

文章编号: 1006-4354 (2008) 01-0022-04

利用机选相似方法建立雷电天气能量概念模型

高菊霞¹, 庞亚峰², 姚望玲³, 杜建忠¹, 王 洁¹

(1. 陕西省防雷中心, 西安 710014; 2. 西安市气象局, 西安 710016;

3. 武汉市气象局, 武汉 430040)

摘要: 利用 2004—2005 年 (26°N~46°N, 98°E~118°E) 探空站观测资料, 采用机选相似方法制作雷电天气能量场概念模型。分析表明: 陕西省雷电天气能量模型主要有 7 种: 低能槽型、西高东低型、东高西低型、锋区型和高能丘型, 其中东高西低和锋区型又分为高能类和低能类。不同的概念模型对应不同的雷电天气, 对雷电预报有着重要的指导意义。

关键词: 雷电; 机选相似; 能量场; 概念模型

中图分类号: P446

文献标识码: A

1 机选相似方案

大气中的雷电活动, 需要大量的能量, 通常大气运动中, 假相当位温 θ_{se} 是保守的、守恒的。空气质点一般沿等 θ_{se} 面运动, 即等熵运动。所以等 θ_{se} 面是一个物质面。等 θ_{se} 面的形状和分布— θ_{se} 场的型式, 对雷电预报有十分重要的作用。采用以 θ_{se} 场为主, 综合运用多种物理量, 通过机选相似建立雷电天气的主要物理量分布概念模型。

以前, 对大气环流的形势 (500 hPa 高度场) 采用机选相似方法^[1] 制作环流分型。在上述工作基础上, 考察多种机选相似方案, 它们大同小异, 各有所长。因此, 尝试改进方案, 不是让多种方案通过“竞争”选出“最优”方案, 而是让多种方案共同参与机选相似的“操作”, 让多种方案“优势互补”, 共同完成机选相似工作。4 种机选相似方案为:

标准化处理数据、小区域 (31°N~41°N, 103°E~113°E), 计算参数是“相似离度”;

标准化处理数据、大区域 (26°N~46°N, 98°E~118°E), 计算参数是“相似离度”;

原始数据、小区域 (31°N~41°N, 103°E~113°E), 计算参数是“距离”;

原始数据、大区域 (26°N~46°N, 98°E~118°

E), 计算参数是“距离”。

同时, 针对各类 θ_{se} 型的主要特征, 确定具体条件作为判据。日常分型时, 用 4 种方案计算结果比较, 参数判据条件采用人机结合方式, 综合确定 θ_{se} 场的分型。多数情况 4 种方案计算结果比较一致。不一致时不一定是少数服从多数, 而是具体考察判据条件, 以人机结合的方式综合确定。

2 概念模型

根据 2004—2005 年 4—9 月, 26°N~46°N, 98°E~118°E 范围内的探空站观测资料, 采用分型方案, 逐日计算, 最后将 850 hPa θ_{se} 场确定为 7 种类型。

2.1 低能槽 D 型

主要特征是西北区东部为低能槽控制 (图 1a)。整个西北区东部 θ_{se} 均低于 40 °C。由于能级很低, 陕西全省均无雷电天气。判据为符合下列三个条件之二:

$$\theta_{se(\text{民勤+临河+朔州})} \leq 90\text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$\theta_{se(\text{兰州+平凉+临汾})} \leq 120\text{ }^{\circ}\text{C};$$

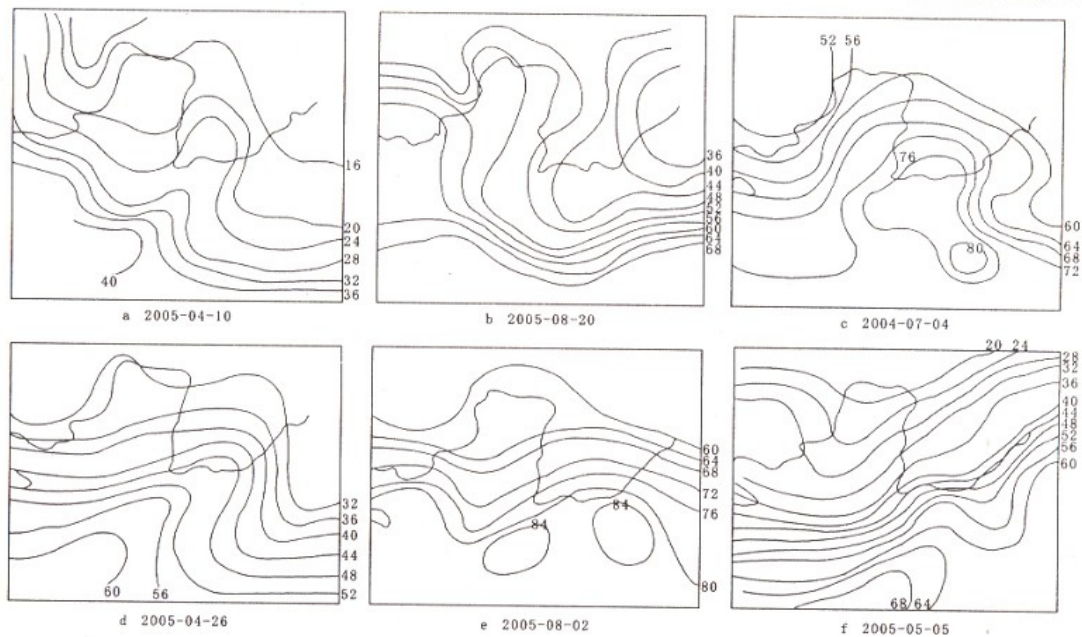
$$\theta_{se(\text{江油+达州+南阳})} \leq 150\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

2.2 西高东低 W 型

主要特征为 θ_{se} 场呈西高东低型 (图 1b)。华北地区常维持一比较深的低能槽。类型持续期间陕

收稿日期: 2007-09-12

作者简介: 高菊霞 (1972-), 女, 陕西眉县人, 学士, 工程师, 从事雷电天气预报及相关研究。

图1 陕西 850 hPa θ_{se} 场 6 种典型场 (单位: $^{\circ}\text{C}$)

西 θ_{se} 数值逐渐升高, 但仍在 60°C 以下, 仍属少雷电天气时段。判据为符合下列三个条件之二:

$$\theta_{se(\text{临河}-\text{北京})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{朔州}-\text{北京})} \geq 10^{\circ}\text{C};$$

$$\theta_{se(\text{平凉}-\text{济南})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{临汾}-\text{济南})} \geq 8^{\circ}\text{C};$$

$$\theta_{se(\text{达州}-\text{蚌埠})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{南阳}-\text{蚌埠})} \geq 8^{\circ}\text{C}.$$

2.3 东高西低 M1 型 (高能类)

主要特征为 θ_{se} 场呈东南高、西北低型 (图 1c)。在西北区东部有一支较强的东北—西南走向的锋区。陕西为能级较高的高能舌所控制, 有利于雷电天气的发生。判据为符合下列三个条件之二:

$$\theta_{se(\text{平凉}-\text{民勤})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{达州}-\text{兰州})} \geq 10^{\circ}\text{C};$$

$$\theta_{se(\text{临汾}-\text{临河})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{达州}-\text{江油})} \geq 8^{\circ}\text{C};$$

$$\theta_{se(\text{平凉}+\text{达州})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{江油}+\text{达州})} \geq 130^{\circ}\text{C}.$$

2.4 东高西低 M2 型 (低能类)

主要特征为 θ_{se} 场呈东南高西北低型 (图 1d)。西北区东部有一支东北西—南走向的锋区。控制陕西的高能舌能级偏低, 不利于大范围的雷电发生。判据为符合下列三个条件之二:

$$\theta_{se(\text{平凉}-\text{民勤})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{达州}-\text{兰州})} \geq 10^{\circ}\text{C};$$

$$\theta_{se(\text{临汾}-\text{临河})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{达州}-\text{江油})} \geq 7^{\circ}\text{C};$$

$$130^{\circ}\text{C} > \theta_{se(\text{平凉}+\text{达州})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{江油}+\text{达州})} \geq 100^{\circ}\text{C}.$$

2.5 锋区 F1 型 (高能类)

主要特征为 θ_{se} 场呈东南高、西北低型 (图 1e)。在 $30^{\circ}\text{N} \sim 40^{\circ}\text{N}$ 有一支较强的东北—西南走向的锋区, 其能级较高。陕西受此锋区影响, 有较强的雷电天气。判据为符合下列三个条件之二:

$$\theta_{se(\text{兰州}-\text{民勤})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{平凉}-\text{临河})} \geq 10^{\circ}\text{C};$$

$$\theta_{se(\text{江油}-\text{兰州})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{达州}-\text{平凉})} \geq 8^{\circ}\text{C};$$

$$\theta_{se(\text{达州}+\text{南阳})} \geq 150^{\circ}\text{C}.$$

2.6 锋区 F2 型 (低能类)

主要特征为 θ_{se} 场呈南高北低型 (图 1f)。在 $30^{\circ}\text{N} \sim 40^{\circ}\text{N}$ 有一支较强的东北—西走向的锋区。锋区的能级较低, 不利较强雷电的发生。判据为符合下列三个条件之二:

$$\theta_{se(\text{南阳}-\text{平凉})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{济南}-\text{朔州})} \geq 15^{\circ}\text{C};$$

$$\theta_{se(\text{临汾}-\text{临河})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{达州}-\text{平凉})} \geq 12^{\circ}\text{C};$$

$$150^{\circ}\text{C} > \theta_{se(\text{南阳}+\text{达州})} \geq 100^{\circ}\text{C}.$$

2.7 高能丘 G 型

主要特征: 在强副高控制下, 110°E 附近有一个较强的高能丘。陕西大部分地区受此高能丘控制, 是具有陕西地方特色的强雷电概念模型 (图 2)。可能是由于秦巴山区下垫面的热力动力作用形成。判据为符合下列三个条件之二:

$$\theta_{se(\text{临河}+\text{朔州})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{民勤}+\text{临河})} \geq 145^\circ\text{C};$$

$$\theta_{se(\text{平凉}+\text{临汾})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{兰州}+\text{平凉})} \geq 150^\circ\text{C};$$

$$\theta_{se(\text{达州}+\text{南阳})} \text{ 或 } \theta_{se(\text{江油}+\text{达州})} \geq 155^\circ\text{C}.$$

3 不同概念模型典型个例分析

3.1 2005年8月12—16日(G型)

2005年8月12—16日强雷电天气持续5d, 主要发生在陕南和关中部分地区。从大气环流背景分析是一次西太平洋副高西伸北抬的过程。8

月10日, 588 dagpm线在长沙、武汉、南京一线, 脊线位于 29°N , 属于副高偏南影响型。8月11日, 副高北抬, 脊线越过长江。8月12—13日, 副高西伸, 588 dagpm线控制陕南和关中大部分地区, 环流型转为副高控制型。8月14—15日, 副高继续北抬, 588 dagpm线控制华北, 环流型转为副高偏北影响型。期间由于强大的副高阻挡, 致使冷空气活动仅限于偏西、偏北地区, 尚未侵入陕西。

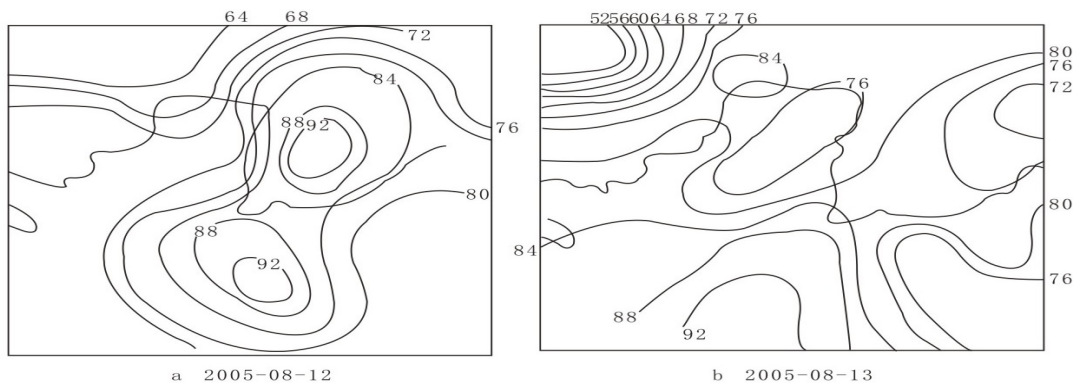


图2 陕西850 hPa θ_{se} 场高能丘型的典型场(单位: $^\circ\text{C}$)

这次连续5d的强雷电天气, 属暖湿气团的内部活动, 即“热雷雨”。850 hPa θ_{se} 场上一直持续高能丘型。从图2b可看出, 山西大同和四川广元附近各有一个高能丘, 其 θ_{se} 达到 80°C 以上, 分别控制陕北和陕南。8月13日K指数和 $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 的分布(图略)反映出陕北和陕南有两个高能丘, K指数达 40°C 左右, $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 超过 -10°C , 中心值超过 -20°C 。这种热力条件和层结条件, 对强对流和强雷电天气的发生、发展十分有利。实况是陕南维持3~5d的强雷电天气, 而陕北只有局地性的弱雷电。分析发现这与动力条件有关。尽管有暖湿切变, 也需要有触发条件, 即抬升源, 才能使不稳定能量得以释放。8月13日冷锋远在甘肃河西, 距陕西约1000 km, 天气尺度的抬升源条件尚不具备, 只能依靠不连续界面、非均匀加热、风和地形的相互作用等小尺度的抬升源。通过流场分析可看出: 陕北、陕南流场的机制截然相反, 陕北低层辐散($9 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$), 高层辐合($-9 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$), 陕南低层辐合($-4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$), 高层辐散($14 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$)。表明陕北为下沉气流

区, 陕南为上升气流区。分析物理量 ω 场, 从850~250 hPa 6个层次均为空白区, 正负区无法判断, 说明天气尺度的垂直运动很弱。因此陕南正好具有适当的中小尺度的抬升源, 促使不稳定能量释放, 产生强雷电天气, 陕北却相反。

3.2 2005年7月24—8月8日(F1型)

2005年7月24—8月8日持续16d的雷电天气是典型的冷涡型强雷电天气(华北冷涡), 期间500 hPa盛行西风。在新疆高脊前部, 从贝加尔湖到河套, 维持一支较强的西北气流。沿着这支西北气流, 不断有冷槽下滑加深, 触发雷电天气。上述背景下, 抬升源一直存在。8月2日700 hPa四川达州附近, 有一正涡度中心, 中心值达 $30 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。配合其他资料分析证实, 那里有一个中尺度低涡。相应的850 hPa, 四川广元附近有一负水汽通量散度中心, 中心值达 $-28 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$, 这种机制有利于大量的水汽和能量在陕南积聚。7月24—25日, 7月27—28日和8月2—3日, 陕南到川北, 水汽通量散度出现3个峰值, 相对应这3个时段陕南雷电天气也十分活

跃。从图 3 可以看出:多雷电时段 7 月 22 日到 8 月 4 日,达州的 θ_{se} 维持在 80°C 左右。临河与达州之间维持一强锋区, $\Delta\theta_{se(\text{达州}-\text{临河})}$ 达 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。期间 $850\text{ hPa}\theta_{se}$ 场均维持锋区 F1 型(高能类), 陕西上空为一支较强的东东北—西西南走向的锋区。

当天的雷电指数^[2]高达 69, 关中陕南有强雷电天气。8 月 6 日, 达州 θ_{se} 降为 69°C , $\Delta\theta_{se(\text{达州}-\text{临河})} = 4^{\circ}\text{C}$, F1 型结束, 雷电天气也相应减弱。7 月 24—8 月 8 日期间能量锋上有 2 次波动, 相应地有 2 次“暖锋”和“冷锋”天气, 期间出现 3 次强雷电天气。

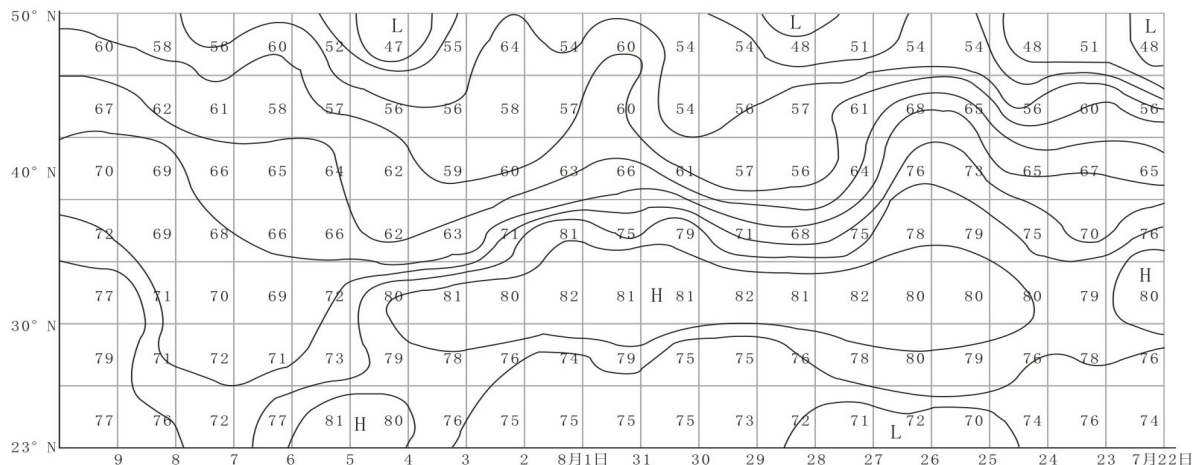


图 3 2005-07-22—08-09 沿 108°E $850\text{ hPa}\theta_{se}$ 的时间剖面图 (单位: $^{\circ}\text{C}$)

3.3 2005 年 6 月 28 日 (M1 型)

$850\text{ hPa}\theta_{se}$ 场呈 M 型, 即东南高西北低, 移动性的能量锋区波动, 自西 (西北) 向东 (东南) 运动, 能量锋区造成雷电天气。环流型多为移动性的冷锋低槽类, 这是陕西出现频次最高的雷电天气。根据高能舌的强度又分为高能类 M1 与低能类 M2。通常 M1 型会带来全省性较强的雷电天气, 但本例陕北的雷电天气较弱。分析表明: 从陕北到陕南能量锋区达最强的档次, 临河上空能量差动平流 ($500\sim 850\text{ hPa}$) 达 17°C , 表明陕北的对流不稳定趋于减小, 锋区的强度也相应减弱。反之, 兰州附近为一负差动平流中心, 中心达 -28°C , 表明关中、陕南的对流不稳定将继续增大, 能量锋区的强度也还会增强。关中、陕南普遍发生强雷电天气。

4 小结与讨论

4.1 M1 型与孔燕燕等^[3]介绍的最常见的两种强雷暴的概念模型相似, 主要的物理机制与结构完全一致。孔燕燕介绍的强雷暴概念模型中的湿舌对应图 1c 的高能舌, 冷锋对应高能舌西侧的能

量锋区, 暖锋对应高能舌东侧的能量锋区, 高空急流与低空急流也基本一致。

4.2 F1 型主要特征与我国最常见的冷涡型强雷暴的概念模型相似, 但 F1 型的北支急流 (冷平流) 有两股, 一是冷涡北侧偏东冷平流, 二是沿新疆脊前的西北气流南下的冷空气。

4.3 强副高控制下的高能丘型是具有陕西地方特色的强雷暴概念模型, 与秦巴山区下垫面的热力动力作用有关, 形成“中小尺度抬升源”, 在条件有利时, 中小尺度系统急剧发展, 突破强副高的稳定层结, 造成强雷电天气。

参考文献:

- [1] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2004: 181-192.
- [2] 高菊霞, 庞亚峰, 梁生俊, 等. 陕西大范围雷暴 850 hPa 能流场特征分析 [J]. 陕西气象, 2007 (2): 29-32.
- [3] 孔燕燕, 沈建国. 强雷暴预报 [M]. 北京: 气象出版社, 2001: 23-25.