

Research and application of double truck (Lausinger) combined lifting vertical high pressure heater technology

Xingwen Wang

China Energy Construction Group Guangdong Thermal Power Engineering Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510735, China

Abstract

Through comprehensive research and engineering implementation, this study successfully applied the dual-lift (Lausinger) combined hoisting technology, effectively addressing safety challenges and operational efficiency issues in the reorientation and lifting of large vertical high-pressure heaters within confined factory spaces. The paper systematically elaborates on the mechanical principles, synchronous control system design, specialized lifting equipment configuration, and comprehensive implementation framework of this technology. Engineering application results demonstrate that this approach not only ensures enhanced safety and cost-effectiveness but also exhibits significant technological advancement and practical applicability. It provides crucial theoretical support and actionable practical references for similar large-scale equipment hoisting operations in space-constrained environments.

Keywords

double car; Lausinger; combined lifting; vertical high pressure heater; synchronous control

双行车 (劳辛格) 组合吊装立式高压加热器技术研究与应用

王幸文

中国能源建设集团广东火电工程有限公司, 中国 · 广东 广州 510735

摘要

本文通过深入研究与工程实践, 成功应用了双行车 (劳辛格) 组合吊装技术, 有效解决了大型立式高压加热器在狭窄厂房空间内的安全翻身与高效吊装难题。论文系统阐述了该技术的力学机理、同步控制系统设计、专用吊具结构以及整体实施方案。工程应用结果表明, 该技术不仅具备良好的安全性与经济性, 也展现出显著的技术先进性与工程适用性, 为同类大型设备在受限空间内的吊装作业提供了重要的理论支撑与可操作的实践参考。

关键词

双行车; 劳辛格; 组合吊装; 立式高压加热器; 同步控制

1 引言

在现代化火力发电厂中, 高压加热器是利用汽轮机抽汽加热锅炉给水的重要辅机, 其作用是提高整个电厂的热效率。目前, 1000MW 二次再热机组的立式高加, 例如大埔二期项目 1 号立式高加重量达 290 吨, 长度 13.5 米, 安装位置在主厂房 13-14 轴 AB 间。面对如此庞然大物, 传统的吊装方案面临严峻挑战:

行车起重能力限制: 电厂桥式行车额定起重量为 150/35t, 单台行车无法独立吊装超重的高加。

外部大型机械限制: 若租用大吨位履带起重机, 不仅费用极其昂贵 (台班费高), 还需对厂房结构 (如墙体、屋架) 进行局部拆除, 作业场地要求广阔, 准备工作复杂, 且受天

气影响大, 严重制约工期。

安全风险高: 设备价值高, 吊装过程任何闪失都可能导致设备损坏、厂房结构受损甚至人员伤亡, 安全风险不容小觑。

在此背景下, 最优解决方案如下: 首先, 将两台行车按 9m 中心距并车, 并将其小车停靠于 A 排侧。随后, 使用一台 50t 汽车吊, 在行车大梁上安装 4 根 6m 与 4 根 7.2m 的承载梁。最后, 将 2 台液压提升装置悬挂于 7.2m 承载梁上, 并通过钢索、锚头及钢丝绳与一根 10m 扁担梁连接, 从而组成一个起重能力倍增的大型吊装系统。这套系统在国际上通称为“劳辛格”吊装法。其技术核心在于利用刚性平衡梁或专用吊具, 将两台行车的吊钩连接为一个整体, 从而实现载荷的均匀分配与起升过程的高精度同步。本文旨在对此项技术进行系统性研究, 并将其应用于具体工程实践。^[1]

【作者简介】王幸文 (1982-), 男, 中国广东丰顺人, 本科, 高级工程师, 注册一级建造师, 从事热能动力研究。

2 双行车组合吊装技术原理与系统构成

2.1 技术基本原理

双行车组合吊装技术的物理基础是力学中的力矩平衡与载荷分配原理。其核心思想是：通过一个刚性平衡梁系统，将两台行车（设为行车A和行车B）的吊钩连接起来，使两个吊点之间的刚性得以保证。待吊装的立式高加通过其自带的吊耳或专用索具悬挂于平衡梁之下。

载荷分配：理想状态下，平衡梁将设备的全部重量G平均分配给两台行车，即每台行车承受G/2的载荷。只要确保两台行车的实际起重量均在各自额定负载范围内，即可安全作业。

力矩平衡：在吊装过程中，尤其是在设备由卧态转为立态的“抬头”过程中，设备重心位置不断变化，对两个吊点的载荷分配会产生动态影响。通过精确计算重心位置和设计吊点，并利用平衡梁的自平衡特性，可以确保在整个翻转过程中，两台行车所受的载荷始终处于可控和安全范围内，避免出现单台行车超载或另一台行车不受力导致设备突然倾覆的风险。

2.2 系统关键构成

一个完整的双行车（劳辛格）组合吊装系统主要由以下几部分组成：

起重设备：两台额定起重量满足组合后分配载荷要求的电厂桥式行车。要求行车机械、电气系统状况良好，制动可靠。

动力与同步控制系统：这是技术的“神经中枢”。系统通过一台主控柜，同时向两台行车的起升机构发出指令。采用高精度编码器实时监测两台行车吊钩的高度位置，通过PLC（可编程逻辑控制器）进行运算比较，一旦发现高度差超出设定阈值（通常为几毫米），立即对滞后行车的电机进行速度微调，或对超前行车进行制动补偿，确保双机同步升降。这是防止设备受扭、吊索具受力不均的核心保障。

专用吊具（平衡梁系统）：为箱型或桁架结构的刚性梁，具有极高的抗弯刚度。其上端通过一套可调节的拉板与两台行车的吊钩连接，下端通过钢丝绳、卸扣等与高加的吊耳相连。平衡梁的设计需经过严格的有限元分析，确保在最大载荷下其强度和刚度满足要求，且不发生塑性变形。

吊索具与连接件：包括高强度的钢丝绳、卸扣、吊装带等。所有索具均需根据最大受力情况进行选型，并具有完备的检验合格证明。安全系数必须符合国家起重规范要求。

安全监控与通讯系统：在整个吊装区域设置多个监控摄像头，总指挥可在控制室全面掌握各环节情况。所有参与人员配备对讲机，确保指令传递清晰、准确、无误。

3 立式高加组合吊装实施方案与关键技术

以大埔二期电厂1000MW机组，重量为290吨的立式高加吊装为例，详细阐述实施方案。

3.1 前期准备与受力计算

设备参数复核：精确测量高加的总重量、外形尺寸、重心位置以及吊耳的位置、尺寸和材质。

吊装方案设计：

吊装路径规划：模拟高加从进场、平移、提升到就位的全过程，识别潜在障碍物（如管道、桥架、结构柱），并制定规避或临时拆除措施。

受力计算与校核：

计算在平稳吊装、动态启动、紧急制动等各种工况下，平衡梁、吊索、卸扣及高加吊耳的受力情况。^[2]

校核两台行车在载荷分配最不利情况下（如考虑1.1倍的动载系数）的起重能力。

对平衡梁进行有限元分析，验证其在最大弯矩和剪力作用下的应力与变形是否在许用范围内。

行车性能检验与改造：对参与吊装的两台行车进行全面检查和维护保养。必要时，对行车的控制系统进行临时改造，以接入同步控制主柜。

3.2 吊装流程

场地布置与设备进场：清理吊装作业区域，设置安全警戒线。将高加水平运输至汽机房吊物孔下方指定位置。

系统连接：将专用平衡梁运至现场，使用两台行车分别吊挂平衡梁的两端，进行空载同步测试，检验控制系统响应性。将平衡梁下方的吊索与高加上部的吊耳可靠连接。全面检查所有连接点，确认无误。

试吊与抬头：总指挥发出指令，启动同步控制系统，两台行车以低速缓慢同步起升，使钢丝绳逐步绷紧。当设备即将离地（约离地100-200mm）时，暂停起升，进行为期10-15分钟的“试吊”。检查内容包括：行车制动是否可靠、结构有无异常响声、平衡梁是否水平、同步系统数据是否正常、载荷分配是否均衡。试吊无误后，继续同步垂直提升设备，使其底部超过就位基础的标高。

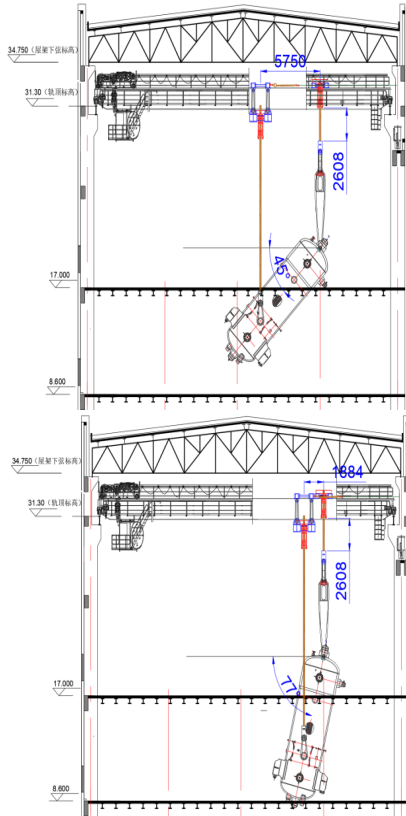
平移与翻身就位：

在统一指挥下，两台行车的大车机构同步运行，将高加水平运输至基础正上方。此过程需缓慢平稳，避免大幅摆动。

精准定位后，当高压加热器中心线与就位中心线重合时大车停止行走。4台液压提升装置同时向B排行驶约2.6m，准备开始高压加热器竖立。高压加热器平移到位，上部吊耳液压提升装置不动，下部吊耳液压提升装置缓慢松钩并向另一组液压提升装置端行驶，2组液压提升装置距离100mm时停止行驶，此时高压加热器竖立77°。10.5m梁上2台350t液压提升装置继续同时下降250mm，高压加热器完全竖立，解除钢丝绳与高压加热器下部吊耳的连接。如下图所示。

#2 高压加热器竖立：#2 高压加热器最后竖立就位，竖立场地受到已经就位完成的#1、#3 高压加热器影响，#2 高

压加热器翻转空间狭小，竖立时需全方位加强监控，防止与#1、#3高压加热器碰撞（液压提升装置升或降与电动葫芦水平牵引协调配合，保证>500mm安全距离。



全部立式高加就位后对吊装系统进行拆卸与复位：拆卸吊索具，将平衡梁移开，两台行车解除组合状态，恢复各自独立运行。

3.3 关键技术控制要点

同步精度控制：这是成败的关键。必须确保行车联控与劳辛格 PLC 程序逻辑正确，编码器反馈灵敏可靠。在正式吊装前，必须进行多次空载和模拟负载的同步性测试。

重心与吊点确定：对于立式高加，其卧式吊装与立式安装时的重心变化必须精确计算。吊点的设计必须保证在设备从卧态到立态的翻转过程中，不会产生过大的附加弯矩，导致吊耳或设备本体损坏^[1]。

应急预案：制定详细的应急预案，如遇突然停电、一台行车故障、同步系统失灵等突发情况，应有立即启动备用电源、机械自锁或安全悬停的措施，确保设备与人员安全。

4 应用效益分析

将该技术应用于上述 290 吨立式高加吊装项目，其产生的综合效益十分显著：

4.1 经济效益

成本大幅降低：相比租用 900 吨级履带吊及其配套设备（包括道路加固、场地平整、厂房拆除与恢复费用），本项目节省直接费用超过 60%。

工期显著缩短：准备工作主要在厂房内部进行，不受

外部天气影响，整个吊装作业从准备到完成仅用时 3 天，比外租机械方案缩短工期约 50%。

4.2 安全效益

整个吊装过程受控，同步系统有效避免了偏载、拉扯等风险。

无需破坏厂房结构，消除了因此带来的潜在安全隐患。所有操作均在熟悉的环境和设备上进行，人员安全更有保障^[4]。

4.3 技术与社会效益

成功掌握了大型设备在受限空间内吊装的核心技术，提升了企业的技术核心竞争力。为同类型电厂提供了可复制、可推广的先进经验，对行业技术进步具有推动作用。环保效益明显，减少了大型机械进场产生的噪音、尾气与能源消耗。

5 结论与展望

本文通过理论研究和工程实践，充分证明双行车（劳辛格）组合吊装技术是解决电厂大型立式高压加热器吊装难题的一种安全、经济、高效且先进的解决方案。该技术通过精密的同步控制系统和科学的专用吊具设计，成功地将两台普通行车整合为一台超级起重设备，克服了传统方法的诸多弊端^[5]。

随着我国电力建设与检修市场的持续发展，以及更多老旧电厂的增容改造，大型设备的吊装需求将日益增多。未来，该技术的研究与应用可在以下方面进一步深化：

智能化升级：引入物联网、大数据和人工智能技术，实现吊装过程的实时三维仿真、自动防摆、智能纠偏与预测性维护，进一步提升自动化水平和安全性。

标准化与模块化：推动专用吊具和同步控制系统的标准化、模块化设计，使其能快速适配不同电厂、不同型号的行车与设备，降低应用门槛和准备时间。

应用领域拓展：该技术可进一步推广至核电、化工、冶金等其他工业领域的大型密闭空间内重型设备吊装，具有广阔的应用前景。

总之，双行车组合吊装技术的成功应用，是现代起重技术与工程实践完美结合的典范，其价值已在实践中得到充分验证，必将为我国重工业领域的大型设备安装与检修工作做出更大贡献。

参考文献

- [1] 王建国, 李宏伟. 大型火力发电厂高压加热器吊装技术探讨[J]. 起重运输机械, 2020, (12): 45-49.
- [2] 刘强, 张磊. 劳辛格吊装系统在狭窄空间大件设备吊装中的应用[J]. 安装, 2021, (05): 32-35.
- [3] 高健,雷明浩.狭小空间内立式高压加热器吊装技术研究与应用[J].安装, 2023(1):26-28.
- [4] 谢英杰,易利君.百万千瓦机组燃煤电厂立式高压加热器吊装技术[J].石油化工建设, 2021, 43(4):3.
- [5] 任苹.田湾核电站1#机组B列高压加热器的拆除与安装探析[J].机电信息, 2012(033):000.