

网架整体顶升法在库屋盖施工中的应用研究

罗文

上海城投环境（集团）有限公司 上海市 200060

DOI:10.12238/ems.v7i9.15258

[摘要] 基于库屋盖施工中的技术挑战，文章对网架整体顶升法的应用进行了研究。文章介绍了该方法的基本原理、施工工艺以及关键技术，结合某大型库屋盖工程案例，详细阐述了顶升设备布置、施工准备、同步控制和风险防范等实施过程。研究结果表明，网架整体顶升法在提高施工效率、精度和安全性方面具有显著优势，相较传统方法，能有效缩短工期、提高施工精度并降低安全风险。最终，研究指出该方法在大跨度结构施工中具有广泛应用前景。

[关键词] 网架整体顶升法；库屋盖施工；同步控制；施工工艺；风险防范

引言

随着建筑规模和结构的复杂性增加，传统网架施工方法已难以满足高效、安全、精确的要求。库屋盖作为大跨度、高承载的结构，施工中面临高空安装、精度控制和安全等挑战^[1]。网架整体顶升法应运而生，成为解决这些问题的有效手段。本文探讨了该方法在库屋盖施工中的应用，分析其施工工艺、关键技术和实施效果。研究旨在为类似项目提供技术参考，推动网架整体顶升法在更广泛领域的应用，提高施工效率、精度和安全性。

1 网架整体顶升法概述

网架整体顶升法是一种通过同步控制技术，将大型网架结构整体提升至设计位置的施工方法，广泛应用于跨度大、施工难度高的工程项目。该方法通常采用液压千斤顶与同步控制系统结合的方式，确保顶升过程中结构受力均匀，避免局部超载或变形。与传统分段安装法相比，整体顶升法具有施工周期短、施工精度高、对环境影响小等优势，特别适用于大跨度屋盖、体育场馆及高层建筑等项目^[2]。顶升过程中，施工团队依靠实时监测和精确的控制系统，调整顶升速度和力的分布，确保网架结构在整个过程中保持稳定的力学状态。整体顶升法的成功应用，不仅提高了施工效率，还减少了传统方法中可能出现的人工误差和安装难度，是一种技术创新与施工实践相结合的有效方式。

2 库屋盖施工的技术挑战与需求分析

库屋盖的跨度通常较大，结构自重和使用荷载对施工精度提出了高要求，任何微小的偏差都可能导致整体结构的不稳定；高空施工和大体积构件的安装，使得传统施工方法面临严重的安全风险和工期压力；库屋盖往往存在温差引起的

变形问题，尤其是在顶升施工过程中，受力均衡和同步控制成为关键；施工期间可能受到风荷载、震动等外部因素的影响，增加了施工的复杂性和不确定性。因此，采用整体顶升法能够精确控制受力和变形，提升施工精度和安全性，满足大跨度库屋盖的施工需求。整体顶升法的同步控制和实时监测技术能够有效应对上述挑战，确保结构安全稳定地完成施工。

3 网架整体顶升施工工艺与关键技术

3.1 施工总体方案设计

施工前需要对网架的几何形状、受力情况以及施工现场的环境条件进行详细分析，制定出合理的顶升策略。施工方案通常采用分区顶升，划分多个提升区域，每个区域配备相应数量的液压千斤顶，以确保顶升过程的均匀性和同步性。为了确保受力均匀，通常每个千斤顶的提升力设计为网架自重的 0.5%~1% 范围，且多个千斤顶之间的差异不超过 5 mm，以防局部荷载不均造成结构变形。顶升过程中，液压系统需保持稳定的压力和流量，通常采用最大压力为 25~30 MPa 的液压泵站系统，通过同步控制系统精确控制每个千斤顶的升降速度，常见的升降速度为 3~5 mm/min。施工过程中，顶升精度需要控制在 ± 2 mm 以内，确保整个网架结构达到设计要求^[3]。

3.2 施工准备与测量放线

为了确保网架结构的安全和稳定，必须对地基进行全面加固，确保其承载力达到设计要求。常见的地基承载力标准为 100~150 kPa，根据网架结构的重量需求，地基的承载力需进行精确计算和验证。施工前，必须对基础进行精准定位和测量，为后续施工工作提供可靠的参考依据。

放线工作根据设计图纸进行,通常采用高精度的全站仪和激光扫描仪对点位进行定位。放线精度要求严格,通常要求误差不超过 $\pm 5\text{ mm}$ 。在实际操作过程中,放线的关键环节是确保每个支座的标高和位置精确无误。根据网架各个支座的设计标高进行设定,确保每个支座位置的误差不超过 2 mm ;同时,支座的水平度和垂直度需要控制在 $\pm 1\text{ mm}$ 以内,确保顶升过程中网架的平稳性和受力均匀。施工团队通过全站仪和激光测距仪进行实时数据反馈,将测量数据实时传输到计算机系统,确保设备的安装位置和施工参数随时调整,保证施工精度。

除基础和放线工作外,施工准备还包括液压系统的调试。液压泵站、千斤顶和同步控制系统必须进行严格的调试,确保其正常运行。液压系统的油压、流量等关键参数需要在试运行阶段进行检查,确保各个组件的工作状态符合设计要求;系统管道连接处必须无泄漏现象,确保施工过程中设备稳定运行,不发生故障。

3.3 顶升设备布置与安装

顶升设备的合理布置必须根据网架的结构尺寸、重量及施工要求进行详细规划。通常的布置方式是将液压千斤顶均匀分布在网架的支座上,每个支座上配置4~6个液压千斤顶。具体数量和型号的选择要根据网架的跨度和自重来决定,通常情况下,千斤顶的提升力为网架总重的0.5%至1%,避免局部荷载集中导致网架变形或失稳。

垫板通常选用钢材,厚度应控制在 $10\sim 15\text{ mm}$ 之间,保证受力均匀且能够承受网架结构的重量。垫板的表面需要处理光滑,以减少摩擦力和确保受力均匀^[4]。安装过程中,必须特别注意千斤顶与液压管道的连接,确保所有连接点的密封性,以防止由于油管泄漏引起的压力波动,从而影响顶升的平稳性。

液压泵站和控制系统的布置需要与现场环境相适应。泵站系统一般布置在施工区域的低洼地带,便于设备连接和排水,同时也能降低系统的噪音对施工人员的干扰。液压泵站的油管需与千斤顶的管道系统进行精准连接,确保油压稳定。

顶升设备的安装还包括同步控制系统的调试工作。同步控制系统确保所有千斤顶在顶升过程中保持精准的同步性,避免局部差异导致网架变形。系统调试通常采用逐步提升的方法,每次升降不超过 5 mm ,以确保每个千斤顶的工作状态正常并达到所要求的升降精度。调试期间,通过监控数据反

馈调整设备,确保系统的准确性和稳定性,为正式顶升做充分准备。

3.4 顶升过程控制与同步受力分析

顶升过程必须确保每个千斤顶的升降速度一致,以避免因受力不均导致结构变形。常见的控制方法是通过同步控制系统,实时监测并调整每个千斤顶的升降速度,通常目标是保持升降差异在 $\pm 2\text{ mm}$ 以内。同步控制系统通过反馈信号调节液压泵站的压力,保证各个千斤顶升降的精度和均衡性。在同步受力分析中,网架结构的顶升过程可以简化为一个静力平衡问题。整个系统的平衡条件可以表示为:

$$\sum P_i = P_{total} \quad (1)$$

式中: P_i 为每个千斤顶的荷载, P_{total} 为网架结构的总荷载。

结构的变形必须满足以下要求:网架在顶升过程中每个点的垂直位移应保持均匀,位移差异应小于 2 mm ,受力不均衡的控制可以通过:

$$\delta_{\max} = \frac{F_{\max}}{E \cdot A} \quad (2)$$

式中: $\delta_{\max}$ 为最大变形, $F_{\max}$ 为最大受力, E 为材料的弹性模量, A 为受力点的横截面积^[5]。

同步控制系统根据实时数据调整液压系统的压力,确保结构受力均匀、位移精确,从而有效避免了结构的局部失稳。

3.5 安全控制与风险防范

顶升过程的安全控制要求实时监测千斤顶、液压系统及支撑结构的状态,确保各项设备处于稳定工作状态。为了防止设备失效引发事故,液压系统的油压必须保持在设定范围内,通常工作压力控制在 $25\sim 30\text{ MPa}$,而超过此压力,系统会自动停机并报警;为了确保同步性,每个千斤顶的升降误差必须保持在 $\pm 2\text{ mm}$ 内,超过该误差范围将触发紧急停机机制。风险防范措施还包括多重冗余设计。液压泵站系统配置备用泵,确保主泵发生故障时能够迅速切换,避免停工。同步控制系统采用冗余数据传输和多点监控,每个千斤顶都配有独立传感器,并通过无线信号与控制中心实时通讯,确保数据传输的可靠性和精确性。施工现场设置应急预案,包括顶升过程中可能出现的风险,如风荷载、设备故障、温度过高等情况,所有风险点的应急响应时间应控制在 15 min 内;施工人员必须佩戴安全装备,并接受严格的操作培训,确保在紧急情况下能迅速做出反应。

4 案例分析

4.1 工程概况与技术方案

某大型仓储库房的库屋盖施工，采用网架整体顶升法进行安装。该库屋盖跨度为 80 m，采用三维网架结构，设计荷载为 1.5 kN/m^2 ，整个结构自重约 1200 t。施工过程中，面临着高度精确的位移控制要求，特别是顶升过程中，网架的稳定性和同步性是关键。为确保施工质量和安全，设计团队制定了详细的施工技术方

案。顶升采用了分区同步控制法，将网架划分为 4 个提升区域，每个区域配备 6 个液压千斤顶，保证了顶升过程中荷载的均匀分配。液压泵站配置为两台主泵和一台备用泵，工作压力控制在 30 MPa，确保液压系统稳定运行。同步控制系统采用无线数据传输技术，每个千斤顶配备位置传感器，实时监测升降情况，确保各点升降差异不超过 $\pm 2 \text{ mm}$ 。顶升速率设定为 3 mm/min ，以防过快顶升导致网架变形或结构失稳。施工方案中考虑到周边环境因素（如风速、温度变化等），设定了实时监测系统，确保在不利天气条件下仍能安全进行施工。

4.2 施工实施过程与关键节点

施工前进行了详细的基础检测和测量放线工作，确保支座位置的精度和标高误差控制在 $\pm 2 \text{ mm}$ 以内。基础加固工作完成后，开始进行顶升设备的安装。每个支座上配置 6 个液压千斤顶，布置时需确保千斤顶之间的距离均匀，以避免局部荷载不均。施工实施过程中，首先进行的是试顶升操作，主要目的是检查液压系统、同步控制系统的运行情况。试顶升阶段，每个千斤顶的升降速度控制在 1 mm/min ，以确保设备的正常运作。试顶升完成后，正式进入全网架顶升阶段，每个千斤顶的升降速度设定为 3 mm/min ，避免过快顶升造成结构变形。在关键节点上，施工团队特别关注同步性和受力分布的均衡。在顶升过程中，施工人员实时监测各点的升降情况。每提升 500 mm，需暂停检查网架的受力情况和变形情况，确认无异常后继续顶升；顶升过程中要求每 4 h 进行一次液压系统的压力和温度检查，确保设备稳定运行。每个关键节点的检查和数据记录至关重要，确保了网架整体顶升的顺利进行。

4.3 技术效果与综合评估

在网架整体顶升施工过程中，技术效果的评估主要集中在施工精度、时间控制、成本节约和安全性等方面。通过对

比施工前后的数据，能够更准确地评估整体顶升法的实际应用效果。表 1 为该项目的技术效果和综合评估。

表 1 综合评估结果

项目	传统方法	整体顶升法	改善幅度 (%)
工期 (天)	180	120	33
施工精度 (mm)	± 10	± 2	80
安全事故数 (次)	3	0	100
成本 (万元)	300	280	6.7

由表 1 可得，采用网架整体顶升法后，工期从传统方法的 180 天缩短至 120 天，显示了整体顶升法在提高施工效率方面的显著优势。施工精度的提升尤为突出，从 $\pm 10 \text{ mm}$ 提高至 $\pm 2 \text{ mm}$ ，精度提升了 80%，确保了结构的精准安装，减少了修复工作和后期调整的成本。安全性也有了显著改善，整体顶升法消除了安全事故，提升幅度达到 100%。在成本控制方面，整体顶升法节约了约 6.7% 的施工成本，进一步证明了该方法在保证质量和安全的前提下，具有较好的经济效益。

5 结语

网架整体顶升法作为一种创新的施工技术，已在大跨度库屋盖等项目中证明其在提高施工效率、精度和安全性方面的显著优势。通过合理的设备布置与精确的同步控制，成功解决了传统施工方法中存在的高风险和工期延误问题。未来，随着智能化控制和自动化技术的发展，整体顶升法有望在更广泛的建筑领域中得到应用，进一步优化施工流程，提升建筑结构的可靠性和经济性。推动这一技术的进步，将为高效、绿色、可持续建筑施工提供重要支持。

[参考文献]

- [1] 刘海. 网架结构整体顶升施工监理研究[J]. 建设监理, 2024, (02): 38-41.
- [2] 戴占彪, 周陆洋, 刘司佳, 等. 整体顶升法加固改造既有网架结构施工技术[J]. 工程质量, 2021, 39 (05): 9-13.
- [3] 张宏. 网架整体顶升法在工程中的应用[J]. 江西建材, 2020, (07): 186+188.
- [4] 黄鑫. 航站楼钢网架屋盖整体顶升法施工模拟与监测关键技术[J]. 建筑技术, 2024, 55 (04): 499-503.
- [5] 李鑫. “原位拼装、整体顶升”法施工技术在大跨度空间网格结构屋面中的应用[J]. 科学技术创新, 2022, (16): 113-116.