

文章编号:1673-8411 (2019) 04-0018-06

巴中地区强对流天气预报方法研究

王茂书¹, 刘锐², 龙俊天¹, 袁亮¹

(1.四川省巴中市气象局, 巴中 636001 2. 四川省巴中市巴州区气象局, 巴中 636001)

摘要: 利用1987–2017年高空观测资料、地面观测资料,以及巴中市国家气象站、区域气象站资料,雷达资料,灾情资料,EC细网格预报资料,采用中尺度分析方法分析,总结了巴中地区强对流天气的四种概念模型、分类预报方法和地面要素临近预警指标。并基于EC细网格历史资料,采用主成分分析方法筛选物理量因子,通过配料法建立了巴中地区雷暴大风预报方程,实验表明当雷暴大风预报方程预报值大于60%时,巴中地区发生雷暴大风的概率很大,具有很好的指示作用。

关键词: 强对流;概念模型;预报方法研究;物理量

中图分类号: P46

文献标识码: A

Study on the forecast method of strong convective weather in Bazhong area

Wang Maoshu¹, Liu Rui², Long Juntian¹, Yuan Liang¹

(1.Bazhong Meteorological Service, Bazhong Sichuan 636001;2.Bazhou District Meteorological Service, Bazhong Sichuan 636001)

Abstract: Using the data of high altitude observation and ground observation from 1987 to 2017, as well as the data of Bazhong national meteorological station, regional meteorological station, radar data, disaster data, and EC fine grid forecast data, we chose the method of mesoscale analysis and summarized the four conceptual models, classified forecast methods and ground element approaching early warning indicators of severe convective weather in Bazhong region. Based on the historical data of EC fine mesh, the principal component analysis method was used to screen the physical quantity factor, and the thunderstorm gale forecast equation was established by the batching method. The experiment showed that when the forecast value of the thunderstorm gale forecast equation was greater than 60%, thunderstorms and winds had a large probability to occur in Bazhong.

Key words: strong convection; conceptual model; prediction method research; physical quantity

引言

强对流是一种深厚对流天气过程,在我国天气预报业务中,强对流天气主要包括冰雹、雷暴、大风、短时强降水和龙卷等五类强对流现象^[1]。强对流天气一直是我国乃至全世界预报的难点,其造成的气象灾害十分严重。关于强对流天气预报,徐双柱^[2]等结合2015年6月1日长江监利“东方之星”客轮沉船事件及在强对流天气预报中长期积累的一些经验,认为目前强对流天气预报存在的主要问题是对于强对流天气监测能力不足、强对流天气形成的机

理认识不足、数值预报模式对强对流天气预报能力不足和强对流天气预报方法不足。为此,气象学者做了相关研究,在短时临近预报方面已经取得了不少有效的成果^[3-15],为强对流天气短临预报提供了技术支撑。在短期预报方面,吴蓁^[16]等建立了郑州市对流性天气的预报模型、预报指标和相应的预报方程。郭媚媚^[17]等人将西江流域的强对流天气形势分成7个类型,并得出了一些对强对流天气预报有指导意义的结论。许爱华^[18]等提出了中国强对流天气5种基本类别:冷平流强迫类、暖平流强迫类、斜压锋生类、准正压类、高架对流类,并给出各类别的形成机制,

收稿日期:2019-06-21

作者简介:王茂书(1984-),男,主要从事短期天气预报。E-mail: wangmaoshu2003@126.com

为提高强对流天气的预报预警水平提供更多的技术支持。

巴中地区位于四川省东北部,大巴山系米仓山南麓,是四川省强对流天气高发区,每年由短时强降水、对流大风、以及雷暴造成的气象灾害损失十分严重。目前对巴中地区的强对流天气系统性研究还是处于空白,因此对巴中地区的强对流天气进行研究是十分必要和迫切的。本文主要结合高空和地面实况资料,基于中尺度分析方法,建立巴中地区强对流天气短期概念模型和预报指标,并分析总结出强对流天气预报的着眼点,为今后预报巴中地区强对流天气提供参考。

1 资料和方法

所用资料为 1987–2017 年高空观测资料、地面观测资料,以及巴中市国家气象站、区域气象站资料,雷达资料,灾情资料,EC 细网格预报资料。伴随雷暴现象的对流性大风($\geq 17.2\text{m/s}$)、冰雹、短时强降水定义为一次强对流天气个例,总共为 99 例。当强对流天气发生在白天(08–20 时)时使用当天 08 时实况资料,强对流天气发生在夜间(20–08 时)时

使用 20 时实况资料。基于中尺度分析方法对所有强对流天气个例进行影响系统分析建立概念模型,总结出简单实用的预报指标。

基于 EC 细网格物理量产品和主体成分分析方法筛选出重要因子,根据各个因子权重和阈值建立雷暴大风预报方程。(备注:采用就近原则,当台站发生雷暴大风时,选取的物理量离台站最近的 EC 格点值,时间分辨率为 3 小时,预报时效为 24 小时)。

2 强对流天气概念模型及预报指标

2.1 高空温度槽东移南压型

高空温度槽东移南压型(图 1),从低层到高层没有明显的低值系统出现,具有很强的隐蔽性,预报难度大。从低层分析,巴中地区 925–850hPa 大多时候还受温度脊的影响,温度较高,正变温明显。850–700hPa 风场紊乱,很多时候没有明显的切变存在。500hPa 从川东北至青海、甘肃一带为西北气流或阶梯槽,并存在明显的温度槽,槽后为明显的负变温区,在西北气流引导下,温度槽东移南压叠加巴中地区低层温度脊或高温区上,从而导致了强对流天气的发生。

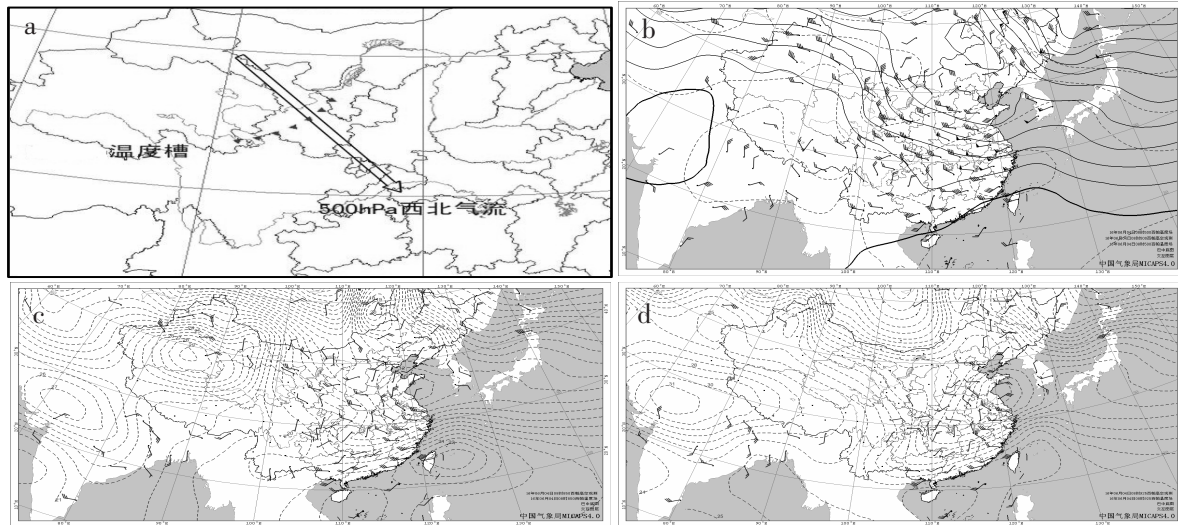


图 1 巴中地区强对流天气概念模型—高空温度槽东移南压型(a)、典型个例:2016 年 6 月 4 日 08 时高空图(b:500hPa、c:850hPa、d:925hPa;虚线为等温线、实线为等高线)

高空温度槽东移南压型主要发生在 3~6 月份,预报的关注点是温度槽的东移南压。根据统计分析,在高空温度槽东移南压型中,850hPa 和 500hPa 的温度差达到 27°C 以上和地面日平均温度较历史同期偏高 2°C 以上时,发生强对流天气的可能性比较大。

2.2 华北低涡型

华北低涡型系统配置见图 2,500hPa 为偏西北气流或偏西气流,850–700hPa 一致的偏南显著气流或西南急流,850hPa 为华北低涡,低涡的西南侧有明显的负变温,在西侧的东北气流引导下,冷平流入侵巴中地区,冷暖空气交汇,导致强对流天气的发

生。

华北低涡导致发生的强对流天气主要在 4-6 月份,预报的关注点是低涡西侧偏东气流引导冷平流入侵巴中地区。根据统计分析,在华北低涡型中,

850hPa 和 500hPa 的温度差达到 26°C 以上和地面日平均温度较历史同期偏高 3°C 以上时,发生强对流天气的可能性比较大。

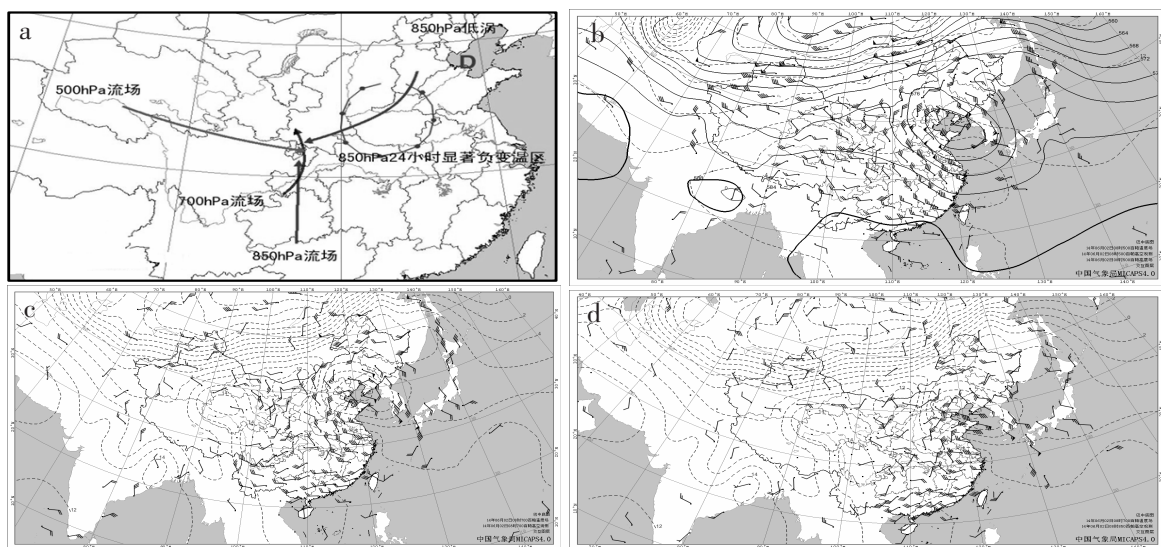


图 2 巴中地区强对流天气概念模型—华北冷涡型(a)、典型个例:2014 年 6 日 2 日 08 时高空图(b,500hPa、c,700hPa、d,850hPa;虚线为等温线、实线为等高线)

2.3 低空急流强迫型

低空急流强迫型的影响系统比较明显(图 3),500hPa 青藏高原东部有低槽存在,850-700hPa 一致的偏南显著气流或西南急流,700hPa 甘南地区和 850hPa 川东北地区有切变线,从低层到高层影响系统配置较好。当高原低槽东移引导冷空气南下时,中高层的冷平流叠加在低层暖湿气流之上,触发巴中地区大气不稳定能量释放,从而导致强对流天气的

发生。当高空低槽尚未东移南压影响到巴中地区时,低空西南或偏南气流明显加强造成的风速脉动也可以触发强对流天气的发生。低空急流强迫型强对流天气主要在 4-9 月份,时间跨度较长。

根据统计分析,在低空急流强迫型中,850hPa 和 500hPa 的温度差达到 18°C 以上就可能有强对流天气发生,如果地面日平均温度较历史同期偏高 4°C 以上时,发生强对流天气的可能性比较大。

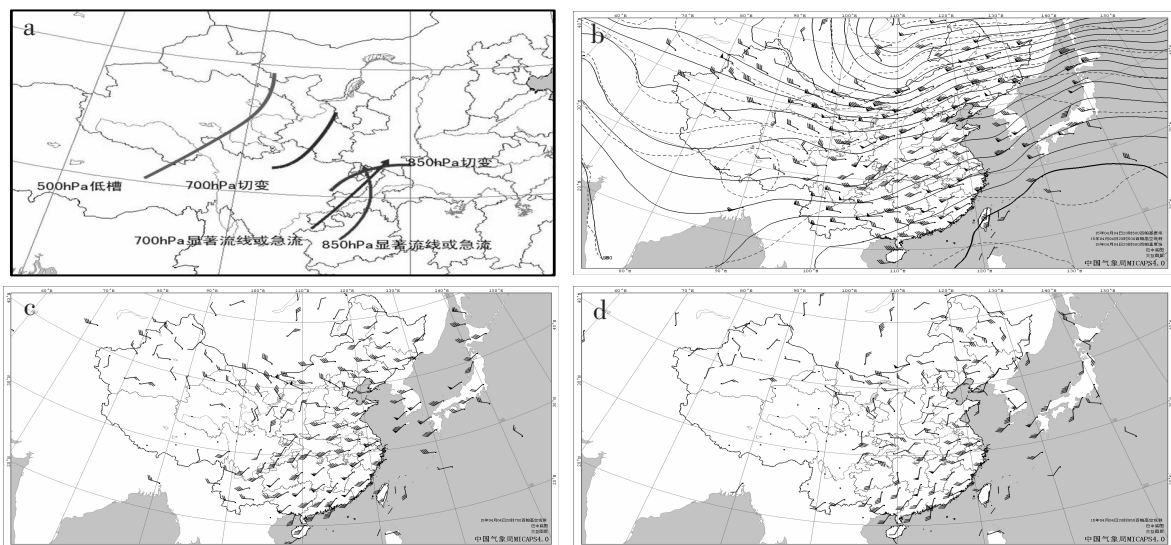


图 3 巴中地区强对流天气概念模型—低空急流强迫型(a)、典型个例:2015 年 4 日 4 日 20 时高空图(b,500hPa、c,700hPa、d,850hPa;虚线为等温线、实线为等高线)

2.4 副高边缘型

副高边缘发生的强对流天气物理机制较复杂,但从概念模型分析(图4),可以找到些经验。巴中地区副高边缘发生的强对流天气中,副高西伸点往往

位于达州-重庆-湖北一带,200hPa或100hPa有反气旋流场存在,有利于抽吸。低层850-700hPa在强对流发生前,一般为弱的偏南气流,当850-700hPa偏南气流突然明显加强时,强对流天气就可能发生。

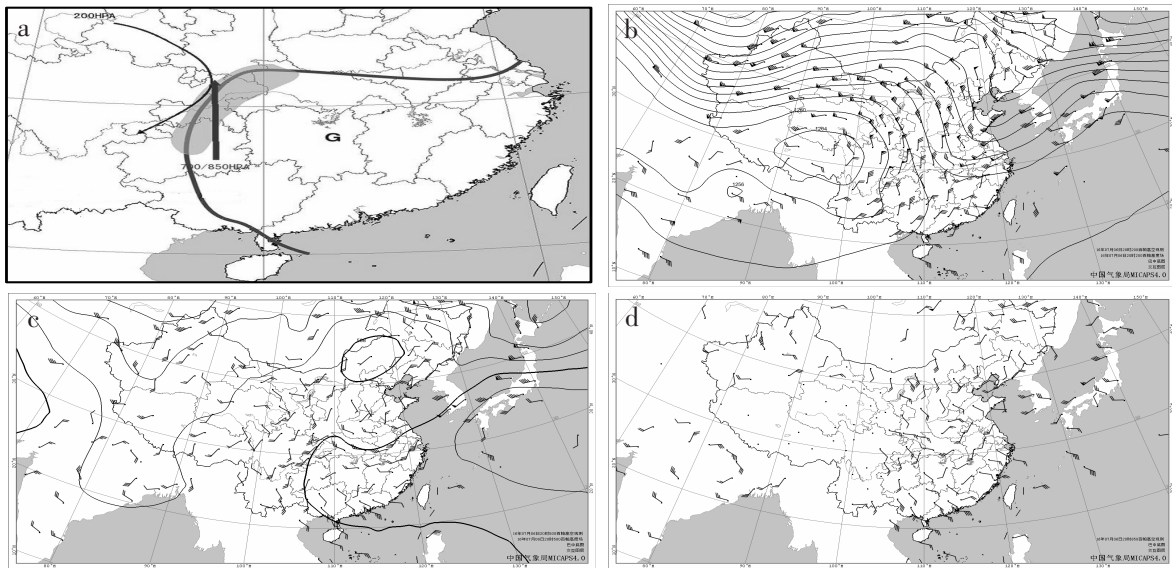


图4 巴中地区强对流天气概念模型-副高边缘型(a)、典型个例:2016年7月6日20时高空图(b,200hPa、c,500hPa、d,850hPa;实线为等高线)

3 强对流天气分类预报方法

3.1 冰雹预报方法

通过统计分析发现,0℃和-20℃层高度是在满足概念模型前提下,判断是巴中地区否有冰雹发生的最有效因子。巴中地区发生冰雹时,0℃层平均高度为4241m,最小值为3742m,最大值为4440m,-20℃层平均高度为7226m,最小值为6560m,最大值为7601m。此外,0~6km的垂直风切变一般大于10m·s⁻¹(含)以上。

3.2 大风预报方法

对流大风判据主要采用探空图,通过探空图的形状和物理量来判断。通过统计分析发现,在强对

流天气发生伴随对流大风和没有对流大风的个例当中,探空图的形状表现出一些明显的不同点。以图5为例,2014年6月2日巴中地区发生的一次强对流天气过程,伴随明显的对流大风,巴州城区15时57分极大风速达到了24.5m·s⁻¹。通过与没有对流大风发生的强对流天气过程比较,上干下湿,都比较一致,从形状分析,最大的区别是有对流大风出现的个例中,大多数探空图中850hPa以下,等饱和比湿线偏离层结曲线和状态曲线都比较远,0~6km的垂直风切变一般大于8m·s⁻¹以上。相反,如果850hPa以下等饱和比湿线距离层结曲线和状态曲线比较近,出现对流大风的概率就比较小,主要以短时强降水为主,例如图6中,强对流天气以短时强降水为主,

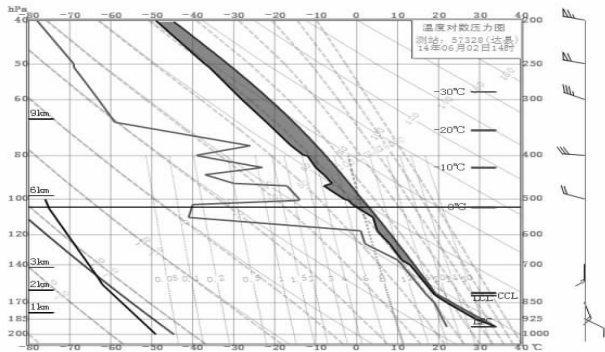


图5 2014年6月2日14时达州站探空

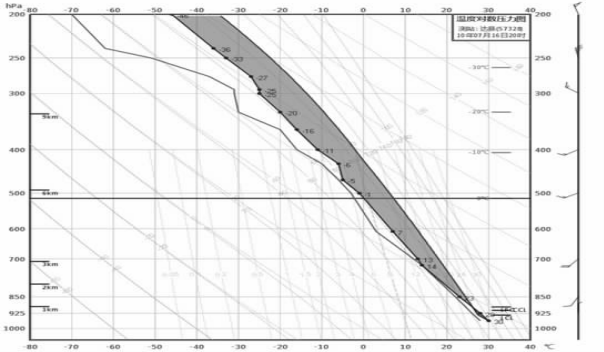


图6 2010年7月16日20时达州站探空

没有对流大风出现。

3.3 短时强降水预报方法

王茂书^[19]等通过研究得出,当 K 指数、对流自由高度 LFC_P、850hPa 假相当位温、850hPa 比湿以及 700hPa 比湿都大于各自的平均值 (K 为 36℃, LFC_P 为 5112hPa,850hPa 假相当位温为 66.7℃,比湿为 7.79g/kg)时,巴中地区发生短时强降水的概率很高。通过分析巴中地区强对流个例发现,只要存在 850–700hPa 的湿层厚度,基本发生了短时强降水。

3.4 地面露点温度对各类强对流天气的指示

通过分析地面露点与强对流天气类型发现,强对流天气类型与地面露点温度具有很好的相关性,有强降水伴随的强对流天气地面露点最高,其次冰雹天气,最后是对流大风。它们阈值分别为 23℃、15℃、12℃。

4 强对流天气地面要素变化临近预警

从地面要素变化分析(表 1),强对流天气发生

时与前一小时地面要素比较,大部分个例都出现了降温(占总个例 92.7%)、升压(占总个例 82.6%)、露点下降(占总个例 72.4%)、相对湿度上升(占总个例 86.9%) 的地面要素变化,它们的平均值分别为–2.2℃、0.7hPa、–0.5℃、7%。少数个例出现了升温降压情况,主要原因是强对流天气发生时间离正点时间比较靠后。在露点没有下降的个例当中,89.4%的个例都没有出现对流大风天气,主要以短时降水和雷电为主,因此可以作为判断是否有对流大风天气的因子。

为了争取强对流天气的预报时效,分析强对流天气发生前三小时与强对流天气发生时的整点地面要素变化发现,大部分个例依然存在降温(占总个例 94.2%)、升压(占总个例 79.7%)、露点下降(占总个例 68.1%)、相对湿度上升(占总个例 86.9%)的地面要素变化,它们的平均值分别为–3.4℃、1.2hPa、–1.1℃、9%。在少数露点上升的个例当中,81.8%的个例都没有出现对流大风天气。而在少数相对湿度下降的个例当中,88.8%的个例都出现了对流大风天气。

表 1 2004–2017 年巴中地区发生强对流天气地面要素变化统计

要素	最小值	最大值	平均值
1 小时温度变化值	–11.4	0.7	–2.2
1 小时气压变化值	–1.6	3.1	0.7
1 小时相对湿度变化值	–3	40	7
1 小时露点变化值	–3	2.7	–0.5
1 小时水汽压变化值	–5	4.5	–0.8
3 小时温度变化值	–13.2	–0.9	–3.4
3 小时气压变化值	–1.7	5	1.2
3 小时相对湿度变化值	40	45	9
3 小时露点变化值	–9.3	2.8	–1.1
3 小时水汽压变化值	–9.1	2.9	1.4

5 雷暴大风预报方程

选取实验的 EC 物理量因子分别为涡度 (925–500hPa)、散度 (850–100hPa)、相对湿度 (850–700hPa)、比湿(850–700hPa)、K 指数、对流有效位能 (CAPE)、垂直速度 (850–500hPa)、水汽通量散度 (850–700hPa)、假相当位温 (850–700hPa)、温度平流 (850–700hPa)、温度差 ($T_{500}-T_{850}$)、螺旋度 (850–700hPa)、风速 (925hPa)、风速差 ($V_{500}-V_{850}$)、假相当温度差 ($\Theta_{se500}-\Theta_{se850}$)等。通过 SPSS 软件对以上物理量因子进行主成分分析,当 n 个前主成分的累计贡献率大于 90%时,则对物理量因子进行配料因子

选择。

当某物理量因子满足该阈值时,P=1,不满时 P=0,则雷暴大风的概率预报方程为:

$$F=P \times X_1+P \times X_2+P \times X_3+\cdots+P \times X_{11} \tag{1}$$

方程(1)中, X_1,\cdots,X_{11} 分别代表了 $T_{500}-T_{850}$,K 指数, $\cdots,\Theta_{se500}-\Theta_{se850}$ 的权重系数(表 2)。通过样本实验发现,当 F 大于或等于 60%以上时,发生雷暴大风的概率很大,具有很好的参考价值。

6 结论

(1) 巴中地区强对流天气可能满足高空温度槽东移南压型概念模型,850hPa 和 500hPa 的温度差

表 2 预报因子、贡献率、阈值、权重系数

物理量因子	贡献率 (%)	阈值	权重系数
$T_{300}-T_{850}$	25.6	≥ 20	0.276757
K 指数	13.2	≥ 35	0.142703
风速 (925hPa)	10.3	≥ 9	0.111351
相对湿度 (700hPa)	7.8	≥ 75	0.084324
涡度 (700hPa)	7.3	≥ -1.5	0.078919
散度 (850hPa)	7.0	≤ 0	0.075676
CAPE	5.8	≥ 280.6	0.062703
$V_{300}-V_{850}$	5.1	≥ 7.5	0.055135
温度平流 (850hPa)	4.0	≤ -2.2	0.043243
垂直速度 (700hPa)	3.5	≤ -4.0	0.037838
$\Theta_{se300}-\Theta_{se850}$	2.9	≤ -9.5	0.031351

达到 27℃以上和地面日平均温度较历史同期偏高 2℃以上；满足华北低涡型概念模型,850hPa 和 500hPa 的温度差达到 26℃以上和地面日平均温度较历史同期偏高 3℃以上；满足低空急流强迫型概念模型,地面日平均温度较历史同期偏高 4℃以上,以上三种情况发生强对流天气的可能性比较大。副高边缘型强对流天气的预报着眼点是低层偏南风风速突然增大。

(2) 强对流天气发生前一小时和前三小时的地面要素与强对流天气发生时比较,大部分个例都出现了降温、升压、露点下降、相对湿度上升,它们的平均值分别为 -3.4℃、1.2hPa、-1.1℃、9% 和 -3.4℃、1.2hPa、-1.1℃、9%。强对流发生前,露点上升往往没有对流大风出现。

(3) 强对流天气分类与地面露点具有很好的相关性,有强降水伴随的强对流天气地面露点最高,其次冰雹天气,最后是对流大风。它们阈值分别为 23℃、15℃、12℃。

(4) 通过个例检验发现,概念模型和指标在短期强对流天气预报中具有较好参考价值的。当雷暴大风预报方程预报值大于 60%时,巴中地区发生雷暴大风的概率很大,具有很好指示作用。但在实际应用中,也存在漏报和空报,今后将继续深入研究订正。

参考文献:

[1] 孙继松,戴建华,何立富,等.2016.强对流天气预报的基本原理和技术方法.北京:气象出版社,1.
[2] 徐双柱,韦惠红.关于强对流天气预报的几点思考[J].暴雨灾害,2016,35(3):197-202.
[3] 许新田,王楠,刘瑞芳,郭大梅,侯建忠.2006 年陕西两次强对流冰雹天气过程的对比分析 [J]. 高原气象, 2010,29(2):447-460.
[4] 纪英惠,伍星赞,周彪,尹新怀.强对流天气监测短时预

报系统[J].气象,1996,22(8):20-23.
[5] 李森,刘健文,刘玉玲.强对流天气临近预报技术研究 [J].气象与环境科学,2010,33(2):85-89.
[6] 张艳红,郑伟,赵勇.鲁南地区强对流天气的临近预报[J].气象与环境科学,2006(3):50-50.
[7] 王笑芳,丁一汇.北京地区强对流天气短时预报方法的研究[J].大气科学,1994,18(2):173-183.
[8] 郑永光,张小玲,周庆亮,端义宏,湛芸,何立富.强对流天气短时临近预报业务技术进展与挑战 [J]. 气象, 2010,36(7):33-42.
[9] 陈秋萍,冯晋勤,李白良,刘锦绣,苏万康,陈齐川.福建强天气短时潜势预报方法研究[J].气象,2010,36(2):28-32.
[10] 徐双柱,韦惠红.关于强对流天气预报的几点思考[J].暴雨灾害,2016,35(3):197-202.
[11] 肖艳姣,李中华,张端禹等.“07.7”鄂东南强对流天气的多普勒雷达资料分析[J].暴雨灾害,2008,27(03):23-28.
[12] 胡文东,杨侃,黄小玉,纪晓玲,穆建华,王敏,杨建玲,郑晓辉.一次阵风锋触发强对流过程雷达资料特征分析 [J].高原气象 2015,34(5):1452-1464.
[13] 郑永光,周康辉,盛杰,林隐静,田付友,唐文苑,蓝渝,朱文剑.强对流天气监测预报预警技术进展[J].应用气象学报,2015,26(6):641-657.
[14] 廖玉芳,潘志祥,郭庆.基于单多普勒天气雷达产品的强对流天气预报预警方法.气象科学,2006,(5):564-571.
[15] 冯晋勤,黄爱玉,张治洋,王新强,2012.基于新一代天气雷达产品闽西南强对流天气临近预报方法研究 [J].气象,38(2):197-203.
[16] 吴蓁郑世林赵培娟张霞.郑州市强对流天气短期预报系统[J].河南气象,2005(4):9-11.
[17] 郭媚媚,麦冠华,何伟芬,何华庆.西江流域强对流天气特征[J].广东气象,2008,30(1):42-44.
[18] 许爱华,孙继松,许东蓓,万雪丽,郭艳,2014.中国中东部强对流天气的天气形势分类和基本要素配置特征 [J].气象,40(4):400-411.
[19] 王茂书,庄唯,周芳存,等.巴中短时强降水特征分析及预报方法研究[J].高原山地气象研究,2015,35(4),31-35.