

用物理量作暴雨预报 经验汇集

安徽气象科学研究所

一九八二年八月



用物理方法暴雨预报经验汇集

目 录

(1) 前言

(2) 梅雨期长江中下游地区雨带移动及其暴雨强度的
估计 - - - - - 李同杰

(3) 用水汽通量和高低层湿度差作暴雨落区及雨强预
报的预报 - - - - - 张锦生

(4) 利用湿度等物理量作暴雨的区域预报
- - - - - 蒋元政

(5) 应用A指数及 200 mb ζ 做夏季降水预报
- - - - - 梁慧平

(6) 在梅雨期用理查逊数预报 24 小时内降水的方法
- - - - - 丁太胜

(7) 湿度倾向和比湿倾向的讨论及应用
- - - - - 林宗熹 刘清珍

用物理量作暴雨预报经验汇集

安徽省气象科研所

前言

江淮梅雨期暴雨的分析预报试验研究工作，自1980年开始，已在安徽连续进行了三个梅雨期了。作为试验的一个重要部分，就是用电子计算机逐日及时地计算区域性的大批物理量。其计算范围见图一，计算项目和简要方法介绍见表1。

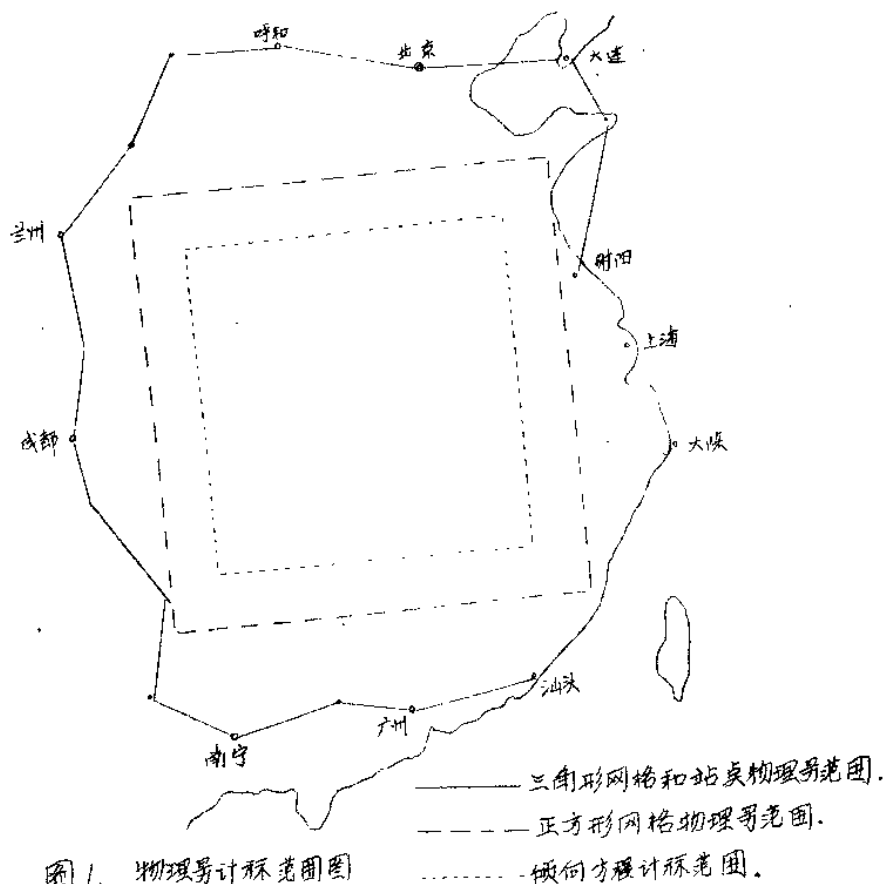


表 1. 暴雨试验物理量计称项目表

项目	层次	单位	计称方法简要
散度	850, 700, 500, 400, 300, 200, 100.	$-5/10$ / s	三奥法, 假定 $D_{1000} = \frac{1}{3} D_{850} \int_{1000}^{100} D dp = 0$ 作线性修正。
涡度	同上	同上	三奥法
垂直速度	850, 700, 500, 400, 300, 200	-3 mb / s	连续方程法, 假定 $\omega_{1000} = 0$ 由散度积分得。
水汽通量 散度	850, 700, 500,	-5 克 / s · cm m · mb	把 $\frac{e}{g} \vec{v}$ 作矢量, 三奥法计算
可能降水		mm / hr	1. 水汽辐合法 $\int_{1000}^{400} \frac{1}{g} \nabla \cdot (e \vec{v}) dp$ 2. 凝结函数法 $\int_{1000}^{400} S \omega F dp$
水汽通量 南分量	850, 700	克 / cm · mb · s	$e u / g$
相当位温	850, 700, 500, 400,	℃	$(273 + t + 2.58) \left(\frac{1000}{p} \right)^{\frac{2}{7}} - 273$
理查逊数	850-700, 700-500,	无量纲	$-R \cdot \frac{\bar{I}}{\bar{\theta} p} \cdot \frac{\partial \theta}{\partial p} / \left \frac{\partial \vec{v}}{\partial p} \right ^2$
A 指数		℃	$t_{950} - t_{500} - \sum_{8.5-9.5} (t - t_d)$
正方形法 涡、散度、 垂直速度	同三奥法	同三奥法	格距 150 Km, 网格点上的 u, v 是用约 400 Km 范围圈内的站求, 权重 $[(R^2 - r^2) / (R^2 + r^2)]^2$ 求观插值得来。
涡度倾向	700	$-10/10$ / s ²	用简化涡度方程 $\frac{\partial \zeta}{\partial t} \approx -\vec{v} \cdot \nabla \zeta - v \beta_0 - (\zeta + f) \nabla \cdot \vec{v}$ 在上述正方形网格涡度基础上求。
位势倾向	700	α_{10}^{-15} / s ³	$\frac{\partial \phi}{\partial t} \approx -(\nabla^2 + \frac{f^2}{\sigma} \frac{\partial^2}{\partial p^2}) \frac{\partial \phi}{\partial t}$ $= f_0 \vec{v} \cdot \nabla (\zeta + f) - \frac{f_0}{\sigma} \frac{\partial}{\partial p} (\vec{v} \cdot \nabla \frac{\partial \phi}{\partial p})$ 格点上的厚度值求用同 u, v 一样的客观 插值法。
ω, Q, Y 剖面图			用 ω_{8+715} 和 QV_{8+7} 作太统—厦门—线剖面图。 于极雨带位置, 或用经验公式极雨带。

三年来，每年在6月上旬至7月中旬这段梅雨季里，共计标了120天，143个时次（一般只标8时，暴雨时增加20时）。计标是在中国科技大学的320计标机上实现的，每次约10分钟。原始数据和所标得的物理量除用表格输出外，大部份物理量还由机口按地理位置打出天气分布图，以便供迅速地分析。

设计此计标这么多物理量，主要有两个目的：

一、是要使暴雨诊断分析搞得更广泛更客观些。七十年代中，在国内掀起诊断分析热潮，对逐步摸清暴雨发生发展的物理机制起了良好的作用；但这类诊断多偏只着重于暴雨发生的地区和时段，缺乏广泛的诊断资料。有似于医务工作者研究某种疾病，有了较多的垂病人诊断经验或死者解剖资料，还缺少普遍的体格检查资料。再则某些物理量的计标主观成份比较大，即使是机口计标，方法也格格不同，结论不便相互比较。我们是不论有无暴雨，每天都用统一的方法标，目的就想弥补这类不足，诊断分析的工作，不在本《汇集》谈。

第二个目的，也许也是更迫切的任务，是要把物理量用到暴雨预报中去。为此一开始我们在计标上就注意到两点：方法要客观稳定，程序编完后当年不许变，隔年也只作小修改，不用临时可变的考虑，使资料保持良好的连续性和比较性；速度要快，8时的图14时就要标出来，赶上预报使用。

八0年来，用物理量作暴雨预报的试验研究，大致经历了三个阶段：

1、在等压面物理量图上寻找暴雨预报规律。由于没有系统的物理量历史资料，只能根据它们的天气学和动力气象学意义，依据以往诊断分析的成果，逐步摸索。起初计标的等压面物理量图有三十余张，经过一个时期的筛选，注意力自然地集中到较低层的 Rot 、 ω 、 QV 、 A 、 Ri 以及 θ_e 等十余项（层）

上(200 mb的ROT剖面同态利用)。

2. 在八〇年雨季结束后,总结出一些用物理男做暴雨预报的工具(多数是24小时短期预报),他们的特点是物理公式明确,比较客观定量,又有一定的准确性 and 稳定性。物理男的选取上都注意了动力和热力配合,低层和高层的配合。表述方法上,除等压面图外,还采用了基层台站所惯用的剖面图、相关图、点散图和经验公式等形式。

3. 返回到预报实践中去作“中间试验”,就是和台站的预报员同志一起试用检验这些方法。在试用中,可以与预报员常用的预报工具相结合,取长补短,继续改进。八二年我们还选择了5套物理男图传真给地县台站使用,还向少数台站传送了ROT、

QV、 θ_e 等物理男数据,供他们制作剖面图和相关图等工具,配合原有工具,做暴雨预报。

经过以上实践,我们有以下几点体会:

1. 要充分发挥物理男物理公式明确的优点,我们选的物理男,许多在动力气象学和大气热力学等的方程里,占有重要地位,掌握这些方程的公式,熟悉计算过程中的各项假定,可能的误差以及所能代表的尺度与状况,都是合理使用物理男作暴雨预报所必不可少的。例如“可能降水男”,它的计算假定就是一个三角形范围里的平均瞬时降水强度。而三角形的面积一般有三万平方公里左右,对于小范围的暴雨它就不能反映,还需作深入细致的考虑。在选择预报因子时,要注意选用具有独立公式的物理男来搭配使用,避免用效应类似的男,如散度与垂直速度,就没有兼用的必要。

2. 既要重视物理男客观定量的优点,但又不能过份拘泥。低涡深还是浅,西南急流强还是弱,物理男都能提供一些客观定量的指标,这是它比一般天气图的优越所在。它给我们提供了作

进一步数学处理的方便，如：可以进而计算某物理量的梯度或平流，引入座标图或统计预报因子。由于物理量有机地综合了几丁、几层或几站的基本气象观测数据，一个物理量数表征了大气的多种属性，因此用于预报的效果，多数比单丁的压温湿风要素为好。但由于大气运动的复杂性和计算中的许多粗略的假定，使物理量数值的精确度和代表性就有一定限制，故使用时切忌过份拘泥。为此我们常用某物理量的几丁站(层)之和或几丁三角形的极值，来代替单站(层)的值，以增加预报因子的可靠性。使用时出现临界值附近的情况，仍要慎重考虑。

3. 注云和天气图、卫星云图、雷达、本站资料等既有预报工具的结合。这是因为，物理量尽管具有客观定量、物理含义清楚等优点，但它和其它任何预报工具一样，也有其不足之处。首先它还没有较长的历史资料，没有天气图和云图这样的广阔范围，出图没有天气图及时，对中小系统的反映远没有天气图图和雷达来得细(我们只有在之后补过细而细网格物理量)。对于预报员的经验以及划形的依据等，更是物理量所代替不了的。只要我们能将物理量和原有的预报工具与预报经验紧密结合好，使它们互相取长补短，那就一定能发挥积极作用。

4. 有希望和数值预报相结合，中央局在已把数值预报提到很至要的位置，而多数物理量是可以经过数值预报得到其未来预报值的(如垂直速度、涡度、急流等)。我们局在存了几年物理量，除了当时作预报用外，也得到了一些物理和降水天气的同时性相关规律，那末，今后只要数值预报能报出未来的物理量形势来，这些规律就可作为形势预报和要素预报之间的桥梁，模拟预报的参效。

总之，利用物理量作预报，作为一种手段是有其积极意义的，如果能设计计算方法更完善些，范围更大一些，层次更密些，尺度

大中小配起来，物理男们的汗水必能更大发挥出来，将与其它子
核工兵相配合，为攻克暴雨子根难关，起到积极的作用。

下面汇集了六篇我们在用物理男作暴雨子根方面的经验，供
参攷，欢迎批评指正。

梅雨期长江中下游地区雨带摆动及其暴雨强度估计

李 国 杰

梅雨期天气形势已为我们预报员熟悉。如何利用计算机出的动力和热力物理参数，制作24小时暴雨预报，是值得摸索的实际问题。为此，我们设计了一个与低空西南急流正交的综合分析图作为预报工具。其特点是通过直观的画出梅雨期天气形势主要特征，同时又从定量的角度，测定天气演变及其强度变化。另外，给出一个半理论，半经验公式，作为未来24小时雨带上暴雨的最大可能强度估计方案。在1980年—1982年汛期暴雨统计中，付诸使用，起到一定作用。目前这套方案已同其它物理量估计一起，由计算机自动完成。

一、正交综合分析图设计原理

正交综合分析图的设计完全基于梅雨期物理量分布特征与天气系统有密切关系而建立起来的。

梅雨期长江中下游地区处于西太平洋副热带高压边缘，对流层中下层常维持一条切变线。在西季风气流中低空急流充当了暴雨生成的主要角色。一条东西向暴雨带与切变线天然相配。在初夏东亚这种天气形势下，主要的一些物理量分别呈现一定的特征。

1. 在700毫巴图上，切变线以南至副高锋之间为上升运动区，以有1—2个相距3个纬距左右的垂直运动大值中心，呈东西带状分布。暴雨区与这些强上升区一一对应。沿暴雨锋附近（ 31°N 或 29°N ），作剖面图分析，也能清楚地看到这个特征。反映了波长小于1000公里的中间尺度扰动存在，证实了梅雨锋系是由几个中尺度系统组成的^[1]，如图1。

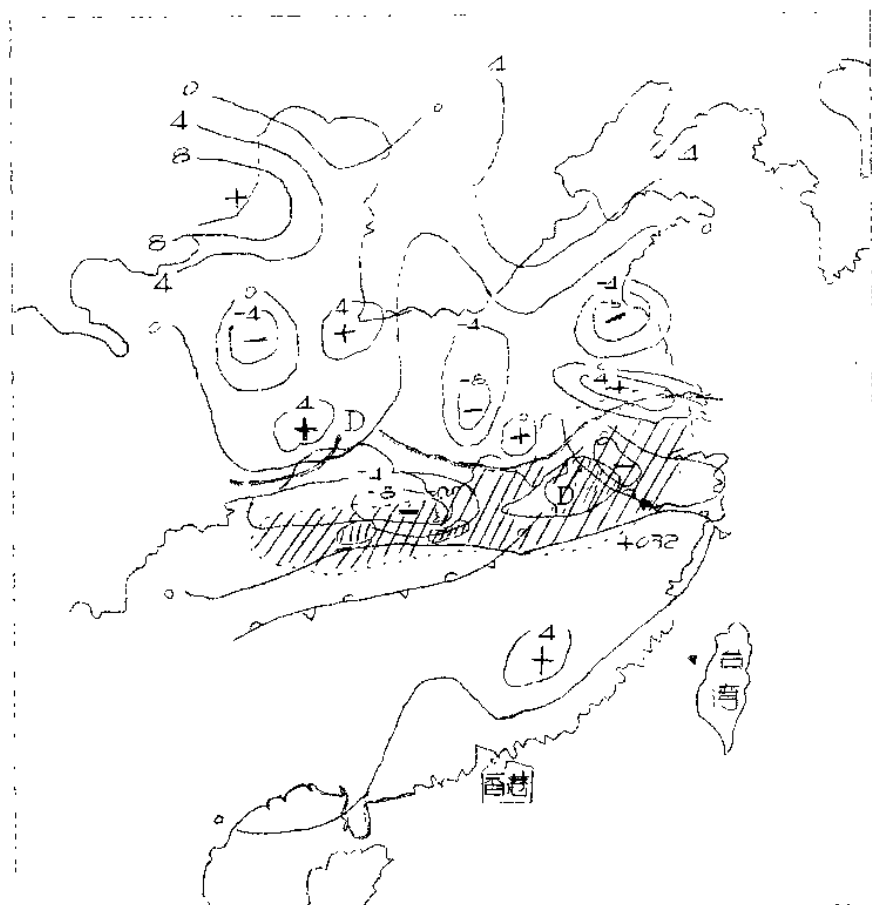


图1 80年6月12日8时上升速度(1) 700hPa
 ———— 地面静止锋 // 雨带 ⊖ 暴雨区
 粗实线 700hPa 切变线 细实线 ω 等值线。

II 从550毫巴图上水汽通量南分界西，付之北缘的急流轴与QR轴一致。暴雨带沿急流走向，在QR左侧到700mb切变线之间居中地带。QR中心常在云贵之鹿东侧，QR湿舌顶口伸

向长江下游,从QV 每天的形势变化 反映出自孟加拉湾(或南海)的水汽,向梅雨锋不断输送,以反维持、变化情况,见图2。

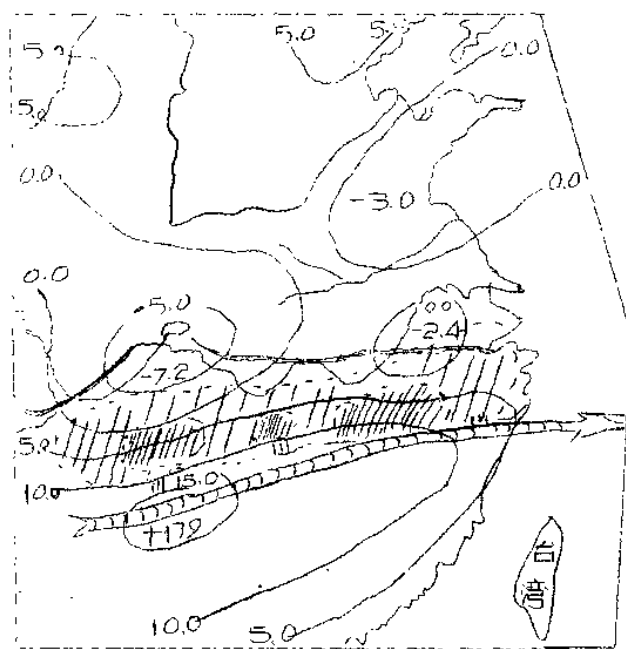


图2 80.6.12.8^h 水汽通量南分另QV 85 mb 分布图. // 雨带 暴雨区, 粗实线 700mb 等高线. $\rightarrow$ 水汽输送带与西南急流

Ⅲ. 以 850—700 毫巴的里卡型数 R_L 分布图, R_L 零面线与 700 mb 上的低值系统相交处, 有暴雨区出现, 见图3. 不难理解, 在积云对流旺盛区, 由于对流混合作用, 使得大气层结趋于中性 ($\frac{\partial \theta_{se}}{\partial p} = 0$), 因此, 由公式 $R_L \approx -R \frac{\partial p}{\partial p} \cdot \frac{\partial \theta_{se}}{(\Delta \theta)^2}$ 计算出的数值接近于零, 这同岸保(1970)、松本、二宫(1973)提出的 $\sim 2 \sim 3$ 。

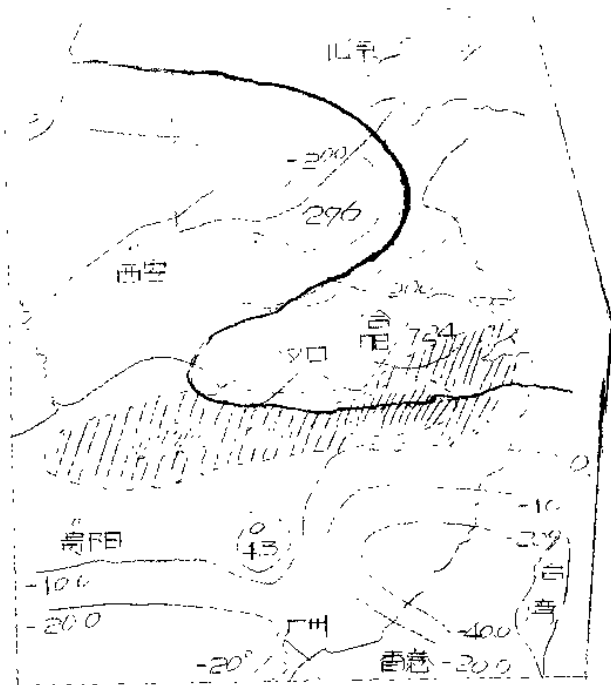


图3 (50.6.12.8^h) 850-700mb 由东
 西数 R_v 分布
 粗实线即为 R_v 零线 // 雨带 〇 深圳区

中尺度扰动气流判据基本吻合

五 绘制与西南气流正交的空间剖面图 可以清楚地看出梅雨锋暴雨结构图象, 如图4 雨带所在地上空200mb以下为整层上升运动, 其中心常在500mb以下附近, 水汽最大中心在850mb以下, 位于上升运动中心的偏南口附近 且湿中心北口南一丁字干中心相峙, 暴雨区(暴雨带)正落在二者之间。

因为式自位于长江中下游地区 为了综合表明上述物理易在

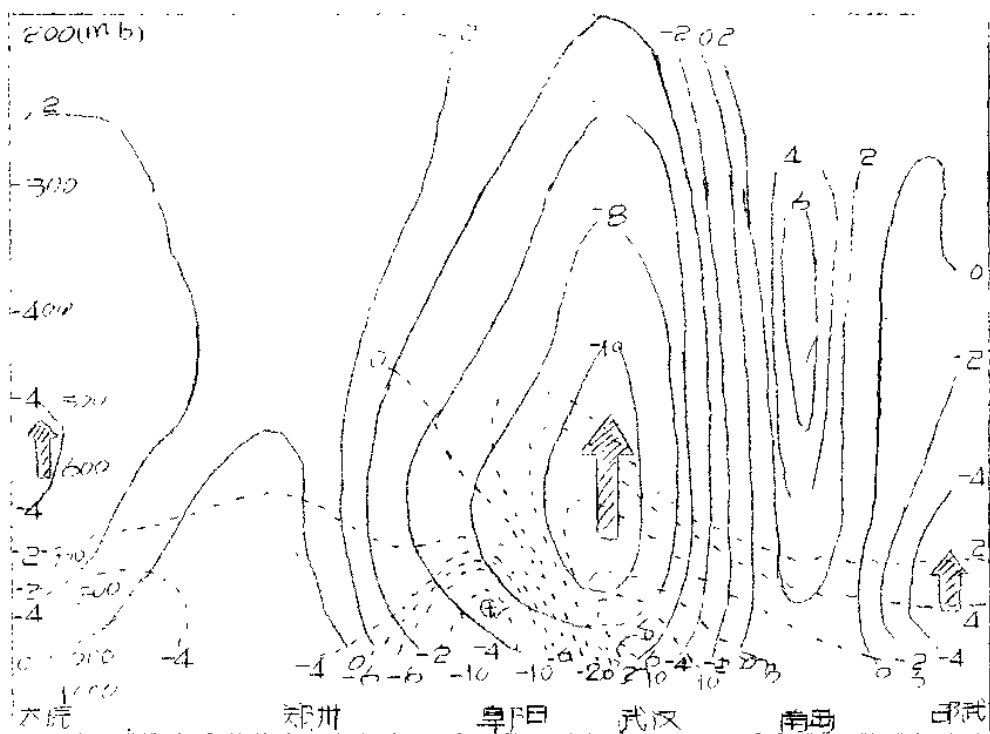


图4 1978年6月17日05时 剖面图

我省的天气反映,选取一个合适的剖面是需要的,因此,我们选取与西南气流正交的剖面。对上述物理量进行综合分析,图5给出暴雨或雨的统计区域及站点,图中圆圈站点及阴影区表示剖面的取法;剖面靠近我省西部,见图6(a) (b),图中箭号表示西南气流即水汽输送带,省图中点区表示暴雨片与大雨片。

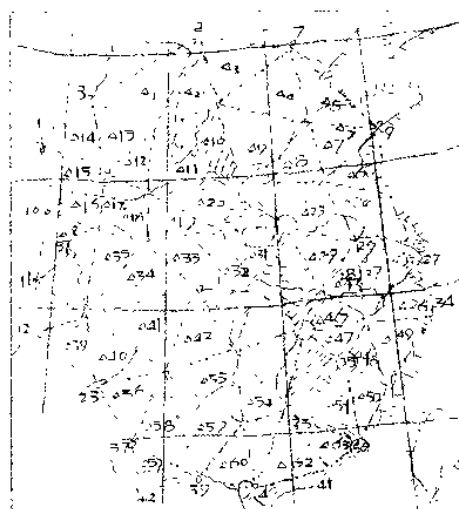


图5 1960年计标区域，阴形及黑点表示剖线位置

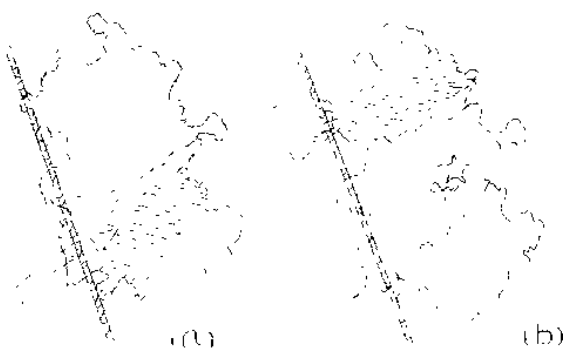


图6 剖线在本省的口位

二 正交综合分析图（简称正交图）制作及其特征

为显示梅雨期暴雨带的南北摆动，同时综合表现暴雨形成的物理条件，剖面图作法如下：以1960年6月23日为例加以说明。

见图7。图中中心垂线为垂直于低空西南气流的剖线，从北到南站点为4、14、28、17、32、35、38，顺序为太原、郑州、阜阳。

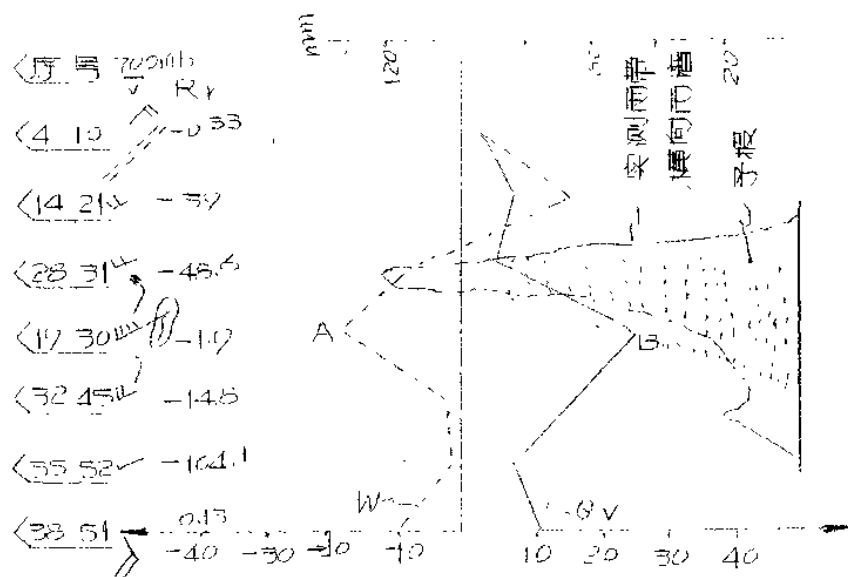


图7. 与西南海流正交的综合分析 (80 6 23 8^h)
(即南峯型 峯点为 A B)

汉口、南昌、邵武和厦门，与其相近的三角形区为10、21、31、30、45、52、51把它们的区域平均上升速度相近抄记在各站点上。(81年以后的试开范围有些扩大，共编号作了调整)，横坐标的右边取 Q_V 面(克/厘米·毫巴·秒)左边取垂直运动值 ω ($\omega \times 10^{-3}$ 毫巴/秒)，二者坐标比例相同。为了个对流层中下层 Q_V 和 ω 的垂直情况，各点 Q_V 取700mb和850mb二层数值之和记 ΣQ_V ， ω 取500、700、850mb三层数值之和记 ΣW ，另外在图中又加上两了附属坐标，一者为700mb各站风向风速，目的是从剖面上就可看出长江中下流地区700mb上切变线和急流的形势。最后还标出雷卡越数 R_T 南北一站点面，借此判别何处存在中尺度扰动情况。

分析发现，物理量 ΣW 及 ΣQ_V 在南北方向上呈现两大类型一种是有峯型(即大肚型)如图7，一种是无峯型(如图8)~ 2-7 ~

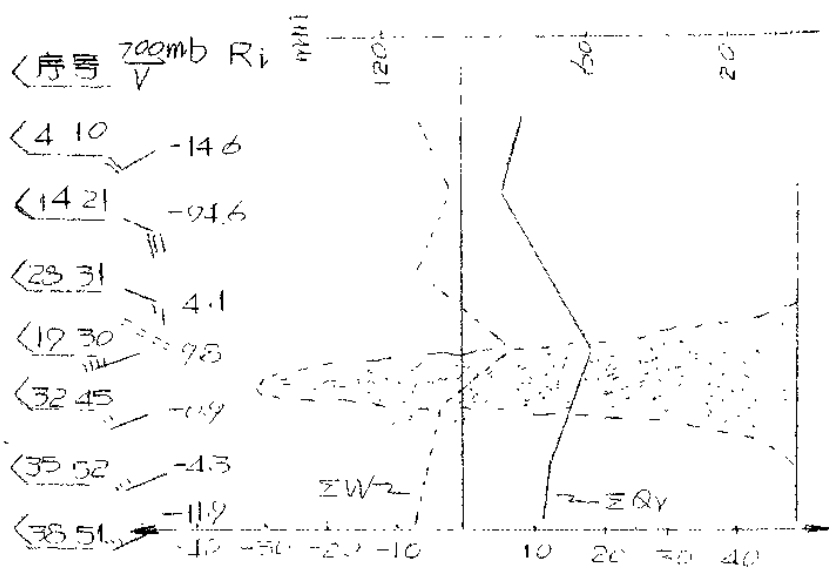


图6 右峰型正交综合分析图(82.6.20.05^h)

右峰型的主要特征是 700mb 切变线从南到550mb 急流轴之间,垂直运动和水汽通量南分界。厚度有一个极大值,且在极大值附近出现了一个南北向的最大切变值。此处正是未来24小时暴雨带所在位置,进一步分析可知,ΣW与ΣQV 廓线的展开程度,表示垂直运动和水汽条件的南北分布情况。其次,南北坡度发生最大的地区恰恰在切变线东流影响区附近,不难理解,此处满足

$$\text{MAX} \left\{ \frac{\partial V}{\partial y} \right\}$$

又因为垂直运动 $\omega \propto \frac{\partial V}{\partial y}$, 所以,该范围内具备强降水的动力条件。

梅雨期由于受切变线或切变低涡影响次数较多,因此,右峰型暴雨带出现较多,1982年汛期共出现13天,而右峰型(属于

南北向低槽影响)它的次数偏少,1982年只有3天。因此,我们主要根据有峰型的正交图特征来建立予报工具的。

这样,我们每天定时(如上午08时)制作这么一张综合图,便可把24小时内暴雨落区(雨带位置)及强度以南北向雨带的形式勾勒出来,供予报参考。

三、 $\max \sum W$ —— $\max \sum Q_V$ 与暴雨关系

正交综合图凡属于有峰型,皆可读取峰值上的 $\sum W$ 和 $\sum Q_V$ 值,且改记作 $\max \sum W$ 和 $\max \sum Q_V$ 。三年来试研资料分析,发现它们的分布与暴雨关系较好,图2即为 $\max \sum W$ —— $\max \sum Q_V$ 与暴雨关系图。

这组点聚图上,用A线包围的区域为未来24小时内暴雨(即指暴雨带生成)落点范围,A线与B线所夹区域为局部有弱降水产生区(即指雨带上降水强度减弱或雨带消失后仍会出现局地性弱降水)。其次,个别点出现在B线之外,为明显不具备降水条件。

图2的规律性较好,其物理意义是清楚的。由天气学可知,当切变线增强时,必然表现垂直运动增强,往往伴随西南急流增强,从而水汽输送加大,对形成强暴雨提供了充分和必要条件。

这组图又给出暴雨带出现的临界数值,近似为 $[\max \sum W < -7 \times 10^{-3}, \max \sum Q_V > 13.0]$ 。可见,只具备强上升运动,缺乏足够的水汽条件是不可能出现强雨带的(如82年7月1日)。反之,若水汽条件相当充沛,而垂直运动较弱,也不可能出现暴雨带的(如82年6月12日)。该组图上较大星号★。

利用此图便可对未来样本点进行予报,经过试研以来的使用和杆研,效果较好。该图历史似后年为85%,1982年汛期运用正交图与点聚图予报,13天暴雨日(亦包括南方省份),除了有三天是有峰型外,10天强暴雨日报出8天(6月21日和7月