

廢氣處理

砂石場粒狀物逸散量推估模式之建立

李清華*、張章堂**、湯麗雯***、方信雄****、

薛周發*****、廖秦鈴*****

摘要

國內砂石場大都位於裸露之河床附近，雖然砂石場可提供國內各項工程建設所需之砂石原料，但由於砂石場內之砂石運輸、過篩、粉碎、貯存等生產過程，常會產生一定程度之逸散性粒狀物，這些粒狀污染物會降低砂石場周遭環境之空氣品質。為確實掌握國內砂石場之粒狀物之逸散量，本文乃根據於砂石場內所實際量測之數據，包括 TSP 值、風速、含水率、粉土含量 ($-75\mu\text{m}$)，及車輛數，以統計迴歸方式，推導出一砂石場粒狀物逸散量推估模式，以提供作為預測砂石場粒狀物逸散量之推估。

【關鍵字】

1. 砂石料堆處理程序(aggregate handling and storage piles)

2. 砂石處理(sand and gravel process)

*大葉大學環境工程系副教授

**宜蘭技術學院環境工程系副教授

***大葉大學環境工程系研究助理

****南投縣環境保護局局長

*****南投縣環境保護局第二課課長

*****南投縣環境保護局第二課技士

2 砂石場粒狀物逸散量推估模式之建立

一、砂石場監測背景說明

為了解砂石場內逸散性粒狀物之產生源及發生量，本研究乃選取一砂石場作為逸散性粒狀物之監測對象，本研究所選取之砂石場監測對象主要是開採濁水溪旁之砂石，其產品有黑砂、寸石、石粉、拋石……等十種砂石，圖 1 為此砂石場之場區配置圖，可顯示出此廠之輸送帶及料堆之相對位置；另圖 2 為其主要生產操作流程圖。根據現場觀察之砂石場生產流程，此砂石場內可能產生逸散性粒狀污染物之主要過程有下述幾項：

① 卡車傾卸剛開採出來之砂石

本砂石場之現址並未從事砂石開採之工作，而是將從河中開採出來砂石運到場，來進行篩分、破碎、水洗等程序以獲得可出售之各級砂石，以供建築、公共工程之用，因此當砂石車進場傾倒砂石時即發生逸散性粒狀污染物。

② 砂石破碎、輸送、篩分等機械處理過程

由於砂石場內具有破碎機一台，以將大顆粒之砂石破碎至一定規格之級配砂石，故於破碎時會產生逸散性粉塵。另破碎前後皆須仰賴輸送帶來輸送，並以震動篩或圓桶旋轉篩來進行砂石大小之分級，這些過程也皆會產生逸散性粒狀物。

③ 砂石之裝載

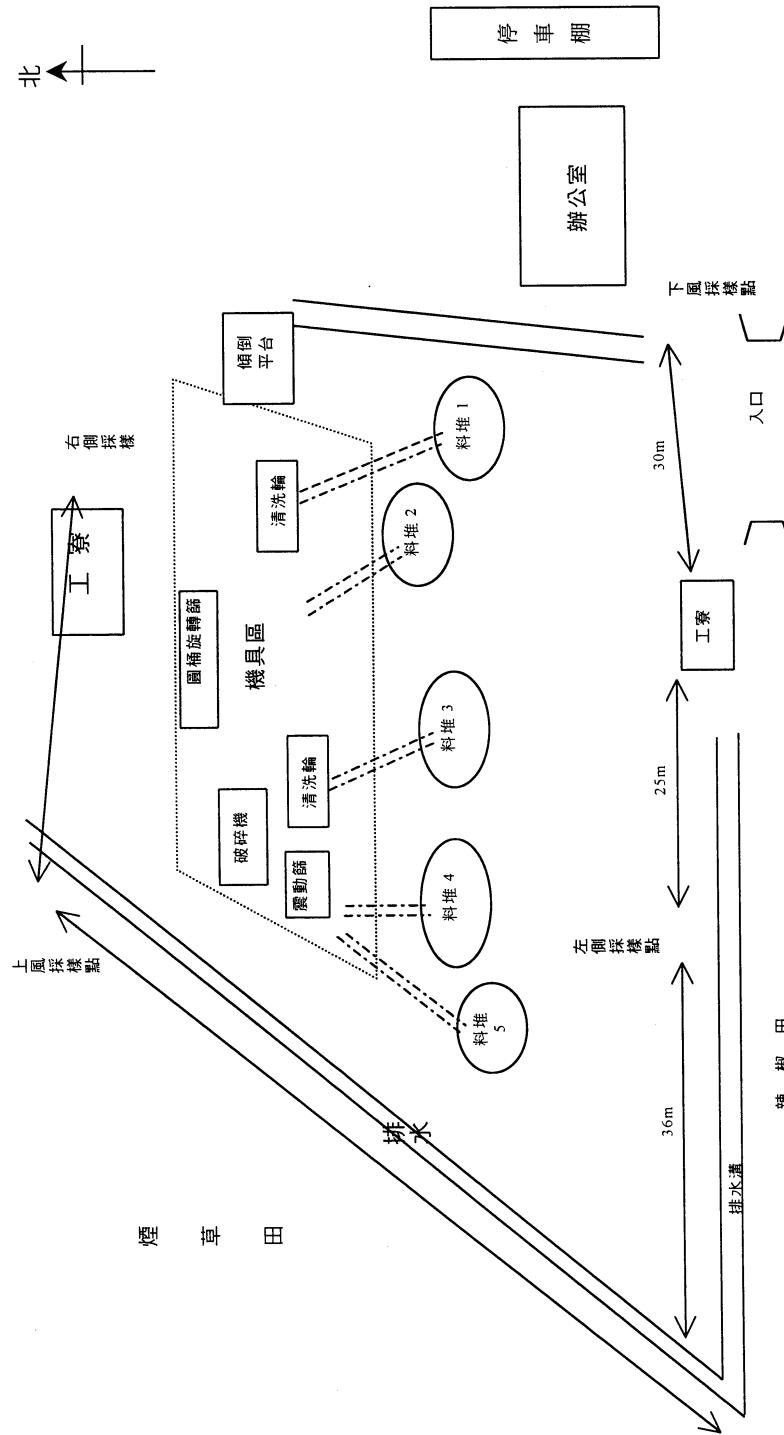
經分級處理後之各級砂石都先堆置於場內空地，再分別以鏟斗車鏟至卡車上，以銷售外界，故於裝載過程中亦會產生逸散性粉塵。

④ 裸露地面及砂石料堆之風蝕

由於自然風之吹襲會造成砂石場裸露地表及砂石料堆微細粉塵之飛揚，以致產生逸散性粒狀物。

⑤ 車輛之運動

由於砂石場內砂石皆仰賴砂石車之運進及運出，當砂石車移動時，車輪會壓碎地面砂石，造成細粉塵，再經車身移動所產生之氣流或自然風之吹襲，即會產生逸散性之粒狀物。



4 砂石場粒狀物逸散量推估模式之建立

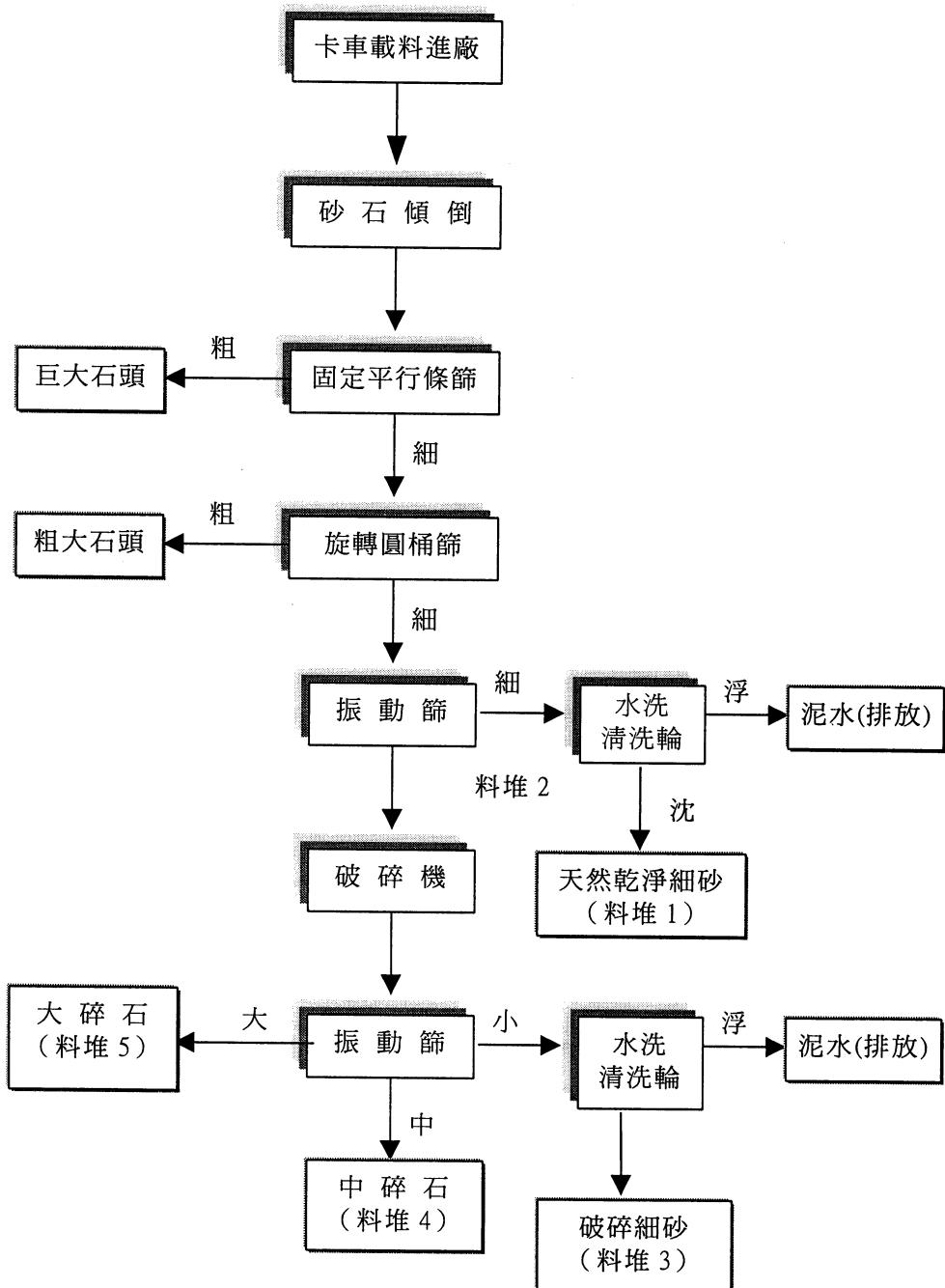


圖 2 砂石場生產操作流程圖

本研究為量測此砂石場之實際粒狀物逸散量，因此於受測之砂石場內共設有下風、上風、左側及右側等四個採樣點，以下分別敘述各點之位置及方位，由圖 1 可顯示各採樣點之相關位置。

- ① 下風採樣點：其位置位於本場辦公室旁，本點正好位於砂石車卸料必經道路以及砂石車裝料道路之交叉處附近，其方位位於本場之東南方，因本場常吹西北風，故設定本點為下風採樣點。
- ② 上風採樣點：其位置在本場旁之菸草田及排水溝旁處，此點雖偶有怪手及砂石車經過，但前面有提到本場常吹西北風，故應無影響，此點方位為本場之西北方，故設定本點為上風採樣點。
- ③ 左側採樣點：此點位於本場區砂石車裝料道路旁及 5 個料堆前面，本場雖常吹西北風，但為預防風向改變，左右兩側採樣點之數據則可用來參考依據，此點方位為本場之西南方，故設定本點為左側採樣點。
- ④ 右側採樣點：此點位於本場砂石車卸料之傾倒平台後方，及工寮旁處，此點後方即北方為茶園，此點方位為本場之東北方，故設定本點為右側採樣點。

二、現場量測作業

本研究於受測砂石場所進行之粒狀污染物監測，主要是 TSP 量測為主，本研究所進行之各項量測作業及方法分別敘述如下：

- ① 時段：採樣作業皆在白天，每次監測採樣以 1 小時為原則。
- ② 方式：首先研究人員於當日早晨至受測砂石場架設各採樣點之各種監測儀器，放置濾紙開始監測，監測結束時再經由研究人員妥善密封保存，收回當日各時段監測後之濾紙送至實驗室由專業人員分析之。另本研究於每個監測時段，皆於上下左右四個採樣點之附近地面及場內五個砂石料堆採取適量之土壤及砂石，以進行土壤含水率及粉土含量。
- ③ 分析項目：
 - a. TSP (總懸浮微粒)

6 砂石場粒狀物逸散量推估模式之建立

本研究所使用之 TSP 高流量採樣係採用美國 Graseby/GMW 公司的高流量採樣器，校正係採用美國 Andersen 公司的校正器及其附件。濾紙係採用日本 ADVANTEC 公司的 GA55 8"*10" 玻璃纖維濾紙及美國 Whatman 公司 EPM 2000 的 8"*10" 玻璃纖維濾紙。

b. 土壤含水率

根據環檢所公告編號 NIEA S280.60T 之方法，其公式如下：

$$\text{含水率 (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W} \times 100 \%$$

W_1 為烘乾前土壤之重量 (kg)， W_2 為烘乾後土壤之重量 (kg)，W 為空盤重 (kg)。

c. 粉土含量

粉土是能通過 $75 \mu\text{m}$ (200 mesh) 篩網之土壤。本計畫進行此項實驗是將現場採取之土壤先行烘乾後，再將土壤放進 Bunsekifuru 篩網，由 Ejikelkamp 搖篩機篩選。計算粉土含量之公式為

$$\text{粉土含量 (\%)} = \frac{W_{200}}{W} \times 100 \%$$

W：烘乾後土壤總重量 (kg)

W_{200} ：通過 200 mesh ($75 \mu\text{m}$) 篩網之土壤重量 (kg)

d. 氣象

本計畫係將美國 Davis Instrument 公司之風速風向儀架設於下風處，並利用 pclink3 軟體 Download 所有之氣象資料（包括風速、風向、溫度、濕度、大氣壓力等）。研究人員於監測當日早上採樣前，先利用 pclink3 軟體設定風速風向儀，以利後續取得任何氣象資料，因本計畫採樣時段為 1 小時，故設定每分鐘抓取 1 次氣象資料。監測完成後，再利用 pclink3 軟體 Download 當日所有之氣象資料。

e. 車流量

本研究於監測的每個時段皆記錄砂石場之各種來往車輛，每次砂石車進出都會由研究人員記錄車種以及是否裝載砂石等，並根據現場實地觀察，14 輪及 10 輪的大砂石車較常進入載運處理好之各級砂石，而 10 輪的砂石車通

常都是進來卸下滿車的砂石料，為區別載料與卸料之卡車，因此本計畫將進來卸料的砂石車與來裝載砂石的砂石車予以分開記錄。另鏟斗車則是負責將砂石裝進砂石車，因挖土機在左側採樣點前道路活動，故本計畫將挖土機的活動次數也記錄下來參考。

- ④ 其他現場記錄：除上述量測項目外，本研究於現場亦記錄 TSP 儀器流量、廠內動工狀況，以供分析參考。

三、監測結果與粒狀物逸散量之計算

本研究之現場監測以砂石場開工時段為主，每次以 1 小時為一個監測時段，共計監測 27 個開工時段，每個監測時段可量得上下左右四個 TSP 值、平均風速 (u)、土壤之含水率 (M) 及粉土含量 (s) 及車流量 (N)，各時段之平均風速、土壤之含水率及粉土含量及車流量分別列於表 1。表 1 中之含水率及粉土含量為該採樣時段內所有採樣土壤及料堆之平均值，另車流量為該採樣時段內除了鏟斗車、小客車等其他車輛外，所有進出之砂石車車輛數之相加總和。

本研究係採用上下風法來量測砂石場之實際逸散性粒狀污染物之逸散量，亦即於砂石場之下風處之一般地面高度量測 TSP 值，然後減去上風處所量測之背景 TSP 值，即可獲得砂石場之實際粉塵逸散量，為增加粒狀物逸散量計算之準確性，上述所稱之上風處 TSP 值係指於圖 1 中（上風+右側）兩點所量測 TSP 之平均值，下風處 TSP 值係指於圖 1 中（下風+左側）兩點所量測 TSP 之平均值。

為方便推估粒狀污染物逸散量模式，本研究乃以下述方式來計算各採樣時段之粒狀污染物逸散量：

砂石場內與風向垂直之場區對角長度約為 70 公尺，假設每個料堆之最大高度為 5 公尺，另假設場區內高度 5 公尺以上之大氣中並無逸散之粒狀物，且在 5 公尺內空氣中之粒狀物濃度為一定值且與量測結果相同。故與場內含有逸散性粒狀物且與風向垂直之縱向截面積為 70×5 平方公尺，另根據該砂石場負責人提供之資料，每小時的砂石生產量約為 35 公噸，而每點次之採樣時段為 60 分鐘，因此每小時通過該砂石場之有效（含粉塵）空氣量為風速 (m/s) \times 60 秒 \times 60 分鐘 \times (70×5) 平方

8 砂石場粒狀物逸散量推估模式之建立

公尺，故該廠粒狀物逸散量的計算公式為

$$E = \frac{tsp \times 70 \times 5 \times u \times 60 \times 60}{35 \times 10^9} \quad (1)$$

E：砂石場每生產 1 ton 砂石，所可能產生之粒狀污染物逸散量 (kg/ton)。

tsp : TSP 量測之 $\left[\frac{(\text{下風} + \text{左側})}{2} - \frac{(\text{上風} + \text{右側})}{2} \right]$ 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

u：於監測時段內氣象儀所量得之現場平均風速 (m/s)。

表 1 砂石場開工中粒狀污染物逸散量量測結果

時段編號	排放量(kg/ton) E	含水率(%) M	平均風速(m/s) u	粉土含量(%) s	車流量(輛) N
1	0.0059746	2.67	0.97	0.52	6.00
2	0.0031271	1.96	0.61	0.43	9.00
3	0.0191685	1.82	0.77	0.31	21.00
4	0.0092389	1.95	0.89	0.45	11.00
5	0.0149796	3.01	0.62	0.82	18.00
6	0.0100326	4.46	1.45	1.17	13.00
7	0.0041591	5.16	1.67	1.35	9.00
8	0.0042739	6.06	1.35	0.99	15.00
9	0.0020281	8.47	0.52	0.88	14.50
10	0.0177031	8.48	1.99	0.42	5.00
11	0.0058742	6.19	0.94	0.20	12.50
12	0.0029172	6.33	0.52	0.32	11.00
13	0.0016633	8.14	0.28	0.38	9.00
14	0.0044901	4.27	0.97	0.44	9.00
15	0.0000918	4.17	0.33	1.06	11.00
16	0.0003867	3.93	0.66	0.45	5.50
17	0.0030855	3.66	0.60	0.56	9.50
18	0.0063865	4.19	1.62	0.56	5.00
19	0.0439362	6.12	2.27	0.43	8.50
20	0.0610411	3.27	1.92	0.88	10.50
21	0.0295183	3.29	1.52	1.42	9.50
22	0.1616580	2.96	2.60	1.02	12.00
23	0.0683876	2.43	1.24	1.19	17.00
24	0.0050559	2.85	0.52	1.54	18.00
25	0.0014237	3.66	1.50	0.98	14.00
26	0.0096423	4.37	1.60	0.82	10.00
27	0.0074104	3.62	0.88	1.50	11.00

由於停工時段，該砂石場並無砂石生產量，因而無法計算出單位砂石生產量之粒狀物逸散量，故僅開工時段可顯現出計算 E 值。經(1)公式計算後，於開工時段各採樣時段之 E 值亦分別列於表 1。

四、逸散量推估模式之建立

一般在估算粒狀污染物逸散量時，常採用「排放係數法」來估算。根據美國 EPA 發行之 AP-42^[1]將砂石處理(Sand and gravel process)分成建築營造用砂石處理(Construction sand and gravel processing)及工業用砂石處理(Industrial sand and gravel processing)兩大類。建築營造用砂石處理程序，係指從河床中以怪手挖取鬆散未固結之石頭，然後經卡車送至砂石處理場，經篩分、破碎、水洗、輸送、堆積以生產各級砂石。而工業用砂石處理程序係指將固結之砂岩、礦床以爆破方式將砂石破裂，然後再送至砂石處理場，經粗碎、中碎、細磨、水洗、篩分、烘乾、堆置，以獲得各級之砂石。由上可知上述兩類之砂石處理程序中，以建築營造用砂石處理程序(Construction sand and gravel processing)與宜泰砂石場之處理流程較為相近，亦即如要採用 AP-42 之粒狀物逸散量推估模式，以推估我國砂石場之粉塵逸散量，應採用 AP-42 中適用於「建築營造用砂石處理程序」之推估模式才較為正確。

但根據目前本計畫所收集到最新版（亦即第五版）之 AP-42^[1]顯示，美國 EPA 尚未針對建築營造用砂石處理程序，有任何發表之粉塵逸散量推估模式，但為發展適用我國砂石場使用之推估模式，本計畫將採用 AP-42 中之「砂石料堆處理程序」(Aggregate handling and storage piles)來作為逸散量推估模式發展之基準。

一般來說，砂石料堆產生逸散性粉塵之原因有下述四種：1.砂石輸送至料堆，2.儲存區中機具車輛設備之移動，3.料堆及地面之風蝕作用，4.砂石從料堆輸出。

根據 AP-42，上述 1、3、4 項因素所產生之逸散粉塵量可以公式(2)來推估：

$$E = k(0.0016) \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} \quad (2)$$

E : 排放係數，kg/Mg

10 砂石場粒狀物逸散量推估模式之建立

k : 粒子粒徑係數 (TSP 時, k=0.74)

M : 含水率 (%)

U : 平均風速 (m/s)

而此公式之適用範圍為：泥粉含量：0.44~19%

含水率：0.25~4.8%

風速：0.6~6.7m/s

而第 2 項因素（亦即車輛活動）所造成之逸散粉塵量，則可以未鋪面道路公式（亦即公式(3)）來推估：

$$E = k (1.7) \left(\frac{s}{12} \right) \left(\frac{S}{48} \right) \left(\frac{W}{2.7} \right)^{0.7} \left(\frac{w}{4} \right)^{0.5} \left(\frac{365 - p}{365} \right) \quad (3)$$

E : 排放係數, kg/VKT

k : 粒子粒徑係數

s : silt 含量 (%)

S : 平均車速 (km/hr)

W : 平均車重 (Mg)(ton)

w : 平均車輪數

p : 降雨 (大於 0.254mm) 天數

而此公式之適用範圍為

道路泥粉含量：4.3~20wt%

平均車重：2.7~142mg

平均車速：21~64km/hr

平均車輛數：4~13 輛

除了美國 USA AP-42 中之推估模式，尚有其他之推估模式，如「水泥業裸露礦區逸散塵粒污染特性分析及防制之研究」^[2] 中，其有關砂石場之粒狀物排放量公式（如(4)式）。

$$E = \frac{0.33}{\left(\frac{PE}{100} \right)^2} \quad (4)$$

E : 排放係數, lb/ton

PE : Throntwaite 之降水－蒸發指數（由月平均降水量及月平均溫度求得）

另環保署出版之「大台北高雄地區空氣污染源排放資料調查及減量規劃」報告

^[3]中所使用之未舖面道路之排放係數公式如(5)式。

$$E = 0.81S\left(\frac{V}{30}\right)\left(\frac{D}{365}\right)(C)(p) \quad (5)$$

E : 排放係數，lb/輛車－哩

S : silt 含量 (%)

V : 車速 (哩/小時)

D : 晴天數 (雨量小於 0.01 英吋)

C : 修正係數

p : 粒子粒徑係數

比較(2)式與(4)式可看出，這兩個公式所需輸入之排放因子有很大之差別，所以本研究將依據 TSP 之量測結果，及採集分析土壤樣品，來作為選擇最適用於砂石場之粒狀污染物排放量公式之推估依據。

由上述之討論可得知目前美國 EPA AP-42 尚未發展出有關砂石場之粒狀物逸散量推估模式，而公式(4)過於簡略，並不足以反應一般國內砂石場之活動因子，故本研究暫不考慮。而公式(2)僅反應砂石料堆活動因子，且此公式適用較乾之料堆，而國內砂石場之料堆一般較濕。另公式(3)及公式(5)僅適用未舖面道路，且該等公式中之相關參數不易獲得，故不易實際採用實行。根據本研究於砂石場內實際觀察與量測心得得知，於砂石場內較易量測獲得且有意義之數據共計有：風速(u)、地面土壤及料堆之含水率(M)、泥粉(-75μm)含量(s)，及車輛數(N)。

為了解上述參數（亦即 u、M、s、N）與粉塵逸散量 (E) 間之關係，本計畫以統計軟體 SAS 及表 1 中所得之實測數據，分別以下述公式來分析研判各別之 u、M、s、N 與 E 間之關係。

$$E = au^b \quad (6)$$

$$E = aM^c \quad (7)$$

$$E = as^d \quad (8)$$

$$E = aN^f \quad (9)$$

12 砂石場粒狀物逸散量推估模式之建立

其中，E 為每生產 1 噸砂石所排放之逸散性粉塵量，kg/ton

u：現場量得之平均風速，m/s

M：現場料堆及地面土壤之平均含水率，wt%

s：現場料堆及地面土壤之泥粉(-75μm)含量，wt%

N：生產期間平均一小時內於砂石場內活動之車輛數

a、b、c、d、f：無因次之常數

根據公式 6，以 SAS 統計軟體中之非線性迴歸方式可求得 a=0.00077，b=5.52，故 E 與 u 之關係可以下式表示：

$$E = 0.00077 u^{5.52} \quad (9)$$

由公式(9)可看出粉塵逸散量與風速成正比關係，亦即風速愈大則粉塵逸散量亦愈高。另實際量測 E 值及公式(9)之預測 E 值，則繪於圖 3 以供比較。另 Mean Square Deviation (MSD，如公式(10)) 可用來評估預測模式之準確性，亦即 MSD 越小，則模式之準確性愈高：

$$MSD = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (E_{\text{預測值}} - E_{\text{實測值}})^2 \quad (10)$$

n:量測值之數目

故依公式(9)之預測 E 值及實測 E 值，以公式(10)，可求得公式(9)之
MSD=0.0002971。

又根據公式(7)，以 SAS 軟體中之非線性迴歸方式可求得 a=0.0505，c=-0.74，故 E 與 M 之關係可以下式表示：

$$E = 0.0505 M^{-0.74} \quad (11)$$

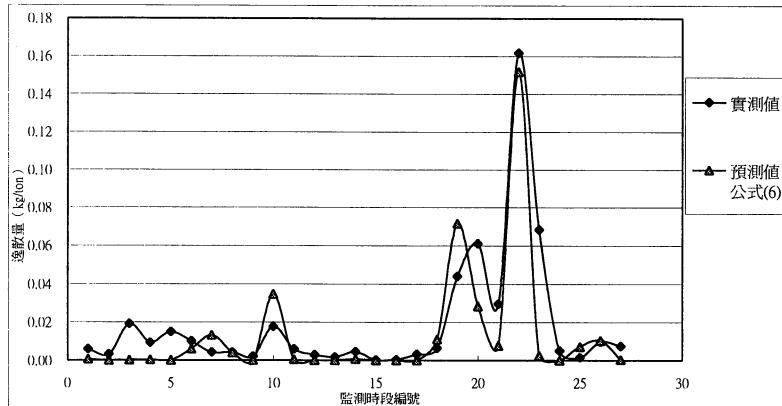


圖 3 實測粉塵逸散量與公式(6)之預測粉塵逸散量之比較圖

由公式(11)可看出粉塵逸散量與含水率成反比之關係，亦即土壤中之水份含量愈少則粉塵逸散量亦愈高。另實際量測 E 值及公式(11)之預測 E 值，則繪於圖 4 以供比較。

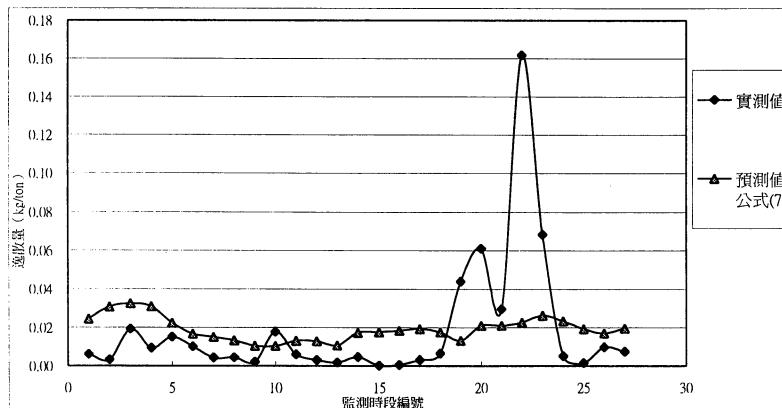


圖 4 實測粉塵逸散量與公式(7)之預測粉塵逸散量之比較圖

14 砂石場粒狀物逸散量推估模式之建立

依公式(11)之預測 E 值及實測 E 值，以公式(10)，可求得公式(11)之 $MSD=0.0010428$ 。

另根據公式(8)，以 SAS 軟體中之非線性迴歸方式可求得 $a=0.02253$ ， $d=0.59$ ，故 E 與 s 之關係可以下式表示：

$$E = 0.02253 \cdot s^{0.59} \quad (12)$$

由公式(12)可看出粉塵逸散量與泥粉含量成正比之關係，亦即土壤中之泥粉含量比例愈高則粉塵逸散量亦愈高。另實際量測 E 值及公式(12)之預測 E 值，則繪於圖 5 以供比較。

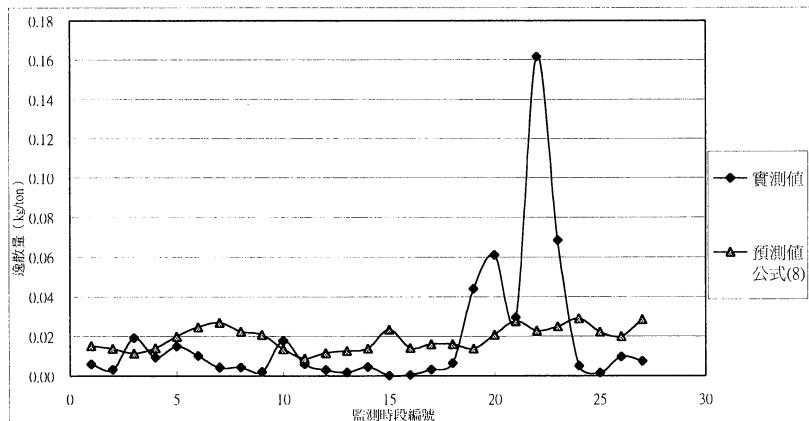


圖 5 實測粉塵逸散量與公式(8)之預測粉塵逸散量之比較圖

依公式(12)之預測 E 值及實測 E 值，以公式(10)，可求得公式(12)之 $MSD=0.0010478$ 。

最後根據公式(9)，以 SAS 軟體中之非線性迴歸方式可求得 $a=0.00485$, $f=0.56$ ，故 E 與 N 之關係可以下式表示：

$$E = 0.00485 N^{0.56} \quad (13)$$

由公式(13)可看出粉塵逸散量與車流量成正比之關係，亦即廠區的活動車輛愈多則粉塵逸散量亦愈高。另實際量測 E 值，公式(1)及公式(13)之預測 E 值，則繪於圖 6 以供比較。

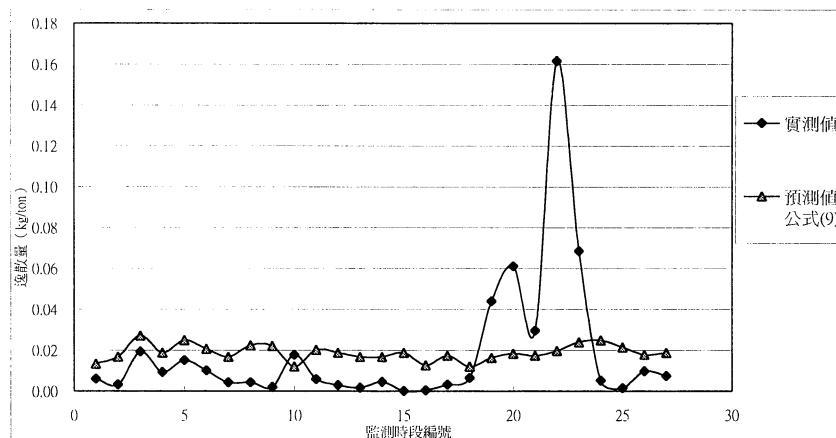


圖 6 實測粉塵逸散量與公式(9)之預測粉塵逸散量之比較圖

16 砂石場粒狀物逸散量推估模式之建立

依公式(13)之預測 E 值及實測 E 值，以公式(10)，可求得公式(13)之 $MSD=0.0010717$ 。

由上述之統計迴歸分析，得知 E 值分別與 u 、 s 及 N 值成正比關係，而與 M 值成反比關係，另由圖 3、4、5 及 6 可看公式(9)、(11)、(12)及(13)所預測之 E 值與實際 E 值有明顯誤差，為增進預測模式之準確性，本計畫參照公式(6)、(7)、(8)、(9)之形式及適用時機，發展出下述模式來作為預測國內砂石場排放粉塵逸散量之依據：

$$E = a \cdot u^b \cdot M^c \cdot s^d \cdot N^f \quad (14)$$

而 a 、 b 、 c 、 d 、 f 則可以由實際量測之 E 、 u 、 M 、 s 、 N 值（如表 1 所示）為依據，以 SAS 統計軟體利用非線性迴歸方式求得，可求得下述最佳之值：

$$a=0.011$$

$$b=2.653$$

$$c=-1.875$$

$$d=0.060$$

$$f=0.896$$

上述 a 、 b 、 c 、 d 、 f 值帶入公式(14)後，即可求得預測之粉塵逸散量，有關實際量測 E 值及公式(1)與公式(14)之預測 E 值之比較則列於表 2，另以圖 7 顯示相關之比較結果。

根據預測公式所得之預測 E 值及實測 E 值，可分別求得公式(1)之 $MSD=0.001419$ 及公式(14)之 $MSD=0.000096$ ，故可知公式(14)之預測結果較常用之公式(1)較準確。

故本研究依砂石場內所量測之實測值及非線性迴歸統計方式，求得砂石場粒狀物逸散量推估公式：

$$E = 0.011 \cdot u^{2.653} \cdot M^{-1.875} \cdot s^{0.060} \cdot N^{0.896} \quad (15)$$

表 2 實測逸散量與模式預測逸散量之比較

實測值		預測值（公式 5-1）	預測值（公式 5-15）
時段編號	逸散量(kg/ton)	逸散量(kg/ton)	逸散量(kg/ton)
1	0.0059746	0.0002725	0.0074941
2	0.0031271	0.0002298	0.0055587
3	0.0191685	0.0003451	0.0248242
4	0.0092389	0.0003783	0.0183495
5	0.0149796	0.0001288	0.0050240
6	0.0100326	0.0002241	0.0174670
7	0.0041591	0.0002195	0.0140231
8	0.0042739	0.0001329	0.0091526
9	0.0020281	0.0000241	0.0003746
10	0.0177031	0.0001375	0.0048396
11	0.0058742	0.0000806	0.0025962
12	0.0029172	0.0000362	0.0004749
13	0.0016633	0.0000114	0.0000484
14	0.0044901	0.0001412	0.0044234
15	0.0000918	0.0000359	0.0003343
16	0.0003867	0.0000961	0.0011985
17	0.0030855	0.0000938	0.0017591
18	0.0063865	0.0002824	0.0107042
19	0.0439362	0.0002576	0.0203817
20	0.0610411	0.0004984	0.0534343
21	0.0295183	0.0003647	0.0267500
22	0.1616580	0.0008498	0.1637031
23	0.0683876	0.0004278	0.0458571
24	0.0050559	0.0001106	0.0036261
25	0.0014237	0.0003088	0.0292731
26	0.0096423	0.0002620	0.0182298
27	0.0074104	0.0001568	0.0060028

18 砂石場粒狀物逸散量推估模式之建立

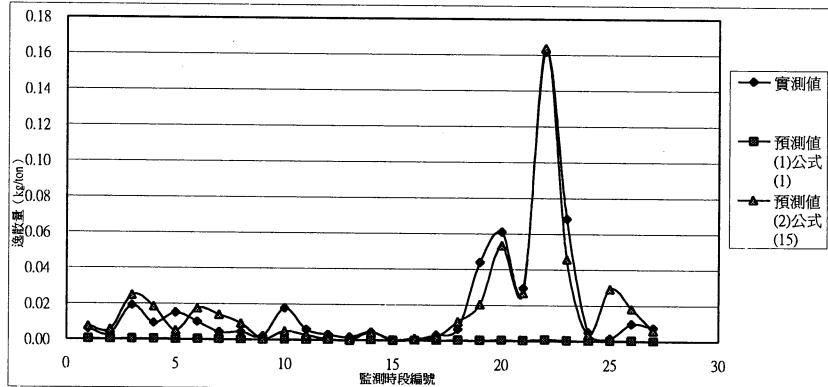


圖 7 實測逸散量與推估模式預測逸散量之比較圖

五、結論

根據本研究於砂石場實際觀察得知，可能會影響砂石場粒狀物逸散量且又容易被具體量測量化之影響因素為風速 (u) 、土壤含水率 (M) 、土壤中粉土含量 (s) 及車流量 (N) ，因此本研究依實測之上風與下風 TSP 差異值及砂石場內風速與場區幾何特性，計算出砂石場之粒狀物逸散量 (E)，再以統計迴歸方式求得 E (kg/ton) 值與 u (m/s) 、 M (%) 、 s (%) 、 N (輛) 之間之量化關係如下：

$$E = 0.011 \cdot u^{2.653} \cdot M^{-1.875} \cdot s^{0.060} \cdot N^{0.896}$$

此公式可作為預測砂石場粒狀物逸散排放量之依據。根據上式可知砂石場粒狀物逸散量與 M 成反比，與 u 、 s 、 N 成正比關係。

誌謝

感謝南投縣環境保護局之經費支持。

參考文獻

- 1.U.S. EPA, "Compilation of Air Pollution Emission Factors (AP-42), Volume I: Stationary Point and Area Sources", fifth Edition, Research Triangle Park, N.C., November 1996.
- 2.「水泥業裸露礦區逸散塵粒污染特性分析及防制之研究」，行政院環保署，86 年 7 月。
- 3.「大台北高雄地區空氣污染源排放資料調查及減量規劃」，行政院環保署，79 年 2 月。