

A Study on Industrial Pollution Sources and Their Impacts on Air Quality of Yibin Urban Area in Sichuan Province

Zhihe Xu, Ya Tang*, Benhong Liu, Qishou Yang, Xilin Zhao, Lingjiang Zhang, Shuangtao Du, Jizhi Yang

Department of Environment, College of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu
Email: xuzihehaha@163.com, *tangya999@gmail.com

Received: Jun. 28th, 2014; revised: Jul. 25th, 2014; accepted: Aug. 4th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Air quality is essential for human health but intensive industrial activities have caused air pollution and placed human health at high risk. To understand the impacts of industrial activities on urban air quality, a case study was carried out in Yibin, a city located in southern Sichuan province, China. Potential air pollutants from various industries in surrounding Yibin were listed and their potential effects on air quality were analyzed. Smoke, dust and sulfur dioxide were identified as the pollutants that determine the air quality, and nitrogen oxides and volatile organic compounds can also considerably influence air quality. Increasing particulate matters from smoke and dust were the major cause of heavy air pollution. Seasonally, air pollution was high during the period from November to March and low during summer from June to August. As wind is rare and wind is small in the area, rainfall plays an important role in cleaning air. Since the autumn of 2012, air pollution dominated by particulate matters has increased, mainly due to increased use of coal. To reduce air pollution, restructure of industrial sectors with reduced need for coal will be required.

Keywords

Yibin, Industrial Emissions, Air Pollution Source, Air Quality

*通讯作者。

四川宜宾城区周边工业污染源及其对空气质量的影响

徐致和, 唐亚*, 刘本洪, 杨齐寿, 赵曦琳, 张岭江, 杜双韬, 杨基智

四川大学建筑与环境学院环境系, 成都

Email: xuzihehaha@163.com, tangya999@gmail.com

收稿日期: 2014年6月28日; 修回日期: 2014年7月25日; 录用日期: 2014年8月4日

摘要

良好的城市大气环境是居民健康生活的重要保证。本文研究了四川宜宾城区周边工业污染源、城区空气质量现状及变化趋势。结果显示, 影响宜宾市城区大气环境最主要的污染物是烟尘、粉尘和二氧化硫, 其次是氮氧化物、挥发性有机物等, 其中烟尘、粉尘对于大气环境的影响呈不断增大的趋势。主要由于气候原因, 大气污染易发生在11月至次年3月, 2012年秋季起由可吸入颗粒物主导的大气污染日益严重。针对宜宾城区大气环境这些变化应当采取积极有效的应对措施。

关键词

宜宾, 工业排放, 空气污染源, 空气质量

1. 引言

近年来, 全国大范围持续出现的雾霾已成为严重影响人们生活、健康的环境事件, 引起政府和社会高度关注[1]-[3]。分布在城市及其周边的工业园区排放的大气污染物是城市空气质量恶化的重要原因[4]。由于我国快速的工业化进程, 各工业产业快速发展, 大气污染物的排放量和种类发生明显变化, 对东部城市工业发展的大气环境问题已有较多研究[5]-[7], 而对西部城市的研究还较少。宜宾市是川南地区重要的能源工业区, 一直存在大气污染问题, 2008年以来新建了多个工业园区, 产业的发展也出现新的变化, 但这些新的改变可能对这一区域的大气环境带来哪些影响, 还缺乏相关研究。本文通过对宜宾城区周边对空气质量有影响的工业污染源及城区空气质量现状的分析, 了解宜宾城区周边污染源和污染物的种类和特点, 分析当前空气质量现状及变化趋势, 为合理规划这一区域的工业布局和发展方向, 降低大气污染及其对城市居民生活和健康的影响, 提供科学依据。

2. 材料与方法

2.1. 研究区域及主要工业行业

宜宾市是一个地级市, 市政府驻地在宜宾市翠屏区, 本文所指的宜宾城区指翠屏区的城市中心区, 由白塔山、七星山、刀背山和翠屏山所环抱, 三江(岷江、金沙江、长江)将其分成不同片区(图1)。该地区属中亚热带湿润季风气候, 年平均气温 18℃, 年均降水量 1100 mm, 降水集中在夏季(6~8月), 约占全年 50%; 年平均风速为 1 m/s, 夏季平均风速为 1.1 m/s, 冬季(12、1和2月)平均风速为 0.8 m/s, 全年静风频率 52%, 夏季 46%, 冬季 60%, 年主导风向是东北风, 次主导风向是西北风[8]。

2012年宜宾工业总产值位列全省第五,翠屏区占全市42%,规模以上工业增加值比上年增长17%,酒类食品、能源、化工轻纺和机械制造等支柱产业的增加值占全部的78%(图2)。2008年后新工业园区的建设推动这些产业快速发展(表1)[9]。

2.2. 研究数据及来源

宜宾工业经济指标数据来源于宜宾市统计年鉴[9]; 利用四川省第一次全国大气污染源普查资料[10]

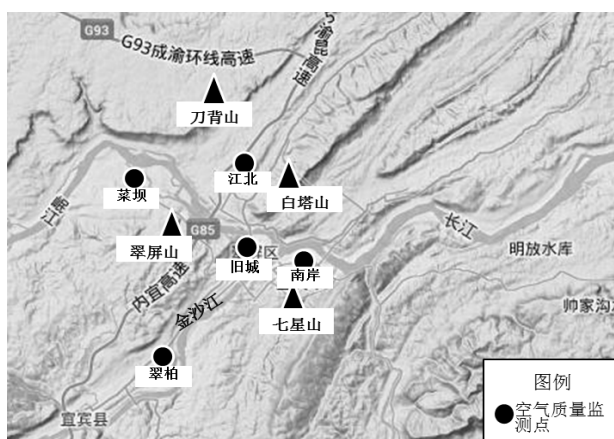


Figure 1. Air quality monitoring stations in urban Yibin
图 1. 宜宾城区空气质量监测点

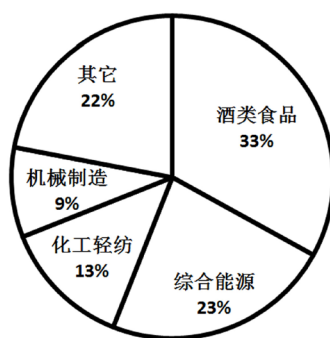


Figure 2. The proportion of pillar industries in Yibin
图 2. 2012年宜宾支柱产业工业增加值所占比重

Table 1. Gross output and number of enterprises of major industries in Yibin
表 1. 宜宾主要工业产业的总产值和企业个数

主要工业产业	工业总产值(亿元)						企业个数(个)					
	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
电力、热力的生产和供应业	19.85	20.70	25.07	35.56	62.41	79.82	17	17	19	19	15	17
非金属矿物制品业	16.10	32.88	41.96	56.64	83.18	77.59	42	42	61	66	61	62
化学原料和化学制品制造业	99.72	109.39	131.84	162.39	216.09	214.13	39	32	42	43	40	39
通(专)用设备制造业	8.84	15.34	19.99	29.25	29.35	26.13	27	25	29	33	32	37
酒、饮料及精制茶制造业	247.41	279.12	317.66	408.15	524.73	575.62	32	30	42	47	51	68
造纸、印刷和纺织业	28.21	39.88	51.25	78.51	91.11	85.24	18	17	22	26	16	19

和四川省环境污染防治技术水平与绩效评估(2012)大气污染防治卷[11], 估算 2011 年宜宾不同产业的大气污染物排放贡献率; 空气质量用空气污染指数(API)表示, 数据取自分布在宜宾城区范围内的五个空气质量自动监测点(图 1)。

2.3. 研究方法

对工业区大气污染物影响模拟研究发现其影响的范围大致为 30 km[4] [12], 在四川盆地大气污染物扩散能力较弱, 影响范围多在 10 km 左右, 超过 30 km, 大气污染物的影响不大[13]。故选取以宜宾城区的三江口为中心, 分析半径 10 km 和 30 km 范围内的工业园区(图 3), 根据园区内主要的产业, 找出可能影响大气环境的污染物; 通过比较近几年宜宾城区的空气质量数据差异, 探讨城区空气质量现状和变化趋势。

3. 研究结果

3.1. 城区周边集中分布的工业污染源

宜宾城区周边共有八个工业园区, 其中盐坪坝和五粮液工业园区于 2008 年前建成, 其余是 2008~2011 年期间所建设的园区。

以宜宾城区的三江口为中心, 半径 10 km 范围内有四个工业园区, 既有依托物流和化工产业的临港经济开发区, 也有重点发展纺织和热力生产的盐坪坝园区, 还有以白酒酿造、包装、玻璃制造为主的五粮液园区和发展机械与纺织工业的象鼻园区, 其中盐坪坝园区中的惠美线业和临港经济开发区中的天原集团是国家大气重点控制企业。10~30 km 范围内的四个工业园区中, 有发展火力电厂、机械制造、建材和化工等产业的向家坝和福溪园区, 也有以建材、造纸、印刷及精细化工等产业为主的罗龙园区, 机械制造是新发园区重点发展的产业, 其中向家坝园区内的黄桷庄发电厂和罗龙园区内的宜宾纸业是国家大气重点控制企业。

3.2. 主要工业污染产业及污染物种类

八个工业园区内主要产业中, 火力电厂、燃煤锅炉、建材、化工和造纸等行业属于高能耗、高污染产业, 宜宾白酒酿造产业发达, 对城区大气环境有一定的影响。2008~2012 年, 全市火力发电量、水泥、纸制品和白酒的产量分别增长了 1~3 倍, 烧碱的产量也有较大的增长(表 2)。

宜宾城区周边工业排放的主要污染物有烟(粉)尘、二氧化硫(SO₂)、氮氧化物(NO_x)和挥发性有机物(VOCs)。据估算, 2011 年宜宾工业污染源共排放烟(粉)尘 2.13 万吨、SO₂12.31 万吨、NO_x4.03 万吨。电

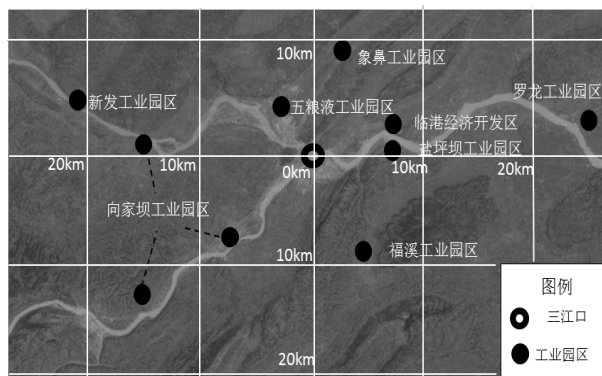


Figure 3. Major industrial regions near urban Yibin

图 3. 宜宾城区周边分布的工业集中区

厂是宜宾工业 SO₂、NO_x 的最大来源，贡献率占工业源的 56%和 52%；其次是水泥行业，贡献率为 6%和 22%，其颗粒物产物系数很高，可达 100~150 g/kg[14]，是工业烟(粉)尘的最大来源，贡献率为 25%；造纸行业对 SO₂、NO_x 和烟(粉)尘的贡献率为 3%、4%和 8%；化工行业对三者的贡献率约为 5%、7%和 9%，生产的过程中还存在原料泄漏和一些污染物未经处理就排放的问题[15]。

宜宾工业过程源排放的 VOCs 总量约为 1.27 万吨，其中排放量较多的行业有酒类(52%)、化工(17%)、水泥(6%)、造纸(8%)、纺织印染(3%)和印刷包装(2%)。

同时，工业产品的货运需求增加明显，2012 年宜宾载重汽车数量和内河货运周转量分别比 2010 年增加了 42%和 56%。物流产业是烟尘、VOCs、NO_x、SO_x 等污染物重要的来源，例如 2011 年宜宾全市载重汽车排放的总颗粒物、NO_x 和 CO 分别为 330 t、3690 t 和 7260 t[11]。同时一些低质量燃料油在大型柴油机上使用更会增加污染物的排放量[16]。

3.3. 宜宾城区主要空气污染物现状

2009~2012 年宜宾城区大气环境中 SO₂ 年均浓度下降趋势明显，由 2009 年的 61 μg/m³ 下降到 2012 年的 48 μg/m³，降幅为 21%，除 2009 年(61 μg/m³)外各年均达到《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中规定的空气质量二级限值(60 μg/m³)，但远未能达到一级浓度限值(20 μg/m³)；2009~2011 年 NO₂ 年平均浓度呈上升趋势，2012 年出现最低值(27 μg/m³)，各年均好于空气质量一级浓度限值(40 μg/m³)；可吸入颗粒物(PM₁₀)年平均浓度变化略有波动，由 2009 年的 72 μg/m³ 上升到 2012 年的 80 μg/m³，增幅 11%，除 2011 年(67 μg/m³)外各年均超过空气质量二级浓度限值(70 μg/m³) (图 4)。

由此可见，近几年影响宜宾城区大气环境的主要污染物是 PM₁₀ 与 SO₂，NO_x 的影响相对较小，且

Table 2. Production of the main industrial sectors in Yibin

表 2. 宜宾全市主要污染源产业的产量

产品种类	单位	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
火电发电量	1 万千瓦小时	34.71 万	34.95 万	40.88 万	74.66 万	128.74 万
水泥	万吨	512	414	731	900	1038
纸制品	万吨	8.19	7.42	14.44	22.58	22.45
白酒	万升	18.53	24.88	38.30	54.09	50.10
烧碱	万吨	34.73	39.24	43.99	42.06	43.24

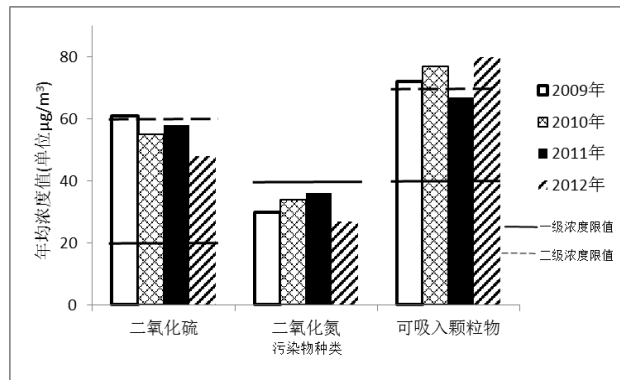


Figure 4. Annual mean concentrations of SO₂, NO₂ and PM₁₀ in urban Yibin

图 4. 宜宾城区主要大气污染物年平均浓度

NO_x有很大一部分来自其它污染源[11] [14]。根据监测点监测的数据显示,宜宾全市 2009~2012 年工业 SO₂ 排放总量略有上升,增幅 14%,2010 年工业烟(粉)尘排放总量是 2009 年的一倍多,之后呈下降趋势(表 3)。PM₁₀ 作为首要污染物的天数所占比重增加明显(图 5),由 2011 年的 62% 上升到 2012 年的 90%,2013 年则高达 97%,且导致轻度污染(API 为 150~200)和轻微污染(API 为 100~150)的首要污染全都是 PM₁₀,大气 PM₁₀ 受众多因素影响。

3.4. 宜宾城区空气质量状况

从宜宾城区 2008~2013 年度(12~次年 11 月)逐月及各季的 API 值(图 6)可以看出,除 2011 年度春季(3~5 月)空气质量最好外,其它各年度均为夏季的空气质量最好;六个年度里出现污染(API > 100)的天数中,秋季(9~11 月)所占比例最高,为 39%,冬季和春季分别为 34% 和 24%,夏季最少,仅为 3%,其中 1 月和 3 月均为 16%,11 月为 23%,夏季的集中降雨对大气污染物的清洗作用明显;近两年出现污染的天数占全部的 60%,2013 年度冬季和春季占 41%,与降雨量少有直接关系。

Table 3. Emissions of air pollutants from industry in Yibin
表 3. 宜宾全市工业污染源排放的污染物总量

	单位	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
工业烟(粉)尘排放总量	万吨	1.02	2.34	2.13	1.71
工业 SO ₂ 排放总量	万吨	12.09	11.46	12.31	13.82

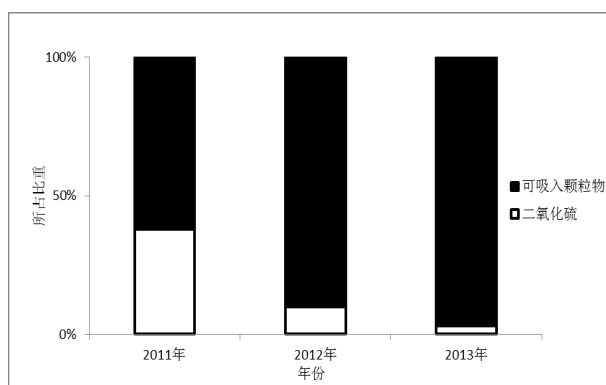


Figure 5. Primary air pollutants in urban Yibin
图 5. 宜宾城区首要大气污染物比重

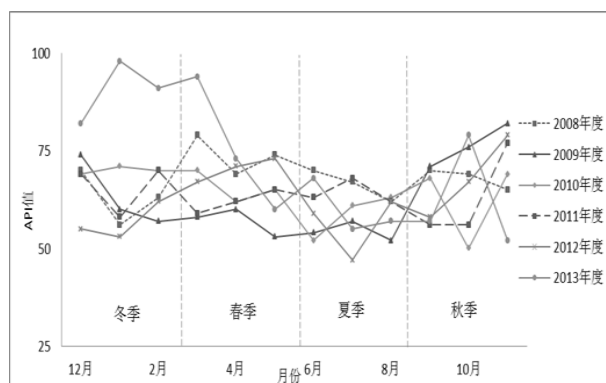


Figure 6. Monthly variations in API from 2008 to 2013
图 6. 宜宾城区逐月 API 值

宜宾城区五个监测点的数据显示，菜坝监测点所在城市片区空气质量最好，江北监测点次之，南岸与旧城监测点所在片区的空气质量较差，2012年秋季以后尤为明显(图7)。南岸和旧城监测点近两年内出现污染的天数分别为16%和17%，翠柏监测点为10%，江北和菜坝监测点仅为7%和6%。2011年10月至2013年9月间，各城市片区的首要污染物均以可吸入颗粒物所占比重最大，翠柏监测点在以SO₂为首要污染物的天数比重中多于其它点(图8)。

4. 讨论

4.1. 周边工业污染源及污染物特点

2004~2007年宜宾曾是中国环保总局公布的中国污染指数最高的十个城市之一。2008年后宜宾城区空气质量虽有所改善，但近两年随着工业园区的发展，大气污染源和污染物出现新的特点。

新建的工业园区分布的较为紧密，且主导风向上风的向象鼻园区和次主导风向上风向的新发、向家坝园区都是新建园区；各工业园区除了发展主要产业外，也接纳了众多其他产业，大气污染源及污染物种类较为复杂；值得注意的是，各园区的能源消费以煤炭为主，全市2011年工业原煤消费量占全部能源消费量的75%左右[9]，徐争启等[17]的研究揭示出燃煤是造成宜宾大气污染的重要原因之一。

宜宾一直是硫沉降高值分布区[11][18]，2008~2012年宜宾全市一些有着较高SO₂排放的产业的产量成倍增长(表2)，SO₂总量仅上涨14%(表3)，且城区范围内SO₂年均浓度有下降趋势(图4)，这与政府重

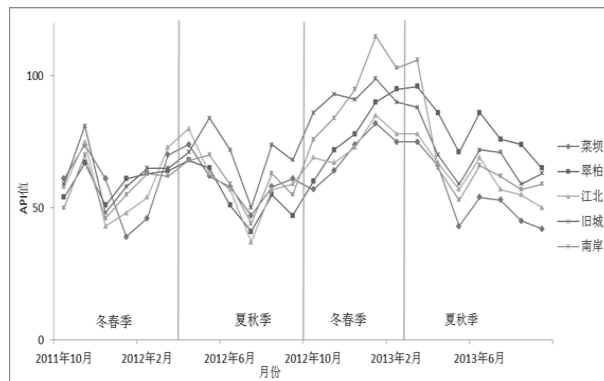


Figure 7. Monthly API values at each monitoring station from October 2011 to June 2013

图7. 各监测点近两年逐月API值

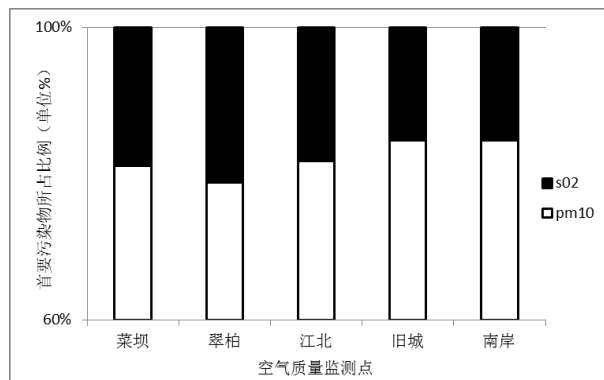


Figure 8. The proportion of the primary pollutants at each monitoring station from October 2011 to June 2013

图8. 近两年各监测点首要污染物所占比例

视 SO₂ 污染的控制, 并将部分高排放企业迁至离城区较远的工业园有关。但是, 宜宾依然是省内工业排放 SO₂ 最多的城市, 污染风险高[19] [20], 大气 SO₂ 环境容量处于饱和状态, 是限制宜宾经济发展的重要原因[21]。

2009~2012 年宜宾城区范围内 PM₁₀ 年均浓度上升明显, 成为影响城区大气环境最主要的污染物, 尤其在降水量较少的冬季, 持续影响时间长。影响大气 PM₁₀ 浓度的因素很多, 其中就有工业排放的烟(粉)尘。2010 年宜宾电力、热力生产、建材、化工和造纸等行业的企业数量最多, 烟(粉)尘排放总量也出现峰值(表 1), 这些产业的迅猛发展是导致工业烟(粉)尘排放量增长的重要原因。2011 年 PM₁₀ 年均浓度值为近几年最低, 宜宾城区空气质量在此期间整体好于其他年份。

4.2. 当前空气质量状况及变化趋势

监测结果显示, 宜宾城区在 11 月至次年 3 月, 轻微及以上大气污染(API > 100)天数明显多于其它月份, 且污染多发生在 1 月、3 月和 11 月, 夏季的空气质量优良。这样的发生规律主要原因在于宜宾独特的气候条件不利于污染物的扩散消除, 宜宾平均风速低, 静风频率高, 冬季尤为明显, 一年内降水集中在夏季, 冬季平均降水量仅占全年的 10% 左右。2013 年度 1~3 月由 PM₁₀ 引起的空气污染天数突增, 为最近六个年度全部污染天数近一半, 一方面是因为宜宾地区工业排放的烟(粉)尘和其它污染物总量的增加, 另一方面受到四川盆地其它地区排放量增加的影响[11] [22]。

宜宾城区五个监测点中, 菜坝监测点离工业园区较远, 片区内居民活动也很少, 受污染程度轻; 江北监测点附近的五粮液工业园区以酿酒产业为主, 产生的大气污染物较少; 旧城和南岸监测点所在片区属中心城区, 三面环山, 距离临港经济开发区和盐坪坝等工业园区较近, 受污染物影响程度较高; 翠柏监测点受附近的黄桷庄火电厂影响较大。

宜宾城区周边工业园区大多处在发展阶段, 园区内产业发展较快, 今后几年还将引进新的工业企业以扩大发展, 同时宜宾工业对原煤的消费量不断减少[9]。预计今后几年可吸入颗粒物对宜宾空气质量影响仍然会是最大的, 而受 SO₂ 的影响可能会有所减小。宜宾城区也很可能再次出现较前几年度相比污染天数增多的情况。

5. 结论

优良的空气质量是城市居民健康及产业可持续发展的重要保证, 四川宜宾城区周边紧密分布的几个工业园区内的部分产业属于高污染、高能耗产业。对城区大气环境产生最大影响的是烟(粉)尘、二氧化硫, 其次是氮氧化物、挥发性有机污染物和其它一些有毒有害气体, 受烟(粉)尘的影响逐渐加重。由于地理和气候等因素, 空气污染易发生在 11 月至次年 3 月, 2012 年冬季以来空气质量相比前几年度有恶化趋势。

为了营造的优良城市大气环境, 应该控制高污染、高能耗产业发展, 合理的规划建设工业园区, 也需根据大气环境的变化采取应对措施。

项目基金

本文受高等学校学科创新引智计划项目(编号 B08037)的经费资助, 笔者在此表示感谢。

参考文献 (References)

- [1] 严俊, 王振全, 连素琴等 (2010) 兰州大气污染对循环系统疾病日住院人数影响. *中国公共卫生*, **12**, 1514-1516.
- [2] 韩明霞, 过孝民, 张衍桑 (2006) 城市大气污染的人力资本损失研究. *中国环境科学*, **4**, 509-512.
- [3] 伍复胜, 管东生 (2013) 城市间大气污染相互影响的 VAR 模型分析. *环境科学与技术*, **6**, 7-61.
- [4] 王学远, 维楣, 刘红年等 (2007) 南京市重点工业源对城市空气质量影响的数值模拟. *环境科学研究*, **3**, 33-43.

- [5] 孙华臣, 卢华 (2013) 中东部地区雾霾天气的成因及对策. *宏观经济管理*, **6**, 48-50.
- [6] 于淑秋, 林学椿, 徐祥德 (2002) 北京市区大气污染的时空特征. *应用气象学报*, **S1**, 92-99.
- [7] 徐捷, 段玉森, 黄嫣旻等 (2011) 上海市空气质量季节变化及高污染案例分析. *环境科学与技术*, **S1**, 116-118.
- [8] 赵曦琳, 周永奎, 乔宗伟等 (2013) 中国白酒金三角浓香型白酒产区气候独特性研究. *酿酒*, **5**, 5-11.
- [9] 宜宾市统计局 (2012) 宜宾市年鉴. 宜宾市统计局, 宜宾.
- [10] 四川省环保厅 (2012) 四川省第一次全国污染源普查成果汇编. 西南财经大学出版社, 成都.
- [11] 王幸锐 (2013) 四川省环境污染防治技术水平与绩效评估 (2012) 大气污染防治卷. 四川科学技术出版社, 成都.
- [12] 宋宇, 陈家宜, 蔡旭晖 (2002) 石景山工业区 PM_{10} 污染对北京市影响的模拟计算. *环境科学*, **S1**, 65-68.
- [13] 王路光 (1984) 我国陆地大气环境敏感度分析. *环境科学*, **3**, 70-73.
- [14] 何敏, 王幸锐, 韩丽 (2013) 四川省大气固定污染源排放清单及特征. *环境科学学报*, **11**, 3127-3137.
- [15] 吴波, 周学双, 李继文 (2009) 我国氯碱行业主要环保问题及对策建议. *环境保护*, **2**, 4-7.
- [16] 吴维平 (2001) 中国内河船舶大气防污染对策及运力结构改善对沿岸港口大气环境质量的影响. *交通环保*, **5**, 21-25.
- [17] 徐争启, 王德伟, 张成江, 倪师军 (2007) 宜宾市近地表大气尘的组成及地球化学特征. *矿物岩石地球化学通报*, 中国北京, **z1**, 433-434.
- [18] 吴泽惠 (1996) 宜宾市城市酸雨污染及防治对策. *环境科学与技术*, **1**, 17-20.
- [19] 易鹏, 于华通, 段宁, 许亚宣 (2012) 成渝经济区火电发展的大气环境影响. *环境科学研究*, **10**, 1107-1114.
- [20] 边敏娟, 邹孝, 钱骏, 刘志红, 廖瑞雪 (2012) 四川中东部地区 2009 年大气硫沉降模拟. *环境科学研究*, **10**, 1115-1119.
- [21] 钱骏 (2013) 四川省环境经济评估与环境政策研究 (2012) 环境经济形势评估卷. 四川科学技术出版社, 成都.
- [22] 李成才, 毛节泰, 刘启汉 (2003) 用 MODIS 遥感资料分析四川盆地气溶胶光学厚度时空分布特征. *应用气象学报*, **1**, 1-7.