

核技术利用建设项目

核医学科改建

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

2020年6月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

核医学科改建

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		核医学科改建			
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 101, 2 层 201			
项目建设地点		北京市丰台区西四环中路 78 号院 3 号楼一层东侧			
立项审批部门		无		批准文号	无
建设项目总投资(万元)		600	项目环保投资(万元)	30	投资比例(环保投资/总投资)
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m <sup>2</sup> )
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**

北京全景德康医学影像诊断中心有限公司(以下简称全景德康影像中心或影像中心)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。

全景德康影像中心已经获得北京市丰台区卫生健康委员会批准的“设置医疗机构批准书”(批准文号: 丰卫医准字[2019]第 8 号)。拟开展 X 线、CT 和磁共振成像诊断, 开展超声诊断, 开展核医学科 PET/CT、SPECT 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、医学影像国际交流等服务内容。

全景德康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领域学术交流平台, 聚焦肿瘤精准诊断, PET 检查针对肿瘤定位、肿瘤性质诊断、肿瘤分期分级、肿瘤原发灶查找、肿瘤疗效评估、肿瘤预后、心肌缺血判断,

以及针对特殊人群（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。影像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。

全景德康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图 1-1 和图 1-2 所示。地理位置和周围环境见附图 1 和附图 2 所示。

## 1.2 核技术利用和履行环保手续情况

### 1.2.1 核技术利用现状

全景德康影像中心于 2020 年 5 月 29 日取得了北京市生态环境局颁发的辐射安全许可证（京环辐证[G0373]，见附件 1），许可使用 V 类放射源，使用 III 类射线装置，丙级非密封放射性物质工作场所。许可证有效期至 2025 年 5 月 28 日。

已许可使用的密封源如表 1-1 所示，已许可使用的非密封放射性物质场所以及核素相关情况见表 1-2 所示，已许可使用的射线装置如表 1-3 所示。

表 1-1 已许可使用的密封源

序号	核素	类别	总活度(贝可)/活度(贝可)×枚数	活动种类
1	Ge-68	V	4.6E+7×2	使用;
2	Ge-68	V	9.25E+7×1	使用;

表 1-2 已许可使用的非密封放射性物质场所以及核素相关情况

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	活动种类
1	核医学科	丙	<sup>18</sup> F	7.4E+6	1.85E+12	使用;

表 1-3 已许可使用的射线装置

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	正电子发射及 X 射线计算机断层成像系统	III	1	使用;
2	数字化医用 X 射线摄影系统	III	2	使用;
3	乳腺 X 射线机	III	1	使用;
4	X 射线计算机体层摄影设备	III	2	使用;

### 1.2.2 履行环保审批手续情况

影像中心共有 2 个核技术利用项目履行了环评手续，目前在调试中，拟于近期开展竣工环保验收。

表 1-4 建设项目履行环保手续情况

序号	项目名称	类别	环评批环复文号	竣工验收文号
1	新建丙级非密封放射性物质工作场所项目	报告表	京环审[2019]120号	设备调试阶段，近期验收。
2	使用 III 类射线装置和 V 类密封校验源坏猫	登记表	202011010600000518	已登证

### 1.3 本项目情况

#### 1.3.1 核医学科之前的环评回顾

2019年10月11日，北京市生态环境局对“北京全景德康医学影像诊断中心有限公司新建丙级非密封放射性物质工作场所项目”给予了同意建设的批复（京环审[2019]120号，见附件3），建设内容包括：在3号楼一层东侧新建核医学科，配套使用西门子公司生产的1台PET/CT和1台PET/MR设备，使用<sup>18</sup>F核素开展核医学显像诊断，使用V类密封源进行设备校验，该场所属于丙级非密封放射性工物质作场所。该项目于2019年10月中旬开始建设，2020年4月底完工。

全景德康影像中心的核医学科位于3号楼一层东侧，一层西侧为核磁检查区、受检人员候诊区等。二层为影像中心其它放射诊断设备（DR、CT和乳腺机等III类射线装置）使用场所，三层为办公区域和餐厅。

核医学科环评批复（京环审[2019]120号）的非密封放射性同位素见表1-6。

表 1-6 核医学科环评批复（京环审[2019]120号）的非密封放射性同位素

设备名称	核素名称	核素用量	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq/a)
PET/CT	<sup>18</sup> F	3.7E+8Bq/人、 20人次/日	7.4E+9	7.4E+06	1.85E+12
PET/MR	<sup>18</sup> F	3.7E+8Bq/人、 10人次/日	3.7E+9	3.7E+06	9.25E+11
合计		30人次/日	1.11E+10	1.11E+7	2.78E+12

#### 1.3.2 核医学科改建的背景

2019年8月14号，北京市卫生健康委员会发布了《北京市卫生健康委员会关于印发乙类大型医用设备配置许可管理实施细则的通知》（京卫药械(2019)10号），并颁发了《北京市乙类大型医用设备配置准入标准》。正电子发射断层扫描仪（PET/CT）属于乙类大型医用设备，需要申领乙类大型医用设备配置许可证。

根据上述配置准入标准要求，PET/CT该设备获得配置许可证的技术条件为：申请首次配置的医疗机构，需已有SPECT，原则上使用年限不少于3年且年均工作量不少于1500人次/台（社会办医原则上不少于1年且年均工作量不少于750人次/台）。

全景德康影像中心于2019年10月有条件取得了PET/CT《乙类大型医用设备配置

许可证》（乙 0101200012），但是需要增加 SPECT 诊断病例。为了满足 PET/CT 的配置和影像诊断要求，全景德康影像中心决定将原计划配套的 PET/MR 设备更换为 SPECT 设备，在不改变核医学科布局、实体屏蔽以及辐射防护设施基础上，将 PET/MR 机房调整为 SPECT 机房，将 PET/MR 候诊室调整为 SPECT 候诊室，增加使用放射性同位素  $^{99m}\text{Tc}$ 。

### 1.3.3 本项目内容

将现状核医学科内预留的 PET/MR 机房调整为 SPECT 机房，将预留的 PET/MR 候诊室调整为 SPECT 候诊室，增加  $^{99m}\text{Tc}$  种类和用量，场所等级仍然维持丙级非密封放射性物质工作场所不变。

核医学科今后拟使用放射性同位素情况见表 1-7 所示。

表 1-7 核医学科改建后使用非密封放射性同位素情况

设备名称	核素名称	核素用量	日使用量 (Bq)	日等效操作量 (Bq)	年使用量 (Bq)
PET/CT	$^{18}\text{F}$	3.7E+8Bq /人 每日 20 人次	7.4E+9	7.4E+6	1.85E+12
SPECT	$^{99m}\text{Tc}$	9.25E+8Bq /人 每日 10 人次	9.25E+9	9.25E+6	2.31E+12
合计		30 人次/日	1.67E+10	1.67E+7	4.16E+12

因影像中心核医学科未安装 PET/MR 设备，在 2020 年 5 月 29 日取得的辐射安全许可证中，不包含 PET/MR 机房和配套的 PET/MR 候诊室，未许可 PET/MR 的  $^{18}\text{F}$  使用，故核医学科改建不满足《建设项目环境影响评价分类管理名录》中免于编制环境影响评价文件的核技术利用项目有关说明的函（环办函〔2015〕1758 号）相关要求，需要重新进行环境影响评价。本项目属于使用丙级非密封放射性物质工作场所改建，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》，应该编制环境影响报告表，报生态环境主管部门审批。

根据生态环境部《关于取消建设项目环境影响评价资质行政许可事项后续相关工作要求的公告(暂行)》(2019 年第 2 号公告) 最新要求，北京科欣科技发展有限公司为独立法人机构，且有多名环评工程师，有能力开展环境影响评价工作。受全景德康影像中心的委托，北京科欣科技发展有限公司环评人员在现场踏勘、监测、收集资料的基础上，对该项目建设和运行过程中的对环境的电离辐射影响进行了分析评价，并编制了环境影响报告表。评价重点是核医学科运行过程中产生的  $\gamma$  射线，放射性“三废”对操作人员、周围公众和环境的影响。

### 1.3.4 项目周围环境

全景德康影像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。该栋建筑由全景德康影像中心整栋租用(建设工程

规划许可见附件4，租赁协议见附件5），其东侧隔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号楼周围50m范围内，无学校、居民楼、养老院等敏感目标，无商场和超市等人员密集场所，且远离市区核心区。



图1-1 项目用房周围环境示意图

### 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（2019年本）》中第十三项第5条中关于“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”类别，属于国家支持和鼓励类产业。

### 1.3.6 核医学科建设规划

整体部署：将现状核医学科内预留的 PET/MR 机房调整为 SPECT 机房使用，将预留的 PET/MR 候诊室调整为 SPECT 候诊室使用，增加 SPECT 所需  $^{99m}\text{Tc}$  种类和用量，核医学科场所等级仍然维持丙级不变。

设备配置：核医学科已配置 1 台 PET/CT（型号为 Biograph mCT.S），拟再配置 1 台 SPECT（型号为 Symbia Evo Excel）。

实施计划：PET/CT 已经取得了《乙类大型医用设备配置许可证》（乙 0101200012），并已经购置和安装。SPECT 设备无需配置许可证，已选定型号，拟直接购置。

工作制度：250d/a，8h/d。

人员配置：《北京市乙类大型医用设备配置准入标准》对配置 X 线正电子发射断层扫描仪（PET/CT，含 PET）单位的人员配置要求为：

①具有完整的专业人员构成：医师、技师、物理师和护士，其中，医师应取得核医学或放射医学(医学影像)专业的执业医师资格。

②专业技术人员数量应当与设备数量和工作量相匹配，每台设备至少具有医师 2 名、技师 2 名、物理师 1 名、护士 1 名。

③首次配置,核医学科配置至少 2 名具有高级专业技术职称且 3 年以上 SPECT 检查和诊断经验的医师，至少 1 名专职医学工程专业技术人员。医学影像科(放射科)至少 2 名具有高级专业技术职称且 5 年以上影像诊断工作经验的医师，至少 5 名取得 CT 从业资质的专业技术人员。

影像中心核医学科现有 11 名辐射工作人员，通过了辐射安全与防护考核。其中医师 5 名，技师 4 人（分别操作 SPECT/CT 和 PET/CT，1 人兼职物理师），护师 2 人（注射放射性药物和废物管理等），能够满足核医学科正常运行的需要。此外，核医学科还聘请了 2 名具有高级专业技术职称且 3 年以上 SPECT 检查和诊断经验的医师（马潞娜，邹一军），以及 2 名具有高级专业技术职称且 5 年以上影像诊断工作经验的医师（李功杰，周鑫），也满足《北京市乙类大型医用设备配置准入标准》基本要求。

核医学科辐射工作人员配置见表 1-8 所示，均通过了辐射安全与防护考核，持有合格证书并在有效期内。按照《北京市乙类大型医用设备配置准入标准》中“每台设备至少具有医师 2 名、技师 2 名、物理师 1 名、护士 1 名”要求，本项目拟新增 1 名物理师，满足每台设备配置 6 人的要求。

表 1-8 核医学科辐射工作人员培训情况

序号	姓名	性别	出生日期	工作岗位	学历	专业	辐射安全与防护培训时间	培训证号
1	李功杰	男	1965-11-21	院长， 核医学科	本科	医学影像学	2019-12-22	B1915009
2	马潞娜	女	1963-12-21	核医学科	研究生	医学影像学	2019-12-22	B1915008
3	周鑫	男	1977-10-14	核医学科	本科	医学影像学	2019-12-22	B1915011
4	于亚彬	女	1979-01-23	核医学科	研究生	医学影像学	2019-12-22	B1915012
5	邹一军	男	1963-10-31	核医学科	大专	放射	2019-12-22	B1915021
6	李云	女	1973-10-20	核医学科	本科	生物医学工程	2019-12-22	B1915014
7	齐磊	男	1984-09-15	核医学科	本科	医学影像学	2019-12-22	B1915013
8	董金丽	女	1983-02-03	核医学科	本科	护理学	2019-12-22	B1915016



9	丁丽平	女	1983-12-01	核医学科	本科	护理学	2019-12-22	B1915015
10	李凯秀	女	1989-11-21	核医学科	本科	护理学	2019-12-22	B1915024
11	李剑虹	女	1992-02-08	核医学科	本科	护理学	2019-12-22	B1915023

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	<sup>18</sup> F	液态针剂； 半衰期110min； 低毒	使用	7.4E+9	7.4E+6	1.85E+12	核医学诊断	很简单操作	PET/CT机房、高活室	高活室
2	<sup>99m</sup> Tc	液态针剂； 半衰期6.02h； 低毒	使用	9.25E+9	9.25E+6	2.31E+12	核医学诊断	很简单操作	SPECT机房、高活室	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 ( $\mu$ 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	$^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$		4.2 m <sup>3</sup>	约 50.4m <sup>3</sup>	总 $\beta$ <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》，对于槽式衰变池（罐）暂存方式，A 类放射性废水暂存至少 1 个月后，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	$^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$			150kg	<10 <sup>4</sup> 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《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》要求后作为医疗废物交有资质单位处置。
核医学科高活室通风柜排气	气体	微量 $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$			少量，可忽略		--	通风橱废气经活性炭过滤器过滤后，在 3#楼顶部排放。
通风橱活性炭过滤材料	固体	微量 $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$			10kg			暂存至少一个，，经自行检测，符合《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》要求后，按医疗废物委托交有资质单位处置。

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<sup>3</sup>；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（Bq<sup>3</sup>/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法规 文件</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 号实施；</li> <li>2. 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</li> <li>3. 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订；</li> <li>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；</li> <li>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</li> <li>6. 《放射性物品运输安全管理条例》国务院令第 562 号，2009 年；</li> <li>7. 《放射性废物安全管理条例》国务院令第 612 号，2012 年；</li> <li>8. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2019 年 8 月修订；</li> <li>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；</li> <li>10. 《放射性药品管理办法》，国务院令第 676 号，2017 年 3 月修订；</li> <li>11. 《放射诊疗管理规定》，原国家卫生和计划生育委员会令第 8 号，2016 年修订；</li> <li>12. 《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；</li> <li>13. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，原环保部令第 44 号，2017 年；</li> <li>14. 《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，2018.4.28 施行；</li> <li>15. 《北京市禁止违法建设若干规定》，北京市政府第 228 号令，2011 年；</li> <li>16. 《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；</li> <li>17. 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，原环保部，2012 年 3 月；</li> <li>18. 《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）；</li> <li>19. 《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</li> </ol>
------------------	--

	<p>通知》，京环办〔2018〕13号；</p> <p>20. 《北京市卫生健康委员会关于印发乙类大型医用设备配置准入标准的通知》，北京市卫健委，2019年8月；</p> <p>21. 中华人民共和国生态环境部公告（2019年第57号）。</p>
<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>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》（HJ10.1-2016）；</li> <li>2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</li> <li>3. 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；</li> <li>4. 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）；</li> <li>5. 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；</li> <li>6. 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）</li> <li>7. 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；</li> <li>8. 《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）；</li> <li>9. 《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-1989）；</li> <li>10. 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；</li> <li>11. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</li> <li>12. 《表面污染测定 第一部分 β 发射体（<math>E_{\beta\max} &gt; 0.15\text{MeV}</math>）和 α 发射体》（GB/T14056.1-2008）。</li> <li>13. 《北京市水污染物排放标准》（DB11/307-2013）；</li> <li>14. 公安部《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）；</li> <li>15. 《伽玛照相机、单光子发射断层成像设备（SPECT）质量控制检测规范》（WS523-2019）；</li> <li>16. 《临床核医学患者防护要求》（WS533-2017）。</li> </ol>

<b>其他</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>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;</li><li>2. AAPM Task Group 108: PET and PET/CT Shielding Requirements, 2006;</li><li>3. Radiation and radiation protection data handbook 2002, Radiation Protection Dosimetry, 98(1), 2002.</li><li>4. 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;</li><li>5. 全景德康影像中心核医学科工作场所建筑及辐射屏蔽工程设计资料;</li><li>6. 全景德康影像中心提供的辐射安全规章制度。</li></ol>
-----------	--

表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围、目的、评价因子

#### 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核医学科边界周围 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，把辐射影响减少到“可合理达到的尽量低水平”；
- 为全景德康影像中心的辐射环境保护管理提供科学依据。

#### 7.1.3 评价因子

$\gamma$  射线、放射性“三废”等。

#### 7.1.4 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，确保核医学科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 新建核医学科周围 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 (高活室、PET/CT 候诊室下面)	楼下	3.7	3	停车引导员
	消防水池 (PET/CT 机房下面)	楼下	3.7	0	巡检人员
	消防水泵房和控制室 (SPECT 候诊室和 SPECT 机房下面)	楼下	3.7	1	巡检人员
	一层西侧 (本影像中心)	西侧	相邻	8	本影像中心人员和就诊人员
	一层夹层	楼上	4	0	无人夹层
	二层 (本影像中心用房)	楼上	6.8	10	本影像中心人员和就诊人员
	二层夹层 (工作人员办公区)	楼上	10.5	10	本影像中心工作人员
	三层 (工作人员办公区)	楼上	13.7	10	本影像中心工作人员
3号楼周围	2号楼(3F)	东侧	8.4	/	待租
	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	/	待租
	6号楼(3F)	东南	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)	西南	31	25	地下车库和物业用房
	中石油加油站	北侧	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

核医学科辐射工作人员的年受照剂量约束值取 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

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 $\mu$ Sv/h 进行控制。PET/CT 和 SPECT 机房周围 30cm 处的剂量率按照 2.5 $\mu$ Sv/h 进行控制。

2. 其它控制要求：1) 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 $\mu$ Sv/h； 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 $\mu$ Sv/h。3) 控制区内通道的剂量率水平不大于 10  $\mu$  Sv/h（属于人员很少停留的场所）。

### 7.2.3 放射性废水排放控制要求

#### (1) 水污染物排放标准

《水污染物综合排放标准》（DB11/307-2013）给出了排入公共污水处理系统的水污染物排放限值：车间或生产设施排放口总  $\beta$  放射性为 10Bq/L。本项目放射性废水衰变池的排水口采用该数值控制。

#### (2) 排放含放射性核素废水的管理要求

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。衰变池（罐）显著位置应设置电离辐射警示标志，池（罐）底、壁应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性和具有防泄漏措施。不同存储池（罐）应进行编号标记，且具有液位显示、超限溢流、入口切换等装置。

### 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 7-3。

表 7-3 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  $^{18}\text{F}$  和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  相关活动视为“很简单操作”。本项目的日等效最大操作量为  $1.67\text{E}+7\text{Bq}$ ，故增加使用  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  之后，核医学科场所还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 7-4。

表 7-4 表面放射性物质污染控制水平（Bq/cm<sup>2</sup>）

表 面 类 型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	$4 \times 10$
	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		$4 \times 10^{-1}$

上表中值包括固定污染和松散污染的总数。对于皮肤、内衣、工作袜的污染应及时清理，尽可能达到本底水平。对设备、墙、地面的污染，应适当去污后，残存的污染可适当放宽，但需有审管部门的同意，并不超过表中值的 5 倍。表面污染可按一定的面积计算平均值：工作服、皮肤取  $100\text{cm}^2$ ，地板取  $1000\text{cm}^2$ 。

### 7.5 放射性固体废物管理

由于核医学科使用的放射性核素  $^{18}\text{F}$  和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的半衰期均较短，因此可以将放射性

废物收集暂存，待衰变至符合北京市核医学放射性废物管理要求时，解控为医疗废物处置。

据《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），本项目核医学科放射性固体废物须设置独立的废物间。药物操作场所、废物暂存室应分别设置有屏蔽能力并有电离辐射警示标志的废物桶、废物箱，并按照 A 类（所含核素半衰期小于 24 小时）废物进行标识。药物操作场所废物桶内应使用不易破损的塑料袋对固体废物进行收集，密封袋口后转移至暂存室废物箱中，并在塑料袋外表面注明废物类别（A 类）、重量（或体积）、所含核素名称、暂存起始日期等信息。

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，使用经检定合格的检测仪器对废物表面污染和辐射剂量率水平进行监测，辐射剂量率低于 200nSv/h 且  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染水平分别小于 0.08 Bq/cm<sup>2</sup> 和 0.8Bq/cm<sup>2</sup>，可对废物解控作为医疗废物处置，并详细记录“放射性固体废物暂存、处置管理台账”，内容包括放射性固体废物分类、废物所含核素名称、重量（kg）、废物暂存起始日期、废物暂存截止日期、表面污染自测结果、辐射剂量率自测结果、是/否符合解控要求、废物处置日期、废物处置操作人员、部门负责人审核、废物去向，每一袋放射性固体废物填写一行记录。

### 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。

本项目核医学科的分装质控室内安装通风橱，操作口风速 > 1m/s。通风橱设置独立的排风系统，排风口设在本建筑物顶部(高度约 20m)，排风口朝向北侧马路方向。通风橱将配套活性炭过滤器，更换周期为一年。使用初期，过滤器的过滤效率可达 90% 以上，使用一段时间后因吸潮后会有所降低。活性炭过滤器重量约 10kg，一年的更换周期内其过滤效率预计不低于 75%。

### 7.7 PET 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 7-5。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 7-5 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

### 7.8 放射性药物操作的一般放射防护要求

根据《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ 120-2006)的有关规定，操作放射性药物应有专门场所；在放射性工作场所不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物品；放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的那部分；购买的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和表面放射性污染擦拭实验结果等。

### 7.9 核医学科场所改建时辐射水平控制要求

核医学科场所  $\gamma$  辐射剂量率低于 200nSv/h， $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染水平分别小于 0.08Bq/cm<sup>2</sup> 和 0.8Bq/cm<sup>2</sup> 时，方可实施改建工程。

核医学科现有的 PET/MR 机房和 PET/MR 候诊室为预留的空置房间，未曾使用，不存在放射性污染，可直接安装 SPECT 设备和患者候诊桌椅等。除此而外，本次核医学科改建，不涉及其它内容，特别是不涉及放射性工作场所的施工，也不涉及将放射性工作场所转化为普通场所使用的情况，故无需关注改建时辐射水平控制问题。

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 日对全景德康影像中心租用的 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 7)。检测使用便携式 JW-3104 型 X- $\gamma$  剂量率仪, 在距地面 1m 高度测量  $\gamma$  辐射剂量率。

评价区  $\gamma$  辐射水平监测点位置见图 8-1, 监测结果见表 8-1。

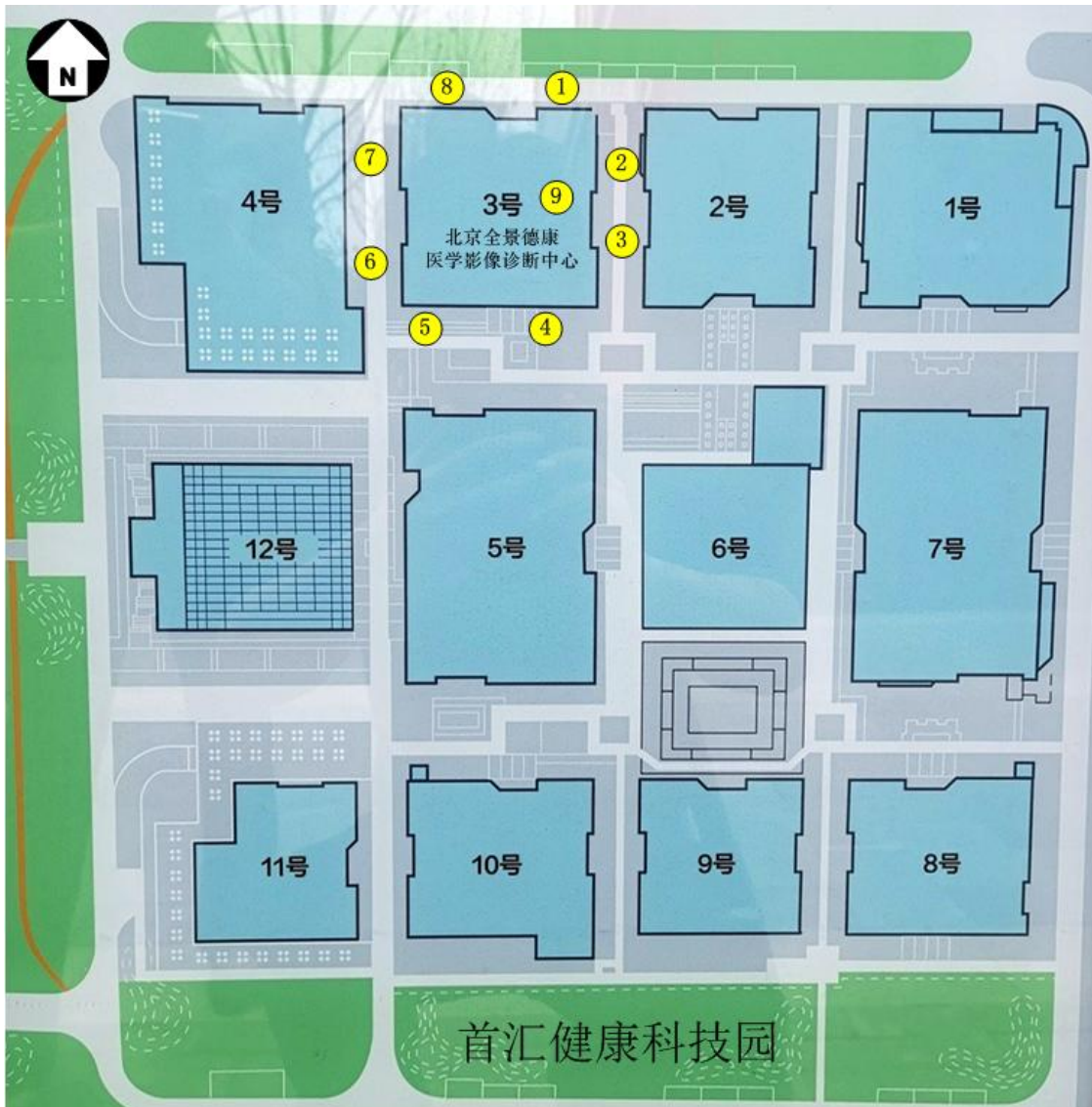


图 8-1 环境检测点位示意图

表 8-1 评价区现状环境  $\gamma$  辐射剂量率水平监测结果

点位	监测地点	$\gamma$ 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  $\gamma$  辐射剂量率为 115.7-124.6nGy/h，与北京市环境  $\gamma$  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**

核医学科使用的 PET/CT 已备案并登证,新增使用的 1 台 SPECT 装置,不带 CT 装置,不属于射线装置。

**9.2 密封校验源**

核医学科 PET/CT 装置使用的校验源已备案并获得使用许可。新增 SPECT 装置校验不使用密封源。

**9.3 放射性同位素显像设备与诊断流程**

影像中心拟在已建的核医学科(丙级非密封放射性物质工作场所)内,将空置的 PET/MR 机房调整为 SPECT 机房,将空置的 PET/MR 候诊室调整为 SPECT 候诊室,新增使用 SPECT 诊所所需  $^{99m}\text{Tc}$  标记的放射性药物,并维持场所丙级场所等级不变。

SPECT 技术是把标记有发射单光子核素(如  $^{99m}\text{Tc}$ )的重要生命物质(如糖、蛋白质、脂肪等)注射到人体内,然后借助 SPECT 装置进行扫描成像,以观察这些单光子核素在人体全身脏器的分布情况,以研究它们在人体内的代谢过程,该技术已成为生命科学研究的一个有力工具。

SPECT 在癌症骨转移、冠心病、肺动脉栓塞、急性脑梗塞、甲状腺癌诊断和评价等方面,能够发挥不可替代的作用。

**9.3.1 SPECT 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。本项目新建核医学科中涉及的内容为临床核医学中的放射性同位素显像检查,项目拟新增使用 1 台 SPECT 如下图 9-1 所示。



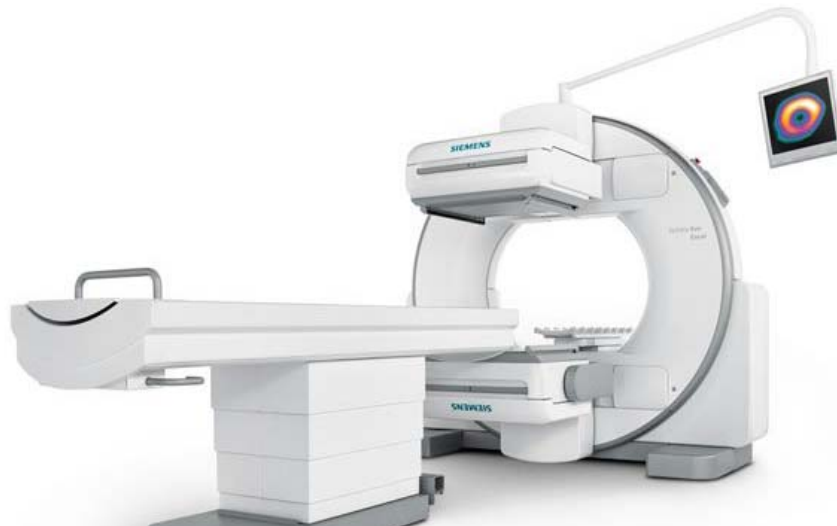


图 9-1 SPECT 扫描装置示意图

### 9.3.2 核医学科今后的同位素使用情况及工作场所等级

影像中心核医学科现许可使用的  $^{18}\text{F}$  仅限于 PET/CT 扫描使用，20 人次/日，日最大操作量为  $7.4\text{E}+9\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为  $7.4\text{E}+06\text{Bq}$ ，年用量为  $1.85\text{E}+12\text{Bq}$ 。核医学科改建后，PET/CT 扫描使用的  $^{18}\text{F}$  用量不变。

将预留的 PET/MR 机房和 PET/MR 候诊室调整为 SPECT 场所后。增加使用  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  放射性同位素。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  放射性药物为注射液，每人每次用量  $1.85 \times 10^8\text{Bq}$  (5mCi) ~  $9.25 \times 10^8\text{Bq}$  (25mCi)，其中心肌扫描和骨扫描用量较大，最大用量为  $9.25 \times 10^8\text{Bq}$  (25mCi)；进行甲状腺、肝脾、肺灌注、下肢静脉及颌下腺等各种脏器扫描用量相对较小，最大用量为  $3.7 \times 10^8\text{Bq}$  (10mCi)。按每人最大注射量  $9.25 \times 10^8\text{Bq}$  (25mCi) 和每台设备每天最大检查人数 10 人次计算，每天最大用量  $9.25\text{E}+9\text{Bq}$  (250mCi)。每年开展 2500 例患者的诊断检查，年用量  $2.31\text{E}+12\text{Bq}$ 。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  为低毒核素，毒性修正因子为 0.01，操作方式为很简单操作（环办辐射函〔2016〕430 号），修正因子为 10，则核素  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的日等效最大操作量为  $9.25 \times 10^6\text{Bq}$ 。

综合考虑，核医学科场所增加  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  后，核医学科日等效最大操作量为  $1.67 \times 10^7\text{Bq}$ ，仍然属于丙级非密封放射性物质工作场所。

表 3-1 新增使用放射性同位素

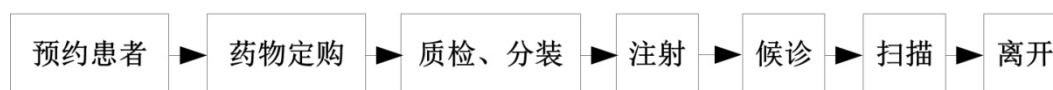
核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	贮存方式与地点
$^{18}\text{F}$	液态针剂；半衰期 110min；低毒	使用	$7.4\text{E}+9$	$7.4\text{E}+06$	$1.85\text{E}+12$	核医学科分装室
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态针剂；半衰期 6.02h；低毒	使用	$9.25\text{E}+9$	$9.25\text{E}+6$	$2.31\text{E}+12$	核医学科分装室
合计			$1.67\text{E}+10$	$1.67\text{E}+7$	$4.16\text{E}+12$	

### 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。全景德康影像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核医学科。核医学科负责药物注射人员对放射性药物名称、规格和数量，包装和外观进行检查，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 $\gamma$ 射线，利用 PET 和 SPECT 探测成像仪器进行扫描和显像。检查工作流程如下：



1. 预约患者：提前制定显像工作计划，通知患者。
2. 药物订购：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物。
3. 药物接收：外购药物由药品公司负责把药品送至核医学科高活室门口。接收人员核对放射性药物名称和活度，检查药品包装和外观质量，在摄像头监控下，“点对点”办理交接手续，然后暂存于高活室内。
4. 质检和分装：药物注射人员对药物活度进行验证。对需要分装的药物在通风柜内进行分装。通常，半衰期短的放射性药物，需要在高活室内分装。 $^{99m}\text{Tc}$  半衰期较长，由供药公司根据每人份订药量直接分装在注射器内，无需再次分装。
5. 注射：在注射窗口防护下，给受检人员注射放射性药物，然后将废注射器等装入铅屏蔽盒内暂存，放射性废物分类收集。
6. 候诊：受检人员在“PET/CT 候诊室”或“SPECT 候诊室”内等候（ $^{18}\text{F}$  候诊时间约 40min~90min， $^{99m}\text{Tc}$  心脏扫描候诊时间 1.5h，甲状腺 20min~30min，肾显像不用候诊）。
7. 检查：待药物在身体内有一定程度的代谢后，进行 PET/CT 或 SPECT 扫描检查（一般在 20min 左右）。检查前通常如厕排空膀胱内尿液，以减少放射性干扰。
8. 留观：显像检查患者在扫描后，留观片刻（5-10min 左右）。如显像结果符合诊断要求，即离开核医学科。

### 9.3.5 放射性核素辐射特性

$^{18}\text{F}$  物理半衰期很短，主要发射  $\gamma$  射线、正电子 ( $\beta^+$ )。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

序号	核素名称	毒性	半衰期	衰变类型	主要 $\beta$ 能量 (max, keV)	主要 $\gamma$ 能量 (keV)	用途
1	$^{18}\text{F}$	低毒	109.8min	$\beta^+$	635	511	PET/CT显像
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	低毒	6.02h	IT	/	141(89%)	SPECT显像

### 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  $\gamma$  射线。因此，本项目污染因素主要是  $\gamma$  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，分装室洗手废水、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  $^{18}\text{F}$  和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  放射性药物全部向专业公司购买。在分装室内只对  $^{18}\text{F}$ FDG (2-脱氧葡萄糖的氟代衍生物) 进行分装。 $^{18}\text{F}$ FDG 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

1. 操作放射性药物时发生容器破碎，药物泼洒等意外事件，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。泼洒的药物挥发将产生少量放射性废气，污染清除将产生少量的放射性固体废物。

2. 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。

3. 放射性药物保管不当，发生遗失或被盗，可能造成环境放射性污染。核医学科在分装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盗和丢失事件的发生。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 核医学科周围环境和平面布局

(1) 核医学科周围环境

影像中心核医学科位于 3 号楼一层东侧，其北侧、东侧、南侧是室外，西侧为本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。二层为影像中心其它放射诊断设备（DR、CT 和乳腺机）用房，三层为办公区域和餐厅。

3 号楼为方形独栋建筑，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。该栋建筑由全景德康影像中心整栋租用。其东侧隔 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 号楼周围 50m 范围内，无学校、居民楼、养老院等敏感目标，无商场和超市等人员密集场所，且远离市区核心区。

(2) 核医学科现状平面

核医学科现状布局如图 10-1 和附图 3 所示，PET/CT 相关场所（机房、控制室、高活室、注射室、候诊室、留观室、废物库、源库）等已获得使用许可。PET/MR 相关区域（机房、控制室和库房）为预留区域，未获得使用许可。

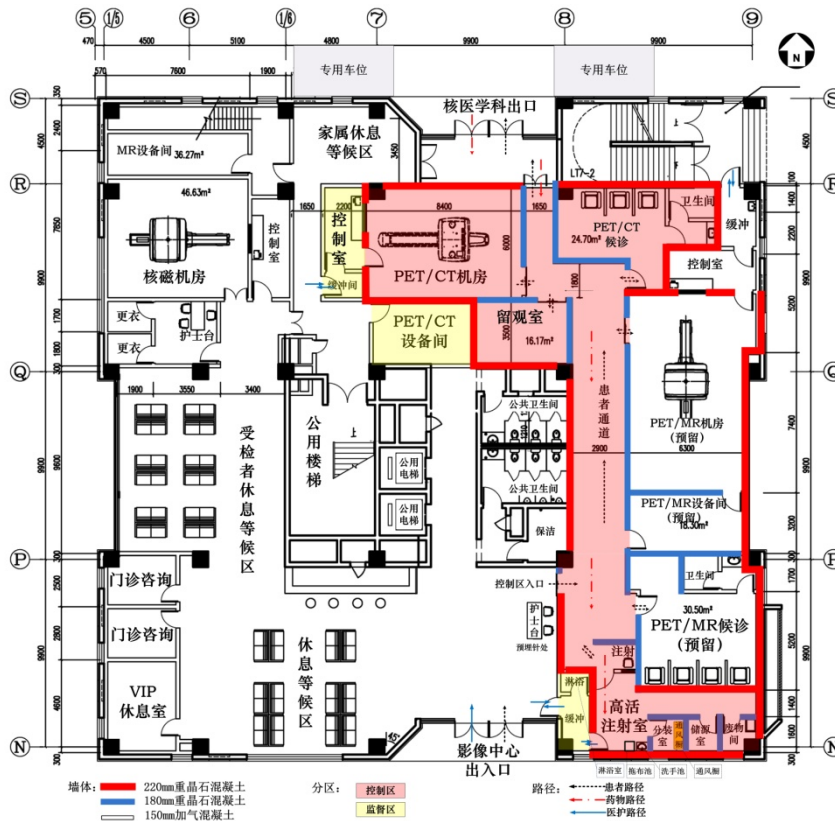


图 10-1 3 号楼一层平面和核医学科（右侧）现状布局图

### (3) 核医学科改建后平面布局

本次核医学科改建，将空置的 PET/MR 机房调整为 SPECT 机房，将空置的 PET/MR 候诊室调整为 SPECT 候诊室，新增使用 SPECT 诊断所需的  $^{99m}\text{Tc}$  放射性药物，并维持场所丙级场所等级不变。

核医学科改建完毕后，控制区包括 PET/CT 机房，SPECT 机房，高活室，注射室，贮源室，废物间，SPECT 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、SPECT 控制室，库房、PET/CT 设备间、医护人员缓冲间。改建后核医学科平面布局见图 10-2 和附图 4 所示。

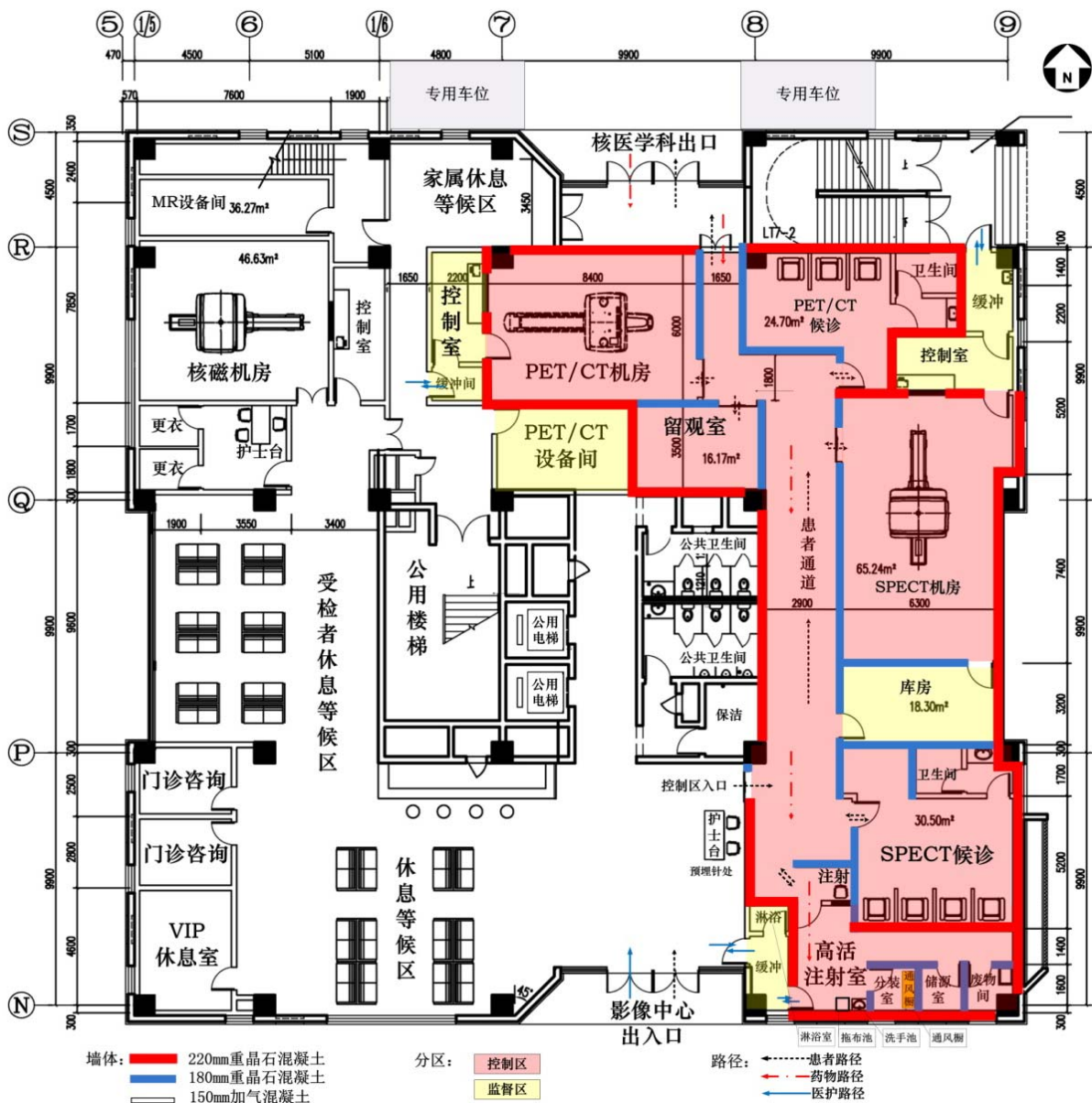


图 10-2 改建后核医学科平面布局示意图

## 10.2 核医学科现状实体屏蔽防护

核医学科一层底板总厚度为 32cm 混凝土。核医学科顶板为 15cm 厚现浇普砼+15cm 钢筋重晶石混凝土（密度 3.3t/m<sup>3</sup>）。

核医学科屏蔽墙采用 3 种规格：1) 核医学科控制区边界的墙体，以及 PET/CT 候诊室南墙，均采用 22cm 厚重砼（密度 3.3t/m<sup>3</sup>），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<sup>3</sup>），图 10-2 中未标注的墙体。

核医学科现状实体屏蔽方案见表 10-1 所示。

表 10-1 核医学科现状实体屏蔽防护情况

场所名称	使用功能	现状实体屏蔽方案	
		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 <sup>18</sup> 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
SPECT 注射候诊室	注射 <sup>99m</sup> Tc 药物的患者，等待 SPECT 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
SPECT 机房 (10.3m×6.3m)	SPECT 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 重砵
		东墙、西墙、北墙	18cm 重砵
		防护门	普通防盗门
分装室	暂存放射性废物	南墙	22cm 重砵
		东墙、西墙、北墙	18cm 重砵
		防护门	普通防盗门

注：22cm 重砵 (3.3t/m<sup>3</sup>) 相当于 31cm 普砵；18cm 重砵相当于 25cm 普砵 (2.35t/m<sup>3</sup>)。

### 10.3 核医学科辐射安全防护设施/措施

#### 10.3.1 根据核医学科监督检查要求的落实情况

核医学科根据辐射防护以及监督检查要求，设计了含铅防护门、铅玻璃，专用通风橱，放射性废水衰变池和固体废物间。此外，还配备了防辐射注射窗、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。

核医学科现已具备的辐射安全防护设施见表 10-2。辐射安全与防护设施/措施实物照片见附件 8。

表 10-2 新建核医学科辐射安全防护设施核查表

序号	检查项目	现状情况	现以落实情况
1*	A 场所设施	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 SPECT 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。地面和墙上设置有引导文字和标线
5		安全保卫设施（贮存场所必须）	√ 储源室安装防盗门，设闭路监视系统。双人双锁管理。安全防范系统通过了验收，符合三级安全防范要求。
6*		通风设施（通风橱/手套箱、记录的流速）	√ 高活室配备了通风橱，屏蔽厚度 50mmPb。
7*		注射或口服取药用屏蔽	√ 配备了防辐射注射窗
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	√ 高活室设置洗手池和拖布池，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	√ 设槽式放射性废水衰变池。
12*	B 监测设备	便携式监测仪器仪表（污染、辐射水平等）	√ 配置了 2 台 Inspector Alert 表面污染监测仪和 2 台 BG9511 型 X-γ 剂量率检测仪
13*		个人剂量计	√ 所有工作人员配备 TLD 个

				人剂量计开展个人剂量监测。
14		个人剂量报警仪	--	配置了10台BG2010个人剂量报警仪。
15*		放射性活度计	√	高活室配备了1台活度计
16	C 个人防护	防护手套、口罩等	√	配备一次性医用口罩和手套若干。
17		放射性表面去污用品和试剂	√	洗涤灵、酒精和棉球
18	D 放射性废物和废液	放射性固体废物和废液贮存设施	√	共配置了5个废物桶。设置了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	√	配置了2台Inspector Alert表面污染监测仪和2台BG9511型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

### 10.3.2 核医学科已落实的辐射安全与防护措施

1. 电离辐射警示标志和工作状态指示灯: 在控制区出入口上张贴了电离辐射警告标识, 警示无关人员不要在出、入口长久停留。在高活室、废物间、源库和 PET/CT 机房门上设置电离辐射警示标志。PET/CT 机房门口设置“射线有害, 灯亮勿入”警示灯箱, 并与控制室防护门关联。

2. 核医学科实行了分区管理, 划为控制区和监督区。在控制区入口设置了电动防护门, 值班护士刷卡才能开启, 并具有自动延迟(6s)关闭功能。出口防护门设置了单向门禁系统, 无关人员无法进入控制区。

3. 外照射防护: 核医学科控制区边界、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。

4. 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(铅屏蔽厚度为20mmPb)和1个铅制废物桶, 在废物间配置4个铅制废物桶(20L)。

5. 内照射的防护: 高活室配备分装通风橱, 屏蔽厚度为50mm铅, 通风橱操作口风速不低于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3#楼顶部排放, 高度约20m。此外, 在给药候诊室、留观室、PET/CT 机房、SPECT 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 3#楼顶部排放，高度约 20m，顶部排风出口朝向北侧。

6. 放射性表面污染控制措施：注射区、高活室、扫描室、储源室、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。通风橱和工作台面选用表面光洁、耐腐蚀、防渗漏、易去污的材料。

7. 放射性废水收集处置：核医学科高活室内洗手池（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了 6mm 厚度的铅皮进行包裹防护。衰变池采用槽式设计，衰变池总容积为  $30\text{m}^3$  ( $10\text{m}^3 \times 3$ )，并砌了隔墙防止无关人员靠近。废水至少暂存 30 天（废水罐达到高液位并自动切换后计时）后依照《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》中 A 类费用管理要求排放，并详细记录“放射性废水暂存、处置管理台账”，清晰记录放射性废水的暂存、检测、解控、排放等信息。

8. 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，次日早上转移至废物间。核医学科废物间设置了 2 个 10mm 铅的废物桶（容积 20L），轮流使用。病人候诊室和留观室各配备 1 个废物桶，收集病人候诊期间产生的放射性废物。放射性固废放置至少一个月后，依照《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》A 类固体废物相关要求进行处理，并详细记录放射性固体废物暂存、处置管理台账，清晰记录放射性废物的暂存、检测、解控、排放等信息。

9. 核医学科高活室安装了电视监控和防盗警戒系统，已通过公安部门认可单位的验收，符合三级安全防范要求。

10. 核医学科配置 2 台 Inspector 表面污染监测仪，2 台 BG9511 型 X- $\gamma$  剂量率仪，用于表面污染和剂量率水平的检测。此外，影像中心还配置了 10 台 BG2010 型个人剂量报警仪。

11. 在 3 号楼北侧一层地面上设定 2 个 PET/CT 检查专用车位。PET/CT 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/CT 检查病人出口。

12. 核医学科配备了 11 名辐射工作人员，其中医师 4 人、护师 2 人、技师 4 人和物理师 1 名，本项目拟新增 1 名物理师，能够满足核医学科正常运转所需辐射工作人员需要。上述人员全部通过辐射安全与防护考核，持有合格证书。所有人员开展了个

人剂量监测。

13. 核医学科安装有火灾报警器，配备有灭火器材，有放射性同位素应急去污包装容器，以及必要的警示标志和警戒线。

#### 10.3.4 本项目将完善的辐射安全与防护措施

1. SPECT 机房门口设置“射线有害，灯亮勿入”警示灯箱，并与控制室防护门关联。SPECT 机房门上设置电离辐射警告标志。

2. SPECT 候诊室内配备 1 个废物桶，收集病人候诊期间产生的放射性废物。

#### 10.4 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。	在核医学科控制区出入口处，PET/CT 机房门口、SPECT 机房门口、源库门口等位置设置了放射性警告标识和中文警示说明，在 PET/CT 机房和 SPECT 机房门口防护门上方设置工作状态指示灯，并采取门灯联锁措施。	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。	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。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。	每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交年度评估报告。	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。	所有辐射工作人员，在上岗前通过辐射安全与防护考核，持有合格证书上岗。每 5 年再次参加考核，已经制定了辐射工作人员培训考核计划。 核医学科已有 11 名辐射工作人员通过	符合

	了辐射安全与防护考核，持有合格证书。 本项目新增配置 1 名辐射工作人员。	
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，并将有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，委托有个人剂量检测资质的专业公司进行个人剂量检测，频度为每季度一次。	符合

### 10.5 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辐射安全与环境保护管理工作。	成立了由院长为组长的辐射防护和安全管理小组，全面负责本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
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。	所有辐射工作人员，在上岗前将通过辐射安全与防护考核，持证上岗。每 5 年参加复训，并制定了辐射工作人员培训计划。 核医学科已有 11 名辐射工作人员通过了辐射安全与防护考核，持有合格证书。本项目新增配置 1 名辐射工作人员。	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。	核医学科高活室安装点对点交接摄像头，安装防盗门。	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。	在核医学科控制区出、入口处，PET/CT 机房门口、SPECT 机房门口、源库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 SPECT 机房门口防护门上方设置工作状态指示灯，并采取门灯联锁措施。	符合
配备必要的防护用品和监测仪器。	已配置 2 台 Inspector 表面污染监测仪，2 台 BG9511 型 X-γ 剂量率仪，用于表面污染和剂量率水平的检测。	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

<p>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。</p>	<p>高活室内配备通风橱，设置专用排风管道，排风引至本建筑物顶部排放。核医学科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 30 天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 个月后，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。核医学科废旧校验源，送交北京市城市放射性废物库。</p>	<p>符合</p>
--	---	-----------

**表 11 环境影响分析**

**11.1 建设阶段对环境的影响**

核医学科屏蔽防护施工活动已经完成，本项目仅涉及少量室内装下施工，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 核医学科分区管理**

核医学科辐射工作场所实行分区管理。其中，PET/CT 和 SPECT 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。控制室、缓冲间、库房作为监督区进行管理，限制无关人员进入。

**11.2.2 患者就诊流程**

患者按照预约时间，到达全景德康影像中心一层南侧入口进入接待区（开车人员将车停放到 3 号楼北侧专用车位内）→轮到患者显像检查时，由引导员引导，从核医学科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（SPECT 和 PET/CT 分开候诊）等候→PET/CT 或者 SPECT 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核医学科→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。

**11.2.3 工作人员流程**

PET/CT 操作人技师：技师从本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。

SPECT 操作人技师：技师到达东北角 SPECT 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。

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→在缓冲间更换工作服和拖鞋，然后离开缓冲间。

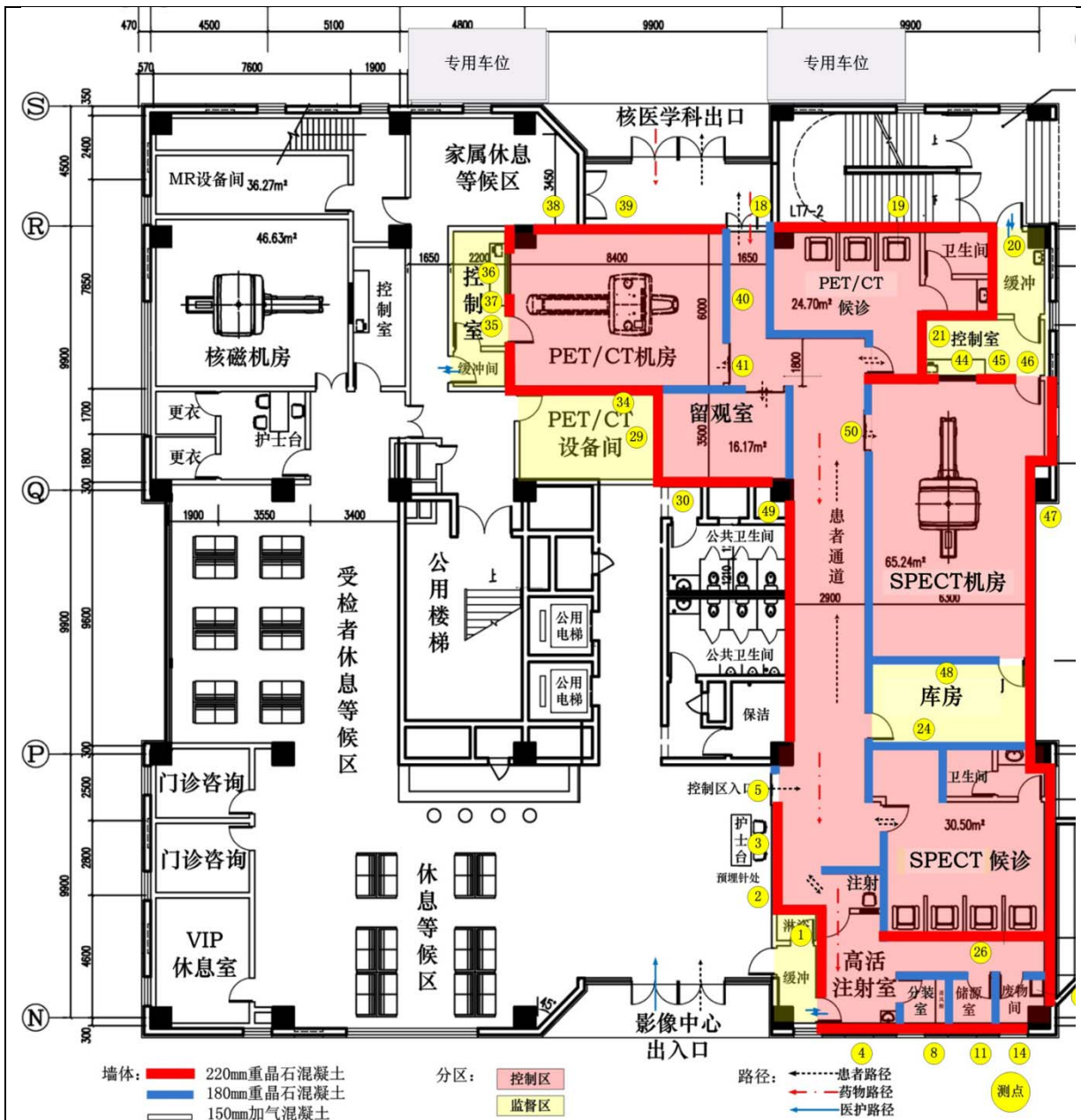


图 11-1 改建后核医学科的布局 (含剂量估算点位)

#### 11.2.4 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，从受检者出口进入核医学科，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，核医学科高活室内目前已安装防盗门和监控设备，并已通过了安保验收，满足三级安全防范要求。

#### 11.2.5 放射性废物转移路线

注射窗旁设置一个含 20mm 铅的废物桶，存放废弃的放射性药物、注射器、包装物、棉棒、一次性用品等。核医学科已购置 5 个 20L 铅制废物桶，拟在高活室设置 1 个废

物桶，在废物间配套 2 个，在 2 个候诊室分别设置 1 个，内衬不易破损的塑料袋，收集病人候诊期间产生的放射性废物，次日早晨标注日期等转移至废物间。废物间设置 2 个废物桶交替使用，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，依照《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》中 A 类固体废物管理要求，解控作为医疗废物处置，从控制区北侧出口运出，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

### 11.2.6 放射性废水暂存和排放

核医学科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 6mm 铅包裹)排入位于 3 号楼地下一层的放射性废水衰变池。目前，槽式衰变池已经建好，总容积约为  $30\text{m}^3$ ， $10\text{m}^3/\text{池} \times 3 \text{池}$ 。具体位置如图 11-2 所示。



图 11-2 地下一层衰变池位置示意图

通常情况下，PET/CT 受检者在扫描前须如厕排尿，在留观期间可能有少数受检者会如厕，即每位受检者如厕 1-2 次。本项目设在商业楼内而非医院医疗楼内，周围环境相对敏感，故采取保守模式估算放射性废水的产生量，并严格配套了放射性废水暂存和排放控制设施，避免出现放射性废水不达标排放的情况。

核医学科每日最多开展共计 30 人次的 PET/CT 和 SPECT 检查，每位受检者如厕 2 次，每人次冲厕废水 5L，则每日冲厕废水总量为 300L；清洁废水 60L/d（受检者和药物注射人员洗手废水 30L/d，核医学科清洁废水 30Lm<sup>3</sup>/d），则核医学科全部放射性废水产生量为 360 L/d。每月按 23d 计，每月的放射性废水产生量约 8.3m<sup>3</sup>。衰变池 3 个 10m<sup>3</sup> 的废水罐轮流使用，废水实际可以暂存 2.4 个月，满足 A 类放射性废水暂存 30 天要求。衰变池排出的废水，由自建一体化污水处理设备(地下一层)进一步处理后，排至市政污水管网。

核医学科放射性废水收集和衰变池结构布局见图 11-3 所示。衰变池外观图片见附件 8。

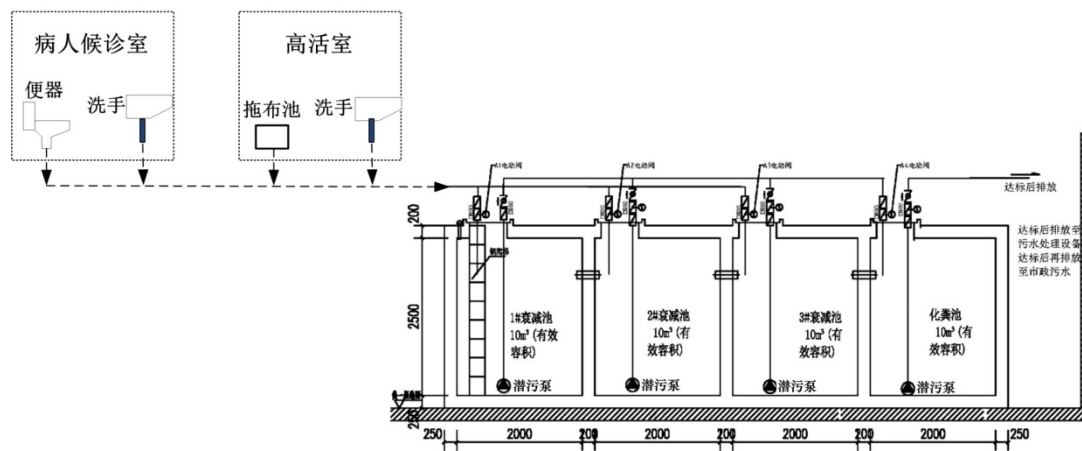


图 11-3 核医学科放射性废水收集和衰变池结构布局示意图

### 11.2.7 放射性废气组织路径

高活室内配置了 1 个有独立排风的通风橱。放射性药品的分装等操作在通风橱内进行。通风橱排风管道经 3#楼管道井引至房顶排放，排放口朝向北侧马路，高度 20m。在通风橱内操作放射性药物时，操作口的风速大于 1.0m/s，通风橱设活性炭过滤装置，拟每年更换一次，过滤效率大于 90%。核医学科通风系统过滤装置照片见附件 8 所示。

可见，核医学科分区明确，配置了必要的设置功能房间，配套有“三废”处理设施，购置了必要的辐射防护用品，能够满足工作需要。

### 11.3 核医学科辐射屏蔽

核医学科控制区边界的墙体，以及 PET/CT 候诊室南墙，均采用 22cm 厚重砼（密度 3.3t/m<sup>3</sup>），控制区内其它墙体采用 18cm 厚重砼墙体。核医学科现状实体屏蔽防护情况见表 10-1 所示。

此外，核医学科设置了含铅防护门、铅玻璃，专用通风橱，放射性废水衰变池和



固体废物间。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。

本项目新增使用的  $^{99m}\text{Tc}$  放射性核素，其能量低于  $^{18}\text{F}$ ，如果屏蔽墙能够满足  $^{18}\text{F}$  的防护要求，一定能够满足  $^{99m}\text{Tc}$  的防护要求，所以将预留的 PET/MR 机房和候诊室变更为 SPECT 机房和候诊室，从辐射屏蔽方面考虑一定可行。

#### 11.4 贯穿辐射环境影响预测

##### (1) 辐射源项

1)  $^{18}\text{F}$  显像药物半衰期短，需要在核医学科再次分装，故需要考虑分装环节的环境影响。每次最大分装量为 200mCi（半天 10 人次用药量，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 处的剂量率为 1170  $\mu\text{Sv/h}$ 。

2)  $^{18}\text{F}$  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， $^{18}\text{F}$  源的  $K_{\gamma}$  常数为 0.143 $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ，给患者注射 370MBq  $^{18}\text{F}$  后，距离患者 1m 处的剂量率为 34 $\mu\text{Gy/h}$ 。

3)  $^{99m}\text{Tc}$  的最大用量为 0.925GBq(25mCi)。注射 0.925GBq(25mCi)  $^{99m}\text{Tc}$  药物病人，其 1m 处的辐射剂量率为 3.75 $\mu\text{Sv/h}$ (国际放射防护委员会，第 52 号出版物，p14,1987)。

4) PET/CT 和 SPECT 候诊室每次停留 2 名受检者，留观室同时留观 2 人受检者（1 名  $^{18}\text{F}$  PET/CT 扫描。1 名  $^{99m}\text{Tc}$  SPECT 扫描）。

5) 参照《核医学辐射安全与防护要求》（报批稿）要求：1) 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 $\mu\text{Sv/h}$ ；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 $\mu\text{Sv/h}$ 。

6)  $^{68}\text{Ge}$  密封校验源最大活度为 92.5MBq，1m 处的剂量率为 1.5  $\mu\text{Sv/h}$ 。

##### (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，估算分装室、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; D<sub>0</sub>: 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。对 <sup>18</sup>F 来讲, 铅中 TVL=16.6mm, 混凝土中 TVL=176mm。对于 <sup>99m</sup>Tc 来讲, 铅中 TVL=1mm, 混凝土中 TVL=66mm。

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) 核医学科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), 估算分装室、PET/CT 机房、SPECT 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 核医学科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 (如图 11-1)	源项	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	1 名患者注射 10mCi <sup>18</sup> F	220mm 重砼	2.3	1.73E-2	1.11E-01	监督区
			2 名 SPECT 患者候诊	220mm 重砼 +180mm 重砼	5	3.08E-9	4.62E-10	
	2	西侧护士台南侧	1 名患者注射 10mCi <sup>18</sup> F	220mm 重砼	3.8	1.73E-2	4.07E-02	普通区域
			2 名 SPECT 患者候诊	220mm 重砼 +180mm 重砼	5	3.08E-9	4.62E-10	
	3	西侧护士台	1 名患者注射 10mCi <sup>18</sup> F	220mm 重砼	4	1.73E-2	3.68E-02	普通区域
			2 名 SPECT 患者候诊	220mm 重砼 +180mm 重砼	5	3.08E-9	4.62E-10	
	4	南侧墙外	1 名患者注射 10mCi <sup>18</sup> F	220mm 重砼	4.7	1.73E-2	2.66E-02	普通区域
			2 名 SPECT 患者候诊	220mm 重砼 +180mm 重砼	4.8	3.08E-9	5.01E-10	
	5	控制区出口处	2 名 SPECT 患者候诊	8mmPb	4	1.0E-8	2.34E-09	普通区域
			1 名患者注射 10mCi <sup>18</sup> F	220mm 重砼 +180mm 重砼	4.7	6.58E-4	1.01E-03	
	6	二楼影像中心	1 名患者注	150mm 重砼	6.8	9.00E-3	6.61E-03	普通区域

	7	地下一层停车场	射 10mCi $^{18}\text{F}$	320mm 普砼	3.7	1.52E-2	3.67E-02	普通区域
分装室	8	南侧墙外	分装 100mCi $^{18}\text{F}$	220mm 重砼 +50mmPb	1	1.68E-5	2.95E-02	普通区域
	9	二楼影像中心		150mm 重砼 +50mmPb	4	8.75E-6	3.32E-04	普通区域
	10	地下一层停车场		320mm 普砼	3.7	8.76E-6	1.87E-03	普通区域
	10A	通风橱表面 30cm 处	15mCi $^{18}\text{F}$ 测活度	40mmPb	0.5	3.89E-3	1.36E+00	控制区
储源室	11	南侧墙外	源库贮存 3 枚 $^{68}\text{Ge}$ 放射源	220mm 重砼	1	1.73E-2	3.11E-02	普通区域
	12	二楼影像中心		150mm 重砼	6.8	9.00E-3	3.50E-04	普通区域
	13	地下一层停车场		320mm 普砼	3.7	1.52E-2	2.00E-03	普通区域
废物间	14	南侧墙外	废物间贮存 2 桶放射性废物	220mm 重砼	1	1.73E-2	3.89E-03	普通区域
	15	东侧墙外		220mm 重砼	1.2	1.73E-2	2.70E-03	普通区域
	16	二楼影像中心		150mm 重砼	6.8	9.00E-3	4.37E-05	普通区域
	17	地下一层停车场		320mm 普砼	3.7	1.52E-2	2.47E-04	普通区域
PET/CT 候诊室	18	北侧控制区出口外	2 名注射 10mCi $^{18}\text{F}$ 患者同时候诊	220mm 重砼 (60° 斜射)	2.3	3.00E-4	1.93E-03	普通区域
	19	北侧楼梯处		220mm 重砼	1.0	1.73E-2	5.88E-01	普通区域
	20	东侧缓冲间		220mm 重砼	1.0	1.73E-2	5.88E-01	监督区
	21	东侧控制室		220mm 重砼 (45° 斜射)	3.0	3.22E-3	1.22E-02	监督区
	22	二楼影像中心		150mm 重砼	6.8	9.00E-3	6.61E-03	普通区域
	23	地下一层消防泵房		320mm 普砼	3.7	1.52E-2	3.76E-02	普通区域
SPECT 候诊室	24	北侧 SPECT 设备间	2 名注射 25mCi $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者同时候诊	180mm 重砼	5.5	1.48E-4	1.83E-05	监督区
	25	东侧墙外		220mm 重砼	3.0	2.08E-5	8.67E-06	普通区域
	26	南侧墙外		220mm 重砼	1.0	2.08E-5	7.80E-05	控制区
	27	二楼影像中心		150mm 重砼	6.8	6.43E-4	5.21E-05	普通区域
	28	地下一层消防泵房		320mm 普砼	3.7	1.42E-5	3.89E-06	普通区域
留观室	29	西侧 PET/CT 设备间	1 名 $^{18}\text{F}$ 和 1 名 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者同时留观	220mm 重砼	1.5	1.73E-2	2.61E-01	监督区
	30	南侧公共卫生间		220mm 重砼	1.0	1.73E-2	5.88E-01	普通区域
	31	二楼影像中心		150mm 重砼	6.8	9.00E-3	6.61E-03	普通区域
	32	地下一层消防泵房		320mm 普砼	3.7	1.52E-2	3.74E-02	普通区域
PET/CT 机房	34	南侧 PET/CT 设备间内	1 名注射 10mCi $^{18}\text{F}$ 患者扫描	220mm 重砼	3.2	1.73E-2	5.74E-02	监督区
	35	西侧防护门外 (控制室内)		8mmPb	4.8	3.29E-1	4.86E-01	监督区
	36	西侧观察窗外操作位 (控制室)		8mmPb	5.4	3.29E-1	3.84E-01	监督区
	37	西侧墙外 (控制室)		220mm 重砼	4.8	1.73E-2	2.55E-02	监督区
	38	北侧墙外 (家属休息		220mm 重砼 (30° 斜射)	3.9	9.25E-3	2.07E-02	普通区域

		室)						
	39	北侧墙外		220mm 重砼	3.0	1.73E-2	6.54E-02	普通区域
	40	东侧墙外		180mm 重砼	3.9	3.80E-2	8.49E-02	控制区
	41	东侧防护门外		8mmPb (15°斜射)	4.6	3.17E-1	5.09E-01	控制区
	42	二楼影像中心		150mm 重砼	6.8	9.00E-3	6.61E-03	普通区域
	43	地下一层停车场		320mm 普砼	3.7	1.52E-2	3.74E-02	普通区域
SPECT 机房	44	北侧观察窗外 控制室操作	1 名注射 25mCi <sup>99m</sup> Tc 患者扫描	8mmPb	4.9	1.00E-8	1.56E-09	监督区
	45	北侧墙外(控制室内)		220mm 重砼	5.2	2.08E-5	2.88E-06	监督区
	46	北侧防护门外		8mmPb (30°斜射)	5.8	5.79E-10	6.45E-11	监督区
	47	东侧墙外		220mm 重砼	3.4	2.08E-5	6.75E-06	普通区域
	48	南侧墙外 (SPECT 设备间)		180mm 重砼	6.1	1.48E-4	1.49E-05	监督区
	49	西侧公共卫生间		220mm 重砼 +180mm 重砼	6.3	3.08E-9	2.91E-10	普通区域
	50	SPECT 机房 患者门外		8mmPb				
	51	二楼影像中心		150mm 重砼	6.8	6.43E-4	5.21E-05	普通区域
	52	地下一层消防 泵房		320mm 普砼	3.7	1.42E-5	3.89E-06	普通区域
3 号楼内	54	PET/CT 机房 上面二层夹层	1 名注射 10mCi <sup>18</sup> F 患者扫描	150mm 重砼 + 150mm×2 普砼	10.5	1.26E-3	3.89E-04	普通区域
	55	PET/CT 机房 上面三层		150mm 重砼 + 150mm×3 普砼	13.7	1.78E-4	3.22E-05	普通区域
	56	SPECT 机房 上面二层夹层	1 名注射 25mCi <sup>99m</sup> Tc 患者扫描	150mm 重砼 + 150mm×2 普砼	10.5	1.83E-8	6.22E-10	普通区域
	57	SPECT 机房 上面三层		150mm 重砼 + 150mm×3 普砼	13.7	1.00E-10	2.00E-12	普通区域
	58	候诊室上面二 层夹层	2 名注射 10mCi <sup>18</sup> F 患者同时候 诊	150mm 重砼 + 150mm×2 普砼	10.5	1.26E-3	3.89E-04	普通区域
	59	候诊室上面三 层		150mm 重砼 + 150mm×3 普砼	13.7	1.78E-4	3.22E-05	普通区域
3 号楼周 围	61	2 号楼(3F)	1 名注射 10mCi <sup>18</sup> F 患者同时候 诊	220mm 重砼 + 370mm 砖墙	8.4	5.78E-4	2.79E-04	普通区域
	62	4 号楼 (3F)	1 名注射 10mCi <sup>18</sup> F 患者同时候 诊	220mm 重砼 + 370mm 砖墙×2	23	1.92E-5	1.23E-06	普通区域
	63	5 号楼 (2F)	1 名注射 10mCi <sup>18</sup> F 患者同时候 诊	220mm 重砼 + 370mm 砖墙	18.3	5.78E-4	5.87E-05	普通区域
	64	6 号楼 (3F)	2 名注射 10mCi <sup>18</sup> F 患者同时候 诊	220mm 重砼 + 370mm 砖墙	42	5.78E-4	1.11E-05	普通区域
	65	中石油加油站	2 名注射 10mCi <sup>18</sup> F 患者同时候 诊	220mm 重砼	47	1.73E-2	2.66E-04	普通区域

注：重砼密度 3.3t/m<sup>3</sup>，砖墙密度 1.7 t/m<sup>3</sup>，普砼密度 2.35 t/m<sup>3</sup>。

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、二楼影像中心内、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 0.588 μSv/h，满足本项目辐射场所控制区边界辐射剂量率小于 2.5 μSv/h 的要求。

2) 控制区边界外的监督区，最大附加剂量率为 0.588 μSv/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 μSv/h 的要求。

3) PET/CT 机房和 SPECT 机房周围的附加剂量率最大为 0.509 μSv/h，满足本项目设定的 2.5 μSv/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 SPECT 最大工作负荷进行估算，每次 PET/CT 和 SPECT 扫描时间均按 20min 计，全年 PET/CT 机房内受检者停留总时间 1667h，SPECT 机房内受检者停留时间 833.2h。PET/CT “给药后候诊室”内受检者停留时间分别为 1667h，SPECT 候诊室内受检者停留时间 833.2h，留观室受检人员停留时间 1250h（主要考虑 <sup>18</sup>F 患者，留观 15min）。

PET/CT 采用“三通”方式注射，药物注射时间为 30s/人，全年累计注射 <sup>18</sup>F 的时间为 62.5h。SPECT 采用直接注射的方式注射，每人次平均 1min，全年累计注射 <sup>99m</sup>Tc 的时间也为 62.5h。药物分装时间 2min/人次，全年累计分装 <sup>18</sup>F 药物的时间为 166.7h。

表 11-2 给出了公众可能受照剂量估算结果。可见，公众年受照剂量最大 45.9 μSv（留观室南侧卫生间），其它点位的附加剂量率均满足本项目 0.1mSv/a 的剂量约束要求。3 号楼三层办公场所和 3 号楼周围停留公众的年受照剂量低于 1 μSv，基本上可以忽略，说明本项目对周围的环境的辐射影响是完全可以接受的。

表 11-2 核医学科运行所致公众外照射剂量估算

场所名称	编号 (图 11-1)	估算点位置	附加剂量 率 (μSv/h)	居留因子	全居留时 间 (h/a)	受照剂量 (μSv/a)
高活注射 室	2	西侧护士台南侧	4.07E-02	1	62.5	2.54E+00
	3	西侧护士台	3.68E-02	1	62.5	2.30E+00
	4	南侧墙外	2.66E-02	1/4	62.5	4.16E-01
	5	控制区出口处	1.01E-03	1/4	62.5	1.58E-02
	6	二楼影像中心	6.61E-03	1	62.5	4.13E-01
	7	地下一层停车场	3.67E-02	1/4	62.5	5.73E-01
分装室	8	南侧墙外	2.95E-02	1/4	166.7	1.23E+00
	9	二楼影像中心	3.32E-04	1	166.7	5.53E-02

	10	地下一层停车场	1.87E-03	1/4	166.7	7.79E-02
储源室	11	南侧墙外	3.11E-02	1/4	2000	1.56E+01
	12	二楼影像中心	3.50E-04	1	2000	7.00E-01
	13	地下一层停车场	2.00E-03	1/4	2000	1.00E+00
废物间	14	南侧墙外	3.89E-03	1/4	2000	1.95E+00
	15	东侧墙外	2.70E-03	1/16	2000	3.38E-01
	16	二楼影像中心	4.37E-05	1	2000	8.74E-02
	17	地下一层停车场	2.47E-04	1/4	2000	1.24E-01
SPECT候诊室	18	北侧控制区入口	1.93E-03	1/4	833.2	4.02E-01
	19	北侧楼梯处	5.88E-01	1/16	833.2	3.06E+01
	22	二楼影像中心	6.61E-03	1	833.2	5.51E+00
	23	地下一层消防泵房	3.76E-02	1/16	833.2	1.96E+00
PET/CT候诊室	24	北侧 SPECT 设备间	1.83E-05	1/16	1667	1.91E-03
	25	东侧墙外	8.67E-06	1/16	1667	9.03E-04
	27	二楼影像中心	5.21E-05	1	1667	8.69E-02
	28	地下一层消防泵房	3.89E-06	1/16	1667	4.05E-04
留观室	29	西侧 PET/CT 设备间	2.61E-01	1/16	1250	2.04E+01
	30	南侧公共卫生间	5.88E-01	1/16	1250	4.59E+01
	31	二楼影像中心	6.61E-03	1	1250	8.26E+00
	32	地下一层消防泵房	3.74E-02	1/16	1250	2.92E+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
	42	二楼影像中心	6.61E-03	1	1667	1.10E+01
	43	地下一层消防泵房	3.74E-02	1/16	1667	3.90E+00
SPECT机房	47	东侧墙外	6.75E-06	1/16	833.2	3.52E-04
	48	南侧墙外 (SPECT 设备间)	1.49E-05	1/16	833.2	7.76E-04
	49	西侧公共卫生间	2.91E-10	1/16	833.2	1.52E-08
	51	二楼影像中心	5.21E-05	1	833.2	4.34E-02
	52	地下一层消防泵房	3.89E-06	1/16	833.2	2.03E-04
3号楼内 三层	54	PET/CT 机房上面 二层夹层	3.89E-04	1	1667	6.48E-01
	55	PET/CT 机房上面 三层	3.22E-05	1	1667	5.37E-02
	56	SPECT 机房上面 二楼影像中心	6.22E-10	1	1667	1.04E-06
	57	SPECT 机房上面 二层夹层	2.00E-12	1	1667	3.33E-09

	58	SPECT 机房上面三层	3.89E-04	1	1667	6.48E-01
	59	候诊室上面二层夹层	3.22E-05	1	1667	5.37E-02
	60	候诊室上面三层	3.22E-05	1	1667	5.37E-02
3 号楼周围	61	2 号楼(3F)	2.79E-04	1	1667	4.65E-01
	62	4 号楼 (3F)	1.23E-06	1	1667	2.05E-03
	63	5 号楼 (2F)	5.87E-05	1	1667	9.79E-02
	64	6 号楼 (3F)	1.11E-05	1	1667	1.85E-02
	65	中石油加油站	2.66E-04	1	1667	4.43E-01

### (5) 工作人员受照剂量估算

假设全部  $^{18}\text{F}$  和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的药物注射工作由 2 人轮流完成, PET/CT 采用“三通”方式注射, 药物注射时间为 30s/人, 全年累计注射  $^{18}\text{F}$  的时间为 41.7h。SPECT 采用直接注射的方式注射, 每人平均 1min, 全年累计注射  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的时间也为 41.7h。

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。SPECT 扫描和摆位工作也由 2 人完成, SPECT 摆位时间 30s/人, 累计摆位时间为 10.42h。

① 《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  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  药液时,对距离注射器 30cm 处人的深部剂量率为  $2.6 \times 10^{-4}\text{mSv/h}$ 。所以,注射 25mCi 的  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  时,距离注射器 30cm 处人的深部剂量率为  $241 \mu\text{Sv/h}$ 。采用 10mmPb 具有防护功能的注射窗注射,剂量率可以减少为 1/100, 约  $2.4 \mu\text{Sv/h}$  (协和医院核医学科现场实测结果)。

② 《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  $^{18}\text{F}$  药液时,对距 30cm 处人的深部剂量率为  $1.8 \times 10^{-3}\text{mSv/h}$ 。所以,注射 370MBq(10mCi) 的  $^{18}\text{F}$  距 30cm 处人的深部剂量率为  $666 \mu\text{Sv/h}$ 。注射时采用 40mmPb 具有防护功能的注射窗注射,注射位的剂量率可降低至少二个量级,约为  $6 \mu\text{Sv/h}$ 。

③ PET/CT 和 SPECT/CT 移床均采用遥控非人推方式,摆位时候与病人没有近距离的接触。技师有时候在 1m 左右对患者进行摆位指导,有时候在控制室通过对讲设备进行摆位指导。综合考虑,将 PET/CT 和 SPECT/CT 摆位距离统一为 1m。

④ 注射 370MBq(10mCi)  $^{18}\text{F}$  后,距离受检人员 1m 处的剂量率约为  $34 \mu\text{Sv/h}$ 。

⑤ 注射 25mCi(0.925GBq) 的  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  药物的病人,1m 处的剂量率约为  $3.75 \mu\text{Sv/h}$ (国际放射防护委员会,第 52 号出版物, p14, 1987)。

⑥ 每个检查日在高活室通风橱内分装放射性药物 20min，操作位的剂量率低于 2.5  $\mu\text{Sv/h}$ 。

⑦ PET/CT 使用密封校验源开展设备校验， $^{68}\text{Ge}$  最大活度为 92.5MBq，1m 处的剂量率为 1.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。每周使用密封源对仪器进行一次校验，每次搬运放射源时间累计 10min，与放射源距离 30cm。

据此估算工作人员的受照剂量见表 11-3 所示。

表 11-3 核医学科辐射工作人员受照剂量估算

人员工作岗位	源项情况	剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	每人全年累计 接触或操作时间(h)	人员受照剂量 (mSv/a)
药物分装	$^{18}\text{F}$ 药物	2.5	41.6	0.104
药物注射	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物	2.4	20.83	0.050
	$^{18}\text{F}$ 药物	6	20.83	0.123
PET/CT 摆位	$^{18}\text{F}$ 患者	34	20.83	0.710
PET/CT 扫描	$^{18}\text{F}$ 患者	0.81	833.5	0.675
SPECT 摆位	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者	3.75	10.42	0.040
SPECT 扫描	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者	0.068	416.6	0.028
校验源搬运	$^{68}\text{Ge}$ , 92.5MBq	16.7	8.3	0.139

由表 11-3 可见，药物注射人员的年受照剂量最大 0.28mSv（含药物分装），PET/CT 操作技师（含摆位和扫描操作）的受照剂量为 1.38mSv/a，SPECT 操作技师（含摆位和扫描操作）的受照剂量为 0.068mSv/a，负责质控的物理师受照剂量约 0.14mSv/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

核医学科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，并使用不易破损的塑料袋对废弃的药瓶、注射器、包装物、棉棒、垫布等进行收集，此外，在病人候诊室和留观室各配备 1 个铅质废物桶，同样采用不易破损塑料袋将病人候诊和留观期间产生的放射性污染物等固体放射性废物进行收集。次日早晨转移至核医学科废物间内的废物桶内。核医学科废物间设置 2 个 10mm 铅的废物桶（容积 20L），轮流使用。

核医学科设置有独立的废物间用来暂存放射性废物。废物间设有通风，防止挥发性气体累积。将在有屏蔽能力的铅质废物桶表面粘贴电离辐射警示标志，并按照 A 类废物进行标识。为保证放射性废物有足够的衰变时间以减少废物收集过程对医护人员的照射，拟在每天早晨将上一个工作日产生的放射性废物转移至废物间，并在收集放射性废物的塑料袋外表面注明废物类别（A 类）、重量（或体积）、所含核素名称、



暂存起始日期等信息。

按每天开展核素诊断 30 人次，药物注射操作产生量约为 150kg（按 0.02kg/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，使用剂量率仪和表面污染监测仪分别对废物逐袋进行表面巡测，辐射剂量率低于 200nSv/h 且  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染水平分别小于 0.08Bq/cm<sup>2</sup> 和 0.8Bq/cm<sup>2</sup> 时，将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。

另外，每年更换通风橱活性炭过滤器，预计额外产生 10kg 废弃的含放射性的活性炭滤材。拆卸下的废弃滤材将妥善收集，密封包装暂存于废物间，按照放射性固体废物进行暂存，存放超过至少一个月后，经监测满足《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》中 A 类固体废物相关要求后解控作为医疗废物处置。

## 2. 放射性废水

核医学科设置给药受检人员专用卫生间，每人每次 2 次如厕产生放射性废水的总量为 10L，冲厕废水日产生量约 300L/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，预计产生量为 60 L/d。每月工作 23 天计，则放射性废水的月最大产生量约为 360L/d×23d/月=8.3m<sup>3</sup>，衰变池的总容积约为 30m<sup>3</sup>（10m<sup>3</sup>/槽×3 槽），3 个槽轮流使用，废水实际可以暂存 2.4 个月，满足《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》中 A 类放射性废水暂存 30 天可直接排放的管理要求。

全景德康影像中心拟在 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 10m<sup>3</sup>衰变池）。核医学科产生的放射性废水（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，理论上预计废水可暂存至少 2.4 个月，满足 A 类放射性废水排放要求，排入市政污水管网。

### 1) 衰变池位置和结构

- 衰变池设在地下一层北侧。衰变池周围是停车场，故在其东侧设置了隔墙，可防止无关人员靠近。
- 采用 C30 抗渗普砵建造，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。
- 总容积为 30m<sup>3</sup>（10m<sup>3</sup>/槽×3 槽）。

### 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槽式“储存式衰变”方式，各衰变池独立运行。在衰变池内设置液位监控系统，当某个衰变池内液位达到预设高度时，系统自动关闭该槽进水阀，并同时打开另外一个空罐的进水阀，实现暂存罐的轮换使用。
- ▶ 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。
- ▶ 储水循环模式：系统将 A1 电动阀打开，废水直接流入 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，同时开启 A2 电动阀，之后的放射性废水流入 2#衰变池，当 2#衰变池水位达到预设液位时关闭 A2 电动阀，然后开启 A3 电动阀，废水排入 3#衰变池。当 3#衰变池水位达到预设液位时，系统开启 A1 电动阀（此时，1#废水罐的放射性废液已暂存超过 30d 后排空），这样完成放射性废水轮流暂存的一个循环。
- ▶ 废水排水模式：当某个衰变池内废液达到预设高度时，系统关闭进水阀，开始记录暂存时间。当废水暂存时间达到 30d 后，其中的潜水泵自动开启，将衰变池内的废水排入沉淀池，之后进入影像中心自建污水处理站处理后，排入市政官网。
- ▶ 池壁和池底采取防渗措施。施工单位将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和泄漏，避免污染地下水和周围环境。
- ▶ 衰变池管道采用 6mm 铅板屏蔽。衰变池区域设围栏，粘贴警示标志，避免人员在衰变池旁长时间停留。

由于本项目只使用非密封放射性核素为  $^{18}\text{F}$  和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，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

本项目使用的射性药物向专业公司购置，均为液体溶液，不易挥发，且只有  $^{18}\text{F}$  进行分装，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。

为了防止放射性药物泼洒等非正常工况产生相对较多放射性气体排放，拟在通风橱排风系统安装活性炭过滤装置。这样，即使出现核素泼洒情况，废气经过滤器吸附，

少量排放的放射性气溶胶，并经大气扩散后浓度会更低，对周围公众的剂量可以忽略。

本项目设有 2 套排风系统，1 套为高活室通风橱，1 套为核医学科整体区域，在控制区内的给药候诊室、留观室、PET/CT 机房、SPECT 机房、废物间、贮源室均设排风口。核医学科内的排风口后端安装止回阀，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。

楼顶设置排风机和活性炭过滤器，废气排放口朝向北侧马路方向设置。活性炭过滤器尺寸分别为 250×160×1000mm 和 400×200×1000mm，活性炭过滤器重量约 10kg。

### 11.3 事故影响分析

#### (一) 核医学科事故分析与应急措施

##### 1. 事故分析

核医学科在正常运行情况下，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) 处理预案：辐射安全管理小组定期检查安全规章和制度落实情况，发现问题及时纠正，工作人员须熟练掌握放射性药物操作技能和辐射防护基本知识的培训，正确处置意外情况；

2) 安保措施: 核医学科场所注射室拟安装防盗门, 室内设置闭路监视系统, 已通过了安保验收, 满足存放放射源和放射性物品的要求。

3) 屏蔽防护: 药物使用场所 (高活室)、受检人员停留场所 (扫描机房和候诊区等), 墙体采用实心砖屏蔽, 防护门采用铅屏蔽, 注射窗口采取 20mm 铅防护。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。

4) 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。

5) 放射性废物管理: 设立专用的放射性废物间, 配置 5 个铅制废物桶。收集高活室 (注射室) 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。活性炭过滤器一年更换一次, 暂存后清洁解控处置。

6) 发现意外事件与事故的当场人员应当立即向科负责人、上级各管理部门以及辐射安全管理小组负责人和专职人员报告, 启动事故应急预案。辐射安全管理小组等相关人员立刻到达现场, 保卫科负责保护现场, 控制范围。发生该类事故后, 应在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》, 向当地生态环境部门和公安部门报告。如果可能造成人员超剂量照射的, 还应同时向当地卫生行政部门报告。

**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**

为了保证放射性同位素和射线装置的安全使用和有效管理，保障各类人员的健康与安全，中心成立了辐射安全与环境保护管理领导小组。由院长担任组长，副院长担任辐射防护负责人，放射科、核医学科、综合办公室等相关人员担任组员，并指定综合办公室人员专职人员负责辐射安全管理工作。辐射防护领导小组成员名单见表 12-1 所示。

表 12-1 辐射安全与环境保护管理领导小组成员名单

序号	人员类别	姓名	性别	专业	职务或职称	工作部门	专/兼职
1	负责人	马潞娜	女	放射医学专业	院长	影像中心	兼职
2	辐射防护负责人	李功杰	男	影像医学与核医学	副院长	影像中心	兼职
3	成员	邹一军	男	放射	技师长	放射科	兼职
4	成员	刘莉	女	医学影像诊断	医师	放射科	兼职
5	成员	李云	女	生物医学工程	技师	核医学科	兼职
6	成员	李岩	男	医学影像技术	综合办主任	综合办公室	专职

**1. 机构职责**

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。对本影像中心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. 科室职责**

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**

全景德康影像中心已经于 2020 年 4 月 10 日向公司内部印发了《北京全景德康医学影像诊断中心有限公司辐射安全与防护管理制度》，具体内容包括《影像设备操作规程》、《辐射工作岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射设备维修维护制度》、《放射性同位素使用登记制度》、《人员培训考核计划》、《放射性废物处置、辐射监测方案》、《辐射事故应急措施和预案》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，基本上能够满足工作需要。

## **12.2 辐射工作人员培训**

影像中心规定所有辐射工作人员，在上岗前必须参加辐射安全与防护考核，考试合格上岗。今后每 5 年再次参加考核。影像中心据此制定了放射性工作人员培训计划。

目前，北京全景德康影像中心共有 16 名辐射工作人员于 2019 年通过了辐射安全

和防护考核，取得了培训证书，人员情况见附件 2 所示。核医学科有 11 名辐射工作人员，其中医师 4 人，护师 2 人，技师 4 人，物理师 1 名，本项目新增配置 1 名辐射工作人员（物理师），能够满足按照《北京市乙类大型医用设备配置准入标准》中“每台设备至少具有医师 2 名、技师 2 名、物理师 1 名、护士 1 名”要求。

### 12.3 非密封性放射性同位素的安全管理

影像中心核医学科制定有相应的规章制度。放射性药品的订购由核医学科专职人员负责；放射性药品管理由专人负责；放射性药品的交接在摄像头监控下，履行“点对点”的交接手续；放射性药品使用由指定人员进行。对放射性药品的采购、登记、使用、核对、保管和注销，药品的配制、质控和记录，以及放射性废物的处理，都作了明文规定。各项规定已在工作中得到落实。

### 12.4 放射性废物的安全管理

核医学科共购置了 5 个废物桶，拟在高活室设置 1 个废物桶，在废物间配套 2 个，在 2 个候诊室分别设置 1 个。放射性药物注射器、药瓶、杯子、棉棒、一次性用品等放射性废物在废物桶内暂存至少一个月，依照《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）要求，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  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染水平分别小于 0.08 Bq/cm<sup>2</sup> 和 0.8Bq/cm<sup>2</sup> 后，解控为医疗废物处置，并详细记录“放射性固体废物暂存、处置管理台账”，内容包括放射性固体废物分类、废物所含核素名称、重量（kg）、废物暂存起始日期、表面污染自测结果、辐射剂量率自测结果、是/否符合解控要求、废物处置日期、废物处置操作人员、部门负责人审核、废物去向，每一袋放射性固体废物填写一行记录。

目前核医学科使用 A 类放射性核素，产生放射性废水（冲厕废水、高活室清洗废水）贮存于衰变池中，暂存超过 30 天后排入影像中心污水处理站。

核医学科刚投入运行，产生的少量放射性固体废物仅含 <sup>18</sup>F 核素，总量不足 1kg。核医学科配有总体积为 30m<sup>3</sup>（10m<sup>3</sup>×3）衰变池，用于收集核医学科放射性废液。目前放射性废水衰变池暂存放射性废水不足 0.5m<sup>3</sup>（多为管道测试排水）。

### 12.5 辐射监测

#### 12.5.1 个人剂量监测

所有从事辐射工作的医护人员均佩戴 TLD 个人剂量计，按每季度 1 次的频度开展个人剂量监测，按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《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 18 号）要求建立个人剂量档

案，长久保存。

影像中心有专人负责个人剂量监测管理工作。发现个人剂量监测结果异常的，将及时调查原因，并将有关情况及时报告影像中心放射防护管理小组。

全景德康影像中心的个人剂量检测目前委托北京贝特莱博瑞技术检测有限公司承担，个人剂量监测工作从 2020 年第二季度开始，每季度送检一次。目前还没有拿到第二季度的个人剂量监测报告，但是影像中心尚未正式投入使用，预计现阶段全部人员的个人剂量均为本底水平。

## 12.5.2 工作场所和环境辐射水平监测

### (1) 委托监测

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。监测点位包括机房外毗邻东、南、西、北、上、下区域、防护门外、操作人员位和其他人员可达位置，监测范围和方法参照国家标准的相关要求。

### (2) 自行监测

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，影像中心自行配备了便携式剂量率仪和表面污染监测仪，拟开展自行监测。

**1. 剂量率水平监测：**对便携式剂量率进行检定，安排专人自行开展辐射水平监测，监测点位为辐射工作场所以及 3 号楼四周墙外 30cm 处。监测监测项目为  $\gamma$  剂量率水平。监测频度为每年一次，检测记录归档。监测点位如图 11-1 所示，监测记录参照表 12-2。

表 12-2  $\gamma$  剂量率水平监测点位设置(具体位置如图 11-1 所示)

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	
7		二楼影像中心	
8		分装室	南侧墙外
10	楼上二层		
11	储源室	南侧墙外	
13		二楼影像中心	
14	废物间	南侧墙外	



15		东侧墙外	
17		二楼影像中心	
18	SPECT 候诊室	北侧控制区入口	
19		北侧楼梯处	
20		东侧缓冲间	
23		二楼影像中心	
24		PET/CT 候诊室	北侧 SPECT 设备间
25	东侧墙外		
28	二楼影像中心		
29	留观室	西侧 PET/CT 设备间	
30		南侧公共卫生间	
32		二楼影像中心	
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	
43		二楼影像中心	
47	SPECT 机房	东侧墙外	
48		南侧墙外 (库房)	
49		西侧公共卫生间	
50		西侧防护门外	
52		二楼影像中心	
53	3 号楼内	PET/CT 机房上面二层夹层	
54		PET/CT 机房上面三层	
54		SPECT 机房上面二层夹层	
55		SPECT 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	

注：\*只保留控制区边界外的监测点位，故编号不连续。

**2. 表面污染监测：**对表面污染监测仪进行检定，由核医学科安排专人自行开展核医学科重点场所的表面污染水平，如高活室台面、地面，通风橱台面，注射窗台面以

及工作服表面等，监测时间为每天下班前，监测数据记录存档。监测记录参照表 12-3。

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	$\beta$ 表面污染 (Bq/cm <sup>2</sup> )
1	高活室	通风橱台面	
2		高活室地面	
3		注射窗	
4	SPECT 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	SPECT 机房	SPECT 病人床	
10		SPECT 机房地面	

**3. 放射性废物解控监测：**根据《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》要求，核医学科拟采用便携式 X- $\gamma$  剂量率和表面污染监测仪，自行对已放置一个月的放射性废物进行表面污染水平和剂量率水平监测，辐射剂量率低于 200nSv/h 且  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染水平分别小于 0.08 Bq/cm<sup>2</sup> 和 0.8Bq/cm<sup>2</sup> 后，解控为医疗废物处置。

### 12.5.3 监测仪器和防护用品

全景德康影像中心已购置了 2 台表面污染仪和 2 台 X- $\gamma$  剂量率仪，用于监测工作场所的表面污染水平和辐射水平。此外，配备了 10 台个人剂量报警仪，设备名称、数量和技术指标要求见表 12-4。

表 12-4 核医学科现有的辐射监测仪器设备清单

序号	仪器名称	型号	购置日期	仪器状态	数量 (台)
1	核辐射测量仪	BG9511	2020-03-02	良好	2
2	表面污染测量仪	Inspector Alert	2020-03-02	良好	2
3	个人剂量报警仪	BG2010	2020-03-02	良好	10

全景德康影像中心已购置铅衣、铅帽、铅围脖、铅手套和铅三角巾等个人防护用品，能够满足本影像诊断中心射线装置配套防护用品的需要，详见表 12-5。

表 12-5 核医学科现有的辐射防护用品用品

名称	数量	名称	数量
铅衣	8	铅帽	11
铅手套	4	铅眼镜	8
铅围裙	7	铅围脖	11
铅屏风	0	个人剂量计	21
其它	移动防护帘(套): 2; 铅三角巾(件): 5。		

核医学科改建后, 现有的辐射监测仪器、辐射防护用品能够满足工作需要, 不需要

### 12.6 辐射事故应急预案

影像中心已针对放射性同位素(含放射源)丢失、被盗、失控事故、可能受到超出剂量限值的照射事故(件)、环境污染事故(件), 已经制定了《辐射事故应急预案》。以保证本单位一旦发生辐射意外事件时, 能迅速采取必要和有效的应急响应行动, 妥善处理放射事故, 保护工作人员和公众的健康与安全, 同时在预案中进一步明确规定影像中心有关意外放射事件处理的组织机构及其职责、事故报告、信息发布和应急处理程序等内容, 能够满足影像中心实际辐射工作的需要。

发生辐射事故时, 应当立即启动本单位的辐射事故应急方案, 采取必要防范措施, 并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》, 向当地生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的, 还应同时向卫生行政部门报告。

此外, 影像中心规定每年至少组织一次全公司应急演练。

### 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
剂量和剂量率控制	<p>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、职业照射剂量分别低于0.1mSv/a和5mSv/a。</p> <p>核医学科控制区边界外30cm处、PET/CT机房和SPECT机房周围的辐射剂量率水平低于2.5<math>\mu</math>Sv/h; 放射性表面污染控制水平满足GB18871-2002要求。</p> <p>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处的剂量率小于2.5<math>\mu</math>Sv/h; 放射性药物分装通风柜外表面30cm处(人员操作位)的剂量率小于2.5<math>\mu</math>Sv/h。</p>

电离辐射标志和中文警示	在核医学科出入口，高活室、废物间、废水暂存区、贮源室、扫描机房、受检人员休息室和留观室门外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	放射性工作场所布局与环评报告表描述内容一致。实体屏蔽墙、铅防护门和铅玻璃观察窗等的屏蔽能力满足辐射防护的要求。在高活室配备 1 个贮存放射性药物的铅屏蔽罐，在注射区配备 1 个铅屏蔽药物注射窗，确保场所周围的辐射安全。高活室通风系统运转正常，风速满足要求。
辐射安全设施	核医学科工作场所实行分区管理，在控制区出、入口分别安装单向门禁系统，限制无关人员出入。注射区、高活室、扫描室、储源室、废物间、候诊室及卫生间和控制区走廊等场所采取放射性污染控制措施。配套放射性废水和废物暂存设施，确保放射性废水和固废无害化处置。 高活室采用实体屏蔽措施，安装防盗门、电视监控系统，满足三级安全防范要求。 在 3 号楼北侧一层地面上设定 2 个 PET 检查专用车位。在患者候诊室内设铅屏风。
辐射监测	制定有辐射监测制度，每年委托有资质单位对核医学科进行一次辐射监测，每天开展重点区域的表面污染监测工作，监测数据记录存档；配备 2 台表面污染仪和 2 台剂量率仪。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	1. 配套放射性废水暂存设施并正常运行。衰变池总容积不低于 $30\text{m}^3$ ( $10\text{m}^3 \times 3$ )，槽式方式运行，确保放射性废水满足《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》中 A 类废水排放要求。 2. 高活室设置具有独立通风系统的通风橱，排风速率满足相关要求。 3. 配置废物间，配备 5 个 20L 具有屏蔽功能的废物桶，确保放射性废物满足《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》相关要求后解控作为医疗废物处置。
规章制度	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，并有效贯彻落实。
人员培训	核医学科 11 名辐射工作人员通过辐射安全与防护考核，持证上岗。
应急预案	针对放射源丢失被盗、人员受照大剂量照射，以及导致环境污染后果等情景，建立有应急预案，并落实必要的应急装备，制定有辐射事故（件）应急演练计划。

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

1、实践的正当性。全景德康影像中心核医学科已许可使用许可，为丙级非密封放射性物质工作场所。为了满足 PET/CT 的配置和影像诊断需求，拟将原计划配套的 PET/MR 设备更换为 SPECT 设备，在不改变核医学科布局、实体屏蔽以及辐射防护设施基础上，将 PET/MR 机房调整为 SPECT 机房，将 PET/MR 候诊室调整为 SPECT 候诊室，增加使用放射性同位素  $^{99m}\text{Tc}$ ，符合实践正当性原则。

2、场所布局合理性。对已许可使用的核医学科进行改建，本次改建不改变实体屏蔽防护，不改变场所布局，不改变人流和物流路径，只改变其中 3 个房间的使用功能。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，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，核医学科改建后的辐射屏蔽能力符合辐射防护安全的要求。

4、医学科改建后，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 SPECT 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  $5\text{mSv/a}$  和公众受照剂量约束值  $0.1\text{mSv/a}$  要求。

5、放射性“三废”排放。核医学科改建后，每年产生放射性废水总量约  $100\text{m}^3$ ，产生放射性固体废物约  $160\text{kg/a}$  (含  $10\text{kg}$  过滤器滤材)。项目产生的放射性废水经过衰变池暂存衰变后能够符合排放管理要求。放射性污染的废弃物分类收集暂存衰变，符合《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》中 A 类放射性固体废物管理要求后解控为医疗废物处置。

6、核医学科现有的污染防治措施满足改建需要：

核医学科检查治疗工作区出入口安装有门禁系统，张贴了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。PET/CT 和 SPECT 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。

核医学科高活室设置通风橱，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。配备了满足工作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，如辐射工作人员通过了辐射安全与防护考核、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。全景德康影像中心各项制度在日常工作中得到落实。

全景德康影像中心已经针对放射性同位素丢失、人员受到大剂量照射和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。全景德康影像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。核医学科的 11 名辐射工作人员全部通过了辐射安全与防护考核，并在有效期内。

综上所述，全景德康影像中心根据影像诊断中心为了满足 PET/CT 的配置和影像诊断需要，对已许可的核医学科进行改建，增加 SPECT 机房和候诊场所，并增加使用  $^{99m}\text{Tc}$  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考核，考核合格后方可上岗，每 5 年组织在岗人员再次参加辐射安全与防护考核。

(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