

大、小兴安岭及邻近地区雷暴气候特征

李帅¹, 陈莉², 周永吉³

(1. 黑龙江省气象科学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150030 2. 哈尔滨市气象局, 黑龙江 哈尔滨 150080

3. 黑龙江省气象信息中心, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要: 黑龙江省地处中国东部中高纬地区, 大、小兴安岭林区面积占该省的 50% 以上, 雷暴这种对流天气现象对该地区林业和社会生活都有着巨大的影响。借助黑龙江省 74 个地面气象站点雷暴观测资料, 分析了该地区 1976~2005 年雷暴发生和变化情况。研究得出: 该地区雷暴的发生受地形的影响明显, 尽管雷暴逐年发生站数总体减少趋势显著, 大兴安岭部分林区却与全省大部分地区雷暴变化有反位相关关系, 1976 年、1979 年、1994 年、1995 年、1997 年、1999~2002 年、2004 年这些年大兴安岭林区部分地区雷暴发生偏多, 这可以部分解释林区雷击火多发的原因。另外, 该地区雷暴的出现具有明显的季节性, 雷暴站数年内变化呈单峰分布; 而且雷暴具有热对流性和夜发性的特点; 强雷暴日的发生具有连续性, 在出现强雷暴日后, 一定要注意随后强雷暴日发生的可能。

关键词: 大、小兴安岭; 黑龙江省; 雷暴; 气候特征

中图分类号: P427

文献标识码: A

黑龙江省位于 $121^{\circ}11' \sim 135^{\circ}05' E$, $43^{\circ}25' \sim 53^{\circ}33' N$, 是中国最北、最东、纬度最高的省份, 面积 $> 46 \times 10^4 \text{ km}^2$, 地域辽阔, 地貌复杂多样, 大兴安岭在黑龙江省内绵延 $11 \times 10^4 \text{ km}^2$, 海拔约 $1\,000 \sim 1\,400 \text{ m}$; 小兴安岭面积约 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$, 低山丘陵广布, 呈三角形横亘于黑龙江东北部; 东部山地和丘陵以张广才岭和老爷岭为主干, 海拔约 $500 \sim 1\,000 \text{ m}$, 面积约 $7 \times 10^4 \text{ km}^2$; 西南部有松嫩平原, 东北部有三江平原 (图 1)。

这一地区尽管每年出现雷暴与全国其他地区相比相对较少^[1,2], 但是近些年雷击形成的森林火灾却有所增加, 90% 以上的雷击火发生在大兴安岭和大、小兴安岭交界的林区。本文以雷暴观测资料为基础, 分析研究这一区域的雷暴发生的空间分布特征及年际、月季和日变化规律, 为相关部门提高雷暴防御能力和水平提供科学参考。

1 资料、方法及相关定义

本文所研究的对流天气现象是按地面气象观测标准定义的^[3], 即雷暴是闪电并有雷声, 亦可只闻雷而不见闪电。在此基础上本文规定: 某日 (T20:00 至次日 T20:00) 某站点出现雷暴为 1 站数雷暴; 在黑龙江省参与统计的 74 个地面观测站中, 如果某日 (T20:00 至次日 T20:00) 至少有 20 个站出现雷暴, 定义为 1 个强雷暴日。

雷暴资料采用 1976-01-01 至 2005-12-31 (T20:00 至次日 T20:00) 黑龙江省有完整气象记录的 74 个地面观测站点人工观测资料, 其中包括 8 个基准站, 24 个基本站和 42 个一般站。在这 30 a 历史记录中, 12 月至次年 3 月该地区出现雷暴天气现象较少, 其中 1 月只有牡丹江市出现过 1 次雷暴天气, 2 月和 12 月从未出现雷暴天气, 3 月有 24 个

收稿日期 (Received date): 2007-12-30; 改回日期 (Accepted): 2008-05-02.

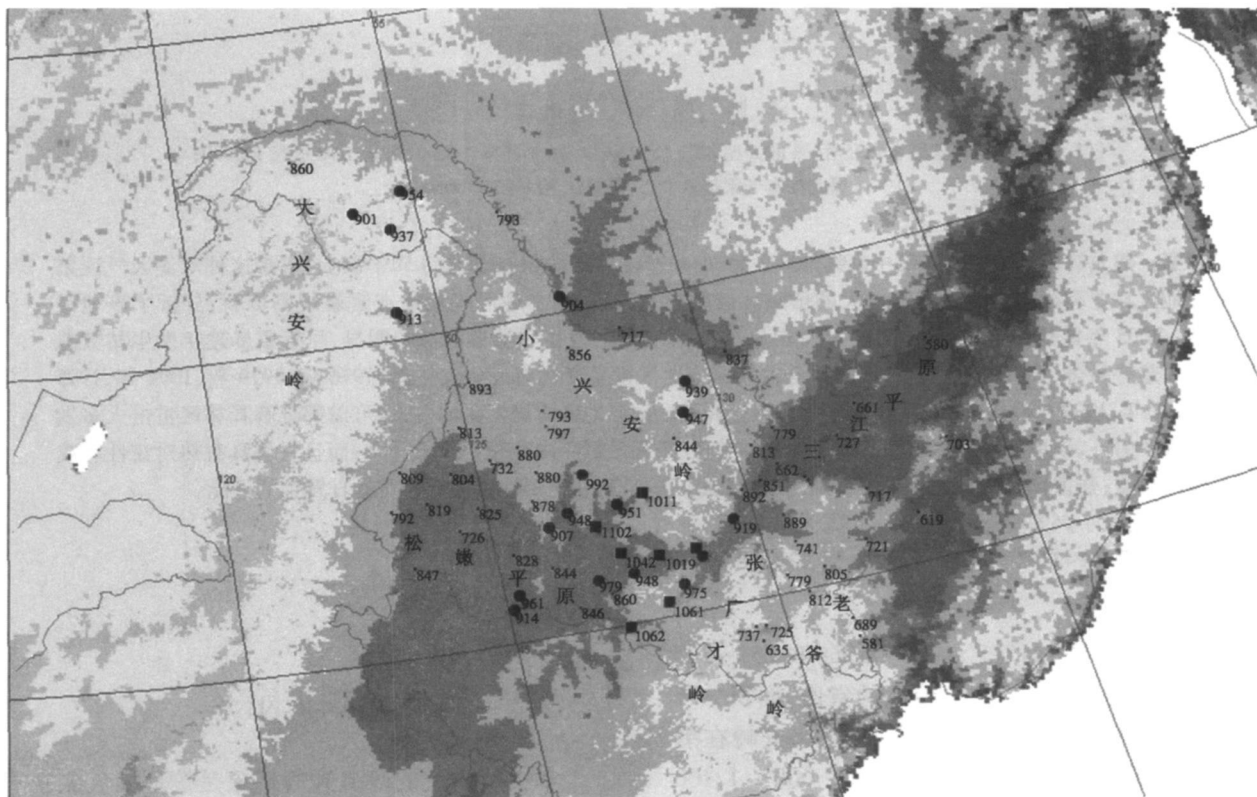
基金项目 (Foundation item): 公益性气象行业专项“耦合生态系统的森林雷击火预报评估系统研制” (GYHY 200706021) [Meteorological project to public interests "Research on the coupled ecosystem and dynamic lightning caused fire in forest prediction and assessment systems" (GYHY 200706021)]

作者简介 (Biography): 李帅 (1972-), 男, 辽宁沈阳人, 高级工程师, 硕士研究生, 主要研究天气气候预测及变化, [Li Shuai (1972-), male from Liaoning Shenyang, senior engineer, master candidate, studying in weather and climate forecast and change] E-mail: lhaoxiao@126.com, Cellphone: 13945693116

站共出现 26 站次雷暴,因此本文主要研究月为 4~11 月,共计 7 320 d。

本文利用经验正交函数展开法 (EOF)^[4,5] 对该地区近 30 年来雷暴出现站数进行时空分离,研究雷

暴的时空变化。采用文献[4]的方法计算趋势系数和变化速率。趋势系数即雷暴序列与自然数序列的相关系数,为采用最小二乘法确定的一元线性回归系数。



- (■ 为超过 1 000 站数雷暴站点, ● 为 900~1 000 站数雷暴站点)
(■ is stations in which the number of thunderstorm station is more than 1 000
● is stations in which the number of thunderstorm station is 900~1 000)

图 1 1976~2005 年黑龙江省 4~11 月雷暴站数空间分布图

Fig 1 Spatial distribution of thunderstorm stations in Heilongjiang province in recent 30 years

2 雷暴气候特征

2.1 空间分布

尽管降水经常伴随强对流天气过程,但是雷暴的分布却与降水有着不同的分布特征^[6,7]。分析 1976~2005 年 4~11 月发生雷暴的总体空间分布情况(图 1)发现:雷暴的地理分布呈现西多东少,而且与地形密切相关,超过 900 站数雷暴的站点分布于小兴安岭、张广才岭与松嫩平原交界共同形成的喇叭口地形区,大兴安岭林区,小兴安岭背风坡,尤其是喇叭口地形区很多站发生雷暴超过 1 000 站数,说明这些地形都是有利的对流发生的。而东部

地区,尤其是三江平原地区,雷暴出现较少。

2.2 雷暴站数气候特征

2.2.1 雷暴站数多年变化的时空特征

为了更清楚地揭示黑龙江省雷暴的变化规律,我们对 74 个站点出现的雷暴站数的逐年合计距平值(以 1976~2005 年 30 a 平均值为标准值)进行了经验正交展开 (EOF), 得到前两个特征向量的累计解释方差为 50.5%, 因此, 分析前两个特征向量就可以抓住主要信息。

从 EOF1 的空间分布图(图 2a)可以看到, 该地区绝大部分地区为负值, 只有大兴安岭北部有很小范围的正值区, 最大负值中心在松嫩平原与小兴安岭、张广才岭交接形成的喇叭口状地形处。这种雷

暴场的配置可以解释雷暴变化分布的 37. 9% 的方差, 反映了大部分地区雷暴变化的一致性和大兴安岭部分林区与大部分地区雷暴变化的反位相关系, 配合时间系数特征可以看出: 1976年、1979年、1994年、1995年、1997年、1999~ 2002年、2004年这些年份时间系数为正值, 也就是说后 15 a有 8 a出现了较大正值(其余 7 a是负值, 但值相对较小), 这反映大兴安岭部分林区雷暴发生偏多, 而省内其他地区雷暴偏少, 这可以从一定程度上解释大兴安岭雷击

火发生有上升趋势的原因。

从 EOF2的空间分布图(图 2b)可以看出, 黑龙江省西半部为负值, 最大负值中心在齐齐哈尔附近, 东半部和大兴安岭北部林区为正值, 最大中心在双鸭山附近。这种雷暴场分布表明西部与东部和北部的反位相关系, 解释了 12. 6% 的方差。由对应的时间系数可知: 1981 年、1987 年、1991 年、1994 年、1997 年、2001 年的时间系数为较大正值, 也就是说这些年份东部和北部林区雷暴发生偏多, 西部偏少。

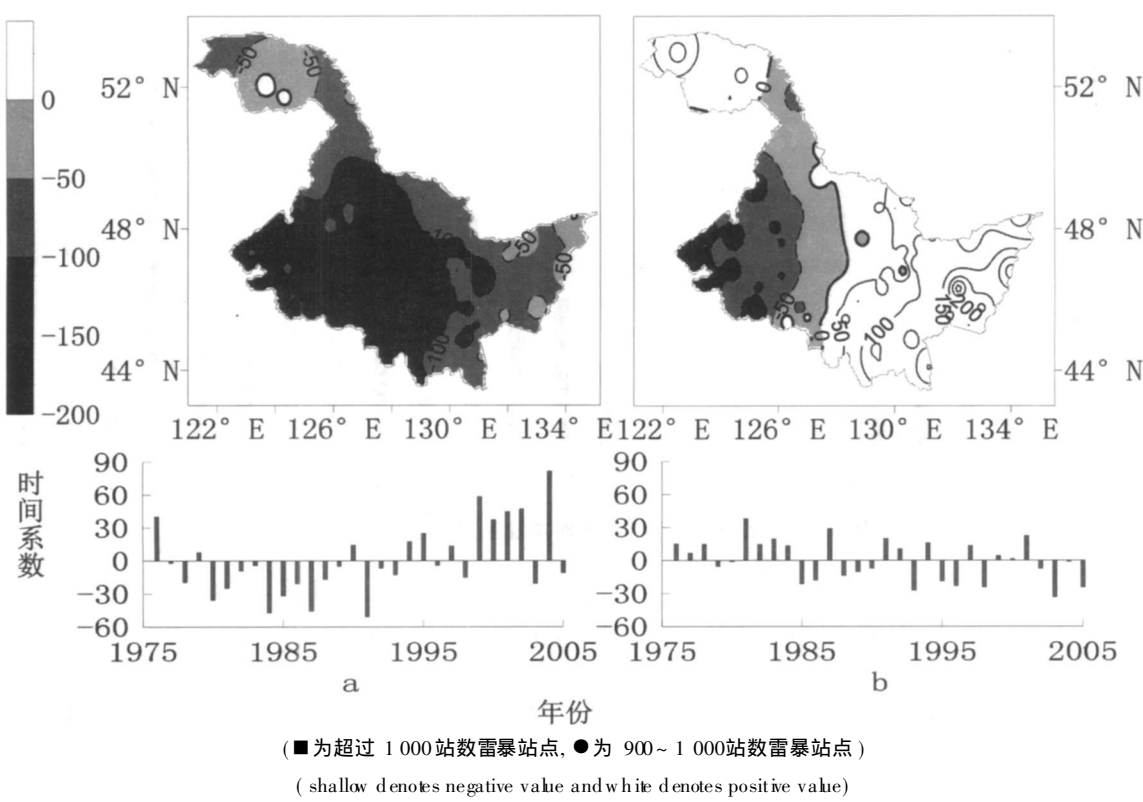


图 2 黑龙江省雷暴站数 EOF1(a)、EOF2(b)空间分布图及时间系数变化曲线图(阴影为负, 白色为正)

Fig 2 Spatial distribution and temporal variation of EOF1(a) and EOF2(b) of thunderstorm station in Heilongjiang province

2. 2. 2 年际变化特征

在 1976~ 2005年间, 黑龙江省 4~ 11月共出现 62 395站数雷暴, 出现概率为 11. 5%, 2004年出现最少(1 438站数), 1991年最多(2 487站数), 最高年与最低年之间差值超过 1 000站数。利用这 30 a逐年总站数作为时间序列, 计算出趋势系数为 - 0. 47, 通过 0. 01显著性检验, 也就是说, 近 30年来该区域出现雷暴总站数减少趋势显著, 变化速率为 - 13. 5站数/a。

2. 2. 3 季节和月际变化特征

6~ 8月是雷暴发生的集中期, 这一阶段尽管出

现雷暴较多, 但植物含水量较高, 且多降雨, 因此出现雷击火的可能性不大, 4月与 10月出现的站数总数基本在 1 000站数左右、5月与 9月出现站数总数分别是 6 244 6 605 两者相当, 这一阶段尽管出现雷暴站数较夏季少, 但因植物含水量和降水量均迅速减少, 因此是雷击火的多发期。

2. 2. 4 日内变化特征

由于一般站不记录夜间(T20: 00至次日 T08: 00)雷暴发生时间, 我们用 74 个站资料分析白天(T08: 00~ T20: 00)每个时次全省 30 a发生雷暴的总站数, 用 32 个站(基准站和基本站)分析夜间

(T20: 00至次日 T08: 00)每小时全省 30 a发生雷暴的总站数。用这些总站数分别除以 74和 32 即得到全天各时次平均每个台站 30 a发生雷暴的总站数,由于资料原因我们这里只对当天发生的第一次雷暴进行统计。

T08: 00~ T20: 00平均每个台站 30 a共出现 539 5雷暴站数,从黑龙江省近 30年来各时次发生雷暴站数的统计图(图 3)可以看出,其中 T12: 00~ T17: 00的 5个时次,是白天出现雷暴站数较多的时次,平均每个台站每小时 30 a合计雷暴发生超

过 55站数,均超过 T08: 00~ T20: 00出现总数的 10%,合计超过 61%,其中最高的是 T13: 00~ T14: 00 达到 73. 9站数。由此可以知道,午后是白天雷暴较易出现的时段之一。主要原因应该是地面受日射而强烈加热,在近地面层形成绝对不稳定的层结,容易形成热力抬升作用为主的“热雷暴”^[1, 8~ 10]。由于处于全国的最东部,早于全国其他省份受到日射影响,而且东北冷涡作为产生该地区雷暴的主要影响天气系统之一,使得这一地区对流发生时间早于其他省份。

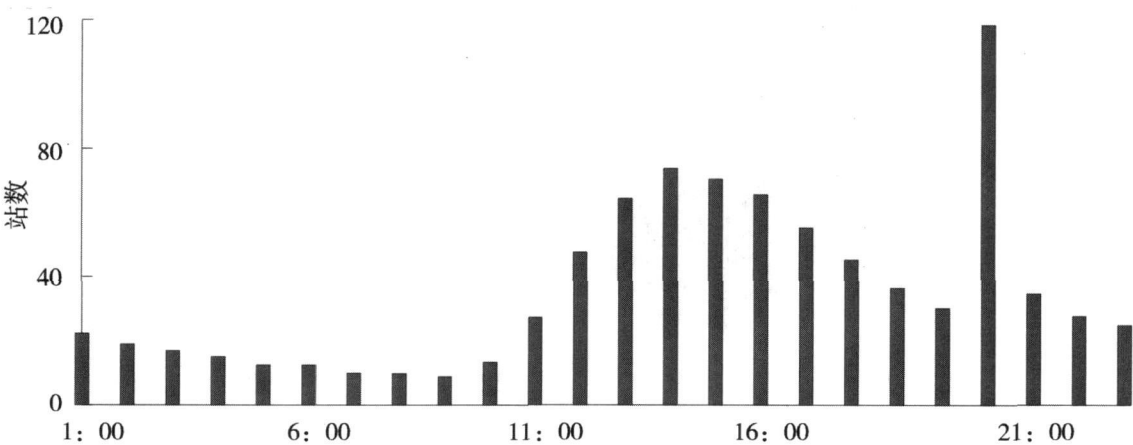


图 3 黑龙江省近 30年来各时次发生雷暴站数的统计图
(横坐标的 1: 00代表 0 00~ 1: 00, 依此类推)

Fig 3 Change of hourly thunderstorm station in Heilongjiang province in recent 30 years
(1: 00 denotes 0 00~ 1: 00 and the rest may be deduced by analogy)

T20: 00至次日 T08: 00, 32个站共出现雷暴 10 374站数,平均每站夜间 12h共出现雷暴站数为 324 19,非常特别的是在 T20: 00~ T21: 00平均每站出现的雷暴站数达 118 78(占夜间出现雷暴总站数的 36 64%),同时该时次出现雷暴次数为全天各时次最高,说明雷暴夜发性明显。可能是由于感热通量有明显的区域性差异和日变化,白天地势较高的大、小兴安岭、张广才岭是感热通量的大值区,地势较低的松嫩平原、三江平原为感热通量的小值

区,而夜间的分布形势正好相反,山脉、高山为地表感热通量的小值区,平原、山谷为大值区,存在明显的山谷风环流,从地形来看黑龙江省地面观测站大多位于平原和山谷中(见图 1),这可能是黑龙江省雷暴夜发性的一个重要原因。

这一地区平均雷暴逐时分布呈明显双波峰,具有热对流性和夜发性; T06: 00~ T09: 00大气层结相对稳定,是雷暴出现最少的时间段。

表 1 1976~ 2005年期间黑龙江省强雷暴日连续超过 2 d的次数统计

Table 1 Statistic analysis of severe thunderstorm day occurring continually in more than 2 days in Heilongjiang province during 1976~ 2005

强雷暴日 连续天数	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
发生次数	154	52	29	18	9	7	8	3	4	3	1	1
占总强雷 暴日百分率	23. 9	12. 1	9	7	4. 2	3. 8	5	2. 1	3. 1	2. 6	0. 9	1

2.3 强雷暴日气候特征

近 30 a 的 4~11 月中, 强雷暴日共出现 1 287 次, 占总雷暴日的 30.8%, 共有 10 d 出现超过 60 站数雷暴, 1980-08-20 一天中有 65 个站数出现雷暴, 其中 1980-07-09 和 1982-07-22 各有 64 个站数出现雷暴。共有 80 d 黑龙江省出现 50~60 个站数雷暴; 212 d 出现 40~50 站数; 422 d 出现 30~40 站数; 558 d 出现 20~30 站数。

连续出现的强雷暴日数占强雷暴日总数的 74.7%, 表 1 列出了强雷暴日连续超过 2 d 的次数和占强雷暴日总数的百分率, 发现连续出现 2~5 个强雷暴日的次数基本是成倍减少, 反映有持续性的特点; 超过连续 6 个(含 6 个)强雷暴日的情况共出现 36 次, 连续超过 6 d 以上的出现的总数很少且差异很小, 均属于偶见的小概率事件。通过以上分析可知, 因此强雷暴日的发生具有连续性, 在出现强雷暴日后, 一定要注意随后强雷暴日发生的可能, 尤其是连续 2~5 d 的情况。

3 结论

1. 与降水量不同, 黑龙江省雷暴的空间分布呈西部多东部少。大兴安岭、松嫩平原部分地区、小兴安岭迎风坡、背风坡, 小兴安岭与张广才岭形成的喇叭口形和狭长丘陵地带均是雷暴偏多的区域, 雷暴的发生与地形关系密切。

2. 大兴安岭部分林区与全省大部分地区雷暴变化有反位相关关系, 1976 年、1979 年、1994 年、1995 年、1997 年、1999~2002 年、2004 年这些年份大兴安岭部分林区雷暴发生偏多, 这可以从一定程度上解释大兴安岭雷击火发生有上升趋势的原因。

3. 近 30 年来黑龙江省雷暴逐年发生站数减少趋势显著, 变化速率为 -13.5 站数/a。雷暴的出现具有明显的季节性, 夏季(6~8 月)出现雷暴的概率最高; 在 1 d 之内, 午后(T12:00~T17:00)和入夜(T20:00~T21:00)是雷暴发生的高发时段, 雷暴的发生具有热对流性和夜发性;

4. 强雷暴日的出现具有连续性, 超过 2 d(含 2 d)连续出现强雷暴的日数占强雷暴日总数的

74.7%。

参考文献 (References)

- [1] Zhu Qiangen, Lin Jinnu, Shou Shaowen. Principles and Methods of Synoptic Meteorology [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1981: 281~327 [朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文. 天气学原理和方法 [M]. 北京: 气象出版社, 1981: 281~327]
- [2] Heilongjiang Provincial Meteorological Bureau. Weather Forecast Experiences and Methods of Heilongjiang Province [M]. Harbin: 1988: 12~110 [黑龙江省气象局. 黑龙江省天气预报经验和方法 [M]. 哈尔滨, 1988: 12~110]
- [3] China Meteorological Administration. Standards for Surface Weather Observation [S]. Beijing: China Meteorological Press, 1979: 24~26 [中国气象局. 地面气象观测规范 [S]. 气象出版社, 1979: 24~26]
- [4] Huang Jiayou. Statistical Analysis and Forecasting Techniques in Meteorology [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2000: 1~387 [黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法 [M]. 气象出版社, 2000: 1~387]
- [5] Ma Kaiyu, Ding Yugu, Tu Qipu, et al. Statistical Principles and Methods in Climate [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1993: 277~287 [马开玉, 丁裕国, 屠其璞, 等. 气候统计原理与方法 [M]. 北京: 气象出版社, 1993: 277~287]
- [6] Bai Renhai, Li Shuai. Precipitation forecast and analysis at Nen River and Songhua River valleys [J]. *Heilongjiang Meteorology*, 2001(3): 1~4 [白人海, 李帅. 嫩江、松花江流域降水预报与分析 [J]. 黑龙江气象, 2001(3): 1~4]
- [7] Li Shuai, Bai Renhai, Chen Li. Analysis of heavy rain synoptic patterns at Songhua River and Nen River valleys [J]. *Heilongjiang Meteorology*, 2002(4): 1~6 [李帅, 白人海, 陈莉. 松花江嫩江流域暴雨天气形势分析 [J]. 黑龙江气象, 2002(4): 1~6]
- [8] Zhang Yuling. An Introduction to Mesoscale Atmospheric Dynamics [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1999: 77~100 [张玉玲. 中尺度大气动力学引论 [M]. 北京: 气象出版社, 1999: 77~100]
- [9] Tao Zuyi, Huang Wei, Gu Lei. Mesoscale circulation of mesoscale convective complex revealed by conventional sounding data [J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 1996, 12(4): 372~379 [陶祖钰, 黄伟, 顾雷. 常规资料揭示的中尺度对流复合体的环流结构 [J]. 热带气象学报, 1996, 12(4): 372~379]
- [10] Tao Zuyi, Xie An. Principle and Practice of Weather Diagnostic Analysis [M]. Beijing: Beijing University Press, 1989: 26~65 [陶祖钰, 谢安. 天气过程诊断分析原理和实践 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1989: 26~65]

Research on Climate Characteristics of Thunderstorm Phenomena in Areas around Daxing'an Mountain and Xiaoxing'an Mountain

LI Shuai¹, CHEN Li², ZHOU Yongji³

(1. Heilongjiang Provincial Meteorological Bureau, Harbin 150001, China; 2. Meteorological Bureau of Harbin, Harbin 150080, China;

3. Meteorological Information Center of Heilongjiang, Harbin 150030, China)

Abstract Daxing'an Mountain and Xiaoxing'an Mountain account for 50% of Heilongjiang province which locates in the mid-high latitude in China. Thunderstorm has huge impacts on forests safe and people living. 1 station-thunderstorm is defined when thunderstorm occurs in one meteorological station during a day that is from 20 o'clock yesterday to 20 o'clock today. And a severe thunderstorm day is defined as long as 20 stations occurring thunderstorm during a day. Based on daily weather phenomena data from 74 meteorological stations in Heilongjiang province during the period from 1976 to 2005, thunderstorm spatial distribution characteristic and temporal variation characteristic, including annual variation, monthly variation, daily variation, are analyzed by using linear regression analysis method and EOF method. Some conclusions are drawn as following. The occurrence of thunderstorm is closely associated with landform. In general, thunderstorm phenomenon occurs more in west area than in east area in Heilongjiang province. Thunderstorm phenomenon occurs more in some areas, such as Daxing'an Mountain, some areas of Songnen plain, windward slope and leeward slope of Xiaoxing'an Mountain, bugle area and narrow long foothill formed by Xiaoxing'an Mountain and Zhangguangcai Mountain. From the whole province view, thunderstorm phenomenon has a distinct decrease trend during 30 years and the variation rate is -13.5 stations per year. Daxing'an Mountain appears inverse phase with most areas in Heilongjiang province. Thunderstorms happen more in Daxing'an Mountain and few in most areas in 1976, 1979, 1994, 1995, 1997, 1999~2002 and 2004. This can explain partly why fires caused by thunderstorm occur more in these years in Daxing'an Mountain. In a year, probability of thunderstorm has obvious seasonal characteristic and is a single peak distribution, that is, thunderstorm often happens in summer. In a day, thunderstorm weather has thermal convection feature, that is, it often happens in afternoon (12:00~17:00) and at night. Severe thunderstorms often occur in successive days. Days of Severe thunderstorm occurring in more than 2 successive days (including 2 successive days) account for 74.7% of total severe thunderstorm days. So, it is important to pay attention to high probability of severe thunderstorm after a severe thunderstorm day in weather forecast.

Key words Daxing'an Mountain and Xiaoxing'an Mountain, Heilongjiang Province, thunderstorm, climatic characteristic