

江文华, 刘 德, 陈勇航, 等. 1980~2012年重庆地区霾日时空变化特征[J]. 干旱气象, 2015, 33(4): 602-606, [JIANG Wenhua, LIU De, CHEN Yonghang, et al. Temporal and Spatial Variations of Haze Days in Chongqing from 1980 to 2012[J]. Journal of Arid Meteorology, 2015, 33(4): 602-606], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-04-0602

# 1980~2012年重庆地区霾日时空变化特征

江文华<sup>1</sup>, 刘 德<sup>1</sup>, 陈勇航<sup>2</sup>, 陈道劲<sup>1</sup>

(1. 重庆市气象台, 重庆 401147; 2. 东华大学环境科学与工程学院, 上海 201620)

**摘 要:**利用重庆34个地面观测站1980~2012年气象资料,对重庆霾的空间分布、气候特征及其变化趋势进行了分析。结果表明:重庆霾日数空间分布呈现出西部多、东部较少、盆地多的特点;霾天气冬季最多,春秋季节次之,夏季最少,12月最多,7月最少;20世纪80年代中期到90年代后期重庆霾日数总体较多,从变化趋势看,1980~1996年呈波动上升趋势,1997~2012年呈波动下降趋势,这与重庆以煤炭为主的能源消费结构、SO<sub>2</sub>排放量的变化等密切相关。

**关键词:**重庆;霾;时空变化

**文章编号:**1006-7639(2015)-04-0602-05 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-04-0602

**中图分类号:**P427.1<sup>+</sup>22

**文献标识码:**A

## 引 言

霾指的是大量极细微的干尘粒等均匀地浮游在空中,使水平能见度 < 10.0 km,空气普遍混浊现象<sup>[1]</sup>,又称灰霾。霾不仅使能见度降低,增加交通安全事故的发生机率,而且还会诱发鼻炎、支气管炎等多种疾病,危害人体健康。国外学者较早地对霾的形成、化学组成等进行了研究,如 Malm<sup>[2]</sup>对美国大陆性霾天气的时空演变进行定量分析,发现造成霾天气能见度下降的主要成分是硫酸盐气溶胶,部分地区硝酸盐和有机气溶胶的贡献也比较大; Schichtel 等<sup>[3]</sup>分析了美国1980~1995年霾的变化趋势,发现美国自实施《洁净空气法》(Clean Air Act)之后,霾日数16 a间下降了约10%,与SO<sub>2</sub>排放量的下降同步。此外,国外学者在区域性霾现象对气候的影响方面进行了深入研究<sup>[4]</sup>。近年来由于经济规模迅速扩大和城市化进程加快,我国大气污染尤其是城市霾污染问题日趋严重,引起了广泛关注。吴兑等<sup>[5]</sup>通过对珠江三角洲地区的霾研究指出:灰霾导致能见度恶化,与大气颗粒物尤其是细颗粒物污染关系密切;胡荣章等<sup>[6]</sup>对南京地区灰霾数值模拟表明,风速、相对湿度、PM<sub>2.5</sub>浓度是霾形成的主要因素,硫酸盐和有机物是该地区能见度下降最

重要的贡献者,其次为黑碳气溶胶。赵普生<sup>[7]</sup>、张智<sup>[8]</sup>、郭送军<sup>[9]</sup>、洪也<sup>[10]</sup>、郑庆锋<sup>[11]</sup>、纪晓玲<sup>[12]</sup>、李菲<sup>[13]</sup>等就我国各省市区域霾的时空分布、变化趋势、化学组成及颗粒物粒径分布、影响因素、环流特征等进行了分析,相关研究都取得了有意义的成果。

目前京津冀地区、长江三角洲、珠江三角洲和川渝一带是我国霾天气现象相对严重的地区,与其它地区相比,重庆地区霾的研究相对较少。本文利用重庆34个地面观测站1980~2012年气象资料,对重庆地区霾的空间分布和季节、月变化特征等进行分析,以期得出更多认识,为霾天气预报预警提供参考。

## 1 研究区概况

重庆位于四川盆地东部,是青藏高原与长江中下游平原的过渡地带,地形高低悬殊(图1),其北部、东部和南部分别有大巴山、巫山、武陵山、大娄山环绕,西部和中部以浅丘、深丘为主。长江干流自西向东横贯全境,嘉陵江、乌江等大小河流在此汇入长江,地势沿河流、山脉起伏,形成南、北、东三面高、中间低的山地向河谷倾斜的地貌,构成以山地、丘陵为主的地形状态。从区域经济发展差异来看,重庆地处较为发达的东部地区和资源丰富的西部地区的结

收稿日期:2014-09-22;改回日期:2014-11-17

基金项目:重庆市气象局开放式研究基金项目“重庆地区霾的卫星遥感监测方法及其时空分布特征分析研究”(kfj-201203)资助

作者简介:江文华(1979-),女,硕士,工程师,主要从事应用气象预报及相关研究工作. E-mail:jiangwh2002@163.com

合部,是长江上游地区经济中心、西南工商业重镇和水陆交通枢纽。其经济发达区域集中在嘉陵江与长江交汇区,包括主城渝中区、江北区、沙坪坝区、南岸区、九龙坡区、大渡口区、双桥区,经济发达区外围包括北碚、渝北、巴南、南川、涪陵、长寿、永川、璧山、铜梁,次发达区域外围的欠发达区域包括万盛、江津、合川、綦江、大足、荣昌,主要以发展农业为主,兼有部分工业,东北部除万州,东南部除黔江、武隆、石柱为欠发达区域外,其他区域为不发达区,经济发展水平相对较低<sup>[14]</sup>。

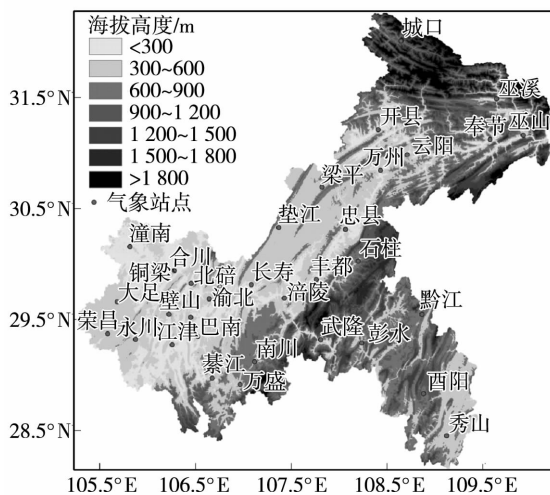


图1 重庆地形分布

Fig. 1 Distribution of terrain in Chongqing

## 2 资料与方法

所用的气象资料主要为重庆34个地面站1980~2012年观测资料,包括能见度、相对湿度、天气现象、降水量、风速等,由重庆市气象信息与技术保障中心气象资料室提供。所用的 $\text{SO}_2$ 及工业烟(粉)尘排放量来自重庆统计年鉴。季节的划分:春季3~5月、夏季6~8月、秋季9~11月、冬季12月至次年2月。

过去由于缺乏统一判别标准,相当长的时期内在观测中大量的霾被记成了轻雾或雾<sup>[15-16]</sup>。因此,在进行长期资料的统计分析时不能参考基于人工观测的霾记录。目前有2种常用的处理大量历史资料的统计方法:一种是用日均值,定义日均能见度 $<10$  km,日均相对湿度 $<90\%$ ,并排除降水、吹雪、雪暴、扬沙、沙尘暴、浮尘和烟幕等其它能导致能见度事件的情况为1个霾日;另一种是使用14时实测值,用于分析能见度 $<10$  km,相对湿度 $<90\%$ ,并排除其它能导致低能见度事件的情况为1个霾日<sup>[17]</sup>。重庆属亚热带季风气候区,空气湿润,根据过去的研

究<sup>[18]</sup>并结合本地气候特点,本文采用14时实测值对霾日进行判别,分析霾日的时空分布特征。

## 3 结果分析

### 3.1 霾日数的空间分布

重庆年平均霾日数存在明显的地域性差异(图2),呈现出西部多、东部较少,盆地多、山地少的特点。霾日数高值区位于四川盆地东南部的西部地区,年平均霾日数普遍在72 d以上,位于高值区中心的沙坪坝区、北碚、铜梁3站年平均霾日数在120 d以上。重庆东北部、东南部霾日数相对较少,其中位于东北部的城口、巫溪、巫山、奉节以及东南部的黔江、酉阳、石柱年平均霾日数低于24 d。

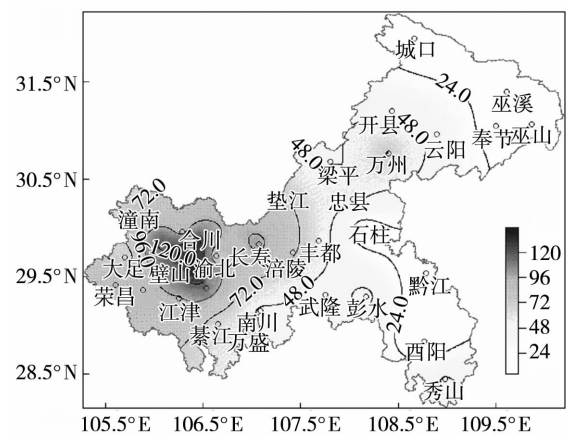


图2 1980~2012年重庆年平均霾日数分布(单位:d)

Fig. 2 The spatial distribution of average annual haze days in Chongqing from 1980 to 2012 (Unit:d)

重庆霾日数空间分布与重庆的地形、气象条件、区域经济发展差异等密切相关。特殊的地形地貌造成了重庆近地面风速小、相对湿度高,图3为1980~2012年重庆近地面平均风速和相对湿度分布。从风速来看(图3a),重庆各区(县)地面站近地面平均风速均低于 $2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,西部和中部偏北地区除渝北、长寿外,其它区(县)地面站近地面平均风速低于 $1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。从相对湿度来看(图3b),重庆除东北部的巫山、奉节、巫溪、云阳外,其它区县地面站近地面平均相对湿度均在75%以上,而西部和中部偏北地区近地面平均相对湿度普遍在80%以上,处于高湿区。此外,重庆西部和中部偏北地区地处四川盆地内,受地形的影响,容易出现逆温层。风力小、逆温不利于大气污染物扩散,湿度大致使可溶性气溶胶更容易吸收水汽而长大,导致消光系数增加,能见度降低,进而使重庆西部和中部偏北地区在相同的大气污染条件下更容易出现霾天气。形成霾天

气,气象条件是外因,大气污染物的源排放是内因。重庆霾天气多发区集中在西部和中部偏北地区,除了与地形和气象条件有关外,也与这些地区经济更为发达、城市化水平更高、工业更为密集而导致人类生产和生活过程中排放更多的大气污

染物密切相关。

从季节分布来看(图4),各季霾日数分布与年霾日数分布特征相似,均呈现出西部多、东部较少,盆地多的特点,各站霾日数有明显的季节变化,冬季最多,春秋季次之,夏季最少。

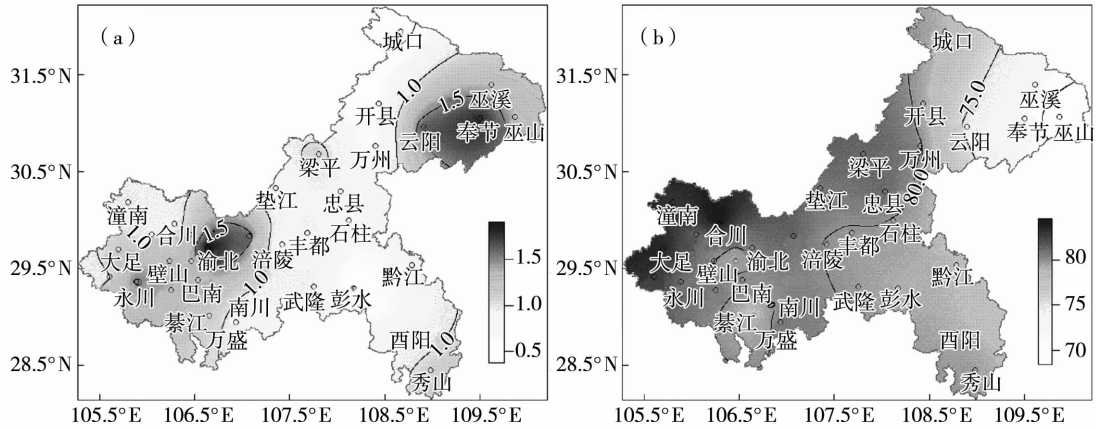


图3 1980~2012年重庆近地面平均风速(a,单位: $m \cdot s^{-1}$ )和相对湿度(b,单位:%)分布

Fig. 3 The distribution of averaged wind velocity(a, Unit: $m \cdot s^{-1}$ ) and relative humidity(b, Unit:%) near the ground in Chongqing from 1980 to 2012

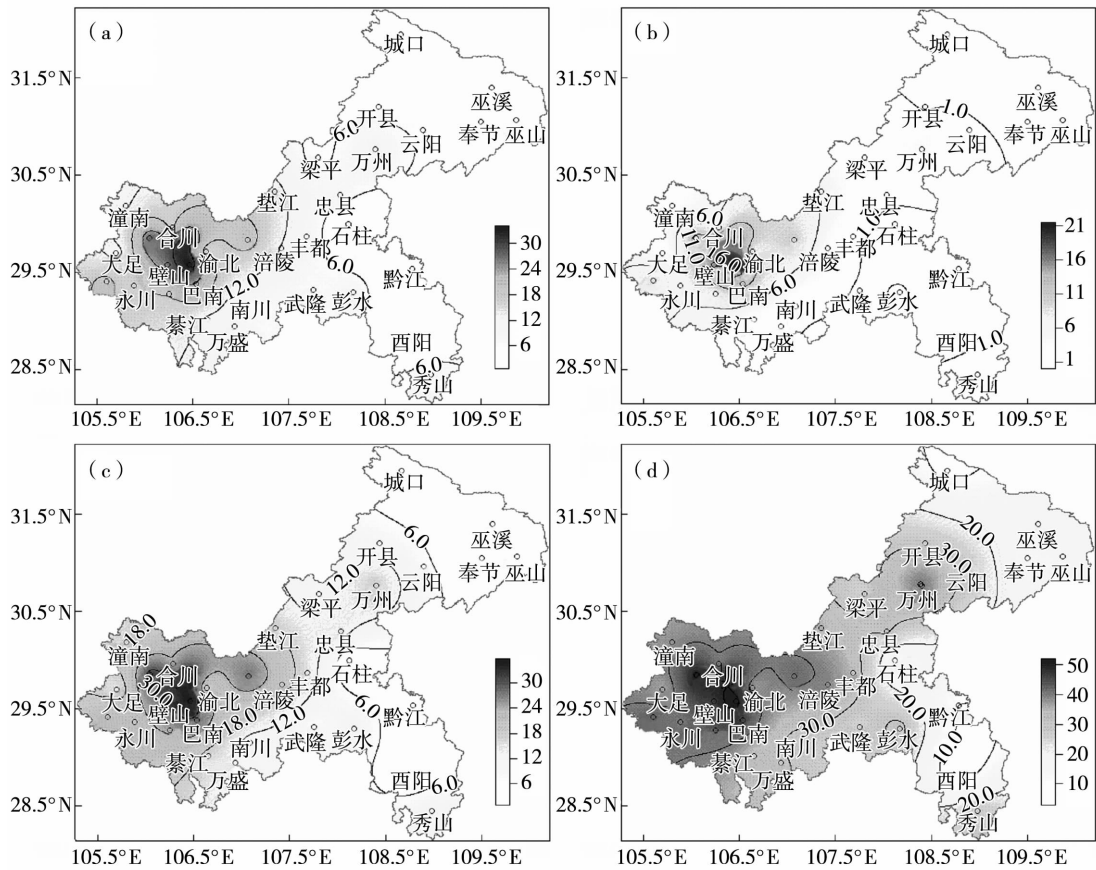


图4 1980~2012年重庆春季(a)、夏季(b)、秋季(c)和冬季(d)霾日数的分布(单位:d)

Fig. 4 The distribution of haze days in spring (a), summer (b), autumn (c) and winter (d) in Chongqing from 1980 to 2012 (Unit:d)

### 3.2 霾日数的时间变化

图5为1980~2012年重庆霾日数月平均值变化曲线。由图5可见,重庆霾日数月平均值基本呈“V”型分布,有明显的月变化特征,霾天气的高发期在11月至次年3月,其中12月最多,4~9月霾天气发生较少,其中7月最少。究其原因,可能与重庆具有冬暖春早、夏热秋凉的气候特点有关。重庆夏季太阳辐射强,气温高,大气对流活动旺盛,雨量充沛,有利于近地层大气污染物的沉降、稀释、扩散,霾天气较少;冬季日照少,太阳辐射弱,降水稀少,由于有秦岭、大巴山脉屏障,冷空气不易入侵,加上天空云量较多,大气稳定度较高,大气污染物在近地面积聚,易出现霾天气。每年11月至次年3月,重庆地面常处于均压场或低压场控制,降水少,日照少,太阳辐射弱,云量多,大气稳定度高,近地面平均风速小,相对湿度高,易出现较为严重的霾天气。

1980~2012年重庆霾日数年平均值为63.9 d,最高值出现在1996年,为79.2 d,最低值出现在2011年,为49.2 d(图6)。1980年代中期到1990年代后期霾日数总体较多,其变化趋势大致可以分为2个阶段:1980~1996年呈波动上升趋势,1997~2012年呈波动下降趋势。

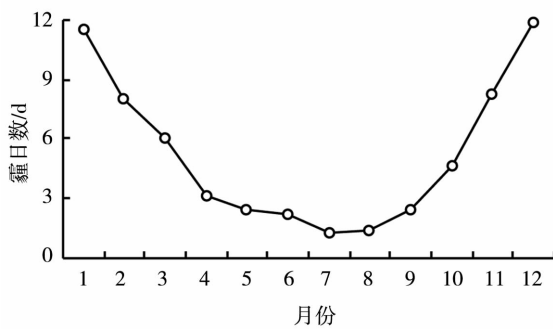


图5 1980~2012年重庆霾日数逐月变化

Fig. 5 The monthly variation of haze days in Chongqing from 1980 to 2012

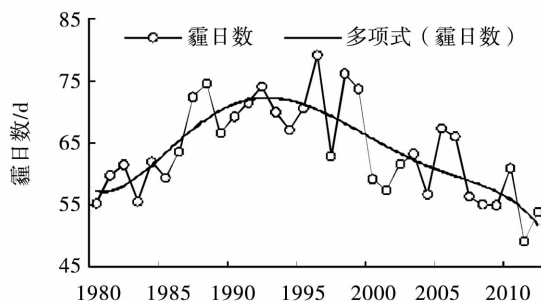


图6 1980~2012年重庆平均霾日数逐年变化

Fig. 6 The annual variation of average haze days in Chongqing from 1980 to 2012

重庆霾日数的变化与该地区人类活动和经济发展引起的污染排放密切相关。重庆能源消费结构中,煤炭占主导地位,燃煤产生的SO<sub>2</sub>在一定条件下转化形成的硫酸盐颗粒物多属于PM<sub>2.5</sub>,而PM<sub>2.5</sub>对空气质量和能见度有重要影响,是霾天气产生的重要原因。1980~1990年代,重庆是我国南方典型的烟煤型大气污染地区之一,在能源结构中,煤的燃用在能源总消耗量中占的比例最大,且煤的含硫量较高,煤炭的消费量呈逐年增加趋势<sup>[19]</sup>。1980年代城市颗粒物和SO<sub>2</sub>污染十分严重,1991年以后,重庆在大气污染控制方面采取了一系列措施,大力推行能源结构政策调整,大气污染状况有所好转,但就全国平均水平来说污染还很严重<sup>[20]</sup>。1980~1996年重庆霾日数呈上升趋势与煤炭消费量持续攀升引起的污染排放增加密切相关,燃用高硫煤为主的能源结构和特定的自然环境条件导致的烟煤型大气污染,是1980年代中期到1990年代后期霾日数普遍较高的重要原因。1997年重庆市直辖以后,加大了大气污染防治力度。图7为1998~2012年重庆SO<sub>2</sub>和工业烟(粉)尘排放量年变化曲线,可以看到1998~2010年工业烟(粉)尘排放量呈下降趋势,2011年、2012年工业烟(粉)尘排放量较2010年有所增加。SO<sub>2</sub>排放量大致经历了“下降—上升—下降”的3个阶段:1998~2001年呈下降趋势,2002~2006年呈上升趋势,2007~2012年呈现下降趋势。第一个阶段可能与2000~2001年重庆实施的“清洁能源”工程有关,第三个阶段与同时期霾日数的变化有较好的对应关系。2005年重庆市启动了蓝天行动,并随着主城区创建国家环保模范城市工作的开展,采取了一系列有力的综合措施,污染减排取得了一定成果,这可能是重庆霾日数下降的原因之一。

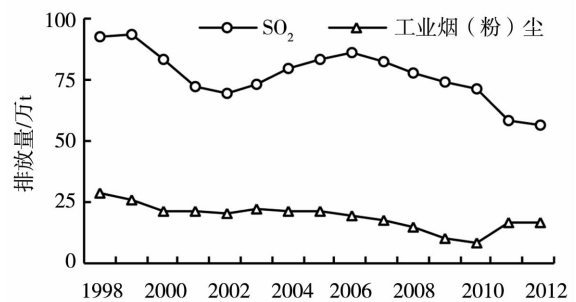


图7 1998~2012年重庆SO<sub>2</sub>、工业烟(粉)尘排放量逐年变化

Fig. 7 The annual variation of the discharged volumes of SO<sub>2</sub> and industrial dusts in Chongqing from 1998 to 2012

## 4 结 论

(1)重庆年平均霾日数分布呈现出西部多、东部较少,盆地多的特点,高值区出现在重庆西部,以沙坪坝区、北碚、铜梁为中心,东北部、东南部霾日数相对较少。

(2)各站霾日数有明显的季节、月变化特征,冬季最多,春秋季节次之,夏季最少,12月最多,7月最少。

(3)从年平均值来看,1980年代中期到1990年代后期重庆霾日数总体较多,1980~1996年呈波动上升趋势,1997~2012年呈波动下降趋势。

(4)重庆霾日数的年际变化与重庆以煤炭为主的能源消费结构、SO<sub>2</sub>排放量的变化密切相关。

### 参考文献:

- [1] 中国气象局. QX/T 113-2010 霾的观测和预报等级[S]. 北京:气象出版社,2010.
- [2] Malm W C. Characteristics and origins of haze in the continental United States[J]. *Earth - Science Reviews*, 1992,33(1):1-36.
- [3] Schichtel B A, Husar R B, Falke S R, et al. Haze trends over the United States, 1980-1995[J]. *Atmospheric Environment*, 2001, 35(30):5205-5210.
- [4] Quinn P K, Bates T S. North American, Asian, and Indian haze similar regional impacts on climate[J]. *Geophysical Research Letters*, 2003,30(11):1555-1559.
- [5] 吴兑,邓雪娇,毕雪岩,等. 细粒子污染形成灰霾天气导致广州地区能见度下降[J]. *热带气象学报*,2007,23(1):1-6.
- [6] 胡荣章,刘红年,张美根,等. 南京地区大气灰霾的数值模拟[J]. *环境科学学报*,2009,29(4):808-814.
- [7] 赵普生,徐晓峰,孟伟,等. 京津冀区域霾天气特征[J]. *中国环境科学*,2012,32(1):31-36.
- [8] 张智,陈玉华,周红. 宁夏雾日和霾日的变化趋势分析[J]. *干旱气象*,2013,31(4):714-719.
- [9] 郭送军,谭吉华,段菁春,等. 广州市灰霾期 PM<sub>10</sub>的化学组成对能见度的影响[J]. *环境监测管理与技术*,2012,24(3):24-28.
- [10] 洪也,马雁军,李潮流,等. 沈阳冬季灰霾日大气颗粒物元素粒径分布特征[J]. *环境科学研究*,2011,24(6):637-644.
- [11] 郑庆锋,史军. 上海霾天气发生的影响因素分析[J]. *干旱气象*,2012,30(3):367-373.
- [12] 纪晓玲,桑建人,马筛艳,等. 银川市灰霾天气环流分析及预报思路[J]. *干旱气象*,2013,31(4):820-824.
- [13] 李菲,吴兑,谭浩波,等. 广州地区旱季一次典型灰霾过程的特征及成因分析[J]. *热带气象学报*,2012,28(1):113-122.
- [14] 华娟,涂建军,卢德彬,等. 重庆区域经济发展的时空差异分析[J]. *西南大学学报(自然科学版)*,2012,34(4):129-133.
- [15] 吴兑. 关于霾与雾的区别和灰霾天气预警的讨论[J]. *气象*, 2005,31(4):3-7.
- [16] 吴兑. 再论都市霾与雾的区别[J]. *气象*,2006,32(4):9-15.
- [17] 吴兑,吴晓京,朱小洋. 雾和霾[M]. 北京:气象出版社,2009. 55-56.
- [18] 赵普生,张小玲,徐晓峰. 利用日均及14时气象数据进行霾日判定的比较分析[J]. *环境科学学报*,2011,31(4):704-708.
- [19] 重庆市统计局,国家统计局重庆调查总队. 重庆统计年鉴2013[M]. 北京:中国统计出版社,2013. 119.
- [20] 洪全. 重庆市能源消耗与大气污染关系探讨[J]. *重庆师范学院学报(自然科学版)*,2003,20(1):51-53.

## Temporal and Spatial Variations of Haze Days in Chongqing from 1980 to 2012

JIANG Wenhua<sup>1</sup>, LIU De<sup>1</sup>, CHEN Yonghang<sup>2</sup>, CHEN Daojin<sup>1</sup>

(1. *Chongqing Meteorological Observatory, Chongqing 401147, China;*  
2. *College of Environmental Science and Engineering, Donghua University, Shanghai 201620, China*)

**Abstract:** Based on the daily observational data of 34 meteorological stations from 1980 to 2012, including visibility, relative humidity, weather phenomena, precipitation, wind speed and so on, and the annual emission of SO<sub>2</sub> and industrial dust during 1998-2012, the spatial and temporal distribution characteristics and climatic trends of haze days in Chongqing were analyzed. The results indicated that the haze days in Chongqing had been more in the western part which located in basin and less in the eastern part. The haze days were most in winter, the next in autumn and spring, and least in summer. The annual change of haze days during 1980-2012 was obvious, the haze days were generally more from the mid-1980s to the late 1990s, and showed a fluctuating upward trend during 1980-1996 and downward trend during 1997-2012, which was closely correlated to the consumption structure of energy focusing on coal as well as the emission of SO<sub>2</sub> in Chongqing.

**Key words:** Chongqing; haze; spatial and temporal variations