

# 高参数锅炉给水预热器的改造

谭 泓 林 林, 王景富

(中国船舶重工集团公司第七〇三研究所 蒸汽轮机装置研究室, 黑龙江 哈尔滨 150036)

**摘 要:**进口 100E11 锅炉给水预热器存在着热力性能不能满足工艺系统需要以及管箱泄漏问题。应用户要求, 对这台锅炉进行设备改造。通过对设备的材料、结构及工艺的更新与改造, 解决了高压管箱密封难题; 改善了设备热力性能, 增大了换热面积, 满足了工艺系统要求。长期运行表明, 改造效果良好。

**关 键 词:**高参数锅炉; 预热器; 热力性能; 高压密封

中图分类号: TK223. 5 文献标识码: B

## 引 言

为满足生产需要, 保证设备安全可靠运行, 锦西天然气化工有限责任公司要求对进口的陈旧老化设备 100E11 锅炉给水预热器进行改造并更换。该设备原为 DXU 型换热器, 其最大优点是壳程(气侧)压降损失较小, 但换热效率比较低, 满足不了工艺系统的需求。原有 DXU 型换热器的高压管箱壳体与盖板采用螺柱连接, 由于管箱的压力和温度比较高, 螺柱在运行时产生变形, 局部伸长, 从而导致密封面产生泄漏。此外, 由于原设备换热管与管板的胀接接头质量有问题, 运行一段时间后曾发生泄漏事故, 影响了设备安全运行。应用户要求, 对原有锅炉给水预热器的材料、壳程的流动特性、管箱的高压密封结构以及换热管与管板连接工艺进行了改造, 取得良好效果。

## 1 结构的改造

锅炉给水预热器是一种表面式给水加热器, 它能提高锅炉给水温度, 对降低煤耗, 增加出力、提高热效率起着重大作用。根据用户要求及工艺系统的需要, 确定了设备的主要设计技术参数, 如表 1 所示。对原有锅炉给水预热器进行了结构改造, 改造后的锅炉给水预热器仍采用 U 形管式换热结构。

表 1 锅炉给水预热器主要设计技术参数

	管程	壳程
设计压力/MPa	17.5	3.2
操作压力/MPa	14.8	2.9
设计温度/℃	304	408
操作温度/℃	143/290	379/204
工作介质	锅炉给水	变换气
流程数	6	1
设备公称直径/mm	1 100	
换热管直径/mm	φ19×2.5, φ19×2.8	
换热面积/mm <sup>2</sup>	860	

### 1.1 增加传热面积

由于原设备换热面积不足, 改造时必须考虑增加设计热负荷及要求预留约 10% 的面积裕度, 故新设备的换热面积就需要增加。为此, 采取了以下措施来改善壳程结构, 增加传热面积, 从而提高了换热能力。

(1) 在保持原设备公称直径不变的情况下, 充分利用管板有效尺寸, 把换热管布管节距从原来的 25 mm 改为 24 mm, 共布置了 747 根 U 型管, 并利用原有空间, 适当增加换热管长度, 使换热面积增加了 10%。

(2) 通过流动特性计算, 把壳程中原来的折流板全改为中间隔板, 并增加数量, 选取了合理中间隔板缺口型式和间隔距离。

壳程原设计允许压降 0.015 MPa, 对改造后的壳程流动特性进行了计算。计算结果表明, 改造后的结构计算压降低于原设计的允许值, 换热能力增加了 12%, 满足了工艺系统的需要。

(3) 在壳程 U 型管束的端部增加了导流板, 减少了流动死区, 改善了流动状况。

### 1.2 更换设备材料

根据所确定的改进方案及该设备的使用条件,

管箱、管箱接管材料采用 20MnMo 锻件, 与原设备材料相同; 管板采用 12Cr2Mo1 锻件; 换热管采用 0Cr18Ni9, 与原设备的 SA213TP304 管材相当; 伍德密封结构中顶盖材料采用 20MnMo 锻件, 压垫采用柔性石墨材料。

改造前壳程材料内、外壳体、封头采用国外的 SA387-11CL2 材料, 而国内没有与 SA387-11CL2 相应的材料。改造时考虑设计参数及介质情况, 一般在化工装置的介质中往往含有氢, 在一定的温度和压力下会对钢材产生氢腐蚀, 同时所选材料成分及性能尽可能与国外材料相同, 故改造后内外壳体、封头材料采用抗氢腐蚀能力较好的中温抗氢容器钢板 15CrMoR。根据 15CrMoR 在临氢环境抗损坏及耐热性能特点, 温度为 379 °C, 氢气分压为 1.182 MPa 的介质环境下使用, 能充分可靠地满足设计要求。

### 1.3 高压管箱密封结构的改造

由于管箱承压高, 原设备管箱的壳体与盖板是采用高强度螺栓进行强制密封结构。设备长期运行时, 在高温高压作用下, 螺栓会伸长变形而影响密封效果, 长期使用后壳体与盖板密封面容易渗漏。根据国家标准, 螺栓密封结构只适用于设计温度 ≤200 °C, 设计压力 ≤16 MPa 的场合, 而目前设备要求设计压力为 17.5 MPa, 设计温度为 304 °C, 螺栓密封结构显然不适用。因此必须对高压管箱密封结构进行改进, 最后采用了改进的伍德密封结构。

改进的伍德密封结构为轴向自紧式密封, 主要由顶盖、牵制螺栓、螺母、牵制环、四合环、拉紧螺栓、压垫和筒体端部组成, 如图 1 所示。拧紧牵制螺栓使顶盖与压垫间、压垫和筒体顶部间产生预紧密封力。当内压作用后随压力升高顶盖向上移动, 它们之间密封力随着增大。传统的伍德密封结构中压垫采用软钢材料, 压垫与顶盖之间的密封是金属与金属之间的线接触密封, 这就要求压垫与顶盖之间的配合面有较高的加工精度, 且安装精度要求也较高, 这对大直径管箱结构而言, 难度很大。因为加工、安装中一旦有偏差, 就容易造成管箱密封结构泄漏。而改进的伍德密封结构中压垫采用柔性石墨材料, 具有一定的弹性。当顶盖受压力和温度波动影响产生微量上升或下降时压垫靠其弹性可以随着伸缩, 故当压力和温度有波动时仍能保持良好的密封, 因而在高压下密封性能很好, 可有效地防止泄漏, 同时这种结构还使管箱结构更加紧凑, 并且开启快, 装拆方便, 适用于快开场合。

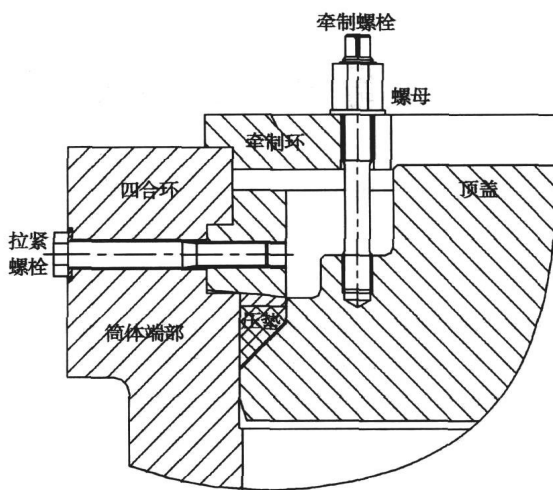


图 1 改进的伍德密封结构

## 2 工艺改造

换热管与管板的连接工艺是保证换热器不泄漏的关键工艺。换热管与管板的连接方式有胀接、焊接、胀焊并用等型式。由于管箱压力高, 管板太厚(管板厚度通过强度计算得到); 而壳程介质为变换气, 要保证不泄漏, 故对换热管与管板连接的密封性要求较高, 所以换热管与管板的连接工艺是采用强度焊和全截面贴胀相结合的工艺。

由于管板采用高强度 12Cr2Mo1 锻件, 且厚度尺寸很大; 而换热管采用 0Cr18Ni9 材料。两种不同材质的材料进行焊接, 焊接接头容易出现裂纹, 难以保

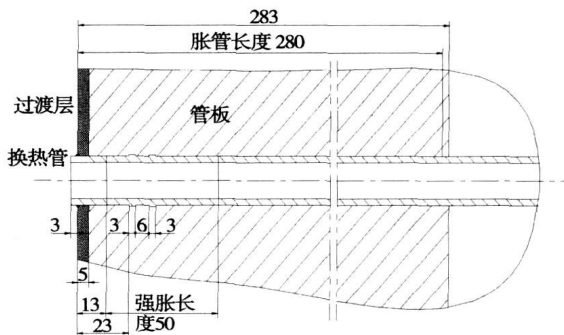


图 2 改造后的换热管与管板连接工艺详图

证焊接接头质量。因此, 在连接工艺上首先在管板上堆焊一层过渡层焊条, 焊条型号为 E309L-16 超低碳高镍铬不锈钢焊条, 然后再在过渡层上堆焊一层 E308L-16 超低碳高镍铬不锈钢焊条。这些焊条焊接性能和抗裂性能优异, 从而保证换热管与管板是同

种金属材料焊接, 保证接头既有足够的强度和密封性能, 又可防止变换气渗入换热管与管板夹缝中。图 2 为改造后的换热管与管板连接工艺详图。

换热管与管板焊接采用钨极氩气保护填充强度焊, 焊丝采用 H00Cr21Ni10。换热管与管板胀接采用

液压胀管, 焊接后各密封接头均进行渗透检测, I 级合格。这样做既保证接头安全可靠, 又保证接头长期运行时无泄漏。

改造后的锅炉给水预热器结构如图 3 所示。

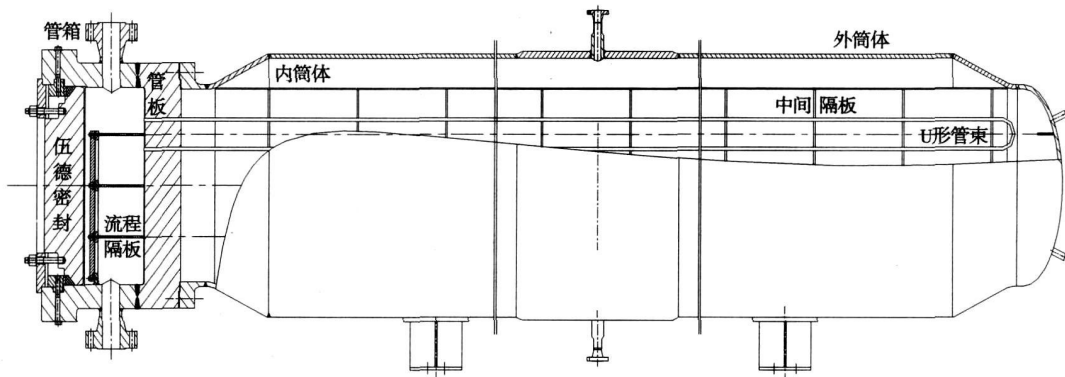


图 3 改造后的锅炉给水预热器结构

### 3 改造效果

通过技术改造提高了设备的换热效率, 解决了泄漏问题, 实现了设备安全、可靠地运行。

(1) 锅炉给水预热器增加了换热面积, 换热效率明显提高。

(2) 安全满足了生产工艺系统的需要。锅炉给水预热器运行了 5 年, 管箱密封良好, 管子与管板连接接头未发现渗漏现象。

(3) 管箱盖采用伍德密封, 结构紧凑且开启快, 便于检修, 缩减检修时间, 降低检修人员的劳动强度。

(4) 提高密封性能, 延长运行周期, 节省检修费

用, 为工艺系统设备周期平稳运行创造了条件, 产生了较大的间接经济效益。

经改造的高参数锅炉给水预热器运行情况良好, 达到了改造预期效果, 还可以应用到石油、化工行业等类似设备的改造。

#### 参考文献:

- [1] GB150—1998, 钢制压力容器[S].
- [2] GB151—1999, 管壳式换热器[S].
- [3] JB/T8190—1999, 高压加热器技术条件[S].
- [4] JB/T3343—93, 高压加热器制造技术条件[S].
- [5] 陈永宁, 黄日侯. 换热器胀接头质量控制的探讨[J]. 石油化工设备, 1996, 15(8): 17—24.
- [6] 杨明勇, 蒋光涛. U形管式高压加热器水室设计[J]. 压力容器, 2006, 23(6): 52—54.

(编辑 柴舒)

## 致作者、读者

世界能源储量逐渐减少, 全球能源危机日益加重。因此, 新能源技术的研究和开发越来越受到人们的关注。在我国新能源种类较多, 如太阳能、生物能、地能、风能和燃料电池等这些新能源技术的发展给我国的能源领域发展带来新的生命力。

为此, 本刊在 2007 年设立了一个新栏目“新能源动力技术”, 其目的就是将国内外的新能源动力领域的最新科研成果及时加以报道。本刊欢迎从事能源动力领域研究、教学的院校师生、科研人员和工程技术人员为《热能动力工程》期刊撰写新能源动力领域研究成果论文、各国新能源研究最新进展的综述性文章。

敬请作者将电子稿件发本刊编辑部(电子邮箱 rmlgch703@163.com)。

《热能动力工程》编辑部

(Sichuan Chenguang Engineering Design Institute, Chengdu, China, Post Code: 610041)//Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2007, 22(5). — 551 ~ 556

As an equipment item in the emergency trip system, a large-sized three-eccentricity butterfly valve has gradually found its use in the steam turbine security system of thermal and nuclear power plants. The dynamic response characteristics and reliability of its hydraulic control system are vital to the safe operation of a power plant. In the light of the functional need of the three-eccentricity butterfly valve as an equipment item in the emergency shutoff valve system, a hydraulic control version meeting the requirement of an emergency trip has been designed. A simulation model of the hydraulic control system has been set up. The simulation of systematic dynamic characteristics during the valve opening and closing process was conducted and the full-dynamic response of the developed emergency shutoff valve system tested. During the opening process of the valve, the maximal displacement of the actuator piston being measured was 0.2 mm greater than that of the simulation result and the longest time measured for the quick shutoff valve for both “full open” and emergency shutoff was without exception 0.01 s longer than that of the simulation result. The foregoing shows that the adoption of simulation technology during the design process can accurately forecast the dynamic response characteristics of the designed three-eccentricity butterfly valve system and also its optimized design versions. **Key words:** three-eccentricity butterfly valve, emergency cutoff valve, hydraulic system design, dynamic response characteristics, simulation of hydraulic system

**高参数锅炉给水预热器的改造=Modification of the Feedwater Preheater of a High-parameter Boiler**[刊, 汉]/TAN Hong, LIN Lin, WANG Jing-fu (Steam Turbine Design and Research Department, Harbin No.703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036)//Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2007, 22(5). — 557 ~ 559

Concerning the imported 100E11 boiler feedwater preheater, there exist such problems as the failure of its thermodynamic performance to meet the requirement of process systems and the leakage of tube boxes. In response to the request of end-users, a modification of the boiler was performed. Through a renovation and change of the materials, structure and manufacturing technology of the equipment items, the intractable problem concerning the sealing of high pressure tube boxes was resolved, the thermodynamic performance of the equipment items improved, and the heat exchange areas were enlarged, thus meeting the requirement of the relevant technological systems. The long-time operation has shown that the modification has achieved good results. **Key words:** high-parameter boiler, preheater, thermodynamic performance, high pressure seal

**油水煤浆在新型气化炉内气化过程的数值模拟=Numerical Simulation of the Gasification Process of Coal-Oil-Water Slurry in a New Type Gasifier**[刊, 汉]/YU Hai-long (College of Energy Source and Environment, Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou, China, 450007), LIU Jian-zhong (National Key Laboratory on Clean Utilization of Energy Source and Environment Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, China, Post Code: 310027)//Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2007, 22(4). — 560 ~ 563

A study of numerical simulation and calculation was performed of the gasification process of coal-oil-water slurry in a new type of water-slurry gasifier incorporating multiple nozzle inlets. A law governing the temperature distribution in the gasifier and concentration distribution of various gasification products has been analyzed. The results of the numerical simulation calculation show that when the gasification of oil-water-coal-slurry is compared with that of common water-coal-slurry both having the same concentration, the average temperature in the gasifier has undergone a slight increase. The carbon transformation rate shot up by 3.39% and the effective gas (CO+H<sub>2</sub>) content in the raw gas at the outlet of the gasifier rose by 10.58%. The concentration of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O was reduced by a great margin with water decomposition rate being enhanced greatly. The gasification effectiveness has been obviously better than that of conventional water-coal-slurry. **Key words:** oil-water-coal-slurry, gasification, gasifier, numerical simulation