

板 式 换 热 器

第 一 机 械 工 业 部
石 油 机 械 研 究 所 編 譯

51.5

化 工 部 化 工 設 备 設 計 專 業 技 術 中 心 站

内 容 提 要

本书简要地介绍了国外板式换热器的发展史、结构特点、工业应用及发展现状。比较详细地介绍和比较了各种传热板片的结构和性能。对于密封结构、垫圈材料、框架结构、板片的制造及设备的安全性等也作了叙述。书中提供了部分传热和流体力学性能实验数据和计算公式。在本书的附录中,还介绍了各主要工业国家生产板式换热器的公司(厂家)和产品情况。可供有关设计、科研及厂矿技术人员和高等院校师生参考。

板 式 换 热 器

第一机械工业部
石油机械研究所

*

化工部化工设备设计技术中心站

上海南京西路1856号

*

开本 787×1092 毫米 $\frac{1}{16}$ 印张 $9\frac{1}{8}$ 字数 210,000

定价 1.80 元

1968 年 3 月

前 言

换热设备是化工、石油、食品、动力机械、原子能及其他工业部门中使用最广泛的工艺设备之一。例如，一个炼油厂所需的换热器，约占整个工艺设备总重的40%以上。

对于现代工艺装置和动力设备，在流量小而热负荷大的情况下，使用通常的管式换热器是不经济的。这不仅由于管式换热器效率低，而且因为当其换热面积达到一千平方米或更大的时候，不得不分成几个单独的设备。这与现代工艺流程的最佳设计和设备的紧凑布置有着明显的矛盾。因此，寻求效率高、结构紧凑的换热设备，就成为一项迫切的任务。而在这一领域的探索中，板式换热器是得到迅速发展和广泛应用的设备之一。

国外自从二十年代板式换热器进入食品工业以来，近四十年间，发展很快，其应用范围亦日益广泛。特别是近十余年来，发展尤为迅速，现已成为一种重要的化工设备。

近几年来，这种设备在我国也引起了重视，并且得到了迅速发展。在战无不胜的毛泽东思想光辉照耀下，我国工人和科学技术人员发扬了敢想敢干、自力更生的精神，经过不断的科学实践，成功地制造出了国产的板式换热器，并已使用在工业装置上，取得了良好的效果。

在我们伟大的领袖毛主席“抓革命，促生产”的伟大号召下，根据科研和生产的需要，我们搜集了部分国外的有关资料，汇编成册，供有关单位和同志们了解国外板式换热器的发展概况和设计、制造更先进的板式换热器时参考。由于我们搜集的原始资料不够全面，新近的资料掌握不多，加之我们水平所限，经验不足，因此不当或错误之处在所难免，望读者批评指正。

编 译 者

1967. 10. 兰州

目 录

前言	1
概述	3
第一章 板式换热器的结构特点	9
一、基本结构	9
二、流程组合	12
三、技术性能	15
第二章 板式换热器的传热板片	16
一、板片设计	16
二、板片结构	18
三、板片形式	19
四、板片性能	20
五、板片分析	45
六、板片材料	56
七、板片制造	56
第三章 板式换热器的辅助构件	59
一、密封垫圈	59
二、框架结构	64
三、导杆	71
四、压板	72
五、中间隔板	73
六、通孔与接管	73
七、延迟器	74
第四章 板式换热器的制造特点与趋势	76
第五章 板式换热器在工业上的应用	79
第六章 板式换热器的清洗	86
第七章 板式换热器的价格及经济性	88
第八章 板式换热器的传热和流体力学计算	93
一、流动特性和给热过程	93
二、计算公式	94
三、计算程序	102
附录：各主要工业国家板式换热器的生产情况及其公司(厂家)和产品介绍	104

一、瑞典·····	104
二、英国·····	113
三、西德·····	117
四、丹麦·····	120
五、美国·····	125
六、苏联·····	129
七、日本·····	133
八、其他国家·····	138
参考文献·····	140

前 言

换热设备是化工、石油、食品、动力机械、原子能及其他工业部门中使用最广泛的工艺设备之一。例如，一个炼油厂所需的换热器，约占整个工艺设备总重的40%以上。

对于现代工艺装置和动力设备，在流量小而热负荷大的情况下，使用通常的管式换热器是不经济的。这不仅由于管式换热器效率低，而且因为当其换热面积达到一千平方米或更大的时候，不得不分成几个单独的设备。这与现代工艺流程的最佳设计和设备的紧凑布置有着明显的矛盾。因此，寻求效率高、结构紧凑的换热设备，就成为一项迫切的任务。而在这一领域的探索中，板式换热器是得到迅速发展和广泛应用的设备之一。

国外自从二十年代板式换热器进入食品工业以来，近四十年间，发展很快，其应用范围亦日益广泛。特别是近十余年来，发展尤为迅速，现已成为一种重要的化工设备。

近几年来，这种设备在我国也引起了重视，并且得到了迅速发展。在战无不胜的毛泽东思想光辉照耀下，我国工人和科学技术人员发扬了敢想敢干、自力更生的精神，经过不断的科学实践，成功地制造出了国产的板式换热器，并已使用在工业装置上，取得了良好的效果。

在我们伟大的领袖毛主席“抓革命，促生产”的伟大号召下，根据科研和生产的需要，我们搜集了部分国外的有关资料，汇编成册，供有关单位和同志们了解国外板式换热器的发展概况和设计、制造更先进的板式换热器时参考。由于我们搜集的原始资料不够全面，新近的资料掌握不多，加之我们水平所限，经验不足，因此不当或错误之处在所难免，望读者批评指正。

编 译 者

1967. 10. 兰州

概 述

采用板片作为换热表面并不是新奇的设计思想。大约在 100 年前,就有人提出这种设计。但是,由于当时受到材料和制造工艺的限制,没有得到及时应用。约经过了五十年后,即到二、三十年代才开始实际应用于工业上^[9,37]。

据文献查证,早在 1878 年德国人就提出了板式换热器的专利^[1,13,14]。1896 年,法国人 M. Malvazin 设计的板式换热器,首次用作葡萄酒的杀菌设备^[70]。初期的传热板片,是呈螺旋形回转的“沟道式”板片(见图 28 和图 29)。

到二十年代初,牛奶消费者对牛奶的卫生状况提出了新的要求。有一些国家,例如英国,还规定了牛奶在巴氏杀菌中必须经受的處理和产品的细菌学质量。为了满足这些要求,牛奶的加热必须严格谨慎地控制在一个狭窄的范围内,而且设备必须符合化学和细菌学上卫生条件的要求,这就促使人们去寻求一种新的设备。当时,德国 Seligman 等人经过许多实地调查和试验研究,于 1923 年设计和制造了一种垂直沟道板的板式换热器,并于同年秋季用于牛奶场的巴氏杀菌中。这是一种基于板框压滤机原理设计的板式设备,外形如图 1 所示。采用的传热板片是所谓“沟道式”的方形板片,其结构形式有两种,一为铣制有垂直沟道的铸青铜板,一为光滑的镀锡青铜薄板,装配时,两种板片交替排列(见图 30a)。

从此以后,板式换热器作为一种重要的工艺设备被逐渐引入食品工业首先是牛奶工业中。

“沟道式”板片虽然能在一定的程度上激起液流的湍动,从而强化传热过程,但它与

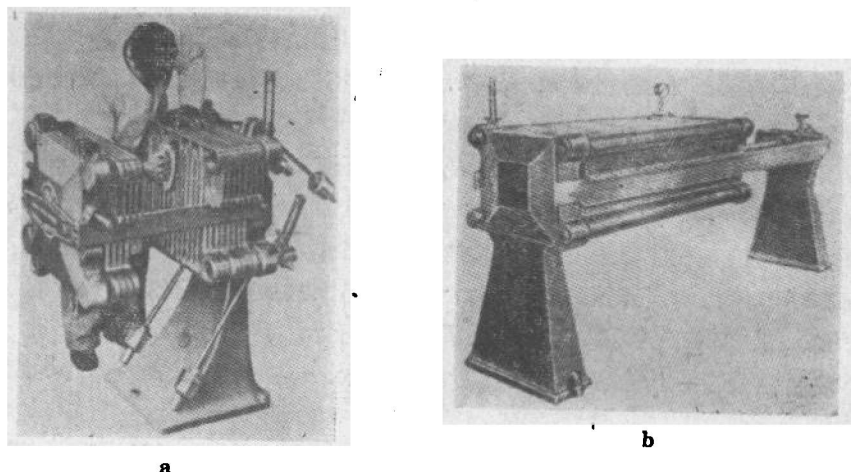


图 1 Seligman 板式换热器(1923 年)

管子的传热并无本质区别。此外,在实际应用中还有其他一些缺点。因此,为了克服“沟道式”板片的缺陷而设计一种新的板片结构,就成为当时发展中的一项重要课题。

1932年,美国人 Felldmeier 在这个方向上作出了新的努力,他首先提出了一种所谓“单流式”(或“通流式”)板片*,这种板片是带有矩形断面的平直波纹板,板片沿液流方向伸长,以克服方形板片液流的死区。板片和设备的的外形见图2。Felldmeier 板片是现代“单流式”板片的雏型。

1933年, Seligman 设计出了新型的梯形断面平直波纹板。在这种结构中,保留了 Felldmeier 长方形板片的优点,而将矩形断面代之以梯形断面。在由“沟道式”板片结构发展到现代“单流式”板片结构的过程中,这是带有关键性的步骤。这种板片用不锈钢或其他金属薄板压制成型,垫圈槽是另外焊上的。它与“沟道式”板片相比,有着显著的优越性和本质的区别。板片断面结构见图41a。这是近于现代结构的第一台标准型“单流式”板片板式换热器。

后来, Felldmeier 又提出不用焊接而完全用整体压制的方法来生产板片**。

在“单流式”板片结构的改进与完善过程中,英国人 Goodman 作了进一步发展,他提出了在主波纹上再叠加辅助波纹的板片,即阶梯形断面平直波纹板***。板片结构见图62^[37,80]。

早期的这些设计思想,启发和引导了后来许多板片结构的设计。

从板式换热器整个发展史来看,最早得到实际应用和发展较快的时期是1925~1941年间。这时的板式换热器是作为牛奶巴氏杀菌设备来使用的^[37]。在这段时期内,一些工业较发达的国家都先后制造出了工业用的板式换热器。据报导,英国《APV》公司于1923年就开始生产用于牛奶高温短时杀菌的板式换热器,其生产出的第一台设备于同年安装在伦敦的《Aylesbury Dairy Co.》工厂中^[32]。1928年,丹麦《Paach & Silkeborg》公司也制造出了它的第一台板式换热器^[70]。到1932年,瑞典《De Laval》公司设在当时德国的子公司《Bergedorfer Eisenwerk A. G.》也制造出了焊接板片的板式换热器。四年后,该公司又以冲压法代替焊接生产了压型板片^[36]。

在这段时期的实践中,板式换热器的结构得到不断地改进与完善,其优越性也逐渐被认识和体现,从而导致人们把它引向新的应用领域。到了四十年代,已开始应用到化学工业中^[37]。但是,在化学及其相近的工业中,真正作为标准的工业设备而进行设计和制造,则是到50年代初期才开始的^[60]。近十余年来,板式换热器已成为一种重要的化工单元设备^[39]。从最初仅在牛奶工业中作为卫生设备开始,到现在广泛应用于化学及食品、医药、油脂、染料等其他工业部门,时间仅四十余年,可见板式换热器的发展是很快的^[12]。

现在,几乎所有工业较发达的国家都在大量制造板式换热器。例如瑞典、西德、英

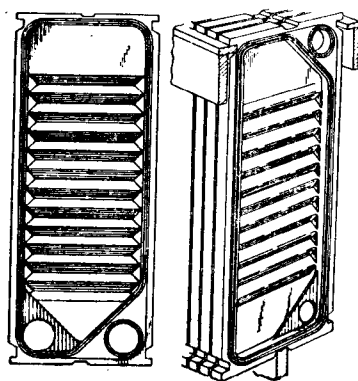


图2 Felldmeier 板式换热器
(1932年)

* 美国专利 № 1972379

** 美国专利 № 2039216

*** 英国专利 № 687100

国、美国、丹麦、苏联、日本、法国、捷克斯洛伐克、德意志民主共和国、荷兰、意大利、加拿大、奥地利和芬兰等国，都有公司或工厂进行专业或兼业生产^[12,13]。

板式换热器其所以能引起人们的重视，获得很快的发展，主要是因为它比传统的管式或其他类型的换热器有很多独特的优越性。从流体力学和传热学上的研究知道，流体在通道中流动的阻力与平均流速 w 的 1.8 次方成正比，而给热系数 α 仅与平均流速 w 的 0.5~0.8 次方成正比(圆管中， $\alpha \propto w^{0.8}$)。所以当用增加流速的方法来提高给热系数时，其阻力损失 ΔP 的增加要比相应的给热系数 α 的增加快得多。很明显，用这种方法来提高 α 值是不经济的。这也正是管式换热器的弱点之一。但若采用板式换热器，则情况大不相同。因为在板式换热器中，给热系数的提高主要的并不依靠流速的提高来达到，而是主要的靠着板片表面各种湍流结构的特殊作用来实现。流体沿板间狭窄(通常 2~8 毫米)弯曲的通道流动时，其速度的大小和方向不断地突然改变，因而能在流速不大的条件下激起流体的强烈湍动。而这种湍动，比在一般换热器中由高流速所引起的湍动能更有力地破坏边介层，更有效地减少介面上液膜的热阻。同时，这种湍动还能使流体在换热器中均匀地分布，更有利于热交换^[19]。

除此之外，板式换热器在其他方面还有很多优越之处。自然，象其他任何新型设备一样，板式换热器也有它的缺点。归纳起来，其主要优缺点如下：

优点：

(1) **传热效率高** 总传热系数一般为 1300~4000 千卡/米²·小时·°C，最高可达 5000 千卡/米²·小时·°C。这比管式换热器 $K=1200\sim2440$ 千卡/米²·小时·°C 约高 2~4 倍。而且板式换热器是在低流速下强化传热过程的，当 $Re \approx 200$ 时，已经发生湍流。因此，相应于它的给热系数来说，其阻力损失是低的。据资料介绍，在同一压力损失下，板式换热器传递的热量为管壳式换热器的 6~7 倍^[16,17,36]。

(2) **结构紧凑** 由于板片间距一般只有 2~8 毫米，而板片表面的波纹又大大增加了有效换热面，所以单位容积中所容纳的换热面积很大。对于板间距 4~6 毫米的设备，每立方米空间可达二百五十平方米换热面。因此，它占地面积小，可以节省厂房面积。

(3) **能进行多段操作** 利用在不同位置上安设中间隔板，可使一台设备同时适应几种介质，执行几种操作。例如，食品工业中常进行的加热、杀菌、热回收、冷却等几个过程，均可在同一设备中进行。如用其他换热器，则需数台。这样不仅可以节省设备，而且设备布置也更加紧凑。

(4) **操作的灵活性大** 如需增大或减少传热面时，可以很方便的用增添或减少板片的方法来达到。假若根据工艺变化的要求，设备处理量或其他方面需要调整，可以重新排列板片，进行新的流程组合。

(5) **应用范围广** 从通常的水到高粘度的甚至非牛顿型的液体，从含小直径固体颗粒到含纤维的悬浮液，都可处理。对于用在需要严格控制温度和热敏性大或粘度高的物料的情况下，尤其适宜。从工艺过程看，可以用于加热、冷却、冷凝、蒸发、混合以及连续反应等过程。

(6) **金属消耗量低** 若不计框架重量，对人字形波纹板，每平方米换热面消耗金

属量为7.7公斤。据报导,最低的可到7公斤/米²。而同样参数的螺旋板式换热器达27公斤/米²,管壳式换热器将更高。

(7) **热损失小** 由于只有板片周边与垫圈暴露在大气中,所以热损失一般只有0.1%左右,因此不需要采用保温层。

(8) **安装、检查、拆洗方便** 一般不需要采用地脚螺钉安装。由于它拆卸方便,很容易进行板片的检查、清洗和拆换^[37,60,90]。

缺 点:

(1) **密封周边长** 板片整个周边及角孔周围均需设置垫圈,所以使得一台设备的垫圈长度往往成百米,甚至上千米。例如,一台装配有150块板片,每片面积0.2米²的中型设备,其垫圈总长度约为450米;一台装配有200块板片,每片面积0.5米²的大型设备,其垫圈总长度达900米^[37]。而现代最大型的板式设备,垫圈总长度超过1英里(1600米以上)。由于设备往往需要较频繁地拆卸、清洗,加之受介质的热和腐蚀的作用,因此垫圈也容易损坏。而且,过长的密封周边增加了渗漏的可能性。

(2) **垫圈耐温性不高** 垫圈材料仅管从天然橡胶发展到合成橡胶,以至于采用石棉纤维等新型材料,但它们的操作温度都没有超过300℃,而实际上用于生产的,大多没有超过150℃。这与现代的化工、石油等很多工艺要求不相适应。

(3) **承压力能力低** 从力学的观点看,平板是所有几何形状构件中受力最差最不能抵抗变形的构件。同时垫圈在高压下也易变形,不易固定。尽管现代板片上的触点和波纹结构的设计,在相当程度上提高了板片的刚性,使它最大能承受到25公斤/厘米²的压力,但是这一压力值和它所能达到的最高温度一样,同样不能满足很多工艺的要求。

(4) **不宜于处理特别容易结垢和堵塞的物料** 虽然流道内的强烈湍流、快速加热和低的壁温有助于减少结垢,能使得板式换热器处理含有小直径固体颗粒和纤维的悬浮液,但是如果当液体中含有粗大的颗粒,特别是当颗粒直径接近于板间距时,或者当所处理的介质极易结垢时,则板片比管子更易结垢和堵塞。

(5) **处理量较小** 由于板间间隙很小,故通道横断面亦小,加之一般都采用低速操作,所以单位时间内的处理量一般不太大。尽管在一定范围内可以通过不同的流程组合来提高处理量,而且国外也曾有处理能力高达570米³/小时的大型设备,但总的说来它的处理能力确实不如其他换热器大。

此外,板式换热器虽然可以通过改变流程组合来满足处理量的变化,但这种调节是有限度的。因为给定板片的液体进出孔(角孔)是固定的,而且在一个给定的框架内,安装的板数也是有限的。由于角孔大小的限制,处理气体或蒸汽的能力,特别是在真空下,更是有限的。虽然有用这种设备来处理气(汽)体的,但在这方面它确实不如板翅式换热器更适合、更有效。

上述某些缺点在有些使用场合下是不存在的,然而在另外一些场合下,却可能是决定性的,这就是为什么它在炼油装置中很少应用的原因。

但是,需要指出的是,上述缺点并不是全都不能克服的。例如垫片的耐温性和设备

的承压性的问题,随着新型材料的不断出现以及结构设计的改进和完善,板式换热器的使用温度和压力正在逐步提高^[80,90]。因此,板式换热器仍将是一种有发展前途的换热设备。

就其广义说来,所谓板式换热器,是指换热表面由各种形式板片组成的换热设备^[2]。由于它的板间距小,液层薄,因而有称«薄层换热器»^[3];又因其结构紧凑,故也有称«紧凑换热器»^[4]。

根据设备的可拆性,板式换热器可分为:可拆卸式、半拆卸式和不可拆卸式三种^[2]。若按总装结构,则可分为:型板式换热器^[5]、板壳式(即拉默式)换热器^[6]、板翅式换热器^[6]。

几种广义板式换热器的典型结构见图3~图8。

鉴于资料及我们的水平所限,本文仅就广义板式换热器中的“型板式换热器”加以介绍。由于常常习惯将“型板式换热器”代之以“板式换热器”为名,故本文仍以“板式换热器”为名来加以叙述。

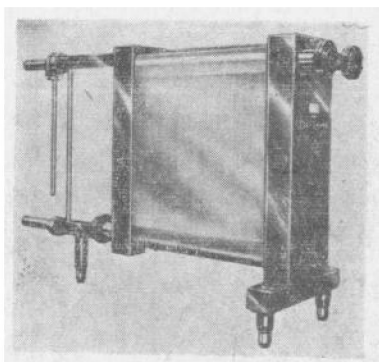


图3 瑞典«De Laval»公司P151-IB型
可拆卸单段板式换热器

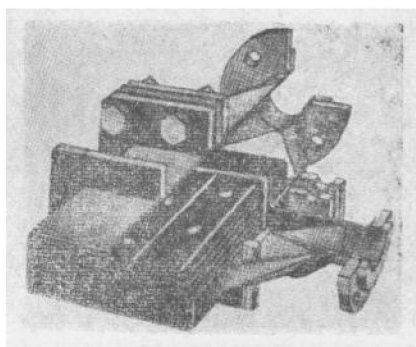


图4 西德«F. Foltz»公司半可拆卸
拉默板式换热器(方形外壳)

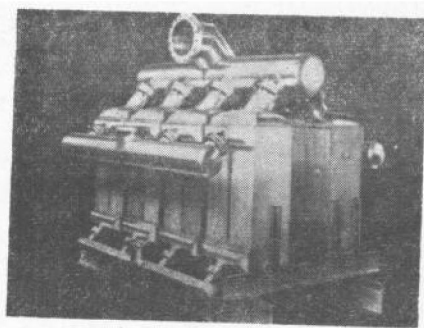


图5 英国«Marston Excelsior Ltd.»
公司不可拆卸铝制板翅式换热器

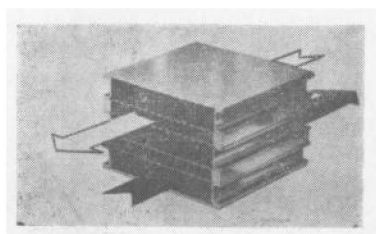


图6 板翅式换热器单元体组装

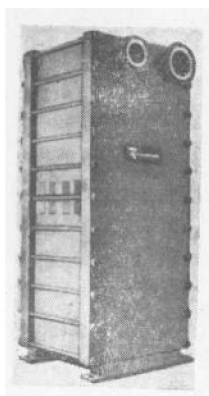


图7 瑞典«Rosenblads»公司
Lamelia 全焊板式换热器

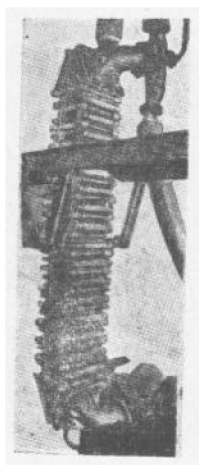


图8 瑞典«Rosenblads»公司
半可拆卸板式换热器

第一章 板式换热器的结构特点

一、基本结构

板式换热器是一种用单片金属薄板或压型板所组成的设备^[14]。最简单的板式换热器如图 9a 所示。此种换热器由许多块板片按一定间隔并排安置而成,冷、热液体交替流入各个流道,进行热交换。这种热交换器压力损失小,但效率并不高^[17]。

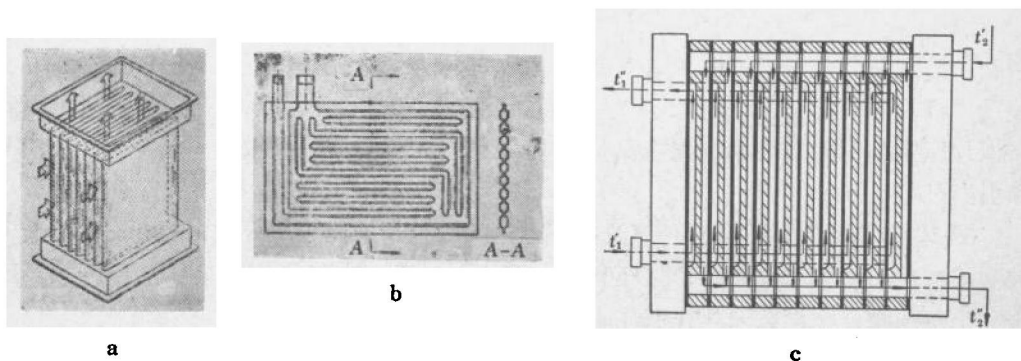


图 9 简单的板式换热器

还有一种与此类似的换热器是由两块异形板组成管状通道的特殊板制蛇管。使用时,可将许多个这样的板制蛇管并排起来构成板式换热器,如图 9b 所示^[17]。

图 9c 也是一种结构简单的早期使用的板式换热设备。此种设备主要由两种板片组成:一种是青铜铸造的厚板,其上铣有“之”字形流道;另一种是平滑的紫铜薄板。板片的四角上按流程需要开有液体进出孔。厚板上,在液流进出孔周围和沿板片整个周边均铣有凹槽,供安放密封垫圈用。装配时,厚板与薄板交替排列^[37]。

现代板式换热器如图 10 所示,是一种与板框压滤机相似的,由压型薄板组成的设备,其主要构件是:框架、压板和传热板^[16]。框架、压板和传热板都各有不同的结构形式。由于工艺要求和生产能力的不同,板片组合、总装结构和安装方式也是多种多样的^[18]。

现代板式换热器的组装方法,一般是将传热板悬挂于框架的上导杆上,同时以上、下导杆定位,两端以活动压板和固定压板夹紧。板片密封槽处用粘剂剂粘贴密封垫圈,板间距由板片触点及垫圈厚度决定。压板上设有工作介质出、入口接管,接管上装有各种控制仪表^[1,2,14]。为了保证垫圈的按装位置及密封的可靠性,在板片四周压有密封槽。垫圈一方面用作密封,防止介质漏失,另一方面借其在两板之间造成一定间隙,作为工

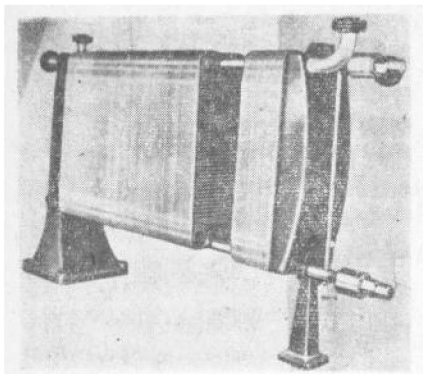


图 10 现代板式换热器(瑞典 «De Laval» 公司 P121-IF 型)

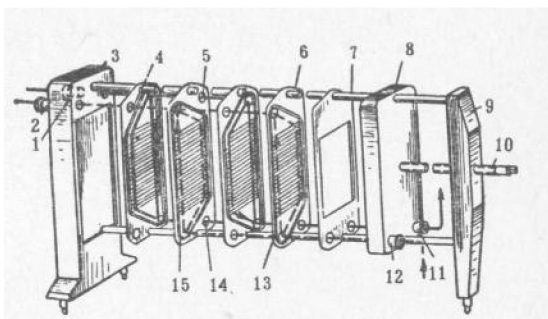


图 11 板式换热器安装图

作介质流动的通道。

图 11 是板式换热器的安装示意图。传热板 6 和活动压板 8 可在导杆 7 上沿其轴向滑动，前支柱 9 及固定压板 3 是固定的。拆卸时，活动压板 8 通过螺杆 10 的反旋而向右移动，板片即可拆开。装配时，与此相反，将板片靠拢，拧紧螺杆 10，通过活动压板 8 将板片压紧。板间密封靠橡胶垫圈 5 和 15 达到。工作介质经过接管 1、2、11、12 引入和引出^[8]。

图 12 为典型的“单边流”平直波纹板。板的四角根据流程组合的需要开有若干个孔，装配成束后，形成工作介质的“分配管”。板的上、下边冲有半圆缺口，与上下导杆相配合，上半圆缺口上设有一悬挂板片的挂钩^[2]。

为了使冷、热流体按设计者预定的程序流动，作为密封件的垫圈还承担着分配流体的作用，即迫使冷、热流体分别进入奇数和偶数夹层。因此，密封圈的结构形状是较为复杂的，它不仅与板片的外形尺寸、开孔直径及板间距有关，而且与流动方式（单边流

或对角流）有关。以图 13 所示单边流设备为例，自固定压板算起，奇数板片所配置的垫圈之外侧上、下开孔周围，带有两个环形密封圈，它阻止了自压紧板外侧接管通入的流体进入奇数夹层，而自压紧板内侧接管通入的流体，可顺利进入奇数夹层；反之，偶数板片所配置垫圈之内侧上、下开孔周围，带有两个环圈，只准压紧板外侧接管的流体进入偶数夹层，而阻止内侧接管流体进入

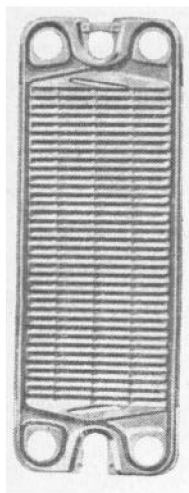


图 12 单边流平直波纹板(瑞典 «Alfa-Laval» P-12 型)

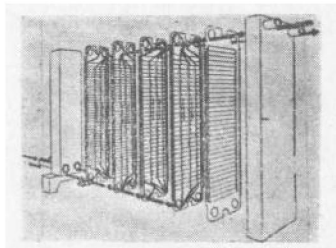


图 13 单程板式换热器

偶数夹层。这样组装后的板片组，在开孔部位即形成四个“分配管”，外侧“分配管”与各偶数夹层相通，内侧“分配管”与奇数夹层相通。使冷、热流体薄层互相间隔进行热交换。通常开孔周边的密封圈厚度是与周边垫圈厚度一致的。

考虑到流程布置的需要，也可在板束中的适当位置安放若干带有盲孔的板片，以改变流体的流动方向，如图 14a 所示。如需处理两种以上流体时，还可在板束中的给定位置上安设中间隔板（见图 14b）。中间隔板的作用是使换热器在不同位置上提供流体进出口，使之适应于多段操作的需要。如流体在回热以后用热水或水蒸汽再加热，在回冷以后用冷水或盐水再冷却，就可使两个或三个不同目的的热交换过程在同一个设备内进行^[1,10]。

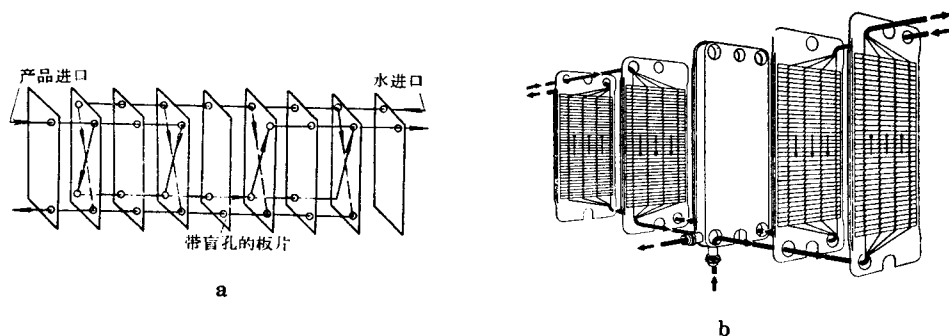


图 14 流路结构的改变方式

a—加带盲孔的板片； b—加中间隔板

在装配金属板时，考虑到触点的合理分布，经常要把图 15 中的金属板表面（粘贴垫圈的一面），每隔一张就上下颠倒过来重叠。在这种场合下，通常把朝向同于图 15 左面方向的金属板命名为 A 板，把朝向与此相反的金属板命名为 B 板，以资区别，并在板端连同板片装序号打印标记。

一般对流型板式换热器的两种液体的流动方向如下：如果一种介质从框架的金属板方面进入，那么另一种介质就从固定压板方面进入，在内部相互对流。图 15 所示为典型单边流设备，由冷介质进口方面来看，热介质的进出口都在轴方向的左边，而冷介质的进出口都在右边。因此，这一种换热器，和外部的管道相连接时，或者操作这一装置时，均不会发生错误^[20]。

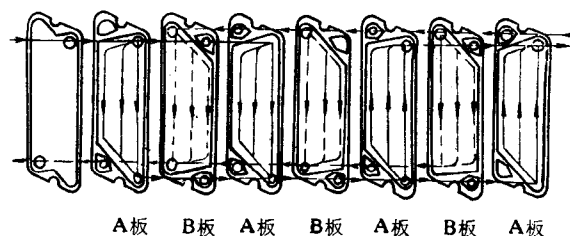


图 15

考虑到经过一个时期的使用后，由于垫圈变形，活动压板不可能固定在一个位置上，它将向固定压板方向位移，有的位移量可达 30 毫米，所以设备进出口的接管和管线不能

用刚性联接。

为了适应这一需要,在有的设备上采用拆皱形的伸缩管。图 16 为瑞典 «De Laval» 公司 P171-HB 型板式换热器所采用的伸缩管。日本«蒸馏工业株式会社» N. P. H-A 型板式换热器在活动压板一侧都配有伸缩管^[21]。

日本«日阪制作所»采用另一种形式,即擦动接口。靠此接口的作用,在外部管道固定的状态下,也能够把活动压板向轴的方向移动^[20],其结构见图 17。

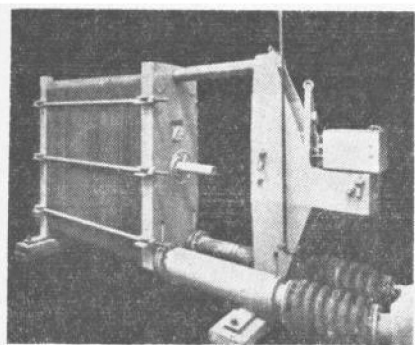


图 16 伸缩管 (瑞典 «De Laval» 公司 P171-HB 型)

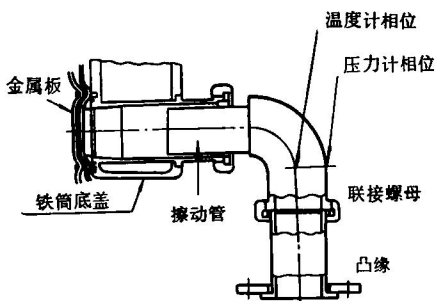


图 17 擦动接口

国外还有一种所谓“非刚性固定”的管线设计,许可管线有一定的位移。活动压板的偏移靠管线的位移来补偿。丹麦 «DDMM Kolding» 公司 10D 型板式换热器即采用这种方法^[21]。

* * *

附注:

我国北京有机化工厂采用一种简易办法,以橡胶软管代替损坏了的伸缩管,连接设备的液体出入口与管线,其结构如图 18。实践证明,这种办法也是可行的^[21]。

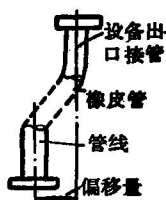


图 18 用橡胶软管代替伸缩管

二、流程组合

单程板式换热器中工作介质的流动形式见图 13。

板式换热器的板片流程组合,取决于工艺过程的要求,可按工艺要求的具体条件和生产能力的大小来设计选择。为了适应特定的要求,有时可在一台设备中同时进行几个不同的过程^[19]。