

一九八〇年
暴雨试验文集

安徽暴雨试验协作组

目 录

1. 安徽省1980年梅雨期暴雨试验总结	1-8页	
2. 80年物理易计程程序简介	9-12页	
3. 暴雨落区及雨强趋势的分析预报——水汽通量与相对湿度 的应用	13-17页	张泽生 王翰杰
4. 在梅雨期用理查逊数预报24小时内降水的方法	19-22页	丁太胜
5. 江淮梅雨期降水定量计程及暴雨区水汽收支特征	23-27页	洪 吉
6. 北季风干扰的动力物理易计程的一次实例分析	29-32页	林宋鸿
7. 凝结函数应按湿绝热程	33-36页	林宋鸿
8. 大别山地形与暴雨	37-42页	
9. 几种物理量在暴雨试验中应用	43-48页	梁慧平
10. 80年梅雨期雷达回波特征分析	49-56页	冯春嫻
11. 江淮地区梅雨期暴雨的降水机制	57-64页	杜秉玉
12. 地形涡旋与降水	65-73页	梁慧平
13. 东亚付热带低空涡旋和江淮大暴雨	75-85页	杨金锡
14. 江淮地区春季大暴雨个例分析	87-91页	程振然 刘应松
15. 动力学参数和梅雨期降水关系的一些分析	93-96页	尚永生
16. 梅雨期长江中下游雨带摆动及其暴雨强度估计	97-104页	李国杰 丁 萍
17. 附录一	105-108页	李国杰
18. 附录二	109-111页	李国杰

安徽省1980年梅雨期暴雨试验总结

为了研究梅雨期暴雨发生发展的规律，以期提高暴雨预报能力，而开展本试验。

(一) 概况：

1. 时间——6月5日至6月30日，后因梅雨延长，故资料收集与物理量计标延续到7月15日。实际梅雨期为6月9日至7月20日，历时42天，其中出现区域性暴雨过程五次。

2. 参加单位和人员——以省气科所和省气象台为主，还有南京气象学院、合肥民航、驻皖某部队、长办等单位派员参加，共约二十余人。

中央气科院章海同志曾两次来合肥指导，并亲自参加试验。

省水文总站、华东气象通信中心、全省各气象台站、驻皖部队气象台以及中国科技大学320机房在资料的收集和计标等方面给予了大力协助。

3. 主要技术手段——

① 利用电子计算机录出区域性的物理量11项，并用它分析绘制各种图表；

② 组织省内5处气象雷达加强观测和发报，并绘制综合分析图；

③ 收集发报水文站的雨量情报；

④ 分析若干个探空站的 $T - \ln p$ 和高空风图；

⑤ 与省台原有天气图等工具配合，提出预报意见，不断寻找规律；

⑥ 全省各气象台站（包括大别山区部分气象台）都加强观测，地面每小时一次（多收守夜），探空在需要时增加到每天四次，为在试验期以后进一步研究提供资料。

·2·

(二) 物理量计算:

1. 项目和计算模型—根据以往对江淮梅雨的研究, 选定动力和热力物理量 11 项, 共 36 个 (详见附表 1)。

2. 地域与网络—在我国东南部梅雨锋活动范围周围, 约划 300 万平方公里的面积, 选取 42 个探空站, 计算动力物理量时组成 63 个三角形网格, 每个三角形平均面积约四万 Km^2 (见附图 1)。

3. 时次—由于人力和计算机使用条件的限制, 试验期间只能测每天 08 点一次, 事后又补了三次暴雨过境的 20 点。

4. 计算程序—用 FORTRAN-2 语言编制。为了便于今后灵活调查计算项目和网点, 打印图表都采用子程序形式。每次固定输入的地理参数有站点经纬度和组成三角形的站点序号; 每次输入的探空资料有各站地面—500mb 各标准等压面上的 T 和 $T - T_d$, 850—100mb 各层风向风速以及地面气压。36 个物理量的计算结果除用表格输出外, 还会都打印出平面图。计算在中国科技大学的 DJ5-8 机上实现, 每次约 15 分钟。

5. 输入数据的整理—从探空报译出, 对缺站缺层和明显错误, 由人工修补处理, 然后穿孔纸带。这些工作在正常情况下一下, 08 点资料在 13 点前可穿孔完毕。

(三) 物理量图的作用:

上面列举的物理量, 多数在气象理论上早已确立有重要的地位, 在研究工作中也为人们所乐于采用, 只是由于计算上的复杂性: 现在的计算也还不是完善的, 才没能普遍引入日常业务预报中来。随着电子计算机的普及, 给这种计算提供了可能。通过这次试验, 我们体会到这些物理量图的作用有以下几点:

1. 提供了一批天气图上不易辨别的重要物理量。例如涡

度、散度、垂直速度都是大气重要动力因子，在天气图上只能根据流场作大致的判断；再如果雨区预报重视的水汽输送和稳定性分布，过去预报员也限于从偏南气流、温差、冷暖平流等考虑个大概，现在有了各层的水汽通量及其散度、总稳定度、理查逊数等分布图，情况就清楚多了。总之，物理场图可以弥补天气图的不足，使人们较直观、较容易、较本质地掌握大气物理状态。

2、为暴雨预报提供了较好的信息。尽管物理场图仍然和天气图一样，只反映某一瞬时的天气状态，而不包含对时间的倾向，但诸如涡度平流、散度补偿、不稳定能量释放以及水汽潜热等在天气系统发生发展理论中有重要地位的因素，物理场图则能把它表征得比天气图上清楚得多；而且也可通过前后相邻时刻物理场图的比较，得出含有时间差分意义的动态图（如 $\Delta 24S$ 等），从而获得既有理论基础又便于应用的暴雨预报信息，这方面的例子将在下节列出。

3、为暴雨诊断分析提供了依据。这些物理场虽然过去在暴雨分析中早已被广泛使用，但多数只限于特定的暴雨时段和暴雨区域，现在通过不论有无暴雨每天固定大范围的计算，使我们的加深了对过去诊断分析普遍意义的认识。例如，过去诊断认为，梅雨锋的温度对比不明显，而湿度对比是主要的；试验也证实，用 θ_e 图上的锋区来表征梅雨锋活动很清楚，利用其保守性，还可用特征等熵面来确定锋面的能级和坡度等结构，这是天气图上等温线所不及的；再如，通过各层水汽通量的分析，可使我们掌握暴雨水汽来源各层的比例、纵向和横向耦合的主次等特征，从而开阔预报思路。

(四) 物理场用于预报举例：

11 项物理场在预报中都有参考价值，现仅将初步认为较好

用的举出几例(详细的另有单项总结)：

1. 散度 D 有一定预报意义——低层耦合高层辐散是梅雨锋生成和维持的重要条件，有同志总结出当低层 $D_{850} < -1 \times 10^{-5}$ /秒，并相对散度 $(D_{300} - D_{700}) > 1 \times 10^{-5}$ /秒时，24小时内出现中等以上降水的条件概率显然大于气候概率。

2. 涡度 ζ ——根据边界层理论，摩擦层中的上升运动正比于摩擦层顶的涡度，有同志统计得在粘滞系数较大的皖南山区与大别山区，850 mb (代表摩擦层顶) 的涡度在24小时降水预报中很有价值。

在分析它上游地区涡度的垂直剖面图后，有同志发现：当安徽南部正涡度层向高层发展(如达200 mb)，未来雨带将北抬；如正涡度层限在500 mb 以下，则雨带将作横向发展，南北少动。

3. 850 mb 上的水汽通量 $\vec{V}$ 及其散度试验中被广为重视，无论是平面图上的轴线或是南北向东西向的剖面曲线，都对暴雨预报有指示意义。

4. 理查逊数 Ri 和短期内降水有较好的对应关系，在700—850 mb 层， $-5 < Ri < 5$ 区域，一般为未来24小时降水区，大到暴雨常产生在 Ri 零线附近。与沙氏指数一起作成时间演变曲线，可作单站降水预报依据。

5. A 指数图上高值舌的形式对雨区的移向和雨强的变化有一定指示意义，有同志把它分类为晴转雨、强雨持续和强雨减弱等型式。

6. 垂直速度 ω 和由它再算出的可降水势，对暴雨预报有一定指示意义。当江淮梅雨锋上出现呈带状的上升运动区和可降水势区时，上游雨区常东移加强成暴雨。

7. 把物理量同天气图形势结合起来是很好的办法，有同

志把未来影响系统分为低涡型、冷切变型和暖切变型，然后寻找垂直运动的指示区，效果较好。

8. 多个物理量配合使用也已尝试，如把 ΔS 和 ΔD 作在同一张径向剖面图上（见附图二），根据正 ΔS 和负 ΔD 所围的面积和散出的位置，来预报 24 小时后雨带的强度和位置。再如把相对湿度 ΔS 300—850 和 ΔD 550 绘在同一张平面图上，发现暴雨经常出现在 ΔS 的正轴线和 ΔD 的正轴线之间（见附图三）。

Δ 由于目前物理量不像天气图那样有历史资料可查证，我们今年是第一年计算，可说是边摸索、边总结，上面列举的一些物理量预报规律，都还是不成熟的，有待今后检验。

(五) 存在问题：

1. 物理量计算方面 ——

① 由于对记录未经处理，有时做过一些错误的记录或中小尺度扰动的记录，使计算结果不能准确反映天气尺度的物理量。

② 散度修正、地形影响和降水致孕等没考虑。

③ 初次试验，对产生暴雨的条件认识不足，因此对物理量选取没有把握，项目显得多而杂，图达三十余张，重点不突出。

④ 计算机不太保证，夏季高温时又常出故障，所以每天只限标 08 点一个时次，其中还有一半的日子不能在 15 点以前标出。

2. 物理量应用方面 —— 把物理量用到日常预报中来是个新课题，现又没有物理量的历史资料可供查找规律，不多几个例分析所得的规律又不敢大胆使用，再因我们计算的物理量范围较小，时次也少，对于影响梅雨锋的付高（主体）和两风

带长波等系统，主要还依靠天气图，两者如何综合考虑，尚缺乏经验。

三、由于人力和经费的限制，所以中小尺度工具较少。没能组织起县气象台发报，雷达和雨情资料还没充分使用。因为这方面情报来报不经常，所以有时来了好的信息也没足够重视，如6月23日下午，雨情反映河南暴雨中心向我省淮北界南、临泉一带逼近，物理场场也有反映；6月26日凌晨六安雷达发现有强对流天气向合肥方向东移，这两次临近预报的好信息都放过了。

(六) 今后设想。

物理场订报有一定理论基础，过去在分析研究中也广泛使用。通过八〇年的试验，也证实了它确实具有投入日常业务预报使用的可能性，前途是肯定的；上面提到的目前存在问题，是要研究逐步改进。八一年要研究客观分析方法，调查订报项目，改进收字模型和程序，以提高订报质量和速度。在此基础上，订报时次要争取增加到每天两次（08、20），有可能的话要补录几个旱涝典型年梅雨期的物理场历史资料，这样就可从理论上作进一步探讨，从使用上积累更多的经验，在暴雨预报方面，逐步成为一项与天气图相配合的有力工具。

至于把物理场用到县气象台站预报上，这次试验中也看到了苗头。用各种物理场来建立预报工具，比起只限于直接使用压、温、湿、风资料的预报工具来，显然物理含义会更丰富、路子会更广阔。

既然公认产生暴雨的直接系统是中小尺度系统，那么，仅研究天气尺度的背景条件就不全面；所以必须加强中小尺度工具，要组织部分县气象台发报，测雨雷达监测要严密组织，雨情的收集要保持经常及时，临近预报也要试做。

暴雨科学是个重要课题，也是个难度很大的课题。要实现进一步试验的设想，困难还是不少的。我们的技术水平和组织能力都不够，设备和经费也甚不足，上机运算和组织发报等，都牵涉到许多协作单位，我们诚恳希望得到有关领导的支持和有关院、校的指导。

附表 1

物理量一览表

序	名称、符号	层 次	计算简介
1	散度 D	850, 700, 500, 300, 200, 100.	用实测风，贝拉梅法
2	涡度 S	同 上	同 上
3	垂直速度 W	850, 700, 500 300, 200.	对散度作连续方程积分，并作二次修正。取边界 $W_{1000} = W_{200} = 0$ ，并设 $D_{1000} = 0.6$ D_{850} 。
4	水汽通量散度 $\frac{\partial V}{\partial x}$	850, 700, 500	
5	水汽通量散度 D_q	同 上	用 $\frac{\partial V}{\partial x}$ ，贝拉梅法。
6	相当位温 θ_e	地面 850, 700, 500	$(T + \frac{L}{C_p} q)(\frac{1000}{P})^{R_d/C_p}$
7	相当位温差 $\Delta \theta_e$	700 - 地面 500 - 850	

· 8 ·

8 总稳定度 I_{LC}		$\Delta \theta_{e 500-850} + \theta_{e 500}^* - \theta_{e \text{地面}}$
9 湿空气理查逊数 R_i	$850-700$ $700-850$	$R_i = -R \frac{\bar{T}}{\theta_{e \bar{P}}} \cdot \frac{\Delta P \cdot \Delta \theta_e}{\Delta u^2 + \Delta v^2}$
10 A 指数		$T_{850} - T_{500} - [(T - T_a)_{850} + (T - T_a)_{700} + (T - T_a)_{500}]$
11 可降水层	二种	分别用水汽混合比和凝结函数法，凝结函数法下用哈廷顿式给出。

80年物理量计算程序简介

暴雨试验组 周嘉瑞

本文直接使用地面观测资料进行计算。共计算十个物理量及二个可能降水层数（共一），计算区域为湖南，采用兰勃特地图投影，在计算结果的同时，完成将物理量为底次的自动填图工作。经过暴雨试验组认为，基本达到实用要求。

本程序用FORTRAN语言编成，在三台机上实现，计算一个小时的约需十分钟。

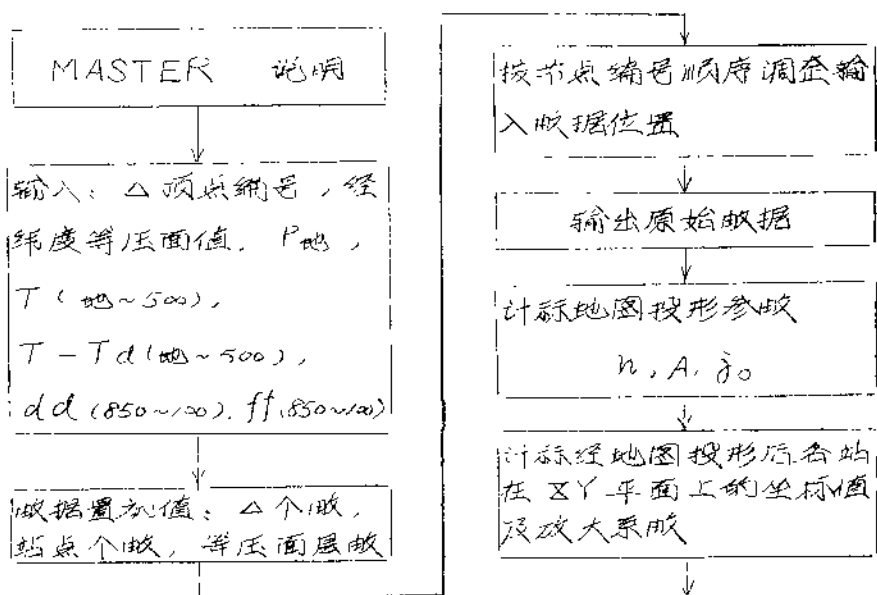
表一

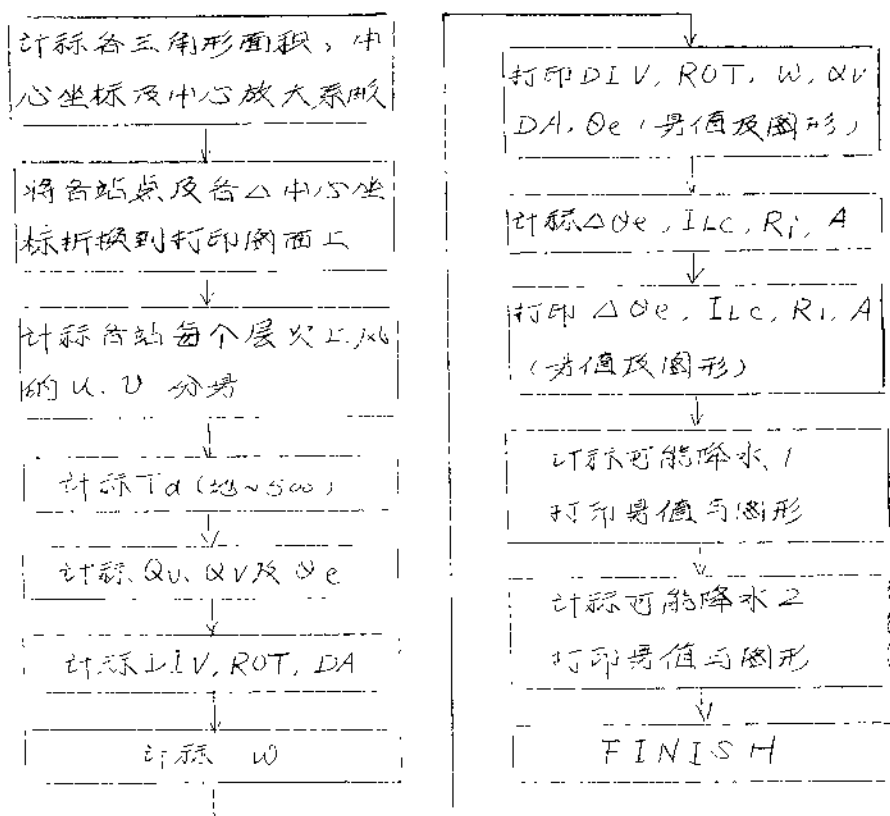
名称	计算层	计算公式
DIU	850mb ~ 100mb	$\frac{2}{d} \frac{\hat{m}^2}{\Delta_3} \sum_{l_1, l_2} \frac{1}{\bar{m}_{l_1, l_2}} \{ \bar{u}_{l_1, l_2} (\bar{j}_{l_2} - \bar{j}_{l_1}) - \bar{v}_{l_1, l_2} (\bar{i}_{l_2} - \bar{i}_{l_1}) \}$
ROT	850mb ~ 100mb	$\frac{2}{d} \frac{\hat{m}^2}{\Delta_5} \sum_{l_1, l_2} \frac{1}{\bar{m}_{l_1, l_2}} \{ \bar{u}_{l_1, l_2} (\bar{i}_{l_2} - \bar{i}_{l_1}) + \bar{v}_{l_1, l_2} (\bar{j}_{l_2} - \bar{j}_{l_1}) \}$
W	850mb ~ 200mb	$W_K = \sum_{K'=1}^K \hat{D}_{K'} \cdot \Delta P_{K'} - \left(\frac{P_1 - P_{K+1}}{P_1 - P_7} \right)^2 W_6$ $W_6 = \sum_{K'=1}^6 \hat{D}_{K'} \cdot \Delta P_{K'}, \quad \hat{D}_{K'} = \frac{1}{2} (\bar{D}_{K'} + \bar{D}_{K'+1})$ $(K' = 1, 2, \dots, 6)$
QV	850mb ~ 500mb	$\frac{1}{g} g V$
DA	850mb ~ 500mb	用 QV、QU 代入散度公式。
Qe	1000mb ~ 500mb	$(273 + T + 2.5g) \left(\frac{1000}{P} \right)^{2.7} - 273$

$\Delta \theta_e$	500 - 850 mb, 700 - 100 mb.	
$R_i \frac{K_1}{K_2}$	700/850, 500/700	$R = \frac{T_{K1} + T_{K2} + 546}{\theta_{ek1} + \theta_{ek2} + 546} \cdot \frac{2(K_2 - K_1)}{K_2 + K_1} \cdot \frac{\theta_{ek2} - \theta_{ek1}}{(U_{K2} - U_{K1})^2 + (V_{K2} - V_{K1})^2}$ $R = 287.054$
I_{Lc}		$(O_e)_{500-800} + O_{e500}^* - O_{e地}$ 其中 O_{e500}^* 用 T_{500} 代入 O_e 公式算出.
A		$[(T_{850} - T_{500}) - ((T - T_d)_{850} + (T - T_d)_{700} + (T - T_d)_{500})]$
可降水:		$\begin{cases} -0.72 \times (DA_{850} + DA_{700} + DA_{500}) \\ 0 \end{cases} \quad (DA_{850} + DA_{700} + DA_{500} \geq 0)$
可降水:		凝结函数法

一、程序结构。

程序基本上由计算物理量、按表格输出计算结果、输出图形三部分组成，各为独立的子程序，在运行中用调用语句实现相互间联系。其流程如下：





二、使用须知:

1) 计算前的准备:

在前图所示的计算范围内, 选用4~2个测站, 将这些测站联结起来, 组成6~3个三角形, 对这些三角形及对应的三个顶点进行编号 (按反时针编), 对计算所需的数据按输入顺序穿孔。由于计算区域每次不变, 故测站的经纬度、三角形的形成其顶点编号固定, 不需每次穿孔。

2) 结果分析:

输出每个物理量顺序是: 数据后图形。在图形上盖上海形图章即可用于预报分析。图上数据均为三位数, 第三位为小数, 小数点略去。

·12·

参考文献:

廖洞贤:暴雨讲习班教材(二)

暴雨落区及雨强趋势的分析预报

一 水汽通量与相对湿度的应用

位于20年6月5日—7月15日，开河口流域雨期暴雨试验，其中用20个订标了 104°E 以东、 62° 个三角形的湿度、感湿、上升运动、水汽通量等11个物理量（图一）。根据标出物理量的空间分布，对未来24小时天气进行延续性预报，特别是对暴雨产生过程的诊断分析，收到了比天气图于预报好的效果。本文主要讨论水汽通量与相对湿度在暴雨落区方面的应用，并分析其与暴雨过程及雨强的关系。

一、暴雨落区的分析

源：不断的水汽供应，是形成暴雨的必要条件，而适当的辐合上升运动，才能使水汽最有效地成云致雨。选择那些物理量作为水汽输入指标和辐合上升指标，都各有不同。目前大都认为，暴雨型暴雨主要由垂直的横向水汽输送所引起的^①。我们在计算中觉得 $Q_v = \frac{1}{g} \rho V$ 比 $Q_u = \frac{1}{g} \rho u$ 要大得多（ V 、 u 分别为实测风的南北和东西分量， g 为比重），而且主要集中在对流层低层。因此我们取 850mb $Q_v = \frac{1}{g} \rho V_s$ 作为水汽流入的指标，结果发现 850mb Q_v 高值区轴线， Q_v 高值中心与暴雨落区配合得比较好。至于反映空气上升运动的物理量很多，但我们在试验中发现重点空间的相对湿度差值对暴雨落区的反映较好。即 $\Delta\phi = \phi_{300} - \phi_{500}$ 也称作垂直切变风的湿度^②。通过分析发现， $\Delta\phi$ 的高值轴线与未来暴雨区的北沿配合比较好。我们分析未来暴雨落区，即由图1可见逐日 850mb Q_v 及 $\Delta\phi$ 分布图，并标出未来暴雨落区于预报标。当有 Q_v 高值西（或闭合高值中心）出现，且 $Q_v > 50$ ，同时在 $-\Delta\phi$ 区相配合， $\Delta\phi =$

-100, 未来24小时暴雨发生, 其落区在 α_v 高值轴线与 $-\Delta$ 号轴线之间(图二); 若两轴线上有两个中心, 则暴雨落区在两中心之间; 若两中心相近或重合, 则暴雨落区与之重合(图三)。

上述指标的天气学意义是清晰的, 普遍认为(2)(3)(4), 梅雨期暴雨多发生在一个狭长的上升辐合带内, 又称为三维空间的梅雨锋。梅雨锋区的南侧对流层底部有一股SW暖湿气流, 这支气流向锋区内输送水汽, 在850-700 mb之间以低空急流的形式出现。而850 mb α_v 高值区轴线恰好与SW急流的位置一致(图三), 暴雨区发生在低空急流的左侧前方(2)(3)。因此以 α_v 高值轴线做为暴雨落区的南界是合理的。在暴雨试验中可以迅速输出各层 α_v 分布图, 较准确的突出其高值轴线, 这就弥补了在天气图上低空急流难于定位的不足。

Δ 号是一个反映高低层辐合辐散的动力学指标, $-\Delta$ 号最大区就是高层辐散低层辐合区, 这一般位于高空急流的南侧。 Δ 号不仅反映了空间状态下的动力学抬升情况, 同时也反映了冷空气活动情况。因此它可以是一个冷空气指标或动力学指标。而 α_{v850} 反映了SW暖湿气流的活动情况, 是一个热力学指标或暖湿空气指标。两者互相配合分析就可以比较好的分析预报暴雨的落区。

二、暴雨落区的分类分析

不同天气型的暴雨过程, 其 α_v 、 $-\Delta$ 号与暴雨落区配置及演变有不同特点。按照其动态可大致分为三类。

1、移动型: α_v 高值 $-\Delta$ 号中心由NW→SW, 或由W→E移动迅速。在试验期间共出现5次, 均有暴雨发生, 其中4次出现大暴雨。该型雨区范围形状和 α_v 高值区相似, 未来暴雨落区在两轴线之间而偏于 α_v 轴线一侧(图四a)。如6月14日至17日一次大暴雨过程, α_v 高值区轴线东伸北抬, 其中心最大值大于200, $-\Delta$ 号中心连续三次小于-100, 两轴线之间连续三

天发生暴雨，暴雨中心偏于 QV 轴线（图四(b)）。这种过程多为低槽冷锋型，-△号轴线的形成与冷空气活动相配合，冷空气迅速向南移动，未来主要降水发生在锋前暖区，故降水区偏向于 QV 轴线一侧。

2、稳定型：QV，-△号轴线呈纬向，比较稳定有时可稍有南压或北推。试验期间共出现 6 次过程，其中 4 次过程发生暴雨。该型 24 小时雨区发生在两轴线之间，而暴雨中心偏于 -△号轴线一侧。位于 -△号中心东部，如 6 月 23 日至 25 日，江淮地区出现一次大暴雨天气过程（图五），QV 轴线呈东西向在长江流域摆动，-△号轴线稳定在江淮一带也呈东西向，并不断有 -△号中心东移，大片雨区终生在两轴线之间，并偏 -△号轴线一侧，在 -△号中心东部不断有暴雨中心产生。该型大都是静止锋型梅雨过程，这时冷暖空气对峙在江淮一带，而作一冷暖空气指标的 QV、-△号轴线可以较客观的指示其南压，北推或稳定，加强或减弱，可为预报提供一些依据。

3、西行型：该型在试验期间仅出现一次，其天气系统是台风登陆北上的过程。其特点是先出现强 QV 正值区，而在其周围可以分析出 -△号中心，暴雨落区在两中心之间，台风移向与 QV 轴也比较一致。

三、暴雨过程及雨强分析

由上述分析可见每当暴雨发生之前，QV 和 -△号均有明显反映，为进一步分析影响我省范围的暴雨过程，综合考虑热力 and 动力因子，按图六做折线时间剖面图，AB 表示 NW 气流横向剖面，BC 表示 SW 气流横向剖面，在相对安徽省的地理位置淮北、江淮之间、江南填写 24 小时雨身。由图可见：每次 QV 舌北伸，24-48 小时后安徽省有降水天气过程发生，QV 舌偏北降水区偏北，21、25 日有高压出现沿江江南有雨，