

核技术利用建设项目

竣工环境保护验收监测表

项目名称：**福建省立医院 PET-CT 中心扩建项目**

建设单位：**福建省立医院**

编制单位：**核工业二七〇研究所**

编制日期：**2020 年 01 月**

目录

表一	项目总体情况及验收监测依据及标准	3
表二	工程基本情况	12
表三	工艺流程和污染源	17
表四	环境影响报告表主要结论及建议及其审批部门审批决定	22
表五	验收监测质量保证及质量控制	27
表六	验收监测内容	28
表七	验收监测结果	30
表八	环保检查结果	34
表九	验收监测结论及要求	40

表一 项目总体情况及验收监测依据及标准

建设项目名称	福建省立医院 PET-CT 中心扩建项目						
建设单位名称	福建省立医院						
建设项目性质	新建 ☒ 改扩建 技改 迁建						
建设地点	福建省立医院						
主要产品名称 设计生产能力	2017 年 10 月，福建省立医院委托江西省核工业地质局测试研究中心对 PET-CT 中心扩建工程进行了环境影响评价，项目组成为新增加 1 台 PET-CT(含两枚 Ge-68 校准源)，调整核素 F-18 的年使用量；2018 年 4 月 8 日取得了原福建省环境保护厅的批复（闽环辐评〔2018〕20 号）。						
	环评批复情况：						
	放射源						
	序号	放射源名称	活度（Bq）	放射源类别	数量（枚）	放射源工作场所	备注
	1	Ge-68	4.0×10^7	V	2	PET-CT 中心	
	非密封放射性物质						
	核素名称	使用场所	年最大使用量（Bq/a）		日等效最大操作量（Bq）		工作场所分级
^{18}F	PET-CT 中心	1.48×10^{12}		7.4×10^6		乙级	
实际生产能力	验收情况： 本次对已投入使用 2 枚 Ge-68 放射源、核素 F-18 进行验收。						
建设项目环评时间	2018 年 4 月		开工建设时间		/		
调试时间	/		验收现场监测时间		2019 年 8 月 26 日		
环评报告表审批部门	原福建省环境保护厅		环评报告表编制单位		江西省核工业地质局测试研究中心		
环保设施设计单位	/		环保设施施工单位		/		
投资总概算（万元）	2000		环保投资总概算（万元）		180	比例 9.0%	
实际总概算（万元）	1985		环保投资（万元）		175	比例 8.8%	

验收监测依据	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，2015 年 1 月 1 日起施行）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第七十七号，2018 年 12 月 29 日修订）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起施行）； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院令 第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；国务院令 第 709 号修订，2019 年 3 月 2 日起施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令 第 31 号，2006 年 3 月 1 日起施行；国家环境保护部令 第 3 号修订，2008 年 12 月 4 日起施行；国家环境保护部令 第 47 号修订，2017 年 12 月 20 日起施行）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行）； (8) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》公告（国环规环评【2017】4 号）； (9) 《环境地表周围剂量当量率测定规范》（GB/T14583-93）； (10) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）； (11) 《福建省环保厅关于印发〈核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲〉（试行）的通知》，闽环保辐射〔2013〕10 号； (12) 《福建省立医院 PET-CT 中心扩建工程环境影响报告表》； (13) 福建省环境保护厅关于 PET-CT 中心扩建工程环境影响报告表的函； (14) 项目验收委托书。
--------	---

	根据《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》建设项目竣工环境保护验收污染物排放标准原则上执行环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定所规定的标准。在环境影响报告书（表）审批之后发布或修订的标准对建设项目执行该标准有明确时限要求的，按新发布或修订的标准执行。本项目执行标准如下： （1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002） ①剂量限值 表 1-1 附录 B1 剂量限值 <table><tr><th>对象</th><th>要求</th></tr><tr><td>职业照射 剂量限值</td><td>①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv</td></tr><tr><td>公众照射 剂量限值</td><td>实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：①年有效剂量，1mSv；②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。</td></tr></table> 注：此项目职业照射年有效剂量不超过 5mSv；公众成员年有效剂量不超过 0.25mSv）。 ②工作场所的放射性 β 表面污染控制水平 表 1-2 工作场所的放射性 β 表面污染控制水平 <table><tr><th colspan="2">表面类型</th><th>β 放射性物质（Bq/cm²）</th></tr><tr><td rowspan="2">工作台、设备、墙面、地面</td><td>控制区</td><td>40</td></tr><tr><td>监督区</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="2">工作服</td><td>4</td></tr><tr><td colspan="2">手、皮肤</td><td>0.4</td></tr></table> ③放射性物质向环境排放的控制 8.6.2 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倍排放注量的普通下水道，并应每次排放做好记录： a）每月排放的总活度不超过10ALImin（ALImin 是相应于职业照射的食入和吸入ALI值中的较小者。 b）每一次的排放的活度不超过1 ALImin，并且每次排放后用	对象	要求	职业照射 剂量限值	①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv	公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：①年有效剂量，1mSv；②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。	表面类型		β 放射性物质（Bq/cm ² ）	工作台、设备、墙面、地面	控制区	40	监督区	4	工作服		4	手、皮肤		0.4
对象	要求																				
职业照射 剂量限值	①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv																				
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：①年有效剂量，1mSv；②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。																				
表面类型		β 放射性物质（Bq/cm ² ）																			
工作台、设备、墙面、地面	控制区	40																			
	监督区	4																			
工作服		4																			
手、皮肤		0.4																			

	不少于3倍排放量的水进行冲洗。 ④患者剂量约束 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 7.4.3 款给出了核医学诊断的医疗照射指导水平。 第 7.4.4.3 款规定：接受放射性核素治疗的患者应在其体内的放射性物质的活度降至一定水平后才能出院，以控制其家属与公众成员可能受到的照射。 本项目非密封源工作场所参照执行。 (2) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013） 5.1 X 射线设备机房（照射室）应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。 5.2 每台 X 射线机（不含移动式和携带式床旁摄影机与车载 X 射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 1-3 要求。 表 1-3 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度 <table border="1"> <tr> <th>设备类型</th><th>机房内最小 效使用面积</th><th>机房内最小单边长度</th></tr> <tr> <td>CT 机</td><td>30m²</td><td>4.5m</td></tr> </table> 5.3 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求： a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 1-4 要求。 b) 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 D。 c) 应合理设置机房的门、窗和管线口位置，机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。设于多层建筑中的机房（不含顶层）顶棚、地板（不含下方无建筑物的）应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。 表 1-4 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求 <table border="1"> <tr> <th>机房类</th><th>有用线束方向铅当量 (mm)</th><th>非有用线束方向铅当量 (mm)</th></tr> <tr> <td>CT 机房</td><td colspan="2">2（一般工作量）、2.5（较大工作量）</td></tr> </table>		设备类型	机房内最小 效使用面积	机房内最小单边长度	CT 机	30m ²	4.5m	机房类	有用线束方向铅当量 (mm)	非有用线束方向铅当量 (mm)	CT 机房	2（一般工作量）、2.5（较大工作量）	
设备类型	机房内最小 效使用面积	机房内最小单边长度												
CT 机	30m ²	4.5m												
机房类	有用线束方向铅当量 (mm)	非有用线束方向铅当量 (mm)												
CT 机房	2（一般工作量）、2.5（较大工作量）													

验收监测评价标准、标号、级别、限值

5.4 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μSv/h；测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

b) CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μSv/h；其余各种类型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于 0.25mSv；测量时，测量仪器读出值

5.5 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。

5.6 机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

5.7 机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

5.8 患者和受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

5.9 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 1-5 基本种类要求的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要。

表 1-5 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
CT 体层扫描 (隔室)	—	—	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	

(3) 《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ 120-2006)

4.2 一般临床核医学的活性实验室、病房、洗涤室、显像室等工作场所属于GB18871规定的乙级或丙级非密封放射性物质工作场所。为便于操作,针对临床核医学实践的具体情况,可以依据计划操作最大量放射性核素的加权活度,把工作场所分为I、II、III等三类(见表1-6)。

表 1-6 临床核医学工作场所具体分类¹⁾

分类	操作最大量放射性核素的加权活度 ²⁾ , MBq
II	50~50000

注: 1) 本表和表2、表3 均依据国际放射防护委员会(ICRP)第57号出版物;

2) 加权活度=(计划的日操作最大活度×核素的毒性权重因子)/操作性质修正因子;

4.3 供计算操作最大量放射性核素的加权活度用的核医学常用放射性核素毒性权重因子和不同操作性质的修正因子分别见表1-7和表1-8。

表 1-7 核医学常用放射性核素的毒性权重因子

类别	放射性核素	核素的毒性权重因子
B	¹¹ C、 ¹³ N、 ¹⁵ O、 ¹⁸ F、 ⁵¹ Cr、 ⁶⁷ Ge、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In、 ^{113m} In、 ¹²³ I、 ²⁰¹ Tl	1

表 1-8 不同操作性质的修正因子

操作方式和地区	操作性质修正因子
贮存	100
废物处理; 闪烁法计数和显像 候诊区及诊断病床区	10
配药、分装以及施给药; 简单放射性药物制备; 治疗病床区	1
复杂放射性药物制备	0.1

4.4 按表1划分的三类核医学工作场所室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表1-9。

表 1-9 核医学工作场所的室内表面及装备结构要求¹⁾

场所 分类	地面	表面	通风橱 2)	室内通风	管道	清洗及去 污设备
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

注：1) 依据国际放射防护委员会（ICRP）第 57 号出版物；

2) 仅指实验室；

4.5 合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于1m/s），排气口应高于本建筑屋脊，并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置，排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值。

4.6 凡I类工作场所和开展放射性药物治疗的单位应设有放射性污水池，以存放放射性污水直至符合排放要求时方可排放。废原液和高污染的放射性废液应专门收集存放。

4.7 临床核医学工作场所应备有收集放射性废物的容器，容器上应有放射性标志。放射性废物应按长半衰期和短半衰期分别收集，并给予适当屏蔽。固体废物如无人的针头、注射器和破碎的玻璃器皿等应贮于不泄漏、较牢固、并有核实屏蔽的容器内。放射性废物应及时按GBZ133进行处理。

4.8 临床核医学诊断及治疗用工作场所（包括通道）应注意合理安排与布局。其布局应有助于实施工作程序，如一端为放射性物质贮存室，依次为给药室、候诊室、检查室、治疗室等。并且避免无关人员通过。

4.9 临床核医学诊断用给药室与检查室分开。如必须在检查室给药，应具有相应的放射防护设备。

4.10 临床核医学诊断用候诊室应靠近给药室和检查室，宜有受检者专用厕所。

（4）《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）

第5.1.1款使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 $2 \times 10^7 \text{Bq}$ 的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水

	池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防泄漏措施。 第5.1.2款产生放射性废液而可不设置放射性污水池的单位，应将含短半衰期核素的废液注入专用容器中通常存放10个半衰期后，经审管部门审核准许，可作普通废液处理。对含长半衰期核素的废液，应专门收集存放。 第5.1.3款下列低放废液可以直接排入流量大于10倍排放流量的普通下水道：每月排放总活度不超过GB18871-2002中8.6.2规定的限制要求，且每次排放后用不少于3倍排放量的水进行冲洗，每次排放应作记录并存档。 第5.2.1款使用放射性药物治疗患者的临床核医学单位，应为住院治疗患者提供有防护标志的专用厕所，对患者排泄物实施统一收集和管理，规定患者住院治疗期间不得使用其他厕所。 第5.2.2款专用厕所应具备使患者排泄物迅速全部冲洗入专用化粪池的条件，而且随时保持便池周围清洁。 第5.2.3款专用化粪池内排泄物在贮存衰变后，经审管部门核准方可排入下水道系统。池内沉渣如难于排出，可进行预处理后再排入下水道系统。 第6.1.2款供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。污物桶放置点应避开工作人员工作和经常走动的区域。 第6.1.5款每袋废物的表面剂量率应不超过0.1mSv/h，重量$\leq 20\text{kg}$。 第6.2.3款废物袋、废物桶及其他存放废物的容器必须安全可靠，并应在显著位置标有废物类型、核素种类，比活度水平和存放日期等说明。 第6.2.4款废物包装外表面的污染控制水平：$\alpha < 0.04\text{Bq/cm}^2$；$\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$。 第6.3.3款未知核素的废物在其活度浓度小于或者等于
--	---

	$2 \times 10^4 \text{Bq/kg}$时，或废物中的核素已知且其活度浓度符合4.4或者4.5时，可作免管固体废物处理。 第7.1款操作放射性碘化物等具有挥发性的放射性物质时，应在具备有活性炭吸附过滤或其他专用过滤装置的通风橱内进行。
--	--

表二 工程基本情况

2.1 项目概述

福建省立医院是福建省卫生健康委直属单位、非营利性三级甲等综合医院。医院创建于 1937 年，由华侨胡文虎先生投资兴建，是福建省最早创办的中国人管理的公立医院，为全省医疗、教学、科研中心和主要的干部保健基地。医院本部占地面积 38858 平方米，建筑面积 15.8 万平方米，开放床位 2398 张；年门诊量 200 万人次，住院量 8 万人次，年急诊量 20 余万人次。医院在职员工 3500 多名，医生 900 多名，护士 1500 多名。医院先后获得“全国百佳医院”、“全国卫生应急先进集体”、“全国群众满意的医疗机构”等荣誉称号，是一所具有光荣传统、在省内外有影响的著名医院。

2017 年 10 月，福建省立医院委托江西省核工业地质局测试研究中心对 PET-CT 中心扩建工程进行了环境影响评价，项目组成为新增加 1 台 PET-CT(含两枚 Ge-68 校准源)，调整核素 F-18 的年使用量；2018 年 4 月取得了原福建省环境保护厅的批复（闽环辐评〔2018〕20 号）。

福建省立医院于 2014 年 12 月 31 日申请了辐射安全许可证，证书编号为闽环辐证【00027】，种类和范围为：使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置，有效期至 2019 年 12 月 30 日。于 2019 年 5 月 23 日变更了辐射安全许可证，许可的种类和范围为：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；乙级、丙级非密封放射性物质工作场所（辐射安全许可证见附件 2）。

根据《建设项目环境保护管理条例》的规定，建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告建设单位需自行组织验收。为此，福建省立医院委托核工业二七〇研究所对该医院核技术应用项目开展竣工环境保护验收监测，编制竣工环境保护验收监测表。委托书见附件 1。

受该医院的委托，核工业二七〇研究所于 2019 年 8 月 26 日开展该项目竣工环境保护验收监测工作。在现场检查核实、辐射监测的基础上，并编制项目竣工环境保护验收监测表。

2.2 医院地理位置

福建省立医院位于福建省福州市东街 134 号。PET-CT 中心位于医院急救中心

大楼（1 号楼）一层西北角。各射线装置周围环境环境见表 2-2。医院地理位置图见图 2-1。



图 2-1 福建省立医院地理位置图



图 2-2 验收设备所在位置图

2.3 项目内容及规模

福建省立医院核技术应用项目一览表验收规模见表 2-1。

表 2-1 福建省立医院此次验收核技术情况一览表

放射源						
序号	放射源名称	活度 (Bq)	放射源类别	放射源工作场所	环评、许可情况	验收情况
1	Ge-68	4.0×10^7	V	PET-CT 中心	已环评，已许可	本次验收
2	Ge-68	4.0×10^7	V			
非密封性放射性物质						

序号	工作场所名称	工作场所等级	核素名称	批准的日等效最大操作量（Bq）	环评、许可情况	验收情况		
1	PET-CT中心	乙级	F-18	2.96 × 10 ⁹	已环评，已许可	本次验收		
射线装置								
序号	装置名称	类别	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	数量（台）	使用场所	环评许可情况	验收情况
1	PET-CT	III	140	—	1	PET-CT中心	已环评，已许可	本次验收

福建省立医院在 1 号楼急救中心的东北部地下设计了放射性衰变池 1 座 (上方为空地, 少有人经过), 用于 F-18 核素放射性污水的存放。衰变池设计了 1 个沉淀池, 2 个独立的衰变池, 每个设计有效容 积均为 1.5m^3 。PET/CT 工作场所的污水管道经集水坑连接沉淀池, 经沉淀固形物, 放射性废水进入的 2 个独立的放射性废水衰变池, 第 1 衰变池满后, 再入第 2 个衰变池, 第 2 个衰变池满时, 第 1 个衰变池已封闭 10 个半衰期, 排空再进入第 1 个衰变池, 依次类推。

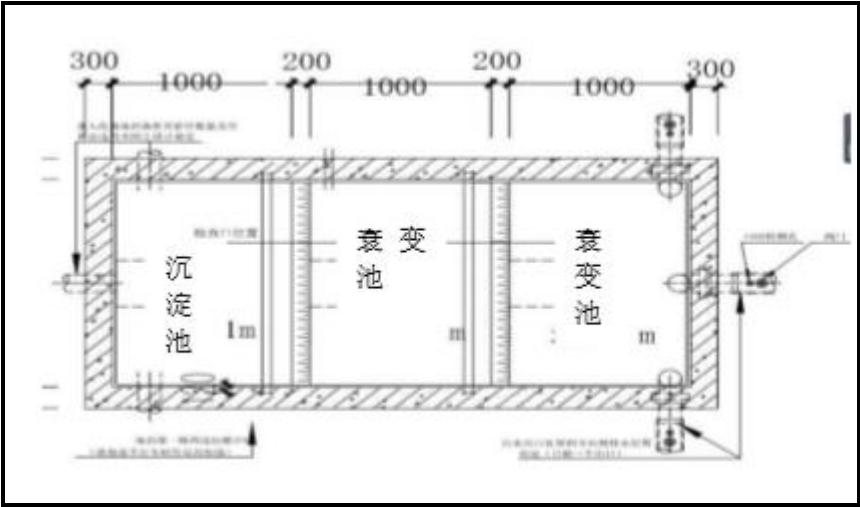


图 2-3 衰变池结构示意图

2.4 项目变动情况

本次验收内容环评文件和现场检查对照情况见表 2-2。

表 2-2 此次验收项目环评与现场调查对照情况表

项目	环评			验收		
放射源	放射源名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	使用场所	放射源名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	使用场所

	Ge-68	$4.0 \times 10^8 \times 2$		PET-CT 中心	Ge-68	$4.0 \times 10^8 \times 2$		PET-CT 中心
非密封性 放射 物质	核素 名称	最大用量 (Bq/a)	最大用量 (Bq/a)	使用 场所	核素名 称	最大用量 (Bq/a)	最大用量 (Bq/a)	使用场 所
	F-18	5.92×10^{11}	3.7×10^6	PET-CT 中心	F-18	5.92×10^{11}	3.7×10^6	PET-CT 中心
射线 装置	射线装 置名称	管电压 (kV)	管电流 (mA)	使用场 所	射线装 置名称	管电压 (kV)	管电流 (mA)	使用场 所
	PET-CT	≤ 140	≤ 500	PET-CT 中心	PET-CT	140	500	PET-CT 中心

对照环评报告与现场检查可知，放射源、非密封性放射物质及射线装置在验收期间与环评时期的数量、活度或管电压、管电流及使用场所等均未发生变化。因此，本次验收项目不存在重大变更。

2.5 核技术项目所在位置

本次验收 PET-CT 位于福建省立医院急救中心大楼（1 号楼）一层西北角（西南角为 医疗和手术电梯间），1 号楼东面为五四路，南面为东大路，西面为门诊大楼，北面为急救大楼（5 号楼），PET-CT 中心上方输液区。

表 2-3 此次验收核技术情况周围环境情况一览表

设备名称	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
PET-CT 中心	五四路室	东大路	门诊大楼	急救大楼	输液区	土壤层

表三 工艺流程和污染源

1、工艺流程

1.1 PET-CT 现象诊断

1.1.1 PET-CT 工作原理

PET 是 Positron Emission Computed Tomography (正电子断层显像) 的缩写, 是目前最先进的放射性核素显像技术。PET 的基本结构由探头(晶体、光电倍增管、高压电源)、电子学线路、数据处理系统、扫描机架及同步检查床组成。PET 工作的目的是显示正电子核素标记的示踪剂在体内的分布。通过化学方法, 将发射正电子的核素与生物学相关的特定分子连接而成的正电子放射性药物注入体内后, 正电子放射性药物参加人体相应的生物活动, 同时发出正电子射线, 湮灭后形成能量相同 (511keV)、方向相反的两个 γ 光子。在 PET 的探测器接收光子过程中应用电子准直或符合探测技术, 即可得到正电子放射性药物的分布情况, 并经计算机图像重建后进一步转化为肉眼可视的图像。在很多情况下, 它可提供其他方法所不能提供的重要诊断信息。用于显像的同位素都属于短半衰期的核素, 如 F-18 等。

本项目使用的 PET-CT (正电子发射计算机断层扫描装置) 是将 PET 功能图像和高分辨率的 CT 解剖图像结合起来, 把两者的定性和定位优势进行了有机结合, 提高了诊断的准确性。PET-CT 示意图见图 3-1。

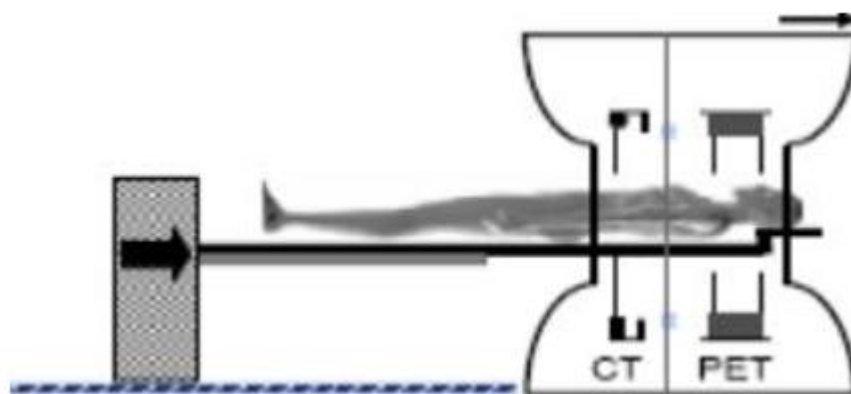


图 3-1 PET-CT 实物示意图

将 PET 和 CT 联合在一起, 通过 PET 扫描和 CT 扫描重叠联合扫描, 使两者的硬件和软件有机地结合在一起。这样就可以采用 CT 图像对 PET 功能图像进行解剖定位, 同时又可以采用人体 X 射线衰变图的衰变系数对 γ 射线在人体内的衰

减进行校正，它自身带有 1 部 CT 机，属于 III 类射线装置。将放射性同位素或放射性同位素标记的各种化合物（放射性示踪剂或探针）引入人体后，放射性示踪剂会到达特定的组织或器官，在体外用显像设备探测体内不同组织/器官放射性示踪剂分布情况，通过计算机重建成断层图像，反映不同组织/器官的血流、功能与代谢状态。

1.1.2 放射性核素显像诊断工作原理

本项目 PET-CT 显像诊断使用的放射性核素为 F-18。F-18 主要用于代谢显像，主要用放射性核素注入人体内产生的湮没辐射 γ 光子构成影像。正电子只能瞬态存在，很快与组织中的负电子结合产生湮没辐射产生两个能量（511keV）相等、方向相反的 γ 光子，光子被 PET-CT 装置探测器所接受，产生的荧光辐射经光电转换器、放大器、脉冲幅度甄别器等处理后，通过计算机系统再现人体组织或器官的影像。正电子放射性核素可构成人体各部位的任何影像，包括平面影像、动态影像、断层影像及全身影像。

1.1.3 工作流程

本项目 PET-CT 中心使用的放射性药物 F-18 均为 PET-CT 中心回旋加速器生产、制备，由于半衰期较短，均是根据临床诊疗所需药物的使用量，当天生产制备并在当天全部使用完，因此正常情况下 PET-CT 中心不会有放射性核素存放过夜。实施 PET-CT 放射诊断时，辐射工作人员在放化室通风橱内进行分装。受检患者由患者专用通道进入辐射工作场所并到达注射窗前，医护人员在注射室内采用隔室操作的方式通过注射台对受检患者实施放射性核素静脉注射。注射后的注射器以及棉签等固体废物丢入注射窗旁的废物桶，注射了放射性核素后的患者被安排至注药后候诊室休息。患者一般在注药后候诊室休息 30-60 分钟后，进入 PET-CT 扫描室，此时辐射工作人员通过 PET-CT 控制室内视频监控系统和对讲装置指导患者摆位，然后完成扫描诊断。诊断结束后，患者在留观区休息等待，经相关医生同意后患者可直接离院。

主要流程如下图：

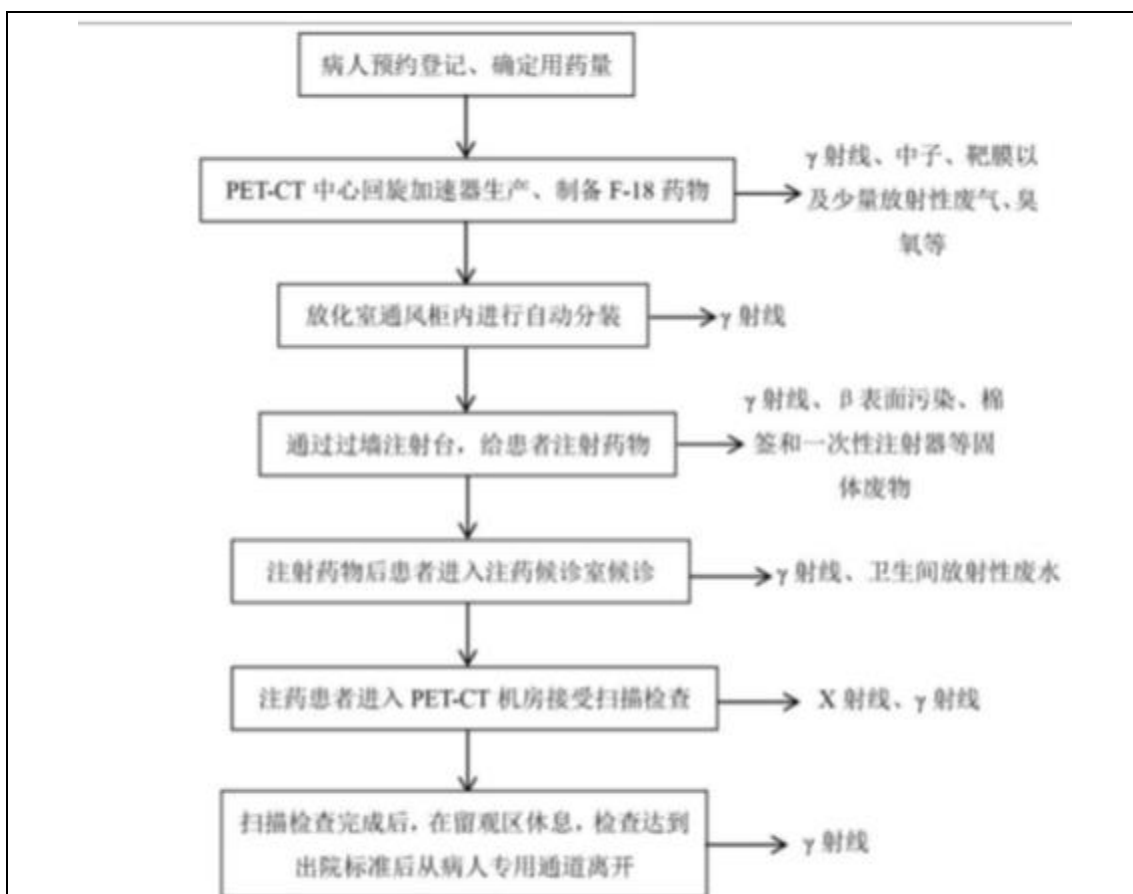


图 3-2 PET-CT 中心工作流程及产污环节示意图

1.2 密封源使用项目

本次评价项目 PET-CT 装置配有 2 套用于检测 PET-CT 稳定性和图像信息准确性的质控源，共包含 2 枚 ^{68}Ge 密封源。质控校准源是借助放射源产生的正电子为设备进行质控校准。

校准流程如下：PET-CT 安装到位后，正式使用之前需进行校正测试，以确保设备的各项参数达到相关标准要求。该工作一般由厂家工程师完成，医院专门工程技术人员配合和监督。

①CT 检测校正，主要对 CT 进行稳定性测试、CT 剂量指数测试和低对比度测试。

②PET 检测校正，依照相关检测方法，对 PET 探头或探测组件进行检测，确定无晶体损坏或电子设备故障后再做 PET 的三维校正、归一化和 fov 偏移校正。PET 探头及探测组件的检测和机架偏移校正用 ^{68}Ge 棒源来执行。归一化和日常质量控制都使用 ^{68}Ge 均匀性模体。其步骤为定位 ^{68}Ge 均匀性模型，用 CT 机架视野外激光打将模型垂直居中，激光应刚好与模型的边缘相接，选择质

量控制程序，系统将执行校正工作。实施校正时输入该模型体积、启用时间和放射源活度。

^{68}Ge 放射源产生的 γ 射线辐射，对人体产生的主要影响为外照射，不会产生放射性废水和废气， ^{68}Ge 废放射源交由北京树诚科技发展有限公司回收，回收协议见附件 10。

2、污染因子

2.1 正常工况

2.1.1 PET-CT (CT 部分)

X 射线在辐射场中可分为三种射线：由 X 射线管窗口出射的用于诊断检查的有用射线；由 X 射线管防护套泄漏出来的漏射线；以及由上述两种射线在诊断床、受检者身体上产生的散射线。CT 在使用过程中产生的主要辐射影响及影响途径如下：

在采取隔室操作的情况下，并且在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，PET-CT 机房外的工作人员及公众基本上不会受到 X 射线的照射。本项目中使用的 PET-CT 均在显示频上观察诊断结果，并采用数字打印机打印诊断结果，不使用胶片摄影，不会产生废显影水、定影水，因此不存在污水污染的问题。

2.1.2 PET-CT 中心非密封源工作场所

a. 放射性药物的分装、注射等操作过程中，操作人员将受到放射性药物发出的射线的外照射，吸入、食入放射性核素后还会对病人产生内照射。

b. 接受核素诊疗的病人注射或服用放射性药物后，本身短时间内便是一个辐射体（源），对周围的环境可能造成外照射影响。

c. 进行 PET-CT 核素显像时，将有来自受诊病人身体中 γ 射线，经过 PET-CT 扫描室墙体的屏蔽，射线可能仍有一定的泄漏，环境影响途径为外照射。

d. 放射性核素操作过程中将产生放射性废液和受污染的固体废物，核素操作过程中可能会产生放射性气体。

e. 受诊病人在注射了放射性药物之后短时间内的排泄物也属于放射性污染物。

2.1.3 密封源

由于放射源是密封源，源活性物质也不会泄露，因此在正常情况下，对人

体产生的主要影响为 γ 射线外照射，而无放射性废水和放射性废气排放。废放射源交由北京树诚科技发展有限公司回收。

2.2 事故工况

2.2.1 PET-CT (CT 部分)

在使用 PET-CT 发射 X 射线进行扫描时，人员误入机房引起误照射。

2.2.2 PET-CT 中心非密封源工作场所

- a. 放射性液体洒漏，使工作环境受到污染，工作人员受到外照射；
- b. 操作人员身体受放射性物质表面沾污，可能发生的内照射；
- c. 保管不善，放射性物品被盗，流失到社会，对局部环境产生污染，并可能使部分公众受到照射。

2.2.3 密封源

- a. 放射源丢失或被盜，屏蔽罐被打开，对公众产生外照射。
- b. 外力撞击导致放射源跌落裸露时，使工作人员或公众受到外照射。

表四 环境影响报告表主要结论及建议及其审批部门审批决定

4.1 环评情况

2017 年 10 月，福建省立医院委托江西省核工业地质局测试研究中心对 PET-CT 中心扩建工程进行了环境影响评价，项目组成新增加 1 台 PET-CT(含两枚 Ge-68 校准源)，调整核素 F-18 的年使用量；2018 年 4 月取得了原福建省环境保护厅的批复（闽环辐评〔2018〕20 号）。

4.2 环境影响报告表结论

结论

（一）辐射安全与防护分析结论

本项目建设运行后，将为患者提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时能在保障病人健康的同时为医院创造更大的经济效益，建设具有其必要性；项目整体布局较为合理，工作场所屏蔽措施符合相关标准要求，也符合辐射防护最优化原则；本项目对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的实践正当性原则。

（二）环境影响评价结论 由表 11-6 可知，PET-CT 中心正常运行时，对工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 0.98mSv，对公众照射的最大年有效剂量值为 0.186mSv，均可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定剂量约束值要求（职业人员 5mSv，公众人员 0.25mSv）。

（三）产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录》（2011 年本，2013 修订版），本项目属于“第十三条 医药”中“第六款、数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用”，为鼓励类，因此本项目的建设符合国家当前产业政策。

（四）总结论 本项目 PET-CT 中心扩建工程旨在改善患者就医环境，提高医院服务质量，经评价分析，只要认真落实本报告提出的环境保护措施，严格按照程序操作，切实执行国家各项法规、制度，使本项目实践符合辐射实践的正当性、辐射防护的最优化、个人剂量的限制三原则，则该项目从辐射环保角度来说，其建设是可行的。

表 4-1 环评报告中环境保护措施落实情况一览表

项目	验收内容	落实执行情况	落实情况
辐射防护措施	①各功能用房及出入口的电离辐射警告标志；PET-CT 机房门口的工作指示灯；②50mmPb 铅罐 5 个，6mmPb 注射防护套 1 个、20 mmPb 铅废物桶 2 个、铅衣 2 件、铅眼镜 2 副以及铅围脖 1 件等防护用品；35mmPb 的过墙注射台；③配置 X- γ 剂量监测仪、 β 表面污染监测仪，Inspector 多功能射线仪各一台，个人剂量报警仪 5 台；④个人剂量计及检测报告；⑤购置个人防护用品以及专用去污用品等；⑥门禁处，安装可视化系统，确保无关人员不得进入放射工作区。⑦病人注射检查结束后，离院前进行一次剂量率检查	①各功能用房及出入口已设置电离辐射警示标志；PET-CT 机房门口已设置工作指示灯 ②已配备相关防护用品 ③已配备多通道 γ 辐射剂量监测仪和表面沾污仪； ④已配备个人剂量计并定期送检； ⑤已购置防护用品； ⑥门禁处，已安装可视化系统； ⑦医院未采纳该条意见。	已落实
管理制度	制定《辐射事故（件）应急预案》、《放射防护个人剂量监测与档案管理制度》、《放射卫生防护知识培训与档案管理制度》、《放射工作人员健康检查与档案管理制度》等制度。	已制定《福建省立医院放射事故应急预案》、《核医学科工作人员健康管理及放射卫生档案管理制度》等制度。	已落实
环境监测	①PET-CT：机房四周 X- γ 剂量率，机房内的 β 表面污染；② ^{18}F 工作场所各功能室 β 表面污染监测，各功能用房的 γ 辐射监测；③放射性废水衰变池排出口总 β 监测。	①PET-CT：机房四周 X- γ 剂量率，机房内的 β 表面污染已进行监测；② ^{18}F 工作场所各功能室 β 表面污染监测，各功能用房的 γ 辐射已进行监测；③已委托卫生部门每年对衰变池排出口总 β 进行监测。	已落实
放射性固体废物	①放射性废物储存室；②放射性铅废物桶；③校准源失效后由生产厂家回收	设置放射性废物储存室、放射性铅废物桶；已于放射源厂家签订校准源回收协议	已落实
放射性废气	在通风橱中进行自动分装，操作时间较短，在正常情况下，基本无废气产生	药物分装在通风橱中自动分装	已落实
放射性废水	在衰变池旁设置电离辐射警示标志	在衰变池旁不宜设置电离辐射警示标志，医院未采纳。	已落实

4.3 环评批复简述

福建省环保厅的审批意见主要有：

一、在落实报告表提出的各项环境保护及辐射防护措施的前提下，同意你单位按照报告表中所列的项目性质、规模、地点以及拟采取的环境保护及辐射防护措施进行项目扩建。

二、项目建设内容为：在福州市东街 134 号福建省立医院 1 号楼 PET—CT 中心内，使用 F-18 放射性核素，且等效最大操作量为 7.4×10^6 Bq，为丙级非密封放射性物质工作场所；新增 1 台 PET—CT 机，为 III 类射线装置；使用 2 枚 Ge-68 放射源，活动均为 4×10^7 Bq，为 V 类放射源。

三、你单位必须全面落实环评报告表提出的各项辐射防护与安全管理措施，并着重做好以下工作：

（一）严格按照设计方案并开展建设，确保各辐射工作场所满足防护要求；辐射工作场所出入口要安装明显的工作状态指示灯和电离辐射警示标志，防止人员受到误照射；要按规范划定监督区和控制区，在相关区域设置明细的警示标志并划定分区警示线。

（二）健全辐射安全管理组织框架，建立并完善各项规章制度，严格按照环保要求和技术操作规程开展作业，加强设备维护，完善辐射事故应急预案并定期开展演练。

（三）严格履行放射同位素转让审批手续，建立规范的放射性药品使用台账；严格按照《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）的要求，落实各项放射性废物处置措施。

（四）配备符合防护要求的辅助防护用品；配备放射性监测及去污设施设备，开展周围环境的辐射水平巡测，发现安全隐患问题应立即整改。

（五）使用放射性同位素和放射装置的操作人员和相关管理人员应按要求参加辐射防护培训并取得合格证书，做到持证上岗；建立健全个人剂量和职业健康档案，所有辐射工作人员均应按要求佩戴个人剂量计并接受剂量监测。

四、根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定和环评报告表的预测，公众剂量约束按 0.25 mSv/a 执行，职业人员剂量约束按 5 mSv/a 执行。

五、你单位应按规定向我厅重新申请辐射安全许可证，在许可证范围内从事核技术利用相关活动。

六、项目建成后应按规定的标准和程序开展竣工环境保护验收。请福州市环

保局加强对项目的日常监督管理。你单位应在收到本批复后 20 个工作日将经批复的环评报告表送福州市环保局。

表 4-2 环评批复要求落实情况一览表

环评批复文件要求		落实执行情况	是否落实
项目建设的污染防治措施及管理要求	严格按照设计方案并开展建设，确保各辐射工作场所满足防护要求	按照设计方案及环评报告提出的各项辐射防护要求进行项目建设	已落实
	辐射工作场所出入口要安装明显的工作状态指示灯和电离辐射警示标志，防止人员受到误照射；要按规范划定监督区和控制区，在相关区域设置明细的警示标志并划定分区警示	辐射工作场所出入口已安装明显的工作状态指示灯和电离辐射警示标志；已设置监督区和控制区。	已落实
	健全辐射安全管理组织框架，建立并完善各项规章制度，严格按照环保要求和技术操作规程开展作业，加强设备维护，完善辐射事故应急预案并定期开展演练。	已健全辐射安全管理机构，并完善各项规章制度，完善辐射事故应急预案，已开展应急演练。	已落实
	建立规范的放射性药品使用台账；落实各项放射性废物处置措施。	已制定《核医学科放射性药品（包括放射源）安全管理制度》，规定了放射性药品等级制定；已与北京树诚科技发展有限公司签订废旧射源回收协议。	已落实
	配备符合防护要求的辅助防护用品；配备放射性监测及去污设施设备。	已配备铅衣、铅帽等防护用品；已配备 WF-3204 型 X- γ 剂量仪 1 台、Inspector 型表面污染仪 1 台、RAD60 型个人剂量报警仪 5 台	已落实
	使用放射性同位素和放射装置的操作人员和相关管理人员应按要求参加辐射防护培训并取得合格证书，做到持证上岗；建立健全个人剂	辐射工作人员已参加辐射防护培训；辐射工作人员按要求佩戴个人剂量计，并定期送检；医院已建立健全个人	已落实

	量和职业健康档案，所有辐射工作人员均应按要求佩戴个人剂量计并接受剂量监测。	剂量和职业健康档案。	
项目 执行 标准	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定和环评报告表的预测，本项目公众按 0.25 毫希沃特/年执行，职业人员剂量约束按 5 毫希沃特/年执行。	由剂量预测结果可知：本次验收设备公众按 0.25 毫希沃特/年执行，职业人员剂量约束按 5 毫希沃特/年执行。	已落实
项目 运行 和竣 工验 收的 环保 要求	重新申请辐射安全许可证，在许可证范围内从事核技术利用相关活动	已申领。	已落实
	按规定的标准和程序开展竣工环境保护验收	正在办理。	正在落实

表五 验收监测质量保证及质量控制

5.1 监测仪器

监测使用的仪器经国家法定计量检定部门检定合格，并在有效使用期内；每次测量前、后均对仪器的工作状态进行监测，确认仪器是否正常。

5.2 质量保证措施

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- ②监测方法采用国家有关部门颁布标准，监测人员经考核持有合格证书上岗。
- ③每次测量前后均检查仪器的工作状态是否正常。
- ④由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- ⑤检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签发人审定。

表六 验收监测内容

6.1 监测因子及频次

监测因子：周围剂量当量率、 β 表面污染。

监测频次：周围剂量当量率在正常工况下测量一次，每次读 10 个数，取其修正后的平均值作为测量结果， β 表面污染在正常工况下测量一次，取其修正后的平均值作为测量结果。

6.2 监测仪器及监测方法

本项目监测方法是执行《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）、《环境地表周围剂量当量率测定规范》（GB/T14583-93）、《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）、《表面污染测定 第一部分（ $E_{\beta\text{max}} > 0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T14056.1-2008），监测仪器情况见表 6-1 和表 6-2。

表 6-1 核辐射检测仪

仪器名称	X、 γ 辐射空气比释动能率仪
仪器型号	FD-3013H
仪器编号	6254
生产厂家	上海申核电子仪器有限公司
探测器	$\phi 30 \times 25\text{mm}$, Na (Tl) 晶体
灵敏度	350cps/ μSv
能量响应、测量范围	0.06~3.0MeV; 0.01~200 $\mu\text{Sv/h}$
测量精度	以置信度 95%时，一次读数：0~10.00 $\mu\text{Sv/h}$ 为 $\leq \pm 5\%$ ， 10~200.00 $\mu\text{Sv/h}$ 为 $\leq \pm 10\%$
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
证书编号	2018H21-20-1595674003
检定时间	2018 年 09 月 29 日
有效期至	2019 年 09 月 28 日

表 6-2 α 、 β 表面污染仪

仪器名称	α 、 β 表面污染测量仪
仪器型号	CoMo170
仪器编号	7908
表面发射率响应	$R_{\alpha}=0.38$, $R_{\beta}=0.49$
本底计数率	$R_{\alpha}=0^{-1}$, $R_{\beta}=30.5\text{S}^{-1}$
检定单位	中国计量科学研究院

证书编号	2019H21-20-1872681001
检定时间	2019 年 06 月 25 日
有效期至	2020 年 06 月 24 日

6.3 监测布点

参照《医院 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中的方法布设监测点位。用监测仪器对 PET-CT 机房及周边进行环境辐射水平进行监测。具体监测点位见监测报告。

表七 验收监测结果

7.1 验收监测期间设备工况

在各台射线装置正常工作工况条件下进行验收监测。

7.2 监测结果

表 7-1 PET-CT 工作场所及周围剂量当量率现状监测结果

序号	设备名称	监测工况	监测点位描述	周围剂量当量率 $\mu\text{Sv/h}$	
				关机	开机
1	PET-CT	140KV, 150mA 病人注射 10mCi 的 F-18	观察窗上	0.10	0.15
2			观察窗下	0.10	0.16
3			观察窗左	0.09	0.15
4			观察窗右	0.09	0.14
5			控制室操作位	0.08	0.13
6			医生防护门左侧门缝外 30cm 处	0.10	0.19
7			医生防护门右侧门缝外 30cm 处	0.09	0.23
8			医生防护门表面外 30cm 处	0.08	0.15
9			病人防护门左侧门缝外 30cm 处	0.08	0.18
10			病人防护门右侧门缝外 30cm 处	0.08	0.18
11			病人防护门表面外 30cm 处	0.08	0.13
12			机房北侧外墙表面 30cm 外	0.09	0.14
13			机房西侧外墙表面 30cm	0.10	0.13
14			机房南侧外墙表面 30cm	0.11	0.16
15			机房东侧外墙表面 30cm	0.10	0.14
16			机房上方输液大厅	0.10	0.15

表 7-2 PET-CT 中心工作场所 β 表面污染水平监测结果

监测点位描述		β 表面污染 (Bq/cm^2)	备注
1	注射室通风橱表面	0.46	暂存 100mCiF^{18}
2	注射室操作台	0.41	/

3	注射室废物桶表面	0.49	/
4	注射室铅衣表面	0.46	/
5	注射室地面	0.50	/
6	注射室墙面	0.45	/
7	注射室注射台表面（病人侧）	0.83	10.8 mCiF ¹⁸
8	注射室注射台表面（医生侧）	0.65	/
9	注药后候诊室 1 地面	0.54	/
10	注药后候诊室 1 卫生间地面	0.56	/
11	注药后候诊室 2 地面	0.52	/
12	注药后候诊室 2 卫生间地面	0.55	/
13	留观室地面	0.49	/

由表 7-1 的监测结果可知，PET—CT 在病人注射 10mCi F-18 显像过程中，机房机房周围剂量当量率在 0.13~0.23 μ Sv/h 之间，符合《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中规定。

由表 7-2 的监测结果可知，核医学科 β 表面污染最高值为注射台面(病人侧)0.83Bq/cm²，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）B2.1 控制区表面污染控制水平 40Bq/cm² 的要求。

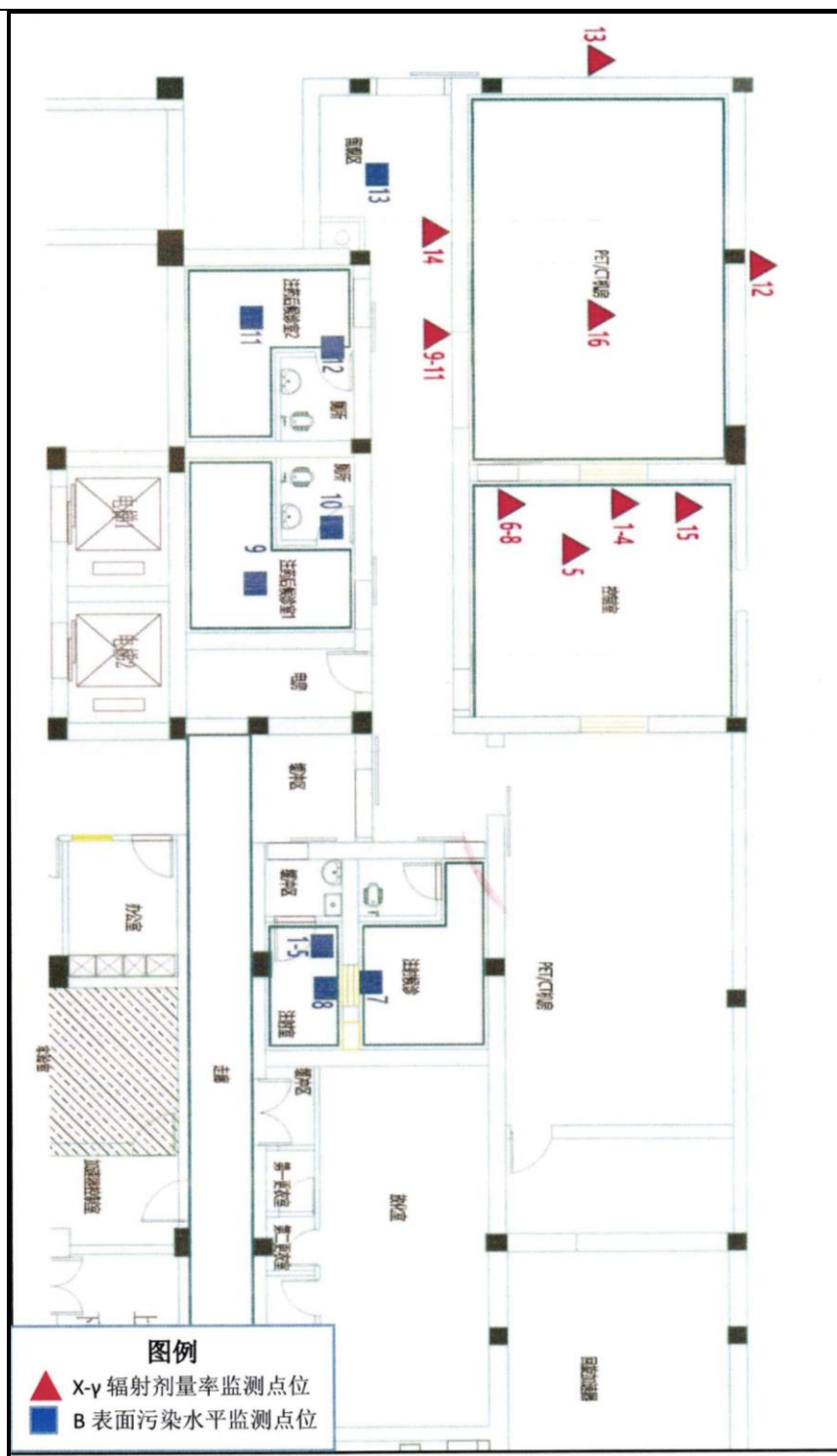


图 7-1 PET-CT 中心监测布点图

7.3 附加年有效剂量估算结果分析

7.3.1 职业人员受照射剂量

根据福建省立医院提供的个人剂量计检测报告，统计了该项目涉及的医护人员 2018 年 4 月 24 日至 2019 年 4 月 26 日的个人累积剂量检测结果，见表 7-5。

表 7-5 个人剂量监测结果统计表（单位：mSv）

序号	姓名	科室	2018. 4. 24- 7. 26	2018. 7. 27- 10. 26	2018. 10. 27- 2019. 1. 26	2019. 1. 27-4. 26	年有效 剂量
1	陈文新	PET-C T 中心	0.033	0.098	0.348	0.296	0.775
2	林美福		0.033	0.144	0.44	0.38	0.997
3	陈彩龙		0.033	0.197	0.336	0.333	0.899
4	陈国宝		0.107	0.168	0.369	0.291	0.935
5	李君霞		0.172	0.142	0.424	0.033	0.771
6	郭莘		0.202	0.168	0.415	0.516	1.301
7	李松		0.102	0.085	0.372	0.033	0.592
8	戴红峰		0.137	0.238	0.406	0.289	1.07

注：1、个人剂量检测报告由江苏宁大卫检测技术有限公司出具。

该项目涉及的 8 名辐射工作人员均进行了个人剂量计检测，年有效剂量范围为：0.592-1.301mSv。由表 7-5 可知，8 名辐射工作人员个人累积剂量监测结果均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定职业人员 5mS/a 的剂量约束值。

7.3.2 公众受照射剂量

计算射线产生的外照射人均年有效剂量计算公式：

$$H=D_R \times T$$

式中：H—年有效剂量（Sv/a）；

D_R — X — γ 剂量当量率（Sv/h）；

T—年受照时间（h）。

根据监测数据可知，PET-CT 机房病人防护门门缝处作为公众能接触到的剂量率最大值。根据医院提供资料，PET-CT 照射时间为 1500h，居留因子取 1/16，估算公众年有效剂量：

$$H = (0.18-0.09) \times 1500 \times 1/16 \times 10^{-3} = 8.438 \times 10^{-3} \text{mSv}$$

故 PET-CT 机房周边公众接受的年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标注》（GB18871-2002）中规定的 1mSv/a 的剂量限值，也低于本项目环评报告中提出的 0.25mSv/a 的管理约束限值的要求。

表八 环保检查结果

8.1 各机房防护措施检查结果

表 8-1 各机房防护措施一览表

机房	四周墙体	天棚/地板	防护门	观察窗
PET-CT 机房	37cm 实心红砖墙+40mm 防护涂料	12cm 混凝土+5mm 铅板	病人防护门：8mm 铅当量 医生防护门：10mm 铅当量	8mm 铅当量
注射候诊室 1	37cm 实心红砖墙+40mm 防护涂料	12cm 混凝土+6mm 铅板	10mm 铅当量	/
注射后候诊室 2	37cm 实心红砖墙+40mm 防护涂料	12cm 混凝土+6mm 铅板	10mm 铅当量	/
留观区	37cm 实心红砖墙+40mm 防护涂料	12cm 混凝土+4mm 铅板	/	/

8.2 环保检查结果

8.2.1 辐射安全防护管理机构

福建省立医院已成立了放射防护领导小组（见附件 4），明确了相应职责，放射防护领导小组组长为郑晓春，全面领导医院辐射安全与防护；小组成员由相关科室的工作人员组成，具体负责辐射设备的使用、检查、维护和管理。

8.2.2 辐射安全防护管理制度

医院已根据现有核技术应用情况制定了辐射安全防护管理制度，所制定的制度包括：

（1）综合管理制度：PET-CT 中心指定了《实验室工作制度》等（见附件 6）。

（2）操作规程：制订了《导管室大型设备使用制度》等（见附件 6）。

（3）人员职责：制订了《辐射防护管理人员岗位职责》（见附件 6）。

（4）事故管理制度：该医院为使一旦发生放射事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应措施，保护工作人员、病员、公众及环境的安全，制订了《福建省立医院放射性突发事件应急预案》，PET-CT 中心制定了《核医学科工作人员健康管理及放射卫生档案管理制度》（见附件 6）。

医院现有规章制度均上墙明示，落到实处。

8.2.3 辐射工作场所分区

对照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，为了便于辐射防护管理和职业照射控制，控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围，应将辐射工作场所分为控制区和监督区。针对福建省立医院 PET-CT 中心，该医院按照环评文件的要求，将 PET-CT 中心进行分区管理，其中 PET-CT 机房、分装室、注射室、注射后休息室、检查后等候室、病人专用卫生间、污物室划分为控制区，PET-CT 中心其他区域划分为监督区。

PET-CT 显像使用的氟-18 由回旋加速器生产后，进入放化室（分装热室）合成、分装和包装，然后使用转运铅防护套，经放化室和注射室间的传递窗传递到注射室。

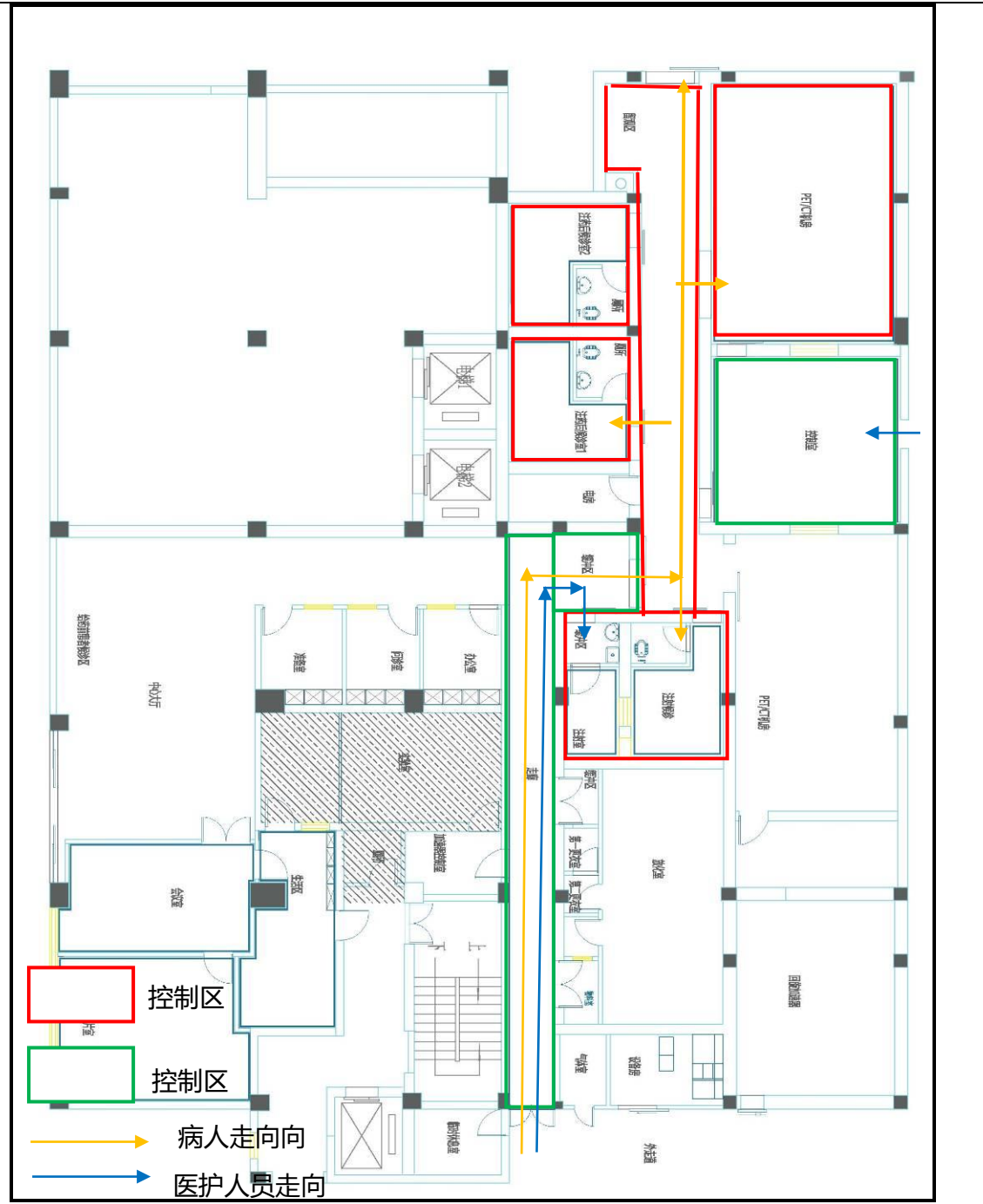


图 8-1 PET-CT 分区及医患流向图

8.3 法规执行情况

8.3.1 环境影响评价

2017 年 10 月，福建省立医院委托江西省核工业地质局测试研究中心对 PET-CT 中心扩建工程进行了环境影响评价，项目组成为新增加 1 台 PET-CT(含两枚 G-68 校准源)，调整核素 F-18 的年使用量；2018 年 4 月取得了原福建省环境保护厅的批复（闽环辐评〔2018〕20 号）。

8.3.2 辐射安全许可证

福建省立医院于 2014 年 12 月 31 日申请了辐射安全许可证，证书编号为闽环辐证【00027】，种类和范围为：使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置，有效期至 2019 年 12 月 30 日。于 2019 年 5 月 23 日变更了辐射安全许可证，许可的种类和范围为：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

8.3.3 监测

该医院委托了江苏宁大卫防检测技术有限公司开展了医院从事放射工作人员进行了个人剂量累积监测（监测报告详见附件 8）。

8.3.4 事件和事故

根据医院提供的 2018 年 4 月至 2019 年 4 月个人剂量检测报告和对该项目周围公众人员剂量的估算，辐射工作人员和公众人员均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）年剂量限值的要求。验收监测之前，省、市生态环境部门对该医院进行环保检查时，并未发现福建省立医院核技术应用项目运行期间发生辐射安全事件和事故。

8.3.5 人员管理

（1）工作人员的知识培训

涉及本次验收的辐射工作人员共 8 人，8 人均已参加辐射安全与防护培训。

（2）个人剂量检测

医院委托江苏宁大卫防检测技术有限公司对医院辐射工作人员开展了个人剂量累积监测，建立了个人剂量档案。

PEC-CT 中心的 8 名辐射工作人员均进行了个人剂量累积监测，个人剂量检测统计见表 7-5。

（3）职业健康检查

该医院 2018 年 1 月 18 日-7 月 17 日组织医院辐射工作人员进行了职业健康体检。本项目 PET-CT 中心的 8 名辐射工作人员均进行了职业健康体检。

8.3.6 年度评估报告

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，医院应定期开展辐射安全状况检查，基于实际运行情况，完成辐射安全年度评估报告，并按时向省生态环境厅和当地生态环境局备案。

年度评估报告应当包括射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

福建省立医院暂已提交 2019 年度评估报告，见附件 12。

8.4 现场检查照片

	
PET-CT 警示灯及电离辐射标志	PET-CT 中心病人流向标识
	
PET-CT 中心防护服及放射性废物垃圾桶	PET-CT 机房控制室防护门
	
辐射监测仪	核医学科个人剂量片

	
衰变池（三级）	

照片 8-1 现场检查情况

表九 验收监测结论及要求

9.1 验收监测结论

(1) 现场监测结果表明, 该项目在正常运行工况下, 福建省立医院 PET-CT 在正常运行时, 放射性工作场所的职业工作人员和周围公众人员的年有效剂量分别低于相应的剂量约束值, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中的要求。

(2) 医院已根据现有核技术应用情况制定了《实验室工作制度》、《辐射防护管理人员岗位职责》、《福建省立医院放射性突发事件应急预案》、《核医学科工作人员健康管理及放射卫生档案管理制度》等。

(3) 医院现有辐射工作人员在上岗前或从事辐射工作期间均进行了职业健康体检, 并且按时进行了个人剂量计检测, 部分辐射工作人员参加了辐射安全与防护培训。

综上所述, 福建省立医院 PET-CT 中心扩建项目运行对周围环境产生的影响符合辐射环境保护的要求, 从辐射环境保护角度论证, 满足竣工环保验收要求。

9.2 建议及要求

(1) 加强管理做好各种环保设施的日常保养、检修和维护工作。医院应根据本次验收监测报告及运行情况, 制定监测计划, 定期自行或委托有资质的单位对放射工作场所进行监测, 并在每年年底针对辐射安全情况做一份年度评估报告, 按规定在下一年 1 月 31 日之前提交上一年度评估报告。

(2) 医院要加大管理和培训力度, 所有从事放射性工作的人员均应持证上岗, 并定期对辐射工作人员进行辐射防护和安全知识再培训。

