

CHAPTER 4

排放目錄

Emission Inventory

Hsunling Bai

Institute of Environmental Engineering

國立交通大學

National Chiao Tung University

目錄

- 4-1.簡介
- 4-2.排放目錄之應用
- 4-3.排放目錄之建立
- 4-4.排放係數
- 4-5.排放目錄之種類
- 4-6.排放目錄之精確度
- 4-7.環保署網站資料_排放量推估方法

4-1. 簡介

排放目錄（Emission Inventory）之目的，在於**建立一特定時段內之各排放源所排放出之空氣污染量**。

Stern(1973)給Emission Inventory之定義為：

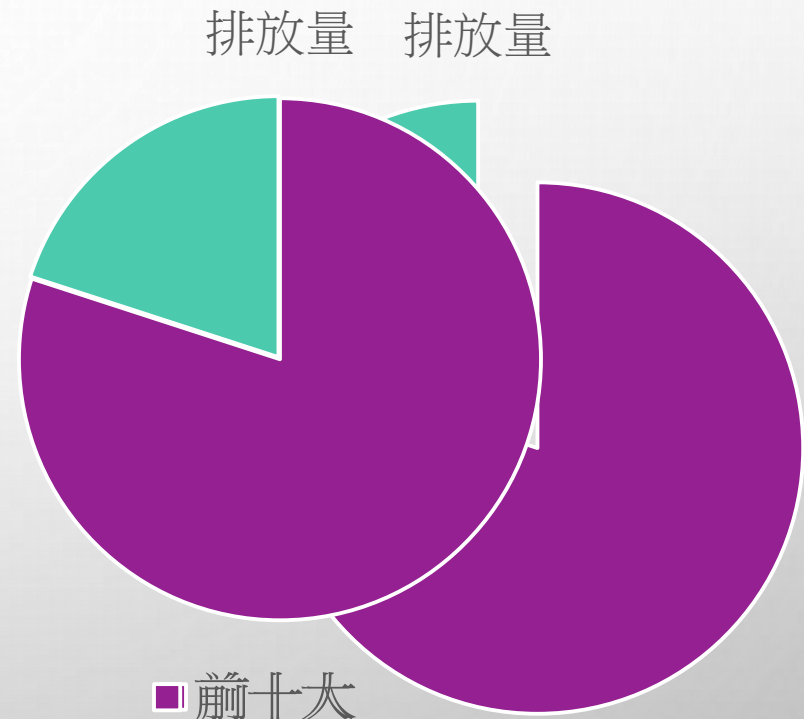
“A listing of **the amount of pollutants** from all **sources** entering the air in **a given time period**. The **boundaries of the area** are fixed.”

排放目錄常以表格方式呈現，其可被環保單位利用來作為空氣品質管制之工具，在了解各污染源之排放貢獻量後，即可由最主要之污染源進行排放削減，以達有效改善空氣品質之目的。

4-1. 簡介

排放目錄(清單) 常以
表格或圖形方式 呈現，
其可被 環保單位 利用來作為
空氣品質管制 之工具。
在了解各污染源之
排放貢獻量 後，
即可由 **最主要之污染源**
進行排放削減，
以達有效改善空氣品質之目的。

20/80法則



4-2.排放目錄之應用

排放目錄之應用範圍包括了：

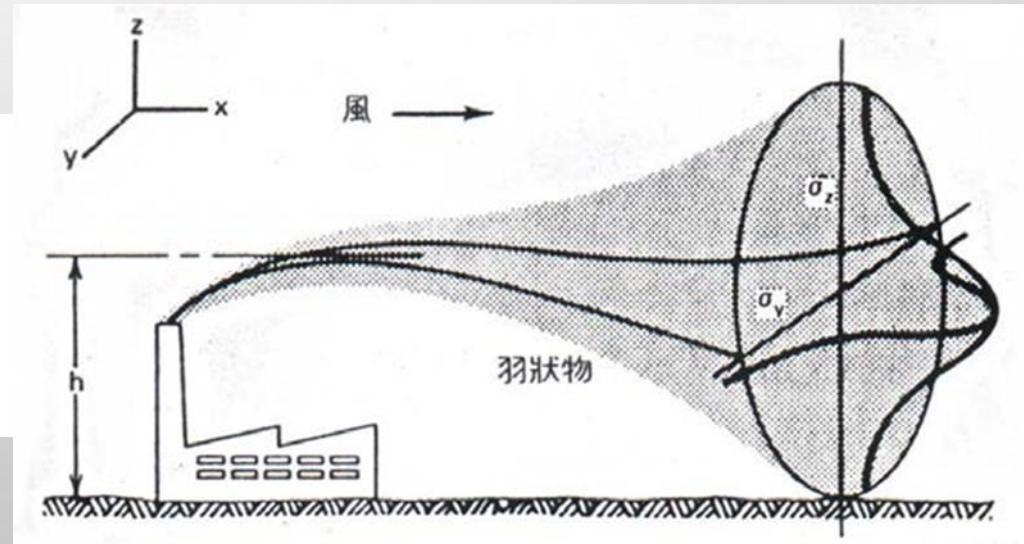
- 1) **Atmospheric modeling** (大氣擴散模擬)
- 2) **Ambient Monitoring** (空品監測)
- 3) **Effects study** (影響評估)
- 4) **Abatement control strategies** (管制策略之選擇)
- 5) **Enforcement** (法規之執行)

4-2. 排放目錄之應用

1) Atmospheric modeling (大氣擴散之模擬):

大氣擴散模式在模擬空氣品質時，需要污染源排放等相關資料，因此在進行模擬前，需先取得模擬區域內之排放目錄。

$$c(x, y) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z U} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{h^2}{2\sigma_z^2}\right)$$



4-2. 排放目錄之應用

2) Ambient Monitoring (空品監測):

進行空氣品質監測，或設立空氣品質監測網前，必須先取得排放源資料，在了解污染源所在地及其排放量後，即可初步了解**污染物濃度分佈概況**，而可據此得到最好之監測結果，或設計得最佳之空氣品質監測網。

4-2.排放目錄之應用

3) Effects study(影響評估):

- 空氣污染之影響包括了對人類之影響，以及對動、植物等生態系之影響
- 美國之空氣品質標準即區分有一級標準（對人）及二級標準（對生態系）
- 猜猜看哪個標準會較嚴格？為什麼？

- 在評估空氣品質對人類或生態系之影響時，須先取得污染源排放資料，方能得到正確之結果。

4-2. 排放目錄之應用

4) Abatement control strategies (管制策略之選擇)：

- 一個好的管制策略，須能有效的削減污染排放量，方能維護好的空氣品質。
- 排放目錄建立 → (擴散) 模式模擬 → 預估什麼樣的管制策略會帶來較好之空氣品質。
- 每一年之排放目錄更新，為必要之工作，如此方可顯示出污染改善之績效，亦可同時呈現出那一種管制策略在特定管制區域內之成效。

4-2. 排放目錄之應用

5) Enforcement (法規之執行) :

- 排放目錄可指出可能之污染源所在，在建立排放目錄後，方可藉此找出適用於各污染源之法令條款，並訂定污染減量之日程表，以改善各個污染源之排放狀況。
- 然而排放目錄也僅能指出“可能”之污染源，其無法確切的指出真正之污染源，因此不可做為法律上之證據。
- 因此以排放目錄為依據之法令執行日程表，需包括排放目錄中之所有**個別污染源**，而非只有主要污染源。

4-3. 排放目錄之建立步驟

(1) List the types of sources for the area.

如移動源、固定源...等。(可以再細分各項)

(2) Determine the type of air pollutant emissions from each of the listed sources.

如移動源會排放出particle、SO_x、NO_x、CO、HC...等。

(3) Find emission factors for each of the pollutants from literature.

排放係數 (emission factor) 為排放目錄正確性之關鍵，其一般來源為美國EPA之AP-42或SCC等手冊。近年來我國已逐漸進行本土化之實測資料，可望漸漸取代美國之排放係數值。

(4) Determine the number and size of specific sources in the area

活動強度之決定，如汽機車數目、人口數、耗油量、...

(5) Calculate the emission quantity of each source and pollutant.

污染排放總量之計算通式為：

污染排放量 = 排放係數 × 活動強度 × (1 - 控制效率)

4-3 排放目錄之建立

下表為一典型之排放目錄，而表中我們可發現其將污染源區分為：

- 交通（transportation）
- 固定燃燒源（fuel combustion in stationary sources）
- 工業製程（industrial processes）
- 廢棄物（solid waste disposal）
- 其他（miscellaneous）。

這些主要污染源下再細分各種污染源，此分類為最普遍之分類法。

4-3 排放目錄之建立

Source	Emissions, 10 ⁶ tons/yr	Percent of total
Transportation	1.2	4.3
Motor vehicles	0.8	2.8
Gasoline	0.5	1.8
Diesel	0.3	1.0
Aircraft	N ^a	N
Railroads	0.2	0.7
Vessels	0.1	0.4
Nonhighway use of motor fuels	0.1	0.4
Fuel combustion in stationary sources	8.9	31.4
Coal	8.2	29.0
Fuel oil	0.3	1.0
Natural gas	0.2	0.7
Wood	0.2	0.7
Industrial processes	7.5	26.5
Solid waste disposal	1.1	3.9
Miscellaneous	9.6	33.9
Forest fires	6.7	23.7
Structural fires	0.1	0.5
Coal refuse burning	0.4	1.4
Agricultural burning	2.4	8.4
Total	28.3	100.0

排放目錄之範例
(Nationwide Emissions of Particulates in
1968 in the USA.)

(From: Stern, 1973)

^aN=Negligible.

4-3 排放目錄之建立

- 下面兩張表4-2及表4-3則為我國環保署分別於民國78年及80年統計得之污染源排放目錄。
- 此兩表在污染排放量排估上之差異相當大。
 - 如民國78年之懸浮微粒（PM10 or TSP？好像當時還未分類）尚未將營建工地列入主要污染源，而80年時營建及道路之污染排放量卻占了PM10排放總量之55.6%。
 - 又如SO_x之排放量在民國78年時之總量為707,927公噸／年，而到了80年時降為582,993公噸／年，這當中在78年時固定源SO₂占總排放量之85%左右（約60萬公噸／年），到了80年時，固定污染源則占總排放量之近95%（約55萬公噸/年）。

4-3 排放目錄之建立

民國78年台灣地區空氣污染物排放總量推估

單位：噸/年(%)

		氮氧化物	碳氫化合物	一氧化碳	懸浮微粒	硫氧化物
固定 污染源	燃料燃燒	272,821(37.05)	10,027(1.10)	27,803(1.39)	176,748(13.28)	460,135(65.0)
	工業製程排放	30,568(4.15)	46,825(5.13)	183,759(9.22)	416,444(31.28)	141,083(19.93)
交通工具污染		376,196(51.08)	508,036(55.69)	1,261,819(63.28)	63,337(4.76)	104,284(14.73)
廢棄物處理		56,846(7.72)	104,375(11.44)	520,635(26.11)	162,834(12.19)	2,424(0.34)
其他	道路排放	-	-	-	397,982(29.89)	-
	營建工程	-	-	-	114,548(8.60)	-
	蒸發損失	-	208801(22.89)	-	-	-
	石油產品運輸及 銷售	-	34151(3.74)	-	-	-
總計		736,432(100.0)	912,214(100.0)	1,994,016(100.0)	1,331,393(100.0)	707,927(100.0)

4-3 排放目錄之建立

民國80年台灣地區空氣污染物排放總量推估

單位：噸/年(%)

		PM10	SO _x	NO _x	NMHC (註)	CO	Pb
固定污染源	工業	23,388(4.1)	450,425(77.3)	172,722(28.8)	2,669(0.3)	16,148(0.7)	0.009(1.5)
	燃燒	88,304(15.5)	79,946(13.7)	53,701(9.0)	86,382(10.4)	44,100(1.9)	0.075(13.1)
	製程	16,974(3.0)	-	-	123,034(14.8)	-	-
	逸散						
	商業、消費	5,163(0.9)	19,648(3.4)	4,312(0.7)	147,973(17.8)	-	-
	營建、道路	316,533(55.6)	-	-	46,155(5.6)	-	-
	其他	56,504(9.9)	1,260(0.2)	6,926(1.2)	43,937(5.3)	261,201(11.5)	0.001(0.2)
移動污染源		62,590(11.0)	31,714(5.4)	361,298(60.3)	378,838(45.8)	1,953,349(85.9)	0.487(85.2)
合計		569,456(100.)	582,993(100.)	598,959(100.)	828,988(100.)	2,274,798(100.)	0.572(100.)

4-3 排放目錄之建立

- 短短兩年內排放量差異之原因：
 - ✓ 加強管制外（如民國79年7月1日起，固定源油品含硫量由2.0%降至1.5%；而移動源之柴油中硫份由1%降至0.5%）
 - ✓ 國內空氣污染相關知識及經驗較為充足進步，對排放量推估工作之準確性亦有相當大之影響。

4-3 排放目錄之建立

例題4-1 計算某一城鎮因燃油取暖所產生之CO量。(Stern, 1973)

Suppose we wish to determine the amount of carbon monoxide from oil furnaces, emitted per day, during the heating season, in a small city of 50,000 population.

4-3. 排放目錄之建立步驟

(1) List the types of sources for the area.

如移動源、固定源...等。（可以再細分各項）

(2) Determine the type of air pollutant emissions from each of the listed sources.

如移動源會排放出particle、SO_x、NO_x、CO、HC...等。

(3) Find emission factors for each of the pollutants from literature.

排放係數 (emission factor) 為排放目錄正確性之關鍵，其一般來源為美國EPA之AP-42或SCC等手冊。近年來我國已逐漸進行本土化之實測資料，可望漸漸取代美國之排放係數值。

(4) Determine the number and size of specific sources in the area

活動強度之決定，如汽機車數目、人口數、耗油量、...

(5) Calculate the emission quantity of each source and pollutant.

污染排放總量之計算通式為：

污染排放量 = 排放係數 × 活動強度 × (1 - 控制效率)

4-3 排放目錄之建立

(1) List the types of sources for the area.

- The source is oil furnaces within the boundary area of the city.

(2) Determine the type of air pollutant emissions from each of the listed sources.

- The pollutant of concern is carbon monoxide.

4-3. 排放目錄之建立

(3) Find emission factors for each of the pollutants from literature.

- Emission factors for carbon monoxide are listed in various ways :
 - ✓ 2 pounds per 1000 gallons of fuel oil,
 - ✓ 50 gm per day per burner,
 - ✓ 1¹/₂% by volume of exhaust gas, etc.
- For this example use 2 pounds per 1000 gallons of fuel oil.

(4) Determine the number and size of specific sources in the area

- Fuel oil sales figures, obtained from the local dealers association, average 10,000 gallons per day.

4-3. 排放目錄之建立

(5) Calculate the emission quantity of each source and pollutant.

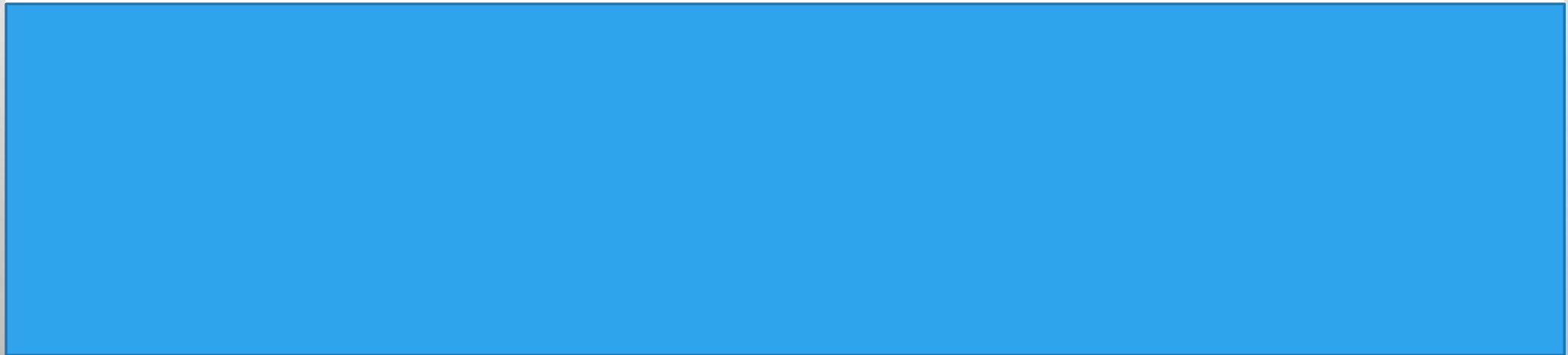
污染排放總量之計算通式為：

污染排放量 = 排放係數 × 活動強度 × (1 - 控制效率)

$$\frac{2 \text{ pounds CO}}{1000 \text{ gallons}} \times \frac{10,000 \text{ gallons}}{\text{day}} = \frac{20 \text{ pounds CO}}{\text{day}}$$

4-3 排放目錄之建立

同前題，如果我們使用50g/day-burner之排放係數，則其排放量有多少？



4-4. 排放係數

- 排放係數為排放目錄之關鍵，其建立方法主要靠實際檢測值而得到。
- 同樣性質之污染源排放係數值相差可能在50%以上，甚至達到數倍之多（國內之檢測結果與國外即有相差1000倍者）。
- 美國EPA即整理其排放源檢測資料等實廠或學術研究報告，整理得 **AP-42** 以及 **SCC(Source Classification Code)** 排放係數報告。
- 我國之相關檢測數據較為缺乏，正確性也待評估，因此在推估各污染源之排放量時即常使用到AP-42與SCC之資料。

4-4. 排放係數

- 依空氣污染防治費收費辦法，固定污染源空氣污染物排放量計算依據之順序如下：
 - 一. 符合中央主管機關規定之固定污染源空氣污染物連續自動監測設施之監測資料。
 - 二. 符合中央主管機關規定之空氣污染物檢測方法之檢測結果。
 - 三. 經中央主管機關認可之揮發性有機物自廠係數。
 - 四. 中央主管機關指定公告之空氣污染物排放係數、控制效率、質量平衡計量方式。
 - 五. 其他經中央主管機關認可之排放係數或替代計算方式。

4-4. 排放係數

- 這樣的優先順序在學理上或許是正確的，但在實際執行時，其正確性仍有疑慮，除了之前曾提及的CEMS數據造假問題外，再舉下列某廠之廢氣排放量質能平衡圖（如圖4-1所示）來看。
- 我們可發現該廠之SO_x、NO_x等污染物排放量在燃燒爐出口時分別為360.7及856.8ppm，但在幾道稀釋空氣後，在煙道出口濃度降為83及76ppm，然而其含氧量卻維持在15%—16%間，並未有顯著改變，因此煙囪檢測數據之可信度令人存疑。

4-4. 排放係數

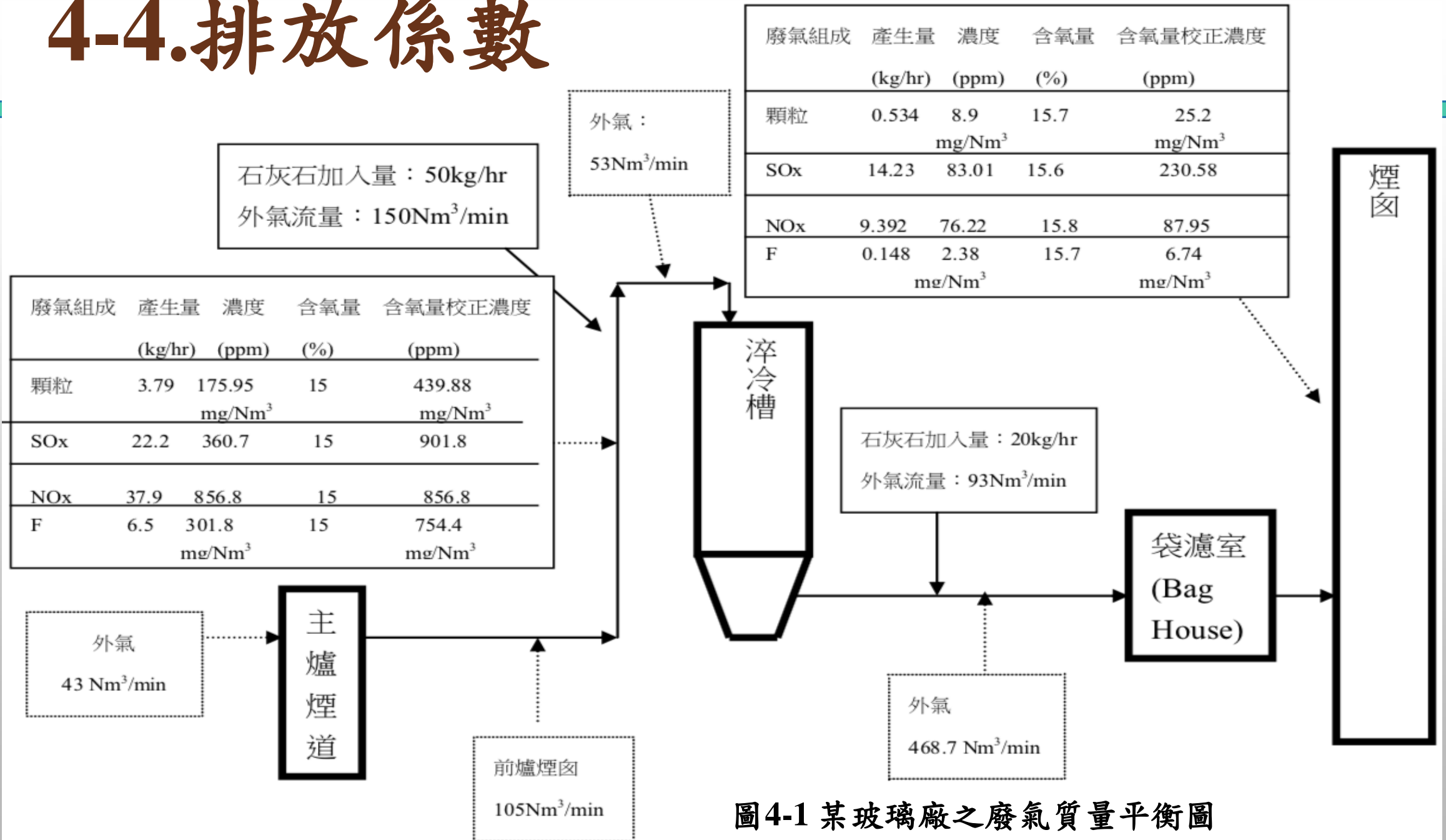


圖4-1 某玻璃廠之廢氣質量平衡圖

4-4. 排放係數

- 此外許多工廠為避免違反排放標準，紛紛想出許多方法，除了上述稀釋法及尋找能令其合格之檢測單位外，亦有寧願逸散至大氣，也不願收集經管道排放者。
- 表4-4為國內檢測結果與美國之S C C推估得之排放量比較，其差異性相當大。

4-4. 排放係數

表4-4 美國SCC排放資料庫與環保署第十一批檢測所得排放比較差異

污染源	Par排放量(kg/hr)			SO _x 排放量(kg/hr)			NO _x 排放量(kg/hr)			SCC 估算基準	
	檢測	SCC	SCC/ 測	檢	檢測	SCC	SCC/ 測	檢	檢測		SCC
熔鐵爐(1)	0.072	0.01	0.144	0.213	0.068	0.317	0.071	0.008	0.105	3-04-003-01	
熔鐵爐(2)	2.418	0.074	0.031	0.547	0.484	0.884	2.074	0.054	0.026	3-04-003-01	
燒結爐	0.014	0.415	29.84	*	13.70	*	0.178	3.168	17.78	1-02-004-01	
誘導爐	0.009	0.54	60.2	*	-	-	0.074	-	-	3-04-003-03	
機械式焚化爐	0.096	0.011	0.111	0.066	0.185	2.783	0.32	0.37	1.156	5-02-001-02	
粉煤溼底鍋爐	9.762	1.856	0.19	56.285	45.24	0.804	53.82	208.8	3.88	1-01-001-01	
壓延用均熱爐	0.575	-	-	2.853	0.899	0.315	11.19	0.899	0.08	3-03-009-33	

註：“-”表無適當排放係數；“*”表未檢測。

資料來源：台中縣環保局“固定污染源管制計畫”，民國86年。

4-4.排放係數

- 表4-5則為由美國環保署網站所下載之AP-42中幾個主要排放源之排放因子範例（<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch03/>）。
- 在利用既有之排放係數時，須注意其所使用之限制，如同為燃煤之排放係數，即會因燃燒低硫或高硫份之煤而有所不同。

4-4. 排放係數

TABLE 4-5 Emission factors for criteria pollutants and greenhouse gases from stationary gas turbines
(USEPA, 2000)

Emission Factors ^a - Uncontrolled				
Pollutant	Natural Gas-Fired Turbines ^b		Distillate Oil-Fired Turbines ^d	
	(lb/MMBtu) ^c (Fuel Input)	Emission Factor Rating	(lb/MMBtu) ^e (Fuel Input)	Emission Factor Rating
CO₂^f	110	A	157	A
N ₂ O	0.003 ^g	E	ND	NA
Lead	ND	NA	1.4E-05	C
SO ₂	0.94S ^h	B	1.01S ^h	B
Methane	8.6E-03	C	ND	NA
VOC	2.1E-03	D	4.1E-04 ⁱ	E
TOC ^k	1.1E-02	B	4.0E-03 ^l	C
PM(condensable)	4.7E-03 ^l	C	7.2E-03 ^l	C
PM(filterable)	1.9E-03 ^l	C	4.3E-03 ^l	C
PM(total)	6.6E-03 ^l	C	1.2E-02 ^l	C

4-4. 排放係數

^a Factors are derived from units operating at high loads (_ 80 percent load) only. For information on units operating at other loads, consult the background report for this chapter (Reference 16), available at “www.epa.gov/ttn/chief”. ND = No Data, NA = Not Applicable.

^b SCCs for natural gas-fired turbines include 2-01-002-01, 2-02-002-01 & 03, and 2-03-002-02 & 03.

^c Emission factors based on an average natural gas heating value (HHV) of 1020 Btu/scf at 60 ° F. To convert from (lb/MMBtu) to (lb/10⁶ scf), multiply by 1020. Similarly, these emission factors can be converted to other natural gas heating values.

^d SCCs for distillate oil-fired turbines are 2-01-001-01, 2-02-001-01, 2-02-001-03, and 2-03-001-02.

^e Emission factors based on an average distillate oil heating value of 139 MMBtu/10³ gallons. To convert from (lb/MMBtu) to (lb/10³ gallons), multiply by 139.

^f Based on 99.5% conversion of fuel carbon to CO₂ for natural gas and 99% conversion of fuel carbon to CO₂ for distillate oil. CO₂ (Natural Gas) [lb/MMBtu] = (0.0036 scf/Btu)(%CON)(C)(D), where %CON= weight percent conversion of fuel carbon to CO₂, C = carbon content of fuel by weight, and D = density of fuel. For natural gas, C is assumed at 75%, and D is assumed at 4.1 E+04 lb/10⁶ scf. For distillate oil, CO₂ (Distillate Oil) [lb/MMBtu] = (26.4 gal/MMBtu) (%CON)(C)(D), where C is assumed at 87%, and the D is assumed at 6.9 lb/gallon.

^g Emission factor is carried over from the previous revision to AP-42 (Supplement B, October 1996) and is based on limited source tests on a single turbine with water-steam injection (Reference 5).

^h All sulfur in the fuel is assumed to be converted to SO₂. S = percent sulfur in fuel. Example, if sulfur content in the fuel is 3.4 percent, then S = 3.4. If S is not available, use 3.4 E-03 lb/MMBtu for natural gas turbines, and 3.3 E-02 lb/MMBtu for distillate oil turbines (the equations are more accurate).

^j VOC emissions are assumed equal to the sum of organic emissions.

^k Pollutant referenced as THC in the gathered emission tests. It is assumed as TOC, because it is based on EPA Test Method 25A.

^l Emission factors are based on combustion turbines using water-steam injection.

4-4. 排放係數

附錄一則為 USEPA 之 AP-42 相關資料簡介。

在 AP-42 中之排放係數分級([Emission factor rating](#), A-D)，乃依據下列原則：

污染源測試分級：

- **A** = Tests are performed by a sound methodology and are reported in enough detail for adequate validation.
- **B** = Tests are performed by a generally sound methodology, but lacking enough detail for adequate validation.
- **C** = Tests are based on an unproven or new methodology, or are lacking a significant amount of background information.
- **D** = Tests are based on a generally unacceptable method, but the method may provide an order-of-magnitude value for the source.

4-4. 排放係數

排放係數分級:

- **A = Excellent.** Emission factor is developed primarily from A and B rated source test data taken from many randomly chosen facilities in the industry population. The source category population is sufficiently specific to minimize variability.
- **B = Above average.** Emission factor is developed primarily from A or B rated test data from a moderate number of facilities. Although no specific bias is evident, it is not clear if the facilities tested represent a random sample of the industry. As with the A rating, the source category population is sufficiently specific to minimize variability.
- **C = Average.** Emission factor is developed primarily from A, B, and C rated test data from a reasonable number of facilities. Although no specific bias is evident, it is not clear if the facilities tested represent a random sample of the industry. As with the A rating, the source category population is sufficiently specific to minimize variability.
- **D = Below average.** Emission factor is developed primarily from A, B and C rated test data from a small number of facilities, and there may be reason to suspect that these facilities do not represent a random sample of the industry. There also may be evidence of variability within the source population.

4-4. 排放係數

- **E = Poor**. Factor is developed from C and D rated test data from a very few number of facilities, and there may be reason to suspect that the facilities tested do not represent a random sample of the industry. There also may be evidence of variability within the source category population.
- **U = Unrated (Only used in the L&E documents)**. Emission factor is developed from source tests which have not been thoroughly evaluated, research papers, modeling data, or other sources that may lack supporting documentation. **The data are not necessarily "poor," but there is not enough information to rate the factors** according to the rating protocol. "U" ratings are **commonly found in L&E (Locating & Estimating) documents and FIRE rather than in AP 42.**

4-4. 排放係數

- The **Factor Information Retrieval (FIRE)** Data System:
 - ✓ *FIRE* Version 6.2 (**released April, 1999**) is a user-friendly, menu-driven Windows program.
 - ✓ FIRE is a database management system containing EPA's recommended emission estimation factors for criteria and hazardous air pollutants.
 - ✓ *FIRE* includes information about industries and their emitting processes, the chemicals emitted, and the emission factors themselves.
 - ✓ *FIRE* allows easy access to criteria and hazardous air pollutant emission factors obtained from the *Compilation Of Air Pollutant Emission Factors (AP-42)*, *Locating and Estimating (L&E)* series documents, and the retired AFSEF and XATEF documents.)

$$1 \times 1,000 \times (Y/100) = 10Y \text{ kg}$$

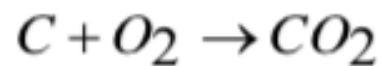
4-4. 排放係數

例題4-2 推估火力發電廠之CO₂排放係數 (林, 中國環境工程學刊, 第三卷, 第一期, p.53-64, 1993)

CO₂排放係數可利用燃燒理論 (質量平衡) 進行估算, 推導CO₂排放係數如下:

(1) 燃煤

假設煤中碳含量Y%, 由化學平衡可知:



$$CO_2 = \frac{44}{12} = 3.67 \text{ kgCO}_2 / \text{kgC}$$

由上式可知, 1kg C燃燒產生3.67 kg CO₂,

而1MT(metric ton)煤中含 $1 \times 1,000 \times (Y/100) = 10Y \text{ kg}$ 之C,

故1MT煤燃燒產生36.7Y kg之CO₂, 即CO₂理論排放係數為36.7Y kg-CO₂/MT煤,

而電廠鍋爐碳轉化率約為99%,

據此**燃煤電廠CO₂排放係數為36.3Y kg-CO₂/MT煤**。

4-4. 排放係數

(2) 燃油

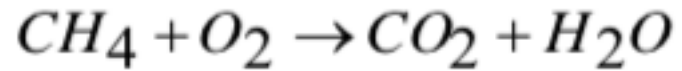
根據能源統計年報顯示：燃料油密度為0.953公噸/公秉，而電廠鍋爐碳轉化率約為99%，

$$0.953 \frac{\text{公噸}}{\text{公秉}} \times 0.99 \times \frac{3.67 \text{ kg } CO_2}{1 \text{ kg } C} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ MT}} \times \frac{K}{100} = 34.6K \text{ kg-CO}_2 / \text{公秉}$$

可推算**燃油電廠CO₂排放係數為34.6K kg-CO₂/公秉油**，其中K為燃料油中含碳量百分比。

4-4. 排放係數

(3) 燃氣



假設LNG之組成均為CH₄，因此每公噸(MT)之LNG所產生之CO₂量為，

$$\frac{10^6 \text{ g} / \text{MT LNG}}{16 \text{ g} \text{ CH}_4 / \text{mole}} \times 44 \text{ g CO}_2 / \text{mole} \times 10^{-3} \text{ kg} / \text{g} = 2750 \text{ kg CO}_2 / \text{MT LNG}$$

故可推知1MT液化天然氣燃燒產生2,750 kg之CO₂，亦相當於1.93 kg-CO₂/m³-LNG (@0°C)，而電廠鍋爐碳轉化率約為99%，據此推算燃氣電廠CO₂排放係數為2,722.5 kg-CO₂/MT-液化天然氣。

4-5. 排放目錄之種類

排放目錄之種類，依其推估過程及應用目的不同，大致可分為以下幾種：

- (1) **Gross Estimation Inventory** (概估法)
- (2) **Rapid Survey Inventory** (快速調查法)
- (3) **Comprehensive Inventory** (周延估計法)
- (4) **Time-dependent Inventory** (時間效應推估法)
- (5) **Modal Inventory** (操作模式推估法)

4-5. 排放目錄之種類

(1) Gross Estimation Inventory (概估法)

此種排放目錄因為考慮之區域較大（如全國之年排放量調查），無法一一調查各個污染源，因此可能直接以取得燃料消耗情形、焚化之垃圾量等，來進行統計工作。

4-5. 排放目錄之種類

(2) Rapid Survey Inventory (快速調查法)

- 此方法通常針對較小面積之調查，如縣、市，其適用於年排放量推估。
- 在進行時針對較大污染源（如50~100個點源）作問卷調查或電話訪問方式統計其排放量，而其他較小之排放源則視為面源（area source）。
- 一般被視為面源者，指該區域為一社區或地理環境相同區，通常在同一面源內之燃料消耗情形等活動量可被假設為每單位面積均為相同且固定值。若以地域區分，可能將其分為海港、山區、工業區、商業區、住宅區...等。而社區之新舊，亦可能影響其燃料使用型態，例如新型都會內之住宅多用天然瓦斯，而偏遠山區瓦斯較不普及，即可能仍使用傳統之木材燃料。

➤ 上述兩種排放目錄之污染源區分多分為：**移動源、固定燃燒源、工業製程、廢棄物處理及處置及其他**等五大類。

4-5. 排放目錄之種類

(3) Comprehensive Inventory (周延估計法)

- 此方法通常應用於需較詳盡之排放量資料者，如大氣擴散模擬，而其適用於年、季、月、日甚至每小時之排放量推估。
- 此法多半將年排放量在100 TPY(ton per year)以上之污染源視為點源，而詳細調查各點源之排放情形。
- 其他污染源則以面源視之。
- 以大氣擴散模擬應用而言，點源所需之排放資料，將包括煙囪高度、直徑、排氣量、氣體溫度、燃料成份、操作期程、防制設備及煙囪所在地.....等。

4-5. 排放目錄之種類

(4) Time-dependent Inventory

- 當推估方法如前述之第一、二種以“年排放”為依據時，仍無法滿足應用所需時，可能需進一步取得hr-by-hr，或是season-by-season、day-by-day之排放量。
- 此種方法在進行**交通運輸規劃**、**土地利用**以及**空氣品質模擬**時，即有可能用到。
- 因此種方法會增加資料處理量，此時可考慮減少時段，僅取代表性者作調查。舉例：
 - ✓ 欲了解每天各時段之空氣品質，則可調查上下班時間（0700-0900、1600-1800）及白天晚上（0900-1600、1800-0700）時之排放量。
 - ✓ 或想推測週末觀光縣市所湧入車潮帶來之污染量，即可將一週區分為週末與非週末即可。
 - ✓ 而在進行四季之評估時，可將每個季節各選一個月代表即可。

4-5. 排放目錄之種類

(5) Modal Inventory

- 此種方法適用於移動污染源，主要用來了解在不同之operation mode下之排放污染量。
- 我們知道汽車之污染排放量會隨引擎轉速不同而異，如果移動污染源排放量推估乃是為了得到每年之排放目錄，自然不需此種modal inventory，但如目的在了解每小時排放情形，則可能即需要。

4-6. 排放目錄之精確度

排放目錄中所列出之各污染源排放量之正確性，可用下式來推估得，

$$\sigma_i = \theta \sqrt{E_T / E_i} \quad (2-1)$$

式中

σ_i : percent allowable error in category i

θ : percent overall error in emissions total (E_T)

E_T : total of all emissions for particular pollutant in study area

E_i : emissions of particular pollutant in the study area for category i

式(2-1)乃由統計學中推估誤差之式子簡化得來，

$$\theta = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{E_i}{E_T} \times \sigma_i \right)^2 \right]^{1/2} \quad (2-2)$$

4-6. 排放目錄之精確度

例題4-3 推估排放目錄中各污染源排放量之正確性 (Stern, vol.III, 1977, p.726)

Using Equation (2-1) and the February 1975 emissions data for the United States, the allowable error σ_i may be calculated for hydrocarbon emissions in the United States, given a total permissible error for the nation, $\theta = 10\%$, as listed in the following tabulation:

Category	E_i (tons/year, hydrocarbons)	σ_i (\pm %)
Fuel combustion	444,000	74
Industrial processing	6,871,000	19
Incineration	971,000	50
Transportation	13,770,000	13
Other	2,104,000	34
E_T	24,160,000	

$$\sigma_i = \theta \sqrt{E_T / E_i}$$

4-6. 排放目錄之精確度

Following determination of σ for each of the five source categories, an error value for each subcategory could be determined, i.e., within the transportation category: light-duty vehicles, medium-duty vehicles, and heavy-duty vehicles, using σ_i from the transportation source category in the previous determination (13%) as θ . This computation is shown in the following tabulation:

Category	E_i (tons/year, hydrocarbons)	σ_i (\pm %)
Gasoline powered light-duty vehicles	8,880,000	16
Gasoline powered heavy-duty vehicles	1,805,000	36
Gasoline powered off-highway vehicles	620,000	61
All other subcategories	2,465,000	31
E_T	13,770,000	

$$\sigma_i = \theta \sqrt{E_T / E_i}$$

The permissible error (σ_i) for each of the subcategories has therefore been calculated, and can easily be used for determination of priorities of resources for data collection, selection of numbers of vehicles to be tested, etc.

4-7.環保署網站資料_排放量推估方法

- 空氣污染排放量查詢系統:

- 我國空氣污染物排放量清查肇始於民國78年，剛開始僅針對大台北高雄地區進行排放量調查推估，調查之基準年為民國77年(詳 [資料庫更新摘要](#))。
- 目前最新公告版本為[TEDS9.0版](#)(TAIWAN EMISSION DATA SYSTEM)。此版本是以民國102年的活動量為基準(基準年)進行推估，涵蓋的區域亦已擴展至全國(含金門縣及連江縣)各縣市。

(http://teds.epa.gov.tw/new_main1-2.htm)

4-7. 環保署網站資料_排放量推估方法

- 依照環保署[空氣污染排放量查詢系統](#)，[空氣污染物排放量的推估方法](#)可分為下列幾種：
 1. **第一種方法為直接推估方法**：由量測排放污染物的濃度配合量測之體積流量推估而得，最常應用在工廠煙囪/排放口的排放量推估。
 2. **第二種為質量平衡法**：由物質輸入與輸出間的平衡關係進行估算。
 3. **第三種為工程計算方法**：利用物質成份特性及理論公式進行估算。
 4. **第四種推估方式為間接推估方法**：即排放係數推估法，利用具代表性的係數因子配合活動強度進行推估。
- **直接推估法**是最可靠的方法，但需較高成本，實際上僅能做有限的量測，針對重要者、重點處或特殊者才進行實地測定；
- 質量平衡法及工程計算方法應用上需有該排放源輸入物質的相關活動操作參數方能準確計算；
- 而**最方便及最常使用的方法係利用排放係數**進行推估。

4-7.環保署網站資料_排放量推估方法

以排放係數法推估排放量的基本公式如下：

排放量 = 排放係數 × 活動強度 × 控制因子

「排放係數」或稱「排放因子」(Emission Factor)之定義為「每單位生產量（或能源消耗量或服務量）所排出空氣污染物的量」，大多數狀況下是由可取得的且品質可被接受的數據平均之結果，一般假設其可代表某類污染源的平均排放狀況。

「活動強度」(Activity Intensity)是指一段時間內之生產量（或能源消耗量或服務量）大小，主要配合排放係數之單位項目代入推估。

「控制因子」係指污染源受到控制後與控制前之排放量比值，其等於（1 - 污染控制設備或措施的削減率）。

4-7. 環保署網站資料_排放量推估方法

- 「排放係數」、「活動強度」及「控制因子」為排放量推估所需蒐集與彙整的三大資料。
- 對於「**排放係數**」的選取，國內目前僅有少數依實測建立之「排放係數」資料，應用上**大部分係參考美國環保署所出版的"Compilation of Air Pollution Emission Factors"（簡記AP-42）**或近年其整併各類係數資料系統建置之**Fire**資料庫中的排放係數；「活動強度」則需採各工廠或事業單位實際之統計量；「控制因子」亦需採用各工廠或事業單位實際所採用的控制設備資料。
- 排放係數為排放量估計的基石，藉由排放係數的建立，才使得萬般複雜的排放源之排放量估計，系統化為可操作的估計程序。**對於排放係數，國內目前自行發展出者相當有限**，美國環保署及歐洲環境署（European Environment Agency, EEA）則已投入幾十年的時間各自建立了排放係數資料系統，為目前國際上較為普遍被引用之資料，其中又以美國已建立的污染源排放係數類別較多，故國內普遍應用上以參考美國排放係數資料庫為主。

4-7. 環保署網站資料_排放量推估方法

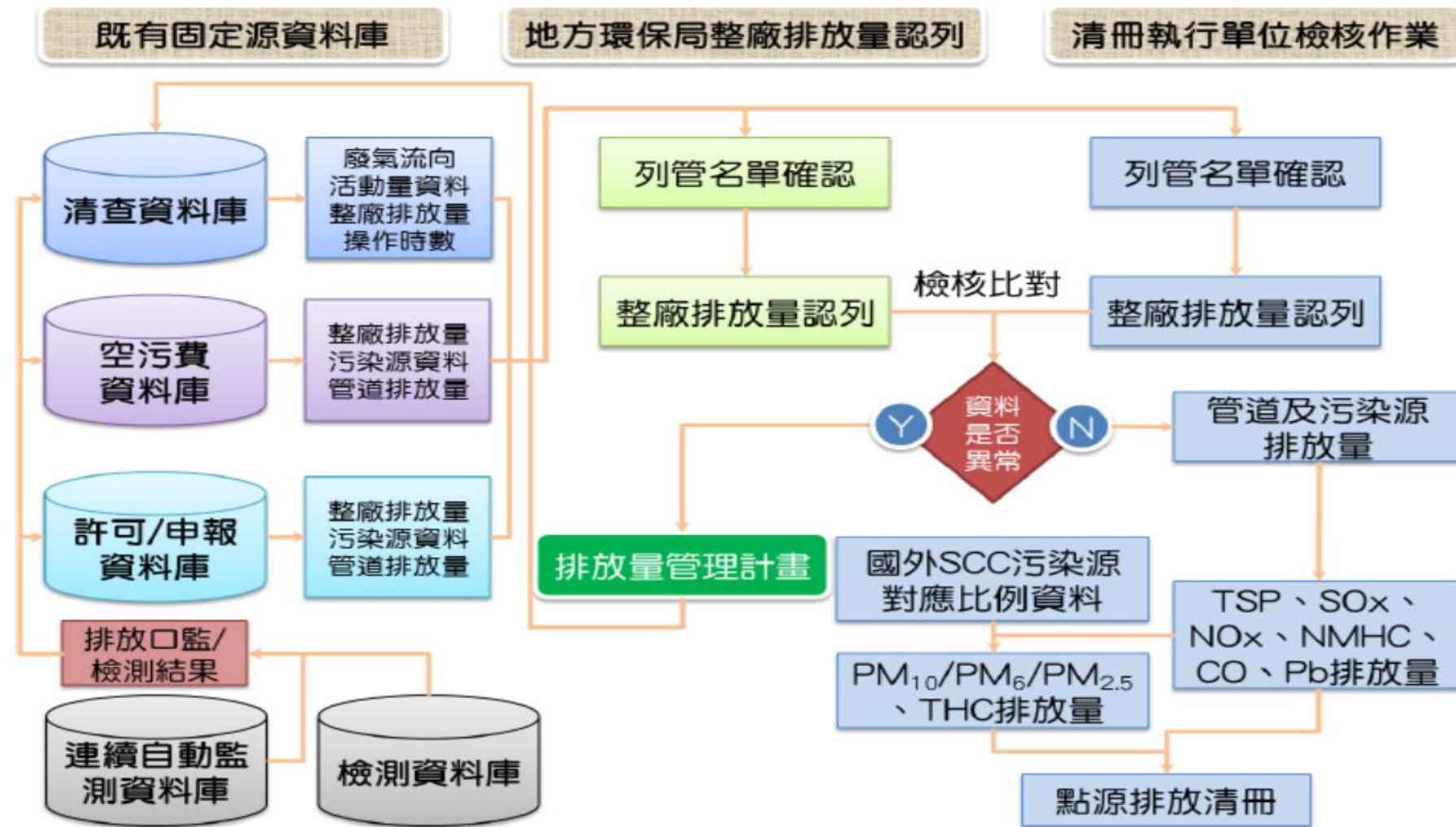


圖 1.1 [TEDS 9]版點源排放量清冊推估工作流程圖

4-7. 環保署網站資料_排放量推估方法

- 我國目前點源排放量參考依據包含**申報資料庫**、**空污費資料庫**以及**清查資料庫**，此三者數據經常出現不一致情況。
- 因此在提及特定工廠排放量數據時，需先釐清是哪一個資料庫的數據。
- 在TEDS中，TSP以申報為優先認列資料庫，然SO_x、NO_x與NMHC部份，如當申報排放量等於空污費排放量時，則此二者順序一致，反之，則以**申報資料庫為優先**，其次為**空污費資料庫**，在此兩種情境下，**清查皆為最後考量之資料來源**。

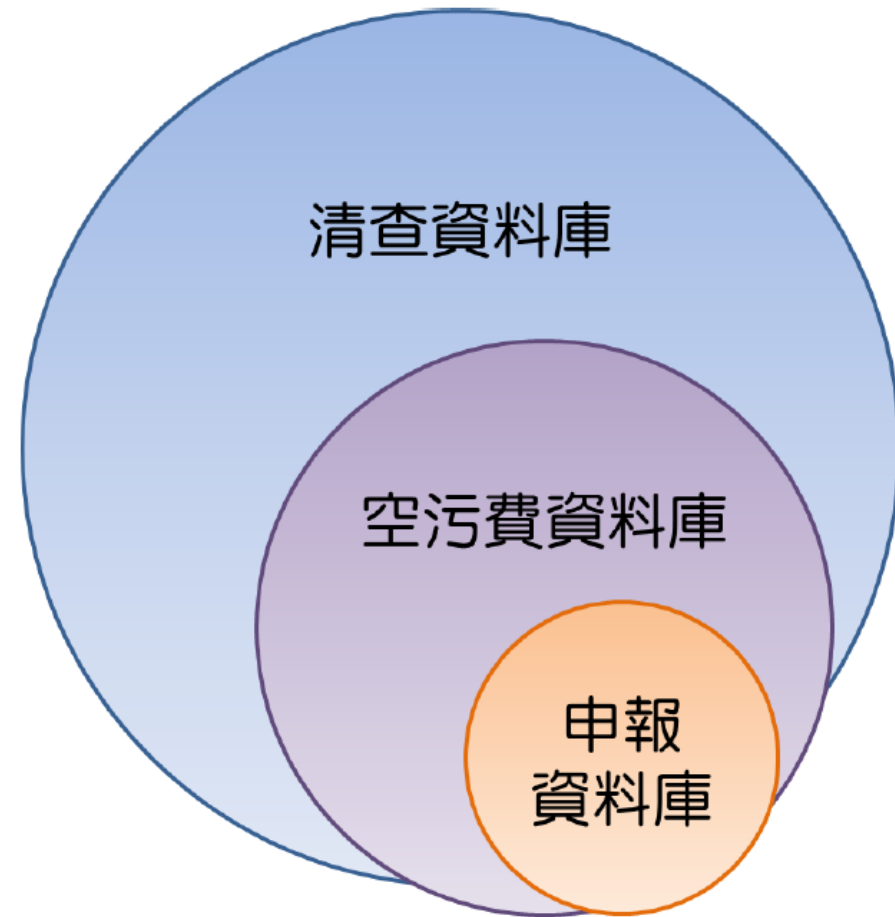
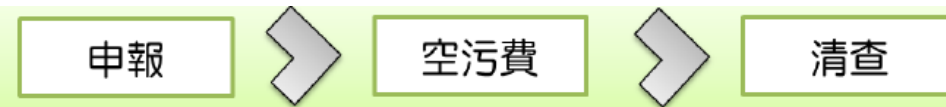


圖 1.2 點源清冊公私場所納管名單整併



4-7. 環保署網站資料_排放量推估方法

- 固定污染源資料庫中，污染物管制對象尚未納入PM10/PM2.5，以及THC部份，且本土化檢測結果尚不完整，
- 因此在[TEDS 9]版中，蒐集國外如美國環保署公告之資料庫，對應污染源設備之SCC代碼與控制方法之污染物比例。
- PM10與PM2.5排放量比例計算，係以TSP認列排放量為基礎，獲得粒狀污染物不同粒徑下之控制後排放比例。(其資料錯誤率甚高)

表 1.5 污染源設備與粒狀污染物對應

固定源設備代碼	固定源設備名稱	PM ₁₀ 比例	PM _{2.5} 比例
0000	粉煤「乾底鍋爐」	0.89	0.65
0001	粉煤「濕底鍋爐」	0.85	0.65
0007	循環流體床鍋爐	0.85	0.65
0010	燃油鍋爐	0.71	0.52
0020	燃氣鍋爐	1.00	1.00
0099	其他鍋爐	0.85	0.65
0103	結合型氣渦輪機	1.00	1.00
0201	柴油引擎	0.96	0.90
1000	電弧爐	0.63	0.57
1050	坩堝爐	0.92	0.82
1090	高爐	0.71	0.40
1099	其他熔融設施	0.79	0.45

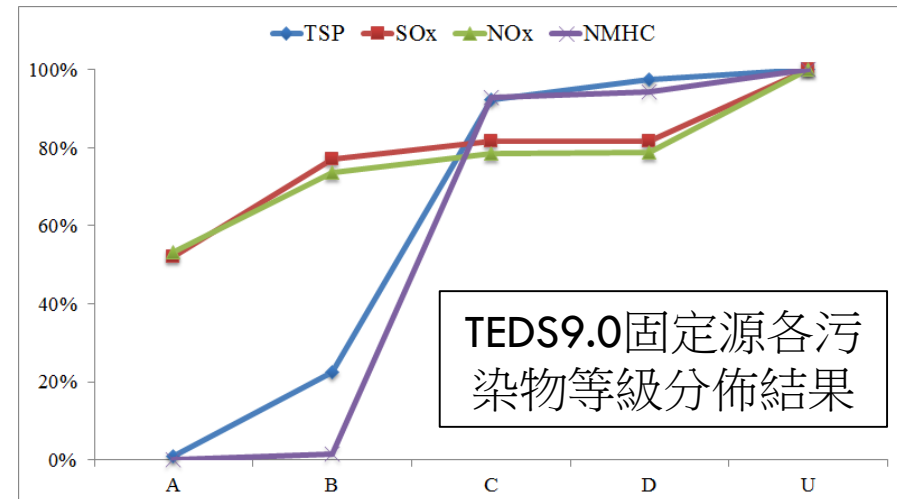
(此處僅顯示佈份資料，其他詳資料來源)

4-7. 環保署網站資料_排放量推估方法

資料不確定性

- 進行不確定性分級時，按污染源排放之特性與推估方法不同，區分為點、線及面三大類。
 - ✓ 點源之排放量推估可經由直接排放口取得；
 - ✓ 線源之排放量推估，在排放係數部分則全仰賴模式執行；
 - ✓ 面源則介於兩者之間，部分物種可經由檢測得出，部分污染源僅能依賴模式或排放係數認定。
- 不確定性之判定多屬人為主觀認定結果，相互間之關係僅存有相對性之準確度等，無法做絕對性差異之量化處理。
- **TEDS**在不確定性等級劃分時，引用國外文獻之相關調查結果，參考國外經驗數據將各等級對應之典型誤差範圍大致規範如下：

- (1) A級— $\pm 10\sim 30\%$ (點源: 監測資料)
- (2) B級— $\pm 20\sim 60\%$ (檢測排放量)
- (3) C級— $\pm 50\sim 150\%$ (排放係數法)]
- (4) D級— $\pm 100\sim 300\%$ (質量平衡或其他)
- (5) E級— $> 300\%$ (係數或活動量資料不明確)



The slide features a light gray background with a subtle gradient. In the top-left and bottom-right corners, there are several realistic-looking water droplets of various sizes, some overlapping. The text "Thanks for your participation" is centered in a black, serif font.

Thanks for your participation