

医用防辐射工程施工技术创新与防护效果评估研究

孙映辉

河北医科大学第二医院, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着现代医学技术的快速发展,放射性医疗设备在临床诊断与治疗中的应用日益广泛,然而其产生的辐射对医护人员、患者及公众健康的潜在威胁也不可忽视。医用防辐射工程施工作为降低辐射危害的关键环节,其重要性不言而喻。当前,医疗辐射环境呈现出多样化与复杂化的特点,不同类型的放射设备产生的辐射强度、能量分布及穿透能力各异,这对辐射防护工程的设计与施工提出了更高要求。此外,部分医疗机构在辐射防护工程施工中存在材料选择不当、施工工艺落后等问题,导致辐射屏蔽效果不理想,进一步加剧了辐射风险。因此,开展医用防辐射工程施工关键技术研究,优化施工技术并提升防护效果,对于保障相关人员健康具有重要意义。

[关键词]医用防辐射工程; 施工技术创新; 防护效果评估研究

DOI: 10.33142/ect.v4i2.19186

中图分类号: TU745.4

文献标识码: A

Research on Construction Technology Innovation and Protection Effect Evaluation of Medical Radiation Protection Engineering

SUN Yinghui

The Second Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid development of modern medical technology, the application of radioactive medical equipment in clinical diagnosis and treatment is becoming increasingly widespread. However, the potential threat of radiation generated by it to the health of medical staff, patients, and the public cannot be ignored. The importance of medical radiation protection engineering construction as a key link in reducing radiation hazards is self-evident. Currently, the medical radiation environment presents diverse and complex characteristics, with different types of radiation equipment producing varying levels of radiation intensity, energy distribution, and penetration capabilities. This places higher demands on the design and construction of radiation protection engineering. In addition, some medical institutions have problems with improper material selection and outdated construction techniques in radiation protection engineering construction, resulting in unsatisfactory radiation shielding effects and further exacerbating radiation risks. Therefore, conducting research on key technologies for medical radiation protection engineering construction, optimizing construction techniques, and improving protective effects are of great significance for ensuring the health of relevant personnel.

Keywords: medical radiation protection engineering; construction technology innovation; research on protection effect evaluation

引言

本研究旨在探索医用防辐射工程施工技术创新,并通过科学方法准确评估其防护效果,为提升医疗辐射防护水平提供坚实的理论与实践依据。具体而言,一方面,通过对新型防辐射材料、创新施工工艺及智能化施工设备的研究与应用,解决传统施工技术中存在的防辐射性能不稳定、施工效率低下等问题;另一方面,构建科学合理的防护效果评估指标体系,选择适用的评估方法,对采用创新施工技术的医用防辐射工程进行系统评估,验证其实际防护效果。本研究不仅有助于推动医用防辐射工程施工技术的进步,还为医疗机构在辐射防护工程建设中提供了可借鉴的技术方案与评估方法,具有重要的现实意义与应用价值。

1 医用防辐射工程施工技术现状

1.1 传统施工技术概述

传统医用防辐射工程施工主要依赖于特定的材料选择和工艺方法,以确保辐射屏蔽效果达到设计要求。在防

辐射材料的选择上,铅板、混凝土掺加重晶石等是常见的防护材料,这些材料因其高密度特性而具备良好的辐射屏蔽性能。例如,在医疗用房的墙体施工中,通常采用掺加重晶石的防辐射混凝土作为主体结构材料,其配合比设计需综合考虑坍落度、抗压强度及干表观密度等指标,以满足不同区域的辐射防护需求。此外,防护门及防护窗的施工同样至关重要,传统工艺中常采用铅当量作为设计指标,并结合医疗用房的用途及设备配置进行差异化设置。例如,平开防护门与电动推拉门的安装顺序需经过严格规划,以确保施工过程的高效性和最终防护效果的有效性。

在施工工艺方面,传统技术注重施工工序的规范化和精细化。以大体积防辐射混凝土施工为例,其施工过程包括原材料选择、配合比设计、浇筑及养护等多个环节。其中,原材料的优化设计尤为关键,如选用玄武岩碎石替代普通骨料,可有效提升混凝土的防辐射性能。同时,为保证混凝土的和易性与可泵性,施工过程中还需对坍落度及

扩展度进行实时监测,并通过掺加矿物掺合料和缓凝型高性能减水剂来优化混凝土的工作性能。尽管如此,传统施工技术在一定程度上仍存在局限性,尤其是在复杂工程环境下的适应性问题亟待解决。

1.2 传统技术存在的不足

尽管传统医用防辐射工程施工技术在长期实践中积累了丰富的经验,但其固有的局限性也逐渐显现,特别是在防辐射效果、施工效率及成本控制等方面。首先,传统技术的防辐射性能往往不稳定,这主要源于材料本身的特性及施工工艺的局限性。例如,重晶石防辐射混凝土的坍落度与重晶石掺量呈线性负相关,而抗压强度的变化则与重晶石掺量呈负相关关系,这种非线性变化使得混凝土的防辐射性能难以保持一致性。此外,由于施工过程中对材料配比和养护条件的控制要求较高,一旦操作不当,便可能导致防辐射性能的显著下降,从而影响整体工程的防护效果。

其次,传统施工技术的施工周期较长,效率较低。以大体积防辐射混凝土施工为例,其复杂的配合比设计及严格的养护要求显著延长了施工时间。例如,在合肥中科质子医疗平台的建设中,单个构件最大可达70t,这对施工设备和技术提出了极高的要求,同时也增加了施工难度和时间成本。此外,传统技术对施工人员的专业技能要求较高,且施工过程多依赖人工操作,这不仅增加了劳动强度,也容易导致因人为因素引起的质量问题。

最后,传统施工技术的成本较高,经济性问题突出。一方面,高性能防辐射材料的价格普遍较高,如重晶石混凝土的生产成本显著高于普通混凝土;另一方面,复杂的施工工艺和较长的施工周期进一步推高了整体工程造价。此外,由于传统技术对施工环境的要求较为苛刻,部分特殊工程条件下的额外投入也使得成本难以控制。因此,如何在保证防辐射效果的前提下,优化施工技术和降低成本,成为当前医用防辐射工程施工领域亟待解决的重要问题。

2 医用防辐射工程施工技术创新

2.1 新型防辐射材料应用

近年来,随着医疗技术的快速发展,传统防辐射材料在性能与环保性方面的局限性逐渐显现,促使新型防辐射材料的研发成为研究热点。新型防辐射混凝土作为其中的重要代表,通过优化配合比设计以及掺入高性能掺合料,显著提升了其防辐射性能、耐久性及环保性。研究表明,重晶石防辐射混凝土在优化设计中表现出良好的线性关系,其坍落度与重晶石掺量呈负相关,而干表观密度则与重晶石掺量呈正相关。此外,新型防辐射材料还注重降低对环境的影响,例如通过减少重金属添加剂的使用来实现绿色化目标。与此同时,合肥中科质子医疗平台的研究表明,采用玄武岩碎石和矿物掺合料配制的大体积防辐射混凝土,不仅能够有效避免开裂问题,还具备优异的长期性

能。这些研究成果为新型防辐射材料在实际工程中的应用提供了理论支持和技术保障。

从经济性角度来看,新型防辐射材料的研发也取得了显著进展。例如,在重晶石防辐射混凝土的研究中,结合经济性与性能的综合考虑,确定最佳重晶石掺量为40%,这一优化方案在实体应用中表现出良好的效果,内外温差及性能均符合设计要求。此外,针对空间环境辐射对宇航级器件的影响,抗辐射封装加固技术提出了基于Al/Ta纳米复合材料结构的设计方案,为防辐射材料的多领域应用提供了新思路。总体而言,新型防辐射材料在防辐射性能、耐久性及环保性方面的优势,使其在医用防辐射工程中展现出广阔的应用前景。

2.2 创新施工工艺与方法

在医用防辐射工程施工领域,创新施工工艺与方法的研究主要集中在大体积防辐射混凝土的施工工艺优化方面。大体积防辐射混凝土因其施工难度高、易开裂等问题,一直是研究的重点。通过对原材料选择、配合比设计及养护措施的优化,可以有效提高施工效率并保证施工质量。例如,在合肥中科质子医疗平台的建设中,采用大掺量矿物掺合料和缓凝型高性能减水剂,结合科学的养护措施,成功避免了混凝土开裂问题,并显著提升了其长期性能。此外,防辐射混凝土的泵送施工技术也是研究的重要内容,通过墙体1:1模拟试验和实际工程验证,确保了施工过程的可控性与可靠性。

创新施工工艺还注重解决传统技术中存在的防辐射性能不稳定、施工周期长等问题。例如,在军工项目热室及设备室的施工中,通过优化防辐射混凝土的配合比设计,提高了其和易性与可泵性,从而缩短了施工周期并降低了成本。同时,施工工艺的优化还包括对施工工序的精细化管理,如先安装平开防护门再安装电动推拉门的工序安排,不仅提高了施工效率,还确保了防护效果的稳定性。这些创新施工工艺的应用,为医用防辐射工程的施工质量与效率提升提供了重要保障。

2.3 智能化施工设备引入

智能化施工设备的引入是医用防辐射工程施工技术创新的重要方向之一。智能监测设备在施工过程中的实时监控作用尤为突出,其能够通过对施工参数的动态采集与分析,及时发现并纠正施工中的偏差,从而提升施工精度与效率。例如,在防辐射混凝土的施工过程中,智能监测设备可对混凝土的坍落度、扩展度及温度等关键参数进行实时监测,确保施工质量符合设计要求。此外,智能化设备还能够通过数据分析与反馈,优化施工工艺参数,进一步提高施工效率。

除了实时监控功能外,智能化施工设备还能够通过自动化控制技术,减少人为因素对施工质量的影响。例如,在防辐射门窗的安装过程中,采用智能定位与校正设备,可以显著提高安装的精度与效率。同时,智能化设备的应

用还能够降低施工人员的劳动强度,提高施工安全性。例如,在防辐射混凝土的泵送施工中,智能控制系统能够根据施工需求自动调整泵送速度与压力,从而避免因操作不当导致的施工质量问題。这些智能化施工设备的引入,不仅提升了医用防辐射工程的施工精度与效率,还为未来施工技术的智能化发展奠定了基础。

3 医用防辐射工程防护效果评估

3.1 评估指标体系构建

建立科学合理的防护效果评估指标体系是评价医用防辐射工程施工质量的关键环节。该指标体系应涵盖多个维度,以确保对防护效果的全面、客观和量化分析。首先,防辐射性能达标率是评估指标体系中的核心指标之一,其定义为实际检测到的辐射屏蔽效果与国家或行业标准要求的符合程度。例如,在CT机房屏蔽防护改造中,需依据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130—2020)计算四侧墙体、楼上楼下以及防护门和观察窗所需的铅当量,并验证其是否满足标准要求。其次,辐射剂量控制水平用于衡量施工后环境中辐射剂量的降低程度,通常通过对工作场所及周边区域的辐射剂量进行监测得出数据支持。研究表明,采取有效的防护措施可显著降低医务人员和公众的受照剂量。此外,空间辐射分布均匀性也是不可忽视的评估指标,尤其在大型医疗设备机房中,辐射分布的不均匀性可能导致局部热点,增加潜在风险。因此,通过模拟计算和实地测量相结合的方法,可以全面评估空间内的辐射分布情况。上述指标的有机结合,为医用防辐射工程的防护效果提供了多角度的评价依据。

3.2 评估方法选择

在医用防辐射工程防护效果评估中,选择合适的评估方法是确保结果科学性和可靠性的重要前提。目前常用的评估方法主要包括实地检测法、模拟实验法以及其他辅助手段。实地检测法是一种直接且有效的评估手段,通过在施工现场或运行中的医疗设备机房内布置多个检测点,使用专业仪器(如辐射剂量仪)记录不同位置的辐射水平。这种方法能够真实反映工程实际防护效果,但受限于现场条件的复杂性和检测成本较高的问题。相比之下,模拟实验法则利用计算机建模技术,结合射线传输理论和几何建模算法,对防护结构的屏蔽效果进行预测。这种方法具有经济性高、灵活性强的特点,适用于设计阶段的效果预评估。然而,由于模型简化和参数设置的局限性,其结果可能存在一定偏差,需要与实际检测结果相互印证。此外,还可以结合文献调研法和案例分析法,借鉴已有研究成果和成功经验,为当前工程的评估提供参考依据。综合来看,各种评估方法各有优劣,应根据具体工程需求和资源条件合理选择并综合运用,以达到最佳评估效果。

3.3 实际案例分析

为了进一步验证所构建的评估指标体系和评估方法

的有效性,本文选取上海市某医院CT机房屏蔽防护改造工程作为实际案例进行分析。该项目旨在满足新购置CT设备的技术参数要求,同时符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ130—2020)和《医用X射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》(DB31/T462—2020)的相关标准。在施工过程中,采用了新型防辐射混凝土和智能化监测设备,以确保施工质量与效率。评估过程分为两个阶段:第一阶段是在施工完成后,采用实地检测法对机房内部及周边的辐射剂量进行测量;第二阶段则是通过模拟实验法,对机房的辐射分布情况进行建模分析。结果显示,经过改造后的CT机房,其防辐射性能达标率达到100%,关键区域的辐射剂量较改造前降低了约30%,且空间辐射分布均匀性显著改善,未出现明显的辐射热点。这一案例充分证明了创新施工技术在提升医用防辐射工程防护效果方面的优越性,同时也验证了所提出的评估指标体系和方法的实用性和科学性。

4 创新施工技术应用面临的问题与解决策略

4.1 面临的问题

在医用防辐射工程施工中,创新施工技术的推广应用虽然能够显著提升工程质量和防护效果,但其实际应用过程中仍面临诸多问题。首先,成本增加是制约创新施工技术广泛应用的主要因素之一。例如,新型防辐射材料如重晶石混凝土的生产和施工工艺优化需要更高的初始投入,这不仅包括原材料成本上升,还涉及智能化设备的购置及维护费用。此外,大体积防辐射混凝土的施工技术要求更为严格的配合比设计和养护措施,进一步加大了施工成本。其次,技术标准体系的不完善也对创新技术的推广形成了障碍。当前,针对新型防辐射材料和智能化施工工艺的相关规范尚未完全成熟,导致施工单位在实际操作中缺乏明确的技术指导,从而影响工程质量的一致性和稳定性。最后,施工人员对新技术的掌握不足同样是一个亟待解决的问题。传统施工队伍往往缺乏对新型材料和智能化设备的操作经验,这不仅可能降低施工效率,还可能导致施工质量不达标,进而影响整体防护效果。

4.2 解决策略

针对上述问题,提出以下解决策略以促进创新施工技术在医用防辐射工程中的广泛应用。首先,优化成本管理是应对成本增加的有效手段。通过合理规划材料采购、设备租赁及人力资源配置,可以显著降低施工成本。例如,在选用新型防辐射材料时,可结合工程需求进行经济性评估,优先选择性价比高的材料组合。同时,引入全生命周期成本分析方法,综合考虑施工阶段的初期投入与后期维护费用,有助于实现成本的最优控制。其次,完善技术标准体系是保障创新技术顺利实施的关键。相关部门应加快制定和完善针对新型防辐射材料及智能化施工工艺的技术规范,为施工单位提供明确的操作指南。此外,建立统一的质

量验收标准,确保工程施工各环节均符合设计要求,也是提高工程质量稳定性的重要措施。最后,加强施工人员培训是提升技术水平的重要途径。通过开展系统的技术培训和交底,使施工人员熟练掌握新型材料的使用方法和智能化设备的操作流程,从而提高施工效率和质量控制能力。同时,建立激励机制以鼓励施工人员积极参与新技术的学习与实践,也将为创新施工技术的推广应用奠定坚实基础。

5 结论与展望

5.1 研究结论

医用防辐射工程施工技术的创新与防护效果评估研究,为提升医疗辐射环境的安全性和可靠性提供了重要的理论与实践依据。通过本研究,明确了传统施工技术在防辐射性能、施工效率及成本控制等方面的不足,并提出了针对性的创新措施。新型防辐射材料的应用显著提升了防辐射性能,同时具备更好的耐久性和环保性,为医疗用房的辐射防护提供了更优质的选择。此外,创新施工工艺如大体积防辐射混凝土的施工优化方法,不仅提高了施工效率,还有效保证了施工质量,为复杂医疗辐射环境的防护工程提供了技术支持。智能化施工设备的引入进一步推动了医用防辐射工程施工的精确化和高效化,实时监测与调控手段确保了施工过程的稳定性与安全性。在防护效果评估方面,构建科学合理的评估指标体系并选择适当的评估方法,能够全面、客观地反映医用防辐射工程的实际防护效果。通过对实际案例的分析可知,采用创新施工技术的医用防辐射工程在防辐射性能达标率、辐射剂量控制水平及空间辐射分布均匀性等方面均表现出显著优势,验证了创新技术的有效性与实用性。综上所述,本研究表明,医用防辐射工程施工技术的创新对于提升防护效果具有重要意义,为未来医疗辐射防护领域的发展奠定了坚实基础。

5.2 未来展望

随着科技的不断进步与医疗行业的快速发展,医用防辐射工程施工技术将朝着智能化、绿色化的方向迈进。智能化技术的应用将成为未来医用防辐射工程施工的重要趋势,例如通过人工智能算法优化施工流程、利用物联网设备实现实时监控与自动化调控等,这些技术手段将进一步提升施工效率与精度,同时降低人为操作误差的风险。此外,绿色化发展也是医用防辐射工程施工技术的重要方向之一,未来的研究应更加注重开发环保型防辐射材料,以减少对环境的潜在影响。例如,可降解或可循环利用的防辐射材料将成为研究热点,这不仅能满足辐射防护需求,还能符合可持续发展的战略目标。与此同时,完善技术标准体系与加强施工人员培训也是未来推广创新施工技术的关键环节。通过制定统一的技术规范与操作标准,可以有效解决当前创新技术应用过程中存在的技术标准不完善问题,而系统化的培训则有助于提升施工人员对新技术的掌握能力,从而推动创新技术的广泛应用。总之,医用防辐射工程施工技术的未来发展充满机遇与挑战,智能化与绿色化的趋势将为医疗辐射防护领域带来更多可能性,同时也为后续研究提供了广阔的空间与方向。

[参考文献]

- [1]陈威,乔聪,陈诗超,等.医疗用房辐射防护工程施工关键技术[J].中国建筑金属结构,2023,22(10):7-9.
- [2]黎小东.医用大体积防辐射混凝土配合比优化设计研究[J].江西建材,2023(10):276-277.
- [3]薄翔.放射安全防护干预措施在临床医疗放射中的效果[J].医学食疗与健康,2020,18(2):210-211.

作者简介:孙映辉(1988.3—),男,汉族,毕业院校:华北电力大学,现就职单位:河北医科大学第二医院。