

# 港區作業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.....	III
圖目錄.....	III
第一章 前言.....	1
第二章 作業流程與污染特性.....	2
第三章 空氣污染防制設施規劃與設置.....	6
3.1 空氣污染防制設施規劃與設置流程.....	6
3.2 可行性控制技術說明.....	13
3.2.1 擋風牆(屏).....	13
3.2.2 覆蓋措施.....	16
3.2.3 灑水措施.....	21
3.2.4 植生綠化.....	26
3.2.5 噴灑化學穩定劑.....	28
3.2.6 鋪面.....	31
3.2.7 車輛貨箱防制措施.....	33
3.2.8 車輛清洗設施.....	36
3.2.9 道路清掃.....	39
第四章 案例說明.....	44

## 表目錄

表 3-1 港區可採行之空氣污染防制技術彙整表 .....	9
表 3-2 堆置作業可採行之空氣污染防制設施 .....	11
表 3-3 裸露地可採行之空氣污染防制設施 .....	11
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 .....	12
表 3-5 植生綠化之施作方式 .....	26
表 3-6 不同植生綠化情形之防塵效率彙整表 .....	27
表 3-7 不同類別化學穩定劑防塵原理及優缺點說明表 .....	29
表 3-8 鋪設混凝土或瀝青混凝土防塵效率彙整表 .....	32
表 3-9 自動洗車設備規格 .....	36
表 3-10 掃街車設備功能建議規範說明表 .....	39
表 3-11 掃街作業建議參數 .....	39
表 3-12 街道揚塵洗掃減量係數 .....	41
表 3-13 洗街車設備功能建議規範說明表 .....	41
表 3-14 洗街作業建議參數 .....	42

## 圖目錄

圖 2-1 一般港區進貨作業流程(出貨則反向)及可能逸散粒狀污染物來源 .....	3
圖 3-1 空氣污染防制設施規劃與設置流程圖 .....	8
圖 3-2 設置混凝土擋風牆實照 .....	14
圖 3-3 設置鐵皮擋風屏實照 .....	15
圖 3-4 覆蓋防塵布實照 .....	16
圖 3-5 覆蓋防塵網實照 .....	17
圖 3-6 覆蓋稻草蓆實照 .....	18
圖 3-7 鋪設鋼板實照 .....	19
圖 3-8 鋪設粗級配實照 .....	20
圖 3-9 採行人工灑水實照 .....	21
圖 3-10 防塵效率與逸散源噴灑水強度(每平方公尺)關係圖 .....	22
圖 3-11 採行自動灑水實照 .....	23
圖 3-12 採行灑水車灑水實照 .....	24
圖 3-13 施作植生綠化實照 .....	26
圖 3-14 化學穩定劑防塵機制示意圖 .....	28
圖 3-15 噴灑化學穩定劑實照 .....	29
圖 3-16 鋪設混凝土及瀝青混凝土實照 .....	31
圖 3-17 砂石車貨箱覆蓋防塵布(網)實照 .....	33
圖 3-18 砂石車貨箱設置污水收集、儲存設施實照 .....	34
圖 3-19 砂石車貨箱設置阻隔設施實照 .....	35
圖 3-20 洗車平台實照 .....	36
圖 3-21 自動洗車設備之防塵效率與清洗水量關係圖 .....	38
圖 3-22 掃街車作業實照 .....	39
圖 3-23 洗街車作業實照 .....	42

## 第一章 前言

港區之固定污染源，包括物料裝卸、運輸、輸送、堆置等作業，於作業過程逸散粒狀污染物，造成路面色差及揚塵污染；此外，陸地上柴油貨車及海上船舶等移動污染源，於貨物運輸過程產生空氣污染，均影響空氣品質，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，港區內商港棧埠設施經營業、工業專用港經營業、船舶貨物裝卸承攬業及港區管理機關皆為逸散源管理辦法適用對象。

為使港區內相關業者及管理機關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「港區作業逸散性粒狀污染物防制技術手冊」(以下簡稱本手冊)，本手冊內容包含港區污染特性、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、港區內相關業者及管理機關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

無論港區的營運項目為何，其所涉及的逸散性粒狀污染物之作業及其排放特性說明如下(參見圖 2-1，表 2-1)：

### 一、堆置作業：

一般港區內之煤炭、砂石、水泥及廢鐵...等逸散性粒狀污染物質，常因運送時間的調度，有露天堆置於碼頭或後線棧場情形，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。

### 二、輸送作業：

港區砂石、煤...等逸散性粒狀污染物質，常需以皮帶輸送系統將貨物由商船輸送至堆置區、儲倉或貨車，在過程中易因機械擾動，引起粒狀物揚起，逸散至空氣中。

### 三、裝卸作業：

碼頭區及堆置區逸散性粒狀污染物質裝卸作業，因擾動原本安定之物料，引起粒狀物揚起，逸散至空氣中。

### 四、運輸作業：

逸散粒狀污染物來源包含貨車載運物料逸散、車行揚塵及道路污染等，依序說明如下：

- (一) 貨車運輸逸散性粒狀污染物質，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。
- (二) 貨車或裝卸機具行駛於港區內，因擾動地面塵土，使其捲揚，逸散至空氣中。
- (三) 貨車車體及輪胎沾粘、夾帶沙土，倘未清洗乾淨，直接駛出港區，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。

### 五、裸露地：

港區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。

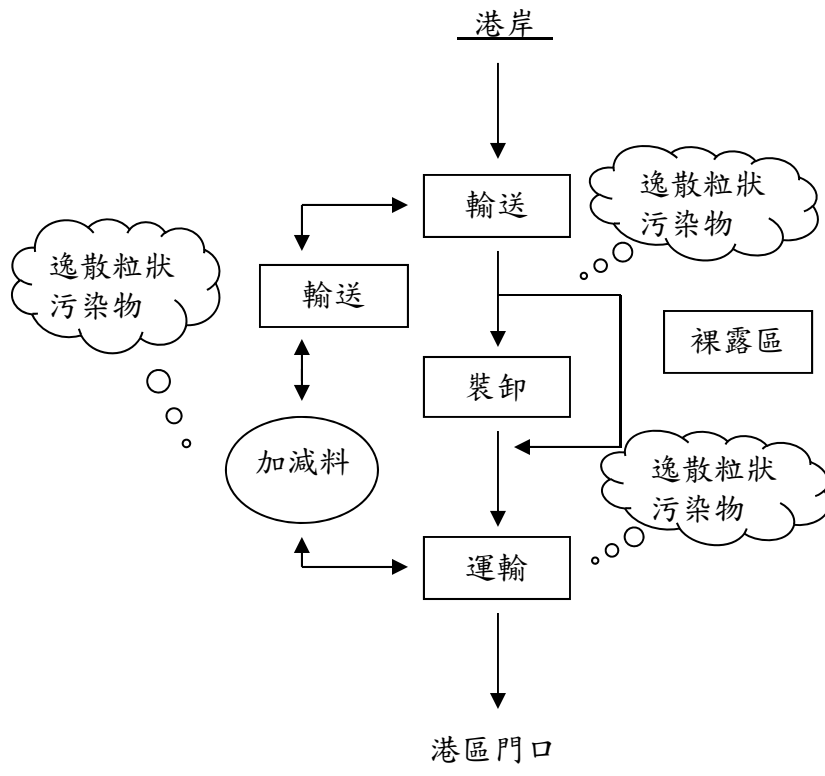


圖2-1 一般港區進貨作業流程(出貨則反向)及可能逸散粒狀污染物來源

表2-1 港區作業逸散粒狀污染物特性說明表

污染源	主要污染物	造成原因
一、堆置作業	逸散性粒狀污染物質露天堆置於碼頭或後線棧場情形，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	
二、輸送作業	港區逸散性粒狀污染物質，常需以皮帶輸送系統將貨物由商船輸送至堆置區、儲倉或貨車，在過程中易因機械擾動，引起粒狀物揚起，逸散至空氣中	
三、裝卸作業	碼頭區及堆置區逸散性粒狀污染物質裝卸作業，因擾動原本安定之物料，引起粒狀物揚起，逸散至空氣中	
四、運輸作業	貨車載運物料逸散	<p>貨車運輸逸散性粒狀污染物質，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	貨車或裝卸機具行駛於港區內，因擾動地面塵土，使其捲揚，逸散至空氣中	
	道路污染	貨車車體及輪胎沾粘、夾帶沙土，倘未清洗乾淨，直接駛出港區，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	
五、裸露地		港區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	

## 第三章 空氣污染防制設施規劃與設置

環保署對於港區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，本章主要說明港區空氣污染防制設施規劃與設置方式，及可行性控制技術技術原理、效率與成本。

### 3.1 空氣污染防制設施規劃與設置流程

港區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、選用合適之控制技術

##### 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。

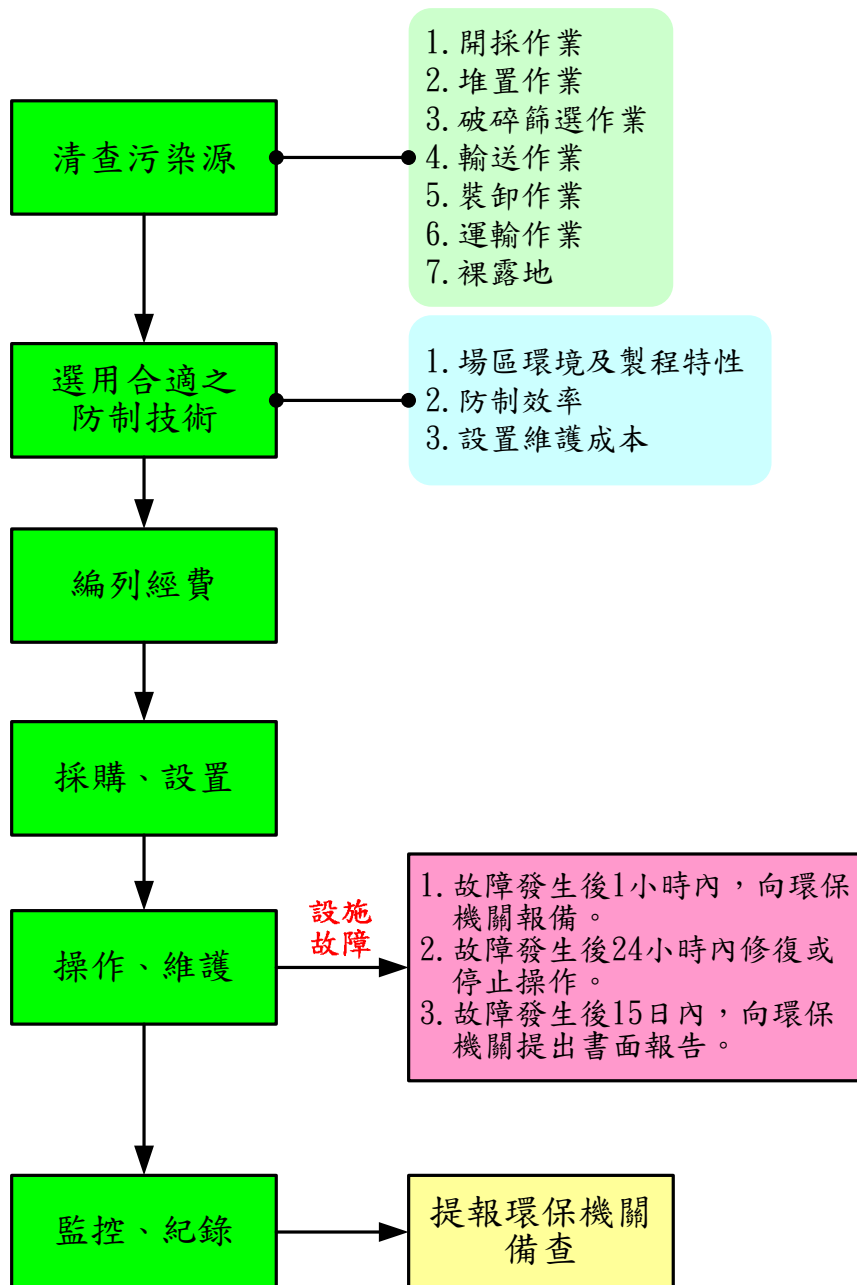


圖3-1 空氣污染防制設施規劃與設置流程圖

表 3-1 港區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	堆置作業	堆置於封閉式建築物內	-	-
		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	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
		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	
二	裝卸作業	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		-		
三	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	
四	運輸作業 - 貨車貨箱	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	-	
五	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	-	

項次	污染源	可行性控制技術	法規規範 設置條件	其他規定
		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
六	運輸作業 - 貨車清洗	貨車離開場區前，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)	-
七	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/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。

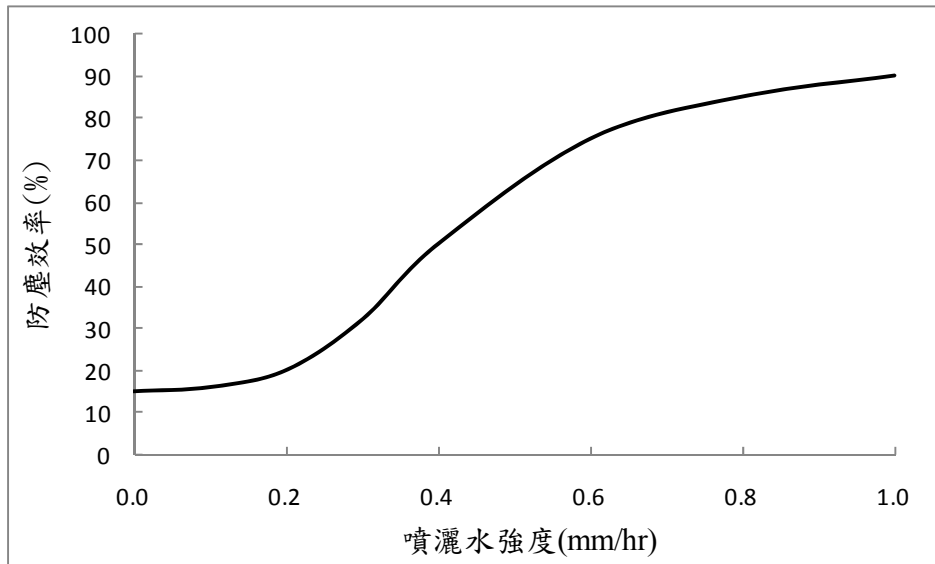


圖3-10 防塵效率與逸散源噴灑水強度(每平方公尺)關係圖

## 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  $0.6\text{ 公升/m}^2$  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  $0.6\text{ 公升/m}^2$ ，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  $300,000 \text{ 元}$ (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  $26.78 \text{ 元}$ 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  $2,500 \text{ 元/日} \cdot \text{人}$ ，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。

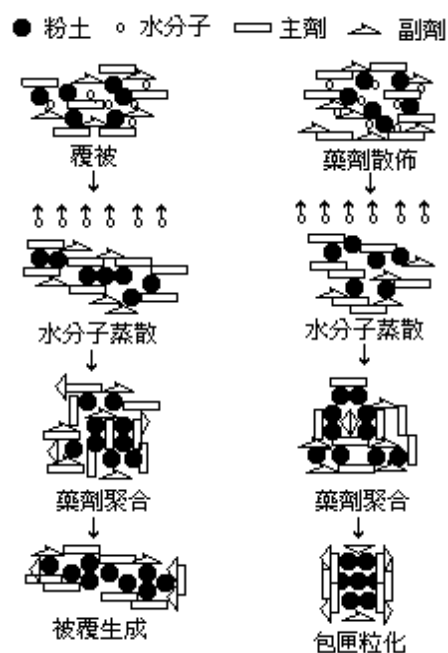


圖3-14 化學穩定劑防塵機制示意圖

#### 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置空氣中之途徑，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，其目的為防止逸散性粒狀污染物質運輸時，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。

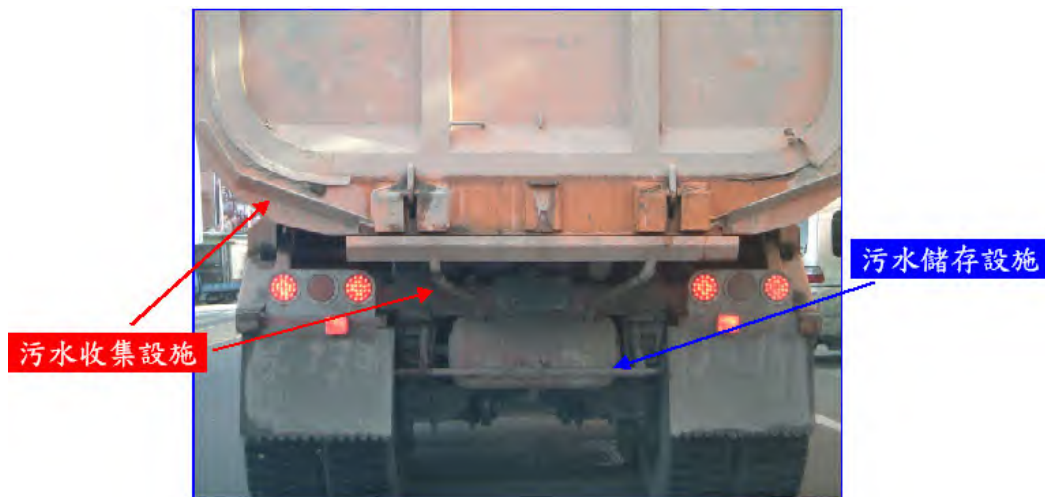


圖3-18 砂石車貨箱設置污水收集、儲存設施實照

#### 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

利用高壓水柱洗除貨車及機具輪胎、車身夾帶之泥砂，防止其污染港區鄰近道路。

#### 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，根據實地訪談的結果，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： 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。

	<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	<p>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。</p>
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貨車及機具輪胎、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。

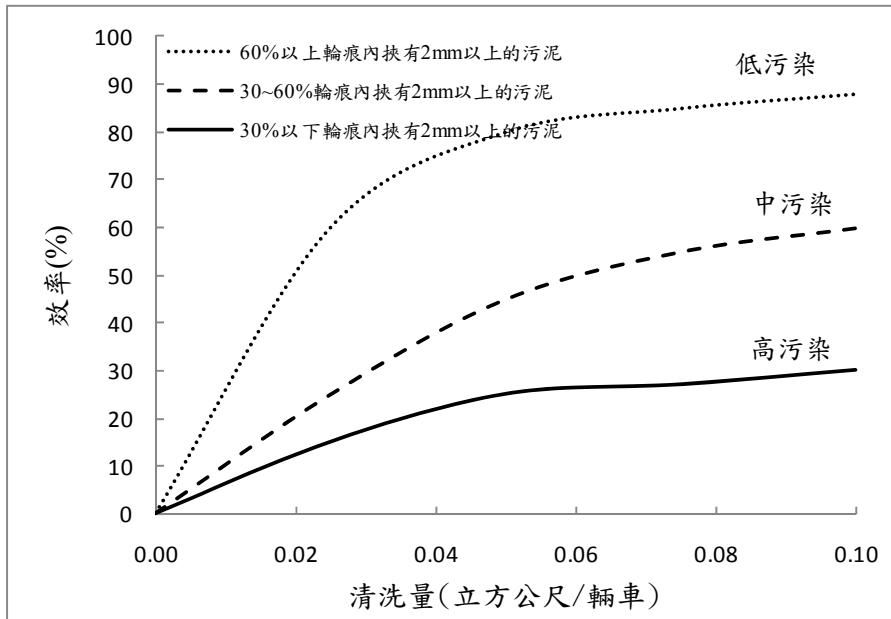


圖3-21 自動洗車設備之防塵效率與清洗水量關係圖

### 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(°)	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 40,000m<sup>2</sup> (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/m<sup>2</sup>·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/m<sup>2</sup>·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/m<sup>2</sup>·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/m<sup>2</sup>·年。
- 4.綜合上述費用，掃街車清掃成本為 43.68 元/m<sup>2</sup>·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<sub>前</sub>—EF<sub>後</sub>) ×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<sub>前</sub>=K (sL<sub>前</sub>/2)<sup>0.65</sup> (W/3)<sup>1.5</sup> (1- (P/N))

洗掃街後之 EF<sub>後</sub>=K (sL<sub>後</sub>/2)<sup>0.65</sup> (W/3)<sup>1.5</sup> (1- (P/N))

K：排放因子常數（TSP：24；PM<sub>10</sub>：4.6；PM<sub>2.5</sub>：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 <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
	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( $^{\circ}$ )	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 $30^{\circ}$
	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 元/m<sup>2</sup>·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/m<sup>2</sup>·年。

4.綜合上述費用，掃街車清掃成本為 36.39 元/m<sup>2</sup>·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

港區砂石作業之污染主要發生於碼頭區、堆置區、港區內砂石運輸作業、港區外砂石運輸作業及裸露地等 5 項作業或區域，各作業項目及污染區域應設置或採行之空氣污染防治標準作業模式及案例彙整如圖 4-1~3，說明如下：

### 一、碼頭區

#### (一) 輸送作業

##### 第 1 優先順序：

採用密閉式輸送系統

所稱密閉式，指以阻隔粒狀污染物散布於空氣之方式，可採以不透氣阻隔物包覆物料輸送帶，或採管道輸送方式，其目的為使輸送過程揚起之粒狀污染物，阻隔於密閉空間內，不致逸散至大氣中。

#### ※注意事項

倘輸送過程有逸散粒狀污染物情形，應找出逸散點，並予以密閉。

##### 第 2 優先順序：

採用阻隔設施或自動灑水設施

##### (1) 阻隔設施：

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，加裝阻隔設施。

#### ※注意事項

倘輸送過程有逸散粒狀污染物之情形，應增加設施之高度及阻隔範圍。



密閉式輸送系統



接駁點仍可能產生逸散粒狀物情況



輸送帶兩旁加裝阻隔設施

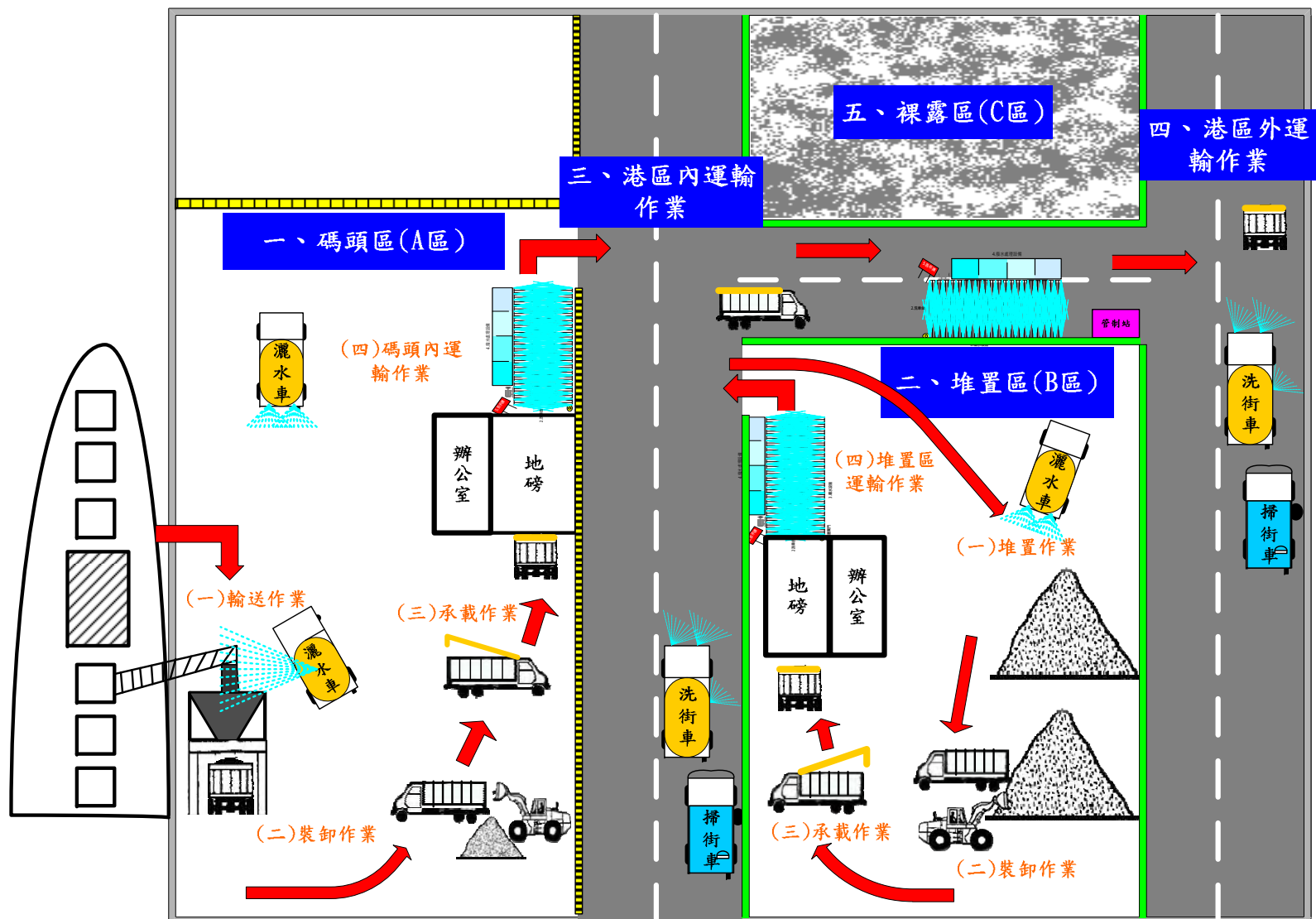


圖 4-1 港區作業空氣污染防治標準作業模式示意圖

# 作業流程

# 空氣污染防制標準作業模式

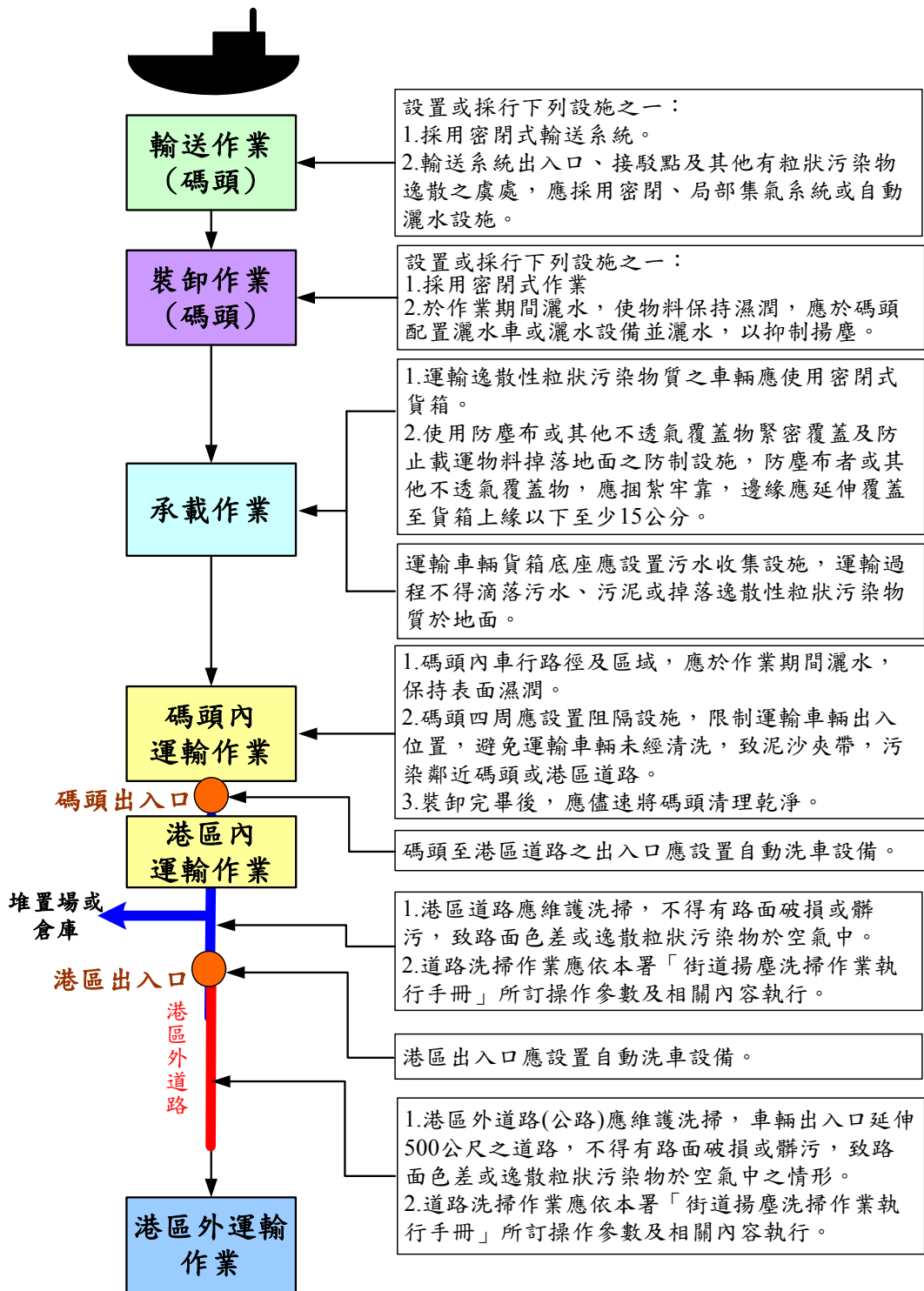


圖 4-2 港區作業空氣污染防制標準作業模式流程圖【碼頭區(A區)】

## 作業流程

## 空氣污染防制標準作業模式

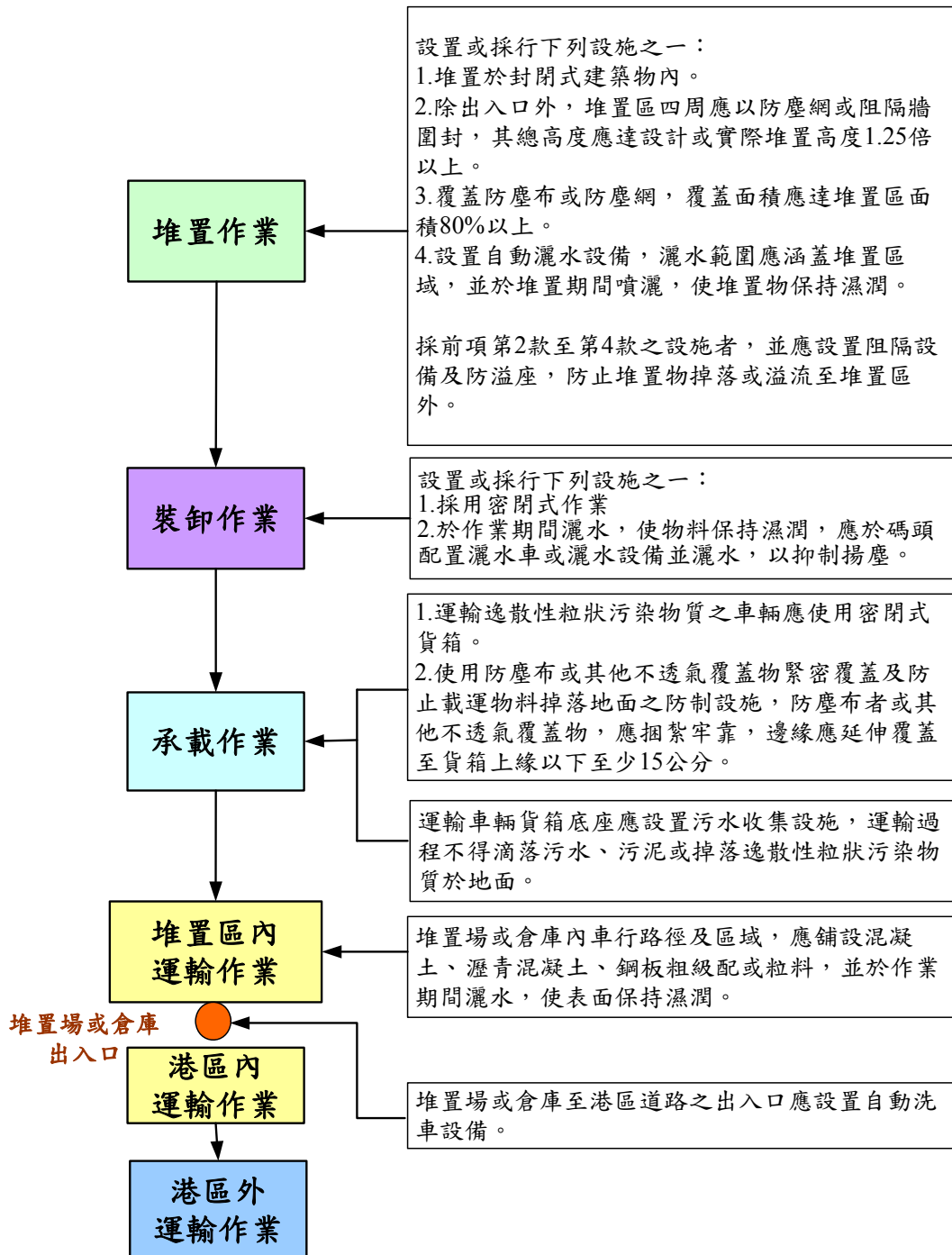


圖 4-3 港區作業空氣污染防制標準作業模式流程圖【堆置場或倉庫區(B區)】

(2)自動灑水設施：

自動灑水設施指不需人工操作，可自動執行灑水之設備。自動灑水設施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，並應提供足夠水量及灑水範圍，使輸送之物料維持濕潤狀態，有效抑制輸送作業所產生逸散之粒狀污染物。

**※注意事項**

倘輸送過程有逸散粒狀污染物之情形，應增加灑水量及灑水範圍。



於接駁點設置自動灑水設施

(二)裝卸作業

第 1 優先順序：

採用密閉式作業

以不透氣阻隔物包覆產生粒狀污染物之設備或接駁點，將裝卸作業過程產生之粒狀污染物，阻隔於固定空間內，使其不逸散至大氣中。

**※注意事項**

倘裝卸過程有逸散粒狀污染物之情形，應增加設施阻隔範圍。



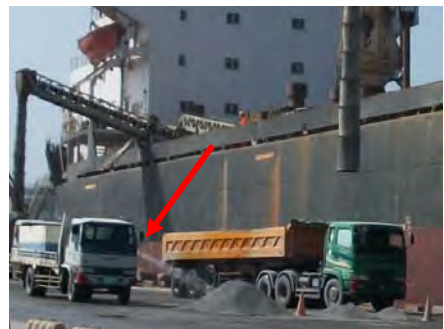
採用密閉式作業

第 2 優先順序：

於碼頭配置灑水車或設置灑水設備，並於作業期間灑水，使物料保持濕潤。

**※注意事項**

倘裝卸過程有逸散粒狀污染物之情形，應增加水量及灑水範圍。



於作業期間灑水，使物料保持濕潤

### (三)承載作業

- 1.砂石運輸車輛應使用防塵布或其他不透氣覆蓋物，緊密覆蓋，以防止載運物料掉落地面。防塵布或其他不透氣覆蓋物，應捆紮牢靠，邊緣應延伸覆蓋至貨箱上緣以下至少 15 公分。

#### ※注意事項

防塵布係指不論材質，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者。



以鐵板緊密覆蓋貨箱



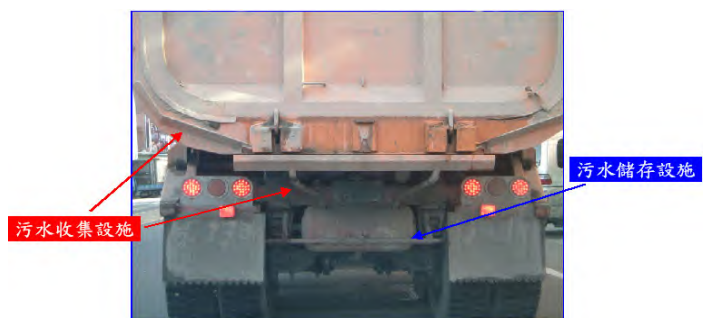
以防塵布緊密覆蓋貨箱



以防塵布(網)緊密覆蓋貨箱

- 2.運輸車輛貨箱底座應設置污水收集或阻隔設施，運輸過程不得滴落污水、污泥或掉落逸散性粒狀污染物質於地面。

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



(2)於貨箱後端裝設橡膠墊片，貨箱後門板關閉後，可使接縫處密合，將污水及污泥阻隔於貨箱內。

#### ※注意事項

- A.運輸業者因貨主需要，於港區進出載運物料，建議可將逸散源管理辦法相關規範，納入與貨主之契約中，規範載運物料之運輸業者，應符合相關環保法規。
- B.污水收集筒之污水應定時清除，避免溢流滴落至路面。
- C.貨箱橡膠墊片應定期更換，避免因橡膠老化、失去彈性而無法密合，造成滴落污水之情形。



#### (四)碼頭內運輸作業

##### 1.碼頭車行路徑及區域

- (1)應於作業期間灑水，保持路面濕潤。
- (2)使用剛性路面(混凝土)，避免路面因重車輾壓，產生破損致路面色差，或逸散粒狀污染物於空氣中之情形。



於作業期間灑水，保持路面濕潤

- (3)碼頭四周應設置阻隔設施，限制運輸車輛出入動線，避免運輸車輛未經清洗即駛離港區，污染鄰近碼頭或港區道路。



阻隔設施

(4)裝卸完畢後，應儘速將碼頭清理乾淨。



碼頭清理

## 2.碼頭至港區道路之出入口

(1)建議於碼頭至港區道路之出入口設置自動洗車設備。

(2)建議車輛通過自動洗車設備之時間至少 20 秒以上，可設置紅綠燈或閘門，規範車輛通過自動洗車設備之時間，以確實清洗車體及輪胎。



自動洗車設備(設置紅綠燈管制)

### ※注意事項

A.建議將自動洗車設備設置於碼頭運輸車輛必經之交通動線上(如地磅站前後)，以規範貨車司機使用該洗車設備。

B.倘自動洗車設備之洗車台長度及寬度大於逸散源管理辦法規範，噴水設施應選用馬力較大之加壓馬達，以提供充足之水壓及水量，有效清洗附著於車體及輪胎表面之逸散性粒狀污染物質。



於自動洗車設備出口裝設閘門

## 二、堆置區

### (一)堆置作業

堆置區及倉庫堆置砂石之空氣污染防治標準作業模式說明如下。

#### 第 1 優先順序：

堆置於封閉式建築物內

封閉式建築物為有外牆及屋頂包覆之建築物，除依法設置之通風口外，其餘開口部分隨時保持關閉。



封閉式建築物

#### 第 2 優先順序：

以防塵網或阻隔牆圍封

除出入口外，堆置區四周其總高度應達設計或實際堆置高度 1.25 倍以上。



阻隔牆圍封

#### 第 3 優先順序：

覆蓋防塵布或防塵網

覆蓋面積應達堆置區面積 80% 以上。



覆蓋防塵布

#### 第 4 優先順序：

##### 設置自動灑水設備

灑水範圍應涵蓋堆置區域，並於堆置期間噴灑，使砂石保持濕潤。



自動灑水設備

#### ※注意事項

採以防塵網或阻隔牆圍封、覆蓋防塵布或防塵網、設置自動灑水設備之設施者，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。



阻隔設備及防溢座

#### (二)裝卸作業

堆置區及倉庫裝卸砂石之空氣污染防治標準作業模式如下：

##### 第 1 優先順序：

##### 採用密閉式作業

密閉式作業方式係指以不透氣阻隔物將裝卸過程產生之粒狀污染物，阻隔於固定空間內，不致逸散至大氣中。應注意裝卸過程是否產生粒狀污染物逸散情形，進一步加強空氣污染防治措施。



密閉倉儲卸料於卡車

##### 第 2 優先順序：

配置灑水車或灑水設備，若砂石裝卸作業期間仍有揚塵污染，應立即灑水以抑制揚塵。



配置灑水設備

### (三)承載作業

砂石運輸車輛貨箱應覆蓋及設置污水收集或阻隔設施，設施內容與本章一、碼頭作業(三)承載作業相同。



### (四)堆置區內砂石運輸作業

1.堆置區車行路徑及區域之空氣污染防制標準作業模式如下：

#### 第 1 優先順序：

鋪設混凝土或瀝青混凝土，並定期清洗保持路面乾淨。

#### 第 2 優先順序：

鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水，使表面保持濕潤。



鋪設混凝土，並定期清洗保持路面乾淨

#### ※注意事項

- A.重車常行走之路徑及區域應使用剛性路面(混凝土)，避免因重車輾壓破損致產生路面色差或逸散粒狀污染物於空氣中。
- B.採鋪設混凝土或瀝青混凝土者，應依本署所訂「街道揚塵洗掃作業執行手冊」操作參數及相關內容，定期清洗，保持路面乾淨。
- C.採鋪設粗級配或其他同等功能之粒料者，建議灑水量至少應達 2.4 公升/平方公尺。



鋪設粗級配或粒料，並於作業期間灑水

## 2.堆置場或倉庫至港區道路之出入口

堆置場或倉庫至港區道路之出入口，建議應設置自動洗車設備，設置內容與本章一、碼頭作業(四)碼頭內砂石運輸作業 2.碼頭至港區道路之出入口之內容相同。



自動洗車設備(設置紅綠燈管制車輛清洗時間)



於自動洗車設備出口裝設閘門

### 三、港區內運輸作業

#### (一)道路色差管理

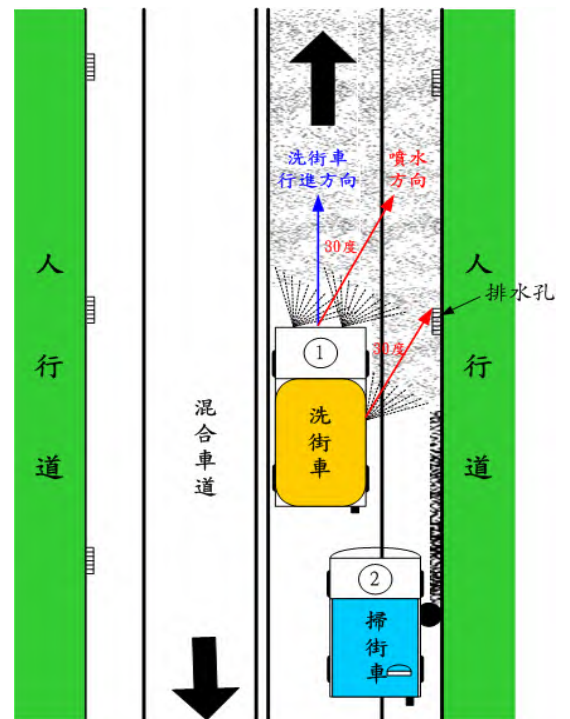
- 1.港區道路應維護及洗掃，不得有破損或髒污，致路面色差或逸散粒狀污染物於空氣中之情形。
- 2.請依本署所訂「街道揚塵洗掃作業執行手冊」之操作參數及相關內容執行道路洗掃作業。

#### ※注意事項

- A.港區內砂石車行駛動線應儘量與其他車輛分開(貨櫃車)，並縮短加減料區與地磅站之距離，減少砂石車於加減料過程中產生之污染。
- B.重車常行走之道路應使用剛性路面(混凝土)，避免路面因重車輾壓破損致產生路面色差，或逸散粒狀污染物於空氣中之情形。
- C.街道揚塵洗掃作業，建議以下列2種方式辦理：
  - a.自行購置洗掃街車執行。
  - b.委託環境清潔業者執行。
  - c.委請當地環保局辦理。



洗街作業



## (二)港區出入口

港區出入口應設置自動洗車設備，設置內容與本章一、碼頭作業(四)碼頭內砂石運輸作業 2.碼頭至港區道路之出入口之內容相同。



自動洗車設備(設置紅綠燈管制車輛清洗時間)



於自動洗車設備出口裝設閘門

## 四、港區外運輸作業(砂石運至目的地)

- (一)建議港區管理機關應負責維護港區外離出入口至少 500 公尺之道路，路面不得破損或髒污，致產生路面色差或逸散粒狀污染物於空氣中之情形。
- (二)應依本署所訂「街道揚塵洗掃作業執行手冊」之操作參數及相關內容執行道路洗掃作業。



掃街作業

## 五、裸露區

港區內之裸露區域應設置或採行下列有效抑制粒狀污染物逸散之設施之一：

- (一) 覆蓋防塵布或防塵網。
- (二) 鋪設鋼板、混凝土、瀝青混凝土、粗級配或其他同等功能之粒料。
- (三) 植生綠化。
- (四) 地表壓實且配合灑水措施。
- (五) 配合定期噴灑化學穩定劑。
- (六) 配合定期灑水。

### ※注意事項

上述防制設施施作面積應達裸露地面積 80%以上。

植生綠化



覆蓋稻草蓆



鋪設瀝青混凝土



覆蓋防塵網



噴灑化學穩定劑



灑水並保持濕潤



## 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、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。
- 十一、環保署，「街道揚塵洗掃作業執行手冊」，2009年。
- 十二、環保署，「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」，2009年7月28日環署空字第0980065339C號令訂定發布。
- 十三、環保署，「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」，2011年2月11日環署空字第1000010897A號令修正發布。