

特別報導

2017台灣化學科技產業高峰論壇

市場情報

全球石化產業發展現況與展望
浮動式太陽能台灣前景看好

化工觀點

全球化工50強的啓示

化工技術

生質物氣化除焦油技術回顧
OLED與LED的高值化技術

他山之石

大亞灣石化園區

創新永續

能源損失與能源效率的可視化(終)





出版者 社團法人台灣化學科技產業協進會

發行人 李謀偉 理事長

總編輯 陸國亮 博士

顧問 林文發 博士

各委員會召集人

- 產業政策委員會 馬振基 召集人
- 形象提升委員會 景虎士 召集人
- 高峰論壇暨獎章委員會 陳顯彰/ 陳偉望 召集人
- 創新暨永續經營委員會 彭裕民/ 于樹偉 召集人
- 國際暨兩岸委員會 許千樹/ 馬振基 召集人

公學協會編輯委員

- 台灣化學科技產業協進會 陸國亮 秘書長
- 中國化學會 趙奕婷 秘書長
- 中華民國強化塑膠協進會 趙 珏 秘書長
- 中華民國高分子學會 陳俊泰 秘書長
- 台灣光觸媒產業發展協會 蔣孝澈 理事長
- 台灣區石油化學工業同業公會 何麗君 總幹事
- 台灣區合成皮工業同業公會 劉美娜 總幹事
- 台灣區合成樹脂接著劑工業同業公會 向曉南 總幹事
- 台灣染料顏料工業同業公會 嚴永熊 總幹事
- 台灣區塑膠製品工業同業公會 謝勝海 總幹事
- 台灣區製藥工業同業公會 蘇美惠 秘書長
- 台灣區橡膠工業同業公會 陳鈺光 總幹事
- 台灣區黏性膠帶工業同業公會 李美珠 總幹事

目錄

01 特別報導

01 2017台灣化學科技產業高峰論壇

06 市場情報

06 全球石化產業發展現況與展望
15 浮動式太陽能台灣前景看好

22 化工觀點

22 全球化工50強的啟示

26 化工技術

26 生質物氯化除焦油技術回顧
33 OLED與LED的高值化技術

36 他山之石

36 大亞灣石化園區

41 創新永續

41 新節能觀點
能源損失與能源效率的可視化(終)

47 國外技術要聞

54 公學協會看板

54 106年度第一次產業政策委員會
58 106年度第一次國際暨兩岸委員會

聯絡地址 台北市八德路四段85號6樓
電話 02-2763-1611 分機110428
客戶服務 黃琬婷
網址 http://www.twcia.org.tw
訂價 1年6期 / 新台幣2,000元
郵政劃撥 戶名 / 社團法人台灣化學科技產業協進會
帳號 / 第50164927號
承印 華昇企業社 電話 03-5798889

2017 台灣化學科技產業高峰論壇

(Taiwan Chemical Industry Forum)

日期：105 年 9/12 (週二) 高雄國際會議中心 (ICCK)

時間 Time	議程 program (主題：循環經濟 - 台灣化學產業之實踐與承諾)	主持人 / 講者
上午 (09: 00~12:00) 開幕及頒獎典禮 +2 場 keynote speech (Room 603)		
09:00-09:30	迎賓報到 (政府長官、產學研社代表)	
09:30-09:45	開幕 / 致詞	李謀偉理事長 / 政府長官
09:45-10:10	產業菁英獎頒獎	業界代表
10:10-10:20	TCIA 對於推動台灣化學產業循環經濟之實踐與承諾 (循環經濟工作小組報告)	李謀偉理事長
10:20-11:00	Keynote 1 : R. J. (Rong-Jong) Chang, Ph.D. Sr. Global Managing Director IHS Chemical Process Economics Program 講題：「在循環經濟潮流下，美國化工業的運作及發展趨勢」 (美國之循環經濟)	主講人： Dr. R. J. Chang
11:00-11:20	休息 Break	
11:20-12:00	Keynote 2 : 循環經濟在台灣 (待訂) (台灣之循環經濟)	主講人 (待邀)
12:00-13:30	Lunch	
下午 (13: 30~16:50) 1 場 Panel Discussion +6 場 Concurrent Sessions		
13:30~15:00	菁英對談 - 主題：「強化政府政策在循環經濟發展中之角色」 (Rm 603) 主持人 / 與談人建議：環保署 / 工業局 / 經發局 / 國發會長官、業界代表、學界代表	主持人 / 與談人 (待邀)
15:00-15:20	休息 Break	
	A 場主題：實踐面 / 主持人：馬振基教授 (Rm 603)	B 場主題：技術面 / 主持人：陳志勇教授 (Rm 605)
15:20-15:50	專題 1：台積電 許芳銘 (台積電 / 風管暨安環衛處 處長)	專題 4：「建構能資源鏈結 邁向循環經濟」 台大環工所 蔣本基教授
15:50-16:20	專題 2：中鋼 張西龍 (中鋼 / 顧問)	專題 5：「循環經濟與企業永續發展」 台科大化工系 顧洋教授
16:20-16:50	專題 3：「台塑企業麥寮園區循環經濟執行報告」 台塑安衛環中心 林燦榮資深工程師	專題 6：「創新水資源材料與技術開發」 材料與化工研究所 水科組

※ 主辦單位保留議程變更之權利

※ 當天同時舉辦年度產業菁英獎獲獎公司小型展覽

2017 TCIA 高峰論壇

TCIA 秘書處

自 2004 年台灣化學科技產業協進會 (TCIA) 成立以來，每年均辦理高峰論壇，邀集國內外產官學界共聚一堂，為國內化工業界的年度盛會。高峰論壇每年的主題設定，均緊扣國際趨勢與國內相關產業發展，打造凝聚共識、交流商機、共同創新的重要場域。同時，在經濟部工業局的高度重視與支持之下，高峰論壇也成為業界與政府間雙向溝通交流的管道，更能將產業的聲音迅速傳遞至政策主管單位。

在趨勢分析、專業技術領域的分享之外，高峰論壇在近年更加入菁英對談的模式，讓不同領域的專業參與交流，從其他角度來看產業的發展，以及如何提升化學工業的形象，更積極透過媒體向外宣導，讓國人能看見化

學工業自我要求與提升的一面，去除傳統的樣版面貌。

2017 年高峰論壇大幅變身

2017 年 TCIA 高峰論壇鎖定的主題為「循環經濟—台灣化學產業之實踐與承諾」，承襲 2016 年起始的循環經濟主題，將探討如何實踐以真正達成循環經濟，又應如何對社會、環境做出永續的承諾，這都是化學工業必須探尋、行動與自我要求的關鍵。

本次高峰論壇將於 2017 年 9 月 12 日 (星期二) 在高雄國際會議中心 (ICCK) 舉行，將是首次離開台北辦理高峰論壇的創舉。選擇高雄最主要的原因是更能貼近產業，在石



▲ 2017 年 TCIA 高峰論壇首度移師至高雄進行，更貼近石化產業生產基地

化業重鎮、化學工業最聚集的地區，將方便更多的從業人員參與。同時，2017 年高峰論壇也將配合 9 月 13~16 日的 2017 年台灣國際塑橡膠暨複材工業展 (2017 PLASCOM TAIWAN)，一連串的活動營造出化學工業嘉年華的感受，也有助於吸引國際的參與。

在內容方面，有別與以往的規劃，特別將循環經濟這項大哉問，分為實踐層面與技術層面兩個部分進行探討。在實踐層面上，邀請國內指標性廠商，包括台積電、中鋼、台塑集團，從企業觀點分享如何落實循環經濟。同時，針對實踐層面可能遇到的問題，則由包括台大環工所、台科大化工系，以及工研院材化所的專家，提供技術層面的資訊與見解。唯有理論與務實相結合，才能真正建立循環經濟的產業結構。

同時，在本次高峰論壇中，也將舉辦「2017 年台灣化學科技產業菁英獎暨產品創新獎」的頒獎典禮。本獎項可說是台灣化學工業界最高的榮譽，不但在活動中授獎，同時年度得獎技術也將在會場旁的攤位進行展示，無私分享化工的新資訊，同時延伸技術合作、產品銷售的可能性。

在此，TCIA 要特別感謝經濟部工業局的大力支援，以及各協辦單位，包括：高雄市經發局、工研院材化所、循環台灣基金會、高功能性複合材料產學研發聯盟、匯智俱樂部等，在不同領域提供協助，讓本次盛會更添光采。

主要講師介紹

一、Keynote Speech

演說題目：循環經濟潮流下，美國化工業的運作及發展趨勢

主講人：張榮宗 博士

R. J. (Rong-Jong) Chang, Ph.D

單位：VP and Senior Global Managing Director of Process Economics Program, IHS OMDC (Oil Midstream Downstream and Chemical) Fremont, CA

學歷：University of Akron 高分子博士



張博士目前是 IHS OMDC 全球化學技術總監，負責對 1,500 多種化工製程的生產成本及投資成本分析，以及碳排放評估。於 2005 加入 HIS(當時為 SRI Consulting)，曾經主管特殊化學品及諮詢業務。在加入 IHS 之前，張博士有 26 年工業經驗。他曾在 General Tire、3M，以及 Raychem 服務，專長於橡膠，接著劑，及塑膠技術。

二、Concurrent Session

演說題目：建構能資源鏈結 邁向循環經濟

主講人：蔣本基 特聘教授

服務單位：台灣大學 環境工程學研究所

學歷：Purdue University 土木環工博士



蔣教授為台灣大學碳循環永續技術與評估研究中心主任，台灣大學環境工程學研究所特聘教授、所長；美國底拉瓦大學土木環境工程系客座教授；行政院國家永續發展會委員；行政院科技顧問室顧問；國科會工程處召集人、諮議委員；教育部科技顧問室顧問、諮議委員；中華民國環境工程學會理事長；台灣環保技術交流協會理事長。專長為綠色科技、理化處理、工業廢氣、空氣污染控制設計、清潔生產等。

講題：台塑企業麥寮園區循環經濟執行報告

主講人：林燦榮 資深工程師

服務單位：台塑安衛環中心 環保技術處

學歷：逢甲大學化工碩士



林資深工程師為台塑企業節水節能減碳暨污染防治推動小組執行幹事，專長為石化節能減碳及廢水處理。

演說題目：循環經濟與企業永續發展

主講人：顧洋 講座教授

服務單位：台灣科技大學化工系講座教授

學歷：Purdue University 環境工程博士



顧教授為台科大化工系講座教授，行政院國家發展基金審議委員、環保署顧問、環境品質委員會委員、台灣環境管理協會理事長、台灣永續能源研究基金會執行長、全國認證基金會召集委員，專長為環境工程、環境管理、反應工程、分離程序等。

2017年台灣國際塑橡膠暨複材工業展

時間：2017年9月13~16日

地點：高雄展覽館

主辦單位：

中華民國對外貿易發展協會
台灣區塑膠製品工業同業公會
台灣區複合材料工業同業公會
台灣橡膠暨彈性體工業同業公會
聯合報系經濟日報

展區規劃：

原料區、製成品區、機械設備及儀器區、產學研專區、石化主題館

展出產品：

一、上游石化

石化原料、輕油裂解等技術及相關設備

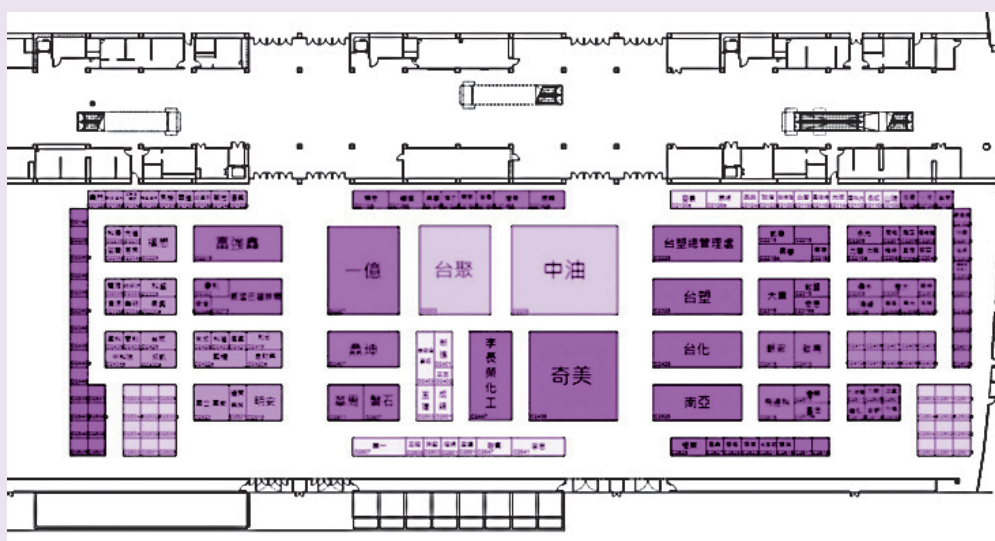
二、中游原料、複材原材料及機械設備

複材原材料、熱塑性塑料、熱塑性彈性體、熱固性塑料、橡膠、發泡塑膠、合成纖維、刷毛、膠帶、塗料、黏著劑、樹脂塗料、添加劑、充填物、強化纖維、中間原料、聚合物、加工機械、後處理機械、表面處理機械、焊接機械、模具、自動化設備、輔助設備、量測及檢測設備、零組件等

三、下游製品

中空成型製品、押出製品、複材暨強化塑膠、延押成型製品、膠合製品、壓塑製品、滾塑製品、發泡製品、射出成型製品、熱塑成型製品、膜袋類製品、橡膠製品、膠帶製品等

相關資訊，請見：<http://www.plascom.com.tw>



▲ 2017年台灣國際塑橡膠暨複材工業展平面

全球石化產業發展現況與展望

范振誠 / 工研院產經中心研究員

頁岩氣、煤化工、油價是近年影響石化產業景氣的重大議題。頁岩氣與煤化工近期對石化產業的影響程度下降，轉而由油價議題扮演關鍵角色。近年我國石化產業發展受到油價影響甚深，同樣地，油價變化也是影響 2017 年我國石化產業景氣最重要的因素，只要油價能維持穩定低價狀態，對於我國石化業者來說將是一正向消息。

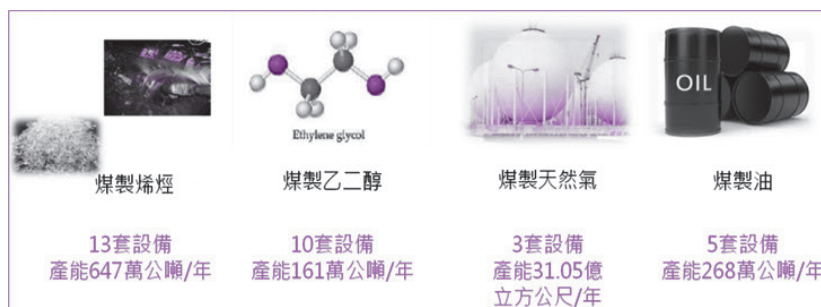
一、煤化工對石化產業的衝擊已弱化

煤化工 (Coal-to-Chemical) 是中國大陸十二五規劃的重點發展項目，歸功於政策支持，煤化工產業發展速度迅速，全球單套最大煤製油項目、規模最大煤製甲醇等設備，都已於 2016 年完工。看似前景看好的煤化工產業卻面臨低油價、高煤炭價格、技術層次待提升、水資源匱乏和環境汙染等問題，發展進程放緩，對石化產業的衝擊降低。

(一) 煤化工產業於十二五期間取得初步成效

中國大陸富產煤礦資源，在高油價時期，煤炭相對低價的成本優勢，加上中國大陸廣大市場需求，提供中國大陸發展現代煤化工的支撐。現代煤化工領域主要包括：煤(甲醇)製烯烴、煤製乙二醇、煤(甲醇)製芳烴、煤製油、煤製天然氣等。在十二五期間，中國大陸煤化工計畫爆量成長，相關計畫有如遍地開花，不僅出現在內陸富產煤炭資源的地區，連東南沿海資源匱乏區域也興建煤化工計畫。

根據工研院 IEK 調查，截至 2015 年底，中國大陸已經完工的現代煤化工產能如下：煤製烯烴產能 647 萬公噸/年、煤製乙二醇產能 161 萬公噸/年、煤製天然氣產能 31.05 億立方米/年、煤製油產能 268 萬公噸/年，如圖 1 所示。



資料來源：工研院 IEK(2017/05)

圖 1 2015 年中國大陸煤化工發展實績

(二) 實際建廠時程嚴重落後

中國大陸計畫正在興建的煤化工專案，根據統計已超過 100 項。以煤(甲醇)製烯烴為例，宣稱要興建的計畫加總起來產能超過 3,000 萬公噸，因項目眾多，僅以表 1 示意代表，但實際能在 5 年內完工投產的項目卻寥寥無幾。以道達爾中電投 80 萬公噸煤製烯烴項目為例，此計畫於 2008 年開始協商規劃，2010 年法商道達爾與中國電力投資公司(簡稱中電投)簽署合作備忘錄，並於 2011 年舉行奠基儀式，但此計畫於 2016 年才取得中國大陸政府的批准。數年前此計畫宣稱於 2015 年完工投產，之後修正完工日期於 2017 年以後，目前看來，完工時程要延後至 2018 甚至 2019 年以後。另外，陶氏化學與神華集團的合資案也已宣告破局，歷時長達 10 年。

(三) 中國大陸仍大量進口聚乙烯產品

煤(甲醇)製烯烴目前是中國大陸煤化工發展相對成功的技術(相對於其他現代煤化工技術)，雖然中國大陸持續增加煤製聚乙烯產能，但擴產速度放緩加上開工率仍偏低的情況下，過去幾年中國大陸聚乙烯進口量仍逐年增加。2013 年中國大陸進口聚乙烯 904.9 萬公噸，連年成長之下，2016 年進口量已接近 1,000 萬公噸，如圖 2 所示。由此顯示中國大陸聚乙烯市場，仍然高度仰賴進口。

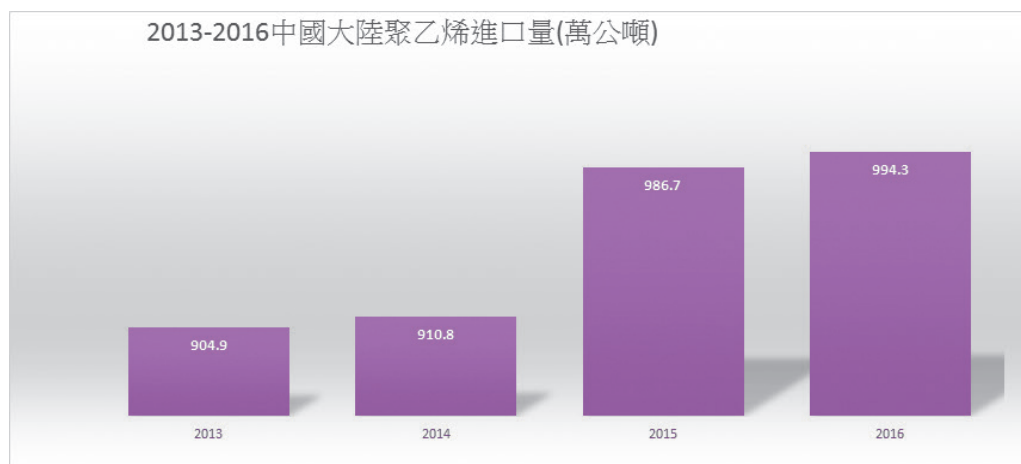
(四) 大唐發電可視為發展縮影

2009 年，大唐發電位於內蒙古克什克騰煤製天然氣項目成為中國大陸許可之首個煤製天然氣示範項目，隨即動工開建。此計畫被寄予厚望，但完工後因為氣化設備而停產了 3 個月，後續開車不順，虧損嚴重。除了

表 1 中國大陸宣稱計畫興建之煤(甲醇)製烯烴示意

煤化工產品	項目狀況	項目地區	項目名稱	產能規模 (萬公噸/年)
煤製烯烴	建設中/前期	甘肅	益寧煤業 20 萬噸甲醇製烯烴項目	955
		新疆	神華新疆 68 萬噸煤基新材料	
		內蒙古	達達爾中電投 80 萬噸煤製烯烴項目	
		新疆	國投伊犁 60 萬噸煤製烯烴項目	
		甘肅	金麗洋酒泉 70 萬噸煤製烯烴項目	
		山東	山東東潤 60 萬噸煤製烯烴項目	
		遼寧	大連福佳 300 萬噸煤製烯烴項目	
		黑龍江	黑龍江龍泰 60 萬噸甲醇製烯烴項目	
		陝西	陝煤化彬長礦業 60 萬噸煤製烯烴項目	
		山東	聊城煤武 60 萬噸甲醇製烯烴項目	
		山東	山東貝特爾 30 萬噸甲醇製烯烴項目	
		山東	山東百瑞 20 萬噸甲醇製烯烴項目	
內蒙古	神華呼倫貝爾 75 萬噸煤製烯烴項目	3,231		
江蘇	徐礦邳州 80 萬噸甲醇製烯烴項目			
總計				

資料來源：工研院 IEK(2017/05)



資料來源：中國大陸海關資料；工研院 IEK(2017/05)

圖 2 2013~2016 年中國大陸聚乙烯進口量變化

表 2 大唐發電煤化工投資概況一覽

項目名稱	克旗煤製天然氣	阜新煤製天然氣	多倫煤製烯烴	呼倫貝爾化肥	錫林浩特礦業
核准日期	2009/8/20	2010/03	2005/06	2007/09	2007/08
地點	內蒙古自治區 - 赤峰市克什克騰旗	遼寧阜新市	內蒙古自治區 - 錫林郭勒盟多倫縣	內蒙古自治區 - 呼倫貝爾市	內蒙古自治區 - 錫林浩特市
產能 (最終規模)	40 億立方公尺 / 年	40 億立方公尺 / 年	50 萬公噸 / 年	氮：18 萬公噸 / 年 尿素：30 萬公噸 / 年	1000 萬公噸 / 年
總投資額 (人民幣)	257 億元	245 億元	162 億元	19.4 億元	16.7 億元
動態	為北京輸送天然氣。中國大陸首座大型煤製氣設備。完工後曾因為氣化設備問題而停產 3 個月。	計畫為遼寧瀋陽輸送天然氣。大唐的第二個煤製氣設備。由於不堪煤化工業務的虧損，2014 年開始大唐計畫出售其煤化工業務，並暫停阜新煤製氣專案的建設。	於 2013 年底產；但由於甲醇製丙烯 (MTP) 設備出問題，於 2014 年 8 月進行大檢修。2016 年 8 月委外施工單位操作不當，導致甲醇儲槽發生爆燃，造成 1 人死亡，1 人失蹤，1 人受傷	自 2011 年投產後，多次設備故障停產 2013 年 10 月恢復生產後，截至 2014 年 6 月共計生產尿素 13.21 萬公噸。	主要從事露天煤礦的開採、建設和營運。

煤製天然氣項目，大唐發電尚投資有煤製烯烴等項目，也處於虧損狀態。整體投資情況如表 2 所示。

煤化工不但沒有成為大唐集團轉型的跳板，反而成為其累贅。2014 年，大唐煤化工虧損高達 52 億元人民幣，2015 年虧損 43 億元人民幣。到 2015 年底，大唐在煤化工板塊，非募集資金投入累計約 642 億元，而其主營業務火力發電板塊累計投資金額才 498 億元。但煤化工業務從 2013~2015 年累計虧損超過 116 億元人民幣，如圖 3 所示。

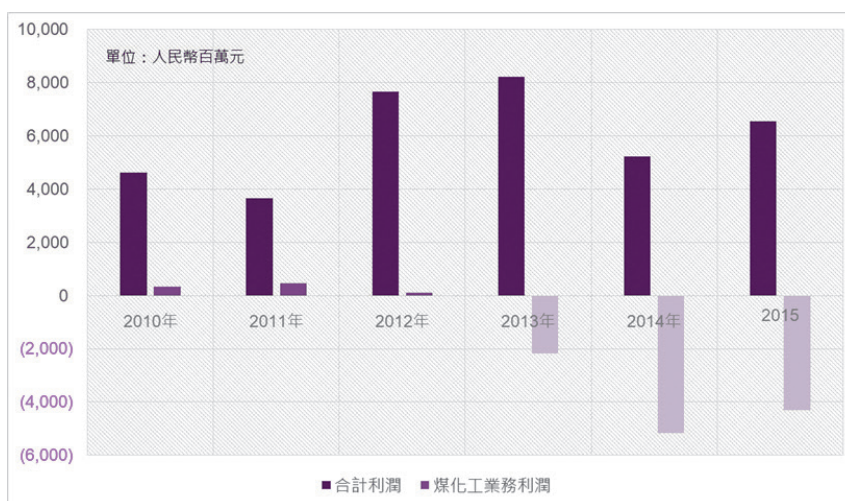
2016 年 7 月，大唐發電公佈了剝離煤化工事業的方案，包括多倫煤化工項目在內的大唐發電眾多煤化工資產，都將作價以 1 元轉讓給大唐集團於當年 4 月成立的中新能化，很明顯地是大唐集團協助大唐發電出脫煤化工業務。大唐發電作為上市公司，僅是將煤化工包袱丟給母集團擔憂，對於改變大唐集

團煤化工本質其實是無太大實質助益。

二、頁岩氣對石化產業的衝擊程度降低

數年前頁岩氣 (Shale gas) 革命開始席捲全球，對石化產業發展造成莫大衝擊與改變，以美國為首的國家，利用低廉優質的原料重新啟動石化產業的投資。美國頁岩氣自 2006 年開始陸續開採後，逐漸影響全球的天然氣產業與石化產業，造成了天然氣價格下滑，促使許多石化業者在美國投資頁岩氣進料的石化廠。在 2012 年整理的資料中，即顯示乙烯新增產能超過 1,000 萬公噸以上，如表 3 與圖 4 所示。

頁岩氣乙烯新計畫有如雨後春筍般大量冒出，一時之間市場出現擔憂過量新產能的供給，將會嚴重衝擊全球石化市場。當時，



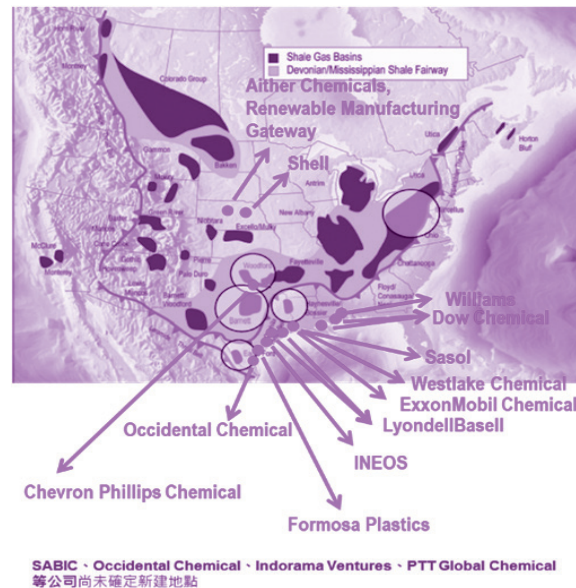
資料來源：大唐發電年報；工研院 IEK(2017/05)

圖 3 2010~2015 年大唐發電利潤變化

表 3 2012 年頁岩氣乙烯新增產能

Company	Project	Location	Capacity (tonnes)	Start-up
ExxonMobil Chemical	New cracker	Baytown, Texas	1.5m	2016
Westlake Chemical	Expansion	Lake Charles, Louisiana	108,863	H2 2012
Dow Chemical	Restart	St. Charles, Louisiana	390,000	End 2012
INEOS	Debottleneck	Chocolate Bayou, Texas	115,000	End 2013
Westlake Chemical	Expansion	Lake Charles, Louisiana	113,399	2014
LyondellBasell	Expansion	La Porte, Texas	386,000	2014
Aither Chemicals, Renewable Manufacturing Gateway	New cracker	US Northeast	272,000	2016
Shell	New cracker	US Northeast	World-scale	2016-17
Chevron Phillips Chemical	New cracker	Cedar Bayou, Texas	1.5m	Q1 2017
Dow chemical	New cracker	US Gulf Coast	1.0m-1.4m	2017
Sasol	New cracker	Lake Charles, Louisiana	N/A	N/A
LyondellBasell	New cracker	Channelview, Texas	World-scale	N/A
Indorama Ventures	New cracker	US	1.3m	2018
SABIC	New cracker	US	N/A	N/A
Formosa Plastics	New cracker	Point Comfort, Texas	800,000	2016
Braskem	New cracker	US	N/A	N/A
Occidental Chemical	New cracker	Ingleside, Texas	500,000	2016
Williams	Expansion	Geismar, Louisiana	272,158	Q3 2013
PTT Global Chemical	New cracker	US	N/A	N/A

資料來源：ICIS(2012)；工研院 IEK 整理 (2012)



資料來源：ICIS(2012)；工研院 IEK 整理 (2012)

圖 4 以頁岩氣進料的乙烯生產基地一覽表與分布

不僅有美國頁岩氣，尚有中國大陸十二五規畫的大型石化生產基地，以及煤化工等計畫。倘若所有計畫都完成，市場將面臨嚴重產能過剩的窘境。

然而，十二五規畫的大型基地受到高油價衝擊，以及擔憂美國頁岩氣成本優勢下，大部分計畫皆延後、停擺甚至終止，如：台州煉化、鎮海煉化二期、泉州石化、海南煉化、湛江石化等；煤化工則如前文探討，目前中國仍大量進口聚乙烯，顯示出煤化工對市場的衝擊尚未正式開始。所以過去幾年，實際動工興建的大型石化案件甚少，乙烯產能增加速度減緩。

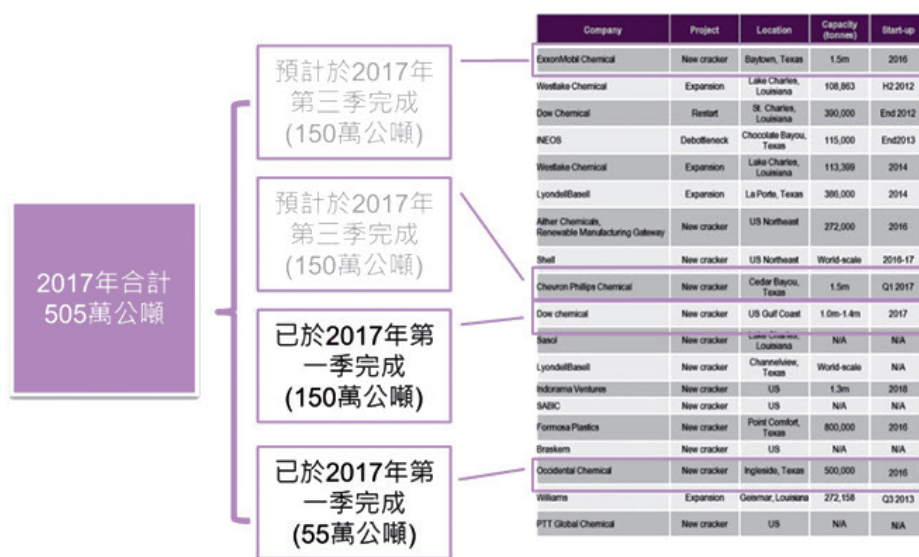
第一波頁岩氣投資的乙烯專案已於 2017 年初陸續完工投產，2017~2018 年間將新增 1,025 萬公噸乙烯新產能如圖 5 所示。

圖 5 中的 4 個計畫完工後，2018 年尚有

台塑集團(120 萬公噸)、Shell(150 萬公噸)、Sasol(150 萬公噸)、LotteChemical 與 Axiall 合資案(100 萬公噸)(註：2016/08 Westlake 宣布收購 Axiall)等計畫完工投產，將再新增乙烯產能 520 萬公噸。

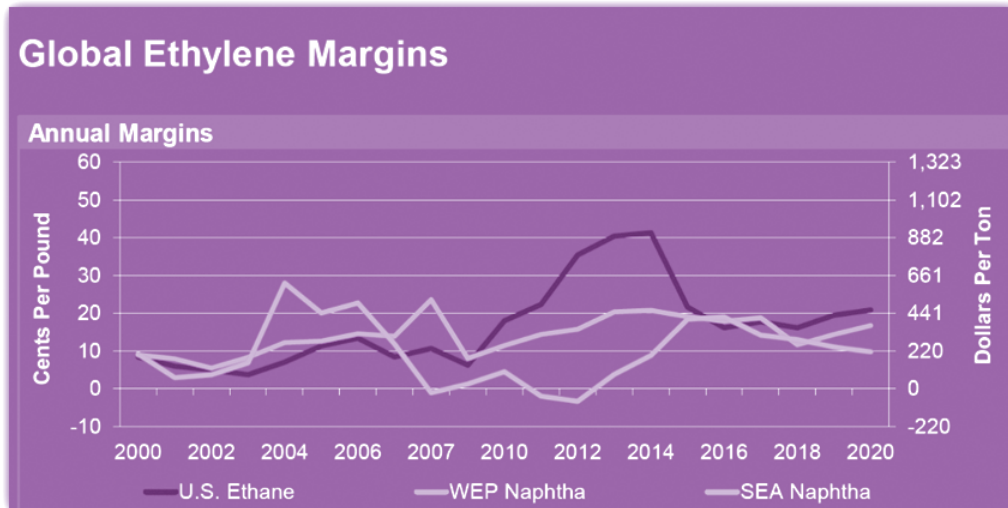
看似龐大產能，但由於過去幾年全球新增的乙烯產能計畫甚少，此波頁岩氣乙烯新增產能也只是彌補過去幾年市場需求成長量。下一波頁岩氣乙烯新增計畫時程尚未明確，但可以保證將會在 2020 年以後，甚至更久遠。所以未來幾年內，頁岩氣乙烯對市場的衝擊程度降低。

除了頁岩氣乙烯新增產能對市場衝擊程度降低之外，油價下跌也弱化頁岩氣乙烯的成本優勢。2015 年起，以輕油進料的東南亞地區國家乙烯毛利幾乎等於美國以乙烷進料的毛利。因此，若油價持續穩定低價，對亞



資料來源：工研院 IEK 整理 (2017/05)

圖 5 2017 年完工之頁岩氣乙烯資訊



資料來源：IHS(2016)

圖 6 美國 / 西歐 / 東南亞地區乙烯毛利變化

洲地區以輕油進料的廠商來說，仍能維持成本競爭力，如圖 6 所示。

三、油價扮演影響近期石化產業動態重要因子

(一) 2014~2016 年油價連年下滑

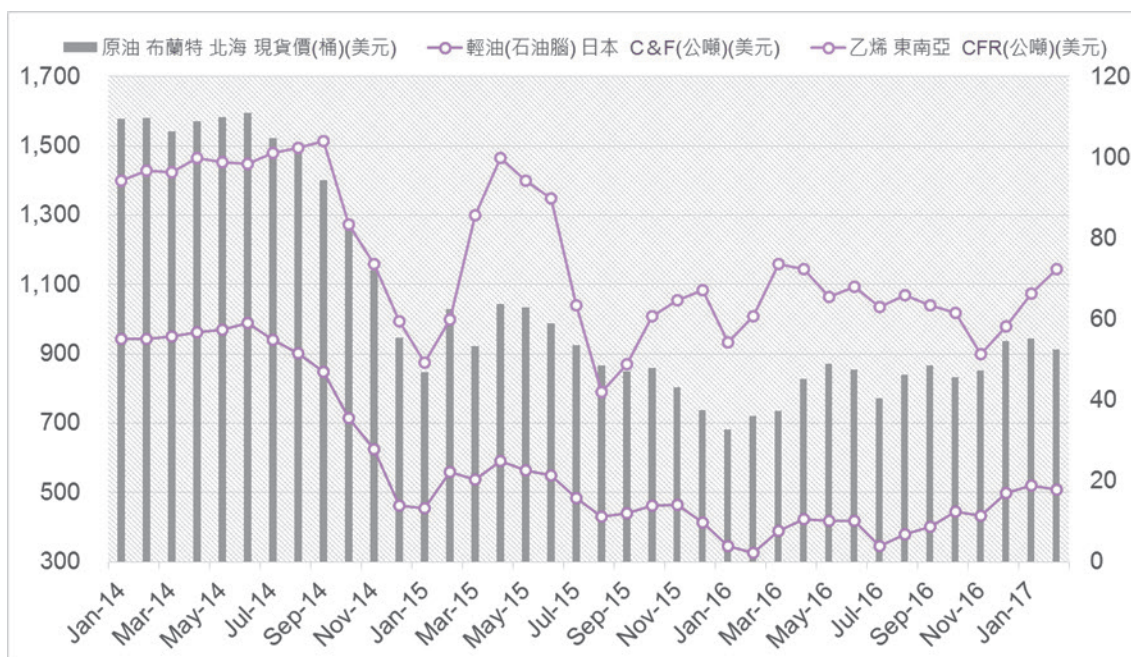
2014 年 6 月開始油價開始呈現下跌趨勢，主要原因包含：1. 美國因為頁岩油開採成功，原油產量大增；2. 以沙烏地阿拉伯為首的 OPEC 國家，持續增產，希冀維持市占率；3. 市場對原油的需求仍低迷。在上述因素的影響下，供給明顯過剩的情況下，油價因此出現大幅度的衰退。

2014 年上半年，布蘭特原油平均價格每桶達到 108.9 美元，然而 2014 年 12 月平均油價僅剩 62.3 美元 / 桶，全年平均價格為 99.1 美元 / 桶，跌幅 8.8%。2015 年全年

油價呈現大幅衰退的趨勢，均價僅剩 52.6 美元 / 桶，跌幅高達 46.9%。2016 年下半年雖然因為產油國達成減產協議，油價開始上揚，但全年均價下跌至 44.1 美元 / 桶，跌幅 16.2%，連續 3 年衰退。

(二) 2017 年油價呈現緩漲趨勢，但仍屬低油價狀態

由於 OPEC 達成減產協議，而且成員國確實遵守協議內容減產，且市場對石油的需求成長可能比原先預期的好，因此多數國際機構預測 2017 年油價將呈現緩漲趨勢。布蘭特 (Brent) 原油預計 2017 年將平均上漲至 56.7 美元 / 桶。Consensus Forecast 預估 2017 Q2，布蘭特原油均價為 55.1 美元 / 桶，高於 2017 Q1 的 54.0 美元 / 桶。2017 下半年油價將進一步上漲，Q3 的平均水準為 57.2 美元 / 桶，到了 Q4 油價預計成長至 59.7 美



資料來源：工研院 IEK 整理 (2017/05)

圖 7 原油 / 輕油 / 乙烯價格走勢

表 4 台塑集團營收與利潤變化

	2011	2012	2015	2016
油價 (美元 / 桶)	111.16	111.67	52.62	44.13
台塑四寶營收 (兆元新台幣)	1.74	1.78	1.45	1.32
稅前淨利 (億元新台幣)	1,393	337	1,674	2,425
稅前淨利率 (%)	8.01	1.89	11.5	18.37

資料來源：工研院 IEK 整理 (2017/05)

元 / 桶。

OPEC 的態度在於持續延長減產協議，以維持有利於油價向上緩漲的趨勢。美國能源署 (EIA) 預測 2018 年均價為 57.2 美元 / 桶，高於 2017 年的 54.6 美元 / 桶。不過就 2017~2018 年油價預測數據來看，仍屬於低油價狀態。

(三) 低油價有利於輕油進料廠商

油價持續下跌，帶動石化產品報價下滑，但是亞洲石化業主要的進料—輕油價格跌幅遠大於下游衍生產品的報價，雖然產品售價減少，但成本減少的幅度更大，使得廠商獲利能力提升，如圖 7 所示。

歸功於低油價，2015~2016 年間亞洲地區石化業者獲利能力回升。以我國台塑集

團財報數據顯示，高油價時期雖然企業有更高額的營業收入，但利潤表現卻大幅下滑。2016 年台塑集團 4 家企業營收為 1.32 兆元新台幣相較於 2012 年的 1.78 兆元新台幣，下滑 25.8%，但 2016 年稅前淨利達到 2,425 億元新台幣，相較於 2012 年，成長達 619%。顯示出在高油價時期，我國廠商利潤被原料成本（原油）侵蝕，在低油價時期，雖然產品售價下滑導致營收短少，但相對賺取更高額的利潤。

四、總結

過去幾年影響石化產業發展最主要的三個因素：中國大陸煤化工、美國頁岩氣、油價。其中中國大陸煤化工產業受到油價下跌、煤炭價格成長、環保議題、技術、資金等因

素的衝擊下，目前對市場衝擊的程度較小，發展的時程延緩。

而過去幾年因為全球景氣低迷，市場對石化產品的需求成長放緩，石化產品產能過剩的議題持續發酵，也抑制許多新增產能的投產計畫，中國大陸十二五規劃下多座大型石化計畫停擺、延遲，所以即便 2017 年開始美國多座以頁岩氣進料的石化廠陸續完工，也只是彌補過去幾年的需求成長，預料短期內以頁岩氣進料的石化廠對全球石化產業的衝擊影響程度低。

因此，短期內頁岩氣與煤化工對石化業的影響程度弱化，油價則為近年影響石化產業發展最主要因素。展望 2017 年，原油價格回升，帶動石化產品報價上漲，且市場需求展望偏向正面，整體而言對石化產業景氣發展勢審慎樂觀。

徵文

「TCIA 會刊」是一份專門報導化工產業技術與市場訊息之刊物，竭誠歡迎您的惠稿！

- 一、來稿以每篇以不超過五千字為宜，請以電腦打字，以電子郵件寄至 ricky_chen@itri.org.tw；
- 二、來稿一經刊載，本刊將略備稿酬致謝，每字以 1.2 元計算，圖片不另計費用；
- 三、來稿請註明作者姓名、單位、e-mail 及聯絡電話，作者兩人以上請以 * 註明聯絡人。
- 四、本刊對來稿有刪改權，不願被刪改者請先聲明。
- 五、文章著作人格權屬原作者，但著作財產權屬「TCIA 會刊」；本刊物對來稿有修改權（審稿、潤稿），不願被修改者請聲明，無論刊登與否，恕不退件。
- 六、對於文章中須引證文獻時，請於文章最後依次列明，並按順序註明作者、雜誌或書名、卷期或版數、年份及頁數。
- 七、不可一稿多投，若一稿多投則不採用。
- 八、來稿內容應遵從著作權法及其他相關法令規定，若有違反，本刊概不負責。

聯絡資訊

聯絡人：陳 凡 先生

聯絡電話：03-5918466

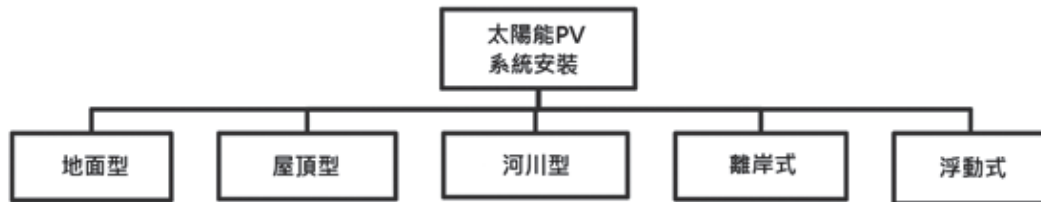
電子郵件：ricky_chen@itri.org.tw

浮動式太陽能台灣前景看好

呂錫民 / 前工研院能源與環境研究所研究員

電力需求明顯上升、化石燃料快速枯竭，全球環境持續惡化等三大議題，引發太陽能光電 (PV) 系統的大規模投產。傳統上，安裝太陽能光電系統背負著廣大土地需求，若無法處理裝設面積，則無法達到預期的效應。

為節約寶貴土地與水資源，在地表水體處安裝太陽能光電系統，如海洋、湖泊、瀉湖、水庫、灌溉池、廢水處理廠、釀酒廠、養殖設施、水壩和運河等水體上，成為一個非常具有吸引力的選項。



▲ 依據安裝位置分類之太陽能光電系統



▲ 地面型太陽能光電系統



▲ 屋頂型太陽能光電系統



▲ 河川浮動式太陽能光電系統

浮動式太陽能 效益匪淺

浮動式太陽能光電是一個新興概念，商業化部署正在進行當中，目前全球僅有少數示範系統運作中。很多地區並沒有足夠的光電裝置用地，例如日本、新加坡、韓國、菲律賓及島嶼型國家，此時即可借助浮動式系統。目前在日本、美國、韓國、澳洲、巴西、印度等國家，已經有浮動式光電產業的發展需求，預估將逐年增加，並在全球擴散。

近年來，再生能源在全球迅速增長。由於陽光的普及性和永續特性，太陽能被認為是替代傳統能源最具有發展潛力的新興能源之一。在全球各地，太陽能所受的限制都較小，具有自由和極大的可用的特性。使用太陽能最常見的方式為光電系統的建置，是再生能源領域中同時具效率、永續性和環保性的選擇。台灣到處可見大型水體，如能與太陽能配合裝置，將可以降低土地耗用、節約安裝成本、發電費用及運行成本。因此，浮動式太陽能光電系統將是應用的有效選項，同時其也有助於提升太陽能發電經濟的可行

性。

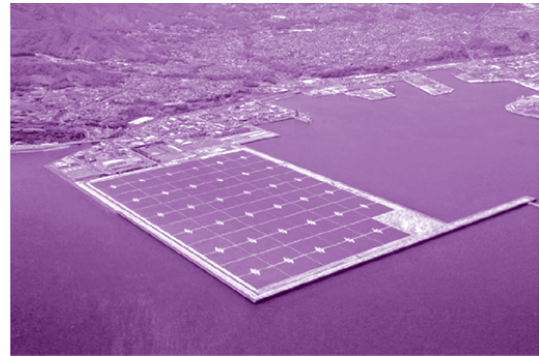
典型的光電組件可以 4~18% 的效率利用太陽能發電，根據太陽能電池的類型和氣候條件產生電力，其餘部分被轉換成熱能，在這樣的過程中將顯著增加光電系統溫度。太陽能電池的功率輸出隨溫度變化而變化。由於太陽能光電模組的這種效率取決於溫度，所以如能在水面上安裝太陽能光電系統，由於水的冷卻效應，將能產生較低的環境溫度，而顯著提升發電效能。如果使用鋁框架來支撐浮動太陽能光電組件，其在水中將能實現更低的溫度，並降低模組的整體溫度。

陸上裝置的陸基型太陽能光電系統，其長期壽命使用效率低於 15%。浮動式由於來自水的冷卻效應，可以提升發電效率，比地面設置和屋頂設置的系統產生更多電力。與地面安裝的太陽能電池板相比，浮動式太陽能電池板的平均效率可高出 10%。

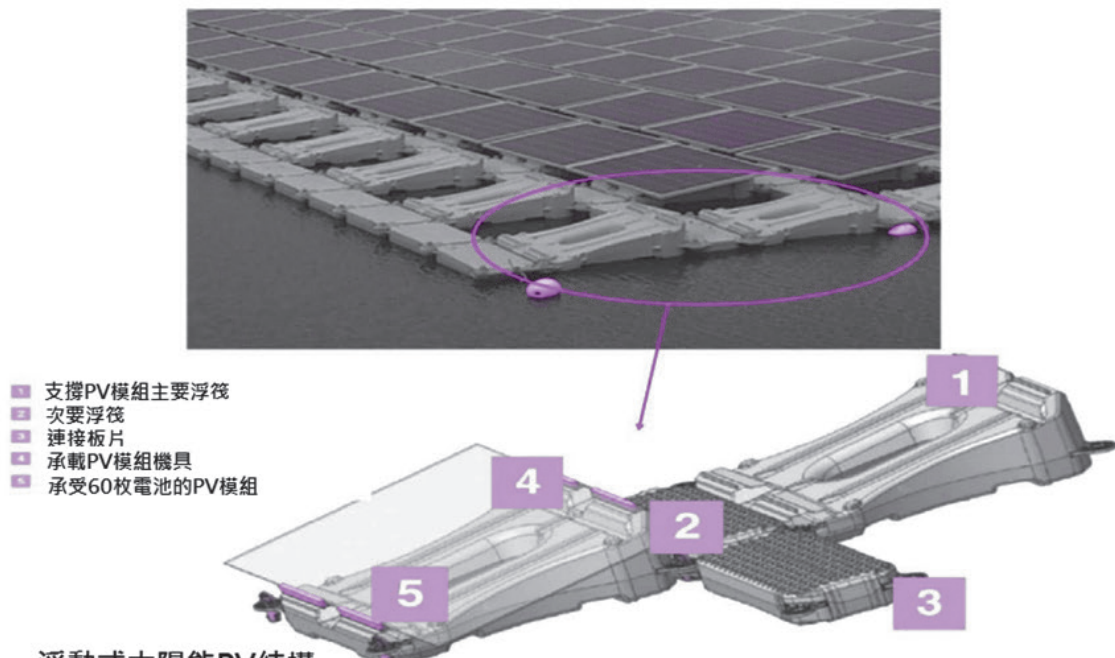
澳洲一項研究顯示，一般水庫在蒸發過程中，高達 40% 的露天蓄水可能會喪失。使用浮動式太陽能光電系統能大幅掩蓋水庫表面積，將有效降低水庫的水分蒸發量。



▲ 河川型太陽能光電系統



▲ 離岸式太陽能光電系統



浮動式太陽能PV結構

▲ 法國業者浮動式太陽能發電系統結構設計

整體效益而言，如以陸地安裝的太陽能光電板相比，浮動式太陽能光電板有較少的阻擋陽光的障礙，安裝也較為方便。建築在水面上的太陽能光電系統，浮座可隨時更換位置或拆除，移動方便；其次，因具有水冷的效果，可提高 10% 發電效率；此外，由於設置光電板能防止過多水分的蒸發，限制藻類生長，潛在改善水質，因此太陽能裝置在水面環境中可說是效益匪淺。

浮動式太陽能光電系統概念

使用浮動技術在水體上安裝太陽能光電系統是一項嶄新概念，其由太陽能光電站技術及浮動式承載技術所相結合。此項技術取代太陽能電廠需在有價值的土地上安裝。浮

動式光電站由浮橋或獨立浮子、繫泊系統、太陽能電池板及電纜等主件所構成。浮式平台由可承受紫外線和耐腐蝕的高密度聚乙烯等材料所製成，可 100% 回收利用。

在陸上安裝太陽能光電系統需要較高的土地成本，還有如土木工程和抗震基礎等成本。與陸基系統相比，浮動式太陽能系統的操作和維護成本通常也會降低，因為清潔所需的水可直接就近取得，部件也不太可能過熱。大多數浮動式太陽能均位於淡水之中，如湖泊和水庫，鹽水腐蝕通常不是問題。此外，大多數系統平衡設備通常位於岸上，易於保養與維護。浮動式太陽能光電系統不容易出現日照陰影，並且沒有清除地面植被的維護保養等問題。

在性能評估部分，最重要的參數是光電

有效轉換效率，這將影響到發電量多寡，影響到組件是否具有商業性價值。目前 1MW 浮動太陽能發電廠的經濟性經計算，依據投資回收期計算，電廠投資回收期僅為 5 年，且電廠壽命將至少需要 25~30 年。以成本結構而言，其與陸基系統差異最大的浮體支撐結構，約占項目總成本 25%，但此數字通常遠低於陸基太陽能的成本，包括使用面積的土地取得與結構投資等費用。

浮動式太陽能光電裝置的優點

- 提升效率：利用水體承載的結果，來自於水的自然蒸發冷卻可使 PV 面板溫度保持低於陸基溫度，提升效率。
- 減少水分蒸發：浮動式太陽能光電系統為水面提供遮蔭，減少水分蒸發。可以減少自然湖泊和池塘水分蒸發量多達 33%，人造水面蒸發量更可減少約 50%。
- 改善水質：由於遮蔽作用，光合作用和藻類生長持續減少，因此也可以提高水質。
- 較少灰塵效應：通常高太陽能潛力地區傾向於多灰塵累積，因此與地面安裝系統相比，浮動式太陽光電系統在低灰塵水環境中的表現較佳。
- 節省土地：可為農業，礦業，旅遊等部門，節省寶貴土地，將未開發利用和非具收入的水面轉為商業型太陽能電廠，技術上可大大節省地價，降低發電成本。
- 分散式發電設備：浮動式太陽能光電系統除了可設置於內陸淡水地區之外，也可裝

設在偏遠島嶼、水力發電大壩、工業池塘、採石場和礦山湖泊、灌溉水庫和水處理設施等場所，以一套完整的太陽能發電模式提供電力。

- 成本競爭力：浮動式太陽能與屋頂型及地面單軸跟踪太陽能型系統相比，具有不錯的成本競爭力，亦可使用相同的市售型太陽能電池板。
- 政策補貼：大多數國家的浮動式太陽能光電裝置符合政策補貼、貸款及類似陸上太陽能的獎勵計劃。
- 清潔方便：清潔面板的水（同時也因此提升效率）可從水體中輕易取得。安裝在水面上較陸地上更方便清潔，保持面板乾淨，避免影響發電效率，也有助於浮動系統為人接受。
- 安裝相對容易實施：因為浮動結構可以在沒有重型設備的情況下組裝，場地準備的需求非常有限，安裝時間和相關費用大為減少。

目前系統缺點

- 氣候影響：系統容易受到諸如高潮汐、風暴、海浪、颶風和海嘯等威脅。
- 結構腐蝕：水體環境易使金屬結構和部件的腐蝕，減少系統的使用壽命。
- 生物影響：太陽設備反射光進入水體的可能性，會影響水生動物和海藻等的生長。
- 可能影響效率：如降低面板上的濕度和溫度可能導致負熱漂移，降低整體效率。

- 需定期清理：需要定期清理積聚在河流 / 湖泊兩側的粘土。
- 影響其他活動：根據選定地點，釣魚和其他運輸活動可能會受到影響。

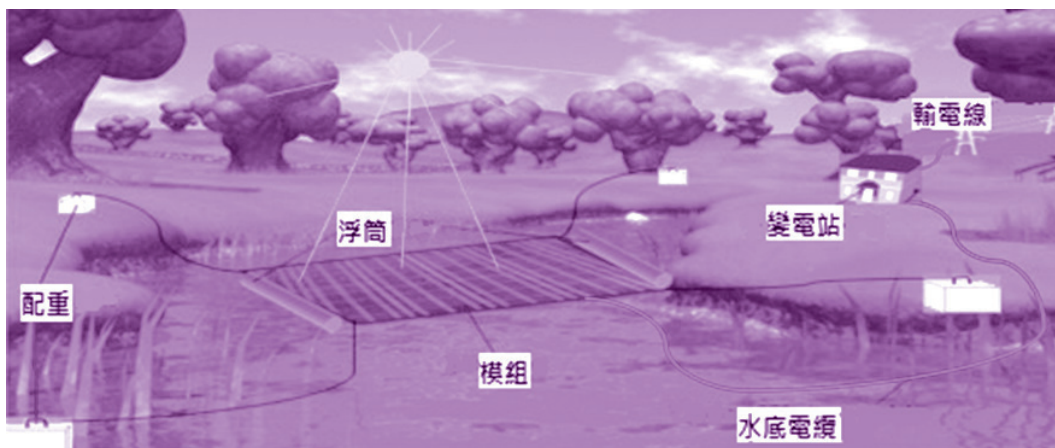
未來技術挑戰

浮動式太陽能光電系統安裝的最大挑戰來自系統的設計，尤其是需要透過適當設計方能保持漂浮狀態，並且能夠承受光電板重量。基本上，要安裝浮動式太陽能發電系統，期間將遭遇到下列各項技術上的挑戰：

- 由於太陽能系統建構在水面上，所以系統性能可能受高含水量的環境所影響。
- 由於腐蝕和不利環境條件，漂浮結構的強度可能受到影響。
- 從水面將發出電力運輸到陸地上使用端的安全問題。
- 浮動系統需要能夠處理環境諸項因素，例如：水質、水深變化、溫度變化、水流、溫度、蒸發、氧氣、魚類與藻類等活體生

物生長。

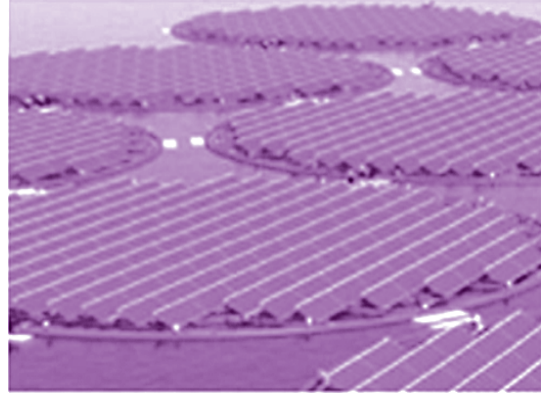
- 由於洪水、波浪和風暴等很可能會快速或不穩定的對浮動式太陽能系統產生運動影響，因此結構設計需要能夠承受這些自然力量。
- 高維護成本、初始安裝成本較高，是浮動式太陽能系統市場擴張的主要制約因素。
- 最初幾年，太陽能光電板的發電成本比其他化石燃料的發電技術耗資約高 10 倍。
- 海浪會不斷影響浮動太陽能電池板位置，故不能在海上進行安裝。
- 高風速也會影響浮式太陽能電池板系統的發電效率。
- 需要方向控制與繫泊系統，以保持水面上的方位角和位置。太陽能電池因日照方向變化，將會降低功率輸出。
- 由於風浪和外力，所承受應力和振動是常見的問題，其可能導致模組微裂紋形成，降低電力生產和耐久性問題。
- 規劃初期應導入公眾和有關組織的參與，可以確保公眾的接受度。



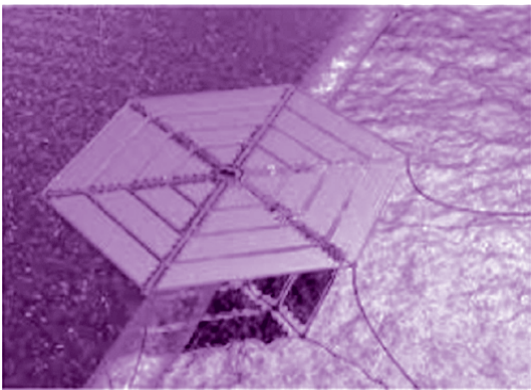
▲ 浮動式太陽能發電系統配置



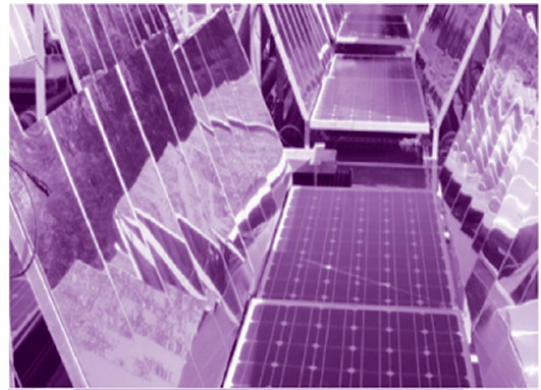
▲ 澳洲之浸沒式太陽能光電設計



▲ 義大利之浮動主動式冷卻及聚焦設計太陽能光電系統



▲ 可撓曲浮動式六角形太陽能光電設計



▲ 義大利之浮動追蹤型冷卻聚焦器設計

商業化設計重點

浮動式太陽能光電系統的構造，簡單來說就是一個可漂浮且自由追蹤太陽的浮體，並善於利用水體的冷卻特性。由於水蒸發冷卻效果，安裝在水面上統受到顯著較低環境溫度影響，鋁框架也會從水中傳遞較冷溫度，從而降低模組的整體溫度。

這類型系統可以在所有天氣條件下運行，並能承受地震的侵害。在此種設計中，其包括浮動太陽能單元、冷卻、追蹤和集中器的結合，藉此獲得最大太陽能接收。系統由串

聯浮筏與太陽能板組成，支撐由管狀框架浮力基座負責。單一太陽能模組的功率範圍為1~300W，取決於所使用的系統配置及面板的類型。模組化結構允許不同發電規模與配置，例如，固定式安裝，以方便最大程度擴大可用區域的覆蓋範圍，又或者是追蹤式安裝，以方便最大程度提高能量收集。

台灣發展 前景看好

台灣地處亞熱帶，地理位置介於東經120°~121°、北緯22°~25°之間，日照時間長，

陽光偏斜角度小，非常適合發展太陽能。太陽能除可提高能源供應安全度外，更對紓解尖峰用電負荷有立即幫助，因台灣夏季、中午需供應冷氣空調之大量電力，剛好可由炎夏太陽所產生的電能所供給。

雖然日照條件好，但台灣裝設太陽能設備的土地條件卻非常不足。根據內政部 2014 年底統計資料，台灣人口總數約 2,349 萬，土地面積為 3.6 萬平方公里，人均土地面積為 1,532 平方公尺，人口密度僅次於孟加拉，高居全球第二。特別是，全島 2/3 土地屬高山地區，只有 1/3 土地適合居住，且大都集中在西南部沿海，使得台灣可安裝太陽能設施的土地面積受到很大限制。因此，運用非常規安裝面積，成為台灣發展太陽能的重要策略，例如水上浮動式太陽能光電技術 / 系統的開發及應用。

新政府 2016 年 5 月 20 日上台後，「非核家園」正式成為台灣首要能源政策，規劃在 2025 年再生能源發電比例達 20% 的同時，太陽光電安裝量需要達到 20GW，占 73% 的比例，太陽能開發可謂執政成敗之所繫。為達成此主要施政目標，帶動國內綠能產業發展，行政院長林全上台後，連續推出一系列太陽能發展重要政策，發展水上浮動式太陽能光電系統應用可說其中的關鍵之一。

根據評估，台灣可裝設浮動式太陽能的水庫、滯洪池總共面積約有 27 平方公里，裝置容量初估可達 1.8GW，因部分地區須新增饋線，將電力併聯至台電電網，估計可望在 1~5 年內陸續裝設完成。

水上太陽能電廠近年開始崛起，美、英、日等國都有不少案例。台灣首座浮動式太陽能電廠位於屏東大武丁滯洪池，於 2016 年 2 月正式啟用。另外，阿公店水庫、馬鞍壩、鹽水埤水庫等處都在陸續規劃當中。

同時，國內首座光電埤塘也即將在桃園亮相，桃園的「千塘之鄉埤塘光電綠能計畫」期望在 160 口埤塘上，建構太陽能發電系統，目標 3 年內達到 660 MW 發電量。

居住於桃園台地的先民，為克服降雨不均及河川短促等環境限制，以人工造塘方式，兼具儲水灌溉與漁殖，形成別具一格的埤塘景觀。如今，因應環境變化、與時俱進，埤塘功能更上層樓，轉型為「光電埤塘」，希望該計畫為國家發展綠色能源打頭陣，減輕對環境的負擔。

全球化工 50 強的啟示

TCIA 秘書處

全球化工 50 大企業排行榜，是由美國化學學會 (ACS) 旗下的 Chemical & Engineering News (C&EN) 所調查與發佈的資訊，其排名是依照化工類各相關企業年度化學品銷售額進行排名。在 2016 年排行中，BASF 以 634.79 億美元第 10 次雄踞榜首，

Dow Chemical 以 487.78 億美元居第二，中石化以 437.99 億美元位列第三，第四名是 SABIC 的 343.49 億美元，第五名則是我國的台塑集團，銷售額達 292.09 億美元。詳細資訊如表 1 所示。

表 1 全球化工 50 強列表

排名	企業名稱	2015 年銷售額 (百萬美元)	國家 / 地區
1	BASF	63479	德國
2	Dow Chemical	48778	美國
3	Sinopec	43799	中國
4	SABIC	34349	沙特
5	Formosa Plastics	29209	台灣
6	Ineos Group Holdings	28493	瑞士
7	ExxonMobil	28134	美國
8	LyondellBasell	26676	美國
9	Mitsubishi Chemical	24348	日本
10	Dupont	20700	美國
11	LG Chem	18173	韓國
12	Air Liquide	17316	法國
13	Linde	16831	德國
14	Akzo Nobel	16488	荷蘭
15	Toray Industries	15520	日本
16	Evonik Industries	14988	德國
17	PPG Industries	14241	美國
18	Braskem	14174	巴西
19	Yara	13869	挪威
20	Covestro	13407	德國
21	Sumitomo Chemical	13297	日本
22	Reliance Industries	12854	印度
23	Solvay	12258	比利時
24	Bayer	11504	拜耳
25	Mitsui Chemicals	11102	日本

排名	企業名稱	2015年銷售額(百萬美元)	國家/地區
26	Praxair	10776	美國
27	Shin-Etsu Chemical	10573	日本
28	Lotte Chemical	10357	韓國
29	Huntsman Corp.	10299	美國
30	Syngenta	9925	瑞士
31	DSM	9915	荷蘭
32	Air Products&Chemicals	9895	美國
33	Eastman Chemical	9648	美國
34	Chevron Phillips Chemical	9248	美國
35	Mosaic	8895	美國
36	Lanxess	8768	德國
37	Borealis	8544	澳洲
38	Arkema	8525	法國
39	Asahi Kasei	8449	日本
40	Sasol	8282	南非
41	SK Innovation	8212	韓國
42	DIC	7142	日本
43	Hanwha Chemical	7106	韓國
44	Lubrizol	7000	美國
45	Ecolab	6863	美國
46	Indorama	6854	泰國
47	Johnson Matthey	6510	英國
48	Honeywell	6486	美國
49	PTT Global Chemical	6428	泰國
50	Potash Corp.	6279	加拿大

2016年進入全球50強的最低門檻是63億美元，雖然說銷售量的多少與利潤之間不全然正相關，但無可厚非的是，唯有夠大的銷售額，才能帶來夠大的利潤水準，也就是必須達到一定的產業規模，才能支撐利潤的水準。

全球工廠的緊張感

台塑六輕綜合園區的高效率生產，以及在美國、中國等地的國際化投資，是名列

前茅的關鍵，也成為我國唯一上榜的企業。再進一步觀察，中國也僅有一家中石化能進入排行之中，三巨頭裡的中石油、中海油都還摸不上邊，也沒有代表性的化工集團能夠打入排名。

然而，中國是全球排名第一的製造業大國，2014年有220種以上的工業產品產量居世界第一位，製造業淨出口亦是第一名，製造業在全球的占比達到20.8%。無論是鋼鐵、水泥，或是汽車、家電、手機等產業之中排名，位居全球50強者必定不在少數。然而，

即使以如此強勢的製造業、有著世界工廠的稱譽，在化工產業的部分，卻仍然處於落後的狀態。

化工產業是各項產業的基礎，無論是基本的農業與能源、鋼鐵與水泥，或是最熱門的電子通訊，一直到再生能源、醫藥健康，莫不依賴化工產業及其衍生產品，在國家安全戰略中也占有重要的地位。沒有堅強的化工產業，對於以大國自居、希望成為國際社會主要領導者的中國來說，成為一項致命的弱點。

另一方面，還有一項產業中國始終無法進入前 50 大，就是製藥產業，這不但是個高技術門檻、高獲利水準的行業，更是一項可能箝制國家安全的關鍵，而製藥產業發展，則需要堅實的化學基礎研究。

關鍵在於大型石化裝置？

針對化工業前 50 強分布進行地域上的研究，可以發現以歐盟、美國與日本為主，如表 2 所示。這些先進國家之所以保持領先，有很大一塊是在維持傳統化工產業的優勢，並以此作為競爭力的核心朝向多元化、高值化方向發展，並形成產業標準。

再針對 50 強的產業特性進行分析，可得到幾個初步的結論：

- 一、在全球前 10 強化工企業之中，除 DuPont 以外，基本上都有一個大型石化裝置作為基礎；
- 二、在全球 50 強化工企業之中，除歐盟、美

表 2：全球化工 50 強的區域分佈

國家 / 地區	數量
歐盟	15
美國	14
日本	7
韓國	4
泰國	2
沙烏地阿拉伯	1
中國	1
台灣	1
印度	1
巴西	1
澳洲	1
南非	1
加拿大	1

國和日本等國家以外，其他國家的入圍企業均以大型石化裝置起家（加拿大是以鉀起家，屬資源性企業）；

- 三、以特用化學品為主的全球 50 強企業，主要集中在歐盟、美國和日本等區域。

依據上面先進國家以傳統化工業為優勢核心的論述，開發中國家想要切入有一定的困難性，特別是在想要以特化產品來做敲門磚，更是踩到先進國家企業的地盤，在品牌、品質與產品各層面上均有落差，基礎研究所累積之能量更是天差地遠的情況下，實在很難切入全球市場，更遑論先進材料的領先企業已經掌握下游與周邊的配套措施，一旦產業鏈成型，強行突破的機率委實不大，此時或許在單一封閉或強調低價的市場中，還存有一些機會。

如果由以上分析來看，開發中國家化工企業如要能進入全球排名之中，大型石化裝置看來是關鍵。在此，韓國先前的投資與擴

充，以及泰國近日的投資，明顯的都依循這個脈絡。在這樣的投資之下，如果能將企業年度平均收益維持在數十億美元的規模，即有實力逐步朝向特種材料方向發展。最簡單的，透過購併等方式，即可彌補由低等級產品跨入少量多樣產品的領域，再透過既有的銷售網絡進行業務推動。

中國的例子

前面所述中國的緊張感，將驅動產業投入以創造出龍頭級的化工企業，並按照上述的分析力爭上游。舉例來說，以萬華化學、恒力股份和榮盛石化等為第一線的代表；恒逸石化、衛星石化和東華能源則為第二線的企業。這些挑戰者，都以大型石化裝置作為挑戰全球 50 強的主要策略，如萬華化學成為亞太地區最大 MDI 業者，再透過大型裝置的投資，進一步突破現有限制，朝向大型國際化工企業邁進。

另一方面，中國也有部分的企業不選擇這樣的路徑，透過滿足國內特定產業需求的方式，希望建立起不同的企業模式。例如第一線代表為康得新複合材料，其以光學膜、碳纖維等為突破，提供國內製造業不同的選擇與進口替代的可能性，並以此持續成長，其市值甚至超過萬華化學。又或是第二線的紫光化工，其以天然氣化工為主，希望使用自產頁岩氣進行突破，以甲硫胺酸和己二腈打入市場。

台灣的思考

台灣並沒有自產資源，亦無龐大市場支撐，同時又面臨環境超限與減碳等大議題的挑戰。但從另一方面思考，既有的基礎與經驗，仍是我國化學工業的優勢，而在克服環境挑戰、落實循環經濟之中的學習與整合，相信將能有更優化的表現，雖未必能跨足全球前 50 強，但足以持續前進。

另一方面，國內化工界必須聯合發聲，參與政策所帶來機會，如再生能源、軌道工程等，切入並配合近期內國內最強的內需產業，找出新的商機，開展新的產品與服務，使產業逐步轉型。

展望未來，深海中蘊藏的甲烷水合物，不僅是能源用途，更將成為國內化學工業的新希望，台灣經濟海域中的蘊藏，很可能讓我國跨入資源國家領域。對此，日本、中國均已開始佈局，並實際完成開採試驗，商業化進程其實已在企業的規劃之中。相較於此，我國化工產業也應對此展開佈局，為迎向自產天然氣化工時代提前做好準備。

生質物氣化除焦油技術回顧

林威廷 / 工研院綠能所副研究員
郭彥廷 / 工研院綠能所研究員
萬皓鵬 / 工研院綠能所正研究員

一、前言

工業革命後，人類大量使用化石燃料做為能源使用，化石燃料燃燒後排放大量二氧化碳等溫室氣體造成全球暖化加劇，因此永續性、低碳排放之新及再生能源成為目前熱門研究主題。

生質能源具有原料充沛且資源永續的優點，且不額外增加地表碳排量，屬於碳中和能源。目前生質能源已供應全世界 10% 能源所需，是僅次於煤炭、石油與天然氣的第四大能源來源^[1]，依據國際能源總署 (IEA) 研究報告顯示，至 2050 年生質能源將進一步成長至 25~35%^[2]。

為提高生質物產生能源的效率，生質物氣化 (Biomass Gasification) 技術是最佳的

解決方案之一，搭配蒸汽、O₂ 及空氣等氣化劑 (Gasifying Agents)，經由 900~1,400 °C 的熱化學部分氧化程序，可產出含有 CO、H₂、CH₄、CO₂ 及低碳數碳氫化合物 (如乙烷等) 為主的合成氣 (Syngas)，其低位發熱量 (Lower Heating Value, LHV) 介於 4~13 MJ/Nm³。

然而在氣化程序的過程中，同時產生焦炭 (Char)、灰分 (Ash) 及焦油 (Tar) 等副產物^[3-5]。其中焦油是由多種芳香化合物構成的混合物，結構在 1~5 個苯環之間，荷蘭能源研究中心 (Energy Research Centre of the Netherlands, ECN) 研究報告中，依照物化性質與主要成分將焦油分為 5 個種類^[6]，如表 1 所示。

由於焦油露點 (Dew Point) 僅介於

表 1 荷蘭 ECN 制定之焦油分級表^[6]

等級	性質描述	主要成分
Class 1 : GC 難檢測焦油	重質焦油成分，即使低濃度也會於高溫凝結	重焦油 (Gravimetric Tars)
Class 2 : 雜環化合物	具高極性與高水溶性	吡啶 (Pyridine)、酚 (Phenol)、甲酚 (Cresol)、喹啉 (Quinolone)
Class 3 : 簡單芳香化合物	水溶性較差的輕碳氫化合物	甲苯 (Xylene)、二甲苯 (Styrene)、苯乙烯 (Toluene)
Class 4 : 輕多環芳香化合物	具 2~3 環，需要較高濃度才會凝結	萘 (Naphthalene)、甲基萘 (Methyl-naphthalene)、萘乙炔 (Ethenyl-naphtalene)、聯苯 (Biphenyl)、芴 (Acenaphthene)、芴 (Fluorene)、菲 (Phenanthrene)、蒽 (Anthracene)
Class 5 : 重多環芳香化合物	具 4~5 環芳香族，即使低濃度也會於高溫凝結	熒蒽 (Fluoranthene)、芘 (Pyrene)、苯並蒽 (Benzo-anthracene)、苯並芘 (Benzo-pyrene)、1, 2- 苯並菲 (Chrysene)、苯並熒蒽 (Benzo-fluoranthene)、芘 (Perylene)、茚並芘 (Indeno-pyrene)、二苯並蒽 (Dibenzoanthracene)、苯並芘 (Benzo-perylene)

150~300°C，若焦油未能於製程內除淨，可能造成後端設備或產品汙染問題，如：Class 1、4、5 型焦油（含 2 苯環以上成分），在合成氣降溫後焦油易冷凝黏結造成設備堵塞。Class 2、3 型焦油（水溶性焦油），則會汙染濕式除塵設備之水洗液。

不同合成氣應用方式也有不同焦油容許濃度之規格，譬如燃氣引擎要求焦油含量須在 50 mg/Nm³ 以下，燃氣渦輪發電機要求 5 mg/Nm³ 以下，燃料電池則更嚴苛地要求 1 mg/Nm³ 以下^[7,8]，故合成氣中焦油含量越低，則可擴大應用範圍至更多發電設備。

為進一步增加氣化技術商業化之潛力，去除焦油技術是生質物氣化製程中的必須項目，以淨氣程序避免焦油影響到設備運作之穩定性。本文將介紹常見合成氣除焦油技術，包含一段式除焦法（氣化爐內）與二段式除焦法（氣化爐外），希望提供生質物氣化技術研發方向之參考。

二、生質物氣化除焦油技術

生質物（木質纖維素）含有由芳香族聚合物構成之木質素，因而在氣化高溫反應下，容易產生富含芳香族化合物之焦油，為減少焦油對氣化設備及產品規格影響，分為氣化爐內或爐外去除焦油；爐內產生合成氣過程中降低焦油含量之方法稱為一段式除焦法，合成氣離開氣化爐再去除焦油之方法則稱為二段式除焦法。以下說明關於一段式與二段式除焦法之詳細技術內容。

（一）一段式除焦法

在生質物氣化爐中，改變操作條件或爐體設計以去除焦油稱為一次除焦法，可改變條件有氣化爐種類（流體化床、固定床）、反應溫度、氧氣等值比（Equivalence Ratio, ER）、進料種類、壓力、床砂材料及滯留時間等項目。

溫度是提升生質物轉化率的關鍵，通常控制於 750°C 以上，高溫環境可提高生質物熱裂解效率，使合成氣中焦油濃度降低、增加熱值，但是溫度過高會消耗合成氣主成分（H₂、CO 及 CH₄ 等）、造成熱值降低，並使焦炭生成，故針對不同碳量及組成之生質料源需要選擇不同氣化溫度，譬如農業廢棄物之氣化溫度控制於 750~850°C，木材生質物則控制於 850~950°C^[9]。

氧氣等值比是指氣化反應中氧氣與碳量比例，氣化反應中氧氣量越高，焦油越容易於爐內熱裂解，但是氧氣亦可與合成氣中之 H₂ 及 CO 發生氧化還原反應，產生 H₂O 及 CO₂，使合成氣熱值降低^[9]，因此過量氧氣反而不利於維持合成氣之熱值。

床砂材料改良是指在氣化爐中直接以催化劑取代部分床砂，可同時提高去除焦油效率及達成經濟效益，取代床砂最常見的材料是相對廉價之白雲石（Dolomite，主要成分為 CaMg(CO₃)₂）及石灰石（Limestone，主要成分為 CaCO₃）等礦物，焦油去除率可達 95%，但缺點在於白雲石與石灰石硬度較低，因此有磨損速率較高之問題^[6,8,10,11,12]。

除了使用天然礦石，金屬或金屬氧化物催化劑亦可應用於催化焦油裂解，在氣化爐內直接催化反應並去除焦油，常見金屬催化劑為 Ni 基催化劑，為防止焦炭生成及抗磨

損，通常會搭配鹼金屬 / 鹼土金屬氧化物 (如 CaO、MgO 等)，以強化催化劑耐用度^[5]。

氣化爐設計類型也會改變焦油生成比例，不同設計結構將影響熱裂解反應速率，亦影響到合成氣中焦油濃度，常見氣化爐類型有上吸式固定床 (Updraft Fixed Bed)、下吸式固定床 (Downdraft Fixed Bed)、氣泡式流體化床 (Bubbling Fluidized Bed)、循環式流體化床 (Circulating Fluidized Bed) 及挾帶床 (Entrained Bed) 等。

上吸式固定床是採用上方進料、下方進氣及上方出合成氣之逆流設計，由於焦油在熱裂解層產生後即被氣流往上帶出，減少部分氧化時間，造成合成氣焦油含量較高 (~100 g/Nm³)。下吸式固定床是上方進料、中段進氣及下方出合成氣之順流設計，由於產物將完整經過高溫反應區，合成氣焦油含量僅 1 g/Nm³，但缺點是熱交換效率不如上吸式固定床。

氣泡式流體化床是下方進氣及上方出合成氣之設計，藉由使床砂流體化以提高反應

效率，通常會採低流速 (<5 m/s) 抑制爐內床砂擴散區，避免床砂或焦炭隨合成氣流挾帶出爐體。循環式流體化床是高流速 (5~8 m/s) 下增加混合均勻性，由氣化爐後端加設之旋風分離器 (Cyclone)，將固體顆粒攔截後回收至氣化爐中，因此氣流速度可進一步提升。氣泡式與循環式流體化床產出之合成氣，焦油濃度可抑制於 10 g/Nm³[6,10,13,14,15,16]。

挾帶床是由氣化劑挾帶原料固體顆粒至氣化爐內之設計，進料與進氣口皆在相同位置，具有較佳預混合效果，滯留時間短且負載量高，但操作溫度超過 1,200°C，使得灰分完全熔化，有形成爐渣結垢或侵蝕設備之風險^[17,18]。

最理想氣化製程是希望藉由一段式除焦法，在氣化爐內就同時完成合成氣生產與潔淨氣體作業，使合成氣離開爐體後焦油濃度即降至合於應用規格標準，然而到目前為止一段式除焦法效果有限^[19]，如表 2 所示。其後續仍需輔以二段式除焦法，才能更有效地降低合成氣中焦油濃度。

表 2 一段式除焦法操作策略優缺點整理^[19]

操作策略	優點	缺點
高溫氣化處理 (850°C 以上)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 減少水溶性焦油生成 ➢ 降低廢水處理需求 ➢ 較高的出口氣溫 ➢ 灰分中較少碳含量 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 灰分高溫燒結 ➢ 生成易凝結多環焦油 ➢ 易發生氣溶膠現象 ➢ 增加系統能耗 ➢ 降低淨功率輸出
加入白雲石床砂	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 減少水溶性焦油生成 ➢ 減少氣溶膠現象的發生 ➢ 合成氣產品較潔淨 ➢ 降低廢水處理需求 ➢ 灰分中較少碳含量 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 需備有床砂儲槽 ➢ 額外的白雲石成本 ➢ 爐灰量可能增加 ➢ 影響灰份品質與可售性 ➢ 額外 CO₂ 排放
加長滯留時間	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 減少水溶性焦油生成 ➢ 降低廢水處理需求 ➢ 灰分中較少碳含量 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 增加爐體體積 ➢ 生成易凝結多環焦油 ➢ 易發生氣溶膠現象

(二) 二段式除焦法

由於離開氣化爐之合成氣仍含有焦油成分，二段式除焦法在氣化爐後端接上除焦油設備，對熱合成氣進一步潔淨處理。二段式除焦法可分為物理性及化學性處理，其中化學性處理又可細分為熱裂解、電漿裂解及催化裂解。

1. 物理性處理法

物理性處理可應用尺寸大小、重量篩選或溶解度等原理，將合成氣中焦油及固體顆粒攔截下來，常見設備有旋風分離器、過濾器（擋板、纖維濾布或陶瓷多孔材）、靜電集塵及洗滌器（水相或有機相）等。為提高物理性處理效率，通常操作溫度會在 450°C 以下，使焦油開始凝結而產生氣溶膠 (Aerosol) 現象，氣凝膠與固體顆粒因顆粒較大，可輕易地被各類篩選器或過濾器攔截。然而增加降溫處理程序會降低整體系統能源效率，洗滌器等濕式處理方法亦會產生廢液，故製程必須考量如何處理廢液或回收溶劑之問題^[8,10]。

荷蘭能源研究中心研發之 OLGA 焦油移除系統，即為一連串物理性處理之整合製程，合成氣首先經過旋風分離器去除顆粒，再經

以降溫收集器，以油滌降低合成氣溫度，使重焦油凝結沉降，最後接續以油相吸收塔攔截輕質氣相焦油成分，不僅可獲得乾淨合成氣，輕重質焦油也能個別分離回收，OLGA 製程如圖 1 所示^[20]。

2. 化學處理法

(1) 熱裂解

除物理方法之外，焦油亦可由熱裂解轉化為輕質氣體，通常熱裂解操作溫度會高達 1,100~1,300°C，可再通入氧氣或空氣幫助部分氧化反應，滯留時間控制在數秒之內。為保持裂解效率，反應溫度越低溫則滯留時間越長，譬如萘在 1,150°C 滯留 1 秒可達裂解率 80%，若在 1,075°C 則需滯留 5 秒才能得到相同裂解率^[7,21]。但熱裂解面臨與一段式除焦法同樣之問題，即使滯留時間短，也可能使合成氣主產物再次反應而消耗，使合成氣熱值降低，也會增加額外灰分於設備中^[6,10]。

(2) 電漿裂解

電漿裂解是利用包含自由基、離子及激發分子之電漿，製造高活性環境使焦油裂解，屬於較近代的研究方向^[5]，依照電

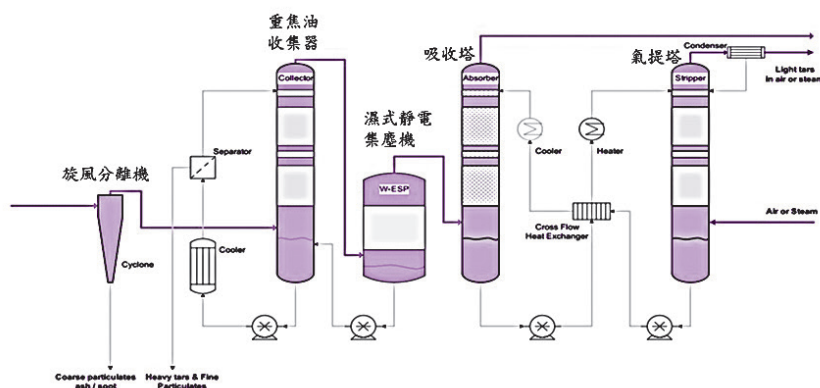


圖 1 荷蘭 ECN 的 OLGA 製程^[14]

漿溫度可分為熱與非熱電漿裂解，熱電漿裂解既將電漿做為熱源也提高活性，而非熱電漿裂解則於相對低溫環境裂解焦油，譬如 Nair 等人 (2005) 以 DC/AC 電量 (Corona) 於 300 °C 裂解萘，僅需 170 J/L 之能量密度即可達裂解率 95% 以上^[22]。雖然焦油移除效率高，然而電漿裂解仍有高成本、高能耗及設備壽命等問題需克服^[23]。

(3) 催化裂解

催化裂解是以催化劑降低焦油裂解反應活化能，相較於前述熱裂解反應溫度較低 (約介於 500~900 °C)^[24]，具有減少製程能耗與避免主產物被消耗之優點。常見催化劑為 Ni 基金屬或非 Ni 基金屬催化劑，載體則有橄欖石、白雲石、沸石及活性碳催化劑等選擇^[25]。

Ni 基催化劑在石油化學工業領域已常用於石腦油或甲烷重組製程中，故市場上相對容易取得，亦可抑制有害氣體 NO_x 的生成，通常 Ni 基催化劑會再與其它過渡金屬或礦物搭配，提升除焦油之效率。譬如 Di Felice 等人 (2009) 以 Ni 搭配載體白雲石於 645 °C 之焦油移除率可達接近 100%^[26]。

Liu 等人 (2012) 發現載於坡縷石 (Palygorskite, 一種鎂質矽酸鹽多孔礦物) 之 Ni-Fe 基催化劑有助於提升焦油移除及氫氣產率，其中以前驅物 Fe(NO₃)₃ · 9H₂O 合成之 Ni-Fe 催化劑效率最佳，700 °C 之焦油移除率及 H₂ 產率分別為 94.4% 及 57.7%^[27]。

Corella 等人 (1999) 將奈米 NiO 顆粒載於 γ-Al₂O₃，發現 NiO 顆粒如球狀均於分布表面，於 800 °C 之焦油移除率可達 99%^[28]。

Depner 與 Jess (1999) 發現 Ni₅TiO₇ (以電漿氧化 TiO₂ 表面與 NiO 形成之奈米結

構) 因高比表面積提升反應性，能比一般商用 Ni 基催化劑 G117 (750 °C) 在相對低溫下 (720 °C)，達到萘移除率接近 100%。

催化劑選用之載體決定其熱穩定性、比表面積及反應性，在焦油催化裂解中為重要影響因子之一。橄欖石 (Olivine) 是含有 Mg 及 Fe 之矽酸鹽礦物，可增加焦油重組效率，並提升催化劑耐磨性，譬如 Zhao 等人 (2009) 將 Ni 載於橄欖石上，於 750~900 °C 使焦油移除率達 85~100%^[29]。

白雲石是含有 Ca 及 Mg 的碳酸鹽礦物，提升 Ca/Mg 比可促進礦物形成穩定結晶，有助於提升焦油移除率，譬如 Srinakruang 等人 (2006) 將 Ni 載於白雲石上，即使進樣存在 100 ppm 之 H₂S，於 770 °C 仍可幾乎完全移除焦油成分^[30]，但白雲石不宜用於過度高溫之環境，否則容易發生聚結現象而失活。

沸石是含鋁矽酸鹽礦物，具有多孔質地、比表面積大且熱穩定，常做為酸性催化劑使用，譬如 Di Felice 等人 (2009) 將 Ni 載於沸石上，於 750 °C 使萘移除率達 99.5%^[26]。

活性碳是經 500~1,000 °C 高溫活化之微晶碳，可由生質物製備原料，同樣具備多孔質地及高催化性之優點，此外活性碳為中性或微鹼性，也較能耐受重金屬或焦碳累積而失活之問題，譬如 Abu El-Rub 等人 (2008) 比較不同除焦油催化劑之轉化效率，發現於 900 °C 活性碳之萘移除率接近 100%^[11]。

金屬催化劑除了 Ni 基之外，其它過渡金屬對焦油移除亦有良好效果。譬如 Miyazawa 等人 (2005) 以 Rh 搭配促進劑 CeO₂ 及載體 SiO₂，焦油移除率亦可達接近 100%，且反應效率維持得比 Ni 更安定^[31]。Wang 等人 (2012) 以 Co-Fe/Al₂O₃ 進行蒸汽重組焦油，於 550 °C

之焦油移除率接近 100%^[32]。

由於催化劑會增加製程設計之成本，亦有碳沉積及磨損碎裂等毒化失活問題，可能造成催化效率隨運轉時間拉長而降低，故選擇催化劑時需注意高物理強度、成本低廉及再生容易等指標條件^[10]。

三、結語

為使合成氣可擴大應用於不同發電機組（如渦輪機及內燃機引擎等），去除焦油技術為生質物氣化製程中不可或缺之一環，降低焦油濃度將有助於提升合成氣產品品質，其中易凝結之 Class 4 及 5 焦油與水溶性 Class 2 焦油是技術發展中最大挑戰。

物理性方法可藉由相對簡易的設計攔截焦油，但可能影響能量效益且產生額外廢水。化學性方法之熱裂解與催化裂解由於反應性佳，可幾乎裂解氣體中所有焦油成分而受到注目，然而高成本問題仍有待改善。綜觀各類去除焦油技術，研發時需盡量符合高焦油移除率、低能耗、低成本、避免熱值降低及維持長時間操作穩定性等條件，方能增加生質物氣化製程之競爭潛力。

致謝

承蒙經濟部能源局支持「分散式生質廢棄物能源關鍵技術研發計畫」(106-D0109)，幫助本文之研究工作順利完成，謹此致謝。

參考文獻

- [1] Saidur, R., Abdelaziz, E.A., Demirbas, A., Hossain, M.S., Mekhilef, S.. A review on biomass as a fuel for boilers. *Renew. Sust. Energy Rev.* **2011**, 15, 2262–2289.
- [2] Bauen, A., Berndes, G., Junginger, M., Londo, M., Vuille, F., Ball, R., Bole, T., Chudziak, C., Faaij, A., Mozaffarian, H.. Bioenergy—a sustainable and reliable energy source: a review of status and prospects. *IEA Bioenergy.* **2009**.
- [3] Ruiz, J.A., Juárez, M.C., Morales, M.P., Muñoz, P., Mendivil, M.A.. Biomass gasification for electricity generation: review of current technology barriers. *Renew. Sust. Energy Rev.* **2013**, 18, 174–183.
- [4] Udomsirikakorn, J., Basu, P., Salam, P.A., Acharya, B.. Effect of CaO on tar reforming to hydrogen-enriched gas with in-process CO₂ capture in a bubbling fluidized bed biomass steam gasifier. *Int. J. Hydrogen Energy.* **2013**, 38, 14495–14504.
- [5] Bosmans, A., Wasan, S., Helsen, L.. Waste to clean syngas: avoiding tar problems. *2nd International Enhanced Landfill Mining Symposium*, Houthalen-Helchteren, Belgium, **2013**.
- [6] Zwart, R.W.R.. Gas cleaning downstream biomass gasification – status report. ECN Biomass, Coal and Environmental Research, The Netherlands, ECN-E--08-078, **2009**.
- [7] Fjellerup, J., Ahrenfeldt, J., Henriksen U., Gobel, B.. Formation, decomposition and cracking of biomass tars in gasification. Technical University of Denmark (DTU), Biomass Gasification Group, Denmark, MEK-ET-2005-05, **2005**.
- [8] Milne, T.A., Evans R.J., Abatzoglou, N.. Biomass gasifier “tars” - their nature, formation and conversion. NREL, The United States, 1998.
- [9] Devi, L., Ptasinski K.J., Janssen, F.J.J.G.. A review of the primary measures for tar elimination in biomass gasification processes. *Biomass. Bioenerg.* **2003**, 24, 125–140.
- [10] Woolcock P.J., Brown, R.C.. A review of cleaning technologies for biomass-derived syngas. *Biomass. Bioenerg.* **2013**, 52, 54–84.
- [11] Abu El-Rub, Z., Bramer E.A., Brem, G.. Experimental comparison of biomass chars with other catalysts for tar reduction. *Fuel.* **2008**, 87,

- 2243–2252.
- [12] Sutton, D., Kelleher B., Ross, J.R.H.. Review of literature on catalysts for biomass gasification. *Fuel Process. Technol.* **2001**, 73, 155–173.
- [13] Richards, G.A., Casleton, K.H., Weiland, N.T. Nathan. *Syngas Utilization. Synthesis Gas Combustion: Fundamentals and Applications.* Taylor & Francis Group, **2010**, 200–202.
- [14] Bahng, M.-K., Mukarakate, C., Robichaud, D.J., Nimlos, M.R.. Current technologies for analysis of biomass thermochemical processing: a review. *Analytica Chimica Acta.* **2009**, 651, 117–138.
- [15] Couto, N., Rouboa, A., Silva, V., Monteiro, E., Bouziane, K.. Influence of the biomass gasification processes on the final composition of syngas. *Energy Procedia.* **2013**, 36, 596–606.
- [16] Panwar, N.L., Kotharib, R., Tyagi, V.V.. Thermo chemical conversion of biomass – eco friendly energy routes. *Renew. Sust. Energ. Rev.* **2012**, 16, 1801–1816.
- [17] 江滄柳 (2014)。氣化爐操作參數分析與設計之優化。行政院原子能委員會委託研究計畫研究報告，計畫編號 1032001INER027。
- [18] Holt, N.. Gasification technology status–technical update. EPRI Report 1012224, **2006**.
- [19] Kiel, J.H.A., von Paasen, S.V.B., Neeft, J.P.A., Devi, L., Ptasinski, K.J., Janssen, F.J.J.G., Meijer, R., Berends, R.H., Temmink, H.M.G., Brem, G., Padban N., Bramer, E.A.. Primary measures to reduce tar formation in fluidised-bed biomass gasifiers: final report SDE Project P1999-012, ECN BM, The Netherlands, ECN-C--04-014, **2004**.
- [20] Principle of OLGA tar removal system. Energy Research Centre of the Netherlands, The Netherlands. Available from <https://www.ecn.nl/> (in February 2017)
- [21] Houben, M.P.. Analysis of tar removal in a partial oxidation burner. Technische Universiteit Eindhoven, The Netherlands, **2004**.
- [22] Nair, S.A., Yan, K., Safitri, A., Pemen, A.J.M., van Heesch, E.J.M., Ptasinski, K.J., Drinkenburg, A.A.H. Streamer corona plasma for fuel gas cleaning: comparison of energization techniques. *J. Electrostat.* **2005**, 63, 1105–1114.
- [23] Chang, J.S.. Next generation integrated electrostatic gas cleaning systems. *J. Electrostat.* **2003**, 57, 273–291.
- [24] Anis, S., Zainal, Z.A.. Tar reduction in biomass producer gas via mechanical, catalytic and thermal methods: A review. *Renew. Sust. Energ. Rev.* **2011**, 15, 2355–2377.
- [25] Shen, Y., Yoshikawa, K.. Recent progresses in catalytic tar elimination during biomass gasification or pyrolysis – A review. *Renew. Sust. Energ. Rev.* **2013**, 21, 371–392.
- [26] Di Felice, L., Courson, C., Jand, N., Gallucci, K., Foscolo, P.U., Kiennemann, A.. Catalytic biomass gasification: simultaneous hydrocarbons steam reforming and CO₂ capture in a fluidized bed reactor. *Chem. Eng. J.* **2009**, 154, 375–383.
- [27] Liu, H.B., Chen, T.H., Chang, D.Y., Chen, D., Kong, D.J., Zou, X.H.. Effect of preparation method of palygorskite-supported Fe and Ni catalysts on catalytic cracking of biomass tar. *Chem. Eng. J.* **2012**, 188, 108–112.
- [28] Corella, J., Orio, A., Toledo, J.M.. Biomass gasification with air in a fluidized bed: exhaustive tar elimination with commercial steam reforming catalysts. *Energy Fuels.* **1999**, 13, 702–709.
- [29] Zhao, Z., Lakshminarayanan, N., Kuhn, J.N., Senefeld-Naber, A., Felix, L.G., Slimane, R.B.. Optimization of thermally impregnated Ni–olivine catalysts for tar removal. *Appl. Catal. A. Gen.* **2009**, 363, 64–72.
- [30] Srinakruang, J., Sato, K., Vitidsant, T., Fujimoto, K.. Highly efficient sulfur and coking resistance catalysts for tar gasification with steam. *Fuel.* **2006**, 85, 2419–2426.
- [31] Miyazawa, T., Kimura, T., Nishikawa, J., Kunimori, K., Tomishige, K.. Catalytic properties of Rh/CeO₂/SiO₂ for synthesis gas production from biomass by catalytic partial oxidation of tar. *Sci. Technol. Adv. Mater.* **2005**, 6, 604–614.
- [32] Wang, L., Hisada, Y., Koike, M., Li, D., Watanabe, H., Nakagawa, Y., Tomishige, K.. Catalyst property of Co–Fe alloy particles in the steam reforming of biomass tar and toluene. *Appl. Catal., B* **2012**, 121–122, 95–104

OLED 與 LED 的高值化技術

TCIA 秘書處

隨著科技的進步，人們對於光源的要求也越來越高。工研院日前開發的 Flexible OLED 及相關技術，首度於 2017 年台灣國際照明科技展現身，輕巧、超薄、可彎曲的特性，引相當的矚目，有望能在一片殺價競爭的紅海戰場中，另闢高值化的新市場。

OLED 跨入新世代

Flexible OLED 光引擎技術，是將傳統 OLED 使用的玻璃基板換成軟性、輕量的塑膠基板，相對應的，原本的硬質封裝技術也必須改為軟性封裝，進而研發出 Flexible OLED (FOLED)，其重量僅 8 公克、厚度低於 0.6 mm。由於採用軟性基本與軟性封裝，使得 FOLED 能夠彎曲，再加上輕薄小巧的優

勢，為商業、居家、車用等各式生活場域，創造出無限的可能性。

除致力於讓 OLED 輕薄、可撓曲外，設計的便利性也是關鍵。以簡化各部件的連結來說，工研院為 OLED 燈具配置了電子機構接口，搭配的框架能保護 FOLED 超薄結構。另外，結合機電設計結構組成的光引擎 (Light Engine)，只要接上電線就能使用，高自由度能有效排除 OLED 應用的障礙。

例如，以 40 片 OLED 所組成的餐桌燈，將電源與訊號控制整合於鋼索之中，能夠同時驅動大量 OLED。再者，結合無線充電介面，則是可隨意擺設創造出符合自己需求的 OLED 照明。以 OLED 類自然光的發光特性，特別適合應用於美妝方面，化粧鏡、舞台、攝影等用途，頗受期待。



▲ 工研院 FOLED 技術，開發出輕薄、可撓曲的新世代照明元件

從點光源到面光源

更進一步的，OLED 在車燈應用也受到矚目。汽車設計強調空間運用、輕量化，是薄型化光源發揮的最佳舞台，再加上可彎曲的特性，讓車輛的整體造型不受限制，更有彈性。

就 OLED 的發光特性而言，其為面發光型光源，頻譜接近自然光，且具有低眩光及輕薄可撓等特性，因此被視為新世代照明技術。以車尾燈為例，LED 車燈通常為點狀光源組成，易造成眩光；OLED 則是面發光型光源，較不易產生眩光問題。目前工研院已與台灣車燈製造商合作，共同開發 OLED 汽車尾燈。

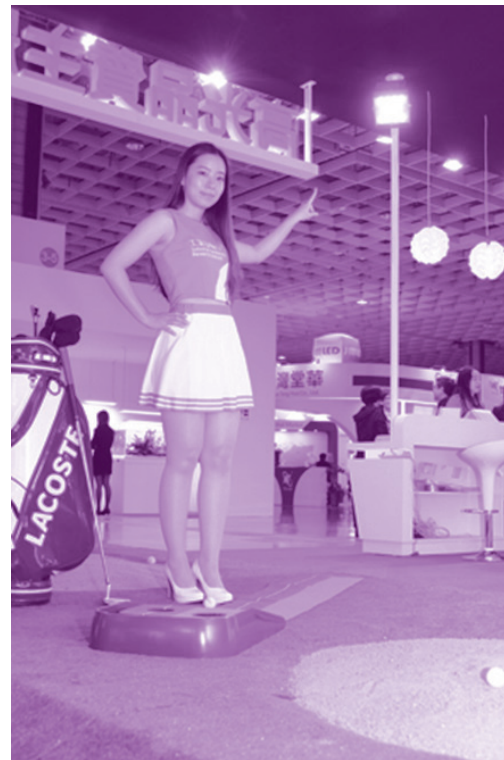
OLED 從幾年前的概念，到今日已開始強調設計的多變性，顯示出其已從技術開發主軸，逐漸邁入實際的市場應用，尤其高階的設計領域。目前工研院 FOLED 光引擎計畫已接近量產階段，而由於 OLED 光源即燈具的特性，因此若以最終燈具價格來衡量，OLED 進入新市場很有機會。OLED 的應用可望從初期的美妝與汽車等高單價市場，逐漸打入大量使用的家用照明。

LED 的再進化

LED 光源的出現，迅速席捲了數十年未曾改變的照明市場，然而也迅速跨入產品成熟期，陷入殺價競爭的窘境。工研院針對 LED 的發光特點，結合人因照明與 LED 智慧控制技術，開發出光譜可調、低色偏、高演色性、低眩光、無閃爍等特性的產品，藉以打造高光品質照明環境，跨入不同領域應用。

舉例來說，大型運動設施的照明大多採用高強度氣體放電 (High-intensity discharge, HID) 光源，因為採用 LED 燈具可能重量過高。一般而言，1,000 瓦 HID 燈具重量大多低於 16 公斤，若採用 LED，其重量達 25~35 公斤，安裝與維護均有風險。

為此，工研院開發的超高功率 LED 燈具，500 瓦 LED 即可有 1,000 瓦 HID 相同的照度，重量僅 9.8 公斤，燈具效率達 122 lm / W，照度可達 140 lux，比 HID 更優，同時還能省下 40% 以上的耗電量。目前已經實際於竹北體育場展開示範，將可協助體育設施、大型場館、路燈等場域，改善照明品質與節約能源。



▲ LED 將取代 HID，成為戶外設施與大型場館的照明主力

實現優質人因照明

未經處理的 LED 光源，會產生的閃爍現象，長期下來會造成疲勞，進一步可能有意外或影響精神狀態的可能性。工研院開發的高效率無閃爍電源供應器，可以消除 LED 燈產生的光閃爍現象，採用類單級電源架構，能大幅縮小電源供應器的體積與功耗，除具轉換效率外，還具有低輸出電流漣波及無閃爍等特性，超薄型的厚度小於 6 mm，有利於外型設計變化及佈線便利。

此外，工研院也開發 LED 可調控光譜技術，色溫範圍 2,700~6,500 K，演色性平均可達 Ra90 以上，達到極佳的顯色效果，並可利用特定頻譜打造出的特殊照明，應用於博物館展示品等特殊需求。相關技術也能用於食

安、醫療檢驗上，提高判別準確度。

舉例來說，只要調整燈光，就能讓櫥窗裡的衣服看起來更加鮮豔明亮，這樣的效果是透過多晶多色的調光燈具，將特定波長混合白光，使其呈現高色彩度。此模組也能應用於人體保健，找出適合生理節奏的照明，以降低疲勞、振奮精神。人眼無論調整的光譜為何，看到的依舊是白光，然而由於其中紅、藍、綠光的比例不同，視網膜神經節細胞所接受的生理刺激程度也不同，可藉此發揮其對人類生理的影響。

新世代的 LED 也是農業的好幫手，利用多色 LED 提供植物生長所需的特定光譜，同時還能利用內建無線網路連結至雲端園藝管理系統，透過資料庫與管理系統，實現栽種與維護的自動化，達到農業新競爭力。



▲ LED 結合無線網路與資料庫，將成為新世代農業的基礎元件

大亞灣石化園區

TCIA 秘書處

惠州位於廣東省東南部，毗鄰深圳、香港，有相當的地理優勢。惠州南部的大亞灣，原本只是個濱臨南海的小漁村，今日卻已成為最值得矚目的石化產業基地，位置如圖 1 所示。大亞灣石化園區除被列為中國 7 個重點發展石化基地，同時也連續 5 年排名中國化工園區前 20 強。以中海油為主體的架構之下，目前區域內已有 79 宗投資案，總投資額達人民幣 1,678 億元，對外的國際招商，則鎖定全球 500 大企業。

2017 年，大亞灣石化園區以人民幣 2,536 億元累計固定資產投資，名列中國化工園區 20 強首位，總銷售收入人民幣 1,320 億元則位居第 3。這項評比中包括經濟實力、基礎設施配套、環境保護及節能減碳、循環經

濟、安全與公眾認知等 5 個主要指標，是客觀的石化工業園區綜合實力評比，並已成為產業一致認同的園區發展方向。

由此可見，大亞灣對於中國石化版圖的重要性，其已成為中國南方最重要的石化基地。本文將簡介當地發展現況，以及惠煉二期可能帶來的影響。

已具世界級石化基地雛形

在業界公認的標準中，煉油量 4,000 萬公噸 / 年、乙烯生產 350 萬公噸 / 年的規模，才能稱上世界級石化基地。例如美國休士頓有著煉油 11,750 萬公噸 / 年、乙烯 1,200 萬公噸 / 年的規模。而亞洲最知名的新加坡裕廊

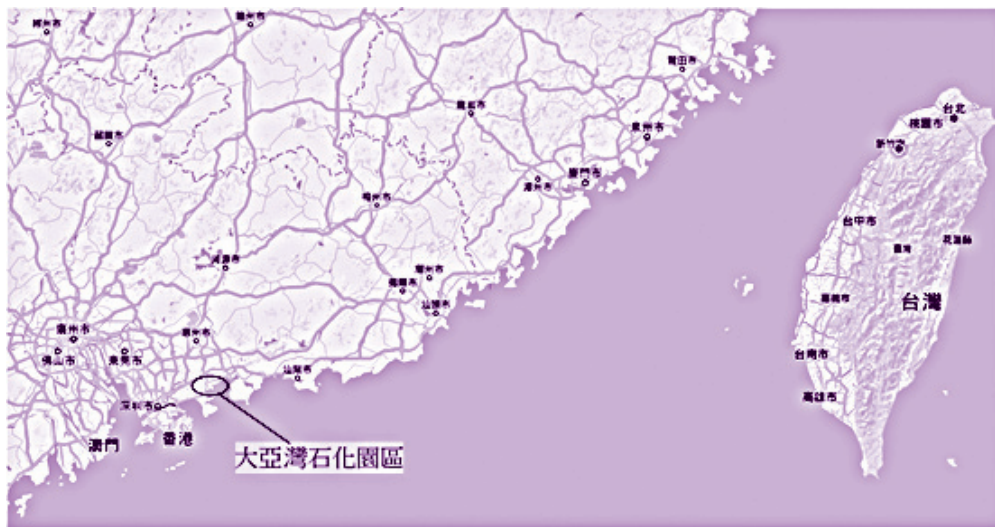


圖 1 大亞灣石化園區位置示意

島，其煉油量為 6,910 萬公噸 / 年、乙烯產量為 560 萬公噸 / 年。

如果將大亞灣與全球知名的石化基地相比較，在園區內的惠煉一期煉油規模為 1,200 萬公噸 / 年、乙烯 100 萬公噸 / 年，距離世界級石化中心還有相當的距離。但當 2017 年 6 月底惠煉二期試車、11 月乙烯試車之後，整個大亞灣石化區將成為煉油量 2,200 萬公噸 / 年、乙烯 220 萬公噸 / 年的產能規模，已經與世界級石化基地拉近了距離。

在這樣的規劃下，整個大亞灣石化園區主要產品規模包括：成品油 1,400 萬公噸 / 年、苯乙烯 120 萬公噸 / 年、聚乙烯 120 萬公噸 / 年、聚丙烯 70 萬公噸 / 年等數十種產品，如圖 2 所示。屆時，大亞灣石化區石化下游產業將延伸出一批產能規模超 20 萬公噸 / 年的石化產品，已經具有世界級石化基地的雛形。

大亞灣石化園區強調創新與環境，具有經濟導向、技術導向等特質。透過引進先進的生產技術，促進創新，以及推動高值化的產業鏈。舉來來說，園區內乙烯生產者中海殼牌之裝置，擁有 Shell 共 13 項不對外轉讓的專利，以及 ABB Lummus

的乙苯製程，是全球最大的苯乙烯 / 環氧苯烷 (SM/PO) 裝置之一，其生產每公噸產品用水量，僅為傳統製程的 1/22。

另一方面，中海油惠州煉化的「高酸重質原油全額高效加工」項目，則獲得 2014 年度國家科技進步二等獎（一等獎從缺），「高含酸原油的抗腐蝕加工法」獲 2015 年中國專利獎優秀獎，也是中海油產業系統中第一個

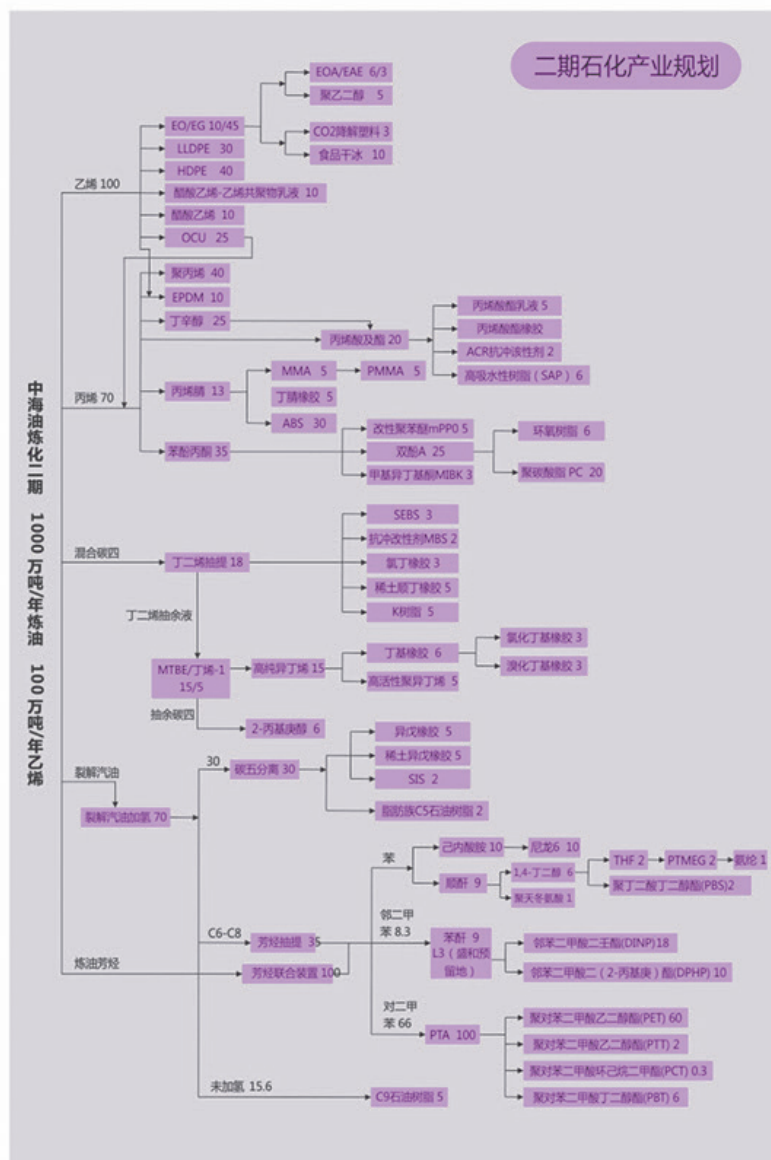


圖 2 大亞灣 2 期石化產業規劃

獲得國家級專利的獎項。惠州宇新化工擁有全世界最先進的乙酸仲丁酯生產技術，而我國李長榮化工全球最大 TPE 生產設施，正位於大亞灣石化園區。

群聚效應開始發酵

2013 年 7 月 9 日惠煉二期開工，在不到 4 年的時間內，已經準備投料試車。除了中海油體系在上游帶頭擴建外，其他方面包括宇新化工異辛烷項目、Clariant 二期、安品有機矽等項目陸續投產，以及興達石化二期、宙邦化工二期、Praxair 二期、LNG 二期等一批擴大產能計畫、新增項目投資進度加快。上述項目達產後，將為園區新增工業總產值近人民幣 1,000 億元。

為讓整個大亞灣石化園區發揮最大效應，將惠州打造世界級石化基地，整個園區的策略，早已經選定以全球先進項目為主，結合化工界產學研力量，由基本的煉油開始，向產業鏈的中下游延伸與研發端延伸。

在主體的優勢上，大亞灣石化園區碼頭與基礎建設齊全，又有中國沿海及華南地區廣大市場支持，石化產業原料與倉儲無虞，並可就地轉換成為高值化產品，非常適合相關企業群聚發展。在招商方面，則朝向世界 500 強及產業領先者招手，並針對整體產業鏈形成的不足之處進行補強，同時更延長、加強產業鏈的發展。簡單來說，就是一個打造夢幻隊的概念。

另一方面，大亞灣石化園區也推動仲介招商，以借力使力的方式，拉近與專業的距離。透過中國石化聯合會、仲量聯行、瑞穗

銀行、各產業公會、香港貿發局等機構，達到招商的目標。另一方面，與中海油、中海殼牌連通互動，共用客戶資源，結合上游力量尋找適合之目標。

目前已確定在大亞灣石化區落腳的專案共有 79 項，包括美國、日本、荷蘭等 20 多個國家廠商，總投資額達人民幣 1,678 億元。其中，33 宗專案由 11 家世界 500 強企業投資，世界 500 強及行業領先企業投資占總投資的 90%。

整體而言，目前大亞灣石化專區已形成碳 2、碳 3、碳 4、碳 5 等產品系統產業鏈，值得注意的是，園區循環經濟產業鏈關聯度高達 90%，化工原料在地消化率達到 80%。透過這樣的效率，將在生產、環境、成本等層面創造出不同的綜效，是再擴大群聚的強大吸引力。

BASF 的投資案例

BASF 早在 2012 年，即由巴斯夫造紙化學品（惠州），在大亞灣開始生產相關化學品。2017 年 4 月初，BASF 全球副總裁到訪大亞灣，看到整體發展路線後隨即表示，其中有 BASF 希望發展的產品，對大亞灣區的增資擴產開始進行佈局。

看見未來的可能性，BASF 擬在現有工廠生產基礎上進行擴建，新增投資人民幣 2.6 億元，擴大丁苯橡膠 (SBR) 的生產銷售規模，建成後產能將由 10 萬公噸 / 年提升到 20 萬公噸 / 年，增長 1 倍，預計產值達人民幣 12 億元以上，同時填補石化區內丙烯酸酯橡膠

(ACM) 的空白。

由全球第一化工龍頭的投資佈局來觀察，其也納入大亞灣石化園區的一部分，在既有的業務上同步進行擴充，同時對於未進入的領域預先插旗，投資額雖然不是那麼驚人，但卻具有一定的戰略意義！針對一個定義為領先業界，具有「大煉化、大港口、大倉儲、大物流」產業格局的園區，世界第一大化工集團 BASF 具指標性的卡位，可能也將引發後續跟進的效應。

研發與產業孵化

石化園區無論在生產、管理層面，或是進一步的產品高值化、衍生附加價值等，都必須有相對應的研究能量支持。在這個前提下，大亞灣石化園區聚集中山大學、北京化工大學、中國石油大學、中山大學惠州研究院等學校，建立國家石油和生物能源檢測重點實驗室、中國產學研合作創新示範基地、中山大學惠州研究院博士後科研工作站、中海油博士後科研工作站等 4 個國家級創新平台，作為背後的支援。

針對產業可能的需求，廣東省也提出對應的計畫，包括廣東石化中下游產業技術創新聯盟、廣東（大亞灣）石油化工研究院、服務石化產業新型研發機構、產學研示範區等共 11 個省級創新平台。這使得園區內創新創業公共服務平台總數達到 20 個、認證檢驗機構 13 個。由政府主導建設的大亞灣科技創業服務中心是中國少有、廣東省唯一的精細化工專業育成機構，獲國家級科技企業孵化器的認定。

目前，該區基本以大亞灣科技創業服務中心之國家級孵化器為主體，石化區科技企業加速器、中山大學化工產業化基地為有效補充的全生命週期育成體系。在面積 4.27 萬平方公尺的育成機構中，共有 101 家企業在孵育之中。為進一步構建科技企業培育生態鏈，園區正積極籌建國家千人計畫化工（惠州大亞灣）研究院、香港科技大學惠州研究院等學研機構。

這樣的作為提供了一種可能性，即在石化園區內，能由研發落實至產業升級，舉例來說，園區內的 Clariant 開發出高品質聚乙二醇 4000 生產裝置，並順利投產，代表的是產品由化妝品等級朝向食品和醫藥等級提升。宇新化工研發乙酸仲丁酯工業化生產技術成功量產，纏能達 10 萬公噸 / 年，其原料轉化率從 30%~40% 提升至 60%~70%、觸媒壽命延長近 50%、產品純度提高至 99.5% 等，均是落實研發的成果。

循環經濟的落實

強調以創新驅動發展，以綠色彰顯水準的大亞灣石化園區，不但有著國家級的石化園區，同時也有國家級的紅樹林城市濕地公園。不過綠化的表象之外，落實循環經濟概念，有效將產業廢棄物轉換成為有效產品，是提升園區環保與效率的最大功臣。

舉例來說，在惠煉二期展開後，必定排放更多的二氧化碳。在這之前，園區即預先規劃配套措施，導入華達通的食品級二氧化碳項目，利用煉油排放的二氧化碳尾氣，經

提純處理後，提供可口可樂、百事可樂等企業作為碳酸原料，以及其他食品用途。以此模式，原本必須排放的二氧化碳得到循環利用，並開發出一項新產業。

另一個例子是伊科思新材料，在園區內設置 C5/C9 分離及綜合利用項目，這也是與煉化廠銜接的配套措施，採用自主研發的乙腈法分離技術，轉換率已達到國際水準，能夠填補園區內 C5 與 C9 的產業鏈空白，進一步延伸新石化產業鏈發展的可能性。這項設施總投資為人民幣 13.8 億元，是中國境內最大的 C5 分離裝置，預估年產值達到人民幣 30 億元。

後發先至的可能性

大亞灣石化園區是一個由政策主導、集先進理念與整體協同概念所建立的新時代園區，以煉化廠為首，強調延伸石化產業鏈，環環相扣的群聚發展，目標是直接在園區周邊產銷，並成為中國石化園區循環經濟的示範。相對於老舊的設備裝置，只能不斷以縫縫補補來維持生產與效率者，大亞灣可說是後發先至，也將使區域化工業生產版圖產生質量與數量的變化。

目前惠煉二期即將投產，即便如此，大亞灣的產能仍然與國際級石化園區有一段距離。不過，在地生產在地消費的龐大市場優勢，廣大的腹地與具水準的公共服務量能，均有助於其再向上提升，三期的擴增看來也將成局，屆時即可能達到國際級的水準。最主要的，仍然是「西瓜偎大邊」的效應，仍

將磁吸周邊區域的投資量能，在頂尖化工企業群聚與融合後的化學變化，會創再造出什麼樣的綜效，則有待觀察。

新節能觀點 能源損失與能源效率的可視化 (終)

TCIA 秘書處

筆者引用日本「工場管理」雜誌中的連載內容，希望能藉由他人的智慧，提供大家參考並激盪出更多的火花。本文將探討節能的創新方案。

一、蒸餾的原理

單一液體的溫度達到沸點時，其氣液平衡的蒸氣壓可用下列公式 (1) 的 Antoine Equation 來表示：

$$\text{Log}_{10}P = A - B / (C + t) \dots\dots\dots (1)$$

其中 t 是氣液平衡狀態下的溫度 (°C)，P 是液體的蒸氣壓 (mmHg)，而 A、B、C 則是液體特有的特性常數。舉例來說，若液體是純苯，A 是 6.893、B 是 1,204、C 則是 219.9；又若是甲苯的話，A 是 6.965、B 是 1,351、C 是 220.2。另外 P 也是代表當液體單獨存在時，在溫度 t 時氣液平衡狀態下的氣相壓力。

接下來，將由純苯與甲苯所混合而成的液體，放入密閉容器中使其達到氣液平衡的狀態。假設液相中兩物質的莫耳分率分別是 x_1 與 x_2 、氣相中的莫耳分率分別是 y_1 與 y_2 的話，依據質量平衡的原理，在液相中是：

$$x_1 + x_2 = 1 \dots\dots\dots (2)$$

而在氣相中同樣是：

$$y_1 + y_2 = 1 \dots\dots\dots (3)$$

當容器內的壓力為 π 、氣液平衡狀態時的溫度為 t 時，假設純苯單獨存在時的蒸氣壓為 P_1 、甲苯單獨存在時的蒸氣壓為 P_2 的話，根據 Raoult's Law 可得知：

$$P_1x_1 / \pi = y_1 \dots\dots\dots (4)$$

$$P_2x_2 / \pi = y_2 \dots\dots\dots (5)$$

從公式 (4) 與 (5) 可推得下列公式將無條件成立：

$$P_1x_1 + P_2x_2 - \pi = 0 \dots\dots\dots (6)$$

如此一來從公式 (1) 到 (6) 來看，只要給定液相中純苯與甲苯的莫耳分率與氣液平衡狀態下之壓力的話，就能輕易地以 Excel 求得氣相中各自的莫耳分率與氣液平衡狀態的溫度。比方說，純苯與甲苯在液相中的莫耳分率 x_1 、 x_2 依序為 0.4 與 0.6 時，即能計算出氣相中的莫耳分率 y_1 與 y_2 依序為 0.622 及 0.378。

在蒸餾操作中，因為純苯大多存在於氣相，所以將已經暫時變成液相的東西再進行一次蒸餾。如此一來純苯的莫耳分率便會增加，反覆進行多次的話最終幾乎可達到 100%。這個反覆的量就是迴流比。

重要的是，氣相壓力在 760mmHg 時氣液平衡狀態的溫度會變成幾度，結果是 95.15°C。此外，壓力提高的話氣液平衡狀態的溫度也會升高。當壓力加倍達 1,520mmHg 時，氣液平衡狀態的溫度就變成 120.8°C。

二、蒸餾製程的能源效率

在分離純苯與甲苯時，沸點低的純苯會從塔頂蒸出而為 light end、而沸點高的甲苯則是從塔底餾出而為 heavy end，如圖 1 所示。

蒸餾操作的能源效率非常低。圖 1 規格的蒸餾塔進行可用能分析後，結果整理成的能量平衡表如表 1 所示。

為了掌握蒸餾塔的能源效率，得要將「產品純苯與產品甲苯的熱總合」，當作目標能量來考慮。如表 1 所示，可用能效率僅僅 1.2% $[(24.2 + 15.4) / 3,328.3 = 1.2\%]$ 而已。結果加熱的熱量幾乎成為不可逆損失，與冷凝器未回收的熱損失均無法利用。

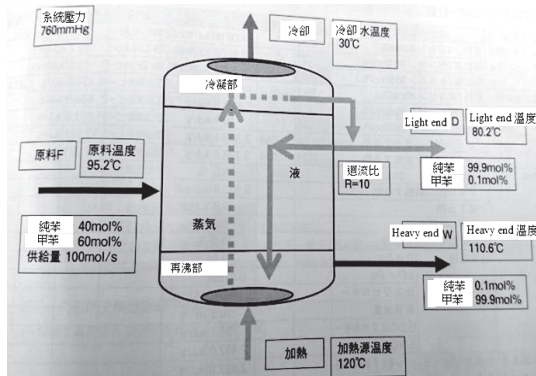
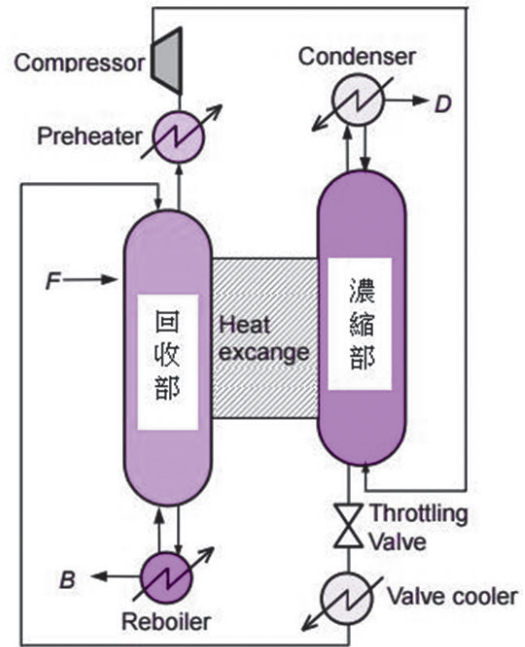


圖 1 蒸餾塔示意

三、內部熱交換型蒸餾塔

(一) 內部熱交換型蒸餾塔概述

蒸餾製程需要大量能源，是因為從液相分離時需要蒸發潛熱，與從產生的蒸氣取走冷凝潛熱使其再度回到液相。所謂內部熱交換型蒸餾塔，如圖 2 所示，是將一般塔的濃縮部份（相當於塔的冷凝部）與回收部份（相



(F : Feed ; B : Heavy end ; D : Light end)

圖 2 內部熱交換型蒸餾塔的概念

表 1 蒸餾操作的能量平衡

項次	分類	項目	單位	焓	可用能	備註
1	輸入	原料 (純苯 40mol%)	kJ/s	1,437.5	108.2	
2		加進再沸器的熱	kJ/s	13,321.0	3,220.1	
3		合計	kJ/s	14,758.5	3,328.3	
4	輸出	light end (純苯 99.9mol%)	kJ/s	426.5	24.2	
5		heavy end(甲苯 99.9mol%)	kJ/s	1,081.8	15.4	
6		冷凝器除去的熱	kJ/s	13,251.0	218.7	
7		能源損失	kJ/s	-0.8	3,070.0	不可逆損失 92.2%
8		合計	kJ/s	14,759.3	3,328.3	

當於再沸部)一分为二，藉由在濃縮部加壓使兩部份的溫度等級逆轉，在塔本身進行熱交換以達到節省熱源的一種蒸餾塔。

(二) 內部熱交換型蒸餾塔的節能性

在日本，大多是內部熱交換型蒸餾塔，簡稱為 HIDiC (Internally Heat-Integrated Distillation Columns)。

HIDiC 的節能性，筆者曾經以可用能進行大略計算，所確認的結果如表 2 所示。在這個試算中，再沸部的壓力跟之前塔一樣是 760mmHg，而冷凝部的壓力則是加倍為 1,520 mmHg。

如第 1 章所示，light end 的溫度是 121°C，跟過去傳統蒸餾塔塔底與塔頂的溫度相反。如表 2 中第 7 項與第 8 項中所示，比起再沸部所需要的熱與可用能，冷凝部所產生的熱與可用能反而比較大。可是，因為無法將所有的可用能從冷凝部移到再沸部，所以如第 9 項所示假設熱傳效率為 80%。計算結果如第 11 項所示，因為不足熱量的可用能為負值，也就是變成過剩熱量，其可用能為 19.8kJ/s。

其次，為了將塔頂壓力變成大氣壓的 2 倍，使用效率 30% 的壓縮機 (假設是以天然氣為燃料的燃氣引擎壓縮機)，如第 19 項所示，壓縮機使用的可用能即為 2,437.0kJ/s。因為沒有不足的熱量，所以從外部加入的能源 (可用能) 只有壓縮機消耗的能源 2,437.0kJ/s。跟傳統蒸餾塔的 3,220.0kJ/s 相比，如第 22 項所示，削減了 24.3% 的能源。

此外，再加上膨脹機 (expander) 將壓力的可用能回收 75% 的話，如第 27 項所示最

後可達到 42.0% 的能源削減率。

(三) 在 HIDiC 中實現

在日本，內部熱交換型蒸餾塔的研究先驅—高松武一郎教授，在 20 多年前的論文「內部熱交換型蒸餾塔的設計與可用能損失」中，基於表 3 問題設計，使用可用能詳細試算出 HIDiC 的節能特性。結論就是，「內部熱交換型蒸餾塔，若不進行壓縮交換 (回收壓力使其產生動力)，就沒有顯著的節能效果。相反地若進行壓縮交換的話，節能效率就十分令人期待」。

在表 3 中，HIDiC ①是加上再沸器與冷凝器的內部熱交換型蒸餾塔 (蒸餾塔板數較少)，而 HIDiC ②則是沒有再沸器與冷凝器、理想狀態下的內部熱交換型蒸餾塔 (蒸餾塔板數較多)。結果以能源損失來看，若傳統蒸餾塔是 100% 的話，HIDiC ①是 68.9%，HIDiC ②是 48.5%。這個結果換算成能源削減率的話，大概，分別依序是 30.5% 與 50.5%。

筆者的試算結果，則相當於大略估算 HIDiC ②的節能效率。

然而，在 2014 年 11 月出現了內部熱交換型蒸餾塔已實際應用的報導 (傳統蒸餾塔與 SUPERHIDIC[®] 的概念)，如圖 3 所示。所公佈的內容中，能源使用的削減率是 50%、大略與高松教授的論文及筆者的估算一致。

分析節能情況，如傳統蒸餾塔再沸器的能源使用量為 100，則 SUPERHIDIC[®] 壓縮機僅為 40 (一次能源換算後)、再沸器是 10、合計為 50 左右，約可節省 5 成左右的能源。

表 2 HIDiC 簡易可用能計算

項次	設備	計算類別	計算項目	溫度 °C	溫度 K	數值	單位	對照	數值	單位	備註
1	HIDiC	莫耳可用能	原料 (純苯 40mol%)	95.2		1.0816	kJ/mol	莫耳烔	14.4	kJ/mol	與傳統塔一樣
2			light end(純苯 99.9mol%)	121		0.6063	kJ/mol	莫耳烔	10.7	kJ/mol	
3			heavy end(甲苯 99.9mol%)	96		0.2562	kJ/mol	莫耳烔	18.0	kJ/mol	
4		熱的可用能	原料 (純苯 40mol%)	95.2		108.2	kJ/s	烔	1,437.5	kJ/s	與傳統塔一樣
5			light end(純苯 99.9mol%)	121		24.2	kJ/s	烔	426.0	kJ/s	
6			heavy end(甲苯 99.9mol%)	96		15.4	kJ/s	烔	1,081.8	kJ/s	
7			再沸部所需要的熱	96	369	2,563.1	kJ/s	烔	13,321	kJ/s	
8		冷凝部所產生的熱	121	394	3,228.6	kJ/s	烔	13,251	kJ/s		
9		熱傳效率	設定值			80.0	%				
10			供給再沸部的熱			2,582.9	kJ/s				
11			不足的熱			-19.8	kJ/s				
12		壓縮機的可用能	壓縮機壓力	P			0.2	MPa			
13			壓縮機效率	設定值			30.0	%			
14			計算過程	$P \div P_a$			2.0				
15				$\ln(P \div P_a)$			0.6799				P_a 是大氣壓
16				比可用能			0.06799	MJ/m ³			
17				蒸氣流量			10.8	m ³ /s			
18				壓力的可用能			731.1	kJ/s			
19		壓縮機可用能			2,437.0	kJ/s					
20	從外界投入的可用能	從外界投入的可用能	塔所需之熱的不足部份 + 壓縮機能源			2,437.0	kJ/s			因為熱過剩所以只有壓縮機	
21	傳統塔	傳統塔	加入再沸部的熱			3,220.1	kJ/s				
22	比較 1	能源削減率 (無回收壓力能源)	削減率			24.3	%				
23	比較 2	有回收壓力能源	壓力能源回收率			75.0	%				
24			壓力能源回收量			548.3	kJ/s				
25		計算過程	壓縮機可用能所需量			1,888.7	kJ/s				
26			再次計算從外部可加入的可用能			1,869.0	kJ/s				
27		削減率				42.0	%				

表 3 高松教授分析 HIDiC 可用能的條件設定

項次	項目	記號	單位	傳統塔	HIDiC ①	HIDiC ②
1	原料流量	F	kgmol/hr	100	100	100
2	純苯原料組成	Z_F		0.5	0.5	0.5
3	q 值 (熱狀態的原料)			1	1	0.5
4	外部迴流比	R_{min}		2.2	0.2	0
5	濃縮部最下板的迴流比	R_{max}		—	2.2	2.2
6	濃縮部壓力	P_2	mmHg	760	1,520	1,520
7	回收部壓力	P_1	mmHg	760	760	760
8	Light end 組成	X_D		0.98	0.98	0.98
9	Heavy end 組成	X_W		0.02	0.02	0.02
10	全板熱交換			—	有	有

(UA 值：總熱傳係數×熱傳面積；q 值：原料中以沸點所供給的物質比例)

四、化學可用能

學可用能。

(一) 物理可用能與化學可用能

可用能有「物理可用能」與「化學可用能」兩種。用來評價沒有發生物質變化時的可用能為物理可用能，而有物質產生變化時就必須要用到化學可用能。在本連載中到目前為止所解說的內容，幾乎全都是物理可用能的例子。

根據筆者的經驗，即使僅使用物理可用能進行分析的話，對目標製程來說，即有可能可節省 10~20% 的能源。如內部熱交換型蒸餾塔的例子，其藉由改變製程結構，甚至有可能節省到 50% 的能源。

不過，若想達到更高的節能目標，就得要將目標製程進一步以化學角度來檢視，且有必要使用化

(二) 活用化學可用能

在為了大幅削減二氧化碳或達到節能減碳成效的探討過程中，活用化學可用能是不可或缺的。所謂化學可用能是由化學反應的熱量所產生的可用能，很容易地就能從化學反應的 Gibbs energy 推導出來。

一般來說，在包含化學反應的能源製程中，透過吸熱反應與放熱反應的組合，就有

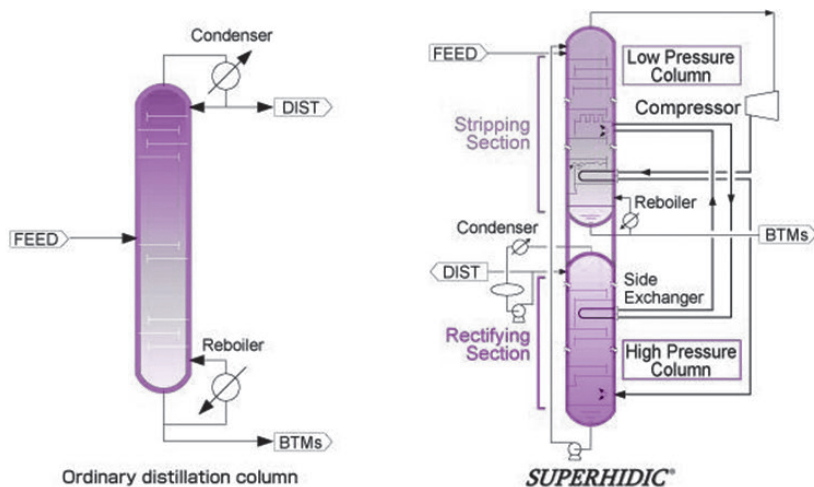


圖 3 內部熱交換型蒸餾塔實用化的報導內容

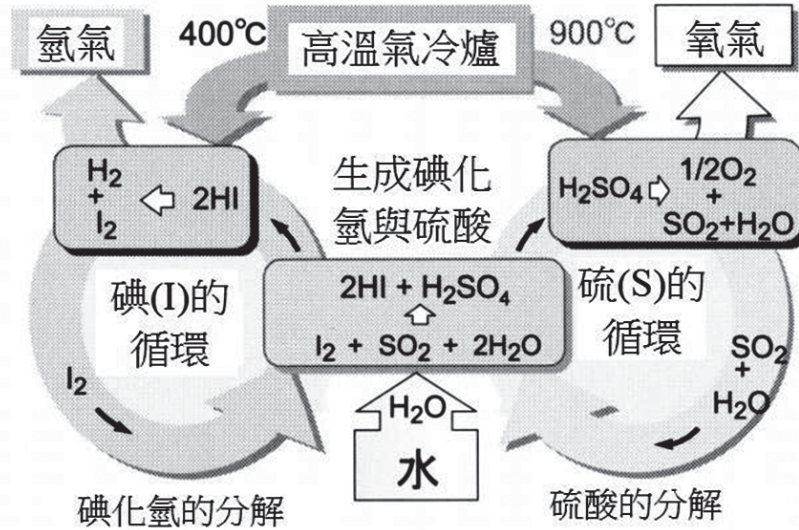
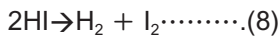
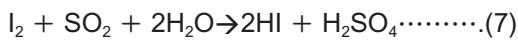


圖 4 以熱化學法製造 CO₂ 零排放的氫氣

可能大幅節省能源。舉例來說，圖 4 是氫氣社會中的關鍵技術，以熱化學法達到 CO₂ 零排放的製氫方法。

依圖 4 中的公式 (7) 而言，碘 (I₂) 在與水 (H₂O) 的混合溶液中與二氧化硫氣體 (SO₂) 反應，生成碘化氫 (HI) 與硫酸 (H₂SO₄)，這個氣體吸收反應被稱為「本生反應」。藉由將本生反應所生成的碘化氫與硫酸進行熱分解，可分別以公式 (8) 得到氫氣、公式 (9) 得到氧氣。



藉由這個熱反應生成的碘與二氧化硫，可再回收當作公式 (7) 本生反應的原料，碘與硫黃就形成閉路循環 (closed cycle)，所以反應的淨變化，就是以很少的能源達到水的分解。為了驅動這個氫氣生成循環，就得要使用 CO₂ 零排放的熱源，比方說像是高溫氣冷核能反應器 (熱效率高的核反應爐)，或是利用太陽能等。

像這樣子，就可同時使用物理可用能與化學可用能來進行分析，也可說是可用能分析的終極姿態。

參考資料：

1. 「蒸餾工學」、大江修造 著、講談社
2. 「活用可用能 能源有效利用的原理」、小島和夫 著、培風館
3. 「Recent Advances in Internally Heat – Integrated Distillation Columns (HIDiC) for Sustainable Development」、Keigo Matsuda et.al、Journal of Chemical Engineering of Japan 2012
4. 「內部熱交換型蒸餾塔的設計與可用能損失」、高松武一郎等、關西大學工業技術研究所 地球環境適應化學生產技術研究報告書 1995 年
5. 2014 年 11 月 7 日報導發表「TOYO Engineering、內部熱交換型蒸餾塔系統『SUPERHIDIC[®]』實用化」
6. 「以熱化學循環製造氫氣與氧氣的現狀」、龜山英雄 等人、氫氣能源系統 Vol.37, No.1(2012)

國外技術要聞

TCIA 秘書處

全球 CO₂ 排放量持平

根據國際能源總署 (IEA) 統計，2016 年全世界來自能源的 CO₂ 排放量為 321 億公噸，已連續 3 年維持在相同水準。儘管去年全球經濟成長了 3.1%，但排放量並沒有隨之增加，主要原因在於風力等再生能源的使用量增加，以及停止使用排放量大的煤炭來發電而改用排放量相對少的天然氣代替。來自能源的 CO₂ 是指使用化石燃料時所排放出來的 CO₂，占整體排放量的 8 成以上。

以國別來看，全球前兩大排放國的美國與中國都出現排放減少的情況，美國是隨著頁岩氣與再生能源的導入，減少了煤炭的使用量，因此排放量減少 3%；而中國則是將發電用燃料從煤炭轉換成再生能源、核能、天然氣等，排放量因而減少了 1%。歐盟 (EU) 則大約是與 2015 年相同。IEA 一直以來都認為若經濟成長，CO₂ 排放量應該就會隨之增加，但此次的統計顯示出這樣的關係正在逐漸發生變化。

各國減少碳排放的現況

美國總統川普不僅主張地球暖化是中國想要打擊美國產業的無稽之談，更公開宣布退出抗暖化的「巴黎協定」。然而，根據 IEA

的最新資料，儘管全球經濟成長，但使用化石燃料而產生的 CO₂ 排放量卻連續 3 年持平，這顯示出川普的氣候變遷對策似乎發揮出超乎預期的效果。排放量未創新高的理由之一，就是川普讚揚的頁岩革命，其使美國低價天然氣產量急增，進而抑制煤炭的使用。由於頁岩氣熱潮使天然氣價格下跌，未來甚至有可能進一步下探，意味著美國頁岩氣的生產與出口量有可能超乎預期。若果真如此的話，低價的天然氣在亞洲對煤炭的競爭力就會增加，有助於進一步減少全球碳排放量，因為煤炭是碳排放量最多的化石燃料。

目前全球整體能源組成中，天然氣比例逼近 25%，但以國別來看，中國只有 6%，印度也僅止於 5%，而這兩國均是煤炭的消費大國。若天然氣產量大幅增加，價格更加便宜，就更能提升與煤炭的競爭力。另外，中國是全球最大的碳排放國，其次為美國，接下來由 28 個加盟國組成的歐盟 (EU)，但以單一國家來看，全球第三大碳排放國應該是印度。在歐洲，有許多國家都擴大利用天然氣與再生能源來取代煤炭。特別是英國在 2016 年，發電用能源中煤炭所占的比例從 2015 年的 23% 一下子就減少到 9%。這是因為專家預估未來不僅天然氣會更加便宜、供給量也會進一步增加。而在美國的投資者對興建新

型煤火力發電廠所伴隨的風險變得格外謹慎，因為下一任總統有可能會再回到低碳政策路線。最後就是中國經濟逐漸擺脫了所謂世界工廠的這個角色，政府努力對抗空氣污染、促進可再生能源與電動車的普及，同時也關閉低效率的煤火力發電廠，如此看來，中國煤炭的黃金時代或許已經結束。

轉換效率超過 50% 的太陽能電池

神戶大學宣布一種具有新結構的太陽能電池實驗順利成功，藉由吸收原本會穿透太陽能電池片而損失的長波長光，將光電轉換效率提升到 50% 以上。過去單界面太陽能電池的轉換效率理論值上限在 30% 左右，因為入射的太陽光有大半都無法被太陽能電池的電池片吸收而穿透，另外光子過剩的能源也會轉變成熱能而無法拿來使用。目前太陽光電轉換效率的世界記錄，是 4 界面太陽能電池的 46%。

為有效抑制大量的穿透損失，此次開發出新的太陽能電池片構造，利用不同能隙的半導體組成異質界面，將可穿透太陽能電池的 2 個光子生成光電流。此外，以這個太陽能電池片的獨特構造，將 2 個光子上轉換（能源提升）的實證實驗也順利成功。根據實驗，新方法所得到的損失抑制效果十分顯著，相較於利用中間能帶的方法，結果達到 100 倍以上。從理論來預測，這個新結構的光電轉換效率最高可達 63%。今後該團隊將繼續進行結構設計，並進行轉換效率的性能評估，希望能實現超高效率的太陽能電池。若轉換

效率真正超過 50% 的話，同發電量的太陽能發電設施安裝面積只要現在一半以下、施工成本也能大幅降低。

歐美普遍的生質保特瓶

每當原油價格下跌，就會擔心市場是否會冷卻，是生質塑膠業的常態。然而在終端消費者的引領下，市場似乎逐漸成形穩固。特別是飲料用保特瓶 (PET 瓶)，歐美企業正加速導入市場。其中的主要領導者是可口可樂公司。該公司從 2009 年起就正式採用由植物原料的保特瓶「Plant Bottle」。2016 年 6 月時全世界導入約 430 億瓶。該公司的植物瓶，占原材料約 30% 的乙二醇 (EG)，是由甘蔗的糖蜜等所生產。該公司也宣示 2020 年前，所有瓶裝飲料都將採用植物瓶，因此接下來占原料 70% 的高純度對苯二甲酸 (PTA)，也將以生質原料製作，目前已與美國 Virent、台灣的遠東新世紀等公司共同開發生質對二甲苯 (PX)，也已於 2015 年的米蘭世界博覽會中發表 100% 由植物原料的飲料用保特瓶。

響應這個舉動的是法國 Danone 與瑞士 Nestle。兩家公司在 2017 年 3 月與美國的新創企業 Origin Materials 締結戰略夥伴，成立「NaturALL Bottle Alliance」，以開發及量產 100% 生質 PET 為目標。該聯盟設定以非食用生質當作原料為目標，目前預計以厚紙板、木糠或木屑等作為原材料，同時計畫 2018 年前開始生產原料中 60% 為生質的 PET 樣品，供給目標是每年 5,000 公噸，也以 2022 年前

開始量產 95% 生質產品為方針。在日本廠商方面，三得利與美國 Anellotech 著手開發植物原料 PX，計畫以非食用性木屑為原料，在 2016 年開始興建實證工廠，將結合已實用化的生質 EG、計畫生產 100% 生質保特瓶。資本雄厚的飲料世界大廠與擁有生物技術的新創企業合作，這個新架構已然出現在 PET 市場。今後生質保特瓶在飲料業界成為標準品的情況，也將指日可待。

用壓縮空氣來穩定風力發電

日本的新能源產業技術綜合開發機構 (NEDO) 與早稻田大學、能源綜合工學研究所共同宣布，利用以風力發電預測情報的控制技術，進行壓縮空氣能源儲存 (Compressed Air Energy Storage, CAES) 系統的實證實驗。利用壓縮空氣來充放電，就能在電力系統上穩定使用因天候造成出力變化的風力發電。風力發電與太陽能發電，由於發電量會因天候情況不同而產生很大的變動，對電力的穩定供給造成不良的影響，所以需要發電量的預測技術或控制技術。CAES 系統利用 2 項控制技術，第一為減少風力發電的出力變化對電力系統影響變動緩和 control，其次為事前準備發電計畫與實際的發電量差異最小化的發電控制。

在設備方面，將風力發電所得到的電力驅動壓縮機進行空氣壓縮，並以高壓狀態儲存下來。在需要電力時，將儲存的壓縮空氣推動膨脹機 (發電機) 來發電。此次組裝的設備，採用無油螺旋式壓縮機與膨脹機提高可

靠度，同時藉由將壓縮時產生的熱儲存下來，放電時再利用來提高充放電效率。藉由實際驗證 CAES 系統的新控制技術與設備，確立能在電力系統中，能穩定利用出力變化大的風力與太陽能發電的蓄電系統控制技術，希望有助於擴大導入可再生能源。

IST 之鋰離子電池新技術

從事樹脂材料的 IST 開發出新型鋰離子電池技術，容量比過去提高 5 成、壽命延長 7 成。鋰離子電池的負極材料主要使用碳黑，但若改用矽的話就可累積更高容量的離子。不過改用矽材料，每次充放電時矽就會反覆膨脹與收縮，在短時間內就會與銅箔剝離而造成問題。IST 為改善這個問題，開發出聚醯亞胺樹脂，為兼具高耐熱性與低電阻的高機能樹脂用接著材料。藉由將矽粉與接著劑混合後塗在銅箔上，就能作出不易剝離的負極材料。經試作發現壽命可延長 7 成、容量也提高 5 成，有助於提升電動車或油電混合車的續航距離。未來將技術授權予車用電池廠商，希望讓矽製鋰離子電池實用化。

可省水的清潔劑

水與油原本不互溶。藉由化學作用讓水將油清洗掉，是清潔劑主成分界面活性劑的基本特性。代表性的界面活性劑，是將從植物油而來的成分還原所得到的醇類，再添加環氧乙烷 (EO) 形成的醇類乙氧基化物 (Alcohol Ethoxylates, AE)。因為製造方法簡單，所以被廣泛使用劑。只是 AE 的缺點在於

濃度提高後，分子會互相結合而使流動性降低，造成清潔能力下降。因此開發高濃度但不易凝絮的界面活性劑，是清潔劑業界長年以來的共同課題，而解決的關鍵就是甲酯乙氧基化物 (Methyl Ester Ethoxylates, MEE)。MEE 與 AE 一樣都是來自植物，但在形成醇類的階段前就加入 EO 加以純化，因此即使高濃度也不易凝絮，清潔力不會降低，只是在量產技術上有困難。日本獅王公司從 1980 年代後期就著手研發 MEE，1991 年首次開發出高效率生產 MEE 的觸媒技術，開啟應用於清潔劑商品的大門。

近年來由於日本國內單身族群與雙薪家庭的增加，將衣服累積後一併清洗的情況十分普遍，再加上環保要求的省水性能，如此一來，即使用洗衣機清洗過，常也無法去除衣服的髒污與臭味，讓消費者被迫再洗一次的情況並不罕見。可提高濃度的 MEE，因為即使用水量少也能有效率地去除髒污，所以成為可兼顧清潔力與省水性能的清潔劑，因而大獲好評。使用 MEE 的另一個好處就是容易沖洗，清潔力高的界面活性劑容易產生泡泡，想要沖洗乾淨反而花時間；分子流動性高的 MEE 所產生的泡泡很少，因此可快速沖洗乾淨。根據統計，減少洗衣服時清水沖洗的次數，每個月就可省下約 800 公升。雖然清潔劑商品的開發項目在價格與清潔力等方面競爭，但近年來還加上清洗過後的香味與使用便利性等，各公司都在訴求好還要更好。日本獅王以省水的環保價值為主軸，藉由加速創新累積至今的界面活性劑技術，今後將

進一步開發兼顧清潔效率與省水性能的清潔劑商品。

又見太陽能電池廠破產

2010~2015 年間引領全球太陽能發電市場的歐洲，依舊持續著製造商的淘汰賽。堅持德國製造的德國 Solar World 在 2017 年 5 月宣布破產。Solar World 創立於 1998 年，算是德國太陽能電池界的元老級製造商。然而面臨中國產品的削價競爭，從 2010 年代起業績就逐漸低迷。2013 年卡達政府基金出資入股約 3 成並進行重整。2014 年併購德國 Bosch 的太陽能電池事業，也增加德國國內產能擴大規模，然而太陽能電池的價格每年依舊下跌 2~3 成，即使成本高但仍堅持德國製造的該公司，赤字也不斷擴大。2017 年決定 2019 年前將裁員相當於總員工 12% 的 400 人，退出競爭激烈的多晶硅型太陽能電池，轉向次世代 PERC 型太陽電池的計畫，但是情況並沒有好轉，因而進入法律上的破產手續。

德國雖曾以太陽能大國而廣為人知，但該國的製造商卻持續遭到打擊。例如一度是全球最大廠的 Q-cells 於 2012 年破產；雖然轉身以韓國財團旗下的韓華 Q-cells 重新出發，但 2015 年也宣布停止在德國生產，只留下研究開發的部門，德國國內生產部門約裁員 550 人，生產則集中於馬來西亞。另一家德國同業 Conergy 則是在 2013 年破產並在亞洲重整旗鼓。另外 REC Solar(挪威) 自 2011 年以來、在生產方面就從高成本的挪威

與瑞典退出，集中產線於新加坡。同樣是挪威的 Scatec Solar，在歐洲也只剩捷克一個據點，但在南非、盧安達、約旦等日照量多的客戶端建立生產體制。亞洲不只是生產成本低的生產據點，由於各國政府的補助，使其魅力也持續增加，因此在亞洲生產的重要性也益發提高。據歐洲業界團體 Solar Power Europe 表示，2015 年底太陽能發電的累積導入量，中國達到了 43GW，超越德國而成為全球最大的太陽能發電國。醉心於再生能源的歐洲，雖然太陽能發電十分普及，但製造廠卻早已成為風中殘燭。

全球前三大 S-SBR 廠全來自日本

生產省油輪胎用合成橡膠 (S-SBR) 的日本廠商，逐漸確立穩固的地位。業界第三大的日本 Zeon 與第四大的住友化學兩家公司，2017 年整合事業成立 ZS Elastomer(ZSE)，加上業界最大的旭化成與排名第二的 JSR，形成了全球前三大廠都在日本的創舉。S-SBR 主要被用於輪胎的胎面 (tread)，可減少行駛時與路面的摩擦，有助於改善油耗。此外耐摩耗性與實現雨天時安全行駛的抓地性也很優秀。與韓國大廠等大力投資及出現價格競爭的泛用合成橡膠不一樣，是目前仍由日本廠商掌握高市占率的領域。

受到環保規範趨嚴的影響，省油輪胎需求不斷擴大。特別因中國即將開始的標示制度，預計 S-SBR 將以每年 6~8% 的步調成長。有鑑於此，旭化成預計 2018 年度將新加坡工廠擴充 3 成、全公司的年產能達 26 萬公噸。

JSR 也提出藉由擴充泰國工廠與新建匈牙利工廠，將 2018 年度的年產能提高到 22 萬公噸的戰略。相對於此，ZSE 除了原有 Zeon 與住化的新加坡工廠外，還有 Zeon 的德山工廠 (日本山口縣) 與住化的千葉工廠 (日本千葉縣)，一口氣取得總共 17.3 萬公噸的年產能，也將以 2 年後為目標，至少擴充年產能 3 萬公噸，而達到 20 萬公噸的規模。ZSE 若真能完成進一步擴廠的話，日本廠商就全都擁有 20 多萬公噸的產能。雖然有人擔心日本廠商間有可能會自相殘殺，但 JSR 表示，各公司間都有競爭與互補兩種關係，舉例來說可將十分環保的 A 公司產品與操控安全性佳的 B 公司產品混合，發揮更大的效果。正因如此，各公司堅持的是品質的差異化。ZSE 表示今後也會持續研發技術，希望 2020 年度營業額能上達 450~500 億日圓，與目前領先的另兩家企業並駕齊驅。

日本與加拿大加強能源合作

加拿大已確認石油蘊藏量是全球第三大，達 1,713 億桶，但其中有 98% 是油砂，隨著技術的進步而不斷開發。在該國西部的亞伯達省艾德蒙頓市近郊，正在進行從油砂生產瀝青的擴產工程，每日可生產 2 萬桶的工廠，預計於 2017 年夏天起正式啟用。同時石油天然氣與金屬礦物資源機構 (JOGMEC) 與日揮合作，使用超臨界水的超重油改質 (SuperCritical Water Cracking, SCWC) 技術，也正在進行實證試驗。

在天然氣方面，加拿大也是全球第五大

的產氣國，其中的 70% 是以管線直接出口到美國，但是美國由於頁岩革命，使自家天然氣產量快速增加，因此加拿大希望改以出口液化天然氣 (LNG) 到亞洲來尋找生機。據 JOGMEC 表示，目前正在計畫中的 LNG 專案有 20 件、作為石化原料的專案有 18 件、管路專案有 6 件。該國 AltaGas 在今年初宣布決定投資西海岸丙烷氣出口碼頭，出口能力是每日 4 萬桶，其中一半由日本的出光興產與三菱商事的合資公司、Astomos Energy 買下。以丙烷為原料的石化計畫也在進行中，其中以丙烷脫氫製成聚丙烯 (PP) 的專案，已有 2 件取得加拿大政府的許可。對日本來說加拿大的西海岸有地利之便，相對於往日本的原油從中東而來要花 18 天才能運到，從加拿大起運僅需 11 天。此外加拿大的政治穩定、地理區域風險小，產業環境也在整頓中。原油有 82% 仰賴中東的日本政府與企業希望能不落中國與韓國之後，進一步強化與加拿大的關係。

汽車重量最多可能減半

旭化成將纖維混合樹脂，開發出高強度與輕量化的新材料，已正式進軍車用市場。旭化成在熱壓成型的汽車零件中，採用耐摩擦且高拉伸強度的聚醯胺纖維 66，開發出使用此纖維與玻璃狀纖維混合而成的紗線，再將其織成布，並加入樹脂的熱壓成型與射出成型技術。如此一來，不僅強度比鋼材高了 3~4 倍，重量也減少 20~50%，預計可作為懸吊系統等車輪周邊零件，或是引擎周邊零件

與車體連結的結構材，以及吸收衝擊的材料等，對汽車製造業銷售。該公司希望包括新複合材料在內的車用市場營業額，能在 2025 年提高到 3,000 億日圓。Sumitomo Bakelite 則是使用耐熱性佳的苯酚樹脂與玻璃纖維等，開發出重量僅鋁合金產品一半，但具有相同強度的技術，希望 2020 年能實用化。現階段價格雖然比鋼鐵製產品來得貴，但未來希望透過量產來降低價格。

在車用複合材料方面，2016 年帝人以 840 億日圓併購美國強化纖維塑膠加工大廠、東麗也在日本與義大利相繼併購碳纖維強化塑膠 (CFRP) 加工廠、三菱化學則在 2017 年初併購德國大廠在美國的碳纖維加工據點等，各公司都急於開拓替代鋼板的車用市場。連車用鋁材料方面也是，神戶製鋼所也與全球第二大的美國 Novelis 合作，擴大供給中國市場。據全球最大的複合材料資訊機構 JEC 集團 (法國) 表示，2021 年汽車用複合材料市場預計會比 2016 年成長 25%，達 339 萬公噸。包含歐洲的化學廠在內，汽車輕量化相關材料的競爭將會更加劇烈。

日本大廠更新泛用樹脂設備

三井化學是日本聚丙烯最大廠，年產能 118 萬公噸。其製造聚丙烯的子公司 Prime Polymer，在千葉工業區的據點內將安裝新銳設備，預計投資額約 150 億日圓。三井化學的聚丙烯生產設備自啟用以來已歷經近半世紀，不僅老舊且維修費用逐年增加。藉由安裝生產效率高的新銳設備並淘汰老舊設備，

就能維持相同產能規模，並建立比過去更低成本的生產系統。

進入 2000 年後，中國廠商持續擴廠，每當日圓升值就會出現與便宜進口品的價格競爭，將工廠從日本國內移轉至海外的日本企業不斷增加，然而日本國內的泛用樹脂需求卻逐年減少。日本的化學大廠為確保收益，相繼縮減泛用樹脂設備，例如三井化學 2013 年的聚丙烯產能比 2010 年減少約 1 成。而目前中國廠商的擴廠步調趨緩，化學大廠的業績一片看好。2017 年 3 月，5 家大廠中有 3 家的淨利創歷史新高。只是中國與美國在興建中的工廠，將從 2018 年左右正式啟用，屆時全球競爭有可能會更加激烈。日本的化學大廠以設備更新等提高生產效率來對抗進口品。三菱化學旗下的日本 Polypro 也宣布將投資 90 億日圓興建聚丙烯的新設備，調整生產製程以提高 2 成效率。Tosoh 也以在 2020 前投資 100 億日圓，更新在三重縣的乙烯或丙烯的設備。

Exxon Mobil 大舉投資墨西哥灣

全球最大石油業者美國 Exxon Mobil 與沙烏地阿拉伯 SABIC，將合作共同在美國德州南部的 Corpus Christi 地區興建製造化學品基礎原料的大規模設施（乙烯中心），總投資額上看 100 億美元，若完成的話就會成為年產能 180 萬公噸、全球最大規模的乙烯中心。由 2014 年夏季起始的低價原油環境下，Exxon Mobil 是所有石油巨擘中唯一維持獲利的公司，股票市值總額約 3,500 億美元，是

第二大 Royal Dutch Shell 的 1.5 倍。目前為止 Exxon Mobil 的成功關鍵，是將業務分散世界各地，極為平衡的從事由上游生產開發，到下游石油化學品與煉油等事業，維持業績穩定。Exxon Mobil 目前則致力於美國墨西哥灣沿岸的化學品與煉油等下游事業，理由就是「善用頁岩氣革命的效果」。

德州南部的乙烯建設中心預定地往北約 500 公里，就是以品質優良而廣為人知的 Permian 礦區，Exxon Mobil 才剛在 2017 年 1 月投資 66 億美元，增加購買開採用地。雖然 Exxon Mobil 在頁岩方面起步較晚，但目前為止生產頁岩油與頁岩氣已上軌道。Exxon Mobil 從 Permian 礦區透過管路，將全世界最便宜的天然氣與原油輸送到聚集於墨西哥灣沿岸的自家乙烯中心或煉油廠，該地也容易出口到亞洲或中南美等地。據 Exxon Mobil 表示，此次投資預計可創造出 4.5 萬個工作機會。2016 年美國占 Exxon Mobil 投資額的比例為 31%（約 60 億美元），跟 10 年前的 19%（約 37 億美元）增加不少。另一方面，競爭對手美國 Chevron 2016 年的美國投資比例為 28%，反而低於 10 年前的 29%。拉大在美國拓展事業的差距，有可能讓 Exxon Mobil 的事業再一次蓬勃發展。

106 年度第一次產業政策委員會

TCIA 秘書處

本會 106 年度第一次產業政策委員會，於 106 年 6 月 19 日（星期一）上午，假李長榮化學會議室召開，由馬振基召集人主持，邀請紡織產業綜合研究所林俊宏主任、台灣合成樹脂公會施仁政理事長、石化公會何麗君祕書長、大東樹脂唐定國研發長、台灣橡膠暨彈性體公會陳鈺光祕書長、塑膠製品公會高榮燦常務董事、塑膠製品公會蔡明忠理事長、塑膠製品公會王詩琪祕書出席。

本次委員會受先確認上次會議記錄及追蹤行動項目，針對本會 105 年度產業政策委員會提出之石化產業政策與循環園區，經本會表達意見，高雄市政府已撥預算約 450 萬元，委託工研院 IEK 於高雄成立綠能新材料

循環經濟園區。

TCIA 版本產業政策建言

有鑑於化工產業政策之重要性，TCIA 於 2017 元月初針對會員廠商做一政策建言調查，針對化工產業的現況與未來，本會綜整產業情勢與各會員意見，提出 2017 產業政策建言，並由秘書處在會中報告。

台灣化學工業 2014 年產值為新台幣 4.3 兆元，約佔製造業 1/3；其中約 45% 近 2 兆元為石化業產值，約 55% 為其它化學產業產值。石化產業與下游產業具高度關聯性。

以我國 2011 年公布的產業關聯表而言，



▲ TCIA 召開 106 年度第一次產業政策委員會

石化原料的「向前關聯係數」高達 26.660 (遠高於半導體的 7.656)，代表當全國生產體系 166 個部門，當每部門生產 1,000 元時，所需購入的石化原料總計是 26,660 元。

化學產業造就了台灣 1970~1980 年代的經濟奇蹟，未來可以此為基礎改善原製程，降低污染，提升效益，做為產業的金牛 (cash cow)，以支援石化高值化及循環經濟之發展。以下，將摘要 TCIA 版本的台灣化工產業政策建言：

一、推動循環經濟

學習德國 Verbund 系統，強化各園區或工廠原料與廢棄物之互通整合；調整相關法規，如整合修改「廢棄物管理條例」及「廢棄物管理法」，仿效德國 1996 年制定的「循環經濟與廢棄物管理法」，將廢棄物處理提高到發展循環經濟層面。

二、投資獎勵措施

恢復營運中心免稅條例，翻修「產業創新條例」，或「恢復促進產業升級條例」，放大租稅獎勵措施，包括企業海外盈餘匯回從事實質投資給予免稅，及投入智慧化、新的機器設備採購，可適用投資抵減優惠。

在此 TCIA 也建議能夠提案，即修正產業創新條例第 10 條，提高公司研究發展支出金額可抵減所得稅的百分比，不只應高於促產條例時代的 35%、甚至可以到達 50%，且可分 5 年內抵用，每年抵減總額以不超過該公司當年度應納營利事業所得稅 50% 為限，期望藉此能塑造台灣成為全球價值創造基地。

三、老舊設備製程更新 / 改善及石化特區改編

准予更新設備，改善原製程，降低污染，提升效益，以做為產業的金牛 (cash cow)，來支援石化高值化及循環經濟之發展；檢討「變更大社都市計畫 (第四次通盤檢討) 案」，大社石化工業區土地從特種工業區改編為甲種工業區。

四、高雄南星的遊艇專區改編

高雄南星的遊艇專區 (約 80 公頃)，已於 2016 年解編。TCIA 提議將此 80 公頃遊艇專區，經「環差」評估後，改為高值化石化項目與其下游產品的專區。

深耕與創新

上述意見是由 TCIA 在 2017 年 1 月提出之產業政策建言，後歷經研討，再提出下列補充事項，希望透過深耕與創新，建立起屬於台灣的循環經濟產業。

一、環評審查制度之改革

政府應創造環保訴求與經濟成長，並達成產業與環境雙贏局面。當前環評制度凌駕一切，阻礙台灣經濟發展巨大。目前環評審查並非一專業的理性審查，而是環保團體非理性的抗議舞台，導致審查專家出席意願低落，無法進行實質專業討論審查。因此建議環評審查制度應加以修改為三階段，即：公聽會、書面審查及當面口頭答詢審查。

二、盤整中油料源，提供國內業者參與投資開發

由於未來全球面臨資源戰，為能深耕台灣，因此宜盤整中油所產生的衍生副產物，公開提供給國內石化業共同參與投資，未必一定要找國外業者合作。台灣石化業已具有自行開發的實力，如此才可達成深耕台灣的目標。

三、高階材料規劃發展

高階材料涉及相當嚴苛的安全規範，其規範訂定大多由全球大企業所掌控。初期須仰賴政府向國外採購產品，諸如國艦國造、國機國造、國防武器、軌道產業時以技術移轉方式取得，再經此持續投入，以供應內需到創造高附加價值產品出口，將可短期間建構自主的高端材料研發重鎮（高雄大林浦循環經濟園區）。

四、溫室氣體減量

溫室氣體減量乃是全球共同語言，除政府推動使用可再生能源，宜積極投入解決工廠的排碳量，提升我國減碳的績效並創造商機。最積極的作法乃是將煙道氣二氧化碳加以資源化（碳循環），轉換成化學材料而達到固碳減碳的目標，將可創造龐大商機，並達成環保訴求與經濟成長雙贏的目標。

五、發展台灣化學矽谷

我國可學習以色列創投模式，該國政府精確的導入創新 / 創業生態系統 (Ecosystem)，完備發展過程的要素，即學術科技、人才與資金。以色列研發支出占 GDP 高達 4.2%，透過 80/20 的比例由民間 / 政府分攤。政府資

金相對投資 VC 基金（每案超過 \$800 萬），多數著重在早期階段 (early stage) 的小規模創投基金。醫療器材與生技製藥為以色列兩大生技新創領頭羊。2015 年有 1,380 家生物科技公司，每百萬人口有 128 家生醫公司，密度位居全球之冠。

廢棄物與政策是最頭痛處

秘書處報告 TCIA 的產業建言後，與會的各公協會代表亦發表自身問題及看法，希望整合出一全面性、真正符合台灣化工產業現況的產業建言版本。其意見摘要如下：

- 一例一休造成工廠每週開工停工，過程中反而產生更多廢料。
- 政府單位各行其事且管理角度不同，有的把廢棄物當物品管理，有的從資源化角度來看，例如同屬於環保署，空污處與廢管處的作法有時會互相抵觸，建議應與經濟發展一起考量。
- 化學產業對台灣 GDP 與就業的貢獻度很高，但近年來政府受環保團體影響很大，許多政策與促進產業發展相抵觸，造成業者營運上的困難。
- 環境破壞並非塑膠製品的原罪，主要還是在於民眾的不當使用、亂丟垃圾，及未作好回收處理，而不是塑膠製品不環保。事實上，生產一個紙袋碳排放量更高，並沒有較環保，政府與社會大眾的觀念需被再教育與改變。
- 樹脂產業的問題在於廢液和污泥委外處理費很高，每公斤大約新台幣 50 元，以前可自行用焚化爐燒掉，但目前政策已禁止。目前樹脂公會希望能先針對會員廠商做調查，盤點廢棄物的種類與數量，之後建立

共通平台，將同質性廢棄物集中一起處理。

- 日本對廢棄物的處理並不列入廢清法，而是另開管道專門管理，諸如政府可將難處理的塑膠製品一起回收後，送給鋼鐵廠燃燒，產生的焦炭可作為煉鋼用、氯氣可作為副產品，其他 FRP 則交給水泥廠，其中的矽可轉為水泥的原料。
- 日本廢棄物處理作法很多是採用政府與企業共同出資，一起處理，建議國內可由各公會成立回收中心，協助業者處理廢棄物再利用的問題。
- 複材公會於 9/13~16 於高雄展覽館舉辦之展覽將設循環經濟專區，展示國內外循環經濟之實際作法。
- 複材公會 2017 年 5 月組團至日本考察，瞭解日本對玻纖複材和碳纖複材的回收再利用處理方式，未來也會購買日本複材處理專書，目前協會正在積極推動，希望能協助台灣業者解決問題。
- 橡膠公會表示目前廢輪胎的問題很嚴重，以往是打成膠片後，用於鋪路，或提供紙廠與水泥廠當作輔助燃料，前者去化太慢，後者則因近來有環團與立委質疑燃燒會產生有害物質，因此對使用之紙廠開罰，造成業者不敢使用，影響廢輪胎的處理與再利用。目前台灣廢輪胎回收處理的代表為環拓公司。
- 日本廢輪胎處理方式分為三階段，第一階段為充份再利用，第二階段為破壞後重置再用，第三階段是作為輔助燃料，但第三階段台灣目前似乎有點遇到困難。
- 橡膠業者也想過合組汽電共生廠來處理廢輪胎，但設廠又可能遭到民眾抗爭與圍廠。
- 具市場價值的廢棄物，業者自然會想辦法處理，但對於市場價值較低，或很難處理

的廢棄物，就必需透過機制來協助。廢棄物處理費用可從源頭徵收，直接在生產端收一定比例之處理費，但只有經費是不夠的，因此必需設計有效的回收機制。例如：台灣寶特瓶回收，因有慈濟的回收系統，回收後熔化抽絲，還可賣到國外，市場上很受歡迎，售價也不錯。

- 國外目前很重視產品的環保概念，例如 Adidas 標榜以回收廢漁網製作成球鞋，紡織所目前也在找尋更多可回收與合作開發的項目。

集各公協會意見於大成

在會議最終的總結中，各領域專家業者均認為循環經濟是解題的大方向，然而循環經濟的推動，除經費之外，重點在於有效可行的機制，同時政府在政策上需配合調整鬆綁，甚至給予鼓勵，由政府與民間共同努力，才能達到雙贏。

在業界與 TCIA 實際可先行掌握的部分，委員會建議能積極蒐集國外廢棄物處理上之作法，特別是產業環境相近的日本，供國內作為參考。TCIA 也將作為業界與政府的橋樑，期望能將業界之政策建言提供給政府相關部門，作為政策調整的依據。

而為達到結合產業力量、共同發聲的目的，TCIA 希望能夠組織產業政策工作小組，由會員廠商派員參與，共同探討產業政策建言報告內容，並將納入中經院、台經院、或台綜院等從事經濟分析的單位專業。另一方面，將籌措經費，委託適當之單位開展工作，期望 TCIA 版本的產業建言，能夠踏實成型，並且真正發揮影響力。

106 年度第一次國際暨兩岸委員會

TCIA 秘書處

本會 106 年度第一次國際暨兩岸委員會，於 106 年 6 月 19 日（星期一）下午，假李長榮化學會議室召開，由許千樹召集人、馬振基共同召集人主持，邀請台灣杜邦鄭允豪經理、永光化學彭建鋒高專、台灣橡膠暨彈性體公會陳鈺光秘書長、中國化學會趙奕娣秘書長、塑膠製品公會王詩琪秘書、複合材料公會趙珏秘書長出席，以及工研院材化所溫俊祥副組長列席。

國際交流

在國際交流部分，本會今年度重要活動如下：

一、2017 APEC 化學對話

2017 年化學對話將於 8 月下旬在胡志民市舉辦 (THIRD SENIOR OFFICIALS MEETING (SOM 3) AND RELATED



▲ TCIA 召開 106 年度第一次國際暨兩岸委員會

MEETINGS)，由安衛中心李政憲博士代表參加。李博士長期參與 APEC CD 相關活動，此類型國際會議應由固定人士參與，以利延續性與熟悉度。

二、2017 ICCA 全球化工會議

2017 年 6 月初由 TCIA 陸國亮祕書長代表出席國際化學工業協會於美國科羅拉多州舉辦之 ICCA 年會 (ICCA Board of Directors Meeting) 暨 ACC(美國化學協會)年會。

在這兩項會議的執行層面，希望能夠會晤 ACC 的主要人物，例如 Greg 與 Steven，以及化學產品與科技部門的 Robert，這些主要人物將有助於 TCIA 循環經濟工作小組的運作，以及對規劃中的新材料工作小組給予建議。

根據 ICCA 與 CPCIF 的備忘錄，TRCA 與 TCIA 等以中華台北為名義加入的協會，將繼續觀察員的地位，CPCIF 被認為有資格代表中國申請正式會員資格。中國、印度與俄國的會員資格，將由 Cefic、ACC 與 JCIA 等研究，並在 2017 年 10 月 4 日在西班牙巴塞隆納的董事會中報告。

ACC 的董事會剛通過永續原則，承諾致力推動安全、創新、效率與經濟可行的化學產品與科技，以此作為永續發展的關鍵。

兩岸交流活動分享

一、中國石油暨化工聯合會 (CPCIF) 戰略合作備忘錄

為推動海峽兩岸化工產業科技發展與合作，TCIA 與中國石油和化學工業聯合會

(China Petroleum and Chemical Industry Federation, CPCIF) 合作，結合雙方化工技術、產業科技、市場訊息等互補優勢，構建一個務實且具有前瞻性的資訊交流與合作平台，在科技資訊分享、推動科技合作等領域互通，共同營造符合兩岸化工科技發展的環境，聯合開創化工及相關產業的雙贏局面。

合作內容方面，CPCIF 與 TCIA 雙方輪流定期辦理研討會或論壇，通過交流與研討促進兩岸石化業間的合作與發展。並將在市場及技術訊息、化學工業技術發展、化學應用及其相關標準、雙方業界聯盟合作等市場及技術訊息、化學工業技術發展、化學應用及其相關標準、雙方業界聯盟等領域進行合作，並促進兩岸學者、專家與企業間的交流，共同推動雙贏的化學工業技術與相關產業發展。

合作起始，雙方將相互交換刊物及電子報資訊等，進一步提供研討會、技術合作及投資訊息，以促進兩岸業界多方面多管道的相互瞭解。隨著合作的加深，將進一步開展化工科技領域的合作交流，並提供必要之行政支持、協助與便利等項目。

二、2017 化工園區及產業發展論壇

2017 年 5 月參加 CPCIF 於寧波舉辦的 2017 化工園區及化工產業發展論壇，主題為化工園區的規範建設與綠色發展，以及低油價下烯烴產業多元化原料路線的發展與國際競爭力提升。

本次活動同時參觀寧波大榭開發區，其已建成亞洲最大的 45 萬公噸級原油碼頭及 5 萬公噸級液體化工碼頭、5 萬公噸級 LPG 碼頭，先後引進中海油、萬華化學、中石油、中石化、東華能源、德國林德、香港招商國際等企業，形成中海油大榭石化產業園、萬華迴圈經濟工業園、東華能源輕烴材料園等 3 個百億級臨港產業園。

其中，萬華循環經濟工業園是全球最大單個 MDI 生產基地，擁有 800 萬公噸原油加工能力、120 萬公噸 MDI、70 萬公噸 PTA、60 萬公噸 PP、50 萬公噸燒鹼、40 萬公噸液氯、30 萬公噸 PVC、11 萬公噸聚醚、2.5 萬公噸 PTMG 等生產能力。

三、兩岸交流經驗

在其他兩岸交流部分，複合材料公會將舉辦 2017 年第 12 屆海峽兩岸複合材料論壇 (2017 CSFCM-12)，將於 8 月 9~11 日在台北科技大學舉辦。本活動由複合材料公會、台北科技大學、TCIA、台灣尖端材料科技協會、高分子學會主辦，中國大陸方面則由江蘇省複合材料學會、南京先進複合材料產業化促進協會主辦。

相關內容，請參考網址：<http://web.mse.ntut.edu.tw/csfc2017/>

寧波大榭開發區

在「2017 中國化工園區與產業發展論壇」中，特別安排與會者參觀寧波大榭開發區。該園區起源於 1993 年 3 月，擁有深水岸線 10.7 公里，規劃可建設各類泊位 56 個，設計年吞吐能力達 1.35 億公噸，現已建成包括亞洲最大的 45 萬公噸級原油碼頭，以及 5 萬公噸級液體化工碼頭、5 萬公噸級 LPG 碼頭及 10 萬公噸級貨櫃泊位在內的各類泊位共 40 個。

大榭開發區先後引進中海油、萬華化學、中石油、中石化、東華能源、德國林德、香港招商國際等國際化工企業，已建成中海油大榭石化產業園、萬華迴圈經濟工業園、東華能源輕烴材料園等三大百億級臨港產業園。

萬華循環經濟工業園是世界上單個基

地 MDI 規模最大、資源配置最合理、技術最先進、最具競爭力的 MDI 生產基地。開發區已擁有 800 萬公噸原油加工能力、120 萬公噸 MDI、70 萬公噸 PTA、60 萬公噸聚丙稀、50 萬公噸燒鹼、40 萬公噸液氯、30 萬公噸 PVC、11 萬公噸聚醚、2.5 萬公噸 PTMG 等生產能力，已成為國家七大石化產業基地寧波基地的重要組成部分。

當前，大榭開發區正加速其附屬島嶼的開發，其離岸不到 100 公尺處水深可達 20 公尺以上，可建設各級碼頭，規劃建設地面能源儲槽 565 萬立方公尺、地下儲槽 200 萬立方公尺，積極開展低碳能源類大宗商品倉儲、中轉和貿易業務，打造「低碳能源國際貿易中心」。



中國石油化學工業開發股份有限公司
CHINA PETROCHEMICAL DEVELOPMENT CORPORATION
<http://www.cpdc.com.tw/>



卓越創新 打造綠色石化企業
尊重關懷 落實企業社會責任
堅守永續經營 與環境共生共榮



中石化一路走來，

忠實擘劃行穩致遠。

全球熱塑型塑料領導品牌

CHIMEI

bonding your moments
精采時刻 源自奇美

生命因有奇美而精采

奇美源源不絕創新力

打造出世界迥異樣貌

綻放精采生活每一刻

精采一天 • 源自奇美五大原材料

塑膠材料 • 橡膠材料 • 複合材料 • 電子材料 • 特用化學材料

www.chimeicorp.com