

阳宏声,卢炳夫,植耀玲,等. 2017—2018年广西三维闪电特征分析[J]. 气象研究与应用, 2020, 41(3): 43–48.

Yang Hongsheng, Lu Bingfu, Zhi Yaoling, et al. Analysis of 3D lightning characteristics in Guangxi [J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2020, 41(3): 43–48.

2017—2018年广西三维闪电特征分析

阳宏声, 卢炳夫, 植耀玲, 伍华丽

(广西壮族自治区气象灾害防御技术中心, 南宁 530022)

摘要: 利用 2017—2018 年广西 ADTD-2C 型三维闪电定位探测系统监测数据, 分析了广西三维闪电时空分布规律和雷电流特征。结果表明, 2017—2018 年广西多数地区的年总闪电密度为 $8\sim 16$ 次 $\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$; 秋、冬季的云闪比大于 50%, 冬季的正闪比大于 50%; 全年各月均有闪电发生, 5—9 月是广西闪电发生集中期, 闪电频次日变化呈单峰分布, 主峰发生在 13—20 时之间; 雷暴日部分地区超过 220d, 比人工观测值明显偏大; 云地闪的电流强度主要在 5~35kA 之间, 大部分地区的单位面积闪电电流强度值为 $25\sim 30\text{ kA}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

关键词: 三维闪电; 时空分布; 雷暴日; 雷电流特征

中图分类号: P446

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2020.3.08

OSID:



引言

闪电是一种大气放电现象, 多产生于对流性积雨云中。各省气象部门陆续建立了二维闪电定位系统, 近年又有许多省建设了基于 VLF-LF 的 ADTD-2C 型三维闪电定位系统。通过闪电定位系统提供的闪电信息, 可以有效地分析闪电的分布特征, 掌握闪电活动的规律。目前, 国内针对不同区域已经开展了较多的闪电活动特征研究, 如: 郭润霞、丁旻和朱晶晶等^[1-3]利用不同地区、不同年份的 VLF-LF 三维闪电监测定位系统资料分别分析了北京、贵州和海南岛的闪电特征; 朱彪、张华明、张琨和孙明等^[4-7]利用福建、山西、四川和江苏省不同年份的二维和三维两套闪电定位系统对地闪监测数据进行对比分析与校验, 这些结果有益于对闪电活动规律的认识。

广西是我国闪电活动最频繁的地区之一。广西气候中心利用 1961—1998 年广西 90 个地面气象站的雷暴日资料分析了广西的雷暴活动特点, 广西年平均雷暴日沿海一带为 $90\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$, 桂西北内陆地区 $60\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$, 最多为南部临海的东兴市 $105\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$, 最少是

桂西北的天峨县和南丹县 $54\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$ 。覃卫坚等^[8]利用 1951—2005 年广西 88 个地面观测站的雷暴日资料分析了广西的雷暴分布特征, 认为桂北少桂南多, 桂东南及沿海为强雷区。张正国等^[9]利用 2004—2006 年 XDD03A 闪电定位系统资料分析了广西地区地闪次数、强度的月变化、日变化、分布规律等特征, 结果表明, 负闪电占绝大多数, 且平均强度大于正闪电, 闪电高密度区位于河池市、忻城县、玉林市附近三个区域, 每年的 7 月和每日的 16 时为闪电出现的高峰时段。卢炳夫等^[10]利用广西 2016—2019 年 VLF/LF 和 ADTD 两套闪电定位系统的地闪资料进行对比分析, 认为两套系统在频次变化和密度分布上较为一致, 但 VLF/LF 的地闪电流强度幅值比 ADTD 偏小且差异较大。

地面气象站已于 2014 年停止了人工雷暴观测, 因此, 有必要对闪电定位系统资料进行分析。文献 9 采用的 XDD03A 闪电定位系统在广西的探测站点少, 探测数据也少。文献 10 主要是对云地闪进行分析, 并与二维闪电定位系统数据比对, 但没有对云闪情况进行分析。本文选取 2017—2018 年广西三

收稿日期: 2020-06-23

基金项目: 广西气象科研计划项目(2017M12)

作者简介: 阳宏声(1962—), 男, 学士, 正高级工程师, 主要从事雷电监测预警、防雷检测、雷电防护技术研究等工作。E-mail: gxflyxys@sina.com

维闪电定位系统探测数据对广西的总闪电（包括云闪和云地闪）进行分析,进一步揭示广西雷电特征,为广西防雷减灾提供基础支撑。

1 资料和方法

广西三维闪电定位系统于 2015 年开始建设,2016 年全部建成,共 20 个基于 VLF-LF 的 ADTD-2C 型三维闪电探测仪。ADTD-2C 型三维闪电探测仪除探测云地闪外,还可以探测云闪。

本文选取 2017—2018 年广西三维闪电定位系统探测数据包括:闪电时间、经纬度、高度、电流强度、电流极性、陡度、误差和定位方式等。

采用统计方法,对 2017—2018 年广西总闪电(包括云闪和云地闪)进行分析,得到闪电空间分布、时间分布、密度分布、器测雷暴日、云闪比、电流强度分布等广西三维闪电特征。

2 闪电活动总体情况分析

对 2017 年 1 月 1 日到 2018 年 12 月 31 日的三维闪电定位数据进行统计,得到表 1 和表 2,广西三维闪电总频次为 5 085 372 次,其中云闪频次为 2 349 575 次,云地闪频次为 2 735 797 次,云闪占总闪电的 46.2%,云地闪占总闪电的 53.8%。

表 1 广西闪电总体情况统计表

年份	总闪电 频次	云闪 频次	云地闪 频次	云闪比 /%	总正闪 频次	总负闪 频次	总正闪比 /%
2017	2 808 068	1 366 727	1 441 341	48.67	691 294	2 116 774	24.62
2018	2 277 304	982 848	1 294 456	43.16	541 254	1 736 050	23.77
合计	5 085 372	2 349 575	2 735 797	46.17	1 232 548	3 852 824	24.24

表 2 广西云闪和地闪总体情况统计表

年份	正云闪 频次	负云闪 频次	正云闪比 /%	正地闪 频次	负地闪 频次	正地闪比 /%
2017	354 899	1 011 852	25.97	336 395	1 104 922	23.34
2018	280 924	701 930	28.58	260 330	1 034 120	20.11
合计	635 823	1 713 782	27.06	596 725	2 139 042	21.81

正闪电频次为 1 232 548 次,负闪电频次为 3 852 824 次,正闪电占总闪电的 24.2%;正云闪占云闪的 27.06%,正地闪占云地闪的 21.81%。

与同样采用 ADTD-2C 型三维闪电定位系统的省份相比,广西总闪电频次远远超过其他省份,云闪比例比海南、贵州、江苏、四川高,比北京低;广西正

地闪比例比山西、福建、贵州、海南高,比北京低^[1-7]。

3 闪电时空分布

3.1 闪电空间分布

广西 14 个地市 2017—2018 年总闪电频次见图 1,百色市、南宁市、河池市位列前 3 名,均超过 50 万

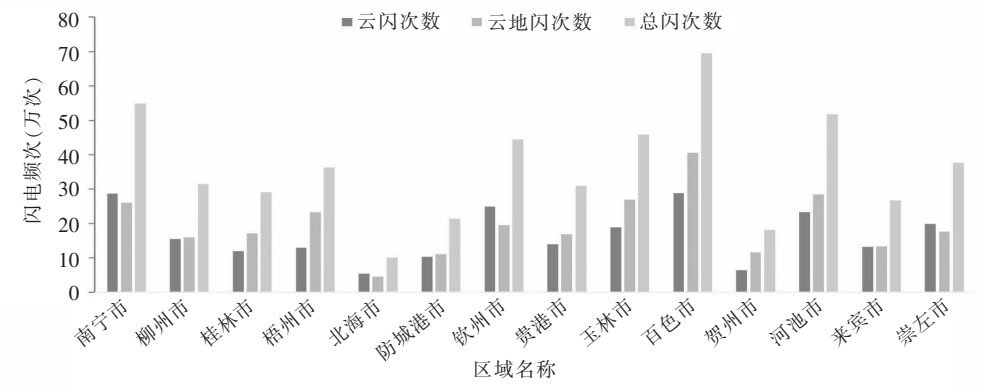


图 1 2017—2018 年各地市总闪电频次图

次;其次是玉林市、钦州市和崇左市;后三位的是防城港市、贺州市、北海市,最少的北海市也达到了 10 万次。

广西的年平均总闪电密度为 $10.74 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 年平均云地闪密度为 $5.78 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 广西闪电密度分布见图 2。广西多数地区的总闪电(包括云闪和云地闪)密度为 $8 \sim 16 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 桂东南的梧州西部、贵港东部、玉林北部、南宁东部、钦州和防城港的大部,以及桂西的河池西南部、百色中部,柳州的北部也有一小块为闪电密度高值区,局部大于 $40 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 而北部较少,少于 $8 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。从云地闪来看,密

度分布区域与总闪电密度相似。由于云地闪总次数比总闪电少了 46.2%,其密度值也相应减小,高密度区多数为 $24 \sim 36 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。广西几个闪电密度高值区域与广西的气候以及山地地形抬升作用密切相关。广西地处低纬度地区,境内河流纵横交错,南部频临北部湾,水汽充沛,太阳辐射强烈,有利于对流运动的发展。广西地势略呈从西北向东南倾斜的态势,西北部属云贵高原,东北部属南岭山地,中部为大瑶山、大明山所盘踞,南部有云开大山、六万大山、十万大山等山脉,这些地形条件对于气流的水平运动有动力抬升作用,有助于雷雨云的发生和发展。

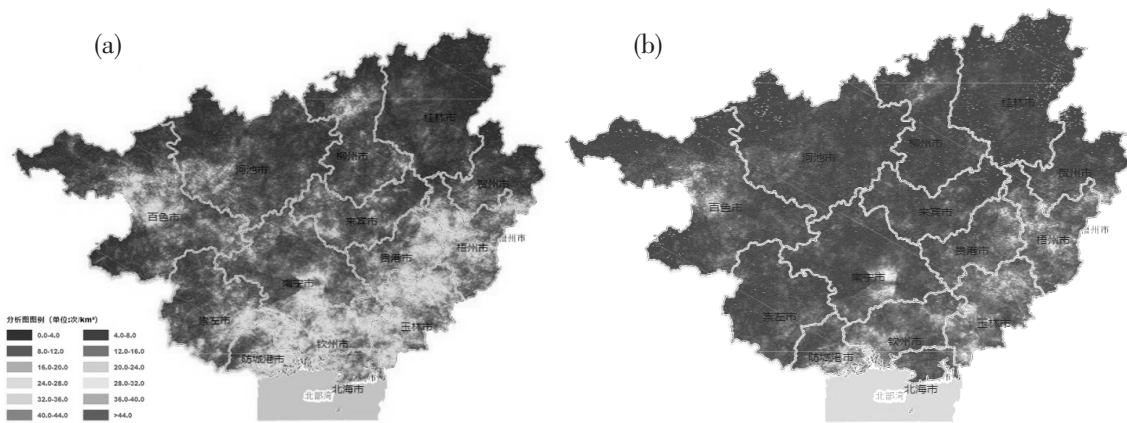


图 2 2017—2018 年广西三维闪电年平均闪电密度分布图
(a)2017—2018 年总闪电;(b)2017—2018 年云地闪

3.2 闪电时间分布

2017 年广西总闪电频次为 2 808 068 次,其中云闪 1 366 727 次,云地闪 1 411 341 次。2018 年总闪电频次为 2 277 304 次,其中云闪 982 848 次,云地闪 1 294 456 次(见表 1)。

从月份来看,全年都有闪电发生,呈双峰型,11 月—2 月比较少,基本在 5000 次以下,3、4 月大幅增

加,达 10 万次以上,5、6、7、8、9 月为高峰期,占全年的 83.7%,最高峰出现在 6 月,达到 135.5 万次,次高峰在 8 月,10 月开始下降(见图 3)。

在一日当中,总闪电频次呈单峰分布,主峰发生在 13 时—20 时之间,最高峰出现在 16 时(见图 4),7 时—11 时为低谷。

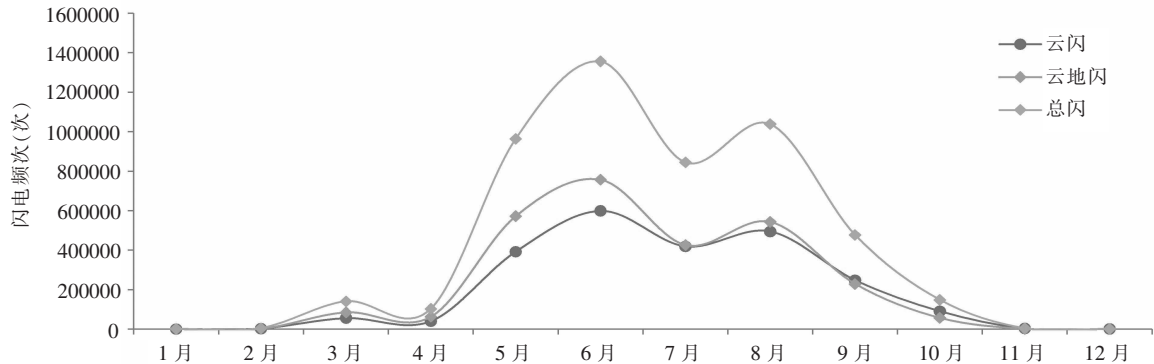


图 3 2017—2018 年总闪电频次月分布图

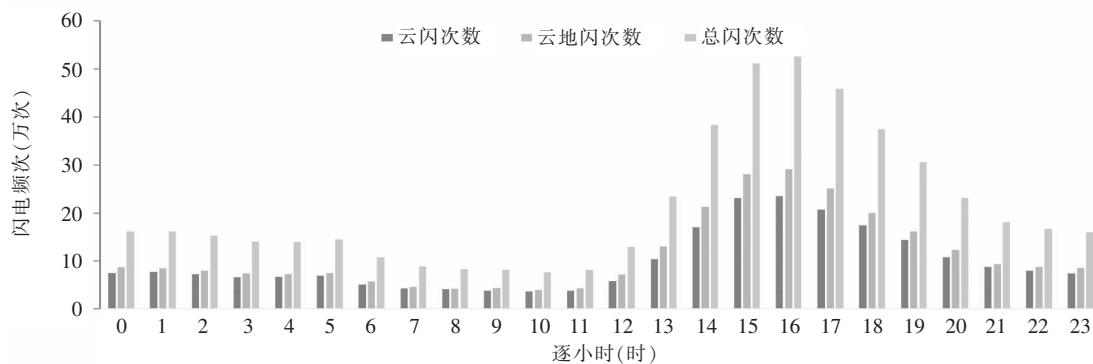


图4 2017—2018年总闪电频次时分布

3.3 器测雷暴日

将县(区、县级市)行政区域范围内闪电定位仪一日内监测到一次及以上闪电次数(包括云闪和云地闪)定义为一个器测雷暴日。从图5a、b来看,雷暴日呈东北少、西南多的分布。其中,雷暴日数较少区域为桂林市、柳州市中南部、贺州市、梧州市北部和

来宾市,年雷暴日数均在160d以下,极小值中心位于桂林市区和柳州市区,年雷暴日数在100d以下;雷暴日数较多区域为百色市大部、崇左市大部、防城港市和钦州市,年雷暴日数均在200d以上,极大值位于百色西部到防城港一带,年雷暴日数超过220d。

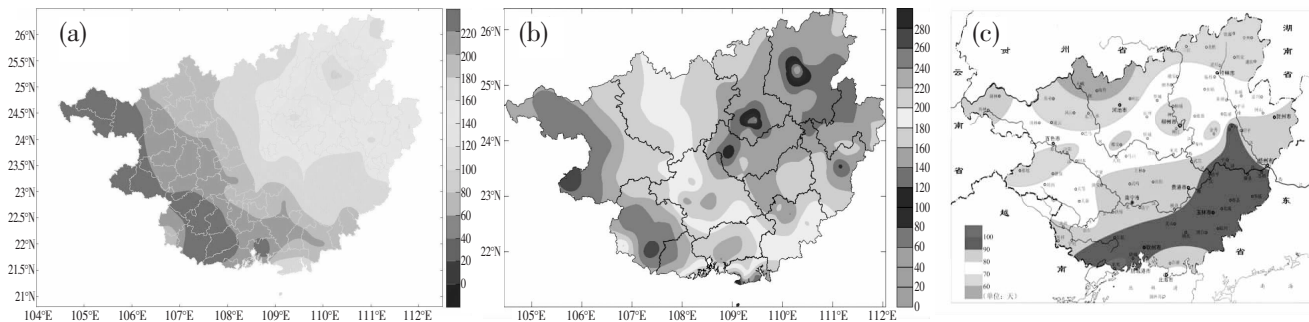


图5 广西器测雷暴日分布图

(a)2017年器测雷暴日;(b)2018年器测雷暴日;(c)1961—1998年平均雷暴日

图5(c)为广西区气候中心对1961—1998年气象站人工观测雷暴日统计的结果,三维闪电定位系统观测的雷暴日比人工观测的雷暴日明显要大得多,桂东南差距最小,也要大40~50d,桂西北大80d左右,而桂西南则大120d。其原因:一是人工观测雷暴日是以观测场代表本行政区域,且人工雷暴观测是靠眼看耳听,而人的视线和听力距离是有限的,一般在20km以内,观测覆盖面较小,那么观测数据本身的客观性、全面性就受到制约。近年来,由于城市建设的发展,高楼大厦和噪声增多,影响观测视线和听力的距离缩小,进一步造成地面观测的雷暴数量减少。二是闪电定位系统监测到的闪电是全区范围内的,统计的是某个行政区域内的全部闪电,没有观测死角,因此,闪电定位系统监测到的雷电日会比较多。

4 云闪分布

各月云闪情况见表3,可以看出各月的云闪比都比较高,秋冬季(9—12月和1、2月)的云闪比要比夏季高,均大于50%,说明秋冬季以云闪为主。一般理论认为云闪在全部闪电中的比例大于50%,甚至可以达到2/3,并随纬度的减小而增加,广西的云闪比更接近于闪电理论。

总闪电频次的正闪比也有同样的趋势,1月、11月和12月较高,大于50%,冬天以正闪电为主。

5 闪电电流分布

5.1 闪电电流幅值概率分布

正地闪平均电流强度15.57kA,负地闪平均电流强度-23.68kA,地闪平均陡度 $5.86\text{kA}\cdot\mu\text{s}^{-1}$ 。正云

表 3 各月云闪情况表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
云高 (km)	4.36	3.16	2.81	2.54	3.02	2.90	3.3	3.18	3.36	3.86	4.62	4.62
云闪比 (%)	64.37	57.57	39.7	39.3	40.68	44.19	49.64	47.65	52.01	61.23	76.5	61.73
总正闪比 (%)	58.32	39.8	26.52	37.26	25.92	11.13	22.38	23.36	26.1	29.26	73.11	84.1

闪平均电流强度 15.24kA, 负云闪平均电流强度-18.54kA, 云闪平均陡度 $5.8\text{kA}\cdot\mu\text{s}^{-1}$ 。

从图 6 来看,总闪电的电流强度主要集中在 0~40kA 之间,占总闪电次数的 94.24%;云地闪的电流强度主要集中在 5~35kA 之间, 占云地闪闪电次数的 82.36%;云闪的电流强度主要集中在 5~30kA 之间,占云闪闪电次数的 83.77%。

广西的负闪电平均电流强度比正闪电大,与其他省份相似;正地闪与正云闪的平均电流强度基本相同,但负地闪平均电流强度比负云闪大 28%左右,地闪与云闪的平均电流陡度基本相同。广西的平均电流强度比其他省份小,主要电流强度区间也比其他省份小,可能是因为广西的闪电频次多,使云中电荷集聚减少而造成的。

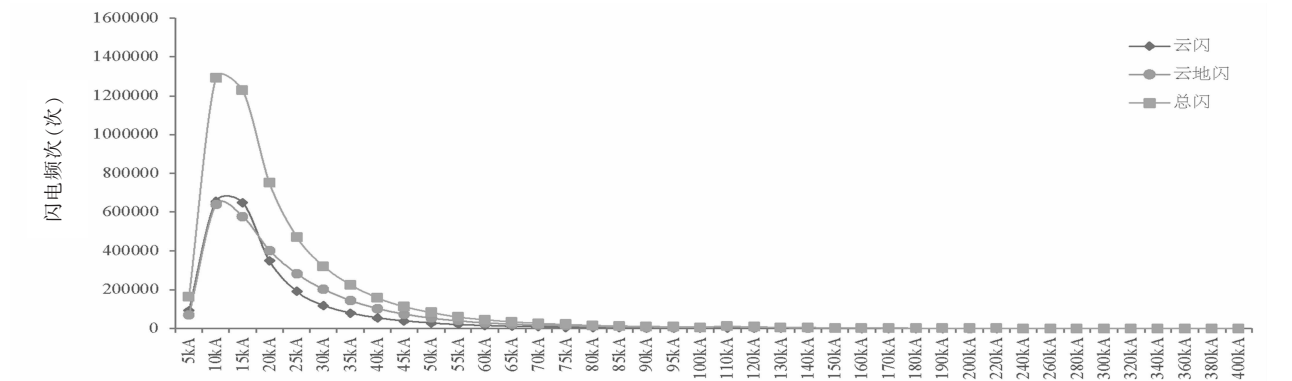


图 6 总闪电电流强度分布统计图

5.2 闪电流强度地理分布

广西闪电电流强度密度分布见图 7, 总闪电以及云地闪单位面积闪电电流强度整体呈现出四周较强、中间较弱的分布特征。其中,贺州市东部、梧州市南部、玉林市南部、柳州市北部、河池市西北部、百色市、崇左市、防城港市、钦州市西部及北海市的闪电强度值相对较强,大部份地区单位面积

闪电强度值在 $25\sim30\text{kA}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 之间,尤其是百色西北部、防城港市南部及北海市南部甚至达到 $35\text{kA}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 以上;而南宁市东部、桂林市南部、柳州市东南部、河池市北部、来宾市东北部、梧州市西北部及玉林市西部一带闪电强度值相对较弱,大部是在 $10\sim15\text{kA}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 之间。

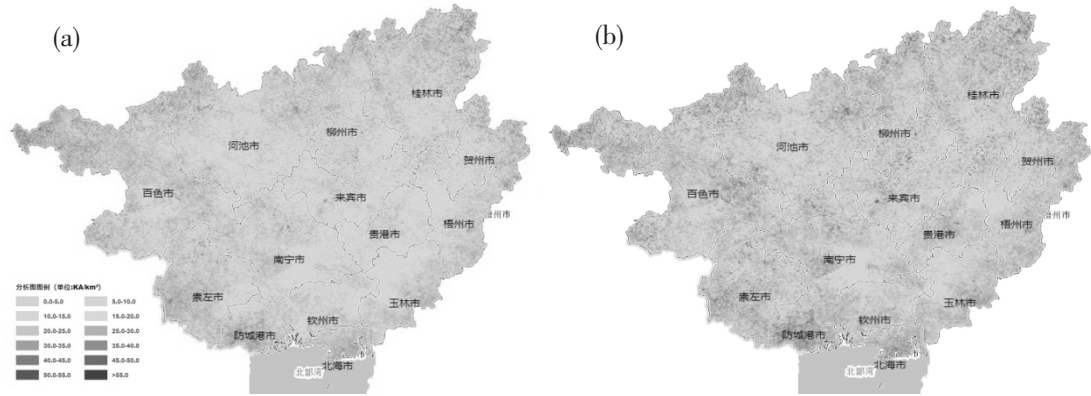


图 7 闪电电流强度密度分布图

(a)总闪电;(b)云地闪

6 结论

广西的三维闪电频次远远高于其他省份,其分析结果也与其他省份有许多不一致的地方,2017—2018 年广西三维闪电特征分析的结论如下:

(1)广西多数地区的总闪电(包括云闪和云地闪)密度为 $8\sim 16\text{次}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,东南部和西部有局部密度较高,大于 $40\text{次}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,而北部较少,少于 $8\text{次}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$;云闪比在秋、冬季大于 50%,正闪比在冬季大于 50%,广西的云闪比更接近于闪电理论。

(2)广西全年都有闪电发生,呈双峰型,5—9 月为高峰期,最高峰出现在 6 月,次高峰在 8 月;一日当中,闪电频次呈单峰分布,主峰发生在 13 时—20 时之间,最高峰出现在 16 时。

(3)器测雷暴日呈东北少、西南多的分布,除个别地区外,大部分年器测雷暴日数均在 100d 以上,西南部年器测雷暴日数均在 200d 以上,百色西部到防城港一带,年器测雷暴日数甚至超过 220d。器测雷暴日比人工观测雷暴日明显偏大。

(4)总闪电的电流强度主要集中在 $0\sim 40\text{kA}$ 之间,云地闪的电流强度主要集中在 $5\sim 35\text{kA}$ 之间,云闪的电流强度主要集中在 $5\sim 30\text{kA}$ 之间;云地闪平均陡度 $5.86\text{kA}\cdot\mu\text{s}^{-1}$;云闪平均陡度 $5.8\text{kA}\cdot\mu\text{s}^{-1}$ 。

(5)闪电电流强度整体呈现出四周较强、中间较弱的分布特征,大部分地区的单位面积闪电电流强度值在 $25\sim 30\text{kA}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 之间。

参考文献:

- [1] 郭润霞,王迎春,张文龙,等.基于 VLF-LF 三维闪电监测定位系统的北京闪电特征分析[J].热带气象学报,2018,34(3):393-399.
- [2] 丁旻,刘波,陈春.基于 VLF-LF 三维闪电探测系统的贵州省全闪分布特征分析[J].中国农学通报,2019,35(36):110-115.
- [3] 朱晶晶,赵小平,邢彩盈,等.基于闪电定位系统的海南岛闪电活动特征分析[J].海南大学学报自然科学版,2017,35(1):37-42.
- [4] 朱彪,曾金全,李丹,等.三维地闪监测数据分析与校验[J].气象科技,2018,46(5):868-874.
- [5] 张华明,钱勇,刘恒毅,等.山西省两套闪电定位系统地闪监测结果对比[J].干旱气象,2020,38(2):346-351.
- [6] 张琨,余海蓉,罗可妮.四川省三维闪电数据与二维闪电数据的对比分析[J].通信设计与应用,2019,26(7):3-4.
- [7] 孙明,杨仲江,钟颖颖,等.两种闪电资料的对比分析[J].电瓷避雷器,2014(6):109-114.
- [8] 覃卫坚,寿绍文,王咏青,等.广西雷暴分布特征及灾害成因分析[J].自然灾害学报,2009,18(2):131-138.
- [9] 张正国,邓宁文,刘丽君.广西地区闪电时空分布特征分析[C].26 届中国气象学会年会人工影响天气与云雾物理新技术理论及进展分会场论文集,2009,287-294.
- [10] 卢炳夫,植耀玲,陈丹,等.广西 VLF/LF 和 ADTD 闪电定位系统对比分析[J].气象研究与应用,2020,41(2):39-44.

Analysis of 3D lightning characteristics in Guangxi

Yang Hongsheng, Lu Bingfu, Zhi Yaoling, Wu Huali

(Meteorological Disasters Defense Technology Center of Guangxi, Nanning 530022)

Abstract: Using the monitoring data of Guangxi ADTD-2C 3D lightning positioning and detection system from 2017 to 2018, the spatial and temporal distribution of Guangxi 3D lightning and lightning current characteristics were analyzed. The results show that the total annual lightning density in most areas of Guangxi from 2017 to 2018 is $8\sim 16\text{times}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$. The proportion of intracloud lightning in autumn and winter is more than 50%, and so does the proportion of positive polarity lightning in winter. Lightning occurs in every month of the year. From May to September is the concentrated period of lightning in Guangxi. Daily lightning frequency showed a single peak distribution, and the main peak occurred between 13 and 20 o'clock. The thunderstorm day exceeds 220 days in some areas, which is obviously larger than the artificial observation value. The current intensity of cloud-to-ground lightning is mainly between 5 kA and 35 kA, and the lightning current intensity per unit area is between $25\text{kA}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ and $30\text{kA}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ in most areas.

Key words: 3D lightning; spatial and temporal distribution; thunderstorm days; lightning current characteristic