

魏文华,王体健,石春娥,等.合肥市雾日气象条件分析.气象科学,2012,32(4):437-442.

WEI Wenhua, WANG Tijian, SHI Chune, et al. Analysis of weather conditions for fog in Hefei. Journal of the Meteorological Sciences, 2012, 32(4):437-442.

合肥市雾日气象条件分析

魏文华^{1,2} 王体健¹ 石春娥³ 张浩³

(1 南京大学大气科学学院,南京 210093; 2 安徽省气象局,合肥 230061; 3 安徽省气象科学研究所,合肥 230031)

摘要 利用合肥市气象观测站 2005—2009 年常规观测资料,统计分析了该市雾的月、季变化,及雾日地面气象要素特征;同时,应用后向轨迹和聚类分析的方法,研究了雾日大尺度输送特征。结果表明,合肥雾日数 12 月最多,7 月最少;雾日局地气象条件表现为高湿、微风、偏东或西北风向;合肥雾日与输送形势关系密切,雾日近地层(10 m)以偏东方向的轨迹最多,在边界层中上部(1 000 m)以西南轨迹和本地轨迹最多。

关键词 雾;气象条件;后向轨迹;聚类分析

分类号: 426.43

doi:10.3969/2012jms.0074

文献标识码: A

Analysis of weather conditions for fog in Hefei

WEI Wenhua^{1,2} WANG Tijian¹ SHI Chune³ ZHANG Hao³

(1 School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

2 Anhui Meteorological Bureau, Hefei 230061, China;

3 Anhui Institute of Meteorological Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract The monthly and seasonal variation of fog in Hefei and related surface weather elements characteristics were analyzed using conventional observation data from 2005 to 2009. Back-trajectory and cluster analyses were used to study the large scale transport characteristics on fog days. The results show that the number of fog days was the maximum in December, but it was the minimum in July. The weather conditions of fog can be characterized by high humidity, breeze and easterly or northwest wind. The fog occurrence was closely related to the transport pattern. The fog was associated with easterly (from east) trajectory at the ground level (10m), southwesterly and local trajectory at upper boundary layer (1000m).

Key words Fog; Meteorological situation; Back-trajectory; Cluster analysis

引言

雾是指大量微小水滴(或冰晶)浮游空中,使水平能见度低于 1.0 km 的天气现象,其中能见度低于 500 m 为浓雾、低于 50 m 为特强浓雾。雾是一种灾害性天气,对各类交通和大气环境影响都较大,国内不少学者对重庆、南京、济南等大城市进行了雾的观

测、气候特征、物理化学特征、数值模拟等方面研究^[1-3]。王丽萍等^[4]研究指出淮河流域是中国六大雾区之一。近年来,不少学者也对位于淮河流域的安徽雾进行了研究。陈晓红等^[5]利用安徽省各县测站建站以来的观测资料,对安徽雾的分布、分类以及与气象条件的关系等作过深入研究,研究表明雾在安徽全省都有发生,且以辐射雾为主。石春娥

收稿日期(Received):2011-09-06;修改稿日期(Revised):2011-10-20

基金项目:中国气象局新技术推广项目(CMATG2010M16);公益性行业(气象)科研专项(GYHY201206011);国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2010CB428503)

通讯作者(Corresponding author):王体健(WANG Tijian). Tjwang@nju.edu.cn

等^[6]利用安徽省78个测站近半个世纪的资料,结合全省燃煤耗量、省会城市(合肥)的人口、建成区面积等资料研究各地雾发生频率的变化趋势,揭示人类活动对雾的影响,研究表明安徽省雾的年代际变化趋势分布不均匀,以1980年为中心的10 a是安徽年均雾日数最高的10 a。同时,以合肥为代表,揭示城市在不同的发展阶段对雾的影响不同,最近30 a,城市雾的消散时间明显推后,平均持续时间增加,雾内能见度下降。魏文华等^[7]利用合肥1954—2006年地面观测资料,研究了合肥地区大雾的年、月、日变化特征及其持续时间,指出合肥地区大雾基本属于辐射雾,且具体明显的季节性,主要集中在秋冬季。

综上所述,以上关于安徽雾的研究主要依据长年代气象资料,统计分析了雾的气候变化的事实,对于雾的预报能起到积极的推动作用。但是,由于雾的局地性特点,对合肥城市雾的气象条件分析,以及输送条件对雾的影响研究较少。

合肥地区地处长江中下游平原,属亚热带湿润季风气候,地势由西北向东南倾斜,四郊岗冲起伏,地区性气候特征明显。本文采用合肥市气象观测站2005—2009年常规气象观测资料,分析了合肥雾的月、季变化,研究了雾日地面气象要素特征,用轨迹分析和聚类分析相结合的方法对不同高度的输送条件进行客观分类,研究了不同输送条件对雾发生频率的影响,并初步解释了雾的成因,对开展城市雾的预警预报及其影响评估业务奠定了基础。

1 资料与方法

1.1 资料来源

本文所用常规气象观测资料来源于合肥市气象观测站。该站属于国家气象观测基本站,历经2次搬迁,最近的一次是2004年迁址到合肥南郊的骆岗机场,具体位置为(31°47'N, 117°18'E),与市中心距离约10km。考虑到城市发展、局地下垫面环境的变化^[8]可能会对雾的生成有影响,本文采用该站现址2005—2009年的观测资料。

用于轨迹计算的气象场资料为美国国家海洋和

大气管理局(NOAA)运行NCEP(National Centers for Environmental Prediction)模式输出的FNL资料,可直接从网上下载(<http://www.arl.noaa.gov/ss/transport/archives.html>)。

1.2 研究方法

由于雾的局地性很强,雾的生成与地面气象条件的关系密切,特别是与相对湿度、风速、风向有着密不可分的关系,本文首先统计分析合肥雾日地面气象要素特征。

(1) 后向轨迹分析方法

Beverland, et al^[9]指出后向轨迹能较好地表示高湿气团到达接收地之前所经过地区。为了解不同输送路径对合肥雾日的影响,本研究中使用美国NOAA研制的轨迹模式HYSPLIT4(HybridSingle Particle Lagrangian Integrated)^[10]计算每一次雾过程不同时段不同高度的48 h后向轨迹。

(2) 聚类分析方法

聚类分析是一种多元统计技术,本文应用Dorling, et al^[11]提出的方法对合肥雾日08时和雾日前一日20时10 m和1000 m高度的48 h后向轨迹进行客观分类。该方法对大量资料进行分组,分组的原则是达到组间差异尽可能地大,组内差异尽可能的小。石春娥等^[12-14]应用Dorling, et al^[11]提出的聚类分析方法研究了合肥PM₁₀、酸雨、灰霾等输送条件,发现在不同的输送条件下,合肥PM₁₀浓度、酸雨强度、灰霾天气等都有显著的不同。

2 合肥市雾日局地气象特征

2.1 合肥市月、季雾日数变化特征

根据气象观测规范的定义,一个“雾日”定义为在1 d中的任意时段观测到雾的出现。根据统计,2005—2009年合肥总雾日数为113 d。从合肥市2005—2009年雾日数月变化(表1)看,月雾日数波动明显,1月、12月平均雾日数最多,达到4.2 d,4—9月雾日数较少,7月最低,仅0.4 d,其他月份雾日数保持在2.0~3.0 d之间。雾日表现为冬季最多,达12.0 d;春秋季节次之,分别为3.8 d和5.8 d;夏季最少,仅为2.2 d。

表1 合肥2005—2009年平均月雾日数(单位:d)

Table 1 Monthly mean of fog days in Hefei during 2005 to 2009

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日数/d	4.2	2.4	2.6	0.6	0.6	0.8	0.4	1.0	0.6	2.2	3.0	4.2

以上统计分析可知,合肥市雾的月、季节变化明显,表现出秋冬季雾天多,春夏季雾天少的分布特征。

2.2 合肥市雾日地面气象条件

2.2.1 相对湿度

表2给出了2005—2009年合肥雾日不同相对湿度出现频率。由表可见,在3个不同时刻,雾日出现的不同相对湿度频率存在较大差异。雾日前一日20时,空气相对湿度小于85%的频率最大,为35.4%,而相对湿度在85%~90%、90%~95%以及95%以上的出现频率大致相当。雾日当日02时,相对湿度>95%的频率最大,为56.6%,相对湿度<85%的频率最小,只有7.1%。雾日当日08时,相对湿度>95%的频率最大,为64.6%,相对湿度在90%~95%之间的频率有28.3%,即相对湿度在90%以上占92.9%,相对湿度<85%的频率最小,仅0.9%。因此,雾日与相对湿度关系密切,高湿是雾生成的有利条件之一。

2.2.2 风向

表3给出了2005—2009年合肥雾日不同风向出现频率。由表可见,在3个不同时刻,雾日出现的不同风向频率有较大差异。雾日前一日20时,风向为E出现频率最大,为14.2%,ENE次之,也有13.3%;C(静风)时频率最小,为0。雾日当日02时,风向为WNW出现频率最大,为13.3%,ENE、NW次之,均为12.4%;C(静风)时频率最小,仅为0.9%。雾日当日08时,风向为NW出现频率最大,WNW、ENE次之,均为10.6%;SE、W、C(静风)时频率最小,均只有1.7%。因此,雾与风向关系密切。

表2 2005—2009年合肥雾日不同相对湿度出现频率(%)

Table 2 Occurrence frequencies of different relative humidity ranges before and on fog days in Hefei during 2005 to 2009

相对湿度(%)	前一日20时	当日02时	当日08时
<85	35.4	7.1	0.9
85~90	21.2	14.2	6.2
90~95	22.1	22.1	28.3
>95	21.3	56.6	64.6

表3 2005—2009年合肥雾日不同风向出现频率(%)

Table 3 Occurrence frequencies of different wind direction ranges before and on fog days in Hefei during 2005 to 2009

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C(静风)
前一日20时	4.4	6.2	7.9	13.3	14.2	4.4	7.1	0.9	5.3	3.5	3.5	4.4	4.4	7.1	4.4	8.8	0
当日02时	2.6	5.3	10.6	12.4	3.5	3.5	7.1	5.3	2.6	4.4	7.1	2.6	3.5	13.3	12.4	2.6	0.9
当日08时	6.2	6.2	9.7	10.6	5.3	2.6	1.7	4.4	6.2	8.8	4.4	4.4	1.7	10.6	12.4	2.6	1.7

切,风向为E、ENE、NW、WNW易生成雾,静风不利于雾的生成。

2.2.3 风速

表4给出了2005—2009年合肥雾日不同风速出现频率。由表可见,在3个不同时刻,雾日出现的不同风速频率存在较大差异。雾日前一日20时,风速在0~2 m/s频率最大,为82.3%,风速在2~3 m/s次之,为15.9%;风速为0或>5 m/s时,出现频率均为0。雾日当日02时,也是风速在0~2 m/s出现频率最大,为77.0%,风速在2~3 m/s次之,为14.2%,风速>5 m/s时,出现频率为0。雾日当日08时,同样是风速在0~2 m/s频率最大,同为77.0%,风速在2~3 m/s区间次之,为15.9%,风速>5 m/s时,出现频率为0,风速为0时,频率也有1.8%。因此,雾日与风速关系密切,风速<2 m/s频率最大,即微风有利于雾的形式,风速>5 m/s则有利于近地层水汽扩散,不利于雾的生成。

根据以上统计分析结果可知,高湿、微风、偏东或西北风向是合肥产生雾的有利条件,这与文献[5]分析结果一致。

3 不同输送态势与雾发生频率的关系

3.1 雾日前一日20时1000 m高度后向轨迹

应用聚类分析的方法对2005—2009年雾日前一日20时1000 m高度处的后向轨迹进行客观分类,得到7组后向轨迹,平均轨迹的水平分布见图1,图中数字为分组序号。轨迹水平分量经过的路线表示气团到达本地以前所经过的地区,根据其长短可以判断气团移动的速度,长的轨迹对应移动

表4 2005—2009年合肥雾日不同风速出现频率(%)

Table 4 Occurrence frequencies of different wind speed ranges before and on fog days in Hefei during 2005 to 2009

风速/(m·s ⁻¹)	0	0~2	2~3	3~4	4~5	>5
前一日20时	0	82.3	15.9	0.9	0.9	0
当日02时	0.9	77.0	14.2	6.2	1.7	0
当日08时	1.8	77.0	15.9	4.4	0.9	0

快的气团,短的轨迹表示气团移动缓慢。移动缓慢且基本上在本地打转的轨迹定义为本地轨迹。

图1给出了这7组轨迹的详细分布,表5给出了各对应轨迹组占总雾日数的比例。由图1和表5各组轨迹的对应关系可以看出,雾日前一1000 m高度处的后向轨迹可分为7组,除了第7组外,都有一个共同特点,都比较短,远低于邱明燕等^[12]对合肥市降水日输送轨迹研究得到的同高度降水日后向轨迹,这说明雾日一般对应着移动缓慢的气团。不同来向的轨迹所占比例存在较大差异:来自西北方向的轨迹最长,出现日数最少,仅为11 d,占总雾日数的9.73%。定义为本地轨迹(最短的一组)出现日数最多,达到27 d,占23.89%;其次是来自偏西方向的轨迹,出现日数为20 d,占17.7%,其他来向轨迹差别不大。因此,雾日发生前边界层中上部气团移动速度一般比较缓慢。

3.2 前一1000 m 高度后向轨迹

同上,应用聚类分析的方法对2005—2009年雾日前一1000 m高度处的后向轨迹进行客观分类,得到7组后向轨迹,平均轨迹的水平分布见图2。表6给出了各对应轨迹组占总雾日数的比例。

由图2和表6可见,雾日前一1000 m高度处的后向轨迹也可分为7组,可明显看出,除组4、6

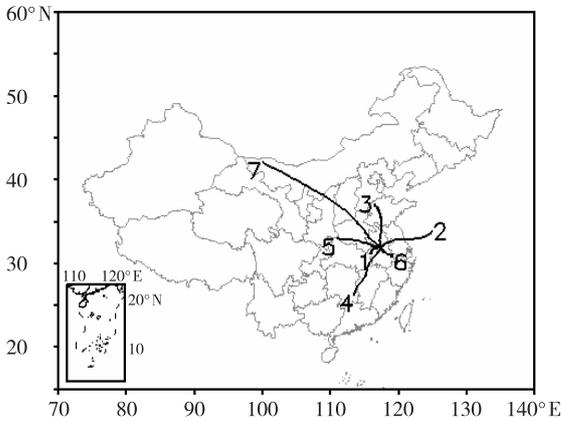


图1 雾日前一1000 m 平均后向轨迹分布
Fig. 1 Distributions of cluster-mean back-trajectories at a height of 1 000 m at 20:00 on the day before fog day

表5 雾日前一1000 m 高度不同来向轨迹出现频率
Table 5 Frequencies of fog in each cluster at a height of 1000 m at 20:00 the day before

图1中 轨迹序号	1 (本地)	2 (E)	3 (N)	4 (SW)	5 (W)	6 (SE)	7 (NW)
出现日数/d	27	12	13	13	20	17	11
所占比例(%)	23.89	10.62	11.50	11.50	17.70	15.04	9.73

外,平均轨迹分布基本上以偏东方向居多,占总数的73.46%。因此,雾日发生与近地层偏东方向水汽输送密切相关,可能是来自太平洋的水汽输送,这与2.2.2节研究的结果偏东风向对应的雾出现频率最多的结果也是一致的。

3.3 当日08时1000 m 高度后向轨迹

应用聚类分析的方法对2005—2009年雾日08时1000 m高度处的后向轨迹进行客观分类,得到7组后向轨迹,平均轨迹的水平分布见图3。

由图3和表7各组轨迹的对应关系可看出,雾发生时08时1000 m高度处的后向轨迹分为7组,各组出现频率存在显著差异。来自西南方向(组2)的轨迹出现日数最多,为46 d,所占比例达40.71%。虽然也有来自西北方向的移动较快的气团(对应较长轨迹)(组5,6,7),但所占比例较低,不到9%。可见,雾发生时边界层中上部的主要输送方向为西南方向,这可能与西南方向的暖湿气流

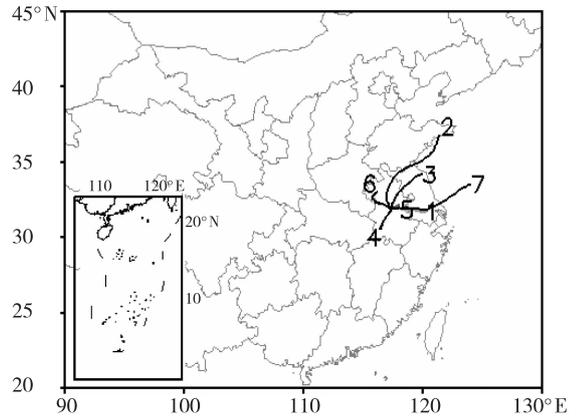


图2 雾日前一1000 m 平均后向轨迹分布
Fig. 2 Distributions of cluster-mean back-trajectories of fog at a height of 10 m at 20:00 the day before

表6 雾日前一1000 m 不同轨迹出现频率
Table 6 Frequencies of fog in each cluster at a height of 10 m at 20:00 the day before

图2中 轨迹序号	1	2	3	4	5	6	7
出现日数/d	28	4	20	11	27	19	4
所占比例(%)	24.78	3.54	17.70	9.73	23.89	16.81	3.54

表7 雾日08时1000 m 不同轨迹出现频率
Table 7 Frequencies of fog in each cluster at a height of 1000m at 08:00

图3中 轨迹序号	1	2	3	4	5	6	7
出现日数/d	20	46	19	18	1	6	3
所占比例(%)	17.70	40.71	16.81	15.93	0.88	5.31	2.65

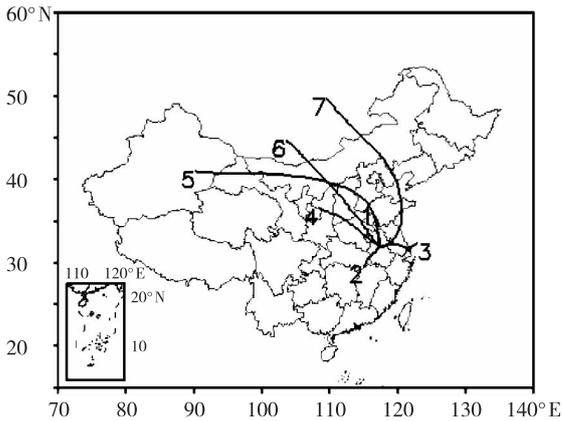


图3 雾日08时1 000 m平均后向轨迹分布
Fig.3 Distributions of cluster-mean back-trajectories of fog at a height of 1 000 m at 08:00

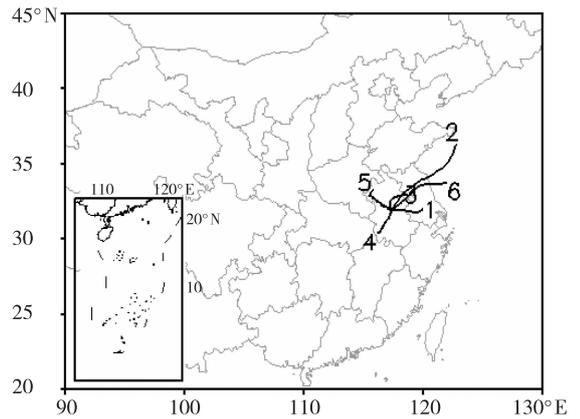


图4 雾日08时10 m平均后向轨迹分布
Fig.4 Distributions of cluster-mean back-trajectories of fog at a height of 10 m at 08:00

输送有关。

3.4 当日08时10 m高度后向轨迹

应用聚类分析的方法对2005—2009年雾日08时10 m高度处的后向轨迹进行客观分类,得到6组后向轨迹,平均轨迹的水平分布见图4。

由图4和表8各组轨迹的对应关系可以看出,雾日当日08时10 m高度处的后向轨迹可分为6组,各组出现频率存在较明显的差异。偏东、西北(组1,3,5)方向轨迹出现日数相对较多,其他各组出现日数相对较少。总之,雾发生时近地层气团的主要来向为偏东方向,对应慢速移动的气团。

表8 雾日08时10 m不同轨迹出现频率

Table 8 Frequencies of fog in each cluster at a height of 10 m at 08:00

轨迹序号	1	2	3	4	5	6
出现日数/d	32	4	29	13	22	13
所占比例(%)	28.32	3.54	25.66	11.50	19.47	11.50

由以上分析可知,比较20时、08时10 m和1 000 m气团的主要来向,可以发现两个时刻两个高度上雾日气团来向不同。20时,近地层以偏东来向的气团为主(组1,5),1 000 m高度以偏西来向的气团为主(组1,5);08时,近地层以偏东来向的气团为主(组1,3),1 000 m高度以偏西南来向的气团为主(组2),这反映了差分温度平流对雾的作用,即边界层内上下层不同的温度平流,是维持雾日边界层内逆温的重要机制。在20时和08时,近地层和边界层中上部气团的来向方向正好相反,底层东北风平流降温是辐射雾生成的重要条件,边界层中上部西南方面暖湿气流为大雾的形成提供了充沛的水汽和热

力条件。同时,由于两个高度风向不同,该地区处在较强的风切变之下,使其本身湍流不易发展,对近地层逆温的稳定维持很有帮助,因而有利于雾的生成和维持。

4 讨论与结论

4.1 讨论

由于合肥和南京地理位置相近,两地同属长江中下游平原地区,均属北亚热带湿润季风气候。在此根据本文及文献[7,15]结果对两地雾的特征进行比较:

相同点:两地雾的特征基本相似,两地均以辐射雾最为常见,两地雾的年、季、月和日变化明显,秋冬季最多,夏季最少,均属于“冬半年雾日多于夏半年”型^[16]。雾的出现与风向、风速、相对湿度、气压等气象条件密切相关,雾天气出现均表现为近地面弱风、高湿和弱高压等气象条件。

不同点:两地雾的年、季、月和日变化的具体情况略有不同。比如:南京年均雾日为23d,雾日数11月最多,1960s为雾为下降趋势,1970s为雾为上升趋势,1990s雾为总体上略微下降,2001—2006年,雾日显著减少。合肥年均雾日为16d,雾日数12月最多,1960s雾为先上升后下降,1970s雾为先下降后上升,1990s振荡趋势明显,2001—2006年,合肥雾日先下降后上升。这既说明了两地局地气候特征的差异,也说明了两地城市发展进程的差异。

4.2 结论

(1)合肥市雾具有明显的月、季变化特征,雾一般发生在秋冬季,冬季雾的发生概率最大,12月雾日最多;夏季雾日发生概率最小,7月雾日数最少。

(2)合肥雾日与相对湿度、风向、风速等地面气象条件关系密切,雾时局地气象条件表现为高湿、微风、偏东或西北风向。

(3)比较20时、08时10m和1000m气团的主要来向,可以发现两个时刻两个高度上雾日气团来向不同,说明合肥雾日与近地层、边界层中上部的气团输送密切相关,也反映了差分温度平流对雾的作用。近地层来自偏东方向的平均轨迹出现日数最多,这与来自太平洋的水汽输送对雾的生成的贡献有关,也与雾日偏东风频率较高的结论相吻合。边界层中上部来自西南方向的平均轨迹和本地轨迹出现的日数最多,这与边界层中上部西南暖湿气流的输送对雾的生成的贡献有关。

参 考 文 献

- [1] 李子华, 彭中贵. 重庆市冬季雾的物理化学特性. 气象学报, 1994, 52(4): 477-483.
LI Zihua, PENG Zhonggui. Physical and chemical characteristics of the Chongqing winter fog. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 1994, 52(4): 477-483.
- [2] 杨军, 谢玉静, 石春娥, 等. 南京冬季辐射雾和平流辐射雾的化学特征差异. 大气科学学报, 2009, 32(6): 776-782.
YANG Jun, XIE Yujing, SHI Chune, et al. Differences in ion compositions of winter fogwater between radiation and advection-radiation fog episodes in Nanjing. Transactions of Atmospheric Sciences (in Chinese), 2009, 32(6): 776-782.
- [3] 尹承美, 刘爱梅, 胡鹏, 等. 济南市一次持续大雾过程分析. 气象科学, 2008, 28(S1): 37-40.
YIN Chengmei, LIU Aimei, HU Peng, et al. Analysis of a sustained heavy fog event in Jinan. Scientia Meteorologica Sinica (in Chinese), 2008, 28(S1): 37-40.
- [4] 王丽萍, 陈少勇, 董安祥. 中国雾区的分布及其季节变化. 地理学报, 2005, 60(4): 689-697.
WANG Liping, CHEN Shaoyong, DONG Anxiang. The distribution and seasonal variations of fog in China. Acta Geographica Sinica (in Chinese), 2005, 60(4): 689-697.
- [5] 陈晓红, 方翀. 安徽省县级大雾预报业务系统. 气象, 2005, 31(4): 61-64.
CHEN Xiaohong, FANG Chong. An operational forecast system of dense fog for counties in Anhui Province. Meteorological Monthly (in Chinese), 2005, 31(4): 61-64.
- [6] 石春娥, 杨军, 邱明燕, 等. 从雾的气候变化看城市发展对雾的影响. 气候与环境研究, 2008, 13(3): 327-336.
SHI Chune, YANG Jun, QIU Mingyan, et al. Impacts of urban development on long-term variation of fog. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 2008, 13(3): 327-336.
- [7] 魏文华, 邓斌. 近50年合肥地区大雾分析. 安徽农业科学, 2008, 36(9): 3776-3777.
WEI Wenhua, DENG Bin. Analysis of heavy fog in Hefei area in recent 50 years. Journal of Anhui Agricultural Sciences (in Chinese), 2008, 36(9): 3776-3777.
- [8] 刘勇, 王东勇, 田红, 等. 气象观测环境的变化对气温序列的影响分析. 气象科学, 2006, 26(4): 436-441.
LIU Yong, WANG Dongyong, TIAN Hong, et al. Temperature series affected by the change of environment around meteorological observing stations. Scientia Meteorologica Sinica (in Chinese), 2006, 26(4): 436-441.
- [9] Beverland I J, Crowther J M, Srinivas M S N, et al. The influence of meteorology and atmospheric transport patterns on the chemical composition of rainfall in south-east England. Atmos. Environ., 1998, 32(6): 1039-1048.
- [10] Draxler R R, Hess G D. Description of the HYSPLIT-4 modeling system. NOAA Technical Memo, ERL ARL-224. Maryland: Air Resources Laboratory, 1997: 1-22.
- [11] Dorling S R, Davies T D, Pierce C E. Cluster-analysis: A technique for estimating the synoptic meteorological controls on air and precipitation chemistry-method and applications. Atmos. Environ. Part A Gen. Top., 1992, 26(14): 2575-2581.
- [12] 邱明燕, 石春娥, 张浩, 等. 合肥市酸雨变化特征及其影响因素. 环境科学学报, 2009, 29(6): 1329-1338.
QIU Mingyan, SHI Chune, ZHANG Hao, et al. Marked changes of acid rain in Hefei and their causes. Acta Scientiae Circumstantiae (in Chinese), 2009, 29(6): 1329-1338.
- [13] 张浩, 石春娥, 邱明燕, 等. 合肥市霾天气变化特征及其影响因素. 环境科学学报, 2010, 30(4): 714-721.
ZHANG Hao, SHI Chune, QIU Mingyan, et al. Long-term variation of haze phenomena in Hefei and its impact factors. Acta Scientiae Circumstantiae (in Chinese), 2010, 30(4): 714-721.
- [14] 石春娥, 姚叶青, 张平, 等. 合肥市PM₁₀输送轨迹分类研究. 高原气象, 2008, 27(6): 1383-1391.
SHI Chune, YAO Yeqing, ZHANG Ping, et al. Transport trajectory classifying of PM₁₀ in Hefei. Plateau Meteorology (in Chinese), 2008, 27(6): 1383-1391.
- [15] 童尧青, 银燕, 许退祯, 等. 南京地区雾的气候特征. 南京气象学院学报, 2009, 32(1): 115-120.
TONG Yaoqing, YIN Yan, XU Xiazhen, et al. Climatological characteristics of fogs in Nanjing. Journal of Nanjing Institute of Meteorology (in Chinese), 2009, 32(1): 115-120.
- [16] 孙奕敏. 灾害性浓雾. 北京: 气象出版社, 1994: 6-10.
SUN Yimin. Severe fog. Beijing: China Meteorological Press (in Chinese), 1994: 6-10.