混凝土滑模施工对建筑结构稳定性影响的分析

刘冠男

湖北宜化集团化工机械设备制造安装有限公司　湖北宜昌　443000

摘　要：随着建筑行业的不断发展，混凝土滑模施工技术凭借其高效、连续的施工特点，在各类建筑工程中得到广泛应用。然而，该施工技术的应用对建筑结构稳定性产生复杂的影响。本文分析混凝土滑模施工的原理、特点，从多个维度探讨其对建筑结构稳定性的影响，包括施工过程中的动态影响以及建成后结构性能的静态影响。结合实际工程案例，运用理论分析、数值模拟和现场监测等方法，全面评估滑模施工对结构稳定性的利弊，并提出针对性的优化措施和建议，为建筑工程中合理应用滑模施工技术提供科学依据，确保建筑结构的安全稳定。

关键词：混凝土滑模施工；建筑结构稳定性；施工过程；结构性能

引言

在现代建筑工程中，施工技术的选择关系工程的质量、进度和成本。混凝土滑模施工技术作为一种先进的施工工艺，以其连续浇筑、快速成型的优势，有利于提高施工效率，缩短工期，尤其适用于高耸、薄壁等特殊结构的施工，如烟囱、冷却塔、高层建筑的核心筒等。然而，滑模施工过程中，混凝土在未完全硬化的状态下承受施工荷载，且施工设备持续向上滑动，给建筑结构的稳定性带来挑战。同时，滑模施工对结构的最终性能也存在潜在影响。因此，研究混凝土滑模施工对建筑结构稳定性的影响，对于保障建筑工程的安全、推动滑模施工技术的科学应用具有重要意义。

1. 混凝土滑模施工技术概述

混凝土滑模施工是利用一套连续移动的模板系统，在混凝土浇筑过程中，模板沿着既定的轨道向上滑动，使混凝土在模板内逐渐成型。滑模系统主要由模板、操作平台、提升设备和支承杆等部分组成 [1]。提升设备通过支承杆将整个滑模系统向上提升，在提升过程中，新拌混凝土不断浇筑到模板内，已浇筑的混凝土在模板的约束下逐渐硬化，从而实现连续施工。

2. 混凝土滑模施工对建筑结构稳定性的动态影响

2.1 施工荷载的影响

在滑模施工过程中，滑模系统自身的重量、操作平台上的施工人员、设备以及新浇筑混凝土的重量等，构成垂直荷载。这些垂直荷载借助支承杆传递到已浇筑的混凝土结构上。若垂直荷载过大或分布不均匀，导致支承杆失稳，进而影响整个结构的稳定性。当操作平台上集中堆放过多的建筑材料时，会使局部垂直荷载超出设计值，增加支承杆的压力，使其有弯曲变形甚至折断的风险 [2]；此外，施工过程中的风荷载、混凝土浇筑时的冲击力以及滑模系统提升过程中的水平偏差产生的附加水平力等，都属于水平荷载。水平荷载会使滑模系统产生水平位移和扭转，对结构的垂直度和稳定性造成威胁。特别是在高耸结构施工中，风荷载的影响更为显著。当风速较大时，风荷载导致滑模系统发生较大的水平位移，若不及时调整，会使结构出现倾斜，影响结构的稳定性。

2.2 混凝土浇筑与硬化过程的影响

混凝土浇筑速度过快，会使模板内混凝土侧压力迅速增大，导致模板变形甚至胀模，影响结构的尺寸精度和稳定性。相反，浇筑速度过慢，会使混凝土在模板内停留时间过长，影响混凝土的流动性和施工连续性，增加施工缝出现的概率，降低结构的整体性。同时，在滑模施工中，混凝土在未完全硬化的状态下就承受施工荷载。混凝土的早期强度增长速度对结构稳定性至关重要。若混凝土早期强度增长缓慢，在施工荷载作用下，已浇筑的混凝土可能发生变形、开裂等情况，影响结构的承载能力和稳定性 [3]。因此，合理控制混凝土的配合比，确保其早期强度的正常增长，是保障滑模施工结构稳定性的关键因素之一。

2.3 滑模系统提升过程的影响

滑模系统的提升设备应保持同步提升，若提升不同步，会使支承杆受力不均，导致滑模系统出现倾斜、扭转等情况。当某几个提升设备提升速度过快，而其他设备提升速度较慢

时，会使支承杆承受额外的弯矩和扭矩，严重时导致支承杆断裂，引发滑模系统坍塌事故，对结构稳定性造成毁灭性影响。此外，在滑模系统提升过程中，由于各种因素的影响，如支承杆的垂直度偏差、提升设备的精度等，滑模系统会出现水平偏差和垂直偏差。这些偏差若超过允许范围，会使结构的受力状态发生改变，增加结构的附加内力，降低结构的稳定性 [4]。因此，在滑模施工过程中，必须严格控制滑模系统的提升偏差，实时监测并及时调整。

3. 混凝土滑模施工对建筑结构稳定性的静态影响

3.1 结构几何尺寸与形状的影响

滑模施工过程中若出现垂直度偏差，建成后的结构会存在偏心受力的情况。对于高层建筑的核心筒，垂直度偏差会使结构在竖向荷载和水平荷载作用下产生附加弯矩，降低结构的承载能力和稳定性。研究表明，当核心筒垂直度偏差达到一定程度时，结构的整体稳定性系数会显著下降，增加了结构在地震等自然灾害作用下发生破坏的风险。此外，模板变形、胀模等情况会导致结构截面尺寸出现偏差。截面尺寸减小会使结构的承载能力降低，而截面尺寸增大则可能改变结构的受力分布，影响结构的稳定性。在桥梁墩柱滑模施工中，若截面尺寸偏差过大，会使墩柱的抗压、抗弯能力发生变化，影响桥梁的整体稳定性和使用寿命。

3.2 混凝土质量与性能的影响

一方面，在滑模施工过程中，由于混凝土浇筑速度、振捣情况等因素的影响，导致混凝土强度分布不均匀。在结构受力时，强度较低的部位容易先出现破坏，进而影响整个结构的稳定性。在某大型水池滑模施工中，由于混凝土振捣不充分，部分区域混凝土强度未达到设计要求，在水池蓄水后，该部位出现裂缝，对水池的结构稳定性造成威胁；另一方面，滑模施工中，混凝土可能会出现蜂窝、麻面、孔洞等内部缺陷。这些缺陷会削弱混凝土的有效截面面积，降低混凝土与钢筋之间的粘结力，从而影响结构的承载能力和稳定性。当混凝土内部存在较大孔洞时，在荷载作用下，孔洞周围会产生应力集中现象，容易引发混凝土开裂，降低结构的稳定性。

3.3 结构受力性能的影响

滑模施工过程中的各种因素，如施工荷载、滑模系统偏差等，会使结构在施工过程中产生附加内力。这些附加内力在结构建成后仍然存在，改变了结构的原始设计内力分布。由于滑模系统提升不同步导致的结构扭转，会使结构在水平荷载作用下产生额外的扭矩，增加结构的受力复杂性，降低结构的稳定性。此外，混凝土质量问题、结构几何尺寸偏差等因素，会导致结构刚度发生变化。结构刚度的不均匀变化会使结构在受力时产生应力重分布，影响结构的稳定性。当结构局部混凝土强度不足或截面尺寸减小，会使该部位结构刚度降低，在荷载作用下，结构的变形会集中在刚度较低的部位，容易引发结构的局部破坏和整体失稳。

4. 案例分析

4.1 案例背景

某超高层建筑，总高度为 300 米，共 80 层，采用混凝土滑模施工技术进行核心筒施工。该建筑位于地震多发区，对结构稳定性要求极高。

4.2 施工过程监测与问题分析

对于施工荷载监测，在施工过程中，借助传感器对操作平台上的施工荷载进行实时监测。发现由于材料堆放不合理，局部区域施工荷载超出设计值 15%，导致部分支承杆出现轻微弯曲变形。及时调整材料堆放位置，减轻局部荷载，避免支承杆进一步失稳；对于混凝土浇筑与硬化监测，采用混凝土坍落度仪和强度检测仪对混凝土浇筑和硬化过程进行监测。发现混凝土浇筑速度不稳定，部分时段浇筑速度过快，导致模板侧压力过大，模板出现局部变形。同时，由于混凝土配合比控制不当，早期强度增长缓慢，在施工荷载作用下，已浇筑的混凝土出现少量裂缝。通过调整混凝土浇筑速度和优化配合比，解决了这些问题；对于滑模系统提升监测，利用全站仪对滑模系统的提升偏差进行监测，发现提升过程中存在不同步现象，最大偏差达到 30 毫米，超过了允许范围。对提升设备进行调试和校准，确保提升同步性，将偏差控制在允许范围内。

4.3 建成后结构性能检测与评估

对于结构几何尺寸检测，采用激光测距仪和全站仪对核心筒的垂直度和截面尺寸进行检测。发现垂直度偏差最大为 25 毫米，虽然在允许范围内，但仍对结构的受力性能产生一定影响。部分楼层截面尺寸存在 ±10 毫米的偏差，对结构的承载能力影响较小；对于混凝土质量检测，利用钻芯取样和超声回弹等方法，对混凝土强度和内部缺陷进行检测。发现混凝土强度总体满足设计要求，但局部区域存在强度偏低的情况。同时，检测出少量蜂窝、麻面等内部缺陷，

对结构的稳定性有一定潜在风险；对于结构受力性能评估，运用有限元软件对结构进行模拟分析，结合现场监测数据，评估结构的受力性能。结果表明，由于施工过程中的各种因素影响，结构的内力分布发生了一定改变，结构刚度也存在局部不均匀现象。但通过采取加固措施，如对局部混凝土缺陷进行修补、对受力较大部位进行加强等，结构的稳定性满足设计要求。

5. 优化措施与建议

5.1 施工过程控制优化

首先，合理设计施工荷载，在施工前，根据滑模系统的自重、施工人员和设备重量、混凝土浇筑量等因素，精确计算施工荷载，并合理分布施工荷载，避免局部荷载过大。同时，制定严格的材料堆放管理制度，确保操作平台上的荷载分布均匀；其次，严格控制混凝土浇筑与硬化过程，根据混凝土的特性和施工环境，合理确定混凝土浇筑速度，确保模板内混凝土侧压力在允许范围内。优化混凝土配合比，添加合适的外加剂，保证混凝土早期强度的正常增长，提高混凝土在施工荷载作用下的抗变形能；此外，确保滑模系统提升质量，选用高精度的提升设备，并在施工前对其进行调试和校准，确保提升同步性。在提升过程中，实时监测滑模系统的偏差，一旦发现偏差超过允许范围，及时采取调整措施，如对提升设备进行微调、对支承杆进行加固等。

5.2 结构设计优化

一方面，在结构设计阶段，充分考虑滑模施工过程中出现的各种因素对结构稳定性的影响，如施工荷载、滑模系统偏差等。适当提高结构的安全储备，增加结构的冗余度，以应对施工过程中的不确定性；另一方面，针对滑模施工可能导致的结构几何尺寸偏差和混凝土质量问题，优化结构构造措施。在设计中适当增加钢筋的配置，提高结构的抗裂性能；加强混凝土的振捣和养护措施，确保混凝土的质量。

5.3 质量检测与监测体系完善

一方面，在滑模施工过程中，建立完善的质量检测体系，对施工荷载、混凝土浇筑质量、滑模系统提升偏差等进行实时监测和检测。及时发现问题并采取整改措施，确保施工过程的质量和安全；另一方面，在建筑建成后，对结构的几何尺寸、混凝土质量、受力性能等进行定期监测和评估。加强长期监测，及时发现结构在使用过程中出现的问题，采取相应的加固和维护措施，保障结构的长期稳定性。

6. 结论

混凝土滑模施工技术在提高施工效率、保障结构整体性等方面具有显著优势，但同时也对建筑结构稳定性产生多方面的影响。在施工过程中，施工荷载、混凝土浇筑与硬化、滑模系统提升等因素会对结构稳定性造成动态影响；建成后，结构几何尺寸、混凝土质量和结构受力性能等方面的变化会对结构稳定性产生静态影响。结合实际案例分析可知，合理控制施工过程、优化结构设计以及完善质量检测与监测体系，能有效降低滑模施工对建筑结构稳定性的不利影响，确保建筑结构的安全稳定。在未来的建筑工程中，随着滑模施工技术的不断发展和应用，应进一步深入研究其对建筑结构稳定性的影响机制，不断完善施工工艺和技术标准，推动建筑行业的高质量发展。

参考文献：

[1] 张印 , 丁建华 . 高层建筑混凝土结构施工技术与质量控制分析 [J]. 模型世界 ,2024(17):168–170.

[2] 颉梅霞 . 大跨度坡屋面混凝土结构高大模板支撑体系施工案例 [J]. 石材 ,2024(2):48–50.

[3] 李光前 , 王帅兵 , 靳小兵 . 滑模技术在水工建筑物工程中的应用 [J]. 黑龙江水利科技 ,2023,51(1):110–112.

[4] 王淳伟 , 黄丰 , 吴多才 , 等 . 装配式建筑叠合板铝合金模板施工关键技术 [J]. 安装 ,2024(12):79–82.

作者简介：

刘冠男（1989–05），男，汉，湖北宜昌，本科，工程师，研究方向：建筑工程。