

# 鋼鐵冶煉逸散性粒狀污染物防制技術手冊

環境部

# 目錄

目錄 .....	I
表目錄 .....	II
圖目錄 .....	IV
圖目錄 .....	IV
第一章 前言 .....	6
第二章 處理程序與特性 .....	9
2.1 依產品分類之處理程序 .....	9
2.2 依爐型(加熱方式)分類之處理程序 .....	13
2.3 粒狀物污染物排放特性 .....	20
第三章 空氣污染防治設施規劃與設置 .....	23
3.1 空氣污染防治設施規劃與設置流程 .....	23
3.2 可行性控制技術說明 .....	30
3.2.1 擋風牆(屏) .....	30
3.2.2 覆蓋措施 .....	33
3.2.3 灑水措施 .....	38
3.2.4 植生綠化 .....	43
3.2.5 噴灑化學穩定劑 .....	45
3.2.6 鋪面 .....	48
3.2.7 車輛貨箱防制措施 .....	50
3.2.8 車輛清洗設施 .....	53
3.2.9 道路清掃 .....	56
第四章 案例說明 .....	61
4.1 大型鋼鐵廠：○○鐵工廠股份有限公司 .....	61
4.2 中型鋼鐵廠：○○企業(股)公司 .....	68
4.3 小型鋼鐵廠：○○○鋼鐵廠股份有限公司 .....	74

## 表目錄

表 2.1 電弧爐煉鋼作業內容及特性摘述 .....	15
表 2.1 電弧爐煉鋼作業內容及特性摘述(續 1).....	16
表 2.1 電弧爐煉鋼作業內容及特性摘述(續 2).....	17
表 2.1 電弧爐煉鋼作業內容及特性摘述(續 3).....	18
表 2.2 礦砂石作業排放特性表 .....	20
表 2.3 礦石作業區推估 TSP 常用之排放係數.....	22
表 3-1 砂石場可採行之空氣污染防制技術彙整表 .....	26
表 3-2 堆置作業可採行之空氣污染防制設施 .....	28
表 3-3 裸露地可採行之空氣污染防制設施 .....	28
表 3-4 空氣污染防制設施之監測儀錶、紀錄項目、紀錄頻率及其他規定 .....	29
表 3-5 植生綠化之施作方式 .....	43
表 3-6 不同植生綠化情形之防塵效率彙整表 .....	44
表 3-7 不同類別化學穩定劑防塵原理及優缺點說明表 .....	46
表 3-8 鋪設混凝土或瀝青混凝土防塵效率彙整表 .....	49
表 3-9 自動洗車設備規格 .....	53
表 3-10 掃街車設備功能建議規範說明表 .....	56
表 3-11 掃街作業建議參數 .....	56
表 3-12 街道揚塵洗掃減量係數 .....	58
表 3-13 洗街車設備功能建議規範說明表 .....	58
表 3-14 洗街作業建議參數 .....	59
表 4.1 ○○鐵工廠股份有限公司逸散性粒狀污染物污染源 .....	62
表 4.2 ○○鐵工廠股份有限公司逸散粒狀污染物可行控制措施 .....	63
表 4.2 ○○鐵工廠股份有限公司逸散粒狀污染物可行控制措施(續 1).....	64
表 4.2 ○○鐵工廠股份有限公司逸散粒狀污染物可行控制措施(續 2).....	65
表 4.3 ○○鐵工廠股份有限公司逸散粒狀污染物控制措施效率及成本 .....	66
表 4.3 ○○鐵工廠股份有限公司逸散粒狀污染物控制措施效率及成本(續).....	67
表 4.4 ○○企業(股)公司逸散性粒狀污染物污染源.....	69

表 4.5 ○○企業(股)公司逸散粒狀污染物可行控制措施.....	70
表 4.5 ○○企業(股)公司逸散粒狀污染物可行控制措施(續 1).....	71
表 4.5 ○○企業(股)公司逸散粒狀污染物可行控制措施(續 2).....	72
表 4.6 ○○企業(股)公司逸散粒狀污染物控制措施效率及成本.....	72
表 4.6 ○○企業(股)公司逸散粒狀污染物控制措施效率及成本(續).....	73
表 4.7 ○○○鋼鐵廠股份有限公司逸散性粒狀污染物污染源 .....	75
表 4.8 ○○○鋼鐵廠股份有限公司逸散粒狀污染物可行控制措施 .....	76
表 4.8 ○○○鋼鐵廠股份有限公司逸散粒狀污染物可行控制措施(續 1).....	77
表 4.8 ○○○鋼鐵廠股份有限公司逸散粒狀污染物可行控制措施(續 2).....	78
表 4.9 ○○○鋼鐵廠股份有限公司逸散粒狀污染物控制措施效率及成本 .....	79
表 4.9 ○○○鋼鐵廠股份有限公司逸散粒狀污染物控制措施效率及成本(續)...	80

## 圖目錄

圖 1.1 金屬工業的產業結構 .....	6
圖 1.2 鋼鐵產業關連圖 .....	8
圖 2.1 鐵礦礦區之開採暨作業流程 .....	10
圖 2.2 生鐵鍊製製造程序 .....	11
圖 2.3 合金鋼鍊製製造程序 .....	12
圖 3-1 空氣污染防治設施規劃與設置流程圖 .....	25
圖 3-2 設置混凝土擋風牆實照 .....	31
圖 3-3 設置鐵皮擋風屏實照 .....	32
圖 3-4 覆蓋防塵布實照 .....	33
圖 3-5 覆蓋防塵網實照 .....	34
圖 3-6 覆蓋稻草蓆實照 .....	35
圖 3-7 鋪設鋼板實照 .....	36
圖 3-8 鋪設粗級配實照 .....	37
圖 3-9 採行人工灑水實照 .....	38
圖 3-10 防塵效率與逸散源噴灑水強度(每平方公尺)關係圖 .....	39
圖 3-11 採行自動灑水實照 .....	40
圖 3-12 採行灑水車灑水實照 .....	41
圖 3-13 施作植生綠化實照 .....	43
圖 3-14 化學穩定劑防塵機制示意圖 .....	45
圖 3-15 噴灑化學穩定劑實照 .....	46
圖 3-16 鋪設混凝土及瀝青混凝土實照 .....	48
圖 3-17 砂石車貨箱覆蓋防塵布(網)實照 .....	50
圖 3-18 砂石車貨箱設置污水收集、儲存設施實照 .....	51
圖 3-19 砂石車貨箱設置阻隔設施實照 .....	52
圖 3-20 洗車平台實照 .....	53
圖 3-21 自動洗車設備之防塵效率與清洗水量關係圖 .....	55
圖 3-22 掃街車作業實照 .....	56
圖 3-23 洗街車作業實照 .....	59

圖 4.1 ○○鐵工廠股份有限公司製程圖 .....	61
圖 4.2 ○○企業(股)公司製程圖 .....	68
圖 4.3 ○○○鋼鐵廠股份有限公司製程圖 .....	74

# 第一章 前言

依據行政院主計處編訂之「中華民國行業標準分類」中，冶煉業之定義為：凡從事礦砂冶煉、生產生鐵、合金鐵及直接還原鐵如海綿鐵、熱鐵塊或再以生鐵、直接還原鐵或廢鋼精鍊成碳素鋼、合金鋼等行業均屬之。鋼鐵材料一直是營造、運輸、工程及工業用機械設備基材，因此鋼鐵使用量被視為一個國家工業化程度指標，且鋼鐵工業亦被喻為「一切工業之母」，其重要性由此可見。近十幾年來國內粗鋼產量呈現大幅的成長，如今我國粗鋼年消費量約三千萬公噸，自給率約70%。目前國內年產鋼胚約2,100萬公噸，鋼鐵產品仍以普通碳鋼為主，高附加價值的特殊鋼僅約粗鋼產量的20%。鋼鐵產業在我國經濟發展中所佔比重（鋼鐵生產量/國內生產毛額）約百分之十，遠高於歐美先進國家約五倍，足見我國鋼鐵產業在國家整體經濟發展上的重要性。另本業屬於金屬工業，其可分為鋼鐵基本工業及非鐵金屬基本工業，參考圖1.1。鋼鐵工業具有高度的產業關聯性，其相關產業從傳統下游涵蓋金屬製造業、機械業、運輸工具業、電工器材業、土木工程業及建築業等到高科技、高附加價值的電腦、通訊電子業等。歷年來，國內鋼鐵工業快速成長，不但產量增加，產品品級亦逐步提昇，對下游加工業提供質優且價格合理的穩定料源。

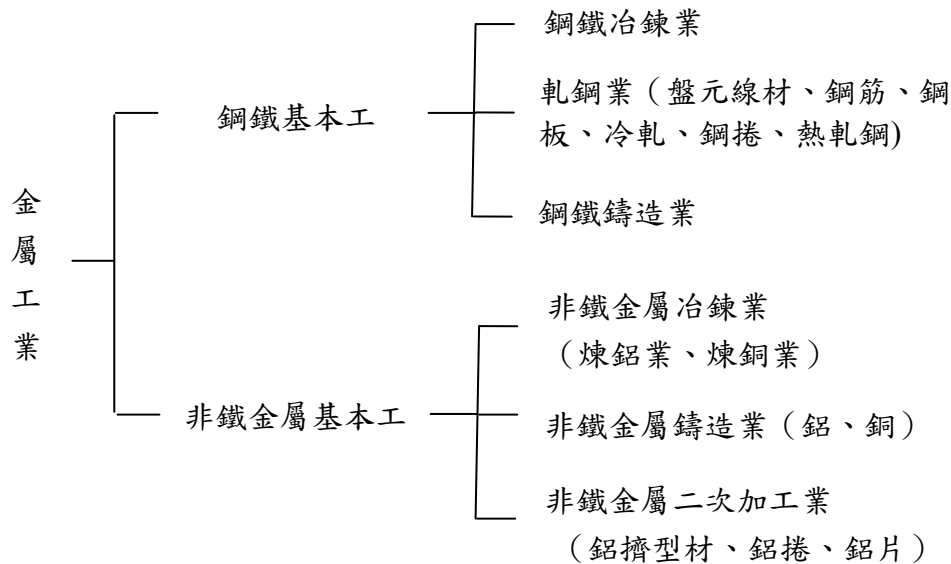


圖1.1 金屬工業的產業結構

依據台灣區鋼鐵工業同業公會之分類，鋼鐵相關業可區分為13類，包括煉鋼業、合金鐵業、鑄造業、條鋼業、型鋼業、製線業、鋼管業、不銹鋼管業、鋼結構業、鋼捲鋼材加工業，不銹鋼剪裁業、焊條業、鋼鐵加工業等。鋼鐵產業所需資本龐大，建廠時間長，設備技術精微且生產彈性小，歸屬於高耗能與高污染性的產業。其中鋼鐵冶煉產業的經營特色包括：

- 一、高度產業關聯性，總關聯程度（含感應度及影響度）排所有產業中前幾名。
- 二、能源耗用量大，約佔全國總能源消費量的5~8%。
- 三、資本技術密集，目前國內鋼鐵產業的投資額高達數千億台幣，對於以特殊鋼品為主的高附加價值鋼材，仍需要高度的技術與經驗，方能冶煉出高品質的產品。
- 四、生產經濟規模大，建廠時間長而資金回收慢，如一貫作業煉鋼廠建廠時間至少需要四、五年，資金百億台幣為計。
- 五、產品屬於重、大型，運輸成本高，廠址宜選擇靠近原料或能源的地方優先考量。
- 六、鋼鐵產品用途多，使用壽命長，其廢鋼可在資源再生循環使用。
- 七、污染性高，鋼鐵產業需要耗用大量的原料與燃料，在製程伴隨大量的廢棄物產生，平均生產一公噸的粗鋼約產生1.4公噸的副產物，以國內粗鋼年產量2,100萬公噸計約產生3,000萬公噸的副產物，百分之五十以上的副產物大都為無用的廢棄物，其量甚大。若以氣、液、固來區分廢棄物，氣體污染物約包括二氧化碳、爐塵及高爐氣、廢水及廢酸，固體廢棄物包括爐渣、爐石、焦油污泥、軋延碎屑電鍍污泥及廢塗料。

基於上述可看出，鋼鐵冶煉產業帶來經濟成長，不過相對的產生之廢棄物亦造成環境嚴重污染。觀之國內煉鋼業包括一貫作業煉鋼廠及電弧爐煉鋼廠，一貫作業煉鋼廠是採高爐及轉爐並以鐵礦砂及煤為原料製成鋼胚，部分供給中游產業，部分進行軋延及加工後生產鋼筋、棒鋼、角鋼及型鋼等各類鋼品提供下游產業使用。電弧爐煉鋼廠則是採電弧爐並以進口廢鐵及國內回收廢鐵為原始冶煉原料製成鋼胚，依其原料來源而言，電弧爐煉鋼業實為典型的資源回收工業。國內電弧爐煉鋼廠所使用廢鐵鋼原料，有購自國內市場，亦有自國外進口者，一般以拆船廢鐵、汽車廢鐵、壓鑄廢鐵、民間廢鐵為主，其中拆船廢鐵的來源隨著拆船



業逐漸沒落而減少，一般較薄及品質較差的廢鋼鐵，除少數業者擁有處理設備外，絕大多數均未經前處理或預熱即直接入爐熔，所以廢鋼鐵來源複雜。其部分供給中游產業，部分再行加工後提供下游產業使用，如圖1.2所示。

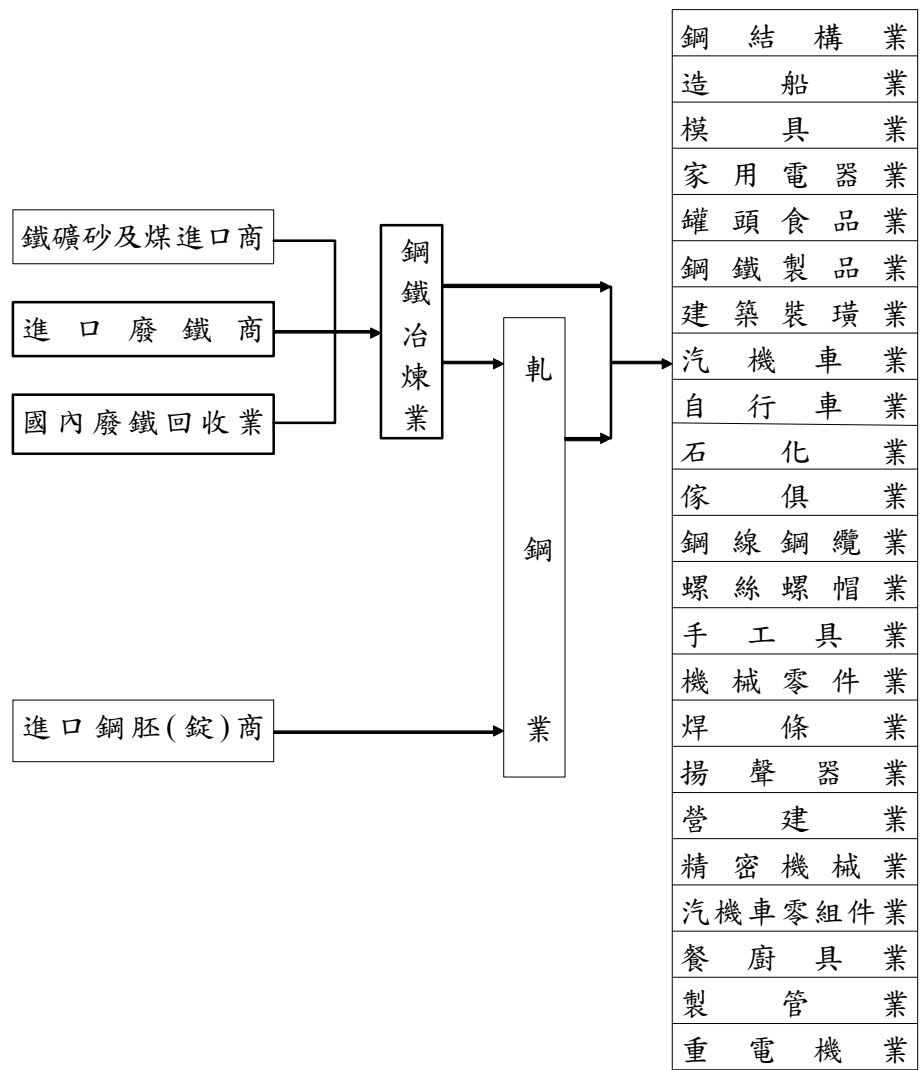


圖1.2 鋼鐵產業關連圖

## 第二章 處理程序與特性

### 2.1 依產品分類之處理程序

製鐵原料須在裝入熔礦爐之前，須先予種種處理，藉以適合製煉生鐵。從礦石到提煉之間，為了要使冶煉能夠最經濟最有效進行，必須施行各種處理過程之事前處理。煉鐵之主要原料為鐵礦及焦煤，鐵礦及焦煤之品質對煉鐵作業影響至鉅，為求獲得品質優良且穩定之原料，故其品質作業自礦區開採時即已充分掌握作業狀況並開始管制，其鐵礦一般之開採選礦處理、堆存、運輸、品管至使用之流程，如圖2.1所示。煉鋼依其使用原料及生產設備之不同，大致可分為以鐵礦砂為原料之高爐及氧氣轉爐的一貫作業煉鋼，如中鋼公司，及以廢鋼為主要原料之電弧爐煉鋼兩類。依製造程序的差異，鋼鐵業可區分為三大類，即煉鐵、煉鋼、及軋鋼。其中煉鐵包括煉製生鐵及矽鐵、錳鐵、矽錳鐵等合金鐵；煉鋼包括冶煉鑄造普通鋼胚、鋼錠、特殊鋼、鑄鋼等產品；至於軋鋼則包括軋製鋼筋、型鋼（包括角鋼、槽鋼、二字鋼、扁鋼等）、棒鋼、盤元、線材、鋼板、熱軋鋼捲片及冷軋鋼捲片等煉鐵製程。

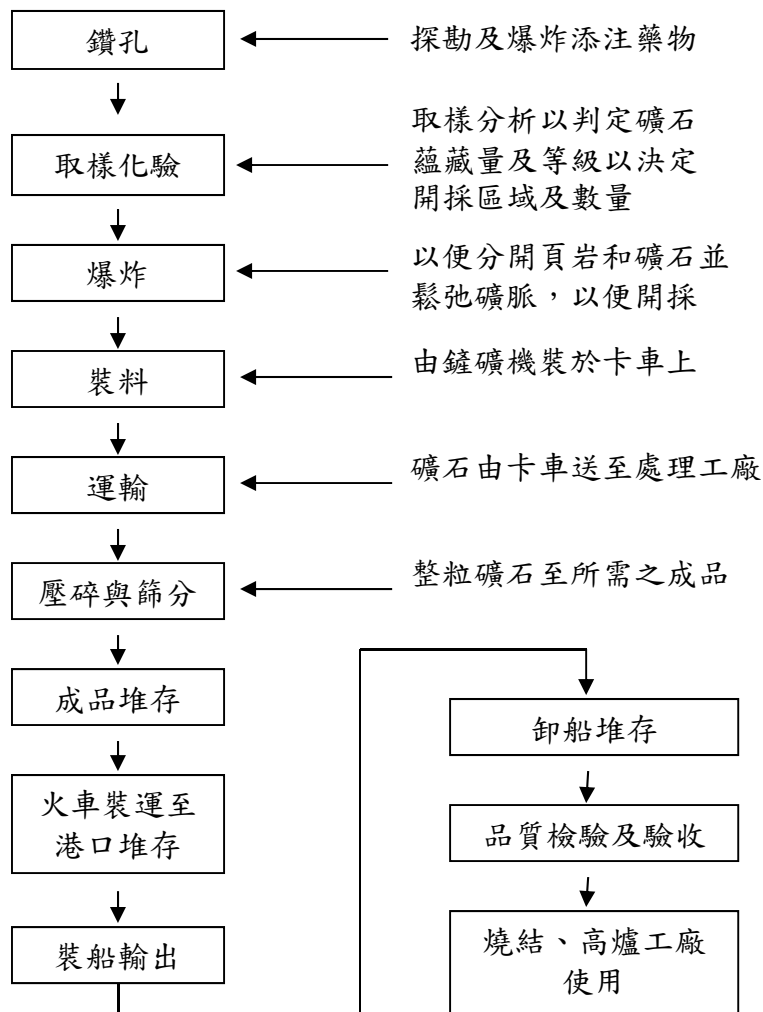


圖2.1 鐵礦礦區之開採暨作業流程

### 一、生鐵鍊製製造程序

鐵 (pig iron) 亦稱銑鐵，除含碳外，尚含 Si、Mn、P 及 S 等主要元素和 Cu、Ti、Ni、Cr、As、Sn 等特殊成份。依照中華民國商品標準分類 (第五次修正) 生鐵為鐵碳合金，不適於展性用途者，以重量計含有 2% 以上之碳，並得含有一種或多種其他元素，其重量限度如下：

1. 不超過 10% 之鉻
2. 不超過 6% 之錳
3. 不超過 3% 之磷
4. 不超過 8% 之矽
5. 總重量不超過 10% 之其他元素

所謂煉鐵乃是指以鐵礦、廢鐵及生鐵為原料煉製生鐵之製程。生鐵有高爐生鐵、電氣爐生鐵、再生生鐵或其他生鐵等。高爐生鐵礦石為主要原料，其他生鐵使用鐵礦石、砂鐵、鋼鐵屑等為原料。其中由鐵礦石煉製生鐵的原理簡單來說就是在高溫高壓的條件下，將鐵礦石中的氧化鐵，以還原性氣體一氧化碳將其還原成游離態的熔融金屬鐵，製程包括原料處理（燃料、助熔劑、鐵）、熔煉、製模及澆鑄、後處理四部份，其中熔煉部份包括加料、融化、再加料、精煉、除渣及使熔融金屬流入盛裝鐵桶或直接澆鑄，為一貫作業煉鋼製造程序之生鐵製程，參考如圖2.2。

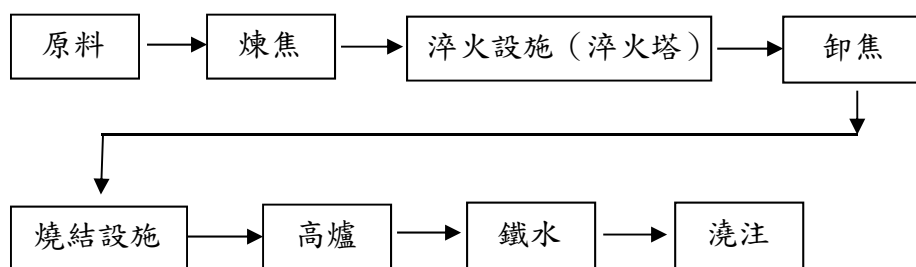


圖2.2 生鐵鍊製製造程序

在煉鐵過程中，煉焦的目的為製作煉鐵時所需的還原劑及燃料，也就是焦炭。焦炭因具無煙、火力強、價廉等特性，所以成為煉鐵時最常被使用的燃料，它除了具有還原作用能使鐵之氧化物還原為金屬鐵外，還能供給熱能使還原之鐵熔化成鐵水而與爐渣分離。

由於燒結礦具有較佳的還原性與高溫性質，於高爐使用時可增加鐵水產量與節省燃料，故成為高爐煉製鐵水之主要原料。一般以較細之鐵礦砂、細焦炭、助熔劑（石灰石、蛇紋石及白雲石）及其它製程所產生之灰渣在高溫下進行燒結，藉高溫將鐵礦砂與助熔劑結合，形成強而有力之燒結礦，整個製程中焦炭屑的作用為提供燒結所需的熱量。

高爐又稱為鼓風爐，為製鐵（生鐵）設備的主體，其外壁包以鋼板，內部則以耐火磚堆砌而成，爐之下部則裝有風嘴，以使熱空氣進入爐內。進入高爐的原料有鐵礦石、焦炭、燒結礦、石灰石及白雲石等原料，其中石灰石及白雲石是做為助熔劑將雜質以渣的型態除去，而氧化鐵則被焦炭還原成鐵水。當爐床之爐渣及鐵水積存至相當量後，最後爐渣會升至出渣口排出，而熔融之鐵水由流道流出後可直接送至煉鋼廠之轉爐作為原料或鐵水調整Si含量後，運往澆鑄廠之生鐵鑄

造機澆注入鐵模內，鑄成塊狀生鐵。參考圖2.3為合金鋼鍊製製造程序。

## 二、合金鋼鍊製製程程序

鋼之含碳量，介於生鐵與熟鐵之間，故凡減生鐵中之含碳量或增加熟鐵中之含碳量，即為鋼。所謂煉鋼是指冶煉及鑄造碳鋼、不銹鋼及合金鋼等鋼材之製程。合金鋼係指鋼內除碳以外添加另外元素以增強某種性質，如強度、硬度、防銹。參考圖2.3為合金鋼鍊製製造程序。

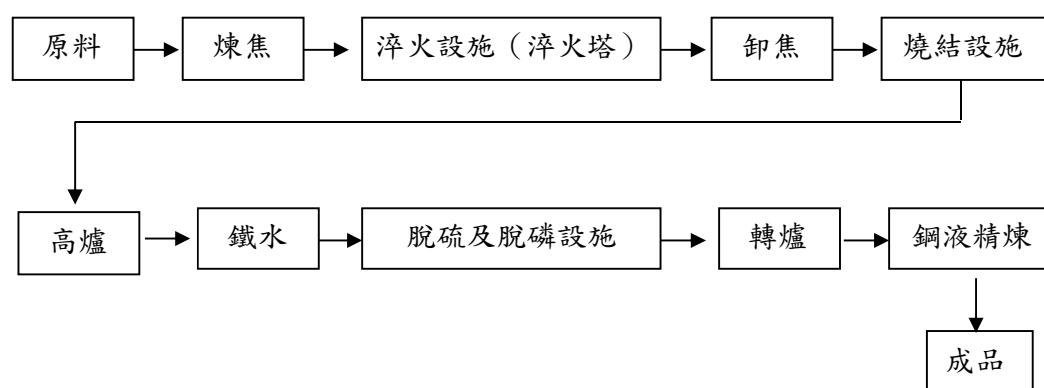


圖2.3 合金鋼鍊製製造程序

由於高爐所產生的鐵水中含有矽、磷及硫等雜質，因此需在煉鋼過程中去除。傳統的鐵水脫硫設備僅做脫硫，對於矽及磷卻只能靠轉爐吹煉時共同反應成渣而予以分離，如此作業方式不但造渣劑使用量無法節省，產生的熔渣量與投入的合金鐵用量也多，而且熔渣對轉爐耐火材爐襯會造成較高的熔蝕，甚至影響吹煉作業的穩定性，以及鋼液的產出率與品質。因此先進鋼鐵廠的鐵水前處理方式是將鐵水中的矽及磷成份在注入轉爐前先予以去除，僅保留碳成分作為轉爐吹煉時之熱源。合金鋼冶鍊製常用轉爐，其亦是煉鋼爐中最有效的一種，也是煉鋼廠的心臟，因此一切原料、整備、鋼液運輸與澆鑄、爐渣的處理等，均必須以轉爐為中心而設計。所使用的原料，大致可分為主原料、副原料、合金鐵、脫氧劑等，主原料又分為熔鐵、廢鐵、冷鐵等。副原料包括脫磷、脫硫所用的造渣劑以及調整鋼液溫度所需的冷卻材。還有調整鋼的成分到預定值，及控制鋼中氧氣所需的合金鐵、脫氧劑。其基於原理為吹氧管噴嘴吹射氧氣流至轉爐內，使鋼液發生激烈的攪拌作用及急速的反應，此反應包括氣體－鋼液間的反應，即典型的脫碳反應，另外，隨著碳渣化的進行，同時也發生了渣－鋼液間的反應，即典型的脫磷

反應，隨著吹煉的進行，鋼液中的主要元素如碳、矽、錳、磷、硫等之濃度均發生變化，當濃度達到預期濃度時，吹煉即終止。

### 三、合金鐵鍊製製造程序

合金係指兩種以上之金屬與非金屬互相融合，而具有金屬各種性能之物質。在熟鐵中加少許其他特種元素而製程，依照中華民國商品標準分類合金鐵為塊狀或類似初級形狀，連續鑄造而得之形狀及粒狀或粉狀，不論是否凝塊之合金，通常為製造其他合金之添加物、脫氧劑、脫硫劑或供鋼鐵冶煉之類似用途，一般不適於展性用途者，以重量計應含有 4% 或以上之鐵元素及一種或多種之下列元素：如超過 10% 之鉻、超過 30% 之錳、超過 3% 之磷等。合金鐵鍊製製造程序參考圖 2.4。

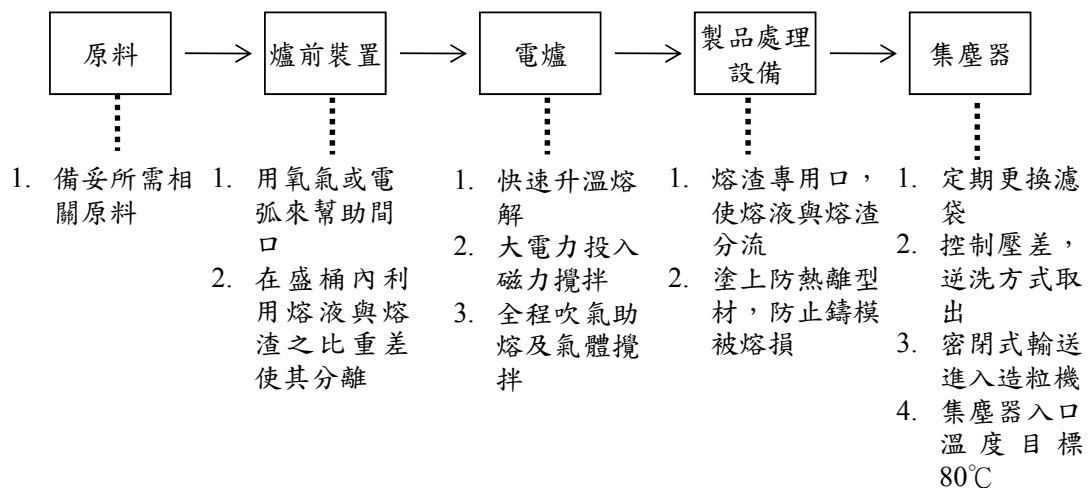


圖 2.4 合金鐵鍊製製造程序

## 2.2 依爐型(加熱方式)分類之處理程序

鋼鐵冶煉業常用的兩種爐型(加熱方式)與製程分別為電弧爐製程與燒結爐製程，茲就其類型及特性探討說明如下：

### 一、電弧爐製程類型及特性

電弧爐煉鋼係利用高電壓供電系統，將電流通過人造石墨電極與廢鋼原料，使產生電弧以熔解廢鋼，達成冶煉鋼鐵之目的。電弧爐煉鋼法因設備投資比高爐/轉爐煉鋼法便宜、熔煉鋼種範圍廣泛，操作亦較彈性，廢鋼來源充足、價格平穩。典型電弧爐煉鋼之流程詳圖 2.5 所示。

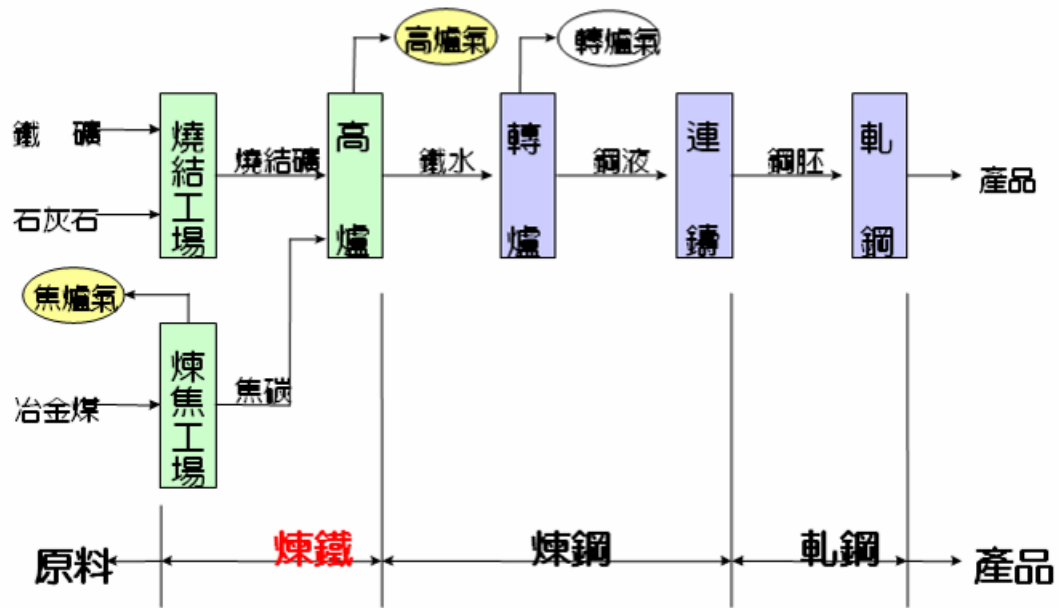


圖 2.5 典型電弧爐煉鋼流程

電弧爐煉鋼業使用原料約分為 2 類：主原料(如生鐵、廢鋼)及副原料(如合金鐵、造渣劑、增碳劑等)。原料經初步分類、秤重後，由天車操作從爐頂加料，並將人造石墨電極插入爐體內之廢鋼中，再通以電流，藉石墨電極與廢鋼原料間產生的高溫電弧將廢鋼溶解成液態鋼水，至於雜質則氧化成氣態氧化物(廢氣)或固態氧化物(熔渣)，此時為加速氧化作用可通入高壓氧氣，冶煉時間約 1.5~2.5 小時，為批式作業。國內電弧爐煉鋼多為批式作業，生產設備以 20~50 公噸容量為主，通常每一批次的時間約為 1~4 小時不等，若依冶煉期間的化學變化情形，電爐煉鋼爐內反應主要可分為熔解、氧化及還原 3 期：(一)熔解期為電弧爐通電產生電弧後，溫度急速上升，使廢鋼溶解。(二)氧化期由於必須將廢鋼中之雜質氧化，故一般通入氧氣，因而產生大量高溫廢氣。(三)還原期則加入大量石灰石、碳粉等副料，主要功能乃與氧化物反應，產生浮渣並去氧脫硫，以清潔鋼液，最後熔融鋼液可經連鑄或澆鑄等程序製成鋼胚或鑄件。另製程所需原料除廢鋼外，另可依產品需求於各階段添加少量矽鐵、錳鐵、焦炭、鋁線、脫硫劑及石灰等。有關電弧爐煉鋼作業內容詳表 2.1 所示。

表 2.1 電弧爐煉鋼作業內容及特性摘述

	作業項目	作業項目內容及特性說明
1	原料	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 電爐鋼以廢鋼為主要原料，有些電弧爐採直接還原海綿鐵來代替部分(30~70%)廢鋼</li> <li>• 廢鋼經多次循環冶煉，會使某些對鋼質有害而又不能冶煉過程中除去元素(如銅、鉛等)富集</li> <li>• 海綿鐵比廢鋼純淨得多，摻和使用可起“淨化”作用</li> <li>• 冶煉合金鋼多數採成分相近或相應合金廢鋼為爐料，以節約昂貴鐵合金，不足在冶煉過程中再用鐵合金補充</li> </ul>
2	補爐	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 上一爐鋼水和渣出淨後，立即把被侵蝕爐襯補好</li> <li>• 補爐動作快，以便利用爐內殘餘高溫，將補爐料和原爐襯燒結一起，並可減少熱損失，節約電能</li> </ul>
3	裝料	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 補爐完畢後，移開爐蓋，用料筐從爐子頂部把爐料裝入爐內</li> <li>• 不易氧化和難熔合金料如鎳、鉬等可與廢鋼同時裝入</li> <li>• 爐料塊度適當搭配，堆密度以 1.6~2.0 噸/米<sup>3</sup> 為宜</li> </ul>
4	爐料的熔化和供電制度	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 裝好爐料，合上爐蓋後，即降下電極到爐料面近處，接通主電路開關，將電極調節系統轉換開關放到自動控制位置，以次高級電壓通電起弧</li> <li>• 約 5~10 分鐘，電弧伸入爐料熔成「小井」後，改用最高電壓，達輸入變壓器最大有效功率，加速熔化爐料</li> <li>• 電極隨「小井」底部熔化而逐漸下降，直到電弧觸到鋼液，然後電極又隨鋼液面升高而上提</li> <li>• 當大部分爐料熔化，電弧就完全暴露在熔池面上，這時為減少電弧對爐頂的強烈輻射，要改較低電壓，直到爐料完全熔化</li> <li>• 爐子輸入能量制度，隨爐子容量、冶煉鋼種和冶煉工藝而不同</li> </ul>
5	吹氧助熔	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 電弧暴露在熔池面上並降低輸入功率後，可即向熔池吹入氧氣，以加速廢鋼熔化</li> <li>• 氧氣壓力 6~10 公斤力/厘米<sup>2</sup></li> <li>• 吹氧不宜過早，否則生成氧化鐵積聚在溫度尚低熔池中，待溫度上昇時會急劇氧化反應，引起爆炸式大沸騰，導致惡性事故</li> </ul>



表 2.1 電弧爐煉鋼作業內容及特性摘述(續 1)

	作業項目	作業項目內容及特性說明
6	熔化期氧化	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 在爐料將近全部熔化而被爐渣覆蓋時，取樣分析並根據結果調整鋼和渣成分</li> <li>• 此時爐內氧化性氣氛，加上熔池鏽蝕廢鋼和在熔化過程中廢鋼氧化產生氧化鐵，或來自爐料鐵礦石氧化鐵，鋼液中的硅、磷、錳等元素會大量氧化</li> <li>• 如果熔池有足夠高溫尤在吹氧時，氧炬附近鋼水可引起碳氧化</li> <li>• 熔化期合金廢鋼中除硅、磷、錳、碳等元素氧化外，鉻、鈮、鈦、鋁、硼等元素也會氧化，硫、鉛少量氧化，只有鎳、鉬、銅、錫不氧化</li> </ul>
7	精煉	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 精煉過程通過對各階段鋼樣和渣樣的分析、溫度測定來調整和控制</li> <li>• 精煉期除碳氧化物成為氣態逸出外，其他元素化合物為固態或液態，分別浮入渣中或留在鋼液內</li> <li>• 精煉是把對鋼質有害一些元素和化合物，儘可能從鋼液中排除</li> <li>• 電弧爐冶煉分為單渣法和雙渣法</li> <li>• 一般如廢鋼含磷高，採用雙渣法，先加入氧化劑或向鋼液中吹氧氣，進行氧化，除去一部分碳、磷和其他雜質，扒去氧化渣再進行還原精煉</li> <li>• 對含磷要求不高鋼種可採不扒去氧化渣、直接用脫氧劑進行還原精煉的單渣法</li> <li>• 冶煉高合金鋼時，為避免爐料中合金元素氧化損失，多採用以純淨廢鋼裝料的單渣法</li> <li>• 普碳鋼和一般低合金鋼可採只造氧化渣單渣法治煉，許多生產普碳鋼的大型電弧爐即採用此法；在氧化精煉末期，鋼液成分和溫度達到規定要求時出鋼，同時加入鐵合金到盛鋼桶脫氧</li> <li>• 為充分利用變壓器容量，提高鋼的質量和產量，降低電耗，近年採爐外精煉，把電弧爐雙渣法中還原期工作移到鋼包或精煉爐中進行</li> </ul>

表 2.1 電弧爐煉鋼作業內容及特性摘述(續 2)

	作業項目	作業項目內容及特性說明
8	氧化精煉	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 主要目的是去磷、去氣、去非金屬夾雜物，並將溫度均勻地提高到高於出鋼溫度</li> <li>• 碳氧化使熔池沸騰，起強烈攪拌作用，增加鋼液和渣液接觸面，促進渣中氧向鋼液傳輸，以氧化雜質，提高熔池溫度並使非金屬夾雜上浮，進入爐渣</li> <li>• 鋼液中氫、氮等氣體擴散到一氧化碳氣泡中，一起逸入爐氣</li> <li>• 鋼液經過氧化精煉，如果仍含較高磷，則需除去部分爐渣，再造新渣去磷</li> </ul>
9	還原精煉	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 在氧化期結束除淨氧化渣後，加入鋁等進行預脫氧</li> <li>• 隨後立即加石灰、火磚塊(或砂子)、螢石等先造稀薄渣，然後按冶煉鋼種要求再加還原渣料進行還原精煉</li> <li>• 常用還原渣有電石渣和白渣等，都是還原性強強鹼性渣(鹼度 <math>\text{CaO}:\text{SiO}_2=3\sim 4</math>)</li> <li>• 與其他煉鋼渣相比，可以更多更快脫去鋼液中氧和硫</li> <li>• 由於爐氣也是還原性，鋼液不易氧化，所加入易氧化元素損失也少</li> <li>• 電石渣大致成分為：<math>\text{CaO}</math> 55~65%，<math>\text{SiO}</math> 10~15%，<math>\text{MgO}</math> 8~10%，<math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> 2~3%，<math>\text{MnO}</math> 1%，<math>\text{CaC}_2</math> 1~4%，<math>\text{FeO}</math> 0.5%</li> <li>• 電石渣分強電石渣和弱電石渣兩種，強電石渣含碳化鈣 (<math>\text{CaC}_2</math>) 2~4%，冷後呈黑色並夾有白色條紋，無光澤</li> <li>• 弱電石渣含 <math>\text{CaC}</math> 1~2%，冷後呈灰色</li> <li>• 製造電石渣的方法是向爐內的稀薄渣上加較多炭粉、硅鐵粉，密封爐子不使空氣進入，使碳與鈣在高溫下生成碳化鈣</li> <li>• 這種爐渣脫氧能力強，碳化鈣與渣中氧化物反應生成 <math>\text{CO}</math> 逸出，而氧化物被還原成金屬進入鋼液：  <math display="block">(\text{CaO})+3\text{C}\longrightarrow(\text{CaC}_2)+\text{CO}\uparrow</math> <math display="block">(\text{CaC}_2)+3(\text{FeO})\longrightarrow 3[\text{Fe}]+(\text{CaO})+2\text{CO}\uparrow</math> </li> <li>• 為保持渣中一定量 <math>\text{CaC}</math>，需週期性地加入炭粉和石灰</li> <li>• 由於形成 <math>\text{CaC}</math> 所需溫度較高，造渣時間較長</li> </ul>

表 2.1 電弧爐煉鋼作業內容及特性摘述(續 3)

	作業項目	作業項目內容及特性說明
9	還原精煉	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 這種渣易使鋼液增碳，宜用於冶煉高碳鋼種。因它不易與鋼液分離，會形成鋼中夾雜物，在出鋼前要破壞電石渣，使變成白渣。因白渣與鋼液間界面張力大，不致污染鋼液</li> <li>• 白渣大致成分為：CaO 60%，SiO 20%，MgO 8%，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5%，MnO 1%，FeO 0.5%</li> <li>• 造渣方法是向稀薄渣上加硅鐵粉和適量的炭粉，使渣中 FeO 還原成鐵進入鋼液，並形成 SiO<sub>2</sub>，需追加石灰以保持渣液鹼度  <math display="block">2(\text{FeO})+\text{Si}\longrightarrow 2[\text{Fe}]+(\text{SiO}_2)</math> <math display="block">(\text{FeO})+\text{C}\longrightarrow [\text{Fe}]+\text{CO}</math> </li> <li>• 這種爐渣形成時間較短，脫硫能力強</li> <li>• 爐渣呈白色，冷卻後自行碎裂成白色粉末得名。有時為提高脫氧能力，在還原始時，先造短時間弱電石渣，即變為白渣</li> <li>• 另有火磚渣，用石灰、螢石和廢耐火磚塊造成，是中性渣，主要用於冶煉不鏽鋼；特點是加熱快，不易增碳，渣、鋼容易分離，但脫硫能力低</li> </ul>
10	加熱	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 加熱過程是鋼胚或鋼錠再以重油或瓦斯加熱</li> </ul>
11	軋鋼	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 加熱後之鋼胚或鋼錠經過一序列之軋輥軋成產品</li> </ul>

## 二、燒結爐製程類型及特性

國內目前煉鋼業採用一貫燒結爐作業煉鋼業者甚少(按：僅為中鋼公司)，一貫作業之燒結爐煉鋼生產流程詳圖 2.6 所示。一貫作業煉鋼主要製程含燒結、煉焦、煉鐵、煉鋼及軋鋼等流程，其中鐵礦砂燒結為一貫煉鋼最重要製程，含焦炭、碎鐵礦砂及石灰石的混合物經高溫加熱在高爐燒結，有關鋼鐵冶煉業燒結製程詳圖 2.7。

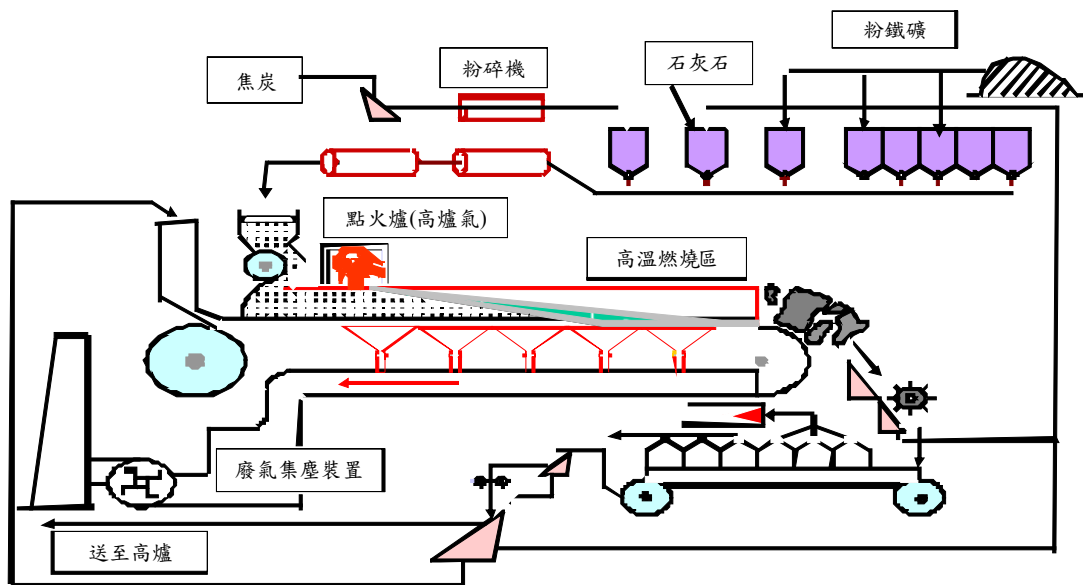


圖 2.6 一貫作業煉鋼生產流程



圖 2.7 一貫作業煉鋼燒結爐製程

## 2.3 粒狀物污染物排放特性

除了其他污染物外，鋼鐵冶煉作業(尤其廠區內)最大的污染物為逸散性的粒狀物污染物，冶煉過程中所用的礦石，包括取用料過程中之採取、運輸、貯存、等作業時，接易產生粉塵的逸散，也因此對週遭環境造成局部衝擊。在礦石區對環境造成的衝擊當中，最為民眾所詬病的污染物即為粒狀污染物，而粒狀污染物逸散來源可分為下列幾項作業，如表 2.2 所示：

- 一、堆置作業：砂石場之土石原料或砂石成品裸露堆置，因堆置面積廣大，堆置平均高度約為 6 公尺，易受到日照乾燥表面與風蝕作用造成粉塵揚起。
- 二、破碎作業：破碎機將由河床上取得粗骨材壓碎或敲碎成所需之尺寸，在破碎過程中若大部份在無加水的狀況，又無有效之防制措施，易使得破碎機造成嚴重之粒狀物逸散。
- 三、裝卸作業：土石原料及砂石成品裝卸作業，因擾動原本安定之物料，引起粒狀物揚起，造成揚塵污染。
- 四、運輸作業：土石在破碎及篩選製程中，需以皮帶輸送系統將半成品輸送至不同機台，在過程中易因機械擾動，產生揚塵，污染空氣。

表 2.2 礦砂石作業排放特性表

污染源	主要污染物	造成原因	
礦石堆置作業	TSP、PM <sub>10</sub>	受風蝕作用，使乾燥礦石發生粒狀物逸散	
礦石破碎作業	TSP、PM <sub>10</sub>	因礦石彼此碰撞而產生粒狀物逸散	
礦石裝卸作業	TSP、PM <sub>10</sub>	安定的礦石，因擾動而引起粒狀物逸散	
廠內運輸作業	TSP、PM <sub>10</sub>	以皮帶運輸系統運輸時，礦石不斷的滾動而發生粒狀物逸散	
輸 送 作 業	裸露地表	TSP、PM <sub>10</sub>	機具移動時使地表粒狀物逸散
	礦砂石車	TSP、PM <sub>10</sub>	因車斗未緊密覆蓋，高速行駛下裝載的砂石遺落到地表，產生車行揚塵
	場區出入口	TSP、PM <sub>10</sub>	礦石車夾帶泥土，如未清洗乾淨，容易散落在都周邊道路，進而產生車行揚塵

由以礦石原料在我國大部分都靠國外進口，因此要有廣大場地做為原料貯存，又為提高作業效率，一般採用輸送帶或堆積機等運輸設施把多種原料區分堆積。爐子不但講求大容量與密壁化，同時為提高爐況的安全與產出率，都先把原料整合混配，此外隨著礦石資源情況的不同，做不同的處理。大容量電爐設有溶液排出專用口，在此上面約 500 mm~100 mm 處，另有熔渣專用口，使用爐內流出的溶液與熔渣分別流出。排出溶液溫度高達 1,200°C~1,600°C，所以為防止鑄模被熔損都塗上防熱離型材，或者用熱容量較大的鑄模。澆鑄後需將冷卻的金屬整粒、破碎、篩選等程序，此等作業皆易造成逸散性揚塵。

目前國內有關砂石場懸浮微粒逸散量的推估大多以製程排放及逸散排放為主，推估的方法大多採用排放係數法。在礦砂石作業的各項過程中，例如：製程區、堆置區、裝載區、運輸道路，其排放係數的採用固定空氣污染源管理資訊系統中所公告的係數，另外，在礦石場也是逸散主要來源的裸露地表的排放係數可引用「之營建工程逸散粉塵量推估及其污染防制措施評估」報告中(環保署，章裕民教授主持，八十七年)的裸露地排放係數，如表 2.3 所示。懸浮微粒逸散量可以下列公式計算：

$$\text{污染物生成量} = \text{活動強度} \times \text{排放係數}$$

如需求得礦石場懸浮微粒逸散排放量，即可使用表 2.3 礦砂石場推估 TSP 常用的排放係數來估算，將礦砂石場區分為破碎區、堆置區、裝載區、運輸道路及裸露地，破碎區、堆置區及裝載區三者可藉由場區提供的每月原料使用量及產量來推估，運輸道路及裸露地則可藉由實場面積調查得知，將上述各項活動強度帶入各自的排放係數，即可估算懸浮微粒的逸散排放量。

表 2.3 礦石作業區推估 TSP 常用之排放係數

作業區	單元名稱	排放因子	排放因子	單位
破碎區	顎碎機	原物料	0.009	公斤/噸
	震動篩	原物料	0.06	公斤/噸
	石庫	原物料	0.06	公斤/噸
	錐碎機	原物料	0.009	公斤/噸
	拌合設備	產物	0.1	公斤/噸
堆置區	原料堆	堆置量	0.06	公斤/噸
	六分石	堆置量	0.06	公斤/噸
	三分石	堆置量	0.06	公斤/噸
	二分石	堆置量	0.06	公斤/噸
	砂	堆置量	0.06	公斤/噸
裝載區		出貨量	0.0248	公斤/噸
運輸道路		面積	0.00804	公斤/平方公尺/天
裸露地		面積	0.00932	公斤/平方公尺/天

資料來源：環保署固定空氣污染源管理資訊系統，環保署營建工程逸散粉塵量推估及其污染防制措施評估報告之修正係數

## 第三章 空氣污染防制設施規劃與設置

環保署對於砂石場等排放逸散性粒狀污染物之公私場所訂有「固定污染源逸散性粒狀污染物防制設施管理辦法」加以管制，本章主要說明砂石場空氣污染防制設施規劃與設置方式，及可行性控制技術原理、效率與成本。

### 3.1 空氣污染防制設施規劃與設置流程

砂石場空氣污染防制設施規劃與設置流程如圖3-1，主要分為7個階段，說明如下：

#### 一、清查污染源

業者於規劃與設置空氣污染防制設施前，必須先清查場內究竟有多少污染源，並掌握各污染源的面積、數量及活動強度等，作為後續規劃空氣污染防制設施之依據，建議應清查污染源至少應包含開採作業、堆置作業、破碎篩選作業、輸送作業、裝卸作業、運輸作業及裸露地等7類。

#### 二、選用最佳之控制技術

##### 步驟一

參考表 3-1，列出各污染源可採用之防制技術依據場區環境及製程特性選擇可採行之防制技術，本手冊彙整堆置作業及裸露地之空氣污染防制技術選用建議如表 3-2~3。

##### 步驟二

依主管機關指定粒狀污染物削減量(三級防制區內之既存污染源)或公告之粒狀污染物容許增量限值(二、三級防制區內之新增或變更污染源)，計算應削減之粒狀污染物排放量，並選用效率充足之防制設施。

##### 步驟三

依據空氣污染防制設施設置、操作及維護成本，選用較便宜之防制設施。

#### 三、編列經費

業者於編列經費時，除空氣污染防制設施之初設成本外，亦應將設施操作(水費、電費及藥劑費)及維護費用納入考量。



#### 四、採購、設置

業者於採購、設置空氣污染防制設施時，應注意逸散源管理辦法規定之設施規格、設置方式及其他規定。以堆置區為例，倘業者採於四周以防塵網或阻隔牆圍封者，圍封總高度應達物料設計或實際堆置高度 1.25 倍以上。

#### 五、操作、維護

業者應依規定操作空氣污染防制設施，最大操作量不得超過設施之最大處理容量，並定期維護，以確保設施正常運作。倘設施故障致違反空氣污染防制法規定時，應立即採取下列因應措施：

- (一)故障發生後 1 小時內，向當地主管機關報備。
- (二)故障發生後 24 小時內修復或停止操作。
- (三)故障發生後 15 日內，向當地主管機關提出書面報告。

#### 六、監控、記錄

業者倘設置灑水設備、洗車設備或採行噴灑化學穩定劑、圍封式或局部集氣系統等空氣污染防制設施者，應依表 3-4 規定設置監測儀錶，並依該表所列項目及頻率進行記錄。

空氣污染防制設施操作運轉紀錄應依規定頻率提送主管機關，並保存 2 年備查。

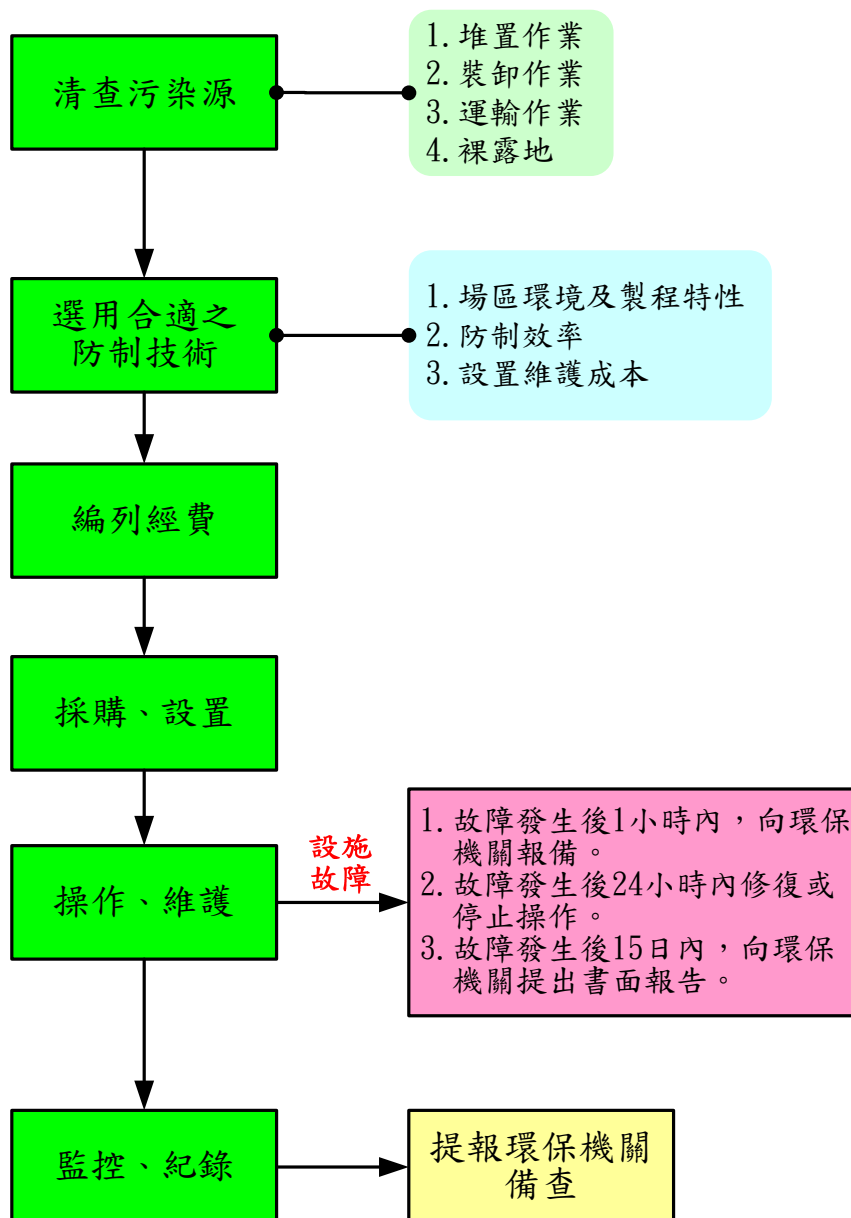


圖3-1 空氣污染防制設施規劃與設置流程圖

表 3-1 砂石場可採行之空氣污染防治技術彙整表

項次	污染源	可行性控制技術	法規規範 設置條件	其他規定
一	開採作業	於作業期間灑水，使物料保持濕潤	-	-
二	堆置作業	堆置於封閉式建築物內	-	應設置阻隔設備及防溢座，防止堆置物掉落或溢流至堆置區外
		堆置區四周以防塵網或阻隔牆圍封(除出入口外)	其總高度應達設計或實際堆置高度 1.25 倍以上	
		覆蓋防塵布或防塵網	覆蓋面積應達堆置區面積 80% 以上	
		噴灑化學穩定劑	噴灑面積應達堆置區面積 80% 以上	
		於作業期間灑水，使物料保持濕潤	須採自動灑水設施，且灑水範圍應涵蓋堆置區域	
三	裝卸、破碎及篩選作業	設置圍封式集氣系統	-	-
		設置局部集氣系統	-	
		採用密閉式作業	-	
		於封閉式建築物內操作	-	
		於作業期間灑水，使物料保持濕潤	-	
四	輸送作業	於封閉式建築物內操作	-	-
		採用密閉式輸送系統	-	
		局部集氣系統	應設置於輸送系統出入口、接駁點及其他有粒狀污染物逸散之虞處	
		於作業期間灑水，使物料保持濕潤	須採自動灑水設施，且應設置於輸送系統出入口、接駁點及其他有粒狀污染物逸散之虞處	
五	運輸作業-砂石車貨箱	使用密閉式貨箱	-	-
		以封蓋緊密覆蓋貨箱	封蓋採防塵布或防塵網者，應捆紮牢固，邊緣應延伸覆蓋至貨箱上緣以下至少 15 公分	
		貨箱應具有防止載運物料滴落污水、污泥之功能或設施	-	

項次	污染源	可行性控制技術	法規規範 設置條件	其他規定
六	運輸作業- 車輛通行路 徑及區域	鋪設混凝土	-	應定期清 洗,不得有 路面色差
		鋪設瀝青混凝土	-	
		鋪設鋼板	-	
		鋪設粗級配或粒料	於作業期間灑水, 使表面保持濕潤	僅限使用 於堆置區 及礦區
七	運輸作業- 砂石車清洗	砂石車離開場區前,以車輛 清洗設施清洗車體及輪胎	應設置自動洗車設 備(規格請參閱本 文第 3.2.8 節)	-
八	裸露地	植生綠化	噴灑面積應達堆置 區面積 80%以上	-
		覆蓋稻草蓆或碎木		
		鋪設混凝土或瀝青混凝土		-
		覆蓋防塵布或防塵網		
		鋪設粗級配或粒料,並保持 濕潤		
		噴灑化學穩定劑		
定期灑水,使地面保持濕潤	-			

資料來源：「固定污染源逸散性粒狀污染物空氣污染防治設施管理辦法」，行政院環境保護署，民國 100 年 2 月 11 日環署空字第 1000010897 A 號令修正發布。

表 3-2 堆置作業可採行之空氣污染防制設施

作業及物料特性		堆置於封閉式建築物內	以防塵網或阻隔牆圍封堆置區	覆蓋防塵布或防塵網	噴灑化學穩定劑	設置自動灑水設施	
經常搬運	需保持乾燥	不可參雜其他物質	○	△	△	×	×
		可參雜其他物質	○	△	△	×	×
	不需保持乾燥	不可參雜其他物質	○	○	△	×	○
		可參雜其他物質	○	○	△	×	○
不常搬運	需保持乾燥	不可參雜其他物質	○	△	○	×	×
		可參雜其他物質	○	△	○	△	×
	不需保持乾燥	不可參雜其他物質	○	○	○	×	○
		可參雜其他物質	○	○	○	○	○

○：建議使用；△：可使用；×：不建議使用

表 3-3 裸露地可採行之空氣污染防制設施

裸露地特性		防制技術種類							
		擋風牆(屏)	植生綠化	覆蓋稻草、蘆葦或碎木	鋪設混凝土或瀝青混凝土	覆蓋防塵布或防塵網	鋪設粗級配或粒料	噴灑化學穩定劑	灑水並保持濕潤
面積	1 公頃以上	○	○	○	×	△	×	○	○
	0.5~1 公頃	○	○	○	△	○	△	○	○
	0.5 公頃以下	○	○	○	○	○	○	○	○
活動強度	偶有機具或車輛於上活動	○	○	○	○	○	○	○	○
	經常有機具或車輛於上活動	○	×	×	○	×	○	△	×
未來計畫	半年內有異動	○	○	○	○	○	○	○	○
	半年~1 年內有異動	○	○	△	○	○	○	○	△
	1 年以上不會有異動	○	○	×	○	○	○	○	×

○：建議使用；△：可使用；×：不建議使用

表 3-4 空氣污染防治設施之監測儀錶、紀錄項目、紀錄頻率及其他規定

空氣污染防治設施	監測儀錶	設置條件或位置	紀錄項目	紀錄頻率	其他規定
灑水設備	水錶	水錶應設置於加壓馬達前後一公尺範圍內之水管上	累計用水量	每日一次	水錶與加壓馬達間水管不得有其他分流
洗車設備 (右列監測儀錶擇一)	水錶	水錶應設置於加壓馬達前後一公尺範圍內之水管上	累計用水量	每日一次	水錶與加壓馬達間水管不得有其他分流
	電錶	加壓馬達應設置獨立電錶	累計用電度數	每日一次	
噴灑化學穩定劑			藥劑名稱、用量、稀釋倍數及噴灑面積	施作週期	藥劑購買證明應保存以供查驗
圍封式及局部集氣系統 (右列監測儀錶擇一)	電錶	集氣系統應設置獨立電錶	累計用電度數	每日一次	氣體流量計每年應校正一次
	氣體流量計	設置於集塵設備之粒狀污染物導入處或排放口	廢氣流量	每日一次	
	壓差計、電壓錶或其他足以顯示集塵設備正常操作之監測儀錶	集氣系統後端	儀錶監測項目	依固定污染源操作許可證登載之空氣污染防治設備操作紀錄規定辦理	

資料來源：「固定污染源逸散性粒狀污染物空氣污染防治設施管理辦法」，行政院環境保護署，民國 100 年 2 月 11 日環署空字第 1000010897A 號令修正發布。

## 3.2 可行性控制技術說明

本節說明可行性控制技術原理、設備規格、施作方式、成本及防塵效率，僅供空氣污染防治工作之參考，業者於規劃、設置防制設施時，仍應以符合環境保護相關規定為基準。另本手冊所列成本，係依據當時物價及設備規格概估，業者可依實際狀況，參考本手冊估算方式，編列空氣污染防治經費。

### 3.2.1 擋風牆(屏)

擋風牆(屏)主要設置於逸散源的上風處，其主要的目的為減弱吹蝕的風速，達到降低揚塵污染之目的，影響擋風牆(屏)設計的因素包含擋風牆(屏)的高度、寬度、穿透性及網孔的形狀與大小。擋風牆(屏)的背風處，風速在離擋風牆(屏)下風處 10~20 倍擋風牆(屏)高度之距離範圍內，約可降低 50% 原水平吹入風速，然後隨離擋風牆(屏)距離增加，背風處之風速亦隨之增強，當離擋風牆(屏)下風處 35 倍擋風牆(屏)高度之距離範圍時，風速即恢復與原水平吹入風速相同(Elmore and Hartley, 1984)。

#### 一、混凝土擋風牆

##### (一)設備規格

- 1.除出入口外，設置長度應以將逸散源四周圍封為原則。
- 2.設置高度
  - (1)堆置區：應達設計或實際堆置高度 1.25 倍以上。
  - (2)裸露地：應達 2.4 公尺以上。
- 3.孔隙率應在 50%以下。

##### (二)施作方式

- 1.擋風牆設置位置應以場區之裸露地或堆置區外圍為基準，考量台灣季風以北風及南風為主，出入口應儘量朝東或朝西為原則(圖 3-2)。
- 2.擋風牆應始於地表裸露或堆置物料前完成。
- 3.設施使用時宜隨時留意牢靠與否，若有破損或傾斜之虞則應即時維修。

##### (三)成本

- 1.材料費用：約為 3,050~4,580 元/m<sup>2</sup>。



圖3-2 設置混凝土擋風牆實照

## 2. 施工費用

- (1) 500m<sup>2</sup> 以下：20 元/ m<sup>2</sup>。
- (2) 500m<sup>2</sup>~1,000m<sup>2</sup>：17 元/ m<sup>2</sup>。
- (3) 1,000m<sup>2</sup> 以上：15 元/ m<sup>2</sup>。

3. 綜合上述費用，混凝土擋風牆成本為 102.17~153.33 元/m<sup>2</sup>·年(擋風牆使用壽命以 30 年計)。

## (四) 防塵效率

擋風牆高度大於 2.4 公尺以上者，防塵效率約為 50%~60%。

## 二、鐵皮擋風屏

### (一) 設備規格

1. 除出入口外，設置長度應以將逸散源四周圍封為原則。
2. 設置高度
  - (1) 堆置區：應達設計或實際堆置高度 1.25 倍以上。
  - (2) 裸露地：應達 2.4 公尺以上。
3. 孔隙率應在 50% 以下。

### (二) 施作方式

1. 擋風屏設置位置應以場區之裸露地或堆置區外圍為基準，考量台灣季風以北風及南風為主，出入口應儘量朝東或朝西為原則(圖 3-3)。
2. 擋風屏應於地表裸露或堆置物料前完成。
3. 設施使用時宜隨時留意牢靠與否，若有破損或傾斜之虞則應即時維修。





圖3-3 設置鐵皮擋風屏實照

### (三)成本

- 1.材料費用：約為 400~805 元/m<sup>2</sup>。
- 2.施工費用
  - (1)500m<sup>2</sup> 以下：5 元/ m<sup>2</sup>。
  - (2)500m<sup>2</sup>~1,000m<sup>2</sup>：4.2 元/ m<sup>2</sup>。
  - (3)1,000m<sup>2</sup> 以上：3.5 元/ m<sup>2</sup>。
- 3.綜合上述費用，鐵皮擋風屏成本為 40.35~81.00 元/m<sup>2</sup>·年(擋風屏使用壽命以 10 年計)。

### (四)防塵效率

擋風屏高度大於 2.4 公尺以上者，防塵效率約為 50%~60%。

### 3.2.2 覆蓋措施

覆蓋措施防塵原理為阻隔或攔截粉塵逸散至空氣之途徑，及減抑吹蝕的風速，常用於覆蓋作業區之砂石原料、成品或裸露地等污染源，常使用材質包含防塵布、防塵網、稻草蓆、鋼板及粗級配等，茲就各類材質規格、施作方式、成本及防塵效率說明如下。

#### 一、防塵布

##### (一)設備規格

- 1.大小尺寸視覆蓋範圍而定，至少覆蓋逸散源面積之 80% 為準。
- 2.材質採 PP、PE 帆布、塑膠布、帆布等材質，厚度至少 0.5 mm 以上。

##### (二)施作方式

- 1.覆蓋於逸散源上方，以石頭或鐵塊等重物壓牢(圖 3-4)。
- 2.倘以多件防塵布覆蓋時，相鄰防塵布邊緣須重疊 30 cm 以上。
- 3.定時檢查防塵布狀況，若有破損，應立即修補或更新。
- 4.不使用的防塵布捲收時，應避免其挾帶的塵土揚起。



圖3-4 覆蓋防塵布實照

##### (三)成本

- 1.購置費用：約為 77~110 元/m<sup>2</sup>。
- 2.覆蓋施工費用：約為 7~10 元/m<sup>2</sup>。
- 3.綜合上述費用，覆蓋防塵布成本為 42~60 元/m<sup>2</sup>·年(防塵布使用壽命以 2 年計)。

##### (四)防塵效率

在緊密覆蓋狀況下，防塵效率約為 90%~100%。

## 二、防塵網

### (一)設備規格

- 1.大小尺寸視覆蓋範圍而定，至少覆蓋逸散源面積之 80%為準。
- 2.防塵網之網徑/網距應達 0.33 以上。

### (二)施作方式

- 1.覆蓋於逸散源上方，以石頭或鐵塊等重物壓牢(圖 3-5)。
- 2.倘以多件防塵網覆蓋時，相鄰防塵網邊緣須重疊 30 cm 以上。
- 3.定時檢查防塵網狀況，若有破損，應立即修補或更新。
- 4.不使用的防塵網捲收時，應避免其挾帶的塵土揚起。



圖3-5 覆蓋防塵網實照

### (三)成本

- 1.購置費用：約為 38~58 元/m<sup>2</sup>。
- 2.覆蓋施工費用：約為 7~10 元/m<sup>2</sup>。
- 3.綜合上述費用，覆蓋防塵網成本為 23~34 元/m<sup>2</sup>·年(防塵網使用壽命以 2 年計)。

### (四)控制效率

在緊密覆蓋狀況下，防塵效率約為 30%。

## 三、稻草蓆

- (一)設備規格：以稻草編織類似尼龍網物，其孔隙率不得高於 30%。相較於覆蓋防塵布或防塵網，其優點包含設置成本低、減少稻草露天燃燒污染問題，稻草於 3~6 個月內自然分解，無廢棄物污染問題。

### (二)施作方式

- 1.將稻草織物以交叉重疊方式覆被於逸散源上方，其厚度應至少維持 20 mm 以上，再以石頭或鐵塊等重物壓牢(圖 3-6)。
- 2.倘以多件稻草蓆覆蓋時，相鄰稻草蓆邊緣須重疊 20 cm 以上。
- 3.定時檢查稻草蓆狀況，有腐化分解，失去防塵效果部分，應立即補充或更新。



圖3-6 覆蓋稻草蓆實照

#### (三)成本

- 1.購置費用：約為 3~5 元/m<sup>2</sup> (不含運費)。
- 2.覆蓋施工費用：約為 7~10 元/m<sup>2</sup>。
- 3.綜合上述費用，覆蓋稻草蓆成本為 40~60 元/m<sup>2</sup>·年(稻草蓆使用壽命以 3 個月計)。

#### (四)控制效率

相較於其他控制技術，覆蓋稻草蓆屬於短期性防制設施，適用於地表裸露期間短，且無車輛或機具作業於上作業之裸露地或堆置場，依據「大型裸露地 PM10 防治措施效率及其施用效益之研究—以稻草鋪蓋為例」研究結果，在稻草覆蓋率 95% 的條件下，其控制效率約為 41.6%。

### 四、鋼板

#### (一)設備規格

厚度 8 mm 以上之鋼(鐵)板，其長寬大小依鋪設之需要而定。

#### (二)施作方式

- 1.依逸散源面積，將上述規格之鋼(鐵)板平鋪於其上，若有接縫處，應儘量密合，以防止狹縫處之塵土，因車行震動而揚起。若地表不平整，

則應先行夯平，再鋪設(圖 3-7)。

- 2.定期派人清掃鋼板上之殘留塵土，必要時得以水沖洗之，其污水應導入沉砂池處理。
- 3.應隨時維持本項措施之施用效果，如鋼板表面有殘留之塵土應清除之，以達到實際防制揚塵之效果。
- 4.本措施用於車行路徑時，車速應維持低於 10 km/hr。



圖3-7 鋪設鋼板實照

### (三)成本

- 1.購置費用：約為 1,220~1,620 元/m<sup>2</sup>，
- 2.覆蓋施工費用：約為 20~30 元/m<sup>2</sup>。
- 3.綜合上述費用，覆蓋鋼板成本為 62~83 元/m<sup>2</sup>·年(鋼板使用壽命以 20 年計)。

### (四)防塵效率

有效的鋪設鋼板之平均防塵效率約為 50~ 70%。(註：指有效的鋪設，即板面銜接處密合且板面無殘留砂土)

## 五、粗級配

### (一)設備規格

粗級配粒徑 20 mm 以上之骨材，且經篩網分析不得含有 5mm 以下之小顆粒。

### (二)設置方式

- 1.依逸散源面積，將合乎上述規格之粗級配平鋪於上，鋪設厚度應至少能維持 50 mm 以上。若地表不平整，則應先行夯平，再鋪設(圖 3-8)。

- 2.本措施若施作於車輛行駛路徑上，因車輛行駛與粗級配摩擦，有產生揚塵之虞，應配合灑水措施，抑制摩擦產生粉塵。
- 3.本措施施用期間，粗級配若有流失之虞，應定期檢查補充。



圖3-8 鋪設粗級配實照

### (三)成本

- 1.購置費用：依據 99 年經濟部礦務局統計資料，此材料成本單價約為 182 ~426 元/m<sup>3</sup>，以鋪設厚度 50 mm 計算，每平方公尺鋪設成本約為 9~21 元/m<sup>2</sup>。
- 2.鋪設施工費用：約為 7~10 元/m<sup>2</sup>。
- 3.綜合上述費用，鋪設粗級配成本為 64~124 元/m<sup>2</sup>·年(以粗級配每 3 個月補充 1 次計)。

### (四)控制效率

本項措施防制效率約為 30%。

### 3.2.3 灑水措施

灑水措施防塵機制為利用水之黏滯力與粉塵結合，以降低因機械擾動及風蝕作業所引起之揚塵，常見灑水方式包含人工灑水、自動灑水及灑水車灑水等，茲就各種灑水措施規格、施作方式、成本及防塵效率說明如下。

#### 一、人工灑水

##### (一)設備規格

直徑 3cm 以上之塑膠(橡膠)水管及稍具加壓之水，並依施用範圍而決定水壓、水量及水管長度。

##### (二)施作方式

- 1.本項措施應指派專人負責，並按時記錄灑水起始時間、水量及操作人員，避免因一時疏忽，未執行灑水工作，造成揚塵污染(圖 3-9)。
- 2.灑水頻率及水量應考量水分蒸發量，以使逸散源表層塵土保持濕潤為施作參考基準(建議含水率應高於 12%)。
- 3.夏、秋二季，天氣屬晴朗狀況時，建議每隔 1 小時灑水 1 次；天氣屬多雲狀況時，建議每隔 2 小時灑水 1 次。春、冬二季，天氣屬晴朗狀況時，建議每隔 2 小時灑水 1 次；天氣屬多雲狀況時，建議每隔 4 小時灑水 1 次。雨天則不需執行灑水。
- 4.每次灑水量建議為 0.6 公升/m<sup>2</sup> 以上。



圖3-9 採行人工灑水實照

##### (三)成本

人工灑水包含水費、人工操作費及設備維修費用等 3 項成本，如以一天以 8 小時，每 2 小時灑水 1 次，每次灑水量 0.6 公升/m<sup>2</sup>，每年操作天數 365 日為計算基礎，各項費用說明如下：

- 1.水費：每年每平方公尺裸露地需使用 0.88 度水(1 度水為 1,000 公升)，以每度水水費 7 元計價，人工灑水水費為 6.13 元/m<sup>2</sup>·年。
- 2.人工操作費：每人每小時可灑水 12,000m<sup>2</sup>，以人力費用 2,500 元/日·人計價，人工灑水操作費為 9.51/m<sup>2</sup>·年。
- 3.設備維修費用：以水費及人工操作費之 15%計價，設備維修費用為 2.35 元/m<sup>2</sup>·年。
- 4.綜合上述費用，人工灑水成本為 17.99 元/m<sup>2</sup>·年。

#### (四)防塵效率

噴灑水之防塵效率會隨噴灑水強度增加而提高，灑水強度達 0.3 mm H<sub>2</sub>O/hr 時，防塵效率約為 30%；在灑水強度 0.6mm H<sub>2</sub>O/hr 時，防塵效率可達 75%，如圖 3-10 所示。

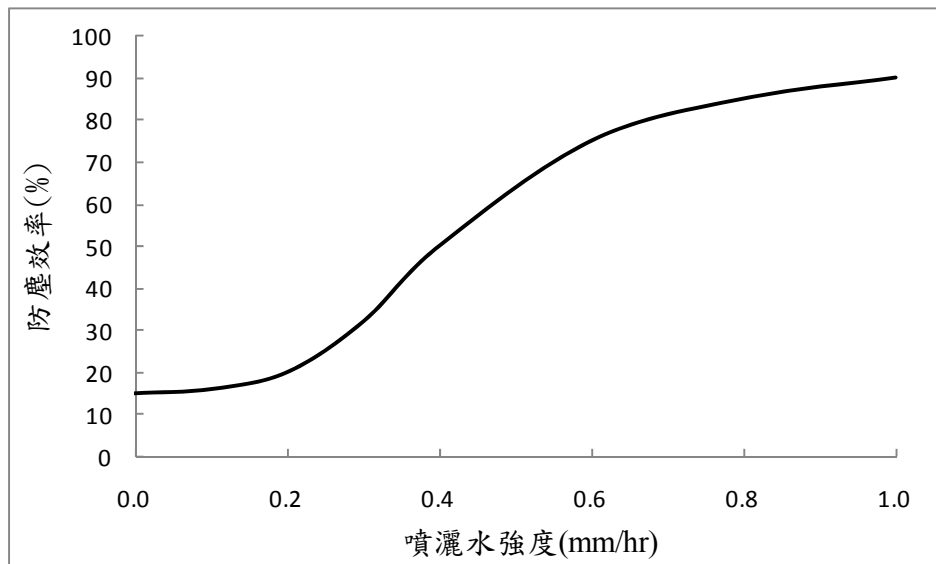


圖3-10 防塵效率與逸散源噴灑水強度(每平方公尺)關係圖

## 二、自動灑水

### (一)設備規格

直徑 3cm 以上之 PVC、PE 水管，噴嘴以能噴出傘狀水花為佳(灑水較為均勻)，噴水應能包括左右 120°以上範圍，水壓應達 1.5Kg/cm<sup>2</sup> 以上。

### (二)施作方式

- 1.於作業區內以塑膠水管分佈棋盤狀，約每隔 5~10m 設置噴水器一個，以能分佈均勻為原則(圖 3-11)。



- 2.本項措施應安裝定時開關裝置，設定時間自動執行灑水。按時記錄灑水起始時間、水量及記錄人員。
- 3.灑水頻率及水量應考量水分蒸發量，以使逸散源表層塵土保持濕潤為施作參考基準(建議含水率應高於12%)。
- 4.夏、秋二季，天氣屬晴朗狀況時，建議每隔1小時灑水1次；天氣屬多雲狀況時，建議每隔2小時灑水1次。春、冬二季，天氣屬晴朗狀況時，建議每隔2小時灑水1次；天氣屬多雲狀況時，建議每隔4小時灑水1次。雨天則不需執行灑水。
- 5.每次灑水量建議為0.6公升/m<sup>2</sup>以上。



圖3-11 採行自動灑水實照

### (三)成本

自動灑水包含水費、設備購置費及設備維修費用等3項成本，如以一天以8小時，每2小時灑水1次，每次灑水量0.3公升/m<sup>2</sup>，每年操作天數365日為計算基礎，各項費用說明如下：

- 1.水費：每年每平方公尺裸露地需使用0.88度水，以每度水水費7元計價，自動灑水水費為6.13元/m<sup>2</sup>·年。
- 2.設備購置費：自動灑水設備灑水範圍100m<sup>2</sup>，以每支3,000元(含配管)，使用壽命以2年計價，自動灑水設備購置費(折損成本)為15元/m<sup>2</sup>·年。
- 3.設備維修費用：以水費及設備購置費之15%計價，設備維修費用為3.17元/m<sup>2</sup>·年。
- 4.綜合上述費用，自動灑水成本為24.30元/m<sup>2</sup>·年。

### (四)防塵效率

灑水措施之防塵效率主要與灑水強度有關，不因噴灑方式而改變，

故其防塵效率可參考圖 3-10 防塵效率與每平方公尺逸散源噴灑水強度關係圖。

### 三、灑水車

#### (一)設備規格

- 1.貯水容量至少  $1.2\text{m}^3$  以上。
- 2.至少有 2 個以上之灑水口。
- 3.灑水口以平扇型為佳(灑水較為均勻)。
- 4.灑水範圍至少大於 2.5 公尺。

#### (二)施作方式

- 1.灑水車於作業區內之車行速度不宜超過  $5\text{ km/hr}$ (圖 3-12)。
- 2.駕駛員應按時記錄灑水起始時間、水量及執行人員。
- 3.灑水頻率及水量應考量水分蒸發量，以使逸散源表層塵土保持濕潤為施作參考基準(建議含水率應高於 12%)。
- 4.夏、秋二季，天氣屬晴朗狀況時，建議每隔 1 小時灑水 1 次；天氣屬多雲狀況時，建議每隔 2 小時灑水 1 次。春、冬二季，天氣屬晴朗狀況時，建議每隔 2 小時灑水 1 次；天氣屬多雲狀況時，建議每隔 4 小時灑水 1 次。雨天則不需執行灑水。
- 5.每次灑水量建議為  $0.6\text{ 公升}/\text{m}^2$  以上。



圖3-12 採行灑水車灑水實照

#### (三)成本

以灑水車灑水包含水費、設備購置費、設備操作費及設備維修費用等 4 項成本，如以一天以 8 小時，每 2 小時灑水 1 次，每次灑水量  $0.6\text{ 公升}/\text{m}^2$ ，每年操作天數 365 日為計算基礎，各項費用說明如下：

- 1.水費：每年每平方公尺裸露地需使用 0.88 度水，以每度水水費 7 元計價，則灑水車灑水水費為  $6.13 \text{ 元/m}^2 \cdot \text{年}$ 。
- 2.設備購置費：小型灑水車每日灑水面積可達  $12,500\text{m}^2$ ，以購置費用 300,000 元(含改裝)，使用壽命 5 年計價，小型灑水車購置費(折損成本)為  $4.80 \text{ 元/m}^2 \cdot \text{年}$ 。
- 3.設備操作費：包含油耗及人工操作費，油耗部分，每公升柴油可行駛 15 公里，以每公升柴油 26.78 元計價，則灑水車油耗為  $1.05 \text{ 元/m}^2 \cdot \text{年}$ ；人工操作費部分，以人力費用為 2,500 元/日·人，則人工操作費為  $73.00 \text{ 元/m}^2 \cdot \text{年}$ 。
- 4.設備維修費用以水費、設備購置費及設備操作費之 15%計價，則設備維修費用為  $12.33 \text{ 元/m}^2 \cdot \text{年}$ 。
- 5.綜合上述費用，灑水車灑水成本為  $94.54 \text{ 元/m}^2 \cdot \text{年}$ 。

#### (四)防塵效率

灑水措施之防塵效率主要與灑水強度有關，不因噴灑方式而改變，故其防塵效率可參考圖 3-10 防塵效率與每平方公尺逸散源噴灑水強度關係圖。

### 3.2.4 植生綠化

以植草方式，穩固裸露地或物料堆置表面塵土及減弱吹蝕的風速，達到降低揚塵污染之目的，此外本項設施具有改善工廠景觀，營造優良工作環境的優點。

#### 一、設備規格

以車前草、紅乳草、無根藤...等種子，依裸露地或堆置物料面積均勻種植(圖 3-13)。

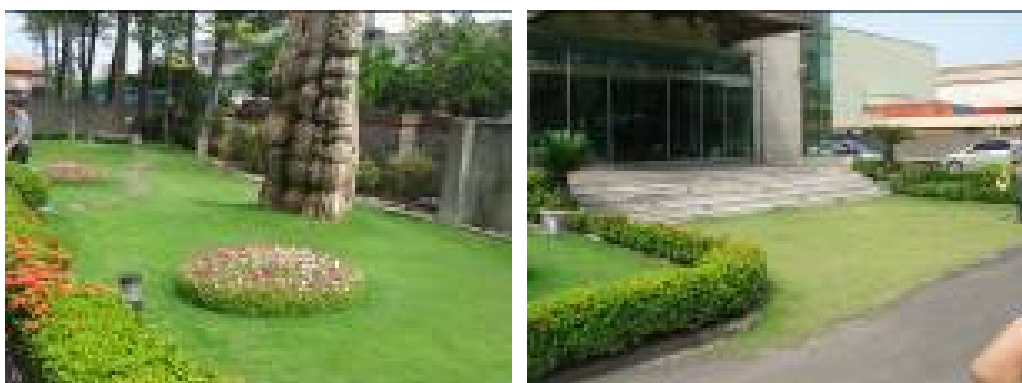


圖3-13 施作植生綠化實照

#### 二、施作方式如下表。

表 3-5 植生綠化之施作方式

類型		設置方式概述
撒播式		直接將植生草之種子以人工方式，沿裸露地面散撒播種。
噴植式	直接噴植	先將植生的種子、肥料與適當的黏著劑或乳膠劑混在水中，再利用高壓噴灑器噴植裸露地表上。
	鋪網噴植	一般適用在坡面裸露地表，先以鐵絲網，PE 網等固定釘牢在裸露地上，再將混有植生種子，肥料的水噴灑植生之。
	束帶狀鋪植	先利用纖維類(不織布、尼龍網)或稻草桿等物作成束帶狀，其上並灑附植生草種子再依裸露地形鋪放此束帶物。

#### 三、成本

(一)草籽及噴植材料費用：2.5~6.7 元/m<sup>2</sup>。

(二)施工費用

1.500m<sup>2</sup> 以下：0.4~5.0 元/ m<sup>2</sup>。

2.500m<sup>2</sup>~1,000m<sup>2</sup>：0.2~4.0 元/ m<sup>2</sup>。

3.1,000m<sup>2</sup> 以上：0.1~3.0 元/ m<sup>2</sup>。

(三) 養護費用：4.7~21.1 元/m<sup>2</sup>·年。

(四) 綜合上述費用，植生綠化成本為 4.96~22.27 元/m<sup>2</sup>·年(倘無天然災害或人為破壞，植生綠化應可永久使用，考量工廠廠區整修週期，因此植生綠化使用壽命以 10 年計)。

#### 四、防塵效率

植生綠化除經常有車輛或機具作業之裸露地外，適用於大多數類型之裸露地防塵設施，植生綠化防塵效率主要與其覆蓋比率及存活情形相關，植生綠化之防塵效率如下表。

表 3-6 不同植生綠化情形之防塵效率彙整表

植生綠化覆蓋率	揚塵控制效率
≤30%	≤65%
30%~95%	65%~90%
≥95%	≥90%

資料來源:1.行政院環保署,「營建工程逸散粉塵量推估及其污染防治措施評估」,1996年。

2.黃信文,「大型裸露地 PM10 防治措施效率及其施用效益之研究—以稻草鋪蓋為例」,碩士論文,國立台北科技大學環境規劃與管理研究所,2005年。

### 3.2.5 噴灑化學穩定劑

裸露地或堆置區噴灑化學穩定劑以抑制地表粉塵揚起，其原理為使表層的粉塵安定化，增加粉塵顆粒聚集力與其表面的吸引力(圖 3-14)，克服風速造成的拖曳力，避免或減輕地表的粉塵揚起，但值得注意的是部分種類化學穩定劑具有毒性或高生化需氧量和化學需氧量，因此必須視鄰近環境特性選用合適化學穩定劑。

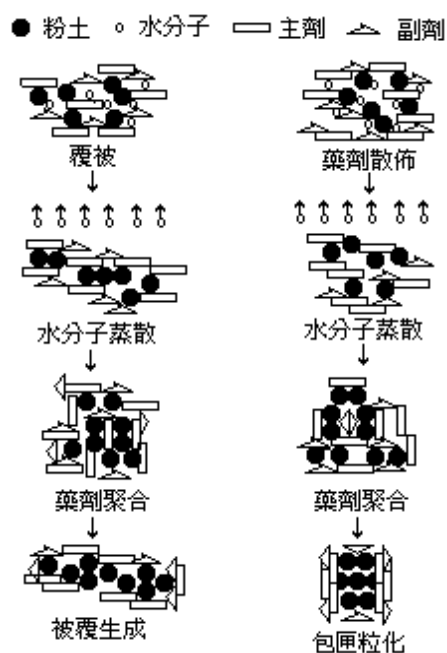


圖3-14 化學穩定劑防塵機制示意圖

#### 一、設備規格

將化學穩定劑以人工、機械均勻噴灑於逸散源表層，市面上化學穩定劑比較如表 3-7 所示。

#### 二、施作方式

- (一)本措施使用之藥劑成份應以不造成土壤或物料性質改變(使用前應慎重評估)者為前首要條件(圖 3-15)。(註：土質改變以施用 1 周週後會改變其酸性之 10%以上者為參考基準)
- (二)依使用說明稀釋均勻噴灑於逸散源表層，並定期查看是否有遭受破壞，如有則即刻補噴，並於藥劑耐久期限前再次完成第二次噴灑工作。



圖3-15 噴灑化學穩定劑實照

表 3-7 不同類別化學穩定劑防塵原理及優缺點說明表

類別	吸水產品	有機性石油產品	有機性非石油產品	聚合物產品	人工合成產品	生物聚合物
化學穩定劑種類	氯化鈣鹽水或片狀氯化鈣、氯化鎂鹽水、氯化鈉	乳化瀝青、油溶/液化瀝青、粉塵油、石油樹脂	磺酸木質素、松油乳劑、蔬菜油	聚醋酸乙烯、乙烯基丙烯酸	異烷烴化合物	三仙膠
防塵原理	可大幅增加粉塵微粒間的水表面張力，有助於減緩蒸發，並進一步緊束壓實的土壤	由於瀝青具黏著特性，因此這些產品可將表面微粒黏結、凝聚在一起，發揮功效	這些產品可將表面微粒黏結、凝聚在一起，發揮功效	由於聚合物具黏著特性，因此這些產品可將土壤微粒黏結在一起，發揮功效	合成液體可作為抑制粉塵的鋪道方法，同時也可作為耐久的可修復路面聯結層	可將表面微粒黏結、凝聚在一起，發揮功效。
優/缺點	<p>*在乾燥氣候中必須經常重新施用；在乾燥月份必須加水活化作用。</p> <p>*可能會影響水生生物與鄰近水體水質，對環境造成衝擊。</p> <p>*對金屬和鋼具有腐蝕性。</p>	<p>*由於含有「危害空氣與水的污染物」多環芳香族碳氫化合物，可能會對環境造成影響，使用時建議依需要呈報環保機關。</p> <p>*在車流通過時可能會碎裂。</p>	<p>*表面黏結效果，可能會因為下雨而減少或失效。</p> <p>*磺酸木質素的高生化需氧量和化學需氧量，可能影響水生生物與鄰近水體水質。</p>	<p>*不具毒性和腐蝕性，不會污染地下水。</p> <p>*聚合物乾掉時幾乎是透明的，在視覺上有美化的效果。</p> <p>*聚合物可產生堅硬而彈性的結殼，預防風和水的侵蝕。</p>	<p>*配方採用安全而不會傷害環境的人工合成液體；不含瀝青、油或多環芳香族碳氫化合物。</p> <p>*施用容易；無須用水。</p>	<p>*不具毒性和腐蝕性，不會污染地下水。</p> <p>*表面黏結效果，可能會因為下雨而減少或失效。</p>

資料來源:1.環保署,「逸散污染源粒狀污染物管制推動及檢討計畫」,2006年。

2.行政院國家科學委員會,「大型裸露地逸散粒狀污染物排放特性及可行控制技術之研究」,1999年。

3.Western Governors' Association, 2006. WRAP Fugitive Dust Handbook, prepared by Countess Environmental 4001 Whitesail Circle, Westlake Village, CA 91361(WGA Contract No. 30204-111).

(三)一般藥劑具有腐蝕性，保存宜選用成本較低之鋼桶、中古鋁桶。

(四)若藥劑之乳膠於儲藏中變質應以加溫(約 150°C)後，再使用。

(五)本措施得與植生種子混合併用。

### 三、成本

(一)藥劑費用：30~40 元/m<sup>2</sup>。

(二)噴灑施工費用

1.500m<sup>2</sup> 以下：3.5 元/ m<sup>2</sup>。

2.500m<sup>2</sup>~1,000m<sup>2</sup>：2.5 元/ m<sup>2</sup>。

3.1,000m<sup>2</sup> 以上：2.0 元/ m<sup>2</sup>。

(三)綜合上述費用，噴灑化學穩定劑成本為 109.71~149.14 元/m<sup>2</sup>·年(每 3.5 個月噴灑 1 次)。

### 四、防塵效率

在穩固之表層未遭破壞下，此措施之防塵效率與藥劑施用的量(或濃度、強度)及時間有關。一般而言，在藥劑濃度 6%之條件下，施用後兩個月內，其防塵效率可維持約 60~70%。



### 3.2.6 鋪面

鋪設混凝土或瀝青之防塵原理，主要為阻隔或攔截紛塵逸散至空氣中之途徑，達到降低揚塵污染之目的。

#### 一、設備規格

混凝土或瀝青混凝土，洗車設備連接主要公路之路面，建議鋪設性能較高混凝土(3000 psi 以上)。

#### 二、施作方式

(一)將混凝土或瀝青混凝土均勻鋪設於逸散源表層，鋪設厚度宜在 10~15cm 以上(圖 3-16)。

(二)應視表面塵土累積情形，定期清掃，維持乾淨，以防止粉塵堆積揚起。



圖3-16 鋪設混凝土及瀝青混凝土實照

#### 三、成本

(一)材料及鋪設費用(厚度 15cm)

- 1.混凝土：730~1,200 元/m<sup>2</sup>。
- 2.瀝青混凝土：730~950 元/m<sup>2</sup>。

(二)養護費用(取前項費用 15%)

- 1.混凝土：110~180 元/m<sup>2</sup>。
- 2.瀝青混凝土：110~143 元/m<sup>2</sup>。

(三)綜合上述費用，以鋪面使用壽命 5 年計算，其成本如下：

- 1.混凝土：168~276 元/m<sup>2</sup>·年。
- 2.瀝青混凝土：168~219 元/m<sup>2</sup>·年。

#### 四、防塵效率

鋪設混凝土或瀝青混凝土屬於長期性防制設施，適用常有車輛或機具

作業於上作業之裸露地，惟其設置成本高，一般常見使用在面積 0.5 公頃以下之裸露地，鋪設混凝土或瀝青混凝土防塵效率如下表。

表 3-8 鋪設混凝土或瀝青混凝土防塵效率彙整表

活動強度	防塵效率
無車輛行駛於上	70%
偶有車輛行駛於上	50%~70%
常有車輛行駛於上	50%

資料來源:1.行政院環保署，「營建工程逸散粉塵量推估及其污染防治措施評估」，1996 年。

2.環保署，「逸散污染源粒狀污染物管制計畫」，2005 年。

### 3.2.7 車輛貨箱防制措施

依據逸散源管理辦法第 6 條第 2 款規定，運輸逸散性粒狀污染物質之車輛應使用密閉式貨箱，或以封蓋緊密覆蓋貨箱，封蓋採防塵布或防塵網者，應捆紮牢靠，邊緣應延伸覆蓋至貨箱上緣以下至少十五公分，其目的為防止砂石及其原料運輸時，其表層粉塵逸散至空氣中，或掉落路面。另運輸車輛貨箱亦應具有防止載運物料滴落污水、污泥之功能或設施。

#### 一、貨箱覆蓋

##### (一)設備規格

防塵布(網)，為不論其材質，具抑制粒狀污染物逸散功能，於車輛行駛中不致產生逸散及掉落逸散性粒狀污染物質於地面等空氣污染行為之防塵布(網)。

##### (二)施作方式

- 1.無論運輸車具是否為全載量或半載量，本措施之覆蓋率皆應達車斗表面之 100%(圖 3-17)。
- 2.運輸車裝載砂土石後，以防塵布(網)覆蓋必須完全緊密，並於車斗四周向下延伸 15cm 以上之長度，以確保土石載運中不致掉落。
- 3.本措施使用時必須加以牢靠固定於車身四周不致有脫落情形發生，並時常檢視防塵布，若有破損應立即修補或更換。
- 4.本措施表層若已有塵土等殘污物，應先行清洗乾淨。



圖3-17 砂石車貨箱覆蓋防塵布(網)實照

##### (三)成本

- 1.防塵布：3,000~5,000 元/式(約 9 × 3 公尺)。

2.防塵網：2,500~4,000 元/式(約 9 × 3 公尺)。

#### (四)防塵效率

1.防塵布：90%~100%。

2.防塵網：20%~30%。

## 二、貨箱防止載運物料滴落污水、污泥之設施

### (一)設備規格及施作方式

1.後檔門關閉後，貨箱底座仍有縫隙者

(1)於貨箱後端底座設置污水阻隔溝、污水導流管及污水收集筒，將貨箱後端底座滴落之污水及污泥以阻隔溝阻隔，導入污水導流管中，再收集至污水收集筒內(圖 3-18)。

(2)污水收集筒之污水應定時清除，避免溢流滴落至路面。

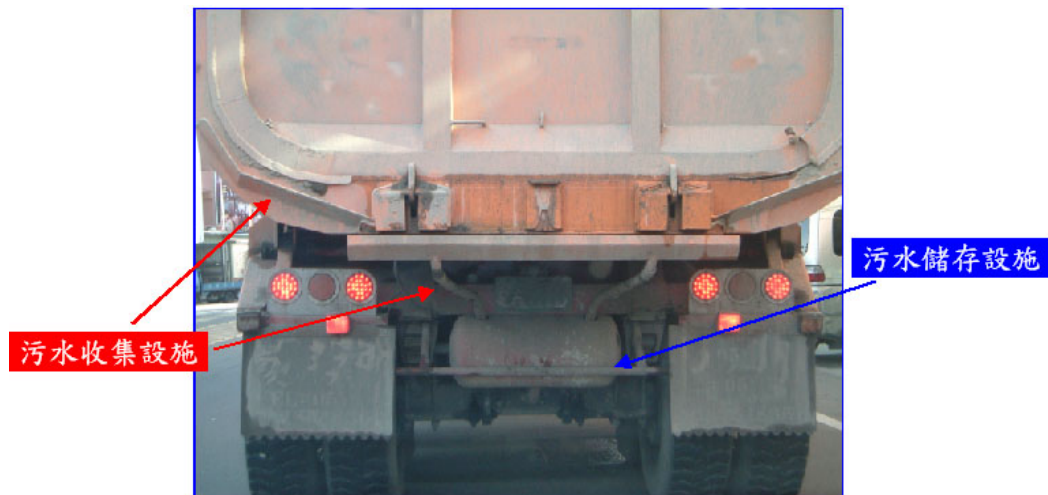


圖3-18 砂石車貨箱設置污水收集、儲存設施實照

2.後檔門關閉後，可完全覆蓋貨箱者

(1)於貨箱後端裝設橡膠墊片，貨箱後檔門關閉後，可使接縫處密合，將污水及污泥收集儲放於貨箱(圖 3-19)。

(2)貨箱橡膠墊片應定期更換，避免因橡膠老化、失去彈性，無法密合後檔門與貨箱接縫處，造成滴落污水之情況。



圖3-19 砂石車貨箱設置阻隔設施實照

(二)施作成本

1. 污水阻隔溝、導流管及收集筒：10,000~20,000 元/組。
2. 貨箱橡膠墊片：6,000~10,000 元/組。

### 3.2.8 車輛清洗設施

利用高壓水柱洗除砂石車及機具輪胎、車身夾帶之泥砂，防止其污染砂石場鄰近道路。

#### 一、設備規格

自動洗車設備至少應包含自動感應閘門、洗車台、噴水設施、廢水處理設備、告示牌及監測儀錶等 6 個設備，詳細規格如表 3-9 所示(圖 3-20)。

#### 二、設置方式

- (一)自動洗車設備建議設置於場區運輸車輛必經之交通動線上(如地磅站前後或門口警衛室旁)，便於規範駕駛使用洗車設備。
- (二)車輛通過自動洗車設備時間建議至少達 20 秒以上，以確實清洗車體及輪胎。
- (三)使用水源之懸浮固體物(SS)不宜超過 200 mg/L。
- (四)對沉砂池中之淤泥應定期抽除後，委託或自行妥善處理。



圖3-20 洗車平台實照

#### 三、成本

洗車平台因設置大小、類型及材質的不同，價格有一定程度的差異，根據實場訪談的結果，具有簡易沉砂池之洗車平台及其相關自動洗車設備一座約 60~200 萬元。

表 3-9 自動洗車設備規格

設備項目	設備規格
自動感應閘門	洗車設備入口應設置自動感應閘門，當運輸車輛進入洗車台時，能觸發電動閘門，啟動噴水設備運作。
洗車台	洗車台規格應符合下列規範之一：

設備項目	設備規格
	一、設置具跳動路面之洗車平台，且應符合下列規定： (一)平台寬度應大於運輸車輛寬度 1.2 倍。 (二)平台長度應大於運輸車輛長度。 (三)運輸車輛行駛於上，可產生上下振動，去除輪胎及車身沾黏之泥沙。 二、設置混凝土鋪設之洗車水槽，且應符合下列規定： (一)水槽寬度應大於運輸車輛寬度 1.2 倍。 (二)水槽長度應大於運輸車輛長度。 (三)水槽深度應達 30 公分以上，水深應達 20 公分以上。 (四)每日應置換洗車水槽廢水，置換廢水體積應為水槽容量 5 倍以上。
噴水設施	洗車台二側應設置噴水設備，且應符合下列規定： 一、噴水設備佈設總長度至少應大於洗車台長度，每一噴水口設置間隔應為 50 公分以下。 二、噴水口應採高低噴水角度間隔設置，沖洗高度範圍應涵蓋車體。 三、噴水設備之加壓馬達應達 15 馬力以上。 四、運輸車輛通行洗車台期間，應持續噴水。
廢水處理設備	設置具有效沉砂作用之沉砂池或廢水處理設備，洗車過程所產生之廢水應收集至廢水處理設備處理後，再回收利用或放流。
告示牌	自動洗車設備入口處應設立告示牌，告示牌內容應載明下列項目： 一、提醒駕駛人停等洗車警語。 二、洗車設備操作方式及洗車時間。
監測儀錶(右列監測儀錶擇一)	一、水錶 (一)應具記錄累計洗車用水量之功能。 (二)水錶應設置於加壓馬達前後一公尺範圍內之水管上。 (三)水錶與加壓馬達間水管不得有其他分流。 二、電錶：應具累計加壓馬達用電度數之功能。

資料來源：「固定污染源逸散性粒狀污染物空氣污染防制設施管理辦法」，行政院環境保護署，民國 100 年 2 月 11 日環署空字第 1000010897 A 號令修正發布。

#### 四、控制效率

自動洗車設備之防塵效率取決於是否能夠澈底清洗砂石車及機具輪胎、車身夾帶之泥砂，因此其 TSP 控制效率與用水量及壓力相關，若

徹底清洗，不使其夾帶泥砂，則其控制效率應可達 95%，自動洗車設備效率與用水量關係如圖 3-21 所示。

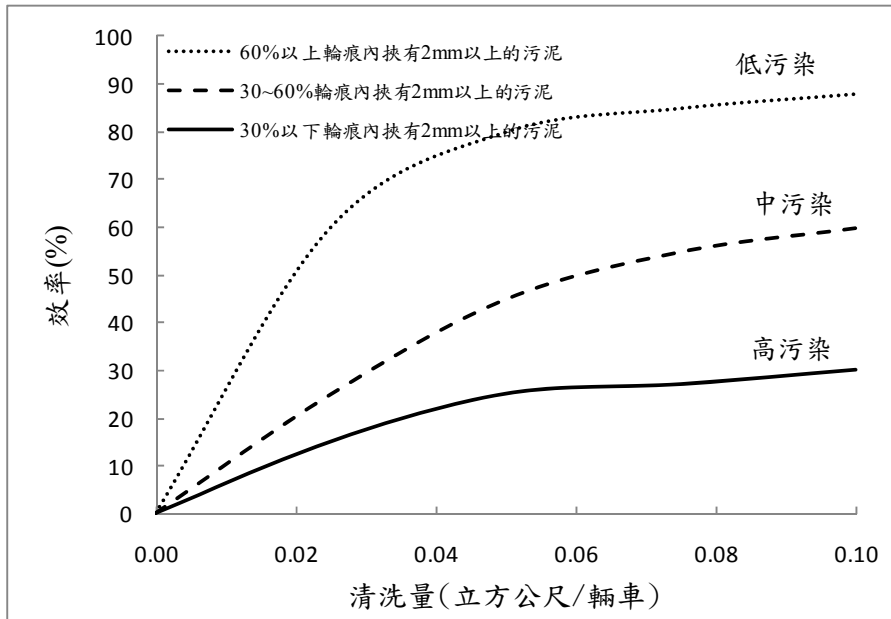


圖3-21 自動洗車設備之防塵效率與清洗水量關係圖



### 3.2.9 道路清掃

以洗掃街車或人力洗除道路上塵土，避免車輛行駛於上時，捲揚逸散至空氣中，達到降低揚塵污染之目的。

#### 一、掃街車

(一)設備規格建議如下表(圖 3-22)。

表 3-10 掃街車設備功能建議規範說明表

項目	規格功能規範	備註
吸塵方式	真空式	
有效清掃範圍	大於 2 公尺	
掃刷輔助噴水	應配備	作業期間 不得產生揚塵
出風口除塵設備	應配備	

資料來源：「街道揚塵洗掃作業執行手冊」，行政院環境保護署，民國 99 年 4 月。



圖3-22 掃街車作業實照

(二)施作方式建議如下表。

表 3-11 掃街作業建議參數

作業條件	建議參數
作業車速(km/hr)	$\leq 10$
噴水角度( $^{\circ}$ )	45
噴水水量 (L/min)	$\geq 0.2$
除塵效率( $\%$ )	$\geq 50$

資料來源：「街道揚塵洗掃作業執行手冊」，行政院環境保護署，民國 99 年 4 月。

(三)成本

以掃街車清掃道路包含設備購置費、設備操作費及設備維修費用等 3 項成本，如以每日掃街 6 小時，每日清掃 3 次，每年操作天數 365 日為計算基礎，各項費用說明如下：

1. 設備購置費：掃街車每日可負責清掃面積可達  $40,000\text{m}^2$  (車速  $10\text{km/hr}$ ，清掃範圍 2 公尺，每次清掃 2 小時)，以購置費用 372.5 萬元 (265 萬/台~480 萬/台)，使用壽命 10 年計價，掃街車購置費(折損成本)為  $9.31 \text{元}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 。
2. 設備操作費：包含油耗及人工操作費，油耗部分，每公升柴油可掃街 2.5 公里，以每公升柴油 26.78 元計價，則掃街車油耗為  $5.86 \text{元}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ ；人工操作費部分，以人力費用為 2,500 元/日·人，則人工操作費為  $22.81 \text{元}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 。
3. 設備維修費用以設備購置費及設備操作費之 15% 計價，則設備維修費用為  $5.70 \text{元}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 。
4. 綜合上述費用，掃街車清掃成本為  $43.68 \text{元}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 。

#### (四)防塵效率

掃街作業主要以去除街道路面塵土的方式，減少車行揚塵污染，依據「行政院環境保護署審查開發行為空氣污染物排放量增量抵換處理原則」附錄三規範，說明如下。

##### 1. 掃街作業粒狀污染物減量計算原則

方案一：街道揚塵洗掃減量 =  $\Sigma (EF_{\text{前}} - EF_{\text{後}}) \times VKT$

\* 街道揚塵洗掃減量：機車、小客貨車及大客貨車三種車型減量總計；單位為公克/認養期間。

\* EF：車行揚塵排放係數，單位為公克/公里 (參考 USEPA AP-42)。

洗掃街前之  $EF_{\text{前}} = K (sL_{\text{前}}/2)^{0.65} (W/3)^{1.5} (1 - (P/N))$

洗掃街後之  $EF_{\text{後}} = K (sL_{\text{後}}/2)^{0.65} (W/3)^{1.5} (1 - (P/N))$

K：排放因子常數 (TSP：24； $PM_{10}$ ：4.6； $PM_{2.5}$ ：1.1)

sL：認養道路路面坩土(粒徑  $\leq 75 \mu\text{m}$ )負荷量，單位公克/平方公尺，依本署「洗掃街作業執行品質抽查作業手冊」測定。

W：平均車重 (公噸) 含載重，假設機車：0.14 公噸、小客貨車 1.5 公噸、大貨客車 5 公噸。

P：認養期間，道路所在直轄市、縣市該年降雨時數 (以降雨量  $> 0.254$

mm 認定)。

\*N：認養期間總時數。

\*VKT：認養期間各型車輛通行里程數，單位為公里/認養期間。

方案二：依實際洗掃街道長度計算減量

街道揚塵洗掃減量＝洗掃街長度×街道揚塵洗掃減量係數

\*街道揚塵洗掃減量：單位為公斤。

\*洗掃街長度：單位為公里。

\*街道揚塵洗掃減量係數：單位為公斤/公里，係數見下表。

表 3-12 街道揚塵洗掃減量係數

污染物	TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
減量係數 (公斤/公里)	13.8	2.6	0.607

2.減量額度有效期限：洗掃街執行期間均有效。

3.減量額度監測佐證資料：街道揚塵洗掃機具功能、作業方式及紀錄應依環保署「道路洗掃認養工作參考手冊」及「街道揚塵洗掃作業執行手冊」執行。

## 二、洗街車

(一)設備規格建議如下表(圖 3-23)。

表 3-13 洗街車設備功能建議規範說明表

項目		規格功能規範	備註
噴水泵浦	類型	副引擎泵浦	非採 P.T.O.(Power Take Off device, 動力切換裝置) 噴水泵浦
	壓力	≥5 公斤/平方公分	
	流量	≥300 公升/分鐘	
噴嘴	類型	平扇式	噴嘴噴出之水柱應呈現平扇型
	噴水範圍	合計≥3 公尺	車頭左前、右前及車身一側噴嘴同時開啟時之平扇型水柱可清洗之總寬度
	數量	至少 4 個	車頭左前、右前及車身二側各一個
	上下角度	具上下 30~50 度範圍內調整之功能	噴水水柱與地面上下夾角

項目		規格功能規範	備註
	左右方向	具左右各 45 度範圍內調整之功能	噴水水柱與車輛行進方向左右夾角
	離地高度	介於 20~30 公分	
監督設備	水錶		應設置於可記錄洗街用水情形之位置，具備顯示瞬間流量及累計用水量功能

資料來源：「街道揚塵洗掃作業執行手冊」，行政院環境保護署，民國 99 年 4 月。



圖3-23 洗街車作業實照

(二)施作方式建議如下表。

表 3-14 洗街作業建議參數

項目		作業參數	備註
作業車速(公里/小時)		$\leq 20$	
噴水泵浦	壓力(公斤/平方公分)	$\geq 5$	
	單位道路長度用水量 (公噸/公里)	$\geq 0.9$	
噴嘴	開啟數量(個)	3	車頭左前、右前及靠路側車身側邊噴嘴
	上下角度(°)	45	噴水水柱與地面向上下夾角
	左右方向(°)	30	車頭左前、右前及側邊噴嘴，與車輛行進方向往路側轉 30°
	離地高度(公分)	20~30	
	噴水範圍(公尺)	$\geq 3$	車頭左前、右前及車身一側噴嘴同時開啟時之平扇型水柱可清洗之總寬度

資料來源：「街道揚塵洗掃作業執行手冊」，行政院環境保護署，民國 99 年 4 月。

(三)成本

以洗街車清洗道路包含設備購置費、設備操作費及設備維修費用等 3 項成本，如以每日洗街 6 小時，每日清洗 3 次，每年操作天數 365 日

為計算基礎，各項費用說明如下：

- 1.設備購置費：洗街車每日可負責清洗面積可達  $60,000\text{m}^2$  (車速  $20\text{km/hr}$ ，清洗範圍 3 公尺，每次清洗 1 小時，取水 1 小時)，以購置費用 275 萬元(250 萬/台~300 萬/台)，使用壽命 10 年計價，洗街車購置費(折損成本)為  $4.58\text{元}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 。
- 2.設備操作費：包含水費、油耗及人工操作費，水費部分，每日需用水 54 度，每度 7 元計價，則洗街車水費為  $2.30\text{元}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ ；油耗部分，每公升柴油可洗街 10 公里，以每公升柴油 26.78 元計價，則洗街車油耗為  $1.95\text{元}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ ；人工操作費部分，以人力費用為 2,500 元/日·人，則人工操作費為  $22.81\text{元}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 。
- 3.設備維修費用以設備購置費及設備操作費之 15%計價，則設備維修費用為  $4.75\text{元}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 。
- 4.綜合上述費用，掃街車清掃成本為  $36.39\text{元}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 。

#### (四)防塵效率

請參考本手冊第 3.2.9 節一、(四)說明。

## 第四章 案例說明

### 4.1 大型鋼鐵廠：○○鐵工廠股份有限公司

#### 一、 案例背景

##### (一) 製程與流程

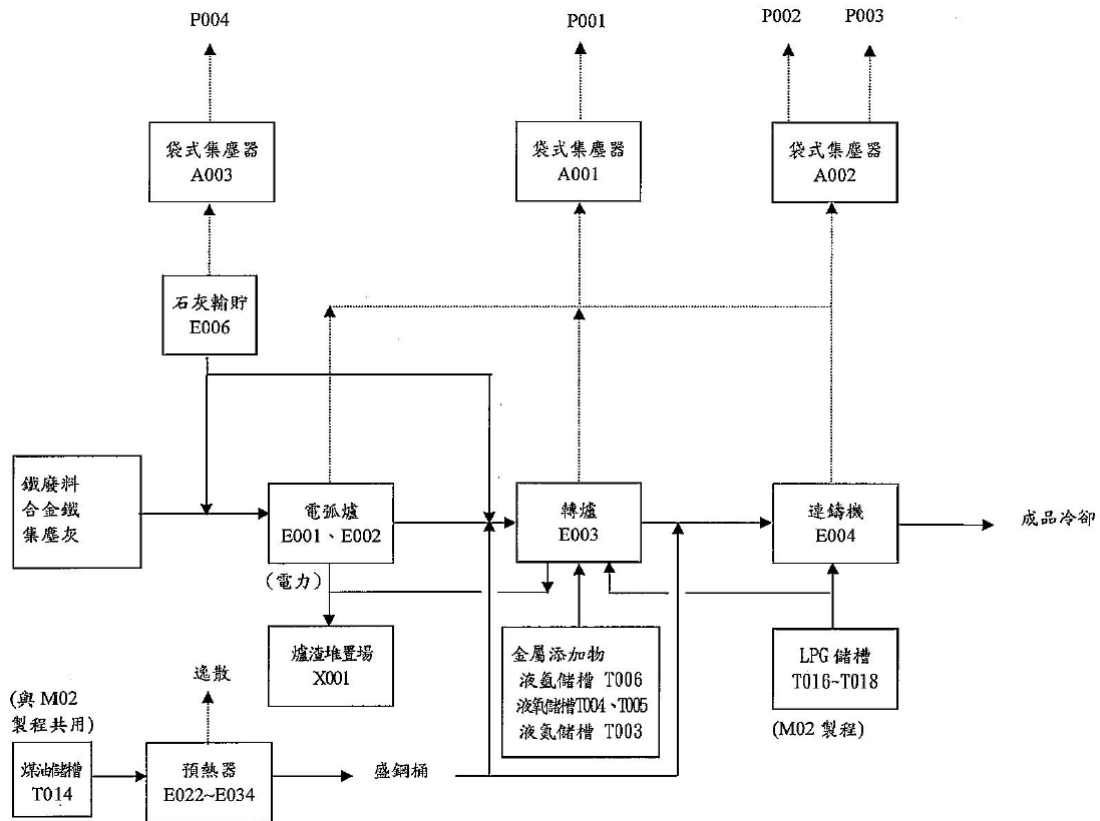


圖4.1 ○○鐵工廠股份有限公司製程圖

一、 步驟一：清查污染來源（出處）

○○鐵工廠股份有限公司顯著的粒狀污染物逸散情形，如下表 6.1 所示。

表 4.1 ○○鐵工廠股份有限公司逸散性粒狀污染物污染源

作業區	污染概況	實照
堆置作業	料堆常因風速的揚起作用易造成周界環境懸浮微粒的污染，導致周界的空氣品質瞬間變差	
輸送作業	無本項製程作業	
運輸作業	粒料裝卸不良，或長期沉降在場區內地面的塵埃土太多時，塵埃土附著車輪，造成路面有明顯車痕	 
裝卸作業	裝卸作業常因採行防制措施效率不足，造成目視可見的粒狀污染物逸散於空氣中之情形	
裸露區域	裸露地粒狀逸散污染物排放的最大特色為局部與短暫的污染現象	
周邊道路	無本項製程作業	

二、 步驟二：選擇可行控制措施

各作業區逸散粒狀污染選用的可行控制措施如表 4.2 所示。

表 4.2 ○○鐵工廠股份有限公司逸散粒狀污染物可行控制措施










作業區	控制措施	選用原因	實照
堆置 作業	防塵屏 (牆)	阻隔風吹或減低上風處之風速以防止逸散性粉塵揚起，並達到施工安全圍籬之功效	
	密閉式 建築	堆置區的逸散性粒狀污染物容易受到日照乾燥表面與風蝕作用造成粉塵揚起，採密閉式建築可有效避免粉塵揚起至環境中	
	自動噴灑	裝設自動噴灑水裝置，利用水之黏滯力與塵土相結合，避免擾動原本安定之物料，進而引起逸散性粒狀污染物揚起	
	尼龍織網	主要用於施工區各種逸散源臨時性揚塵控制，如土方、料堆之堆置地或裸露地之覆蓋，以減低逸散性粉塵揚起	
輸送 作業	無本項製程作業		



表 4.2 ○○鐵工廠股份有限公司逸散粒狀污染物可行控制措施(續 1)

作業區	控制措施	選用原因	實照
運輸 作業	廢鐵運輸 覆蓋防塵 網	用於防止砂土石運輸時掉落 地面，以避免風吹引起之揚 塵	
	自動洗車 設備	設置自動洗車設備，提供出 港車輛沖洗輪胎、車身，避 免車上附著之塵土，攜帶至 周邊道路，造成車行揚塵	
	混凝土	鋪設於作業施工區車行便道 出入口處或裸露地以防止車 行時捲起塵土與風吹之揚塵 以達到防塵之目地	
	瀝青 混凝土	鋪設於作業施工區車行便道 出入口處或裸露地以防止車 行時捲起塵土與風吹之揚塵 以達到防塵之目地	
	自動噴灑	裝設自動噴灑水裝置，利用 水之黏滯力與塵土相結合， 避免運輸機具擾動原本安定 之物料，進而引起逸散性粒 狀污染物揚起	

表 4.2 ○○鐵工廠股份有限公司逸散粒狀污染物可行控制措施(續 2)

作業區	控制措施	選用原因	實照
運輸 作業	自動噴灑	裝設自動噴灑水裝置，利用水之黏滯力與塵土相結合，避免運輸機具擾動原本安定之物料，進而引起逸散性粒狀污染物揚起	
	人工噴灑	利用水之黏滯力與塵土相結合，以降低因該逸散源風吹及運輸機具所引起之揚塵	
	中小型道路清掃車	定期以掃街車清掃裸露地面及車行道路，減少逸散性粒狀污染物揚起	
裝卸 作業	自動噴灑	裝設自動噴灑水裝置，利用水之黏滯力與塵土相結合，避免運輸機具擾動原本安定之物料，進而引起逸散性粒狀污染物揚起	
裸露 區域	植被綠化	裸露區域以種植草木方式，防制粒狀污染物逸散	
周邊 道路	無本項製程作業		

三、 步驟三：預估控制措施之效率及成本

各作業區逸散粒狀污染選用的可行控制措施之效率及成本，如表 4.3 所示。

表 4.3 ○○鐵工廠股份有限公司逸散粒狀污染物控制措施效率及成本

作業區	控制措施	成本	效率
堆置作業	防塵屏(牆)	施工規模 500 m <sup>2</sup> 以下為 5.0 元/m <sup>2</sup>	一般防塵屏之高度為 1.8 ~ 2.5 m 之間其防塵效率約為 20 ~ 50%
	密閉式建築	-	-
	自動噴灑	成本為 22,410 元/公頃·月	噴灑水強度 0.3mm/hr，TSP 的防塵效率可達 32%
堆置作業	尼龍織網	鋪設面積 500 m <sup>2</sup> 以下，施工費為 20 元/m <sup>2</sup>	覆蓋率達 100%時，TSP 的防塵防塵效率約為 10~20%
輸送作業	無本項製程作業		
運輸作業	土石運輸覆蓋不透防塵布	成本為 1,744 元	1. 採用有孔隙的防塵布，TSP 的防塵效率可達 95% 2. 採用塑膠布，TSP 的防塵效率可達 100%
	自動洗車設備	設置配有簡易沉砂池之自動洗車設備 成本單價每座約 60~200 萬	高污染，清洗量 0.1m/輛車，TSP 的防塵效率可達 30%
	混凝土	成本為 600~1,600 元/平方公尺	-
	瀝青混凝土	成本為 500~1,000 元/平方公尺	-
	自動噴灑	成本為 22,410 元/公頃·月	噴灑水強度 0.3mm/hr，TSP 的防塵效率可達 32%
	人工噴灑	成本為 14,700 元/公頃·月	噴灑水強度 0.3mm/hr，TSP 的防塵效率可達 32%

表 4.3 ○○鐵工廠股份有限公司逸散粒狀污染物控制措施效率及成本(續)

作業區	控制措施	成本	效率
運輸作業	中小型 道路清掃車	1. 固定成本為 2,979 元/月 2. 雜支為 38,370 元/月·公頃 3. 施用面積 21,000m <sup>2</sup> /日	難以均化值表現，可參考 掃街車及洗街車之防塵 效果
裝卸作業	自動噴灑	成本為 22,410 元/公 頃·月	噴灑水強度 0.3mm/hr， TSP 的防塵效率可達 32%
裸露區域	植被綠化	1. 依鋪灑方式的 不同，材料費為 2.5~6.7 元/ m <sup>2</sup> 2. 依鋪灑方式、面 積大小的不 同，施工費為 0.05~5.0 元/ m <sup>2</sup>	TSP 的防塵效率平均約 為 30~90%
周邊道路	無本項製程作業		

## 4.2 中型鋼鐵廠：○○企業(股)公司

### 一、 案例背景

#### (一) 燃料、物料說明

本煉鋼製程所使用之主要原料為廢鋼、鐵，副原料則有鐵合金(矽錳鐵)，助熔劑為生石灰、鎂碳磚、碳粉粒等；消耗性之器材則有電擊棒、耐火材料等。

#### (二) 製程與流程

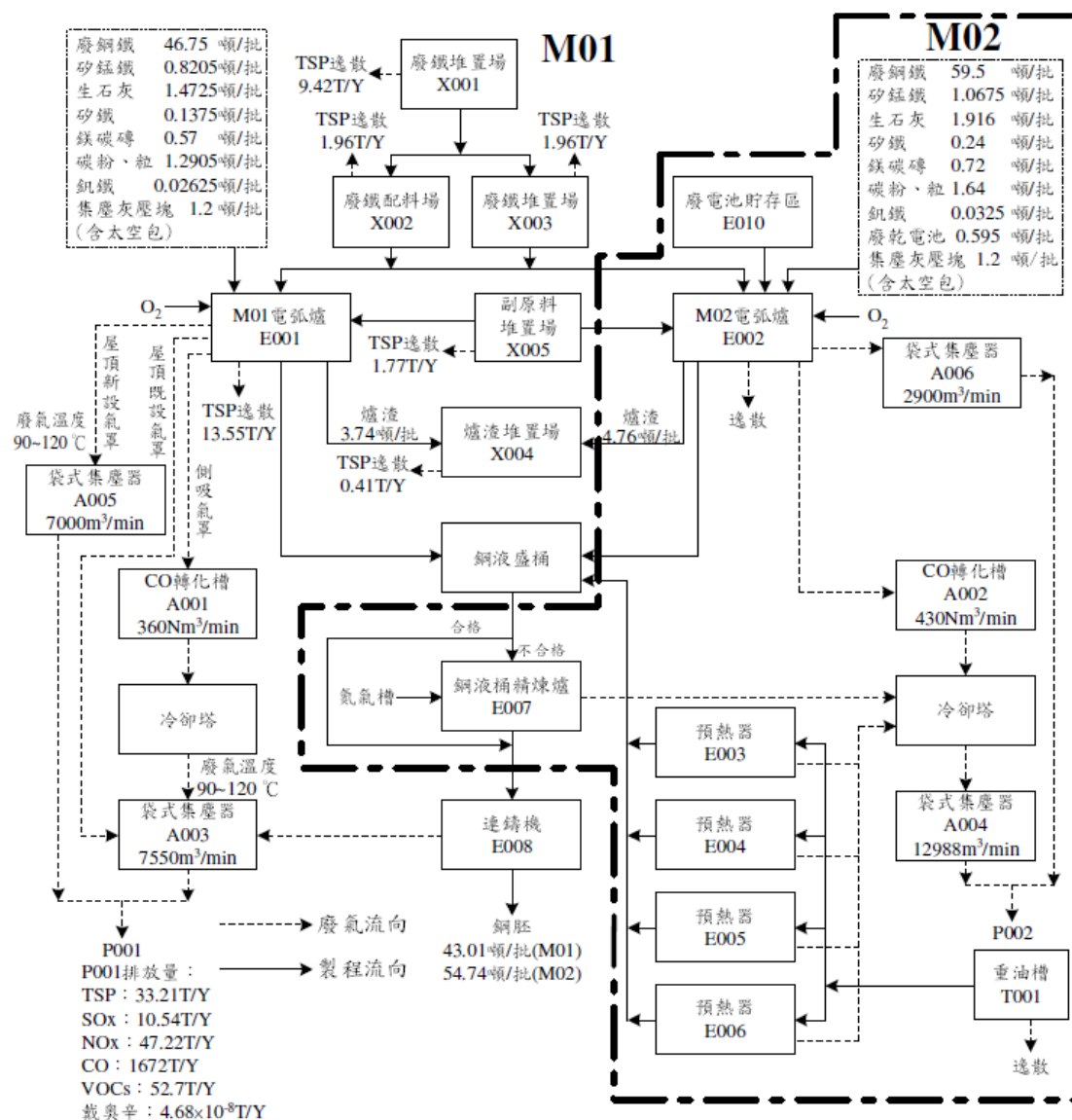


圖4.2 ○○企業(股)公司製程圖

二、 步驟一：清查污染來源（出處）

○○企業(股)公司顯著的粒狀污染物逸散情形，如下表 4.4 所示。

表 4.4 ○○企業(股)公司逸散性粒狀污染物污染源

作業區	污染概況	實照
堆置作業	料堆常因風速的揚起作用易造成周界環境懸浮微粒的污染，導致周界的空氣品質瞬間變差	
輸送作業	無本項製程作業	
運輸作業	粒料裝卸不良，或長期沉降在場區內地面的塵埃土太多時，塵埃土附著車輪，造成路面有明顯車痕	
裝卸作業	裝卸作業常因採行防制措施效率不足，造成目視可見的粒狀污染物逸散於空氣中之情形	
裸露區域	無本項製程作業	
周邊道路	無本項製程作業	

三、 步驟二：選擇可行控制措施

各作業區逸散粒狀污染選用的可行控制措施如表 6.5 所示。

表 4.5 ○○企業(股)公司逸散粒狀污染物可行控制措施


作業區	控制措施	選用原因	實照
堆置作業	密閉式建築	堆置區的逸散性粒狀污染物容易受到日照乾燥表面與風蝕作用造成粉塵揚起，採密閉式建築可有效避免粉塵揚起至環境中	
	防塵屏(牆)	阻隔風吹或減低上風處之風速以防止逸散性粉塵揚起，並達到施工安全圍籬之功效	
	自動噴灑	裝設自動噴灑水裝置，利用水之黏滯力與塵土相結合，避免擾動原本安定之物料，進而引起逸散性粒狀污染物揚起	
輸送作業	無本項製程作業		
運輸作業	密閉式貨櫃	阻隔粒狀污染物質逸散的可能	
	自動洗車設備	設置自動洗車設備，提供出港車輛沖洗輪胎、車身，避免車上附著之塵土，攜帶至周邊道路，造成車行揚塵	

表 4.5 ○○企業(股)公司逸散粒狀污染物可行控制措施(續 1)

作業區	控制措施	選用原因	實照
運輸 作業	混凝土	鋪設於作業施工區車行便道出入口處或裸露地以防止車行時捲起塵土與風吹之揚塵以達到防塵之目地	
	人工噴灑	裸露地粒狀物逸散源，利用水之黏滯力與塵土相結合，以降低因該逸散源風吹及運輸機具所引起之揚塵	
	中小型道路清掃車	定期以掃街車清掃裸露地面及車行道路，減少逸散性粒狀污染物揚起	
裝卸 作業	密閉式建築	裝卸作業採用密閉式作業，避免粒狀污染物揚起至環境中	
	自動噴灑	裝設自動噴灑水裝置，利用水之黏滯力與塵土相結合，減少逸散性粒狀污染物因機械擾動或被風吹起的可能	



表 4.5 ○○企業(股)公司逸散粒狀污染物可行控制措施(續 2)

作業區	控制措施	選用原因	實照
裝卸作業	人工噴灑	利用水之黏滯力與塵土相結合，以降低因該逸散源風吹及運輸機具所引起之揚塵	
裸露區域	無本項製程作業		
周邊道路	無本項製程作業		

#### 四、 步驟三：預估控制措施之效率及成本

各作業區逸散粒狀污染選用的可行控制措施之效率及成本，如表 4.6 所示。

表 4.6 ○○企業(股)公司逸散粒狀污染物控制措施效率及成本

作業區	控制措施	成本	效率
堆置作業	防塵屏(牆)	施工規模 500 m <sup>2</sup> 以下為 5.0 元/m <sup>2</sup>	一般防塵屏之高度為 1.8~2.5 m 之間其防塵效率約為 20~50%
	密閉式建築	-	-
	自動噴灑	成本為 22,410 元/公頃·月	噴灑水強度 0.3mm/hr，TSP 的防塵效率可達 32%
輸送作業	無本項製程作業		
運輸作業	密閉式貨櫃	-	-
	自動洗車設備	設置配有簡易沉砂池之自動洗車設備成本單價每座約 60~200 萬	高污染，清洗量 0.1m/輛車，TSP 的防塵效率可達 30%
	人工噴灑	成本為 14,700 元/公頃·月	噴灑水強度 0.3mm/hr，TSP 的防塵效率可達 32%

表 4.6 ○○企業(股)公司逸散粒狀污染物控制措施效率及成本(續)

作業區	控制措施	成本	效率
運輸作業	混凝土	成本為 600~1,600 元/平方公尺	-
	中小型道路清掃車	1. 固定成本為 2,979 元/月 2. 雜支為 38,370 元/月·公頃 3. 施用面積 21,000m <sup>2</sup> /日	難以均化值表現，可參考掃街車及洗街車之防塵效果
裝卸作業	密閉式建築	-	-
	自動噴灑	成本為 22,410 元/公頃·月	噴灑水強度 0.3mm/hr，TSP 的防塵效率可達 32%
	人工噴灑	成本為 14,700 元/公頃·月	噴灑水強度 0.3mm/hr，TSP 的防塵效率可達 32%
裸露區域	無本項製程作業		
周邊道路	無本項製程作業		

### 4.3 小型鋼鐵廠：○○○鋼鐵廠股份有限公司

#### 一、 案例背景

##### (一) 燃料、物料說明

本煉鋼廠製程所使用之主要原料為廢鋼、鐵、副原料則有矽錳鐵、矽鐵、增碳劑、焦炭，助熔劑為生石灰、石灰石。消耗性之物料則有電極棒、耐火材料、重油等。重油為輔助燃料，主要為縮短融鋼時間之用。

##### (二) 製程與流程

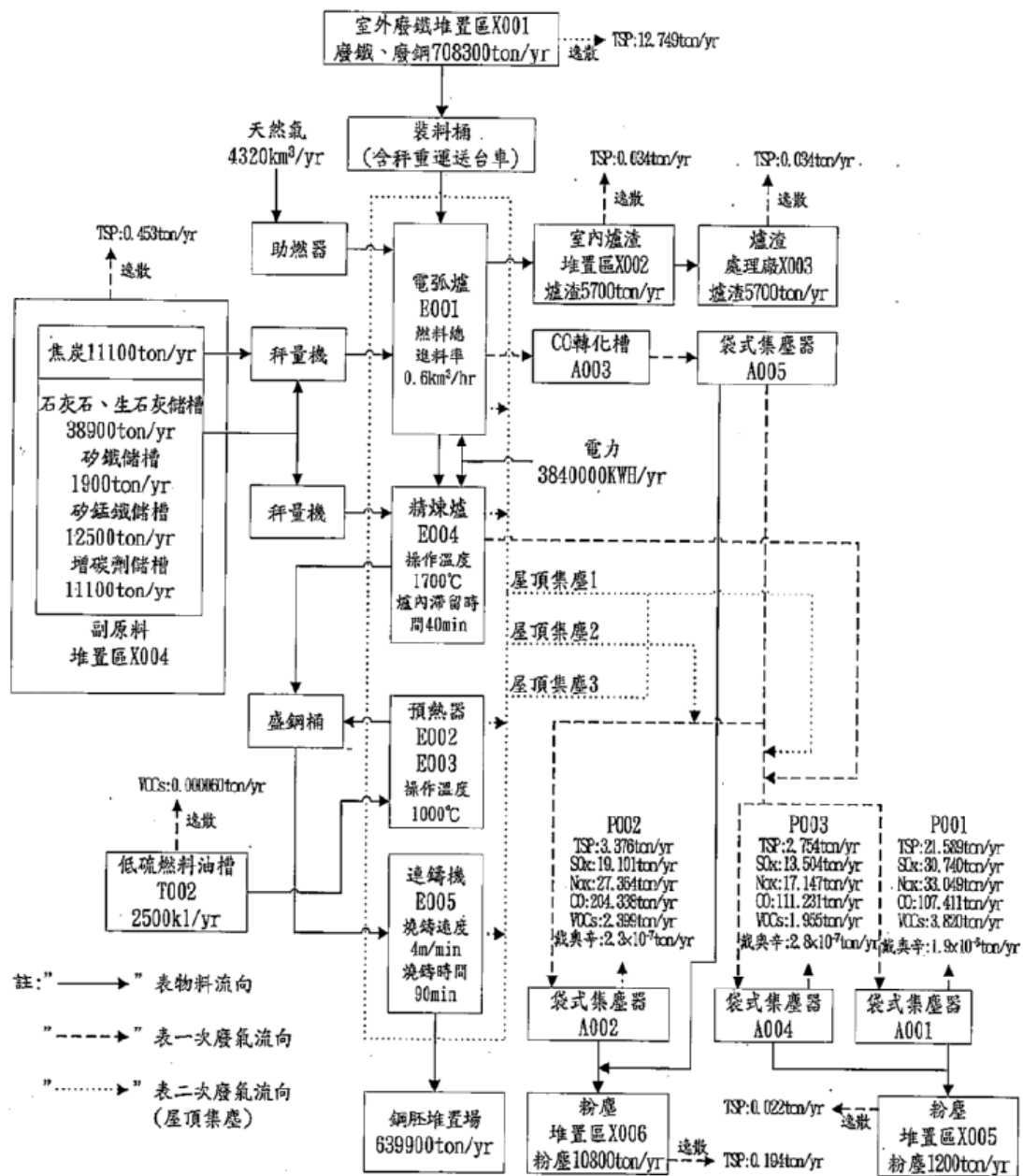


圖4.3 ○○○鋼鐵廠股份有限公司製程圖

二、 步驟一：清查污染來源（出處）

○○○鋼鐵廠股份有限公司顯著的粒狀污染物逸散情形，如下表 4.7 所示。

表 4.7 ○○○鋼鐵廠股份有限公司逸散性粒狀污染物污染源

作業區	污染概況	實照
堆置作業	堆置區的逸散性粒狀污染物容易受到日照乾燥表面與風蝕作用造成粉塵揚起	
輸送作業	無本項製程作業	
運輸作業	粒料裝卸不良，或長期沉降在場區內地面的塵垢土太多時，容易造成車輛在場區行駛之逸散揚塵	
裝卸作業	裝卸作業常因採行防制措施效率不足，造成目視可見的粒狀污染物逸散於空氣中之情形	
裸露區域	無本項製程作業	
周邊道路	無本項製程作業	

三、 步驟二：選擇可行控制措施

各作業區逸散粒狀污染選用的可行控制措施如表 4.8 所示。

表 4.8 ○○○鋼鐵廠股份有限公司逸散粒狀污染物可行控制措施

作業區	控制措施	選用原因	實照
堆置作業	防塵屏 (牆)	阻隔風吹或減低上風處之風速以防止逸散性粉塵揚起，並達到施工安全圍籬之功效	
	密閉式建築	堆置區的逸散性粒狀污染物容易受到日照乾燥表面與風蝕作用造成粉塵揚起，採密閉式建築可有效避免粉塵揚起至環境中	
	帆布 (塑膠布)	用於作業區之土方、料堆(堆置地)或裸露地等逸散源之覆蓋，以減低逸散性粉塵揚起	
輸送作業	無本項製程作業		
運輸作業	密閉式貨櫃	阻隔粒狀污染物質逸散的可能	

表 4.8 ○○○鋼鐵廠股份有限公司逸散粒狀污染物可行控制措施(續 1)

作業區	控制措施	選用原因	實照
運輸 作業	自動洗車 設備	設置自動洗車設備，提供出場車輛沖洗輪胎、車身，避免車上附著之塵土，攜帶至周邊道路，造成車行揚塵	
	鋼板	鋪設於作業施工區車行便道出入口處或裸露地以防止車行時捲起塵土與風吹之揚塵以達到防塵之目地	
	混凝土	鋪設於作業施工區車行便道出入口處或裸露地以防止車行時捲起塵土與風吹之揚塵以達到防塵之目地	
	人工噴灑	利用水之黏滯力與塵土相結合，以降低因該逸散源風吹及運輸機具所引起之揚塵	

表 4.8 ○○○鋼鐵廠股份有限公司逸散粒狀污染物可行控制措施(續 2)

作業區	控制措施	選用原因	實照
	中小型道路清掃車	定期以掃街車清掃裸露地面及車行道路，減少逸散性粒狀污染物揚起	 
裝卸作業	自動噴灑	裝設自動噴灑水裝置，利用水之黏滯力與塵土相結合，減少逸散性粒狀污染物因機械擾動或被風吹起的可能	
裸露區域	無本項製程作業		
周邊道路	無本項製程作業		

四、 步驟三：預估控制措施之效率及成本

各作業區逸散粒狀污染選用的可行控制措施之效率及成本，如表 4.9 所示。

表 4.9 ○○○鋼鐵廠股份有限公司逸散粒狀污染物控制措施效率及成本

作業區	控制措施	成本	效率
堆置作業	防塵屏(牆)	施工規模 500 m <sup>2</sup> 以下為 5.0 元/m <sup>2</sup>	一般防塵屏之高度為 1.8~2.5 m 之間其防塵效率約為 20~50%
	密閉式建築	-	-
	帆布(塑膠布)	鋪設面積 500 m <sup>2</sup> 以下，施工費為 93 元/m <sup>2</sup>	1.防塵布(纖維狀)完全覆蓋，TSP 的防塵效率可達 90% 2.塑膠布完全覆蓋，TSP 的防塵效率可達 100%
輸送作業	無本項製程作業		
運輸作業	密閉式貨櫃	-	-
	自動洗車設備	設置配有簡易沉砂池之自動洗車設備 成本單價每座約 60~200 萬	高污染，清洗量 0.1m/輛車，TSP 的防塵效率可達 30%
	中小型道路清掃車	1. 固定成本為 2,979 元/月 2. 雜支為 38,370 元/月·公頃 3. 施用面積 21,000m <sup>2</sup> /日	難以均化值表現，可參考掃街車及洗街車之防塵效果
	鋼板	成本單價為 1,420 元/m <sup>2</sup>	覆蓋率達 70%時，TSP 的防塵防塵效率約為 60%
	混凝土	成本為 600~1,600 元/平方公尺	-
	人工噴灑	成本為 14,700 元/公頃·月	噴灑水強度 0.3mm/hr，TSP 的防塵效率可達 32%



表 4.9 ○○○鋼鐵廠股份有限公司逸散粒狀污染物控制措施效率及成本(續)

作業區	控制措施	成本	效率
裝卸作業	自動噴灑	成本為 22,410 元/ 公頃·月	噴灑水強度 0.3mm/hr，TSP 的 防塵效率可達 32%
裸露區域	無本項製程作業		
周邊道路	無本項製程作業		