# 超高层建筑大型钢连廊整体提升施工安全技术研究

## 杨赛

(中铁建大湾区建设有限公司 广东 广州 511466)

摘要:基于大型钢结构跨度较大、安装高度较高、高空组装焊接难度和风险较大的特点,我国建筑施工中越来越多地采用地面整体拼装、液压设备整体提升的方式对大型钢结构进行安装。本文以清华珠三角研究院大湾区创新基地项目多层钢连廊工程为例,结合施工器械以及施工细节,分析影响大型钢连廊整体提升施工安全的主要因素,并针对性地提出安全控制方法和措施,降低事故发生概率。

关键词:大跨度钢结构;整体提升;安全措施;风险管控

# 0 引言

近年来,伴随着我国基础建设的飞速发展,城市建筑的样式越来越多样化。为打造独特的建筑外形,常设计大型、超大型的整体钢结构,并采用整体同步提升技术进行安装施工。大型构件常有跨度大、重量重、拼装精度高、焊接安装难度大等特点,整体同步提升安装施工过程中必须细致谨慎,一但发生安全事故,将危及人身安全并带来巨大的经济损失。因此,对大型钢连廊整体提升施工安全技术的研究至关重要。

## 1 工程概况与重难点分析

## 1.1 项目概况

清华珠三角研究院大湾区创新基地项目为超高层办公楼项目,主塔楼高 141.3m,副楼高 57.3m,主副楼之间 10~12F由三层钢结构连廊相连,见图 1。三层连廊跨度 41.5m,宽度 42m,提升高度 55m,总重约 2600t。

#### 1.2 三层钢结构连廊施工重难点

- (1) 钢梁截面大, 跨度大, 重量重, 挠度控制和拼装难度相对较大。
- (2) 安装高度高。最大安装高度为 55m, 对作业人员及防护措施有更高的要求。
- (3) 场地空间受限。钢连廊需在安装位置的正下方 地下室顶板上完成整体拼装,考虑到地下室结构因素, 不能使用大型吊车,需将钢结构桁架分段制作、运输 至现场再进行拼装。
- (4) 结构形式复杂、焊接质量要求高、构件尺寸和 安装定位精度较难控制。

## 2 工艺流程及安全风险点分析

# 2.1 工艺流程

结合本工程特点, 先在主/副楼之间完成钢连廊的

整体拼装,再运用液压同步提升施工技术将钢连廊提升到安装位置,完成对口焊接安装,具体施工工艺流程详见图 2。

## 2.2 施工过程中存在的安全风险点

#### 2.2.1 管理风险

(1) 焊接作业人员安全防范不足导致高空坠落。

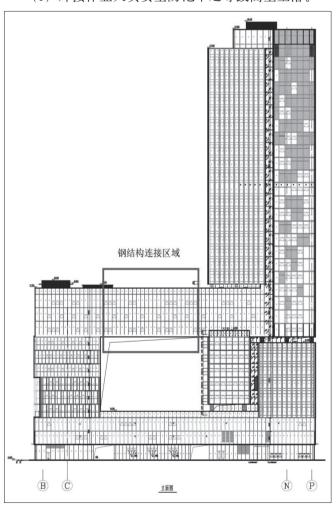
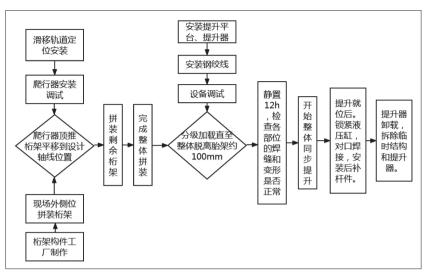


图 1 钢连廊区域位置示意图



#### 图 2 施工流程图

- (2) 指挥协调不到位、违规交叉作业、作业人员操作失误等危险情况。
- (3) 登高焊接前未进行动火审批,或未按审批要求作业,在焊接施工中,造成火灾、触电、灼伤、中毒等安全事故。

## 2.2.2 技术风险

- (1)提升荷载不均匀或超过设计许可范围导致杆件 变形过大甚至屈服破坏。
- (2)提升平台结构承受的提升荷载超出设计荷载导致提升平台失稳、变形。
- (3) 焊接步骤安排不合理导致钢结构局部受热变形 损坏。

#### 2.2.3 设备风险

- (1) 液压系统出现故障;
- (1) 液压油管爆裂;
- (3) 传感器故障;
- (4) 控制系统故障:
- (5) 钢绞线断裂。

## 2.2.4 环境风险

- (1) 突发大风、浓雾、雷电和雨雪等恶劣天气;
- (2) 突然停电。

# 3 整体提升施工安全保障措施

# 3.1 组织措施

- (1)建立健全安全组织机构,落实各级安全生产责任制。将安全责任与经济利益挂钩,落实安全奖惩兑现。
- (2)整体提升施工过程中坚持执行统一指挥原则, 挑选经验丰富的人员担任指挥和班组长。特种作业人员 必须经过专业培训考核,并持证上岗。落实交接班制度, 操作人员按时进入工作岗位,不得擅自离岗。高空焊 接人员需进行体检,合格者才允许登高作业。

- (3) 严格执行动火审批制度,项目部编制动火安全技术措施方案报公司安全主管部门审批后方可动火。
- (4) 配备专职安全员,负责施工过程 中安全教育和安全检查,随时监督安全生 产情况。
- (5) 在吊装现场设置吊装禁区,树立 安全警示标牌,避免违规交叉作业。安排 专人现场巡逻,禁止无关人员进入现场, 保护吊装设施安全。
- (6)制订详实的设备验收流程,明确设备验收各项指标,严格执行设备验收制度。在源头上减少设备发生故障的概率。
- (7) 做好应急预案,预测各种险情并 制订详细的解决方案,现场做好应急物资

供应保障。

## 3.2 安全技术措施

## 3.2.1 结构受力分析验算

(1) 运用有限元分析软件 SAP2000 对钢连廊提升单元进行建模分析,计算出不同的施工阶段钢连廊的受力性能和变形状态,验算整体提升施工的可行性、安全性,见图 3。

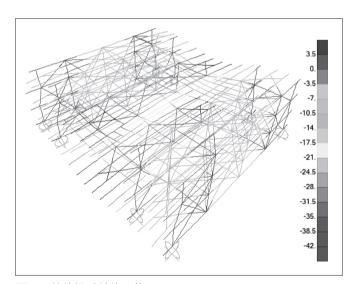


图 3 整体提升结构下挠 /mm

- (2)通过有限元分析计算出的各吊点最大反力值,在液压同步提升系统中设置提升器溢流卸载上限值,防止出现各吊点提升反力分布严重不均的情况,避免钢连廊因局部受力过大造成永久变形损坏。
- (3) 运用有限元分析软件 SAP2000 分析钢连廊在不同荷载组合下各区段的应力比,看钢连廊中各杆件的强度和稳定性是否符合相关要求。

## 3.2.2 提升设备安装

(1) 为保证各个位置的上/下吊点的垂直偏斜小于

- 1.5°, 安装提升器和地锚时, 必须精准定位。每个提升器就位后用 4 块 L 形压板固定, 每个地锚就位后用 3 块 L 形压板固定, 防止提升过程中滑动。
- (2) 钢绞线安装前须仔细检查,有折弯、疤痕和严重锈蚀的钢绞线严禁使用到提升施工中。如钢绞线参差不齐,可适当对其逐一张紧,使每根钢绞线有1t左右的预张力。钢绞线应在安全锚上方露出适当长度,防止滑脱。每穿好2根钢绞线后,便用夹头将其两两夹紧,以免钢绞线从空中滑落。
- (3) 安装导向架,以便于提升过程中疏导钢绞线, 防止钢绞线缠绕。将钢绞线导出部分扎成捆,不致分散。 3.2.3 同步提升过程中的注意事项
- (1) 同步提升以稳定、安全为宗旨,控制提升速度,保障提升安全。根据有限元分析软件计算出的各提升吊点反力值,依次按20%、40%、60%、80%对各吊点进行分级加载,确认各部分无异常后,可继续缓慢增加载荷,直至钢连廊被整体吊起。过程中要严格遵守每一级加载与下一级加载间的暂停检查程序,只有在各吊点结构、桁架结构等的变形情况和主楼结构的稳定性等情况正常时,才能继续下一步分级加载。
- (2) 结构离地检查。分级加载完后,提升钢连廊至离拼装胎架约 10cm 处,停止提升并锁紧钢绞线。在空中静置 12h 以上后,对吊点结构、承重体系和提升设备等作全面检查。各项检查结果正常后,再进行后续施工。
- (3) 姿态检测调整。用测量仪器检测各个吊点的高程,计算出相对高差。再通过液压提升设备对各个吊点的高度进行调整,使整个钢连廊始终保持水平状态,保障提升过程中受力均匀。

## 3.2.4 桁架卸载

钢连廊焊接安装完成后,进行卸载工作。以计算的提升载荷为基准,所有吊点同时下降卸载 10%。为避免在此过程中出现载荷转移,导致个别吊点超载,需调整泵站频率,放慢下降速度,密切监控计算机控制系统中的压力和位移值。若某些吊点载荷超过卸载前载荷的10%,或者吊点位移不同步达到 10mm,则立即停止其他吊点卸载,而单独卸载这些异常吊点。重复以上操作,直至钢绞线彻底松弛。

#### 3.3 安全管理制度及教育培训

- (1) 运用 BIM 三维交底技术对施工人员进行安全 技术交底。通过 BIM 技术模拟整体提升施工过程(图 4), 将作业中的危险点、施工人员的安全注意事项、紧急 情况应急措施等交代清楚,确保施工人员对交底事项 了然于心。
- (2) 落实好施工人员进场三级安全教育和班前安全教育工作。通过有针对性地安全技能、安全知识教



图 4 钢连廊安装三维图

育培训,提升钢结构施工人员的安全意识和防范能力。施工现场设置 VR 安全体验馆,通过三维动态模拟让施工人员切身感受施工过程中可能发生的各种危险场景,达到对作业人员施工安全教育和培训演练的目的。

## 4 过程管控要点

## 4.1 动态监控

- (1) 中央控制室需 24h 有操作人员值班, 时刻监控 液压同步提升过程及相关数据, 发现异常需立即上报, 制定处理方案, 使整个提升过程处于安全可控的状态。
- (2) 在钢连廊提升过程中,配合使用水准仪、经纬仪持续观测每个吊点的位移、标高和受力情况,并做好相关记录。每次观测完后要将实测数据与计算机监控数据进行对比,发现实测的位移值超过控制值,则需进行调整或停止提升,查清原因并排除故障后方可恢复作业。钢结构导热系数大,容易受太阳辐射产生弯曲变形,考虑到广东地区日照较长,应在早晚进行监控测量,减少误差。
- (3) 使用精度高、方向性好、抗干扰能力强的激光 测距传感器,确保被提构件的位移状态能及时准确地 反馈到计算机参与控制。
- (4) 做好日常巡检工作,重点查看提升平台、钢结构连廊是否出现较大变形、开焊、裂纹等情况;查看钢(下转第112页)

节应系功化域配保证机料的维械学领匹可节标

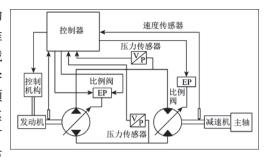


图 3 电液比例功率匹配控制状况图

的实现。

钻机运行时,机械功率匹配工作开展需要进行领域补偿或者功率匹配,若是缺少机械整体功率,仅需要进行变量泵排量的调节即可进行复杂和泵的合理化匹配。变量泵排量控制时,可确保泵功率和发动机功率匹配性的增强,但在这一情况下,会形成干扰,从而影响节能效用。因此,必须与实际功率负荷匹配才可保障钻机应用效率的提升。

## 5 结语

地层呈现多样化特征,钻机在取样过程中,主轴负载 值也将不断提升,将负载、液压系统与发动机等功能联合 应用,开展联合控制,可最大化发挥发动机的应用优势, 促进有效燃油效率的增长,实现节能减排的效果。对发动机及传动系统进行匹配度的调整为钻机钻进作业经济性能优化的关键,其应用的本质目的是对发动机最佳负荷率进行维系。本文采取液压节能技术进行钻机开发,满足可持续发展战略要求,有效地减少缩减能量损耗,促进了能量利用率的增长。

# 参考文献:

- [1] 张斌. 工程机械液压系统节能技术及发展策略分析 [J]. 内燃机与配件,2021(14):2.
- [2] 郭斌,李金成,陈虹,王越,吴梓乔,曾小华.基于改进全局优化算法的轮毂液压动力系统能量管理策略[J].中国公路学报,2020,33(8):8.
- [3] 王欣,何新红,王智平,等.双碳战略目标下的景观规划设计策略和思考——以唐山市为例[J].新农业,2022(1):3.
- [4]于银,褚学琳.传统建筑技术在现代建筑节能设计中的应用策略[J].住宅产业,2021(11):3.
- [5] 汪叶婷. 节能环保化在建筑装饰装修工程施工中的应用策略[J]. 工程建设,2021,4(10):3.

#### (上接第 109 页)

绞线有无损伤情况,查看液压系统的工作状态和油管的连接状态,查看传感器是否失效。及时发现故障及隐患并排除,保障施工安全。

(5) 配合使用"BIM+智慧工地"进行安全监测及预警。通过视频探头及传感器等设备对施工现场进行实时监控,动态管控施工现场安全风险及其变化情况,全过程跟踪并控制项目风险。

#### 4.2 提升过程中的稳定性控制

- (1) 整体同步提升过程中,通过对系统压力和流量 的调节,减小启动和制动的加速度,达到可以忽略不 计的效果,保障提升过程中钢连廊的稳定性。
- (2) 钢连廊整体提升到设计标高后,在焊接施工中, 严禁出现大范围、大电流的焊接,防止出现局部受热 变软产生下挠无法控制的情况。
- (3) 本钢连廊安装高度很高,存在较大危险性。钢连廊暂停提升时,应将各锚具由液压锁紧状态转换为机械自锁状态。如遇到台风等恶劣天气影响时,应立即停止作业,在台风来临之前,锁紧钢绞线并将钢连廊用缆风绳拉牢固定,将风载荷转移到缆风点,以确保钢连廊提升过程的安全。
- (4) 如遇停电情况,提升器会自动机械锁紧上、下锚片,此时需立即派电工检查,做好防护措施。若停

短时间无法恢复供电,则用缆风绳固定钢连廊。

## 5 结语

本文通过对超高层建筑大型钢连廊整体提升施工 安全技术的研究,详细提出了施工过程中的安全保障 措施和管控要点,对类似工程的安全施工有很好的指 导意义。未来应不断探索大型钢结构整体提升施工 安全控制的新思路、新方法,为大型钢结构安装保驾 护航。

# 参考文献:

- [1] 乌建中, 卞永明, 李伟哲. 超大型构件的液压同步整体提升技术——液压提升技术系列文章之二 [J]. 建筑机械, 1995(11): 32-35.
- [2] 李斌,王皖,顾超,等.超长超重钢连廊液压同步整体提升施工安全性分析[J].安徽建筑,2020(11):66-68.
- [3] 马敏慧. 大跨度钢结构网架的施工安全和质量控制 [J]. 中国建筑金属结构,2013(12):35-36.
- [4] 沈顺飚,张鸿文,罗新明. 国贸金融中心 41m 跨钢连廊整体提升施工技术——裙楼屋面拼装钢连廊后整体提升[J]. 福建建筑,2018(08):83-87.