

王洁, 曹继军, 杨春, 等. 雷电天气与大气动力场的关系分析 [J]. 陕西气象, 2015 (S1): 1-3.

文章编号: 1006-4354 (2015) S1-0001-03

雷电天气与大气动力场的关系分析

王 洁, 曹继军, 杨 春, 程永进, 王百朋

(陕西省防雷中心, 西安 710014)

摘 要: 通过分析 3 次典型雷电天气过程, 发现强雷电天气过程与大气动力场有对应关系: 强雷电的发生与潜在对流性稳定度指数、能量场和位势稳定度具有较好的相关性; 盛夏时期的强雷电天气与西太平洋副热带高压强盛控制陕西大部分地区且呈东西带状分布、西风槽东移南压关系密切; 高雷电密度区域与区域性暴雨的强降水落区有一定的对应关系, 且强雷电往往先于强降水出现, 雨量最大区域与雷电强度最大区域并不对应。

关键词: 雷电; 大气环境场; 位势稳定度

中图分类号: P446

文献标识码: A

随着全球气候变化、各类极端天气事件频发, 雷电作为十大自然灾害之一^[1], 导致人员伤亡、击毁建筑物、通讯设施等, 严重威胁人们生命财产安全, 越来越受到国内外气象专家、各级政府和社会公众的关注。我国雷电学学者从多方面对闪电原理及成因做了大量分析研究。周筠君等^[2]通过对地闪资料与雷达、降水及探空等资料对比分析, 发现地闪与对流性天气中的降水有较好的相关性, 地闪频数与层结最大不稳定能量一样能够指示对流性天气的发生和发展。郑栋等^[3]利用闪电定位系统结合探空资料, 分析多个大气不稳定参数与闪电活动的关系, 认为潜在对流性稳定度指数、抬升指数、能量场和位势稳定度与闪电活动具有较好的相关性, 可以在长时间、大范围上对闪电活动预报, 这些参数所代表的不稳定性越强, 闪电活动越强。

陕西省闪电定位网 2004 年建成并投入业务使用, 2005 年开始有完整的不间断的闪电监测资料。截止 2013 年底, 7 a 来全省共监测到雷暴日 732 d, 强雷电天气过程均发生在 7—8 月, 2013 年 7 月全省范围内每天都有雷电发生, 是有闪电定位记录以来唯一每天出现雷电的月份。通过分

析陕西省有闪电定位监测网络以来 3 次典型雷电天气过程, 在雷电发生的环流背景基础上, 认识大气动力场与雷电天气过程特征之间的关系, 以期雷电天气的预报预警提供理论依据。

1 灾害最严重的雷电天气过程

随着经济的快速发展, 高层建筑、易燃易爆场所、电脑网络和电子通讯设备不断增加, 引发的雷电灾害事故呈逐年上升趋势。2005 年 5 月 4 日陕西发生了近 10 a 来灾害最严重的雷电天气, 陕西闪电定位系统显示全省共发生闪电 6 000 余次, 延安日闪电次数为全省最多, 达 2 745 次, 咸阳和渭南日闪电次数均超过 1 000 次。当天除电子设备被击坏, 多头牲畜被雷电击死外, 还造成 3 人死亡, 8 人受伤的重大灾害。

2005 年 5 月 4 日的雷电天气是较长时间能量积累而发生的。4 月 29 日到 5 月 3 日, 延安、西安、汉中三站 850 hPa θ_{se} 均稳定上升, 5 月 3 日 08 时汉中 θ_{se} 达到 30 °C。500 hPa 大形势在 2 日以前维持西北风, 新疆到陕北风速较大, 在 12 m/s 以上。3 日环流形势发生大的调整, 贝湖低涡加强并南压, 中高纬度气流变平, 青藏高原低槽发展, 关中到陕南上空转为偏南气流。4 日

收稿日期: 2014-12-18

作者简介: 王洁 (1974—), 女, 陕西平利人, 高工, 从事雷电预警预报研究。

850 hPa θ_{se} 场上,河套地区为较强的东北—西南向的能量锋区。并且陕西大部分地区 $\theta_{se}(500-850) < 0$,可见当天层结极不稳定。

2 持续时间最长的雷电天气过程

2005年7月15日至8月8日,陕西出现了持续时间长达24 d的雷电天气过程。

7月15—23日,500 hPa环流形势主要表现为副高影响型,期间副高势力较强,脊线基本稳定在30°N附近。河套西部有低槽活动,全省受西南气流影响。24日开始,环流形势转为华北冷涡型,环流经向度增大,新疆发展为高脊。贝湖到河套维持一支较强的西北气流,不断有冷槽沿着这支西北气流下滑,华北冷涡也不断发展东移加深,并分裂冷空气南下。700 hPa7月中到下旬四川到陕西维持一致的西南气流,河套西部形成一切变,8月2日川北到陕南有低涡形成,其中心值达 $30 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。川北到陕南水汽通量散度负值较大,最大时中心值达到 $-28 \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$,大量的水汽和能量在陕南积聚,是造成雷电天气持续的重要原因。

这次持续24 d的雷电活动,850 hPa θ_{se} 场始终维持高能状态。从图1可看出,15日开始,四川到陕南为一强大的高能丘控制,17日,高能丘的中心值达83℃,18日后能量继续增加,发展为高能舌,此高能状态一直持续到8月5日,8月6日 θ_{se} 降到70℃以下,持续雷电天气相对减弱并趋于结束。

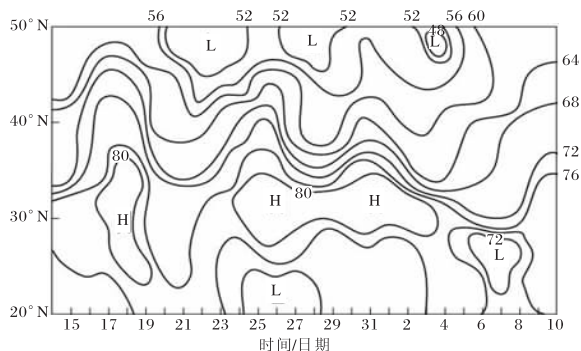


图1 2005-07-15—2005-08-09 沿108°E
850 hPa θ_{se} 时间剖面图(单位:℃)

3 强度最大的雷电天气过程

2010年8月11日出现了有闪电定位监测网以来的最强雷电天气过程,全省24 h发生闪电

14 470次。

3.1 环流形势与物理量

2010年8月11日08:00 500 hPa天气图上(图2),中高纬呈两槽一脊型,高脊位于贝加尔湖附近,两槽分别位于贝加尔湖东西两侧。副热带高压西伸北抬加强,呈东西带状分布,脊线伸至35°N,陕西大部分地区处于副高控制之下。高空锋区紧凑,锋区以北有贝加尔湖冷涡和东北冷涡两个低值系统,陕西位于东北冷涡底部,而贝加尔湖冷涡在冷槽东移过程中不断南压,影响陕西省中南部地区。低层川东到陕南有偏南风急流形成,陕西省处于槽前强辐合区和低空急流的左前方,有利于闪电的对流性天气环流场基本形成^[4]。随着西风槽东移南压,陕西省自西向东先后出现大范围的强雷电天气过程。

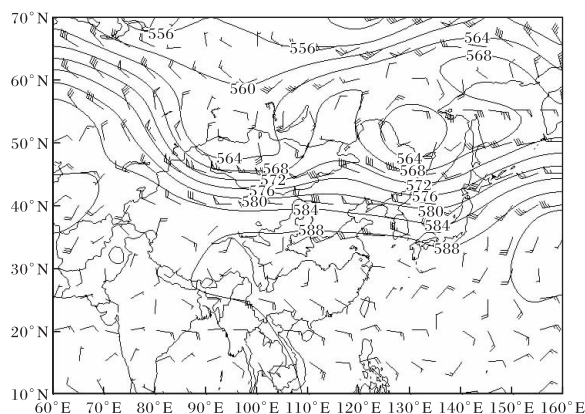


图2 2010-08-11T08 500 hPa高度
场(单位: dagpm)和风场

850 hPa θ_{se} 场上,陕北至关中为一舌状高能区,陕南有一 θ_{se} 高值中心,中心最大值达86℃,可见低层能量堆积明显。位势稳定度 $\Delta\theta_{se}(850-500)$ 正值越大越不稳定,由图3看出,陕北到关中北部以及陕南东部地区处于10~15℃的位势不稳定区域中,与雷电密度较大的区域吻合度较高。说明高雷电密度区与位势不稳定区有较好对应关系^[5]。

沙氏指数指数场上,陕西大部分地区指数小于0,低值中心榆林为-6℃,整个层结显示不稳定。

水汽通量散度场上,川东到陕南水汽通量散度负值较大,最大时中心值达到 $-24 \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$,大量的水汽和能量在陕南积聚。

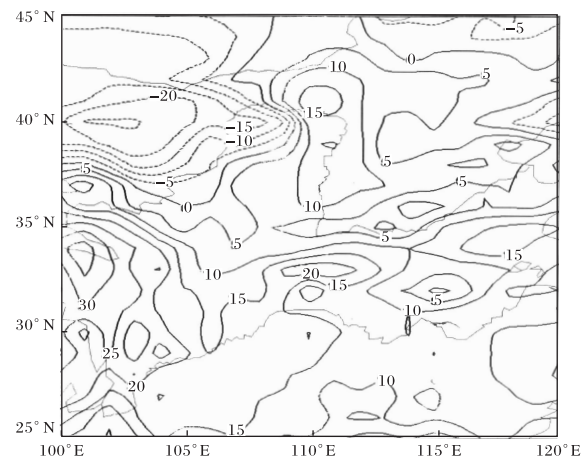


图3 2010-8-11T08 850 hPa 与 500 hPa
假相当位温差值 (单位: °C)

3.2 雷电与降水分布

2010 年 8 月 11 日凌晨陕北雨量较大, 11 日白天陕北降水减弱, 雨带移至关中地区, 陕南无明显降水。12 日, 降水在南移过程中迅速增强, 强降水主要在关中西部和陕南东部地区。此次强降水具有自北向南移动明显的特征。雷电密度最大的区域渭北地区也出现较强降水, 几个站的雨量均为 50 mm 左右。雷电伴随强降水整个过程, 但闪电密集时段在 11 日 17—22 时, 大范围的强降水开始后, 雷电天气渐弱, 雷电区域减小。也就是说雷电天气和强降水有很好的相关性, 强雷电区容易出现强降水, 但强雷电先于强降水出现, 雨量最大区域与闪电密度最大区域并不一一对应 (图 4)。这与张义军等的研究结论吻合: 雷暴中的电活动与对流活动成正相关, 强烈的电活动与强降雨有很好的对应关系^[6]。也与王芝兰^[7]提到的短时强降水和雷暴天气紧密相关的论点相符。

4 结论

- (1) 发生在盛夏的强雷电天气过程, 往往是在西太平洋副热带高压强盛的大环流背景下, 随着西风槽东移南下, 冷涡底部不断分裂冷空气侵入陕西省, 导致中层干冷、低层暖湿的不稳定层结形成, 为强雷电的发生提供有利条件。
- (2) 强雷电天气的发生与对流性稳定度指数、能量场和位势稳定度具有较好的相关性。
- (3) 当强雷电天气过程伴随强降水出现, 强降水落区与强雷电发生区域有较好对应关系。

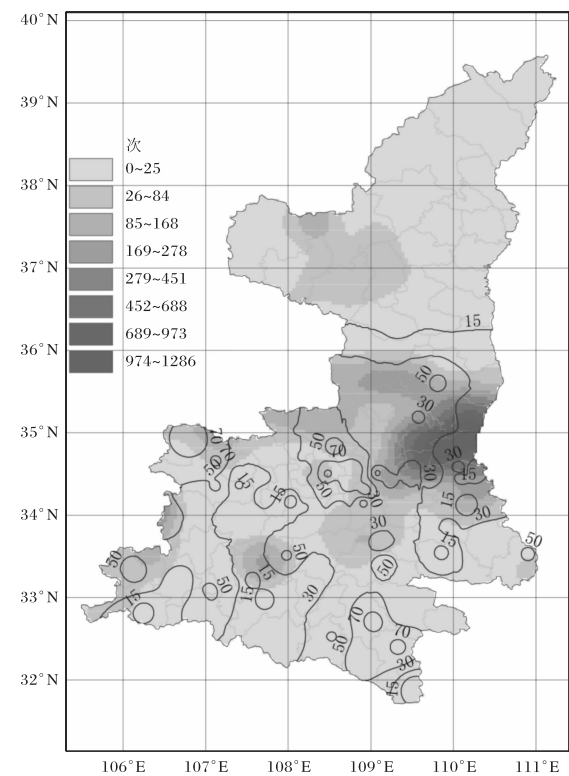


图4 2010 年 8 月 11—12 日陕西省降水量 (等值线, 单位为 mm) 和闪电频次 (色斑) 分布图

参考文献:

[1] 许小峰, 郭虎, 廖晓农, 等. 国外雷电监测和预报研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2003.

[2] 周筠君, 郅秀书, 张义军, 等. 地闪与对流性天气系统中降水关系的分析 [J]. 气象学报, 1999, 57 (1): 103-110.

[3] 郑栋, 张义军, 吕伟涛, 等. 大气不稳定性参数与闪电活动的预报 [J]. 高原气象, 2005, 24 (2): 196-203.

[4] 黄露, 何金海, 卢楚翰. 关于西太平洋副热带高压研究的回顾与展望 [J]. 干旱气象, 2012, 30 (2): 255-260.

[5] 杨庆红, 彭九慧, 刘园园. 一次强对流天气的大气物理量及雷达回波特征分析 [J]. 干旱气象, 2010, 28 (3): 322-326.

[6] 张义军, 华贵义, 言穆弘. 对流和层状云系电活动、对流及降水特征的相关分析 [J]. 高原气象, 1995, 14 (4): 396-405.

[7] 王芝兰. 青海强对流天气时空特征及其对气候变暖的响应 [J]. 干旱气象, 2011, 29 (4): 439-445.