

# 浙南梅汛期大暴雨天气分型及诊断分析

周功铤 叶子祥 余贞寿

(浙江温州市气象局, 325027)

**提 要:** 利用美国 NCEP 再分析资料, 分析计算了 1960—2002 年 5—6 月发生在浙南地区的 17 次大暴雨个例的天气形势场、物理量场 (其中包括  $Q$  矢量散度场)。通过分析, 给出大暴雨发生时的天气形势分型以及物理量场特征, 并着重探讨了  $Q$  矢量场和大暴雨的关系。分析结果表明: 采用温度场为主的大暴雨天气形势分型简明实用。中低层  $Q$  矢量的辐合和大暴雨的发生有着很好的对应关系, 非热低压引起的大暴雨位于  $Q$  矢量辐合中心区附近, 或者辐合中心区南—西南方。利用上述分析特征, 指导 2005 年浙南地区 5—6 月份暴雨过程预报, 取得了较好的实际效果。

**关键词:** 梅汛期 大暴雨 物理量  $Q$  矢量

## Diagnosis Analysis and Synoptic Patterns of Heavy Rain of South Zhejiang in Meiyu Periods

Zhou Gongting Ye Zixiang Yu Zhenshou

(Wenzhou Meteorological Office, Zhejiang Province 325027)

**Abstract:** According to statistics, there are 17 heavy rain cases happened in the south of Zhejiang Province in May—June of 1960—2002. Using NCEP reanalysis data, the synoptic situations of 17 cases are analyzed, and are divided into some synoptic patterns. Its physical characters, including  $Q$ -vectors, are also calculated. The relationship between rainstorms and  $Q$ -vectors is discussed in detail. The results show that the patterns of heavy rain primary based on temperature are concise and practical. The convergence of  $Q$ -vectors and rainstorms are well homologous, the center of rainstorm caused by non-thermal depression situated in

the convergence center of  $Q$ -vectors or south to southwestern of the convergence center of  $Q$ -vectors. It has good effect for rainstorm forecast in May—June of 2005.

**Key Words:** Meiyu period rainstorm physical characters  $Q$ -vectors

## 引 言

迄今为止,梅汛期(本文指 5—6 月)大暴雨的落区和定量预报在技术上仍存在较大的难度,漏报和空报率较高。在 1980 年代之前,老一辈预报专家曾对大暴雨发生前 24~36 小时天气形势和物理场特征通过统计分析建立天气分型及预报指标等做了大量的研究工作,但实际应用效果并不理想。

近十多年来,随着数值预报技术的迅速进展,气象台站可通过数值预报产品的释用,采用 PP 法的思路,直接利用预报时刻的天气形势场和物理量场来分析大暴雨发生条件,使暴雨预报准确率有了明显提高。另外,近几年来  $Q$  矢量理论在强对流和暴雨天气的诊断分析中得到广泛应用,给台站暴雨预报提供了新的诊断分析方法。

根据上述思路,我们利用 NCEP 再分析资料,计算了浙江南部 1960—2002 年 5—6 月发生的 17 次大暴雨过程的有关要素场,包括大暴雨发生当天 4 个时次、1000~300hPa 五层的东亚天气形势场,流场、 $\theta_s$ 、涡度、 $(T-T_d)$ 、 $\omega$  以及  $Q$  矢量等 6 种物理量场。通过这些资料图表的研究分析,给出浙南大暴雨发生时的天气形势分型、物理量场,特别是  $Q$  矢量场的特征指标,作为日常暴雨预报分析的依据。

采用以上分析成果指导 2005 年 5—6 月浙南大暴雨预报已经取得了较满意的效果。

## 1 浙南大暴雨个例的选取

根据 1960—2002 年降水历史资料查询,

以温州 8 个站点资料为主,结合丽水、台州地区的资料来选取大暴雨个例。个例入选的具体条件是:

(1) 温州地区至少 1 个站点出现日降水量在 100mm 以上的过程(其中 5 月份定为 90mm)。

(2) 同时,温州、台州、丽水三地区至少有 3 个站点出现日降水量在 50mm 以上的降水过程。

(3) 5—6 月早期台风直接在浙中南沿海登陆的个例除外,但台风倒槽的大暴雨仍包括在内。

按照上述条件共选取了 17 个大暴雨过程作为预报个例进行编号。具体资料见表 1。

## 2 浙南梅汛期大暴雨天气形势的主要特征

1980 年代,浙江省老一辈预报员通过多年预报经验总结,曾将浙江省梅汛期暴雨发生前的 24~48 小时天气形势分成 4 个型,即低槽型、冷锋切变型、暖锋切变型和低涡切变型<sup>[1]</sup>。但实践证明,对于大暴雨这样复杂的天气过程采用前 24~48 小时实况资料分析客观上较困难。

根据现代天气预报“PP 法”,从大暴雨发生时刻的天气形势分析入手,在实际预报中采用数值预报对应时刻的预报信息,这样就可以在 24~48 小时之前做出预报。

根据这一思路,通过浙南大暴雨发生时刻的天气形势研究分析,然后据此进行天气分型。

由于大暴雨过程发生机制非常复杂,每一次大暴雨都是多种因素、多个天气系统共

同作用的结果, 严格来说每一次过程都有其个性特征。因此, 采取的办法是先分析其共性, 然后在共性的前提下, 再按主要共同特

征分类。鉴于所选取的个例有限, 这种分类还只能是初步的。

表1 浙南梅汛期大暴雨个例

编号	个例号 (年·月·日)	最大日降水量 /mm	暴雨站数	天气形势分型 (解释见2.2节)
1	1960.06.10	152 云和	7	日本冷低低涡型
2	1961.05.20	245 温岭	14	东北冷低暖切型
3	1962.06.28	118 玉环	9	日本冷低暖切型
4	1965.06.17	141 玉环	12	东北冷低低涡型
5	1969.06.26	113 龙泉	9	东北冷低华东槽型
6	1970.06.26	221 龙泉	15	日本冷低高压切变型
7	1974.05.29	102 乐清	3	华北冷槽涡切型
8	1976.06.02	120 仙居	21	日本冷低高压切变型
9	1978.06.21	145 大陈	4	东北冷低暖切型
10	1980.06.07	156 乐清	4	华北冷槽涡切型
11	1983.06.10	113 庆元	16	日本冷低暖切型
12	1990.06.24	129 乐清	10	热低压倒槽型
13	1991.06.20	125 温州	10	东北冷低华东槽型
14	1992.06.15	133 乐清	4	东北冷低高压切变型
15	1994.06.14	151 玉环	17	东北冷低华东槽型
16	1998.05.28	91 乐清	10	热低压倒槽型
17	2001.06.20	156 温岭	3	日本冷低暖切型

## 2.1 浙南大暴雨的基本特征

### 2.1.1 冷温度槽的配合

浙南沿海中低层都有一个冷温度槽, 冷温度槽在 850hPa 更为显著。多数个例, 冷温度槽是和日本海(指我国东北—日本地区, 下同)的冷低压发展有关, 而少数是由于华北槽发展引导冷空气扩散南下形成的。但是, 对于热带低压或台风倒槽的大暴雨, 则没有明显的冷温度槽。

### 2.1.2 中低空急流

850~500hPa, 从华西到浙南都有一支 S—SW 的低空急流或者从广东、台湾海峡到浙南的 S—SE 风急流, 这种急流在大暴雨发生时段存在, 起到水汽、能量的输送作用, 同时, 又是大暴雨产生的必要的动力条件<sup>[2]</sup>。

### 2.1.3 ( $T-T_d$ ) 湿区

大暴雨发生前, 850~700hPa 从浙南沿海到江西广东一带都有一个  $(T-T_d) \leq 4^\circ\text{C}$  的湿区, 该湿区在大暴雨发生之前已经形成。

### 2.1.4 天气系统

在华东南部有低槽、低涡、切变线(以下简称切变)等以某种形式的组合, 形成有利于中低层辐合上升发展的形势场。

## 2.2 天气形势分型

有关研究指出: 副热带高压、南海季风涌、中高纬冷空气和青藏高原东移的中尺度对流系统等 4 个因子的最佳组配, 有利于长江流域出现强降水<sup>[2]</sup>。一般来说, 直接造成暴雨的是中小尺度系统<sup>[3]</sup>。根据这一思路, 考虑到浙南地区的地理位置和浙南大暴雨发

生时中低层一般都有冷温度槽存在, 对大暴雨天气分型的方法是: 先以天气尺度的冷温度槽的类型分类, 然后再结合大暴雨过程影响浙南的主要中尺度天气系统以及副热带高压位置的组配来分型。

资料分析表明, 大暴雨形势场的特征在中低层较为显著。因此, 在分型时以大暴雨当天 850、700hPa 形势图为主。根据上述原则, 大暴雨的冷温度槽类型可分为 3 类: 一是和日本海冷低压相对应的伸向华东南部沿海的冷温度槽, 二是和华北低槽引导冷空气南下相对应的冷温度槽, 三是和南方热低压或台风倒槽相关的无明显冷温度槽的大暴雨过程。

以上 3 类结合直接影响浙南的天气系统分析, 进行天气形势分类分型, 各个例的分型情况如表 1。

### 2.2.1 日本海低压冷温槽类

这一类共 13 例, 占全部大暴雨个例的 76%。其共同特征是: 在日本海有一发展较深的低压, 该低压引发冷空气南下, 使冷温度槽沿黄海东海伸向浙中南 (其示例如图 1)。该类大暴雨发生时影响浙南的主要天气系统有切变、沿海槽、低涡、南支槽。据此又分为 4 个型:

(1) 暖切变。大暴雨发生时, 浙南闽北上空到江西有一切变或小槽。这种切变以暖切变居多, 一般在华西有南支槽东移相配合。

(2) 高压切变。华北有小高压, 和沿海副高之间形成切变。

(3) 华东槽。华东为一低槽, 这一低槽移动缓慢, 浙南处于槽前。

(4) 低涡。华东西南部或华南北部有低涡东移, 影响浙南。

### 2.2.2 华北冷槽类

此类仅 2 例。华北有低压或低槽发展, 引导冷空气南下, 冷温度槽伸向浙中南地

区, 同时华西有南支槽东移, 浙南受到低涡或暖切变影响 (示例见图 2)。

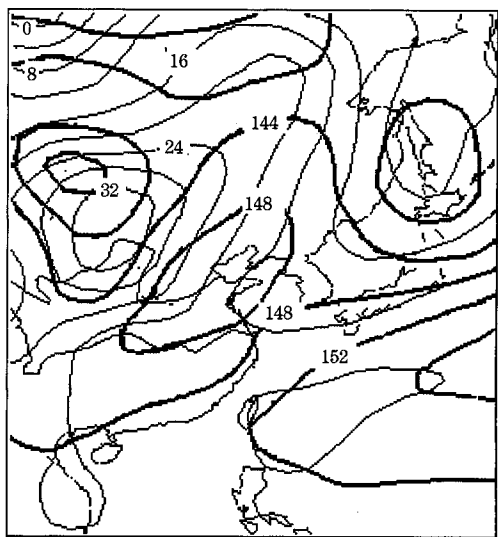


图 1 日本海低压冷温槽类 (70626) 850hPa 形势

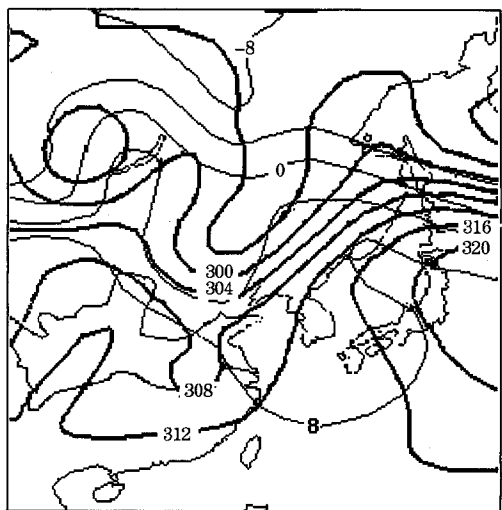


图 2 华北冷槽涡切类 (80626) 850hPa 形势

### 2.2.3 热低压倒槽类

此类仅 2 例。浙南受热低压或台风倒槽影响, 华北有弱冷空气扩散南下, 但华东无明显冷温度槽。如个例 98528, 是在广东南部沿海生成热低压, 5 月 28 日移到台湾海

峡, 停滞少动, 浙南沿海受较强东南气流影响而发生大暴雨(示例见图3)。

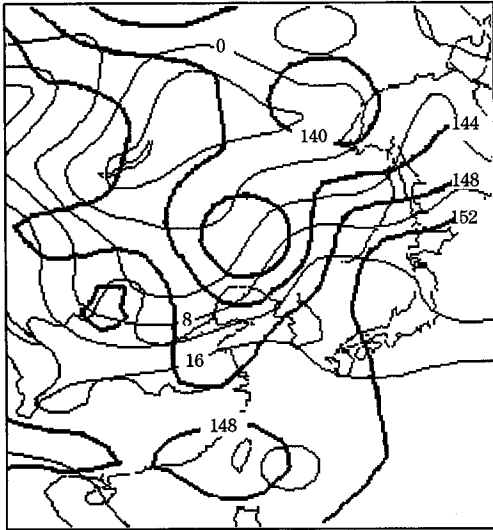


图3 热带低压倒槽类(98528) 850hPa形势

### 3 浙南大暴雨物理量场特征

以上浙南大暴雨天气形势分型仅给出大暴雨发生的背景场, 在实际预报分析中还必须结合物理量场的条件进行判断。以下根据17个个例的几种主要物理量场特征分析, 给出统计结果。

#### 3.1 中低空急流

浙南大暴雨发生时, 在850~700hPa, 从广东江西到浙南闽北有一支西南急流, 或者在浙闽沿海有一支S—SE的急流。据统计, 850、700、500hPa三层都有急流的有10例, 仅其中两层有急流的有7例。

#### 3.2 湿区和上升气流

(1)  $(T-T_d)$  分析表明, 浙南发生大暴雨时, 850、700hPa华东东南部沿海都处于  $(T-T_d) \leq 4^\circ\text{C}$  的湿区中。湿区轴线一般是E—W方向, 或者SW—NE方向。其

中有8个个例, 在浙中北—江西北部存在  $(T-T_d)$  等值线密集的露点锋。

(2) 上升气流。大暴雨发生时, 850、700hPa浙南都处于上升气流区域, 其中有10例处于  $\omega < -0.2\text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$  的强上升气流中心区域。

#### 3.3 $\theta_w$ 和涡度

(1) 大暴雨发生时, 浙南都处于  $\theta_w$  高值区, 一般情况,  $\theta_w$  的高能舌从广东江西南部伸向浙南, 有时, 浙南处于  $\theta_w$  高值中心区。据统计, 除热低压倒槽型外, 其余15例在850、700hPa浙中北—江西北部安徽南部都存在一条呈E—W向或SW—NE向的  $\theta_w$  能量锋区。

(2) 据统计, 17例大暴雨850—500hPa浙南均处于正涡度区, 一般500hPa涡度值大于  $10 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 。

### 4 浙南大暴雨 $Q$ 矢量场的特征

由于利用准地转  $\Omega$  方程推导的上升气流的  $\omega$  计算式中, 有两项是互相抵消的, Hoskins等<sup>[4,5]</sup>论证了在忽略了科氏参数随纬度变化这一小的作用以后, 计算式重新写成避开潜在抵消作用的  $Q$  矢量形式:

$$\left[ \sigma \nabla^2 + f_0^2 \frac{\partial^2}{\partial p^2} \right] \bar{\omega} = -2 \nabla \cdot \mathbf{Q}$$

从式中看出, 当  $\nabla \cdot \mathbf{Q} < 0$ , 则  $\omega < 0$ , 为上升运动; 当  $\nabla \cdot \mathbf{Q} > 0$ , 则  $\omega > 0$ , 为下沉运动。

上式表明  $Q$  矢量散度场实际上是准地转上升运动的强迫机制。在对流层高层,  $Q$  矢量的方向与非地转运动方向相反。但  $Q$  矢量是在绝热假定条件下推导出来的, 在准地转力中并不包括垂直运动产生的非绝热项, 即未包括潜热释放, 在具体应用中应予以考虑。

近几年来,  $Q$  矢量在暴雨预报上的应用有很多的研究工作<sup>[6,7]</sup>, 我们对上述 17 例浙南大暴雨的  $Q$  矢量场进行计算, 发现中低层  $Q$  矢量的辐合和大暴雨的落区、发生时段以及雨量等有着十分好的对应关系。

据统计, 除热低压倒槽类的两例外, 其余 15 例  $Q$  矢量辐合和浙南大暴雨的发生直接相关, 图 4 给出了三类大暴雨  $Q$  矢量散度场的示例。为了  $Q$  矢量散度场能应用于浙南暴雨预报, 经分析得出如下结果。

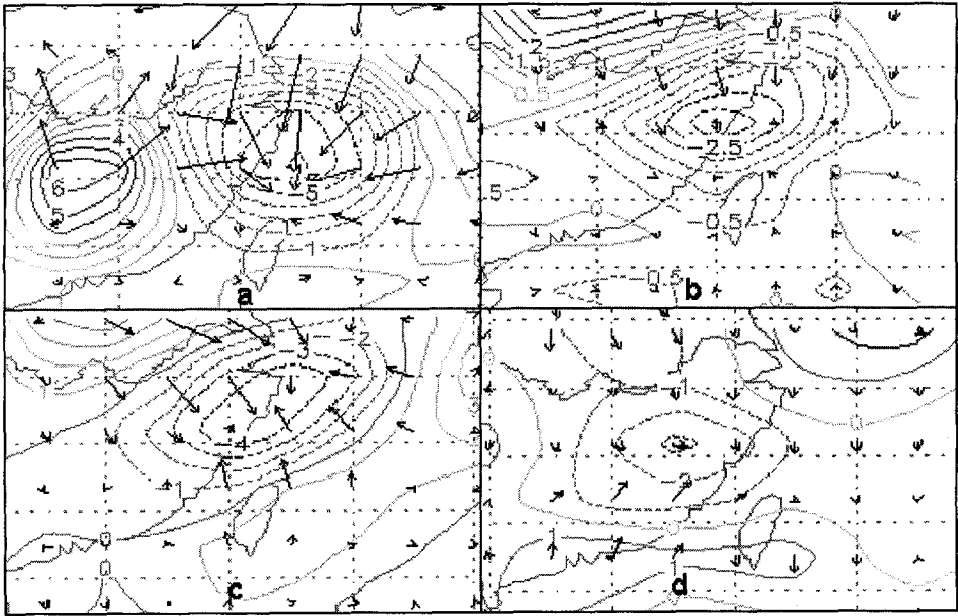


图 4 61520 (a)、70626 (b)、80607 (c)、98528 (d) 700hPa  $Q$  矢量

(1) 15 例中, 浙南大暴雨区均处于  $Q$  矢量辐合中心区附近, 或者中心区 S—SW 方。计算结果表明, 大暴雨发生时, 浙南上空  $Q$  矢量散度  $\nabla \cdot Q \leq -2.0 \times 10^{-17} \text{ hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$ 。

(2) 一般来说,  $Q$  矢量辐合区在大暴雨发生之前几个小时生成, 有时, 是和大暴雨同时发生。

(3) 据统计, 15 例中,  $Q$  矢量散度辐合值越大, 雨量也有偏大的趋势。例如, 61520、70626 两例日降水  $> 200\text{mm}$  的个例,  $Q$  矢量中心辐合值也是特别大 (图 4a、4b)。

(4) 两例热低压的  $Q$  矢量辐合中心区和大暴雨落区不一致 (图 4d)。国内有人曾

对台风的暴雨和  $Q$  矢量散度关系做过研究, 两者不存在显著相关。这可能是由于热带系统发生发展往往伴随着大量的潜热释放, 而  $Q$  矢量散度计算式中忽略了这一项。

## 5 研究结果的应用

2005 年 5—6 月, 我们将以上特征模式应用于大暴雨预报, 取得了令人满意的效果。

6 月 21 日下午, 据 MM5 和美国国防部 850、700hPa 预告图, 22 日 20 时 (北京时, 下同) 850~700hPa 符合“东北冷低切变”模式 (图略); 22 日 08—20 时, 浙南上空 850~700hPa 为湿区, 上升气流区,

正涡度区, 从广东到闽北浙南有西南急流存在, 浙中北有  $(T-T_d)$  锋区。同时, 据温州 MM5  $Q$  矢量 700hPa 预告图, 预告 22 日 08 时到 20 时各时段温、台、丽三地区均有  $Q$  矢量散度中心值在  $-3 \times 10^{-17} \sim -5 \times 10^{-17} \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$  的区域出现 (图略)。据上述条件预报 22 日有大—暴雨, 局部大暴雨。实况是 6 月 21 日 20 时—22 日 20 时日降水量平阳和温岭站均达 102mm, 乐清站 80.1mm, 温、台、丽三地区有 30 多个自动站记录日降水在 50mm 以上。

## 6 结 语

(1) 用暴雨发生时的以温度场为主结合形势场进行暴雨预报形势分型, 用物理量场特征建立判别指标, 采用 PP 方法预报, 在预报业务中已初步取得成效。

(2) 1960 年以来浙南大暴雨的  $Q$  矢量场计算结果表明, 中低层  $Q$  矢量的辐合和大暴雨的发生有着十分好的对应关系。浙南梅汛期大暴雨 (非热低压型) 处于  $Q$  矢量辐合中心区附近, 或者辐合中心区南—西南

方,  $Q$  矢量散度  $\nabla \cdot Q \leq -2.0 \times 10^{-17} \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$ 。

(3) 梅汛期大暴雨的预报在技术上难度较大, 本文所提供的研究成果可作为预报思路的参考。但对于大暴雨的定时、定量预报, 有待今后进一步深入研究。对一般降水和暴雨的  $Q$  矢量散度场也需要进行深入分析探讨。

## 参考文献

- 1 祝启桓, 张淑云, 顾强民等. 浙江省灾害性天气预报 [M]. 北京: 气象出版社, 1992: 64-71.
- 2 陶诗言等. 夏季中国暴雨的形成机理与预报研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2001: 49-50, 81-82.
- 3 陶诗言. 中国之暴雨 [M]. 北京: 科学出版社, 1980: 26-30.
- 4 孔玉寿, 章东华. 现代天气预报技术 [M]. 北京: 气象出版社, 2000: 87-89.
- 5 Hoskins B J, Draghici I, Davies H C. A new look at the  $\omega$ -equation [J]. Quart J Roy Meter Soc, 1978, 104: 31-38.
- 6 李英, 段旭, 潘里娜. 昆明准静止锋的准地转  $Q$  矢量分析 [J]. 气象, 1999, 25 (8): 6-10.
- 7 杨晓霞, 谭志华, 华岩. 一次特大暴雨天气的  $Q$  矢量分析 [J]. 气象, 2001, 27 (2): 44-47.