

核医学建设项目放射性职业病危害预评价 和控制效果评价

叶小密

广州南方医疗设备综合检测有限责任公司，广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025120045

摘要：放射性职业病危害防护对放射诊疗建设项目意义重大。从法规遵循、评价程序、监测数据采集到防护设施验证等多方面阐述防护要点，涉及辐射源项强度预估、多重防护体系构建等内容。强调定期监测、人员培训及PDCA闭环管理，预评价指标体系与核医学场所动态监测技术协同创新，保障人员健康安全。

关键词：放射性职业病危害；核医学建设项目；防控措施

Pre Evaluation and Control Effect Evaluation of Radioactive Occupational Hazards in Nuclear Medicine Construction Projects

Ye Xiaomi

Guangzhou Southern Medical Equipment Comprehensive Testing Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : Radiation occupational disease hazard protection holds significant importance for radiological diagnosis and treatment construction projects. Key protective measures are elaborated across multiple aspects, including regulatory compliance, evaluation procedures, monitoring data collection, and protective facility validation. This encompasses radiation source intensity estimation and the establishment of multi-layered protective systems. Emphasis is placed on regular monitoring, personnel training, and PDCA closed-loop management. Collaborative innovation between pre-evaluation indicator systems and dynamic monitoring technologies for nuclear medicine facilities ensures personnel health and safety.

Keywords : radiation occupational disease hazards; nuclear medicine construction projects; prevention and control measures

引言

《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》于2005年9月14日颁布，为放射性职业病危害防护提供了有力政策支撑。在此背景下，放射诊疗建设项目放射性职业病危害防护至关重要。其涉及预评价、控制效果评价等多环节，涵盖法规标准遵循、评价程序实施、监测数据采集等多方面工作。同时，核医学场所的布局优化、防护材料选型、操作监控及应急处置等，以及项目各阶段的源项预估、防护体系构建、屏蔽检测等也不容忽视。通过强化预评价与动态监测的协同作用，可有效提升整体防护水平，切实保障工作人员与公众的健康安全。

一、放射性职业病危害预评价概述

(一) 预评价法规框架与标准体系

放射性职业病危害预评价需依据完善的法规框架与标准体系。此项工作主要遵循《中华人民共和国职业病防治法》与《放射诊疗管理规定》等法规，其评价过程需符合 GBZ/T 277-2016 《职业病危害评价通则》的相关要求。该通则规定了职业病危害评价的目的、范围、方法、程序、内容与质量控制等基本要求，适用于可能产生职业病危害的建设项目的预评价、控制效果评价及

现状评价^[1]。在实践层面，预评价报告需由取得相应资质的放射卫生技术服务机构编制。通过遵循上述法规与标准，可确保放射诊疗建设项目在规划阶段就对其选址、布局、防护设施设计等进行系统分析，从源头上预防和控制放射性职业病危害，从而保障工作人员和公众的健康安全，为项目的后续建设与运营管理奠定坚实基础。

(二) 评价程序核心要素解析

放射性职业病危害预评价的评价程序，其核心要素主要包括对项目中使用的放射源与放射设备的系统识别与分类、工作人员

可能接触的辐射剂量估算与评价，以及防护设施（如屏蔽体、安全联锁装置等）的有效性验证与分析。准确识别放射性物质类别，是明确危害性质与程度的基础，需依据相关标准和专业知识，精细分辨不同放射性核素及其特性。剂量估算模型构建则是定量评估危害的关键，借助科学合理的模型，综合考虑源项参数、照射途径等要素，精确估算工作人员和公众可能受到的辐射剂量^[2]。屏蔽设施有效性验证关乎防护措施落实，通过理论计算、模拟分析或现场检测等手段，验证屏蔽设施能否有效降低辐射水平，确保将危害控制在可接受范围内，保障人员安全与健康。

二、控制效果评价实施要点

（一）监测数据采集方法

在核医学建设项目放射性职业病危害控制效果评价的监测数据采集中，进行表面污染检测时，应严格遵循标准规范的要求，选用合适的表面污染监测仪，对设备表面、工作台及人员经常接触的关键部位进行规范的擦拭取样与测量。整个操作过程须制定并执行严格的程序，以防止样本间的交叉污染，确保所获监测数据的准确性与可靠性。辐射剂量监测通过结合个人剂量计与固定式区域监测仪共同实现。个人剂量计由工作人员佩戴，用于记录其累积受照剂量；固定式监测仪则安装于工作场所的关键控制点位，对环境辐射水平进行持续测量。该监测体系的设备选用、布点原则与测量方法均严格遵循 GBZ 128、GBZ 125 等职业性外照射监测相关标准规范^[3]，从而在技术层面确保监测数据的准确、完整与可追溯，为控制效果评价提供客观、可靠的依据。

（二）防护设施有效性验证

在核医学建设项目控制效果评价中，防护设施有效性验证至关重要。对于热室屏蔽性能，需依据相关标准，采用专业检测设备，在热室正常运行状态下，于不同位置测量辐射剂量率，对比设计屏蔽参数与实际测量值，以验证屏蔽性能是否达标^[4]。根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）等相关标准，对于放射性废物的管理，需系统检查其分类、收集、暂存设施及相应标识的规范性，并核查废物处理设备的运行记录与关键参数（如处理效率、表面污染水平等）。这些核查旨在验证整个废物处置流程是否符合法规与标准要求，确保实现放射性废物的安全处置。同时，应重点验证项目实际建设情况与职业病危害预评价报告及设计文件的一致性。这包括但不限于：放射工作人员岗位设置与资质配备、工作场所的平面布局与功能分区、辐射屏蔽工程的施工质量与材料规格、以及通风系统的设计与运行效果等关键环节。通过逐项比对，可确认建设项目是否落实了预评价阶段提出的放射防护措施与设计要求，从而在源头上保障防护措施的有效性。

三、核医学场所特殊控制事项

（一）平面布局优化策略

1. 三区划分原则应用

在核医学场所的平面布局优化中，实施功能分区并采取相应

的物理隔离措施至关重要。根据《核医学放射防护要求》等相关标准，通常将场所划分为控制区与监督区进行管理。控制区是放射性操作的核心区域，需配备严格的防护屏蔽设施，其入口处应设置醒目的电离辐射警告标志。在辐射工作场所分区管理中，控制区的边界应通过实体隔断方式，与监督区及科室内的其他洁净区域实现有效分离，并结合门禁系统进行严格管理。通过权限设置，能够确保进入控制区的人员具备相应资质与授权，从而将放射性操作严格限制在可控范围内，同时建立清晰的人员与物料流动路径。监督区紧邻控制区，要与洁净区保持一定距离，便于辐射监测与人员活动管理。洁净区用于存放无污染物品与人员休息，应与控制区、监督区严格分开，防止放射性污染。通过精确落实这些物理隔离要求，能有效减少不同区域间交叉污染风险，保障工作人员和公众安全，同时提升核医学场所运行效率，符合相关标准与规范^[5]。

2. 防护材料选型标准

在核医学场所的辐射防护设计中，防护材料的科学选型是确保屏蔽效果的关键。铅板和铅玻璃是防护中低能量 γ /X 射线的核心材料，其中铅玻璃在保证良好透视性的同时，能提供铅当量防护，广泛用于观察窗。对于墙体屏蔽，则更常采用实心砖与硫酸钡防护涂料相结合的方案：实心砖构成主体屏蔽结构，而硫酸钡涂料则用于无缝填补砖缝及覆盖墙面，形成完整且满足防护厚度要求的屏蔽体^[6]。在实际应用中，墙体屏蔽是核医学辐射防护的主要手段，目前较为常见的屏蔽材料包括铅板、硫酸钡防护涂料和混凝土等。这些材料依据其密度与厚度，可满足不同放射源种类、能量及工作负荷下的防护需求。此外，在注射防护、可移动屏蔽体以及管线穿墙密封等特定局部防护场景中，也会采用具有相应屏蔽性能的柔性或刚性复合材料。无论是墙体还是局部防护，均需依据放射源的种类、能量及工作负荷，通过精确计算确定所需的屏蔽能力，并据此选用具备相应防护性能的材料，才能在符合安全标准的前提下，实现经济有效的防护设计目标。

（二）操作过程动态监控

1. 实时剂量报警系统

核医学场所操作过程的动态监控对于辐射安全至关重要，其中具备实时报警功能的辐射监测系统是核心组成部分。该系统应满足高灵敏度的要求，能够实时、准确地探测场所内的辐射水平变化^[7]。在具体实施中，需在给药窗口、分装工作台、患者候诊区等关键操作点位合理布设固定式辐射监测探头。系统应预设剂量率报警阈值，一旦监测到辐射水平异常升高，立即触发现场声光报警装置，警示工作人员及时中断操作、启动应急程序并安全撤离。同时，该系统宜与个人剂量监测管理系统实现联动，能够将报警事件信息、时间及位置数据实时推送至辐射防护负责人，这不仅为工作人员的即时干预和防护提供了技术支持，也为事后追溯异常原因、评估事件影响及持续优化防护措施提供了可靠的数据依据，从而系统性提升核医学场所的辐射安全管控水平。

2. 应急响应处置规程

核医学场所一旦发生放射源泄漏事故，需遵循应急响应处置规程。立即启动应急预案，组织专业应急人员迅速就位，疏散现

场无关人员，封锁事故区域，防止污染扩散。利用专业监测设备，快速判定污染范围^[9]，依据判定结果，按照标准化流程展开去污处置。对于不同类型的放射性物质及受污染对象，采用针对性的去污方法与工具。在处置过程中，持续监测污染水平，确保去污效果符合安全标准。同时，详细记录事故发生、处理经过及相关数据，为后续的调查与评估提供依据，最大程度降低放射源泄漏对人员健康和环境造成危害。

四、全过程管理关键控制点

（一）设计阶段风险规避

1. 源项强度预估方法

在核医学建设项目中，源项强度预估是设计阶段风险规避的重要环节。需制定科学的放射性核素最大预期使用量计算方法，这要求充分考虑器械的使用目的、频率及应用场景等因素。例如，针对不同体型（如成人、儿童或特殊体型）的患者，结合具体临床检查需求，精确分析每次操作所需的放射性核素用量。同时，明确安全余量设计原则至关重要，它能有效应对患者个体差异、操作波动等不确定因素。在设计中可依据相关标准规范及临床实践经验，设定合理的用药安全系数，确保在各类情况下都能保障患者、工作人员及环境的安全。通过这种基于患者体型的、科学的源项强度预估方法，能从源头控制辐射剂量，降低放射性职业病危害风险，并为后续检查流程的实施与防护优化提供可靠依据^[9]。

2. 多重防护体系构建

在核医学建设项目中，构建多重防护体系对放射性职业病危害防控至关重要。固定屏蔽方面，需依据项目的放射性强度、射线类型等参数，精准设计屏蔽材料与厚度，选用铅、混凝土、硫酸钡防护涂料等优质屏蔽材料，确保能有效阻挡射线泄漏。通风净化环节，要设置合理的通风系统，并遵循从低活度区流向高活度区的气流组织原则，保证室内空气充分流通，及时排出放射性气溶胶等有害物质。同时，配置高效空气过滤装置，进一步净化空气，降低空气中放射性物质浓度。个人防护装备也不可或缺，为工作人员配备铅衣、铅帽、防护眼镜及个人剂量计等。铅衣等装备能为人体提供额外屏蔽保护，个人剂量计则可定期监测工作人员所受辐射剂量，以便及时采取措施。通过这三位一体的防控体系，从不同层面降低放射性职业病危害风险^[10]。

（二）施工过程质控措施

1. 屏蔽结构完整性检测

在核医学建设项目中，屏蔽结构完整性检测至关重要。需对屏蔽墙体、防护门及观察窗等部位进行细致检测。对于屏蔽墙体，其检测重点在于验证施工工艺是否满足设计方案，例如通过核查施工记录与现场勘查，确认其结构连续、无可见裂缝，并能有效覆盖所有辐射工作区域。防护门要重点检查其与门框的贴合度，查看密封胶条是否完好，防止射线泄漏。观察窗则需确认玻璃与边框的密封情况，保证其屏蔽性能不受影响。同时，借助专业检测设备，如辐射剂量仪等，在屏蔽结构施工完成后，对其周围环境进行辐射剂量检测，若发现剂量异常，及时查找并修复屏

蔽结构的漏洞，以此保障屏蔽结构完整性，有效控制放射性职业病危害。

2. 特殊施工技术审查

在核医学建设项目涉及放射性职业病危害的施工过程中，特殊施工技术审查极为关键。针对通风系统，需重点审查其气流组织模拟报告，核实模拟所采用的源项参数与边界条件是否准确反映实际工况。模拟结果应能清晰呈现气流从操作区（如注射室、扫描室）向排风口的定向流动路径，并验证风速、换气次数等关键指标符合GBZ 120等相关标准要求，从而确保放射性废气能被有效排出，防止在室内积聚或扩散至清洁区域。同时，需确认通风系统在排风口设置了符合要求的过滤装置（如高效空气过滤器或活性炭过滤器等），对排出的气体进行净化处理，以降低向环境排放的放射性物质浓度。通过对此类特殊施工技术的严谨审查，可以从源头保障项目在施工阶段落实既定的防护设计，使放射性职业病危害的防控措施切实有效。

（三）运行期持续改进机制

1. 定期监测制度设计

定期监测制度设计旨在确保核医学建设项目运行期对放射性职业病危害的有效把控。设计中，要明确监测的周期，依据设备使用频率、放射性危害程度等因素合理设定，如高频使用且危害较高的设备可缩短监测周期，以保证及时发现潜在风险。需确定全面的监测指标，其范围应既包括设备性能指标（如射线输出量稳定性、防护屏蔽效能等），也涵盖工作场所环境指标（如辐射剂量率分布等）。同时，规范监测方法，采用经认证的专业仪器与标准操作流程，保证监测数据的准确性与可靠性。此外，设立专门的监测人员队伍，要求其具备专业知识与资质，且对监测数据进行详细记录与分析，形成规范报告，为后续防护设施升级及设备性能优化提供科学依据，从而实现基于ALARA原则下对放射性职业病危害的持续防控。

2. 人员培训体系优化

在核医学建设项目运行期，人员培训体系优化对放射性职业病危害控制效果至关重要。通过制定包含辐射安全文化培育、标准化操作演练及应急能力考核的培训模块，能全面提升人员素养与技能。辐射安全文化培育旨在使工作人员从原理上认知辐射特性与风险来源，从而将安全规范内化为自觉行动。标准化操作演练通过反复训练，确保工作人员能精准、熟练地执行各类设备的操作规程，最大限度减少人为失误带来的辐射暴露。应急能力考核则侧重于检验和提升人员在突发状况下的快速响应与规范处置能力，以有效控制事态影响。通过构建并实施这一系统化的培训与考核体系，能够在项目运行期内持续强化团队的放射性危害综合防控水平，实现安全管理能力的螺旋式上升。

五、总结

放射性职业病危害防控对于核医学建设项目至关重要。PDCA闭环管理模式的运用，能促使防控工作形成一个持续改进的良性循环，从计划、执行、检查到处理，每个环节紧密相扣，不断提升

升防控效果。预评价指标体系为项目前期规划提供科学依据，精准识别潜在危害因素，从源头上把控风险。而核医学场所动态监测技术则在项目运行过程中实时跟踪危害状况，及时发现问题。二者协同创新，既完善了从前期预评价到后期实际控制的全流程

管理，又有力保障了工作人员和公众的健康安全。这种协同模式不仅为核医学建设项目建设在放射性职业病危害防控方面提供有效路径，也为相关领域的发展提供极具价值的参考，推动整体防控水平不断提升。

参考文献

- [1] 张欣. 医院核医学科通风空调系统设计与应用 [J]. 暖通空调, 2025, 55(10):156–161.
- [2] 张欣. 医院核医学空调系统设计与应用 [J/OL]. 暖通空调, 1–10[2025–11–20].<https://link.cnki.net/urlid/11.2832.TU.20250916.1240.006..>
- [3] 巫迪, 李玮衡, 黎润华, 等. 核医学诊疗项目辐射防护管理要求 [J]. 中国标准化, 2025, (15):178–183.
- [4] 贾栋, 李清华, 贾兵. 核医学科场地建设实践——以潍坊市益都中心医院新院区为例 [J]. 建筑安全, 2025, 40(02):91–94.
- [5] 陈天力, 曾华, 包贞. 《核医学辐射防护与安全要求》适用性探讨及建议 [J]. 环境污染与防治, 2024, 46(05):760–763.
- [6] 陈雪, 刘庆芬, 尹谌, 等. 天津市部分医疗机构建设项目放射性职业病危害评价结果分析 [J]. 中国辐射卫生, 2021, 30(1):81–84, 90.
- [7] 赵永峰. 医疗机构建设项目放射性职业病危害控制效果评价结果研究 [J]. 养生大世界, 2021(10):55.
- [8] 徐彦辉, 吴可亚. 某医院 DR 机房建设项目职业病危害控制效果放射防护评价 [J]. 中国保健营养, 2021, 31(1):285.
- [9] 朱丹丹, 时青, 周燕飞, 等. 基于新防护标准的某医院核医学科工作场所辐射防护设计评价与分析 [J]. 中国医院建筑与装备, 2024, 25(02):41–44.
- [10] 张二春, 江乃丽, 张珍, 等. 核医学诊疗中辐射防护“安全风险的根本原因分析及对策研究” [J]. 中国医学装备, 2023, 20(11):128–133.