

新模式热电联产供热系统用热终端高效换热器的分析

邱林

(北京建筑工程学院 城建系热工教研室, 北京 100044)

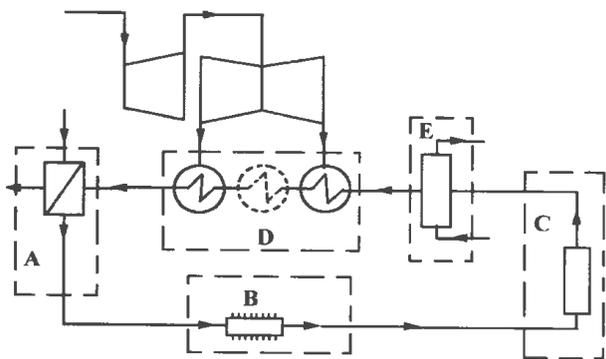
摘要:首次为新模式热电联产低品位供热系统提出了一种用户端高效换热器—新型风机盘管,并对此从技术性、节能性和经济性等方面进行了探讨和分析,旨在为新模式热电联产供热工程的实施提供理论依据。

关键词:热电联产;低品位供热;热效率

中图分类号:TK1 文献标识码:A

1 引言

文献[1]从可持续发展战略高度提出了一种新模式热电联产供热系统,见图1。这种新模式从理论上以用热终端煤耗和排污量降至33%~15%、出厂供热成本下降55%~15%及供热而引起的欠发电量降至20%~7.4%^[1]的优势向传统的热电联产模式提出挑战。新模式的关键点之一是将热电联产供热系统推向低品位化。本文就其中的低品位热能利用环节(B环节)的实施,从提供设备到技术、经济等方面的可行性进行了相关的分析和探讨。



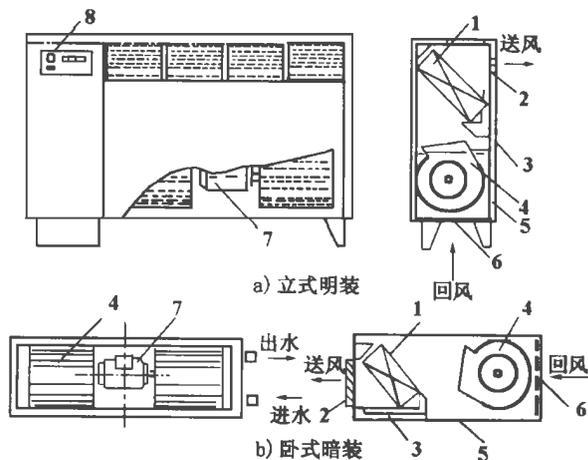
A—传统品位热能利用环节;B—低品位热能利用环节;C—超低位热能利用环节;D—凝汽器加热环节;E—热水网调温环节

图1 新模式热电联产供热系统

2 新模式热电联产供热系统用热终端高效换热器

新模式热电联产的低品位热能利用环节,是用

初温为60℃~40℃的热水对用户供热。显然,传统的供热末端装置—散热器(供回水温度为95℃/70℃)已不适应新模式供热的要求。因此,该环节实施的关键是在用户处确定何种相适宜的末端装置—高效换热器。近年来,暖通空调行业兴起的地板换热器和风机盘管换热器均满足了以低温热媒(60℃甚至更低)供热的需求,尤其是风机盘管——一种空调用、半集中式水—空气式换热器,它具有利用集中冷热源、既供冷又供热,并能分区调节和个别控制等优点,是新模式供热系统用户端高效换热器首选装置之一。风机盘管换热器主要由风机和盘管(表面换热器)构成,见图2。其设计是依据我国近年颁布实施的《风机盘管机组》JB/T4238—91中的有关规定,供热时,水温在50℃~75℃之间,温降5℃左右;供冷时,水温在5℃~10℃之间,温降5℃左右。风机盘管的表面换热器结构大多为带翅片的盘管,呈等边三角形排列,一般为3排,每排8根管^[3]。由北京青云航空仪表公司提供的“风机盘管样本”的热工性能见表1。



1—盘管;2—出风格栅;3—凝水盘;4—风机;5—箱体;6—空气过滤器;7—电动机;8—控制器(电动阀)

图2 风机盘管机组构造示意图

表 1

型号	EP-3.5	EP-5	EP-6.3	
风量 /m ³ ·h ⁻¹	高速	400	580	690
	中速	300	400	460
	低速	250	320	350
冷量 /W	高速	2 000	2 800	3 600
	中速	1 700	2 500	3 200
	低速	1 300	2 000	2 800
热量 /W	高速	3 000	4 200	5 250
	中速	2 500	3 700	4 800
	低速	1 900	3 000	4 200
噪声/dB(A)	34	36	38	
风机功率/W	30	40	50	
水量/kg·h ⁻¹	350	500	630	
水阻/kPa	6	14	16	

满足新模式低品位供热要求(供水温度 50 °C 左右,同时为提高给定热网加热器的传热能力,要求尽可能增大供回水温差至 15 °C~20 °C)的风机盘管(简称新型风机盘管)并不完全工作在现行风机盘管的设计工况下,需要在风机盘管的基础上作一些相应改动。新型风机盘管的基本设计思路为:(1)改水路实现大温降。将风机盘管一般为三进三出的并联水路结构改为串联或串并联相结合的形式,但为避免传热能力下降,要保证盘管内的水流速仍在允许值范围(0.6~1.5 m/s)之内^[3]; (2)增加面积满足低品位供热。依据水阻力的承受能力、风量变动情况及房间的布局要求合理采取横向和纵向增加盘管来增大换热面积,以实现供热能力不变。改造后新型风机盘管的传热性能可按照原有同型号现行风机盘管(肋片的形式、管径、排间距和列间距等不变)的性能修正因子 μ_j ^[4] (因供水温度、室内温度、管内流速及面风速变化引起的)来处理。计算和分析可知,新型风机盘管夏季供冷时,可相应增大水温降和提高冷水入口温度,节约冷量和泵功耗,为进一步优化和完善用能方式起到了积极的作用。

3 新型风机盘管用热终端的节能效益

采用新型风机盘管这种高效换热器作为用户末端装置,用户末端的用热 η_{us} 效率(衡量用能质与量

$$Z = \begin{cases} \gamma 143.57 \left(AU / \Pi \mu_j \right)^{0.39} & (\text{元}) \quad AU / \Pi \mu_j < 350 (\text{W} / ^\circ\text{C}) \\ \gamma 10.13 \left(AU / \Pi \mu_j \right)^{0.86} & (\text{元}) \quad AU / \Pi \mu_j \geq 350 (\text{W} / ^\circ\text{C}) \end{cases} \quad (3)$$

(式中, γ 为式样系数^[4], AU 为换热器面积与传热系

的科学依据)可直接按风机盘管 η_{us} 效率的计算公式来求^[4],即:

$$\eta_{us} = \frac{E_{QC}}{E_{Qh}} \cdot \frac{1 - \epsilon_c}{1 + \epsilon_h} \quad (1)$$

其中, $E_{QC} = Q(1 - T_0 / T_{cm})$, $E_{Qh} = Q(1 - T_0 / T_{hm})$ 分别为冷、热介质吸入和放出的热流 η_{us} , T_0 为环境温度, T_{cm} , T_{hm} 分别为冷、热介质的平均温度, ϵ_c 和 ϵ_h 分别表示由于流动阻力引起的单位冷流 η_{us} 损与单位热流 η_{us} 损,对于风机盘管, ϵ_c 和 ϵ_h 可具体表示为:

$$\epsilon_c = T_0 \cdot W_F / T_{cm} \cdot E_{QC}$$

$$\epsilon_h = \Delta P / \eta_w \rho C_{pw} (t_{w1} - t_{w2}) (T_{hm} / T_0 - 1)$$

其中, W_F 为风机的功率, η_w 为水泵效率, ΔP 为水阻力。而传统的热电联产供热系统用户端的用热 η_{us} 效率通常可表示为:

$$\eta_{us0} = (1 - T_0 / T_r) / (1 - T_0 / T_R) \quad (2)$$

T_r , T_R 分别为用户的用热平均温度和供给用户热水的平均温度。传统供热水温相对较高,加之采用自然对流式散热器,与使用高效换热器的新模式低品位供热相比, η_{us} 效率低很多。计算可得,在满足同样供热条件下,使用新型风机盘管的新模式与使用散热器的传统热电联产模式,用户的用热 η_{us} 效率之比约为 1.5 (取 $T_0 = 273 \text{ K}$, $T_r = 293 \text{ K}$, $T_R = 353 \text{ K}$)。新模式正是选择提高供热总能系统的“冷端” η_{us} 效率来改善供热性能的,这种通过成熟可靠的技术和较少的“边际投入”有时甚至与引入高效机组、先进循环等高投入方案(提高热端 η_{us} 效率)有着异曲同工之效。

4 实施新型风机盘管供热的经济分析

使用新型风机盘管的低品位供热,理论和技术上是完全可行的,但经济上是否合理?用户能否接受(就我国目前的技术、物质和生活质量发展阶段而言,空调正逐步成为日用必备设施,这为新模式热电联产供热提供了物质条件。凡是能承受空调的用户,均可接受新模式的低品位供热。新型风机盘管的成本可利用风机盘管的动态估价方程^[4]:

数之积)或不同式样(卧式暗装 WA、立式明装 LM、

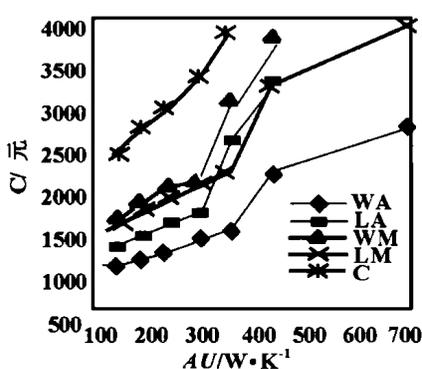


图 3 价格随 AU 的变化关系

卧式明装 WM、立式暗装 LA 和卡式 C) 下价格随 AU 的变化曲线(图 3)来确定。风机盘管的运行费主要取决于风机的耗功大小,因此,在实现同样的供热时,新模式

供热运行费的增幅可视新型风机盘管比现行风机盘管风量增加的程度来定。当某些情况下(如室内布局限制)风机盘管的面积不宜过大,必须适当增大风量达到供热能力时,运行费将有所增加,一般不超过 20%。尽管新型风机盘管的新模式供热成本和费用略有上涨,若冬夏两用可降低成本和费用。再者,新模式热电联产使公用电厂获利甚高,可采用近年在西方盛行的“需求方管理”(DSM)^[1],由得益方对用户给以一定的补贴。按上述设计和计算得出新型风机盘管在新模式供热的若干工况下与现行风机盘管在常规空调供热的标准工况下、实现不同供热比 Q、不同风量比 G 时的换热面积比 A、成本价格比 Z₁ 和运行费比 Z₂ 见表 2。

表 2

$t_{wh1}/^{\circ}\text{C}$	$\Delta t_{wh}/^{\circ}\text{C}$	Q	G	A	Z_1	Z_2
50	20	0.8	1.2	1.54	1.15	1.2
50	15	0.8	1.0	1.48	1.14	1.0
55	15	1.0	1.0	1.33	1.09	1.0
55	20	1.0	1.0	1.85	1.24	1.0

5 结语

上述分析看出,这种理论和技术上可实现、经济上合理、与环境和社会相容的并将现代采暖节能技术及设备与热电联产系统有机地融为一体的新模式热电联产,不仅具备了实施的可能性,而且具有辉煌的应用前景。

参考文献:

- [1] 宋之平. 新模式热电联产供热系统: 联产供热的一个发展[J]. 工程热物理学报, 1997, 18(5): 536—539.
- [2] 宋之平. 从可持续发展的战略高度重新审视热电联产[J]. 中国电机工程学报, 1998, 18(4): 225—230.
- [3] 徐风林. 风机盘管机组表冷器的合理设计[J]. 暖通空调, 1996, (6): 36—38.
- [4] 邱林. 风机盘管机组的焓效率和估价方程[J]. 北京建筑工程学院学报, 1999, (2): 1—5.

(何静芳 编辑)

新机组

第一台 GTX100 在 Vaesthamn 达到全功率

据《Modern Power Systems》1999 年 12 月号报道,第 1 台 GTX100 于 1999 年 11 月 18 日在 Vaesthamn 电站达到全功率,它标志着由 ABB 公司于 1994 年发起的此研制项目的顶点。此型燃机是要填补该公司所生产燃机在 40 MW 功率级的间隙。

GTX100 燃机具有 15 级轴流压气机,前三级可变几何导叶;具有 30 个 DLE(干式低排放)燃烧器的环形燃烧室;具有先进叶片冷却和单晶第 1 级叶片的三级涡轮。在 ISO 基本负荷输出功率下,燃机以 1 200 °C 转子进口温度运行,相应的排气温度为 546 °C,压比为 20.0。

GTX100 的设计结合了 ABB 公司成熟的设计:压气机是 GT24/26 的比例缩小,三级涡轮类同于 GT8C,叶片冷却类同于 GT24/26,GT8C, EV 技术类同于所有 ABB 燃机,螺栓连接的奥氏体转子、转子设计和环形燃烧室类同于 GT10,轴向扩压器和燃烧室冷却类同于 GT24/26。

以天然气作为燃料作简单循环基本负荷运行时, GTX100 在 ISO 条件下基本负荷额定功率为 43 MW,效率为 37%,排气质量流量为 122 kg/s。以联合循环方式(双压级余热锅炉,1 台 20.5 MW 凝汽式汽轮机)工作时,功率为 62 MW,效率增加到 54%或更高。

(思娟 供稿)

direct-flow slit type burner. The 360 MW boiler is a product of French Stein Co. With the help of a hot-wire anemometer the velocity distribution of a flow field in the furnace was measured and the flow field diagram of W-shaped air flow in the furnace under various operating conditions obtained. An analysis has been performed with respect to the following: the law of air flow velocity distribution of the flow field under different operating regimes, the filling fullness of air within the furnace, the air flow path, velocity excursions at the furnace outlet, etc. Also studied are the in-furnace aerodynamic field characteristics and their variation law and mechanism along with a measurement of flame short circuiting of the W-shaped flame boiler and the velocity excursions at the furnace outlet. **Key words:** W-shaped flame, boiler, flame short circuiting, velocity excursion, cold-state model test, aerodynamic field

水平管道细粉高浓度分层流动阻力特性的试验研究= **Experimental Research of the Resistance Characteristics of High-concentration Fine Powder Stratified Flow in a Horizontal Pipe** [刊, 汉] / Qiu Peng-hua, Chen Li-zhe, Wang Hong, *et al* (Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2001, 16(1). —23 ~ 25, 72

With a progressively better understanding of the advantages of a high-concentration fine powder conveying system the latter has recently become an object under extensive study by numerous scholars. A stratified flow in a horizontal pipe represents the most important form of high-concentration powder transport flow. In view of this the study of its resistance characteristics is of great significance. On the basis of a review of their work in this area over the past fifty years the authors have analyzed the merits and demerits of empiric formulas presented by various scholars. Through a series of tests on a test rig of high-concentration pneumatic conveying system, deduced is a formula for calculating the resistance characteristics of a high-concentration fine powder stratified flow in a horizontal pipe. An error analysis indicates that the above-mentioned formula can well meet the relevant requirements of general engineering design. **Key words:** pneumatic transport, hydrodynamic characteristics, resistance characteristics, gas-solid two-phase flow

论燃气轮机在天然气输气管道上的选用和配套= **The Selection of Gas Turbines for Use in a Natural Gas Transmission Pipeline and the Supply of Necessary Supporting Auxiliaries** [刊, 汉] / Chen Reng-gui (Tarimo Petroleum Exploration and Development Command Headquarters, Kule City, Xingjiang Autonomous Region, China, Post Code: 841000) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2001, 16(1). —26 ~ 29

A brief analysis was conducted of the major features of natural gas transmission pipelines, natural gas compressors and gas turbines. On this basis some problems are highlighted, which merit special attention in the course of the selection of gas turbines for use in natural gas transmission pipelines and the appropriate provision of necessary supporting auxiliaries. **Key words:** natural gas transmission, compressor, gas turbine

新模式热电联产供热系统用热终端高效换热器的分析= **The Analysis of a High-efficiency Heat Exchanger at the Heat User End for a New Mode of Cogeneration Heat Supply System** [刊, 汉] / Qiu Lin (Beijing Institute of Civil Engineering and Architecture, Beijing, China, Post Code: 100044) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2001, 16(1). —30 ~ 32

The present paper has proposed for a new mode of cogeneration low-grade heat supply system a high-efficiency heat exchanger at heat user's end, which is composed of a new type of fan coil tubes. A discussion and analysis was conducted from the perspective of technical feasibility, energy-saving potential and cost-effectiveness. The aim of the above is to provide a theoretical basis for the implementation of a new mode of cogeneration heat supply system. **Key words:** co-production of heat and electrical power, low-grade heat supply, exergy efficiency

300 ~ 3 000 K 水蒸气红外辐射谱带模型参数= **Infrared Radiative Spectral Band-model Parameters for Water Vapor in the 300 - 3000 K Temperature Range** [刊, 汉] / Dong Shi-kui, Tan He-ping, Yu Qi-zhang, Liu Lin-hua