



武汉市源成分谱特征研究

摘要

通过采集武汉市土壤风沙尘、建筑水泥尘、城市扬尘、餐饮源、生物质燃烧源、工业煤烟尘和电厂煤烟尘等7类源样品,并分析其碳组分、水溶性离子组分和无机元素组分,建立PM₁₀和PM_{2.5}源成分谱.研究表明,地壳元素Si、Ca、Al以及Fe等是土壤风沙尘的主要特征组分,其中Si是含量最高的成分,也是土壤风沙尘的标识组分.无组织建筑水泥尘中Si和Ca元素含量较高,将Ca元素作为无组织建筑水泥尘区别其他源类的重要元素,而有组织建筑水泥尘中OC、SO₄²⁻含量比无组织建筑水泥尘高.城市扬尘中Ca的含量相对较高,表明城市扬尘受到建筑水泥尘影响较多.生物质燃烧源成分谱中OC的含量远高于成分谱中其他组分,另外Cl⁻和K的平均含量也较高,K一般为生物质源的特征元素.

关键词

PM₁₀; PM_{2.5}; 源成分谱

中图分类号 X513

文献标志码 A

收稿日期 2018-08-10

资助项目 国家重点研发计划(2017YFC0212600);武汉市2013年重大科技攻关专项“武汉市大气灰霾成因与来源研究”

作者简介

宫攀,男,硕士,工程师,主要研究方向为空气质量预报. gp6674628@163.com

0 引言

大气颗粒物来源解析是基于颗粒物受体和源的化学组成信息,利用源解析模型对不同类型的颗粒物排放源类进行识别并定量解析其对颗粒物贡献的技术方法,是科学、有效开展大气污染防治工作的基础和前提,是制定环境空气质量达标规划和重污染天气应急预案的重要依据^[1-2].武汉市作为华中地区重要的社会经济发展中心,城市环境空气呈现典型的大气复合污染特征.随着武汉市空气质量改善工作的推进,政府部门需要为空气质量达标和精准治霾持续提供更加全面深入的技术支撑.源成分谱是开展受体模型研究的基础资料,也是排放源污染特征的直接反映,是影响源解析结果正确与否的关键因素^[3].近年来,北京^[4]、重庆^[5]、浙江^[6]、贵州^[7]、山东^[8]、河北^[9]等多地针对颗粒物排放源谱开展了深入的研究.本文根据武汉市实际情况,结合国内外源解析方面的研究进展^[10-12],对武汉市PM₁₀和PM_{2.5}主要污染源进行分类,采集有代表性的样品,并分析其碳组分、水溶性离子组分和无机元素组分,建立主要污染源的源成分谱,以期充分认识武汉市PM₁₀和PM_{2.5}主要污染源的污染特点,对利用受体模型开展大气颗粒物源解析工作及制定科学的颗粒物污染防治措施起到积极的作用.

1 研究方法

1.1 样品采集

土壤风沙尘的采集,选取武汉市市郊(距市区20 km左右)东、南、西、北、东北、东南、西北、西南8个方向以及主导风向上的裸露农田、河滩或果园,各方向上均匀布点,分别采样.布点周围避免烟尘、工业粉尘、汽车、建筑工地等人为污染源的干扰.土壤风沙尘共布设10个点位,清除地表植物碎屑等杂物,以梅花布点法采集表层土壤和0~20 cm内的下层土壤,采集量为200 g/袋,采集样品共计17个,其中西南、西、主导上风向各采集2个,南、主导下风向样品各3个,北、西北、东、东北、东南样品各1个.

建筑水泥尘的采集,选取建成区内典型建筑施工场所,包括道路桥梁施工、地铁施工和房屋建筑施工工地等多种工地性质,同时考虑不同的行政区划,均匀布点采集建筑扬尘.收集散落在施工作业面(如建筑楼层水泥地面、窗台、楼梯、水泥搅拌场地等)上的建筑尘混合样品,共计7个样品.

1 武汉市环境监测中心,武汉,430015

城市扬尘样品的采集充分考虑了城市的功能区划、地理位置和主导风向等,结合空气质量监测点(国控、省控和市控)的布局,在监测点 1 km 范围内布设采样点,共采集 33 个样品.在样品采集时,选取周边没有或远离其他局部污染源的地方,用毛刷采集楼房、仓库等建筑物的窗台、储物架等平台上积累时间较长的降尘,采集量约 50~200 g.

在餐饮源的采样中,根据武汉市主要餐饮类型和油烟排放特点,选取以炒菜为主、排风量较大的餐饮单位在炒菜高峰时所排放的油烟,在其油烟排放口周边(以油烟排放口为中心半径为 2 m)按扇形布点法布设采集点位.选取 4 家典型的餐厅,包括 2 家大型酒店和 2 家综合型商业广场,分时间段采集餐饮油烟颗粒物,用 TH-150 系列智能中流量空气总悬浮微粒采样器以 100 L/min 的流量同时采集 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 两种粒径样品,采样时间段分别为中午 11:00—14:00 和下午 17:00—20:00.

为调查武汉市主要种类生物质燃烧排放颗粒物特征,于 2017 年 5 月在武汉市蔡甸区消泗乡港洲村(113.78°E,30.25°N)农家菜地对油菜、小麦 2 种作物秸秆部分进行燃烧实验并采集其燃烧过程排放的烟气,采样仪器为 8 台 TH-150 系列智能中流量空气总悬浮微粒采样器,以 100 L/min 的流量同时采集 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 两种粒径的颗粒物样品,分空白对照组(4 台)及采样组(4 台)进行模拟实验,空白组仪器布于燃烧点位上风向位置,采样组布于下风向位置,电风扇作为辅助工具引导风向.

本次研究中,从南开大学国家环境保护城市空气颗粒物污染防治重点实验室颗粒物源成分谱库中选取与武汉市机动车排放类型相类似城市的机动车尾气源成分谱,作为武汉市机动车尾气源成分谱参与模型计算.

固定源根据锅炉吨位、除尘、脱硫和脱硝方式的不同,结合燃煤使用情况,采集了 6 家单位的煤烟尘

样品,其中火力发电厂 1 家、食品工业 2 家、水泥厂 2 家和垃圾焚烧厂 1 家.各企业信息详见表 1.所有固定源采样均采用便携式稀释通道采样器(PDSI-01P 型,陕西正大环保科技有限公司)进行烟囱排气口颗粒物的采集.

1.2 样品的处理和分析

本次研究采集的源样品包括直采污染源的滤膜样品和土壤尘、城市扬尘等开放源样品.对采集到的开放源样品,首先置于实验室自然阴干,而后采用 200 目标准尼龙筛进行筛分处理,再采用 NKU-ZXF 颗粒物再悬浮采样器模拟污染源颗粒物样品进入环境中的过程,完成对开放源 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 等不同粒径颗粒物滤膜样品的制备.

样品分析项目包括质量分析、水溶性离子、元素及碳组分分析.采用 ICAP7400 电感耦合等离子体发射光谱仪(美国赛默飞世尔)分析 Na、Mg、Al、Si、S、K、Ca、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、As、Br、Ba、Hg、Pb 等无机元素;采用 Thermo ICS-900 离子色谱仪(美国 Thermo 公司)分析 Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺ 等水溶性阳离子,以及 SO₄²⁻、Cl⁻、NO₃⁻、F⁻ 等水溶性阴离子的浓度;采用 DRI2001A 型热光碳分析仪分析样品中的 OC(有机碳)和 EC(元素碳).

2 结果与讨论

各源类的化学组分百分比和成分谱详见表 2—4.

2.1 土壤风沙尘

由图 1 可见,地壳元素 Si、Ca、Al 以及 Fe 等是土壤风沙尘的主要特征组分,所占比例较高,而且不确定度相对较小.其中 Si 是含量最高的成分,在 2 种粒径颗粒物中均为 0.14 g/g 左右,Al、Ca、Fe 等元素含量水平在 0.04~0.07 g/g.除地壳元素之外,土壤风沙尘中也含有一定的 OC,在 PM_{2.5}、PM₁₀ 中均为 0.11 g/g.

表 1 监测工业企业信息

Table 1 Monitoring industrial enterprise information

采样点位	采集部位	燃烧方式	脱硫方式	除尘方式	脱硝方式
武汉某电厂	1#烟囱采样口	循环流化床	石灰石-石膏	多级静电	SCR
某水泥厂研磨站	1#		无	布袋除尘	无
某水泥厂水泥窑	窑尾		无	布袋除尘	SNCR 除尘
某啤酒厂	烟囱采样口	煤粉炉	碱式(炉内喷钙-石灰石)	布袋除尘	炉内脱硝
某食品厂	烟囱采样口	煤粉炉	无	布袋除尘	无
某垃圾焚烧厂	1#烟囱采样口			静电除尘	

表2 武汉市PM₁₀源成分谱组成(质量分数)

Table 2 PM₁₀ source profiles in Wuhan(mass fraction)

%

成分	土壤风沙尘	建筑水泥尘 (无组织)	城市扬尘	餐饮源	生物质燃烧	工业煤烟尘	建筑水泥尘(有组织)	
							研磨站	水泥窑
Na	0.31±0.11	0.12±0.04	0.17±0.07	0.04±0.01	0.12±0.08	5.20±1.34	1.95±0.53	0.87±0.57
Mg	0.92±0.23	1.42±0.59	0.96±0.24	0.05±0.04	0.13±0.12	0.38±0.21	0.85±0.16	0.83±0.28
Al	4.65±0.79	2.60±0.88	2.47±1.24	0.05±0.04	0.21±0.12	3.34±2.89	2.18±1.17	2.39±1.49
Si	14.38±1.21	16.68±3.77	7.00±0.79	0.35±0.15	0.45±0.13	8.28±1.32	14.30±1.25	2.65±0.17
K	0.88±0.22	0.74±0.22	0.59±0.16	0.09±0.06	1.47±0.98	0.46±0.13	1.01±0.17	0.41±0.29
Ca	6.57±1.77	16.90±4.51	13.59±5.61	1.35±0.84	2.38±1.87	4.28±1.36	22.70±7.90	1.26±0.74
Ti	0.15±0.04	0.11±0.04	0.08±0.02	0.01±0.00	0.01±0.01	0.03±0.02	0.10±0.04	0.01±0.00
V	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00
Cr	0.12±0.07	0.08±0.03	0.12±0.07	0.02±0.01	0.06±0.08	0.56±0.22	0.26±0.10	0.06±0.02
Mn	0.08±0.02	0.09±0.03	0.06±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.20±0.19	0.25±0.15	0.05±0.04
Fe	4.21±0.60	2.49±1.69	2.87±0.68	0.21±0.19	0.17±0.18	0.94±0.49	1.86±0.34	0.41±0.14
Ni	0.02±0.01	0.01±0.01	0.02±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00	0.02±0.01	0.00±0.00	0.04±0.01
Cu	0.18±0.02	0.09±0.02	0.12±0.03	0.01±0.00	0.07±0.08	0.27±0.09	0.43±0.12	0.09±0.02
Zn	0.16±0.06	0.11±0.07	0.19±0.08	0.08±0.07	0.04±0.03	0.23±0.06	0.30±0.32	0.22±0.18
Pb	0.01±0.00	0.02±0.03	0.04±0.02	0.01±0.00	0.00±0.00	0.27±0.14	0.27±0.26	0.01±0.01
NO ₃ ⁻	0.15±0.13	0.36±0.34	0.94±0.31	0.25±0.18	0.04±0.04	0.35±0.10	0.10±0.06	0.30±0.14
SO ₄ ²⁻	0.37±0.21	3.04±1.47	7.99±3.37	0.28±0.23	0.44±0.31	3.51±2.21	4.42±0.65	8.16±6.32
NH ₄ ⁺	0.66±0.30	0.38±0.15	0.67±0.35	0.25±0.29	0.22±0.16	6.32±2.88	1.40±0.69	2.56±1.25
Cl ⁻	0.13±0.06	0.19±0.11	0.34±0.11	0.16±0.01	0.87±0.71	7.88±5.14	0.64±0.36	0.99±0.67
OC	10.79±10.08	7.05±3.45	10.99±4.40	46.19±9.19	49.07±2.72	5.19±0.57	4.91±1.63	2.65±0.50
EC	0.53±0.61	0.63±0.31	1.83±0.87	1.38±0.63	2.43±0.34	1.12±0.19	1.12±0.36	0.57±0.04

表3 武汉市PM_{2.5}源成分谱组成(质量分数)

Table 3 PM_{2.5} source profiles in Wuhan(mass fraction)

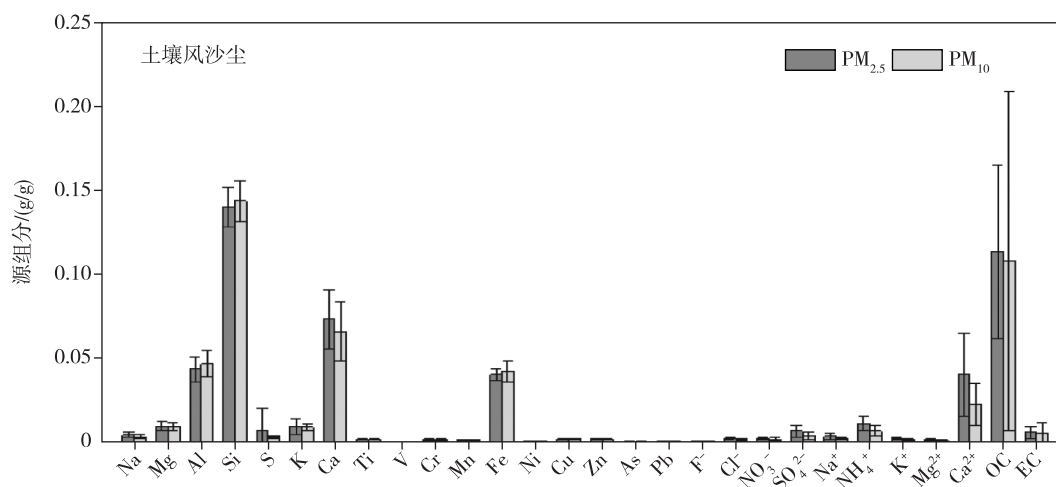
%

成分	土壤风沙尘	建筑水泥尘 (无组织)	城市扬尘	餐饮源	生物质燃烧	工业煤烟尘	建筑水泥尘(有组织)	
							研磨站	水泥窑
Na	0.41±0.16	0.15±0.08	0.21±0.10	0.03±0.01	0.19±0.24	5.76±1.59	3.40±1.48	1.19±0.00
Mg	0.93±0.27	1.33±0.37	0.92±0.14	0.04±0.04	0.06±0.06	0.70±0.45	0.77±0.13	1.36±0.00
Al	4.33±0.72	2.60±0.70	2.36±0.53	0.04±0.03	0.23±0.23	2.13±1.36	2.22±1.27	5.22±0.00
Si	14.03±1.16	17.43±4.18	6.65±0.67	0.25±0.09	0.25±0.13	12.33±2.83	15.85±0.72	11.93±0.00
K	0.94±0.48	0.75±0.23	0.58±0.10	0.07±0.04	1.14±0.70	0.88±0.46	1.13±0.16	0.76±0.00
Ca	7.31±1.79	17.53±5.62	12.80±2.78	1.79±1.91	1.20±1.41	8.46±4.68	21.92±2.68	3.18±0.00
Ti	0.14±0.03	0.10±0.03	0.08±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00	0.06±0.05	0.09±0.04	0.01±0.00
V	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
Cr	0.15±0.09	0.09±0.03	0.13±0.06	0.02±0.01	0.04±0.04	0.69±0.37	0.55±0.25	0.17±0.00
Mn	0.08±0.03	0.08±0.02	0.06±0.01	0.02±0.00	0.01±0.00	0.26±0.24	0.34±0.24	0.08±0.00
Fe	4.02±0.37	2.53±1.37	2.80±0.50	0.16±0.14	0.08±0.08	1.53±0.94	1.64±0.20	3.16±0.00
Ni	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.01±0.00	0.00±0.00	0.03±0.02	0.03±0.02	0.11±0.00
Cu	0.20±0.03	0.10±0.02	0.12±0.03	0.01±0.00	0.05±0.07	0.37±0.22	0.53±0.08	0.42±0.00
Zn	0.17±0.06	0.16±0.10	0.19±0.07	0.10±0.09	0.03±0.03	0.38±0.20	0.48±0.31	0.21±0.00
Pb	0.01±0.01	0.03±0.04	0.03±0.02	0.01±0.00	0.00±0.00	0.49±0.53	1.31±1.46	0.03±0.00
NO ₃ ⁻	0.22±0.10	0.51±0.23	1.09±0.34	0.55±0.29	0.11±0.13	0.40±0.04	0.26±0.21	0.72±0.00
SO ₄ ²⁻	0.64±0.34	3.24±1.04	8.25±2.43	1.22±0.91	0.47±0.27	3.14±2.29	3.24±0.91	20.69±0.00
NH ₄ ⁺	1.07±0.43	0.69±0.30	0.82±0.31	0.88±0.52	0.25±0.16	5.86±2.15	1.78±0.97	4.45±0.00
Cl ⁻	0.23±0.09	0.26±0.06	0.41±0.13	0.28±0.15	0.87±0.71	7.05±4.42	0.70±0.39	2.18±0.00
OC	11.36±5.19	9.50±4.42	11.83±2.78	50.85±4.51	48.15±4.11	5.20±0.91	5.00±1.60	2.05±0.00
EC	0.57±0.38	1.11±0.66	2.07±0.87	1.41±0.68	2.18±0.49	1.11±0.47	1.22±0.63	0.50±0.00

表 4 不同排放源类的化学成份含量分布

Table 4 Chemical composition distribution of different emission sources

排放源	<0.001 g/g	[0.001~0.01 g/g)	[0.01~0.1 g/g)	≥0.1 g/g
城市扬尘	Ti, Mn, Pb, Ni, As, V	Mg, NH ₄ ⁺ , K, Na, Zn, Cr, Cu	SO ₄ ²⁻ , S, Fe, Si, Al, EC, NO ₃ ⁻	Ca, OC
土壤风沙尘	Mn, Ni, Pb, As, V	K, Mg, S, SO ₄ ²⁻ , EC, Na, NO ₃ ⁻ , Cu, Zn, Cr, Ti	Ca, Al, Fe, NH ₄ ⁺	Si, OC
生物质燃烧尘	Fe, Mg, Cu, Cr, Zn, As	SO ₄ ²⁻ , S, NH ₄ ⁺ , Al, Na, NO ₃ ⁻ , Si	EC, Ca, K, Cl ⁻	OC
餐饮源	Si, Zn, K, Na, Al, Mg, Cr, Mn, Ni, Cu, Pb, Ti, V, As	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , S, Fe	Ca, EC, SO ₄ ²⁻	OC
建筑水泥尘(无组织)	Cr, Mn, Pb, Ni, V, As	K, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , Zn, Na, Cu, Ti	OC, Al, Fe, S, Mg, EC	Si, Ca
建筑水泥尘(有组织)	Mn, Pb, V, Co, As, Hg, Cd	K, NO ₃ ⁻ , Cu, EC, Zn, Cr, Ni, Ti	S, Al, NH ₄ ⁺ , Ca, Fe, OC, Mg, Na	SO ₄ ²⁻ , Si
煤烟尘(电厂)	K, Cu, Cr, Zn, Mn, Pb, As, Ti, Hg, V, Co, Cd, Ni	Si, Mg, K, EC, Al, Na, Fe, NO ₃ ⁻	S, OC, Ca	SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , Cl ⁻
煤烟尘(工业)	As, Ti, Hg, Co, Ni, V, Cd	Cr, Mn, K, NO ₃ ⁻ , Cu, Zn, Mg, Pb	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺ , S, Na, OC, SO ₄ ²⁻ , Ca, Na, Al, Fe, EC	Si

图 1 武汉市土壤风沙尘 PM_{2.5}、PM₁₀源成分谱Fig. 1 PM_{2.5} and PM₁₀ source profiles of soil dust in Wuhan

2.2 建筑水泥尘

建筑水泥尘(无组织)PM_{2.5}、PM₁₀源成分谱如图2所示。Ca、Si元素含量最高,PM_{2.5}、PM₁₀中均为0.17 g/g左右;其次为SO₄²⁻和OC,在2种粒径颗粒物成分谱中分别占0.03、0.09 g/g左右;地壳元素Al、Fe、Mg等也占有一定比例。与国内其他研究的无组织建筑水泥尘相比,武汉市源成分谱中Ca元素含量较低,如北京Ca元素在PM₁₀中比例为20.51%,贵阳Ca元素在PM_{2.5}中比例为33.59%,常州为25.00%。

建筑水泥尘(研磨站及水泥窑)PM_{2.5}、PM₁₀源成分谱分别如图3、图4所示。在研磨站源成分谱中,Ca在PM_{2.5}、PM₁₀中含量均为最高,分别为0.24、0.26 g/g;其次为Si,含量为0.12~0.14 g/g左右。在水泥窑源成分谱中,SO₄²⁻含量最高,在PM_{2.5}、PM₁₀中含量

分别为0.20、0.08 g/g,Ca在PM_{2.5}、PM₁₀中含量与研磨站源成分谱相比均大幅减少。

2.3 城市扬尘

由图5可见,PM₁₀、PM_{2.5}城市扬尘源成分谱中以Si、OC、Ca、SO₄²⁻4类组分为最高,其他组分Al、Fe等也占有一定比例。Ca元素在PM_{2.5}、PM₁₀中含量最高,分别达0.13、0.14 g/g,可见城市扬尘受到建筑水泥尘影响较多;而OC、SO₄²⁻分别为0.12、0.08 g/g左右,可见其也受到机动车尘和煤烟尘一定程度的影响。从国内其他城市的城市扬尘成分谱中可以看到,各城市之间存在一定差异,北京城市扬尘主要受道路尘的影响,石家庄城市扬尘主要受土壤风沙尘和道路尘影响,而贵阳城市扬尘主要受土壤风沙尘、建筑水泥尘的影响。由此可见,城市扬尘作为混合

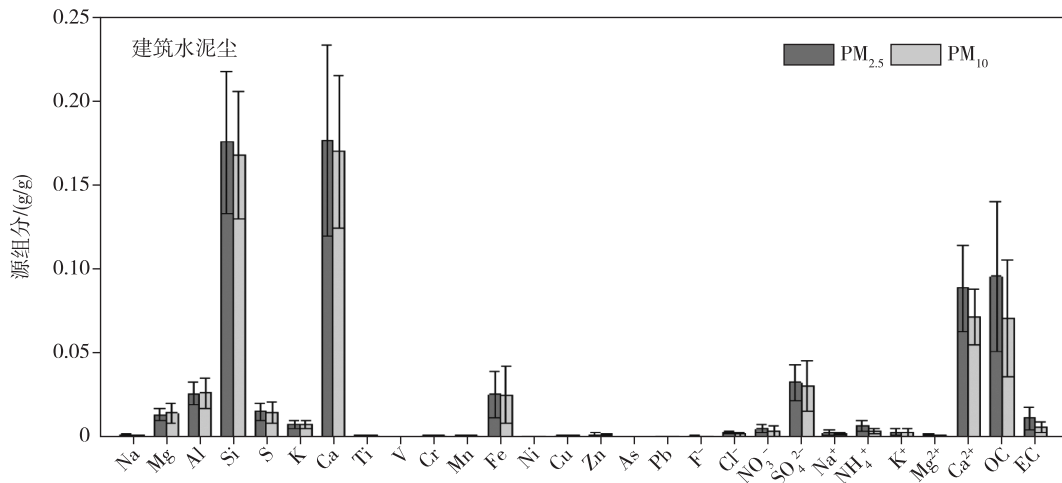


图2 武汉市建筑水泥尘(无组织)PM_{2.5}、PM₁₀源成分谱

Fig.2 PM_{2.5} and PM₁₀ source profiles of unorganized construction dust in Wuhan

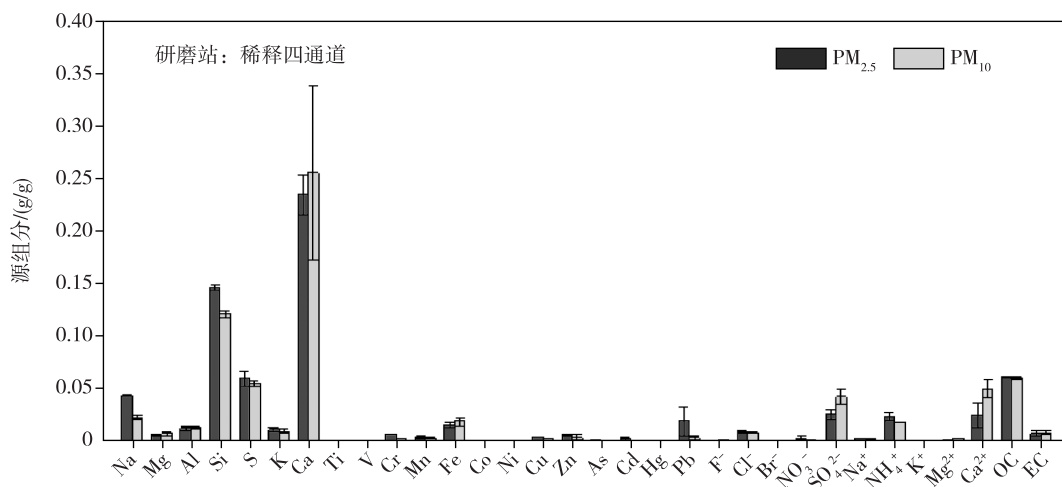


图3 武汉市建筑水泥尘(研磨站)PM_{2.5}、PM₁₀源成分谱

Fig.3 PM_{2.5} and PM₁₀ source profiles of organized construction (grinding station) dust in Wuhan

源,受多种一次源类的共同影响,多种源类的特征元素在扬尘源成分谱中均有体现.

2.4 餐饮源

4家餐饮机构采集的颗粒物源谱如图6所示,普遍表现为OC含量最高,在PM_{2.5}中含量为0.50~0.51 g/g,在PM₁₀中含量也达到了0.43~0.49 g/g,餐饮源源成分谱中OC的含量远高于成分谱中其他组分.另外,EC和Ca含量也相对较高,EC在PM_{2.5}中含量为0.01~0.02 g/g,在PM₁₀中含量均为0.01 g/g;Ca在PM_{2.5}中含量为0.006~0.03 g/g,在PM₁₀中含量为0.01~0.02 g/g,这与文献[13]的结果相一致,OC一般作为餐饮源的特征元素.

2.5 生物质燃烧尘

生物质燃烧是大气颗粒物中碳组分的重要来源^[14].武汉市周边郊区为了解决大量秸秆闲置,将秸秆在田间露天焚烧,产生大量焚烧烟雾可以传输到城区,成为武汉市大气中OC和EC的重要来源^[15].本次源采样工作对油菜和小麦2种生物质燃烧源进行颗粒物采样,分析得到PM_{2.5}、PM₁₀源成分谱如图7所示.在生物质燃烧源产生的颗粒物中,OC含量最高,在油菜燃烧尘中,OC在PM_{2.5}、PM₁₀中含量均为0.50 g/g,在小麦燃烧尘中分别为0.47、0.48 g/g;EC含量相对较少,在油菜燃烧尘中,EC在PM_{2.5}、PM₁₀中含量均为0.03g/g,在小麦燃烧尘中含量均为0.02 g/g.另外,生物质燃烧源成分谱中Cl⁻和K的含量

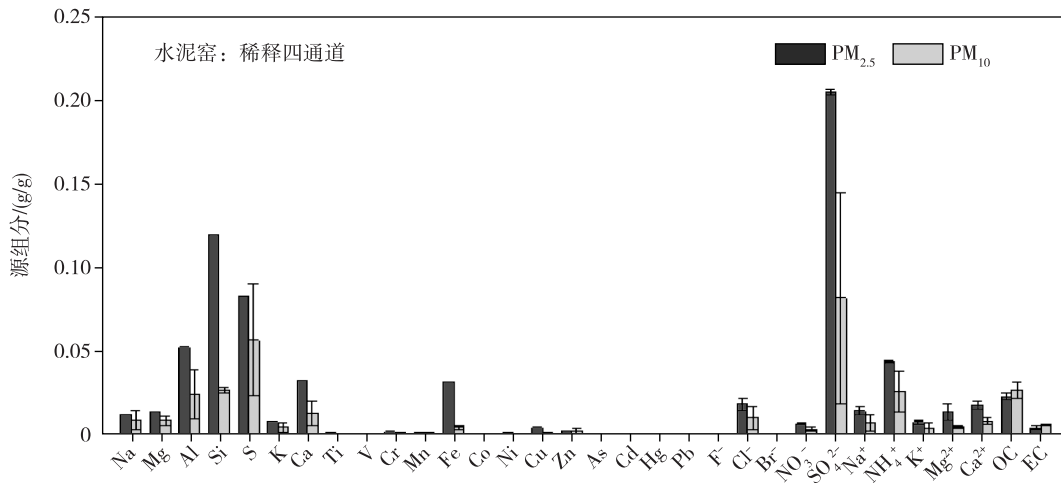


图4 武汉市建筑水泥尘(水泥窑)PM_{2.5}、PM₁₀源成分谱

Fig. 4 PM_{2.5} and PM₁₀ source profiles of organized construction (cement kiln) dust in Wuhan

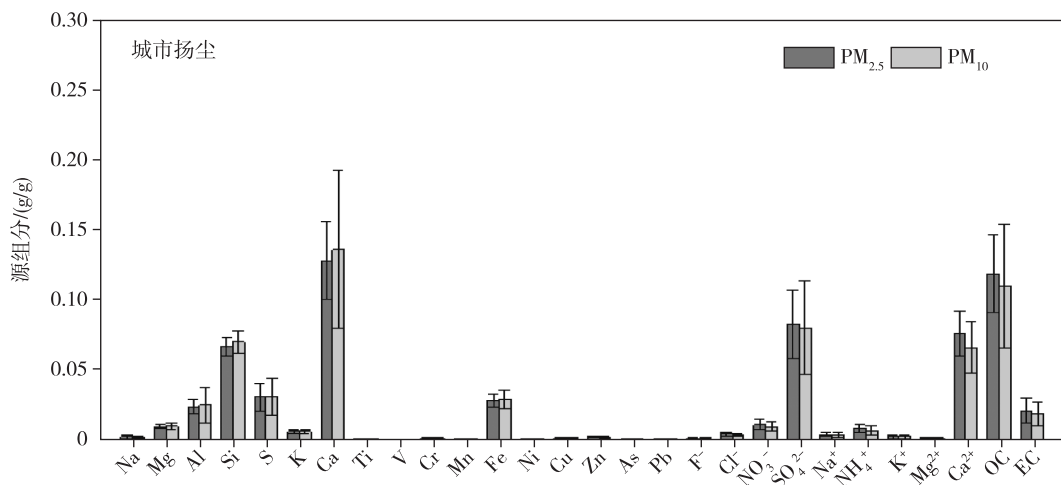


图5 武汉市城市扬尘PM_{2.5}、PM₁₀源成分谱

Fig. 5 PM_{2.5} and PM₁₀ source profiles of urban fugitive dust in Wuhan

量也较高,其中油菜燃烧尘中的Cl⁻在PM_{2.5}、PM₁₀中含量均为0.005 g/g,小麦均为0.01 g/g;油菜燃烧尘中K元素在PM_{2.5}、PM₁₀中含量相近,均为0.008 g/g,小麦则分别为0.01、0.02 g/g.由于生物质中富含K、Cl⁻等组分,K一般作为生物质燃烧源的特征元素.

2.6 工业煤烟尘

工业企业煤烟尘源成分谱如图8所示.在源成分谱中,Si、Ca、NH₄⁺、Cl⁻等含量较高,在PM_{2.5}中的含量分别为0.12、0.08、0.06、0.07 g/g,在PM₁₀中的含量分别为0.08、0.04、0.06、0.08 g/g;其次为Na,在PM_{2.5}、PM₁₀中的含量分别为0.06、0.05 g/g,OC含

量也较高,在PM_{2.5}、PM₁₀中为0.05 g/g左右;Mg、K等元素在PM_{2.5}、PM₁₀中含量较低,且略有差异.

2.7 电厂煤烟尘

经化学组分分析,构建得到电厂煤烟尘源成分谱如图9所示.Cl⁻为PM_{2.5}、PM₁₀中含量最高组分,分别为0.33、0.31 g/g.这可能是因为电厂采用石灰石-石膏湿法脱硫,该工艺为接近封闭系统的状态,会将吸收液从烟气中吸收的Cl⁻增加到很高的浓度,而這些溶解的氯化物会产生高浓度的溶解钙(主要是氯化钙),所以经过脱硫后颗粒物中的Cl⁻含量会大幅度提高;其次,NH₄⁺和SO₄²⁻含量较高,其中SO₄²⁻在PM_{2.5}、PM₁₀中含量分别为0.10、0.09 g/g.

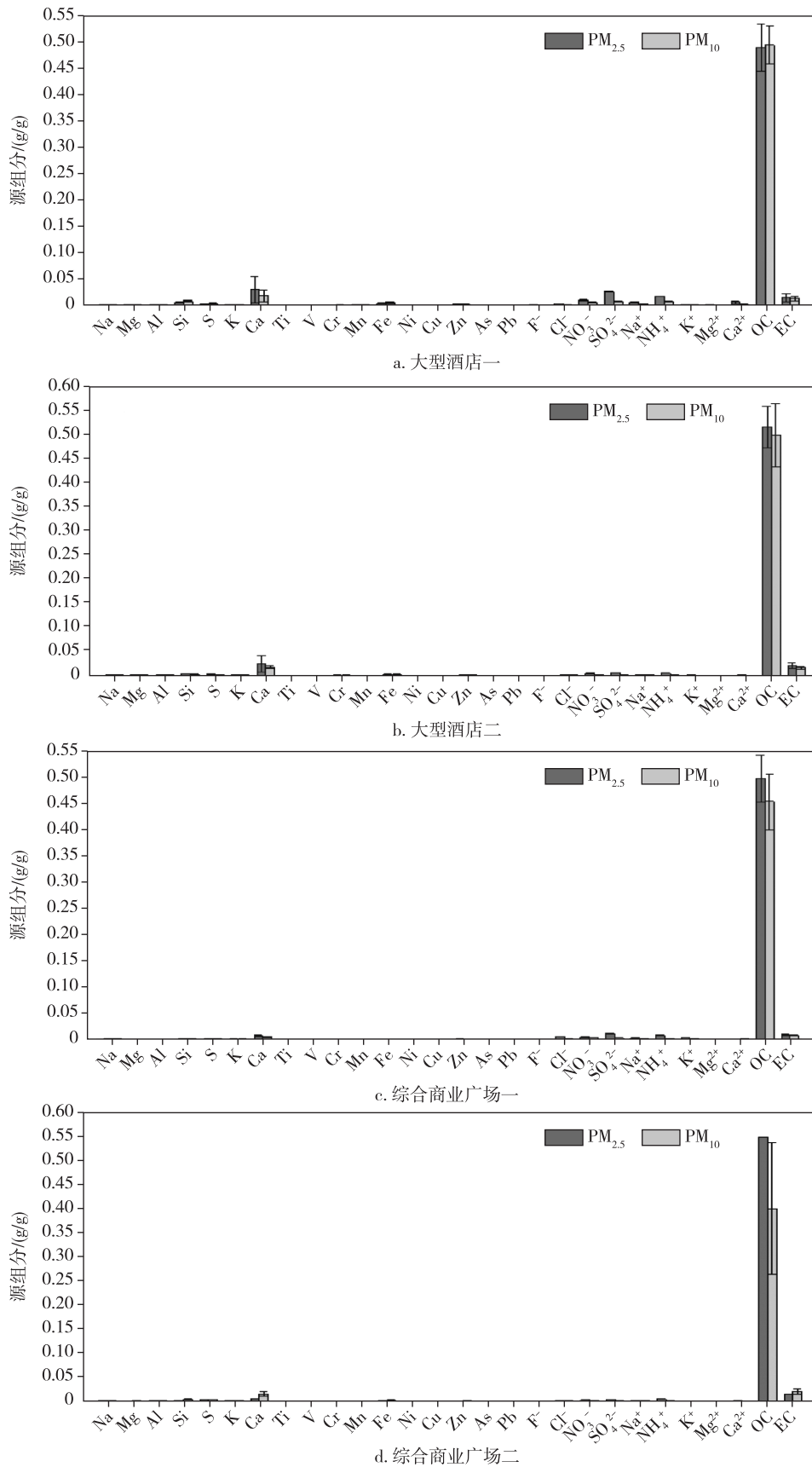
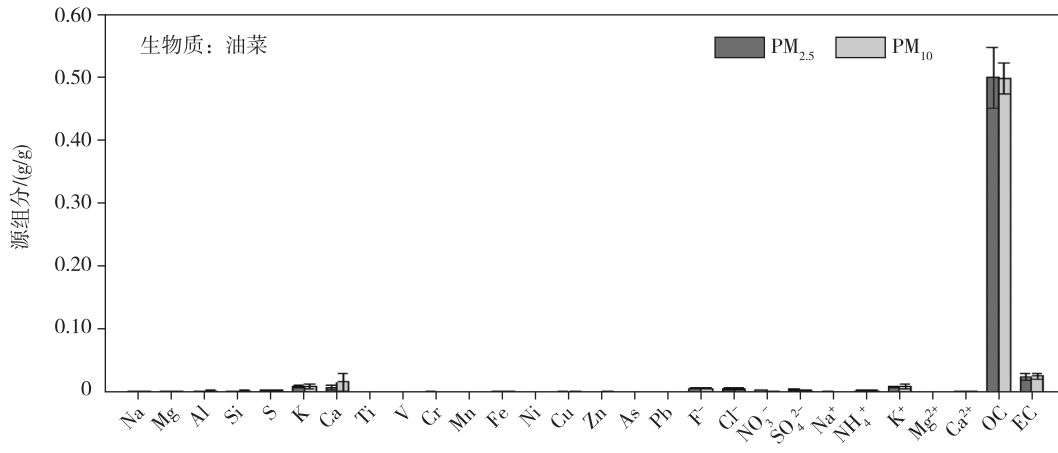
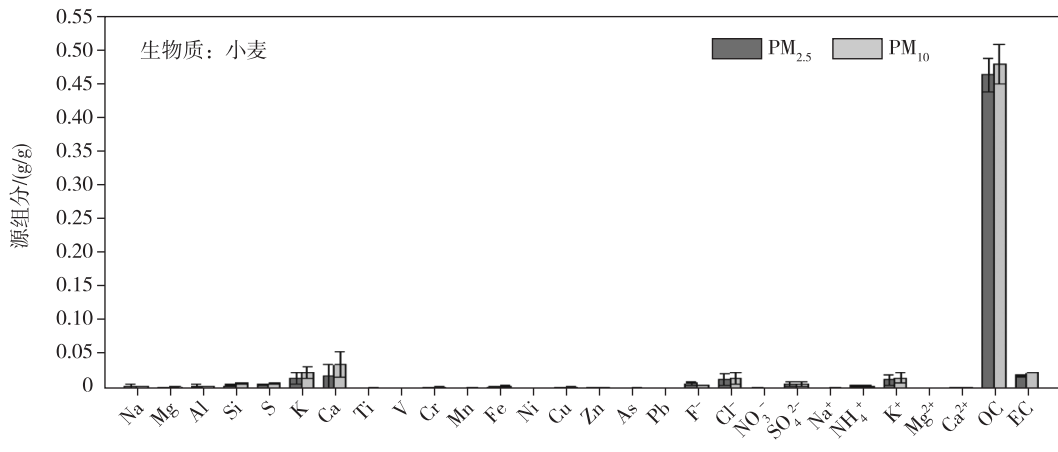


图6 武汉市餐饮源 PM_{2.5}、PM₁₀源成分谱

Fig.6 PM_{2.5} and PM₁₀ source profiles of catering source in Wuhan



a. 油菜



b. 小麦

图7 武汉市生物质燃烧尘 PM_{2.5}、PM₁₀源成分谱

Fig.7 PM_{2.5} and PM₁₀ source profiles of biomass combustion source in Wuhan

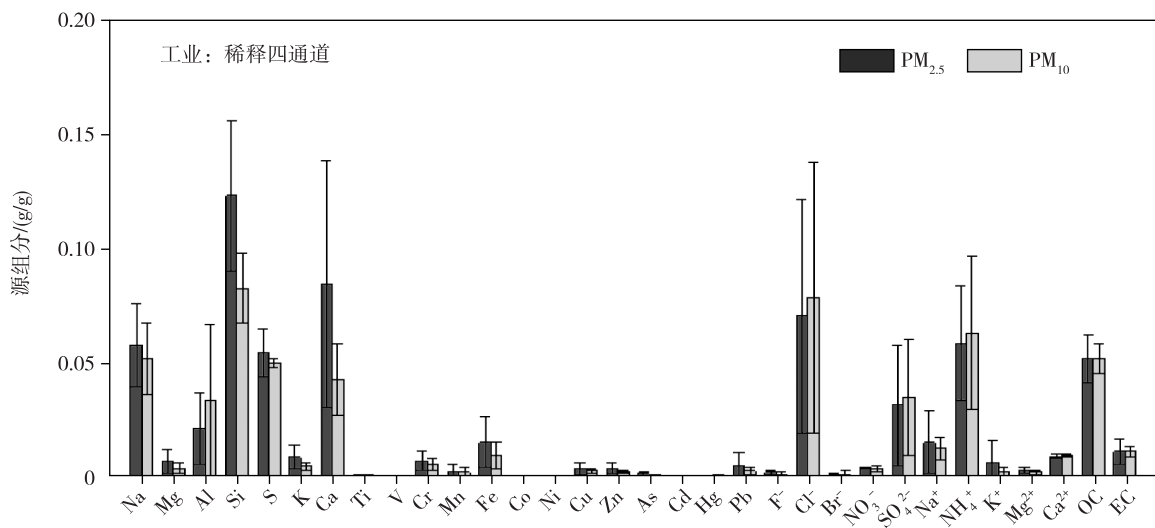


图8 武汉市工业煤烟尘 PM_{2.5}、PM₁₀源成分谱

Fig.8 PM_{2.5} and PM₁₀ source profiles of industrial coal dust in Wuhan

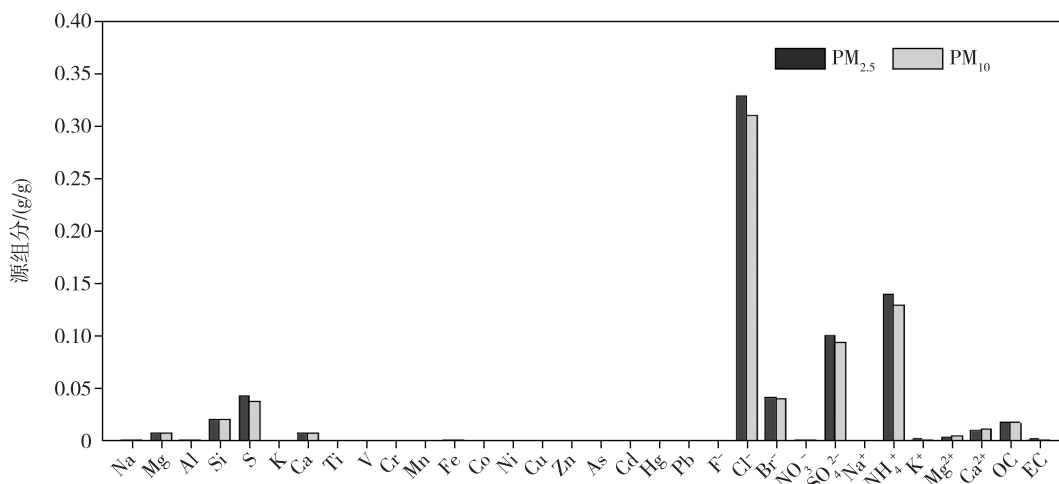


图9 武汉市电厂煤烟尘PM_{2.5}、PM₁₀源成分谱

Fig. 9 PM_{2.5} and PM₁₀ source profiles of power plant coal dust in Wuhan

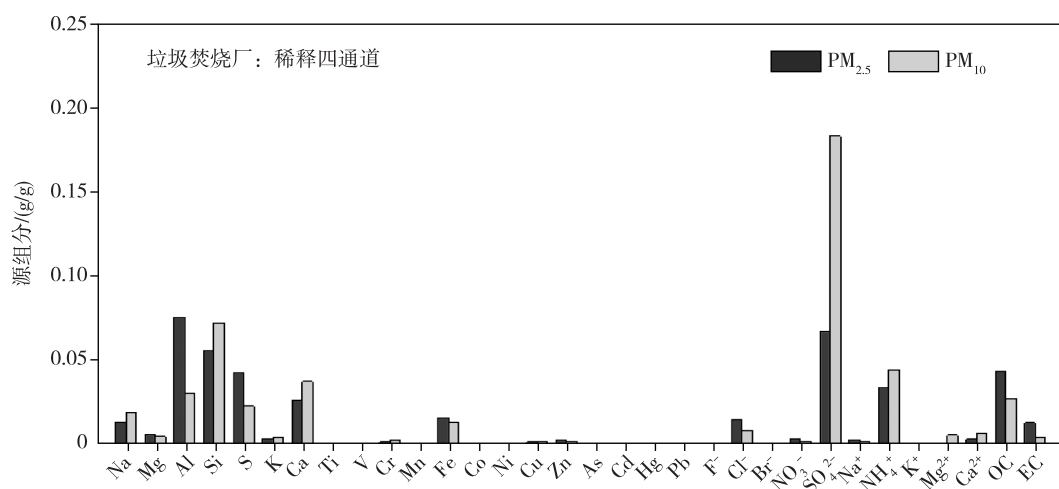


图10 武汉市垃圾焚烧厂煤烟尘PM_{2.5}、PM₁₀源成分谱

Fig. 10 PM_{2.5} and PM₁₀ source profiles of incineration plant coal dust in Wuhan

2.8 垃圾焚烧厂煤烟尘

经化学组分分析,构建得到垃圾焚烧厂煤烟尘源成分谱如图10所示.源谱中SO₄²⁻为含量最高组分,在PM₁₀中达到0.18 g/g;其次,Al、NH₄⁺含量较高,其中Al在PM_{2.5}、PM₁₀中含量分别为0.07、0.03 g/g.

3 结论

1)地壳元素Si、Ca、Al以及Fe等是武汉市土壤风沙尘的主要特征组分,所占比例较高,而且不确定度相对较小.其中Si是含量最高的成分,也是土壤风沙尘的标识组分.

2)武汉市无组织建筑水泥尘的Si和Ca元素含

量较高,将Ca元素作为无组织建筑水泥尘区别其他源类的重要元素,而有组织建筑水泥尘的OC、SO₄²⁻含量高于无组织建筑水泥尘.

3)武汉市城市扬尘中Ca的含量相对较高,表明城市扬尘受到建筑水泥尘影响较多.Ca和Si可作为城市扬尘中的标识组分.城市扬尘源作为混合源,受多种一次源类的共同影响,成分谱变化性较大,随对其有贡献的源类变化而变化,不同时间采集的城市扬尘化学组成有一定差异.

4)生物质燃烧源成分谱中OC的含量远高于成分谱中其他组分,另外Cl⁻和K的平均含量也较高,K一般为生物质源的特征元素.

参考文献

References

- [1] 冯银厂.我国大气颗粒物来源解析研究工作的进展[J].环境保护,2017,45(21):17-20
FENG Yinchang. Research progress of source apportionment of atmospheric particulates in China[J]. Environmental Protection, 2017, 45(21): 17-20
- [2] 金蕾,华蕾.大气颗粒物源解析受体模型应用研究及发展现状[J].中国环境监测,2007,23(1):38-42
JIN Lei, HUA Lei. Research and development status of receptor model on source apportionment of atmospheric particulate matter [J]. Environmental Monitoring in China, 2007, 23(1): 38-42
- [3] 滕加泉,王唯,蒋少杰,等.常州市大气 PM_{2.5} 主要排放源的成分谱研究[J].环境科技,2015,28(6):56-59,64
TENG Jiaquan, WANG Wei, JIANG Shaojie, et al. Study on the source profiles of PM_{2.5} major emissions in Changzhou[J]. Environmental Science and Technology, 2015, 28(6): 56-59, 64
- [4] 华蕾,郭婧,徐子优,等.北京市主要 PM₁₀ 排放源成分谱分析[J].中国环境监测,2006,22(6):64-71
HUA Lei, GUO Jing, XU Ziyou, et al. Analysis of PM₁₀ source profiles in Beijing [J]. Environmental Monitoring in China, 2006, 22(6): 64-71
- [5] 任丽红,周志恩,赵雪艳,等.重庆主城区大气 PM₁₀ 及 PM_{2.5} 来源解析[J].环境科学研究,2014,27(12):1387-1394
REN Lihong, ZHOU Zhi'en, ZHAO Xueyan, et al. Source apportionment of PM₁₀ and PM_{2.5} in urban areas of Chongqing [J]. Research of Environmental Sciences, 2014, 27(12): 1387-1394
- [6] 肖致美,毕晓辉,冯银厂,等.宁波市环境空气中 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 来源解析[J].环境科学研究,2012,25(5):549-555
XIAO Zhimei, BI Xiaohui, FENG Yinchang, et al. Source apportionment of ambient PM₁₀ and PM_{2.5} in urban area of Ningbo city [J]. Research of Environmental Sciences, 2012, 25(5): 549-555
- [7] 王珍,郭军,陈卓.贵阳市 PM_{2.5} 主要污染源成分谱分析[J].安全与环境学报,2016,16(2):346-351
WANG Zhen, GUO Jun, CHEN Zhuo. Analysis of the source component spectrum of PM_{2.5} emission in Guiyang [J]. Journal of Safety and Environment, 2016, 16(2): 346-351
- [8] 李伟,龚敏玉.城市环境空气中颗粒物源解析研究[J].江苏环境科技,2007(3):19-22
LI Wei, GONG Minyu. Source apportionment research on particulate material of urban environmental air [J]. Jiangsu Environmental Science and Technology, 2007(3): 19-22
- [9] 冯银厂,吴建会,朱坦,等.济南市和石家庄市场尘的化学组成[J].城市环境与城市生态,2003(增刊1):57-59
FENG Yinchang, WU Jianhui, ZHU Tan, et al. Chemical composition of urban fugitive dust of Jinan and Shijiazhuang [J]. Urban Environment and Urban Ecology, 2003(sup1): 57-59
- [10] Argyropoulos G, Grigoratos T, Voutsinas M, et al. Concentrations and source apportionment of PM₁₀ and associated elemental and ionic species in a lignite-burning power generation area of southern Greece [J]. Environmental Science & Pollution Research, 2013, 20(10): 7214-7230
- [11] Mansha M, Ghauri B, Rahman S, et al. Characterization and source apportionment of ambient air particulate matter (PM_{2.5}) in Karachi [J]. Science of the Total Environment, 2012, 425(3): 176-183
- [12] Bressi M, Sciare J, Ghersi V, et al. Sources and geographical origins of fine aerosols in Paris (France) [J]. Atmospheric Chemistry & Physics, 2014, 14(16): 8813-8839
- [13] 张腾,彭林,李颖慧,等.餐饮源油烟 PM_{2.5} 的化学组分特征[J].环境科学研究,2016,29(2):183-191
ZHANG Teng, PENG Lin, LI Yinghui, et al. Chemical characteristics of PM_{2.5} emitted from cooking fumes [J]. Research of Environmental Sciences, 2016, 29(2): 183-191
- [14] 刘海利,彭林,张腾,等.农林生物质燃烧尘中碳组分与水溶性无机离子的分布特征[J].环境工程学报,2017,11(3):1672-1676
LIU Haili, PENG Lin, ZHANG Teng, et al. Distribution of carbon components and water-soluble inorganic ions in biomass burning dust [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2017, 11(3): 1672-1676
- [15] 成海容,王祖武,冯家良,等.武汉市城区大气 PM_{2.5} 的碳组分与源解析[J].生态环境学报,2012,21(9):1574-1579
CHENG Hairong, WANG Zuwu, FENG Jialiang, et al. Carbonaceous species composition and source apportionment of PM_{2.5} in urban atmosphere of Wuhan [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(9): 1574-1579

Study on the characteristics of source profiles in Wuhan

GONG Pan¹ LUO Ying¹

1 Wuhan Environmental Monitoring Center, Wuhan 430015

Abstract PM₁₀ and PM_{2.5} from soil dust, construction dust, urban fugitive dust, catering sources, biomass combustion sources, industrial coal dust, and power plant coal dust were collected, and their carbon components, water-soluble ion components, and inorganic element components were analyzed to establish their source profiles. Studies have shown that the crustal elements Si, Ca, Al, and Fe are the main characteristic components of soil dust, among which Si is the component with the highest content and is also the marker component of soil dust. The contents of Si and Ca were higher in unorganized construction dust. Ca was regarded as an important element that distinguished unorganized construction dust from other sources, while the contents of OC and SO₄²⁻ in organized construction dust were higher than those in unorganized construction dust. The content of Ca in urban fugitive dust was relatively high, which indicated that urban fugitive dust was more affected by construction dust. The content of OC in the source profiles of biomass combustion sources was much higher than that of other components in the source profiles. In addition, the average contents of Cl⁻ and K were higher. K was the characteristic element of biomass combustion sources.

Key words PM₁₀; PM_{2.5}; source profiles