

青藏高原东北侧雷电气候特征

黄涛^{1,2} 王让会¹ 王润元³

摘要

选取了青藏高原东北侧临夏站1980—2010年的雷暴观测资料和陇中地区闪电定位仪2006—2010年的闪电观测资料,利用统计学手段对该地区雷电的年际变化、年变化、日变化、首次发生雷暴方向、地闪密度等进行了分析,基本揭示了该地区雷电的发生特征,发现一年中雷电主要发生在夏季,一天中雷电主要发生在下午及傍晚,地闪密度高于中国平均密度,对该地区雷电灾害防灾减灾工作有一定的促进意义。

关键词

青藏高原东北侧;雷电;气候特征

中图分类号 P466

文献标志码 A

收稿日期 2011-10-17

资助项目 中国气象局干旱气象研究基金(1A-M201001);国家重点基础研究发展规划项目(2006CB705809)

作者简介

黄涛,男,工程师,主要从事生态与环境气象研究, hunteria@163.com

王让会(通信作者),男,教授,博士生导师,主要研究景观生态、环境风险评估、3S应用等, rhwang@nuist.edu.cn

1 南京信息工程大学 环境科学与工程学院, 南京 210044

2 中国气象局 西北区域气候中心,兰州 730020

3 中国气象局 兰州干旱气象研究所,兰州, 730020

0 引言

青藏高原东北侧地区春夏季频繁发生强对流天气过程,造成冰雹、雷电等气象自然灾害。雷电是对流性天气中常伴有的大气电现象,它的分布特征能在一定程度上反映强对流天气变化情况,对其研究不仅能掌握强对流天气过程的自然规律,更能降低雷电对人民生命财产安全的危害。

临夏回族自治区(102°41′~103°40′E, 34°57′~36°12′N)位于青藏高原东北侧边坡地带,总面积8 169 km²,属于青藏高原东北侧至黄土高原的过渡地带。其辖区内地形多样,气候复杂。境内西南部属高寒阴冷湿润区,中部属塬坡半湿润半干旱区,东北部属沟壑干旱气候区。年降水量在287.4~662.5 mm之间。

高原东北侧地处我国东南季风边缘,是气候的敏感区和脆弱带。它不同于北疆地区主要受西风带控制,也不同于我国东部地区受较均一的夏季风影响。该地区的气候特征是东南季风、高原季风和西风带共同作用的结果。当伴有雷暴的强对流天气发生时,往往会给当地带来较为严重的灾害。

国外学者对雷暴气候特征的研究较早,从20世纪70年代以后,随着卫星和地基闪电探测技术的迅速发展,人类对雷暴的认识更加深入。Mackerrs等^[1]利用卫星观测结果分析发现陆地上闪电密度是海洋上的3~4倍,闪电密度随纬度增加而减少;Beasley^[2]曾经对在不同地区利用各种方法对正地闪的发生比例进行了总结和比较,发现在不同地区得到的正地闪比例有较大差别,从0%~100%不等;Orville等^[3]利用美国国家雷电监测网(NLDN)记录到的1989—1998年的大量地闪资料,得到正地闪的比例从3%~9%不等。

我国对于雷暴的研究也有一定基础,马明等^[4]通过对卫星资料的研究得出了中国及周边地区闪电密度的气候分布;冯民学等^[5]通过多种手段对闪电观测,发现闪电定位仪资料可信度很高;柴东红等^[6]发现河北省地闪活动的峰值出现在15—17时,谷值出现在10—11时;徐鸣一等^[7]和王锡中等^[8]分别对江苏省闪电特征进行分析发现负闪比超过95%,雷电流幅值主要在20~40 kA。但通过长时间传统观测手段和短时间现代观测手段同时对青藏高原东北侧地区进行雷电特征分析还罕有报道。

本文选取了青藏高原东北侧的临夏观测站(103°11′E, 35°35′N)

1980—2010 年的气象观测资料对该地的雷电进行了分析,初步揭示了青藏高原东北侧雷电发生特征.文章还应用架设在陇中地区的闪电定位仪观测数据进行了进一步分析.

1 资料与方法

1.1 资料说明

文章所用资料来源于临夏气象观测站的观测资料和兰州中心气象台的闪电定位仪资料.

临夏观测站为国家基本气象站,对雷暴观测为 24 小时人工目测的方式记录.本文所用观测资料为 1980—2010 年资料;闪电定位仪为 LD-II 型时差法雷电定位系统,主站架设在兰州,分站分别架设在临夏、永登、定西、靖远,探测距离可达 500~1 000 km,经评测,临夏地区的探测效率达 95% 以上,定位误差在 300~500 m^[9],资料为 2006—2010 年观测资料.

1.2 雷电观测统计说明

在中国气象局印发的《地面气象观测规范》^[10]中,雷电被分为雷暴和闪电,其中雷暴表现为闪电并有雷声,有时亦可只闻雷声而不见闪电;而闪电仅有电光而不闻雷声.在对地面观测资料进行分析时,因雷暴观测资料对时间、方向等观测项目较详尽,故本文仅选用雷暴观测资料.

自 1980 年起,中国气象局实施了新的观测规范,对雷电观测方位实施了十六方位观测,较以前八方位观测更为先进;且临夏观测站为 24 h 不间断观测,能够更好地揭示当地雷暴发生规律.

陇中地区闪电定位仪其中一个子站设在临夏观测站,所以收集到的数据可以反映该地区的闪电特性.对 2006—2010 年的闪电定位仪逐次地闪资料进行分析,能够进一步揭示当地雷电发生规律.

1.3 年雷暴次数气候倾向率计算

为了反映该区域年雷暴次数的气候变化趋势,采用一元回归来拟合其线性变化趋势,得到

$$Y = aX + b, \quad (1)$$

式中 Y 为雷暴次数序列, X 为年份序号, a 为该直线斜率, b 为截距.其中,

$$M = a \times 10 \quad (2)$$

被称为气候倾向率,即每 10 年该气象要素的变化值.

1.4 地闪密度计算

采用 IEEE 推荐^[11]的地闪密度与年雷暴日数的关系式:

$$N_g^1 = 0.04T_d^{1.25}, \quad (3)$$

及地闪密度与年雷暴时数的关系式:

$$N_g^2 = 0.054T_h^{1.1}. \quad (4)$$

同时采用了国内普遍应用的 GB/T 21714.2—2008^[12]中的关系式进行对比:

$$N_g^3 = 0.1T_d. \quad (5)$$

最后,为了方便统计,用闪电定位仪所测数据截取以临夏站为中心 $1^\circ \times 1^\circ$ 的地闪密度进行比较.

2 分析结果

2.1 雷电年际变化

通过式(1)、(2)对临夏站 1980—2010 年雷电发生次数进行气候倾向率计算,得到气候倾向率 $M = -7.496$,并通过了 $\alpha = 0.001$ 显著性水平的相关性检验.分析发现,临夏站年雷暴次数总体呈下降趋势.其中,1984 年观测到的雷暴次数最多,共 59 次;2009 年观测到的雷暴次数最少,共 20 次.由于闪电定位仪观测时序尚短,故未分析其年际变化.

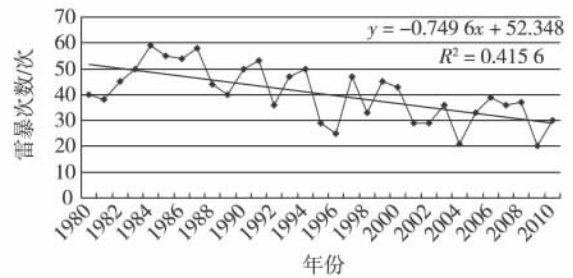


图1 1980—2010 年临夏站年雷暴次数变化

Fig. 1 Variation of annual thunderstorm number in Linxia station during 1980—2010

段炼等^[13]、王学良等^[14]、许迎杰等^[15]的研究也都分别出现了雷暴次数总体呈逐年下降的趋势.张敏锋等^[16]的研究显示全国雷暴次数大部分呈现了逐年下降趋势.青藏高原东北侧地区的变化趋势与全国趋势基本一致.郭其蕴等^[17]指出 1976 年之后夏季风强度减弱,在此后的 20 多年中没有再出现强夏季风年.在此气候背景下,作为被夏季风边缘影响的青藏高原东北侧地区雷暴次数也相应减少.

2.2 雷电年变化

对临夏站 1980—2010 年雷暴日数进行分析发现,夏季(6、7、8 月)雷暴日数明显大于其他季节,冬季(12、1、2 月)雷暴日数为 0,明显小于其他季节.其中 7 月雷暴日数最多,共发生 216 d,月均雷暴日数

为 4.97 d; 11、12、1、2 月雷暴日数最少, 为 0 d. 同样对闪电定位仪 2006—2010 年地闪资料分析, 发现地闪主要集中在 6—9 月. 其中 8 月发生次数最多, 共发生 37 600 次; 12 月发生最少, 共发生 92 次. 基本上反映出地闪发生次数的年变化特征. 两种观测方式所观测的雷电发生季节特征基本一致, 但在月份上有一定不同, 这与两种截然不同的观测手段大相径庭有必然的关系, 闪电定位仪的观测精度要远远高于人工目测的精度.

雷电发生的季节特征主要是由于受到夏季风的影响所造成, 该地区夏季热力条件、动力条件及水汽条件均优于其他季节, 致使夏季强对流天气较多, 雷电出现频次远高于其他季节.

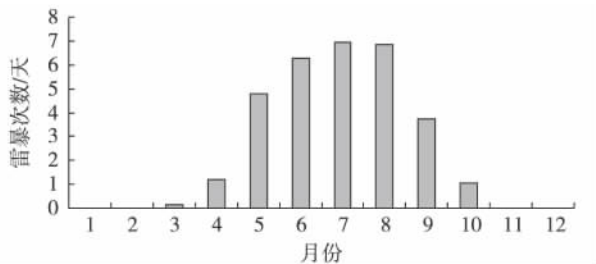


图 2 月平均雷暴日数变化

Fig. 2 Variation of monthly mean thunderstorm days

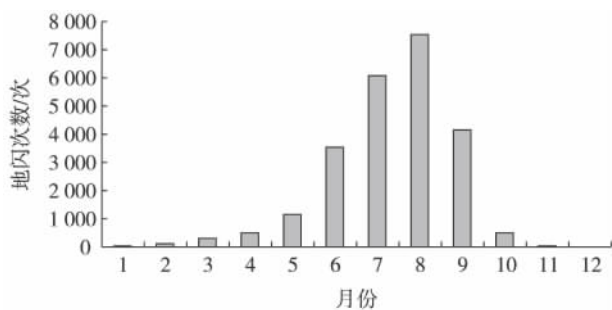


图 3 月平均地闪次数变化

Fig. 3 Variation of monthly cloud-to-ground lightning numbers

2.3 雷电日变化

对临夏站 1980—2010 年逐时雷暴发生频率进行分析, 发现下午至傍晚为雷暴高发期, 凌晨至上午为雷暴低发期. 其中, 20 时雷暴频率最高, 为 19.1%, 共发生了 239 次; 9 时雷暴频率最低, 为 0.16%, 只发生了 2 次. 同样对闪电定位仪 2006—2010 年资料分析发现, 地闪也主要集中在一天当中的下午至傍晚发生, 凌晨至上午较少发生. 其中 18 时发生次数最多, 共发生 12 993 次, 10 时发生次数最少, 共发生 421 次. 两种观测方式基本反应了同样

的雷电日变化特点, 这主要是由于该地区正午过后, 太阳辐射开始强烈的加热地表和大气, 同时地面的有效辐射、湍流感热输送也逐渐达到最大, 使得靠近地面的大气获得足够的能量开始辐合上升, 在上升过程中, 空气不断膨胀并将内部的热能转化为势能, 导致水汽的凝结形成对流云. 随着大气辐合上升的加剧, 对流云很快发展为成熟的雷暴云, 继而发生雷电现象.

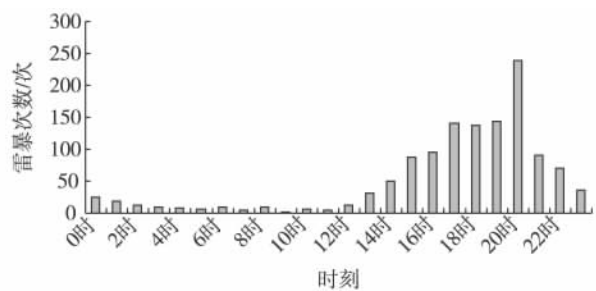


图 4 各时雷暴次数变化

Fig. 4 Variation of hourly thunderstorm numbers

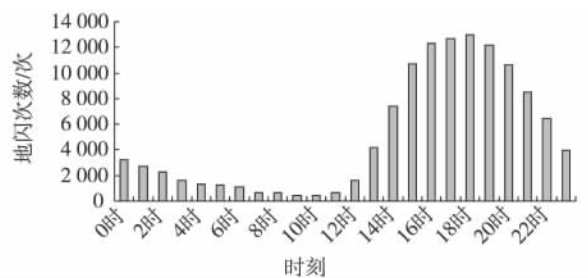


图 5 各时地闪次数变化

Fig. 5 Variation of hourly cloud-to-ground lightning numbers

2.4 雷暴首次发生方向频率特征

对临夏站雷暴首次发生方向频率进行分析, 可以发现雷暴的主要来向. 分析发现, 临夏站所观测的雷暴以来自 NW(19.1%)、N(16.9%)、SW(14.9%) 和 W(14.3%) 为主. 由于闪电定位仪没有观测记录地闪首次发生方向, 所以本节不对两种观测方式做对比.

雷暴首次发生方向在该地区有着明显的特征, 这基本上是与夏季对流天气系统的发源地有关. 青藏高原东北侧地区主要受到夏半年西北—东南方向的对流云系和沿高原边缘形成的南支系统影响, 所以对流天气系统主要生成于该地区的西北和西南方向. 在午后, 对流云系沿祁连山由西北向东南方向入侵该地区, 或者沿高原边缘由西南向东北方向入侵该地区.

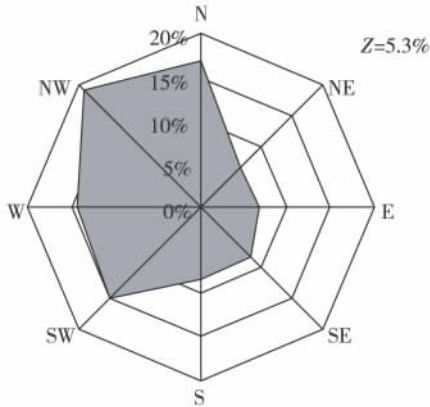


图6 各方向首次雷暴发生所占比例

Fig. 6 Percentages of different directions for first thunderstorm

2.5 地闪正负电流强度分布

对闪电定位仪 2006—2010 年资料进行了地闪电流特征统计,发现青藏高原东北侧区域以负地闪为主,达到了 98.32%,平均电流强度为 -10.9 kA;正地闪仅占 1.68%,平均电流强度为 26.3 kA,远大于负地闪强度,这与李照荣等^[18]在临近区域的研究结果相同.其中 0~10 kA 的地闪占了 57.1%,共出现 68 445 次(表 1).

表 1 地闪类型及强度

Table 1 Type and intensity of cloud-to-ground lightning

电流强度/ kA	正地闪		负地闪		合计	
	闪电 次数	百分比/ %	闪电 次数	百分比/ %	闪电 次数	百分比/ %
0~10	4		68 441	57.10	68 445	57.10
10~20	1 483	1.24	47 479	39.61	48 962	40.85
20~30	395	0.33	1 467	1.22	1 862	1.55
30~40	89	0.07	303	0.25	392	0.33
40~50	28	0.02	99	0.08	127	0.11
50~60	10	0.01	39	0.03	49	0.04
60~70	5	0	11	0.01	16	0.01
70~80	3	0	1	0	4	0
80~90	1	0	2	0	3	0
90~100	0	0	2	0	2	0
>100	1	0	1	0	2	0
总计	2 019	1.68	117 845	98.32	119 864	100.00

该地区负地闪为主要地闪类型.王道洪等^[19]在对临近的甘肃中川地区进行地闪分析发现,几乎所有的闪电产生的地面电场变化都是负值,那些为数不多的正变化是由负地闪造成的.由于大多数地闪发生在云下部的负电荷区与地表之间,所以一次雷

暴过程中的负闪数要远多于正闪的数目.

在我国北方地区雷暴云底部存在较大范围的正电荷区,雷暴云基本呈现为上下两端为正,中间为负的三极性结构.同时大量的观测与模拟结果表明^[20],雷暴云中负电荷区的电荷密度比正电荷区大一个量级,因此负地闪的回击数要比正地闪的多.

本地区平均地闪强度较小,主要集中在 0~20 kA,占了 99% 以上,这主要是由于该地区对流系统发展不是特别旺盛,无法达到像我国南方一些地方一样旺盛的对流水平.刘岩等^[21]对甘肃及浙江的地闪进行了对比,发现甘肃地闪强度变化曲线的峰值为 10 kA,而浙江为 25 kA.

2.6 地闪密度分布

通过式(3)~(5)进行计算,得到 $N_g^1 = 2.94$, $N_g^2 = 3.15$, $N_g^3 = 3.11$,说明青藏高原东北侧临夏地区的地闪密度在 2.94~3.15 次·km⁻²·a⁻¹之间.而用闪电定位仪资料计算该地区地闪密度为 2.33 次·km⁻²·a⁻¹,小于通过各推荐公式计算出的值.该值远大于全球平均值^[10] 1.5 次·km⁻²·a⁻¹、中国平均值^[22] 1.06 次·km⁻²·a⁻¹、甘肃省平均值^[23] 0.61 次·km⁻²·a⁻¹.

青藏高原东北侧地区天气复杂,南北支天气系统经常汇聚于此,且高原边坡的山地地形对天气系统有强烈的抬升作用,对流天气系统较西北地区其他地方强烈,雷电现象较西北其他干旱半干旱地区多发,故地闪密度较大.

3 结论与讨论

利用临夏站 1980—2010 年雷暴观测资料和兰州中心气象台闪电定位仪 2006—2010 年地闪观测资料,对青藏高原东北侧临夏地区的雷电发生特征和基本规律进行了分析,主要结论如下:

1) 该地区 31 年来年雷暴次数处于较明显下降趋势.该地区一年中雷电主要集中在夏季发生,没有在冬季人工观测到雷暴发生.该地区一天中雷电主要集中在下午及傍晚发生,凌晨及上午较少发生.

2) 该地区雷暴首次发生方向以 NW(19.1%)、N(16.9%)、SW(14.9%)和 W(14.3%)为主,这些基本上是上游对流天气系统入侵的方向.对流云系沿祁连山向东南方向入侵该地区,或者沿高原边缘由西南向东北方向入侵该地区.

3) 该地区主要以负地闪为主,占全部地闪的 98.32%,主要电流强度区间集中在 0~20 kA,总的电

流强度较弱,但由于南北支天气系统交汇及山地的抬升作用,该地区地闪密度达到 $2.33 \text{次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,高于中国平均水平。

由于临夏站的雷电观测属于人工目测项目,受到人的视程所限,对雷电现象的观测难免会出现局限性。而作为自动观测的闪电定位仪,其观测有精度高、范围大、全天候等特点,所以现代的雷电观测体系将会逐步代替传统人工观测,但由于其观测资料序列尚短,在做气候学统计分析中也会出现一定的不足。此外,闪电活动的产生条件与青藏高原东北侧地区地理、地质、地貌、天气、气候、季节等多项因素的关系机理尚需进一步深入分析。

参考文献

References

- [1] Mackerras D, Darveniza M, Orville R E, et al. Global lightning total, cloud, and ground flash estimates [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1998, 103 (D16): 19791-19809
- [2] Beasley W. Positive cloud-to-ground lightning observations [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1985, 90 (D4): 6131-6138
- [3] Orville R E, Huffines G R. Cloud-to-ground lightning in the United States: NLDN result in the first decade, 1989-98 [J]. *Monthly Weather Review*, 2001, 129 (5): 1179-1193
- [4] 马明, 陶善昌, 祝宝友, 等. 卫星观测的中国及周边地区闪电密度的气候分布 [J]. *中国科学 D 辑*, 2004, 34 (4): 298-306
MA Ming, TAO Shanchang, ZHU Baoyou, et al. Climatological distribution of lightning density observed by satellites in China and its circumjacent regions [J]. *Science in China Series D* 2004, 34 (4): 298-306
- [5] 冯民学, 韦海容, 焦圣明, 等. 南京市闪电定位资料的对比分析 [J]. *南京气象学院学报*, 2008, 31 (2): 151-157
FENG Minxue, WEI Hairong, JIAO Shengming, et al. A comparative analysis of the lightning strike positioning data in Nanjing [J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology* 2008, 31 (2): 151-157
- [6] 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
- [7] 徐鸣一, 王振会, 樊荣, 等. 江苏省地闪密度及雷电流幅值分布 [J]. *南京信息工程大学学报: 自然科学版*, 2010, 2 (6): 557-561
XU Mingyi, WANG Zhenhui, FAN Rong, et al. Distribution of lightning density and lightning current amplitude in Jiangsu province [J]. *Journal of Nanjing University of Information Science & Technology: Natural Science Edition* 2010, 2 (6): 557-561
- [8] 王锡中, 冯民学, 钟颖颖, 等. 2008—2009 年江苏省闪电特征分析及应用研究 [J]. *南京信息工程大学学报: 自然科学版*, 2010, 2 (5): 445-450
WANG Xizhong, FENG Minxue, ZHONG Yingying, et al. The characteristic analysis and application study of lightning from 2008 to 2009 in Jiangsu [J]. *Journal of Nanjing University of Information Science & Technology: Natural Science Edition* 2010, 2 (5): 445-450
- [9] 梁华, 刘匀同, 刘冰鑫, 等. 甘肃省闪电定位网误差及探测效率评估 [J]. *气象水文海洋仪器*, 2010, (4): 117-121
LIANG Hua, LIU Yuntong, LIU Bingxin, et al. Assessment of error and detection efficiency of Gansu lightning orientation network [J]. *Meteorological, Hydrological and Marine Instruments* 2010, (4): 117-121
- [10] 中国气象局. 地面气象观测规范 [M]. 北京: 气象出版社, 2003: 24
China Meteorological Administration. Guide for ground meteorological observation [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2003: 24
- [11] Rakov V A, Uman M A. Lightning physics and effects [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2002: 1252
- [12] 国家标准化管理委员会. GB/T 21714.2—2008 雷电防护第 2 部分: 风险管理 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008
Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 21714.2—2008. Protection against lightning—Part 2: Risk management [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008
- [13] 段炼, 陈章. 近 42 年成都地区雷暴的气候统计特征 [J]. *自然灾害学报*, 2006, 15 (4): 59-64
DUAN Lian, CHEN Zhang. Climatic characteristics of thunderstorms in Chengdu area in the last 42 years [J]. *Journal of Nature Disasters* 2006, 15 (4): 59-64
- [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 Haijun, 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] 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
- [16] 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): 156-162
ZHANG Minfeng, FENG Xia. A study on climatic features and anomalies of the thunderstorm in China [J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 1998, 14 (2): 156-162
- [17] 郭其蕴, 蔡静宁, 邵雪梅, 等. 1873—2000 年东亚夏季风变化的研究 [J]. *大气科学*, 2004, 28 (2): 206-215
GUO Qiyun, CAI Jingning, SHAO Xuemei, et al. Studies on the variations of East-Asian summer monsoon during A D 1873—2000 [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* 2004, 28 (2): 206-215

- [18] 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):45-51
LI Zhaorong, CHEN Tianyu, KANG Fengqin et al. Lightning distribution characteristics around Lanzhou [J]. Journal of Arid Meteorology 2004 22(2):45-51
- [19] 王道洪,刘欣生,王才伟. 甘肃中川地区雷暴地闪特征的初步分析[J]. 高原气象,1990 9(4):405-410
WANG Daohong, LIU Xinsheng, WANG Caiwei. A preliminary analysis of the characteristics of ground discharges in thunderstorms near Zhongchuan, Gansu province [J]. Plateau Meteorology, 1990 9(4):405-410
- [20] 张敏锋,刘欣生,葛正模. 我国北方地区雷电活动的时空特征[J]. 高原气象 2000 19(3):277-284
ZHANG Minfeng, LIU Xinsheng, GE Zhengmo. The features of lightning flash activity in north of China [J]. Plateau Meteorology 2000 19(3):277-284
- [21] 刘岩,王振会,康凤琴,等. 浙江和甘肃两地区地闪特征的初步对比分析[J]. 高原气象,2009 28(3):669-674
LIU Yan, WANG Zhenhui, KANG Fengqin et al. characteristics of cloud-to-ground flashes in Zhejiang and Gansu areas [J]. Plateau Meteorology 2009 28(3):669-674
- [22] 马明,吕伟涛,张义军,等. 我国雷电灾害及相关因素分析[J]. 地球科学进展 2008 23(8):856-865
MA Ming, LÜ Weitao, ZHANG Yijun et al. Analysis of lightning disasters in China and their correlative factors [J]. Advances in Earth Science 2008 23(8):856-865
- [23] 马金福,冯志伟. 雷击地闪密度与雷暴日数的关系分析[J]. 气象科学 2009 29(5):674-678
MA Jinfu, FENG Zhiwei. The analysis on the relationship between density of ground lightning strokes and the number of thunderstorm days [J]. Scientia Meteorologica Sinica 2009 29(5):674-678

Analysis on thunderstorm and lightning climate characteristics in the northeast side of Qinghai-Tibet Plateau

HUANG Tao^{1,2} WANG Ranghai¹ WANG Runyuan³

1 School of Environmental Science and Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 Northwest Region Climate Center, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020

3 Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020

Abstract By using the thunderstorm observation data from 1980 to 2010 of Linxia station in the northeast side of Qinghai-Tibet Plateau and the lightning data from 2006 to 2010 in the middle area of Gansu, thunderstorm and lightning characteristics such as inter-annual variation, annual variation, diurnal variation, directions of first thunderstorm, cloud-to-ground lightning density, etc were analyzed. The results of this paper found the formation characteristics of thunderstorm and lightning: the thunderstorms and lightning mainly happened in the summer and afternoon; the cloud-to-ground lightning density is higher than the average densities in China. This research will be useful to prevention and mitigation of disasters.

Key words northeastern side of Qinghai-Tibet Plateau; thunderstorm and lightning; climate characteristic