

编号： LBHJ-2025-DLYS020

# 广州医科大学附属第五医院 旧核医学科退役项目 终态验收监测报告表

项目单位：广州医科大学附属第五医院（盖章）

编制单位：广州乐邦环境科技有限公司（盖章）

2025 年 9 月



项目单位法人代表:



(签字)

编制单位法人代表:



(签字)

项目负责人:

裴瑶

(签字)

填表人:

裴瑶

(签字)

项目单位: 广州医科大学附属第五医院 (盖章)

电话:

邮编: 510700

地址: 广州市黄埔区港湾路 621 号

编制单位 广州乐邦环境科技有限公司 (盖章)

电话: 18588760318

邮编: 511496

地址: 广州市番禺区新造镇和平路 1 号 19 号仓 101



CS 扫描全能王

3亿人都在用的扫描App

## 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 验收标准 .....	6
表 3 退役实施情况 .....	10
表 4 验收监测结果 .....	19
表 5 辐射影响分析 .....	23
表 6 验收监测结论 .....	26
附件 1 退役单位辐射安全许可证 .....	27
附件 2 退役环境影响评价批复 .....	38
附件 3 退役单位制定的退役方案 .....	42
附件 4 过程监测报告 .....	47
附件 5 退役过程退役单位自行监测资料 .....	54
附件 6 衰变池水样分析报告 .....	55
附件 7 终态监测报告 .....	57

表 1 项目基本情况

退役项目名称	广州医科大学附属第五医院旧核医学科退役项目				
项目单位名称	广州医科大学附属第五医院				
退役项目地点	广州市黄埔区港湾路 621 号				
退役环评批复部门	广东省生态环境厅	批准文号	粤环审[2024]181 号		
退役实施周期	2025 年 8 月 27 日 -2025 年 10 月 4 日	退役验收时间	2025 年 8 月		
环评报告编制单位	广州乐邦环境科技有限公司	验收监测单位	广州乐邦环境科技有限公司		
投资总概算	50	辐射安全与防护设施投资总概算	20	比例	40%
<b>退役项目概况</b>					
<b>1.1 退役单位概述</b>					
<p>广州医科大学附属第五医院（以下简称“退役单位”或“广医五院”），位于广州市黄埔区港湾路 621 号，始建于 1957 年，前身为广州港湾医院，现为“双一流”建设高校广州医科大学直属附属医院，三级甲等综合公立医院，国家呼吸系统疾病临床医学研究中心分中心，国家进一步改善医疗服务行动示范医院，广州医科大学第五临床学院。建设单位位于粤港澳大湾区湾顶明珠广州市黄埔区，坐落在珠江河畔，与黄埔军校隔江相望。建设单位普通外科、泌尿外科、肿瘤科是广东省省级临床重点专科，康复医学科、泌尿外科是广州市重点学科，康复医学科、泌尿外科、肿瘤科是广州医科大学重点专科。</p> <p>退役单位现持有广东省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（详见附件 1），证书编号为粤环辐证[04432]，许可种类和范围为使用 V 类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。</p>					
<b>1.2 退役项目概述</b>					
<p>广医五院旧核医学科位于医院中部，为一栋独立二层建筑物，其中首层主要为候</p>					

诊大厅及开展放射诊疗的辐射工作场所，二层为核医学科办公场所。

该旧核医学科建设项目于 2022 年 8 月取得环评批复，2023 年 3 月竣工，并在同年 6 月完成竣工环保自主验收投入使用。2024 年广医五院启动了扩建工程，拟在院内拆除建筑面积 6294 平方米，新建建筑总面积 9.99 万平方米。由于旧核医学科所在的建筑物属于该扩建工程的拆除范围内，医院决定易址重建核医学科，而旧核医学场所实施退役后达到无限制开放水平后将拆除，场地用于医院扩建项目建设。因此在 2024 年 7 月组织了核医学科迁建项目暨旧核医学科退役项目环境影响评价，9 月份取得环评批复（批复文号粤环审[2024]181 号，详见附件 2）。

随着易址重建的新核医学科项目建设进入尾声，旧核医学科也开始启动搬迁工作。核医学科已于 2025 年 8 月 27 日完成最后一批患者的放射诊断后，正式停止放射性药物的使用和放射诊疗项目的开展。

1.3 退役项目的源项和范围

退役项目的旧核医学科为乙级非密封放射性物质工作场所，已许可使用 F-18、Ga-68、Sr-89、Ra-223、Sm-153 共 5 种放射性核素，直至 2025 年 8 月 27 日最后一天使用放射性核素开展放射诊疗项目，医院只使用过 F-18、Ga-68 和 Sr-89 三种核素，而 Ra-223 和 Sm-153 两种核素至今未曾使用。

退役项目许可的辐射源项及其使用情况见表 1.3-1。

表 1.3-1 退役项目许可的辐射源项及其使用情况

序号	辐射源类别	源项名称	许可基本参数			使用情况
\		核素名称	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	最后一次使用
1	非密封放射性物质	F-18	3.25E+10	3.25E+07	8.13E+12	2025 年 8 月 27 日
2		Ga-68	1.09E+10	1.09E+07	2.73E+12	2025 年 8 月 19 日
3		Sm-153	4.11E+09	4.44E+08	2.22E+11	未使用过
4		Ra-223	1.00E+07	1.00E+08	5.00E+08	未使用过
5		Sr-89	2.96E+08	2.96E+07	1.48E+10	2025 年 2 月 13 日
6	射线装置	名称	型号	最大管电压	最大管电流	\
		PET/CT	Discovery MI	140kV	600mA	2025 年 8 月 30 日搬迁至新核医学科
\	放射源	放射源名称	出厂活度 (Bq)	放射源类别	用途	\
7		Ge-68	5.5×10 <sup>7</sup>	V 类	PET/CT 校准源	2025 年 8 月 30 日搬

8		Ge-68	$5.5\times 10^6$	V类	PET/CT 校准源	迁至新核医学科
---	--	-------	------------------	----	------------	---------

除了以上辐射源项，退役项目存留的污染源项还包括核医学放射诊断项目开展过程中产生的放射性三废，以及可能受放射性污染的场所、设施等，经清查后详见表 1.3-2。

表 1.3-2 退役场所存留的污染源项

序号	污染物	污染物来源	暂存方式	处理方式
1	放射性固体废物	一次性注射器、棉签、杯子等沾染放射性核素的固体废物，以及吸附了放射性废气的活性炭过滤器	收集暂存于废物暂存间内储存衰变	暂存满 30 天后达到清洁解控水平后，按一般医疗废物处理。
2	放射性废水	患者排泄物、洗刷废水等	收集暂存于核医学科衰变池	经衰变池衰变至符合排放要求后排入医院污水处理站。
3	放射性废气	放射性核素挥发	——	经活性炭吸附过滤后通过排气口排放。
4	工作场所内可能受污染的地面、墙体，以及内部可能受污染的设施	放射诊疗过程中可能受到的污染	封存	监测达到相关要求后无限制开放要求

旧核医学科所在建筑物为一栋独立二层建筑物，其中首层主要为候诊大厅及开展放射诊疗的辐射工作场所，本项目退役的所有辐射源强均位于首层的辐射工作场所内；二层为核医学科办公场所，不涉及放射性污染，因此后文不再对其进行分析。

医院总平面及验收项目所在地见图 1.3-1，旧核医学辐射工作场所所在的建筑物首层平面布局见图 1.3-2。



图 1.3-1 退役项目的四至环境分布情况图

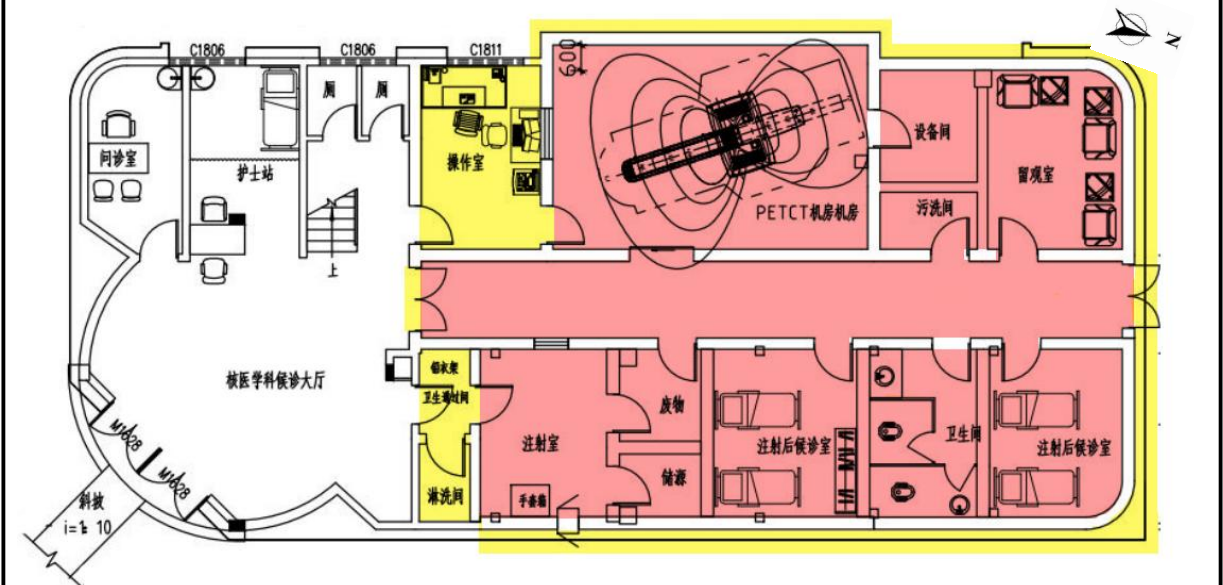


图 1.3-2 旧核医学科首层平面布置图

#### 1.4 退役目标及退役活动实施情况

本项目退役的最终目标为原则上实现留存建筑物和场址残留放射性达到无限制开放水平，退役产生的各类废物和物料得到安全处理和处置，退役过程中产生的气、液态流出物达标排放。

核医学科已于 2025 年 8 月 27 日完成最后一批患者的放射诊断后，正式停止放射性药物的使用和放射诊疗项目的开展。退役单位已在实施退役前制定了旧核医学科退役方案，按照退役方案做好退役准备和实施退役工作。



表 2 验收标准

法律、法规和规章制度	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日施行）</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行）</p> <p>(3) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 253 号令；2017 年 7 月 16 日国务院第 682 号令修订，2017 年 10 月 1 日施行）</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令，2005 年 12 月 1 日施行；2019 年 3 月 2 日国务院第 709 号令修改）</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号公布；2021 年 1 月 4 日生态环境部第 20 号令修正）</p> <p>(6) 《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，2011 年 5 月 1 日施行）</p> <p>(7) 《关于发布&lt;放射性废物分类&gt;的公告》，原环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告，公告 2017 年第 65 号。</p> <p>(8) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（环境保护部 国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日施行）</p>
技术规范等相关文件	<p>(1) HJ1326-2023《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（2024-02-01 实施）</p> <p>(2) HAD401/14-2021《核技术利用设施退役》（2021 年 10 月 13 日国家核安全局发布并实施）</p> <p>(3) HAD401/16-2023《医疗、工业、农业、研究和教学中产生的放射性废物管理》（2023 年 2 月 9 日国家核安全局发布并实施）</p>
环评及其审批文件、技术标准	<p>(1) GB18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（2003-04-01 实施）</p> <p>(2) HJ1188-2021 《核医学辐射防护与安全要求》（2021-11-01 实施）</p>

	<p>(3) GB45437-2025 《核设施退役场址土壤中残留放射性可接受水平》 (2025-06-01 实施)</p> <p>(4) GB27742-2011 《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》 (2012-12-01 实施)</p> <p>(5) GB14500-2002 《放射性废物管理规定》 (2003-04-01 实施)</p> <p>(6) HJ 61-2021 《辐射环境监测技术规范》 (2021-05-01 实施)</p> <p>(7) HJ1157-2021 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 (2021-05-01 实施)</p> <p>(8) GB/T14056.1-2008 《表面污染测定第 1 部分第一部分β发射体 (<math>E_{\beta\text{max}}\geq 0.15\text{MeV}</math>) 和α发射体》 (2009-04-01 实施)</p> <p>(9) HJ898-2017 《水质总α放射性的测定 厚源法》</p> <p>(10) HJ899-2017 《水质 总β放射性的测定 厚源法》</p> <p>(11) GB8999-2021 《电离辐射监测质量保证通用要求》 (2021-8-1 日实施)</p> <p>(12) 《广州医科大学附属第五医院核医学科迁建暨旧核医学科退役项目环境 影响报告表》 (项目编号: h5d65i)</p> <p>(13) 《广东省生态环境厅关于广州医科大学附属第五医院核医学科迁建暨 旧核医学科退役项目环境影响报告表的批复》 (粤环审[2024]181 号)</p>
验收执行的 标准限值	<p>(1)剂量约束值</p> <p>本退役项目环评阶段根据 GB18871-2002 和 HJ1188-2021 的相关要求， 确定了退役项目的辐射工作人员和公众剂量约束值，根据环境影响报告表 及其批复确定了本次验收项目的剂量约束值，即辐射工作人员的职业照射 剂量约束值不超过 5mSv，公众的剂量约束值不超过 0.1mSv。</p> <p>(2) 工作场所及设施的清洁解控</p> <p>本退役项目环评阶段根据 GB18871-2002 附录 B2.2 的相关要求 (工作 场所的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到标准附录的表 B11 中</p>

所列设备类的控制水平的五十分之一以下时，经主管部门确认同意后，可当作普通物品使用。），确定工作场所及设施的表面污染清洁解控；根据 HJ1188-2021 的相关要求确定退役后场所内的设备、设施和物品的辐射剂量率满足所处环境本底水平。

本次验收执行环评阶段确定的工作场所及设施的表面污染清洁解控水平：退役后场所内的设备、设施和物品的辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$ 表面污染水平应低于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ； $\alpha$ （极毒性）表面污染水平应低于  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

### （3）放射性三废

环评阶段根据 HJ1188-2021 确定了放射性废水的处理方式：衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；根据 DB44/26—2001 确定了放射性废水的排放限值：总 $\alpha$ 放射性小于  $1\text{Bq}/\text{L}$ ；总 $\beta$ 放射性小于  $10\text{Bq}/\text{L}$ 。

环评阶段根据 HJ1188-2021 确定了放射性固体废物的处理方式：

a)所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

b)所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍。

固体放射性废物暂存时间满足以上要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$ 表面污染小于  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta$ 表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

环评文件中明确了该项目使用的核素化合物均不具有挥发性，因此产生的废气主要为自然挥发，且量极少。经由核医学科排风系统中的活性炭吸附后（废气基本可以忽略不计）按照放射性固废暂存于废物间至清洁解控水平。

本次验收执行环评阶段确定的放射性三废处理和排放限值。

### （4）验收因子及验收标准限值一览表

表 2-1 验收标准一览表			
序号	验收因子	验收标准限值	处理方式
1	剂量率约束	辐射工作人员不超过5mSv 公众不超过0.1mSv	——
2	工作场所及设施	辐射剂量率满足所处环境本底水平； $\beta$ 表面污染小于0.8Bq/cm <sup>2</sup>	无限制开放
3	放射性废水	总 $\alpha$ <1Bq/L；总 $\beta$ <10Bq/L	含F-18、Ga-68的放射性废水在衰变池中暂存超过30天后可直接解控排放。
4	放射性固废	辐射剂量率满足所处环境本底水平； $\beta$ 表面污染小于0.8Bq/cm <sup>2</sup>	含F-18、Ga-68的放射性固废在废物间暂存超过30天后清洁解控并作为医疗废物处理。 含Sr-89的放射性固废在废物间暂存超过Sr-89的10倍半衰期（505.3天）后清洁解控并作为医疗废物处理。
5	放射性废气	——	过滤排放，吸附放射性废气的活性炭按照放射性固废暂存于废物间至清洁解控水平。

### 表 3 退役实施情况

#### 3.1 退役准备

##### 3.1.1 建立退役组织机构

针对本次退役项目，退役单位成立了退役工作小组，并明确构成和职责分工，退役工作小组设置情况如下：

组长：秦大江

组员：申路、喻明晰、赵荣、关志威、欧哲、杨沈雷

退役工作小组负责组织退役项目的源项调查、清查清理、环境影响评价和退役验收工作，监督并实施退役过程中污染场地的去污、放射性废物的整备等工作。退役工作小组是从医院的辐射安全和防护管理委员会成员中选取组成，自身便具备相应的辐射安全与防护专业知识和技能，确旧核医学科退役工作有序进行。在实施退役前，组织对参与退役的工作人员进行安全培训，告知其场所辐射水平、退役方案、应急方案、防尘和降噪措施等。

##### 3.1.2 退役项目运行史及源项调查

提前收集退役项目建设期的环境影响评价、辐射安全许可证和竣工环境保护验收等环保手续，调查运行期间的相关资料和记录，查明运行期间放射性核素的使用情况。开展源项调查，确定放射性物质和有毒有害物质的存量和分布。清查辐射工作场所内积存的物项，包括可能留存的放射性核素、可能受放射性污染的设施和放射性污染物等。

##### 3.1.3 其他退役保障

(1) 退役单位针对退役项目制定了《核医学科辐射工作场所退役方案》（详见附件 3），该方案详细规定了工作流程、工作计划、放射性废物处理方案、保障措施和辐射监测计划。方案还包含针对退役过程中可能发生的辐射事故的应急预案。这些措施旨在确保本次退役工作顺利执行，并为应对可能发生的事故提供明确的指导和应对策略。通过这些系统性安排，可有效管理和控制辐射风险，保障人员和环境安全。

(2) 开展退役环境影响评价，退役单位已在 2024 年 7 月组织了核医学科迁建项

目暨旧核医学科退役项目环境影响评价，并在文件中对退役方案进行充分的分析，同年 9 月取得环评批复（批复文号粤环审[2024]181 号，详见附件 2）。

（3）封存退役项目的原辐射工作场所，除了按照退役方案逐步实施的各项退役工作，在退役结束之前，对退役项目的原辐射工作场所进行封存管控，禁止无关人员进入及场所内设施搬离场所。

（4）维护或改造退役期间必须使用的已有系统、设备和基础设施等，如通风系统、供电系统等。

（5）配置开展去污、废物管理、辐射防护等退役活动必需的设备和设施，包括建立隔离安全封闭区的屏障、实体保卫设施、废物临时贮存区以及废物包装容器等；配备退役实施必需的防护用品、工器具和材料等。

### 3.2 退役实施

描述退役项目实施过程，重点说明退役过程中采取的辐射安全与防护设施/措施，包括辐射监测（过程监测、终态监测），场所去污情况，辐射防护分区，人员防护等；以及建（构）筑物、设备、放射性废物处理情况等。

#### 3.2.1 源项管理

旧核医学科取得辐射安全许可的活动种类和范围为使用 1 台 PET/CT 装置（配置两枚 Ge-68 校准源）和 F-18、Ga-68、Sr-89、Sm-153、Ra-223 共 5 种放射性药物，从表 3.2-1 对辐射源项使用情况分析可知，核医学科从未启用过 Sm-153 和 Ra-223 两种放射性药物，而 Sr-89、Ga-68 和 F-18 三种放射性药物也都最迟在 2025 年 8 月 27 日最后一次使用且全部使用完，所以在退役实施阶段核医学科已不存在放射性药物，只有 1 台 PET/CT 装置和两枚 Ge-68 校准源（存于保险柜中）。在经过辐射监测确认 PET/CT 装置和贮存 Ge-68 校准源的保险柜表面的  $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  后实施搬迁。其中 PET/CT 装置已于 2025 年 8 月 29 日委托设备厂家工程师进行拆解并搬迁至新核医学科安装，贮存 Ge-68 校准源的保险柜已于 2025 年 9 月 26 日整体搬迁至新核医学科储源间。

退役项目辐射源项调查情况见表 3.2-1。

表 3.2-1 退役项目辐射源项调查情况				
序号	辐射源类别	源项名称	最后一次使用日期	最终去向
1	非密封放射性物质	F-18	2025 年 8 月 27 日	当天全部使用完 53.92mCi
2		Ga-68	2025 年 8 月 19 日	当天全部使用完 5mCi
3		Sr-89	2025 年 2 月 13 日	当天全部使用完 4mCi
4		Sm-153	从未使用过	
5		Ra-223	从未使用过	
6	射线装置	PET/CT	2025 年 8 月 27 日	拆解并搬迁至新核医学科安装
7	放射源	Ge-68	2025 年 6 月 30 日	连同保险柜整体搬迁至新核医学科储源间
8		Ge-68	2025 年 6 月 30 日	

3.2.2 放射性废物管理

退役项目污染源主要来源于核医学科原使用放射性核素的残留，通过前文的分析可知本项目主要考虑遗留 Sr-89、Ga-68 和 F-18 衰变产生的γ射线和β射线。重点考虑放射性三废的处理，由于核医学科自 2025 年 8 月 27 日停止使用放射性药物且全部使用完，因此退役场所存留的放射性污染全部来自核医学科开展放射诊疗项目时。根据放射诊疗实践中产生废物的形态及其中的放射性核素的种类、半衰期，按放射性废物分类要求将放射性废物进行分类收集和分别处理。

(1) 放射性固废

根据退役单位提供的资料，该核医学科主要以使用放射性药物 F-18 为主，Ga-68 和 Sr-89 基本为配合临床试验使用，自 2023 年取得辐射安全许可以来，共计只使用过 7 次 Sr-89，最近一次为 2025 年 2 月 13 日（且为 2025 年的唯一一次），每次使用量均仅为 148MBq（4mCi），所以核医学科产生的放射性污染物也以含核素 F-18 的为主，含 Ga-68 和 Sr-89 的量相对非常少。2025 年 8 月 27 日最后一批产生的放射性固体废物按照旧核医学科正常运行时的处理方式暂存在废物间，另外在去污过程中会产生放射性固废同样暂存在废物间至清洁解控水平，随着旧核医学科辐射工作场所的封存，废

物间中的放射性固体废物也保持暂存衰变状态。

由于放射性核素 Ga-68 和 F-18 的半衰期均小于 24 小时，含 F-18、Ga-68 的放射性固废在废物间暂存超过 30 天后清洁解控并作为医疗废物处理；而放射性核素  $^{89}\text{Sr}$  的半衰期大于 24 小时，含 Sr-89 的放射性固废在废物间暂存超过 Sr-89 的 10 倍半衰期（505.3 天）后清洁解控并作为医疗废物处理。

从表 3.2-1 可看出，按照 Ga-68 和 F-18 两种放射性核素的最后一次使用日期起计算，2025 年 9 月 18 日和 26 日便已分别满足含 Ga-68 和 F-18 的放射性固体废物暂存满 30 天的要求，所以在 2025 年 9 月 26 日，退役单位根据相关法规标准和退役环评的要求，含 Ga-68 和 F-18 的放射性固体废物暂存满 30 天后达到清洁解控水平后，按一般医疗废物处理。少量含 Sr-89 的放射性固体废物因暂存时间未满其 10 倍半衰期满（505.3 天），因此退役单位在实施旧场所利旧设备搬迁时，随着废物桶一并转移至新核医学科的废物间继续暂存，待其满 10 倍半衰期满后达到清洁解控水平后，按一般医疗废物处理。所以在 2025 年 9 月 26 日之后，退役场所内部已移出了所有放射性固体废物。

## （2）放射性废水

2025 年 8 月 27 日旧核医学科停用后，核医学科产生的放射性废水已全部排入衰变池暂存衰变，且在工作场所封存期不会再产生新的放射性废水。随后衰变池也作为旧核医学科辐射工作场所的一部分一并封存。在 2025 年 8 月 28 日采集了衰变池中废水，于 2025 年 9 月 8 日~9 月 19 日对废水进行放射性活度分析，确认此时废水中放射性废水已衰变至符合排放要求。

## （3）放射性废气

退役项目原使用的核素化合物均不具有挥发性，产生的废气主要为自然挥发，且量极少。放射诊疗期间产生的放射性废气经由核医学科原有排风系统中的活性炭吸附后排放，而吸附废气活性炭按放射性固废管理暂存衰变至清洁解控水平。

### 3.2.3 辐射监测

为了调查放射诊疗项目全部停止后旧核医学科辐射工作场所中的辐射水平和污染情况，确认拟搬迁设施的表面污染水平。2025 年 8 月 28 日对辐射工作场所开展了环



境 $\gamma$ 辐射剂量率和 $\beta$ 表面污染水平监测。通过监测可知在放射诊疗项目完全停用后一天，辐射工作场所及场所内设施的辐射剂量率与所处环境本底水平相当， $\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，满足本次验收确定的工作场所及设施无限制开放的验收标准要求。

在 PET/CT 装置和注射窗屏蔽体台拆解搬迁到新核医学科，废物室清空放射性固态废物后，2025 年 9 月 28 日再次对辐射工作场所开展了环境 $\gamma$ 辐射剂量率和 $\beta$ 表面污染水平终态监测。通过终态监测可知辐射工作场所及场所内设施的辐射剂量率与所处环境本底水平相当， $\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，满足本次验收确定的工作场所及设施无限制开放的验收标准要求。所以在建筑物及相关设施实施拆除前，不需要再对其进行去污。

除了委托监测机构开展的辐射环境监测，退役单位在退役期间使用自身配置的辐射监测仪器开展自行监测，记录各项辐射监测结果以及采取的辐射防护措施，并妥善保存记录。

监测的具体数据详见表 4 中的过程监测和终态监测。

#### 3.2.4 退役场所封存及退役过程中的管理

核医学科在 2025 年 8 月 27 日最后一天开展放射诊断项目后实施封存，封存期间钥匙由专人保管，非特殊情况，人员不得进入。封存期直至该场所通过终态验收确认无限制开放。退役期间根据辐射水平和污染水平对退役作业场所实行分区管理，参照项目运行阶段的辐射分区划分，将可能存在高污染的区域划为控制区，控制区相邻的区域好划为监督区，辐射监测覆盖整个控制区和监督区，控制区是重点。辐射分区管理见图 1.3-2。对人员和设施周边的区域进行控制和监测，防止可能产生的二次污染扩散。

工作场所无限制开放前进行全面的辐射监测，确认其外表面辐射剂量率与所处环境本底水平相当， $\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

#### 3.2.5 场所内设施（设备）处理情况

退役实施过程中，无论是拆解后搬迁到新医学科继续使用的物品，还是直接报废不再使用的物品，都经过辐射监测，确认其外表面辐射剂量率与所处环境本底水平相当， $\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后才能搬离旧核医学科场所，场所内设施（设备）处理

情况详见表 3.2-2。

表 3.2-2 场所内设施（设备）处理情况

序号	类别	具体设施（设备）	数量	处理情况
1	辐射防护设施	PET/CT 专用 GMP 分装柜、一体化入墙注射防护台、FDG 分装防护装置（F-18 手动分装）、注射器携带箱(手提式铅箱)	各 1 套 (个)	搬迁利旧
2		铅屏风	4 个	搬迁利旧
3		校准源储存铅罐	2 个	搬迁利旧
4		钨合金注射器防护套（F-18 用）、铅玻璃注射器防护套（骨转移癌治疗用）	3 个	搬迁利旧
5		铅砖（应急用）	20 块	搬迁利旧
6		抢救车	1	搬迁利旧
7	放射物固废暂存设施	脚踏式放射性废物桶	6 个	搬迁利旧
8		放射性废物储存箱(大容量)、尖锐物收集铅箱	各 1 个	搬迁利旧
9	辐射监测设备	活度计	2 套	搬迁利旧
10		Medcom INSPECTOR 型手持数字式表面污染监测仪	2 套	搬迁利旧
11		NT6101-D 便携式 X-γ 巡测仪	1 套	搬迁利旧
12	个人防护用品	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、铅防护单	各 4 套	搬迁利旧
13	安保设施	双锁放射源保险箱	1 个	搬迁利旧
14	其他	远距离取物夹、柜式七氟丙烷气体灭火装置*1，悬挂式七氟丙烷气体灭火装置*1，电热恒温培养箱*1，除湿机*1，医用显示器*6，心电监护仪*1，除颤仪*1，紫外线消毒车*2，空气消毒机*6，血压计*1，血氧仪*1，医用氧气桶*1、电脑、显示器、温热饮水机、病床、床头柜、贵宾茶几、医用沙发等。	/	搬迁利旧

15	辐射安全与防护设施	固定式 X、γ 辐射场所监测仪，数字化区域辐射剂量监控系统，远程呼叫系统，废液系统，排风系统，对讲系统，废液系统、急救铃显示屏，急救铃，消防设施，应急灯等应急设施，顶灯日光灯灯具等。	\	报废
<div><div>3.2.6 退役过程中的人员防护</div><p>由退役工作小组安排专人对退役工作全过程进行辐射安全监督，贯彻“安全第一、预防为主”的原则，保障劳动者在劳动过程中的安全。在实施退役前，组织对参与退役的工作人员进行安全培训，告知其场所辐射水平、退役方案、应急方案、防尘和降噪措施等。对于进入退役场所的工作人员，要求佩戴个人剂量计，必要时穿戴一次性防护服、帽子、口罩、手套、鞋套等个人防护用品，方可进场开展相关工作。每天工作完成后需对退役工作人员体表进行辐射监测，并对穿戴的一次性用品进行妥善处理。退役期间应根据退役辐射风险配置相应的防止破坏和人员擅入的安全保卫设施，限定特定人员接近放射性物质或设施。</p></div>				
<div><div>3.3 退役项目完成后最终状态</div><p>通过实施退役，场所产生和存留的各类废物和物料得到安全处理和处置，退役过程中产生的流出物达标排放，旧核医学科实现留存建筑物和场址残留放射性达到无限制开放水平，最终建筑物拆除。</p><div><div>3.3.1 设备、设施</div><p>退役实施后，原场所中可继续使用的物品（例如 PET/CT 机、分装柜、注射防护台等）经过辐射监测，确认其外表面辐射剂量率与所处环境本底水平相当，β表面污染小于 0.8Bq/cm<sup>2</sup> 后搬至新医学科继续使用。而不再继续使用的物品同样也经过辐射监测，确认其外表面辐射剂量率与所处环境本底水平相当，β表面污染小于 0.8Bq/cm<sup>2</sup> 后按普通固体废物处理。无论是拆解后搬迁到新医学科继续使用的物品，还是直接报废不再使用的物品，都经过辐射监测，确认其满足清洁解控后才能搬离旧核医学科场所，场所内设施（设备）处理情况详见表 3.2-2。</p><div><div>3.3.2 放射性三废</div><p>2025 年 9 月 26 日，退役单位根据相关法规标准和退役环评的要求，暂存满 30 天</p></div></div></div>				

后达到清洁解控水平后，按一般医疗废物处理。即在 2025 年 9 月 26 日之后，退役场所内部已移出了所有放射性固体废物。2025 年 8 月 28 日采集了衰变池中废水，于 2025 年 9 月 8 日~9 月 19 日进行放射性活度分析，确认池中放射性废水已衰变至符合排放要求，可全部排入医院医疗废水处理系统。

### 3.3.3 工作场所（建筑物）

工作场所于 2025 年 9 月 28 日通过全面的辐射监测，确认其外表面辐射剂量率与所处环境本底水平相当， $\beta$ 表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  后达到无限制开放条件后进行拆除。

## 3.4 质量保证

### 3.4.1 退役组织机构

针对本次退役项目，退役单位成立了退役工作小组，并明确构成和职责分工，退役工作小组负责组织退役项目的源项调查、清查清理、环境影响评价和退役验收工作，监督并实施退役过程中污染场地的去污、放射性废物的整备等工作。退役工作小组是从医院的辐射安全和防护管理委员会成员中选取组成，自身便具备相应的辐射安全与防护专业知识和技能，确旧核医学科退役工作有序进行。

### 3.4.2 退役验收组织

退役活动完成后，退役单位委托编制退役验收监测报告表，并组织召开终态验收会，成立验收工作组（包含退役单位、验收监测单位、退役实施人员及特邀专家等）核查放射性废物处理、贮存和移交记录，核查终态监测结果，确认满足相关标准要求，达到退役终态验收标准。

### 3.4.3 退役实施的质量保证

退役实施前编制了退役方案，退役方案中包含了质量保证内容的相关要求，对退役全过程进行质量控制，质量保证的相关内容应包括：

- （1）严格按照相关标准要求、环评文件及其批复评定退役工作。
- （2）确定了退役组织机构及其构成、职责分工、权限和接口。
- （3）管理措施，包括策划、进度安排和资源考虑等。

(4) 退役实施过程中的质量监督和记录。

(5) 退役活动均制定相应的工艺程序，并经审查和批准后对操作人员进行培训，确保程序能够严格执行。

(6) 退役活动产生的各种记录和资料应及时收集并妥善保存。

#### **3.4.4 退役验收监测质量保证措施**

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）中有关辐射环境监测质量保证一般程序和监测机构的质量体系文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书）实行全过程质量控制，保证此次监测结果科学、有效。辐射环境监测质量保证主要内容有：

(1) 监测机构通过了计量认证；

(2) 监测前制定了详细的监测方案及实施细则；

(3) 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；

(4) 监测工作在气候条件良好的条件下开展；

(5) 监测所用仪器已通过计量部门校准、检定合格，且在校准、检定有效使用期内使用。监测仪器与所测对象在频率、量程、响应时间等方面相符合，以保证获得准确的测量结果。测量实行全过程质量控制，严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行；

(6) 监测人员均参加过相关的电离辐射监测培训，均持证上岗；

(7) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

(8) 现场监测严格按照规定的监测点位、方法、记录内容等进行，按照科学方法处理异常数据和监测数据；

(9) 建立完整的文件资料。仪器校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

(10) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，签发。

表 4 验收监测结果

4.1 过程监测

4.1.1 搬迁前的监测

旧核医学科工作场所已于 2025 年 8 月 27 日停止使用，2025 年 8 月 28 日，医院委托广州乐邦环境科技有限公司对拟搬迁至新核医学科的 PET/CT 机，注射室内分装柜和注射窗进行了周围剂量当量率和表面污染检测，检测报告见附件 4。

由监测结果可知，拟搬迁设施设备的周围剂量当量率为 179nSv/h~240nSv/h，与《中国环境天然放射性水平》中广州市室内环境天然放射性水平相当，辐射环境质量状况未见异常；β表面污染监测结果均为未检出，低于退役目标值，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）标准了解控要求。

4.1.2 退役实施过程中医院的自行检测

医院在退役实施过程中进行了自行检测，在搬迁和处理处置废物前，医院自行对待搬迁设施设备和废物进行了周围剂量当量率和表面污染检测，经检测周围剂量当量率水平处于本底范围，表面污染水平低于清洁解控水平后，进行了设施设备搬迁和废物清理。

医院于 2025 年 9 月 26 日对拟搬迁和待处理处置的废物表面进行了检测，经检测达到解控水平后于同日将旧核医学科内含 F-18、Sr-89 放射性固体废物按普通医疗废物处理，将 F-18、Sr-89 废物桶搬迁至新核医学科暂存，将分装柜两级吸附废活性炭按照普通垃圾处理，自行检测记录表见附件 5。

4.1.3 衰变池废水监测

2025 年 8 月 28 日，对衰变池废水进行采样并送至有资质的检测单位进行检测。废水检测时间为 2025 年 9 月 8 日~2025 年 9 月 19 日，检测报告见附件 6。

由监测结果可知，衰变池废水中总α放射性活度未检出，低于放射性废水排放限值 1Bq/L；废水中总β放射性活度为 0.348Bq/L，低于放射性废水排放限值 10Bq/L。

4.2 终态监测

4.2.1 监测因子

根据污染源项分析以及环评现状监测因子，终态监测因子为环境 X- $\gamma$ 周围剂量当量率和 $\beta$ 表面污染，废水总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性活度。

#### 4.2.2 监测布点原则

旧核医学科最后一次使用日期是 2025 年 8 月 27 日，此后该场所不再开展相关放射性操作活动，对该场所进行了封存，场所内也没有未使用的放射性药品。

根据环评现状监测以及技术规范要求，结合现场条件，对项目完成退役后工作场所进行监测，合理布设监测点位。现场监测期间，项目场址处于退役封存状态。环境监测布点见图 4.2-1~图 4.2-2，废水采样位置为衰变池废水采样口。 本项目环境终态验收监测时间为 2025 年 9 月 28 日，此时旧核医学科已封存 32 天；废水采样时间为 2025 年 8 月 28 日，检测时间为 2025 年 9 月 8 日~9 月 19 日。环境监测点位选取该退役项目环评中相应点位。

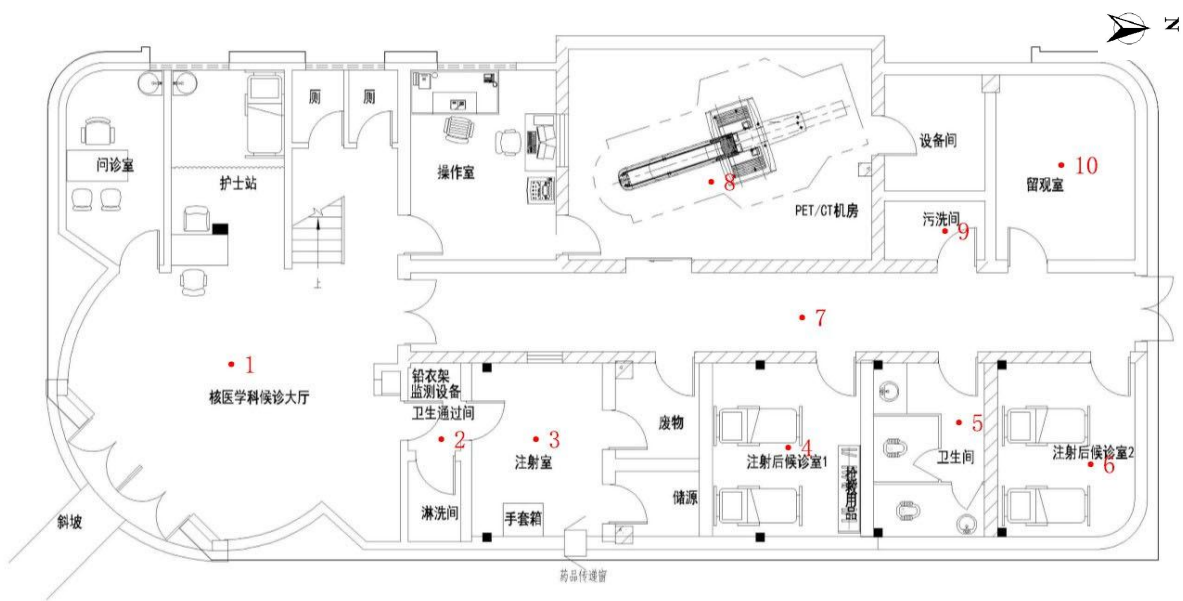


图 4.2-1 旧核医学科内部周围剂量当量率检测布点图

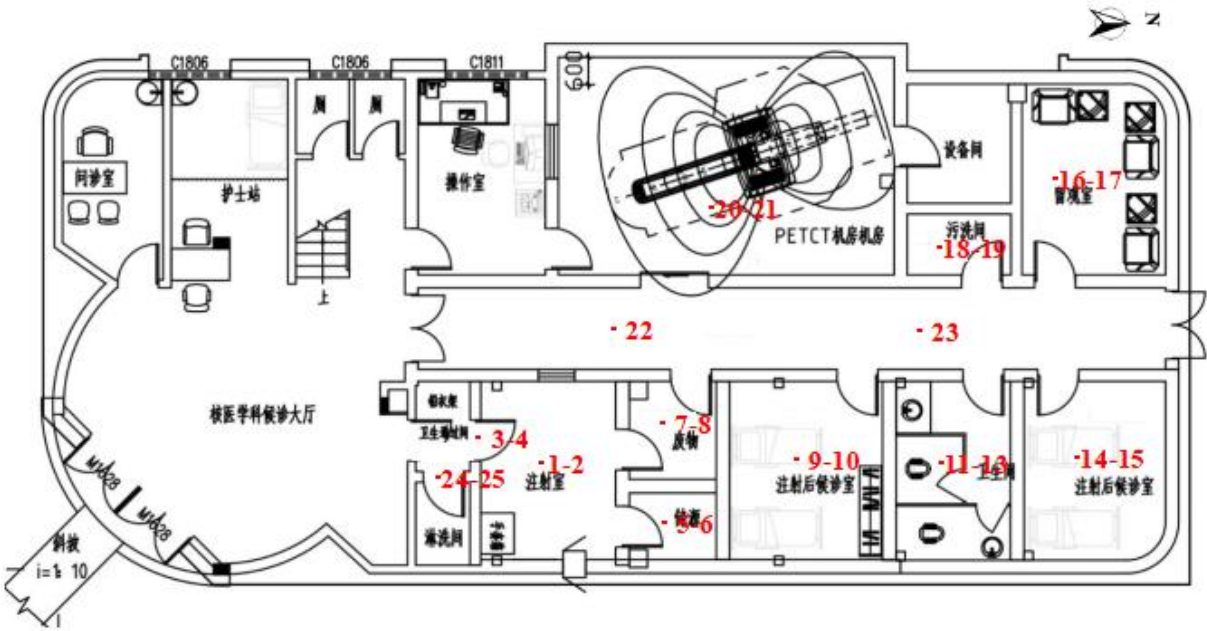


图 4.2-2 旧核医学科内部  $\beta$  表面污染检测布点图

4.2.3 监测项目、监测仪器及监测依据

监测项目、监测仪器及监测依据见表 4.2-1~表 4.2-3。

表 4.2-1 周围剂量当量率监测仪器及监测方法

监测项目	周围剂量当量率
仪器名称	X- $\gamma$ 剂量率仪
仪器型号	6150AD 6/H+6150AD-b/H
仪器编号	171412（主机）+176695（探头）
探头量程	1nSv/h~99.9 $\mu$ Sv/h
能量范围	38keV~7MeV
检定单位及证书编号	广东省辐射剂量计量检定站，GRD(1)20250228
监测依据	《核医学辐射防护与安全要求》HJ1188-2021 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） 《辐射环境监测技术规范》HJ61-2021

表 4.2-2  $\beta$ 表面污染监测仪器及监测方法

监测项目	$\beta$ 表面污染
仪器名称	$\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染仪
仪器型号	CoMo-170
仪器编号	12271
测量范围	$\alpha$ : 0~999999cps; $\beta$ : 0~999999cps
检定单位及证书编号	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心， 2025H21-20-5873950001
监测依据	《表面污染测定第 1 部分： $\beta$ 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 $\alpha$ 发射体》 GB/T14056.1-2008



表 4.2-3 废水总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性监测仪器及监测方法

监测项目	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性
仪器名称	四路低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
仪器型号	BH1227
仪器编号	YQ00005
检定单位及证书编号	广东省辐射剂量计量检定站，GRD（2）20240006
监测依据	《水质 总 $\alpha$ 放射性的测定 厚源法》HJ898-2017，《水质 总 $\beta$ 放射性的测定 厚源法》HJ899-2017

## 表 5 辐射影响分析

## 5.1 退役终态监测结果

医院旧核医学科工作场所退役项目周围剂量当量率监测结果见表 5.1-1， $\beta$  表面污染监测结果见表 5.1-2。

表 5.1-1 旧核医学科内部周围剂量当量率检测结果

测点编号	测量位置	检测结果 (nGy/h)	
		测量值	标准差
1	核医学科大厅中央	240	4
2	卫生通过间中央	230	4
3	分装注射室中央	179	1
4	注射后候诊室中央	205	3
5	卫生间中央	208	2
6	注射后候诊室中央	194	5
7	核医学科走廊中央	214	3
8	PET/CT 机房中央	217	4
9	污洗间中央	205	2
10	留观室中央	188	1

注：1、检测时仪器中心垂直向下，距离地面约 1m 高，每个测量点测量 10 个读数，以上数据未扣除仪器对宇宙射线的响应部分；

2、仪器校准因子：0.85。

表 5.1-2 旧核医学科内部被偷表面污染检测结果

测点编号	测量位置		$\beta$ 表面污染水平检测结果 (Bq/cm <sup>2</sup> )
1	注射室	地面	未检出
2		墙面	未检出
3		门表面	未检出
4		门把手表面	未检出
5	储源室	地面	未检出
6		墙面	未检出
7	废物间	地面	未检出
8		墙面	未检出
9	注射后候诊室 1	地面	未检出
10		墙面	未检出
11	卫生间	便池表面	未检出
12		地面	未检出
13		墙面	未检出
14	注射后候诊室 2	地面	未检出
15		墙面	未检出
16	留观室	地面	未检出
17		墙面	未检出

18	污洗间	地面	未检出
19		墙面	未检出
20	PET/CT 机房	地面	未检出
21		墙面	未检出
22	患者走廊	地面	未检出
23		墙面	未检出
24	卫生通过间	地面	未检出
25		墙面	未检出

注：1、 $\beta$ 表面污染水平检出限值  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；

2、本报告检测结果为检测仪器实测值扣除本底值再进行刻度因子校正后的数值。

## 5.2 评价与分析

### 5.2.1 周围剂量当量率

由监测结果可知，医院旧核医学科工作场所内周围剂量当量率为  $179\text{nSv}/\text{h} \sim 240\text{nSv}/\text{h}$ ，与《中国环境天然放射性水平》中广州市室内天然放射性调查水平相当，表明该退役场址辐射环境质量状况未见异常。退役前后场所环境周围剂量当量率均在广州市环境本底水平。因此，退役过程中未产生放射性污染。

### 5.2.2 $\beta$ 表面污染

由监测结果可知，医院旧核医学科工作场所内 $\beta$ 表面污染监测结果均为未检出，小于退役目标值，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）标准要求解控要求。

### 5.2.3 衰变池废水

由监测结果可知，衰变池废水中总 $\alpha$ 放射性活度未检出，低于放射性废水中总 $\alpha$ 排放限值  $1\text{Bq}/\text{L}$ ；总 $\beta$ 放射性活度为  $0.348\text{Bq}/\text{L}$ ，低于放射性废水中总 $\beta$ 排放限值  $10\text{Bq}/\text{L}$ 。

综上所述，本项目退役的乙级非密封放射性物质工作场所及场所内物品无需再进行进一步的清洗去污处理，即已能够满足无限制开放使用的要求；场所内所有物品已达到解控要求，可作为非放射性物质进行处置。

### 5.2.4 辐射工作人员剂量估算

由退役过程监测可知，退役场所及物品均为环境本底水平，退役过程未产生放射性污染。退役实施工作人员不会受到额外附加的照射，因此工作人员在实施退役过程中未受到辐射照射剂量，符合本评价提出的职业人员年剂量管理约束值( $5\text{mSv}$ )的要求。

### 5.2.5 公众剂量估算

由监测结果可知，本次退役项目场址周围环境剂量当量率处于广州市室内天然放射性调查水平范围内，表明该退役场址环境辐射环境质量状况未见异常。该退役场所已达到无限制开放的要求。因此，可以认为公众成员在实施退役过程中不会受到辐射照射剂量，符合本次验收公众成员年剂量管理约束值(0.1mSv) 的要求。

## 表 6 验收监测结论

广州医科大学附属第五医院启动了扩建工程，拟拆除院内老旧建筑物，利用场地新建大楼。由于旧核医学科所在的建筑物属于该扩建工程的拆除范围内，医院决定易址重建核医学科，而旧核医学场所实施退役后达到无限制开放水平后将拆除，场地用于医院扩建项目建设。

通过本报告的分析，本项目已经完成环评批复的全部退役活动，退役实施前，旧核医学科已使用的放射性药物全部在放射诊断中使用完；退役实施过程中，两枚 Ge-68 放射源连同保险柜整体搬迁至新核医学科储源间；PET/CT 和其他可继续使用的辐射安全与防护设施、辐射监测设备均已经过辐射监测，确认其满足清洁解控后搬迁至新核医学科工作场所继续使用。

含 F-18、Ga-68 的放射性固废已在废物间暂存超过 30 天后清洁解控并作为医疗废物处理，少量含 Sr-89 的放射性固体废物已随废物桶一并转移至新核医学科的废物间继续暂存，其待满 10 倍半衰期满后达到清洁解控水平后，按一般医疗废物处理，退役场所内部已移出了所有放射性固体废物。通过采样分析确认衰变池中放射性废水已衰变至符合排放要求后全部排入医院医疗废水处理系统。

通过理论分析和过程监测，本项目在实施退役过程中，退役场所的环境剂量率水平与环境本底相当，与环评文件预测评估结果基本相符，未对环境和公众产生明显不利影响，通过终态监测可知，退役场所的辐射剂量率与所处环境本底水平相当， $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，场所达到无限制开放条件，满足相关标准要求，达到退役终态验收标准。