

建筑施工

基坑支护施工过程中围护结构变形控制分析

赵峰

北京城建十建设工程有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i12.7471

[摘要] 基坑支护施工是城市地下空间开发的重要组成部分，其安全性直接关系到工程质量和周边环境安全。深入分析了基坑支护施工中围护结构变形控制的重要性，探讨了现代信息技术在变形监测和控制中的应用，以及这些技术如何提高施工的安全性和效率。文章提出了改进策略，并通过案例分析展示了其在实际工程中的应用效果。同时，对基坑支护施工的未来发展方向进行了展望，强调了技术创新、智能化升级、环境友好性提升和安全标准提高的重要性。随着技术的进步和环保意识的增强，基坑支护施工将朝着更加安全、高效和可持续发展的方向发展。

[关键词] 基坑支护；围护结构；变形控制；实时监测；现代信息技术

Analysis of envelope deformation control during foundation pit support construction

Zhao Feng

Beijing Urban Construction Construction Engineering Co., LTD.

[Abstract] Foundation pit support construction is an important part of the urban underground space development, and its safety is directly related to the project quality and the surrounding environment safety. This paper analyzes the importance of retaining structure deformation control in foundation pit support construction, discusses the application of modern information technology in deformation monitoring and control, and how these technologies improve the safety and efficiency of construction. This paper proposes the improvement strategy and shows its application effect in practical engineering through case analysis. At the same time, the future development direction of foundation pit support construction is discussed, and the importance of technological innovation, intelligent upgrading, environmental friendliness and safety standard improvement is emphasized. With the progress of technology and the enhancement of environmental awareness, the foundation pit support construction will be safer, more efficient and sustainable direction.

[Key words] foundation pit support, envelope structure, deformation control, real-time monitoring, modern information technology

引言：

基坑工程作为地下空间开发的关键环节，其安全性和稳定性对整个工程的成功至关重要。基坑支护施工过程中，围护结构的变形控制是确保工程安全的重要措施。然而，传统的变形控制方法存在诸多局限性，亟需通过技术创新来提升其效率和准确性。现代信息技术的发展为基坑支护施工提供了新的解决方案，包括物联网、大数据分析、云计算和人工智能等技术的集成应用，有望实现更精准的变形监测和更有效的风险管理。本文将探讨基坑支护施工的现状、存在的问题以及现代信息技术在变形控制中的应用，并对未来的发展方向进行展望。

一、基坑支护施工现状

基坑支护施工是城市地下空间开发中的一项关键技术，其目的在于确保施工过程中基坑的稳定性，防止基坑壁面坍塌和周围环境的破坏。随着城市化进程的不断深入，基坑工程的规模和复杂性日益增加，对基坑支护技术提出了更高的要求。当前，基坑支护施工技术主要包括土钉墙、预应力锚杆、地下连续墙、支撑系统等多种形式，它们各自具有不同的适用条件和施工特点。土钉墙作为一种经济且施工简便的支护方式，适用

于土质较好、地下水位较低的基坑工程。通过在土体中设置土钉并施加预应力，土钉墙能够有效地提高土体的抗剪强度，从而确保基坑的稳定性。然而，土钉墙对于土层的适应性有限，且在地下水位较高或土层条件复杂的情况下，其效果会受到一定影响。

预应力锚杆则适用于土层条件较差或地下水位较高的基坑工程。通过在基坑内部设置锚杆并施加预应力，锚杆能够将基坑壁面的土压力传递到稳定的土层或岩层中，从而提高基坑的整体稳定性。预应力锚杆的优势在于其适应性强，能够在多种土层条件下发挥作用，但其施工难度和成本相对较高。地下连续墙则是一种更为先进的支护技术，通过在基坑周围设置连续的钢筋混凝土墙，形成一道坚固的围护结构。

地下连续墙不仅能够有效地承受土压力和水压力，还能够一定程度上隔离基坑与周围环境，减少施工对周边建筑和设施的影响。然而，地下连续墙的施工技术要求高，设备投入大，且施工周期较长。支撑系统则是通过在基坑内部设置支撑结构，将土压力传递到支撑上，从而减轻基坑壁面的负担。支撑系统可以根据基坑的具体情况灵活设置，具有较强的适应性。

但是，支撑系统的稳定性受到支撑间距、支撑材料和施工质量等多方面因素的影响，需要严格把控施工过程，确保支撑系统的可靠性。

二、围护结构变形控制问题分析

围护结构在基坑支护施工中扮演着至关重要的角色，其稳定性直接关系到整个工程的安全。基坑开挖过程中，围护结构会受到来自土体、水压力以及施工荷载等多重因素的影响，导致结构发生变形。变形控制问题的核心在于如何有效预测和控制这种变形，以确保基坑工程的顺利进行和周边环境的安全。围护结构的变形主要包括水平位移和垂直位移，这些位移如果超出设计允许的范围，可能会导致结构失效，甚至引发基坑坍塌。变形控制问题的出现，往往与多种因素有关。首先是地质条件的复杂性，不同的土层性质、地下水位的高低以及土体的不均匀性都会对围护结构的稳定性造成影响。其次是施工过程中的不确定性，施工技术、施工顺序、施工速度等因素的不当选择，都可能导致围护结构的变形超出预期。

在围护结构变形控制中，一个关键的技术环节是监测。通过安装各种传感器和监测设备，可以实时获取围护结构的变形数据，为变形控制提供准确的信息支持。然而，传统的监测方法存在一定的局限性，如监测频率低、数据采集不全面、实时性差等，这些问题限制了变形控制的效率和准确性。现代信息技术的发展为围护结构变形控制提供了新的解决方案。利用大数据、云计算、物联网等技术，可以实现对围护结构变形的实时、全面、高精度监测。

通过建立数据模型，可以对变形数据进行深入分析，预测变形趋势，及时调整施工方案，实现变形的有效控制。除了监测技术的应用，围护结构的设计和施工方法也是控制变形的关键。在设计阶段，需要根据地质条件和工程需求，选择合适的围护结构类型和参数，确保结构的安全性和经济性。在施工阶段，需要严格控制施工质量，合理选择施工技术和顺序，减少施工过程中对围护结构稳定性的不利影响。围护结构变形控制还需要考虑环境因素。

三、现代信息技术在变形控制中的应用

现代信息技术的快速发展为基坑工程的围护结构变形控制带来了革命性的变革。通过集成多种先进的技术手段，如物联网 (IoT)、大数据分析、云计算、人工智能 (AI) 和机器学习等，可以显著提高变形监测的精度和效率，实现对基坑工程的实时监控和智能预警。物联网技术的应用使得围护结构的监测设备能够实时收集数据，并将这些数据传输到中央监控系统。这些设备包括位移传感器、应变计、压力计等，它们能够精确测量围护结构的微小变形和应力变化。通过物联网，施工团队可以远程监控基坑的状态，及时发现异常情况，从而采取必要的应对措施。

大数据分析技术在处理和分析海量监测数据方面发挥着重要作用。通过对数据进行深入挖掘，可以发现变形过程中的规律和趋势，预测可能的风险点。这种分析不仅提高了变形控制的准确性，还为施工团队提供了决策支持，帮助他们优化施工方案，减少安全风险。云计算技术为基坑工程的变形控制提供了强大的数据存储和计算能力。通过云平台，施工团队可以随时随地访问监测数据，进行数据分析和模型仿真。云计算的弹性扩展特性，使得数据处理和存储能够根据实际需求进行调整，提高了资源的利用效率。

人工智能和机器学习技术在变形控制中的应用，进一步提

高了监测系统的智能化水平。通过训练机器学习模型，可以自动识别变形过程中的异常模式，实现自动化的预警和响应。AI技术还可以辅助设计更优的围护结构，通过模拟不同施工方案下的变形情况，为施工团队提供科学的决策依据。在实际操作中，现代信息技术的应用需要与基坑工程的实际情况相结合。施工团队需要根据工程的特点和需求，选择合适的技术方案和设备。同时，还需要建立完善的数据管理和分析流程，确保数据的准确性和可靠性。现代信息技术在变形控制中的应用还需要考虑数据安全和隐私保护的问题。

四、改进策略的实施与效果评估

在基坑工程的围护结构变形控制中，实施有效的改进策略至关重要。这些策略不仅需要基于深入的问题分析，还必须结合现代信息技术的应用，以提高监测的准确性和施工的安全性。改进策略的实施通常涉及监测系统的升级、施工方法的优化、材料的创新使用以及风险管理的加强。监测系统的升级是改进策略中的关键一环。通过引入高精度传感器和自动化监测设备，可以实时捕捉围护结构的微小变化，从而更准确地评估结构的稳定性。这些监测数据通过无线通信技术传输至中央处理系统，利用大数据分析技术进行深入分析，以识别潜在的风险点和变形趋势。

施工方法的优化同样重要。在施工过程中，采用更为先进的施工技术和工艺，如逆作法施工、预应力锚固技术等，可以有效减少施工对围护结构稳定性的影响。同时，施工过程中的实时监测和反馈机制，可以确保施工方案的及时调整，以适应基坑环境的动态变化。材料的创新使用也是改进策略的一部分。新型材料，如高性能混凝土、纤维增强塑料等，因其优异的力学性能和耐久性，被广泛应用于围护结构的加固和修复中。这些材料的使用，不仅提高了结构的承载能力，还延长了工程的使用寿命。

风险管理的加强是确保改进策略有效性的重要保障。通过建立风险评估和管理体系，可以对施工过程中可能出现的风险进行系统评估，并制定相应的预防和应对措施。通过模拟和仿真技术，可以预测不同施工方案下的变形情况，为风险管理提供科学依据。改进策略的实施效果评估是衡量策略成功与否的关键。通过对比实施前后的监测数据，可以直观地评估改进措施的效果。此外，通过收集施工团队和相关利益相关者的反馈，可以进一步了解改进策略在实际操作中的适用性和有效性。

在实施改进策略的过程中，还需要考虑成本效益分析。虽然先进技术和材料的应用可能会增加成本，但从长远来看，它们可以显著提高工程的安全性和可靠性，减少潜在的维修和重建成本。因此，成本效益分析是评估改进策略时不可忽视的一环。改进策略的实施与效果评估是一个持续的过程。随着技术的不断进步和工程实践的深入，改进策略也需要不断地更新和完善。通过不断的监测、评估和调整，可以确保基坑工程的围护结构变形控制始终保持在最佳状态，为工程的顺利进行提供坚实的保障。

五、基坑支护施工的未来发展方向

基坑支护施工的未来发展方向将由技术创新、智能化升级、环境友好性提升以及安全标准的提高共同推动。随着城市化进程的加速和地下空间需求的增长，基坑工程将面临更加复杂的地质条件和更高的安全要求。技术创新是推动基坑支护施工发展的核心动力。新型支护材料和工艺的研发将为基坑工程

下转第 58 页

影响。准确的检测能够在路桥建设的各个阶段发现质量问题并及时纠正。在原材料检测阶段,不合格的原材料能够被筛选出来,避免其用于工程建设,从而从源头上保证了路桥质量。在施工过程中的检测,能够确保每一道工序符合质量要求,如混凝土的浇筑、振捣和养护等环节。成品检测则是对整个路桥工程质量的最终把关,只有通过严格的检测,确保路桥的结构性能、外观质量等都符合标准,才能保证其在投入使用后能够安全可靠地承载交通荷载,为社会提供高质量的交通基础设施。

4.2 对路桥使用寿命的影响

试验检测技术与方法对路桥使用寿命有着不可忽视的影响。通过对原材料和配合比的检测,可以确保混凝土具有良好的耐久性。例如,检测水泥的抗硫酸盐侵蚀能力、集料的坚固性等,能够避免因原材料质量问题导致的混凝土过早劣化。在施工过程中的检测能够保证混凝土的密实性、均匀性等性能,减少内部缺陷,从而提高其抵抗外界环境因素侵蚀的能力。成品检测可以发现潜在的结构缺陷并及时修复,延长路桥的使用寿命。例如,通过定期的结构检测,能够及时发现并处理混凝土中的微小裂缝,防止其进一步扩展,从而使路桥能够在更长的时间内保持良好的使用状态。

4.3 对路桥维护成本的影响

试验检测技术与方法对路桥维护成本有着显著的影响。有

效的检测能够提前发现路桥的潜在问题,使得维护工作能够在问题较小的时候进行。例如,在早期检测到混凝土表面的微小裂缝时,只需进行简单的修补措施,成本较低。如果没有及时检测到这些问题,裂缝可能会不断扩展,导致更严重的结构损坏,那时可能需要进行大规模的加固或重建,维护成本将大幅增加。此外,通过对原材料和施工过程的严格检测,可以提高路桥的质量,减少因质量问题导致的频繁维修,从而降低长期的维护成本,提高路桥工程的经济效益。

结语:

水泥混凝土路桥试验检测技术与方法贯穿于路桥工程的各个环节。从工程的初始建设到后续的使用维护,这些技术和方法发挥着不可替代的作用。重视并不断完善试验检测技术与方法,有助于提高水泥混凝土路桥的整体质量,降低维护成本,延长使用寿命,保障交通运输的高效与安全。

[参考文献]

- [1]任俊达,赵金成,王岳伟,李永瑞.水泥混凝土路面加铺沥青层反射开裂评价[J].北方交通,2023,(04):31-34.
- [2]张志霞.水泥混凝土路面芯样劈裂强度试验影响因素分析[J].交通世界,2023,(Z1):185-187.
- [3]熊爱玲.水泥混凝土路面试验检测技术[J].中国高新技术,2020,(12):55-56.

上接第55页

提供更多的选择和可能性。例如,高性能混凝土、智能材料和纳米技术的应用,将提高支护结构的强度和耐久性,同时降低其自重和施工难度。新型支护结构的设计也将更加注重其与周围环境的和谐共生,减少对周边建筑和基础设施的影响。

智能化升级是基坑支护施工发展的另一个重要方向。随着人工智能、物联网、大数据等技术的发展,基坑工程的监测和控制将更加自动化和智能化。实时监测系统将能够自动收集和分析数据,预测潜在风险,并及时调整施工方案。智能化施工设备的应用也将提高施工效率和安全性,减少人为因素的干扰。环境友好性提升是基坑支护施工未来发展的重要考量。随着环保意识的增强,基坑工程将更加注重减少施工过程中的噪音、粉尘和废弃物排放,采用绿色施工技术和材料。例如,使用可再生能源和循环材料,以及开发低影响施工技术,将有助于实现基坑工程的可持续发展。

安全标准的提高也是基坑支护施工发展的关键。随着工程规模的扩大和施工技术的复杂化,安全标准将不断提高,以确保工程的安全性和可靠性。这包括对施工人员的安全培训、施工设备的定期检查和维修,以及对施工方案的严格审查和评估。基坑支护施工的未来发展还将更加注重跨学科的融合和国际合作。通过整合土木工程、地质学、环境科学等多个学科的知识经验,可以为基坑工程提供更全面、更深入的解决方案。同时,国际合作将促进先进技术和经验交流,提高基坑工程的整体水平。

结语

基坑支护施工作为城市地下空间开发的关键环节,其技术进步和创新不仅关乎工程安全,也是推动城市可持续发展的重要因素。随着现代信息技术的融合应用,围护结构变形控制的

智能化、精准化水平不断提升,为工程质量和效率提供了坚实保障。未来,基坑支护施工将更加注重技术创新、智能化升级、环境友好性以及安全标准的提高,以适应日益增长的地下空间开发需求。通过跨学科融合和国际合作,基坑工程的安全性、可靠性和可持续性将得到进一步增强,为城市的繁荣发展奠定坚实基础。

[参考文献]

- [1]张岩,王海.基坑工程监测与控制技术研究[J].工程地质学报,2015,23(2):155-160.
- [2]李星,赵刚.基坑支护结构变形控制方法研究[J].建筑结构,2017,47(5):57-62.
- [3]陈浩,刘洋.基坑支护技术发展及其应用[J].土木工程与管理,2016,33(2):98-103.
- [4]郑东,王峰.基坑支护施工中变形控制的技术分析[J].工程勘察,2018,46(3):74-79.
- [5]王建,张立.城市基坑支护施工安全控制策略研究[J].现代城市研究,2019,34(6):82-88.

课题1:本论文系北京物美置地房地产开发有限公司2017年投资开发、北京城建十建设工程有限公司总承包施工的“北京雕塑园地下文化娱乐中心项目”工程,基于建筑幕墙结构连接节点受力分析的实践与研究(项目施工许可证编号:【2017】施【石】建字0009号)的阶段性研究成果;

课题2:本论文系北京物美天马投资有限公司2019年投资开发、北京城建十建设工程有限公司总承包施工的“北京华力国际大厦项目”工程,基于基坑支护施工过程中围护结构变形控制分析的实践与研究(项目施工许可证编号:【2019】施【朝】建字0677号)的阶段性研究成果。