

板式熱交換器

任惠昌

前言

板式熱交換器按其型式可分為螺旋式 (spiral)、板架式 (plate and frame)、硬焊板簷式 (brazed-plate-fin) 及板簷管式 (plate fin-and-tube) 等類。坊間所稱之板式熱交換器及本文所說明屬板架式熱交換器。

板式熱交換器商業化生產早自西元 1923 年，其使用雖有限制但在工業及空調界使用卻日益普遍。主要有下列優點：

1. 體積小而緊密。
2. 組合、拆卸以及擴充容易。
3. 維護簡易。

4. 同一熱交換器中可以多種流體執行多種任務。

本文內容主要提供板式熱交換器與殼管式熱交換之比較，以及板式熱交換器之結構及選擇因素之說明。

板式熱交換器與殼管式熱交換器之比較

板式熱交換器與傳統殼管式熱交換器有價格之差異外 (參考圖 1)，其使用及限制亦有所不同。其差異如表 1 所示，其中所列“有效指數” (effective index) 等於總熱傳係數除以熱交換器單位面積價格。“溫度交錯”是指高溫流之出口溫度低於低溫流之出口溫度。

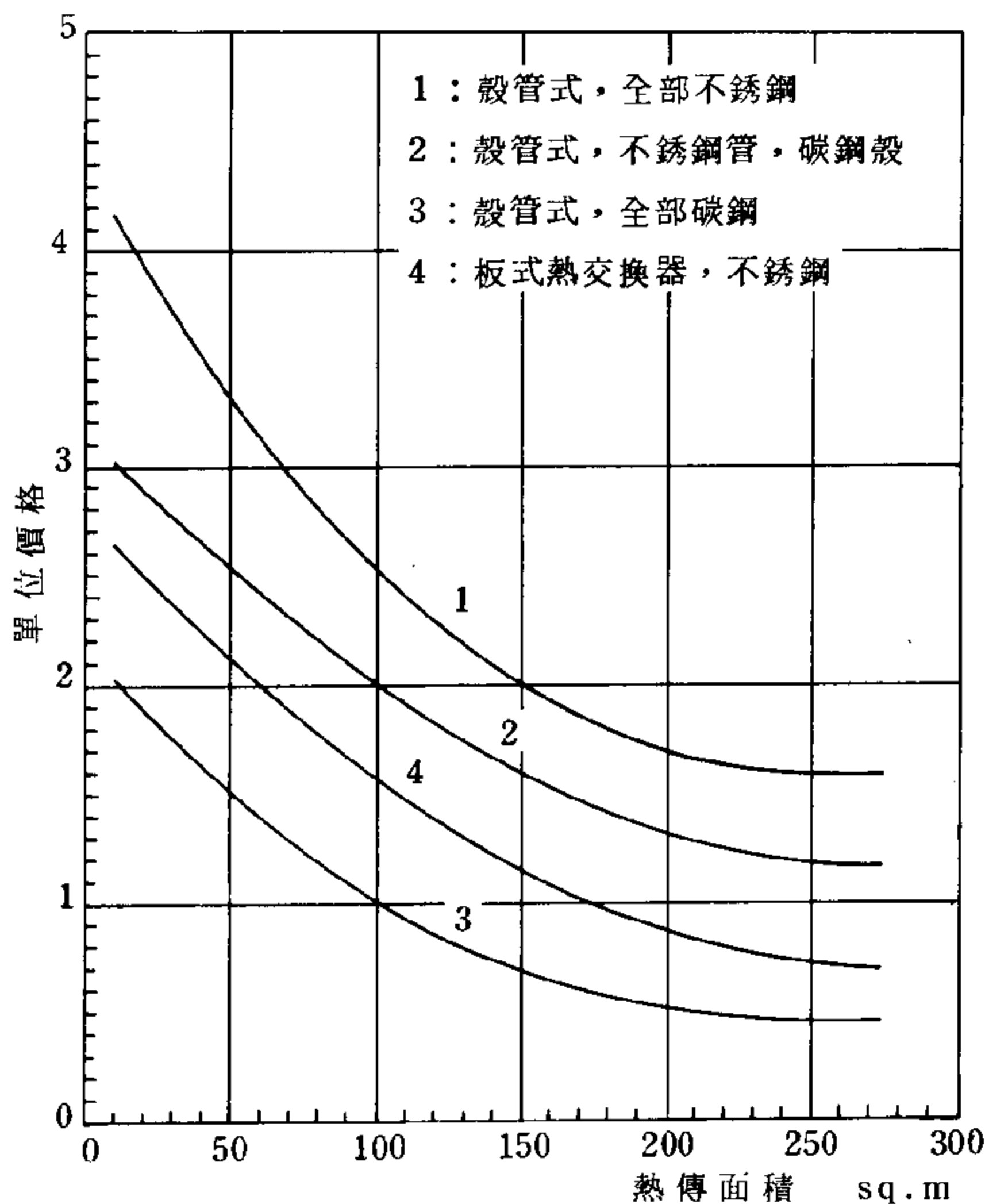
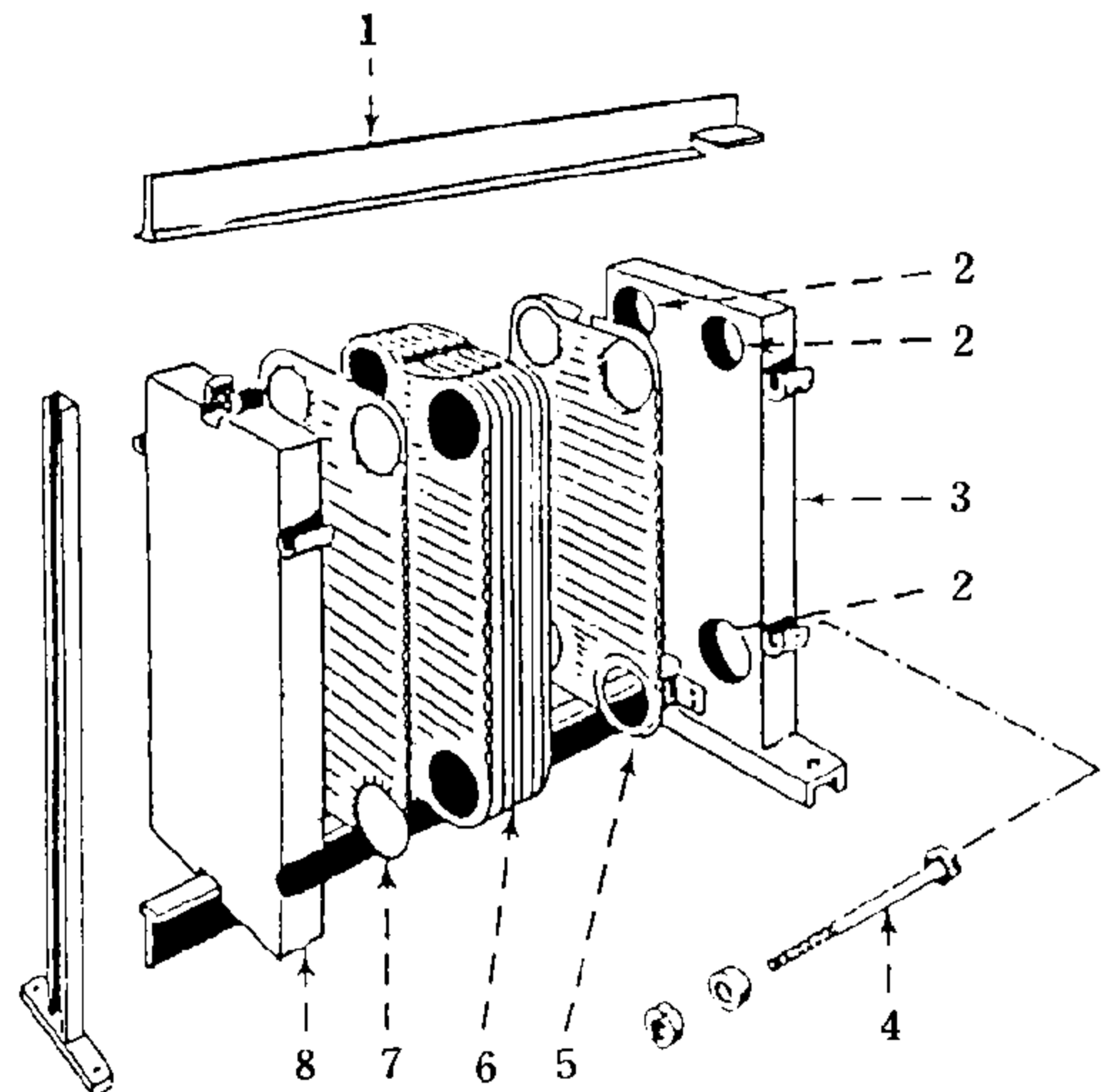


圖 1 價格比較



- | | |
|----------|---------------|
| 1: 承載橫樑 | 5: 端板 (具四孔) |
| 2: 進出口接頭 | 6: 熱交換板 |
| 3: 固定端覆板 | 7: 端板 (四孔以盲住) |
| 4: 固定螺絲 | 8: 移動端覆板 |

圖 2 板式熱交換器構造

板式熱交換器結構與材料

板式熱交換器結構主要由熱交換板，板架組成。有保溫需要時，則另加保溫套。(參考圖2分解圖)

1.熱交換板及墊片

熱交換板通常由防蝕輕薄材料沖壓而成，其厚度一般為0.5至1mm，板上沖壓出各種紋路供流體流路使用，板上並附有墊片以分隔流體及防止流體洩漏，其構造如圖3所示。

一組熱交換板包含熱板(thermal plate)及端板(end plate)，流體流徑之排列一般分為Z型及U型兩類(如圖4所示)。熱交換板彼此配合時可形成多點支撐，用以承受流體之壓力。熱交換板間之間隙一般均為1.5至5mm，而流體中固粒之最大容許尺寸則應比板間隙小0.5mm以上。

2.板架

板架主要作用是用來承受負載，其主要組件包含固定及移動覆板上附流體進出接口，熱交換板承載橫桿，固定螺栓等(見圖2)。若有二種以上流體時，則需中間連接隔板，其上亦附有流體進出口。板架之支撐方式一般有三種(如圖5示)以配合各種場所使用。

3.保溫套

若板式熱交換器表面溫度與大氣溫度間溫差較大時，防止熱損失亦可加裝保溫套如圖6所示。保溫厚度一般約為50至150mm。

板式熱交換器所用之材料如表2所示，熱交換板之材料選擇應依流體特性及設計條件來選擇。一般最起碼之材料為不銹鋼304，碳鋼並不用來做熱交換板之板材。板架一般使用碳鋼，但若環境腐蝕狀況嚴重，或衛生需要時，則採用碳鋼加不銹鋼被覆層(S.S.cladding)或不銹鋼。墊片選擇則依

表1 板式熱交換器與殼管式熱交換器之比較

比較項目	殼管式熱交換器	板式熱交換器
典型使用場所	液體冷卻 液體對液體熱交換 蒸汽加熱 冷凝 低至高壓氣體加熱及冷卻 再沸	液體冷卻 液體對液體熱交換 低壓蒸汽加熱
有效指數，碳鋼	6	一般不使用碳鋼
316不銹鋼	3	8
Hastelloy C	1	3
一般應用	溫度交錯一無至輕微 至高溫適用 至高壓適用 低至中黏滯度適用(高至75-100 cp) 低積垢流體適用	溫度交錯一無至高 溫度最高大約至175℃ 壓力最高大約至25 Bar 至高黏滯度適用 中度積垢流體適用 適用於較小場地 須使用高價材料結構 預計未來有可能擴大熱交換容量
限制	效率較低 進出口溫差(approach)小或具溫度交錯時設備費用較高 殼側流體分佈較差造成低效率及高積垢率 非常用材料之建造費高 使用場地較大	使用壓力之限制 使用溫度之限制 流體內顆粒大小限制

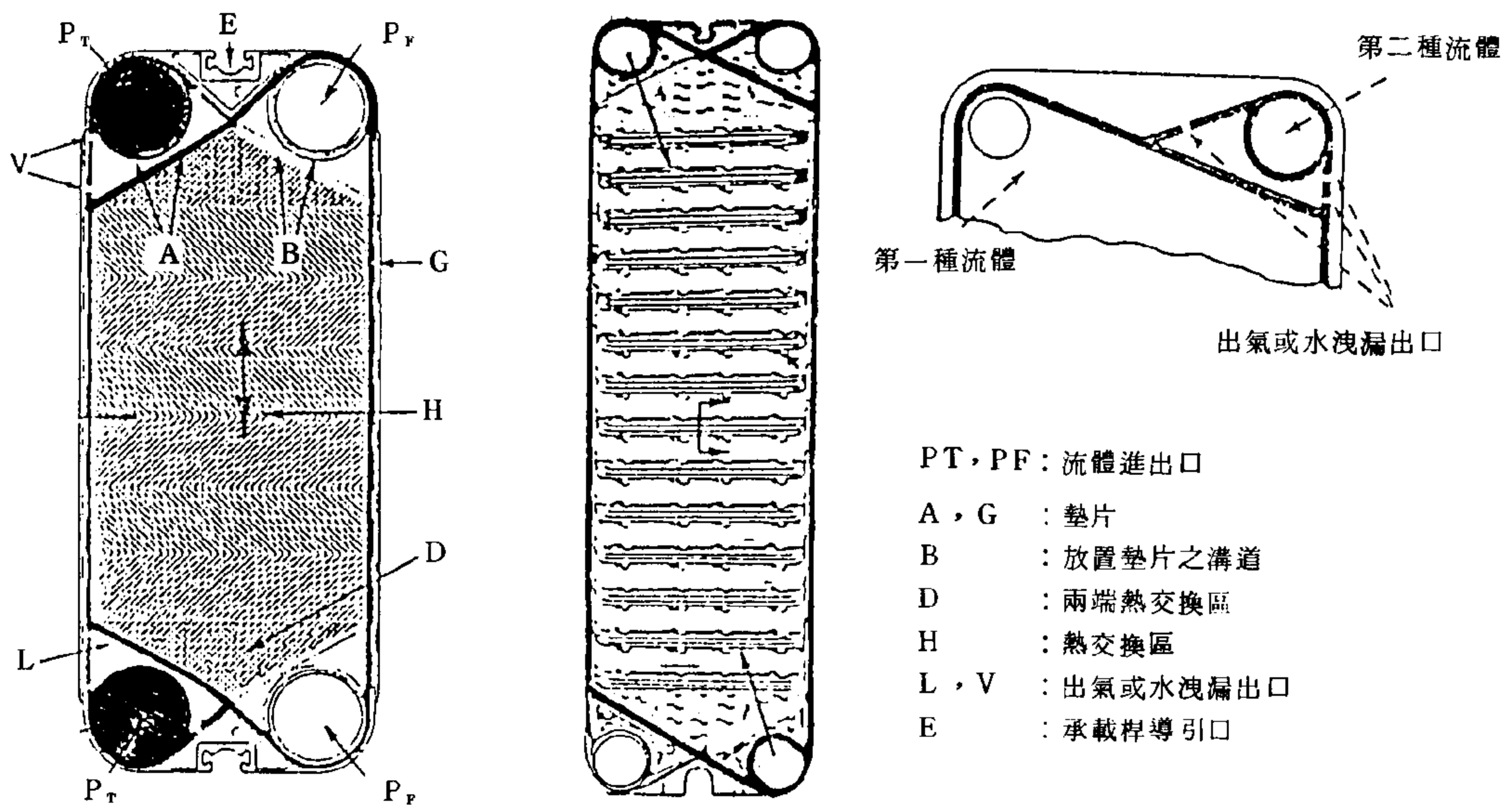


圖 3 熱交換板構造

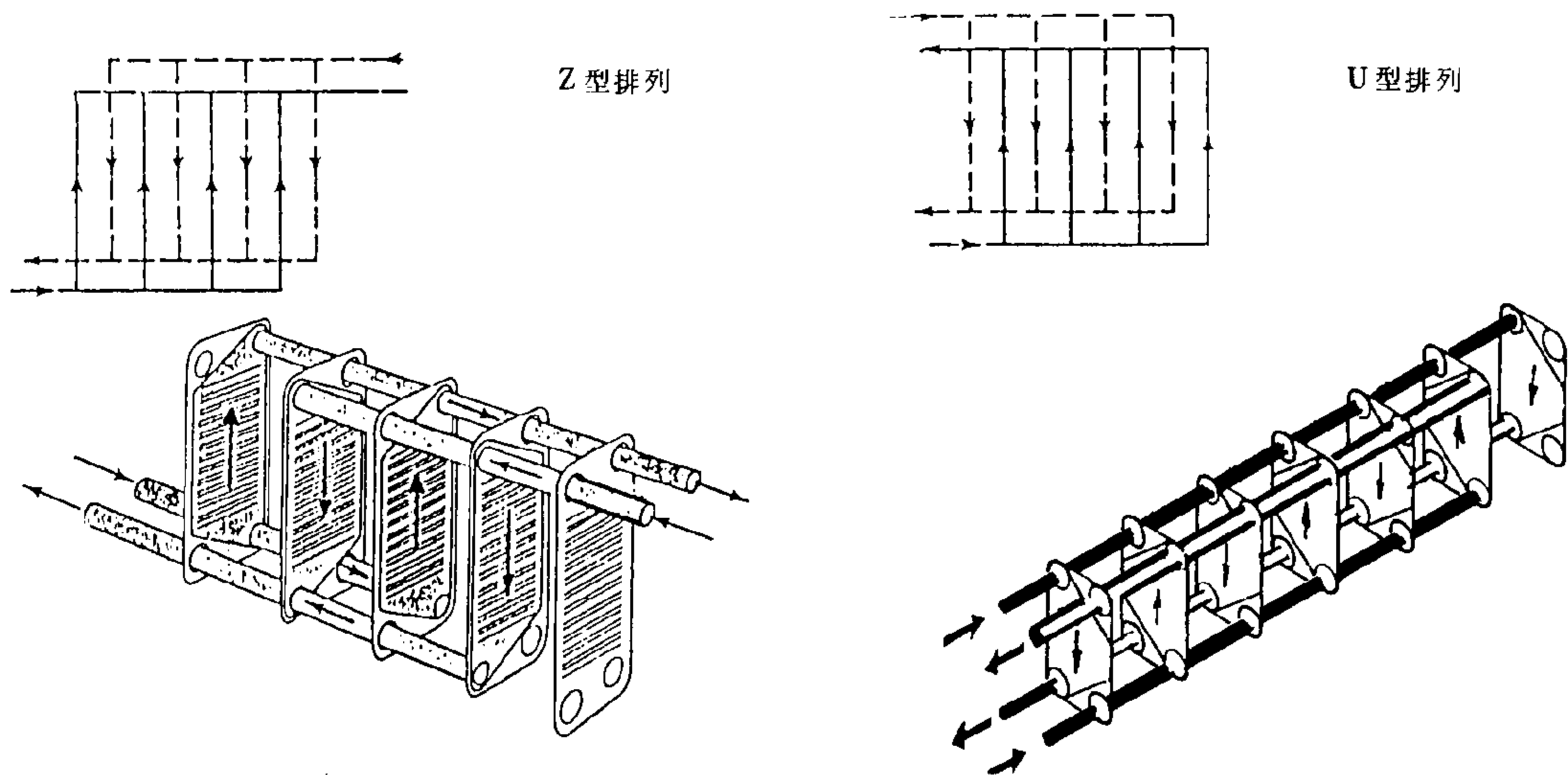


圖 4 流徑排列

使用流體及溫度來決定，表 3 可做為選擇時參考。石棉墊片因勞工作業安全衛生要求，應不考慮使用，故未列入表 3 中。

板式熱交換器功能性考慮

板式熱交換器適用於各種工業如石化、化學、

食品及製酒等工業，其典型應用範圍如下：

1. 熱交換板個別面積 0.03 ~ 2.5 m²
2. 每一板架包含之熱交換面積 0.03 ~ 1500 m²
3. 最大工作壓力 高至 25 Bar
4. 最高工作溫度（取決於墊片）177 °C
5. 流體進出口 25 ~ 400 mm
6. 流量 0.5 ~ 2500 m³ / hr

7. 熱交換係數 $2000 \sim 6000 \text{ Kcal/m}^2/\text{hr}/^\circ\text{C}$
 8. 流體速度 $0.3 \sim 1.0 \text{ m/sec.}$

板式熱交換器之功能在選擇時，除參考上述數據外，尚應了解熱交換板皆為薄板，故無法承受較大之腐蝕率，一般腐蝕率限制在每年 2 mil。另外有關積垢熱阻係數之考慮，由於板式熱交換器清潔較易，且內部亂流程度較一般殼管式熱交換器為高，較不易形成積垢，故板式熱交換器廠家建議採用 TEMA 表列熱阻係數之 1/10，以減少傳熱面積並降低設備之成本。

板式熱交換之改進

板式熱交換器近年來除了提高效率外，其結構亦有改進以增加其適用性、可靠性，以及更容易使用。

1. 免黏式墊片 (glue free gasket)

傳統式板式熱交換器之墊片都需膠黏在熱交換板上，造成現場更換之困難。新式免黏式系統則採用夾住 (clip-on) 或咬住 (snap-on) 式以減少更換人工。

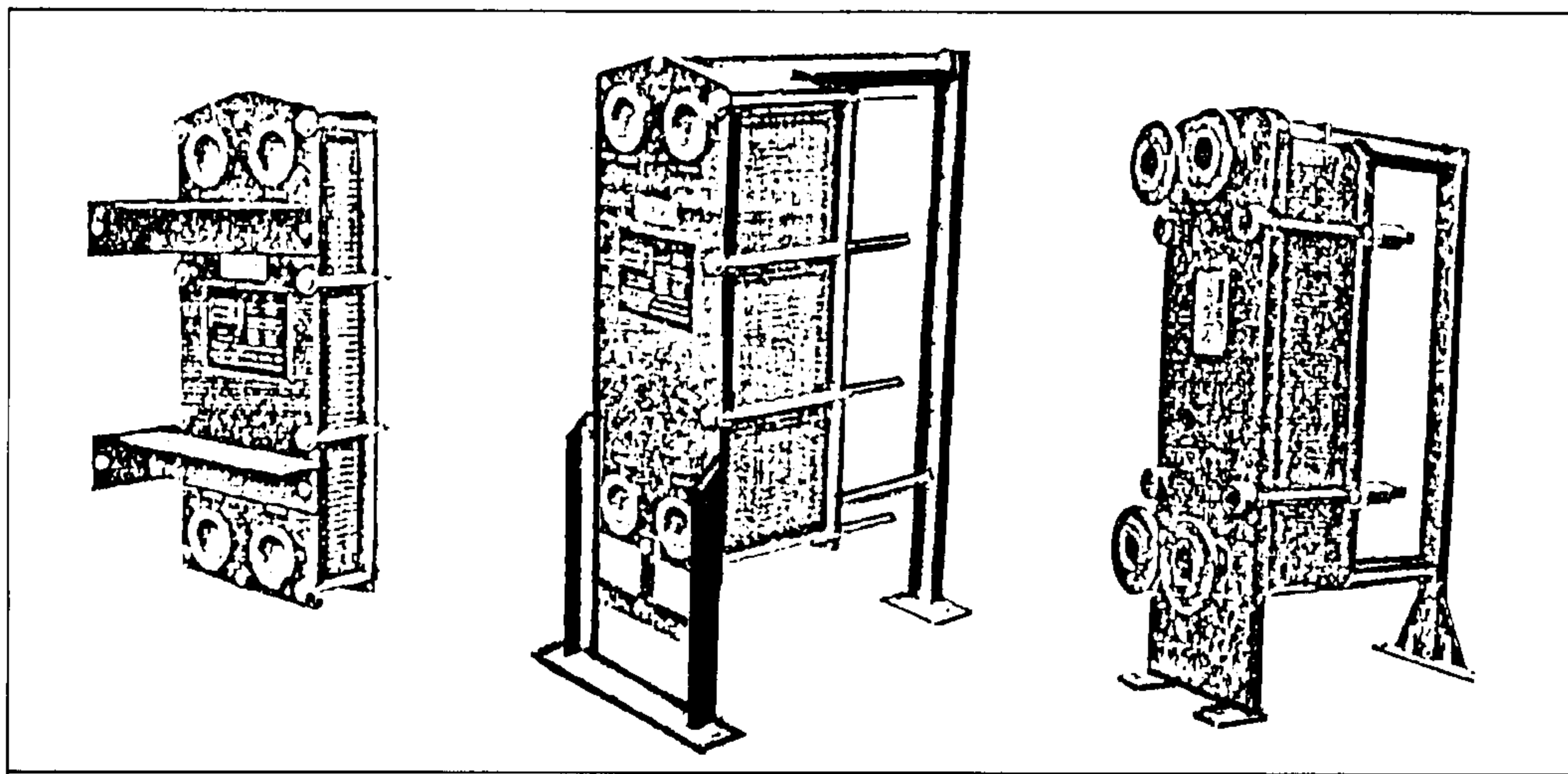


圖 5 板式熱交換器支撐方式

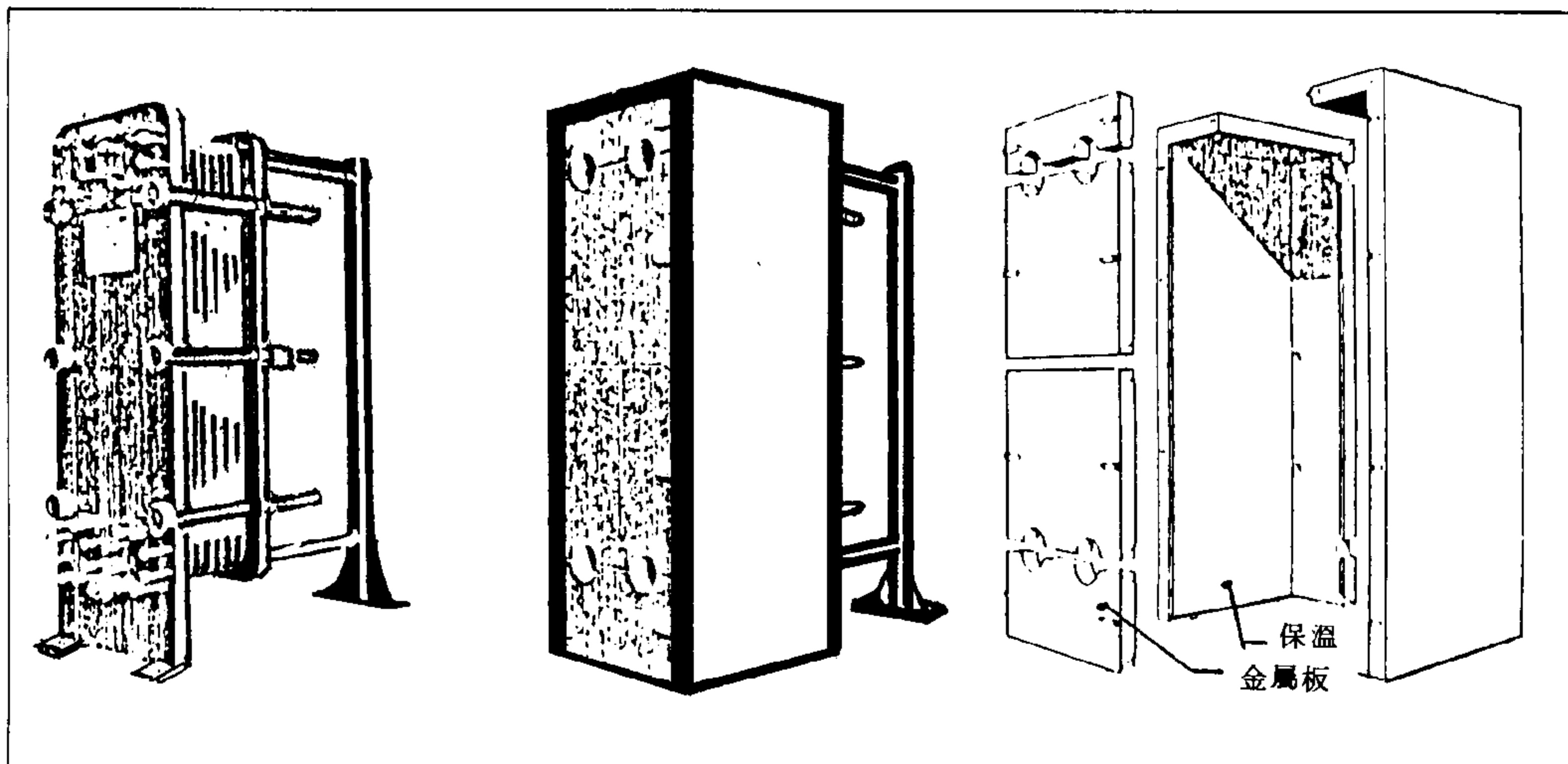


圖 6 板式熱交換器保溫套構造

2. 焊接式熱交換板

傳統式墊片連接改採雷射焊接 (laser weld) 固定。對橡膠有侵害之流體流經焊接固定之流路，而無害之流體則流經以墊片固定之流路。

3. 寬間隙式

寬間隙可用來處理廢水，雖然寬間隙式之總熱傳係數較一般板式熱交換器低，但仍較殼管式熱交換器為高。

4. 石墨 (graphite) 板材

含石墨之熱交換板材料具較高之抗蝕性，可用於對金屬侵蝕之酸性流體。

5. 雙層式 (double wall)

雙層式是採用兩相同之熱交換板加以焊接而成，可取代雙層式殼管熱交換器 (double-wall shell-and tube)。

表 2 板式熱交換器材料

組 件	材 料
熱交換板及端板	不銹鋼 (304, 316) 鈦及鈦合金 高鎳合金—Monel 400 Incoloy 825 Inconel 600, 625 Hastelloy B, C
板架	碳鋼加油漆或其它保護膜 碳鋼加不銹鋼被覆層 不銹鋼
墊片	SBR Nitril EPDM
保溫 保溫外套	礦棉或玻璃棉 薄碳鋼片加油漆等保護膜

參考資料

1. James A. Carlson, "Understand the Capabilities of Plate-and Frame Heat Exchanger", Chemical Eng. July, 1992.
2. James R. Burley, "Don't Overlook Compact Heat Exchanger", Chemical Eng. Aug. 1991.
3. Thane R. Brown, "Use these Guidelines for Quick Preliminary Selection of Heat Exchanger Type", Chemical Eng. Feb. 1986.
4. K.S.N Raju and Jagdish Chand, "Consider the plate Heat Exchanger", Chemical Eng. Aug. 1980.

表 3 墊片材料應用

墊 片 材 料	最高使用溫度, °C	適 用	不 適 用
Styrene-Butadiene (SBR)	87	一般用橡膠，用於水溶液，稀釋酸液等	強酸及有機液
Acrylonitrile Butadiene (Nitrile)	137	用於水溶液，稀釋酸液，油脂，礦油	強氧化溶液，強酸，極性有機溶劑
Isobutylene Isoprene Copolymer (Butyl)	152	有機液如乙醛，酮類，有機酸及無機酸	油脂，礦油，芳香族碳氫物，濃縮磷酸
Ethylene-Propylene Rubber (EPDM)	152	同 Butyl，但較佳	同 Butyl
Fluorocarbon (Viton)	177	有機液，油脂及油，以及某些礦酸	酯類，酮類

(任先生現任中鼎工程股份有限公司設備部經理)