

Research on Lifting Scheme for Vertical High Pressure Heater of 1000 MW Unit

Lei Zhang Fanwang Zeng

China Energy Construction Group Jiangsu Electric Power Construction Third Engineering Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212000, China

Abstract

With the comprehensive optimization of power plant design, vertical high-pressure heaters have been increasingly adopted in million-kilowatt thermal power units in recent years. Due to changes in installation methods, structural configurations, and weight parameters, the traditional crane-based parallel hoisting approach has become inadequate for installation requirements. Consequently, both hoisting techniques and the selection of main lifting equipment and specialized tools necessitate optimization and upgrades. This study integrates practical experience from the high-pressure heater installation process for the 2×1000MW units in Guoxin Binhai Port Phase II Project, conducting comprehensive management and analysis throughout the installation workflow to deliver this research outcome.

Keywords

million-ton unit; vertical high-pressure heater installation; installation technology; crawler crane; specialized installation tools

1000 MW 机组立式高压加热器吊装方案研究

张磊 曾繁旺

中国能源建设集团江苏省电力建设第三工程有限公司, 中国·江苏·镇江 212000

摘要

伴随电厂设计整体优化, 立式高加在近几年来不断被运用于百万火力发电机组中, 立式高加因就位方式和结构及重量等参数的改变, 传统的采用行车并车吊装就位的方式已无法满足吊装要求, 吊装方法以及主起重机械和专用工器具的选用也需要随之优化升级, 本课题结合国信滨海港二期项目2×1000MW机组高加吊装的实践, 通过高压加热器安装全过程管理和总结最后形成本研究成果。

关键词

百万机组; 立式高加吊装; 吊装技术; 履带式起重机; 吊装专用工具

1 引言

以江苏国信滨海港二期2×1000 MW 高效清洁燃煤发电项目2号机组立式高压加热器(1#, 2#, 3#) 吊装为案例展开探究。传统的卧式高加设计已经逐步被立式高加取代, 同时原来的行车吊装就位方案已经不能满足现场施工实际要求, 为解决传统吊装方法存在的问题, 经深入研究与反复论证, 决定采用新吊装方案: 采用履带式起重单机吊装就位的施工方式。该方案充分整合现场资源, 优化吊装顺序并运用特制吊装工具, 实现高加安全吊装, 既节约了成本, 又提升了施工安全性与效率, 故而总结此次吊装经验, 以便为后续立式高加吊装提供参考。

2 工程概况

2.1 项目基本信息

江苏国信滨海港高效清洁燃煤发电项目2台1000 MW 超超临界二次再热发电机组, 2# 机组高压加热器一共4台, (1#, 2#, 3# 高压加热器为立式就位, 4# 高压加热器为卧式就位, 后续统一简称高加) 本次主要以立式高加吊装为案例展开探究, 高加就位位置分别在东西向汽机房20轴线到21轴线, 南北向1-A,2-A,3-A,4-A, 就位基础为混凝土基础, 基础水平标高17m。

2.2 吊装设备参数

立式高加吊装主要起吊工具1台CC5800型1000t履带吊, 辅助机械1台500t汽车吊。履带吊站位汽机房A排外侧, 中心与21轴线重合。500t汽车吊用于辅助高加立直翻身, 站位根据高加卸车位置决定, 如图2所示。

【作者简介】张磊(1990-), 男, 中国安徽人, 本科, 工程师, 从事起重吊装研究。

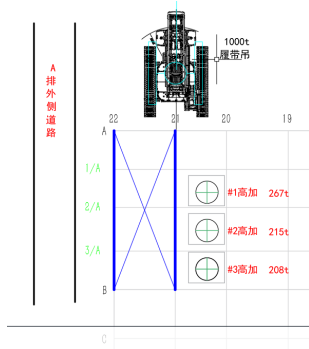


图1 高加吊装平面布置图

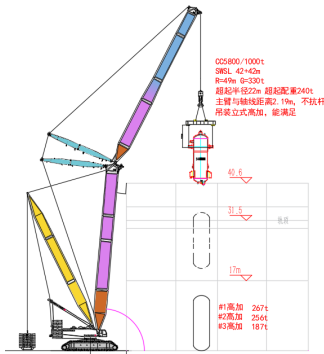


图2 高加吊装立面示意图

1000t 履带吊工况：SWSL 超起塔式工况，主臂 42m+副臂 42m，中心配重 80t，上车配重 250t，超起半径 22m，超起配重 240t，吊装钢丝绳采用 $\phi 100 \times 26\text{m}$ 整圈（环形定制，破断拉力 6120KN）2 根。

500t 汽车吊工况：主臂工况

2.3 施工环境与约束条件

汽机房行车轨道安装高度 30m，有效吊装高度 27m，高加就位基础标高 17m，高加外形尺寸 $13.54\text{m} \times 5.26\text{m} \times 4.6\text{m}$ ，高加安装就位方式竖直安装，且高加吊装需要平衡梁作为吊具，如采用行车吊装就位，不能满足吊装空间要求。

3 吊装施工工艺设计

3.1 施工流程

基础验收→起重机械使用前检查验收→高加卸车→高加在地面支座上径向转身→高加双机抬吊立直翻身→履带吊单机吊装高加就位→验收。

3.2 施工环节控制

抬吊翻身过程控制。

CC5800/1000t 履带吊缓慢起升，使得高加上部慢慢高于底部，每倾斜一定角度后，应停止起升，观察钢丝绳受力是否均匀，是否与高加筒体表面突出的接头有干涉或刮蹭，确认正常后方可继续倾斜。500t 汽车吊始终吊住高加下部吊攀，并保证高加底部离开地面适当距离，跟随高加上部的缓慢提升，直至高加竖直，此时 500t 汽车吊不受力，再将

500t 汽车吊脱钩，CC5800/1000t 履带吊负载所有重量。

高加单机就位控制。

高加竖直后检查确认钢丝绳等吊索具受力均匀，地基无明显下沉后，CC5800/1000t 履带吊缓慢提升高加，使得高加底部超过汽机房顶部适 500mm 后，停止起升，待其稳定片刻，之后向汽机房就位位置缓慢回转，直至回转至高加就位方向，停止回转，然后缓慢变幅起重臂，直至到达就位位置，再缓慢松钩，将高加降至就位基础进行就位。

4 核心技术计算与验证

4.1 吊装受力分配计算

(1) 高加抬吊翻身过程受力如图 3 所示。

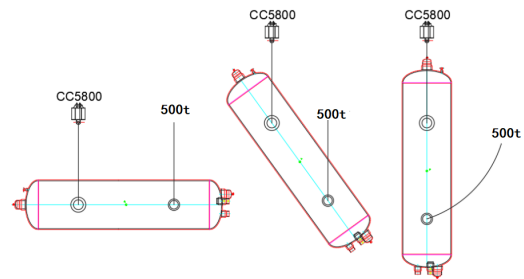


图3 起吊时吊点示意图

(2) 高加抬吊翻身过程受力分析

如表 1

4.2 履带吊单机就位计算

(1) 起重机符合率计算

见表 2。

(2) 起重吊索选用及校验

①平衡梁钢丝绳是连接履带吊钩头与平衡梁的钢丝绳，兜挂在梁上，选用 $\phi 100 \times 26\text{m}$ 整圈（环形定制，破断拉力 6120KN）2 根，钢丝绳夹角 28° ，2 点起吊，8 股受力，起吊总重量约 276t（1# 高加最重 268t，7m 平衡梁重约 6t，其他吊索具约 2t），则钢丝绳每股受力为 $1.1 \times 1.2 \times 276 \times 9.8/8/\text{Cos}14^\circ = 469\text{KN}$ ，则安全系数 $n=6120\text{KN}/469\text{KN}=13$ ，可以满足全部 3 台高加的吊装要求。

②吊装钢丝绳是连接平衡梁与高加的钢丝绳，选用 $\phi 90 \times 10\text{m}$ 整圈（环形定制，破断拉力 4731KN）4 根，钢丝绳夹角 0° （竖直起吊），2 点起吊，8 股受力，起吊总重量约 268t（1# 高加最重 268t），则钢丝绳每股受力为 $1.1 \times 1.2 \times 268 \times 9.8/8=442.2\text{KN}$ ，则安全系数 $n=4731\text{KN}/442.2\text{KN}=10.7$ ，可以满足全部 3 台高加的吊装要求。

③高加竖直时，辅助吊车选用 $\phi 90 \times 12\text{m}$ 整圈（环形定制，破断拉力 4731KN）2 根，钢丝绳最大夹角为 28° （1# 高加），2 点起吊，4 股受力，起吊最大重量约 134t（1# 高加下部吊点），则钢丝绳每股受力为 $1.1 \times 1.2 \times 134 \times 9.8/4/\text{Cos}14^\circ = 455.7\text{KN}$ ，则安全系数 $n=4731\text{KN}/455.7\text{KN}=10.4$ ，可以满足全部 4 台高加的吊装要求。

表 1

		1#-268t		2#-215t		3#-208t	
		横卧	竖直	横卧	竖直	横卧	竖直
CC5800/1000t 履带吊	幅度 (m)	22	22	22	22	24	24
	超起配重 (t)	240	240	240	240	240	240
	额定起重量 (t)	311	311	311	311	306	306
	吊点距重心 (mm)	2300	/	2725	/	2090	/
	负荷分配 (t)	134	268	107.5	215	104	208
	钩头及吊具	18	18	18	18	18	18
	负荷率	48.9%	91.9%	40.4%	74.9%	39.9%	73.9%
500t 汽车吊	幅度 (m)	8		8		8	
	额定起重量 (t)	178		178		178	
	吊点距重心 (mm)	2300		2725		2090	
	负荷分配 (t)	134		107.5		104	
	钩头及吊具	5		5		5	
	负荷率	78.1%		63.2%		61.2%	

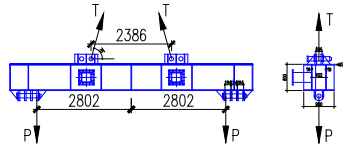
表 2

参数	1# 高加	2# 高加	3# 高加
幅度 (m)	24	32	42
超起配重 (t)	240	240	320
额定起重量 (t)	306	276	242
负荷分配 (t)	268	215	208
钩头及吊具	18	18	18
负荷率	93.5%	84.4%	93.4%

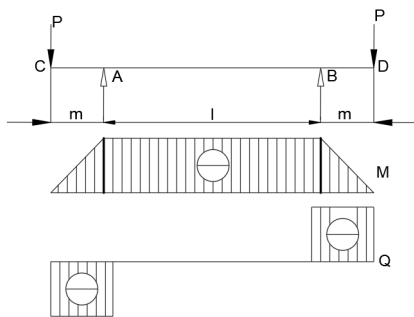
(3)平衡梁校验(以最重的1#高加重268t进行校核)

①平衡梁材质为 Q345, $[\sigma]=290\text{MPa}$, $[\tau]=165\text{MPa}$ 。

受力如下所示:



②平衡梁受力模型为:



平衡梁所受最大弯矩 $M_{\max} = Pm = (268 \times 9.8/2) \times (2802 - 2386/2) = 2112938.8\text{KNmm}$ 。平衡梁截面抗弯模量 $W = 20062500\text{mm}^3$, 则弯曲正应力 $\sigma = M_{\max}/W = 105\text{MPa}$ $< [\sigma]=290\text{MPa}$, 满足要求。

平衡梁所受最大剪力 $Q_{\max} = P = 268 \times 9.8/2 = 1313.2\text{KN}$ 。平衡梁剪应力处以上的截面对中性轴的静面矩 $S = 11250000\text{mm}^3$, 则剪应力 $\tau = QS/I\delta = 1313.2 \times 1000 \times 11250000 / (20062500 \times 800/2 \times 18) = 102\text{MPa} < [\tau]=165\text{MPa}$, 满足要求。

5 施工安全控制措施

(1)施工前:方案实施前,要进行安全技术交底,并全员签字;履带吊地基处理要按照大件吊装要求进行换填,行走路线采用 $3\text{m} \times 6\text{m} \times 0.3\text{m}$ 尺寸专用路基板横向满铺;起重机械和吊装用器具检验确认无缺陷。(2)施工过程:双机抬吊翻身要关注两台机械的载荷分配和履带吊车身水平状态,吊装区域专人监护。(3)施工后验收:依据《电力建设施工质量验收规程 第3部分:汽轮发电机组》(DL/T 5210.3-2018)验收。

6 结语

目前立式高加在 1000MW 火力发电机组运用越来越广泛,在工期紧,空间有限,安全要求高等客观条件下,高加吊装工艺还需要进一步优化;未来的吊装工艺需要根据新的起重设备,新吊装工具,外加 3D 动态模拟等软件的运用,有效精准控制吊装过程和确保安全施工。

参考文献

[1] 王海波,于斌,百万千瓦机组立式高加吊装研究与应用.中国电力企业管理.2022年第6期94-94.
 [2] 温建磊 宋首元,百万千瓦火电机组立式高加吊装工艺分析及方案探究.中国电力企业管理.2021年第27期84-85.
 [3] 江兆尧,谢跃文.BIM技术在1000MW大型火力发电工程中的应用[J].中国建设信息化.2024,(6)
 [4] 何伟权,陈永成.1000MW燃煤电厂首台立式高加吊装方式应用研究.工业经济理论.2016-05-20,389-391