

# 區域性空氣污染防治之研議

鄭福田\* 蔡俊鴻\*\*

## 壹、緒 言

臺灣由於工業發展甚為迅速，而民衆對於生活品質之要求日益提高，故如何在工業發展過程中所衍生環境之污染問題與環境品質、人民生命健康財產之確保間，作一適切之評估，並謀兩全得宜之對策，以期於享受工業發展成果之際，並能兼顧環境之保護，使其危害減至最低之程度，甚或達成零危害，乃為近年來大家努力之目標。

空氣為人類生存所不可片刻或缺者，可能由於局部之空氣污染而造成極強烈、立即可見之危害，更由於大氣環境與生態環境之特性，使之發生長遠而範圍極其廣大之影響，因此空氣污染之控制是為確保人類生存空間品質之必要手段。

空氣污染之控制策略大致可分成四類①：

- 一、空氣品質管理策略
- 二、排放標準策略
- 三、排放稅策略
- 四、成本效益策略

基於各種空氣污染問題性質不同，其策略目標亦特各有所異，因之可採取之最適控制策略自將有所別。然而，無論如何，欲選取最適切之管制策略，則應先決定管制之區域，唯有充分瞭解該區域之污染特性之後，才能製定最佳之管制策略。

## 貳、防制區範圍之研議

空氣污染防治區之劃定為空氣污染管制策略之主要工作之一，基於不同特性、條件之考慮而劃定之「防制區」，是為各種空氣污染防治策略與措施實行之區域，冀以達成各階段策略之目標。

由於防制區域之劃定，影響各種控制策略與措施之效果，同時亦影響空氣品質之變化，導致對環境品質、居民生命健康與經濟建設發展……等一系列間接而複雜之影響，因此，空氣污染管制區域之劃定，需作周延而慎重之考慮。

基本上，劃定「空氣污染防治區域」所需考慮之因素包括如下數項：

\* 國始臺灣大學環境工程研究教授

\*\* 國立成功大學環境工程研究所講師

## 一、自然地理條件

## 二、自然天候條件

## 三、人文社會條件

## 四、行政管制

## 五、空氣品質現況與標準

唯有周詳而確切評倘上列諸項因子，分析各種利弊與影響之層面，再作適切之劃定範圍。

### 一、自然地理條件

劃定「空氣污染防治區域」時所考慮之自然地理條件，主要着眼點在求區域之完整性，斟酌實際上地理地區條件、地形、地勢狀況，將其性質相似者劃成同一防制區域，以使管制措施時所需考慮之變數減少，去除不必要之干擾。最典型之情況是將盆地、平原、海岸……等地理條件獨立之區域劃分成一單位管制區，可以減少甚多由於地理條件差異所產生之問題。

### 二、自然天候條件

考慮天候條件主要着眼於污染物之擴散影響範圍，以及該區域內大氣環境對排放出污染物之稀釋、涵容能力，基本上，自然天候條件與自然地理條件是相互關連的，於考慮其影響時需同時一併予以評估。

所考慮天然天候條件主要包括大氣穩定度結構特性、風場流動特性、風向、風速、日照等諸項因子，冀求在考慮防制區內污染源對環境及居民所造成影響程度之評估作業，以及進行控制策略效益評估分析時，能提供適切有效之佐證，同時對空氣品質變化分析時需考慮之變數減少。

### 三、人文社會條件

為考慮空氣污染影響之程度，以及各種不同社會條件之差異對污染危害之敏感性，諸多人文社會條件之考慮乃必需的，包括人口之分佈、密度，社會經濟結構，能源消耗率，以及社會歷史價值等。

由於空氣污染防治區域之劃定，其目的在空氣污染問題之控制，並期空氣品質之改善，此於人口稠密之都會地區尤具積極意義，因此，一般較高度工業化與都市化之地區為首先需要劃定者。

### 四、行政區域

由於空氣污染防治工作必須諸多方面之配合與協調，而後始得以順利進行，因此行政上之一貫性甚為重要。

數個不同行政區固可歸併於同一空氣污染防治區域內；但同一行政區亦可分成數個防制區域，視空氣污染問題之性質與程度而定。基本上，若能同時符合上述之條件，一個行政區自成一個管制區，為最理想之情形，可減少由於行政上問題而衍生之干擾。

### 五、空氣品質現況與標準

考慮空氣品質現況，視實際空氣污染程度與污染源特性，以決定劃定空氣污染防治區域之範圍，以及其優先次序，一般以空氣污染問題較嚴重之地區先考慮予以劃定為防制區域，

並採取適切之管制策略。」

對於「空氣污染程度」之判斷，可由「空氣品質指數」作判斷之依據，「空氣品質指數」係由「空氣品質標準」與「空氣品質現況值」而得，其可以下式表之：

$$A.Q.I. = \sum_{i=1}^n \left( \frac{AQ_i}{STD_i} \right) \times F_i$$

上式中各符號代表意義如下：

A.Q.I.=綜合空氣品質指數。

n = 空氣品質標準項目。

AQ<sub>i</sub> = 第 i 項空氣品質現況值。

STD<sub>i</sub> = 第 i 項空氣品質標準值。

$$F_i = 第 i 項空氣品質權重值，其中 \sum_{i=1}^n F_i = 1$$

利用上式可以評估綜合空氣與個別項目污染物之情況：

(1) 當 A.Q.I. > 1.0 時，表示空氣污染程度嚴重。

(2) 當  $\left( \frac{AQ_i}{STD_i} \right) > 1.0$  時，表示第 i 種空氣品質不佳。

上述兩種條件均需即刻採取適切對策，並作劃定「空氣污染防治區域」範圍之重要依據。

工業區或個別工廠，也可依據本節之原則，採取「區域聯防」之策略，依「污染泡」之精神，藉「污染銀行」「污染補償」之措施，達到合乎經濟原則之空氣污染防治。

## 參、防制區內污染源之調查

### 一、管制區域內污染源調查之目的

管制區域範圍一經劃定，則必需對區域內之空氣污染源進行調查，蒐集有關資料，以供全盤考慮空氣污染控制策略制定時參考之依據，並可作為評估各種策略益效之依據，故污染源調查係極為重要之工作。

除此之外，污染源調查亦可瞭解各種污染防治設備之性能與操作狀況，提供為防制設備效能改進與操作條件最佳化之改善依據，期使污染物排放量之降低得以由操作條件之改善而達成，減少其所需之防制設置、操作費用，提高其效益。

### 二、污染源調查之內容②

空氣污染源調查內容，主要為估計污染物排放總量所需之資料，以及污染源可能對附近環境產生影響之評估資料，故其調查內容視污染源之性質與調查目的不同而異。

一般空氣污染源依來排放型態可區分為點污染源、面污染源與線污染源，以及靜態污染源（Stationary Source）和動態污染源（Mobile Source）兩種不同之分類方法，可視實際情況擇之。

#### (一) 靜態點污染源之調查

靜態點污染源（Stationary Point Source）係指排放污染物總量達到某一基準量以上，

地點固定之排放源，是一般區域性空氣污染物排放總量估計調查工作之主要內容。

靜態污染源之調查內容包括以下數項：

1. 地區基本資料

2. 工廠資料

① 工廠基本資料

工廠基本資料包括：

(1) 工廠名稱

(2) 工廠地址與在地圖上之座標位置

(3) 主要產品種類與數量

(4) 主要原料種類與數量

(5) 資本額

(6) 廠區面積

② 製造程序與能源使用

主要調查項目包括

(1) 製程原理

(2) 製程設備配置流程

(3) 各製程之中間產物資料與操作條件資料

A. 中間產物種類

B. 中間產物之濃度

C. 溫度壓力

(4) 副產品之資料

(5) 生產過程漏失量

(6) 燃料使用

A. 燃料種類

B. 燃料使用量（最大日，最大時，平均日，平均時）

C. 燃料成份（年平均，月平均）

D. 燃料使用條件（如：鍋爐用油、燃燒加熱）

E. 燃燒之空氣／燃料比。

(7) 原料、產品之貯存

③ 廢氣處理與排放

主要調查項目包括：

(1) 污染物種類

(2) 污染物產生量

(3) 污染物處理設備

A. 設備種類

B. 設備額定容量

C. 設備設置地點

D. 設備額定效率

E.設備特性。

F.實際操作條件

(4)廢氣排放條件

A.廢氣來源

B.廢氣量

C.各種污染物濃度

D.廢氣條件：流速、溫度、壓力。

E.煙囪位置、煙囪高度、煙囪口徑、煙道狀況、採樣口位置。

3.廢棄物焚化處理資料

①焚化量。

②焚化廢棄物成份。

③焚化條件：

(1)操作時間

(2)添加燃料種類&量

4.污染控制設備資料（同本節上文廢氣處理與排放）

5.廢氣排放條件（同上）

4.蒸發漏失

①地區加油站之加油量。

②油料貯槽容量。

③有機溶劑產量。

④有機溶劑使用量。

5.其它

①地區空氣污染物排放標準。

②地區空氣品質標準。

(二)靜態面污染源

靜態面污染 (Stationary area source) 係指那些低於最小排放量基準值之不確定性固定點小污染源，由區分成不同特性區域之小格，再賦予以一排放係數，來代表其所排放出之污染物總量，用以輔助總排放量 (Total Emission) 之估算，每一面源分格在  $1 \sim 100\text{km}^2$  ③ 其調查內容需包括如下數項：

1.一般資料

地區特性描述。

2.燃料使用資料

不同地區之使用量與種類（住宅區、商業區、工業區）

燃料項目可分為九種：

①無煙煤

②褐煤

③汽油

④柴油

⑤重油

⑥天然氣

⑦液化石油氣

⑧石油氣

⑨木柴

⑩其它（如：稻桿）

3.蒸發漏失

- |       |          |          |
|-------|----------|----------|
| ①溶劑使用 | ②車輛漏油蒸發。 |          |
| 4.其它  |          |          |
| ①整地   | ②火災      | ③建築、土木工程 |
| ④採砂石場 | ⑤運輸洩漏    | ⑥風揚      |
| ⑦金屬切磨 |          |          |

#### (三)動態污染源之調查

動態污染源之調查，主要針對使用石化燃料之各種交通工具，包括汽車、柴油車、機車與其它各型機動車輛、航器與船舶。其調查內容應包括如下之項目：

##### 1.交通工具之資料

- ①各型交通工具數目。
  - ②各類、各型交通工具之平均行駛距離或起降頻率。
  - ③各類、各型交通工具之單位距離之耗油量。
- (〃操作程序〃)
- ④行駛型式 (driving pattern) 。
  - ⑤交通流量。

##### 2.燃料之資料

- ①各類燃料之銷售、使用資料。
- (1)總銷售量。
- (2)同一燃料之不同使用對象比例。
- ②各類燃料成份含量。
- ③各類燃料之排放係數。

#### (四)燃料使用與其它

燃料使用資料包括全區域內之燃料使用資料，包括住宅之使用液化石油氣、天然氣……等，所有之燃料使用均將產生空氣污染物，因此必需一併予以考慮。

此外，廢棄物之焚化處理、土木建築工程……等因可能產生並排放空氣污染物，就區域性空氣污染問題而言，亦應列入調查之重點。

主要之調查項目如下：

##### 1.燃料消耗

- ①各類燃料銷售、使用資料。
- ②各類燃料之排放係數。

##### 2.廢棄物焚化

- ①廢棄物焚化量。
- ②廢棄物成份。
- ③單位廢棄物量焚化所排放之空氣污染物量。

- (1)附設空氣污染處理設備。
- (2)無空氣污染處理設備。

##### 3.土木建築工程

- ①工程量。

②排放污染物量／單位工程量。

- (1)早期整地、開發。
- (2)廢土、材料運輸。

4.其它。

### 三、污染源之調查方法

污染源之調查，主要目的在建立所有可能排放空氣污染物之污染源檔案，期使獲致污染物排放估計與管制之基本資料。

(一)資料收集

1.工商登記調查

利用工廠管理登記之資料，可以得到各類工業廠家之名冊，作為最基本之資料檔。

2.燃料使用資料調查

利用各種燃料之銷售、使用資料，可以初步推算由於燃料使用而產生之污染物。

3.特定物質使用管制資料調查

部份工廠需使用特定物質，如：劇毒性化工原料，利用其管制資料亦可建立污染源檔案。

4.同業公會登記資料調查

利用同業公會之會員名單及登記資料，亦可獲得各類別工業之名單。

5.交通行政之資料調查

利用監理單位對機動車輛登記管制之資料，可以獲得各型車輛之數目，以及其分佈之情況，由公路主管單位可得交通工具使用率與交通流量資料。

6.港埠、機場之資料調查

機場有關航空器起降資料，以及港埠有關船舶出入資料之記錄，皆可提供作污染源管理登記之參考。

7.問卷調查

對於各類工廠，是否可能成為空氣污染物排放源，亦可藉設計良好之問卷，由工廠填妥回寄之結果作分析、判斷而得。

(二)污染源型態之判斷

利用書面資料獲得全盤一般性之資料，必需將污染源作適切分類。一般均設定有「最小基準值」，即當某一排放源之排放率低於此一限值，即將其歸類為面源，而除非有特別明顯之線型型態 (line mode) 而可歸類為線源外，一般均以點源與面源處理之。

「最小基準值」之設定可依區域特性、大小，以及污染源調查精確需求程度而定。一般言之，調查區域愈小，此「最小基準值」可酌予提高；當污染源調查或排放總量估計之精確度要求提高時，其「最小基準值」則宜酌予降低，即儘可能將大排放源視為點源，再作詳盡之現場測定，期使測定結果合乎總量估算之要求。

至於面源範圍之大小，一般在  $1 \sim 100\text{km}^2$  之間，視分區區域特性而定<sup>③</sup>。分區考慮之因素如下：

① 1.人口密度

人口密度愈高，則分區面積愈小，同時分區之每邊長應在40公里以下③。

#### 2. 運輸排放量

運輸分佈愈不規則，則分區面積宜小；同時應考慮車輛平均里程數與柴油車／汽油車之比。

#### 3. 蒸發排放量

考慮乾洗排放量（人口密度×使用率）與車輛之漏油料量，一般其值愈大而分佈不均勻，則分區面積愈小。

#### 4. 其它。

##### (三) 現場測定

依據調查資料與分類結果，應將各污染源分類整理，然後進行現場測定，選擇現場測定之原則如下：

1. 各類別工業或各型態污染源均需測定。
2. 大排放源應先測定。
3. 交通流量、車輛里程數、行駛型態、車輛種類等。
4. 儘可能增加測定對象與次數，以得到代表值。

#### 四、調查結果之整理與應用

調查結果之整理是呈現污染源調查工作成果最重要之步驟，亦是調查結果應用於污染管制與策略評估之依據。調查結果之整理主要包括三項內容：

- (一) 資料收集。
- (二) 測定結果。
- (三) 理論計算。

依據上述資料作綜合評述，即可估算污染物排放總量。

調查結果之整理，大致可依如下四種方法進行：

1. 污染源建檔：  
每一污染源均建有檔案，其內容如二所述者。
2. 依據污染物排放種類建檔  
分別依粒狀物、硫氧化物、氮氧化物、一氧化碳、碳氫化合物及其它污染物，建立各排放源之資料。
3. 依工業類別建檔  
分別依排放源之同類工業建檔，如鋼鐵業、化工業……。
4. 依地區位置建檔  
分別就行政區域或賦予編號之分區區域予以建立該區域內之排放源檔案。

通常採用第一種建檔方法，然後分別建立第二、三、四種方式之副檔內容，配合應用。這些資料除需有書面原始檔案外，亦可視需要建立資訊系統或便捷卡系，以供不同使用目的之需。

#### 肆、污染物排放總量之估計

污染排放總量之估計係依據由前述各種污染調查方法所得結果，再作更進一步之分析，

獲得管制區域內，來自各不同污染源所排放出空氣污染物之總量，包括由靜態源與動態源所產生者。

由於空氣污染物之排放可能來自燃燒過程、工業製程、物料運輸、貯存……等，情況十分複雜，欲一一全數予以量化管制恐非易事，同時是否值得花費諸多人力、財力去進行「完全」之計量工作亦值得探討，一般言之，對於污染物排放總量之估計，其精確度之抉擇宜由對此估計結果之目的而定之。

基本上，依據對排放量估計結果所要求精確度程度之差異，污染物排放量之估計方法可分成三級④：

- 一、粗略估計法 (Gross Estimation)
- 二、速捷估計法 (Rapid Estimation)
- 三、周延估計法 (Comprehensive Estimation)

各種程度之估計方法俱有其特性與功能，所要求之條件與結果之可利用性亦各有所異，端視各調查者對排放量估計結果之要求程度而定。一般言之，粗略估計法與速捷估計之結果較適用於年總排放量估計之情況；周延估計法之結果，則可應用於年平均、季平均、日平均與時平均等情況，其估計結果之精確度較佳，結果之可利用度亦較廣，較適合於對工廠管制之層次。

#### 一、粗略估計法

粗略估計法主要是藉書面蒐集得之資料來估計空氣污染物之排放量，所得結果並非十分精確，僅可提供作大區域內，以年平均值為估計基準之空氣污染物總排放量之估算。

粗略估計法係藉計算燃料消耗量、燃燒程序、溶劑使用量與工業程序等項過程中之條件，再配合各不相同之「轉換係數」，相乘後可得各項之排放量，再予以相加，即可得該區域內之空氣污染物排放量估計值。

粗略估計法對於「轉換係數」(Conversion Factor)之分類，係依據如下之項目作劃分之原則：

- (一) 運輸
- (二) 靜態源之燃料使用
- (三) 工業程序
- (四) 廢棄物處理
- (五) 其他

粗略估計法之主要工作內容包括有兩項：

#### 1. 各項分類中之量化

量化工作目的在得到各項分類內容之「量」，可以如下之方式表示其「量」之多寡：

- ① 總生產值或總生產量
- ② 生產設備能量（如：有水泥磨××噸／年之產能）
- ③ 能源消耗
- ④ 物料處理量
- ⑤ 交通工具之數量或行駛里程數

## ⑥其他

### 2. 轉換係數之設定

轉換係數之設定，主要係針對前述量化項目之內容，建立一套適用之轉換系統，以期藉由前述量化項目之統計結果，可以迅速轉換推估空氣污染物之排放量。

轉換係數之表示方式有如下幾種：

- ①單位生產值之污染物排放量（污染物量／單位生產值）
- ②單位生產量之污染物排放量（污染物量／單位生產量）
- ③單位生產設備能量之污染物排放量（污染物量／年／單位設備能量）
- ④各種燃料之轉換係數（污染物量／單位燃料量）
- ⑤各種交通工具之轉換係數（污染物量／年／輛或污染物量／單位里程數）

#### ⑥其它

配合1、2項之統計結果，可以迅速推估出各項分類之污染物排放量，其可由下式表示之：

$$\text{區域污染物總排放量} = \sum (\text{各項分類之量} \times \text{轉換係數})$$

粗略估計法之最主要目的為可以迅速而粗略地推估出某區域內，空氣污染物之年總排放量。其特點包括有：

- ①迅速而簡單，可避免大量資料收集，處理與計算之冗雜步驟。
- ②可提供粗略之估計值，適合毋需較精確要求之目的，適合於大區域性之估計。
- ③轉換係數之設定較簡單，但精確度較差。

一般言之，粗略估計法僅適用於其他較精確估計方法估算之基礎工作，提供大量投入人力、物力前之參考依據，不宜作為污染控制策略評估與控制計劃執行之依據，以免導致重大之誤差。

### 二、速捷估計法 (Rapid Source Inventory)

速捷估計法乃為求得比粗略估計法所得結果更加精確之結果，除於基本資料之收集與分析外，並更進一步作問卷調查與簡易現場測定之工作，使其估計值更能接近實際污染物排放之情形。

速捷估計之特點有四：

- (一)利用粗略估計所得結果作基礎，再加上大污染源之現場測定結果作修正之依據。
- (二)問卷調查，補充由資料收集所得結果不足之處。
- (三)考慮土地使用之型態所造成之影響。
- (四)對於污染源之分類與轉換係數之設定，作較精確之分析與歸類，所得結果亦較精確。

由於速捷估計法仍需作現場測定，故其適用區域之範圍不宜太大。適切之分區於速捷估計法之作業中是相當重要之程序。劃分區域太大，則勢必增加現場採樣作業之負擔，並使推估得排放量資料之精確度降低；若分區太小，則將增加作業上之負擔，而且失去速捷估算之意義。

分區之考慮因子如下：

#### 1. 土地使用型態

- 2.燃料使用型態
- 3.地理條件（地形、地勢）
- 4.人口密度

一般言之，每一劃定區域面積在 2 ~ 10 平方哩（5 ~ 25 公頃）為宜，同時應避免不規則或狹長狀之區域。<sup>(5)</sup>

劃定區域作現場測定時，宜使該區域內之燃料使用與土地使用型態呈現均勻（homogeneous）之情況，例如：工業區應避免與住宅區在同一調查區域內，對於較大規模之排放源可視為點源而予以一一列管，其於排放量小於設定值（如 90 噸／年）之污染源，可併同於面源部份處理，毋需一一加以個別測定，以期達到速捷估計之效。

速捷估計法進行工作時，除需備有於粗略估計時所需之資料外，亦需備有如下之資料：

- 1.地形圖
- 2.人口密度分佈
- 3.能源（燃料）使用分佈圖
- 4.問卷調查
- 5.更詳細之轉換係數分類資料與設定值。

利用上項資料，即可分別估計調查區域內，污染源所排放出之空氣污染物總量。綜合言之，速捷估計法較適合於有限人力與條件之小區域中探行，其估計量之基準亦宜以年平均排放量表示之。

### 三、周延估計法

周延估計法主要目的用於大氣擴散數學模式（Mathematic Atmospheric Dispersion Model）資料之輸入，以獲得較完整之排放源資料，精確地估計出該區域內之空氣污染物排放總量，並可藉所建立之模式來預測該區域之空氣品質，提供為控制策略制訂與計劃執行成效之參考。

周延估計法最大的特點為收集有大量點排放源之資料，但需有大量人力與財力之支持能夠完成，同時因其有大量點源資料，對於轉換係數之設定亦相當煩雜，因為若轉換係數之分類不夠明確，則收集得大量點源之資料將失去意義。

由於周延估計法旨在獲得精確度較高之結果，因此其於污染源調查與轉換數制訂之過程中，對品質之控制乃十分重要，污染源調查內容之所有項目均需完整而正確。

周延估計法之進行可採網格系統式，將全部調查區域完細分成許多小方格，然後調查該小方格範圍內之所有污染源。將所得調查結果依據「點污染源判斷基準」而分成點源或面源，一般可採 90 公噸／年為此判斷基準；即年排放量在 90 公噸以上者，以點污染源處理之，低於 90 公噸／年者則併同處理而視為此小方格之面源。<sup>(6)</sup>

對於靜態污染源之調查，應特別注意其生產程序之作業周期（Operation Period），由於作業周期條件會導致污染物排放率之改變，因此，於排放源調查測定時（印現廠測定），應特別注意其採樣時間需涵蓋一整個作業周期，以及其小時排放率之變化。

由於周延估計法之精確度較高，故其估計位準可達到小時年平均值之程度，其式如下：

$$\text{小時年平均值} = \frac{\text{年總排放量}}{\text{年總操作時間}}$$

依據小時年平均值之結果，可以推算出日年平均排放量、週年平均排放量與月年平均排放量，以適合各種程度之要求。此結果之精確度足以使其輸入大氣擴散模式以推估空氣品質值時，能夠得到令人滿意之結果；同時，亦可使空氣污染控制策略與計劃之評估與執行更為落實。

當採用周延估計法時，其污染源調查之工作需時時修正，尤其當污染源之條件有如下情況之改變時：

- (一)新廠建立或舊廠消失
- (二)製程更新或異動
- (三)污染物排放率改變（如：增減污染控制設備）

對動態污染源排放量之估計，其調查可由不同時間平均值之要求而定。若僅求年平均排放值，則可由粗略估計法或速捷估計法之方式進行，但對於資料之調查與轉換係數之設定均需作較周延而精確之處理。若預估小時排放量或日排放量，則需設定動態源之變化週期，一般可採24小時或分成數時段（7時～9時與16～18時，或9～16時與18～7時），依交通流量變化情況而定。利用各項調查資料之結果來估算，其項目包括有：

1. 交通流量（平均行車數）
2. 平均速度
3. 平均里程數
4. 操作條件（行駛型態）

依據上述資料，可以推估在小方格內之動態污染源排放量，若欲得小時平均值之排放總量，則資料調查結果亦應以小時平均值作基準，再配合相對之轉換係數，即可得到能夠反應週期變化之污染物排放總量。

總之，周延估計法是最煩雜，但也是較精確之一種污染物排放總量估計法。一般言之，其適較宜於有充分人力與財力支持，而且相關資料調查周全之地區，以及需有較精確資料作空氣品質擴散模式預估或控制策略、計劃評估之依據之情況，所投入之人力、物力才有其價值。因此，排放總量之估計，宜由粗略估計法開始作起，逐步再由速捷估計法而進入周延估計法，以確保所得排放總量估計值之精確度。

#### 四、排放係數

「排放係數」（Emission Factor）是「轉換係數」之一種，亦是最常使用之一種。其定義為「由於工業生產活動，每單位生產量（或能源消耗量）或單位服務量所排放出空氣污染物之平均量」。

排放係數乃用於估算區域空氣污染物總排放量最快捷之方法。利用污染源調查數據，配合各種排放係數，即可得到污染物排放量之資料，同時亦可作為污染源排放控制之依據，達到空氣品質策略之目的。

#### 排放係數訂定步驟可見圖1：

由於排放係數為一種總量估計方式，因此，其僅能應用於由年總產量來估算污染物年平均排放量之基準，而且其係考慮生產過程整體之情形，對於操作程序中之起動／停頓(Start-up/shut-down) 與間歇式操作 (batch operation) 之情況並不加以考慮。但是對於非均勻型態之連續操作，仍需作一整個周期之試測，然後取其平均值，此過程可見圖2：

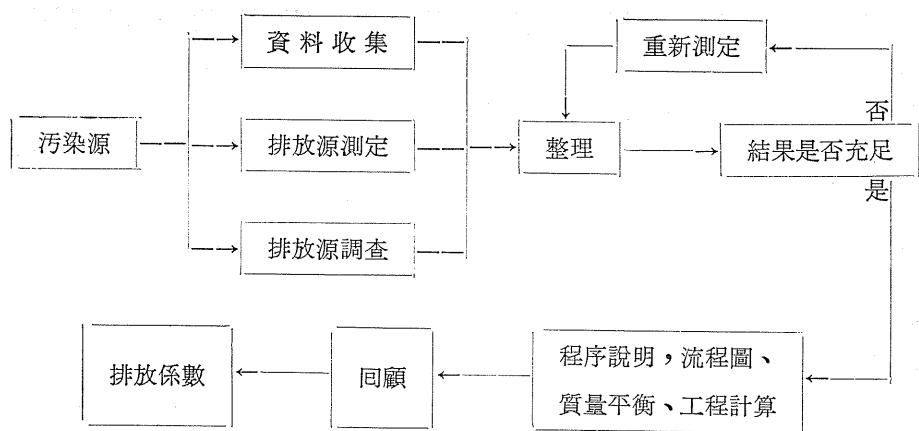


圖 1 排放係數訂定步驟

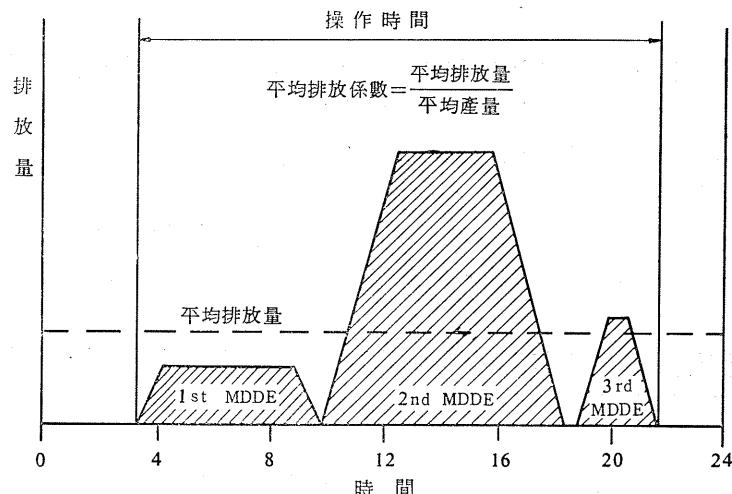


圖 2 平均排放係數之訂定

至於交通工具之排放係數，分別以下二方式表之：

(一)車輛：污染物排放量／單位行車里程

(二)航空器：污染物排放量／單位着陸一起飛航次

依據排放係數之訂定過程與方法，其可分為如下五個等級：

(一)A級～極佳：依據大量現場測定結果，配合調查資料，綜合整理而得。

(二)B級～佳：依據有限少量現場測定結果，配合調查資料，綜合整理而得。

(三)C級～普通：依據調查資料而得。

(四)D級～不佳：僅有少數背景資料可供利用下整理而得。

(五)E級～差：僅依據物質平衡計算估計而得。

## 五、排放模式

排放模式 (Emission Model) 係利用排放係數與污染源調查來估算污染物排放總量之數學式，最常用之排放模式為

$$\text{總排放量} = \text{年平均生產量} \times \text{平均排放係數} \times \text{平均控制效率}$$

上式中之平均控制效率乃指污染防治設備之控制效率。利用此種排放模式可用以估算小時平均排放量與日平均排放量，主要由平均生產量與排放係數之測值定，就同一調查區域而言，同類性質之工廠，點排放源可集中予以處理。

利用排放模式估算污染物排放總量時，需考慮空間條件（Spatial Condition）與時間條件（Temporal Condition），其所得結果才能周延而實用。

#### (一) 空間條件

所需考慮之空間條件係指污染源特性之分類，一般可將其區分為點污染源、面污染源與線污染源。

##### 1. 點污染源

在作總量估算時，必需將區域內之所有點污染源全部列入計算，不可漏失，以免造成誤差。一般對點污染源之估算，係利用煙囪測定結果作估算之依據，先測得小時平均值，再由此推算其日平均值與年平均值。

##### 2. 面污染源

於估算面污染源時，其劃定之面積不宜太大，儘量使區域內之條件維持均勻，再取其特性平均值。在區域內之污染源（小於設定為“點污染源規模”之污染源）可視為均勻一致，利用平均排放係數（Mean Emission Factor）可推估得小時平均排放量。

##### 3. 線污染源

線污染源是最複雜之情況，一般可假設其排放率（emission rate）是相等的，由其線源設定值和平均排放率可得排放總量。但若每一段線源之排放率各不相同，則需分段測定計算。

總之，空間條件所考慮者為不同污染源型態之差異，除於污染源分類時應妥慎外，需特別注意不可疏漏或重複之現象，以免導致重大誤差。

#### (二) 時間條件

時間條件主要在考慮不同時間平均值之差異，以適合調查資料之一致性。一般可分成年平均值、日平均值與小時平均值。

##### 1. 年平均值模式

年平均值模式是最常使用者，以噸／年表示之。一般言之，此種表示方法所需考慮之變化因素最少，適合於無充分人力、物力支援之情形。但需注意在利用年平均值模式來推估區域污染物總排放量時，應指出係根據何年之調查資料，同時，絕對不可以年平均值模式來推估日平均排放量或小時平均排放量，以免引起錯誤。

##### 2. 日平均值模式

日平均值模式比年平均值模式要精確，但其所需考慮之因素亦比年平均值模式所需考慮者為多，尤其是操作條件週期長於24小時者。一般情形下，利用日平均模式與操作日數可推估年平均排放總量，但不可用以推估小時平均排放量。

##### 3. 小時平均值模式

小時平均值模式是最精確之估計方法，但其需較詳盡之污染源調查資料與排放係數研訂，一般較適合於由煙囪現場測定所得結果作模式分析資料來源之情形，而其排放係數則不宜採用總量排放係數（Gross Emission Factor）法，而需根據其生產率（Process Rate）之

變化情形而定，否則將失去小時平均值之意義。至於日排放總量與年排放總量，則可由小時平均值分別乘上工作時數／日與工作時間／年而得之。

總之，當資料充分而人力亦足時，以小時平均模式來估計污染物排放總量當可獲致較佳之結果。同時，為求便捷之故，同類工業可一起估算，其操作條件亦可視為相同。至於非連續式操作或非均勻式程序（non-homogeneous process）之排放量估計需特別注意，宜採用總量排放係數法來預估其年總排放量，毋需分析其小時平均值，除非其作業週期係遠低於一小時者。

## 伍、結論

突破行政區域之束縛，採取「空氣區」（airbasin）之大區域聯合防制之方式，較能達到經濟有效之原則，大型工業（如石化工業、煉鋼業等）或工業區，也可由業者聯合起來，共謀污染防治之對策，決定防制區域之範圍，計算區域內之空氣污染物排放總量，並根據最適切之擴散模式，預估污染物之濃度，據以製定污染控制之策略，作為施政措施或憑以向環保局申請排放許可。

本文主要架構為衛生署環保局委託研究之「區域性空氣污染物排放總量估計手冊」，謹致謝意。

## 參考文獻

- [1] Arthur C. Stern, "Air Pollution. Vol. V, Air Quality Management", (1977) 大學圖書出版社，臺北市，七十二年。
- [2] Arthur C. Stern, "Air Pollution, Vol. III, Measuring, Monitoring and Surveillance of Air Pollution" , 大學圖書出版社，臺北市，七十二年。
- [3] 同[2]。p.759.
- [4] 同[2]。p.718~724.
- [5] 同[2]。p.722.
- [6] 同[2]。p.723~724.