

文章编号:1006-7639(2004)-04-0017-09

中国区域闪电分布和闪电气候的特点

张鸿发,程国栋,张 彤

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,甘肃 兰州 730000)

摘要:利用1998年1月1日到2003年12月31日TRMM卫星探测到 $18\sim 38^{\circ}\text{N}$ 、 $74\sim 123^{\circ}\text{E}$ 闪电资料,对中国区域年、季、日发生闪电频数和随经纬度变化,闪电密度分布和闪电气候特征进行了计算分析。结果表明:中国陆地区年均日发生总闪电数约54 600次,白天占到54.47%,夜间占到45.53%,昼夜比为1.2。日闪电频数的年变化是双峰值,闪电主要发生在4~9月,占年总闪电的92%。4月中到5月中旬为次峰值,主峰值在7月中到8月中旬,占年总闪电的43.4%,夏季6~8月占到60%,11月到次年2月发生闪电很少,仅占年总闪电的0.4%以下。日变化以单峰值为主,峰值范围宽,年均每小时达到2 275次左右,傍晚18时达到最高峰值,占到日出现闪电的9.1%,上午9~11时达到日变化的最低谷,仅占日出现闪电总的3%,闪电峰值是低谷的12倍,说明中国区域闪电高发时间主要在傍晚。中国区域年均发生闪电频数随纬度的变化要比随经度的变化大,沿海的陆地区出现闪电频数比内陆区高,内陆区比海区高,东部比西部高的特点。4个季节发生闪电峰值的日变化时间表明,不同季节出现闪电峰值的日时段不同,冬季主要在中午,秋季主要在下午,春季主要在晚间,夏季主要在傍晚。中国区域年均白天、夜间和昼夜不同闪电密度分布表明,东部比西部高,闪电高密度区相对较集中。区域对比说明,白天发生闪电高密度区靠近沿海,夜间发生闪电高密度区在内陆,白天出现高闪电密度区夜间是低闪电密度区,白天是低闪电密度区夜间往往是较高闪电密度区,而青藏高原上没有这种变化。不同季节出现闪电密度量值和分布特征有较大差异,春季出现闪电高密度区在我国的西南部,内陆大部分为较高闪电密度区,闪电密度分布相对较匀且集中,沿海陆地区闪电密度相对偏低。夏季闪电密度高且面积广,高闪电密度区与年均闪电高密度区高区一致,并靠近沿海,内陆闪电密度相对偏低。秋季出现的相对高闪电高密度区很分散,区域面积都较小,主要在靠近南部沿海。冬季为全年发生闪电最少期,闪电密度低且闪电区域面积小,主要在我国 30°N 以南部分地区和四川盆地。

关键词:中国区域闪电分布;闪电频数;闪电密度;闪电气候特征

中图分类号:P427.39

文献标识码:A

引言

闪电既雷电,是世界上最常见的快速天气现象。闪电表现了自然界中声、光、电过程特征,同时也反映了云的特性和降水物理性质,因为雷响雨落是普遍存在的事实^[1~3]。地球上每时刻约有2 000个雷暴云存在,所以世界上随时都有闪电产生。Orville论证了用雷暴闪电率估算全球闪电率,每秒达100次闪击左右^[4~7]。闪电与地球物理(大气电场,地磁电路)有密切关系,是地球上晴天电场和维持大气电必不可少的,因为雷暴起电为地球电场和大气电

相互作用,在太阳和天气之间形成耦合机制^[1,8~9]。闪电是产生大气气体成分中 NO_x 的自然来源,并参与大气化学过程(化学成分组成,臭氧)^[1,3,10~12],是人类赖以生存环境和生物生长所必须的。闪电对全球主要降水和水汽输送的载体云的发展和制约起到能量平衡作用^[3,12]。近些年来,科学家发现闪电频数与全球气温变化和水汽分布有关^[10~12],闪电的频数反映了不同地区天气和气候的变化,是人类可利用的资源。随着卫星等探测手段的发展,闪电信息与全球的气候、天气灾害、生态环境、地理地质、地磁、天电、人类活动和社会发展及国防的研究受到

收稿日期:2004-10-12;改回日期:2004-12-04

基金项目:中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-04)资助

作者简介:张鸿发(1952-),男,研究员,主要从事云和降水物理、强对流雷暴、雷达气象、人工影响天气和防灾减灾的实验观测与计算分析研究。E-mail: Zhanghf@ns.lzb.ac.cn

重视。

闪电直接影响人类活动,根据美国强风暴实验室公布,1993~2002年平均每年由于闪电致死达87人,超过龙卷风天气灾害,造成死亡人数为第二,财产损失达20多亿美元。据不完全统计,我国闪电每年致死人数达到百人,伤者近千人,财产损失达到数十亿元^[2]。闪电使发电厂和输送变电设施中断造成产业灾害,闪电也是主要引起森林和油库等设施火灾源^[2~3]。随着我国经济发展,特别是几大水电水库工程的建设,公路铁路建造,航天航空的发展和城镇高楼大厦建立,大量通讯和高科技中微电子设备的广泛应用,闪电造成的破坏越来越大。如何预测我国闪电,了解不同地区闪电频率分布和闪电气候特点,对理解不同区域大气电场对天气的耦合作用,建设工程的布置设计,减少闪电对生命和财产造成的危害,对闪电监测防御和灾害评估都是重要的。

我国有关闪电频率和闪电气候特征研究较少,大都以防雷避雷或根据出现雷暴进行预测闪电。国外对闪电研究主要在20世纪70年代卫星发展之后,卫星观测提供了没有地理偏差和大多地面观测所不能开展的全球闪电研究,卫星最大优势可以有效感应高频率和高强度光脉冲,这些感应器的视角感应函数使用权重函数,在地球表面可得到有效可视面积^[13~15]。Vorpan和Sparrow用太阳定轨卫星上的光学感应器观测绘出了35°N到35°S闪电分布^[13]。Orville从DMSP卫星的云图中估算全球傍晚和午夜的闪电,证明全球总闪电数中海洋雷暴贡献小^[4]。近些年来,对全球闪电频率和闪电气候进

行多次观测研究和实验计划,主要结果^[4~7,16~22],全球每年有闪电总数中北半球占全球闪电总数的54%。不同区域海陆之比1:5~10,白天海陆闪电比达到1:8~20,晚间在1:4~8。全球闪电频率平均约100次/s,下午平均123次/s,晚上平均96次/s。北半球142次/s,南半球96次/s。夏季北半球110次/s,南半球79次/s,夏季北南闪电比率达到1.4。夏季白天闪电峰值在北半球10~20°N之间,而南半球在0~10°S区。全球陆地闪电密度约为8.3次/km²·a,海洋区闪电密度约3.4次/km²·a。

全球闪电活动主要在陆地并相对集中,晚上较分散,闪电活动很少在高压区。北半球闪电活动主要与极地锋辐合有关,南半球闪电偏少主要与缺少陆地气团有关。最多雷暴日数是在0~10°N周围,而最高闪电密度发生在1~10°N。全球闪电活动主要集中在陆地的傍晚,而早晨的活动多是分散的。闪电活动从北半球传送到南半球区主要在8~12月,8月活动集中在北半球,9月活动中心在赤道附近,到11月完全移到南半球。

海洋,陆地和沿海区闪电频数比较,白天陆地是海洋的8.8倍,晚上1.7倍,沿海占总闪电数的28%,海洋区闪电占10%。全球平均海洋区占总闪电27%,陆地区占到73%。并发现晚间全球闪电中有37%是从海洋或沿海雷暴向陆地发展,白天只有15%。

1 闪电资料来源

本文所用闪电资料是美国水文和气候资料中心公布的,由TRMM计划于1997年11月27日发射,

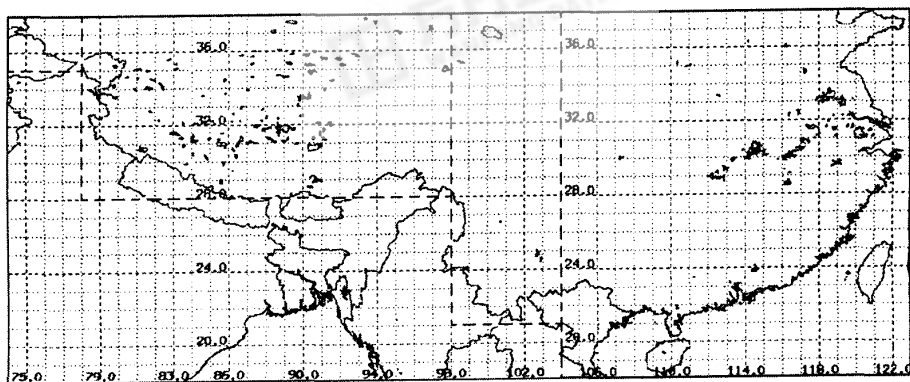


图1 TRMM计划中的低轨道气象卫星载有闪电成像感应器(LIS),探测到中国区域经纬度网格点图中粗虚线为选用闪电资料区域

Fig. 1 The grid of the part region of China with lightning data observed by TRMM satellite

载有闪电成像感应器(LIS)的低轨道气象卫星,探测赤道两侧 38°S~38°N 各经纬度格点年月日不同时分秒的云闪和地闪的总闪电数、闪电放电的辐射强度、闪电的持续时间资料。TRMM 气象卫星的运行轨道方式和 LIS 原理及其参量已有多篇文献详细介绍^[13~16]。为有效得到中国陆地区域发生闪电的频数和闪电密度分布特征,我们选用了卫星探测到 18~38°N 和 74~124°E 之间中国区域,从 1998 年 1 月 1 日 00 时到 2003 年 12 月 31 日 24 时 LIS 闪电资料,将这区域分成多个中国边界区内每个经纬度网格中,不同年、月、日、时、分、秒发生的闪电次数资料进行处理和统计计算,避免其他国家地区不同发生闪电频数的影响,见图 1 中虚线面积区。本文给出这 6 a 内中国陆地和近沿海区域发生闪电频数的年度、季节、日和随经纬度的变化,闪电分布和闪电气候的特点,文中统计计算值均为相对值,仅提供参考。

2 中国区域闪电频数和分布

图 2 给出 1998~2003 年中国区域各年日均闪电数和昼夜闪电数的年际变化曲线。表明各年内发生总闪电次数有较大不同,年均日约 54 600 次闪电。1999~2001 年为发生闪电低谷年,日闪电次数在 45 000 次左右,2002~2003 年有较大增加,达到 65 000 次以上。各年白天闪电数和夜间闪电数年度变化曲线看,各年昼夜发生闪电数不同,但与年总闪电数趋势一致,呈增长。各年度白天发生的闪电次数都高于夜间,尤其是年度总闪电次数偏低的年

份,白天与夜间发生的闪电数差别大,而 1998,2001 和 2003 年的昼夜出现的闪电次数差别小,似乎与我国在这 3 a 的夏季发生洪涝灾害相对应,而 2002 和 2003 年总闪电次数明显上升,与这 2 a 我国夏季连续出现高温,且高温持续时间长有关。6 a 年均白天闪电数达到 29 738 次,占年均日闪电数的 54.47%,夜间达到 24 858 次,占年均总闪电数的 45.53%,昼夜比为 1.2。

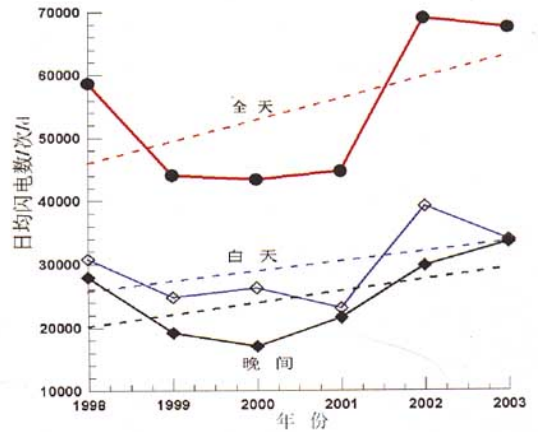


图 2 1998~2003 年各年日均闪电数的年际变化和白天(08~20 时)及夜间(20~08 时)闪电数 图中虚直线为线性拟合平均值线

Fig.2 The annual variation of daily mean lightning number from 1998 to 2003

2.1 中国闪电日频数时空分布特征

图 3(a)给出 6 a 日平均闪电次数的年变化曲

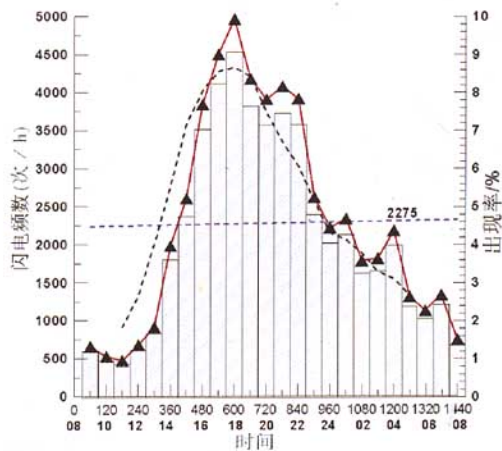
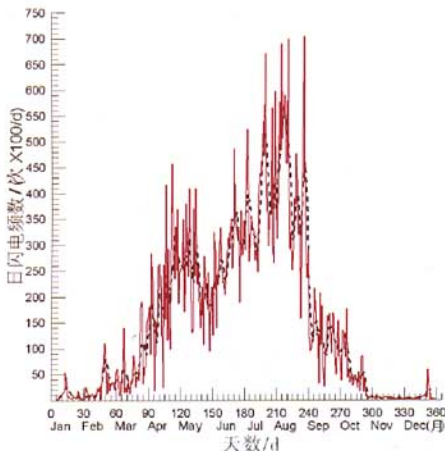


图 3 1998~2003 年平均每日出现闪电次数的年度变化(a),日不同时间发生闪电频数变化曲线及其相对比率(%)的方框图(b) 图中虚直线为拟合值线,虚曲线是平滑线

Fig.3 Interannual change of daily mean lightning frequency during 1998~2003(a), the diurnal variation and occurring rate(b)

线。中国区域日均闪电的年变化有双峰值特点,第一峰值发生在4月中到5月中旬,闪电峰值较集中,第二峰值发生在6月底到8月,闪电峰值较分散,有多个峰值区,主峰值在7月中到8月中旬,主峰值量达到第一峰值的2倍。9月到10月发生闪电偏少,11月到次年2月中旬闪电很少,特别在11月到12月闪电极少。从年度各日出现闪电数的变化,说明中国发生闪电从2月下旬起,逐日增多,直到7月中到8月中旬达到最高值,8月下旬很快下降。闪电主要在春夏季,高峰在仲夏。

图3(b)是6a日平均不同时段发生闪电次数的日变化曲线和日各时段出现闪电的比例(%)。说明中国闪电的日变化以单峰值为主,峰值幅度较宽,日各小时段内都有可能出现闪电,平均每年每小时达到2275次左右。日闪电从中午12时起闪电次数快速增加,直到傍晚18时达到最高值,占到日出现闪电总数的9.1%,随后起伏下降,到晚上20~22时又出现高值时段,每小时达到日出现闪电总数的7%以上,之后较快下降,后半夜有多个小峰值,到上午9~11时达到日变化的最低谷,这3h仅占到日出现闪电总数的3%以下,闪电峰值是低谷的10~12倍。达到日变化平均值以上的闪电出现在每日

的15时到次日凌晨2时,占日出现闪电总数的63%,达到日平均值1.5倍以上的出现在16~22时,占日出现闪电总数的51.2%,而平均值2倍的出现在18~20时之间,说明中国区域闪电高发时间主要在下午到晚间,峰值在傍晚。

图4是年均闪电次数随经纬度的变化曲线。从图4(a)中国区域发生闪电随纬度的变化表明,每纬度年均出现闪电2600次,在21~24°N有较高发区,25~27°N之间为低发区,28~36°N为高发区。结合图1中国区域经纬度网格说明,21~24°N纬度之间闪电较高发区主要位于我国南部的近沿海陆地区,25~27°N之间为次沿海陆地区,而闪电高发区在中东部的28~36°N为内陆区。图4(b)是中国区域发生闪电随经度的变化,表明中国区域发生闪电随经度的变化以单峰值为主,每经度年均出现闪电1092次,闪电峰值主要在中国东南部105~120°E之间,100°E以西为低发区。经与纬度年均发生闪电频数说明,中国区域年均发生闪电数值随纬度的变化要比随经度的变化大得多,纬度变化是经度的2.5倍,这些特点说明沿海的陆区出现闪电频数比海区高,东部比西部高特点。

2.2 中国闪电季节变化和日变化特征

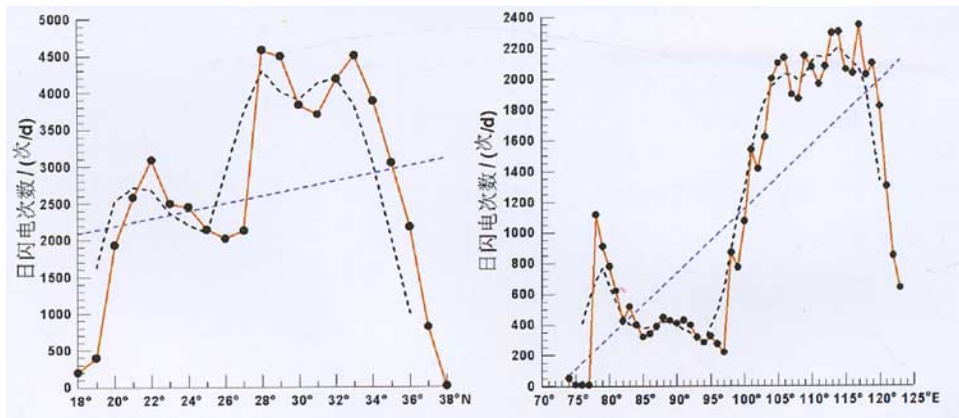


图4 中国区域年均发生闪电数随经纬度的变化 (a)随纬度变化,(b)随经度变化

图中虚直线为线性拟合值线,虚曲线是平滑线

Fig. 4 Lightning number change with latitude(a) and longitude(b)

图5(a)给出中国陆地区域6a各月发生闪电平均值和各月占年度总闪电的比例,说明中国闪电月平均变化明显是单峰值,主峰值在7~8月。闪电主要发生在4~9月的6个月份,占年总闪电的92%。闪电从2月起有明显增多,3~4月快速增加,4~6月增加较缓,6~7月增加快,7~8月达到最高,占年

总闪电的43.4%,其中夏季6~8月占到60%以上,8月以后显著减少,而11~12月发生闪电很少,2个月仅占年总闪电的0.4%以下。

图5(b)给出不同季节发生闪电的日时段的变化。中国区域发生闪电活动高峰主要在夏季,从14~24时平均每小时闪电数达到1000次,凌晨的3

~4 时闪电数达到 1 000 次。闪电频数达到 2 000 次的时段在 15~23 时,达到 3 000 次在 17~19 时。春季每小时达到 1 000 次的时段在 18~23 时,而午夜 1 时和凌晨 4 时有 2 个相对较高闪电高发时段。秋季闪电高发时段主要在 16~22 时,冬季在 14~16 时。4 个季节发生闪电峰值的日变化时间表明,

中国闪电主要出现在夏季的午后到傍晚,不同季节出现闪电高峰的时段不同。以不同季节出现闪电的相对峰值而言,冬季主要在中午,发生闪电时段维持时间最短,秋季主要在下午,春季主要在晚间,夏季主要在傍晚。

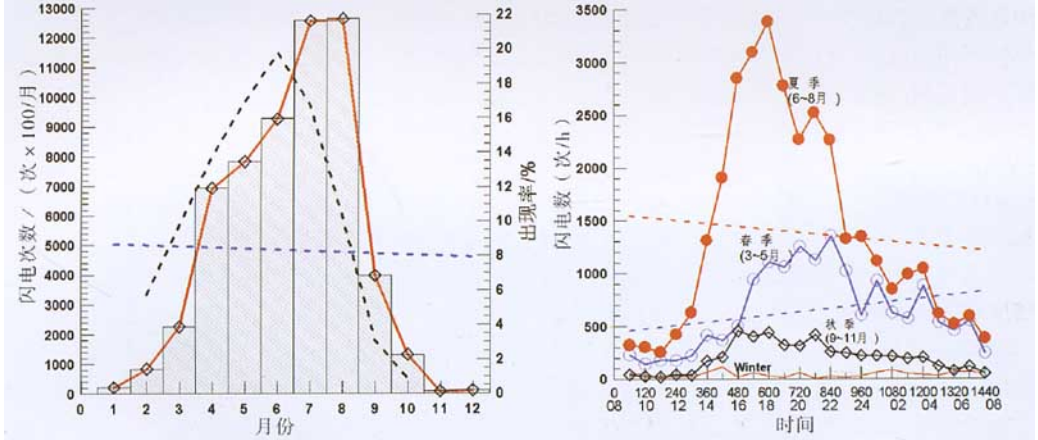


图 5 6 月平均出现闪电数和各月占年总闪电数的比率(%) (a), 年均 4 个不同季节出现闪电数的日变化(b) 图中虚直线为线性拟合值线, 虚曲线是平滑线

Fig. 5 Mean monthly lightning number in six years and the ratio of those to annual total lightning number(a), the diurnal variation for different seasons in a year(b)

图 6(a) 给出的年均 4 个季节平均发生闪电次数随纬度的变化。表明冬季只有很少闪电出现在中国 30°N 度以南地区, 每年 100 次/纬度左右, 30°N 以北的内陆地区基本没有闪电。秋季闪电发生区域很宽, 在 20~36°N 之间, 但闪电频数偏低, 年均都在 300 次/纬度。春季发生闪电为双峰值, 达到 1 000 次的在 20~23°N 和 28~30°N 之间, 主要在沿海区, 特别在 28°N 附近有超过 2 000 次/纬度的高峰

值。夏季是主要发生闪电季节, 与年发生闪电峰值随纬度变化一致, 在 28~36°N 之间, 年均达到 2 500 次/纬度, 特别在 32°N 附近达到 3 000 次/纬度以上。图 6(b) 中 4 个季节发生平均闪电随经度的变化说明, 不同季节出现闪电峰值基本上都发生在 100°E 以东, 除了夏季在 76~99°E 的高原地区出现较高闪电峰值, 其它季节均发生很少, 这说明高原夏季是多闪电季节区。从 4 个不同季节的发生闪电

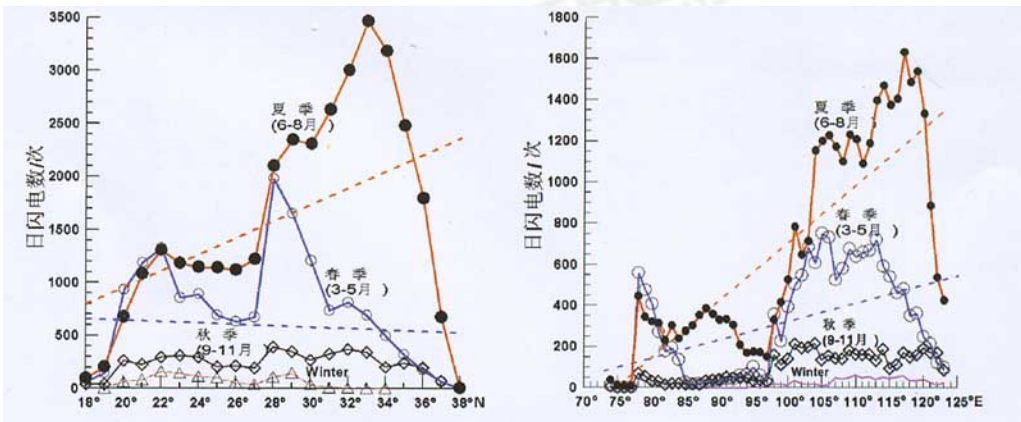


图 6 1998~2003 年年均 4 个季节日出现闪电数随经纬度的变化(a) 随纬度变化, (b) 随经度变化
Fig. 6 The diurnal lightning number change of different seasons with latitude(a) and longitude(b)

次数的量值变化看,夏季是春季的 2 倍,春季是秋季的 3 倍,秋季是冬季的 4 倍。

3 中国闪电密度分布特征

图 7 分别给出了中国区域年均白天(08~20 时),夜间(20~08 北京时)和全天每个经纬度格点发生闪电密度(闪电次数/每年每经纬度格点)分布。图中年均不同闪电密度分布对比表明,中国闪电密度东部比西部高,南部比北部高,沿海陆地区比内陆区高,陆地比海区高。中国闪电高密度区相对较集中,主要出现在 $32\sim 37^{\circ}\text{N}$, $114\sim 124^{\circ}\text{E}$ 和 $20\sim 25^{\circ}\text{N}$, $100\sim 115^{\circ}\text{E}$ 区,年均每经纬度的闪电密度高达 200 次以上,特别是位于 $32\sim 37^{\circ}\text{N}$, $114\sim 124^{\circ}\text{E}$ 内的江苏安徽北部和山东交界沿黄海的陆地区,年均闪电密度高达近 300 次,受昼夜变化小,而位于 $20\sim 25^{\circ}\text{N}$, $100\sim 115^{\circ}\text{E}$ 区域的云南大部、广西中部、海南和广东北部及江西南部为东西走向的高闪电密

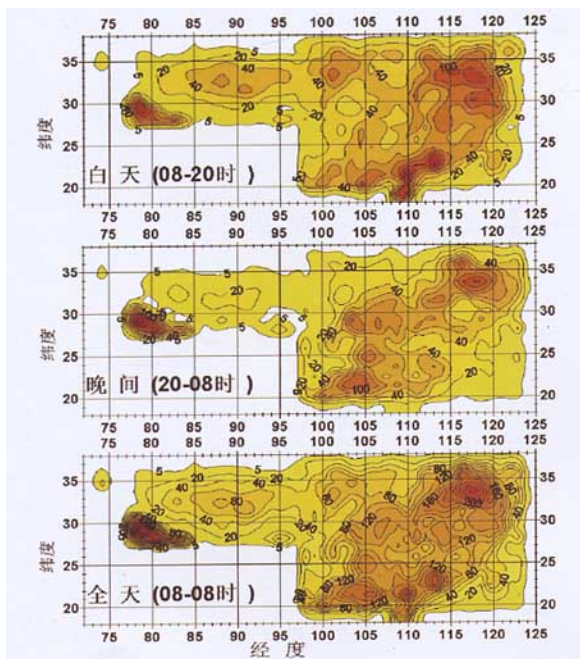


图 7 1998~2003 年中国区域年均每经纬度发生闪电密度分布图 图中上为白天,中为夜间,下为全天;图中闪电密度等廓线值,最外为 5,内每条廓线为 20 增加值

Fig. 7 The distribution of lightning density at the part region of China for day, night, day and night, respectively

度带区,年均高达 200 次左右,但该区域高闪电密度区的昼夜变化大,白天主要在海南、广东和江西,夜间主要在西南的云南。中国昼夜发生闪电密度区域

对比说明,白天发生闪电高密度区靠近沿海的陆地区,夜间发生闪电高密度区在内陆区,尤其是白天出现高闪电密度的内陆区夜间多是低闪电密度区,而白天是低闪电密度区夜间往往是高闪电密度区,这在 $23\sim 30^{\circ}\text{N}$, $103\sim 117^{\circ}\text{E}$ 之间位于四川盆地中部特别明显。但在青藏高原上白天出现较高闪电密度区,而夜间只有低闪电密度,说明白天靠近沿海或湖泊的陆地区温差大,而夜间热量释放造成与白天呈相反地形的气候特征。这些特征在图中在 $27\sim 32^{\circ}\text{N}$, $76\sim 86^{\circ}\text{E}$ 之间表现十分明显,从位于中国西藏西南边界的印度新德里到尼泊尔总有高闪电密度区,年均闪电密度 500 次,而且夜间比白天高,夜间闪电密度可达到白天的 2 倍。从地形可看出,高闪电密度区位于喜马拉雅山南侧,受孟加拉湾暖湿气流影响和喜马拉雅山阻挡作用,常年总有强雷暴发生,白天在孟加拉湾充沛的暖湿气流沿喜马拉雅山上升和青藏高原周围的辐合作用,产生多雷暴,而夜间由于该区与青藏高原的喜马拉雅山有非常大的高差,高原冷却快,海洋冷却慢,在山谷的辐射热释放和孟加拉湾的暖湿气流补充下,使得该区夜间发生雷暴活动频繁,由此造成该区闪电密度高。本文在统计计算中国区域内闪电频数时已将该区剔除,在图中给出只为了对比说明。

图 8 给出的是中国区域年均 4 个季节闪电密度的分布图。说明中国区域不同季节出现闪电密度量值和分布的地区及分布特征有较大差异。春季(3~5 月)在云南南部出现闪电高密度区,达到 100 次,我国内陆大部分为较高闪电密度区域,只有少数达到 40~60 次外,一般闪电密度在 20 次,内陆大部分分布相对较匀且集中,而沿海陆地区闪电密度偏低。夏季(6~8 月)是我国主要发生闪电季节,闪电密度高而且面积广,高密度区与年均闪电高密度区高区一致,主要出现在 $32\sim 37^{\circ}\text{N}$, $114\sim 124^{\circ}\text{E}$ 之间的河南东部、安徽和江苏北部,达到 200 次,在 $20\sim 25^{\circ}\text{N}$, $100\sim 115^{\circ}\text{E}$ 之间北回归线附近的广东、广西区域,达到 100 次左右,并靠近沿海。其次,在贵州、四川东部和甘肃、陕西南部, $30\sim 35^{\circ}\text{N}$, $80\sim 95^{\circ}\text{E}$ 之间青藏高原出现较高闪电密度区,达到 60~80 次,内陆相对闪电密度偏低在 20 次左右。秋季(9~11 月)出现的相对高闪电密度区很分散,区域面积都较小,并且闪电密度偏低,最高达到 25 次,中心在江苏东部沿海连云港和广东及四川东南部,这些较高闪电密度小面积区主要靠近沿海陆地。从北到南的海

南岛成一串高闪电密度小面积区,而大陆区大部分多是低闪电密度区,年均均在 5~10 次。冬季(12~2 月)的闪电密度为全年发生闪电最少期,闪电密度低且闪电区域面积小,主要在我国 30°N 以南少数地

区,发生最高闪电密度在湖南的洞庭湖附近,达到 15 次左右,其次沿北回归线的云南思茅,和广东广西到福建和台湾有较高闪电密度带,达到 15 次左右,南方其它地区都是低闪电密度区。

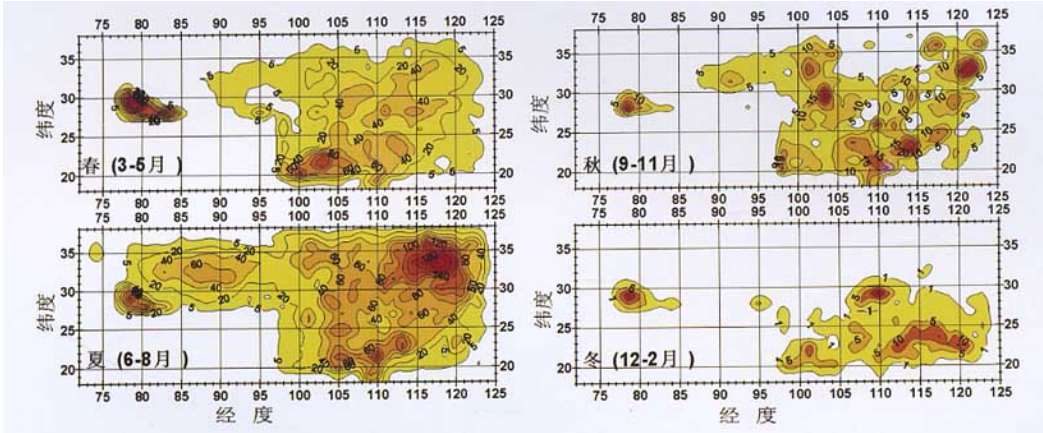


图 8 1998~2003 年中国区域每年不同季节每经纬度发生闪电密度分布图

图中春夏季闪电密度等廓线值,最外为 5,内每条廓线为 20;秋季最外为 5,内每条廓线为 10;冬季最外为 1,内每条廓线为 5

Fig. 8 The distribution of lightning density for different seasons from 1998 to 2003

从 4 个不同季节出现不同闪电密度量值和分布区域特征表明,中国区域发生闪电密度高低和出现地域与不同季节的天气气候变化有关外,与其周边地理环境有密切关系,这些特征和在图 7 中给出的 27~32°N,76~86°E 经纬度之间,位于中国西藏西南边界从印度新德里到尼泊尔,不同季节总有高闪电密度区再次表现十分明显,4 个季节中该区春季出现闪电密度最高,达到 200 次,而夏季较高 120 次,其次为秋季 30 次,冬季只有 15 次左右。

4 小 结

根据 TRMM 卫星探测到的 6 a 闪电资料,对中国区域发生闪电频数和闪电密度的年、季节、日变化和随经纬度的分布特征的统计分析研究,结果表明:

中国区域年均日出现总闪电约 54 600 次。白天发生的闪电次数高于夜间,占总闪电的 54.47%,夜间闪电占总闪电的 45.53%,昼夜比为 1.2。中国区域日均闪电的年变化有双峰值特点,第一峰值发生在 4 月中到 5 月中旬,闪电峰值较集中,第二峰值发生在 6 月底到 8 月,闪电峰值较分散,主峰值在 7 月中到 8 月中旬。11 月到次年 2 月中旬闪电很少,11~12 月闪电极少。说明中国发生闪电主要在春夏季,高峰在仲夏。

中国闪电的日变化以单峰值为主,峰值幅度较

宽,年均每小时达到 2 275 次左右。闪电从中午 12 时起快速增加,傍晚 18 时达到最大值,占到日出现闪电总数的 9.1%,晚上 20~22 时每小时多在日出现闪电总数的 7% 以上,上午 9~11 时达到日变化的最低谷,仅占到日出现闪电总数的 3%。说明中国区域闪电活动高发时间主要在傍晚。4 个季节发生闪电峰值的日变化时间表明不同季节出现闪电高峰的时段不同,不同季节出现闪电的相对峰值:冬季主要在中午,发生闪电时段维持时间最短,秋季主要在下午,春季主要在晚间,夏季主要在傍晚。

4 个季节发生平均闪电值随纬度的变化。冬季只有很少闪电出现在中国 30°N 度以南地区,每年 100 次左右。秋季闪电发生区域很宽,但闪电频数偏低,年均均在 300 次左右。春季发生闪电为双峰值,达到 1 000 次的在 20~23°N 和 28~30°N 之间的沿海区,特别在 28°N 附近有超过 2 000 次高数值。夏季是主要发生闪电季节,在 28~36°N 之间,年均达到 2 500 次,在 32°N 附近达到 3 000 次以上。4 个季节发生平均闪电随经度的变化,说明不同季节出现闪电峰值基本上都发生在 100°E 以东,高原夏季是多闪电季节区。不同季节发生闪电的量值,夏季是春季的 2 倍,春季是秋季的 3 倍,秋季是冬季的 4 倍。

中国闪电密度东部比西部高,南部比北部高,沿

海陆地区比内陆区高,陆地比海区高,中国闪电高密度区相对较集中。昼夜发生闪电密度区域对比说明,白天发生闪电高密度区靠近沿海,而夜间发生闪电高密度区靠近内陆区,白天出现高闪电密度区夜间多是低闪电密度区,而白天是低闪电密度区夜间往往是高闪电密度区。

中国区域不同季节出现闪电密度量值和分布的地区及分布特征有较大差异。春季在我国西南的云南南部出现闪电高密度区,内陆大部分为较高闪电密度区域,且相对较匀且集中,而沿海和近沿海陆地闪电密度偏低。夏季是主要发生闪电季节,闪电密度高而且面积广,闪电高密度区与年均闪电高密度区高区一致,在青藏高原出现相对较高闪电密度区。秋季出现的相对高闪电密度区很分散,区域面积都较小,并且闪电密度偏低,较高闪电密度区都靠近中国沿海陆地,大陆区大部分多是低闪电密度区。冬季的闪电密度为全年发生闪电最少期,闪电密度低而且闪电区域面积小,主要在我国 30°N 以南少数地区,发生最高闪电密度在湖南的洞庭湖附近。4个不同季节出现不同闪电密度量值和分布区域特征表明,中国区域发生闪电密度高低和出现地域与不同季节的天气气候变化有关外,与其周边地理环境有密切关系,白天靠近沿海或湖泊的温差大,而夜间热量释放造成与白天呈相反地形的闪电气候特征。由于篇幅有限,本文有关闪电气候没有详细讨论,有待进一步研究论述。

致谢:本文得到美国水文和气候中心提供 LIS (1998~2003)和 OTD(1995.5~1999)闪电资料,资料处理和分析得到鄯秀书研究员帮助,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 周秀骥,陶善昌,姚克亚. 高等大气物理学[M]. 北京:气象出版社,1991. 106-137,535-601.
- [2] 王道洪,鄯秀书,郭昌明. 雷电与人工引雷[M]. 上海:上海交通大学出版社,2000. 1-56.
- [3] 黄美元,徐华英. 云和降水物理[M]. 北京:科学出版社,1999. 207-217.
- [4] Orville R E, Spencer D W. Global lightning Flash frequency[J]. Mon Weather Rev, 1979;107,934-943.
- [5] Orville R E, Silver A C. Lighting ground flash density in the con-

- tiguous United States 1992-95[J]. Mon Weather Rev, 1997, 125:631-638.
- [6] Orville R E, Huffines G R. Lighting ground flash measurements over the contiguous United States 1995-97[J]. Mon Weather Rev, 1999, 127;2 693-2 703.
- [7] Orville R E, Huffines G R. Cloud to-ground lighting in the United States: NLDN results in the first decade, 1989-98[J]. Mon Weather Rev, 2001, 129;1 179-1 193.
- [8] Markson R. Solar modulation of atmospheric electrification and possible implications for the sun-weather relationship[J]. Nature, 1978, 273:103-109.
- [9] Markson R, Muir M. Solar wind control of the earth's electrical field[J]. Science, 1980, 208:979-990.
- [10] Tuck A F. Production of nitrogen oxides by lightning discharges[J]. Quart J Roy Meteor Soc, 1976, 102:779-755.
- [11] Chameides W L, Stedman D H, Dickerson R R, et al. NOx production in lightning[J]. J Atmos Sci, 1977, 34:14.
- [12] Price C. Evidence for a link between global lightning activity and upper troposphere water vapor[J]. Nature, 2000, 406:290-293.
- [13] Sparrow J G, Ney E P. Lightning observations by satellites[J]. Nature, 1971, 232:540-541.
- [14] Christian H J, Co-Author. The lightning Imaging Sensor. Proc. 11th int. Conf. On Atmospheric electricity, Guntersville, AL, ICAE, 1999.
- [15] Christian H J, Latham. Satellite measurements of global lightning[J]. Quart J Roy Meteor Soc, 1998, 124(549):1771-1773.
- [16] Xiushu Q, Toumi R, Yuan T. Lightning activities on the Tibetan Plateau as observed by the lightning imaging sensor[J]. J Geophys Res, 2003, 108(D17):4 551-4 560.
- [17] baral K N. The Cloud Flash-to-Ground Flash Ratio and Other Lightning Occurrence Characteristics in Kathmandu thunders-torms[J]. J Geophys Res, 1992, 97:931-938.
- [18] Turman B N, Edgar B C. Global lightning distribution at dawn and dusk[J]. J Geophys Res, 1982, 87(C2):1 191-1 206.
- [19] Price C, Rond D. A simple lightning parameterization for calculating global lightning distributions[J]. J Geophys Res, 1992, 99 (D9):9 919-9 933.
- [20] Williams E, Rothkin K, Stevenson D, et al. Global lightning variations caused by changes in thunderstorm flash rash rate and by changes in the number of thunderstorms[J]. J Appl Meteor, 2000, 39(12):2 223-2 230.
- [21] Mackerras D, Darveniza M, Orville R E, et al. Global lightning: Total, cloud and ground flash estimters[J]. J Geophys Res, 1998, 103(D16):19 791-19 809.
- [22] Mackerras D, Darveniza M. Latitudinal variation of lightning occurrence charrateristics, global[J]. J Geophys Res, 1994, 99(D5):10 813-10 821.

Characteristics of Lightning Distribution and Lightning Climate for China Region

ZHANG Hong - fa, CHENG Guo - dong, ZHANG Tong

(Institute of Environmental and Engineering for Cold and Arid Regions, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Using lightning data detected by the TRMM satellite between 18~30 °N and 74~123 °E from 1998 Jan, 1 to 2003 Dec, 31, the yearly, seasonal and diurnal lightning number and their change with the longitude and latitude, the lightning density distribution and lightning climatic feature were calculated and analyzed in this paper. Results show that the total mean diurnal lightning number is about 54 600 in Chinese land area, and it is 54.47% of the total number during daytime and 45.53% during night time, and their ratio is 1.2. The yearly variety of the diurnal flash number is a pair of peak value, the flash occurs primarily in April to September, and the number is about 92% of the total lightning number in a year. First peak occurs in mid - April to mid - May and the second in June to August, and the second peak is 43.4% of the total yearly lightning number, the flash number in summer (Jun to Aug) is 60% of the total yearly number, and it is only about 0.4% in November to February of the next year. Diurnal variation presents the single peak, and its range is large, mean hourly flash number is about 2 275 in a year, it reaches a maximum at 18:00 P.M. and it's about 9.1% of the diurnal number, it comes to a minimum at 9:00~11:00 A.M. and it's only 3% of the diurnal number, and the maximum is 12 times of the minimum, these show that lightning occurring frequently in Chinese district is primarily in dusk. Diurnal variation presents the single peak, the range of the peak is broad, mean hourly flash number is about 2 275 in a year, it reaches a maximum at 18:00 P.M. and it's about 9.1% of the diurnal flash number, it comes to a minimum at 9:00~11:00 A.M. and it's only 3% of the number, and the maximum is 12 times of the minimum. The yearly mean flash number change with latitude is bigger than that with longitude in Chinese district, the flash number is more in coastal land area than that in inland area, and it is more in inland area than that in sea area, it is more in eastern region than that in western region. The diurnal changing time of peak value occurring lightning in 4 seasons shows that the time with peak value of flash number during a day is different, in winter it is primarily at noon, in autumn it is in the afternoon, while in spring it is at night and in summer it is at dusk. The different yearly mean flash density distribution in daytime, nighttime and all day in Chinese district show that the density is higher in eastern region than that in western region, the high flash density areas are more concentrated relatively. The high flash density areas in daytime are nearby sea, while they are in inland area during nighttime, and the high density areas in daytime are the low flash density areas during nighttime, and vice versa, but there is no such change in Tibet Plateau. The flash density value and its distribution feature are different in different seasons, in spring the high flash density areas are in south part of China, and the large part of inland are the sub - high flash density area, and the density is relatively low in coastal area. In summer the flash density is higher and the area is larger, the higher density areas are consist with the areas with high yearly mean flash density and they are near sea, while the density in inland area is relatively low. In autumn, the relatively high flash density areas are more scattered, the areas are smaller too, mainly in south littoral. In winter, the density is low and the areas occurring flash are small, mainly in south part of 30 °N and Sichuan basin.

Key words: flash distribution in China region; lightning number; lightning density; lightning climate feature