

“2008.4.9”江淮气旋后部大风过程诊断分析

项素清

(浙江省金华市气象台,浙江 金华 321000)

摘要:受江淮气旋入海和冷空气共同影响,2008年4月9日白天浙江省中北部内陆地区出现7~9级,沿海地区出现9~11级偏北大风。通过物理量诊断分析发现,高空槽前正涡度平流和强暖平流使地面江淮气旋发展,降水凝结潜热释放形成反馈机制有利于气旋发展。气旋入海后引导后部冷空气南下,大的气压梯度和变压梯度形成地面大风。同时,9日白天的晴好天气使底层受热,有利于高空动量下传,加大了地面的风速。

关键词:江淮气旋;冷平流;大风;动量下传

中图分类号:P731 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-0239(2009)04-0037-07

1 引言

金华市位于浙江省中部,地处金衢盆地东段,为浙中丘陵盆地区,地势南北高、中部低。“三面环山夹一川,盆地错落涵三江”是金华地貌的基本特征。市境东、东北有大盘山、会稽山,南面是仙霞岭,北、西北是龙门山及千里岗山脉。由于受南北山脉的阻挡,加上地面摩擦大,金华市出现8级以上大风的概率很小。根据历史资料统计,8级以上大风通常由强对流天气或特别强的登陆台风引起。2007年“韦帕”、“罗莎”等台风影响时,都未曾出现8级以上大风。

受江淮气旋入海和冷空气共同影响,2008年4月9日白天浙江省中北部内陆地区出现7~9级偏北大风,沿海地区出现9~11级大风。金华市中尺度站有6个站出现8级大风,其中金华本站出现18 m/s西北大风,磐安深泽出现9级(22.2 m/s)大风。9日白天天气晴好,在晴天里出现7~9级大风在金华非常少见。此次大风持续时间长、风力大,给农业、种植业带来不少损失,如蔬菜大棚被吹塌、油菜等农作物倒伏,严重影响产量。由于大风出现次数不多,过去对大风研究很少,预报水平也很有限。因此,有必要对此次大风过程进行诊断分析,以利于积累大风预报经验。

2 影响系统分析

2.1 地面天气系统

4月7日华东地区处在入海高压后部,青藏高原以东四川盆地有低压生成,20时中心最

收稿日期:2008-12-17

作者简介:项素清(1973-),女,高工,主要从事天气预报服务工作。

低气压 995 hPa。低压移动缓慢，但倒槽东伸明显。4月8日中午在湖北一带有新的低压环流生成，20时该低压中心移到皖-浙-赣三省交界地带。受其影响，8日下午到夜里长江中下游广大地区先后出现强降水，部分地区伴有8~10级雷雨大风、强雷电、冰雹等强对流天气，降水量普遍有20~50 mm,最大达87 mm。受降水凝结潜热释放反馈作用影响，地面低压进一步发展加强，9日2时低压中心移到长江口，中心最低气压降到998 hPa，此时在蒙古一带有股冷空气正在东移南下。9日上午低压在东海北部入海，雨区也随之移到海上，我市天气转好。由于日本海有高压阻挡，低压入海后东移比较缓慢，而后面冷空气不断扩散下来，两者叠加，华东地区5个纬距内有5条等压线，密集的梯度有利于出现大的风速，我市中午到傍晚这段时间风力最大，出现7~9级的偏西大风。10日2时地面低压中心移到日本海，地面梯度减小，风力逐渐减弱。

2.2 高空形势分析

500 hPa 高纬地区受庞大的低涡控制，低涡底部不断有小槽分裂出来，携带冷空气南下。中纬高原上有浅槽东移，移到四川一带时槽逐渐加深，8日8时槽线位于安康-重庆-贵阳一线，20时该槽快速移到阜阳-南昌-赣州一线。9日8时(见图 1a)，高空槽已经移到沿海，我市处在槽后西北气流控制下。在潍坊-徐州-合肥一线还有北支槽，槽后有冷平流，山东半岛附近形成一个切断低涡。20时低涡移到黄海，中心有点南掉，受后面曲率补充影响，华东地区上空的西北气流风速增大，10日8时低涡东移到日本海。

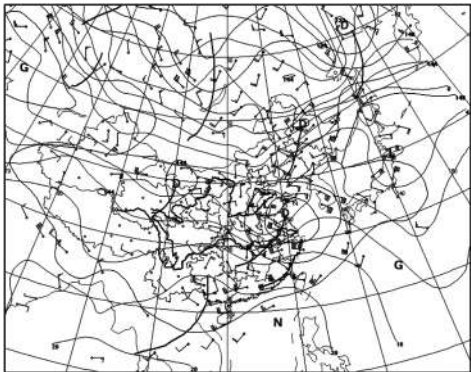
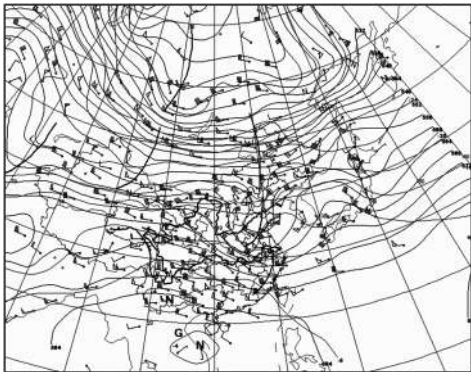


图 1a. 2008年4月9日8时500 hPa高度场 图 1b. 2008年4月9日8时850 hPa高度场

700 hPa 上7日8时华东沿海处在高压脊控制下，青藏高原东部有一高空槽，槽前对应非常宽广的暖脊，20时在兰州附近生成一个西北涡，高空槽加深槽前西南气流加强，最大风速达到22 m/s。8日8时，西北涡快速移到河南上空，槽北段移到郑州-南昌附近，南段移动慢仍在重庆-贵阳-百色一线。华东沿海的高压脊已经东撤到海上，衢州-赣州-百色有一支风速大于22 m/s的西南低空急流。20时低涡中心移到安徽北部，槽线位于阜阳-长沙-桂林，槽前西南气流强盛，最大风速达26 m/s。9日8时低涡移到苏北沿海，强度加强，出现296位势什米的中心。高空槽移到华东沿海，我市受槽后西北偏西气流控制，天气转好，

但槽后还有曲率补充，对应有冷平流。20时低涡东移南掉到黄海，槽后西北气流风速大达20~24 m/s，锋区南压到浙江中北部。10日8时，低涡移到日本海，槽后风速减小到12 m/s。

8日8时850 hPa上南支槽前形成西南急流，中心风速达20~24 m/s。9日8时（见图1b）高空冷涡移到江苏沿海，后部有4℃的冷中心，等温线和等高线成90°交角，冷平流非常强，北面还有曲率补充。20时低涡中心东移，冷中心明显南掉，锋区压到浙江上空，5个纬度内有5根等温线，槽后西北气流达16 m/s。高空锋区南压，说明有冷空气南下，直接导致大风的出现。

造成这次大风的直接影响系统是江淮气旋和北方冷空气。下面通过物理量分析，进一步明确大风成因。

3 江淮气旋发展原因分析

江淮气旋发展是造成这次大风的一个重要原因。近年来，气象工作者对温带气旋的发生发展机理进行研究后认为^[1~8]：涡度平流、温度平流、潜热加热、摩擦作用、斜压不稳定以及与急流有关的非地转加热等物理因子对气旋爆发性发展起重要作用。

3.1 涡度平流分析

4月8日高原东部高空槽东移加深，槽前出现西南低空急流，华东沿海的高压脊东移到海上，脊顶位置在黄渤海。我国东部地区处在槽前脊后，根据涡度平流方程，槽前有正涡度平流，而且风速越大，涡度平流越强。4月8日8时500 hPa涡度平流场上，正涡度平流中心位于长三角，中心值 $10 \times 10^{-10} \text{ s}^{-2}$ 。在涡度平流的作用下，我国东部地区涡度明显增加。由于高空有正涡度平流，气旋性涡度增加，这时流场与气压场就不适应，在地转偏向力的作用下，在这附近的气旋性流场中有气流向外辐散（见图2a），而辐散的结果，又使地面减压。这时，地面流场与气压场也不适应了，在气压梯度力的作用下，就有气流向负变压区辐合。按质量守恒原理，在高层辐散、低层辐合区，必有上升运动。在此过程中，流场与气压场达到新的地转平衡，可见主要是高空槽前的正涡度平流促使

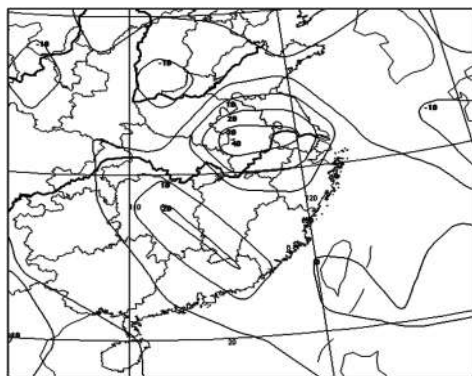


图2a 2008年4月8日8时
(850~200)hPa散度场

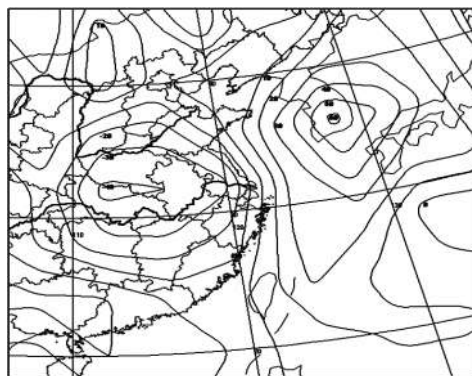


图2b 2008年4月8日8时
850 hPa温度平流场

地面气旋发展起来。

3.2 温度平流的作用

由于温度槽落后于高度槽，8日8时850 hPa高空槽前的暖脊非常庞大，我国长江中下游流域受16℃的暖舌控制，出现明显的回暖。20时暖舌更强，湖南和浙江都出现了20℃的暖中心。8日8时850 hPa总温度平流场上(见图2b)，在安徽上空有个暖平流中心达 $40\times10^{-5}\text{℃}$ ，20时暖平流中心移到海上。8时700 hPa上也有 $10\times10^{-5}\text{℃}$ 的暖平流区，20时暖平流区东移，中心位于海上，强度达 $70\times10^{-5}\text{℃}$ 。根据垂直运动方程，暖平流区，有上升运动。暖平流使高空等压面升高使温压场不平衡，在气压梯度力作用下，必产生水平辐散，为保持质量连续，将产生上升运动，有利于地面气旋发展。所以高空槽前的强暖平流是促进地面气旋发展的另一个重要原因。

3.3 非绝热加热的作用

8日02时地面低压前部开始出现降水，08时湖北、河南、安徽一带出现比较强的降水，最大6 h降水量河南信阳达33 mm。14时强降水中心东移，安徽蚌埠6 h降水量达62 mm。20时江西婺源出现44 mm的强降水中心。由于8日地面气旋的东部一直有强降水维持，降水过程中水汽凝结、释放大 量潜热，部分抵消了绝热膨胀冷却的作用，使气柱降温不致太快，高层减压变慢，因而使高层维持较强的辐散，低层减压增强，气旋得以更快地发展，同时上升运动也增强起来，地面气旋的发展又促进了降水。4月8日由于低空西南急流给长江中下游地区输送了大量的水汽，水汽供应非常充足。从4月8日8时850 hPa水汽通量散度场上看，在湖北有 $-20\text{ gs}^{-1}\text{ hPa}^{-1}\text{ cm}^{-1}$ 的水汽辐合中心，20时(见图3a)辐合中心移到长江口，强度更强，中心值达到 $-40\text{ gs}^{-1}\text{ hPa}^{-1}\text{ cm}^{-1}$ 。20时700 hPa和500 hPa在上海附近也存在水汽辐合中心，强度比850 hPa弱，中心值为 $-10\text{ gs}^{-1}\text{ hPa}^{-1}\text{ cm}^{-1}$ ，在这种水汽条件充沛的情况下，就形成了降水对气旋发展的正反馈机制。

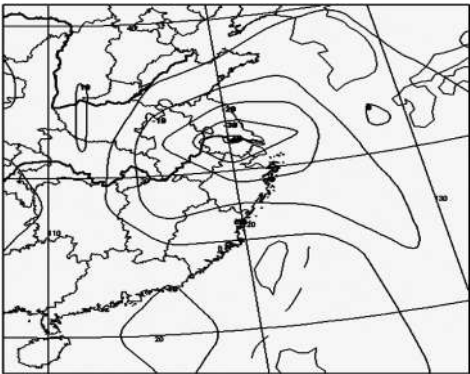


图3a 2008年4月8日20时850 hPa
水汽通量散度

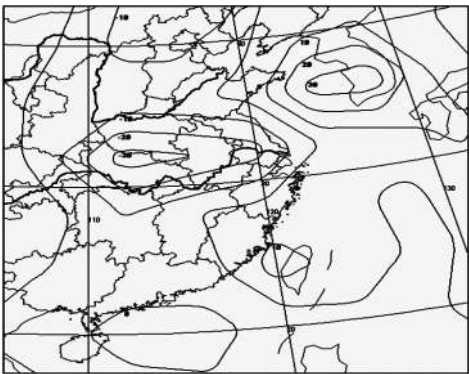


图3b 2008年4月9日8时700 hPa
温度平流场

3.4 暖海面的作用

4月9日早晨地面气旋在江苏南部入海, 由于海上的摩擦系数小, 大气受到的摩擦力也小, 海面上水汽供应充足, 高空还有暖温度脊配合, 加上冬春季海温比较高, 对大气有非绝热加热作用, 使上升运动加强, 从而使气旋移到海上后强度变得更强。

4 北方冷空气的影响

500 hPa 中高纬的大低涡底部平直西风里有小槽东移, 8日8时位于河套一带, 由于温度槽落后于高度槽, 槽后冷平流使槽加深。20时该槽与从贵州东部移来的南支槽叠加, 位于河北、安徽、江西上空, 经向度明显增大, 温度槽落后高度槽, 槽后有明显冷平流。8日8时700 hPa北支高空槽位于蒙古到河套一带, 槽后冷平流向南入侵到河南附近的低涡环流里, 20时发展成闭合的冷涡, 9日8时高空冷涡强度进一步加强。从8日20时700 hPa温度平流场上看, 在河南、湖北一带出现 $-20 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 的冷平流中心, 9日8时(见图3b)冷平流中心移到安徽, 中心强度达 $-40 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$, 可见, 冷空气逐渐南侵。850 hPa上8日8时北支锋区位于蒙古国一带, 从内蒙古东部有冷舌伸向华北, 20时冷舌南伸到江淮流域, 9日8时冷舌在山东附近切断成冷中心。等高线和等温线成 90° 交角, 大气的斜压性很强, 槽后冷平流也很强。9日8时850hPa温度平流场上, 安徽有个 $-40 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 的冷平流中心, 20时冷平流中心移到海上, 强度达 $-90 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 。8日20时衢州站850 hPa温度是 20°C , 9日20时降为 6°C , 24小时降温幅度达 14°C , 也可以说明冷空气比较强。

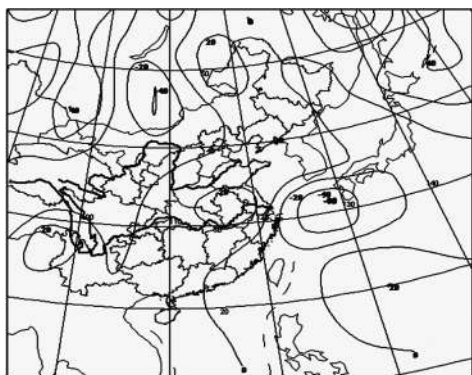


图4a 2008年4月9日20时
700 hPa垂直速度场

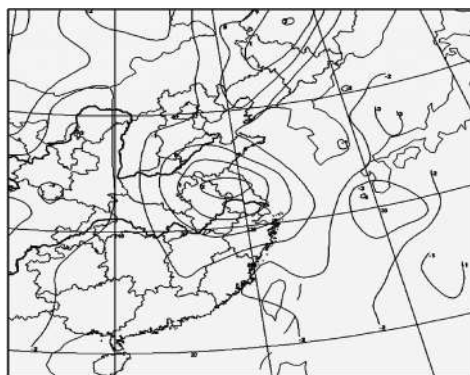


图4b 2008年4月9日14时
地面3h变压

由于北方冷平流下来, 9日在浙江上空形成比较密集的锋区, 锋区内风垂直切变明显, 上层的动量大于下层的动量。在各层全风速场上, 从500 hPa到200 hPa在湖北一带都有个大风速中心, 急流轴呈西北-东南走向, 大风核逐渐东传, 因为槽后有支高空西北急流, 所以底层的风速也越大。在过 30°N 的垂直速度剖面图上, 9日20时(见图4a)东海

上有个 $-40 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的上升运动中心，安徽附近上空 850 hPa 以上有 $20 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的下沉运动中心，两者形成一个垂直运动环流圈，我市处在环流圈的西北风里，和实际风向一致，加大了底层的风速。

地面江淮气旋入海后，引导后部冷空气南下，形成西高东低形势，两者梯度在江浙一带叠加成密集的等压线，大的气压梯度是形成大风的基础。从地面 3 h 变压演变可以看到，由于冷空气的南下，9 日 14 时(见图 4b)江苏中部有个正变压中心，最大变压值 4.1 hPa，在浙中北形成大的变压梯度。变压风沿变压梯度方向吹，变压越大，风速越大。从高空各层高空槽的位置来看，8 日 20 时槽线位置非常接近，9 日 8 时 500 hPa、700 hPa 槽线甚至超前于 850 hPa 高空槽。说明冷空气锋面很陡，这样就容易形成较大的冲击力，加大地面风速。

4 地形和动量下传作用

由于金华地处金衢盆地，南北面有高山阻挡，处在西高东低形势下，我市吹偏西风，高空是西北风，高低空风向一致，有利于加大底层的风速，同时地形的狭管效应也有助于风力的增大。在这次过程中，动量下传起到了举足轻重的作用。由于 9 日上午起我市就转为多云天气，天空状况好，白天最高气温升至 27°C 。地面受热使空气层结变得不稳定，铅直交换加强，由于上空存在锋区，风的垂直切变较大，高空动量下传使地面风速增大。实况我市风力出现在中午到傍晚这个时段，和地面受热层结变得不稳定对应很好。夜里底层降温，空气变得稳定，动量下传减少，实况风力也小了。

5 总结

通过上述分析，4 月 9 日出现大风的原因主要有以下一些：

(1) 江淮气旋在苏南入海后进入东海北部，强度继续增强，并引导北面冷空气南下，形成西高东低地面气压形势，两者在江浙一带叠加成密集的等压线，大的气压梯度是形成大风的基础。

(2) 从地面 3 h 变压演变可以看到，由于冷空气的南下，9 日 14 时江苏中部有个正变压中心，最大变压值 4.1 hPa，在浙中北形成大的变压梯度。变压风沿变压梯度方向吹，变压越大，风速越大。

(3) 从高空各层高空槽的位置来看，8 日 20 时槽线位置非常接近，9 日 8 时 500 hPa、700 hPa 槽线甚至超前于 850 hPa 高空槽。说明冷空气锋面很陡，这样就容易形成较大的冲击力，加大风速。

(4) 9 日 8 时 700、850 hPa 等高线和等温线成 90° 交角，说明大气的斜压性很强，槽后冷平流非常强盛。槽后冷平流将北方冷空气往南输送，由于冷空气质量大，风力也越大。

(5) 在各层全风速场上，从 500 hPa~200 hPa 在湖北一带都有个大风速中心，急流

轴呈西北-东南走向，大风核逐渐东传，槽后为西北急流，高空风速越大，冷平流越强，地面风速也越大。

(6) 在这次大风过程中，动量下传也起到了举足轻重的作用。9日天况好，底层受热，层结变得不稳定，上下交换强，使高空动量下传，加大底层风速。

参考文献：

- [1] 仪清菊, 丁一汇. 黄、渤海气旋爆发性发展的个例分析[J]. 应用气象学报, 1996, 7(4): 483-490.
- [2] 林明智, 李修芳, 余鹤书. 预报爆发性气旋的一个综合判据[J]. 应用气象学报, 1993, 4(1): 112-116.
- [3] 李晓东, 马德贞. 温带气旋爆发性发展的中期背景及预报[J]. 气象, 1993, 19(5): 34-38.
- [4] 周鸣盛. 一次爆发性的春季黄河气旋发展过程[J]. 气象, 1986, 12(10): 19-22.
- [5] 刘鹏, 李书文. 爆发性发展产生的北方冬季雷暴天气分析[J]. 气象, 1998, 24(5): 47-51.
- [6] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文等. 天气学原理和方法(第四版)[M]. 北京:气象出版社, 2007, 122-132.
- [7] 项素清. 一次东海低压爆发性发展引起的海上强风分析[J]. 海洋预报, 2007, 24(4): 20-25.
- [8] 陈淑琴, 黄辉. 舟山群岛一次低压大风过程的诊断分析[J]. 气象, 2006, 32(1): 68-73.