

Investigation of Ejector Heat Exchanger in Heat Supply System

Kun Zhang^{1,2}, Shengqiang Shen², Haijun Li³

¹Food Engineering College, Dalian Ocean University, Dalian, China

²School of Energy and power engineering, Dalian University of Technology, Dalian, China

³Marine Engineering College, Dalian Maritime University, Dalian, China

Email: zhk@dlou.edu.cn

Abstract: Water contacts steam vapor directly for heat transfer in ejector heat exchanger. This principle makes ejector heat exchanger superior to plate heat exchanger, with pressure lift and energy saving. This paper illustrates improving of ejector heat exchanger equipment which is utilized in heat supply system. The improvement causes better energy utilization of ejector heat exchanger and reduces CO₂ emission.

Keywords: energy-saving; heat supply; ejector

喷射式换热器在供热系统中的应用研究

张 琨^{1,2}, 沈胜强², 李海军³

¹大连海洋大学食品工程学院, 大连, 中国, 邮编 116023

²大连理工大学能源与动力学院, 大连, 中国, 邮编 116024

³大连海事大学轮机工程学院, 大连, 中国, 邮编 116026

Email: zhk@dlou.edu.cn

摘 要: 喷射式热交换装置通过汽水直接接触换热, 相比表面式换热器具有节能、升压等特点。本文针对其在供热系统应用中出现的问题进行针对性的改进, 从而使喷射式热交换装置更好的体现节能效应, 降低二氧化碳等污染物排放。

关键词: 节能; 供热; 喷射器

1 引言

喷射器是一种应用广泛的流体机械, 利用工作流体的射流来实现能量转化, 并以显著的节能效果、低污染的工作性能、以及结构简单、造价低廉, 操作和维修方便等优点, 目前在水利、电力、供热、交通、化工、轻工、冶金、石油、矿山、环境保护、核工业、航空及航天等行业得到广泛的应用。

在蒸汽供热的采暖系统中, 供热过程是利用蒸汽锅炉生产出蒸汽, 或由热电厂供给蒸汽, 然后通过换热器进行汽—水换热, 制取高温热水后送入热网, 以输送热水的方式供用户采暖。对于这种供热方式, 汽—水换热器就成为制备热水的关键设备。传统的汽—水换热方式多采用表面式间接换热, 以采用板式汽—水换热器或管式汽—水换热器作为加热水的换热设备者居多。但是,

资助信息: 辽宁省科技计划项目 (2005224001)

喷射式换热器与表面式汽—水换热器相比较, 具有更大的优势。

2 喷射式换热器

2.1 工作原理

喷射式换热装置是射流技术在传热领域的应用, 是通过汽、水两相流体的直接混合来生产热水的设备。喷射式换热器具有转换效率高, 体积小, 噪音低, 安装简单, 运行可靠, 投资少 (在相同供热能力的条件下, 喷射式换热器的造价仅为管式换热器的 1/5) 等优点。大量实践证明, 它的使用性能在多方面超过传统的表面式换热器。喷射器换热器除了上述优点以外, 还具有节能的作用^[1]。

喷射式换热器按照驱动介质不同分为射水带汽式和射汽带水式两种^[2]。射水带汽式是指谁通过喷嘴射流, 蒸汽作为被引射流体; 射汽带水式是指蒸汽通过喷嘴射

流,水作为被引射流体。在热水供暖系统中采用射水带汽喷射式换热器可以代替表面式换热器,利用水的引射作用与蒸汽直接混合,热能利用率相对较高,但换热器出口不具有升压作用。而射汽带水喷射式换热器具有升压作用,不仅可以代替表面式汽水换热器,还可以代替循环水泵,起到节煤、节电、节省设备投资等作用^[3]。

当蒸汽通过喷射式换热器的喷嘴时,受几何尺寸的影响压力降低,流速增加,在喷嘴的出口处形成低压区。由于压差的存在,回水被引射进入喷射式换热器内,与蒸汽进行混合,蒸汽在水中凝结放热,汽、水之间进行能量、动量和质量的交换,然后汽水混合物进入混合室进一步均匀混合形成单相热水,最后在扩压室内热水的流速降低,压力升高,完成加热水的过程^[4]。图1是喷射式换热器的工作示意图。

由于在喷射式换热器内汽水直接混合,加热器的散热损失很小,可以忽略不计,故可认为其热能利用率接近100%。而对于表面式汽水换热器,假设疏水器的热损失按5%计算,凝结水全部回收利用,则其能源利用率通常为75~80%^[2]。

2.2 应用局限性

喷射式热交换装置适用于一切以蒸汽做为热媒介质的换热工况,并具有升压功能,从而可以节省循环泵所消耗的大量电能,这是其相比表面式换热器特有的优点^[5-6]。

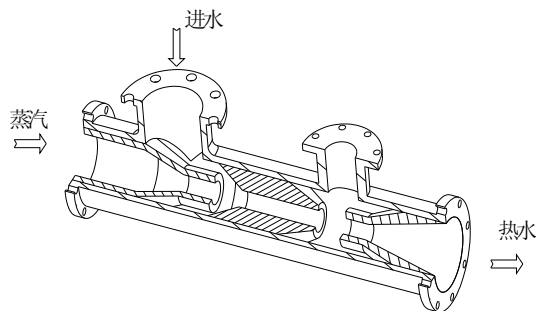


Figure 1. Schematic diagram of ejector heat exchanger

图1 喷射式换热器示意图

但在使用过程中,我们发现喷射式热交换装置也有自身的适用工作条件。比如,设备启停操作相对复杂、运行过程中需要调整工作蒸汽的压力、工作噪音较大等,都成为喷射式换热器推广使用的瓶颈。因此针对以上局限性,我们在研究中逐步提出解决方案,使喷射式换热系统更加完善、可行。

3 喷射式换热器系统改进

3.1 自控系统

为了降低现场工人的操作强度,使喷射式热交换装置更容易操作和使用,保证工况的最优化,我们采用自控系统,实现喷射式换热器设备启停的自动化,运行工况的最优化。

自控系统采用3组PID控制回路,分别对于换热器启动控制、正常换热温度调节、供热循环泵变频控制等三路进行PID算法控制。

自控系统原理图如下:

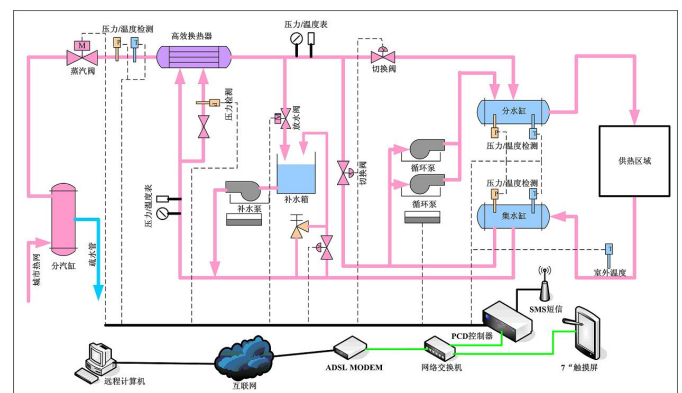


Figure 2. Schematic of auto control system for ejector heat exchanger

图2 喷射式换热器自控系统原理图

自控系统通过对喷射式热交换装置启动压力的检测,控制放水阀和蒸汽阀,使系统平稳启动。正常运行后,系统通过对于供水温度检测,调节蒸汽阀开度,使之供水温度达到设定值;控制元件是换热器一次进蒸汽口的控制阀,该阀门控制换热器的一次供汽量。将二次侧预设温度作为给定值,测量温度值作为反馈值,阀门的开度作为输出值,采用智能PID算法,保证二次供水温度的恒定。

系统通过实时检测供回水的温度、压力参数,根据管网负荷大小,控制变频器适时适量地控制循环泵电机的转速,调节循环泵的输出流量,满足供暖负荷要求,使电机在整个负荷和变化过程当中的能量消耗降到最小程度。应用变频器还能提高系统的功率因数,减少电机的无功损耗,并提高供电效率和供电质量,达到稳定供热质量,节约供热电能消耗。此外系统还需要控制补水泵的补水量以及开关泄水阀以保证系统的稳定运行。

3.2 噪音控制

喷射式热交换装置的消音、减振及整流机构，由相互连通的补偿器、直管、柔性接头、弯管和消音止回阀组成。补偿器是由金属波纹管 and 设置在波纹管内的导流管构成，导流管与金属波纹管之间具有一定的间隙，靠入口端的导流管端部与波纹管连接成一体。该机构与喷射式热交换装置配合使用，可有效降低噪音、减小振动、改善流体流动性，并获得国家实用新型专利^[7]。

机构示意图如图3所示：

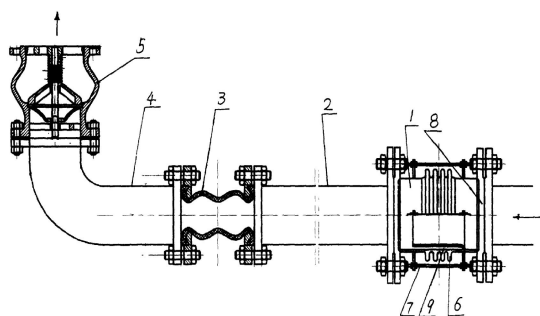


Figure 3. Schematic diagram of silencers, vibration and rectifier institutions

图3 消音、减振及整流机构示意图

图3显示，消音、减振及整流机构是由依次相互连接的补偿器(1)、直管(2)、可曲挠双球柔性接头(3)、弯管(4)和消音止回阀(5)构成，各部件之间采用法兰连接。补偿器是由金属波纹管(6)和设在其内的导流管(9)组成，金属波纹管两端设有直管过渡段，直管过渡段的两端连接法兰盘(8)，分别与喷射式热交换装置的出口法兰和直管法兰相连接，导流管与波纹管之间有一定的间隙，靠入口端的导流管端部与波纹管焊接成一体，出口端的导流管为自由端。补偿器的金属波纹管的外部可设有支撑架(7)。

进入喷射式热交换装置的流体由两相流向单相流转变时，系统中就会产生压力突变，即产生很强的压力激波，该压力激波使喷射式高效节能热交换装置产生很大的振动及噪音，混合流体本身处于不稳定流动状态，发生水力冲击现象。当流体进入补偿器后，流体从导流管后端进入与波纹管之间形成的缝隙中，受到流体的压力作用，波纹管就可能产生变形(轴向、横向变形及角位移)，吸收了一部分冲击能量，起到了减振、消音和整流的作用。

流体进入直管段，压力会有一定的沿途损失，流

体的两相流向单相流转变更加充分，流体流动逐渐趋于稳定。在直管后设置的柔性接头，通过其变形吸收能量，进一步起到缓冲作用。在柔性接头后连接的弯管、消音止回阀，方便安装和防止流体反向流动，不会产生振动和噪音。

4 工程应用与结论

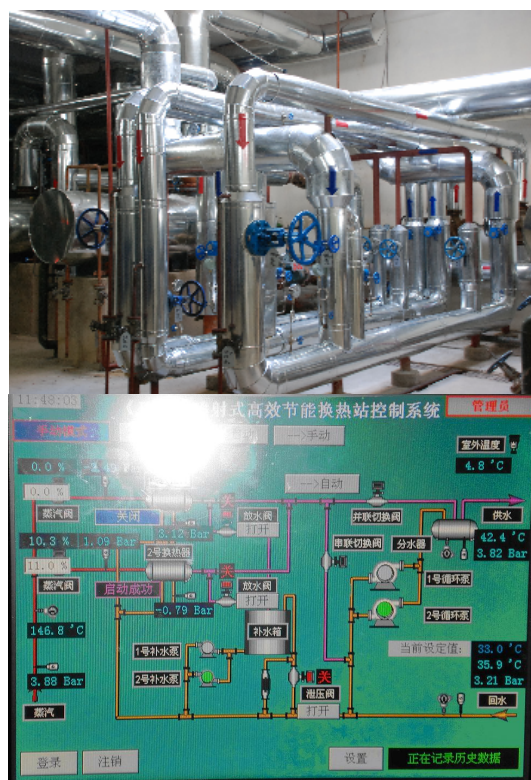


Figure 4. Pictures of operating condition of ejector heat exchanger

图4 喷射式换热器装置现场图片

图4是大连某采用喷射式热交换装置的供热站现场图片。左侧是自控系统的触摸控制屏，上面包括系统运行的所有参数；右侧图片中的消音机构已被隔音材料包裹，并用白钢板密封，进一步降低噪声、保证美观。

该供热站以蒸汽做为热媒，原采用汽—水表面式换热器为3.7万平方米的小区居民用户冬季供暖，现使用喷射式热交换装置，并匹配自控系统和消音机构。该消音减震装置可保证整个设备在运行中的噪声低于规定的国家环保标准，已通过国家环保监测标准检测。

在保证原有供暖效果的前提下，一个供暖期内为企业节省蒸汽970吨，节电60000 kWh，节约高温蒸馏水1000余吨，合计节约能源成本214680元。在节省能源成本的同时，一个供暖期(以136天为例)还为社会节

约 181.66 吨标煤, 减少排放二氧化碳 475949.2 kg, 二氧化硫 1544.11 kg, 氮氧化物 1344.284 kg, 取得良好的社会效益和环境收益。

在供暖系统中使用喷射式热交换装置, 可为用户节约蒸汽、电能、高温蒸馏水等能源成本。自动控制系统和消音机构与喷射式热交换装置上的良好匹配, 可实现设备启停的自动化、运行工况的最优化, 以及工作噪音的标准化。

实践表明, 在供暖系统中采用喷射式热交换装置有良好的节能效果, 能创造可观的经济效益和社会效益。

致 谢

感谢辽宁省科技计划项目 (2005224001) 和大连应达节能技术有限公司对本研究的支持。

References (参考文献)

- [1] LU Hongqi. Spray technology theory and application [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2004.
陆宏圻. 喷射技术理论及应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.
- [2] GAO Yang. Application of Jet-type Blending Heater on the Heat Supplying System and Energy Saving [J]. *Energy Environmental Technology*, 2006, 8: 41-44.
高阳. 喷射式混合加热器在供热系统中的应用与节能[J]. 节能环保技术, 2006, 8: 41-44.
- [3] HE Ping, SUN Gang. Heat supply engineering [M]. Beijing: China Building Industry Press, 1993.
贺平, 孙刚. 供热工程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993.
- [4] G. Cattadoti, L. Galbiati, L. Mazzocchi, P. Vanini. A single-stage high pressure steam injector for next generation reactors: test results and analysis. *International Journal of Multiphase Flow* [J], 1995(21)4: 591-606.
- [5] LI Gang, YUAN Yichao, LIU Yuzheng. Progress and Status on Performance of Steam-Water Injector. *Boiler Technology* [J], 2009, 40(2): 10-13.
李刚, 袁益超, 刘聿拯. 汽液喷射器特性研究的进展与现状[J]. 锅炉技术, 2009, 40(2): 10-13.
- [6] YAN Junjie, LIU Jiping, LIN Wanchao, et al. Research on Mechanism of Steam-Water Two-Phase Flow Injector. *Nuclear Power Engineering* [J], 2001, 22 (6) : 490-493.
严俊杰, 刘继平, 林万超, 等. 汽-液两相流喷射升压装置的机理研究[J]. 核动力工程, 2001, 22 (6) : 490 - 493.
- [7] ZHANG Da, GU Weizhong, WANG Shihu. Silencers, vibration and rectifier institutions for ejector heat exchanger: China, 200520090736.9 [P]. 2005-05-10.
张达, 谷维忠, 王世湖. 喷射式热交换装置的消音、减振及整流机构: 中国, 200520090736.9 [P]. 2005-05-10.