

高层建筑钢筋混凝土结构模板支撑体系稳定性控制技术研究

赵安祥

河北建设集团股份有限公司, 河北 保定 071051

DOI: 10.61369/ADA.2024030008

摘要 : 高层建筑钢筋混凝土结构中, 模板支撑体系的稳定性直接关系到施工安全与结构质量。通过分析荷载传递路径、支撑构件刚度匹配及连接节点性能等因素, 探讨模板支撑体系在复杂工况下的受力特征与变形规律。结合现场监测与模拟计算, 提出一套适用于不同施工阶段的稳定性控制技术措施, 有效降低支撑系统失稳风险, 提升施工效率与结构安全保障水平。

关键词 : 高层建筑; 模板支撑体系; 钢筋混凝土; 稳定性控制; 施工安全

Research on Stability Control Technology of Formwork Support System for Reinforced Concrete Structures in High-rise Buildings

Zhao Anxiang

Hebei Construction Group Corporation Limited, Baoding, Hebei 071051

Abstract : In reinforced concrete structures of high-rise buildings, the stability of the formwork support system is directly related to construction safety and structural quality. This paper explores the stress characteristics and deformation patterns of the formwork support system under complex working conditions by analyzing factors such as load transfer paths, stiffness matching of support components, and the performance of connection nodes. Combining on-site monitoring and simulation calculations, a set of stability control technical measures suitable for different construction stages is proposed, which can effectively reduce the risk of instability of the support system and improve construction efficiency and structural safety.

Keywords : high-rise buildings; formwork support system; reinforced concrete; stability control; construction safety

引言

随着城市化进程的加快, 高层建筑在城市建设中日益普及, 其结构形势日趋复杂, 对施工技术提出了更高要求。钢筋混凝土结构作为高层建筑的主要承重体系, 其施工质量直接影响整体结构安全。模板支撑体系作为施工阶段的重要临时结构, 其稳定性控制成为保障工程安全的关键环节。深入探究其稳定性影响因素与优化技术, 对于提升施工效率、降低安全风险具有重要意义。

一、高层建筑钢筋混凝土结构施工特点及模板支撑体系的重要性

随着城市建筑向高层化、复杂化发展, 钢筋混凝土结构由于其良好的力学性能、耐久性和可塑性, 广泛应用于高层建筑的主体结构中。在实际施工过程中, 高层建筑具有结构构件多、高度大、施工周期长等特点, 对施工的安全性、连续性和组织管理能力提出了更高的要求。尤其是在施工阶段, 结构尚未形成完整的受力体系, 各种临时设施成为保障施工安全和质量的关键。其中, 模板支撑体系作为钢筋混凝土构件成型的重要支撑结构, 其

合理性与稳定性直接影响混凝土浇筑的成型质量与施工安全^[1]。高层建筑结构构件截面尺寸较大、层高较高、荷载传递路径复杂, 因此模板支撑体系必须具备更强的承载能力和更高的整体稳定性。

模板支撑体系主要承担混凝土浇筑过程中的全部临时荷载, 包括混凝土自重、施工荷载、模板自重及偶发荷载等。在高层建筑施工中, 随着建筑高度的增加, 模板支撑的搭设高度亦随之增加, 支撑体系整体的稳定性和刚度匹配问题变得更加突出。此外, 高空作业带来的施工误差、施工节奏紧张造成的提前拆模等行为, 都会加剧模板支撑体系的稳定性风险。一旦发生支撑体系

局部失稳或整体坍塌，不仅影响结构施工进度，还可能造成重大人员伤亡和经济损失。因此，确保模板支撑体系的稳定性已成为高层建筑钢筋混凝土结构施工中的核心技术问题。

为了保障高层建筑钢筋混凝土结构施工的安全，必须在模板支撑体系设计、搭设、验收、监测等各个环节严格控制。应根据结构构件形式和荷载特点，合理选择支撑构件的截面尺寸和材料性能，确保其具有足够的刚度和稳定性。在施工过程中，还需加强节点连接、基础处理、垂直度控制等方面的管理，防止因细节处理不到位而引发失稳隐患。同时，应结合施工现场实际情况，采用数值模拟、应力监测等手段对支撑体系受力状态进行实时分析和评估，及时发现潜在问题并采取有效控制措施。只有在理论分析、技术手段与现场管理三方面协同推进，才能实现高层建筑钢筋混凝土结构模板支撑体系的稳定可靠，为工程质量与施工安全提供坚实保障^[2]。

二、模板支撑体系稳定性影响因素分析

模板支撑体系的稳定性受到多种因素的综合影响，尤其在高层建筑钢筋混凝土结构施工中，这些因素的复杂性与不确定性更加显著。首先荷载是影响模板支撑体系稳定性的首要因素。模板支撑体系在混凝土浇筑过程中需承受混凝土自重、模板重量、施工人员和设备等多种荷载的共同作用。若施工过程中存在混凝土集中堆积、浇筑速度不均或偏心加载等现象，将导致支撑系统受力不均，局部构件出现过载，进而诱发失稳或倒塌。同时，高层建筑结构跨度大、层高高，模板支撑体系支设高度随之增加，使其整体受力更趋复杂，稳定性面临更大挑战^[3]。因此，准确计算荷载大小、合理分配荷载路径，对于保障支撑体系的稳定性至关重要。

支撑构件的选型、连接方式和布置形式直接决定模板支撑体系的整体刚度与抗变形能力。构件材料的强度、截面尺寸的合理性及其稳定性是影响体系性能的重要因素。例如，若使用异型钢管作为立杆而未进行足够的加固处理，在高层高荷载条件下容易发生整体屈曲或局部失稳。此外，支撑体系中水平杆、斜撑、扣件、连接节点等部位的刚度与连接可靠性也起着关键作用，节点松动、螺栓拧紧力不足或连接角度偏差等问题，都可能导致整个体系刚度下降甚至失效。同时，支撑体系的布置应遵循对称、均布、连续的原则，避免出现“薄弱区”或支撑盲区，保证荷载能有效、均匀地传递至基础层，从而提高整体稳定性和承载能力。

现场施工管理水平和操作人员的技术素质亦是决定模板支撑体系稳定性的关键因素。在实际施工过程中，由于工期紧张、人员流动性大，模板支撑常存在搭设不规范、节点未加固、基础未找平等问题。特别是在高空作业环境中，部分操作人员为了图省事，可能出现支撑间距不均、漏设横杆、支架搭设不稳等施工隐患。此外，天气条件也会影响支撑体系的稳定性，风载作用下高层支架易产生侧向位移，雨水侵蚀则可能导致地基承载力下降^[4]。因此，应强化施工人员的培训与管理，确保施工工艺规范执行，定期开展支撑体系的质量检查与维护。通过将影响因素系

统识别与有效控制，才能实现模板支撑体系在高层建筑施工中的稳定可靠运行。

三、模板支撑体系常见失稳形式与典型案例解析

模板支撑体系作为混凝土施工阶段的重要临时结构，其稳定性一旦遭到破坏，极易引发坍塌事故，造成人员伤亡和财产损失。常见的失稳形式主要包括整体倾覆失稳、局部屈曲失稳、节点连接失效和地基沉降失稳等。其中，整体倾覆失稳多发生在模板支撑体系搭设高度较高、未设足够水平和斜向支撑的情况下，侧向刚度不足，在风载或偏载作用下易发生倾覆。局部屈曲失稳则多因支撑构件强度或刚度不足，在荷载集中部位产生局部压屈，形成“剪刀式”折叠现象。节点连接失效主要源于连接扣件松动、焊接不牢、连接方式不当等问题，导致力的传递中断，引发整体不稳定。而地基沉降则常因地基土质差、排水不畅或降雨侵蚀引起，致使局部支撑下沉、支架变形，最终诱发失稳。

以“广州新白云国际机场货运站工程模板支架坍塌事故”为典型案例，该项目在混凝土浇筑过程中发生大面积支架坍塌，造成7人死亡、4人重伤。事故调查发现，模板支撑体系在搭设时存在严重违规行为。首先，支架搭设高度近10米，却未按规范设置足够的水平拉杆和斜撑，导致整体刚度不足。其次，部分支架立杆基础直接设置在未经压实的回填土上，且未铺设垫板，地基承载力严重不足。加之混凝土浇筑过程中未严格控制浇筑速度，混凝土堆积在局部区域，形成不均匀荷载，最终引发模板支架局部屈曲并快速蔓延为整体倒塌。该事故暴露出施工组织混乱、现场监管失职、支架设计与搭设不规范等多重问题，是模板支撑体系失稳的典型教训。

另一起案例发生在江苏南通一高层住宅楼项目中，该工程在进行二十层梁板模板支架施工时，由于支架搭设过程中未对连接扣件进行充分紧固，部分节点松动，未形成有效的受力体系。浇筑混凝土过程中，模板在侧向压力作用下逐渐位移，最终导致局部模板塌落，造成施工现场多人受伤。经分析，事故的直接原因在于支架节点连接质量差，而根本原因则是施工人员未按规范搭设支架，现场管理人员未进行质量验收和施工巡查。这类因细节处理不当导致的局部失稳事故虽不如整体坍塌严重，但也足以引起高度重视，尤其在高层建筑施工中，任何一处薄弱环节都有可能引发连锁反应，导致重大损失。深入分析失稳形式与案例，有助于提升现场风险识别与防控能力^[5]。

四、模板支撑体系稳定性控制关键技术与施工对策

要确保模板支撑体系的稳定性，必须从设计、材料选用、结构布置及施工工艺等多个环节进行系统控制。首先，在设计阶段应依据高层建筑的结构形式和施工工况，科学计算荷载并合理选择支撑系统的构件类型与参数，确保其具备足够的承载能力与刚度。同时，应结合建筑物层高、板厚和跨度等具体条件，制定详细的支架布置方案，明确立杆间距、横杆设置、高度限制和斜撑

分布等关键指标。设计中还需充分考虑极端工况，如施工偏载、风载、震动等影响因素，增加安全储备系数^[6]。此外，模板支架结构的节点连接设计也不可忽视，需保证连接部位的刚性和稳定性，防止因连接失效引发整体失稳。

在材料和施工方面，需严把材料进场质量关，确保支撑立杆、横杆、斜撑、扣件等构配件符合国家或行业标准，杜绝使用锈蚀、变形、强度不足的构件。模板支架搭设应严格依照设计图纸及施工方案执行，尤其在高支模作业中，必须设有专门的安全技术交底和操作规程。施工过程中，要重视基础处理，立杆应稳固支设于坚实平整的基础上，并设置钢底座与垫板，防止地基下沉。搭设完成后，应组织技术人员对支撑体系进行验收，包括立杆垂直度、构件连接紧固情况、整体稳定性等关键指标，验收合格后方可进入下一道工序。对于多层、多跨支架结构，还应增设剪刀撑和水平撑，增强其空间稳定性，防止在施工荷载变化下发生位移或变形^[7]。

在模板支撑体系使用过程中，应强化施工管理与现场监测，建立巡查与维护制度。混凝土浇筑前须全面检查支架，确保无松动、变形、错位等问题。浇筑时应控制速度与顺序，避免局部超载。在高支模区域应安装实时监测设备，动态跟踪应力、位移等参数，及时预警异常。加强施工人员培训 and 安全教育，提升操作规范性。管理人员应定期开展专项检查，特别在恶劣天气或高风险工序期间强化监督。通过多维度技术与管理措施协同发力，保障模板支撑体系稳定运行^[8]。

五、稳定性控制技术在工程实践中的应用与优化建议

模板支撑体系的稳定性控制技术在工程实践中已逐步实现从经验管理向科学化、精细化控制的转变。在多个高层建筑施工项目中，基于受力分析和模拟计算的模板支撑系统设计成为关键环节。通过运用有限元分析软件对不同工况下支撑结构的受力变形进行预测，能够有效识别薄弱环节，并提前优化支撑布置与构件

选型。此外，现场施工中大量采用可调节的高强度钢支撑系统，配合横杆、斜撑和剪刀撑的合理布设，显著提高了支架体系的整体稳定性与适应性^[9]。

在实践过程中，一些先进项目引入了智能监测系统，对模板支架的关键节点位移、轴力及沉降情况进行实时监控。监测数据通过无线传输至管理平台，施工人员可在第一时间掌握支架运行状态，及时调整施工节奏和荷载分布，避免因应力集中或异常位移引发的失稳问题。例如，深圳某超高层写字楼项目就设置了立杆应力传感器与地基沉降监测装置，结合 BIM 模型建立了模板支架的全过程数字化管控系统，显著提升了施工安全水平与响应能力，为类似工程提供了有益借鉴^[10]。

尽管当前模板支撑体系稳定性控制技术取得一定成效，但在实际应用中仍存在设计与施工脱节、操作人员技术不规范、监测系统普及率低等问题。为进一步优化稳定性控制效果，建议加强施工各环节之间的协同，强化设计与现场的联动反馈机制；推广模块化、标准化支架构件的使用，提高安装精度与重复利用率；加快智能化监测技术在中小型项目中的应用推广，实现从局部监测向系统化管理的转变。同时应加强培训，提高施工人员的专业素养，增强现场应急处置能力，推动模板支撑体系稳定性控制技术在高层建筑施工中的广泛落地与持续优化。

六、结语

高层建筑钢筋混凝土结构施工中，模板支撑体系的稳定性控制是保障工程质量与施工安全的关键环节。通过对支撑体系稳定性影响因素的深入分析，结合典型失稳案例的经验教训，并提出切实可行的控制技术与优化对策，有助于构建更加科学、高效、安全的施工体系。在工程实践中，应不断推动技术手段与管理水平的融合提升，强化全过程控制与智能化监测，全面提升模板支撑体系的稳定性控制能力，为高层建筑施工安全保驾护航。

参考文献

- [1] 贾杨, 于洋. 高层建筑多层模板支撑体系安全性测试分析与研究 [J]. 建筑安全, 2019, 34(02): 6-9.
- [2] 苏大金. 高层建筑多层模板支撑体系施工及质量控制探讨 [J]. 广东建材, 2019, 35(06): 74-76.
- [3] 宋文均. 绿色施工技术在高层建筑工程中的应用 [J]. 价值工程, 2019, 38(21): 187-189. DOI: 10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2019.21.069.
- [4] 高凌宁. 高层建筑屋面悬挑结构模板支架施工技术研究 [J]. 福建建材, 2020, (08): 83-85.
- [5] 穆立春, 唐志勃, 苏钢. 高层建筑大跨度混凝土挑檐模板支撑设计与应用 [J]. 建筑施工, 2021, 43(01): 65-68. DOI: 10.14144/j.cnki.jzsg.2021.01.021.
- [6] 刘金明. 高大模板支撑体系荷载计算及安装技术 [J]. 建筑技术开发, 2021, 48(10): 75-76.
- [7] 闻剑. 高大模板支撑体系的施工技术及安全控制探究 [J]. 中国建筑装饰装修, 2022, (22): 52-54.
- [8] 姚政东. 建筑高空超大悬挑结构模板支撑架施工技术分析 [J]. 四川水泥, 2022, (01): 209-210+213.
- [9] 杨东红. 高层住宅超长悬挑结构模板支撑架施工技术的运用 [J]. 居舍, 2022, (36): 68-70.
- [10] 李书源. 复杂性钢筋混凝土结构超高层建筑施工关键技术研究 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (21): 117-119.