

水泥工業對達成現行空氣 污染物排放標準之榷議

魏 建 新*

一、引 言

近二、三十年來本省經濟發展迅速，工業成長突飛猛進，新設工廠林立，能源消耗量因此大幅激增，以致環境之污染亦與日俱增。同時由於經濟型態的改變，人口逐漸向都市集中而且一般的生活水準提高，對於生活環境品質的要求亦較以往為高，故相對的工業發展所帶來的環境污染也就愈來愈嚴重了。

臺灣的水泥工業也隨着經濟的起振而迅速的成長，民國四十三年十一月政府在實施「耕者有其田」的政策下將當時尚為前資源委員會及臺灣省政府合營的臺灣水泥公司改為民營公司，當時只有臺泥的高雄、蘇澳、竹東三個水泥廠，水泥年產量也僅有五十三萬公噸。由於經濟成長快速水泥需求日殷，除臺泥公司積極進行擴建外，其他水泥公司亦相繼成立，共同為經濟建設貢獻一份力量，截至民國七十一年止，本省共計有十四家水泥公司、十九個水泥廠、四十座生產窯，其中除啓信公司製造白水泥外，其餘均生產普通水泥，設備生產能力全年達一、八〇〇萬公噸，七十一年實際生產水泥一、四〇〇萬公噸，與民國四十三年開放民營初期的水泥生產量相較成長率約達廿六倍。水泥工業也是國防工業之一，因此水泥業的快速成長除提供經建之需外，對於國防建設亦有不可抹滅的貢獻。

水泥工業是一種高度機械化的工業，其對周圍環境之污染以空氣污染最受人矚目，水泥同業早已體認及此，每年均不惜耗費鉅資用於改善收塵設備，設法防治空氣之污染並抑低污染的程度，由於同業對於防治空氣污染的努力，近年來已有顯著的成效。

二、水泥廠的收塵設備簡介

水泥工業為粉體工業，主要製程分為粉碎、混拌、研磨、煅燒及裝運等部份，在這些生產過程分別造成粉塵的排放源。水泥廠為有效防治及控制排放源的污染，分別視排放源粉塵的特性裝設不同的收塵設備以有效捕捉並回收排放之粉塵。

一般水泥廠常見的主要收塵設備簡單介紹如下：

(一) 旋風筒收塵機 (Cyclone)

(1) 單筒旋風筒收塵機：

有效收塵粉徑 $20\sim40\mu m$ ，超此即不適用，收塵效率約70%，目前通常做為研磨系統後之一次收塵之用，而不做為獨立的收塵機。

* 臺灣水泥公司專員

(2)多筒式旋風筒收塵機 (multicyclone) 或單筒旋風筒收塵機串連使用，有效收塵粉徑可達 $5\mu\text{m}$ ，收塵效率約90%，容許之氣體溫度可到 400°C ，一般用於旋窯冷卻機出口，乾燥機及碎石機等處收塵。

(二)袋式收塵機 (Bag-Filters)

有效收塵粉徑為 $5\sim 10\mu\text{m}$ 設計良好者可收集至 $0.25\mu\text{m}$ 之塵埃，收塵效率約達 99.6—99.8%，處理氣體溫度視收塵袋之材質而定，一般棉織品最高耐熱溫度為 90°C ，人造纖維約為 150°C ，經矽處理之玻璃纖維可耐溫至 300°C 。此型收塵機不能處理水份太多之氣體，並且須保持氣體溫度高於露點以免收塵袋堵塞而導致系統抽風小，收塵效率不良之現象。一般用於生料磨、水泥磨、料庫、包裝機及煤粉系統之收塵。

(三)靜電收塵機 (Electrostatic Precipitator)

在 EP 極線接通高壓直流電流 (25,000—80,000 伏特)，則極線周圍即形成電場，由於含塵氣體中之塵粒受電場感應獲得陰電子遂帶有負電荷，因之被帶有陽電荷之收塵極板將灰塵吸着，而在收塵極板上與陽電荷相互中和並積聚在極板上，然後利用敲震裝置將積聚在收塵極板上之塵粒予以週期性的敲震使塵粒落入收集斗中。一般靜電收塵機發揮最大收塵效果時，應將帶塵廢氣調整在 $90\sim 180^\circ\text{C}$ 及含水量在 15—30% 之間。

靜電收塵機有效收塵粒徑在 $0.05\sim 20\mu\text{m}$ 之間，設計及維護良好的靜電收塵機收塵效率可達 99.98%。

靜電收塵機一般用於旋窯與生料磨系統，冷卻機出口，水泥磨及煤粉系統之收塵。

(四)噴霧塔

噴霧塔本身是一種有效的收塵設備。水泥廠噴霧塔通常裝置於靜電收塵機之前，做為一次收塵之用。水泥旋窯廢氣高達 350°C 左右，除部份做為原料及生料之乾燥外，其餘廢氣均經靜電收塵機排放於大氣中。故為提高靜電收塵機之收塵效率通常在其之前置噴霧塔，除做為一次收塵外，又可達到調濕降溫之目的。

三、水泥廠收塵設備之投資概況

水泥業為因應社會型態的改變與國民生活水準的提高，各公司每年均耗用大量資金或增設新收塵設備或改善現有的收塵設備與維護。

其實水泥廠排放之空氣污染物粉塵，亦即原料與成品的飛逸，對工廠來說也是一種損失，因此莫不希望能設法將這些粉塵回收，一則降低生產成本，再者解決空氣污染的困擾。

本省水泥業收塵設備投資金額佔生產設備總投資金額的百分比，根據民國六十七年環保局莊局長在「控制環境污染與工業設備成本之研究」報告書中的調查資料為 7.1%，去(71)年水泥同業公會之調查資料則已上升至約近 10%，由此可知水泥同業對於控制空氣污染之重視與努力的程度。根據 1972 年統計資料，歐、美、日本各國的收塵設備投資金額佔總生產投資金額之百分比分別為：西德 10—12%，美國 8.2%，日本 11.5%。是則本省水泥工業的收塵投資與十年前的歐、美、日本大致相近，由此也可證明本省水泥同業對於收塵設備之投資莫不全力以赴，但我們水泥業仍

不以此為滿足，今後當配合政府政策與國民生活水準之要求，繼續儘力改善及維護收塵設備，使其發揮更大的效率來徹底解決空氣污染的問題。

四、現行各水泥廠排塵狀況之檢討

(一) 民國七十年底至七十一年初，臺灣省環境衛生實驗所曾分別到各水泥廠實地測定各 EP 排放口之含塵量，測定結果含塵量大部份超過本省空氣污染物排放標準 700 mg/Nm^3 之規定。

嗣後經各水泥廠的努力改善，今(72)年初據水泥同業公會調查各水泥廠24個窯之排放資料顯示：平均排放量 600 mg/Nm^3 ，最低 73 mg/Nm^3 ，最高 1100 mg/Nm^3 ，其中僅有少數旋窯因生產不正常而仍有超過標準值但非嚴重，今後我們同業自當繼續努力加強改進，相信在短期內水泥業的空氣污染一定會獲得進一步的改善而達到管制的規定要求。

(二) 水泥廠煙囪排放物除灰塵外，尚有 SO_x ， NO_x 及 CO 茲分別說明如下：

(1) SO_x ：

水泥廠產生之硫化物主要來自燃料中之硫份及少部份來自原料中，根據臺大環境工程研究所鄭福田教授的研究報告，依據燃燒廢氣理論，旋窯使用重油或煤炭為燃料時，若採用之過量空氣量為 10% 則所產生之硫化物最多分別為 2000 及 1500 ppm。自第二次能源危機後水泥廠大部份已將燃油設備改換為燃煤設備，而以煤炭為主要燃料，因此理論上水泥廠 SO_x 的生成量最高為 1500 ppm，但實際上在水泥製程中在煅燒及燒成過程中 SO_x 會與生料粉中的含鹼物質起作用而生成硫酸鹽類，這些硫酸鹽會凝結在預熱機或旋窯中較冷部位，掉落後伴隨熟料轉出而為半成品的一部份，因此實際上在水泥生產過程中大部份的二氧化硫均已被吸收，經實測結果旋窯廢氣中 SO_x 的含量為 100~300 ppm 之間，遠在本省空氣污染物排放標準 2,000 ppm 規定之下。

(2) NO_x ：

水泥廠排放之 NO_x 係由於高溫煅燒且時間較長的結果，主要者為一氧化氮，依實測結果水泥廠 NO_x 的排放量約在 300~500 ppm 之間。目前各水泥廠的旋窯已逐漸改為 NSP 窯，由於此種旋窯之原料停留在燒成帶的反應時間較短故生成一氧化氮的機會也就大幅的降低，依目前本省空氣污染物排放的標準 1000 ppm 而言，水泥業 NO_x 的排放量應不會造成環境的污染。

(3) CO (一氧化碳)：

一氧化碳主要是因燃燒不完全而產生的。

煤炭如果不完全氧化成二氧化碳，非特其熱值之損失高達 70% 以上，形成能源的嚴重浪費，因此在煅燒過程中，必須嚴密控制過量空氣 (excess air) 以期燃料完全燃燒 (complete combustion)，而且由於一氧化碳是可燃性氣體，如果積聚在 EP 內則有爆炸的危險，因此水泥廠一般均在窯進口端裝置有自動氣體分析器，隨時測定並顯示廢氣中 O_2 及 CO 之含量，以做為調整燃料及空氣用量之參考，因此水泥廠排放之廢氣中應無一氧化碳的存在。

五、水泥業對現行空氣污染物排放標準之檢討及建議事項

有關本省各水泥廠對於控制空氣污染的努力情況已如前述，目前各水泥廠平均灰塵排放量約為 600 mg/Nm^3 左右，已與本省空氣污染物排放標準 700 mg/Nm^3 之規定相當接近，而各水泥廠收塵設備投資已佔總設備資金的10%，負擔已相當的沉重，而且其百分比也與歐、美、日本等先進工業國家相近。目前經濟停滯已久，各業均喘息未定，此時如果再予嚴格修訂排放標準則將使水泥業的財務負擔加重，也將阻碍水泥工業的發展與投資意願，對於整個國家經建發展的配合亦將發生不良的後果。

茲就目前臺灣省空氣污染物排放標準所列與水泥業有關者建議如下：

(一) 排放口烟囱黑烟濃度

按標準規定「林格曼表二號，起火時可到三號。但一小時累積時間不得超過三分鐘。」水泥旋窯點火烘窯期間之廢氣經由預熱機煙囪排出，其廢氣量少，不致造成濃煙，僅在點火及翻窯（為避免局部過熱須翻窯）之短時間內冒煙較濃，但非連續性，斷斷續續排出約需三小時。故建議修正為「林格曼表二號，起火時可到三號，但連續時間不得超過三小時」，以符實情。

(二) 排放口烟塵含量

按現行排放標準為 700 mg/Nm^3 尚屬允當，希望維持不變。

說明：(1)現時各水泥廠現有收塵設備均係按現有標準設置，防治污染容量恰符現時所需。
(2)如提升排放標準勢需增加收塵設備與投資非現時水泥業所能負擔。

(三) 工廠周界落塵量

按現行排放標準為舊工廠 $1000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ，新工廠為 $500 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 。

備註說明為：煙塵含量之周界標準在排放口無別測定時或煙塵由廠房溢散時適用之。目前各水泥廠煙囪排放口均設置有測定口以測定排放之灰塵含量，故建議空氣含塵量之測定，請將周界落塵量廢除，而以煙囪排放口之測定值為準。

說明：(1)影響空氣中煙塵量之外在因素甚多，諸如大氣所含煙塵，鄰近工廠之粉塵，車輛通過時所引起之灰塵，及不利風向所引進之塵埃等，以上均非工廠本身所能控制之責任污染，如採用周界落塵量則必須先做各種空白試驗始具代表性。
(2)如以煙囪排放口測定值為準，則上述各項非工廠責任之污染可以避免，測定之結果自具有高度代表性。

(四) 二氧化碳及氮氧化物之排放標準

請維持現行標準，俟舊窯全部或大多數改為 NSP 窯再行修訂標準。

(五) 其他

水泥廠係連續生產之工業，如因機器突然故障而致空氣污染物排放異常時，除由水泥廠採取緊急處理措施外，建議由工廠與防治主管單位密切聯絡溝通，俾以深入瞭解以做為判斷處理之依據並請從寬處理。