

大跨度钢结构网架吊装过程中的整体稳定性保障措施研究

那丽岩

浙江工业职业技术学院，浙江 绍兴 312000

DOI:10.61369/ME.2026010005

摘 要： 基于对大跨度钢结构网架吊装过程整体稳定性的探讨，保证其整体稳定的重要性和主要措施，研究结果表明，通过实施构造优化方案、设置临边防护措施、应用自动化测试设备以及强化人员技术培训和技术交底等工作措施的应用，有效提升了大体积钢结构网架安装施工环节中的作业安全性水平和工作效率表现形式，有效地控制了施工风险因素。也为类似工程提供借鉴作用。主要关键词有：大跨度钢结构；高空吊装；整体稳定；人员安全；施工安全管理；典型事例解析。

关 键 词： 大跨度钢结构；网架吊装；整体稳定性；保障措施；施工安全；工程实践

Research on Measures to Ensure Overall Stability During the Hoisting Process of Large-Span Steel Structure Grids

Na Liyan

Zhejiang Industry Polytechnic College, Shaoxing, Zhejiang 312000

Abstract： Based on an exploration of the overall stability during the hoisting process of large-span steel structure grids, this study discusses the importance and key measures for ensuring their overall stability. The research findings indicate that by implementing structural optimization plans, setting up edge protection measures, applying automated testing equipment, and strengthening personnel technical training and technical disclosures, the operational safety and work efficiency during the installation and construction of large-volume steel structure grids have been effectively enhanced. This approach has also effectively controlled construction risk factors and provides reference for similar projects. Keywords include: large-span steel structure, overhead hoisting, overall stability, personnel safety, construction safety management, and analysis of typical cases.

Keywords： large-span steel structure; grid hoisting; overall stability; safeguard measures; construction safety; engineering practice

引言

随着时代的发展，在一些大范围的建筑工程中，由于大跨度钢结构网架具有一定的优势条件，并且具备良好的使用特点及功能，因此，越来越多的大跨度钢结构网架被应用于现代工程当中。在开展大跨度钢管网格结构体系施工过程中，整体稳定问题是制约工程质量的关键性问题之一。这不仅关系到建筑工程的整体稳定性，也可能会给工程建设周期及工程造价等带来较大的影响。为此针对大跨度钢管网格结构体系在施工期间的整体稳定性控制展开分析研究，这就具有重要的现实意义。

一、大跨度钢结构网架吊装过程中的整体稳定性保障措施研究必要性

经研究探讨，提出了合理的、有效的整体稳定防护措施建议，在工程建设中提供参考依据；开展必要的计算分析、具体措施拟定

及效果评估工作，提升工程建设过程中的稳定性管理水平，推动行业发展进步。本文给出了各项措施的具体实施方法及效应。为工程师在实际工程中解决整体稳定性问题提供全面参考依据。

（一）安全必要性

整体稳定是保障施工安全的重要前提，关系到人员的生命安

课题信息：大跨度钢网架结构提升方案分析 XFG2023001。

作者简介：那丽岩（1980.02—），女，汉族，浙江省绍兴市人，研究生学历，浙江工业职业技术学院就职，副教授，主要从事结构工程、结构抗震方向研究。课题：主持厅局级课题结题1项，市级课题结题1项。

全以及周边建筑的安全。大跨度空间网格结构施工中，在自重及风载荷、施工机具等外加作用下，持续变形受力，一旦失稳就会导致：可能导致整体或部分失稳，造成倒塌风险。如某桥梁工程，由于缺乏对风载的考虑，在风荷载作用下发生网架振动而出现构件损坏情况。这类工程建设事故不仅对施工人员构成危险，还会影响到周边基础设施安全，甚至引发连环性灾难事故，导致经济损失和社会效应扩大化。采用科学有效的风险管理技术能够有效降低施工现场危害发生率，提升项目安全级别以及确保施工进度。此外，适当的构图策划方案还能降低周边区域压力，防止由于施工引发群众反对以及媒体报道。

（二）经济必要性

工程不稳定问题是项目成本的重要组成部分之一，在发生不稳定事故后不仅要承担更高的维修费用，而且会导致工期延误增加整体成本。例如某大型会展中心由于屋盖结构在安装过程中发生不稳定现象，导致停工加固处理，这样会让他们花费几十万美金并且延迟后续的施工进度。除此之外，因为不稳定可能产生法律纠纷以及赔偿义务也会增加经济负担。所以用合适的方法保证建筑稳固性可以避免这部分支出从而改善项目经济状况。其次，稳定性的施工过程能够辅助合理配置各类资源，并有效降低损耗，从而大幅提高工程综合收益水平。现阶段，全球各地区经济飞速融合，在建筑行业的竞争压力也逐渐增大，对于成本的管控及控制已经成为企业能否立足市场的主要影响因素之一，确保系统运行的可靠稳定性将带来巨大经济效益；此外，高水准的质量为工程提供长久寿命，大大降低后续维修成本，为客户带来长期盈利收益。

（三）技术必要性

随着科技的进步，大型网络的设计以及建造都变得更加复杂。现代建筑对美观度以及功能性的需求越来越高，使得设计变得更加复杂；另外像天气状况或者温度变化等不确定因素也增加了稳定性的难度，所以传统意义上的安全性分析方法已不再适用。我们必须采取更高明的办法来解决这些问题。例如 BIM 技术可以将结构的设计建造全过程以三维可视化的方式呈现出来，并加以模拟，有利于提高设计精度以及施工可行性。因此进一步研究保证整体系统稳定的方法不仅是解决现有技术难题的途径，也是建筑科学发展的重要方向之一。科学技术的应用可以改善我们工程施工效果及质量，为行业可持续发展注入新的活力；另外，稳定结构也为设计师们提供了更多的设计空间，有利于建筑艺术水平的提高。

二、大跨度钢结构网架吊装过程中的整体稳定性保障措施

（一）结构优化设计

结构优化设计就是采用计算机技术和力学分析软件对钢结构网格结构体系的外形、材料布置以及连接方式等因素进行合理的组合配置，并以此提高整体结构的稳定性的一种方法。该方法的核心是利用现代计算机技术及力学理论来选取最优设计方案。经

此方式优化以后，能够保障建筑的韧性及硬度，同时减少建筑材料用量，降低自身的质量，从而降低了在安装环节中受到的压力；并且经过优化的设计可改善建筑物内部受力情况，避免出现过于集中的压力状态，进而提升了整个建筑的安全程度。

在项目实践中，要综合评估与建筑结构有关的所有功能需求、荷载条件及周边环境因素，并确定设计的基础原则及限制依据。比如体育场馆的网络系统就必须考虑到人流冲击负荷、设备运行负载、风荷载等因素。运用 BIM 建立模型或是利用有限元素模拟器建立精准的三轴制架构仿真模型，并将之应用在本案案例中，能直观地表现出空间构件所处位置状况及物性反应，作为后续变形调适的参考。基于上述解析结果，需有系统地探讨各式设计方案接下来使用相应的软件进行结构动力学分析及优化，最终得到最佳方案。

对优选出的最佳设计方案进行分析论证并做出最有利于建筑物安装稳定的方案后，再根据选定的最优方案具体细化设计方案，包括连接节点的选择、构件尺寸的选择、构件材料的选择等。细化方案制定需结合施工实际情况考虑，避免因设计原因导致施工难度大。然后我们利用试验或仿真的方法对优化设计方案进行验证并加以改进。采用科技创新设计方法可以提高建筑结构安全性和经济性，在满足建筑功能的前提下，减少材料用量、减轻自重，减小结构吊装荷载，优化受力传递路径避免局部应力过大，从而整体上提高了建筑安全性。其次，该方法还可以将方案细化并且具有可操作性，这样可以降低施工中的错误率和返工率，提高施工效率。

（二）临时支撑系统优化

对临时支撑系统进行加强处理的方法主要是对支撑系统的构造形式、布置方式以及采用的材料等加以完善，以提高支撑的实际受力能力和稳定性。此类方法的主要环节是运用数学建模的方式分析和加强对临时支撑体系设计的应用，在吊装过程中保证建筑能够具备稳定的支撑能力，避免出现倒塌事故。这样进行优化后能够提高整个建筑的安全性以及工程风险低。

在进行建造过程中，首先要对结构荷载、工期进度及周边环境条件等因素有所认知，并以此作为临时支撑体系设计的前提和制约条件。比如针对大型展馆的网架而言，就要考虑到人流量、机械重力、风荷载作用等动态变量；其次采用 BIM 技术或有限元仿真软件构建三维模型，在该技术下能够直观反映临建设施布置位置及材料特性，为后续工作提供可视化依据。综合评价优选出最优方案作为临时支柱稳定措施，并对最优方案进行具体策划，包括支撑系统形式、布置方式、材料选型等，同时应结合可施工性，避免因不可操作性造成施工困难。需要通过试验或是仿真验证所进行的优化设计是否合理，并做相应的调整。

采用科技手段以及科学技术改善临时支撑系统，在提高强度的同时保证了稳定性。该方法可以降低材料消耗量、减少自重负荷从而降低吊装施工中的荷载；同时这种方法也可以平衡临时支撑系统的受力状态，避免局部受力过大。提高建筑的整体稳定性。除此之外，还能优化设计的准确性以及施工的操作性，降低人为操作不当带来的错误率与返工率，提高工作效率。

（三）智能监测技术应用

智能监测技术的应用主要是构建高精度传感装置系统和数据分析平台，在钢结构安装阶段实时监控和预警钢结构的变化情况。该方法的主要特点在于依靠互联网、大数据技术和人工智能对结构变形、应力应变、温度等相关参数进行动态采集并分析。为能够及时发现问题，并在出现问题前作出应对措施。首先，在监测的关键部位安装高精度传感器，包括应变片、位移传感器、加速度传感器等对建筑进行微小变化量的实时监测；将采集的数据通过无线传输技术传输至中心控制电脑并通过相应的分析软件进行处理及分析。为了发现潜在的风险模式。同时这个系统还有自警功能，在超出安全范围的时候会自动报警提示工作人员进行处理。此外，采用智能化的检测方式还可以将 BIM 模型进行构建从而显示监测信息，方便建筑管理工作人员直接查看相关数据资料。此种方法的最大优势在于其准确性以及实时性较强，在很大程度上提高了对建筑物稳定性方面的控制能力，减少了人为判断失误的可能性，并为其复杂多样的起重工程提供了一定的科学技术支撑。

（四）施工人员培训与规范操作

对施工人员进行培训以及标准化作业是为了提升施工人员的专业技术水平和标准化工序能力，从而在钢结构网架整个安装环节实现稳定状态。这一措施的重点在于全面性的教育培训体系建立，包括理论知识与实践操作，从而使施工人员具备熟练掌握吊装技能、设备操作规范、安全生产规则等各项能力。课程教学包括基础结构力学知识、起重机械使用技术、应急救援等内容，并采用课堂讲授 + 模拟训练 + 现场指导的方式进行实施。

制定一个完整的工作流程体系，在这个流程中具体描述每个环节的操作标准以及注意事项，包括在施工之前对各个项目的全面检测、整体期间的统一管理以及关键位置的衔接处理等内容；定期开展相关技术考试以及实践操作测试，保障相关人员能够严格遵循规章制度进行作业。这种管理模式最大的优点就是以人为本的思想理念，提高职工的技术水平从而避免失误的发生以及加强职工之间的合作，这为大体积混凝土浇筑的安全奠定了基础。

三、大跨度钢结构网架吊装过程中的整体稳定性保障措施应用成效

（一）施工安全性显著提升

在实施以上保护措施的基础上，能够确保超大规模钢结构网架结构的安全性提升；同时借助智能化监测方法的应用，能够在

起吊期间发生各类突变情况的时候第一时间进行预警并解决相关问题，避免因微小失稳而产生连续效应的情况。例如在大型体育馆施工过程中，监测系统及时发现关键节点应力异常情况，并提前预警，让现场作业人员进行吊装方案调整，避免出现结构损伤；加强人员培训及规范操作流程，规避了人的失误造成的损失。提高了工作效率及安全性。

（二）工程成本有效控制

实施防护方案控制住了项目的费用支出，避免了因稳定性差引起的附加费。对建筑结构设计施工方面加以完善及优化临建措施可节约材料消耗和重复建造，降低直接成本；采用智能监测技术能够避免由建筑不稳定引发的返工重做和修补造成的损失，并且可以避免因工期延误而产生的间接损失费用。对工作人员进行培训以及规范其工作行为不仅能提高工作效率，也能避免因为工作人员误操作导致设备损坏或者造成不必要的浪费。例如在某博物馆工程中，通过对设计进行优化，并采取自动监测技术，在降低造价的同时还加快了施工进度。合理的造价控制方式提升了经济效益，同时为投资人及开发商带来更大的利益空间。

（三）施工效率与质量双提升

所有的防护方案实施后均提高了工程建设效率以及工程质量。通过优化建筑设计和临时支撑设计，减少施工工序甚至省去部分冗余施工环节，缩短施工周期；通过智能监测技术保证了全过程施工安全可靠，减少了调整和修改时间。对人员培训及规范性作业还提升其团队协作能力，并促进了整体工作效率提升。该方法可以保证施工的质量水平，提高关键节点之间的连接程度，让结构优化设计方案更为科学；采用新式临时支撑结构确保建筑结构的稳定性；借助于现代技术对施工质量进行有效监测等等。

四、结束语

本文以大跨度钢结构网架整体稳定问题为研究对象，实践表明以上优化措施可在施工安全质量、项目成本控制、工期缩短及工程质量等方面取得显著成效。特别是基于视频监控系统实时预警机制及标准化作业流程联动，为工程建设安全增加了保险系数。取得良好的效果并为工程实施提供坚实的科技管理和技术支撑。随着建筑工程技术的进步和发展，该防护系统会更加完善，不断促进行业创新能力提升。希望本文的研究能够给广大工程人员带来一定的参考价值，帮助其顺利解决大跨度钢结构工程稳定性难题。继续开展大跨度钢构网架悬挑施工工法的技术创新及突破性发展。

参考文献

- [1] 李海亮. 基于 xc164cs 的连续式液压提升机器人研究. 上海: 同济大学, 2019, 1-78.
- [2] 张同波, 付长春, 王辉. 青岛体育中心游泳跳水馆钢结构施工技术. 施工技术, 2019, 3, 38(3): 48-53.
- [3] 董康, 陈海洲, 王玉岭. 超大面积焊接球网架柔性提升技术. 施工技术, 2023, 42(2): 17-61.
- [4] 张纪刚, 张同波. 青岛游泳跳水馆复杂网架结构施工卸载分析. 第 19 届全国结构工程学术会议论文集 (第 III 册). 2020: 420-425.