

Analysis of Lightning Characteristics in Xi'an Terminal Area in 2014-2017

Gaojie Zhang, Aimin Dong, Minying Gong, Xiaoxi Qiang

Meteorological Center of Northwest Regional Air Traffic Management Bureau, Xi'an Shaanxi
Email: zgjuist@163.com

Received: Mar. 20th, 2020; accepted: Apr. 3rd, 2020; published: Apr. 10th, 2020

Abstract

Using the ground lightning data from January 2014 to December 2017 in Shaanxi Province, the time-varying feature, intensity change and density distribution characteristics of lightning in the terminal area of Xi'an Airport were statistically analyzed. The results show that the lightning in Xi'an terminal is mainly concentrated in summer (June-August), and it has a single-peak distribution. It is mainly concentrated at the time of 15 - 19. Negative flashes account for the vast majority of total lightning flashes, and positive flash intensity significantly greater than negative flashes; lightning is mainly concentrated in the east of the terminal area of Xi'an Airport, and the frequency of lightning occurrences is about twice that of the western part. Negative flash intensity is evenly distributed in the terminal area of the airport. The intensity of the positive flash in the south of the terminal area is greater than that in the north, which is about twice that in the north.

Keywords

Xi'an Terminal Area, Lightning, Distribution Characteristics

2014~2017年西安终端区闪电特征分析

张高杰, 董爱民, 巩敏莹, 强晓西

中国民用航空西北地区空中交通管理局气象中心, 陕西 西安
Email: zgjuist@163.com

收稿日期: 2020年3月20日; 录用日期: 2020年4月3日; 发布日期: 2020年4月10日

摘要

利用陕西省2014年1月~2017年12月年地闪资料, 对西安机场终端区闪电的时间、强度变化特征、密度

分布特征进行了统计分析。结果表明：西安终端闪电主要集中在夏季(6~8月)，呈单峰型分布特征，时段上主要集中在15~19时；在总闪电次数中负闪占绝大多数，正闪强度明显大于负闪；闪电主要集中在西安机场终端区的东部，其闪电发生的频次约为西部的2倍；负闪强度在机场终端区分布较为均匀；终端区南部正闪强度大于北部，约为北部的2倍。

关键词

西安终端区，闪电，分布特征

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

雷雨天气是影响飞行的重要航危天气，而雷雨过程中的放电现象对飞行的危害尤为严重。雷电可引起无线电通讯中断或设备损坏，电子设备受干扰，引起飞机个别部位磁化，磁罗盘出现误差，无线电罗盘指向雷暴，有时造成电源损坏，使飞机无法飞行。更为严重的是若油箱被闪电击中，有可能发生燃烧和爆炸，造成重大飞行事故。闪电的强光，可造成机组人员目眩，眼睛暂时失明，影响飞机稳定操纵。为了避免遭受雷电袭击，最直接、有效的措施就是根据地面雷达和机载雷达提供的雷电源地积雨云区的移向、移速和距离、强度信息，绕飞或飞越危险区，严格按飞行程序实施确保航空飞行安全。

闪电作为雷雨等对流天气的最基本特征，其活动特征在一定程度反应了雷雨天气的活动特征。鉴于此，许多研究学者对所在地区的闪电特征进行了分析研究[1]-[7]。整体看来，各地雷电变化的规律类似，但就具体分布来看，略有不同。本文旨在对西安机场终端区的闪电活动的基本特征进行分析，为该地区雷雨等对流活动的预报提供参考。

2. 资料方法

资料为陕西省 ADTD 闪电定位仪系统收集到的 2014 年 1 月~2017 年 12 月的闪电活动资料。

终端区是围绕一个或多个繁忙机场而划定的飞行管制区。一般情况下，一个终端区也是多条航路的汇聚点，其面积为横向上与航路航线相连接的区域所围成的多边形。在实际业务运行中，西安机场气象部门与管制部门经协商，把以机场为中心 150 公里范围作为西安机场终端区的气象服务范围。因此，本文选取以西安机场为中心，东南西北各取 150 公里范围的正方形区域作为研究对象。

3. 时间变化特征

2014~2017 年西安机场终端区闪电次数共有 118,569 次，其中正闪 13,777 次，占比 11.6%；负闪 104,792 次，占比 88.4%；负闪数量要远多于正闪的数量，这与以往的结论相一致，主要原因是负闪较正闪更容易到达地面。

3.1. 月变化特征

图 1 给出了 2014~2017 年西安终端区的闪电个数的月分布特征。可以看出：正、负闪以及总闪电个

数变化特征一致,基本呈现单峰型分布特征。冬季(12月~次年2月)出现闪电次数最少,四年仅出现20次;夏季(6月~8月)出现次数最多,占全年总次数的91.1%。其中,负闪在8月份出现次数最多,占全年的47.1%;而正闪在7月份出现次数最多,占全年的32.6%。

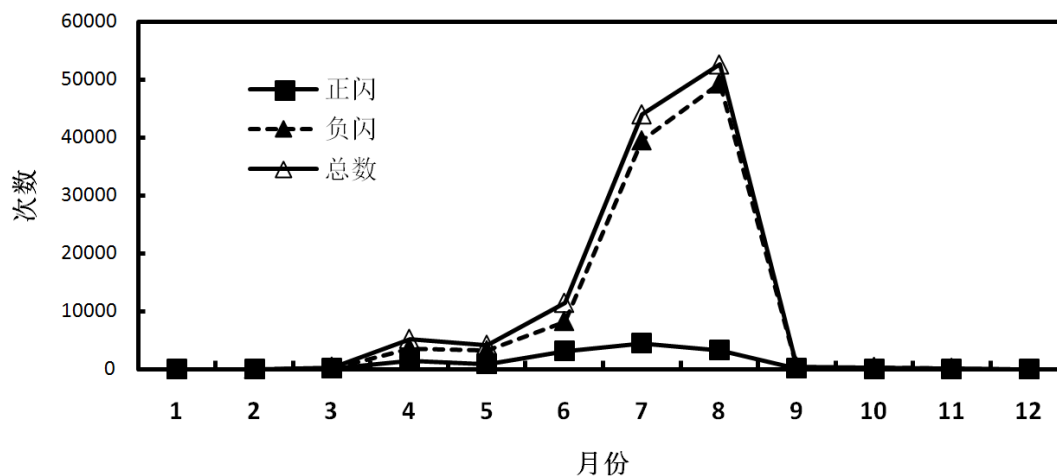


Figure 1. Monthly distribution characteristics of lightning times in Xi'an terminal area

图 1. 西安终端区闪电次数月分布特征

3.2. 日变化特征

图 2 为西安终端区闪电次数的日变化特征。从图中可以看出,闪电发生时间集中在下午至傍晚(15~19时);其中,负闪及总闪数发生次数最多的时刻为 16 时,而正闪数出现最多的时刻为 17 时。负闪及总闪数出现次数最少的时刻为 10 时,正闪数出现最少的时刻为 09 时。正闪、负闪的日时间变化情况与总闪数基本一致。图 3 给出了正、负闪占各自总数百分率的日变化曲线。从图中可以看出,正、负闪均呈现单峰型的分布特征,但两者之间的日变化规律略有不同。正、负闪均在中午过后出现次数开始增加,傍晚过后出现次数开始减少。从出现时间上来,正闪出现次数最大值的时刻要落后于负闪;傍晚之后正闪次数的减少速度也明显较负闪缓慢。这主要是由于正闪多集中在对流云的上部,而负闪多集中在对流云的下部,因此正闪到达地面的时间较负闪来说要落后;且正闪主要出现在对流系统发展到成熟阶段以后,此时上升气流区减小,云体尺度较大,负闪次数迅速下降,正闪出现的比例明显增大。

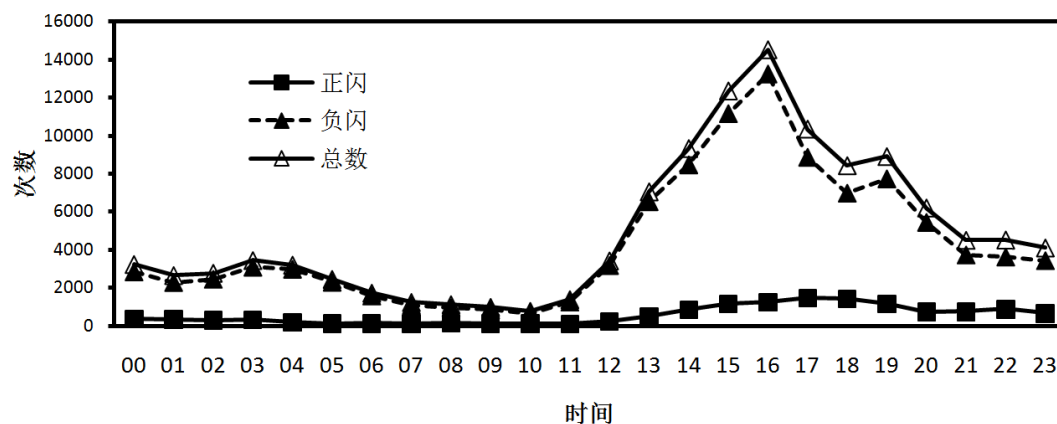


Figure 2. Daily distribution of lightning times in Xi'an terminal area

图 2. 西安终端区闪电次数日分布特征

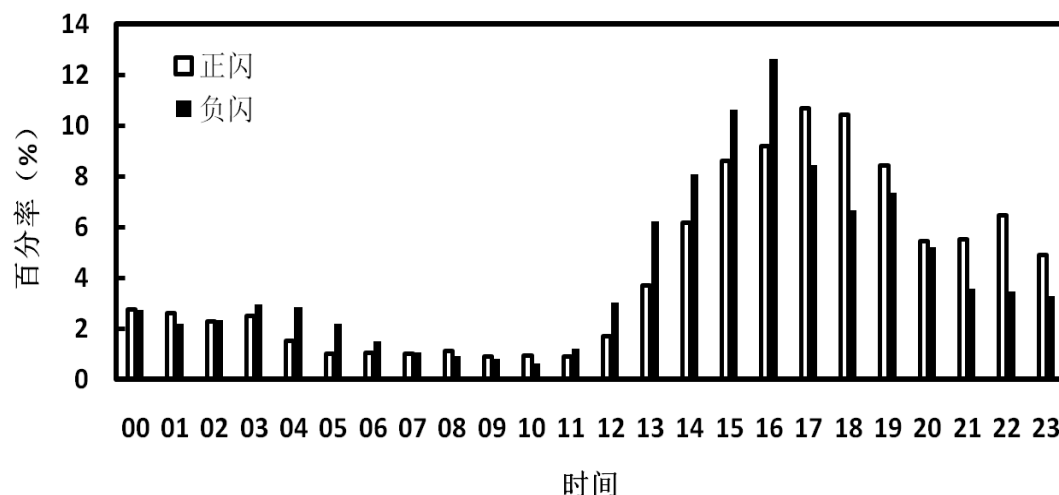


Figure 3. Diurnal variation of the percentage of hourly positive and negative lightning bolts in the total number of lightning bolts

图 3. 逐时正负闪电次数占各自闪电总数的百分率的日变化曲线

4. 闪电的强度分布

根据西安终端区的闪电强度特征, 把其分成 $[0, 25]$ 、 $[25, 50]$ 、 $[50, 75]$ 、 $[75, 100]$ 、 $[100, 125]$ 、 $[125, 150]$ 、 $[150, 175]$ 、 $[175, 200]$ 、 $[200, +\infty]$ 9 个等级, 第一等级对应区间 $[0, 25]$, 第 9 等级对应区间 $[200, +\infty]$ 。图 4 给出不同等级闪电所占百分率的变化曲线。从图中可以看出正、负闪电的强度分布存在一定的差异。负闪主要集中在 1、2、3 等级, 即 $[0, 75]$ 区间; 正闪主要集中在 2、3、4 等级, 即 $[25, 100]$ 区间; 正、负闪电的最大百分率均出现在第 2 等级, 即 $[25, 50]$ 区间, 所占百分率分别为 31.73% 和 55.85%; 最低百分率均出现在第 8 等级, 即 $[175, 200]$ 区间, 所占比例分别为 1.07% 和 0.07%。在 1、2 等级, 负闪所占百分率明显高于正闪; 而在 3~9 等级, 正闪所占百分率要明显高于负闪。从图 5 正、负闪的累计百分率分布图来看, 负闪在 4 级及以下, 100 kA 及以下强度所占的百分率较大, 累计百分率达 98.42%, 而正闪的相应累计百分率为 84.97, 正闪的累计百分率始终小于负闪, 说明负闪的强度分布较正闪集中。

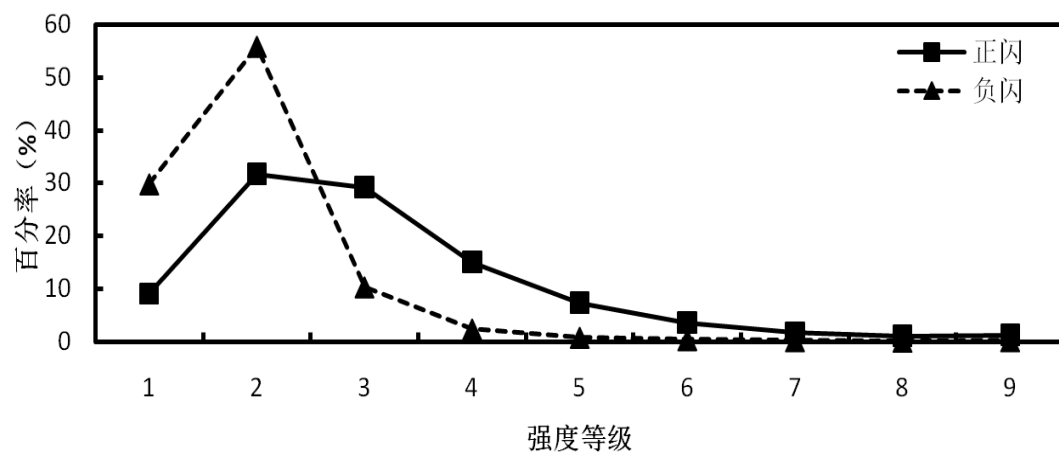


Figure 4. Percentages of positive and negative lightning with different intensity levels in the total number of lightning

图 4. 不同强度等级的正闪电、负闪电占各自闪电总数的百分率

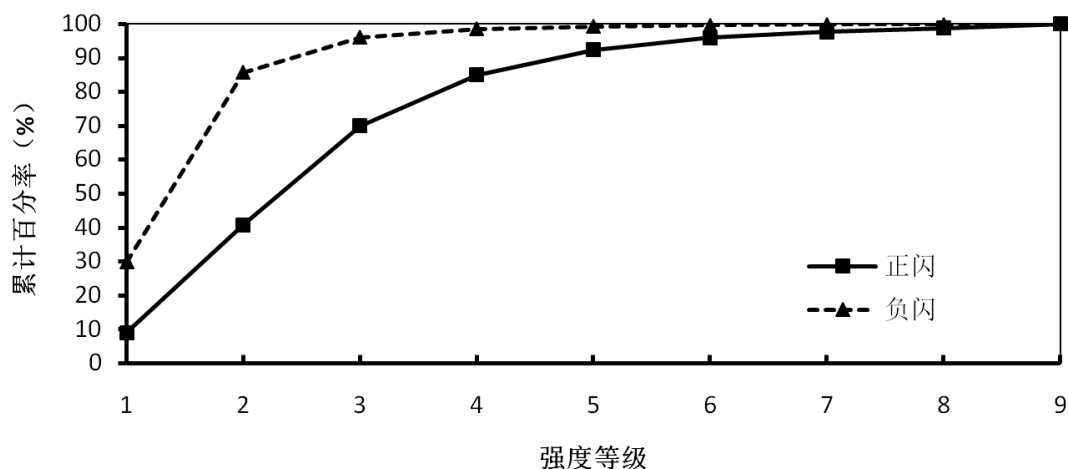


Figure 5. Cumulative distribution curve of positive and negative lightning intensity

图 5. 正、负闪电强度的累计分布曲线

Table 1. Lightning density in each quadrant (times/km²)

表 1. 各象限闪电密度(次/km²)

	第一象限	第二象限	第三象限	第四象限
正闪	0.22	0.11	0.11	0.18
负闪	2.01	1.33	0.67	0.64
总数	2.23	1.46	0.78	0.82

Table 2. Lightning intensity in each quadrant (kA)

表 2. 各象限闪电强度(kA)

	第一象限	第二象限	第三象限	第四象限
正闪	64.9	130.7	127.6	80.8
负闪	33.2	37.5	38.1	36.3
总数	36.3	43.8	50.7	45.9

5. 西安终端区闪电密度分布

为了更加直观的呈现西安终端区闪电的分布情况,结合西安终端区走廊口的分布情况,把以西安机场为中心的 90,000 km² 区域均分为四个部分。表 1 和表 2 给出了正、负闪在各象限的闪电密度和闪电强度。从表中可以看出:正闪主要集中在第一象限,即位于机场的东北方向,其闪电密度为 0.22 次/km²;发生次数最少的为第二象限和第三象限,即机场的南部区域,闪电密度为 0.11 次/km²;负闪也主要集中在第一象限,即机场的东北方向,其闪电密度为 2.01 次/km²,为正闪的 10 部左右,发生次数最少的为第三象限和第四象限即机场的西部区域,闪电密度分别为 0.67 次/km² 和 0.64 次/km²。总体来看,闪电出现频次最大的地方为机场的东侧(第一象限和第二象限),而机场西侧(第三和第四象限)闪电出现频次较小。从强度分布来看,机场南部的正闪强度要明显强于机场北部,约为其 2 倍左右;负闪强度在机场周围分布较为均匀,平均在 30~40 kA。

图 6 为西安终端区的正闪和负闪的分布情况,其中,长武、洛川、宁陕、商县分别为西安终端区四个走廊口关键导航点所在位置。从图中可以看出:正闪在西安终端区四个走廊口分布较为均匀,而负闪主要集中在西安终端区的东侧,在洛川、商县附近负闪电的密度远大于区域其它地区。

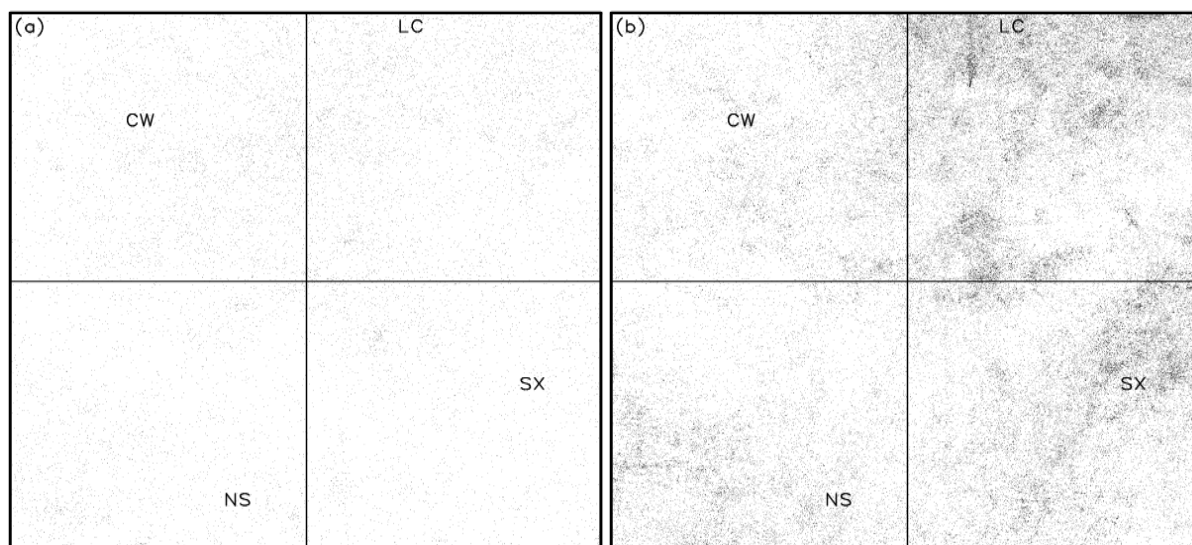
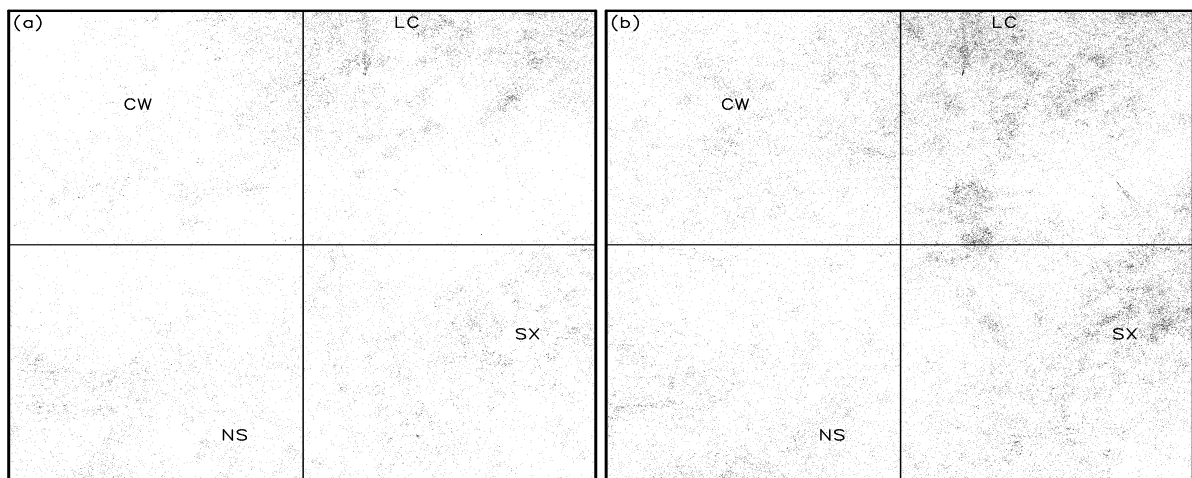


Figure 6. Lightning distribution in Xi'an terminal area (a: positive flash and b: negative flash) (CW: Changwu; LC: Luochuan; NS: Ningshan; SX: Shangxian)

图 6. 西安终端区闪电分布(a: 正闪; b: 负闪)(CW: 长武; LC: 洛川; NS: 宁陕; SX: 商县)

为了进一步分析闪电的日变化规律, 图 7 给出了 4 个时段内西安终端区内闪电的分布情况。其中 a 为 08:00~14:00 时, b 为 14:00~20:00 时, c 为 20:00~02:00 时, d 为 02:00~08:00 时。从图中可以看出: 08:00~14:00 时, 上午对流活动通常不活跃, 闪电密度较小, 其闪电密度为 $0.25 \text{ 次}/\text{km}^2$, 闪电主要集中分布在终端区东北部的洛川附近。14:00~20:00 时受太阳辐射的加热作用, 低层空气出现不稳定, 容易触发对流天气。该时段闪电活动往往最为活跃, 闪电密度也达到全天的最大值, 为 $0.67 \text{ 次}/\text{km}^2$ 。闪电集中区向南和向西两个方向延伸, 终端区闪电主要集中在三个区域: 洛川附近、西安机场的东北部、商县附近。20:00~02:00 时, 随着气温的降低, 地面辐射冷却, 低层空气逐渐由不稳定状态转为趋于稳定的状态, 对流活动开始减弱, 闪电密度减为 $0.24 \text{ 次}/\text{km}^2$, 两个闪电相对集中区位于商县附件和宁陕西部地区。02:00~08:00 时对流活动随着气温的降低, 闪电活动大幅度的减弱, 闪电密度为 $0.15 \text{ 次}/\text{km}^2$, 闪电主要集中在机场的东北方向。总体来看, 西安终端区闪电主要集中在午后到前夜(14:00~02:00 时), 位置来看主要发生在机场东部地区, 重点是机场的东北部, 东部发生频次为西部的 2 倍及以上。



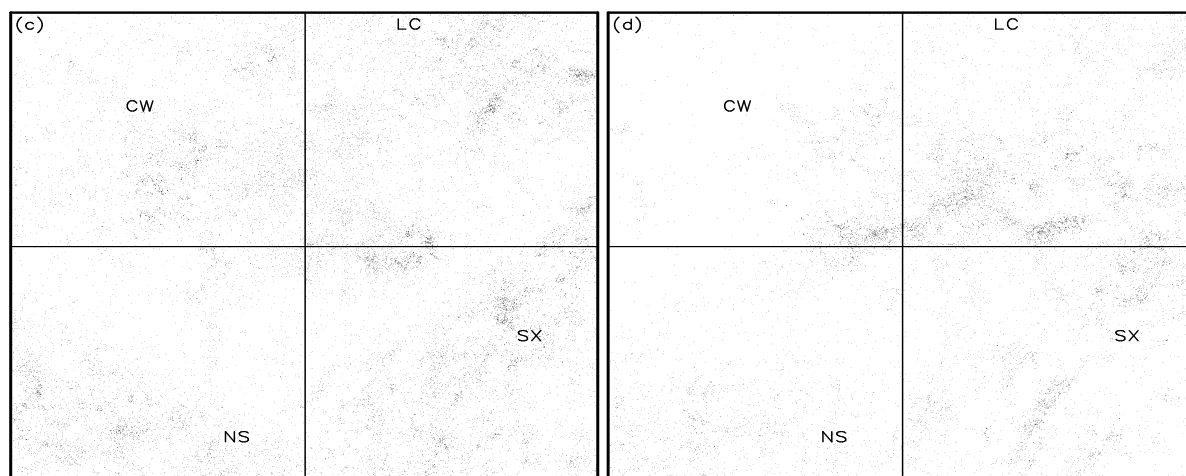


Figure 7. Distribution of total lightning over four periods (CW: Changwu; LC: Luochuan; NS: Ningshan; SX: Shangxian)
图 7. 总闪电在四个时段内的分布(CW: 长武; LC: 洛川; NS: 宁陕; SX: 商县)

6. 结论与讨论

利用西安机场终端区 2014~2017 年地闪资料, 对其时间变化特征、强度分布以及位置分布进行了统计分析, 总结全文得到以下结论:

1) 西安终端闪电主要集中分布在夏季(6~8 月), 占全年 91.1%; 日变化来看, 闪电发生次数呈单峰型分布特征, 主要集中发生在在 15~19 时。

2) 在总闪电次数中负闪占绝大多数, 占比为 88.4%。

3) 正闪强度明显大于负闪的强度, 负闪主要集中在 0~75 kA, 正闪主要集中在 25~100 kA; 负闪强度在机场终端区分布较为均匀, 正闪强度南部大于北部, 南部强度约为北部的 2 倍。

4) 从位置分布来看, 西安机场终端区的闪电主要集中发生在机场的东部, 东北部发生频次最大, 东部发生频次约为西部的 2 倍。

5) 本文只是对西安机场终端区的闪电分布特征的简单统计, 引起这种分布特征的原因还需要结合更多的资料来进一步分析。

参考文献

- [1] 陶祖钰, 赵昕奕. 京津冀地区闪电的气候分析[J]. 气象学报, 1993(3): 325-332.
- [2] 冯桂力, 陈文选, 刘诗军, 黎清才. 山东地区闪电的特征分析[J]. 应用气象学报, 2002(3): 347-355.
- [3] 高菊霞, 庞亚峰, 任建芳, 武麦凤. 2005 年陕西省雷电活动特征及灾害过程分析[J]. 灾害学, 2006(4): 54-57+74.
- [4] 刘岩, 王振会, 康凤琴, 张慧良, 肖稳安, 李照荣. 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.
- [5] 刘宏. 2011 年陕西省雷电活动特征分析[J]. 陕西气象, 2012(5): 33-35.
- [6] 阿吉古丽·沙依提, 尹仔锋, 卡哈尔·亚森, 塔伊尔·艾则孜, 哈依霞·哈力, 古丽尼沙·麦提库尔班. 西天山地区雷暴和闪电特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(4): 55-60.
- [7] 杨碧轩, 高菊霞, 王洁, 程永进. 2013 年陕西省雷电活动特征分析[J]. 陕西气象, 2014(5): 41-43.