

近 50 a 鄂西山区雾和轻雾发生 频次的非对称变化特征

栾天¹ 杨军^{1,2} 骆亚军³ 熊守权⁴

摘要

以湖北西部山区宣恩站为例,利用1959—2009年的地面气象观测资料,对鄂西山区雾和轻雾的气候特征进行分析.结果表明,宣恩年雾日数平均为29 d,总体上呈减少趋势.该地区雾在每个月都有发生,冬季发生频率最高,夏季发生频率最低;该地区年轻雾日数总体上与年雾日数变化趋势相反,呈上升趋势,各月平均轻雾日数在9~15 d之间,12月平均轻雾日最多,5月平均轻雾日最少.通过分析宣恩51 a来各气象要素的特征发现,夜晚最低气温呈上升趋势,相对湿度和降水变化不明显,14时能见度 ≥ 20 km的年日数呈下降趋势.分析认为,雾和轻雾发生频次的非对称变化趋势可能与大气中气溶胶粒子增多有关.

关键词

雾;轻雾;气候变化;气象要素;湖北宣恩

中图分类号 P401

文献标志码 A

收稿日期 2012-01-22

资助项目 公益性行业(气象)科研专项(GY-HY200906012)

作者简介

栾天,女,硕士生,主要从事云雾降水物理的研究. luantianl08@163.com

杨军(通信作者),男,博士,副教授,主要从事云物理降水及人工影响天气的研究工作. jyang@nuist.edu.cn

0 引言

雾是由大量微小水滴浮游空中形成的,常呈乳白色,可使水平能见度小于1.0 km,而轻雾是微小水滴或已湿的吸湿性质粒所构成的灰白色的稀薄雾幕,水平能见度在1.0~10.0 km^[1]之间.轻雾常常在早晚出现,日变化很明显.雾发生时能见度低,对海陆空交通安全危害极大.雾产生时大气边界层稳定,能够加剧近地层空气污染^[2],人类排放的大气污染又可以使雾水酸化^[3],危害人体健康,对建筑物等设施有严重的腐蚀作用.另外,电力部门因“污闪”引起的掉闸断电的主要原因也是雾.作为一种灾害性天气,雾引起了人们越来越多的关注.

多年来,国内外众多学者对雾的气候特征曾做过不少的研究.早在20世纪60—70年代,Peace^[4]统计了美国256个气象观测站年平均浓雾日数,Hardwick^[5]统计了美国陆地244个气象观测站年平均浓雾日数和各月平均浓雾日数.王丽萍等^[6]指出我国长江中游区(20~106 d/a)、海岸区(10~107 d/a)、云贵高原区(10~140 d/a)、陇东—陕西区(10~40 d/a)、淮河流域(10~30 d/a)、天山和北疆区(5~30 d/a)是中国地区主要的6个雾区,雾日显著趋势区呈西南—东北走向,上升和下降趋势区相间分布.另外中国东北部也是一个主要雾区(11~57 d/a)^[7].刘小宁等^[8]利用中国604个地面气象观测站1961—2000年雾资料分析了中国大范围雾的基本气候特征及变化,指出我国雾东南部多西北部少,雾的月和季节分布显示出南北、东西的地区差异和明显的局地特征;我国大部分地区雾日数呈减少趋势,浓雾日数基本不变;雾出现日数的变化与相对湿度、最低温度、环境、生态等方面的变化有关.陈潇潇等^[9]分析了中国不同等级雾的时空分布及基本气候特征、雾生时间和持续时间的年代际变化.吴兑等^[10]分析了中国大陆近55 a雾与轻雾的长期变化,指出长江以南各省的轻雾日数明显多于长江以北地区,1980年以后轻雾日呈明显的增加趋势,西南地区是我国轻雾日最多的地区,也是雾日最多的地区.贺皓等^[11]、吴滨等^[12]、张宗灏等^[13]、郑玉萍等^[14]和周贺玲等^[15]分别分析了中国各地区雾天气的气候特征及其发生条件.黄玉仁等^[16]利用景洪和勐养得宏微观观测资料,对比分析了雾的宏、微观结构和物理过程,并结合气候资料,讨论了生态环境变化对雾的影响.

1 南京信息工程大学 大气物理学院,南京,210044

2 南京信息工程大学 中国气象局大气物理与大气环境重点开放实验室,南京,210044

3 湖北省宣恩县气象局,宣恩,445500

4 湖北省恩施州气象局,恩施,445000

宣恩县地处鄂西南,位于武陵山和齐跃山的交接部位,县境东南部、中部和西北边缘横亘着几条东北至西南走向的大山岭,形成许多台地、岗地、小型盆地、平坝、横状坡地和山谷、峡等地貌,全县海拔高度在 356~2 014 m 之间.境内河网密布,纵横交错,共有大小河溪 121 条,给雾的形成提供了良好的水汽条件.宣恩地区性气候特征明显,属中亚热带季风湿润型山地气候.宣恩雾有其自身的特点,以辐射雾为主.本文对宣恩雾(轻雾)的气候规律进行探讨,以期对鄂西山雾(轻雾)的气候特征及其与环境变化的关系有所了解,为提高雾预报预警的准确性服务.

1 资料的来源与统计方法

本文所用资料来自宣恩站 1959—2009 年的地面气象观测资料.以能见度 1 km 和相对湿度 90% 为界限来进行区分雾和轻雾.测站在一个观测日内水平能见度小于 1 km (1~10 km) 与相对湿度大于 90% 同时满足,并排除降水、吹雪、雪暴、扬沙、沙尘暴、浮尘、烟幕等其他能导致低能见度事件的情况,则认为该站点当日出现了雾(轻雾),记为一个雾(轻雾)日^[10].在 1980 年以前,能见度分为 0, 1, …, 9 一共 10 个等级进行记录,能见度 < 1 km 有 0, 1, 2, 3 一共 4 个等级,能见度 > 20 km 有 2 个等级.在 1980 年之后,是现在使用的能见度记录方法,以 0.1 km 为单位.季节划分:冬季(上年 12 月—当年 2 月)、春季(3—5 月)、夏季(6—8 月)、秋季(9—11 月).把降水量超过 1 mm 作为一个降雨日,统计历年降雨日总数,确定降雨与雾(轻雾)日的关系.为了分析雾(轻雾)发生频次与大气状态的关系,选用 14 时

能见度说明大气气溶胶的可能变化趋势,因为 14 时雾的发生频次最低.

分析雾(轻雾)的年际变化,使用线性倾向估计方法^[17],用 x_i 表示逐年雾(轻雾)日数, t_i 表示 x_i 所对应的时间,建立 x_i 与 t_i 之间的一元线性回归方程:

$$x_i = a + bt_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

其中回归系数 b 表示趋势, b 值正(负)反映雾日的上升(下降)趋势,其大小反映上升或下降速率.

2 雾和轻雾的时间变化特征

2.1 雾和轻雾的年际变化

宣恩 51 a 年平均雾日数为 29 d. 图 1a 为宣恩年平均雾日数随时间的变化趋势. 从图 1a 中可以看出,年雾日数最多的年份出现在 1960 年,高达 55 d,最少的年份出现在 1990 年,仅为 10 d. 最多年份是最少年份的 5.5 倍,51 a 极差为 45 d. 线性回归分析表明,宣恩年雾日数表现为明显的下降趋势,每 10 a 减少 5 d,通过 0.01 显著水平检验. 宣恩雾日数的年际变化趋势符合王丽萍等^[6]的研究结果. 世界上许多地区雾日数年际变化也呈减少的趋势,例如美国洛杉矶^[18]和德国慕尼黑^[19]. 统计显示宣恩地区 20 世纪 60, 70, 80, 90 年代和 21 世纪 10 年代,年平均雾日数逐渐减少,分别为 42, 29, 29, 28 和 16 d.

宣恩 51 a 年平均轻雾日数为 141 d. 图 1b 为宣恩轻雾日数随时间的变化趋势. 从图 1b 中可以看出,年轻雾日数最多的年份出现在 2007 年,高达 214 d,最少的年份出现在 1964 年,为 62 d. 除 2008 年外,1993 年之后宣恩年轻雾日数都高于 51 a 年平均轻雾日数. 线性回归分析表明,宣恩年轻雾日数有明显的上升趋势,每年增加 2 d,通过 0.01 显著水平检

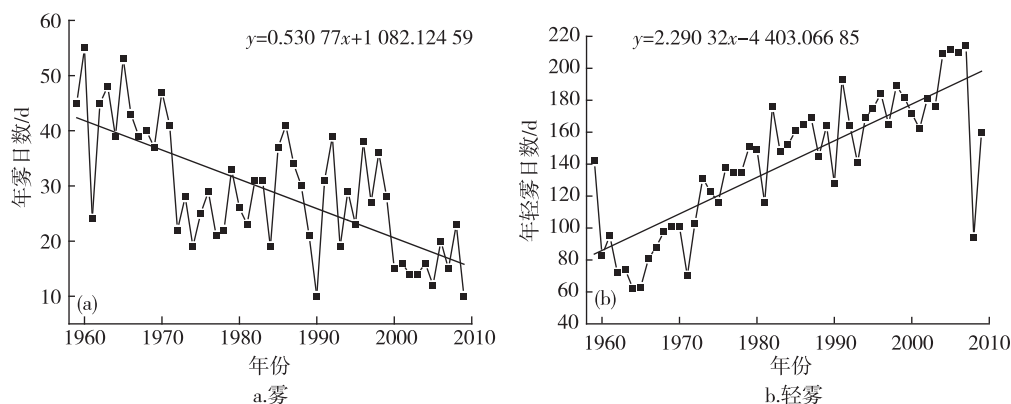


图 1 宣恩年平均雾和轻雾日数趋势变化

Fig. 1 Variation of annual average fog days and mist days in Xuan'en

验. 这与雾日呈减少的变化趋势相反. 宣恩地区 20 世纪 60,70,80,90 年代和 21 世纪 10 年代, 年平均轻雾日数逐渐增加, 分别为 82, 120, 155, 169 和 179 d.

2.2 雾和轻雾的季节和月变化

宣恩雾日的季节变化十分明显, 冬季最多, 占 46.5%, 秋季次之, 占 28.9%, 春季占 20%, 夏季最少, 占 4.6%. 图 2 为宣恩月平均雾和轻雾日数的趋势变化. 从图 2 中月平均雾日的变化可以看出, 宣恩雾日 1—12 月呈单谷型分布. 11, 12 和 1 月是宣恩出现雾较多的 3 个月, 其中 12 月最多; 6—8 月是宣恩出现雾天气比较少的 3 个月. 这与我国大部分地区多雾的月份主要集中在冬季的 12 月及 1 月相一致^[8]. 表 1 为宣恩各月际雾和轻雾日数的年代平均. 从表 1 中可以看出, 各月雾日天数都有减少, 21 世纪 10 年代 5—9 月没有出现雾天气. 孙弈敏^[20] 将全国的月雾日分布划分为冬季正态分布型、夏季偏正态型、上半年雾日极多型等 7 种类型, 经分析宣恩属于“冬季正态分布型”.

由图 2 中月平均轻雾日的变化可知, 宣恩各月月平均轻雾日数在 9~15 d 之间, 其中 1 月宣恩平均轻雾日最多为 14 d, 5 月最少, 不到 10 d. 冬季轻雾日数大于夏季. 如表 1 所示, 各月轻雾日都有增加, 20 世纪 90 年代后各月平均轻雾日都在 12 d 以上, 宣恩近 20 a 几乎一半时间都被雾和轻雾笼罩.

3 相关气象要素分析

雾是一种局地性很强的天气现象, 它的形成是由多种天气条件、环境因素决定的, 受到地形、天气系统、本地气温、相对湿度、风速、大气稳定度、大气

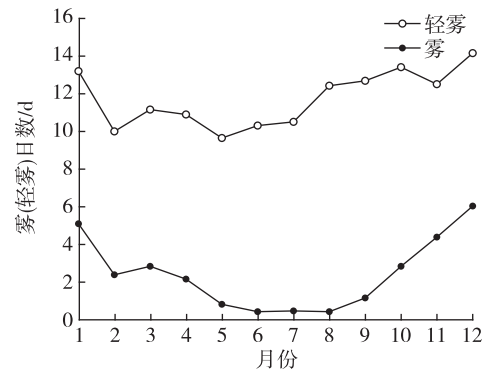


图 2 宣恩月平均雾和轻雾日数趋势变化
Fig. 2 Variation of monthly average fog days and mist days in Xuan'en

成分等诸多条件的影响. 在地形没有大的改变时, 天气条件、大气成分、测站环境发生的变化会影响到雾出现日数的变化. 雾日数变化的原因是复杂的, 需要系统地深入分析研究.

在自然界中, 降温是达到饱和形成雾滴的主要物理过程. 辐射雾的形成决定于辐射降温过程, 夜晚最低气温与成雾和出现直接有关^[21]. 图 3 给出了宣恩 51 a 最低气温的年变化, 发现 51 a 年平均最低气温总体呈上升趋势, 最低气温增温幅度超过 0.1 °C/10 a, 通过 0.01 显著水平检验. 夜晚最低气温升高对应宣恩雾日减少. 夜晚气温的升高也是重庆雾少于 20 世纪五六十年代的原因之一^[22].

图 4 为宣恩 14 时能见度 ≥ 20 km 年日数变化趋势. 由图 4 可知宣恩能见度 ≥ 20 km 年日数呈下降趋势, 日数减少幅度超过 5 d/a, 通过 0.05 显著水平检验. 因为 14 时宣恩很少有雾或轻雾出现, 能见度降低说明大气中气溶胶粒子增多, 以致大气对太阳

表 1 宣恩各月际雾和轻雾日数的年代平均

Table 1 Decadal average monthly fog and mist days in each month in Xuan'en

级别	年代	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
雾	1960—1969	60	42	47	34	18	7	11	16	30	50	43	65
	1970—1979	52	27	25	22	6	3	2	3	6	39	49	53
	1980—1989	53	19	19	29	12	4	5	2	20	26	35	69
	1990—1999	51	19	31	18	4	2	2	0	1	17	57	78
	2000—2009	40	14	19	4	0	0	0	0	0	1	35	42
轻雾	1960—1969	90	58	62	60	59	61	65	76	70	62	70	84
	1970—1979	118	86	97	74	86	93	108	132	103	111	91	104
	1980—1989	119	90	88	123	104	114	126	172	164	144	147	154
	1990—1999	189	144	153	134	98	105	103	104	134	180	154	192
	2000—2009	144	123	159	150	136	142	125	142	172	169	160	168

直接辐射吸收和散射能力增加,从而影响大气能见度.可见年平均最低温度呈上升变化的趋势与宣恩县发展和人为活动影响有关,大气中颗粒物增多,气溶胶质粒增多可削弱地面长波辐射,增加大气向地面的逆辐射,从而减小辐射降温率,使得最低气温升高.

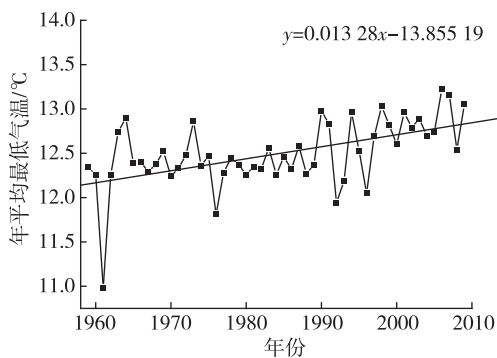


图3 宣恩年平均最低气温变化趋势

Fig.3 Variation of annual average minimum air temperature in Xuan'en

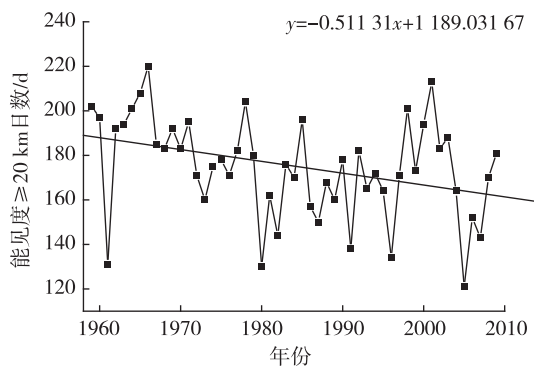


图4 宣恩14时能见度≥20 km年日数变化趋势

Fig.4 Variation of annual days of visibility at 14:00 greater than 20 km in Xuan'en

相对湿度是反映空气湿度的一个物理量,是决定雾形成的最重要因子之一.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.图5给出了宣恩08时与20时年平均相对湿度年平均随时间的变化趋势.从图5可以看出08时和20时年平均相对湿度值都没有明显的变化,说明空气湿度并非宣恩大雾减少或轻雾增加的原因.08时和20时51 a平均相对湿度分别为92.6%和78.5%,2个时刻相差14.1%.图6为年平均08时相对湿度与年平均20时相对湿度之差随时间的变化趋势.如图6所示,

2个时刻相对湿度的差值有明显的下降趋势,降低幅度超过0.4%(10 a),通过0.01显著水平检验,说明宣恩51 a来夜间增湿过程减弱,对应宣恩雾日减少.

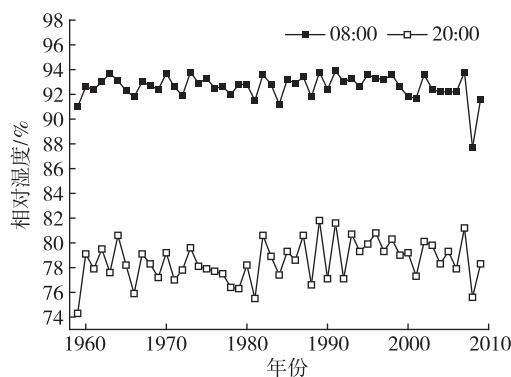


图5 宣恩08时和20时年平均相对湿度变化趋势

Fig.5 Variation of annual average relative humidity at 8:00 and 20:00 in Xuan'en

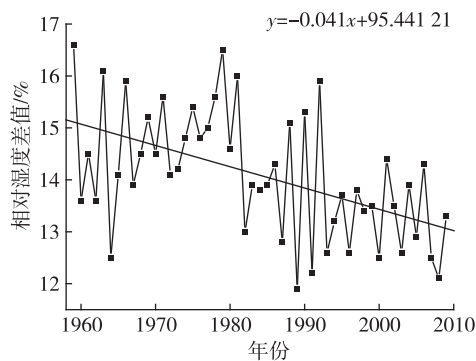


图6 08时与20时年平均相对湿度差值变化趋势

Fig.6 Minus of annual average 8:00 and annual average 20:00 relative humidity in Xuan'en

降水可以影响空气湿度,从而对雾和轻雾的生成产生影响.图7a和7b分别为宣恩降水量和年平均降水日数随时间的变化趋势.如图7所示宣恩年降水量和年雨日仅略有减少,而且减少趋势不明显,降水变化对宣恩雾和轻雾的影响不大.

4 结论

鄂西山地宣恩由于特殊的地形地貌,是一个静风多雾区,雾的局地性特征明显,统计宣恩51 a地面观测资料,可得出以下结论:

1) 51 a宣恩年雾日数总体上呈明显的下降趋势,最高值出现在1960年为55 d,最低值出现在2009和1990年为10 d;年轻雾日数总体上呈明显的

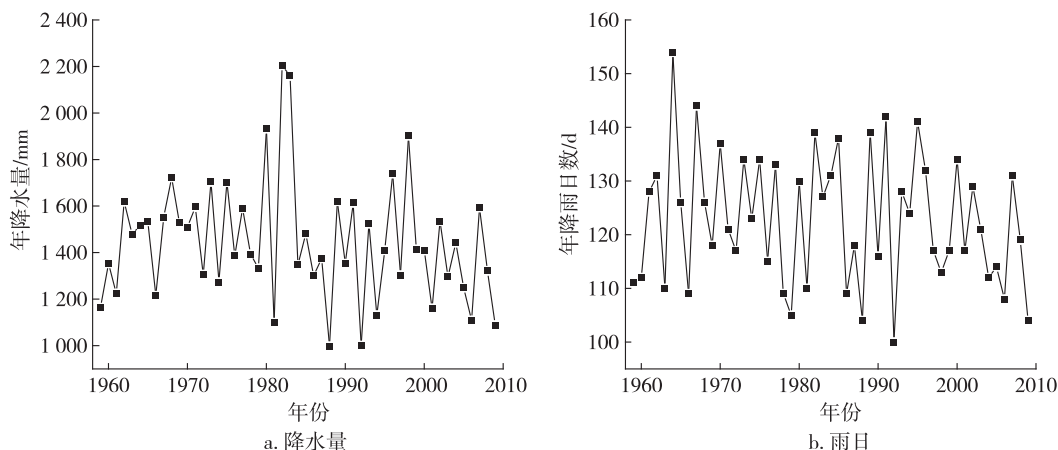


图7 宣恩年降水量和年雨日变化趋势

Fig. 7 Variation of annual rainfall and annual rain days in Xuan'en

上升趋势,最高值出现在2007年为214 d,最低值出现在1964年为62 d. 51 a年平均雾日数与轻雾日数变化趋势相反.

2) 宣恩一年四季均有雾和轻雾出现. 雾日在冬季较多,秋季次之,夏季最少,其中12月最多,6月最少;轻雾日在12月最多,5月最少. 各月平均轻雾日在9~15 d之间.

3) 宣恩夜晚最低气温呈明显的上升趋势,对应宣恩雾日减少;相对湿度和降水51 a来变化不明显,对宣恩雾日和轻雾日的影响不大.

4) 宣恩14时能见度 ≥ 20 km年日数呈下降趋势,说明宣恩空气大气中气溶胶粒子增多,以致大气对太阳辐射的吸收和散射能力增大,从而影响大气能见度.

参考文献

References

- [1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003:21-23
China Meteorological Administration. Guidelines for surface meteorological observations[M]. Beijing:China Meteorological Press,2003:21-23
- [2] 周斌斌. 论雾与污染的关系[J]. 气象,1994,20(9):19-24
ZHOU Binbin. On the relationship between fog and air pollution[J]. Meteorological Monthly, 1994, 20(9):19-24
- [3] Waldman J M, Munger J W, Jacob D J, et al. Chemical composition of acid fog[J]. Science, 1982, 218(4573):677-680
- [4] Peace R L. Heavy-fog regions in the conterminous United States[J]. Mon Wea Rev, 1969, 97(2):116-123
- [5] Hardwick W C. Monthly fog frequency in the continental United States [J]. Mon Wea Rev, 1973, 101(10):763-766
- [6] 王丽萍,陈少勇,董安祥. 中国雾区的分布及其季节变化[J]. 地理学报,2005,60(4):659-697
WANG Liping, CHEN Shaoyong, DONG Anxiang. The distribution and seasonal variations of fog in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(4):659-697
- [7] Niu S J, Lu C S, Yu H Y, et al. Fog research in China: An overview [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2010, 27(3):639-662
- [8] 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释[J]. 应用气象学报,2005,16(2):220-229
LIU Xiaoning, ZHANG Hongzheng, LI Qingxiang, et al. Preliminary research on the climatic characteristics and change of fog in China[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2005, 16(2):220-229
- [9] 陈潇潇,郭品文,罗勇. 中国不同等级雾日的气候特征[J]. 气候变化研究展,2008,4(2):106-110
CHEN Xiaoxiao, GUO Pinwen, LUO Yong. Climate characteristics of fog days of various categories in China[J]. Advances in Climate Change Research, 2008, 4(2):106-110
- [10] 吴兑,吴晓京,李菲,等. 中国大陆1951—2005年雾与轻雾的长期变化[J]. 热带气象学报,2011,27(2):145-151
WU Dui, WU Xiaojing, LI Fei, et al. Long-term variation of fog and mist in 1951—2005 in mainland China[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2011, 27(2):145-151
- [11] 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
HE Hao, LÜ Hong, XU Hong. Climate characteristics of heavy fog in Shanxi province[J]. Plateau Meteorology, 2004, 23(3):407-4
- [12] 吴滨,施能,李玲. 福建近44 a雾日趋势变化特征及可能影响因素[J]. 应用气象学报,2007,18(4):497-504
WU Bin, SHI Neng, LI Ling. The tend variation feature of fog days in Fujian province for recent 44 years[J]. Jour-

- nal of Applied Meteorological Science, 2007, 18(4): 497-504
- [13] 张宗灏, 王咏青. 鲁西南雾的统计特征[J]. 气象, 2007, 33(11): 82-86
ZHANG Zonghao, WANG Yongqing. Statistic characteristic analysis of fog in southwest Shandong province[J]. Meteorological Monthly, 2007, 33(11): 82-86
- [14] 郑玉萍, 李景林. 乌鲁木齐近 31 a 大雾天气气候特征分析[J]. 气象, 2008, 34(8): 22-28
ZHENG Yuping, LI Jinglin. A study of the climatic characteristics of heavy fog in Urumqi in recent 31 years[J]. Meteorological Monthly, 2008, 34(8): 22-28
- [15] 周贺玲, 李丽平, 乐章燕, 等. 河北省雾的气候特征及趋势研究[J]. 气象, 2011, 37(4): 462-467
ZHOU Heling, LI Liping, LE Zhangyan, et al. Climatic characteristics of fog in Hebei province and trend research[J]. Meteorological Monthly, 2011, 37(4): 462-467
- [16] 黄玉仁, 黄玉生, 李子华, 等. 生态环境变化对雾的影响[J]. 气象科学, 2000, 20(2): 129-135
HUANG Yuren, HUANG Yusheng, LI Zihua, et al. The influence of ecoenvironmental variation on fog[J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2000, 20(2): 129-135
- [17] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 2 版. 北京: 气象出版社, 2007: 37-42
- WEI Fengying. Modern climatic statistical analysis and forecast technology[M]. 2nd Ed. Beijing: China Meteorological Press, 2007: 37-42
- [18] LaDochy S. The disappearance of dense fog in Los Angeles: Another urban impact[J]. Phys Geogr, 2005, 26(3): 177-191
- [19] Sachweh M, Koepke P. Radiation fog and urban climate[J]. Geophys Res Lett, 1995, 22(9): 1073-1076
- [20] 孙奕敏. 灾害性浓雾[M]. 北京: 气象出版社, 1994: 7-10
SUN Yimin. Disastrous heavy fog[M]. Beijing: China Meteorological Press, 1994: 7-10
- [21] 李子华. 中国近 40 a 来雾的研究[J]. 气象学报, 2001, 59(5): 616-624
LI Zihua. Studies of fog in China over the past 40 years[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2001, 59(5): 616-624
- [22] 李子华, 涂晓萍. 重庆市区冬季边界层气象要素的时空分布及与成雾的关系[J]. 南京气象学院学报, 1993, 16(3): 229-333
LI Zihua, TU Xiaoping. Winter space-time distribution of boundary layer meteorological elements with their relation to fog formation in Chongqing urban districts[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 1993, 16(3): 229-333

Unsymmetrical variation characteristics of fog and mist frequency in mountain area of west Hubei province in recent 50 years

LUAN Tian¹ YANG Jun^{1,2} LUO Yajun³ XIONG Shouquan⁴

1 School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 Open Key Laboratory for Atmospheric Physics and Environment of China Meteorological Administration, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

3 Xuan'en Meteorological Bureau of Hubei Province, Xuan'en 445500

4 Enshi Meteorological Bureau of Hubei Province, Enshi 445000

Abstract Climatic characteristics of mountain fog and mist in Xuan'en, west Hubei province are analyzed based on the meteorological data collected from observational station in the period 1959—2009. It is shown that the average fog day is 29 annually and the annual fog days present a decreasing variation trend. The fog events occur in every month with the maximum frequency in winter, the next in autumn and the minimum in summer. It is also found that the annual mist days are generally increasing but there is an opposite tendency with annual fog days. The monthly average mist days in each month are between 9 and 15 with the maximum in December and the minimum in May. Furthermore, studies of the characteristics of meteorological elements point out that the annually average minimum air temperature is rising, the annual average relative humidity at 08:00 and the annual rainfall vary unobviously and the annual days of visibility at 14:00 greater than 20 km are decreasing. Results reveal that the unsymmetrical variation characteristics of fog and mist occurrence frequency probably have the correlation with the increasing aerosol in atmosphere.

Key words fog; mist; climate variation; meteorological element; Xuan'en