

## 行星边界层变形场与大暴雨落区\*

邓秋华

(武汉中心气象台)

## 提 要

本文通过对1979—1981年梅雨期行星边界层变形场的分析,说明行星边界层上部变形场与大暴雨密切相关。利用它可以判断低气压系统的移动和发展,对未来12—24小时大暴雨落区预报有一定指示意义。

## 一、引 言

本世纪三十年代,贝吉龙就讨论过变形场对锋生的作用<sup>[1]</sup>。五十年代佩特森进一步强调了变形场在天气发展中的重要作用<sup>[2]</sup>。七十年代又有人讨论了天气尺度变形场与热带云带走向的关系,解释了东风波东部倒V型云型的形成问题。最近张元箴计算了850百帕等压面变形率,得到能量锋生最大值与暴雨配合较好,位置基本重合的看法<sup>[3]</sup>。

目前,在暴雨诊断分析中,有关变形场的应用极少。本文通过对1979—1981年梅雨期(6月1日—7月20日)逐日行星边界层500米、1000米、1500米高度变形场的计算及分析,说明低空变形场对暴雨系统发展的动力作用是重要的。

我们规定在湖北省12小时内有两站以上雨量>50毫米,大暴雨中心>100毫米;或有4站以上雨量>50毫米,大暴雨中心≥95毫米算一次大暴雨日。三年总计有27次大暴雨日。大暴雨主要发生在夜间(占 $\frac{18}{27}$ ),发生在白天的大暴雨仅占 $\frac{9}{27}$ ,且其中有一半是从夜间持续下来的。因此,我们若能预报出夜间有大暴雨,也就抓住了湖北省大多数大暴雨过程。

## 二、行星边界层流场中各物理量的计算

瞬时速度分量 $u$ 和 $v$ 可写成 $x$ 和 $y$ 的函数

$$u = u(x, y) \quad (1)$$

$$v = v(x, y) \quad (2)$$

取任意一点作原点,将两式展开成泰勒级数,则原点附近的风场可表示成:

\* 本文于1986年2月18日收到。

$$u = u_0 + \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_0 x + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_0 y + \dots \quad (3)$$

$$v = v_0 + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)_0 x + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)_0 y + \dots \quad (4)$$

假如不取  $\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_0$ 、 $\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_0$ 、 $\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)_0$ 、 $\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)_0$  这四个微商项形式，而用下列微商的和与差组成几个物理量：

$$\xi = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \quad (5) \quad \text{即 涡度或旋度}$$

$$D = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \quad (6) \quad \text{即 散度或扩张}$$

$$D_{stre} = \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} \quad (7) \quad \text{即 伸缩变形}$$

$$D_{she} = \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \quad (8) \quad \text{即 切变变形}$$

这样(3)式和(4)式可写成

$$u = u_0 + \frac{1}{2}(D + D_{stre})x + \frac{1}{2}(D_{she} - \xi)y \quad (9)$$

$$v = v_0 + \frac{1}{2}(D_{she} + \xi)x + \frac{1}{2}(D - D_{stre})y \quad (10)$$

式(9)和(10)说明，相对于原点的运动是由平移  $(u_0, v_0)$  和散度、涡度、变形合成的。

其中伸缩变形是两个膨胀分量  $\frac{\partial u}{\partial x}$  和  $\frac{\partial v}{\partial y}$  之差，而辐散则是两者之和。切变变形与涡度的关系和伸缩变形与散度的关系类似。

选择适当的坐标，则上述两种变形可组成“合成变形”  $D_f$ ，这个选定的坐标叫“主轴”。由此得到膨胀轴的方向角  $\theta$ 。

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1}(D_{she} / D_{stre}) \quad (11)$$

$$|D_f| = \sqrt{D_{stre}^2 + D_{she}^2} \quad (12)$$

或  $D_f = D_{stre} \times \sec 2\theta \quad (13)$

我们利用50个测站的行星边界层测风资料作了计算，计算范围为  $105-120^\circ E$ 、 $25-35^\circ N$ ，取正方形网格，格距150公里，全场  $10 \times 8$  个格点。计算了表征行星边界层变形特征的  $D_{stre}$ 、 $D_{she}$ 、 $|D_f|$ 、 $D$ 、 $\xi$  等物理量，着重分析预报当天夜间大暴雨落区。

### 三、行星边界层变形场与大暴雨的关系

运动的变形成分，在好几个方面都是重要的，特别是向伸长轴上气流的汇合，可以形成

一条温度（水平）对比强的狭带，通常称为锋<sup>[2]</sup>。当考虑相当位温（ $\theta_e$ ）守恒时，则其梯度的个别变化（能量锋生值）为：

$$\frac{d}{dt} |\nabla \theta_e| = \frac{1}{2} |\nabla \theta_e| (|D_f| \cos 2\beta - D) \quad (14)$$

当  $x$  轴沿膨胀轴取时，式中  $\beta$  为  $\theta_e$  等值线和膨胀轴的夹角。上式第一项为变形率锋生值，第二项为散度场锋生值。可见大的变形率和辐合对锋生起重要作用。将上式应用于行星边界层，因缺温湿场资料，无法直接计算锋生强度，仅用  $|D_f|$  和  $D$  来讨论锋生作用。

从计算结果看， $|D_f|$  常为  $10^{-5} - 10^{-4}$ /秒的量级（ $D$  将在后面分析）。分析得出一个很有意义的结果，就是  $|D_f|$  最大轴线（或最大中心连线）与未来 12—24 小时切变线位置大致相吻合。例如 1980 年 7 月 17 日 08 时 1500 米层低涡在光化附近。20 时低涡东移到麻城附近，相应暖切变位于麻城、铜陵一线，冷切变在麻城、江陵、贵阳一线。08 时计算得的 1500 米层最大变形轴线在麻城附近有一拐点，恰好指示出当晚低涡向东南移，其轴线位置与当晚冷暖切变吻合较好（图 1）。又如 7 月 18 日 08 时 1500 米层冷式切变位于南京、麻城、芷江一线。20 时切变线稳定少动。计算得的 1500 米层最大变形轴线与当晚切变实况基本一致（图 2）。

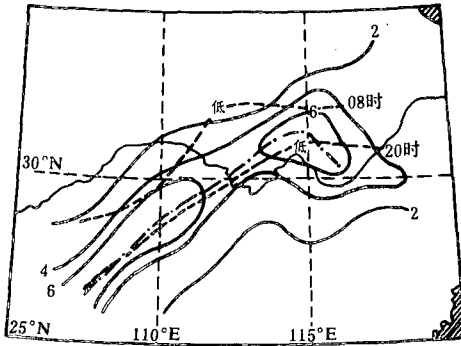


图 1 1980 年 7 月 17 日 08 时（北京时，下同）1500 米层  $|D_f|$ （实线）、最大轴线（点划线）与切变线（虚线）实况  
（图中数字的单位为  $\times 10^{-5} \text{秒}^{-1}$ ）

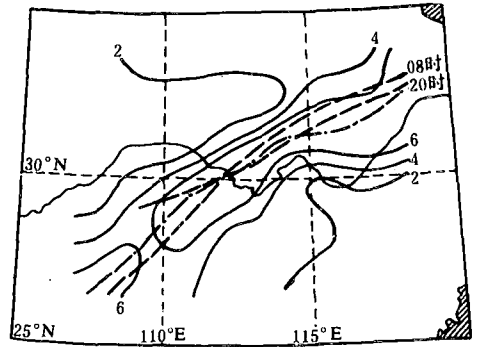


图 2 1980 年 7 月 18 日 08 时 1500 米层  $|D_f|$ （实线）、最大轴线（点划线）与切变线（虚线）实况  
（图中数字单位同图 1）

1000 米层最大变形轴线与低气压系统的相互关系也类同。如 1981 年 6 月 26 日 08 时 1000 米层切变线还在陕南，强度很弱。鄂北、川东地区仅有南风气流中微弱的风速辐合，20 时冷切变发展东移，位于郑州、宜昌、重庆一线。计算得的 1000 米层最大变形轴线与实况大致吻合（图 3）。又如 1981 年 7 月 9 日 08 时 1000 米层冷式切变线位于阜阳、宜昌、恩施一线，20 时切变线稳定少动。计算得的最大变形轴线东段与实况基本吻合，但轴线西段比实况偏北（图略）。这个误差将在分析  $D$  场对锋生的作用中得到解释。

由上分析证明，梅雨季节出现的江淮切变线，实际上也是一种变形场。在日常天气预报中，若能用最大变形轴线客观地判断预报低气压系统，可在一定程度上有助于系统的外推预报。

分析得的另一个很有意义的结果是在行星边界层  $|D_f|$  的大值区里，有利于大暴雨发生。大暴雨区位于 500 米、1000 米层最大变形轴线上或附近（图 3）。大多数在轴线南侧，少数在轴

线北侧。而18次大暴雨区无例外地均位于1500米层最大变形轴线南侧。因此，依据计算得的1500米层最大变形轴线，就能大致确定大暴雨区的北界。

从18次大暴雨日分析，大多数大暴雨中心在 $|D_f|$ 的大值区，并在最大值中心位置。大暴雨中心的平均变形率，三层均 $>2.9 \times 10^{-5}$ /秒，其中1000米层数值最大，达 $3.6 \times 10^{-5}$ /秒(表1)。若取 $|D_f| \geq 2.5 \times 10^{-5}$ /秒的区域来诊断未来12—24小时大暴雨落区，则500米、1000米、1500米层 $|D_f|$ 场分别漏报7次、2次、4次大暴雨日。所以，用1000米层 $|D_f|$ 场来预报大暴雨落区效果较好。所漏报的1979年6月3日夜间江汉平原南部大暴雨，三层 $|D_f|$ 都较小。另漏报1981年6月24日夜间鄂西南大暴雨，500米、1000米层 $|D_f|$ 虽小，但1500米层 $|D_f|$ 却达 $4.0 \times 10^{-5}$ /秒。因此利用1500米层 $|D_f|$ 最大轴线作出行星边界层顶低气压系统预报之后，分析其轴线南侧1000米层 $|D_f| \geq 2.5 \times 10^{-5}$ /秒的区域，或在1000米层的 $1.0 < |D_f| < 2.5 (\times 10^{-5}/\text{秒})$ 的区域，仍有1500米层 $|D_f| > 3.0 \times 10^{-5}/\text{秒}$ ，均有发生大暴雨的可能性。

实际预报中最重要的是确定哪个地区降水强度大。佩特森曾经讨论了大气运动中常见的几种环流形式<sup>[2]</sup>，并从北半球环流型式对照中说明，正值旋转附加在强变形场上( $D_{stre}^2 - \xi^2$ )的结果，是使气旋性弯曲的流线得到发展，使反气旋性弯曲的流线减弱。旋转成分和变形成分的相对强度反映在气旋性和反气旋性曲度的差量上。我们直接计算了各层( $D_{stre}^2 - \xi^2$ )场。在北半球( $D_{stre}^2 - \xi^2$ ) $>0$ 的地区，有利于气旋性发展。从计算结果发现，( $D_{stre}^2 - \xi^2$ )正值中心附近，即为未来的大暴雨区。如1980年6月17日一次冷切变暴雨过程，白天暴雨区在鄂西南，当晚暴雨区东移到鄂东南。从当天08时1000米层流场分析，冷切变线位于南京、麻城、宜昌、恩施一线，汉口附近风场辐合比较强，是一个可能产生中尺度系统的背景场。据( $D_{stre}^2 - \xi^2$ )计算结果，汉口西南方的嘉鱼附近格点，出现最大正值中心，其数值达 $35.7 \times 10^{-10}/\text{秒}^2$ ，其下游200公里左右的阳新当晚出现119毫米/12小时的大暴雨中心(图4)。又如1980年7月17日一次低涡暴雨过程，大暴雨主要发生在当天夜间。1000米层低涡位于汉口与宜昌之间，当晚大暴雨中心位于低涡南侧的咸宁，12小时雨量达96毫米。汉口与长沙间存在风速辐合，是一个可能产生中尺度系统的背景场。据( $D_{stre}^2 - \xi^2$ )计算结果，汉口东南方的黄石附近格点，出现最大正值中心，其数值达 $2.7 \times 10^{-10}/\text{秒}^2$ 。在这个中心南部100公里左右的咸宁，当晚出现了大暴雨中心(图5)。

分析500米、1000米、1500米层的( $D_{stre}^2 - \xi^2$ )量场，得到它们对18次大暴雨日的概括次数分别为11次、15次、12次；故得出用1000米层该项正值区来指示未来12—24小时大暴雨区效果最好。如果将1000米和1500米层( $D_{stre}^2 - \xi^2$ )结合起来，可减少漏报。如1981年6

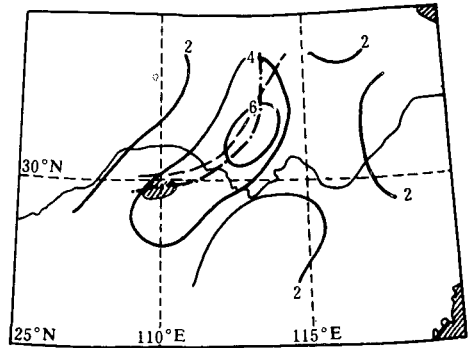


图 3 1981年6月26日08时1000米层 $|D_f|$ (实线)、最大轴线(点划线)与20时切变线(虚线)和当天夜间大暴雨区(斜线区)

(图中数字单位同图1)

表 1 1000米层  $|D_f|$ 、 $D$ 、 $\xi$  等物理量与大暴雨

年·月·日	当晚大暴雨 中心(毫米)		$ D_f $ $\times 10^{-5}/\text{秒}$	$-\frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial y}$ $\times 10^{-5}/\text{秒}$	$D$ $\times 10^{-5}/\text{秒}$	$\xi$ $\times 10^{-5}/\text{秒}$	1000—1500米 $W(\times 10^{-2}\text{米}/\text{秒})$	500—1000米 差动涡度平流 ( $\times 10^{-5}/\text{秒}$ )	1000—1500米 差动涡度平流 ( $\times 10^{-5}/\text{秒}$ )
1980·6·16	恩施	134	5.0	4.0	-2.0	-1.9	1.3	-5.0	4.0
	宜都	116	5.0	2.0	-0.3	4.3	0.3	-9.0	1.0
	麻城	104	3.0	1.5	-1.5	3.0	1.5	9.0	20.0
6·17	阳新	119	3.5	1.7	-0.5	2.0	0.7	-1.0	5.0
6·24	新洲	95	8.0	1.0	-0.1	5.1	0.5	25.0	2.0
7·3	来风	123	3.0	1.0	-2.0	1.0	2.0	1.0	-1.0
7·16	安陆	108	3.7	4.0	-0.5	3.0	1.3	1.0	3.0
	远安	107	3.0	3.0	-0.2	3.1	0.6	-1.0	2.0
7·17	咸宁	96	4.5	2.0	-3.0	4.8	2.0	1.0	5.0
7·19	云梦	159	3.5	1.0	-2.0	4.0	0.7	2.2	-4.0
1979·6·3	监利	149	1.5	5.2	1.2	3.1	-1.0	2.0	0.5
	江陵	102	2.0	6.0	2.0	3.2	-1.2	2.0	0.5
6·4	蒲圻	114	3.5	1.0	-1.5	3.0	2.0	2.0	2.0
7·8	天门	110	2.5	1.0	-1.5	2.0	1.0	-0.3	1.0
7·16	英山	102	4.0	10.0	-2.0	4.0	1.0	-2.0	1.0
1981·6·24	建始	110	1.0	1.0	-1.5	1.5	0.9	2.0	-2.0
6·26	鹤峰	267	5.0	3.0	-0.4	2.5	0.3	1.0	1.0
6·27	黄石	120	1.5	0	0.1	3.0	-0.6	0	9.0
	崇阳	130	3.0	1.0	-2.0	-1.0	1.0	7.0	10.0
	监利	107	3.5	1.0	-1.6	-0.9	1.3	7.0	1.0
6·30	崇阳	107	4.0	2.0	-0.4	4.3	0.9	0	1.5
7·9	应山	114	4.0	10.0	-1.0	4.0	1.2	2.0	3.0
7·10	汉阳	98	4.0	2.0	-1.5	2.0	0.9	-1.0	2.0
7·11	崇阳	108	4.5	1.0	1.0	2.0	-0.6	-2.0	2.0
合计	24个大暴雨中心		85.9		-21.2	61.1	17.1		
平均			3.6		-0.9	2.6	0.7		

月24日,恩施地区大暴雨过程,当选用1500米层 $|D_f|$ 来预报大暴雨落区时,相应就需用1500米层( $D_{stre}^2 - \xi^2$ )场正值区来指示气旋性发展区域。需指出的是1979年6月4日鄂东南大暴雨过程,三层( $D_{stre}^2 - \xi^2$ )均为负值,这个过程属于旋转运动大于变形运动的另一种类型,造成漏报现象。

#### 四、行星边界层辐合场与大暴雨的关系

从(14)式第二项看, $D$ 场锋生值是辐合场起锋生作用。据计算结果, $D$ 场仅有 $10^{-5} - 10^{-6}/$

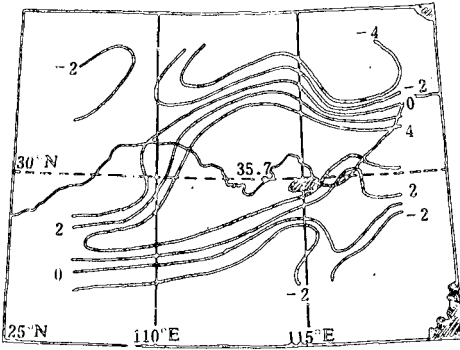


图 4 1980年6月17日08时1000米层( $D_{stre}^2 - \zeta^2$ ) (实线) 与当天夜间大暴雨中心位置 (斜线区) (图中数字单位为 $\times 10^{-10}$ 秒 $^{-2}$ )

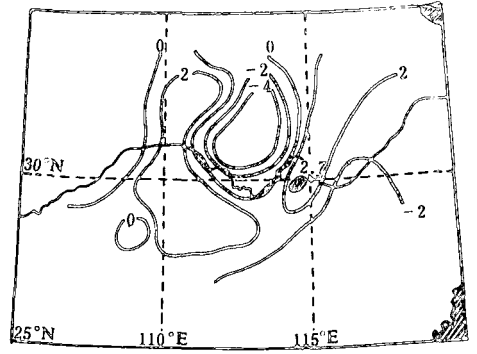


图 5 1980年7月17日08时1000米层( $D_{stre}^2 - \zeta^2$ ) (实线) 与当天夜间大暴雨中心位置 (斜线区) (图中数字单位同图4)

秒的量级,  $D$ 在数值上比 $|D_f|$ 要小得多。但我们仍分析得到两个主要结论。一是未来切变线系统位于 $D$ 场辐合带中, 强辐合中心连线也大致反映出未来切变线位置。如上述1981年7月9日08时1000米层例, 当晚切变线仍位于辐合带中, 强辐合中心一个在阜阳东部的切变线上(也是 $|D_f|$ 轴线上), 另一个在鹤峰附近, 位于切变线南侧, 而 $|D_f|$ 轴线西段却比切变实况稍北。由此得到单独用 $|D_f|$ 轴线来预报系统时, 有时因 $|D_f|$ 轴与强辐合中心不重合, 会使系统预报产生误差。若综合考虑两个场的锋生作用, 则得出的系统预报会更接近实况。

第二个结论是大多数大暴雨中心有行星边界层辐合和正涡度配合(表1)。三层大暴雨中心的平均 $D$ 都小于 $-0.5 \times 10^{-5}$ /秒。500米、1000米层辐合强度达 $-1.0 \times 10^{-5}$ /秒左右, 比1500米层强。其中, 1000米层辐合区与大暴雨的配合比其它两层要好。它能概括 $\frac{16}{18}$ 的大暴雨日, 有10次大暴雨中心在小于 $-1.5 \times 10^{-5}$ /秒的强辐合区(图6)。

我们假定500米层上升速度 $0 \times 10^{-2}$ 米/秒, 用连续方程( $x, y, z$ 坐标)计算出500—1000米, 1000—1500米层上升速度, 发现它指示未来大暴雨区比单独用1000米层 $D$ 场效果更好。当两个气层间 $w \geq 0.3 \times 10^{-2}$ 米/秒时, 能概括 $\frac{16}{18}$ 的大暴雨过程(包括 $\frac{20}{24}$ 大暴雨中心)。仅1979年6月3日和1981年7月11日两个大暴雨日 $w < 0 \times 10^{-2}$ 米/秒。垂直速度的变化, 越到行星边界层顶越大。当1000米层 $D \leq -1.5 \times 10^{-5}$ /秒时, 1000—1500米层 $w \geq 0.7 \times 10^{-2}$ 米/秒。

三层大暴雨中心的平均 $\zeta$ 都 $> 2 \times 10^{-5}$ /秒。其中1000米层数值最大, 达 $2.6 \times 10^{-5}$ /秒。由表1得出, 1000米层正涡度区对应大暴雨中心也比500米、1500米层为好。1000米层大的正涡度概括了绝大多数的大暴雨中心, 在18次大暴雨日中就有16次大暴雨中心在 $> 2 \times 10^{-5}$ /秒的正涡度区(图7)。事实说明行星边界层中, 大气是以旋转运动为主要形式的。

由于切变线是气旋性切变区, 因此切变线上及附近有涡度大的特点, 故风场切变项( $-\frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial y}$ )也显然是重要的。范东光等人的研究<sup>1)</sup>指出, 散度方程中风场切变项与江淮大暴雨的关系最密切。通过行星边界层流场计算结果分析, 也得到同样的结论。1000米层风

场切变项  $> 1.0 \times 10^{-10} / \text{秒}^2$ ，可作为诊断大暴雨的重要因子。其次，涡度大的特点也表现为差动涡度平流能造成上升运动。在大暴雨中心，500—1000米和1000—1500米两个气层中总有一层为较强的正值差动涡度平流，其数值  $> 1.0 \times 10^{-10} / \text{秒}^2$ 。它在形成大暴雨中，成为主要的动力启动因子。

若将1000米层  $D \leq -1.5 \times 10^{-5} / \text{秒}$  或  $\zeta \geq 2.0 \times 10^{-5} / \text{秒}$  结合起来，则对18次大暴雨中24个大暴雨中心全部能作出诊断预报。这不仅说明强降水是发生在行星边界层1000米层切变线附近，而且说明其中强辐合或强正涡度对未来12—24小时大暴雨落区的指示性是十分清楚的。影响强降水的系统一般是天气尺度或次天气尺度的，但观测到的强降水几乎都具有中尺度性质。产生这种现象的原因可能很多，但行星边界层顶附近强上升运动造成的局地突破逆温层，可能是一个重要因子。

### 五、大暴雨预报方案

根据上述物理量与大暴雨的关系，我们得到一个预报方案：

1. 分析1500米层  $|D_f|$  最大轴线位置，诊断预报低气压系统位置，并作为大暴雨区北界。
2. 分析出1000米层  $|D_f| \geq 2.5 \times 10^{-5} / \text{秒}$  和  $(D_{stre}^2 - \zeta^2) > 1.0 \times 10^{-10} / \text{秒}^2$  的地区。
3. 分析出1000米层  $\zeta \geq 2.0 \times 10^{-5} / \text{秒}$ ，1000—1500米气层  $w > 0.3 \times 10^{-2} \text{米/秒}$  或  $D \leq -1.5 \times 10^{-5} / \text{秒}$ ，1000—1500米气层  $w > 1.0 \times 10^{-2} \text{米/秒}$  的地区。
4. 1000米层  $(-\frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial y}) > 1.0 \times 10^{-10} / \text{秒}^2$  及500—1000米或1000—1500米气层中至少有一气层正值差动涡度平流  $> 1.0 \times 10^{-10} / \text{秒}^2$  的地区。

上述物理量场相交的公共区域，可视为有利于中尺度系统发展的边界层背景场。

三年中大暴雨落区诊断情况表明，18次大暴雨日中能诊断预报出16次（表2）。如1981年7月9日08时预报大暴雨落区在鄂东北的孝感地区，范围较小。当晚实况应山出现114毫米的大暴雨中心，预报比实况范围大（图8）。又如1980年7月16日08时预报大暴雨落区在湖北中部，范围较大。当晚实况从鄂西南到鄂东北出现带状暴雨带，其中宜昌地区东部、荆州地区北部、孝感地区北部产生了大暴雨。大暴雨中心有二：一是远安，108毫米；一是安陆，109毫米。预报与实况相吻合（图9）。三年中逐日预报无大暴雨129天次，实况当晚无大暴雨127天次。

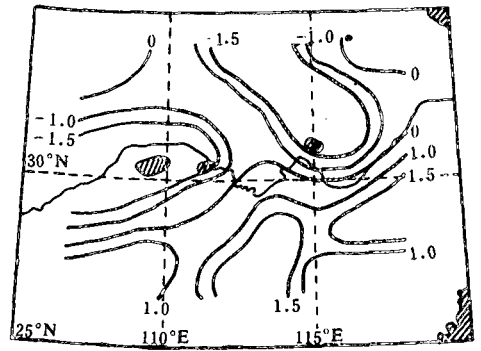


图6 1980年6月16日08时1000米层D（实线）与当天夜间大暴雨中心位置（斜线区）  
（图中数字单位为  $\times 10^{-5} \text{秒}^{-1}$ ）

1) 范东光，散度方程在区域性大暴雨短期预报方面的应用研究，尚未发表。

由于受资料的限制，我们的分析仅限于行星边界层的动力作用。少数空报实况落区内也出现了少量降水，原因可能是水汽不充分，也可能是对流层中天气系统不配合。

### 六、讨 论

1. 过去由于受资料的限制，一般只注意对流层天气系统的演变与运动，而对行星边界层中要素的变化注意较少。近几年，我国气象工作者通过大量个例分析及理论研究，了解到行星边界层与暴雨的对应关系比其他各层都好<sup>[5, 6]2)3)</sup>。本文亦得到类似的看法。

2. 每年6—7月梅雨季节出现的江淮切变线，是暴雨的主要系统，计算其变形场是相当重要的。本文分析得出，行星边界层上部变形场与湖北省大暴雨落区密切相关，尤其是1000米层变形场对大暴雨的概括率甚高。若能得到逐日边界层测风资料，则通过变形场计算结果就能够比较好地诊断预报低气压系统位置，进而确定大暴雨落区。这无疑是一种十分有用的预报工具。

3. 1000米层变形场是否为行星边界层的最优代表，有待进一步探讨。在杨大升的理论计算中<sup>[6]</sup>，造成边界层低涡内辐合的径向风速极大值出现在600—750米高度上，辐合的极大值也在600米和700米高度上。据李吉顺的实例计算结果，则以950百帕高度上辐合最强<sup>[7]</sup>。陶祖钰等分析华北暴雨，发现造成水汽输送和低空辐合的偏南气流在500米高度上较1000米

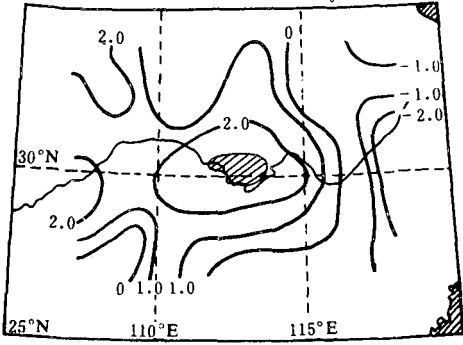


图 7 1979年6月3日08时1000米层 $\zeta$  (实线)与当天夜间大暴雨中心位置(斜线区)  
(图中数字单位同图6)

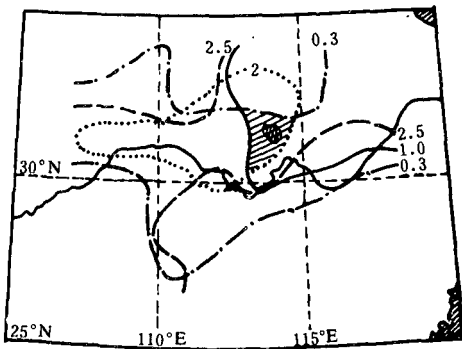


图 8 1981年7月9日08时大暴雨落区预报(斜线区)与当夜大暴雨区(田格线区)  
图中实线为 $(D_{s, re}^2 - \zeta^2)$ , 虚线为 $|D|$ , 点线为 $\zeta$ , 点划线为 $\omega$

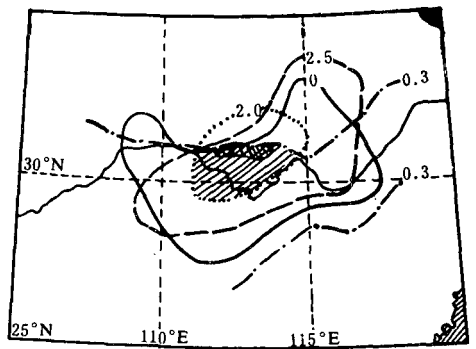


图 9 1980年7月16日08时大暴雨落区预报(斜线区)与当晚大暴雨中心位置(田格线区)  
图例同图8

2) 周友元等, 强对流天气形成的动力分析, 尚未发表。  
3) 陈哲彰、卢至、丁照欣, 行星边界层条件对暴雨作用, 尚未发表。



表 2 大暴雨落区诊断情况

年·月·日	当晚大暴雨中心(毫米)	当天08时诊断预报	备 注
1980·6·16	恩施 134	正 确	$D > 0, \zeta < 0$
	宜都 116	正 确	
	麻城 104	漏 报	
1980·6·17	阳新 119	正 确	
1980·6·24	新洲 95	正 确	
1980·7·3	来风 123	正 确	
1980·7·16	安陆 108	正 确	
	远安 107	正 确	
1980·7·17	咸宁 96	正 确	
1980·7·19	云梦 159	正 确	
1979·6·2	空 报	麻城附近格点	当晚枣阳47.9毫米
1979·6·3	监利 149	漏 报	$\omega < 0$
	江陵 102	漏 报	$\omega < 0$
1979·6·4	蒲圻 114	漏 报	$(D_{sirc}^2 - \zeta^2) < 0$
1979·7·8	天门 110	正 确	
1979·7·13	空 报	麻城附近格点	当晚大悟7.0毫米
1979·7·16	英山 102	正 确	
1979·7·17	空 报	石首附近格点	当晚石首0.1毫米
1979·7·9	空 报	应山附近格点	当晚云梦0.0毫米
1981·6·24	建始 110	正 确	
1981·6·26	鹤峰 267	正 确	
1981·6·27	黄石 120	漏 报	$ D_f  < 2.5 \times 10^{-5}/秒$
	崇阳 130	正 确	
	监利 107	正 确	
1981·6·30	崇阳 107	正 确	
1981·7·2	空 报	应山附近格点	当晚云梦0.0毫米
1981·7·9	应山 119	正 确	
1981·7·10	汉阳 98	正 确	
1981·7·11	崇阳 180	正 确	

高度或 850 百帕面上更强<sup>[5]</sup>, 而本文的分析则给出了 1000 米层流场的计算分析对于大暴雨的超短期预报是十分重要的天气学事实。

4. 在边界层流场分析的同时, 若配合边界层温湿场及有关热力学物理量分析(包括边界层空气的能级及其演变、水汽垂直输送等), 可能会取得较好的预报效果。

## 参 考 文 献

- [1] E. 帕尔门、C. W. 牛顿著, 程纯枢、卢透、雷雨顺、朱福康译, 大气环流, 科学出版社, 1978年。
- [2] S. 似特森著, 程纯枢译, 天气分析和预报, 科学出版社, 1956年。
- [3] 张元篪, 变形率与能量守恒, 气象学报, 第41卷, 第2期, 1983年。
- [4] 周晓平, 行星边界层在形成暴雨及强对流中尺度系统中的作用, 北方天气文集(1), 北京大学出版社, 1981年。
- [5] 陶祖钰、陈秋影, 行星边界层流场和暴雨预报, 同[4]。
- [6] 杨大升, 行星边界层对低涡降水过程的作用, 暴雨文集, 吉林人民出版社, 1980年。
- [7] 李吉顺、李鸿洲, 950毫巴风场和温度场与暴雨的关系, 气象, 第4期, 1979年。

## THE DEFORMATION FIELD IN THE PLANETARY BOUNDARY LAYER AND HEAVY RAINFALL

Deng Qiuhua

(Wuhan Central Meteorological Office)

### Abstract

In this paper, a statistical analysis was made on heavy rainfalls occurring in Hubei Province and the deformation field in the planetary boundary layer during Meiyu period of 1979—1981. It is found that heavy rainstorms are closely related to deformation field in the planetary boundary layer. Analyzing the deformation field in the planetary boundary layer gives a criterion for the movement and development of low pressure systems as well as an indication for the forecasting of heavy rain area in 12—24 hours.