

行政摘要

合約編號 CE 106/98

珠江三角洲空氣質素研究

參考號 : R0355.01
客戶 : 香港特別行政區政府環境保護署
日期 : 2002年4月

西圖國際(中國)有限公司

聯同
安社國際環保顧問公司
加拿大 RWDI 工程顧問公司
廣東省環境保護監測中心站
廣州市環境科學保護研究所

目錄

1	前言	1
1.1	背景	1
2	研究計劃介紹	1
2.1	研究區域	1
2.2	研究方法	1
2.3	區域污染物和空氣質素標準	1
2.4	區域空氣質素	2
2.5	區域排放清單	3
2.6	提高區域空氣質素的可行措施	3
3	結論和建議	5
3.1	結論	5
3.2	展望	5

附表

表 2-1	珠三角區域環境空氣質素標準	2
表 2-2	基準年排放清單中主要目標污染源的比率	3
表 2-3	本地生產總值和人口增長預測	3

附圖

圖 2-1	研究區域的範圍	1
圖 2-2	區域空氣污染的形成過程	2
圖 2-3	基準年區域排放總結	3
圖 2-4	珠三角區域在不採取強化控制措施情況下的 VOC、RSP、NO _x 和 SO ₂ 排放趨勢	4

1 前言

1.1 背景

在過去多年，珠江三角洲經濟區(珠三角經濟區)和香港特別行政區(香港特區)的經濟與人口增長迅速，導致整個珠江三角洲區域(珠三角區域)的空氣質素不斷下降。

在香港特區，稠密的交通是導致路邊空氣質素欠佳的主因。能見度下降、空氣中粒子和臭氧的濃度高企等情況漸趨常見，顯示珠三角區域的空氣質素出現問題。這問題不僅是由香港特區和珠三角經濟區車輛污染物排放引起，亦與兩地的發電廠和工業有關。

香港特區的路邊空氣污染問題可以藉着在本港範圍內實施的措施解決，近來採取控制車輛污染的措施已取得顯著的效果。然而，整個珠三角區域的污染問題卻需要香港特區政府和廣東省政府努力合作解決，因為污染源遍佈整個珠三角區域。

在這個大前題下，香港特區政府環境保護署(環保署)與廣東省環境保護局同意聯手研究珠三角區域的區域性空氣污染問題，旨在制定有效的控制污染物排放策略。環保署委託西圖國際(中國)有限公司進行這項“珠江三角洲空氣質素研究”(後稱“研究”)，本研究於1999年10月開始。

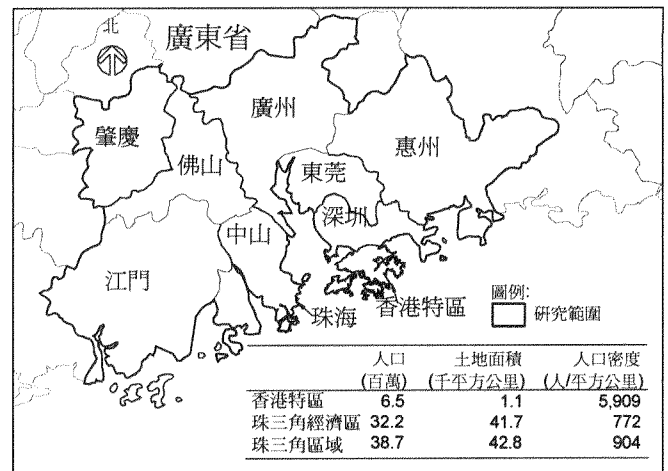
這項研究的目的是探討珠三角區域的空氣污染問題，尤其是要關注臭氧(O₃)、粒子(RSP)和二氧化氮(NO₂)這幾種區域性主要污染物。由於揮發性有機化合物(VOC)是產生O₃的先驅物，因此亦一併納入研究中。研究會提出一些改善區域內空氣質素的可行措施，以供兩地政府參考。

2 研究計劃介紹

2.1 研究區域

研究區域包括整個香港特區和珠三角經濟區，珠三角經濟區包括廣州、深圳、珠海、東莞、中山、佛山、江門，以及惠州和肇慶的部分地區。圖2-1表示了整個研究區域的範圍。

圖 2-1 研究區域的範圍



2.2 研究方法

瞭解區域內目前的空氣質素狀況 - 分析各種空氣質素數據，這些數據來自珠三角區域現有的監測網絡，部分數據則來自本研究項目進行的空氣監測結果。

確定空氣污染源 - 將1997年訂為基準年，選取最佳的官方資料以編制一份珠三角區域的空氣污染物排放清單。編制排放清單採用的方法均為先進國家和國際組織廣泛認可，並已因應當地情況而作適當的調整。

預測未來的空氣質素狀況 - 參考珠三角區域的社會和經濟增長資料和發展趨勢，預測未來的空氣污染物排放水平。利用環保署建立的空氣質素模型計算了未來的空氣質素狀況。

確定未來控制污染的方向 - 參考目前已經採用或承諾將會採用的空氣污染控制措施和國際上控制空氣污染的經驗，提出能夠有效提高區域空氣質素的可行建議。

2.3 區域污染物和空氣質素標準

珠三角區域主要的空氣污染物包括O₃，RSP和NO₂。區域空氣質素標準載列在表2-1中。

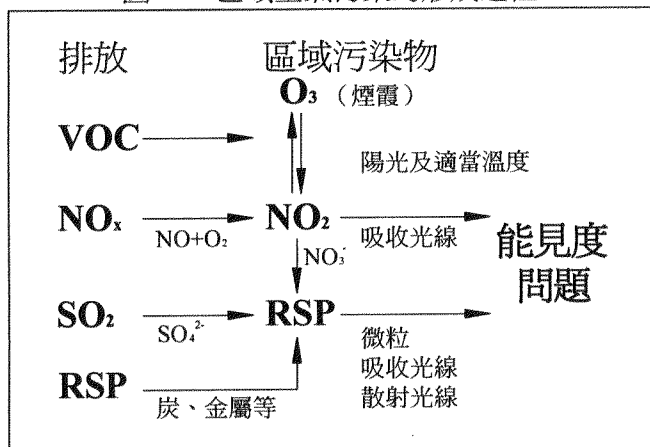
目前，對於VOC尚沒有相應的空氣質素標準。由於具有反應活性的VOC對光化學煙霧和臭氧的形成具有非常重要的作用，因此VOC亦被納入研究內。圖2-2簡單顯示人為排放源和地區污染物之間的關係。

表 2-1 珠三角區域環境空氣質素標準

	污染物	按時間平均濃度值(微克/立方米)		
		1小時	24小時	1年
香港特區 《香港空氣質素指標》 (HKAQO)	O ₃	240 ⁽²⁾	-	-
	RSP	-	180 ⁽³⁾	55
	NO ₂	300 ⁽²⁾	150 ⁽³⁾	80
珠三角經濟區 《國家環境空氣質量標準》 (NAAQS) ⁽¹⁾	O ₃	200	-	-
	RSP	-	150	100
	NO ₂	240	120	80

(1) 《國家環境空氣質量標準》二級標準可應用於內地的居民區、市區、商業、工業行業以及農村地區
(2) 1小時指標在香港特區每年不應超過3次
(3) 24小時指標在香港特區每年不應超過1次

圖 2-2 區域空氣污染的形成過程



在日照和較高的溫度條件下，一系列的先驅物通過鏈式反應可以形成臭氧，這些先驅物主要有氧、氮氧化物(NO_x)和具反應活性的 VOC。RSP 由空氣動力學直徑小於 10 微米的粒子組成。其他如硫酸鹽和硝酸鹽等污染物，則分別由二氧化硫(SO₂)和 NO_x 形成，這些物質通過參與大氣中的化學反應而轉化為相應鹽類。NO₂ 的先驅物一氧化氮主要由燃燒過程產生，另外 NO₂ 也是光化學煙霧的產物。

2.4 區域空氣質素

空氣質素達標情況

在香港特區，2000 年 O₃ 的一小時平均值和 RSP 的年平均值得在 1 個監測站出現超過《香港空氣質素指標》的情況。同年的 RSP 日平均值在 2 個監測站超過了《香港空氣質素指標》。

珠三角經濟區個別監測點在 2000 年有部分時段未能符合《國家環境空氣質量標準》。O₃ 的一小時平均值、NO₂ 的一小時和日平均值及 RSP 的日平均值均曾出現超標情況。錄得最高的 O₃ 一小時平均值超過《國家環境空氣質量標準》二級標準的 2.3

倍，而最高的 RSP 日平均值則超過《國家環境空氣質量標準》二級標準的 2.4 倍。

空氣質素的變化趨勢

資料顯示，香港特區從 1991 年到現在，O₃ 濃度上升了 39%，而 NO₂ 則上升了 26%；另一方面，RSP 的濃度在同期下降了 8%；因空氣污染而導致能見度不佳的時間比例增加了 2 倍。

珠三角經濟區沒有空氣污染的長期監測資料。因此，本研究選取一些城市的能見度變化趨勢以代表空氣污染情況。結果顯示，90 年代後期，在深圳和廣州因空氣污染導致能見度不佳的時間比例分別是 1991 年的 9 倍和 5 倍。

區域空氣污染的特點

大氣中的 RSP 可以是直接被排放到大氣中的，也可以是大氣中的氣態污染物轉化成固體而形成的二次污染物。大氣中的二次 RSP 污染物主要包括一些細微的硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽粒子，均由化學反應形成，具區域性的特點。監測站錄得的 RSP 中約 26%到 33%是二次污染物，容易因受氣象條件影響而作遠距離傳輸。

珠三角區域的 RSP 和 NO₂ 的年背景值分別約為每立方米 40 微克和每立方米 12 微克。這個 RSP 背景值不容忽視，它相當於《香港空氣質素指標》全年指標的 70%和《國家環境空氣質量標準》二級標準全年指標的 40%。

O₃ 的污染帶有很明顯的區域特徵。香港特區 O₃ 濃度上升時，佛山與深圳的 O₃ 濃度亦相應上升，這是由於整個珠三角區域受到同一種氣象條件影響，而有關氣象條件則影響 O₃ 及其先驅物在區域內的傳輸與混合。

天氣與季節變化的影響

較嚴重的空氣污染發生在特定的氣象條件下。在珠三角區域，O₃ 濃度在春末和秋初的時候較高，而 RSP 和 NO₂ 的濃度則在冬季較高。區域性空氣污染與移動緩慢的高壓氣團有關。至於 O₃，另外還有兩個因素影響它的濃度，那就是日照和高溫。在夏季，這由於空氣對流強烈，加上夏季季候風帶來頻繁降雨，因此上述三種污染物的濃度較低。

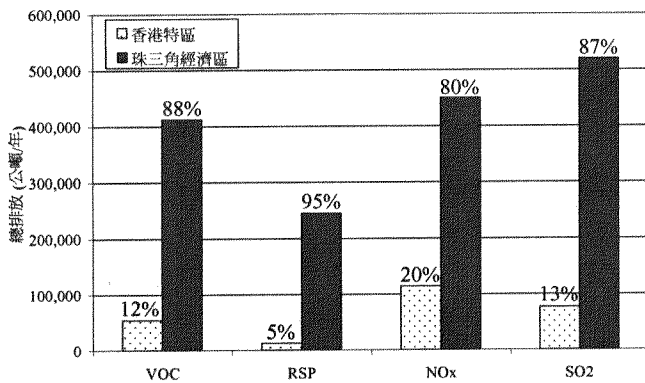
2.5 區域排放清單

基準年排放清單

幾種主要的區域性污染物，包括 RSP、NO_x、SO₂ 和 VOC，已列在排放清單內。減少這些污染物的排放是提高空氣質素的控制策略的一部分。由於氨 (NH₃) 能夠引起二次 RSP 污染，因此也被列在清單中。

1997 年被選為基準年用以編制排放清單，這是因為珠三角經濟區在該年度的資料比較齊備。有關香港特區排放清單的資料由環保署提供；而珠三角經濟區的資料主要來自廣東省環境保護局下屬的廣東省環境保護監測中心站，這些資料已得到內地專家的確認。圖 2-3 概括了香港特區和珠三角經濟區的基準年排放清單（不包括生物源 VOC 排放資料）。

圖 2-3 基準年區域排放總結



珠三角經濟區的污染物排放量佔全區域的比例分別是：VOC 佔 88%、RSP 佔 95%、NO_x 佔 80% 和 SO₂ 佔 87%。這與珠三角經濟區的工業活動和人口是香港特區 5 倍的比例相符。香港特區的人均污染物排放總量是每人 40 千克，而珠江三角洲經濟區是每人 50 千克。

表 2-2 總結了珠三角區域主要污染源的分佈。來自四大類污染源的污染物佔全區域污染排放總量的約 90%。

表 2-2 基準年排放清單中主要目標污染源的比率

排放源	VOC	RSP	NO _x	SO ₂
能源	1%	15%	42%	54%
工業	11%	60%	13%	39%
汽車	55%	14%	31%	4%
含 VOC 產品	23%	-	-	-
總計	90%	89%	86%	97%

未來年區域污染排放清單預測

依據基準年的排放清單，預測了 2000、2005、2010 和 2015 年的排放清單。在預測過程中考慮了珠三角區域未來的經濟增長和 2000 年 6 月前粵港兩地政府已承諾會推行的控制措施的影響。

為了推算未來的經濟增長，本研究參考了政府對不同指標的預測和有關項目過去的變化趨勢，包括本地生產總值(GDP)、人口、土地使用模式、基礎建設、交通統計資料和能源生產等。未來 GDP 和人口增長的預測結果載列在表 2-3 中。

表 2-3 本地生產總值和人口增長預測

	地區	未來年				
		基準年 1997	2000	2005	2010	2015
本地生產總值 (以億港元計)	香港特區	13,180	14,400	18,380	22,910	27,870
	珠三角經濟區	4,810	6,940	12,230	21,560	36,320
人口 (百萬)	香港特區	6.5	6.9	7.3	7.7	8.1
	珠三角經濟區	32.2	33.3	35.7	38.2	40.9

若不採取強化控制措施，不同污染源未來的排放量預計在 2015 年之前會顯著增長(圖 2-4)，主要污染物的整體排放量在珠三角區域預計會增加 36% 到 75%。香港特區各種污染物排放量的增幅由 5% 到 76% 不等；而珠三角經濟區則由 30% 到 80% 不等。

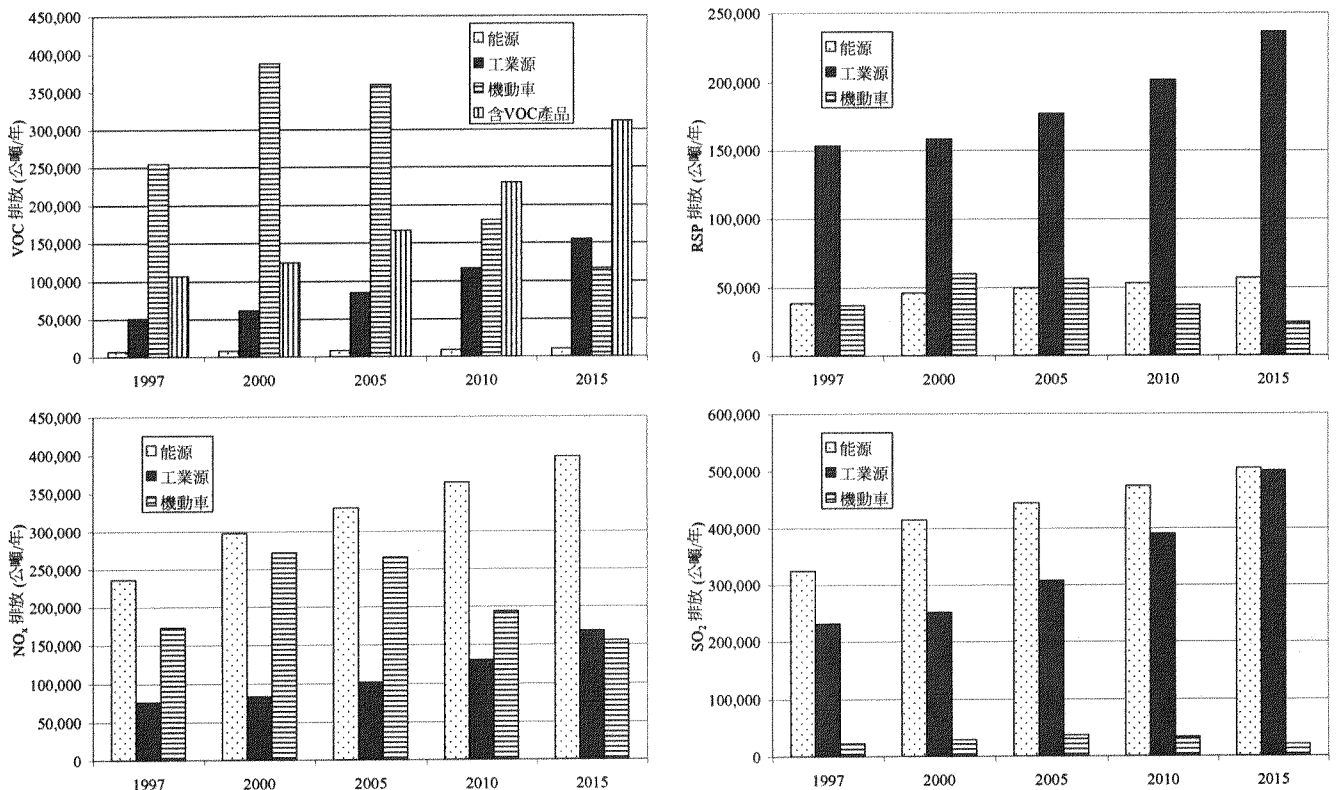
一般而言，隨著排放源（或其他形式的污染源）的活動增加，污染物排放量亦會上升。可是對於汽車污染，儘管香港特區和珠三角經濟區的行車里數從 1997 到 2015 年將會分別增長 107% 和 291%，汽車的污染物排放量卻會從 2000 年開始持續下降。這可以歸功於兩地政府承諾採取的車輛污染控制措施。

雖然技術方面的進步及實施控制措施可以減緩珠三角區域污染源排放量的增長，但這還不足以阻止污染在現有水平上繼續增長。換言之，如果不進一步採取更多的減排措施，未來的空氣質素將會惡化。

2.6 提高區域空氣質素的可行措施

在珠三角區域內，VOC、RSP、NO_x 和 SO₂ 的主要排放源為能源、工業源、汽車和含 VOC 產品。

下面所提議的強化控制措施主要基於它們的有效性、能否獲得和引進有關的技術以及在其他地區應用的成效。本研究已為這些建議措施進行了初步的

圖 2-4 珠三角區域在不採取強化控制措施情況下的 VOC、RSP、NO_x 和 SO₂ 排放趨勢

社會和經濟分析、徵詢了業界的意見，並估算了推行這些措施所需要的成本。這些可行措施均是應用合理的技術方法去減少污染。兩地政府須因應本地情況仔細研究實施方案。

下面對各主要污染源進行了具體說明。但有一點非常重要：就是必須經常檢討有關的控制措施和日新月異的技術，從而能運用最少的資源達到良好空氣質素，並獲得公眾的支持。

能源

對於香港特區，提議以較清潔燃料發電，以減少污染物的排放。

對於珠三角經濟區，提議使用一些處理裝置，包括尾氣脫硫裝置、低氮氧化物燃燒裝置和靜電除塵裝置等，另外也可考慮將發電廠使用的混合燃料改為更加清潔的燃料；此外，還可以從西部省份獲得更多的電力供應。民用與商用燃料的質素也應提高。這些措施可與更加嚴格的排放限制措施相配套，以提高減排效果。此外，也應研究開發清潔能源包括水電、風能、太陽能 and 地熱能等。

工業源

香港特區針對工業界的污染物排放，採取了嚴格的管制和規劃措施，並且因應本地環境變化和國際做法的發展，不斷檢討和更新有關的管制措施，其中一個可考慮進一步規管的污染源是印刷業和油站的 VOC 排放。

珠三角經濟區的工業源污染物排放包括兩種，分別是燃料燃燒和產品製造過程，這兩個工業源都涉及使用清潔生產技術的問題。對於燃料燃燒，所建議的控制措施與提議用於能源界別的污染控制措施類似，使用的處理設施包括尾氣脫硫、低氮氧化物燃燒和靜電除塵裝置。對於那些需要控制 RSP 和 VOC 的工序，也需要安裝一些處理設施。此外，由於目前尚沒有措施管制化工廠、燃料儲運和印刷行業排放的 VOC，因此有必要對這方面的 VOC 排放加以管制。另外，對於污染排放法規的切實執行也非常重要。

車輛

香港特區已經實行了嚴格的車輛排放控制計劃，可於 2005 年把車輛排放的 RSP 和 NO_x 分別減少 80% 和 30%。香港特區還計劃依據國際時間表，繼續

收緊車輛廢氣排放標準。儘管上述控制計劃已取得一定的成果，香港特區在制訂策略性規劃時，爲了本身的長遠利益，仍應對環保的運輸系統多加考慮。香港特區政府應繼續密切留意替代燃料車輛及環保運輸系統模式的最新發展，在可行的情況下考慮引進香港。此外，大力發展高效而廉價的公共交通(如鐵路運輸)亦能有效地減少污染物排放。

對珠三角經濟區，當務之急是要改善車輛引擎技術和燃料質素，以符合更嚴格的廢氣排放標準；例如依據既定時間表，在 2005 至 2006 年前實施歐盟 III 期廢氣排放標準，將來最終與國際標準同步。隨著排放標準的提高，還應該引進一些更新的汽車維修和保養技術作爲補充。珠三角經濟區還應考慮限制污染程度較大的車輛的數量，並考慮嘗試採用替代燃料車輛。在這方面珠三角經濟區有一定優勢，因爲它尚處在經濟發展的較早階段，所以在推行制訂利於環保的交通規劃時，可以參考先進國家的經驗。

含 VOC 產品

普通的 VOC 污染源包括油漆塗料和含 VOC 的家居用品及化妝品。爲了減少珠三角區域的 VOC 排放，應該推行 VOC 產品標籤制度及規定此類產品的 VOC 含量標準。同時，亦應讓公眾明白使用這些產品會引起 VOC 的污染。

減排潛力

如果上述強化控制措施都能夠施行，那麼在技術上而言，預計最早可在 2010 年減少污染物排放量達致如下幅度(以 1997 年排放量爲基礎)：VOC 減少 54%、RSP 減少 55%、NO_x 減少 20%、SO₂ 減少 39%。

本研究利用空氣質素模型，預測在採取強化控制措施後珠三角區域的大氣空氣質素。模型結果顯示，除了少數地點外，未來香港特區的 O₃、RSP 和 NO₂ 水平均可達標，珠三角經濟區的 RSP 和 NO₂ 水平也可達標。個別地方可能會因汽車的污染而未能達標。當出現特殊的氣象條件時，珠三角經濟區不少地方的 O₃ 水平將會超標，但發生的可能性不大。總括而言，整個珠三角區域的空氣質素將會有顯著的提高。

3 結論和建議

3.1 結論

本研究的主要成果總結如下：

在 2000 年，香港特區和珠三角經濟區個別監測站有部分時段錄得的污染物水平分別未能達到《香港空氣質素指標》或《國家環境空氣質量標準》二級標準。

在香港特區，從 1991 年至今 O₃ 和 NO₂ 濃度分別上升了 39% 和 26%，而 RSP 則下降了 8%。90 年代後期，在香港、深圳和廣州能見度不佳的時間比例分別是 1991 年的 3 倍、9 倍和 5 倍。

從 1997 年至 2015 年，儘管兩地政府採取各種已承諾的污染控制措施，珠三角區域的 VOC，RSP，NO_x 和 SO₂ 預計仍然會分別增加 36%，45%，40% 和 75%。

雖然大部分污染源的排放量預計會增加，但汽車的污染物排放量卻會從 2000 年開始逐漸減少。即使汽車數量和行車里數不斷增加，也不會對排放量有太大影響。

對於四類主要的污染源：能源、工業源、機動車和含 VOC 產品，本研究提出了有針對性的強化控制措施，以提高珠三角區域的空氣質素。

從技術層面而言，採取這些措施後，預計最早可在 2010 年減少污染物排放如下：VOC 減少 54%、RSP 減少 55%、NO_x 減少 20%、SO₂ 減少 39%。電腦模型推算結果顯示，除少數地方外，香港特區的所有空氣指標均可達到《香港空氣質素指標》；而珠三角經濟區的 RSP 和 NO₂ 也可達到《國家環境空氣質量標準》二級標準，O₃ 濃度在特定的天氣條件影響下仍會在區域內有多處超標，惟發生機會不高。

3.2 展望

從本研究得到的結論可以看出，提高區域空氣質素是一項十分艱巨的任務。兩地政府必須作出更大的承擔和努力，並通力合作，才能取得成功。兩地政府應該首先設立訂有清晰權限的合作機制，然後進行緊密的技術交流與培訓活動。兩地在提高區域空

氣質素的努力和有關的活動，必須得到雙方政府的全力支持和在雙方的高層領導下進行。

兩地政府的合作應該包括以下職能：

- **建立改善區域空氣質素的目標。** 建立提高空氣質素的切實目標，就減少各污染物濃度和改善能見度等工作，制訂具體可行的目標和達標期限。
- **制訂相應的區域空氣質素管理計劃。** 區域空氣質素管理計劃應訂出達到各項目標的可行期限與里程碑，並表明達標的主要障礙和具體要求。另一方面，亦需就經濟可行性、立法要求、公眾接受程度、實施計劃的細節和成效等各方面對控制措施作出評估。有關方面可以考慮建立一個獨立的審核機制，監察控制措施的執行進度和成效。此外，提高公眾人士對計劃的認知將有助達到目標。
- **設立機制監察空氣污染控制技術的新發展，並提供更好的方案。** 正如在本研究中指出，目前尚沒有使珠三角經濟區 O₃ 全面達標的可行技術。隨著技術的發展，一些新控制措施將變得實際可行，可考慮加以應用。除此以外，兩地政府以及工業單位之間可考慮研究排污權交易的法則。
- **建立機制，對區域空氣污染排放清單進行更新。** 落實執行空氣污染控制措施後，本研究所編製的排放清單應該不斷更新，以反映控制措施的成效。更新的排放清單有助監察控制措施的成效及能否達到計劃所預期的目標。
- **設立完善區域空氣質素的監測網絡。** 空氣質素監測網絡將會增加我們對現時區域空氣質素時空變化的瞭解，此外還會使我們了解空氣質素整體變化趨勢和影響空氣質素的氣象條件，並有助我們把空氣污染控制措施的成效量化和分析。