

採礦業逸散性粒狀污染物
防制技術手冊

行政院環境保護署

目錄

| | |
|----------------------------|-----|
| 目錄..... | I |
| 表目錄..... | II |
| 圖目錄..... | III |
| 第一章 前言..... | 1 |
| 第二章 作業流程與污染特性..... | 2 |
| 2.1 採礦作業流程..... | 2 |
| 2.2 污染物排放特性..... | 4 |
| 2.2.1 逸散粒狀污染物來源..... | 4 |
| 2.2.2 逸散性粒狀污染物排放量計算方式..... | 8 |
| 第三章 空氣污染防制設施規劃與設置..... | 10 |
| 3.1 空氣污染防制設施規劃與設置流程..... | 10 |
| 3.2 可行性控制技術說明..... | 17 |
| 3.2.1 擋風牆(屏)..... | 17 |
| 3.2.2 覆蓋措施..... | 20 |
| 3.2.3 灑水措施..... | 24 |
| 3.2.4 植生綠化..... | 29 |
| 3.2.5 噴灑化學穩定劑..... | 31 |
| 3.2.6 鋪面..... | 34 |
| 3.2.7 車輛貨箱防制措施..... | 37 |
| 3.2.8 車輛清洗設施..... | 40 |
| 3.2.9 道路清掃..... | 43 |
| 第四章 案例說明..... | 48 |
| 4.1 大型採礦場..... | 48 |
| 4.2 中型採礦場..... | 58 |
| 4.3 小型採礦場..... | 69 |

表目錄

| | |
|---|----|
| 表 2-1 礦場排放特性表 ----- | 5 |
| 表 3-1 礦場可採行之空氣污染防治技術彙整表----- | 13 |
| 表 3-2 堆置作業可採行之空氣污染防治設施----- | 15 |
| 表 3-3 裸露地可採行之空氣污染防治設施----- | 15 |
| 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----- | 16 |
| 表 3-5 植生綠化之施作方式----- | 29 |
| 表 3-6 不同植生綠化情形之防塵效率彙整表----- | 30 |
| 表 3-7 不同類別化學穩定劑防塵原理及優缺點說明表----- | 32 |
| 表 3-8 鋪設混凝土或瀝青混凝土防塵效率彙整表----- | 36 |
| 表 3-9 自動洗車設備規格----- | 41 |
| 表 3-10 掃街車設備功能建議規範說明表----- | 43 |
| 表 3-11 掃街作業建議參數----- | 43 |
| 表 3-12 街道揚塵洗掃減量係數----- | 45 |
| 表 3-13 洗街車設備功能建議規範說明表----- | 45 |
| 表 3-14 洗街作業建議參數----- | 46 |

圖目錄

| | |
|-------------------------------|----|
| 圖 2-1 採礦作業流程圖 | 3 |
| 圖 3-1 空氣污染防制設施規劃與設置流程圖 | 12 |
| 圖 3-2 設置混凝土擋風牆實照 | 18 |
| 圖 3-3 設置鐵皮擋風屏實照 | 19 |
| 圖 3-4 覆蓋防塵布實照 | 20 |
| 圖 3-5 覆蓋防塵網實照 | 21 |
| 圖 3-6 覆蓋稻草蓆實照 | 22 |
| 圖 3-7 鋪設鋼板實照 | 23 |
| 圖 3-8 採行人工灑水實照 | 24 |
| 圖 3-9 防塵效率與逸散源噴灑水強度(每平方公尺)關係圖 | 25 |
| 圖 3-10 採行自動灑水實照 | 26 |
| 圖 3-11 採行灑水車灑水實照 | 27 |
| 圖 3-12 施作植生綠化實照 | 29 |
| 圖 3-13 化學穩定劑防塵機制示意圖 | 31 |
| 圖 3-14 噴灑化學穩定劑實照 | 32 |
| 圖 3-15 鋪設粗級配實照 | 34 |
| 圖 3-16 鋪設混凝土及瀝青混凝土實照 | 35 |
| 圖 3-17 砂石車貨箱覆蓋防塵布(網)實照 | 37 |
| 圖 3-18 砂石車貨箱設置污水收集、儲存設施實照 | 38 |
| 圖 3-19 砂石車貨箱設置阻隔設施實照 | 39 |
| 圖 3-20 洗車平台實照 | 40 |
| 圖 3-21 自動洗車設備之防塵效率與清洗水量關係圖 | 42 |
| 圖 3-22 掃街車作業實照 | 43 |
| 圖 3-23 洗街車作業實照 | 46 |
| 圖 4-1 大型採礦場實拍 | 48 |
| 圖 4-2 中型採礦場實拍 | 58 |
| 圖 4-3 小型採礦場實拍 | 69 |

第一章 前言

臺灣地區礦產具有開發經濟價值而現正開採者，計有「能源礦產」類、「金屬礦產」類及「非金屬礦產」類3種，其中非金屬礦產資源，除石灰石、矽砂和粘土礦物部分產於西部地區外，其他主要多蘊藏於台灣東部，即中央山脈東翼之變質岩區域，其中尤以大理石蘊藏量最為豐富，據估計高達3千億公噸，這些非金屬礦物主要供應作為工業原料及石材原料使用。依據經濟部礦務局統計資料，截至100年底止臺灣地區礦場(不包括海域礦數及面積)計有282礦區，礦區總面積共計55,492公頃，其中開工礦場計有186礦區，占65.96%，面積共計41,249公頃。以開工礦場分布地區來看，花蓮縣最多計82礦區占有所有已開工礦區之44.08%；其次為宜蘭縣計46礦區占24.73%；再次為苗栗縣計18礦區占9.68%。就礦種來看，以大理石礦種居首位計77礦區占41.40%；其次為蛇紋石計23礦區占12.36%；再次為矽砂計15礦區占8.06%。然礦場開採、堆置、破碎、篩選、裝卸及運輸等作業，於作業過程逸散粒狀污染物，造成路面色差及揚塵污染，影響空氣品質，常引起民眾抱怨及陳情。

為提升固定污染源逸散性粒狀污染物管制成效，以改善空氣品質，環保署於98年1月8日訂定發布固定污染逸散性粒狀污染物空氣污染防制設施管理辦法(以下簡稱逸散源管理辦法)，規範公私場所應設置或採行有效抑制粒狀污染物逸散之空氣污染防制設施，採礦業為逸散源管理辦法適用對象。

為使採礦業者了解逸散源管理辦法規範內容，及各項空氣污染防制設施之採行時機及成本效益，以編列經費採行、設置污染防制設施，故編撰「採礦業逸散性粒狀污染物防制技術手冊」(以下簡稱本手冊)，本手冊內容包含土石礦開採程序與污染特性、可行性控制技術與原理、控制效率與成本、施作方法與時機及實際案例說明等，供環保局及採礦業者作為污染管制及採取空氣污染防制設施之參考。

第二章 作業流程與污染特性

2.1 採礦作業流程

礦區之分類，依據礦脈性質可分為表面開採礦與坑道採礦法，依開採方式及程序不同，對環境影響亦有所不同。工業用石礦生產方式以露天開採為主，包括階段式採掘法、單階斜面採掘法及單階下拔採掘法；水泥業礦區之開採方式主要為露天開採法與坑道開採法。土石礦開採程序如圖 2-1 所示，說明如下。

一、鑽孔、爆破作業。

二、開採作業

礦區進行挖掘開採作業，依不同的採礦方式運用不同的機具及作業方式進行開採。

三、裝載運輸作業

開採所得的礦石以重型傾卸車裝載運輸至卸料豎井。

四、輸送作業

礦石由卸料豎井以輸送帶輸送至飼料機、振篩機、破碎機、工廠或堆置場。

五、破碎、篩分作業

礦石直接傾卸進入飼料機，經由碎石機具進行顎碎、錐碎等過程後，再進行篩分作業，利用振篩機分離出符合需求之碎石成品，最後的成品以輸送帶運送至堆置場，或直接運至水泥廠。

六、運輸作業

工業用石礦成品以鏟裝車裝載至砂石車上，運輸至客戶場區。

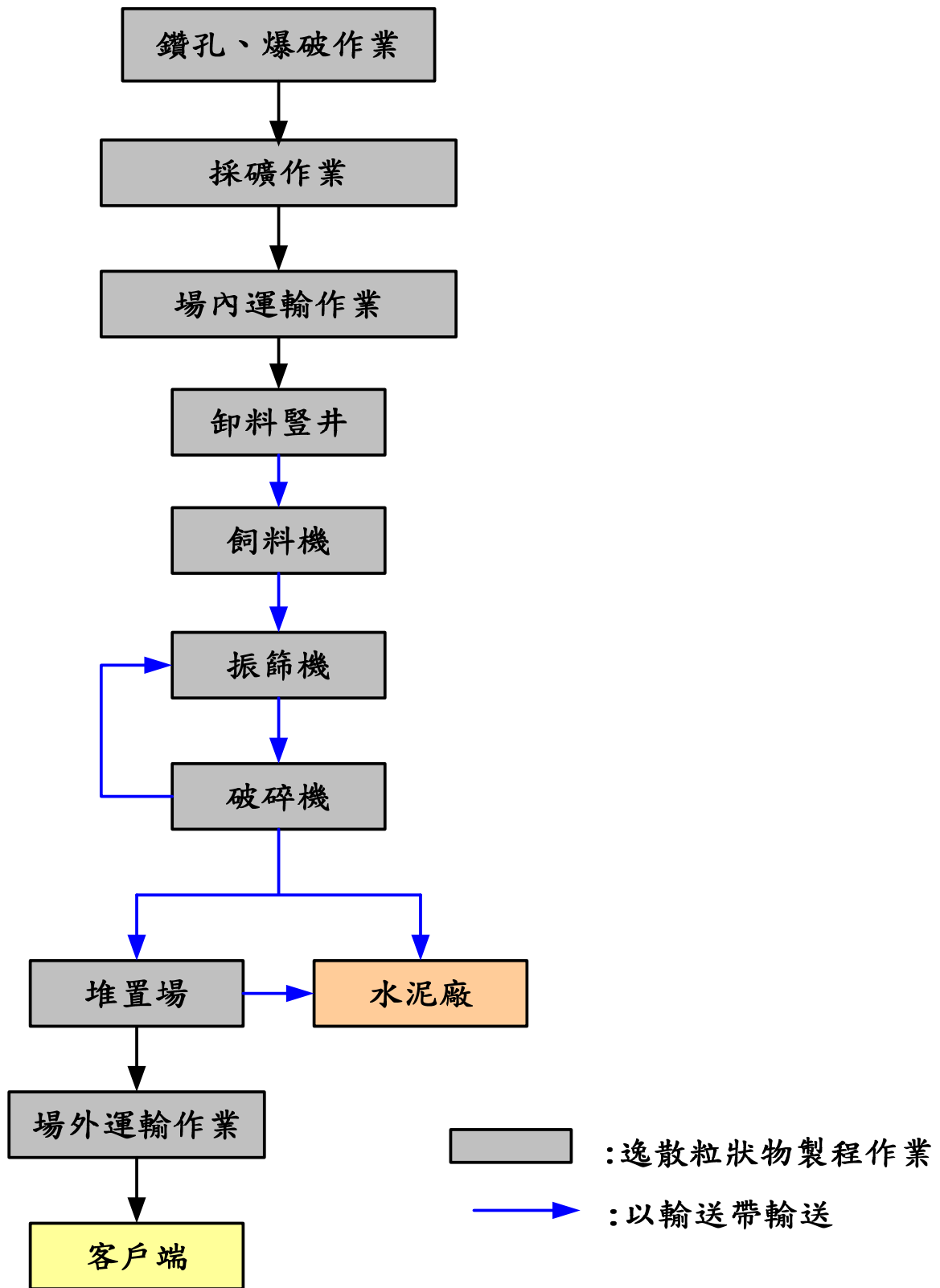


圖2-1 採礦作業流程圖

2.2 污染物排放特性

2.2.1 逸散粒狀污染物來源

礦區開採、輸送、破碎、篩分、堆置、裝卸及運輸等作業，於作業過程逸散粒狀污染物，造成路面色差及揚塵污染，影響空氣品質，常引起民眾抱怨及陳情。採礦業逸散粒狀污染物來源可分為下列七項，如表 2-1 所示：

一、開採作業

礦石開採作業，因機械擾動或破壞粒狀物結構，導致其揚起，逸散至空氣中。

二、輸送作業：

礦石在破碎及篩分製程中，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，引起粒狀物揚起，逸散至空氣中。

三、破碎、篩分作業：

破碎機將由礦區取得較大礦石壓碎或敲碎成所需之尺寸，在破碎過程中會產生細小粒狀物，經震動篩分過程中，劇烈擾動，逸散至空氣中。

四、堆置作業

礦場之礦石原料及成品露天堆置，易受到日照、風乾，使表層物料乾燥，經風蝕作用，導致粒狀物揚起，逸散至空氣中。

五、裝卸作業：

礦石原料及成品裝卸作業，因擾動原本安定之物料，引起粒狀物揚起，逸散至空氣中。

六、運輸作業：

運輸作業逸散粒狀污染物來源包含重型傾卸車(砂石車)載運物料逸散、車行揚塵及道路污染等，依序說明如下：

(一) 重型傾卸車(砂石車)運輸礦石原料及成品，倘車斗未緊密覆蓋，高速行駛下，載運物料沿途飛散或掉落路面，造成揚塵污染。

(二) 重型傾卸車(砂石車)或機具行駛於礦場內，因擾動地面塵土，使其捲揚，逸散至空氣中。

(三) 砂石車車體及輪胎沾粘、夾帶沙土，倘未清洗乾淨，直接駛出礦場，使附近道路表面因沙土等附著，造成與乾淨路面有顏色差異之情形。

七、裸露地：

礦場內地表土壤直接暴露於大氣之區域，易受到日照、風乾，使表層土壤

乾燥，經風蝕作用，導致粒狀物揚起，逸散至空氣中。

表 2-1 礦場排放特性表

| 污染源 | 主要污染物 | 造成原因 |
|-----------|--|--|
| 一、開採作業 | <p>礦石開採作業，因機械擾動或破壞粒狀物結構，導致其揚起，逸散至空氣中。</p> |  |
| 二、輸送作業 | <p>礦石在破碎及篩分製程中，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，引起粒狀物揚起，逸散至空氣中。</p> |  |
| 三、破碎、篩分作業 | <p>破碎機將由礦區取得較大礦石壓碎或敲碎成所需之尺寸，在破碎過程中會產生細小粒狀物，經震動篩分過程中，劇烈擾動，逸散至空氣中。</p> |  |

| 污染源 | 主要污染物 | 造成原因 |
|--------|--|--|
| 四、堆置作業 | <p>礦場之礦石原料及成品露天堆置，易受到日照、風乾，使表層物料乾燥，經風蝕作用，導致粒狀物揚起，逸散至空氣中。</p> |  |
| 五、裝卸作業 | <p>礦石原料及成品裝卸作業，因擾動原本安定之物料，引起粒狀物揚起，逸散至空氣中。</p> |  |
| 六、運輸作業 | <p>砂石車載運物料逸散</p> | <p>砂石車運輸砂石原料及成品，倘車斗未緊密覆蓋，高速行駛下，載運物料沿途飛散或掉落路面，造成揚塵污染；或因載運物料含水率高，沿途滴落污水、污泥至路面，造成道路污染。</p>  |

| 污染源 | | 主要污染物 | 造成原因 |
|-----|-------|--|--|
| | 車行揚塵 | 砂石車或機具行駛於礦場內，因擾動地面塵土，使其捲揚，逸散至空氣中。 |  |
| | 道路污染 | 砂石車車體及輪胎沾粘、夾帶沙土，倘未清洗乾淨，直接駛出礦場，使附近道路表面因沙土等附著，造成與乾淨路面有顏色差異之情形。 |  |
| | 七、裸露地 | 礦場內地表地表土壤直接暴露於大氣之區域，易受到日照、風乾，使表層土壤乾燥，經風蝕作用，導致粒狀物揚起，逸散至空氣中。 |  |

2.2.2 逸散性粒狀污染物排放量計算方式

採礦作業總懸浮微粒(以下簡稱 TSP)排放量的推估大多採用排放係數法，各污染源 TSP 排放量可以下列公式計算：

$$\text{排放量(公噸/年)} = \text{年活動強度} \times \text{排放係數} \times (1 - \text{控制因子})$$

活動強度:污染源類別相對之年活動量

排放係數:單位活動量之排放量

控制因子:指控制或防制設備之綜合控制效率

採礦作業 TSP 排放量的推估流程說明如下，詳細案例請參閱本手冊第四章說明。

步驟一 取得各污染源活動強度或面積，包含下列項目：

- ◎ 開採作業區面積。
- ◎ 礦石原料使用量。
- ◎ 礦石成品產量。
- ◎ 礦石原料及成品堆置量。
- ◎ 礦場內裸露地面積。

步驟二 將各污染源活動強度或面積乘上表 2-2 所對應之排放係數，即可估算其 TSP 的原始排放量。

步驟三 將各污染源 TSP 的原始排放量乘上其採行控制或防制設備之綜合控制效率，即可估算其 TSP 的削減量。

步驟四 將各污染源 TSP 的原始排放量扣除 TSP 的削減量，即可估算其 TSP 的實際排放量。

步驟五 將礦場內各污染源 TSP 的實際排放量加總，即可估算該場 TSP 的實際排放量。

表 2-2 採礦業 TSP 排放係數

| 作業 | 單元名稱 | 排放因子 | 排放係數 | 單位 |
|---------|-------|-------|---------|-----------|
| 卸料作業 | — | 卸料量 | 0.02229 | 公斤/公噸 |
| 裝載作業 | — | 裝載量 | 0.0248 | 公斤/公噸 |
| 運輸作業 | 鋪面道路 | 車行公里數 | 0.00703 | 公斤/公里 |
| | | 耗油量 | 0.0352 | 公斤/公升 |
| | | 運輸量 | 0.00423 | 公斤/公噸 |
| | 未鋪面道路 | 車行公里數 | 1.089 | 公斤/公里 |
| | | 耗油量 | 5.445 | 公斤/公升 |
| | | 運輸量 | 0.653 | 公斤/公噸 |
| 堆置作業 | 原料堆 | 堆置量 | 0.06 | 公斤/公噸 |
| | 六分石 | 堆置量 | 0.06 | 公斤/公噸 |
| | 三分石 | 堆置量 | 0.06 | 公斤/公噸 |
| | 二分石 | 堆置量 | 0.06 | 公斤/公噸 |
| | 砂 | 堆置量 | 0.06 | 公斤/公噸 |
| 破碎、篩選作業 | 顎碎機 | 原物料 | 0.009 | 公斤/公噸 |
| | 震動篩 | 原物料 | 0.06 | 公斤/公噸 |
| | 石庫 | 原物料 | 0.06 | 公斤/公噸 |
| | 錐碎機 | 原物料 | 0.009 | 公斤/公噸 |
| 輸送作業 | 接駁點 | 裝載量 | 0.014 | 公斤/公噸 |
| 裸露地風蝕揚塵 | — | 面積 | 0.00932 | 公斤/平方公尺/天 |

資料來源：1.美國環保署公告之 AP-42 排放係數手冊。

2.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」，民國 85 年 6 月。

第三章 空氣污染防治設施規劃與設置

環保署對於礦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，本章主要說明礦場空氣污染防治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 空氣污染防治設施規劃與設置流程

礦場空氣污染防治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治設施前，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治設施之依據，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治技術選用建議如表 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

依據空氣污染防治設施設置、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，除空氣污染防治設施之初設成本外，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、設置空氣污染防治設施時，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。

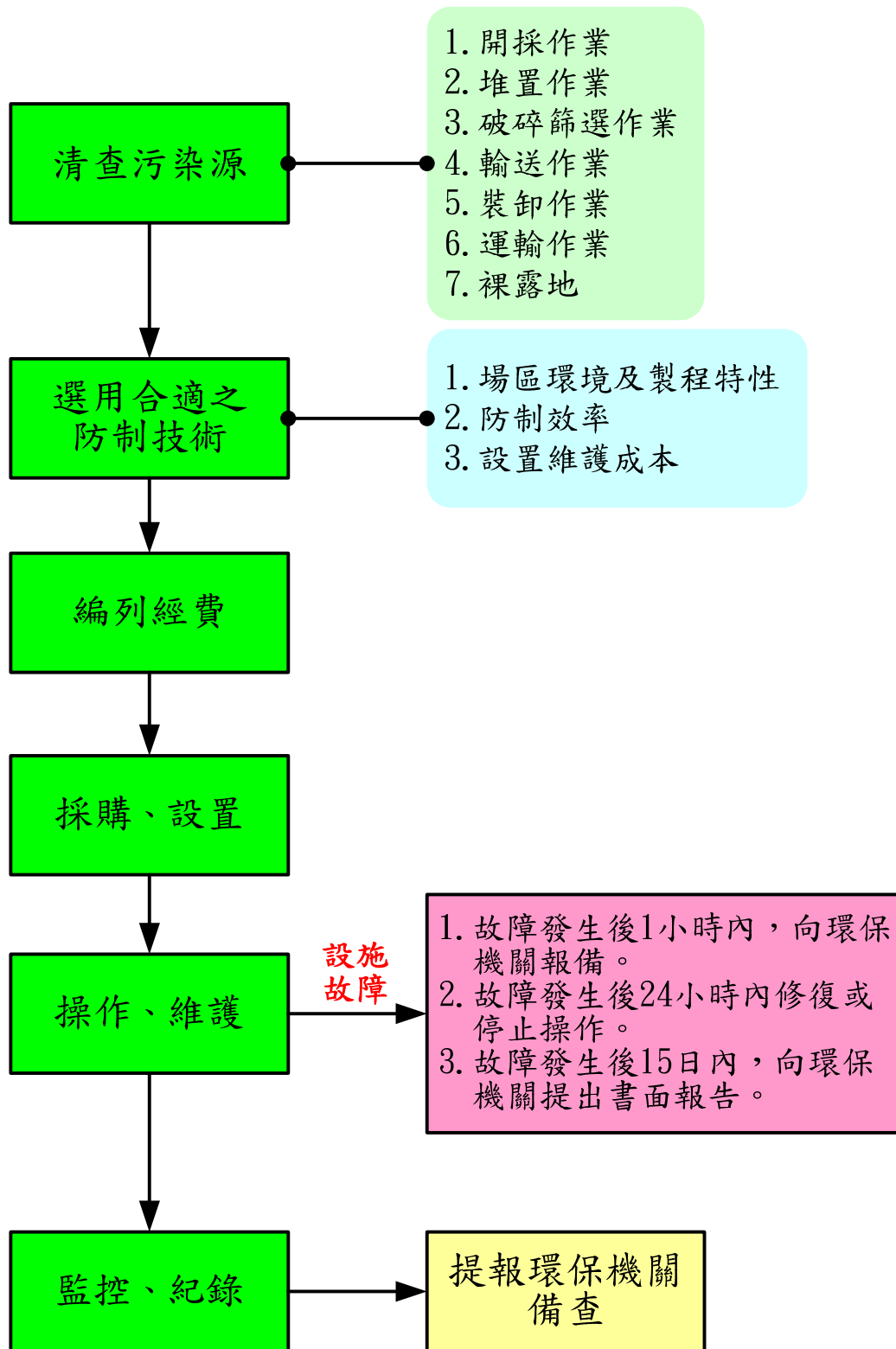


圖3-1 空氣污染防制設施規劃與設置流程圖

表 3-1 礦場可採行之空氣污染防制技術彙整表

| 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- 重型傾卸車 (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 | - | |
| 六 | 運輸作業- | 鋪設混凝土 | - | 應定期清 |

| 項次 | 污染源 | 可行性控制技術 | 法規規範 設置條件 | 其他規定 |
|--------------|----------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| | 車輛通行路 徑及區域 | 鋪設瀝青混凝土 | - | 洗，不得有 路面色差 |
| | | 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 1000010897A 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 | ○ | × | × | ○ | × | ○ | △ | × |
| 未來使用計畫 | 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，僅供空氣污染防制工作之參考，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，編列空氣污染防制經費。

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/m²。



圖3-2 設置混凝土擋風牆實照

2. 施工費用

- (1) 500m² 以下：20 元/ m²。
- (2) 500m²~1,000m²：17 元/ m²。
- (3) 1,000m² 以上：15 元/ m²。

3. 綜合上述費用，混凝土擋風牆成本為 102.17~153.33 元/ m²·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/m²。
- 2.施工費用
 - (1)500m² 以下：5 元/ m²。
 - (2)500m²~1,000m²：4.2 元/ m²。
 - (3)1,000m² 以上：3.5 元/ m²。
- 3.綜合上述費用，鐵皮擋風屏成本為 40.35~81.00 元/m²·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，常用於覆蓋堆置區之砂石原料或裸露地等污染源，常使用材質包含防塵布、防塵網、稻草蓆及鋼板等，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/m²。
- 2.覆蓋施工費用：約為 7~10 元/m²。
- 3.綜合上述費用，覆蓋防塵布成本為 42~60 元/m²·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/m²。
- 2.覆蓋施工費用：約為 7~10 元/m²。
- 3.綜合上述費用，覆蓋防塵網成本為 23~34 元/m²·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(本項為臨時性防制設施，供建廠或翻修工程使用)

(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/m² (不含運費)。
- 2.覆蓋施工費用：約為 7~10 元/m²。
- 3.綜合上述費用，覆蓋稻草蓆成本為 40~60 元/m²·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(本項為臨時性防制設施，供建廠或翻修工程使用)

(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/m²，
- 2.覆蓋施工費用：約為 20~30 元/m²。
- 3.綜合上述費用，覆蓋鋼板成本為 62~83 元/m²·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)

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 3-8)。
- 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/m² 以上。



圖3-8 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/m²，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 $6.16 \text{ 元/m}^2 \cdot \text{年}$ 。
- 2.人工操作費：每人每小時可灑水 $12,000\text{m}^2$ ，以人力費用 $2,500 \text{ 元/日} \cdot \text{人}$ 計價，人工灑水操作費為 $9.51/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 。
 - 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 $2.35 \text{ 元/m}^2 \cdot \text{年}$ 。
 - 4.綜合上述費用，人工灑水成本為 $18.02 \text{ 元/m}^2 \cdot \text{年}$ 。

(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 $0.3 \text{ mm H}_2\text{O/hr}$ 時，防塵效率約為 30%；在灑水強度 $0.6\text{mm H}_2\text{O/hr}$ 時，防塵效率可達 75%，如圖 3-9 所示。

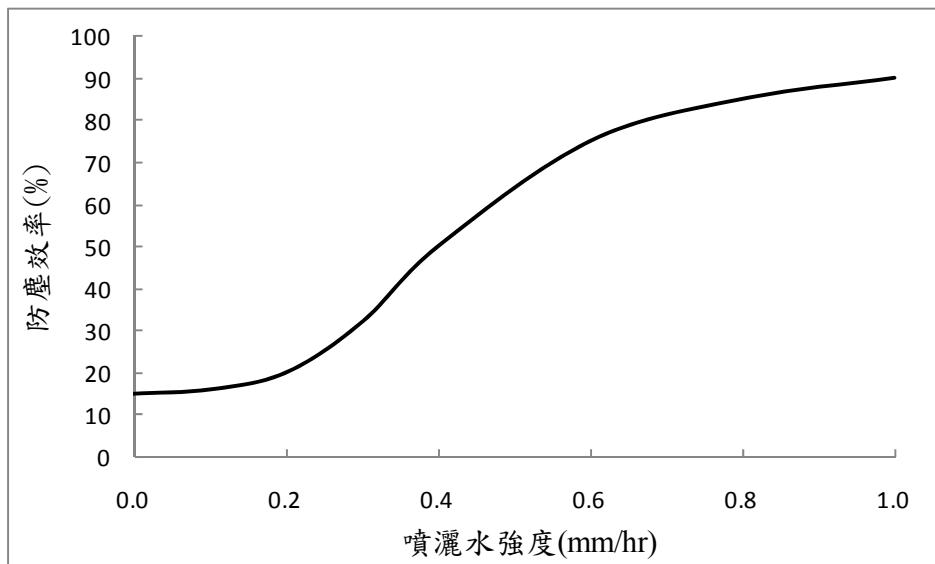


圖3-9 防塵效率與逸散源噴灑水強度(每平方公尺)關係圖

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^2 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 3-10)。
- 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/m² 以上。



圖3-10 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/m²，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 6.16 元/m²·年。
2. 設備購置費：自動灑水設備灑水範圍 100m²，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/m²·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/m²·年。

4.綜合上述費用，自動灑水成本為 24.33 元/m²·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 1.2m³ 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 km/hr(圖 3-11)。
- 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 公升/m² 以上。



圖3-11 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 公升/m²，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 6.16 元/m²·年。
- 2.設備購置費：小型灑水車每日灑水面積可達 12,500m²，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 元/m²·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 元/m²·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 元/m²·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 12.75 元/m²·年。
- 5.綜合上述費用，灑水車灑水成本為 97.76 元/m²·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 3-9 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3-12)。



圖3-12 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/m²。

(二)施工費用

1.500m² 以下：0.4~5.0 元/ m²。

2.500m²~1,000m²：0.2~4.0 元/ m²。

3.1,000m² 以上：0.1~3.0 元/ m²。

(三)養護費用：4.7~21.1 元/m²·年。

(四)綜合上述費用，植生綠化成本為 4.96~22.27 元/m²·年(倘無天然災害或人為破

壞，植生綠化應可永久使用，考量工廠場區整修週期，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 3-13)，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。

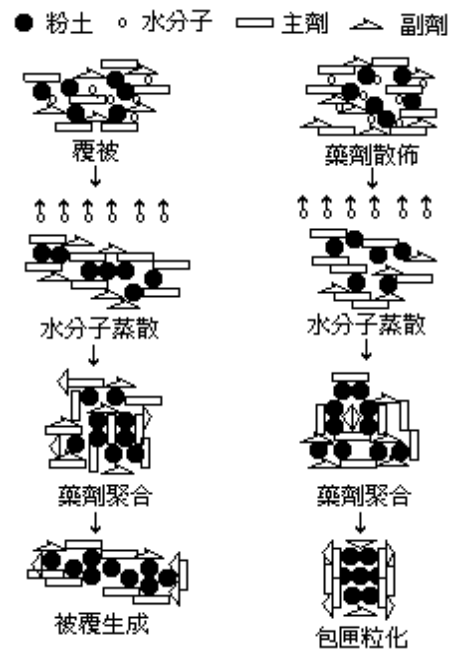


圖3-13 化學穩定劑防塵機制示意圖

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 3-14)。(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3-14 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、乙炔基丙烯酸 | 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/m²。

(二)噴灑施工費用

1.500m² 以下：3.5 元/ m²。

2.500m²~1,000m²：2.5 元/ m²。

3.1,000m² 以上：2.0 元/ m²。

(三)綜合上述費用，噴灑化學穩定劑成本為 109.71~149.14 元/m²·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

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

一、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 3-15)。
- 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3-15 鋪設粗級配實照

(三)成本

- 1.購置費用：依據 101 年經濟部礦務局統計資料，此材料成本單價約為 182~426 元/m³，以鋪設厚度 50 mm 計算，每平方公尺鋪設成本約為 9~21 元/m²。
- 2.鋪設施工費用：約為 7~10 元/m²。
- 3.綜合上述費用，鋪設粗級配成本為 64~124 元/m²·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%。

二、混凝土或瀝青混凝土

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/m²。

2.瀝青混凝土：730~950 元/m²。

(二)養護費用(取前項費用 15%)

1.混凝土：110~180 元/m²。

2.瀝青混凝土：110~143 元/m²。

(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/m²·年。

2.瀝青混凝土：168~219 元/m²·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，具抑制粒狀污染物質逸散功能，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。

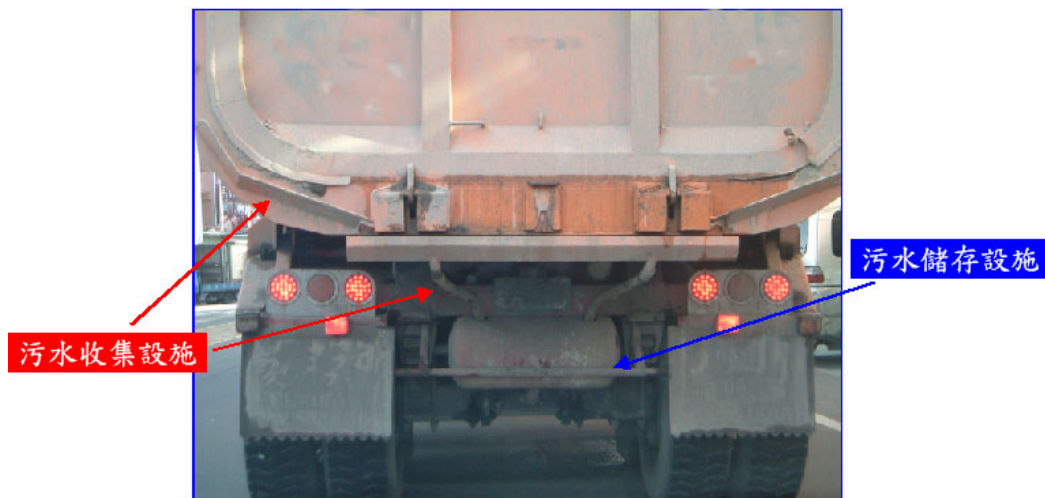


圖3-18 砂石車貨箱設置污水收集、儲存設施實照

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，防止其污染採礦場鄰近道路。

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 | <p>洗車台規格應符合下列規範之一：</p> <p>一、設置具跳動路面之洗車平台，且應符合下列規定：</p> <p>(一)平台寬度應大於運輸車輛寬度 1.2 倍。</p> <p>(二)平台長度應大於運輸車輛長度。</p> <p>(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。</p> <p>二、設置混凝土鋪設之洗車水槽，且應符合下列規定：</p> <p>(一)水槽寬度應大於運輸車輛寬度 1.2 倍。</p> <p>(二)水槽長度應大於運輸車輛長度。</p> <p>(三)水槽深度應達 30 公分以上，水深應達 20 公分以上。</p> <p>(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。</p> |
| 噴水設施 | <p>洗車台二側應設置噴水設備，且應符合下列規定：</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>三、噴水設備之加壓馬達應達 15 馬力以上。</p> <p>四、運輸車輛通行洗車台期間，應持續噴水。</p> |
| 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 | <p>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：</p> <p>一、提醒駕駛人停等洗車警語。</p> <p>二、洗車設備操作方式及洗車時間。</p> |
| 監測儀錶(右列監測儀錶擇一) | <p>一、水錶</p> <p>(一)應具記錄累計洗車用水量之功能。</p> <p>(二)水錶應設置於加壓馬達前後一公尺範圍內之水管上。</p> <p>(三)水錶與加壓馬達間水管不得有其他分流。</p> <p>二、電錶：應具累計加壓馬達用電度數之功能。</p> |

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。

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。

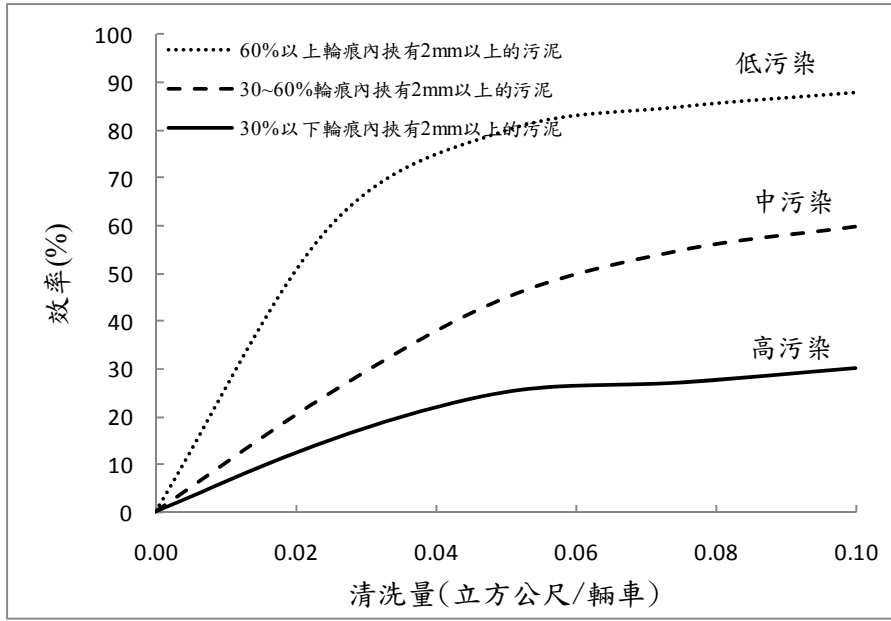


圖3-21 自動洗車設備之防塵效率與清洗水量關係圖

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) | ≤ 10 |
| 噴水角度($^{\circ}$) | 45 |
| 噴水水量 (L/min) | ≥ 0.2 |
| 除塵效率($\%$) | ≥ 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 40,000m²(車速 10km/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 元/m²·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 元/m²·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 元/m²·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 元/m²·年。
- 4.綜合上述費用，掃街車清掃成本為 43.68 元/m²·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=Σ (EF_前 - EF_後) ×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_前=K (sL_前/2)^{0.65} (W/3)^{1.5} (1- (P/N))

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

K：排放因子常數（TSP：24；PM₁₀：4.6；PM_{2.5}：1.1）

sL：認養道路路面坩土(粒徑≤75 μm)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 ₁₀ | PM _{2.5} |
|-----------------|------|------------------|-------------------|
| 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 |
| | 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) | | ≤ 20 | |
| 噴水泵浦 | 壓力(公斤/平方公分) | ≥ 5 | |
| | 單位道路長度用水量 (公噸/公里) | ≥ 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($^{\circ}$) | 45 | 噴水水柱與地面上下夾角 |
| | 左右方向($^{\circ}$) | 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) | ≥ 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 20km/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 元/m²·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 元/m²·年。

4.綜合上述費用，掃街車清掃成本為 36.39 元/m²·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 大型採礦場

一、基本資料






- (一)產能：20,000 噸/天
- (二)面積：499.7057 公頃
- (三)聯外道路：8 米寬
- (四)產品：石灰石



圖4-1 大型採礦場實拍

二、空氣污染防治設施規劃

(一)清查污染源

| 污染源 | 面積、數量及活動強度 | 實照 |
|--------|--|--|
| 堆置作業 | 場區內共有 1 處堆置區，堆置量共計約 259,875 公噸/年。 |  |
| 破碎篩選作業 | 1.隧道內共有 3 部滾飼機、1 部旋碎機。 2.作業處理量：20,000 公噸/天。 |  |
| 輸送作業 | 作業處理量：20,000 公噸/天。 |   |
| 裝卸作業 | 作業處理量：20,000 公噸/天。 |  |

| 污染源 | 面積、數量及活動強度 | 實照 | |
|------|--------------------------------|----|--|
| 運輸作業 | 1. 聯絡道路鋪設混凝土 2. 礦區內鋪設同等功能粒料 | |  |
| 裸露地 | 裸露地面積共約 97,500 平方公尺 | |  |

(二)選用合適之防制技術

步驟一 依據場區環境及製程特性篩選可採行之防制技術

| 污染源 | 防制技術種類 | 場區環境及製程特性 | 可採行之防制技術 |
|----------------|--|---|---|
| 堆置作業 | <ol style="list-style-type: none"> 1.堆置於封閉式建築物內 2.堆置區四周以防塵網或阻隔牆圍封 3.覆蓋防塵布或防塵網 4.噴灑化學穩定劑 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | <ol style="list-style-type: none"> 1.經常搬運 2.不需保持乾燥 3.可參雜其他物質 | <ol style="list-style-type: none"> 1.堆置於封閉式建築物內 2.堆置區四周以防塵網或阻隔牆圍封 3.覆蓋防塵布或防塵網 4.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 |
| 破碎、篩選作業 | <ol style="list-style-type: none"> 1.設置圍封式集氣系統 2.設置局部集氣系統 3.採用密閉式作業 4.於封閉式建築物內操作 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | - | <ol style="list-style-type: none"> 1.設置圍封式集氣系統 2.設置局部集氣系統 3.採用密閉式作業 4.於封閉式建築物內操作 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 |
| 輸送作業 | <ol style="list-style-type: none"> 1.於封閉式建築物內操作 2.採用密閉式輸送系統 3.局部集氣系統 4.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | <ol style="list-style-type: none"> 1.經常搬運 2.需保持乾燥 | <ol style="list-style-type: none"> 1.採用密閉式輸送系統 2.局部集氣系統 |
| 裝卸作業 | <ol style="list-style-type: none"> 1.設置圍封式集氣系統 2.設置局部集氣系統 3.採用密閉式作業 4.於封閉式建築物內操作 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | - | <ol style="list-style-type: none"> 1.設置圍封式集氣系統 2.設置局部集氣系統 3.採用密閉式作業 4.於封閉式建築物內操作 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 |
| 運輸作業-車輛通行路徑及區域 | <ol style="list-style-type: none"> 1.鋪設混凝土 2.鋪設瀝青混凝土 3.鋪設鋼板 4.鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水，使表面保持濕潤 | <ol style="list-style-type: none"> 1.35 噸~43 噸重車通行 2.路面需經常性灑水 | <ol style="list-style-type: none"> 1.鋪設混凝土 2.鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水，使表面保持濕潤 |
| 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 | 每日進出小於100車次 | 自動洗車設備 (逸散源管理辦法規定) |
| 裸露地 | <ol style="list-style-type: none"> 1.植生綠化 2.覆蓋稻草蓆或碎木 3.鋪設混凝土或瀝青混凝土 4.覆蓋防塵布或防塵網 | <ol style="list-style-type: none"> 1.面積大於0.5公頃 2.經常有機具或車輛於上 | <ol style="list-style-type: none"> 1.鋪設混凝土或瀝青混凝土 2.鋪設粗級配或粒料，並保持濕潤 |

| 污染源 | 防制技術種類 | 場區環境及製程特性 | 可採行之防制技術 |
|-----|---|---------------------------|----------|
| | 5.鋪設粗級配或粒料，並保持濕潤 6.噴灑化學穩定劑 7.定期灑水，使地面保持濕潤 | 活動 3.經常因產線調整或堆置礦石原料而變化 | 3.植生綠化 |

步驟二 依主管機關指定粒狀污染物削減量或公告之粒狀污染物容許增量限值，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。





案例礦場所在地主管機關未指定其之粒狀污染物削減量，因此略過本步驟。

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。

| 污染源 | 可採行之防制設施 | 空氣污染防制設施成本比較 | 選用之防制設施 | 原因 |
|----------------|---|--------------|--|----------------------------------|
| 堆置作業 | 1.堆置於封閉式建築物內 2.堆置區四周以防塵網或阻隔牆圍封 | 1>2 | 堆置於封閉式建築物內 | 考量生產作業效率及附近居民要求效率較佳設施 |
| 破碎、篩選作業 | 1.於封閉式建築物內操作 2.設置圍封式集氣系統 3.設置局部集氣系統 4.採用密閉式作業 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 1>2>3>4 | 設置圍封式集氣系統 | 考量生產作業效率及附近居民要求效率較佳設施 |
| 輸送作業 | 1.採用密閉式輸送系統 2.局部集氣系統 3.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 1>2>3 | 採用密閉式輸送系統 | 考量生產作業效率(礦區距水泥廠數公里)及附近居民要求效率較佳設施 |
| 裝卸作業 | 1.於封閉式建築物內操作 2.設置圍封式集氣系統 3.設置局部集氣系統 4.採用密閉式作業 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 1>2>3>4 | 於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 成本較低 |
| 運輸作業-車輛通行路徑及區域 | 1.鋪設混凝土 2.鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水，使表面保持濕潤 | 1>2 | 1.採鋪設混凝土 2.位於堆置區車行路徑，採鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水，使表面保持濕潤 | 考量法規規定及成本，車輛通行路徑及區域採2種不同防制設施 |

| 污染源 | 可採行之防制設施 | 空氣污染防制設施成本比較 | 選用之防制設施 | 原因 |
|----------------|---|-----------------|---------------------------------------|------|
| 運輸作業- 砂石車清洗 | 自動洗車設備 (逸散源管理辦法規定) | - | 自動洗車設備 | - |
| 裸露地 | 1.植生綠化 2.覆蓋防塵網 3.鋪設粗級配或粒料，並保持濕潤 4.定期灑水，使地面保持濕潤 | $1 > 2 > 3 > 4$ | 1.植生綠化 2.覆蓋防塵網 3.鋪設粗級配或粒料，並保持濕潤 | 成本較低 |

(三)空氣污染防治設施採行現況

| 污染源 | 採行防制設施 | 實照 |
|---------|-----------|--|
| 堆置作業 | 封閉式建築物 |  |
| 破碎、篩選作業 | 設置圍封式集氣系統 |  |
| 裝卸作業 | 水車加壓灑水設施 |   |

| 污染源 | 採行防制設施 | 實照 |
|----------------|----------|--|
| 輸送作業 | 密閉式輸送系統 |  |
| 運輸作業-車輛通行路徑及區域 | 鋪設混凝土 |  |
| | 鋪設同等功能粒料 |  |
| 運輸作業-運輸車輛清洗 | 自動洗車設備 |  |

| 污染源 | 採行防制設施 | 實照 |
|-----|--------------|--|
| | 植生綠化 |  |
| 裸露地 | 覆蓋防塵網 |  |
| | 定期灑水，使地面保持濕潤 |  |

4.2 中型採礦場

一、基本資料

(一)產能：16,500 噸/天

(二)面積：57 公頃

(三)聯外道路：8 米寬

(四)產品：石灰石





圖4-2 中型採礦場實拍

二、空氣污染防治設施規劃

(一)清查污染源

| 污染源 | 面積、數量及活動強度 | 實照 |
|--------|---|--|
| 堆置作業 | 場區內共有 1 處堆置區，堆置量共計約 87,000 公噸/年。 |  |
| 破碎篩選作業 | 1. 共有 7 部震飼機、2 部震篩機、1 部次碎機。 2. 作業處理量：168,500 公噸/天。 |  |
| 輸送作業 | 作業處理量：16,500 公噸/天。 |  |

| 污染源 | 面積、數量及活動強度 | 實照 |
|------|--------------------------------|---|
| 裝卸作業 | 作業處理量： 16,500 公噸/天。 |  |
| 運輸作業 | 1. 聯絡道路鋪設混凝土 2. 礦區內鋪設同等功能粒料 |  |

| 污染源 | 面積、數量及活動強度 | 實照 |
|-----|------------------------|--|
| 裸露地 | 裸露地面積共約 12,000 平方公尺 |  |

(二)選用合適之防制技術

步驟一 依據場區環境及製程特性篩選可採行之防制技術

| 污染源 | 防制技術種類 | 場區環境及製程特性 | 可採行之防制技術 |
|---------|--|---|---|
| 堆置作業 | <ol style="list-style-type: none"> 1.堆置於封閉式建築物內 2.堆置區四周以防塵網或阻隔牆圍封 3.覆蓋防塵布或防塵網 4.噴灑化學穩定劑 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | <ol style="list-style-type: none"> 1.經常搬運 2.不需保持乾燥 3.可參雜其他物質 | <ol style="list-style-type: none"> 1.堆置於封閉式建築物內 2.堆置區四周以防塵網或阻隔牆圍封 3.覆蓋防塵布或防塵網 4.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 |
| 破碎、篩選作業 | <ol style="list-style-type: none"> 1.設置圍封式集氣系統 2.設置局部集氣系統 3.採用密閉式作業 4.於封閉式建築物內操作 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | - | <ol style="list-style-type: none"> 1.設置圍封式集氣系統 2.設置局部集氣系統 3.採用密閉式作業 4.於封閉式建築物內操作 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 |
| 輸送作業 | <ol style="list-style-type: none"> 1.於封閉式建築物內操作 2.採用密閉式輸送系統 3.局部集氣系統 4.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | <ol style="list-style-type: none"> 1.經常搬運 2.需保持乾燥 | <ol style="list-style-type: none"> 1.採用密閉式輸送系統 2.局部集氣系統 |

| 污染源 | 防制技術種類 | 場區環境及製程特性 | 可採行之防制技術 |
|----------------|---|--|---|
| 裝卸作業 | <ol style="list-style-type: none"> 1.設置圍封式集氣系統 2.設置局部集氣系統 3.採用密閉式作業 4.於封閉式建築物內操作 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | - | <ol style="list-style-type: none"> 1.設置圍封式集氣系統 2.設置局部集氣系統 3.採用密閉式作業 4.於封閉式建築物內操作 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 |
| 運輸作業-車輛通行路徑及區域 | <ol style="list-style-type: none"> 1.鋪設混凝土 2.鋪設瀝青混凝土 3.鋪設鋼板 4.鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水，使表面保持濕潤 | <ol style="list-style-type: none"> 1.35 噸~43 噸重車通行 2.路面需經常性灑水 | <ol style="list-style-type: none"> 1.鋪設混凝土 2.鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水，使表面保持濕潤 |
| 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 | 每日進出小於100 車次 | 自動洗車設備 (逸散源管理辦法規定) |
| 裸露地 | <ol style="list-style-type: none"> 1.植生綠化 2.覆蓋稻草蓆或碎木 3.鋪設混凝土或瀝青混凝土 4.覆蓋防塵布或防塵網 5.鋪設粗級配或粒料，並保持濕潤 6.噴灑化學穩定劑 7.定期灑水，使地面保持濕潤 | <ol style="list-style-type: none"> 1.面積大於 0.5 公頃 2.經常有機具或車輛於上活動 3.經常因產線調整或堆置礦石原料而變化 | <ol style="list-style-type: none"> 1.鋪設混凝土或瀝青混凝土 2.鋪設粗級配或粒料，並保持濕潤 3.植生綠化 |

步驟二 依主管機關指定粒狀污染物削減量或公告之粒狀污染物污染物容許增量限值，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。

案例礦場所在地主管機關未指定其之粒狀污染物削減量，因此略過本步驟。

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。

| 污染源 | 可採行之防制設施 | 空氣污染防制設施成本比較 | 選用之防制設施 | 原因 |
|----------------|---|--------------|--|----------------------------------|
| 堆置作業 | 1.堆置於封閉式建築物內 2.堆置區四周以防塵網或阻隔牆圍封 3.覆蓋防塵布或防塵網 4.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 1>2>3>4 | 於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 成本較低 |
| 破碎、篩選作業 | 1.於封閉式建築物內操作 2.設置圍封式集氣系統 3.設置局部集氣系統 4.採用密閉式作業 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 1>2>3>4 | 1.設置圍封式集氣系統 2.倘破碎篩選過程中物料保持濕潤，則不需再設置、採行其他設施 | 考量生產作業效率及附近居民要求效率較佳設施 |
| 輸送作業 | 1.採用密閉式輸送系統 2.局部集氣系統 3.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 1>2>3 | 1.採用密閉式輸送系統 2.局部集氣系統 | 考量生產作業效率(礦區距水泥廠數公里)及附近居民要求效率較佳設施 |
| 裝卸作業 | 1.於封閉式建築物內操作 2.設置圍封式集氣系統 3.設置局部集氣系統 4.採用密閉式作業 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 1>2>3>4 | 於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 成本較低 |
| 運輸作業-車輛通行路徑及區域 | 1.鋪設混凝土 2.鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水，使表面保持濕潤 | 1>2 | 1.採鋪設混凝土 2.位於堆置區車行路徑，採鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水，使表面保持濕潤 | 考量法規規定及成本，車輛通行路徑及區域採2種不同防制設施 |
| 運輸作業-砂石車清洗 | 自動洗車設備 (逸散源管理辦法規定) | - | 自動洗車設備 | - |

| 污染源 | 可採行之防制設施 | 空氣污染防制設施成本比較 | 選用之防制設施 | 原因 |
|-----|--|--------------|----------------------------|------|
| 裸露地 | 1.植生綠化 2.覆蓋防防塵網 3.鋪設粗級配或粒料，並保持濕潤 4.定期灑水，使地面保持濕潤 | 1>2>3>4 | 1.植生綠化 2.鋪設粗級配或粒料，並保持濕潤 | 成本較低 |

(三)空氣污染防治設施採行現況

| 污染源 | 採行防制設施 | 實照 |
|---------|------------------------------|--|
| 堆置作業 | 於作業期間灑水，使物料保持濕潤 |  |
| 破碎、篩選作業 | 採濕式製程作業及設置局部集氣系統 設置局部集氣系統 |  |
| 輸送作業 | 密閉式輸送系統 |  |

| 污染源 | 採行防制設施 | 實照 |
|----------------|----------|--|
| 裝卸作業 | 水車加壓灑水設施 |  |
| | 設置灑水設施 |  |
| 運輸作業-車輛通行路徑及區域 | 鋪設混凝土 |  |

| 污染源 | 採行防制設施 | 實照 |
|-----------------|--------|--|
| | 鋪設粒料 |  |
| 運輸作業-運輸 車輛清洗 | 自動洗車設備 |  |
| 裸露地 | 植生綠化 |  |

| 污染源 | 採行防制設施 | 實照 |
|-----|--------------|--|
| | 定期灑水，使地面保持濕潤 |  A photograph showing a yellow dump truck on a gravel road. Water is being sprayed from the wheels, creating mist and wetting the ground. The background shows a hilly, mountainous landscape under an overcast sky. |

4.3 小型採礦場

一、基本資料

(一)產能：126,000 噸/年

(二)面積：6.4084 公頃

(三)聯外道路：8 米寬

(四)產品：瓷土礦



圖4-3 小型採礦場實拍

二、空氣污染防治設施規劃

(一)清查污染源

| 污染源 | 面積、數量及活動強度 | 實照 |
|--------|--|--|
| 堆置作業 | 場區內共有 1 處堆置區，堆置量共計約 5,000 公噸/年。 |  |
| 破碎篩選作業 | 1. 共有 1 部震飼機、1 部震篩機、1 部次碎機。 2. 作業處理量：12,600 公噸/天。 |  |
| 輸送作業 | 作業處理量：12,600 公噸/天。 |  |

| 污染源 | 面積、數量及活動強度 | 實照 |
|------|--------------------------------|--|
| 裝卸作業 | 作業處理量：12,600 公噸/天。 |  |
| 運輸作業 | 1. 聯絡道路鋪設混凝土 2. 礦區內鋪設同等功能粒料 |  |
| 裸露地 | 裸露地面積共約 9,500 平方公尺 |  |

(二)選用合適之防制技術

步驟一 依據場區環境及製程特性篩選可採行之防制技術

| 污染源 | 防制技術種類 | 場區環境及製程特性 | 可採行之防制技術 |
|----------------|--|---|---|
| 堆置作業 | <ol style="list-style-type: none"> 1.堆置於封閉式建築物內 2.堆置區四周以防塵網或阻隔牆圍封 3.覆蓋防塵布或防塵網 4.噴灑化學穩定劑 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | <ol style="list-style-type: none"> 1.經常搬運 2.不需保持乾燥 3.可參雜其他物質 | <ol style="list-style-type: none"> 1.堆置於封閉式建築物內 2.堆置區四周以防塵網或阻隔牆圍封 3.覆蓋防塵布或防塵網 4.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 |
| 破碎、篩選作業 | <ol style="list-style-type: none"> 1.設置圍封式集氣系統 2.設置局部集氣系統 3.採用密閉式作業 4.於封閉式建築物內操作 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | - | <ol style="list-style-type: none"> 1.設置圍封式集氣系統 2.設置局部集氣系統 3.採用密閉式作業 4.於封閉式建築物內操作 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 |
| 輸送作業 | <ol style="list-style-type: none"> 1.於封閉式建築物內操作 2.採用密閉式輸送系統 3.局部集氣系統 4.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | <ol style="list-style-type: none"> 1.經常搬運 2.需保持乾燥 | <ol style="list-style-type: none"> 1.採用密閉式輸送系統 2.局部集氣系統 |
| 裝卸作業 | <ol style="list-style-type: none"> 1.設置圍封式集氣系統 2.設置局部集氣系統 3.採用密閉式作業 4.於封閉式建築物內操作 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | - | <ol style="list-style-type: none"> 1.設置圍封式集氣系統 2.設置局部集氣系統 3.採用密閉式作業 4.於封閉式建築物內操作 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 |
| 運輸作業-車輛通行路徑及區域 | <ol style="list-style-type: none"> 1.鋪設混凝土 2.鋪設瀝青混凝土 3.鋪設鋼板 4.鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水，使表面保持濕潤 | <ol style="list-style-type: none"> 1.35 噸~43 噸重車通行 2.路面需經常性灑水 | <ol style="list-style-type: none"> 1.鋪設混凝土 2.鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水，使表面保持濕潤 |
| 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 | 每日進出小於100車次 | 自動洗車設備 (逸散源管理辦法規定) |
| 裸露地 | <ol style="list-style-type: none"> 1.植生綠化 2.覆蓋稻草蓆或碎木 3.鋪設混凝土或瀝青混凝土 4.覆蓋防塵布或防塵網 | <ol style="list-style-type: none"> 1.面積大於0.5公頃 2.經常有機具或車輛於上 | <ol style="list-style-type: none"> 1.鋪設混凝土或瀝青混凝土 2.鋪設粗級配或粒料，並保持濕潤 |

| 污染源 | 防制技術種類 | 場區環境及製程特性 | 可採行之防制技術 |
|-----|---|---------------------------|----------|
| | 5.鋪設粗級配或粒料，並保持濕潤 6.噴灑化學穩定劑 7.定期灑水，使地面保持濕潤 | 活動 3.經常因產線調整或堆置礦石原料而變化 | 3.植生綠化 |

步驟二 依主管機關指定粒狀污染物削減量或公告之粒狀污染物容許增量限值，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。

案例礦場所在地主管機關未指定其之粒狀污染物削減量，因此略過本步驟。

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。

| 污染源 | 可採行之防制設施 | 空氣污染防制設施成本比較 | 選用之防制設施 | 原因 |
|----------------|---|--------------|--|------------------------------|
| 堆置作業 | 1.堆置於封閉式建築物內 2.堆置區四周以防塵網或阻隔牆圍封 3.覆蓋防塵布或防塵網 4.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 1>2>3>4 | 於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 成本較低 |
| 破碎、篩選作業 | 1.於封閉式建築物內操作 2.設置圍封式集氣系統 3.設置局部集氣系統 4.採用密閉式作業 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 1>2>3>4 | 破碎篩選過程中物料保持濕潤，則不需再設置、採行其他設施 | 成本較低 |
| 輸送作業 | 1.採用密閉式輸送系統 2.局部集氣系統 3.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 1>2>3 | 於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 成本較低 |
| 裝卸作業 | 1.於封閉式建築物內操作 2.設置圍封式集氣系統 3.設置局部集氣系統 4.採用密閉式作業 5.於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 1>2>3>4 | 於作業期間灑水，使物料保持濕潤 | 成本較低 |
| 運輸作業-車輛通行路徑及區域 | 1.鋪設混凝土 2.鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水，使表面保持濕潤 | 1>2 | 1.採鋪設混凝土 2.位於堆置區車行路徑，採鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水，使表面保持濕潤 | 考量法規規定及成本，車輛通行路徑及區域採2種不同防制設施 |
| 運輸作業-砂石車清洗 | 自動洗車設備 (逸散源管理辦法規定) | - | 自動洗車設備 | - |

| 污染源 | 可採行之防制設施 | 空氣污染防制設施成本比較 | 選用之防制設施 | 原因 |
|-----|---|--------------|----------------------------|------|
| 裸露地 | 1.植生綠化 2.覆蓋防塵網 3.鋪設粗級配或粒料，並保持濕潤 4.定期灑水，使地面保持濕潤 | 1>2>3>4 | 1.植生綠化 2.鋪設粗級配或粒料，並保持濕潤 | 成本較低 |

(三)空氣污染防制設施採行現況

| 污染源 | 採行防制設施 | 實照 |
|---------|-----------------|--|
| 堆置作業 | 於作業期間灑水，使物料保持濕潤 |  |
| 破碎、篩選作業 | 採濕式製程作業 |  |

| 污染源 | 採行防制設施 | 實照 |
|--------------------|-----------------|--|
| 裝卸作業 | 水車加壓灑水設施 |  |
| 輸送作業 | 於作業期間灑水，使物料保持濕潤 |  |
| 運輸作業-車輛 通行路徑及區域 | 鋪設混凝土 |  |

| 污染源 | 採行防制設施 | 實照 |
|-----------------|--------|--|
| | 鋪設粒料 |  |
| 運輸作業-運輸 車輛清洗 | 自動洗車設備 |  |
| 裸露地 | 植生綠化 |  |

| 污染源 | 採行防制設施 | 實照 |
|-----|--------------|---|
| | 定期灑水，使地面保持濕潤 |  A yellow high-pressure water truck is shown in operation at a construction site. The truck is spraying water onto a dirt road, creating a misty spray. The truck has Chinese characters on its side, including '保安清潔' (Security and Cleaning) and '高壓灑水車' (High-pressure Water Sprayer). The background shows a rocky, excavated area. |

參考文獻

- 一、Elmore, M. R., and J. N. Hartley, *Techniques for Controlling Fugitive Dust From Uranium Mill Tailings*, *Nuclear Safety*, 26(1):63-74, 1985.
- 二、Matsusaka S., and H. Masuda, *Particle Reentrainment from a Fine Powder Layer in a Turbulent Air Flow*, *Aerosol Sci. Technol.*, 24:69~84, 1996.
- 三、Western Governors' Association, 2006. *WRAP Fugitive Dust Handbook*, prepared by Countess Environmental 4001 Whitesail Circle, Westlake Village, CA 91361(WGA Contract No. 30204-111).
- 四、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。
- 五、國科會，「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。
- 六、國科會，「裸露地逸散性粒狀空氣污染物的控制技術研究」，1999年。
- 七、環保署，「營建工程空氣污染防制費徵收制度與研修計畫」，2000年。
- 八、環保署，「逸散污染源粒狀污染物管制計畫」，2005年。
- 九、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。
- 十、環保署，「逸散污染源粒狀污染物管制推動及檢討計畫」，2006年。