

甘肃和广东 2008 ~ 2011 年闪电特征对比

刘维成^{1,2}, 陶健红³, 邵爱梅¹

(1. 兰州大学大气科学学院, 甘肃 兰州 730000; 2. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020; 3. 甘肃省气象局, 甘肃 兰州 730020)

摘要:利用 2008 ~ 2011 年甘肃和广东地区闪电定位仪资料, 得到了两地闪电的时间变化特征、强度变化特征和闪电密度分布, 并分析两地存在的差异。结果表明: 甘肃地区年平均发生的闪电频数远小于广东地区, 且闪电的电流强度较广东地区小; 两地闪电均以负闪占绝大多数, 但正负闪的比例却不同, 甘肃和广东负闪频数分别是正闪频数的 15.5 倍和 20.5 倍; 两地均在每年的 6 ~ 9 月为闪电高发期, 广东地区在 6 月出现一个闪电频数的明显跃增并达到全年最大值, 闪电频数出现递增的时间较甘肃早, 在不同的季节内, 两地的闪电比例存在差异, 且正、负闪比例也不同; 甘肃地区总闪电频数日变化呈单峰单谷型, 而广东地区总闪电的日变化趋势呈 3 峰震荡型; 甘肃地区(兰州市)的平均闪电密度远小于广东地区(广州市)。

关键词:甘肃和广东地区; 闪电特征; 闪电密度

中图分类号: P427.32

文献标识码: A

引言

闪电, 是云与云之间、云与地之间或者云体内各部位之间一种复杂的强烈放电现象, 具有冲击电流大、放电时间短、雷电流变化梯度大、冲击电压高等特征。随着社会经济的发展, 因闪电造成的灾害越来越严重, 每年大约 4 000 人惨遭雷击, 造成的经济损失达 10 亿美元以上^[1]。因此, 对闪电空间、时间分布特征的研究显得尤为重要。

近几年, 随着探测技术的发展和日益完善, 国内外的学者对闪电做了很多有意义的研究。郗秀书^[2]利用 TRMM 卫星资料对全球闪电活动、闪电活动和全球电路对温度的响应及闪电和对流层上部水汽的联系进行了分析, 指出了闪电活动在气候变化研究中的重要性; Zajac 等^[3]利用国家闪电探测网 (NLDN/National Lightning Detection Network) 对 1995 ~ 1999 年发生在美国的云地闪资料进行研究, 得到年闪电密度分布、年闪电日分布、闪电频数、夏季昼夜闪电分布等特征; Mazarakis 等^[4]研究了希腊的雷暴和闪电活动, 得到相对闪电密度与海拔的关系, 发现高闪电活动与绝对涡度、等效势温和对流有

效位能有关; Tinmaker 等^[5]对发生在印度半岛的闪电资料做了分析, 发现闪电活动与海表温度有一定的联系; 张鸿发等^[6]利用 TRMM 卫星资料, 对 1998 ~ 2003 年发生在中国区域的闪电资料做了分析, 得到了该区域的闪电密度分布和闪电特征; 李照荣等^[7]、王建兵等^[8]分别对甘肃兰州周边地区地闪分布特征(利用闪电定位仪资料)和甘南高原雷暴特征(利用气象站雷暴观测资料)进行了分析, 得到了两地区闪电的分布特征。

中国地形辽阔, 东西向、南北向地理跨度很大, 闪电气候特征差异明显, 研究不同区域的闪电分布对于揭示环境气候特征有很好地帮助作用^[9-13]。甘肃省深居西北内陆, 地处黄土高原、青藏高原和内蒙古高原的交汇地带, 属于温带大陆性气候区^[14]; 广东省地处低纬, 位于东南沿海, 海洋和大陆对其气候均有非常明显的影响, 属热带和亚热带季风气候区^[15]。本文选取这 2 个气候特征差异较大的区域, 利用闪电定位仪资料, 对其闪电分布的气候特征进行分析, 获得中国地区不同区域闪电活动的分布特征, 初步找出闪电活动的影响因素, 为气象防灾减灾工作提供参考依据。

收稿日期: 2012-09-18; 改回日期: 2012-09-29

基金项目: 中国气象局预报员专项 (CMAYBY2012-063) 资助

作者简介: 刘维成 (1984-), 男, 汉族, 甘肃镇原人, 工程师, 硕士在读, 现主要从事雷达资料应用及雷电预警研究工作。E-mail: plareny@163.com

1 资料和分析方法

1.1 资料来源

闪电资料来源于甘肃省和广东省的闪电定位网监测资料。两地的监测资料均由中国华云技术开发公司研制的 LD-II 型闪电定位仪获取,其主要原理是利用正交环磁天线和平板容性电天线以及相应的电子线路,测得雷电的来波方向,根据低频电磁分量相差法和极低频—甚低频归一化频谱比对法测得雷电距离测试点的距离。每个定位资料包括闪电时间、经度、纬度、电流强度、闪电类型、雷电流上升陡度等参数,定位误差 $< 500 \text{ m}^{[16]}$ 。两地区均选用 2008~2011 年资料,其中甘肃共 441 693 次闪电,广东共 14 116 143 次闪电。

1.2 闪电资料统计

在闪电资料的分析中,分别统计两地正、负闪电频数及其所占总闪电频数的百分比;按照闪电强度,把强度 $\leq 100 \text{ kA}$ 的闪电按间隔 10 kA 分成 10 个闪电强度段,强度 $> 100 \text{ kA}$ 的闪电为 1 个闪电强度段,并分别统计各闪电强度段内的正、负闪电频数及其占闪电总数的百分比,统计各个强度段的闪电累积频数。一年中,逐月统计闪电频数;一日中,按照小时时段如 00:00~00:59,01:00~01:59,……,22:00~22:59,23:00~23:59(北京时间)统计逐小时内闪电频数。绘制两地典型代表地区(兰州市和广州市)的闪电密度图(单位:次 $\cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)。

2 两地闪电的时间变化特征

统计两地的闪电资料发现,甘肃省年平均发生闪电频数为 110 423.3 次,其中正闪频数为 6 691.7 次,负闪电频数为 103 731.6 次,正、负闪电分别占总闪电频数的 6.06% 和 93.94%,负闪频数是正闪频数的 15.5 倍;广东省年发生闪电频数为 3 529 035.8 次,其中正闪频数为 164 100.2 次,负闪频数为 3 364 935.6 次,正、负闪电分别占总闪电频数的 4.65% 和 95.35%,负闪频数是正闪频数的 20.5 倍。说明闪电气候特征在正负闪比例方面南北方存在较大差异,北方地区的正闪比例明显大于南方地区,这与易燕明等^[17-18]的研究结论一致,说明甘肃地区雷暴云底部存在的正电荷较广东地区多^[20],另外纬度和海拔的不同也是一个重要原因^[21]。

2.1 闪电频数月变化

将两地全年发生的闪电按照逐月统计后表明(图 1),甘肃地区在每年的 6~9 月为闪电高发期,

这 4 个月中发生的闪电平均占全年总闪电频数的 86.86%,8 月达到最大值,平均占全年总闪电频数的 27.11%,12 月达到最小值,平均占全年总闪电频数的 0.14%;广东地区同样在 6~9 月为闪电高发期,但在 6 月出现一个明显的跃增并达到全年最大值,平均占全年总闪电频数的 26.23%,6~9 月闪电频数开始缓慢下降,至 9 月达到占全年总闪电频数的 19.93%,之后 9~10 月出现一个闪电频数的锐减,每年的 1 月为全年最小值,平均占全年总闪电频数的 0.01%。

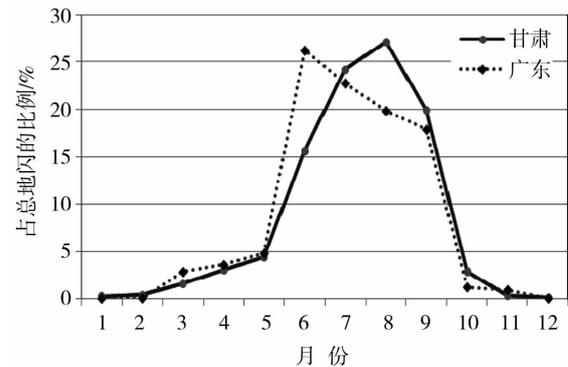


图 1 闪电频数月变化

Fig. 1 The monthly variation of lightning flashes frequency

按照气象学上对 4 季的划分:春季(3~5 月)、夏季(6~8 月)、秋季(9~11 月)和冬季(12 月、次年 1 月、2 月),分别统计两地不同季节闪电情况。分析发现,甘肃和广东在夏季发生的闪电频数占全年总闪电的 66.93% 和 68.81%,正负闪电各自占比也与此相当。而在其他季节,两地闪电变化存在明显差异。甘肃地区春季发生闪电的比例比广东地区要小,对应的正负闪电发生的比例也小于广东地区,且正闪占比远小于广东地区(甘肃发生在春季的正闪电占全年正闪电比例为 14.19%,而广东地区为 20.76%),但是在秋季情况正好相反,即广东地区发生闪电的比例比甘肃地区的要小。冬季是两地闪电的低发期,闪电占比分别为甘肃 0.84%、广东 0.08%,但不同的是甘肃地区负闪占比较大,广东地区正闪占比较大。

2.2 闪电频数日变化

将两地每天发生的闪电按照逐小时统计分析其日变化情况(图 2),由于负闪频数占比很大,与总闪电的日变化趋势较为一致,因此图中仅画出总闪电和正闪电的日变化曲线。甘肃地区总闪电频数日变

化呈单峰单谷型,17 时到达最大值,占总闪电的 8.92%,10 时为最小值,每日 14~22 时的闪电占全天总闪电的 66.91%。而广东地区总闪电的日变化趋势呈 3 峰震荡型,峰值分别出现在 05 时、16 时和 23 时,上午 10 时是闪电最少时段,16 时闪电的频数为日均最高值,23 时是次高值,05 时为第三高值,在 00~11 时之间存在一个小幅度的震荡过程,逐时闪

电频数变化范围在占总闪电频数的 2%~3% 之间。对比发现,两地均在午后会出现一个闪电频数跃增的过程,广东地区比甘肃地区跃增的幅度更大,且在跃增出现时间和峰值出现时间上均略有提前,在达到峰值后,两地闪电频数开始快速下降,且广东地区比甘肃地区下降的幅度更大,主要是由于低纬度地区太阳活动的加热比高纬度地区要早^[22]。

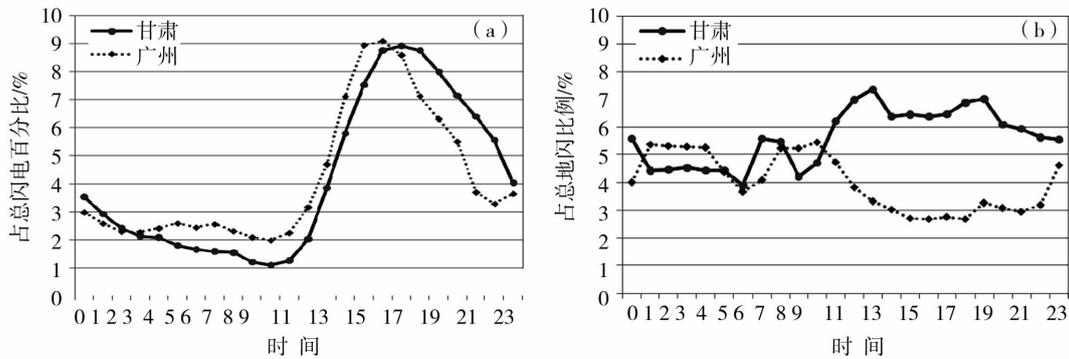


图 2 总闪频数(a)及正闪频数(b)日变化

Fig. 2 The diurnal variations of lightning flashes frequency

(a) total lightning flashes frequency, (b) positive lightning flashes frequency

甘肃地区每日正闪频数占总闪电频数比例在 3.91%~7.36% 之间变化,平均值为 5.64%,在 11~20 时正闪占比较大,该时段也是每日闪电多发时段,而在闪电低发期正闪占比较小;广东地区正闪比例较甘肃地区小,每日在 2.69%~5.38% 之间变化,平均值为 4.01%,同时在闪电多发时段正闪占比减小,闪电最多时段 16 时对应的正闪占比达到最小。根据多年的观测表明,北方雷暴电荷结构呈三极性,即雷暴上部为主正电荷区,中部为主负电荷区,下部为次正电荷区,而南方雷暴其电荷结构则呈明显的经典偶极结构,即雷暴上部为主正电荷区,下部为主负电荷区^[23]。正是由于雷暴电荷结构的不同导致了两地正负闪电频数比例存在较大差异。

3 两地闪电电流强度特征

闪电的电流强度大小与许多因素有关,其中主要有地理位置、地质条件、季节和气象条件,并且闪电的破坏作用与峰值电流有最密切的关系。对两地闪电的电流强度对比发现,甘肃地区闪电平均电流强度为 10.95 kA,其中正闪平均为 26.17 kA,负闪平均为 13.40 kA,正负闪电电流强度比为 1.95;而广东地区闪电平均电流强度为 25.83 kA,其中正闪平均为 31.3 kA,负闪平均为 28.62 kA,正负闪电电流强

度比为 1.09,可以看出无论是正负闪电电流强度还是平均电流强度均大于甘肃地区。

图 3 分析了不同电流强度的闪电频数占总闪电的分布趋势,可以看出甘肃地区无论是正闪电还是负闪电的主要强度分布区域均比广东地区的小,且闪电电流强度波形的陡度较广东地区大。甘肃地区发生的闪电电流强度主要在 <20 kA 范围(占 83.46%),99.11% 的闪电电流强度 <60 kA,正闪电主要电流强度为 10~30 kA(占 74.54%),在 <10 kA 时负闪电百分率达最大值 45.35%,10~20 kA 时正

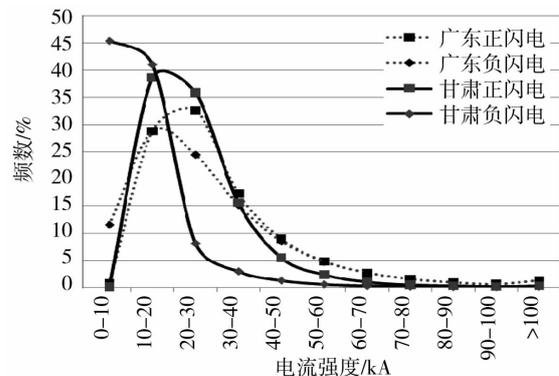


图 3 不同电流强度闪电频数分布

Fig. 3 The lightning flashes frequency distribution with different current intensity

闪电百分率达最大值为 38.66%, 而广东地区发生的闪电 97.18% 的电流强度 < 80 kA, 有 1.31% 的闪电电流强度 > 100 kA, 闪电密集的电强度主要集中在 $10 \sim 40$ kA (占 68.62%), 正闪电电流强度同样主要为 $10 \sim 40$ kA (占 78.58%), 正负闪电百分率达到最大值对应的电流强度均比甘肃地区高出 10 kA。从两地的电流强度变化差异较大, 可将此作为闪电防范的重点监测强度范围。

4 两地闪电密度特征

选取两地典型代表地区兰州和广州, 按照 $0.01^\circ \times 0.01^\circ$ 的格距将其分别分割成若干个小块, 统计各小块内的年闪电频数, 得到该地区的闪电密度分布 (单位: $\text{次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), 见图 4。

兰州市平均闪电密度为 $0.74 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 但分布很不均匀, 兰州东部地区闪电分布明显高于平均水平。兰州西部大部分地区闪电密度 $\leq 0.5 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 而兰州东部闪电密度 $> 0.7 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 在榆中县东南部出现极大值区, 中心位置闪电密度达 $2.1 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 研究发现这些位置与相对应的地形有关, 大值区分布在高山 (马衔山) 与盆地 (兰州盆地) 的交汇地带。广州市平均闪电密度

远远大于兰州市, 达到 $11.7 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 总体上呈现中北部闪电少、西部南部闪电多的格局, 在全市形成 3 个闪电密集区, 最强密集区位于南沙区南部, 珠江口岛屿最大值 $20.0 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 次强密集区位于番禺区南部, 强中心为 $15.3 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 而在北部地区形成一个弱的闪电密集区, 强中心 $< 9.0 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 中部地区大部分闪电密度 $< 3.0 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。造成此分布的原因与夏季影响广州大多是自西面或西南面东移的天气系统有关, 气流在西面、西南面遇城市粗糙下垫面, 造成气流抬升而增强了对流, 从而使该区域闪电密集^[24]。

通过计算, 获取了 2 市布网观测的区域自动站的闪电密度分布 (其中兰州 77 个站点、广州 205 个站点), 并对其闪电密度与站点的地理信息数据 (海拔、经度、纬度) 做相关性分析。分析表明, 兰州地区的闪电分布对地形作用的依赖性较强, 闪电密度与站点海拔、经度、纬度的相关系数分别为 0.34、0.39、-0.20, 这进一步表明该地区闪电形成与局地地形的抬升作用很大。广州地区的闪电密度只与站点的纬度相关性较好, 相关系数为 -0.35, 而海拔和经度对其影响不大, 表明该地区闪电的分布主要受热力分布不均匀作用的影响。

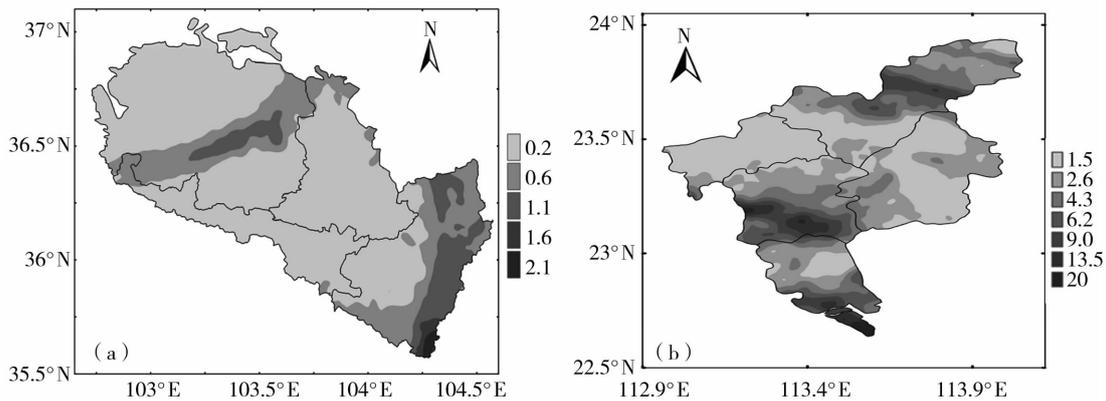


图 4 兰州市(a)和广州市(b)闪电密度分布

Fig. 4 The distribution of lightning flashes density of Lanzhou (a) and Guangzhou (b)

5 结论与讨论

(1) 甘肃地区年平均发生的闪电频数远小于广东地区, 且闪电的电流强度较广东地区小。

(2) 甘肃地区负闪频数占总闪频数的比例较广东地区小; 甘肃地区闪电负闪频数与正闪频数比为 15.5, 而广东地区为 20.5。

(3) 两地均在每年的 6~9 月为闪电高发期, 但

广东地区在 6 月出现一个明显闪电频数的明显跃增并达到全年最大值。在不同的季节内, 两地的闪电比例存在差异, 且正、负闪比例也不同。

(4) 甘肃地区总闪电频数日变化呈单峰单谷型, 而广东地区总闪电的日变化趋势呈 3 峰震荡型。两地在午后均会出现一个闪电频数跃增的过程, 广东地区比甘肃地区跃增的幅度更大, 且在跃增出现时间和峰值出现时间上均略有提前。

(5)甘肃地区(兰州市)的平均闪电密度远小于广东地区(广州市);地形作用和底层热力条件不均匀分布的作用分别是决定甘肃和广东闪电密度分布的主要原因。对于造成两地闪电特征差异较大的其他原因,有待于进一步的研究。

致谢:感谢甘肃省气象局傅朝高级工程师和广东省气象局吴少锋工程师对本文的大力支持。

参考文献:

- [1] 陈渭民. 雷电学原理[M]. 北京:气象出版社,2006. 1-2.
- [2] 郟秀书. 全球闪电活动与气候变化[J]. 干旱气象,2003,21(3): 69-73.
- [3] Zajac, Bard A, Steven A Rutledge. Cloud-to-Ground Lightning Activity in the Contiguous United States from 1995 to 1999[J]. Mon Wea Rev,2001,129(5): 999-1019.
- [4] Mazarakis N, Kotroni V, Lagouvardos K, et al. Storms and Lightning Activity in Greece during the Warm Periods of 2003-06[J]. J Appl Meteor Climatol, 2008,47(12): 3089-3098.
- [5] Tinmaker M I R, Kaushar Ali, Beig G. Relationship between Lightning Activity over Peninsular India and Sea Surface Temperature[J]. J Appl Meteor Climatol,2010,49(4):828-835.
- [6] 张鸿发,程国栋,张彤. 中国区域闪电分布和闪电气候的特点[J]. 干旱气象,2004,22(4):17-25.
- [7] 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,2004,24(2):45-51.
- [8] 王建兵. 甘南高原雷暴的气候特征[J]. 干旱气象,2007,25(4): 51-55.
- [9] 易燕明,杨兆礼,万齐林,等. 近50年广东省雷暴、闪电时空变化特征的研究[J]. 热带气象学报,2006,22(6):539-546.
- [10] 何晖,李宏宇. 北京地区闪电特征初探[J]. 气象科技,2005,33(6):496-500.
- [11] 王学良,黄小彦,刘学春,等. 2006-2007年湖北地区云地闪电时空分布特征分析[J]. 暴雨灾害,2008,27(4):360-362.
- [12] 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.
- [13] 靳利梅,史军. 上海地区雷暴气候特征及变化研究[J]. 干旱气象,2010,28(1):54-58.
- [14] 李栋梁,刘德祥. 甘肃气候[M]. 北京:气象出版社,2000. 1-2.
- [15] 赵济,陈传康. 中国地理[M]. 北京:高等教育出版社,1999. 515-517.
- [16] 梁华,姚延锋. 甘肃闪电监测定位系统组网分析[J]. 甘肃科技,2008,24(1):78-80.
- [17] 易燕明,杨兆礼,万齐林. 广州市闪电密度特征分析[J]. 资源科学,2006,28(1):151-156.
- [18] 陶祖钰,赵昕奕. 京津冀地区闪电的气候分析[J]. 气象学报,1993,51(3):325-332.
- [19] 冯桂力,陈文选,刘诗军. 山东地区闪电的特征分析[J]. 应用气象学报,2002,13(3):347-354.
- [20] 郟秀书,郭昌明,刘欣生. 北京与兰州地区的地闪特征[J]. 高原气象,1990,9(4):388-394.
- [21] 王道洪,郟秀书,郭昌明,等. 雷电与人工引雷[M]. 上海:上海交通大学出版社,2000. 66-68.
- [22] 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.
- [23] 张义军,刘欣生,肖庆复,等. 中国南北方雷暴及人工触发闪电特性对比分析[J]. 高原气象,1997,16(2):113-121.
- [24] 黄增明,梁建茵,吴艳标,等. 广州城市气候[M]. 北京:气象出版社,1994. 61-64.

Comparative Analysis on Characteristics of Lightning over Gansu and Guangdong Areas

LIU Weicheng^{1,2}, TAO Jianhong³, SHAO Aimei¹

(1. College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;

2. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China;

3. Gansu Provincial Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The temporal variation, intensity change and density distribution of lightning in Gansu and Guangdong areas were analyzed respectively by using the data of lightning locators in the two provinces, at the same time, the differences of lightning characteristics in two places were also analyzed. The results show that the annual mean lightning frequency in Gansu is much smaller than that in Guangdong, and the current intensity of lightning in Gansu is weaker than that in Guangdong; Negative lightning are in the majority in both area, but the percentage are not the same, the frequency of negative lightning is 15.5 times of positive lightning in Gansu and 20.5 times in Guangdong; There is a high occurring period from June to September each year for lightning in both area. Besides, lightning frequency increased obviously and reached the maximum in June in Guangdong every year, the increase of lightning frequency in Guangdong started earlier than that in Gansu. The percentage of lightning are not the same in different seasons in both areas. Daily variation of lightning frequency presented a single peak and single valley in Gansu, but three peaks occurred in Guangdong. The mean lightning density in Gansu (Lanzhou) is much smaller than that in Guangdong (Guangzhou).

Key words: Gansu and Guangdong areas; lightning characteristics; lightning density