

高层建筑结构施工中的变形监测与控制技术研究

●周艳红



[摘要] 本文研究了高层建筑结构施工中的变形监测与控制技术。随着社会经济的发展,高层建筑变形监测与控制成为重要课题。文章首先概述了高层建筑结构施工的类型、特点、流程、关键技术及常见问题。随后,深入分析了高层建筑结构变形的类型、原因、影响因素,并介绍了理论计算模型与数值模拟方法。接着,探讨了传统与现代变形监测技术的特点与应用,以及监测方案的设计与实施。最后,提出了从设计、施工到运营阶段的变形控制策略,旨在确保高层建筑的安全与长期使用。

[关键词] 高层建筑;结构施工;变形机理;监测技术;控制措施

随着社会经济的快速发展,高层建筑作为城市天际线的重要组成部分,不仅代表着城市的经济发展水平,也体现了建筑科技与工程技术的不断进步。然而,随着建筑高度的增加,高层建筑在结构施工、安全性以及长期使用过程中的变形监测与控制等方面面临着前所未有的挑战。

Q 高层建筑结构施工概述

(一)高层建筑结构类型与特点

高层建筑作为现代城市发展的标志性产物,其结构类型多样,各具特色。常见的结构类型包括框架结构、剪力墙结构、筒体结构以及组合结构等。框架结构以梁柱体系为主,空间灵活性大,但抗震性能相对较弱;剪力墙结构则利用墙体承担水平和垂直荷载,抗震性能强,但空间划分受限;筒体结构,如箱形基础、核心筒等,具有极高的刚度和承载能力,适用于超高层建筑;而组合结构则是上述多种结构的有机结合,旨在充分发挥各种结构类型的优势。高层建筑结构的特点主要体现在其高度大、荷载重、受力复杂以及对地基要求高等方面。这些特点要求施工过程必须严格控制施工质量,确保结构的安全性和稳定性。

(二)施工流程与关键技术

高层建筑结构施工是一个系统而复杂的工程,其流程大致可分为基础施工、主体结构施工和装饰装修施工三个阶段。基础施工是高层建筑的根基,包括地基处理、桩基施工等,要求极高的施工精度和质量控制。主体结构施工则

涉及钢筋绑扎、模板支设、混凝土浇筑等关键工序,这些工序的施工质量直接影响到结构的整体性能。装饰装修施工则是在主体结构完成后进行的,旨在提升建筑的使用功能和美观度。

在高层建筑结构施工中,关键技术包括高精度测量技术、高效垂直运输技术、大模板施工技术以及高性能混凝土技术等。高精度测量技术确保施工过程中的定位准确,避免误差累积;高效垂直运输技术则解决了高层建筑物料运输的难题,提高了施工效率;大模板施工技术保证了结构构件的尺寸精度和表面质量;而高性能混凝土技术则提高了混凝土的强度和耐久性,满足了高层建筑对材料的高要求。

(三)施工中的常见问题与应对措施

在高层建筑结构施工过程中,常见的问题主要包括垂直度偏差、混凝土裂缝、钢筋位移以及施工安全隐患等。垂直度偏差会影响建筑的稳定性和美观性,应通过加强测量控制、优化施工顺序等措施进行纠正。混凝土裂缝是施工中的一大难题,其产生原因复杂多样,包括材料因素、施工因素、环境因素等。为预防裂缝的产生,应严格控制混凝土配合比、加强浇筑和养护管理。钢筋位移则会影响结构的受力性能,应通过加强钢筋定位、绑扎和固定等措施进行防范。此外,施工安全隐患也是不容忽视的问题,应通过加强安全教育、完善安全管理制度、落实安全责任等措施确保施工安全。

Q 高层建筑结构变形机理分析

(一)变形类型与原因

高层建筑结构在长期使用过程中，由于各种内外因素的作用，会产生不同类型的变形。这些变形主要包括沉降变形、倾斜变形和挠曲变形等。沉降变形是由于地基土壤固结、压缩或不均匀沉降引起的建筑整体下沉；倾斜变形则是由于地基承载力不足、荷载分布不均或外部力（如风荷载、地震力）作用导致的建筑整体或局部倾斜；挠曲变形则是由于结构在荷载作用下产生的弯曲变形，常见于大跨度梁、板等构件。这些变形的产生不仅影响建筑的使用功能和美观性，更可能危及建筑的安全。变形的原因多种多样，包括地质条件、荷载作用、材料性质、施工工艺以及环境因素等，需综合考量，细致分析。

（二）影响因素研究

高层建筑结构变形的影响因素众多，且各因素之间相互作用，共同影响着结构的变形情况。地质条件是影响变形的基础因素，包括地基土的性质、分布、承载力以及地下水位等，这些都会直接影响建筑的沉降和倾斜。荷载作用则是变形的直接原因，包括恒载（如建筑自重）和活载（如人员、设备、风荷载等），荷载的大小、分布和变化都会对结构产生不同的变形效应。材料性质，如混凝土的收缩、徐变，钢材的蠕变等，也会随时间推移导致结构变形。此外，施工工艺的合理性、环境温度和湿度的变化、地震和风力等自然因素也会对结构变形产生影响。因此，在分析高层建筑结构变形时，需全面考虑各种影响因素，准确评估其对结构变形的影响程度。

（三）理论计算模型与数值模拟方法

为了更准确地预测和控制高层建筑结构的变形，研究者们建立了多种理论计算模型和数值模拟方法。理论计算模型基于力学原理，通过简化假设和数学推导，得到结构变形的解析解或近似解。这些模型能够揭示变形的基本规律和影响因素，为变形预测提供理论依据。然而，由于高层建筑结构的复杂性和非线性，理论计算模型往往难以完全反映实际情况。因此，数值模拟方法成为研究高层建筑结构变形的重要手段。数值模拟方法利用计算机技术和有限元、有限差分等数值方法，对结构进行精细化建模和计算，能够更准确地模拟结构的变形过程，预测变形量和变形分布。通过对比数值模拟结果与实测数据，可以验证模型的准确性，为变形控制提供科学依据。

Q 高层建筑结构变形监测技术

（一）传统监测方法

在高层建筑结构变形监测的早期阶段，传统监测方法发挥了重要作用。这些方法主要包括水准测量、全站仪测量和GPS定位等。水准测量是通过在建筑物上设置水准点，利用水准仪进行高程测量，从而监测建筑物的沉降变形。

全站仪测量则是利用全站仪进行角度和距离测量，通过计算得到建筑物的倾斜和位移情况。GPS定位技术则是通过接收卫星信号，确定建筑物的三维坐标，进而监测其变形情况。这些传统监测方法具有操作简便、成本较低等优点，但在测量精度、实时性和自动化程度方面存在一定的局限性。特别是在复杂环境下，如城市密集区、高大建筑物遮挡等情况下，传统监测方法的测量精度和效率会受到较大影响。

（二）现代监测技术

随着科技的不断进步，现代监测技术在高层建筑结构变形监测中得到了广泛应用。这些技术主要包括激光扫描测量、InSAR（合成孔径雷达干涉测量）和光纤传感监测等。激光扫描测量技术利用激光扫描仪对建筑物进行三维扫描，获取建筑物的表面形态数据，通过对比分析不同时间点的数据，可以精确监测建筑物的变形情况。InSAR技术则是利用卫星或地面SAR系统获取的雷达影像数据，通过干涉处理得到地表形变信息，具有高精度、大范围监测的优势。光纤传感监测技术则是利用光纤传感器对建筑物的应变、温度等物理量进行实时监测，通过数据分析可以间接反映建筑物的变形情况。这些现代监测技术具有高精度、实时性、自动化程度高等优点，能够更全面地监测高层建筑结构的变形情况，为变形控制提供有力支持。

（三）监测方案设计与实施

在进行高层建筑结构变形监测时，需要制定合理的监测方案，并严格按照方案实施。监测方案的设计应充分考虑建筑物的结构特点、变形类型、监测目的以及监测技术的可行性等因素。首先，需要明确监测的目标和指标，确定监测的精度和频率。其次，根据建筑物的结构特点和变形类型，选择合适的监测技术和方法，并布置合理的监测点。监测点的布置应遵循全面、均匀、易测等原则，确保能够准确反映建筑物的变形情况。在实施监测方案时，需要严格按照操作规程进行测量和数据采集，确保数据的准确性和可靠性。最后，还需要对监测数据进行及时处理和分析，及时发现建筑物的变形异常，为变形控制提供决策依据。通过科学合理的监测方案设计与实施，可以确保高层建筑结构变形监测的有效性和准确性，为建筑物的安全提供有力保障。

Q 高层建筑结构变形控制策略

（一）设计阶段控制措施

在高层建筑结构的设计阶段，变形控制是确保建筑安全的关键环节。设计阶段应采取一系列措施来预防和控制结构的变形。首先，结构设计应充分考虑地基条件，进行详尽的地质勘察，确保地基承载力满足设计要求，并采用合理

的基础形式，如桩基、筏基等，以减小地基沉降对上部结构的影响。其次，结构体系的选择应兼顾刚度和柔性，通过合理的结构布置和构件设计，提高结构的整体抗变形能力。例如，采用框架-剪力墙结构、筒体结构等具有较好抗震和抗风性能的结构体系。此外，设计过程中还应注重细节处理，如设置变形缝、加强节点连接、优化构件截面等，以进一步减少结构变形。最后，应利用先进的计算机软件对结构进行精确分析，预测可能的变形情况，为设计调整提供依据。通过这些设计阶段的控制措施，可以在源头上有效预防高层建筑结构的变形问题。

(二) 施工阶段控制措施

施工阶段是高层建筑结构变形控制的关键环节。在施工过程中，应严格按照设计图纸和施工技术规范进行操作，确保施工质量。首先，应加强施工过程中的测量控制，利用高精度测量仪器对建筑物的定位、标高和垂直度进行实时监测，及时发现并纠正偏差。其次，应合理安排施工顺序，避免施工过程中的荷载突变和振动对结构产生不利影响。例如，在浇筑大体积混凝土时，应分层浇筑、振捣密实，并采取控制措施防止混凝土的温度裂缝。此外，还应加强模板支撑系统的设计和施工，确保模板的刚度和稳定性，避免模板变形导致结构构件的尺寸偏差。最后，施工过程中应严格控制材料的质量和性能，确保混凝土、钢材等建筑材料的性能满足设计要求。通过这些施工阶段的控制措施，可以最大程度地减小施工过程中的变形和误差，为高层建筑结构的稳定性和安全性奠定坚实基础。

(三) 运营阶段维护与管理

高层建筑结构在运营阶段也需要进行有效的维护与管理，以确保其长期安全稳定。首先，应建立完善的监测体系，定期对建筑物的变形情况进行监测和评估。这包括利用现代监测技术对建筑物的沉降、倾斜、挠曲等变形进行实时监测，以及定期对建筑物进行全面的安全检查。其次，应根据监测结果和评估报告，及时采取维修和加固措施。例如，对于出现的裂缝、渗漏等问题，应及时进行修补和处

理；对于结构构件的锈蚀、老化等问题，应进行防腐处理和加固处理。此外，还应加强建筑物的日常管理和维护，包括定期清洁、保养设施设备、检查排水系统等，以确保建筑物的正常使用并延长使用寿命。最后，应建立健全的应急响应机制，对于突发的自然灾害或人为事故，能够迅速采取应对措施，减轻损失和影响。通过这些运营阶段的维护与管理措施，可以及时发现和处理高层建筑结构的变形问题，确保建筑物的长期安全和稳定性。

Q 结束语

高层建筑结构变形控制是建筑安全稳固的关键。本文系统研究了变形控制的重要性，并明确了全生命周期内的有效控制措施。在设计阶段，需充分考虑地基、结构体系选择，优化细节并利用先进软件进行精确分析，以预防变形。施工阶段则要加强测量控制、合理安排施工、严格材料质量把控及模板支撑系统设计，确保施工精度。运营阶段需建立监测体系，及时维修加固，加强日常管理和应急响应，以延长建筑寿命并确保安全。总之，高层建筑结构变形控制需贯穿设计、施工、运营全生命周期，通过科学合理策略与措施，有效预防和控制变形，保障高层建筑安全性与稳固性，为城市发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]李庆.超高层建筑钢结构施工技术分析[J].工程建设与设计,2021(06):156-157.
- [2]刘志祥.超高层建筑钢结构施工技术探究[J].科技创新与应用,2020(33):149-150.
- [3]孙振泉,刘占省,马小军,等.超高层建筑施工过程监测方案设计[J].建筑技术,2018,49(07):751-754.

作者简介:

周艳红(1976—),女,汉族,山东滨州人,大学本科,工程师,博兴县锦秋街道办事处,研究方向:土木工程。