

空氣品質模擬規範與模式審核管理新制度之建置研究

陳王琨*

【摘要】

本文旨在討論空氣品質模擬規範的在環境管理上的重要性及其相對應的模式審核管理配套措施。這是國內實施空氣污染總量管制必經的過程。由於國內現正推動的空氣污染總量管制制度是將空氣品質管理由過去消極的「排放控制」轉變為積極的「預防管理」的重要里程碑，而隨著「空氣污染物容許增量限值」以及「空氣品質模式模擬規範」等法規之公告施行，對於固定空氣污染排放的管制將會更加圓熟，因此這個新制度實施之後所造成的影響也必然是全面的，它背後的精神以及在各項管制措施的推行上所涉及各個環節，都有必要加以討論。本研究係針對空氣品質模式模擬在容許增量限值申請作業上的應用進行探討，其重點包括基本理論架構、整體作業流程、模式模擬規範、審查作業以及人員訓練等方面，並期望由作業執行中可能遭遇的問題進行分析，檢討歸納出各項改善建議，以作為後續作業執行之參考依據。

【關鍵字】：空氣品質管理、污染擴散模式、環保护法規、總量管制。

*景文技術學院環境管理系副教授

壹、前言

空氣污染源排放的管制是環境管理工作中極重要的一環，其管制的方式大致可分成排放口的容許排效率管制以及污染物擴散之後的最大著地濃度管制等兩種。在我國空氣污染防治法中對空氣污染物容許排放量的規定，已隨著相關法規的公告施行進入了實施的階段，然而對於空氣污染物的最大著地濃度規範，卻因為過去對於空氣品質模式的適用性受到了許多質疑而遲遲未正式展開，現在環保署已經正式公告「空氣污染物容許增量限值」與「空氣品質模式模擬規範」，可預見的是在將來對於固定污染源的管制必然更加嚴謹，而對於空氣品質模式的性能要求也就更加殷切(環保署，2002)，站在主管機關的立場，審核出適用的模式以提供正確的評估結果乃是主管機關應盡的責任，然而在制定出認可模式的辦法之前，對於這個辦法的各個細節詳盡地在學理和程序上探討乃是極為必要的。針對以上目的，本研究對於以空氣品質模式作為固定污染源容許增量限值的主要工具之時所需注意的各個層面，深入探討它的基本理論與各項施行細節，期盼能使這個制度的施行更為完備。

貳、文獻回顧

國內外對於空氣污染的管制在近年來有很大的進展，其中最大的突破是在空氣品質管理的概念，過去是所謂的「消極排放控制」，現在已轉換成為「積極預防管理」，這個轉變的施行藉著不同的法規制度來實現。在美國與台灣都曾經有過一段漫長的努力過程，也各自發展出不同的管理體系(陳王琨，2003)(Thomas J. M., 1990)。

推動空氣品質管理的主要依據是相關的空氣污染防治法規，在美國是空氣清淨法案(Clean Air Act)(Novice, S. M. teal., 1994.)，台灣則是空氣污染防治法，根據這些空氣品質管理的母法，制定了空氣品質標準(Air Quality Standard)，以為保護民眾身體健康的基準。施行空氣品質管理在美國主要以各州政府所訂定的執行計畫(State Implement Plan, SIP)(Cynthia H. S. and Alan J. Cimorelli, 1990)，保證該州的空氣品質能有良好的改善與維護。台灣也師法美國，在施行這個制度以來，以各個縣市為單位，提出了各縣市的空氣品質管理計畫，成為各個縣市空氣品質管理的最上位計畫(施信民，2001)。這些相關的法規與計畫報告都是我們在檢討空氣品質管理成效的主要依據。

由於空氣是一個有限的資源，因此要將空氣資源做合理的分配與使用，必須進行空氣污染的總量管制，上述的空氣品質管理計畫與配套的法規，諸如排放許可、操作許可都是極有必要的。對於個別空氣污染源的排放許可，目前國內僅以排放濃度來進行管制，並沒有達到總量管制的要求，而對於大型開發計畫則有環境影響評估的相關規定，並且以空氣品質模式來進行模擬。

在目前對污染排放量與最大濃度還無法做到以空氣品質模式來進行模擬以取得一個客觀標準的原因，主要是因為空氣品質模擬模式的種類眾多，如果要在國內使用，必須有一個客觀的認可制度，使申請者有所依循。

推動空氣品質管理的總量管制制度的另一個困難，是來自於使用空氣品質模式的複雜性，這個關卡使得許多的政府機構承辦人員望而卻步，而對於訓練有素的學術界研究人員也面臨另一個層面的難題，就是在使用空氣品質模擬模式時的標準程序，必須要以何種的程序才能達到模式設計者與法規要求所設定的標準(陳與林，2003)。

綜上所述，現階段建立空氣品質模擬規範與建置模式審核管理之新制度已是推動總量管制最重要的一環，為了在這個制度實施之際能有週全的討論，有須針對這個制度的各個層面加以討論。

三、基本理論與研究內容

3.1 基本理論架構

假若空氣中的空氣品質濃度為 c ，而經過空氣品質模擬所得的濃度為 c' ，由空氣品質模式之原理，可知：

$$c' = O(R, D, M), \quad (1)$$

上式中， O 為空氣品質模式函數， R 為化學反應函數， D 為大氣擴散函數，而 M 則為氣象場函數。

如果我們所認可的模式 O 的性能夠好，那麼經過空氣品質模擬所得的濃度為 c' ，與空氣中的空氣品質濃度 c 應該可以十分接近，因此有

$$E = (c - c'), \quad (2)$$

而 E 為模式模擬值與實測值之誤差，當模式可以完全模擬出實測結果時 E 之值為零。

對於一個認可的模式，可以用 E 之值來決定是否被主管機關所認可，如下式所示：

$$\min(E) = \min(c - c'). \quad (3)$$

在上式中的 $\min(E)$ ，即為我們在設定模式認可標準時的性能評估之目標值。

3.2 研究內容與方法

透過空氣品質模式來模擬出空氣品質變化，以決定在各種狀況下的空氣污染管制策略，因此空氣品質可以由科學原理來加以說明。而針對空氣品質模式模擬規範與空氣品質模式之認可程序，在本研究中分成以下的層面進行討論。

1. 空氣品質模擬規範的標準作業程序

空氣品質模式的使用必須在標準的狀況下才可以得到客觀的比較結果，因此模式的模擬必須有標準作業程序加以規範，這個標準的作業程序應包括那些範圍？在本研究中應詳加討論。

2. 空氣品質模式認可的審核管理流程

要推動以模式模擬結果做為審核空氣污染排放之依據，必須考慮到什麼樣的模式才具有被認可的資格？認可過程中要通過那些規定的程序？審核的標準是什麼？被認可的模式是否必須經過一定的性能測試程序？而認可後的模式適用範圍限定在何處？這些也必須要仔細說明。

3. 新制度的主要精神與施行的整體作業流程

新制度中對於模式的認可與使用的規範是及其整體作業流程是此一制度的主要精神所在，模式使用的認可流程可以有強制認可與自由認可等不同的選擇，凡此皆會影響到後續對模式使用的認定方式，因此對模式認可的流程必須要有適度的規範，包括制度的設計與法規的研擬等，都在本研究所討論的範圍之中。

4. 新制度衍生的相關問題探討

新制度的施行所衍生的問題包括：1.模式所涉及智慧財產權的處理；2.審查作業及人員訓練；3.模式性能測試所需的標準資料檔案等。這些都是研究者必須面對的事項。

以上四個主要的內容，將會在本研究的內容中詳加討論。

肆、研究成果分析

一、空氣品質模擬規範的標準作業程序

(一) 空氣品質模擬規範之規定

空氣品質模式是一個十分複雜的科學工具，在使用上必須有一定的規範。現今對空氣品質的模擬，在法規中規定：「新增(設)或變更固定污染源污染物排放量達一定規模者，均需進行空氣品質模式的增量模擬。」在同一規範中並嚴格規定模擬程序以及模擬過程中所使用的各種相關資料庫之來源。這個空氣品質模擬規範配合了空氣品質模式認可的概念，可以使固定污染源的管制更加落實。

(二) 空氣品質模擬增量限值的規定

行政院環境保護署於民國九十一年十二月二十六日依空氣污染防制法第六條第四項及第八條第五項的條文規定「空氣污染物容許增量限值」。各項空氣污染物經模擬後，其模擬範圍內各受體點或軌跡線或網格增加之空氣污染物濃度，應符合容許增量限值如表 1：

表 1 空氣污染物容許增量限值表

項目		一級防制區	二級防制區(符合標準之總量管制區)	三級防制區
總懸浮微粒 (TSP)	二十四小時值	63	63	63
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
懸浮微粒(PM ₁₀)	年平均值	1.3	0.25(Cs-Cb)	2
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3	0.50(Cs-Cb)	4
二氧化硫(SO ₂)	年平均值	0.6	0.03(Cs-Cb)	1
	(ppb)	2	0.10(Cs-Cb)	3
	小時平均值	5	0.25(Cs-Cb)	8
二氧化氮(NO ₂)	年平均值	1	0.05(Cs-Cb)	2
	(ppb)	5	0.25(Cs-Cb)	8
臭氧(O ₃)	八小時平均值	1.2	0.25(Cs-Cb)	2
	(ppb)	3	0.50(Cs-Cb)	4

備註：二級防制區或符合標準之總量管制區其限值計算結果小於三級防制區時，以三級防制區之限值為準

Cs：空氣品質標準，其中懸浮微粒為日平均值，其餘污染物為小時平均值。

Cb：空氣品質標準值。

(三).空氣品質模式性能評估規範

模式的性能評估可以分為定性與定量二種，定性的評估均大同小異，而定量的評估則依模式之類別而有所不同。

模擬結果定性（繪圖）分析提供監測值與模擬值間重要的定性資訊。須進行下列三種定性分析：

甲、時間演變比較圖：對於各種模擬之污染物的影響，需作模擬值與監測值之比較。

乙、地面等濃度圖：模式需選擇適當時間(日)繪出地面等濃度圖。此圖可展示污染物濃度之空間分佈，供判斷模擬結果合理性。

丙、散佈圖：繪製模擬值與監測值比較之散佈圖，以顯現偏差(bias)情形。

以上的性能評估，皆是以式(3)的性能評估目標值來訂定，高斯模式、軌跡模式、以及網格式都有不同的目標值。高斯模式依定量分析方法之統計結果，應符合下列目標，如表 2 所示。

表 2.高斯模式性能評估規範

	模式性能評估項目	目標值 (E = (c - c))
1	百分之九十五累積頻率誤差值	± 20% 以內
2	百分之五十累積頻率誤差值	± 20% 以內
3	百分之五累積頻率誤差值	± 20% 以內
4	相關係數(R)：計算同一小時(日)所有模擬與監測	0.2 以上

小時濃度之相關係數	
-----------	--

軌跡模式依定量分析方法之統計結果，應符合下列目標，如表 3 所示。

表 3.軌跡模式性能評估規範

	模式性能評估項目	目標值 ($E = (c - c)$)
1	O ₃ 非配對峰值常化偏差	± 30% 以內
2	O ₃ 配對值常化偏差	±40% 以內
3	O ₃ 配對值絕對誤差	50 % 以內
4	O ₃ 相關係數	0.4 以上
5	NO _x 、NMHC 配對值常化偏差	±60 % 以內
6	NO _x 、NMHC 配對值絕對誤差	100% 以內
7	NO _x 相關係數	0.3 以上
8	NMHC 相關係數	0.3 以上
9	PM ₁₀ 配對值常化偏差	±100 % 以內
10	PM ₁₀ 配對值絕對誤差	200% 以內
11	PM ₁₀ 相關係數	0.3 以上
12	SO ₂ 配對值常化偏差	±200 % 以內
13	SO ₂ 配對值絕對誤差	200% 以內
14	SO ₂ 相關係數	0.2 以上

網格模式依定量分析方法之統計結果，應符合下列目標，如表 4 所示。

表 4.網格模式性能評估規範

	模式性能評估項目	目標值 ($E = (c - c)$)
1	O ₃ 非配對峰值常化偏差	± 10% 以內
2	O ₃ 配對值常化偏差	± 15% 以內
3	O ₃ 配對值絕對誤差	± 35 % 以內
4	NO ₂ 配對值常化偏差	±50 % 以內
5	NMHC 配對值常化偏差	±50 % 以內
6	SO ₂ 配對值常化偏差	±50 % 以內
7	NO ₂ 配對值絕對誤差	80 % 以內
8	NMHC 配對值絕對誤差	80 % 以內
9	SO ₂ 配對值絕對誤差	80 % 以內
10	PM ₁₀ 配對值常化偏差	±80 % 以內
11	PM ₁₀ 配對值絕對誤差	150 % 以內

二、空氣品質模式認可的審核管理流程

(一)模式認可的申請程序

申請人在提出申請的手續之後，主管的機關必須依規定完成審查。以下是對於審查的建議：

主管機關受理模式認可之申請案件後，應於六十日內完成審查，經審查通

過者，應於完成審查後十四日內發函通知申請單位(或發認可證)並公告之。申請文件經審查有欠缺或不合規定者，主管機關應即通知申請單位限期補正，屆期未補正或未獲審查通過者，駁回其申請。各次補正日數不計入審查期限內，且補正總日數不得超過六十日。

(二)認可模式之文件審查、核可與公告流程

甲、申請文件完整性審查

主管機關受理模式認可之申請案件後，應於十五日內完成文件完整性審查，申請文件經查不合規定或內容有欠缺者，主管機關應即通知申請者限期補正；屆期未補正者，駁回其申請，其已於期限內補正，但仍不合規定或內容有欠缺者，主管機關得再通知其限期補正。

乙、資料內容完整性審查

申請文件資料內容經查尚有欠缺者，主管機關應即通知申請者限期補正；屆期未補正，駁回其申請。主管機關於收到完整補正文件資料之四十五日內完成審查，經審查通過者，應於完成審查後十四日內發函通知申請單位並公告之。各次補正日數不算入審查期間內，且總補正日數不得超過六十日。

丙、未通過審查者，主管機關應在回覆文內就科學事實列舉其理由。

丁、通過模式認可之審查者，其相關申請文件、模式使用指引及檔案應由主管機關存証備查。

(三)認可模式之實質審查內容

甲、模式資料檔案的可靠性審查

申請模式認可之文件應包括空氣品質模式認可申請資料中的各個項目。而各個電子檔案也包括在所提送的文件當中。

乙、提送之表格資料

申請模式認可時，應由申請者親自填具申請表，連同表 5 中所規定的各個文件，向主管機關申請：

表 5：環保署空氣品質模式認可申請資料

編號	提出之相關證明文件
(一)	模式資料使用摘要表。
(二)	模式基本原理機制與參數設定說明。
(三)	模式之數值方法座標系統及網格配置與初始邊界條件設定說明。
(四)	模式模組設計與計算流程說明。
(五)	模擬案例基本特性說明。
(六)	模式輸入資料說明表。
(七)	點源處理與計算方式說明表。
(八)	模式資料輸出格式及特性說明表。
(九)	模式性能評估測試結果說明表。
(十)	參考文獻。

(十一)	模式使用指引及相關電腦檔案。
(十二)	其它補充資料。

丙、電子檔案的可信度審查

以當時通用之電腦儲存媒體，載入可執行之模式程式檔、輸入之氣象資料檔、排放源清單資料檔、輸出之空氣品質濃度檔、比對測試之統計結果、前列申請資料文書電子檔、及必要之檔案格式與執行說明檔。

丁、模式使用者指引及其電子檔。

上述文件及檔案由主管機關存證備查，唯「模式使用者指引」可應使用者需要予以精進改版。審查委員應就上述文件資料與電子檔案的完整性進行實質審查。

戊、模式科學原理的合理性審查

審查委員會應以申請文書之內容，就其模式原理、機制及模式模組之設計，以及測試結果是否符合科學的原理或是統計學上的允許誤差範圍進行審查，以判定申請認可之模式是否與其宣告之內容相符，並決定其通過、退件、補件或複審。扣除補件期程，總審查期程以不超過四十五天為限。

己、模式模擬結果的一致性審查

審查委員應對模式所提送資料與實際模擬之結果的「一致性」進行實質審核，必要時得請環保署委設之「空氣品質模式支援中心」進行模式模擬之重製程序，以判定其使用之輸入資料檔是否正確無誤。

將來認可模式在其效期內執行業務時所產生之任何疑議，主管機關應根據申請者所提交之原始文件檔案對於評估案件可否重製（re-produce）做為解決疑議之依據。目前研擬之模式認可審查作業流程如圖 1 所示。

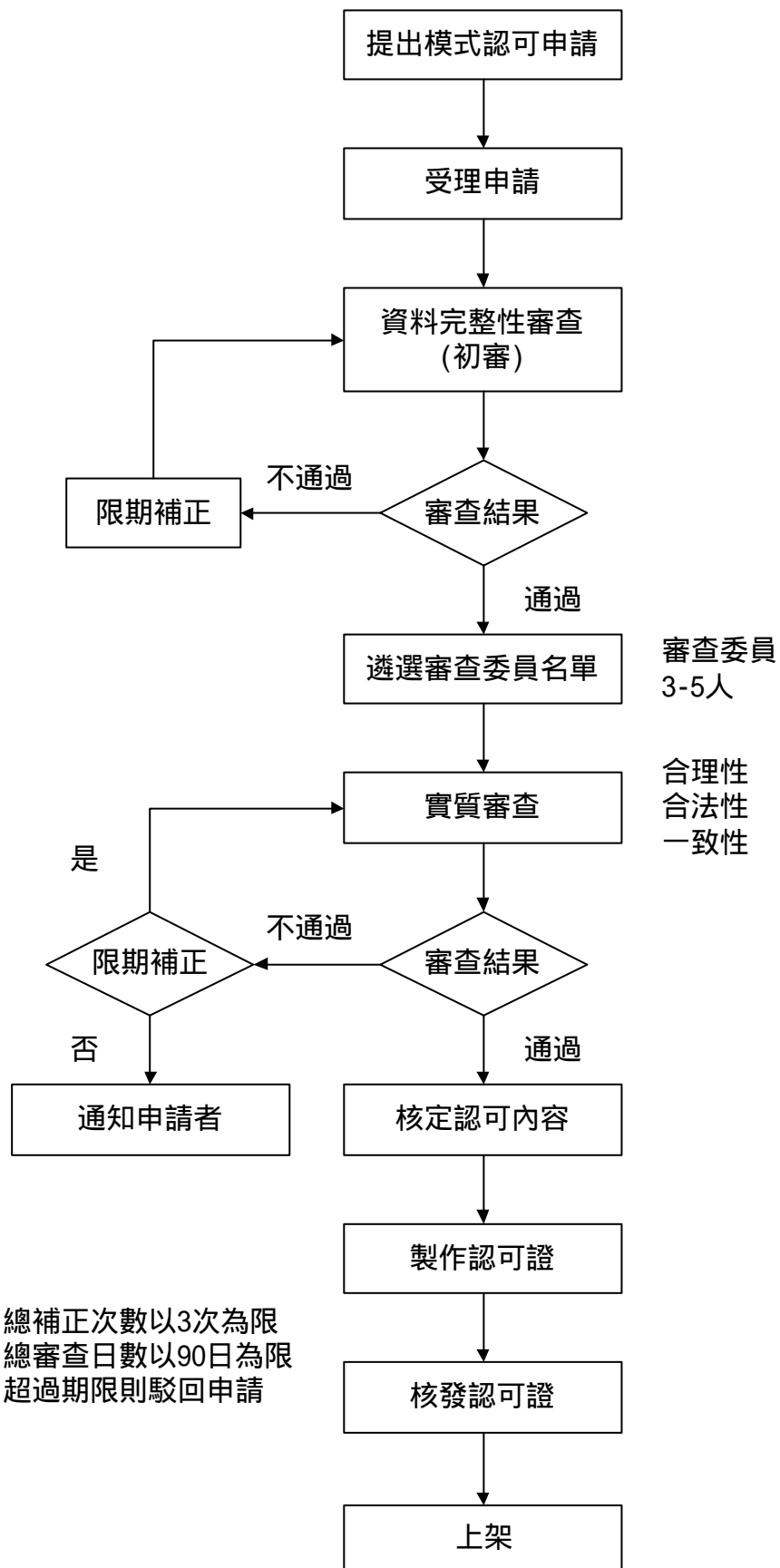


圖 1 空品模式認可審查作業流程

(四)空氣品質模式認可審查委員會之組成

主管機關因應申請認可模式之屬性，得自產官學界聘請專業人士數名組成審查委員會，進行認可審查作業。審查委員除專業資格外，如為該模式之開發者或有直接或間接涉及該模式之商業利益或其它報酬利益者，應主動迴避。

(五)認可模式之效力

甲、認可模式之適用執行業務範疇

認可模式在一定之效期內進行其相關業務內之應用時，得免其模式應用前之各別驗證程序。除有特殊審查事實外，被認可之模式自其通過審查日起效期三年。

乙、不得分割之規定

依本辦法審查程序通過之認可模式，在執行業務應用時，應採用包括其申請程序中所載之所有模式模組（module）元件所組成之軟體套件（package），在模擬時不得分割或更改。認可模式模擬系統套件包括：模式本體、污染事件、排放量清冊資料、前處理程式、後處理程式及使用者介面。

丙、不得超越之規定

認可模式使用在各項模擬證明程序時，不得超越其認可審查文件(或認可證)中所記載之污染物類別、模式功能與時空範疇等事項。

丁、禁止規定

使用認可之任何空氣品質模式進行模擬時，如不符前三項規定者，其模擬結果皆屬無效。

伍、綜合結果討論

一、新制度的主要精神與施行的整體作業流程

(一)空氣品質認可模式之定義

為了對新制度做出明確的規範，將『通過經公告之標準性能測試程序審查，並經主管機關公告之模式，視為認可之空氣品質模式(或簡稱“認可模式”)』。此一認可模式可以在一定之有效期間內得進行法定之法規業務，而不必再重複相關之性能測試。

認可模式必須經過模式性能良好與否的性能評估測試。所謂模式性能評估測試，係指將申請認可模式之模擬結果與公告指定之空氣品質標準數據庫進行比對分析之程序，申請認可之模式若模擬結果經比對分析結果其性能可符合一定之要求，則可以依模式認可類別公告為“認可模式”。

關於前述之模式統計比對方法與性能評估的規範，應該加以界定。開始推動認可模式之後，使用認可模式進行國內空氣品質的模擬為公認之標準，因此各單位若採用非中央主管機關公告之模式進行容許增量限值評估作業前，應先向授權之主管機關申請模式認可。

(二)空氣品質模式認可的基本精神

由於空氣品質模式是透過科學原理對自然現象的具體模擬，因此在模式認可之時必須考量到科學發展是與時俱進的，各種不同的學術單位或應用單位均有可能發展出最具實用價值的模式，因此，擬申請被認可的空氣品質模式應由申請人向主管機關提出申請。所以模式認可的基本精神是：「由申請人自行主動提出申請，由公正客觀的學者專家以第三者的客觀立場進行實質審核。」

二、新制度衍生的相關問題探討

(一)對於智慧財產權的處理

著作權的處理是空氣品質模式認可的重要工作之一，因此在模式認可之時應依照著作權法的精神，由申請人主動宣告。

申請被認可的模式必須由申請人向主管機關提出，並以書面文件，宣告自由軟體(freeware)、共有軟體(public license)或版權所有(copyright)之範圍，述明模式可以模擬的空氣污染物種類、以及適用之氣系或縣市。另以一般科學文書撰寫規範，詳實說明模式基本原理、機制作用、計算方法、電腦程式模組功能與流程、模式輸入資料之規格與類別，以及模式輸出資料之規格與特性。

(二)審查作業及人員訓練

為了要確保這個制度能夠完整而有效地實施，包括模式認可的申請者、模式模擬的使用者、以及容許增量值核可的人員的訓練計畫都不可或缺，因此教育與訓練計畫是極重要的一環。本研究也將討論以上的部份。

(三)模式性能測試所需的標準資料檔案

申請被認可模式之模擬結果，必須進行模式性能評估測試，並且與環保署指定之空氣品質標準數據庫進行比對分析，其中必須含相關之「代表性氣象資料檔」、「空氣污染物排放清單資料檔」、「空氣品質濃度資料檔」等，並依一定之統計方法計算其誤差度，提供主管機關審核。

申請被認可之模式，依其自行宣告之應用對象與範圍類別，以主管機關指定之代表性氣象資料檔及空氣污染物排放清單資料檔，進行空氣污染濃度之時空分佈模擬。

陸、結論與建議

本文提出了空氣品質模式在進入固定污染源增量模擬的評估之後可能會遇到的各種狀況，並且加以討論，提出可行的因應辦法。必須逐步建立各項作業之標準作業程序，方足以因應未來龐大的作業量與高水準的作業品質。以空氣品質模式模擬而言，其應用層面會以容許增量限值模擬及環境影響評估之案例居多，主要作業項目包括模式的認可與審查、模式模擬作業、模擬結果審查及審查人員訓練等。此均須於作業執行前或起始階段完成規劃與訓練。

目前容許增量限值申請及審查作業方式已初步規劃完成，為使整體作業能順利執行運轉，相關作業人員的訓練與說明具有其必要性，建議除了透過網站迅

速提供各項資訊外，亦應加強辦理教育訓練來落實整個制度的施行，並於實際作業執行過程中，隨時發現問題並迅速加以改善及解決。

誌謝

本研究為行政院環境保護署現正推動的「空氣品質模式認可制度」與「空氣品質模擬規範」新制度之探討，論文研究期間承環保署與研究計畫相關人員提供新制度的寶貴構思，使得研究得以順利完成，謹此致謝。

參考文獻

1. Thomas J. M. (1990) "Air Quality Management in the United States – A Historical and Strategic Perspective", United States Environmental Protection Agency, Philadelphia, Pennsylvania.
2. Cynthia H. S. and Alan J. Cimorelli (1990) "Air Quality Planning in the United States", United States Environmental Protection Agency.
3. Public Law No. 91-604 Clean Air Act Amendment of 1970.
4. 101st Congress 2nd Session. Clean Air Act Amendments of 1990. Conference Report 101-952, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., October 26, 1990.
5. The Clean Air Act Amendments, BNA Comprehensive Analysis of the New Law, The Bureau of National Affairs, Inc. Special report (BSP-150), Washington, D.C., 1991.
6. Novic, S. M. et al. Editors, Law of Environmental Protection, Environmental Law Institute, Clark, Boardman, Callaghan, Deerfield, Ill. New York, N.Y., Rochester, N.Y., Vol. 2, March, 1994.
7. 行政院環境保護署，2002，「空氣品質模式模擬規範」。
8. 施信民，2001，「台灣地區空氣品質管制策略之演進」，2001年宜蘭縣環境會議實錄，宜蘭縣政府主辦，宜蘭。
9. 陳王琨、林忠詮，2003，「空氣品質模擬規範與模式審核管理新制度之建置研究」，2003年氣膠研討會論文集。
10. 陳王琨，2003，「台灣與美國實施空氣品質管理計畫的歷史經驗回顧--兼論空氣品質規劃與污染管制策略」2001年宜蘭縣環境會議實錄，宜蘭縣政府主辦，宜蘭。

Study of the Regulations and Approving Systems of Air Quality Simulation Model

Wang-Kun Chen¹

Abstract

The aim of this text is to discuss the importance of regulations in air quality simulation models and its approving systems. It is a necessary step for total amount control of air pollution. Since the total amount control of air pollution is a "prevention management system" rather than "exhaust control system", it is also important to know the spirits of these new regulations. Along with the execution of "air pollution increments" and "guideline of air pollution simulation model", the influence of this procedure becomes greater and greater. Therefore, this research focuses on the procedure of application and the detail structure of the review process, especially in the whole process of the work. Many important aspects are including in this paper, such as the basic structure of the theory, the guideline of the air quality simulation models, and the training program of this new scheme. The problems faced in the executing process of the review system are discussed so as to induce the improvements and become a reference of the following researchers.

Key words: air quality management, diffusion model, and environmental regulations, total amount control.

¹ Associate Professor, Jin-Wen Institute of Technology, Department of Environmental Management.