ge-68 密封校验源，属于 V 类密封源，拟单独备案，故本评价报告不再涉及。。

9.3 放射性同位素显像设备与诊断流程

9.3.1 PET 扫描显像设备

核医学是采用核技术来诊断、治疗和研究疾病的一门新兴学科。它是核技术、电子技术、计算机技术、化学、物理和生物学等现代科学技术与医学相结合的产物。核医学可分为两类，即临床核医学和基础核医学。本项目新建 PET 场所中涉及的内容为临床核医学中的放射性同位素显像检查，项目拟使用 1 台 PET/CT 和 1 台 PET/MR，如下图 9-1 和图 9-2 所示：



图 9-1 PET/CT 扫描装置示意图



图 9—2 PET/MR 扫描装置示意图

9.3.2 核医学工作场所等级

根据本项目使用放射性药物的化学状态和操作方式，以及所含放射性核素生物学毒性和操作量，计算新建 PET 场所辐射工作场所等级。

PET 场所接受 F-18 药物注射扫描的患者每天最多 30 例 (PET/CT 扫描 20 例，PET/MR 扫描 10 例)，每例注射量约 10mCi (370 MBq)，则日操作总量不超过 11.1GBq，F-18 核素属于低毒组，毒性修正因子为 0.01，使用方式为很简单操作 (环办辐射函 (2016) 430 号)，操作修正因子为 10，则 F-18 核素的日等效最大操作量为 $1.1E+07Bq$ 。

根据计算结果，本项目新建 PET 场所的放射性核素总的日等效最大操作量为 $1.1E+07$ ，属丙级非密封放射性物质操作场所。

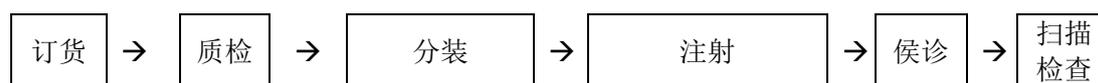
9.3.3 药物来源

项目使用的放射性药品将全部从具有放射性药品销售资质的公司外购。影像诊断中心将根据预约的检查人数及检查项目，提前一天向药品公司订购放射性药品，由供货商负责直接送至 PET 场所。PET 场所负责药物注射人员对放射性药物名称、规格和数量，检查包装和外观质量进行检查，并在高活室门口的摄像头监控下与供药公司“点对点”办理交接手续，之后暂存于高活室待用。

9.3.4 患者接受检查流程

放射性同位素显像医学检查的工作流程：含示踪核素的放射性药物经由静脉注射方式进入受检者体内，药物分布到特定器官并释放 γ 射线，利用 PET 探测成像仪器进行

扫描和显像。检查工作流程如下：



1、订货：根据预约的检查人数及检查项目，提前一天向药品公司订购¹⁸F 标记的放射性药物。

2、质检：药品公司负责把药品送至 PET 场所高活室门口。质检人员核对放射性药物名称、规格和数量，检查包装和外观质量，在高活室门口的摄像头监控下，由 PET 场所负责药物注射工作人员与送药人员办理“点对点”交接手续，然后暂存于高活室内。

3、分装：¹⁸F 标记的放射性药物在高活室内分装。

4、注射：在注射窗口防护下，给受检人员注射放射性药物，然后将废注射器装入铅屏蔽盒内暂存。

5、检查：受检人员在“PET/CT 候诊室”或“PET/MR 注射候诊室”内等候（15min~180min），待药物在身体内有一定程度的代谢后，进行 PET/CT 或 PET/MR 扫描检查。受检者在扫描检查后，留观片刻，如显像符合要求即刻离开 PET 场所。

9.3.5 放射性核素辐射特性

¹⁸F 物理半衰期很短，主要发射 γ 射线、正电子（ β^+ ）。本项目使用的放射性核素主要物理参数列于表 9-1。

表 9-1 项目使用的放射性核素主要参数

核素	半衰期	衰变方式	主要射线及平均能量 (MeV)
F-18	110min	I.T	γ —0.511

9.3.6 使用放射性核素污染途径分析

1. 正常工况的污染途径

1) 放射性药物经由静脉注射进入患者体内，分布到特定器官并释放 γ 射线。因此，本项目污染因素主要是 γ 射线。

2) 使用放射性物质过程中，会产生一定量的放射性废水和放射性固体废物。放射性废水主要来自于卫生间冲厕废水，高活室洗手废水、冲洗拖布废水。放射性固体废物主要来源于患者使用的注射器、棉棒、一次性个人防护用品和垫布等物品。

3) 本项目使用的 ¹⁸FDG（氟代脱氧葡萄糖）放射性药物向专业公司购置。¹⁸FDG 是 2-脱氧葡萄糖的氟代衍生物，在分装质控室内只对其进行分装。购置的 ¹⁸FDG 放射性药

物为液体溶液，不易挥发，且分装时间较短，故使用过程中产生的放射性气体十分微量。

2. 非正常工况的污染途径

放射性表面污染：在使用放射性同位素的过程中，因容器破碎，药物泼洒等，有可能污染工作台、地面、墙壁、设备等，甚至造成手和皮肤的污染。此外，给药患者呕吐或者排泄，也可能导致局部环境的放射性污染。

放射性药物保管不当，发生遗失或被盜，可能造成环境放射性污染。PET 场所在高活室暂存的放射性同位素，采用双人双锁进行管理，执行使用登记管理制度，可有效防止同位素被盜和丢失事件的发生。

放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性污染。

表 10 辐射安全与防护

10.1 PET 场所的辐射安全与防护

(1) PET 场所改建方案

PET 场所拟利用 3 号楼一层东侧目前空置场所进行改建。该场所现状布局见图 10-1 所示，可见一层除中间区域的楼梯、电梯和卫生间外，全部为闲置场所。

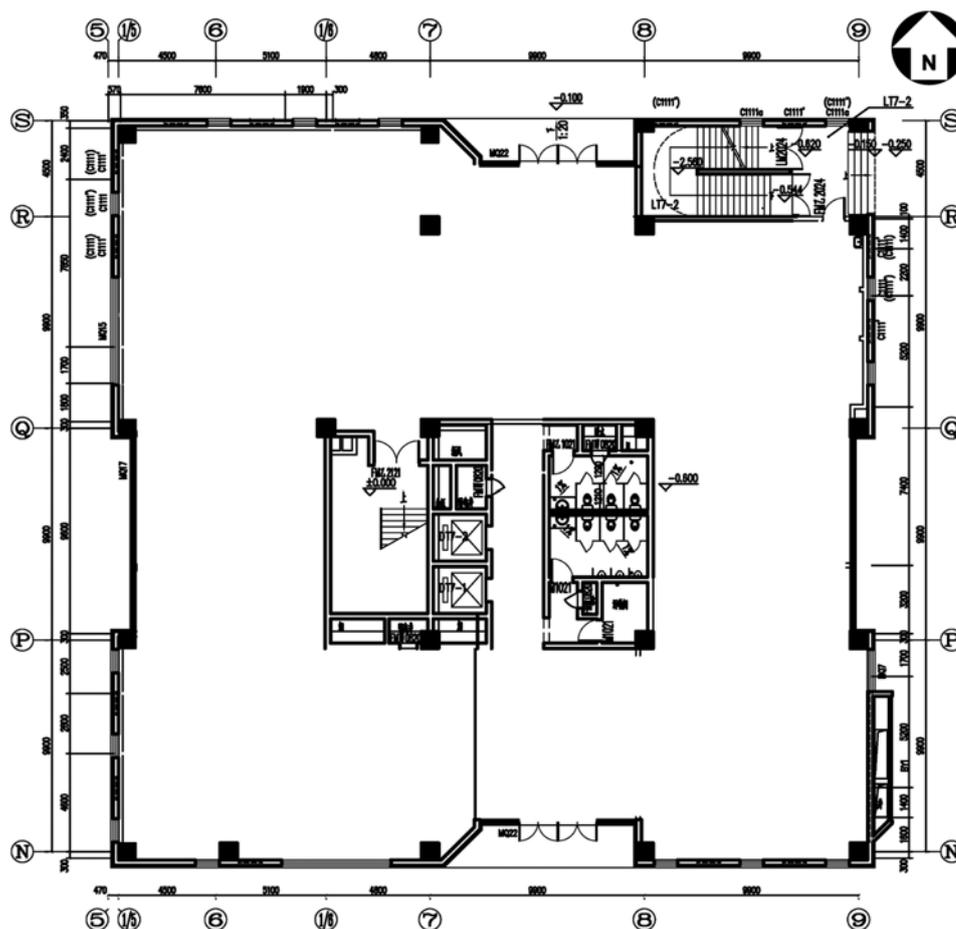


图 10-1 拟改建为 PET 场所场所的现状平面布局示意图

PET 场所布局和改建方案：

1) 拟将 3 号楼一层西侧作为普通区域，用做门诊前咨询、给药前候诊区，MRI 机房（含控制室）和检查等候区等。

2) 将一层东侧改建为 PET 丙级非密封放射性物质工作场所。受检者入口设在南侧，受检者出口设在北侧。出入口设置单向门禁系统。

3) 拟在 PET 场所上方 4m 处现浇 15cm 厚重晶石混凝土（密度 3.3t/m^3 ，以下简称**重砣**）屋顶，与二层之间的夹层用做库房。地上二层为影像中心检查用房，三层为影像中心多学科会诊区和餐厅。

- 4) 将一层东侧南端改建为高活室（含分装室和注射区）、贮源室和废物间。
- 5) 将一层东侧中间区域改建为PET/CT候诊区、PET/MR机房(含控制室和设备间)。
- 6) 将一层东侧北端改建为PET/MR候诊室、留观室、PET/CT机房（含控制室和设备间）。
- 7) 在地下一层北侧中间靠近弱电机房的空地，修建放射性废水衰变池和一体化的废水消毒处理装置。

PET场所改建完毕后，控制区包括PET/CT机房，PET/MR机房，高活室、注射间、PET/MR候诊室，PET/CT候诊室，留观室，衰变池等。监督区包括PET/CT控制室、PET/MR控制室，PET/MR设备间、PET/CT设备间、医护人员缓冲间。改建后PET场所平面布局见图10-2和附图4所示。

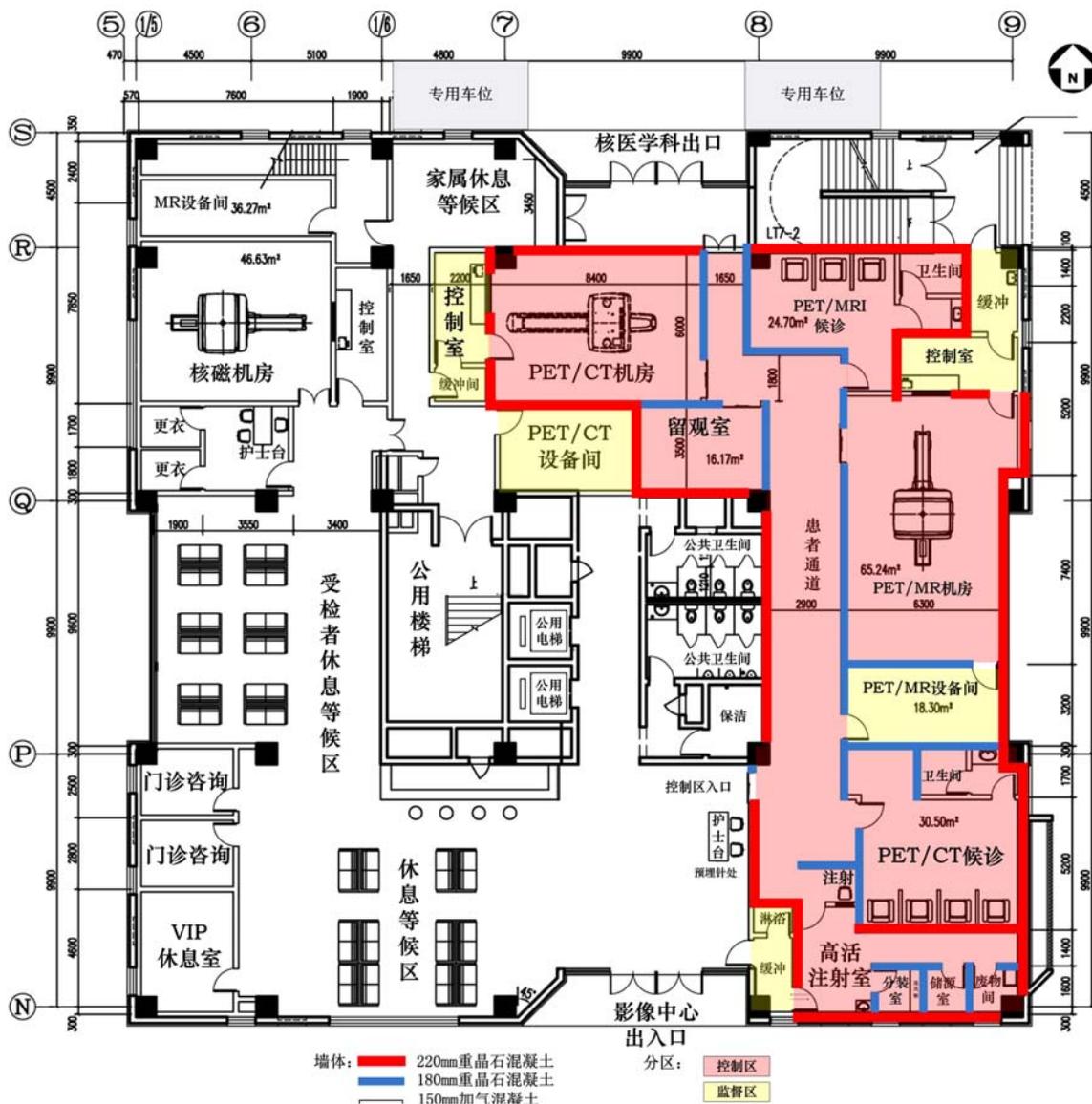


图10-2 改建后PET场所平面布局示意图

(2) PET 场所屏蔽防护方案

PET 场所现状顶板（一层与二层楼板）为 15cm 厚现浇普砼。本次改造中，将在距离地面 4m 处新做 15cm 钢筋重晶石混凝土（密度 3.3t/m^3 ）顶板。

PET 场所屏蔽墙采用 3 种规格：1) PET 场所控制区边界的墙体，以及 PET/CT 候诊室南墙，均采用 22cm 厚重砼（密度 3.3t/m^3 ），图 10-2 中标注红线的墙体。2) 控制区内其它墙体采用 18cm 厚重砼墙体，图 10-2 中标注蓝色的墙体。3) 监督区的墙体均采用 15cm 加气混凝土砌块（ 0.8t/m^3 ），图 10-2 中未标注的墙体。

改造后实体屏蔽方案见表 10-1 所示。PET 场所辐射屏蔽设计见表 10-2。

表 10-1 PET 场所工作场所改建方案

场所名称	使用功能	实体屏蔽改造方案	
		屏蔽体	改建方案
高活注射室	暂存和分装放射性药物；贮存密封校验源；贮存放射性固废；	四周墙壁	22cm 重砼（相当于 31cm 普砼）
		防护门	8mmPb
注射区	注射放射性显像药物	东墙、北墙	18cm 重砼（相当于 25cm 普砼）
		西墙	22cm 重砼
		注射窗	50mmPb
PET/CT 注射候诊室	注射 ^{18}F 药物的患者，等待 PET/CT 扫描前等候、休息	东墙、南墙	22cm 重砼
		西墙、北墙	18cm 重砼
		防护门	8mmPb
PET/MR 注射候诊室	注射 ^{18}F 药物的患者，等待 PET/MR 扫描前等候、休息	北墙、东墙	22cm 重砼
		西墙、南墙	18cm 重砼
		防护门	8mmPb
留观室	患者检查后留观区	西墙、南墙	22cm 重砼
		东墙、北墙	18cm 重砼
		防护门	8mmPb
PET/CT 机房 (6.0m×8.4m)	PET/CT 扫描	南墙西端、西墙、北墙	22cm 重砼
		南墙东端、东墙	18cm 重砼
		防护门	8mmPb
		观察窗	8mmPb 当量
PET/MR 机房 (10.3m×6.3m)	PET/MR 扫描	北墙、东墙	22cm 重砼
		西墙、南墙	18cm 重砼
		防护门	8mmPb
		观察窗	8mmPb 当量
废物间	暂存放射性废物	东墙、南墙	22cm 重砼
		西墙、北墙	18cm 重砼
		防护门	普通防盗门

储源室	暂存放射性废物	南墙	22cm 重砼
		东墙、西墙、北墙	18cm 重砼
		防护门	普通防盗门
分装室	暂存放射性废物	南墙	22cm 重砼
		东墙、西墙、北墙	18cm 重砼
		防护门	普通防盗门

注：22cm 重砼 ($3.3t/m^3$) 相当于 31cm 普砼；18cm 重砼相当于 25cm 普砼 ($2.35t/m^3$)。

PET 场所根据辐射防护要求，设计了含铅防护门、铅玻璃，专用手套箱，放射性废水衰变池和固体废物间。此外，还配备有防辐射注射窗、铅制废物桶，药品盛装铅盒等防护器具等，以及工作服、拖鞋等工作人员防护用品。

表 10-2 新建 PET 场所工作区辐射安全防护设施设计核查表

序号	检查项目	设计建造	本项目具体情况
1*	场所分区标识	√	地面标注控制区和监督区
2	场所电离辐射警示标志	√	PET/CT 机房和 PET/MR 机房防护门、高活室门上粘贴电离辐射警示标志
3	出入口有相应的标识和说明	√	受检人员出、入口有明显标志和中文警示说明
4	场所内文字说明、灯光/声响等警示	√	采用文字说明。地面设置引导文字和标线
5	安全保卫设施（贮存场所必须）	√	高活室安装防盗门
6*	通风设施（通风橱/手套箱、记录的流速）	√	高活室配备手套箱，屏蔽厚度 50mmPb。
7*	注射或口服取药用屏蔽	√	配备防辐射注射窗
8*	专用卫生、淋浴设施及下水（丙级场所）	√	设专用卫生间及排水管线
9	放射性下水系统标识	√	高活室设置洗手池或拖布池，废水收集至衰变池，粘贴明显文字标识。
10*	放射性同位素暂存库或设施	√	同位素在高活室暂存，设闭路监控。
11*	放射性下水系统或暂存设施	√	设放射性废水衰变池。
12*	便携式监测仪器仪表（污染、辐射水平等）	√	配置 1 台表面污染监测仪和 1 台 X-γ 剂量率检测仪
13*	个人剂量计	√	所有工作人员配备 TLD 个人剂量计
14	个人剂量报警仪	--	—
15*	放射性活度计	√	高活室配备活度计
16	防护手套、口罩等	√	配备一次性医用口罩和手套
17	放射性表面去污用品和试剂	√	洗涤灵、酒精和棉球
18	放射性废物和废液	√	废物间配套 2 个 20 废物桶，病人候诊室和留观室各配备 1 个 5L 废物桶。注射室配备 1 个 1L 的废物桶。设 3 个槽式衰变池。

9*		放射性固体废物间	√	设废物间, 贮存放射性废物
20		废物桶屏蔽措施	√	铅屏蔽
21*		通风系统	√	废物间设一个排风口
22	E 应急物资	辐射监测仪器	√	配置 1 台表面污染监测仪和 1 台 X-γ 剂量率检测仪
23		去污用品和试剂	√	洗涤灵、酒精和棉球
24		必备的警示标志和标识线	√	警戒绳 50m
25		合适的灭火器材	√	1 个干粉灭火器

10.2 辐射安全防护管理措施

1. PET 场所工作场所实行分区管理, 划为辐射安全管理控制区和监督区。在控制区出、入口分别安装单向门禁系统, 防止无关人员进入控制区。控制区出入口上张贴电离辐射警告标识, 警示无关人员不要进入或者在出入口长久停留。

2. 外照射防护: 核素操作、受检人员候诊和扫描场所外围墙体采用实体屏蔽措施, 顶棚为混凝土浇筑, 患者进、出通道门安装铅制防护门。扫描机房安装铅制防护门(具有防夹功能), 观察窗安装铅玻璃。

3. 在高活室配备 1 个贮存放射性药物的铅屏蔽盒, 在注射区配备 1 个铅屏蔽药物注射窗(铅屏蔽厚度不低于 20mmPb)、1 个钨合金注射防护套和 1 个铅制废物桶(>1L), 在废物间配置 2 个铅制废物桶(20L), 在病人候诊室和留观室各配备 1 个 5L 废物桶。

4. 内照射的防护: 高活室配备手套箱, 屏蔽厚度不少于 50mm 铅, 手套箱操作口风速不低于 1m/s, 废气经活性炭过滤装置过滤后, 由专用排风管道经管道井引至本建筑物顶部排放, 高度约 20m。此外, 在给药候诊室、留观室、PET/CT 机房、PET/MR 机房、废物间、贮源室均设置排风口, 排风口安装止回阀, 排风由专用排风管道经管道井引至本建筑物顶部排放, 高度约 20m。

5. 放射性表面污染控制措施: 注射区、高活室、扫描室、废物间、候诊室及卫生间和控制区走廊地面铺装硬质无缝 PVC 地板革, 墙面装铝塑面板或釉面砖, 便于去污。手套箱和工作台面选用表面光洁、耐腐蚀、防渗漏、易去污的材料。工作人员须熟练掌握放射性药物操作技能, 并参加辐射防护基本知识的培训, 能够正确处置意外情况。

6. 放射性废水收集处置: PET 场所高活室内洗手池(拖布池)废水, 以及给药后患者专用卫生间的冲厕废水, 通过专用管道一并进入放射性废水衰变池。专用管道外表面采用 3mm 厚度的铅皮进行包裹防护。衰变池采用槽式设计, 衰变池总容积不低于 30m³ (10m³×3), 能够满足满足《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》要求的至少暂存 30 天的清洁解控要求。PET 场所清洁解控排放的废水, 最终进入市政

污水收集管网，并详细记录“放射性废水暂存、处置管理台账”。

7. 妥善收集固体放射性废物：注射窗旁设一个含 20mm 铅的废物桶，废弃的放射性药物、注射器、包装物、棉棒、一次性用品等物品放入该铅制废物桶，次日早上转移至 PET 场所放射性废物间。PET 场所废物间设置 2 个 10mm 铅的废物桶（容积 20L），一个废物桶储存满后更换另一个，轮流使用。病人候诊室和留观室各配备 1 个 5L 废物桶，收集病人候诊期间产生的放射性废物。依照《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》要求，放射性固废放置至少一个月后，自行对表面污染和辐射水平进行监测，监测结果未见异常且与周围环境本底一致时，将放射性固体废物清洁解控，按照医疗废物进行处置，并详细记录放射性固体废物暂存、处置管理台账。

8. PET 场所高活室安装电视监控和防盗警戒系统，落实公安部门安保地标要求，严防放射性药品丢失。

9. PET 场所配置 1 台表面污染监测仪和 1 台 X- γ 剂量率仪，用于表面污染和剂量率水平的检测。

10. 在 3 号楼北侧一层地面上设定 2 个 PET 检查专用车位。PET 检查后人员直接乘车离开园区，减少到地下车库找车对园区其它人员的辐射影响。在 3 号楼北侧围栏处开一个小门，专用于 PET 检查病人出口。

11) 全部辐射工作人员通过辐射安全与防护培训后持证上岗。所有人员开展个人剂量监测。

12) 部分患者因身体不便等原因需要家属陪护检查的，将告知其近距离接触可能受到少量辐射照射的实际。在患者候诊室内设铅屏风，以减少陪护家属的受照剂量。

10.3 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》对拟使用放射性同位素和射线装置的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与“18 号令”要求的对照评估如表 10-3 所示。

表 10-3 安全和防护能力对照评估情况

安全和防护管理办法要求	单位情况	符合情况
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。	在 PET 场所控制区入口处，PET/CT 机房门口、PET/MR 机房门口、患者候诊室门口等位置设置放射性警告标识和中文警示说明，在 PET/CT 机房和 PET/MR 机房门口防	近期符合

	护门上方设置工作状态指示灯，并采取门灯联锁措施。	
生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，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。	影像诊断中心将委托有辐射水平监测资质单位每年对放射工作场所周围的辐射水平进行一次监测。影像诊断中心将每半年使用辐射剂量仪，对工作场所内和控制区周边环境进行自行监测，并做好监测记录并妥善保存监测报告。科室每天对高活室、注射区、候诊区的表面污染进行自行监测，并做好记录。	近期符合
生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，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。	影像诊断中心在每年 1 月 31 日前向生态环境管理部门提交年度评估报告。	符近期合
生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照环境保护部审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护责任人进行辐射安全培训并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	影像诊断中心规定所有辐射工作人员，在上岗前将接受生态环境管理部门认可培训机构组织的辐射安全与防护培训，并经考试合格后上岗。每 4 年参加复训，并制定了辐射工作人员培训计划。 全景德康影像中心拟为本项目配置至少 8 名辐射工作人员，在通过辐射安全与防护培训后持证上岗。	近期符合
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，应当立即调查，并将关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	所有辐射工作人员均要求佩戴 TLD 个人剂量计，影像诊断中心拟委托北京市疾病预防控制中心进行个人剂量检测，频度为每季度一次。	近期符合

10.4 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 10-4 汇总列出了本项目对照《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（原环保部令第 3 号，2008 年）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 10-4 项目执行“3 号令”要求对照表

3 号令要求	项目单位情况	符合情况
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 名具本科以上学历的技术人员专职负责	成立了由法人组长的辐射防护和安全管理小组，全面负责影像诊断中心的辐射防护监督和管理工作的，小组下设专职人员具体处理各项事务，各相关部门内部职责明确。	符合

辐射安全与环境保护管理工作。		
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。	影像诊断中心规定所有辐射工作人员，在上岗前将接受生态环境管理部门认可培训机构组织的辐射安全与防护培训，并经考试合格后上岗。每4年参加复训，并制定了辐射工作人员培训计划。全景德康影像中心拟为本项目配置至少8名辐射工作人员，在通过辐射安全与防护培训后持证上岗。	近期符合
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。	PET场所高活室安装点对点交接摄像头，安装防盗门。	近期符合
放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	在PET场所控制区入口处，PET/CT机房门口、PET/MR机房门口、患者候诊室门口等位置设置放射性警告标识和中文警示说明，在PET/CT机房和PET/MR机房门口防护门上方设置工作状态指示灯，并采取门灯连锁措施。	近期符合
配备必要的防护用品和监测仪器。	影像诊断中心拟为本项目配备1台表面污染监测仪和1台X-γ剂量率检测仪，能够满足现在工作的需要。	近期符合
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护措施、台帐管理制度、培训计划和监测方案。	制定有相应的辐射安全防护制度，从业人员辐射安全培训制度、各项操作规程、设备检修维护制度、辐射防护和安全保卫制度、台帐管理制度、环境监测及个人剂量监测制度。	符合
有辐射事故应急措施。	制定了辐射事故应急预案。	符合
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。	高活室内配备手套箱，设置专用排风管道，排风引至本建筑物顶部排放。PET场所高活室内产生的废水，以及给药后患者专用卫生间产生的废水，通过专用管道一并进入放射性废水衰变池，衰变至少1个月后排入市政污水管网。妥善收集固体放射性废物。废弃的放射性药物、注射器、包装物、棉棒、一次性用品等物品放入专用铅制储存箱，暂存至少1个月，依照《北京市生态环境局办公室关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》作为医疗废物处理。	近期符合

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

该项目施工活动对周围环境的影响主要是基建工作中产生的噪声、粉尘，将采取一些降噪、防尘措施。合理安排施工时间，避免夜间施工。本工程基本是室内工作，对室外环境和周围的人群影响较小，预计噪声可以控制在国家标准规定的范围之内。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 工作场所布局及辐射防护措施

(1) PET 场所布局设计

新建 PET 场所位于 3 号楼一层东侧，其北侧、东侧、南侧是室外，西侧为影像中心受检者候诊区、门诊咨询室以及 MRI 机房（含控制室）等。PET 场所布局见图 11-1 和附图 4。

楼上房间的使用规划：一层和二层之间夹层为库房，二层为本影像中心 16 排 CT、B 超、心电检查等检查和候诊区。二层夹层为本影像中心人员办公区，三层为本影像中心多学科会诊区和餐厅。

1) 功能分区

PET 场所辐射工作场所实行分区管理。其中，PET/CT 和 PET/MR 机房、2 间患者候诊室（含卫生间）、留观室、高活室、注射室、废物间、储源室和衰变池等作为控制区进行管理，严格限制非工作人员进入或者接近。控制室、缓冲间、PET/MR 设备间和 PET/CT 设备间作为监督区进行管理，限制无关人员进入。具体分区情况如图 11-1 所示。

2) 患者就诊流程

患者按照预约时间，到达影像中心一层接待区（开车人员将车停放在 3 号楼北侧专用停车位内）→轮到患者 PET 检查时，由引导员引导，从 PET 场所南侧入口通过门禁进入控制区，在注射区窗口接受注射→给药后候诊室（PET/MR 和 PET/CT 分开候诊）等候→PET/CT 或者 PET/MR 扫描检查→留观室留观（少数患者），从位于北侧的带有门禁的防护门离开 PET 场所工作场所→开车人员直接到北侧取车离开，步行人员经 3 号楼北侧的专用小门直接离开健康科技园。

可见，受检人员设有专用通道，和医护人员通道不交叉，且受检人员单向流动。受检人员从南侧入口进入 PET 场所控制区，PET 检查完毕后从北侧出口门离开，单向

流动，并和医护人员通道不交叉。地面一层北侧设专用车位，可以避免开车人员到地下车库找车而对周围人员的辐射影响。

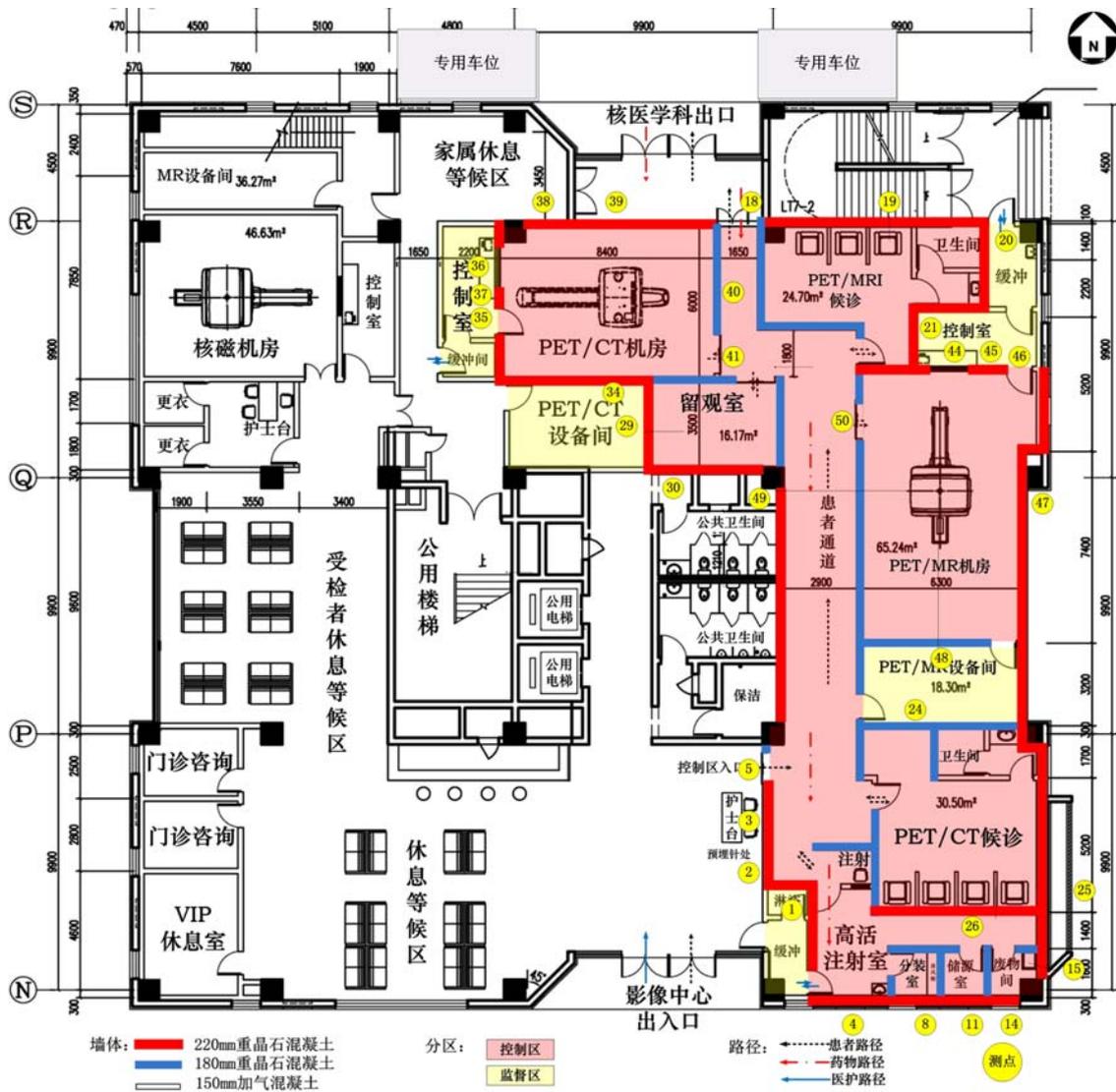


图 11-1 新建 PET 场所平面布局、墙体屏蔽及人流、物流示意图

3) 工作人员流程

PET/CT 操作人技师：技师从影像中心一层西侧到达控制室旁—→在缓冲间更换工作服和拖鞋进入控制室—→在控制室操作设备、在机房内对受检人员进行摆位—→工作完毕，在缓冲间更换工作服和拖鞋，离开 PET/CT 场所。

PET/ MR 操作人技师：技师到达东北角 PET/MR 控制室旁—→在缓冲间更换工作服和拖鞋进入控制室—→在控制室操作设备、在机房内对受检人员进行摆位—→工作完毕，在缓冲间更换工作服和拖鞋，离开 PET 场所。

药物注射人员：护士从南侧进入高活室缓冲间（更衣室），在此更换工作服和拖

鞋—→在高活室分装药物、给受检人员注射药物—→离开时，在缓冲间更换工作服和拖鞋，然后离开缓冲间。

可见，医护人员从缓冲间进入高活室，进行药物分装、注射等操作，可有效防止场所交叉污染，并和给药后受检人员流动不交叉，避免了不必要照射。

4) 药物流转路线

有资质的供货公司将放射性药物由运输车辆运至 3 号楼北侧，从受检者出口进入 PET 场所，送至高活室门口，进行“点对点”交接，核对放射性药物规格和数量，办理签收手续，然后将放射性药品暂存高活室备用，PET 场所高活室内将安装监控装置，以满足环保和公安部门关于放射性物品存放的要求。

可见，放射性药物从 3 号楼北侧进入控制区，然后送入高活室，可避免送药环节对普通场所潜在放射性污染，避免对其它受检人员的不必要照射。

5) 放射性废物转移路线

注射窗旁设置一个含20mm铅的废物桶（1L），存放废弃的放射性药物、注射器、包装物、棉棒、一次性用品等，病人候诊室和留观室各配备1个5L废物桶，收集病人候诊期间产生的放射性废物，按日期于次日早晨转移至废物间。废物间设置2个含10mm铅的废物桶（20L），废物桶交替使用，一个废物桶储存满后更换另一个，待放射性固废放置一个月后，清洁解控处置，作为医疗废物处理，从控制区出口运出，并记录“放射性固体废物暂存、处置管理台账”，内容包括废物分类、所含核素名称，重量，暂存起止时间，表面污染和辐射剂量自测结果，废物处置日期，处置操作人员，废物去向，部门审核人员等内容。

6) 放射性废水暂存和排放

PET 场所产生的放射性废水为给药受检人员专用卫生间产生的冲厕废水、高活室产生的洗涤废水。这些放射性废水经独立的排水管道(水平管道使用 3mm 铅包裹)排入位于 3 号楼地下一层的放射性废水衰变池(槽式，总容积约为 30m³，10m³/池×3 池，衰变池结构见图 11-2)，暂存衰变周期不低于 1 个月，废水中 F-18 的总活度将衰变接近于零，能够满足低放废液的排放要求。衰变池排出的废水，将自建一体化污水处理设备处理后，排至市政污水官网。

PET 场所放射性废水排水管网设置示意图见附图 6 所示。衰变池结构布局见附图 7 所示。放射性废水收集暂存，最终排入市政污水官网。

7) 放射性废气组织路径

高活室内配置 1 个有独立排风的手套箱。放射性药品的分装等操作在手套箱内进行。手套箱排风管道沿墙壁引至房顶排放，高度 20m。在通风橱内操作放射性药物时，要求操作口风速大于 1.0m/s，通风橱设活性炭过滤装置。PET 场所排风管道布置见附图 8 所示。

本项目设有 2 套排风系统，1 套为高活室手套箱独有，1 套为给药受检人员候诊区域独有，在控制区内给药候诊室、留观室、PET/CT 机房、PET/MR 机房、废物间、贮源室均设排风口。排风口按照止回阀，防止废气倒流。排风经排风管道组织由管道井到达楼顶排放。

(2) 出入口控制

1) **受检人员出入口控制：**在 PET 场所南侧的控制区入口处、北侧受检人员出口处各安装 1 道设有单向门禁系统的防护门，并在防护门上张贴辐射标识和中文警示说明，提醒无关人员不要进入，受到不必要的照射。

2) **医护人员出入口控制：**在医务人员进入高活室的缓冲间门口设置 1 道门禁系统，防止患者和其他无关人员误入该区域。

从功能分区来看，工作人员进行设备操作、药物注射的区域，与受检者给药、候诊区域划分明确，相对隔离，可以尽量避免公众和医护人员不必要的交叉照射。同时考虑了放射性“三废”的收集、暂存、排放等措施。

11.2.3 贯穿辐射环境影响预测

(1) 辐射源项

1) F-18 显像药物，需要在 PET 场所再次分装，故高活室需要考虑显像药物分装环节对环境的影响。每次最大分装量为 300mCi（15 人次总用药量，并考虑 2 倍的衰减裕量），根据《放射性核素和辐射防护数据手册》[Radiation Protection Dosimetry. 98(1), 2002]，操作上述活度的溶液，1m 处的剂量率分别为 1755 μ Sv/h。

2) ^{18}F 使用量约为 0.185 GBq(5mCi)/人次~0.37GBq(10mCi)/人次。保守按最大注射量 0.37GBq(10mCi)进行评价。根据 AAPM Task Group 108 报告，F-18 源的 K_{γ} 常数为 0.143 $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ，给患者注射 370MBq F-18 后，距离患者 1m 处的剂量率为 34 $\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

3) PET/CT 和 PET/MR 候诊室每次最多停留 2 名受检者，留观室同时留观 2 人受检者。

4) 参照《核医学辐射防护与安全要求》（报批稿），废物桶表面 30cm 处的剂量

率不大于为 2.5 μSv/h。Ge-68 密封校验源最大活度为 111MBq，1m 处的剂量率为 1.8 μSv/h。

(2) 估算方法:

将接受药物注射后的患者身体、装有放射性药物的注射器近似作为点源，依照剂量率和距离平方成反比衰减的关系，同时考虑墙壁和防护门、窗的衰减作用，估算高活室、扫描室、休息室和留观室等有代表性场所周围的辐射剂量率和对职业人员、公众的附加照射剂量率，然后结合可能的照射时间，估算职业人员和公众的受照剂量。

剂量估算公式:

辐射剂量率可由式 (11-1) 和式 (11-2) 计算得到，

$$D=D_0 \times B/R^2 \quad (11-1)$$

$$B=10^{-d/TVL} \quad (11-2)$$

式中: D: 估算点的附加剂量率, mGy/h; D₀: 距源 1m 处的剂量率, mGy/h; B: 衰减因子; R: 源到计算点的距离, m; d: 屏蔽层厚度, mm; TVL: 十分之一层厚度, mm, 铅屏蔽的半值层 TVL=16.6mm, 普砷屏蔽的 TVL=176mm。

人员附加年吸收剂量可由式 (11-3) 计算得到。

$$E= D \times t \times T \times K \quad (11-3)$$

式中: E: 年有效剂量, mSv/a; D: 计算点的附加剂量率, mGy/h; t: 受照时间, h/a; K: 有效剂量与吸收剂量换算系数, 取 K=1, Sv/Gy; T: 居留因子。

(3) 机房周围不同位置的附加剂量率水平

基于上述源项, 依照公式 (11-1), 估算高活室、PET/CT 机房和给药受检人员候诊区周围不同位置的最大附加剂量率。计算结果见表 11-1 所示。

表 11-1 PET 场所控制区边界外及评价区重点目标处的辐射剂量率估算

场所名称	编号	估算点位置	实体屏蔽方案	距离 (m)	透射系数	附加剂量率 (μSv/h)	备注
高活注射室	1	西侧缓冲间内	220mm 重砷	2.3	1.73E-2	1.11E-01	监督区
			220mm 重砷+180mm 重砷	5	6.58E-4	8.95E-04	监督区
	2	西侧护士台南侧	220mm 重砷	3.8	1.73E-2	4.07E-02	
			220mm 重砷+180mm 重砷	5	6.58E-4	8.95E-04	
	3	西侧护士台	220mm 重砷	4	1.73E-2	3.68E-02	
			220mm 重砷+180mm 重砷	5	6.58E-4	8.95E-04	
	4	南侧墙外	220mm 重砷	4.7	1.73E-2	2.66E-02	
			220mm 重砷+180mm 重砷	4.8	6.58E-4	9.71E-04	

	5	控制区出口处	8mmPb	4	3.29E-1	6.99E-01	
			220mm 重砷+180mm 重砷	4.7	6.58E-4	1.01E-03	
	6	楼上夹层库房	150mm 重砷	4	6.41E-2	1.36E-01	
	7	二楼体检中心	150mm 重砷+150mm 普砷(36cm 普砷)	6.8	9.01E-3	6.63E-03	
分装室	8	南侧墙外	220mm 重砷+50mmPb	1	1.68E-5	2.95E-02	
	9	楼上夹层	150mm 重砷+50mmPb	4	6.23E-5	6.83E-03	
	10	楼上二层	150mm 重砷+50mmPb +150mm 普砷	6.8	8.76E-6	3.32E-04	
储源室	11	南侧墙外	220mm 重砷	1	1.73E-2	2.49E-01	
	12	楼上夹层库房	150mm 重砷	4	6.41E-2	5.77E-02	
	13	二楼体检中心	150mm 重砷+150mm 普砷	6.8	9.01E-3	2.81E-03	
废物间	14	南侧墙外	220mm 重砷	1	1.73E-2	3.89E-03	
	15	东侧墙外	220mm 重砷	1.2	1.73E-2	2.70E-03	
	16	楼上夹层库房	150mm 重砷	4	6.41E-2	9.00E-04	
	17	二楼体检中心	150mm 重砷+150mm 普砷	6.8	9.01E-3	4.39E-05	
PET/MR 候诊室	18	北侧控制区入口	220mm 重砷(60°斜射)	2.3	3.00E-4	1.93E-03	
	19	北侧楼梯处	220mm 重砷	1.0	1.73E-2	5.88E-01	
	20	东侧缓冲间	220mm 重砷	1.0	1.73E-2	5.88E-01	监督区
	21	东侧控制室	220mm 重砷(45°斜射)	3.0	3.22E-3	1.22E-02	
	22	楼上夹层库房	150mm 重砷	4	6.41E-2	1.36E-01	
	23	二楼体检中心	150mm 重砷+150mm 普砷	6.8	9.01E-3	6.63E-03	
PET/CT 候诊室	24	北侧 PET/MR 设备间	180mm 重砷	5.5	3.80E-2	4.27E-02	监督区
	25	东侧墙外	220mm 重砷	3.0	1.73E-2	6.54E-02	
	26	南侧墙外	220mm 重砷	1.0	1.73E-2	5.88E-01	
	27	楼上夹层库房	150mm 重砷	4	6.41E-2	1.36E-01	
	28	二楼体检中心	150mm 重砷+150mm 普砷	6.8	9.01E-3	6.63E-03	
留观室	29	西侧 PET/CT 设备间	220mm 重砷	1.5	1.73E-2	2.61E-01	
	30	南侧公共卫生间	220mm 重砷	1.0	1.73E-2	5.88E-01	
	31	楼上夹层库房	150mm 重砷	4	6.41E-2	1.36E-01	
	32	二楼体检中心	150mm 重砷+150mm 普砷	6.8	9.01E-3	6.63E-03	
PET/CT 机房	34	南侧 PET/CT 设备间内	220mm 重砷	3.2	1.73E-2	5.74E-02	
	35	西侧防护门外(控制室内)	8mmPb	4.8	3.29E-1	4.86E-01	
	36	西侧观察窗外操作位(控制室)	8mmPb	5.4	3.29E-1	3.84E-01	
	37	西侧墙外(控制室)	220mm 重砷	4.8	1.73E-2	2.55E-02	
	38	北侧墙外(家属休息室)	220mm 重砷(30°斜射)	3.9	9.25E-3	2.07E-02	

	39	北侧墙外	220mm 重砷	3.0	1.73E-2	6.54E-02	
	40	东侧墙外	180mm 重砷	3.9	3.80E-2	8.49E-02	
	41	东侧防护门外	8mmPb (15°斜射)	4.6	3.17E-1	5.09E-01	
	42	楼上夹层库房	150mm 重砷	4	6.41E-2	1.36E-01	
	43	二楼体检中心	150mm 重砷+150mm 普砷	6.8	9.01E-3	6.63E-03	
PET/MR 机房	44	北侧观察窗外控制室操作	8mmPb	4.9	3.29E-1	4.66E-01	
	45	北侧墙外(控制室内)	220mm 重砷	5.2	1.73E-2	2.18E-02	
	46	北侧防护门外	8mmPb (30°斜射)	5.8	2.78E-1	2.81E-01	
	47	东侧墙外	220mm 重砷	3.4	1.73E-2	5.09E-02	
	48	南侧墙外 (PET/MR 设备间)	180mm 重砷	6.1	3.80E-2	3.47E-02	监督区
	49	西侧公共卫生间	220mm 重砷+180mm 重砷	6.3	6.58E-4	5.64E-04	
	50	西侧防护门外	8mmPb (30°斜射)	3.7	2.78E-1	6.90E-01	
	51	楼上夹层库房	150mm 重砷	4	6.41E-2	1.36E-01	
	52	二楼体检中心	150mm 重砷+150mm 普砷	6.8	9.01E-3	6.63E-03	
3号楼内三层	53	PET/CT 机房上面二层夹层	150mm 重砷+150mm×2 普砷	10.5	1.26E-3	3.89E-04	
	54	PET/CT 机房上面三层	150mm 重砷+150mm×3 普砷	13.7	1.78E-4	3.22E-05	
	54	PET/MR 机房上面二层夹层	150mm 重砷+150mm×2 普砷	10.5	1.26E-3	3.89E-04	
	55	PET/MR 机房上面三层	150mm 重砷+150mm×3 普砷	13.7	1.78E-4	3.22E-05	
	56	候诊室上面二层夹层	150mm 重砷+150mm×2 普砷	10.5	1.26E-3	3.89E-04	
	57	候诊室上面三层	150mm 重砷+150mm×3 普砷	13.7	1.78E-4	3.22E-05	
3号楼周围	58	2号楼(3F)	220mm 重砷+370mm 砖墙	8.4	5.78E-4	2.79E-04	
	59	4号楼 (3F)	220mm 重砷+370mm 砖墙×2	23	1.92E-5	1.23E-06	
	60	5号楼 (2F)	220mm 重砷+370mm 砖墙	18.3	5.78E-4	5.87E-05	
	61	6号楼 (3F)	220mm 重砷+370mm 砖墙	42	5.78E-4	1.11E-05	
	62	中石油加油站	220mm 重砷	47	1.73E-2	1.11E-05	

由表 11-1 可见：

1) 控制区边界外的普通区域，如控制区出入口处、楼上夹层内、机房墙外、候诊室墙外、高活室墙外、防护门外等位置，最大附加剂量率为 $0.70 \mu\text{Sv/h}$ ，满足本项目辐射场所控制区边界辐射剂量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。

2) 控制区边界外的监督区，最大附加剂量率为 $0.56 \mu\text{Sv/h}$ ，也同样满足本项目辐射场所控制区边界辐射剂量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。

3) PET/CT 机房和 PET/MR 机房周围的附加剂量率最大为 0.70 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足本项目设定的 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率控制要求

(4) 周围公众受照剂量估算

以每年开展 5000 人次 PET/CT 检查，2500 人次的 PET/MR 进行估算，每次 PET/CT 总扫描时间为 20min 计，PET/MR 总扫描时间为 40min 计，全年 PET/CT 机房内受检者停留总时间 1667h，PET/MR 机房内受检者停留时间 1667h。PET/CT “给药后候诊室”内受检者停留时间为 1667h/a，PET/MR 候诊室内受检者停留时间 1667h，留观室受检人员停留时间 1350h（100%受检人员留观 15min）。药物注射时间为 30s/人，注射区全年累计总注射时间 62.5h。药物分装时间 2min/人次，全年累计分装时间为 250h。

表 11-2 给出了公众可能受照剂量估算结果。可见， ^{18}F 检查对公众的辐射照射剂量最大不超过 61.3 $\mu\text{Sv/a}$ （北侧楼梯处），对楼上本影像中心工作人员的附加剂量贡献最大为 11 $\mu\text{Sv/a}$ ，对 3 号楼内二层以上公众的辐射影响最大为 0.6 $\mu\text{Sv/a}$ ，对 3 号楼周围（2#、4#、5#和 6#）公众的附加受照剂量低于 0.5 $\mu\text{Sv/a}$ ，均满足本项目设定的 100 $\mu\text{Sv/a}$ 的剂量约束值要求。

表 11-2 PET/CT 检查项目运行所致公众外照射剂量估算

场所名称	编号	估算点位置	附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	累计停留时间 (h/a)	受照剂量 ($\mu\text{Sv/a}$)
高活注射室	1	西侧缓冲间内	1.11E-01	1/16	62.5	4.34E-01
	2	西侧护士台南侧	4.16E-02	1/4	62.5	6.50E-01
	3	西侧护士台	3.77E-02	1	62.5	2.36E+00
	4	南侧墙外	2.75E-02	1/16	62.5	1.07E-01
	5	控制区出口处	7.0E-01	1/4	62.5	1.09E+01
	6	楼上夹层库房	1.36E-01	1/16	62.5	5.31E-01
	7	二楼体检中心	6.63E-03	1	62.5	4.14E-01
分装室	8	南侧墙外	2.95E-02	1/16	250	4.61E-01
	9	楼上夹层	6.83E-03	1/16	250	1.07E-01
	10	楼上二层	3.32E-04	1	250	8.30E-02
储源室	11	南侧墙外	2.49E-01	1/16	2000	3.11E+01
	12	楼上夹层库房	5.77E-02	1/16	2000	7.21E+00
	13	二楼体检中心	2.81E-03	1	2000	5.62E+00
废物间	14	南侧墙外	3.89E-03	1/16	2000	4.86E-01
	15	东侧墙外	2.70E-03	1/16	2000	3.38E-01
	16	楼上夹层库房	9.00E-04	1/16	2000	1.13E-01
	17	二楼体检中心	4.39E-05	1	2000	8.78E-02

PET/MR 候诊室	18	北侧控制区入口	1.93E-03	1/4	1667	8.04E-01	
	19	北侧楼梯处	5.88E-01	1/16	1667	6.13E+01	
	20	东侧缓冲间	5.88E-01	1/16	1667	6.13E+01	
	22	楼上夹层库房	1.36E-01	1/16	1667	1.42E+01	
	23	二楼体检中心	6.63E-03	1	1667	1.11E+01	
	PET/CT 候诊室	24	北侧 PET/MR 设备间	4.27E-02	1/16	1667	4.45E+00
		25	东侧墙外	6.54E-02	1/16	1667	6.81E+00
		27	楼上夹层库房	1.36E-01	1/16	1667	1.42E+01
		28	二楼体检中心	6.63E-03	1	1667	1.11E+01
	留观室	29	西侧 PET/CT 设备间	2.61E-01	1/16	1350	2.20E+01
		30	南侧公共卫生间	5.88E-01	1/16	1350	4.96E+01
		31	楼上夹层库房	1.36E-01	1/16	1350	1.15E+01
		32	二楼体检中心	6.63E-03	1	1350	8.95E+00
	PET/CT 机房	34	南侧 PET/CT 设备间内	5.74E-02	1/16	1667	5.98E+00
		38	北侧墙外 (家属休息室)	2.07E-02	1/4	1667	8.63E+00
		39	北侧墙外	6.54E-02	1/4	1667	2.73E+01
		40	东侧墙外	8.49E-02	1/16	1667	8.85E+00
		41	东侧防护门外	5.09E-01	1/16	1667	5.30E+01
		42	楼上夹层库房	1.36E-01	1/16	1667	1.42E+01
	PET/MR 机房	43	二楼体检中心	6.63E-03	1	1667	1.11E+01
		47	东侧墙外	5.09E-02	1/16	1667	5.32E+00
48		南侧墙外 (PET/MR 设备间)	3.47E-02	1/16	1667	3.62E+00	
49		西侧公共卫生间	5.64E-04	1/16	1667	5.88E-02	
50		西侧防护门外	6.90E-01	1/16	1667	7.19E+01	
51		楼上夹层库房	1.36E-01	1/16	1667	1.42E+01	
3 号楼内三 层	52	二楼体检中心	6.63E-03	1	1667	1.11E+01	
	53	PET/CT 机房上面 二层夹层	3.89E-04	1/16	1667	4.05E-02	
	54	PET/CT 机房上面 三层	3.22E-05	1	1667	5.37E-02	
	54	PET/MR 机房上面 二层夹层	3.89E-04	1	1667	6.48E-01	
	55	PET/MR 机房上面 三层	3.22E-05	1	1667	5.37E-02	
	56	候诊室上面二层 夹层	3.89E-04	1	1667	6.48E-01	
3 号楼周围	57	候诊室上面三层	3.22E-05	1	1667	5.37E-02	
	58	2 号楼(3F)	2.79E-04	1	1667	4.65E-01	
	59	4 号楼 (3F)	1.23E-06	1	1667	2.05E-03	
	60	5 号楼 (2F)	5.87E-05	1	1667	9.79E-02	
	61	6 号楼 (3F)	1.11E-05	1	1667	1.85E-02	

	62	中石油加油站	1.11E-05	1	1667	1.85E-02
--	----	--------	----------	---	------	----------

有些受检者由于某些原因，检查过程可能需要陪护，陪护者因陪侍受检者而受到的辐射照射来自在工作区走廊停留和患者近距离接触两个方面。陪同者与接受扫描后的受检者近距离接触的受照剂量估算如下：注射 370MBq(10mCi) 含 ¹⁸F 药物的受检人员，1m 处的剂量率约为 34 μSv/h，保守假设人员在 1m 处陪同 2h 计，陪同者接受的最大受照剂量值约为 68 μSv。

(5) 工作人员受照剂量估算

假设全部 F-18 药物注射工作由 2 人轮流完成，药物注射时间为 30s/人，每人累计注射时间约为 31.25h。PET/CT 扫描和摆位工作由 2 人分担完成，PET/CT 摆位时间 30s/人，每人累计摆位时间为 20.83h。PET/MR 扫描和摆位工作由 2 人完成，PET/MR 摆位时间 30s/人，累计摆位时间为 10.42h。

《放射性核素和辐射防护数据手册》[Radiation Protection Dosimetry. 98(1), 2002]给出：手持注射器注射活度为 1MBq、容量为 5ml ¹⁸F 药液时，对距 30cm 处人的深部当量剂量率为 1.8×10^{-3} mSv/h。所以，注射 370MBq(10mCi) 的 ¹⁸F 距 30cm 处人的深部当量剂量率为 666 μSv/h。注射时采用含铅 ≥20mm 铅当量的注射窗进行防护，剂量率可以至少降低一个量级，减少为 66.6 μSv/h。

注射 370MBq(10mCi) ¹⁸F 后，距离受检人员 1m 处的剂量率约为 34 μSv/h。假设摆位人员距离受检人员距离 1m。据此估算工作人员的受照剂量见表 11-3 所示。

表 11-3 ¹⁸F 检查工作人员受照剂量估算

人员工作岗位	剂量当量率 (μSv/h)	每人分配检查人数(人)	每人全年累计工作时间(h)	人员受照剂量(mSv/a)
药物注射	66.6	3750	31.25	2.08
PET/CT 摆位	34	2500	20.83	0.71
PET/CT 扫描操作	0.49	2500	1667	0.82
PET/MR 摆位	34	1250	10.42	0.35
PET/MR 操作	0.47	1250	833.5	0.39

由表 11-4 可见，药物注射人员的年受照剂量最大 2.08mSv，PET/CT 操作技师（含摆位和扫描操作）的受照剂量为 1.53mSv/a，PET/MR 操作技师（含摆位和扫描操作）的受照剂量为 0.74mSv/a，均低于本项目设定的年剂量约束值 5mSv/a。

(6) 放射性废物产生及排放情况

1. 放射性固废

PET 场所按需购入放射性药物，如有剩余的放射性药物，连同包装容器暂存于高活室自行衰变。高活室内配置 1 个铅质废物桶（容积 1L），病人候诊室和留观室各配备 1 个 5L 废物桶，将废弃的药瓶、注射器、包装物、棉棒、垫布以及病人产生的放射性污染物等固体放射性废物，暂存于该废物桶内，标注日期于次日早晨转移至 PET 场所废物间内的废物桶内。

按每天开展核素诊断 30 人次，药物注射操作产生量约为 375kg（按 0.05kg/人次，全年 250d 计算）放射性废物。依据《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》，本项目使用核素为 A 类，放射性固体废物在废物间内暂存衰变时间超过 30 天后，使用监测仪器对废物逐袋进行表面巡测，辐射剂量率低于 200nSv/h 且 α 、 β 表面污染水平分别小于 0.08 Bq/cm² 和 0.8Bq/cm²，可对废物解控作为医疗废物处置，并在“放射性固体废物暂存、处置管理台账”上详细记录解控废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、废物处置人员和处置日期等信息。

2. 放射性废水

PET 场所设置给药受检人员专用卫生间，每人次入厕产生放射性废水的总量约为 6.0L。按每个检查日最多实施 ¹⁸F 检查 30 人次，保守假设所有接受检查的患者在扫描前排尿，预计产生废水量约 180L/d；另外高活室洗手池和拖布池产生的废水也将排入衰变池，预计产生废水 20 L/d，则受检人员卫生间和高活室产生的废水总量为 200 L/d。每月工作 23 天计，则放射性废水的月最大产生量约为 200L/d × 23d/月 = 4.6m³，衰变池的总容积约为 30m³（10m³/槽 × 3 槽），废水可满足暂存 1 个月（实际可达 60d）的要求。

影像诊断中心拟在 3 号楼地下一层停车场内设置放射性废水衰变池（设 3 个容积均为 10m³衰变池）。PET 场所产生的放射性废水（高活室和受检人员卫生间），将通过专用管道一并汇入废水衰变池，预计废水暂存至少 2 个月，满足清洁解控要求，排入市政污水管网。PET 场所废水管网设置见附图 6 所示。

1) 衰变池位置和结构

- 衰变池设在地下一层北侧，具体位置见图 11-2 所示。
- 采用 C30 抗渗普砣建造，四周池壁厚 300mm，槽与槽之间隔板厚 300mm，底板厚 400mm，顶板厚 250mm。采取防渗措施。
- 总容积约为 30m³（10m³/槽 × 3 槽）。衰变池结构见附图 7 所示。

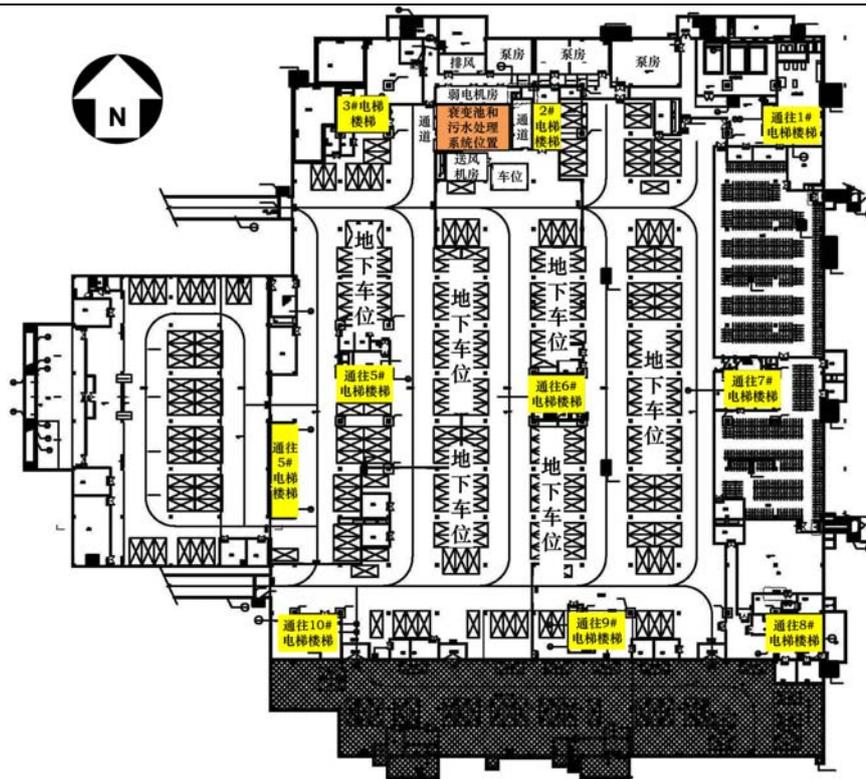


图 11-2 衰变池位置示意图

2) 衰变池控制和管理

- 智能控制系统、人性化操作管理、通过 PLC 和触摸屏设定工作参数和状态提醒机制。
- 所有运行状态自行监控，可在无人值守状态下实现全自动稳定运行。
- 废水衰变系统整体采用“储存式衰变”各衰变池循环运作。
- 内置设备泵体采用切割式潜水泵，可将固体杂质粉碎成颗粒排除，阀门采用电/手动双控制球阀，为后续设备维护检修提供保障。
- 放射性区域废水流入沉淀池，经 1#潜水泵打入衰变池。此时 A1 电动阀打开，废水流入 1#衰变池，其内置的液位计检测水位达到预设高时，经 PLC 处理信号关闭 A1 电动阀并开始计时，同时开启 A2 电动阀，之后的放射性废水流入 2#衰变池，当 2#衰变池水位达到高液位时关闭 A2 电动阀并开始计时，开启 A3 电动阀，废水排入 3#衰变池，完成放射性废水轮流暂存的一个循环。
- 当衰变池内废水暂存时间达到一个月后，其中的潜水泵自动开启，将衰变池内的废水排入污水处理站。
- 池壁和池底采取防渗措施。施工单位要进行严格的渗漏检测，确保放射性废水在暂存期间不发生渗漏，防止污染地下水。

- 衰变池管道采用 6mm 铅板屏蔽。衰变池区域设围栏，避免人员在衰变池旁长时间停留。

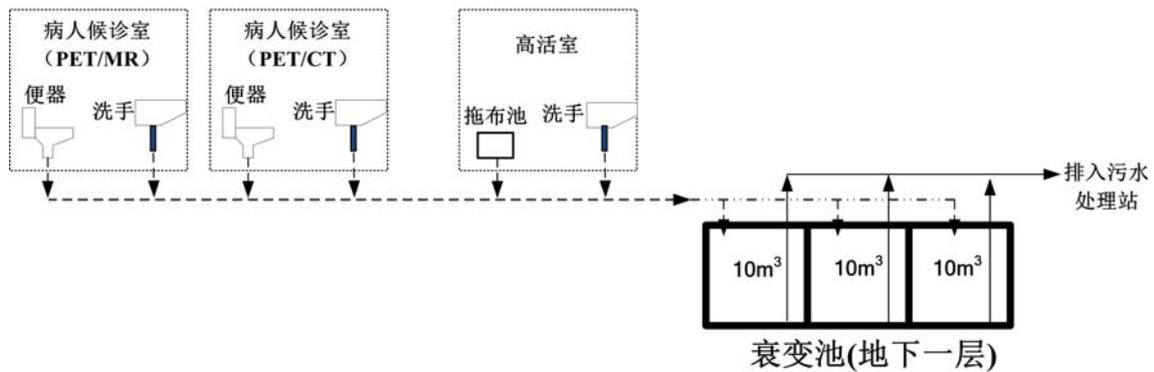


图 11-3 放射性废水收集示意图

由于本项目只使用非密封放射性核素 ^{18}F ，放射性半衰期较短，且废水排放量较少，废水中放射性核素的活度浓度也较低。因此，废水输送和贮存过程放射性核素衰变产生的辐射对周围环境的影响十分轻微。

3. 放射性废气

本项目使用的 ^{18}F -FGD 放射性药物向专业公司购置。 ^{18}F -FGD 为液体溶液，不易挥发，且分装时间较短，产生的放射性气体很微量，对环境的影响可以忽略，故本项目不再进行其环境影响分析。此外，考虑到挥发的放射性气体十分微量，故通风橱排风系统无需安装过滤装置。

事故影响分析

(一) PET 场所事故分析与应急措施

1. 事故分析

PET 场所在正常营运情况下，对于公众和周围环境基本是安全的，但如果管理不善发生某些事故，可能对公众和环境造成危害，主要有如下原因：

1) 放射性药品撒漏或放射性药品丢失

由于工作人员操作不熟练或其他原因造成工作时放射性药物撒漏，以及放射性药物保管不善致使放射性药剂在给患者用药之前丢失，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

2) 放射性废物管理不善

放射性废水未经足够时间的暂存而超标排放，可能对环境或人体造成一定危害。

放射性固体废物未经足够时间的暂存衰变，擅自处置，可能对环境造成污染和对

公众造成危害。

3) 屏蔽措施不当

如果对操作放射性核素的场所屏蔽措施不利，可能对环境造成污染和对人员造成不必要的照射。

2. 风险防范与事故应急处理措施

针对在核医学工作场所运行过程可能出现的事故，应采取一系列预防措施，尽可能减小或控制事故的危害和影响：

1) 安保措施：PET 场所高活室安装防盗门，室内设置闭路监视系统，以满足环保和公安部门关于放射性物品存放的要求。

2) 屏蔽防护：药物使用场所（高活室）、受检人员停留场所（扫描机房和休息室等），墙体采用重晶石混凝土屏蔽，防护门采用铅屏蔽，药物分装采用 50mm 铅手套箱进行防护，注射窗口采取 20mm 铅注射窗防护。观察窗采用铅玻璃防护，减少电离辐射对周围环境的辐射影响。

3) 表面污染控制措施：在通风橱内分装放射性药物，注射窗口处注射药物。一旦发生撒漏导致台面和地面污染的情况，及时采取擦拭方法去污，并用表面污染监测仪检测，直至表面污染水平满足 GB18871-2002 要求。工作人员离开高活室，在缓冲间更换工作鞋和工作服，防止放射性污染扩散至控制区之外。

4) 放射性废物管理：设立专用的放射性废物间，配置 2 个铅制废物桶。收集高活室、注射室和病人候诊室等场所产生的放射性废物，标注日期，定期进行清洁解控处置。设置放射性废水衰变池，将放射性废水暂存处置，符合清洁解控要求排放。

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：

(一) 辐射安全管理机构

影像诊断中心已经设置了辐射安全与防护环境保护管理领导小组作为专门管理机构，并指定了专人负责辐射安全与环境保护管理工作。人员构成具体情况见表 12-1 所示。

表 12-1 辐射安全与环境保护管理小组人员构成

管理人员	姓名	性别	职务或职称	工作部门	专/兼职
组长	杨环球	男	法人	办公室	兼职
副组长	刘雁冰	男	主管院长	办公室	兼职
组员	李 岩	男	医务科主任	医务科	兼职
组员	甘 勇	男	医工科主任	医工科	兼职
组员	孟 韵	女	助理员	办公室	专职

1. 职责

严格执行《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法律、法规、标准。对医院的辐射安全工作实行统一管理，并接受环境保护行政主管部门及其他相关部门的监管。

依法办理环境影响审批、验收、辐射安全许可证等环境保护相关手续。严格按照辐射安全许可证规定许可种类、范围和许可证条件从事辐射工作。

按照相关法规要求，建立辐射安全和防护工作管理体系及相应管理制度，落实安全责任，单位法人对本单位辐射工作的安全和防护负总责，并依法对造成的辐射危害承担责任。

建立、健全本单位辐射安全管理体系、岗位职责、操作规程、辐射防护措施（含防护用品和监测仪器）、台账管理制度、培训计划、监测方案、个人剂量监测和健康管理制度、辐射应急预案，并做好落实工作。辐射工作场所和个人剂量监测结果履行告知义务。

定期开展辐射应急培训，组织应急演练，有效应对辐射应急事故（件）。

依法对本单位射线装置工作的安全和防护状况进行年度评估，编写年度评估报告，于每年 1 月 31 日前报原发证机关。年度报告包含《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定的相应内容。

根据有关规定、主管部门的要求和经验反馈，及时修订本单位的规章制度及应急预案。

2. 影像科

落实院级辐射安全管理制度，并根据科室特点制定科内的辐射安全管理制度；

组织对科内工作场所、设备性能等进行日常检查或检测，保证辐射工作在正常状态下运行。

组织本科室放射诊疗工作人员接受健康检查、剂量监测以及辐射安全、放射防护知识及有关规定的培训；

制定科内辐射事故（件）应急预案并组织演练，并对演练内容记录存档。

发现本科室发生辐射事故（件）及时报告辐射安全应急办公室，并服从辐射安全管理委员会的应急指挥。

其它各相关职能处室按分管职责在各自的职能范围内做好辐射事故（件）应急处理的各项工作。

（二）辐射安全管理规章制度

影像诊断中心已经制定有相应的辐射安全防护制度、操作规程、人员培训计划、辐射监测方案、放射性药品管理制度（含点对点药物交接）、台帐登记管理制度（含药物使用、放射性三废处置等）、设备检修维护制度、辐射事故应急方案等，能够满足原环保部令第 3 号〈关于修改《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的决定〉和原环保部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求。

（三）辐射工作场所监测

1. 基本原则

根据原环保部 18 号令的要求，每年委托有资质单位对射线装置和非密封放射性物质工作场所周围的辐射水平进行 1 次监测。

根据《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》要求，对射线装置和非密封放射性物质工作场所周围的辐射水平，以及非密封场所内的表面污染水平开展自行监测，检测记录归档。

2. 本项目自行监测方案

- 1) 监测项目： γ 剂量率水平，表面污染水平
- 2) 检测设备：X- γ 辐射剂量率仪，表面污染监测仪
- 3) 检测频次：剂量率水平每年不少于 2 次，表面污染每天工作后检测 1 次。
- 4) γ 剂量率水平监测点位设置：包括 PET/CT 机房、PET/MR 机房、候诊室四周和楼上，控制区边界外 30cm 处和衰变池周围的剂量率水平。监测数据记录存档。监测点位布置见图 12-1 所示。

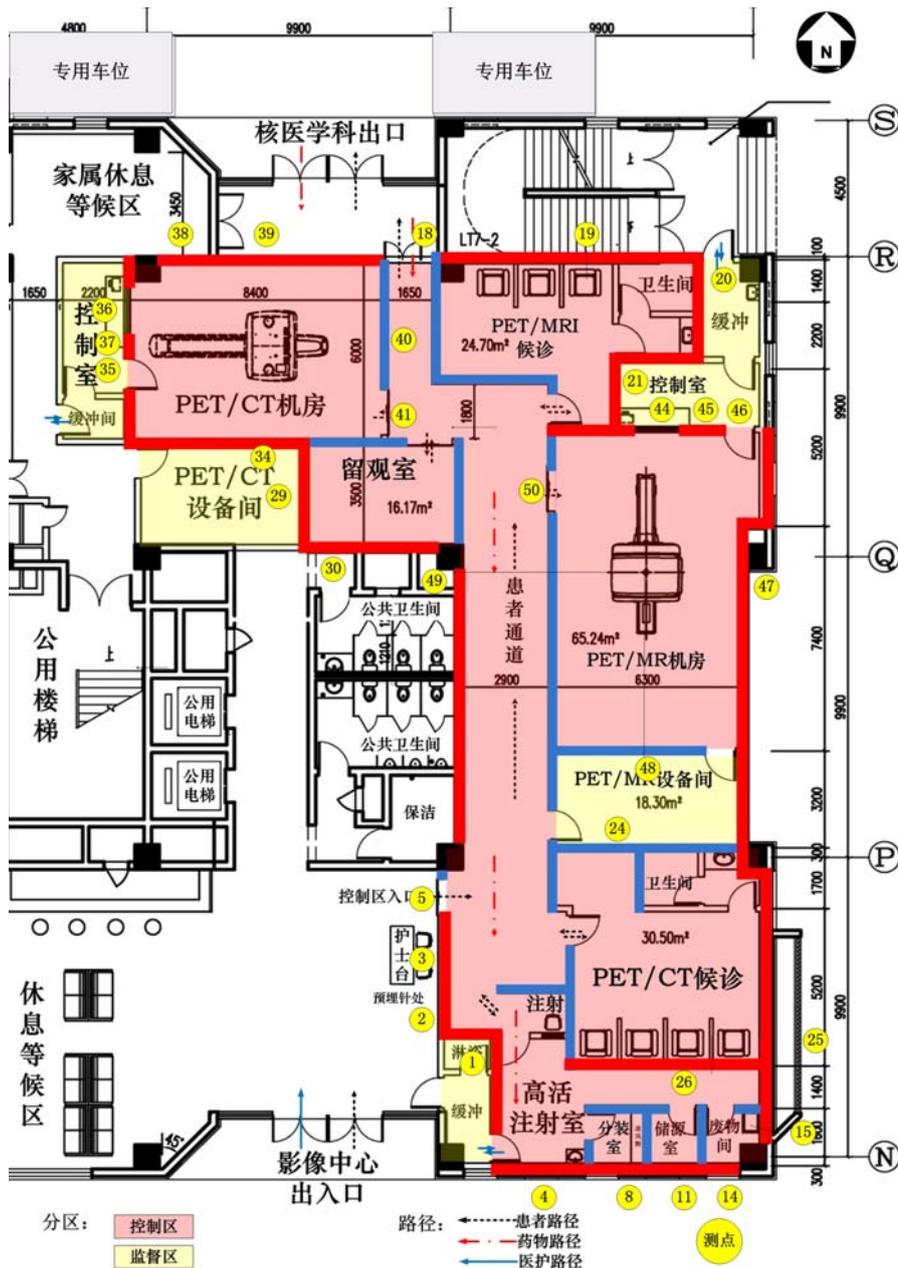


图 12-1 监测点位布置示意图

表 12-2 γ 剂量率水平监测点位设置

编号	场所名称	监测点位置	附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
----	------	-------	----------------------------

1	高活注射室	西侧缓冲间内	
2		西侧护士台南侧	
3		西侧护士台	
4		南侧墙外	
5		控制区出口处	
6		楼上夹层库房	
7		二楼体检中心	
8	分装室	南侧墙外	
9		楼上夹层	
10		楼上二层	
11	储源室	南侧墙外	
12		楼上夹层库房	
13		二楼体检中心	
14	废物间	南侧墙外	
15		东侧墙外	
16		楼上夹层库房	
17		二楼体检中心	
18	PET/MR 候诊室	北侧控制区入口	
19		北侧楼梯处	
20		东侧缓冲间	
22		楼上夹层库房	
23		二楼体检中心	
24	PET/CT 候诊室	北侧 PET/MR 设备间	
25		东侧墙外	
27		楼上夹层库房	
28		二楼体检中心	
29	留观室	西侧 PET/CT 设备间	
30		南侧公共卫生间	
31		楼上夹层库房	
32		二楼体检中心	
34	PET/CT 机房	南侧 PET/CT 设备间内	
38		北侧墙外 (家属休息室)	
39		北侧墙外	
40		东侧墙外	
41		东侧防护门外	
42		楼上夹层库房	
43		二楼体检中心	
47		PET/MR 机房	东侧墙外
48	南侧墙外 (PET/MR 设备间)		

49		西侧公共卫生间	
50		西侧防护门外	
51		楼上夹层库房	
52		二楼体检中心	
53	3号楼内三层	PET/CT 机房上面二层夹层	
54		PET/CT 机房上面三层	
54		PET/MR 机房上面二层夹层	
55		PET/MR 机房上面三层	
56		候诊室上面二层夹层	
57		候诊室上面三层	
58	3号楼周围	2号楼(3F)	
59		4号楼(3F)	
60		5号楼(2F)	
61		6号楼(3F)	
62		中石油加油站	

5) 表面污染水平监测点位设置：每天工作结束后，对高活室台面、地面，通风橱台面，注射窗台面以及相关设备表面等进行表面污染监测，监测数据记录存档。

表 12-3 表面污染水平监测点位设置

编号	场所名称	监测点位置	β 表面污染 (Bq/cm ²)
1	高活室	通风橱台面	
2		高活室地面	
3		注射窗	
4	PET/MR 候诊室	候诊室地面	
5	PET/CT 候诊室	候诊室地面	
6	留观室	候诊室地面	
7	PET/CT 机房	PET/CT 病人床	
8		PET/CT 机房地面	
9	PET/MR 机房	PET/MR 病人床	
10		PET/MR 机房地面	

(四) 个人剂量监测

所有辐射工作人员的个人剂量监测工作已委托北京市疾病预防控制中心承担，监测频度为每 3 个月检测一次。在岗的辐射工作人员均配置了个人剂量计，在个人剂量计佩戴时间届满一个监测周期时，由影像诊断中心专人负责收集剂量计送检更换，并将每季度的个人剂量检测结果和每年度的个人剂量检测报告存档备案。

（五）辐射工作人员培训

影像诊断中心规定所有辐射工作人员，在上岗前必须接受生态环境管理部门认可培训机构组织的辐射安全与防护培训，并考试合格上岗。每4年参加复训，并制定了辐射工作人员培训计划。

目前，全景德康影像中心已制定了培训计划，准备近期组织共计10名辐射工作人员（含本项目8名）参加辐射安全与防护培训。

（六）辐射事故应急预案

本项目建设期间，影像诊断中心将针对放射性药物丢失、被盗，放射性同位素污染等事故/事件，并结合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，对本单位已有的辐射事故应急预案进行补充完善，每年组织一次全院应急演练。

（七）监测仪器和防护用品

影像诊断中心拟购置铅衣、铅帽、铅围脖和铅三角巾等个人防护用品各5件，基本能够满足影像诊断中心射线装置配套防护用品的需要，详见表12-4。

影像诊断中心拟为本项目配置1台表面污染仪和1台X-γ剂量率仪，用于监测工作场所的表面污染水平和辐射水平。具体见表12-4。

表 12-4 监测仪器和辐射防护用品登记表

序号	仪器名称	型号	购置日期	仪器状态	数量	备注
1	X-γ辐射剂量率仪	待定	-	-	1	拟购置
2	表面污染监测仪	待定	-	-	1	拟购置
3	个人防护用品	铅衣、铅帽、铅围脖和铅三角巾等个人防护用品各3件				拟购置

12.2 项目环保验收内容建议

建议本项目的环保验收内容列于表 12-5 中。

表 12-5 项目环境保护竣工验收内容

验收内容	验收要求
剂量管理约束值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和环评报告建议，公众、职业照射剂量约束值执行 0.1mSv/a 和 5mSv/a。PET 场所控制区边界外 30cm 处、PET/CT 机房和 PET/MR 机房周围的辐射剂量率水平采用 2.5 μ Sv/h 进行剂量率水平控制；放射性表面污染控制水平满足 GB18871-2002 要求。
电离辐射标志和中文警示	在 PET 场所出入口、高活室、扫描机房、受检人员休息室和留观室外门口均设置电离辐射警告标识和中文警示说明。
布局和屏蔽设计	放射性工作场所建设和布局与环评报告表描述内容一致。屏蔽墙和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。高活室通风运转正常，通风能力满足设计要求。
辐射安全设施	高活室采用实体屏蔽措施，安装防盗门、电视监控系统，满足公安部门地标要求。
辐射监测	有满足管理要求的辐射监测制度；监测记录存档；配备辐射检测仪器：1 台表面污染和 1 台剂量率监测仪。辐射工作人员进行个人剂量监测，建立健康档案。
“三废”处置设施	PET 场所配置废物间，其中配备 2 个 20L 具有屏蔽功能的放射性固体废物桶；建造 1 个总容积为 30m ³ 的放射性废水衰变池（3 格）；高活室设具有独立通风系统的通风橱，排风速率满足辐射安全需要。注射窗旁配套一个铅制废物桶（容积 1L），病人候诊室和留观室各配备 1 个 5L 废物桶。废物间有通风换气设施。
规章制度	建立健全包括放射性同位素与射线装置在内的辐射安全管理制度，并有效贯彻落实。
人员培训	PET 场所拟新增的 8 名辐射工作人员通过生态环境管理部门认可培训机构组织的辐射安全与防护培训。
应急预案	针对使用使用放射性同位素和射线装置可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急装备。进行过辐射事故（件）应急演练。

表 13 结论与建议

13.1 结论:

1、实践的正当性。北京全景德康医学影像诊断中心(以下简称影像中心)位于北京市海淀区东升国际科学园,系一家筹建中的北京市第三方独立医学影像中心。影像中心拟聚焦肿瘤精准诊断,开展特殊人群 PET/CT、PET/MRI 等核医学检查。其持有的设置医疗机构批准书中,本项目所需的 X 线诊断专业、CT 诊断专业、磁共振成像诊断专业、核医学科专业全部包括,符合执业范围要求。本项目具有良好的社会效益和经济效益,其获得的利益远大于辐射效应可能造成的损害,符合辐射实践正当性原则。

2、选址及设计合理性。PET 场所利用 3 号楼一层东侧空置房屋进行改建,该建筑为 3 层,由北京全景德康医学影像诊断中心有限公司整栋租用,其一层、二层夹层、二层、二层夹层和三层均为影像中心用房。PET 场所按照使用功能区划布局,设置有 PET/CT 机房及其控制室、PET/MR 机房及其控制室、高活室、给药后候诊室、留观室及专用卫生间和放射性废物间等。其中,PET/CT 机房、PET/MR 机房、高活室、给药后候诊室、留观室及专用卫生间和废物间作为控制区进行管理,严格限制非工作人员进入。PET/CT 操作间、缓冲间以及检查前候诊区作为监督区进行管理,限制无关人员进入。辐射工作场所设计布局充分考虑了周围场所的防护与安全,以及患者就诊和临床应用的便利性,其地址、建筑结构和布局设计基本合理,控制区和监督区划分明确,满足辐射工作场所安全使用的要求。

3、辐射屏蔽能力分析。根据项目辐射工作场所设计和辐射安全防护技术措施分析可知,放射性核素操作工作区和 X 射线诊断装置机房的辐射屏蔽能力符合辐射防护安全的要求。

4、本项目运行后 PET 场所场所控制区周围附加辐射剂量率满足 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的控制要求,PET/CT 和 PET/MR 机房周围的剂量率低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的控制要求。本项目运行所致工作人员和公众的辐射剂量分别满足职业人员剂量约束值 5mSv/a 和公众受照剂量约束值 0.1mSv/a 要求。

5、放射性“三废”排放。预计 PET 场所现址投入使用后每年产生放射性废水总量约 50m^3 ,产生放射性固体废物约 375kg/a 。项目产生的放射性废水经过衰变池暂存衰变后预计能够符合排放限值要求。放射性污染的废弃物分类收集暂存衰变,符合清洁

解控水平的废物按照医疗废物处置。

6、污染防治措施。拟采取的污染防治措施主要有：

PET 场所检查治疗工作区出入口安装门禁系统，张贴电离辐射警告标志和文字警示说明，限制非工作人员和非受检人员进入。射线装置机房门外设置工作指示灯，张贴电离辐射警告标志。

注射区、高活室、扫描室、废物间和工作区走廊地面铺装硬质无缝 PVC 地板革，墙面装铝塑面板或釉面砖，便于去污。通风橱台面采用表面光洁、耐腐蚀、防渗漏、易去污的材料，便于放射性污染去污和去除。

PET 场所高活室设置通风橱，配套独立通风系统，设置放射性废水专用收集系统，设置废水贮存衰变池；设有放射性废物间。影像诊断中心将配备有满足需要的辐射检测仪和辐射防护用品。

7、辐射安全防护管理。制定有相应的辐射安全防护制度，从业人员辐射安全培训制度、各项操作规程、设备检修维护制度、辐射防护和安全保卫制度、台帐管理制度、环境监测及个人剂量监测制度，以及辐射事故应急预案。影像诊断中心各项制度在日常工作中得到落实。

影像诊断中心已经针对放射性同位素丢失、场所污染等事故情景，制定了应急预案。

8、人员管理及安全培训。影像诊断中心已制定了辐射工作人员培训、剂量检测和健康体检制度。本项目拟新增的 8 名辐射工作人员近期参加辐射安全与防护培训。

综上所述，全景德康影像中心根据影像诊断中心建设发展和患者诊疗需要，新建丙级非密封辐射工作场所（PET 场所），使用 F-18 核素开展核医学显像诊断，辐射安全制度和辐射防护措施基本可行。其运行对周围环境产生的辐射影响，符合环境保护的要求。从辐射环境保护角度论证，本项目的运行是可行的。

13.2 承诺：

为了保护环境，保障人员健康，全景德康影像中心承诺：

(1) 遵守有关法律、法规的规定，执行管理制度，落实管理责任。不违规操作和不弄虚作假。

(2) 妥善处理群众信访和投诉，做好公众宣传、解释和沟通工作；

(3) 配备满足工作需要且具备相应放射诊断资质的医技工作人员；

(4) 辐射工作人员全部参加辐射安全与防护培训，考核合格后方可上岗，定期组织，在岗人员参加辐射安全知识继续教育。

(5) 严格按照辐射监测方案定期对辐射工作场所和参与辐射工作的工作人员进行监测，并将监测记录保存留档；

(6) 项目竣工后，及时自行组织开展竣工环境保护验收。运行期间接受生态环境管理部门的监督检查。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

公 章

经办人

年 月 日

审批意见：

公 章

经办人

年 月 日