

基坑支护结构在城市建设中的优化设计探讨

陆人标

浙江华岩地质工程有限公司 浙江 杭州 310000

摘要：基坑支护结构不仅关系到施工安全和周边环境的稳定性，还直接影响施工的成本和效率。本文通过分析当前基坑支护结构的常见形式和特点，提出了基于城市环境特点的支护结构优化设计方法。在满足安全与稳定的前提下，优化基坑支护结构设计可显著减少施工扰动，降低成本，提高施工效率。通过引入现代化建模与仿真技术，进一步探讨了不同支护方案在不同地质条件下的适用性和效果，从而提出了具有实际操作意义的设计优化方案。本研究旨在为城市建设中基坑支护结构的设计和施工提供理论依据和实践指导。

关键词：基坑支护；城市建设；结构优化；施工安全；环境保护

引言

随着现代城市建设的快速推进，土地资源日益稀缺，高层建筑与地下空间的开发成为趋势。在此背景下，基坑支护结构的设计与施工尤为关键，因为其不仅关系到施工安全，还影响周边建筑与地质的稳定性。传统的基坑支护设计在许多情况下难以满足现代城市建设的多样需求，容易导致施工成本上升、效率降低，甚至环境问题。研究基坑支护结构的优化设计成为当务之急。本文通过对不同支护方式的分析与评估，探讨如何在满足安全、稳定的前提下优化基坑支护设计，减少施工对周边环境的影响，以实现资源与环境的协调发展。本文为相关领域研究者和工程师提供了深入理解与解决城市基坑支护难题的思路和方案。

1 基坑支护结构的作用与现状分析

基坑支护结构在城市建设中起着至关重要的作用。随着城市化进程的不断加快，地下空间开发需求日益增加，基坑开挖已成为高层建筑、地铁车站、地下停车场等各类城市基础设施建设中不可或缺的一环。基坑支护结构的主要任务是确保开挖过程中基坑边坡的稳定，防止坍塌、滑移或过度变形，同时维护周边建筑、道路、管线等结构的安全。在城市密集区域，基坑支护结构更是要考虑地层条件复杂、周边环境敏感的特点，需要在设计时平衡安全、稳定性和施工效率之间的关系，以满足现代城市建设的多重要求。

当前基坑支护结构主要形式包括排桩、挡土墙、地下连续墙等，每种支护方式在不同地质和环境条件下具有特定的适用性。排桩结构在坚硬地基和软弱土层地基中有广泛应用，通过将钢筋混凝土桩体植入地下形成支护体系，可有效应对基坑开挖中产生的侧向土压力。挡土墙则常用于浅层基坑，尤其在较为稳定的地质条件

下，具备施工便捷、造价相对低廉的优点。随着城市建设密度增加，支护结构需要承受更高的荷载压力，传统挡土墙结构的适用性受到一定限制。地下连续墙是一种稳定性较高的支护结构，在软土层基坑和高水位地区广泛应用，其施工过程中可有效控制地下水渗透，确保基坑稳定，但施工工艺较复杂，成本较高。

在城市建设的实际应用中，基坑支护结构的设计与选型受到场地条件、施工条件、环境影响和技术水平的多重因素制约。随着计算机仿真技术的应用，基坑支护设计的准确性和可靠性得到显著提升，支护结构的优化设计也得以更加精准。设计师可以在施工前进行模拟分析，预估不同支护结构方案在实际工况下的表现，有助于选择更为经济合理的设计方案。尽管仿真技术的进步为支护结构的优化提供了有效手段，但在实际施工过程中仍存在复杂的地质条件和施工现场的不可控因素，设计方案需要随时根据现场情况进行调整，以确保施工安全和效率。

2 基坑支护设计中的主要问题与挑战

基坑支护设计中面临的主要问题与挑战来源于复杂的地质条件、严格的环境保护要求和城市高密度建设的施工限制等多方面因素。在密集的城市区域，基坑开挖不仅要考虑地下土层的稳定性，还要防止基坑边坡变形和周边建筑物沉降。由于地质条件多变，地下水位、土层类型、地质结构等均可能对支护结构产生影响。在软土层或高地下水水位区域，基坑支护需承担更大的水平压力，并面临地下水渗透导致的流砂现象，增加了设计难度。这种复杂的地质条件要求支护结构必须具备较高的承载能力和抗渗透能力，以确保基坑的稳定性。

除了地质因素，环境保护与施工扰动问题也是基坑支护设计中的一大难题。基坑施工会产生噪声、振动和

粉尘,对周边居民和生态环境造成一定影响,尤其是在居民密集的城市中心区域。为满足环保要求,支护设计需尽量减少施工扰动。在采用锚杆支护或地下连续墙时需控制施工噪音和振动,但这些工艺往往要求复杂的设备和技术,增加了施工成本。支护结构的选择需根据不同的施工工艺来适应场地限制,如小面积施工场地或地下管线密集区域,传统的支护方式可能无法适用,需要结合实际需求进行创新设计。在设计过程中不仅要考虑结构的稳定性,还要尽量降低施工对环境和周边建筑的影响。

基坑支护设计还需面对施工进度和成本控制的挑战。城市建设中,基坑工程往往要求较短的工期,以尽量减少对周边交通和生活的影响。紧张的工期要求使设计师需要在保证安全的前提下,选择更为高效的支护结构和施工方式。而不同支护结构的施工工艺、设备需求和材料成本均有差异,如何在工期、成本和支护效果之间找到平衡点是设计中的关键。地下连续墙具有较高的稳定性和抗渗透性,但施工周期长、成本高;锚杆支护较为经济,但需要对土体有较高的适应性。设计师在基坑支护方案选择时需权衡各种因素,通过模拟分析与成本评估,以找到最优的设计方案,从而保证工程安全、节约成本并满足城市建设的工期需求。

3 城市环境下基坑支护结构的优化设计原则

在城市环境下进行基坑支护结构的优化设计需要综合考虑多重因素,以确保结构的安全性、施工的经济性以及对周边环境的影响最小化。支护结构的设计应优先满足基坑稳定性和安全性要求,基坑支护需具备足够的抗滑移能力和抗变形能力,以应对基坑开挖引发的土体压力和地下水压力。城市基坑工程常面临软土层、高水位、深基坑等复杂地质条件,这使得支护结构需在材料选择、结构形式和施工工艺方面进行合理优化,以增强其抵抗侧向压力和水土渗透的能力。通过计算机仿真技术和结构分析模型,可在设计阶段模拟各种地质条件下的支护结构响应,从而验证支护体系的稳定性,提高设计的准确性和科学性。

城市环境中,基坑开挖往往紧邻其他建筑物、地下管线和交通设施,支护结构的设计应最大程度减少施工引起的扰动,避免对邻近建筑物产生不良影响。锚杆支护、土钉墙等低扰动的支护方式通常较为适用于城市基坑,但需根据实际场地条件对锚杆数量、土钉分布进行优化。地下连续墙和深层搅拌桩等支护方式在高水位和软弱土层环境中表现出良好的抗渗性和支护效果,是城市基坑工程中的常用方案。为了减少基坑开挖过程中的

沉降和侧向位移,设计阶段还应充分考虑支护结构的刚度和变形控制,必要时可结合土体改良技术或预加固措施,降低施工过程中的位移风险。

在实际设计中,成本控制和施工效率也是优化设计的关键考量因素。随着城市建设项目规模的不断扩大,基坑支护设计需在满足安全和环保的前提下,实现施工经济性的最大化。材料成本、工艺复杂性以及施工周期都会直接影响项目的总成本,因此在支护设计时需选择更为经济合理的结构方案。通过施工模拟和成本分析,可在多种设计方案中选择兼顾经济性和安全性的最佳方案,避免过度设计带来的成本浪费。在条件适宜的情况下,可考虑采用锚杆支护、轻型挡土墙等造价较低的支护形式,结合局部加固措施提升支护结构的承载力和适应性,从而在保证施工安全的同时实现成本的合理控制。

4 不同地质条件下基坑支护结构的优化方法

在不同地质条件下,基坑支护结构的优化方法必须针对具体的土层特性、地下水位及地应力状态进行科学选择,以确保支护结构的稳定性和经济性。在软土层条件下,土体较为松散,且在开挖过程中容易发生较大变形和沉降,这种情况下通常需要选择具有高抗压和抗渗透性能的支护结构,如地下连续墙或深层搅拌桩。这些支护形式能有效地控制土体侧向位移并防止地下水渗透。采用土体加固技术,如水泥土搅拌桩或喷射混凝土加固,在开挖前进行预加固处理,可进一步提高软土层中的支护效果,从而保证基坑在开挖过程中不发生过度变形。

在砂土或卵石土层等透水性较强的地质条件下,基坑支护设计的关键在于地下水的控制,防止水土流失对基坑稳定性产生不利影响。此类地质环境中,支护结构需具备良好的抗渗透性与抗浮力性能,以避免渗水引发的基坑侧壁坍塌或底部突涌现象。为此,可以在基坑周边布置防渗帷幕,通过深层止水帷幕或水泥土搅拌桩构筑防渗体系,以阻断地下水的流动,进而控制渗透压力。降水井的设置也有助于降低基坑内水位,减小水浮力对支护结构的影响,使支护结构在透水性较强的土层中更加安全和稳定。

在岩石地层或硬质土层环境中,基坑支护设计应充分考虑岩体结构的稳定性以及开挖过程中可能产生的地应力释放和裂隙扩展问题。对于岩石层基坑,常采用喷射混凝土、锚杆和格构梁相结合的支护形式,以增加基坑侧壁的整体稳定性。锚杆可以深植入岩层,有效控制开挖引起的位移并防止岩体开裂。采取适当的开挖分层技术,可以逐步释放地应力,防止岩体在开挖过程中因

应力集中导致的突发坍塌。通过在设计阶段对岩石结构进行详细勘察,并利用数值模拟分析方法预测不同支护结构在岩石地层下的变形和稳定性表现,可以进一步优化支护方案,提高基坑支护的安全性和经济性。

5 基于仿真技术的支护结构设计效果评估

基于仿真技术的支护结构设计效果评估是现代基坑工程设计的重要环节,通过仿真模拟技术,设计师可以在实际施工前对支护结构的稳定性、变形情况以及地质环境的响应进行深入分析。仿真技术允许对不同地质条件、施工阶段和荷载条件下支护结构的性能进行动态模拟,从而有效预测可能出现的变形和应力集中现象。这种方法不仅提高了设计的科学性,还能在设计阶段优化支护方案,提前识别并解决潜在的安全隐患。基于仿真的效果评估帮助工程师在结构设计上做出更加精确的决策,如加固方案、支护刚度等,确保基坑工程在复杂多变的地质环境中具有稳定性。

在支护结构设计中,仿真技术还能用于模拟施工过程中的土体位移和应力分布,从而更全面地评估基坑开挖对周边建筑物和基础设施的影响。通过仿真分析,设计师可以获得基坑边坡的变形模式、支护结构的应力分布以及土体的位移趋势,从而进一步优化支护结构的参数配置。通过有限元分析,可以精确评估支护结构在不同施工阶段的变形响应和承载能力,模拟不同土层条件下的支护效果,帮助设计师根据仿真结果适时调整设计,以降低周边环境的沉降风险。这种过程中的动态评估不仅提高了支护结构的稳定性,也有助于减少对周围环境的扰动,使基坑施工更加安全可控。

在实际应用中,基于仿真的支护效果评估还可以通过多种数值模拟方法,如有限元法、边界元法和离散元法,针对特定工程需求进行综合分析。这些仿真方法可

以模拟不同支护类型在特定地质条件下的性能表现,优化支护结构的选型和施工顺序,达到经济性与安全性并重的设计目标。仿真技术也为后期施工监测提供了数据参考,利用仿真结果对支护结构的应力、位移等关键参数进行预测,形成与现场实测数据的对比分析,使施工管理团队能够及时发现异常并采取应对措施。基于仿真技术的支护结构效果评估为现代基坑工程提供了重要的设计优化依据,有效提升了设计的合理性和科学性,为基坑支护工程在复杂环境下的成功实施提供了保障。

结语

基坑支护结构在城市建设中具有重要意义,通过优化设计能够提升支护系统的稳定性和施工安全性。本文探讨了不同地质条件下的支护优化方法,并强调了基于仿真技术的效果评估对提升设计合理性的关键作用。仿真技术不仅为设计提供了科学依据,也在实际施工中帮助识别潜在风险,保障工程质量。结合多种支护形式和仿真分析方法,未来基坑支护设计将更加注重安全性、经济性及对环境的适应性,为城市发展提供坚实的基础支持。

参考文献

- [1] 孙建国,张宇航. 基坑支护结构的优化设计研究[J]. 岩土工程学报, 2019, 41(6): 1258-1265.
- [2] 刘海峰,曹伟. 基于仿真技术的基坑支护设计效果评估[J]. 土木工程学报, 2021, 34(4): 1037-1042.
- [3] 陈建平,徐琳. 城市环境下基坑支护结构的设计优化[J]. 建筑结构, 2018, 38(5): 765-770.
- [4] 王大为,刘晓红. 复杂地质条件下基坑支护设计方法探讨[J]. 工程力学, 2020, 37(3): 481-486.
- [5] 李文涛,周小宇. 基坑支护结构在城市密集区中的应用与优化[J]. 岩土力学, 2022, 43(8): 1625-1631.