



經濟部標準檢驗局花蓮分局

106 年自行研究計畫

106BSMI-22

水泥中水淬高爐爐渣粒子
影像鑑別技術及化性分析之探討

經濟部標準檢驗局花蓮分局 編印

中華民國 106 年 12 月 31 日

標準檢驗局 106 年度 自行研究報告提要表		填表人：林瑞陽 填表日期：106 年 12 月 31 日	
研究報告名稱		水泥中水淬高爐爐渣粒子 影像鑑別技術及化性分析之探討	
研究單位 及研究	標準檢驗局花蓮分局 林瑞陽技士、何信輝技士、 陳成碩技士、詹益恭技正 蔡修裕課長	研究 期程	自 106 年 01 月 01 日 至 106 年 12 月 31 日
報告內容提要			
<p>(一) 研究緣起與目的：</p> <p>卜特蘭水泥為建築工程之重要物質，是混凝土強度之來源，業界有言：『混凝土強度之所在，水泥之所在』，顯示水泥在混凝土材料之重要性，尤其是卜特蘭水泥更是營建業最常使用之水硬性材料。因此，本局將卜特蘭水泥列為應施檢驗品目，以監視查驗方式進行管理。然而，在卜特蘭水泥製造工序中，因應成本降低及其他操作性之需要，是允許添加如石灰石、飛灰或爐渣等添加物的，惟其添加量是被限制的，在 CNS 61 國家標準其規定添加量為 5%；而在本局卜特蘭水泥監視查驗相關規定中，規範總添加物之量不得超過 6%。本分局轄區有台灣水泥花蓮廠、台灣水泥和平分公司和平水泥廠、亞洲水泥公司花蓮製造廠及晉瑜水泥研磨公司等卜特蘭水泥製造工廠，其產量約佔全台產量 75%強，是屬於本分局重要的商品管理項目，在管理方式方面，除了採管理系統監視查驗管理外，本分局亦負責其他分局水泥物性、化性及總添加物之檢驗工作，其中又以水淬高爐爐渣計數實驗在時間人力上耗費較多。為探討這方面之技術問題，106 年度特選此一議題作為自行研究之題目，期能在水淬高爐爐渣計數實驗中，有優化之作法，期能達到檢驗流程改良之目的。</p>			

(二)研究方法與過程：

本研究計畫以探討 CNS 12458「水淬高爐爐渣玻璃質含量測定法」及 CNS 12459「卜特蘭與水硬性混合水泥中水淬高爐爐渣、矽質材料、飛灰及石灰石含量之測定法」規範之水淬高爐爐渣計數實驗，本次研究主題係以該國家標準所規範之方法為主軸，實務執行試驗以驗證其操作適當性及一致性，若於檢測過程中有不適於現場操作之狀況或有不利於試驗順暢性者，即進行探討，並設法解決，惟解決之方法不能逾越 CNS 12459 之規範及內容。因其水淬高爐爐渣計數實驗所需檢驗時間最長，且檢驗結果也時常發生重複性不佳及數據偏差的等問題，造成檢驗工作之重複及浪費人力時間之情況發生。本研究內容選定以水淬高爐爐渣計數實驗改良為主軸，利用水泥粒子與爐渣粒子之透光度差異，在光學顯微鏡下進行背光下及低角度環狀光下之不同角度照射，以獲得不同的成相結果，並利用程式軟體將影像二值化後的結果，進行「碎片粒子排除濾網」、「粒子重疊排除濾網」及「平均灰階值辨識濾網」分析，進而達到計數總粒子數及辨識水泥粒子與爐渣粒子之目的，並探討其可能影響數據結果之參數及關鍵點，再以配合之作法進行驗證，以確認其可行性，以達到改良水淬高爐爐渣計數檢驗目標。

(三)研究發現與建議：

本次改良爐渣計數方法將改良為全電腦自動化判讀，寫入判定的程式函數及條件限制的濾網，兼具自動計數功能與爐渣辨別功能，經與工研院機械所共同研討開發，並以含爐渣之水泥樣品進行實際測試後，發現本方法可行性高且操作成本低，每件水泥中水淬高爐爐渣項目檢驗工作時間可由 3 個工作天縮短為 2 小時，不僅可縮減人力時間成本提升工作效率，且辨識結果佳，對於本分局在水泥檢驗工作方面或者是以管理系統監視查驗制度

下的各家水泥業者，都具有提升檢驗效率的實益。另外，對於需等待本分局檢驗合格後，始能入關銷售的進口業者，更有降低存貨成本及銷貨成本的效果。在未來，甚至可將本程式及方法擴散至國內、外各個水泥廠或預拌混凝土廠，作為出廠前水泥商品品質自行檢驗之參考。

未來本分局將朝著持續與他機關合作方式，開發出水淬高爐爐渣粒子的計數程式軟體，在目前光學顯微鏡技術框架下，搭配粒子特性分析軟體，運用具備有粒子型態之定性及定量分析統計功能，可清楚顯示粒子粒徑、形狀及偏光上差異，再以自動化分析軟體擷取大量粒子資訊，透過此程式可將視野中之粒子數總量計算出，對於水淬高爐爐渣粒子之判定檢測具有良好之辨識效果，以減少傳統檢驗所需人力時間，並提升水淬高爐爐渣判斷之準確性。

在追求效率的年代，期以科技替代人力，將朝慢慢捨去人工判讀，經由電腦全自動化判讀，不僅加快本分局檢驗效率及減輕人力負擔，更可以用電腦將計數結果記錄成檔案，以供為比對及查核之用。同時，使用更快速、便捷的方式判別爐渣，以縮短檢驗時間，增進檢驗精確度，並期將此技術推廣至各家廠商，提升各廠之自我檢驗能力，共同有效為水泥出廠品質把關，保障民眾居住安全，捍衛消費者權益及提昇廠商競爭力。

摘要

卜特蘭水泥為營建工程中的重要材料，水泥品質之良窳則密切關乎國人居住安全，無論進口或運出廠場前，必須完成檢驗程序符合國家標準如 CNS 61 之必要項目，在化學性質方面，則依據 CNS 1078(水硬性水泥化學分析法)與 CNS12459(卜特蘭與水硬性混合水泥中水淬高爐爐渣、矽質材料、飛灰及石灰石之含量測定法)，檢測不溶殘渣、燒失量、三氧化硫、氧化鎂、水淬高爐爐渣、飛灰及石灰石等項目，並計算其添加物之總添加量，以作為判定卜特蘭水泥是否符合規範之依據。

本分局在執行卜特蘭水泥檢驗工作時發現 CNS 12459 規範之水淬高爐爐渣計數之檢驗最為複雜繁瑣，且時間人力上耗費較多，致使檢驗結果時常發生計數品質偏差及人力不堪負荷的問題，造成檢驗效率不彰之情況發生。

為改善前述檢測效率不彰之情況，本課以自行研究方式針對 CNS 12459「水淬高爐爐渣與卜特蘭水泥粒子間粒子數比率」中檢測光學顯微鏡法之水淬高爐爐渣計數實驗作探討，再以腦力激盪方式尋找「辨識關鍵點」並予探求較佳之解決方法。本分局根據多年卜特蘭水泥檢驗之實際經驗，對於檢驗之流程「辨識關鍵點」作出確認，再以集思廣益之方式探討最佳之改善方法，期盼能改善計數品質偏差及人力不堪負荷的問題，以提供更完整快速之水淬高爐爐渣計數檢驗方式，以引領水泥產業之發展，提昇廠商競爭力及保障消費者之權益。

關鍵字：卜特蘭水泥、光學顯微鏡、粒子計數、水淬高爐爐渣

目錄

壹、緣起與目的	1
貳、傳統計數方法與問題.....	3
(一)水泥樣品試片前處理	3
(二)傳統計數方法說明	4
(三)傳統計數方法問題點說明	7
參、改良計數方法	8
(一)改良計數方法說明	8
(二)粒子重疊排除濾網	12
(三)碎片粒子排除濾網	14
(四)平均灰階值辨識濾網	16
(五)改良效益.....	17
肆、結語及未來方向.....	19
伍、參考資料	20

表目錄

表 1：傳統計數方法與改良計數方法方法比較表.....	17
表 2：傳統計數方法與改良計數優劣分析表.....	18

圖目錄

圖 1：水淬高爐爐渣計數前處理設備	4
圖 2：傳統光學顯微鏡下未經計數標識之視野畫面(300 倍)	5
圖 3：傳統光學顯微鏡下計數標識水泥/爐渣粒子視野畫面(300 倍)	6
圖 4：粒子標記範例(單一粒子放大觀察).....	6
圖 5：改良版光學顯微鏡設備及低角度環狀光.....	9
圖 6：改良版光學顯微鏡背光下照射畫面.....	10
圖 7：影像二值化後計數畫面示意圖	10
圖 8：在低角度環狀光源下之樣品	11
圖 9：在背光光源下之樣品	11
圖 10：背光與低角度環狀光照射條件下之粒子重疊畫面.....	13
圖 11：背光照射條件下之碎片粒子畫面.....	14
圖 12：低角度環狀光照射條件下之碎片粒子畫面.....	15
圖 13：低角度環狀光下爐渣粒子之部分反射現象.....	15
圖 14：平均灰階值辨識濾網功能示意圖	16

水泥中水淬高爐爐渣粒子影像 鑑別技術及化性分析之探討

林瑞陽/花蓮分局技士 何信輝/花蓮分局技士
陳成碩/花蓮分局技士 詹益恭/花蓮分局技正
蔡修裕/花蓮分局課長

壹、緣起與目的

卜特蘭水泥為建築工程之重要物質，是混凝土強度之來源，業界有言：『混凝土強度之所在，水泥之所在』，顯示水泥在混凝土材料之重要性，尤其是卜特蘭水泥更是營建業最常使用之水硬性材料，水泥品質之良窳則密切關乎國人居住安全，無論進口前或運出廠場前，必須完成檢驗程序符合國家標準如 CNS 61「卜特蘭水泥」[1]之必要項目。

在卜特蘭水泥製造工序中，因應成本降低及其他操作性之需要，是允許添加如石灰石、飛灰或水淬高爐爐渣等添加物的，惟其添加量是被限制的，在 CNS 61 國家標準其規定添加量為 5%；而在本局卜特蘭水泥監視查驗相關規定中，規範總添加物之量不得超過 6%。近年來爐渣屋之新聞事件熱炒，起因部分不法業者為謀取暴利，不當添加爐渣作為建材使用，可能蓋出質量脆弱、強度令人擔憂的「爐渣屋」，因此有賴每批水泥於出廠前及進口前之成分檢驗，保障民眾居住安全。

本分局為爐渣確認專業實驗室，負有水泥品質判定與仲裁之責任，轄區有台灣水泥花蓮廠、台灣水泥和平分公司和平水泥廠、亞洲水泥公司花蓮製造廠及晉瑜水泥研磨公司等卜特蘭水泥製造工廠，其產量約佔全台產量 75%，在管理方式方面，本局將卜特蘭水泥列為應施檢驗品目，以監視查驗方式進行管理。管理系統監視查驗即為業者自行檢驗合格，使得出廠銷售，故業者需有適切之檢驗能力，以能完

成自行檢驗之目的，檢驗完成後須將報告送至本分局審核，本分局亦可不定期至各廠家抽樣檢驗，以確保水泥品質，所以不論本分局及各家廠商都有對檢驗能力提升之需要。

在進口水泥方面，目前法規規定國外進口的水泥，如果未經檢驗合格通過，是不能夠放行入關，因此貨運輸船只能先行停泊在港口，等待本分局水泥檢驗完成，但隨著水泥從國外進口的比例逐漸增加，人力逐漸不堪負荷，使得檢驗時間拉長，業者在不管是銷貨費用及停泊費用也都會增加，進而導致業者成本提高，成本不免會轉嫁至消費者身上，影響市售水泥價格，使得本分局有加快水泥檢驗流程的必要。

經過本分局多年來實際執行卜特蘭水泥檢驗工作時的發現與各水泥廠商反應問題總結之後，於執行 CNS 12458「水淬高爐爐渣玻璃質含量測定法」[2]及 CNS 12459「卜特蘭與水硬性混合水泥中水淬高爐爐渣、矽質材料、飛灰及石灰石含量之測定法」[3][4]規範之水淬高爐爐渣計數實驗最為複雜繁瑣，所需檢驗時間最長，且檢驗結果也時常發生計數品質偏差及人力不堪負荷的等問題，造成檢驗效率不彰之情況發生。

因此，為突破水淬高爐爐渣計數實驗之瓶頸，本自行研究題目以探討水淬高爐爐渣計數實驗改良為目標，其依據之檢測方法為 CNS 12459 中以光學顯微鏡法檢測水淬高爐爐渣之章節。本次研究主題更聚焦於以該 CNS 12459 所規範之方法為主軸，並以實務執行試驗之圖像記錄以驗證其操作適當性及一致性，設法找出一兼具準度與效度，且能節省人力的模式；若於測試過程中有不適於現場操作之狀況或有不利的試驗順暢性者，即進行探討，並設法解決，惟解決之方法不能逾越 CNS 12459 之規範及內容，並探討其可能影響數據結果之參數及關鍵點，再以配合之作法進行驗證，以確認其可行性，以達到提升檢驗效率的目的。

貳、傳統計數方法與問題

(一)水泥樣品試片前處理

水淬高爐爐渣，是一種玻璃質粒狀材料，其為煉鐵廠燃燒煤、鐵砂、金屬礦物之後剩下來的殘留物，沉浸於水中或以水柱沖淋快速驟冷而成。為了讓大量的爐渣有正常的再利用管道，政府允許爐渣可在不影響水泥自身特性下適量添加，而依據現行本局監視查驗規定卜特蘭水泥中包含飛灰、石灰石及水淬高爐爐渣等添加物總和需在 6% 以下。(CNS 61 卜特蘭水泥國家標準中規定飛灰、石灰石、矽質材料及水淬高爐爐渣等添加物之總和不得逾 5%)

依據 CNS 12459 之檢驗規範，在以光學顯微鏡法執行水泥樣品中水淬高爐爐渣之計數之前，須先經過樣品試片前處理步驟：其方法為將水泥樣品經過大小篩分，將通過試驗篩 32 μm 並停留在 20 μm 試驗篩之水泥試料(20~32 μm)，以細長勺子取適量水泥樣品至於載玻片之上，以微量滴管吸取礦物油(折射率 1.68)滴下 1~2 滴後，並用運用微量滴管之排吸作用對樣品均勻攪拌，使樣品於礦物油中均勻分散，覆蓋以蓋玻片，並以藥勺頂端輕擊蓋玻片，使可能之空氣擠出，之後即可將載玻片固定於偏光光學顯微鏡之載物台上，以 200~400 倍(目鏡*物鏡)觀測，並調整觀測視野為 50 顆粒子左右，始得開始計數過程。水淬高爐爐渣前處理設備及檢測儀器如圖 1 所示：




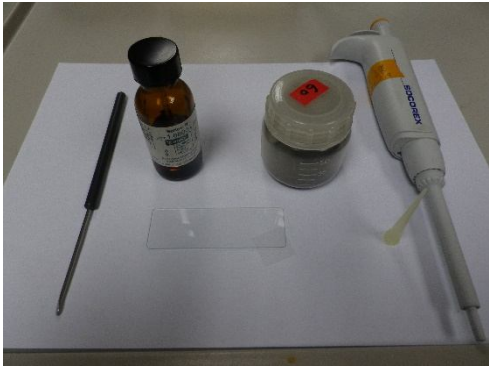
	
<p>噴氣式篩分機</p>	<p>孔徑 20 μm & 32 μm 不鏽鋼篩</p>
	
<p>傳統光學顯微鏡</p>	<p>試樣製備工具</p>

圖 1：水淬高爐爐渣計數前處理設備

(二)傳統計數方法說明

傳統水淬高爐爐渣計數方式為利用光學顯微鏡於背光照射下進行觀測，紫色背景的圖為傳統光學顯微鏡下之樣品試片(如圖 2)，基本的判定原則為不透光且較深顏色的粒子，為水泥粒子；而呈現透明狀顆粒的，即為水淬高爐爐渣粒子，由於水淬高爐爐渣是玻璃質的，以光學的觀點，係屬等向性之物質，在顯微鏡之觀測下為透明且明亮之粒子，比較特別的是，在判斷爐渣粒子時，還需要作顯微鏡載物台之 360 度旋轉動作，以各個角度去觀察，確認爐渣粒子為完全透光。

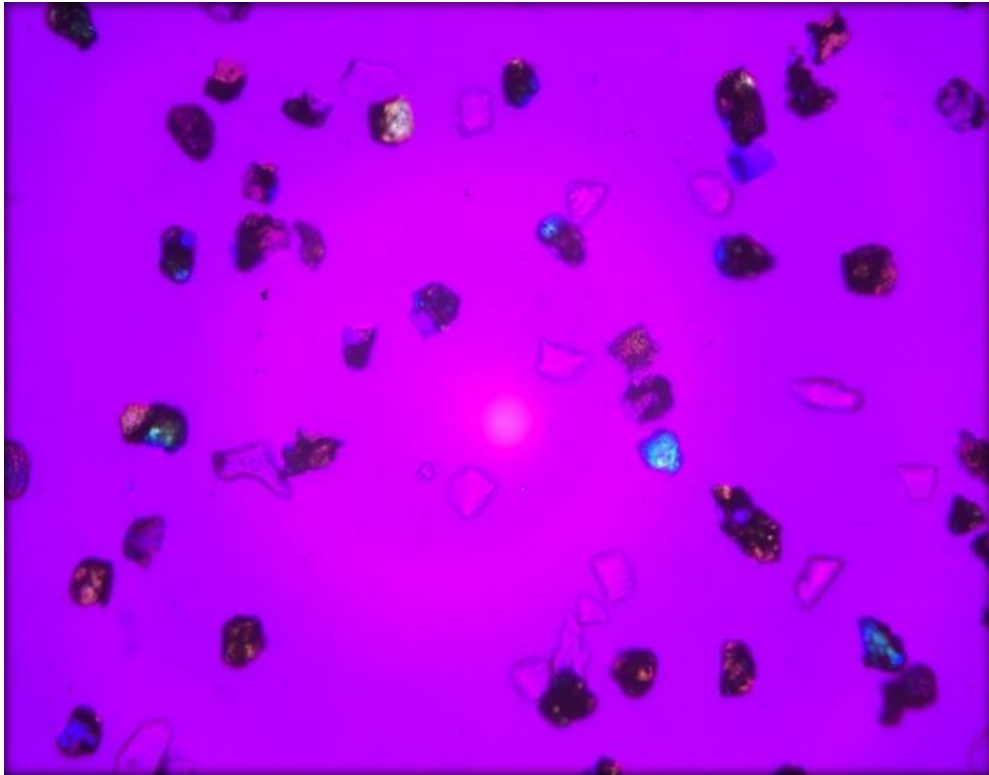


圖 2：傳統光學顯微鏡下未經計數標識之視野畫面(300 倍)

本分局現在使用之方法屬傳統方法，所使用光學顯微鏡型號為 Nikon Eclipse 50i POL，配合之電腦軟體為「偏光顯微鏡觀測計數系統(Image-Pro)」，且該系統具備照相功能，可將畫面存取，該軟體具有顏色標記及**逐次計數**之功能，對於視野中之顆粒可以用顏色標記區分水泥粒子或爐渣粒子並逐粒計數(如圖 3)，水泥粒子使用綠色符號標示，爐渣粒子使用紅色符號標示(如圖 4)，以完成標示與計數的功能，計算視野內粒子之總數並判斷水淬高爐爐渣的粒子數，檢測之粒子數合計 9000 顆以上，以計算出水淬高爐爐渣與水泥粒子之比例。

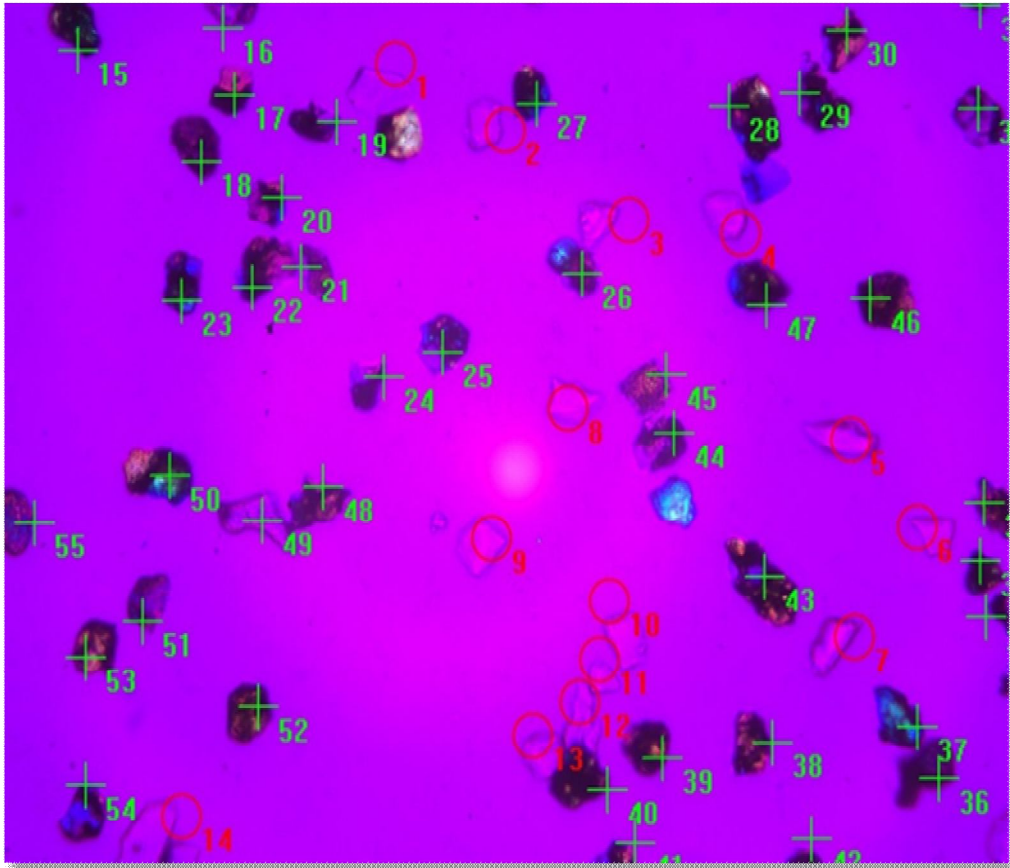


圖 3：傳統光學顯微鏡下計數標識水泥/爐渣粒子視野畫面(300 倍)

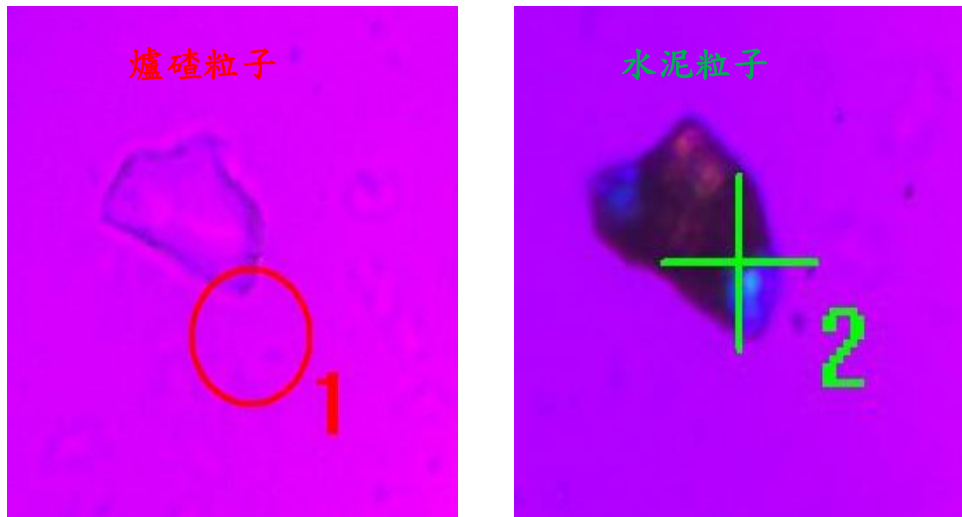


圖 4：粒子標記範例(單一粒子放大觀察)

(三)傳統計數方法問題點說明

本傳統方法為利用人工計數的方式，完成水泥粒子及爐渣粒子之辨識及計數步驟，並計數出(爐渣粒子/水泥粒子)比例，但就目前的檢驗方式，仍存在著許多改良空間。

問題點一：

依據 CNS 12459 要求，需要計數 9000 顆粒子以上，也就是說必須在光學顯微鏡下觀察計數並辨識滿 9000 顆，每一個畫面約調整成 50 顆粒子，意味著必須觀察 180 個畫面，整體計數過程平均每案最少花費 3 個工作天，時間冗長，不僅造成業者時間成本負擔，案件量多時往往使得人力不堪負荷。

問題點二：

在判斷爐渣粒子時需要作顯微鏡載物台之 360 度旋轉動作，從光學特性中分辨出爐渣粒子，長時間旋轉判定過程中，容易造成視野混淆導致辨識品質及計數品質之偏差，且容易造成操作人員眼睛視力損傷。

為使操作者能清楚瞭解光學顯微鏡法計數水淬高爐爐渣的作法，本分局特將檢測流程製成影片，置於適當平台，提供操作者參考及研討。網址如下：

<https://www.youtube.com/watch?v=XoVaKQhVc5o>

參、改良計數方法

(一)改良計數方法說明

為改善傳統方法，並克服包含檢驗時間過長、人力過勞及辨識誤差等問題，本分局與工研院機械所合作研究出新型之計數方式，本方法利用水泥粒子與爐渣粒子之透光度差異，在光學顯微鏡下進行背光下及低角度環狀光下之不同角度照射，以獲得不同的成相結果，並利用程式軟體將影像二值化後的結果，對進行「碎片粒子排除濾網」、「粒子重疊排除濾網」及「平均灰階值辨識濾網」分析，進而達到計數總粒子數及辨識水泥粒子與爐渣粒子之目的。

本次改良爐渣計數方法有別於以往人工計數方式，將改良為全電腦自動化判讀，寫入判定的程式函數及條件限制的濾網，兼具自動計數功能與爐渣粒子辨別功能，經與工研院機械所共同研討開發，並水泥樣品進行實際測試後，發現本方法可行性高且研發成本低，每件水泥樣品水淬高爐爐渣項目檢驗工作時間可由3個工作天縮短為2小時，不僅可縮減人力時間成本提升工作效率，且辨識結果佳，對於本分局或者是監視查驗管理下的各家水泥業者，有提升檢驗效率的幫助，另外，對於需等待本分局檢驗合格後，始能入關銷售的進口業者，有降低存貨成本及銷貨成本的效果，在未來，甚至可將本程式擴散至國內、外各個水泥廠，作為出廠前水泥品質自行檢驗之參考。

本篇改良式爐渣粒子計數方法，係使用光學顯微鏡(Nikon M-22)，並利用取相攝影機將畫面傳輸至電腦進行分析，除了光學顯微鏡原有的背光光源之外，我們額外置入低角度環狀光燈具於樣品試本之上，該燈具設計原則係使光線以仰角30度的狀態

下，以環狀 360 度照射到試片(如圖 5)，使爐渣粒子在不同角度光源下能成相，以便辨別區分出各粒子之差異。



圖 5：改良版光學顯微鏡設備及低角度環狀光

改良式方法之操作步驟：首先將製備好之水泥樣品試片(樣品試片前處理方法同貳、(一)節)，於改良版光學顯微鏡系統下進行背光條件照射下，光線為由下往上照射，爐渣粒子與水泥粒子可清楚地顯示出形狀於螢幕中，第一種是爐渣粒子，為玻璃材質，會呈現有透明輪廓的狀態，背光光線可以穿透，於顯微鏡下呈現透明顆粒，一般外型呈現有菱有角的感覺。另一種粒子是水

泥粒子，呈現較不規則的粒狀，背光光線無法穿透，呈色也較深（如圖 6）。初步即可以將粒子作明顯之區分。

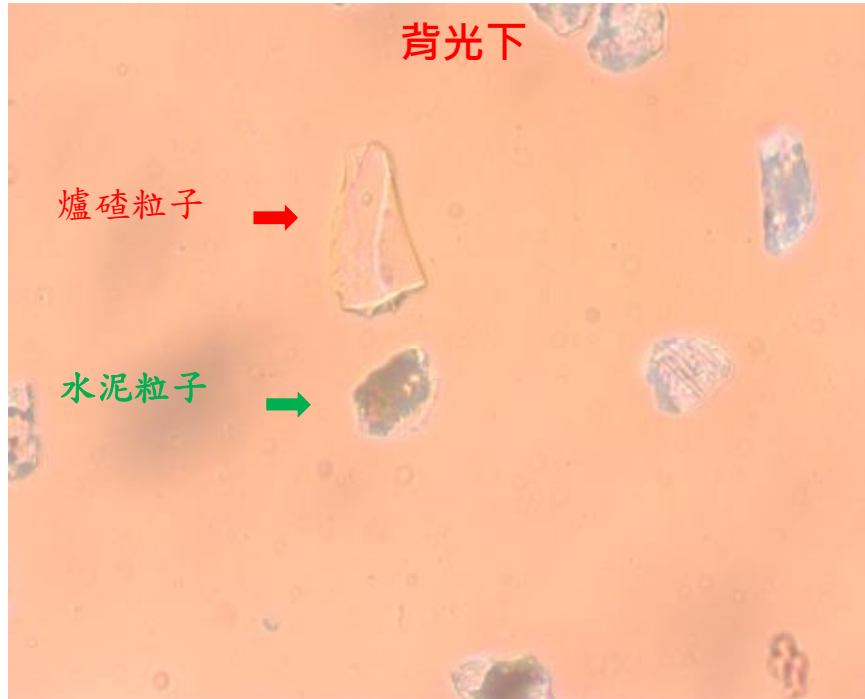


圖 6：改良版光學顯微鏡背光下照射畫面

此時利用影像處理軟體，將畫面色差強烈對比區分成至 0(黑)或 1(白)的狀態，即為所謂之影像二值化(如圖 7)，而後進行「碎片粒子排除濾網」及「粒子重疊排除濾網」之分析，進而由電腦運算出試片中總粒子數 T_p 。

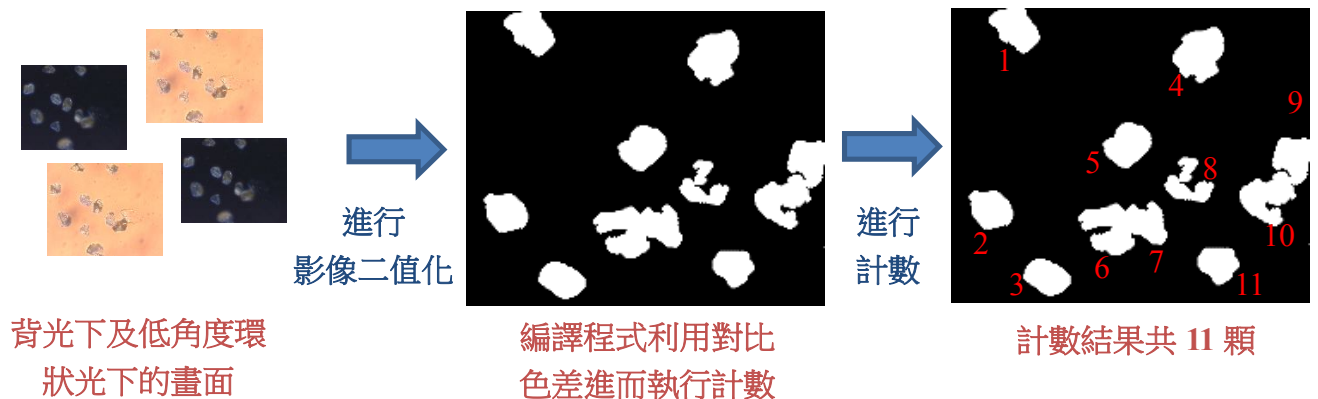


圖 7：影像二值化後計數畫面示意圖

將背光關閉，開啟低角度環狀光之光源，此時低角度環狀光的光源打到水泥粒子後反射到鏡頭，可呈現出水泥粒子的輪廓於螢幕上，而爐渣粒子，因其為玻璃質，低角度環狀光的光源會直接穿透爐渣粒子無法形成反射，故無光源反射呈相至物鏡，在螢幕上爐渣粒子就會消失，與背景色相同(如圖 8)，比較與在背光條件照射下的同一樣品(如圖 9)，可以發現爐渣粒子因光源照射方式的不同而消失了，出現了不同的成相。

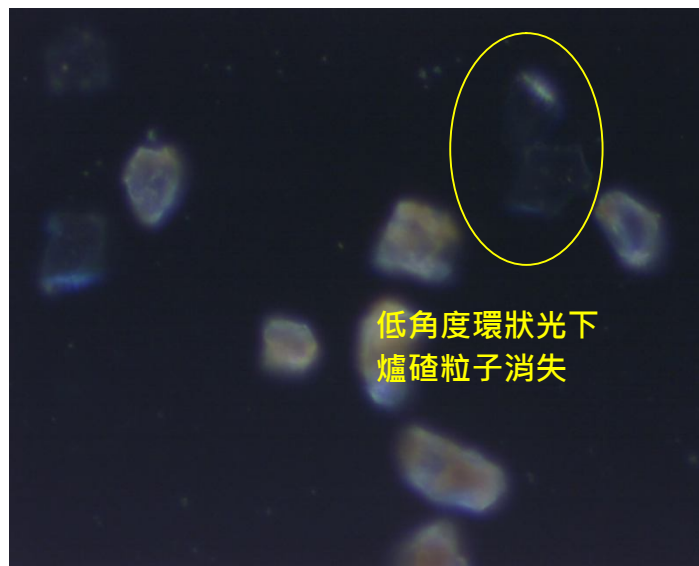


圖 8：在低角度環狀光源下之樣品

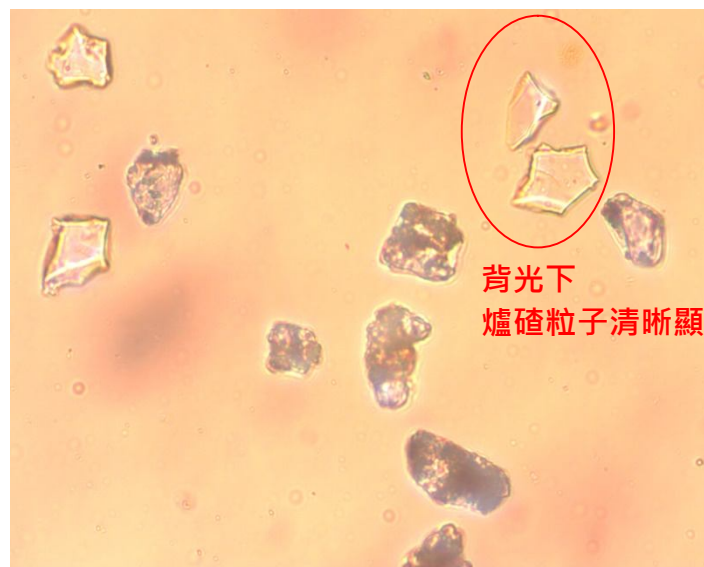


圖 9：在背光光源下之樣品

將低角度環狀光照射下的畫面，亦利用影像處理軟體將影像二值化處理，並同時進行「平均灰階值辨識濾網」分析，再進行「碎片粒子排除濾網」及「粒子重疊排除濾網」之分析，計算出畫面中的粒子數，也就為水泥粒子數 C_p 。

因此我們將總粒子數 T_p 減去水泥粒子數 C_p ，即為爐渣粒子數 B_p ，將爐渣粒子數 B_p 除以總粒子數 T_p ，即可得出樣品試片中所含水淬高爐爐渣粒子比例 R ，公式如下。

$$R = (T_p - C_p) / T_p = B_p / T_p$$

式中 R ：水淬高爐爐渣粒子比例

T_p ：總粒子數

C_p ：水泥粒子數

B_p ：水淬高爐爐渣粒子數

(二) 粒子重疊排除濾網

在判斷寫入程式函數，將在試片樣品的製備過程中，偶會發生粒子分散不均的現象，可能會造成粒子重疊的現象，如圖 10 即為兩顆以上粒子相連再一起，若純粹以影像處理後，在影像二值化的計數概念中，相連的粒子只會被判定為一顆，進而影響到計數的準確度。

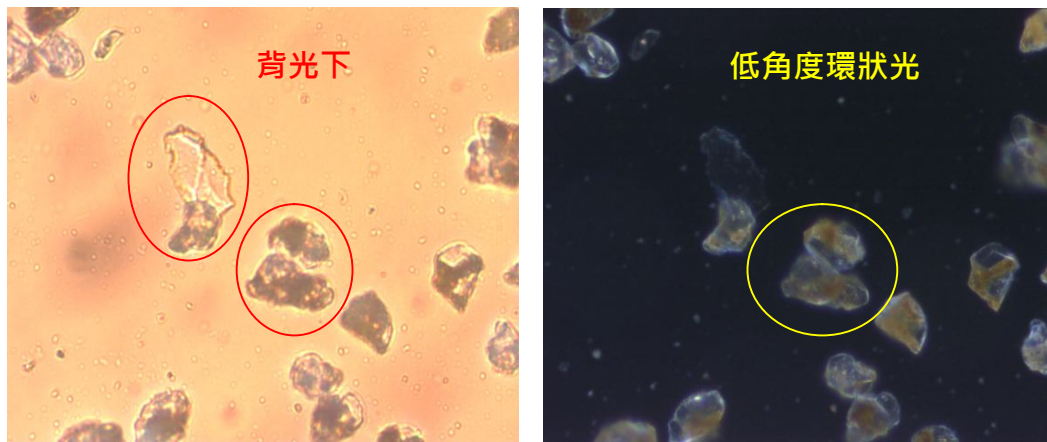


圖 10：背光與低角度環狀光照射條件下之粒子重疊畫面

這時必須寫入程式函數加入濾網函數，先假設粒子群聚的總面積為數個粒子的加總，以粒子團總面積除以單一粒子面積的方式，進而得出該粒子團為幾顆粒子重疊，達到計數的效果。

在爐渣粒子計數檢驗中，電腦判讀的精確度尚未完全確立之前，我們必須以較嚴格的標準，指令程式以得到最少總粒子數 T_p 及水泥粒子數 C_p 的概念去判定，也就是以總粒子數 T_p 及水泥粒子數 C_p 越小時，會得到較高的水淬高爐爐渣粒子比例 R ，以符合在嚴格條件下進行程式初篩的目的。

在過篩過程中，篩出的水泥粒子直徑大小為 $20\mu\text{m} \sim 32\mu\text{m}$ 範圍，我們假設最小的粒子面積為 $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m} \times \pi/4 = 314 \mu\text{m}^2$ ，最大粒子的面積為 $32\mu\text{m} \times 32\mu\text{m} \times \pi/4 = 803\mu\text{m}^2$ ，是故我們將影像二值化中，面積大於 $803\mu\text{m}^2$ 以上的粒子者，視為有兩顆以上粒子重疊現象發生，舉例而言，若該粒子團面積為 $2000\mu\text{m}^2$ ，我們將 $2000\mu\text{m}^2/803 \mu\text{m}^2 = 2.49$ ，在嚴格條件下判定將 2.49 以無條件進入法至整數，計數時即視為 3 顆粒子重疊，計算公式如下：

$$X_{\mu\text{m}^2}/803_{\mu\text{m}^2}=Y$$

式中 X:發生重疊粒子總面積(μm^2)

Y:判定粒子數(個)

(註 1: X 須大於 803_{μm^2})

(註 2: Y 值須無條件進入法至整數)

(三)碎片粒子排除濾網

在樣品製備的過程中，可能因為外力擠壓造成水泥或爐渣的碎裂，形成遠低於最小可穿透 $20_{\mu\text{m}}$ 濾網(即面積小於 314_{μm^2})的碎片粒子，如圖 11、圖 12 即為碎裂的粒子，為避免計數時誤將碎片計算，造成「偽陽性」結果。因此在實務上，必須加入程式濾網，將過小的粒子屏除，以提升粒子計數之準確性。

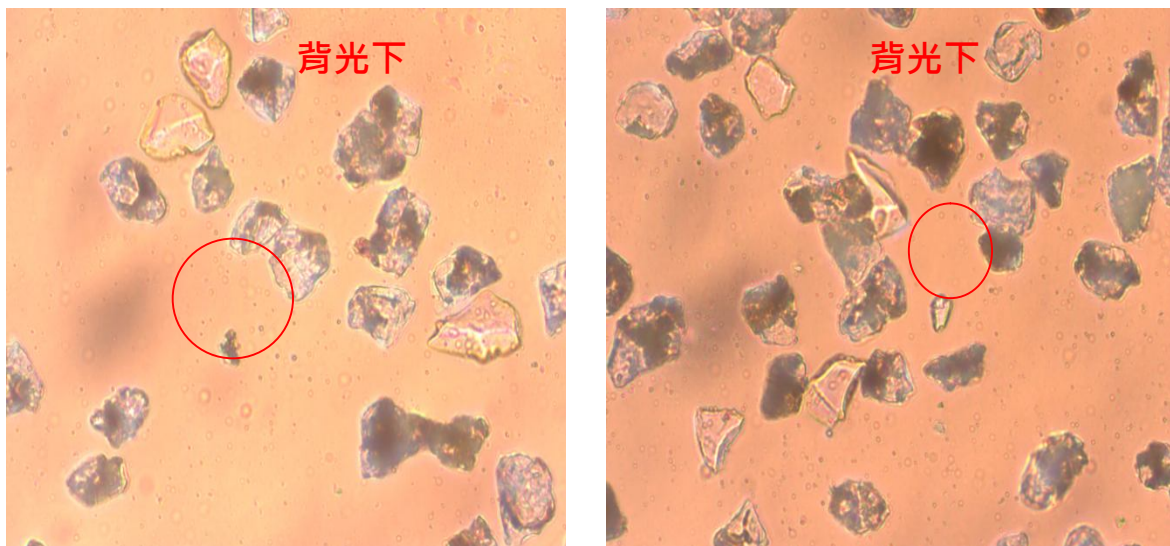


圖 11：背光照射條件下之碎片粒子畫面

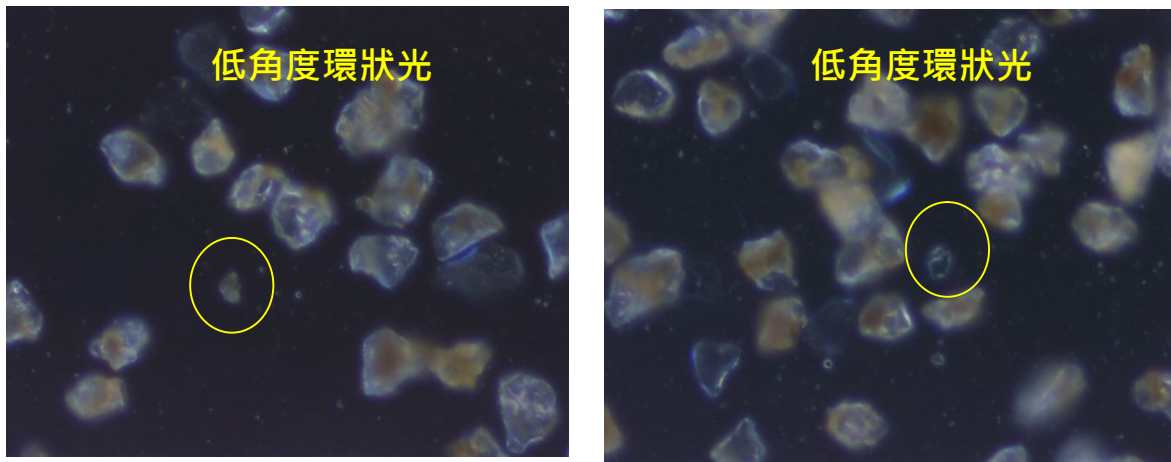


圖 12：低角度環狀光照射條件下之碎片粒子畫面

案例討論：

在使用低角度環狀光，可發現有部分爐渣粒子，並非完全顯示出透光狀態下的背景色，仍有小部分亮點於其上，依判定經驗而言，該粒子仍為爐渣粒子，此亮點所造成的計數錯誤，因其部分亮點相似於碎片粒子，可同樣運用「碎片粒子排除濾網」補正此錯誤，將其視為碎片粒子予以排除，但為使計數精確度更加完整，亦開發了另一濾網功能，為「平均灰階值辨識濾網」。



圖 13：低角度環狀光下爐渣粒子之部分反射現象

(四)平均灰階值辨識濾網

在利用低角度環狀光照射下，水泥粒子為全面積的反射狀態，畫面中可清楚看出水泥的輪廓，而少數爐渣粒子因有少量雜質，導致光源反射，使得小部分呈現顏色即亮點(如圖 13)，平均灰階值辨識濾網可計算每個粒子之平均灰階值，一般灰階度為 0(黑)至 255(白)，水泥粒子因為大部分面積反射，使得該粒子平均灰階值較高，而少數爐渣粒子雖有部分反射的現象，但整體的平均灰階值仍然是極低的，甚至是完全接近於零，與背景無異，可於背光條件下確立爐渣粒子輪廓之後，於低角度環狀光下執行「平均灰階值辨識濾網」，將平均灰階值過低的粒子將直接視為背景值，並調整適當參數，將少量面積反射的爐渣粒子全數化為背景，以避免錯誤計算，提昇計數的準確度。

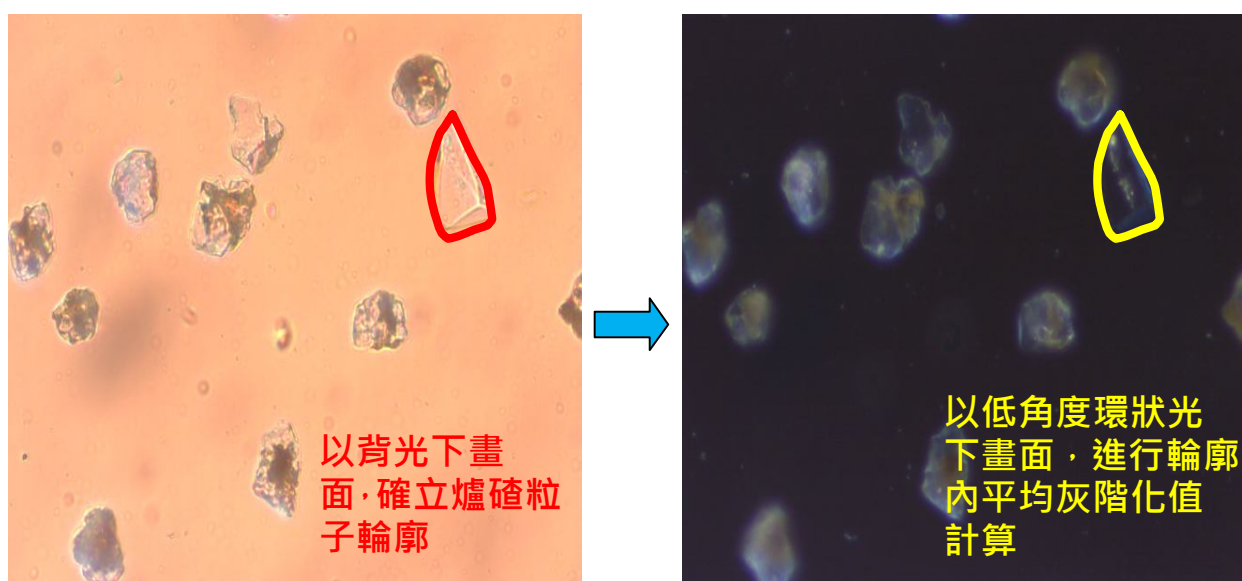


圖 14：平均灰階值辨識濾網功能示意圖

(五)改良效益

總結比較傳統計數方式與改良後之計數方式，由電腦自動化判讀，用更快速、便捷的方式判別水淬高爐爐渣粒子，以縮短檢驗時間，增進檢驗精確度，有效為水泥品質把關，傳統計數方法與改良計數方法方法比較表如表 1，傳統計數方法與改良計數優劣分析表如表 2。

表 1：傳統計數方法與改良計數方法方法比較表

	傳統計數方法	改良計數方法
計數方式	利用人工計數方式，以滑鼠點擊計數，用顏色區分，分別標註爐渣粒子及水泥粒子。	為全電腦自動化判讀，將光學顯微鏡下進行背光下及低角度環狀光下之不同角度照射的畫面，利用影像二值化將畫面色差強烈對比區分，寫入判定的程式函數及條件限制的濾網，進而由電腦運算出試片中之總粒子數 T_p 及水泥粒子數 C_p 。
判別爐渣粒子方式	確認是否爐渣粒子需 360 度旋轉載物台，大量觀察時，常造成視野混淆，導致判斷誤差。	運用程式計數的結果，爐渣粒子數 B_p 即為總粒子數 T_p 減去水泥粒子數 C_p ，即可達到計數總粒子數及辨識爐渣粒子之目的。

表 2：傳統計數方法與改良計數優劣分析表

傳統計數方法	改良計數方法
<ol style="list-style-type: none"> 1. 每批水泥需計數達 9000 顆，以每個畫面 50 顆粒子需要計數 180 個畫面，計數加辨識平均每案最少花費 3 個工作天，過程實在太浪費時間，案件量多時往往使得人力不堪負荷。 2. 確認是否爐渣粒子需 360 度旋轉載物台，常造成視野混淆，導致判斷誤差。 3. 光學顯微鏡法所需判斷數據量大，在判斷時難免出現計數失誤，造成檢測結果易有誤差。 4. 長時間計數下，造成操作人員眼睛疲勞及視力傷害。 5. 檢驗人員培養過程不易，須經過多次練習之後，使得正式上線。 6. 方法老舊，跟不上時代潮流。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以全電腦自動化判讀，畫面技術與辨識皆交由電腦執行，每案預計只需花 2 小時，檢驗效率提升。 2. 由電腦自動辨別爐渣粒子，不需旋轉載物台，亦無視野混淆等問題。 3. 單調繁瑣的計數工作，交由電腦執行，避免長時間操作導致人員疲勞，所造成的誤差，使計數順暢度及精確度提升。 4. 透由軟體開發，將檢驗過程標準化全電腦進行辨識。 5. 顯微鏡等設備成本低，主要為人員進行軟體開發，不需耗費鉅資，即可取得廣大效益。 6. 未來可將本硬體設備及軟體程式，推廣至國內外水泥廠商，提升廠商自我檢測能力。 7. 運用 AI 人工智慧進行判讀，符合機器人世代的潮流。

肆、結語及未來方向

本次研究改良卜特蘭水泥之水淬高爐爐渣計數實驗，透過多次的研究及探討，從中總結出了一些寶貴的創意及方法，以期對於傳統檢驗方式之缺點有所改進。未來本分局擬持續開發本水淬高爐爐渣計數軟體，持續研究粒子顯示粒徑、形狀及偏光上差異，並在目前顯微鏡技術框架下，搭配粒子特性分析軟體，提升粒子型態之定性及定量分析統計功能，以自動化擷取大量粒子資訊。期能開發出更精確粒子計數系統，且對於水淬高爐爐渣粒子之判定檢測具有良好之辨識效果，以減少傳統檢驗所需人力時間。

本程式研發初期可作為一初篩之工具，只要電腦篩出數值低於適當之百分比，即可視該批水泥為良好品質，若是百分比高於適當之最低限度值，再實行傳統的人工計數判定加以確認，利用程式輔助以加快檢驗流程，待軟體精確度完全確立之後，亦可取代現有方法成為正式爐渣粒子計數工具。

在追求效率的年代，期以科技替代人力，將朝慢慢捨去人工判讀，由電腦全自動化判讀，不僅加快本分局檢驗效率及減輕人力負擔，用更快速、便捷的方式判別爐渣，以縮短檢驗時間，增進檢驗精確度，並期將此技術推廣至各家廠商，提升各廠之自我檢驗能力，共同有效為水泥出廠品質把關，保障民眾居住安全，捍衛消費者權益及提昇廠商競爭力。

伍、參考資料

1. 中華民國國家標準 CNS61 卜特蘭水泥
2. 中華民國國家標準 CNS12458 水淬高爐爐渣玻璃質含量測定法
3. 中華民國國家標準 CNS12459 卜特蘭與水硬性混合水泥中水淬高爐爐渣、矽質材料、飛灰及石灰石含量之測定法
4. Methods of testing cement Part 4 : Quantitative determination of constituents BSi PD CEN/TR 196-4 : 2007