

220 t/h 锅炉水冷壁角部断裂 分析和改进措施

谢 莹

(巴陵石化动力厂, 湖南 岳阳 414003)

摘 要: 水冷壁角部裂开是由于相对节距较大、焊接质量不佳和水平刚性带安装不妥所致, 由此提出改进的措施: 减小节距、提高焊接质量、改进安装水平和提高运行操作水平。

关 键 词: 锅炉; 水冷壁; 断裂; 分析; 改进

中图分类号: TK223.3 文献标识码: B

1 前 言

某锅炉型号为 WGZ220/10.3-1, 单锅筒、自然循环、煤粉锅炉, 炉膛采用 7.6×7.6 大切角正方形形式, 四周采用管径为 60×5 全焊膜式水冷壁密封, 由于是大切角, 角部水冷壁受热工况也得到了改善, 受热更加均匀, 从上至下看外部布置了 9 圈水平刚性带, 用以对水冷壁的加固, 该刚性带随水冷壁一起向下自由膨胀。炉膛正四角布置了直流式燃烧器, 切圆燃烧, 切圆直径为 694 mm。从 1992 年运行至今, 水冷壁四角从 9.98 ~ 19.5 m 处不同程度地裂开, 最长裂口达 10 m 左右, 裂口的部位见水冷壁一个角的布置图, 如图 1 所示。

该部位检测的结果是: 因焊接质量差而引起有弧坑及弧坑引发的水平方向的裂纹、飞溅及由飞溅引起的裂纹以及咬边、夹渣等, 密封条开裂全部沿焊接缺陷发展而成。而在角部其它没有裂开的部位也达全部五级球化以上, 该种情况在炉膛的四角特别是在燃烧器附近更加明显。因为裂口较大, 炉膛进冷风多, 不但影响锅炉的效率, 而且使锅炉燃烧不稳。为了防止情况的恶化, 在停炉时对该部位进行了多次补焊, 但补焊了以后同样会裂开。为此, 深入分析该裂纹出现的真正原因, 以求找出解决办法。

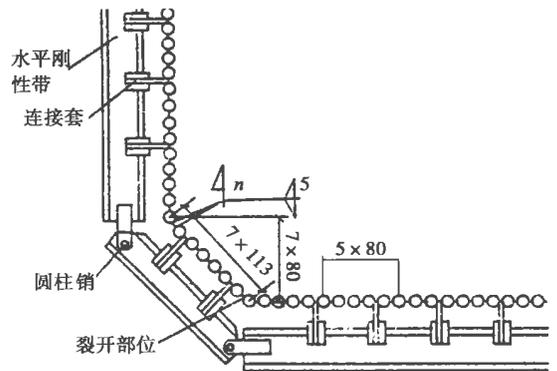


图 1 水冷壁一个角的布置图

2 水冷壁裂口原因分析

2.1 水冷壁管节距选定问题

锅炉的炉膛既是燃烧设备, 又是吸热设备。水冷壁膜片在接受炉内高温辐射热的同时, 通过管内流动的介质加以冷却, 只有当传导和辐射平衡, 并处于材料的许用温度下, 膜片才不致被烧坏。我国锅炉炉膛热力计算、设计基本上采用的是“相似理论”的分析方法, 并通过应用大量试验而综合得出的经验或半经验公式, 也就是说, 根据已有炉膛的结构尺寸(对原有锅炉因煤种变化等原因需要进行校核计算时)和根据预先所拟定好的结构尺寸的布置图(设计新锅炉时)确定炉膛的结构特性, 校核炉膛出口烟气温度, 其是否在合理的范围内。由于结构尺寸是预先确定的, 水冷壁管节距是由经验公式中获得的, 它的选取与锅炉蒸汽参数、水冷壁结构以及炉墙结构有关。

220 t/h 燃煤锅炉是一种经典的炉型, 再加上它为全焊膜式水冷壁, 根据经验公式, 相对节距选 s/d 大约在 1.3~1.35 之间, 而水冷壁管直径选为 $\Phi 60 \times 5$ 的无缝钢管较为合适。据计算 $s=78 \sim 81$ mm, 从图 1 可看出在水冷壁的前后左右四个面的 $s=80$ mm, 在选定的范围之内, 而在水冷壁的角部 $s=113$ mm, 超过经验公式的选定值。原因是设计者在设计时考虑到角部离热源远, 辐射弱而加大了安装距离, 但该锅炉炉膛采用的是大切角正方形形式, 设计时只考虑了火焰充满度较好和避免水冷壁结焦的问题, 而没有过多地考虑角部也同样应该有传热和吸热平衡的问题, 这导致该部位明显存在超温现象。

根据鳍片传热原理, 鳍片越宽, 水冷壁壁管的温度越大, 尽管水冷壁的角部采用了 12Cr1MoV 的材料, 但当它的节距从 80 mm 增加到 113 mm, 还是超过了鳍片本身的许用温度, 即 580 °C。这就是为什么鳍片会龟裂的原因。

2.2 工地焊接工艺问题

锅炉水冷壁由于构件太大不能在制造厂整体焊接, 只能角部 6 根管在制造厂组装好后, 在工地组装。当工地组装时, 采用手弧焊, 虽然焊接位置既是立焊, 又是低合金钢 12Cr1MoV 的角焊缝, 运行时温度很高, 但焊接工艺并没有作严格的要求, 甚至还笼统标为现场角焊, 焊条由焊接者自己决定, 因焊接工艺规定不规范, 焊接质量难于保证, 焊接缺陷多, 运行时间稍长, 缺陷突现。

2.3 水平刚性带安装质量问题

该锅炉的水冷壁膜片规格为 53 mm × 5 mm, 但它的抗干扰性较差, 为增加其刚性和抗爆能力而从上到下布置了 9 道水平刚性带, 该刚性带主要由工字钢、连接板和销子组成, 水冷壁和水平刚性带之间通过梳型板和支撑板连接, 支撑板直接焊在水冷壁膜片上, 结构见图 1。在角部与水冷壁的连接只有两套, 该水冷壁设计时在前后左右侧每隔 12 根水冷壁管有 3 套连接装置, 而角部 17 根管只有 3 套装置。停炉检查, 还发现水平刚性带的圆柱销全部断裂, 根本没有起到增加刚性和抗爆的作用。经试验, 当水冷壁瞬时超温时热应力达 240 MPa, 如此高的应力只有 3 个连接板和 5 mm 厚的钢板来承担, 因此该部位的连接板非常容易断, 角部焊缝出现裂口。

3 改进措施

3.1 规范角部节距的安装

既然经验公式推荐 $s/d=1.3 \sim 1.35$ 之间, 在没有特殊保证下不应随便改动, 因此设计必须选 $s=78 \sim 81$ mm 之间, 鉴于其它部位无过热迹象, 为了制造、安装方便选用与其它部位水冷壁一样尺寸, 即 $s=80$ mm, 厚度为 5 mm。但减少了膜片宽度, 相对来说管子数量增加, 为保证水循环畅通, 可考虑在该部位减小管径, 设单回路, 可以较好地改变膜片过热的现象。

3.2 制定严格的焊接工艺, 防止焊接裂纹, 提高焊接质量

在制作手弧焊工艺时, 因为接头的形式、焊件材料和厚度、焊接位置这四个参数一定后, 必须包括: 焊接材料、预热温度、热处理温度 3 个参数。当焊件材料一定时, 焊缝金属的成分和性能主要决定于焊接材料, 通过选用不同的焊接材料, 可以改变和调整焊缝的成分, 因此选用正确焊接材料, 对于保证焊缝质量特别重要, 而预防焊接裂纹, 选择适当的预热温度又起着非常决定的因素。因此焊接时除满足图 1 中的条件外, 还必须详细规定焊接材料, 焊接条件。

3.2.1 选择正确的焊接材料

选择正确的焊条: 12Cr1MoV 为热强钢, 抗拉强度为 480 MPa, 为保证焊接接头的高温性能, 按照焊件材料与焊接材料选用同一强度等级基本原则选用焊条, 使焊成的焊缝与母材强度一致而同一强度等级的酸、碱性焊条; 根据该母材在焊接过程中容易产生较大的焊接应力而产生裂纹特点, 选用抗裂性较好的碱性焊条 E5015。

3.2.2 焊前预热

预热是防止焊接裂纹的有效工艺措施, 它能减少温差和减慢冷却速度, 这两者是降低焊接应力的关键, 但它必须严格按照标准, 特别是要控制预热温度的上限, 不能认为预热温度越高越好, 预热温度太低达不到预防产生焊接裂纹的效果, 但过高的预热温度将使材料变脆, 对结构的性能十分不利。该水冷壁膜片高度较大, 不可能整体加热, 可采取局部加热, 即在焊缝及其两侧不少于 80 mm 处进行加热, 也可更长些, 但不允许小于 80 mm, 因为加热区太窄会

造成新的温差应力。预热温度为 150 ~ 200 °C, 不能太快, 要均匀, 并要求整条焊缝的预热温度一致。

3.2.3 增加水冷壁与水平刚性带连接套的数量

水冷壁与水平刚性带的连接套是考虑炉膛爆炸和水冷壁管受热不均匀而产生应力设计的, 实际运行来看前后左右部位完好无损, 但在角部这个细节部位却忽略了, 从其连接套个数看角部数量较少。为了加强角部刚性另外增加连接套, 即每个角部处增加两套, 从上至下共增加 18 套, 并且在装好膜片和连接板后焊死水平刚性带的销子, 进行二次加固。

3.3 规范运行操作

3.3.1 严格控制变负荷速率

如果负荷变化过快, 水冷壁壁温将大幅度波动, 存在局部超温及管间温差加大, 使鳍片所受的应力突然加大。特别是停炉期间防止水冷壁工质温度突变, 即由原运行操作在停炉时退高加运行, 改为高加滑退, 使给水温度在停炉过程中仍保持较高温度, 减少与管壁的温差, 同时采用分段热炉放水的方法, 避免热炉放水时水温降低过快。

3.3.2 加强燃烧调整和泄漏监测

利用煤粉浓度在线监测装置, 合理调整燃烧, 及时发现处理风粉异常现象, 为防止因燃烧工况不良, 炉内热偏差过大而造成水冷壁局部温度升降太快, 产生的热应力过大。防止水冷壁泄漏, 当水冷壁泄

漏时, 利用泄漏监测仪监测, 做到早发现早停炉, 避免因泄漏使壁温突变。

3.3.3 保证炉膛负压测定的准确及时, 避免炉膛爆燃, 保证炉膛负压测定的准确及时而打正压, 保证防爆门正常动作, 防止炉膛因突然增加的压力使膜片撕开。

4 结 语

通过规范技术操作及技术改造, 炉膛热负荷均匀程度提高, 壁温波动幅度和温差明显下降, 通过消除了结构上的不合理、改善焊接工艺, 从根本上消除、改善热应力及应力集中情况。

参考文献:

- [1] 史美堂. 金属材料及热处理[M]. 上海: 科学技术出版社, 1980.
- [2] 陆燕. 电焊工操作技能与考核[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [3] 南京工学院, 西安交通大学热能动力教研究. 电厂锅炉原理[M]. 北京: 水利电力出版社, 1984.
- [4] 李志宏. 膜式水冷壁壁温影响因素的数值分析[J]. 热能动力工程 2003, 18(2): 173-176.
- [5] 罗棣庵. 传热应用与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1990.
- [6] 劳动人事部培训就业局编. 焊工工艺学[M]. 北京: 劳动人事出版社, 1989.
- [7] 天津大学. 工程焊接冶金学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.

(何静芳 编辑)

旅游船的余热回收装置

据《Diesel & Gas Turbine Worldwide》2002 年 7—8 月号报道, 美国明尼苏达州明尼阿波利斯市的 Deltak LLC 公司 30 多年来一直是余热锅炉和废热利用锅炉的余热回收设备的全球供应者。前 10 年, 该公司已步入船用市场, 先打入海上油气平台。更重要的是在 2000 年获得给新一级旅游船提供余热锅炉的合同。

在 1998 年, 作为 Millennium 项目的一个组成部分, GE 航空能源产品分部接受了一项订货, 为名人/皇家加勒比航运公司的 6 艘旅游船提供推进系统。这些旅游船排水量接近 91 000 t, 设计成能搭载 1950 名旅客和 1000 名船员。它们装有 COGES (燃气轮机和汽轮机联合的电力推进系统) 系统。其中的余热锅炉生产蒸汽, 供汽轮机和整个船舶服务用。

COGES 的一个主要优点是节省空间, 推进装置及其辅助系统必须尽可能紧凑。因此, 余热回收系统必须与额定功率为 25 MW 的 GE IM25000+ 燃气轮机直接联合, 没有通常的旁通或分流系统。更重要的, 包括辅助循环锅炉、泵和调节系统和控制装置的余热利用设备应该不受限制地投入发动机的运行循环。特别在起动时, 不管锅炉处于什么状态, 燃气轮机必须能够迅速起动, 并且如果在必须起动燃气轮机时余热锅炉不能工作, 则要求锅炉干式运行。

(吉桂明 供稿)

WEI Jian-hua (State Research Center of Electro-hydraulic Engineering Technology, Hangzhou, China, Post Code: 310027) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(6). — 630 ~ 631

To overcome the existing problems specific to a hydro-viscous speed regulator, the authors have developed a direct-controlled hydro-viscous variable speed driver (HVD), which features an organic integration of control precision, dynamic response and operation reliability. On-site operating experience indicates that the HVD has achieved a reliable and steady operation with significant energy-savings, and is well suited for engineering applications. **Key words:** hydro-viscous variable speed driver, direct controlled, electro-hydraulic actuator

用于动力设备的纳米镍基合金微观结构及耐磨性研究 = **A Study of the Microstructure and Wear Resistance of a Nickel-base Nanometer Alloy for Use in Power Equipment** [刊, 汉] / XU Xiang-dong, MENG Fan-juan, LIU Jia-jun, et al (Department of Thermal Engineering, Tsinghua University, Beijing, China, Post Code: 100084) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(6). — 632 ~ 635

One of the major causes of nuclear power station accidents can be attributed to the poor wear resistance of materials of valves, the most commonly used elements in nuclear power plants. The coating of a layer of nickel-base nanometer alloy on the key seal surface of a valve part may contribute to a significant enhancement of valve wear resistance and serves as an effective means for reducing the chances of nuclear plant failures. The microstructure and phase-structure of the nickel-base nanometer alloy is analyzed by the use of X-ray diffraction and transmission electron microscopy. The mechanism of the excellent wear resistance of the above-mentioned structure is also expounded. **Key words:** power equipment, valve nanometer material, microstructure, wear resistance

均热炉燃烧系统改造方案的数值模拟研究 = **Numerical Simulation Investigation of the Combustion-system Modification Scheme for a Cell Pit Furnace** [刊, 汉] / SHU Zheng-chuan, ZHU Tong (College of Mechanical Engineering under the Tongji University, Shanghai, China, Post Code: 200092) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(6). — 636 ~ 638

The technical modification of a cell pit furnace combustion system by introducing high-temperature air combustion (HiTAC) can lead to a reduction of gas consumption and an enhancement of temperature field uniformity. By way of numerical simulation tests the in-furnace flow field and temperature field of the cell pit furnace are investigated after the furnace has undergone a technical upgrading through the use of HiTAC. On this basis an optimum modification scheme was proposed. **Key words:** cell pit furnace, high-temperature air combustion technology, numerical simulation

基于 COM 技术的锅炉热力计算软件研究 = **Research on Computer Technology-based Thermodynamic Calculation Software for Boilers** [刊, 汉] / HAN Mu-xing (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036), HUANG Bo (Harbin University of Science & Technology, Harbin, China, Post Code: 150040) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(6). — 639 ~ 641

Key words: boiler, thermodynamic calculation, computer

220 t/h 锅炉水冷壁角部断裂分析和改进措施 = **Analysis of Water-wall Corner Cracking of a 220t/h Boiler and Measures Taken for Its Prevention** [刊, 汉] / XIE Ying (Baling Petrochemical Power Plant, Yueyang, Hunan Province, China, Post Code: 414003) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(6). — 642 ~ 644

Key words: water wall, cracking, analysis, improvement

一种绿色液体燃料——生物柴油 = **Biological Diesel Oil - a Kind of Green Liquid Fuel** [刊, 汉] / FU Wei-bao (Department of Engineering Mechanics, Tsinghua University, Beijing, China, Post Code: 100084) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(6). — 645 ~ 646