

2006—2009 年南京地区闪电活动分布特征

朱传林^{1,2} 杨仲江¹ 陈翔翔³ 李京校⁴

摘要

利用 2006—2009 年江苏省闪电监测定位系统资料,对南京地区闪电活动特征进行了分析,发现闪电集中发生在 6—8 月的 12—20 时,其他各月闪电频数较低,这主要是由于南京夏季对流活动频繁,且在午后至傍晚的时间段内,气温偏高,较易产生强对流的雷暴天气等原因造成的。南京地区大部分区域的平均雷击大地密度值介于 2~6 次/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$) 之间,平均雷击大地密度极大值中心出现在江宁区,平均雷击强度值介于 5~40 kA 之间,南京长江大桥附近出现了平均雷击强度极大值的中心,最大值达 75 kA 以上。地形地貌、下垫面性质、水汽条件等因素可能是导致上述特征的主因。所获得的闪电活动特征闪电参数在雷电防护、雷击风险评估等领域具有一定的应用价值。

关键词

南京地区; 闪电监测定位系统; 闪电分布特征

中图分类号 P426.6

文献标志码 A

收稿日期 2011-03-26

资助项目 公益性行业科研专项(GYHY2008-06014)

作者简介

朱传林,男,硕士生,研究方向为雷电灾害风险评估, smilezcl@126.com

杨仲江(通信作者),男,副教授,高工,主要从事雷电研究, mashimaro2974@126.com

0 引言

闪电是在对流性天气中常伴有的大气放电现象,它的分布特征能在一定程度上反映强烈局地天气变化情况,研究闪电活动的特征闪电参数在雷电防护、雷击风险评估等领域具有一定的应用价值。目前,闪电定位探测技术已日趋成熟,采用综合 MDF 和 TOA 的时差测向混合法(Improved Accuracy from Combined Technology,IMPACT)已在美国闪电定位观测网(National Lightning Detection Net,NLDN)等获得较好的应用,其主要应用领域为气象部门、电力行业和航空航天部门。近年来,我国闪电定位仪的数量日益递增,已在 20 多个省区建立了独立的雷电探测网,探测网的覆盖面也越来越广,并将实现全国联网,构建国家雷电信息系统。

许多专家学者对闪电定位资料及其活动规律进行了研究探讨。冯桂力等^[1]利用 1998—2000 年山东地区雷电探测网获取的云对地闪电资料,从闪电的日变化、强度、密度和极性等方面研究了山东地区的雷电分布特征。程向阳等^[2]利用 2006—2008 年安徽地区闪电定位系统的观测资料,研究分析了黄山风景区的闪电活动规律。曾山泊等^[3]利用 1999—2003 年苏州地区的闪电定位仪观测资料,统计分析了苏州地区近几年的落雷密度和年平均雷暴日等雷暴活动规律。冯民学等^[4]将江苏省气象局闪电定位系统所监测的闪电资料与电力部门的闪电定位资料对比分析,实现了 2 套系统资料的信息共享、互补。田芳等^[5]对江苏省电力部门和江苏省气象部门的 2 种不同闪电定位资料提出了有效的修正方法。陈军^[6]利用 2007—2009 年浙江省的闪电定位资料,结合舟山群岛的特殊地理位置,分析了舟山群岛的闪电活动特征。

本文利用江苏省防雷中心提供的雷电监测资料,对南京地区的有关闪电特征参数进行统计分析,揭示了 2006—2009 年南京地区的闪电地域特征及活动规律,并为其在其他领域的应用提供科学依据。

1 江苏省闪电监测定位系统概况

2005 年下半年,江苏省气象局在全省完成了 9 个观测站点的闪电定位系统建设,并于 2005 年 8 月起取得全省的定位资料,2006 年 1 月 1 日开始有完整的闪电监测资料。江苏省的闪电定位仪是中国科学院空间科学与应用研究所为雷电监测与定位系统研制的 ADTD 雷电

1 南京信息工程大学 大气物理学院 南京, 210044

2 湖北省防雷中心 武汉 430074

3 江西省气象台 南昌 330046

4 北京市气象局 北京 100089

探测仪. 探测仪通过测量云地闪回击电流辐射的强电磁脉冲, 采用到达时间法(时差法)和磁定向混合法对雷电进行定位. 闪电监测网单站的探测范围约为 150 km^[7], 闪电定位系统可以覆盖整个江苏省(113~122°E, 28.5~38°N).

探测记录的主要参数分别为闪电时间(μ s)、经度、纬度、陡度、误差和定位方式等. 定位方式共有二站振幅、二站混合、三站混合和四站算法 4 种. 定位系统的观测站点分布如图 1 所示, 其中主站位于南京(118.48°E, 32.00°N).

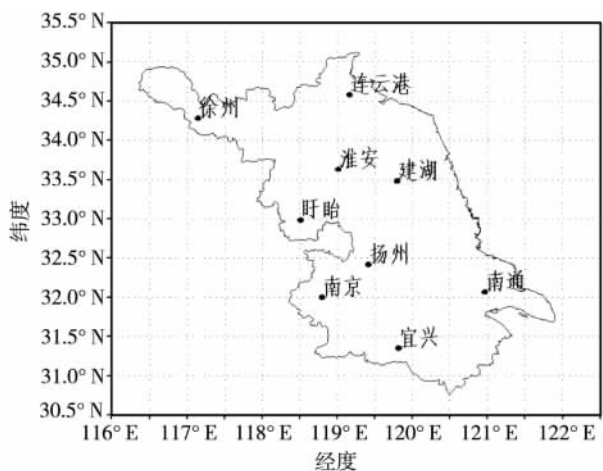


图 1 闪电定位系统分布

Fig. 1 Distribution of lightning positioning system

2 南京地区雷电活动时空分布特征分析

南京市面积 6 597 km², 其中低山丘陵面积 4 255 km², 江河面积 752 km², 圩洲面积 1 590 km². 长江从西南方向流入南京, 在此折向东进入镇江. 秦淮河、滁河分别从南北两岸汇入长江. 南京地区的主要范围位于 118.34~119.24°E、31.24~32.61°N 之间.

根据江苏省气象局提供的 2006 年 1 月 1 日—2009 年 12 月 31 日的闪电定位资料^[8-13] (该资料由 Oracle 数据库对闪电定位原始数据处理得到, 主要包括闪电发生的时间、正(负)闪数以及闪电的平均强度). 对原始数据进行筛选, 将南京地区以外的数据予以剔除, 并且利用 SQL 语句科学地统计出各个月份闪电总数与闪电强度、0~24 h 的闪电总数等, 做出以下分析.

2.1 闪电频数的时间分布特征

图 2 是各月平均闪电频数. 由图 2 可以看出: 总

闪和负闪的年变化呈典型的单峰分布特征, 闪电的高发期集中在 6、7 和 8 月, 该 3 个月累计超过全年闪电总数的 86%, 平均每月发生 16 700 次左右, 其中以 7 月最为突出, 可达 27 500 次以上, 其他各月闪电数量骤减, 平均不到 5 000 次, 负闪的年分布特征与总闪基本相同; 正闪年变化呈多峰分布, 正闪极少发生, 除了在 6、7 和 8 月与总闪保持一致的趋势之外, 4、11 月各出现了一次峰值, 4 月的峰值超过 150 次, 11 月的峰值超过 50 次.

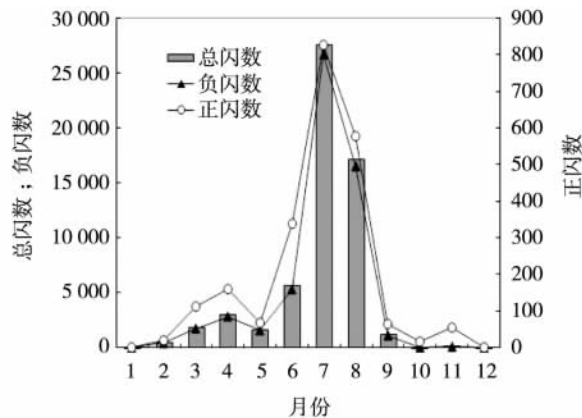


图 2 闪电频数的年分布

Fig. 2 Annual distribution of lightning frequency

图 3 为总闪频数的时间分布特征. 由图 3 可以看出: 闪电集中发生在 6—8 月的午后 12—20 时, 其他各月闪电频数较低. 总闪频数的日变化(上方)和总闪频数的年变化(右侧)分别为主图中以十字线为基准的水平剖面图和垂直剖面图. 其中, 主图(左下)纵坐标代表月份, 横坐标代表时间(0—23 时), 它利用颜色的灰度等级表示闪电频数的大小, 颜色越浅, 闪电频数越小, 颜色越深, 闪电频数越大. 上方和右方的图都为主图剖面投影的结果, 分别反映了闪电频数日变化与年变化的结果.

2.2 闪电强度时间分布规律

取逐时的闪电强度均值为样本个例, 分别统计 2006 年 1 月 1 日—2009 年 12 月 31 日期间各月的所有闪电强度样本, 制成方框-端须图, 如图 4 所示. 假定闪电强度数值呈(准)正态分布, 在每个长方框的上下底, 表示(准)正态分布两端占样本总数 25% 个例的闪电强度数值(平均, 下同), 方框中的黑线(该线不一定位于长方框正中间)表示占样本总数 50% 个例的闪电强度数值, 从长方框上下边延伸出之粗黑线的端点, 表示占样本总数 5% 个例的闪电强度数值, “×”表示占样本总数 1% 个例的闪电强度数值,

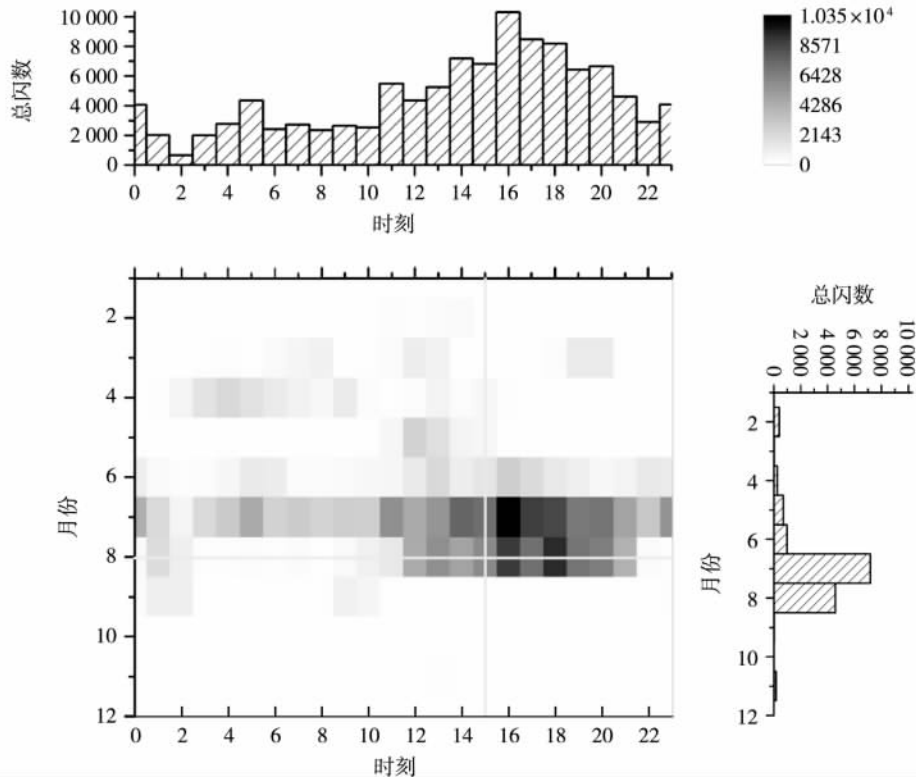


图3 总闪电频数的时间分布

Fig.3 Distribution of total lightning frequency

最上端和最下端的短横线“-”表示该月份所有闪电强度样本的最大值和最小值,方框中的“□”表示样本均值.由图4可以看出:

1) 各月均有可能出现强闪电(大于 100 kA),强闪电在 1 月出现的概率超过 5%;

2) 各月闪电强度跨度范围较大,可达 2 个量级,其中以 8 月最为突出,最大强度可以达到 290 kA,而最小强度只有 1.4 kA.2、3、5、10 和 11 月闪电强度值相对比较集中(90% 以上的闪电都集中在 10 ~ 100 kA 之间);

3) 超过 50% 的样本强度分布在 7 ~ 40 kA 之间,值得注意的是 1 和 12 月,1 月所有的闪电强度都大于 10 kA,12 月所有的样本其强度取值都在 20 kA 左右;

4) 各月平均闪电强度在 30 kA 左右,各月均有半数以上的样本其强度在平均闪电强度以下,平均闪电强度无明显年变化规律.

由闪电强度的分布特征可以看出,与闪电频数不同,闪电强度随时间的分布无明显规律,一年中各月各时次均有可能发生强闪电,但由于闪电集中发生在 6—8 月的 12—20 时,因此,该时段内强闪电出

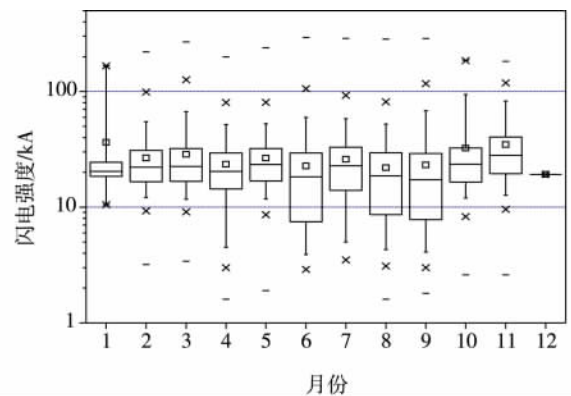


图4 总闪电强度年分布特征

Fig.4 Distribution characteristics of total lightning intensity

现频数很高.

2.3 闪电频数和强度的空间分布特征

结合南京地区的边界地图(118.34 ~ 119.24°E, 31.24 ~ 32.61°N),以 5 km × 5 km 范围为基本单元,统计 2006 年 1 月 1 日—2009 年 12 月 31 日期间的闪电定位资料,经过插值分别绘制南京地区的雷击大地密度图和雷击强度图,其中白色的线条为长江.分别如图 5、6 所示.

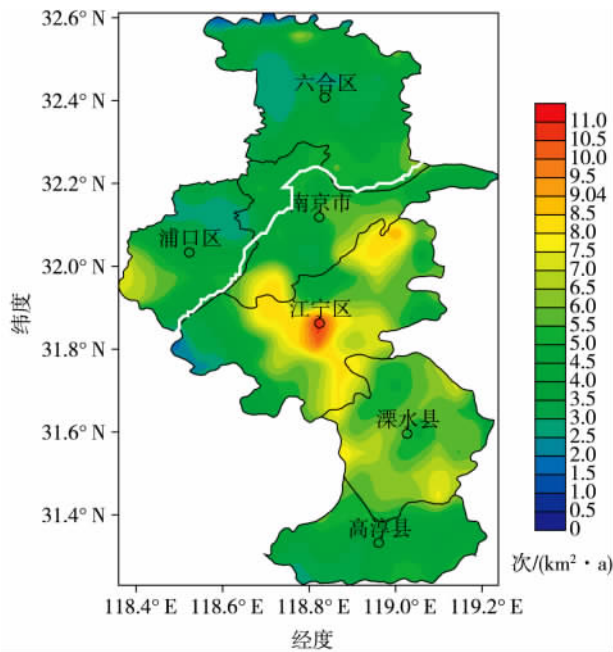


图5 雷击大地密度分布

Fig. 5 Lightning density distribution in Nanjing

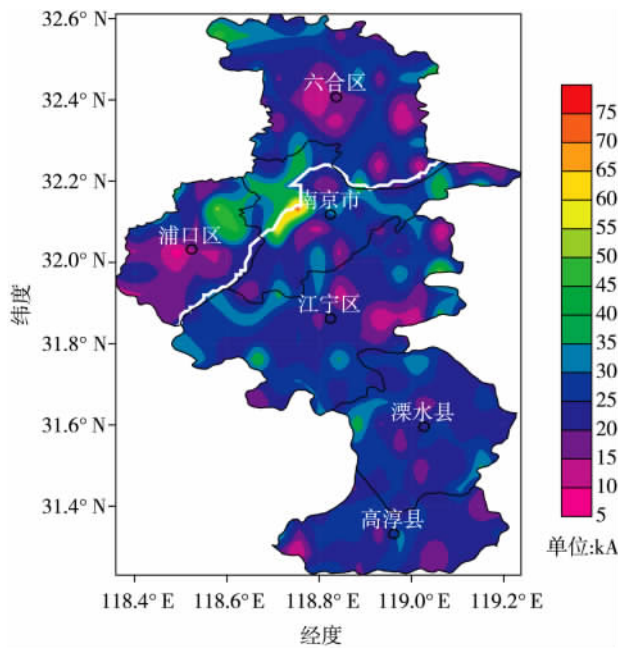


图6 雷击强度分布

Fig. 6 Lightning intensity distribution in Nanjing

由图5可以看出:南京地区大部分区域的平均雷击大地密度值介于2~6次/(km²·a)之间,平均雷击大地密度的2个极大值中心都位于江宁区,最大可达11次/(km²·a)。其中长江流域的平均雷击大地密度介于3~5次/(km²·a)之间。由图6可以得出:南京地区大部分区域的平均雷击强度值介于5~40kA之间,平均雷击强度的极大值中心都位于主城区长江沿岸及浦口区东部,最大可达75kA以上,而六合区中部及浦口区西南部为雷击强度相对小值区。

3 南京雷电活动特征的成因分析

1) 南京地处中纬,跨越长江,紧邻淮河,每年6月起3~4个月内为南京的主汛期。在汛期里,强对流活动频繁,雷电活动也相对频繁。每日午后地表吸收太阳能增温至峰值,近地层空气温度也很高,暖空气膨胀上升,易产生强对流,直到傍晚太阳落山时才有所缓解。这也许能解释为何闪电集中发生在每年6—8月的12—20时。

2) 研究南京地区雷击大地密度后发现,江宁区大部为密度大值区,这与其独特地形地势有关。江宁区地形呈马鞍状,两头高,中间低,地势开阔,属典型的丘陵、平原地貌。江宁境内低山丘陵面积约305.7km²,有近400座低山不均匀地分部在各街道内,东北有孔山、青龙山、狮子山,西有牛首山、云台山,中部为秦淮河平原,秦淮河纵贯南北,七乡河、江宁河

穿插其中,其中偶见有低山出露。起伏的丘陵地势为气流抬升提供了动力和热力条件,而河流的贯穿又为对流提供了水汽因子。气流穿过中南部富含水汽的河流上方后,又在两侧丘陵山脉的作用下抬升,易发生强对流天气,雷电相对频繁。

3) 南京地区雷击大地强度最大值出现在南京长江大桥一带的长江两岸。究其原因,可能是由于此区域沿江,水汽充足,区域东北部为幕府山为主的沿江带状山区,南部为下垫面复杂且温度相对较高的主城区,在雷电多发的夏季,南京盛行西南风,西南风经过主城区时温度升高,并在长江大桥一带增湿,在幕府山带状山区的地形强迫作用下易发生强对流,在这些温度、湿度和地形强迫的作用下,积雨云易发展得十分深厚,雷击强度也相应更大。

4) 南京六合区中部的雷击大地密度和雷击强度均为相对小值区。其位置偏北,结合南京年均气温图可知(图略)六合区温度较其他各区低,在一定程度上抑制雷电的产生。当然,六合区开阔的地势也是其雷击大地密度和强度较小的原因之一。

4 结论和讨论

本文通过对2006—2009年南京地区闪电定位资料统计分析,可以得出该地区雷电活动主要特征表现如下。

1) 闪电集中发生在6—8月的12—20时。依据

分析结果,可以考虑根据各个区域自身的雷电活动规律,有重点的开展雷电防护工作。4—10月应作为全年的主要防护期,其中,6—8月的防雷工作更是重中之重,特别是午后强对流易发时段。

2) 闪电强度随时间的分布无明显规律,一年中各月各时次均有可能发生强闪电。但由于闪电集中发生在6—8月的12—20时,因此,该时段内强闪电出现频数很高。

3) 各月平均闪电强度在40 kA左右,各月均有半数以上的样本其强度在平均闪电强度以下,平均闪电强度无明显的年变化规律。

4) 南京地区大部分区域的平均雷击大地密度值介于2~6次/(km²·a)之间,平均雷击大地密度极大值中心出现在江宁区,这与该地区独特地形地势关系密切;平均雷击强度值介于5~40 kA之间,南京长江大桥附近出现了平均雷击强度极大值的中心,最大值达75 kA以上,该区域充足的水汽为闪电的发生提供了天然条件^[14-15]。

致谢 感谢江苏省防雷中心冯民学主任及南京信息工程大学大气物理学院钟颖颖同学提供了2006—2009年的闪电定位资料。

参考文献

References

- [1] 冯桂力,陈文选,刘诗军,等. 山东地区闪电的特征分析[J]. 应用气象学报, 2002, 13(3): 347-355
FENG Guili, CHEN Wenxuan, LIU Shijun, et al. Preliminary analysis of lightning characteristics in Shandong [J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 2002, 13(3): 347-355
- [2] 程向阳,杨仲江,杨彬,等. 具有特殊地质地貌的黄山风景区雷电环境分析[J]. 气象科技, 2009, 37(6): 759-761
CHENG Xiangyang, YANG Zhongjiang, YANG Bin, et al. Analysis of lightning environment in Huangshan scenic area with special geological features [J]. Meteorological Science and Technology, 2009, 37(6): 759-761
- [3] 曾山泊,肖稳安,李霞. 苏州地区雷暴活动规律和雷灾分析[J]. 气象科学, 2006, 26(5): 517-524
ZENG Shanbo, XIAO Wenan, LI Xia. The analysis & study on the laws of lightning hazards and lightning activities in Suzhou [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2006, 26(5): 517-524
- [4] 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
- [5] 田芳,肖稳安,冯民学,等. 闪电定位仪观测结果的修订分析[J]. 华东电力, 2008, 36(6): 38-42
TIAN Fang, XIAO Wenan, FENG Minxue, et al. Amendment and analysis of observation data for lightning positioning devices [J]. East China Electric Power, 2008, 36(6): 38-42
- [6] 陈军. 舟山群岛闪电定位资料分析[C]//第26届中国气象学会年会人工影响天气与大气物理学分会场论文集, 2009
CHEN Jun. Lightning location data analysis of Zhoushan islands [C]//Chinese Meteorological Society 26th Annual Meeting of Weather and Atmospheric Physics Sub-venues Proceedings, 2009
- [7] 杨波,邱实,宁军,等. 闪电定位误差及探测效率评估[J]. 解放军理工大学学报:自然科学版, 2006, 7(5): 506-510
YANG Bo, QIU Shi, NING Jun, et al. Evaluation of error in lightning orientation and lightning detection efficiency [J]. Journal of PLA University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2006, 7(5): 506-510
- [8] 许洪泽,王振会,冯民学. 闪电定位资料分析[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(1): 93-95
XU Hongze, WANG Zhenhui, FENG Minxue. Analysis of lightning positioning data [J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2007, 30(1): 93-95
- [9] 赵丽娟,牛生杰,张羽,等. 雷州半岛盛夏闪电活动特征及其与降水的联系[J]. 高原气象, 2009, 28(3): 663-668
ZHAO Lijuan, NIU Shengjie, ZHANG Yu, et al. Relationship between the characteristics of lightning activity and precipitation during midsummer in the Leizhou peninsula [J]. Plateau Meteorology, 2009, 28(3): 663-668
- [10] 李井冈,姚运生,李贤华,等. 在MapInfo中实现等值线图区域填充的快速算法[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30(7): 1780-1783
LI Jinggang, YAO Yunsheng, LI Xianhua, et al. Fast algorithm for region filling of isograms in MapInfo [J]. Computer Engineering and Design, 2009, 30(7): 1780-1783
- [11] 杨仲江,朱传林,陈翔翔,等. 基于Struts和Hibernate的雷电灾害风险评估软件开发[J]. 气象科技, 2010, 38(6): 781-785
YANG Zhongjiang, ZHU Chuanlin, CHEN Xiangxiang, et al. Development of lightning disaster risk assessment software based on Struts and Hibernate [J]. Meteorological Science and Technology, 2010, 38(6): 781-785
- [12] 杨仲江. 雷电灾害风险评估与管理基础[M]. 北京:气象出版社, 2010
YANG Zhongjiang. Lightning risk assessment and management [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2010
- [13] 王学良,刘学春,史雅静. 武汉地区云地闪电特征及防护效率研究[J]. 气象科技, 2010, 38(6): 805-809
WANG Xueliang, LIU Xuechun, SHI Yajing. Lightning characteristics and protective efficiency in Wuhan area [J]. Meteorological Science and Technology, 2010, 38(6): 805-809
- [14] 秦伟良,刘悦. 空间插值法在降水分布中的应用[J].

南京信息工程大学学报: 自然科学版, 2010, 2(2): 162-165

QIN Weiliang, LIU Yue. Application of spatial interpolation in rainfall distribution analysis [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology: Natural Science Edition 2010 2(2): 162-165

[15] 邓春林, 季严飞, 刘刚. 基于雷电定位数据的区域雷击

灾害风险评估方法探讨 [J]. 南京信息工程大学学报: 自然科学版 2010 2(3): 230-235

DENG Chunlin, JI Yanfei, LIU Gang. Discussion on the risk assessment for regional lightning disaster based on lightning location data [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology: Natural Science Edition 2010 2(3): 230-235

Lightning distribution characteristics in Nanjing from 2006 to 2009

ZHU Chuanlin^{1,3} YANG Zhongjiang¹ CHEN Xiangxiang² LI Jingxiao¹

1 School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 Lightning Protection Center of Hubei Province, Wuhan 430074

3 Jiangxi Meteorological Observatory, Nanchang 330046

4 Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100089

Abstract The monitoring data of Jiangsu Provincial Lightning Positioning System from 2006 to 2009 are used to analyze the characteristics of lightning activity in Nanjing. It is found that most of the lightning happens at 12—20 P. M. in June—August and few happens in other months because the convective activities frequently happen in summer in Nanjing and in the period of the midday to sunset due to the always high temperature, which is easy to produce strong convective thunderstorm; The average density of lightning striking the earth is between 2-6 times/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$) in most Nanjing area and the maximum center is in Jiangning district. The average lightning strike intensity is between 5-40 kA and the maximum center is near Nanjing Yangtze River Bridge, where the intensity is 75 kA or more. Topography, land surface properties, moisture conditions and other factors may be the main reason leading to the above characteristics. The lightning activity characteristics and lightning parameters obtained in this study are valuable in the lightning protection, lightning risk assessment and other areas.

Key words Nanjing area; lightning positioning system; lightning distribution characteristics