



近 50 年湖南省雷暴气候特征分析

摘要

根据湖南省 74 个地面气象站 1961—2010 年的雷暴日资料,利用数理统计、小波分析及 Mann-Kendall 检验等方法,对近 50 年雷暴气候特征进行分析。结果表明:1)湖南省雷暴日数空间分布特征为南部多、北部少,最大值出现在南部山地(65.38 d/a),最小值出现在北部平原(21.92 d/a),月平均雷暴日呈单峰值分布,3—9 月为雷暴高发期;2)湖南省年平均雷暴日数存在 8、16、24 和 30 a 的周期变化规律,其中 8 a 周期振荡最显著;3)多雷期和少雷期的差异主要表现在副热带高压西伸脊点的位置以及青藏高原短波槽的位置和强弱上。

关键词

雷暴日;时空变化;小波分析;Mann-Kendall 突变

中图分类号 P446

文献标志码 A

收稿日期 2016-01-11

资助项目 中国气象局预报与网络司课题(CM AHX20160211)

作者简介

周明薇,女,硕士,工程师,研究方向为雷电监测预警.zhoumw2005@163.com

0 引言

雷暴是一种局地对流性天气,通常伴随有闪电、大风、暴雨、冰雹等气象灾害,给人民的生命财产安全造成极大的威胁和损失。目前,许多学者利用多种方法对不同区域的雷暴活动特征进行了分析。Zheng 等^[1]在分析 1980—2008 年中国雷暴时空分布特征时发现,雷暴主要发生在青藏高原、云南和两广地区,5 月开始雷暴活动范围向北扩张,9 月南退。孙丽等^[2]、冯民学等^[3]利用地面观测资料分别对辽宁、江苏雷暴日数进行分析得出,雷暴在空间分布上呈现出山区大于丘陵、丘陵大于平原、平原大于沿海地区的特征。王锡中等^[4]、蔡新玲等^[5]分别对江苏省 13 个城市的雷暴日、陕西省 42 a 雷暴日资料进行分析发现,雷暴日逐年下降且日变化呈单峰型分布。袁铁等^[6]利用 8 a 卫星资料对我国闪电活动特征进行分析得出,闪电活动主要发生在夏季,其次为春季,冬季闪电活动最少。许迎杰等^[7]利用小波分析研究了云南省雷暴日数的分布特征指出,云南雷暴以 4 和 11 a 为主要振荡。王学良等^[8]分析了中部五省雷暴日,得出其整体分布上呈现出下降的趋势。郑淋淋等^[9]分析了近 30 年我国雷暴日变化特征发现,平原呈多峰型分布、山区呈单峰型分布。袁飞等^[10]对廊坊市雷暴气候特征进行分析得出,廊坊市雷暴月、季变化呈单峰型分布。针对湖南个别地区的雷暴也有研究^[11-12],整体上雷暴同样存在逐渐减少的趋势,但对整个湖南省的雷暴气候特征的研究较少。因此,本文利用湖南省 74 个地面气象站 1961—2010 年的雷暴日资料对其气候变化特征及其造成这些特征的可能原因进行了分析,得出了一些有意义的结论,以为湖南省开展雷电预警预报和防灾减灾工作提供一定的参考。

1 资料和方法

所用资料包括湖南省 74 个地面气象站 50 a(1961—2010 年)的雷暴日资料。

利用统计分析、小波分析、Mann-Kendall 突变分析等方法研究湖南省雷暴日数的时空变化特征和时间变化规律。依据天气学原理分析湖南省雷暴天气的气候特征时间演变过程的机理。

2 雷暴空间分布特征

图 1 为湖南省 74 个地面气象站 1961—2010 年年平均雷暴日数

¹ 湖南省气象灾害防御技术中心,长沙,410007

的空间分布.从图1中可见,湖南省年平均雷暴日数总体分布特征为湘南最多,湘西、湘东、湘中次之,湘北最少,最高值位于南部的永州道县地区(65.38 d/a),最少值出现在湘北常德的澧县(21.92 d/a),最多值与最少值相差达43.46 d/a.雷暴分布总体上为山地多于丘陵、丘陵多于平原.从图1中可以看出,雷暴最活跃的地带在南岭北部一线的郴州和永州两地,其地形为山地;次活跃地带与雪峰山山脉走向基本一致,主要在湘西及以北地区,包括怀化、邵阳、娄底、益阳西部、常德西南部以及张家界等地,其地形复杂且多为丘陵;湘北及湘东北多为平原,少雷暴日区就出现在湘北的常德地区.从图1中还发现,岳阳东南部的平江县年平均雷暴日数也较高,超过了50 d/a,形成了局部的多雷暴区.该县以山地和丘陵为主,海拔较高,而整个岳阳地区主要为平原地区,这种地形上的差异是造成平江县年平均雷暴日数多于岳阳其他地区的原因之一.由此可见,地形对雷暴的发生有很大影响,这与陈涛等^[13]分析湖南雷暴分布特征得出的结论一致.

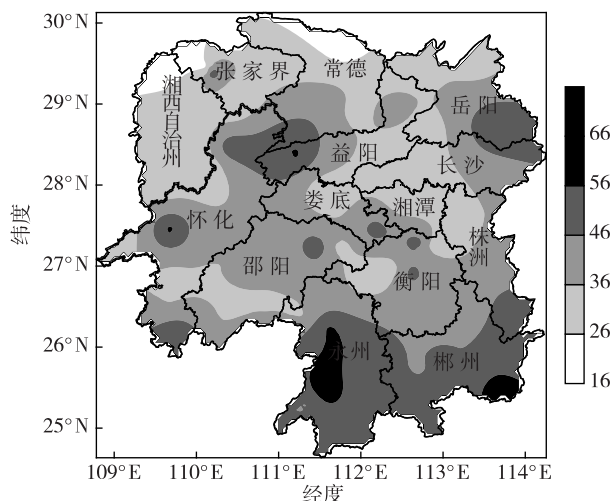


图1 1961—2010年湖南省年平均雷暴日空间分布(单位: $d \cdot a^{-1}$)
Fig. 1 Spatial distribution of average annual thunderstorm days during 1961–2010 in Hunan (unit: $d \cdot a^{-1}$)

3 年平均雷暴日数的时间变化特征

湖南省月均雷暴日数变化(图2)呈单峰型,全年均有闪电发生,春季(3—5月)占全年雷暴日的32.8%;夏季(6—8月)占54.88%,其中,8月雷暴日最多(22.15%),7月次之(19.77%);秋季(9—11月)开始减少,占8.35%;冬季(12月—次年2月)最少,占3.96%.主要是因为:1—2月湖南受西北气流

控制,气候干燥,很少有雷暴发生,而3—5月北方冷空气强度减弱,南支槽开始活跃,槽前西南气流把南面的暖湿空气输送到湖南上空,冷暖空气交汇为雷暴天气的形成提供了条件.

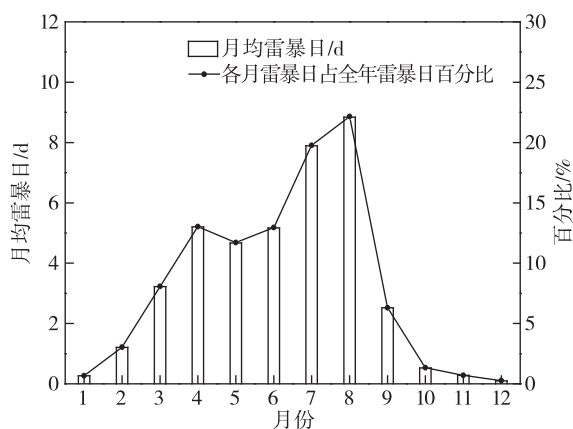


图2 1961—2010年湖南省月均雷暴日数及所占百分比
Fig. 2 Variation of average monthly thunderstorm days (bar) and percentage of each month (line) during 1961–2010 in Hunan

4 小波分析

小波分析是由法国从事石油信号处理的工程师 Morlet 在 1974 年首先提出的,它是一种时间尺度分析方法,近年来被广泛用于长时间尺度的气候研究中.本文对 1961—2010 年湖南省雷暴日数运用小波分析方法进行周期分析(图3).由图3a可见,湖南省 1961—2010 年雷暴日数存在明显的周期变化,从小波方差图(图3b)上可以看出,湖南省雷暴日数存在 8、16、24 和 30 a 的振荡周期,其中 8 a 周期振荡最显著.通过对各振荡周期进行滑动 t 检验发现,只有 8 a 周期振荡达到 0.05 显著性水平.从 8 a 周期上可以得到(图3a),20 世纪 60 年代中期、70 年代初期和中期、80 年代初期、90 年代初期和中期及 21 世纪 00 年代初期和中期,湖南省年雷暴日数都是明显减少的.此外,8 a 周期贯穿整个 50 a,出现了负—正交替的 8 次振荡,湖南省在下一时段将进入少雷期.

5 Mann-Kendall 突变分析及影响因素

5.1 Mann-Kendall 突变分析

Mann-Kendall(简称 M-K)检验方法最初由 Mann 和 Kendall 提出,是一种检验时间序列的非参数方法.对近 50 年湖南省平均的年雷暴日数进行 Mann-Kendall 突变分析(图4),判断雷暴日数据序列中是否存在气候突变.图4中,UF 代表雷暴日时间序列

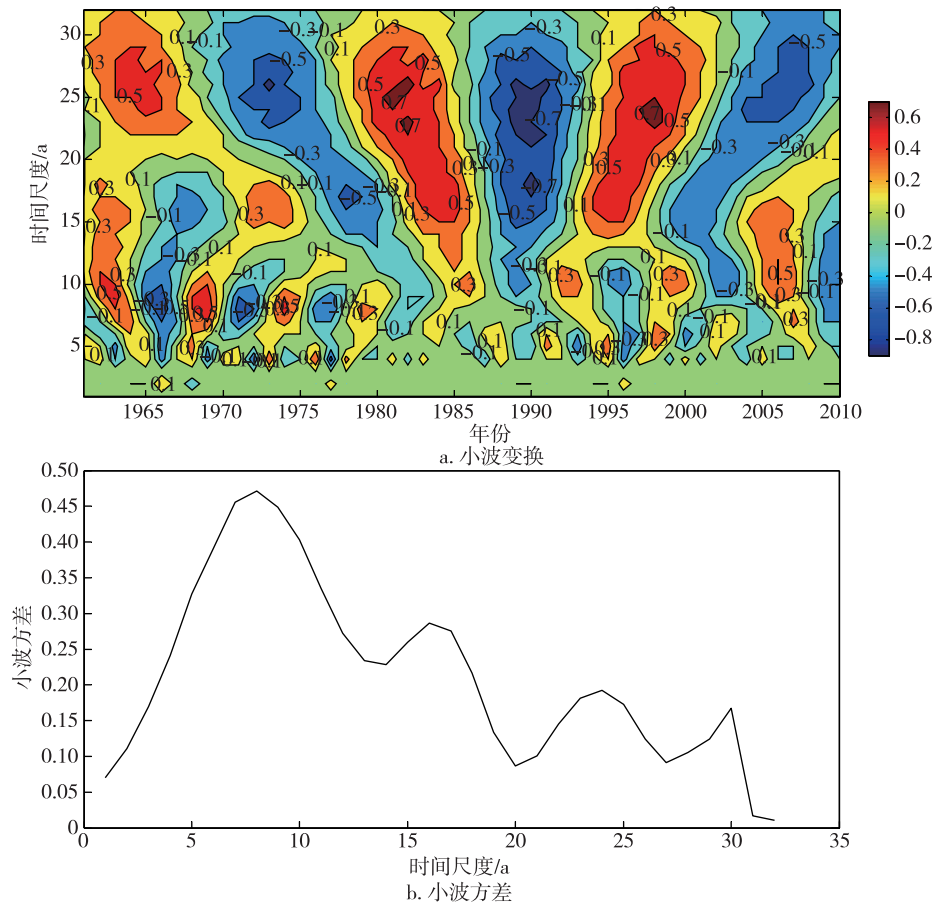


图3 1961—2010年湖南省年平均雷暴日小波变换和小波方差

Fig.3 Wavelet analysis(a) and wavelet variance analysis(b) of average annual thunderstorm days during 1961-2010 in Hunan

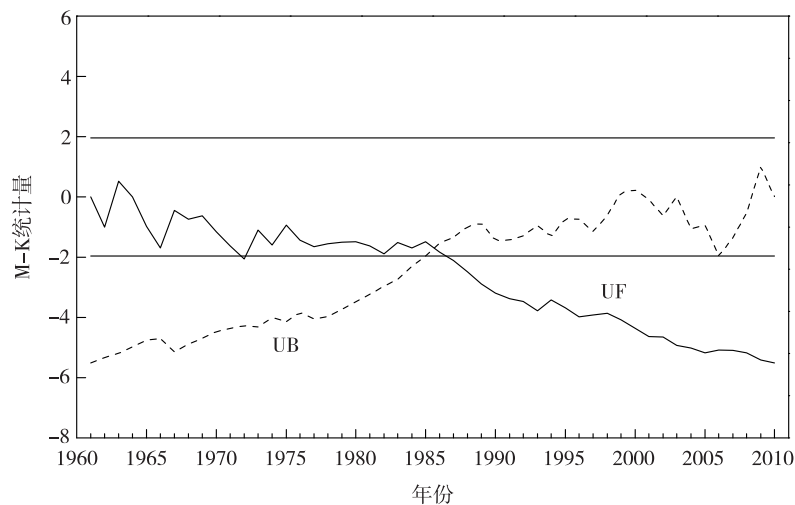


图4 1961—2010年湖南省年平均雷暴日 Mann-Kendall 统计量曲线

Fig.4 Mann-Kendall statistic curve of average annual thunderstorm days during 1961-2010 in Hunan

的顺序统计曲线,UB为逆序统计曲线,实线(直线)代表临界线 ± 1.96 ,显著性水平 $P=0.05$.若 $UF>0$,则表明雷暴日呈上升趋势,反之为下降趋势.当统计曲

线超过临界线时,表明雷暴日上升或下降非常显著.其中,UF曲线和UB曲线的交点所对应的时间就是突变开始的时间.

从图4中可见,UF曲线呈下降趋势,于1986年通过临界线,UB曲线以上升趋势为主,两条曲线相交于1985年,其交点位于临界线以内,因此,1985年是年平均雷暴日开始发生突变的年份.对突变结果进行滑动 t 检验(图5),图5中实线为 t 检验曲线,虚线代表 $\alpha=0.01$ 显著水平临界线.从图5中可以看出,年平均雷暴日在1985年出现突变可信,且突变异常显著.计算突变点前后两个时期的平均雷暴日,1961—1985年平均雷暴日为45.9 d/a,1986—2010年平均雷暴日为34.5 d/a,两者相差11.4 d/a,变化非常明显.这一减少趋势与王学良等^[14]、张润琼等^[15]的研究结果一致.

5.2 高度场特征分析

从上述结果可知,1985年以后湖南省雷暴日数整体减少,以1985年为界,将1961—2010年雷暴日数分为两个阶段:1961—1985年为湖南的多雷暴日期(以下简称多雷期),1986—2010年为湖南的少雷暴日期(以下简称少雷期).有研究指出,当副高东撤或减弱时,在地面冷锋移动的前方易形成雷暴,当副高西伸或加强时,冷锋系统受阻,不利于雷暴的产生^[16].因湖南雷暴主要集中在3—9月,故本节通过分析3—9月500 hPa平均高度场比较多雷期(图6a)和少雷期(图6b)大气环流的差异.

从图6中可以看出,多雷期和少雷期500 hPa平均高度场的差异主要表现在西太平洋副热带高压西伸脊点的位置以及青藏高原短波槽的位置和强弱上.在多雷期(图6a)未见副热带高压588 dagpm线,586 dagpm线位于125°E附近,而在少雷期(图6b)副热带高压588 dagpm线西伸脊点位于140°E附近,586 dagpm线西伸至95°E附近.多雷期伊朗高压

位置偏西,586 dagpm位于52°E附近,青藏高原短波槽位置偏西偏北(图7a),有利于南面的暖湿气流北上至湖南地区,促进对流不稳定层结的形成,易发生强对流天气;少雷期伊朗高压较多雷期位置偏东,强度增强,586 dagpm位于64°E附近,青藏高原短波槽位置较多雷期偏东偏南(图7b),湖南地区除湘南的永州和郴州在584 dagpm线边缘,其他地区基本处于582 dagpm线控制之中.从上述对比分析可以看出,副热带高压影响雷暴活动的产生:当副高东撤减弱,青藏高原短波槽有利于南面的暖湿气流北上至湖南地区,与冷锋交汇易形成雷暴;反之,当副高西伸加强,冷锋东移阻止副高西伸,不利于雷暴的形成.

分析3—9月500 hPa平均高度场距平(图8)可以看出:多雷期(图8a)在低纬度为负距平,20°N及以上为正距平,湖南距平值为40~80 dagpm,西太平洋为负距平,比正常年份偏弱,有利于低值系统的生成;少雷期(图8b)全部为正距平,湖南距平值介于60~100 dagpm之间,低纬度地区距平为20 dagpm,西太平洋为正距平,且有20 dagpm的闭合中心,说明西太平洋副热带高压比正常年份偏强,不利于低值系统的生成.

6 结论与讨论

1)湖南省年平均雷暴日数的分布特征总体上为:湘南最多,湘西、湘东、湘中次之,湘北最少,其中,最高值出现在湘南的永州道县,为65.38 d/a,最低值出现在湘北的常德澧县,为21.92 d/a;春、夏两季是雷暴的高发期,雷暴日数占总数的87.68%.

2)近50年来,湖南省年平均雷暴日存在明显的

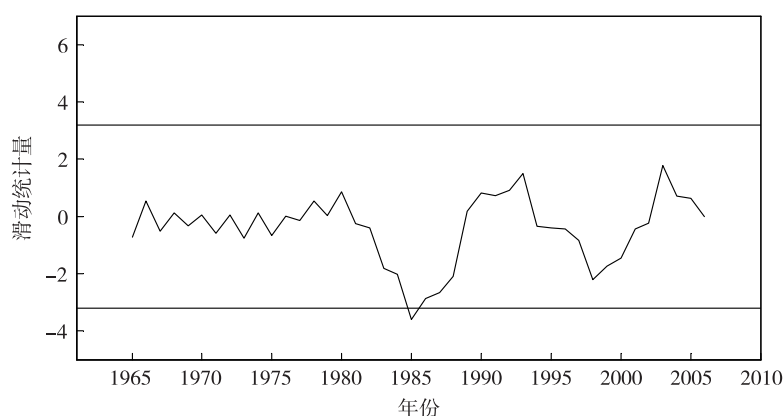
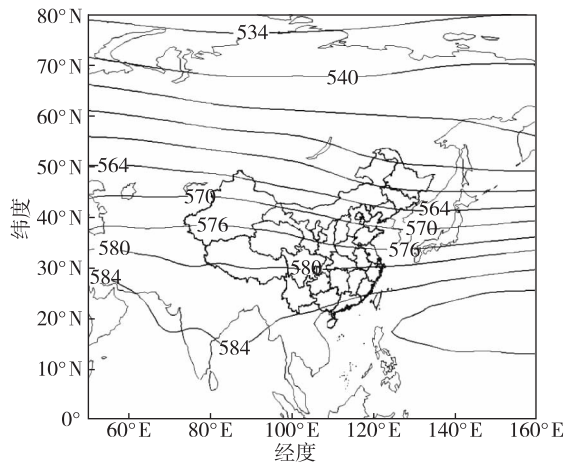
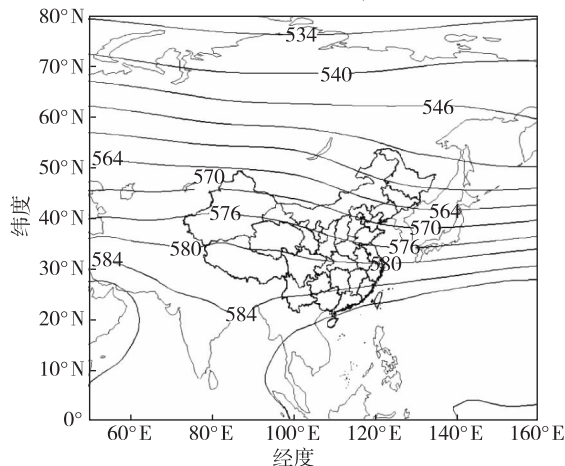


图5 1961—2010年湖南省年平均雷暴日滑动 t 统计量曲线

Fig. 5 Moving t -test statistic curve of average annual thunderstorm days during 1961–2010 in Hunan



a. 1961—1985年



b. 1986—2010年

图6 3—9月500 hPa平均高度场(单位:dagpm)

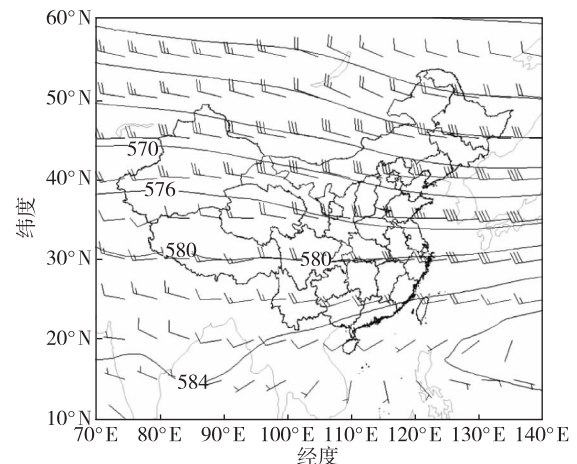
Fig. 6 Average 500 hPa height fields from March to September(unit:dagpm) during 1961—1985(a), 1986—2010(b)

周期变化,为8、16、24和30 a的振荡周期,其中8 a周期振荡最显著,湖南在下一时段将进入少雷期。

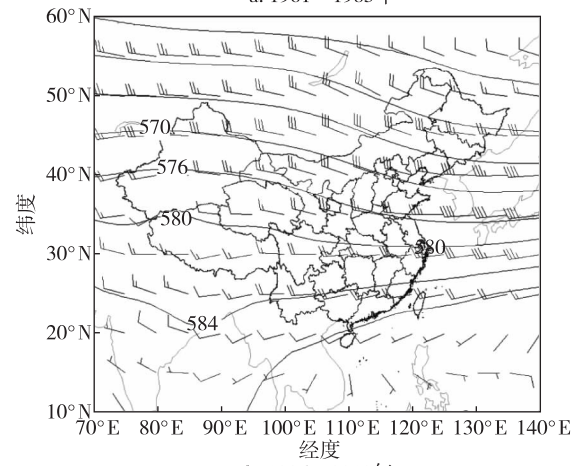
3) M-K 检验表明,1985年是年平均雷暴日开始发生突变的年份,1961—1985年平均雷暴日为45.9 d/a,1986—2010年平均雷暴日为34.5 d/a。

4) 分析湖南3—9月500 hPa平均高度场发现,当副高东撤减弱,为多雷期;反之,当副高西伸加强,偏西北气流盛行,为少雷期。从500 hPa平均高度场距平得出,湖南多雷期距平值为40~80 dagpm,西太平洋为负距平,湖南少雷期距平值介于60~100 dagpm之间,西太平洋为正距平。

需要指出的是,本文另对1998—2010年全国雷灾进行了统计发现:雷电灾害并没有因为雷暴日的减少而减少,其原因是否与国家经济水平、城市建设以及防灾减灾措施有关,目前正在另一篇文章中进行对比分析。由于每个雷暴日发生的闪电频数以及



a. 1961—1985年



b. 1986—2010年

图7 3—9月500 hPa风场合成(单位:m/s)

(风矢量长杠表示4 m/s,短杠表示2 m/s)

Fig. 7 500 hPa wind fields synthesized for March to September (unit:m/s) during 1961—1985(a), 1986—2010(b)

(Long bar for wind vector of 4 m/s, and short bar for wind vector of 2 m/s)

闪电电流强度都存在着差异,由此也可能造成不同程度的灾害情况。因此,对闪电日数和闪电强度的研究也正在进行。

参考文献

References

- [1] Zheng L L, Sun J H, Wei J. Thunder events in China: 1980 - 2008 [J]. Atmospheric and Oceanic Science Letters, 2010, 3(4) : 181-188
- [2] 孙丽,于淑琴,李岚,等.辽宁省雷暴日数的时空变化特征[J].气象与环境学报,2010,26(1):59-62
SUN Li, YU Shuqin, LI Lan, et al. Temporal and spatial distribution characteristics of thunderstorm days in Liaoning province [J]. Journal of Meteorology and Environment, 2010, 26(1) : 59-62

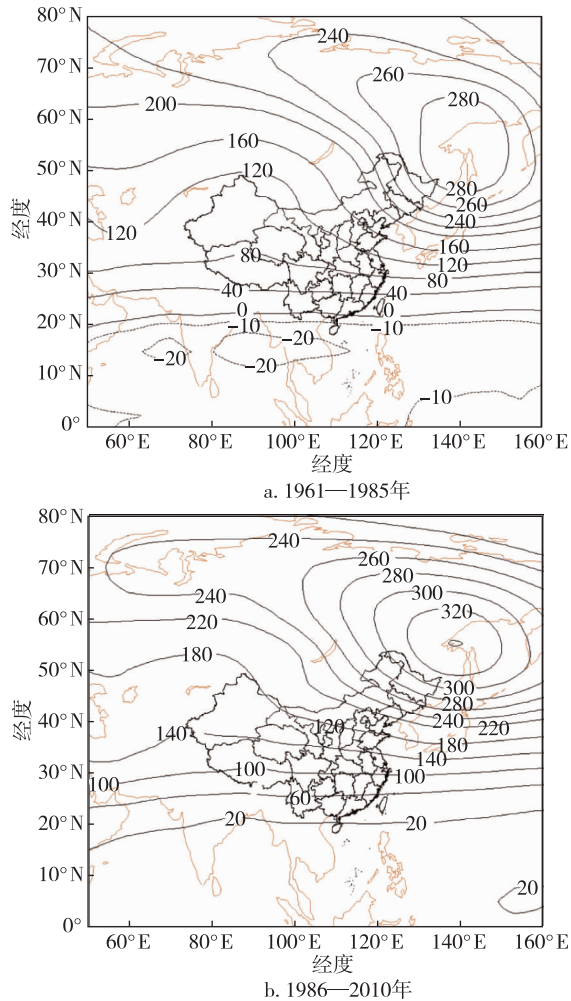


图 8 3—9 月 500 hPa 平均高度场距平(单位:dagpm)

Fig.8 Average 500hPa height field anomalies for March to September(unit:dagpm) during 1961-1985(a), 1986-2010(b)

- [3] 冯民学,焦雪,韦海容,等.江苏省雷电分布特征分析[J].气象科学,2009,29(2):246-251
FENG Minxue, JIAO Xue, WEI Hairong, et al. An analysis of the lightning distribution features in Jiangsu province [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2009, 29 (2): 246-251
- [4] 王锡中,叶玉珍,钟颖颖,等.江苏省城市雷暴日分布特征[J].气象科学,2011,31(1):93-99
WANG Xizhong, YE Yuzhen, ZHONG Yingying, et al. Distribution characteristics of thunderstorm days in cities of Jiangsu [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2011, 31 (1): 93-99
- [5] 蔡新玲,刘宇,康岚,等.陕西省雷暴的气候特征[J].高原气象,2004,23(增刊1):118-123
CAI Xinlin, LIU Yu, KANG Lan, et al. Climatic characteristic of thunderstorm in Shaanxi province [J]. Plateau Meteorology, 2004, 23 (sup 1): 118-123
- [6] 袁铁,鄒秀书.卫星观测到的我国闪电活动的时空分布特征[J].高原气象,2004,23(4):488-494

- YUAN Tie, QIE Xiushu. Spatial and temporal distribution of lightning activities in China from satellite observation [J]. Plateau Meteorology, 2004, 23 (4): 488-494
- [7] 许迎杰,尹丽云,邓勇,等.低纬高原雷暴的气候特征分析[J].高原气象,2008,27(4):888-895
XU Yingjie, YIN Liyun, DENG Yong, et al. Analysis on climatic features of thunderstorm in lower latitude plateau of China [J]. Plateau Meteorology, 2008, 27 (4): 888-895
- [8] 王学良,余田野,朱传林,等.我国中部五省雷暴日时空分布特征[J].热带地理,2013,33(1):13-20
WANG Xueliang, YU Tianye, ZHU Chuanlin, et al. Thunderstorm days of the five provinces in central China [J]. Tropical Geography, 2013, 33 (1): 13-20
- [9] 郑淋淋,孙建华,卫捷.我国雷暴的日变化特征[J].暴雨灾害,2011,30(2):137-144
ZHENG Linlin, SUN Jianhua, WEI Jie. The diurnal variation of thunder events in China [J]. Torrential Rain and Disasters, 2011, 30 (2): 137-144
- [10] 袁飞,耿雪莹,孙明辉,等.廊坊市雷暴气候特征及区划研究[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2014,6(5):469-474
YUAN Fei, GENG Xueying, SUN Minghui, et al. Climatic characteristics and regionalization of thunderstorms in Langfang [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2014, 6 (5): 469-474
- [11] 戚平.湖南省邵阳市雷暴气候特征分析[J].现代农业科技,2010(2):299-300,302
QI Ping. An analysis of climatic features of thunderstorms Shaoyang city in Hunan province [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2010 (2): 299-300, 302
- [12] 余高杰,胡振菊,郭蓉芳.近 30 年常德市雷暴日的气候特征[J].高原山地气象研究,2009,29(增刊1):116-119
SHE Gaojie, HU Zhenju, GUO Rongfang. Climatic characteristics of thunderstorms in Changde city in recent 30 years [J]. Plateau and Mountain Meteorology Research, 2009, 29 (sup 1): 116-119
- [13] 陈涛,吴岚,韩波,等.湖南省雷电特征及闪电数据分析[J].防灾科技学院学报,2008,10(3):38-42
CHAO Tao, WU Lan, HAN Bo, et al. Characters and data analysis of thunder and lightning in Hunan province [J]. Journal of Institute of Disaster-Prevention Science and Technology, 2008, 10 (3): 38-42
- [14] 王学良,王海军,李卫红.近 45 年湖北省雷电日数的时空变化特征分析[J].暴雨灾害,2007,26(1):83-87
WANG Xueliang, WANG Haijue, LI Weihong. Temporal and spatial variation feature analysis of the thunder and lightning days in Hubei province during the latest 45 years [J]. Torrential Rain and Disasters, 2007, 26 (1): 83-87
- [15] 张润琼,刘莉娟,李建成,等.近 45 年六盘水市雷暴日数的气候特征分析[J].贵州气象,2009,33(增刊1):38-39
ZHANG Runqiong, LIU Lijuan, LI Jiancheng, et al. Analysis on climatic features of thunderstorm days in Liupanshui [J]. Journal of Guizhou Meteorology, 2009, 33 (sup 1): 38-39

[16] 任崇,温亚丽.夏季风时期湛江市雷暴日数的变化特征及大气环流条件分析[J].广东气象,2012,34(1):32-34

REN Chong, WEN Yali. Analysis on variation features of

thunderstorm days and weather circulation conditions during summer monsoon period in Zhanjiang[J]. Guangdong Meteorology, 2012, 34(1): 32-34

Climatic characteristics of thunderstorm over past 50 years in Hunan province

ZHOU Mingwei¹ WAN Xiecheng¹ TANG Yao¹ NIE Xinyu¹

¹ Hunan Meteorological Disaster Prevention Technology Center, Changsha 410007

Abstract Using the data of thunderstorm days recorded by 74 ground meteorological observatories in Hunan province from 1961 to 2010, the climatic characteristics of thunderstorms during the past 50 years were analyzed by means of mathematical statistics, wavelet analysis and Mann-Kendall test. The results show that there is a decreasing trend of thunderstorm days from the north to the south, with the highest number of thunderstorm days in the mountainous region of the south for 65.38 d/a, and the lowest number of thunderstorm days in the plain of the north for 21.92 d/a. The distribution of average monthly thunderstorm days are observed to be a single peak curve, with the peak period appear in March to September. The oscillation periods of 8 years, 16 years, 24 years and 30 years are found in the number of average annual thunderstorm days in Hunan, with most remarkable period being 8 years. The climatic difference between the periods with more or less thunderstorm days appears as the position of westward move of the subtropical high over the Western Pacific, as well as the position and strength of short-wave trough of Tibetan Plateau.

Key words thunderstorm days; temporal and spatial variation; wavelets analysis; Mann-Kendall mutation