

近 43 年西安地区雾、霾天气时空变化特征及成因分析

孟小绒, 杜萌萌, 金丽娜, 杨睿 (陕西省西安市气象局, 陕西西安 710016)

摘要 利用西安市 7 个观测站点 1970~2012 年的雾日和霾日观测资料, 从空间和时间两方面分析了西安雾霾、霾日数的变化特征, 并结合西安及其周边地区主导风向进行了成因分析。结果表明, 43 年来西安地区雾霾平均出现次数以城区最多, 2000 年以后大值中心明显向东南方向——长安、蓝田一带偏移; 雾霾出现频次总体呈减少趋势, 2010 年以后有所增加; 雾霾天气主要发生在冬季, 最多出现在 12 月或 1 月, 夏季较少, 最少出现在 5 月或 6 月。据分析, 雾霾的形成主要有三方面因素, 即周边地区风吹向西安中心城区、污染物的排放以及西安地区特殊的地形因素。

关键词 雾霾; 年际变化; 时空分布; 成因分析; 西安地区

中图分类号 S161 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)03-247-04

Fog, Haze Weather Temporal Variation Characteristics and Genetic Analysis in Recent 43 Years of Xi' An Region

MENG Xiao-rong, DU Meng-meng, JIN Li-na et al (Meteorological Bureau of Xi'an, Xi'an, Shaanxi 710016)

Abstract Using fog and haze's observation data of seven stations from 1970 to 2012 in Xi'an, the variation characteristics of fog and haze in Xi'an were analyzed from two aspects of time and space, the causes were analyzed combined with Xi'an and the surrounding areas dominant wind direction. The results showed that: the average occurrences of fog is most in urban areas in 43 years in Xi'an region, the great value center mainly move to southeast-Changan and Lantian; fog and haze occurrence frequency had decreasing trend as a whole, increased after 2010. The fog and haze weather mainly appeared in winter, most in the December or January; the summer is less, at least in May or June. According to the analysis, there are three main factors in formation of fog haze: surrounding area's wind blows to Xi'an city center, the emissions of pollutants; as well as the special terrain factors of Xi'an region.

Key words Fog and haze; Interannual variability; Time and space distribution; Cause analysis; Xi'an region

雾、霾是造成能见度降低的主要灾害性天气现象, 对公路、铁路、航空、航运、供电系统、农作物生长等均有重要影响, 且易引发交通事故及城市空气质量问题^[1]。由于空气中悬浮的大量微小水滴或冰晶使水平能见度介于 0.5~1.0 km 时称为雾, 介于 0.05~0.50 km 时称为浓雾, <0.05 km 时称为强浓雾。空气中大量极细微干尘粒使大气混浊, 视野模糊并导致能见度恶化, 如果水平能见度 <10 km 时, 将这种非水成物组成的气溶胶系统造成的视程障碍称为霾或灰霾。霾的厚度比较厚, 可达 1~3 km。由于灰尘、硫酸、硝酸等粒子组成的霾, 其散射较长波长的光比较多, 因而霾看起来呈黄色或橙灰色。一般相对湿度 <80% 时大气混浊, 视野模糊导致能见度恶化是由霾造成, 相对湿度 >90% 时是由雾造成, 相对湿度介于 80%~90% 时则是由雾或霾和雾的混合物共同造成。笔者在此利用西安市 7 个观测站点 1970~2012 年的雾日和霾日观测资料, 从空间和时间两方面分析了西安雾霾、霾日数的变化特征, 并结合西安及其周边地区主导风向进行了成因分析。

1 资料与方法

利用西安地区所属 7 个地面观测站(西安、周至、户县、长安、高陵、临潼、蓝田)1970~2012 年地面雾霾观测资料以及西安周边地区(宝鸡、咸阳、渭南各选取了市区及 2 个区县和铜川市)2000~2012 年近地面层的风场资料, 采用统计学方法进行综合分析, 对西安地区各气象观测站近 43 年来的雾霾及霾出现日数进行了统计, 揭示西安地区雾、霾天气时

空变化特征及成因。

定义: 雾霾, 即雾、轻雾、霾日数的总合, 一天中出现 2 种以上现象, 计一日; 霾, 即单纯为霾^[2]。

2 雾霾天气时空变化特征分析

2.1 空间分布特征 由图 1 可见, 1970~2012 年雾霾年平均日数的空间分布呈现出中间高东西低的分布特征, 其中高值中心位于城区和长安, 雾霾年平均日数分别为 208.8 和 203.6 d, 低值中心位于周至, 仅有 93.6 d; 霾的空间分布特征仍是以城区为中心, 蓝田次之, 周至最少, 霾年平均日数分别为 83.9、68.6 和 9.7 d。对比 1970~2012 年的空间分布, 2000~2012 年雾霾和霾的大值区明显向东南方向的长安和蓝田一带偏移, 雾霾年平均日数以长安最多, 年均 220.3 d, 蓝田次之, 年均 206.4 d, 西安城区年均 123.7 d, 位居第 6; 霾年平均日数则以蓝田最多, 年均 68.6 d, 长安次之, 年均 63.3 d, 西安城区居第三, 年均仅 9.9 d。2000~2012 年与 43 年总体情况相比, 雾霾平均出现日数除周至增加外, 其余各站均呈现减少趋势; 霾平均出现日数除蓝田持平外, 其余各站均是减少趋势(表 1), 说明西安地区总体雾霾日数呈现减少趋势。

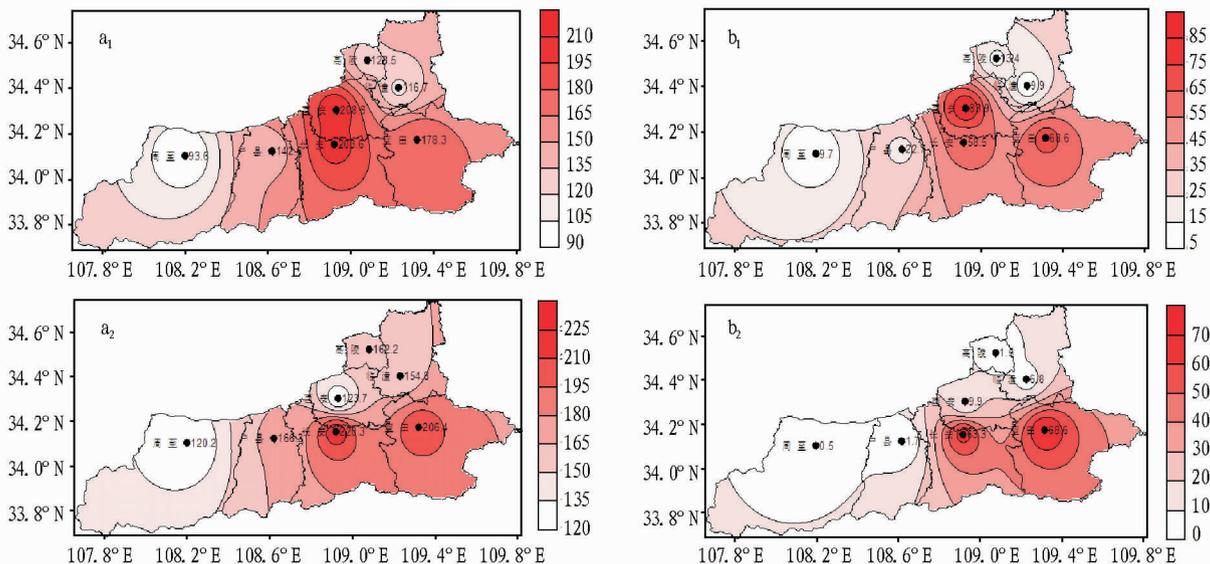
2.2 年变化特征

2.2.1 雾霾。由西安市 7 个测站 1970~2012 年逐年雾霾日数变化(图 2a)可见, 各测站 20 世纪 70 年代初雾霾日数较多, 之后波动式变化, 有增有减; 进入 21 世纪后, 除高陵明显下降外, 其余基本是上升—下降—上升, 近 2~3 年有所增加。西安城区雾霾的总体变化趋势是 2000 年之前下降, 2000 年以后上升。西安市各区县 2000~2012 年逐年雾霾日数变化(图 2b)显示, 近 13 年来长安、高陵明显呈下降趋势, 周至、户县呈上升趋势; 西安城区、临潼、蓝田波动式变化, 2005~2007 年有个小高峰, 2008 年明显下降, 2010 年后又明显上升; 总体来看, 近 2~3 年来呈上升趋势。

基金项目 陕西省气象局 2013 年研究型业务重点科研项目(2013Z-11)。

作者简介 孟小绒(1965-), 女, 陕西礼泉人, 高级工程师, 从事天气预报和气候变化研究。

收稿日期 2014-11-26



注: a₁、b₁ 为 1970~2012 年; a₂、b₂ 为 2000~2012 年。

图 1 1970~2012、2000~2012 年西安地区雾霾(a)、霾(b)年平均日数分布

表 1 西安城区及六区县气象观测站雾霾、霾年平均出现次数统计

测站	年平均雾霾日数//d		年平均霾日数//d	
	1970~2012年	2000~2012年	1970~2012年	2000~2012年
长安	203.6	220.3	58.5	63.3
高陵	128.5	162.2	13.4	1.5
户县	142.6	166.3	22.7	1.7
蓝田	178.3	206.4	68.6	68.6
临潼	116.7	154.8	9.9	6.8
西安城区	208.8	123.7	83.9	9.9
周至	93.6	120.2	9.7	0.5

2.2.2 霾。由 1970~2012 年各测站霾日数逐年变化(图 3a)可见,全市总体呈下降趋势,西安城区下降趋势最为明显;而长安、蓝田存在 2 个峰值年,长安为 1991 和 1997 年,蓝田为 1998 和 2005 年,这两站与 1985 年之前相比呈明显上升趋势,2009 年后急剧下降,且明显高于西安城区及其余区县。2000~2012 年各测站霾日数逐年变化(图 3b)显示,长安和蓝田霾日数相对于其他测站明显偏高;多数测站 2005、2007 年为 2 个峰值年,2008 年后开始下降,长安、蓝田变化较为明显,而周至和高陵连续 4 a 无霾日出现。

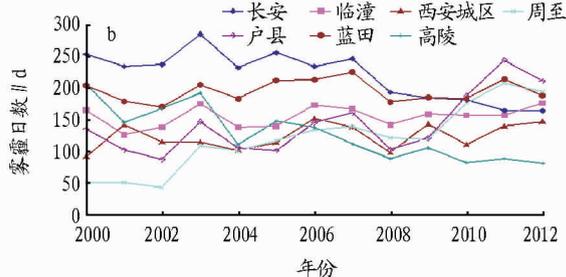
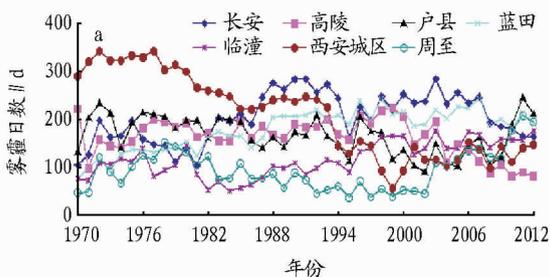


图 2 1970~2012 年(a)和 2000~2012 年(b)西安市各测站雾霾年均日数变化

2.3 月变化特征

2.3.1 雾霾。从 1970~2012 年月平均雾霾日数变化(图 4a)可以看出,雾霾日数最多为 12 月,其次是 1 月,各测站最少均是 6 月。从 2000~2012 年雾霾月平均日数变化曲线(图 4b)看,各地雾霾日数最多的月份一般也在 12 月,其次是 1 月,4~6 月即春夏末初相对较少,多数站 6 月最少,8 月~次年 2 月明显增多。

2.3.2 霾。从 1970~2012 年各测站逐月平均霾日数变化(图 5a)可以看出,各测站出现最多的月份一般为 1 月,其次是 12 月,10 月~次年 3 月出现日数较多,夏季相对较少,长安、蓝田 5 月最少,但 6~8 月略有上升,与雾霾略有不同。近 13 年逐月平均霾日数变化(图 5b),与 1970~2012 年月平

均霾日数相比,月际变化基本一致。

3 西安及周边风场综合分析

雾霾天气的形成与当地以及周边地区风场关系密切,通过对西安市各区县及周边地区(宝鸡、咸阳、渭南各选取了市区及 2 个区县和铜川市)2000~2012 年近地面层的风场资料进行综合分析,结果表明(图 6),西安市各区县主导风向分别为周至、户县西风,长安东南偏南风,高陵、临潼东北风,蓝田西北风;即除蓝田主导风向背离西安城区外,其余区县均指向城区;西安周边城市常年主导风向分别为渭南东北偏东风、宝鸡东南风、铜川东北风、咸阳西北风,即渭南、咸阳、铜川均位于西安上风方,常年主导风均吹向西安城区,而西安本地主导风向为东北风,如果上游地区有污染出现,均向西

安城区输送,再加上南边秦岭山脉的屏障作用,使得污染物得以在此堆积,形成雾霾天气。

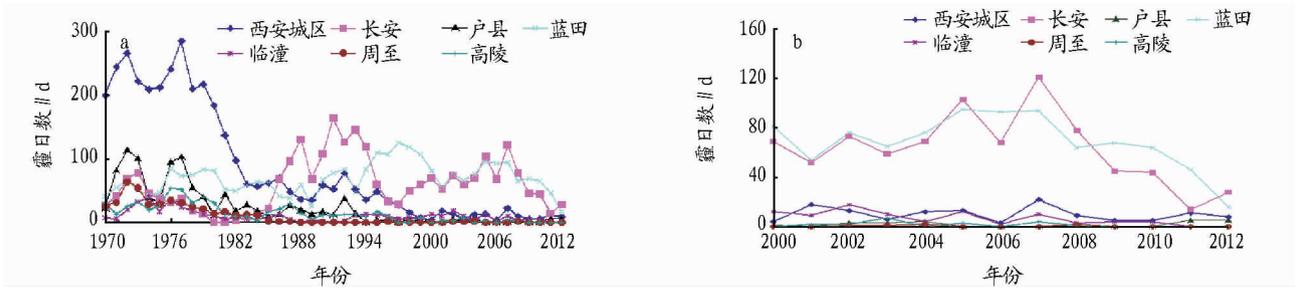


图3 1970~2012年(a)和2000~2012年(b)西安各测站霾日数逐年变化

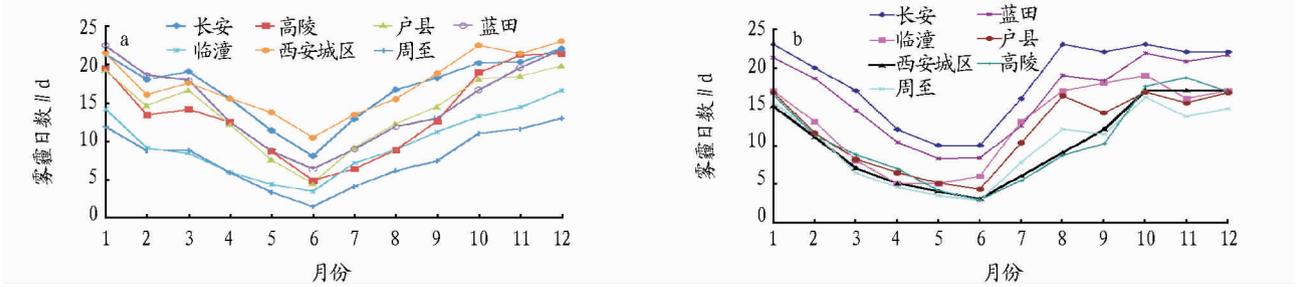


图4 1970~2012年(a)和2000~2012年(b)西安市各测站雾霾逐月平均日数变化

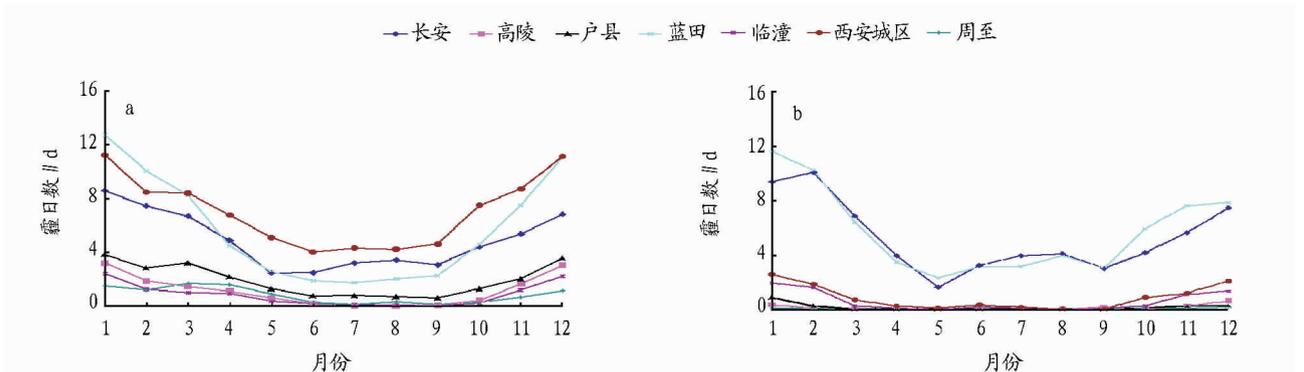


图5 1970~2012年(a)2000~2012年(b)西安各测站逐月平均霾日数变化

4 西安雾霾天气成因分析

雾霾是局地特征十分明显的现象,其形成是由多种气象条件和环境因素决定的^[3],人为因素造成雾霾增多,也是近年来不可忽视的因素。

4.1 气象条件是形成西安雾霾天气的重要原因之一 一般情况下,气温越低、降水量越少、风速越小、日照越少、气压越高,越有利于霾天气的形成。在秋冬季节,在晴朗无风或微风夜晚,地面因辐射冷却而降温,与地面接近的气层冷却

降温最强烈,而上层的空气冷却降温缓慢,因此使低层大气产生逆温现象,逆温层好比一个锅盖覆盖在城市上空,使得大气层低空的空气垂直运动受到限制,导致污染物难以向高空飘散而被阻滞在低空和近地面^[4],形成霾。当近地面空气湿度较大、冷空气不足、风速较小时,近地面空气迅速降温使得水汽凝结,易形成轻雾或雾,再与空气中的污染物相遇碰并,使得污染物被雾滴“锁住”,雾霾同时出现,更加难以扩散,污染加重。

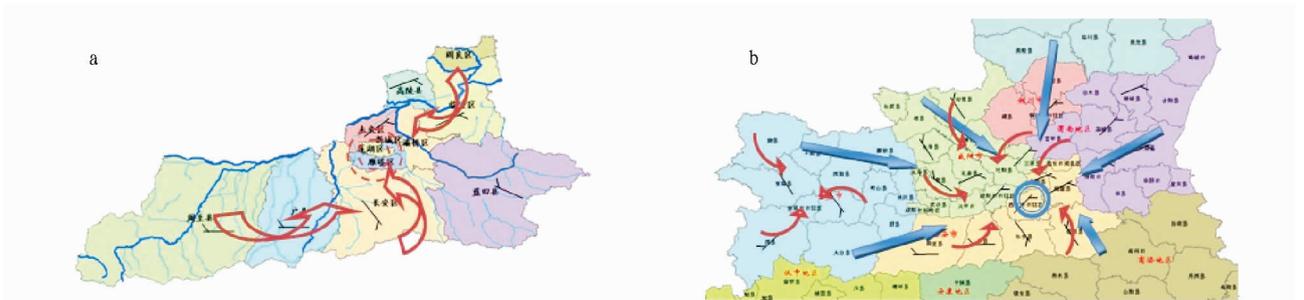


图6 西安城区及各區(a)、西安与周边地区(b)风向图

从西安地区雾霾月际变化情况看,雾霾天气多出现在冬季,夏季较少。一方面是由于采暖季节人们取暖和做饭燃烧大量化石燃料,加之降水稀少,气候干燥,风速较小,大气逆温出现频率和强度较高,污染物不易扩散和稀释,致使大气中的总悬浮颗粒物、SO₂、NO_x等污染物大量堆积,形成灰霾天气^[5];而夏季6~10月化石燃料的使用较少,加之气温高、太阳辐射强、空气对流旺盛,使得大污染物容易扩散,同时大量降水的沉降和稀释作用,使大气中气溶胶粒子大量减少,不易形成灰霾天气。另一方面,冬季秦岭山脉对冷空气的阻挡,容易在关中盆地形成“冷湖效应”,进而在近地面易形成逆温层,阻碍大气污染物垂直和水平方向的扩散。

4.2 人为因素造成排放增加,静风增多,扩散条件变差也是一个重要原因 近年来随着工业化、城市化的迅速发展,机动车辆猛增,使得污染物排放和城市悬浮物大量增加,鳞次栉比的高楼大厦产生的阻挡和摩擦作用使风流经城区时明显减弱,静风现象增多,不利于大气污染物的扩展稀释,却容易在城区和近郊区周边积累,形成霾。2000年以后,西安雾霾日数大值中心整体向东南长安、蓝田一带偏移,这主要是由于近年来西安市主城区环保力度加大,城市改造、集中供热供暖,大型锅炉煤改气,加上一些重污染企业的外迁和倒闭,使得无组织排放大量减少。而长安区是西安市近年城市开发建设的重点区域,大气中颗粒物浓度显著增加;蓝田常年和冬季盛行西北风,又处于秦岭北麓,从西北方向扩散而来的大气污染物容易在此堆积,形成高污染。可见,环境治理成效显著、势在必行。

4.3 西安地区特殊的地形因素——秦岭的屏障作用 从西安及其周边地区风场分析结论可以看出,如果周边有污染出现,均会随风向西安城区输送,再加上南边秦岭山脉的屏障作用,使得污染物得以在此堆积,形成雾霾天气。

5 结论与讨论

(1)1970~2012年西安地区雾霾平均出现次数以城区最

(上接第246页)

多,2000年以后大值中心明显向东南方向的长安、蓝田一带偏移,雾霾出现频次总体呈减少趋势,近2~3年有所增加。

多,2000年以后大值中心明显向东南方向的长安、蓝田一带偏移,雾霾出现频次总体呈减少趋势,近2~3年有所增加。

(2)雾霾天气主要发生在冬季,最多出现在12月或1月;夏季较少,最少出现在5月或6月。

(3)西安及其周边地区风场分布是造成西安雾霾严重的重要因素之一。西安地区雾霾的形成主要有三方面因素,即气象条件、人为因素(污染物的排放)以及西安地区特殊的地形因素。

(4)根据雾霾及霾的空间和时间分布特征及雾霾形成的具体原因,为减少雾霾对社会和公众造成的不利影响,提出几点建议:①城市建设需依西安城区常年主导风向东北风,留出“城市通风道”,促进城市污染物扩散。②应避免在城区上风方向(东北)建设高排污企业。控制城市人口密度和建筑物密度,统筹安排工厂区和居民区,严格控制机动车增加量。③优化能源结构,尽量使用清洁能源,严格控制机动车增加量。④通过深化科技创新,加强雾霾监测预报预警,强化区域间环保、市政、交通、气象等合作和共享,升级人工影响天气治污减霾手段,开展空中(飞机)和地面(火箭、燃烧炉)立体增雨作业机制^[6]。⑤加强宣传和舆论引导,让全社会充分认识雾霾治理的长期性、复杂性,并考虑与减缓和适应气候变化相结合,通过政府主导,激发社会参与,加速推进生态文明建设,实施标本兼治,由全社会共同守护西安蓝天。

参考文献

- [1] 王丽.郑州市雾霾天气的低空气象要素特征分析[J].河南科技,2013(2):173.
- [2] 叶光营,吴毅伟,刘必桔.福州区域雾霾天气时空分布特征分析[J].环境科学与技术,2010,33(10):114-119.
- [3] 林云,李美玲,宋党育.焦作市城区雾霾天气成因与对策分析[J].河南科技学院学报,2013,41(5):27-31.
- [4] 段再明.解析山西雾霾天气的成因[J].太原理工大学学报,2011,42(5):539-548.
- [5] 卢照方.灰霾天气的形成与灰霾监测[J].绿色科技,2011(9):131-132.
- [6] 全睿娴.治理雾霾的措施和建议[J].今日科苑,2011(1):91-92.

[J].安徽农业科学,2012,40(15):8644-8647.

- [2] 陈菊英.江南地区旱涝与日月关系的分析及预报[J].气象,1980,6(11):7-9.
- [3] 刘尧成,陈少平.长江上游致洪暴雨天文天气耦合预报方法研究及应用[M].北京:气象出版社,2001:146.
- [4] 任振球.天地耦合与2010年中国极端天气事件[J].前沿科学,2011,5(1):23-31.
- [5] 张礼平,杨志勇,陈正洪.典型相关系数及其在短期气候预测中的应用[J].大气科学,2000,24(3):427-432.
- [6] 俞康庆,周月华,杨荆安,等.气象要素时间序列的演化建模分析与短期气候预测[J].甘肃气象,2005,23(4):1-6,11.
- [7] 梁玉琼,梁健.GM(1,1)气候预测系统的降水预测检验[J].广东气象,2007,29(3):24-25,44.
- [8] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007:296.

参考文献

- [1] 张海,尹忠海,周长青,等.2011年8月5~6日局部大暴雨过程分析