

大兴安岭地区雷击火发生的雷电条件分析

于成龙¹, 刘 丹¹, 杜春英¹, 王 利²

(1 黑龙江省气象科学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2 漠河县气象局, 黑龙江 漠河 165300)

[摘要] **【目的】**掌握大兴安岭地区雷电分布的特点,以提高当地森林火险等级的预报水平。**【方法】**利用黑龙江省大兴安岭地区的闪电定位仪数据及雷击火和气象数据,分析 2005—2008 年闪电分布特征及其与雷击火的关系。**【结果】**大兴安岭地区闪电主要发生在 6—8 月份,日变化基本呈双峰分布,其中 12:00—20:00 发生最频繁;研究区负闪电次数明显多于正闪,6 月和 8 月以雷电流强度绝对值在 1~10 kA 的闪击次数居多,7 月以雷电流强度绝对值大于 10 kA 的闪击次数占优势,其中从 10:00—20:00,雷电流强度绝对值多为 1~10 kA,从 21:00—03:00,雷电流强度绝对值在 20 kA 以上所占比例高;闪击当日的降水量对雷击火的发生有较大影响,闪击次数为 $[1, 1\ 000] \cup [10\ 500, +\infty)$,且当日降水量为 $[0, 1]$ mm 易发生雷击火;发生雷击火的雷电流强度绝对值主要在 1~10 kA。**【结论】**闪电和降水对大兴安岭地区的雷击火发生均有较大影响,在较少降水及中等强度雷电流时更易发生雷击火。

[关键词] 大兴安岭;雷电;雷击火

[中图分类号] S762.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2010)11-0064-07

Study on the lightning conditions of lightning fires in Daxing'an mountains

YU Cheng-long¹, LIU Dan¹, DU Chun-ying¹, WANG Li²

(1 Heilongjiang Province Institute of Meteorological Sciences, Harbin, Heilongjiang 150030, China;

2 Mohe Meteorological Office, Mohe, Heilongjiang 165300, China)

Abstract: **【Objective】** This study was to master the local distribution characteristics of lightning to raise forecast standards further. **【Method】** Based on the data on lightning position indicator, and lightning fire and meteorology from 2005 to 2008, the relationship between the lightning distributivity and lightning fire in Daxing'an mountains was analyzed. **【Result】** Lightning occurred frequently from June to August with bimodal daily variation, most frequently from 12:00 to 20:00. The proportion of negative lightning was higher than that of positive one. Absolute value of intensity of lightning current between 1 kA and 10 kA mostly occurred in June and August, while that larger than 10 kA mostly occurred in July. At the same time, it was mostly between 1 kA and 10 kA at 10:00 and 20:00, and from 21:00—03:00, it was mostly above 20 kA. On the same day of lightning, precipitation has great influence on fires. The lightning time was $[1, 1\ 000]$ and $[10\ 500, +\infty)$, and fires occurred easily when the precipitation was $[0, 1]$ mm. Absolute value of intensity of lightning current was mostly between 1 kA and 10 kA. **【Conclusion】** Lightning current and precipitation have great influence on lighting fire in Daxing'an mountains. Lighting fires were liable when precipitation was low and intensity of lightning current was moderate.

Key words: Daxing'an mountains; lightning; lightning fires

* [收稿日期] 2010-03-02

[基金项目] 中国气象局公益性行业(气象)科研专项(GYHY200706021)

[作者简介] 于成龙(1973—),男,黑龙江桦川人,副研究员,博士,主要从事森林生态研究。E-mail: nefuycl@163.com

雷电灾害是“联合国国际减灾十年”委员会公布的 10 种严重自然灾害之一^[1]。长期以来,雷电一直以直击雷的形式给地球上的生物以及人类文明带来灾难性的打击^[2]。因此,人们对雷电的发生规律^[3-4]、分布特征^[5-6]、造成的危害^[7-8]以及防范措施^[9-10]开展了广泛而深入的研究。全世界由雷击引起的森林火灾占引发森林火灾总火源的 7%~10%,美国、加拿大、俄罗斯等国均深受其害^[11]。我国每年也有大量的雷击火发生,发生最多最集中的区域在大兴安岭^[12-13]。据统计,黑龙江省大兴安岭地区近 40 年发生的森林雷击火占森林火灾总数的 1/3 以上。因此,研究该地区雷电分布的时空变化规律及其与雷击火的关系,对科学认识该地区雷击火的发生规律、提高森林火险预报等级具有重要意义。

早在 20 世纪 70 年代,Komarek^[14]便开始了全球性的雷击火分布研究,此后,世界上许多科学家从雷击火发生机理、分布特征、监测预报等方面开展了广泛而深入的研究。20 世纪 70 年代,美国和加拿大先后利用雷电监测系统对雷击火监测,取得了较好的效果,其中美国西部地区和阿拉斯加地区,以及加拿大安大略省等的主要林区,都已建立了比较完善的雷电监测网络^[15]。加拿大有一种监测仪,能测定半径 300 km 内的闪电次数、强度和方向^[16]。

在中国,杨永龙等^[17]利用近年的雷达监测资料和河西走廊东部 5 站点近 45 年的雷暴资料,分析了区域内雷电的时空变化特征和雷暴在区域内的移动路径;郑媛媛等^[18]利用雷达、卫星、闪电定位仪及美国国家环境预报中心(NCEP)资料,分析了 2007-07-08 在安徽沿淮西部出现的特大暴雨过程的中尺度特征。李照荣等^[19]利用 2000 年和 2002 年设在兰州的闪电定位仪监测资料,分析了兰州周边地区地闪的日频次变化、强度谱分布和累计百分数、日均月变化、闪电密度、极性等特征,并与山东地区的分布作了比较。本研究利用黑龙江省气象局布设在大兴安岭地区的 2005—2008 年的闪电定位仪资料,分析近 4 年来该地区雷电分布的时空特点,并结合当地的雷击火数据以及逐日气象数据,分析雷击火发生的雷电条件,以期掌握当地的雷电分布特点、提高当地森林火险等级的预报水平奠定基础。

1 研究区概况及研究数据

1.1 研究区概况

黑龙江省大兴安岭林区位于我国最北部(北纬

121°12′~127°00′,东经 50°10′~53°33′),面积 835 万 hm²。该区属寒温带季风区,年平均气温为-2~-4℃,年温差较大;年降水量 350~500 mm,集中于 7—8 月份,此期降水达全年降水量的 85%~90%;空气相对湿度 70%~75%,积雪期长达 5 个月,年平均日照时数 2 680 h。

土壤类型主要有棕色针叶林土、暗棕壤、灰色森林土、草甸土、沼泽土和冲积土等。全区山势比较平缓,海拔 300~1 400 m,沟谷宽阔。大兴安岭林区属于寒带针叶林区,是横贯欧亚大陆北部的“欧亚针叶林区”的东西伯利亚明亮针叶林向南的延伸部分。以兴安落叶松(*Larix gmelinii*)为优势建群种的寒温带针叶林约占该林区森林面积的 55%,是本区域典型的植被类型。

大兴安岭林区是我国森林火灾的高发区,年均森林过火面积居全国之首,每年 4—10 月都有雷击闪电发生,是森林火灾的高发地区。

1.2 数据来源

本研究闪电数据来自黑龙江省气象局布设在大兴安岭的 8 个闪电定位仪,包括闪电发生的时间、地理位置、雷电流强度等;研究区林火数据包括各次的起灭时间、火点地理坐标、面积、火因等;地理信息数据包括数字地图、DEM 数据、实地调查数据等;气象数据为研究区逐日降水量。以上数据的时间序列均为 2005—2008 年。

2 结果与分析

2.1 闪电特征分析

2.1.1 闪击的时间分布特征 表 1 为大兴安岭地区每次闪击产生的雷电流强度分类统计结果。由表 1 可见,该地区雷电流强度绝对值 $|I| \geq 1$ kA,且在不同等级上分布较均匀。参照曾山泊等^[20]对雷电流强度绝对值的分级方法,按 $1 \text{ kA} \leq |I| < 10 \text{ kA}$ 、 $10 \text{ kA} \leq |I| < 20 \text{ kA}$ 、 $20 \text{ kA} \leq |I| < 30 \text{ kA}$ 和 $|I| \geq 30 \text{ kA}$ 4 个等级来研究该地区雷电流的分布特点。

图 1-a 为按照月平均数据统计的研究区 2005—2008 年不同等级雷电流强度的闪击次数,将同等级雷电流的闪击次数汇总后分析可见,闪击次数月变化呈单峰分布,峰值出现在 7 月份,占全年闪击总数的 47.16%;6 月和 8 月次之,分别占全年闪击总数的 24.34%和 21.52%;1—4 月和 10—12 月是闪电最少的时段,基本无闪电发生。另外,计算每月闪击次数年平均值的标准差发现,虽然 6—8 月的闪击次数高,但其数据的离散程度也较高,表明这 3 个月

中,同一个月不同年份的闪击次数变化较大。

表 1 大兴安岭地区不同雷电流强度的分类统计

项目 Item	雷电流强度 $ I /\text{kA}$ Intensity of lightning current				
	$ I <1$	$1\leq I <10$	$10\leq I <20$	$20\leq I <30$	$ I \geq 30$
次数 Times	0	77 786	68 959	47 403	44 756
雷电流强度等级 Grade of intensity of lightning current		1	2	3	4

分别对不同雷电流等级的闪击次数进行统计可见, $1\text{ kA}\leq |I|<10\text{ kA}$ 的雷电流闪击次数年变化呈双峰分布,峰值出现在 6 和 8 月,其中 8 月出现的闪击次数最高,为 8 192,6 月出现次高值,为 5 772; $10\text{ kA}\leq |I|<20\text{ kA}$ 、 $20\text{ kA}\leq |I|<30\text{ kA}$ 和 $|I|\geq 30\text{ kA}$ 的雷电流闪击次数年变化均呈单峰分布,均在 7 月出现最高值,分别为 9 356,7 486 和 7 140(图 1-a)。

图 1-b 为按照每小时平均数据统计的研究区

2005—2008 年不同雷电流强度的闪击次数,将同等级雷电流的闪击次数汇总后分析可见,大兴安岭地区闪击次数日变化呈双峰分布,凌晨 05:00 是闪击次数最少的时段,高峰值出现在 00:00 和 17:00,其中 17:00 出现闪击次数日均最高值。从统计意义上分析可知,大兴安岭地区较强对流天气一般在中午 12:00 以后容易出现,17:00 是一天中对流天气最容易发展成熟的时期,而在 00:00—12:00,对流天气相对不易发展成熟,无法形成强对流天气。

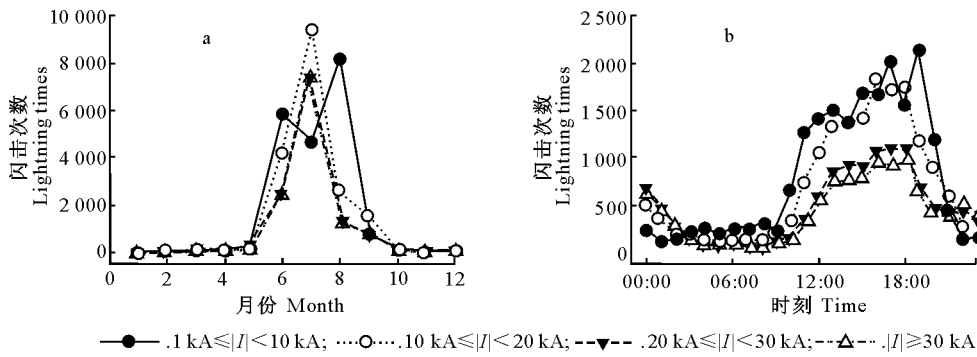


图 1 大兴安岭地区不同强度雷电流闪击次数的时间变化

Fig.1 Time variety of lightning frequency with different intensity of lightning current in Daxing'an mountains

分别对不同雷电流等级的闪击次数日变化进行分析可见, $1\text{ kA}\leq |I|<10\text{ kA}$ 的雷电流闪击次数日变化呈单峰分布,19:00 最高,占该时次总闪击次数的 45.59%,且从 10:00—20:00, $1\text{ kA}\leq |I|<10\text{ kA}$ 的闪击次数一般较其他等级雷电流多; $|I|\geq 10\text{ kA}$ 的雷电流闪击次数日变化呈双峰分布,峰值出现在 16:00—18:00 和 00:00,其中 16:00—18:00 出现闪击次数日均最高值,00:00 出现次高值,且从 21:00—03:00, $|I|\geq 20\text{ kA}$ 的雷电流闪击次数较其他等级雷电流多。即从 10:00—20:00,研究区虽然闪击次数高,但雷电流强度绝对值在 1~10 kA 的闪击次数所占比例高,而从 21:00—03:00,虽然闪击次数少,但雷电流强度绝对值在 20 kA 以上的闪击次数所占比例增高(图 1-b)。

另外,分别在不同雷电流强度等级下统计研究区雷电中的正闪和负闪,发现无论哪个强度范围的

雷电流,该地区的负闪次数明显多于正闪,随着雷电流强度的升高,正闪次数稍有下降,负闪次数稍有上升,当雷电流强度 $|I|\geq 30\text{ kA}$,负闪所占比例在 90% 以上。

2.1.2 闪击的空间分布特征 由图 2-a 总体可见,大兴安岭地区腹地雷电流的年平均闪击次数较高,闪电的空间分布主要集中在 4 个区域,分别为漠河县北部 2 个、塔河县中东部 1 个和呼中县新林区 1 个,其中闪击次数最多的是呼中县新林区中东部,超过了 150 次/年,可见,相对其他地区而言,该地区遭受雷击的概率最大。其主要原因是,当地的山地地形有利于局部地区强对流天气的形成,从而易形成雷电。

图 2-b 显示了研究区平均每次闪击电流强度的绝对值。由图 2-b 可见,平均电流强度存在 3 个比较明显的低值区域($|I|\leq 20\text{ kA}$),分别为漠河县大部、呼中县中部和塔河县南部;电流强度在 30 kA 以

上的闪击多数分布于漠河西部及呼玛南部,且面积较小。对比图 2-a 可见,闪电次数多的区域,电流强

度并不高,而闪电次数相对少的区域,电流强度却很高,出现这种现象的原因还有待进一步研究。

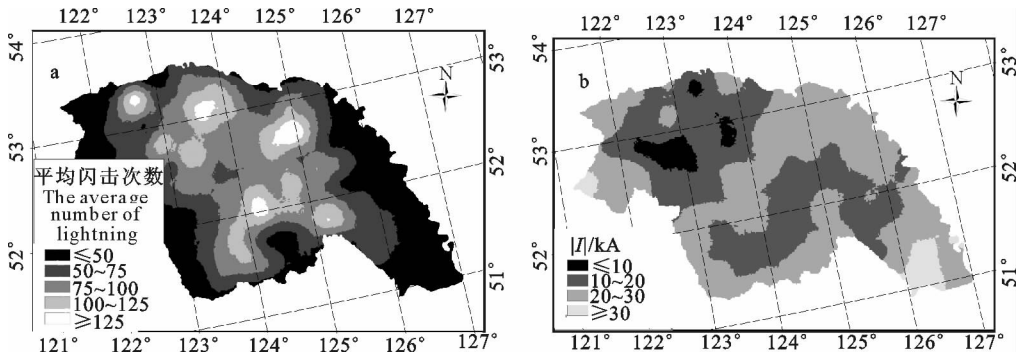


图 2 大兴安岭地区年平均闪击次数(a)和电流强度(b)的空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of annual mean lightning frequency (a) and $|I|$ (b) in Daxing'an mountains

2.2 雷击火发生的时空特点

由于研究区 2005—2008 年雷击火的发生次数较少,在总结研究区雷击火发生特点时,将研究时间向前推到 1966 年,结果发现,研究时段内发生的雷击火占火灾总数的 36.84%,平均每年发生雷击火 14 起,其中 2000 年发生雷击火次数最多,达 78 起。

同时分析图 3-a 可见,每年的 5—8 月份为研究区雷击火的高发期,其中 6 月份雷击火发生次数占全年雷击火发生总量的 51.96%。由图 3-b 可见,每天 09:00—19:00 点为雷击火的高发时段,占全天雷击火发生总数的 94.29%,平均 48 起/h,其中 15:00 和 16:00 点更易发生雷击火,平均 84 起/h。

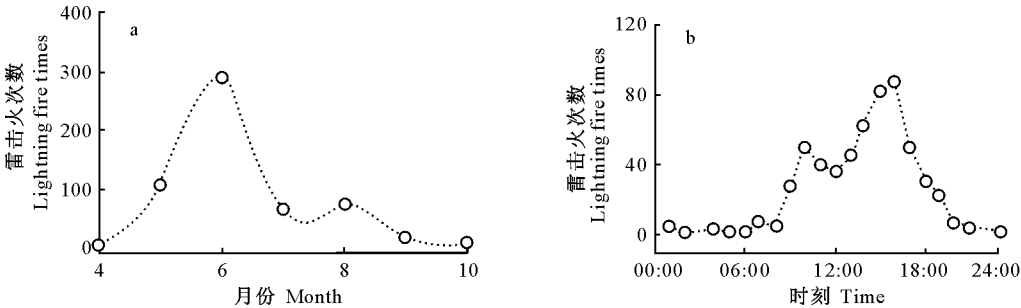


图 3 大兴安岭地区雷击火发生次数的时间变化

Fig. 3 Temporal variation of forest lightning fire occurrence in Daxing'an mountains

图 4 为 1966—2008 年大兴安岭地区全部雷击火点的空间分布图。由图 4 可见,该地区 3 个县均发生过多次雷击火,平均火点密度为每千平方千米 7 起,其中漠河县的平均火点密度最大,达到每千平方千米 8 起。

日无有效降水是一个很重要的原因。同样的规律也发生在 2006—2008 年。

2.3 雷击火与闪电的关系

图 5 显示了研究区 2005 年闪电开始期到结束期逐日 $>2.5\text{ mm}$ 降水次数、闪电次数和雷击火次数。分析图 5 可知,有时即使出现大量的闪电,雷击火却很少发生或没有,如 06-20 前后和 07-03 前后。而在 07-27—08-14 期间,由于此时正值夏季,气温高, $>2.5\text{ mm}$ 的降水又少,即使较少的闪电次数也会发生大量的雷击火,其中 08-07 表现得最为明显,研究区共发生 46 次闪击,却发生了 6 次雷击火,当

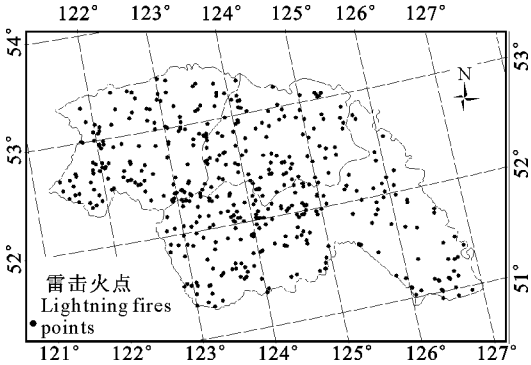


图 4 1966—2008 年大兴安岭地区全部雷击火点的空间分布
Fig. 4 Spatial distribution map of all lightning fires from 1966 to 2008 in Daxing'an mountains

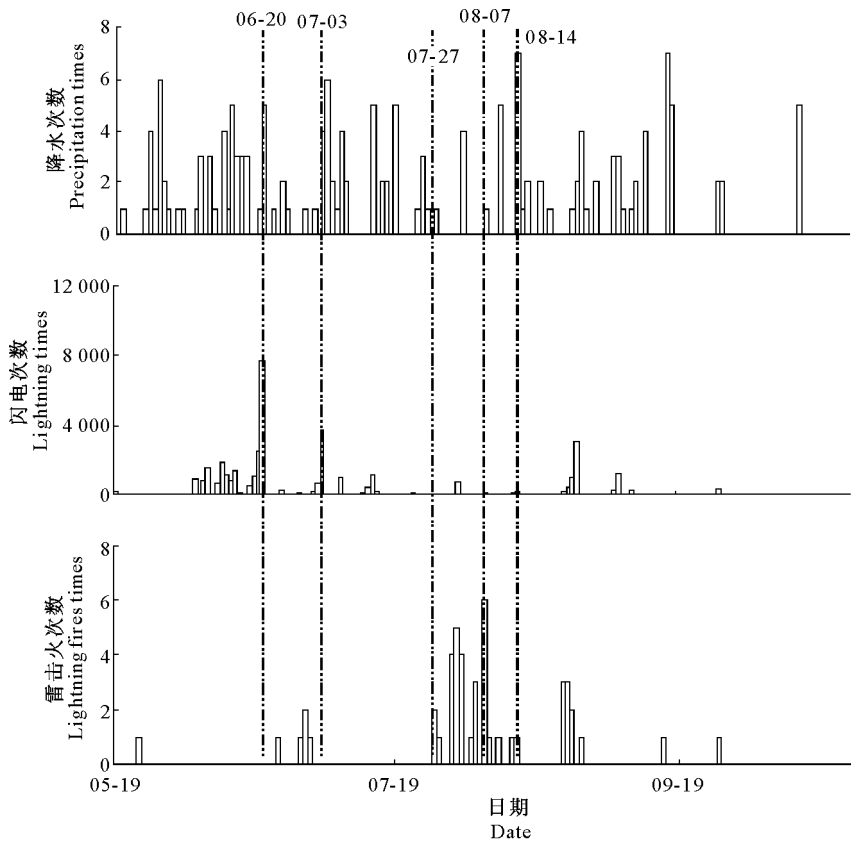


图 5 大兴安岭地区 2005 年日有效降水次数、闪电次数和雷击火次数

Fig. 5 Daily effective precipitation,lighting frequency and lightning fire frequency in 2005 in Daxing'an mountains

由此可见,虽然闪电是雷击火发生的必要条件,但单纯研究雷击火次数与闪击次数的关系,很有可能得出雷击火次数与闪击次数呈负相关关系的结论,这显然不合乎实际,原因之一是当日降水对雷击火的发生起到了重要的抑制作用。因此本研究利用统计方法,研究闪击次数、降水量与雷击火次数的关系,结果见图 6(图 6 曲线中数字表示雷击火次数)。图 6 中有 2 个高值区域,第 1 个高值区域对应的闪击次数为[1,1 000]、降水量为[0,1] mm,第 2 个高值区域对应的闪击次数为[10 500,+∞)、降水量为[0,1] mm。

以雷击火点位置为中心,以 100 m 为半径,统计各火点范围内与雷击火发生时间相同的雷电流强度平均值,再根据上述对雷电流强度的分类标准进行雷击火发生次数统计,结果见表 2。分析表 2 可知,在 $1\text{ kA}\leq|I|<10\text{ kA}$ 时发生雷击火的次数最多,且以负闪为主;其次为 $10\text{ kA}\leq|I|<20\text{ kA}$,此电流强度下正、负闪次数相同;在 $|I|\geq 20\text{ kA}$ 时发生雷击火的次数均较少,且以正闪为主。由此可见,大兴安岭地区发生雷击火的雷电流强度的绝对值主要为 1~10 kA,对比该地区雷电流强度的空间分布和雷

击火点的空间分布可见,大兴安岭腹地的雷电流强度较低,且火点分布密集,可见该结论比较符合实际。

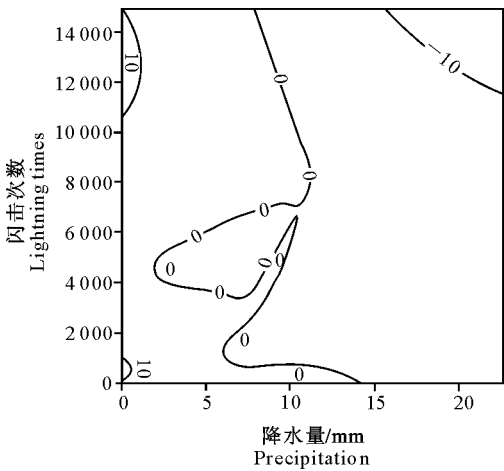


图 6 大兴安岭地区雷击火次数与闪击次数、有效降水量间关系的趋势分析

Fig. 6 Trend graph of the relationship between lightning fire, lightning frequency in Daxing'an mountains and effective precipitation

表 2 大兴安岭地区不同雷电流强度等级下雷击火的发生次数

Table 2 Lightning fire frequency by variety of intensity of lightning current in Daxing'an mountains

项目 Item	雷电流强度 $ I /\text{kA}$ Intensity of lightning current			
	$1\leq I <10$	$10\leq I <20$	$20\leq I <30$	$ I \geq 30$
正闪 Positive lightning	0	6	5	4
负闪 Negative lightning	29	6	1	0

3 结论与讨论

本研究中,大兴安岭地区 6—8 月份为雷电的高发期,且集中于大兴安岭地区腹地,其负闪次数明显多于正闪;大兴安岭地区发生雷击火的雷电流强度的绝对值主要为 1~10 kA。

雷电流强度是表征能量的物理量,在可燃物湿度、类型等其他条件相同的情况下,雷电流强度越大,发生雷击火的可能性就越大,但本研究却得出了中等雷电流强度更易发生雷击火的结论,其原因是在大兴安岭地区,雷电高发期也是当地的汛期,较强的雷电多伴随着较多的降水发生,因此增加了可燃物的湿度,降低了雷击火发生的可能性。另外,不同的可燃物类型也是影响森林火灾发生的重要原因之一,森林火灾的发生除取决于火源和氧气等必要条件外,还取决于可燃物本身的尺寸、结构特征、理化性质和数量分布^[21]。因此,对雷击火火险等级进行划分时,除应考虑作为火源的雷电外,还应综合考虑影响火灾发生和蔓延的可燃物、地形等其他因素。

[参考文献]

[1] 王昂生. 大气灾害学 [J]. 地球科学进展,1991,6(6):74-75.
Wang A S. Atmospheric catastrophology [J]. Advance in Earth Sciences,1991,6(6):74-75. (in Chinese)

[2] 郭 虎,熊亚军,付宗钰,等. 北京市自然雷电与雷电灾害的时空分布 [J]. 气象,2008,34(1):12-17.
Guo H,Xiong Y J,Fu Z Y,et al. Temporal-spatial characteristics of lightning activity and lightning disaster over Beijing [J]. Meteorological Monthly,2008,34(1):12-17. (in Chinese)

[3] Heidler F,Cveti J. A class of analytical functions to study the lightning effects associated with the current front [J]. European Transactions on Electrical Power,2002,12(2):141-150.

[4] Atsuo O,Yukio H,Hiroshi A,et al. Development of a new lightning detection system [J]. Systems and Computers in Japan,2006,37(11):22-34.

[5] Borghetti A,Nucci C A,Paolone M. Effect of tall instrumented towers on the statistical distributions of lightning current parameters and its influence on the power system lightning performance assessment [J]. European Transactions on Electrical Power,2003,13(6):365-372.

[6] Rajeev K J,Saumitra M,Kumaran D R,et al. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS [J]. Inter J Appl

Earth Observe Gasiform,2002(4):1-10.

[7] Takatoshi S,Tomotaka S. A study of lightning risk [J]. IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering,2008,3(5):583-589.

[8] Latham J. The electrification of thunderstorms [J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society,1981,107(452):277-298.

[9] Douglas G,Woolford W,John B. Convergent data sharpening for the identification and tracking of spatial temporal centers of lightning activity [J]. Environmetrics,2007,18(5):461-479.

[10] John L. For the supply and installation of a 4 direction finder lightning location system [J]. Lightning Location and Protection,1988,20:7.

[11] 范维澄,王清安,张人杰,等. 火灾科学导论 [M]. 武汉:湖北科学技术出版社,1995.
Fan W C,Wang Q A,Zhang R J,et al. Fire scientific introduction [M]. Wuhan: Hubei Science and Technology Press,1995. (in Chinese)

[12] 舒立福,王明玉,田晓瑞,等. 我国大兴安岭呼中林区雷击火发生火环境研究 [J]. 林业科学,2003,39(6):94-99.
Shu L F,Wang M Y,Tian X R,et al. The fire environment mechanism of lighting fire formed for Daxing'an Mountains [J]. Scientia Silvae Sinicae,2003,39(6):94-99. (in Chinese)

[13] 孙 丹,姚树人,韩焕金,等. 雷击火形成、分布和监测研究综述 [J]. 森林防火,2006(2):11-14.
Sun D,Yao S R,Han H J,et al. The view of formation,distribution and monitoring of lightning fire [J]. Forest Fire Prevention,2006(2):11-14. (in Chinese)

[14] Komarek E V. Lighting and fire ecology in Africa [J]. Proc Tall Timbers Fire Ecol Eonl Conf,1974(11):473-511.

[15] 叶 兵. 国内外森林防火技术及其发展趋势 [D]. 北京: 中国林业科学研究院,2000.
Ye B. The present situation and development tendency of domestic and abroad technical level of forest fire prevention [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry,2000. (in Chinese)

[16] Marc M F,Edward A J. Large-scale climatic patterns control large lightning fire occurrence in Canada and Alaska forest regions [J]. Journal of Geophysical Research G Biogeosciences,2006,111(G4):1-17.

[17] 杨永龙,钱 莉,王生元. 河西走廊东部雷电分析与灾害防御 [J]. 干旱区研究,2008,25(5):711-715.
Yang Y L,Qian L,Wang S Y. Analysis on thunderstorm and its disaster prevention in the east Hexi Corridor [J]. Arid Zone Research,2008,25(5):711-715. (in Chinese)

[18] 郑媛媛,张小玲,朱红芳,等. 2007 年 7 月 8 日特大暴雨过程的中尺度特征 [J]. 气象,2009,35(2):3-7,129.
Zheng Y Y,Zhang X L,Zhu H F,et al. Mesoscale characteristic analysis of the excessive storm on July 8, 2007 [J]. Meteorological Monthly,2009,35(2):3-7,129. (in Chinese)

[19] 李照荣,陈添宇,康凤琴,等. 兰州周边地闪分布特征 [J]. 干旱气象,2004,22(2):45-50.
Li Z R,Chen T Y,Kang F Q,et al. Lightning distribution characteristics around Lanzhou [J]. Arid Meteorology,2004,22(2):45-50. (in Chinese)

[20] 曾山泊,肖稳安,李霞. 苏州地区雷暴活动规律和雷灾分析 [J]. 气象科学,2006,26(5):517-524.
Zeng S B,Xiao W A,Li X. The analysis & study on the laws of lightning hazards and lightning activities in Suzhou [J]. Scientia Meteorologica Sinica,2006,26(5):517-524. (in Chinese)

[21] 高国平,周志权,王忠友. 森林可燃物研究综述 [J]. 辽宁林业科技,1998,20(4):34-37
Gao G P,Zhou Z Q,Wang Z Y. Review of forest fuels [J]. Liaoning Forestry Technology,1998,20(4):34-37. (in Chinese)

(上接第 63 页)

[14] Doss R P. Differential display without radioactivity-a modified procedure [J]. Biotechniques,1996,21(3):408-412.

[15] Simon H G,Oppenheimer S. Advanced mRNA differential display:isolation of a new differentially regulated myosin heavy chain-encoding gene in amphibian limb regeneration [J]. Gene,1996,172(2):175-181.

[16] Murray V. Improved double stranded DNA sequencing using the linear polymerase chain reaction [J]. Nucleic Acids Res,1989,17(21):88-89.

[17] Davidson C J,Tirouvanziam R,Herzenberg L A,et al. Function evolution of the vertebrate Myb gene family:B-Myb,but neither A-Myb nor c-Myb, complements Drosophila Myb in hemocytes [J]. Genetics,2005,169(1):215-229.

[18] Cornman R S. Molecular evolution of *Drosophila* cuticular protein genes [J]. PLoS One,2009,4(12):e8345.

[19] Wang J,Kean L,Yang J L,et al. Function-informed transcriptome analysis of Drosophila renal tubule [J]. Genome Biol,2004,5(9):R69.

[20] Anholt R R H,Williams T I. The soluble proteome of the *Drosophila* antenna [J]. Chem Senses,2010,35(1):21-30.

[21] Martin C A,Longman E,Wooding C,et al. Cd36, a class B scavenger receptor,functions as a monomer to bind acetylated and oxidized low-density lipoproteins [J]. Protein Sci,2007,16(11):2531-2541.

[22] Vogt R G. Comprehensive molecular insect science [M]. London:Elsevier Academic Press,2004:753-803.

欢迎订阅 2011 年《中国粮油学报》

《中国粮油学报》是中国科学技术协会主管、中国粮油学会主办、全国食品工业类中文核心期刊,主要登载谷物、油脂化学方面的学术论文;报道优质粮油品质资源选育、贮藏、加工利用以及品质检测方法方面的研究成果,对于指导粮油学科的发展、提高粮油资源的深度开发利用水平具有参考价值。

主要栏目:稻谷研究、小麦研究、大豆研究、玉米研究、杂粮研究、淀粉研究、油脂研究、饲料研究、储藏研究、信息自动化、加工工艺研究、标准与检测方法、综述等。

《中国粮油学报》是国内外公开发行的一级刊物,邮发代号:80-720,国内统一刊号:CN 11-2864/TS,国际标准连续出版物刊号:ISSN 1003-0174。单月刊,每月 25 日出版,胶版印刷,大 16 开 128 页,每期定价 20 元,全年定价 240 元(含邮费)。

地 址:北京市西城区百万庄大街 11 号粮科大厦(邮编:100037)

银行开户行:交通银行北京百万庄支行,户名:中国粮油学会

账 号:110060774018010013416

联系电话:010-68357510,010-68357507

http://www.ccoonline.com

E-mail:lyxuebao@public.bta.net.cn,lyxuebao@ccoonline.com,lyxuebao@163.com