

冷凍機節電改善

一、前言

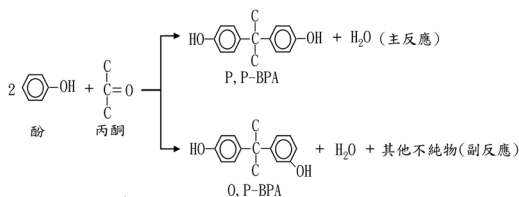
面對亞洲丙二酚供應大於需求的狀況，南亞丙二酚廠持續並積極推動原物料、能源及品質之改善，從源頭減量，減少廢水、廢氣、廢棄物的發生量，以降低生產成本，提升競爭力。

因應核四的封存，政府為確保電力的穩定供應，一〇三年八月公告能源用戶需訂定能源節約目標及執行計劃，規範能源使用大之用戶於一〇四年至一〇八年，每年平均節電率需達百分之一以上，因此丙二酚廠針對此節電目標，提出冷凍機節電改善。

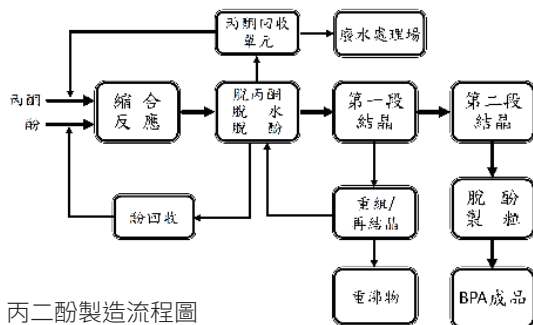
以下茲就丙二酚廠「冷凍機節電改善」摘要說明如下。

二、丙二酚廠製程簡介

丙二酚廠有 BPA1、BPA2、BPA3 及 BPA4 四條生產線，二種製程技術，BPA1 技術來源為美國陶氏化學，BPA2、BPA3 及 BPA4 技術來源為日本出光，



BPA 生成反應式



丙二酚製造流程圖

南亞化工二部丙二酚廠

其中 BPA1、BPA2 及 BPA3 位於麥寮廠區，BPA4 位於海豐廠區，分別於民國八十八年至九十六年陸續投產，設計產能分別為九、十、十及十三萬噸／年，合計四十二萬噸／年（含寧波 BPA 廠合計五十五萬噸／年），為世界第三大生產廠，以下為 BPA 生成反應式及製造流程圖。

三、改善動機

為有效降低廠內的用電量，優先改善用電量較大之設備，依據廠內實際用電分佈，製程動力設備、冷卻水塔、冷凍機用電量為廠內前三大用電項目，其用電量佔全廠用電量百分之九十三．八，針對此三大項目之節電改善進行說明如下：

- (一) 製程動力設備用電佔百分之六十二．二，廠內已針對製程泵浦逐步更換為高效率馬達、修改葉輪外徑等改善，可節電四六六度／時。
- (二) 冷卻水塔設備用電佔百分之二十一．一，廠內水塔已完成水塔風扇葉片材質變更、馬達變極／變頻等改善，節省電力二七一度／時。
- (三) 冷凍機設備數量少但用電佔百分之十．五，本次改善以降低冷凍機用電為目標。

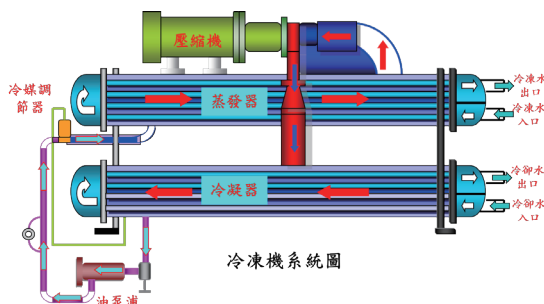
廠內實際用電分佈表

項目	使用電力 (度 / 年)	佔比 (%)
製程動力設備	73,713,984	62.2
冷 卻 水 塔	25,056,000	21.1
冷 凍 機	12,461,432	10.5
照 明	3,323,048	2.8
電 熱 設 備	1,424,164	1.2
其 他	2,701,675	2.2
合 計	118,680,303	100.0

四、改善內容說明

(一) 冷凍機在長時間的運轉下，冷凝器、蒸發器，管路中，其金屬表面會積滯大量油膜組織，此油膜組織不僅會影響熱交換效率，降低冷凍能力及浪費電力，更會縮短設備使用壽命。

丙二酚廠冷凍機規格	
廠牌	三菱/YORK
壓縮機型式	離心式
冷凍能力	1300 RT
冷媒	R-134a



(二)

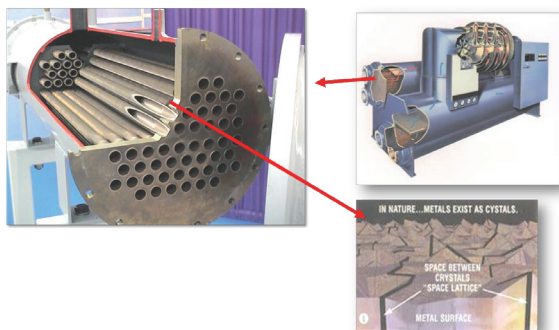
分析冷凍機效率降低的異常原因有銅管積垢、冷卻水流量不足等七項，詳細內容如下表：

位置	異常原因	可能發生狀況
冷凝器	銅管積垢	造成熱傳效率不佳，冷卻能力下降，增加壓縮機耗電量。
	冷卻水流量不足或水溫度過高	造成冷媒無法冷卻，壓力上升，冷媒液位低，導致冷凍機無法增加負載。
	液位控制器損壞	造成冷凝器內部壓力上升。
蒸發器	銅管積垢	造成熱傳效率不佳，蒸發能力下降，增加壓縮機耗電量。
	冷凍水流量不足	造成冷凍水出口溫度低，如果太低可能會啟動冷凍機連鎖保護裝置導致跳車。
	冷媒量不足	冷媒液位低，冷凍水出口溫度高，會啟動冷凍機連鎖保護裝置導致跳車。
	液位控制器損壞	造成蒸發器內部壓力上升。

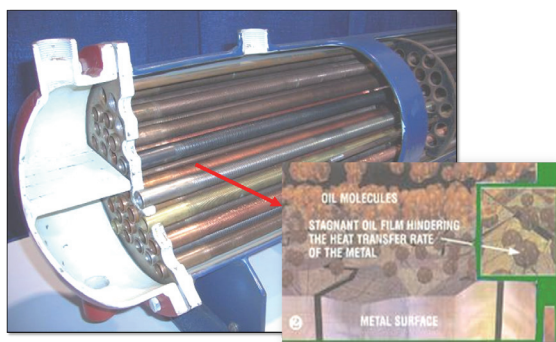
而本廠冷凍機效率不佳主因是冷凝器及蒸發器銅管積垢，因此如何改善銅管積垢之問題為本次改善重點。

FRIGAID 是利用奈米科技產生 5×10^{-10} 米 0.5 奈米之極化電磁分子，化學式 $C_{17}H_{35}O_2Fe$ ，其合成方法是將六個氬原子連接在末端三個碳原子上，形成非常強大的負電荷，添加於冷凍機冷媒於系統中，會隨著冷凍油分佈到冷凍機內冷凝器及蒸發器，它對金屬比冷凍油更具親和性，可清除取代附著於熱交換器管壁內之油膜，並與管壁表面形成一層極化分子薄膜，此薄膜永久安定且不會發生脫落現象。因此可恢復冷凍機的效率，降低耗電量。

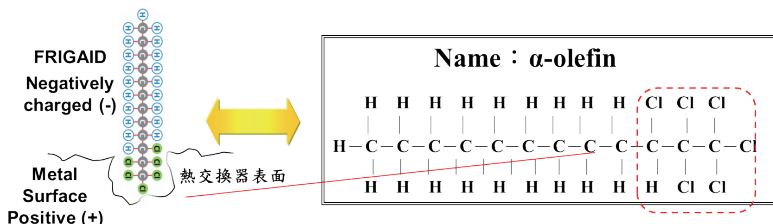
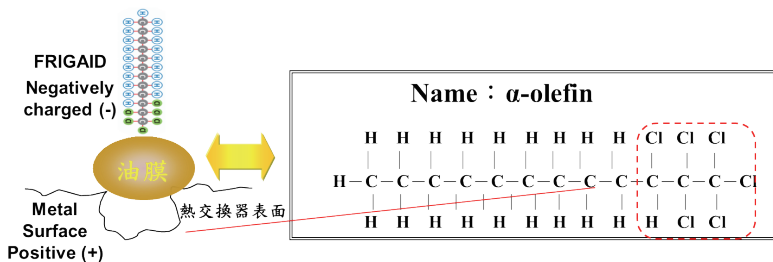
廠內六台冷凍機皆已添加 FRIGAID，對冷凍機性能之恢復有極大助益，一次添加永久有效，下圖為運轉前後系統之熱交換器剖面圖及 FRIGAID 清除取代油膜示意圖。



系統運轉前熱交換器剖面圖



系統運轉後熱交換器剖面圖



FRIGAID 清除取代油膜示意圖

項目	添加前	添加後	改善率
冷卻能力 Qc (kW)	2,757	2,900	—
製冷能力 Qe (kW)	2,159	2,258	—
冷凍主機性能係數 (COP)	5.9359	6.2704	↑ 5.64%
用電量 (kW/RT)	0.5923	0.5607	↓ 5.34%
冷凍噸 (RT)	614 RT	642 RT	—

(四) 改善後測試數據分析結果：
 冷凍機冷媒側添加 FRIGAID 後，冷凍主機性能係數有增加百分之五·六四，用電量降低百分之五·三四。

冷卻能力 = 冷卻水流量 (噸/時) × ΔT (冷卻水溫差) = Kcal/hr (熱量單位)

冷卻能力 KW = Kcal/hr ÷ 860(1kW = 860 kcal/hr)

製冷能力 = 冷凍水流量 (噸/時) × ΔT (冷凍水溫差) = Kcal/hr (熱量單位)

製冷能力 KW = Kcal/hr ÷ 860(1kW = 860 kcal/hr)

耗能計算

1. 冷凍主機性能係數 (Coefficient of Performance, COP)

= 製冷能力 KW ÷ 壓縮機耗電 KW

2. 冷凍主機單位冷凍噸耗電量 (kW/RT) = 3.516

÷ C.O.P.

1 RT = 3.516 kW (1RT 3024Kcal/hr ÷ 860Kw)

(五) 節能效益分析

丙二酚廠六台冷凍機冷媒側添加 FRIGAID 後，冷凍機用電量可由

一千二百四十六萬度/年降至一千一百八十八萬度/年，節電六十六萬度/年，降低用電量五·三四%，CO₂ 減排量五八五噸/年。

1. 投資金額：二百九十七萬元

2. 改善效益：一百五十四萬元/年

3. 回收年限：一·九二年

五、結論

(一) 本廠透過用電分佈表協助，依據用電量之佔比，篩選改善之設備，達到節電目的，將繼續透過原物料、蒸汽、用水量之分佈表持續改善，並積極導入新節能設備或技術，透過廠商細部評估服務進行改善，以達節能目標。

(二) 本次 BPA 廠「冷凍機節電改善」，改善後對於用電成本有明顯下降，可降低生產成本、提升競爭力。希望藉由發表於企業期刊，以拋磚引玉的方式，提供企業各單位一個改善方式及檢討方向。