

# Study on the Short-Term Forecast Method of Rainstorm in Guiyang

Qi Qiao<sup>1</sup>, Hao Zhou<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Guizhou Meteorological Station, Guiyang Guizhou

<sup>2</sup>Guizhou New Meteorological Technology Company, Guiyang Guizhou

Email: 739744930@qq.com, 82579897@qq.com

Received: Mar. 20<sup>th</sup>, 2020; accepted: Apr. 3<sup>rd</sup>, 2020; published: Apr. 10<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Based on the data of 68 rainstorms in Guiyang city from 1991 to 2014, using the conventional detection data and NCEP based on the analysis of  $1^\circ \times 1^\circ$  data, the key areas affected by the rainstorm weather system in Guiyang city are determined. It is found that the main weather system of Rainstorm in Guiyang city is 500 hPa high trough, 850 hPa shear, surface front or convergence line, low level jet stream, subtropical high and typhoon weakened low pressure. According to the mutual configuration of each process which mainly affects the weather system, the rainstorm process in Guiyang city is comprehensively classified. Based on the analysis and statistics of the ground temperature T, the pressure P, the dew point temperature Td and the calculated vapor pressure E of 14 hours on the day of Rainstorm in Guiyang City, and according to 55 rainstorm cases in 1991 - 2009, 6 kinds of single station element change patterns of rainstorm weather are calculated, the short-term forecast method of Rainstorm in Guiyang city is obtained.

## Keywords

Rainstorm in Guiyang, Short Term Forecast, Typing, Single Station Factor

---

# 贵阳市暴雨短期预报方法研究

乔琪<sup>1</sup>, 周峰<sup>2</sup>

<sup>1</sup>贵州省气象台, 贵州 贵阳

<sup>2</sup>贵州新气象科技公司, 贵州 贵阳

Email: 739744930@qq.com, 82579897@qq.com

收稿日期: 2020年3月20日; 录用日期: 2020年4月3日; 发布日期: 2020年4月10日

---

## 摘要

通过对1991年至2014年24年, 贵阳市区出现的68次暴雨天气, 利用常规探测资料、NCEP  $1^\circ \times 1^\circ$ 资料进

文章引用: 乔琪, 周峰. 贵阳市暴雨短期预报方法研究[J]. 气候变化研究快报, 2020, 9(3): 127-134.

DOI: 10.12677/ccr.2020.93016

行分析, 确定出贵阳市暴雨天气系统影响的关键区, 综合分析发现500 hPa高空槽、850 hPa切变、地面锋面或辐合线、低空急流、副热带高压和台风减弱低压是造成贵阳市暴雨的主要天气系统。根据每次过程主要影响天气系统的相互配置对贵阳市暴雨过程进行综合分型, 并通过对贵阳市本站暴雨日当天14 h的地面温度T、本站气压P、露点温度Td及经过计算的水汽压E进行分析统计, 根据1991年~2009年55次暴雨个例, 统计出出现暴雨天气的6种单站要素变化型式, 得出贵阳市区暴雨短期预报方法。

## 关键词

贵阳市暴雨, 短期预报, 分型, 单站要素

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

贵阳市是贵州省的政治、经济、文化中心, 贵阳市位于贵州省自西向东山脉的北侧, 四面环山, 处在自南向北河谷低洼地带的中部, 这种特殊的地形地貌以及其它原因, 导致定点暴雨预报难度非常大。暴雨预报的准确性对公众和党委政府的影响非常大, 如1996年6月30日、2001年、2014年7月15日到17日的持续性暴雨天气, 造成贵阳市内交通瘫痪, 给人民生活 and 财产带来巨大的损失。根据我们的初步研究发现, 贵阳市90年代处于暴雨高发期, 1999年到2006年处于低发期, 2007到2008年又呈现高发的趋势, 如2008年暴雨日达到8天, 因此研究贵阳市的单站暴雨预报至关重要。

暴雨的发生是在有利的天气尺度风场、湿度和稳定度的背景下, 由中小尺度系统引起的, 很多学者早就对其作过深入研究[1][2][3][4]。熊方等[5]以一次连续性暴雨过程为例, 分析了螺旋度与贵州暴雨落区的关系, 指出贵州暴雨往往位于高层螺旋度和低层螺旋度重叠区。张润琼等[6]利用中尺度模式MM5对贵州一次连续性暴雨过程进行了模拟和诊断。试图找出影响贵州暴雨发生发展因子, 从而对贵州暴雨过程的产生原因作一些探讨。以往的研究主要以大范围的、区域性暴雨为对象, 试图从各种物理量场的分布及地形等因子的影响找出其与暴雨之间的关系, 而对单点或局地暴雨的发生发展及其成因则分析得较少。近年来, 局地暴雨的研究正逐渐展开, 马文玉、吴玲萍等[7]用三次排空法较好地解决了长沙单站暴雨的12~36小时预报问题。黄永玉、谢水兰等[8]采用滑动分区车贝雪夫多项式展开模型, 研制福建省建阳市单站5~6月暴雨客观预报模型。尽管如此, 相对于对区域性暴雨的认识程度而言, 我们对单站暴雨特征等的认识仍然非常有限, 如何提高单点暴雨的预报准确率是暴雨短期预报要解决的关键问题。由于多年来计算条件的限制, 对贵阳市的暴雨多从单一的个例进行分析, 没有从根本上彻底研究其产生的机制和原理。当前由于计算条件得到根本改善, 原始资料样本能够满足需求, 因此有必要对贵阳市的单站暴雨进行系统性的研究, 提高其预报准确率。

## 2. 贵阳市暴雨概况及天气学概念模型

### 2.1. 暴雨概况

以20时到20时24小时降雨量统计, 1991年至2014年24年, 贵阳市区出现暴雨68次, 平均每年出现2.8次; 日降水量大于200 mm的有1次, 日降水量大于100 mm的10次, 占14.7%, 日降水量大于等于75 mm的有27次, 占39.7%。贵阳市暴雨日最早出现在4月27日, 最迟出现在10月26日。贵阳

市区暴雨主要集中在 5 到 10 月, 出现暴雨最多的月是 6 月, 24 年有 20 次, 其次是 7 月, 有 18 次, 4 月最少, 仅 1 次(见图 1)。

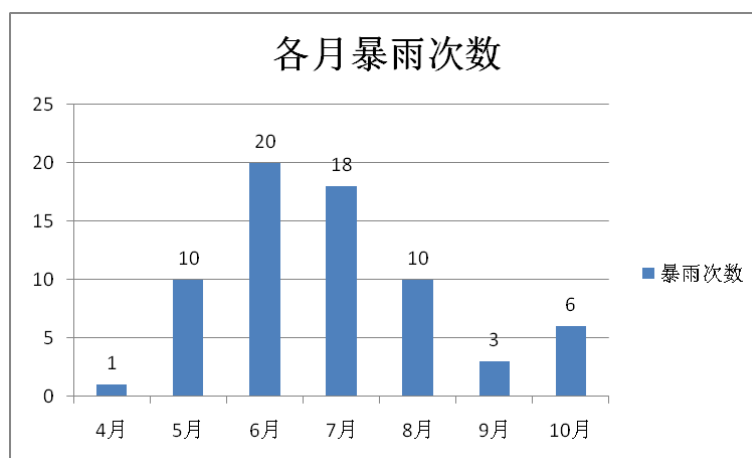


Figure 1. Monthly frequency of rainstorm in Guiyang city in 24 years

图 1. 24 年贵阳市区暴雨各月频次

## 2.2. 引起贵阳市暴雨的主要天气系统

利用 ECMWF 初始场以及 NCEP 再分析资料结合 micaps 实况资料, 综合分析发现造成贵阳市暴雨的主要天气系统有 500 hPa 高空槽、850 hPa 低层切变、地面锋面(冷锋或静止锋)或辐合线、西南低空急流、副热带高压及台风低压。在 68 次暴雨过程中, 有高空槽影响的有 61 次, 占 89.7%, 有低层切变影响的为 59 次, 占 86.7%, 有地面锋面影响的为 31 次, 占 45.6%, 有地面辐合线影响的有 33 次, 占 48.5%, 有西南低空急流影响的有 31 次, 占 30.8%, 有副热带高压边缘影响的有 12 次, 占 17.6%, 由台风减弱低压造成的有 4 次, 占 5.9%。

## 2.3. 贵阳市暴雨天气影响系统关键区

利用 micaps 资料, 对 68 次贵阳市暴雨天气过程的主要影响天气系统进行统计分析, 定义出天气系统的关键区。关键区的确定分为暴雨发生前即当日 08 h、暴雨发生时及当日 20 h (见图 2)。

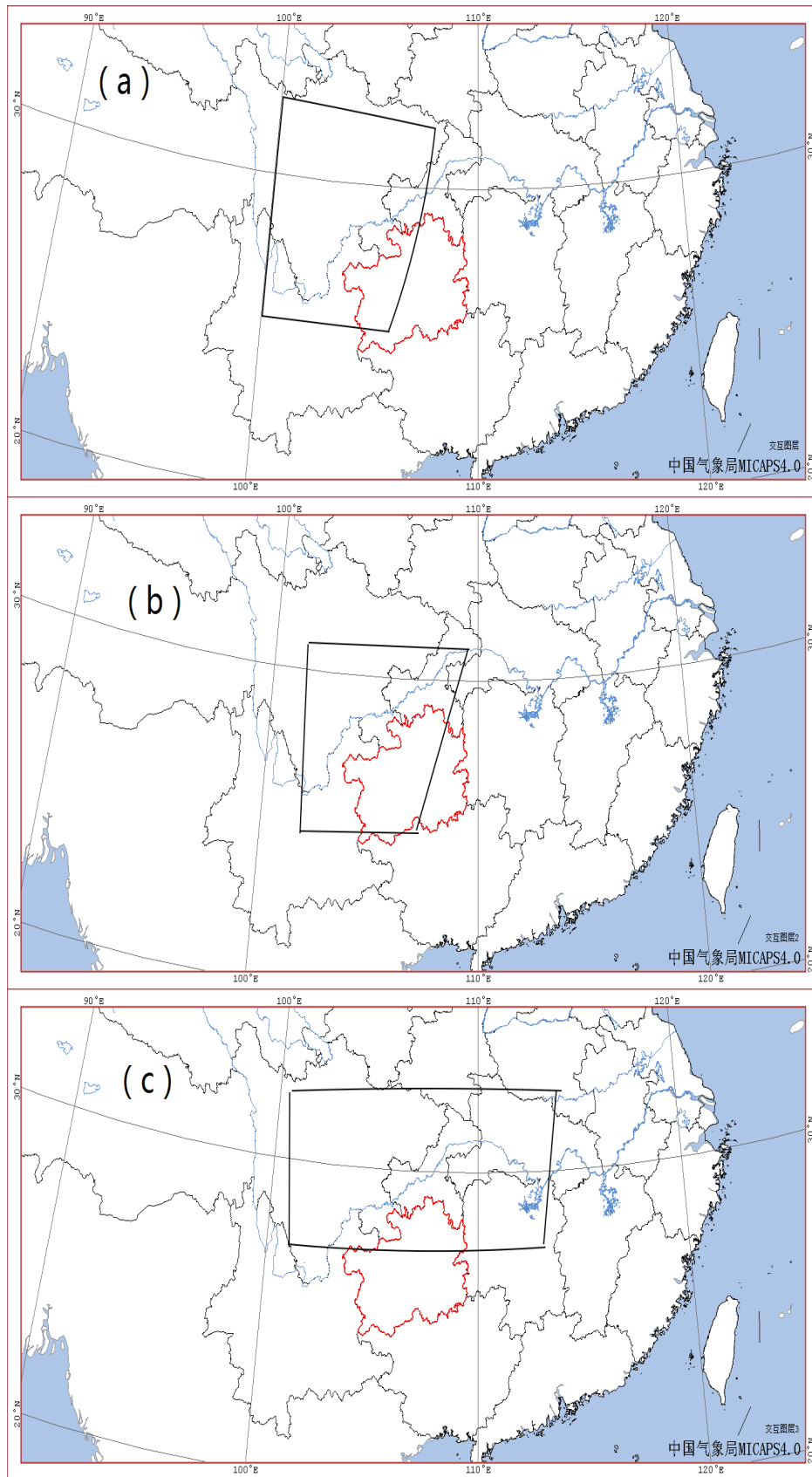
500 hPa 高空槽关键区(图 2(a)~(b)): 暴雨发生前关键区为四川大部 - 重庆 - 贵州西北部, 即  $25^{\circ}\sim 32^{\circ}\text{N}$ ,  $100^{\circ}\sim 106^{\circ}\text{E}$ , 暴雨发生时 20 h 高空槽关键区为四川中东部 - 重庆大部 - 贵州中西部, 即  $25^{\circ}\sim 31^{\circ}\text{N}$ ,  $101^{\circ}\sim 108^{\circ}\text{E}$ 。

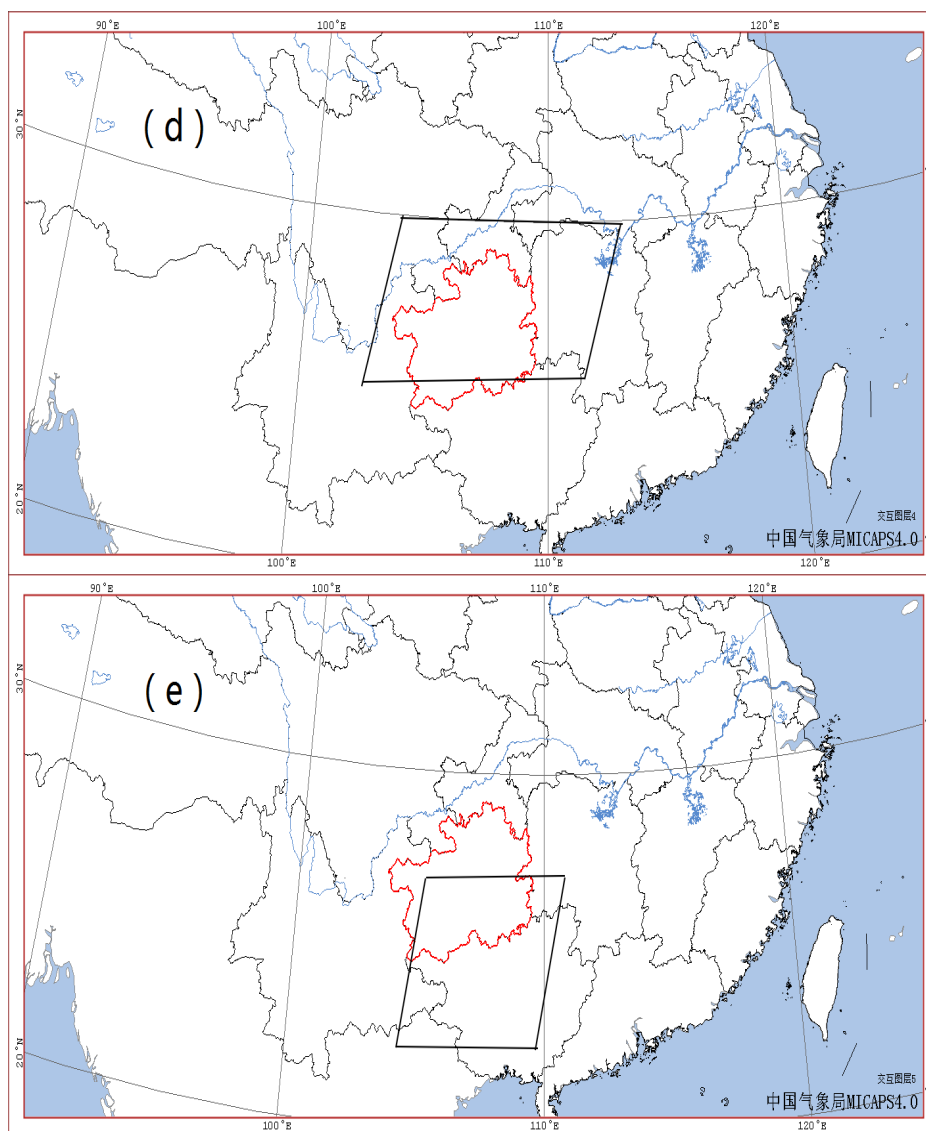
低层切变及地面锋面关键区(图 2(c)~(d)): 暴雨发生前 08 h 关键区为西至四川西部, 东至湖北、湖南北部, 北至四川北部、南支贵州北部, 即  $27^{\circ}\sim 32^{\circ}\text{N}$ ,  $100^{\circ}\sim 113^{\circ}\text{E}$ , 暴雨发生时 20 h 关键区南压, 东西向为四川东南部 - 重庆南部 - 湖州中西部, 南至贵州南部, 即  $25^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ ,  $103^{\circ}\sim 112^{\circ}\text{E}$ 。

西南低空急流或低层南风关键区(图 2(e))为 08 h 与 20 h 变化不大, 为云南东部到广西到贵州中南部, 及即  $22^{\circ}\sim 27^{\circ}\text{N}$ ,  $104^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ 。

## 2.4. 暴雨过程分型

根据每次贵阳市暴雨过程主要影响天系统的相互配置进行综合分型, 得出四种产生贵阳市暴雨的天气类型: 一是高空槽配合地面锋面型, 共出现 24 次, 二是低空切变型, 共出现 28 次, 三是副热带高压西伸型, 出现 12 次, 四是台风低压型, 出现 4 次(见表 1)。





**Figure 2.** Key area affected by weather system (a) 08 h trough area on Rainstorm Day (b) 20 h trough area on Rainstorm Day (c) 08 h shear and front of Rainstorm Day (d) 20 h shear and front of Rainstorm Day (E) southerly area of Rainstorm Day

**图 2.** 天气系统影响关键区(a)暴雨日 08 h 槽区; (b)暴雨日 20 h 槽区; (c)暴雨日 08 h 切变和锋面; (d)暴雨日 20 h 切变和锋面; (e)暴雨日南风区

**Table 1.** Case classification of heavy rain in Guiyang city from 1991 to 2014

**表 1.** 1991 年~2014 年贵阳市区暴雨个例分型

类型	高空槽配合地面锋面型	低空切变型	副高西伸型	台风减弱低压型
次数	24	28	12	4

#### 2.4.1. 高空槽配合地面锋面型

本型是贵阳市暴雨的主要天气形势, 主要在 5~6 月出现暴雨最多。锋面包括地面冷锋、静止锋或者地面辐合线。500 hPa 四川西部到贵州中部即 25°~32°N, 100°~107°E 之间存在低槽或切变线, 低槽槽底一般应低于 27°N。冷锋可在川北到贵州中部, 静止锋可以位于贵州西部或贵州中部, 地面辐合线一般位

于贵州中部贵阳附近。850 hPa 在贵州北部或四川东部存在切变线或低涡, 700 hPa 可以为西南急流或西南风。

#### 2.4.2. 低空切变型

500 hPa 或 850 hPa 在四川北部或重庆附近存在低涡, 并伴有低槽或切变线, 低槽或切变线南侧大都有低空西南急流配合, 如果低涡沿切变线发展东移, 在地面无明显锋面的情况下, 贵阳市也会出现暴雨天气, 但多数会有弱冷空气从偏北路径扩散补充南下。本型在 68 次暴雨个例中共出现 28 次。

#### 2.4.3. 副热带高压西伸型

地面贵州中北部存在锋面或辐合线, 有较强的辐合上升运动, 近地层水汽条件较好, 500 hPa 副热带高压加强西伸, 西伸点至 109°E 附近, 副高脊线位于湖南中部 - 江西中部一线, 500 hPa 副高西伸过程中贵阳市也可有暴雨出现。如果副高继续西伸、北抬后, 暴雨结束。

#### 2.4.4. 台风低压型

台风低压影响贵州造成暴雨天气的主要有两条路径, 一条是偏南路径, 经广东到广西北进入贵州南部北上影响贵阳; 一条是偏东路径, 经江西、湖南进入贵州东部东移影响贵阳。暴雨发生前 12~24 小时, 偏南路径的台风低压中心移到广西中部, 偏东路径的台风低压移到湖南中东部, 低层存在低压倒槽, 低压倒槽基本呈南北向。500 hPa 同样存在低压环流, 与低层环流位置垂直或向南倾斜, 低压倒槽呈南 - 北向或东北 - 西南向。若地面有冷空气南下与台风低压共同作用, 会使降雨量增大。

### 3. 暴雨短期预报方法

#### 3.1. 形势起报条件

在图 3 中, A 区为锋面起报区, B 区为 500 hPa 低槽起报区, C 区为 850 hPa 低涡、切变线起报区, D 区为热带天气系统起报区。当天气系统进入起报区, 说明贵阳市已具备 24 h 内出现暴雨的有利天气形势, 可作为起报条件。

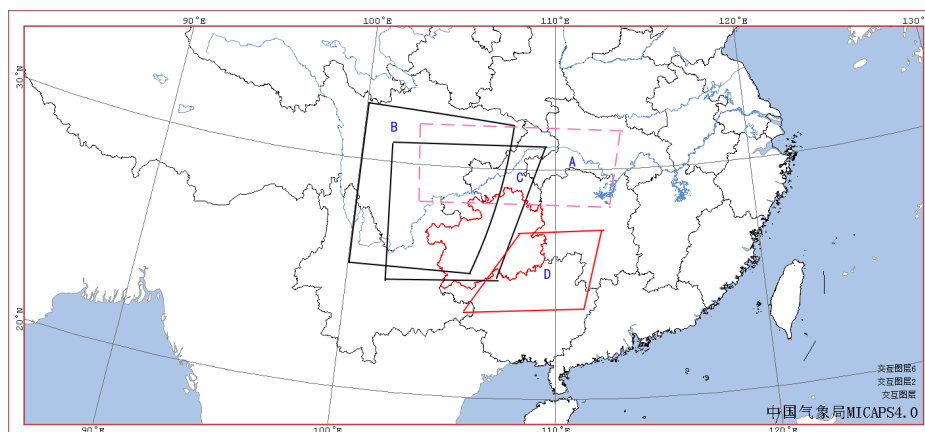


Figure 3. Weather system reporting area

图 3. 天气系统起报区

#### 3.2. 单站要素指标

并不是每次天气系统进入起报区就能产生暴雨, 但在转折性天气和强降水天气时, 单站的温、压、湿要素会出现一些突变, 本文通过对贵阳市本站暴雨日当天 14 h 的地面温度 T、本站气压 P、露点温度



Td 及经过计算的水汽压 E 进行分析统计, 根据 1991 年~2009 年 55 次暴雨个例, 统计出出现暴雨天气的 6 种单站要素变化型式。

水汽压 E 计算公式如下:

$$E = 10.79564 * (1 - 273.16/T) - 5.028 * \text{Log} [(T - Td)/273.16]/2.302585 - 8.2969 * [(T - Td)/273.16 - 1] + 4.76955 * [1 - 273.16/(T - Td)] + 0.78614。$$

### 3.2.1. 增温增湿降压型

增温增湿降压型最有利于暴雨天气的产生, 具体指标如下:

- 1)  $0 < \Delta T \leq 4.0$ ,  $\Delta P < 0$ ,  $\Delta E \geq 0.8$ ,  $E - T \geq 0.5$ ,  $\Delta Td \geq 0.5$ ,  $T - Td \leq 4.0$ ;
- 2)  $\Delta T \geq 0$ ,  $\Delta E \geq 3.5$ ,  $\Delta P \leq 0$ ,  $\Delta(E - T) \geq 0.5$ ,  $\Delta Td \geq 3.0$ 。

上述两条满足任一条件, 则可预报未来 24 h 内贵阳市有暴雨。

### 3.2.2. 增温增湿增压型

此型出现暴雨的次数也较多, 指标如下:

- 1)  $0 \leq \Delta T \leq 4.5$ ,  $\Delta P \geq 0$ ,  $\Delta E \geq 0$ ,  $E - T \geq 0.5$ ,  $\Delta Td \geq 0$ ,  $T - Td \leq 5.0$ ;
- 2)  $0 \leq \Delta T \leq 3.0$ ,  $\Delta E \geq 0.5$ ,  $\Delta P \geq 0$ ,  $\Delta(E - T) \geq 2.5$ ,  $\Delta Td \geq 0$ ,  $T - Td \leq 4.8$ 。

上述两条满足任一条件, 则可预报未来 24 h 内贵阳市有暴雨。

### 3.2.3. 增温降湿降压型

此型出现的次数不多, 指标如下:

$$0 \leq \Delta T \leq 2.0, \Delta P \leq 0, -2.5 \leq \Delta E \leq 0, E - T \geq 1.0, \Delta(E - T) \geq 0.8, T - Td \leq 5.5。$$

### 3.2.4. 降温降湿降压型

此型出现的次数不多, 指标如下:

$$\Delta T \leq 0, \Delta P \leq 0, -2.0 \leq \Delta E \leq 0, E - T \geq 0.6, \Delta(E - T) \geq 0, T - Td \leq 4.0。$$

### 3.2.5. 降温增湿降压型

此型出现的次数较多, 指标如下:

- 1)  $\Delta T \leq 0$ ,  $\Delta P \leq 0$ ,  $\Delta E \geq 0.3$ ,  $E - T \geq 0.5$ ,  $\Delta Td \geq 0$ ,  $T - Td \leq 4.0$ ;
- 2)  $\Delta T \leq 0$ ,  $\Delta E \geq 1.5$ ,  $\Delta P \leq 0$ ,  $E - T \geq -1.8$  或  $\Delta(E - T) \geq 2.5$ ,  $\Delta Td \geq 1.5$ ,  $T - Td \leq 5.2$ 。

上述两条满足任一条件, 则可预报未来 24 h 内贵阳市有暴雨。

### 3.2.6. 降温增湿增压型

此型出现的次数较多, 指标如下:

- 1)  $\Delta T \leq 0$ ,  $0 \leq \Delta P \leq 3.0$ ,  $\Delta E \geq 0$ ,  $E - T \geq 1.5$ ,  $\Delta Td \geq 0$ ,  $T - Td \leq 4.5$ ;
- 2)  $\Delta T \leq 0$ ,  $\Delta E \geq 1.0$ ,  $0 \leq \Delta P \leq 2.5$ ,  $\Delta(E - T) \geq 2.5$ ,  $\Delta Td \geq 0.5$ ,  $T - Td \leq 4.2$ 。

满足上述任一条件, 则可预报未来 24 h 内贵阳市有暴雨。

以上单站要素均为 14 时贵阳站的地面温度 T、本站气压 P、露点温度 Td 及计算得出的水汽压 E。 $\Delta$  为当日 14 时与前一日 14 时该要素的差值。

## 3.3. 效果检验

经过以上六种类型单站要素分型后, 对 2010 年~2014 年的贵阳市暴雨进行检验。2010 年到 2014 年, 13 次暴雨天气能报出 9 次, 但是空报率太高, 导致暴雨预报准确率不是很高。单站要素指标在暴雨预报中有一定的指示意义, 但空报多于漏报, 使用时应结合天气图、各种数值预报产品进行综合分析, 则可

以使空报率明显降低, 从而提高预报准确率。

#### 4. 结论及总结

1) 通过对 1991 年至 2014 年近 24 年, 贵阳市区出现的 68 次暴雨天气进行分析, 确定出贵阳市暴雨天气影响系统的关键区。500 hPa 高空槽、850 hPa 低层切变、地面锋面或辐合线、西南低空急流、副热带高压和台风低压是贵阳市暴雨的主要天气系统。

2) 根据每次过程主要影响天气系统的相互配置对贵阳市暴雨过程进行综合分型, 得出四种类型: 1) 高空槽配合地面锋面型, 2) 低空切变型, 3) 副热带高压西伸型, 4) 台风低压型。

3) 通过对贵阳市本站暴雨日当天 14 h 的地面温度  $T$ 、本站气压  $P$ 、露点温度  $T_d$  及经过计算的水汽压  $E$  进行分析统计, 根据 1991 年~2009 年 55 次暴雨个例, 统计出出现暴雨天气的 6 种单站要素变化型式。单站要素资料在暴雨预报中有一定的指示意义, 但空报多于漏报, 结合天气图、各种数值预报产品进行综合分析, 则可以使空报率明显降低, 从而提高预报准确率。

#### 基金项目

本文由贵州省科学技术基金项目黔科合 J 字[2009] 2042《贵阳市单点暴雨短期预报方法研究》资助。

#### 参考文献

- [1] 陶诗言. 有关暴雨分析预报的一些问题[J]. 大气科学, 1977, 1(1): 64-72.
- [2] 夏大庆, 郑良杰. 大尺度环境场中中尺度对流系统生成的数值模拟试验[J]. 大气科学, 1987, 11(2): 185-193.
- [3] 陶诗言, 丁一汇, 周晓平. 暴雨和强对流天气的研究[J]. 大气科学, 1979, 3(2): 227-238.
- [4] 张家国. “98.7”鄂东连续特大暴雨的中尺度分析[J]. 气象科学, 2001, 21(2): 169-177.
- [5] 熊方, 杜正静. 螺旋度与贵州暴雨落区预报[J]. 贵州气象, 2003, 27(1): 11-13.
- [6] 张润琼, 沈桐立. 贵州 02-6 大暴雨的模拟与诊断分析[J]. 气象, 2006, 32(1): 95-101.
- [7] 马文玉, 吴玲萍, 王斌. 用排空法探究单站暴雨预报[J]. 中国科学院研究生院学报, 1990(2): 37-45.
- [8] 黄永玉, 谢水兰, 李霖. 单站暴雨客观预报方法的一种适用模型[J]. 气象科技, 2005(3): 204-208.