

Analysis and Treatment Measures of Longitudinal Cracks in the Front Wall Reheater of Hwange's 335MW Unit Boiler

Bo Xie

PowerChina Power Investment Corporation Zimbabwe Hwange Project Department, Lanzhou, Gansu, 730030, China

Abstract

This paper analyzes the problem of longitudinal cracks in the front wall reheater of unit 7 of Wangji Power Plant in Zimbabwe. Respectively from the installation, welding, stress, expansion, other aspects analysis research, through the macro inspection, metal detection, design structure and stress, and query the same type unit related data, the results show that the uneven expansion, stress concentration, pipe defect is the cause of reheater pipe longitudinal crack. On this basis, the preventive measures such as optimizing the structure, doing a good job of metal supervision and strengthening the operation monitoring are put forward, which provide the theoretical basis and technical support for effectively solving the problem of reheater pipe burst leakage.

Keywords

boiler; front wall reheater; pipe leakage; longitudinal crack; uneven expansion; stress concentration

旺吉 335MW 机组锅炉前墙壁式再热器纵向裂纹分析与处理措施

解波

中电建电力投资集团有限公司津巴布韦旺吉项目部, 中国·甘肃 兰州 730030

摘要

针对津巴布韦旺吉电厂7号机组锅炉前墙壁式再热器因发生纵向裂纹, 并导致爆管泄漏的问题, 本文进行了深入分析。分别从安装方面、焊接方面、应力方面、膨胀方面、其他方面分析研究, 通过宏观检查、金属检测、设计结构及受力等手段, 并查询同类型机组相关资料, 结果表明了膨胀不均、应力集中、管材缺陷是导致再热器管纵向裂纹产生的原因。在此基础上提出了优化结构、做好金属监督、加强运行监控等预防措施, 为有效解决再热器爆管泄漏问题提供了理论依据和技术支持。

关键词

锅炉; 前墙壁式再热器; 爆管泄漏; 纵向裂纹; 膨胀不均; 应力集中

1 前言

2024年10月5日11:00(当地时间), 津巴布韦 Hwange 电站(2×335MW)燃煤发电机组的7号炉在运行监盘过程发现:“四管”泄漏报警装置的高温再热器、省煤器区域能量值高于正常值, 其中10号、9号、16号、17号、18号、20号点出现高报警; 随后检修人员进行就地检查, 发现位于炉膛前墙右侧(壁式再热器区域)存在有明显的泄漏声音, 为了确保人身和机组安全, 11:20经告知业主并同意后, 7号机组停运, 并组织开展相关的检修工作。

【作者简介】解波(1982-), 男, 中国陕西韩城人, 本科, 工程师, 从事锅炉设备安装、维护、检修及技术管理等相关研究。

2 设备概况

津巴布韦 Hwange 电站(2×335MW)7号机组于2023年7月进入商业运营, 锅炉是由东方锅炉厂设计制造的亚临界参数, 自然循环、单炉膛、一次中间再热、四角切圆燃烧、固态排渣、“II”型布置、汽包锅炉, 型号为 DG1110/17.4-II 13。

锅炉再热器包括壁式再热器、中温再热器、高温再热器。其中壁式再热器是单排垂直布置在炉膛上部前大屏过热器区域, 紧贴在前墙和侧墙水冷壁的向火面上, 水冷壁和壁式再热器管子中心距离为67mm, 切角处不布置, 壁式再热器管子规格为 $\Phi 50 \times 4$, 材质12Cr1MoVG, 管间距 $S=50.8\text{mm}$ 。壁式再热器在前墙布置有239根, 两侧墙各127根, 并在标高59400mm、56200mm、53400mm、50700mm、48000mm、45150mm层均为壁式再热器与水冷

壁的连接点,其中标高45150mm层为固定点,其他均为活动点。

前墙壁式再热器设计为6个管屏组件,每组管屏组件最外侧的第1、2根管子为活动点,其余管子为焊接点,其中在活动点处的壁再管子之间采用L=70mm的圆钢(φ8,15CrMo)进行焊接固定;固定节点(标高45150mm)处的壁再管子之间采用L=100mm的圆钢(φ8,15CrMo)进行焊接固定。

壁式再热器与水冷壁通过钢板(规格δ10,材质12Cr1MoV)和圆钢(规格φ14,材质15CrMo)连接,每隔两个壁再管子与钢板之间进行焊接固定,每隔两个水冷壁管子与圆钢之间进行固定焊接。固定钢板为分段布置,钢板与钢板之间的间距为6.4mm。如图1。

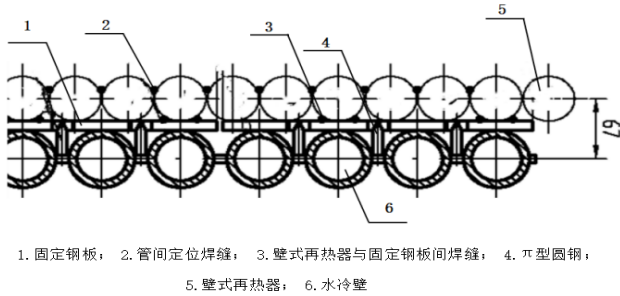
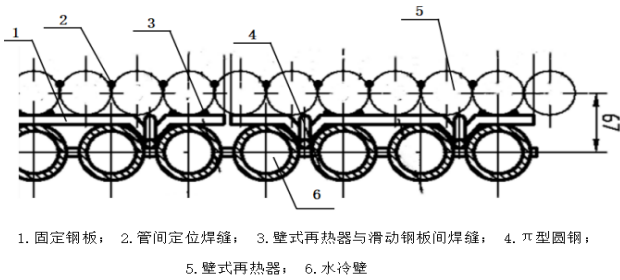


图1 壁式再热器滑动与固定节点

3 存在问题

经7号炉放水、降温降压后,现场对前墙壁式再热器爆管泄漏部位进行检查,发现存在以下问题:

前墙壁式再热器(左至右数)第120根、169、178根管子(标高约45m)存在纵向裂纹(长度约50mm)、泄漏;前墙壁式再热器(左至右数)第175根管子(标高约50m)存在吹损、管壁减薄(约2mm)现象;前墙壁式再热器(左至右数)第177根管子(标高约45m)存在吹损、泄漏;前墙壁式再热器(左至右数)第178根管子(标高约50m)爆管、泄漏(爆口约220mm×110mm);前墙左、右侧壁式再热器(标高约48m)部分管子向炉内侧拱出变形的现象(拱出部分约1/2管径)。如图2。

4 原因分析

4.1 安装方面

据了解,旺吉项目7、8号炉壁式再热器的供货方式均

以单根管运输至现场,经施工单位现场与对应的水冷壁进行组装,然后再分别安装至炉膛的各自区域。同时与国内其他电厂技术人员咨询,同类型机组的锅炉壁式再热器与水冷壁均以整体组装的型式供货,在安装上也是整体吊装和安装。从管材检验、施工环境、管子焊接、组装等方面,相比之下,锅炉厂从人员、技术、质量等各方面均有明显优势和保障,加之现场进行管子高空拼接组装,难度大,安装作业势必会存在一应的质量隐患和缺陷。



图2 壁式再热器纵向裂纹泄漏

4.2 焊接方面

根据锅炉厂设计,壁式再热器是在水冷壁上用钢板、圆钢进行固定(共计6层),且壁式再热器管子与管子之间通过圆钢进行固定,因此存在着大量的焊接点,对管子母材存在很大的影响。在金属材料存在的焊接缺陷:咬边、气孔、收缩裂纹、夹渣、未熔合、未焊透等均会埋下产生裂纹的隐患。金属材料在焊接过程中,局部剧烈的温度和组织变化会使材料产生一定的残余应力,当出现较大应力时,靠近熔合线和热影响区附近会成为薄弱环节,可能发生开裂事故。

材料在焊接过程中,产生裂纹主要有以下方面:

①组织转变引起的应力集中。通常经历了快速加热和冷却,导致组织发生变化,从而产生局部应力集中,易于形成裂纹。

②合金元素的影响。焊接过程中,合金元素的转移和变化可能导致焊缝区域的组织不均匀,增加了裂纹的形成风险。

③焊接残余应力。焊接后,残余应力存在于焊缝及其周围区域,如果这些应力超过了金属材料的承载能力,则可能导致裂纹的生成。其中纵向开裂的壁式再热器管子固定点位置管间定位焊缝区域硬度值偏高,焊缝区域均发生开裂,管间定位焊缝焊接质量不理想,存在较大焊接残余应力。

④金属原材料、生产及制造工艺会存在一定的缺陷,导致管道内部存在夹层、杂质以及气孔等缺陷。这些缺陷在长期使用过程中会导致内部应力集聚,从而引起裂纹。

4.3 应力方面

针对壁再管子存在纵向裂纹导致泄漏问题,经现场检查发现,位置均出现在管子焊接固定点区域。在标高

59.4m、56.2m、53.4m、50.7m、48m、45.15m 区域，现场全部将管子与管子之间进行焊接固定，长度分别为 70mm、100mm，管组与管组之间未预留可以活动的管子；壁再管子与水冷壁管子之间的固定钢板在每隔 2 根管子为一个焊接固定点（焊点为 2 个）；虽然固定钢板之间有断开点（间距为 6.4mm），但是现场壁再管子之间及与固定钢板之间均为满焊结构，所以从结构上来看存在的焊接应力较大（活动点焊缝长度 70mm、固定点焊缝长度 100mm，焊缝高度约 4mm）。同理，在锅炉运行期间，尤其在炉膛上部区域承受的热辐射、热应力较大，所以在此焊接区域存在的热应力也较大，对管材的结构及受力影响较大。

4.4 膨胀方面

根据锅炉厂设计，壁再与水冷壁连接点，在标高 45150mm 为固定点，标高 48000mm、50700mm、53400mm、56200mm、59400mm 为活动点，其活动裕量范围在 $\pm 145\text{mm}$ （设计的壁再入口集箱向下膨胀量最大 134.5mm、左右侧膨胀量最大 32mm），以保证壁再与水冷壁之间能自如活动。但现场实际所有的壁再管子之间均进行了焊接固定，意味着前墙、左右侧墙壁再管将会作为一个整体管屏组件，随着水冷壁进行整体向下膨胀，在固定点 45m 标高以上，壁再相对于水冷壁为向上膨胀，固定点以下为向下膨胀。从管材、规格、温度方面来分析，壁再管子的热膨胀量相对较大，若局部管子因温度偏差，会造成管子受热膨胀不均，热应力过大，在固定部位将会出现膨胀受阻现象，进而影响到管子的结构变化、应力变化，最终导致管子产生裂纹、泄漏。

4.5 其他

查询其他相关同类型机组技术资料，主要有以下问题：

①水冷壁爆管泄漏。主要原因是焊接质量缺陷、管子母材存在问题，焊接中存在咬边、砂眼等缺陷，加之水冷壁管间距小，水冷壁被壁再管排遮挡（间距 67mm），水冷壁在现场安装完毕后，且焊接有鳍片，因此在现场焊缝透视时很难发现焊接缺陷所在。出现该问题的原因主要是：水冷壁与壁再安装的固定圆钢现场焊接角度小，位置狭窄，焊接的可视性差，施焊的角度、电弧长度、电流等不易控制，焊接中易产生咬边缺陷，从而造成焊接质量隐患，降低焊接强度，导致应力集中而产生裂纹，最终泄漏。

②壁式再热器爆管。燃烧器调节汽温失效后，依赖再热器减温水调节，使调节后的蒸汽温度波动大，且较为频繁，使管子内壁承受的热应力增大，在长期运行过程，在管子焊接区域的焊缝内外侧产生热裂纹，并逐渐向周围和外侧扩张，最终造成爆管。壁再管排在有定位焊接点区域的部分管子，出现变形、拱出管排，存在膨胀受阻、金属结构失效等问题，当管壁温度、燃烧温度偏差波动大时，管子因热膨胀不畅，且无法承受因膨胀受阻而产生的机械拉伸应力过大，

进而在焊缝熔合线区域产生裂纹，甚至断裂。

5 处理措施

①更换泄漏和存在裂纹的管子。首先将泄漏的管子切割后，对周围其他管子进行金属检测，保证无管材、焊接等缺陷时，进行完全更换。尤其在安装时严格控制工艺及焊接质量，并按照相应的焊接质量验收标准进行验收。在现场换管过程中发现，换管前首先需将部分焊接固定点进行机械切割，因管子受到焊接应力、热应力的影响，切割后会弹出管排，产生变形，因此为了保证管子的对口和焊接质量，对管子进行整根更换（从爆管切割部位至集箱处），避免出现强制对口、焊接应力过大、管子变形等问题。

②机组停机期间，根据工期计划，对固定点区域的管子进行检查和金属检验。尤其是存在膨胀受阻、拱出管排的部位作为重点检查，对焊缝区域的裂纹、材质、硬度等方面进行隐患排查，以确保设备性能和长期安全运行。对于管子膨胀受阻严重，拱出、变形凸出较大（大于 1/2 管径）时，应进行更换处理。针对壁再入口区域的弯管，检查其膨胀、变形情况，是否存在裂纹、蠕胀等现象，并根据检查情况进行更换处理。

6 结语

①通过对旺吉电厂 7 号炉壁再管子泄漏问题的跟踪及处理，研究分析，得到了一定的控制措施和办法，为锅炉安全运行、检修起到了积极有效作用，为其他同类型机组锅炉壁再产生裂纹、泄漏爆管问题起到借鉴作用。尤其在停机检修期间，做好相应的检查和金属监督工作，为提高设备性能和长周期安全运行提供基础保障。

②从运行角度上考虑，根据设备运行参数变化、燃烧及烟风系统调整异常等问题，在机组大修期间，建议聘请专业的调试机构进行锅炉空气动力场试验，对一二次风、煤粉、燃烧配比进行调试，以应对运行期间的燃烧、过热器、再热器的温度调整，避免锅炉受热面不会因锅炉燃烧、汽温等偏差大而产生变形、裂纹甚至泄漏。

参考文献

- [1] 张志全, 牛世斌, 马雷. 300MW 电站锅炉壁式再热器和水冷壁之间泄漏的原因分析及处理. 甘肃电力技术, 2010 (6): 57-59.
- [2] 田阳. 壁式再热器裂纹原因分析及应对措施. 云南电力技术, 2024 (4): 81-83.
- [3] 陈浩, 张涛, 田峰, 等. 300MW 亚临界锅炉壁式再热器钢管开裂原因分析[J]. 内蒙古电力技术, 2022, 40 (03): 92-95.
- [4] 陈志. 锅炉水冷壁管纵向裂纹开裂原因浅析. 焊接质量控制与管理, 2019 (5): 123-125.
- [5] 刘勃. 300MW 机组锅炉爆管原因分析及其运行对策. 水利电力机械, 2007 (8): 6-8.