



電弧爐煉鋼爐渣再利用與管理新訊

徐敏晃／財團法人台灣營建研究院組長

涂哲維／財團法人台灣營建研究院工程師

近期，國內爐渣或其再利用產品非法棄置、填埋及誤用事件頻傳，從爆發脫硫渣、電弧爐煉鋼爐渣（石）（以下簡稱電弧爐渣）等非法棄置造成田地污染事件；以及最近因還原渣誤摻入混凝土內，使建物混凝土外牆產生同「長青春痘」現象，致各界聞渣色變、人心惶惶。為避免誤用情形再度發生，並防止事態全面擴及到公共或民間工程，本年3月11日經濟部工業局發佈「暫停電弧爐煉鋼還原渣使用於非結構性混凝土粒料用途」公告，依「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」第3條規定，暫停還原渣再利用於非結構性混凝土粒料原料及非結構性混凝土原料之用途，為期至少3個月，期間進行管制措施強化與再利用管理法規修訂，並敦促廠商自主管理工作。

面對廢棄物的產生無法避免，而工程用材料亦是可大量去化使用的用途之一，國內應回歸事件偵結，正視其處理與再利用課題，適材適所推動導入正確的工程用途為當務之急，而再利用管理法規則應搭配再利用用途的市場端特性，納入管制要點，以從法制面管控其使用流向，另就材料品質規格之管控，則歸至工程材料標準與規範中要求，方能促使健全國內資源再利用環境。

資源化途徑與煉鋼爐渣間的市場結構關係

國內面對廢棄物導入工程材料應用，可參仿所謂「大水庫理論」概念，應從總體供給與需求面來評估，以提供穩定使用的再利用途徑為必要考量條件，

方可確立為推動的標的，才有辦法有效避免竄至其他工程用途使用。據統計國內每年將近約有兩千萬公噸的廢棄物產出，經評估掩埋與填海造島將可形成大量與穩定的去化途徑，但目前國內就該議題仍存在討論空間，短期仍以作為土木工程材料較能解決當務的困



圖 1 國內能有效去化廢棄物的資源化方式

境。推估國內有大宗材料需求的工程用途，依排序包括預拌混凝土、瀝青混凝土、道路基底層、水泥原料等 6 大項，而適用材料則須透過技術與市場面的綜合評估後方可論定。

有關鋼爐渣係指各種金屬在萃取及提煉過程所產出的副產品，各類鋼爐渣多以提煉方法來命名，分別為轉爐石、高爐石與脫硫渣，主要為中鋼、中龍採高爐與轉爐冶煉的一貫煉鋼製程所產出；另電弧爐氧化渣與還原渣，為豐興、東和、唐榮、燁聯等鋼廠經電爐冶煉作業所產出，針對鋼爐渣分類如圖 2 說明。有關國內鋼爐渣產出的數量與分佈如圖 3 所示，約計共 20 餘家鋼廠所產出，多分佈於西部地區，以高爐石經水淬後研磨成水淬高爐石粉為最大量，每年約有 400 萬公噸的產量，已大量用作預拌混凝土之膠結材料中；另轉爐石年產約 150 萬公噸、氧化渣年產約 140 萬公噸、還原渣及脫硫渣各計 40 萬公噸／年。

煉鋼爐渣之工程材料適用性評估

綜上，國內大宗煉鋼爐渣，其中經水淬方式冷卻之高爐石，具潛在的水硬性，研磨成細粉添入混凝土中會產生卜作嵐反應，可增加混凝土晚期強度，並使其更加緻密而增進耐久性，且國內已普遍使用。一貫化作業鋼廠煉鋼所產的轉爐石，因含有游離石灰遇水後易產生體積膨脹，但其具耐磨、高硬度及高抗滑特性，適於鋪面材料使用，或經餘熱悶壓處理為鐵礦渣粉作為水泥添加料。針對電弧爐煉鋼作業的氧化渣，經磁選、破碎、篩分等加工處理後，產品具穩定性，且具含泥量低、磨損率低及健性佳等特性，適於道路鋪面材料使用；還原渣則為鈣、鎂、鋁、鐵及矽等元素組成的 $\text{CaO}(\text{MgO}) - \text{Al}_2\text{O}_3(\text{Fe}_2\text{O}_3) - \text{SiO}_2$ 三元素系統，介於矽酸鹽水泥熟料與高爐石之間的產物，最適作為水泥生料使用，或建議導入低強度控制性混凝土 (CLSM) 粒料使用。有關各煉鋼爐渣外觀綜整於圖 4，並就各鋼爐渣處理要件與資源化用途歸類列於圖 5，主要

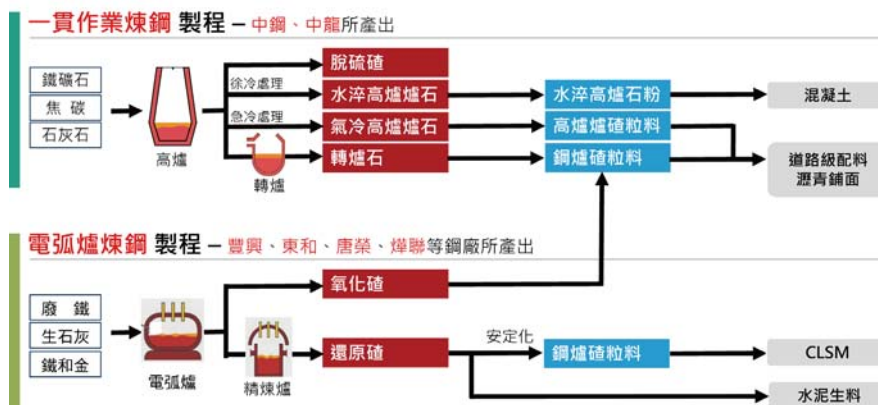


圖 2 國內產出的鋼爐渣種類識別

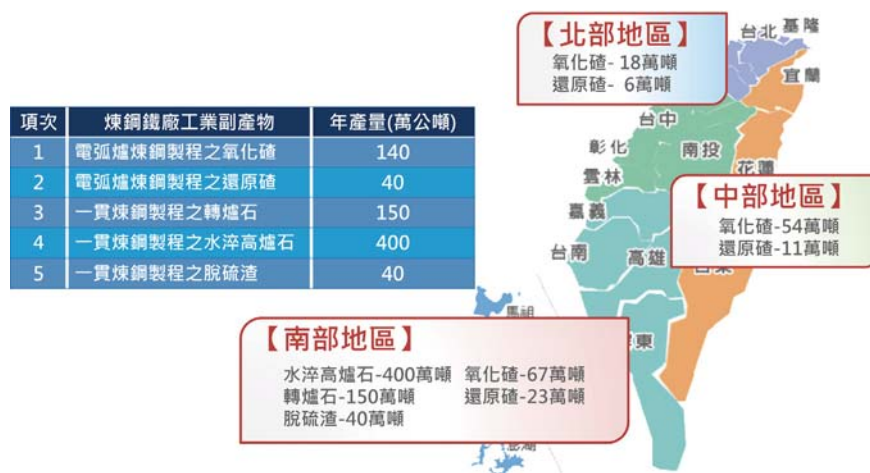


圖 3 國內鋼爐渣的數量與分佈

再利用用途鎖定在道路用粒料、水泥原料為主，部分搭配作為低強度控制性混凝土粒料使用。

電弧爐渣再利用管理方式修定要點

針對弧爐渣之再利用管理，依現行「廢棄物清理法」第 39 條授權經濟部訂定再利用管理規定及執行管理作業。因應近期電爐渣及其再利用產品相關非法事件，為強化對其再利用之管理，經濟部工業局針對「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附表「編號十四、電弧爐煉鋼爐渣（石）」再利用管理方式進行檢討與修訂，以加強對廢棄物再利用之運作管理，減輕社會大眾對電爐渣再利用產品運用之疑慮。有關修正要

點包括明確安定化作業執行單位、限制粒料產品銷售對象（僅限預拌混凝土製造業與營造業）、明定產品出貨單應載明使用之廢棄物種類等項，茲將與工程使用相關之修正要點簡述如下，以供各界參考。

分列再利用用途

有鑑於成分特性與適用用途之差異，及為確保再利用產品品質與流向，故分列並修正氧化渣與還原渣之再利用用途。與現行公告之再利用用途相較，氧化渣與還原渣皆刪除「水泥製品原料」用途，還原渣則另增刪除混凝土相關用途，有關修訂前後版本如表 1 所列。

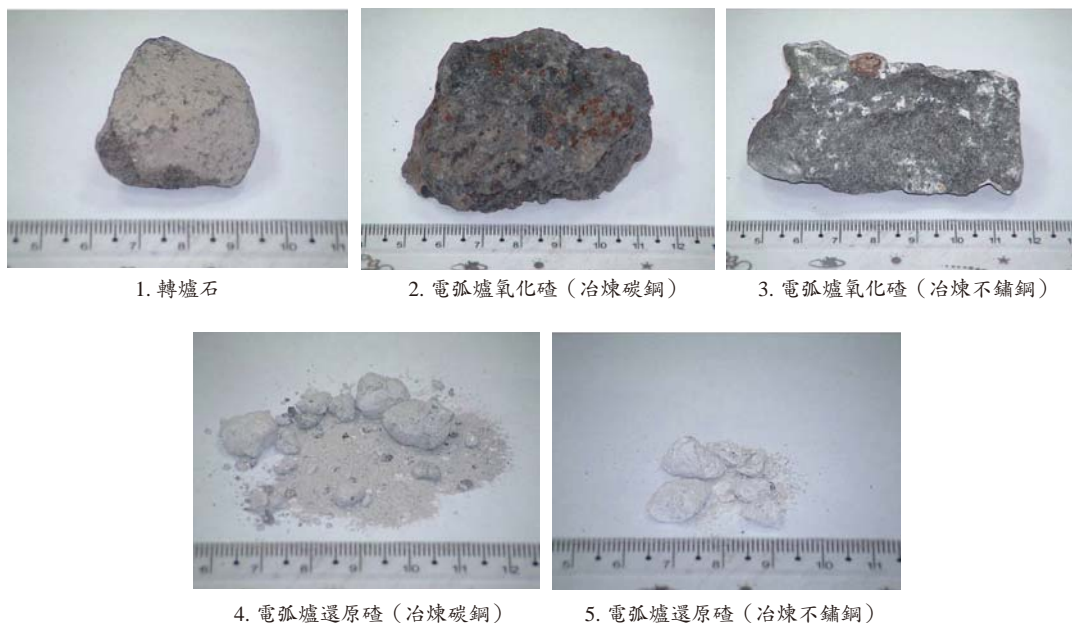


圖 4 煉鋼爐渣圖例



圖 5 鋼爐渣處理要件與資源化用途歸類

分列再利用機構應具資格

為強化電弧爐渣再利用機構之管理作為，以確保再利用產品品質與流向，詳列氧化渣與還原渣之再利用機構應具資格，以與再利用用途間相互對應，有關修訂前後版本如表 2 所列。

明訂安定化管理作為

為確保及加強掌握廢棄物安定性，增訂氧化渣膨脹性檢測相關規定，並明定還原渣安定化執行單位應具安定化處理設備，以強化電爐渣再利用安定化確保之管理作為，有關修訂前後版本如表 3 所列。

詳定再利用產品應符合規格

為確保再利用產品品質，搭配所公告之再利用用途，明列其產品品質應符合規範相關規定文字，其中，考量產業實務運作需求，保留作為低強度控制性混凝土粒料之用途，但為避免因轉售而誤用情形，故限制產品使用對象僅限所屬同一法人所設之拌合廠，有關修訂前後版本如表 4 所列。

新增再利用產品銷售限制規定

為確保再利用產品使用無虞，增訂再利用產品銷售限制規定，有關修訂前後版本如表 5 所列。

表 1 電弧爐渣再利用用途修正前後比較

舊版條文	現行條文
二、再利用用途：水泥原料、水泥製品（限混凝土（地）磚、空心磚、水泥瓦、水泥板、緣石、混凝土管、人孔、溝蓋、紐澤西護欄）原料、瀝青混凝土粒料原料、瀝青混凝土原料、非結構性混凝土粒料原料、非結構性混凝土原料或鋪面工程（機場、道路、人行道、貨櫃場或停車場）之基層或底層級配粒料原料。但不銹鋼製程產生之還原渣（石）僅限於水泥原料及水泥製品原料。	二、再利用用途： （一）氧化渣（石）：水泥原料、瀝青混凝土粒料原料、瀝青混凝土原料、控制性低強度回填材料用粒料原料、控制性低強度回填材料原料或鋪面工程（道路、人行道、貨櫃場或停車場）之基層或底層級配粒料原料。 （二）還原渣（石）：水泥原料、瀝青混凝土粒料原料、瀝青混凝土原料或鋪面工程（道路、人行道、貨櫃場或停車場）之基層或底層級配粒料原料。但不銹鋼製程產生之還原渣（石）用途為水泥原料。

表 2 電弧爐渣再利用機構應具資格修正前後比較

舊版條文	現行條文
三、再利用機構應具備下列資格：依法辦理工廠登記或符合免辦理登記規定之工廠，其產品至少為下列之一項：水泥、水泥製品（限混凝土（地）磚、空心磚、水泥瓦、水泥板、緣石、混凝土管、人孔、溝蓋、紐澤西護欄）、瀝青混凝土粒料、瀝青混凝土、非結構性混凝土粒料、非結構性混凝土、鋪面工程之基層或底層級配粒料或砂石。	三、再利用機構應具備下列資格： （一）氧化渣（石）：依法辦理工廠登記或符合免辦理登記規定之工廠，其產品至少為下列之一項：水泥、瀝青混凝土粒料、瀝青混凝土、控制性低強度回填材料用粒料、控制性低強度回填材料或鋪面工程之基層或底層級配粒料。 （二）還原渣（石）：依法辦理工廠登記或符合免辦理登記規定之工廠，其產品至少為下列之一項：水泥、瀝青混凝土粒料、瀝青混凝土或鋪面工程之基層或底層級配粒料。

表 3 電弧爐渣安定化管理修正前後比較

舊版條文	現行條文
四、運作管理： （二）再利用應符合下列規定： 2、還原渣（石）：再利用用途除再利用於水泥原料用途外，應經安定化處理措施，並於再利用前，至少每月或每五千公噸，依 CNS 15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法檢測一次，檢測之七天膨脹量不得超過百分之〇·五。	四、運作管理： （一）再利用機構應符合下列規定： （2）氧化渣（石）：再利用於水泥原料用途以外者，經破碎、磁選及篩分之產出物應至少每月委託檢測機構採樣，並依 CNS 15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法檢測一次，經檢測之七天膨脹量未超過百分之〇·五者，始得進行再利用，連續三個月之膨脹量檢測結果符合規定者，得每半年至少檢測一次。 （3）還原渣（石）：再利用機構依前目契約書屬安定化處理執行單位者，須具備安定化處理設備。還原渣（石）經安定化處理後，應至少每月委託檢測機構採樣，並依 CNS 15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法檢測一次，經檢測之七天膨脹量未超過百分之〇·五者，始得進行再利用。 （4）膨脹量檢測之採樣，再利用機構應於採樣前十日以書面方式通知當地環保主管機關及本部。採樣通知應包括採樣時間、地點、採樣單位及檢測單位。變更採樣時間及地點未於十日前通知者，其檢測結果不予採信。 （5）膨脹量檢測報告應由經依標準法授權之實驗室認證機構所認可之實驗室，依該認證機構所訂格式辦理，並應由再利用機構於每年一月、四月、七月及十月前，將上一季檢測報告提報當地環保主管機關及本部。氧化渣（石）經破碎、磁選及篩分等處理之產出物，其膨脹量檢測頻率為每半年至少檢測一次者，得於每年一月及七月前，將前半年檢測報告提報當地環保主管機關及本部。

表 4 再利用產品應符合規格修正前後比較

舊版條文	現行條文
<p>四、運作管理：</p> <p>(十二) 再利用用途產品為混凝土(地)磚、空心磚、水泥瓦、水泥板、緣石、混凝土管、人孔或溝蓋等水泥製品者，其品質應符合國家標準。</p> <p>(十三) 前款規定以外之再利用用途產品，其品質應符合國家標準、國際標準或該產品之相關使用規定。</p>	<p>四、運作管理：</p> <p>7、再利用用途之產品應符合下列規定：</p> <p>(1) 瀝青混凝土及控制性低強度回填材料產品應依公共工程施工綱要規範之品質(性質)項目檢驗，並符合工程採購契約書規範。</p> <p>(2) 水泥、瀝青混凝土粒料、控制性低強度回填材料用粒料及鋪面工程之基層或底層級配粒料產品品質應符合該項產品之國家標準。</p> <p>(3) 再利用產品除水泥外，至少每月應檢測一次產品品質。</p> <p>(4) 再利用產品品質檢測報告應由經依標準法授權之實驗室認證機構所認可之實驗室，依該認證機構所訂格式辦理。</p> <p>(5) 再利用機構應於每年一月、四月、七月及十月前將上一季再利用產品檢測報告提報當地環保主管機關及本部。</p> <p>8、再利用用途之產品屬鋪面工程之基層或底層級配粒料者，其使用應符合下列規定：</p> <p>(1) 與飲用水源及依水利法規定取得水權之水井距離需在二十公尺以上。</p> <p>(2) 不得使用於農業用地、耕地、環境敏感地及屬公告之水庫集水區、國家重要濕地與自來水水質水量保護區。</p> <p>(3) 再利用產品品質應符合 CNS 15305 級配粒料基層、底層及面層用材料之國家標準。</p> <p>(4) 粒徑小於九、五公厘者，應先以其他工程材料隔離。</p> <p>9、再利用用途之產品屬瀝青混凝土粒料者，應符合下列規定：</p> <p>(1) 瀝青混凝土粒料產品銷售對象以瀝青混凝土廠為限。</p> <p>(2) 再利用機構應與產品銷售對象簽訂買賣契約書，並應於簽訂契約書之次日起三十日內，檢具該契約書送本部備查，並副知再利用機構當地及產品銷售對象所在地之環保主管機關。變更契約書內容或終止契約時，亦同。</p> <p>(3) 再利用產品銷售對象，其廠內瀝青混凝土粒料庫存量超過前一個月之累積使用量時，應停止運送再利用產品至該銷售對象。</p> <p>(4) 於再利用產品銷售對象所產製之瀝青混凝土產品出廠後十日內，以書面方式向產品所使用本編號再利用種類之產源事業、當地及其產品使用地點之環保主管機關及本部，提報該批再利用產品使用對象、使用量、庫存量及瀝青混凝土之產生量、銷售對象、銷售量與使用地點相關資料。</p> <p>10、再利用用途之產品屬控制性低強度回填材料用粒料者，應符合下列規定：</p> <p>(1) 不得將再利用產品轉售予其他法人。</p> <p>(2) 再利用產品使用對象僅限所屬同一法人所設置之控制性低強度回填材料廠。</p> <p>(3) 再利用產品使用對象，其廠內控制性低強度回填材料用粒料庫存量超過前一個月之累積使用量時，應停止運送再利用產品至該使用對象。</p> <p>(4) 於再利用產品使用對象所產製之控制性低強度回填材料產品出廠後十日內，以書面方式向產品所使用本編號再利用種類之產源事業、當地及其產品使用地點之環保主管機關及本部，提報該批再利用產品使用對象、使用量、庫存量及控制性低強度回填材料之產生量、銷售對象、銷售量與使用地點相關資料。</p>

表 5 再利用產品銷售限制修正前後比較

舊版條文	現行條文
<p>無</p>	<p>四、運作管理：</p> <p>11、再利用用途產品為瀝青混凝土、控制性低強度回填材料或鋪面工程之基層或底層級配粒料者，其銷售應符合下列規定：</p> <p>(1) 鋪面工程之基層或底層級配粒料產品銷售對象以營造業為限。</p> <p>(2) 再利用機構應於產品出貨單上載明使用本編號之再利用種類。</p> <p>(3) 再利用機構應與鋪面工程之基層或底層級配粒料產品使用者簽訂記載本管理方式規定使用限制及產品使用地點與數量之買賣契約書，並應於簽訂契約書之次日起三十日內，檢具該契約書送本部備查，並副知再利用機構當地及其產品使用地點之環保主管機關。變更契約書內容或終止契約時，亦同。</p> <p>(4) 再利用機構應於產品出廠後十日內，以書面方式將該批再利用產品出廠時間、該批產品所使用本編號再利用種類之產源事業、數量及運達地點，提報該批產品所使用本編號再利用種類之產源事業、當地及其產品使用地點之環保主管機關及本部。</p>

結語

綜上，針對電弧爐渣之工程材料適用性與擬修訂之再利用管理規定來看，未來還原渣將以作為水泥原料使用為主，且以目前國內水泥廠產能評估，將能有效的去化每年還原渣的產出，且可降低水泥製造過程對天然礦石的開採，有助國內環境生態的永續維持；

氧化渣則因具比重大、質地硬、耐磨性高等特質，於鋪面材料使用，將助於減輕重車對路面造成損害，另搭配包括低強度控制性混凝土與基底層粒料使用，將能達去化目標。對此，再搭配相關再利用管理辦法的精進，確保其流向後，可有效避免誤用至結構混凝土中，應能消除各界對其再利用之疑慮。

