

冷卻水塔能量控制與節能應用

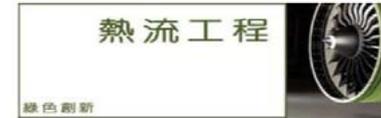
主辦單位：台北市冷凍空調技師公會

承辦單位：熱流工程股份有限公司

時間：2016.01.08



簡報大綱



- (一)冷卻水塔節能規格的釐訂
- (二)冷卻水塔防白煙的選擇
- (三)冷卻水塔耐風耐震的選擇
- (四)冷卻水塔變流量控制
- (五)冷卻水塔的操作與保養



應用及規格釐訂(一)



冰機冷卻水散熱

- 散熱能力 = 冷卻水流量 x 進出水溫差 x 水的比熱 x 水的密度
 $Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$
- 水塔的散熱能力約為冰機的1.2~1.3倍，視冰機效率COP而異COP=4時為1.25倍 ($= (1 + COP) / COP$)
- 水溫差 : 5°C (37°C in / 32°C out) 或 10°F (5.56°C) (100°F / 90°F) 不同
- 使用開放式水塔

“冰水主機的熱平衡”
 $Q_{\text{冷凝器}} = Q_{\text{蒸發器}} + W_{\text{壓縮機輸入}}$

製程冷卻水散熱

- 散熱能力 = 冷卻水流量 x 進出水溫差 x 水的比熱 x 水的密度
 $Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$
- 如果製程水在熱交換時不能被汙染就要使用密閉式水塔
- 進出水溫: 出水下限約30-32C受限於外氣溼球溫度，上限則是散熱材能夠承受的最高溫55C或65C)
- 水冷變頻式室外機冷卻宜採密閉式水塔避免堵塞

“冷卻水塔的熱平衡”
 $\dot{m}_{\text{water}} \times C_p \times \Delta T = \dot{G}_{\text{air}} \times (h_o - h_i)$

應用及規格釐訂(二)

- 冷卻水塔**風車**的選擇(猶如空調箱):體積越小風速越高需要的馬力越大，反之亦然。
- **馬力大小以符合LEED為原則(ANSI90.1-2010)**
- 風機型式有
軸流式(引風式水塔)
離心式(吹壓式水塔)
- 水塔揚程:進出水的壓降
- 運轉時**溼球溫度**的規訂
- 同型機在**27-29CWB**間有**40%**散熱能力的差距
- 噪音值的規定:



型號	風機Kw	價格	ASHRAE效率	15米噪音
A-500	30	1.00	38.7	68
B-500	15	1.12	75.1	66
C-500	11	1.49	104.1	59

ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2010

Revise the Standard as follows (S-I units):

TABLE 6.8.1G Performance Requirements for Heat Rejection Equipment

Equipment Type	Total System Heat Rejection Capacity at Rated Conditions	Subcategory or Rating Condition	Performance Required ^{a,b,c,d,f}	Test Procedure ^e
Propeller or axial fan open-circuit cooling towers	All	35°C Entering Water 29°C Leaving	≥3.40 L/s·kW	CTI ATC-105 and CTI STD-201
Centrifugal fan open-circuit cooling towers	All	35°C Entering Water 29°C Leaving	≥1.70 L/s·kW	CTI ATC-105 and CTI STD-201
Propeller or axial fan closed-circuit cooling towers	All	39°C Entering Water 32°C Leaving	≥1.18 L/s·kW	CTI ATC-105S and CTI STD-201
Centrifugal closed-circuit cooling towers	All	39°C Entering Water 32°C Leaving	≥0.59 L/s·kW	CTI ATC-105S and CTI STD-201
Air-cooled condensers	All	52°C Condensing Temperature R-22 Test Fluid 88°C Entering Gas Temperature 8°C Subcooling 35°C Entering db	≥69 COP	AHRI 460

濕球溫度對水塔散熱能力影響

Cooling Tower Data Sheet



Eugene Jen
THERMOFLOW ENGINEERING LTD

TW
Email: jene@thermostat.com.tw

	選機條件	Date: 9/11/2015	Page: 1
	Selection Criteria	IBC設計條件	
Capacity (MBH):	3,000.00	IBC Design Criteria	
Capacity (kW):	878.00	Seismic Design Force (g)	1g 耐震級數
Capacity (kcal/h):	755,088	Velocity Pressure (kPa)	up to 2.87 耐風壓級數
Fluid Type:	Water	:	
水量 Flow (LPS):	42.0		
進水溫度 Entering Fluid Temp (°C):	37.00		
出水溫度 Leaving Fluid Temp (°C):	32.00		
濕球溫度 Wet Bulb (°C):	29.00		

Product line is CTI/ECC certified. Selection is rated in accordance with CTI Standard 201 RS.

Qty	Model	263T	Capacity (kW)	Percent Capacity
1	AT-19-79		926.3	105.5

依選機條件
所選出機型的冷卻 %能量

冷卻能量

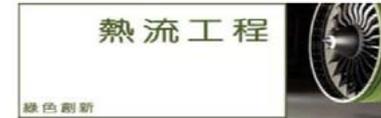
	Selection Criteria		
Capacity (MBH):	3,000.00	IBC Design Criteria	
Capacity (kW):	878.00	Seismic Design Force (g)	1g
Capacity (kcal/h):	755,088	Velocity Pressure (kPa)	up to 2.87
Fluid Type:	Water	:	
Flow (LPS):	42.0		
Entering Fluid Temp (°C):	37.00		
Leaving Fluid Temp (°C):	32.00		
Wet Bulb (°C):	27.00		

Product line is CTI/ECC certified. Selection is rated in accordance with CTI Standard 201 RS.

Qty	Model	350T	Capacity (kW)	Percent Capacity
1	AT-19-79		1,233.6	140.5



應用及規格釐訂(三)



冷卻水塔循環水量損失有:

- 蒸發水量=循環風量x濕度比差 (humidity ratio change)
 - 飄散水=循環水量x飄散率 約在 0.1% ~ 0.001%
 - 水塔集水盤下落水滴外濺
 - 補給水量:一般為循環水量 1%~3% (蒸發+飄散+外濺)
 - 定期排放=避免冷卻水中碳酸鈣, 酸化物或是其他雜質溶解濃度的增加 (耗水量=補給水+排放)
- 水塔內空氣與水蒸氣之間平均壓力差大小: 濕球溫度越低, 壓力差越大, 水蒸發越快, 效率越高....
 - 水與空氣互相流向效率關係有:
 - 1. 逆流最佳 (20000CFM/100tons)
 - 2. 直交流其次 (30000CFM/100tons)
 - 3. 平行最差

水塔的節能就是: 散熱力強(省電) 省水(補給水)

Evapco選機資料說明

Cooling Tower Data Sheet



Eugene Jen
THERMOFLOW ENGINEERING LTD

TW
Email: jene@thermostat.com.tw

Project : 2016 seminar
Equipment Reference: WB 29C
Product Type : (CH) AT/UT/USS Cooling Tower

選機條件

Selection Criteria

選機能量	Capacity (MBH):	3,000.00
	Capacity (kW):	878.00
	Capacity (kcal/h):	755,088
流量型式	Fluid Type:	Water
水量	Flow (LPS):	42.0
進水溫度	Entering Fluid Temp (°C):	37.00
出水溫度	Leaving Fluid Temp (°C):	32.00
濕球溫度	Wet Bulb (°C):	29.00

輸入條件

Date: 9/11/2015

Page: 1

IBC設計條件

IBC Design Criteria

Seismic Design Force (g) 1g 耐震級數
Velocity Pressure (kPa) up to 2.87 耐風壓級數

Product line is CTI/ECC certified. Selection is rated in accordance with CTI Standard 201 RS.

依選機條件

所選出機型的冷卻%能量

Qty	Model	Capacity (kW)	Percent Capacity
1	AT-19-79	926.3	105.5

選出機型

冷卻能量

All Weights, Dimensions and Technical Data are Shown per Unit

風車	Fans:	1		
風車馬達	# Fan Motors @ kW:	(1) @ 11.00 (380/3/60)	Overall Length (mm):	長度 2,731
空氣流量	Air Flow (m³/s)	23.5	Overall Width (mm):	寬度 2,578
冷卻水壓降	Inlet Pressure Drop (kPa):	16.4	Overall Height (mm):	高度 3,769
蒸發水量	Evaporated Water Rate (l/s):	0.30		
			Operating Weight (kg):	運轉重量 3,280
			Shipping Weight (kg):	運輸重量 1,991
			Heaviest Section (kg):	最重部位 1,397

Options Selected

EVAPAK Fill EVAPAK 專利散熱材

Fan Motor: Inverter Capable (5~50 Hz, 6~60 Hz) 風車馬達: 變頻能力 (50/60HZ)

IBC Compliant up to 1g 符合IBC規範達 1.0g



應用及規格釐訂(四)

防白煙

- 白煙的形成: 水塔出風口的溼熱空氣噴出後與外氣混合時由於超過“飽和曲線”使水蒸氣凝結產生白煙
- 白煙發生的時機較多在濕冷的冬天
- 缺點: 位於高樓的水塔產生白煙時常被誤認為是火警
- 防治白煙的方法: 就是避免水塔出風口的溼熱空氣噴出時接進飽和曲線
- ✓ 可以加裝電熱器再熱(或熱水盤管)
- ✓ 可以增加散熱材中無水部分旁通(bypass)藉與溼空氣混合降低相對濕度(散熱材面積加大)
- ✓ 經由選機增加水塔散熱能力15%左右(oversize), 透過計算查核確認在冬天設計條件下(13°C DB/9°C WB)不會產生白煙



防白煙計算



PLUME ANALYSIS (FORCED DRAFT) V 2.0

Required input values are in yellow cells. Modify the values and click on "Calculate"

MODEL NO.	AIRFLOW (CFM)	WATER FLOW (GPM)	TEMP IN (°F)	TEMP OUT (°F)
LPT 516I	16,315	163	98.60	89.60
AMBIENT TEMP DB (°F)	AMBIENT TEMP WB (°F)	SITE ELEVATION (FT)	HEAT REJECTION (BTUH)	FAN SPEED (%)
55.22	48.38	0.00	734,625	100%

ATMOSPHERIC PRESSURE	Humidity Ratio		SPECIFIC VOLUME
(in. Hg)	INLET	OUTLET	
29.921	0.0056213401635	100.0	13.0974

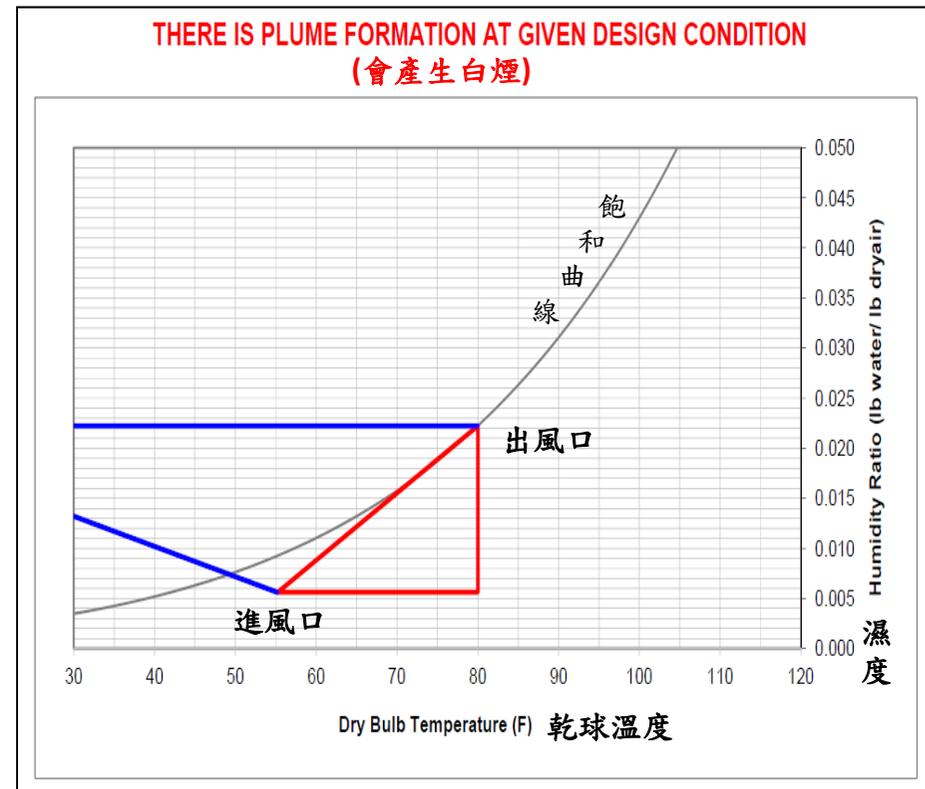
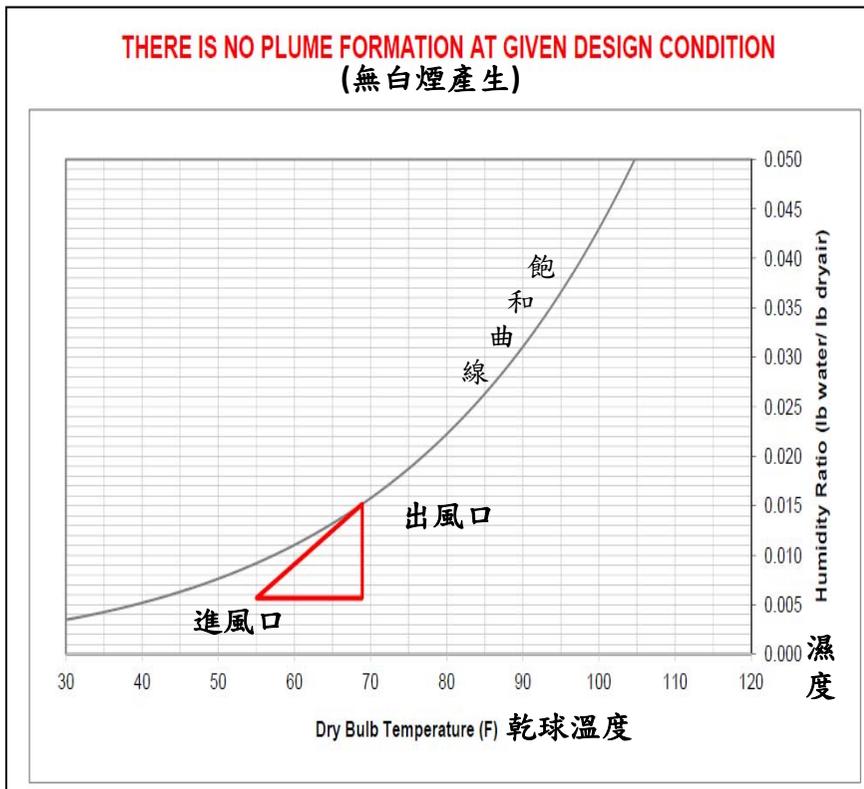
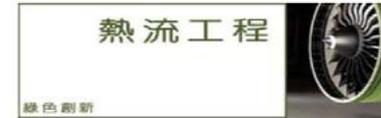
Mass Airflow (lb _{dryair} /hr)	h entering air (BTU/lb _{dryair})	h discharge air (BTU/lb _{dryair})	Est. Discharge Air T _{db} (°F)	Est. Discharge Air T _{wb} (°F)
74,740	19.35	29.18	63.90	63.90
W entering air (lb _{water} /lb _{dryair})	W discharge air (lb _{water} /lb _{dryair})	EVAP. RATE (GPM)	EVAP. COOLING (BTU/lb _{dryair})	SENS. COOLING (BTU/lb _{dryair})
0.00562	0.01271	1.06	7.72	2.10
			78.59%	21.41%

Notes: The analysis assumes 100% saturation at discharge.

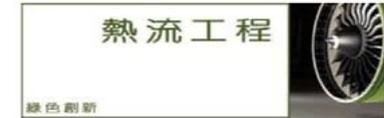
PLUME ABATEMENT HEATING REQUIREMENT				
Delta T	TARGET DISCH. AIR TEMP (°F)	HEAT LOAD (MBH)		
NA	NA	NA		



防白煙計算



STD CT psychrometric process ——— Plume abatement through heating of discharge air ———



應用及規格釐訂(五)

防風防震

- 符合International Building Code (IBC compliance)-2006有關耐震的規定
- 將建築物中的設備都納入耐震要求, 包含水塔, 泵浦等

Evapco水塔設計有

- 標準品Standard Structure Design
 - 用於小於**1.0 g (force)**耐震要求
 - 小於**2.87 kPa (60 lb/ft² or 293 kg/m²)**耐風壓要求
- 耐風耐震加強版Upgrade Structure Design
 - 用於**>1.0 g**耐震要求
 - **>2.87 kPa**耐風壓要求



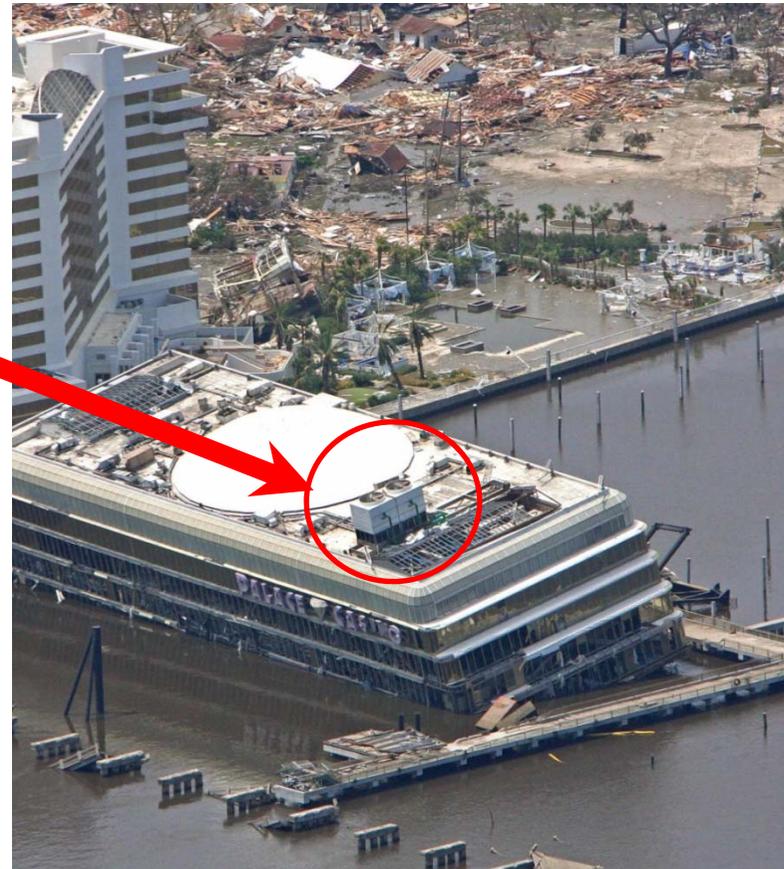
耐強風及地震

熱流工程



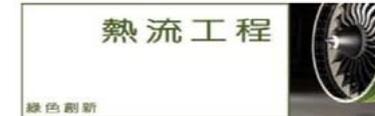
綠色創新

颱風過後，Evapco水塔仍能操作





耐強風及地震



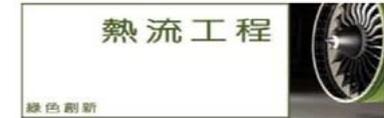
Evapco水塔抗風等級

1. Evapco全系列水塔基本抗風壓**48 m/s**，相當於**15級(中度颱風)**。
2. 也可選用抗風壓**75 m/s**，相當於**17級(強烈颱風)**。

各國颱風強度分類比較表

風速 (km/h)	風速 (m/s)	蒲福風級	中華民國中央氣象局 (風速為10分鐘平均)	日本氣象廳 (風速為10分鐘平均)	美國國家颶風中心 (大西洋區及東北太平洋區) (風速為1分鐘平均)	美國聯合颱風警報中心 (西北太平洋區) (風速為1分鐘平均)
62-88	17.2-24.4	8~9	輕度颱風	熱帶風暴	熱帶風暴	熱帶風暴
89-117	24.5-32.6	10~11		強烈熱帶風暴		
118-153	32.7-42.5	12~15	中度颱風	強颱風	1級颶風	颶風
154-177	42.6-49.2			2級颶風		
178-183	49.3-50.9	16	強烈颱風	非常強颱風	3級颶風	
184-209	51.0-58.1			4級颶風		
210-240	58.2-66.6	17	強烈颱風	猛烈颱風	4級颶風	超級颶風 (Super Typhoon) >240km/h
241-249	66.7-69.2	>17			5級颶風	
>250	>69.3					

註：1分鐘平均風速數值較10分鐘平均風速數值為大($\frac{10分鐘平均風速}{1分鐘平均風速}$ 大約0.75-1.0)。



耐強風及地震

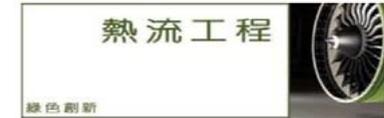
Evapco水塔抗風等級

1. Evapco全系列水塔基本抗風壓**48 m/s**，相當於15級(中度颱風)。
2. 也可選用抗風壓**75 m/s**，相當於17級(強烈颱風)。

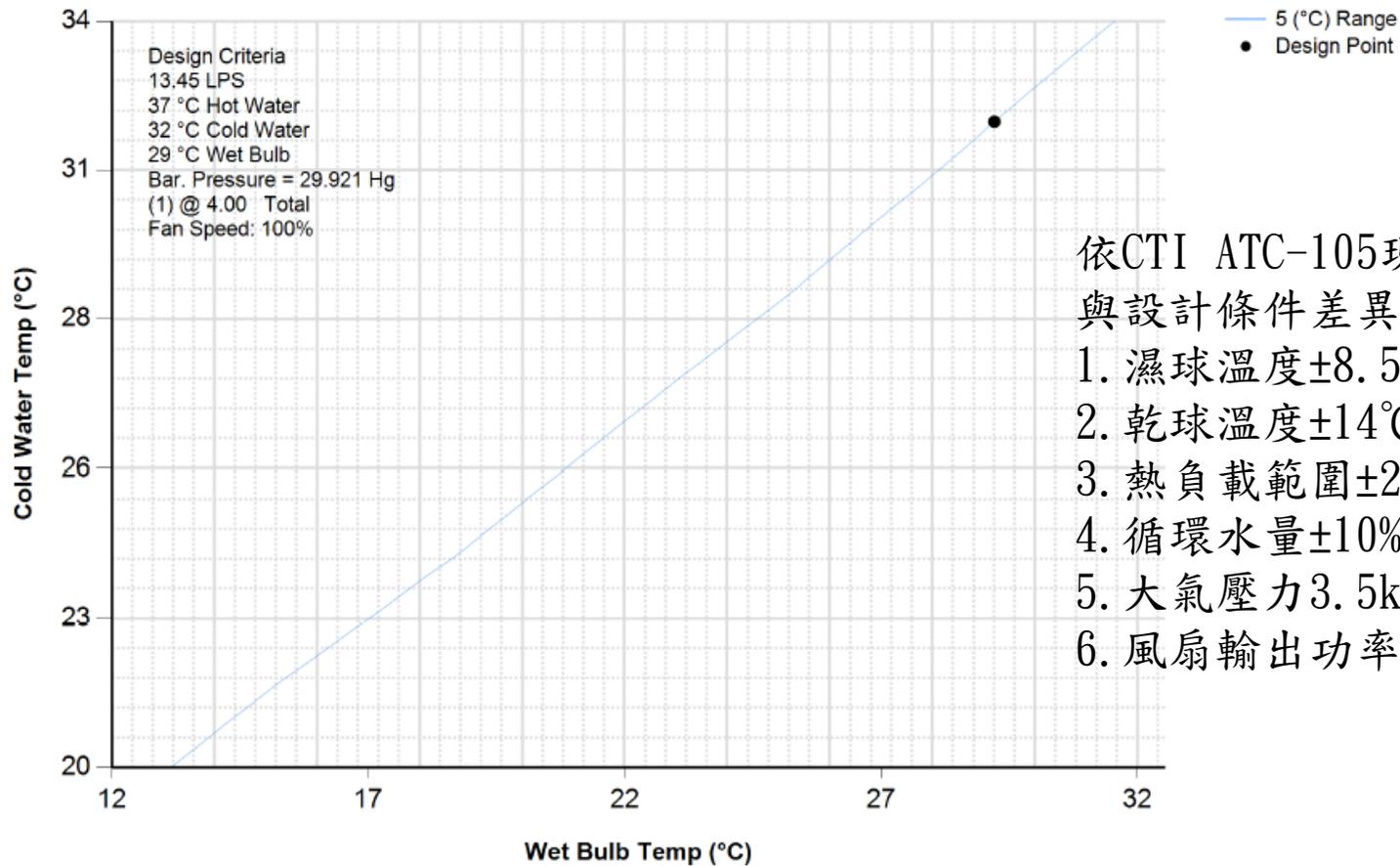
颱風強度	近中心最大風速			
	相當蒲福風級	每秒公尺	每時哩	每時公里
輕度颱風	8~11	17.2 ~32.6	34~63	62~117
中度颱風	12~15	32.7 ~50.9	64~99	118~183
強烈颱風	16以上	51.0 以上	100以上	184以上



性能曲線



Performance Curve

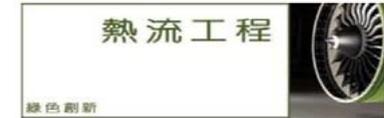


依CTI ATC-105現場測試條件
與設計條件差異值：

1. 濕球溫度 $\pm 8.5^{\circ}\text{C}$ (15°F)
2. 乾球溫度 $\pm 14^{\circ}\text{C}$ (25°F)
3. 熱負載範圍 $\pm 20\%$
4. 循環水量 $\pm 10\%$
5. 大氣壓力 3.5kpa ($1''\text{ Hg}$)
6. 風扇輸出功率 $\pm 10\%$

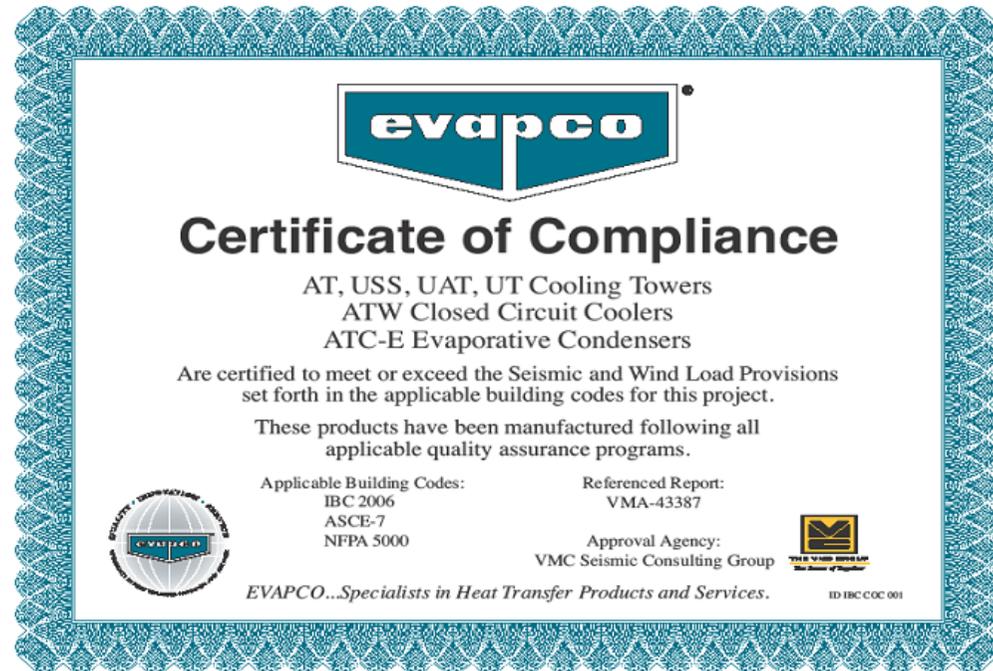


符合CTI & IBC



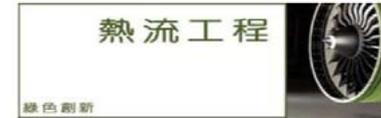
NOW AVAILABLE WITH

- Low Sound Fan option
- Reduced Motor Power option



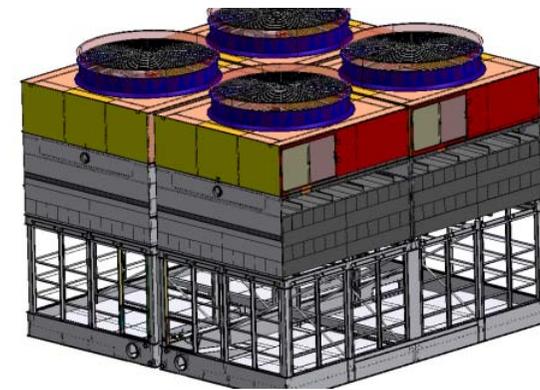


冷卻水塔變流量控制(一)



假設一3000冷噸(4-750噸)冰機系統和4-cell冷卻水塔

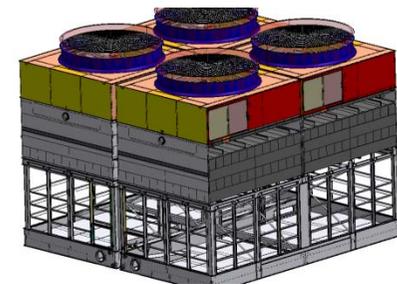
- 水塔的散熱能力與風車轉速成正比
 - 100%轉速提供100%散熱能力
 - 75%轉速提供75%散熱能力
 - 50%轉速提供50%散熱能力
- 水塔風車的耗電是轉速的三次方正比
 - 100%轉速提供 $1.00^3=100\%$ 馬力
 - 75%轉速提供 $0.75^3=42.2\%$ 馬力
 - 50%轉速提供 $0.5^3=12.5\%$ 馬力



冷卻水塔變流量控制(二)

如果冰機的負荷只需要滿載時的75%時

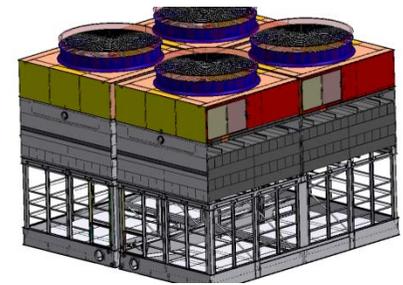
- **Option 1:** 可以停止一台水塔，其餘三台仍然滿載運轉
 - 運轉的每個Cell水量仍然是100%/cellx3
 - 運轉的每個Cell耗電仍然是100%/cellx3
- **Option 2:** 仍然以四個Cell運轉
 - 每個cell只要負責散熱額定的75%
 - 因此風車只需要降轉速為75%
 - 風車馬達的耗電降為42.2%/cellx4=168.8%(節省43.7%耗電)
 - 每個cell只能分配到原有的75%水量



冷卻水塔變流量控制(三)

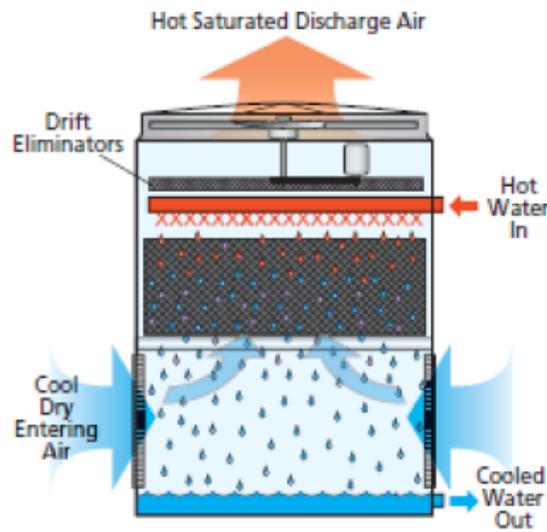
如果冰機的負荷只需要滿載時的50%時

- **Option 1:** 可以停止兩台水塔，其餘2台仍然滿載運轉
 - 運轉的每個Cell水量仍然是100%/cellx2
 - 運轉的每個Cell耗電仍然是100%/cellx2
- **Option 2:** 仍然以四個Cell運轉
 - 每個cell只要負責散熱額定的50%
 - 因此風車只需要降轉速為50%
 - 風車馬達的耗電降為12.5%/cellx4=50%(節省75%耗電)
 - 每個cell只能分配到原有的50%水量
- **But.....**水塔需要改造才能在低流量時發揮良好的熱交換...

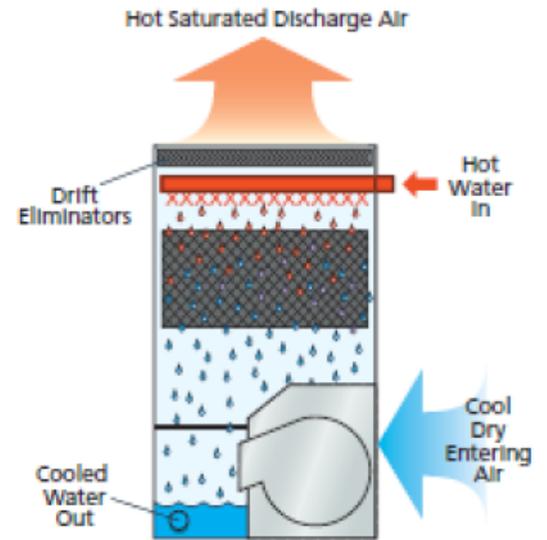


Open Cooling Tower

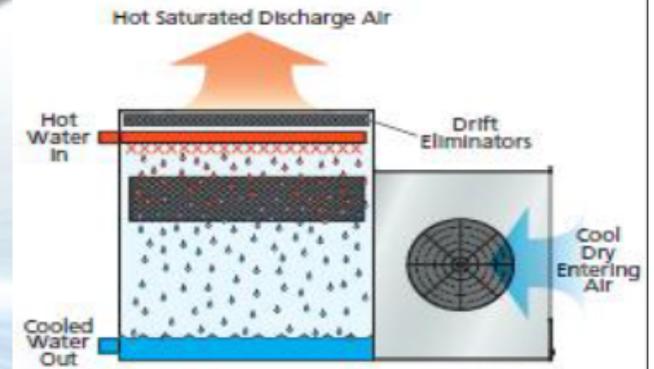
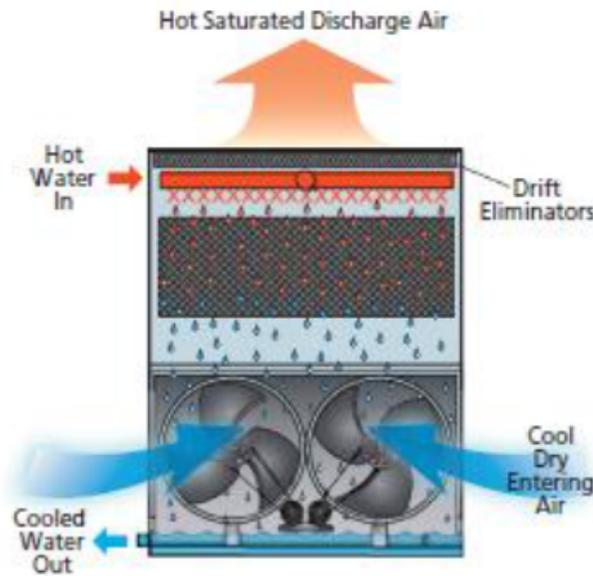
AT/UT/USS



LSTE



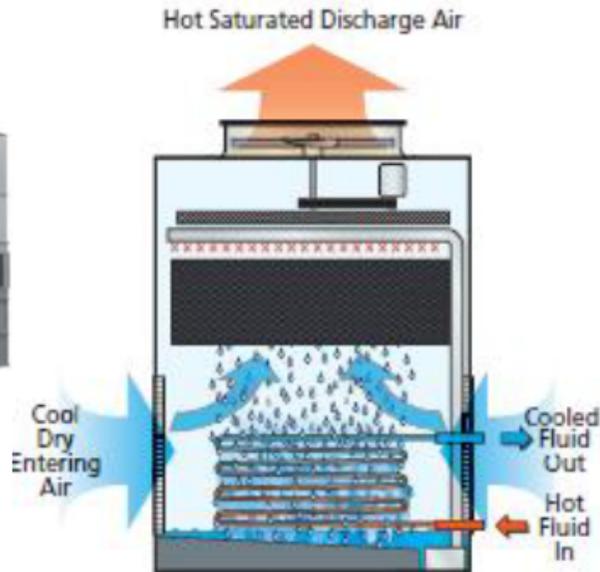
LPT



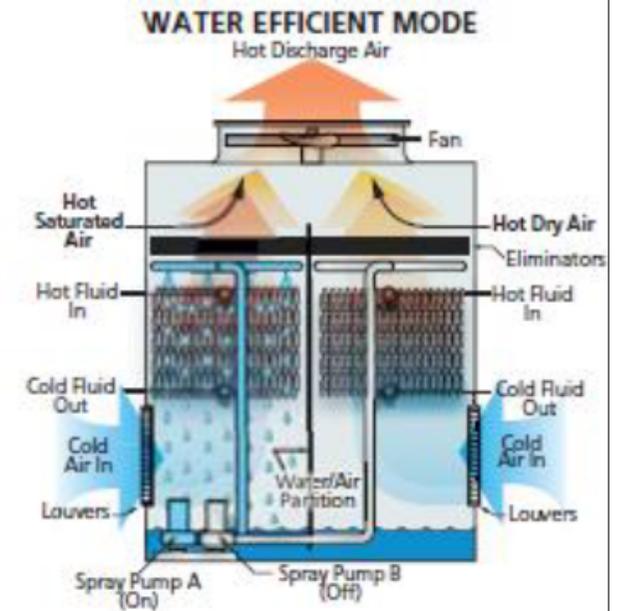
INNOVATION, QUALITY, SERVICE

Closed circuit cooler

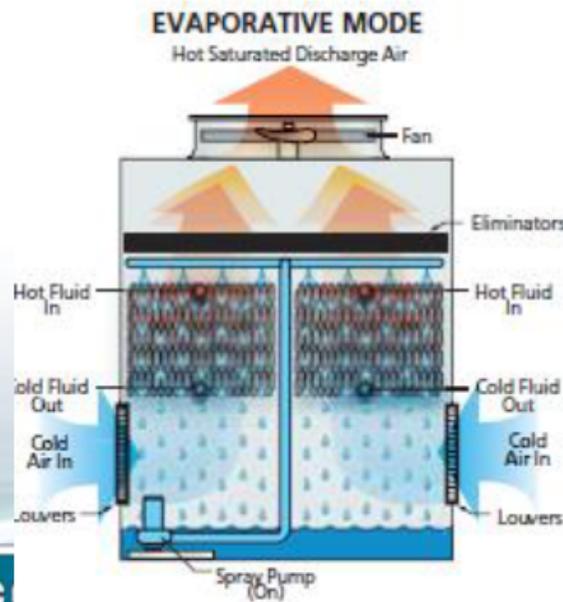
ESWA



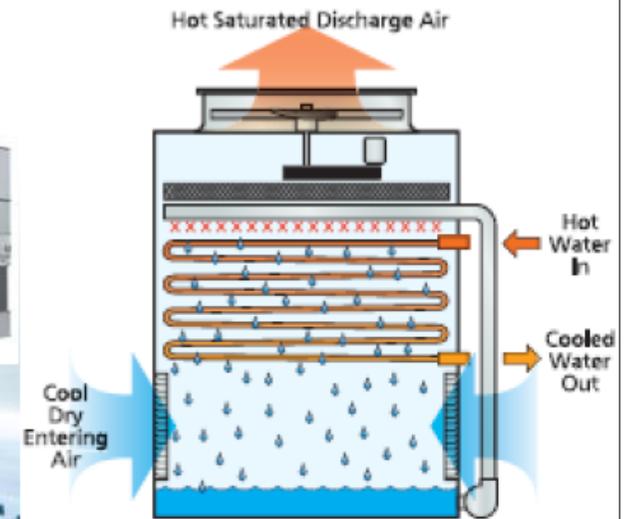
eco-ATWE



eco-ATW



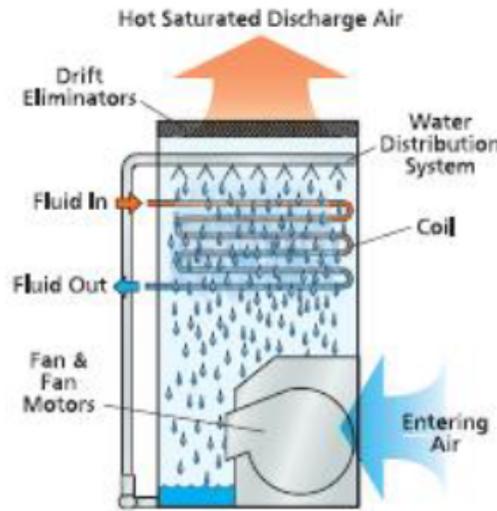
ATW



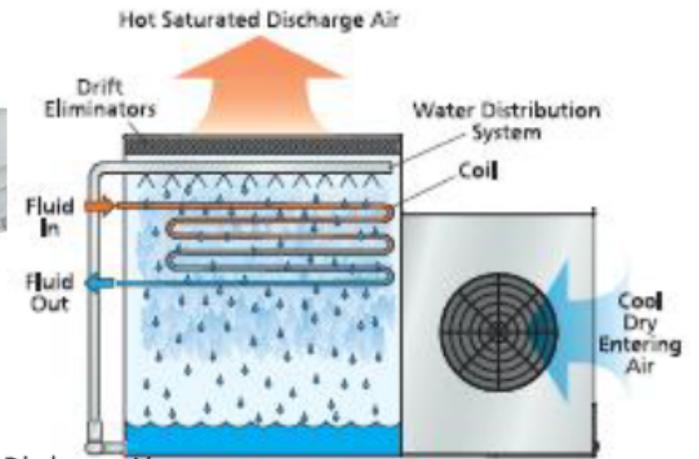
INNOVATION, QUALITY, SERVICE

Closed circuit cooler

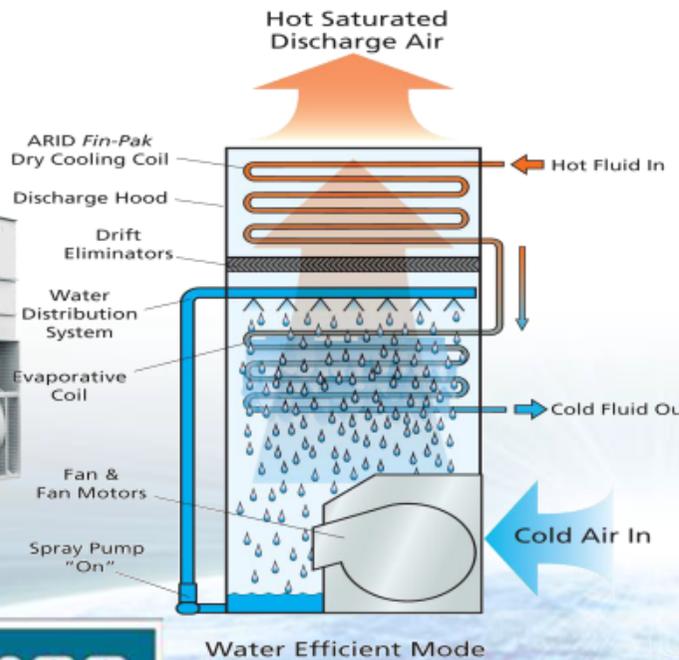
LSWA



LRW

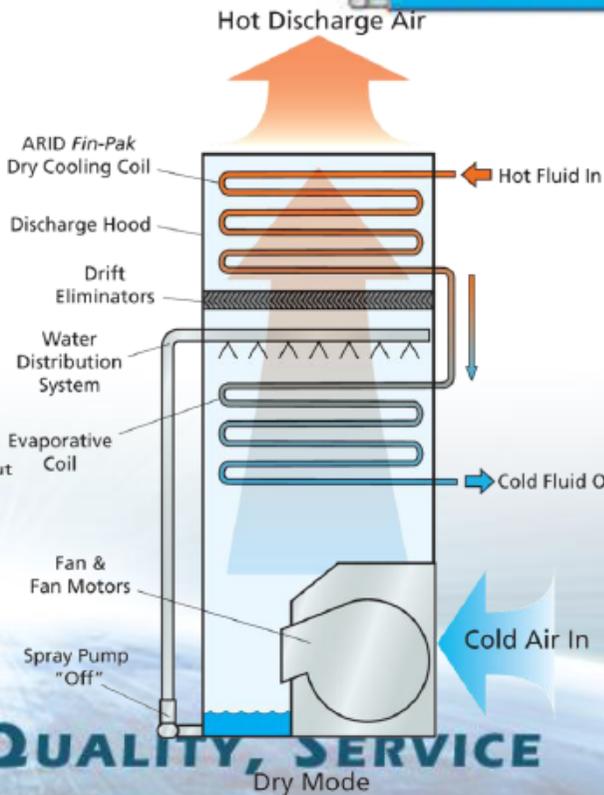


LSWA-H



Water Efficient Mode

LRW-H



Dry Mode



INNOVATION, QUALITY, SERVICE

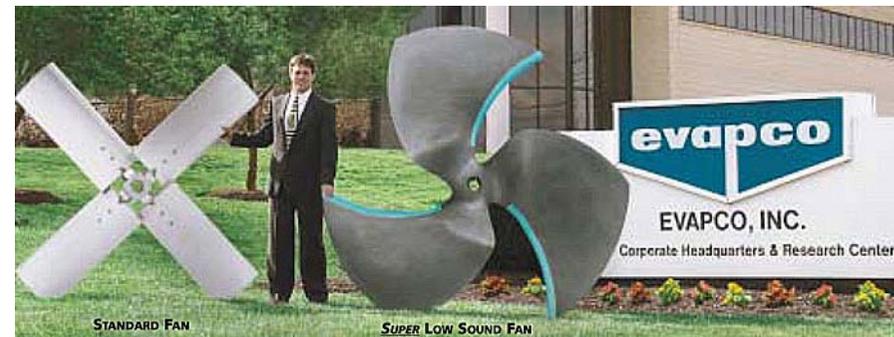


AT/UT/USS 開放逆流式

- AT：結構堅固，低耗能，引風軸流式，適合各種室外應用。
- UT：擁有AT全部特點，配置益美高超低噪音通風機，適用於雜訊敏感區域。
- USS：高度抗腐蝕，適用於有鹽霧或其他腐蝕性化學品的環境。



超低雜訊通風機---可降噪
9 至 15 dB(A)



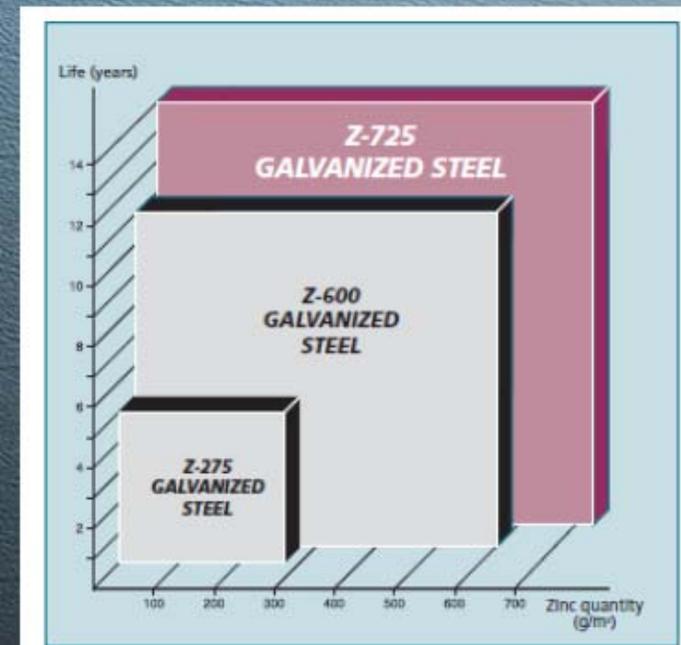
標準通風機 超低雜訊通風機



熱浸鍍鋅鋼板

熱浸鍍鋅防蝕原理：(一)包圍隔絕防蝕，(二)犧牲氧化保護防蝕。

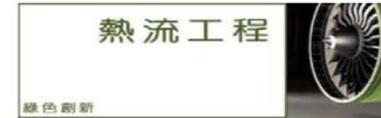
- G235是指經雙面三點法測試,每平方英尺表面鍍鋅量為2.35盎司。
- 公制為每平方米鍍鋅量約為725克。



BS 5493
防止鋼結構
和鐵銹蝕操
作規範



逆流式



電動機外置或（對於大型機組）電動機可通過檢修門移至機組外部。電動機通過搖臂設計可移出機組。電動機吊架可選件使電動機的更換工作能夠在一個小時完成。

通風機頂板無需維修。也不需要圍欄和梯子。

通風機區域為大空間的開放式區域，通過外部斜梯可輕鬆接觸到通風機驅動系統。填料可作為工作平臺使用。

可拆卸的高效擋水板（飄逸率小於0.001%）

塊狀填料易於拆卸、清洗。填料底部有支架，使填料可作為內部工作平臺使用。

填料完全被包裹在箱體內，不受強風、陽光、雜質、結冰的影響。

標準配置為 G235 鍍鋅鋼。可選不銹鋼材質水盤，不銹鋼部分包括冷卻塔的整個下半部分。

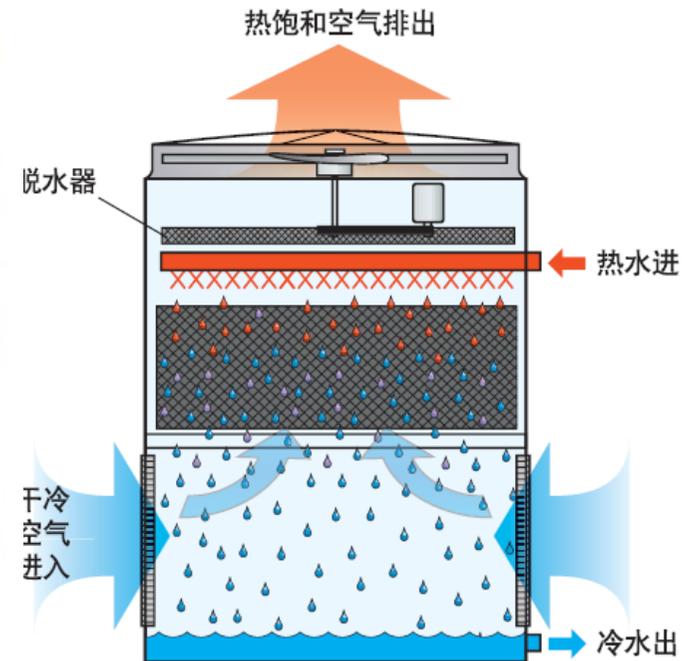
單根進水管，進水口的標準介面形式為倒角，可用於焊接/槽口卡接。

耐腐蝕、不阻塞的水分分配系統，包括 40 號 PVC 管和 ABS 塑膠噴嘴。

不透光的框架式進風格柵，阻擋雜質和陽光進入水盤，並防止濺水。

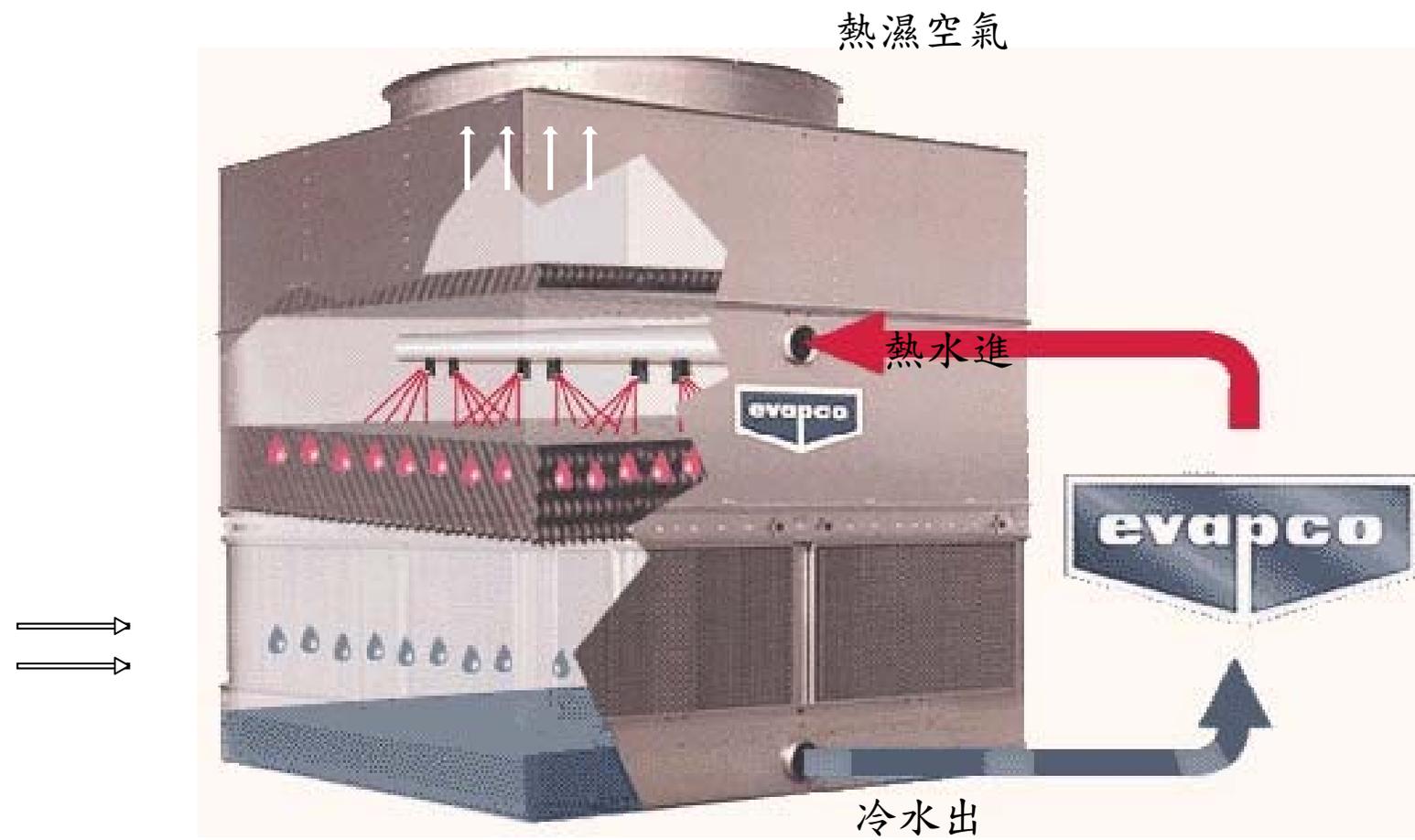
傾斜水盤設計，深處的汙物也能輕易排出。

可從冷卻塔四面進入水盤，不需要內部走道。填料下方並非通常認為的密閉空間，而是有大面積的空間，使清洗水盤變得十分容易。



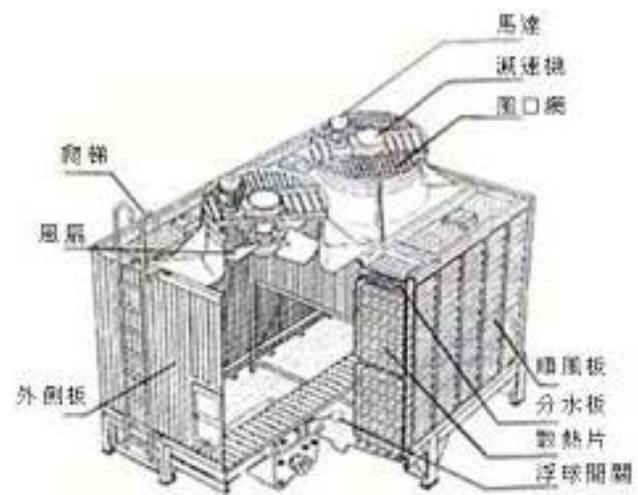
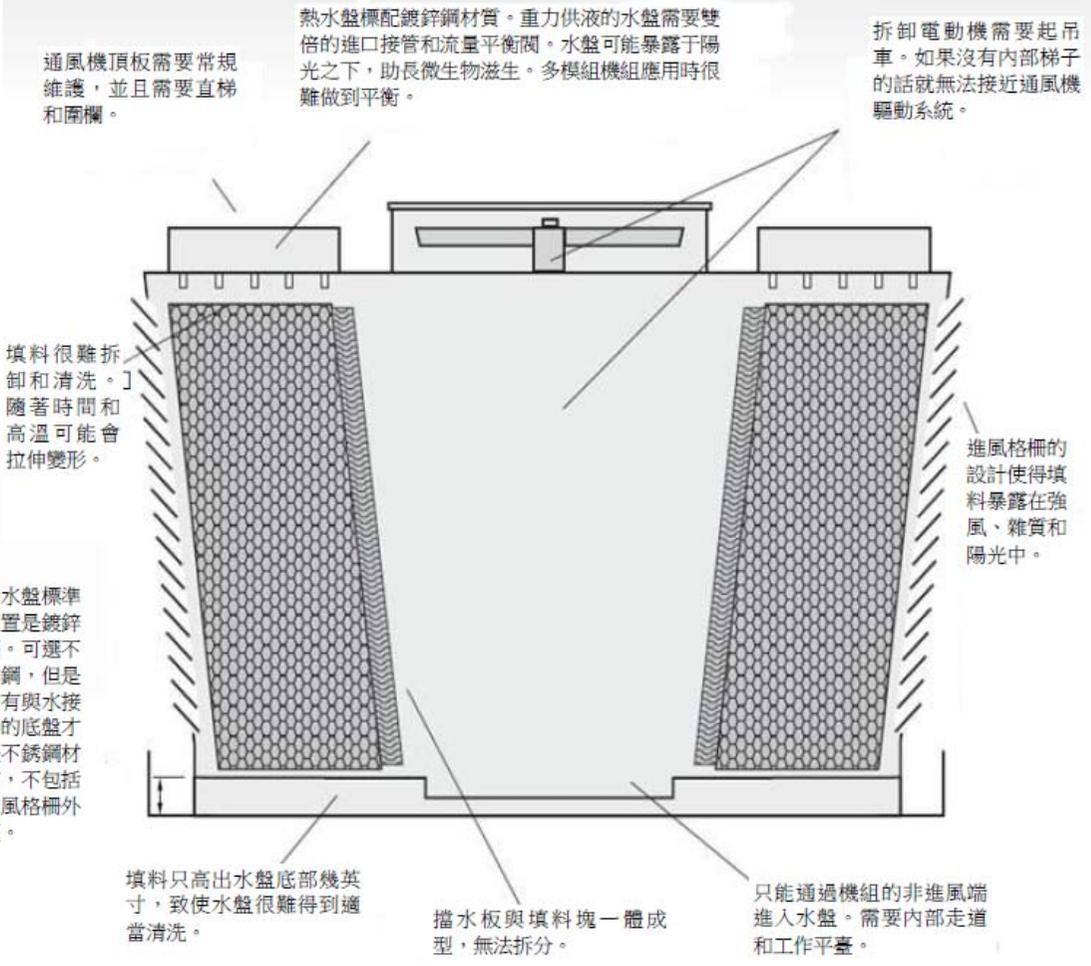
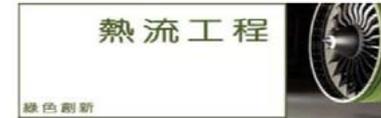


運行原理



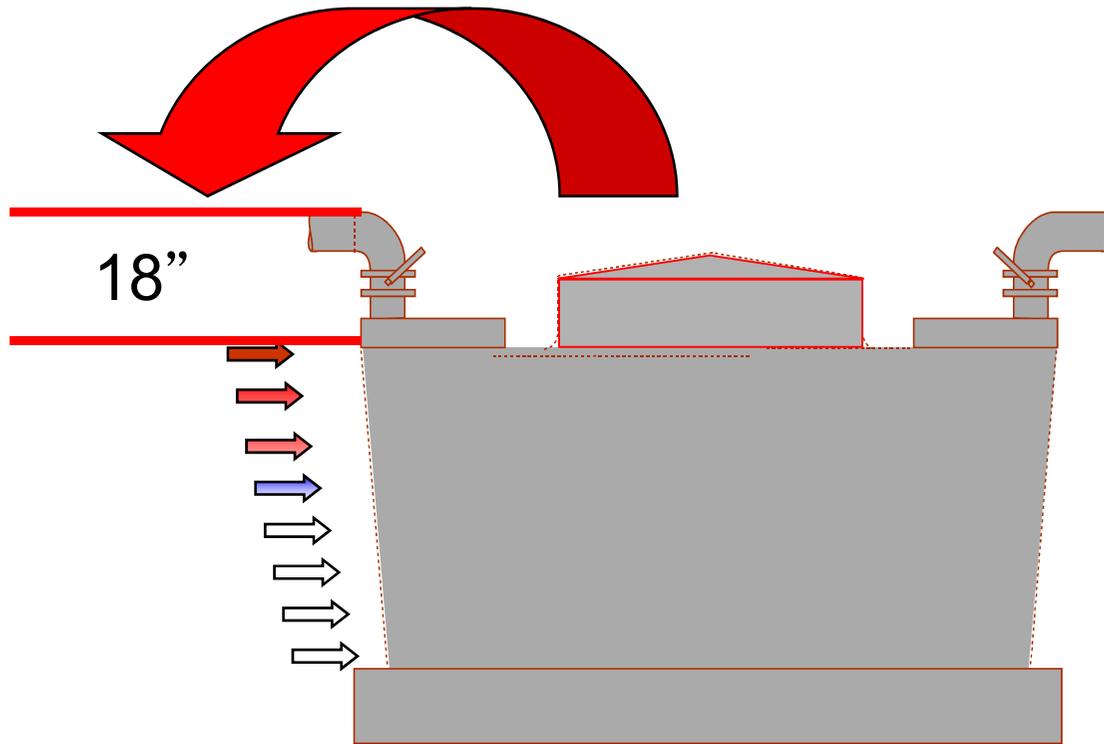


直交流式

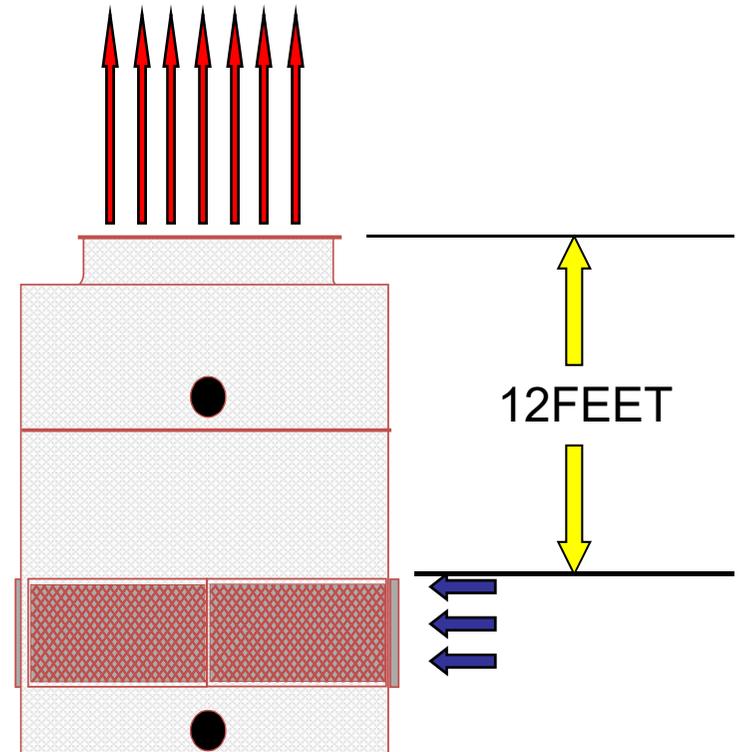




AT 開放逆流式冷卻塔

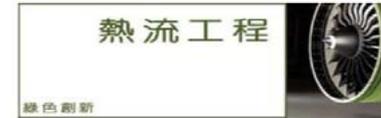


減少回流



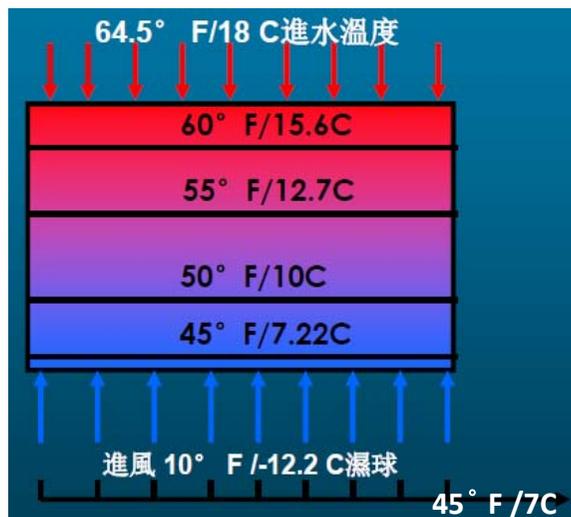


運行原理



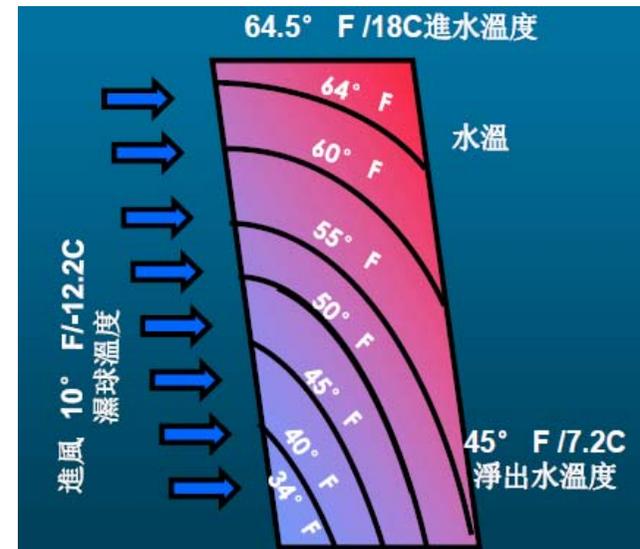
逆流式

- 平滑的溫度梯度
- 熱水與空氣垂直做熱交換
- 四面進風



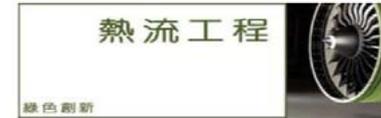
直交流式

- 不平滑的溫度梯度
- 熱水與空氣平行做熱交換（層流）
- 兩面進風





水分配系統



逆流式

- 加壓設計水分配系統，灑水面積大
- 可拆卸螺紋端帽，能清潔噴淋管內雜物，防止堵塞
- 可移除噴嘴



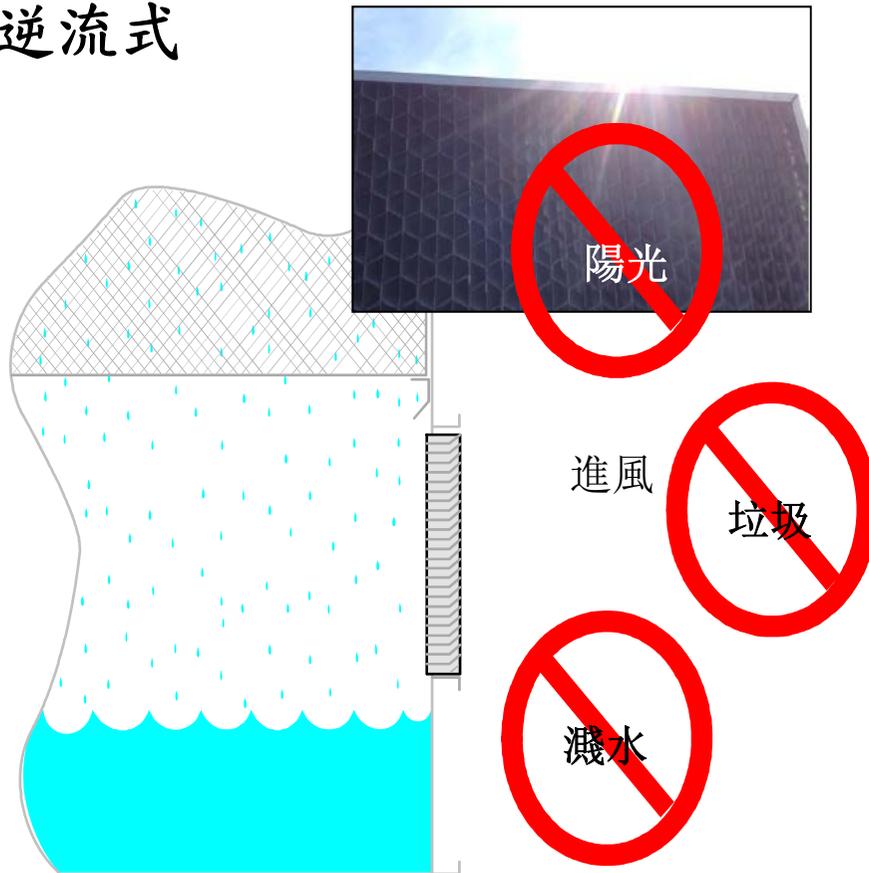
直交流式

- 重力供水
- 各水盤間需保持精確的平衡，避免水跑到位置最低的水盤，造成散熱不良
- 配管需有平衡閥，增加施工成本



空氣入口設計

逆流式



直交流式

- 無進風格柵
- 填料部分暴露在入口氣流中
- 該設計允許髒物和陽光進入水盤
- 導致微生物極度滋生
- 飄逸率0.005%





- 冷卻水塔主要水損失
1. 蒸發損失(蒸發潛熱)約佔總水量2~3%
 2. 飛濺及飄逸損失(依各家設計不同)
 3. 排放損失(維持水質)

Evapco逆流式

- 雙通道進風格柵設計
- 阻隔陽光和髒物
- 防止水濺出
- 減少藻類滋生
- 飄逸率0.001%

直交流式

- 無進風格柵
- 填料部分暴露在入口氣流中
- 該設計允許髒物和陽光進入水盤
- 導致微生物滋生
- 飄逸率0.005%以上



運行原理

熱流工程



綠色創新

風機驅動系統

- 鋁制皮帶輪和進口皮帶
- 全封閉風機電動機
- 一個電動機驅動一個風葉
- 軸承的最小L-10壽命為75,000h-135,000h
- 鋁合金風機單片風葉的角度可以調整





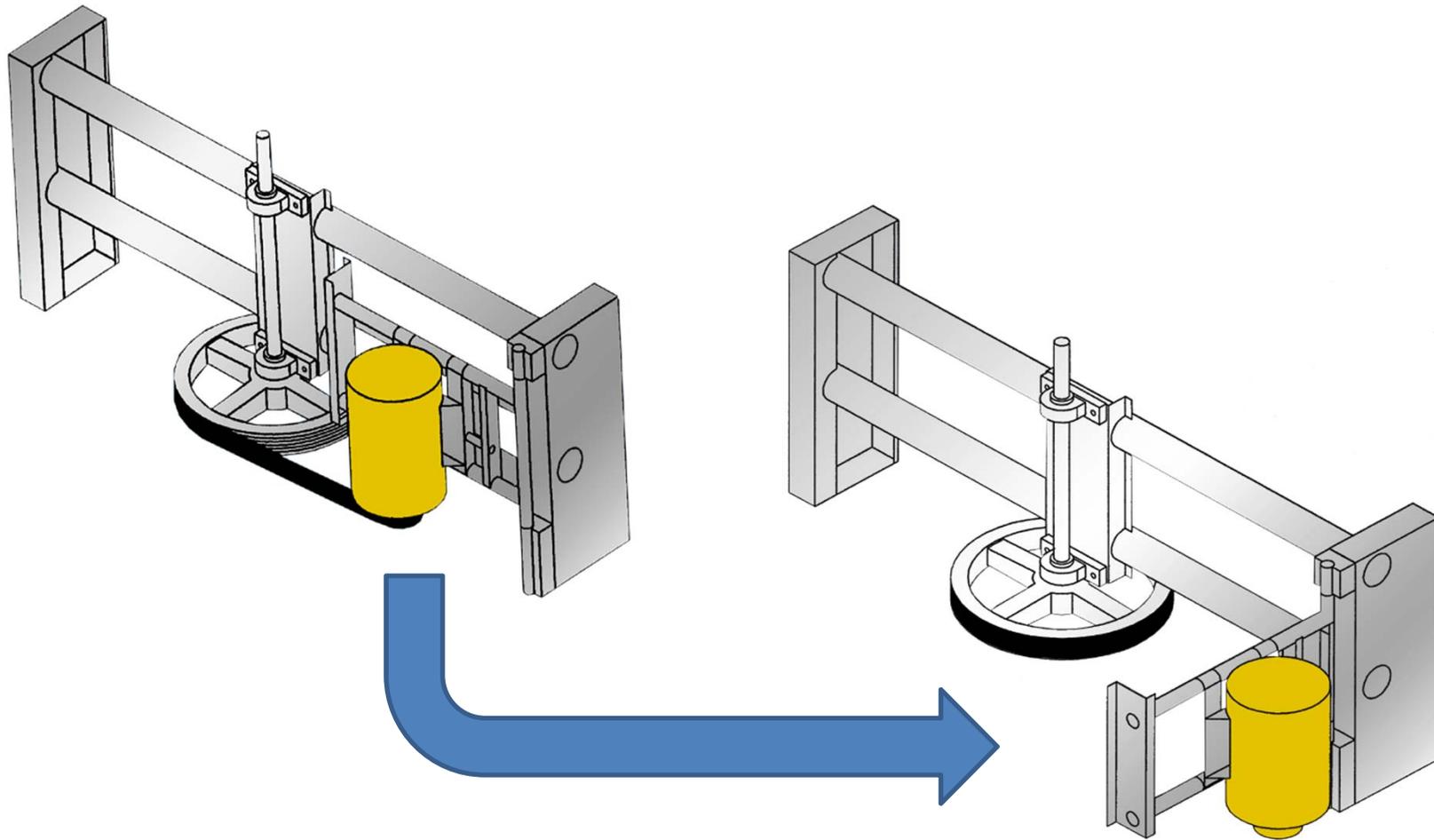
運行原理



- 3m, 3.6m, 6.1m及7.3m寬的機組可在機組外潤滑風機軸承



擺出式馬達基座





進風格柵拆卸容易





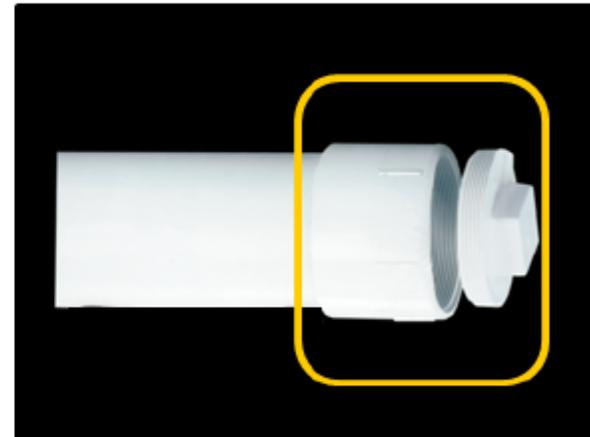
Evapco水塔易維護

(A) 灑水系統



EvapJet Nozzles

-防止堵塞，且有最大的灑水面積



噴淋管為可拆卸清理的配件



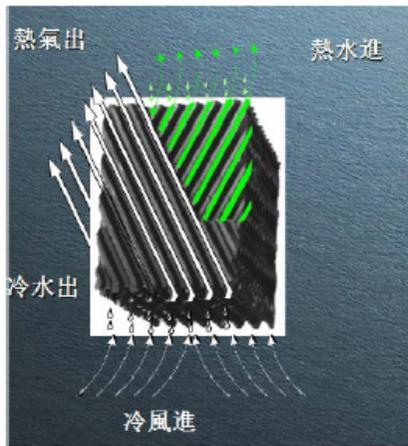
Evapco水塔易維護

熱流工程



綠色創新

(B) 散熱材



- PVC 製成，耐腐蝕。
- 可燃係數為 5 (ASTM-E84-18a)
- 採雙通道設計，凹槽交錯，使氣水接觸面最大增加散熱效果
- 散熱材底部革新的“交互末端”降低了氣側壓降
- 可移動，塊狀結構，方便清洗
- 底部有支架，使散熱材可作為內部工作平臺使用，不需要風車頂板護欄。

** 直交流式冷卻水塔散熱材下部 1/5 處是浸泡在水盤中，降低其散熱效果且更易藏污納垢。



Evapco水塔易維護



(c) 馬達吊架

大型機組有可移出的馬達機架，便於維修



** 直交流式冷卻水塔維修馬達非常不便，需有內部通道或樓梯，人員施工費力須抬頭往上。



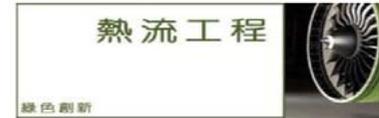
小型機組馬達外置

- 易於維護
- 易於調整風車皮帶
- 軸承可以從機組外部進行潤滑

** 直交流式冷卻水塔，調整風車皮帶亦需由內部通道或樓梯才能施工。

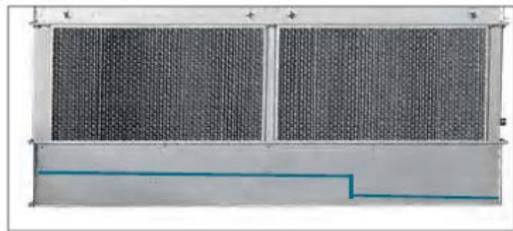


Evapco水塔易維護

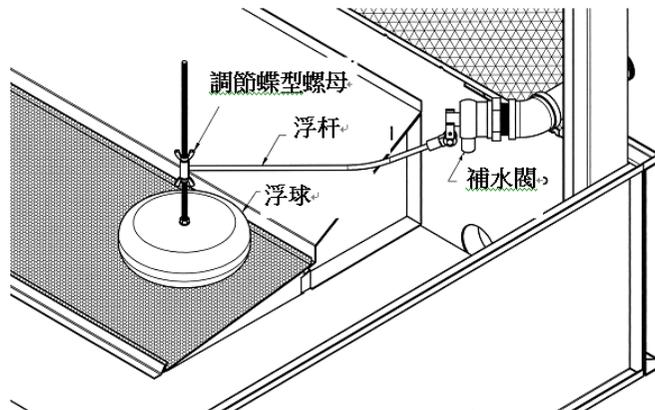


(D) 水盤

為傾斜式設計，讓水流暢通避免死水，防止沉澱物堆積及微生物滋生。



不銹鋼濾網為 Evapco 標準配件，防止磨損及腐蝕。



水盤清洗容易又方便，快卸鎖扣可輕易拆卸進風格柵

- 特殊設計之大翼形螺釘，易於擰松，可快速拆卸格柵
- 方便進入水盤清洗
- 格柵扣件始終保留在機組上，避免丟失
- 不致讓維修人員悶在密封高溫的塔體內工作

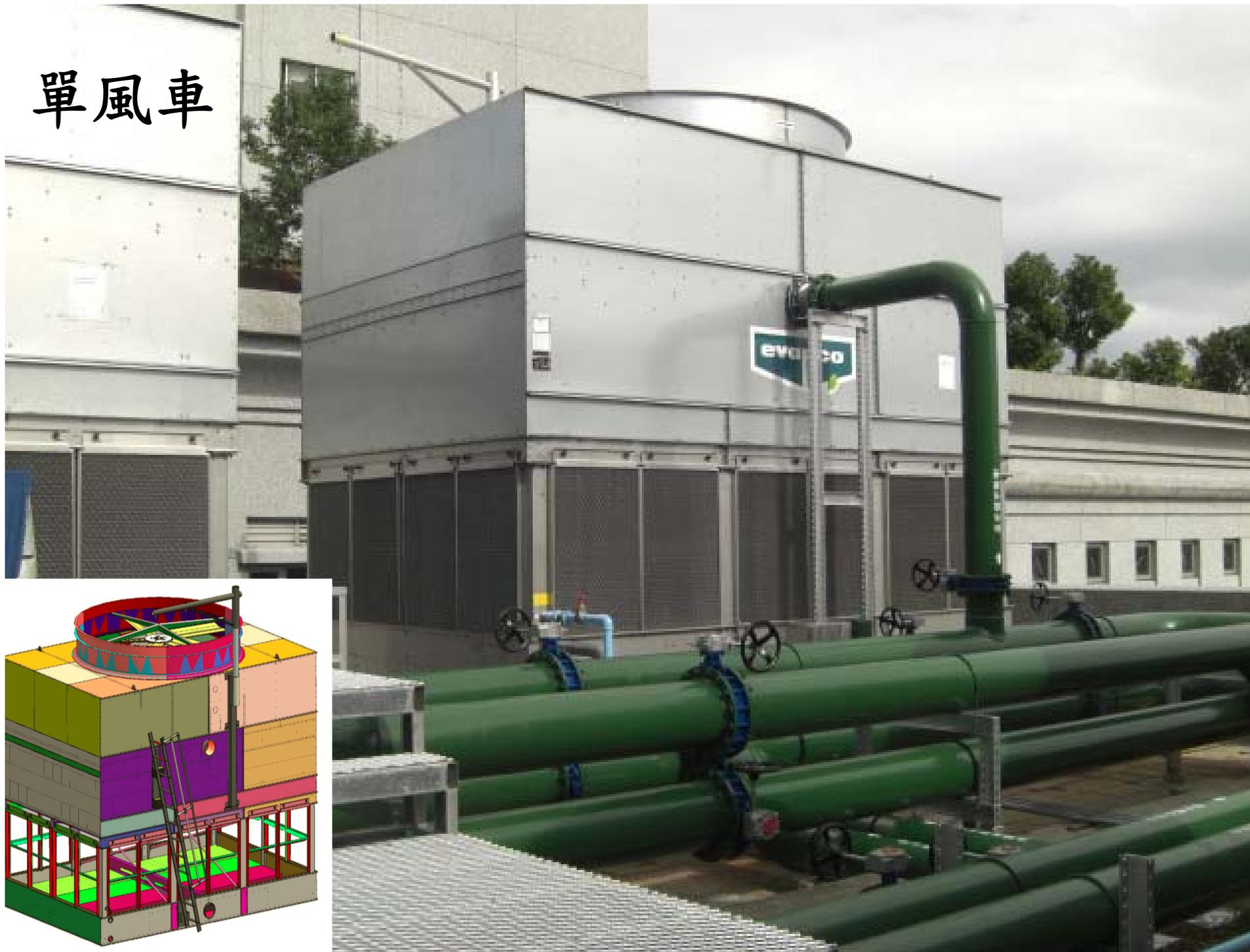


花蓮門諾醫院進行水塔汰換後節能確效

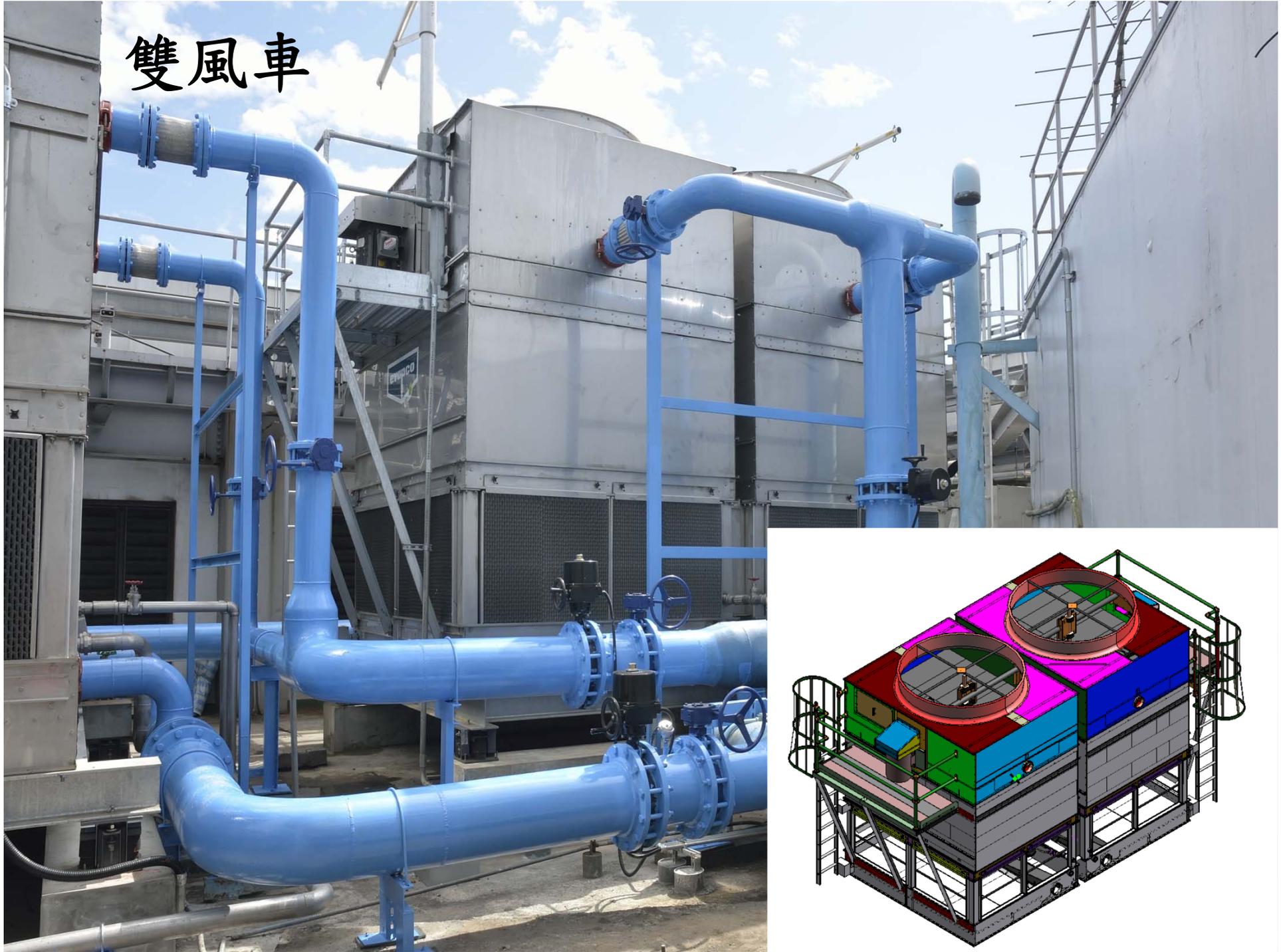
- 一. 冷卻水出水溫度降低約4度C
- 二. 冷卻水質符合標準
- 三. 防颱. 抗震能力提昇
- 四. 維修保養費用降低
- 五. 電費及水費降低

100/5~101/4空調用電較99/5~100/4
減少133,000度

單風車

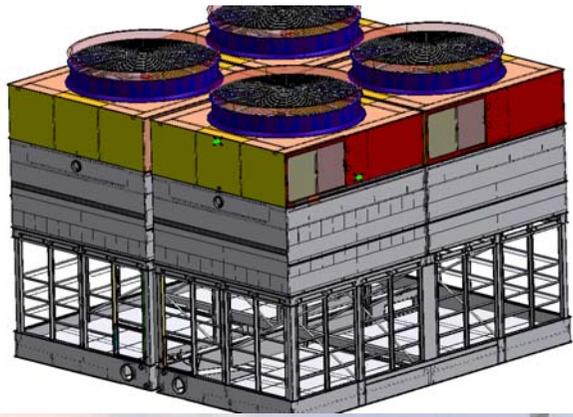


雙風車



三風車





四風車

報告完畢

