

# 松嫩平原一次夏季暴雨机理分析

张端禹<sup>1</sup> 潘鄂芬<sup>2</sup>

(1. 中国气象局武汉暴雨研究所,湖北 武汉 430074; 2. 湖北省气象局,湖北 武汉 430074)

**摘要:**利用气象观测资料和美国 NCEP 分析资料,研究 2006 年夏季一次松嫩平原暴雨的特点及成因。结果表明:强降雨区始终位于高空西北风急流出口区左侧与西南风急流后方;500 hPa 西风槽配合 850 hPa 低涡东移,蒙古锋面气旋强烈发展,地面倒槽接近我国东北平原;低空急流出现在最强降雨之后。暴雨之前齐齐哈尔单站 K 指数、可降水量以及湿理查逊数负值达到最大值;暴雨之后 A 指数、中高层平均比湿与相对湿度达到最大值;暴雨水汽源地位于超强台风桑美外围东海到日本以南洋面上;强降雨以前低层水汽平流辐合较强,强降雨时水汽辐合高层以平流辐合为主、低层则以风场辐合为主。

**关键词:**松嫩平原暴雨;可降水量;湿理查逊数;水汽平流;水汽辐合

**中图分类号:**P426.62 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-503X(2009)03-0008-06

## 1 引言

我国北方暴雨引发的局地洪水等自然灾害夏季比较常见,自 20 世纪 50 年代以来就开展了比较深入的研究。赵玲等<sup>[1]</sup>对 2004 年夏季两次不同性质的强降雨进行了对比分析,发现大兴安岭地区对流性强降雨和连续性强降雨都是在充足的水汽条件和强烈的上升运动条件下发生的,但是地面影响系统、卫星云图和热力条件差别明显。胡中明等<sup>[2]</sup>利用天气学分析方法研究了 2005 年 8 月 12—14 日吉林省一场区域性暴雨天气过程的 TBB 图像特征。袁海豹等<sup>[3]</sup>运用新一代多普勒雷达资料分析 2007 年 8 月 10—12 日烟台市区域性大暴雨,结果表明数条强对流回波单体在移动的过程中合并,形成稳定少动的 MCS 是暴雨产生的直接原因。以上 3 次强降雨过程的共同特点是前期有明显的低空急流活动。2006 年 8 月 10 日 08 时至 11 日 08 时松嫩平原泰来、齐齐哈尔等地出现大暴雨或暴雨天气。与前面分析的 3 次强降雨过程不同,这次松嫩平原暴雨前期没有明显的低空急流活动,只是在最强暴雨发生 6 h 以后才出现了低空急流。本文基于实况气象观测资料和美国 NCEP 分析资料,讨论这次松嫩平原非急流暴雨天气的特点及成因。

## 2 暴雨实况

这次东北强降雨过程 24 h 累计降水量,黑龙江省泰来降水量为 122.1 mm,齐齐哈尔为 72.4 mm,2 站均达到大暴雨或暴雨量级;吉林省长岭降水量为

48.8 mm、四平为 42.9 mm、永吉为 40.7 mm,3 站达到大雨量级(25.0—49.9 mm)。位于吉林长岭、四平、永吉中间的长春站降水量为 22.5 mm,达到中雨量级(10.0—24.9 mm)。从表 1 中 6 h 降水量分布可见,强降雨首先出现在北部松嫩平原黑龙江齐齐哈尔

表 1 2006 年 8 月 9—11 日逐 6 h 降水量 mm

降水时段	齐齐哈尔	泰来	长岭	四平	长春	永吉
9 日 20 时至 10 日 02 时	无	无	无	无	无	0.3
10 日 02—08 时	无	无	无	无	无	无
10 日 08—14 时	69.0	95.0	无	无	无	无
10 日 14—20 时	3.0	27.0	0.0	0.1	无	无
10 日 20 时至 11 日 02 时	0.6	0.5	49.0	43.0	23.0	39.0
11 日 02—08 时	无	无	无	0.0	无	1.0
11 日 08—14 时	无	无	无	无	无	无
11 日 14—20 时	无	无	无	无	无	无

尔(69.0 mm)、泰来(95.0 mm)等站,然后南压到南部丘陵地形吉林省长岭(49.0 mm)、四平(43.0 mm)等站,同时东移到吉林省永吉(39.0 mm)等站。从表 1 还可见,黑龙江齐齐哈尔、泰来的降雨主要集中在 10 日白天尤其是上午发生;吉林长岭、四平、永吉强降雨主要在 10 日上半夜发生的,强降雨逐渐南压东移。

## 3 环流背景与影响系统分析

### 3.1 高空急流

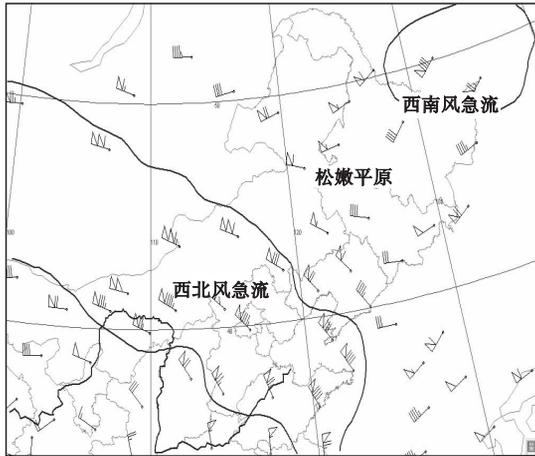
2006 年 8 月 9 日 20 时 200 hPa 高空偏西风急流有两支,西部一支从巴尔克什湖、中国新疆北部到内

收稿日期:2008-11-17;修订日期:2009-01-08。

基金项目:武汉暴雨研究所开放基金“松嫩流域暴雨过程的水汽输送和循环特征研究”资助。

作者简介:张端禹,男,1966 年生,副研究员,主要从事暴雨机理研究工作,E-mail:wh\_zdy@yahoo.com.cn。

蒙古中西部,再往南折向河北、山东西部;东部一支从中国黑龙江中部向东延伸到库页岛。我国华北以西北风为主,东北以西南风为主。泰来、齐齐哈尔处在两支急流的中间地带,即同时位于西北风急流出口区左侧和西南风急流入口区右侧。如图1所示,10



粗实线范围为超过 $30\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 西北风或西南风急流区

图1 2006年8月10日08时200 hPa高空观测风随时间变化

日08时西部急流向东延伸到达山东半岛、辽东半岛上空,东部急流向东移动到黑龙江东北侧,齐齐哈尔、泰来等地仍然位于两支急流中间。10日20时西北风急流北抬到辽宁,西南风急流重新回到黑龙江中北部,松嫩平原仍然位于两支急流中间。高空急流这样的变化恰好与这次强降雨同时发生,说明同时位于高空西北风急流出口区左侧与西南风急流后方对于这次暴雨发生有较大作用。

### 3.2 中层西风槽

10日08时500 hPa中层,北方大低涡位于巴尔克什湖以北、贝加尔湖以西,低涡南部为比较平直的风西气流。其中蒙古国东部,  $113^{\circ}\text{E}$ 附近有一个西风浅槽,超过 $12\text{ m/s}$ 的西南风急流位于我国内蒙古东部。10日20时该槽以较快的速度东移到 $124^{\circ}\text{E}$ 附近,即黑龙江、吉林两省的西部,11日08时继续东移到 $127^{\circ}\text{E}$ 附近,即黑龙江、吉林两省的中部。可见黑龙江、吉林西部大到暴雨期间正是该西风低槽移动经过的时间,因此该西风低槽为暴雨的主要影响系统。

中纬度地区中国青海东部有一个高压中心,日本以南洋面也有一个高压中心,两个高压之间反气旋式打通,所以在 $30^{\circ}\text{N}$ 以北形成狭长的带状高压。10日08时至11日08时,由于超强台风桑美西北移路径稳定,先登陆浙江南部,后移入福建、江西,使得副热带高压受到顶托也加强北抬,但副热带高压基本维持东西向带状分布。松嫩平原强降雨的发生正是在我国中部地区受东西向带状副热带高压控制过程中。

### 3.3 低层低涡

10日08时,700 hPa以下各层松嫩平原附近都没有出现风速超过 $12\text{ m/s}$ 低空急流,但是850 hPa内蒙古东南部索伦、锡林浩特、赤峰与通辽4站之间出现了一个低涡环流。10日20时850 hPa低涡向东北方向移动到黑龙江、吉林两省的西部边界,同时辽宁锦州到沈阳一线有超过 $12\text{ m/s}$ 的西南风急流出现。11日08时,该低涡东移到黑龙江、吉林两省交界地区,长春出现 $12\text{ m/s}$ 的西风。对照前面6 h 1次的降雨量资料发现,泰来、齐齐哈尔两站的暴雨没有受到低空急流的影响,吉林长岭、四平和永吉等地的大雨明显受到了低空急流的影响。因此,这次松嫩平原泰来、齐齐哈尔等地暴雨是一次非急流暴雨,暴雨发生的范围比较小、持续时间比较短,但是短时降雨强度相对于当地来说还是较大的。

### 3.4 地面气压场和变压场 $\Delta p_3$

在10日08时地面气压场中,大范围低压带位于蒙古国西部到中国青藏高原东北部,低压中心位于新疆东部,冷锋位于天山西段。中国内蒙古东北部有一个小高压单体,日本海到朝鲜半岛受另一个高压控制,中国齐齐哈尔、泰来等地位于两个高压之间狭长的相对低压带中。08时以后蒙古西部低压强烈发展,11时中心向东北方向移动,并出现3根以上的等压线;14时中心继续向我国东北方向移动但仍然位于贝加尔湖西南侧,中心附近闭合等压线增加到4根。在蒙古低压强烈发展东北移的同时,向西开口的低压槽也不断向中国东北平原中部一带靠近,其结果是不断加强了原来位于齐齐哈尔、泰来等地低压区。

从地面3 h变压场 $\Delta p_3$ 也可以看出,10日08时,泰来位于 $\Delta p_3$ 零线附近,但一般08时气压日变化应该是正的 $\Delta p_3$ 影响,这说明因为低压系统移近,泰来等地气压明显下降;11—14时贝加尔湖以南到我国东北包括泰来等地在内大范围地区均处在负 $\Delta p_3$ 区内。泰来、齐齐哈尔一带暴雨天气是在地面蒙古锋面气旋强烈发展、倒槽接近东北平原时而产生。

## 4 单站探空资料分析

齐齐哈尔探空气象站,距离这次大暴雨中心不远。长春10日08时至11日08时24 h降了中雨,长春四周的永吉、长岭、四平与三岔河等站24 h都降了大雨。为此,对比分析这两站高空温、压、湿资料,讨论不同强度降雨发生的单站热力、动力条件差别。

### 4.1 湿度条件

国家气象中心研究基于“配料法”的强降水潜势预报技术,2006年将全国预报区分为西北区、西南

区、东南区和东北区4个区域<sup>[4]</sup>。其中可降水量作为“配料”之一在东北区必须大于35 mm且超过气候平均值的100%。本文计算齐齐哈尔、长春两站可

降水量  $PW$ , 分析单站  $PW$  变化与降雨强度的关系。从表2可见, 10日08时齐齐哈尔暴雨发生前  $PW$  上升到了过程最大值44.1 mm, 10日20时长春中雨发

表2 可降水量  $PW$  和中高层平均比湿  $q$  与相对湿度  $rh$

时间	齐齐哈尔 $PW/mm$	长春 $PW/mm$	齐齐哈尔 $q$ /( $g \cdot kg^{-1}$ )	长春 $q$ /( $g \cdot kg^{-1}$ )	齐齐哈尔 $rh$ /(%)	长春 $rh$ /(%)
9日08时	29.1	46.8	0.925	2.975	23.100	69.725
9日20时	37.8	49.7	1.850	3.175	43.800	74.175
10日08时	44.1	46.9	2.175	2.625	55.350	52.925
10日20时	44.0	49.7	2.700	3.000	76.550	68.500
11日08时	36.6	32.9	1.800	1.625	39.975	28.200
11日20时	36.0	33.1	1.850	1.425	40.575	36.425

生前  $PW$  也上升到了过程最大值49.7 mm。尽管两站强降雨发生以前  $PW$  数值齐齐哈尔没有长春大, 但是由于齐齐哈尔24 h  $PW$  增加15.0 mm, 长春24 h  $PW$  增加0.0 mm, 因此齐齐哈尔出现暴雨而长春仅出现中雨。

李武阶等<sup>[5]</sup>利用2004年6—7月武汉探空资料分析该年梅雨期武汉上空水汽演变与暴雨的关系, 结果表明, 将中高层平均的比湿和相对湿度结合分析中高层水汽演变对暴雨预报有很好的指示意义。在此以700、500、400 hPa和300 hPa 4层平均比湿  $q$ 、相对湿度  $rh$  描述探空站中高层湿度状况。从表2可见, 9日08时至10日08时, 齐齐哈尔站中高层平均比湿24 h上升了1.25 g/kg, 幅度比较大, 但10日08时中高层平均的比湿不是最大, 到10日20时强降雨基本结束才达到这次过程的最大值2.7 g/kg, 即中高层平均比湿的最大值出现在强降雨之后。从表2可见, 9日20时至10日20时, 长春站中高层平均的比湿24 h之间下降了0.175 g/kg。如此可见, 10日20时中高层平均的比湿还是一个小峰值, 即中雨之前中高层平均比湿出现大值。

从表2可见, 9日08时至10日08时, 齐齐哈尔站中高层平均相对湿度24 h上升了32.25%, 幅度比较大, 但是10日08时中高层4层平均的相对湿度55.35%不是最大, 至10日20时强降雨基本结束时才达到这次过程的最大值76.55%, 即最大值出现在强降雨之后。9日20时至10日20时, 长春中高层平均的相对湿度24 h下降了5.60%, 幅度比较大, 但10日20时中高层平均的相对湿度68.50%仍为一个较大值, 即中雨之前相对湿度出现大值。

#### 4.2 湿里查逊数

湿里查逊数计算公式:

$$Ri_m = \frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta_e}{\partial z} / \left( \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right) \quad (1)$$

式(1)中,  $Ri_m$  为湿里查逊数(无量纲);  $\theta_e$  为相当位

温( $^{\circ}C$ );  $z$  为高度(m);  $g$  为重力加速度(取  $9.8 m/s^2$ );  $u$  为纬向风( $m/s$ ),  $v$  为经向风( $m/s$ )。

计算结果见表3。8日08时至9日20时, 齐齐

表3 齐齐哈尔和长春  $Ri_m$  随时间变化

时间	齐齐哈尔	长春
8日08时	2.912	-106.663
8日20时	-3.584	-117.027
9日08时	-47.393	-50.740
9日20时	-69.751	-71.639
10日08时	-15.017	-41.502
10日20时	-7.225	-27.144
11日08时	-2.351	-3.748
11日20时	-3.004	-7.731

哈尔站850—500 hPa 湿里查逊数  $Ri_m$  逐渐减小。9日20时距离该站强降雨开始发生前12 h,  $Ri_m$  达到最大负值。以后随着该站降雨的发生、发展和减弱,  $Ri_m$  又开始加大。可见  $Ri_m$  负值先于在这次强降雨发生之前达到最大。从表3还可见, 长春站  $Ri_m$  也不是在中雨临近发生之前10日20时达到最大负值, 相对说来, 齐齐哈尔  $Ri_m$  数最大负值出现与暴雨发生时间上稍有提前。

#### 4.3 冷暖平流

风向随高度的增加顺转说明该层有暖平流, 风向随高度的增加逆转说明该层有冷平流<sup>[6]</sup>。从齐齐哈尔高、低层风向分布(表4)可以看出, 暴雨之前至暴雨期间, 低层暖平流、高层冷平流特征明显。尤其是10日08时暴雨临近时更是如此, 低层暖平流顶从700 hPa增至400 hPa, 高层冷平流顶从250 hPa增至150 hPa, 低层暖平流、高层冷平流厚度均得到加深。10日20时齐齐哈尔强降雨接近结束时, 低层暖平流顶又下降到500 hPa, 高层冷平流顶也下降到300 hPa。从长春高、低层风向分布可以看出, 中雨以前低层暖平流、高层冷平流特征不明显, 11日08时中雨结束以后, 暖平流反而发展到了较高的层次。

### 4.4 静力稳定度

用A指数和K指数来判定暴雨中心的静力稳定

度。许桂芳<sup>[7]</sup>对比分析安徽省两次非低空急流暴雨与两次低空急流暴雨时发现,A指数较大正值区与

表4 不同高度齐齐哈尔站探空风向变化

时间	925 hPa	850 hPa	700 hPa	500 hPa	400 hPa	300 hPa	250 hPa	200 hPa	150 hPa	100 hPa
9日20时	210	250	350	290	275	240	230	235	235	255
10日08时	135	145	225	255	265	265	260	260	250	250
10日20时	215	235	255	310	280	205	210	215	-	-

雨区对应较好,尤其是A指数中心与暴雨中心对应关系较好。

从表5可见,齐齐哈尔站A指数10日08时为表5 齐齐哈尔与长春两站A指数和K指数变化 °C

时间	齐齐哈尔 A	长春 A	齐齐哈尔 K	长春 K
9日08时	-26.0	10.3	14.0	32.7
9日20时	-7.0	15.7	30.0	38.0
10日08时	11.1	11.4	35.1	34.6
10日20时	15.8	13.2	33.6	38.4
11日08时	3.2	-9.1	31.2	25.9

11.1 °C,10日20时为15.8 °C,雨前上升快,但最大值出现雨后;该站K指数10日08时为35.1 °C,10日20时为33.6 °C,雨前上升快,最大值也出现雨前。因此该站这次强降雨过程中,K指数指示作用要好于A指数。长春站A指数10日20时为13.2 °C,比较大;该站雨前10日20时K指数出现最大值38.4 °C,K指数对于当地中雨的指示作用也要优于A指数。

### 5 物理量场分析

利用NCEP一日4次1°×1°逐6h资料分析这次暴雨过程中动力、热力及水汽条件。

#### 5.1 高低层散度

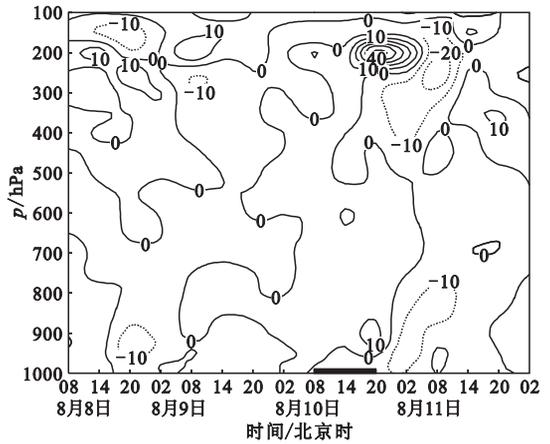
高层200 hPa暴雨前后散度场变化特点。9日20时西北风急流出口区以北辐散主要位于黑龙江、吉林到内蒙古东北部;10日08时辐散带在内蒙古北部、吉林北部到黑龙江南部一带维持;10日20时辐散在吉林到黑龙江西南部一带显著加强,最大辐散超过了 $10.0 \times 10^{-5} s^{-1}$ ;11日08时辐散带向东北方向移动到吉林东部、黑龙江东部到俄罗斯。

低层925 hPa暴雨前后散度场变化特点。9日20时东北至西南走向的狭长辐合带位于黑龙江中部到内蒙古东北部;10日08时辐合带向泰来、齐齐哈尔一带靠近;10日20时,辐合在黑龙江西南部加强;11日08时,辐合带向东南方向移动到吉林中部一带。可见松嫩平原暴雨与高层辐散、低层辐合的动力条件关系密切。

#### 5.2 温度平流

从大暴雨中心泰来(46.24°N,123.25°E)温度

平流高度—时间变化(图2)中可以看出,当地9日08时700 hPa以下层次出现暖平流,10日02时暖平流向上升高到300 hPa高度,强度继续加强。10日



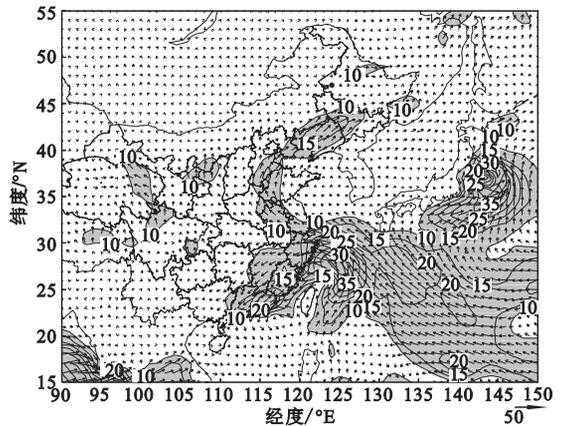
粗线为强降雨时段;单位为 $10^{-5} \text{ °C} \cdot \text{s}^{-1}$

图2 大暴雨中心泰来温度平流高度—时间变化

20时泰来大暴雨结束以后,该地200 hPa高空西南风加强为 $25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,同时西南方向暖、东北方向冷,温度梯度加大为 $5 \text{ °C}/200 \text{ km}$ ,暖平流因此得到较大程度加强。11日02时,中低层的暖温度平流减弱并向冷平流转化。可见暴雨期间中低层有暖平流出现。

#### 5.3 水汽条件

从10日02时925 hPa低层水汽通量输送(图3)可知,偏南气流将海上桑美超强台风外围



阴影区为水汽通量大于 $10 \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$

图3 10日02时925 hPa水汽通量

的水汽沿抛物线方向输送到山东、河北至渤海湾一

带,再从渤海湾又输送到东北平原中部。根据当时天气图分析,桑美超强台风中心位于台湾东北方向,即  $26.0^{\circ}\text{N}$ ,  $123.7^{\circ}\text{E}$ ,中心附近最低气压  $920\text{ hPa}$ ,最大风力达  $60\text{ m/s}$ 。此后  $12\text{ h}$  后桑美仍然维持超强台风的强度。到  $11\text{ 日 }02\text{ 时}$  即上述  $6\text{ 站}$  降雨结束,  $925\text{ hPa}$  低层从长江口、华北东部到东北南部一直都

维持水汽通量大值输送。因此,这次松嫩平原暴雨水汽的源地主要是在长江口以东的东海海面到日本以南的西北太平洋洋面上。

从泰来水汽通量散度时间—高度变化图(图4a)看出,水汽辐合最早出现在  $8\text{ 日 }20\text{ 时}$  以前,主要集中在  $850\text{ hPa}$  以下低层。随着强降雨临近,水

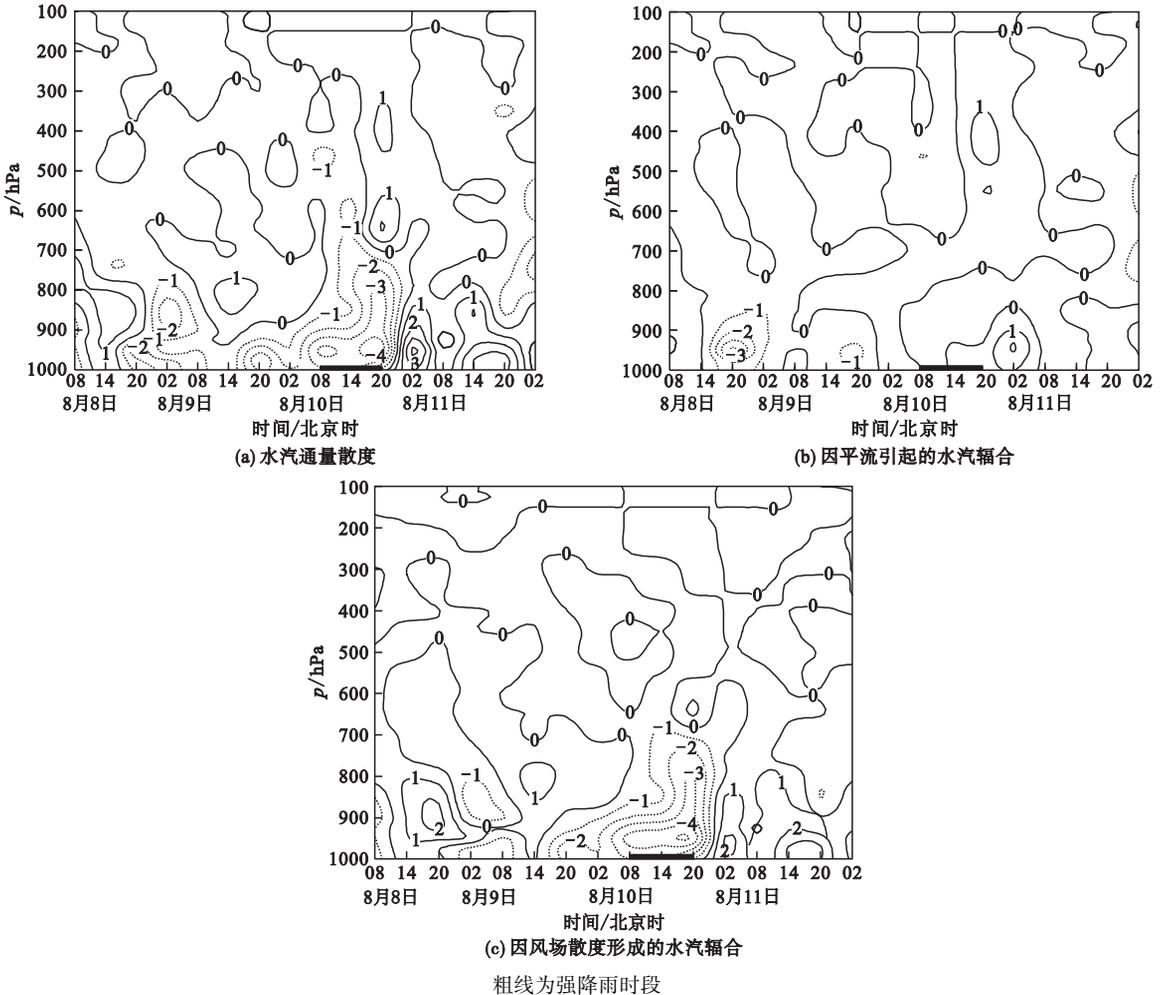


图4 大暴雨中心泰来水汽通量散度及其分量高度—时间变化

汽辐合开始向高层发展。 $10\text{ 日 }08\text{ 时}$  超过  $-1.0 \times 10^{-7}\text{ g}/(\text{hPa}\cdot\text{s}\cdot\text{cm}^2)$  的水汽辐合等值线垂直向上发展越过  $500\text{ hPa}$  高度,但是垂直向上发展的时间不是很长, $14\text{ 时}$  强降雨发生以后水汽辐合高度下降到  $700\text{ hPa}$ 。将水汽通量散度展开,即:

$$\nabla \cdot \left( \frac{1}{g} \bar{v} q \right) = \frac{1}{g} \bar{v} \cdot \nabla q + \frac{1}{g} q \nabla \cdot \bar{v} \quad (2)$$

式(2)右端第1项为水汽平流项,第2项为风场散度项。从泰来大暴雨中心上述3项的时间—高度图比较看出, $8\text{ 日 }20\text{ 时}$  前后暴雨尚处在准备阶段,因平流而引起的水汽辐合(与正的水汽平流相对应)即在低层强烈发展(图4b)。 $10\text{ 日}$  上午强降雨发展时,以  $700\text{ hPa}$  为界,其上水汽辐合主要因水汽平流引起,其下水汽辐合主要由于风场辐合(图4c)造成。 $10\text{ 日 }20\text{ 时}$  以后,高、低层由水汽平流与风场辐合而造

成的水汽辐合均减弱。因此,预报强降雨之前应充分关注低层水汽平流辐合,即在考虑了高层水汽平流辐合的同时,还要关注低层风场辐合造成的水汽辐合。

## 6 结论与讨论

(1) 松嫩平原夏季暴雨发生期间,强降雨区始终同时位于高空西北风急流出口区左侧与西南风急流后方。 $500\text{ hPa}$  西风槽配合  $850\text{ hPa}$  低涡东移,地面蒙古锋面气旋强烈发展、倒槽接近我国东北平原。低空急流对于前期最强降雨作用不明显。

(2) 齐齐哈尔暴雨单站探空资料计算表明,可降水量  $PW$  在强降雨发生以前逐渐增加,临近暴雨发生时达到最大值  $44.1\text{ mm}$ ;  $K$  指数雨前上升快,最大

值出现在雨前。湿里查逊数  $Ri_m$  负值于9日20时达到最大。暴雨以前到暴雨期间,低层暖平流、高层冷平流明显。中高层平均相对湿度、比湿以及  $A$  指数雨前上升比较快,但直到强降雨结束时它们才达到暴雨过程最大值。对比长春站探空资料后发现,该站中雨以前除  $K$  指数达到过程最大值以外,其余  $PW$ 、 $Ri_m$  负值、中高层平均相对湿度和比湿以及  $A$  指数等5个指数变化幅度均不大。长春站中雨以前低层暖平流、高层冷平流特征也不明显。

(3)NCEP 分析资料显示,松嫩平原暴雨发生与高层辐散、低层辐合关系密切;其低层水汽源地远在桑美超强台风外围,即从东海到日本以南的宽广洋面上。中国泰来大暴雨期间中、低层有暖平流出现;强降雨之前低层水汽平流辐合较强;强降雨时水汽辐合在高层以水汽平流辐合为主,在低层则主要是以风场辐合为主。

## 参考文献

- [1] 赵玲,王林凤,王利. 两次不同性质强降雨的对比分析[J]. 气象,2005,31(11):69-73.
- [2] 胡中明,张智勇,王晓明,等. 吉林省一次区域性暴雨天气过程的 TBB 图像特征分析[J]. 暴雨灾害,2007,26(2):130-133.
- [3] 袁海豹,姜俊玲,张雪冬. 一次区域大暴雨过程的雷达回波特征分析[J]. 气象与环境学报,2008,24(4):56-59.
- [4] 张小玲,周兵,郑永光,等. 国家气象中心强天气客观预报方法和系统建设进展[C]//矫梅燕,毕宝贵. 2007年灾害性天气预报技术论文集,2008:205-216.
- [5] 李武阶,李俊,公颖,等. 2004年梅雨期武汉上空水汽的演变及其与暴雨的关系[J]. 气象,2007,33(2):3-9.
- [6] 杨大升,刘余滨,刘式适. 动力气象学[M]. 北京:气象出版社,1983:126-132.
- [7] 许桂芳. 非急流暴雨分析[J]. 气象,1987,13(9):34-37.

## Mechanism of a summer heavy rain in Songnen Plain, China

ZHANG Duan-yu<sup>1</sup> PAN E-fen<sup>2</sup>

(1. Institute of Heavy Rain, China Meteorological Administration, Wuhan 430074, China;

2. Hubei Meteorological Bureau, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Based on the meteorological observation data and NCEP reanalysis data, the features and forming reasons of a heavy rain in summer of 2006 in Songnen plain were analyzed. The results indicate that the strong rain district is all located in the left side of northwesterly upper-level jet stream exportation and the rear of southwesterly upper-level jet stream. Westerly trough at 500 hPa combines with vortex at 850 hPa and they move to the east, and Mongolia frontal cyclone develops intensively, whose ground inverse trough approaches Northeast Plain. The low level jet stream appears after the most severe rainfall. The maximum values of  $K$  index, precipitable water (PW) and negative moist Richard number occur at Qiqihar weather station before the heavy rain, while those of  $A$  index, mean specific humidity and relative humidity at middle and high levels appear after the heavy rain. Water vapor comes from the East Sea of the periphery of super typhoon SaoMai to the south of Japan. Water vapor convergence caused by advection is strong at the low level before the heavy rain, while water vapor convergence at the upper level is mainly caused by advection and that at the low level is mostly gathered by wind convergence when the heavy rain is happening.

**Key words:** Heavy rain in Songnen Plain; Precipitable water; Moist Richardson number; Water vapor advection; Water vapor convergence