



節約能源技術研討會

空調節能技術應用及管理

主講人 劉中哲

工業技術研究院 能源與資源研究所

2003/11/07

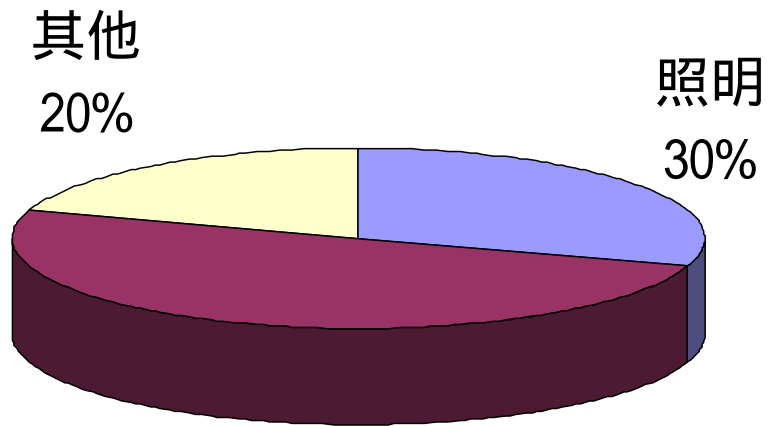


大綱

一、空氣側省能措施	1.送風系統省能
	2.空調換氣省能
二、水側省能措施	3.水質管理
	4.水泵節能措施
三、空調主機節能措施	5.冰水機節能措施與運轉管理

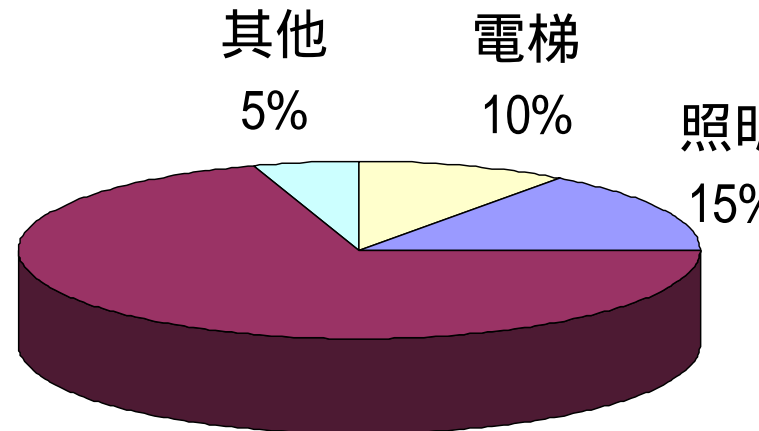


典型建築物用電分析



空調
50%

辦公建築



空調
70%

百貨公司



空調系統的耗電比例

項目	耗電比例	平均效率	空調設備成本比例
冰水主機	60%	平均耗電量 1.02kW/RT	主機 22%
冰水泵	11%	泵浦平均效率 0.57	水泵 8%
冷卻水泵	13%		空調箱 14%
冷卻水塔	3%	平均效率 0.49	配水管 12%
空調箱、室內送風機	13%		配風管 16%
			配電 8%
			控制 10%
			其他 10%

影響空調系統**耗能**之關鍵因素

❖ 負載大小

- 日照、建物外殼隔熱、溫濕度設定 (內外焓差)、通風換氣量、室內熱負載(照明、人員、發熱設備)等。

❖ 系統配置

- 主機容量選用，冷媒側、水側、空氣側及監控等系統之配置。

❖ 控制操作

- 運轉維護、合理的水流量調整、多台主機的開機方法、VAV、VWV的使用、外氣管制、水質管理等。



空調系統是否**省能**之關鍵

1. 系統規劃設計。
2. 控制策略選擇。
3. 安裝試車調整。
4. 操作維護保養。

中央空調系統與分散式空調機耗能比較

典型系統設計 1.52 kW/RT → EER = 1.98 kCal/hr/W

節能系統設計 0.92 kW/RT → EER = 3.28 kCal/hr/W

分離式冷氣機 → EER = 2.5 kCal/hr/W

從節約能源的觀點來看：

中央空調系統效率 **應大於** 分散式空調機

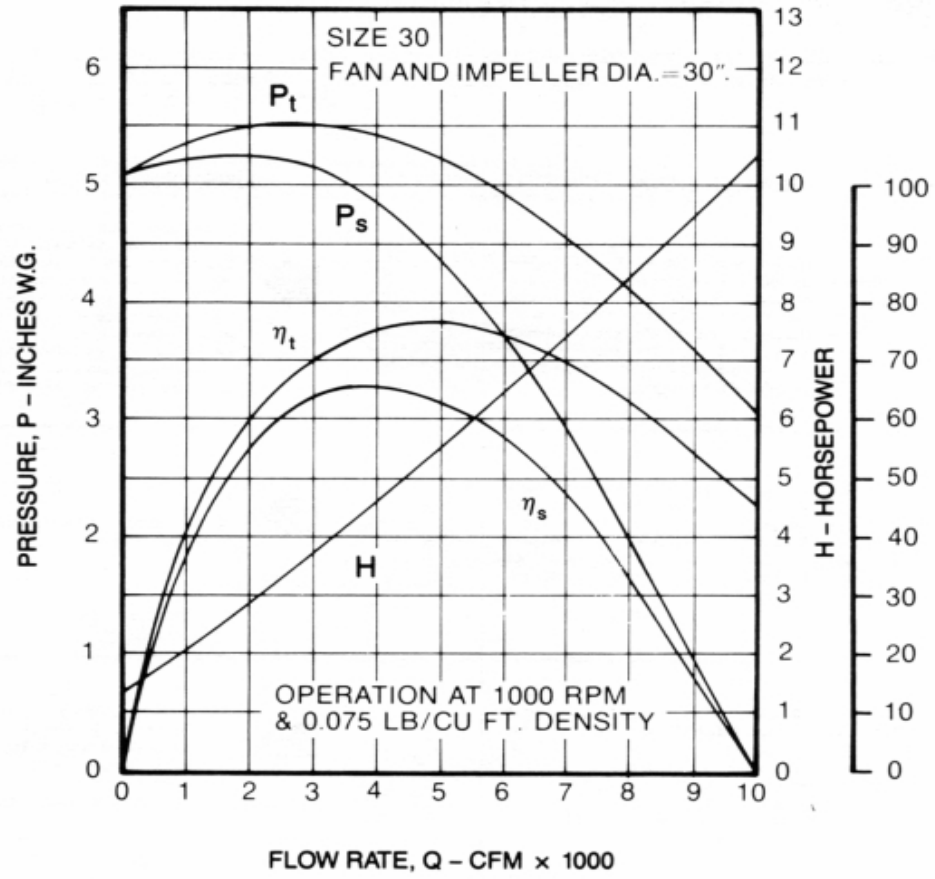
才有使用的價值

1.送風系統省能

風機性能概念

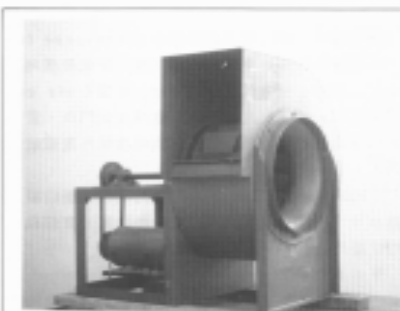
- 風機靜壓 P_s
- 風機全壓 P_t
- 風機風量 Q
- 風機耗電 H (軸馬力)
- 風機全壓效率 η_t

– $\eta_t = P_t \times Q / H$

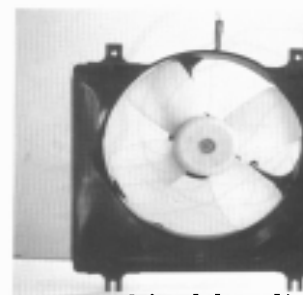


送排風機性能比較

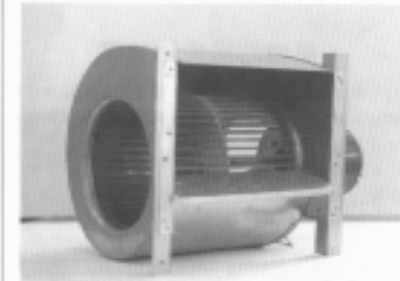
種類	離心風扇				軸流風扇
	輪機風扇	翼形風扇	徑向風扇	多翼風扇	
輪葉形狀					
特性					
比較	大小	④	②	③	最小①
	軸動力	②	①	③	最大④
	騒音	②	①	③	④
壓力範圍 mmAq(p_s)	50~1 000	50~300	50~500	10~100	0~100
80mm 的靜壓力 mmAq	100	150	80	50	30
用途	強壓送風	一般送風	混有灰塵的氣體之輸送、送風	一般送風	一般送風



後頃式離心風機



槳葉式



前曲式離心風機



管軸式軸流風機

- 以耗能觀點而言 **翼截式葉片斷面** 的輪機離心風機效率最高, 動力最省
- 以空間需求而言 **多翼式** (前傾式) / **軸流式** 風機最小, 但效率不高



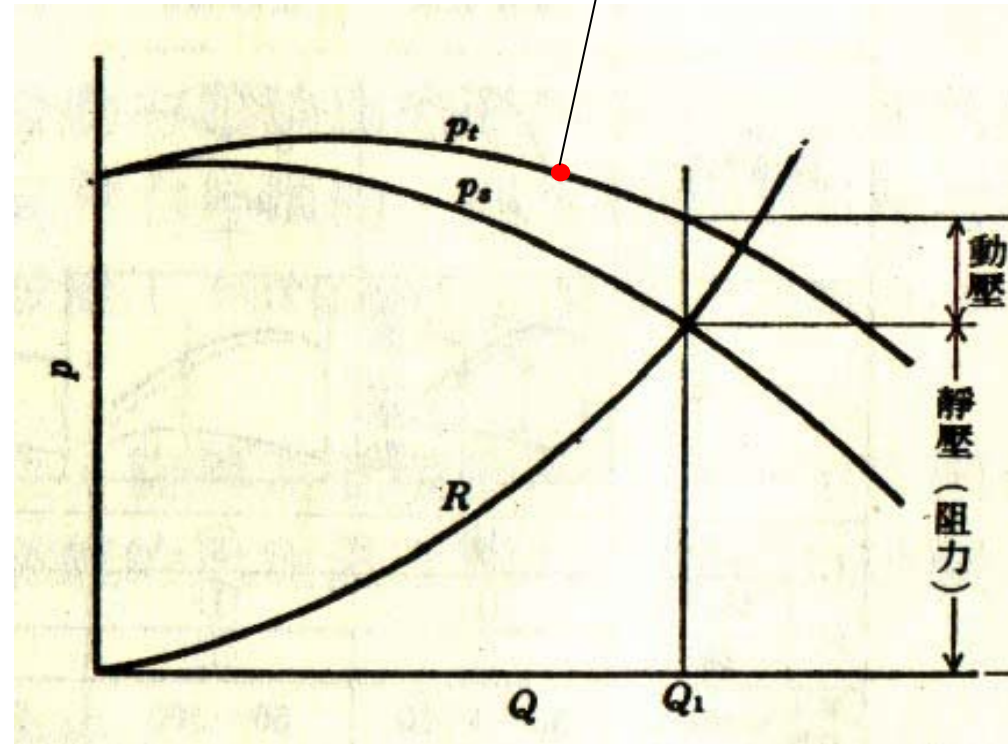
送排風機選用程序

計算比速度(N_s)值, 選擇最適合的機型

依據風量與壓力需求, 對照型錄上的性能曲線, 挑選適當的轉速與尺寸

選用考量的其他因素:
空間的大小, 噪音, 成本

最高效率點

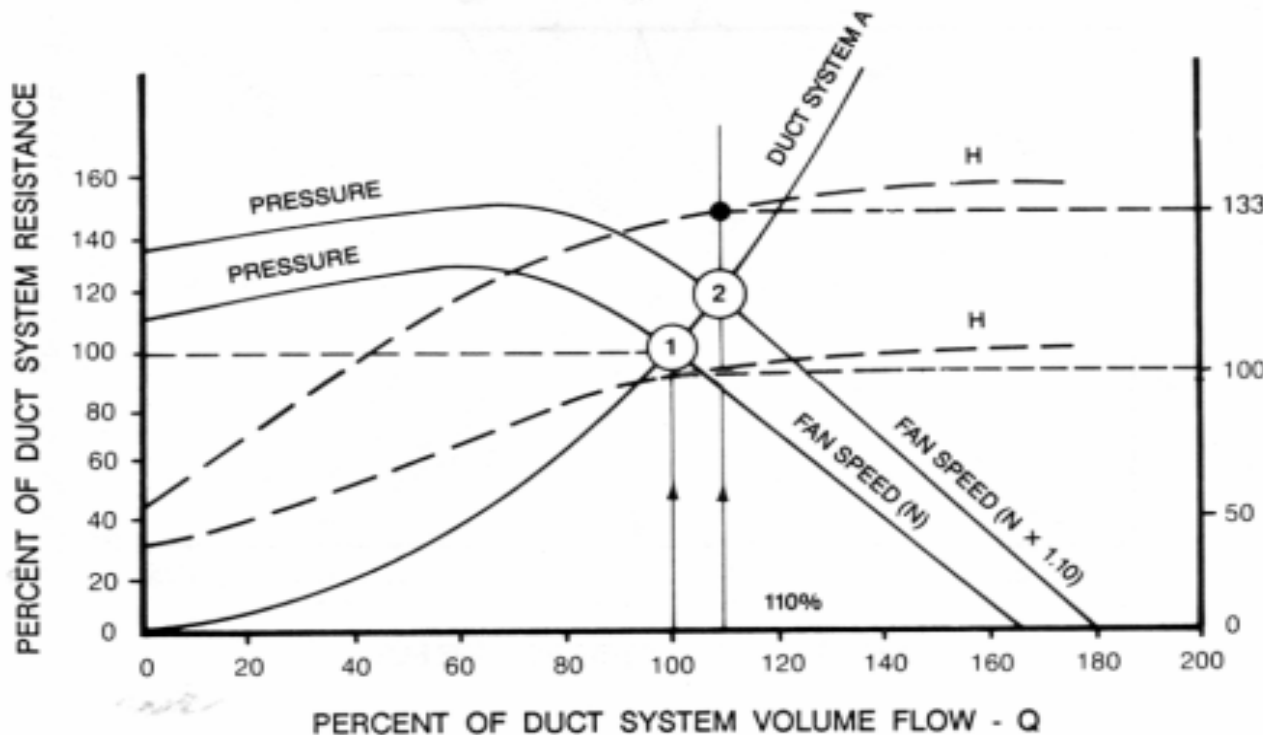




風機定律

改變轉速調節風量對耗電影響極大, 10%的轉速改變可造成30%的耗電變化

變頻器價格不斷下降, 應以總成本觀念, 評估電費支出, 決定是否安裝



$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1}; \quad \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2; \quad \frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3$$



送排風機省能方法

- 慎選風機，選擇Ns相對應的正確風機，盡量讓風機操作在高效率點附近
- 檢查以下事項並加以改善
 - 送風機是否過於老舊
 - 系統中是否存在浪費的風量
 - 系統中的damper，是否有長久性的部分關閉
- 設計恰當的全壓平衡風管系統，使系統阻力最小
- 選擇省能的操控風量方法，例如變頻器或入口導葉，盡量避免使用damper(風門)來控制風量
- 注意定期維修保養



維修和保養

- 定期清除管路內部異物,保持清潔.
- 隨時視察空調管路上各濾網元件是否被阻塞,和管路外型是否被外物重擊(或改變),避免產生額外的壓損.
- 風機傳動方式如為皮帶輪,須定期調整張力(或更換皮帶).
- 軸承(Bearing)須定期清洗並添加潤滑劑.
- 定期清潔風機內部及葉輪表面,防止異物推機積影響風機性能.

2. 空調換氣省能

空調系統空氣側省能策略

- 風扇節能
- 現有系統最佳化測試、調整及平衡
- 減少建築物洩漏
- 通風換氣率設定在最低要求標準
- 採用全熱交換設備
- 檢討通風使用時程與控制

最佳化測試、調整及平衡

- 對於空調及通風系統(HVAC)進行效率評估(測試)
- 通常是由外部專家進行
- 項目：系統空氣流量（包含流量平衡）
 - 蒸發/冷凝系統之水流量
 - 冷氣輸送系統之溫度
 - 流量控制系統之位置與功能
 - 開關控制之設定值與操作
 - 風扇與水泵之運轉速度與壓力

減少建築物洩漏

- 找出不必要的洩漏口如逃生門、窗等
- 在必然會產生通風洩漏(例如大門)，則可以考慮採用迴轉門等設施
- 檢討抽氣通風系統

通風換氣率設定在最低要求標準

- 將空調系統換氣率設定在最低要求標準，但必須在符合IAQ前提下
- ASHRE 通風換氣標準探討
- Ventilation Rate Procedure
(定量換氣法)
- Indoor Air Quality Procedure
(室內空氣品質監測法)

ASHRAE 62外氣通風標準

ASHRAE 62 通風系統規定送風量

ASHRAE62標準	1973(cfm/人)		1981(cfm/人)		1989/1999(cfm/人)
場所	最小	推薦	不吸菸	吸菸	最低外氣量
餐廳	10	15-20	7	35	20
酒吧雞尾酒廊	30	35-40	10	50	30
旅館會議室	20	25-30	7	35	20
辦公室	15	15-25	5	20	20
辦公會議室	25	30-40	7	35	20
零售店	7	10-15	5	25	0.2-0.3
美容院	25	30-35	20	35	25
舞場	15	20-25	7	35	25
觀眾席	20	25-30	7	35	20
戲院大廳	5	5-10	7	35	15

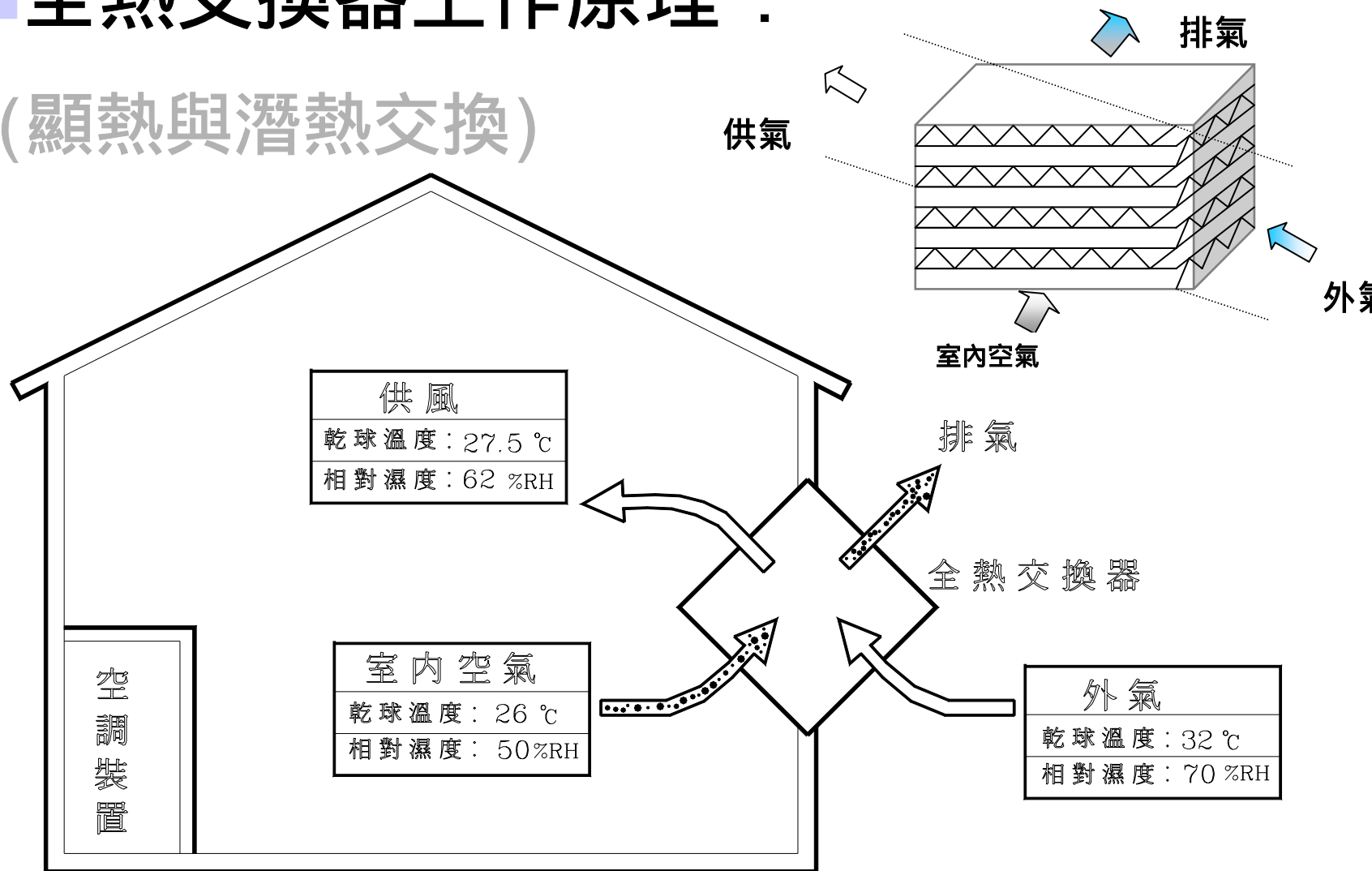
檢討通風系統之使用時程與控制

- 依據不同之季節調整自動啟動與關閉之時間，例如春秋季節較夏季延後開啟空調系統
- 可以適時增加引進外界空氣來減少冷氣與暖氣之負載
- 對於可變風量系統來說則可以調整風扇風壓至不影響舒適之程度
- 依據使用之程度來增減送風速率，例如中午進餐時將餐廳送風量開至最大，半夜無人使用時則予以關閉或調整至最小風量

全熱交換器換氣節能應用

■ 全熱交換器工作原理：

(顯熱與潛熱交換)

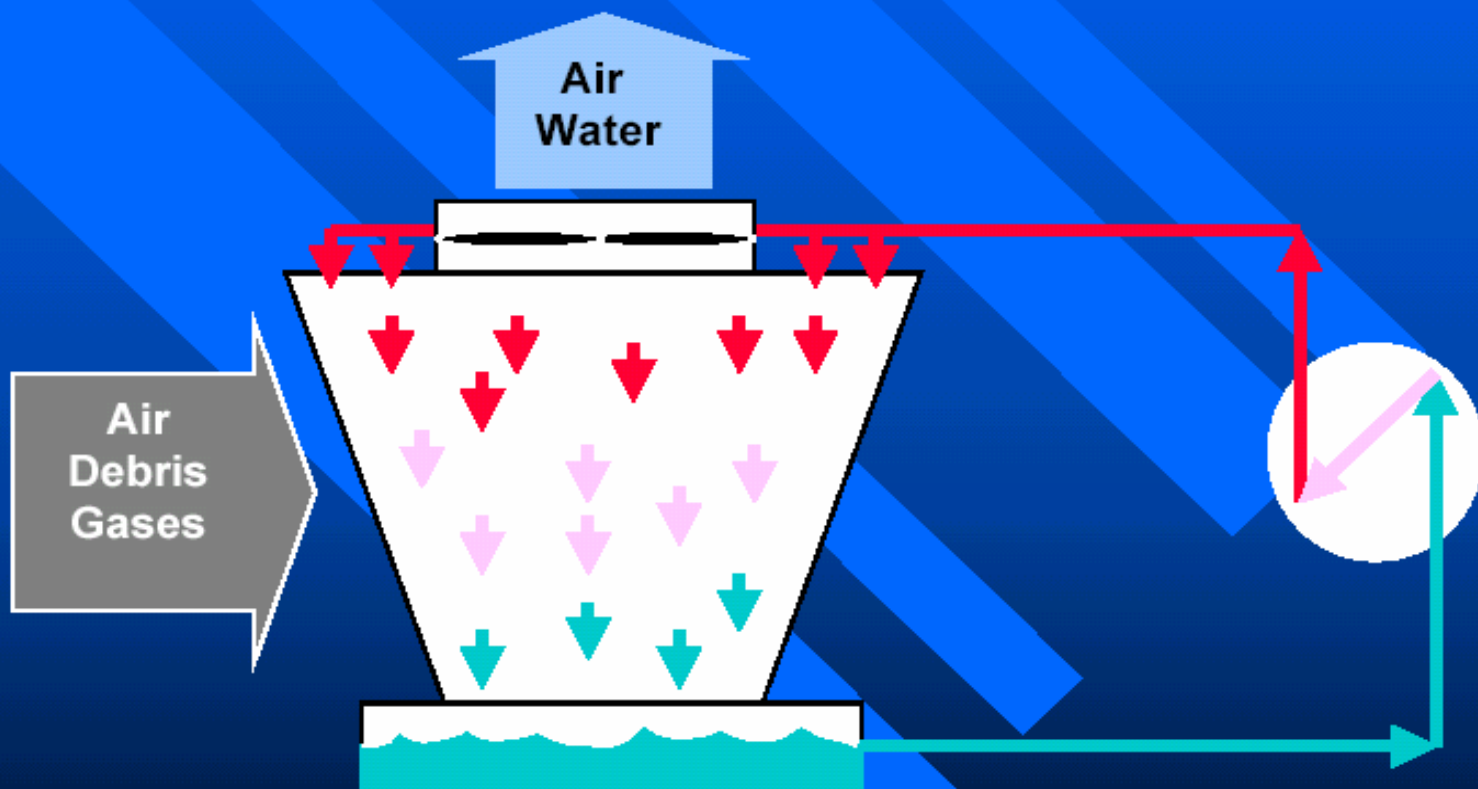


外氣負荷 (換氣600CFM)

時間	直接換氣 (KW)	使用全熱交換器， 全熱效率=50 % (KW)	使用顯熱交換器， 顯熱效率=60 % (KW)
8	4.89	2.44	4.66
9	4.72	2.36	4.33
10	4.82	2.41	4.20
11	5.63	2.82	4.75
12	5.50	2.75	4.33
13	5.99	3.00	4.66
14	7.43	3.71	5.96
15	8.79	4.40	7.30
16	9.02	4.51	7.59
17	9.02	4.51	7.69
10 小時總計負荷 KWH	65.82	32.91	55.46
節約比例	0	50 %	15.7 %

3.水質管理

水質處理之必要性



Air and water contents enter and build in the tower.



水質處理之目的

減少腐蝕之產生，因此可以降低冷卻水系統保養維護及停機檢修之次數；此外尚可延長設備之使用年限。

阻止水中沉積物堆積物附著於熱交換器表面，亦即降低或阻止結垢之形成，因此可提高熱傳效果並減少管路之壓損。

結垢之影響

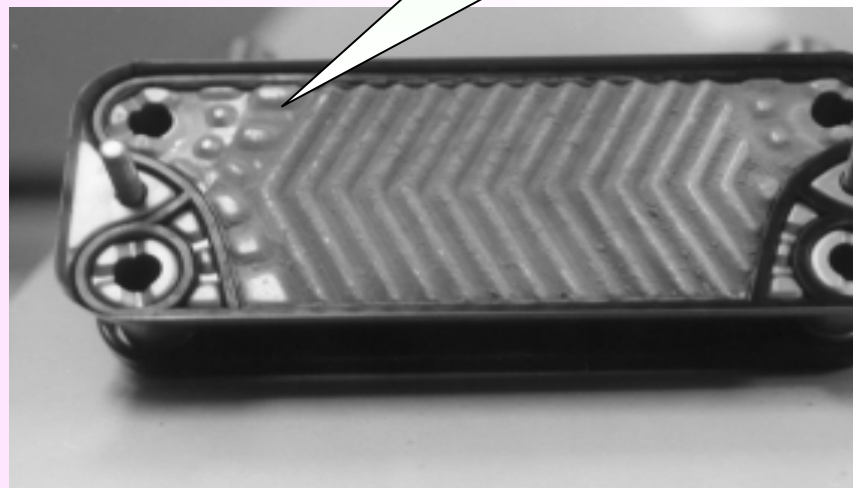


結垢之影響(續)

水質因素所造成
之結垢，阻塞熱
交換器流道



水質因素所造成
之結垢，形成熱
傳阻抗



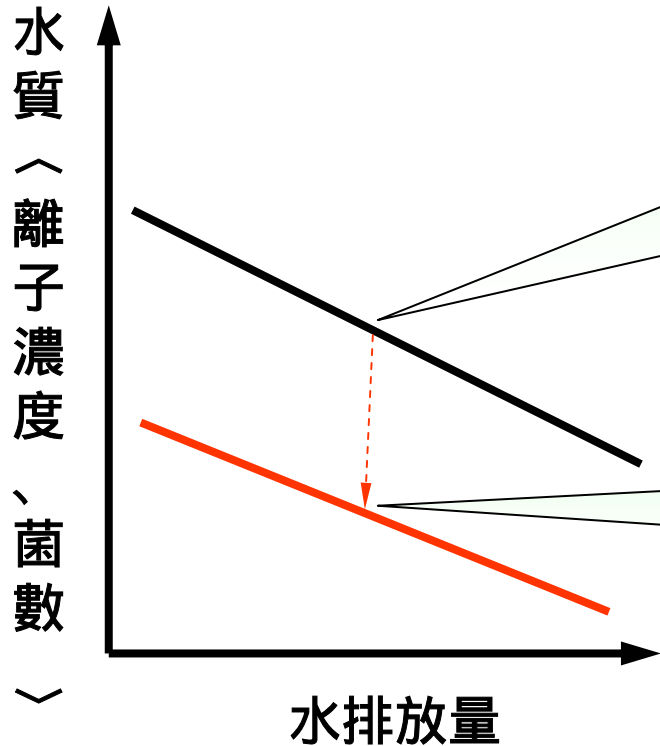
冷卻水系統結垢之型式

- 沈澱結垢 Precipitation Fouling
- 微粒結垢 Particulate Fouling
- 腐蝕結垢 Corrosion Fouling
- 微生物結垢 Biological Fouling)

當然這些不同的結垢是會相互影響，同時也並非是單一存在的，在實際的情況下有可能是數種不同型式的結垢同時在一冷卻水系統中被發現。



水質與排放量



隨著**水排放量**增加，離子濃度、菌數、等降低，但**耗水量問題**嚴重

隨著加藥量增加，離子濃度、菌數、等降低，但**環保問題**嚴重



工業技術研究院

能源與資源研究所

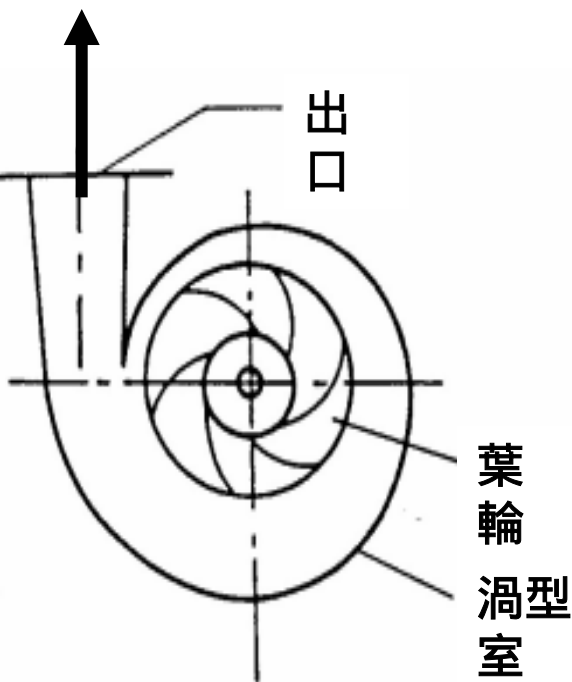
Industrial Technology Research Institute

Energy & Resources Laboratories

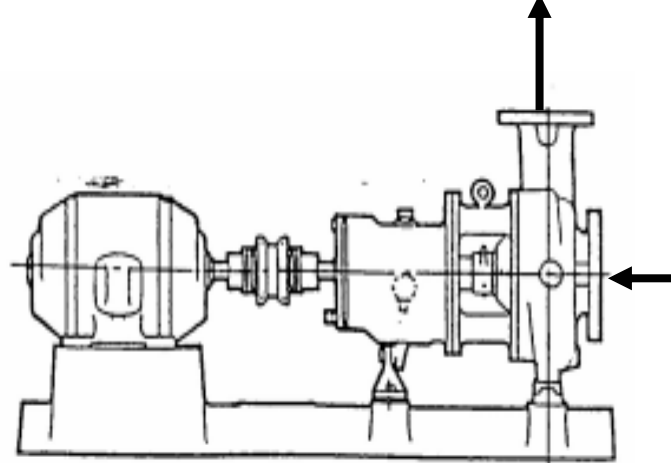
4.水泵節能措施

水泵在空調系統之應用

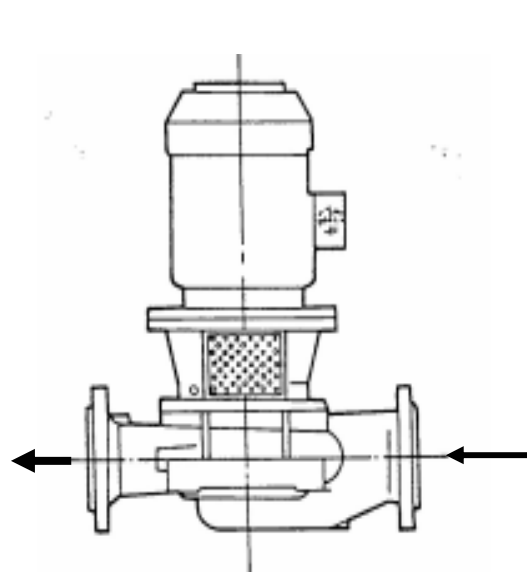
- 一、空調系統主要以離心式水泵輸送冷卻水或冰水等。
- 二、水泵之選用必須等整體水系統管路之配置確認之後，依據所需流量及揚程來決定。
- 三、水泵耗電約佔整體空調系統耗電之25%左右，舉足輕重。
- 四、管路系統設計之良莠，影響水泵之耗能。



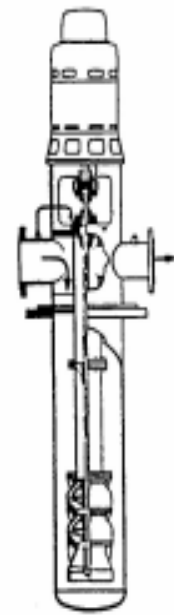
離心式水泵構造



離心臥式聯結式水泵



離心立式直線型水泵



離心立式筒型水泵



水泵軸馬力計算公式

$$B = \frac{H \cdot Q \cdot r}{n \cdot 6120}$$

B : 泵浦軸馬力(KW)

H : 全揚程(m)

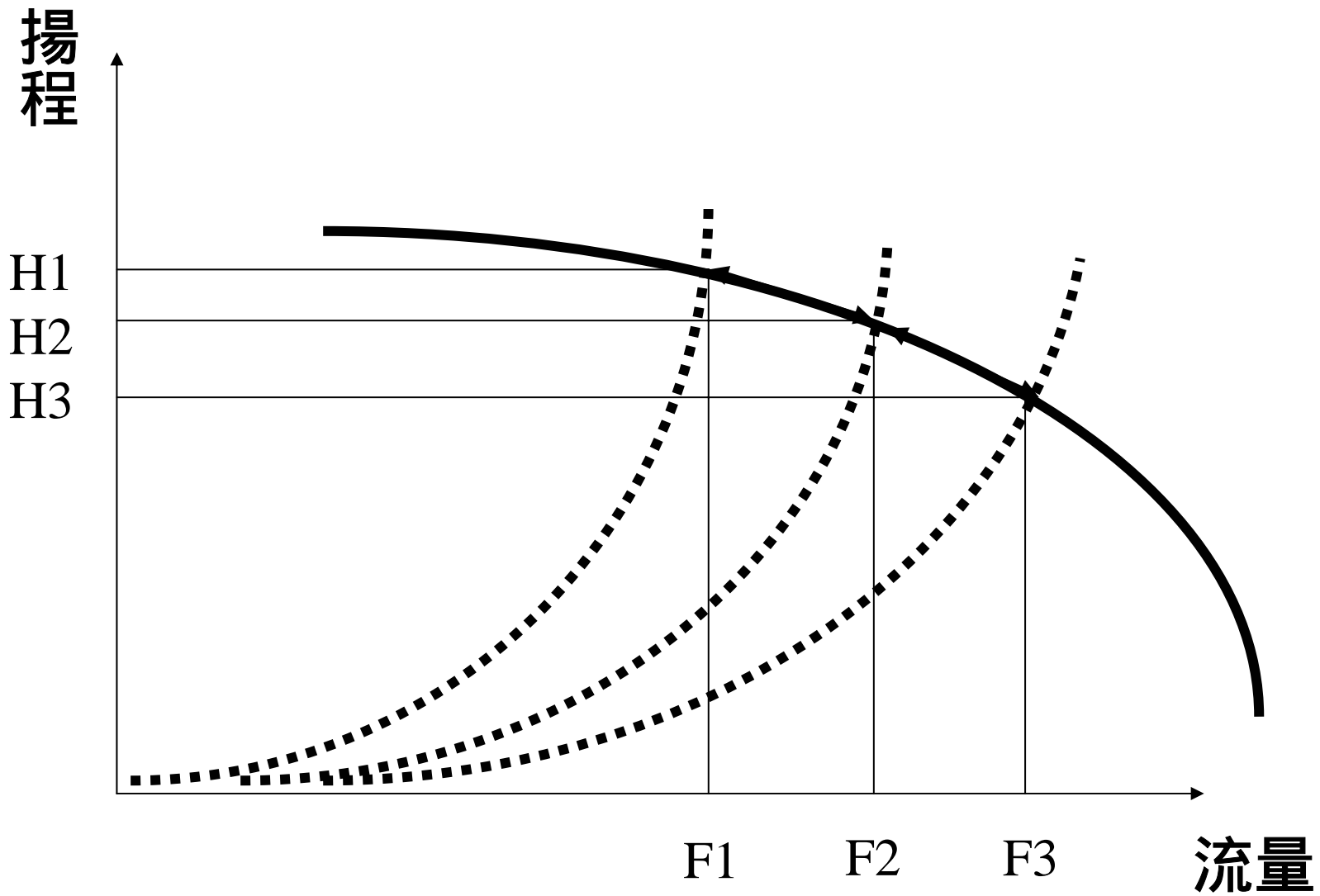
Q : 水 量(l/min)

r : 液體比重(水之比重取1)

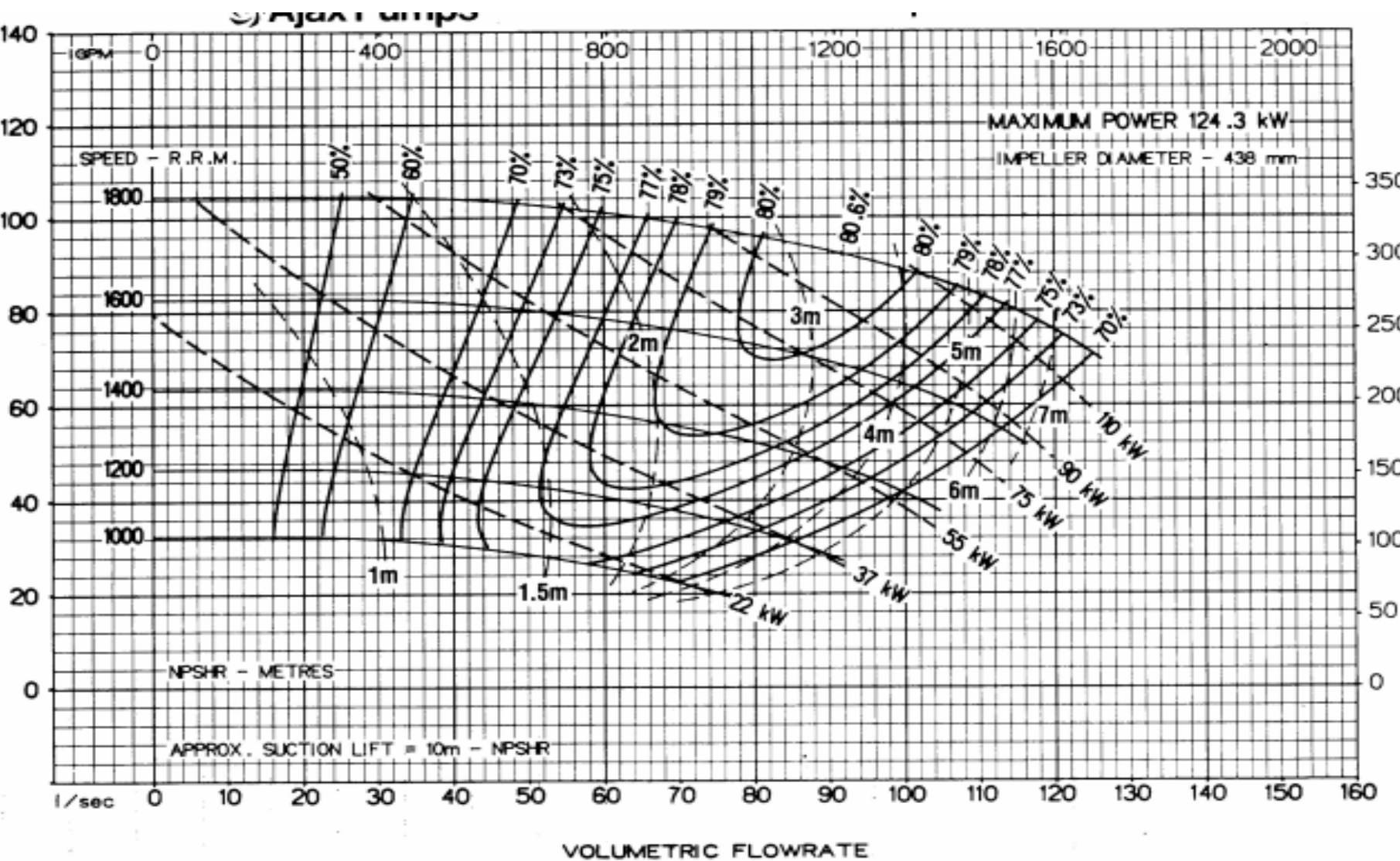
n : 容積效率0.4~0.75



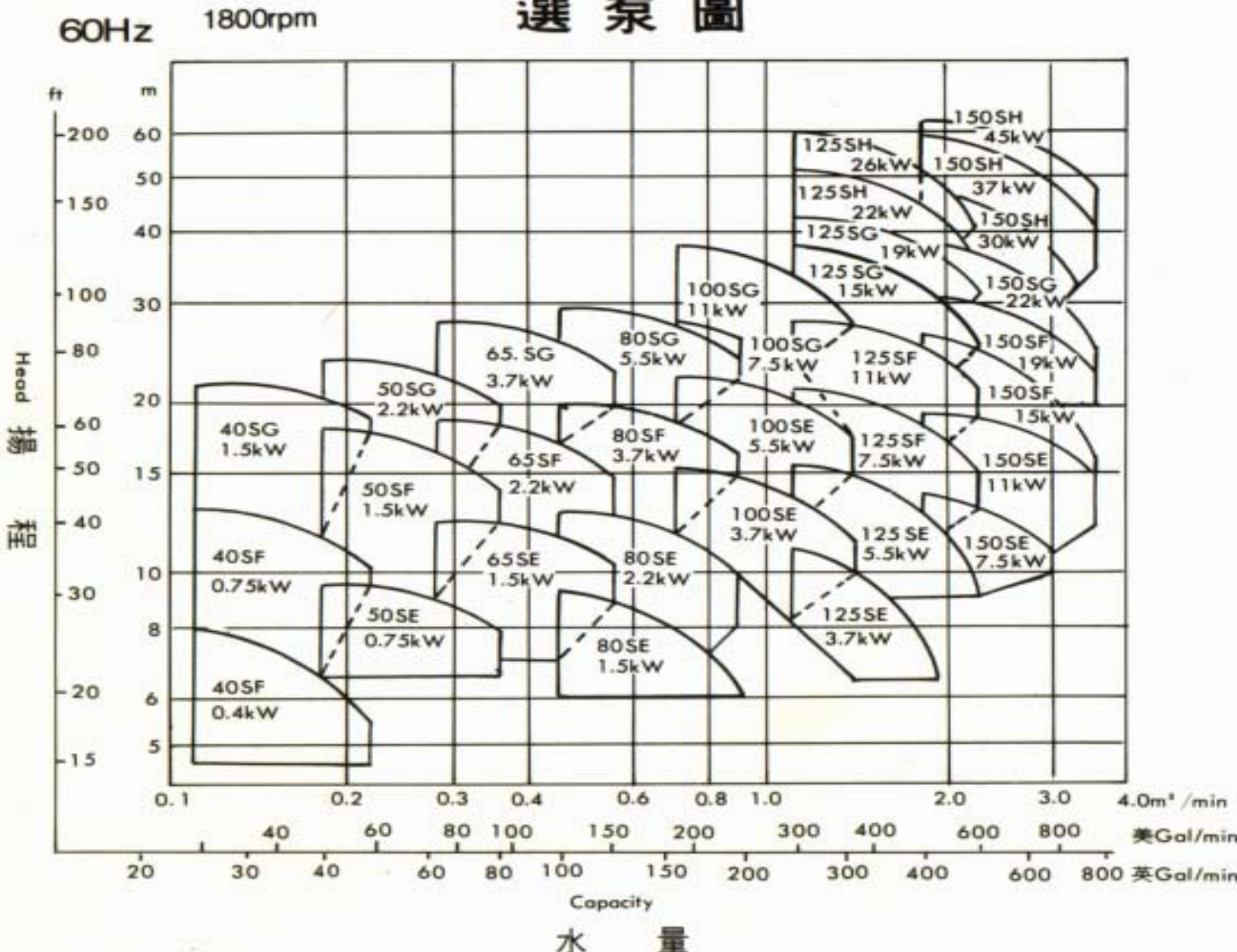
離心式水泵特性曲線圖



水泵性能曲線參考圖



選 泵 圖



離心泵運轉特性表

轉速(%)	流量(%)	揚程(%)	需求馬力(%)
100	100	100	100
90	90	81	73
80	80	64	51
70	70	49	34
60	60	36	22
50	50	25	13
40	40	16	6
30	30	9	3
20	20	4	--
10	10	1	--
0	0	0	--



水泵節能要點

- 一、揚程與容量配合系統需要選用。
- 二、選用高效率之水泵及傳動馬達。
- 三、隨負載變動自動調整流量(2-Way vs 3-Way)。
- 四、慎選管閥，減少摩擦損失。
- 五、減少管路壓降損失。
 - 1.適度放大管徑。
 - 2.流速及管壁粗糙度考量。
 - 3.避免空蝕（Cavitation），吸入管端採用上平偏心大小頭，並放大一至二吋等。
- 六、水泵系統搭配變頻器之應用。
- 七、定期清理過濾器（Strainer）。



工業技術研究院

能源與資源研究所

Industrial Technology Research Institute

Energy & Resources Laboratories

5.冰水機節能措施與運轉管理



冰水機壽命週期成本概算

項目	成本比例 (%)
設備費 (770RT離心機)	8.5
運轉費 (20年)	81.9
日常管理 (20年)	1.5
維護管理 (20年)	7.6
撤去搬出	0.5
合計	100

高效率設備之
置成本雖較高

但可節省較多
運轉電費

註：本表摘自冷凍,第64卷,第741號,1989年7月。



我國冰水機能源效率管制標準情形

九十年九月十二日公告「空調系統冰水主機能源效率標準」

施行日期		2003年1月		2005年1月		
型式	冷卻能力等級	能源效率比值 (EER)kCal/h/W	性能係數 (COP)	能源效率比值 (EER)kCal/h/W	性能係數 (COP)	
水冷式	容積式壓縮機	<150 RT	3.50	4.07	3.83	4.45
		150 RT	3.60	4.19	4.21	4.90
		<500 RT				
		500 RT	4.00	4.65	4.73	5.50
	離心式壓縮機	<150 RT	4.30	5.00	4.30	5.00
		150 RT	4.77	5.55	4.77	5.55
		<300 RT				
		300 RT	4.77	5.55	5.25	6.10
氣冷式	全機種	2.40	2.79	2.40	2.79	



冰水主機之省能

- 選用高效率冰水主機(高效率壓縮機、熱交換器)。
- 整體空調系統最佳化設計，使系統在最佳效率點運轉。
- 減少冷凝與蒸發之溫度差(40 30)。
- 冰水溫度之設定。
- 無段加卸載控制。
- 水質管理。
- 整合的系統功能 冰水機系統的中央監控與網路化，以及系統性能記錄追蹤。



冰水機製冷能力之計算方法

冰水被冷媒帶走的熱 = 冰水質量流率 × 水的比熱 × 冰水進出蒸發器的溫度

kCal/hr = kg/s × Cp × ΔT

↑
流量計
差壓式
電磁式
渦輪式
體積式

↑
查性質表

↑
溫度計
水銀溫度
熱電偶
電阻式



冰水機性能效率量測DIY

狀況：能力標稱60 RT冰水機，蒸發器實測壓損15 Feet，冰水進出溫差4.5，電流 200Amps

查下一頁圖

單位換算

算：壓損15 Feet → 130 GPM → 492.05 lpm

代入公式 lpm × Cp × ΔT / 60 / 3.516 = USRT

→ 492.05 × 4.182 × 4.5 / 60 / 3.516 = 43.9 USRT

耗電量 V × A × 1.732 × PF / 1000 = kW

→ 220 × 200 × 1.732 × 0.88 / 1000 = 67 kW

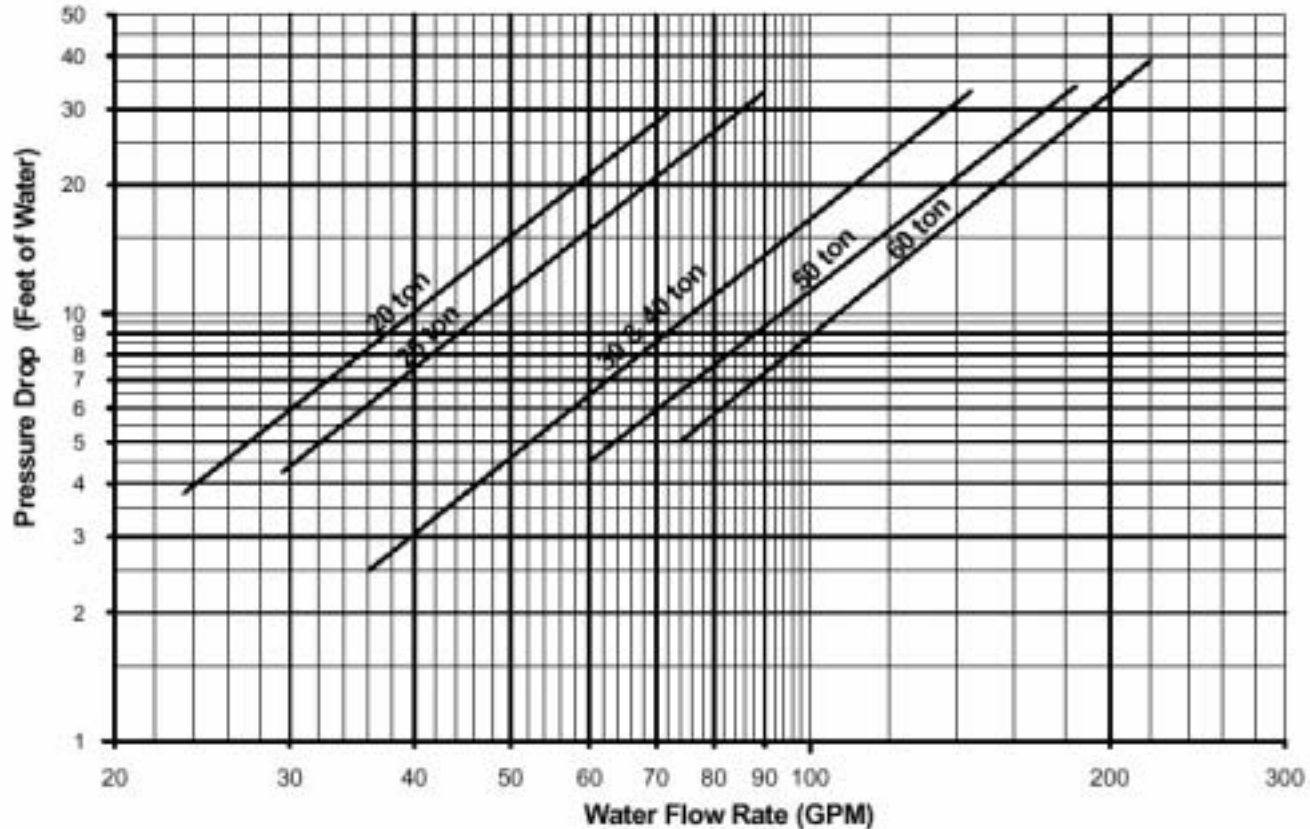
(量或猜)

率 = 67 kW / 43.9 RT = 1.53 kW/RT → COP = 2.3 → EER = 1.98 kcal/h



蒸發器水壓損與流量關係

Chart PAF-2 — Evaporator Water Pressure Drop 20-60 Ton Air-Cooled Chillers





結 語

- ❖ 節能措施應考慮整體系統協調性，並需長期推動、點滴累積。
- ❖ 運轉效率之維持，有賴嚴謹的保養。
- ❖ 花高成本買高性能之設備，若無良好的保養，不見得能享有高性能的服務。
- ❖ 維護保養的守則：
 - 及時的一針省九針。
 - 預防勝於治療。