



國立交通大學  
National Chiao Tung University

# 深層海水空調系統

---

王啟川, PhD

國立交通大學機械工程系教授

Fellow ASME, Fellow ASHRAE

Tel: 3-5712121 ext. 55105

E-mail: [ccwang@mail.nctu.edu.tw](mailto:ccwang@mail.nctu.edu.tw)



# Outline

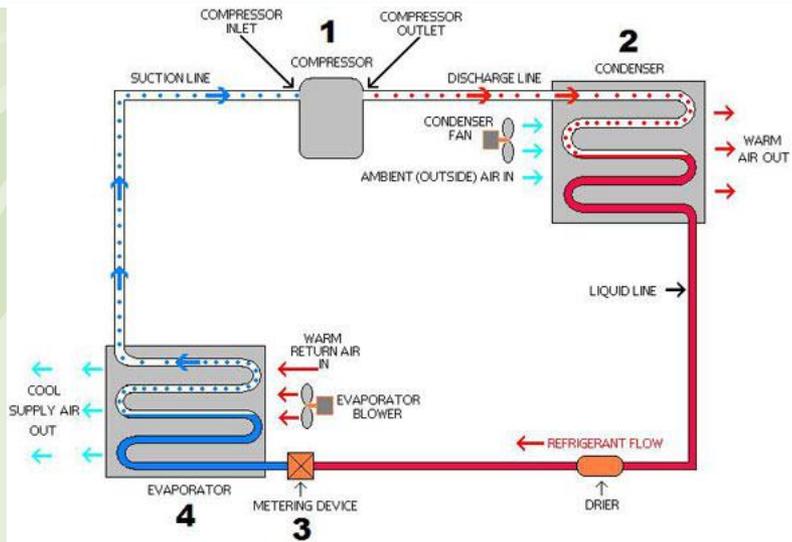
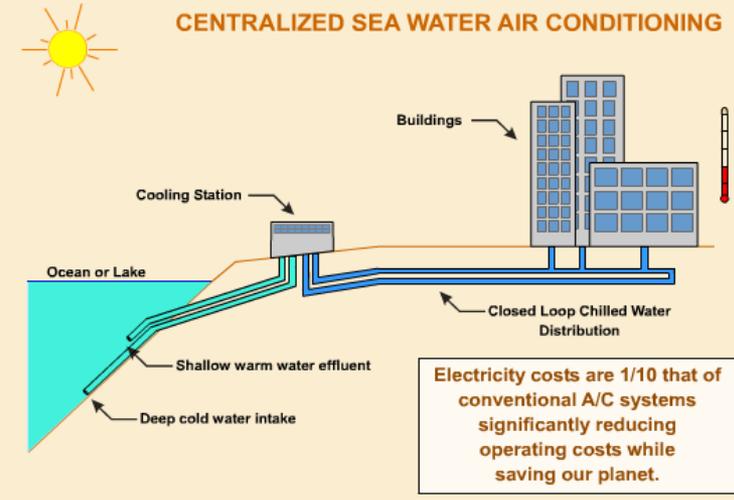
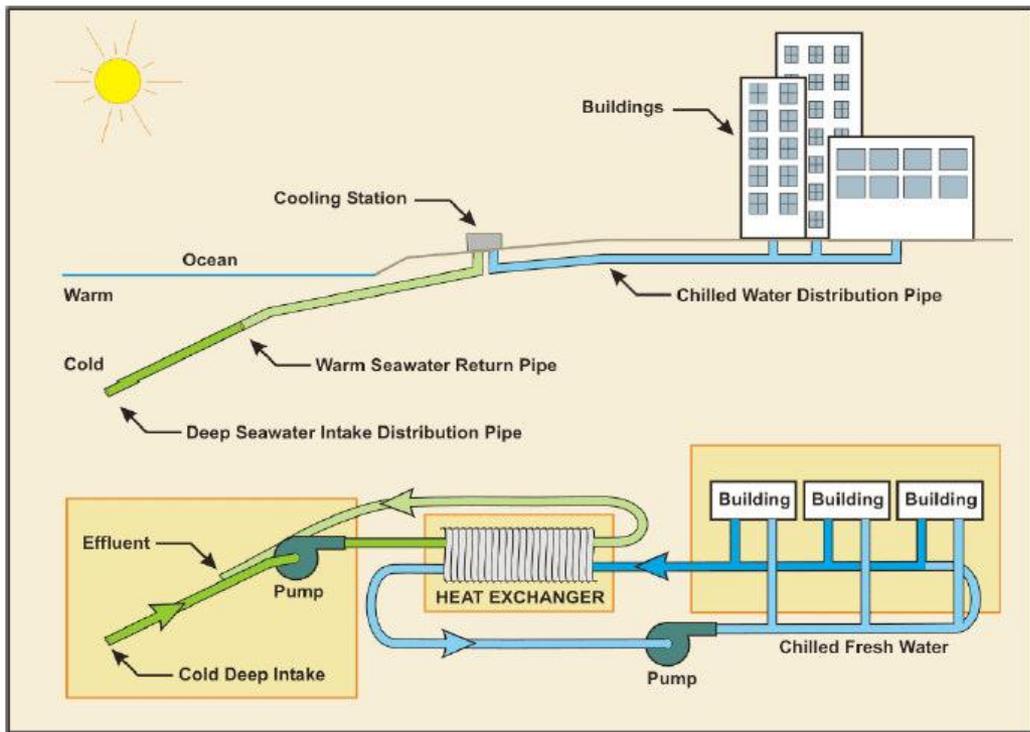
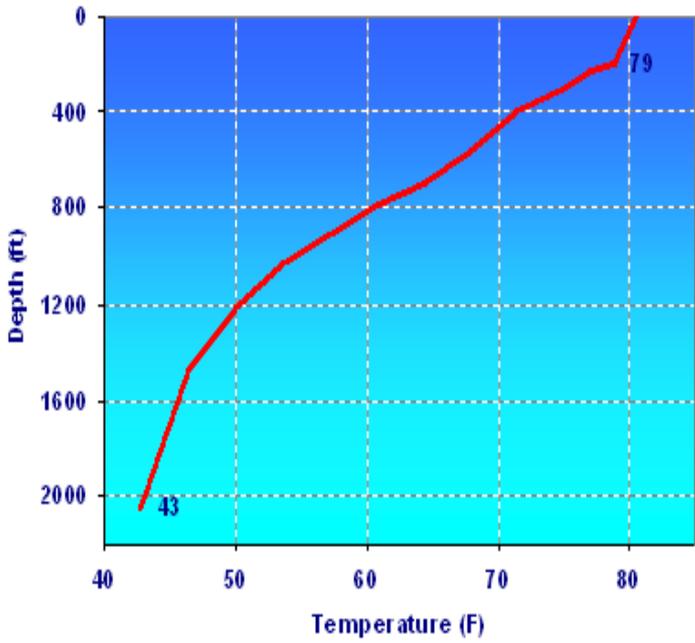
---

- 原理簡介
- 深層海水空調系統之優點與相關問題
- 深層海水系統核心元件 - 熱交換器
- 簡單結語



# 工作原理簡介

Temperature in the Ocean





# 深層海水空調系統之優點

- 系統不會太複雜
  - 可以不須冷媒系統
    - 無 CFC/HCFC/HFC 等冷媒
    - 不須壓縮機
    - 工作壓力較低
- 節能
  - 典型景點旅館之空調相關電力耗費約為40~45%，之總耗電量，其中2/3為冰水主機與冷卻水塔之操作用電。
  - 典型應用上，使用深層海水空調系統其節能效益相對於傳統空調系統，節能潛力可高達80%。



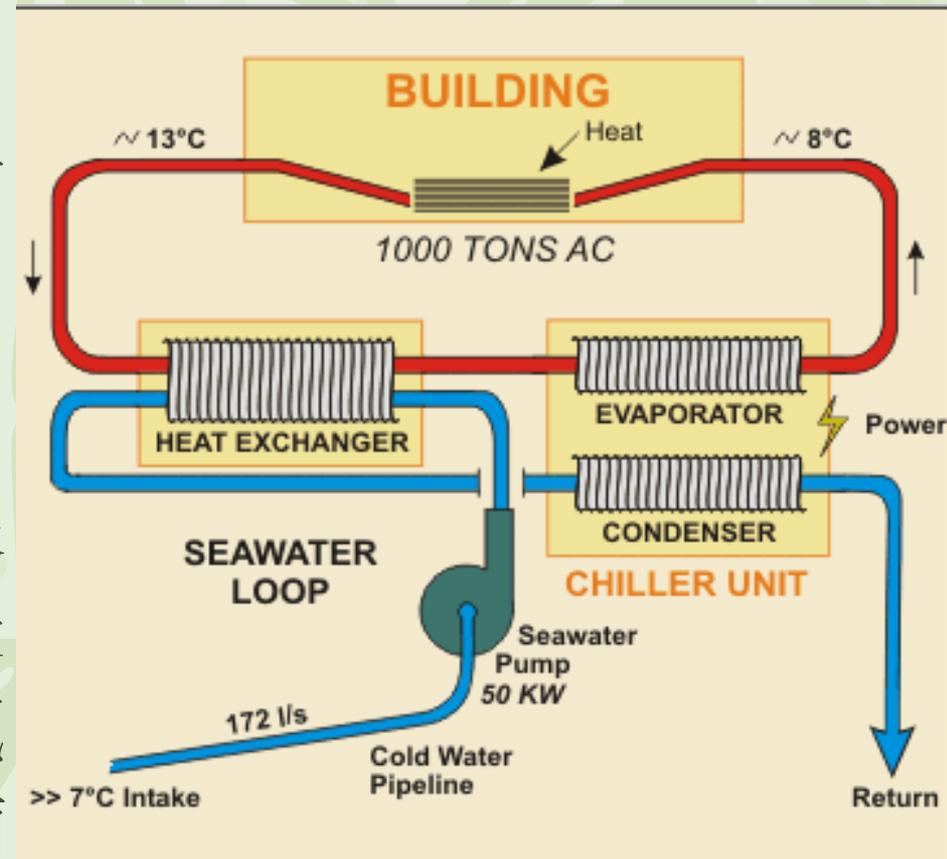
# 深層海水空調系統

- 深層海水空調系統之裝置成本與裝置管線之長度有絕對的關係，此一長度的決定與海床深度、海水溫度、海流與海岸到裝置點距離等特性有關。
- 典型深層海水之購置安裝成本會比傳統空調系統之購置成本約高60%。
- 深層海水空調系統中與海水接觸部分的零件、管線、元件之使用壽命較傳統空調系統約短少25%。



# 深層海水空調系統

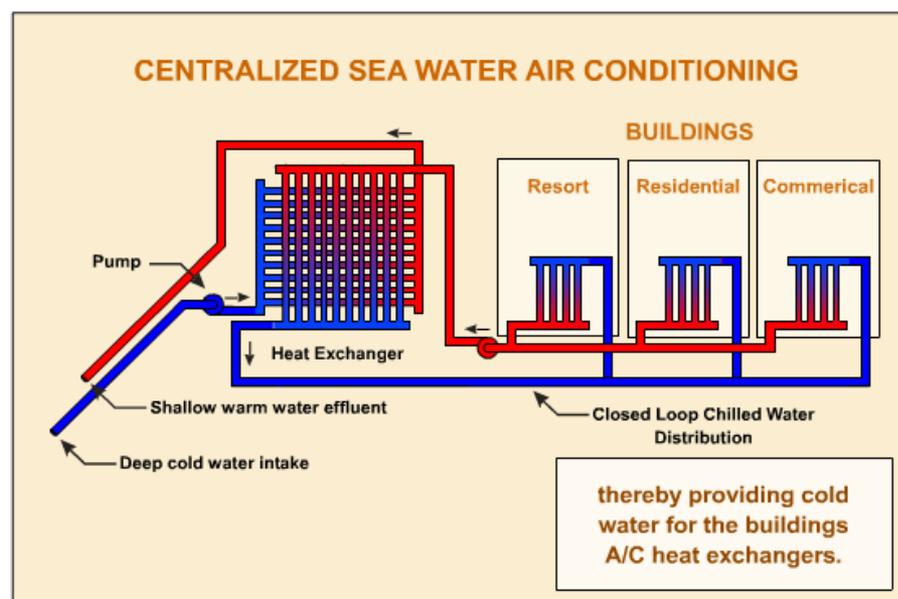
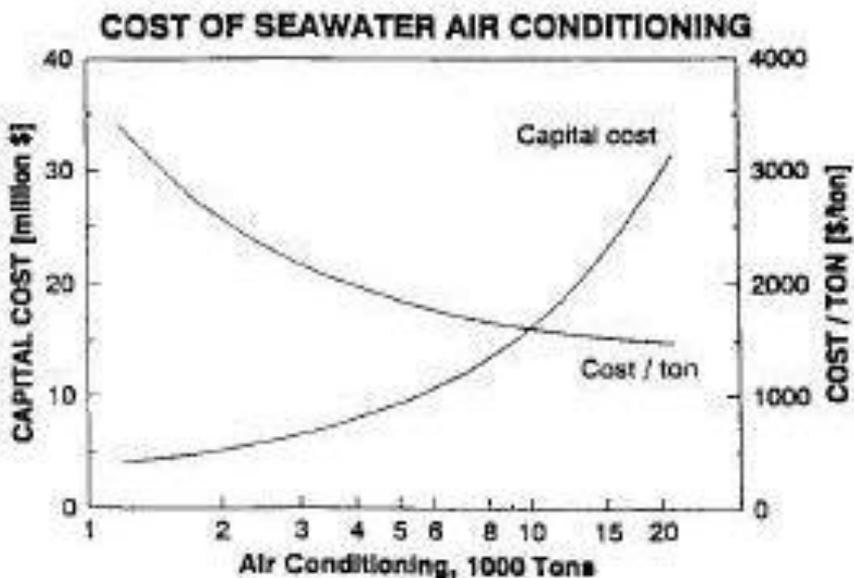
- 通常深層海水設計為最大負載設計(與需求端之尖峰負載同)，若負載較小時，部分冷水可儲存在桶槽中待負載增加實再釋出。
- 在某些應用中，取得很低溫的冷海水或運送長距離的損失，可能造成較高的水溫；可使用輔助的冰水機來維持較低的供水溫度。





# 中央給水型海水空調系統

- 通常，越是大型的深層海水空調系統，其回收的年限就越短。





# 一般原則

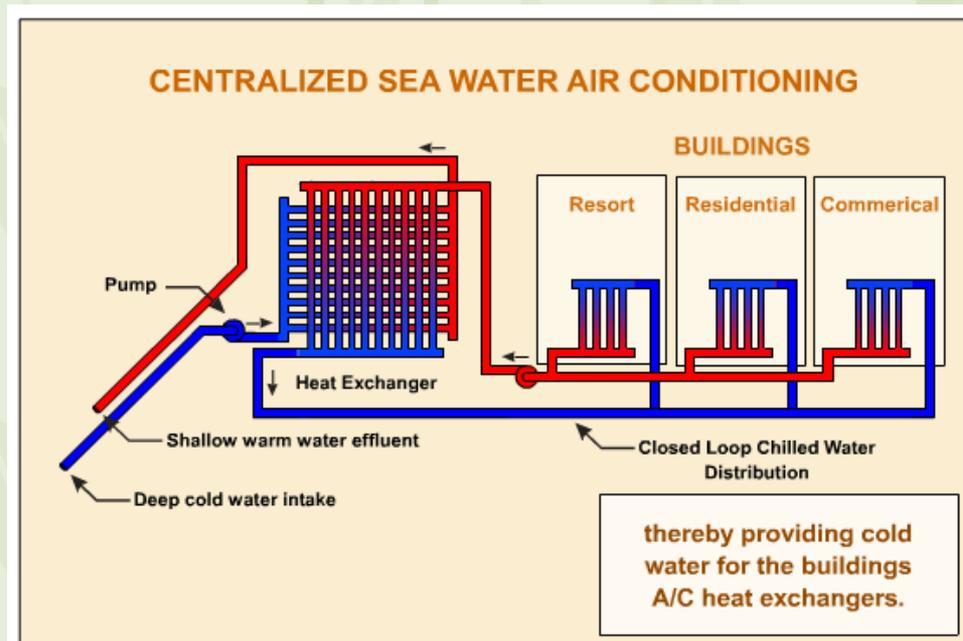
---

- 通常小於1000 冷凍噸的空調系統，使用深層海水並無經濟規模。
- 長時間接近滿載運轉，選取深層海水空調系統具較佳的競爭力。
- 較短的管路(海岸離建築距離較短)有較好的經濟性。



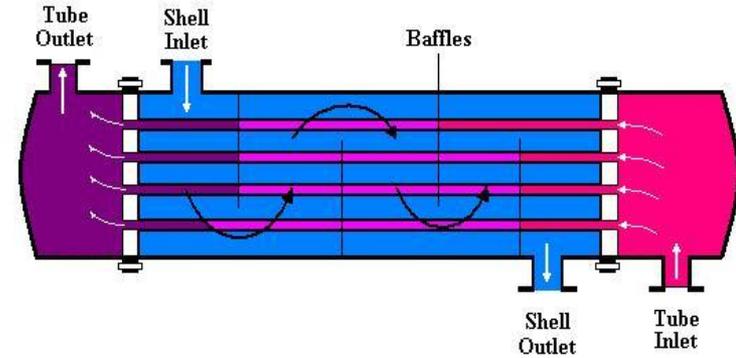
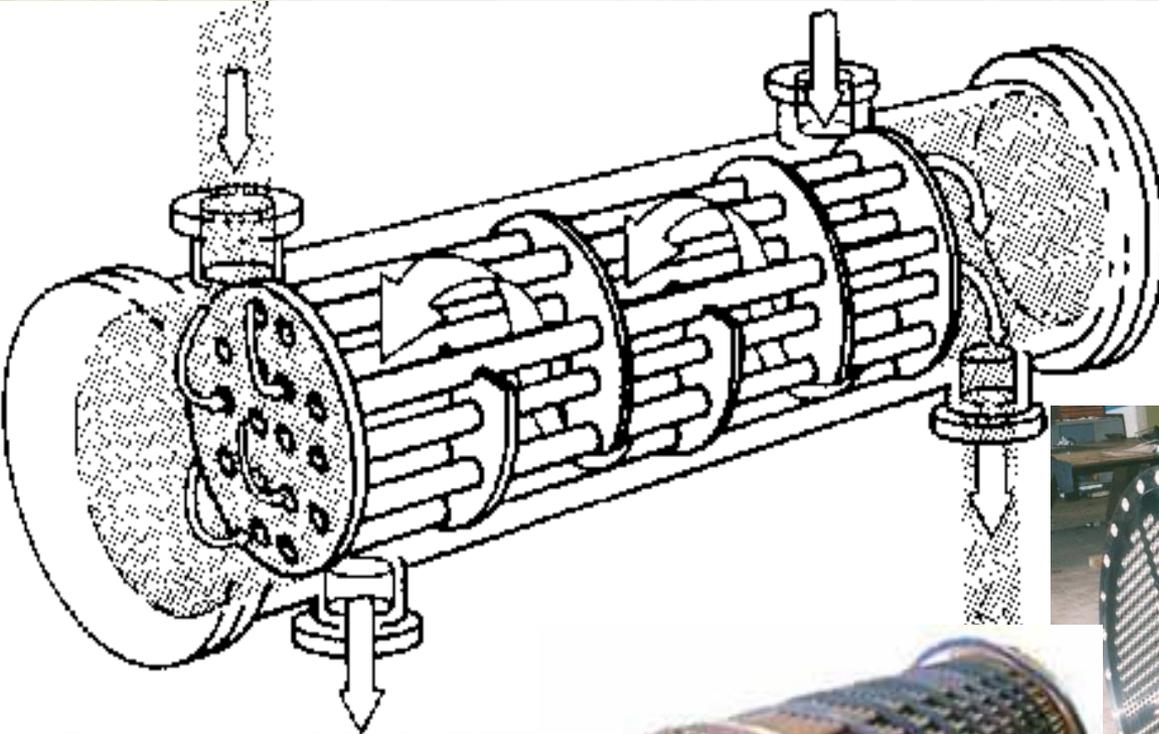
# 低溫差熱交換器

- 一般空調給水溫設計在 $7^{\circ}\text{C}$ ，而海水溫度可能也在設計在這個溫度附近，因此低溫差熱交換器設計為重要的元件。
- 海水與冰水熱交換側可供選取的熱交換器
  - 殼管式
  - 板式





# 殼管式 Shell and Tube Heat Exchanger





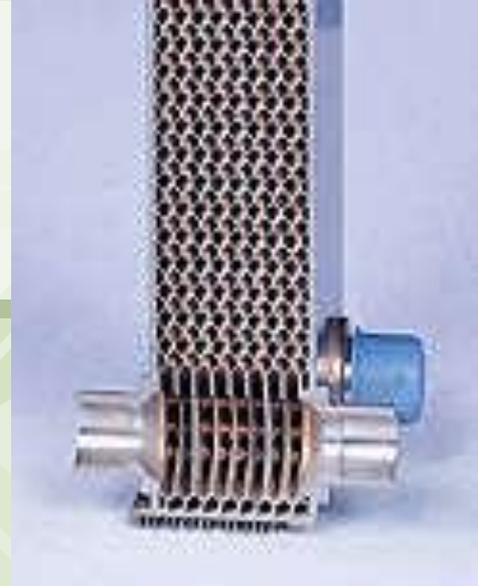
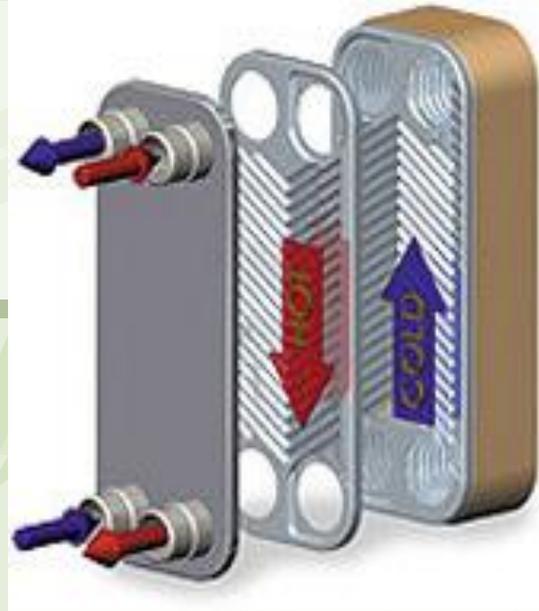
## 殼管式熱交換器 (Shell-and-tube HX)

- 殼管式熱交換器不是非常的密集 (non-compact)。
- 在外型上，殼管式熱交換器的設計非常的「強壯」，因此非常適用於高壓的應用上。
- 可廣泛地適用於不同的應用場合，例如惡劣的工作環境與特殊的工作流體。
- 可適用高溫與高壓的應用場合。

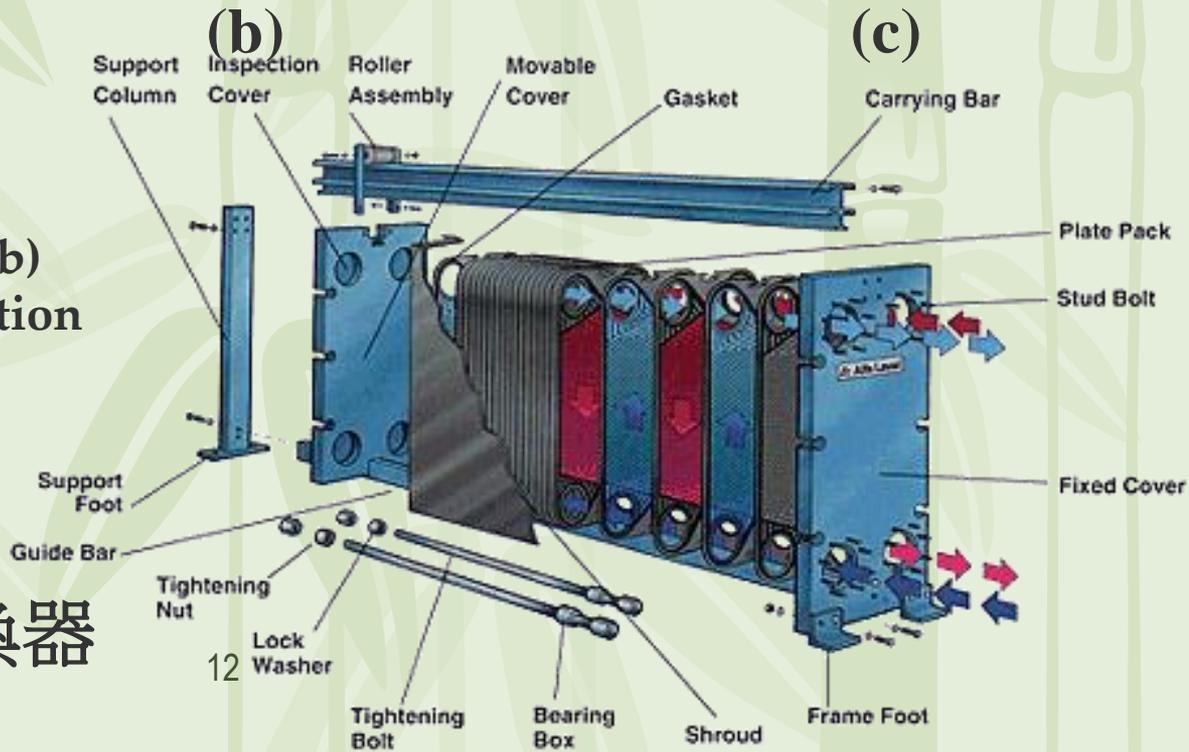




# 板式熱交換器



板式熱交換器 (a) brazed type; (b) working principle; (c) cross section



## 可拆卸式板式熱交換器



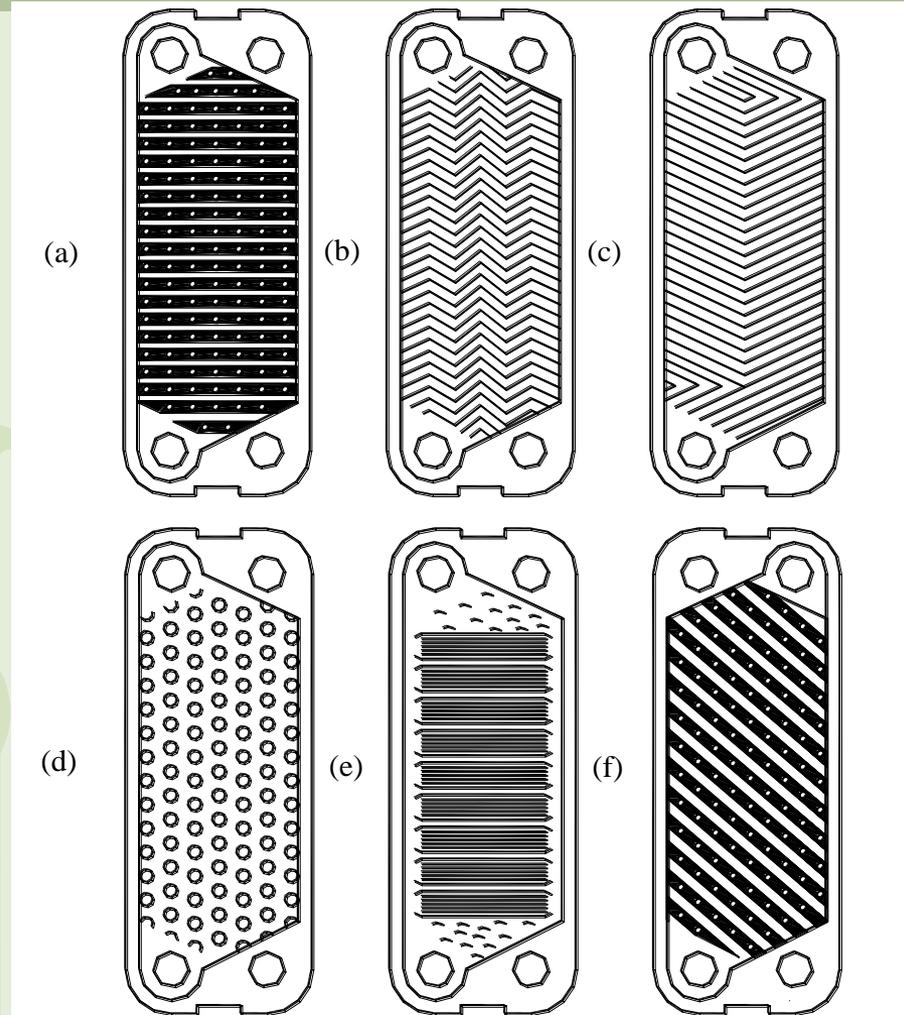
# 板式熱交換器的優點

- 易清潔、檢查及保養(可拆卸式)。
- 可隨負載而增減熱傳面積→藉由板片數、板片大小、板片型式、流場安排等因素之變化(針對組合式而言，硬焊式無此優點)。
- 低污垢阻抗→因內部流場通常是在高度紊流情況下，故其污垢阻抗只有殼管式之10~25%。
- 熱傳面積大→具高熱傳係數、低污垢阻抗、純逆向流動，故在同熱傳量下，熱傳面積約為殼管式之1/2~1/3。
- 低成本。
- 體積小→同熱傳量下，體積約為殼管式之1/4~1/5。
- 重量輕→在相同熱傳量下，重量約為殼管式之1/2。
- 流體滯留時間短且混合佳→可達到均勻之熱交換。
- 容積小→含液量少、快速反應、製程易控制。
- 熱傳性能高→溫度回復率可達1°C，有效度可達93%。
- 無殼管式中流體所引起之振動、噪音、熱應力及入口沖擊等問題。
- 適合液對液之熱交換、需要均勻加熱、快速加熱或冷卻之場合。

# 板片之構造及板式熱交換器工作原理

- (a)洗衣板式(washboard)
- (b)Z字型(zig-zag)
- (c)山型紋(chevron or herringbone)
- (d)突出及凹入式(protrusions and depressions)
- (e) 二次起伏之洗衣板式(washboard with second corrugation) ,
- (f) 傾斜式洗衣板式(oblique washboard)。

不過在公開的測試資料中，以(c)山型紋的資料較多。





# 板式熱交換器 一般規格表

項 目	規 格
最大表面積	2500 m <sup>2</sup>
板片數	3 ~ 700
出入口尺寸	400 mm (max)
板片厚度	0.3 ~ 1.2 mm
板片大小	0.03 ~ 3.6 m <sup>2</sup>
板片間距	1.5 ~ 5 mm
板片寬度	0.05 ~ 5 m
工作壓力	0.1 ~ 2.5 MPa
工作溫度	-40 ~ 260°C
最大流速	6 m/s
通道流量	0.05 ~ 12.5 m <sup>3</sup> /h
溫度回復	1°C
效率	93 % (最大)
熱傳係數	3000 – 7000 W/m <sup>2</sup> ·K



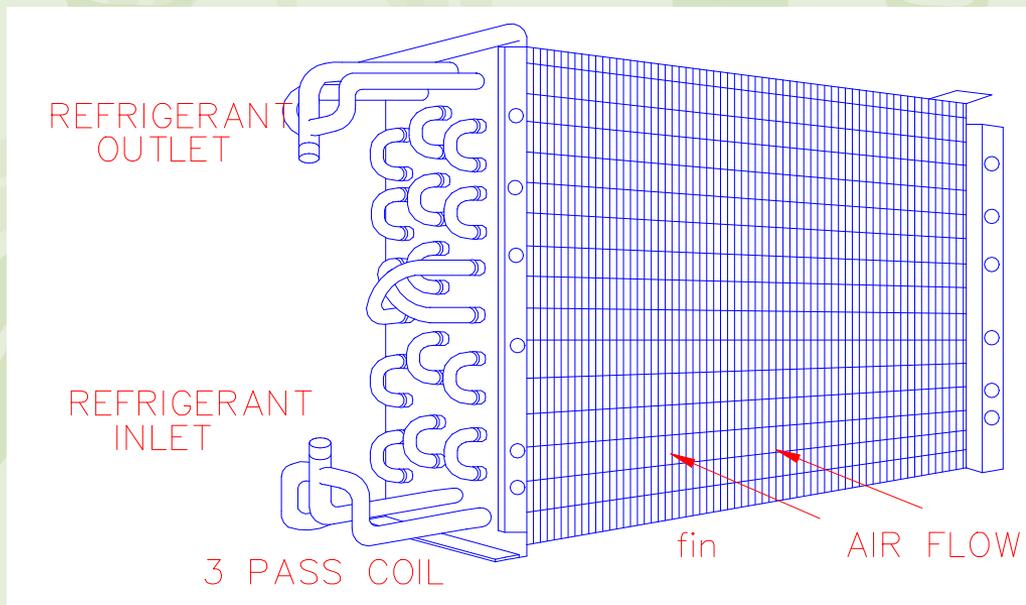
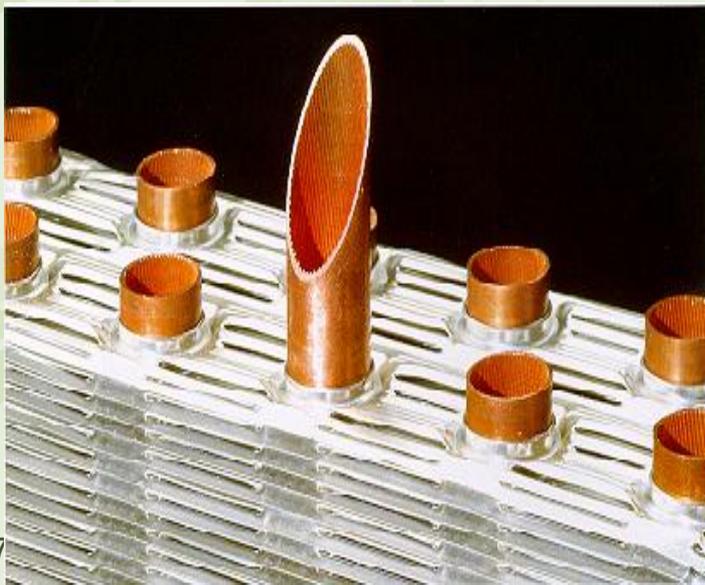
# 熱交換器選擇

- 二次側的熱交換(海水與冰水)，在低溫差的條件下，板式熱交換器為比較好的選擇。
- 一次側冰水與空氣的熱交換，以傳統鰓管式為主。但若冰水的溫度較高時，可能必須調整成較低的空氣操作面速，以有效降低空氣溫度。此一作法可能需適度增加鰓片面積與適度改善鰓片熱傳性能，而低速操作時，結露情形相對嚴重，使用親水性鰓片可能為較佳的選擇。



## 鰭管式熱交換器介紹

- 一般空調設備有兩個重要的熱交換器：**冷凝器 (condenser)** 和 **蒸發器 (evaporator)**，做為管內冷媒和盤管外面空氣的熱量傳遞工具。空調設備為了增加熱傳面積，在熱交換的設計上，往往有**鰭片 (fin)** 附著於銅管上，稱為**鰭片(管)式熱交換器 (fin-and-tube heat exchanger)**。



鰭管式熱交換器示意圖



# 鰓片幾何形狀

波浪鰓片  
(wavy)



複合百葉窗  
鰓片—  
convex  
louver

百葉窗鰓片  
—單向開口  
(louver)

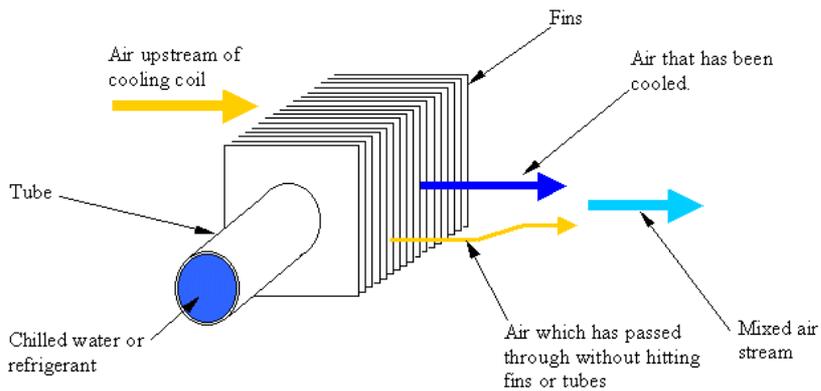


百葉窗鰓片  
—雙向開口  
(louver)

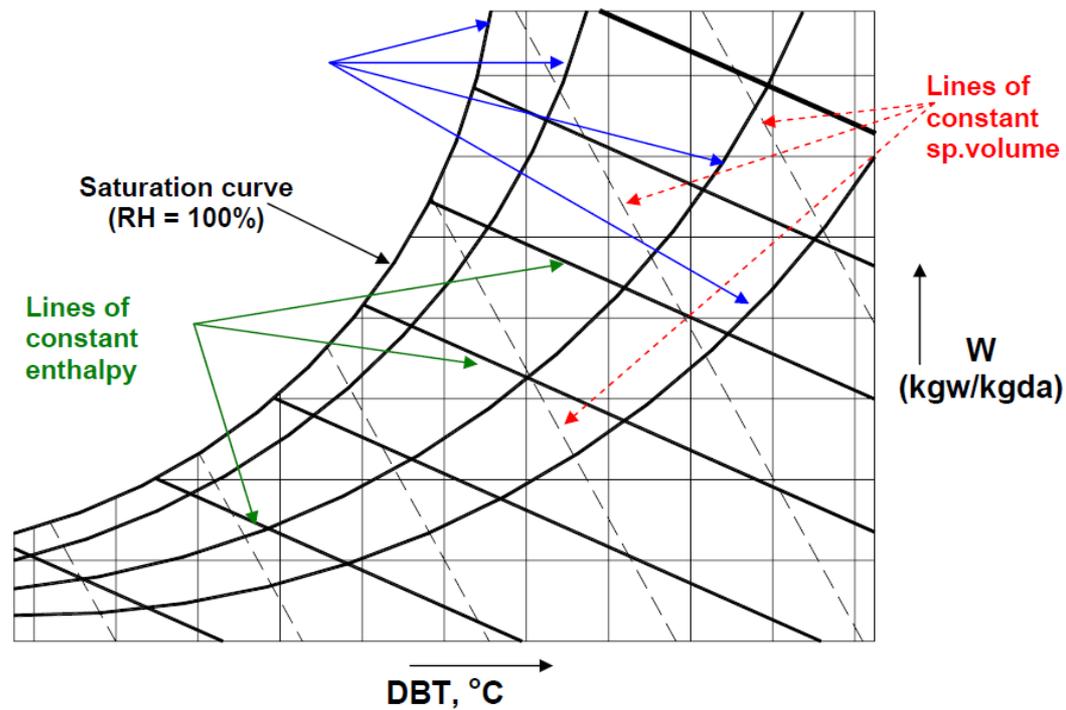
裂口式鰓片  
—單向開口  
(slit)



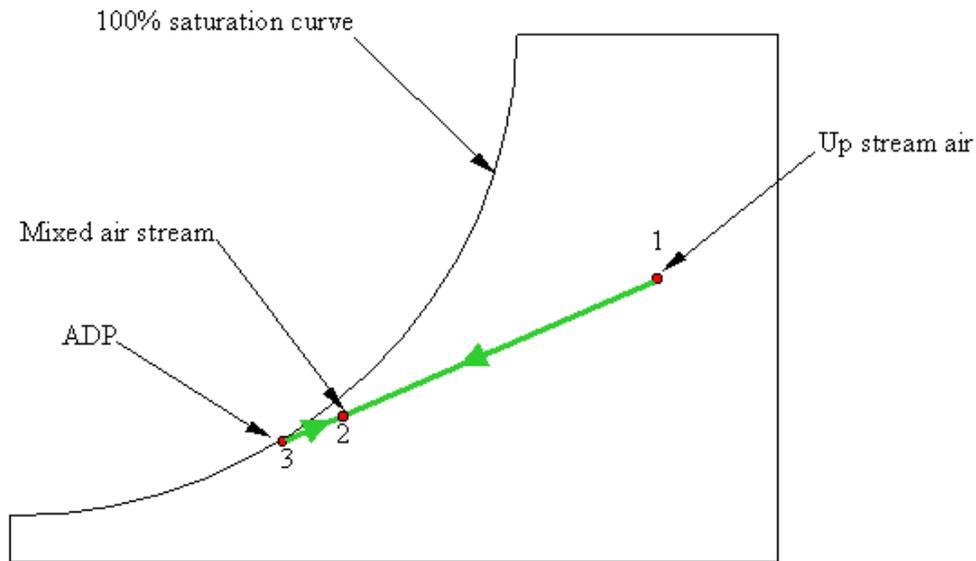
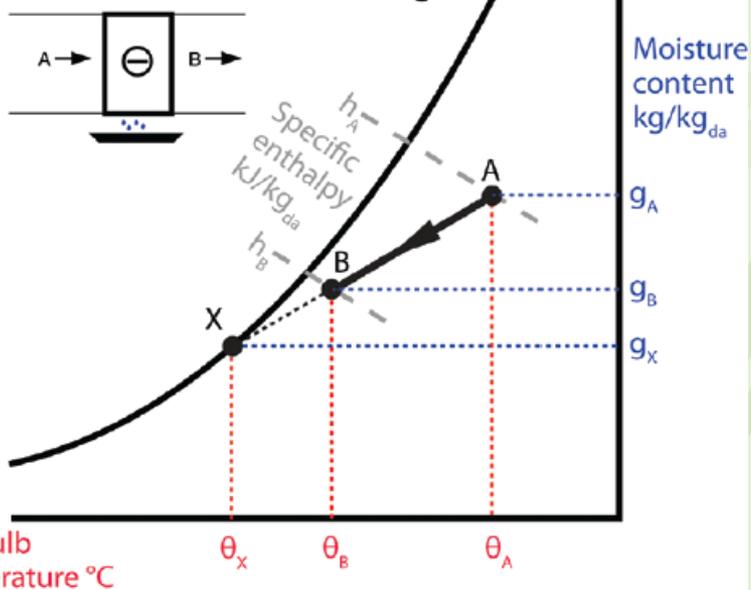
裂口式鰓片  
—雙向開口  
(slit)



A SECTION OF COOLING COIL SHOWING AIR STREAMS



Sensible + Latent Cooling



PSYCHROMETRIC CHART SHOWING COOLING COIL CONTACT FACTOR



# 簡單結語

- 深層海水空調系統較適合大型之空調，與傳統空調系統相較，節能前例可達70~80%。
- 深層海水空調系統越大回收年限越短。
- 無論是一次側或二次側，深層海水系統可能必須面對低溫差高回復率之熱交換器設計。
- 熱交換器的設計在二次側以可拆卸式板式熱交換器為比較好的選擇。一次側可藉由較低的風速與較佳的鰭片性能來改善。



國立交通大學  
National Chiao Tung University

---

Thank You