

成都市大气总悬浮颗粒物 (TSP)和 PM₁₀ 中重金属含量及分布特征

杨 菊 倪师军 彭 景

(成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 成都 610059)

大气颗粒物中的重金属污染物具有不可降解性, 它通过干湿沉降可转移到地表土壤和地表水体中, 并通过一定的生物化学作用, 转移到动植物体内, 导致各种人体机能障碍, 身体发育迟缓, 甚至引起各种癌症和心脏病。
本文以成都市大气总悬浮颗粒物 TSP 以及可吸入颗粒物 PM₁₀为研究对象, 研究了成都市大气颗粒物中重金属的含量和时空分布特征。

1 样品采集与分析

根据成都市功能区分布不同, 在东西两区各设立监测点 (E点、W 点), 其中东区为大气污染严重区, 西区为居住生活区, 相对东区污染源较少。根据大气颗粒物排放分类和成都市气体排放重金属污染物种类的调查分析, 将所研究的重金属元素确定为 Pb、Cd、Zn、Cu、Ca、Mn、Cr、Co、Ni、V。

参考国家环境空气质量标准和相关金属的测试标准选择连续监测法, 于 2007 年 11 月 1 日—10 日连续采样 10 d, 每次采样时间为 24 h。同时观测气象参数, 记录气温、气压、湿度、风向、风速等气象条件。使用中流量 TSP 采样器和 PM₁₀ 采样器分别同时采集大气颗粒物样品, 样品收集在直径 10 cm 的玻璃纤维滤膜上。

试验采取微波消解法测试各重金属的总量, 其中 Ni、Cr、Co、V 元素由电感耦合等离子质谱法测定, Pb、Zn、Cu、Cd、Mn、Ca 元素由火焰原子吸收分光光度法测定。

样品的前处理采用密闭微波消解体系法消解样品。将称重后的玻璃纤维滤膜样品剪碎后放入 50 mL 坩锅中, 加入 10 mL 1:1 的浓 HNO₃ + 30% H₂O₂ 混合溶液 (现配), 浸泡过夜。微火加热至沸腾 (锥形瓶上放置漏斗), 保持沸腾 10 min。冷却后加入 5 mL 30% H₂O₂, 沸腾至微干; 冷却, 加入 6 mL HNO₃ 与 4 mL HF, 再沸腾 10 min, 转移至消解罐中, 进入微波消解。将消解后的液体转入坩锅, 加热近干后再加入 5 mL HNO₃, 保持微沸 10 min 后, 溶液收集于 50 mL 聚丙烯管中, 用 5 mL 1% HNO₃ 冲洗, 冷却后定容。

2 重金属总量及其污染特征

成都市大气总悬浮颗粒物 (TSP) 以及可吸入颗粒物 (PM₁₀) 中 10 种重金属消解总量及其平均含量值见表 1。在大气颗粒物中各重金属总量分布平均浓度相差较大, 元素 Ca 含量最大, TSP 中平均浓度为 23.620 μg·m⁻³, 元素 Zn、Pb、Mn 和 Cu 含量相对较低, 其次为元素 V, Cr、Ni、Cd。元素 Co 含量最低, TSP 中平均浓度为 0.004 μg·m⁻³。其中 TSP 中 Pb 的平均含量为 1.308 μg·m⁻³, 东区 (E 点) 的含量为 1.280 μg·m⁻³, 西区 (W 点) 为 0.797 μg·m⁻³。PM₁₀ 中 Pb 的平均含量为 0.705 μg·m⁻³, 东区 (E 点) 的含量为 0.799 μg·m⁻³, 西区 (W 点) 为 0.611 μg·m⁻³。根据国家大气环境质量标准 (GB 3095-1996) 规定的相关要求, 大气总悬浮颗粒物 TSP 中 Pb 的年平均浓度限值为 1.00 μg·m⁻³, 可见成都市东区 (E 点) Pb 的含量已超过年平均值的 20%。

表 1 成都市大气 TSP 与 PM₁₀ 中各重金属总量 (μg·m⁻³)

重金属	样品数	E 点		W 点		TSP 平均值	PM ₁₀ 平均值
		TSP	PM ₁₀	TSP	PM ₁₀		
Pb	10	1.280	0.799	0.797	0.611	1.308	0.705
Zn	10	3.016	1.376	1.439	0.744	2.228	1.060
Cu	6	0.117	0.042	0.074	0.040	0.096	0.041
Cd	6	0.022	0.011	0.010	0.008	0.016	0.009
Ni	6	0.020	0.012	0.018	0.011	0.019	0.011
Cr	6	0.029	0.019	0.027	0.017	0.028	0.018
V	6	0.045	0.036	0.037	0.031	0.041	0.034
Co	6	0.004	0.003	0.003	0.002	0.004	0.003
Mn	6	0.149	0.101	0.103	0.066	0.126	0.084
Ca	10	27.913	19.586	19.327	13.443	23.620	16.515

重金属含量分布特征表明, 在同一粒径颗粒物中, 东区颗粒物中重金属含量比西区中重金属含量要高, 其中东区 TSP 颗粒物中各重金属含量比西区高出 7% — 12%, 东区 PM₁₀ 颗粒物中各重金属含量比西区高 9% — 85%. 空间浓度相差较大的为 Pb Zn Cu Cd Mn Co Ca 浓度相差较小的元素为 Ni 和 Cr TSP 中 Cu 浓度随空间变化较大, 而在 PM₁₀ 中的 Cu 总量随空间变化较小.

3 重金属总量的粒径分布特征

根据 PM₁₀ 中各重金属浓度占 TSP 中各重金属浓度的百分比表明: 大气中各重金属主要分布在可吸入颗粒物 PM₁₀ 中, 特别是元素 V, 其在两监测点的大气颗粒物中所占比率均超过 80% .

结合各重金属在不同粒径颗粒物中的总量分布, 主要有以下几点特征: 大气颗粒物中各重金属主要分布在粒径较小的 PM₁₀ 中, 特别是 V, Cd Co Pb 等元素在粒径较小的 PM₁₀ 中分布较广; 监测点 E 大气颗粒物 PM₁₀ 中 Mn 和 Cd 的浓度占 TSP 的百分比与监测点 W 存在明显差异, 说明东区 (E 点) 的 Mn 和 Cd 在大粒径的颗粒物中浓度百分比高于西区 (W 点), 而 Co 的浓度分布特征与之相反, 在监测点 E 大气颗粒物中, Co 更多地分布在小粒径颗粒物中, 这与不同重金属的来源不同有关. Mn 和 Cd 主要来自冶金工厂, W 区一直是居民中心区, 工业生产较少, 而 E 区则是传统的工业区, 周边土壤中受重金属污染较大, 因此大气中 Mn 更多来源于地面扬尘, 因此更多地存在于大粒径颗粒物中. 一般认为 Co 来自燃煤的燃烧, 而监测点 W 区燃煤较少, 本区域排放的 Co 较少, 更多的是在大气对流活动中迁移到本区大气中的, 因此, 主要存在于小粒径颗粒物中.

综上所述, 成都市大气重金属的空间分布趋势总体为东区的重金属浓度高于西区. 其中两地大气颗粒物重金属中浓度相差较大的为 Pb Zn Cu Cd Mn Co 和 Ca 浓度相差较小的为 Ni 和 Cr 这与地形、风向及污染源的分布等因素密切相关. 成都市大气颗粒物中各重金属主要分布在粒径较小的 PM₁₀ 中, 特别是 V, Cd Co Pb Ni 等元素.