

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第36卷 第6期

Vol.36 No.6

2015

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

南京北郊春季气溶胶吸湿性分析	徐彬, 张泽锋, 李艳伟, 秦鑫, 缪青, 沈艳 (1911)
南京北郊秋冬季相对湿度及气溶胶理化特性对大气能见度的影响	于兴娜, 马佳, 朱彬, 王红磊, 严殊祺, 夏航 (1919)
南京北郊冬季霾天 PM _{2.5} 水溶性离子的污染特征与消光作用研究	周瑶瑶, 马嫣, 郑军, 崔芬萍, 王荔 (1926)
京津冀冬季大气混合层高度与大气污染的关系	李梦, 唐贵谦, 黄俊, 刘子锐, 安俊琳, 王跃思 (1935)
长江三角洲地区基于喷涂工艺的溶剂源 VOCs 排放特征	莫梓伟, 牛贺, 陆思华, 邵敏, 勾斌 (1944)
贵阳酸雨中溶解态重金属质量浓度及形态分析	朱兆洲, 李军, 王志如 (1952)
北京市火葬场大气污染物排放现状及污染特征	薛亦峰, 闫静, 田贺忠, 熊程程, 李敬东, 吴晓清, 王玮, 朱家昕 (1959)
北京市燃煤锅炉烟气中水溶性离子排放特征	胡月琪, 马召辉, 冯亚君, 王琛, 陈圆圆, 何明 (1966)
燃煤电厂湿烟卤降雨成因分析	欧阳丽华, 庄烨, 刘科伟, 陈振宇, 顾鹏 (1975)
Mn-Ce/分子筛的脱汞特性研究	谭增强, 牛国平, 陈晓文, 安振 (1983)
办公室内颗粒物载带溴系阻燃剂的人体呼吸暴露	李岫雯, 曾辉, 倪宏刚 (1989)
森林生物质燃烧烟尘中的有机碳和元素碳	黄柯, 刘刚, 周丽敏, 李久海, 徐慧, 吴丹, 洪蕾, 陈惠雨, 杨伟宗 (1998)
北京市常见落叶树种叶片滞纳空气颗粒物功能	王兵, 王晓燕, 牛香, 张维康, 汪金松 (2005)
气相中乙酸乙酯光解的光子效率: 波长和催化剂的影响	方雪慧, 赵洁, 舒莉, 高永, 叶招莲 (2010)
长江口邻近海域赤潮水体浮游植物光吸收特性分析	刘洋洋, 沈芳, 李秀珍 (2019)
深圳近岸海域全氟化合物的污染特征	刘宝林, 张鸿, 谢刘伟, 刘国卿, 王艳萍, 王鑫璇, 李静, 董炜华 (2028)
杭州西湖“香灰土”沉积物轻、重有机质组成特征及其环境意义	李静, 朱广伟, 朱梦圆, 龚志军, 许海, 杨桂军 (2038)
小清河表层沉积物重污染区重金属赋存形态及风险评价	黄莹, 李永霞, 高甫威, 徐民民, 孙博, 王宁, 杨健 (2046)
调水型水库藻类对调水氮、磷浓度与水量的响应	万由鹏, 尹魁浩, 彭盛华 (2054)
三峡库区回水区营养盐和叶绿素 a 的时空变化及其相互关系	张磊, 蔚建军, 付莉, 周川, Douglas G. Haffner (2061)
藻华聚集的环境效应: 对漂浮植物水葫芦光合作用的影响	包先明, 顾东祥, 吴婷婷, 石祖良, 刘国锋, 韩士群, 周庆 (2070)
巢湖沉积物有效磷的原位高分辨分析研究	李超, 王丹, 杨金燕, 王燕, 丁士明 (2077)
贵州施秉白云岩喀斯特区水化学和溶解无机碳稳定同位素特征	肖时珍, 蓝家程, 袁道先, 王云, 杨龙, 敖向红 (2085)
长沙地区不同水体稳定同位素特征及其水循环指示意义	李广, 章新平, 张立峰, 王跃峰, 邓晓军, 杨柳, 雷超桂 (2094)
元阳梯田水源区土壤水氢氧同位素特征	张小娟, 宋维峰, 吴锦奎, 王卓娟 (2102)
植草沟控制道路径流污染效果的现场实验研究	黄俊杰, 沈庆然, 李田 (2109)
Fe/Cu 催化还原降解饮用水中溴氯乙腈的性能研究	丁春生, 马海龙, 傅洋平, 赵世督, 李东兵 (2116)
三维花状结构 α-FeOOH 协同 H ₂ O ₂ 可见光催化降解双氯芬酸钠	许俊鸽, 李云琴, 黄华山, 苑宝玲, 崔浩杰, 付明来 (2122)
UV/H ₂ O ₂ 降解羟苯甲酮反应动力学及影响因素	冯欣欣, 杜尔登, 郭迎庆, 李华杰, 刘翔, 周方 (2129)
钼掺杂 TiO ₂ 光催化降解全氟辛酸	刘晴, 喻泽斌, 张睿涵, 李明洁, 陈颖, 王莉, 匡瑜, 张搏, 朱有慧 (2138)
低频无极灯降解偶氮染料酸性橙 7	吴朋, 吴军, 高士祥, 孙成, 蒋正方 (2147)
纳米 Fe ₃ O ₄ /CeO ₂ -H ₂ O ₂ 非均相类 Fenton 体系对 3,4-二氯三氟甲苯的降解	孙正男, 杨琦, 纪冬丽, 郑琳 (2154)
流变相法制备包覆型 CMC-Fe ⁰ 及降解水中 TCE 的研究	樊文井, 成岳, 余淑贞, 范小丰 (2161)
Pd-Fe/石墨烯多功能催化阴极降解 4-氯酚机制研究	祁文智, 王凡, 王辉, 施钦, 逢磊, 卞兆勇 (2168)
锰氧化物改性硅藻土对苯胺的去除动力学与机制	肖少丹, 刘露, 姜理英, 陈建孟 (2175)
铅-十六烷基三甲基氯化铵改性活性炭对水中硝酸盐和磷酸盐的吸附特性	郑雯婧, 林建伟, 詹艳慧, 王虹 (2185)
聚(丙烯酸酰胺-二乙烯基苯)对水溶液中刚果红的吸附	张变变, 廖运文, 高和军, 王忠志, 帅超 (2195)
大型再生水厂不同污水处理工艺的能耗比较与节能途径	杨敏, 李亚明, 魏源送, 吕鑑, 郁达伟, 刘吉宝, 樊耀波 (2203)
污泥水热液化水相产物中氮元素变化规律的研究	孙衍卿, 孙震, 张景来 (2210)
不同接种污泥 ABR 厌氧氨氧化的启动特征	张海芹, 王翻翻, 李月寒, 陈重军, 沈耀良 (2216)
基于微波-过氧化氢-碱预处理的污泥水解影响因素	贾瑞来, 魏源送, 刘吉宝 (2222)
蠡河底泥中反硝化复合菌群富集及菌群结构研究	雍佳君, 成小英 (2232)
不同类型及不同浓度抗生素条件下活性污泥丝状菌种群多样性分析	王润芳, 王琴, 张红, 齐嵘 (2239)
石油降解菌的分离鉴定及 4 株芽胞杆菌种间效应	王佳楠, 石妍云, 郑力燕, 王喆, 蔡章, 刘杰 (2245)
Sheewanella oneidensis MR-1 对针铁矿的还原与汞的生物甲基化	司友斌, 孙林, 王卉 (2252)
根表铁氧化物胶膜对水稻吸收诺氟沙星的影响	马微, 鲍艳宇 (2259)
不同耕作措施对旱作夏玉米田土壤呼吸及根呼吸的影响	禄兴丽, 廖允成 (2266)
城市区域近地表灰尘及重金属沉降垂向季节变化	李晓燕, 张舒婷 (2274)
中山市农业区域土壤-农产品中邻苯二甲酸酯 (PAEs) 污染特征	李彬, 吴山, 梁金明, 梁文立, 陈桂贤, 李拥军, 杨国义 (2283)
经口摄入土壤多溴联苯醚生物可给性变化及影响因素的体外消化模拟	张云惠, 刘伟健, 程芳芳, 熊冠男, 杨笑寒, 王歆, 陶澍, 邢宝山, 刘文新 (2292)
生物炭输入对土壤本底有机碳矿化的影响	陈威, 胡学玉, 陆海楠 (2300)
改良剂对广西环江强酸铅锌污染土壤的修复作用	曾伟铨, 宋波, 袁立竹, 黄宇妃, 伏凤艳 (2306)
蒙脱石-OR-SH 复合体材料对土壤镉的钝化及机制	曾燕君, 周志军, 赵秋香 (2314)
焦岗湖湿地土地利用格局演变及区域可持续性评价	杨阳, 蔡怡敏, 白艳莹, 陈卫平, 杨秀超 (2320)
《环境科学》征订启事 (1965) 《环境科学》征稿简则 (2115) 信息 (1925, 2076, 2084, 2146)	

南京北郊秋冬季相对湿度及气溶胶理化特性对大气能见度的影响

于兴娜, 马佳, 朱彬, 王红磊, 严殊祺, 夏航

(南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 中国气象局气溶胶-云-降水重点开放实验室, 南京 210044)

摘要: 为了解南京北郊秋冬季相对湿度与气溶胶理化特性对大气能见度的影响, 利用2012年秋冬季气象要素资料、颗粒物浓度及其主要成分和气溶胶粒子谱分布等观测数据, 分析了南京北郊大气能见度与气象要素、颗粒物污染之间的关系。结果表明, 南京北郊秋冬季节平均大气能见度仅为4.76 km。颗粒物浓度与能见度存在一定的负相关关系, 尤其细粒子对能见度的影响更为显著。随细粒子质量浓度和相对湿度(RH)的增大, 低能见度出现的频率呈现上升趋势。能见度从5~10 km衰减到<5 km时, PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 质量浓度分别增加了7.56%和37.64%; 其中 SO_4^{2-} 和 NO_3^- 质量浓度均有显著增加。气溶胶粒子数浓度对能见度的影响与相对湿度有关, 粒径0.5~2 μm 的气溶胶数浓度随RH增加增长缓慢, 而2~10 μm 范围内的粒子数浓度随RH增加而减小; 结合气溶胶表面积浓度与能见度进行相关性分析, 表明0.5~2 μm 的细粒子及相对湿度是导致南京北郊秋冬季大气能见度下降的主要因素。

关键词: 能见度; 气溶胶; 相对湿度; 尺度谱; 南京

中图分类号: X513 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2015)06-1919-07 DOI: 10.13227/j.hjxx.2015.06.002

Effects of Relative Humidity and Aerosol Physicochemical Properties on Atmospheric Visibility in Northern Suburb of Nanjing

YU Xing-na, MA Jia, ZHU Bin, WANG Hong-lei, YAN Shu-qi, XIA Hang

(Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Key Laboratory for Aerosol-Cloud-Precipitation of China Meteorological Administration, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: To understand the effects of relative humidity (RH) and aerosol physicochemical properties on the atmospheric visibility in autumn and winter in northern suburb of Nanjing, the relationships between meteorological elements, particulate matter and visibility were analyzed with the data of meteorological elements, aerosol particle spectra, particulate matter concentration and chemical composition. The average visibility was 4.76 km in autumn and winter in northern suburb of Nanjing. There was a certain negative correlation between the particulate matter concentration and the visibility, especially the influence of fine particles on the visibility was more remarkable. The occurrence frequencies of low visibilities showed an increasing trend with the increasing concentration of fine particles and RH. When the visibility decreased from 5-10 km to <5 km, the mass concentrations of PM_{10} and $PM_{2.5}$ increased by 7.56% and 37.64%, respectively. Meanwhile, the mass concentrations of SO_4^{2-} and NO_3^- increased significantly. Effects of aerosol particle number concentration on the visibility were related with RH. Aerosol number concentration with diameters ranging from 0.5 μm to 2 μm increased slowly with the increase of RH, while those ranging from 2 μm to 10 μm decreased. The correlation analysis between the aerosol surface area concentration and the visibility showed that RH and fine particles between 0.5 μm and 2 μm were the main factors which caused the decrease of atmospheric visibility in autumn and winter in northern suburb of Nanjing.

Key words: visibility; aerosol; relative humidity; particle spectrum distribution; Nanjing

能见度是体现城市大气质量的主要指标^[1]。由于经济和工业的高速发展, 中国大城市的颗粒物污染已经十分严重, 进而显著影响大气能见度^[2]。能见度是一个复杂的问题, 与人类活动导致的空气污染以及气象条件都有关^[3]。比如, 较高的气溶胶浓度和相对湿度是导致北京低能见度的重要原因^[4], Jung等^[5]发现广州地区的能见度变化主要受硫酸盐、含碳气溶胶和气溶胶含水量影响, 而德国西北部的能见度衰减与 PM_{10} 、大气光学厚度以及气溶胶

数谱分布紧密相关^[6]。能见度的降低虽然考虑自然源的排放, 但是人为污染物的排放是主要原因^[7]。

许多研究^[8~12]针对中国部分地区的能见度衰减情况进行了分析。统计数据显示, 中国大陆地区的

收稿日期: 2014-11-20; 修订日期: 2014-12-15

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(B类)(XDB05030104); 国家自然科学基金项目(41475142); 江苏省高等学校大学生实践创新训练计划项目(201510300053y, 201510300065y); 江苏省高校“青蓝工程”项目; 江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)

作者简介: 于兴娜(1979~), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为大气环境, E-mail: xnyu@nuist.edu.cn

低能见度事件主要频繁出现在珠江三角洲地区、长江三角洲地区以及包括京津冀城市群和辽宁中部城市群在内的华北平原地区^[13]。其中,长江三角洲地区作为中国经济和工业快速发展的地区之一,近30年来能见度发生了较大变化,对该地区的经济发展和人民生活产生较大影响^[14]。南京作为长三角地区核心城市,经济高速发展的同时,空气污染也日益严重。研究表明,1980~2008年之间南京市大气能见度显著下降^[15],其中2004年南京年平均能见度仅为8.8 km^[16]。针对南京地区能见度衰减的状况和原因,高澜等^[17]通过散射系数和能见度的相关性验证了利用散射系数推算南京北郊能见度的可行性,袁亮等^[18]则探讨了亚青会期间南京能见度与气象要素、气溶胶等的相关性。基于南京地区气溶胶中水溶性离子的粒径分布、污染特征和源解析等特征研究^[19~23],本文在重点分析了南京地区大气能见度与气象要素、颗粒物等相关性的基础上,研究了气溶胶中水溶性离子(NO_3^- 和 SO_4^{2-})与大气能见度的关系,这对深化南京地区能见度衰减的研究有重要意义,以期为进一步治理南京地区城市污染和改善大气能见度提供了理论支持。

1 材料与方法

1.1 实验地点和时间

Andersen-II型9级撞击采样器(PM_{10} 质量浓度来自于膜采样)、FH62C14系列 β 射线颗粒物连续监测仪(用于测量 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度)和宽范围气溶胶粒径谱仪(WPS)均放置在南京信息工程大学气象楼楼顶,海拔约为62 m。其东面大约500 m为宁六路,东南方5 km为南京钢铁集团厂区。CJY-1型能见度仪和CAWSD600型自动气象站观测地点位于南京信息工程大学内的中国气象局综合观测培训实训基地。

安德森采样器采样时间和 β 射线颗粒物连续监测仪观测时间为2012年11月11日~12月4日,离子采样时间约23 h,从09:00到次日的08:00。常规气象要素和WPS观测时间为2012年11月11日~12月31日,能见度时间分辨率为1 min,风速和RH时间分辨率为1 h,谱分布数据时间分辨率为5 min。

1.2 采样仪器和实验过程

实验中使用的采样仪器为Andersen-II型9级撞击采样器,采样的粒径范围为:9.0~10 μm 、5.8~9.0 μm 、4.7~5.8 μm 、3.3~4.7 μm 、2.1~3.3

μm 、1.1~2.1 μm 、0.65~1.1 μm 、0.43~0.65 μm 、<0.43 μm ,采样流量为28.3 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$,采样使用特氟龙滤膜,称重天平为瑞士Mettler Toledo MX5型微量天平,称量精度为0.1 μg 。

为去除有机质的可能干扰,首先将采样膜置于450℃灼烧4 h,置于干燥器中在密闭环境下降温。采样膜在称重前于40%湿度和25℃环境下进行24 h恒温恒湿处理,需重复3次并记录每次结果。称重后即进行样品编号并放入标准的配套膜盒中。采样后重复此过程,差减法计算采集到的颗粒物质量(μg),经采样时间、流量换算为大气浓度($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)。

采样完成以后,取半张采样膜剪碎,加水10 mL溶解,加50 mL甲醇,振荡45 min,超声30 min,再振荡45 min,静置24 h。水溶性离子的测量使用瑞士万通850 professional IC型色谱仪,测定大气气溶胶中 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 和 SO_4^{2-} 这10种无机离子和甲酸。850 professional IC型色谱仪含柱温箱、电导检测器,并带有858自动进样器以及MagIC Net色谱工作站(瑞士万通);色谱柱:Metrosep C 4150/4.0分离柱;淋洗液:3.2 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ Na_2CO_3 + 1.0 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaHCO_3 (阴离子),1.7 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硝酸 + 0.7 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 吡啶二羧酸(阳离子);柱温:30℃;流速:1.0 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$;进样体积:20 μL 。溶液配制和稀释均使用电阻率为18.2 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ 的超纯水配制^[24]。

美国MSP公司的WPS可以对空气动力学直径为0.01~10 μm 的气溶胶颗粒进行自动计数和粒径分级,同时可以用于计算颗粒物的表面积浓度、体积浓度及质量浓度,其中质量浓度由体积浓度和假定的气溶胶密度($1\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)计算获得^[25]。

2 结果与讨论

2.1 能见度变化特征

观测期间南京北郊能见度小时平均样本总量为1161个,小时平均能见度为4.96 km,明显低于2005~2009年北京冬季平均能见度(10.33 km)^[26],与同样处于长三角的苏州2009年11月的平均能见度(5.1 km)^[27]相似,高于南京2007年12月19日~23日雾霾期间的平均值(<1 km)^[28]。将小时平均能见度分为3个等级,等级I对应能见度大于10 km,等级II对应能见度5~10 km,等级III对应能见度小于5 km。同时对不同能见度等级的风速和相对湿度求均值,结果见表1。从中可知,随平均

相对湿度增大以及平均风速减小,能见度表现出减小的趋势. 能见度 > 10 km 的样本数仅占总体的 7.58%,相应的平均 RH 在 40% 以下. 能见度 5 ~ 10 km 的小时数 388 个,占总体的 33.42%,平均 RH 为 50% 左右,其中平均 $RH \geq 80\%$ 的小时数占到 4.63%. 出现能见度 < 5 km 的小时数占总体的 59%,此时平均 RH 却高达 75.30%,其中平均 $RH \geq 80\%$ 的小时数占到 51.97%,远远超过 II 级能见度对应的值. 图 1 给出了观测期间能见度、相对湿度和平均风速的逐时变化. 与表 1 一致,相对湿度大于 80% 时,对应的能见度基本低于 5 km,如 11 月 17 日 03:00 的相对湿度达到了 87%,此时的能见度只有 1 km 左右.

表 1 不同能见度等级的气象要素均值
Table 1 Mean values of meteorological elements
at different levels of visibility

能见度级别	小时数 /h	百分率 /%	平均风速 / $m \cdot s^{-1}$	平均相对湿度 /%
I	88	7.58	2.65	39.14
II	388	33.42	2.42	47.94
III	685	59	2.39	75.30

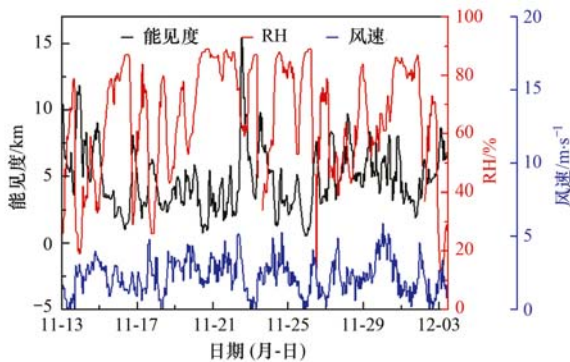


图 1 观测期间能见度、相对湿度和风速逐时变化
Fig. 1 Hourly averages of visibility, relative humidity
and wind speed during the observation period

2.2 能见度与颗粒物质量浓度、相对湿度的关系

诸多研究表明,能见度与气溶胶质量浓度呈负相关关系^[29,30],气溶胶质量浓度增加,气溶胶粒子对光的散射和吸收能力增强,从而降低大气能见度^[31]. 图 2 给出了南京北郊能见度、PM₁₀和 PM_{2.5}质量浓度的逐日变化. 观测期间最高 PM₁₀浓度出现在 12 月 3 日,达到了 209.76 $\mu g \cdot m^{-3}$,对应的日平均能见度为 4.1 km; 最高 PM_{2.5}浓度出现在 11 月 18 日,为 141.48 $\mu g \cdot m^{-3}$,日平均能见度为 4.2 km. 可见,颗粒物浓度与能见度存在一定的负相关关系.

图 3 为观测期间能见度(Vis)和 PM_{2.5}质量浓度

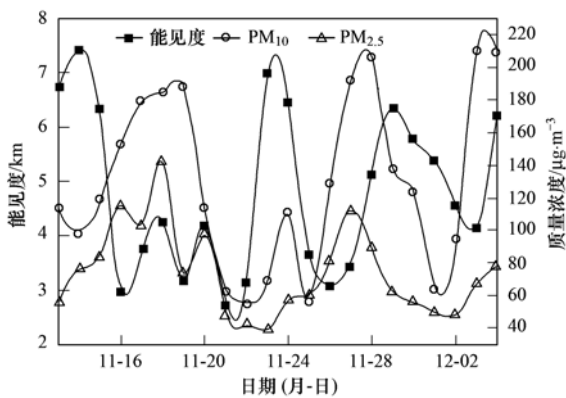
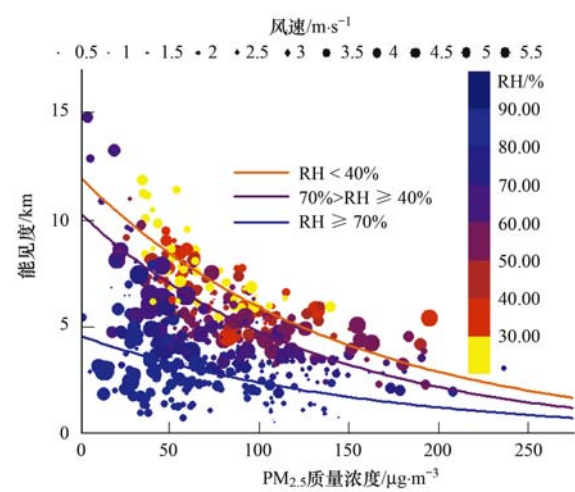


图 2 PM₁₀、PM_{2.5}和能见度的逐日变化
Fig. 2 Daily variations of mass concentrations
of PM₁₀ and PM_{2.5} and visibility

小时平均值的散点图,散点颜色表示相对湿度,散点大小表示平均风速. 可以明显看出,散点大小的分布规律性不强,计算风速和能见度的相关系数仅为 0.19; 而散点的不同颜色分布规律性则十分明显,蓝色的点($RH > 80\%$)大多数分布在下方(能见度 < 5 km),随相对湿度降低,能见度增加. 计算能见度和相对湿度的相关系数为 -0.69,可见两者之间存在较强的负相关,这与图 1 的结果相吻合. 对 $RH < 40\%$ 、 $40\% \leq RH < 70\%$ 和 $RH \geq 70\%$ 的散点进行非线性拟合分析,得到的拟合曲线分别为 $Vis = 12 \times \exp(-0.007046 \times PM_{2.5})$ ($R^2 = 0.5006$); $Vis = 10.31 \times \exp(-0.007667 \times PM_{2.5})$ ($R^2 = 0.5987$) 和 $Vis = 4.606 \times \exp(-0.006406 \times PM_{2.5})$ ($R^2 = 0.1538$). 可以看出当 $RH < 70\%$ 时,能见度和 PM_{2.5} 之间存在显著地相关性; 而随着 RH 超过 70%,这种相关性明显减弱.

图 4 为不同 PM_{2.5}质量浓度和相对湿度区间内不同能见度等级出现的频率及个区间的频率分布. 可以看出,随 PM_{2.5}质量浓度增加,低能见度出现的频率总体呈现出上升的趋势, > 10 km 的能见度仅出现在 PM_{2.5}质量浓度低于 75 $\mu g \cdot m^{-3}$ 时. 同时,随相对湿度增大,低能见度出现的频率也逐渐增高. 当 $RH < 40\%$ 时,能见度在 5 ~ 10 km 的出现频率为 83.3%,低于 5 km 出现的频率仅为 5%; RH 超过 70% 时, < 5 km 的低能见度事件出现的频率却达到 80% 以上. 可见,PM_{2.5}质量浓度和相对湿度对能见度都有一定的影响. 但在本次观测期间,PM_{2.5}质量浓度超过 100 $\mu g \cdot m^{-3}$ 的时次仅占约 25%,而 $RH > 80\%$ 的样本占 31.73%, $RH > 70\%$ 的百分比接近 50%. 可见,高相对湿度在该地区出现的频率明显超



散点颜色表示相对湿度, 散点大小表示风速

图3 能见度和PM_{2.5}质量浓度散点图

Fig. 3 Scatter diagram of the visibility and mass concentration of PM_{2.5}

过高气溶胶质量浓度. 结合上述高相对湿度下能见度和PM_{2.5}的弱相关性,可以看出较高的相对湿度可能是造成南京2012年秋冬季北郊地区低能见度事件的一个重要原因.

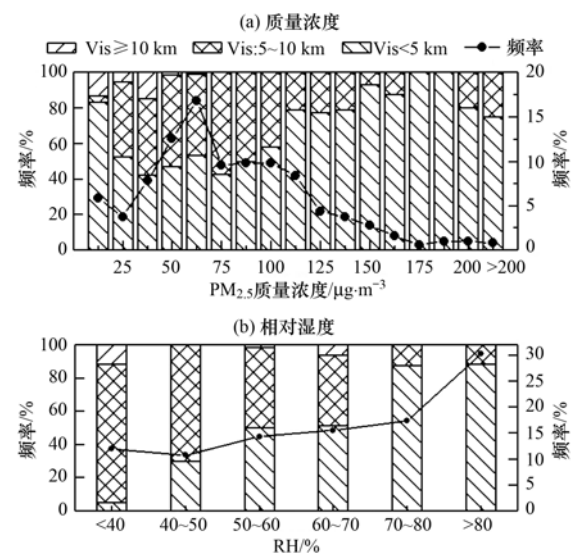


图4 不同PM_{2.5}质量浓度和相对湿度区间内3种能见度等级出现的频率及各区间频率分布

Fig. 4 Frequencies of three visibility levels in different PM_{2.5} mass concentration and RH ranges, as well as the corresponding frequency distribution presented in dotted dark lines

2.3 不同能见度范围颗粒物成分和粒径的特征

表2给出了不同能见度等级的颗粒物质量浓度及主要水溶性离子浓度. 观测期间能见度日平均值没有达到10 km以上,故无I级. 由表2可以看出,能见度为II级的平均能见度达到了6.27 km,III级

能见度均值为3.59 km. 能见度从II级衰减到III级时,PM₁₀质量浓度增加了7.56%,细粒子(PM_{2.1})质量浓度增加更为明显,达到了37.64%,PM_{2.1}/PM_{2.1~10}从1.07提高到2.12. 同时,随能见度的衰减,SO₄²⁻和NO₃⁻质量浓度都有显著的增加. 其中,PM₁₀中的SO₄²⁻和NO₃⁻质量浓度分别增加了42.72%和70.87%,PM_{2.1}中的SO₄²⁻和NO₃⁻增幅更加明显,分别达到了76.89%和94.12%,能见度为II级时对应的PM₁₀和PM_{2.1}中的SO₄²⁻质量浓度均高于NO₃⁻,但能见度衰减到III级时,PM₁₀和PM_{2.1}中NO₃⁻/SO₄²⁻比值范围分别为0.38~1.89和0.36~1.81,且均值都大于1,说明南京北郊污染物主要来源于机动车排放^[32].

表2 不同能见度等级下不同粒径颗粒物及SO₄²⁻和NO₃⁻质量浓度

项目	能见度等级	
	III	II
能见度/km	3.59	6.27
PM ₁₀ /μg·m ⁻³	134.73	125.26
PM _{2.1} /μg·m ⁻³	82.46	59.91
PM _{2.1} /PM ₁₀	0.65	0.49
PM _{2.1} /PM _{2.1~10}	2.12	1.07
PM ₁₀ 中的SO ₄ ²⁻ /μg·m ⁻³	8.82	6.18
PM ₁₀ 中的NO ₃ ⁻ /μg·m ⁻³	9.62	5.63
PM _{2.1} 中的SO ₄ ²⁻ /μg·m ⁻³	7.50	4.24
PM _{2.1} 中的NO ₃ ⁻ /μg·m ⁻³	7.59	3.91

2.4 气溶胶数谱与表面积浓度对能见度的影响

图5(a)为2012年11月11日~12月31日不同相对湿度范围的气溶胶数浓度谱分布. 从中可以看出,相对湿度与气溶胶粒子的数浓度存在着密切的联系. 在粒径为0.01 μm处,随相对湿度增加,粒子数浓度存在一个微弱的增加,这可能是由于相对湿度增加使得原本仪器观测不到的粒子吸湿增长到可以观测的粒径^[33]. 在粒子直径0.02~0.5 μm范围内,随相对湿度增大气溶胶吸湿增长为较大粒径的粒子,尤其当相对湿度>80%时,其数浓度降幅明显. 在0.5~2 μm范围内,气溶胶数浓度随相对湿度增加增长缓慢,这种增长除了由于<0.5 μm粒子的吸湿增长外,还包括气溶胶粒子之间的碰并^[34]. 小粒子通过吸湿增长和碰并成为大粒子,0.5~2 μm粒子数浓度的增长幅度必然小于0.02~0.5 μm粒子浓度的减小幅度. 直径在2~10 μm范围内的气溶胶数浓度随相对湿度增加而减小,尽管RH的增加可以提高粒子吸湿增长和碰并的效率,但是大

粒径粒子受重力沉降的影响显著,其数浓度明显下降.观测期间能见度为Ⅰ级、Ⅱ级和Ⅲ级时的平均RH分别为39.08%、47.35%和75.51%,不同能见度等级的数浓度变化趋势[图5(b)]与图5(a)一致.Ⅲ级能见度时的气溶胶数浓度在0.01~0.02 μm和0.2~2 μm粒径范围内均超过其余两种能见度等级,可以看出低能见度时以较多的细颗粒为主.

为进一步探讨南京北郊不同粒径气溶胶对能见度的影响,分析了0.01~0.02 μm、0.02~0.2 μm、0.2~0.5 μm、0.5~1 μm、1~2 μm和2~10 μm

这6个粒径范围内表面积浓度与能见度的关系(图6).可以看出,气溶胶表面积浓度和能见度相关性较强的为0.5~1 μm和1~2 μm两个粒径范围,针对这两个粒径范围的散点进行相关性分析,得到能见度和表面积浓度相关系数分别为0.55和0.57,说明0.5~2 μm的粒子是南京北郊能见度降低的重要原因.联合上文相对湿度对能见度和气溶胶数谱分布的影响,可以推出随相对湿度增大,0.5~2 μm粒径范围内的气溶胶数浓度增加,对光的散射和吸收效应增强,从而降低了南京北郊的大气能见度.

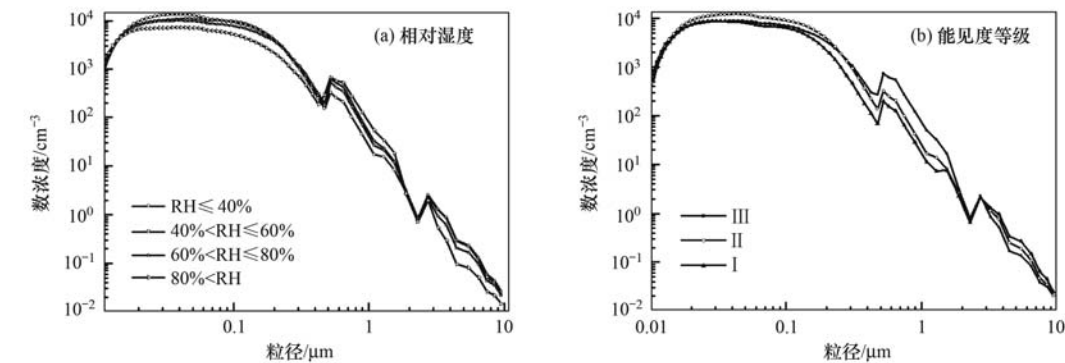


图5 不同相对湿度和能见度等级的气溶胶数浓度谱分布

Fig. 5 Aerosol number concentration spectrum distribution at different RH and visibility levels

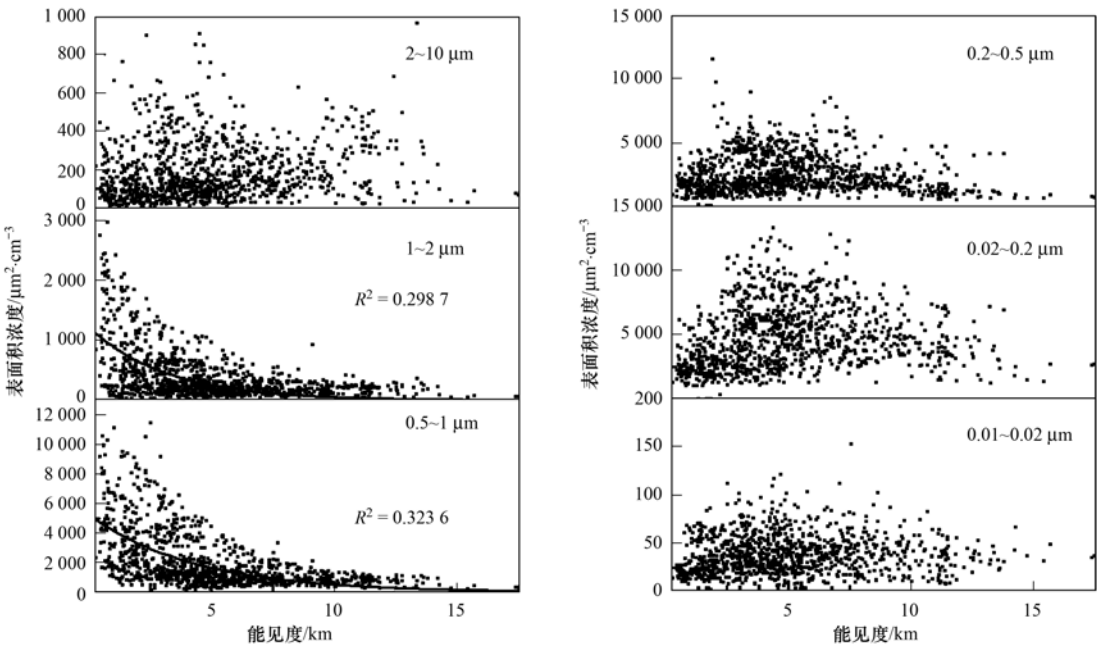


图6 不同粒径范围气溶胶表面积浓度和能见度

Fig. 6 Aerosol surface area concentration and visibility in different particle size ranges

3 结论

(1)2012 年秋冬季南京北郊能见度小时平均能见

渐减小,能见度表现出见效的趋势.能见度 < 5 km 对应的平均 RH 高达 75.30%,其中平均 RH ≥ 80% 的小时数占到 51.97%,表明高相对湿度对能见度具有较大的影响.

(2) 颗粒物浓度与能见度存在着一定的负相关关系,尤其在 RH 小于 70% 时. 随 $PM_{2.5}$ 质量浓度增加,低能见度出现的频率总体呈上升趋势. 能见度从 II 级衰减到 III 级时, $PM_{2.1}/PM_{2.1 \sim 10}$ 从 1.07 提高到 2.12, $PM_{2.1}$ 中的 SO_4^{2-} 和 NO_3^- 增幅分别达到了 76.89% 和 94.12%, PM_{10} 和 $PM_{2.1}$ 中 NO_3^-/SO_4^{2-} 分别为 0.38 ~ 1.89 和 0.36 ~ 1.81, 且均值都大于 1, 说明南京北郊污染物主要来源为机动车.

(3) 随 $PM_{2.5}$ 质量浓度增加,低能见度出现的频率呈现上升的趋势,仅在 $PM_{2.5}$ 质量浓度低于 $75 \mu g \cdot m^{-3}$ 时才会出现 >10 km 的能见度. 能见度和相对湿度之间存在较强的负相关. 观测期间 RH > 70% 的百分比达到了 48.43%, 高相对湿度在该地区比高气溶胶质量浓度发生得更频繁,因此较高的相对湿度可能是造成低能见度事件的一个重要原因.

(4) 气溶胶粒子数浓度对能见度的影响与相对湿度有关,粒径 $0.5 \sim 2 \mu m$ 的气溶胶数浓度随 RH 增加增长缓慢,而 $2 \sim 10 \mu m$ 范围内的粒子数浓度随 RH 增加而减小; 结合气溶胶表面积浓度与能见度进行相关性分析,表明随相对湿度增大, $0.5 \sim 2 \mu m$ 的细粒子增多是导致南京北郊秋冬季大气能见度下降的主要因素.

参考文献:

- [1] Watson J G. Visibility: science and regulation [J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2002, **52**(6): 628-713.
- [2] Chang D, Song Y, Liu B. Visibility trends in six mega cities in China 1973-2007 [J]. Atmospheric Research, 2009, **94**(2): 161-167.
- [3] Deng J J, Xing Z Y, Zhuang B L, *et al.* Comparative study on long-term visibility trend and its affecting factors on both sides of the Taiwan Strait [J]. Atmospheric Research, 2014, **143**: 266-278.
- [4] Zhang Q, Quan J N, Tie X X, *et al.* Effects of meteorology and secondary particle formation on visibility during heavy haze events in Beijing, China [J]. Science of the Total Environment, 2015, **502**: 578-584.
- [5] Jung J S, Lee H L, Kim Y J, *et al.* Aerosol chemistry and the effect of aerosol water content on visibility impairment and radiative forcing in Guangzhou during the 2006 Pearl River Delta campaign [J]. Journal of Environmental Management, 2009, **90**(11): 3231-3244.
- [6] Bäumer D, Vogel B, Versick S, *et al.* Relationship of visibility, aerosol optical thickness and aerosol size distribution in an ageing air mass over South-West Germany [J]. Atmospheric Environment, 2008, **42**(5): 989-998.
- [7] Xiao S, Wang Q Y, Cao J J, *et al.* Long-term trends in visibility and impacts of aerosol composition on visibility impairment in Baoji, China [J]. Atmospheric Research, 2014, **149**: 88-95.
- [8] 柯馨妹, 盛立芳, 孔君, 等. 青岛大气颗粒物数浓度变化及对能见度的影响 [J]. 环境科学, 2014, **35**(1): 15-21.
- [9] 陈义珍, 赵丹, 柴发合, 等. 广州市与北京市大气能见度与颗粒物质量浓度的关系 [J]. 中国环境科学, 2010, **30**(7): 967-971.
- [10] 林盛群, 林莽, 万军明, 等. 香港大气能见度与污染物长期变化的特征和相互关系 [J]. 中国环境科学, 2009, **29**(4): 351-356.
- [11] Chen J, Zhao C S, Ma N, *et al.* A parameterization of low visibilities for hazy days in the North China Plain [J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2012, **12**: 4935-4950.
- [12] Cao J J, Wang Q Y, Chow J C, *et al.* Impacts of aerosol compositions on visibility impairment in Xi'an, China [J]. Atmospheric Environment, 2012, **59**: 559-566.
- [13] 陈静, 赵春生. 大气低能见度的影响因子分析及计算方法综述 [J]. 气象科技进展, 2014, **4**(4): 44-51.
- [14] 张恩红, 朱彬, 曹云昌, 等. 长江三角洲地区近 30 年非雾天能见度特征分析 [J]. 气象, 2012, **38**(8): 943-949.
- [15] 叶香, 姜爱军, 张军, 等. 南京市大气能见度的变化趋势及特征 [J]. 气象科学, 2011, **31**(3): 325-331.
- [16] Deng J J, Wang T J, Jiang Z Q, *et al.* Characterization of visibility and its affecting factors over Nanjing, China [J]. Atmospheric Research, 2011, **101**(3): 681-691.
- [17] 高澜, 邱玉珺, 朱彬. 南京北郊气溶胶散射特性观测研究 [J]. 中国环境监测, 2013, **29**(2): 22-28.
- [18] 袁亮, 银燕, 李琦, 等. 亚青会期间南京地区气溶胶浓度变化及其与能见度的关系 [J]. 环境科学, 2014, **35**(11): 4052-4060.
- [19] 薛国强, 朱彬, 王红磊. 南京市大气颗粒物中水溶性离子的粒径分布和来源解析 [J]. 环境科学, 2014, **35**(5): 1633-1643.
- [20] 张秋晨, 朱彬, 苏继峰, 等. 南京 3 类不同大气污染过程下气溶胶水溶性无机离子的特征研究 [J]. 环境科学, 2012, **33**(6): 1944-1951.
- [21] 邹嘉南, 安俊琳, 王红磊, 等. 亚青会期间南京污染气体与气溶胶中水溶性离子的分布特征 [J]. 环境科学, 2014, **35**(11): 4044-4051.
- [22] 魏玉香, 杨卫芬, 银燕, 等. 霾天气南京市大气 $PM_{2.5}$ 中水溶性离子污染特征 [J]. 环境科学与技术, 2009, **32**(11): 66-71.
- [23] 孔春霞, 郭胜利, 汤莉莉. 南京气溶胶水溶性离子粒径分布及其随高度的变化 [J]. 大气科学学报, 2010, **33**(6): 757-761.
- [24] 王红磊, 朱彬, 沈利娟, 等. 春节期间南京气溶胶质量浓度和化学组成特征 [J]. 中国环境科学, 2014, **34**(1): 30-39.
- [25] 钱凌, 银燕, 童尧青, 等. 南京北郊大气细颗粒物的粒径分布特征 [J]. 中国环境科学, 2008, **28**(1): 18-22.
- [26] 张宏, 刘子锐, 胡波, 等. 北京能见度变化趋势及冬季一次典型污染过程分析 [J]. 气候与环境研究, 2011, **16**(5): 620-628.

- [27] 朱焱, 杨金彪, 朱莲芳, 等. 苏州市能见度与影响因子关系研究 [J]. 气象科学, 2011, **31**(5): 626-631.
- [28] 杨军, 牛忠清, 石春娥, 等. 南京冬季雾霾过程中气溶胶粒子的微物理特征 [J]. 环境科学, 2010, **31**(7): 1425-1431.
- [29] 边海, 韩素芹, 张裕芬, 等. 天津市大气能见度与颗粒物污染的关系 [J]. 中国环境科学, 2012, **32**(3): 406-410.
- [30] Wang J L, Zhang Y H, Min S, *et al.* Quantitative relationship between visibility and mass concentration of $PM_{2.5}$ in Beijing [J]. Journal of Environmental Sciences, 2006, **18**(3): 475-481.
- [31] 张芷言, 邓雪娇, 王宝民, 等. 珠三角能见度与 PM_{10} 及气溶胶吸湿增长因子的关系研究. 见: 中国气象学会. S18 大气物理学与大气环境 [C]. 北京: 中国气象学会, 2012.
- [32] 许明君, 王月华, 汤莉莉, 等. 南京城区与郊区秋季大气 PM_{10} 中水溶性离子的特征研究 [J]. 环境工程, 2012, **30**(5): 108-113.
- [33] 严文莲, 周德平, 王扬峰, 等. 沈阳冬夏季可吸入颗粒物浓度及尺度谱分布特征 [J]. 应用气象学报, 2008, **19**(4): 435-443.
- [34] 尚倩, 李子华, 杨军, 等. 南京冬季大气气溶胶粒子谱分布及其对能见度的影响 [J]. 环境科学, 2011, **32**(9): 2750-2760.

《环境科学》再获“百种中国杰出学术期刊”称号

2014年9月26日, 中国科技论文统计结果发布会在北京举行, 会议公布了“百种中国杰出学术期刊”获奖名单. 《环境科学》连续13次荣获“百种中国杰出学术期刊”称号. “百种中国杰出学术期刊”是根据中国科技学术期刊综合评价指标体系进行评定. 该体系利用总被引频次、影响因子、基金论文比、他引总引比等多个文献计量学指标进行统计分析, 对期刊分学科进行评比, 其评价结果客观公正, 为我国科技界公认, 并具有广泛影响.

CONTENTS

Hygroscopic Properties of Aerosol Particles in North Suburb of Nanjing in Spring	XU Bin, ZHANG Ze-feng, LI Yan-wei, <i>et al.</i> (1911)
Effects of Relative Humidity and Aerosol Physicochemical Properties on Atmospheric Visibility in Northern Suburb of Nanjing	YU Xing-na, MA Jia, ZHU Bin, <i>et al.</i> (1919)
Pollution Characteristics and Light Extinction Effects of Water-soluble Ions in PM _{2.5} During Winter Hazy Days at North Suburban Nanjing ...	ZHOU Yao-yao, MA Yan, ZHENG Jun, <i>et al.</i> (1926)
Characteristics of Winter Atmospheric Mixing Layer Height in Beijing-Tianjin-Hebei Region and Their Relationship with the Atmospheric Pollution	LI Meng, TANG Gui-qian, HUANG Jun, <i>et al.</i> (1935)
Process-based Emission Characteristics of Volatile Organic Compounds (VOCs) from Paint Industry in the Yangtze River Delta, China	MO Zi-wei, NIU He, LU Si-hua, <i>et al.</i> (1944)
Concentrations and Speciation of Dissolved Heavy Metal in Rainwater in Guiyang, China	ZHU Zhao-zhou, LI Jun, WANG Zhi-ru (1952)
Situation and Characteristics of Air Pollutants Emission from Crematories in Beijing, China	XUE Yi-feng, YAN Jing, TAN He-zhong, <i>et al.</i> (1959)
Emission Characteristics of Water-Soluble Ions in Fumes of Coal Fired Boilers in Beijing	HU Yue-qi, MA Zhao-hui, FENG Ya-jun, <i>et al.</i> (1966)
Analysis on Mechanism of Rainout Carried by Wet Stack of Thermal Power Plant	OUYANG Li-hua, ZHUANG Ye, LIU Ke-wei, <i>et al.</i> (1975)
Removal Characteristics of Elemental Mercury by Mn-Ce/molecular Sieve	TAN Zeng-qiang, NIU Guo-ping, CHEN Xiao-wen, <i>et al.</i> (1983)
Indoor Exposure to Particle-Bound BFRs via Inhalation	LI Xiu-wen, ZENG Hui, NI Hong-gang (1989)
Organic Carbon and Elemental Carbon in Forest Biomass Burning Smoke	HUANG Ke, LIU Gang, ZHOU Li-min, <i>et al.</i> (1998)
Atmospheric Particle Retaining Function of Common Deciduous Tree Species Leaves in Beijing	WANG Bing, WANG Xiao-yan, NIU Xiang, <i>et al.</i> (2005)
Photonic Efficiency of Ethyl Acetate Photolysis in Gas Phase: Dependence on Wavelength and Catalyst	FANG Xue-hui, ZHAO Jie, SHU Li, <i>et al.</i> (2010)
Phytoplankton Light Absorption Properties During the Blooms in Adjacent Waters of the Changjiang Estuary	LIU Yang-yang, SHEN Fang, LI Xiu-zhen (2019)
Pollution Characteristics of Perfluorinated Compounds in Offshore Marine Area of Shenzhen	LIU Bao-lin, ZHANG Hong, XIE Liu-wei, <i>et al.</i> (2028)
Composition and Environmental Effects of LFOM and HFOM in "Incense-Ash" Sediments of West Lake, Hangzhou, China	LI Jing, ZHU Guang-wei, ZHU Meng-yuan, <i>et al.</i> (2038)
Speciation and Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments from the Heavily Polluted Area of Xiaoqing River	HUANG Ying, LI Yong-xia, GAO Fu-wei, <i>et al.</i> (2046)
Response of Algae to Nitrogen and Phosphorus Concentration and Quantity of Pumping Water in Pumped Storage Reservoir	WAN You-peng, YIN Kui-hao, PENG Sheng-hua (2054)
Temporal and Spatial Variation of Nutrients and Chlorophyll a, and Their Relationship in Pengxi River Backwater Area, Three Gorges Reservoir	ZHANG Lei, WEI Jian-jun, FU Li, <i>et al.</i> (2061)
Environmental Effects of Algae Bloom Cluster: Impact on the Floating Plant Water Hyacinth Photosynthesis	BAO Xian-ming, GU Dong-xiang, WU Ting-ting, <i>et al.</i> (2070)
<i>In Situ</i> High-Resolution Analysis of Labile Phosphorus in Sediments of Lake Chaohu	LI Chao, WANG Dan, YANG Jin-yan, <i>et al.</i> (2077)
Hydrochemistry and Dissolved Inorganic Carbon Stable Isotope of Shibing Dolomite Karst Area in Guizhou Province	XIAO Shi-zhen, LAN Jia-cheng, YUAN Dao-xian, <i>et al.</i> (2085)
Stable Isotope Characteristics in Different Water Bodies in Changsha and Implications for the Water Cycle	LI Guang, ZHANG Xin-ping, ZHANG Li-feng, <i>et al.</i> (2094)
Characteristics of Hydrogen and Oxygen Isotopes of Soil Water in the Water Source Area of Yuanyang Terrace	ZHANG Xiao-juan, SONG Wei-feng, WU Jin-kui, <i>et al.</i> (2102)
Performance of Grass Swales for Controlling Pollution of Roadway Runoff in Field Experiments	HUANG Jun-jie, SHEN Qing-ran, LI Tian (2109)
Performance Study of Bromochloroacetonitrile Degradation in Drinking Water by Fe/Cu Catalytic Reduction	DING Chun-sheng, MA Hai-long, FU Yang-ping, <i>et al.</i> (2116)
Catalytic Degradation of Diclofenac Sodium over the Catalyst of 3D Flower-like α -FeOOH Synergized with H ₂ O ₂ Under Visible Light Irradiation	XU Jun-ge, LI Yun-qin, HUANG Hua-shan, <i>et al.</i> (2122)
Degradation of Organic Sunscreens 2-hydroxy-4-methoxybenzophenone by UV/H ₂ O ₂ Process: Kinetics and Factors	FENG Xin-xin, DU Er-deng, GUO Ying-qing, <i>et al.</i> (2129)
Photocatalytic Degradation of Perfluorooctanoic Acid by Pd-TiO ₂ Photocatalyst	LIU Qing, YU Ze-bin, ZHANG Rui-han, <i>et al.</i> (2138)
Efficient Photolysis of Acid Orange 7 Using Low-frequency Electrodeless Lamp	WU Peng, WU Jun, GAO Shi-xiang, <i>et al.</i> (2147)
Degradation of 3,4-Dichlorobenzotrifluoride by Fe ₃ O ₄ /CeO ₂ -H ₂ O ₂ Heterogeneous Fenton-Like Systems	SUN Zheng-nan, YANG Qi, JI Dong-li, <i>et al.</i> (2154)
Preparation of Coated CMC-Fe ⁰ Using Rheological Phase Reaction Method and Research on Degradation of TCE in Water	FAN Wen-jing, CHENG Yue, YU Shu-zhen, <i>et al.</i> (2161)
Degradation Mechanism of 4-Chlorophenol on a Pd-Fe/graphene Multifunctional Catalytic Cathode	QI Wen-zhi, WANG Fan, WANG Hui, <i>et al.</i> (2168)
Removal Kinetics and Mechanism of Aniline by Manganese-oxide-modified Diatomite	XIAO Shao-dan, LIU Lu, JIANG Li-ying, <i>et al.</i> (2175)
Adsorption Characteristics of Nitrate and Phosphate from Aqueous Solution on Zirconium-Hexadecyltrimethylammonium Chloride Modified Activated Carbon	ZHENG Wen-jing, LIN Jian-wei, ZHAN Yan-hui, <i>et al.</i> (2185)
Removal Congo Red from Aqueous Solution Using Poly (AM-co-DVB)	ZHANG Luan-luan, LIAO Yun-wen, GAO He-jun, <i>et al.</i> (2195)
Energy Consumption Comparison and Energy Saving Approaches for Different Wastewater Treatment Processes in a Large-scale Reclaimed Water Plant	YANG Min, LI Ya-ming, WEI Yuan-song, <i>et al.</i> (2203)
Transformation Regularity of Nitrogen in Aqueous Product Derived from Hydrothermal Liquefaction of Sewage Sludge in Subcritical Water	SUN Yan-qing, SUN Zhen, ZHANG Jing-lai (2210)
Start-up Performance of ANAMMOX Enrichment with Different Inoculated Sludge in Anaerobic Baffled Reactor	ZHANG Hai-qin, WANG Fan-fan, LI Yue-han, <i>et al.</i> (2216)
Influencing Factors for Hydrolysis of Sewage Sludge Pretreated by Microwave-H ₂ O ₂ -OH Process	JIA Rui-lai, WEI Yuan-song, LIU Ji-bao (2222)
Enrichment and Characterization of a Denitrifying Bacteria Consortium from Lihe River's Sediment	YONG Jia-jun, CHENG Xiao-ying (2232)
Investigation for Filamentous Bacteria Community Diversity in Activated Sludge Under Various Kinds and Concentration Conditions of Antibiotics	WANG Run-fang, WANG Qin, ZHANG Hong, <i>et al.</i> (2239)
Isolation and Identification of Petroleum Degradation Bacteria and Interspecific Interactions Among Four <i>Bacillus</i> Strains	WANG Jia-nan, SHI Yan-yun, ZHENG Li-yan, <i>et al.</i> (2245)
Effects of Dissimilatory Reduction of Goethite on Mercury Methylation by <i>Shewanella oneidensis</i> MR-1	SI You-bin, SUN Lin, WANG Hui (2252)
Effect of Root Iron Plaque on Norfloxacin Uptake by Rice	MA Wei, BAO Yan-yu (2259)
Effects of Tillage on Soil Respiration and Root Respiration Under Rain-Fed Summer Corn Field	LU Xing-li, LIAO Yun-cheng (2266)
Seasonal Provincial Characteristics of Vertical Distribution of Dust Loadings and Heavy Metals near Surface in City	LI Xiao-yan, ZHANG Shu-ting (2274)
Characteristics of Phthalic Acid Esters in Agricultural Soils and Products in Areas of Zhongshan City, South China	LI Bin, WU Shan, LIANG Jin-ming, <i>et al.</i> (2283)
Variations and Influencing Factors of Oral Bioaccessibility of Polybrominated Diphenyl Ethers in Soils Using an <i>In-vitro</i> Gastrointestinal Model	ZHANG Yun-hui, LIU Wei-jian, CHENG Fang-fang, <i>et al.</i> (2292)
Impacts of Biochar Input on Mineralization of Native Soil Organic Carbon	CHEN Wei, HU Xue-yu, LU Hai-nan (2300)
Effects of Remedies on the Remediation of Typical Pb and Zn-contaminated soil in Huanjiang, Guangxi	ZENG Wei-quan, SONG Bo, YUAN Li-zhu, <i>et al.</i> (2306)
Mechanism Study of the Smectite-OR-SH Compound for Reducing Cadmium Uptake by Plants in Contaminated Soils	ZENG Yan-jun, ZHOU Zhi-jun, ZHAO Qiu-xiang (2314)
Land Use Pattern Change and Regional Sustainability Evaluation of Wetland in Jiaogang Lake	YANG Yang, CAI Yi-min, BAI Yan-ying, <i>et al.</i> (2320)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 刘 毅 汤鸿霄 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2015年6月15日 第36卷 第6期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 36 No. 6 Jun. 15, 2015

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧 阳 自 远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市 2871 信箱(海淀区双清路 18 号, 邮政编码: 100085) 电话: 010-62941102, 010-62849343 传真: 010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel: 010-62941102, 010-62849343; Fax: 010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话: 010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel: 010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京 399 信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国 内 定 价: 120.00 元

国外发行代号: M 205

国 内 外 公 开 发 行