

俄羅斯的特種水泥發展概況 與國內發展雜議

作者：鄭瑞濱 / 台灣混凝土學會秘書長、潤泰水泥(股)有限公司研發協理

一、前言

矽酸鹽類通用水泥因歷史悠久、性能可靠和價格低廉而得到廣泛應用，已成為當今的建築材料之一。1995年世界水泥產量已達14億噸，其中95%以上是矽酸鹽類通用水泥。但這類通用水泥不適用或不完全適用於特種工程，如水利電力工程、油氣井固井工程、耐高溫工程、裝飾工程和耐腐蝕工程等。為此，世界各國都在致力於研究開發具有特殊性能和特種功能的新品種水泥，即所謂特種水泥，該特種水泥的發展，更是俄羅斯門得列夫工業大學研究的重點之一。

本文根據門得列夫工業大學參訪的結果，概略介紹俄羅斯於特種水泥的研究、生產及使用現狀，並對存在的問題和今後發展方向提出一些見解，以供參考。

二、俄羅斯特種水泥的發展現況

俄羅斯目前將水泥分為通用水泥和特種水泥兩部分。特種水泥按其功能或用途主要可分為快硬早強水泥、低水化熱水泥、膨脹和自應力水泥、油井水泥、耐高溫水泥、裝飾水泥和其他水泥等7大類。初期特種水泥主要有，快硬矽酸鹽水泥、冷堵和熱堵油井水泥以及大壩水泥。第二階段研究開發的主要新品種水泥主要有，以回轉窯燒結法生產的高鋁水泥、耐高溫鋁酸鹽水泥、自應力矽酸鹽水泥、澆築水泥、明礬石膨脹矽酸鹽水泥和45℃，75℃，95℃高溫油井水泥等。

70年代後，隨著在熟料化學、水化化學和水泥石結構等方面理論研究的深入並有所突破，在理論指導下創造發明了更多種類的特種水泥：

(1) 以C4A3S，β-C2S和石膏為主要成分的硫鋁酸鹽水泥系列，包括快硬、微膨脹、膨脹和自應力4個品種。以自應力硫鋁酸鹽水泥製備的輸油、輸氣、輸水管道（管徑86-800mm），迄今鋪設總長度達數千公里。

(2) 以C4AF，C4A3S，β-C2S和石膏為主要成分的鐵鋁酸鹽水泥系列，它也包括快硬、微膨脹、膨脹和自應力4個品種。由於大量鐵膠的存在，該水泥具有良好的耐腐蝕性和耐磨性。

(3) 以C11A7·CaF₂，β-C2S和石膏為主要成分的氟鋁酸鹽水泥系列，包括型砂水泥、搶修水泥和快凝快硬氟鋁酸鹽水泥3個品種。該水泥快凝快硬的特點，於機場的緊急搶修更可發揮效益。

(4) 低熱膨脹水泥，它是所有低水化熱水泥中水化熱最低並兼有微膨脹性能的新品種水泥，為優質、高速、低價建造混凝土壩開闢了新途徑。

(5) 自應力值達10Mpa的高自應力鋁酸鹽水泥。用它建造的高自應力水泥壓力管（管徑達1m），該作法與鋼管相比，造價低、耐久性明顯提高。

(6) 明礬石膨脹矽酸鹽水泥；由於該水泥強度成分和膨脹成分匹配合理、相互依存，膨脹指數低，後期强度高，被成功的用於後澆縫工程等工項，均起到了補償收縮、抗裂防滲的良好作用。

經過40餘年的不懈努力，至今俄羅斯國內，共開發了6大體系、7大類共60多種的特種水泥。在品種、數量和研究水準方面均為世界先進行列，滿足了俄羅斯國內之冶金、石油、化工、水電、建築、機械、交通、煤炭和海洋開發等各行業的需要；1989年，俄羅斯境內特種水泥產量達1460萬噸，占水泥總產量的10.4%。

三、國內發展特種水泥的問題

(1) 用量與認知不足

根據目前的實際條件和需求，得考慮的重點應放在廣大特種水泥的應用領域和使用量上。開發各產業部門自身需求的特種水泥材料，如煤炭工業需要的高水基填充料和快硬泡沫填充料；核工業需要的核廢料固結料；化學工業需要的耐各種化學腐蝕膠

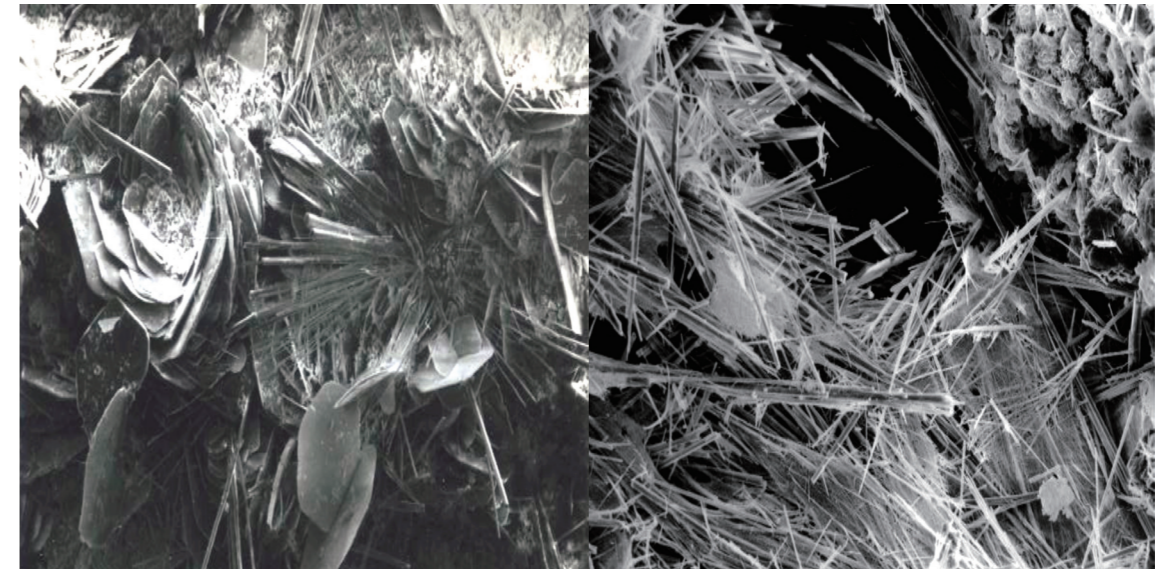


圖 硫鋁酸鹽水泥的微觀水化狀況

凝材料；冶金工業需要的各種耐高溫材料和高強流動性二次灌漿材料；鐵道部門需要的速凝膨脹性噴射材料等。這些特種工程材料均可通過現有特種水泥改性或複合使用各種外加劑加以實現。特種工程材料的大量使用將可為特種水泥打開市場。

為了迅速增加特種水泥用量，首先要大力加強對特種水泥的宣傳和推廣作用。我國國土遼闊，不少水泥生產和使用單位由於缺乏資訊，至今不知特種水泥為何物。許多急需特種水泥的工程因為無法購買或不知道何處生產而只能以通用水泥帶之，其結果是工程品質下降、壽命縮短；而特種水泥生產廠卻又因為缺乏用戶而產量上不去。

其次，對特種水泥的價格應有客觀的認識。特種水泥對原材料要求較高，有時還需採用較昂貴的材料，加之生產製程也比較複雜，因此生產成本一般高於普通水泥。但只要確定具有良好的性能，價格適當高一些，使用部門應是能夠接受的。但目前存在兩種不正常現象。一是少數生產單位借特種水泥之名，大幅度提高價格，使用戶望而生畏，不敢使用；二是有些用戶盲目要求生產單位降低特種水泥的價格，否則就寧可以通用水泥代替，使生產廠難以適從。這兩種現象都不利於特種水泥生產和使用的正常發展。

最後，還必須有設計和使用部門的密切配合，要在這些部門的技術人員充分瞭解特種水泥的基礎上，逐步使特種水泥列入設計和施工規範，確保特種水泥的“合法”地位。此外還應配以適當的鼓勵政策，例如對凡採用特種水泥新材料者給予風險獎勵等。

（2）缺乏特種水泥的基礎研究

現有水泥品種雖已基本滿足各行業的需要，但在性能上仍有待改變和完善，如快硬早強類水泥，大多存在凝結時間過短的問題，不能滿足日益發展的預拌混凝土的要求，因此需要研究延長或調節凝結時間的有效技術途徑。低水化熱水泥則應在進一步降低水化熱和賦予其適宜的膨脹性能上下功夫。除迅速研製和生產國外已有的低熱矽酸鹽水泥外，還應通過熟料化學和水化化學的理論研究，尋找水化熱更低的水泥體系。低水化熱水泥理想的膨脹性能應具有集早期膨脹和後期膨脹為一體的所謂“雙膨脹”性能，從而能更有效的補償冷縮和乾縮；如何解決後期適量膨脹是一個重要的研究課題。

加強對膨脹自應力水泥膨脹機理論研究，充分掌握膨脹成分及其含量、水泥的使用或養護條件及混凝土配製製程（包括配比）對膨脹或自應力混凝土的膨脹量和穩定期影響，在此基礎上穩定產品品質，保證膨脹和自應力水泥的安全和有效使用應是重點。

對白水泥來說，降低能耗、提高白度和提高現有各種耐高溫水泥的品質，在此基礎上開發鋁含量為80%以上的成品純鋁酸鈣水泥，用來配製低水量和低水泥量的高性能耐火澆注料，更是有經濟效益。

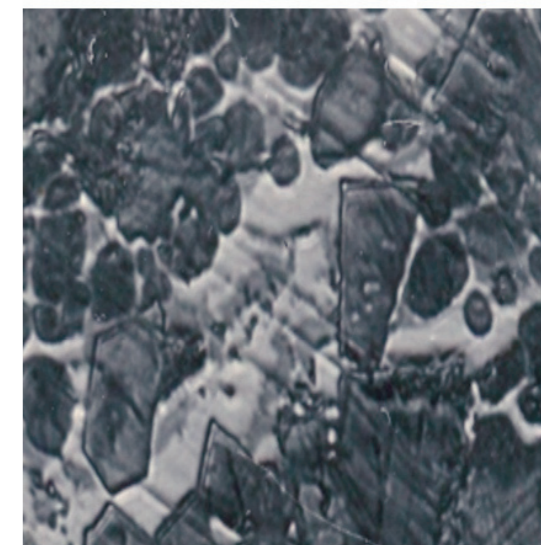
（3）應以節能減碳切入特種水泥的研究

研究開發節能型礦物，即低鈣低燒成溫度及易磨性好的礦物體系，應該是未來水泥產業的趨勢。近年來，國際上研究開發了 β -C2S-CHA7·CaF₂， β -C2S-C4A3S和 β -C2S-C4A3S-C4AF等節能礦物體系，其性能各具特色。今後在上述各體系性能進一步完善的同時，應以發展在原料來源、性能和價格上與矽酸鹽類通用水泥相匹敵的、燒成溫度為1000-1200°C甚或更低溫度的新體系作為長期目標。

其次是利用工業廢渣製備特種水泥，以達到節能減廢的目的。目前已研究成功利用飛灰生產快硬早強水泥、利用飛灰生產砌築水泥和低熱飛灰矽酸鹽水泥和利用礦渣生產低熱微膨脹水泥。用城渣製備Alinite水泥的研究也已完成工業試生產，熟料燒成溫度可降至1100°C左右，但該水泥中氯離子的存在形式、水泥中氯離子的釋放和擴散能力，以及對水泥生產設備和混凝土中鋼筋的銹蝕等問題有待進一步研究。

四、結論

日本小野田水泥公司的長期研究目標中就包括開發抗壓強度為300Mpa，抗彎強度為100 Mpa以及耐久性可保證1000年的水泥基材料。這些新型水泥基材料的開發成功有可能引起工程界的一場真正革命。研究的途徑，除探索新的水泥礦物系統外，還要用增強材料、高活性摻和料外加劑等加以解決。因此，用普通水泥摻外加劑或外摻料來製備新型水泥基材料或用外加劑和增強材料改善水泥的性能，包括上述超高強、超低水化熱和高耐久性等也將是今後要研究的重點課題之一。



熟料晶相研究

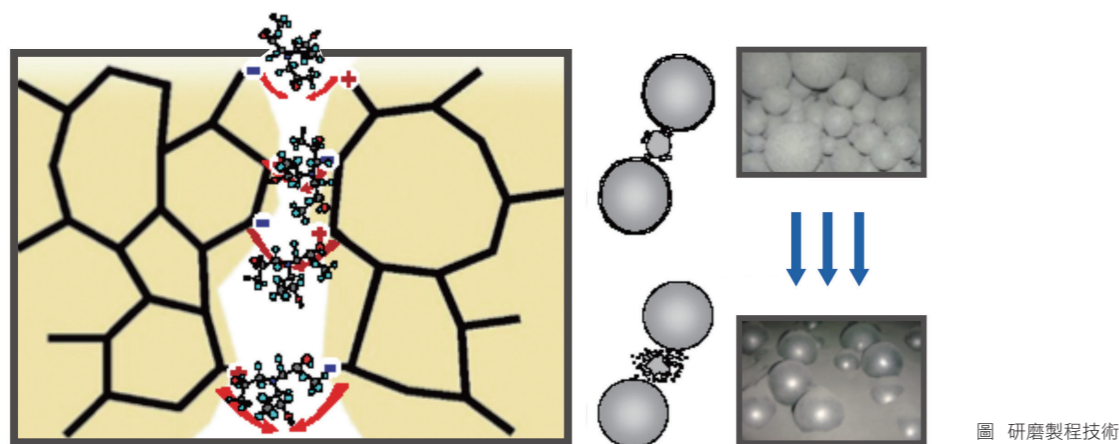


圖 研磨製程技術