

出國報告（出國類別：開會）

第 25 屆中國大氣環境科學與技術大會

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：胡明輝簡任視察、林宏達科長、吳祚樟技正、周穎志薦任技士、
白慧芬環境技術師、黃健瑋環境監測技術師

派赴國家/地區：中國大陸

出國期間：108 年 11 月 17 日至 11 月 21 日

報告日期：109 年 2 月 20 日

摘要

本次出國行程係參加中國環境科學學會大氣環境分會舉辦之「第25屆中國大氣環境科學與技術大會」，該學術年會是大陸地區相當受重視之會議之一。中國當局於2013年啟動了污染防治計畫，在空氣污染防制領域，尤其是污染源排放成因、特徵及技術管理，雖然目前的空污指標仍高出世界衛生組織建議水平的4倍，但空氣污染狀況係有顯著改善(林蘭，北京或可走出世界污染最嚴重200城市榜單，RFI)；參加該學術年會不僅汲取中國空氣品質監測、預報模式模擬發展及環境統計等技術，可供本署於空氣品質監測及預報時參考；另為展現我國空氣品質模式模擬及分析成果，於會議期間由長榮大學環境資訊研究中心賴信志主任口頭報告「利用WRF-CMAQ模式分析空氣污染物擴散及氣流特徵」，分享我國為空氣品質提供了新的分析方法，並展示了臺灣的空氣污染事件與氣象因素和污染物積累區如何相互聯繫的研究成果，有效提升我國在國際上的能見度。

本次學術年會包含大氣種污染成因與治理攻關論壇、大氣污染源排放特徵和排放清單、移動源排放特徵、大氣效應與管理、大氣污染來源解析等多項議題。整場學術年會共有35項專題、796篇口頭表、233篇海報發表及11場特邀主旨報告。年會除安排多項專題學術研討外，並召開「環保產業與技術服務論壇」，邀請產業代表發表議題進行交流，議題包含從源頭減少機動車尾氣排放、商用車尾氣排放後處理技術及應用，演講嘉賓除介紹商業產品外，亦整理中國移動污染源現況、排放標準，以及針對使用中車輛使用限制措施，並指出中國機動車已超過3.4億輛，其尾氣排放對大氣污染的貢獻超過27%，建議減少尾氣排放，就能從源頭上減小空氣污染，實現科學治理。另外，亦有與空氣品質監測、模擬分析相關之議程以臭氧研究為大宗，於研討會上係瞭解上游源區臭氧生成及來源的分析研究，並確認可能影響臭氧濃度變化的天氣型態，可提供本署在預報、預警作業上之重要參考。

最後，於會後安排沃爾沃(VOLVO)汽車成都製造廠參訪行程，藉由參訪鄰近地區國家車輛產業，了解車輛相關製造技術及經驗，並掌握未來車輛技術發展趨勢及移動源改善措施的方向，可作為我國後續研擬管制政策參考之用。

目 次

壹、 目的.....	4
貳、 行程.....	5
參、 過程.....	6
肆、 心得及建議.....	14
附錄一 研討會相關照片.....	16
附錄二 海報展示相關照片.....	19

壹、目的

我國環境中細懸浮微粒主要來源，近2/3來自國內本土污染源排放，其中移動污染源對國內本土污染源排放濃度的貢獻比例平均為27.5%，為提升國內空氣品質監測、預報模式模擬及環境統計等技術，可供本署於空氣品質監測及管理之參考，爰赴中國大陸參加「第25屆大氣環境科學與技術大會」。中國大氣環境科學與技術大會為中國大陸地區大氣學術界最具學術影響力的研討會，開辦至今已邁入第25屆，來自全球大氣環境科學相關的重要知名學者和科技工作者，皆在此會議中就目前大氣污染防治現況、大氣科學及技術等方面目前進展、PM_{2.5}與臭氧控制進行演講。

本次參加學術年會主要目的為瞭解鄰國於環境品質相關學術研究及監測技術最新研究成果。同時發表論文 - 「利用WRF-CMAQ模式分析空氣污染物擴散及氣流特徵 (Analysis of air pollutant dispersion and airflow characteristics in WRF-CMAQ model)」，俾讓國際人士瞭解臺灣空氣品質受天氣條件及地形效應的影響，並分享我國空氣品質模式模擬及分析成果，同時收集國外污染源排放特徵及管理等新知，增進國內移動污染源掌握及改善管理之學習。

會議後前往參訪沃爾沃汽車成都製造廠，了解其發展現況，並針對台灣推動充電基礎設施之相關議題進行討論，做為我國未來研擬政策之參考。

貳、行程

活動日期	行程及地點	活動內容
11月17日(日)	臺北至中國(成都)	啟程、搭機及抵達成都雙流機場及抵達會場、報到及會場參觀
11月18日(一)	世紀城嬌子國際會議中心(Jiaozi Int'l Conv. Center)	參加 25th 中國大氣環境科學與技術大會研討及展覽會、論文海報展示及展覽，參與移動源排放特徵、大氣效應與管理的議題
11月19日(二)	世紀城嬌子國際會議中心(Jiaozi Int'l Conv. Center)	參加 25th 中國大氣環境科學與技術大會研討及展覽會、論文海報展示及展覽，參與臭氧研究的相關議題。並與長榮大學賴信志博士共同發表論文-「Analysis of air pollutant dispersion and airflow characteristics in WRF-CMAQ model」
11月20日(三)	沃爾沃汽車成都製造廠	拜訪沃爾沃(VOLVO)汽車成都製造廠，探究這個品牌有何實力與重大計畫，並進行會議交流，吸取車廠對充電基礎設施相關政策應變與建置等協作模式經驗
11月21日(四)	返程，由成都返回臺北	返程、搭機

參、過程

中國大氣環境科學與技術大會自1978年舉辦第1屆會議以來，已在北京、上海、廣州、杭州、南京及青島等多個城市舉辦24屆，本(25)屆中國大陸四川省成都市舉行。前次會議在2018年於青島舉行，主題為「新時代大氣污染綜合防治：科學、技術與管理」，本次會議則注重於推進大氣環境科學技術領域的合作，共同探討改善我國大氣環境質量的方法途徑，深化大氣污染綜合防治工作，為大氣環境污染防治重大戰略任務出謀劃策，為國內外大氣環境工作者提供了一個便捷的交流平台。

本次前往中國參加本次會議，期增進對於移動污染源掌握，學習污染源排放特徵及管理等新知，並於會後安排車廠參觀及交流，訪問與討論內容問題綜整如下：

1. 參與情形

第25屆中國大氣環境科學與技術大會於本(108)年11月18~19日在中國成都世紀城嬌子國際會議中心(Jiaozi Int'l Conv. Center)，本次大會主題為：「PM_{2.5}與臭氧協同控制，精準管理」。來自中國、日本、韓國、法國和澳大利亞等國家，約2000位大氣環境科學界的知名學者和科技工作者與會，共同交流瞭解中國大陸於環境品質相關學術研究及監測技術最新研究成果。

為期兩天的研討會於成都世紀城嬌子國際會議中心舉行，11月18日開幕式首先由大氣環境分會理事長柴發合先生主持開場，接續為中國知名院士就大氣科學發展的前沿和大氣污染防治研究領域的熱點問題進行主題演講。後續自18日至19日兩天共分為35個專題，第1天的專題包含移動源排放特徵、大氣效應與管理、大氣顆粒物的非均相反應與理化性質、對流層臭氧與光化學污染、揮發性有機物污染控制、揮發性有機物監測與質控、空氣質量模式和大氣成分資料同化、室內空氣污染控制技術與創新、大氣邊界層物理與大氣環境、大氣污染對健康的影響、大氣顆粒物健康與毒理效應、大氣污染物乾濕沉降、污染條件下的大氣新粒子生成和生長機制、空氣質量監測預報預警、電力行業污染排放及控制、工業二氧化碳減排技術、大氣環境管理和政策分析、區域和城市大氣污染精準防控等專題，以及環保產業與技術服務、大氣重污染成因等論壇；第2天則包含

大氣污染源排放特徵和排放清單、大氣污染來源解析、大氣顆粒物觀測與測量技術、東部沿海大氣複合污染立體觀測與模擬、PM_{2.5}爆發增長化學組分急劇變化外場觀測與實驗室模擬、大氣顆粒物的非均相反應與理化性質、大氣污染物乾濕沉降、大氣氧化性與二次污染、對流層臭氧與光化學污染、區域與城市臭氧污染防控、大氣邊界層物理與大氣環境、大氣污染遙感與應用、空氣質量模式和大氣成分資料同化、大氣環境量子化學、非電煙氣污染控制技術、等離子技術在大氣環保領域的應用、等離子體催化環保新技術、大氣污染源頭控制與資源化、大氣污染與天氣氣候相互作用、霧霾污染化學及其調控、區域和城市大氣污染精準防控等專題，以及中國-澳大利亞空氣質量科學與管理研究中心交流論壇，共有796個子題目報告。於會議期間長榮大學環境資訊研究中心賴信志主任亦進行利用WRF-CMAQ模式分析空氣污染物擴散及氣流特徵研究報告。同時於兩天會議時間，於成都世紀城國際會議中心3層進行海報展示與交流，約有超過260篇論文海報參加。

研討會議題涉及大氣種污染成因與治理攻關論壇、大氣污染源排放特徵和排放清單、移動源排放特徵、大氣效應與管理、大氣污染來源解析等多項議題。大會共開設了上述各專業議題會場，中日韓大氣環境學會環境論壇、中國-澳大利亞空氣質量科學與管理論壇等2個國際專場和1個環保產業與技術服務論壇，同期還舉行了第七屆中法大氣環境國際研討會。大會共安排796個口頭報告和研究成果海報發表233篇，充分交流展示了知名學者和科技工作者在大氣環境科技領域的最新研究成果。本次會議涵蓋主題眾多，其中與空氣品質監測、模擬分析相關之議程係以臭氧研究為大宗，此與其他先進國家近年來重視臭氧問題之趨勢相符。

2. 研習過程

為增進對於移動污染源掌握，學習污染源排放特徵及管理等新知，以及提升空氣品質監測、預報模式模擬發展及環境統計等技術。藉由參加此次研討會以汲取目前中國大陸空氣污染改善成果、如何進行空氣品質預報模擬及大氣環境科學技術發展現況等環境品質相關學術研究及監測技術最新研究成果。

(1) 隨著經濟、人口增加及城市化進程的加快，四川省生態環境科學研究院指出移動污染源在大氣污染中的比例以及對環境空氣中PM_{2.5}濃度貢獻逐漸增加，成果說明在交通環境中移動源貢獻明顯高於固定源。另考量氣象條件，應充分考慮污染物轉化的情形，在冬季應加強機動車的管控。

(2) 2015年至2017年成都市空氣質量整體好轉，PM_{2.5}濃度亦逐年下降；由成都市環境監測中心監測之細顆粒物及其化學組成數據得知，近年來二次無機離子SO₄²⁻、NO₃⁻及NH₄⁺（SNA）在PM_{2.5}中質量濃度中的占比最高，所佔有之比例無明顯變化，且解析成果得知2017年機動車為對PM_{2.5}貢獻最大來源。說明成都市大氣二次污染相對嚴重，有機物占比明顯升高，這可能是由於成都市機動車輛數量上升，排放到大氣中的有機物增加造成的。

(3) 上海市顆粒物污染防治重點實驗室研究結果顯示，船舶對長三角陸地區域大氣中PM_{2.5}、SO₂及NO_x濃度均有正貢獻，且對區域空氣質量的影響呈現季節性差異，夏季影響最大。然DECA低硫油政策實施後，上海市港區及城區站點的SO₂下降幅度為27%~55%，且SO₂的濃度下降水平優於上海市。該研究成果可以為國內船舶大氣污染防治政策制定提供科學依據之參考。報告者期望中國政府於未來DECA控制區能擴大到100海里，將能更加有效減少船舶對PM_{2.5}的影響；而靠近人口密集區的船舶污染源的影響更大，未來內陸水域的船用燃料油品應當採用更嚴格的標準。

(4) 中國氣象局分析珠江三角洲的陽江站臭氧垂直分布及其影響因素分析，發現在對流層底部，溫度、相對溼度及風向風速與臭氧濃度的關係密切，當氣團上方出現有比較強烈的風切變，同時滿足溫度條件，且相對溼度不高於90%時，臭氧濃度會有明顯上升。而在對流層頂部，光化反應對臭氧生成的貢獻較小，臭氧濃度主要受平流層向下傳輸和區域傳輸的影響。另在中緯度向下傳輸的平流層氣團和平流層-對流層混合氣團是陽江對流層中高層臭氧的重要來源。就區域傳輸而言，在對流層頂部，經內陸和海上的傳輸的氣團，比經內陸傳輸的氣團所攜帶的臭氧濃度更高；在對流層中部，區域傳輸貢獻較少，臭氧更多來源於光化學反應產生以及平流層向下傳輸；對流層頂部臭氧受區域傳輸影響較大，來源於非洲的氣團相比於其他地區有攜帶更多的臭氧。

(5)華南理工大學分析出對流層臭氧的3個主要來源為「平流層-對流層臭氧交換(Stratosphere Troposphere Exchange, 以下簡稱STE)」、「生物質燃燒遠距離輸送」及「光化學反應」。研究原因為觀測到春季邊界層頂部附近(2公里 - 4公里)處觀測到臭氧高值區,而過去研究主要針對典型個案,討論了生物質燃燒遠距離輸送對華南地區春季對流層低層臭氧的影響,相對而言,平流層入侵的影響研究明顯不足。此次透過華南地區春季對流層低層臭氧高值,以長時間序列進行綜合分析,計算平流層入侵通量,但受限於低解析度全球模式和箱式模型,計算會存在很大的不確定性。分析2004年至2017年間香港地區,春季平流層臭氧入侵對流層低層之重要貢獻作用(32 % STE)。另統計影響香港地區平流層對流層交換天氣系統可分為副熱帶急流型、槽後型、颱風型,分別占到57 %、29 %、14 %。副熱帶地區平流層對流層交換在大尺度上主要是受到Hadley環流和Brewer-Dobson環流在該地區下沉的影響,區域尺度則是受到高空急流影響,急流軸的季節性移動是導致華南地區春季平流層入侵的重要機制。研究將過程分析的方法應用到量化平流層入侵貢獻的研究上,結果表明平流層入侵期間垂直輸送是導致對流層低層臭氧升高主要原因。

(6)南京大學分析長江三角洲夏季天氣型態對臭氧污染影響,造成高污染可分為4種天氣型態,包含東北風型、偏北風型、西南風型及反氣旋型;另有2種臭氧清潔型的天氣型態,分別為氣旋型及梅雨型。而經統計在偏北風型態下區域臭氧污染最重,又在不同天氣型態控制下,區域臭氧污染中以局部地區化學生成和區域輸送的綜合影響最重要。臭氧每日最大8小時平均濃度在所有天氣形態下,與相對溼度呈負相關、日照時數呈正相關。區域來源分析結果顯示,偏北風型和東北風型態下,區域高臭氧濃度主要與不同空間尺度的區域傳輸有關;反氣旋形態下,本地排放貢獻最大;西南風型態下,有利的氣象條件和顯著的區域輸送共同造成了下風處沿海城市的高臭氧污染;氣旋型下,遠距離輸送對東部沿海城市的臭氧貢獻最為顯著,行業來源分析表明交通和工業源是臭氧的主要來源。

(7)長榮大學賴信志老師報告題目為「利用WRF-CMAQ模式分析空氣污染物擴散及氣

流特徵」，報告內容包括介紹我國空氣品質受天氣條件及地形效應的影響，如細懸浮微粒會透過地形生成的背風渦流，將污染物由源頭傳輸到下游區域，可確定天氣條件及地形效應是影響我國大氣污染濃度的關鍵問題，但過去在空氣品質政策的評估上缺乏天氣條件及地形的影響。透過研究所使用的WRF-CMAQ-BenMAQ，可知診斷空氣品質政策的最佳選擇，應考慮地形、季節氣象條件及嚴重排放的地點，以更加精確地訂定控制政策。

(8)江蘇省大氣環境監測與污染控制重點實驗室與南京信息工程大學共同研究指出，長江三角洲地區在2015年至2018年細懸浮微粒濃度整體呈下降趨勢，長三角東部細懸浮微粒下降幅度最大以每年 $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 趨勢減小，但臭氧濃度整體呈上升趨勢，最大以每年 $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (約24 ppb)增長。從臭氧和細懸浮微粒的距平顯示，臭氧距平值為正的情況下，在夏季與細懸浮微粒距平表現出較好的相關性，即臭氧和細懸浮微粒有著協同變化的特點。而臭氧與細懸浮微粒複合污染下的天氣型態，往往是受到副熱帶高壓的控制，天氣晴朗、溫度高，或是近地面處於均壓場控制，氣壓梯度小、風速低，不利於污染物擴散，皆會造成嚴重的污染。

(9)浙江大學利用濃度權重軌跡(Concentration Weighted Trajectory, CWT)分析，在輕度和中度霧霾期間，攜帶較高濃度細懸浮微粒的氣流，經長距離輸送對長江三角洲地區的影響不容忽視，軌跡最遠來可來自蒙古、內蒙古等地。在重度和嚴重霧霾時期，長江三角洲地區的霧霾主要是來自相鄰省份(如河南、山東、江蘇等省)的污染排放。差異可能是由於不同的天氣類型造成，因在嚴重污染期間，由於氣團的大幅度下沉運動，使長三角地區處於較為穩定的天氣形勢下，從而阻礙了空氣污染物的長距離輸送。另利用地理資訊系統軟體(Esri ArcGIS)確認污染來源區域，顯示長江三角洲地區霧霾形成的共同來源區域，在不同霧霾時期有所差異。在輕度霧霾時期，共同來源區域主要位於安徽省中西部、河南省東部和山東省西南部；中度霧霾時期，共同來源區域主要分布在安徽省西部和東南部、山東省西南部和河南省東南部；重度污染時期，共同來源區域主要位於安徽省；嚴重霧霾時期，共同來源區域主要位於安徽省東北部和江蘇省西部。

(10)與上海市一江之隔的南通市，該市氣象局以不同氣象要素分析臭氧污染特徵，

藉以透過多元逐步回歸建立不同季節的臭氧濃度預報模型，相關氣象要素與臭氧濃度關係整理摘要如下：

①相對溼度越高，臭氧濃度越低。

②臭氧濃度在總雲量為1-3成時較高，10成時濃度顯著下降。

③低雲量對臭氧日平均濃度的影響更為明顯，臭氧濃度在低雲量0-3成時較高，低雲量為4成時濃度下降，低雲量為5成以上時，日平均濃度較低。

④日照時數 ≥ 4 h時，臭氧平均濃度超過 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (約50 ppb)；日照時數 ≥ 10 h時，臭氧超標頻率較高，且平均濃度達 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (約75 ppb)，因較少低雲量及較長日照時數有利於光化學反應發生，致生成高臭氧濃度。

⑤當氣溫 $< 20^\circ\text{C}$ 時，沒有出現臭氧超標情況；氣溫 $\geq 20^\circ\text{C}$ 時，臭氧濃度上升，並開始出現超標情況。

⑥地面風速增大，臭氧超標率明顯減少，原因可分為兩方面：一方面抬高了大氣邊界層高度，垂直動量輸送加強，進而促使對流層頂高濃度臭氧向地面傳輸；另一方面增強了臭氧水平擴散作用，對稀釋臭氧具有一定貢獻。因此，當風速超過一定值時，水平擴散作用逐漸佔據主導地位，超標頻率隨著風速的增加將顯著下降。

3. 參訪沃爾沃汽車成都製造廠

經濟部能源局日前預告「車輛容許耗用能源標準及檢查管理辦法」修正草案，明訂2022年起製造或進口電動小客車、電動機車等需要標示能源效率，耗電量多少全都要揭露。國內車輛在領牌上路前，要通過安全、排氣污染、噪音與耗能等4大項法規檢測，取得4張合格證後才能領牌行駛，其中，經濟部能源局掌管耗能項目，並由工研院核發耗能證明函。不過，耗能規範僅限燃油車，國內電動車還在蜜月期，目前還是免徵貨物稅，現階段政府都是鼓勵廠商自願標示，並沒有強制揭露的規定。然工研院指出「耗電量是消費者非常想知道的資訊！」，燃油車的「油耗」資訊可算出每公升跑多少公里，而對應到電動車即為「能耗」，以每度電跑幾公里來檢視，推算充電成本。且國際間針對電動車的能耗標示要求已陸續上路，未來發展電動車更是明確趨勢，政策要符合民意，

使資訊公開透明得以清楚掌握。爰此，本次考察選定沃爾沃(VOLVO)汽車成都製造廠，中國屬為提早推廣電動車政策，可以藉由考察拜訪方式，瞭解與學習鄰近地區國家對於電動車實際管理與管制方式，相關技術及經驗對於掌握未來先進車輛技術發展及移動源改善措施的方向，以作為國內研擬政策參考。

中國推動電動車政策進入新階段，重點從補貼電動車生產廠商，轉向擴建充電站及其他相關基礎設施。中國政府曾訂立目標，未來所有的汽車銷量成長都來自電動車，而過去幾年來，中國政府已經對電動車業者提供鉅額的補助及其他獎勵措施。儘管汽車總銷售量減少，但電動車銷量卻激增。2017年中國新能源汽車(NEV，含充電式油電混合車)銷售量已接近全球的半數；全球純電動車銷售量突破百萬，中國就占一半以上，目標是2025年達到700萬輛，包括中國自產自有品牌。

中國的最新能源車輛政策則採取軟硬兼施的兩手策略，透過信貸體系，促使汽車業者需銷售一定比率的電動車；中國每家汽車廠商都需有一套電動車策略，無論業者能否負擔得起。2019年中國政府又宣布了新政策。從2019年7月起，中央對電動車廠商的補貼額將削減60%，同時地方政府的補貼將完全取消，並將這些資金用於擴建充電站，及其他相關的基礎設施。如果地方政府不遵守，中央政府將削減對地方的財政補助。目前要讓民眾接受電動車的最大的障礙，是行駛里程有限，即使相關科技持續改進；充電相關基礎設施，也是推廣電動車的最大的成本障礙。據車廠代表整理中國學者研究估計，目前全球需要6兆美元的基礎設施投資，其中充電站就占2.6兆美元，電網投資占2.8兆美元。要落實這些開發計畫，估計要花好幾十年。

車廠代表笑稱中國的新政策可是一石二鳥，既能降低空氣污染，又能推廣電動車。確保電動車基礎設施能符合國際標準，並符合經濟效益，是達成政策目標的關鍵。當然政府也必須設法使這些基礎設施能夠達到商轉的目標，以免使相關業者又需要政府補貼。除了成本因素外，提供充裕的公共充電設施，也是消費者購買電動車的重要因素。民眾當然想知道電動車充電一次能跑多遠，且大陸家庭有停車位者不到40%；使用者申請裝設家用充電設備不僅手續繁瑣，而且通常要等待好幾個月才能搞定。

中國目前設有80多萬個充電點，其中一半以上位於「北上廣」等一線城市。政府計劃在2020年前增設480萬個充電點，及10萬處以上的充電站。新政策還規定新建的住宅大樓應配備充電設施。

肆、心得與建議

一、心得

本次出國旨在藉由參與研討會交流，學習中大陸污染控制技術策略、未來移動污染源掌握及管理等新知，並汲取鄰國空氣品質監測、預報模式模擬發展及環境統計等技術，包含移動源排放特徵、大氣效應與管理、空氣品質監測及模擬分析等。另於專題會議上簡報介紹臺灣空氣品質受天氣條件及地形效應的影響，如細懸浮微粒會透過地形生成的背風渦流，將污染物由源頭傳輸到下游區域，可確定天氣條件及地形效應是影響我國大氣污染濃度的關鍵問題，當地擴散不良導致空氣品質事件之分析研究，亦得到與會學者的肯定。

中國政府針對空氣污染防制投入相當雄厚之能量，係以學術研究深入種種污染成因，從多面向著手排放源之減量管制其目標明確果亦已顯見，這是需要產官學研等各方協力始能達到的成果，此一經驗期望能作為我國空氣污染防制工作執行之參考。

這次研討會國外學者演講內容及各國學者發表論文內容，除臭氧研究外，移動污染源排放成因、特徵及技術管理之研究也不在少數，顯示鄰國針對移動污染物愈來愈關注，我國環境中細懸浮微粒主要來源，近三分之二來自國內本土污染源排放，其中移動污染源對國內本土污染源排放濃度的貢獻比例平均為 27.5 %，參加本次會議，期增進對於移動污染源掌握，學習污染源排放特徵及管理等新知，並於會後安排車廠參觀及交流，以作為研擬政策參考。

二、建議事項

(一) 我國在每年秋季至隔年春季受到如大陸冷氣團、東北季風等影響時，中國大陸污染物常會伴隨天氣系統而影響空氣品質，過去是以粒狀物（PM₁₀、PM_{2.5}）污染為主，但近年可發現造成高污染的污染物轉以臭氧為主。透過此次研討會，可瞭解上游源區臭氧生成及來源的分析研究，並確認可能影響臭氧濃度變化的天氣型態，可提供本署在預報、預警作業上之參考。

- (二) 於「環保產業與技術服務論壇」中，有業者代表強調中國對柴油車管制部分，除道路使用車輛外，針對施工機具，亦訂有非道路柴油移動機械煙度排放限值及量測方法，適逢我國正研議施工機具污染管制措施，建議進一步蒐集前揭中國排放標準資訊及相關執行情形，以借鏡檢討我國管理方式。
- (三) 我國由於受限兩岸情勢，與中國大陸雙方尚無法有效進行空氣品質監測資料交換，且監測數據僅能於網頁上查詢，無法有效存取、下載，且對於其監測資料之品保品管方式瞭解不足。因此，建議應持續參加中國大陸所舉辦的相關研討會，透過相關政府及學術單位之研究，以瞭解其監測分析方法，對於未來本署在判斷境外污染對我國影響的來源及程度，將有所助益。



圖 3、會場集體合照

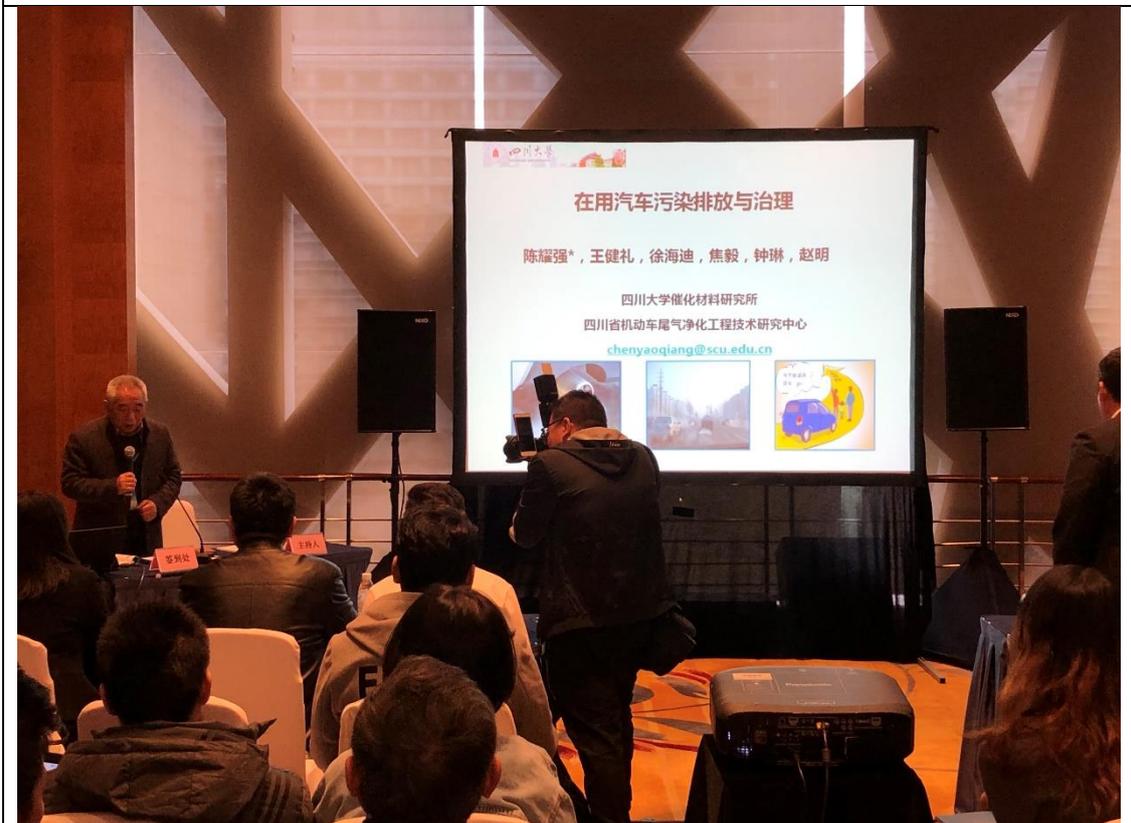


圖 4、中山大學林曉芳博士研究成果發表



圖 5、沃爾沃（VOLVO）汽車成都製造廠入口處



圖 6、與車廠代表攝於沃爾沃招待處

附錄 2、海報展示相關照片

道路机动车气相和颗粒相中等挥发性有机物的排放特征和排放标准的影响

刘元向¹, 李英杰², 王红丽², 袁自冰³, 楼展梁³, 刘跃辉³, 郑君瑜³, 沙青娥³, 段乐君³
¹华南理工大学环境与能源学院, 广东 510006
²上海市环境科学研究院国家环境保护城市大气复合污染成因与防治重点实验室 上海 200233
³暨南大学环境与气候研究院 广东 511443

1. 研究背景

- 道路机动车排放的中等挥发性有机物 (VOCs) 作为城市区域二次有机气溶胶 (SOA) 的重要来源被长期忽视;
- 绝大多数VOCs组分无法由传统光谱仪器确定, 机动车气相和颗粒相VOCs的排放特征仍缺乏研究;
- 我国当前的机动车排放标准未涵盖VOCs, 排放标准对VOCs的管控能力仍认识不清。

2. 测试方法

- 测试车辆: 国I-国VI汽油车10辆, 国III-国V柴油车5辆
- 测试方法: 基于车检站工况 (简易瞬态工况) 进行台架实验
- 分析方法: TD-GC-MS

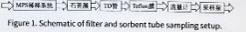


Figure 1. Schematic of filter and sorbent tube sampling setup.

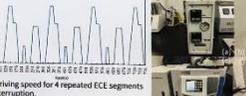


Figure 2. Driving speed for 4 repeated ECE segments without interruption.



Figure 3. (a) Pretreatment machine for TD tubes; (b) thermal desorption machine; (c) gas chromatography; (d) time-of-flight mass spectrometer.

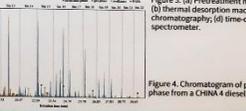


Figure 4. Chromatogram of particulate and gas phase from a CHINA 4 diesel vehicle.

3. 结果与讨论

3.1 平均排放因子

- 总VOCs平均排放因子随排放标准严格而下降, 但下降幅度较小;
- 柴油车的排放因子远高于汽油车, 下降幅度更小;
- 颗粒相VOCs的占比随排放标准的严格有轻微上升的趋势。

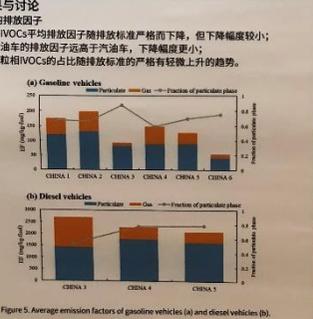


Figure 5. Average emission factors of gasoline vehicles (a) and diesel vehicles (b).

3.2 化学组分分布

- 不同排放标准车辆的总VOCs组分分布差异较小;
- 本研究的汽油车PAHs的占比比Zhao et al.小, 正构烷烃的占比比Zhao et al.大;
- 本研究的柴油车PAHs和正构烷烃的占比均比Zhao et al.大;
- 本研究的汽油车保留时间的Bin分布与Zhao et al.及本研究的柴油车接近, 但与Zhao et al.的汽油车不同;
- 高挥发性组分的占比随排放标准的严格而增加。

3.3 预测SOA产量

- 颗粒相VOCs的SOA产量贡献远大于气相VOCs;
- 我国的排放标准对汽油车和柴油车VOCs的管控能力不佳, 与美国相比还有较大差距。

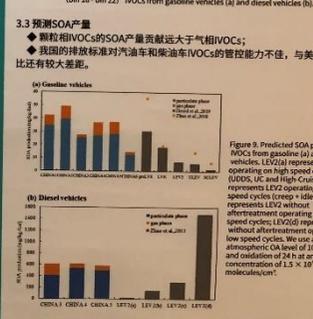


Figure 9. Predicted SOA production of VOCs from gasoline (a) and diesel (b) vehicles. LEV2(a) represents LEV2 operating on high speed cycles (GUDS, IC and High Cruise); LEV2(b) represents LEV2 without aftertreatment operating on low speed cycles (creep + idle); LEV2(c) represents LEV2 without aftertreatment operating on high speed cycles; LEV2(d) represents LEV2 without aftertreatment operating on low speed cycles. We use an atmospheric OH level of 10 ng m^{-3} and oxidation of 24 h at an OH concentration of $1.5 \times 10^7 \text{ molecules cm}^{-3}$.

4. 结论

- 总VOC平均排放因子随排放标准的严格而下降, 但颗粒相VOCs下降幅度较小;
- 不同排放标准车辆的组分分布总体差异较小, 但高挥发性组分的占比随排放标准的严格而增加;
- 我国的排放标准对VOCs的管控能力不佳, 但逐步升级发动机和后处理技术, 加强对颗粒相污染物的去除, 将有利于VOCs的减排。

基金项目: 国家重点研发计划(No.2016YFC0202201)

联系方式: 王红丽: wangh@saes.sh.cn 袁自冰: zibing@scut.edu.cn

珠三角机动车尾气动态分析及其排放特征研究

段乐君¹, 袁自冰¹, 沙青娥¹, 袁斌¹, 王思行¹, 刘元向¹
¹华南理工大学环境与能源学院, 广东 广州, 510006
²暨南大学环境与气候研究院, 广东 广州, 511443

1. 研究背景

- 珠三角地区, SO₂/NO_x/PM呈下降趋势, 然而臭氧浓度的持续波动上升使得臭氧成为影响珠三角空气质量达标的主要污染物;
- 作为O₃重要的前体物, VOC排放控制成为缓解O₃污染的关键;
- 随着机动车保有量的持续增长, 道路源机动车排放成为VOCs主要的人为源;
- 常规的离线采样方法难以体现机动车动态排放特征。

2. 测试方法

- 对汽油车采用广东省地方标准《在用点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法》中的简易瞬态工况, 即ECE工况
- 本次测试基于车检站工况共收集机动车冷启动样本63个, 涵盖了汽油车、柴油车、大型客车、LPG等类型的车辆

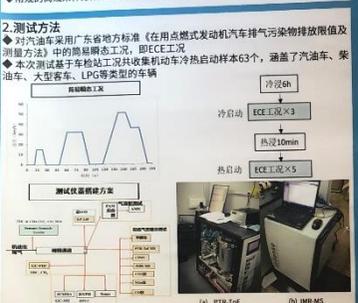


Figure 6. Fractional composition of emissions from gasoline vehicles (a) and diesel vehicles (b). PHEV, LEV1 and LEV2 are referenced from Zhao et al. 2016. LEV2(a) and LEV2(b) represents LEV2 with and without aftertreatment operated on UC cycles, respectively; LEV2(c) represents LEV2 without aftertreatment operated on creeping condition.

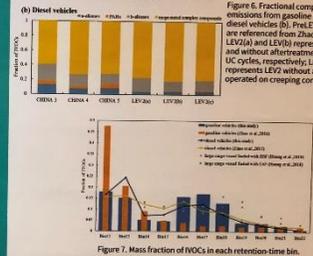


Figure 7. Mass fraction of VOCs in each retention time bin.

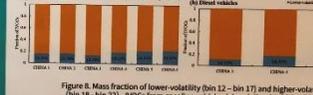
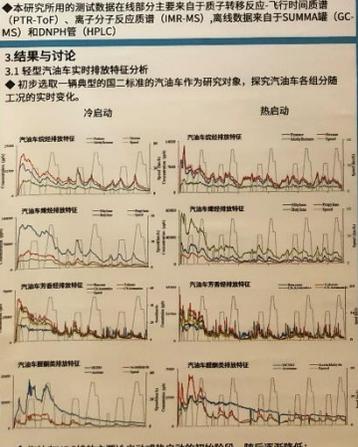


Figure 8. Mass fraction of lower-volatility (bin 12 - bin 17) and higher-volatility (bin 18 - bin 22) VOCs from gasoline vehicles (a) and diesel vehicles (b).

3. 结果与讨论

3.1 轻烃汽车实时排放特征分析

- 初步选取一辆典型的国二标准的汽油车作为研究对象, 探究汽油车各组分随工况的实时变化。



4. 结论

- 汽油车VOC排放主要冷启动或热启动的初始阶段, 随后逐渐降低;
- 汽油车各组分在冷启动时的排放浓度远高于热启动;
- 除甲烷外, 各组分随速度变化而发生波动, 在速度发生变化达到高速时出现峰值;
- 互为同系物的组分变化趋势不尽相同, 与支链烷烃 (甲基己烷) 相比, 直链烷烃的(支链烷烃)的变化趋势相似度更高。

基金项目: 国家重点研发计划(No.2016YFC0202201)

联系方式: zibing@scut.edu.cn

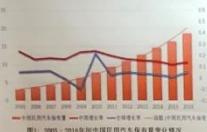


新能源汽车对中国空气质量潜在影响

高博群, 李响, 李书福, 董博瑞, 张茹涵, 于洋江
环境科学与工程学院, 南京信息工程大学, 南京, 210044, 中国



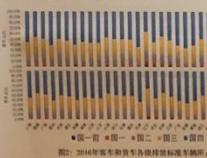
研究背景



现代化发展使得机动车越来越普及, 我国机动车保有量巨大。2011-2016年由20754.6万辆增加到27560.9万辆, 年增长率5.8%。机动车给我们生活带来便捷, 但污染问题也日益突出。据《2017机动车管理年报》可知, 2016年, 全国机动车排放一氧化碳3419.3万吨, 碳氢化合物422.0万吨, 氮氧化物577.8万吨, 颗粒物53.4万吨。所以具有“零”排放、高效率等优势的新能源汽车受到广泛关注。

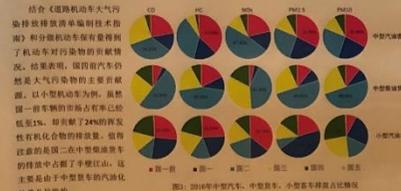
本研究基于生态环境部《机动车排放清单编制指南》和REET模型, 估算了我国机动车和电力部门排放特征, 并进一步结合WRF-Chem模型, 研究新能源汽车对我国空气质量的影响。

分级机动车占比情况



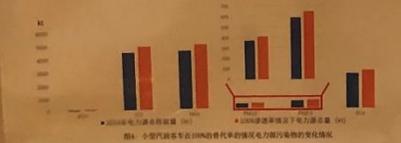
在统计年鉴和车辆存量的基础上, 本研究推导出了各等级客车和客车的占比情况, 结果显示在各地大多存在“除了江苏和浙江”, 国四汽车的保有量都是最高的。在近年来汽车增长较快的城市(例如: 安徽、贵州)以及空气管制措施较早实施的城市(例如: 北京、上海), 国四汽车的保有量都突破了50%。但在一些增速较慢的城市, 国四汽车依旧占据主导地位。

污染物构成



GREET MODEL用于计算电厂排放量

GREET MODEL是由阿拉巴马州国家实验室开发的机动车全周期排放模型 (WV, Well to Wheel), 其由WV (Well-to-Pump)和Pump-to-Wheel两部分组成。这使其相较于普通的机动车排放模型, 不仅可以计算得到普通车辆使用过程中产生的排放因子, 同时还可以结合区域能源结构获得新能源汽车排放因子, 对排放流程和参数的可编辑性是GREET MODEL的另一个巨大的优势。但是, 本模型结合文献和政策内容对排放因子进行本地化。图4展示了在小汽车比100%电动化的情况下, 电力部门的污染物增长主要是在CO和PM2.5上。值得一提的是, 随着电动汽车的普及, SO2以及NOx的污染增量相较于前几年发布的数据产生了明显的下降趋势。



基于路网加权法和人口密度空间分布

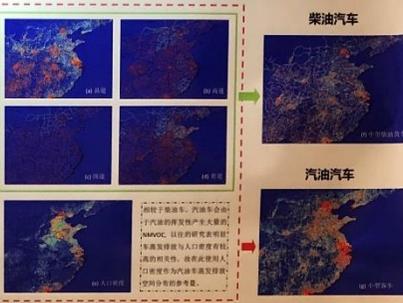


图3: a, b, c, d分别对应的是中型燃油客车的ICP密度、高速公路、管理上的高速公路和国四汽车期间的产生的NMHC基于人口密度空间分布; e, f, g, h对应的中型燃油货车和小型客货车于高速公路期间产生的2016年12月排放量。

环境修正因子

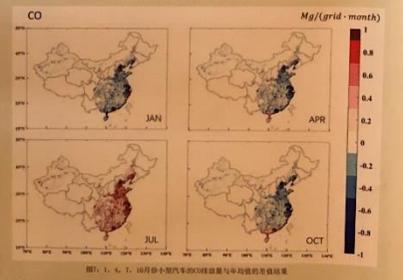
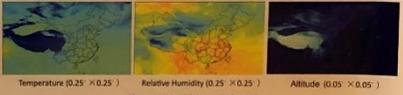


图7: 1, 4, 7, 10月为小汽车排放因子与平均温度乘积

结论与未来展望

本研究基于生态环境部《机动车排放清单编制指南》和REET模型估算我国机动车和电力部门排放特征, 并评估电动汽车投入使用对于污染物排放的影响。结果表明, 在电动汽车全面替代燃油汽车的情况下, 交通部门引起PM10(VOC)的下降, 但电力部门CO和PM2.5的排放增加了。本研究进一步在REET MODEL的基础上实现修正因子的本地化, 同时针对2030年的汽车总量进行预测, 并预测中型货车以及重型货车和客车, 并应用WRF-Chem模型, 分析未来机动车数量和结构变化对空气质量的影响。



珠三角地区非道路工程机械VOC排放特征

王日超, 袁寒冰, 郑君瑜, 李成, 谢岩, 于凯阳
1.华南理工大学环境与能源学院, 广州 510606
510632

Contact
zibing@scut.edu.cn
736935891@qq.com

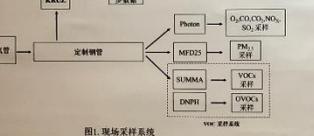
研究背景

随着我国近年来在排放源减排措施不断加强的情况下, 我国污染排放的主要来源如电厂、工业源、机动车排放源减排潜力逐渐下降, 现阶段非道路源已经成为一个非常重要的污染源, 而且具有很大的减排潜力。

虽然人们越来越认识到非道路源已成为影响空气质量的重要污染源, 在中国和发达国家建立了工程机械的排放清单, 但对于工程机械的VOC排放特征及其源成分的相关研究相比机动车而言要少得多, 在非道路源减排有显著影响和减排标准越来越严格的情况下, 且VOC作为O3生成的主要前体物备受关注, 非道路源VOC排放特征尤为重要。

相比目前较为成熟机动车测试体系而言, 我国非道路源VOC排放特征的研究还处于起步阶段, 首先, 测试的对象覆盖面不够广泛, 对于工程机械的研究较少, 主要原因是非道路源的测试条件相比机动车更复杂, 测试难度大。其次, 针对VOC的组分研究较少, 一般只测了HC的排放因子, 而柴油发动机燃烧排放的尾气中也包括HC类化合物, 还有较多的OVOCs。

研究方法



测试对象:
• 本次测试在肇庆市的鼎湖区、高要区的施工工地中选取3辆压路机, 2辆平地机和1辆打桩机作为测试对象并分昼间和作业两个工况进行现场排放测试
现场采样系统(见图1):
• Photo 便携式红外烟气分析仪: 测量常规气体(CO₂、CO、SO₂、NO、NO₂、O₃)
• 便携式多功能颗粒物采样器(MFD25): PM₁₀
• SUMMA罐: 采样102种VOC物种, 样品分析采用气相色谱-质谱联用(GC-MS)定性、定量检测3-C12的卤代类有机物
• DNPH管: 采样18种OVOC物种, 分析过程依据《环境空气醛类化合物的测定高效液相色谱法》(HJ683-2014)进行

工程机械在不同工况下的排放特征差异



图3: 三种工程机械的各组质量浓度

• 压路机主要VOC组分是醛酮类(55.69%)和烯烃(27.62%), 平地机主要VOC组分是醛酮类(67%)和烯烃(20%), 两种机械各种类的VOC作业工况比昼间高
• 压路机和平地机总排放量在3.72~5.58 mg/m³之间, 且这两种机械的主要组分都是醛、酮和丙酮, 原因是两者功能结构较为类似, 且测试选取的几辆压路机和平地机的测试工况和位置都比较接近

• 打桩机主要VOC组分是醛酮类(69.67%)和烯烃(14.62%), 相比压路机和打桩机昼间和作业工况排放量差异较小的情况, 打桩机作业工况下的排放量质量浓度是昼间的1.21倍

• 三种工程机械各组排放比大小一般为: 醛类(芳醇类) < 烯烃 < 醛酮类

工程机械不同工况对VOC排放影响

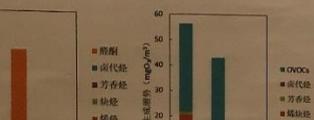


图4: 三种工程机械的各组质量浓度

• 从国一到国二标准, VOC的排放特征相似且略有下降, 其中国二与国一相比总质量浓度下降了21.9%, VOC占比比较大的醛酮类和烯烃物质分别下降了15.5%和28.7%, 而国二相比国一VOC的总质量浓度出现了较大幅度的下降(84.0%) (见图4)

• 用VOCs最大反应增量(MIR)值 (Carter et al., 2008) 计算的臭氧生成潜势(OPP), 主要为OVOC和烯烃类物质, 如图5所示
• 由于OVOC的排放量较大, 且主要物质如甲醛、乙醛等物质的MIR值较高, 因此OVOC仍然是生成及影响最大的物种, 烯烃的OPP比质量分数占比稍微低, 主要是因为烯烃、芳醇类等物质生成臭氧的能力较弱, 国二车辆OPP比国一下降了74%, 与质量浓度的下降趋势类似。

结论: 工程机械排放的VOC中平均总排放量VOC的90%以上, 其次是烯烃, 工况的变化对各组VOC的质量百分比影响不大, 压路机、平地机和打桩机作业时的VOC总排放量比昼间高0.99、1.07和1.21倍, 随着排放标准越来越严格, 工程机械总排放量出现了较大幅度的下降, 尤其在国二阶段, 说明严格的排放对于非道路源的减排效果明显, 国家重点研发计划(CNo. 2016YFC020220)



Analysis of air pollutant dispersion and airflow characteristics in WRF-CMAQ model

Hsin-Chih Lai¹, Min-Chuan Hsiao^{2,3}, Mei-Chi Lin², Ming-Hui Hu², Ying-Jih Jhou², Ken-Hung Chen²

1. Department of Green Energy and Environmental Resources, Chang Jung Christian University, Tainan, Taiwan
2. Environmental Research and Information Center, Chang Jung Christian University, Tainan, Taiwan
3. Institute of Environmental Engineering and Management, National Taipei University of Technology, Taipei, Taiwan

Motivations

- Meteorological and geographic conditions play important roles in the occurrence of air pollution. This is especially true in island countries like Taiwan, where the weather plays a key role in determining air quality.
- Interaction between Taiwan terrain and atmosphere is preventing effective regulation of smog and air pollution. High PM_{2.5} concentration events have been occurring at higher frequency in Taiwan, especially during southeastern winds, high pressure reflux winds and high pressure offshore winds.

Methods

The input data was using Taiwan Emission Data System (TEDS v9.0) from the year 2013, this study uses the Weather Research and Forecasting (WRF) Model and Community Multiscale Air Quality Modeling System(CMAQ) to analyze the correlation of terrain and the PM_{2.5} concentration. Based a composite analysis, lee-side vortices occurred at the atmospheric boundary layer on a large proportion of the air pollution event days.

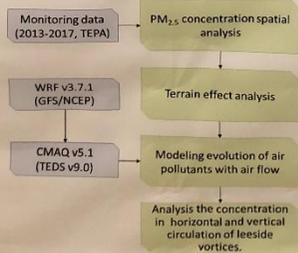


Figure 1. Research framework

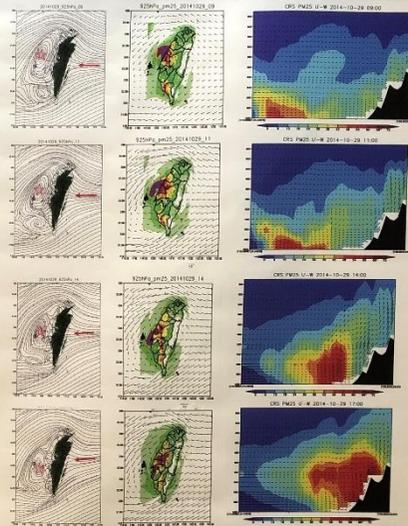


Figure 2. PM_{2.5} Concentration of lee-side vortices in vertical and horizontal cross section

Conclusion

In this study, the influence of atmospheric environmental airflows on air pollution events of Taiwan and the characteristics of these airflows were studied using radiosonde data and a multitude of meteorological model and air quality model simulations. The results of this study provide new analysis for air quality and demonstrate how air pollution events, meteorological factors, and pollutant accumulation zones are linked to each other in Taiwan.

Acknowledgements

This work was supported by Taiwan Environmental Protection Administration, (EPA-106-FALL-03-A277).

墙报交流区



基于WRF/CMAQ-ISAM模式的长三角区域臭氧来源解析的模拟研究



张逸博¹, 俞绍才¹, 李鹏飞², 陈雪¹, 王利强¹, 李臻¹, 李梦莹¹

(浙江大学环境与资源学院及空气污染与健康研究中心 杭州 310058)

(河北农业大学理工学院 保定 071000)

1. 研究背景

我国长三角地区是亚洲人口最密集、经济最发达、工业企业最集中的区域之一，工业的发展带来NO_x和VOCs等大气污染物浓度不断增加，造成长三角地区大气污染变得越来越大。尽管近些年随着一系列大气污染防治政策的有效推行，长三角PM_{2.5}污染问题已经有所缓解，但臭氧问题依然严峻，且呈现逐渐取代PM_{2.5}成为大气污染首要污染物的趋势。准确量化长三角臭氧区域来源贡献可为精准理解长三角区域臭氧问题，并制定有效臭氧管控策略，改善该地区臭氧污染问题提供科学依据。

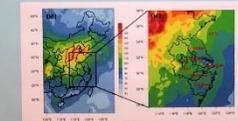


图1 研究模拟区域与标记源区设置及臭氧平均浓度空间分布图

3. 结果与讨论

利用长三角地区重点城市(杭州、合肥、南京、上海)臭氧浓度监测值对模式模拟效果进行评估，时间序列对比如图2所示。

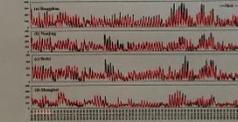


图2 长三角地区重点城市臭氧浓度模式模拟值与监测值小时时间序列对比

模式可以较好地模拟出臭氧浓度的变化趋势，模拟误差范围均在可接受范围内，适用于本模拟研究。

长三角地区研究时段内臭氧平均浓度的空间分布情况见图1。长三角臭氧高浓度出现在合肥、江苏北部、南京、以及三省交界处。

本研究统计计算了受体城市(杭州、南京、合肥、上海)在臭氧超标日受各源区的臭氧相对贡献，发现受体城市在下午14:00-15:00出现臭氧浓度峰值，且本地贡献在该时段最高(图3)。

对臭氧不同浓度水平下，各源区对受体城市臭氧浓度的贡献进行统计

结果显示，随着臭氧浓度的升高，受体城市的本地贡献明显增加，边界层贡献明显降低(图4)。

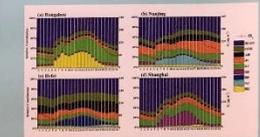


图3 臭氧超标日各源区对长三角重点城市臭氧相对贡献及臭氧浓度的小时分布

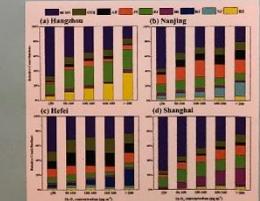


图4 臭氧不同浓度水平下长三角地区重点城市臭氧来源贡献

4. 总结

本研究的模拟结果显示长三角重点城市本地排放对本地臭氧浓度的贡献在臭氧浓度尖峰时刻最高，且本地贡献随着臭氧浓度水平的升高而增加在高浓度水平下，本地贡献可达19.4%-37.0%，表明对长三角臭氧污染问题进行本地污染源管控的必要性。

基金项目

国家自然科学基金(No.2016YFC0202702, 2018YFC0213506, 2018YFC0213503)、国家空气污染防治关键问题研究计划(No. DQGG0107)、国家自然科学基金(No.21577126, 41561144004)。

WRF-Chem模式边界层方案对中国北方沿海地区冬季雾霾形成过程直理化结构特征的影响分析

杨健博¹, 韩素芹², 刘敬乐¹, 唐颖潇², 杨旭²

1. 天津市气象科学研究所, 天津; 2. 天津市环境气象中心, 天津



摘要 边界层内部的湍流运动对地表与自由大气之间的物质、能量交换过程起着至关重要的作用, 其内部的垂直混合在很大程度上决定了污染物的地面浓度及其垂直分布特征。边界层参数化方案是数值天气和空气质量模型的重要组成部分, 也是制约模型性能进一步提高的关键问题之一。现阶段关于不同边界层方案对污染物浓度在边界层内垂直分布模式性能影响的认识以及各边界层方案针对不同地区空气质量模拟的优势及适用性方面的研究还非常缺乏。本文选取2017年12月我国北方沿海城市天津一次重污染过程, 借助探空气球、255m铁塔、云高仪等多种大气垂直探测手段, 综合分析评估WRF-Chem模式5种常用边界层方案(YSU、MYJ、MKN、ACM2、BouLac)对重污染期间气象、湍流及大气成分垂直分布的数值模拟能力及相对适用性特征。结果表明, 模拟结果可以较好地反映边界层高度的日变化特征以及白天湍流活动旺盛时的边界层高度。但对于夜间边界层高度存在明显的低估, 其中, MYJ方案对于重污染期间边界层高度的模拟性能优于其它4种边界层方案。模式可以较好地反映出逆温层结构, 但普遍低估了逆温层的高度和逆温强度, 并高估了近地层空气中的水汽含量, 从而导致了逆温层内PM_{2.5}浓度垂直分布的高估。从不同边界层方案模拟性能的综合分析结果可以看出, MYJ方案对于污染发展和持续阶段气温、相对湿度及PM_{2.5}浓度垂直直线的模拟结果均优于其它方案, 但对于风速的模拟还存在一定的不确定性。

观测仪器介绍

为了更直观且充分的评估不同边界层方案的模拟性能, 本文采用了多种观测数据, 包括地面气象和环境观测站实时观测数据, 天津255m气象塔(39° 04' N, 117° 12' E)探空观测, 以及(39° 10' N, 117° 48' E)外场探空试验获取的气象及PM_{2.5}垂直数据, 以及云高仪大气后的散射系数观测数据。



结果分析和讨论

2017年12月天津地区经历了一次严重的雾霾天气过程, 如图1所示, 本次雾霾过程可以划分为三个阶段: (1) 发展阶段: 12月27日09时-29日02时, PM_{2.5}浓度由前期清洁时段的约150μg/m³迅速升高至150-200 μg/m³; (2) 维持阶段: 12月29日02时-30日16时, PM_{2.5}浓度维持在200-250 μg/m³的较高水平; (3) 消散阶段: 12月30日16时-31日03时, PM_{2.5}浓度下降至50 μg/m³。

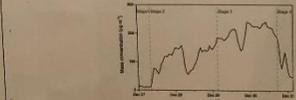


图1 2017年12月一次雾霾重污染过程中PM_{2.5}浓度随时间变化序列及污染过程不同阶段的划分

为了检验不同边界层方案对地面气象的模拟效果, 图2给出了2017年12月27日00时至31日00时天津气象站气温、相对湿度、风速的地面观测资料, 并将其与5种不同边界层方案的模拟结果进行对比。分析结果表明, 不同边界层方案模拟得到的气温日变化趋势较为一致, 与观测结果基本吻合。但不同边界层方案的模拟结果普遍明显的低估了气温日较差的幅度, 例如31日夜间, 气温模拟结果均出现了不同程度的低估(-2~5℃), 只气温日较差以较为真实的反映夜间气温的低值。相对湿度方面, 不同边界层方案基本可以模拟出地面水汽含量随时间变化的趋势, 但模拟结果普遍低估了重污染过程期间空气中的水汽含量, 28日白天至30日夜间, 模拟结果多次出现观测和现象。较而言, MYJ方案对水汽的模拟性能优于其它4种方案。风速方面, 模拟结果可以较好的反映风速随时间的变化趋势, 但与观测结果相比, 不同方案模拟结果普遍偏高。近地面风速模拟结果的高估是现阶段数值天气预报领域普遍存在的问题, 导致这一情况的原因主要是目前常用的数值模式对于近地面湍流(尤其是近不同边界层方案对地面气象的模拟性能, 表1给出了不同边界层方案模拟值与观测值的统计检验结果。从表1中可以看出, MYJ方案对于近地面PM_{2.5}浓度的模拟性能整体优于其它4种边界层方案。

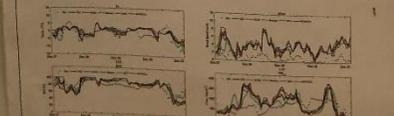


图2 冬季重污染期间地面(a)气温(b)相对湿度(c)风速(d)PM_{2.5}浓度的观测结果及其与5种边界层方案模拟结果的比较

表1 不同边界层方案对地面PM_{2.5}浓度模拟结果与观测结果对比的统计检验(红色代表各项指标最优方案)

	YSU	ACM2	BouLac	MYJ	MKN
ME	48.2	37.7	38.8	37.7	37.7
MAE	80.1	81.8	85.9	72.1	84.5
RMSE	84.7	99.6	99.3	81.6	88.9
R	0.40	0.35	0.31	0.45	0.38
IOA	0.35	0.34	0.25	0.45	0.38
FBCE	0.60	0.60	0.58	0.60	0.60

边界层高度决定了大气污染物可以达到的混合高度, 是影响大气污染物垂直扩散能力的关键指标之一。不同边界层方案对于边界层高度的判断标准各不相同, 图3(a)给出了不同方案模拟得到的边界层高度与云高反照和散度系数反演结果比较从图中可以看出, 模拟结果可以较好的反映边界层高度的日变化特征以及白天湍流活动旺盛时的边界层高度, 但对于夜间边界层高度的模拟则存在明显的低估。从统计结果来看, MYJ方案对于边界层高度的模拟性能同样优于其它4种边界层方案。

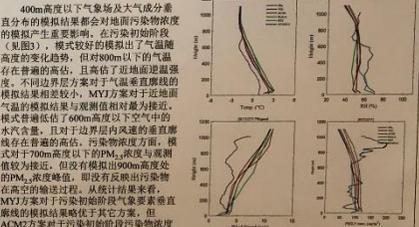


图3 污染初始阶段不同方案模拟的常规气象要素和PM_{2.5}浓度垂直直线的模拟结果与观测结果的比较

400m高度以下气象场及大气成分垂直分布的模拟结果都会对地面污染物浓度的模拟产生重要影响。在污染初始阶段(见图3), 模式较好的模拟出了气温随高度的变化趋势, 但800m以下的气温存在普遍的高估, 且高估了逆温层强度。不同边界层方案对于气温垂直直线的模拟结果相差较大, MYJ方案对于近地面气温的模拟结果与观测值相对最为接近。模式普遍低估了600m高度以下空气中的水汽含量, 且对于边界层内逆温层的模拟存在普遍的高估。污染物浓度方面, 模式对于700m高度以下的PM_{2.5}浓度与观测值较为接近, 但没有模拟出900m高度处的PM_{2.5}浓度峰值, 即没有反映出污染物在高空的输送过程。从统计结果来看, MYJ方案对于污染初始阶段气象要素垂直直线的模拟结果略优于其它方案, 但ACM2方案对于污染初始阶段气象要素垂直分布特征的模拟效果更佳。

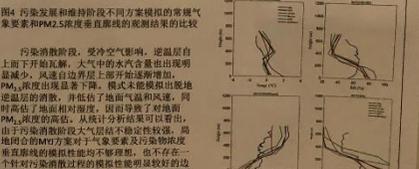


图4 污染发展和维持阶段不同方案模拟的常规气象要素和PM_{2.5}浓度垂直直线的模拟结果与观测结果的比较

污染消散阶段, 受冷空气影响, 逆温层自下而上开始瓦解, 大气中的水汽含量也出现明显减少。从不同边界层方案模拟结果来看, PM_{2.5}浓度出现显著下降, 模式未能模拟出逆温层的消散, 并低估了地面气温和风速, 同样也导致了逆温层内PM_{2.5}浓度的高估。从不同边界层方案模拟性能的综合分析结果可以看出, 由于污染消散阶段大气层结不稳定性较强, 局地性的冷空气对于气温垂直分布和污染物垂直直线的模拟性能均不够理想, 也不存在一个针对污染消散过程的模拟性能较好的边界层方案。ACM2方案BouLac方案对气象场的模拟结果较好。

结论

本文借助255m气象塔、探空气球、云高仪等多种大气垂直探测技术综合评估了WRF-Chem模式5种常用边界层方案(YSU、MYJ、MKN、ACM2、BouLac)对重污染期间气象、湍流及大气成分垂直分布的数值模拟能力及相对适用性特征。结果表明, 大气湍流是重污染期间大气污染物混合、扩散能力的重要因素, 重污染过程期间湍流动能与污染物浓度呈明显的正相关关系。5种边界层方案中, MYJ方案对于污染前期及污染发展和持续阶段气温、相对湿度及PM_{2.5}浓度垂直直线的模拟效果普遍优于其它方案, 但MYJ方案对于风速的模拟存在较大的不确定性, 迫切需要进一步的改进优化研究。对于污染消散阶段, 由于大气层结不稳定性较强, MYJ方案的模拟结果出现了比较明显的差异, 这也反映了局地性冷空气对于不同边界层方案对于不同边界层高度下的模拟能力影响较大。ACM2方案对于污染消散阶段的模拟性能相对较好。



第25届中国大气环境科学与技术大会
中国环境科学学会大气环境分会2019年学术年会

墙报交流区



中国环境科学研究院
Chinese Research Academy of Environmental Sciences

"2+26"城市基于散煤削减的空气质量数值模拟

中国环科院学生 徐双喜

背景简介

"2+26"城市"十四五"及中长期PM_{2.5}污染控制目标下, "2+26"城市PM_{2.5}平均浓度下降时间表, 以2020年(58μg/m³)、2025年(48μg/m³)年为设计情景。为实现上述目标, "2+26"城市主要大气污染物排放量需进一步大幅削减。

CONTENTS

目的

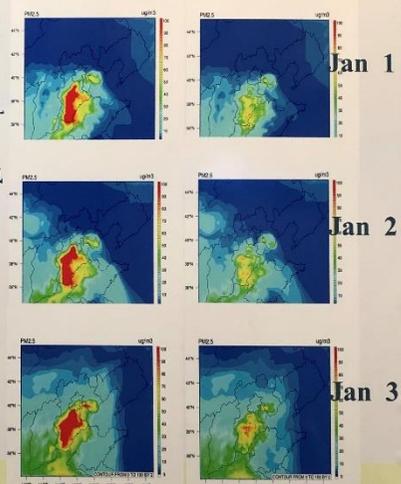
随着燃煤治理初见成效, 本研究以散煤减量和"双替代"治理未来的进一步实施, 评估空气质量改善效果

方法

利用区域空气质量耦合模型WRF-CAMx, 气象场采用NECP FNL再分析资料, 输入源清单采用中国环科院大气所固定源室对"2+26"城市卫星遥感平房解释的结果来模拟"2+26"城市县级以上单位建成区的民用散煤完全削减后的情景。

结论

"2+26"城市区域空气质量明显改善, 日均平均浓度高值从约100 μg/m³下降为70 μg/m³



左列是2019年1月1-3日现状排放, 对比右列是"2+26"城市县级以上单位建成区散煤完全削减后情景模拟

空气质量模型技术路线





长三角地区减排管控措施对空气质量的影响

王利强¹, 李鹏飞^{1,2*}, 俞绍才^{1,3*}, Khalid Mehmood¹, 吴育杰¹, 陈雪¹, 李臻¹, 张逸博¹, 李梦莹¹, 刘维屏¹

¹浙江大学环境与资源学院 杭州 310058; ²河北农业大学理工学院 保定 071000; ³加州理工学院化学与化工系 Pasadena, CA91125, USA

1. 研究背景

近年来,为了持续改善空气质量,我国政府采取了一系列十分严格的大气污染物排放管控措施,包括长期管控措施以及临时紧急管控措施。采取这些管控措施的目的是为了能够在一定程度上降低PM_{2.5}的浓度并影响PM_{2.5}的时空分布^[1-3]。

然而,长期管控措施对我国长三角地区空气质量的改善效果以及通过大气污染物管控措施对我国长三角地区空气质量的改善潜力尚不明确。

2. 方法

本研究采用数据同化算法对双向耦合的WRF-CMAQ模型结果进行约束。对不同情景下的模拟结果进行分析(表1),从而研究我国长三角地区在2016-2019年期间长期管控措施下空气质量的改善情况。同时,利用2016年杭州G20峰会期间长三角地区最大程度减排的条件对长三角地区大气污染物管控措施对改善空气质量的潜力进行探讨。

情景	模拟结果	计算
Case1	Cons 2016	A=Case2-Case1
Case2	Cons 2019	B=Case4-Case3
Case3	Uncons 2016	C=A-B
Case4	Uncons 2019	
Case5	Cons G20	D=Case6-Case5
Case6	Uncons G20	E=Case8-Case7
Case7	Cons pre-G20	F=D-E
Case8	Uncons pre-G20	

A表示2016-2019年长三角地区管控措施和气象条件共同作用下空气质量改善情况,B表示2016-2019年长三角地区气象条件下空气质量改善情况,C表示管控措施导致的空气质量改善情况,D表示紧急管控措施下空气质量改善情况,其中包含了基础排放的不确定性,E表示基础排放的不确定性,F表示紧急管控措施下导致的空气质量改善情况。

3. 结果与讨论

通过数据同化算法约束数值模型的模拟结果,我们发现在管控措施以及气象条件的共同作用下,2019年的空气质量相对于2016年得到了一定的改善(图1a),这种现象主要集中在城市地区(如上海、杭州以及南京);气象条件对空气质量的影响不可忽视,如图1b所示,在研究时段内,气象条件对所研究区域的空气质量改善起负作用;图1c显示管控措施对研究区域空气质量的影响,结果表明,管控措施对于改善研究区域的空气质量的作用较大,特别是在城市地区,并且改善情况逐渐向外减弱。

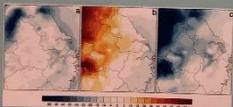


图1 长期管控措施导致长三角地区空气质量改善空间分布图

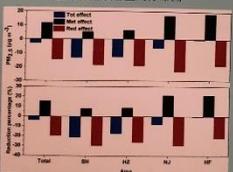


图2 长期管控措施导致长三角地区空气质量改善统计柱状图

从图2可以看出,剔除气象条件对长三角地区空气质量的影响后,管控措施导致整个长三角地区的PM_{2.5}浓度下降了约20%,其中主要城市(上海、杭州、南京和合肥)的PM_{2.5}浓度均有所下降,分别约为25%、23%、25%和20%。

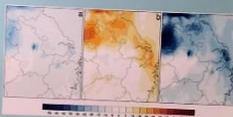


图3 紧急管控措施导致长三角地区空气质量改善空间分布图

通过对比约束后的模拟结果和未约束的模拟结果,可以得到紧急管控措施下长三角地区空气质量的改善情况(图3a),通过剔除基础排放的不确定性(图3b),可以得到紧急管控措施所导致的空气质量改善情况(图3c)。

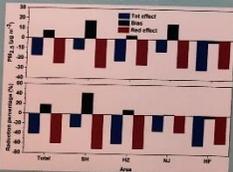


图4 紧急管控措施导致长三角地区空气质量改善空间分布图

从图4可以看出,剔除基础排放的不确定性后,紧急管控措施使得长三角地区总体PM_{2.5}浓度下降约60%,其中主要城市(上海、杭州、南京和合肥)的PM_{2.5}浓度分别下降约69%、65%、30%和60%。

参考文献

- [1] Qiang Zhang, Kebin He, Hong Huo. Policy: Cleaning China's air[J]. Nature, 2012, 484(7393):161-162.
- [2] Fu H., Chen J. Formation, features and controlling strategies of severe haze-fog pollutants in China[J]. Science of the Total Environment, 2016,50048969716323920.
- [3] An, Z., Huang, R.-J., Zhang, R., Tie, X., Li, G., Cao, J., Zhou, W., Shi, Z., Han, Y., Gu, Z., et al. Severe haze in Northern China: A synergy of Anthropogenic Emissions and Atmospheric Processes. Proc Natl Acad Sci 2019, 116 (18), 8657-8666.

基金项目: 国家自然科学基金(No.21571126, No. 4150144004), 科技部重点专项(No. 2016YFC0202702)。



淄博市道路扬尘载带PM_{2.5}金属元素污染特征

郭清源¹, 白彦才¹, 赵吉德¹, 余浩¹, 王静¹, 王晓丽^{2*}

¹ 中国环境科学研究院环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012

² 天津理工大学环境科学与安全工程学院, 天津 300384



研究背景

扬尘是城市PM_{2.5}的主要来源之一,其中道路扬尘是城市扬尘的重要组成部分,占比可达到50%。淄博市位于山东省中部,作为毗邻京津冀地区的重污染型工业城市之一,淄博市大气污染严重,其中道路扬尘是淄博市环境空气PM_{2.5}的主要来源之一。

研究方法

本研究于2017年春季在淄博市八个区县(即张店区、临淄区、淄川区、沂源县、周村区、博山区、高青县和桓台县,共采集主干道、支干道、支路和快速车道路四种类型共54个样品,通过再悬浮系统,采集了道路扬尘中的PM_{2.5}部分,分析了样品载带的18种无机金属元素。

元素分析: 利用美国Agilent公司的Agilent 7500a型电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)和电感耦合等离子体光谱法(ICP-OES)测定样品元素含量

图1 淄博市采样区县分布图

结果与讨论

元素质量浓度特征表明,淄博市道路扬尘PM_{2.5}中地壳元素质量浓度最高,占道路扬尘PM_{2.5}的99.12%,而人为元素占比较小,仅为0.88%。其中,地壳元素中Ca质量浓度最高,占比为48.97%,其次为Al(29.03%)。淄博市的四种类型的道路中地壳元素质量浓度最高为Ca,最低为Na,人为元素的质量浓度为Zn最高, Mn次之, Mo和Cd最少。

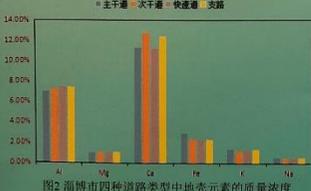


图2 淄博市四种道路类型中地壳元素的质量浓度

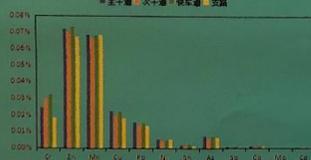


图3 淄博市四种道路类型中人为元素的质量浓度

淄博市道路扬尘PM_{2.5}中金属元素质量分数之和依次为次干道>主干道>支干道>支路,这主要与车流量、车辆类型、道路类型等因素有关。

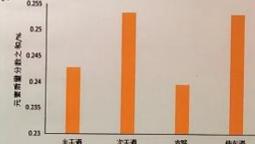


图4 不同道路类型PM_{2.5}中元素质量分数之和

分支系数法表明,张店与高青、周村、临淄与高青、周村、沂源与淄川、桓台、高青、周村、博山的分支系数略高于0.2,反映了本地排放对于道路尘的影响大于长距离传输;其余各个地区之间的分支系数都小于0.2,则表明这些地区道路尘化学成分相似。

表1 不同行政区划道路分支系数

地区	桓台	张店	临淄	淄川	沂源	高青	周村	博山
桓台	1	/	/	/	/	/	/	/
张店	0.103	1	/	/	/	/	/	/
临淄	0.130	0.064	1	/	/	/	/	/
淄川	0.148	0.154	0.158	1	/	/	/	/
沂源	0.241	0.189	0.177	0.238	1	/	/	/
高青	0.196	0.208	0.219	0.102	0.284	1	/	/
周村	0.185	0.200	0.212	0.102	0.286	0.067	1	/
博山	0.128	0.152	0.168	0.095	0.275	0.115	0.102	1

富集因子结果表明,淄博市总的道路扬尘PM_{2.5}部分中Cd、Zn富集因子数值最高,分别为16.75和10.24,表明这两种元素主要受人为影响。而Mn、Co、Mo、Al、Na、K富集因子小于或等于1,则表明这些元素主要来源于自然风沙影响。而其他元素富集因子在1到10之间,则表明其主要来自自然和人为的混合源。

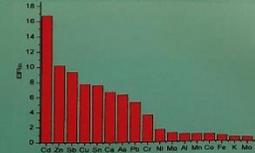


图5 金属元素富集因子值

结论

淄博市春季道路扬尘PM_{2.5}中地壳元素质量浓度较高,在四种类型的道路中次于金属元素质量分数之和最高,这与快速路空旷的周边环境及机动车道且高速行驶的行驶工况有关。分支系数法结果显示,地理位置的差异和地区发展的不同会造成道路扬尘化学成分的差异,反映了本地排放对道路扬尘的影响大于长距离传输。富集因子结果表明,淄博市总的道路扬尘PM_{2.5}部分中Cd、Zn富集因子数值最高,Cd来源于汽车尾气的排放,Zn来源于机动车车部件的磨损和轮胎的老化。

投稿编号: ACP-04-11

基金项目: DQGG0107-20

Email: 654931741@qq.com

墙报交流区



2012年夏季香港PM_{2.5}和碳质气溶胶的化学特征:台风造成的个案研究

马建强¹, 周扬¹, Stephen M. Griffith², 盛立芳¹, 邢建珍³
 (1)中国海洋大学海洋与大气学院, 山东 青岛266100; (2)香港科技大学化学系, 香港; (3)国立中央大学大气科学系, 台湾)

1. 研究现状:

香港地区在夏季时, 由于受西南季风控制, 盛行偏南风, 因此空气质量通常比较好, 但是频繁的台风活动会导致香港及其他沿海地区受到台风外围下沉气流的影响, 从而发生重污染事件。Lee等人^[1]发现在1994年至1999年香港夏季出现的全部空气污染事件都是由热带气旋出现在邻近地区, 导致香港地区天气形势发生变化而造成的。本文利用2012年夏季香港科技大学Super site站数据以及香港环保署提供的MARGA数据和PM_{2.5}的实时数据集, 探讨了2012年夏季台风过程对香港地区空气质量的影响。

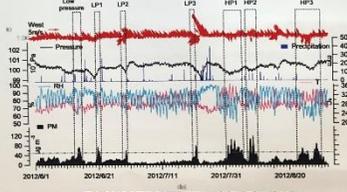


图1. 2012年夏季香港地区PM_{2.5}浓度及气象要素变化

2. 研究方法:

①污染事件的定义及分类: 以50μg m⁻³为PM_{2.5}阈值来判断是否发生空气污染事件(图1)。根据事件的持续时间将之分为两类: a. 低污染型(LP), 其特点是PM_{2.5}浓度较低(34.1±19μg m⁻³)台风带来的强风和大雨有利于气溶胶粒子的迅速清除。b. 高污染型(HP), PM_{2.5}浓度高(49.8±19μg m⁻³), 通常能持续两天或更长时间。从7月1日到14日, 选择了一个干净的比较过程, 无污染型(LP), 污染低, 没有强烈天气系统影响。

②气溶胶酸度的计算: 本文中气溶胶无机离子模型(E-AIM)-H被用来计算气溶胶酸度

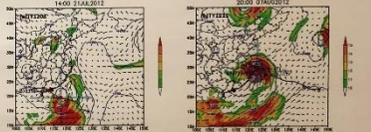


图2. 典型LP(例a)与典型HP(例b)的天气形势及台风路径比较。(蓝色曲线和黑色箭头分别代表1000hPa的位置高度(gpm)和风速(m/s); 台风路径以黑线表示; 850hPa大于10m/s的风速用颜色表示)

3. 结果与讨论:

①天气形势及台风路径: HP/LP的发生与台风的路径密切相关。

HP型台风(图2b)通常来自菲律宾海, 呈西北向移动(穿过东海和黄海), 然后在华东和华北登陆, 减弱并消亡。而LP型台风(图2a)通常在香港南部南部的海面上向西向移动, 移速快, 在香港西部登陆后减弱消亡。

②PM_{2.5}的化学组成变化: 在台风影响时(图3b,c), 有机物的OM比例明显增加。且台风个例中有较高的OC/EC比值(图4), 说明可能有更多的二次有机物的生成。

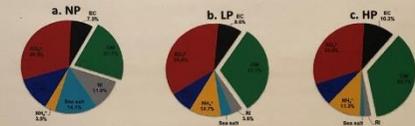


图3. NP(a), LP(b), HP(c)个例中PM_{2.5}的化学组成(热剩离子成分, 包括K⁺, Ca²⁺和Mg²⁺; 海盐: 1.45[Cl⁻][Na⁺])

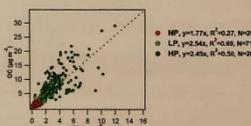


图4. OC/EC的相关分析

③SOC的形成: 利用EC-trace的方法计算SOC, OC/EC_{PM}取0.79。台风个例中SOC(3.9-8.0μg m⁻³)占比达到60%-69%OC, SOC可以通过光化学氧化和酸催化的液相反应生成(图5), 台风个例中SOC与O₃呈较强的正相关, 说明SOC的生成以光化学氧化为主。但在HP个例中发现高的液态水含量对应更高浓度的SOC, 说明液相反应对SOC也有一定贡献。

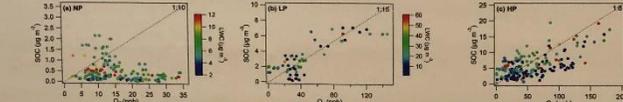


图5. NP(a), LP(b), HP(c)个例中SOC与O₃、液态水(LWC)相关分析

4. 结论:

研究表明, 不同路径的台风造成的空气污染也有不同特征, 但所有台风个例的PM_{2.5}中有机物含量都有更高占比(31%-36%)和更高的OC/EC值(NP:1.44, LP:2.54, HP:2.45)。因此本文讨论了台风个例中二次有机物的形成: SOC与O₃呈较强的正相关(R_{LP}=0.65, R_{HP}=0.51), 说明光化学氧化对台风个例中SOC的生成具有重要作用。除此之外, 在HP个例中发现SOC和液态水(LWC)在台风控制期间有正相关(R²=0.14), 说明酸催化的液相反应对SOC也有一定贡献。

[1] Lee Y C, Cabot G, Hills P, et al. Ozone episodes in urban Hong Kong 1994-1999[J]. Atmospheric Environment, 2002, 36(12):1857-1868.



综合源模型与数值模型的大气细颗粒物源解析方法及其在华北城市的应用

李鑫^{1,2}, 陈春榕², 张强²

¹北京工商大学 环境科学与工程系, 北京 100048
²清华大学 地球系统科学系, 北京 100084



摘要

在秋冬季风速小、边界层低、有逆温层出现的静稳大气条件下, 大范围、高浓度的PM_{2.5}将造成区域内大范围雾霾事件, 导致能见度下降, 严重影响居民的生产生活。科学界和管理者已经认识到, 人为排放高且不易造成中国PM_{2.5}污染的内在原因。颗粒物来源解析是制定大气污染防治策略的重要依据, 然而现有源解析方法在精度和准确度方面都不足以充分满足精细化管理需求。本研究的目的建立综合组分监测、数值模型和排放清单的大气细颗粒物来源解析方法, 以解决目前面临的源解析研究和实践中存在的问题。更深刻的探讨PM_{2.5}源和受体之间的关系。在已有数值模型基础上, 综合利用源追踪技术和网格化排放技术, 实现由区域到网格的精细来源追踪。在此基础上, 将数值模型溯源解析和受体源解析两种方法融合, 建立了一套综合源解析方法, 并将其应用于位于华北平原的邯郸中。本研究根据数值模型和受体模型两种源解析方法的原理差异和应用特点, 建立了面向综合观测与模拟的细颗粒物源解析方法的数据融合原则, 据此建立的PM_{2.5}环境浓度与本地排放源定量关系, 可为减排效果评估提供更可靠、可量化的依据。

综合源解析方法

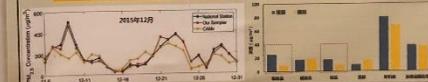


观测位置与模拟范围

> 模拟区域水平分辨率12km, 网格尺寸为75(行)×66(列), 覆盖京津冀及周边地区。
 > 四通通采样仪位于矿院站建筑楼顶(66.57 N, 114.50 E), 采样时间2015年12月6日至31日。

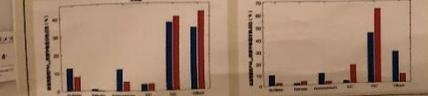
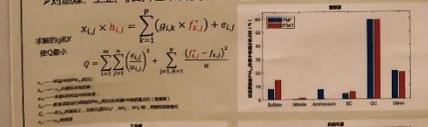


观测与模拟对比



二次颗粒物的模拟源信息

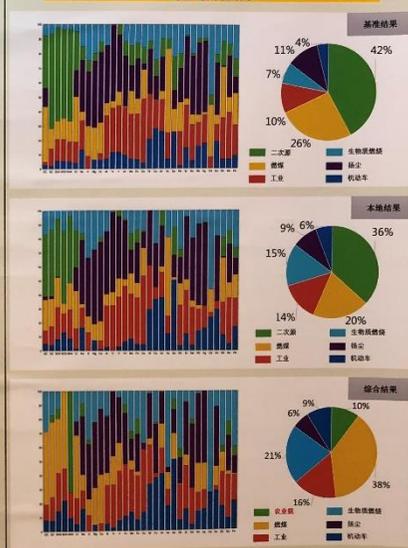
> PMF源谱: 反映采样点来源样品中的组分特征
 > 模拟源谱: 反映基于排放标识的受体模型中各源模拟组分特征
 > 对比煤、工业、机动车三个来源中的二次组分, 用模拟源谱替代PMF源谱。



源解析试验说明

试验	浓度输入	额外假设
基准	不区分区域贡献	1. "二次源"中只包含硫酸盐、硝酸盐、铵盐与有机颗粒物
本地	只含本地浓度	与基准试验相同
综合	只含本地浓度	在本地试验基础上: 1. 对燃煤、工业、机动车三个来源中的二次组分, 用模拟源谱替代PMF源谱; 2. "二次源"中只保留铵盐, 因而更名为农业氨源

综合源解析结果



结论和展望

● 根据数值模型和受体模型两种源解析方法的原理差异和应用特点, 确定数据融合原则、观测约束和一次来源特征依赖受体方法, 而区域贡献二次来源特征依赖数值方法, 建立了一套综合源解析方法。
 ● 综合源解析结果显示, 2015年12月, 邯郸市PM_{2.5}的本地贡献率为55%, 其他为外来传输, 主要是来自邢台、石家庄等河北其他城市的污染传输贡献。本地主要来源是燃煤(38%), 生物质燃烧(21%), 工业(16%), 农业(10%), 机动车(9%)和扬尘(6%)。相比受体源解析结果, 综合源解析除了能够溯源二次来源外, 还更合理的反映了各本地来源的贡献比例。
 ● 采用本研究结果时应当注意来自排放清单本身、气象模拟精度以及SOA模拟机制等方面的不确定性。

■ 感谢国家自然科学基金(91744100和21221004)与福特汽车公司URP项目的资助。
 ■ 参考文献
 Hu et al. (2014). Atmos. Chem. Phys., 14, 5415-5431.
 Jey et al. (2015). Geosci. Model Dev., 8, 2153-2165.
 Chen and Cao (2018). Environ. Sci. Technol., 52, 6357-6369.
 Li et al. (2018). Environ. Sci. Technol., 52, 14216-14227.



华北平原背景点的大气细颗粒物PM₁和PM_{2.5}中多环芳烃(PAHs)的对比研究

张艳, 杨凌霄, 高颖, 陈建民
 环境研究院, 山东大学, 青岛 266237

1. 研究背景

- 随着人口、车辆和工业活动的全面增加, 世界范围内多环芳烃(PAHs)的排放量也在不断增加, 多环芳烃的致癌和致突变的潜在风险会随着环数的增加而增加。高分子量的PAHs多存在于颗粒相中, 因此, 许多研究侧重于颗粒相中的多环芳烃对人体健康的不利影响。
- 相比于粗颗粒物, PAHs更易附着于PM_{2.5}和PM₁₀中, PM_{2.5}中的PAHs 90%存在于PM_{2.5}中。PAHs与颗粒直径小于1.0 μm的颗粒结合具有更高的致毒性。PAHs会随着PM_{2.5}进入人体, 会对呼吸系统和DNA造成危害。而PM_{2.5}比PM₁₀的比表面积更大更易吸附有毒物质, 体积更小, 更易在人体内传输, 从而造成更严重的威胁。
- 目前, 对于背景点中的总颗粒物、PM₁₀、PM_{2.5}中的PAHs有很多研究, 而对于PM₁中的PAHs研究较少。因此, 本文对泰山背景点的PM_{2.5}、PM₁中的PAHs进行了分析测定, 以研究其浓度水平、致癌风险、来源、及其传播轨迹。

2. 研究方法

- 采样地点: 泰山山顶
 (36.25° N, 117.10° E, 海拔: 1532.7 m)
- 采样器: 天虹中流量采样器(100L/min)
- 用直径88mm的石英膜收集PM_{2.5}和PM₁。



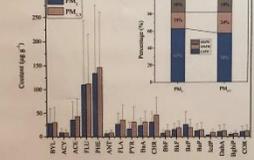
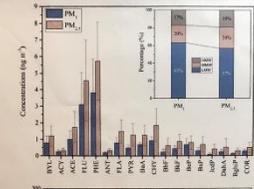
- 采样时间: 2014年10月3号-2014年10月11号, 分昼夜采样, 8:00 (am) ~7:30 (pm); 8:00 (pm) ~7:30 (am, 次日), 共计16个样品(10月4号因下雨, 没有采样), 每次11.5个小时。

分析方法

- 索氏提取: 将样品包在滤纸中用二氯甲烷提取6个小时, 得到提取液。
- 浓缩: 将提取液蒸发至1ml左右。
- 过柱子: 将样品通过柱子, 得到需要的洗脱液。
- 浓缩: 将洗脱液二次蒸发至1ml, 用正己烷洗涤10次。
- 重吹: 将洗脱液转至进样小瓶, 用高纯氮缓慢吹至1ml。
- 进样: 将浓缩好的样品在-4℃冷冻保存, 用GC/MS-MS测定。

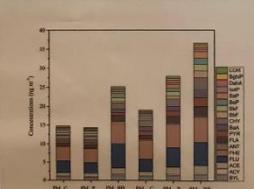
3. 研究结果

PM_{2.5}和PM₁中18种PAHs的浓度与含量。



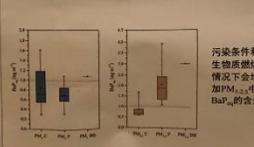
结论: PM₁中PAHs的质量浓度占到PM_{2.5}中的84.9%, 而体积浓度占比为59.2%, 因此, PAHs多存在于粒径小于1 μm的颗粒物中。

不同环境条件下PM_{2.5}和PM₁中PAHs的浓度(C:干净环境; P:污染环境; BB:生物质燃烧环境)



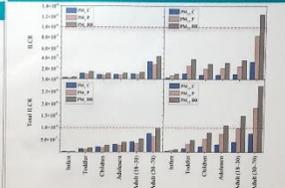
在生物质燃烧条件下测定的PM_{2.5}中的PAHs浓度显著高于清洁条件和污染环境下的。然而, 污染环境更有利于PM₁中的多环芳烃积累, 而且生物质燃烧是PM_{2.5}中多环芳烃的主要来源。

PM_{2.5}和PM₁中苯并[a]芘(BaP)的浓度



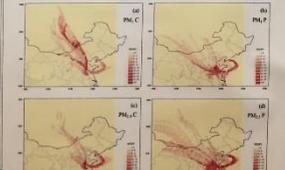
污染条件和生物质燃烧情况下会增加PM_{2.5}中BaP的含量。

终生致癌风险(ILCR)的增长和特定年龄组的总风险。



结论: PM₁的ILCR和总风险大约是PM_{2.5}的两倍; 与清洁和污染环境条件下相比, 生物质燃烧条件下的ILCR和总风险最高。

不同天气情况下远距离传输对大气PM_{2.5}中NPAHs和OPAHs的影响



结论: 在清洁条件下, 来自内蒙古、山西、河北省的OPAHs的长距离运输是一个主要的潜在来源(图(a)), 而污染条件下PM_{2.5}中的多环芳烃和清洁条件下PM_{2.5}中的多环芳烃的来源区域分别为鲁南和黄海(图(b)(c))。

4. 研究结论

- 2014年秋季, 在华北平原的泰山监测了与PM₁₀和PM_{2.5}中的多环芳烃浓度。PM₁₀和PM_{2.5}中多环芳烃总浓度分别为5.99 ~ 28.8 ng/m³和8.81 ~ 36.6 ng/m³, 均值分别为14.5 ng/m³和24.5 ng/m³, 其中, 三环的多环芳烃占比最大。
- 与清洁环境和污染环境相比, 生物质燃烧环境下的总PAHs和BaP浓度最高, 当人们吸入PM_{2.5}中的多环芳烃时, 其总累积风险被认为可接受的, 而当成年人(30-70岁)吸入PM₁中的多环芳烃时, 潜在的致癌风险增高。
- 据降解比分析, 高湿环境、木材和生物质燃烧和交通排放基主要的多环芳烃来源。在清洁条件下, PM₁中多环芳烃主要来自柴油燃烧, 而PM_{2.5}中多环芳烃主要来自木材燃烧。
- 浓度加权轨迹(CWT)模型表明, 山东省和黄海是污染条件下PM₁₀和PM_{2.5}中多环芳烃的潜在来源区域。在清洁条件下, 来自中国西北地区的PAHs长距离运输是一个主要的潜在来源。与清洁条件相比, 在污染条件下PAHs更多受到鲁南地区的远程传输影响。

致谢

本研究由国家重点研发计划支持项目(NO.2016YFC0200501)和国家自然科学基金(NS.20157079)所支持。

If any question or interest, welcome to contact to Lingsiao Yang (yanglingsiao@sdu.edu.cn).

青岛大气PM₁₀和PM_{2.5}的化学组成分析

张艳, 杨凌霄, 别淑君, 虞雄, 王鹏程
 环境研究院, 山东大学, 青岛 266237

研究背景

- 青岛地处山东半岛南部, 东南濒临黄海, 全市海域面积约1.22万平方公里, 是亚洲大陆气溶胶向北太平洋传输的重要通道, 且沿海地区气溶胶的来源、输送、转化和沉降有其自身的特点。
- 青岛受季风和海洋的影响, 夏季具有明显的海洋性气候特点, 冬季表现出了大陆性气候的特点。青岛受大海环抱的直接影响, 具有明显的海陆风特点, 白天风从海上吹来, 夜间风从陆地吹来。
- 青岛大气PM_{2.5}的研究较少, 但是超细颗粒物是形成雾霾和影响人体健康的主要污染物。

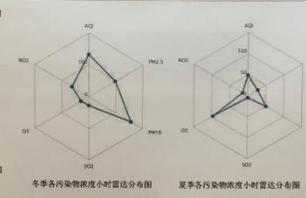
采用方法

- 采样器: 天虹中流量采样器(100L/min)
- 采样时间:
 - 冬季: 2019/1/6至2019/1/20
 - 夏季: 2019/7/4至2019/7/26
- 分昼夜采样(白天8:00 am至7:30 pm, 夜间8:00 pm至次日07:30 am)
- 分析内容: 气象因素、常见污染物浓度、水溶性离子



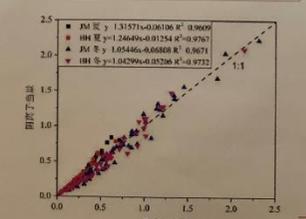
研究结果

常规污染物浓度的季节变化



结论: 与冬季相比, 夏季监测期间空气质量为优良的天数占比由42.2%增加至98.3%, PM₁₀浓度降低了2.1倍, CO浓度降低了2.2倍, PM_{2.5}浓度降低了6.6倍, NO₂浓度降低了3.4倍, SO₂浓度降低了4.7倍, O₃浓度升高了2.4倍。

离子酸碱平衡



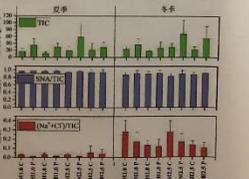
- 结论:
 - 夏季滨海公园和即墨市区中阴离子平衡斜率>1, 表明夏季气溶胶总体偏酸性。滨海公园和即墨市区中阴离子平衡斜率>1, 而冬季则基本达到平衡。
 - 冬季大气中8种水溶性无机离子浓度高于夏季的; 而在PM₁₀中离子浓度之和与PM_{2.5}中离子浓度之和, 则是夏季高于冬季, 即墨市区高于滨海公园; 且NO₃⁻, NH₄⁺和SO₄²⁻是主要的离子组别, 占总离子的87.7%至96.6%。
 - 污染天气下的总水溶性无机离子浓度高于清洁天气; SNA(硫酸根、硝酸根、铵根离子)对总水溶性离子的贡献值在清洁天气和污染天气无明显差异, 海盐离子(氯离子和钠离子)对总水溶性离子的贡献值在清洁天气高于污染天气。

离子浓度 (μg/m³)

离子	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}
Na ⁺	1.16	0.28	0.17	0.11	0.08	0.05
Cl ⁻	1.46	0.44	0.23	0.14	0.10	0.07
Ca ²⁺	0.17	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
Mg ²⁺	0.14	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
NO ₃ ⁻	14.76	5.49	5.70	3.95	4.89	3.00
SO ₄ ²⁻	49.11	17.7	2.88	1.68	1.39	0.87
NH ₄ ⁺	21.48	7.31	10.19	3.82	4.81	2.48
其他	0.64	0.08	0.18	0.04	0.12	0.03
合计	113.4	44.8	33.0	22.7	23.7	15.7

- 观测期间, 冬季滨海公园和即墨市区大气中8种水溶性无机离子浓度之和为夏季无机离子浓度的1.8至2.4倍
- 在即墨市区冬季, 夏季和滨海公园冬季, 夏季样品中PM₁₀中离子浓度之和与PM_{2.5}中离子浓度之和的比值分别为64.9%, 72.5%, 54.5%和66.6%, 夏季高于冬季, 即墨市区高于滨海公园。
- NO₃⁻, NH₄⁺和SO₄²⁻是主要的离子组成分, 占总离子的87.7%至96.6%。

不同天气条件下离子的贡献



结论: 污染天气下的总水溶性无机离子浓度高于清洁天气; SNA(硫酸根、硝酸根、铵根离子)对总水溶性离子的贡献值在清洁天气和污染天气无明显差异, 海盐离子(氯离子和钠离子)对总水溶性离子的贡献值在清洁天气高于污染天气。

研究总结

- 夏季空气质量优于冬季, 除O₃外, 其他空气质量指数(AQI)的污染标准均低于冬季。
- 夏季气溶胶总体偏酸性, 滨海公园和即墨市区中阴离子平衡斜率>1, 而冬季则基本达到平衡。
- 冬季大气中8种水溶性无机离子浓度高于夏季的; 而在PM₁₀中离子浓度之和与PM_{2.5}中离子浓度之和, 则是夏季高于冬季, 即墨市区高于滨海公园; 且NO₃⁻, NH₄⁺和SO₄²⁻是主要的离子组别, 占总离子的87.7%至96.6%。
- 污染天气下的总水溶性无机离子浓度高于清洁天气; 海盐离子(氯离子和钠离子)对总水溶性离子的贡献值在清洁天气高于污染天气。

致谢

本研究由国家重点研发计划支持项目(NO.2016YFC0200501)和国家自然科学基金(NS.2157078)所支持。



青岛港区大气细颗粒物及其化学成分组成特征及来源解析

别淑君, 杨凌霄, 张艳, 齐安安, 王范铭
环境研究院, 山东大学, 青岛 266237

研究背景

近年来沿海经济迅速发展, 港口运输增长, 导致航运排放带来的环境影响日益突出, 并成为大气环境研究的热点。在此背景下对青岛港大气气溶胶的理化特性进行研究, 以及估算航运排放对区域空气质量的影响就非常迫切且具有现实意义。

研究方法

使用Dionex IC 90型离子色谱仪测定无机水性离子(Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻)质量浓度; 采用(Sunset Laboratory, Tjard, OR, USA)美国OC/EC分析仪对OC/EC进行分析测定, 采用混合单粒子拉格朗日拟合算法(TYSPPLIT 4)模型计算得到采样点48h的后推气流场。

研究结果

1) 青岛港区四季风向玫瑰图

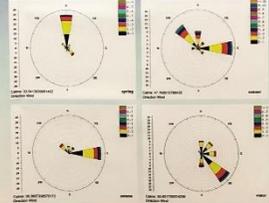


图1 青岛港区四季风向玫瑰图

2) 元素季节变化特征

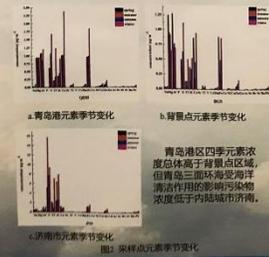


图2 青岛港区四季元素浓度变化特征

3) 背景点和青岛港区OC与EC浓度分析

	表1 背景点和青岛港区OC与EC浓度 (μg/m ³)			
	春	夏	秋	冬
背景点	OC 9.81±8.87	2.81±1.42	5.83±2.31	10.73±4.49
EC	1.59±1.09	0.74±0.40	1.86±0.54	3.48±2.58
SOC	5.46±7.58	3.99±3.21	0.84±0.48	1.94±0.77
青岛港	OC 8.83±5.03	3.26±1.98	8.25±2.59	13.63±6.28
EC	1.89±1.07	1.36±0.58	2.48±1.02	4.31±2.98
SOC	1.45±0.75	2.11±1.35	4.90±1.31	5.83±2.90

从季节变化上来看, 青岛港和背景点OC和EC浓度都是冬季>春季>秋季>夏季, SOC浓度冬季最高, 夏季最低。这是因为夏季的高温湿环境有利于颗粒物的生成, 吸湿性OC又易于被雨水清除, 导致生成SOC的前体物不足。此外, 夏季盛行来自海洋的季风也有利于污染物的扩散, 进一步降低了OC和EC的浓度。

4) 青岛港及背景点四季SOC与EC相关性分析

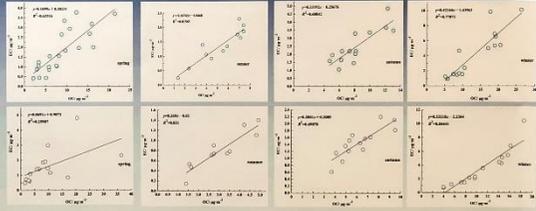


图3 青岛港及背景点四季SOC与EC相关性

青岛港四个季节的OC和EC呈现比较明显的正相关关系(R²分别为0.63, 0.82, 0.69, 0.77), 而背景点春、秋季的OC和EC呈现与青岛港一致的正相关关系。背景点冬季OC和EC相关性高于青岛港冬季OC和EC相关性(R²为0.84), 强正相关性表明OC和EC有相近的来源。考虑到背景点地区比青岛港受人为源排放影响小, 长距离输送和自然源(主要是生物源OC排放)对于颗粒物组成的贡献应该占主导地位。青岛港OC和EC相关关系要比黄河流域强, 这说明了长距离输送之外, 本地人为源排放(如化石燃料燃烧和生物质燃烧)在OC和EC中占较大比重。

5) 青岛港及背景点颗粒物无机离子污染特征

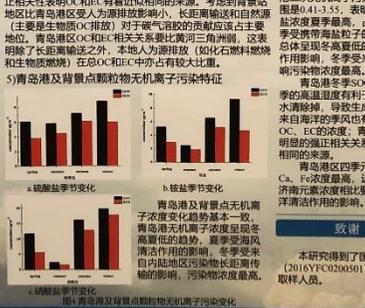


图4 青岛港及背景点颗粒物无机离子污染特征

总结

青岛港SIA浓度占WSP质量浓度的83.3%, 表明青岛港二次无机离子污染较为严重; 青岛港NO₃⁻/SO₄²⁻变化范围0.41-3.55, 表明区域受移动源影响较大; 青岛港夏季硫酸盐浓度最高, 占总无机水性离子的12%, 可能是夏季受携带海盐粒子的海风的影响; 青岛港无机离子浓度总体呈现冬季最高的季节性变化趋势, 夏季受海风清洁作用影响, 冬季受来自内陆地区污染物长距离传输的影响污染物浓度最高。青岛港冬季SOC的浓度最高, 夏季最低, 这是因为夏季的高温湿环境有利于颗粒物的生成, 吸湿性OC易于被雨水清除, 导致生成SOC的前体物不足。此外, 夏季盛行来自海洋的季风也有利于污染物的扩散, 进一步降低了OC、EC的浓度, 近海城市青岛市元素浓度与内陆城市济南元素浓度相比较, 可能是因为青岛三面环海受海洋清洁作用的影响。青岛港四季元素浓度总体高于背景点区域, 其中Ca、Fe浓度最高, 近海城市青岛市元素浓度与内陆城市济南元素浓度相比较, 可能是因为青岛三面环海受海洋清洁作用的影响。

致谢

本研究得到了国家重点研发计划项目(2016YFC0203051)提供的资金支持, 作者感谢所有取样人员。



珠三角地区臭氧污染来源解析

陈露露, 陆兴成, 冯志雄
环境学院, 香港科技大学, 中国香港

引言

近年来, 随着一系列大气污染防治措施的施行, 珠三角地区的空气质量有所好转, PM_{2.5}浓度逐年下降, 但O₃浓度仍居高不下, 并逐渐成为珠三角地区的首要污染物, 严重威胁着人体健康。与前体物非线性的关系及对气象条件的敏感性, 使得O₃污染治理仍面临巨大挑战, 因此需要对珠三角不同季节O₃的来源进行分析, 从而为O₃污染防治提供科学参考。本研究采用WRF-SMOKE-CAMx/OSAT模型对2015年珠三角不同城市的高浓度时段(10:00-18:00)的O₃进行来源解析。分别选取1、4、8、10月份代表不同季节进行分析, 同时对副热带高压控制下的高O₃污染个例进行分析。此外, 还对低浓度时段的O₃区域来源进行对比分析。

1. 方法

模式: WRF-SMOKE-CAMx 空气质量模型, OSAT臭氧来源解析模块

源清单: 1. 2012年中国多尺度排放清单(MEIC); 珠三角地区

2. 2015年高分辨率珠三角地区源清单(HKPED); 珠三角地区

分辨率: 27km, 9km, 3km

源区域: 11个源区域(珠三角10个城市和珠三角外地区)

源种类: 1. 机动车 2. 生物质源 3. 生物源 4. 电厂源 5. 工厂源 6. 船舶源

OSAT: C₀₃ = Σ_{i=1}ⁿ S_i(t) + IC + BC

这里C₀₃代表总的O₃浓度, S_i(t)代表来自源区域i的源种类j的贡献, IC和BC分别代表初始场和边界场的贡献。这里定义了三种源区域贡献(1)本地源: 来自于某个城市的排放源对城市当地的O₃浓度贡献; (2)珠三角内源: 来自于珠三角地区其它城市的排放源对本地O₃浓度贡献; (3)珠三角外源: 来自于珠三角地区之外排放源对本地O₃浓度贡献。

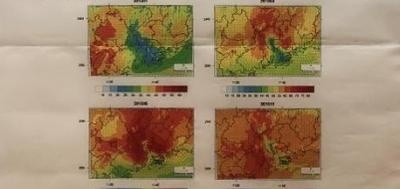


图1 珠三角地区不同月份的平均O₃浓度场和风场(10:00-18:00, 单位: ppb)

2. 源解析结果

2.1 源区域贡献

表1 不同源区域对珠三角地区不同月份O₃的贡献(浓度单位: ppb)

时间	源区域贡献	广州	深圳	香港	东莞	珠三角平均
201501	本地	6.2%	4.9%	2.6%	6.9%	4.5%
	珠三角内	4.7%	4.8%	3.0%	7.0%	6.4%
	珠三角外	89.0%	90.3%	94.5%	86.1%	89.1%
	O ₃ 浓度	35.0	28.6	27.8	33.8	33.5
	O ₃ 标准	15.2%	13.6%	5.2%	21.4%	11.4%
	O ₃ 浓度	55.3	46.6	39.6	67.4	51.0
201504	本地	23.2%	19.6%	8.8%	14.8%	17.6%
	珠三角内	18.0%	12.7%	6.7%	28.5%	16.2%
	珠三角外	66.8%	73.6%	85.2%	56.7%	72.4%
	O ₃ 浓度	68.0	58.7	46.9	53.0	61.2
	O ₃ 标准	11.5%	10.6%	3.9%	12.0%	8.7%
	O ₃ 浓度	7.5%	12.2%	12.1%	12.9%	14.1%
201508	本地	20.4%	22.2%	21.5%	20.9%	21.6%
	珠三角内	56.5%	58.1%	69.7%	64.7%	60.4%
	O ₃ 浓度	68.0	58.7	46.9	53.0	61.2
	O ₃ 标准	11.5%	10.6%	3.9%	12.0%	8.7%
	O ₃ 浓度	81.0%	77.2%	84.0%	75.1%	77.2%
	O ₃ 标准	56.2%	53.7%	49.9%	56.0%	58.2%
201510	本地	36.7%	26.3%	24.5%	13.3%	21.3%
	珠三角内	33.8%	42.2%	36.2%	25.6%	31.5%
	珠三角外	39.5%	31.3%	39.3%	60.9%	43.3%
	O ₃ 浓度	88.9	90.1	76.4	75.8	76.5
	O ₃ 标准	11.5%	10.6%	3.9%	12.0%	8.7%
	O ₃ 浓度	7.5%	12.2%	12.1%	12.9%	14.1%

盛行偏北风的1月和10月, O₃浓度主要受到珠三角外地区源排放的影响, 其贡献可达80%以上, 而对于4月和8月, 在副热带高压的影响下, 珠三角外地区的贡献可减少至60-70%左右。在高O₃污染过程中, 受到副热带高压控制的影响, 地表风速较小, 不利于污染物的输送, 太阳辐射较强有利于O₃的生成, O₃主要来源于珠三角区域内的源排放, 达到50%以上。

2.2 源种类贡献

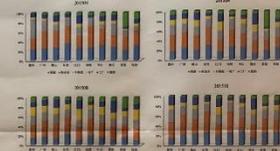


图2 不同源种类对珠三角地区不同月份O₃的贡献率

机动车源、面源和生物质源是三种主要的O₃前体物污染源, 对机动车保有量较多的城市如广州和深圳, 机动车源的贡献可达40%以上。对于香港, 船舶排放的贡献也不可忽视, 不同月份各类污染源的贡献可有变化, 但整体变化不大。

2.3 源区域对不同时段O₃的贡献

表2 不同源区域对珠三角地区不同月份O₃的贡献

时间	10:00-18:00 (高浓度)			18:00-10:00 (低浓度)		
	本地	珠三角内	珠三角外	本地	珠三角内	珠三角外
201501	4.5%	6.4%	89.1%	33.5	1.2%	3.8%
201504	11.4%	16.2%	72.4%	51.9	2.9%	6.2%
201508	17.0%	22.6%	60.4%	61.2	5.5%	15.3%
201510	8.7%	14.1%	77.2%	21.6	1.7%	7.2%
O ₃ 污染事件	21.2%	35.5%	43.3%	76.5	8.6%	24.8%

在低浓度时段, 珠三角外排放源的平均贡献可达80%以上, 在污染过程中, 也可达到60%左右, 相比高浓度时段, 增长约20%左右。

3. 结论

- 在偏北风的1月和10月, O₃浓度主要受到珠三角外地区源排放的影响, 其贡献可达80%以上, 而在高O₃污染过程中, O₃主要来源于珠三角区域内的源排放, 达到50%以上。
- 机动车源(30%)、面源(20%)和生物质源(18%)是三种主要的前体物污染源。
- 在低浓度时段, 珠三角本地O₃更多来自外源, 相较于高浓度时段, 其贡献可增加约20%左右。
- 强化与周边地区的协同减排措施, 结合天气形势, 控制珠三角地区内源排放是防治O₃污染的关键。

联系人: 陈露露
邮箱: yachena@ust.hk



钢铁厂可凝结颗粒物排放规律研究

张莹¹, 邓建国¹, 王刚¹, 李妍菁¹, 蒋靖坤^{1,2*}
(¹清华大学环境学院, 北京 100084, 中国)
(²国家环境保护大气复合污染源与控制重点实验室, 北京 100084, 中国)

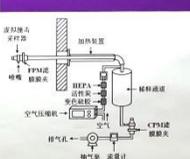
引言

钢铁厂是我国大气颗粒物的主要工业来源之一, 排放的烟尘占工业排放大气颗粒物总量的29%。钢铁厂等固定燃烧源排放的颗粒物不仅包含烟尘, 即烟道中以液态或固态颗粒物形式存在的可过滤颗粒物 (FPM, filterable particulate matter), 还包含烟道中为气态、从烟道中排出后在环境状况下短时间内凝为液态或固态颗粒物的可凝结颗粒物 (CPM, condensable particulate matter)。已有研究结果显示, 钢铁厂CPM浓度远高于FPM。忽略CPM排放会低估钢铁厂对大气环境中颗粒物浓度的实际贡献值。

目前虽然已有大量关于钢铁厂颗粒物排放的研究结果, 但都集中在FPM的研究, 关于CPM排放研究非常有限, 且均采用美国环保署发布的Method 202中规定的干式冲击瓶采样方法, 该方法由于SO₂、HCl等易溶于水的气体溶于冷凝液而产生高估SO₄²⁻、Cl⁻等的浓度, 可能高估了钢铁厂CPM的排放量。

基于蒋靖坤等针对CPM采集方法的研究结果, 稀释法更适合用于CPM的测试, 然而目前尚未开展基于稀释法的钢铁厂CPM排放研究, 因此本文采用稀释法对某典型钢铁烧炉和焦化厂排放的CPM进行测试, 并研究了烟气净化设备对CPM排放特征的影响。

方法



本研究拟采用稀释直接法采样系统对CPM进行现场采集。稀释直接法指的是将过滤了FPM的烟气与稀释空气混合, 稀释降温过程中可凝结气态污染物冷凝形成CPM, 然后用滤膜捕集这些颗粒物。该方法模拟了烟气进入大气环境与空气快速混合的过程。

图1 稀释直接法采样装置图

烟枪伸入烟道中, 通过加热装置和温度传感器控制其温度高于烟气温度10 °C, 以防止烟气进入烟枪内发生冷凝。采用等速采样, 烟气先经过PM_{2.5}切割头, 粒径大于2.5 μm的颗粒物被去除, FPM_{2.5}被滤膜采集。之后不包含颗粒物的烟气与经过净化的稀释空气混合, 稀释降温过程使部分气体组分发生冷凝, 形成的CPM被滤膜采集。稀释比采用前期试验确定的11:1, 烟气与稀释空气混合后保证混合气温度不超过42 °C, 从而保障烟气中可凝结部分能够实现充分冷凝。

结果与讨论

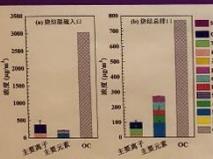


图2 烧结厂 (a) 脱硫入口和 (b) 总排口CPM中主要化学组分

烧结厂CPM中最主要的组分是OC, 表明烧结厂CPM主要为有机物冷凝生成。在脱硫入口和总排口OC分别占相应位点CPM的59.9%和60.4%, OC的去除率为74.6%, 与CPM总去除率相当。

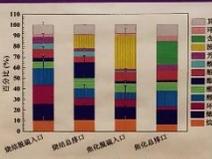


图4 烧结厂和焦化厂脱硫入口和总排口CPM中主要化学组分百分比

烧结厂和焦化厂烷烃类、烷烃类、酚类、醇类、酸类排放占比均较高; 烧结脱硫入口环境烷烃类占比很高; 烧结总排口酯类、胺类占比均较高; 焦化脱硫入口以胺类为主; 焦化总排口则以含氧磷酸酯类为主。

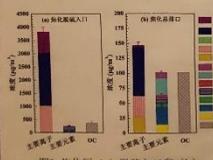


图3 焦化厂 (a) 脱硫入口和 (b) 总排口CPM中主要化学组分

焦化厂CPM中水溶性离子占主要, Cl⁻和K⁺是最主要的水溶性离子。焦化厂CPM中Cl⁻浓度都是K⁺的2倍左右, 推测来自于煤燃烧过程以及和铁矿石烧结过程的KCl和HCl, 通过高炉煤气作为焦化过程热源燃烧而进入焦化烟气中。

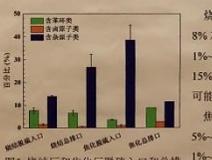


图5 烧结厂和焦化厂脱硫入口和总排口CPM中主要毒性有机组分百分比

烧结厂毒性较高的芳香类有机物占比达8%左右; 含有卤原子的有机物占比在1%~2%。含有杂原子的有机物占比在15%~25%, 且总排口明显高于脱硫入口, 可能与活性炭脱硫脱硝过程有关。焦化厂毒性较大的芳香类有机物占比在5%~10%; 含有卤原子的有机物占比在1%~3%; 含有杂原子的有机物在脱硫入口高达近40%, 表明其有机组分毒性较大。

结论

(1) 烧结厂和焦化厂在脱硫入口处CPM浓度分别为5.1 ± 2.7 mg/m³和4.8 ± 1.4 mg/m³, 烟气净化技术路线对CPM气态前体物有一定的协同去除能力, 去除率分别为74.8%和93.2%。

(2) 烧结厂CPM以有机组分为主, 主要为气态有机物冷凝形成。在脱硫入口和总排口OC对CPM的贡献均高达60%左右。

(3) 焦化厂CPM以水溶性离子为主, 主要为Cl⁻和K⁺, 两者之和对脱硫入口和总排口CPM的贡献分别为61.8%和35.4%。

参考文献

[1] YANG H H, LEE K T, HSIEH Y S, et al. Emission characteristics and chemical compositions of both filterable and condensable fine particulate from steel plants [J]. Aerosol and Air Quality Research, 2015, 15(4): 1672-1680.

[2] 蒋靖坤, 邓建国, 王刚, 等. 固定污染源可凝结颗粒物测量方法 [J]. 环境科学, 2019, 1-10.

[3] JI Z Y, GAN M, FAN X H, et al. Characteristics of PM_{2.5} from iron ore sintering process: Influences of raw materials and controlling methods [J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 148: 12-22.

基金来源: 国家重点研发计划项目 (2018YFC0213202)



中國环境科学研究院
Chinese Research Academy of Environmental Sciences

“2+26”城市基于散煤削减的空气质量数值模拟

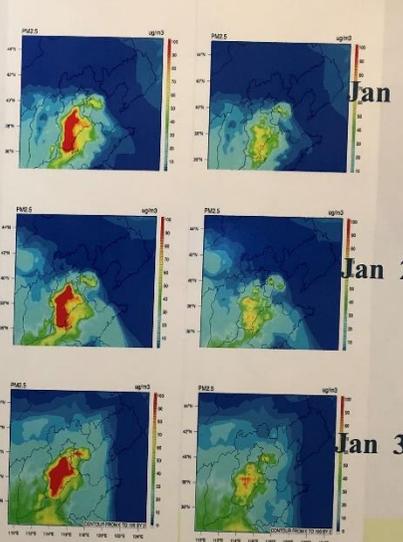
中国环科院学生 徐双喜

背景简介

“2+26”城市“十四五”及中长期PM_{2.5}污染控制目标下, “2+26”城市PM_{2.5}平均浓度下降时间表, 以2020年 (58 μg/m³)、2025年 (48 μg/m³) 年为设计情景。为实现上述目标, “2+26”城市主要大气污染物排放量需进一步大幅削减。

目的

随着燃煤治理初见成效, 本研究以散煤削减量和“双替代”治理未来的进一步实施, 评估空气质量改善效果



北京市监测站2019年1月1-3日平均PM_{2.5} (μg/m³) AQI

左列是2019年1月1-3日现状排放, 对比右列是“2+26”城市县级以上单位建成区散煤完全削减后情景模拟

方法

利用区域空气质量耦合模型WRF-CAMx, 气象场采用NECP FNL再分析资料, 输入源清单采用中国环科院大气所固定源室对“2+26”城市卫星遥感平房解译的结果来模拟“2+26”城市县级以上单位建成区的民用散煤完全削减后情景。

空气质量模型技术路线



结论

“2+26”城市区域空气质量明显改善, 日平均浓度高值从约100 μg/m³下降为70 μg/m³



2005-2014年对流层臭氧的长期变化趋势及驱动因子

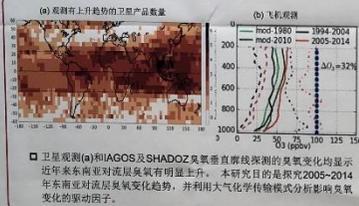
王晓琳¹, 傅宗玖², 张霖¹, 卢骁¹, Xiong Liu³, Teerachai Tum⁴

- 1. 北京大学大气与海洋科学系
- 2. 南方科技大学环境科学与工程学院
- 3. Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, Massachusetts, USA
- 4. School of Energy and Environment, University of Phayao, Phayao, Thailand

摘要

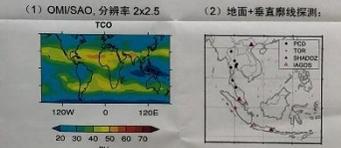
- 本文结合OMI卫星、地面站点、探空观测数据和大气化学传输模式GEOS-Chem模拟(4°×5°和0.5°×0.625°)方法, 研究2005-2014年东南亚对流层和地面臭氧的变化趋势及驱动因子。
- 观测结果显示, 对流层和地面臭氧均在春季和秋季存在显著上升, 模拟结果与观测结果基本一致, 但模拟趋势存在负偏差。模式与观测的误差来源于模式中前体物排放的不确定性。
- 通过模式敏感性实验分析, 东南亚地面臭氧的上升主要由局地人为排放驱动, 背景人为排放对中南半岛臭氧上升有较大贡献, 而对流层臭氧变化除受人为排放影响外, 气象条件也有重要作用。

1 引言



2 数据来源和方法

□ 观测数据 (2005-2014)

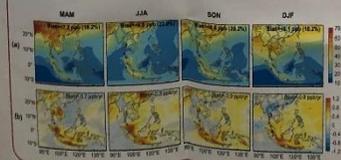


□ GEOS-Chem模式敏感性实验

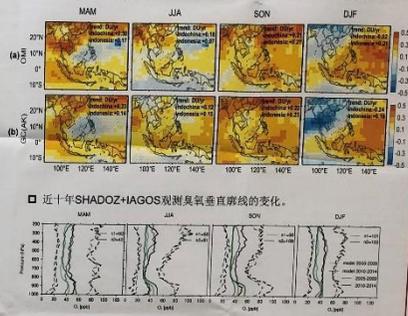
敏感性实验	驱动因子
1 标准模拟	背景人为排放
2 固定全球人为排放	东南亚区域人为排放
3 固定东南亚人为排放	生物质燃烧排放
4 固定生物质燃烧排放	气象条件 (生物、土壤排放、热力、动力)

3 观测东南亚臭氧变化

- 图1(b): 2005-2014年地面观测臭氧变化趋势(b)为+0.6~+1.4 ppb/yr, 模拟在印尼地区有更显著臭氧上升趋势 +1.2~+1.5 ppb/yr。
- 图1(a): 模式能较好地模拟出东南亚臭氧的空间和季节变化特征, 但模拟趋势存在负偏差。

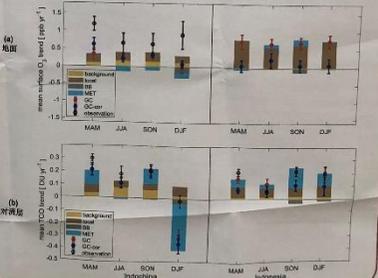


□ 2005-2014年卫星观测对流层臭氧柱浓度(TCO(a))和GEOS-Chem模拟TCO(b)的变化趋势基本一致, 春季和秋季上升最大(+0.21~+0.30 DU/yr)。



4 对流层臭氧变化驱动因子

- 分析地面(a)和对流层(b)区域平均臭氧变化趋势及驱动因子, 中南半岛地面臭氧变化主要受局地背景人为排放驱动, 印尼以局地人为排放贡献为主, 对流层臭氧变化除受局地背景人为排放驱动外, 气象条件的贡献更大。



结论

- 2005-2014年东南亚臭氧变化

臭氧变化趋势	观测	模拟
地面/低层 (ppb/yr)	1~1.4	0.5~0.8
对流层 (DU/yr)	0.28~0.33	0.15~0.24
- 区域臭氧变化驱动因子

地区	驱动因子
中南半岛: 局地+背景人为排放	对流层: 中南半岛: 局地+背景人为排放+气象
印尼: 局地人为排放为主	印尼: 局地人为排放+气象



Satellite-observed variations and trends of atmospheric carbon monoxide over Asia: implication of influences of biomass burning

Xun Zhang^{1,2} (zhangxun_nju@163.com), Jane Liu^{2,3}, Han Han²

- ¹International Institute for Earth System Science, Nanjing University, Nanjing, China
- ²School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing, China
- ³University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada

1. Introduction

CO can significantly impact air quality and climate change. Satellite record is applied to study the geographical and temporal variability of CO. Quantifying trends in CO is therefore important for understanding changes related to all of CO sources/sinks. In this study, we characterize variations and trends of CO from MOPITT and AIRS over Asia from 2003-2017, and analyze these variability affect by biomass burning.

2. Data and methods

- MOPITT CO monthly means (MOP03JM v007)
- AIRS CO monthly means (AIRS3SPM v06)
- Fire counts: MCD14ML; Biomass burning inventory: GEFD4.1s
- Land cover: ESACCI-LC1-LCCS-Map-300m-PIY
- Additive Time Series Model: $Y_t = S_t + T_t + \epsilon_t$

3. Biomass Burning Variability

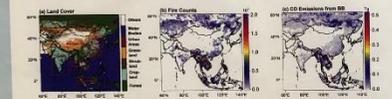


Figure 1. (a) Land cover types over Asia in 2016. (b) Fire counts, and (c) CO emissions from biomass burning in Asia averaged over 2003-2017. The hatched areas indicate the subregions in Asia, namely, South Siberia, India, Indo-China Peninsula, Indonesian, Sichuan Basin, South China, and South China.

Fire occurs actively over the Indo-China Peninsula, Indonesia, South Siberia than other regions in Asia. CO emissions from fires in Asia are ~79.5 Tg (21.8% of global CO emissions from fires) during 2003-2017, and its sources dominated by forest, cropland.

4. Spatial and seasonal variations of atmospheric CO over Asia

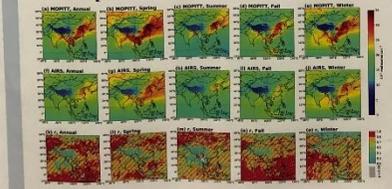


Figure 2. Spatial distribution of the annual and seasonal means of CO total column over Asia during 2003-2017 from MOPITT (a, b, c, d, e) and AIRS (f, g, h, i, j) and the correlation coefficients (r) between MOPITT and AIRS CO total column (L, M, N). The shadow indicates that the correlations are statistically significant (p<0.05).

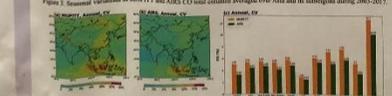
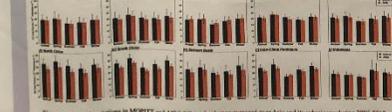


Figure 4. Seasonal variations in CV of CO total column over Asia and its subregions during 2003-2017.

On the annual average, CO total column from MOPITT and AIRS has similar spatial patterns over Asia (MOPITT: 19.3×10^{17} mole cm^{-2} , AIRS: 18.9×10^{17} mole cm^{-2}), CO total column over North China, South China, and Sichuan Basin is obviously higher than that over the rest of regions in Asia. CO total column over Asia is generally higher in spring and winter than in summer and autumn.

CV of MOPITT CO is equal to 5.43%. The maximum CV is in Indonesia (more than 10%).

5. Trends of atmospheric CO in Asia

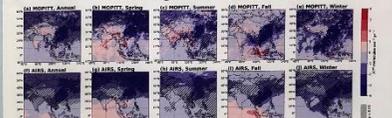


Figure 5. Relative Trends of CO total column from MOPITT and AIRS measurements averaged over Asia and its subregions in 2003-2017. The red bar indicates that the trend is statistically significant (p<0.05). The blue indicates the confidence interval.

On the annual average, both datasets show significant decreasing trends (about $-0.55\% yr^{-1}$, $p<0.05$) in Asia during 2003-2017, especially over North China, South China, and Sichuan Basin (decreases by over -1% per year, $p<0.05$).

6. Impacts of biomass burning on the interannual variations of atmospheric CO

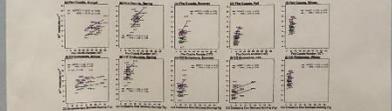


Figure 6. Monthly variations of the annual mean of MOPITT CO total column (a), AIRS CO total column (b), fire counts (c), and fire CO emissions (d) averaged over 10 10-day intervals during 2003-2017. Red color indicates the fire during 2003-2017.

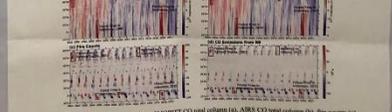


Figure 7. Correlations between specific CO total column and the annual CO emissions from fires over Asia during 2003-2017.

7. Summary

- CO total column from MOPITT and AIRS both show apparent interannual variations over Asia, especially in Indonesia.
- Biomass burning strongly affects the interannual variations of CO in Asia, especially in spring and autumn.
- CO total column in Asia decreases significantly from 2013 to 2017. This trend of CO strong linking to biomass burning outside of Asia.



基于观测和受体模式确定长三角地区雾霾形成的共同来源区域

陈雪¹, 俞绍才^{1,2*}, 王利强¹, 李臻¹, 张逸博¹, 李梦莹¹, Khalid Mehmood¹, 刘维屏¹, 李鹏飞^{3*}
(¹浙江大学环境与资源学院, 杭州310058; ²加州理工学院化学与化工系 Pasadena, CA 91125, USA; ³中国农业大学理学院 保定 071000)

1. 研究背景

近年来, 我国雾霾污染呈现频率高、持续时间长、影响范围广等特点。长三角地区是中国经济发展速度最快、经济总量规模最大的经济区域。该地区空气污染物排放高度集中、相互影响, 造成的区域性雾霾污染, 给该地区及周边生态环境带来了巨大压力。

为了深入研究长三角地区雾霾形成的共同来源区域, 以长三角地区的四个主要城市(合肥、杭州、南京和上海)为目标城市, 分析了2013年冬季的重雾霾污染期间四城市的污染共同来源。

造成这种差异的原因可能是上海地处长三角东部, 其西北部地区(如安徽和江苏)的工厂排放了大量的空气污染物, 经气流运动输送后到达上海。

表1 研究时期内合肥(HF)、杭州(HZ)、南京(NJ)和上海(SH)不同聚类的PM_{2.5}的平均浓度和风向轨迹数

轨迹聚类	轨迹数及占比	PM _{2.5} 平均浓度 (μg m ⁻³)	污染轨迹*数及占比	PM _{2.5} 平均浓度 (μg m ⁻³)
HF	NW-N 361 (43.3%)	118.3±83.4	235 (28.0%)	157.2±79.5
	NE 273 (32.3%)	119.7±95.5	272 (41.1%)	129.4±94.5
	NW-W 205 (24.2%)	135.5±52.1	174 (26.4%)	147.8±45.6
	NW-E 185 (20.4%)	86.9±30.9	111 (12.5%)	104.5±27.2
HZ	NE 272 (30.6%)	283.8±116.2	266 (30.0%)	290.7±112.6
	NW 411 (48.7%)	152.7±110.2	224 (25.2%)	204.5±110.4
	NW 374 (47.7%)	121.9±93.7	201 (25.6%)	184.4±87.9
	SE 80 (10.2%)	266.5±68.5	80 (10.2%)	266.5±68.5
NJ	NW-W 148 (18.9%)	129.2±48.8	133 (17.0%)	136.6±45.7
	NE 182 (23.2%)	202.7±76.6	182 (23.2%)	202.7±76.6
	NW 428 (63.7%)	184.3±139.3	315 (46.9%)	231.7±133.4
SH	NE 244 (36.3%)	153.6±80.1	236 (35.1%)	156.7±66.6

*污染轨迹: PM_{2.5}小时浓度大于75 μg m⁻³的轨迹

2. 材料与与方法

根据PM_{2.5}浓度将整个研究时期(2013年11月28日-12月10日)分为四个子时期, 即轻度(75≤PM_{2.5}<115 μg m⁻³)、中度(115≤PM_{2.5}<150 μg m⁻³)、重度(150≤PM_{2.5}<250 μg m⁻³)和严重(PM_{2.5}≥250 μg m⁻³)雾霾时期。采用后向轨迹分析和浓度权重轨迹(CWT)分析方法, 确定四城市的潜在污染来源区域。利用ArcGIS对PM_{2.5}的CWT图进行进一步分析, 将四城市CWT图的重叠部分视为四城市雾霾形成的共同污染来源区域。

3. 结果与讨论

后向轨迹和聚类分析的结果如表1所示。来自西北方向的气团(即NW-N(西北偏北)、NW-W(西北偏西)和NW(西北))所占比例最大, 占所有城市后向轨迹总数的63.3%-69.4%。对于合肥、杭州和南京而言, 来自西北方向的后向轨迹的PM_{2.5}平均浓度(86.9-135.5 μg m⁻³)明显低于来自东北和东南方向气团(266.5-319.7 μg m⁻³)。上海与其他三城市稍有差异, 来自西北方向和东北方向的后向轨迹PM_{2.5}平均浓度分别为184.3和153.6 μg m⁻³。

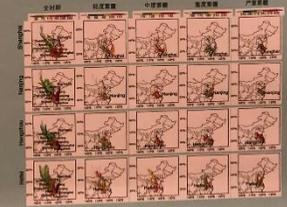


图1 不同污染时期合肥、杭州、南京和上海四城市的PM_{2.5}浓度权重轨迹(CWT)地图

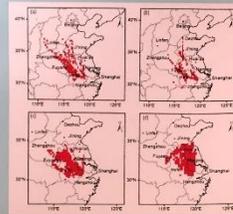


图2 轻度(a)、中度(b)、重度(c)和严重(d)雾霾期间, 合肥、杭州、南京和上海的PM_{2.5}共同来源区域

图2显示了利用Envi ArcGIS软件获得的四城市共同污染来源区域, 结果表明, 长三角地区雾霾形成的共同来源区域在不同的雾霾污染时期有所差异。在轻度雾霾时期, 共同来源区域主要位于安徽省中西部、河南省东部和山东省西南部。在中度雾霾时期, 共同来源区域主要分布在安徽省西部和东南部、山东省西南部和河南省东南部。在重度污染时期, 共同来源区域主要位于安徽省。严重雾霾时期, 共同来源区域主要位于安徽省东北部和江苏省西部。

长江三角洲地区雾霾形成共同来源区域的发现将为当地政府制定精准的大气污染控制策略提供科学参考, 而本研究采用的分析方法也将为我国其他城市群区域大气污染控制研究提供有力借鉴。

参考文献

1. Draxler RR, Hess GD (1998) An overview of the HYSPLIT_4 modelling system for trajectories, dispersion and deposition. Aust Meteorol Mag 47:295-308.
2. Li P, Yan R, Yu S, et al (2015) Reinstatement transport of PM_{2.5} as a major cause of severe haze in Beijing. Proc Natl Acad Sci U S A 112:42739-42740.
3. Rosenfeld D, Zhu Y, Wang M, Zhang Y, et al (2019) Aerosol-driven droplet concentrations dominate coverage and water of oceanic low level clouds. Science, 363, 595, eaaa0566: 1-9.
4. Yu S, Li P, Wang L, et al (2018) Mitigation of severe urban haze pollution by a precision air pollution control approach. Sci Rep 8:8151.

基金项目: 国家自然科学基金(No. 2016YFC0202702, 2018YFC0213506, 2018YFC0213503), 国家空气污染治理关键问题研究计划(No. DOGG0107), 国家自然科学基金(No. 21577126, 4156114004).

CSES 2019 第25届中国大气环境科学与技术大会

The molecular-scale mechanism of cycloaddition reaction between oxalic acid and SO₃ and its potential to participate in aerosol nucleation



Yang Ye, Liu Ling, Zhang Xiuhui*

Key Laboratory of Cluster Science, Ministry of Education of China, School of Chemistry and Chemical Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China
Corresponding author: zhangxiuhui@bit.edu.cn

Introduction

Atmospheric aerosols do serious harm to human health and climate by acting as cloud condensation nuclei, scattering and absorbing of incident sunlight. Formed from cycloaddition reaction of SO₃ and carboxylic acid along with lower reaction energy barrier, sulfuric anhydride would be a significant source of atmospheric aerosols through adhering to the surface of droplet¹ or combining nucleation precursors in ambient².

However, molecular-scale mechanism of cycloaddition reaction between dicarboxylic acid and SO₃ as well as the nucleation potential of its products is not clear.

Oxalic acid (OA) is the most common and simple dicarboxylic acid with the atmospheric concentration up to 10¹² molecules/cm³. Herein, possibility of OA reacting with multiple SO₃ and potential nucleation ability of the generated product are investigated.

Methods

All DFT calculations were performed at the M06-2X/6-311++G(3df,3pd) level of theory with single-point energy correction at CCSD(T)-F12/cc-pVDZ-F12 level of theory. In addition, a multi-step confirmation sampling process was performed to search the most stable structures of clusters containing nucleation precursors to locate the global minimum energy structure. Following by optimized transition states to ensure only one imaginary frequency, intrinsic reaction coordinate (IRC) calculations have been performed to obtain the appropriate pre- and post-reaction complexes.

Results

The cycloaddition reaction between SO₃ molecule and the most stable isomer of OA (configuration A) is unfavorable due to strong intramolecular hydrogen bonds and higher reaction energy barrier of isomerization.

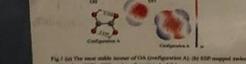


Fig. 1 The most stable conformation of OA (configuration A) and its ESP-mapped nucleation precursor (ESP of SO₃ and configuration A).

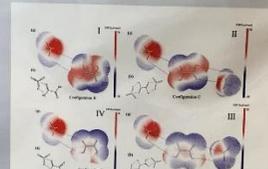


Fig. 3 ESP of configuration B and C with single SO₃ and corresponding possible reaction complexes, respectively. II and III: ESP of configuration C and D with two SO₃ and corresponding possible reaction complexes, respectively. The white, red, grey and yellow sticks represent O, S, C, and H.

Fig. 4: Gibe free energy profile (Reaction for the cycloaddition of single SO₃ to configuration B, C, D, E of OA).

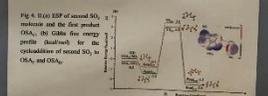
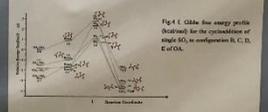


Fig. 6 ESP of second SO₃ molecule and the first product (OA) for the cycloaddition of second SO₃ to OA and OSA.

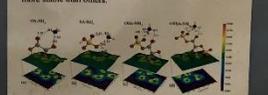


Fig. 7 The most stable conformation of cluster containing OA and OSA, as well as the corresponding initial step with the projection of nucleation energy barrier (Ea).

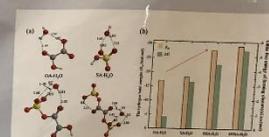


Fig. 8 (a) The most stable configurations of clusters containing H₂O, (b) histogram of corresponding hydrogen bond length (L₂) and Gibbs free energy of formation (ΔG).

E_a and ΔG give clear evidence that hydrogen bond strengths and stabilities of clusters are in the order of OSA-H₂O>OA-H₂O>OA-H₂O>OSA-H₂O, same as for OSA-based clusters. In addition, the second product OSA has more favorable tendency to bind SA to form more stable clusters than OSA due to containing two newly introduced groups (-SO₃H).

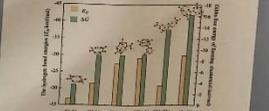


Fig. 9 Histogram about E_a and ΔG of cluster as well as corresponding most stable structure containing single SO₃.

Conclusion

- Oxalic acid (typical dicarboxylic acid) could react with SO₃ in the atmosphere via lower reaction energy barrier to produce a series of potential nucleation precursors, which involve newly introduced groups (-SO₃H).
- Stability of cluster containing OSA is greater than that of containing OA, indicating nucleation ability is gradually enhanced with the increase of the number of introduced new functional groups.

References

1. Mackenzie, R. B.; Dewberry, C. T.; Leopold, K. R. Gas Phase Observation and Microwave Spectroscopic Characterization of Ferrous Sulfuric Anhydride. Science 2015, 349, 58-61.
2. Zhang, H.; Wang, W.; Chen, Y.; Zhang, Y.; Zhang, X.; Li, Z. Gas Phase Transformation from Organic Acid to Organic Sulfuric Anhydride: Possibility and Atmospheric Fate in the Initial New Particle Formation. Chemosphere 2018, 212, 504-512.



南通市臭氧污染特征及气象条件分析

张琪 顾沛澍 缪明榕 丁峥璇 袁晶

江苏省南通市气象局, 南通 226018

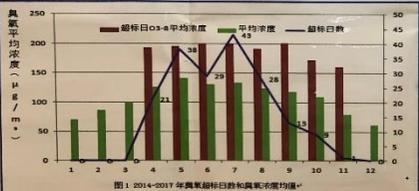


摘要

本文通过分析2014-2017年江苏省南通市臭氧污染变化特征和相关气象要素对臭氧浓度的影响, 通过多元逐步回归建立了不同季节的臭氧浓度预报模型。结果表明: 2014-2017年南通市臭氧超标日数呈明显增加的趋势, 臭氧浓度和超标日数在5月和7月有两个主要的峰值区。臭氧浓度的变化与气象要素密切相关, 臭氧浓度与气温、日照时数等要素呈显著正相关, 而与相对湿度、总(总)云量、风速呈负相关。高浓度臭氧出现的气象条件主要表现为较高的气温、充足的日照、较小的风速和相对湿度等条件。

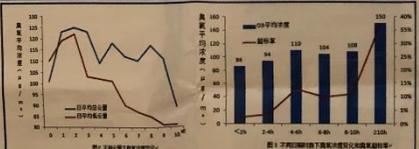
综合考虑14时地面气温、相对湿度、风速、日照时数、日最高气温、日最小相对湿度、日平均风速、08时各标准层(500、700、850、925hPa)上的位势高度、气温、风速等气象要素, 分别得到了春、夏、秋、冬4个季节臭氧浓度预报方程。利用2017年资料对预报方程进行检验, 发现春季、夏季、秋季和冬季拟预报值与观测值的相关系数分别为0.72、0.74、0.66和0.44, 远超过0.001的信度水平, 说明利用多元逐步回归建立的臭氧预报方程具有较好的拟合效果和可预报性。

臭氧超标日变化分析

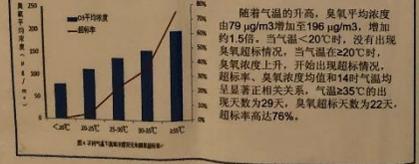


一年中, 臭氧超标日数有两个主要的峰值区(图1), 一个是5月, 一个是7月。四年累计月超标日均数超过35天, 7月份更是达到了43天, 占四年7月总日数的34.7%。臭氧超标日的季节变化非常明显, 其中11月-3月仅在1月出现1天的臭氧超标日; 6月的臭氧超标日数较7月略有减少, 主要是由于6月下旬处于梅雨期, 降水日数多, 光照条件差, 气象条件不利于高浓度臭氧形成。而7月梅雨期后, 南通受副热带高压影响, 天气晴热, 气象条件有利于高浓度臭氧的产生。4-9月臭氧超标的平均浓度均在 $190\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上, 10-11月有所下降。

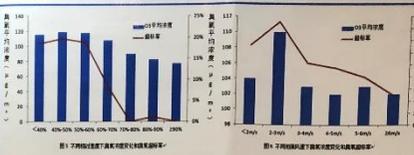
气象要素对臭氧浓度的影响



臭氧日平均浓度随总云量的变化不大, 臭氧浓度在总云量1-3成时较高, 为10成时, 臭氧浓度显著下降。低云量对臭氧日平均浓度的影响更为明显, 臭氧浓度在低云量0-2成时较高, 低云量为4成时浓度下降, 低云量为5成以上时, 臭氧日平均浓度较低, 低云量0-4成时臭氧日平均浓度大于 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。从图可见, 当日日照时数4h时, 臭氧平均浓度超过 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$, 当日日照时数 ≥ 10 h时, O_3 超标频率较高, 且臭氧平均浓度达 $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。较少低云量及较长日照时数利于光化学反应发生和高浓度臭氧生成。



随着气温的升高, 臭氧平均浓度由 $79\mu\text{g}/\text{m}^3$ 增加至 $196\mu\text{g}/\text{m}^3$, 增加约1.5倍。当气温 $< 20^\circ\text{C}$ 时, 没有臭氧超标情况; 当气温在 20°C 时, 臭氧浓度上升, 开始出现超标情况。超标率、臭氧浓度均值和4时气温均呈显著正相关关系。气温 $\geq 35^\circ\text{C}$ 的出现天数数为29天, 臭氧超标天数为22天, 超标率高达76%。



在相对湿度低于60%时, 臭氧平均浓度在 $115\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上, 超标率最高可达20%, 相对湿度为60-70%时, 臭氧平均浓度和超标率都明显下降, 当相对湿度高于70%时, 臭氧平均浓度低于 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$, 且超标率仅为1%。可以看出, 相对湿度越高, 臭氧浓度越低。在日平均风速为 $2-3\text{m}/\text{s}$ 时, 臭氧平均浓度达 $110\mu\text{g}/\text{m}^3$, 超标率也最高。随着地面风速的增大, 臭氧超标率明显减小。这是因为风速的增加对臭氧浓度的变化主要体现在两方面: 一方面抬高了大气边界层高度, 垂直动量输送加强, 进而促使对层顶层高浓度臭氧向地面传输; 另一方面增强了臭氧的水平扩散作用, 对稀释臭氧具有一定贡献。风速较低时, 臭氧水平扩散作用弱于向下输送作用, 从而导致超标频率随着风速的增加而增大。而当风速超过一定值时, 水平扩散作用逐渐占据主导地位, 超标频率随着风速的增加将有所下降(Liu et al, 1987)。

建立臭氧浓度预报方程

为了解各项气象因子与臭氧浓度的定量关系, 考虑采用多元逐步回归方程, 以当日臭氧浓度为因变量, 引入的自变量包括: 14时地面气温 T_{14} 、相对湿度 RH_{14} 、风速 V_{14} 、日照时数 I_{14} 、日最高气温 T_{max} 、日最低气温 T_{min} 、日平均相对湿度 RH_{avg} 、日平均风速 V_{avg} 、08时各标准层(500、700、850、925hPa)上的位势高度 P 、气温 T 、露点温度 T_d 、温度露点差 $T-T_d$ 、风速等气象要素, 分别得到了春、夏、秋、冬4个季节臭氧浓度预报方程:

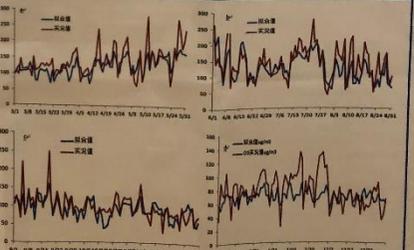
春季: $Y = 79.412 + 5.962T - 0.471 \cdot \text{RH}_{14} + 0.027H + 2.527V_{\text{avg}} + 0.3(T-T_d)_{500} + 4.457V_{\text{avg}}$ ($n=276$, $R^2=0.656$, $\alpha < 0.001$)

夏季: $Y = 1563.240 - 1.083\text{RH}_{14} - 3.919V_{14} + 6.813(T-T_d)_{250} + 2.084H_{500} + 6.809T_{\text{max}}$ ($n=276$, $R^2=0.808$, $\alpha < 0.001$)

秋季: $Y = 205.531 + 2.913T - 0.796\text{RH}_{14} + 281(T-T_d)_{500} + 3.328(T-T_d)_{700} - 1.467H_{250}$ ($n=273$, $R^2=0.626$, $\alpha < 0.001$)

冬季: $Y = 7.872V - 1.293T_{250} + 2.139H + 0.324\text{RH} - 0.993V_{500}$ ($n=271$, $R^2=0.951$, $\alpha < 0.001$)

臭氧浓度预报方程的检验



春季、夏季、秋季和冬季拟值与观测值的相关系数分别达到0.72、0.74、0.66和0.44, 远超过0.001的信度水平。图中离散点主要集中在 $y=x$ 曲线附近, 超标率、臭氧浓度均值和4时气温均呈显著正相关关系。这也说明了计算值和观测值的一致性, 因此可以认为, 本研究建立的臭氧预报方程具有一定的预报意义, 可应用于臭氧业务中预报臭氧浓度。但也发现, 冬季臭氧浓度偏低时, 计算值较观测值偏小, 且对于部分严重超标的预报值也需要进一步改进。



福州市臭氧污染来源与形成机制分析

严宇¹, 黄争超¹, 王雪松¹, 曾立民¹, 谢绍东¹

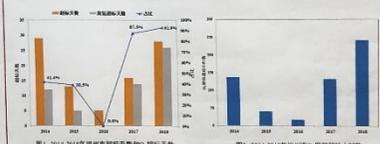
1. 北京大学环境科学与工程学院, 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100871
2. 生态环境部宣传教育中心, 北京 100020



2019年11月18-19日 中国·成都

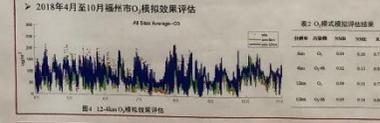
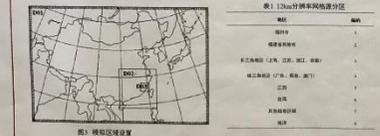
背景介绍

福州市是海峡东岸城市群的核心城市, 位于福建省东部、台湾海峡两岸, 北临长江三角洲(简称“长三角”), 南接珠江三角洲(简称“珠三角”)。随着当地经济快速发展, 城市化速度加快, 能源消耗加大, 臭氧(O_3)浓度水平逐年升高, 深入了解福州市 O_3 生成机制及其时空变化特征有助于采取科学有效的防控措施。



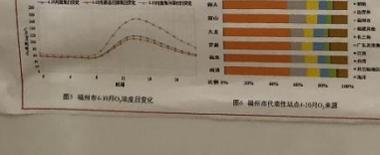
模型设置和评估

- 模式系统: 本地化WRFv3.9-SMOKEv2.5-CAMv6.5
- 研究时间: 2018年4月1日至10月3日
- 研究方法: 臭氧源解析技术(OSAT)、敏感性分析方法(DDM)
- 模拟区域: 136-124km三圈层网格嵌套, 垂直方向分为13层



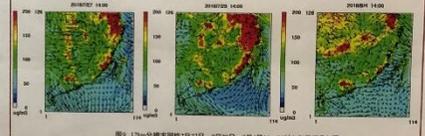
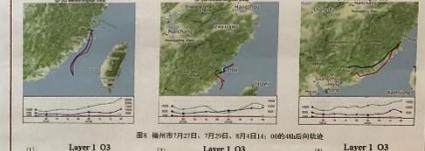
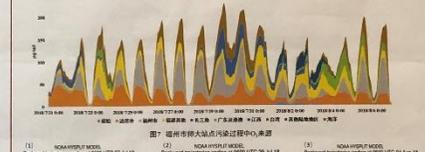
结果与讨论

- 福州市 O_3 污染特征和来源
 - 福州市 O_3 日变化特征表现为单峰变化; 污染日和清洁日在夜间 O_3 浓度水平相近, 但清洁日夜间 O_3 浓度显著增大, 最高值相差约 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。
 - 福州市 O_3 主要来源于区域外传输, 福州本地、福建省其他地区、长三角、珠三角, 在臭氧超标日中它们的贡献浓度较平均水平存在明显上升。



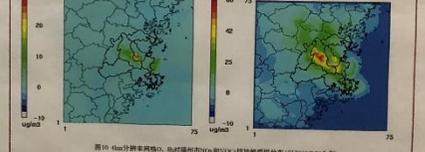
福州市典型污染过程来源分析

2018年7月21日-8月6日, 福州市 O_3 本地生成为主, 最高贡献比例约46%; 其次是受到福建省内其他城市传输的影响; 另外, 在一定条件下来自长三角和珠三角的 O_3 区域传输也有显著贡献。



福州市 O_3 污染敏感性特征

以福州市 O_3 超标日(2018年7月28日)为例, O_3 -8h对前体物敏感性分析结果表明, 福州市区多处于VOC控制, 福州市郊区县则以过氧化物和 NO_x 控制为主。



- 总结
 - 福州市 O_3 日变化特征表现为单峰变化, O_3 主要来源于区域外传输, 福州本地、福建省其他地区、长三角、珠三角。
 - 福州市区多处于VOC控制, 福州市郊区县则以过氧化物和 NO_x 控制为主。

- 致谢
- 福州市环境保护项目
 - 国家重点研发计划(NO.2018YFC12014)



淄博市夏季石化园区VOCs污染特征及臭氧生成潜势

李丽明^{1,2}, 耿春梅¹, 杨文¹, 吴丽萍², 余浩¹

1. 中国环境科学研究院环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012;

2. 天津城建大学环境与市政工程学院, 天津 300384

Email: 119755479@qq.com



研究背景

临淄区是淄博市典型的石化园区, 包含多个大型企业, 主要以中国石化集团特大型齐鲁石化为主, 该企业全年加工原油约1072万吨, 成品油约598万吨, 乙烯约85万吨, 其中橡胶产量位居国内首位, 这些工艺环节正在向大气中排放大量的VOCs, 造成以臭氧为主的化学烟雾及以PM_{2.5}为特征的雾霾等区域性环境问题频发, 直接导致淄博市及周边环境空气质量恶化。

研究方法

本研究于2019年7月通过GC-FID/PID在线自动连续进样系统采集临淄区石化区5个监测点(辛店街办、闻韶街办、樱下街办、皇城镇、胜利边界站), 市区1个对照点(房山镇)和郊区1个背景点(鲁山)的VOCs样品, 分析了PMAS 57种组分。



图1 监测点布置图及采样仪器

VOCs化学反应评估方法:

①最大增量反应活性法(MIR)

$$P_{\alpha} = \frac{OFP - MIR \times VOCs}{P_{\alpha} - s(X) - P_{\alpha} - s(X) - \Delta(X)}$$

②相对增量反应活性法(RIR)

$$RIR(X) = \frac{P_{\alpha} - s(X)}{\Delta(X)}$$

③光化学指示剂比值法(VOCs/NOx)

结果与讨论

石化园区监测点与城区点TVOCs均呈现早晚浓度高, 中午低的特点。石化区监测点TVOCs的日均值浓度(41.48ppb)显著高于背景点鲁山(6.44ppb)和城区点房山镇(36.15ppb), 主要受到本地石化企业的影响。

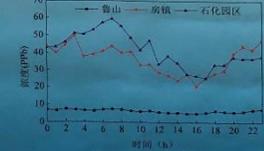


图2 TVOCs浓度日均变化

石化工业VOCs主要为烷烃、烯烃、乙炔和芳香烃, 分别占TVOCs的54.26%, 35.64%, 4.07%和5.42%。烷烃是石化工业排放的主要种类, VOCs浓度较高的物质为乙烷(13.23%), 顺-2-戊烯(12.49%), 丙烷(10.89%), 乙烷(10.34%)和正丁烷(5.92%)等。

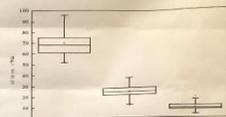


图3 VOCs组成特征

石化园区总臭氧生成潜势为434.26 μg/m³, 烯烃是VOCs组分中对臭氧生成潜势贡献最大的类别。对臭氧生成潜势贡献较大的物质为乙炔、丙烯、1,3-丁二烯和苯乙烯等。RIR法和光化学指示剂法显示胜利边界站为VOCs控制区, 其他监测点均处于过渡区。

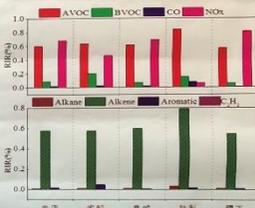


图4 各个组分对臭氧的敏感分析

OBM模型分析VOCs/NOx减排情景, 显示胜利边界站应先削减VOCs来降低O₃的生成, 而剩下4个站点应VOCs、NOx共同削减来降低O₃的生成。

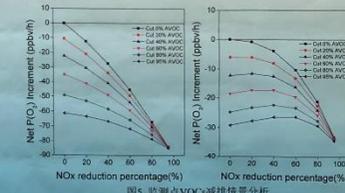


图5 监测点VOCs减排情景分析

(左为辛店、闻韶、皇城和樱下监测点, 右为胜利边界站监测点)

结论

总体来看, 淄博市夏季石化园区大气挥发性有机化合物中, 烷烃类是石化园区的主要贡献种类, 烯烃类对臭氧生成潜势的贡献最大的种类。胜利边界站处于VOCs控制区, 应先削减VOCs来降低O₃的生成, 辛店街办、闻韶街办、樱下街办和皇城镇处于过渡区, 应同时削减VOCs、NOx来降低O₃的生成。

致谢

本研究特别感谢淄博市环境保护局及环境监测总站给予数据支持, 特别感谢大气重污染成因与治理攻关项目“2+26”城市“一市一策”跟踪研究淄博市大气污染防治综合解决方案研究。

投稿编号: ACP-15-07

基金项目: 总理攻关基金DQGG-05-16



淄博市2016-2018年臭氧污染特征分析

李梦辉^{1,2}, 赵雪艳¹, 白雯宇¹, 王欲华¹, 耿春梅^{1*}, 吴丽萍^{2*}, 杨文¹

1. 中国环境科学研究院环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012;

2. 天津城建大学环境与市政工程学院, 天津 300384;



研究背景

近年随着我国蓝天工程的实施和推进, 大气污染治理取得初步成效。自2013年新空气质量标准实施以来, PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO_x四项大气污染物呈现逐年降低的趋势, 然而臭氧(O₃)浓度却呈现逐年增加的趋势。许多地区研究表明, 臭氧已经取代PM_{2.5}成为首要污染物, 近地而高浓度臭氧对人体健康、农业生产、生态环境和气候变化产生重要影响, 同时可加速颗粒物等污染物的形成, 进而影响重污染天气发生的频率和强度。本研究旨在分析淄博市臭氧污染特征及其与气象要素的关系, 以期对淄博市臭氧污染防治提供理论数据支持。

实验部分

监测点位: 淄博市国控、省控19个监测点分别是青龙山、双山、高青第三中学、芦湖、东风化工厂、华沟、锦秋、职业学院莆田园、齐鲁石化、文昌湖、历山、南麻南定、人民公园、新区、三金集团、凤凰山和气象站。

监测仪器: 采用49i型紫外光度法O₃分析仪, 监测指标参考《环境空气质量标准》(GB3095-2012)统计臭氧小时浓度(O₃-1h)、臭氧日最大8h浓度(O₃-8h)、臭氧日最大8h第90百分位数(年浓度)。

数据来源: 臭氧数据来源于淄博市2016-2018年19个国控、省控监测点发布的数据, 风向数据来源于天气网(http://tishi.tianqi.com/ziho/index.html)其余气象数据来源于淄博市监测站。

图1 淄博市空气质量监测点位分布

结果与讨论

淄博市2016-2018年O₃-8h第90百分位浓度分别为184 μg/m³、194 μg/m³、202 μg/m³, 呈现逐年递增的趋势, O₃污染情况日趋严重。季节变化上表现为夏季(151 μg/m³)>春季(127 μg/m³)>秋季(102 μg/m³)>冬季(60 μg/m³)。O₃-8h日均浓度变化规律呈现双峰型分布, 1-6月份O₃浓度逐渐增加, 6-9月份先下降后上升, 9-12月份又逐渐下降, 双峰值分别出现在6月份(180 μg/m³)和9月份(144 μg/m³), 8月份出现谷值(134 μg/m³)。O₃-1h浓度变化曲线呈现单峰型分布, 早上从0:00开始, O₃浓度逐渐降低, 5-7时O₃浓度降至一天中最低水平(33 μg/m³), 7时开始受太阳辐射及交通影响, O₃浓度逐渐上升, 午后太阳辐射达到最强, 在光化学反应作用下, 14时O₃浓度达到峰值(114 μg/m³), 之后随着太阳辐射的减弱又逐渐降低。

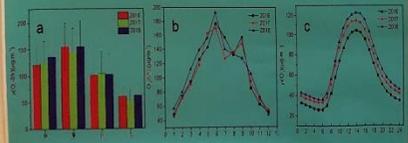


图2 淄博市O₃-8h季节(a)、月(b)、日(c)浓度变化

2016-2018年淄博市臭氧空间分布表明O₃污染总体呈现“两头低, 中间高”的特点, 即市区周边相对较低, 中心城区相对较高。特征, O₃污染高值主要分布在淄博市的中部, 其中张店区、淄川区、周村区和临淄区O₃污染最为严重, O₃-8h第90百分位浓度均超过《环境空气质量》(GB3095-2012)规定的二级标准(160 μg/m³)是国家二级标准的1.09-1.38倍。2016-2018年O₃-8h第90百分位浓度污染较重的点位分别是新区(215 μg/m³)、气象站(221 μg/m³)和三金集团(218 μg/m³)。

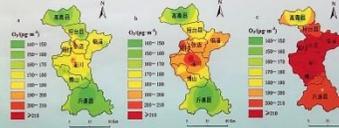


图2 淄博市O₃-8h第90百分位浓度空间分布: a 2016; b 2017; c 2018

将2018年全年淄博市O₃小时值与PM_{2.5}、NO_x、CO、风速、气温和湿度进行相关性分析。结果表明, PM_{2.5}、NO_x、CO和湿度与O₃呈负相关性, 风速和气温与O₃呈正相关性。当淄博市风向为西南风或南风时, O₃浓度相对较高; 当风向为东风或东北风时次之; 当风向为西北风或北风时, O₃浓度较低。

表1 O₃与其它污染物及气象因素的相关性

监测项目	PM _{2.5}	NO _x	CO	风速	气温	湿度
O ₃	-0.277**	-0.616**	-0.454**	0.395**	0.677**	-0.393**

注: **表示在0.01水平(双侧)上显著相关。

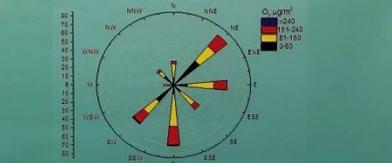


图3 淄博市2018年O₃浓度随风向变化图

结论

淄博市2016-2018年O₃-8h第90百分位浓度分别为184 μg/m³、194 μg/m³、202 μg/m³, 呈现逐年递增的趋势, O₃污染日益严重。

淄博市O₃季节变化上表现为夏季最高, 冬季最低; O₃-8h日均浓度变化规律呈现双峰型分布, 双峰值分别出现在6月份和9月份; O₃-1h浓度变化曲线呈现单峰型分布, 早上5-7时处于一天中最低水平, 14时达到小时浓度峰值; 空间分布呈现出“两头高, 中间低”的特点, 即市区周边浓度相对较低, 中心城区相对较高。

相关性分析表明, PM_{2.5}、NO_x、CO和湿度与O₃呈显著负相关性, 风速和气温与O₃呈显著正相关性。当风向为西南风或南风时, O₃浓度相对较高。

基金项目: 中国环境科学研究院中央公益性科研院所基本科研业务专项(No.2018-YSKY-041)

Email: 243941034@qq.com

