

正丁醇廠冷卻水塔風車葉片節能改善

台塑麥寮正丁醇廠

一、前言

工業革命之後，科技快速發展，人類大量的使用化石燃料，使得大量的溫室氣體逸散在大氣中，引發全球暖化與氣候變遷。近年來極端氣候所帶來的天災更是威脅到人類的生命安全；身為島嶼國家的臺灣，亦可能是受氣候變遷影響最嚴重對象之一，因此如何因應及調適氣候變遷的衝擊，即是政府、企業和全民刻不容緩的要務。

碳纖維因為其特殊的物理性，漸漸受到重視，碳纖維用途廣泛，包括航空、工業以及運動器材都大量使用，在節能方面更是值得注意，碳纖維重量僅僅是鋁的一半、或是鋼鐵的五分之一，然而抗拉強度卻是鋼鐵的十倍，根據實驗證明一分公分的碳纖維能夠吊起一·五噸的重物，又輕又有韌性的產品當然對於節能有重要的效益。

因此麥寮正丁醇廠即將廠內耗電量最大的公用系統——冷卻水塔系統，進行冷卻水塔風車葉片材質改善，將玻璃纖維材質提升為碳纖維材質，以提升冷卻水塔節能效率，更為台塑公司台麗朗事業部拓展碳纖維使用市場，並將此一節能改善經驗提供各界做參考。

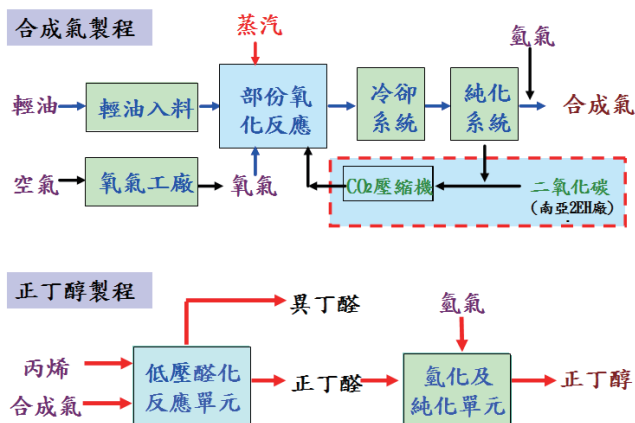
二、製程介紹

正丁醇廠製程（如圖一）主要分為合成氣製程及正丁醇製程。

合成氣製程係將氧氣與輕油以高速噴入反應器，另外以蒸汽、二氧化碳霧化氧氣及輕油。COX反應器操作在一三五〇℃並在氧氣不足的狀態下反應，再經冷卻、純化產生合成氣。

正丁醇製程以丙烯及合成氣為原料，先在

七十^o，十六·二公斤／平方公分下反應生成混
合丁醛，再經分離純化正丁醛。正丁醛送入氫化
反應器加氫反應並純化操作產生正丁醇。



圖一、麥寮正丁醇廠製程流程圖

三、案例說明，冷卻水塔風車葉片節能改善

1. 正丁醇廠風車規格：

(1) 風車原規格：APT-32.8K-12

(2) 風車總直徑：三十二·八英尺

(3) 風車葉片數：十二片葉片

(4) 風車葉片型號：T-30K (三代K型扇葉)

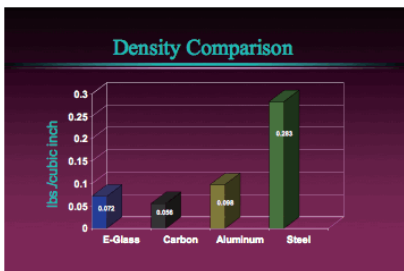
(1) 2. 碳纖維與玻璃纖維之比較：

(1) 重量比較：

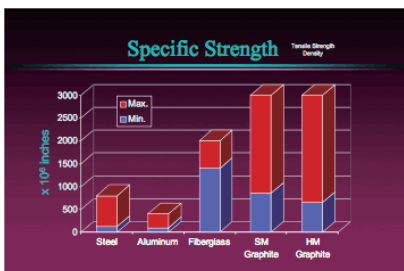
碳纖維密度約比玻璃纖維小約二十% (如圖二)。因此K-Type玻璃纖維風扇葉片將材質改為碳纖維後，每支葉片重量從一百二十五磅降為九十七·九十八磅，因此整組風車葉片約減輕三百二十四磅(一百五十公斤)左右。

(2) 強度比較：

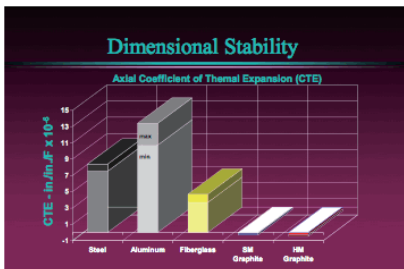
碳纖維強度較玻璃纖維來的強(如圖三)，所以除了可承載的負載較高以外，抵抗變形的能力也較為優異。因此由於重量輕、撓性好的關係，理論上碳纖維葉片運轉上在支撐承載的壓力會較低，相對運轉中產生的變形量也較低，



圖二 碳纖維、玻璃纖維、鋁合金、金屬之密度



圖三 碳纖維、玻璃纖維、鋁合金、金屬之強度



圖四 碳纖維、玻璃纖維、鋁合金、金屬之熱膨脹係數

3. 風車葉片碳纖維材質開發過程 (如圖五) :

(3) 變形係數比較 :

由熱膨脹係數來看，碳纖維優於玻璃纖維、鋁合金與金屬甚多 (如圖四)。因此碳纖維材質更適合應用在冷卻水塔如此高溫與潮濕的嚴苛環境。所以理論上碳纖維的產品壽命會優於玻璃纖維的產品。

氣流上升的幅度理論上會較為完全與順暢，不會因為微小撓曲而導致氣流有所消耗或損失。因此相同條件下理論上碳纖維葉片的壽命與運轉效益會較玻璃纖維葉片來得高。

- (1) 一〇四年七月二十日：與台朔重工至美國冷卻水塔葉片廠商 HUDSON 公司，討論開發使用碳纖維。
- (2) 一〇四年九月六日：Hudson 向福懋購買碳纖維編織布。
- (3) 一〇五年二月二十日：Hudson 碳纖維葉片試製及測試完成。
- (4) 一〇五年三月十五日：安裝於麥寮正丁醇廠運轉至今 (如圖六)。

碳纖編織布

冷卻水塔碳纖葉片開發測試

安裝測試及運轉

台塑
碳纖維

福懋

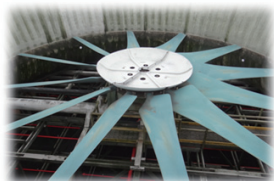
HUDSON
Products Corporation

麥寧正丁醇廠

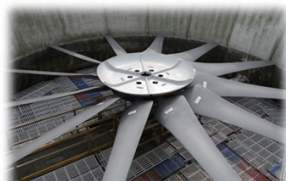
TC35R(12K)

圖五 風車葉片碳纖維材質開發關係圖

玻纖葉片

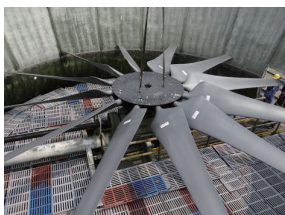


碳纖葉片



圖六 風車葉片材質改善前後相片

2016.03.15安裝完成



圖八 吊裝過程



圖七 拆卸風車效能檢測



圖十 更新完成量



圖九 原廠技師進行葉片校正

4. 風車葉片更換安裝流程：
 - (1) 步驟一：拆卸風車效能檢測（如圖七）。
 - (2) 步驟二：吊裝過程（如圖八）。
 - (3) 步驟三：原廠技師進行葉片校正（如圖九）。
 - (4) 步驟四：更新完成量測（如圖十）。

(5) 風車效能檢測：

① 量測原理：皮托管原理，利用塔內壓力差（靜壓、動壓、全壓）配合空氣中的溫度與密度，計算出實際的風量數值。

② 量測依據：美國CTI冷卻水塔協會、美國ASME機械工程師協會、美國AMCA送風機協會之以下技術文獻：

CTI TP84-15 (1984)
CTI PTC-143 (1994)

ASME PTC-11 (fan testing)

ASME PTC-30 (ACHE testing)

AMCA 210-74 (scale model fan testing)

③ 使用儀器：PVM-620 風速風壓計、TM-924C 溫度計、LM 81HT 溼度計皮托探棒等儀器。

④ 量測步驟：

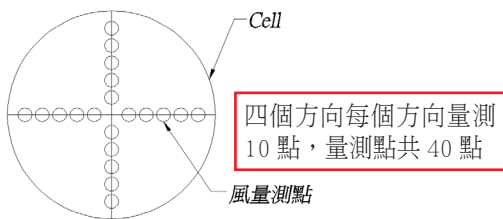
a、量測待測設備之環境溫度及大氣平均風速。

b、量測待測設備風筒內溼度。

c、於風筒處四個方向之風車入氣處建立量測孔。

d、於風車運轉中以量測棒深入量測孔內進行量測，四個方向每個方向量測十點，量測點共四十點，（如圖十一）。

e、紀錄全部參數，並以軟體計算總數據。



圖十一 風量量測點示意圖

項目	設計值	玻璃纖維風扇組 (實測值)	碳纖維風扇組 (實測值)
量測時間		105年3月14日 13:00-14:00	105年3月16日 10:00-11:00
風筒內平均溫度	N/A	93.0 °F	93.6 °F
風量值	2,070,000 m ³ /hr	2,178,914 m ³ /hr	2,283,535 m ³ /hr (增加 4.8%風量)
電流值		35.17 A	32.9 A (節電 6.5%)

表一 改善效益

四、改善效益（如表一）

1. 玻璃纖維風車葉片更換碳纖維風車葉片總費用：

- (1) 投資金額（設備價差）：六十萬元
 - (2) 碳纖維使用量：三百六十六公斤／組
 - (3) 試車完成日期：一〇五年三月十五日
 2. 比較玻璃纖維風車葉片更換碳纖維風車葉片效益：
 - (1) 節電：六·五%
 - (2) 風量增加：四·八%
 - (3) 葉片減重：一百五十六公斤／組（二十二·八%）
 - (4) 節電費用：二百二十一仟元／年
 - (5) 回收年限：二·七年
 - (6) 減少二氧化碳排放量：九十·九噸／年
- 註：設備價差＝碳纖維葉片組售價－玻璃纖維葉片組售價

五、結論及持續努力方向

1. 冷卻水塔搭配高強度及高剛性碳纖維材質葉片，可以節能約五%，每年節省電費約二十萬元／座，三年內即可回收。
2. 規劃持續更換使用八年以上水塔葉片，估計全數更換台塑一〇七座水塔，每年可以節省二一四〇萬元之電費，並提升使用設備年限及減少二氧化碳排放。
3. 目前台塑關係企業共有四百九十五座冷卻水塔，使用達八年以上共有四百四十六座，若能依序汰換為碳纖維材質葉片，每年估計可以節省八九二〇萬元電費。
4. 建議水塔風車葉片改善時機：
 - (1) 舊型風車葉片使用八年以上：直接汰換碳纖維節能風車葉片。
 - (2) 玻璃纖維節能風車葉片：故障時汰換碳纖維節能風車葉片。