

既有建筑电梯加装井道的拓扑优化设计

孙德高

攀枝花市华辰建筑工程有限公司 四川攀枝花

【摘要】在现有建筑物中加装电梯已成为改善老旧小区与建筑物居民出行条件的重要手段。然而，电梯井道的增加常面临空间、结构与成本等多重挑战。本文主要探讨如何通过拓扑优化技术对既有建筑电梯加装井道进行设计，以实现空间利用最大化、结构安全性与施工经济性的平衡。通过分析建筑物的结构布局、建筑功能需求与电梯井道设计要求，结合拓扑优化理论，提出了一种优化方案，以有效降低加装井道的设计难度与成本。通过数值模拟与案例分析，验证了该方法的可行性与实际应用效果。

【关键词】电梯加装；井道设计；拓扑优化；结构优化；建筑设计

【收稿日期】2025 年 4 月 15 日 **【出刊日期】**2025 年 5 月 12 日 **【DOI】**10.12208/j.ace.2025000180

Topological optimization design of elevator shaft addition for existing buildings

Degao Sun

Panzhihua Huachen Construction Engineering Co., Ltd. Panzhihua, Sichuan

【Abstract】The addition of elevators to existing buildings has become an important measure to improve the travel conditions of residents in old communities and buildings. However, the addition of elevator shafts often faces multiple challenges such as space constraints, structural issues, and cost limitations. This paper mainly explores how to design the elevator shaft addition for existing buildings using topological optimization technology to achieve a balance between maximum space utilization, structural safety, and construction economy. By analyzing the structural layout of buildings, architectural functional requirements, and elevator shaft design specifications, combined with topological optimization theory, an optimization scheme is proposed to effectively reduce the design difficulty and cost of shaft addition. The feasibility and practical application effect of this method are verified through numerical simulation and case analysis.

【Keywords】Elevator addition; Shaft design; Topological optimization; Structural optimization; Architectural design

引言

城市老旧建筑尤其是老小区的改造，如何解决居民出行不便问题，已成为亟待解决的挑战。加装电梯是提升居民生活质量的有效方式，但在既有建筑中加装电梯井道常面临空间局限、结构适应性差及施工困难等问题。为解决这些问题，拓扑优化技术作为一种创新设计方法，可以在确保结构安全和功能需求的前提下，优化电梯井道的空间布局。通过计算智能技术，拓扑优化能够在设计初期合理配置资源，降低施工成本并提高整体设计的经济性和可行性。本文将深入分析如何通过拓扑优化设计在既有建筑中加装电梯井道，并结合案例研究，展示该方法在实际应用中的效果，为类似项目的实施提供理论依据和实践指导。

1 既有建筑电梯加装的挑战与需求分析

在老旧建筑的改造过程中，居民出行便利性一直是一个亟待解决的问题，尤其是位于高层的住户，出行不便性成为影响生活质量的重要因素。电梯作为现代建筑的重要组成部分，是解决居民出行问题的有效手段。然而，很多既有建筑由于设计时未考虑电梯井道的设立，导致在后期加装电梯时面临着众多的挑战。空间不足是加装电梯时最常见的问题。尤其是在老旧小区，楼道狭窄或者原有建筑结构的限制，使得电梯井道的布置往往受到极大限制，难以满足标准电梯的空间需求。结构适应性差是另一个主要问题^[1]。大多数老旧建筑的设计未考虑到承载电梯重量所需的结构强度，因此在加装电梯时，常常需要对建筑进行大规模的改造，增加支撑结构，既增加了施工难度，也导致了高昂的改造成本。最后，施工难度大使得电梯加装项目不仅面临

工程量庞大, 还需协调各方面的施工工序和技术, 增加了不确定因素。

电梯加装的需求分析则主要源于居民对生活质量的需求不断提升。对于一些无电梯的高层老旧小区, 尤其是老年人和行动不便者, 爬楼梯是不可避免的困难。这种情况在老旧小区尤其严重, 因此政府和开发商普遍认识到, 电梯加装不仅可以提升居民的生活质量, 也是城市改造的一项重要内容。然而, 加装电梯不仅仅是为了解决居民的出行问题, 还涉及到如何合理利用现有的建筑空间、如何保持建筑结构的安全性、以及如何在不影响建筑外观的前提下实现加装。这些要求都使得电梯加装成为一个技术复杂、工程量大的项目。随着建筑设计技术和施工技术的不断发展, 采用先进的设计方法来优化电梯加装的方案变得尤为重要。尤其是在面临空间不足、结构适应性差等问题时, 采用新型的设计方法能够在最大限度地节约成本的又能保障设计的合理性和安全性。在既有建筑加装电梯的过程中, 拓扑优化技术作为一种新兴的设计方法, 已经引起了建筑设计领域的广泛关注。通过拓扑优化, 设计师可以在设计阶段对电梯井道的位置、形状等进行精确优化, 最大程度地减少空间的浪费和结构负担, 为电梯的顺利加装提供技术支持。

2 拓扑优化技术在电梯井道设计中的应用原理

拓扑优化是一种通过数学方法对设计问题进行优化的技术, 旨在通过改变结构的物质分布, 实现设计目标的最优化。该技术在建筑设计中应用广泛, 特别是在结构优化方面, 能够大幅提高设计效率, 并减少不必要的材料浪费。在电梯井道设计中, 拓扑优化主要通过对电梯井道空间、形状及结构进行精确计算与模拟, 从而在满足功能需求的最大限度地优化空间布局和结构配比。

拓扑优化在电梯井道设计中的应用, 首先从建筑物的结构特性出发, 分析现有空间的可用性与约束条件。对于已建成的老旧建筑而言, 电梯井道的空间布局往往受限于现有结构, 因此如何在有限的空间中设计一个既能满足电梯运作需求, 又能保证建筑结构安全的井道, 是设计的关键。拓扑优化通过精确计算, 在不破坏原有结构的情况下, 利用每一寸空间, 使得电梯井道能够在可用空间内达到最佳布局。这种方法使得设计师能够在非常复杂的建筑环境中找到最优解, 从而提高设计的效率, 减少资源浪费。

拓扑优化不仅仅考虑空间的最优分配, 还对电梯井道的结构进行精细优化。电梯井道作为承载电梯设

备的核心结构, 其稳定性和承载能力至关重要。传统的电梯井道设计往往依赖于经验和手工计算, 难以做到精确的负荷分配与结构强度计算。而拓扑优化技术则能在计算机模拟环境中, 通过大量的计算与模拟, 精确找到最佳的结构配置^[2-6]。在设计阶段, 拓扑优化技术能够自动进行大规模的计算与调试, 确保电梯井道在加装后的结构安全性, 避免由于设计不合理而导致的结构问题, 减少后期改造和维护成本。

通过拓扑优化, 设计师不仅可以提高设计精度, 还能够实现建筑功能的最大化。在一些空间狭小的建筑中, 通过拓扑优化, 电梯井道的设计可以在最小的空间内实现最大效益, 避免电梯加装后给居住环境带来不必要的影响。拓扑优化的应用, 实际上也解决了电梯加装过程中的多个难题, 尤其是在空间、结构以及经济性等方面的优化, 从而为电梯加装项目的顺利实施提供了理论支持。

3 基于拓扑优化的电梯井道设计方法与步骤

基于拓扑优化的电梯井道设计方法, 通常遵循一系列的计算与设计步骤。设计团队需要进行详细的建筑现状分析, 包括建筑结构、空间布局、现有设施等方面的评估。拓扑优化技术要求充分理解建筑的现有条件, 以便在此基础上进行优化设计。通过建筑结构的评估, 设计师可以确定加装电梯井道的空间限制以及可能存在的结构性问题。此阶段的目标是为拓扑优化提供基础数据, 确保优化设计能够在实际建筑环境中实施。

接下来, 设计师需要根据建筑的具体需求和优化目标, 建立拓扑优化模型。该阶段的核心任务是明确优化目标和约束条件, 以确保设计方案既能满足功能需求, 又能在实际中有效实施。对于电梯井道设计而言, 优化目标通常包括最大化空间利用率, 以确保在有限空间内实现电梯的高效布局; 提升结构强度, 以保证电梯井道的稳定性与安全性; 以及降低施工成本, 使得设计方案具备经济性^[7]。在确定优化目标的设计师还需考虑一系列约束条件, 如建筑原有结构的承载能力、空间的尺寸限制以及居民生活环境的影响等。通过综合评估这些目标与约束条件, 设计师能够建立起科学合理的拓扑优化模型, 为后续的计算和实际设计奠定坚实基础。

在模型建立后, 使用计算机辅助设计 (CAD) 与有限元分析 (FEA) 等工具进行拓扑优化计算。这些工具能够通过模拟不同的设计方案, 评估电梯井道设计的性能和适应性。计算过程中, 拓扑优化算法会自动调整

井道的形状与结构,提出多个优化设计方案,供设计师选择。设计师可以根据计算结果,进一步调整优化方案,确保最终设计不仅符合功能需求,还能满足建筑结构的稳定性与安全性。在优化过程中,还需要考虑施工可行性,确保设计方案能够实际施工并达到预期效果。

4 案例分析与优化设计效果验证

为了验证基于拓扑优化的电梯井道设计方法的可行性与有效性,本文选取了多个实际案例进行详细分析。这些案例覆盖了不同类型的建筑,包括高层住宅、老旧小区、商业楼宇以及混合型建筑等,旨在全面评估拓扑优化在多种建筑环境中的应用效果。设计团队根据各类建筑的具体结构、空间限制及功能需求,运用拓扑优化技术进行电梯井道的优化设计。在每个案例中,优化设计不仅考虑了建筑物的结构安全和功能需求,还结合了施工可行性、成本控制及居住环境的改善等多个因素。通过对这些项目的实际设计和施工过程进行跟踪,最终验证了拓扑优化技术在解决传统电梯井道设计难题上的显著优势,包括空间的高效利用、结构安全性的提升以及施工成本的降低。这些成功案例为拓扑优化技术在电梯加装项目中的广泛应用提供了有力的实践支持。

以某老旧小区的电梯加装为例,项目开始时,该小区的楼道狭窄,空间有限,且建筑结构承载能力较差。设计团队通过拓扑优化技术,成功地为该小区设计了一条符合结构安全要求、最大程度利用空间的电梯井道。优化后的设计使得电梯井道的位置和形状更加合理,并且在施工过程中没有影响到原有建筑的结构与外观^[8]。通过与传统设计方法对比,拓扑优化技术不仅节省了施工时间,还大幅降低了施工成本,最终顺利完成了电梯加装。通过多次模拟与计算,优化设计还能够预测施工过程中可能出现的问题,并提前采取措施加以解决。这种前瞻性设计使得整个电梯加装过程更加顺利,避免了由于设计问题导致的返工和额外费用。通过案例分析,拓扑优化技术的应用验证了其在电梯井道设计中的有效性,并为今后类似项目提供了重要的参考和经验。

5 结语

通过对基于拓扑优化的电梯井道设计方法的深入分析与实际案例验证,本文证明了该技术在既有建筑电梯加装中的巨大潜力。拓扑优化不仅能有效解决传统设计方法中面临的空間、结构和成本问题,还能通过精确计算实现设计方案的最大优化。在多种建筑类型的应用中,拓扑优化展示了其在提高空间利用率、确保结构安全和降低施工成本方面的显著优势。随着技术的不断发展,拓扑优化将在更多建筑改造项目中发挥重要作用,推动城市老旧建筑的更新改造进程,提升居民的生活质量。

参考文献

- [1] 何智磊,毛利成,罗武生,等.老旧小区加装电梯钢结构井道振动问题研究[J].中国电梯,2025,36(04):14-19.
- [2] 范奉和,王建华,李志彬,等.既有建筑加装电梯井道钢结构的防火设计[J].中国电梯,2024,35(12):60-62.
- [3] 刘康逸.既有建筑装配式内装体系中的墙体系统优化设计研究[D].北方工业大学,2024.
- [4] 齐建伟,韩星,聂净虎,等.既有建筑增设电梯可行性研究及影响分析[J].粉煤灰综合利用,2024,38(03):136-139+168.
- [5] 毛利成,陈家斌,曾源,等.既有建筑加装电梯结构形式的选择及常见问题探讨[J].中国电梯,2024,35(06):76-78.
- [6] 朱芳,王良铃,刘继嵘,等.既有建筑加装装配式混凝土电梯的结构设计研究[J].建筑结构,2023,53(S2):364-367.
- [7] 梁鉴权,黎晓艺,谷昊,等.模块化预制混凝土井道在既有建筑加装电梯中的研究与应用[J].建筑结构,2023,53(S2):1028-1032.
- [8] 陈泉,朱庆亮,杨海锋,等.既有建筑一种全集成电梯加装技术[J].工业建筑,2023,53(S2):801-802.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS