

袁飞¹ 耿雪莹¹ 孙明辉¹ 周涛¹ 关昊¹ 高宇俊¹

廊坊市雷暴气候特征及区划研究

摘要

利用廊坊市9个气象站1964—2011年的雷暴日资料,通过数理统计、线性趋势拟合和小波分析,研究了廊坊市近48 a来雷暴的时空分布特征和周期性特征,并结合信息扩散法,进行了不同雷暴日数下的概率区划。结果表明:廊坊市雷暴日的年际变化幅度较大,年均雷暴日数总体呈下降趋势,约每10 a减少2 d;廊坊市雷暴月、季变化呈明显的单峰型,雷暴主要发生在4—10月,其中夏季(6—8月)占全年的74.5%;中北部的雷暴日数明显多于南部地区;10 a及以上周期在绝大部分地区具有全域性,而短周期3~5 a大多表现在20世纪90年代之前;随着雷暴日数的增大,雷暴发生高概率区逐渐北移,当雷暴日数异常偏大(>40 d)时,中部的部分地区也处于雷暴发生高概率区。

关键词

雷暴;气候特征;区划;小波分析;信息扩散

中图分类号 P446

文献标志码 A

收稿日期 2013-04-19

资助项目 河北省气象局面上项目(13ky27)

作者简介

袁飞,男,助理工程师,研究方向为雷电监测预警.yuanfei_job@126.com

0 引言

雷暴是发展旺盛的强对流现象,是伴有强风骤雨、雷鸣闪电的积雨云系统的统称^[1]。雷暴这种强对流性天气过程是一种严重灾害性天气,与其他灾害天气相比,它具有时间的瞬时性、季节性和频繁性,空间分布的广泛性、分散性和局地性等特点,这增大了准确预报雷暴发生的时域和空域的难度^[2]。进行雷暴气候特征统计分析及区划研究,有助于了解局地雷暴天气发生的气候规律,可以为当地雷电预警和防护工作的开展打好基础,并为指导当地经济生产布局提供科学依据。国内学者对中国各地雷暴气候特征进行了大量的研究,如张敏锋等^[3]分析了我国的雷暴气候特征,得出近30 a来我国大部分地区雷暴日总体在波动中呈减少趋势;徐桂玉等^[4]应用EOF和小波分析方法,研究了我国南方雷暴的空间分布类型、季节变化特征和年际变化规律;尹丽云等^[5]利用云南省132个气象站的逐日气象观测资料,对云南雷暴的时间、空间分布特点和变化特征进行分析研究,并运用保证率公式计算了云南不同地区的雷暴初终日的时空分布;贾朝阳等^[6]研究了山西运城雷暴的地域分布、季节变化、年际变化规律以及与大尺度大气环流的联系。

廊坊市地处华北平原北部,北接燕山山脉,为燕山南侧余脉,中南部地区为冲积平原区。廊坊市处于中纬度季风气候区,夏季受偏南暖湿气流影响较多,雷电活动较为活跃^[7]。针对廊坊市雷暴气候特征的研究尚少,仅王清川等^[7]简要分析了廊坊市雷暴的时空分布特征。本文选取廊坊市雷暴日资料,运用数理统计方法,详细分析了廊坊市雷暴的时空分布特征,并结合信息扩散法研究了该地区的雷暴概率区划。

1 资料与研究方法

1.1 资料

在进行雷暴日资料统计时遵循:1)当一日中观测到雷暴,无论持续时间长短,均记为一个雷暴日;2)一日之内观测到数次雷暴只统计为一个雷暴日。由于各县(市)建站时间不一致,选取廊坊市9个气象观测站资料完整的1964—2011年共48 a的雷暴气候资料,进行雷暴的时空分布特征分析和区划研究。廊坊市的9个气象站分别为:三河(54520)、大厂(54510)、香河(54521)、廊坊(54515)、固安(54512)、

1 河北省廊坊市气象局,廊坊,065000

永清(54519)、霸州(54518)、文安(54612)和大城(54613).

1.2 研究方法

1.2.1 气候倾向率^[8]

可以用一元线性函数 $y=ax+b$ 来表示气象要素 y 序列的长期趋势变化, x 表示时间序列 ($x=1964, 1965, \dots, 2011$), b 为常数项, a 表示线性倾向值. a 为正(负)时表示气象要素在所计算的时间序列内有线性增(降)的趋势, $|a|$ 反应增或降的速率. 定义线性倾向值 a 乘以 10 为气候倾向率, 雷暴气候倾向率单位为 $d \cdot (10 a)^{-1}$.

1.2.2 小波分析

小波分析是研究有限时间序列的常见方法, 由于该方法在时频两域都具有表征信号局部特征的能力, 近年来在气象要素分析方面得到了越来越广泛的应用^[9-10].

具有等时步长 δt 的离散系列 $f(n\delta t)$ ($n=1, \dots, N$) 的连续小波变换为^[11]

$$F(s, n\delta t) = \sqrt{\frac{\delta t}{s}} \sum_{n'=0}^{N-1} f(n'\delta t) \psi^* \left[\frac{(n' - n)\delta t}{s} \right], \quad (1)$$

其中 $F(s, n\delta t)$ 是小波系数, s 为小波尺度, $*$ 表示共轭复数, 本文选用 Morlet 母子波函数:

$$\psi(t) = \pi^{-1/4} e^{i\omega t} e^{-t^2/2}, \quad (2)$$

其中 t 为时间, ω 表示无量纲频率. 本文取 $\omega=6$, 则小波尺度 s 与傅里叶周期 T 基本相等 ($T=1.03 s$), 可用小波尺度表示信号的周期.

1.2.3 信息扩散法

信息扩散理论是为了弥补信息不足而考虑优化利用样本模糊信息的一种对样本进行集值化的模糊数学处理方法^[12]. 信息扩散法已在气象灾害风险评估及区划方面得到了广泛应用^[13-14]. 本文对历史雷暴日资料进行扩散, 从而计算不同雷暴日数出现的概率.

设雷暴日指数论域为 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_n\}$, 一个单值观测样本 x_j 可以按照式(3)将其携带的信息扩散给 U 中的各雷暴日指数:

$$g_j(u_i) = \frac{1}{h\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(x_j - u_i)^2}{2h^2} \right], \quad (3)$$

其中 h 称为扩散系数, 可根据样本集合 X 中样本的最大值 b 和最小值 a 及样本个数 m 来确定, 其计算公式为

$$h = \begin{cases} 0.684 \cdot 1(b - a), & m = 5, \\ 0.540 \cdot 4(b - a), & m = 6, \\ 0.448 \cdot 2(b - a), & m = 7, \\ 0.383 \cdot 9(b - a), & m = 8, \\ 2.685 \cdot 1(b - a)/(n - 1), & m \geq 9. \end{cases} \quad (4)$$

2 廊坊市雷暴气候特征分析

2.1 廊坊市雷暴年变化特征

廊坊市 9 个气象站 1964—2011 年的平均雷暴日数为 30.6 d. 从年际变化(图 1)中可以看出, 48 a 来廊坊市雷暴日数年际变化幅度较大, 最大雷暴日数为 1967 年的 43.8 d, 最小雷暴日数为 2010 年的 18.6 d, 相差 25.2 d. 由 5 a 滑动平均曲线可以看出, 20 世纪 60 年代中后期雷暴日偏多, 而后在波动中不断减少, 到 80 年代初期开始明显增多, 90 年代初期又急剧减少, 进入 90 年代中后期后, 持续偏少. 通过计算得到廊坊市雷暴日的趋势定量化一次线性方程为 $y=404.7763-0.1883x$, 气候倾向率为 $-1.883 d \cdot (10 a)^{-1}$, 即自 1964 年以来, 廊坊市年均雷暴日总体呈现下降趋势, 约每 10 a 减少 2 d. 各站雷暴日数均呈下降趋势, 但下降幅度略有差别, 三河的下趋势最明显, 气候倾向率为 $-2.297 d \cdot (10 a)^{-1}$, 而香河的下趋势最弱, 气候倾向率仅为 $-0.424 d \cdot (10 a)^{-1}$, 下降比较明显的还有大厂和固安.

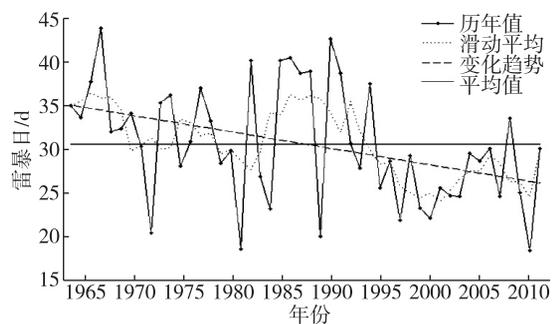


图1 廊坊市 48 a 雷暴日年际变化

Fig. 1 Variation of annual thunderstorm days for recent 48 a in Langfang

2.2 廊坊市雷暴月、季变化特征

廊坊市月均雷暴日变化(图 2)呈明显的单峰型: 春季(3—5 月)开始逐渐增多, 占全年雷暴日的 13.7%; 夏季(6—8 月)持续较多, 占 74.5%, 7 月达到峰值; 秋季(9—11 月)逐渐减小并消失, 占 11.8%; 冬季(12 月—次年 2 月)48 a 来未曾出现雷暴. 对 4—10 月影响河北雷电活动的天气系统统计

分析表明^[15]:4月开始随着气温的逐步升高,冷暖空气逐渐活跃并在河北地区频繁交汇,雷暴天气逐渐增多,低槽切变型雷暴在大部分月份出现的频率最高;5—6月,影响河北地区雷暴的天气系统以低涡系统为主(其中东北冷涡最多,华北低涡次之);7—8月,随着副高的明显北抬,廊坊地区处于副高的影响之下,在对流层低层,副高外围的空气比较潮湿,常常存在大量不稳定的能量,当其西北部有锋面、低压、高空槽、切变线、低涡等系统影响时,容易引发雷暴天气,因此这一阶段除低槽切变型、低涡型之外,副高型雷暴占据主要位置;此后,随着温度逐渐降低以及副高的逐步南撤,雷暴天气迅速减少。

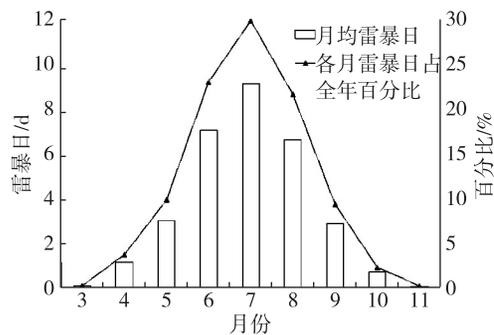
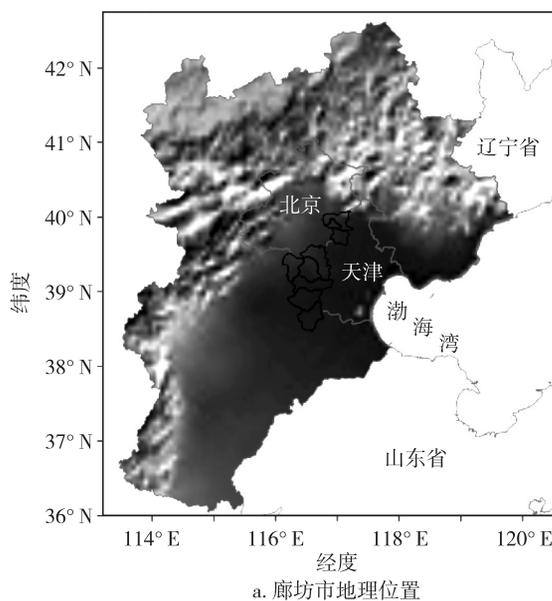


图2 廊坊市48 a月均雷暴日及比例变化

Fig. 2 Variations of average monthly thunderstorm days (bar) and percentage of each month (line) in Langfang

2.3 廊坊市雷暴空间分布特征

廊坊市南北纬度跨越较大,地势由北向南逐渐



趋于平坦,受地形和气候条件的影响,廊坊市雷暴空间分布不尽相同,最北端的三河年均雷暴日数最多,达到33.4 d.柴东红等^[16]通过闪电定位仪也观测到三河处于闪电高密度区.结合图3a分析可见,其原因是三河离燕山南侧迎风坡较近,地形迫使偏南暖湿气流辐合抬升,易形成雷暴云.由图3b可知,中北部的雷暴日数明显多于南部的文安和大城,主要原因是太行山山脉和燕山山脉在北京地区形成三面环山的喇叭口地形,当冷空气自北部南下到达这一地区时,在廊坊地区的中北部与暖湿空气交汇频繁,从而易造成雷暴天气的产生.此外,廊坊中北部地区离喇叭口较近,当暖湿气流进入喇叭口时,高山的阻挡促使气流急剧收缩,在喇叭口里引起强烈的上升气流运动,有利于强对流天气的形成。

2.4 廊坊市雷暴周期变化特征

本文运用Morlet小波对近48 a廊坊市9个气象站的雷暴日时间序列进行分析,信号强弱由小波系数的实部表示,正值表示雷暴偏多的年份,负值表示雷暴相对较少的年份.结果发现:北部(三河、大厂、香河)3站仅在短周期变化方面略有差异,中部(廊坊、固安、永清、霸州)4站除永清站在中短周期变化方面差异较大外,其他周期变化特征基本保持一致,南部的文安和大城结果相差较大.限于篇幅,选取大厂、固安、文安和大城的雷暴日小波振幅作为代表进行分析,如图4所示。

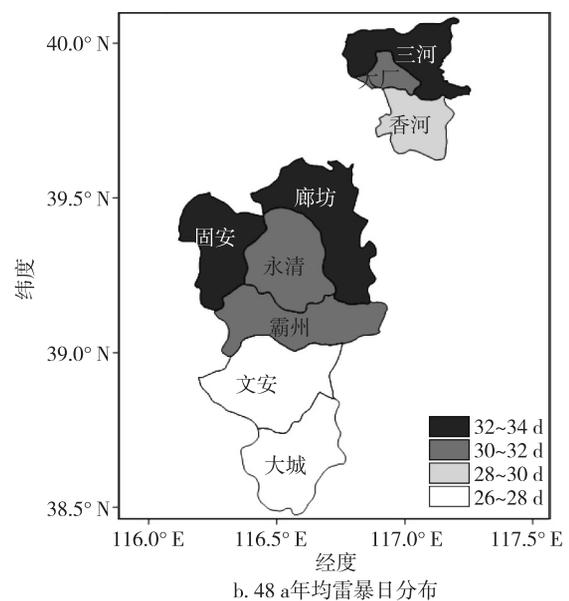


图3 廊坊市地理位置和48 a年均雷暴日分布

Fig. 3 Geographic position of Langfang and distribution of average annual thunderstorm days for 48 a

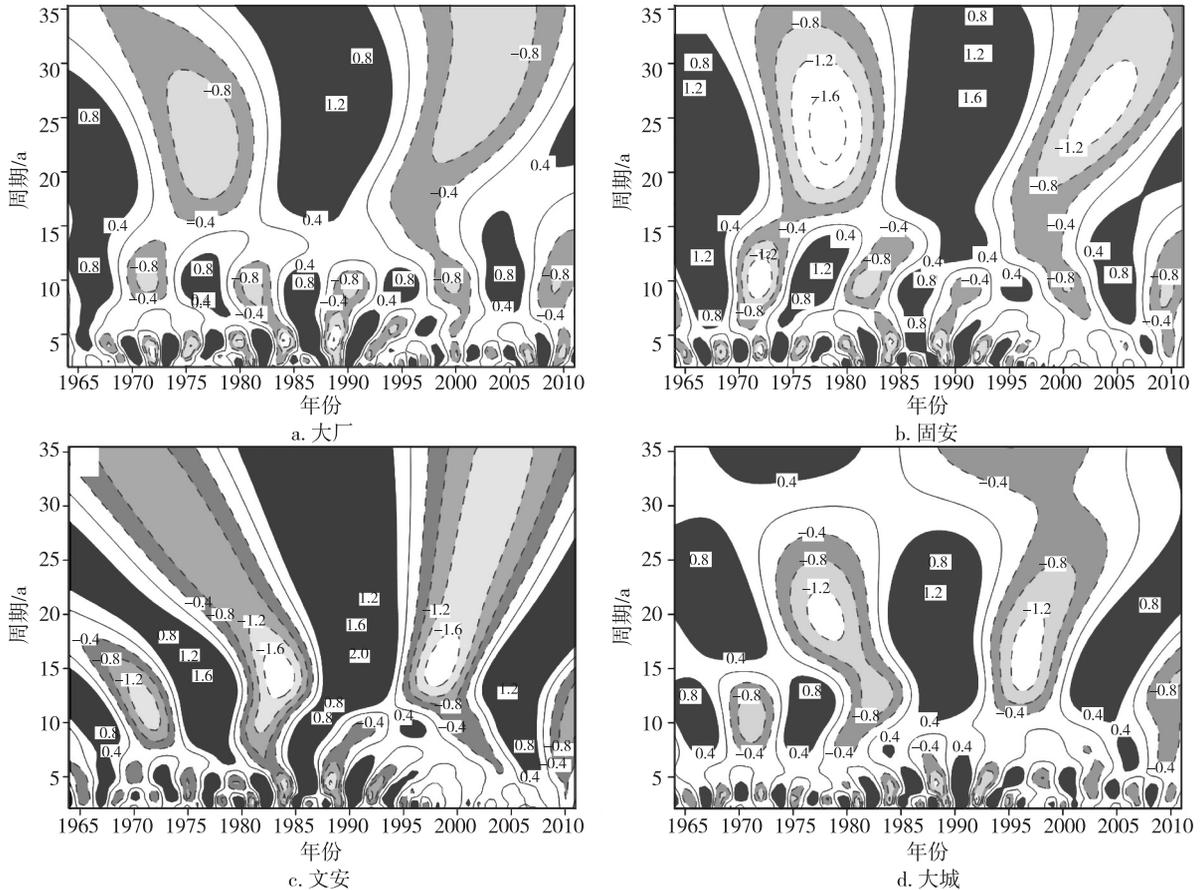


图4 1964—2011年廊坊市4代表站雷暴日的小波振幅

Fig. 4 Wavelet amplitude of thunderstorm days during the period of 1964—2011 in the four representative stations of Langfang

北部地区由大厂代表.北部地区年雷暴日数存在3~5、6、10和20~25 a的周期振荡信号,其中,10和20~25 a的周期振荡在北部3站都具有全域性.在20世纪90年代中期前后,北部3站都具有短时期的6 a周期振荡.近48 a,3~5 a的周期振荡在三河始终存在,而在大厂和香河分别主要表现在1964—1993年、2000—2011年和1964—1998年、2005—2011年.

中部地区由固安代表.中部地区年雷暴日数存在3~5、6、10和20~25 a的周期振荡信号,其中,20~25 a的周期振荡在中部4站比较稳定,近48 a始终存在.除永清外,10 a周期振荡在中部地区也具有全域性,永清只在1985年前表现为10 a周期振荡,而后在1985—1995年期间表现为较小的6 a周期振荡.在短周期3~5 a方面,除廊坊和永清具有全域性外,其余2站主要表现在1964—1995年.

文安的年雷暴日数存在3~5、9和10~15 a的周期振荡.10~15 a的周期振荡具有全域性,近48 a始

终存在.1985—1995年具有9 a周期振荡,3~5 a的周期振荡主要表现在1964—1994年.

大城的年雷暴日数存在3~5、10~12和15~20 a的周期振荡.3~5和15~20 a的周期振荡比较稳定,近48 a始终保持.10~12 a周期振荡主要表现在1964—1985年.

总体而言,廊坊市年雷暴日数的10 a及以上周期比较稳定,且在绝大部分地区都具有全域性.在短周期3~5 a方面,除三河、廊坊、永清、大城具有全域性外,其余5站大多表现在20世纪90年代之前,在90年代逐渐减弱并消失,这可能是由于90年代雷暴日的急剧减少,对廊坊市雷暴日的短周期变化产生较大影响.

3 廊坊市雷暴区划

由于地形和气候条件的影响,廊坊各地相同年份出现的雷暴日数存在较大差异.结合实际雷暴日观测资料,采用信息扩散法对各地出现不同雷暴日

数进行区划.选取雷暴日指数论域为 $U = \{5, 10, \dots, 50\}$, 在已知各地雷暴观测样本集合 X 的基础上, 利用信息扩散理论模型计算得到廊坊各地出现不同雷暴日数的概率(表 1).

固安发生雷暴日数 5~50 d 的概率如表 1 所示, 其物理意义是: 在固安, 每一年都会遇到雷暴日为 5、10、15、20 和 25 d 的天气现象, 即固安基本上每年的雷暴日数都会达到 25 d. 每 1.5 a 遇到雷暴日为 30 d 的天气现象, 以此类推, 发生 35、40、45 和 50 d

雷暴日的天气现象分别为 2、3、5、9 和 45 a 一遇.

为深入进行廊坊市雷暴空间分布区划研究, 选取雷暴日为 20、25、30、35、40 和 45 d 的概率制成空间区划(图 5).

结合表 1 和图 5 分析可知: 雷暴日数为 5~20 d 的天气现象, 全市各地区 1 a 一遇; 出现雷暴日数为 25 d 的天气现象, 中北部地区基本 1 a 一遇, 南部的文安和大城 1.5 a 左右一遇; 出现 30 d 雷暴日的天气现象, 中北部地区 1.5 a 左右一遇, 南部地区 2 a

表 1 廊坊市出现不同雷暴日数的概率

Table 1 The probability of different thunderstorm days in Langfang

站名	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d	35 d	40 d	45 d	50 d
三河	1	0.999 9	0.999 9	0.979 1	0.901 3	0.776 5	0.572 3	0.329 8	0.123 0	0.001 8
大厂	1	1	0.999 9	0.971 4	0.857 6	0.715 0	0.488 7	0.251 2	0.087 3	0.000 1
香河	1	1	0.999 9	0.978 9	0.860 8	0.601 5	0.337 5	0.125 9	0.037 2	0.001 3
廊坊	1	1	0.999 9	0.982 3	0.898 6	0.702 5	0.465 6	0.268 9	0.099 3	0.007 8
固安	1	1	0.999 9	0.992 8	0.888 5	0.702 9	0.470 3	0.273 4	0.112 5	0.022 1
永清	1	0.979 4	0.978 7	0.948 3	0.839 4	0.618 7	0.396 9	0.220 2	0.054 8	0.005 0
霸州	1	0.999 9	0.999 9	0.985 3	0.887 6	0.675 8	0.406 0	0.220 2	0.084 5	0.043 3
文安	1	0.999 9	0.999 9	0.939 6	0.775 8	0.514 8	0.234 6	0.118 5	0.035 7	0.001 5
大城	1	0.999 9	0.968 4	0.823 4	0.651 3	0.447 6	0.249 7	0.075 5	0.021 1	0.007 2

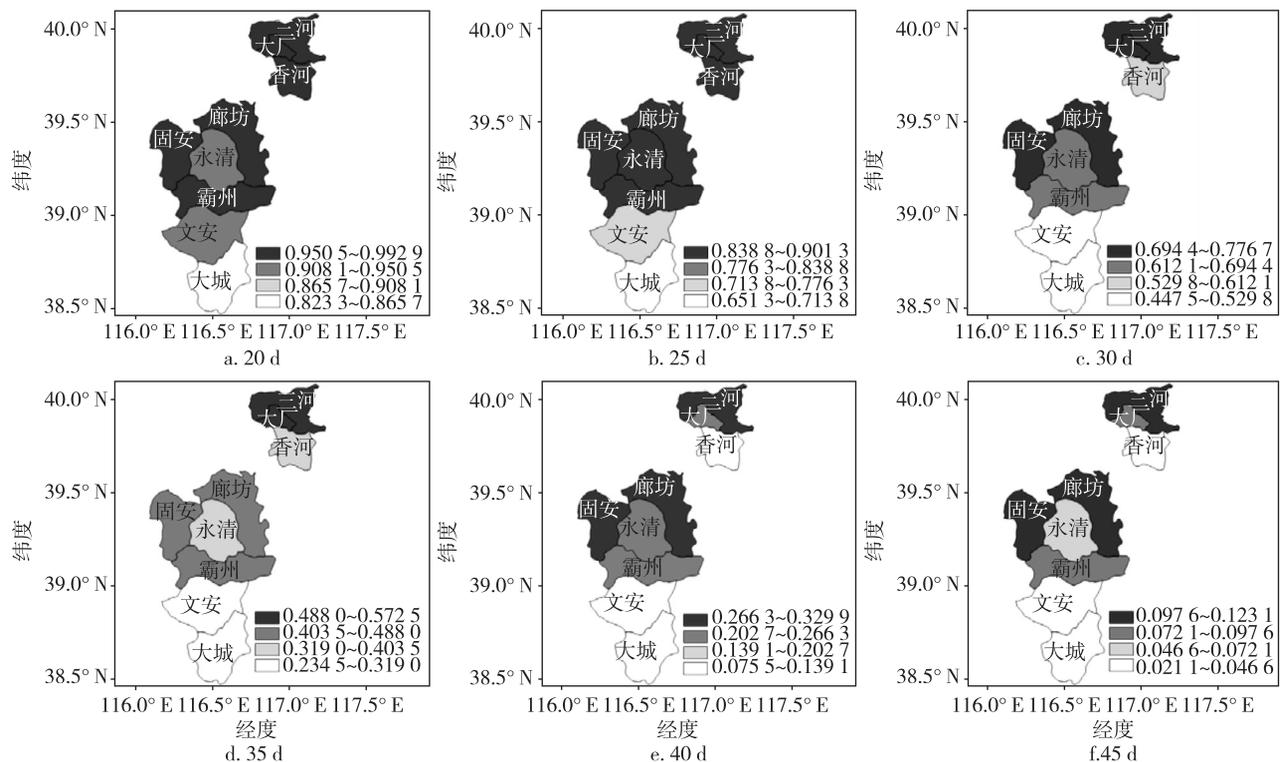


图 5 廊坊市雷暴概率空间区划

Fig. 5 Zoning of thunderstorm probability in Langfang

一遇;出现 35 d 雷暴日的天气现象,中北部地区 2~3 a 一遇,南部地区 4 a 一遇;随着雷暴日数的增大,雷暴发生高概率区逐渐北移,北部的三河始终处于雷暴发生高概率区;当雷暴日数异常偏大(超过 40 d)时,中部的部分地区也处于雷暴发生高概率区。

4 结论

1) 廊坊市年雷暴日数较多,年际变化幅度较大,年均雷暴日总体呈现下降趋势,约每 10 a 减少 2 d。

2) 廊坊市的雷暴具有很强的季节性特点,春季开始逐渐增多,夏季持续较多,7 月达到峰值,秋季逐渐减小并消失。这一变化特征与廊坊地区的气温变化及各季节影响雷电活动的主要天气系统密切相关。

3) 受燕山南侧迎风坡的影响,三河具有最高的雷暴日数。廊坊市中北部的雷暴日数明显多于南部的文安和大城,主要原因是廊坊中北部地区受太行山脉和燕山山脉形成的喇叭口地形影响较大,较南部地区更易形成强对流天气。本文只从定性角度分析了廊坊市雷暴空间分布的成因,还需进一步做深入分析。

4) 廊坊市雷暴日 10 a 及以上周期在绝大部分地区都具有全域性。受 20 世纪 90 年代雷暴日急剧减少的影响,短周期 3~5 a 大多表现在 90 年代之前,在 90 年代期间逐渐减弱并消失。

5) 利用信息扩散理论计算了廊坊市各地出现不同雷暴日数的概率,并制成区划图。结果表明,随着雷暴日数的增大,雷暴发生高概率区逐渐北移,当雷暴日数异常偏大(超过 40 d)时,中部的部分地区也处于雷暴发生高概率区。

参考文献

References

- [1] 陈渭民.雷电学原理[M].北京:气象出版社,2003:82
CHEN Weimin. Principal of lightning [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2003: 82
- [2] 刘梅,魏建苏,俞剑蔚,等.近 57 a 江苏省雷暴日时、空分布气候特征[J].气象科学,2009,29(6):827-832
LIU Mei, WEI Jiansu, YU Jianwei, et al. The temporal-spatial distribution climatic feature of thunderstorm day number in Jiangsu province about 57 a [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2009, 29(6): 827-832
- [3] 张敏锋,冯霞.我国雷暴天气的气候特征[J].热带气象学报,1998,14(2):156-182
ZHANG Minfeng, FENG Xia. A study on climatic features and anomalies of the thunderstorm in China [J]. Journal of Tropical Meteorology, 1998, 14(2): 156-182
- [4] 徐桂玉,杨修群.我国南方雷暴的气候特征研究[J].气象科学,2001,21(3):299-307
XU Guiyu, YANG Xiuqun. Climatic features of thunderstorms in the South China [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2001, 21(3): 299-307
- [5] 尹丽云,许迎杰,张腾飞,等.云南雷暴的时空分布特征分析[J].灾害学,2007,22(2):87-92
YIN Liyun, XU Yingjie, ZHANG Tengfei, et al. A study on characteristics of spatio-temporal distribution of thunderstorm in Yunnan [J]. Journal of Catastrophology, 2007, 22(2): 87-92
- [6] 贾朝阳,郭慕萍,李冬梅,等.山西运城雷暴气候特征[J].自然灾害学报,2006,15(5):38-43
JIA Chaoyang, GUO Muping, LI Dongmei, et al. Climatic characteristic of thunderstorm in Yuncheng, Shanxi province [J]. Journal of Natural Disasters, 2006, 15(5): 38-43
- [7] 王清川,寿绍文,田晓飞,等.廊坊市雷电灾害易损性分析、评估及易损度区划[J].干旱气象,2009,27(4):402-409
WANG Qingchuan, SHOU Shaowen, TIAN Xiaofei, et al. Vulnerability analysis, evaluation and vulnerability division of lightning disaster in Langfang of Hebei province [J]. Journal of Arid Meteorology, 2009, 27(4): 402-409
- [8] 安昕,张国林.辽宁西部半干旱区近 50 年降水趋势及周期变化[J].中国农学通报,2012,28(5):214-220
AN Xin, ZHANG Guolin. The precipitation trend and periodical changes in recent 50 years in semiarid region of western Liaoning province [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(5): 214-220
- [9] 王橙海,李健,许晓光.中国近 50 年气温变化准 3 年周期的普遍性及气温未来的可能变化趋势[J].高原气象,2012,31(1):126-136
WANG Chenghai, LI Jian, XU Xiaoguang. Universality of quasi-3-year period of temperature in last 50 years and change in next 20 years in China [J]. Plateau Meteorology, 2012, 31(1): 126-136
- [10] 孙燕,朱伟军,王谦谦,等.华北夏季降水异常的变化及其与大气环流的联系[J].大气科学学报,2010,33(1):67-73
SUN Yan, ZHU Weijun, WANG Qianqian, et al. Spatial/temporal variations of summer precipitation anomalies in North China and their relations to atmospheric circulation [J]. Transactions of Atmospheric Sciences, 2010, 33(1): 67-73
- [11] Torrence C, Compo G P. A practical guide to wavelet analysis [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1998, 79(1): 61-78
- [12] 黄崇福,刘新立,周国贤,等.以历史灾情资料为依据的农业自然灾害风险评估方法[J].自然灾害学报,1998,7(2):1-9
HUANG Chongfu, LIU Xinli, ZHOU Guoxian, et al. Agricultural natural disaster risk assessment method according to the historic disaster date [J]. Journal of Nat-

- ural Disasters, 1998, 7(2): 1-9
- [13] 刘敬乐,周顺武,牛涛,等.基于信息扩散方法的中国西北地区春季沙尘暴灾害风险分析[J].气象科技, 2012, 40(5): 858-864
LIU Jingle, ZHOU Shunwu, NIU Tao, et al. Risk analysis of spring sand-dust storm disasters in northwestern China based on information diffusion method[J]. Meteorological Science and Technology, 2012, 40(5): 858-864
- [14] 陈红.基于信息扩散理论的黑龙江省主要气象灾害风险评估研究[D].哈尔滨:哈尔滨师范大学地理科学学院, 2011
CHEN Hong. Major meteorological disaster risk evaluation of Heilongjiang province based on information diffusion theory [D]. Harbin: College of Geographic Science, Harbin Normal University, 2011
- [15] 柴东红,侯瑞钦,李宗涛,等.影响河北省雷电活动的天气系统及雷电潜势预报[C]//第十届防雷减灾论坛:雷电灾害与风险评估.沈阳:中国气象学会, 2012
CHAI Donghong, HOU Ruiqin, LI Zongtao, et al. Influence of synoptic systems on lightning activity and the lightning potential forecast in Hebei province [C]// The 10th Forum on Lightning Protection and Disaster Reduction-Lightning Disaster and Risk Assessment. Shenyang: Chinese Meteorological Society, 2012
- [16] 柴东红,李宗涛,田艳婷,等.河北省近年地闪特征分析[J].自然灾害学报, 2011, 20(3): 13-17
CHAI Donghong, LI Zongtao, TIAN Yanting, et al. Characteristic analysis of cloud-to-ground lightning in Hebei province during recent years [J]. Journal of Natural Disasters, 2011, 20(3): 13-17

Climatic characteristics and regionalization of thunderstorms in Langfang

YUAN Fei¹ GENG Xueying¹ SUN Minghui¹ ZHOU Tao¹ GUAN Hao¹ GAO Yujun¹

¹ Langfang Meteorological Bureau of Hebei Province, Langfang 065000

Abstract Using the data of thunderstorm days recorded by the 9 weather stations in Langfang of Hebei province from 1964 to 2011, the temporal-spatial distribution characteristics and periodicity features during the recent 48 years are analyzed by means of mathematical statistics, linear trend fittings and wavelets analysis. The regionalization of thunderstorm probability of different number of days is worked out by use of information diffusion theory. The results show that the interannual thunderstorm variability is significant and the annual thunderstorm days has a decreasing trend. The numerical value of decreasing days is about 2d per decade. The seasonal variation exhibits a uni-peak-type and the thunderstorms mainly occur from April to October, while 74.5% of thunderstorms occur in the three-month of June, July and August during the summer. The thunderstorm days in north-central areas are significantly more than that in south. The variation periods are stable and exist across the whole region in most areas when they are more than 10a, but the short period of 3 to 5 years mainly happens before the 1990s. With the increase of the thunderstorm days, the high probability areas move north. Some of the central areas will be high probability areas when the thunderstorm days become abnormally high.

Key words thunderstorm; climatic characteristics; regionalization; wavelets analysis; information diffusion