

大跨度钢结构连廊现场拼装整体液压同步提升施工中的关键技术研究

高守胜

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

【摘要】：随着现代建筑向大跨度、高空化方向发展，钢结构连廊因具备跨度覆盖能力强、结构自重轻等优势，成为连接多单体建筑、拓展使用空间的重要构件。但此类工程常面临跨度大、结构重量大、高空作业风险高、安装精度要求严格等施工难题，传统施工方法在安全性工作效率等方面相对较低。为解决上述问题文章结合工程实例提出一种大跨度钢结构连廊现场拼装整体液压同步提升施工技术，对施工中的相关工艺要点进行深度分析，为类似工程建设提供参考。

【关键词】：大跨度钢结构连廊；现场拼装；整体液压同步提升；施工关键技术

DOI:10.12417/2811-0528.25.21.040

1 工程概况

工程为三门峡市中级人民法院新建审判法庭及业务用房项目，位于上官南路和河堤北路交汇处，本项目规划占地面积15016.0 m²（约合22.52亩）主要建设审判法庭1栋，（地上8F，地下2F）规划总建筑面积38110.0 m²；地下建筑主要为地下车库及人防工程，建筑面积12000.0 m²。其中屋顶连廊（钢桁架结构）最大跨度57.10m，钢桁架结构总重量约470t（连廊主框架有172个钢构件组成，其中单个构件最重28吨），提升高度28.966m（+35.280m~+6.314m）。施工难度非常大，经技术攻关形成了大跨度钢结构连廊现场拼装整体液压同步提升施工工法，该施工方法能够在保证结构质量和施工安全同时取得良好经济社会效益。

2 大跨度钢结构连廊现场拼装整体液压同步提升施工技术的原理与技术优势

2.1 施工技术原理

鉴于对现场施工条件及结构布置的分析，从钢连廊拼装的安全性，拼装效率以及拼装临时措施的用量等多方面考虑，本工程屋面钢连廊安装利用“超大型液压同步提升技术”，可有效地提高钢连廊拼装的安全性和拼装效率，减少拼装临时措施用量。钢连廊整体提升的具体思路如下：

首先在提升单元阴影的正下方标高+5.58m的二层楼面搭设拼装胎架并完成提升单元的拼装。同时，利用已安装好混凝土框架结构设置4组提升平台（上吊点），每组提升平台配置1台XY-TS-135型液压提升器或1台XY-TS-315型液压提升器，共计4台（A轴两提升吊点布置两台XY-TS-315型液压提升器；B轴北侧2.770m处两提升吊点布置两台XY-TS-135型液压提升器）；在钢连廊提升单元时上弦与上吊点对应的位置

安装下吊点临时吊具及加固杆件等，上、下吊点间通过专用底锚和专用钢绞线连接，利用液压同步提升系统将提升单元整体提升至设计安装标高，完成屋面钢连廊的安装作业。

2.2 施工技术优势

整体吊装施工技术与其他吊装方法（高空散装法、整体滑移吊装、空中拼接法等）相比较，具有施工简洁、方便、安全、工期短、工程质量容易保证，降低施工费用节约了施工工期等优点。第一，与网架结构相比，桁架结构省去下弦纵向杆件和网架的球节点，可满足各种不同建筑形式的要求，尤其是构筑圆拱、任意曲线形状或大跨度方面比网架结构更有优势。其各向稳定性相同，节省材料用量。桁架结构是在网架结构的基础上发展起来的，与网架结构相比具有其独特的优越性和实用性，结构用钢量也较经济^[1]。第二，本工程充分利用两侧的“门型”结构主体，采用液压提升器代替大型吊车，将4组液压提升器提升平台（上吊点）安装在混凝土框架结构（框架结构提前进行方案论证）上方即可；无需租赁大型吊装设备，无需额外搭设平台，大大节约了施工成本、缩短了工期。第三，由于本工程跨度非常大（最大跨度57.10m），钢结构连廊投影下方场地存在高差，不具备整体拼装条件，为保证大跨度钢结构连廊安装精度，减少高空作业的安全隐患，本工法在提升单元投影的正下方标高+6.314m的二层楼面上方搭设拼装胎架并完成提升单元的拼装。第四，钢桁架结构的部分钢结构进行工厂化加工，有利于减少原材料的浪费和减少对临时施工场地的占用，具有良好的环保、节能效益，并可以加快工程进度。

3 大跨度钢结构连廊现场拼装整体液压同步提升施工关键技术分析

大跨度钢结构连廊现场拼装整体液压同步提升施工的核心流程为“搭设拼装胎架→制作拼装平台→拼装钢结构→液压

提升钢结构”，每个环节均有严格的工艺标准与操作要点，直接影响工程质量与施工安全。

3.1 满堂支撑架搭设工艺要点

在大跨度钢结构连廊现场拼装整体液压同步提升施工中，满堂支撑架搭设至关重要。施工方先在提升单元投影正下方标高+5.58m的二层楼面弹线定位，按设计间距摆放扫地杆，随后安装立杆。立杆采用对接接长，接头交错布置，相邻立杆接头不在同步内，距主节点不超1/3步距，且顶部超出最上一根水平杆不超300mm，可调顶托自由端不超200mm，插入立杆内长度不小于150mm。立杆距梁侧边不大于300mm，梁底按方案加设立杆及支撑托。纵横水平杆按步距1200mm设置，扫地杆固定在距离底座上皮20cm的立柱上，上部构造纵横杆贯通布置，顶部立杆全部到顶。连墙件采用预埋连接与抱柱连接两种方式，按两步两跨布置，靠近主节点，与架体和结构立面垂直。剪刀撑包括竖向与水平两种，竖向剪刀撑在架体外围周边及内部纵横向每4跨设置，水平剪刀撑在底部扫地杆层、竖向剪刀撑顶部交点平面层设置，竖向间距不超6m，宽度3~5m，夹角均控制在 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ [2]。扣件规格与钢管外径一致，螺栓拧紧力矩在 $40\text{N}\cdot\text{m} \sim 65\text{N}\cdot\text{m}$ 之间。作业层脚手板铺满、铺稳、铺实，按对接或搭接方式铺设，符合相应外伸长度要求。

3.2 钢连廊制作平台加工工艺要点

钢连廊制作平台加工同样不容忽视。材料进场时，厂商提供原厂材质检验证明，施工单位仔细核对框架柱、梁等规格、尺寸、厚度，检查零配件质量，确保无缺陷。材料堆放在指定区域，地面铺设枕木，枕木高20cm以上，间距不大于700mm，防止受潮变形。构件吊装前，对基础轴线、标高、预埋板等全面检查，基础砼强度达标，准备好吊具、吊索等工具及不同规格铁垫片、钢楔。选用25T汽车式起重机承担装卸与安装作业。框架柱、梁单根吊装，四点绑扎，起吊先离地50cm检查，对准安装位置后缓慢升钩，落钩时缓慢操作，初拧螺栓临时固定，检查垂直度后终拧。钢梁安装允许偏差严格控制，如梁两端顶面高差 $\leq L/100$ 且 $\leq 10\text{mm}$ 等。高强度螺栓连接时，拼装前清除构件杂物，摩擦面保持干燥整洁，螺栓自由穿入孔内，按中央向边缘顺序施拧，当天完成终拧，大型节点分初拧、复拧、终拧，施拧与检查用扭矩扳手班前班后校正，终拧后逐个检查，扭矩抽查偏差在规定范围内。加劲肋安装前整平支撑面，复查平整度，安装后高差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 内。平台钢板按顺序铺设，与加劲肋、主次梁及钢板间焊接连接。平台四周设置1.2m高围栏，采用 $40 \times 60 \times 1.5\text{mm}$ 镀锌方管制作。

3.3 钢结构连廊制作工艺要点

钢结构连廊制作工艺复杂且关键。放样前，施工人员熟悉

施工图及技术要求，核对尺寸方向，有疑问及时与技术部门沟通。采用薄钢板和小扁钢制作样板，用校验合格钢尺配合工具放样，样板标注构件信息。放样和号料预留收缩量及加工余量，号料确认原材料质量，按原则套裁节约材料，对有缺陷钢材严禁使用，弯曲钢材先矫正。切割时，剪切根据板厚调节刀刃间隙，切割前检查设备工具，选择合适参数，清除钢材表面杂物，按顺序切割，切割允许偏差符合规定。零件矫正遵循温度要求，热加工和冷加工均有相应温度限制，矫正后钢材无明显缺陷，划痕深度符合标准。焊接采用埋弧自动焊与手工焊，焊前清理坡口及周边，预热温度依板厚确定，焊条焊剂烘干，采用合理焊接顺序，避免在重要部位起弧收弧，多层焊连续施焊，焊后清理检查，重要构件焊缝打钢印。手工焊根据焊条直径和焊接位置调整电流，多层焊第一层及非平焊用小直径焊条。焊接后构件变形采用机械矫正与火焰矫正，机械矫正需在矫正机范围内操作，火焰矫正根据变形确定加热位置与顺序，控制加热温度。除锈采用大型抛丸机结合砂轮机人工除锈，除锈等级达Sa2.5级。涂装选用环氧无机富锌底漆与环氧云铁中间漆，大型构件喷涂，小构件涂刷，调合底漆搅拌均匀，涂刷遵循规范，控制漆膜厚度，工地焊接部位及埋入基础部分禁止喷涂，用测厚仪测定漆膜厚度，按比例抽查。

3.4 连廊整体液压同步提升工艺要点

3.4.1 连廊分段与吊点设置

该工程钢结构连廊采用整体提升工艺，支座位置部分结构需预装到位，上下弦杆提升前预制分段，提升到位后高空安装斜腹杆后装段及其他杆件。根据提升单元区域，HJ1、HJ2桁架分别设置预装段与后装段，分段线位置按结构受力特性确定。提升吊点设置依据结构布置与工况计算，共设4个吊点（D01~D04），设备配置符合表5要求。D01吊点反力标准值874.2kN，采用1台XY-TS-135型提升器，9根钢绞线，安全系数3.71；D02吊点反力929.9kN，1台XY-TS-135型提升器，9根钢绞线，安全系数3.48；D03吊点反力1707.6kN，1台XY-TS-315型提升器，16根钢绞线，安全系数3.37；D04吊点反力1597.4kN，1台XY-TS-315型提升器，15根钢绞线，安全系数3.38。钢绞线选用 $\phi 17.8\text{mm}$ 预应力钢绞线，单根破断力360kN，安全系数均大于2.0，最长长度40m，单台提升器+钢绞线最大重量2.3t。

3.4.2 设备调试和提升前的准备

在提升前需要做好设备调试和相关准备工作，钢绞线采用“由下至上”穿法，从液压提升器底部穿入、顶部穿出，每束钢绞线底部尽量持平，上端用夹头和锚片固定，下端穿入下吊点底锚并锁定，顶部预留钢绞线沿导向架疏导。液压提升器安装后用临时固定板固定，每台需4块固定板，A、B面平整卡

住提升器底座，C面与提升平台梁采用双面角焊缝连接（高度 $\geq 10\text{mm}$ ），不得接触提升器底座。专用底锚与液压提升器垂直对应、同心安装，液压管路连接时先接低位置油管，泵源系统与提升器油管一一对应，按方案并联或串联连接；控制与动力线连接包括传感器、控制信号线、计算机系统与配电箱线路，确保连接准确。

设备调试前检查提升临时措施结构状态、电气与油管节点、临时固定措施拆除情况，清除障碍物；调试时先检查阀与油管接头松动情况，放松溢流阀调压弹簧，确认电源线、通讯电缆、油管连接正确；系统送电后检查液压泵主轴转动方向，手动操作按钮测试电磁阀与截止阀动作，检查行程传感器信号；启动泵源系统，调节压力伸缩主油缸，确认A、B腔油管连接与截止阀功能正常。

3.4.3 分级加载试提升与正式提升

试提升以计算机仿真的吊点反力为依据，确定提升器伸缸与缩缸压力，目的是验证提升单元、临时措施与设备系统的安全性。加载按所需压力的20%、40%、60%、70%、80%、90%、95%、100%逐步上调，每步加载后暂停，检查上吊点、下吊点结构与提升单元的变形情况及主体结构稳定性，一切正常再继续。提升单元即将离开胎架时，降低提升速度，观察各点离地

情况，必要时“单点动”提升，确保平稳离地。

整式提升采用“吊点油压均衡，结构姿态调整，位移同步控制，分级卸载就位”策略^[3]。每台提升器处设行程传感器，构成“传感器—计算机—泵源控制阀—提升器控制阀—液压提升器—提升单元”闭环系统，控制同步性。提升单元离开胎架100mm后，锁定设备并空中停留2~24小时，全面检查吊点结构、承重体系与设备，书面报告现场总指挥部；检查合格后，用测量仪器检测各吊点离地距离，计算相对高差，调整吊点高度使提升单元达到设计姿态；以调整后高度为新起点，复位传感器，保持姿态提升至设计标高附近；提升至距设计标高1600mm时暂停，微调使结构精确就位，安装后装杆件形成稳定体系，同步减压使钢绞线松弛，拆除提升设备与临时措施，完成安装。

4 结语

大跨度钢结构连廊现场拼装整体液压同步提升施工能够有效解决大跨度钢结构安装中的场地高差限制、大跨度结构安装精度控制、高空作业安全保障等问题，在具体施工中需要加强满堂支撑架搭设、钢连廊制作平台加工、钢结构制作流程以及连廊整体液压同步提升等各环节的施工技术控制，以确保整个施工过程的安全稳定。

参考文献：

- [1] 袁艺宸,孙威,方程.大跨度钢结构连廊整体提升施工技术研究[J].土木工程与管理学报,2025,42(03):48-53.
- [2] 赖仲栋,张选坤,张江雄.大跨度连廊一体化提升与多专业同步施工技术研究[J].工程技术研究,2022,7(03):13-16.
- [3] 梅昊.高空大跨度钢结构连廊吊装施工技术应用探讨[J].河南科技,2021,40(20):72-74.