

---

# 化腐朽為神奇 —以長庚大學與 台塑石化公司副產石灰 產學合作案為例

長庚大學化工與材料工程學系

## 摘要

科技部、教育部及經濟部等政府部門，為促使大專校院與國內企業共同投入前瞻技術研發，以強化關鍵專利布局、產業標準建立或系統整合，並協助國內企業進行長期關鍵技術研發人才培育，特訂定相關辦法鼓勵企業與大學進行產學合作。長庚大學(以下簡稱本校)辦學成果多次獲得教育部肯定，並在董事會支持與期待下，持續將研究成果有效積極應用，藉由與企業內公司之產學合作，以前瞻技術解決所面臨的挑戰。本文以近年本校化工與材料工程學系(以下簡稱本系)與台塑石化公司的產學合作案為例，說明如何透過系統分析建立石灰石採購規範，進而有效去化百萬噸副產石灰，反應生成價值十億元的高純度二水硫酸鈣。期盼以此拋磚引玉，積極推動各公司與企業內三所大學之產學合作，實踐台塑企業「勤勞樸實，止於至善，永續經營，奉獻社會」的經營理念。

---

## 一、以石油焦為非進口燃料

國內能源供應長期高度仰賴國外進口，2012 年我國能源供給高達 97.82% 來自進口 (經濟部資料)，而具有穩定、經濟效益的能源供應也為企業內最重要課題之一。台塑石化公司以煉油製程的最終副產物石油焦為燃料，在環評委員、專家學者認同下，於民國 91 年建構 125 MW 汽電共生電廠，產生蒸汽與電力供麥寮六輕廠區調度使用。石油焦碳含量超過九成，單位熱值較煤更高，為高能量單位的化石燃料。世界上以石油焦作為燃料的國家，有美國、墨西哥、加拿大、波多黎各、巴西、智利、中國、日本、韓國、印度、羅馬尼亞、保加利亞等。

台塑石化公司採用歐洲 ALSTOM 先進循環式流體化床技術 (Circulating Fluidized Bed)，捕捉石油焦燃燒產生之硫氧化物以符合環保法規。循環式流體化床係以石灰石乾式脫硫，沒有其他脫硫製程會產生廢水的問題。以此循環式流化床鍋爐捕捉二氧化硫成效卓著，多年營運的二氧化硫監控濃度都遠低於嚴格的環評排放標準，為更環保之發電技術。



▲圖 1：石油焦照片

## 二、副產石灰的去化研究

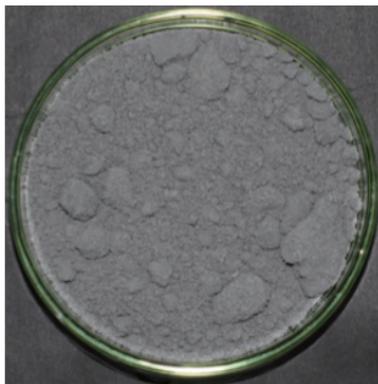
脫硫用石灰石於反應後，形成硫酸鈣、氧化鈣、碳酸鈣的混合物，於水化池沉浸後即生成副產石灰，副產石灰為優異的道路基材，在麥寮六輕建廠初期，扮演重要的路基改善角色。隨著麥寮六輕逐期擴建完工，副產石灰的去化也漸漸減緩，近年來，現場堆存大量穩定狀態的副產石灰。台塑石化公司透過中長程規畫，多年前已投入副產石灰的去化開發應用研究，除委託企業外大學開發合用於路改配料級的飛灰摻混比例規範外，也委由本校進行製程最佳化與副產石灰去化之研究。



▲圖 2：本系小型循環式流體化床設備

本系隸屬工學院多位教授專長皆與台塑石化公司製程開發與改善專案相符，經媒合台塑石化公司委由本系郭修伯教授進行「CFB 石灰石捕捉二氧化硫製程最佳化與副產石灰的去化研究」專案開發計畫，郭教授專長為粉粒體技術，現為亞洲粉粒體技術研討會台灣代表。郭教授 2010-2011 年曾以「CFB 單元不同礦源石灰石熱破碎性研究案」進行產學合作，

針對每年使用約 30 萬噸的脫硫用石灰石進行專業評估。各地所生產之石灰石，因地理環境與成長歷程之差異，於循環式流體化床中的反應性、破碎程度、滯留時間亦不同。本案以 7 種不同產地之石灰石礦進行系統性分析，對於台塑石化公司循環式流體化床每年 30 萬噸的石灰石採購量制定完整採購規範，避免每年 1.6 億元以上石灰石採購案發生誤購不合用的石灰石。



▲圖 3：副產石灰照片

由於副產石灰的去化速度逐年下降，台塑石化公司體認到需減緩底灰與飛灰的產出，且因第一年的企業內產學合作案開發成果豐碩，2011 年再次委託郭修伯教授進行「CFB 單元底灰、飛灰再利用研究案」。本校團隊實地了解現場狀況並參考文獻資料，專案開發迴轉窯，應用水蒸汽與灰核心之擴散反應，使原本包覆、尚未硫化的鈣化合物可進一步應用於脫硫，再生後之底灰除硫率可達新鮮石灰石的 9 成。此研究案的成果，不僅從源頭降低脫硫用石灰石的使用量，也有效下降破碎底灰後粒徑，進而穩定底灰產出與爐膛大循環。

### 三、百萬噸副產石灰創造十億產值

兩年的專案研究成果豐碩，台塑石化公司對於以企業內產學合作的方式解決面臨的挑戰也更具信心。2013年起委託郭修伯教授團隊系統性規劃副產石灰的去化方案，雙方共同投入資金與人力，為現場百萬噸副產石灰尋找有效的去化方案。長庚大學團隊參考文獻資料，與台塑石化公司現場人員溝通後，開發出以副產石灰為原料，反應生成高純度二水硫酸鈣（俗稱二水石膏）的新製程。反應生成的二水硫酸鈣可應用於水泥添加料、石膏板、防火材等，且製程無其他廢棄物產生。產品經 SGS 驗證，純度可達 93% 以上。本校整合性團隊所開發的技術已申請專利保護並授權台塑石化公司，並全力投入此二水石膏製程之放大驗證。2014年 7-8 月開設之實驗線成效一如預期，產出高純度 (>93%) 的二水硫酸鈣。



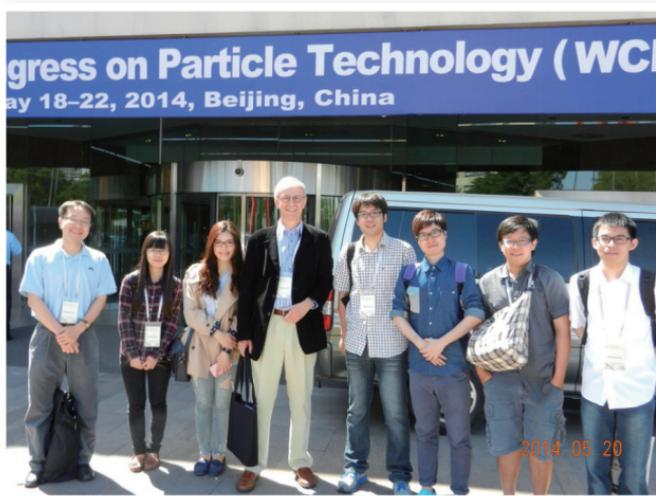
▲圖 4：副產石灰轉換二水硫酸鈣之實驗室測試機：  
①反應槽；②酸液儲槽；③ pH 計；④加酸用泵；  
⑤溢流閥；⑥抽取過濾液暨加壓泵；⑦加壓過濾槽

本校團隊在台塑石化公司提供的研究經費與經驗協助下，為副產石灰的去化提供一具體可行的方案，主持人郭修伯教授也獲得本校 102 學年度優良教師技合獎。以此產學合作開發的高純度二水硫酸鈣不僅產值規模可達十億元以上，也從技術層面徹底解決堆積的副產石灰問題。由於本校與台塑石

化公司隸屬於同一企業，企業內的產學合作更能彼此交換細部的資訊而有更顯著的開發成效。2014年3月起南亞研發中心也與本系進行產學合作專案，協助企業內的製程精進。台塑公司近期也積極與本系多位教授討論，規劃以雙邊虛擬實驗室方式進行短、中、長程的技術發展。



▲圖 5：本系郭修伯教授研究團隊與台塑石化公司人員討論



▲圖 6：本系郭修伯教授研究團隊照片

---

## 四、產學攜手共創雙贏

在產學合作經驗中，本系發覺以特定問題而進行專案的產學合作，往往受限於呈准專案的績效、進度與經費，而無法對於偶發、具有時效性的合作公司其他問題，提供即時性的解決方案；同時，也因為年度經費的提撥時差，導致優秀約聘專案開發人才的異動。本校最近公告施行「捐贈收入管理暨致謝辦法」，得由捐贈人指定捐贈用途，企業內各公司或可考量以此管道提供經費於大學內成立特約實驗室，以更具彈性方式進行長期的產學合作。

近年來政府部門大力推動大學與企業進行產學合作，以最受矚目的「前瞻技術產學合作計畫」(俗稱產學大聯盟)為例，參與之合作廠商均為國內在該產業具重要指標之企業：台灣積體電路製造股份有限公司與臺灣大學進行「7-5 nm 半導體技術節點研究」、中國鋼鐵股份有限公司與成功大學進行「次世代鋼及其綠色製程與產品創新應用產學合作計畫」、長春石化集團與清華大學攜手提出「以再生原料為基礎之新世代綠色化工技術」合作計畫。這些標竿企業早已藉由學界充沛的研究資源，著眼於次世代綠色製程開發、新產品開發與創新應用。

面對頁岩氣對石化產業的原料來源及成本的巨大衝擊與環境保護團體各類訴求的嚴峻挑戰，台塑企業更應鏈結企業內三所大學之研發資源，協助企業維持技術領先、環境保護與成本控制的優勢，以前瞻技術迎接挑戰，落實企業永續經營的理念，達成產學攜手共創雙贏的新局。