

Case Analysis of Expansion Control of Boiler Heating Surface of a 660MW Ultra-supercritical Thermal Power Unit

Weilong Hong

Inner Mongolia Huaxia Zhujia Ping Electric Power Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 017100, China

Abstract

In response to the water wall expansion obstruction issue caused by frequent daily start-stop cycles in 660MW ultra-supercritical II-type boilers under the new energy development context, this study combined field investigations with failure mechanism analysis to identify the core causes of defects. The primary causes include: (1) insufficient clearance between positioning clamps and rigid beams, which fails to meet thermal expansion and contraction displacement requirements of water walls; (2) adhesion between lightweight castables and rigid beams under high-temperature operation, restricting relative movement between components; (3) limited sliding space for internal binding band positioning pins, preventing effective release of expansion stress. Based on these causes, the research team developed and implemented targeted remediation measures including clearance optimization, adhesive removal, and sliding component modification. Post-treatment field verification results demonstrated effective control of all defects, with significant improvements in operational stability and safety of the boiler's rigid beam system. This study provides practical engineering references for preventing structural defects in similar boiler types.

Keywords

Boiler; Rigid Beam; Structural Defect; Restricted Expansion; Optimized Remediation

某 660MW 超超临界火电机组锅炉受热面膨胀治理案例分析

洪维龙

内蒙古华夏朱家坪电力有限公司, 中国·内蒙古 鄂尔多斯 017100

摘要

针对新能源大发背景下, 660MW 超超临界 II 型锅炉因频繁日内启停引发的水冷壁膨胀受阻问题, 本研究结合现场实地勘查与故障机理分析, 明确了缺陷的核心成因: 其一为定位卡与刚性梁之间的间隙预留不足, 难以满足水冷壁热胀冷缩的位移需求; 其二是轻质浇注料在高温运行环境下与刚性梁发生粘连, 限制了部件间的相对活动; 其三为内绑带定位销滑动空间受限, 无法有效释放膨胀应力。基于上述成因, 研究团队制定并实施了包含间隙优化、粘连清理、滑动部件改造在内的针对性治理方案。治理后的现场核查结果表明, 各项缺陷均得到有效控制, 锅炉刚性梁系统的运行稳定性与安全性显著提升, 为同类型锅炉结构缺陷的防治提供了切实可行的工程参考。

关键词

锅炉; 刚性梁; 结构缺陷; 膨胀受阻; 优化治理

1 引言

随着新能源发电技术的快速发展, 风电、光伏等新能源发电量占比持续提升, 受其出力波动性与间歇性影响, 火电机组逐渐从传统基荷电源转变为调峰电源, 日内频繁启停、负荷剧烈波动成为常态。内蒙古某发电厂 1、2 号机组为国产超超临界燃煤发电机组, 锅炉选型上海锅炉厂生产的超超临界参数变压运行螺旋管圈直流炉, 单炉膛、一次中间再热、四角切圆燃烧方式、平衡通风、II 型结构、紧身封闭布置、刮板捞渣机械除渣装置、全钢架悬吊结构, 前炉膛

设计宽度 18 米。

刚性梁作为锅炉水冷壁系统的关键支撑构件, 其结构稳定性直接影响锅炉的安全高效运行。1、2 号锅炉为该电厂主力机组配套设备, 运行过程中尾部烟道刚性梁频繁出现连接板拉裂、定位卡变形等缺陷, 不仅影响机组运行效率, 还存在严重安全隐患。为解决上述问题, 本文通过对缺陷情况的全面排查, 深入分析缺陷产生的根本原因, 进而制定科学合理的优化治理方案, 并通过实践验证治理效果, 为锅炉刚性梁系统的长期稳定运行提供技术保障。

2 缺陷情况介绍

机组运行期间, 巡检人员发现 1、2 号锅炉标高 64.35m、66.1m、68m、70.2 m 层炉左侧尾部烟道刚性梁连接板存在明显拉裂现象。为进一步查明缺陷范围及严重程

【作者简介】洪维龙 (1996-), 男, 中国山西朔州人, 本科, 工程师, 从事火力发电锅炉设备研究。

度，在机组停机检修期间，拆除了 64.35m 层水冷壁处刚性梁的保温层，经详细检测发现：部分刚性梁定位卡出现不同程度变形，其中变形严重部位的支座板与内绑带焊缝已发生贯穿开裂。刚性梁连接板拉裂及定位卡变形的典型状态分别见图 1、图 2。

3 原因分析

3.1 定位卡与刚性梁间隙不足

该锅炉垂直水冷壁炉前、炉左、炉右三面墙各布置 11 根内绑带，每根内绑带上焊接约 40 块支座板，且每块支座板上下各安装 2 个定位卡，用于限制刚性梁的横向位移并保障纵向膨胀自由度。设计图纸明确要求定位卡与刚性梁之间垂直间隙处预留 2 ~ 3mm 膨胀间隙、水平间隙处预留 12-

13mm 膨胀间隙。但在基建安装阶段，受施工工艺精度不足影响，部分定位卡未按设计要求预留间隙，甚至出现定位卡与刚性梁贴合紧密的情况。

机组运行过程中，水冷壁管屏在高温载荷作用下发生纵向膨胀并产生滑移运动。由于定位卡与刚性梁之间未预留充足的安装间隙，二者形成直接卡滞接触，导致定位卡丧失沿刚性梁的正常滑移功能。当机组转入冷态运行时，水冷壁管屏沿纵向发生收缩复位，而处于卡滞状态的定位卡无法同步跟随水冷壁完成归位动作，进而在收缩应力的持续作用下被牵拉变形；在损伤严重的区域，该牵拉应力进一步传递至支座板与内绑带的连接部位，导致二者的连接焊缝发生拉裂失效。内绑带及定位卡的具体安装结构详见图 3。



图 1 刚性梁连接板拉裂



图 2 刚性梁定位卡变形

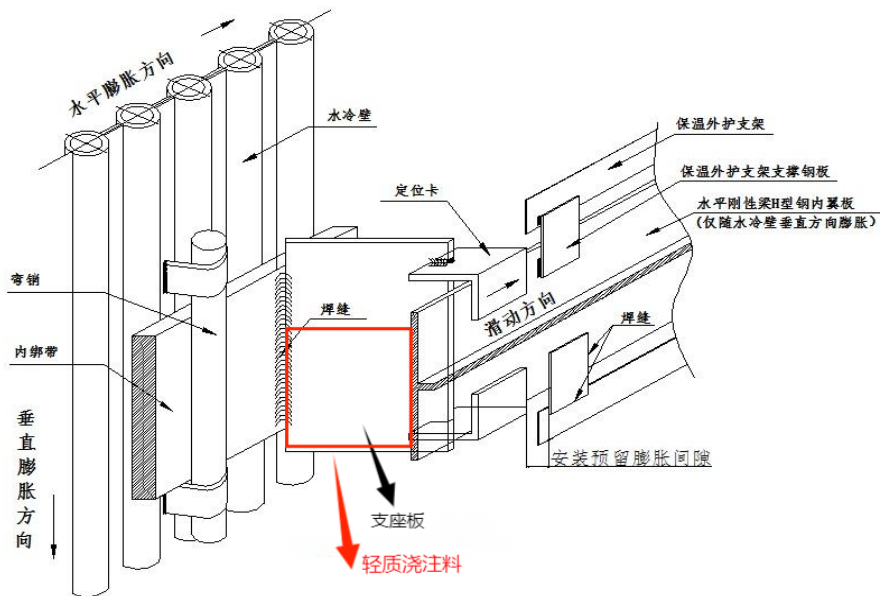


图 3 内绑带及定位卡安装示意图

3.2 轻质浇注料与刚性梁粘连

如图3所示,垂直水冷壁与每层水平刚性梁之间浇灌有宽度300mm、厚度240mm的轻质浇注料,其核心功能是阻断热量传递,降低锅炉散热损失。然而,在实际运行过程中,由于浇注料施工时与刚性梁表面未采取隔离措施,且长期处于高温、振动工况,部分浇注料与刚性梁表面发生紧密粘连,形成一体化结构,这种粘连状态直接阻碍了水冷壁在热态下的自由膨胀。

3.3 内绑带定位销滑动受限

该锅炉刚性梁采用内绑带式结构,内绑带通过插销实现固定连接。从设计原理来看,插销与内绑带之间需预留0.5~1mm间隙,以保障内绑带随水冷壁膨胀时的自由滑动。但在实际应用过程中,受两方面因素影响导致间隙失效:一是安装阶段插销定位精度不足,出现插销偏斜、安装过紧等问题;二是锅炉运行过程中,水冷壁因温度应力产生轻微形变,间接挤压插销与内绑带的配合空间,导致二者配合过紧,无法实现相对滑动。

尤其在锅炉负荷波动工况下,水冷壁与内绑带的温度变化存在显著差异,二者热膨胀量的差异进一步加剧了结构受力矛盾。此时,过紧的插销会对水冷壁的热膨胀产生刚性约束,造成水冷壁膨胀受阻,进而引发结构应力集中,最终导致刚性梁连接板拉裂、焊缝开裂等连锁缺陷。

4 优化治理方案

4.1 定位卡校正与更换

对锅炉水冷壁墙及尾部烟道包墙刚性梁定位卡实施100%全覆盖检测,采用塞尺检测定位卡与刚性梁之间的膨胀间隙,针对存在变形缺陷的支座板与定位卡,优先采取校正工艺处理;对于变形程度超出校正修复范围的构件,需进行更换处置。构件校正或更换完成后,需严格遵循设计图纸要求,逐一测量定位卡与刚性梁之间预留膨胀间隙,控制误差不大于1mm,保障定位卡沿刚性梁的顺畅滑移。

4.2 浇注料粘连清理

针对锅炉水冷壁墙及尾部烟道包墙刚性梁与轻质浇注料的粘连区域,采用精准破碎清理工艺进行处理。作业过程中严格控制施工力度,避免暴力操作对刚性梁本体及水冷壁管屏造成二次损伤,核心目标为将粘连部位彻底分离,无需过度清理浇注料本体。通过该处理可彻底消除刚性梁与轻质浇注料的粘连隐患,确保设备在热态运行工况下,二者不发生直接接触,进而保障水冷壁受热面的自由膨胀,避免因膨胀受阻引发结构应力集中。

4.3 定位销结构优化

全面排查锅炉水冷壁垂直段左、右侧墙和前墙的内绑带定位销,采用塞尺检测插销与内绑带的间隙,对间隙 $\leq 0.3\text{mm}$ 、无法自由滑动的插销,加装套筒,将原有的滑动摩擦改为滚动摩擦,降低滑动阻力,确保内绑带在热态工况下可沿刚性梁自由伸缩。

5 结语

锅炉刚性梁系统出现的连接板拉裂、定位卡变形等缺陷,其根本成因是定位卡间隙不足、浇注料粘连及定位销滑动受限导致的水冷壁膨胀受阻,进而引发结构应力集中。通过实施定位卡校正更换、浇注料粘连清理及定位销结构优化等针对性治理方案,有效解决了膨胀约束问题,刚性梁系统运行状态恢复正常。本次研究验证了“缺陷成因精准定位-治理方案靶向设计”技术路线的有效性,相关治理措施及经验可为同类锅炉刚性梁结构缺陷的防治提供工程参考,对提升锅炉设备运行安全性与经济性具有一定借鉴意义。

参考文献

- [1] 上海锅炉厂有限公司.深调背景下百万等级II型锅炉水冷壁拉裂改进措施2025.09
- [2] 俸锦兴,唐真华.浅谈600MW等级超临界W炉刚性梁结构对水冷壁的影响(A)科技与创新,2025(10)104-110
- [3] 王贤明,杨林豪,严小华.火电机组金属部件拉裂失效原因分析[能源工程,2022,42(4):81-86