經濟部

經濟部工業局106年度
能源密集產業低碳綠色
製程典範案例彙編

中華民國106年10月

水泥業
Cement Industry

INDUSTRIAL DEVELOPMENT BUREAU,
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
經 濟 部 工 業 局

經濟部

經濟部工業局 106 年度

能源密集產業低碳綠色製程典範案例彙編 - 水泥業

中華民國 106 年 10 月

目　錄 CONTENTS

1. 前　言 —— 2

2. 公司簡介及低碳製程典範案例 —— 3

2-1 **台泥花蓮廠/** 餘熱發電效率提升微創手術專家 —— 3

2-2 **台泥和平廠/** 多才多藝的神奇低碳魔術師 —— 11

2-3 **亞泥花蓮廠/** 低碳製程節能模範生 —— 19

2-4 **潤泰冬山廠/** 熱能改善利用專家 —— 28

2-5 **台泥蘇澳廠/** 循環經濟之契機與案例 —— 37

2-6 **亞泥新竹廠/** 循環經濟之契機與案例 —— 41

3. 水泥產業的循環經濟 —— 46

1.前　言 FOREWORD

水泥產業過去推動節能減碳不遺餘力，且產生之成果豐碩，尤其水泥產業配合經濟部工業局推動各項溫室氣體減量計畫，是各產業最積極投入者之一，在推動產業溫室氣體自願減量之努力有目共睹。有鑑於各廠在推動低碳製程改善中有其獨特之改善技術及累積豐富之技術經驗，因此將水泥業各廠推動製程改善中具減量效益大、具創新性、具推廣效益等之績優案例，透過典範案例報導方式進行編輯，將低碳減量技術分享給其他廠，亦可彰顯水泥業推動節能減碳之努力。

本低碳製程典範案例彙編章節架構有三章：第一章為前言，第二章為主要架構，分別報導四個績優水泥廠及其績優低碳製程改善案例，以及二個水泥廠推動循環經濟的案例及未來規劃；第三章則報導水泥廠推動循環經濟之契機及國外案例分析。績優案例報導編輯方式以專業文字工作者現場採訪方式進行，利用生動之筆觸撰文以貼近社會大眾，較為專業技術部分以穿插文章方式進行，提供工廠或相關領域之技術人員或學生使用，如此可兼顧及滿足廣大閱讀群眾及水泥業專業人士之需求。

編製之水泥產業別低碳製程典範案例彙編，將置於「產業節能減碳資訊網」提供各界瀏覽下載，以進一步宣導推廣及分享成功案例之經驗與模式，提供其他企業借鏡學習，進而發揮計畫資源投入之最大效益。

2.公司簡介及低碳製程典範案例

2.1 台泥花蓮廠：餘熱發電效率提升微創手術專家

台泥花蓮廠現任廠長
劉志仁

一、工廠簡介

一進入到台泥花蓮廠園區，海風吹拂、綠意盎然，有種來到濱海公園的錯覺，原來水泥廠可以這麼乾淨。而這裡的水泥廠『廠長』跟我們一般印象中也不太一樣，台泥花蓮廠現任的劉志仁廠長是位六年級生，年輕斯文的形象，一度讓人以為是新聞主播！退伍後一直投身在台泥集團，過去也在大陸任職過 6~7 年，像這樣吃苦耐勞、職業穩定性高，在這世代是越來越不容易。台泥目前為台灣最大水泥公司，也是證券市場第一家股票公開發行上市之公司。於民國 43 年公營轉民營，迄今逾一甲子以來，除了參與國家重大經濟建設的過程，也伴隨著台灣社會變遷與經濟發展，成為「傳統產業台灣經驗」的最佳見證，也堪稱為政府公營事業轉民營之典範。以企業 LOGO 三個口形成的『品』字，象徵著『堅持品質、一以貫之』生產高品質水泥；也響應節能減碳、製程優化，貫徹『環保是責任，不是成本』之理念，善盡企業社會責任。

而在民國 90 年代因為水泥產能過剩的問題，政府提出了限建政策，也就是不能再蓋新的水泥廠，所以在台灣台泥花蓮廠是全台倒數第二間新設立的水泥廠，台灣水泥股份有限公司花蓮廠現有日產 5,000 噸熟料生產線一套，採用 RSP 製程，86 年 10 月建成投產；另設有發電能力 7,330KW 餘熱發電系統一套。花蓮廠優勢是位處台灣東部，緊鄰花蓮國際港及北迴鐵路、省道，廠內設有鐵路專用線與北迴鐵路連接，水陸運輸便利。產品可直接自廠內以皮帶輸送至港裝船送往台灣西部及世界各地。

全台灣第一家水泥業建置能源管理系統

台泥公司配合政府落實節能減碳政策，於 2014 年獲得經濟部工業局遴選為 ISO 50001 能源管理系統之企業集團示範輔導工廠，同時進行集團三廠 (和平廠、蘇澳廠及花蓮廠) 之能源管理系統建置，由台灣綠色生產力基金會依 ISO 50001：2011 能源管理系統標準，輔導建置能源管理系統，於同年底通過 SGS 驗證。設定之節能目標包括每年節電 1%，以及符合水泥製造業應遵行之節約能源與能源效率指標規定，每年均完成節能效率目標，並持續改善能源績效，截至目前認證持續有效。

推動企業社會責任報導表現優異

台泥公司於 2010 年推動企業社會責任報導，尤其近二年來之報告書屢屢獲獎表現優異。

台泥花蓮廠在環境面向之推動現況如下：

- 加強設備操作管理、人員訓練、檢查維修工作及改善收塵系統，以確保所有環保設備正常運作。
- 加強環境清掃及廢水處理與排放之控管，嚴控廢棄物處理程序及加強委外承攬商管理，機動清洗車輛輪胎，綠化廠區環境。
- 進行空氣污染及水污染防治設備的汰舊更新與必要之增設，降低對環境污染。
- 持續推動資源整合，減少天然礦物之資源使用，協助電廠、紙業等處理相關事業廢棄物，使用替代原物料，盡企業最大資源再利用，以達減排之責任。

台泥2016年企業社會責任報告書

台泥花蓮廠積極配合經濟部工業局推動自願減量，近年來推動之自願減量包括原料替代、燃燒效率改善及餘熱發電提升等製程改善項目，績效卓著。

年	自願減量改善項目	減量額度(公噸CO2e)
100	水泥磨添加LS。	16,372
101	水泥磨添加石灰石LS取代熟料。	12,711
102	窯噴槍噴嘴改善提高效率。	21,369
102	熟料由LS替代。	11,590
102	冷卻機高壓電容器汰換更新。	337
102	生料磨、水泥磨系統用螺旋變頻空壓機更新。	128
104	旋窯冷卻機AQC爐管更新。	1,168

餘熱發電效率台泥各廠中最佳

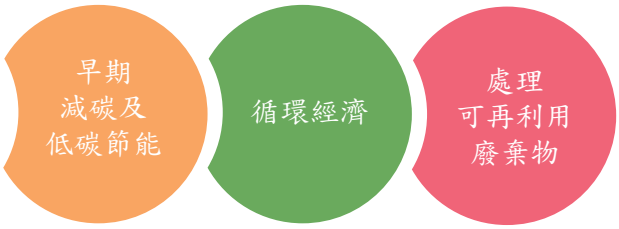
台泥花蓮廠現任副理
林晏任

台泥除不斷致力於優化水泥生產製程，降低產品單位生產能耗外，自民國 80 年起亦於各水泥廠設置餘熱發電系統，回收水泥旋窯生產時之餘熱用於發電，以達到節能減排的目的。餘熱發電系統採用日本NKK（JFE）最先進的閃蒸技術，提高回收熱量之效能，以發揮最大效益，將回收熱量用於發電。

林晏任副理是餘熱發電很重要的推手，與劉廠長兩人都在民國 88 年進入台泥集團服務至今。林副理提及目前餘熱發電可貢獻五分之一的電供應自廠使用，大陸則可以達到三成。台泥花蓮廠在設廠時即規劃設置餘熱發電設備，發電能力 7,330 kW 餘熱發電系統，在全載狀態下每年可發電 6,421 萬度的電。依據工研院綠能所統計 2016 年水泥廠餘熱發電資料，台泥花蓮廠的單位熟料發電量為 26.71 kWh/T，績效明顯優於友廠。在現今台灣電力供應吃緊狀態下，顯得當時規劃設計的高瞻遠矚。

水泥業是普遍認為的高耗能產業，因此導入在生產過程中產生之餘熱發電，能提升觀感並減少外購電力等，實為一舉數得，而餘熱發電中控制參數的調整與建立至關重要，尤其是餘熱發電各水泥廠之實務經驗均非常豐富，如能建立同業溝通機制，彼此安排示範觀摩、參觀學習，互相參考相關技術的資訊，更能提高能源回收效率，達到節能減碳效果。

可再利用廢棄物的最終處理機構



水泥業已慢慢在轉型，從早期減碳及低碳的節能方向，漸漸導入到循環經濟，開始協同處理其他產業的可再利用廢棄物，對大環境更有其貢獻。民國 60 年十大建設期間，台泥於桃園南崁成立了全台灣唯一的也是最早的水泥專業研究室，民國 89 年因中鋼有需求，請台泥研究室處理中鋼煉鋼下來所剩的爐底渣，幫助中鋼消化了堆儲在廠區幾千噸的事業廢棄物。由於水泥廠的去化能力佳，水泥廠會慢慢的發展成為可再利用廢棄物的最終處理機構，像台泥和平廠開始處理廢輪胎、台泥花蓮廠也合作處理紙業的無機污泥，因水泥業高溫處理廢棄物的效果比焚化爐還好，焚化爐的爐底渣無法處理，水泥廠只要做好廢棄物的前端分類，最後的渣也可以當水泥的混合材添加物。水泥廠不可能不買任何原料憑空產出成品，而是在選擇原料時，可以選擇其他產業較難處理的事業廢棄物，當然整個流程也需符合國家法規，使用公告可再利用的、符合需專案申請利用的法規要求項目。

台泥經營理念為「環保是責任，不是成本」、「商業利益結合社會利益」，以水泥廠為核心，從做好礦山與廠內環保生產，進而推展以水泥窯製程高溫、高擾流、高滯留時間之特性，協同處理燃煤飛灰、工業汙泥等各式事業廢棄物。建構跨產業「循環經濟」鏈，善盡企業社會責任，使企業得以永續經營。

二、台泥花蓮廠：績優低碳製程技術案例報導

績優案例：AQC鍋爐微創手術，提高發電效率

台泥花蓮廠發現 AQC 鍋爐內部 ECO 節煤管有破管漏水及結塊等問題，因為爐管有一定的壽命，熱風中會有粉料進到爐管並積沈在上面，而粉料長年累月沖刷也會損壞管壁，且熱風會汽化水蒸氣，於高溫運轉中不易發覺此問題，而在例行性停機、停窯時，人員進到人孔蓋檢查，發現了漏水、結垢的狀況，也由於 101 年後發現效能逐年下降，評估需要做設備的更新拆換來改善此問題。

人孔蓋檢查處

AQC改善工程評估及預算提出

因爐管箱整體結構類似疊積木的形式，從下往上疊起來，而需要拆修的是最底層的爐管箱，在不整個大破壞的情況下，團隊集思廣益想了一個施工方案，就是抽出最嚴重的部分來，換上新的部位。就這樣於 102~103 年間不斷研究討論並提出預算需求，於 104 年 8 月開始執行，並於 40 幾天內完成更換爐管的工程，實屬不易。

修復完成後爐管廂樣貌

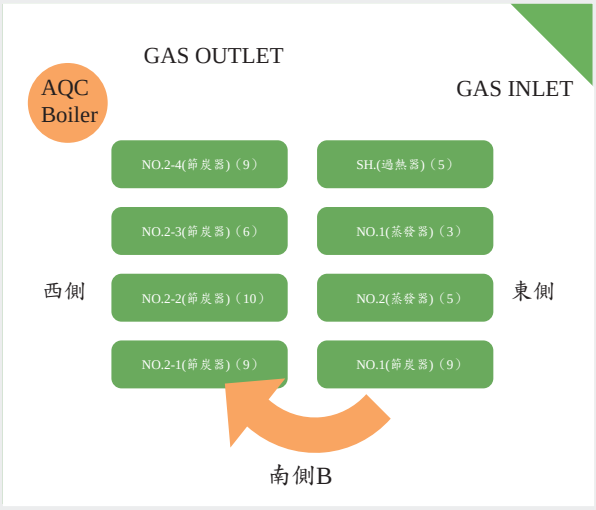
創新微創手術改善工法

當初在拆修舊爐管時，因為周邊有很多附屬設備，傳統做法會需要將整個設備淘汰換新，或是從上方拉出既有設備，而像這樣整個拆除既耗費工時及金錢，也擔心拆卸過程設備管路的損壞。團隊經過多次研究發想出一種新的概念，為其中下方四個類似箱型抽屜的爐管箱，從側邊拆卸板子，在爐管外層做一個架子並加設抽屜式滾輪，從側邊拉出舊爐管箱，再換裝入新的爐管，最後再拆除施工的架子，而整個過程為了降低破壞拆卸的程度，在無需造成「巨大傷口」的情形下施行手術，就像是在做「微創手術」一樣。為減少施工時間、費用，避免不必要的損害，克服多重困難發展出此方式，技術及精神實足以給同業參考學習。

修改工法由側面進出，僅有部分管線與欄杆須拆除

在此台泥花蓮廠案例採訪中，我們看見了台泥人苦幹實幹的態度，還有努力解決問題的優越能力，及不怕困難的冒險精神，實在令人佩服！

進行AQC鍋爐微創手術



AQC 鍋爐爐管上下堆疊像抽屜式的概念，如上圖所示總計 8 個抽屜，於下兩層蒸發管 No.1、No.2、No.2-1、No.2-2 的 ECO 節煤管受損最為嚴重，屬於 S 型轉彎處破管最多，因「No.2-2」 節破管量多，致漏水情形影響到 No.2-1 節，產生結塊嚴重，影響到熱交換效率，本次施作更換下面兩層 3 個節煤管、1 個蒸氣管；以及上面兩層的 2 個節煤管及 1 個蒸發管做清理。照片 a 為 No.2-2 節煤管之結垢情形， 照片 b、c 為 No.2-1 節煤管之嚴重結垢、粉料包覆照片。

照片a

照片b

照片c

創新微創手術改善工法

2015 年 8 月更換前、後之相關數據差異比較顯示，改善前 AQC 產氣流量的平均值為 2.1 噸 / 時，設計值是 9.1 噸 / 時，當年更換完後運轉，恢復能力非常高，達到每小時 8.9 噸 / 時的成績。因為爐管會吸熱，一般出口水溫會比較低，之前爐管被粉料阻塞，造成出口溫度很高，回收熱能不佳，更換完後 AQC 鍋爐出口水溫度從原本的 155.2℃降低到 79.2℃，溫差的熱能即被爐管吸收，因此毛發電量銳升到 5,244 度電 / 時。公司當時制定的 KPI 值是以熟料水泥的產能，噸熟料淨發電量 17.7 度電 /

噸 - 熟料，更換後達到 23.42 度電 / 噸 - 熟料，是台泥三個廠裡面最高。因為提高發電量，之前發生超約電費罰款現象，在更換後皆無超約罰款。原本預計是兩年八個月可以將這套爐管的投資金額回收，若以此每月發電量數據來推算，約 13 個月就可把此套系統 (包含材料及人工成本) 全部回收。以此效率可提升發電量、減少外購電費、節省電費支出，也可以讓 EP 的溫度降低，減少 AQC 風車的能耗，一舉多得。

在此台泥花蓮廠案例採訪中，我們看見了台泥人苦幹實幹的態度，還有努力解決問題的優越能力，及不怕困難的冒險精神，實在令人佩服！

AQC鍋爐管：更換前、後之相關數據差異比較

	鍋爐管更換前 (8月)	鍋爐管更換後 (10月)	差異
AQC 鍋爐產氣量：T/H (每小時平均)	2.1	8.9	+6.8
AQC 鍋爐出口水溫度：℃	155.2 ℃	79.2 ℃	-76
AQC 鍋爐,出口與入口間之差壓：mmAq	45.8	36.1	-9.7
毛發電量 ： kWh (每小時平均)	4,055 kWh/H	5,244 kWh/H	+1,189
噸熟料淨發電量比值：KWH/T	15.75	23.42	+7.67
台電最大需量：kWh (以8月平日夏月尖峰、與10月平日非夏月半尖峰時段全廠用電比較；經常性契約容量為：17,880 kWh)	18,720 kWh	16,776 kWh	-1,944
台電超約電費：元 (以8月、10月的平日尖峰、半尖峰時段,全廠用電比較)	365,064 元	無超約罰款	-365,064
爐管更換後,預估每月可節約電費：元 (以1~8月,平均外購台電電費： 2.54元/度計算)	2,174,443 元		
預估回收年限：年 (以8月與10月,更換爐管前後比較) (材料+工資：2,714萬)	1.04年 (約13個月)		

三、挑戰與迎戰

劉廠長提及水泥業是屬於高排放、高耗能的產業，因溫室效應的議題，大家對環保、節能減碳也越來越重視，加上整體大環境不佳，礦業法也在修改，原料取得不易，市場需求量減少，工廠策略性停機，低碳製程技術未能適當推展。

關於節能補助，如節能專案的推行橫跨多年度，其補助認列期間無法配合，希望政府多方向性建立補助機制。而燃料替代的管理績效指標，參考國內外資訊可以採用生煤替代率，歐盟國家如德國水泥廠在 2015 年到達 64%，日本更是達 40%，台灣水泥廠的替代率明顯不如國外，由於國內法規問題，申請環評、各項許可及流程等耗費許多時間，還需要政府多加強觀念教育的推廣。

2.2 台泥和平廠：多才多藝的神奇低碳魔術師

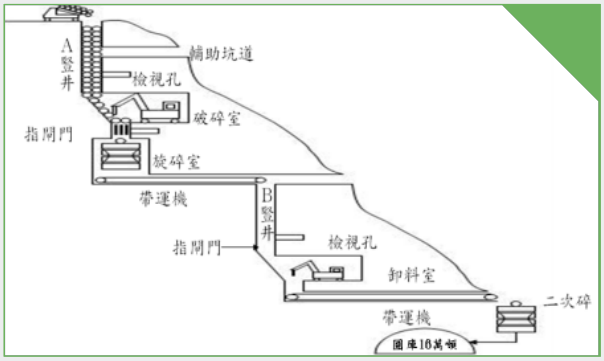
一、工廠簡介

不要覺得水泥廠是灰濛濛的模樣，台泥和平廠不僅依山傍水，還可盡賞一大片美景，完全顛覆腦中的水泥廠印象，就像坐山面海的高級海景公園，而園中樹上一片片乾淨青翠的綠葉就是最好的代言人。台泥和平廠是全台最後建置完成的、也是產量最大的水泥廠。於民國 89 年 12 月先完成一套窯投產，隔年 6 月完成第二套，2 套旋窯系統個別的日產能是 8,600 噸，個別年產能 270 萬噸，為全台水泥廠最大容量，也可以說是其他水泥廠旋窯的 2 倍。而大產能的優勢就是可以省下單位的耗熱及耗電，產能越大，相對熱耗較低。系統自動化也可減少聯繫過程中產生的失誤，於中控室系統螢幕都可以監控全廠所有的畫面。如此一來旋窯的大型自動化使生產系統更順利，品質控管更完整。而溫室氣體的排放強度，熟料水泥於 0.83~0.84 tCO2e 左右，在全世界不輸其他國家，效率很好位居全台之冠。

和平其實有四寶

在和平台泥除了大本營水泥廠外，還有礦山、電廠、港口並稱「和平四寶」，形成互利共生的環保工業園區，只產出「水泥及發電」及排放空氣外，其餘全部直接循環利用，和平電廠產生的煤灰、底灰等廢棄物，可直接輸往水泥廠燒水泥，燃燒產生的二氧化碳則透過碳捕捉技術再利用，在廠區內循環利用。

礦山與水泥廠



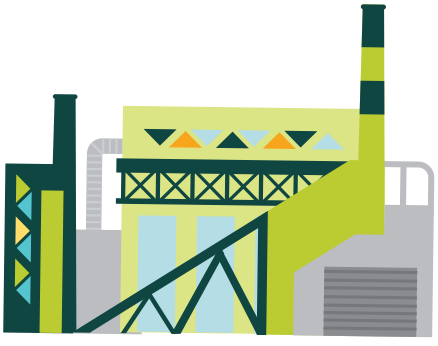
和平廠的礦場採用對環境很友善的方式，使用豎井系統、大量的綠化、階梯式開採，不用擔心所謂土石流、裸露面積過大，也不用擔心視覺衝擊過大的問題。而「豎井運輸系統」很重要，它是在採礦區挖掘一座垂直的深井，投入所採得的礦石，利用山體高度差的自然重力垂直掉下來、橫向再用水平輸送帶來運送，石灰石就可以供應和平廠使用。全程無需卡車載運，可避免塵土飛揚，及每日運輸途徑造成的高碳排放量，據悉，台泥每日開礦量約 2 萬噸，若以卡車運送共需 6 百多輛，採豎井運輸後，每年可省 1,100 萬公升柴油。使用豎井系統碳排放量相對降低非常多，不僅省下燃料費用，也可減少運輸過程中的揚塵及開採噪音，是目前最環保的採掘方式。

電廠

和平電廠廢棄物 → 水泥原料

飛灰　底灰

和平火力燃煤電廠的煙囪會產生硫氧化物，需利用石灰石粉當作吸附劑，來降低煙囪硫氧化物的排放量，而吸附劑飽和後成為廢棄物稱為脫硫石膏，而此廢棄物一般電廠需要處理機構來協助處理，在這裡可以直接送來和平水泥廠做水泥原料使用，和平電廠會有兩個廢棄物 - 飛灰跟底灰，也收集送來當水泥原料。而和平港的功能，包含電廠跟水泥廠使用的煤炭，都是利用和平港的卸煤機，使用密閉式輸送帶送來兩廠並進行密閉式倉儲，再接續運用，沒有一般露天堆積的狀況。且港區地面相當乾淨，卸煤港用的是卸鏈機，使機器伸進船艙將煤耙鏈起來，而非一般抓斗式的機器，無逸散的問題。



港口

另外其水泥成品，在和平港裝船後利用船舶進行發貨，皆無使用到公路、鐵路，一次容納 7~8 千噸到上萬噸，比起火車一列 500 噸來說相對效益更高。這些規劃要歸功於政府產業東移政策，當時就已規劃和平水泥工業區，台泥公司再將其整體規劃藍圖實現。

台泥和平廠依 2016/7-2017/7 統計資料，生料製程平均耗電 18.470 度 / 噸 - 熟料、熟料製程平均耗電 30.686 度 / 噸 - 熟料、水泥研磨製程平均耗電 44.556 度 / 噸 - 水泥、熟料製程平均耗熱 699.385 百萬卡 / 噸 - 熟料，能源效率指標均優於能源局公告數值。

二氧化碳捕獲與再利用

台泥和平廠建設完成尚在試驗的鈣迴路捕獲二氧化碳先導試驗廠及結合微藻固碳養殖技術，目前尚在實驗測試階段，並新建成了 500kW 整合蒸汽水合與多階旋風塔式的先導試驗廠，預定 2018 年啟動 10~30MW 示範廠的興建，預估需至 2025 年建設百萬噸級的捕獲系統進行商轉。

按目前建設完成的 1.9MW 鈣迴路捕獲二氧化碳先導試驗廠，其每小時有捕獲 1 噸 CO2 的能力，現階段的目的在於技術驗證研究與取得足夠的優化參數，以為 10~30MW 示範廠及後續的商轉廠建立良好的基礎。

鈣迴路捕獲二氧化碳技術

微藻固碳養殖技術

二、台泥和平廠：績優低碳製程技術案例報導

績優案例1：『廢輪胎及廢棄物』再利用魔術師！

以往，回收業者將廢輪胎送去破碎廠處理，再送至一些類似台汽電、東南水泥、紙漿廠等產業當作原料使用，2016 年因為地方團體抗爭陳訴、環保局禁止使用，導致花蓮縣沒有回收業者要收受廢輪胎，而其實很多時候是因為沒有完整資訊所造成的，基本上橡膠比起煤炭來說反而是更乾淨的原料，而旋窯高達 1600℃、煅燒爐達 900℃，可以將這些物質完全分解，煙囪也有檢測系統可以偵測指數是否符合標準。台泥和平廠因此臨危受命成為救援投手！要來處理這些沒人收的廢輪胎。水泥廠本身的含容能力很大，加上絕佳的 3T 條件「滯留時間長、溫度高、攪拌力強」，不管什麼東西只要妥善調配，經過高溫煅燒燒都可以處理掉。

用廢棄物來取代天然資源

不管是石化業還是水泥業，都會使用到大量天然資源，用輪胎換下來的殘餘價值「廢輪胎片」來取代煤炭的使用量，等於用廢棄物來取代天然資源，降低天然資源的使用量，形成了循環經濟。以台泥和平廠這樣的大窯來說一小時將近 40 噸的用煤量，每小時可以減少 2.5 噸，燃煤替代率 6.25%（歐洲有些水泥廠使用廢輪胎替代率已達 40%）」。

而台泥和平廠 2002 年已通過環差審查，每條旋窯生產線可以處理廢輪胎切片 22,320 噸，合計 44,640 噸。2017 年 5 月取得花蓮縣環保局同意的操作許可處理量為 8,000 噸 / 年。台泥和平廠將優先處理花蓮縣廢輪胎 2,000 噸 / 年，如要進一步處理其他外縣市廢輪胎切片，則需獲得花蓮縣環保局的同意始得進行，並做長遠妥善的規劃。台泥和平廠於 2017 年 7 月投入使用廢輪胎焚燒處理系統，協助花蓮縣解決廢輪胎處理之問題。順帶一提，該廠回應花蓮縣環保局是個相當開明的政府單位，能夠去接受對環境最友善的使用方式。

有效去化事業廢棄物

水泥製程因旋窯高溫燃燒之特性，有利去化廢棄物以及使用含有水泥主要成分鈣、矽、鋁、鐵等元素之廢棄物作為原料替代，降低礦石原料之開採。1970 年起台泥高雄水泥廠即開始利用中油下腳料石油焦與中鋼之高爐爐石，做為替代燃料及原料，取得良好的經驗。台泥多年來整合利用的再生資源包括：

事業端	再利用廢棄物項目
發電廠	脫硫石膏、煤灰、脫硫渣
光電及半導體	氟化鈣污泥、廢溶劑
造紙業	紙漿污泥
化工業	無機污泥、鋁礦土渣
鋼鐵業	礦泥
其　他	工程廢棄土、下水道污泥、黏土

績優案例2：旋窯呼吸控制，小兵立大功！

台泥和平廠歷年自願減量中有一個減量技術「新增 SC 爐擋板操控」可以減碳 53,658 噸 CO2e，成效卓著，簡單的 SC 爐擋板操控效果卻是如此大。當初是一位目前已退休的廠長因緣際會之下發想出來此想法，進而去進行測試來改善現有製程方式，其中的影響層面很大，因為每個水泥窯的狀況及特性都不同，導流調配也不盡相同，需要許多經驗積累及不斷測試調整才能達成此成果。

SC爐擋板示意圖

此技術原理簡單來說就類似調整其呼吸方式，將空氣導到該去的地方、沒有浪費額外的空氣，說起來簡單其實其中很不簡單，整個旋窯製程裡面，是以設計煅造爐跟旋窯的用煤量去設計含氧量，燒這些大量煤大概就需要多少空氣量，之所以可以節能，是用 SC 的兩塊擋板去將進氣口變小，進而管控空氣量跑的地方，刻意調整空氣阻力，引氣的方式改變，將空氣引導到旋窯、再引到預熱機做燃燒，不需抽過量的氣體，利用最小的風量來降低調配製程的風量，可以節省風車用電，也增加了旋窯的穩定度，更穩定生產、整體效率提升，總耗能也就降低了

改善項目說明	改善前	改善後
一號窯單位熟料耗熱(百萬卡/噸-熟料)	690.958	666.331
二號窯單位熟料耗熱(百萬卡/噸-熟料)	690.808	661.509
改善後減少煤炭用量(噸)	21,167	
改善後溫室氣體減量(噸CO2e)	53,658	

規劃案例1：不是以獲利為出發 而是為了處理『生活垃圾』的問題！

為解決地方政府垃圾無處去的困境，台泥正與花蓮縣政府討論替地方政府焚燒垃圾，希望透過焚燒再利用的方式，解決可能造成社會堆積、亂倒的難題。 台泥指出，水泥窯的高溫及熱流都高於一般焚化爐，焚燒後不會產生二次公害，垃圾焚燒後所產生的底渣也可廢物利用，是標準的「循環經濟」理念，台泥樂於盡一分環保責任、幫台灣解決問題，善盡企業責任，僅考慮保本與微利，並未特別考慮投資成本效益。台泥在中國大陸已有協同處置當地政府生活垃圾的實績，技術也非常成熟，台泥大陸貴州安順廠從 2015 年 11 月就和當地政府合作，開始焚燒垃圾；另外，廣東韶關廠也與當地政府簽約，希望在 2017 年底韶關投產後協助處理當地垃圾。所以只要政府同意，台泥樂意盡一分環保責任，協助垃圾無處去化的困境。

台泥也指出，由於水泥窯焚燒垃圾，必須添加一套獨立的焚燒設備，投資約 2 億、3 億新台幣，如政府同意，台泥即會進行相關設備的購置。目前大陸各地政府與水泥廠協同處理垃圾的合約，政府付給水泥廠每噸垃圾焚燒平均費用在 160~200 元人民幣之間。另外，由於國內仍有許多的工業廢棄物及廢輪胎的處理，也造成政府及民間相關產業廠商的困擾；台泥表示，以日本、歐美的實例，許多也都委託水泥廠處理，技術也都成熟，台泥也可代處理。

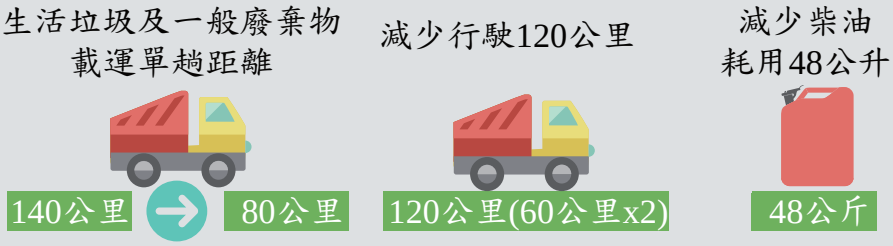
協同處理處理花蓮縣北部五鄉鎮的生活垃圾

台泥與花蓮縣政府討論擬定以水泥窯協同處理花蓮縣北部五鄉鎮的生活垃圾及一般廢棄物。其具有以下四大好處：

01. 花蓮縣目前北部五鄉鎮垃圾係送往宜蘭利澤焚化廠處理，本專案建成後，花蓮縣生活廢棄物處理可擁有自主性。

02. 由於台泥無償提供和平廠內約一公頃以上土地，自行投資建設垃圾處理系統，縣政府不需另行徵用土地、不需出資建設，降低花蓮縣財政負擔。且每噸的垃圾處理費用較送宜蘭利澤焚化廠為低，可減少縣政府財政支出。

03. 縮短運輸距離，減少汽柴油等能源耗用以及降低溫室氣體排放。花蓮縣北部五鄉鎮生活垃圾及一般廢棄物載運單趟距離由140公里縮減為80公里，每車次減少行駛120公里(60公里*2)，估計可以減少柴油耗用48公升，全年合計減少柴油耗用105,120公升(48*6車次/天*365天)，同時每年減少溫室氣體排放量274.861噸。按目前花蓮縣送宜蘭利澤焚化廠處理的生活垃圾熱值約在2000大卡推估，垃圾焚燒產生的熱量能減少部分水泥窯燃料耗用，減少燃料燃燒產生的二氧化碳排放。

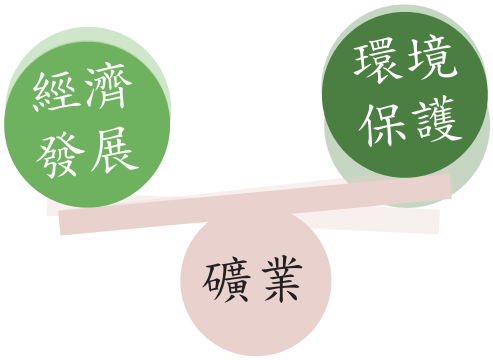


全年合計減少柴油耗用105,120公升(48x6車次/天x365天)
每年減少溫室氣體排放量274.861噸

04. 水泥窯協同處理花蓮縣生活垃圾依據台泥大陸廠的實證無廢渣處理問題，無戴奧辛超標排放問題，無惡臭擴散問題，可無害化處理垃圾污水問題等優點。水泥協同垃圾處理設備(氣化爐)及水泥製程三高(高溫、高滯留時間、高擾流)特性與水泥廠完全結合、且屬密閉式操作，完全無害化處理，無底渣、廢水排放等二次汙染。氣化爐氣化氣體導入溫度達900℃以上水泥窯煅燒爐，徹底分解戴奧辛類物質，無戴奧辛生成問題。

三、期許與看見

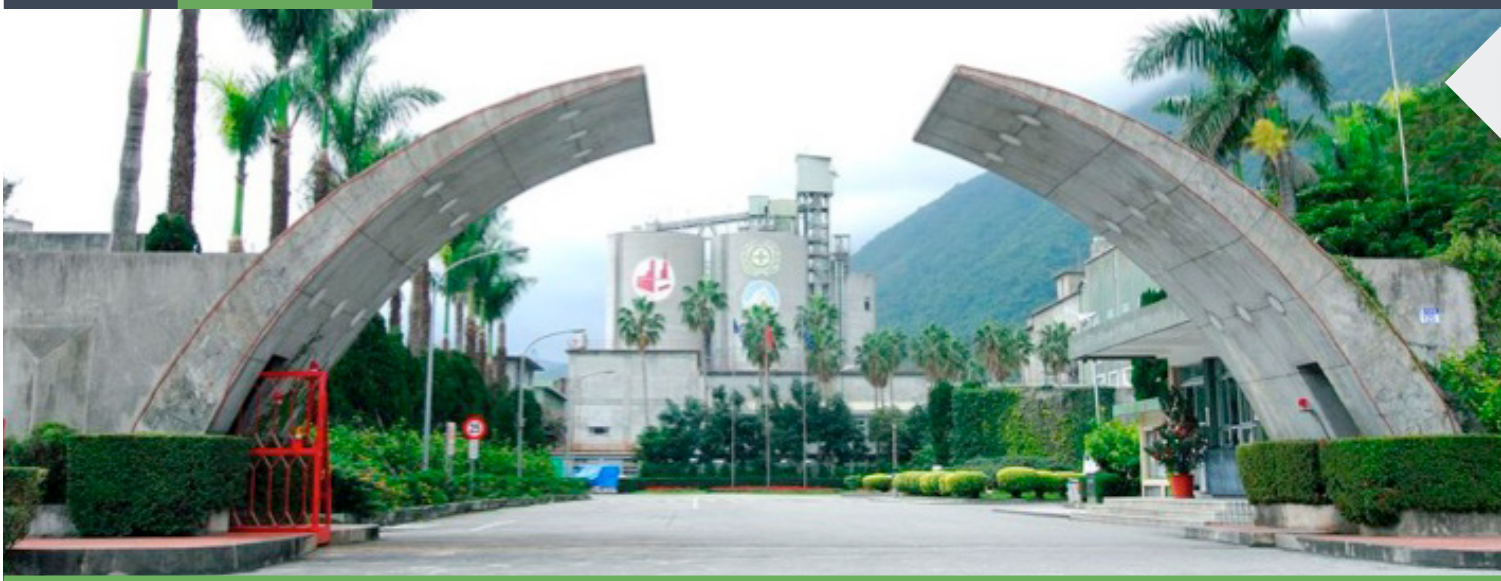
其實應該把台灣當成是一個完整的個體，不應該因為本位主義再去分縣市，分是誰的垃圾，大家的垃圾應該共同去協助處理，垃圾不要丟到我家？那花蓮生產的水泥也不賣給你家？有最好的設備與處理方式的話，要一起來解決問題。另外，我國國家水泥標準 CNS 規範水泥氯鹽含量有“200PPM”的限制，為水泥廠處理生活垃圾、焚化底渣、焚化飛灰等最大的條件限制，按水泥生產因使用天然礦物等本身氯鹽背景值已達 100~120PPM，為符合水泥的規範，當處理具有氯鹽的廢棄物將受到很大的限制，為擴大水泥廠處理廢棄物的涵容能力，建議請標檢局修訂 CNS 水泥氯鹽含量標準由 200PPM 提高至 350PPM (同日本標準)。



取得最佳平衡點

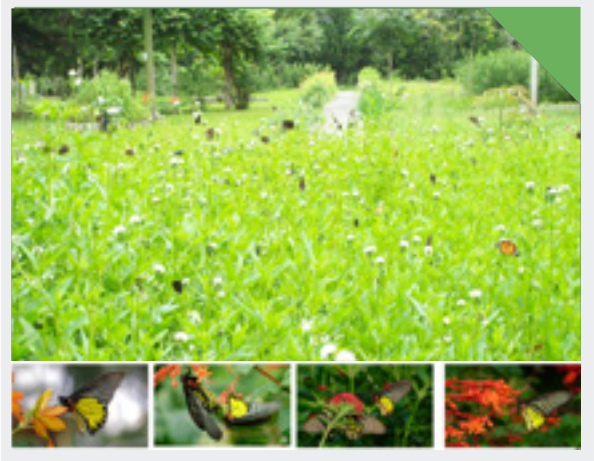
「礦業」在全世界任何國家其實都有其存在的必要性，大家都不喜歡人家挖礦，但沒有人離得開礦！食衣住行任何需求品其實都需要用到礦，而如何在經濟發展上工業與環境保護之間，找到對兩方最平衡的處理方式才是重點，並且繼續朝著循環經濟的方向前進！

2.3 亞泥花蓮廠：低碳製程節能模範生



一、工廠簡介

亞洲水泥配合政府推動第二個 4 年經濟建設計畫，由徐有庠先生等人發起，於民國 46 年 3 月奉准設立登記，並設新竹製造廠於新竹縣橫山鄉大肚村。民國 62 年，響應政府鼓勵『產業東移』的政策，復於花蓮縣新城鄉新城村興建花蓮製造廠。所生產的「洋房牌」水泥品質優良，享譽海、內外。目前新竹、花蓮兩廠熟料產能可達 500 萬公噸。



工業發展與環境保護並行不悖

亞泥採用最先進的預熱預煅式旋窯設備，並運用廢熱回收發電技術，有效節約能源，另為降低水泥運輸成本，先後於基隆港、台中港、高雄港及花蓮港設立儲運設施，並透過轉投資的裕民航運公司的散裝水泥專用船，以環島海運的模式來運送水泥。秉持著「工業發展與環境保護並行不悖」的理念，除引進最先進的收塵設備，有效控制落塵量，使之遠低於國家標準外，並致力於廠區公園化，尤其花蓮廠不惜投入大量的人力、物力，設立溫室育苗系統，栽培各種鄉土植物，移植到礦山採掘跡殘留壁，植生綠化成果績效卓著，屢屢獲得肯定，除獲頒第一張 ISO 14001 環境管理系統認證外，並連續三年得到企業環保獎之殊榮。近年來更利用現有的美化環境，打造蝴蝶生態園區，遠近馳名，早已成為許多學校課外生態教學的首選，每年吸引近萬人前來參觀，體會生態之美，深受社會各界肯定。外界常誤認水泥廠是塵土飛揚、破壞生態，殊不知現在的水泥廠已是綠化的推手、公園化的基地。

水泥廠唯一六度獲選自願減量績優廠

亞泥花蓮廠廠長張志鵬表示，工廠一直以來都有在做改善的計畫及執行，不管是研發、品管、工安、環保等面向，每年都有規劃改善的措施，亞泥花蓮廠是國內水泥廠最積極推動者，是經濟部工業局唯一六度獲得自願減量績優廠商。張廠長就像是大家長一般，關心著廠內的運作，也像關心孩子一樣，施工時的安全是他最注重的，工期的掌握及工作調配也是每當有改善工程時需要留意的。在同業交流時，會聽到有人提及亞泥在這麼不容易的環境，做出來的水泥品質還是很好！張廠長說：『就是因為環境不好，員工卻因此練就了一身功夫！』，這就是最難能可貴的部分。

台泥花蓮廠現任廠長
張志鵬

經濟部工業局認列減量績效

年度	具體措施	省電(度)	省煤(噸)	重油(KL)	CO_2減量(噸)
86	水泥運送採用皮帶式	798994	-	-	1,059
89, 91	生料運送採用提運機	3446795	-	-	2,760
91	廢熱回收發電	101977200	-	-	86,110
91	水泥磨採用V式高效率選粉機	9864902	-	-	8,576
95	生料磨收塵機風車改直流馬達	861775	-	-	570
97	水泥磨製程添加石灰石	5558359	12,437	33	83,045
98	#1冷卻機熱回收效率改善	-	11,703	-	29,667
99	直井下料口降階縮短運距	-	-	265.386 (柴油)	692
101	#2冷卻機熱回收效率改善	12,560,103	10,249	-	32,663
102	水泥磨排氣風車改變頻控制系統工程	2,987,603	-	-	1,560
103	一號窯主馬達增速與控制系統設備工程	-	3,549	-	8,003
104	一號預熱機上升風道改善工程	-	4,958	-	11,939
	合　　計	138,055,731	42,896	299	266,644

全國第一個礦區取得ISO 50001能源管理系統驗證

有鑑於能源的重要性及節能急迫性，亞洲水泥已於 2016 年度於花蓮廠及新竹廠推動 ISO 50001：2011 能源管理系統建置，亞泥花蓮廠並通過台灣檢驗科技驗證通過，亞泥新城山礦區更是全國第一個礦區取得能源管理系統驗證，並確實執行能源持續改善達到既有目標。

二、亞泥花蓮廠：績優低碳製程技術案例報導

績優案例1：窯預熱機上升風道燃燒效率改善

亞泥花蓮廠105年度獲「產業溫室氣體自願減量績優廠商獎」之「一號預熱機上升風道改善工程」，主要是將預熱機上升風道的長度增加，使煤粉在上升風道滯留時間由0.6秒增加至3.6秒，煤粉在上升風道完全燃燒，不會跑到旋風筒去燒，可提高燃燒效率，使煤粉燃燒釋放更多熱值，故提高熱能使用效率及減少熱能浪費，亦節省用煤量及溫室氣體排放量，達到節能減碳之目的。此改善措施經工業局查訪認列之績效為降低熟料耗熱24(百萬卡/噸-熟料)，相較於執行該措施前，每年可節省煤炭約4,958公噸，相當於降低11,939公噸溫室氣體排放。

增加一號窯預熱機上升風道長度

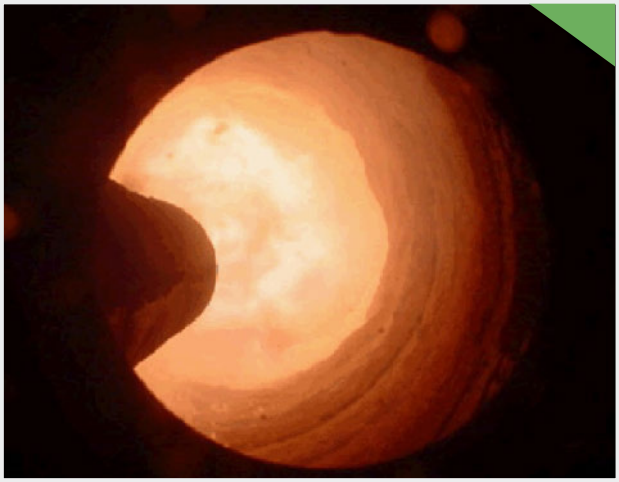
一號窯預熱機上升風道燃燒效率改善工程

	改善前	改善後
單位熟料耗熱（Mcal公噸熟料）	850	826
上升風道長度（公尺）	9.3	37.5
上升風道滯留時間（秒）	0.6	3.6
第三段炫風筒脫酸度（%）	40	30
能源節省量（噸煤/年）	-	4958
CO_2減量（噸CO_2-e/年）	-	11939

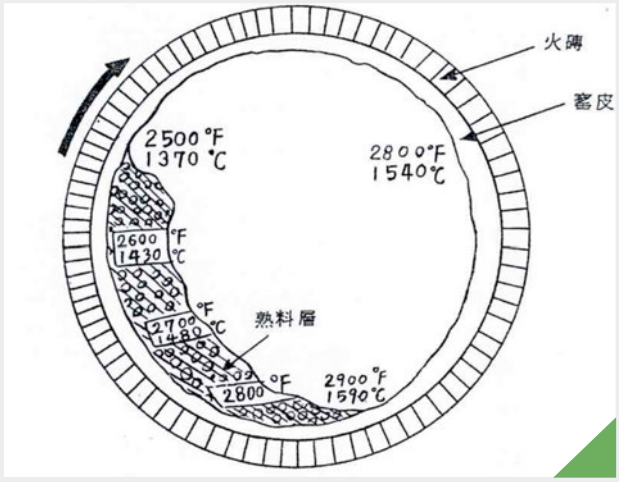
此項技術若是在新設廠或是新配置時差距不大，但於舊設備要調整時，在有限的空間去改善，就不容易去加高加寬設備，不僅要評估預算能力，還需評估整體結構、土木工程、支撐力、是否有足夠的空間等，因此同業作此修改的很少。

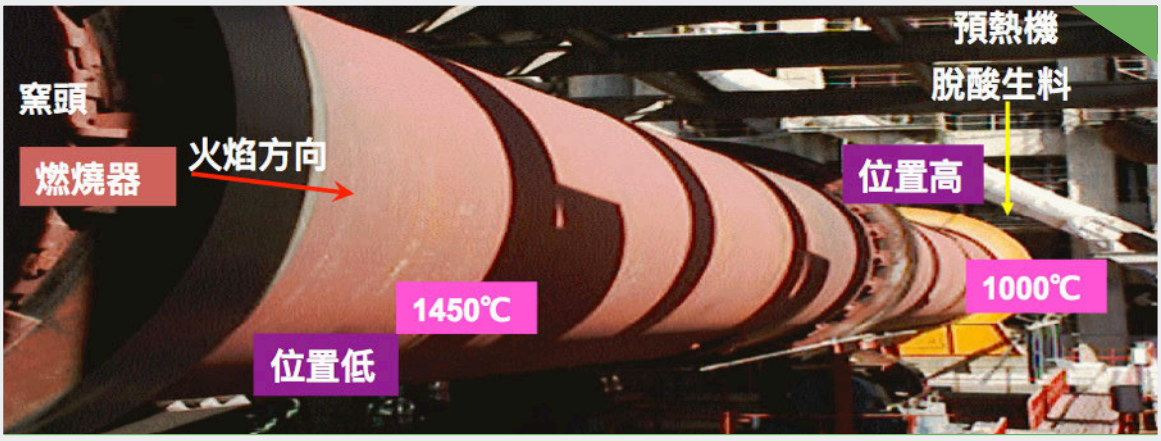
績優案例2：窯主馬達增速與控制-薄料快燒

亞泥花蓮廠於 103 年更新主馬達與控制系統，主要係將主馬達由直流馬達更換為更小的交流馬達，同時加裝變頻機，藉由加快旋窯轉速，使旋窯速度自 3.16rpm 提升至最佳轉速 4.5rpm，使旋窯中熟料燒成達到「薄料快燒」的最佳狀態。這跟炒菜的原理很類似，炒一大鍋飯跟一次炒比較少的料，少量的料會炒得比較快。



「薄料快燒」時窯內料層變薄、使窯的填充率降低，可提高熱交換效率，同時可降低窯內通風阻力，有助於煤粉完全燃燒，減少用煤量、降低熱耗。物料翻動頻率增加、物料暴露於火焰輻射熱和窯內壁傳導熱之效率增加，可降低熟料燒成之耗煤量，相較於執行該措施前，每噸熟料燒成所耗熱值由 820 降至 803 (kkcal/ 噸熟料)，每年可節省煤炭約 3,500 公噸，相當於降低 8 千公噸溫室氣體排放。





「薄料快燒」之效益：

當旋窯轉速加快，會增加窯內物料翻動頻率，窯內料層變薄，使窯的填充率降低，此時窯的產量並未增加，但有下列效益。

01. 提高熟料品質

由於翻動增加、料層變薄，物料於高溫下均勻受熱。

02. 減少用煤量、降低熱耗

窯的填充率降低可提高熱交換效率且降低窯內通風阻力，有助於煤粉完全燃燒。

03. 延長窯磚壽命

料層變薄且在窯內分布較為均勻，可使窯皮、窯耐火磚受熱波動小，避免火磚因熱漲冷縮頻繁而縮短壽命，則延長窯的安全運轉週期，減少開停窯造成的大量熱能損耗。

旋窯操作：「風、煤、料、窯速」達到合理匹配

薄料
快燒 → 最適當料層厚度
最經濟合理燒燒時間

項　目	改變趨勢			效　果
旋窯轉速	慢	→	快	熟料品質佳 熟量產量大 熟料耗熱低
料層厚度（填充率）	厚（大）	→	薄（小）	
物料揚起高度	低	→	高	
物料翻滾程度	差	→	佳	
物料＆煤灰混和	不均勻	→	均勻	
熱傳效率	差	→	佳	
升溫梯度	慢	→	快	

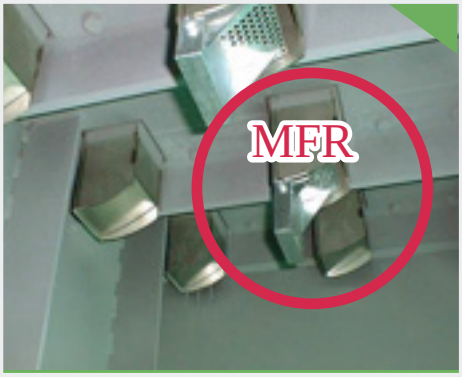
張廠長表示，熱交換做得好可以節省很多的能源。但薄料快燒除了馬達的調整、窯內的結構磚材、還有燒成的配合等，要有特殊技術去配合才能達到此成果。根據資料顯示，此改善投資金額為台幣 1,671 萬，大約 2 年可以回收。

績優案例3：窯冷卻機更新工程

冷卻機推棍式固定爐排輸送技術

熟料冷卻機由傳統活動爐排輸送，改造為最先進推棍式固定爐排輸送，可有效提高熱回收效率，明顯降低煤炭燃料之用量。新型推棍式冷卻機配備機械式流量調節器，且依據位置之流動特性配置不同孔徑之有孔擋板，使冷卻氣流能均勻分布吹入熟料層。推棍式冷卻機每塊爐排均裝置機械式流量調節器 (Mechanical Flow Regulator, MFR)，使不同顆粒之熟料層獲得需求的風量，達到最大熱回收效益。MFR 可依據熟料料層不同顆粒所造成之高低壓差，機械式自動控制冷卻風量，使風量維持穩定。

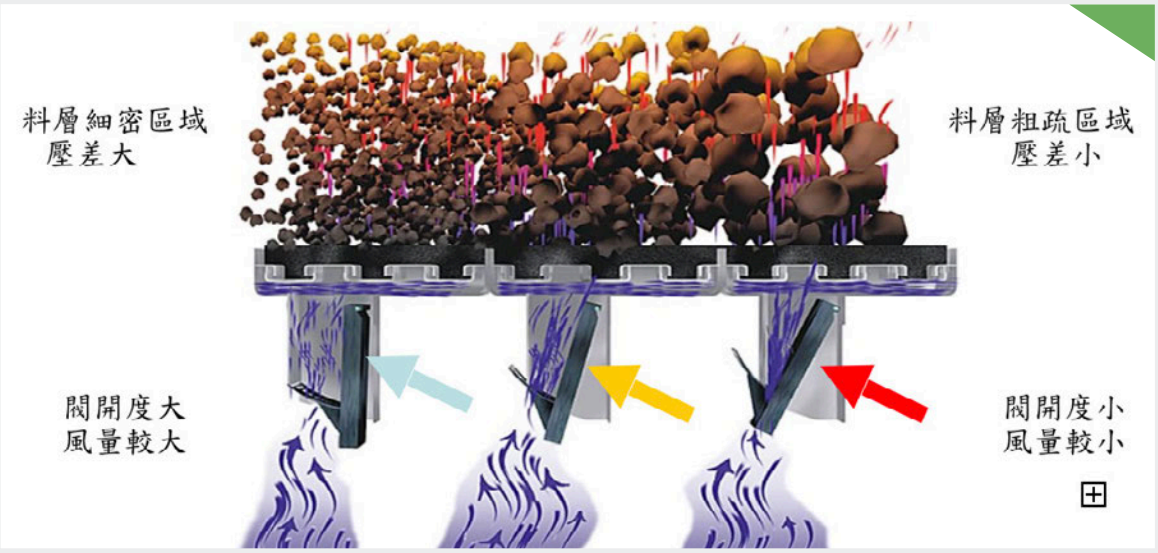
將傳統活動爐排冷卻機，改為推棍式固定爐排冷卻機，可大幅增加熱回收效率。



此減量措施係藉由熟料冷卻機之改造，將熟料由傳統活動爐排輸送改為最先進推棍式固定爐排輸送，其新型推棍式冷卻機配備機械式流量調節器 (Mechanical Flow Regulator, MFR)。可有效提高熱回收效率，明顯降低煤炭燃料之用量。MFR 可依據冷卻機內熟料料層壓差之高低，自動控制冷卻風量，MFR 可依據熟料冷卻機內各部位熟料料層溫度分布狀況，於不同的溫度區裝置具有不同流動特性之有孔擋板。

第一套窯此改善投資金額 4.98 億，約 14 年可以回收、第二套窯約 5.4 億 5 年可以回收。#1 及 #2 窯熟料冷卻機之更新係採用目前世界上最先進之推棍式冷卻機，此項技術已是全世界的趨勢，目前全台水泥業只有亞泥花蓮廠採用此技術，就看其他水泥廠是否有預算及投資計畫，原本的片狀爐排由於熱分配不均，故障率也高，於 101 年換成推棍式，故障率少很多，1 號窯之熟料耗熱由 877(百萬卡 / 噸 - 熟料) 降至 809(百萬卡 / 噸 - 熟料)，約降低 7.8% 耗熱；2 號窯之熟料耗熱由 897(百萬卡 / 噸 - 熟料) 降至 854(百萬卡 / 噸 - 熟料)，約降低 4.7% 耗熱。年用煤量共省 21,949 噸，溫室氣體減量 62,330 噸 / 年。

新式冷卻機配備之機械式流量調節器(MFR)



三、從看見台灣到看見亞泥-現場經歷亞泥礦山爆破

2017 年亞泥花蓮廠受到來自環團針對礦區有如地動山搖無情的批評，亞泥為了還原真相，開放新城山礦區見證爆破情景。採訪當天臨時起意，希望能實地走訪亞泥花蓮新城礦山，所謂眼見為憑，看看謠傳中說的「天搖地動」般採礦爆破現場到底是長怎樣。

如療癒般的爆破體驗

爆破作業在近中午時進行，我們站在礦場內距離爆破處大約不到200公尺的距離，既期待又緊張想像著電影中的震撼爆炸場景。聽著礦場安管人員發號司令，倒數五秒開炸，「5、4、3、2、1！」幾個連續間隔很短、如鞭炮聲的聲響，搭配著石頭碰撞的聲響，石塊應聲往前倒下，沒有什麼震動感，比當初當兵時丟的一顆手榴彈威力還無感，而且也沒什麼塵土飛揚，爆破瞬間之聲響及炸開音波還有一種療癒的感覺，好像把內心的壓力全部釋放一般。很短暫的結束後平靜到還聽見幾隻鳥兒的鳴叫聲，並沒有想像中那種強大威力及震撼力，200 公尺近距離的感受是這樣，而距離最近的居民至少還有 700 公尺遠，那山下的村落應該是更無感才對不是嗎？

微量無感爆破，做對的事

為避免採礦產生震動感，亞泥在礦場鄰近民宅設有 24 小時測震儀器，由成功大學大地資源中心架設機器搜集資料，不假亞泥之手，由第三人來監控驗證，並提供給礦務局核備。為了降低爆破產生之震動，亞泥捨棄大量一次性的爆破模式，採用需要更多次更多人力的微量無感爆破，爆破每次約產生三、四千噸礦石，由 94% 的多孔性硝酸銨（肥料）＋ 6% 的柴油均勻混拌後所製成的炸藥，於鑽機鑽洞後分別裝入炸藥，炸藥孔之間有引線及雷管連接，為的是控制爆破時間使其間隔千分之 42 微秒延遲，每次爆破也在一秒內會結束將時間錯開也是希望分散爆破威力，並搭配經過不斷測試使炸藥量減少，使爆破的影響降到最低，讓山下都感覺不到。

植生綠化、水土保持-知名國內外示範礦場

亞泥新城山礦場使用了較先進、成本也較高的「內凹式」採礦法，讓裸露出來的區域，從平面看減到最小的範圍；同時，礦場每階段為十公尺經過重新掘植生溝、客土、種樹，進行植生綠化，費力復育，讓樹長回來，讓山回復青綠。優點除了可降低景觀衝擊，減少公路上的視覺裸露面之外，也可發揮水土保持、雨水蓄洪功能，瞬間暴雨時，雨水不會直接往下方沖刷，減緩雨水沖蝕力，所有作業活動都在凹形碗公內，也隔絕落石、噪音及震動。近年來亞泥持續加速植生綠化復育，視覺景觀大幅改善，新城山礦場更獲選為主管機關經濟部礦務局之示範礦場，每年國內諸多學校、政府、私人機關、礦業同業及國外團體至本礦場實地觀摩礦場如何綠化復舊。

歷經多年實戰考驗-礦區安全無虞

土石流發生原因是：鬆軟的土石、足量的水及坡度。在鬆軟的土石方面，亞洲水泥礦場在開採後已清除鬆軟的土石，剩下的只剩堅硬的石灰岩；在足量的水方面，亞洲水泥設置排水溝將雨水導引至大型滯洪沉砂池，完全分散強降雨帶來之水量；開採坡度方面，以安全規範的開採坡度及加上階段式開採，確保安全無虞。上述造成土石流的三大條件，每一項條件都無法符合，如何造成土石流？且亞洲水泥礦場歷經九二一大地震與近年來多次強颱侵襲的實戰經驗，新城山礦區均未發生任何崩塌落石事件，況且這麼多年來受外界用放大鏡檢視，其實這裡反而比其他地方更安全！

2.4 潤泰冬山廠：熱能改善利用專家

一、工廠簡介

一進到潤泰冬山廠，便感受到李開南廠長、黃楷互主任及公司團隊們，熱情親切的接待，細心與貼心的服務，相信他們的客戶一定也有這種賓至如歸的感受。於 1992 年設立的潤泰水泥股份有限公司，2009 年於宜蘭冬山正式投入水泥生產事業，公司秉持集團一貫堅持的理念，從研發到生產堅持最好的服務品質、及創新開發精神，為客戶提供高品質的水泥產品。公司於 2012 年取得潤弘「精密工程建材事業處」部門，朝產品多元化發展，2014 年將「潤德室內裝修設計」納為子公司，潤泰水泥更名為「潤泰精密材料股份有限公司」。

位於宜蘭冬山的工廠被草地與綠樹環繞，乾淨整齊又明亮，設置由六成以上博碩士組成之「水泥質材料實驗室」，在水泥配比設計和材料研發方面投入大量心力，建構國際級生產設備並多次更新，打造節能減碳新工廠。預拌式泥作材料自動化包裝系統，首創產品追溯系統自動噴印履歷編碼，每批產品皆印有序號，自動疊包、裹膜。產品留樣管理，可以追溯掌握批次品質，更獲多樣產品認證。全面提升品檢設備，確保產品品質與穩定性。貫徹環境保護與永續共生的理念，積極投入環境綠化。

推動綠色低碳製程改善的動力商

自成立以來，執行低碳製程改善獲得許多殊榮包括「101 年度溫室氣體減量績優廠商」、「102 年度節約能源績優廠商」，成效卓著。李開南廠長表示公司持續推動綠色低碳製程改善的動力就是

(1) 不僅符合更要超越政府對水泥業的規範，降低單位成品耗電量、及降低半成品單位耗熱等。為了增進環境保育、提升能源使用效率、以及確保產業發展作努力。

(2) 貫徹公司節能減碳政策，積極推動企業社會責任，企業永續化經營的理念，建構產業發展與環境保育兼籌並顧之產銷體系。

(3) 為了提升公司本身的競爭力，可以看見其近五年推動自願減量成效卓著，包括窯尾氣封圈改善工程、RSP 預熱機改善工程等減碳量都非常大、降低耗熱耗電效果很好，另外像生料庫拌料系統改體外循環也很有創意。

潤泰冬山廠現任廠長
李開南

全國第一家綠建材--「美特耐-預拌式泥作建材」

專業、方便、又乾淨

傳統泥作材料靠的都是工班師傅的經驗，分別採購水泥及砂並添加各式添加劑，在工地現場依據個人經驗進行拌和，原料的來源及添加比例不易管控，容易造成後續品質問題，更會延伸材料浪費及現場施工污染的狀況。美特耐 - 預拌式泥作建材，依據泥作材料使用的不同部位及功能（天 / 地 / 牆 / 門 / 窗、打底 / 粉光 / 黏著 / 填縫 ...），將標準比例的水泥、砂及添加劑均勻拌和後，以袋裝形式出貨至工地。預拌砂漿的概念，就像高品質的三合一咖啡包，工班師傅拆包加水即可方便的施作，而原料在工廠均經過層層把關與檢驗，品質穩定無虞。

節省

預拌砂漿之各區域使用數量可清楚容易計算，大幅減低工地現場泥作材料多次搬運移位的問題，減少施工電梯的使用。此外，預拌式泥作建材也可以採 Silo 方式儲存施作，現場採泵機輸送，更加便捷快速。

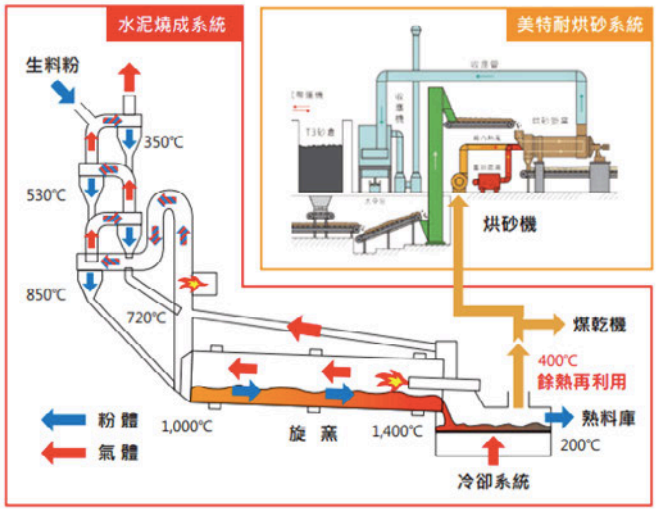
環保

在 CO_2 的排放方面，傳統打底材一噸的碳排放量是 237.13 公斤 CO_2，預拌砂漿工法每噸的碳排量是 130.334 公斤 CO_2，使用一噸美特耐約可減少 106 噸的碳排放，CO_2 排放量與現場傳統拌和方式相比可降低 54.96%。若將現場傳統拌和的損耗及浪費加乘計算，CO_2 排放量減量更大。

餘熱回收做為美特耐乾拌砂漿廠之製程乾燥用

餘熱回收再利用

潤泰精材宜蘭冬山廠將水泥生產所產生的餘熱，透過能源整合概念將餘熱回收再利用，將餘熱導入美特耐乾拌砂漿廠之細砂乾燥製程，減少重油鍋爐之重質燃油的使用，有效降低乾拌砂漿產品能源的使用需求，2015年可減省約522公噸的重油使用量及降低二氧化碳排放1,957公噸。



餘熱充分再利用

在水泥核心燒結技術中，水泥生料經高溫燒結後，以大量冷風激冷方式快速冷卻水泥熟料，在激冷熱交換過程會產生大量且具有高溫的餘熱風，目前潤泰精材冬山廠水泥餘熱再利用與餘熱量如表所示。

餘熱再利用	餘熱溫度(℃	餘熱量 (Nm3/min)	餘熱比例
二次空氣	1200	2000	35.2%
三次空氣	800	600	10.6%
煤乾燥機	300	400	7.0%
煤磨機	300	80	1.4%
爐石乾燥機	300	300	5.3%
美特耐烘砂系統	300	300	5.3%
尾排餘熱	200	2000	35.2%
加總		5680	100%

除二次空氣與三次空氣提供水泥窯燃燒空氣使用之外，生產所需之煤乾燥所使用之煤乾機與煤磨機系統，以及生產爐石粉前所使用之爐石乾燥機，均有使用到水泥窯餘熱進行乾燥作業，使餘熱充分再利用。此外，美特耐烘砂系統也充分使用水泥窯餘熱進行能源整合，降低重油鍋爐的使用，並使生產達到節能減碳的效果，美特耐烘砂系統使用餘熱量為 400℃、300 NM^3/min。除上述水泥窯餘熱再利用之外，系統尚未使用之餘熱為尾排餘熱，餘熱溫度約 200℃，剩餘餘熱量估算約 2,000 NM^3/min，仍佔整體餘熱量約 35.2%。

二、低碳綠色製程技術資料

績優案例1：旋窯窯尾氣封圈改善

水泥窯系統內部為一抽風負壓系統，於不同位置均設置風壓計，用以監控系統風壓是否達到平衡狀態，而不同點位的風壓差數值將可透露系統用風平衡是否出現異常。而旋窯窯尾氣封圈的改善，當初是因發現該位置出現非正常風壓壓損與溫度異常，說明外部冷空氣透過窯尾氣封圈洩漏處引入系統內部，造成系統引風機 IDF 轉速須提升，及煅燒爐用煤量增加，才能維持系統風量、風壓與溫度，此作用造成耗電、耗熱增加，預估洩漏量約為 158-236 NM^3/min 之 950℃ 高溫氣體，整體生產耗熱增加 33.63 kcal/kg-CL。因此，從民國 65 年使用至今的舊窯尾窯殼要截換掉，再換上氣封彈簧鋼片，進行定位、焊接、安裝等程序，最後再將設備吊裝上去，工程花費約 500 萬。透過旋窯窯尾氣封圈洩漏的改善，好處是密閉效果好、故障率低、破損機率低、冷空氣不易進入，不僅維修方便，耗熱也可以下降 5~10 千卡，每年約可減省 3,687.5 公噸的燃煤使用量，換算 CO_2 每年減量 9,200 公噸。而設備經改善後，透過風壓與溫度的量測與監控，可以確保該處洩漏問題已不再洩漏。

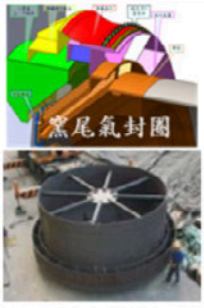
水泥廠：水泥旋窯窯尾氣封圈改善工程

能耗問題
該廠窯尾氣封圈有洩漏現象，經檢測其洩漏量約介於158~236 NM^3/min之950℃的高溫氣體，造成熟料生產耗能熱值達936kcal/kg。

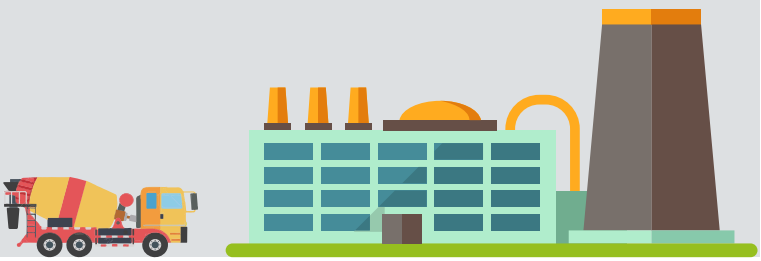
改善重點
進行窯尾氣封圈改善工程，經實測可改善洩漏量15%，並可將此廢熱回收再利用，大幅提升生產效益及節省燃料煤使用。

資源投入
改善投資新台幣502.9萬元。

產出效益
- 節省燃料煤3687.5公噸/年，減少溫室氣體排放9,200公噸CO_2e/年。
- 節省燃料費1,556.5萬元/年；回收年限0.3年。



窯尾氣封圈改造工程施作及完工後水泥旋窯正常運作示意圖



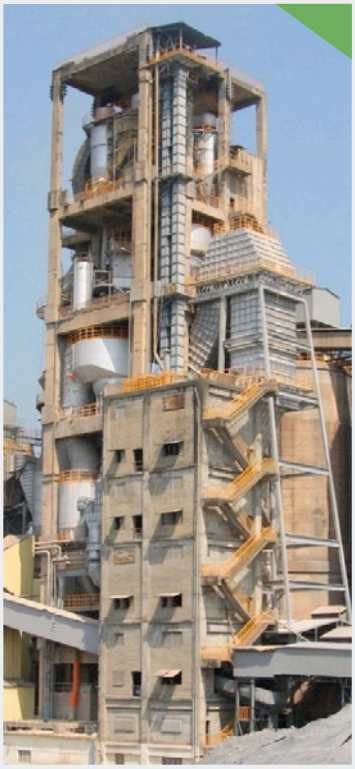
工程改善之執行後如何確保不再洩漏

(1) 氣封容易維護，磨耗件僅有氣封來令片，於年度歲修時檢查更新。
(2) 並於平常運轉時，每 1 小時進行窯尾通料，並檢查氣封來令片是否破損及螺絲是否鬆脫，如有問題列入停機檢修工項，每 8 小時進行氣封圈卸料。

項次	原　狀N.S.P.	改 善 後R.S.P.
1	熟料產能3,000MT/D	增加為3,200 MT /D
2	熟料單位耗熱970kcal/kg-cl	減少為820 kcal/kg-cl
3	耗電 121 kWh/T-cement	節省為 115 kWh /T-cement
4	脫酸率$CaCO_3$->CaO+CO_2現狀約73%	增加為92%

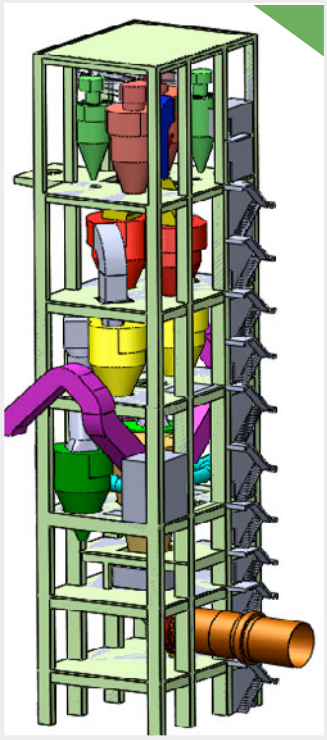
績優案例2：新懸浮式預熱系統優化工程

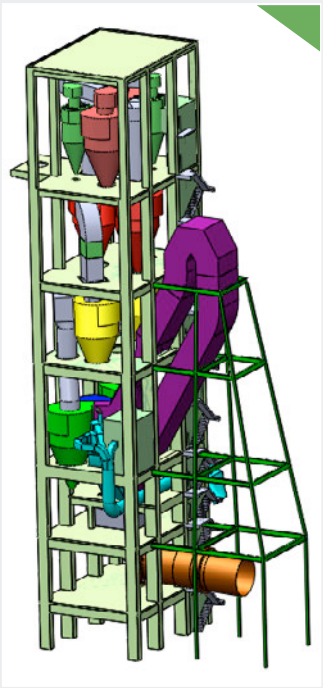
五段式懸浮式預熱系統改善效益



「新懸浮式預熱機 R.S.P. 改造增建工程」的評估主要是因為 NSP 系統之生料脫酸率不足，生料脫酸率僅約 70%，因此於旋窯內部燒結須提供較多之熱量供料脫酸與燒結，不僅於品質良率、產能、及耗熱方面皆有改善的空間。2012 年潤泰透過日本太平洋水泥 RSP 的技術改造協助，將懸浮預熱機 NSP 改造成 RSP，主要是將預熱機旋風筒進行改造更新，減少預熱機系統洩漏，並新增四級延伸管，增加生料粉體於系統內的熱交換時間，增加生料於預熱機預熱脫酸反應時間，大幅提升水泥生料鍛燒率，使水泥生料碳酸鈣脫酸率由原本 73% 提升至 92%，亦同時降低生料於旋窯內部燒結的難度，可大幅提升產能，由日產 3,000 公噸熟料，提升至日產 3,200 公噸熟料。由於產能大幅提升，熟料單位耗熱由改造前

NSP 的 970kcal/kg-CL 降低至 820kcal/kg-CL，減少 10% 的能耗量。RSP 的改造預估每年可減省 5,167 公噸的燃煤能源使用量，與 4,127,571 度的年節電量效益。2014 年導入新懸浮式預熱系統優化工程，預估每年可節省約 14,382 噸的燃煤能源使用量。

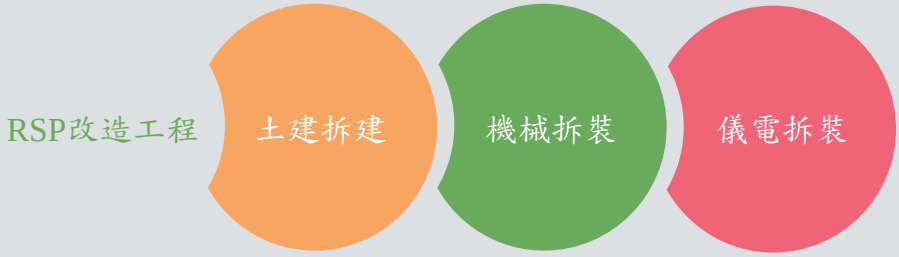




進行工程改善作業時需克服的困難點或阻礙

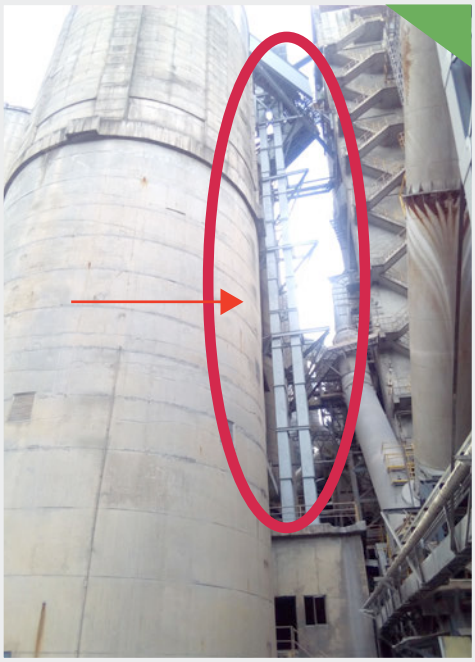
RSP 改造工程須經過土建拆建、機械拆裝、儀電拆裝等三大程序，由於施工耗費時間較長，依經驗需 2 個月工期才能完成，因此建議於水泥窯歲修期間進行改造作業。因改造期內無法生產水泥，對於庫存與銷售是一大考驗，應思考如何準備足夠水泥與半成品熟料庫存量，以因應後端客戶的需求使用，並在工程改造前透過電腦模擬來掌握各改造元件是否能順利安裝，才能於最短工期內完成土建拆建、機械拆裝、儀電拆裝等三大程序之 RSP 改造工程。

新懸浮式預熱系統優化工程是近年來水泥廠設備升級與耗熱降低的設備改造重點技術，目前台灣地區水泥廠大多已採取此優化工程，改造優化的建議如上述應妥善規劃土建拆建、機械拆裝、儀電拆裝等工期，並於改造前準備足夠水泥與半成品熟料庫存量，以因應後端客戶的需求使用。



績優案例3：生料庫拌料系統改體外循環

改善的創意來源



生料庫拌料系統改體外循環

因原本生料庫裡面使用的拌料磚，經常一兩年就需要更換，更換後效益也不佳，大概半年就會發現拌料後進入窯內的成分變化越來越大、不均勻。除此之外，高壓空壓機要吹空氣進入生料庫，宜蘭這邊濕氣重，雖然有過濾仍會有些許油跟氣跟著進去，造成效益更差，不符成本，思考用體外循環的方式做改善。水泥原料由石灰石、黏土、矽礦、鐵渣組成，經配料後進行生料研磨製程，為了使生料於入窯燒結前成分均勻，傳統作法利用拌料庫以氣吹方式進行生料混拌作業，使水泥生料均勻化，然而，以氣吹方式進行生料拌料作業，需耗費大量的空壓機電能，且拌料庫裝置常因粉塵而堵料，使得拌料效率降低。為了改善拌料庫拌料效率與減少空壓機耗能，生料庫拌料系統改體外循環替代生料拌料作業，不僅可減省耗電量，亦可減少停機檢修頻率，降低維修與零件更換成本。

產生的節能效果

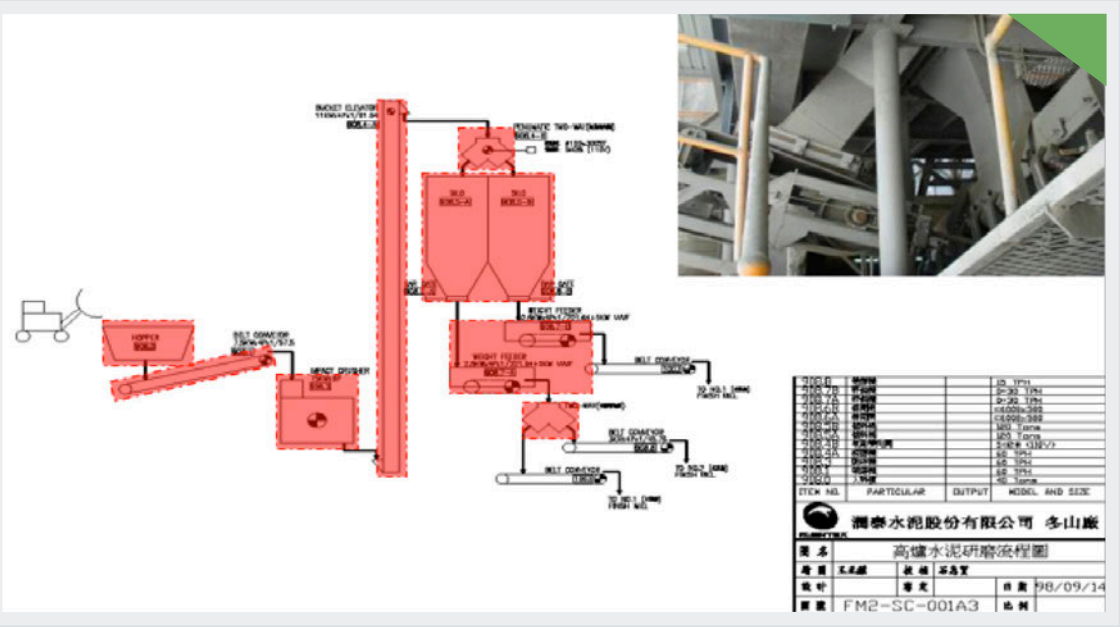
更換後耗電確實節省許多，經生料庫體外循環拌料系統，生料成分 HM 變異係數由 1.78% 降低至 0.72%，降低高耗能空壓機的使用，預估年省電量約 1,248,300 度電，換算 CO2 減量每年約 659 公噸。

生料庫體外循環拌料系統
生料成分HM變異係數 1.78% ▶ 0.72%

預估年省電量約1,248,300度電
換算CO2減量每年約659公噸

循環經濟案例-石灰石&爐石替代原料

去年中因還原碴 - 煉鋼廠下腳料越積越多無法去化，為了解決此處置問題，潤泰冬山廠從原料的破碎磁選、成分均化，到最後可以用還原碴來作為石灰石替代原料。此外推動循環經濟，以高爐爐碴或石灰石作為添加物，生產水硬性混合水泥，高爐爐碴添加比例為 40%，2011 年 3 月成為國內水泥廠第一家取得混合水泥正字標誌，目前已執行煉鋼廠還原碴作為石灰石替代原料，年處理量約 40,000 噸。



電弧爐還原碴 (Electrical Arc Furnace Slag, EAFS) 為電弧爐煉鋼廠回收廢鐵做為原料使用，經高溫熔融生成鐵水，且在此過程中氧化還原反應所產生的廢鋼碴，一般稱之為電弧爐還原碴。因石灰石是鋼鐵廠常用的造碴劑原料之一，因此電弧爐還原碴通常含有高成分 CaO 性質，是良好作為取代水泥石灰石原料的選擇之一。潤泰冬山廠為維持水泥生產品質，電弧爐還原碴以階段性擴量方式添加使用作為水泥替代原料，目前石灰石原料替代量約 5%，每年處理量約 60,000 公噸，仍低於年許可量 96,000 公噸，未來將持續擴量使用。

三、水泥業嶄新的使命感

「小石歷險記 - 水泥的誕生」用擬人化的漫畫故事，生動又趣味、深入淺出地闡明水泥的製造過程，而當中的主角和故事，都是由員工自己設計發想出來的，廠區現在也提供給周遭甚至台北地區的小學、中學到大學生前來參觀，與學校的自然課程融合作為校外教學的場所，讓孩子們知道水泥的成分、生產設備與製造過程等，學生的反應都很不錯，寓教於樂，期許社會大眾能更加認識水泥業。看著小石弟的冒險故事書，和廠區內的彩繪圍牆，使水泥業不再只是印象中那灰色、傳統的色彩，而是增添了活力與創意，加上其「美特奈特殊建材」綠色建材的前瞻性，我們期待著水泥業有更多可能，開創不一樣的未來。

| 生動有趣的漫畫手冊講述水泥的生產過程

2.5 台泥蘇澳廠：循環經濟之契機與案例

台泥蘇澳廠現任廠長
陳進益

一、工廠簡介

蘇澳廠於 1943 年成立，位於宜蘭縣蘇澳鎮炮台山下，土地面積 46 公頃。緊鄰蘇澳港、北迴鐵路及省道，水陸運輸便利。產品可直接自廠以吹運管輸送至港裝船送往臺灣西部及世界各地，煤炭等原料亦可由港口直接卸船經皮帶機送入廠內儲庫。太白山礦場自 1980 年 3 月開始生產，採階段式由上而下開採，並以架空索道 4.5KM 及輸送帶 1.4 KM 運送開採所得之礦石至水泥廠。

台泥 1962 年成為證券市場第一家股票發行上市公司，全台灣水泥業第一家取得 ISO 9001 品質管理系統驗證，也是全台灣第一家完成 ISO 50001 能源管理系統建置並通過認證的水泥業。歷年推動自願減量成效卓著，尤其是在原燃物料替代推動循環經濟上，現任蘇澳廠廠長陳進益表示，辜成允前董事長生前重視環保，公司持續推動改善綠色低碳製程，企業努力投資環保與研發、讓環境更清新乾淨、讓社會更好，企業也能成長茁壯。

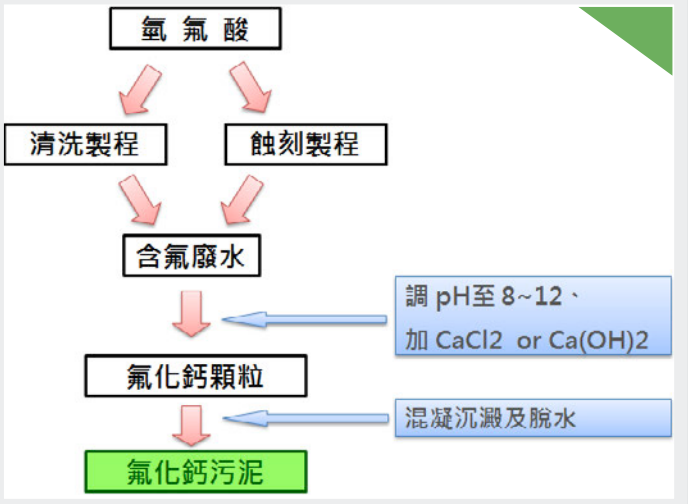
二、工廠推動循環經濟之案例

台泥建構跨產業「循環經濟」鏈，以水泥窯製程高溫、高擾流、高滯留時間之特性，協同處理生活垃圾、城市與工業汙泥、廢輪胎、氟化鈣、廢溶劑等各式事業廢棄物，將廢棄物成為工廠的原料，善盡企業社會責任，使企業得以永續經營。 歷年執行跨產業循環經濟之成果如下表：

事業端產業類別	廢棄物類別	102年	103年	104年	105年	106年(至9月)
石化業	D-0902無機性污泥	1,816	1,555	3,280	1,297	2,596
半導體、光電業	R-0910氟化鈣污泥	11,171	14,040	12,926	17,515	10,601
發電業	R-1106燃煤飛灰	0	0	59,719	83,919	44,488.8
發電業	R-1107燃煤底灰	32,328	50,694	11,524	10,032	19,999

事業廢棄物替代原料案例-氟化鈣污泥

半導體製造業或光電材料及元件製造業在廢水處理過程產生之氟化鈣污泥，產生流程如下，台泥蘇澳廠協助在安全無虞下進行處理再利用。



再利用前處理設備

卸料坑

秤重設備

事業廢棄物再利用需要額外設置的前處理設備，特別是氟化鈣污泥需要的卸料設備、料櫃、秤重設備，並且需要進行與原料之比例調配，費用約在台幣 3~4 百萬元。

氟化鈣污泥處理過程

事業廢棄物端運送的卡車直接運送來到廠區內的卸料坑，再經過吊車夾料到集料槽，原料進到 RC 鋼筋混擬土做的料櫃儲倉，經過秤重設備再輸送到生料磨去研磨。因料櫃有一定的最大儲量，所以進來的量跟使用量維持在平衡狀態，一般運轉率都達 9 成以上，流動性很好，不會有積存過量、過久的問題；氟化鈣污泥及氧化鎂無機性污泥的含水量約在 40% 以上，也不會有逸散的問題。其事業廢棄物替代原料的添加比率為 0.95~1%，也就是生料磨的產量如果是 300 噸的話，大約可以加入 3 噸的量。提到「氟」有助融的特性，會間接地降低煤碳的使用量；煤灰當中含有未燃碳，也會幫助減少煤粉的使用量。

氟化鈣污泥的清除處理，確保過程不受污染

清除 載運量上網申報，保留地磅紀錄供查核。

運輸 卡車均加蓋帆布避免震動漏料，杜絕運輸過程污染。

貯存 經氟化鈣污泥卸料坑、帶運機直接入綜合倉專區貯存，經秤飼機精秤後進入生料磨製程使用，屬密閉式貯存設施，無污染疑慮。

處理 經旋窯高溫燒成後，與水泥旋窯內熟料融合，無其它廢棄物產生。

三、台泥蘇澳廠跨產業循環經濟未來規劃

台泥蘇澳廠持續進行原料替代之循環經濟，除原先既有替代原料外，針對生活垃圾、封裝業廢膠條、光電業廢模膠等進行評估前置作業，其中生活垃圾已完成利澤垃圾焚化廠底渣試燒作業，待環保局核發許可，預計 2017 年下半年參與利澤垃圾焚化廠底渣處理。

生活垃圾前處理設備-除氯系統

生活垃圾中氯含量的物質會在窯及預熱機內循環，無法排出外面，會堵塞管徑變小，最終會造成堵料，每天都要人工穿防護具用高壓 AR 器具去清料，因此台泥蘇澳廠規劃設置除氯系統，作為未來處理生活垃圾時必要之設備，已向日商太平洋水泥採購預算約 8 千萬～1 億元，設備安裝約半年。除氯系統做好後可以避免形成氯鹽結料，而收集下來的氯粉，也是要加在水泥磨處理掉，而加入水泥磨的氯含量，還是要依據 CNS 規定的限制數據。

規劃設置除氯系統 ▶ 避免形成氯鹽結料
收集下來的氯粉，加在水泥磨處理掉

加強廢棄物產源分類，提高循環利用價值

台泥蘇澳廠指出，目前已執行許多項目的原料替代，而在替代的技術上，未來希望還是可以提高替代性燃料的使用量，使煤的使用量降低。目前面臨到的問題是，因廢棄物的分類不佳，容易遇到有一些大顆粒物質如廢鐵、雜物等，造成機器運轉困難，建議事業體所提供的底渣可以篩選出雜物以便後端處理。

2.6 亞泥新竹廠：循環經濟之契機與案例

一、工廠簡介

亞洲水泥由創辦人徐有庠先生等發起，於 1957 年 3 月奉准登記設立，現任董事長為徐旭東先生。亞泥新竹廠取得新竹縣關西鎮赤柯山之石灰石礦，遂於新竹縣橫山鄉台三線公路旁廠區設廠，廠區面積約 23 公頃，設有兩套雙線索道運輸石灰石到廠。於 1960 年第一套窯完工開始運轉，到 1985 年的第五套窯也就是最後一套窯，年產量可達 100 萬公噸，目前保留的這一支窯至今已有 30 多年的歷史，而原第一、二、三套旋窯生產系統則功成身退停產。1997 年因石灰石保留區的問題，水泥產業東移，並限制台灣西部無法開採石灰石，2003 年 10 月採礦權到期，四號旋窯系統政策性停止生產。而由於石灰石原料要從東部過來，運輸成本高、國內市場量也縮減，加上礦權問題，導致目前窯運轉率僅達 10~20%。

邱志宏廠長 / 杜俊慧主任

訪談過去廢棄物再利用之經驗

亞泥新竹廠自 1999 年起，即陸續有協同處理公告再利用或申請再利用之替代原燃料廢棄物，以及其他未列為公告項目但可作為替代原料協同處理之項目。由於工廠位處西部，為事業廢棄物主要來源地區，陸續處理過的廢棄物種類繁多且經驗豐富，但近年生產量驟減，去年生產量為五萬噸水泥，故可處理的廢棄物使用量已不高。整體而言，該廠已有多年廢棄物再利用之經驗，對於跨入循環經濟可扮演重要角色及有其貢獻。

亞泥新竹廠地理位置具有循環經濟戰略優勢

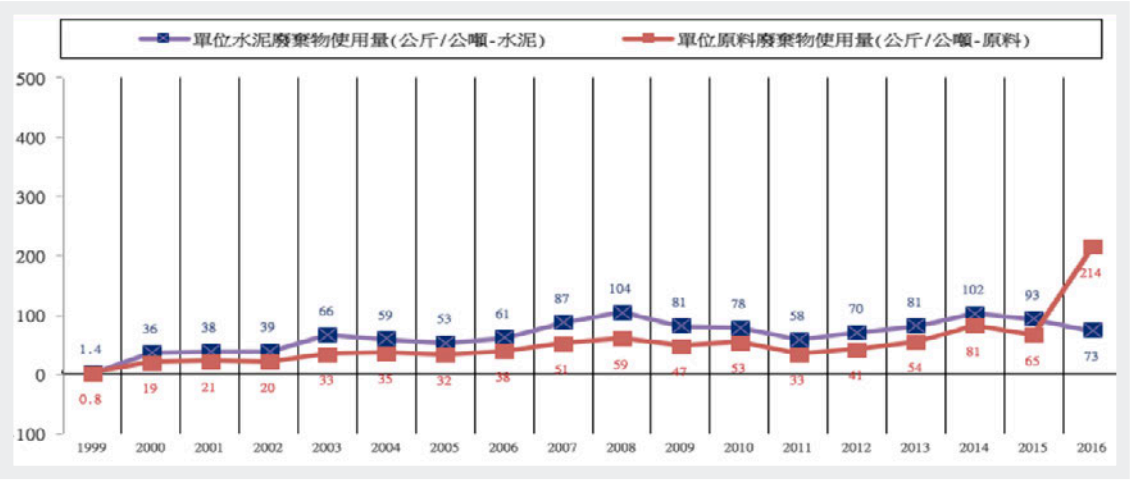
亞泥新竹廠地處西部市場，且鄰近相關民生及工業區域，不僅有利於水泥之銷售，並可就近有效、方便處理所轄區域內民生及工業製程所產生的各類廢棄物，除了與竹科可以連結成循環經濟產業鏈，還有例如造紙工業、化工廠等，可以使用煤底灰。如能在地開採及在地生產，可大大減少因遠程運輸之碳排放，基於此，若未來新竹縣在地石灰石礦廠可以開採石灰石，水泥廠可恢復正常營運，則將為該廠推動循環經濟之契機，可以提高廢棄物再利用率。

二、工廠推動循環經濟之案例

亞泥新竹廠歷年協同處理公告再利用或申請再利用之替代原燃料廢棄物項目眾多且經驗豐富，其中包括氟化鈣污泥及垃圾焚化廠水洗飛灰都是國內水泥廠第一家處理案例，歷年處理項目包括：煤底灰渣、脫硫石膏、中聯礦泥、中聯轉爐碴等，單位水泥廢棄物使用量呈逐年上升趨勢，最高為214公斤，距離日本、德國等先進國家再利用水準，還可以有很大努力空間。

資源廢棄物項目	再利用使用量(公噸)	再利用期間	資源廢棄物項目	再利用使用量(公噸)	再利用使用量(公噸)
煤底灰渣R-1107	78,986	1999~2011年	廢窯磚R-0402	1,431	2004~2005年 2008~2009年
脫硫石膏	651,459	2000~2016年	漿紙污泥R-0904	3,715	2007~2008年
氟化鈣污泥R-0910	3,453	2001~2010年 國內首家代為處理	淨水污泥R-0909	17,472	2007~2011年
廢溶劑R-1502	161	2002年	紡織污泥R-0906	145	2008年
中聯礦泥	148,977	2002~2016年	木柵垃圾焚化廠水洗飛灰D-2499	1,472	2008~2011年 國內首家專案處理
焚化底渣D-1103	189	2002~2003年			
廢潤滑油R-1701	24	2004~2009年	熱軋礦泥R-1206	7,895	2009~2011年
鋁礦土渣D-1202	27,888	2004~2010年	中聯轉爐碴	33,358	2014~2016年

| 下圖為歷年來單位水泥或單位原料之廢棄物(替代原燃料)使用量曲線圖



| 2016年單位原料廢棄物使用量驟增，因大量使用外購花蓮廠熟料研磨水泥所致。

相關法規限制再利用項目及數量

亞泥新竹廠因位處於「新竹縣頭前溪水系自來水水質水量保護區」，依據『開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準第 28 條第一項第八款第二目』，一般廢棄物或一般事業廢棄物再利用機構，位於自來水水質水量保護區，其興建、擴建工程或擴增再利用量時，應實施環境影響評估。因此亞泥新竹廠現階段規劃依據現有「事業廢棄物清理計畫書」中，許可收受廢棄物種類及數量進行廢棄物再利用。如下表所示：

許可收受廢棄物項目	每月核定最大收受數量(公噸)
漿紙污泥R-0904	2,500
紡織污泥R-0906	1,000
淨水污泥R-0909	2,000
氟化鈣污泥R-0910	1,296
燃煤飛灰R-1106	150
燃煤底灰R-1107	2,500
熱軋礦泥R-1206	1,000

水泥業發展現況

水泥業在歐、美、日等先進國家早已被視為重要的環保產業，利用水泥旋窯具高溫燃燒、滯留時間長、擾流大等特性，將民生及工業製程所產生的各類廢棄物，作為水泥製程的替代原料或替代燃料使用，這是在國際間公認最佳可行的處理方式，也是解決各種廢棄物衍生的環境問題及資源永續再利用的循環經濟典範。水泥屬於國家基礎工業，基礎工業一定要有，水泥也是國防及民生必需品。如果全部倚靠進口，待市場被進口業者宰制價格時，就是全民買單了！台灣不能沒有水泥，若政府決定台灣還是要有自產水泥，就必須要生產，而生產就勢必需要開礦。亞泥是歷史悠久的公司，也是一個守法、按照規矩、法令做事的公司，最近因礦權開發案及礦業用地環評申請案，外界有不同的聲音，然而處於民主自由時代，個人有個人的意見，團體有團體的意見，如果沒有全盤了解其中真正的資訊，將會造成對水泥產業的誤導。

三、亞泥新竹廠建構產業循環經濟未來規劃與期許

未來若有復礦可能，亞泥新竹廠在既有「廢棄物再利用」多年使用經驗與基礎導引下，積極推動「工業減廢及資源再利用」，評估廠內可行現況、替代原料配比及投資規模，規劃四種循環經濟推動方案 (如下)，跨入循環經濟領域，進而邁向資源循環的產業經濟模式，四方案實施後每噸水泥廢棄物再利用量介於 297~399 公斤，接近日本及德國等先進國家水準。除了第一及第二方案不需另外投資之外，其餘方案皆需要預處理設備、焚燒設備，大約需台幣四億元的預算。

規劃循環經濟四方案

方案一 不須增置設備設施。

方案二 視需要時，僅增置配料設備設施。

方案三 生活垃圾處理，須視轄區地方政府需求，方可配合辦理。

方案四 生活垃圾處理，須視轄區地方政府需求，方可配合辦理。

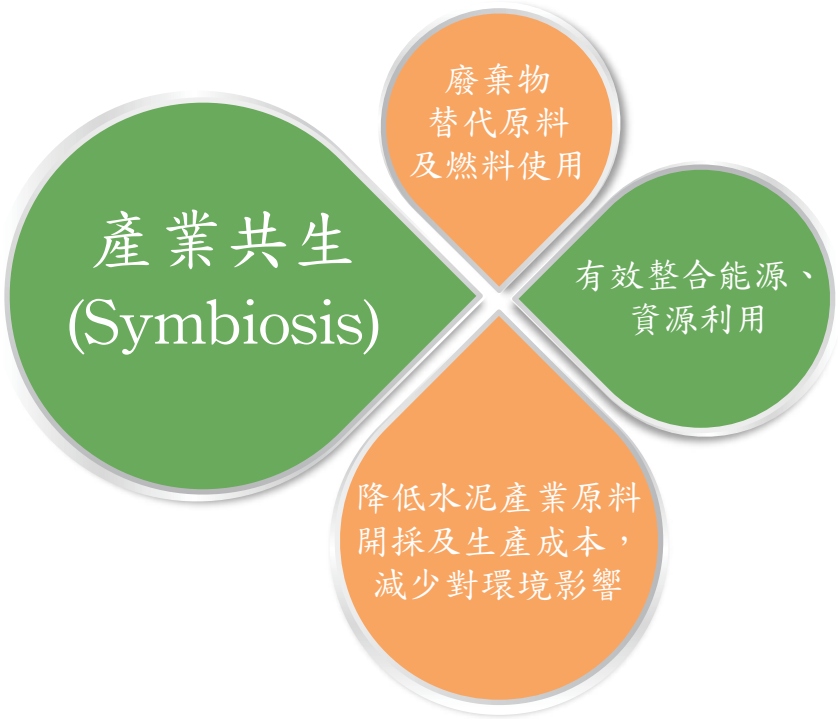
廢棄物再利用種類/項目(替代原燃料)	年再利用推估量(公噸) 以年產熟料100萬公噸/水泥105萬公噸			
	方案一	方案二	方案三	方案四
廢壓模膠R-0210	-	-	-	3,500
廢輪胎R-0302	-	-	7,000	7,000
漿紙污泥R-0904	-	6,000	-	6,000
紡織污泥R-0906	-	6,000	-	6,000
淨水污泥R-0909	-	12,000	-	12,000
氟化鈣污泥R-0910	15,550	15,550	15,550	15,550
煤底灰渣R-1107	12,000	12,000	12,000	12,000
電弧爐還原渣R-1210	12,000	12,000	12,000	12,000
焚化底渣D-1103	-	14,400	-	14,400
生活垃圾D-1801	-	-	70,350	70,350
營建工程剩餘土	132,550	121,100	131,550	120,400
中聯轉爐碴	84,200	84,800	83,500	84,100
脫硫石膏	55,556	55,556	55,556	55,556
廢棄物使用量總計(公噸)	311,856	339,406	387,506	418,856
單位水泥之廢棄物使用量(公斤/公噸-水泥)	297	323	369	399

亞泥新竹廠推動循環經濟期許

- 整合在地資源，推動在地產業循環經濟鏈，尤其是與新竹科學園區廠商進行高科技與傳統水泥業之產業循環經濟鏈。
- 繼續投資，創造就業，繁榮經濟，增加稅收。以共創政府、地方、居民、業者多贏。
- 避免因未能取得在地礦源，工廠嚴重虧損被迫關廠，造成勞工失業及嚴重社會問題。
- 利用在地礦源生產水泥，就近供應西部市場使用，避免『東泥西運』。
- 利用地利優勢，繼續投資改造設備，協助政府解決廢棄物問題及促進循環經濟發展。

3.水泥產業的循環經濟

世界企業永續發展委員會 (World Business Council for Sustainable Development, 2014) 報告顯示，利用水泥產業熟料生產的製程特性 (如：高溫、滯留時間長及擾動特性)，可將生活及事業廢棄物投入作為替代原料及燃料使用；此外，若能盤點各產業所產生的廢棄物，讓互補性的產業相互支援，可有效整合能源、資源利用。水泥產業在循環經濟上不僅能解決廢棄物處理問題，亦可降低水泥產業原料開採及生產成本，減少對環境的影響，促進產業共生 (Symbiosis)，充分發揮資源循環之效用。



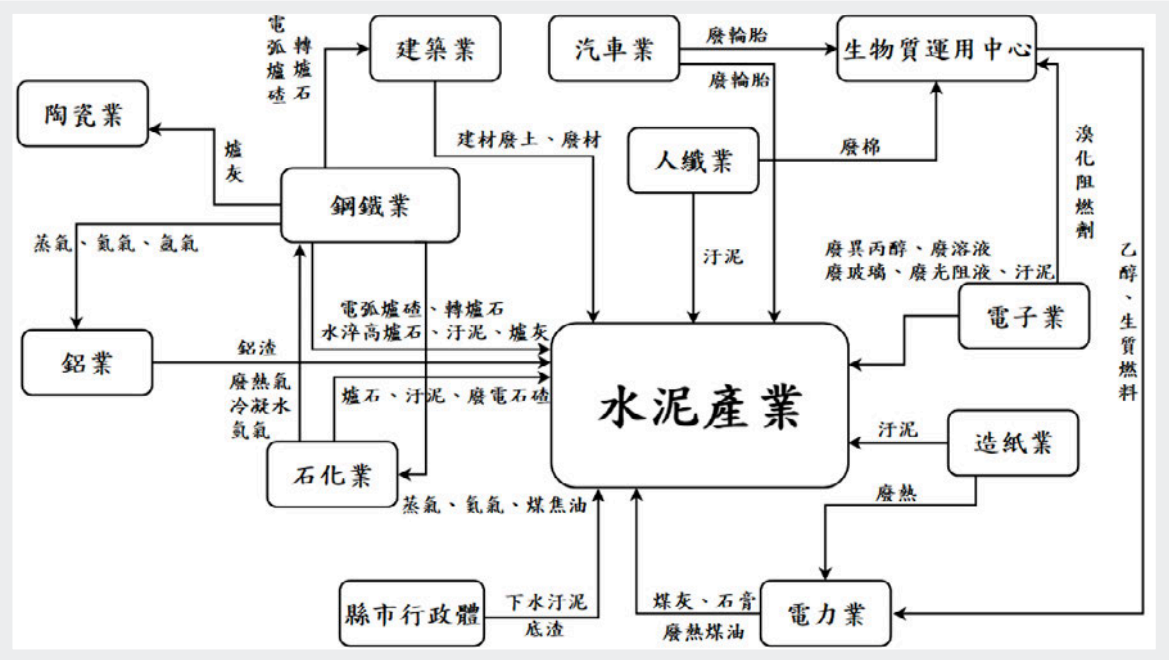
一、循環經濟

「循環經濟」近年成為國際間的熱門議題，是一種擺脫傳統線性經濟（開採-製造-丟棄），轉而邁向資源循環的產業經濟模式，透過重新設計產品和新的商業模式，使生產過程中減少資源投入，並將廢棄物透過再利用而回到良性的資源循環，此將可減少對原物料的倚賴，有效提升資源使用效率、保護自然環境及帶動經濟發展。

過去我國生活及事業廢棄物主要採取焚燒方式處理，焚燒產生之底渣與飛灰常以固化掩埋方式處理，惟我國掩埋場容量即將陸續達到飽和，垃圾處理問題常常成為媒體報導的議題，因此，循環經濟也成為政府的施政重點，其核心概念在於透過資源有效循環、再利用，以兼顧社會需求、環境保護及經濟發展，實現產業共生及社會永續發展的目標。

二、水泥產業可以是循環經濟的心臟

水泥產業於循環經濟當中扮演再循環、再製造的角色，將各種生活及事業廢棄物如：廢溶劑、廢輪胎、爐碴、煤灰、下水汙泥、建築廢料及廢棄物衍生燃料 ... 等，經再製造程序轉換成二次資源可作為水泥產業之替代原料及替代燃料使用，使之成為供應鏈一環。此外，有別於傳統垃圾焚燒，水泥窯在進行鍛燒時的高溫製程特性，可徹底分解廢棄物及高汙染有害物質 (如：戴奧辛 (Dioxin))，不會產生飛灰及底渣等二次處理問題，不僅可降低國內事業廢棄物處理的壓力，亦可減少燃料與原料之使用成本，達到廢棄物資源化的目的。由於水泥產業可處理諸多產業的多種有機及無機廢棄物，若能善加利用，水泥產業可成為循環經濟中靜脈產業的心臟。



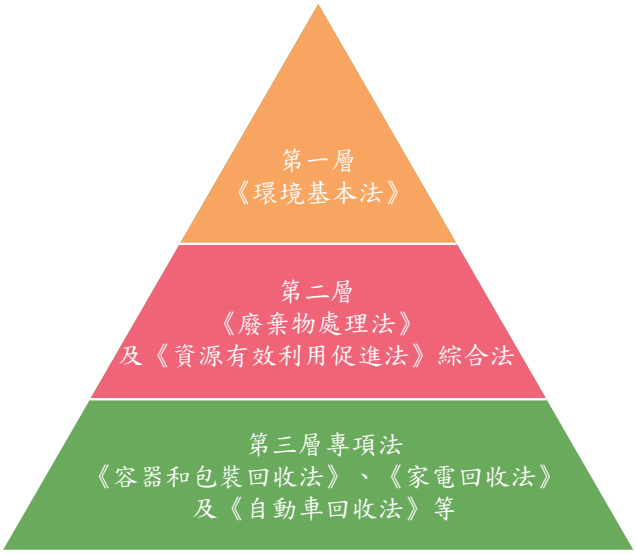
水泥產業循環經濟系統

以我國 2015 年事業廢棄物之再利用量而言，前五大事業廢棄物依序為煤灰 (28.07%)、水淬高爐石 (15.76%)、營建混合物 (7.98%)、電弧爐煉鋼爐渣 (5.65%) 及無機性汙泥 (4.97%)，合計達 1,201 萬公噸，占全國事業廢棄物總量之 62.43 %，其中煤灰、水淬高爐石及電弧爐煉鋼爐渣目前主要作為水泥、混凝土等產品之替代原料使用。我國水泥產業於 2014 年已處理約 147 萬公噸之事業廢棄物 (不含水淬高爐石)，協助處理之廢棄物主要來自於鋼鐵業、電子業、造紙業、建築業及縣市行政體 ... 等，於循環經濟上已具有成效。

此外，水泥產業可處理我國科學園區產生的廢棄物，如電子業之異丙醇、廢光阻劑、廢玻璃及汙泥 ... 等。電子業是我國重要的高科技產業也是經濟發展的重要驅動力之一，電子事業廢棄物若無法有效處理，勢必會阻礙電子產業的發展，也影響我國經濟發展。

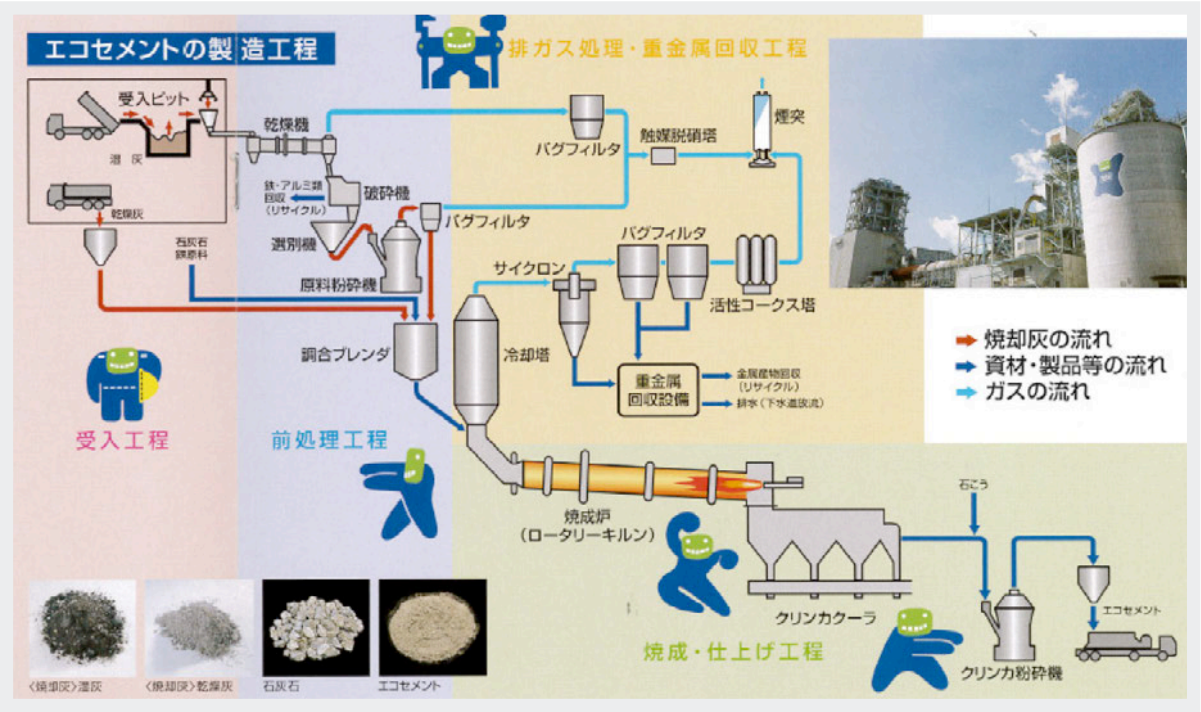
三、國外案例分析

1.日本



在法令方面，日本環境部於循環經濟立法具有系統性之規劃：第一層為《環境基本法》，明示環境保育之基本理念，並條列出政府的環保策略及施政方針；其次，第二層為《廢棄物處理法》及《資源有效利用促進法》綜合法，明確訂定廢棄物處理業者、處理標準及處理設備之具體規範，並推動產品材料結構簡化，促進資源回收再利用；最後，第三層專項法如《容器和包裝回收法》、《家電回收法》及《自動車回收法》等，根據各種產品特性制定其專屬法規，逐步完善國家循環體系架構。

在水泥產業方面，隨著產業廢棄物的增加，掩埋場所承載的壓力日益增加，使得日本開始建置環保水泥設施，如：將垃圾焚化廠所產生的底渣再製成環保水泥，不僅能降低環境壓力，亦可提升焚化底渣之利用率。所謂環保水泥係指以焚化都市垃圾時所產生的底渣或汙泥 ... 等廢棄物為主原料的一種新型水泥。日本經濟產業省於 2002 年制定環保水泥 JIS 標準 (JIS R 5214)，明訂環保水泥產品規格與規範，並將其納入日本綠色採購法中之特定採購項目，廣泛應用於鋼筋混凝土、道路工程及土木建築等建設。



日本環保水泥製造流程圖

資料來源：經濟部工業局

2.德國

在法令方面，德國於 1972 年頒布《廢棄物處理法》，再於 1978 年推動藍色天使 (Blue Angel)，透過建立生態環境標誌，減少過度生產與消費之生活型態。於 1986 年將《廢棄物處理法》修正為《廢棄物限制及廢棄物處理法》，確立源頭減量、廢棄物再利用及生產者責任。隨後，陸續制定包括《包裝廢棄物處理法》及《循環經濟與廢棄物管理法》等法規，帶動德國循環經濟發展，有效地減少資源投入，並促使德國建立雙軌制回收系統（Duales System Deutschland, DSD），將消費和生產整合為一套完善迴路系統，透過規範產品責任制度，促進德國推動循環經濟發展。

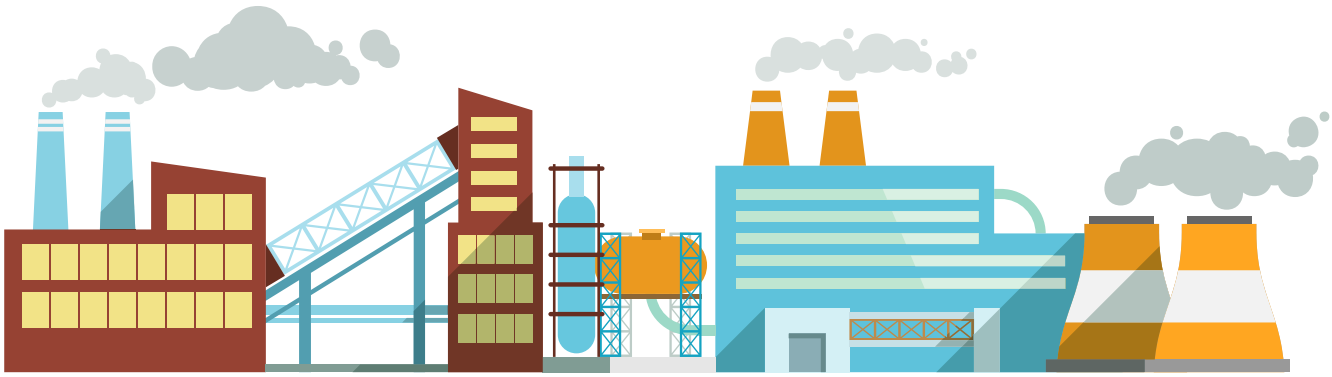
在水泥產業方面，德國水泥窯採用產業共生與汽電共生兩條途徑，有效提升水泥產業中的替代燃料比率，從 2004 年的 42.1% 上升至 2015 年的 64.6%。此外，德國水泥產業透過完善的配套措施，在水泥廠附近設立事業廢棄物和生活垃圾的分選處理廠，運用廠內機械分類及篩選技術，將熱值高、可焚燒的成分，如：如廢輪胎、廢橡膠及廢塑料…等，篩選出來進行破碎處理。最後，將二次資源運到水泥廠使用，不僅能有效處理廢棄物中的有害物質，更是產業節能減排的重要手段。

1972 頒布《廢棄物處理法》

1986 將《廢棄物處理法》修正為《廢棄物限制及廢棄物處理法》

制定包括《包裝廢棄物處理法》及《循環經濟與廢棄物管理法》等法規

建立雙軌制回收系統，將消費和生產整合為一套完善迴路系統



四、水泥產業循環經濟之未來展望

近年我國水泥產業因應環保議題，協助政府處理生活及事業廢棄物，以往經驗顯示，由於廢棄物的成分並不單一，因此有必要建立一套完整的標準化流程，以將資源做更有效的回收再利用。其作法如：先盤點收受之廢棄物，檢測其成分是否適合回收再利用 (如：下水污泥中是否含有重金屬或不可燃燒物質、氟化鈣污泥是否含氟量過高等)，以避免環境二次污染、水泥窯設備耗損及燃料熱能散失等問題；未來可探討其他生活及事業廢棄物作為水泥產業的替代燃料與原料之可行性，將收集而來的替代燃料、替代原料進行分類，並訂定廢棄物所含之污染物標準；此外，針對不適合水泥產業之廢棄物種類進行篩選，評估部份廢棄物是否經簡單分選或妥善處理即可成為適合水泥業的替代物料及燃料，如採用物理及化學方法將廢棄物中之污染物排除，使廢棄物達到可使用標準，以有效擴大水泥產業之廢棄物處理項目。

未來水泥產業可在現有基礎上擴大資源循環的能量，參考先進國家之作法如：建置完整的廢棄物物質流資料庫，詳細定義其範圍、類別、條件…等，以充份掌控廢棄物之流向與流量；在技術及環境層面上，除了在傳統生產及能源效率的持續改善外，水泥產業可強化產品再設計與再製造之技術研究，擴大廢棄物回收處理、再生之應用；積極推動產業共生聯盟，明確其責任與規範並建立穩定的合作關係；在法規制度層面，過去我國環保署曾整併現行《廢棄物清理法》與《資源回收再利用法》相關規定，擬具《資源循環利用法草案》函請立法院審議，惟至今仍尚未成法，政府可參考日本、德國及歐盟等先進國家之作為，加速完善我國相關法規制度，特別是中央政府與地方政府要同步作為，促進水泥產業對生活及事業廢棄物的處理能量，落實政府循環經濟的政策。

INDUSTRIAL DEVELOPMENT BUREAU,
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
經 濟 部 工 業 局

廣告