

超高层钢结构安装精度提升与误差修正技术探讨

陈先平

潮峰钢构集团有限公司 浙江 杭州 311202

摘要：在城市化进程不断加快的背景下，超高层建筑施工需求不断增加，对于钢结构的安装准确性也有了更高的要求。本次研究的目的是针对超高层钢结构在安装时可能存在的误差问题，探索促进超高层钢结构的安装精度和误差修正的技术。在对超高层钢结构特点和误差成因进行分析的基础上，该研究中提出了精确测量技术和预应力技术等系列关键技术、索梁与索桁结构的关键技术及基于点云进行钢结构模块分层建造过程中误差检测的方法。另外，研究中也深入地分析了滚珠丝杆导程误差的动态检测和修正技术，齿轮检测设备的误差修正研究以及其他误差修正技术。研究表明：上述技术能有效地促进超高层钢结构安装精度的提高，加强建筑安全性及使用功能。该研究可为超高层钢结构安装精度提升及误差修正等方面提供理论依据及实践指导，对于推动建筑行业技术进步有着重要意义。

关键词：超高层钢结构；安装精度；误差修正；关键技术；动态检测

引言

在城市化进程不断加快的今天，超高层建筑因其特殊的建筑形态与功能需求而成为当代城市新地标。超高层钢结构的安装工艺复杂，施工环境变化大，使得错误的出现呈现多样性与复杂性。已有研究主要关注误差的辨识与度量，对误差修正技术还缺乏系统性研究与创新。另外，现有技术手段在实践中也有其局限性，很难适应超高层钢结构安装精度要求高的特点。因此探讨新型误差修正技术以提高超高层钢结构安装精度对确保建筑安全及增强使用功能有一定的理论与实践价值。

1 超高层钢结构的特点及误差分析

1.1 超高层钢结构的特点

超高层钢结构有如下显著特点：一是挑战性大。在建筑高度不断提高的情况下，人们对于结构稳定性与安全性的要求也越来越苛刻，在材料强度，连接方式以及整体稳定性等方面都有较高标准的要求。二是构造复杂。超高层钢结构一般含有梁、柱、桁架等各种构件及连接方式，各构件间的相互影响及协同工作要求安装精度较高。三是建设难。受超高层建筑施工高度及空间的限制，在施工时垂直运输，构件定位及焊接作业难度增大。四是环境不确定。超高层钢结构施工及服役期间受风荷载、地震作用及其他诸多外部环境因素影响较大，从而影响到结构稳定性及精度。^[1]

超高层钢结构所具有的上述特点不仅给设计与施工带来较高要求，而且给误差带来潜在条件。超高层钢结构对精度的要求一是表现为构件制造精度。构件尺寸偏差，形状偏差及表面粗糙度，将对安装精度产生直接的影响。如构件尺寸偏差可使连接部位产生缝隙或干涉而

影响结构整体稳定；形状偏差可使构件受力不均，加大局部应力集中危险；构件的连接品质和持久性会受到表面粗糙度的直接影响。所以提高构件制造精度是促进超高层钢结构建设精度提高的一个重要依据。

二是高精度要求表现为构件定位与连接。超高层钢结构安装时，需准确定位并连接各部件才能保证其整体性与稳定性。其中包括准确控制构件空间位置，例如垂直度，水平度以及对齐度；精确控制构件间的连接方式，例如焊接，螺栓连接，铆接。这些控制措施需依靠先进测量技术与精密施工设备才能达到准确控制与校正误差。

1.2 误差产生的原因分析

超高层钢结构安装中出现误差是一种涉及很多因素的复杂现象。首先，物料不均匀是误差产生的主要因素之一。由于钢材在制造过程中可能会出现化学成分和物理特性的不稳定，这些不一致性可能会在安装阶段暴露出来，从而对整体结构性能产生不良影响。其次，施工过程操作误差不容忽视。^[2]施工人员技术水平，操作习惯，是否符合施工规范等因素均会影响安装精度。另外，施工环境条件如温度，湿度和风力都会影响钢结构安装的精度。如温度变化会使钢材热胀冷缩而产生结构变形。在施工阶段，风力有可能给结构带来不稳定的影响。最后，设计计算不精确也会造成误差。设计阶段若对结构的受力情况估计不充分或计算方法有缺陷就会导致实际安装偏离设计要求。

1.3 误差对建筑安全性和使用功能的影响

误差的存在，对于超高层钢结构建筑安全性以及使用功能都有直接影响。一是错误会使结构局部产生应力

集中而增大其疲劳损伤危险,进而降低建筑使用寿命。二是误差也会对结构稳定性产生影响。比如,若误差造成部分连接点受力不均,在风载等外力作用下会出现局部失稳甚至造成整体结构损坏。另外,误差也会对建筑使用功能造成影响。在某些对于精度有很高要求的建筑物上,比如高层办公楼,酒店等等,其结构上的细微变形就会影响到建筑物的美观以及使用体验。如结构不均匀沉降会引起墙体开裂、影响建筑物密封性、保温性能等。所以对超高层钢结构安装误差进行控制与校正对确保建筑安全与使用功能至关重要。

2 提升超高层钢结构安装精度的关键技术

2.1 精确测量技术的应用

精确测量技术是促进超高层钢结构建设精度提高的根本。施工时必须准确测量各部件的大小、位置及角度,保证满足设计要求。随着科学技术的进步,现代测量技术已由传统手工测量向自动化和智能化方向发展。^[1]如三维激光扫描技术能够快速得到构件空间坐标数据并进行高精度三维建模;利用无人机的测量技术,能够对那些难以触及的区域进行精确测量,从而增强测量的安全性和工作效率。另外,利用BIM(建筑信息模型)技术,能够实现钢结构安装工艺的数字化管理,并且通过仿真施工过程来预先发现和解决潜在问题。

2.2 预应力技术在钢结构安装中的应用

预应力技术就是通过事先施加拉力,以提高结构承载能力及刚度。超高层钢结构采用预应力技术能有效降低构件变形和增强整体稳定性。预应力钢结构一般是由高强度钢材及预应力筋组成,经过张拉和锚固的过程,使其与钢结构相连。施工期预应力筋张拉力及锚固位置需准确控制,才能保证预应力分布均匀且有效转移。

将预应力技术应用于超高层钢结构,既能提高其承载能力与刚度,又能缩小构件截面尺寸并减轻自重,从而达到更经济环保的建筑目的。如某些超高层建筑应用预应力技术可使柱子直径减小、室内空间利用面积增大;部分大跨度结构采用预应力技术可增加结构跨越能力、减少支撑结构、降低施工难度及造价。但是预应力技术在使用过程中也面临着一些挑战,例如预应力筋腐蚀,预应力损失等等,这些问题都需要在合理设计与施工工艺下才能得到解决。

2.3 索梁和索桁结构关键技术研究

索梁与索桁结构是超高层钢结构中的一个重要构件,它们安装精度的高低直接影响着整体结构的稳定与安全。因此开展索梁与索桁结构关键技术研究对增强超高层钢结构安装精度至关重要。主要研究内容如下:一

是对索梁及索桁结构进行了设计与优化,并通过材料、截面形式及连接方式等的合理选择来提高其承载力及稳定性;二是施工期准确控制技术,主要包括索力准确施加、节点准确定位、结构实时监控等;三是对结构进行后期维护及健康监测技术研究,并定期对其进行检测与评价,发现并处理可能出现的问题以保证其长期安全、稳定地运行。^[4]

2.4 基于点云的钢结构模块分层建造误差检测方法

超高层钢结构模块化施工时,模块间易因制造、运输及安装过程产生对接误差而影响到整体结构精度及稳定性。针对这一问题,提出基于点云技术对钢结构模块分层建造过程中的错误进行检测。该方法先采用三维激光扫描技术得到模块点云数据,再经过点云预处理,特征提取与匹配,从而准确测量出模块间位置与姿态。以此为基础,利用误差分析与修正技术实现了模块安装误差的实时监控与调节,保证了模块间的准确衔接。另外,本方法自动化程度高,检测快速准确,为超高层钢结构模块化建造过程中误差检测与控制提供有效途径。

2.5 预应力技术在钢结构安装中的应用

预应力技术是超高层钢结构安装工艺中应用前景广阔的先进结构设计与施工技术。将预应力引入钢结构可显著提高其承载能力与刚度、降低其变形与振动,进而增强安装精度与安全性。文章将对钢结构安装过程中预应力技术的运用进行论述,主要内容如下:一是预应力设计原理与方法,主要包括预应力筋选择、布置及张拉控制等;二是预应力施工技术方面,主要包括预应力筋安装、张拉及锚固等主要技术;三是预应力结构监测与评价技术,该技术通过实时预应力监测与分析来评价结构受力状态及安全性能,从而为结构维护与管理奠定基础。通过预应力技术的全面应用,能够对超高层钢结构安装精度的提高及误差修正等方面提供强有力的支撑。

3 超高层钢结构安装误差的修正技术

3.1 误差修正技术概述

误差修正技术就是对钢结构安装时的误差进行测量与分析,并采取适当措施加以调整与修正来确保安装精度。采用误差修正技术可有效降低因施工误差,材料误差和设备误差对超高层钢结构架设精度造成的影响。误差修正技术主要涵盖了误差检测、误差分析、误差调整以及误差控制等多个方面。^[5]

误差检测技术为误差修正技术提供了前提与依据,利用高精度测量设备与手段实现钢结构安装误差精确测量与记录。误差分析技术的核心是对测量数据进行深度解读,识别误差的起源和模式,从而为误差的修正和管

理提供科学依据。误差调整技术在误差修正技术中处于核心地位,它通过调整施工方法、优化施工工艺和完善施工设备来有效地修正误差。误差控制技术的核心是通过构建一个误差控制系统,对误差进行实时的观察和修正,以确保设备安装的准确性和稳定性。

3.2 滚珠丝杆导程误差动态检测与修正技术

滚珠丝杆是一种精密传动元件,对超高层钢结构安装具有重要影响。但滚珠丝杆运行时易产生导程误差而影响传动的精度与稳定性。^[6]滚珠丝杆导程误差动态检测技术通过高精度测量设备及方法实现了滚珠丝杆导程误差实时检测与记录。通过对导程误差规律及特性进行分析,可发现误差产生的根源,从而为误差修正奠定基础。滚珠丝杆导程误差动态修正技术则通过调节滚珠丝杆结构参数,优化预紧力和改善润滑条件来有效地修正导程误差;采用滚珠丝杆导程误差的动态检测及修正技术,可显著改善滚珠丝杆传动精度及稳定性,进而提升超高层钢结构安装精度。另外,该项技术能延长滚珠丝杆使用寿命、减少维护成本、有显著的社会经济效益。

3.3 齿轮检测设备误差修正研究

齿轮作为传动系统的关键零件,同样对超高层钢结构安装起到了至关重要的作用。齿轮检测设备对确保齿轮加工精度与质量具有十分重要的意义。但齿轮检测设备运行中易产生各类误差而影响检测的准确性与可靠性。研究齿轮检测设备误差修正技术对提高齿轮检测精度有着十分重要的意义。

齿轮检测设备的误差修正技术包括误差建模技术,误差补偿技术以及误差控制技术。误差建模技术通过构建齿轮检测设备误差模型来定量的描述与分析误差。误差补偿技术主要是通过微调检测设备的各项参数和配置,以实现误差的有效补偿和修正。误差控制技术的核心是通过构建一个误差控制系统,对误差进行实时的观察和修正,以确保检测的准确性保持稳定。

对齿轮检测设备进行误差修正技术研究时,需综合

考虑测量原理、测量方法、设备结构和环境条件等诸多因素。对上述因素进行全面分析与优化可改善齿轮检测设备误差修正效果以提高齿轮加工精度与品质。

4 结束语

通过深入探究超高层钢结构安装的精度提升及误差修正技术,揭示城市化进程下超高层建筑对于钢结构安装的高精度需求。国内外学者的研究表明:超高层钢结构安装精度的高低不仅与建筑物的安全有关,而且还直接影响建筑物的使用功能及寿命。研究结论表明:采用精确测量技术,预应力技术,索梁与索桁结构关键技术及基于点云技术的误差检测方法可有效地提高超高层钢结构安装精度。

这些研究成果对实际工程应用过程中的施工流程的优化、资源浪费的减少、施工效率的提高都有帮助。也是超高层建筑可持续发展的技术支持。在今后的发展过程中,伴随着科技的进步与革新,有理由认为超高层钢结构安装的精度与安全性会进一步提高。基于此,不断探索适应建筑业不断增长需求的新技术与新方法,助力于更安全,更高效,更环保建筑施工目标的达成。

参考文献

- [1]杨帆.超高层钢结构安装技术分析[J].文摘版:工程技术,2021(4):334-334.
- [2]段于师.超高层大跨度钢结构连廊整体提升施工技术分析[J].中国建筑金属结构,2021(3):108-109.
- [3]谢贻军,童林浪,黄立夏.超高层钢结构连廊整体提升施工技术[J].安徽建筑,2021(7):46-48.
- [4]徐红日.超高层钢结构安装测量控制技术[J].工程建设与设计,2020(4):165-166.
- [5]段政新.超高层钢结构构件安装施工测量探讨[J].建筑技术开发,2020(3):1-2.
- [6]左春丽.超高层续建钢结构施工精度控制技术研究[J].陕西建筑,2020(10):50-58.