

成勤^{1,2} 肖稳安² 王清龙¹ 王学良³ 张科杰³

中部5省南北闪电参数分布特征

摘要

在利用我国中部5省(湖南、湖北、江西、安徽、河南)经济协作区52个闪电监测站2007—2010年闪电定位资料和1961—2010年雷暴日资料,分析协作区内闪电参数的分布特征的过程中,发现中部5省闪电参数在30.8°N纬度带两侧呈现不同的变化规律。36.4~30.8°N,正闪强度整体呈下降趋势,正闪陡度变化较小,平均值为16.48 kA·μs⁻¹,负闪强度和陡度在32°N附近形成极大值后,在30.8°N附近迅速下降;一天中闪电频数最大值与最小值出现时间比较分散;初雷日约为4月5日、终雷日约为9月17日。30.8~24.4°N,正、负闪电强度绝对值呈上升趋势,正闪强度上升较快,从52.11 kA上升至77.88 kA,负闪强度绝对值上升较平缓,正闪陡度变化较小,平均值约为14.24 kA·μs⁻¹,负闪陡度呈下降趋势,由12.07 kA·μs⁻¹下降到8.90 kA·μs⁻¹;闪电频数最大值出现时间集中在15—16时,闪电频数最小值出现时间集中在8—10时;初雷日约为2月18日,终雷日约为10月17日。

关键词

雷电流强度;雷电流陡度;初雷日;终雷日

中图分类号 P427.32+1

文献标志码 A

收稿日期 2012-02-28

资助项目 中国气象局华中区域气象中心科技发展基金(QY-Z-201007)

作者简介

成勤,女,硕士,主要研究方向为雷电监测预警及相关软件开发.chengqin3@163.com

肖稳安(通信作者),男,副教授,从事卫星及闪电资料研究.xiaowenan@163.com

1 湖北省宜昌市气象局,宜昌,443000

2 南京信息工程大学 大气物理学院,南京,210044

3 湖北省防雷中心,武汉,430074

0 引言

近年来,随着雷电远程定位理论的成熟和雷电监测网的初步形成^[1],闪电定位数据也越来越受到国内外学者的重视。闪电资料主要用于研究雷电流幅值、陡度特征、闪电密度与闪电频数时空分布特征以及闪电参数与其他气象要素之间的关系。文献[2-3]研究了闪电的参数特征,指出雷击峰值电流由云地之间的大气电场决定,并给出了特征值。Orville等^[4-5]得到了美国平均闪电频数、闪电密度、年雷暴日数等雷电关键参数。各国专家还根据闪电定位网多年积累的历史数据,分析了雷电流幅值概率分布、地面落雷密度等参数特征^[6-7]。文献[8-12]分别利用我国中部各省的闪电定位资料、雷暴日资料等,分析了单个省的闪电活动规律及参数分布特征。

中部5省(湖南、湖北、江西、安徽、河南)经济协作区地处108~120°E,24~37°N,位于青藏高原东部,从北至南处于暖温带-亚热带、湿润-半湿润气候向亚热带季风湿润气候过渡的区域。区域内复杂的地形对局地的气候要素的再分配作用,又形成了区域特有的地方气候。受季风影响,冬季盛行偏北风,夏季盛行偏南风,形成了冬冷夏热、冬干夏雨、雨热同季和旱涝频繁的气候特点。季风气候的气象灾害较多。由于每年季风的强弱与进退时间的不同,容易造成大范围的旱、涝灾害,风、雹、低温等灾害也时有发生。中部5省经济区不仅是目前最重要的粮产区和经济作物产区之一,而且其蔬菜水果产业和水产养殖业均位列全国前列,大中型国企众多。

中部5省作为一个整体,其区域性经济、政治联系、合作越来越密切,雷电灾害对其造成的影响也变得更加明显而广泛。研究中中部5省闪电参数的南北分布特征,无疑对中部5省雷击风险评估、雷电监测和预警、雷电灾害防御以及协作区经济共同发展具有重要意义。为此,本文利用我国中部5省闪电监测站闪电定位资料,对该区域云地闪电的电流强度、陡度、频数以及闪电密度的时空分布特征进行统计分析,同时,利用中部5省的雷暴日资料,对各纬度带的初雷日、终雷日进行分析。

1 资料来源与处理

闪电定位资料来源于中国气象局大气探测中心,闪电定位仪器为中国科学院空间科学与应用研究中心研制的ADTD雷电监测定位

系统,中国气象局气象探测中心地面观测室对其运行状况实时监控,如发现异常,及时维修。地基闪电定位技术主要包括3种:磁定向法(MDF)、时间到达法(TOA)和干涉法(IT)。ADTD雷电监测定位系统主要采用TOA方法进行定位。闪电发生时都会向外辐射电磁波,通过人们对大量观测数据的统计发现,云地闪辐射的电磁波有其固有的特征。正是基于这一原理,通过设置多个探测点,检测波形特征点到达每个探测站的准确时间,从而实现对云地闪的精确定位。ADTD闪电定位仪通过设定阈值、波形前沿时间、波形后沿时间、多峰干扰、尖峰干扰、反峰干扰6个特征判据将云地闪信号选出来,记录主峰到达的精确时间,将数据发送到远程中心站进行多站综合定位处理。ADTD闪电定位系统的探测效率为80%~90%,探测范围为0~600 km,测向经度的理论误差为0.5°。中部5省的闪电定位系统由国家统一布网,采用同种仪器且布网密度相近,因此各省的闪电定位系统探测效率相近,而组网后闪电定位系统的探测效率更高。组网后的雷电监测定位系统的回击放电时间精度优于 10^{-7} s,网内精度优于300 m,雷电流强度和陡度的相对误差优于15%。

闪电定位资料包括5省52个闪电监测站点2007年1—9月、2008年1—11月、2009年2—12月及2010年1—6月的观测数据。经与中部5省2007—2010年雷暴日资料对比发现,2008年12月、2009年1月闪电定位资料因设备故障或其他原因出现异常,不能反映该时段闪电活动特征,故在本文分析中剔除。监测站点分布区域在 $109.47^{\circ}\text{E}\sim 118.76^{\circ}\text{E}$ 、 $24.95^{\circ}\text{N}\sim 35.70^{\circ}\text{N}$ 。

统计中部5省闪电定位数据表明,雷电流幅值频率分布曲线与李瑞芳等^[13]的研究结果相近,97.71%的雷电流幅值在200 kA以下,2.08%的雷电流幅值在200~300 kA之间,0.21%的雷电流幅值在

500 kA以上。由于雷电流幅值大于500 kA的云地闪电不易发生且所占比例极小,因此将这部分闪电数据作为异常值删除。中部5省雷暴日资料来源于湖北省防雷中心,包括155个人工观测站1961—2010年的观测资料,观测站的分布区域为 $109.25^{\circ}\text{E}\sim 118.59^{\circ}\text{E}$ 、 $24.57^{\circ}\text{N}\sim 36.47^{\circ}\text{N}$ 。雷暴日定义为一天中只要观测到雷暴或者听到雷声,无论持续时间长短,均记为一个雷暴日。初雷日表示一年中第一次发生雷暴的日期。同理,终雷日表示一年中最后一次发生雷暴的日期。

2 南北闪电参数特征分析

统计中部5省云地闪电主要参数,可得到各省及平均雷电参数值(表1)。从表1中可见:2007—2010年,各省负闪比例均远大于正闪,负闪比例均在95%以上,正闪比例平均值为4.28%,其中湖南正闪百分比最大(4.90%),江西最小(3.36%);各省正闪平均强度均大于负闪平均强度的绝对值,正闪强度平均值为66.47 kA,负闪强度平均值为-44.22 kA,正闪平均强度最大值(80.45 kA)出现在湖南,最小值(55.51 kA)出现在江西,负闪平均强度绝对值最大值(51.71 kA)出现在河南,最小值(34.74 kA)出现在江西;各省正闪陡度均大于负闪陡度,正闪平均陡度最大值($16.58\text{ kA}\cdot\mu\text{s}^{-1}$)出现在湖南省,最小值($12.51\text{ kA}\cdot\mu\text{s}^{-1}$)出现在江西省,负闪平均陡度最大值出现在($16.55\text{ kA}\cdot\mu\text{s}^{-1}$)河南省,最小值出现在江西省($10.06\text{ kA}\cdot\mu\text{s}^{-1}$)。

从表1可以看出各省正负闪电百分比、雷电流强度与陡度等参数均存在差异,但是由于行政区域划分的原因,按省统计并不能真实反映闪电南北活动的规律。以下将分别统计各纬度带2007—2010年闪电定位资料和1961—2010年雷暴日资料,分析各纬度带闪电参数特征。

表1 2007—2010年我国中部5省(安徽、湖北、江西、湖南、河南)雷电参数值

Table 1 Lightning parameters in 5 provinces (Anhui, Hubei, Jiangxi, Hunan, Henan) of central China from 2007 to 2010

省份	正闪百分比/%	负闪百分比/%	正闪平均强度/kA	负闪平均强度/kA	正闪平均陡度/ $(\text{kA}\cdot\mu\text{s}^{-1})$	负闪平均陡度/ $(\text{kA}\cdot\mu\text{s}^{-1})$
安徽省	4.18	95.82	67.15	-46.46	16.37	15.53
河南省	4.74	95.26	72.52	-51.71	16.56	16.55
湖北省	4.22	95.78	56.73	-38.61	14.09	12.49
湖南省	4.90	95.10	80.45	-49.92	16.58	13.42
江西省	3.36	96.64	55.51	-34.74	12.51	10.06
5省均值	4.28	95.72	66.47	-44.22	15.22	13.61

2.1 雷电流强度及其分布特征

中部5省经济协作区从24~37°N跨13个纬距,分别统计各纬度带(按纬度±0.2°划分)正负雷电流平均强度,其结果如图1所示.

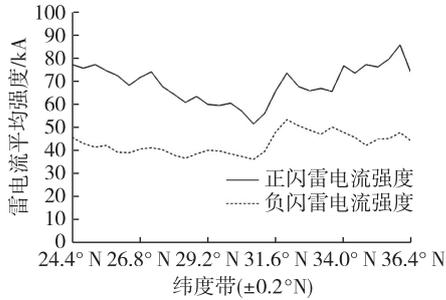


图1 中部5省24.4~36.4°N各纬度带雷电流平均强度分布

Fig. 1 Distribution of lightning intensity of each latitudinal zonation from 24.4°N to 36.4°N in 5 provinces of central China

从图1中可见,正、负雷电流强度在30.8±0.2°N纬度带(以下简称30.8°N)南北呈现不同变化特征.30.8°N附近正、负雷电流强度绝对值均最小,分别为52.11 kA和36.69 kA;36.4~30.8°N,正闪雷电流强度整体呈下降趋势,从最大值86.29 kA下降到52.11 kA,负闪雷电流强度在32°N附近形成极大值53.88 kA后,在30.8°N附近迅速下降到36.69 kA;30.8~24.4°N,正、负闪雷电流强度绝对值呈上升趋势,正闪雷电流强度上升趋势较明显,从52.11 kA上升至77.88 kA,负闪雷电流强度绝对值上升较平缓,由36.69 kA上升到46.34 kA.

2.2 雷电流的波头陡度及分布特征

用上述方法,分别统计中部5省经济协作区各纬度带正、负雷电流平均陡度,其结果如图2所示.

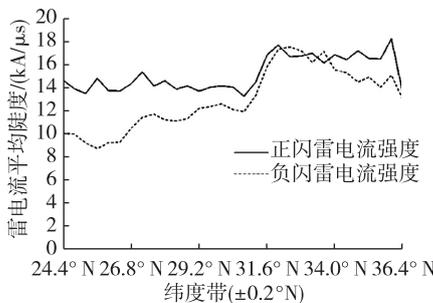


图2 中部5省24.4~36.4°N各纬度带雷电流平均陡度分布

Fig. 2 Distribution of lightning gradient of each latitudinal zonation from 24.4°N to 36.4°N in 5 provinces of central China

从图2中可见,雷电流平均陡度在30.8°N南北呈现不同变化规律:30.8°N以北,正闪雷电流陡度较大且变化较小,其平均值为16.48 kA·μs⁻¹,30.8°N以南,正闪雷电流陡度较小,其平均值为14.24 kA·μs⁻¹;30.8°N以北,负闪雷电流陡度较大,在32°N附近形成极大值17.30 kA·μs⁻¹后,在30.8°N迅速降低到12.07 kA·μs⁻¹,30.8°N往南,负闪雷电流陡度呈下降趋势,由12.07 kA·μs⁻¹下降到8.90 kA·μs⁻¹.

2.3 闪电频数最大值及最小值出现时间分布特征

统计中部5省各纬度带各小时的闪电频数,找出各纬度带发生闪电最多的时间(闪电频数最大值出现的时间)和发生闪电最少的时间(闪电频数最小值出现的时间),结果如图3所示.

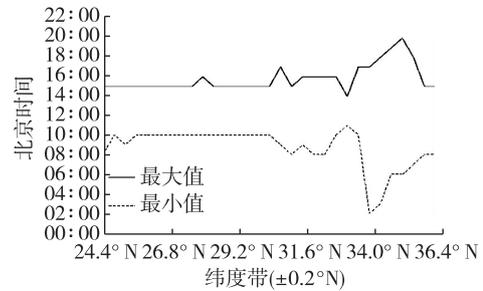


图3 中部5省各纬度带一天中闪电频数最大值与最小值出现时间分布

Fig. 3 Distribution of max and min amount of lightning of each latitudinal zonation in 5 provinces of central China

从图3中可见,一天中闪电频数最大值出现在14—20时,最小值出现在0—10时,也就是说14—20时发生闪电的概率最大,0—10时发生闪电的概率最小.究其原因,主要是闪电在很大程度上依附于雷暴而发生^[14-15].无论是一般性雷暴还是强雷暴(统称对流性风暴),对流性风暴天气形成一定具有不稳定(包括对流性不稳定)层结.不稳定能量是一种潜在能量,只有受到某种触发(抬升)作用使气块强迫抬升达到自由对流高度以上时才能释放,进而转化成气块上升的动能.对“对流性不稳定”气层,则更需要有较强的抬升力使气层整层抬升,从而将原来的稳定层结变成不稳定层结,然后触发对流.午后陆地表面受日射而加热,常在近地层形成不稳定层结使对流发展,这种热力抬升作用起成为一种触发机制.后半夜及上午,地表和空气温差不足以形成不稳定层结.因此,闪电频数最大值多出现在14—20时,闪电频数最小值多出现在0—10时.

对图3进一步分析表明,30.8°N南北闪电频数

最大值与最小值出现的时间有明显差异。30.8°N 以南,闪电频数最大值出现时间集中在 15—16 时,闪电频数最小值出现时间集中在 8—10 时。30.8°N 以北闪电频数最大值与最小值出现时间较分散,闪电频数最大值出现在 14—20 时之间,最小值出现在 0—10 时之间。

2.4 初雷日、终雷日的特征

统计中部 5 省 1961—2010 年 155 个人工观测站的雷暴日数据,得到每个观测站 50 a 的平均初雷日及终雷日。按照上述规则将中部 5 省分成 31 个纬度带,计算各纬度带的多年平均初雷日及终雷日,其结果如图 4 所示。

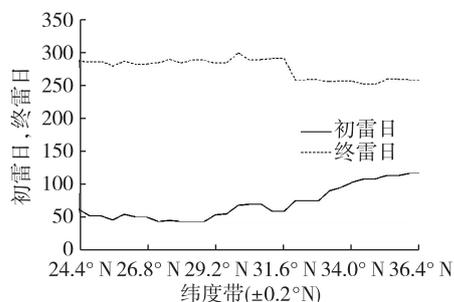


图 4 中部 5 省各纬度带初雷日、终雷日分布

Fig. 4 Distribution of the first and last thunderstorm day of each latitudinal zonation in 5 provinces of central China

从图 4 中可以看出,30.8°N 南北,初雷日平均值相差较大,24.4~30.8°N 平均初雷日在 2 月 18 日左右(约为第 48 天),30.8~36.4°N 初雷日随纬度的增加而推迟,平均初雷日在 4 月 5 日左右(约为第 95 天),即一年中,30.8°N 以北地区雷暴开始日期较晚,30.8°N 以南地区雷暴开始日期较早。30.8°N 南北,终雷日呈现 2 个特征值,24.4~30.8°N 终雷日在 10 月 17 日左右(约为第 290 天),30.8~36.4°N 终雷日在 9 月 17 日左右(约为第 260 天),即一年中,30.8°N 以北地区雷暴结束日期较早,30.8°N 以南地区雷暴日结束日期较晚。

3 结论

利用中部 5 省(安徽、湖北、江西、湖南、河南)的闪电定位资料和雷暴日资料分析了该区南北闪电参数分布特征,得到中部 5 省经济协作区内雷电流强度与陡度、闪电出现时间、初雷日与终雷日等参数特征在 30.8°N 纬度带南北存在着显著差异。

1) 在 24.4~30.8°N 地区,正、负闪电强度随纬度的增加整体呈下降趋势,但负闪下降平缓,正闪下

降较快,从南向北越过 30.8°N 以后,30.8~36.4°N,正、负闪电强度随纬度的增加整体呈上升趋势,依然是负闪上升平缓,正闪上升幅度较快。

2) 在 24.4~30.8°N 地区,正闪陡度随纬度的增加呈波动式下降、负闪陡度随纬度的增加显著增加,越过 30.8°N 以后,30.8~36.4°N,正、负闪陡度均随纬度的增加而迅速增加,但到达 32°N 后,正闪陡度均随纬度的增加在平均线附近波动,负闪陡度均随纬度的增加呈明显下降,但其值大于 30.8°N 以南地区。

3) 在 30.8°N 以北,一天中闪电频数最大值与最小值出现时间比较分散;初雷日约为 4 月 5 日、终雷日约为 9 月 17 日。在 30.8°N 以南,闪电频数最大值出现时间集中在 15—16 时,闪电频数最小值出现时间集中在 8—10 时,初雷日约为 2 月 18 日、终雷日约为 10 月 17 日。

中部 5 省闪电参数 30.8°N 纬度线南北呈现不同的变化规律,这一现象是在分析大量数据的过程中发现的,出现这一现象的原因无疑与 30.8°N 纬线两侧的地形、气候特征等有密切关系。长江横贯中部 5 省,结合地理信息系统,采用 Longitude/Latitude (6.0 and later projections)-Longitude/Latitude (Beijing, 1954) 坐标系投影,长江的位置大致与 30.8°±0.2°N 纬度带重合,至于这是否是造成这中部 5 省闪电参数南北分布的原因,有待于今后深入研究。

参考文献

References

- [1] 陈家宏,张勤,冯万兴,等.中国电网雷电定位系统与雷电监测网[J].高电压技术,2008,34(3):425-431
CHENG Jiahong, ZHANG Qin, FENG Wanxing, et al. Lightning location system and lightning detection network of China power grid[J].High Voltage Engineering, 2008, 34(3):425-431
- [2] Fleenor S A, Biagi C J, Cummins K L, et al. Characteristics of cloud-to-ground lightning in warm-season thunderstorms in the Central Great Plains[J].Atmos Res, 2009, 91(2/3/4):333-352
- [3] Silva J P, Araujo A E A., Pulion J O S. Calculation of lightning-induced voltages with Rusck's method in EMTP-part B: Effects of lightning parameter variations [J]. Electric Power Systems Research, 2002, 61(3): 133-137
- [4] Orville R E, Silver A C. Lightning ground flash density in the contiguous United States: 1992—1995 [J]. Mon Wea Rev, 1997, 125(4): 631-638
- [5] Orville R E, Huffines G R. Lightning ground flash measurements over the contiguous United States: 1995—1997

- [J]. *Mon Wea Rev*, 1999, 127(11): 2693-2703
- [6] Shindo T, Wada A, Honma N, et al. Lightning occurrence data observed with lightning location systems of electric utilities in Japan; 1992—2001 [J]. *Transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan*, 2004, 124(10): 1255-1262
- [7] Pinto I R C A, Pinto Jr O. Cloud-to-ground lightning distribution in Brazil [J]. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2003, 65(6): 733-737
- [8] 周方媛,肖稳安.安徽省近10年的雷电灾害分布特征分析[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(4): 1908-1911
ZHOU Fangyuan, XIAO Wenan. Distribution characteristics analysis of lightning disaster in Anhui province during recent ten years [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2010, 38(4): 1908-1911
- [9] 王学良,刘学春,黄小彦,等.湖北地区云地闪电时空分布特征分析[J]. *气象*, 2010, 36(10): 91-96
WANG Xueliang, LIU Xuechun, HUANG Xiaoyan, et al. Analysis of the spatial and temporal distribution characteristics of the cloud-ground lightning in Hubei area [J]. *Meteorological Monthly*, 2010, 36(10): 91-96
- [10] 胡先锋.江西省雷暴活动时空变化特征及雷电灾害的研究[D].南京:南京信息工程大学遥感学院, 2007
HU Xianfeng. Studies on temporal and spatial variations of thunderstorm day in Jiangxi and lightning disaster in China [D]. Nanjing: School of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science & Technology, 2007
- [11] 吴传奇,丁黎,贺恒鑫,等.湖南省电网雷电活动时空分布特征[J]. *高电压技术*, 2010, 36(4): 932-928
WU Chuanqi, DING Li, HE Hengxin, et al. Spatial and temporal distribution characteristics of lightning activity of Hunan power grid [J]. *High Voltage Engineering*, 2010, 36(4): 932-928
- [12] 杜克磊,周筠珺.河南地闪气候特征分析[J]. *成都信息工程学院学报*, 2007, 22(增刊1): 12-15
DU Kelei, ZHOU Junjun. Climatic characteristics of cloud-to-ground lightning over Henan province [J]. *Journal of Chengdu University of Information Technology*, 2007, 22(sup1): 12-15
- [13] 李瑞芳,吴广宁,曹晓斌,等.雷电流幅值概率计算公式[J]. *电工技术学报*, 2011, 26(4): 161-167
LI Ruifang, WU Guangning, CAO Xiaobin, et al. Formula for probability of lightning current amplitude [J]. *Transactions of China Electrotechnical Society*, 2011, 26(4): 161-167
- [14] 陈渭民.雷电学原理[M].北京:气象出版社, 2006: 69
CHEN Weimin. *Lightning principles* [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2006: 69
- [15] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社, 2005: 400-430
ZHU Qiangen, LIN Jinrui, SHOU Shaowen, et al. *Principles and methods of synoptic meteorology* [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2005: 400-430

Distribution characteristics of cloud-ground lightning in five provinces of central China

CHENG Qin^{1,2} XIAO Wenan² WANG Qinglong¹ WANG Xueliang³ ZHANG Kejie³

¹ Yichang Meteorological Bureau of Hubei Province, Yichang 443000

² School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

³ Hubei Lightning Protection Center, Wuhan 430074

Abstract Data of lightning location (2007—2010) and thunderstorm day (1961—2010) from 52 ADTD lightning detection stations are used to analyze characteristics of lightning parameters for five provinces (Hunan, Hubei, Anhui, Jiangxi, Henan) in central China. Results show that lightning parameters present different variation patterns in latitudes on the northern and southern side of $30.8 \pm 0.2^\circ \text{N}$. In latitude from 36.4°N to 30.8°N , the positive lightning intensity descends, with small positive lightning gradient change and average value of $16.48 \text{ kA} \cdot \mu\text{s}^{-1}$. While the negative lightning intensity and gradient reach maximum at 32°N and then fall rapidly at 30.8°N . The occurrence time of maximum and minimum lightning frequency shows a decentralized appearance in a day, and the thunderstorm day starts from approximately April 5 and ends at approximately September 17 in a year. While in latitude from 30.8°N to 24.4°N , both the positive and negative lightning intensity increase, but the positive one increases rapidly from 52.11 kA to 77.88 kA and the negative one increases slowly. The positive lightning gradient has small change with average value of $14.24 \text{ kA} \cdot \mu\text{s}^{-1}$, and the negative lightning gradient decreases from $12.07 \text{ kA} \cdot \mu\text{s}^{-1}$ to $8.90 \text{ kA} \cdot \mu\text{s}^{-1}$. Most lightning occurs on 15:00—16:00, and the least lightning occurs on 8:00—10:00 in a day, the thunderstorm day starts from about February 18 and ends at about October 17 in a year.

Key words intensity of cloud-ground lightning; slope of cloud-ground lightning; first thunderstorm day; last thunderstorm day