

技術附件七

珠江三角洲區域空氣質量模擬

目錄

1	區域性空氣質量模擬系統	1
1.1	PATH 電腦模擬.....	1
2	氣象模擬研究	1
2.1	導言.....	1
2.2	模擬區域.....	2
2.3	地域和土地使用資料.....	2
2.4	輸入氣象資料.....	4
2.5	物理學選項.....	4
2.6	MM5 編碼的修改	5
2.7	電腦模擬的氣象類型.....	5
2.8	資料的後期處理.....	5
2.9	評定結果.....	6
2.10	敏感度模擬.....	6
2.11	質量控制.....	6
3	排放數據處理	7
3.1	背景.....	7
3.2	EMS-95 方法.....	8
3.3	質量控制.....	8
3.4	模擬區域.....	9
3.5	空間分配.....	9
4	空氣質量模擬	25
4.1	背景.....	25
4.2	SAQM 方法.....	25
4.3	質量控制.....	26
4.4	模擬網域.....	26
4.5	模擬方案.....	28
4.6	模擬評估.....	29
5	參考文獻	30

表目錄

表 2-1	MM5 模擬區域的 土地使用重新分類表.....	4
表 2-2	標準 MM5 功能檢查表.....	7
表 3-1	標準 EMS 檢查表.....	8
表 3-2	地區和縣市編號.....	10
表 3-3	空間替代區劃圖.....	11
表 3-4	相關活動類型的空間代碼表.....	11
表 3-5	土地使用代碼和描述.....	13
表 4-1	標準 SAQM 核對表.....	26

圖目錄

圖 2-1	MM5 電腦模擬方法步驟.....	1
圖 2-2	空氣質量研究中的 MM5 電腦模擬區域.....	3
圖 3-1	13.5 千米 EMS-95 模擬區域.....	15
圖 3-2	4.5 千米 EMS-95 模擬區域.....	16
圖 3-3	1.5 千米 EMS-95 模擬區域.....	17
圖 3-4	珠三角區域鐵路路線圖.....	18
圖 3-5	珠三角區域海洋排放.....	19
圖 3-6	珠三角區域各縣級市排放.....	20
圖 3-7	珠三角區域縣級市的邊界.....	21
圖 3-8	珠三角區域公路路綫圖.....	22
圖 3-9	珠三角區域機場位置.....	23
圖 3-10	香港特區的主要礦場和加油站位置.....	24
圖 4-1	1.5 千米的 SAQM 電腦模擬範圍.....	27

1 區域性空氣質量模擬系統

1.1 PATH 電腦模擬

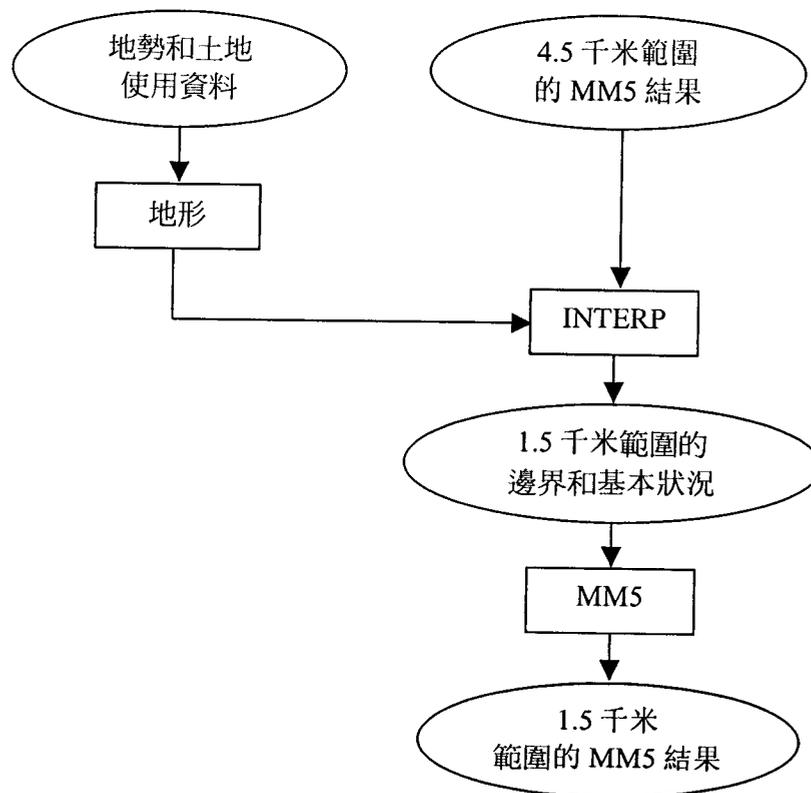
1.1.1 PATH 的名稱是來自 Pollutants in the Atmosphere and their Transport over HongKong 的英文首字母縮寫。本研究同時利用了區域排放清單和顧問遴選委員會合約項目 CE46/5 所建立的 PATH 模擬系統來評估空氣質量。PATH 是根據美國的模擬系統而建立的。它的主要部份有：區域範圍的氣象模擬(MM5)、排放處理模擬(EMS-95)和多種類的光化學空氣質量模擬(SAQM)。為了方便操作，系統加添了一個 Visual Basic 的使用模式。另外，還有一個用於模擬後輔助顯示結果的處理器和一個用於模擬前建立數據庫的處理器。目前 PATH 是在 UNIX 的系統上操作，有關圖像的操作則是使用個人電腦。

2 氣象模擬研究

2.1 導言

- 2.1.1 氣象模擬使用的是由美國 Penn State University 和美國 National Center for Atmospheric Research (NCAR)發展的中尺度模擬(MM5)，也是一種三維區域範圍的模擬。現在 PATH 模擬系統中的是 MM5 的第 2 版本。
- 2.1.2 氣象模擬的主要目的是為了擴大在珠三角經濟區的模擬範圍。為達到這個目標，現有的 PATH 模擬的 1.5 千米網域將要擴大，使它能夠伸展到珠江三角洲經濟區的主要的城市，包括：廣州、深圳、珠海、東莞、惠州、佛山、江門、中山和肇慶。在原先的模擬，只有香港特區的部分有如此的解像度。
- 2.1.3 圖 2-1 是一個解釋 MM5 模擬步驟的流程圖。這些步驟都應用於擴大後的 1.5 千米網域和每個氣象的情況。以下的章節詳述了本研究使用的步驟和模擬方法。

圖 2-1 MM5 電腦模擬方法步驟



2.2 模擬區域

- 2.2.1 PATH 中 MM5 的設定可用於模擬不同大小的網域：40.5、13.5、4.5、1.5 和 0.5 千米 (Physick and Noonan, 2000)。40.5 千米模擬範圍覆蓋整個華南地區，西邊伸展至加爾各塔、東邊伸展至菲律賓、北至上海、南至越南。13.5 千米和 4.5 千米的網域覆蓋部分的華南地區，並包括研究區域。1.5 千米的網域覆蓋整個香港。0.5 千米的網域覆蓋香港島、九龍和新界的部分地區。
- 2.2.2 在本研究中，原有的 1.5 千米網域模擬被擴大了範圍的模擬取代。其他的模擬保持不變。新的模擬地域比現有的 1.5 千米模擬再向西和北延伸，並覆蓋了珠三角經濟區的廣州、珠海和深圳的市區，見圖 2-2。新的模擬比現在的 4.5 千米模擬區域稍小。新區域於東西方向有 124 個格數(184.5 千米)，在南北方向有 121 個格數(180 千米)。
- 2.2.3 新模擬的垂直解像度和原先的模擬一樣。從 10 米 to 21,000 米 AGL 共有 25 個垂直層 (Physick and Noonan, 2000)。該垂直劃分方法和一般中型氣象模擬的做法一致。比如，SARMAP 中的 MM5 模擬使用從地面到 15,000 米的 32 個垂直層 (Tesche and McNally, 1996), Cai and Steyn (1996)為英屬哥倫比亞省溫哥華進行的氣象模擬所使用的是地面到 19,000 米的 26 個垂直層以及 Hedley et al.(1996)用地面到 25,000 米使用的 31 垂直層。
- 2.2.4 新的模擬地域使用了單向模式。意思是以 4.5 千米網域的模擬結果作為建立 1.5 千米網域模擬的邊界條件，但 1.5 千米網域的結果將不會反過來用於 4.5 千米網域的模擬。在原有的 PATH 模擬中，4.5 千米和 1.5 千米網域的模擬是採用雙向套入模式。這種方式的問題出於內部網域以外部分的連貫性，因此先前的顧問須於模擬空氣質素前，為 SAQM 改進氣象預處理器(Cope et al., 2000)。在本研究中，單向套入模式可模擬新的 1.5 千米網域而無需要再次模擬較大的網域。這有關 MM5 的方法曾用於其他的空氣質量的研究。例如：在 SARMAP 研究中，曾使用單向套入模式於加州 San Joaquin Valley 的 MM5 模擬 (Seaman et al., 1995)。

2.3 地域和土地使用資料

- 2.3.1 地域海拔資料跟 PATH 中使用的一樣，都是根據 USGS 資料在 30 秒弧度的情況 (約 0.9 千米)。這些資料和地圖進行了比較，以確保地域和海岸線的代表性。這些資料已經過 MM5 的地勢處理器修改，以適應新的模擬網域。
- 2.3.2 在 MM5 的 PATH 版本目前使用的土地使用資料，根據了香港中文大學提供有關香港特區和珠三角經濟區的地理訊息資料進行了更新。這些資料指出珠三角經濟區的土地使用範圍實際上比 PATH 現有的土地使用資料廣泛得多。這些被細分為 22 個土地使用類別的資料，被重新分類為 8 類。表 2-1 顯示的是 MM5 所需的 8 個分類。劃分這些資料的形式與 MM5 劃分的網域相同 (1.5 千米)。每個網格的土地使用類型相等於該地點的主要土地用途。

圖 2-2 空氣質量研究中的MM5 電腦模擬區域

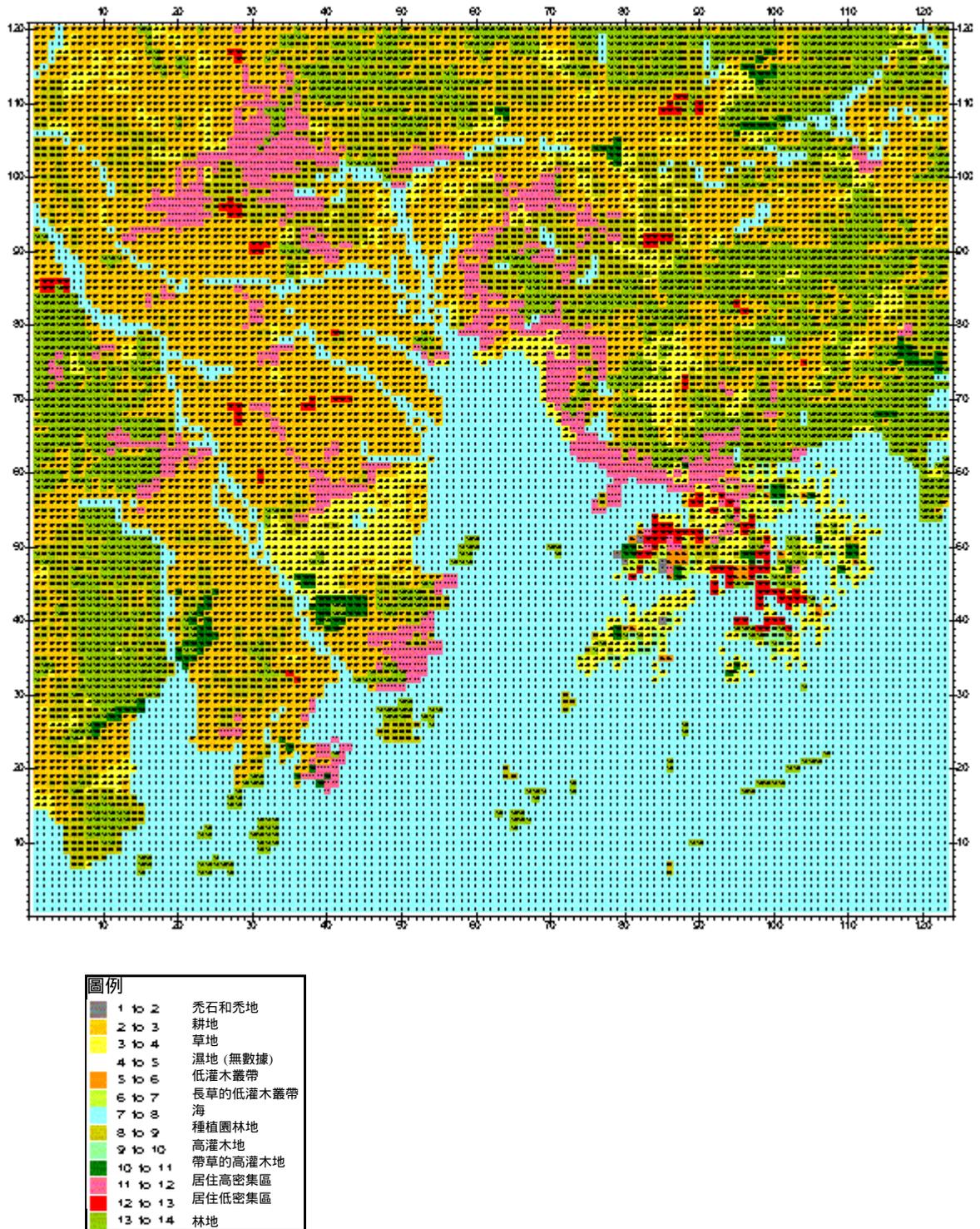


表 2-1 MM5 模擬區域的土地使用重新分類表

原始土地使用 分類		PATH 中 MM5 的土地使用的分類	
編碼	名稱	編碼	名稱
11	稻田	2	耕地
12	旱田	3	草地
21	森林	13	林地
22	灌木	10	帶草的高灌木地
23	稀疏林地	8	種植園林地
31	高草地	3	草地
32	中草地	3	草地
33	低草地	3	草地
41-43	水	7	海
44	冰河	不適用	不適用
45	海岸	3	草地
46	低窪地	不適用	不適用
51	城市和鄉鎮	11	居住 高密集區
52	其他建築地	3	草地
53	村莊	12	居住低密集區
61	沙地	不適用	不適用
62	戈壁	不適用	不適用
63	鹽鹼地	不適用	不適用
64	沼澤	不適用	不適用
65	裸地	不適用	不適用
66	禿石和卵石	不適用	不適用
67	其他荒地	不適用	不適用

注釋: “不適用”表示本研究區域中沒有該土地使用類型

2.4 輸入氣象資料

- 2.4.1 當使用 MM5 進行空氣質量模擬的時候，應選用 Four Dimensional Data Assimilation (FDDA)。FDDA 是用來確定預測數目的誤差不會導致模擬結果偏離實際的氣象情況。在一個顯示變數（例如：速度、溫度、濕度）隨時間而變化的公式加上額外值，可有助消除模擬預測和觀測資料的差別。這將確保模擬預測不會有太大的偏差。在本研究中，FDDA 將使用現有的上空空氣觀測記錄和 1.5 千米解像範圍的地面資料。
- 2.4.2 以前，1.5 千米範圍的模擬是根據香港特區天文台 28 個氣象站的地面觀測結果來合併。這些資料也應用於本研究。另外，我們也獲得了珠江三角洲經濟區三個氣象站的地面觀測資料（澳門，廣州和深圳）以及 2 個上空空氣監測站的資料（廣州和香港特別行政區的京士柏公園）。這些資料也用於合併模擬。
- 2.4.3 MM5 可同時處理風、溫度、濕度的資料(NCAR, 1997)。在處理上空空氣資料時，這三個參數都被使用。在處理地面資料時，只有風的資料被使用，這跟 PATH 的情況相同。該方法是 MM5 的製造商推薦的 (Grell, et al., 1995)。不使用地面溫度和濕度資料是因為很難可靠地以比例計算出在最低垂直模擬高度的數值。
- 2.4.4 用作 1.5 千米 MM5 模擬中最初和側面的邊界狀況是從本來的 4.5 千米解像度的模擬得出。模擬的側面邊界狀況的時間解像度是 1 小時。

2.5 物理學選項

- 2.5.1 以下描述的是本研究中使用的各項主要物理學。這些選項都適用於 1.5 千米網域，並且和先前 PATH 中的 MM5 模擬使用的選項一致。該模擬也包含了與先前 MM5 模擬一致的其他各種資料。
- 2.5.2 無流體靜力假設。這選項對 5 至 10 千米範圍的模擬非常重要，因為它能解釋這些範圍內由地形和對流活動導致的垂直活動。
- 2.5.3 無積雲監測站。積雲監測站在正常情況下是和大範圍的網域一起應用，來說明較網域範圍小的區域內流雲的形成。在小於五千米的網域，這種方法可明確的推斷雲層的構成。

- 2.5.4 雲輻射法。通過長波輻射而令雲頂端冷卻是影響區域和當地的熱量動力的重要過程，而全部模擬都考慮到這影響。
- 2.5.5 關於地球表層(Planetary Boundary Layer, PBL)的模擬，都是乎氣象情況選用中程預測(Middle Range Forecast, MRF)或是 Blackadar High Resolution (Hir)方法。地球表層的模擬方法都考慮到大氣邊界層面的湍流。MRF 和 Hir 都屬第一階段的方法，採用非本地湍流移動的設定，它可以很好的處理對流環境中的物理問題。兩種方案都附加了一種相互作用的土壤模擬。
- 2.5.6 溫雨潮濕方法。這是一個明確的方法來預測雲和雨水的地區，當中假設結冰過程不會發生。
- 2.5.7 雲層中的濕氣垂直擴散。這種選項適用於模擬水氣作用下雲層內的湍流。
- 2.5.8 三維的科裏奧利力(Coriolis force)。科裏奧利力產生自地球自轉，影響大氣中的水平和垂直活動。科裏奧利力會被包含在動量程式的水平 and 垂直值，而不限於水平值。
- 2.5.9 上輻射邊界狀況。重力波是一種可在 MM5 複製的大氣現象。然而，當這些波達到模擬區域的上限會向下反射而出錯。這提供為模擬提供了上邊界，容許重力波通過邊界而不受反射。
- 2.6 MM5 編碼的修改**
- 2.6.1 先前的 PATH 模擬顧問修改了 MM5 編碼，是為为了提高它在香港特區的模擬功能(Physick and Noonan,2000)。土地使用分類和查看表的土地使用參數，如反照率、反射率、土壤水分都是為香港特區定做的。另外，還為表面能量平衡增加了一項來計算人為活動產生的熱量(發電、機動車的活動、工業等)。這方法用於 PATH 模擬的 1.5 千米和 0.5 千米的區域。每個方格都採用了定值，不分每天和每季的變化。MM5 一般都不說明人為熱量。
- 2.6.2 本研究在最終的 PATH 模擬都採用了同樣的土地使用分類和參數，並考慮到先前用於香港特區的人為熱量。這些資料已經加插入模擬。
- 2.6.3 鑒於實際因素，珠三角經濟區城市的人為熱量並沒有包括在模擬內。城市地區的人為熱量和太陽的輻射能量相比，普遍來說都不大，特別是在臭氧量高的晴朗天氣下。這時，MM5 的模擬的敏感度只是一般。利用 PATH 0.5 千米的模擬區域來進行敏感度測試，發現人為熱量會影響海風吹向香港特區市區時的滲透力(EPD, 1999b)。該影響對於 0.5 千米的模擬區域來說是顯著的，但對 1.5 千米以上的模擬區域卻不太明顯。而且，人為熱量的計算較簡單，當中並沒有考慮日際變化。由於該方法不切實際，因此用正常的方法處理 MM5 的模擬而不計算人為熱量，並不會導致模擬結果距離實際情況更遠。
- 2.7 電腦模擬的氣象類型**
- 2.7.1 先前的模擬過程共有 11 個氣象類型。氣象類型的選擇在 PATH 模擬報告中有詳細的描述。進一步的描述可以在 PATH 確認研究(EPD 1999)中找到。全部的氣象典型日都被本研究選用，如下所列：
- 1993 年 8 月 29-31 日, 1994 年 10 月 9-11 日, 1994 年 10 月 21-23 日, 1995 年 1 月 18-20 日, 1995 年 6 月 26-28 日, 1995 年 9 月 11-13 日, 1995 年 11 月 17-19 日, 1995 年 11 月 22-24 日, 1995 年 12 月 2-4 日, 1996 年 8 月 18-20 以及 1997 年 11 月 11-14 日。
- 2.8 資料的後期處理**
- 2.8.1 顯示各氣象類型模擬結果的圖表格式都與先前 PATH 模擬研究(EPD 1999)使用的相似。展示的圖表是氣象類型的最後一天，在兩個特定時段的 1.5 千的地面風向(模擬和觀測的)。這個過程將使用現成的軟件處理 MM5 的輸出，在將處理後的數據輸入繪圖的程式 SURFER 中。

2.9 評定結果

- 2.9.1 評定結果的工作集中在與空氣質量最密切相關的參數上，也就是介面層的風向和溫度。先前的 PATH 模擬項目對 1.5 千米網域的模擬結果進行了詳細的確認工作(EPD 1999)。這些模擬結果都是沒有採用 FDDA。確認工作還包括對地面風和溫度的預測和觀測結果進行比較。衡量模擬的三個準則是：(1)預測的標準偏差與觀測的相似；(2)預測和觀測值之間的均方根(RMSE)小於觀測值的標準偏差；(3)特性與其他複雜地勢的模擬相若。為了採用這些準則，研究利用以下的統計方法對風速和溫度進行計算：Willmot 的符合係數；總 RMSE (均方根)；系統性和非系統性部分的均方根誤差；觀測和預計值的平均差和標準差。至於風向，研究計算了平均差和標準差，而沒有計算均方根誤差和符合係數。這些參數的時間序列都被繪成圖表。另外，還有有關上空空氣觀測點的垂直特徵圖表，顯示預測和觀測的風速、風向和溫度。
- 2.9.2 其他有關空氣質量的研究都採用類似的方法。Cai and Steyn (1996)和 Hedley et al.(1996)對地面風速、地面風向和地面溫度計算了各種形式的均方根誤差 (RMSE) (全面的、系統的和非系統的)，還計算了 Willmot 符合係數。Guo et al. (1996) 計算了平均偏差 (平均剩餘)、平均未標明誤差以及符合係數。除了地面風速、風向和溫度以外，他們還評定了地面濕度。Tesche and Mc Nally (1996, 1997)對地面風速和風向計算了各種形式的均方根誤差 (RMSE)，並對地面溫度和水蒸發混合比率計算了的偏差和標準誤差。
- 2.9.3 本研究評定 MM5 的方法和先前 PATH 研究使用的方法相同，因此本研究的模擬結果可與以前 PATH 研究的模擬結果相比較。研究使用了澳門和珠三角經濟區現有的觀測結果 (4 個地面站和 1 個上空空氣觀測站)和於香港特區同類站點的觀測結果(4 個地面站和 1 個上空空氣觀測站)。這方法的效果比使用大量香港特區的地面站更好，因為使用大量的香港數據可能會在 1.5 千米網域模擬的整體表現上導致偏差。

2.10 敏感度模擬

- 2.10.1 研究對新的 1.5 千米網域模擬進行額外的 MM5 模擬，以測試模擬對 FDDA 和不同邊界層設定的敏感度，為此採用了兩個氣象類型：屬高臭氧類型的 1996 年 8 月 18 - 20 日 (Oii)；高 RSP 類型的 1995 年 1 月 18-20 日。
- 2.10.2 這些類型使用的主要是 Hir 邊界層方法和 FDDA。在敏感度模擬時每個類型都要進行兩次附加 MM5 運行。一次是採用 MRF 邊界層來代替 Hir，第二次模擬只採用 MRF 而不使用 FDDA。

2.11 質量控制

- 2.11.1 對輸入資料、前期處理步驟和 MM5 輸出進行多次檢查。這些檢查包括對 FDDA 中的資料、建立網域和土地使用資料的程式、處理最初和邊界狀況的程式、MM5 運行記錄、MM5 輸出的記錄進行詳細的檢查，並將這些資料與觀測資料和過去的模擬結果進行對比。標準的 MM5 功能檢查表見表 2-2。

表 2-2 標準 MM5 功能檢查表

MM5 檢查表			
項目編號:			
項目名稱:			
日期:			
測試編號:			
測試名稱:			
細目	執行人	檢查人	日期
為 FDDA 對原始氣象資料整理格式 -確認資料的格式已被正確的重整			
地域處理器 -顯示模擬網域，確保適當地區已被納入模擬範圍 -顯示地域的特徵，並對照地形圖 -顯示土地使用和海岸線特徵，並對照地形圖 -附上以上各項的抄本			
資料格 (將輸入資料插入模擬網域) -輸出文件需要檢查看正確資料是否用於恰當的時段			
RAWINS (高空和地面空氣的預處理器) 是否所有資料都被納入模擬?			
INTERP (將輸入資料插入垂直網層) -是否正確規定垂直層? -輸出的文件是否屬於適當的日期?			
MMS -核實物理學選項? -核實合併選項? -核實所有其他選項			

3 排放數據處理

3.1 背景

3.1.1 EMS-95 是 Alpine Geophysics 為美國 SARMAP 和 LMOS 進行地區模擬研究時建立的一個排放數據模擬系統(Wilkinson, 1994)。排放數據處理的目的是為 MM5 中的每個歷史氣象類型，提供每小時的排放資料，並分配到每個模擬範圍的網格，然後整理為適用於 SAQM 空氣質量模擬的格式。

3.1.2 本研究為整個區域建立基準年排放清單，作為本研究的一部分。清單內的污染物包括 SO₂、NO_x、RSP、VOC 和 NH₃。其他附件描述的排放清單建立方法。基準年的排放清單被用作估計四個未來年份的排放量，即 2000 年、2005 年、2010 年和 2015。雖然有多個未來年排放清單，當中只有 2010 年被選為模擬未來年空氣質量的基礎。

3.1.3 雖然本研究中有 11 個 MM5 類型，但是只有 8 個具代表性的氣象類型用於 EMS-95 和 SAQM 的模擬。這 8 個模擬氣象類型是：

- 類型 A (1995 年 11 月 22-24 日)
- 類型 B1 (1994 年 11 月 21-23 日)
- 類型 B2 (1995 年 1 月 18-20 日)
- 類型 C (1995 年 11 月 17-19 日)
- 類型 D (1995 年 9 月 11-13 日)
- 類型 E (1995 年 6 月 26-28 日)
- 類型 F (1993 年 8 月 29-31 日)
- 類型 Oii (1996 年 8 月 18-20 日)

3.1.4 每個類型都用於 EMS-95 和 SAQM 的 13.5, 4.5, 和 1.5 千米網域，模擬基準年排放狀況。本研究的焦點是根據項目要求，改善區域排放清單和模擬未來空氣質量。為此研究並沒有模擬 40.5 千米區域，因為這模擬網域只是適用於建立 13.5 千米區域的邊界和最初條件。同樣地，13.5 千米區域只用於基準年(1997)模擬而沒有重復用於未來年份方案。因此，未來年(2010)的正常運作情況和以後的未來年排放控制方案中，只有 4.5 和 1.5 千米區域被模擬。

3.2 EMS-95 方法

- 3.2.1 EMS-95 包含四個主要的排放類別：點源、面積源、生物源和車輛源。點源主要包括發電和製造行業的燃料燃燒。面積源包括家用燃油的消耗、乾洗、路面、表面塗層和工業排放等。生物源包括土壤和植物的排放。原先的 PATH 系統研究沒有使用 EMS-95 內的車輛排放模擬，而利用 EMS-95 以外的處理器，再將得出的資料和其他來源的資料合併。本研究也採用了這樣的方法。
- 3.2.2 點源和面積源的排放資料都通過 EMS-95 進行處理，模擬上述每個歷史氣象類型下的空氣狀況。結果是有關每個氣候類型的每小時的排放資料，分配在 13.5, 4.5, 和 1.5 千米網域格式，並適用於空氣模擬的排放數據處理器。
- 3.2.3 EMS-95 模擬過程中的步驟包括：界定網域的模擬、點源、面積和生物模，和形式分配模擬。正如前面提到，車輛的模擬不被使用，而車輛排放會作為面積源處理。

3.3 質量控制

- 3.3.1 輸入模擬的資料、前期處理步驟 和 EMS-95 輸出需經過多次檢查。檢查的部分包括以下各項：
- EMS-95 的副程式
 - 產生網域、時間和分類格式的 SAS 和 ARC/INFO 程式
 - 處理未來增長和預測的程式
 - 模擬多個 EMS 網域/類型的批次檔案
 - 各 SAS 程式的輸出紀錄和.lst 檔案
 - 對照輸出資料和原始數據。
- 標準的 EMS 功能檢查表如下（表 3-1）。

表 3-1 標準 EMS 檢查表

EMS-95 檢查表			
項目編號:			
項目名稱:			
日期:			
測試編號:			
測試名稱:			
細目	執行人	檢查人	日期
網域定義模擬			
排放模擬格式結構定義			
-檢查批次檔案中格式設定，顯示格式並確認其是否正確			
點源模擬			
準備每小時定格排放估計			
-復查點源查看表，並保證時間文件和分類文件中的 SCC 編碼能互相對應			
面積源模擬			
將每年的城市範圍資料縮減至每格網格的每小時排放資料			
-檢查綜合的查看表，確保時間特徵和類別特徵的 SCC 編碼能互相對應			
-確定點源數據和空間代碼能互相對應			
生物源模擬			
生物排放的估算			
-檢查相關縣市土地使用和植物類型			
-檢查生物源的土地使用編碼和 GIS 中使用的編碼是否一致			
分類模擬			
各種化學物的模擬估算			
-檢查查看表以確保排放源編碼、SAROAD 編碼和化學構成編碼之間的有效性			
規劃模擬			
提供合理的進一步排放估算			
-檢查排放源編碼、增長因素和控制因素之間是否能互相對應			
資料的後期處理			
-顯示並檢查網域排放資料以確保一致			

3.4 模擬區域

- 3.4.1 EMS-95 的運行描述和格式定義模擬構成了所有後期排放處理的基礎。運行描述文件包括以下主要資料：氣象類型的日期/檔案目錄名稱、開始日期、時區、氣象類型的模擬編號、分類機制、有機氣體類型、網域座標(中, 西南等)、EMS-95 區域中的左下網格內的 x 和 y 座標、網格大小, x 和 y 軸中的網格數目、預測系統的參素和單位等。運行描述文件的格式為 EMS-95 而經過特別整理。
- 3.4.2 網格組成模擬利用運行描述文件的資料來建立模擬網格結構。該過程產生的地理資料系統的覆蓋地區包含政區邊界網格資料和對 EMS-95 模擬內每方格分配適當的 ICELL, JCELL 值。這資料受網格影響, 而不受氣候類型影響。最終的 GIS 區域和 INFO 都在 EMS-95 的空間替代單位中使用。
- 3.4.3 在 PATH 中, EMS-95 和 MM5 模擬網域相同, SAQM 空氣質量模擬的網域則較小且藏在相應的 MM5 和 EMS-95 網域中。在本研究中, EMS-95 模擬網域的 13.5 和 4.5 千米的解像網格縮小, 而配合本來的 PATH 模擬內相應的 SAQM 網域。由於 SAQM 網域以外的地方不會經過排放數據處理, 縮小了的 EMS-95 網域可節省計算時間和硬碟容量要求。
- 3.4.4 本研究中, 1.5 千米 MM5、EMS-95 和 SAQM 網域都被擴大, 為珠三角經濟區提供一個較高解像度範圍。1.5 千米網域是從原來 PATH 的 1.5 千米區域擴大所得, 覆蓋廣州、珠海和深圳的市區。圖 3-1、3-2 和 3-3 顯示的是各個政區的 13.5, 4.5 和 1.5 千米 EMS-95 模擬網域。

3.5 空間分配

- 3.5.1 建立排放清單的部分工作, 是計算出每年各活動類型(以 SCC 或 ASCT 編號界定)和各地區的排放量(以噸計), 為此本研究選用了類似的地理政區為單位。然後這些地區的排放量再根據人口統計資料被分為各個小區的排放量。
- 3.5.2 在先前的 PATH 模擬中, 設定了香港特區為一個區域。為改善空間的解像度和模擬網格的排放量分配, 《第三次整體運輸研究》將香港特區的 18 個區份, 應用於模擬中, 並根據 1996 年的人口普查數據把排放量分配到相對的區份。至於珠三角經濟區, 排放量的分配是根據 1998 年廣東統計年鑒的資料。表 3-2 所示的是本研究中採用的獨有地區代碼(地區代碼)和縣市編號(城市代碼)。
- 3.5.3 將排放量分配到縣市的過程中, 同時還製作了包含政區邊界資料的 GIS 區劃圖。該區劃圖用於格式處理。PATH 模擬中有關香港特區的政區邊界 GIS 區劃圖, 提供了香港和深圳間的詳細分界, 包括海岸線和陸上邊界。中國內地縣市的區劃圖則較為簡略。為了把兩地的區劃圖合併為一, 香港特區和中國內地的地區和縣市代碼都經過從新整理, 詳細如表 3-3。
- 3.5.4 研究利用了空間替代指標來將縣市的排放量分配到模擬網格。例如, 機車的排放最初以地區為基礎計算, 然後根據各地區內縣市的機車活動比例, 將排放分攤到各縣市。這樣, 根據 GIS 區劃圖中的主要鐵路路線, 將排放量分配到機車實際路經網各。表 3-4 顯示本研究採用的替代指標。
- 3.5.5 以下的討論交待了用於各類排放源的空間替代指標。表 3-4 是活動類型(ASCT/SCC 代碼、說明 1、說明 2)的摘要及其空間替代指標(空間替代代碼)。表 3-4 中使用的空間替代碼和表 3-3 中所使用的相同。

火車(空間替代代碼=6)

- 3.5.6 原有 PATH 模擬內有替代指標數據, 這提供了有關香港特區主要鐵路線的 GIS 檔案。研究對香港特區以外的主要鐵路線進行了數碼處理, 並附加到原有的香港特區鐵路圖中, 為中國內地建立一個類似的空間替代指標。這些替代碼用於分配縣市的機車排放量到各網域的模擬網格內, 見圖 3-4。

航運 (空間替代碼 = 5, 30)

- 3.5.7 根據排放清單的數據，有關海上排放源的排放量通過以下的劃分海域被分配到模擬網格中：澳門海港、香港特區的海港和碼頭、香港特區的水域 (不包括海港和碼頭)、珠三角經濟區的水域(珠三角水域和珠江海口)和國際水域 (水域不包含在其他任何區域之內，約是珠江三角洲入海口以南 1 海里)。為了簡化過程，這些“水域”在區劃圖中被分類為縣市，如表 3-2 所示。這樣，除了香港水域之外，排放清單中的所有海上排放都被撥入相應的區市中。
- 3.5.8 PATH 提供了有關渡輪和海上交通航線的 GIS 文件，所以本研究利用了這些現成的資料來妥善地分配香港特區水域的海上排放。圖 3-5 顯示的海上排放分配中使用的不同的空間替代指標。(藍色的部分代表海港和排放區域，藍線代表香港特區水域渡輪和海輪的航線)。

表 3-2 地區和縣市編號

地區代碼	地區名稱	城市代碼	名稱
1	香港特區	1	中西區
1	香港特區	2	灣仔
1	香港特區	3	東區
1	香港特區	4	南區
1	香港特區	5	油尖旺
1	香港特區	6	深水埗
1	香港特區	7	九龍城
1	香港特區	8	觀塘
1	香港特區	9	黃大仙
1	香港特區	10	葵青
1	香港特區	11	屯門
1	香港特區	12	離島
1	香港特區	13	元朗
1	香港特區	14	大埔
1	香港特區	15	北區
1	香港特區	16	沙田
1	香港特區	17	西貢
1	香港特區	18	荃灣
1	香港特區	20	香港港口
1	香港特區	21	香港特區水域
10	澳門特別行政區	10	澳門
10	澳門特別行政區	11	澳門港口
20	國際	10	國際水域
44	珠三角經濟區	2	珠三角經濟區海口/水域
44	珠三角經濟區	10	廣州
44	珠三角經濟區	11	廣州港口
44	珠三角經濟區	20	深圳
44	珠三角經濟區	21	深圳港口
44	珠三角經濟區	30	珠海
44	珠三角經濟區	40	汕頭
44	珠三角經濟區	50	韶關
44	珠三角經濟區	60	河源
44	珠三角經濟區	70	梅州
44	珠三角經濟區	80	惠州
44	珠三角經濟區	90	汕尾
44	珠三角經濟區	100	東莞
44	珠三角經濟區	110	中山
44	珠三角經濟區	120	江門
44	珠三角經濟區	130	佛山
44	珠三角經濟區	140	陽江
44	珠三角經濟區	150	湛江
44	珠三角經濟區	160	茂名
44	珠三角經濟區	170	肇慶
44	珠三角經濟區	180	清遠
44	珠三角經濟區	190	潮州
44	珠三角經濟區	200	捷陽
44	珠三角經濟區	210	雲浮

表 3-3 空間替代區劃圖

空間替代碼	描述	區劃圖類型*	區劃圖名稱	空間替代值
1	城區(城市-片)	LULC	城市	URB
2	珠三角經濟區人口普查(時期_人口普查-片)	CENSUS	珠三角經濟區人口普查	P
3	香港公路(香港_公路-線)	TIGER	香港_公路	HI
4	珠三角經濟區公路+城市(珠三角經濟區_公路-片)	LULC	珠三角經濟區_公路	HI
5	香港海洋(香港_海洋-線)	TIGER	香港_海洋	MAR
6	香港+珠江三角洲經濟區鐵路(鐵路-線)	RAILS	鐵路	RR
7	香港礦場(礦場-點)	PORT	礦場	QU
8	香港加油站(站-點)	PORT	站	FT
9	耕地(土地使用-片)	LULC	土地使用	3
10	廣東機場(機場_基準-片)	LULC	機場_基準	API
11	香港機場1998年以前(機場_基準-片)	LULC	機場_基準	CLA
12	香港機場1998年以前(機場_基準-片)	LULC	機場_基準	IDA
13	香港機場1998年以前(機場_基準-片)	LULC	機場_基準	LNA
14	香港機場1998年以前(機場_基準-片)	LULC	機場_基準	TOA
15	香港機場1998年以後(機場_未來-片)	LULC	機場_未來	CLB
16	香港機場1998年以後(機場_未來-片)	LULC	機場_未來	IDB
17	香港機場1998年以後(機場_未來-片)	LULC	機場_未來	LNB
18	香港機場1998年以後(機場_未來-片)	LULC	機場_未來	TOB
19	澳門機場(機場_基準-片)	LULC	機場_基準	CLC
20	澳門機場(機場_基準-片)	LULC	機場_基準	IDC
21	澳門機場(機場_基準-片)	LULC	機場_基準	LNC
22	澳門機場(機場_基準-片)	LULC	機場_基準	TOC
30	海洋來源(海洋-片)	LULC	海洋	MAR

註釋: 區劃圖類型-LULC = 多邊形, 人口普查 = 多邊形, TIGER = 線, 鐵路 = 線, PORT = 點

表 3-4 相關活動類型的空間代碼表

ASCT/ 空間替代碼	空間替代代碼 (SSC)						描述等級 1	描述等級 2
	香港特區	珠三角經濟區	廣東	澳門	國際水域	中國		
30100399	1	1	1	1	1	1	氨的生產	工業工序
30101401	1	1	1	1	1	1	油漆的生產	工業工序
30102712	1	1	1	1	1	1	氮肥的生產	工業工序
30600801	1	1	1	1	1	1	預熱機/預鍛爐窯	工業工序
30700101	1	1	1	1	1	1	紙漿和造紙工業	工業工序
31100199	1	1	1	1	1	1	建築揚塵	工業工序
2103004001	1	1	1	1	1	1	電子產品製造	點源 燃料分類
2103004002	1	2	1	1	1	1	運輸	點源 燃料分類
2103004003	1	1	1	1	1	1	煤氣廠水廠	點源 燃料分類
2103004004	1	1	1	1	1	1	傳媒/印刷/出版	點源 燃料分類
2103007000	1	2	1	1	1	1	家用/商業 燃料的使用	點源 燃料分類
2104002000	1	2	1	1	1	1	家用煤炭的使用	點源 燃料分類
2104007000	1	2	1	1	1	1	家用液化石油氣的使用	點源 燃料分類
2104011000	1	2	1	1	1	1	家用其他燃料的使用	點源 燃料分類
2199006002	1	2	1	1	1	1	家用 燃料分類	點源 燃料分類
2201001000	3	4	4	4	4	4	私家車/小型汽油車輛	流動源
2201070000	3	4	4	4	4	4	大型汽油車輛	流動源
2201080000	3	4	4	4	4	4	摩托車	流動源
2230001000	3	4	4	4	4	4	計程車	流動源
2230060331	3	4	4	4	4	4	客車 貨車	流動源
2230060332	3	4	4	4	4	4	輕型小巴	流動源
2230060333	3	4	4	4	4	4	重型貨車	流動源
2230070331	3	4	4	4	4	4	輕型貨車	流動源
2230070332	3	4	4	4	4	4	非專利巴士	流動源
2230070333	3	4	4	4	4	4	單層專利巴士	流動源
2230070334	3	4	4	4	4	4	雙層專利巴士	流動源
2260005000	9	9	9	9	9	9	農業	流動源
2275000000	10	10	10	10	10	10	飛機-一般情況*	流動源
2275020001	13	21	21	21	21	13	飛機-降落	流動源
2275050000	12	20	20	20	20	12	飛機-停機	流動源
2275050001	14	22	22	22	22	14	飛機-起飛	流動源
2275060000	11	19	19	19	19	11	飛機-爬升	流動源

ASCT/ 空間 替代碼	空間替代代碼 (SSC)						描述等級 1	描述等級 2
	香港特區	珠三角經濟區	廣東	澳門	國際水域	中國		
2280003000	5	30	30	30	30	30	海洋船舶**	流動源
2285002000	6	6	6	6	6	6	材油機車	流動源
2294000000	3	4	4	4	4	4	已鋪路 揚塵	流動源
2296000000	3	4	4	4	4	4	未鋪路 揚塵	流動源
2301000000	1	1	1	1	1	1	化學物/橡膠/塑膠	工業工序
2302000000	1	1	1	1	1	1	食品和飲料	工業工序
2305000000	1	1	1	1	1	1	非金屬產品	工業工序
2311000000	1	1	1	1	1	1	建築	工業工序
2312000000	1	1	1	1	1	1	製造 - 重型	工業工序
2325000000	7	9	9	9	9	9	採礦/出礦***	工業工序
2399000000	1	1	1	1	1	1	製造 - 輕型/重型	工業工序
2401001000	1	2	1	1	1	1	商用/家用表面 塗料/稀釋溶劑	溶劑使用
2401010000	1	1	1	1	1	1	紡織業	溶劑使用
2401990000	1	1	1	1	1	1	油漆運用(進出口)	溶劑使用
2415000000	1	2	1	1	1	1	家用/商用溶劑	溶劑使用
2420000000	1	2	1	1	1	1	乾洗	溶劑使用
2425000000	1	1	1	1	1	1	印刷	溶劑使用
2460000000	1	1	1	1	1	1	酒精飲料生產	溶劑使用
2460100000	1	2	1	1	1	1	商用/家用乳膠	溶劑使用
2501050000	8	1	1	1	1	1	加油站****	儲藏和運輸
2501060000	1	1	1	1	1	1	汽油的分配和處理	儲藏和運輸
2505040000	1	1	1	1	1	1	原油生產	儲藏和運輸
2610000000	1	1	1	1	1	1	城市廢物燃燒	廢物棄置、處理和回收
2630000000	9	9	9	9	9	9	農村家庭人為生活廢物	廢物棄置、處理和回收
2630030000	1	1	1	1	1	1	無衛生設施地區的人為生活廢物	廢物棄置、處理和回收
2801000002	9	9	9	9	9	9	氮肥的使用	雜項面積源
2801000003	9	9	9	9	9	9	殺蟲劑的應用	雜項面積源
2801000006	9	9	9	9	9	9	糧食的晾乾	雜項面積源
2801500000	9	9	9	9	9	9	農業廢物的燃燒	雜項面積源
2805010000	9	9	9	9	9	9	動物糞便氣	雜項面積源
2806010000	1	2	1	1	1	1	人出汗和蒸發	雜項面積源
2230070000	3	4	4	4	4	4	重型柴油車輛	流動源
10100101	1	1	1	1	1	1	蒸氣氣輪機(煤炭)	外燃鍋爐
10100401	1	1	1	1	1	1	蒸氣氣輪機(輕油)	外燃鍋爐
10100504	1	1	1	1	1	1	蒸氣氣輪機(輕油)	外燃鍋爐
10100601	1	1	1	1	1	1	蒸氣氣輪機(天然氣)	外燃鍋爐
10200504	1	1	1	1	1	1	蒸氣氣輪機(天然氣)	外燃鍋爐
10200602	1	1	1	1	1	1	輔助鍋爐(天然氣)	外燃鍋爐
20100101	1	1	1	1	1	1	氣輪機(輕油)	內燃發動機
20100201	1	1	1	1	1	1	氣輪機(天然氣)	內燃發動機
30300401	1	1	1	1	1	1	焦煤生產	工業工序
30500623	1	1	1	1	1	1	預熱機/預鍛機窯	工業工序
50200101	1	1	1	1	1	1	多燃燒室焚化廠	廢物工序
64630001	1	1	1	1	1	1	聚氨乙稀製造	MACT 來源分類
2102002000	1	1	1	1	1	1	含瀝青煙煤*****	燃料燃燒點源
2102004000	1	1	1	1	1	1	蒸餾油*****	燃料燃燒點源
2102005000	1	1	1	1	1	1	渣油*****	燃料燃燒點源
2102009000	1	1	1	1	1	1	焦煤*****	燃料燃燒點源
2102011000	1	1	1	1	1	1	煤油*****	燃料燃燒點源
2280001000	30	30	30	30	30	30	海洋船舶*****	流動源

注釋:

* 飛機“一般”只在珠江三角洲經濟區使用; 香港和澳門機場活動使用具體機場代碼

** 海輪代碼5 只在香港使用(香港特別行政區渡輪)

*** 採礦出礦代碼只在香港礦場使用; “耕地”可在所有地區使用

**** 加油站代碼只在香港使用

***** 只在中國內地縣級市使用的代碼

海洋代碼30 只適用地區代碼城市代碼=1/20

所有分配的空間替代代碼和名稱相統一如: 城市代碼=20(國際水域), 澳門(城市代碼=10)

面積源(空間替代碼 = 1, 2, 9)

- 3.5.9 土地使用區劃圖可用於進行非人口相關來源排放的分配(如：農業活動、生物排放)。為香港特區建立精確的土地使用圖是 PATH 研究過程的其中一個工作重點。在本研究中, 用於 MM5 的中國內地土地使用資訊是由香港中文大學提供的, 這些資料與香港特區土地使用資料合成為一個 GIS 區劃圖。
- 3.5.10 表 3-5 展示的是 GIS 文件中的土地使用分類。本研究的空間替代指標是利用土地使用類別如耕地(土地使用代碼 = 3)、城市 - 高密度(土地使用代碼 = 13)和城市 - 低密度(土地使用代碼 = 14)來建立。

表 3-5 土地使用代碼和描述

代碼	類型	描述
1	AC	廢棄耕地
2	B	禿石和禿地
3	C	耕地
4	G	草地
5	WA	內陸水
6	L	低灌木叢帶
7	L/G	長草的低灌木叢帶
8	M	紅樹林
9	OW	其他濕地
10	PL	種植園林地
11	T	高灌木叢帶
12	T/G	長草高灌木叢帶
13	U2	城市 - 高密度
14	U	城市 - 低密度
15	W	林地

- 3.5.11 珠三角經濟區和香港特區的農業活動排放(如：農業廢物燃燒, 穀物乾燥, 殺蟲劑的應用等)是根據耕地的資料來分配。分類為高密度城市和低密度城市的區域都被歸納為單一的“城市”土地使用類型。城市區的數據用於分配香港特區人類活動來源的排放(如：溶劑使用、建築灰塵、住宅燃料燃燒等), 如圖 3-6 所示。
- 3.5.12 通過廣東統計年鑒(1998 年)中城市和農村的人口統計資料以及縣市邊界的 GIS 區劃圖資料, 研究建立了一個簡單的珠三角經濟區 ARC/INFO 人口普查區劃圖, 見圖 3-7。這資料作為空間替代指標, 用於分配珠三角經濟區的人類活動來源的排放量。

車輛排放的來源(空間替代碼 = 3, 4)

- 3.5.13 香港特區的車輛排放是根據顧問小組(見 TA5)提供各區的交通資料(即行車里數)計算出來的。原先 PATH 模擬內的香港公路網絡資料有助本研究分配縣市的排放量到模擬網絡。
- 3.5.14 原先的 PATH 中也提供了一個粗略的中國內地公路網絡資料。區劃圖提供了有關主要公路的位置, 但沒有提供城市內道路網絡的資訊(如：廣州、佛山、中山等城市的道路), 而這些市區道路的車輛排放量往往很高。為了彌補缺乏的資料, 研究把粗略的公路網絡圖和較仔細的市區土地使用圖合併, 建立一個能準確代表珠三角經濟區公路位置和車輛活動的公路圖作為替代指標(見圖 3-8)。

機場(空間替代碼 = 10 到 22)

- 3.5.15 排放清單列出的五個主要機場需利用空間替代指標。在香港特區, 基準年(即 1997)的機場排放歸舊啓德機場。而未來年的方案中, 機場排放則指定在到新赤鱘角機場。原有的 GIS 圖為 PATH 模擬提供了舊啓德機場和新赤鱘角機場兩區域的資料。排放活動包括爬升、停機/滑行、起飛和降落的位置也被確定。這方法用於計算澳門國際機場的排放。
- 3.5.16 1.5 千米網域的研究中沒有其他機場的位置和活動資料。研究假設每個機場的排放物都是平均地從一個面積為 4.5 平方千米的長方區域排出, 然後根據上述資料建立空間替代指標的 GIS 區劃圖來進行排放量的分配。

3.5.17 圖 3-9 顯示了用於分配機場活動排放量到模擬網格的空間替代指標的區劃圖的一部分。圖中所示的是澳門機場、香港特區的舊啓德機場和新赤鱗角機場和深圳機場的活動替代指標(如：深藍=降落、粉紅=停機、紅色=爬升、淺藍=起飛)。

加油站(空間替代碼 = 8)和礦場(替代碼 = 7)

3.5.18 原來的 PATH GIS 文件提供了香港特區的加油站和礦場的空間替代指標。根據 GIS 區劃圖顯示的加油站和礦場位置，這兩個排放源的排放量被分配到模擬網格。圖 3-10 所示的是香港特區的主要礦場(紅星)和加油站(藍三角)的位置。

3.5.19 研究沒有有關珠三角經濟區的加油站排放資料，也沒有可替代中國內地礦場位置的指標。由於缺乏數據，研究根據土地使用區劃圖/替代指標的耕地使用分類資料來進行礦場/採礦活動排放的分配。耕地是最合適的土地使用類型，因為它在土地使用類型中比例很大，並可用作分配排放量到市區以外地方的基礎。

生物源

3.5.20 生物源模擬利用了有關各縣市內種植物所佔的土地面積以及特定的氣象類型，計算出土地和植被的每小時排放。然後根據土地使用 GIS 區劃圖顯示區域內不同的種植/土地使用類型，分配排放量到模擬網格。

3.5.21 以上描述土地使用區劃圖是 MMS 模擬的一部分，用於計算每個縣市各種土地使用類型的土地面積。研究利用這些資料和 PATH 的生物源排放因子做出特定時間、網格和分類的生物排放量。

主要點源

3.5.22 本研究利用有關香港特區和珠三角經濟區點源的煙囪參數、地理座標、排放率等資料來模擬主要的排放點源。EMS-95 中的點源處理器通過引入點源的排放量檔案而製成點源的 GIS 區劃圖。該區劃圖然後經網格界定程式來分配點源資料到適當的網格。這些資料用於建立點源排放模擬的點源輸入檔案，當中包括資料如污染物排放資料、省區、縣市和網格資料。

3.5.23 許多較小的點源排放物被歸類為面積源，然後如先前部分一樣，通過使用空間替代指標進行排放分配。

時間化

3.5.24 本研究根據活動類型，使用交叉參考表界定每月、每周、每天、每小時的活動資料，然後將每年排放量分拆每小時排放量。即使以往的模擬氣候類型出現在周末，本研究選用的時間資料都屬於平日。

3.5.25 對於主要的點源，所有時間資料都一般是“扁平”的。(即一天 24 小時、一週 7 天、一個月 4 周和一年 12 個月的排放都是一樣)。

3.5.26 本研究對面積源(包括海上和車輛源)所採用的方法跟從前 PATH 使用的相同。可是有一些新的 ASCT/SCC 代碼在原有的 PATH 模擬文件中並不存在。這些排放源的 SCC/ASCT 代碼(如 ASCT/SCC 代碼中前面的 3、4 個數碼)與原有的模擬檔案進行對照後，它們的時間資料會被分配。如找不到相符的 ASCT / SCC 代碼，研究便會根據對排放源了解，為新的排放源設定適當的時間資料。在某些情況下，預設的“扁平”時間性資料會被選用。

分類化

3.5.27 本研究中使用的化學物分類跟先前 PATH 選用的一樣。一些新的 ASCT/SCC 代碼在原有的 PATH 模擬文件中並不存在。這些排放源的 SCC/ASCT 代碼(如 ASCT/SCC 代碼中前面的 3、4 個數碼)與原有的模擬檔案進行對照後，它們的分類資料會被分配。如找不到相符的 ASCT / SCC 代碼，研究便會根據對排放源(如使用的燃料)了解，為新的排放源設定適當的分類資料。

圖 3-1 13.5公里EMS-95模擬區域

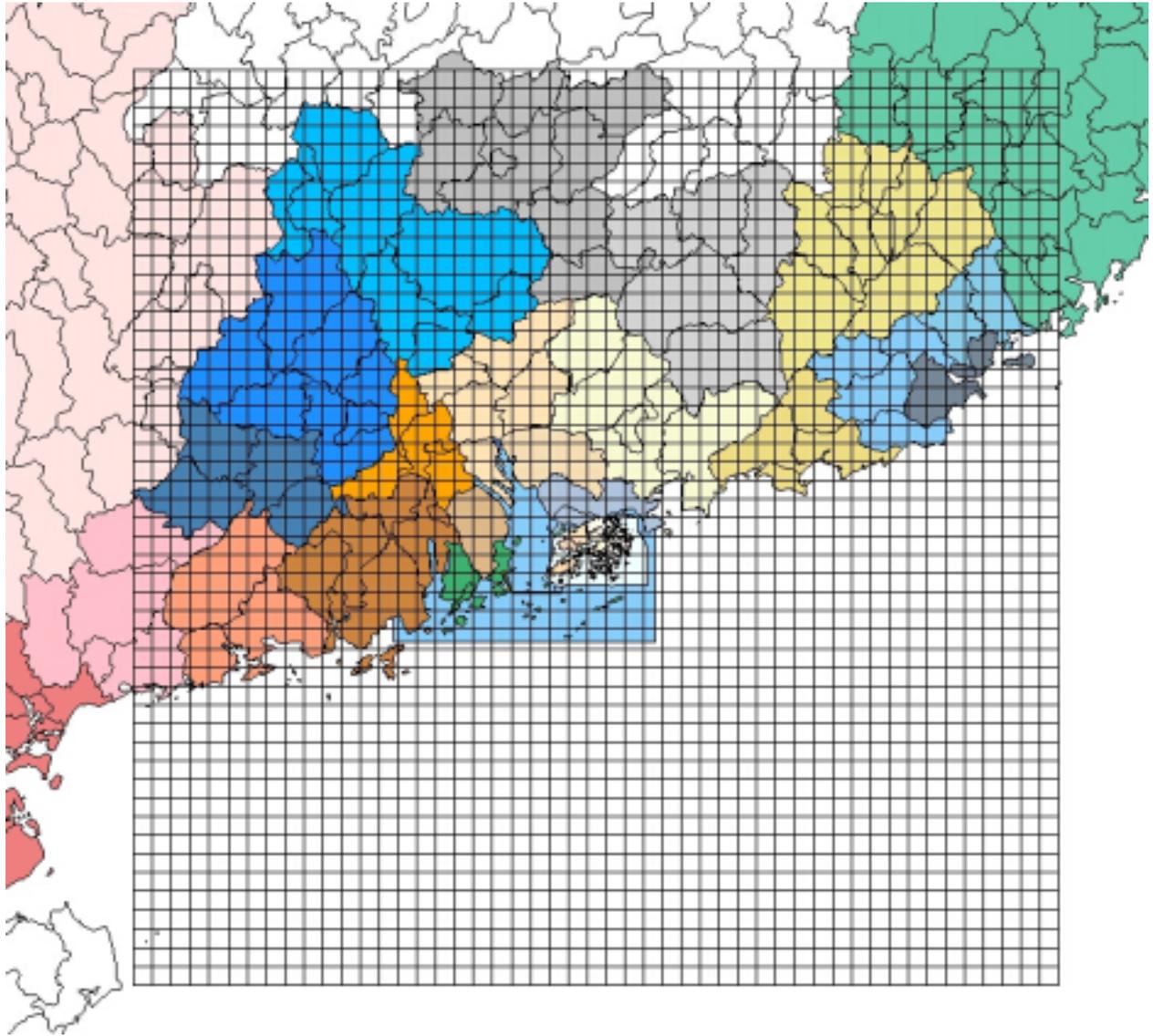


圖 3-2 4.5公里EMS-95模擬區域

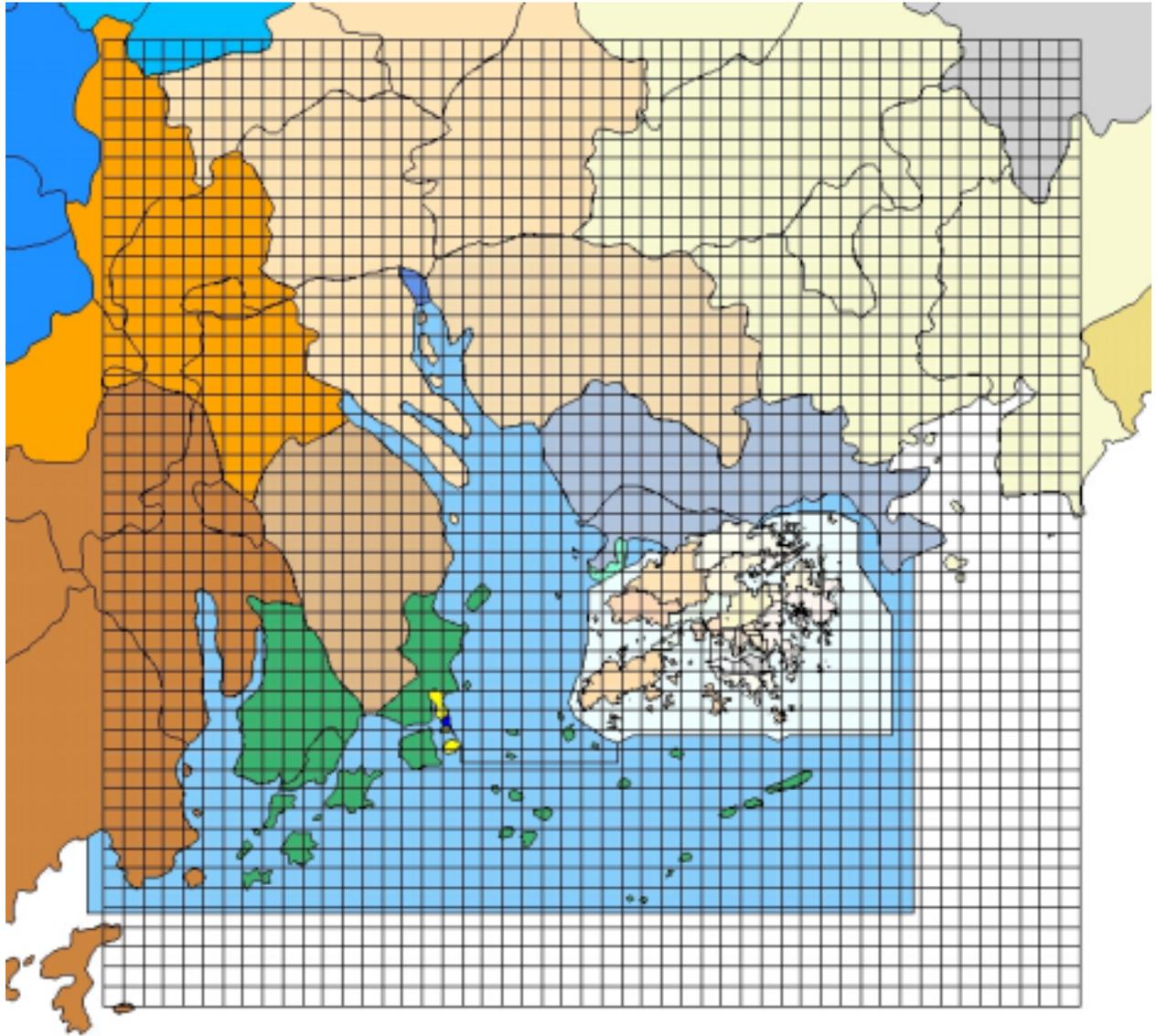


圖 3-3 1.5公里EMS-95模擬區域

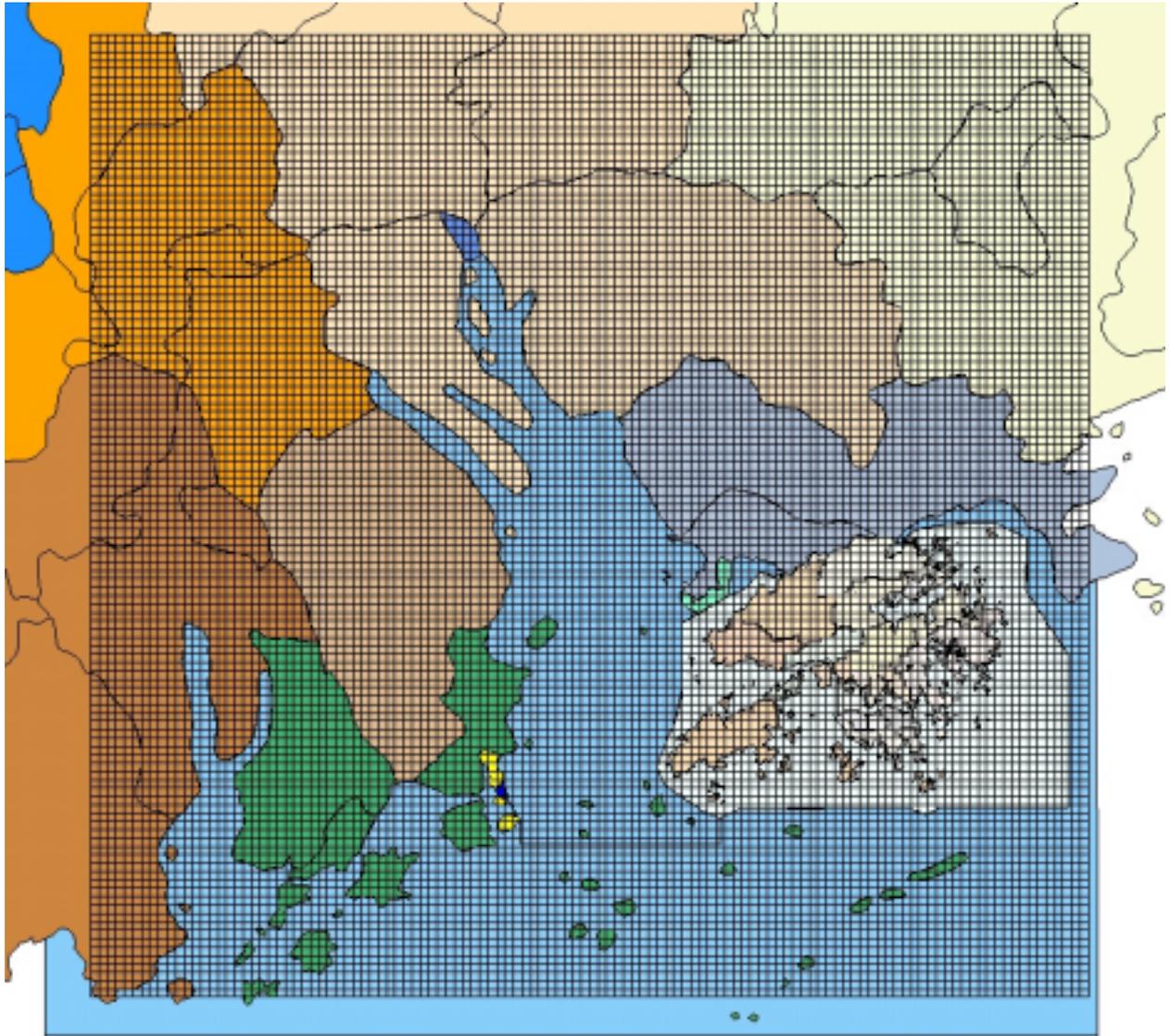


圖 3-4 珠三角區域鐵路網

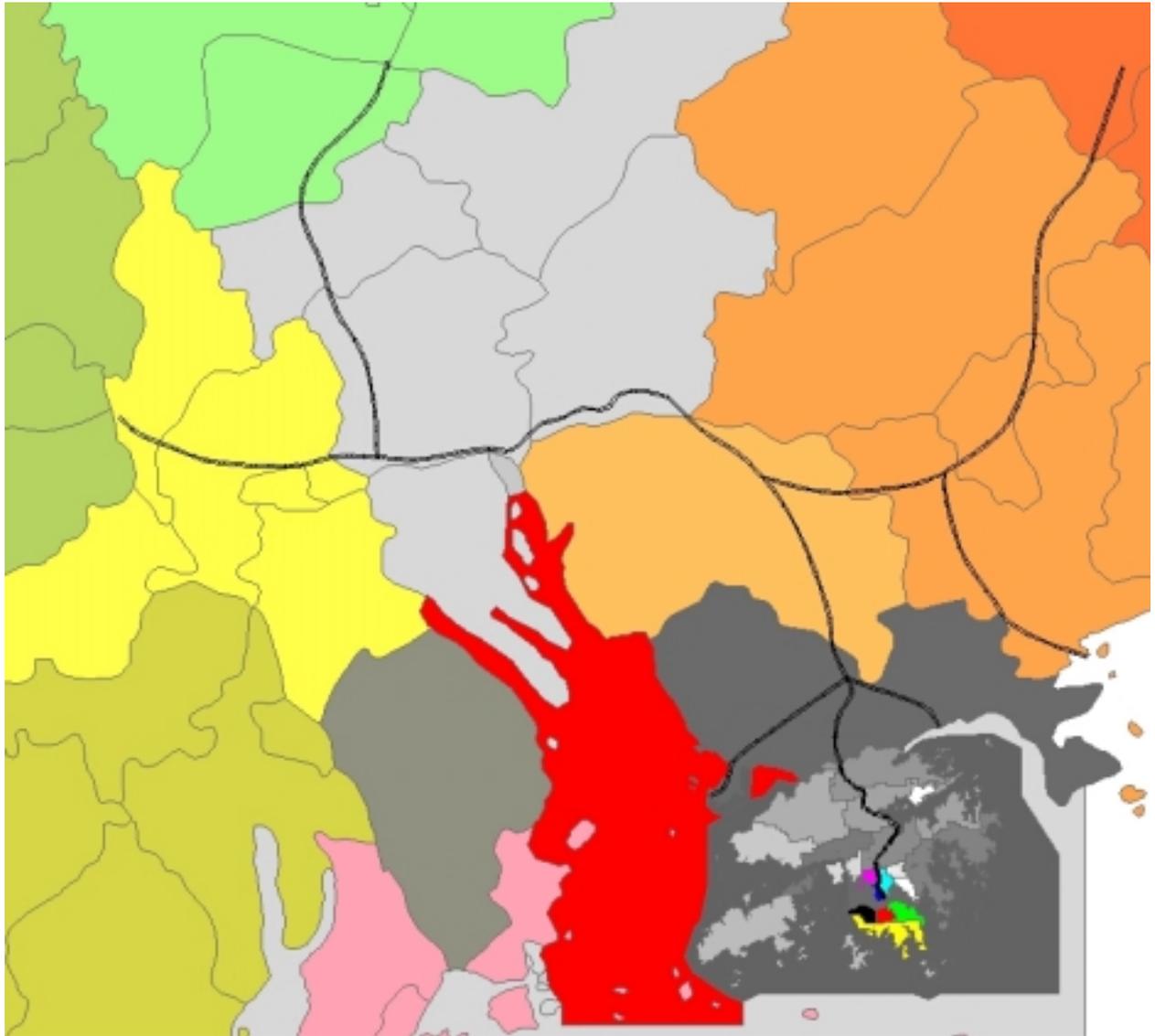


圖 3-5 珠三角區域海洋排放

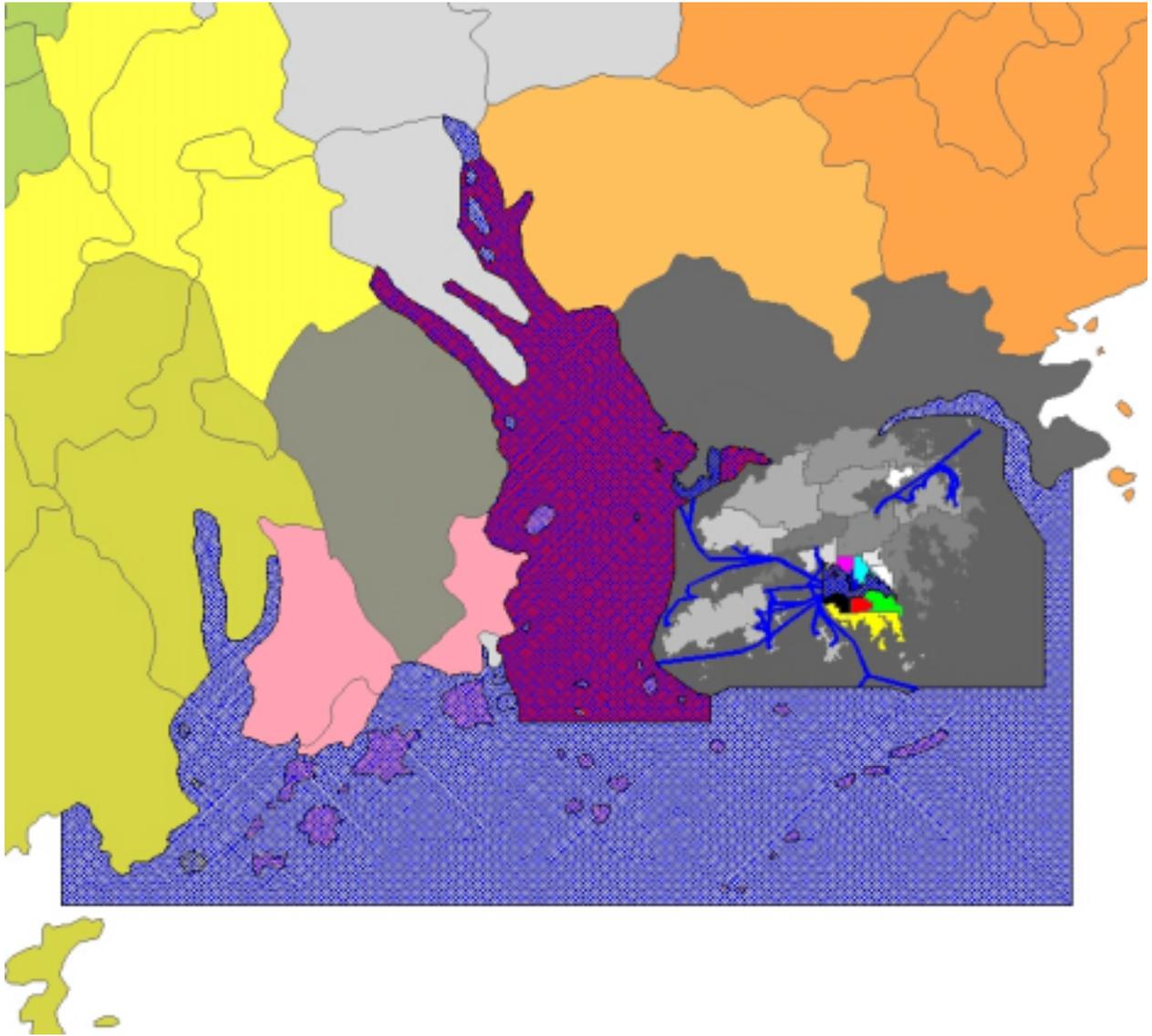


圖 3-6 珠三角區域各縣級市排放

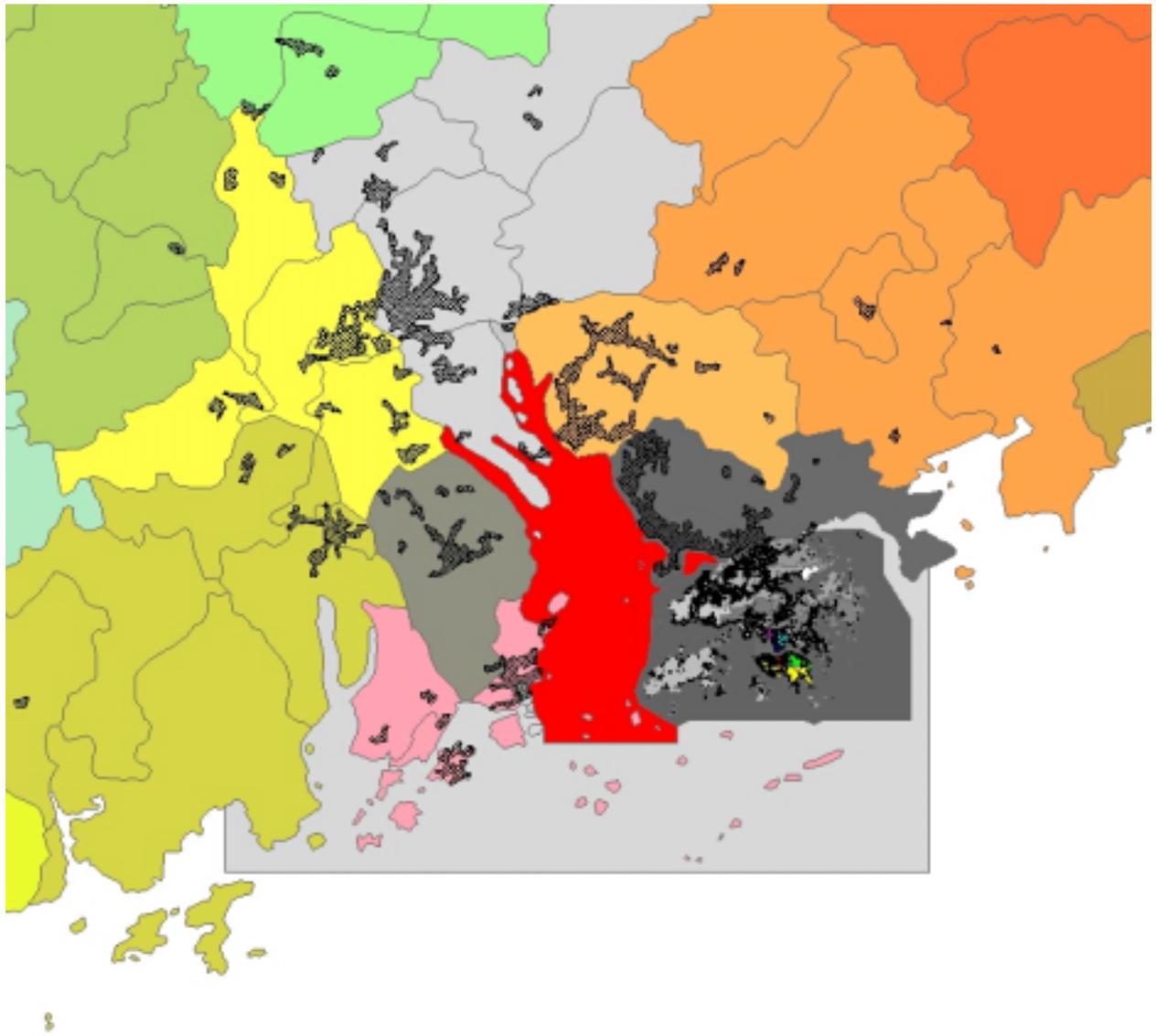


圖 3-7 珠三角區域縣級市的邊界

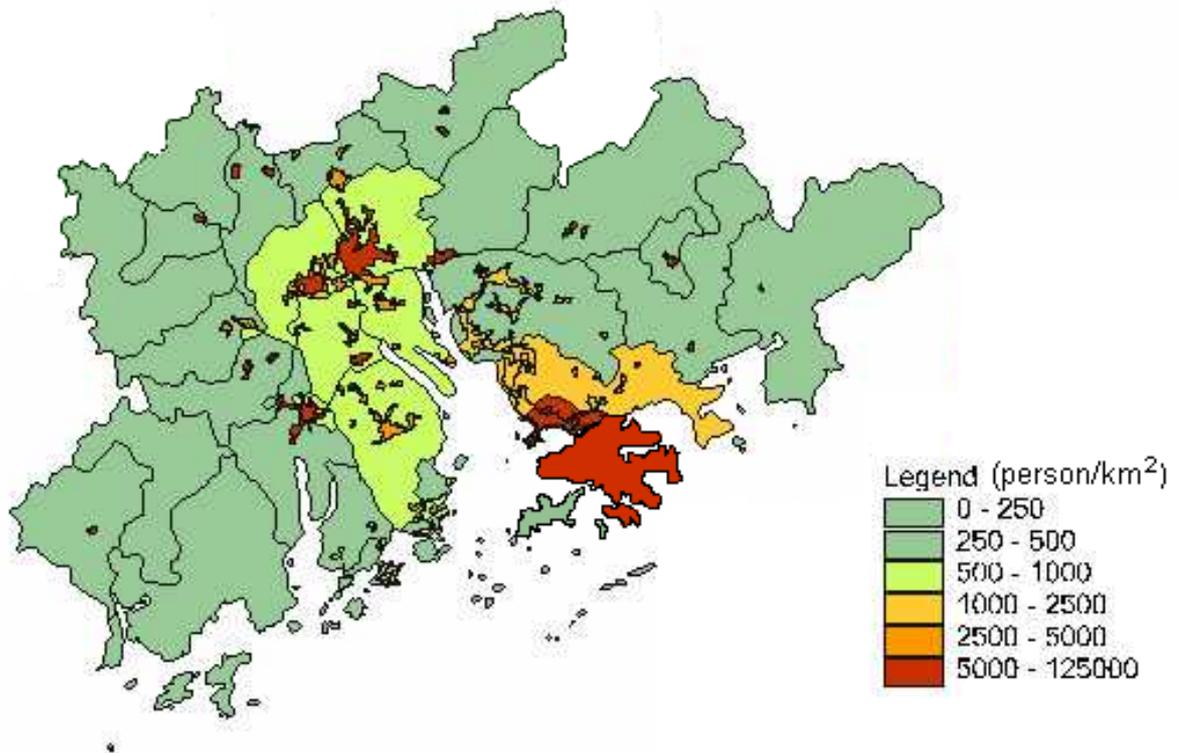


圖 3-8 珠三角區域公路網

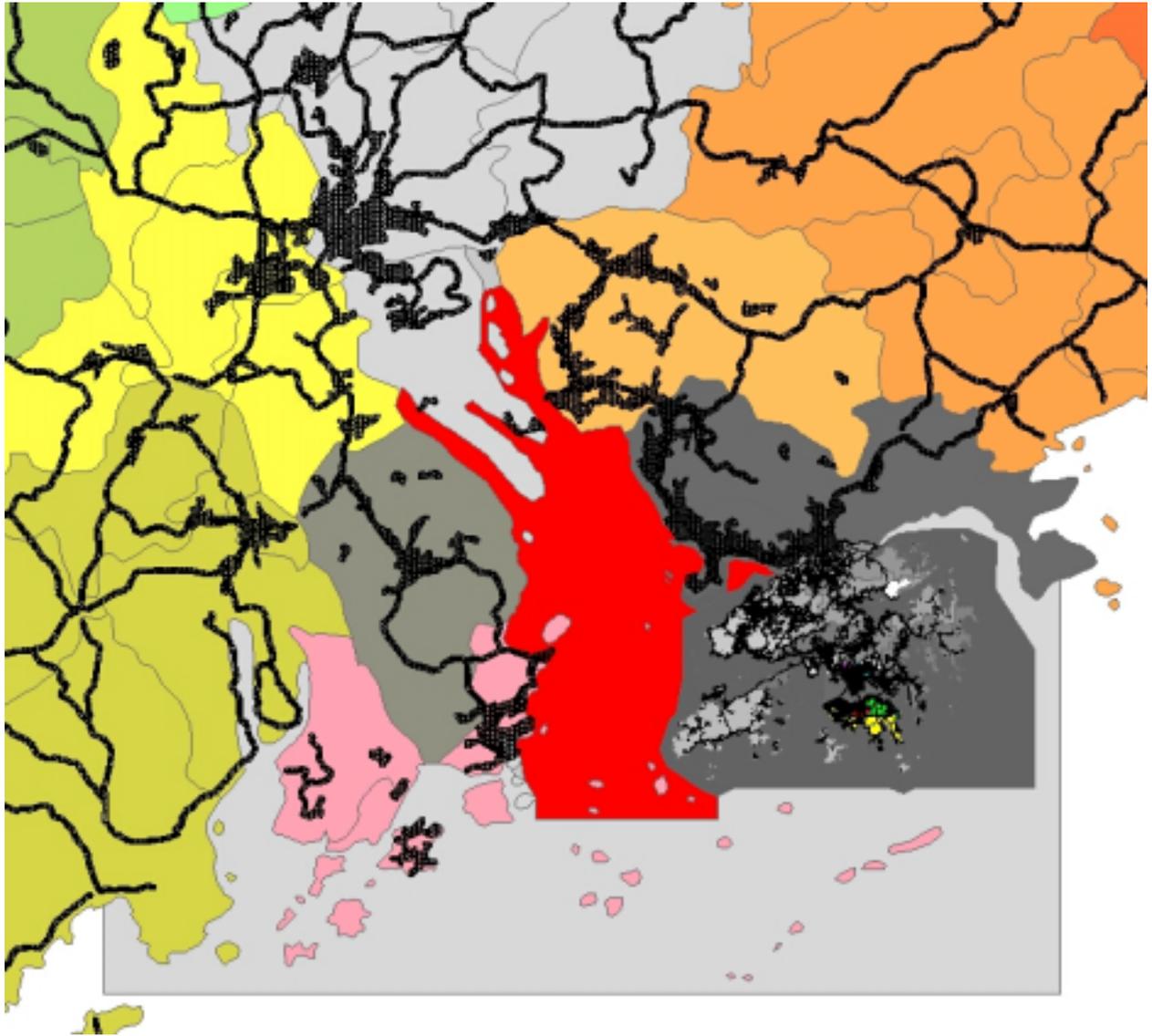


圖 3-9 珠三角區域機場位置

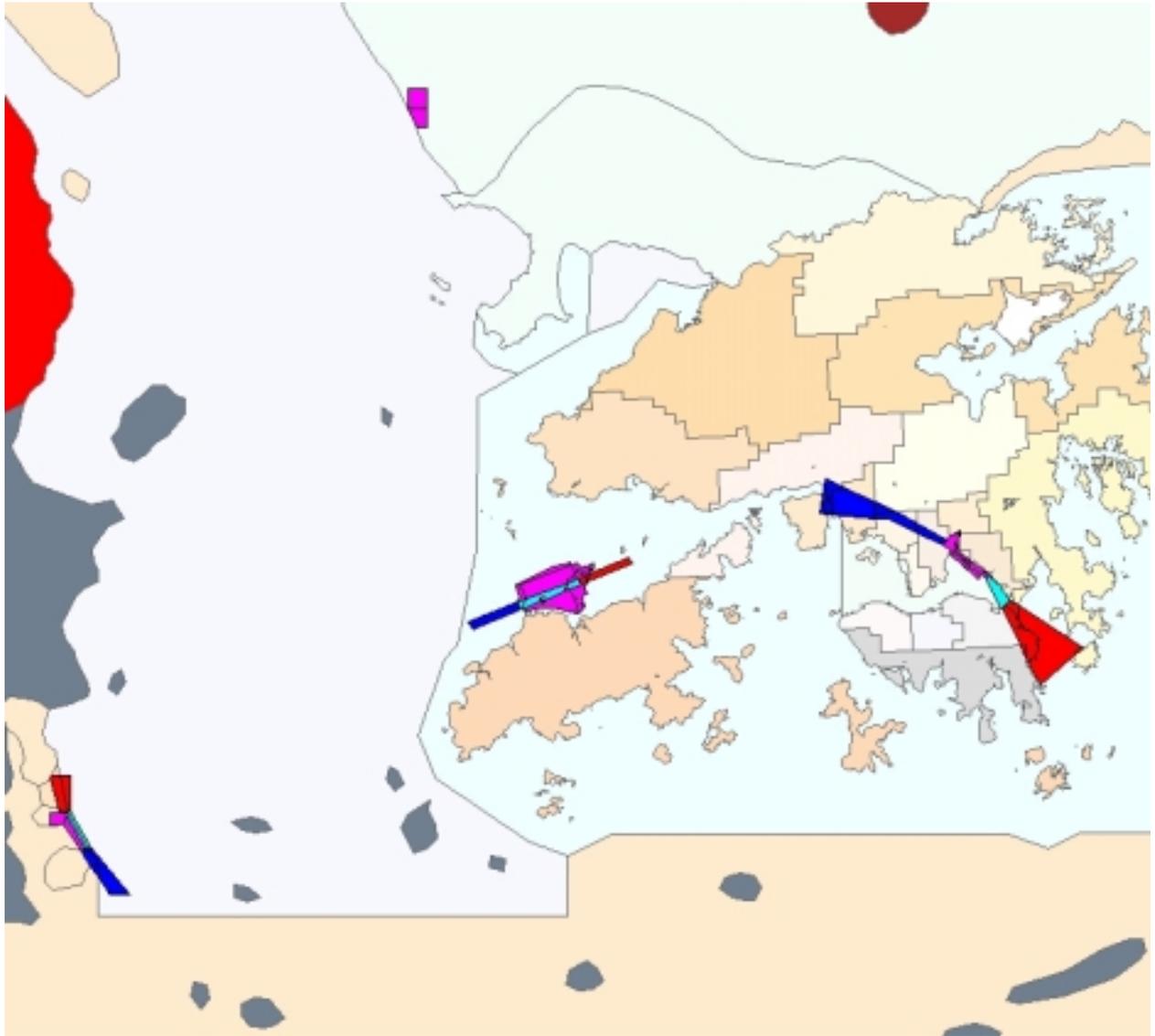
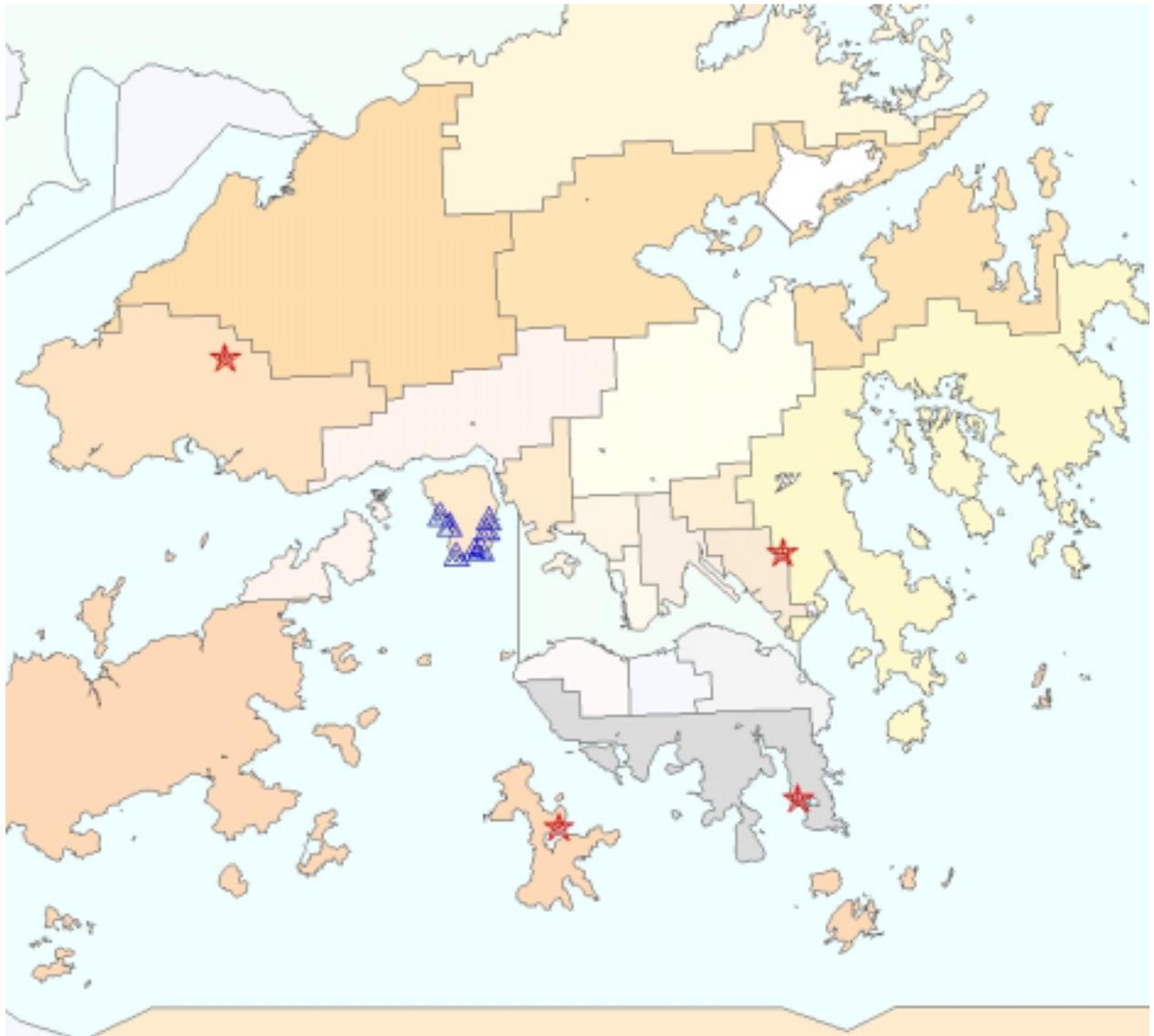


圖 3-9 香港特區的主要礦場和加油站位置



4 空氣質量模擬

4.1 背景

- 4.1.1 空氣質量模擬中使用了 SAQM 模式 (SARMAP 空氣質量模擬)，這種模擬最早由 California Air Resource Board 為 San Joaquin Valley Air Quality Study 而建立的 (Chang et al., 1997)。
- 4.1.2 空氣質量模擬旨在特定的氣象學中為各個排放年和控制方案提供有關地面可吸入懸浮微粒、地面臭氧和二氧化氮濃度方面的預測。
- 4.1.3 PATH 的建立人對 SAQM 進行了一些基礎性的改動，以滿足一些需求，包括硫酸鹽和硝酸鹽浮質的形成、主要浮質的活動和沈積模式，同時還對這些浮質擴散的法則進行了改進 (Cope et al., 2000)。本研究使用的 SAQM 是改進後的版本。改良版的 SAQM 使用了碳化合物 IV 的化學物機制。
- 4.1.4 PATH 的建立人還對 SMPP (SAQM 氣象學預處理程式) 進行修改。這預處理程式重整 MM5 輸出的結果為適用於 SAQM 的格式，並計算出 SAQM 所需的各種氣象參數。SMPP 亦經過改進而刪除了 MM5 和 SAQM 之間不必要的部分和計算出各種浮質的沈積速度，此外還改正了 MM5 雙向套入模式所引起的重量平衡問題 (Cope et al., 2000)。
- 4.1.5 EPS (SAQM 的排放資料預處理程式) 也經過修改。PATH 利用 EPS 來重整 EMS-95 的輸出為適用於 SAQM 的模式。這改變可讓模擬進行微粒排放的模擬，並包括了處理氨排放和估計海鹽排放的程式。
- 4.1.6 如前文所述，本研究並沒有為未來年進行 13.5 千米網域的排放處理和空氣質量模擬。

4.2 SAQM 方法

- 4.2.1 有關 13.5 千米、4.5 千米、1.5 千米網域的 MM5 結果都通過 SAQM 氣象學預處理程式 SMPP 的 PATH 版本進行了處理。8 個氣象類型的結果都經過上述的處理。由於假設未來年方案的氣象狀況不變，因此這步驟只會在每個網域和氣象類型運用一次。
- 4.2.2 EMS-95 的 13.5 千米、4.5 千米、1.5 千米網域模擬的結果，都通過 EPS (PATH 版本的 SAQM 預處理器進行了處理。這處理器用於基礎年(1997 年)各網域和氣象類型的模擬中。由於未來年的排放量不一樣，研究需為 2010 年“如常運作”情況和控制方案修改排放量數據，為各氣象類型再進行 4.5 千米和 1.5 千米網格的 EPS 模擬。
- 4.2.3 SAQM 模擬的是基礎年 8 個氣象類型的 13.5 千米、4.5 千米和 1.5 千米網域和未來年“如常運作”和控制方案下的 4.5 千米和 1.5 千米網域。與以前 PATH 的方法一樣，SAQM 模擬用的是單向套入模式。PATH 模擬中，SAQM 模擬的執行時間設定為 1 小時，而 13.5 千米、4.5 千米和 1.5 千米網域的水平對流執行時間分別設為 300、150 和 60 秒。所有的其他設定 (如平面擴散係數、雲的程序等) 都與以前 PATH 模擬的方法一樣。
- 4.2.4 本研究中的所有模擬都沒有將一氧化碳的排放量考慮在內。不過 40.5 千米網域的模擬包含了一氧化碳排作為背景濃度，因此隨後低於 40.5 千米的網域都同樣的包含了一氧化碳在內。由 40.5 千米網域得出的邊界和初期狀況，都包含一氧化碳的背景水平，而輸入 13.5 千米網域模擬。這樣 40.5 千米網域的一氧化碳濃度會隨著初期和邊界狀況的檔案，一直被傳到 13.5 千米、4.5 千米和 1.5 千米網域的模擬中。
- 4.2.5 與空氣中許多其他碳化合物一樣，一氧化碳能夠被 OH 粒子氧化，最終導致大氣中的臭氧含量增高。但是在煙霧情況下，一氧化碳對臭氧的形成所起到的作用並不大。雖然它的濃度遠遠高於其他碳化合物，它與 OH 粒子進行化合反應的能力卻比很多化合物低，如汽車尾氣中的烯烴和由植物排放出來的異戊二烯。最近在馬裏蘭州巴爾的摩進行的一項研究表示，周末的一氧化碳含量比工作日低 59%，而人為的 VOC 含量比工作日低 27%，但是有關的 OH 粒子化學反應在整體上僅下降了 13% (F.M.Vukovich, 2000)。原因是植物在周末排出的異戊二烯仍相當充足，這令 OH 粒子的化學反應不會因周末的汽車尾氣排放量下降而有顯著的改變。這一研究成果證明了煙霧中的一氧化碳對臭氧的形成的作用不大。在加州，一個有關 San Joaquin Valley 的 SAQM 研究發現一氧化碳排放量的 5%-10% 改變會導致臭氧改變 1-3ppb，一氧化碳排放量改變 30-50% 時，臭氧將有 6-

8ppb 的改變 (Saffett Tanrikulu, CARB, 2000 年 6 月)。相對整體的一氧化碳水平，研究網域內的排放所形成的一氧化碳只是背景濃度的一到三倍。這同樣也表明一氧化碳在臭氧形成過程中的影響很微。

4.3 質量控制

4.3.1 本研究進行了多個有關輸入數據、預處理步驟和 SAQM 結果的檢查。檢查包括以下列部分，標準檢查表格見表 4-1。

- SMPP 和 EPS 的數據
- 形成網格、時間、分類排放數據的程式
- 處理邊界和初期狀況的程式
- SMPP、EPS、SAQM 輸出結果的記錄檔案
- 模擬結果對照觀測數據和以前 PATH 模擬結果

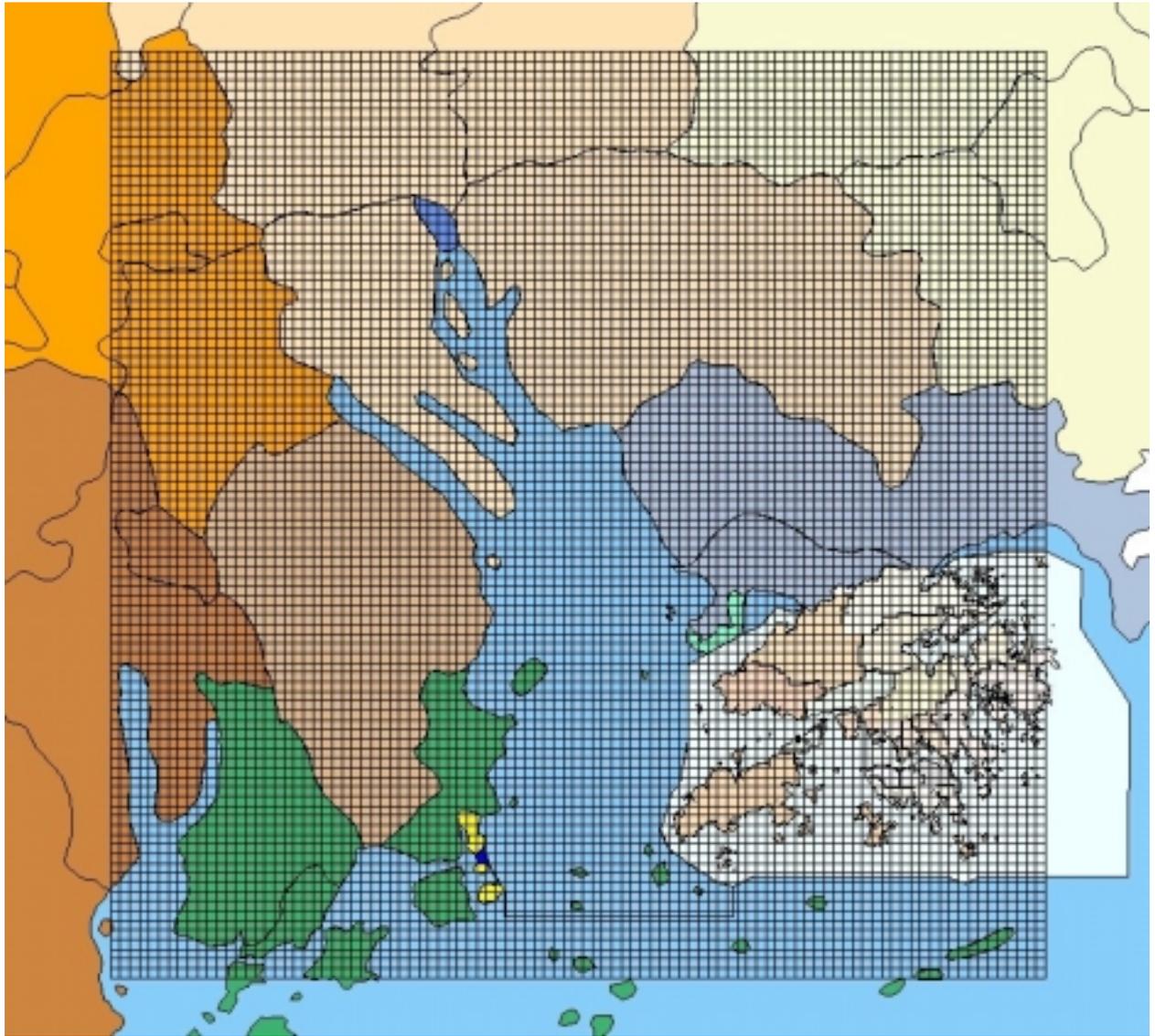
表 4-1 標準 SAQM 核對表

SAQM 核對表			
項目代號:			
項目名稱:			
日期:			
測試代號:			
測試名稱:			
細目	執行人	核對人	日期
MMS 文件的劃分 MMS 文件在輸入 SMPP 前必須被分成 12 小時的模擬文件 -核對所選的氣象類型和網格解像度 -核對文件數目			
氣象資料的預處理 (SMPP) 根據空氣質量模擬的需要，重整 MMS 的資料的格式 -核對用戶控制文件的參數規格 -核對附有單雙數小時數據的兩個氣象檔案和光分解比率的檔案 -檢查記錄檔案、確定程序成功完成			
對 EMS-95 分類檔案進行轉換 將 EMS-95 排放清單數據轉化成二進位非格式化文件 -核對氣象類型、網格 -檢查二進位文件完成與否			
對排放資料進行預處理 (EPS) EPS 利用二進位非格式化文件制定適用於 SAQM 的文件 -核對參數規格是否正確 -核對 SAQM 中每一個模擬與其使用的氣象資料檔案是否對應 -檢查記錄檔案、確定程序成功完成			
進行 SAQM 模擬 利用預處理程式所得資料進行空氣質量模擬 -核對用戶控制文件中所用的參數是否正確 -檢查記錄檔案、確定程序成功完成			
對資料進行模擬後期處理 -檢查及顯示 SAQM 模擬所得結果是否一致			

4.4 模擬網域

4.4.1 SAQM 中全部網域的垂直高度與先前在 PATH (15 層) 中的垂直高度一樣。13.5 千米和 4.5 千米網域的 SAQM 平面範圍與先前在 PATH 中的平面範圍相同。1.5 千米的 SAQM 網域位於 EMS-95 的 1.5 千米網域內，包含了珠三角心臟地帶的 21,170 平方千米區域。1.5 千米 SAQM 網域由 97 縱列、97 橫列所構成，當中包括了香港、澳門、深圳、珠海和廣州。1.5 千米的 SAQM 模擬網域見圖 4-1。

圖 4-1 1.5公里的SAQM電腦模擬範圍



4.5 模擬方案

- 4.5.1 模擬的目的是根據研究所述的未來排放量，預測未來空氣質量的發展趨勢。下文列出了三套模擬方案，每套方案均有各自特定的目的，藉此建立最有效的空氣質量控制措施，並展示它們的削減排放潛力。

基準年：1997年

- 4.5.2 這是利用基準年(1997年)的排放清單為基礎而進行的基準年 SAQM 模擬。理由是要為本研究提供一個底綫或基準，以便評估空氣空氣措施對環境空氣質素的影響。為此模擬結果是用於質量上的研究。

未來年：2010年

- 4.5.3 香港特政府和廣東省政府均已承諾將採取一系列控制措施以改善該區域的空氣質素。儘管政府部門已承諾採取措施來控制不斷惡化的空氣質量，鑒於區域的迅速經濟增長，預計未來 2010 年主要排放源的排放量將顯著增加。這套模擬可顯示目前的增長和控制措施為區域帶來的空氣質素。

未來年份:試驗

- 4.5.4 這是模擬控制方案前的一個敏感度測試。其目的在於研究空氣質素對控制措施的反應。換句話說，它可顯示控制措施、排放量和區域空氣質素三者之間的相互關係。這測試有助建立合適的控制措施，改善空氣質素以符合空氣質素目標和標準。

控制措施的效果：控制方案

- 4.5.5 在建立控制措施的過程中，本研究預測了控制措施在區域的滲透程度和計算出控制措施的減排潛力，以顯示這些措施對改善未來空氣質素的效力。沒有這些模擬結果，研究便不能確定建議的控制措施及其滲透力是否足以改善空氣質素，以符合空氣質素標準。模擬更有助建立和確定區域的排放量目標。模擬結果可通過圖像顯示的控制措施的成效，並量化區域空氣質素的改善程度。

未來年的敏感度研究：1) 氮氧化物的控制和 2) 非人為 VOC 方案

- 4.5.6 未來年的控制方案顯示區域空氣質素將得到改善，然而區域的臭氧濃度仍然難以完全達到標準。為了對區域污染物質的光化反應進行評估，研究進行了一項敏感度測試，調查嚴厲的控制措施對未來污染物質水平的影響。這方案下的氮氧化物被減少至理論上最低的水平。這些措施都集中在最主要的排放源，如能源、工業程序和車輛等，而滲透率則假設為 100%。
- 4.5.7 未來年的非人為的 VOC 模擬旨在顯示生物 VOC 與氮氧化物之間的光合反應對區域臭氧濃度水平的敏感度。這模擬利用了氮氧化物控制方案的排放清單，然後再將人為 VOC 的排放量設為零。根據土地使用資料，生物 VOC 排放量估計為 207,000 噸/年。在未來年氮氧化物控制方案下的人為 VOC 排放量為 135,500 噸/年，及減去 VOC 排放總量約 40%。

4.6 模擬評估

功能評估

- 4.6.1 先前負責 PATH 工作的顧問為香港特區的 1.5 千米網域模擬進行了廣泛的功能評估 (ERM, 1999)。要進一步對擴展後的 1.5 千米網域進行功能評估有一定的局限, 原因如下: (1) 珠三角經濟區缺乏有關重點的空氣質素變數 (可吸入浮粒和臭氧) 於不同氣候類型時間的監測數據; (2) 在目前的研究中, 1990 年代初期的氣象數據與 1997 年的排放資料混合在一起, 使研究不能將結果直接與特定氣候情況下的監測數據相比。因此, 本研究並沒有對擴展後的 1.5 千米網域的 SAQM 進行全面評估。但是, 作為標準的質控檢查程序, 將 1997 年基準年的 SAQM 資料與香港特區的二氧化氮、臭氧和可吸入浮粒子監測數據進行了比較, 以確保模擬結果的通用性。

模擬結果評估

- 4.6.2 在本研究中, 模擬結果提供了有關未來年和控制方案的空氣質素資料。分析結果有助評估建議措施是否能有效地使區域達到空氣質素標準。
- 4.6.3 在 1997 年, 也就是研究的基準年, 香港環保署分別在以下八個地點進行了空氣質素監測:
- 觀塘
 - 沙田
 - 大埔
 - 元朗
 - 深水埗
 - 中西區
 - 荃灣
 - 葵涌
- 4.6.4 數個空氣質素監測站的數據未達到香港的空氣質素目標。在這些未達標的監測站中, 最高的污染物濃度大致超過 AQO 標準的 2% 到 16% (平均為 8%)。因此, 若未來空氣質素要達致一個完全合符 AQO 的情況, 就必須制定出相應措施, 嚴格控制並降低排放量以使污染物可減低至一個合理的範圍。利用年均二氧化氮、年均可吸入浮粒、每小時二氧化氮和每小時臭氧作為指標, 模擬結果顯示大氣中的污染物將降低 10% 到 30% (平均 20%)。不過, 個別地點的空氣質素只會剛好達到 AQO 標準。因此, 建議的空氣質素控制措施將是珠三角區域的最低目標。
- 4.6.5 對於珠三角經濟區來說, 由於缺乏歷史監測資料, 因此不能採用跟香港相同的方法來評估模擬結果。比較香港特區的結論和珠三角經濟區的模擬結果, 可以推斷出在珠三角經濟區大致可達到年均可吸入浮粒子和二氧化氮的二級國家標準, 而只有小數地點的污染程度高企。

5 參考文獻

- Cai, X.-M. And D. G. Steyn, 1996: *Mesoscale Meteorological Modelling Study of the Lower Fraser Valley, B.C., Canada from July 17 to 20, 1985*, in Modelling of Ground-Level Ozone in the Lower Fraser Valley, Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), ISBN 1-896997-08-2.
- Cope, M., M. Buegers and M. Olliff, 2000: *Application of the SARMAP Air Quality Model (SAQM) to the Modelling of Air Pollution in Hong Kong for the PATH Study*, 11th Joint Conference on Applications of Air Pollution Meteorology with the A&WMA, Long Beach, California, 9-14 January, 2000.
- Chang, J. S., S. Jin, Y. Li, M. Beauharnois, C.-H. Lu and H.-C. Huang, 1997: *The SARMAP Air Quality Model, Final Report*, California Air Resources Board.
- 環境保護署 1997，全港空氣質素模擬系
- 香港環保署，1999年，工作文件 E2：《系統的有效性》，香港環保署。
- 香港環保署，1999年 B：工作文件 E3：《模擬演示》，香港環保署。
- Grell, G. A, J. Dudhia and D. R. Stauffer, 1995: *A Description of the Fifth-Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5)*, NCAR Technical Note, NCAR/TN-398+STR.
- Guo, Z., N. K. Lolk and S. Douglas, 1996: *Application of the SAIMM for the Lower Fraser Valley, for 1-6 August, 1993*, Environment Canada, Vancouver, B.C.
- Hedley, M., R. McLaren, W. Jiang and D. L. Singleton, 1996: *Evaluation of the MC2-CALGRID Photochemical Modelling System*, in Modelling of Ground-Level Ozone in the Lower Fraser Valley, Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), ISBN 1-896997-08-2.
- NCAR, 1997: PSU/NCAR Mesoscale Modelling System Tutorial Class Notes: MM5 Modeling System Version 2, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado.
- Physick, W. L. and J. A. Noonan, 2000: *Mesoscale Modeling with MM for the Path Study (Pollutants in the Atmosphere and their Transport over Hong Kong)*, 11th Joint Conference on Applications of Air Pollution Meteorology with the A&WMA, Long Beach, California, 9-14 January, 2000.
- Seaman, N. L., D. R. Stauffer and A. M. Lario-Gibbs, 1995: A Multiscale Four-Dimensional Data Assimilation System Applied in the San Joaquin Valley during SARMAP: Part I: Modeling Design and Basic Performance Characteristics, *Journal of Applied Meteorology*, 34, pp. 1739-1761.
- Tesche, T. W. and D. E. McNally, 1996: Evaluation of the MM5 Model for Three 1995 Regional Ozone Episodes over the Northeast United States, Southwestern Pennsylvania Clean Air Stakeholders Group.
- Tesche, T. W. and D. E. McNally, 1997: Final Evaluation of the MM5 Model for the 3-6 August 1990 SARMAP Episode over Central California, California Air Resources Board, Sacramento, CA.
- Wilkinson, J. G., C. F. Loomis, D. E. McNally, R. A. Emigh and T. W. Tesche, 1994: *Technical Formulation Document: SARMAP/LMOS Emissions Modeling System (EMS-95)*, Alpine Geophysics, AG-90/TS26.