

建筑项目转换层钢桁架整体提升施工技术研究

文 / 何颂华 柳州市建筑工程集团有限责任公司

摘要：为解决高层建筑转换层施工中高空作业风险高、工期长、质量控制难等问题，本文以柳东新区企业总部大楼工程为背景，对大跨度钢桁架整体提升施工技术进行探讨。从提升前技术准备、地面拼装、支承系统设置、提升设备安装、钢绞线穿束预紧、系统调试、同步提升控制到精确就位与卸载拆除等方面，对整体提升施工工艺进行了系统分析。结果表明，采用地面拼装与液压同步整体提升技术，可有效降低高空作业安全风险，显著提升施工精度与效率，缩短工期，减少资源消耗。该技术成功实现了重达上千吨钢桁架的平稳、精准安装，为复杂转换结构施工提供了安全、高效、绿色的技术路径，具有良好的应用价值与推广前景。

关键词：转换层；钢桁架；整体提升；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.24.008

引言

随着城市现代化进程的加速，高层与超高层建筑日益向功能复合化、结构复杂化方向发展，其中带转换层的建筑结构因其能够实现下部大空间与上部小开间的功能需求而被广泛应用。然而，转换层作为建筑结构中承上启下的关键部位，承受着巨大的竖向荷载和复杂应力，传统现浇混凝土转换层施工存在模板支撑体系复杂、高空作业风险高、工期长、质量控制难度大等问题。在此背景下，采用大跨度钢桁架作为转换结构，并通过地面拼装、整体提升的施工技术，成为解决上述难题的重要途径。转换层钢桁架整体提升施工技术不仅有助于提升复杂钢结构施工的机械化、智能化水平，保障施工安全与结构质量，还能显著缩短工期、降低资源消耗，对推动建筑工业化发展、实现绿色建造具有重要的理论价值与实践意义。

一、工程概况

本工程为柳东新区企业总部大楼，北临新柳大道，位于半塘村，园博园斜对面；其中办公楼为地下二层，地下室面积 39518.3 m²；地上 20 层，建筑面积 81771.03 m²；建筑高度 85.8m，结构形式：框架-核心筒结构（带桁架转换层）；结构安全等级：一级；建筑防火类别：一类高层建筑；建筑耐火等级：一级；抗震烈度：6 度。

转换桁架由四榀平面桁架组成，分别位于 B 轴、E 轴、G 轴、K 轴上 11 轴~23 轴之间、位于七至十五层，标高 26.35m~59.95m 范围内，桁架高 33.6 米，净跨度 50.4 米。平面桁架构件为型钢混凝土构件，平面桁架之间的连接构件为纯钢筋混凝土构件，平面图见图 1。

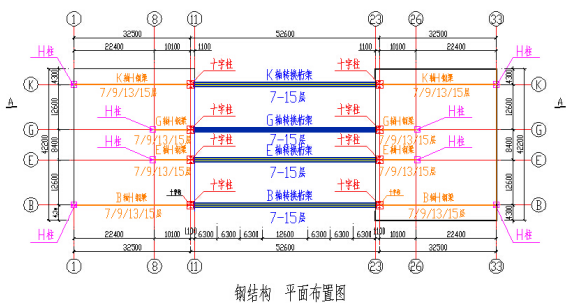


图 1 7-15 层吊装平面图

单榀桁架钢骨重量约 460 吨。桁架均为 H 型钢结构，桁架构件最小截面为 H500*450*34*50，桁架构件最大截面为 H700*600*34*50。

二、转换层钢桁架整体提升施工技术要点

本项目转换层钢桁架整体提升施工流程如下：提升前技术准备→桁架地面拼装→安装支承牛腿→设置提升支架与设备→提升千斤顶吊装与固定→穿束与钢绞线预紧→系统空载调试→提升前全面检查→试提调整→水平调整与自动提升→提升至设计位置→就位、对口与焊接→同步分级卸载→提升系统拆除。

（一）提升前技术准备

首先，需对施工现场，特别是地下室顶板及运输通道的楼面承载力进行详细验算，针对承载力不足区域采取可靠的支撑加固措施，保障大型汽车吊及重型构件运输过程中的结构安全。同时，应利用有限元分析软件对被提升的钢桁架结构及其两侧相连的框架结构进行全过程受力模拟，评估其在拼装、提升、就位等各阶段的强度、刚度与稳定性，防止因施工荷载引起结构损伤。此外，需制定专项提升施工方案与安全应急预案，并组织多层级技术交底，确保所有参建人员明确操作流程与安全要求。所有液压提升设备，包括千斤顶、油泵、控制柜等，必须在进场前完成检验与空载联机调试，确保设备运行正常。关键部件如锚夹具必须逐个检查其夹持性能，钢绞线需进行母材抗拉强度试验，采用砂轮切割机长下料并做好左右旋向标识，防止穿束混乱。钢绞线严禁存在弯折、散股或机械损伤，存放与下料场地应平整清洁，确保表面无污染。液压油应根据施工季节气温选用 32 号或 46 号，并通过滤油机注入油箱，避免杂质影响系统运行。这些准备工作是保障提升作业顺利实施的前提，任何疏漏都可能导致严重安全事故，必须严格执行。

（二）桁架地面拼装

由于本工程四榀平面桁架在水平方向无连接杆件，整体刚度较弱，为防止拼装和提升过程中发生失稳，必须在相邻桁架之间增设临时支撑杆进行加固，形成空间稳定体系。拼装作业在专用胎架平台上进行，胎架基础

需按要求回填并硬化处理，在桁架立柱对应位置设置可调工字钢垫块，用于精确控制拼装标高。每榀桁架两侧需随拼装进度搭设脚手架操作平台，确保焊接与校正作业安全。构件定位采用“地面投影+铅垂线”法，即在地面和胎架上设置边线对准线，通过铅垂投影实现初定位。所有构件采用耳板临时连接，待全部构件就位后，利用全站仪等光学测量设备对关键控制点进行三维坐标检测，与设计模型对比后进行微调，确保几何尺寸符合规范要求。调整合格后，严格按照焊接工艺评定报告规定的顺序进行正式焊接，减少焊接残余应力与变形。

（三）支承牛腿与提升支架设置

本工程充分利用上部7~15层框架结构中的劲性混凝土柱作为提升反力支点，在柱顶或指定标高位置焊接专用支承牛腿，用于承载提升支架与千斤顶的全部荷载。支承牛腿的设计需根据提升反力进行强度与稳定性验算，确保焊缝质量与节点刚度满足要求。在此基础上，安装由型钢制作的悬挑式提升支架，支架顶部预留千斤顶安装孔位，并设置加劲肋以增强局部承载能力。提升支架的布置应结合桁架吊点位置，确保提升力传递路径明确、受力均衡。为验证提升支架在实际工况下的安全性，需建立有限元模型，施加提升荷载与边界约束，分析其应力分布与变形情况，识别最不利工况并优化设计方案。支架安装后需进行现场检查，确保其垂直度、水平度及与牛腿的焊接质量符合规范。此外，为保证钢绞线在提升过程中顺直不偏斜，应在支架侧方设置高出千斤顶顶部1.5m的导线架，引导钢绞线平顺通过，避免因摩擦或弯曲造成受力不均或损伤，从而保障提升过程的平稳与可控。

（四）提升设备安装与千斤顶固定

本工程每榀桁架两端各设一个提升吊点，共设置八个吊点，采用液压同步提升系统实现整体平稳上升。提升千斤顶作为核心设备，需采用塔吊或汽车吊将其精确吊装至提升支架顶部的预定位置。就位后，必须使用四块“7”字形卡板将千斤顶本体牢固焊接在支架上，确保千斤顶中心线与承重架预留孔中心完全对齐，防止偏心受力导致设备损坏或提升失稳。焊接作业应由持证焊工完成，并进行外观与探伤检测，确保连接节点的强度与可靠性。为便于后期拆除，卡板与千斤顶之间可设置临时垫片。在千斤顶安装完成后，应检查其垂直度与稳定性，确保在提升过程中不会发生倾斜或晃动。同时，在支架侧方搭设导线架，高度应高出千斤顶顶部1.5m，用于引导钢绞线走向，避免穿束时产生过大摩擦或局部弯曲。

（五）钢绞线穿束与预紧

穿束前，需通过液压泵站打开千斤顶上部的安全夹持器与导向夹持器的夹片，为穿索创造通道。钢绞线应按照编号由下至上依次穿过梳线板、安全夹持器、提升千斤顶活塞杆、导向夹持器，并伸出约1m，便于后续操作。为减少扭转应力，钢绞线应按左旋与右旋交替排列，并使用引线装置辅助穿索，避免交叉缠绕。穿束完成后，

通过下部的梳线板将钢绞线整齐排列，并反锚于下吊点的构件夹持器内，确保每根钢绞线受力均匀且相互挤压。钢绞线露出锚具压板的长度应不少于50mm，压板螺钉须由专人对称拧紧并复检。预紧是保证各钢绞线初始受力一致的关键步骤，需先采用1吨倒链对每根钢绞线进行单根预紧，消除松弛状态，再通过提升顶进行整束预紧，过程中严格控制泵站油压，防止过载。预紧完成后，系统进入待命状态，为试提升做好准备。

（六）系统调试与试提升

首先进行空载联机调试，模拟手动与自动提升模式，检查控制柜指令与千斤顶动作是否一一对应，行程传感器、压力表、限位开关等信号反馈是否准确，确保控制系统逻辑正确、响应灵敏。试提升阶段采用手动控制模式，逐步施加20%、40%、60%、80%的额定荷载，每次加载后暂停并记录各吊点的油压、位移、同步误差等参数，观察结构与设备的响应情况。当荷载达到80%时，将桁架整体提升离地约5cm，静置不少于2小时，组织技术人员对桁架焊缝、临时支撑、提升支架、千斤顶支座、锚具系统等关键部位进行全面检查，确认无异常变形、开裂或松动现象。同时监测钢绞线是否受力均匀，夹持器是否打滑。

（七）同步提升与过程监控

正式提升阶段采用全自动同步控制模式，由中央控制系统统一指挥各提升点协同作业，确保桁架平稳、同步上升。启动后，系统实时采集各千斤顶的位移与油压数据，通过闭环控制算法自动调节各点速度，将同步误差控制在±5mm以内。若误差超出设定阈值，系统将自动进行纠偏；若超过最大允许值（如±10mm），则触发紧急停机保护，待人工排查原因并调整后后方可继续。提升过程中需安排专人全程监控，重点观察结构姿态是否倾斜、提升通道是否畅通、钢绞线有无异常抖动或偏移。同时记录油压最大值与最小值，判断荷载分布是否均匀。接近设计标高时，应提前减速，进入低速微调模式。当桁架提升至距设计位置约100mm时暂停，利用测量设备复核空间位置，为精确就位做准备。整个提升过程需保持通讯畅通，各岗位人员协同配合，确保提升作业安全、高效、精准完成。



图2 整体提升图

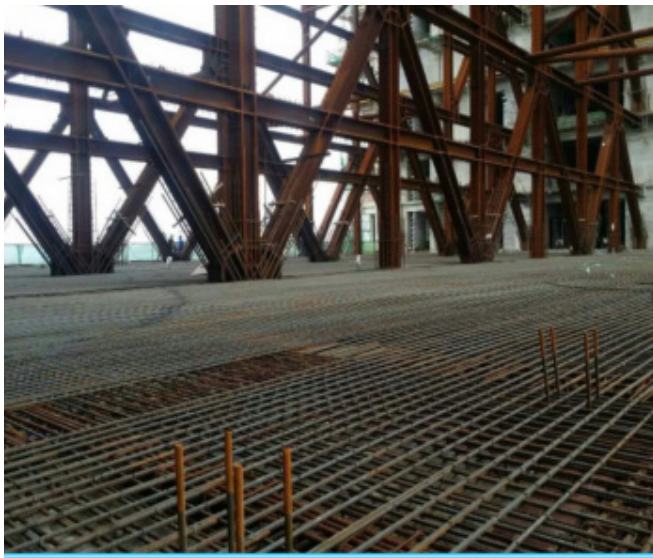


图3 桁架内部空间图

（八）精确就位与对口焊接

当钢桁架提升至设计标高附近时，需进行精确对位，确保其与两端劲性柱上的预留接口完全吻合。此时，控制系统暂停自动运行，转为手动微调模式，操作人员根据测量人员发出的对口指令，对各吊点进行毫米级升降调节，使桁架的轴线、标高、垂直度等参数均满足设计与规范要求。调整到位后，锁定所有千斤顶，保持桁架在空中的稳定姿态，为焊接作业提供安全平台。对口完成后，立即组织焊工进行高空焊接，优先施焊关键受力节点，焊接顺序应遵循对称、分层、间断的原则，以减小焊接变形与残余应力。特别需要注意的是，焊接时必须设置专用接地线，确保电流不通过钢绞线，防止其因过电而损伤力学性能。每条焊缝完成后需进行外观检查与无损检测，确保焊接质量。

（九）同步卸载与系统拆除

焊接完成后，需通过液压系统对提升设备进行同步分级卸载，将桁架的全部荷载逐步转移至永久支座上。卸载过程应遵循“缓慢、同步、分级”的原则，通常每级卸载20%荷载，每完成一级后暂停，检查结构变形、焊缝状态及支座受力情况，确认无异常后再进行下一级，直至千斤顶完全卸力，结构荷载100%由主体结构承担。卸载完成后，利用塔吊将钢绞线从千斤顶中逐根抽出，回收备用。随后拆除油管、数据线及固定千斤顶的“7”字形卡板，将千斤顶吊离提升支架。最后，拆除提升支架、下吊点锚具及桁架之间的临时支撑杆，恢复现场作业空间。

三、效果分析

本工程通过采用地面拼装、整体提升的施工技术完成转换层大跨度钢桁架的安装，取得了显著的技术与经济效益。



图4 成型立面图



图5 整体立面图

该技术将高空作业转化为地面作业，大幅降低了高空焊接与安装的安全风险，有效保障了施工人员安全和焊接质量；同时，通过液压同步控制系统实现八点联动提升，确保了重达上千吨的桁架在提升过程中的姿态平稳与精确就位，提升了施工精度与可靠性。相比传统高空支模现浇施工，整体提升技术显著缩短了施工周期，避免了大量模板、脚手架的搭设与拆除，节约了材料与人工成本，减少了建筑垃圾产生，符合绿色施工理念。

结语

本文通过对柳东新区企业总部大楼转换层钢桁架整体提升施工技术的系统研究与实践，验证了该技术在提升施工安全性、精度与效率方面的显著优势。通过地面拼装、液压同步提升与全过程监控，成功克服了大跨度、超重构件高空安装的技术难题，实现了绿色、高效建造。

参考文献

- [1] 陈岳. 高层建筑工程钢结构转换层桁架施工技术研究[J]. 工程机械与维修, 2024, (06): 47-49.
- [2] 俞晓敏, 唐勤志, 周伟等. 悬挂式钢连廊分阶整体提升施工技术[J]. 建筑技艺, 2018, (S1): 178-182.
- [3] 周增强. 建筑工程大跨度钢结构转换层施工技术应用[J]. 居业, 2017, (06): 76-77.
- [4] 张卫东. 三亚晋合高空连廊整体提升技术[J]. 广东土木与建筑, 2014, 21(05): 35-37.

作者简介：何颂华，男，1970年2月，汉族，广西省平南县，大学学历，高级工程师，研究方向：建筑施工与智能建造。