

机库屋盖钢结构网架整体提升施工要点及模拟分析

丁夏

深圳市机场（集团）有限公司

摘要：深圳机场公务机二期机库大厅跨度119米，进深45米，项目网架结构体系安装采用“地面拼装后液压同步整体提升”的施工方案，通过MIDAS软件模拟验算网架提升和卸载过程结构应力比和变形。

关键词：机库屋盖；钢结构；网架提升；仿真分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.24.037

引言

近年来，我国通用航空业发展迅速，深圳机场利用转场后闲置机坪资源，大力发展公务机业务，不断完善公务机基础配套设施建设，对于提升深圳机场在珠三角地区的地面服务保障优势具有战略意义。飞机库因其使用功能，普遍为大跨度形式，屋盖通常采用钢结构网架。本工程中，钢网架的最大安装标高为+18.0m，若采用传统的高空散装法，不但高空作业量大，容易存在支座偏移、挠度偏大等问题，而且安装精度、质量难以保证。本项目在钢网架投影位置正下方进行网架拼装后，利用“液压同步提升技术”将网架一次整体提升到位，从而大大减少高空作业量，有利于保证结构的焊接质量和安装精度，对于施工安全和工期控制也更为有利^[1]。

一、工程概况

本工程建设用地位于深圳机场一跑道东侧A号航站楼停机坪内，建筑由机库大厅和辅助用房组成，其中机库大厅跨度119m，进深45m，建筑高度19.2m，结构形式为钢筋混凝土柱、钢网架屋盖结构。

机库大厅屋盖设计为两层正交正放网架，螺栓球节点，机库大门位置采用焊接球节点钢桁架反梁，下弦中心标高10.0m，大门支座节点根据受力及构造要求采用抗震球铰支座，其他支座采用平板压力支座，网架重量约368t。

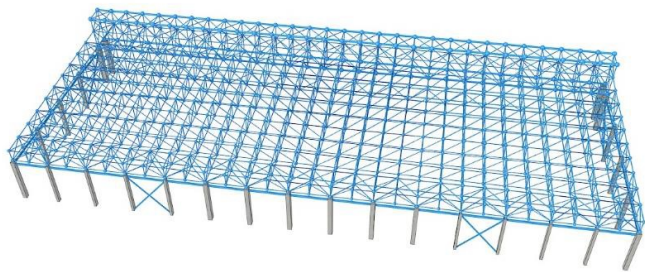


图1 机库大厅钢结构效果图

二、施工方案总体安装思路

(1) 方案概述。本工程中，钢网架的最大安装标高为+18.0m，如采用高空散装方案，存在大量高空组拼及焊接工作，而且高空组拼所需胎架难以搭设，存在较大的安全、质量风险。依据同类工程项目的成功经验，在安装原位正下方地面上将钢网架构件拼成整体后，利用“液压同步提升技术”将其整体提升到设计位置，

将大大降低安装施工难度，对安全、质量、进度和成本控制均有利。

机库钢结构可划分为三个体系：框架柱支撑体系、网架结构体系、屋架墙架体系。其中，框架柱支撑体系最先完成，本次提升区域为机库大厅顶部屋盖网架结构，网架结构体系采用地面拼装再整体提升施工方案，利用两台25t汽车吊在地面进行网架拼装，拼装顺序从中间向两边进行退拼，之后在框架柱上设置8组提升点，利用“液压同步提升技术”将网架整体提升就位，屋架墙架体系包含屋面檩条及墙架檩条构件，屋面主檩条拟在网架提升前进行安装，随网架一齐提升就位，最后进行杆件的嵌补安装。

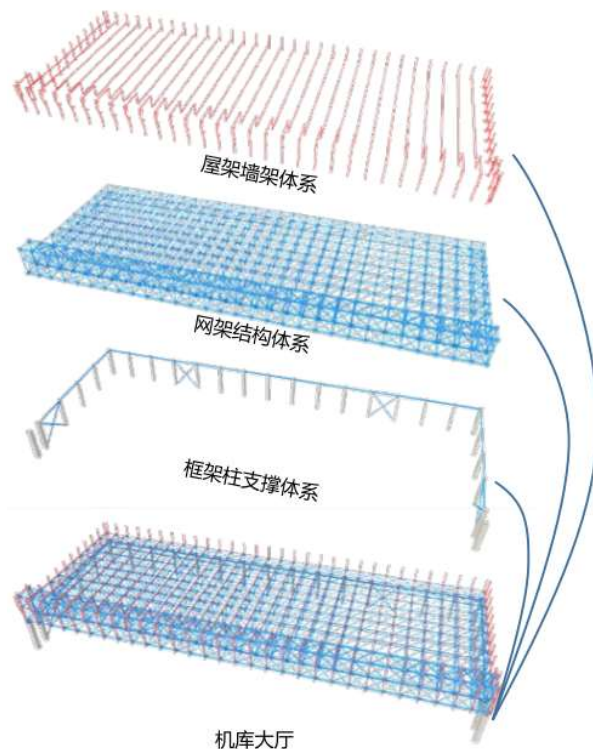


图2 主要钢结构示意图

(2) 钢结构整体施工流程

- 第一步：安装框架柱间支撑、压杆；
- 第二步：在原位投影正下方地面拼装网架单元，在本阶段开始柱顶支座安装和提升架安装；
- 第三步：按从中间往两侧方向，完成网架整体拼装；
- 第四步：在框架柱上安装提升设施，在网架上安装提升措施杆件，做好网架提升准备；
- 第五步：整体同步提升，将拼装完成的网架提升就位；
- 第六步：嵌补网架杆件，将网架与框架柱上支座相

连接，卸载提升设备，拆除提升措施杆件。

三、网架地面拼装施工要点

(一) 拼装支撑胎架

网架拼装施工前，通过测量定位在网架结构平面投影下方地面标划出结构定位线，在螺栓球、焊接球位置设置安装胎架，并采取措施间隔与地面进行加固，防止整体位移。球节点设置卡板进行定位和固定，防止滚动，卡板焊接方式采用双面角焊缝。

(二) 螺栓球网架拼装注意事项

网架拼装主要是杆件与螺栓球的连接，构件的摩擦面应保持干燥，高强度螺栓应顺畅穿入球孔内，分两次进行拧紧，每组高强螺栓应当天拧完，不得漏拧。对于大跨度的屋盖网架，每一跨安装时，不应一次性将螺栓全部拧紧，避免后续因安装误差积累导致支座偏离。

四、网架整体提升施工要点

(一) 提升吊点设置

本工程利用框架柱共设置8组提升平台（上吊点），在网架与提升平台对应位置安装提升临时管（下吊点），上下吊点间通过专用底锚和专用钢绞线连接^[2]。根据计算反力值配置2台YS-SJ-180型和6台YS-SJ-75型液压提升器。提升点的位置设置在柱顶上，经设计验算满足主结构的荷载要求，提升吊点平面布置如图3所示。

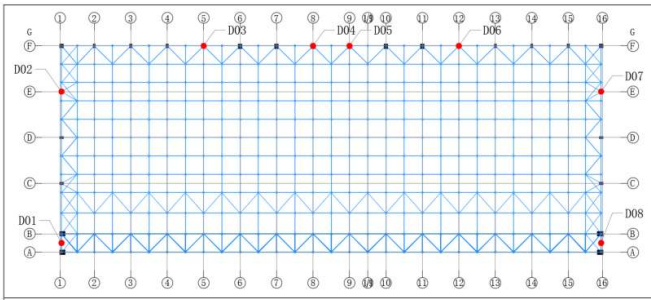


图3 提升吊点布置图

(二) 吊点设备配置安全验算

各吊点安装中应用的钢绞线安全系数均大于2.0，满足提升安全要求。《重型结构和设备整体提升技术规范》（GB 51162-2016）规定各吊点提升能力不应小于对应提升荷载标准值的1.25倍，总体提升能力不应小于总提升荷载标准值的1.25倍，且不大于2.5倍。提升能力储备系数最小值为1.25，总提升能力储备系数为2.20，满足规范要求。

(三) 提升同步控制策略

为确保提升过程中支撑结构及屋盖网架的安全稳定，采用“吊点油压均衡，结构姿态调整，位移同步控制，分级卸载就位”的同步提升和卸载落位控制策略。通过对集群提升器的提升速度和行程位置值进行跟踪对比和动态调整，使提升过程各吊点控制精度更高，实时性更好。

(四) 提升过程分级加载

根据仿真计算的各吊点反力值，集群提升器分级加载，当网架即将提升至脱离胎架时，密切观察各点离地

情况，如果出现各点不同步离地，应降低提升速度，必要时做“单台提升器的点动操作”提升，确保网架平稳脱离拼装胎架。

分级加载的过程中，每级加载完毕后均应停止提升并检查上吊点、下吊点和网架加载前后的结构变形及稳定性情况。

(五) 提升离地检查

网架行程提升至脱离胎架约150mm时，通过微调各吊点标高，使网架处于水平状态，利用提升器的机械和液压自锁装置，使网架在空中静置24小时，期间对吊点结构，承重体系和提升设备等进行全面检查，确认无异常情况，开始正式提升。

(六) 姿态检测调整

使用测量仪器对各吊点离地距离进行检测，计算出相对高差。通过就地控制器对存在高差的吊点进行控制调整，使网架调整到设计姿态。

(七) 整体同步提升

通过计算机系统同步控制各液压提升器的运行速度，保持网架空中姿态稳定直至提升到设计标高。

(八) 提升过程的微调

根据空中姿态调整和补杆安装需要，对各吊点的液压提升器进行同步或单点微动调整。

(九) 提升就位

网架提升至距离设计标高约200mm处，通过对各吊点进行微调使网架精确提升至设计安装标高，网架提升就位后，采用汽车吊跨外散件吊装方式进行嵌补安装网架与支座间联系杆件，使网架形成整体稳定受力体系，各吊点液压提升器分三次卸载（卸载顺序如图4所示），使钢结构自重转移至主结构上，拆除提升措施杆件，完成网架的整体提升安装。

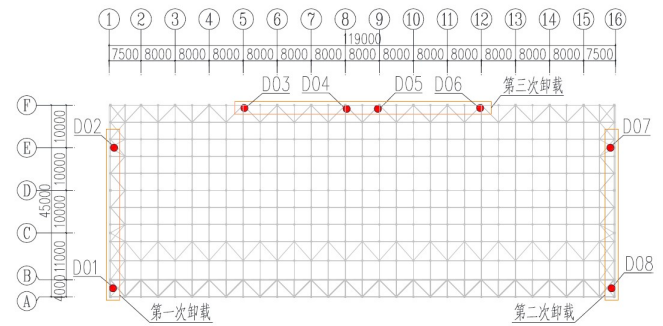


图4 卸载顺序示意图

(十) 提升时的测量监控

在提升施工过程中，利用全站仪和反射贴片对提升点及理论挠度变形较大处进行动态监控，通过直接观测和记录数值变化，及时掌握网架的变形情况。

五、提升仿真模拟分析

本工程采用MIDAS软件对网架同步提升和卸载等各种计算工况进行仿真模拟，根据计算分析，同步提升施工过程中，最大应力比为0.85，满足规范<1.0要求。结构跨中最大变形为189mm，其提升点间距约为117800mm，变形为跨度的1/623，满足规范<1/400的要求。网架提升应力及变形分布如图5、图6所示。

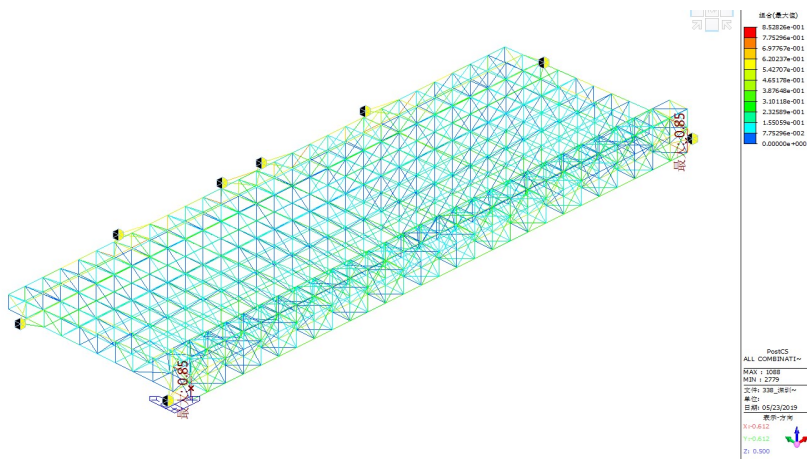


图 5 网架提升应力分布图

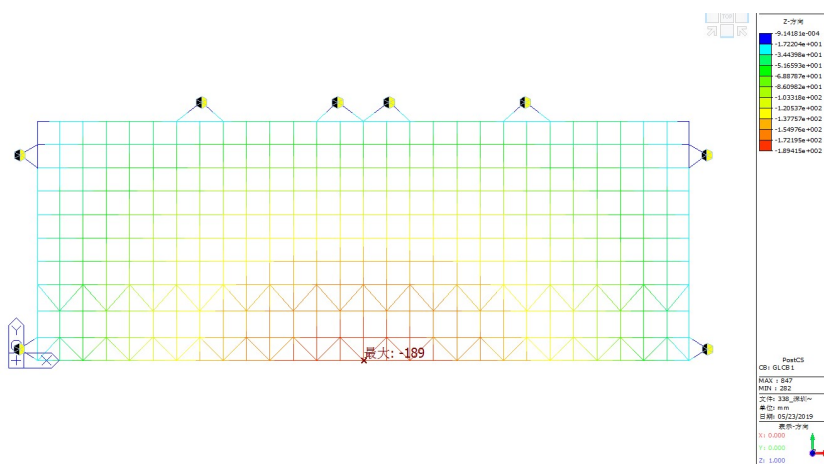


图 6 网架提升变形分布图

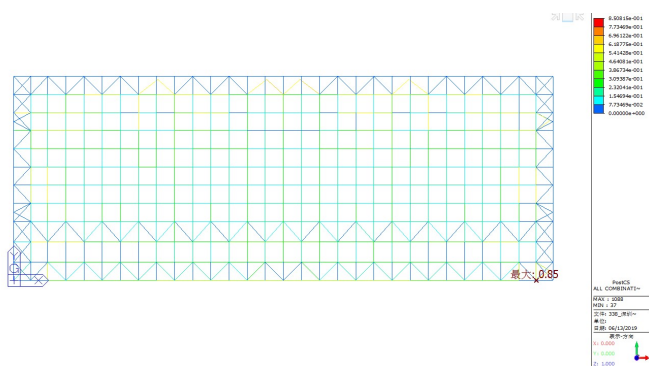


图 7 网架卸载应力分布图

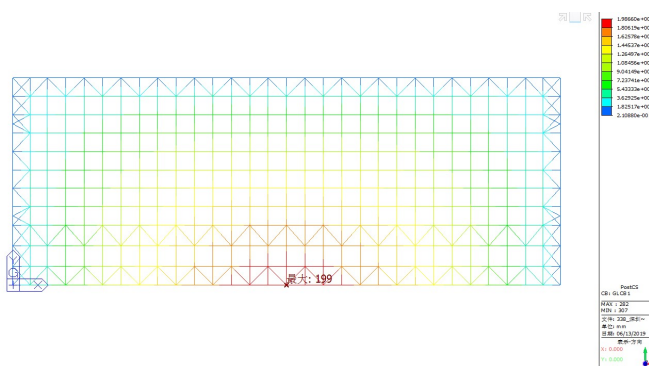


图 8 网架卸载变形分布图

结构卸载过程中，跨中最大竖向变形为199mm，其跨度约为119000mm，变形为跨度的1/598，满足规范要求。应力比最大为0.85，满足规范要求。网架卸载应力及变形分布如图7、图8所示。

总结

本工程施工场地狭小，综合考虑施工安全、质量和进度等因素，通过施工模拟分析最终确定采用“地面拼装后液压同步整体提升”的施工方案，顺利完成机库大

厅屋盖钢结构网架安装。

参考文献

- [1] 蔡俊. 大跨度钢网架结构整体提升施工关键技术应用研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2016.
- [2] 刘坤, 李天一, 朱印杰, 等. 液压同步提升技术在网架施工中的特点及应用[j]. 天津建设科技, 2013, 23(6): 13-14.