

# 生物质燃烧颗粒物中有机质及源解析研究进展

刘刚<sup>1,2</sup> 袁静<sup>1,2</sup> 陈敏东<sup>1,2</sup> 姜玲<sup>1,2</sup>

## 摘要

对近年来有关生物质燃烧排放的颗粒物中有机化合物和有机示踪物的研究进展进行了综述,分析了各国学者根据有机示踪物研究城市大气颗粒物中生物质燃烧和其他排放源对空气污染的贡献,对以后的相关研究具有借鉴意义.

## 关键词

生物质燃烧;颗粒有机质;源解析;研究进展

中图分类号 TQ028.2;X511

文献标志码 A

## 0 引言

生物质是指有机物中除化石燃料外的所有来源于动、植物且能再生的物质.生物质包括林木废弃物(木块、木片、木屑、树枝等)、农业废弃物、水生植物、油料植物、有机物加工废料、人畜粪便及城市生活垃圾等.

生物质燃烧过程产生的颗粒物影响城市和区域空气质量,降低大气能见度,损害人体健康,甚至影响区域和全球气候,已成为城市、区域乃至全球范围内重要污染源之一.本文对近年来有关生物质燃烧排放的现状及进展进行了系统总结.

## 1 生物质燃烧

生物质中易燃部分主要是纤维素、半纤维素、木质素,它们燃烧时首先放出挥发性物质,最后转变成炭.纤维素热降解产生糖类,木质素降解生成酚类.生物质燃烧包括4种形式:农村居民使用秸秆和薪柴作为炊事及采暖的燃料;农田废弃秸秆的露天焚烧;森林火灾;草原火灾.

为了更好地研究生物质燃烧,各国研究人员对不同生物质燃烧形式烟雾样品中的有机化合物和示踪剂进行了研究.

### 1.1 作为采暖燃料

Gaeggeler等<sup>[1]</sup>在瑞士南部一个以木材燃烧作为住宅取暖主要燃料的村庄里,选择了21种含氧挥发性有机物(OVOCs)、19种非甲烷碳氢化合物(NMHCs)和11种低相对分子质量有机酸进行测试,发现除了三甲苯(TMB)、甲基丁醇(MBO)和异丙醇,大部分OVOCs、NMHCs和有机酸的主要来源是家庭木材燃烧,气溶胶质谱的标记物和一氧化碳被用来作为家庭木材燃烧的指示物,氮氧化物则用来作为交通排放的指示物.文献<sup>[2]</sup>对新西兰城市冬季气溶胶中的初级有机污染物进行研究发现,有机污染物的主要类型是碳水化合物、树脂酸、三环萜烯酸和脂肪酸,最主要的两种生物标记物为左旋葡聚糖和脱氢枞酸,表明含碳粒子的主要来源是基于生物质燃烧的家庭供暖.

### 1.2 秸秆露天焚烧

秸秆是成熟农作物茎叶(穗)部分的总称,通常指小麦、水稻、玉米、薯类、油料、棉花、甘蔗和其他农作物在收获籽实后的剩余部分.

收稿日期 2010-06-15

资助项目 国家自然科学基金(41073019);南京信息工程大学科研基金(20080315)

作者简介

刘刚,男,博士,教授,主要研究大气污染物分析与源解析. liugang650104@sina.com

1 江苏省大气环境监测与污染控制高技术研究重点实验室,南京,210044

2 南京信息工程大学环境科学与工程学院,南京,210044

农田废弃秸秆的露天燃烧是农村常见的一种生物质燃烧方式,可以推进作物轮作,控制病虫害和杂草对农作物造成的影响,但是其燃烧排放出的烟雾会笼罩在天空中不易被驱散,导致大气污染,并给人们的健康带来威胁。

对以农业为目的的生物质燃烧所引发的大规模空气污染事件的研究表明,污染物中含有脂肪烃(如正构烷烃)、三萜、链烷酸、脂肪醇以及多环芳烃,其中,链烷酸占溶剂萃取的有机化合物总质量的50%<sup>[3]</sup>。另一研究<sup>[4]</sup>证实了这一点,并发现还有 *n*-链烯酸和二元酸的存在,但 *n*-链烯酸的量只占总有机物质质量的小部分。 $C_{22}$ 或碳原子数更多的 *n*-链烷酸主要来源于生物质燃烧排放,而二元酸则是由光化学反应产生的。文献<sup>[5]</sup>发现,在所有 *n*-链烷酸中,十六酸的浓度最高,硬脂酸( $C_{18}$ )次之。巴西的学者们<sup>[6]</sup>则分析了市区、郊区和乡村的大气颗粒物样品和甘蔗叶及蔗渣燃烧排放的烟雾样品,萃取浓缩并层析分成芳香族化合物和极性化合物两部分,用气相色谱(GC)和气相色谱/质谱(GC/MS)进行分析,在极性化合物中发现了左旋葡聚糖、半乳聚糖、甘露聚糖这些化合物,在芳香组分中发现了一些 PAHs,同时还得到了左旋葡聚糖主要是由甘蔗叶/渣燃烧排放的结论。

对水稻和小麦秸秆实验室模拟燃烧研究发现,小麦秸秆排放的 PM(颗粒有机质)中富集了 K 和 Cl,而水稻秸秆焚烧排放的 PM 中很大部分是碳。用 GC/MS 测定  $PM_{2.5}$  中的溶剂萃取有机物,其质量占 PM 总排放量的 18%(质量分数),同一种秸秆燃烧排放的 PM 中某些正构烷烃、多环芳烃、氧多环芳烃、糖标记化合物的平均值有明显差异。利用分子标记的层次聚类源试验观测表明,农业秸秆燃烧与其他类型的生物质燃烧是不同的,但是由于缺少一份详细的模拟农业大火(Afs)和其他生物质燃烧(野火、炉灶和壁炉燃烧)相比较的 PM 相化学排放数据,所以还无法确定这些来源的 PM 相分摊<sup>[7]</sup>。

为了进一步对谷物秸秆燃烧排放的颗粒中有机物的来源解析,Zhang 等<sup>[8]</sup>收集小麦、水稻和玉米秸秆,分别进行焖烧和充分燃烧。在所有的测试中左旋葡聚糖在细颗粒物中含量最高,可以看作是生物质燃烧的示踪物。由木质素降解产生的甲氧基酚在  $PM_{2.5}$  中含量也很高,其中包含了浓度近似相等的愈创木基和丁香化合物。与木材燃烧排放相比,愈创木基和丁香化合物浓度不同,可以用来鉴别木材燃烧

和秸秆燃烧的排放。与其他甾醇类相比, $\beta$ -甾醇在  $PM_{2.5}$  中含量很高,而正构烷烃、多环芳烃、脂肪酸和醇类的含量就要低一些。与木材燃烧的源配置相比,秸秆燃烧的有机颗粒物的主要组成部分是相似的,但是通过示踪化合物可以看出秸秆燃烧和木材燃烧的排放概况的差异,也许可以通过这些示踪化合物来识别秸秆燃烧和木头燃烧源的贡献,但这需要精确地检测更多的有机化合物种类来得到准确的来源分配。Viana 等<sup>[9]</sup>研究了西班牙农村水稻秸秆燃烧季节排放的  $PM_{10}$  气溶胶,结果显示,在露天燃烧排放的  $PM_{10}$  水平的气溶胶中,长链的 PAHs 如茛(1,2,3-丙,丁)芘的浓度出乎意料的高,草酸、茈萸、 $C_{31}$  的正构烷烃、左旋葡聚糖、K、水溶性有机碳(WSOC)、油酸、 $Cl^-$ 、 $Na^+$  和  $NO_3^-$  尤为富集,Zn、Pb、Cr、Cd 和 Na 在气溶胶中浓度也很高,可能是因为水稻秸秆中微量金属的生物富集以及海洋咸水水域对作物的影响。生物质燃烧最主要的示踪化合物是茈萸、 $C_{31}$  的正构烷烃、左旋葡聚糖和油酸。对于间接生物质燃烧(区域范围或长距离运输)的排放的影响,有机示踪剂的敏感度高于无机物种。因此,对生物质燃烧排放的监测,最好把有机和无机示踪剂结合起来使用。

### 1.3 森林火灾

文献<sup>[10]</sup>检测了中国南部包括季风常绿阔叶乔木及灌木在内的 6 种自然植物燃烧释放出的烟雾中的有机成分和分子示踪剂的分布。用 GC/MS 检测了气体和颗粒物样本,发现其中最主要的有机化合物为来源于木质素降解的甲氧基苯酚和来源于纤维素的糖类、羧酸、PAHs、正构烷烃和正构烯醇浓度较低。酚类如 1,2-二羟基-3-茴香醚、异丁子香酚、乙酰香兰酮、藜芦酸、3-甲氧基-4-羟基甲醛、甲氧丁子香酚等以及糖类如酏糖(左旋葡聚糖、1,6-酏- $\beta$ -呋喃葡萄糖、甘露聚糖)、吡喃糖和它们的二酏( $\beta$ -D-吡喃半乳糖苷)是中国南部地区自然植被燃烧排放烟雾中主要的分子示踪剂。相应的示踪剂/OC(有机碳)之比值被用来作为区分不同自然植物燃烧的指示参数。烟雾样品中 U/R(未量化的物质/已量化的物质)的比值被用来作为区分化石燃料燃烧和阔叶树木燃烧的参数。

Alves 等<sup>[11]</sup>采集了以灌木为主的森林火灾排放的烟雾中细颗粒物( $PM_{2.5}$ )和粗颗粒物( $PM_{2.5-10}$ )样品,发现了生物质燃烧排放烟雾中的新型有机示踪物,主要包括由齐墩果烷和乌散烷作为框架的三萜类化合物、球面二烯和球面三烯、没有改变的生物前

体(生物分子)及其降解产物(热降解产物)。烟雾样品中主要的有机化合物为植被角质层的热裂解产物、球面二烯类和甾醇衍生物、来源于纤维素破裂的碳水化合物、来自植物蜡的芳香族脂肪和由木质素热降解产生的甲氧基酚,还包含了较少的 PAHs, 这些化合物大部分主要是在细颗粒物中发现的。

Kleeman 等<sup>[12]</sup>则根据前人的研究成果,综合几种不同类型的生物质燃烧,并与香烟烟雾和肉类烹调排放的烟雾一起做了系统的深入研究。他们检测了松树、加州橡树、东海岸橡木、桉树、水稻秸秆燃烧,香烟烟雾和肉类烹调释放出的烟雾中 6 种颗粒直径范围在 0.056, 0.1, 0.18, 0.32, 0.56, 1.0 和 1.8  $\mu\text{m}$  之间的颗粒物中的有机示踪物的浓度,溶剂萃取后用 GC/MS 检测。研究表明:木材燃烧烟雾超细粒径颗粒物中含有 14 种 PAHs, 其中浓度最高的是苯并[g,h,i]荧蒽;水稻秸秆燃烧烟雾超细粒径颗粒物中有 9 种,浓度最高的是苯并[a]芘;香烟烟雾中浓度最高的 PAHs 为苯并[g,h,i]荧蒽,屈/苯并菲次之。除了 PAHs,木材燃烧中浓度最高的化合物还有左旋葡聚糖、乙酰香兰酮、异丁香酚和香草醛;水稻秸秆和香烟燃烧的超细颗粒物中唯一的有机化合物分别为苯并[de]蒽-7-1 和 4-甲基苯基丙酮;肉类烹调释放出的烟雾中浓度最高的有机物为胆固醇。胆固醇和左旋葡聚糖是肉类烹调 and 木材燃烧排放的烟雾中超细粒径颗粒物中有效的示踪剂。

## 2 颗粒物源解析

不同来源的大气颗粒物因其物理化学性质不同,对空气质量和人体健康的影响也不同。为了有针对性地制定大气污染控制对策,需要掌握主要污染源的排放特征及其对颗粒物总质量的相对贡献,即进行大气颗粒物的来源解析。

利用有机化合物进行大气污染源解析的有机物示踪技术近些年得到广泛应用。此技术需要寻找城市大气主要污染源中具有很强源特征性的有机化合物,即有机示踪物。示踪物是一类污染源的表征化学指纹的代表,是确定各类源排放的关键。

这些化合物中很多含有羟基和羧基等极性基团,如生物质燃烧源的示踪物——无水单糖类和餐饮源的示踪物——甾醇类等化合物。由于这些化合物极性大、挥发性小,难以直接进行气相色谱分析,即缺乏有效的分析技术,这种情况限制了国内开发以有机化合物作为源示踪物的大气污染源解析技

术。有鉴于此,研究人员们积极建立有效的大气颗粒物中极性有机化合物的分析方法,并应用于实际大气细粒子的测定。

### 2.1 有机示踪物检测方法

因大气颗粒物中的极性有机化合物在用气相色谱进行分析时,不能有效地挥发或进入毛细柱后不能流出,必须进行衍生化以减小极性。衍生化技术可以提高目标化合物的挥发性,改善色谱分离效果,提高检测灵敏度,并缩短分析时间。

何凌燕等<sup>[13]</sup>利用两种衍生化试剂反应和 GC/MS 测定北京大气颗粒物中的极性化合物,并给出了两类衍生化反应的最佳条件。用  $\text{BF}_3/\text{CH}_3\text{OH}$  作为甲酯化试剂来衍生大气颗粒物中的一元和二元羧酸(含羧基),反应最佳条件为:反应温度 80  $^\circ\text{C}$ ,反应时间 30 min。硅烷化试剂 BSTFA/TMCS 来衍生无水单糖和甾醇等(含羟基)的最佳条件为:反应温度 85  $^\circ\text{C}$ ,反应时间 40 min,满足 GC/MS 分析要求。在定量过程中使用  $n\text{-C}_{24}\text{D}_{50}$  作为内标以校正分样体积不同带来的误差,六甲苯则在样品注入 GC/MS 仪器前加入以校正仪器响应漂移带来的误差。实测北京市夏、秋、冬 3 季大气细粒子样品,定量测定极性化合物 42 种,包括一元羧酸 30 种、二元羧酸 5 种、无水单糖 3 种、甾醇类 3 种和苯甲酸。

随后,他们采用同样的样品预处理方法对北京 2002—2003 年夏、秋、冬 3 个季节大气  $\text{PM}_{2.5}$  中几类重要的有机示踪化合物进行了定量检测。包括生物质燃烧源示踪物——左旋葡聚糖和  $\beta$ -谷甾醇,肉类烹饪等餐饮源示踪物——胆甾醇,化石燃料燃烧源示踪物—— $17\alpha(\text{H})$ ,  $21\beta(\text{H})$ -藿烷类化合物,并利用最常用的受体模型——化学质量平衡模式 (Chemical Mass Balance, CMB) 进行源解析。同时,还定性地检测到甾烷类化合物,脱氢松香酸和邻苯二甲酸,分别是化石燃料燃烧、针叶林木材燃烧和二次有机物的可能的有机示踪化合物<sup>[14]</sup>。

同样是衍生化、GC/MS 技术,周家斌等<sup>[15]</sup>的衍生化方法为用  $\text{BF}_3/\text{CH}_3\text{OH}$  在 65  $^\circ\text{C}$  下保持 20 min,将酸类化合物转化成甲酯,加入 BSTFA/TMCS(体积比为 99/1,衍生化试剂)和吡啶,在 70  $^\circ\text{C}$  下保持 2 h,将含羟基化合物硅烷化处理。他们采集了武汉春季大气  $\text{PM}_{10}$  样品,用此方法分析其有机组成,结果显示,  $\text{PM}_{10}$  中有机物质量浓度总体表现为正烷酸 > 左旋葡聚糖 > 正构烷烃 > 二元酸 > 甘油酸酯 > 多环芳烃 > 甾醇 > 藿烷和甾烷的特征,夜晚质量浓度大

于白天,工作日(周一至周五)大于周末(周六、周日). 武汉大气颗粒有机物(POM)既来源于植物蜡等自然源,也有交通和食物烹饪等人为源的影响.

有些学者则在衍生化前先采用柱层析分离法将组成复杂的有机化合物分离出来. 如于国光等<sup>[16]</sup>采用硅胶-氧化铝柱层析分离,硅胶(80~100目),三氧化二铝(100~200目),使用前抽提72h,并进行活化处理. 装柱后分别用正己烷、正己烷/二氯甲烷(体积比6:4)、甲醇逐次冲淋,分离出饱和烃、芳烃和非烃组分备用. 非烃组分先通过双(三甲基硅烷基)三氟乙酰胺(BSTFA)进行衍生处理,再通过GC/MS对北京大气PM<sub>10</sub>颗粒有机物中含氧有机化合物进行了鉴定和分析. 根据其质量色谱图和特征碎片离子、标准谱库和保留指数,鉴定出酞酸酯、正脂肪醇、正脂肪酸、甾醇、左旋葡聚糖等系列化合物,用六甲基苯作内标进行定量. 结果表明北京市大气气溶胶中含氧有机化合物的污染比较严重. 左旋葡聚糖、 $\beta$ -谷甾醇季节性变化规律表明,生物质燃烧源对北京的大气污染有一定的影响,且秋季的影响最大.

## 2.2 国内外研究进展

文献[17]也采用衍生化法研究了北京大气有机颗粒有机物中有机化合物的季节性污染特征. 样品中主要的有机物有烷烃、脂肪酸、二元酸、多环芳烃和一些重要的示踪物(藿烷、左旋葡聚糖和类固醇),根据这些物质的排放源和气候条件,不同的有机化合物显示了不同的季节特征. 在冬季,正构烷烃和多环芳烃含量都是最高的,表明在北京的冬季,化石燃料燃烧和住宅取暖用煤燃烧是其最主要的空气污染来源;而秋季的脂肪酸、左旋葡聚糖和 $\beta$ -谷甾醇的含量最高,表明这个季节受生物质燃烧的影响最大. 对和烹饪有关的一些有机化合物,如胆固醇、壬二酸和链烯酸进行检测也发现其是中国城市环境的重要排放源. 与国外一些城市相比,化石燃料燃烧产生的污染在北京更为严重. 文献[18]的研究结果也表明:在夏季样品中主要的化合物为 $n$ -链烷酸,其次是二元酸和糖类;到冬季,糖类变成了最主要的成分,其次是多环芳烃、正构烷烃和烷酸;生物质燃烧(秸秆和木材燃烧)对冬季气溶胶的贡献最大,其次是燃煤排放、汽车尾气排放和烹饪排放;烹饪排放对夏季气溶胶的贡献最大,其次是汽车尾气排放和生物质燃烧;燃煤排放对环境有机碳贡献较小.

Elizabeth等<sup>[19]</sup>检测了巴基斯坦拉合尔市粗和细颗粒物中的有机碳(OC)、元素碳(EC)、离子物种

和有机物种的浓度. 研究表明粗气溶胶(PM<sub>2.5-10</sub>)主要来源于地面,如灰尘,而细颗粒物主要成分是含碳气溶胶(有机质和元素碳). 用CMB模型估计排放源对环境OC的贡献,结果表明对环境OC贡献最大的是非机动车排放,其他重要的来源还包括柴油发动机排放、残留燃油燃烧以及生物质燃烧,生物质燃烧和燃煤排放显示季节性变化且在冬季达到高峰. SOA(二次有机气溶胶)在冬季的贡献也达到高峰并在有雾的情况下浓度可能增加. 燃煤排放与不确定的OC来源有着很大的关联,这说明那些未表征的来源包括煤和其他物质混合燃烧的砖窑也是可能的来源.

## 3 结论

生物质燃烧产生大量气体及气溶胶成分,对全球气候系统、大气环境及生态系统产生重要影响. 本文总结了近年来有关生物质燃烧排放的颗粒有机物化合物和有机示踪物的研究进展,报道了各国学者根据有机示踪物研究城市大气颗粒物中生物质燃烧和其他排放源对空气污染的贡献. 但是对于生物质燃烧的深入研究还需要更多大量的实验研究工作.

## 参考文献

### References

- [1] Gaeggeler K, Prevot A S H, Dommen J, et al. Residential wood burning in an Alpine valley as a source for oxygenated volatile organic compounds, hydrocarbons and organic acids [J]. *Atmospheric Environment*, 2008, 42 (35): 8278-8287
- [2] Krivácsy Z, Blazsó M, Shooter D. Primary organic pollutants in New Zealand urban aerosol in winter during high PM<sub>10</sub> episodes [J]. *Environmental Pollution*, 2006, 139 (2): 195-205
- [3] Fang M, Zheng M, Wang F, et al. The solvent-extractable organic compounds in the Indonesia biomass burning aerosols characterization studies [J]. *Atmospheric Environment*, 1999, 33 (5): 783-795
- [4] Yue Z W, Fraser M P. Polar organic compounds measured in fine particulate matter during Tex-AQS 2000 [J]. *Atmospheric Environment*, 2004, 38 (20): 3253-3261
- [5] Park S S, Bae M M, Schauer J J, et al. Molecular composition of PM<sub>2.5</sub> organic aerosol measured at an urban site of Korea during the ACE-Asia campaign [J]. *Atmospheric Environment*, 2006, 40 (22): 4182-4198
- [6] dos Santos C Y M, Azevedo D A, Neto F R A. Selected organic compounds from biomass burning found in the atmospheric particulate matter over sugarcane plantation

- areas [J]. *Atmospheric Environment*, 2002, 36 ( 18 ): 3009-3019
- [ 7 ] Hays M D, Fine P M, Geron C D, et al. Open burning of agricultural biomass: Physical and chemical properties of particle-phase emissions [J]. *Atmospheric Environment*, 2005, 39 ( 36 ): 6747-6764
- [ 8 ] Zhang Y X, Shao M, Zhang Y H, et al. Source profiles of particulate organic matters emitted from cereal straw burnings [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2007, 19 ( 2 ): 167-175
- [ 9 ] Viana M, López J M, Querol X, et al. Tracers and impact of open burning of rice straw residues on PM in Eastern Spain [J]. *Atmospheric Environment*, 2008, 42 ( 8 ): 1941-1957
- [ 10 ] Wang Z Z, Bi X H, Sheng D Y, et al. Characterization of organic compounds and molecular tracers from biomass burning smoke in South China I: Broad-leaf trees and shrubs [J]. *Atmospheric Environment*, 2009, 43 ( 19 ): 3096-3102
- [ 11 ] Alves C A, Gonçalves C, Evtyugina M, et al. Particulate organic compounds emitted from experimental wildland fires in a Mediterranean ecosystem [J]. *Atmospheric Environment*, 2010, 44 ( 23 ): 2750-2759
- [ 12 ] Kleeman M J, Robert M A, Riddle S G, et al. Size distribution of trace organic species emitted from biomass combustion and meat charbroiling [J]. *Atmospheric Environment*, 2008, 42 ( 13 ): 3059-3075
- [ 13 ] 何凌燕, 胡敏, 黄晓峰, 等. 北京市大气气溶胶 PM<sub>2.5</sub> 中极性有机化合物的测定 [J]. *环境科学*, 2004, 25 ( 5 ): 15-20  
HE Lingyan, HU Min, HUANG Xiaofeng, et al. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric fine particulate matter in Beijing city [J]. *Environmental Science*, 2004, 25 ( 5 ): 15-20
- [ 14 ] 何凌燕, 胡敏, 黄晓峰, 等. 北京大气气溶胶 PM<sub>2.5</sub> 中的有机示踪化合物 [J]. *环境科学学报*, 2005, 25 ( 1 ): 23-29  
HE Lingyan, HU Min, HUANG Xiaofeng, et al. Determination of organic molecular tracers in PM<sub>2.5</sub> in the atmosphere of Beijing [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2005, 25 ( 1 ): 23-29
- [ 15 ] 周家斌, 钱佳, 祁士华, 等. 武汉春季大气 PM<sub>10</sub> 浓度及有机组成变化特征 [J]. *环境污染和防治*, 2009, 31 ( 10 ): 100-104  
ZHOU Jiabin, QIAN Jia, QI Shihua, et al. The characteristic of organic composition in PM<sub>10</sub> in the atmosphere in spring of Wuhan [J]. *Environmental Pollution & Control*, 2009, 31 ( 10 ): 100-104
- [ 16 ] 于国光, 王铁冠, 吴大鹏, 等. 北京市大气气溶胶中含氧有机化合物的研究 [J]. *环境科学与技术*, 2007, 30 ( 8 ): 29-32  
YU Guoguang, WANG Tieguan, WU Dapeng, et al. Organic compound containing oxygen in aerosol of Beijing [J]. *Environmental Science & Technology*, 2007, 30 ( 8 ): 29-32
- [ 17 ] He L Y, Hu M, Huang X F, et al. Seasonal pollution characteristics of organic compounds in atmospheric fine particles in Beijing [J]. *Science of the Total Environment*, 2006, 359 ( 1/2/3 ): 167-176
- [ 18 ] Wang Q, Shao M, Zhang Y, et al. Source apportionment of fine organic aerosols in Beijing [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 2009, 9: 9043-9080
- [ 19 ] Stone E, Schauer J, Quraishi T A, et al. Chemical characterization and source apportionment of fine and coarse particulate matter in Lahore, Pakistan [J]. *Atmospheric Environment*, 2010, 44 ( 8 ): 1062-1070

## The research progress of source apportionment and particulate organic matters emitted from biomass burning

LIU Gang<sup>1,2</sup> YUAN Jing<sup>1,2</sup> CHEN Mindong<sup>1,2</sup> JIANG Ling<sup>1,2</sup>

1 Key Laboratories of the Atmospheric Environmental Monitoring and Pollution Control High Technology Research in Jiangsu Province, Nanjing 210044

2 School of Environmental Science & Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

**Abstract** Many studies indicated that biomass burning exerts important influence on the air quality and human health. This paper reviewed the recent research progress of source apportionment of biomass burning and other urban air pollution sources, which is based on the study of organic compounds and organic tracers emitted from biomass burning. Scholars from various countries have presented their research results and progress. Meanwhile, we also summarized several methods to detect the organic matters in particulate samples during the experiment, which is proved to be possible and can be used effectively and simply. It could provide useful information for future research.

**Key words** biomass burning; particulate organic matter; source apportionment; research progress