

中華民國101年

# 台灣鑛冶工業之進展(上)

2011 Annual Review of Progress in Mining & Metallurgical Industries in Taiwan

- 壹、綜論—林再遷  
本會會刊總編輯
- 貳、油氣礦業—吳榮章  
中油公司副探採事業部執行長
- 參、金屬與非金屬礦業—朱明昭  
經濟部礦務局局長
- 肆、鋼鐵工業—鄒若齊  
中鋼公司董事長
- 伍、非鐵金屬工業—張士桐  
中鋼鋁業公司董事長
- 陸、粉末冶金工業—李輝隆  
台灣保來得公司技術部經理
- 柒、工業材料研究—伏和中  
金屬工業研究發展中心執行長
- 捌、礦業服務與研究—童遷祥  
工研院綠能所所長
- 玖、礦物之進出口—陳逸偵  
經濟部礦業司副司長
- 拾、鑛冶(資源、材料)教育—黃啓原 · 唐自標、丁原智  
成大資源工程系主任 台北科技大學材料及資源工程系所主任、所長  
胡毅 · 賴錦文  
大同大學材料工程系主任 大漢技術學院珠寶技術系主任

## 壹、綜論

**國際經濟** 廣續受歐債拖累，萎靡不振；台灣景氣亦受影響，101年經濟成長率僅1.26% (100年為4.04%)，預測102年可達3.59%；工業生產指數101年為129.64% (以95年平均=100)，與100年之129.71大致持平，但礦業及土石採取業則有2.9%之成長，相當可喜；國內失業率由100年的4.71%降為4.2%，社會安定，尚望102年可以破4。

民國101年，台灣地區進口礦產品總值達17,003.6億元，較100年之15,496.6元增加1,507億元(+9.72%)，其中能源礦物15,826.7億元，約占進口值的93.08%，主要物品是石油、液化天然氣及煤炭；國內亦有少量礦產品出口，總值為79億1,990萬元，包括金屬礦物之銅砂、鐵沙、辰砂及金屬熔渣等，出口值占55.96%，工業原料礦物之鹽、硫磺、矽砂、膨土、火粘土、大理石等占43.76%，餘為煤炭之0.28%。

台灣地區101年進口煤炭65,943,940公噸，原油43,396,249公噸，液化天然氣12,729,690公噸；國內能源99.7%以上仰賴進口，中油公司從事國內油氣探勘，不遺餘力，在陸上、海域及兩岸合作探勘均有成果：台南官田4號井鑽井成功，初估可獲得8,600萬M<sup>3</sup>之天然氣；101年國內自產天然氣4,202億M<sup>3</sup>，比100年增加33.94%，凝結油7.16萬桶，僅比100年增加200桶。國外部份與國際油公司在8個國家20餘個礦區合作，亦均有嶄獲：查德Benoy-1井可日產輕質原油9,800桶、天然氣35,000M<sup>3</sup>；在厄瓜多、印尼、美國生產礦區尚持有原油及凝結油產量616.98萬桶、天然氣3.75億M<sup>3</sup>，由於國際油氣價格攀高，101年的銷貨毛利48.3億元，比

100年之33.82億元，增加42.81%；為充份掌握及穩定油原，該公司正積極與國際公司洽談油氣田併購案，在尼日Inpex的Ichthys氣田各持5%權益，均已完成交割併購，大幅提升國外自主油氣比例；美加油頁岩氣之取得，中油亦在審慎評估中。

**金屬礦業** 101年僅有東部和平溪生產10公兩砂金、產值約104.7萬元；金瓜石金鋼礦及西部海岸鐵砂均無生產。

**非金屬礦產**應用在工業原料者，均大幅度減產，如大理石減產-15%、石灰石-55%、蛇紋石-17%、白雲石-30%、鹽-32.53%、砂礦-66%，減產主要因為礦業用地租約問題未能解決、部份礦物礦石運輸量受地區發展觀光所管制及少數礦場未做好水土保持被禁採自行申報停工所致。

砂石資源開發為目前國內礦產品中量值最大者：101年產4,437萬KM<sup>3</sup>，產值6,454萬元，惟較100年產量仍有-2.2%及產值-5%之萎縮。

**國內鋼鐵市場**，在101年下半年急遽惡化，除熱軋、冷軋產品成長16.6%及8.4%外，電鍍鋅、線材、棒鋼、不銹鋼、鋼板等均有10%～21%不等之衰退；H型鋼則巨幅成長71.4%。

101年台灣**鋼鐵產量2,066.4萬公噸**，較100年增加67.8萬公噸(+66%)；鋼材進口量339萬噸，較100年減少3.1萬公噸(-0.9%)；**粗鋼表面消費量**101年2,151.5萬公噸及**鋼材表面消費量**1,792.9萬公噸，兩者均較100年衰退0.9%。

鋼鐵主要下游產業有家電業、機械業、鋼管業及汽車業，表現相對穩健。

**中鋼公司**在高爐塊礦比率之提升之冷卻水塔節能技術、高強度EH47船板開發、工業用純鈦中厚板及熱軋捲開發均獲預期成功。另在汽車鋼板表面處理實驗線建立、高爐流道用快速烘烤型澆注料開發及與下游業者合作的馬達產業鏈高值化技術研發、建立汽車先進高強度鋼複雜造型關鍵結構件核心技術研發，成果豐碩。

**非金屬工業方面**：台灣**鋁原料**除少數由廢鋁回收外，101年進口鋁軋延品約8萬公噸，出口7.2萬公噸，出口對象以中國最多。

**中鋼鋁業公司**正進行擴建工程、增添設備以提升生產效益，生產高值化綠色產品。

台灣生產銅所需電解銅悉賴進口，**銅工業**因原料占整體製造成本約70%以上，低利用產品已逐漸由大陸取代，亟待加速發展高階產品以補足市場。

全球**鎂原料**生產以中國最大，我國101年進口鎂13,365公噸，出口5,983公噸。鎂大多應用於電子業3C、汽車、自行車、航太工業等；3C競爭驟烈，毛利壓縮，有待技術突破。

**鈦金屬**的耐蝕性高，有七成以上應用在石化設備上，另在運動器材網球拍、高爾夫球桿/頭及醫療器材亦被廣泛使用。101年進口鈦原料及鈦製品4,972公噸，出口1,584公噸；因進口交期長，中鋼公司已投入鈦合金生產供應業者，對台灣產業競爭力有莫大助益。

台灣無開採鋅礦，**工業用鋅錠**仰賴進口，民國101年進口22.5萬公噸，比100年減少12%，出口9,644公噸，則比100年成長9%。鋅鍍於鋼板表面減緩腐蝕；近年，大陸鍍鋅鋼板大舉侵台，價格低廉，台灣廠商面臨重大衝擊。

**粉末冶金**大量應用在電動工具、家電3C及汽車零件組件；在燃料電池部件，供不應求，潛力無窮，國外大訂單擁至，紛紛擴廠及投資設備，呈現無限榮景。

粉末冶金企業界龍頭台灣保來得公司，在**固然氧化物燃料電池**(Solid Oxide Fuel Cell,

SOFC)生產電池連結板 101 年已達 200 萬片，價廉物美，歐美無法批敵，世界占有幸已逾 50% 以上，預計 102 年產量將增達 400 萬片，獨占鰲頭！

金屬工業研究發展中心與工研院、中科院及中油公司等機構合作，致力工業材料之改進與研發，成果斐然；在金屬材料的鋼鐵材料、非鐵金屬材料、非金屬材料之陶瓷材料，高分子材料及複合材料均獲突破性的研發成果。

## 貳、油氣礦業

台灣中油股份有限公司(以下簡稱中油公司)於 101 年賡續在國內陸上、海域及國外探採石油及天然氣，茲分述如下：

### 一、陸上探採

- (一) 於台灣西部完成震測測線 393 公里，地質調查 84 平方公里，勘定 2 口探井井位。
- (二) 於台南官田鑽探官田 4 號探井，該井位於官田 1 號、2 號井以西約 550 公尺，中油公司於 101 年 11 月開始鑽探，井深 1,002 公尺，共鑽獲 3 個產氣層，初估可採天然氣蘊藏量 8,600 萬立方公尺。一旦開發，該井所生產氣可併同官田 1、2 及 3 號井輸往官田工業區市場銷售。
- (三) 積極進行國內陸上油氣井修井、復產工作(生產流程改造、超低壓生產、定位橋塞堵水)，國內自產天然氣產量因此大幅提升。101 年國內自產天然氣 4.42 億立方公尺，較 100 年的 3.3 億立方公尺，增加 1.12 億立方公尺(+33.94%)；101 年伴產凝結油 7.16 萬桶(1.14 萬公秉)，與 100 年的 7.14 萬桶(1.13 萬公秉)相差不多；創造了 85.35 億元產值(未扣除 101 年生產成本及探勘支出)，較 100 年 33.38 億元，增加 51.97 億元(+155.69%)。

### 二、海域及兩岸合作探勘

- (一) 囿於 100 年 6 月 13 日立法院第 7 屆第 7 會期第 17 次會議審議台南盆地三維震波測勘招標案，決議為「為避免相關疑慮，請中油排除疑慮後另行辦理招標」，中油公司據以廢標後，外在不可控制因素未解除前仍暫緩招標該案；以致 101 年「台南盆地三維震測及資料處理」工作計畫，無法接續進行。
- (二) 「高雄外海 F 構造油氣田開發投資計畫」海域生產平台統包工程採購招標案 101 年 3 月 27 日開標結果，連最低標報價都高於原編預算之 50%，確認預算已不敷支應，中油公司乃決議二度緩辦，101 年 11 月 21 日獲行政院核定同意再度緩辦 1 年。
- (三) 與中國大陸 CNOOC 在台灣海峽合作之台潮石油合約區，101 年完成韓江-東沙-北港-台南工作區震測、重、磁綜合潛力解釋，東南區二維震測、重、磁常規處理、綜合解釋與盆地屬性分析。應工作需要，雙方同意再延台潮石油合約至 103 年 12 月 31 日，正報雙方主管機關核定。
- (四) 與中國大陸 CNOOC 討論南日島盆地合約區之合約架構，雙方已達成共識，正積極談判本案合約草案。
- (五) 與加拿大哈斯基(Husky)能源公司於 101 年 12 月 18 日簽訂「台灣海峽台南盆地深

水礦區合作探採契約」，該約將在高雄西南外海進行深水探勘，開啟國內深水探勘新頁。

- (六) 92 年我國修訂「礦業法」時，取消國營石油礦業權之規定，而以國營礦業權為法源依據之「海域石油礦探採條例」及其施行細則於 93 年分別公告廢止。基於與外商在我國海域合作油氣探勘，確有需要修定礦業法並增訂海域油氣探採專章，俾有所遵循，中油公司於 101 年委請中國鑛冶工程學會聘請礦業專家學者研擬完成建議草案，已陳送主管機關參考。冀盼未來「礦業法」修訂時，能增訂適合未來需求之「海域探採專章」。

### 三、國外探採

- (一) 與國際油公司在 8 個國家之 20 餘個礦區合作探採。計有厄瓜多 16 號、17 號礦區，委內瑞拉東帕里亞、西帕里亞礦區，澳洲 AC/P21、NT/P76 礦區，美國 El Paso 公司 Hurricane Creek Project 的 6 個生產礦區、自力標得 Cutthroat A 等礦區，利比亞 Murzuq 162 礦區，查德 BCO III、BCS II、BLT I 礦區、印尼山加山加（深層傳統油氣）、山加山加淺層煤層氣（CBM）、Bulungan 及 Arafura Sea 等礦區，剛果 Haute Mer A 深水礦區。其中委內瑞拉依據新頒布法案將中油公司原持有的東帕里亞與西帕里亞兩礦區權益強制收回，中油公司已分別向國際解決投資爭端中心（ICSID）及國際商會（ICC）提出仲裁，已成立仲裁庭審理。查德 BCO III、BCS II、BLT I 礦區 100 年所鑽的 Benoy-1 井，試油氣時可日產輕質原油約 9,800 桶、天然氣約 35,000 立方公尺。利比亞礦區則因該國內戰而撤離，102 年將於適當時機返回。
- (二) 在厄瓜多 16 及 17 號、印尼山加山加及美國等國外生產礦區所持分的原油及凝結油產量 616.98 萬桶，較 100 年度 648.9 萬桶，減少 31.92 萬桶（-4.92%）；天然氣 3.75 億立方公尺；較 100 年度 3.91 億立方公尺，減少 1,600 萬立方公尺（-4.09%）。由於國際油氣價格攀高，101 年銷貨毛利 48.30 億元，較 100 年的 33.82 億元，增加 14.48 億元（+42.81%）；其中銷貨收入 119.82 億元，較 100 年度 109.9 億元，增加 9.92 億元（+9.03%）。
- (三) 為充分掌握及穩定油源，99 年開始與國際油公司洽談數件油氣田併購案，包括與中國大陸 CNPC 的尼日 Agadem 油田案 23.5% 權益、與 Shell 的澳洲 Prelude 氣田案及日本 Inpex 的 Ichthys 氣田案各 5% 權益，100-101 年持續進行，已分別於 101 及 102 年初完成交割併購，將可大幅有效提升國外自主油氣比例。

油氣探勘承擔極大風險，且需投注長時間與大量資金，卻是國際大油公司主要獲利來源之一。近年來國際油價高漲，在世界各國皆積極投入探油之際，中油公司為達成「深化能源供應安全機制，推動國際能源合作」目標，持續進行國內外探採，以提升自主油氣比率並強化國際競爭力。

有鑑於近年來美國積極開採其境內的頁岩氣，將引發非傳統油氣資源革命，中油公司於 101 年 12 月 6 日在經濟部能源局指導下主辦「天然氣及頁岩氣國際研討會」，邀請國際及國內能源專家學者，以全球的角度，共同探討天然氣及頁岩氣的未來發展策略。中油公司正審慎評估跨入頁岩氣等非傳統油氣領域的可行性。

# 參、金屬與非金屬礦業

金屬與非金屬礦業：金屬礦主要為北部金瓜石之脈金、東部河川砂金礦及西部海岸砂鐵礦，而非金屬礦分為工業原料礦物與砂石類兩款，目前生產者包括大理石、石灰石、白雲石、蛇紋石、鹽、硫磺、雲母、瓷土、火粘土及砂石等約十多種之多，民國 101 年總產值高達 321.3 億餘元，其中砂石為最重要，占總產值 57.46%。

## 一、金屬礦業

(一) **金銀銅礦**：金瓜石 4 個金銀銅礦區現為台糖公司所有，目前仍停工中無生產，曾有數家國外金礦公司表示興趣。民國 96 年台糖原訂辦理招標招商合作探勘計畫，後因故延期。民國 97 年台糖公司向經濟部陳報公開招標，亦因故再次延遲。另民國 99 年 11 月澳洲廠商指派專業地質師抵台，由礦務局派員協同前往台灣北部宜蘭縣南澳鄉神寶金礦區，進行為期 5 天之地質調查並採取礦石標本，顯見澳洲對於台灣北部之金礦仍有相當濃厚之興趣。

(二) **東部砂金礦**：僅存和平溪地區礦區少量生產。民國 101 年金礦生產量為 10 公兩，產值約 104.7 萬。

(三) **鐵礦**：西部海岸砂鐵礦，101 年尚無生產量。

## 二、非金屬礦業

### (一) 工業原料礦物

1. **大理石** 大理石產於東部地區之變質岩，礦物成分為碳酸鈣，可供化工、水泥、石粉、煉鋼、玻璃、製糖等工業之原料以及建材與工藝用，民國 101 年原料用大理石產量為 2,252 萬公噸，產值 29 億 1,707 萬元，較民國 100 年產量為 2,435 萬公噸，產值 34 億 322 萬元，減少 183 萬公噸(-8%)，產值減少 4 億 8,615 萬元(-14%)。民國 101 年建材及工藝用大理石產量為 15,882 公噸，產值 1,249 萬元，較 100 年之 13,807 公噸，產值 1,132 萬元，增加 2,075 公噸(15%)，產值增加 117 萬元(10%)。

2. **石灰石** 石灰石主要產於台灣西部之沉積岩，其礦物成分及用途與大理石相同。民國 101 年建材及工藝用石灰石產量為 275 公噸，產值約 164 萬元，較民國 100 年之 612 公噸，產值約 222 萬元，減少產量約 337 公噸(-55%)，產值減少 58 萬元(-26%)。原料用石灰石民國 101 年產量 6,080 公噸，產值 169 萬元，較民國 100 年產量 6,526 公噸，產值 136 萬元，減少 446 公噸(-7%)，產值增加 33 萬元(24%)。

3. **蛇紋石** 蛇紋石產於台灣東部，供煉鋼、化工、鎂肥之原料以及建材與工藝用。民國 101 年原料用蛇紋石產量 52,660 公噸，產值 2,710 萬元，較民國 100 年之 63,663 公噸，產值 3,061 萬元，產量減少約 11,003 萬公噸(-17%)，產值減少約 351 萬元(-11%)；民國 101 年工藝用蛇紋石產量為 8,005 公噸，值約 1,532 萬元，較民國 100 年產量為 13,227 公噸，值約 1,957 萬元，產量減少約 5,222 公噸(-39%)，產值減少 4,25 萬元(-22%)。減少原因皆係卓溪鄉地區之礦場，因礦業用地租約問題未獲解決，致無法開採。

4. **白雲石** 白雲石產於台灣東部，供煉鋼、化工、鎂肥之原料以及建材與工藝用，民國 101 年白雲石產量 47,489 公噸，產值 4,307 萬元，較民國 100 年白雲石產量 67,459 公噸，產值

6,356 萬元，產量減少 19,970 公噸 (-30%)，產值減少 2,049 萬元 (-32%)。減少原因除成本與產能考量之調節，尚有部分礦場礦石運輸量能受地區發展休閒觀光相關管制措施所致。

5. **鹽** 台灣鹽全部產自台灣西部台灣製鹽總廠的精鹽廠，民國 101 年總產量 70,750 公噸，產值 6 億 2,075 萬元，較民國 100 年產量 104,854 公噸，產值 7 億 9,219 萬元 (含洗滌鹽)，減少 34,104 公噸 (-32.53%)，產值減少 1 億 7,144 萬元 (-21.64%)，減少原因主要係洗滌鹽無產量。

6. **矽砂** 矽砂產於台灣西部，為玻璃、玻璃纖維、鑄造、噴砂等業之基本材料。民國 101 年總產量為 58,157 公噸，產值約 1,250 萬元，較民國 100 年總產量 173,354 公噸，產值約 2,460 萬元，減少產量 11 萬 5,197 公噸 (-66%)，產值減少 1,210 萬元 (-49%)，減少原因為少數礦場因未做好水土保持被禁採或自行申報停工。

## (二) 砂石

### 1. 台灣地區砂石資源開發現況

- (1) 砂石為營建之基本材料，亦為目前礦產品中量值最大者。民國 101 年砂石產量為 4,437 萬立方公尺，產值約 184 億 6,454 萬元，較民國 100 年砂石產量為 4,537 萬立方公尺，產值約 194 億 3,588 萬元，減少 100 萬立方公尺 (-2.2%)，產值減少 9 億 7,134 萬元 (-5%)。
- (2) 民國 101 年臺灣地區砂石碎解洗選場全年總生產量 4,437 萬立方公尺 (不含進口砂石)，其中河川砂石占 80.59%，陸上砂石占 19.41% (含營建回收利用)。東砂西運海運部分占總生產量 2.23%。民國 100 年砂石碎解洗選場全年總生產量 4,537 萬立方公尺 (不含進口砂石)，其中河川砂石占 81.54%，陸上砂石占 18.46% (含營建回收利用)。東砂西運海運部分占總生產量 4.18%，民國 101 年比民國 100 年減少 100 萬立方公尺 (-2.2%)。
- (3) 民國 101 年砂石總供應量 5,404 萬立方公尺 (其中河川占 66.16%，陸上占 15.93% (含營建土石方回收)，進口占 15.27%，礦區占 2.63%)。較民國 100 年砂石總供應量約 5,628 萬立方公尺 (其中河川占 65.73%，陸上占 14.88% (含營建土石方回收)，進口占 16.15%，礦區占 2.62%)。減少 224 萬立方公尺 (-3.98%)。

### 2. 土石採取專區規劃

經濟部礦務局民國 101 年委託辦理「新竹縣芎林地區土石採取專區規劃計畫」，預計民國 102 年 4 月完成製作環境影響說明書、水土保持規劃書、水土保持計畫、申請土地使用分區變更之計畫書圖與申請書圖、申請使用地變更編定之計畫書圖與申請書、土石採取計畫書等，嗣後依環境影響評估法、水土保持法、區域計畫法、土石採取法等相關法令規定，循程序送交各該相關權屬機關進行審查。

# 肆、鋼鐵工業

## 一、國內市場供需

101 年下半年鋼鐵市場急遽惡化，我國各項鋼品產量除熱軋、冷軋分別成長 16.6%、8.4% 外，其他鋼品均呈衰退，衰退幅度為電鍍鋅 21.2%；線材、棒鋼分別為 15.1%、13.4%；不鏽鋼熱軋 13.1%、鋼板 10.4%。101 年各鋼品進口量，H 型鋼巨幅成長 71.4%；熱浸鍍鋅、線材、鋼

板及不鏽鋼管大幅成長；熱軋、不鏽鋼冷軋、不鏽鋼棒鋼則小幅成長。其他鋼品則大幅衰退，以電磁鋼片衰退 33.9% 最多，其餘鋼品衰退 6.4%~28.1% 不等。出口量方面，鋼板、電磁鋼片及冷軋大幅成長；熱軋、彩色鋼片、不鏽鋼管小幅成長；鋼筋、線材及鋼管大幅衰退；棒鋼、電鍍鋅、熱浸鍍鋅、H 型鋼、不鏽鋼熱冷軋及不鏽鋼棒線小幅衰退。

臺灣 101 年鋼鐵產量、進出口量及表面消費量如下：

(一) **粗鋼產量** 2,066.4 萬公噸較 100 年增加 48.6 萬公噸，成長 2.4%。其中，高爐廠產量 1,097.6 萬公噸較 100 年增加 67.8 萬噸，成長 6.6%，電爐廠產量 968.8 萬公噸，較 100 年減少 19.2 萬公噸，衰退 1.9%。鋼材產量 2,430.4 萬公噸，較 100 年減少 11.9 萬公噸，衰退 0.5%。

(二) **鋼材進口量** 339 萬公噸，較 100 年減少 3.1 萬公噸，衰退 0.9%。半成品方面，101 年扁鋼胚進口量 302.3 萬公噸，較 100 年增加 1.3 萬公噸，成長 0.4%。小鋼胚進口量 101 年 88.5 萬公噸，較 100 年減少 1.7 萬公噸，衰退 1.9%。鋼材出口量 976.5 萬公噸，較 100 年增加 1.8 萬公噸，小幅成長 0.2%。

(三) **粗鋼表面消費量** 2,151.5 萬公噸，較 100 年減少 20.1 萬公噸，小幅衰退 0.9%；鋼材表面消費量 101 年 1,792.9 萬公噸，較 100 年減少 16.8 萬公噸，同樣衰退 0.9%。

## 二、鋼鐵產業發展

101 年我國鋼鐵主要下游產業產銷量普遍較 100 年衰退，表現相對穩定者為家電業、機械業、鋼管業及汽車業，分述如下：

■ **家電業**：受惠政府連續推出節能家電補助措施，101 年空調、冰箱及洗衣機銷售量均大幅成長 20% 以上。102 年在景氣及房市逐步好轉下，家電類製品消費可望持續成長。

■ **機械業**：101 年全年臺灣機械出口值衰退 1.8%，但工具機成長約 7%。102 年在新臺幣貶值效應下，機械產值可望持續成長 5%。

■ **鋼管業**：受惠桃園機場捷運、鳳山衛武營展演廳及電子廠擴廠工程用量增加，國內鍍鋅管需求持續成長。運動器材管因臺商回流訂單增加，API 管因美國當地鋼品漲價，外銷報價上漲。

■ **汽車業**：政府五期排放新制法規於 101 年 10 月實施，加上臺灣車廠致力於整車外銷商機拓展，102 年汽車產銷可望恢復成長。

## 三、中國鋼鐵公司製程改良與產品開發

### (一) 3、4 號高爐塊礦比率提升

為有效降低鐵水生產成本，須有效提升塊礦比率。中鋼公司研究顯示，以小塊焦混入塊礦，將可有效改善塊礦的軟熔性。101 年中鋼 3、4 號高爐全年平均塊礦比率，分別提升至 19.5% 和 20.4%。

### (二) 冷卻水塔間接用水系統節能技術建立

為減少水溫高低與用水量多寡對水塔本身耗能影響，中鋼建立上游冷卻水塔水溫預測暨風扇節能控制模式，可依照氣候及不同熱負荷等條件，進行需求水溫下之最佳風扇控制。

### (三) 高強度 EH47 船板開發

為因應超大型貨櫃輪訂單用鋼需求，中鋼進行新一代高強度 EH47 船板開發，已順利產出 65mm 厚度 EH47 船板供應超大型貨櫃輪船之製造，也為 75mm 的 EH47 船板產品開發奠

立重要基礎。

#### (四) 工業用純鈦中厚板及熱軋捲開發

為滿足客戶用料需求，中鋼分別於鋼板廠及熱軋廠進行純鈦中厚板及熱軋鈦捲開發，除建立精密的軋延製程參數以確保產品品質外，並結合國內不鏽鋼業者之設備能量，成功開發鈦板 / 捲熱軋及後處理精整技術。

### 四、中國鋼鐵公司研發成果

#### (一) 汽車鋼板表面處理實驗線建立

為拓銷汽車鋼板，中鋼已完成「汽車鋼板表面處理實驗線」的建立，除可完整模擬汽車車身塗裝製程，並可加速取得汽車鋼板驗證。目前已完成五項鋼種的 GM 汽車鋼板驗證。

#### (二) 高爐流道用快速烘烤型澆注料開發

為提升高爐主流道通銑壽命及縮短修護時間，中鋼積極投入高爐流道用快速烘烤型澆注料開發，自行開發之快速烘烤型澆注料，耐蝕性與抗氧化性皆優於國外進口料，且價格可降低約 3 成。

### 五、國內鋼鐵及下游業者主要技術研發與製程發展

#### (一) 完成馬達產業鏈高值化技術研發

中鋼公司結合下游業者，於 101 年合作完成馬達產業鏈高值化技術研發計畫之執行，重點包括：

- (1) 中鋼公司研製各種低鐵損高磁通電磁鋼；
- (2) 結合國內學研單位馬達相關專業工程師，建立共用鐵芯規格性能最佳化設計技術；
- (3) 建構流機傳動產業關鍵模組及驅動控制晶片設計自主能量，並完成相關專利布局；
- (4) 建立利基型小型風力發電機組自主設計開發能量；
- (5) 擴大應用整合設計平台，垂直整合上、中、下游及終端應用系統廠，加速高效率與高值產品開發。

#### (二) 建立汽車先進高強度鋼複雜造型關鍵結構件核心技術

中鋼公司結合相關下游業者，於 101 年合作完成汽車先進高強度鋼複雜造型關鍵結構件核心技術研發計畫，重點包括：

- (1) 1180Y 高品級汽車用先進高強度鋼研發及其加工特性資料庫建立；
- (2) 高強度複雜斷面車體關鍵部件 CAE 分析與模具技術開發；
- (3) 高強度鋼中頻直流點銲接合技術開發。

## 伍、非鐵金屬工業

### 一、鋁工業

#### (一) 鋁品進出口

台灣鋁工業缺乏完整產業鏈，所需原料仰賴進口，除少部分利用國內廢鋁回收外，均仰賴進口。而國內目前也僅有中下游之軋延、擠型、鑄造等。台灣 2012 年生產總軋延品數量與去年相當皆約為 14.8 萬公噸，但鋁軋延品進口總量約 8 萬公噸較 2011 年 8.7 萬公噸略為下滑，出

口量為 7.2 萬公噸仍與 2011 年的 7 萬公噸相當，其中以直接出口中國大陸為最多。整體而言，台灣鋁相關產業之鋁錠表面消費量也較去年略減，需求並未明顯彈升，市場需求趨緩。

(單位：萬公噸/年)

西元年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
鋁錠表面消費量	54.0	50.4	50.4	42.6	53.9	56.4	55.3

## (二) 台灣鋁軋延工業概況

2012 年受全球經濟景氣不佳，鋁品市場價格競爭激烈，中國大陸鋁軋品年需量約為 700 萬公噸，而台灣僅約 12 萬公噸，目前台灣鋁軋延工業仍以出口大陸為主；而在大陸眾多鋁廠以低廉成本展現的高度競爭力與日韓鋁廠在高品質中的占有率，台灣正面臨前門拒虎，後門進狼的困境。中鋼鋁業公司為國內主要鋁軋延廠商，正進行擴建工程，提升設備的不足，以大幅提升生產效益，並發展新一代利基產品、高價值化綠色產品。近幾年來，節能減排已成為全球重要趨勢，鋁金屬及鋁合金具有質輕的特性，鋁之比重僅為鋼鐵之三分之一，且具有易回收重新熔煉使用的再生性，基於市場以節能減排環保訴求的綠色材料需求，未來罐蓋、拉環、電子 3C 產品，甚至汽機車等朝向使用更輕與節省材料的發展趨勢，積極地開發薄化的鋁合金材料及鋁電池鋁箔用料、汽車用鋁板/鋁片、高品級電子業用鋁材，產品可廣泛應用在各產業客戶滿足對降低生產及能耗成本的基本需求，進而拉開與大陸鋁廠間的差距，並替代日韓鋁廠的市場，藉由品質與產能的提升，提高中鋁在國際間的能見度，間接提升台灣在鋁產業的國際競爭力。

## 二、銅工業

### (一) 銅品進出口

依據金屬工業研究中心資料顯示，2012 年 1 ~ 11 月國內電解銅進口量為 40.3 萬公噸與 2011 年同期相比衰退 5.1%。而在銅半成品國內總進口量達 6.5 萬公噸，也比 2011 年同期衰退 6.9%；但總出口量達 22.1 萬公噸，與 2011 年同期相當，無明顯變化。

### (二) 產業概況

因我國無生產銅，所需要電解銅均仰賴進口，加上原料占整體製造成本約七成以上，因此對於原料價格相當敏感，進口後再加工至半成品的產品等級及技術層次相差不大，泛用低利潤產品已逐漸由中國所取代，台灣業者需要加速高階產品來補足失去的市場。

## 三、鎂工業

### (一) 鎂進出口

根據我國海關進出口資料統計，2012 年鎂累計進口量為 13,365 公噸，較 2011 年微幅減少約 0.3%。鎂 2012 累計出口量為 5,983 公噸，略為成長較 2011 年增加 3.7%。

### (二) 產業概況

中國仍為全球最大的鎂原料生產國。台灣本土的鎂產業主要為下游終端應用。大多採用壓鑄及半凝固射出成形製程，並以生產 3C 產品為主要應用。在鎂合金 3C 壓鑄產業，我國廠商可成、鴻準、華孚市占總和仍居世界居龍頭地位。因過去數年全球性的輕量化、環保回收、節能的趨勢下，應用市場極廣，包含電子 3C、汽車、自行車、航太國防等，使金屬鎂的需求快速增長。3C 產品推陳出新的速度極為快速，此產業又有新競爭者投入毛利日益被壓縮，但台灣廠商

深耕多年，在多年技術研發投入，相信未來仍具備相當成長空間。

#### 四、鈦工業

##### (一) 鈦進出口

根據我國海關進出口資料統計，鈦工業原料與其他鈦製品 2012 年進口量約為 4,972 公噸，與 2011 年 4,952 公噸相當。2012 年總出口量約 1,584 公噸較 2011 年 1,640 公噸稍稍衰退。

##### (二) 產業概況

鈦目前被廣泛應用在化工產業，主因為鈦表面會形成一層緻密氧化膜，隔絕強酸、強鹼的腐蝕，因此鈦的耐蝕性相當優異，可作為管件或試桶槽，但石化設備所需使用鈦合金約佔成本的七成以上，國外進口不只交期長，價格更是高昂，使得產業的競爭力間接下降，目前中鋼投入鈦合金的生產後，已不再是固守本業的鋼鐵製造者，而是台灣產業升級的關鍵角色，中鋼的投入對提升產業的競爭力極有幫助，加上鈦合金比強度較鋼鐵高，在節能減排的趨勢下，也是未來重要的輕量化用材，不只是工業，未來甚至在建築業，如歐洲及日本許多公共工程的屋頂即採用鈦金屬，台灣目前如台北大巨蛋的屋頂工程，都有機會使用鈦合金。鈦亦被用於各種體育用品：網球拍、高爾夫球杆／頭等。但是它重量輕又很經久耐用，而且不會造成皮膚敏感。雖然比傳統的鋼或鋁製的同類稍貴，這些鈦製品要輕得多但強度不減。由於它的生物相容性（無毒及不被人體排斥），鈦在醫學上有廣泛應用，當中包括外科用具及植入物，例如替換髖骨框及球關節。其中台灣在高爾夫球頭產業中，仍位居世界領導地位，但大陸後起的廠商值得關注。

#### 五、鋅工業

##### (一) 鋅進出口

根據我國海關進出口資料統計，2012 年國內進口鋅原料 22.5 萬公噸，較 2011 年減少 12%。用途主要仍為鋼鐵鍍鋅。其次作為鋅合金錠原料使用，鋅合金出口 9,644 公噸較 2011 年成長 9%。

##### (二) 產業概況

由於台灣無鋅礦可開採，國內純鋅錠仍仰賴進口，而主要的功能是披覆於鋼鐵的表面，減緩鋼鐵的腐蝕，需求受鋼鐵需求影響。目前全球的鋅消費需求主要還是來自於中國大陸對汽車、電器中鍍鋅鋼板的需求，目前需求的增加速度遠低於產量增速，供給過剩仍未改善。近年來大陸鍍鋅鋼板產能激增大舉侵台，低廉的價格，使台灣廠商面臨困難。

## 陸、粉末冶金工業

在美、日景氣低迷，歐債持續的影響之下，粉末冶金工業在亞洲受到的影響不大，整個中國大陸的汽車市場已突破 1900 萬輛之新高，台灣受到汽車部品強烈需求的驅動之下，在汽車零件市場的成長反而逆勢成長，主要來自於歐美降低成本的需求，以及中國大陸市場對於高精度零件的需求等增加；此外，印度汽車市場的成長對於粉末冶金的需求，也是台灣成長的另一隻燕子。

有別於傳統粉末冶金在電動工具、家電 3C、汽車零件領域的應用，在綠能的燃料電池應用

方面，也有相當大的市場和成長空間，全球目前處於供不應求的時期，台灣在這方面的潛力無窮。

## 一、新建設、新投資

與 2011 年相若，2012 年也因為歐美的經濟未見起色，新設備的投資並不多；在亞洲方面則是粉末冶金業在設備投資上持續成長，特別在台灣對於新產品如汽車零件和能源相關的產業，有持續投資的趨勢。台灣粉末冶金業者，相繼有大訂單到來，配合產能提升，不論廠房、成形與燒結設備皆有新的投資，包含設備有大型的 CNC 油壓成形機、高溫連續燒結爐，以及一些熱處理相關的氣氛控制爐等，後者的氣氛控制爐設備也是國內最有機會參與開發的部份，憑藉國內既有的陶瓷產業和熱處理工業的基礎，有著強烈的信心可以發展國內自行開發的設備，提供製程上穩定的品質。

其次，在大量產品的生產規劃裡，為穩定品質，自動化更先進的輔助生產漸被大量需求，減少人力，提升品質，是產業繼續成長的重要投資，在台灣粉末冶金產業也倍受重視。

## 二、新研究、新技術發展與成果

在節能相關的汽車引擎用 VVT(Variable Valve Timing)、VCT(Variable Cam Timing) 鍊輪套件組零件，繼 2011 年市場的需求大量增加，2012 呈現倍數成長，更新的設計且能符合節省能源之訴求，已廣為消費者接受，進入市場；新增加的市場需求也促使粉末冶金製造廠家進行更有規模的廠房與設備投資。除了粉末冶金本業之外，這些產品更需要有精密機械加工的配合，主要是平面研磨技術，且需有大量生產的產能和技術，年產量要求在 500 萬套規模，這不是一般機械加工場可以達成的，技術發展、品質管理和製程管制是一項重要的整合工作。

由於粉末冶金在汽車產業的應用越來越廣，在降低成本的考量之下，粉末冶金是一項頗具潛力和競爭力的技術，特別是變速齒輪箱中的傳動齒輪，其數量可創造市場更多的粉末原物料需求，在精度上則可利用齒輪滾壓 (Gear Rolling) 技術來克服和提升，這項技術已有新的突破，初步的產品已通過小量測試，目前設備是國外製造，台灣在齒輪工業上已具國際水準，整合這些技術，加上齒輪工業基礎穩定，均有助於國內對此技術與設備的開發；在市場漸漸形成的同時，相關業者或設備廠商可以注意這方面的研究發展。

在能源產業固態氧化物燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) 上的應用，台灣保來得公司研發的電池連結板 (Interconnector)，在 2012 年中已順利設立第二條生產線，並完成第二工廠的建立，對於客戶與市場的需要仍供不應求，目前佔有率已達 50%，和歐美的競爭對手相較，產品是物美價廉，在 2012 年底已突破 200 萬片的出貨。2013 年著手第三條生產線規劃設立，並且開發下一世代產品，估計將有比 2012 年成長一倍的潛力。

另一項新興的應用技術是加法製造 (Additive Manufacturing, AM)，這是粉末冶金進階的技術應用，在生醫、航太產品、模具工業、汽車複雜零件等等產業皆有非常廣泛的應用潛力，這項技術運用 CAD 加 3D printing 技術，不需要模具，利用雷射燒結原理 (Laser Sintering) 把產品以一層一層堆積方式製造出來，這項技術也是美國政府歐巴馬總統積極推行的一項新技術，在 Ohio 州已成立研發中心，各大學參與研發，其未來可為美國增加更多的創新和就業機會。

過去對於散熱產品為國內粉末冶金產業較少投入的領域，未來具備發展能量的有高功率 LED 散熱，和國防電子零件散熱這兩大方向值得投入研發，目前國內這方面的需求皆仰賴進

口，成本相當高。

### 三、教育推展

粉末冶金產業在台灣相當冷門，但卻是電子電機、汽車民生工業相當重要關鍵零組件的供應技術，然而對於這方面的人才培育，卻一直未受政府及教育研究機構的重視，企業對於所需的人才往往只能靠自己招募和培訓，特別是有許多新領域的應用，更需要如機械，材料，電機背景專長的人加入團隊。

以保來得公司為例，延續過去一貫的作法，積極與國內成功大學合作，在材料系設立粉末冶金展示室及粉末冶金講堂，從事粉末冶金教育的基礎扎根工作，對於有心從事粉末冶金工作的同學進而提供獎學金，鼓勵其從事粉末冶金研究，及將來投入產業工作。

2012年起也開始招募更多具有相關專長的博士人才，參與新產品與新技術的開發。

另外，則是透過粉末冶金協會的技術交流研討會，增加教育訓練的課程，培育人才，也將頒獎獎學金鼓勵有意願投入產業的同學。

### 五、國際競爭

儘管國內的需求量很少(約10-20%)，台灣在粉末冶金技術上的競爭力與全世界比較，已具備國際水準，這點可以從亞洲諸多的需求看出端倪；例如，中國大陸市場持續10-20%成長，對於高精密、高強度的產品需求，依然仰賴台灣，甚至價格上也比當地生產更有競爭力。東南亞像印尼、越南、泰國等新興國家在摩托車粉末冶金產品的需求，也大部份來自台灣技術和供應。印度市場的粉末冶金零件，特別是大型汽車用引擎和傳動件，也都向台灣詢問、開發和生產。歐美等地的市場也不因景氣而有太多影響，反而是匯率的變動，讓倚賴出口比重高的粉末冶金產品受到匯損的影響頗大，這是產業普遍的情形，有賴政府政策上的支持。

## 柒、工業材料研究

2012年我國在工業材料方面，不論是金屬材料或是非金屬材料，除持續重視節能與環保等議題，以及延續去年開始關注既有機械、運輸工具、民生等產業所需的高值化材料及其應用產品外，亦有一些自主材料開始投入研發，例如鈦合金材料、鋁合金精密型材等。以下謹摘要說明金屬中心、工研院、中科院等法人機構及中鋼的主要研究項目與成果：

### 一、金屬材料

#### (一) 鋼鐵材料：

●**先進高強度鋼**：基於車輛碰撞安全及節能減碳議題，先進高強度鋼的發展與應用將更為迫切。目前中鋼已有590/780/980MPa級先進高強度鋼切入國內汽車應用市場，現正進行更高強度之1180MPa級先進高強度鋼與錳硼鋼(Boron steel)開發；此外，金屬中心及業者已針對590-980Mpa等級鋼種冷金屬傳輸銲接技術(Cold metal transfer welding)，以及強度 $\geq 1,400$ Mpa等級錳硼鋼熱沖壓成形技術，與熱沖壓成形/加熱設備國產化研發。

●**熱穩定性材料**：金屬中心為支援高品級工具機發展，協助國內精密機械設備業者，拓展全球競爭優勢，在經濟部科專計畫經費支持下，投入研發低熱膨脹鑄鐵材料，以合金設計與熱處理製程技術為方針進行研究，目前已分別建立球墨與灰口低熱膨脹鑄鐵熔鑄與熱處理技術，

球墨鑄鐵低熱膨脹材料熱膨脹係數( $\alpha$ 值)在 $100^{\circ}\text{C}$ 下可達 $3.6\times 10^{-6}\text{m}^{\circ}\text{C}$ ，灰口鑄鐵低熱膨脹材料熱膨脹係數( $\alpha$ 值)在 $100^{\circ}\text{C}$ 下可達 $3.85\times 10^{-6}\text{m}^{\circ}\text{C}$ ，尺寸經時變化 $\Delta L/L\leq 2.5\mu\text{m}/100\text{mm}$ (1個月)，實驗室成果皆已具備先進國家日本(榎本株式會社)同等級產品水準，目前正積極推廣相關產業進行應用測試，預期可取代進口，建立自主供應能力。

●**抗菌不銹鋼**：金屬中心開發出低含銀量抗菌不銹鋼材料之熔鑄技術，依照 JIS Z2801 規範進行抗菌試驗，針對金黃葡萄球菌及大腸桿菌測試，抗菌率可達 99% 以上，現已應用於啤酒閥、高質環保餐具以及高級寵物器械上，業者反映相當良好，未來將協助業者開發不銹鋼板材，以擴大應用的範圍(如建材、養殖業等)。

●**尺寸安定模具材料**：金屬中心開發出 SKD61 及 DC53 工具鋼材料尺寸穩定安定化處理技術，且經時尺寸變形量： $\leq 2.04\mu\text{m}/200\text{mm}$ (五個月)。改善了產業常發生之模具試模合格一週後，即發生模具因經時尺寸變化而無法組裝的問題。

●**鈹鐵硼磁性材料**：為提升鈹鐵硼強磁滾輪之性能及組裝效率，金屬中心投入動態磁性壓實、非晶質鍍膜處理及充磁頭設計開發等三項技術進行研發。目前利用動態磁性壓實技術之粉末壓實密度，可由 CIP 的 61.18% TD 提升至 77.50% TD (提升約 16.32%); 在非晶質薄膜技術方面，藉由 NiCrAlVN 的非晶質薄膜製程開發，經 ASTM B117-07 規範 (5%NaCl) 鹽霧試驗可達 100 小時表面無異狀，附著力達 HF: 1~2 級; 在充磁頭設計開發上，藉由特殊磁場排列之充磁頭設計，使滾輪表面磁束密度提升 8~10%，且磁束密度均超過 5000 高斯以上，並經由先組裝後充磁之充磁座設計，大幅縮短 75% 組裝時間，由原先組裝需花 45 分鐘降至 10 分鐘以內。

## (二) 非鐵金屬材料：

●**鋁合金型材**：因應線軌系統廠於高精度鋁合金滑台急迫需求問題，金屬中心投入鋁合金實心滑台之精密抽製技術研發，建立抽製模擬分析模式及開發型材抽製模具，並採用具線軌導引之抽製設備，提高抽製之水平精準度。試作之鋁型材截面關鍵尺寸精度 $\leq \pm 0.04\text{mm}$ 、整體直度 $\leq \pm 2.05\text{mm}/4000\text{mm}$ ，超越國際(德國 DIN)規範指標之要求。

●**鋁合金表面機能材料**：改善 LED 照明及薄形化電子裝置之散熱問題的問題，金屬中心持續研發鋁合金表面散熱技術，目前已將鋁合金表面的幅射係數自  $0.05\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  提升至  $0.85\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ，並成功將散熱面積僅  $80\text{cm}^2$  的燈殼，應用至 10W 的球泡燈上；也應用至工業電腦的散熱器，將鰭片型散熱改為平面型散熱。

●**鎂合金材料**：傳統鎂合金金屬模鑄造成型一直以壓鑄為主，對於大型中空鑄件一直無法克服，特別在運輸工具之結構件上達減重效應相當有限。故金屬中心開發大型鎂合金中空鑄件重力鑄造技術，順利完成鎂合金重型機車後擺臂的開發。而為因應未來全電車全面普及化所需的輕量化結構，金屬中心將持續在鎂合金材料的阻燃性、抗蝕性及機械性質開發上做努力，包含稀土鎂及特殊鎂合金，使其能接近鋁合金 A356 的材料特性。

●**鈦合金材料**：為解決提升國內高值鈦金屬/鈦製品材料自主率，中鋼自 2011 年起其子公司中鋼精材年產各式鈦金屬約 2000 公噸，然而國內市場規模約 4000 噸/年。中鋼精材產出  $8*1500*4000\text{mm}^3$  之鍛胚，再由中鋼聯合下游軋延製程串接，目前成功開發純鈦中厚板、Ti64 鈦合金板、純鈦盤元、熱軋鈦捲等系列產品，另外，亦持續往技術含量更高的 Ti64 鈦合金線材來開發，在克服高速連續軋延多項技術瓶頸之後，順利產出線徑 0.9mm 的優質 Ti64 鈦合金線

材，未來在盤元後處理及螺絲加工方面可大幅提高產出率及生產製程自動化的程度。未來將能完整的提供國內石油化工、能源、藝術建築、航太等產業發展所需的高性能鈦材。

●**快削無鉛黃銅材料**：為因應美國立法規範水道用品釋出至水中之鉛量需低於 5ppb 及歐盟 RoHS 法規規範水五金與與電子相關銅產品含鉛量必須低於 1000ppm 之要求，金屬中心投入研發無鉛快削黃銅材料，以支援國內相關業者發展，目前在無鉛元素的條件下，透過合金設計開發之合金組成，相對於含鉛快削黃銅 (C36000)，其加工指數可達 80%，可有效協助解決業者量產加工瓶頸，降低業者自日本及美國大廠進口材料的依賴。後續則將提升無鉛黃銅的抗脫鋅腐蝕能力，以符合澳洲 AS2345 明訂脫鋅層須達 100 $\mu$ m 以下之規定。

●**其他材料**：節能及再生金屬材料：中科院持續建立貴金屬 (鈿、銻、鉑、銀、銻等) 回收技術平台，其回收技術主要包括富集 (Enrichment)/ 分離及精煉純化之二階段平台技術，目前貴金屬 (如鉑、銻) 回收純度  $\geq 99.99\%$ 。

## 二、非金屬材料

### (一) 陶瓷材料：

●**薄型化陶瓷電容器製程**：目前內埋化陶瓷電容器應用於 3D-SiP 高速電路板內埋化多作為去耦電容器。工研院材化所開發在積層陶瓷元件之製作流程，包含粉體製備、漿料配置、薄帶成形、多層疊壓及元件燒結成形等部分。整體元件薄化之關鍵技術因子則為起始粉體之微細、均一尺度化及高結晶等特性，需求單層介電材之厚度必須薄化至  $<1\mu$ m 以下。將可有助於國內陶瓷電容器廠商達成元件小型化、高容及薄化等特性需求，進而提升國內 PCB 產業之內埋元件模組化技術提升與產品競爭力，整合國內 ICT 產業於自有化、ODM 與系統整合，提升國內整體電子產業之國際競爭力。

●**殼核型金屬陶瓷材料**：工研院材化所開發高均勻金屬殼披覆陶瓷複合微粒技術：透過陶瓷粉體表面批覆金屬薄層之合成分散機制，研製粉體原材料製程技術，建立 core-shell 金屬披覆陶瓷複合微粒技術：金屬鍍層覆蓋率  $>85\%$ 、金屬含量  $\leq 17\text{wt}\%$ 、鍍膜孔隙率  $<2\%$ 、硬度  $\geq 1200\text{Hv}$ 。國內應用於高張力鋼鐵、精密機械以及精密模具軸承等市場。

●**鍍膜材料**：工研院材化所在 (1) 隔熱節能膜材料技術及 (2) 透明導電薄膜材料技術之研發上獲得突破性的成果，其中 (1) 隔熱節能膜材料技術方面：開發外光截止波長可調式隔熱節能膜材技術，所開發之紅外光截止波長可調式隔熱節能膜材技術，突破傳統氧化物材料電子濃度不易控制與可見光透光率不佳的技術瓶頸，利用離子共摻雜的材料合成技術配合創新的大氣噴鍍製程，在實驗室成功建立新型氧化物紅外光反射材料，其紅外光反射能力與節能效率超越目前國際大廠技術水準。而本技術在光學控制上同時可調製出高可見光穿透且近紅外光反射的特性，可以應用在太陽電池元件提升模組效率，而在電學控制上可藉由控制材料間的電子濃度使其達到透明導電薄膜等級，可為未來國內在顯示領域有關 ITO 替代材料技術上，創造出可與國際大廠競爭之關鍵技術。本技術榮獲 2011 年華爾街日報全球科技創新獎。在 (2) 透明導電薄膜材料技術方面：開發無銻之鋁參雜氧化鋅 (Al-doped ZnO, AZO) 透明導電薄膜材料製程及設備技術，應用高密度高能電漿鍍膜技術製作透明導電薄膜，除了採用合金靶材取代氧化物靶材，完成低製程溫度 ( $<100\text{ }^\circ\text{C}$ ) 於 PET 基材沉積 AZO 薄膜材料技術，可得片電阻約為 18.9  $\Omega/\square$ ，其薄膜電阻率約為  $5 \times 10^{-4} \Omega\text{-cm}$ ，其光穿透率可達約為 88.9%；

金屬中心在(1)高效能類鑽碳鍍膜及(2)高硬度抗沾黏之高透光鍍膜材料的開發，亦獲得極佳的成果；其中(1)高效能類鑽碳鍍膜：為改善傳統 PVD 類鑽碳(DLC)沈積速率過低的問題，金屬中心研發出高效能類鑽碳鍍膜技術，使其沈積速率由傳統 PVD 的 0.5 $\mu\text{m/hr}$  提升四倍到改善後的 2.1 $\mu\text{m/hr}$ ，解決技術瓶頸，未來可增加應用領域，如精微零組件、精微模具材料等；在(2)高硬度抗沾黏之高透光鍍膜材料開發上：有鑑於傳統光學材料如 MgF<sub>2</sub>，硬度低 2.89 ~ 4.41 GPa 且會溶解於酸，並因而使其在醫療器械之應用受到限制之缺點，金屬中心研發出硬度高達 10.86 GPa，表面鍍層水滴接觸角 >100°，並且高透光(T>99% @ 420-680nm)之材料。

中科院在能源產業鍍膜及塗層材料上，已開發 P 型透明導電薄膜材料：直徑 6 吋、純度 3N5、相對密度  $\geq 92\%$ 、透光率  $\geq 80\%$ ，其可應用於智慧型窗戶、LED 等；另開發氧化釷高階介電塗層材料：孔隙率 < 4%、最大孔洞直徑 < 12.5 $\mu\text{m}$ 、鍵結強度 > 3,000psi，其可應用於 FPD、半導體等。

## (二) 高分子材料：

●**高分子薄膜技術開發**：工研院材化所建立雙層複合薄膜技術，達成 TD 膜厚差異  $\leq \pm 10\%$ ，氣體阻隔性  $\leq 10 \text{ c.c./m}^2.\text{day}$ ，全光線穿透率(TT%)  $\geq 80\%$ 。奈米多層鍍膜技術厚度 <30nm，均勻性  $< \pm 5\%$ ，表面粗糙度 Ra <20nm，抗反射率 >90%，透光率 >88%。

●**微孔隙材料技術**：工研院材化所成功開發微孔隙材料技術與連續式製程，連續加工微孔材料特性：cell size <100 $\mu\text{m}$ ，cell density >106/cm<sup>3</sup>。界面型態與物性模擬技術，技術指標為：建立一般熱塑熱固型及共聚高分子系統 (a) 溶解度參數、作用參數模擬分析，誤差值小於 10% 以內；(b) 建立三維度型態圖像與體積分率分析。

●**其他材料**：工研院材化所開發去耦合元件之單元電極積層化技術，堆疊數 4 層；水溶性導電高分子(導電度 200S/cm)；SMD 型去耦合元件之電容量 1200 $\mu\text{F}/2.5\text{V}$ ，崩潰電壓 >5V，漏電流 LC <0.1CV，ESR@100KHz 為 5m $\Omega$ ，通過 1000 小時 @105°C 測試。

## (三) 複合材料：

●**微奈米高分子複合材料**：工研院材化所發展輕量化結構材料設計及量測技術，包括：(a) 纖維/基材介面強度量測技術，變異 <15%；(b) 熱可塑相容碳纖維上膠劑，基材親合改質奈米乳化技術，控制微胞尺寸於 30~100nm；(c) 微孔隙結構控制，建構從材料、流變性、加工調控使高分子複材孔隙尺寸 <50 $\mu\text{m}$ 。

●**纖維表面活化層複合材料**：工研院材化所開發纖維與表面活化層複合化技術，界面聚合表面活化層厚度 <0.2 $\mu\text{m}$ ，二價離子 rejection >99%(鈣離子濃度 50ppm)。此外；建構超薄塗佈技術，多孔基材表面塗佈厚度 <1 $\mu\text{m}$  控制技術以及滲透厚度 <30% 之控制技術等。

●**其他材料**：工研院材化所完成建立 (a) 20g 以下單根碳纖維測試，界面強度量測變異值低於 20% 以下；(b) 碳前驅物化學純化技術：金屬雜質殘留 <1500 ppm、灰份殘留 <5 wt%、芳香脂肪族分子量 >800 g/mole；(c) 高電容核殼結構粉體：DK 值 >500，主晶粒粒徑 D<sub>50</sub> <100nm，殼層厚度 5~20 nm；(d) 奈米複合膜材微區調控光學特性，膜厚 >15 $\mu\text{m}$ 、透明性 > 90%。(本文中【非金屬材料】之大部分研究現況內容，由工研院材料與化工研究所協助完成。)

# 捌、礦業服務與研究

## 工研院綠能與環境研究所

### (一) 地熱能源永續利用及深層地熱發電技術開發 (柳志錫 副組長)

利用再生潔淨能源發電為世界趨勢，地熱能源是所有再生能源中最有效率且成本低廉，為配合能源局積極推動地熱發電開發應用之政策，工研院以清水地熱區為主要基地，進行地熱發電廠籌設的評估與規劃工作及地熱發電技術之研發，在加強掌握清水地熱區的熱液產能方面，完成清水地熱區自然狀態下 CO<sub>2</sub> 含量分布模擬，及儲集層 CO<sub>2</sub> 分布與閃發點之計算等，可精進對清水地熱區之生產特性掌握。

在深層地熱發電技術先導研究方面，包括 (1) 完成蘭陽平原資料判釋及深層地熱資源評估。依評估結果主要之高地溫梯度區均位於蘭陽平原以南，研判蘭陽平原區之高地溫梯度可能受到地下高溫岩體之熱傳導作用影響；(2) 完成現地高熱傳量之井下熱交換器設計與加工，且於清水地熱與 ORC 系統熱交換併聯，並進行取熱及發電試驗；(3) 完成 150 kW CO<sub>2</sub>-EGS 實驗系統之供熱分布性改進，及清水地熱區 1、3、5MWe 取熱發電系統規劃設計與模擬，以作為清水地熱區傳統地熱發電 CO<sub>2</sub> 加值應用之參考；(4) 完成增強型地熱系統之發展關鍵技術資料與國際應用評估。其中微地震監測可分為地熱資源調查期與生產期監測兩階段，以掌握地熱區震動背景資料及可能之地熱儲集層，及精確掌握裂隙之發育及取熱流體之流動情形；並完成國際間高溫水力破裂技術及水刀技術之發展及專利分析，以及彙整分析國外水力破裂及酸洗專業技術等資料。

此外，在地熱發電推廣方面：(1) 本院於宜蘭清水地熱區完成設置 50 kWe ORC 地熱發電示範系統組裝及測試，並舉辦示範系統破零成果發表會，除了藉由此發表會展現該地熱田生產和本土自主發電系統運轉的穩定性之外，也藉機宣示清水地熱區地熱發電元年啟動，增加國內廠商及民眾對再生能源發展信心；(2) 協助宜蘭縣政府完成「宜蘭縣清水地熱發電 ROT 招商案」，並於 101 年 12 月 17 日與噶瑪蘭清水(地熱發電)股份有限公司簽約，業者投資 2.3 億元，日後縣府可獲得 10% 商轉售電權利金，營運許可 20 年。

### (二) 石灰石加速風化二氧化碳減量技術 (廖啟雯 經理)

碳捕獲與封存技術 (簡稱 CCS) 為溫室氣體減量的關鍵技術之一，透過 CCS 技術可將二氧化碳從發電及工業製程中分離並且封存起來與大氣隔絕，達成減碳的目的。石灰石加速風化法則可整合捕獲與封存製程，將二氧化碳轉變為可處理的碳酸氫鹽溶液，針對中小型排放源或缺乏地質封存潛能區域之產業，提供可行的替代方案。台灣東部所蘊藏的大理石與石灰石，有利於石灰石加速風化法之發展，相關製程所衍生出來的副產品也有機會提昇 CCS 技術之衍生價值，吸引更多產業投入相關技術的研發與推動。

工研院執行環保署之二氧化碳減量先期研究規劃專案，已綜合評析國際間石灰石加速風化法及礦化封存之研發技術資訊，透過舉辦國際交流活動建立合作管道，並透過小型實驗測試其技術可行性，找出關鍵的反應參數，進而完成相關技術之應用評估，提出技術發展策略與藍圖。評估結果顯示，石灰石加速風化法具有與其他捕獲封存技術之成本競爭優勢，針對反應效率及對於生態的潛在影響或助益，則值得進一步研究與評估，以利後續技術的推動。(待續) \*