

板网波纹填料的研究

潘国昌
(清华大学化工系)

712050.45

9-12

摘要 本文根据传质理论,综合了丝网填料与板波填料的优点,研制出一种“板网波纹填料”,这种填料由金属薄板经冲切拉伸成金属板网,然后压制成波纹填料。我们观察了液体在板网表面的成膜情况,测定了其流体力学与传质性能。结果表明,板网填料具有重量轻、压降低、效率高的优点。用其代替丝网填料时,投资可降低 25%。

主题词: 板网填料 波纹填料 板网波纹填料

1 前言

板网波纹填料是我们研制的一种既高效又价格较低的新型填料。它是用金属薄板经冲切拉伸而成的金属板网(或网孔板)加工成的波纹填料。

金属板网表面有许多规则的菱形孔,只要其尺寸选择合理,液体在其表面能形成良好的液膜,它不仅覆盖了金属表面,也覆盖了大部分网孔空间,在良好的条件下(如经预液泛),实际传质表面积可大于金属本身的表面积。

板网表面凹凸不平如鱼鳞状,液体在其表面流动时,能促使其湍动、混合和表面更新。我们进行了各种不同填料表面水膜的流动与混合试验,发现板网同压延孔填料(毛刺面)、吉姆派克(Gempak)填料一样,液膜流动良好,液膜中质点的扩散混合良好,而平面不锈钢表面水膜流动不均,扩散混合情况很差。

试制成的“1#板网波纹填料”的波峰高为 4.5mm,其他几何参数见表 1(附波峰高相同的压延孔板波填料作对比用)。

表 1 板网填料的几何参数

	波高 mm	波距 mm	板厚 mm	波倾角 度	盘径 mm	盘高 mm	开孔 mm×mm	比表面 m ² /m ³	空隙率 %	堆密度 kg/m ³
1#板网	4.5	13.5	0.2	45	100	55	菱孔 2×2	534*	97.3	70
板波填料	4.5	13.5	0.1	45	100	53	方孔 0.4×0.4	534	97.3	212

*注:板网比表面按几何面积计算,实际金属面积约为其 40%~50%。

2 流体力学性能

用空气-水体系测定了 1#板网的压降、泛点与载点、塔内径 0.1m, 气速 $u = 0.21$

~2.1m/s, 喷淋密度 $L = 10 \sim 50 \text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。其结果示于图 1。

$$\log \left[\frac{u_j^2}{9.81} \cdot \frac{a}{\epsilon^3} \cdot \frac{\rho_v}{\rho_l} \cdot \mu_L^{0.2} \right]$$

$$= A - B \left(\frac{L}{G} \right)^{1/4} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{1/8} \quad (2)$$

式中

u_j 泛点或载点速度, m/s

a, ϵ 填料比表面 (m^2/m^3) 与空隙率 (m^3/m^3)

μ_L 液体粘度, cP; $1\text{cP} = 10^{-3}\text{Pa} \cdot \text{s}$

ρ_v, ρ_l 气液相密度, kg/m^3

G, L 气液相质量速度, $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

(1), (2) 二式中的系数经回归如下表。

表 2 式(1)、(2)中的系数

	A	B	a	b	c	
载点	-0.439	0.8	载点以下	16	0.0135	2.2
泛点	0.155	1.47	载点以上	6	0.024	3.5

将 1[#]板网填料与 4.5 型板波填料在相同条件下进行对比实验, 发现前者的泛点略高, 而压降则低于后者 (见图 2)。

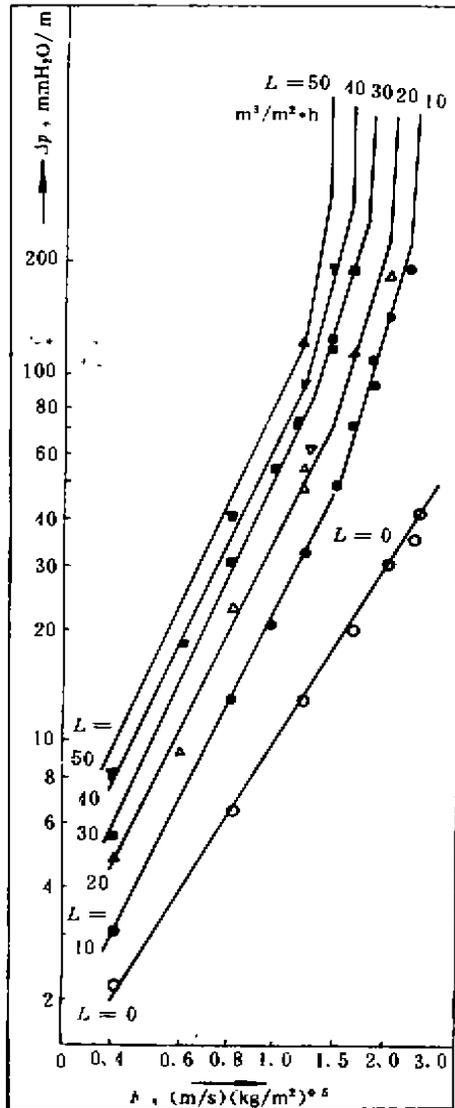


图 1 1[#]板网填料的压降 Δp 、气体动能因子 F 与喷淋密度 L 的关系图
($1\text{mmH}_2\text{O} = 9.807\text{Pa}$)

湿压降 Δp (mmH_2O) 与空塔动能因子 F [$(\text{s}/\text{m})(\text{kg}/\text{m}^3)^{1/2}$]、液体喷淋密度 L ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) 的关系用 Leva 式关联:

$$\Delta p = a \cdot 10^{bc} F^c \quad (1)$$

$1\text{mmH}_2\text{O} = 9.807\text{Pa}$

泛点与载点气速用 Bain-Hougen 公式关联:

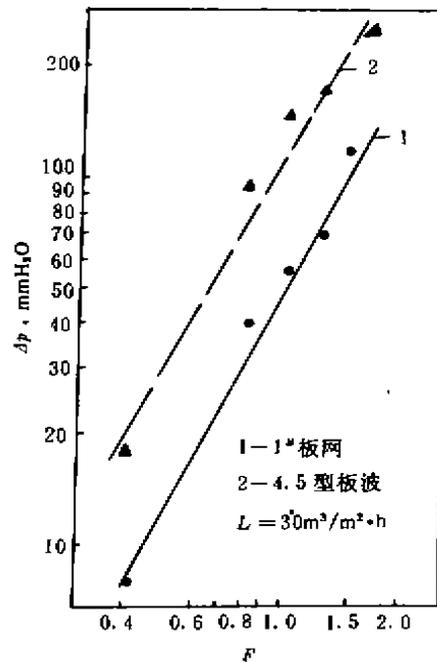


图 2 压降 Δp 的对比
($1\text{mmH}_2\text{O} = 9.807\text{Pa}$)

3 传质性能

3.1 用空气解吸富氧水中溶解的氧,测定1#板网填料的液相传质单元高 H_{OL} 与气速、喷淋密度的关系,并在相同条件下与4.5型板波填料进行对比。水中溶氧浓度由Clark金-银电极测定。测定前先使塔预液泛以充分润湿填料。测定结果见图3。

3.2 酒精-水精馏试验

在内径100mm精馏塔内测定全回流条件下填料当量高度 $HETP$ 与气速的关系。常压操作,体系为分析纯乙醇与蒸馏水。由色谱仪分析乙醇含量,用图解法求得理论级数。由于实验条件所限,未能预液泛。所用填料为1#板网、4.5型压延孔板波填料与波高4.5mm的丝网波纹填料,三种填料的几何参数相同,测得 $HETP$ 与气速 u 的关系见图4。

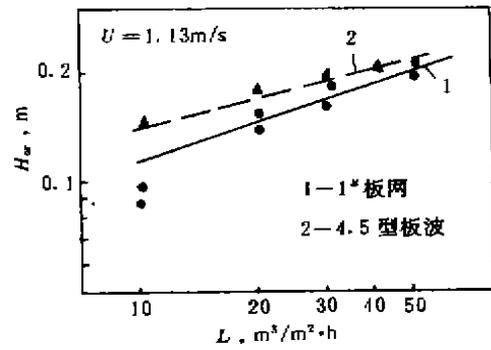


图3 二种填料的 $H_{OL} \sim L$ 比较
1mmH₂O=9.807Pa

4 结语

4.1 板网填料的压降远低于同尺寸的压延孔板波填料。这是由于前者开孔较大,部分孔隙可通过气流所致。

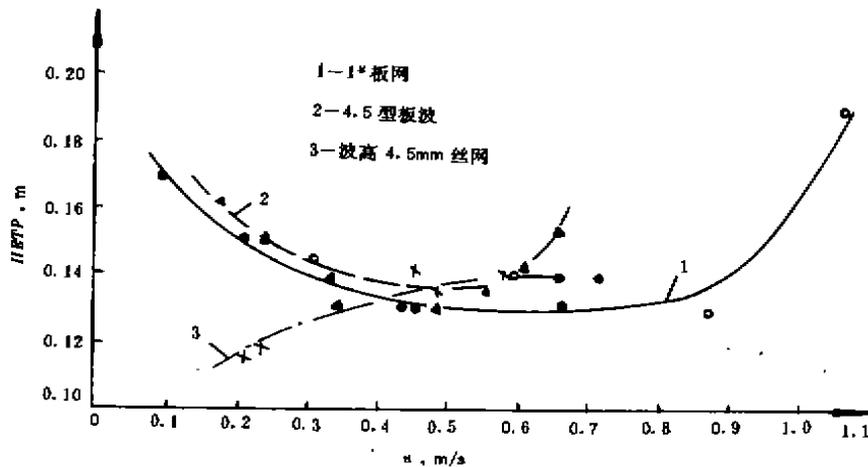


图4 三种填料的当量高度 $HETP$ 与气速 u 的关系

4.2 虽然板网填料的金属耗量(或金属面积)较同尺寸的其他波纹填料小,但从氧解吸与乙醇蒸馏实验可见,板网填料的传质单元高度 H_{OL} 或当量高度 $HETP$ 与丝网填料或

压延孔填料接近(或略低),可见操作中大部分菱形孔都被液体所覆盖。且液体膜受板网表面影响产生湍动混合与表面更新,因而提高了板网波纹填料的传质效果。

1*板网填料在适宜条件下的分离效果可达每米7~8块理论板。

4. 3 由于金属板在制造板网过程中伸长大约40%，故板网波纹填料要比相同材料、相同尺寸的板波纹填料轻30%~40%，因而可大大减轻填料的重量、降低填料成本。

综上所述，板网波纹填料具有压降低，效率高、重量轻、省材料等优点，是一种性能优良的填料，值得推广使用。

参 考 文 献

- 1 W Meier etc. CEP, 1977, 73, (9); 71.
- 2 G K Chen. CEP, 1983, 79, (9); 46.
- 3 董谊仁等. 石油化工, 1984, 13, (6); 376.
- 4 邹德正等. 化学工程, 1985, (5); 11.
- 5 萧成基等. 气液传质设备. 化学工业出版社, 1984.

【上接第8页】

化工、环保等领域中已取得显著成效，国家科委已列入国家科技成果重点推广计划^[16]，因此，值得深入推广及扩大研究。

参 考 文 献

- 1 陈大昌, 刘乃鸿. 现代塔器技术. 第1版. 北京: 烃加工出版社, 1990. 696.
- 2 上海市化学化工学会. 新型填料塔设计与工业应用讲义. 1991.
- 3 化工部上海化工研究院. 新型塔填料分离技术及应用论文选. 1990.
- 4 化工部上海化工研究院. 新型波纹填料的开发研究. 1986.
- 5 Spiegel L, Meier W. 4 Int. Symposium on Distillation and Absorption. Brighton, England. 7 - 9 1987. A203.
- 6 矢野间章. ベトロテック, 1990, 13 (3) :55.
- 7 James R Fair, Jose L Bravo. Chemical Engineering

- Progress, 1990, 88 (1) :19.
- 8 G K Chen, K T Chuang. Hydrocarbon Processing, 1989, 88 (2) :37.
- 9 H D Bauerman, W Benhamou. Informations Chimie, 1988, (239) :93.
- 10 R Billet, Jerzy Mackowiak. Chem - Ing - Tech. 1985, 57 (11) :976.
- 11 B Kulben, K Hoppe, W Kubick. Chemische Technik, 1982, 34 (5) :236.
- 12 Sulzer brochure. Sulzer for Distillation and Absorption in Oil Refineries Natural Gas Processing and Petrochemical Plants.
- 13 D P Kartz, K J McNulty, R D Morgan. Chemical Engineering Progress, 1991, 87 (2) :43.
- 14 R Bellet. Chem Eng Technology, 1988, 11 (4) : 213.
- 15 国家科委科技成果司. 国家科技成果重点推广计划项目简介, 1991, 62.