

重庆市主城区 PM_{10} 与能见度相关性研究

周志恩, 杨三明, 张丹, 张灿

(重庆市环境科学研究院, 重庆 401147)

摘要: 分析了 2000 年以来重庆市主城区能见度变化趋势及 2006 年 PM_{10} 的污染现状, 能见度和 PM_{10} 质量浓度负相关, 尤其采样期间的相关系数为 -0.76。根据 PM_{10} 源解析和 PM_{10} 成分与能见度的相关性分析结果, 提出应重点控制燃煤和机动车尾气污染。

关键词: 能见度; PM_{10} ; 相关性; 重庆市

中图分类号: X823 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2009)03-0065-04

Relativity between PM_{10} and Visibility on Chongqing Urban Area

ZHOU Zhi-en, YANG San-ming, ZHANG Dan, ZHANG Can

(Environmental Science Institute of Chongqing, Chongqing 401147, China)

Abstract: The variety and trend of visibility from 2000 with PM_{10} pollution concentration in 2006 at Chongqing urban area were analyzed. The result showed that there was a distinct negative relativity between the visibility and the PM_{10} concentration, $r = -0.76$ especially during the period of sampling. According to the PM_{10} source apportionment and the relativity between the PM_{10} chemical components and the visibility, it was proposed that priority pollutants to be controlled were coal dust and motor vehicle exhaust gas.

Key words: Visibility; PM_{10} ; Relativity; Chongqing

自 20 世纪 70 年代以来, 城市大气环境污染日益严重, 导致大气能见度降低, 严重妨碍城市地面和空中交通安全, 给社会造成了巨大的经济损失和人员伤亡。研究表明, 城市能见度降低主要与气溶胶中的细粒子 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 和 NO_2 有关, 其中又以颗粒物的消光作用为强^[1-2]。重庆市是西部地区重要的工业基地, 空气污染较为严重, 同时受到特殊的地理位置和气象条件影响, 2000 年以来的年均能见度水平要低于北京、沈阳等城市 2 km ~ 6 km^[3-4]。

现以重庆市主城区为研究对象, 利用沙坪坝区气象观测台提供的 2000 年—2007 年水平能见度和地面常规气象要素: 温度、风速、相对湿度、气压、降雨量等; 重庆市环境监测中心提供的 2006 年重庆市主城区日平均空气污染指数 (API) 和 PM_{10} 自动监测资料; 以及 2006 年分别在春季 (4 月 12 日—4 月 19 日) 和秋季 (11 月 7 日—11 月 11 日) 人工采集的重庆市主城区大气环境中的 PM_{10} 样品及分析结果, 对能见度变化特征和 PM_{10} 对能见度

的影响进行系统研究。

1 重庆市主城区能见度变化趋势分析

1.1 年变化特征

重庆市位于 28°10'N—32°13'N, 105°11'E—110°11'E, 南北 450 km, 东西 470 km, 面积 8.24 万 km^2 。地势由南北向长江河谷逐级降低, 西北部和中部以丘陵、低山为主, 东南部靠大巴山和武陵山。重庆市主城区 2 737 km^2 , 设置 10 个环境监测点和 1 个气象观测点, 缙云山点为重庆市主城区上风向背景点, 大渡口点为重庆市工业区代表点, 其他 8 个均为城市商业区、文教区的代表点位。环境监测点位和气象观测点位置见图 1。

收稿日期: 2008-06-19; 修订日期: 2009-04-12

基金项目: 重庆市科委《重庆市主城大气灰霾形成机理基础研究》基金资助项目 (CSTC, 2009BA7032)

作者简介: 周志恩 (1978—), 女, 重庆人, 高级工程师, 硕士, 从事环境监测、科研与管理工作。

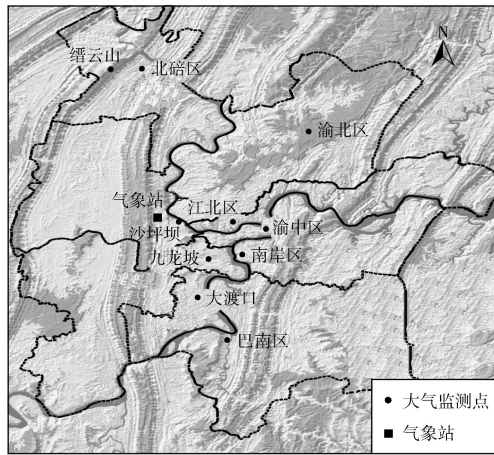


图 1 重庆市主城区范围及环境监测和气象观测点位置

2000年—2007年,重庆市市区能见度变化趋势较为复杂,能见度最高年均值出现在2001年为6.4 km,最低值出现在2004年为5.0 km,虽然2004年后能见度有上升的趋势,但是与全国其他

城市相比能见度水平仍然较低^[3]。2000年—2007年重庆市市区能见度变化趋势见图2。

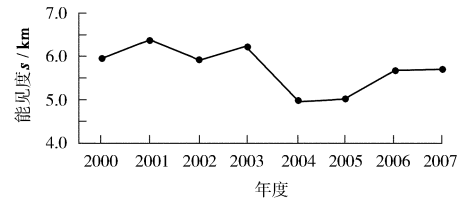


图 2 重庆市主城区能见度年变化

1.2 月变化特征

2000年—2007年,各年能见度的月变化趋势较为一致,能见度最高为7月或8月,其次为4月,每年的6月能见度水平都出现相对下降的过程,冬季的11月、12月和1月的能见度水平均小于5 km。重庆市主城区2000年—2007年能见度的月变化情况见表1。

表 1 重庆市主城区能见度月变化情况

| 年份 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 2000 | 4.2 | 5.9 | 5.5 | 7.0 | 7.0 | 6.6 | 9.1 | 6.6 | 5.4 | 6.5 | 4.4 | 3.2 |
| 2001 | 3.5 | 5.0 | 6.7 | 6.9 | 7.6 | 5.5 | 13.4 | 7.9 | 6.2 | 4.9 | 4.2 | 4.6 |
| 2002 | 2.8 | 3.9 | 7.8 | 9.3 | 5.9 | 5.5 | 5.7 | 6.1 | | | 4.2 | |
| 2003 | 2.3 | 5.2 | 6.6 | 8.6 | 7.1 | 4.8 | 10.1 | 11.3 | 6.5 | 4.8 | 4.2 | 3.2 |
| 2004 | 3.8 | 4.1 | 4.8 | 6.2 | 5.1 | 4.7 | 8.4 | 7.5 | 4.0 | 3.6 | 4.0 | 3.3 |
| 2005 | 3.1 | 5.5 | 5.0 | 5.0 | 4.2 | 5.6 | 8.1 | 6.4 | 6.6 | 4.5 | 3.0 | 2.9 |
| 2006 | 2.3 | 4.4 | 3.9 | 6.0 | 6.8 | 4.4 | 10.4 | 12.8 | 6.9 | 3.4 | 3.9 | 2.6 |
| 2007 | 2.7 | 4.9 | 5.9 | 6.9 | 7.7 | 5.1 | 7.2 | 9.1 | 6.2 | 5.7 | 3.5 | 3.9 |
| 平均 | 3.1 | 4.9 | 5.8 | 7.0 | 6.4 | 5.3 | 9.1 | 8.5 | 6.0 | 4.8 | 3.9 | 3.4 |

1.3 季变化特征

2000年—2007年重庆市主城区能见度季节变化特征见表2。

表 2 重庆市主城区能见度季节特征

| 年份 | 春 (3月—5月) | 夏 (6月—8月) | 秋 (9月—11月) | 冬 (12月—2月) |
|------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 2000 | 6.5 | 7.4 | 5.4 | 4.4 |
| 2001 | 7.1 | 8.9 | 5.1 | 4.3 |
| 2002 | 7.6 | 5.8 | | 3.4 |
| 2003 | 7.5 | 8.7 | 5.2 | 3.6 |
| 2004 | 5.4 | 6.9 | 3.9 | 3.7 |
| 2005 | 4.7 | 6.7 | 4.7 | 3.8 |
| 2006 | 5.6 | 9.2 | 4.7 | 3.1 |
| 2007 | 6.8 | 7.1 | 5.2 | 3.8 |
| 平均 | 6.4 | 7.6 | 4.9 | 3.8 |

夏季能见度均值最高,其次为春季和秋季,冬季能见度最低,约为4 km。重庆市能见度水平低于国内许多城市^[3],尤其是在冬季,已严重影响日常出行和生活。其主要原因为重庆市区三面环山,冬季风速低、湿度大,易形成稳定的大气层结,不利于颗粒物等大气污染物的扩散,造成雾或灰霾天气,影响能见度。7月、8月因降水增多,使PM₁₀质量浓度下降,能见度较高。

2 大气污染物对能见度的影响

城市大气能见度降低主要原因是由于大气中细粒子和气态污染物质量浓度增加,对光的吸收和散射增强,使来自物体的光信号减弱。为了探究空气污染物和能见度的相关关系,采用2006年重庆

市主城区逐日空气污染指数 (API), 包括: PM₁₀、SO₂ 和 NO₂ 的污染指数, 结合能见度日均值, 分析两者之间的相关性。结果发现, 重庆市主城区 API 值与能见度负相关, 若 API 值高, 则能见度低, 两者间的相关系数 r 为 -0.38。

AP 指数是反映大气污染现状的一个综合性指标, AP 值与能见度的相关性分析只笼统地反映大气污染状况与能见度的关系, 为更好地表征大气中主要污染物质 (即 AP 的主要贡献因子) 对能见度的影响, 选择大气中主要消光物质 PM₁₀, 将其质量浓度与能见度相关分析, 结果见图 3。

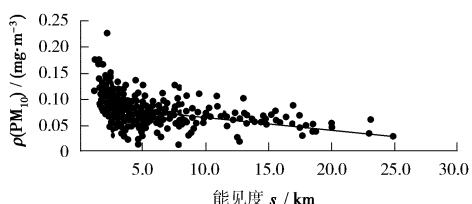


图 3 2006年重庆市主城区 PM₁₀质量浓度与能见度的关系

由图 3 可见, PM₁₀污染浓度与能见度负相关, 两者之间的相关系数为 -0.43, 说明 PM₁₀对能见度的影响较为明显。如果剔除阴雨天气能见度相对较小的因素, 两者之间的相关性应优于图 3 的结果。

3 PM₁₀化学物质对能见度的影响

有研究表明, 气溶胶中特别是细颗粒物中硫酸盐、硝酸盐、有机物和元素碳等物质具有较强的光散射和光吸收效应, 对能见度影响巨大^[5]。2006 年分别在春季 (4月 12日—4月 19日) 和秋季 (11月 7日—11月 11日) 采集了重庆市主城区大气环境中的可吸入颗粒物, 计算 PM₁₀的质量浓度, 同时

分析了主要无机元素、有机碳 (OC)、元素碳 (EC) 和水溶性离子的污染水平。

现选取重庆市主城沙坪坝区结果, 与采样期间主城能见度水平结合, 分析各种物质对能见度的影响。沙坪坝区位于重庆市主城西北, 为文教、商业和居住区, PM₁₀采样点设在重庆市第七中学的教学楼 7 楼楼顶 (106°27.675 E, 29°34.569 N), 海拔 250 m。

与全年 PM₁₀质量浓度与能见度的相关性比较, 采样期间 PM₁₀质量浓度与能见度相关性较高, 相关系数为 -0.76。环境中 PM₁₀采集多选择在晴朗天气, 可有效地避免雨水洗脱作用对两者相关性的干扰, 也更直观地反映 PM₁₀质量浓度对能见度的影响。但因样本数较少 (11 个), 只客观地反映出采样期间, 环境 PM₁₀质量浓度对能见度的影响, 一定程度上影响了分析结果的代表性。采样期间 PM₁₀质量浓度与能见度的相关关系见图 4。

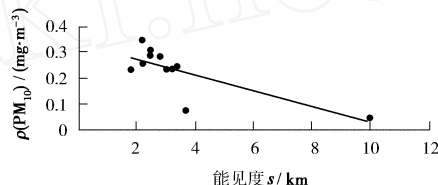


图 4 采样期间 PM₁₀质量浓度和能见度的关系

PM₁₀的主要消光和散射物质与能见度的相关系数, OC 为 -0.76, EC 为 -0.71, SO₄²⁻ 为 -0.54, NO₃⁻ 为 -0.48, 其中 OC 和 EC 对能见度的影响最为显著。由于各地区地形特征、气象条件不同, 以及太阳辐射强度的差异, 各种消光和散射物质对能见度的影响强度可能有所不同。采样期间 PM₁₀的主要消光和散射物质与能见度变化关系见图 5。

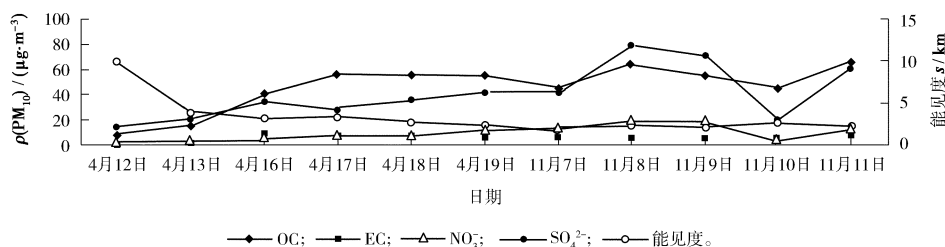


图 5 采样期间 PM₁₀各成分物质质量浓度与能见度的变化趋势

在影响能见度的 PM₁₀各成分物质中, OC 主要

来源于污染源直接排放的一次有机碳和碳氢化合

物通过光化学反应等途径生成的二次有机碳; EC 主要是生物质或化石燃料不完全燃烧直接排放的产物^[6-7]。环境大气中的 SO₄²⁻ 和 NO₃⁻ 主要是工业污染源所排放的 SO₂ 和 NO₂ 在大气中发生光化学反应产生的, NO₃⁻ 还和交通污染源排放有关。

弄清 PM₁₀ 的各类排放源及其对环境空气中 PM₁₀ 的贡献率, 对综合防治重庆市环境空气中 PM₁₀ 的污染具有重要意义, 目前常用的源解析方法是化学质量平衡法 (CMB)。CMB 的基础是质量守恒, 大气中颗粒物的组分与排放源颗粒物元素成分呈线性组合^[8]。各类源对 PM₁₀ 贡献最大为道路扬尘 (26.1%), 其余依次为机动车尾气尘 (21.0%)、二次粒子 (16.7%)、施工扬尘 (14.1%)、钢铁尘 (7.2%)、建筑尘 (5.9%) 和燃煤尘 (3.1%)。2006 年采样期间沙坪坝区的 PM₁₀ 源解析结果^[8]见表 3。

表 3 2006 年采样期间沙坪坝区 PM₁₀ 的源解析结果 %

| 分类 | 道路扬尘 | 施工扬尘 | 建筑尘 | 煤烟尘 | 钢铁尘 | 机动车尾气尘 | 二次粒子 | 其他 | 合计 |
|----|------|------|-----|-----|-----|--------|------|-----|-----|
| 春季 | 28.7 | 15.5 | 4.1 | 4.3 | 7.6 | 19.2 | 11.4 | 9.2 | 100 |
| 秋季 | 23.5 | 12.7 | 7.7 | 2.0 | 6.9 | 22.7 | 22.0 | 2.5 | 100 |

表 3 中二次粒子主要是燃煤等排放的一次污染物质 (SO₂、NO₂) 在大气中发生物理或化学反应所生成的二次污染物, 主要是硫酸盐、硝酸盐和铵盐; 表 3 中其他成分是除去道路扬尘等 7 类成分的 PM₁₀, 包括生物质的燃烧、燃油烟尘及烹饪烟尘等。二次粒子和机动车尾气尘占大气环境中 PM₁₀ 的 37.7%, 并且尘粒径较小, 对大气的消光作用大于道路、施工、建筑等土壤尘, 是影响城市能见度的主要物质。控制二次粒子和机动车尾气尘不仅能够降低 PM₁₀ 的质量浓度, 还可有效地改善大气能见

度, 带来显著社会和环境效益。

4 结论

2000 年—2007 年, 冬季的能见度水平最低, 各月均 < 5 km; 夏季能见度均值最高, 其次为春季和秋季, 冬季能见度最低, 在每年的 6 月, 能见度水平都有一个相对下降的过程。

PM₁₀ 质量浓度与能见度呈负相关, PM₁₀ 对能见度的影响较为明显。为剔除阴雨天气能见度相对较小的因素, 选取 2006 年春季、秋季的晴好天气, 人工采样期间 PM₁₀ 浓度与能见度的相关系数为 -0.76, 主要消光和散射物质与能见度呈负相关, 其中 OC 和 EC 对能见度的影响最为显著。为提高能见度, 建议重点控制燃煤和机动车尾气污染。

[参考文献]

- [1] 于凤莲, 刘东贤, 胡英. 有关气溶胶细粒子对城市能见度影响的研究 [J]. 气象科技, 2002, 30(6): 379 - 382.
- [2] 刘新民, 邵敏. 北京市夏季大气消光系数的来源分析 [J]. 环境科学学报, 2004, 24(2): 185 - 189.
- [3] 叶堤, 蒋昌潭, 王飞. 重庆市区大气能见度变化特征及其影响因素分析 [J]. 气象与环境学报, 2006, 22(6): 6 - 10.
- [4] 廖代强, 马力. 重庆市区能见度与 TSP 关系的变化分析: 第五届全国优秀青年气象科技工作者学术研讨会论文集 [C]. 北京: 中国气象学会, 2002.
- [5] CHAN Y C, SMPSON R W, MCTA NSH G H, et al. Source apportionment of visibility degradation problems in Brisbane (Australia) using the multiple linear regression techniques [J]. Atmos Environ, 1999, 33(19): 3237 - 3250.
- [6] 邹宁, 曾立民, 邵敏. 气溶胶中有机碳及元素碳分析方法进展 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2005, 41(6): 957 - 964.
- [7] 杭维琦, 黄世鸿. 南京市城区环境空气中总悬浮颗粒物的源解析 [J]. 环境监测管理与技术, 2000, 12(4): 18 - 21.
- [8] 重庆市环境科学研究院. 重庆市主城可吸入颗粒物 (PM₁₀) 来源解析技术报告 [R]. 重庆: 重庆市环境科学研究院, 2007.

· 简讯 ·

上海将实行国四标准控制尾气污染

上海市环保局有关负责人日前宣布, 经国务院同意, 上海市将从今年 11 月 1 日起对所有轻型汽油车以及公交、环卫、邮政车辆, 提前实施机动车国四标准。新标准实施后, 上海市新车排放标准将与欧盟的现行执行标准 (欧 IV) 进一步缩小差距, 即从 1999 年实施时的相差 7 年缩短为相差 3 年。

为保证国四标准顺利实施, 上海市已于今年 2 月发布了《车用柴油》和《车用汽油》地方标准, 上述两项标准将于今年 9 月和 10 月分别实施, 也就是说, 在机动车新标准实施前, 成品油销售企业应提前 1~2 个月向全市供应符合国四新要求的车用汽油和柴油。

此外, 根据环境保护部的要求, 上海、北京等 4 个重点城市将从今年 7 月 1 日起实施摩托车国三标准。

摘自 www. jshh. gov. cn 2009 - 06 - 01