

大型展览馆钢屋盖滑移施工技术研究

文 / 许 勇 泰州医药高新区（高港区）公共资源交易中心

摘要：本文研究了大型展览馆钢屋盖的滑移施工技术，采用BIM技术与有限元分析指导施工，实现了90m大跨度钢结构的累积滑移。通过智能控制系统实时监测滑移速度和方向保证施工精度和安全。BIM模型集成了结构信息和施工设施提高了施工效率和协同工作，主要施工步骤包括滑移单元拼装、液压爬行器使用及滑移过程中的监测与调整，使用张拉索施工技术确保了结构稳定性和施工质量。

关键词：BIM技术；钢屋盖；滑移施工；张拉索；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.03.025

引言

随着社会水平的不断提高，大跨度建筑场馆层出不穷，大跨度钢结构屋盖已普遍用于车站、展览馆、体育馆等建筑中，常规大跨度钢结构屋盖可以采用高空散拼或整体分段吊装的方法施工^[1]。传统钢结构的吊装和拼装施工在面对大跨度和高空作业时，存在施工周期长、精度控制难度大等问题。本工程通过引入滑移施工技术有效地克服了这些问题，BIM技术的应用大大提高了施工过程中各环节的协同工作效率减少了潜在风险。这种技术革新不仅提升了施工质量，还为未来类似项目提供了新的施工思路和技术保障。

一、工程概述

某展览馆的钢屋盖采用大跨度箱型结构梁设计，由南北两个展厅和一个过厅组成，总建筑面积约65000m²，建筑高度32m。地上为3层结构，底部为两层钢管混凝土框架结构，上部为钢结构屋盖。展厅钢结构屋盖由90m跨度的箱型结构梁承重，屋盖主梁高23~29m，两端分别支撑于混凝土柱和钢管混凝土柱上，上面有拉索与中间的钢管混凝土柱连接，过厅为桁架屋盖结构，结构体系复杂施工难度很大。这些结构的设计不仅满足了建筑美学的要求，同时也充分考虑了结构的稳定性和施工的可行性。

经过多种方案的评估最终选择了利用建筑信息模型（BIM）和有限元分析技术来指导本项目钢结构的搭建。特别是对于跨度达到90m的钢箱梁，采用BIM的智能控制系统，实现了大跨度钢结构的累积滑移施工方法。建立了操作平台进行高空组装，分阶段完成90m钢屋架的整体滑移作业。滑移施工技术具有施工效率高、场地需求小且各工序间影响小等优势，因此被广泛应用于大跨空间钢结构施工中^[2]。根据建筑物结构布局在屋盖的南北展厅布设滑移轨道，通过液压爬行器将钢结构单元滑移至预定位置。滑移过程由液压系统驱动，使用智能控制系统实时监测和调整滑移速度及方向，确保每个单元的平稳滑移。在滑移过程中钢结构单元的拼装与滑移同步进行，减少了传统吊装过程中的停工时间提高了施工效率。

二、BIM技术在钢结构滑移中的应用

（一）BIM模型构建与信息集成

在该馆的钢屋盖施工中BIM技术的应用贯穿整个施工过程。运用BIM深化设计不仅可以使得加工厂进行加工制作，同时也可统计出工程量，且得到的结果更方便、准确、真实、可靠^[3]。根据钢结构的设计要求构建了精确的三维BIM模型，该模型不仅包含了钢屋盖的结构信息还集成了滑移施工所需的临时支撑、滑移轨道、液压系统等设施。通过BIM模型的构建能够在施工前进行预演识别潜在问题优化施工方案。BIM技术的核心优势在于其强大的信息集成能力。项目团队通过将施工现场的实时数据，如测距仪、位移计等设备的反馈信息与BIM模型进行关联，实现了施工过程的实时监控。该信息集成系统不仅能够监测钢结构的受力和变形，还能记录施工进度、设备状态等关键信息。

（二）施工过程的可视化管理

通过三维模型的可视化功能能够直观地查看整个钢结构的滑移过程、构件的拼装顺序以及各个施工节点的状态。可视化管理使得各个参与方，包括设计师、施工团队和项目管理能够清楚了解施工进展，提前发现可能存在的问题并在模型中进行实时调整。在钢屋盖滑移施工中BIM技术帮助项目团队模拟滑移过程中的各种工况，如滑移路径、钢结构的变形及应力（表1）变化等。通过对滑移过程的模拟能够精确预测滑移过程中可能发生的偏差并在施工前预设应对方案。施工人员可以通过BIM模型的施工模拟动画，了解具体的操作步骤确保滑移施工的顺利进行。

（三）智能化滑移控制技术

钢屋盖滑移施工的复杂性在于大跨度结构的受力变化和滑移路径的控制。BIM技术与智能控制系统相结合，极大地提升了滑移施工的精度和安全性。在滑移过程中，施工现场的测距仪、位移计等设备将实时监测数据反馈到BIM模型中，智能化滑移控制系统能够根据这些数据及时调整滑移速度、路径和方向。通过液压爬行器与BIM模型的智能化联动可以对每个滑移单元的状态

表1 滑移单元回顶各向位移及应力表

序号	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	应力 N/mm ²
1	3.3	-13.3	-19.5	59
2	4.3	-15.6	-26.8	78.9
3	4.7	-16.1	-30.6	88.8
4	4.8	-15.9	-32	91.9
5	4.8	-15.4	-32.3	91.8
6	4.6	-15.5	-32	89.9
7	4.5	-15.1	-31.5	88.1
8	4.5	-14.9	-31	86.8
9	4.5	-14.6	-30.6	85.8
10	4.5	-14.5	-30.3	85.2

进行实时跟踪。如果监测到滑移过程中有异常，例如滑移偏差或轨道变形系统会发出警报并自动进行纠偏操作确保滑移过程的安全。主要的施工工艺成流程是：滑移专项施工方案编制→BIM模型构建与模拟分析→临时结构措施安装→高空拼装及设备安装→BIM智能控制同步顶推滑移及测控→继续拼装及同步顶推滑移→结构拆撑落位固定→拆除临时措施→工程结构验收^[4]。

三、滑移施工过程

(一) 施工准备与设备配置

滑移施工是一项复杂的工程，要求在施工前进行充分的准备工作确保各项环节顺利衔接。首先需要对施工场地进行详细的勘察和布置，确定滑移轨道的布设位置和拼装平台的搭设方案。滑移轨道通常沿着钢结构的两侧或底部布置，确保钢结构能够平稳滑移至指定位置。在设备配置方面，滑移施工需要液压爬行者、滑移轨道、拼装胎架等专业设备的配合使用。地面拼装胎架应具备一定的灵活性以便控制精度，胎架立柱支撑设置在主弦杆对接处、弦杆折弯处、弦杆两端所在位置^[5]。液压爬行者负责提供滑移动力，通过液压系统驱动钢结构沿轨道移动。还需配置测距仪、位移计等监控设备，用于实时监测滑移过程中钢结构的变形和位移，确保滑移过程中的精确控制。施工准备阶段还包括临时支撑系统的搭设。在滑移施工过程中钢结构需要在滑移至指定位置前，借助临时支撑系统保持稳定防止其发生倾斜或下沉。临时支撑系统的布设必须经过精确的计算确保其承载能力和稳定性。

(二) 关键施工步骤

1. 滑移单元拼装

滑移施工的核心在于将钢结构单元逐步拼装并通过滑移轨道移动到指定位置。拼装单元的尺寸和重量需根据施工场地和设备能力进行合理规划确保每个单元在滑移时能够保持稳定。滑移单元拼装通常在高空搭设的拼装平台上进行。拼装平台一般设置在展厅的两端或中厅附近，宽度和长度需满足单元拼装和滑移的需求。拼装

平台不仅用于钢结构单元的组装还需要承载滑移设备和操作人员的工作平台。胎架用于支持钢结构单元在滑移前的拼装过程。胎架的高度、宽度和承载能力需经过严格的计算确保能够支撑钢结构单元的重量和尺寸。钢结构单元的拼装顺序需根据设计图纸严格执行。在拼装完成后需使用临时加固装置将钢结构各部分固定确保在滑移过程中保持整体稳定性。在拼装完成后需要安装液压爬行者 and 滑移系统。液压爬行者通过连接钢结构和滑移轨道提供动力推动钢结构移动。在正式启动滑移之前，液压系统需经过多次调试确保其推力和速度控制能够满足设计要求。

2. 液压爬行器的使用

液压爬行者是钢结构滑移施工中的核心设备负责提供滑移过程中的动力。液压爬行者提供滑移动力确保结构受力均匀。拼装后安装爬行者确保与滑移轨道对齐。液压系统调试后多个爬行者同步操作，智能控制系统实时调整推力和速度。液压爬行者采用低速、匀速滑移避免突然加速或减速引发的结构变形。滑移过程中智能控制系统根据实时反馈的数据调整爬行器的推力，确保各单元始终保持在正确的滑移路径上。为了防止滑移过程中出现意外液压爬行者系统配备了安全报警装置。在系统检测到滑移路径中的任何异常情况时，液压系统会立即停止操作并启动相应的纠偏程序确保施工安全。

3. 滑移过程中的监测与调整

滑移过程中使用测距仪、位移计、光电测量设备等监测装置，对钢结构的位移、变形和轨道的稳定性进行全程监控。这些设备与BIM模型中的智能控制系统相连实时反馈滑移数据，包括滑移路径的准确度、结构的变形量、以及各关键节点的受力情况。滑移过程中受外力和自重影响，钢结构可能会发生轻微的变形。实时监测系统能够检测到这些变形并通过反馈数据对滑移过程进行调整。

4. 最佳起吊角度的确定

根据计算结果显示，得出最佳的起吊角度为50° - 55°（图1），此时结构的整体应力最小。通过对不同吊装角度进行数值模拟分析，得出最佳的连体结构起吊角度。

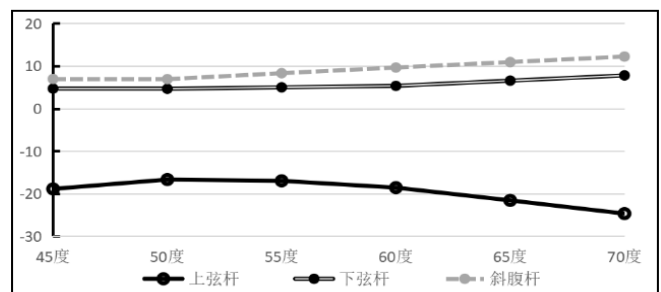


图1 不同起吊角度下连体结构构件应力变化曲线

（三）临时支撑与结构稳定性控制

在滑移施工前根据钢结构的重量和受力情况，设计并安装临时支撑系统。临时支撑一般布置在滑移单元的关键受力点提供足够的支撑力，防止滑移过程中结构失稳。支撑系统需要经过精密的计算和调整，确保其承载能力能够适应滑移过程中不断变化的荷载。在滑移开始前，临时支撑系统负责保持钢结构的稳定性，防止其在拼装过程中发生倾斜或移动。在滑移过程中，临时支撑逐步撤除并重新布置确保钢结构在滑移至目标位置时能够迅速恢复稳定。

四、张拉索施工技术

（一）拉索布置与设计

本工程的拉索系统沿着钢屋盖的轴线布置覆盖南北展厅和中厅区域。拉索根据屋盖跨度、负载分布和结构要求分为多根不同规格的索体，主要分布在屋盖主梁和次梁之间用于连接屋盖与钢柱或混凝土柱。拉索的布置需经过精确的受力分析确保每根拉索能够均匀分担结构荷载，并在张拉过程中保持稳定。选用高强度半平行钢丝束拉索其外部包裹双层PE防护层，确保拉索具备良好的抗腐蚀能力和长时间的稳定性。拉索的强度等级为1670MPa，根据不同的受力需求拉索的直径和强度等级有所差异。拉索的一端为张拉端使用冷铸锚具固定另一端为固定端，确保拉索在张拉和使用过程中具备良好的抗疲劳性能。为了保证钢结构在使用过程中保持稳定性，在拉索安装前进行详细的预张力设计。预张力的设计大小取决于屋盖的跨度、荷载情况以及拉索的材料特性。拉索预张力设计的核心在于确保钢结构在张拉过程中不会发生过度变形，同时在屋盖受外力影响时能够迅速恢复其初始形态。

（二）张拉设备与施工流程

根据不同类型的拉索选用了多种张拉设备。对于高强度、大直径的主索使用5000kN的张拉千斤顶进行张拉，而对于次索使用1000kN的张拉千斤顶进行操作。张拉设备的选择需满足拉索的最大施工张力要求，确保每根拉索能够在规定的张力范围内完成张拉。在正式张拉前将拉索逐一安装至设计位置并使用冷铸锚具将其一端固定在钢结构的支撑点上。安装过程中对每根拉索的长度、位置和初始张力进行严格校准。拉索的张拉通常分为多个阶段进行，张拉顺序按照展厅的结构布局依次进行。每一阶段先张拉外侧的主索随后张拉内侧的次索。张拉过程中实时监控拉索的受力情况和位移变化，确保每根拉索在张拉后达到预定的张力值。为了避免由于外界因素导致拉索受力不均匀，张拉过程中需分级加载逐步增加张拉力。施工人员通过张拉设备的压力表监控每

根拉索的张拉力，并根据需要进行微调使张拉力与设计值相符。

（三）张拉过程中的安全管理与控制

在张拉施工开始前所有张拉设备，包括千斤顶、油泵和压力表需进行详细的检查和调。施工过程中设备需定期进行检查和维护，特别是在每个张拉阶段完成后需确认千斤顶的推力是否均匀压力表读数是否稳定。为了确保施工人员的安全，施工前需对平台的稳定性进行测试并为所有施工人员配备安全绳和防护装备。施工区域需设置安全警戒线禁止无关人员进入。张拉过程中使用测量仪器实时监控拉索的位移和张力变化。拉索的张力和位移信息会被反馈至BIM模型中，智能控制系统根据实时数据对张拉过程进行调整。如果检测到拉索的张力或位移超出预定范围系统会发出警报，需立即采取措施进行调整。

结论

本钢屋盖施工采用了先进的BIM技术、滑移施工工艺以及张拉索施工技术，为大跨度复杂结构的施工提供了有力保障。通过BIM技术的可视化管理和信息集成实现了对滑移过程和张拉索施工的精确控制，极大地提升了施工效率与质量。液压爬行器和滑移系统的同步操作确保了钢结构单元的平稳滑移减少了施工中的误差和安全隐患。本项目的成功实施不仅证明了滑移施工技术在大跨度钢结构中的可行性，还展示了其在提高施工进度和降低成本方面的显著优势。张拉索施工过程中通过精密的张力控制和实时监测，确保了钢屋盖在最终受力状态下的安全性和稳定性。

参考文献

- [1] 朱亮. 混凝土主体结构的钢屋盖滑移施工控制[J]. 江苏建筑, 2022 (z2): 38-42.
 - [2] 张毓成, 冯辉, 祁祖伟, 等. BIM技术在大跨度钢结构桁架施工中的应用[J]. 建筑施工, 2017, 39 (5): 714-715.
 - [3] 郝翼德, 高雄建. 永川会展中心钢桁架屋盖曲面累积滑移施工关键技术[J]. 建筑机械, 2024 (8): 189-193, 200.
 - [4] 刘如兵, 蒋凤昌, 金浩, 等. 中国医药城(泰州)展览中心钢屋盖施工技术[J]. 钢结构, 2017, 32 (7): 101-106.
 - [5] 姬建华, 刘新乐, 赵庆国, 朱长乐. 高铁站房异形钢桁架屋盖曲面累积滑移施工关键技术[J]. 施工技术(中英文), 2021, 50 (20): 49-52, 74.
- 作者简介: 许勇, 男, 1975年9月, 汉, 江苏姜堰, 本科学士学位, 高级工程师, 建筑工程。