

# 美國加州南岸地區之空氣品質區管理 計畫發展沿革與經驗

林 怡\*、蔡俊鴻\*\*

## 摘要

加利福尼亞州(California State)為美國西部之一州，面積達 164,000 平方英哩(約 420,000 平方公里)，僅次於阿拉斯加州(Alaska)和德州(Texas)，為全美第三大面積之州。由於西鄰太平洋，受洋流移動影響，加州之氣候於不同地形區域有甚大差異。西南海岸地區(洛杉磯、聖地牙哥)為極舒適之『地中海型氣候』(Mediterranean Climate)，東邊為高脊山脈區(Sierra Nevada)南北縱向延伸達全境三分之二。加州現有居民 3,300 萬人，平均每年仍持續增加約 50 萬人，人口分佈主要集中於北部之舊金山地區(San Francisco)及南部之洛杉磯地區(Los Angles)及聖地牙哥地區(San Diego)。此三大都會區人口數目幾佔全境人數之 75%，人口密集現象十分嚴重。

### 【關鍵字】

- 1.低地平原(Low Land Plain)
- 2.煙霧(smog)
- 3.現場稽查(Field Inspections)

---

\*美國加州南岸空氣品質管理局助理副局長

\*\*國立成功大學環境工程學系教授

## 一、前　　言

「南岸空氣品質區」(South Coast Air Basin)涵蓋加州最大之都會區，包括洛杉磯郡(Los Angle County)南部三分之二區域，橘郡(Orange County)及河濱郡(Riverside County)和聖伯納多郡(San Bernardino County)西部都會化地區。南岸空氣品質區總面積 6530 平方英哩(16,700 平方公里)，總人口數約 1450 萬，約佔加州人口數 45%，工業亦極發達所排放空氣污染量幾佔加州三分之一。

南岸空氣品質區基本上為低地平原(Low Land Plain)，西側瀕臨太平洋，其餘三面被山嶺環繞；以空氣污染形成潛勢而言，此區域並不適合發展都會區。南岸地區天候溫暖，陽光普照，並有滯留性高氣壓氣團(Persistent High Pressure System )出現，因而形成「煙霧」(Smog)問題。由於四周依海環山，經常形成較低混合層高度及靜風(Stagnation air)現象，更使此區域空氣污染問題更趨嚴重。事實上，南岸空氣品質區之空氣污染嚴重程度非僅比加州其它空氣品質區更顯著，亦為全美國幾個為空氣品質困擾之地區；南岸空氣品質區由於早期都市規劃並未建立大眾運輸系統，因此，綿密公路網乃造成空氣污染問題重要原因之一。因此，空氣污染防治工作乃為極其艱難之一項挑戰任務。

加州南岸地區除人口佔多數外，產業及經濟活動亦為加州之冠，主要製造業包括高科技產業、航空工業、國防工業、機械製造、煉油、橡膠及塑膠、化學品、印刷、家具等皆極發達。此外，由於地幅甚廣而欠缺捷運系統，因而物貨運輸、空運、海運皆極發達；洛杉磯並為美國與亞洲、澳洲運輸，交通樞紐，因而形成極大規模交通運輸產業。

加州南岸空氣品質區內之大量空氣污染物排放量乃為造成此區域空氣品質改善進展較為緩慢之重要原因。唯整體而言，自 1985 年以來，此區域內空氣污染物排放量乃呈現漸減趨勢，雖然於此同期間之車輛行駛里程數及人口數目皆呈增長趨勢。空氣污染物排放量減少係由加強車輛排放控制、減少揮發排放及加強固定污染源排放所達成。由於在南岸空氣品質區之 CO、NO<sub>x</sub> 及 ROG 主要皆由道路行駛車輛排放所致，其它移動源則亦為 CO、NO<sub>x</sub> 之重要排放源。

南岸空氣品質區嚴重空氣污染問題乃由於其係全美國第二大都會區之排放量與惡劣氣候條件所導致結果。洛杉磯地區平均風速為全美國前十大都會區當中最低者；此外，南加州於夏季期間之最高混合層高度亦是全美最低者。另因南加州擁有充足陽光，易導致發生光化反應而形成衍生性污染物。

此區域臭氧濃度於春季至初秋月份絕大部份時間皆超過聯邦標準，一氧化碳濃度逾越標準則發生於晚秋與冬季；PM<sub>10</sub>濃度之二十四小時值則一整年內均可能發生超過聯邦標準之情形，但較常發生於秋季與冬季。自 1994 年起，南岸空氣品質區內無一地區之二氧化氮濃度超過標準。

整體言之，加州南岸地區由於臭氧及懸浮微粒問題而劃分為「嚴重空氣污染區域」，因此，加州政府和地方政府仍需持續推動各項空氣污染管制對策，以達成聯邦清潔空氣法之目標。

「空氣品質管理計畫」(AQMP)係地方空氣品質管理機構遵照美國聯邦清淨空氣法(CAA)針對未符合空氣標準地區要求而發展，其主要目的是確保一個適當控制計畫執行後得使污染地區達到以健康為準則之空氣品質標準。AQMP 相關要求可參考美國聯邦清淨空氣法。本文乃藉由加州南岸空氣品質管理局(SCAQMD)之經驗，說明 AQMP 發展過程之政策及技術問題。

1979 年版 AQMP 為加州南岸空氣品質區(SCAB)第一版 AQMP，它代表一個近期(Near-Term)行動計畫，包括聯邦及加州政府執行機關已列為極優先實施之主要對策。1979 年版 AQMP 亦確認需要額外時程(如：直到 1982 年)來展示達成臭氧及一氧化碳空氣品質標準之成果。

1982 年修訂版 AQMP 利用更佳資料數據和模擬方法，顯示縱然使用所有已知技術，加州南岸空氣品質區仍未能於法定期限 1987 年之前達成標準。此版 AQMP 建議一個 20 年長期策略以期達到符合空氣品質標準。1987 年，聯邦法院命令聯邦環保署不予核可南岸空氣品質區之 1982 年修訂版 AQMP，主要原因為其未能於 1987 年期限前達成目標。於此年代所研訂空氣品質管理計畫，是為爾後一系列更複雜、完整而具先導性管理計畫之發軔。

## 二、1989 年版 AQMP 內容與發展過程

### 2.1 背景

由於前所提送之 AQMP 遲未被核准，1989 年版 AQMP 研訂之初乃以達成空氣品質標準為主要任務。1989 年版 AQMP 乃為南岸空氣品質區第一個展示達成目標之管理計畫，其包括一個廣泛內容之五年技術作業。

### 2.2 控制對策發展研訂

由於南岸空氣品質區之嚴重空氣品質問題，需要削減相當多的排放減量才能達到空氣品質標準已為各界之共識，雖然當時並不知道需要削減多少排放量才能達成符合空氣品質標準之目標，但在 1985 至 1987 年間，南岸空氣品質管理局已發展一系列短期控制對策。控制對策發展概念係以「許可制度」(Permit)及「現場稽查」(Field Inspections)所收集資料為基礎。控制對策發展完成，隨即針對具有最大排放削減潛量之排放源訂定法規，強制性技術限值(Technology-Forcing Limits)生效日期皆先預告，以使廠商得有時間研究開發較佳技術並及時應用。所有這些準備工作在 1989 年版 AQMP 通用前皆已完成。

於 1989 年版 AQMP 即將完成之際，在 1987 年所發展之數項短期(Short-Range)控制對策已經定訂成為法規並公告生效，其餘對策及額外控制對策亦被確認為研擬 1989 年版 AQMP 控制策略之根據。此特徵指出一個重要事實，即為 AQMP 控制對策和法規訂定乃為不能分離切割且應為持續性之程序。AQMP 提供一個非常重要的規劃程序，然而除非經由訂定法規並確實執行之程序，計畫本身並不能提供改善空氣品質效果；唯控制對策發展乃為整體管理計畫中最關鍵要素，且應持續將新概念融入研訂法規之程序。法規發展應依循 AQMP 所討論及通過之對策，且應依所能掌握最佳資訊研擬最佳方案以達成最大削減排放量。

就執行程序而言，AQMP 應為一個有助於發展最佳解決方案之工具，而非成為推展工作之障礙。有關研擬控制對策所需之排放清單準確度及減量控制成本等問題，在法規研擬期間都應該更詳細解析。在未有具全的 AQMP 之前為防止一個區域之空氣污染管制策略朝向錯誤方向，或冒著過度控制(Over-Controlling)風險，評估控制技術可採用與世界其他相似工業的管制程度，成本不合理之控制對策因而不可

能被選用；因此，過度控制或未具成本效益之疑慮即可減至最低程度。

在 1989 年版 AQMP 發展期間，值得注意的一個問題即為公用事業(電力設施)及石油公司發起一場主要關於「VOC 與 NO<sub>x</sub>控制比例」之辯論，其爭論焦點為：「對臭氧問題之改善效果，控制 VOC 是否為比控制 NO<sub>x</sub>更具效益之策略」。此論證促成一連串模式模擬分析以測試不同達成清淨空氣之途徑、控制對策可行性分析，以及不同前驅物與基準污染物(臭氧及 PM<sub>10</sub>)間之反應。整體論證後之總結為：「必需設計一個完整之控制策略以處理所有基準污染物，以取代同一時間只針對單項污染物進行管制之分割式策略」；易言之，南岸空氣品質區達成清淨空氣目標之最佳成本效益策略乃同時控制 VOC 及 NOX。此問題在隨後 AQMP 更新發展過程中未再有爭議，在爾後 AQMP 發展控制對策以達成臭氧及 PM<sub>10</sub>空氣品質標準之程序中亦無爭議。此現象呈現一個事實，即為整體控制策略乃是 AQMP 最重要部份，值得投入所有努力和資源以達成目標。除非有新發現科學資料建議採用其他方案，否則於研訂更新 AQMP 程序中得依較早版本計畫再予更新，無需重複處理老舊問題。

### 2.3 排放量清單

於規劃 1989 年版 AQMP 期間，排放清單作業小組(Inventory Community)主要任務為在 1990 年以前備妥 1987 年份之排放清單；因此，1985 年被選為計畫基準年。根據一項全加州排放清單研究結果，只有少數排放源類別需更新(大約七種)，其他排放源類別主要係針對該階段活動強度而更新；移動源清單係以加州空氣資源局(CARB)EMFAC7D 模式推估結果為基礎。固定源係藉由年度排放費(Emission Fee)報告中，由各排放源提報予管理局之實際排放量為準，其排放量在 18 噸/年或以上者。雖然 1987 年排放清單是從 1979 及 1983 年較詳盡排放清單工作發展而成，但以現行作業標準而言，1989 年計畫之排放清單建置方法仍是相當簡單及粗略。儘管如此，在 1989 年亦能以最適用資料為基礎而發展可靠之控制策略。事實上，1989 年計畫所發展之控制策略已成為其後十年來計畫之基本架構，在隨後年份並投入更廣泛工作及努力以改進排放清單。一旦根據排放清單而制定的控制對策通過後，執行人員更瞭解排放量清單準確度之意義，排放清單數據品質即需不斷提升。

## 2.4 空氣品質模擬

在空氣品質規劃以評估控制策略有效性及達成性，空氣品質模擬分析乃為重要分析工具。1989 年版 AQMP 及所有隨後修訂版都使用一套三段式方法以發展控制對策：首先分析  $\text{NO}_x$  濃度，隨後分析  $\text{PM}_{10}$  空氣品質，最後再預測未來臭氧濃度，其順序乃反映聯邦清淨空氣法所訂定達成空氣品質標準之期限。

都市地區氣源模式(Urban Airshed Model, UAM)被用以展現達成臭氧空氣品質之成果；氣象條件乃選取 1985 年事件日預測未來空氣品質。由於風場(Wind Field)及轉輸資料相當有限，模式操作者需假設及調整某些輸入條件，以評估模式滿足 AQMP 目的之性能。此外，一連串敏感度分析需測試以評估達成目標所需削減量及所可能選擇不同控制策略。一旦特定控制對策發展完成即可估計排放削減潛能，輸入 UAM 模擬結果可顯示控制對策發展是否充分完整。以南岸空氣品質區為例，模擬分析結果即顯示需要額外控制對策才能達成目標。此外，額外之敏感度分析乃應用以評估特定區域及特定排放減量比例(VOC 對  $\text{NO}_x$ )是否最具效益。這些研究結果可提供為長期控制對策發展指引，直至符合空氣品質標準之目標。

在八十年代末期， $\text{PM}_{10}$  濃度模擬並不比臭氧濃度模擬更為複雜，受體模式及擴散模式皆被利用以估計不同種類排放源對  $\text{PM}_{10}$  濃度之貢獻比例。化學物質平衡(Chemical Material Balance, CMB)受體模式係利用以評估  $\text{PM}_{10}$  直接排放源(原生性污染物)之貢獻量。網格微粒(Particle-in-Cell, PIC)擴散模式則用以區分衍生性污染排放源(包括硫酸鹽及硝酸)所致影響比例。雖然當時並不需要展現達成  $\text{PM}_{10}$  空氣品質標準，南岸空氣品質管理局仍決定發展一項完整計畫以確保資源能最有效地投入於達成所有污染物標準。

其他模擬技術亦應用於解析  $\text{NO}_2$ (如：線性回溯方法)、CO(地區性採用 UAM；道路交會處採用 CAL3QHC)及可見度(回歸分析方法)等問題。

總而言之，1989 年版 AQMP 研訂過程乃第一次廣泛地應用模擬工具以促使管制政策充分討論，在隨後計畫更新版本亦皆有所驗證。由於模擬工具應用潛能甚高，許多有關模擬分析之技術問題(如：輸入數據完整性、排放清單之準確性、VOC 及  $\text{PM}_{10}$  之組成成份資料、計算時間等等)皆被重點提出討論，額外之技術改善需求遂變

得更顯著。

## 2.5 總結

以歷史角度觀之，儘管排放清單及空氣品質模擬技術有所限制，1989 年版 AQMP 重點無疑是控制策略之發展。這是第一個闡述如何將美國境內不良空氣品質地區改進導引至符合法規標準之計畫。1989 年計畫所列控制策略十分有野心及遠見(如：2010 年電動車銷售率要 100%、能源節約 30%、接近零排放量之塗裝材料)，此特徵造成公眾極大興趣，且引發對南岸空氣品質區清淨空氣藍圖之正面辯論。由此計畫所建立之政策性共識包括：

- (1)空氣品質區需要削減顯著排放量才能達到符合空氣品質標準之目標(大約是 70 至 80% 排放減量)。
- (2)所有排放源都需要公平承擔削減量責任。
- (3)NO<sub>x</sub> 及 VOC 排放皆需削減才能達成符合所有空氣品質標準之目標。
- (4)主要技術需再突破才能使此地區空氣品質符合標準。
- (5)推動計畫所獲致健康利益更勝於潛在負面社會經濟衝擊。

1989 年計畫所呈現內容有許多項目已併入 1990 年修正版清淨空氣法；此計畫亦迫使許多其他非空氣專責機關(如：地方政府、州政府能源委員會、運輸管理單位等)把空氣品質併入其所負責長期計畫之考量參數。南岸空氣品質管理局並組成幾個工作小組以進一步改進修訂未來計畫所需方法及分析工具，例如：成立空氣品質模擬工作小組、社會經濟工作小組，以及能源工作小組等，使計劃研擬過程納入較多專家和執行人員之意見。最後應該注意者為，空氣品質管理計畫規劃過程當中亦同時要積極推動訂定法規之工作，唯由藉此作為才能具體落實改善空氣品質之目標。

## 三、1991 年版 AQMP 內容與發展過程

### 3.1 背景

正當 1989 年版 AQMP 研擬發展期間，加州參眾議會亦通過加州清淨空氣法(CCAA)，要求所有未符合標準的空氣品質區需發展新版本達成計畫以符合聯邦及加州空氣品質標準。此外，加州清淨空氣法對每一個計畫皆執行性能測試，以確保其

能合理進展。南岸空氣品質區之計畫提送限期為 1991 年 7 月；為因應加州清淨空氣法的要求，1991 年版 AQMP 亦及時完成，其乃依據 1989 年版 AQMP 研擬完成。此外，為尋求大眾支持，1991 年版 AQMP 亦納入全球氣候變化：破壞平流層 (Stratospheric) 臭氧物質，及評估空氣毒物等問題。

### 3.2 排放量清單

加州清淨空氣法修訂通過對排放量清單發展影響極為深遠，因為加州清淨空氣法要求每年排放量削減需有進展(從基準年 1987 年起，每年削減率需達到 5%)。加州清淨空氣法亦介紹有關「規劃排放清單」(Planning Inventory)概念，特別強調在空氣品質不良季節之排放量，以提供發展有效改善空氣品質對策之指引。由於這些要求皆顯明指出排放清單數據重要性及其意義，公眾因而獲得更多資料，以致大量資源投注於此項工作目標並獲致成果。

值得一提者乃於 1987 年執行一項密集現場觀測研究—「1987 年南加州空氣品質研究」(Southern California Air Quality Study, SCAQS)，以建立三維上層空氣數據，測量臭氧濃度，並觀察此區域內臭氧輸送和形成現象。幾個有關排放清單特別研究亦列入 1987 年南加州空氣品質研究之一部份，例如：於隧道研究車輛尾氣排放量，調查氮排放量，以及針對煉油廠和發電廠調查特定日排放清單(Day-Specific Inventories)。加州空氣資源局(CARB)亦特別更新 EMFAC 模式以考量車輛初次啟動蒸發排放量、車速校正、環境溫度調整等。此類研究結果乃成為一連串以反映實際駕駛條件所產生移動源排放量實質改善數據之依據。南岸空氣品質管理局亦委託執行一些特別研究計畫以改善 200 種面源類別當中之幾種排放推估方法，包括：航空器、火車、逸散性揚塵，以及生物排放；其他主要排放清單改善工作則由廣泛制訂法規而達成，例如：貯槽、車輛表面塗裝操作、接著劑應用等。由這些改善排放清單工作之特徵再次顯示一個重要事實，亦即法規研訂未必需等到準確之排放清單建立後才能進行。

如前所述，加州清淨空氣法要求利用規劃排放清單去衡量管制工作之進展，以致操作時間分佈(Operating Profiles)(例如：每日操作時數、每週操作日數、每年操作月數)資料在評估空氣品質問題過程中變得更具關鍵性。總而言之，1991 年版 AQMP 所利用 1987 年排放清單乃是首次以有條理且有系統之方式以提升排放清單準確

度。其所反映不僅為技術小組所迫切需要，亦是執行人員透過州政府法規所要求，結果，因而使排放清單與控制對策間之互動變得更為明顯而直接。

### 3.3 控制對策發展

1989 年版 AQMP 之主要控制概念包括下列項目：

- (1)擴展使用清淨燃料
- (2)迅速引進清淨燃料
- (3)節約使用天然氣及電能
- (4)減低所有排放源之排放量
- (5)減低車輛行駛哩程數及旅次

這些概念並成為 1991 年版 AQMP 控制策略之基礎。1991 年版 AQMP 特徵為控制策略有兩項堅持主題：「能源使用」和「生活型態改變」。移動及固定源部門對清淨能源來源之需求很清楚地說明於 1989 年版 AQMP，這些能源問題係經過加州能源委員會(California Energy Commission, CEC)、加州公用事業委員會(California Public Utility Commission, CPUC)、加州空氣資源局、南加州政府聯合會(Southern California Association of Governments, SCAG)，以及南岸空氣品質管理局合作努力，並經論證檢視後才訂定。此項史無前例的聯合努力成果，建立一個公眾機關共同解決地方問題之優良典範。在工作小組最後 18 至 24 個月之努力期間，加州空氣資源局承諾建立一個「低排放車輛計畫」，包括引進「零排放量車輛」(Zero Emission Vehicle, ZEV)和「超低排放量車輛」(Ultra-Low Emission Vehicle, ULEV)，因此，南岸空氣品質區可靠此計畫達到 2010 年的空氣品質標準，而不需要推行 100% 電動車銷售的計畫。此外，加州能源委員會及公用事業委員會亦承諾在整體能源供應配比要達成一定比例之可更新能源資源(Newable Energy)，公用事業(電力)亦被要求設定一定比例預算於能源效益及節約保存之計畫。當各公眾機關達成一致共識後，1991 年版 AQMP 控制對策之可靠性亦加強對能源使用之影響，而且，檢視單一目的之空氣品質對策得以使整個地區得以承受能源衝擊。

1991 年版 AQMP 另一核心單元為「間接排放源對策」，其乃要求改變個人生活模式以改善空氣品質，例如：命令與工作有關之共乘計畫(Mandatory Work-Related Car Pooling)，新建建築物設計需特別考量停車空間，對共乘者車輛優先提供停車位，

特定活動中心需提供出入運載服務(如：運動場)。如前所述，這些控制概念首次列載於 1991 年計畫中，但隨後實施結果顯示這些對策極不受公眾歡迎，社會大眾並不願意其活動性被要求放棄；部份原因則是因為缺乏具便利性之公共運輸工具以作為替代運輸方法。

加州清淨空氣法所列幾項績效規範亦影響控制對策發展研訂，例如：要求依 1987 年為基準，每年需削減 5% 排放量(如果未能達到 5% 削減量則所有可行對策皆需執行)，削減控制車輛行駛哩程，顯著削減人群曝露劑量等。

此外，加州清淨空氣法亦要求控制對策執行優先性需要考慮幾個因素，包括：成本效益、技術可行性、削減潛量、公眾接受度、執行所需資源等等。清潔空氣法並未詳述任何有關這些參數之權重因子(Weighing Factors)，南岸空氣品質管理局因而發展一套排序方法－「合理協調群體抉擇評估」(Assessment of Group Options with Reasonable Accord, AGORA)，以決定執行期程。其乃為一電腦程式，利用統計分析方法以整合控制對策績效，並滿足清淨空氣法規範內容。由於這種方法並非加州清淨空氣法所要求，空氣品質管理局隨後亦放棄不用。南岸空氣品質管理局管理委員會並政策性決定採用「成本效益」(Cost-Effectiveness)為推動管制對策優先性之主要依據。

### 3.4 1992 年版 AQMP 修正內容

由於市場誘因計畫的發展，空氣品質管理局乃推動一個期中次要修正計畫以合併「排放交易概念」(Emission Trading Concepts)，並成為第一個適用於 NO<sub>x</sub> 及 SO<sub>x</sub> 排放管制「總量-交易」計畫(Cap-and-Trade)基礎，即為「區域性清潔空氣誘因交易計畫」(Regional Clean Air Incentives Market, RECLAIM)。這項計畫說明 AQMP 如何在法規完整建置前發展控制概念，以及計畫如何作為一個活的文件，以使在建置成為法律要求以前，得以因應實際需求而及時更新修改。

## 四、1994 年版 AQMP 內容與發展過程

### 4.1 背景

發展 1994 年版 AQMP 乃為達成聯邦及加州清淨空氣法之規定。聯邦清淨空氣

法於 1990 年 11 月修正頒佈，其載明某些規劃要求，設定達成臭氧及  $PM_{10}$  空氣品質標準之期限。為因應這些修正內容，清淨空氣法要求空氣品質區需發展達成臭氧標準之計畫，並需在 1994 年 11 月前展示合理進展。此外，依照 1993 年法院命令，聯邦環境保護署需準備一件「南岸空氣品質區臭氧聯邦執行計畫」(FIP)。可以預知聯邦機關能夠執行之對策不一定適合或被地方司法權所接受，因此，發展一個地區性計畫呈送環保署核准以代替聯邦執行計畫乃屬必要。此外，依照加州清淨空氣法規定，每三年需提送一份報告以展示排放削減量進展(三年期程內之每年排放削減量需達 5%)。

## 4.2 排放量清單

1994 年版 AQMP 係以 1990 年為發展排放清單及預測未來狀況之基準年，排放清單主要焦點係持續改善移動源類別資料庫。早期模擬分析和隧道現場研究顯示碳氫化合物排放量被顯著低估，以致模式預測結果也呈低估現象，因而乃強調進一步改善移動源排放清單之重要性，特別是有關行駛速度、蒸發排放量、溫度校正、季節變化等因素，以反映實際行駕駛條件下之排放量。加州空氣資源局則持續利用新方法估計非道路排放源之排放量，其乃以設備數量及活動數據為基礎，例如：以使用中施工機具設備數目、操作時數等。舊方法係以燃料使用量為基礎，但當把較細排放源類別棄除後，其即變得較不具可信度(如：建造設備、工業設備)，此一改變已使南岸空氣品質區  $NO_x$  排放量增加超過 100 噸/日。

固定污染源方面，許可設施需申報排放量由 8 噸/年降低至 2 噸/年，更微細解析度使排放量分配更為準確。此外，住宅/商用燃燒設備未來排放率資料已更新，以反映加州能源委員會所要求之更高能源效率標準。

由此可見，此階段之排放清單發展工作焦點乃放在改善並精進排放推估方法，更新既有資料；此外，每年皆針對特定目標執行研究或委辦研究計畫，以檢驗某些排放源類別資料正確性。排放清單清查驗證作業執行優先性是由一組從全州各污染控制管理局職員所組成之技術工作小組所推薦。由於資源有限，不可能同時檢驗所有排放源類別之清單數據內容，因而必需要執行一個長期研究計畫，以求在不同機關之間協調努力，期使每年皆能提昇一部份排放源之資料品質，然後才能改善並建立完整之排放源資料庫，並建立穩固技術基礎而得持續進展。眾所周知，1994 年版

AQMP 排放清單並非盡善盡美，但明顯地已比 1991 年版 AQMP 排放資料更佳、更具可靠性。

#### 4.3 控制策略發展研訂

在此之前，AQMP 控制策略發展方式主要係改善修正以前所訂對策，較少制訂新對策。此階段控制策略發展乃採取兩個關鍵性原則：「技術強制性」(Technology-Forcing)及「交易誘因計畫」。這是首次在聯邦清淨空氣法第 182(e)(5) 節協助下，依據技術突破(非現行商業可用技術)原則訂定控制對策而被認可。

聯邦清淨空氣法鼓勵交易誘因計畫，AQMP 亦要求接近零排放量之塗裝技術及溶劑材料，移動源亦多被要求應用清淨燃料替代方案，並建議擴大「區域性清淨空氣交易誘因計畫」之抵換辦法亦包括 VOC 排放源。再者，聯邦管制排放源(如：航空器、火車和船舶)亦設定明確之排放削減量分配責任。間接排放源控制對策同時為聯邦及加州政府清淨空氣法所要求，其仍持續列於計畫中，唯於相關執行機制和地方政府如何有效控制土地利用之議題上仍有許多爭論。

移動源控制策略基本上與 1991 年版 AQMP 相同，因為加州空氣資源局未能及時提出全加州移動源控制計畫，以配合南岸空氣品質管理局提送 1994 年版 AQMP 之時程，唯於 1994 年版 AQMP 初稿提送至加州空氣資源局核准期間，加州空氣資源局才提出完成全加州移動源控制計畫，新訂定移動源控制計畫即取代 1994 年版 AQMP 有關部分單元。此項程序亦進一步說明州政府授權加州空氣資源局得視需要予以適切修正空氣品質區之 AQMP 內容。

在所有參與人員之間被辯論的一個關鍵性政策議題為：「如何提出一件能達成目標之整合策略以供聯邦環保署審核」。分析結果顯示，欲達成  $PM_{10}$  空氣品質目標則需進行額外  $NO_x$  減量控制。但是，根據空污法規定，所提送之整合計畫已被核准且列為州執行計畫(SIP)之控制對策，即具聯邦執行效力。經過多次討論後，南岸空氣品質管理局決定只提送達成臭氧目標之對策給送請聯邦環保署核准，以期有更多時間確認是否能研擬達成  $PM_{10}$  空氣品質目標之更有效控制對策。最後，南岸空氣品質管理局核准一件同時包括達成臭氧及  $PM_{10}$  空氣品質目標之詳盡計畫，但只將有關臭氧部分送請州政府及聯邦政府核准。

#### 4.4 空氣品質模擬分析

1987 年南加州空氣品質研究計畫所建立之臭氧事件日資料已成為展示達成空氣品質目標之關鍵性參數。於 1987 年南加州空氣品質研究計畫所收集空氣品質及氣象觀測數據，已有更多被分析並確定其數據品質。然而，1994 年版 AQMP 仍繼續以 1985 年事件日資料作為預測解析控制策略所達成未來空氣品質之基準。由於移動源排放量數據品質改善，模式預測結果自然亦隨之提升改善，然而 VOC 排放量明顯低估問題依舊存在。依據敏感度分析結果，作業小組乃將移動源 VOC 排放量加倍以測試確認模式性能，並作為展示達成目標之基準。

#### 4.5 結論

1994 年版 AQMP 於 1994 年 9 月經南岸空氣品質管理局管理委員會審議通過，並提請加州空氣資源局核准。加州空氣資源局修正移動源管制對策後即核准臭氧計畫，並於 1994 年 11 月法定限期前轉送聯邦環保署核准。唯由於環保團體認為此計畫包括很多不切實際或缺乏具體承諾之控制對策，是以並不支持。聯邦環保署、南岸空氣品質管理局和環保團體經過多次協商，聯邦環保署於 1996 年正式核准南岸空氣品質區之臭氧州執行計畫。

1994 年版州執行計畫為第一件被核准之達成空氣品質目標計畫，使聯邦環保署得以卸除推動聯邦執行計畫之義務，並使南岸空氣品質管理局處於需依法定期程執行計畫之狀態。此外，當聯邦環保署核准 1994 年加州執行計畫後，聯邦環保署在計畫中之控制義務便轉移至一個公共諮詢程序，以決定聯邦管制排放源所需配合達成排放削減值。直到今天，此問題仍為地方及聯邦官員之爭議焦點。

### 五、1997 年版 AQMP

#### 5.1 背景

正當 1994 年版州執行計畫被核准之際，1997 年版 AQMP 初稿亦近乎要擬訂完成。此外，在 1994 至 1997 年間，南加州經歷一次重大經濟不景氣及工業重整之狀態，許多地方經濟情勢及公眾觀感都可從 1997 年版 AQMP 研訂過程反映出來。1997 年版 AQMP 引起幾個爭論議題，主要為空氣品質模擬及控制對策。首先需注意者，

由於聯邦清淨空氣法要求 1997 年版 AQMP 需展示達成  $PM_{10}$  空氣品質標準之成果；從較早階段所討論有關欲達成臭氧及  $PM_{10}$  空氣品質標準需考慮  $NO_x$  和 VOC 額外削減量之觀點言之，更充分瞭解  $PM_{10}$  空氣品質及模擬分析有關問題遂顯得更為迫切，故乃推動一個耗資 130 萬元(美金)之研究計畫，以探討下列議題：

- (1) 密集觀測大氣中之  $PM_{10}$  及  $PM_{2.5}$  資料以掌握  $PM_{10}$  形成機制及排放源貢獻比例。
- (2) 改善  $PM_{10}$  逸散源排放清單及主要氮排放源，例如：乳品牧場之操作。
- (3) 提升模擬技術以精確掌握  $PM_{10}$  形成機制及傳輸過程之化學反應。

此外，南岸空氣品質管理局管理委員會成立一個由六十位成員組成之技術諮詢小組，提供這些技術研究相關資料；諮詢小組由公共機關、地方政府、商業團體、環保團體、學者等代表所組成。

## 5.2 排放量清單發展

1997 年版 AQMP 排放清單改善工作主要對象為逸散性粒狀物排放源種類，同時亦改善排放係數及空間分佈資料。經補正後，幾項以前未發現之排放源類別目前亦包含在清單內，包括：吹葉機(Entrained Leaf Blower)和未舖面道路路肩揚塵(Unpaved Shoulder Dust)。藉由不同組織之間合作努力結果，1997 年版 AQMP 具有更精緻之逸散性粒狀物排放清單。一般言之，目前資料庫數據顯示逸散性  $PM_{10}$  微粒排放量明顯低於早期推估值，此項結論對控制策略發展有深遠影響。

移動源清單是為加州空氣資源局長期研究計畫之一部份，因而得以繼續改善。1997 年版 AQMP 有關移動源排放量資料主要改善項目包括：車輛啟動按車齡分佈、柴油燃料校正、高污染量排放源調整，以及行駛型態調整。

有關面源部份，1996 年完成一項全加州溶劑清潔操作排放研究，調查 32 種使用溶劑設備，包括以前並不包含在排放清單內之人工擦拭清潔操作。此外，研究結果亦更新 VOC 成份以反映溶劑使用類別特徵，以致這些排放源類別 VOC 總排放量增加 2 至 3 倍。另一項主要研究主題為餐飲業操作排放源，例如：油炸設施(Deep Fryers)及燒烤設施(Charbroiler)，此研究乃研訂法規工作之一部份，並用以建立排放係數；研究結果顯示，以往 VOC 排放量被高估 10 倍， $PM_{10}$  排放量則被輕微低估。

正當對於不同類別排放源推估繼續改善補正之際，公眾興趣焦點已轉移到排放清單預測方法。這幾年來，基於大眾投入及反映之影響，許多排放源類別預測已從

傳統以產出資料(就業及生產增長)為取向之型態，發展為以特定具代表性(Category-Specific Surrogates)指標之方式，例如，針對石油工業成長預測乃不再以輸出資料為基礎(如：原油桶數)，取而代之者乃為工業所須能源需求預測。排放清單領域中之專家亦開始了解排放量預測並非經常與經濟增長預測成線性關係，在許多情況下，分離獨立之成長參數/關連參數需參考應用於推估排放量成長，加州空氣資源局委託加州州立大學富勒頓校區(Cal State University, Fullerton)針對非道路排放源類別之適切之成長關連參數進行詳細評估，研究結果指出，如果挑選不同成長關連參數，未來排放量會明顯比現行推估方法所得值較少，例如：以就業狀況為指標所得營建設備排放源類別之排放量成長優於以人口增長為指標之方式。由於其對控制對策發展具有潛在影響，邀請商業團體或貿易協會提供其運作與排放量關係作為預測方法其實更為適切。加州法律要求，AQMP 應該利用地方規劃機關所提供之資料進行規劃，因此，本文所討論排放預測方法並非要求另一機關再研究發展不同之預測方法，AQMP 研訂過程仍然採用南加州政府聯合會所作預測為基準。改善焦點在於選擇排放量預測最適當之代替參數，例如：排放量預測可參考人口增長(如：消費性產品種類)、就業增長(如：餐飲業運作)、產出資料(如：服務性工業)，或車輛行駛哩程數(VMT)(如：已舖面道路揚塵)，一個重要概念乃數據完整性需予維持。南加州政府聯合會之人口增長預測係與就業成長有關，亦與車輛行駛哩程數增長有關。將不同機關之預測值予以混合乃不適當之方法，其不能提供整個排放量預測結果所必須之一致性。

1997 年版 AQMP 研擬作業經驗使政策制訂者更加注重排放量預測之問題，公眾提高對推估方法之興趣及瞭解亦可促進下一階段改善工作之進展。

### 5.3 控制策略發展研訂

1997 年版 AQMP 控制對策基本上乃依據較新之排放量清單資料、成本數據、設備供應商提供技術性能資料而更新 1994 年版 AQMP。然而，空氣品質模擬與控制策略發展之關連性於 1997 年計畫更為顯著。如前所述，PM<sub>10</sub> 技術小組已實際改善逸散性粒狀物排放量推估值，並提供較佳之大氣環境 PM<sub>10</sub> 濃度監測資料。這些結果整體降低 PM<sub>10</sub> 微粒基準排放量，因而為達成 PM<sub>10</sub> 空氣品質標準所需要降低的 NO<sub>x</sub> 排放量亦隨之減低，以致使達成臭氧空氣品質標準之 VOC 涵容量(Carrying Capacity)

反而增高。在這些參數當中，1997 年版 AQMP 乃策略性地刪除幾項不具可行性之控制對策(包括由於技術性及法令執行性)，並延遲執行一些僅能達成輕微排放削減量但行政成本甚高之對策；此外，所有間接排放源對策(與減少車輛行駛哩程數及減少旅次有關之對策)則皆自計畫中剔除。

這些控制策略修正造成極大爭論，因為許多環保團體認為退讓太多，並多屈從於產業界之要求。此項修正亦造成一個測試聯邦清淨空氣法對修訂已核准州執行計畫得否具有彈性之考驗。值得注意者乃 1997 年版 AQMP 控制策略本身並未於傳統上皆為招致批評之成本效益或技術可行性等主題造成太多爭論，反而對影響控制策略規劃之涵容能力相關問題引起較大爭論。

#### 5.4 空氣品質模擬

在 1997 年版 AQMP 中，南岸空氣品質管理局正式放棄以 1985 年事件日為展示達成臭氧及  $PM_{10}$  空氣品質目標之基準。1985 年事件日除被認為已過時外，其所收集數據與 1987 年南加州空氣品質研究結果數據比較亦顯得較為不足。排除以 1985 年事件日為基準後，重新估算所得 VOC 涵容能力增加約 90 噸/日，此項改變在公眾及科學團體中皆造成相當多爭論。

然而，此項爭論卻造成社會大眾對模擬工具在決策過程之功能及使用有更多認識和瞭解，並要求更佳之模擬作業。1997 年南加州臭氧研究(Southern California Ozone Study, SCOS)係一項耗資美金 5 百萬元之研究，由多個機關合作推動，期使 1987 年事件日研究程式得更進一步解析。事實上，該領域專家建議，依長遠計，南岸空氣品質管理局應該檢視以整年監測資料再選擇最佳事件日之可能性，以代替目前所使用「短期篩選重點日而可能有漏失」(Hit-and-Miss)之方法。1997 年氣象條件被認為受到「聖嬰現象」(El Nino)之影響，因而只有觀察到中度污染之臭氧形成現象。此項質疑再次確認需要以一整年上層空氣監測資料去發展事件日條件之必要性，南岸空氣品質管理局亦正評估達成此目標所需之資源。

有關  $PM$  微粒濃度模擬作業，主要改進工作重點在於整合臭氧及  $PM$  微粒濃度模擬作業以更精確掌握前驅物間化學反應之影響。主要有三個模式應用以展示達成目標之成果：

- 1.UAM-LC 模式(都市氣源模式)：

### 利用化學經驗式資料描述粒狀物化學特性之 UAM 版本

#### 2.CMB 模式(化學質量平衡法)：

分配污染源比例之統計模式

#### 3.成份回溯技術(Specified Rollback Techniques)：

排放量與環境空氣濃度間之線性關係

此外，「網格微粒模式」及「UAM-Aero 模式」(UAM 模式內建詳細氣懸膠化學單元)亦應用以評估  $PM_{10}$  濃度。最初預定使用 UAM-Aero 模式處理  $PM_{10}$  濃度年平均標準之成果展示，但由於此模式性能表現仍未經完整測試並獲定論，故將於下一個階段 AQMP 研訂過程中繼續測試。廣泛之  $PM_{10}$  質量及成份監測數據為  $PM_{10}$  技術提升計畫(PTEP)研究之一部份，並提昇模擬結果之可利用性。

整體而言， $PM_{10}$  濃度模擬技術仍於發展階段，需有更多修正調整。聯邦環保署於 1997 年 7 月新公告  $PM_{2.5}$  空氣品質標準，前驅物之間發生化學反應而形成微細粒狀物之問題因而變得非常重要，因為  $PM_{2.5}$  直接排放量只佔大氣環境  $PM_{2.5}$  濃度之一小部份而已。

由於對挑選事件日是否得當造成爭論，在 AQMP 公開審查程序建置中立檢視亦因而更重要。雖然南岸空氣品質管理局持續設有一個由學者及顧問所組成之模擬技術工作小組以提供整個計畫研擬過程所需指導，然而再推動額外之深入審查工作仍屬需要，相信未來所有 AQMP 研訂工作皆應經過相似程序，以謀求更周延成果。

## 5.5 結論

1997 年版 AQMP 係於南加州地區經歷嚴重經濟衰退時期所研擬，由於改變大氣涵容量並刪除幾項控制對策，因而被許多環保團體認為屈從於商業界壓力，並比 1994 年版 AQMP 更為寬鬆。聯邦環保署亦關心此問題，並顧慮 1997 年版 AQMP 可能不足以達成現階段空氣品質標準，更不用論及尚需額外控制對策才能達成之新標準。上述問題主要爭議在於環保團體認為如果允許設定更高涵容量並放鬆管制，亦應反應於長期控制對策，而非短期對策。

1997 年版 AQMP 研擬發表後，環保團體即向法院控告南岸空氣品質管理局、加州空氣資源局及聯邦環保署未執行已核准之州執行計畫(即 1994 年版 AQMP)，並揚言若聯邦環保署核准南岸空氣品質管理局所提供之 1997 年版 AQMP 將再控告聯邦

環保署。直至 1998 年底為止，計畫提送至聯邦環保署已經超過 18 個月(聯邦環保署需採取行動之最後法定期限)，而聯邦環保署仍未對 1997 年版 AQMP 裁定核准或不予以核准；在此同時，聯邦法官已裁示一項有關義務及在 1999 年需採取補救對策之判決。雖然法官體諒南岸空氣品質管理局之立場，但在 1997 年版 AQMP 未被核准前，管理局仍有義務執行 1994 年版之州執行計畫，包括被視為並不適切之控制對策。

無論最後訴訟結果如何，此項訴訟案件對未來控制對策發展將會有深遠之衝擊。以往在研訂一項控制對策時僅反映管理計畫在發展階段之最佳思考(Best Thinking)，許多有關執行之問題則於研訂法規階段再說明，因此，在合理範圍內，控制對策乃有意地被設定在樂觀考量之潛在錯誤基準上，以鼓勵技術提升。企業界亦明白 AQMP 不是一本法規手冊，而是一份計畫文件，並接受此項考量。此一有待解決之訴訟案可能會改變此一狀態，並使 AQMP 更像一件管制文件(Regulatory Document)，因為一旦經聯邦環保署核准後，其便具有法律強制性。聯邦清淨空氣法有關州執行計畫修訂之條款及聯邦環保署所扮演角色在此訴訟案件皆已成為議題，2000 年版 AQMP 研擬過程將會更密切注意評估實際所造成衝擊。

## 六、2000 年版 AQMP 草案摘要

2000 年版 AQMP 主要係因應加州清淨空氣法規定每三年需更新修訂空氣品質管理計畫之要求而研訂，其亦將為第一個需達成新公告空氣品質標準(臭氧八小時平均及 PM<sub>2.5</sub> 標準)之計畫。以 1997 年版 AQMP 研訂過程所受批評為基礎，南岸空氣品質管理局正從事幾項技術研究：收集大氣環境 PM<sub>2.5</sub> 微粒成份資料及空間、時間分佈特性，較詳盡之氮排放量更新清單，重型車輛排放模式發展等。於 1998 年底已辦理幾次內部及邀請外部人員參與之腦力激盪(Brainstorming)會議，以期誘發導引新控制對策概念，所有概念並將進一步分析其成為控制對策之可行性。新組成之管理委員會亦成立 AQMP 諮詢小組，每兩個月開會一次以檢討 AQMP 研訂工作之進展。不同政府機關間之協調，例如：聯邦環保署、加州空氣資源局及南加州政府聯合會，亦已開始確認其所應承擔之責任，以確保能適時交付工作成果。

唯由於聯邦環境保護署於 1999 年初不予核准南岸空氣品質區之 1997 年版 AQMP，環保團體對南岸空氣品質管理之訴訟案亦於 1999 年春季期間仍在進行中。由於法官傾向於兩造和解，故乃著手成立「和解法庭」要求針對有爭議部份採取修正調整方案，因此，原列 1997 年版 AQMP 控制對策可能將再局部修正，成為 1997 AQMP 修正版，以取代 1994 年版 AQMP 而為正式管制計畫。由於此項司法程序之影響，2000 年版 AQMP 研訂期程可能往後延擱。

## 七、綜合分析

總結加州南岸空氣品質區過去十年來發展 AQMP 之歷程，每一階段計畫皆建立在以前計畫之基礎上，並提昇下一階段計畫所需達成之技術標準。南岸空氣品質區之空氣品質管理計畫發展程序為開放式，公眾參與及南岸空氣品質管理局之努力皆無出其右。公眾之廣泛注意刺激技術之進展，然而，其仍有改善空間。需強調者為研擬 AQMP 所需技術也許仍得改善修正，然而藉由訂定法規以改善空氣品質之管制工作並不應停頓；保護大眾健康之公共政策需要適時訂定推動，即使面臨不完整之資料亦然。

AQMP 之核心為其控制策略，雖然排放清單及空氣品質模擬可以且需要時間再改善，但控制對策發展仍需持續發展且由一般常識(Common Sense)去平衡。針對大型污染源之控制對策應以可行控制技術要求訂定標準以改善空氣品質，實際管制行動和空氣品質的改進支持方更進一步。一般大眾不會有耐心去贊助更多不能證明空氣品質有所改善之研究；如果 AQMP 只是一個文件而沒有轉換為法令管制行動，企業界亦將不願花費研究經費再提昇其技術水準。由南岸空氣品質區之空氣品質管理計畫發展過程實證，於 1989 年版 AQMP 所建議之控制對策已有超過 90% 被推動執行。再檢視 2000 年版 AQMP 之完整管制對策顯示，所擁有十年技術研究成果更有助於確認未來工作取向。目前南加州地區已更接近符合空氣品質標準之階段，然而可能已不再有「容易達成之目標」(Low-Hanging Fruit)；顯然地，更佳之排放清單及模擬工具乃為導引由最佳成本效益途徑達成清淨空氣目標之必要條件。

總而言之，在 AQMP 所有關鍵單元之中，控制對策發展研擬應該永遠作為計畫核心，並應由排放清單及空氣品質模擬之最有效資料支持。另一方面，有關資源分配亦需留意，環境監測及模式發展可能為密集資源(Resource-Intensive)需求，需要一個持續性研究計畫以處理各項問題。此外，針對控制對策之批評亦可提供未來研究目標方向。不同污染源類別排放清單發展研究對象設定則有甚大彈性，完全依可利用資源而定；值得注意者乃最佳排放清單數據往往來自一個法規訂定過程中由受影響污染源或設備製造商自願提供之資料。經過一或兩次研訂計畫程序後，一個有經驗之規劃者即得以瞭解這些 AQMP 單元事實上乃完全包容在一個循環程序中，並架構出一個發展 AQMP 之基石。最後，在走出技術問題迷霧中，規劃人員不可忘記最終目標應為達成清淨空氣；因此，控制對策應於適切時機推動執行。