

珠江三角洲典型过程 VOCs 的平均浓度与化学反应活性

邓雪娇^{1*},王新明²,赵春生³,冉 靛³,李 菲¹,谭浩波¹,邓 涛¹,吴 兑¹,周秀骥⁴(1.中国气象局广州热带海洋气象研究所,中国气象局热带季风重点开放实验室,广东 广州 510080; 2.中国科学院广州地球化学研究所,广东 广州 510640; 3.北京大学物理学院大气科学系,北京 100871; 4.中国气象科学研究院,北京 100081)

摘要: 分析了珠江三角洲秋季 VOCs 在相对污染与清洁情况下的日变化特征.污染情况下的 VOCs 质量浓度可达清洁情况下的 2.2 倍,污染富集的是甲苯、二甲苯、乙苯、正丁烷、戊烷、丙烷、乙炔、乙烯等物种.自然排放的异戊二烯具有早晚浓度低而白天浓度高的日变化规律,体现植物的光合作用特征;而人类活动污染排放的甲苯其日变化规律基本反映了气象条件与污染源排放日变化的影响,在相对污染情况下早上出现明显的污染富集,午后出现污染低值.反应活性较强的物质主要是烯烃(反式-2-丁烯、异戊二烯、顺-2-戊烯)与芳香烃(间对-二甲苯、甲苯);烯烃的质量百分比最低,却占最高的化学反应活性百分比.

关键词: 臭氧前体物 VOCs; 平均浓度; 化学反应活性; 污染富集; 珠江三角洲

中图分类号: X131.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6923(2010)09-1153-09

The mean concentration and chemical reactivity of VOCs of typical processes over Pearl River Delta Region.

DENG Xue-jiao^{1*}, WANG Xin-ming², ZHAO Chun-sheng³, RAN Liang³, LI Fei¹, TAN Hao-bo¹, DENG Tao¹, WU Dui¹, ZHOU Xiu-ji⁴ (1.Key Open Laboratory for Tropical Monsoon, Institute of Tropical and Marine Meteorology, China Meteorological Administration, Guangzhou 510080, China; 2.Guangzhou Institute of Geochemistry Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640,China; 3.Department of Atmospheric Science, School of Physics, Peking University, Beijing, 100871, China; 4.Chinese Academy of Meteorological Sciences, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China). *China Environmental Science*, 2010,30(9): 1153~1161

Abstract: The diurnal features of VOCs in relative pollution and clean processes in autumn over Pearl River Delta (PRD) are analyzed. The mass concentration of VOCs under pollution circumstances can be 2.2 times as high as that with clean process. Contributed to pollution enrichment are the pollutants of toluene, xylene, ethylbenzene, butane, pentane, propane, acetylene and ethane, etc. The isoprene emitted from nature has the diurnal features of lower concentration in the morning and evening versus higher concentration during daytime, indicating characteristics of botanic photosynthesis, while toluene from anthropogenic emission has the diurnal features which basically reveal the effects of diurnal changes of meteorological condition and source emission, with obvious pollution enrichment in the morning and lower concentration in the afternoon under relative pollution circumstances. Relatively more active reactivity pollutants include alkene (trans-2-butene, isoprene, cis-2-pentene) and aromatic hydrocarbon (m/p-xylene, toluene), of which alkene has the lowest mass percentage while having the highest chemical reactivity percentage.

Key words: ozone precursor VOCs; mean concentration; chemical reactivity; pollution enrichment; Pearl River Delta

近年来,城市化引起的光化学 O₃ 与大气氧化能力的变化研究已成为研究热点.对流层 O₃ 的研究早在 20 世纪 60 年代就已经开始,Junge^[1]于 1962 年提出了一套对流层 O₃ 产生的经典理论,认为对流层的 O₃ 主要来源于平流层的动力下传,O₃ 在地面沉降成为对流层 O₃ 的汇,从而保持对流层 O₃ 的平衡,Junge 的理论强调的是平流层

动力下传以及平流层与对流层之间的相互交换.

收稿日期: 2010-01-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40875090,40375002,40775011,U0733004);国家“863”项目(2006AA06A306);国家“973”项目(2006CB403701);广东省自然科学基金资助项目(04003920,7035008);广东省科技计划项目(2006B36702001);热带海洋气象科学研究基金(200502)资助

* 责任作者, 副研究员, dxj@grmc.gov.cn

Levy^[2],Chameides 等^[3],Crutzen^[4],Fishman 等^[5]却与 Junge 有不同的看法,认为对流层大气 O₃ 主要是大气光化学反应的结果. Levy 最先提出了对流层 OH 自由基和 HO₂ 自由基产生机理的假说, Crutzen 在 Levy 假说基础上研究表明,光化学过程在决定对流层大气 O₃ 分布过程中起着重要的作用. Levy、Chameides、Crutzen 提出了甲烷(CH₄)在 NO_x 作用下的催化氧化反应机理, Fishman 和 Crutzen 进一步提出了包括 CO 在内的氧化反应过程. 随着对 O₃ 理论研究的深入,人们认识到挥发性有机物(VOCs)在大气 O₃ 光化学生成过程中的作用. Brewer^[6]于 1983 年最先提出了一个包含 VOCs 在内的光化学机理. 随着人们对有机化合物认识的增加,在化学机理中考虑的有机物种类越来越多. 20 世纪 90 年代 Chameides 等^[7]提出了“城乡复合体”(MAP-Metro-Agro-Plexes)的概念,讨论了区域尺度的工业城市和农村的排放造成的光化学污染对全球生态系统的可能影响. 目前,城市空气质量的研究重点之一就是城市光化学反应过程的研究^[8-9],含有氮氧化物和碳氢化合物(VOCs)的大气,在阳光紫外线的照射下发生一系列复杂的反应,产生出一些氧化性很强的产物如 O₃、醛类、过氧乙酰基硝酸酯(PAN)、亚硝酸(HNO₂)等气态污染物与二次气溶胶,形成光化学污染. 目前,我国大城市已经存在严重的光化学氧化剂的污染,珠江三角洲地区 O₃ 最大值逐年递增,且出现最大值的时间也提前,说明大气光化学活性逐年增强^[10].

臭氧前体物 VOCs 并非单一物质,而是包括 100 余种物种的混合体^[11],这为数众多的挥发性有机物质(VOCs)在一般空气中虽然浓度不见得很大,但成份复杂多变,且物种彼此间臭氧生成潜势差异极大^[12-13],排放源众多且具独特性,因此有必要针对各物种进行成分解析,尤其是其中高活性高反应性或高排放的物质进行监测,考虑个别物质的浓度与活性之间的差异^[14],参与光化学反应的挥发性有机物(VOCs)中光化学活性较强的是异戊二烯、丁二烯、柠檬烯、 α -蒎烯等二烯类物质,其次为单烯烃和芳香烯类,如戊烯和苯乙烯等. O₃ 前体物的高低对 O₃ 的生成有重要的作用.

邵敏等^[15]研究表明北京市参与光化学反应的挥发性有机物(VOCs)中光化学活性最强的是烯烃类化合物,尤以 C₄ 和 C₅ 的烯烃组分最为重要. 以往有关大气环境中的 VOCs 的研究主要关注城市功能区以及源解析的分布特征^[16-22],而对 VOCs 的化学反应活性的研究较少. 本文分析了珠江三角洲秋季 VOCs 在相对污染与相对清洁情况下的日变化特征及化学反应活性.

1 样品采集与分析

2007 年 11 月 14、15、28、29 日白天在中国气象局广州番禺大气成分站开展了加强 VOCs 观测试验,采样期间均为晴天天气. 观测站点位于广州市番禺区南村镇大镇岗山山顶,是番禺第一高峰,海拔 141m,位于北纬 23°00.236'N,东经 113°21.292'E,地处珠江三角洲腹地,代表珠江三角洲经济圈大气成分均匀混合的平均特征^[23]. VOCs 由人工瓶采样采集样品,采样时间为白天 08:00~18:00,采样时间分辨率为 2h,获取了相对污染过程(2007 年 11 月 14~15 日)与相对清洁过程(2007 年 11 月 28~29 日)的 VOCs 资料共 24 组. VOCs 由中国科学院广州地球化学研究所分析. 空气样品经预浓缩仪(Entech 7100 Preconcentrator)三级浓缩处理后, VOCs 由氦气带入检测系统(Agilent 5973 GC/MSD/FID/ECD)并分三路分别被检测:第 1 路经 HP-1 色谱柱(60m×0.32mm×1.0 μ m)分离后由 MSD(SIM 方式)检测,第 2 路经 HP PLOT Q 色谱柱(30m×0.32mm×20 μ m)分离后由 FID 检测,第 3 路经 HP-1 色谱柱(60m×0.32mm×1.0 μ m)分离后由 ECD 检测. 其中 MSD 和 FID 均可用来检测作为臭氧前体物的非甲烷烃,且可相互印证补充. 分析所用标准气体为美国 Spectra Gases Inc. 的 57 种非甲烷烃混标. 单个化合物混合比(摩尔分数)检测限(LOD)均在 2×10⁻¹¹ 以下. 在采用自动进样分析相对污染过程样品时,因 FID 通道信号意外关闭,而 MSD 信号中 C₂~C₃ 非甲烷烃干扰较大,因此本研究中没有报道相对污染过程中 C₂~C₃ 非甲烷烃数值,在对污染过程与清洁过程的平均浓度与反应活性的对比分析中不包括 C₂~C₃ 非甲烷烃.

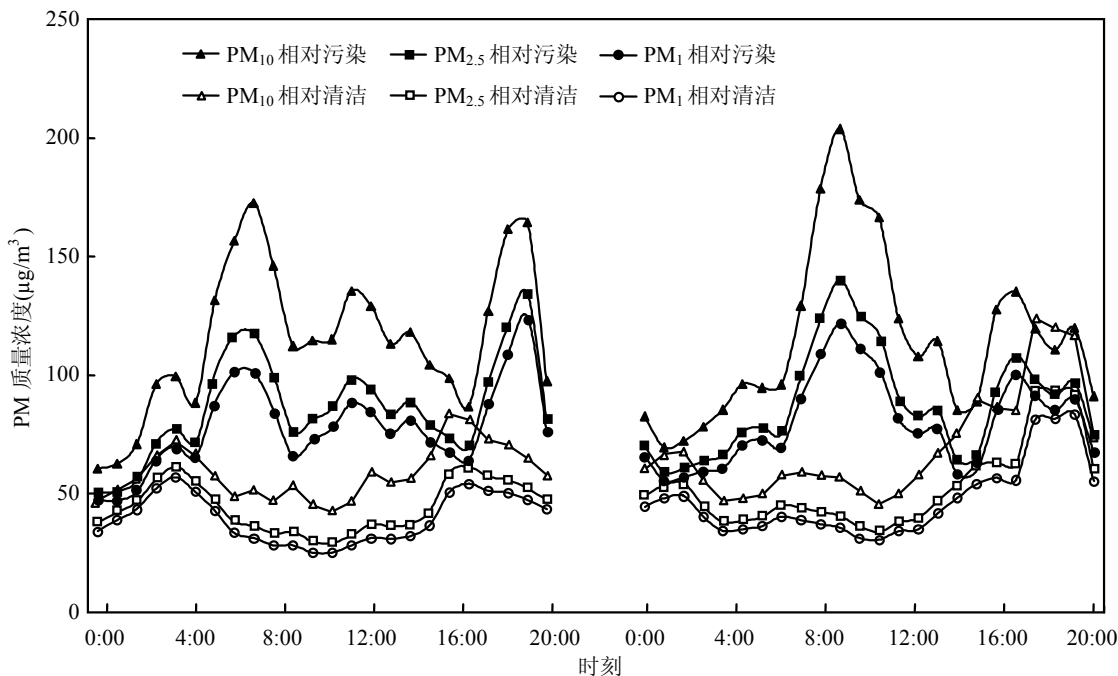


图 1 相对污染过程(2007年11月14~15日)与相对清洁过程(2007年11月28~29日)PM的日变化

Fig.1 The diurnal variation of particulate matter under relative pollution process(14th~15th Nov. 2007) and relative clean process(28th~29th Nov. 2007)

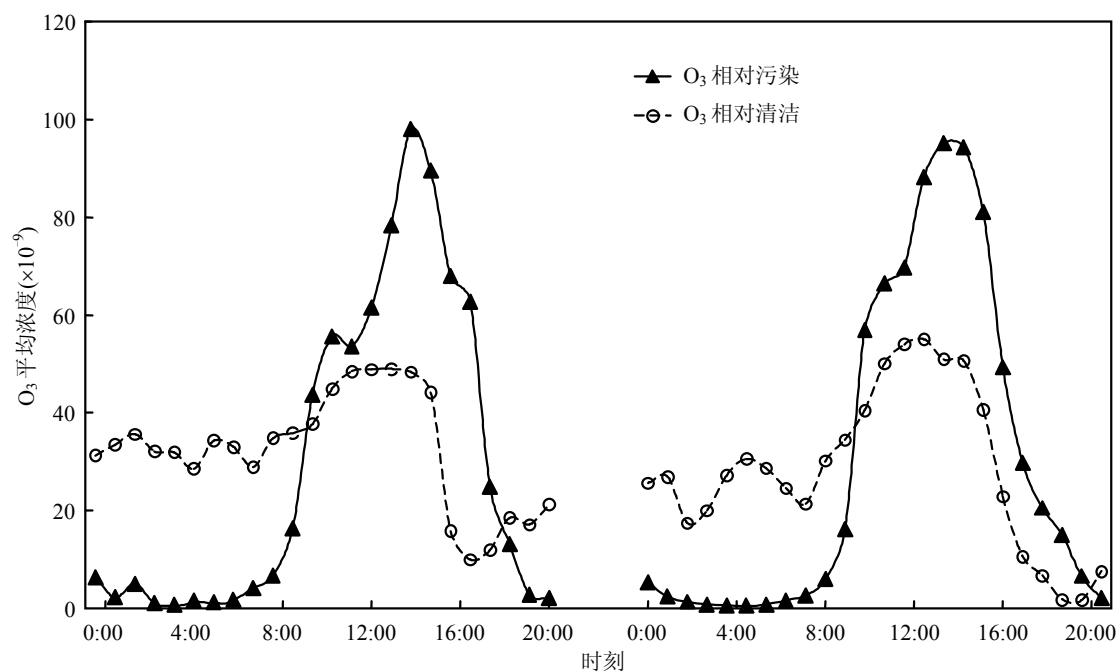


图 2 相对污染过程(2007年11月14~15日)与相对清洁过程(2007年11月28~29日)O₃的日变化

Fig.2 The diurnal variation of ozone under relative pollution process(14th~15th Nov. 2007) and relative clean process(28th~29th Nov. 2007)

图 1 是 GRIMM 180 观测的 PM₁₀、PM_{2.5}、PM_{2.5}、PM₁ 的日平均质量浓度分别是 115、87、78µg/m³ 与 115、88、80µg/m³;14 日与 15 日臭氧的日变化,图 2 是 ECOTECH 臭氧分析仪观测的 O₃ 日变化.观测期的 14 日与 15 日 PM₁₀、PM_{2.5}、PM₁ 的日平均质量浓度分别是 115、87、78µg/m³ 与 115、88、80µg/m³;14 日与 15 日臭氧的小时均值最大值分别为 98×10⁻⁹(出现在 14

日 16:00)、 95×10^{-9} (出现在 15 日 15:00);而观测期的 28 日与 29 日 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_1 的日平均质量浓度分别是 59、44、 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 与 69、53、 $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$;28 日与 29 日 O_3 的小时均值最大值分别为 49×10^{-9} (出现在 28 日 15:00)、 55×10^{-9} (出现在 29 日 14:00)。可见,14~15 日是珠江三角洲秋季典型的相对污染天气,而 28、29 日是珠江三角洲秋季典型的相对清洁天气。相对污染的 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_1 、 O_3 质量浓度大约为相对清洁的 1.8 倍。由天气形势分析可知 27 日有冷空气过境,强平流把长时间累积的污染物输送出境,导致 28~29 日相对清洁的天气过程。14~15 日中午 12:00 的平均温度为 25°C ,28~29 日中午 12:00 的平均温度为 16°C 。本文重点分析观测期间相对污染与清洁情况下 VOCs 的平均浓度与化学反应活性的日变化。

2 臭氧前体物 VOCs 化学反应活性定义

大气中的 VOCs 各种组分的浓度水平、化学活性差异非常大,评价大气 VOCs 中不同物种的化学活性可以根据各物种反应性的归一化处理,如计算等效丙烯浓度^[24],也可以采用 VOCs 组分与大气中活性自由基(如 OH 自由基)反应速率的大小^[25],也有研究采用 MIR 系数来评价大气 VOCs 的化学反应活性^[26]。本文所分析的化学反应活性是指 VOCs 组分与 OH 自由基反应速率的大小,某一 VOCs 物种的反应活性表达为:

$$L_i^{\text{OH}} = [\text{VOCs}]_i \times K_i^{\text{OH}} \quad (1)$$

式中: L_i^{OH} 为 VOCs 中 i 物种的反应速率 s^{-1} ; $[\text{VOCs}]_i$ 为物种 i 的大气浓度 $\text{molecule}/\text{cm}^3$; K_i^{OH} 为物种 i 与大气中 OH 自由基的反应速率常数 $\text{cm}^3/(\text{molecule} \cdot \text{s})$,本文中 VOCs 组分的化学反应活性计算采用 Atkinson^[27]的反应速率常数。

3 秋季典型过程 VOCs 平均浓度与反应活性

图 3、图 4 是珠江三角洲秋季白天典型的相对污染、相对清洁情况下 VOCs 的平均浓度与反应活性,可见,珠江三角洲主要的 VOCs 组分是烷烃(丙烷、乙烷、戊烷、2/3-甲基戊烷、正丁烷、

正己烷)、烯烃(乙烯、丙烯、1-丁烯、反式/顺式-2-丁烯、异戊二烯)、芳香烃(甲苯、苯、间对-二甲苯、乙苯)、乙炔等。污染情况下的 VOCs 质量浓度是清洁情况下的 2.2 倍,污染富集的是甲苯、二甲苯、乙苯、正丁烷、戊烷、丙烷、乙炔、乙烯等物种,与 Chan 等^[28]的分析结果一致。

由 VOCs 物种反应活性的分析可知,反应活性较强的物质主要是烯烃(反式-2-丁烯、异戊二烯、顺-2-戊烯)与芳香烃(间对-二甲苯、甲苯)。相对污染情况下化学活性最大的物种是间对-二甲苯、甲苯、异戊二烯、反式-2-丁烯、顺-2-戊烯等;而相对清洁情况下化学活性最大的物种是反式-2-丁烯、异戊二烯、1-丁烯等。可见,在相对污染情况下芳香烃类物种的化学活性最强,其次是烯烃类物种;在相对清洁情况下芳香烃类物种的质量浓度与反应活性均明显降低,烯烃类物种成为化学反应活性最强的物种。

图 5 是秋季白天典型的相对污染与相对清洁情况下 VOCs 平均浓度与反应活性的日变化,在污染情况下(2007 年 11 月 14~15 日),烷烃、烯烃、芳香烃的日变化具有大体一致的日变化规律,即早上浓度高,然后逐渐降低,至中午约 14h 浓度最低,然后逐渐又升高,这种 VOCs 污染物日变化的特征与排放有关外,更与气象条件的日变化密切相关,珠江三角洲秋季典型污染的出现往往是由于区域出现气流停滞导致的^[29],整个区域为高压脊控制,区域风小,导致 VOCs 污染物累积,早上浓度高的原因就是经过夜间长时间的污染累积加之早上机动车排放增加所造成的,而午后混合边界层的发展导致 VOCs 污染物的降低,傍晚混合边界层的降低又使得 VOCs 污染物升高;在清洁情况下(2007 年 11 月 28~29 日),由于整个区域的污染经过 27 日冷锋过境的清除作用,VOCs 污染物的本底值较低,由图 5 可见,除了 14h 混合边界层的发展导致 VOCs 污染物浓度较低外,白天整日的 VOCs 污染物浓度变化很平缓,这种情况的出现往往与强平流的气象条件相联系,VOCs 污染物不会出现局地的污染累积效应。

在污染情况下,烯烃、烷烃、芳香烃的质量浓度百分比分别为 8.6%、44.8%、46.6%,相应的反应活性百分比为 42.4%、15.9%、41.7%;在清

洁情况下,烯烃、烷烃、芳香烃的质量浓度百分比分别为 16.4%、57.2%、26.3%,相应的反应活性百分比为 66.3%、22.7%、11.1%.可见,不论在

污染还是清洁情况下,烯烃的质量百分比最低,却占最高的化学反应活性百分比;在清洁情况下,芳香烃的化学反应活性降低明显.

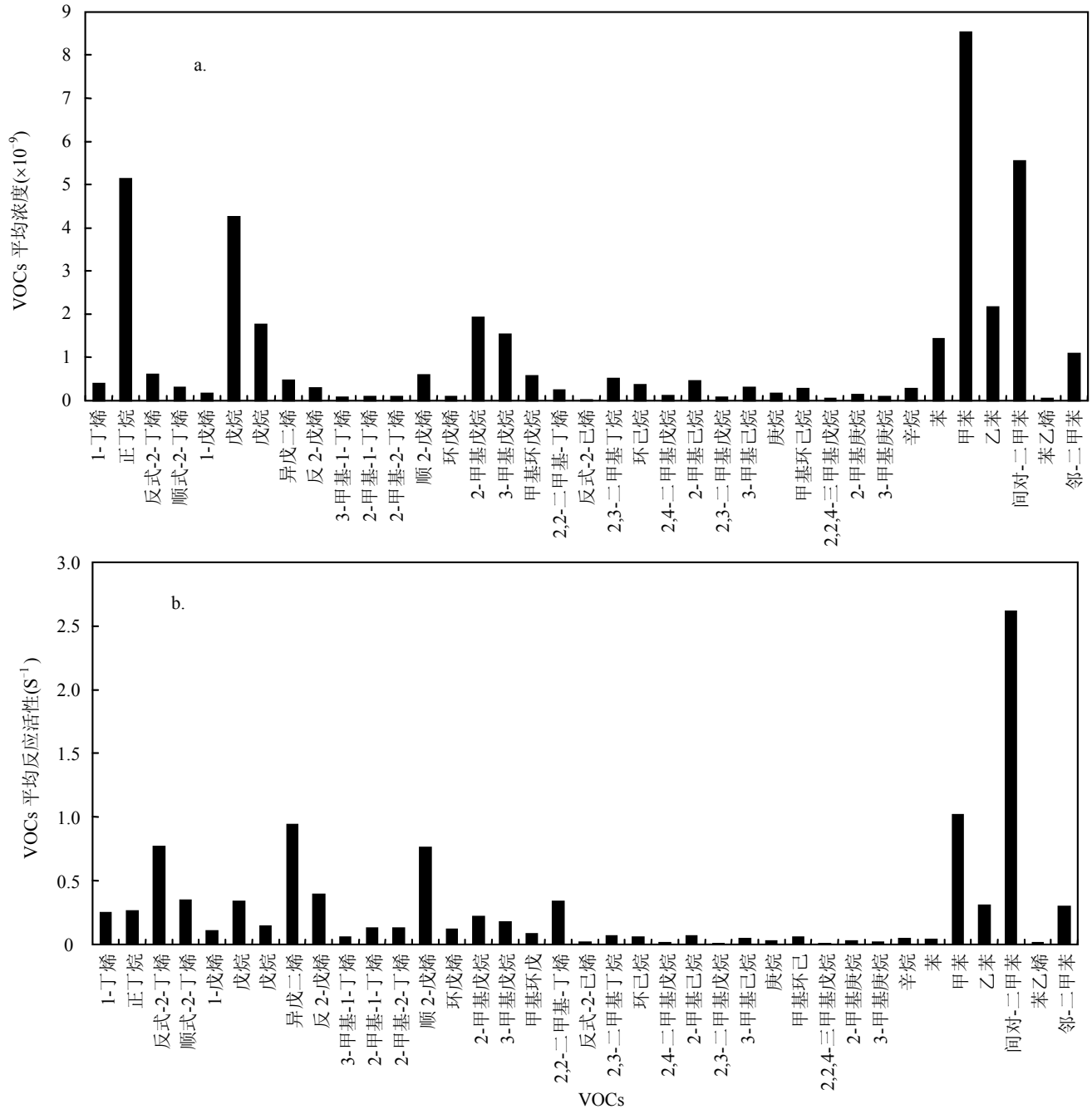


图 3 秋季白天相对污染情况下 VOCs 平均浓度与平均反应活性(2007 年 11 月 14~15 日)

Fig.3 The VOCs mean concentration and mean reactive activity under relative pollution condition during daytime in autumn(14th~15th Nov. 2007)

图 6 为秋季白天典型的相对污染、相对清洁情况下 VOCs 物种异戊二烯、甲苯平均浓度与反应活性的日变化,异戊二烯主要来源于自然的植物排放,也有研究表明异戊二烯部分来源于机动车尾

气的排放^[15,30],而甲苯没有自然源,是完全来自于人类活动的污染物质.在污染情况下异戊二烯与甲苯的日变化出现反位相的特点,异戊二烯在早上并没有出现浓度高的现象,随着午间太阳光强与气温的

升高而浓度升高(14~15日中午12:00的平均温度为25°C),体现植物光合作用的特点,由于异戊二烯的光化学活性较强,所以随着太阳下山植物光合作用的停止,傍晚异戊二烯的浓度很快下降;在清洁情况下异戊二烯也具有早晚浓度低而白天浓度高的日变化规律,但没有污染情况下的明显,其原因主要是因为强平流的作用使得植物光合作用产生

的异戊二烯没有局地累积,同时冷锋过境温度下降明显导致植物光合作用减弱(28~29日中午12:00的平均温度为16°C),异戊二烯的自然排放低,因而造成清洁情况下相对较低的异戊二烯浓度.而来自人类活动污染排放的甲苯其日变化规律基本反映了气象条件与污染源排放日变化的影响,与图5VOCs污染物的总体日变化一致.

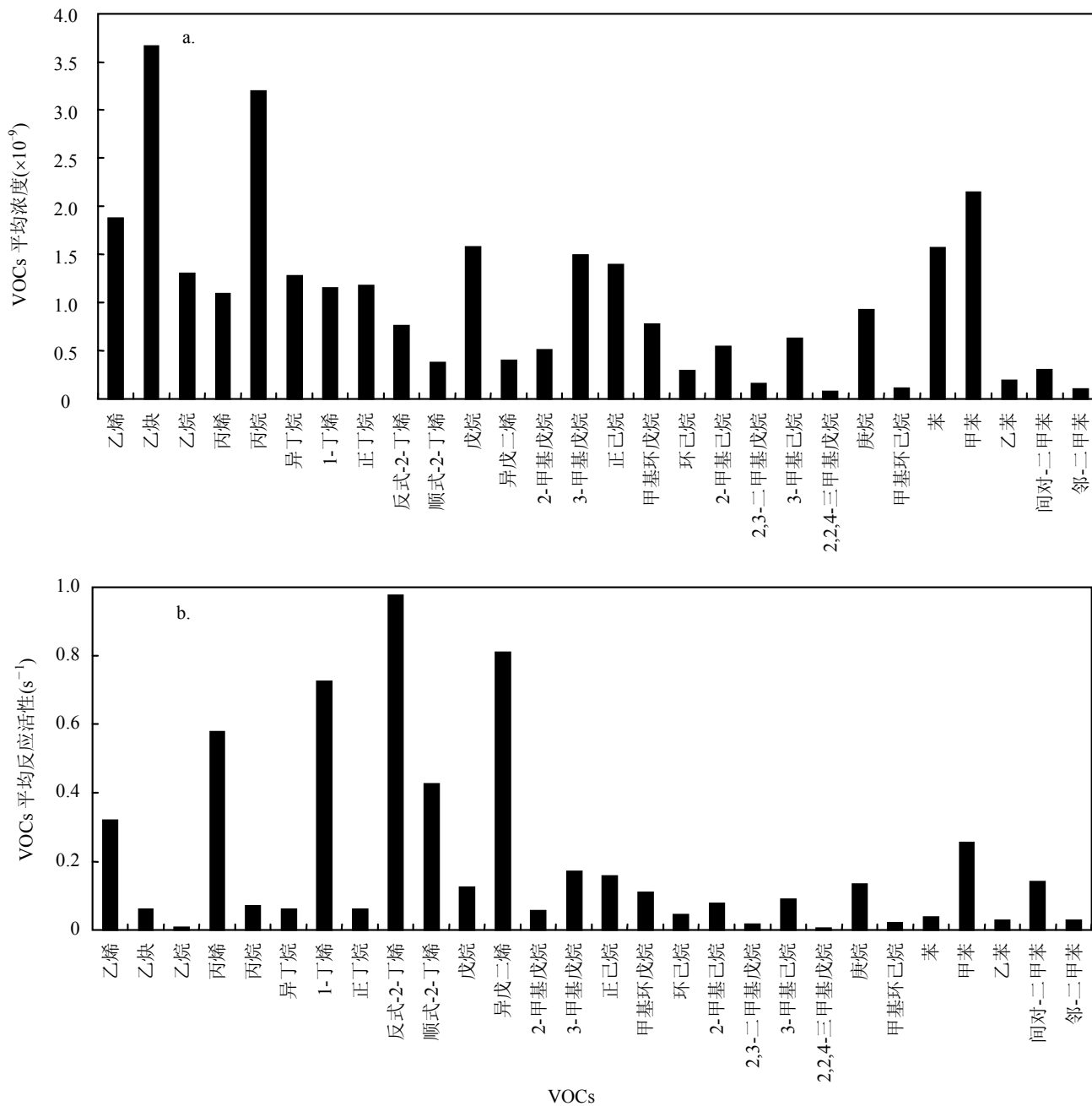


图4 秋季白天相对清洁情况下 VOCs 平均浓度与平均反应活性(2007年11月28~29日)

Fig.4 The VOCs mean concentration and mean reactive activity under relative clean condition during daytime in autumn(28th~29th Nov. 2007)

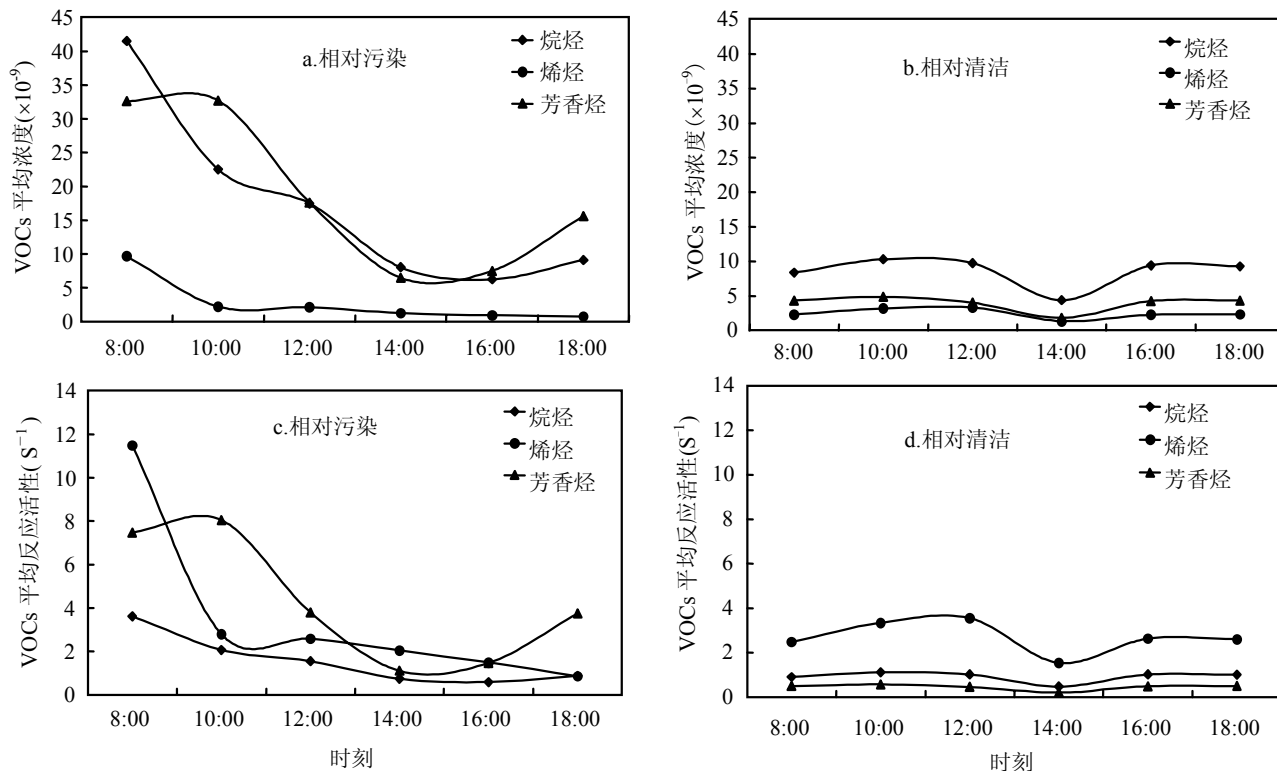


图 5 秋季白天相对污染、相对清洁情况下 VOCs 平均浓度与平均反应活性的日变化

Fig.5 The diurnal variations of VOCs mean concentration and mean reactive activity under relative pollution, clean condition during daytime in autumn

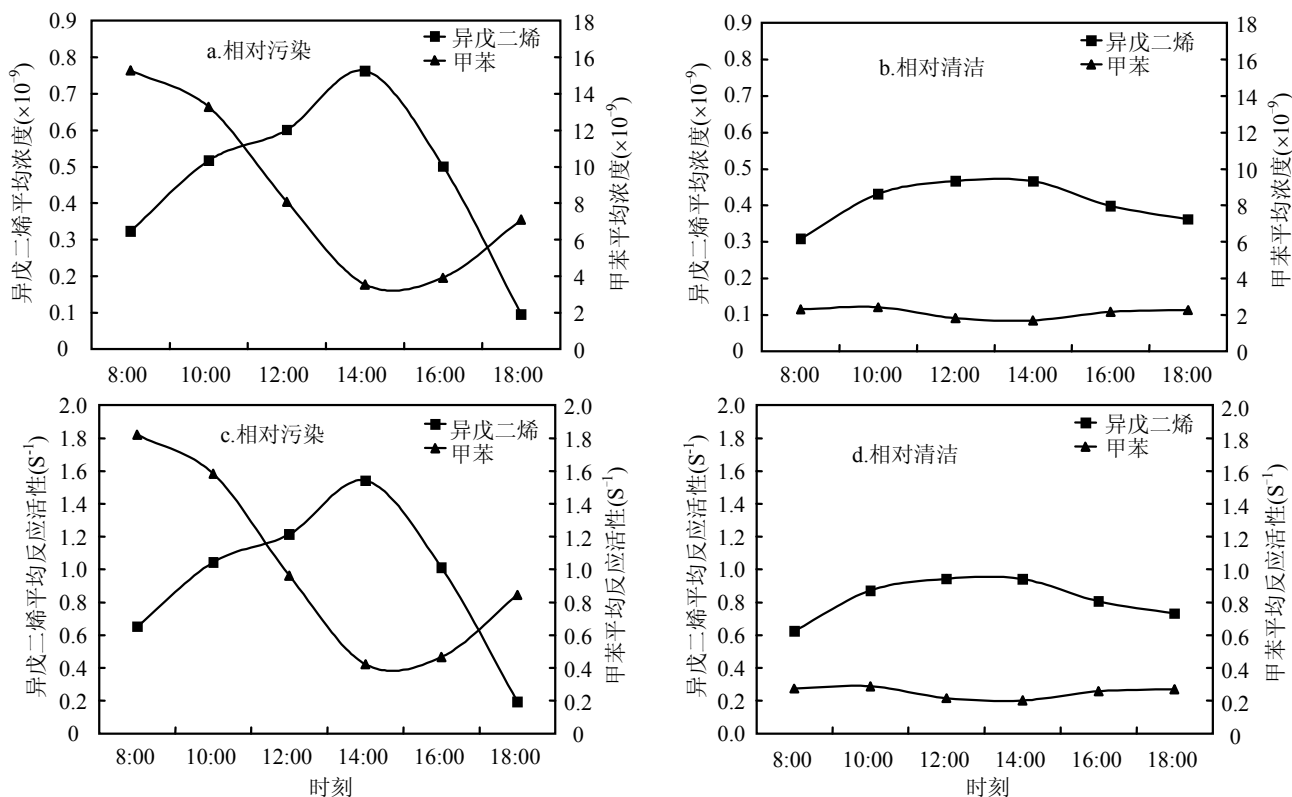


图 6 秋季白天相对污染、相对清洁情况下 VOC 物种异戊二烯/甲苯平均浓度与平均反应活性的日变化

Fig.6 The diurnal variations of mean concentration and mean reactive activity of VOC species isoprene and toluene under relative pollution, clean condition during daytime in autumn

异戊二烯、甲苯与大气中 OH 自由基的反应速率常数分别是 1.01×10^{-10} 、 $5.96 \times 10^{-12} \text{ cm}^3/(\text{molecule} \cdot \text{s})$, 异戊二烯的活性是甲苯的 17 倍. 观测的甲苯质量浓度总是大于异戊二烯几倍至几十倍, 但是反应活性与质量浓度却不一样, 除污染情况下早上与傍晚由于甲苯明显富集其总的活性大于异戊二烯的总活性外, 异戊二烯的总活性大于甲苯的总活性, 尤其是白天, 大的幅度更多, 与其它物种相比, 异戊二烯的高活性以及午时的高排放的重叠效应使其臭氧潜势要高出许多^[31], 由此可见, 自然排放的异戊二烯在光化学中的重要性.

4 结论

4.1 珠江三角洲秋季主要的 VOCs 组分是烷烃、烯烃、芳香烃与乙炔等. 污染情况下的 VOCs 质量浓度是清洁情况下的 2.2 倍, 污染富集的是甲苯、二甲苯、乙苯、正丁烷、戊烷、丙烷、乙炔、乙烯等物种. 反应活性较强的物质主要是烯烃(反式-2-丁烯、异戊二烯、顺-2-戊烯)与芳香烃(间对-二甲苯、甲苯).

4.2 珠江三角洲秋季在污染情况下, VOCs 组分的日变化规律大体一致, 即早晚浓度较高, 午间浓度最低, VOCs 组分日变化的特征与排放源有关外, 更与气象条件的日变化密切相关; 而在清洁情况下, 白天 VOCs 污染物浓度变化很平缓, 这种情况的出现往往与强平流的气象条件相联系, VOCs 污染物不会出现局地的污染累积效应.

4.3 珠江三角洲秋季在污染情况下, 烯烃、烷烃、芳香烃的质量浓度百分比分别为 8.6%、44.8%、46.6%, 相应的反应活性百分比为 42.4%、15.9%、41.7%; 在清洁情况下, 烯烃、烷烃、芳香烃的质量浓度百分比分别为 16.4%、57.2%、26.3%, 相应的反应活性百分比为 66.3%、22.7%、11.1%. 不论在污染还是清洁情况下, 烯烃的质量百分比最低, 却占最高的化学反应活性百分比; 在清洁情况下, 芳香烃的化学反应活性降低明显.

4.4 自然排放的异戊二烯的活性是人为排放的甲苯的 17 倍, 珠江三角洲秋季观测的甲苯质量浓度总是大于异戊二烯几倍至几十倍, 但是反应活性与质量浓度却不一样, 除污染情况下早上与傍

晚由于甲苯明显富集其总的活性大于异戊二烯的总活性外, 异戊二烯的总活性大于甲苯的总活性, 与其他物种相比, 异戊二烯的高活性以及午时高排放的重叠效应使其臭氧潜势要高出许多, 在光化学中具有重要性.

参考文献:

- [1] Junge C E. Global ozone budget and exchange between stratosphere and troposphere [J]. *Tellus*, 1962, 14: 364-377.
- [2] Levy H. Normal atmosphere: large radical and formaldehyde concentrations predicted [J]. *Science*, 1971, 173: 141-143.
- [3] Chameides W L, Walker J C G. A photochemical theory of tropospheric ozone [J]. *J. Geophys. Res.*, 1973, 78: 8751-8760.
- [4] Crutzen P J. Photochemical reactions initiated by and influencing ozone in unpolluted tropospheric air [J]. *Tellus*, 1974, 26: 47-57.
- [5] Fishman J, Crutzen P. The origin of ozone in the troposphere [J]. *Nature*, 1978, 274: 855-858.
- [6] Brewer D A, Augustsson T R, Levine J S. The photochemistry of anthropogenic nonmethane hydrocarbons in the troposphere [J]. *J. Geophys. Res.*, 1983, 88: 6683-6695.
- [7] Chameides W L, Kasibhatl P S, Yienger J, et al. Growth of continental-scale Metro-Agro-Plexes regional ozone pollution and world food production [J]. *Science*, 1994, 264: 74-77.
- [8] Ran L, Zhao C S, Geng F H, et al. Ozone photochemical production in urban Shanghai, China: Analysis based on ground level observations [J]. *J. Geophys. Res.*, 2009, 114, D15301, doi: 10.1029/2008JD010752.
- [9] 邓雪娇, 黄健, 吴兑, 等. 深圳地区典型大气污染过程分析 [J]. *中国环境科学*, 2006, 26(Suppl): 7-11.
- [10] 邓雪娇. 珠江三角洲气溶胶的特征及其对能见度与地面臭氧变化的影响 [D]. 北京: 北京大学, 2008.
- [11] Pankow J F, Luo W, Bender D A, et al. Concentrations and co-occurrence correlations of 88 volatile organic compounds (VOCs) in the ambient air of 13 semi-rural to urban locations in the United States [J]. *Atmos. Environ.*, 2003, 37: 5023-5046.
- [12] Bowman F M, Seinfeld J H. Fundamental basis of incremental reactivities of organics in ozone formation in VOC/NOx mixtures [J]. *Atmos. Environ.*, 1994, 28: 3359-3368.
- [13] Carter W P L. Development of ozone reactivity scales for volatile organic compounds [J]. *J. Air and Waste Manage. Assoc.*, 1994, 44: 881-899.
- [14] Chang C C, Lo J G, Wang J L. Assessment of reducing ozone forming potential for vehicles using liquefied petroleum gas as an alternative fuel [J]. *Atmos. Environ.*, 2001, 35: 6201-6211.
- [15] 邵敏, 付琳琳, 刘莹, 等. 北京市大气挥发性有机物的关键活性组分及其来源 [J]. *中国科学 D 辑 地球科学*, 2005, 35(增刊 I):

- 123-130.
- [16] 王伯光,吕万明,周炎,等.城市隧道汽车尾气中多环芳烃排放特征的研究[J].中国环境科学,2007,27(4):482-487.
- [17] 王伯光,张远航,邵敏.珠江三角洲大气环境 VOCs 的时空分布特征[J].环境科学,2004,25(增刊):7-15.
- [18] Tang J H, Chan C Y, Wang X M, et al. Volatile organic compounds in a multi-storey shopping mall in Guangzhou, South China[J]. Atmos. Environ., 2005,39:7374-7383.
- [19] Wang X M, Sheng G Y, Fu J M, et al. Urban roadside aromatic hydrocarbons in three cities in the Pearl River Delta region, People's Republic of China[J]. Atmos. Environ., 2002,36:5141-5148.
- [20] 王珊,王跃思,张俊刚,等.长白山地区大气 VOCs 的观测研究[J].中国环境科学,2008,28(6):491-495.
- [21] 王思源,邵敏,王玮.北京市大气中 VOCs 垂直分布的航测研究[J].中国环境科学,2009,29(7):679-684.
- [22] 郑君瑜,郑卓云,王兆礼,等.珠江三角洲天然源 VOCs 排放量估算及时空分布特征[J].中国环境科学,2009,29(4):345-350.
- [23] Wu Dui, Mao Jietai, Deng Xuejiao, et al. Black carbon aerosols and their radiative properties in the Pearl River Delta region[J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 2009,52(8):1152-1163, doi: 10.1007/s11430-009-0115-y.
- [24] Na K, Kim Y P, Moon K C. Diurnal characteristics of volatile organic compounds in the Seoul atmosphere[J]. Atmos. Environ., 2003,37:733-742.
- [25] Goldan P D, Kuster W C, Williams E, et al. Non-methane hydrocarbon and oxy-hydrocarbon measurements during the 2002 New England air quality study[J]. J. Geophys. Res., 2004,109:D21309,doi:10.1029/2003JD004455.
- [26] Martien P T, Harley R A, Milford J B. Evaluation of incremental reactivity and its uncertainty in southern California[J]. Environ. Sci. and Technol., 2003,37:1598-1608.
- [27] Atkinson R. Gas-phase tropospheric chemistry of organic compounds: A review[J]. Atmos. Environ., 1990,24:1-41.
- [28] Chan Lo Yin, Kam wah Chu, Shi Chun Zou et al. Characteristics of nonmethane hydrocarbons (NMHCs) in industrial, industrial-urban, and industrial-suburban atmospheres of the Pearl River Delta (PRD) region of south China[J]. J. Geophys. Res., 2006, 111, D11304, doi:10.1029/2005JD006481.
- [29] 吴兑,廖国莲,邓雪娇,等.珠江三角洲霾天气的近地层输送条件研究[J].应用气象学报,2008,19(1):1-9.
- [30] Barletta B, Meinardi S, Simpson I J, et al. Mixing ratios of volatile organic compounds (VOCs) in the atmosphere of Karachi, Pakistan[J]. Atmos. Environ., 2002,36(21):3429-3443.
- [31] Lee B S, Wang J L. Concentration variation of isoprene and its implications in peak ozone concentration[J]. Atmos. Environ., 2006,40,5486-5495.

作者简介: 邓雪娇(1968-),女,广东大埔人,副研究员,博士,主要从事大气物理与大气环境研究.发表论文 40 余篇.

生物多样性就是人类的生命

2010 年被定为国际生物多样性年,以重视地球上的生命.8 年前的联合国生物多样性会议上,经 190 多个国家一致同意,到 2010 年要完成减少生物多样性流失的任务.2010 年 10 月,联合国生物多样性会议将在日本名古屋召开,评议进展并将对世界生物多样性工作的下一步目标取得一致.在此会议之前,联合国大会将首次提出生物多样性危机.

从生物多样性的众多指标来看,有一点非常明确:全球未能达到 2010 年的预期目标.例如,世界自然保育联盟(IUCN)的《濒危物种红皮书》中记载了有 47677 个物种面临灭绝的危险;17291 个物种面临濒危,包括 12%的鸟类,21%的哺乳动物,30%的两栖类,27%的造礁珊瑚虫,以及 35%的针叶树和苏铁.通过这项指标随时间推移来追溯物种灭绝危险,其结果显示更糟糕的情况:许多物种急剧减少,以两栖类和珊瑚虫最为显著.揭示了野生物种的数量自 1970 年以来已经减少了 30%;自 1980 年以来,红树林已经丢失了 1/5 的面积,29%的海草床烟消云散.

生物多样性的流失,给人类造成了严峻的后果.据 2009 年生态系统和生物多样性的经济学研究显示,世界 11 亿最贫困人口中的半数都直接依赖大自然生存,他们借助自然的福祉包括:野生作物收割、农作物传粉、自然灾害的缓冲、净水供给、传统耕作的维持.该研究估计,因生物多样性流失引起的总的全球年均经济损失,可计算的部分,为 13.5~31 亿美元.此外,热带丛林的毁灭(以每年 600 万 hm^2 的速度缩减)是造成近 1/5 温室气体排放的原因,从而推动着气候变化.生物多样性流失剥夺了我们后代目前尚未知晓的潜在的巨大利益.在这个意义上,它将人类与奇妙的大自然隔离开来,生物多样性流失的最终结果是人类数量的减少.

林蕴飞 译自《Science》, March 5: 1179, (2010)