

# 上海外高桥电厂二期工程 特大型锅炉构件倒装施工技术

秦立方 田林森 杨轲 甘秋萍 李兴奎

**【摘要】** 本文通过介绍上海外高桥电厂二期  $2 \times 900\text{MW}$  扩建工程锅炉组件的节段倒装施工,总结了液压提升设备在火力发电建设中的应用,进一步完善了液压提升方案的施工工艺。

**【关键词】** 钢构件 液压提升机 倒装施工

## 1、工程概述

上海外高桥电厂位于上海市浦东新区,长江口南岸,二期扩建工程总装机容量  $2 \times 900\text{MW}$ ,单台机组容量  $900\text{MW}$ ,是目前国内单机功率最大的火力发电机组。二期扩建工程的“锅炉岛”由美国 ALSTOM Energy System GmbH 中标,两台塔式锅炉炉架高  $116.5\text{m}$ ,炉顶高  $114\text{m}$ ,立柱纵横向间距分别为  $31.5\text{m}$  和  $30.5\text{m}$ 。

“锅炉岛”的上部施工,在以四根立柱为主体的钢结构大板梁安装完成并验收合格后,即需进行炉膛组件的吊装,包括刚性梁、下部刚性梁、受热面(含顶棚、过热器、再热器和省煤器)及烟道,构件数量达  $1163$  件。炉膛组件的吊装具有以下特点:

(1) 构件数量多、零散,需起吊和拼装交替进行,吊装周期长。

(2) 多工作层面,整个吊装工程中需多次移动、安装吊具。

(3) 组合件竖向面积大,呈薄板模型,如右墙刚性梁竖向面积达  $42 \times 25\text{m}^2$ ,而水平刚性梁的横向尺寸不足  $1.5\text{m}$ 。

## 2、施工方案选择

### 2.1 工艺的选择

以起吊时构件是否已拼装组合为一体分类,分为整体式、节段式二种施工工艺。整体吊装施工工艺较为简单,就是将组合成一体

的构件吊至设计位置就位、固结。节段式施工,是逆向安装,构件的各节段按照从上至下的顺序进场,首先  $N_1$  节段进场、起吊,在提升至略高于  $N_2$  节段的高度时暂停提升作业,在将已运至施工现场的  $N_2$  节段推入  $N_1$  节段的正下方与之拼装成一体后继续提升作业,依次循环直至将全部节段拼装整体并吊装就位。节段倒装施工将起吊、运输与拼装作业交织在一起,能有效的缩短施工工期,降低薄板式组合件的吊装难度,提高施工安全性。如:外高桥  $2 \times 900\text{MW}$  机组锅炉下部刚性梁组件的前墙刚性梁竖向尺寸  $52.1\text{m}$ ,上部标高  $57\text{m}$ ,构件数量  $134$  件,总重达  $223\text{t}$ (不包括刚性梁与受热面的连接件)。此时若采取整体式的吊装施工方案,其工艺明显繁杂不科学,而采取节段倒装的施工方案,则工艺简单易行。

混合式吊装工艺是整体式与节段式的组合,首先按节段倒装的工艺将构件拼装成整体并提升至一定高度,再将构件组合件整体提升至其就位高度。由于此类施工工艺的重点工作在节段倒装部分,此文将其作为节段倒装施工工艺的一种特例。

节段倒装施工工艺是火力发电厂建设中吊装刚性梁组件、蛇形受热面件、汽包及烟道等钢构件的一种先进的施工方法,通过在上海外高桥电厂二期  $2 \times 900\text{MW}$  扩建工程中的应用,进一步完善

秦立方:柳州市建筑机械总厂技术中心 工程师

了其施工工艺,使之适用于更高的施工要求。

## 2.2 吊机的选择

吊机是吊装施工的核心设备,是影响施工方案设计的重要因素。节段倒装施工每节段的重量小,但吊机的吊重在吊装过程逐渐加大直至最大,整个施工过程中吊装、运输、拼装等工艺相互穿插,吊机在一个工作周期内的持荷时间可长达1个月,要求吊机具备良好的自锁紧功能。

目前广泛使用的卷扬机是以钢丝绳为承重索,电动机将电能转换为机械能,通过联轴器、减速齿轮带动卷筒转动卷入和展开钢丝绳,实现构件的提升和下落。利用定滑轮的转向和动滑轮的增力功能,进行各式各样的组合,可实现不同方位、各种重量构件的吊装和移动。液压提升机由液压千斤顶、泵站及控制器组成,综合运用了机械、液压及控制技术,是一种新型的吊装施工机具。它以预应力钢绞线替代传统的钢丝绳作为承重索,液压千斤顶为执行机构,液压泵站为动力机构,千斤顶、泵站按照控制器发出的指令动作,可实现液压提升机的手动和自动运行。

卷扬机、滑轮组与液压提升机施工工艺、安全性及效率方面的比较:

A、卷扬机、滑轮组具有施工工艺灵活、操作方便等优越性,但不易实现自动化控制。液压提升机动作平稳,对施工空间狭小的场合适应性好,同时液压提升机便于集中控制,自动化程度高。从施工工艺方面讲液压提升机更适合电厂大尺寸,低刚度构件的施工要求,特别是在节段倒装施工中,接口的对接。各吊机间同步误差小。

B、在安全性方面,液压提升机的楔形承载机

构具有机械锁紧功能,千斤顶上设置有液压锁及安全夹持器等安全措施,其自锁功能完备。执行机构动作平稳,几乎没有冲击载荷,在自动运行过程中没有人为了的干扰。但钢绞线的重复使用性能不明确,是二次使用的一个隐患,目前仅能根据吊重及钢绞线的咬痕,结合已有的工程估计其可使用的次数。卷扬机、滑轮组系统中钢丝绳对电火花的敏感性是其主要的安全隐患之一,其长距离的“走八”或“走十六”使得防电工作异常困难,同时卷扬机的冲击载荷大易使结构失稳,同步误差较大,系统运行的自动化程度低。

C、在设备安装方面卷扬机、滑轮组的穿钢丝绳、挂滑轮组均是危险重体力工作,而液压提升机除穿索外基本上是机械化施工且危险性小,但液压提升机的吊装速度相对于卷扬机、滑轮组慢,特别是带负载下降和自动下降吊具。例如外高桥电厂吊装高度为50米,采用卷扬机、滑轮组仅需1.5小时,而液压提升机则需8小时以上。

上海外高桥电厂 $2 \times 900\text{MW}$ 锅炉组件采用的LSD100-250型液压提升机是上海电力安装第一工程公司与柳州市建筑机械总厂在总结深圳月亮湾电厂、南山电厂的工程实践后,针对外高桥电厂项目的改进产品,专门制定了严格的施工工艺,使之适合于外高桥电厂大型锅炉组件的吊装需要。LSD100-250型液压提升机的主要技术参数:(1)单项公称提升力:1000kN,共6台。(2)公称行程250mm。(3)钢绞线数量为 $2 \times 5$ (左、右捻向各半),钢绞线结构型式 $1 \times 7 \times \phi 15.24\text{mm}$ ,单根最大承载力110kN。(4)公称提升速度5~6m/h。

## 3、吊装施工

表 1

		前墙刚性梁	后墙刚性梁	右墙刚性梁	左墙刚性梁
刚性梁	标高 (m)	105.4~65.5	99.3~65.5	107.5~65.66	107.5~65.66
	数量 (件)	81	65	41	41
	总重 (t)	108.8	88.7	88.1	97.8
下部刚性梁	标高 (m)	57.0~4.9			
	数量 (件)	134	134	98	98
	总重 (t)	222.56	222.56	148.14	148.14

### 3.1 刚性梁的吊装

上海外高桥 2 × 900MW 锅炉刚性梁分为上下两部分, 上部刚性梁标高在 107.5m~65.5m 之间, 合计 228 件, 下部刚性梁标高在 57.0m~4.9m 之间, 合计 464 件, 具体分类详见表 1。

此文以上部右墙刚性梁为例论述刚性梁的吊装工艺。如图 2 为右墙刚性梁的吊装图。

刚性梁的吊装首先在地面上组合垂直刚性梁(构件号 0445-166、167、168、328、329, 总重 6.1t)和水平刚性梁(构件号 0443-164、0444-165, 总重 2.43 t), 同时用可在锅炉主体结构上安装 LSD100-250 液压提升机(标高 109.425m)。为方便右侧冷壁安装, 将 0442-163 号水平刚性梁缓装, 抛至在 0446-169 水平刚性梁上, 组合件用 FZQ1250 吊机吊至安装位置, 并临时固定。然后进 0446-169 水平刚性梁与吊架连接, 拧紧销轴定位板, 并安装临时吊攀(如软梯)、安全防栏。分别收紧 LSD100-250 液压提升机的钢索至均匀受力, 调整连接好的水平刚性梁至水平。最后自动运行液压提升机, 使刚性梁保持水平的提升 10 米, 停止运行液压提升机并锁紧上下锚具, 至此完成一个工作流程。

以水平刚性梁 0446-169 作为第一层水平刚性梁安装下组垂直刚性梁(构件号 0449-175、330、174、173、172)与水平刚性梁(构件号 0447-170、0448-171、0450-176)、垂直拉板, 终紧连接点的高强螺栓后, 去除临时固定, 调整水平后自动运行液压提升机。依次循环, 至将全部右墙刚性梁拼装完成后, 连续自动运行液压提升机将右墙刚

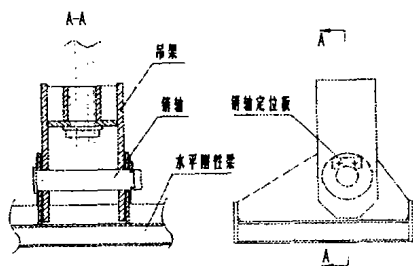


图 1 吊架连接图

性梁提至标高 107.500~65.660m, 其余部分的刚性梁均按照上述工艺完成吊装。

### 3.2 受热面吊装

外高桥 2 × 900MW 机组受热面由悬吊杆、顶棚、省煤器、再热器 1、过热器 2、再热器 2、过热器 3 及过热器 1 组成。受热面分为 455 件, 总 3539.5t 重, 共 8 层, 其分布位置见图 3。

受热面的吊装工艺与刚性梁的吊装基本一致。但由于 LSD100-250 液压提升机的楔形承重机构为单向自锁紧机构, 液压提升机自身下放钢索操作复杂且速度较慢。为了较好解决钢索下放的问题, 提高施工进度, 工艺上采用 2 套 LSD100-250 液压提升机分为 A、B 两组, 适当增加钢绞线的长度, 如图 4 所示。当 A 组 LSD100-250 液压提升机工作时, B 组的液压提升机同时安装就位并将全部锚具打开, 从 A 组吐出的钢绞线经导向架穿入 B 组。当 A 组液压提升机将组件提升就位时, 穿入 B 组液压提升机的钢绞线也恰好下放至地面待用, 此时仅需连接吊架→穿销→锁紧销轴→调整钢索受力均匀后, 即可进行提升作业, 极大的加快施工进度。

### 3.3 烟道的吊装

烟道是锅炉组件中单件重量较大的构件, 外高桥 2 × 900MW 机组的烟道总重 254t, 分为 16 个节段, 采用了 2 台 LSD200-300 液压提升机, 每提升约 3m 拼装一节的方法。在烟道的吊装过程中,

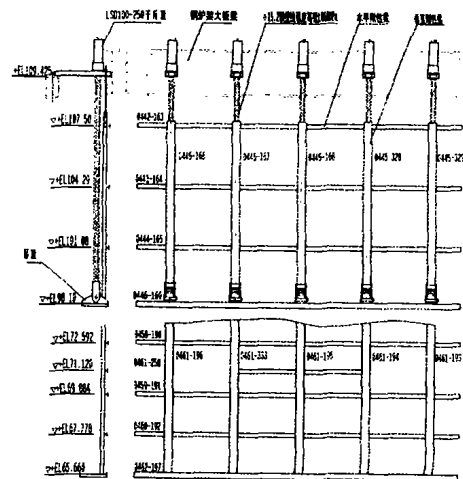


图 2 上部右墙刚性梁吊装图

由于设计变更造成不得不将已提起的节段仅作临时的加固在标高 94.1~10.1 处悬挂了 20 多天。上海外高桥位于长江口岸, 7~8 月份是台风频繁的时间但液压提升机的承载机构经受住了台风的考验, 表明液压提升机具有良好的自锁性能。

#### 4、结束语

通过在深圳月亮湾电厂、南山电厂的试用, 以及上海外高桥电厂二期 2 运 900MW 扩建工程中的应用表明了液压提升机能够适用于火力电厂建设中刚性梁、受热管件、顶棚、烟道、汽包及定子等各类钢构件的吊装任务, 并具有其独特的优势



图 4

及安全性。

#### 参考文献:

《外高桥电厂二期 20 × 900MW 机组工程施工技术措施》 上海电力安装第一工程公司外高桥工程处 编

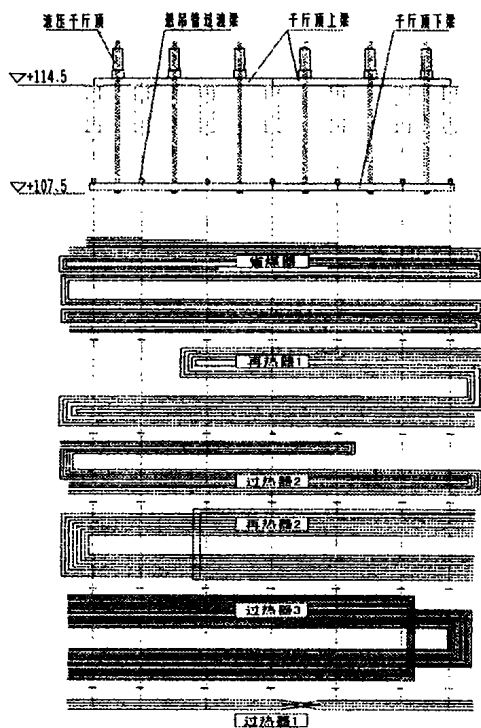


图 3 受热面吊装图

#### ● 信息窗 ●

### 第十五届国际桥梁学术会议在上海圆满召开

中国土木工程学会结构及结构工程分会第十五次年会于 2002 年 12 月 2 日至 5 日在上海同济大学召开。参加会议的有来自全国高等院校、科研院所、设计施工单位及产业部门等方面的代表约 250 人。同济大学名誉校长、两院资深院士李国豪教授应邀到会。

会议进行了广泛的学术交流, 涉及大跨度桥梁的设计与施工及其抗震、抗风、健康监测等。会议还进行了新一届理事会的换届工作。中国工程

院项海帆院士为新一届理事会理事长, 范立础院士为副理事长, 肖汝城教授为秘书长。会议完成所有既定议程后, 在项院士以“创新、质量、美学”为下一届年会的主题的倡导下圆满结束。

我公司领导陈谦、方中予、戴义平等参加了这次会议。我公司是新一届常务理事单位, 龙跃副总工为该会理事。

(陆绍辉)