

# 螺旋管换热器防止蒸汽随凝水排出的方案研究

韩志航, 孙奉仲, 韩吉田, 史月涛

(山东大学 能源与动力工程学院, 山东 济南 250061)

**摘 要:** 螺旋管换热器是一种新型高效换热器, 蒸汽流失是影响其换热效率的重要因素。本文介绍了此种换热器的基本工作原理和应用, 并提出了几种防止蒸汽随凝结水排出的技术方案。

**关 键 词:** 换热器; 螺旋管; 换热效率

中图分类号: TK172 文献标识码: B

## 1 概 述

### 1.1 螺旋管换热器基本工作原理

螺旋管换热器具有换热效率高、结构紧凑和加工制作方便等优点, 因此得到了非常广泛的应用。它的基本结构是: 许多换热管加工成同心螺旋状, 固定在盖板 and 壳体底板之间。各传热管的两端分别与一根入口总管和一根出口总管相连接。换热管无间隙的重叠在一起, 其上下端分别与盖板和壳体底板紧固。这样, 各不同半径的螺旋管之间形成了螺旋形的壳侧流道, 管侧流体和壳侧流体可以形成逆流。为了使壳侧流道保持一定, 也可以在螺旋管之间加隔板(螺旋管束的结构见图 1)。

### 1.2 螺旋管换热器的应用分析

因为螺旋管中的层流传热系数大于直管, 所以可以用于高粘度流体的加热或是冷却, 而传热管是蛇形盘管状, 具有弹簧作用, 从而避免了热应力对换热器的破坏, 并且换热器的结构紧凑, 安装容易。但是, 当传热管与入口管和出口管连接处产生泄漏时, 修理困难, 用机械方法清洗管内侧也很困难。

已有的螺旋管蒸汽—水换热器通常是将蒸汽冷却成饱和水后, 经疏水器排出换热器。在正常工作条件下, 可以排出纯冷凝水, 没有蒸汽排出。但是, 在负荷变化的情况下, 由于蒸汽和水流量的变化, 在排出冷凝水的同时, 常常会伴有蒸汽排出。特别是由于疏水器产品的质量, 疏水器的故障会导致换热器工作时有大量的蒸汽排出, 造成了大量的潜

热和显热的浪费。因此, 在努力提高疏水器产品质量的同时, 也迫切需要发展能够替代疏水器的其它技术方案。

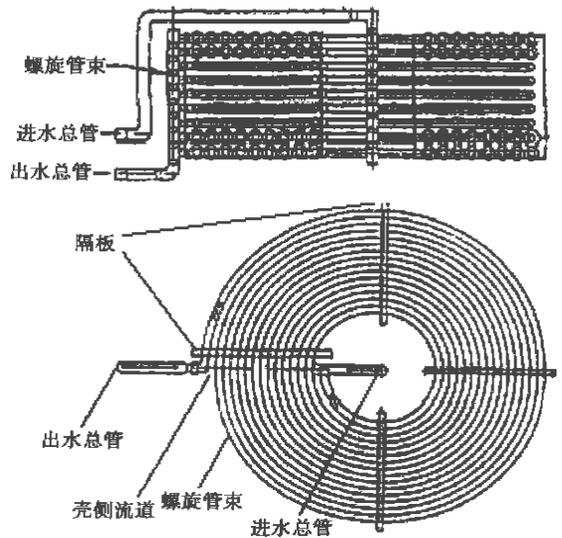


图 1 螺旋管束的结构

## 2 螺旋管换热器防止蒸汽随凝水排出方案的探讨

为了防止蒸汽—水螺旋管换热器中蒸汽随冷凝水排出, 本文根据热力方法和机械方法, 提出了四种技术方案。

### 2.1 利用蒸汽和水的密度差来设计结构

如图 2 所示, 在冷凝水出口总管安装一个套筒式结构, 外面是它的外筒, 上面均匀地开一定数量的通孔, 里面是内筒, 与外筒相配合。凝结水在壳侧聚集, 水位不断上升。当内筒受到的凝结水浮力大于它的重力的时候, 内筒浮起, 凝结水通过外筒上露出的通孔流出。如果有蒸汽存在, 凝水的水位就会下降, 内筒下降, 将外筒的通孔堵住, 从而保证了蒸汽不会排出。设计内筒时, 要考虑到凝结水的密度,

收稿日期: 2004-02-27; 修订日期: 2004-05-24

作者简介: 韩志航(1980-), 男, 山东历城人, 山东大学硕士研究生。

并且内筒与外筒配合应恰当(既不能轻易浮起又不能水位很高)。

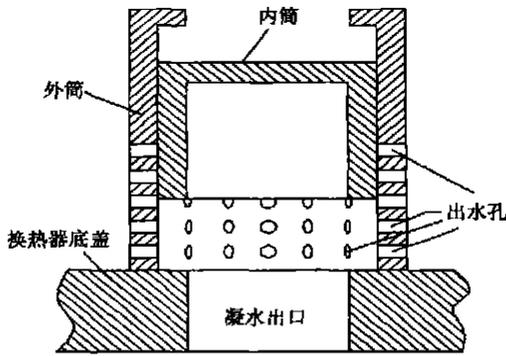


图 2 套筒式结构

### 2.2 利用水封原理

如图 3 所示,通过法兰将换热器接管与水封管连接,水封管再通过法兰与疏水管道连接。在换热器运行之前,应先将水封管中注满水;换热器工作后,由于蒸汽的密度小于冷凝水的密度,冷凝水总是先于蒸汽进入水封管,水封管中总保持有一定的水位,即使有蒸汽进入水封管道,在压力不太大的情况下,也不会将水封中的凝水全部排出,从而保证了蒸汽留在换热器中。显然水封的高度会直接影响水封的效果,为了提高水封的性能,就要增加水封的高度。这就增大了整套系统的体积,使螺旋管换热器结构紧凑和体积小的特点打了折扣。因此,此种方法不适于单独使用,应与其他方法相结合,才可能取得比较好的效果。

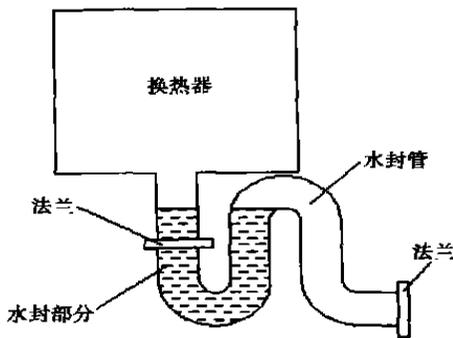


图 3 水封管式结构

### 2.3 加装节流孔板

如图 4 所示,在出水管道某一断面安装节流孔板,由于孔板的面积比管道截面积要小,致使流体流动到孔板前受孔径的约束而产生收缩,迫使流体

流速增加,静压力下降。对于特定的节流孔板,在其上下游两侧一定位置上的压差  $\Delta p$  与流体的流量存在着一种确定的关系,即  $q_v = F(\Delta p)$ 。其确定关系可以通过伯努利方程与流动连续方程推导。

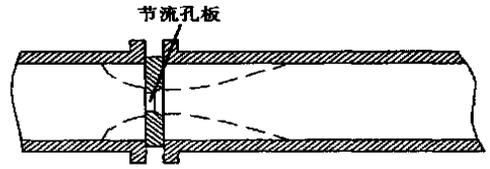


图 4 孔板式结构

设管道截面为截面 1,节流孔最小处截面为截面 2,假定流体不可压缩,有:

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \quad (1)$$

式中:  $p_1, p_2$ —对应于截面 1 与 2 的流体静压力;  
 $v_1, v_2$ —对应于截面 1 与 2 的流体平均流速;  
 $z_1, z_2$ —管道中心对应于截面 1 与 2 的位置高度;

当管道水平放置时,  $z_1 = z_2$ , 则:

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} \quad (2)$$

由连续性方程:

$$\rho \frac{\pi}{4} d_1^2 v_1 = \rho \frac{\pi}{4} d_2^2 v_2 = q_m \quad (3)$$

式(1) ~ 式(3)整理得,流量:

$$q_m = \sqrt{\frac{1}{1 - (d_2/d_1)^4}} \cdot \frac{\pi}{4} d_1^2 \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)} \quad (4)$$

由式(4)分析:节流孔板前的压力可以看作常量,在两截面直径确定的情况下流量仅与孔板最小截面处的压力有关,即仅与  $\Delta p$  有关。因此,通过控制压降来控制流量,理想情况下可以使孔板前始终保持有凝结水,从而防止未凝结蒸汽排出。同时,要选择合适的孔板,使冷凝水流量在一定范围内变化时,可以达到与之相适应的压降。在具体计算孔板最小直径时,流量可以取某一流量范围内的最大流量和最小流量,压降可以取经验数值,计算出与之对应的直径,取其平均值为孔板的最小直径,最后由实验数据来校正。

当所设计的换热器的压力很低(绝对压力为 0.2 ~ 0.4 MPa)时,可以考虑用节流孔板进行疏水。一般情况下孔板安装在两水平管道的中间,由法兰连

接。孔板由 2~4 mm 的不锈钢板制成(防止腐蚀及磨损), 孔板的孔径不应小于 2 mm。为避免阻塞, 在孔板前要有粗滤网。这种结构简单, 且容易更换, 和凝结水一块流过孔板的蒸汽损失小于 2.5%。

但是, 加装节流孔板会大大增加凝水系统的阻力, 因此使用时要根据不同场合, 具体情况及设备要求, 慎重考虑。

#### 2.4 加装凝结水挡板

如图 5 所示, 在原螺旋管束的最小螺旋处加一挡板, 在挡板上开孔由引出管引出凝结水。这样, 原来在壳侧流道中的凝结水以及一部分还未冷却的蒸汽就由壳侧进入了管侧, 通过引出管进入凝结水出口; 原来在管侧的流体通过挡板与壳侧连通, 水由进水口进入, 通过挡板上的管孔进入管侧。

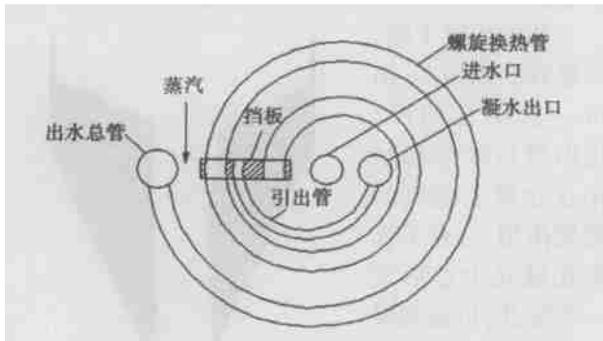


图 5 挡板式结构

这种结构的优点是: 少量的蒸汽被管道集中起来, 提高了蒸汽流速, 螺旋中心部分有大量的冷水, 蒸汽所在的那一小部分管束完全浸没在这部分冷水

中, 这样就增加了蒸汽与冷水的换热面积, 增强了换热效果。同时, 因为引出管不是紧密的压在一起, 这部分管束可以采用特殊的管子制造, 比如翅片管, 螺旋管等。另外, 这种结构并没有影响蒸汽走壳侧, 冷水走管侧的换热器的快速反应特点。

上面提出的几种解决方法, 各有各的特点和适用范围。在实际应用中, 可以根据实际情况选定, 必要时可以两种甚至几种方法联合应用, 以期取得较理想的效果。

### 3 结 论

本文介绍的 4 种防止螺旋管换热器中蒸汽随凝结水排出的技术方案, 可以替代传统的在换热器后加装疏水器的方法, 使漏汽率降低; 可以防止蒸汽排出, 实现了冷凝水的过冷, 消除了二次蒸发的热损失, 又不需再装设疏水器。所以能延长凝结水泵的使用寿命, 节约能源和水, 也避免了由于疏水器故障等带来的麻烦。

#### 参考文献:

- [1] 尾花英郎. 热交换器设计手册[M]. 徐中全译. 北京: 烃加工出版社, 1987.
- [2] 朱聘冠. 换热器原理及计算[M]. 北京: 清华大学出版社, 1987.
- [3] 吴慧英. 螺旋槽管凝结换热器的研究与应用[J]. 热能动力工程, 1997, 12(5): 327-329.
- [4] 郭丽华. 内导流筒折流杆浮头式换热器冷凝效果研究[J]. 石油化工设备, 2002 31(3): 19-21.
- [5] HO J C. Study of a compact spiral-coil cooling and dehumidifying heat exchanger[J]. Applied Thermal Engineering 1996, 16(10): 777-790.

### · 书 讯 ·

## 透平式压缩机

透平式压缩机是一种高速旋转机械, 可以满足工业上对气体压缩的各种需求, 应用范围很广, 而且在许多领域为其他类型压缩机所无法替代。作为一种工业装备, 它广泛应用于石油、化工、天然气管线、冶炼、制冷和矿山通风等诸多重要部门; 作为燃气涡轮发动机的基本组成元件在航空、水、陆交通运输和发电等领域随处可见; 作为增压器已成为当代内燃机不可缺少的组成部件。

本书的主要内容: 撰写了透平式压缩机(离心式、轴流式)的气体热力学和气动力学基础, 系统论述了透平式压缩机的基本结构、工作原理、性能曲线和调节方法、非稳定工况和防喘控制原理以及运行有关知识。书中还专门介绍了引进大型化肥厂和乙烯装置典型压缩机的结构和特点。此次再版时做了较大修改和补充, 主要反映了近年来透平式压缩机设计方法、结构特点的一些新进展, 如: 扼要介绍了干气密封、磁悬浮轴承、气体动力轴承以及数字直接控制系统的应用等。同时也包含了本书作者所在教研室近年在透平式压缩机性能研究方面所取得的一些新成果, 增加了“透平式压缩机热力性能评估通用软件系统(CPES-03)”的介绍。

本书内容丰富, 理论联系实际, 论述深入浅出, 便于自学。本书可供从事透平式压缩机的研究、设计、运行和管理的科研及工程技术人员参考, 还可作为高等院校相关专业的教材或教学参考用书。

该书由大连理工大学黄钟岳教授、王晓放编著。2004 年 8 月由化学工业出版社出版。

(王晓放 供稿)

116005), Sun Jing-bo (Dalian Shipbuilding Heavy Industry Co. Ltd., Dalian, China, Post Code: 116005) //Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2004, 19(6). — 642~644.

Under a traditional installation method a shafting is first mounted on a shipway and after a launching, the shafting undergoes an alignment through the adjustment of a main machine location. A certain type of ship built by Dalian Shipyard due to its complicated structure of propulsion system the fitting-out cycle of the equipment and piping is very long. To ensure the building time schedule of the ship as a whole, it is necessary to conduct the fitting-out work of engine room equipment in advance. Hence, it is first necessary to fix a location at the shipway to install the main machine, and then install the shafting while in the dock. With a view to ensuring installation quality of the shafting, it is required to develop an effective technique of shafting installation, thereby resolving the problem of shaft line offset caused by the underwater deformation of the ship body under the present installation scheme. To cope with this problem, designers have proposed an effective method of shafting installation. The actual use experience on a ship indicates that the proposed technique can not only ensure the fitting-out time schedule of the engine room equipment, but also meet the technical requirements of the shafting installation precision. **Key words:** shafting, alignment, mounting technique.

螺旋管换热器防止蒸汽随凝水排出的方案研究 = **The Study of a Scheme for Preventing the Vent of Steam from Condensate in a Spiral-tube Heat Exchanger** [刊, 汉] / HAN Zhi-hang, SUN Feng-zhong, HAN Ji-tian, SHI Yue-tao (College of Energy and Power Engineering under the Shandong University, Jinan, China, Post Code: 250061) //Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2004, 19(6). — 645~647.

The spiral-tube heat exchanger represents a new type of high-efficiency heat exchanger. Loss of steam is a major factor impairing its heat exchange efficiency. The basic working principle and application of such heat exchangers are described and some technical schemes for preventing the vent of steam from condensate proposed. **Key words:** heat exchanger, spiral tube, heat exchange efficiency

锅炉煤仓塞煤问题解决方案 = **A Scheme for Resolving the Problem of Coal Plugging in a Boiler Coal Bunker** [刊, 汉] / SHI Shuai-jun (Shenma Nylon Chemical Engineering Co. Ltd., Pingdingshan, China, Post Code: 467013), LIU Kai-fu (Qinhuangdao City Huadian Measurement &Control Equipment Co. Ltd., Qinhuangdao, China, Post Code: 066000) //Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2004, 19(6). — 648~649.

常压热水锅炉机械循环垂直式供暖系统分析 = **The Design of a Mechanical-circulation and Vertical Type Heat Supply System for Constant-pressure Hot Water Boilers** [刊, 汉] / ZHENG Xin-wei (College of Power &Nuclear Energy Engineering under the Harbin Engineering University, Harbin, China, Post Code: 150001), LIU Chang-he (Harbin No.703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036), SONG Yan (Technical Quality Supervision Bureau of Heihe City, Heihe, China, Post Code: 164300), ZHANG Ai-ping (North China Oil Field Bazhou Municipal Constant-pressure Hot-water Boiler Co. Ltd., Bazhou, China, Post Code: 065703) //Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2004, 19(6). — 650~653.

The mechanical-circulation and vertical type heat supply system of constant-pressure hot water boilers pertains to a representative heat supply system widely used in China. Through the analysis and research of this heat supply system the authors have proposed for the above-mentioned heat supply system some pertinent schemes and a method of laying out its piping, valves and instrumentation. Meanwhile, some suggestions concerning the optimized design of a boiler-water heat supply system for the constant-pressure hot water boilers are proposed. They are of practical engineering value for heat supply system engineers. **Key words:** heat supply system of constant-pressure hot water boiler, form, design, proposal