

烟气余热锅炉安装控制要点分析

郝 星

(中国能源建设集团西北电力建设工程有限公司, 陕西 西安 710032)

摘要 在全球能源消耗持续增长的背景下, 余热资源的有效利用对于促进社会可持续发展和提升经济效益具有重要意义。本文以伊拉克米桑燃气—蒸汽联合循环电厂烟气余热锅炉安装项目为研究对象, 系统总结了同类锅炉的安装经验, 提出了重点把控钢架结构、进口烟道、主烟囱及出口烟道、受热面模块以及锅筒管道等关键工艺环节的质量控制措施, 以期为确保安装质量和工程进度、提升燃气—蒸汽联合循环锅炉的整体安装技术水平提供参考。

关键词 烟气余热锅炉; 钢架安装; 受热面模块安装; 锅筒安装; 管道安装

中图分类号: TK22

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.32.029

0 引言

推动人类社会可持续发展的重要举措在于践行节能环保理念、倡导低碳发展模式, 并通过技术创新提升能源利用效率, 从而有效降低能源消耗总量, 减轻对生态环境的负面影响。当前, 全球范围内正积极推進余热回收利用技术的研发应用, 同时着力实施传统能源的清洁化改造。本项目的实施将有力促进伊拉克米桑省支柱产业的转型升级, 实现资源的高效循环利用, 并为伊拉克南部地区提供稳定的电力保障。项目建成后将显著改善当地的自然生态环境, 优化区域投资环境。在此过程中, 余热锅炉作为关键设备发挥着不可替代的重要作用。本文针对余热锅炉的施工安装工艺流程展开系统性的技术分析。

1 项目概述

伊拉克米桑联合循环电厂项目采用的余热锅炉系统由杭州锅炉厂精心设计制造, 型号为 NG-B54000F-R。该设备具有优异的性能参数, 烟气进口最高温度可达 624.1 °C, 主蒸汽温度 568.2 °C, 工作压力 112.3 Bar。整套系统由多个关键部件组成: 包括进口烟道、锅炉本体(含受热面和钢架护板)、出口烟道及主烟囱等主体结构; 同时配备高低压锅筒、除氧器、连续排污和定期排污装置、操作平台及扶梯等辅助设施。此外, 还集成了高低压给水合泵、再循环泵以及补燃燃烧器等重要辅机设备, 共同构成了完整的余热回收系统。

2 余热锅炉安装工序

余热锅炉的安装工艺流程主要包括以下关键步骤: 第一, 进行基础施工, 随后依次安装钢架护板、进口烟道和各受热面模块; 第二, 完成烟囱及出口烟道、平台扶梯的安装工作; 第三, 进行锅筒就位、配套设

备安装及管道连接; 第四, 开展水压试验和烟气侧密封试验; 第五, 进行锅炉清洗、安全阀调试、整体试运行以及竣工验收等环节。整个安装过程严格按照工艺流程顺序进行, 确保各环节紧密衔接。

3 钢架安装

(1) 安装前需要对构架零组件进行全面节点清理(除锈、清灰等), 组装前应目视检查柱、梁、墙板等构构件外观情况, 重点检查焊缝表面有无裂缝。外形尺寸应符合 AISC 规范要求, 若不符合需要现场进行修理和矫正。(2) 根据现场实际情况拟定吊装方案, 考虑吊装顺序, 进行组合, 避免组合过程中出现变形。

(3) 基础验收合格后, 进行钢结构吊装。组件吊装前需进行一次全面检查, 确保无误。以基础中心线为准, 对标高、位置进行调整, 保证标高相同, 若不同需要进行调整。(4) 本体钢架和护板安装时, 安装找正分段逐次进行(防止累积误差过大), 严格遵循安装程序。

(5) 部件焊接应严格焊接程序, 保证气密性, 能承受烟气通道气密封试验, 可对密封焊缝无损检测(磁粉、超声、射线), 确保焊缝 100% 合格。(6) 保温材料在护板连接处, 角部安装密实, 且错缝压紧, 注意烟气流动方向, 膨胀自由。(7) 锅炉大板梁在承重前、水压前、水压上水后、水压完成后、点炉前应测量相关数据, 应在误差范围之内^[1]。

4 进口烟道、主烟囱及出口烟道安装

1. 进口烟道: 其安装工艺标准应严格参照钢架护板的相关规范执行。

2. 主烟囱: (1) 安装、拼接及质量检验必须完全符合 ASME STS-1 标准规范; (2) 同时需满足伊拉克当地建筑法规的特殊要求; (3) 采用 3~4 个预制弧

形段现场焊接成整体圆筒结构；（4）优先采用地面整体组装方案，经质量验收合格后再进行吊装就位。

3. 烟囱和出口烟道安装完成后需保证：（1）模块和烟囱的标高在正确位置；（2）烟囱的中心线与模块的中心线一致；（3）垂直度小于等于20 mm。

5 受热面模块安装

1. 受热面模块由吊挂梁、烟气挡板、锅炉顶板及管屏等关键部件组成。在实施吊装作业前，必须严格执行以下质量控制程序：首先应全面研读设计图纸和技术规范文件，据此编制详细的吊装施工方案；其次需对模块接管质量、坡口加工精度等关键参数进行严格检查，确保完全符合图纸技术要求；对于检查中发现的任何缺陷，应及时进行校正处理并做好记录，同时通知制造厂家确认，待确认无误后方可继续施工。在安装过程中，应根据实际情况对相关部件的安装工艺进行必要调整。模块吊装应采用炉顶吊入方式，直接定位安装在各立柱横梁上，按照从炉前至炉后的顺序依次完成全部十五个模块的安装作业。

2. 采用单模块起吊方式，先将模块平稳吊运至专用安装起吊架，并使用临时固定装置将模块与起吊架牢固连接。起吊过程中需保持匀速平稳，从水平状态逐步过渡到垂直状态，严禁出现急停急起或频繁启停等不规范操作。待模块完全垂直后，拆除临时固定装置，使模块与起吊架分离，随后将模块垂直提升至设计高度，准确放置于预定立柱之间完成最终就位。所有受热面模块的吊梁必须保持标高一致，同时确保模块间以及模块与内衬之间的间距严格控制在允许误差范围内^[2]。

6 锅筒安装

（1）锅筒作为锅炉主要受压部件，已在厂内整体进行过热处理。因此严禁对其进行任何形式的拆分及焊接。（2）安装前需对筒体和封头进行全面检查，确保无裂纹、撞伤等缺陷方可使用；若发现管座或接头存在损伤，必须及时修复。每个锅筒应配置两个滑动支座，安装时需严格参照图纸确认汽包的正确安装方向。

（3）吊装作业前，应将锅筒平稳放置于地面，防止起吊过程中发生晃动或碰撞。起吊时需对管接头与钢丝绳接触部位采取保护措施。为确保吊装安全，当锅筒离地后应暂停作业，待确认平稳后方可继续缓慢提升至安装位置。（4）所有内部装置、连接焊缝、零部件及紧固件应在锅筒吊装前依据图纸完成检查。需要进行现场焊接的焊缝，必须彻底清除内部杂物后方可施焊。在人孔门封闭前，必须对锅筒内部进行彻底清理，并经检验验收合格。

7 管道安装

（1）仔细核对管道截面图、汽水系统图及P&ID图纸，确保各阀门位置准确对应，安装方向正确无误。（2）疏水管道需保持设计要求的坡度，在保证工艺美观的前提下优化管道布局，同时不得影响通道的正常使用。（3）大口径管道采用分段组装供货方式，便于现场安装；阀门单独运输至现场组装，并预留适当余量以消除制造、运输及安装过程中可能产生的公差。（4）阀门布置应根据现场操作和检修需求进行调整，电动装置必须采取有效防雨措施；安全阀需进行解体检查，重点确认密封配合状况及弹簧质量等关键指标。（5）锅炉管道受压元件的现场焊接作业均采用氩弧焊工艺或氩弧焊打底方式。（6）支吊架布置应合理，避免影响管道热膨胀；对于支吊架图纸未明确规定工地焊缝，焊高按较薄件厚度执行。

8 水压试验

锅炉水压试验是检验锅炉承压部件强度和严密性的重要手段。试验过程中必须使用经检测合格的水质（见表1），并严格按照水压试验方案进行操作。试验前需对锅炉水压系统进行全面检查，确认无泄漏和异常情况，并做好详细记录。考虑到锅炉各系统工作压力差异较大，为确保试验安全性和准确性，试验采取分系统进行的方式。每个系统单独进行水压试验时，都要严格控制升压速率，并做好相应的安全防护措施。

9 管道吹扫

高压系统采用稳压吹扫与降压吹扫相结合的工艺，确保系统内部杂质彻底清除；低压系统则采用降压吹扫方式，有效提升吹扫效率。特别针对过热器、主蒸汽管路及高压旁路等关键部位，创新性地采用串联吹扫工艺，实现系统整体蒸汽吹扫一次性完成^[3]。

10 整套启动试运行

10.1 试运行目的

1. 检验锅炉设备的性能和可靠性：试运行期间，锅炉各部件在模拟实际工况下运转，通过观察其运行状态，能及时发现潜在问题。例如：检查燃烧系统是否稳定、受热面是否传热均匀、安全阀是否灵敏等，从而确保锅炉在正式运行时的安全性和可靠性，避免因设备故障引发安全事故。

2. 调整锅炉运行参数：试运行是确定锅炉最佳运行参数的关键阶段。通过监测和调整燃烧效率，使燃料充分燃烧，减少能源浪费；精确控制锅炉工作压力

表 1 伊拉克米桑余热锅炉冲洗水样报告

Project Name MCCPP				Chemical Supervision during the Blowing							
Document No.											
No.	Feed Water				Boiler Water				Result		
	Parameter	Unit	Nomal Limit Value	Cold Fushing Limit Value	Result	Parameter	Unit	Nomal Limit Value	Cold Fushing Limit Value	LP	HP
1	PH		9.2~9.6	9.2~9.6	9.34	PH		9~10		9.19	9.23
2	Specific Conductivity	μs/cm			21	Specific Conductivity	μs/cm	< 30		17	19
3	Cation Conductivity	μs/cm	≤ 0.3		/	Cation Conductivity	μs/cm			/	/
4	Total Hardness	ppb	≤ 50		0	Silica SiO ₂	ppm	≤ 2		0.050	0.031
5	Oxygen Dissolved	ppb	< 7		/	Chloride Cl	ppb	≤ 1.5		/	/
6	Iron Fe	ppb	< 10		44	Phosphate radical	ppb	2~6		23	32
7	Copper Cu	ppb	< 5		1	Iron Fe	ppb		200		

和温度，防止压力过高或温度过低影响锅炉性能；合理调节给水温度，提高热交换效率。这些参数的优化，有助于实现锅炉效率最大化，降低运行成本。

3. 培训锅炉操作人员：试运行为操作人员提供了实践操作的平台。操作人员可以熟悉锅炉的启动、运行、停止等操作流程，掌握各控制仪表的使用方法，了解在不同工况下的应对措施。同时，通过实际操作，操作人员能深刻认识到锅炉运行中的注意事项，如定期检查、及时维护等，从而提高锅炉的安全运行水平，减少人为操作失误。

10.2 试运行注意事项

(1) 控制试运行时间：试运行时间应该适当，过长会增加设备开销，过短又可能导致锅炉性能未被彻底检验。(2) 控制试运行参数：试运行期间，需要控制好锅炉的各项参数，如运行压力、温度、给水流量等，以免发生危险事故。(3) 检查设备安全：试运行前，必须仔细检查锅炉的各项部件是否完好，保证设备能够安全运行。(4) 进行试运行记录：试运行期间应该做好运行记录，作为今后锅炉运行调试和维护的重要依据。(5) 注意环保问题：在试运行过程中，必须关注环保问题，控制烟气排放浓度，防止对环境造成污染。

(6) 在试运行过程中，如果出现故障或异常情况，应当立即停机检查并解决问题^[4-5]。

11 结束语

余热锅炉作为一种高效节能设备，凭借其显著的经济效益和环保优势在工业领域获得了广泛应用。该设备不仅制造成本相对较低，更重要的是能够将工业生产过程中产生的余热转化为蒸汽动力，进而驱动汽轮机发电，实现高达 90% 的综合能源利用率。在实际安装过程中，必须严格执行标准化作业流程，对每个施工环节进行细致检查和质量把控。为确保工程顺利推进，需要建立明确的责任分工体系，促使施工人员与管理人员各司其职、协同配合。同时，考虑到项目现场的复杂性，还需与业主单位、工程监理等各方保持密切沟通，通过多方协作来保障余热锅炉的安装质量和施工进度。

参考文献：

- [1] 赵永忠. 燃气机组配套余热锅炉安装质量控制措施探讨[J]. 科技展望, 2016(04):54.
- [2] 王盛. 9F 燃机余热锅炉安装技术质量控制探讨[J]. 科技与创新, 2022(05):155-157.
- [3] 马锦山. 浅谈余热锅炉的安装方法[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2014(24):2053-2054.
- [4] 郭江龙. 电站锅炉烟气余热回收系统节能量检测技术[J]. 河北电力技术, 2014(02):11.
- [5] 裴海朋. 余热锅炉安装的控制要点[J]. 石油化工建设, 2016(05):50-52.