

文章编号:1673-8411 (2015) 04-0071-05

# 南宁市一次中度霾天气过程成因分析

白龙, 苏兆达, 梁岱云

(南宁市气象局, 南宁 530029)

**摘 要:**利用南宁城区地面观测站的常规观测数据、欧洲中期天气预报中心 ECMWF 的 ERA-Interim 再分析资料、以及南宁全市逐日环境监测数据,对一次中等霾天气过程进行分析。结果表明:此次霾过程主要是由地面受冷高压控制导致长时间段无降水而引起的,在无有利扩散条件的情况下,PM<sub>2.5</sub> 的浓度呈线性增长趋势,当空气质量达到中度污染时,就可能出现霾;较弱的低层风和近地面逆温层都能够加大 PM<sub>2.5</sub> 的堆积速度;在无降水但低层和地面风速有一定加大的情况下,PM<sub>2.5</sub> 浓度只是浮动维持在某一数值,而不是呈现明显下降的趋势;中雨及以上的降水天气过程能够快速降低空气中的 PM<sub>2.5</sub>,结束霾天气过程。

**关键词:**霾;AQI 指数;空气质量

**中图分类号:**P427.1+22

**文献标识码:**A

## Causative analysis on a moderate haze process of Nanning

Bai long Su zhaoda Liang daiyun

Nanning Municipal Meteorological Service, Nanning 530029

**Abstract:** Based on the conventional observation data and the ERA-Interim reanalysis data and daily Nanning city's environmental monitoring data, a moderate haze process was analyzed. The results show that: this haze process caused by long-time control of the ground cold high, which led to a long period of no precipitation, in the absence of favorable diffusion conditions, the concentration of PM<sub>2.5</sub> increases linearly, when air quality reaches moderate pollution level, it could occur haze; weak low-level winds and near-surface inversion layer can increase the deposition rate of PM<sub>2.5</sub>; in the absence of precipitation, but increasing of the ground wind speed, PM<sub>2.5</sub> concentration just maintained at a certain value, instead of showing a clear downward trend; moderate and above rain can quickly reduce the PM<sub>2.5</sub> in air and end the haze process.

**Key words:** Haze, PM<sub>2.5</sub>, AQI index, Air quality

## 引言

霾作为一种最近几年公众关注度极大的天气现象,也越来越受到预报员的重视<sup>[1-5]</sup>。在预报业务当中,这两年来气象局不仅规范了霾天气的预报标准<sup>[6-8]</sup>,还对霾预警信号的发布标准进行了重新调整,而且新增了与霾密切相关的空气污染气象条件预报业务。张人禾<sup>[9]</sup>等通过对 2013 年 1 月中国东部持续性强雾霾天气产生的气象条件分析表明:雾霾天气

区域内的表面风速及其上空对流层中低层的水平风垂直切变对雾霾天气过程具有动力影响,二者偏小(大)时雾霾天气偏强(弱);对流层中低层的层结不稳定性以及近地面层的逆温状况和温度露点差对雾霾天气的演变可以产生热力影响,层结不稳定性逆温偏大(小)以及温度露点差偏小(大)时雾霾天气偏强(弱)。廖国莲等<sup>[10]</sup>对近 50 年广西霾的时空变化分析表明:广西霾天气主要发生在秋冬季,主要城市及周边地区霾日多,除空气污染外,近 50 年风速呈

收稿日期:2015-03-16

基金项目:广西气象局重点科研项目(桂气科 201302)、华南区域气象中心科技攻关项目(GRMC2014M12)

作者简介:白龙(1988-),男,广西南宁人,助理工程师,主要从事中短期、短时天气预报工作。

下降趋势可能导致更多的霾天气。大量研究表明<sup>[11-15]</sup>,霾天气的发生与能见度、相对湿度、风、气压、等气象要素密切相关。本文选取了南宁市一次霾天气过程,除了利用常规的气象资料,还结合了环保局的环境监测数据对这一过程进行分析,总结出南宁市较为严重的霾天气的发展、维持、消散三个阶段的气象特征,为更进一步的灰霾和空气污染气象条件预报提供基础。

## 1 资料和方法

本文使用的资料包括南宁城区地面观测站的气象现象、能见度、相对湿度、风、气压、雨量、日照等常规观测数据,欧洲中期天气预报中心 ECMWF 的 ERA-Interim 再分析资料,以及包含了平均 PM<sub>2.5</sub> 浓度、AQI 指数、首要污染物、空气质量指数等级等要素的南宁全市逐日环境监测数据。在霾过程的分析总结中,首先结合气象资料的霾观测数据及环保资料的空气质量等级数据对整个霾天气过程的各个发展阶段进行划分,之后再通过对各阶段的天气形势特征和气象要素情况进行分析,最终总结出可在实际预报业务上进行使用的相关结论。

## 2 结果和讨论

### 2.1 灰霾天气过程的阶段划分

#### 2.1.1 灰霾天气过程定义及划分标准

为了更细致地对灰霾天气发展过程进行研究,同时也便于对多个过程进行对比分析,需要制订一个能够表征一次完整的灰霾天气发展状态及灰霾严重程度的标准。

习惯上以代表地面站观测到霾现象的与否作为灰霾过程的选取标准,以过程中出现的最低能见度作为灰霾严重程度的考量标准<sup>[16-17]</sup>。对于南宁市而言,这样的标准不是很符合实际情况。首先南宁城区地面站位于主城区的边缘的小山之上,离江边较近且靠近植被茂盛的风景区,所观测到的能见度不能很好的代表大部主城区的情况。其次能见度的观测受人为因素影响较大,且一天只有白天的三次定时观测,难以清楚地表征连续的能见度变化情况。再者造成南宁市灰霾天气的主要污染物为 PM<sub>2.5</sub>,能见度的远近并不一定准确地反映 PM<sub>2.5</sub> 的浓度大小。

为了更好的表征灰霾天气过程的起止时段和严重程度,本文引入了南宁市全市的日平均空气质量

指数和 PM<sub>2.5</sub> 浓度作为辅助参考数据。由于灰霾的出现主要是空气中的固体污染物不断累积直到达到霾观测标准,而灰霾的消散则是污染物得到沉降或扩散直到低于标准值<sup>[18-20]</sup>。本文将满足出现人工观测有霾天气现象或首要污染物为细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)且空气质量指数等级大于等于中度污染(AQI>150)其中之一以上条件的日子定义为霾日。而一次完整的灰霾天气过程则定义为:两个空气质量指数级别为优或良(AQI≤100)的不连续日之间的时段内,如出现一天以上霾日,则这段时间称为一次完整的灰霾天气过程,该次过程的灰霾严重程度以最大日均 PM<sub>2.5</sub> 浓度表征。灰霾过程的阶段划分标准为:将过程的第一天至霾日前一天称为前期发展阶段;出现的第一个至最后一个霾日称为持续影响阶段;最后一个霾日的后一天至过程结束前一天称为后期消散阶段。

#### 2.1.2 所选灰霾过程个例简述

根据上述灰霾过程的定义,2013 年 11 月 29 日空气质量等级为良,其后的下一个空气质量为优或良的日期为 2013 年 12 月 14 日,而 12 月 4 日空气质量为中度污染,从 5 日到 13 日空气质量都为中度污染或重度污染并且观测到了霾现象,因此定义 2013 年 11 月 30 日至 12 月 13 日为一次完整的灰霾天气过程。整个过程的是否观测到霾现象、日均 PM<sub>2.5</sub> 浓度、空气质量等级等情况如表一所示。过程中的较大日均 PM<sub>2.5</sub> 出现在 12 月 7 日至 9 日,数值分别为 154 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、151 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、152 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。而这三天的日最小能见度记录分别为 7000m、6000m 和 4000m。根据修订后的霾观测规范和预警信号标准,12 月 9 日达到了霾黄色预警信号发布的标准,对应为出现了中度霾,因此本次过程为一次中度霾过程。

根据上述灰霾过程各阶段的划分标准,11 月 30 日至 12 月 3 日为此次灰霾过程的前期发展阶段,12 月 4 日至 12 月 13 日为持续影响阶段,由于 13 日至 14 日空气质量直接由中度污染转为良,因此过程的灰霾消散速度较快,后期消散阶段较短,不足一天。从表一可见,前期发展阶段虽然未观测到霾现象,但 PM<sub>2.5</sub> 浓度都在 75 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  以上,并且为逐日递增的趋势。到了 4 日,虽然在观测记录中尚未出现霾现象,但 PM<sub>2.5</sub> 浓度已达到了 135 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,形成了中度污染。5 日起至过程结束,虽然空气质量等级有所浮动,既有连续三天达重度污染,也有其中一天略有好转为轻度污染,但都观测到了霾现象,日最小能见度

表 1 灰霾过程相关情况

日期	是否观测到霾	PM2.5 浓度	空气质量等级	日期	是否观测到霾	PM2.5 浓度	空气质量等级
2013/11/30	否	78	轻度污染	2013/12/07	是	154	重度污染
2013/12/01	否	83	轻度污染	2013/12/08	是	151	重度污染
2013/12/02	否	110	轻度污染	2013/12/09	是	152	重度污染
2013/12/03	否	108	轻度污染	2013/12/10	是	134	中度污染
2013/12/04	否	135	中度污染	2013/12/11	是	114	轻度污染
2013/12/05	是	133	中度污染	2013/12/12	是	134	中度污染
2013/12/06	是	143	中度污染	2013/12/13	是	127	中度污染

记录也都低于 8000m。

2.2 天气形势特征及气象要素情况

在此次灰霾过程发生之前, 南宁受多股南下冷空气的影响, 特别是 11 月 27 日的一股较强冷空气造成了全市大部中雨局部大雨的降水过程 (图 1)。冷空气引起的较大近地面风速以及所带来的持续性降水使得南宁市的空气质量一直维持在良等级。到了 11 月 29 日, 冷空气引起的降水过程趋于结束, 南

宁城区日降水量为 0.1mm, 虽然空气质量等级仍为良, 但 PM2.5 浓度已比前一天有明显上升。

11 月 30 日至 12 月 3 日的灰霾过程发展前期, 整个广西区域地面受冷高压控制, 吹弱的偏北风。低层由偏北气流转为受弱的西南气流影响 (图 2)。南宁城区天气基本为晴天, 日总日照时数在 9 个小时左右。较为稳定的大气环流形势和弱的近地面风使得 PM2.5 得到堆积, 形成逐日上升的趋势。12 月

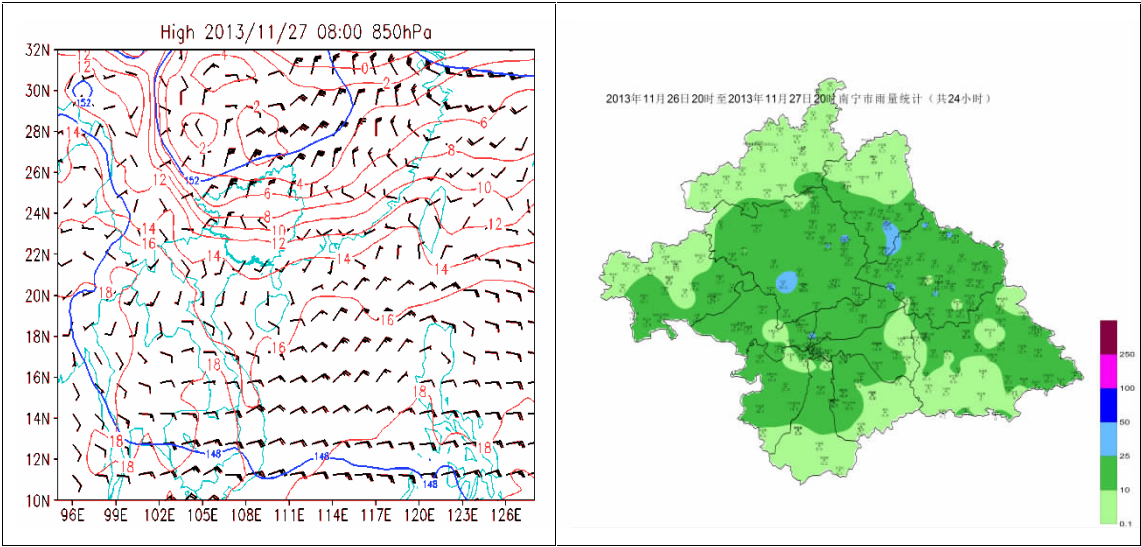


图 1 2013 年 11 月 27 日冷空气过程的 850hPa 形势场及南宁市降水情况

4 日 08 时, 虽然有一股较弱冷空气从东路影响广西, 850hPa 和 925hPa 都转为东北风。但低层的东北风风速较弱, 小于  $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 且弱冷空气引起地面降温使得 925hPa 的气温比地面气温高  $2^{\circ}\text{C}$  左右。弱的冷空气和近地面逆温层使得 4 日的 PM2.5 浓度上升速度加快, 空气质量由轻度污染变成了中度污染。

在 4 日起的灰霾过程持续影响阶段的前几天

中, 广西一直受地面冷高压控制。到了 12 月 7 日南宁市已经连续 7 天基本无降水, PM2.5 浓度一直以线性上升至整个灰霾过程的最大值  $154\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 空气质量达到了重度污染等级。之后的 8 日和 9 日, 地面由变性冷高压控制转为受中等强度冷空气影响, 850hPa 和 925hPa 的平均风力接近  $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 地面日平均风力分别为  $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  和  $2.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 与过程前期发展



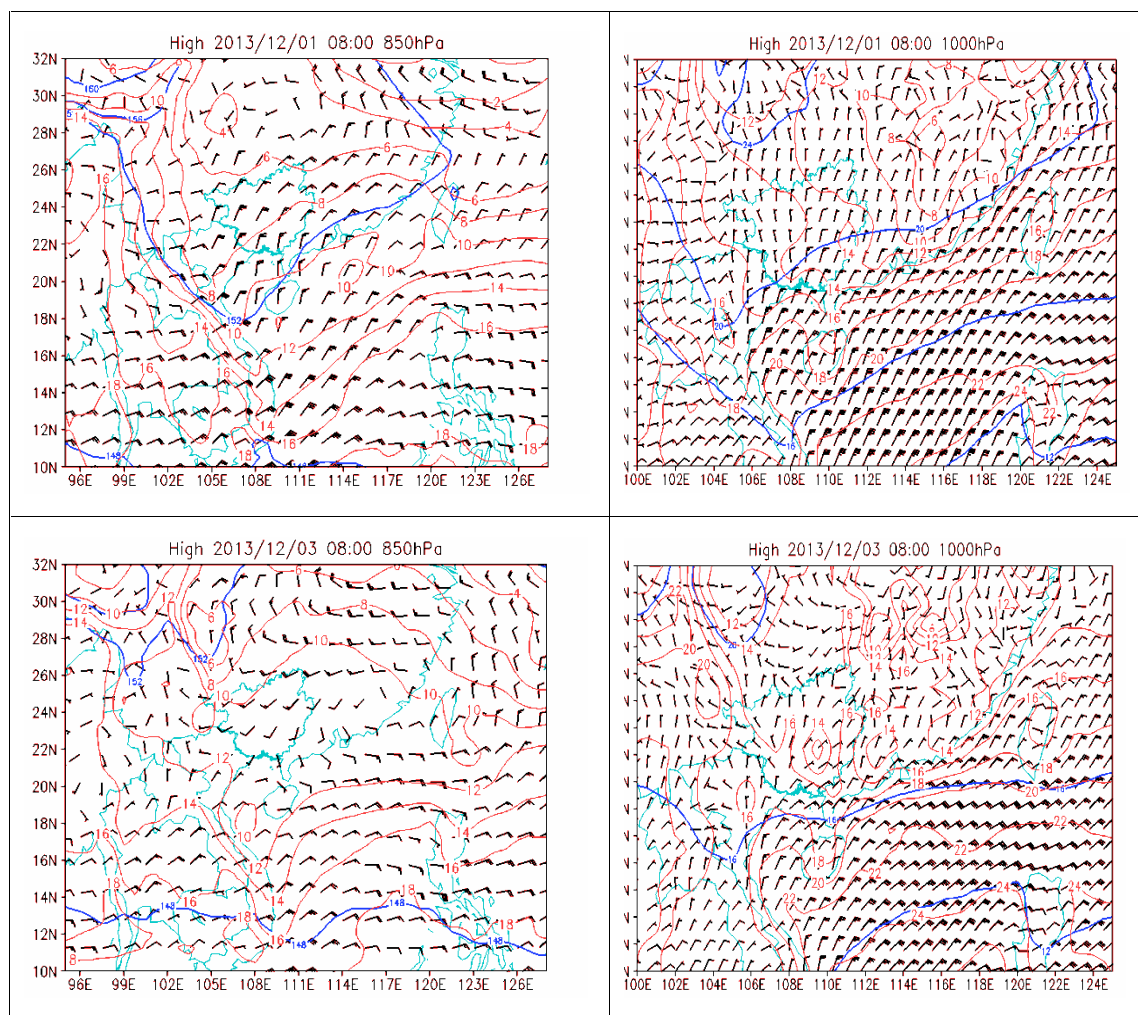


图2 2013年12月1日和3日850hPa、1000hPa形势场(A:1日08时850hPa B:1日08时1000hPa C:3日08时850hPa D:3日08时1000hPa)

阶段的平均风力相比增大了约  $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。相对较大的低层和地面的风速使得  $\text{PM}_{2.5}$  的浓度停止了上升的趋势,维持在  $150\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  左右。但是由于这次冷空气并未带来明显降水过程,空气质量依然为重度污染。12月10日至13日,850hPa转为偏南风,南宁有分散降水,这一时段随仍观测到霾现象,但  $\text{PM}_{2.5}$  浓度已呈现浮动下降的趋势,空气质量也由重度污染转为中度污染。

12月14日,受高空槽和低层切变线的共同影响,广西大部出现了中到大雨的天气过程, $\text{PM}_{2.5}$  浓度由前一天的  $127\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  急剧下降为  $64\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,空气质量直接由中度污染转为良。15日全区降水仍为大部中雨以上,此时的  $\text{PM}_{2.5}$  浓度已降至  $21\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,空气质量为优。长达十几天的灰霾天气过程在一场中雨以上量级的降水过程中结束。

### 3 结论

(1)利用环境监测数据中的  $\text{PM}_{2.5}$  浓度和空气质量指数,能够更好地表征灰霾天气的发展状况及严重程度。

(2)给出详细灰霾天气过程定义,并将整个过程划分为前期发展、持续影响阶段、后期消散三个发展阶段,有利于标准化分析各个灰霾过程个例,从而更易于总结出导致灰霾发生和消散的共性。

(3)这次霾过程主要是由地面受冷高压控制导致长时间段无降水而引起的。在无有利扩散条件的情况下, $\text{PM}_{2.5}$  的浓度呈线性增长趋势,当其达到一定量级使得空气质量为中度污染时,能见度有很大可能会降低到满足霾现象观测标准。较弱的低层风和近地面逆温层都能够加大  $\text{PM}_{2.5}$  的堆积速度。

(4)在低层和地面风速有一定加大但无降水的

情况下, PM<sub>2.5</sub> 浓度只是浮动维持在某一数值, 而不是呈现明显下降的趋势。

(5) 一次中雨以上的降水天气过程能够快速降低空气中的 PM<sub>2.5</sub>, 结束霾天气过程。

#### 参考文献:

- [1] 刘建, 吴兑, 范绍佳, 等. 2014 年 1 月珠三角一次典型灰霾过程的流场特征分析 [C]. 第 31 届中国气象学会年会 S12, 大气物理学与大气环境, 2014.
- [2] 李丽云. 广州番禺区灰霾天气的特征及气象因子诊断 [J]. 广东气象, 2013, (4): 43-46.
- [3] 黄丽超. 东兴灰霾天气特征及影响因素分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (S1): 232-233.
- [4] 莫雨淳, 廖国莲, 郑凤琴. 南宁市霾的特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36 (1): 92-95.
- [5] 蒋珍姣, 龙凤翔, 李艳玉, 李垂军. 桂林市近 10 年霾的变化分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (1): 68-69+79.
- [6] 中国气象局. QX/T113-2010. 霾的观测和预报等级 [M]. 北京: 气象出版社, 2010.
- [7] 陈慧华, 王春林, 黄珍珠. 广东灰霾天气预警指标及时空分布 [J]. 广东气象, 2008, (5): 1+67.
- [8] 吴幸毓, 何小宁, 刘爱鸣. 福州市霾天气观测及预警信号发布标准的初步探讨 [J]. 气象研究与应用, 2013, 03: 57-60.
- [9] 张人禾, 李强, 张若楠. 2013 年 1 月中国东部持续性强雾霾天气产生的气象条件分析 [J]. 中国科学: 地球科学, 2014, 44 (1): 27-26
- [10] 廖国莲, 曾鹏, 郑凤琴, 等. 1960—2009 年广西霾日  
.....
- (上接第 70 页)
- [9] 黄远盼, 宁玉梅, 莫家尧, 等. 广西前汛期两次暴雨天气过程对比分析 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (1): 12-16.
- [10] 叶树春, 周武, 蔡晶. 一次区域暴雨天气过程分析 [J]. 广东气象, 2011, 33 (6): 8-12.
- [11] 柯文华, 杨端生, 陈映强. 揭阳市一次突发局地特大暴雨的中尺度特征 [J]. 广东气象, 2010, 32 (1): 29-31.
- [12] 陈见, 高安宁, 唐文. 广西超大范围锋面暴雨发生特征及预报方法研究 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (1): 7-12.
- [13] 阳擎, 陈翠敏, 林开平. 南宁市暴雨时空分布特征 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (1): 34-36.
- [14] 唐新, 林宗桂, 黎家宜, 等. 一条南北向暴雨带的降雨特征及成因分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (3): 1-4.
- [15] 肖文俊. 东风波天气区域分布与基本气流垂直切变的关系 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 1990, 26 (3): 334-335.
- [16] 夏秋萍, 张滨. 一次东风波引起的特大暴雨天气过程分析 [J]. 海洋预报, 2011, 28 (3): 68-73.
- [17] 郭洪权, 何草青, 陆炳记, 等. 2011 年后汛期干旱特点及成因诊断分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (1): 19-20.
- [18] 何草青, 陆炳记, 郭洪权, 等. 广西一次全区性暴雨过程成因分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (1): 48-49.
- [19] 黄开刚. 桂西一次对流性特大暴雨过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (1): 52-54.
- [11] 张立多, 叶文健, 陈德花, 黄雅芳. 灰霾天气对厦门市城市能见度影响问题初探 [J]. 气象研究与应用, 2007, S2: 149-150.
- [12] 刘艳群. 粤北灰霾天气的气候特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, S2: 57-58.
- [13] 王明洁, 张蕾, 陈元昭, 朱小雅. 大运会期间深圳重度灰霾天气特征及环流形势 [J]. 广东气象, 2010, (3): 5-8.
- [14] 李菲, 吴兑, 王婷, 陈静. 广州 2010 年亚运会会期的灰霾天气问题 [J]. 广东气象, 2008, (2): 19-21.
- [15] 梁延刚, 胡文志, 杨敬基. 香港能见度、大气悬浮粒子浓度与气象条件的关系 [J]. 气象学报, 2008, 66 (3): 461-469.
- [16] 吴兑. 再论相对湿度对区别都市霾与雾 (轻雾) 的意义 [J]. 广东气象, 2006 (1): 9-13.
- [17] 王博, 辜智慧. 深圳市霾日分布特征与城市经济指标关系 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (1): 40-44.
- [18] 廖国莲, 曾鹏, 程鹏. 珠江三角洲典型灰霾天气过程和清洁过程近地层流场的 EOF 对比分析 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (4): 23-25.
- [19] 肖伟军, 汪瑛, 高亭亭, 黎洁仪. “亚运演练”期间广州市一次持续灰霾天气过程分析 [J]. 广东气象, 2010, (4): 6-9.
- [20] 孙燕, 张备, 严文莲, 等. 南京及周边地区一次严重烟霾天气的分析 [J]. 高原气象, 2010, 29 (3): 794-800.