

波纹管容积式换热器的失效及控制

杨冠珍

(无锡市锅炉压力容器检验所, 江苏 无锡 214025)

关键词: 换热器; 失效; 控制

中图分类号: TK172 文献标识码: B

1 前言

波纹管容积式换热器是热能工程广泛使用的热交换设备 I 类压力容器。1998 年 7 月江苏某压力容器厂制造一台编号为 P98096 波纹管容积式换热器, 该设备运行 2 年后用户反映设备出现渗漏, 而不能使用。现场观察发现设备筒体的 3 条环缝两侧有较多的细小裂纹, 整个壳体 and 封头表面不同程度也存在细小裂纹, 但数量比 3 条环焊缝侧要少。用检验榔头敲击壳体时, 声音已失去了金属清脆的响声。针对此情况做出对该换热器报废处理决定并对水质进行取样分析, 结果水中 Cl^- 含量达 55 mg/L, 超出《容规》规定的 25 mg/L。据用户反映在自来水水箱中添加了漂白粉(分子式: $Ca(ClO)_2$ 和 $CaCl_2$) 作为杀菌消毒, 造成 Cl^- 含量超标。现对这起失效事故从理论上进行机理分析并提出控制措施。

2 容器主要技术参数

表 1 技术参数

	壳 程	管 程
设计压力/MPa	0.63	0.63
设计温度/℃	75	165
操作压力/MPa	0.6	0.6
操作温度/℃	70	163
工作介质	热水	蒸汽
材质	SUS304	1Cr18Ni9Ti
规格/mm	Φ1 400×6	Φ42×3

3 细小裂纹原因分析

应力因素——存在着操作过程中产生的工作应力和焊接残余应力。当拉应力大于材料强度极限时, 可直接产生开裂, 当拉应力小于强度极限时虽不能开裂, 但也孕育着开裂的可能性。

介质因素——水质中的 Cl^- 超标, 当筒体表面有缺陷时, 就会在缺陷处大量聚集, 高浓度的 Cl^- 是导致开裂的另一个因素。

材料因素——SUS304 相当于国内材料 Cr18Ni9, 而铬镍奥氏体不锈钢在拉应力和特定的腐蚀介质共同作用下很容易产生脆性破坏。

对上述三个因素从理论上更进一步分析产生裂纹的机理: 由于介质的影响, 在壳体表面形成了致密的一层钝化膜, 在应力作用下位错滑移到表面。在壳体表面产生了滑移台阶, 使钝化膜破坏, 暴露出新的金属表面, 会形成新的钝化膜。当新钝化膜来不及形成时, 则将形成蚀坑或裂纹, 即引起裂纹成核, 因而该处与邻近金属之间有较大的电位差, 前者为阳极区, 后者为阴极区, 由于电化学电池的作用, 使得介质中 Cl^- 向裂纹内移动, 这将导致金属沿着一定的平行结晶面发生优先腐蚀溶解, 产生大量的溶解产物 Fe、Cr、Ni 等氧化物聚集在壳体裂纹中及壳体表面上。同时, 从裂纹根部直到裂纹表面的复盖层中, 由于氧化铁和氧化镍的比重小、体积大, 迫使它们沿裂纹根部的缩口大量地排泄到壳体表面, 裂纹中腐蚀产物的大量形成和大量的排泄, 就造成了一个很大的楔形应力场, 特别是裂纹尖端的应力集中更大。当腐蚀溶解到一定的应力阶段, 材料的塑性变形过程受到严重限制时, 壳体便以裂开的方式而不是变形的的方式来顺应外加应力, 从而产生了脆性穿晶断裂。这种应力腐蚀断裂情况是一个滑移——溶解——断裂过程。对于奥氏体不锈钢是氯脆现象。

4 控制措施

(1) 从设计图样的技术要求中看出对制造单位用水进行水压试验时, 要求控制水中氯离子含量小于 25 mg/L。但对使用单位水质没有要求控制水中氯离子含量。建议在设计图样中应对用户用水提出

氯离子含量要求。

(2) 设计上要考虑铬镍奥氏体不锈钢材料在特定介质中的脆性破坏, 建议不采用不锈钢材料, 可选择碳钢材料内表面热镀锌或碳钢材料内表面衬铜。

(3) 容器制造过程中应减少冷加工应力和焊接

残余应力, 容器内壁不允许有凹坑、划伤、咬边等缺陷以减少 Cl^- 的富集。

(4) 使用单位应严格控制水中 Cl^- 含量, 不超过 25 mg/L。

(何静芳 编辑)

循环流化床锅炉的床下动态点火

1 床下动态点火

1.1 具有较高挥发份燃料($V^d > 10$)的点火启动

这类煤的燃点一般较低(450~500℃), 点火相对简单, 其操作步骤如下:

首先应检查并做好锅炉点火前的各项准备工作。向炉内铺设约 450 mm 厚的底料, 作冷态试验, 检查布风板布风均匀性及确定最低流化风量。

冷态试验合格后, 启动引风机, 3~4 min 后可启动一次风机(可先关闭一次风道风门, 只以点火风作为流化风)增大送风量, 使料层达到最低流化状态, 启动点火油泵, 调整油压后点火, 并调整火焰中心, 调整风室温度大约 700℃(可适度开启一次风门)。待底料加热至 450℃左右时, 可开启给煤机适量投煤, 同时应增大一次风量, 使床层流化稳定, 料层温度平稳上升。

料层温度上升至 800℃左右时, 加大一次风量, 使料层充分流化, 加大给煤量, 同时撤出油枪。

最后调整好了给煤量和送风量, 使床温稳定在适宜的水平上(850~900℃)投入二次风机, 并逐步增大返料风量, 稳定好工况。点火过程完成。

1.2 挥发份较低燃料($V^d < 10$)的点火启动

这类煤的燃点相对较高(500℃以上), 如果简单用热风加热物料可能会面临如下问题: (1) 点火时间很长, 消耗点火油量增加, 启动费用上升; (2) 若增加油枪出力、提高风室温度, 则有可能影响床上风帽的安全使用; (3) 若采用较小流化风量, 则对防止低温结焦产生不利影响。对于这类燃料, 在实际操作中可待底料加热至 400℃左右时, 向炉内投入适量的引燃煤(挥发份较高的易燃煤种)或木炭(木炭效果较好)同时增大一次风量, 使料层达到稳定流化状态, 确保底料温度平稳上升。

当床温达到 800℃左右时, 可启动给煤机适量给煤, 进煤前应投入适量返料风, 并加大一次风量使料层充分流化, 同时撤出油枪。调整好投煤量和一次风量, 使床温稳定在 900~950℃, 加大返料风量, 稳定运行。

2 影响点火过程的主要因素

2.1 关于点火时所需底料配置问题

底料是循环流化床中主要的蓄热体和载热体, 其性质直接影响锅炉点火的成功率, 一般床下动态点火所需静止料层厚度应在 450 mm 左右, 料层过薄, 床层稳定性差, 易造成布风不均, 床层的温度场不均匀, 结焦的可能性加大; 料层过厚, 虽然会增加底料在炉膛中的蓄热能力, 床温相对稳定, 但点火时间过长, 热损失增加。

底料的粒度应在 8 mm 以下, 且比重不宜过大, 粒度分配要合理(0.5 mm 以下约 15%, 5~8 mm 约 10%)。大颗粒过多, 所需流化风量大, 不易将燃料加热至燃点; 小颗粒过多, 启动过程中, 底料可能会被大量带走, 使料层减薄, 容易造成局部吹穿而导致点火失败。

底料中的含碳量应控制在 5% 以下, 含碳量过高床温会上升很快, 难以控制, 引起爆燃结焦。

2.2 关于点火时风量的控制

为了保证整个床面的料层快速均匀加热, 底料应处于全流化状态, 但流化风量不宜过大。风量过大, 流化风所带走的热量随之增加, 不利于床温的快速稳定升高, 热损失也相对较大; 另外, 在投煤后, 如果风速过大会将易着火的细煤粒带出密相区, 造成密相区蓄热量降低, 延长点火时间。所以, 在点火初期, 应投入较小流化风量, 但也应满足使底料良好混合及流化所需的风量, 否则不利于全床料层的均匀加热而造成局部温度过高引起低温结焦。

2.3 关于点火过程中床温测点的选择

点火过程中, 所有的调节操作都强烈依赖对炉内温度的准确把握(如: 给煤时机与给煤量、回料时机与回料量、油枪撤出时机等)。因此, 选择能够反应煤着火环境真实情况的床温测点, 用以捕捉、提供准确信息进行相应操作, 就显得十分重要。但由于受到油枪火焰中心的影响, 炉膛四周各处温度测点偏差较大, 若测点选择不当, 则不利于顺利点火。实践证明, 位于流化料层中且远离火焰中心的测点最能真实反映料层的温度状况, 我们一般选择两侧炉门下的温度测点作为温控点。

2.4 关于低挥发份煤启动中木炭、给煤、以及油枪撤出的说明

在点火过程中, 给煤时机的把握是非常关键的, 如果在床温未达到煤的燃点就开始投煤, 这些未燃煤会在料层中大量积聚, 这不但无助于提高床温, 而且容易在床温上升后引起爆燃, 造成结焦。所以在给煤操作之前, 应将料层加热到较高的温度(800℃左右)时才投煤, 以利于煤的迅速着火, 消除爆燃隐患。投煤后, 煤与燃油、木炭争氧燃烧可能会因氧不足造成床温下降, 所以, 投煤时便可撤出油枪。

(杨永建 供稿)

ergy equation of an open system the authors have developed a method for measuring the concentration of pulverized coal in primary air for a boiler employing exhaust gas for transporting pulverized coal. This method has been successfully used in production practice, blazing a new path for the on-line monitoring of pulverized coal concentration in primary air. **Key words:** primary air, pulverized coal concentration, energy equation, measurement

炼油厂热动系统优化与节能改造 = **Optimization and Energy Conservation-oriented Modification of the Thermal Energy System of an Oil Refinery** [刊, 汉] / ZHANG Yan-chun, XU Hong-zhi (Department of Thermal Energy Engineering, Tsinghua University, Beijing, China, Post Code: 100084) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 525 ~ 528

The optimized configuration of the thermal energy engineering system of an oil refinery for energy savings is described. This is followed by an analysis of the low-vacuum heat supply by a steam turbine and the measures taken for the combined heat utilization of various low-temperature heat sources in an oil-refining process plant. A new turbine has been added to realize a flexible regulation of steam use, introducing a rational utilization of condensing-steam latent heat. As a result of the modification and the combined use of low-temperature heat energy significant energy savings and economic benefits have been achieved. **Key words:** thermal energy power, optimized configuration, energy conservation-oriented modification

电站锅炉热效率通用软件制作 = **Development of a Set of General Software for Calculating the Thermal Efficiency of Utility Boilers** [刊, 汉] / ZHAO Yong-gang (Inner Mongolia Electric Power Research Academy, Huhehot, Inner Mongolia, China, Post Code: 010020), REN Run-ping, ZHANG Cun-zhu (Monda Power Generation Co. Ltd., Dalada, Inner Mongolia, China, Post Code: 014300) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 529 ~ 531

Boiler thermal efficiency tests are listed among the most basic and commonly used thermodynamic tests of boiler equipment. On the basis of analyzing methods of calculating the thermal efficiency of utility boilers the development of a set of general software is expounded along with a description of its makeup. The use of this software can not only enhance the accuracy of thermal efficiency calculation for utility boilers, but also dramatically reduce calculation load, resulting in higher work efficiency. **Key words:** utility boiler, thermal efficiency, software making

35 t/h 锅炉 PLC 热工监控系统设计 = **Design of a Programmable Logic Controller-based Thermotechnical Control and Monitoring System for 35 t/h Boilers** [刊, 汉] / ZHANG Shao-juan, LU Shu-ju (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 532 ~ 534

The design of a thermotechnical control system for two 35t/h boilers installed at Iran Shazand Power Station is described along with a brief account of the employed Siemens programmable logic controller-based hardware configuration and software programming as well as the functions of a monitoring system. The control system features strong control functions, high reliability and ease of operation. **Key words:** boiler, PLC, monitoring system

波纹管容积式换热器的失效及控制 = **Failure and Control of a Corrugated-tube Positive-displacement Heat Exchanger** [刊, 汉] / YANG Guan-zhen (Wuxi Municipal Inspection Institution for Boilers and Pressure Vessels, Wuxi, China, Post Code: 214025) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 535 ~ 536
Key words: heat exchanger, failure, control

全自动双效浓缩器控制技术 = **Control Technology for Fully Automatic Dual-effect Concentrating Devices** [刊, 汉] / SHI Jian-ping, LIU Qing-ge (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036), WEI Jing-wei (Harbin Technical Institute of Electric Power, Harbin, China, Post Code: 150040) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 537 ~ 538