

板式换热器在供热系统中的应用

刘锐人 (哈尔滨市商业建筑设计院)
赵欣虹 (哈尔滨市建筑工程设计中心)

[摘要]本文介绍板式水—水换热器的基本特点,详述了它的计算、设备选型、组合方式和应注意问题。

关键词 板式水—水热交换器 流道 流程 热阻
分类号 TK 172

0 概述

近年来,我国集中供热事业得到迅速发展,很多换热领域先后使用了板式换热器。国内生产板式换热器的厂家已遍布许多城市。所生产的板片换热面积最小为 0.05 m^2 ,最大为 2 m^2 ,所能承受的最大工作压力为 2.0 MPa ,最高工作温度为 250°C ,并正在积极研制各种新板型。已经研制出将换热器、循环水泵及其他附属设备组装在一起的整体机组。随着板式换热器性能更加完善,集中供热事业的发展及管理水平的提高,板式换热器在供热系统中的应用会不断扩大。

它的主要优点是传热系数大、结构紧凑、组装灵活、安装及除垢简便、冷热流体没有掺混的可能等。其主要缺点是工作温度不能太高、重新组装易于泄漏、流道窄、积垢后传热效果下降、价格高等。用户和设计人员可视情况选用。

1 板式换热器的流道、流程及组合方式的确定

板式换热器中相邻板片之间的空间称为流道。冷热流体交替从相邻流道中流动实现换热。将同一股流体分散在并联板片之间,向同一方向流动的所有流道总称为一个流程。若只有一个流程称为单程,二个及二个以上的流程称为多程。同一侧流体在板式换热器的流道中流动方向改变的次数即为它的程数。冷热流体的流程数可以相同或不同。每一种流体的流程数等于对该流体所用换向板数加上 1。

板式换热器流程设计的原则有两个:

第一、在不超过允许阻力损失的前提下适当提高流体流速,使板式换热器的传热系数增加。

第二、尽量使冷热流体流道内的对流传热系数相等或者接近,从而得到最好的传热效果。因为在传热表面两侧对流传热系数相等或接近时传热系数获得较大值。

确定了板式换热器的流程与流道之后,可以用下列分式形式表示:

$$\frac{m_1 a_1 + m_2 a_2}{n_1 b_1 + n_2 b_2}$$

其中分子为热流体的流程与流道组合形式；分母为冷流体的流程与流道组合形式。

m_1, m_2, n_1, n_2 ——流程数；

a_1, a_2, b_1, b_2 ——各流程的流道数。

根据冷热流体的流量比设计不同的流程，可使传热系数提高，充分发挥板式换热器结构上的优势，使板式换热器的换热更加合理。在使用时有时要考虑由于单程板式换热器冷热流体的进出口接管可以全在固定压紧板一侧，因此安装、拆卸、调节时都比较方便。多程板式换热器必须在固定压紧板及活动压紧板上分别接管，使其安装、拆卸、维修都麻烦一些。因而，每台换热器铭牌上应标注它的流程组合形式。

2 板式换热器的设计计算

2.1 板式换热器的设计计算方法可归结为两大类

第一种方法。已知用准则方程式表示的板式换热器的热工特性和水力特性，先选板型和拟定板间流速，然后计算出在设计条件下热流体和冷流体的对流放热系数 α_r 及 α_L 、传热系数 K 。通过数次试算得到所需的板片数、流程组合及阻力损失。

第二种方法。已知用图线或表格表示的板式换热器的板间流速与传热系数的关系，先查出设计条件下的传热系数，然后计算出所需板片数、流程组合及阻力损失。

两种方法本来没有原则性差别，但在目前的条件下以第一种方法为好。因为在第二种方法中由于目前所建大多数板式换热器性能试验台试验时流体温度变化幅度很小，所给传热系数与流速的关系没有反映流体温度的影响。下面着重介绍用第一种计算方法计

算板式水—水换热器。

2.2 第一种设计计算方法介绍

2.2.1 已知条件：

有关热流体和冷流体的参数：

项 目	流 体		附 注
	热流体	冷流体	
进出口设计温度 $^{\circ}\text{C}$	t_1, t_2	t_{L1}, t_{L2}	
流量 m^3/h	V_r	V_L	
导热系数 $\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$	λ_r	λ_L	
运动粘性系数 m^2/s	ν_r	ν_L	
导热系数 m^2/s	α_r	α_L	
密度 kg/m^3	ρ_r	ρ_L	
比热 $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$	C_r	C_L	一般 $C_r = C_L = 4187$
普朗特准则	Pr_r	Pr_L	

有关板式换热器的资料：

试验公式 $Nu = C Re^{C_2} Pr^{C_3}$

$$Eu = C_1 Re^{C_4}$$

式中 Nu, Re, Pr, Eu —分别为努谢尔准则、雷诺准则、普朗特准则及欧拉准则。 C, C_1, C_2, C_3, C_4 —由试验得到的常数，上述公式应从厂家样本上得到。板式换热器与管式换热器不同，即使是板片波型和几何尺寸相似时，式中的常数也会不同。

几何尺寸

单板换热面积 $f(\text{m}^2)$ ；板间流道面积 $S(\text{m}^2)$ ；流道当量直径 $d_e(\text{m})$ 。

2.2.2 设计计算步骤

第一，计算供热区域的设计热负荷 Q'

$$Q' = AF \tag{1}$$

式中 A —供暖区域建筑物的建筑面积， m^2 ；

F —建筑供暖面积热指标， W/m^2 ；

第二，计算冷热流体的流量， V_L, V_r 。

$$Q = V_r \rho_r C_r (t_{r1} - t_{r2}) = V_L \rho_L C_L (t_{L2} - t_{L1}) \tag{2}$$

Q —一台换热器的换热量， W ；

为了便于维修和管理,一般一个换热站选2~3台板式换热器。大型热力站选3台,小型热力站选2台,一般不超过4台。选3台时 $Q = 0.40Q'$,选2台时 $Q = 0.60Q'$ 。

第三,选定板型。在选择板型时,不宜选择单板换热面积太小的板片,以免板片数量过多,板间流速偏小,传热系数过低。对较大的换热站更应注意此点。

第四,根据一种流体拟定流道中的流速 v 。先取 $v = 0.4 \sim 0.6\text{m/s}$,一侧流体的流速拟定后,对单程板式换热器,另一侧流体的流速可用下式求出:

$$v_r = v_L \frac{V_r}{V_L} \quad (3)$$

尽量使 v_r 与 v_L 接近,如果相差较大,对低流速的一侧要考虑采用多流程。

第五,计算冷热流体的雷诺数 Re_L, Re_r 。

$$Re = \frac{vd_0}{\nu} \quad (4)$$

第六,计算冷热流体的努谢尔特准则

Nu_r, Nu_L

$$Nu = CRe^c Pr^c \quad (5)$$

第七,计算冷热流体的放热系数 α_L, α_r

$$\alpha_{L(r)} = \frac{Nu \cdot \lambda_{L(r)}}{d_0} \quad (6)$$

第八,计算传热系数 K 。

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_L} + \frac{1}{\alpha_r} + R_p + R_r + R_L}$$

式中 R_p —板片热阻 $R_p = \frac{\delta}{\lambda}, \text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$;

δ —板片厚度, m;

λ —板片材料的导热系数,

$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{C})$;

一般取 $R_p = 50 \times 10^{-6}$,

$\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$;

R_r —热流体侧污垢热阻, $\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$;

R_L —冷流体侧污垢热阻, $\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$ 。

计算出的传热系数不宜小于 $3000 \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{C})$,如过小,应提高板间流速重新设

计。

对污垢层的厚度及性质应进行充分研究后,才能给出 R_L 与 R_r 的数值。目前国内很多专家都认为应该考虑污垢层热阻。一些资料上都谈到这个观点,但都未能给出其具体数值。有的建议采用下列数值可作参考。

对水:

$$R_r = (4.8 \sim 7.2) \times 10^{-6}, (\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{C}/\text{kJ})$$

$$= (17.2 \sim 25.8) \times 10^{-6}, (\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W})$$

$$R_L = (7.2 \times 16.7) \times 10^{-6}, (\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{C}/\text{kJ})$$

$$= (25.8 \sim 60.2) \times 10^{-6}, (\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W})$$

第九,计算换热器理论换热面积 F_1

$$F_1 = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_d} \quad (8)$$

Q —板式换热器的换热量, W ;

K —板式换热器的传热系数,

$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{C})$

Δt_d —板式换热器的对数平均温差, C

$$\Delta t_d = \frac{(t_{r1} - t_{l2}) - (t_{r2} - t_{l1})}{\ln \frac{t_{r1} - t_{l2}}{t_{r2} - t_{l1}}} \quad (9)$$

第十,计算换热器一个流程的流道数 n

$$n = \frac{V}{Sv} \quad (10) \text{取整数}$$

式中 V —流体总体积流量, m^3/s

第十一,计算换热器的流程数 N

$$N = \left(\frac{F_1}{f} + 1\right)/2n \quad (11)$$

第十二,计算换热器的实际换热面积 F_s 及实际片数 M

$$F_s = (2N \cdot n - 1)f \quad (12)$$

$$M = \frac{F_s}{f + 2} \quad (13)$$

N, n 计算结果取整数。

第十三,计算换热器的阻力损失 ΔP

$$\Delta P = Eu \cdot \rho \cdot v^2 \cdot N \times 10^{-6} \text{MPa} \quad (14)$$

将计算出的阻力损失乘系数 1.2,用来考虑板片上积垢对阻力损失的影响以及板片组成的分流管与汇流管的阻力损失。如该阻力损失用 $\Delta P'$ 表示:则

$$\Delta P' = 1.2 \Delta P \quad (15)$$

对已有的换热站 $\Delta P'$ 应小于网路中提供给换热器的允许阻力损失值。如 $\Delta P'$ 大于允许值,则应降低板间流速重新计算。

对新建的换热站及供热系统,设计时可以适当提高换热器的允许阻力损失。已往热力网设计时给间接连接用户预留压头一般为 0.03 ~ 0.05 MPa。建议新建系统预留压头提高到 0.1 MPa 左右。

选择一台板式换热器往往要重复计算多次。计算中有时还要涉及到板型、流程等的改变。在目前的运行管理水平下,每一组换热器的片数不宜过多,以免给安装和拆卸造成困难。

3 应用时应注意的问题

购买的板式换热器应有产品合格证,组装或重新安装时夹紧尺寸应符合铭牌要求。安装完毕后,两侧应交错进行水压实验。试验压力为设计压力的 1.25 倍,水温不低于 5℃,维持 30 分钟,检查各部分无渗漏者为合格。

安装时进出口宜装弯管,以减少温度应力。两侧流体的进出口都要装压力表、温度计,以便观察其工作状况。管网水进入换热站

时应先进入除污器,进板式换热器前应有过滤器。管网投入运行之前应进行清洗。为了便于修理和调节温度、流量,板式换热器两侧流体应有旁通管。换热介质应进行处理,以免传热性能下降过快,甚至堵塞无法正常工作。

热介质为蒸汽时,首先应使冷流体进入换热器并进入正常循环状态后再通入蒸汽。停电、停机时应先关闭热流体侧进口阀门,再关冷流体侧阀门。为了防止换热器过热,蒸汽入口应设置能自动关闭的电磁阀。

板式换热器停止使用时应将水放净,放松夹紧螺栓,使用时再紧固到规定尺寸,板片板面积垢可用碳酸溶液清洗,也可用棕刷子清理,但不能使用钢丝刷。

总之,板式换热器有很多好的性能,只要在设计、运行、管理中充分考虑它的特点就能使它在集中供热系统中发挥更大的作用。

参 考 文 献

- 1 陈、徐邦裕等. 板式空气—空气热交换器热工性能的实验研究. 热能动力工程, 1991, (2): 80~85
- 2 兰州石油机械研究所. 换热器: 中册, 板式换热器. 李修伦等编. 烃加工出版社, 1988
- 3 (日)尾花英朗著. 尾花英朗热交换器手册. 第一版, 徐忠权译. 北京: 石油工业出版社, 1981年6月
- 4 城市热力网设计规范 GJJ34-90
- 5 А. Л. Буцц цди. Эксплуатационные испытания пластинчатых подогревателей. Вогоснабжение и Санитарные Техники, 1985, (4)

作者简介: 刘锐人 男 1963年生,哈尔滨商业建筑设计院设计室主任。是哈尔滨中央商城和秋林公司改建等著名建筑暖通专业主设人。 通信处 150010 哈尔滨道里区工厂街 43号

(Guangzhou Energy Resources Research Institute of Chinese Academy of Sciences) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(4). -222~226

Conventional heat exchangers of convective heat transfer for the recovery of diesel exhaust heat suffer from easily fouled heating surfaces and a low heat transfer factor. These defects can be overcome by the use of a fluidized bed heat exchanger. The experimental study conducted on a 30 kw diesel engine has produced satisfactory results, providing helpful design parameters for industrial applications. **Key words:** fluidized bed, convective heat transfer, waste heat utilization, diesel exhausts

铸铁锅炉扩缩通道流动与换热实验结果分析=Analysis of a Cast-iron Boiler Divergent-convergent Channel Flow and Heat Exchange Test Results [刊,中]/Wang Xiqing, Zhang Hongjun (Harbin Institute of Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(4). -227~230

Based on the summing-up of experimental results the authors have proposed an experimental correlation formula for the gas flow resistance and convection heat exchange factor in a cast-iron boiler divergent-convergent channel with the applicable range of the formula being specified. In addition, an optimum divergent-convergent angle was obtained as a result of computation and analysis of the said channel intensified heat exchange performance on the basis of the experimental data. **Key words:** cast-iron boiler, divergent-convergent channel, flow resistance, convection heat exchange, intensified heat exchange

150 W 准分子激光器横流风机研究设计=Study and Design of a Transverse Flow Fan for a 150 W Quasi-molecular Laser Device [刊,中]/Li Yantao (Harbin 703 Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(4). -231~236

Described in the present paper is the type selection, aerodynamic and structural design, and circulation gas cooling of a transverse flow fan for a 150 W quasi-molecular laser device. Through a full-scale product operation and measurement it has been proved that the transverse flow fan has the advantage of obtaining directly a flat-shape high-speed uniform flow field. Based on an accurate and reliable computation the fan features a construction compactness and rational design. **Key words:** transverse flow ventilator, calculation, design

板式换热器在供热系统中的应用=Application of Plate Heat Exchangers in a Heat Supply System [刊,中]/Liu Rui ren (Harbin Commercial Architectural Design Institute), Zhao Xinhong (Harbin Architectural Engineering Design Center) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(4). -237~240

The basic features of a water-water plate heat exchanger are described along with a detailed account of its calculation, equipment type selection, mode of assembly and other problems worthy of detailed attention. **Key words:** water-water plate heat exchanger, channel, flow path, heat resistance

发展小型热电联产的障碍及提高效益的途径 = Obstacles Encountered in Developing Small-sized Cogeneration Plants and Some Approaches Employed to Enhance Their Economic Benefits [刊, 中] / Xiao Lichuan, Bao Man (Jiangsu Petrochemical Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(4): 241-244

Though characterized by a relatively slow development speed, small-sized cogeneration plants are known for their excellent energy-saving potentialities. The authors analyse some major issues associated with the development of small-sized cogeneration plants and come up with a series of constructive proposals for quickening the pace of their development. **Key words:** cogeneration, thermal efficiency, exergy loss, steam supply piping optimum diameter

煤与火炬瓦斯混烧技术的应用 = Application of a Mixed Burning Technique for Coal and Flare Gas [刊, 中] / Yuan Fenglin, Fan Honglin (Daqing Petrochemical General Works), Liu Changcheng (Harbin 703 Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(4)-245~247

In connection with the alleviation of flare gas heat loss at a petrochemical works the authors describe their successful experience in organizing the mixed burning of coal and flare gas through the use of a power station boiler. **Key words:** gas, combustion, mixed burning ratio, pulverized-coal-fired boiler

SHL 20-25/400-A 锅炉漏风问题 = Air Leakage in a SHL20-25/400-A Boiler [刊, 中] / Liang Weiyu, Ma Wenju (Shihezi August First Cotton Textile Factory of Xinjiang Autonomous Region) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(4). -248~250

Edited and Published by Harbin 703 Research Institute and Editorial Staff of this Journal	Post Code Number 150036
Printer: Printing House of Harbin Institute of Technology	ISSN1001-2060
Address: P. O. Box 77, Harbin China	Periodical Registration: CN23-1176/TK
Cable: 6511, Harbin China	Distributed by China International Book Trading Corporation, P. O. Box 399, Beijing, China