

# 甘肃陇东南地区大到暴雨当时场 环流气候特征分析

王 隴<sup>1,2</sup>, 刘卫民<sup>2</sup>, 贾海源<sup>2</sup>, 王 彤<sup>2</sup>, 靳永才<sup>2</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020 2. 天水市气象局, 甘肃 天水 741018)

**摘 要** 利用 NCEP 1967~2000 年再分析高空格点资料, 分析了大到暴雨当时场高低空环流气候背景特征。并在此基础上根据经验及统计相结合的方法进行模拟拟合, 分月建立了大到暴雨 3 种类型(西高东低、平直或波动、西低东高)的高低空环流气候模型及距平差值场, 从而为以后分析预报成因、建立预报因子库及短期预报建模奠定了基础。

**关键词** 大到暴雨; 环流特征; 分型方法

中图分类号: P457.6

文献标识码: A

## 引 言

甘肃陇东南地区暴洪灾害是我国西北区气象灾害的重点之一, 因暴洪几乎每年都有不同程度的人畜伤亡, 并造成房屋倒塌、农田被淹、冲毁堤坝及交通设施、引起山体滑坡及泥石流爆发等, 造成的直接经济损失平均每年愈亿元。如 1973 年 4 月 28 日夜, 当地庄浪县遭受了强暴雨袭击, 1 h 左右降水量达到了 80 多 mm, 暴洪致使良邑乡李咀村水库垮坝, 洪水席卷了李咀村, 冲淹死 666 人, 伤 71 人。

甘肃陇东南地区位于青藏高原东北部的边坡地带, 因受西风带、副热带、热带大尺度天气系统的制约, 其出现强降水过程的当时场环流特征不同于我国东部及其它地区。我省以往对暴雨的预报分析研究均以行政地域的划分而各自为政, 如分析研究环流特征时多以影响系统的分类建立环流分型模型, 因种类繁多, 且缺乏客观标准, 不便于使用。夏建平将我国西北地区暴雨分为副高西北侧西南气流型、副高西侧偏南气流型、青藏高压西北侧西南气流型等<sup>[1~2]</sup>, 由于研究的地域不同, 加之各种尺度影响系统的相互作用, 环流分型必然反映出许多经验因素和地方特色。如何进行客观分型, 也是我们研究的重要内容, 本文试图通过扩大地域范围, 分析陇东南

(31 个测站)大到暴雨高低空当时场(08 时)主要环流形势特征, 以确定客观分型标准。

## 1 陇东南大到暴雨当时场环流气候特征分析

### 1.1 资料、方法与分析目的

利用 NCEP 1967~2000 年再分析高空格点资料, 根据经验及统计相结合的方法, 分月建立陇东南大到暴雨高低空当时场(08 时)环流气候模型及距平差值场, 以揭示当地出现大到暴雨的主要环流特征。

根据中国气象局规定的暴雨标准日降雨量(20~20 时) $R_{24} \geq 50$  mm 统计分析, 陇东南地区暴雨年及 5~9 月的气候概率分别为 1.7%、4.1%, 为小概率事件。从实际出发, 研究陇东南地区大到暴雨更符合实际需要, 根据中国气象局规定的大到暴雨标准日降雨量(20~20 时) $R_{24} \geq 38$  mm 或半日降雨量(20~08 时或 08~20 时) $R_{12} \geq 23$  mm 分析, 当地大到暴雨的年及 5~9 月气候概率分别为 6.7%、14.9%, 其概率比原有标准分别提高 5、10.8 个百分点。所以, 我们将符合此标准的定义为一个大到暴雨样本。

收稿日期: 2005-01-28 改回日期: 2005-08-11

基金项目: 兰州干旱气象研究所“甘肃省陇东南暴雨短期预报业务系统研究”项目资助

作者简介: 王隴(1946-), 男, 河南省温县人, 高级工程师, 主要从事天气气候预报业务工作. E-mail: zgstswanglong@tom.com

按上述样本统计标准,1967~2000年5~9月陇东南共出现大到暴雨786次( $\geq 1$ 站/次)。统计分析表明,分月大到暴雨出现1站/次(局地)占有一定比例,但强降水过程一般都不是孤立出现的,如同一次强降水过程单站周边地区雨量点(包括非常规雨量点)往往有较大的雨量,所以上述“局地”是针对该地区31个测站而言。同时为了提高当地强降水的气候概率,我们保留了出现1站/次的历史个例。

其中分月样本数依次为80、111、256、223、116个,将这些样本个例对应的当时场(08时)500 hPa位势高度场进行分型。先根据预报员的经验进行人工分型,然后将分型结果加经验指标进行模拟试验,若有明显出入的个例可进行适当调整,直到二者大致相同,最后确定以经验指标进行统计量化的分型结果为准。

## 1.2 环流分型规则

预报实践经验表明,青藏高原东北部主要降水过程的环流特征,可用500 hPa沿中纬度关键区的位势高度倾斜指数来表征,其概念模式如选用西安减格尔木高度差 $\Delta H$ 来反映关键区环流形势,当 $\Delta H \leq -2$ 为西高东低型, $\Delta H \geq 2$ 为西低东高型,若 $\Delta H$ 介于二者之间为平直或波动型。另外,上述关键区环流形势与整个高低层大尺度环流形势有一定连带关系,而且重大降水天气过程往往与上述特定的环流型密切相关。根据这些思路,我们试图通过分析陇东南大到暴雨高低空当时场(08时)主要环流形势特征,以确定客观分型标准。

### 1.2.1 各型定性意义

I型——西高东低,受对流层中、高层高压脊前西北气流控制,一般有冷平流沿脊前西北气流下滑或引导地面冷空气东南下影响;

II型——平直或波动,一般受西风槽、高原低值系统(低涡、切变等)影响;

III型——西低东高,一般受高原槽或高原西南气流及我国大陆副热带高压动态影响。

### 1.2.2 有限区取值范围(单位:gpdm)

选取500 hPa高度场 $95^{\circ}\text{E} \sim 110^{\circ}\text{E}$ 、 $30^{\circ}\text{N} \sim 40^{\circ}\text{N}$ 范围。分A、B、C 3个阶段,设格点:A<sub>0</sub> =  $110^{\circ}\text{E}$ 、 $40^{\circ}\text{N}$ ;A<sub>1</sub> =  $100^{\circ}\text{E}$ 、 $40^{\circ}\text{N}$ ;A<sub>2</sub> =  $90^{\circ}\text{E}$ 、 $40^{\circ}\text{N}$ ;B<sub>0</sub> =  $110^{\circ}\text{E}$ 、 $35^{\circ}\text{N}$ ;B<sub>1</sub> =  $100^{\circ}\text{E}$ 、 $35^{\circ}\text{N}$ ;B<sub>2</sub> =  $90^{\circ}\text{E}$ 、 $35^{\circ}\text{N}$ ;C<sub>0</sub> =  $110^{\circ}\text{E}$ 、 $30^{\circ}\text{N}$ ;C<sub>1</sub> =  $100^{\circ}\text{E}$ 、 $30^{\circ}\text{N}$ ;C<sub>2</sub> =  $90^{\circ}\text{E}$ 、 $30^{\circ}\text{N}$ 。即A:A<sub>0</sub>~A<sub>1</sub>~A<sub>2</sub>;B:B<sub>0</sub>~B<sub>1</sub>~B<sub>2</sub>;C:C<sub>0</sub>~C<sub>1</sub>~C<sub>2</sub>。

再设各阶段格点间位势高度差 $\Delta H$ :

$$\Delta HA1 = (H_{A_0} - H_{A_1}); \Delta HA2 = (H_{A_1} - H_{A_2});$$

$$\Delta HB1 = (H_{B_0} - H_{B_1});$$

$$\Delta HB2 = (H_{B_1} - H_{B_2});$$

$$\Delta HC1 = (H_{C_0} - H_{C_1}); \Delta HC2 = (H_{C_1} - H_{C_2})。$$

### 1.2.3 具体分型规则

I型规则(在A、B阶段中,再选取有关阶段格点间位势高度差 $\Delta H$ )(凡符合如下条件之一者)

$$\textcircled{1} \Delta HB1 \leq -3$$

$$\textcircled{2} \Delta HA1、\Delta HA2、\Delta HB1 \text{ 或 } \Delta HA2、\Delta HB1、\Delta HB2 \text{ 均} \leq -1$$

$$\textcircled{3} \Delta HB1 \leq -1 \text{ 及 } \Delta HB2 \leq -3$$

III型规则(在B、C阶段中,再选取有关阶段格点间位势高度差 $\Delta H$ )(凡符合如下条件之一者)

$$\textcircled{1} \Delta HB1 \geq 3$$

$$\textcircled{2} \Delta HB1 \geq 1 \text{ 及 } \Delta HC1 \geq 3$$

$$\textcircled{3} \Delta HB1 \geq 2 \text{ 及 } \Delta HC1 \geq 2$$

II型规则:在I型、III型均不符合的条件下(一般 $\Delta HB1$ 在 $-2 \sim 2$ 区间范围)。

### 1.2.4 各型月际分布特征

按上述规则经计算统计,各型分月出现频次(比例)分布如表1。

表1 各月大到暴雨分型出现频次(比例)  
(1967~2000年5~9月)

Tab.1 The frequency of the heavy or torrential rains from May to September in 1967~2000

月	I型	II型	III型	合计
5	26(32.5%)	26(32.5%)	28(35.0%)	80
6	43(38.7%)	34(30.6%)	34(30.6%)	111
7	65(25.4%)	108(42.2%)	83(32.4%)	256
8	53(23.8%)	92(41.3%)	78(35.0%)	223
9	27(23.3%)	42(36.2%)	47(40.5%)	116
合计	214(27.2%)	302(38.4%)	270(34.4%)	786

从表中可以看出5~9月I、II、III型出现频次各占比例分别为27.2%、38.4%、34.4%,II型所占比例较大。其中6月出现I型比例达38.7%,为其它月同型之冠,7、8月出现II型及9月出现III型比例达40.5%~42.2%,为其它同月同型之冠。

另外,经统计5~9月各型共出现1站/次、2~5

站/次、6~13站/次、14~27站/次的频次分别占总频次的42.9%、38.0%、14.3%、4.8%。其中I型出现1站/次的频次为120,占各型共出现1站/次总频次(343)的35%,占I型出现1站/次总频次(214)的56%(各月出现频率分别依次为69%、49%、63%、47%、56%,频率较高的月份依次为5、7、9月)。

### 1.3 高低空环流特征分析

由于受青藏高原东部边坡地带复杂地形影响,造成当地出现强降水的天气系统也错综复杂,相应出现强降水的天气形式类型亦十分繁多。上述环流分型是基于沿纬度线关键区范围位势高度的倾斜度

所确定的模型,它基本概括和反映了当地出现强降水的基本环流形式,事实上已将复杂问题简而化之,从而为分析预报建立了必要条件。

众所周知,不同尺度环流形势变化与大气环流的整体演变是分不开的。所以上述环流分型也必然与相应其它层次环流形式有着密切的连带关系。为了全面分析各月、层次的分型环流特征,我们又增加了相对应的距平场分析,即分月、型全部个例(大到暴雨)格点平均减对应月全部样本格点平均。

分析结果均以图表表示(为减少篇幅,仅附500hPa层特征图,其余二层图略),见表2、表3、表4;见图1~15。

表2 300 hPa 环流分型特征表(1967~2000年5~9月)

Tab.2 The characteristics of 300 hPa circulation patterns from May to September in 1967~2000

型号与环流形式	场别	300 hPa 环流特征
I 型 西高东低型	分月全部个例样本平均场	5~9月关键区,我国35°N以北,105°E以西地区为一高压脊,脊线在85°E附近,此间高度明显高于105°E以东地区。
	见图1、4、7、10、13	分月全部个例样本平均与历史全部样本平均距平场
II 型 平直波动型	分月全部个例样本平均场	5~9月关键区,我国中纬度地区环流平直。
	见图2、5、8、11、14	分月全部个例样本平均与历史全部样本平均距平场
III 型 西低东高型	分月全部个例样本平均场	5~9月关键区,我国及南亚中纬度地区环流呈西低东高形式。20°N以北,100°E以西地区为一低槽,槽线一般均在80°E附近,此间高度明显低于100°E以东地区,相应100°E以东地区为一高脊,脊线一般在110°E~120°E,此间高度明显高于100°E以西地区。
	见图3、6、9、12、15	分月全部个例样本平均与历史全部样本平均距平场

表 3 500 hPa 环流分型特征表( 1967 ~ 2000 年 5 ~ 9 月 )

Tab. 3 The characteristics of 500 hPa circulation patterns from May to September in 1967 ~ 2000

型号与环流形式	场别	500 hPa 环流特征
I 型 西高东低型 见图 1、4、7、10、13	分月全部个例样本平均场	5 ~ 9 月关键区 ,我国中纬度地区环流明显呈西高东低形式。35°N 以北 ,105°E 以西地区为一高压脊 ,脊线在 95°E 附近 ,此间高度明显高于 105°E 以东地区。
	分月全部个例样本平均与历史全部样本平均距平场	5 ~ 9 月关键区 ,我国西部( 新疆和青藏高原 )地区及中亚一带为正距平场 ,新疆分别有 +3、+2、+1、+2、0 的中心值 ,蒙古国及我国西北地区东北部为负距平场 ,河套北部分别有 -3、-2、-1、-2、-2 的中心值。
II 型 平直波动型 见图 2、5、8、11、14	分月全部个例样本平均场	5 ~ 9 月关键区 ,我国中纬度地区环流平直 ,青藏高原东部有小波动。
	分月全部个例样本平均与历史全部样本平均距平场	5 ~ 9 月关键区 ,我国中纬度地区 5、6、9 月距平 0 线在 105°E 附近 ,0 线以东沿海一带分别有 +3、+3、+3 的中心值 ,0 线以西新疆北部分别有 -3、-2、-1 的中心值。7、8 月 35°N 附近无明显距平分布。
III 型 西低东高型 见图 3、6、9、12、15	分月全部个例样本平均场	5 ~ 9 月关键区 ,我国及南亚中纬度地区环流呈西低东高形式。20°N 以北 ,105°E 以西地区为一低槽 ,槽线均在 95°E 附近 ,此间高度明显低于 105°E 以东地区 ;相应 105°E 以东地区为一高脊 ,脊线一般在 110°E ~ 120°E ,此间高度明显高于 105°E 以西地区。
	分月全部个例样本平均与历史全部样本平均距平场	5 ~ 9 月关键区 ,20°N 以北 ,我国大陆距平 0 线平均在 105°E 附近 ,0 线以东为正距平场 ,河套东部分别有 +4、+3、+2、+3、+4 的中心值 ,0 线以西为负距平场 ,新疆分别有 -3、-2、-1、-2、-4 的中心值。

表 4 700 hPa 环流分型特征表( 1967 ~ 2000 年 5 ~ 9 月 )

Tab. 4 The characteristics of 700 hPa circulation patterns from May to September in 1967 ~ 2000

型号与环流形式	场别	700 hPa 环流特征
I 型 西高东低型 见图 1、4、7、10、13	分月全部个例样本平均场	5 ~ 9 月关键区 ,我国 35°N 以北 ,105°E 以西地区高度高于 105°E 以东地区。
	分月全部个例样本平均与历史全部样本平均距平场	5 ~ 9 月关键区 ,我国西部( 新疆和青藏高原 )地区为正距平场 ,新疆分别有 +3、+1、+1、+2、+2 的中心值 ,蒙古国及我国西北地区东北部为负距平场 ,河套北部分别有 -1、-1、0、0、-1 的中心值。
II 型 平直波动型 见图 2、5、8、11、14	分月全部个例样本平均场	5 ~ 9 月关键区 ,我国中纬度地区环流平直 ,青藏高原东部有小波动。
	分月全部个例样本平均与历史全部样本平均距平场	5 ~ 9 月关键区 ,我国中纬度西北区东部为负距平场 ,陕南、川北一带分别有 -3、-1、0、0、-2 的中心值。
III 型 西低东高型 见图 3、6、9、12、15	分月全部个例样本平均场	5 ~ 9 月关键区 ,我国及南亚中纬度( 35°N 以南 )地区为一低槽。
	分月全部个例样本平均与历史全部样本平均距平场	5 ~ 9 月关键区 ,20°N 以北 ,我国大陆距平 0 线平均在 110°E 附近 ,0 线以东为正距平场 ,河套东及北部分别有 +2、+2、+1、+2、+2 的中心值 ,0 线以西为负距平场 ,新疆东南部及柴达木地区分别有 -3、-3、-2、-2、-3 的中心值。

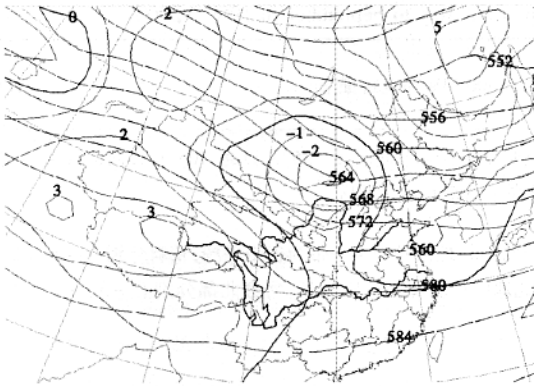


图1 I 1a 500 hPa 5月个例平均与距平场  
Fig. 1( I 1a ) 500 hPa departure field and samples average in May

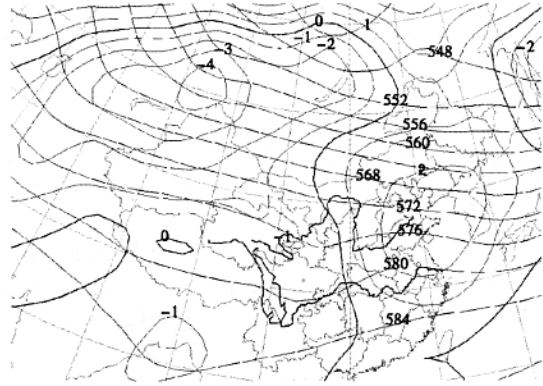


图2 II 2a 500 hPa 5月个例平均与距平场  
Fig. 2( II 2a ) 500 hPa departure field and samples average in May

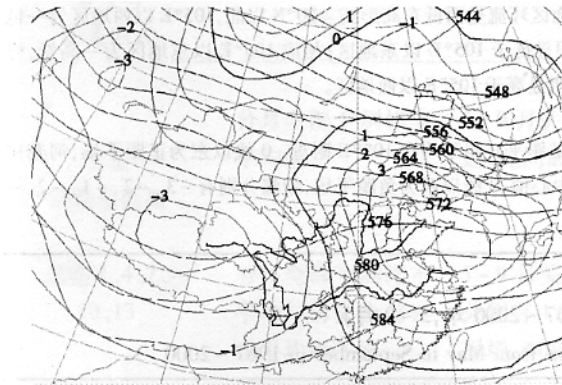


图3 III 3a 500 hPa 5月个例平均与距平场  
Fig. 3( III 3a ) 500 hPa departure field and samples average in May

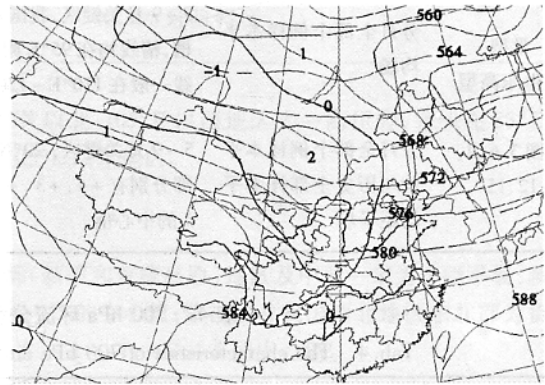


图4 I 1b 500 hPa 6月个例平均与距平场  
Fig. 4( I 1b ) 500 hPa departure field and samples average in June

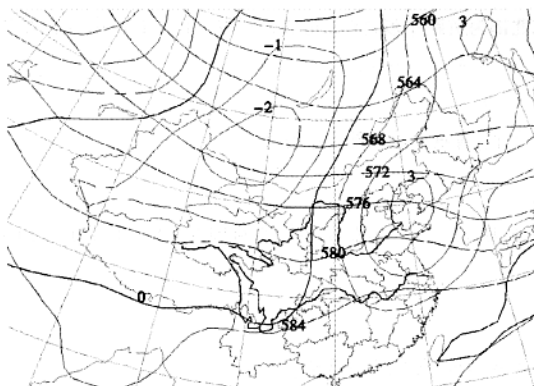


图5 II 2b 500 hPa 6月个例平均与距平场  
Fig. 5( II 2b ) 500 hPa departure field and samples average in June

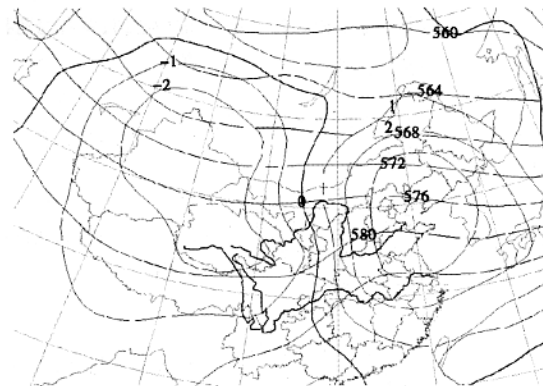


图6 III 3b 500 hPa 6月个例平均与距平场  
Fig. 6( III 3b ) 500 hPa departure field and samples average in June

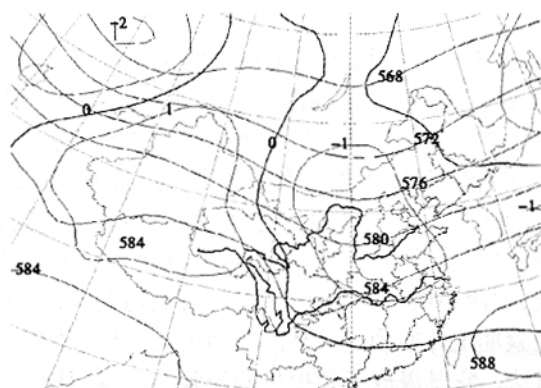


图 7 I 1c 500 hPa 7 月个例平均与距平场  
Fig. 7( I 1c ) 500 hPa departure field and samples average in July

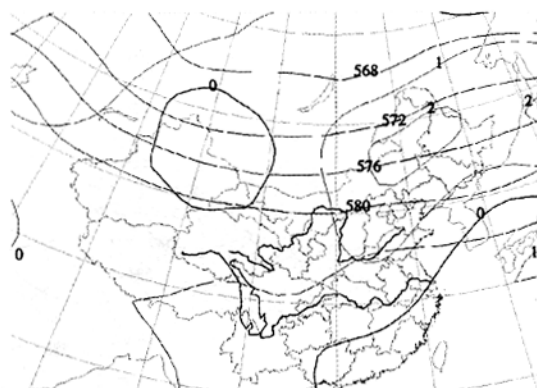


图 8 II 2c 500 hPa 7 月个例平均与距平场  
Fig. 8( II 2c ) 500 hPa departure field and samples average in July

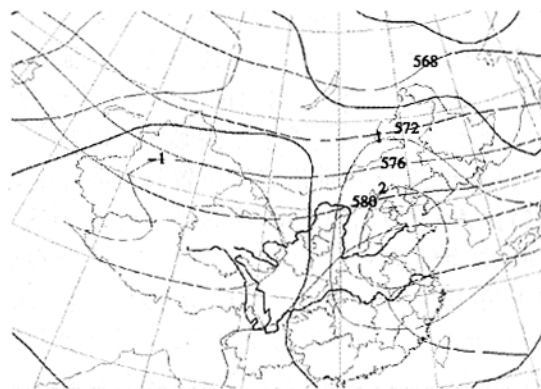


图 9 III 3c 500 hPa 7 月个例平均与距平场  
Fig. 9( III 3c ) 500 hPa departure field and samples average in July

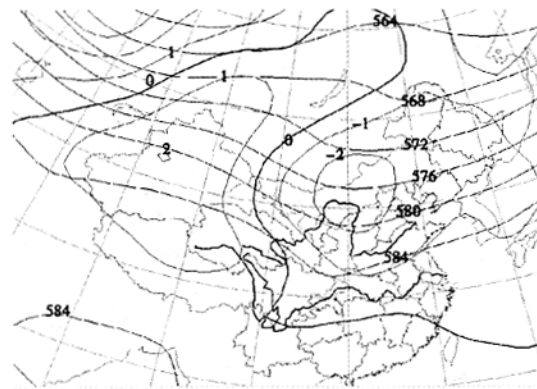


图 10 I 1d 500 hPa 8 月个例平均与距平场  
Fig. 10( I 1d ) 500 hPa departure field and samples average in August

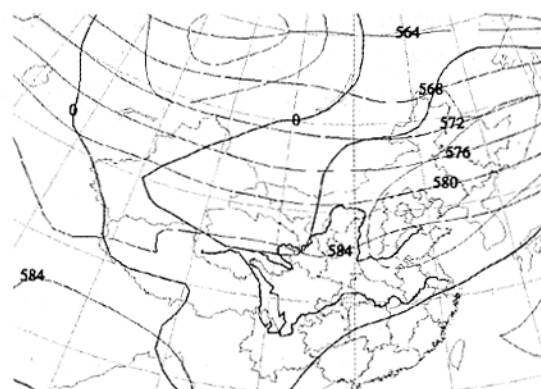


图 11 II 2d 500 hPa 8 月个例平均与距平场  
Fig. 11( II 2d ) 500 hPa departure field and samples average in August

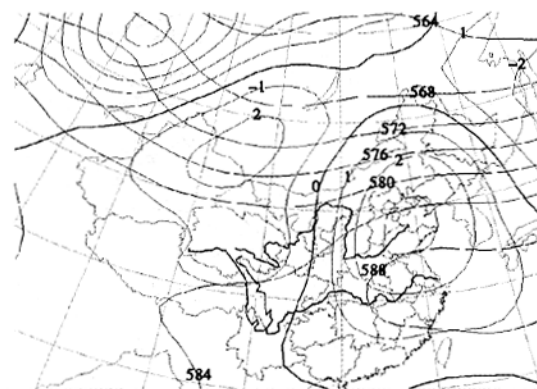


图 12 III 3d 500 hPa 8 月个例平均与距平场  
Fig. 12( III 3d ) 500 hPa departure field and samples average in August

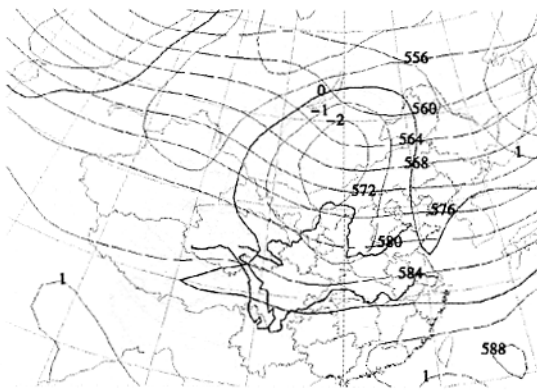


图 13 I 1e 500 hPa 9 月个例平均与距平场  
Fig. 13( I 1e ) 500 hPa departure field and samples average in September

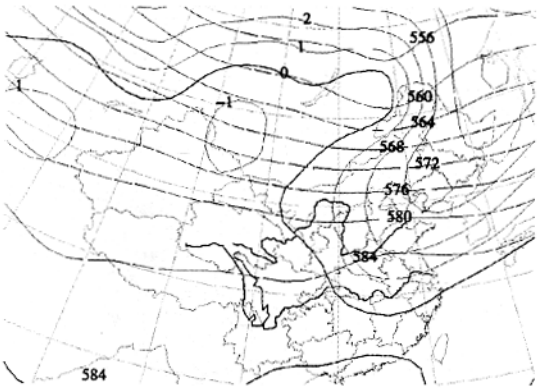


图 14 II 2e 500 hPa 9 月个例平均与距平场  
Fig. 14( II 2e ) 500 hPa departure field and samples average in September

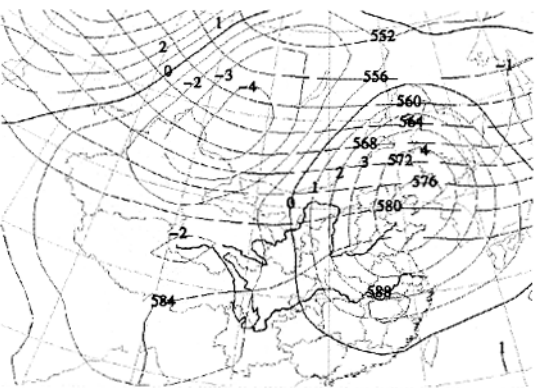


图 15 III 3e 500 hPa 9 月个例平均与距平场  
Fig. 15( III 3e ) 500 hPa departure field and samples average in September

## 2 分析小结

(1) 利用特定地域水平线上的位势高度差,可以定性反映出关键区范围内天气尺度环流特征。其高度差实质就是所谓高度倾斜度,它具有“跷跷板”的机械原理,能够反映出槽来脊去的天气过程波动。即当倾斜指数升高(降低)到一定时,关键区范围内将出现低槽(高脊),当介于二者之间时往往出现次天气尺度系统,如西风槽、高原低值系统(低涡、切变等)。所以以经验加统计所确定的环流分型模式,是一种客观分型方法。它既汲取了预报员的经验<sup>[3]</sup>,又将其概念模式以规则的形式定量化,使复杂的天气系统类型得到简化,以便在分析预报中使用。

(2) 上述分型结果表明:各月的关键区环流形式相互之间各型具有明显差异,但相同月、型的关键区环流形式特征各层基本一致;各月中、高层I型与II、III型的距平差值场特征分布为:100°E以西,东I型为“+、-”,II、III型为“-、+”。其中各月I、III型西部脊、槽线位置高层比中层向西偏离10、15个经度,我国大陆副热带高压因受季节不同影响,各型中、高层不同月份南北副热带前沿锋区位置具有明显变化的气候特征;5~9月出现1站/次的频率较高,其次是2~5站/次,而出现6~13站/次的频率较小,出现半数及以上站/次的频率最小。其中I型出现1站/次的频率较高,所以在西北气流型中易出现1站/次大到暴雨的强降水天气过程;各月II型出现频次及所占比例较大,由于该型出现的天气过程大多受次天气尺度中的中小尺度天气系统影响所致,必然有许多不确定因素,所以在具体使用中还应当加以考虑。

(3) 利用上述分型结果不仅可以提高强降水的气候概率,还可精选到更多有物理意义的预报因子,并适合进行使用数值产品释用技术方法(MOS、PP)<sup>[4]</sup>及其它方法建立预报模型、制作预报工具。

(4) 基于环流分型,进一步对强降水当时场的有关物理量场进行分析研究十分必要,这有待于我们今后做这一方面的工作。

### 参考文献:

[1] 白肇焯,徐国昌,孙学筠,等.中国西北天气[M].北京:气象出版社,1991.117-138,202-210.  
[2] 谢义炳,邓子凤,夏建平,等.西北暴雨[M].北京:气象出版社,1992.1-10.  
[3] 章基嘉,邓子凤,徐建芬,等.气象预报专家系统文集[M].北京:气象出版社,1990.174-185.  
[4] 丁士晟,朱盛明,郭可义,等.地方模式输出统计预报方法[M].北京:气象出版社,1989.1-24,163-199.(下转第51页)

## Climate Prediction Research on the First Soaking Rainfall in Ningxia

LI Yan - chun<sup>1</sup> , LIANG Xu<sup>2</sup> , NA Li<sup>2</sup> , ZHENG Guang - fen<sup>2</sup> , SUN Yin - chuan<sup>2</sup>

( 1. Key Laboratory of Meteorology Disaster Preventing and Reducing of Ningxia , Yinchuan 750002 ,China ;  
2. Ningxia Meteorological Observatory , Yinchuan 750002 ,China )

**Abstract** :The dates of the first soaking rainfalls in the south and middle parts of Ningxia were forecasted statistically by using the optimal subset regression method ,the forecast equation was set up and its effect was analyzed ,and the change of the dates of the first soaking rainfall in the regions in recent 30 years was discussed in detail. Results show that the occurrence probability of the first soaking rainfall is 23.3% in March ,20% in April ,23.3% in May , and 33.3% in June in Yinchuan region , during the last 30 years the dates of the first soaking rainfalls were later in 1970s , earlier in 1980s , and medium in 1990s between that in 1970s and 1980s. The dates of the first soaking rainfall concentrated relatively in southern mountain areas of Ningxia , the probability of occurrence is 53% in April ,20% and 17% in May and March and only 10% in June , and it is found that there is a slight trend of postponing with fluctuation for the dates of the first soaking rainfalls in this region in recent 30 years. The effect of forecast using the optimal subset regression method for the date of the first soaking rainfall is good in Ningxia.

**Key words** : spring ; Ningxia ; the first soaking rainfall ; climate forecast

( 上接第 36 页 )

## Analysis on Climatic Characteristics of Circulation Field under the Heavy or Torrential Rain Condition over the Southeast Region of Gansu Province

WANG Long<sup>1,2</sup> , LIU Wei - Min<sup>2</sup> , JIA Hai - Yuan<sup>2</sup> , WANG Tong<sup>2</sup> , JIN Yong - cai<sup>2</sup>

( 1. Institute of Arid Meteorology , CMA , Lanzhou 730020 , China ;  
2. Tianshui Meteorological Bureau of Gansu Province , Tianshui 741000 , Gansu , China )

**Abstract** : Based on the reanalysis data of the upper air grid point from NCEP during 1967 ~ 2000 , the characteristics of both upper and lower air circulation current fields under the condition of heavy or torrential rains were analyzed , and the climatic models of three upper and lower air circulation patterns and their departure difference fields were established month by month in May to September by experience and statistical method. Thus the essential theoretical foundation for analyzing weather forecast result , establishing predicting factors data and setting up the model of short range forecast has been provided.

**Key words** : heavy or torrential rain ; circulation characteristics ; classification