

# Climate Characteristics Analysis and Forecast of Fog and Haze over Shaoyang in the Past 70 Years

Xiaohua Lv<sup>1</sup>, Zuoyang Tang<sup>1</sup>, Weiwei Lv<sup>2</sup>, Yaqiong Tang<sup>1</sup>, Xiaohua Xie<sup>1</sup>, Dequan Tan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Shaoyang Meteorological Bureau, Shaoyang Hunan

<sup>2</sup>Xinshao Meteorological Bureau, Shaoyang Hunan

Email: syqxtlxh@163.com

Received: Mar. 9<sup>th</sup>, 2018; accepted: Mar. 22<sup>nd</sup>, 2018; published: Mar. 29<sup>th</sup>, 2018

## Abstract

In this paper, routine observation data of 10 National fundamental stations and basic stand of Shaoyang during 1951-2017, and NCEP reanalysis data are used. Typical 300 cases of regional heavy fog weather process in the historical haze and fog weather are selected, from the meteorological elements and weather conditions and other aspects, the time and spatial distribution characteristics and trends in Shaoyang fog are analyzed. The results showed that: 1) There is the characteristics of time and space uneven distribution of fog in Shaoyang, heavy fog day inter annual variability of volatile, periodic difference; heavy fog days is obvious in winter area, the more the summer half year is significantly less, most of November, July at least. The heaviest fog turned up at 3:00 - 9:00; percent 85 of heavy fog appeared in 5:00 - 7:30, most of fog dissipate after 8:30, winter fog appears early, late to dissipate, summer half year instead; 2) From the view of meteorological elements, the ground and 850 hpa wind speed are small and wind speed in 0 - 3 m·s<sup>-1</sup>, there is thermal inversion layer between the ground to the 850 hpa; the relative humidity is bigger in heavy fog, previous the day of fog there are precipitation or cloudy; 3) The formation of the heavy fog weather situation is classified into four kinds of situation on the ground, which is uniform pressure field, cold anticyclone at the bottom, rear of cold anticyclone, front type. Based on change characteristics and regularity of the fog and the causes, forecast key of the fog is sought out.

## Keywords

Fog, Characteristics, Time and Space Distribution, Weather Situation, Forecast

## 近70年邵阳雾霾天气气候特征分析及其预报

吕校华<sup>1</sup>, 唐佐阳<sup>1</sup>, 吕巍伟<sup>2</sup>, 唐娅琼<sup>1</sup>, 谢小华<sup>1</sup>, 谭德权<sup>1</sup>

<sup>1</sup>湖南省邵阳市气象局, 湖南 邵阳

<sup>2</sup>湖南省新邵县气象局, 湖南 邵阳  
Email: syqxtlxh@163.com

收稿日期: 2018年3月9日; 录用日期: 2018年3月22日; 发布日期: 2018年3月29日

## 摘要

利用邵阳市1951~2017年10个国家基本站和基准站的常规观测资料和NCEP再分析资料, 从历史上出现的雾霾天气中选取300例较为典型的区域性大雾天气过程, 从气象要素和天气形势等方面入手, 分析了邵阳大雾时空分布特征和变化趋势特征。结果表明: 1) 邵阳地区大雾具有时空分布不均的特点, 雾日的年际变化波动性大、周期性差; 邵阳地区冬半年大雾日数明显偏多, 夏半年明显偏少。其中11月最多, 7月最少。大雾多数集中在3:00~9:00; 85%集中在5:00~7:30, 消散时间多出现在8:30以后, 冬半年大雾出现早, 消散晚, 夏半年反之。2) 从气象要素来看, 地面和850 hPa风速都很小, 风速一般在0~3 m·s<sup>-1</sup>, 并且在地面到850 hPa之间有逆温存在, 大雾出现的当天相对湿度较大, 前一天多出现降水或多为多云天气; 3) 形成大雾的地面天气形势类型分为4种形势, 均压场型、冷高压底部型、冷高压后部型、锋面型。在掌握大雾的变化特点、规律以及成因的基础之上, 找出了预报大雾的一些预报着眼点。

## 关键词

大雾, 特征, 时空分布, 天气形势, 预报

Copyright © 2018 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

## 1. 引言

在气象上, 大雾是指近地层大气中悬浮的大量水滴或冰晶微粒使能见度小于 1.0 km 的天气现象[1]。随着科技的不断发展和人类生活水平的不断提高, 人们越来越认识到大雾对人类生存环境和社会经济的影响, 在现实生活中, 雾和人们的关系十分密切, 弥漫的大雾对海、陆、空交通及通讯等方面的影响很大, 尤其在较严重的情况下, 常导致交通事故发生、通信中断、电网遭到破坏等, 给人民的生命财产及国民经济带来巨大损失。此外, 大雾还对空气质量、人体健康、粮食作物和果实品质等方面具有较大危害。可见, 大雾已经愈来愈成为一种主要的气象灾害, 特别是能见度小于 200 m 的浓雾, 给交通运输业造成了频繁的严重灾害和损失。同时, 因“雾闪”而造成的电力部门掉闸断电, 也给各行各业以及人民生活带来了不便。因此, 对雾的研究受到了越来越多的关注和重视。近年来, 国内气象工作者对雾霾天气预报方法的研究做了很多工作[2]-[17], 虽然在雾霾领域已有如此大量的工作, 但研究者们一致认为大雾、雾霾的预报还有大量基础工作需要开展, 而且, 大雾天气的预报预警的精准化程度也越来越高。由于雾是典型的小概率事件和离散事件, 其地理、季节和日变化特征较为明显, 因此雾的预报特别是雾霾天气的详细定点定时预报还有一定难度。本文在以往研究的基础上, 分析大雾、霾发生时边界层内温、湿、风及大气的层结变化特征, 结合邵阳天气雷达产品, 对大雾、雾霾天气的气候特征进行了较详细的分析, 给出了气象要素的不同区间与雾发生频率之间的统计关系, 为大雾、雾霾的客观预报提供参考。

## 2. 资料来源和研究方法

### 2.1. 资料来源

本文所用的主要资料为邵阳市 1951~2017 年 10 个国家基本站和基准站 67 年的地面观测资料和 NCEP 再分析资料, 对大雾、雾霾资料进行年平均统计和月季分布分析, 将 10 个站点平均大雾日数资料进行了大雾日数统计(表 1); 雾与气象要素关系的统计中, 只统计了能见度小于 1000 m 的雾日的资料。

### 2.2. 研究方法

本文定义的雾霾是指水平能见度(vis) ≤ 1000 m 的天气现象, 雾霾是雾和霾的混合物, 早晚湿度大时, 雾的成分多。白天湿度小时, 霾占据主力, 相对湿度在 80% 到 90% 之间。其中雾是自然天气现象, 空气中水汽氤氲。本文规定, 邵阳市国家基准站或基本站, 某一天 24 小时(20:00~20:00)内, 出现一次或一次以上雾霾时计算为一个雾、霾日, 由于观测员的主观性比较强, 本文也把霾同雾一起统计作为雾霾分析的样本。

#### 2.2.1. 单站多年平均雾霾日

$p1 = \sum_{i=1}^n pi/n$  其中:  $p1$  表示单站年(月)平均雾日数(取整),  $pi$  表示单站第  $i$  年(月)雾日数,  $n$  表示单站年(月)的资料样本数。

#### 2.2.2. 区域多年平均雾霾日数

$p2 = \sum_{i=1}^n pi/n$  其中:  $p2$  表示区域年(月)平均雾日数(取整),  $pi$  表示区域第  $i$  年(月)雾日数,  $n$  表示区域年(季、月)的资料样本数。根据测站观测资料和上述计算方法, 分析邵阳各站大雾累年(月)的时空分布; 邵阳各县、市大雾天气过程; 邵阳单站大雾天气极值的时空分布等各种特征。

## 3. 雾霾的气候特征

### 3.1. 雾霾的空间分布

雾霾天气的出现有局地性特征, 有的地方容易出现雾霾天气, 有的地方则较少出现。近 70 年来各个

**Table 1.** Selected sites of Fog analysis and haze year average days (unit: d)

**表 1.** 大雾分析所选站点和雾霾年平均天数(单位: 天)

代表站	雾	霾	雾霾
邵阳市	28.2	10.6	38.8
洞口	9.1	29.0	38.1
隆回	24.5	5.8	30.3
邵东	21.2	11.8	33.0
新邵	26.7	18.1	44.8
邵阳县	31.2	8.5	39.7
绥宁	33.7	3.6	37.3
城步	6.3	49.0	55.3
武冈	25.2	30.3	55.2
新宁	20.9	4.3	25.2
平均	22.7	17.1	3

站对应的年平均出现雾、霾、雾霾日数的统计表明(图 1): 全市年平均雾霾日数为 39.8 d, 小于 30 d 的只有新宁一个站, 占总站点的 10%, 年平均雾霾日数在 30~40 d 的站点有 6 个, 占总站点的 60%, 年平均雾霾日数在 40~60 天的站点有 3 个, 它们是城步、武冈、新邵, 占总站点的 30% (图 1(a))。大雾天气的空间分布总的特征是: 山区多于丘陵, 向南开口的 V 字型山地多于丘陵和平地(图 1(b))。

### 3.2. 雾霾日数的年际变化特点

根据邵阳地区 10 个气象观测站的年平均雾霾日数年际变化图(图 2)1951~2017 年 67 年来总趋势为: 50~70 年代略有减少; 70~90 年代略有上升, 年际变化大; 1991~2000 年呈略有减少趋势, 2001 年开始又呈上升趋势。具体表现为 20 世纪 60 年代大雾日数略呈减少趋势, 且年际变化大, 70 年代开始呈稳步下降趋势, 80 年代略有上升, 90 年代再次明显下降, 至 2000 年的十年, 基本维持在 22 天左右, 2001 年以后稳步上升到 24 天左右, 2013 年开始达 26 天以上。

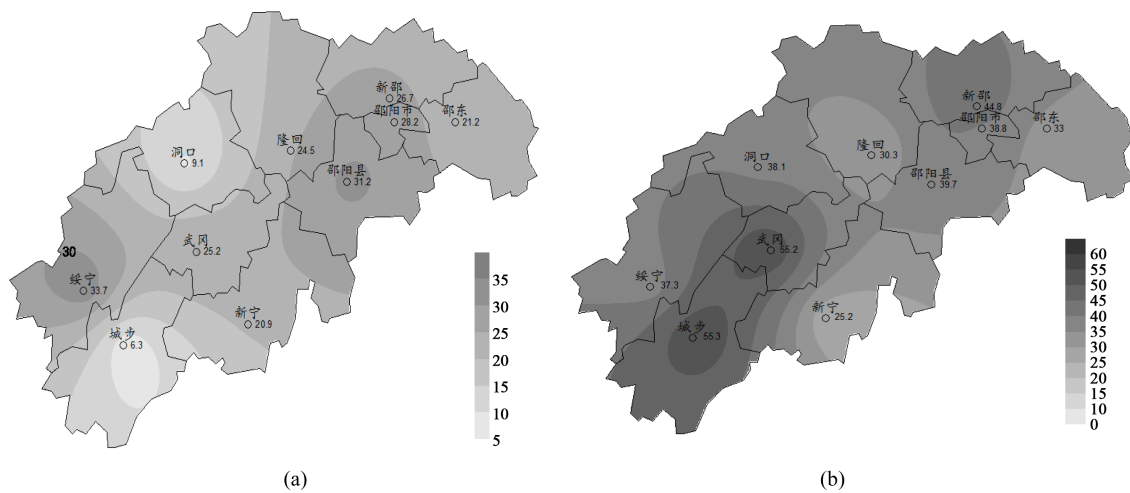


Figure 1. (a) Fog distribution of Shaoyang during 1951-2017; (b) Fog and haze distribution of Shaoyang during 1951-2017  
图 1. (a) 邵阳市 1951~2017 年雾分布; (b) 邵阳市 1951~2017 年雾霾分布

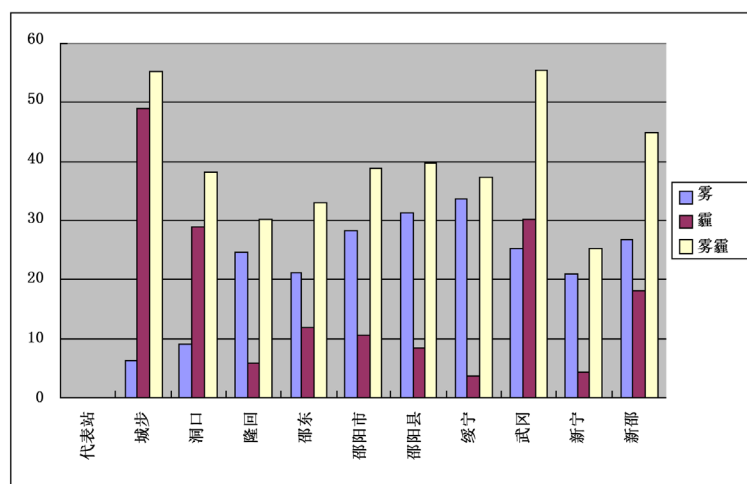


Figure 2. Average of haze, haze and haze of the 10 representatives stand in Shaoyang during 1951-2017  
图 2. 1951~2017 年邵阳 10 个代表站雾、霾、雾霾平均

### 3.3. 雾霾的季、月分布

由于雾的形成主要是空气中的水汽达到饱和或接近饱和，在凝结核上凝结而成。所以大雾天气的出现需要有一定的温湿条件。对于某一站点来说，由于不同的季节和月份具有不同的温湿特征和大气环流形势，所以大雾天气日数在不同的季节和月份也有所不同。从各站逐月累积大雾日数柱形图(图 3)中可以看到，邵阳大部分县、市大雾主要集中在冬半年，尤其是 11 月到 1 月，其次是 3 月到 4 月。由于冬季夜间地面辐射冷却，使空气达到饱和而形成大雾天气，所以大雾多发生在黑夜最长、气温最低的 11 月到 1 月，在气温最高的 7、8 月，大部分地区历年平均不足一天。绥宁站在大雾多发时段(前一年 11 月~4 月)和其他站差别不大，但 6~9 月却明显偏多，7、8 月更成为大雾高发时段，1951 年至 2017 年 7、8 两个月雾日累积天数高达 882 d 之多。多发时段出现在气温最高的两个月，和其他地区完全相反，应和该站特殊地形有关。该站处于南岭山脉和雪峰山脉交界处的低洼地带，两边是高山，中间有一条小河，夏季西南季风沿低洼地带向东北运动，暖湿气流受地形收缩抬升，更易凝结形成平流大雾天气。

### 3.4. 大雾日变化特点

大雾有明显的日变化特点，我国内陆以夜间大雾为主。由于邵阳部分测站夜间不进行气象观测，所以选用夜间进行观测的邵阳市国家基本气象观测站资料来分析大雾的日变化。根据邵阳市 1951 年至 2017 年累年逐时雾变化分析，一天之中 24 小时都有大雾，凌晨 2:00 时至上午 9:30 时是大雾存在的主要时段，其中凌晨 5 时至早晨 8:00 时频率最高，10 时以后，迅速减少，白天 13 时至 23 时频率最低。从以上可见大雾主要集中在凌晨 2 时~上午 10 时，在凌晨开始发展，清晨加强。在日出后 1~2 h 之内，由于近地层温度还在继续下降，再加上地面蒸发及微弱的湍流交换，大雾并未立即消散，其后随着大气升温，才逐渐消散或者抬升变成碎层云。

### 3.5. 雾的极值

以邵阳国家基本站为例，一月内雾日最多的为 2003 年 1 月，达 10 次；最长一次连续性大雾天气是 1996 年 12 月 20 日至 27 日，连续 8 天出现雾；雾生时刻最早的一场雾是 1996 年 12 月 31 日，22 时 48 分产生雾；雾生时刻最晚的一场雾是 1989 年 1 月 18 日，4 时 26 分产生雾；雾消时刻最晚、持续时间最长的雾是 2005 年 1 月 15 日，0 点 15 分产生雾，13 点 38 分消散，雾现象持续 13 小时 23 分，最强的一次浓雾是 2014 年 1 月 31 日(春节)早晨，6:10 开始形成大雾，7:20~8:40 能见度只有 0.0，行车、走路非常困难，当天大雾持续时间 4 小时 25 分。

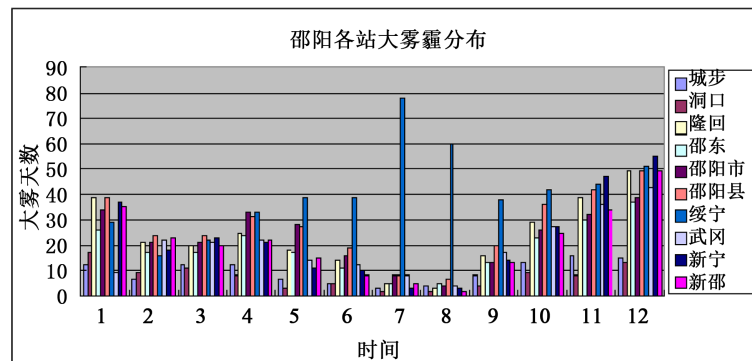


Figure 3. The per month average days of fog each station in Shaoyang during 1951-2017

图 3. 1951 年至 2017 年邵阳各站逐月平均大雾日数

## 4. 大雾的边界层结构特征

邵阳地区发生大范围大雾时，垂直结构上，具有稳定层结、低空逆温、上干下湿的特点。

### 4.1. 逆温层

低层大气在夜间地面辐射冷却作用下出现降温，导致近地层大气逆温层结的建立，同时，逆温层结的建立又抑制了水汽向上扩散，有利于近地层保持潮湿，使得大雾天气持续发展。通过对典型的大雾天气过程分析，我们发现，大雾天气主要出现在逆温层的下部，逆温层的存在抑制了对流的发展，为雾天气的形成提供了非常有利的稳定层结条件。大雾出现时，低空有明显的逆温层，一般位于地面-850 hPa附近，有时会出现双层逆温，低层逆温位于 850 hPa 附近或以下，上层逆温位于 700 hPa 附近。当逆温层破坏后，雾就消散。统计发现 66.5%的大雾出现时有逆温层。

### 4.2. 湿度的垂直分布

近地面湿度大，在地面至 850 hPa 附近有一个相对湿度大于 80%的湿层存在；干层位于 700~500 hPa 附近，相对湿度由地面的 80%以上剧减至 40%以下，从湿层至干层具有较大的递减率。邵阳地区发生大范围大雾时，垂直结构上，具有稳定层结、低空逆温、上干下湿的特点。分析各种类型雾温度、湿度的垂直分布发现，出雾时大气的温湿垂直分布相似，从地面到 850 Pa 为等温或逆温，该层湿度很大，接近饱和。

## 5. 大雾的气象要素变化和天气形势特点

### 5.1. 风的变化特点

一般认为，贴近地面的微风是辐射雾的重要特征之一，这是由于近地面微风起到加强湍流活动和加快水汽交换的作用。微风( $1\sim 3\text{ m}^{-1}$ )或者静风是形成一定厚度和大雾的有利条件。统计雾日的风速可知，雾日出现时静风的概率为 52%，风速小于等于  $3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  的概率超过 95%。

### 5.2. 相对湿度的变化特点

近地面层空气处于准饱和状态对大雾形成至关重要。相对湿度是反映空气潮湿程度的一个物理量，相对湿度越大，空气越潮湿，在有利条件下形成雾的可能性就越大；反之，空气越干燥，形成雾的可能性也就越小。

### 5.3. 温度的变化特点

温度是形成雾的必要条件之一，最常出现雾的地温范围为  $15^{\circ}\text{C}\sim 21^{\circ}\text{C}$ ，其中  $18^{\circ}\text{C}$  时雾出现的频率达到峰值[17]。从邵阳 67 年地温月平均值分布可知，11 月至翌年 4 月地温条件有利于雾的出现，3 月平均地温为  $17.9^{\circ}\text{C}$ ，最有利于雾的出现。气温的变化范围在各个季节不同，气温范围大，但在平均气温较低的月份，更有利形成大雾天气。

### 5.4. 地面和高空天气形势特点

在普查的 300 次区域性大雾天气过程中，我们发现形成大雾的地面天气形势类型主要分为 4 种形势，其中均压场型 35.2%、冷高压底部型 30.5%、冷高压后部型 28.4%、锋面型 5.2%。高空 500 hPa 一般为偏西西北气流控制，700 hPa 及 850 hPa 为西北气流或高压环流。

## 6. 雾霾天气的预报着眼点

根据上述对雾的形成原因和条件分析, 我们得出雾霾天气的预报着眼点:

1) 当日 08 时高空 500 hPa 为偏西或西北气流控制, 低层 700 hPa 及 850 hPa 为西北气流或高压环流, 850 hPa 以下, 风场较弱, 地面受高压前部弱气压场控制, 风力较小, 平均风速不超过  $2 \text{ m}^{-1}$ , 有利于大雾天气的发生发展及维持。

2) 晴朗少云的夜晚或清晨, 地面有效辐射强, 散热迅速, 同时近地面气层降温也迅速, 有利于水汽凝结, 当低空有辐射逆温形成时, 近地层大气逆温层结的建立使大气层结变得非常稳定, 有利于近地面气层大量雾滴聚积于逆温层下而形成辐射雾。

3) 当天出现雨雪天气过程转晴后, 蒸发使得近地面有充足的水汽来源, 形成明显的水汽饱和, 近地面层相对湿度达 85%~100% 的近饱和状态, 700 hPa 湿度减小到 10%。

4) 各种数值预报未来低层有逆温层出现时, 低层的降温有利于水汽的凝结, 而中高层有较小的降温(甚至升温)在中低层上形成一个“暖盖”, 使得低层水汽达到饱和, 易产生大雾。

当具备充足的水汽条件和稳定的大气逆温层结时, 加上有利的高低空环流形势, 就可预报未来有大雾天气的发生; 当这种形势稳定维持时, 大雾天气将持续存在。

## 7. 小结

大雾天气发生在近地面, 相对湿度以及微风的气象条件下, 高湿、较低的温度、风力小和等温或逆温层的存在是产生大雾天气的必备条件。通过对邵阳 300 次区域性大雾天气过程统计分析, 我们得到大雾的以下气候特征和预报方法:

1) 邵阳地区年平均雾霾日为 39.8 d, 冬季最多, 春、秋季次之, 夏季最少。雾生时刻主要在 03~07 时之间, 雾消时刻主要在 09 时以前。邵阳地区大雾具有空间分布不均的特点, 向南开口的 V 型山体南面的低洼地带较山脉北侧和盆地更易形成大雾。

2) 邵阳市大雾有明显的日变化, 以辐射雾为主, 多数集中在凌晨 3 时至上午 10 时; 生成时间主要集中在 5~7 时, 消散时间主要集中在 8~10 时, 冬半年出现早, 消散晚, 夏半年出现晚消散早。

3) 邵阳地区发生大雾时, 低层相对湿度在 90% 以上, 风速  $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  以下, 温度露点差在  $0^\circ\text{C} \sim 0.9^\circ\text{C}$ 。

4) 当具备充足的水汽条件和稳定的大气逆温层结时, 加上有利的高低空环流形势, 就可预报未来 24 小时内, 有大雾天气的发生; 当这种形势稳定维持时, 大雾天气将持续存在。

## 参考文献

- [1] 中央气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 1979: 21-22.
- [2] Horvath, H. (1995) Size Segregated Light Absorption Coefficient of the Atmospheric Aerosol. *Atmospheric Environment*, **29**, 875-883.
- [3] 谢小敏, 刘敏. 深圳一次罕见连续大雾天气的特点及成因[J]. 广东气象, 2006, 28(2): 30-32.
- [4] 刘小宁, 张洪政, 李庆祥, 等. 我国大雾的气候特征及变化初步解析[J]. 应用气象学报, 2005, 16(2): 220-230.
- [5] 袁成松. 高速公路上的能见度的监测与预报[J]. 气象, 2003, 29(11): 36-40.
- [6] 何金梅, 王冬梅, 等. 甘肃省高等级公路沿线大雾天气气候特征及其预报服务[J]. 干旱气象, 2006, 24(1): 48-52.
- [7] 郑玉萍, 李景林. 乌鲁木齐近 31 年大雾天气气候特征分析[J]. 气象, 2008, 34(8): 22-28.
- [8] 李子华. 1996 年南京连续 5 天浓雾的物理结构特征[J]. 气象学报, 1999, 57(5): 622-631.
- [9] 魏文华. 近 50 年合肥地区大雾分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(9): 3776-3777.
- [10] 贺皓, 吕红, 徐虹. 陕西省大雾的气候特征[J]. 高原气象, 2004, 23(3): 407-411.
- [11] 宋润田. 北京地区冷雾的天气气候特征[J]. 气象科技, 1999, 27(3): 40-48.

- 
- [12] 江玉华, 王强, 李子华, 等. 重庆城区浓雾的基本特征[J]. 气象科技, 2004, 32(6): 450-455.
- [13] 刘德, 周国兵, 向波, 等. 重庆雾的天气成因[J]. 气象科技, 2004, 32(6): 461-466.
- [14] 张敏, 孙青然, 安丽华, 等. 聊城市大雾的气候特征分析[J]. 山东气象, 2004, 24 (98): 25-26.
- [15] 夏立新, 黄石璞. 河南省一次大雾的机理分析[J]. 气象, 1999, 25(7): 52-56.
- [16] 张冬梅, 孙艳敏. 1997年11-12月新郑机场多雾的原因[J]. 河南气象, 1998(3): 17.
- [17] 林良勋. 广东省预报技术手册[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 245-252.

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ccrl@hanspub.org](mailto:ccrl@hanspub.org)