

一次冷空气强风的成因分析

王 雷

(舟山市气象局, 浙江 舟山 316004)

摘 要: 文章分析了 2004 年 12 月底的一次冷空气强风过程, 揭示了冷空气南下与东海低压的发展造成的气压梯度、高低空较强的冷平流以及中低空辐合辐散差异引起的动力强迫下沉作用所造成的动量下传是造成本次猛烈强风的主要原因。最大强风发生区域和发生时间既与低层和中层 700hPa 分别转为辐散和辐合中心对应, 又与中低层 700hPa 以下正好处于下沉速度中心附近对应。

关键词: 冷空气大风; 高空横槽; 东海低压; 物理量场; 动量下传

中图分类号: P731 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003 - 0239 (2005) 4 - 0096 - 06

1 引言

2004 年 12 月 30 日傍晚到 31 日受北方冷空气和东海低压发展的共同影响, 浙江北部海域出现了 10~12 级的猛烈西北强风, 其中舟山海域有 16 个自动测风站出现了 11 级大风 (包括有两个站风力达 12 级, 最大阵风为 36.5m/s), 另有 10 个测站出现了 10 级大风。这次猛烈的强风造成位于长江口和浙江北部海域的 4 艘船只沉没, 部分人员死亡或失踪, 造成了重大的人员和财产损失。受冷空气影响, 浙江全省出现了大范围的雨雪和冰冻天气, 气温明显下降, 最低气温达到 2004 年入冬以来的最低点。本文主要对此次冷空气的强风成因作一分析, 以便掌握这类强风的预报着眼点, 为以后的冬季大风预报提供参考。

2 强冷空气的形成和堆积

2004 年 12 月 26 日 08 时空 500hPa 图上乌拉尔山东侧阻塞高压开始逐渐形成, 阻塞高压南部的蒙古地区有一东西向的横槽, 并有-40 以上的冷中心配合, 27 日 20 时该横槽上开始发展出一切断低压。阻塞高压和蒙古横槽自形成后, 连续几天维持静止少动, 29 日起蒙古横槽和冷中心开始逐渐南压, 29 日 20 时已经南压至我国河套地区。700hPa 和 850hPa 的总体形势与 500hPa 相似, 同样在蒙古地区有一东西向的横槽, 横槽附近有密集的锋区堆积和冷中心配合, 在横槽南压过程中 700hPa 和 850hPa 的冷中心强度进一步加强, 29 日 08 时冷中心均超过-29。此时, 850hPa 和地面蒙古冷高压中心强度分别

达 163gpm 和 1073hPa，地面冷空气前锋位于我国河套地区。可见，强冷空气已经形成和堆积，并且正在南下^[1]。

3 冷空气的爆发—高空横槽的转竖

29 日夜里起 500hPa 位于河套地区的横槽开始快速转竖，乌拉尔山东侧的阻塞高压渐趋崩溃。在横槽开始转竖的同时，30 日 08 时，在该横槽上发展出一高空冷涡（500hPa 该冷涡中心位于北京-太原之间），之后，冷涡东移南压，带动北方强冷空气南下，促使 30 日夜里 500hPa 横槽完全转竖（见图 1），横槽的转竖使得冷空气从低层到高层开始向南爆发，低层 850hPa 和 700hPa 的槽线相继于 30 日下午和夜里经过舟山海域，舟山风力开始增大，最大风力出现于 31 日早晨，即 700hPa 槽线过境的时间至 500hPa 槽线和槽线动态（槽线上的数字是日期和小时）过境的时间之间。

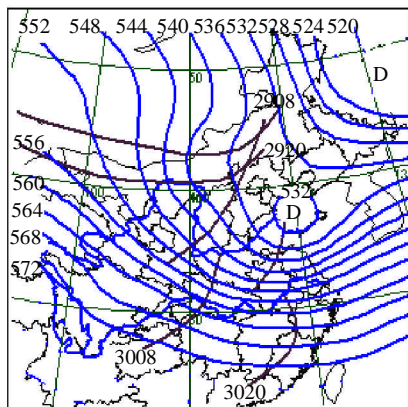


图 1 30 日 20 时 500hPa 形势

(单位：gpm)

4 冷平流的作用

冷平流的作用可使地面气压梯度很快加大，造成大风，冷平流愈强，出现的风力也就越大。冷空气影响前，30 日 08 时低层 850hPa 和 700hPa 由于偏南气流的作用，在浙北沿海 30° N 附近有南支锋区（共有 3 条等温线，间隔 4 /条）存在，30 日下午到夜里冷空气自低层到中层快速南下影响浙江海域，冷空气南下的北支锋区与原先的南支锋区叠加，加大了锋区的温度梯度，使得 30° N 以北 5 个纬距有 4 条等温线，在低空西北急流的作用下，在浙北海域产生了强的冷平流（见图 2），从而加剧了地面的气压梯度。同时，锋区的增强又促进了气旋环流的加强，使得低层和地面风速明显加大^[2]。随着 30 日下午和夜里低层 850hPa 和 700hPa 冷锋锋区相继经过浙北海域，导致浙北海域于 30 日下午开始出现 8 级西北大风，并于 30 日夜里（700hPa 冷锋锋区经过的时候）继续增强达到最大。

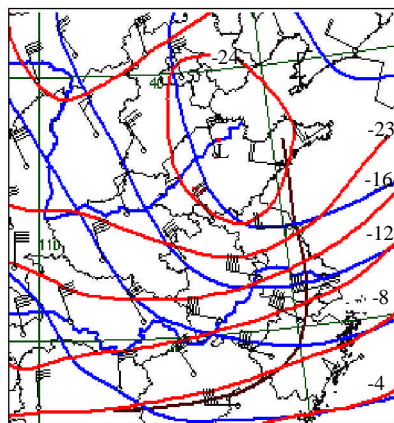


图 2 30 日 20 时 700hPa 等压面图

5 东海低压的发展

30 日 20 时整个浙江到江苏沿海处于高空 500hPa 槽前的正涡度平流和暖平流区,其大值中心轴向和槽前西南气流对应均呈东北-西南向,正涡度平流和暖平流中心位于 31°N 、 $123^{\circ}\sim 124^{\circ}\text{E}$ 附近,中心值分别大于 $48\times 10^{-9}/\text{s}^2$ 和 $29\times 10^{-4}/\text{s}$,受高空槽前强的正涡度平流和暖平流的作用,30 日夜里起位于浙江南部海域的地面倒槽开始发展加强成东海低压,并且在高空西南气流的引导下向东北(即强的正涡度平流和暖平流中心附近)方向移动,使得其强度继续加强^[2],31 日凌晨 2 时它的中心强度为 1012hPa,低压中心正好位于 30°N 、 130°E 附近。东海低压的发展加剧了浙北沿海的地面气压梯度,使得 5 个经距 ($120^{\circ}\sim 125^{\circ}\text{E}$) 浙北沿海总共有 6 条等压线 (2.5hPa/条) (见图 3),导致舟山海域风力在 31 日早晨(与东海低压同纬度)达到最大,随着东海低压继续向东北方向移动,地面气压梯度逐渐减小,风力逐渐下降。

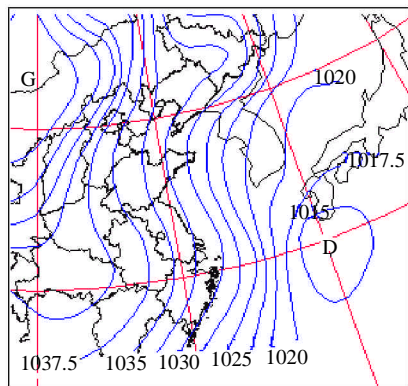


图 3 31 日 02 时地面气压(hPa)

6 物理量场特征

多年来,舟山市气象局预报员在实践预报中得出了一些预报经验,如中低空锋区 5 个纬距 ($30^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$) 达到 4~5 根、地面 5 个经距 ($120^{\circ}\sim 125^{\circ}\text{E}$) 有 5~6 条等压线,那么这次过程舟山海域最大风力一般在 10 级左右,最多达到 11 级。但是,本次过程舟山海域却有 2 个自动测风站出现了 12 级大风,14 个测站出现了 11 级大风,除了上述原因外,到底还有什么因素造成了如此猛烈的强风,使得本次过程与以往的大风过程不同呢?经过分析,这是与高低空物理量场的配置密切相关。

6.1 散度场

强风发生前 12 月 30 日 08 时高空 850hPa~500hPa 三层表现为后倾槽,即低层 850 hPa 和 700 hPa 槽线超前于 500hPa 槽线,850hPa~500hPa 三层槽线分别于 30 日 20 时前、30 日夜里和 31 日白天经过舟山海域。这种后倾槽的结构与寒潮强风出现时往往呈前倾槽的结构有很大的不同。当槽线系统结构从低层到高层倾斜度接近于垂直或前倾时,冷空气往往是一种爆发性下冲的过程,因此造成的地面风力很大^[3]。而这次在后倾槽的结构下出现的猛烈强风与后倾槽的散度场特征密切相关。最大强风发生时的 12 月 31 日早晨,舟山海域低层 850hPa 及以下各层由 30 日 20 时的散度零线附近快速转为 31 日 08 时的槽

后辐散,低层舟山海域正好处于辐散中心附近,其中 925hPa 辐散中心值大于 $36 \times 10^{-6}/\text{s}$ (见图 4a)。而中高层 700hPa 仍旧维持着槽前的散度辐合,并且从 30 日 20 时到 31 日 08 时舟山海域辐合值不断增大,到 31 日 08 时舟山海域附近上空 700hPa 转为辐合中心,中心值大于 $-32 \times 10^{-6}/\text{s}$ (见图 4b)。这种低层辐散、高层辐合的槽线垂直结构意味着在 700hPa 到 1000hPa 之间存在着一支动力强迫下沉气流,其高低层相对散度(高低层散度之差)越大,由此强迫出的下沉气流也就越强。这支下沉气流将中层 700hPa 西北急流的动量下传到低层,从而在地面形成强风区(见图 5)。

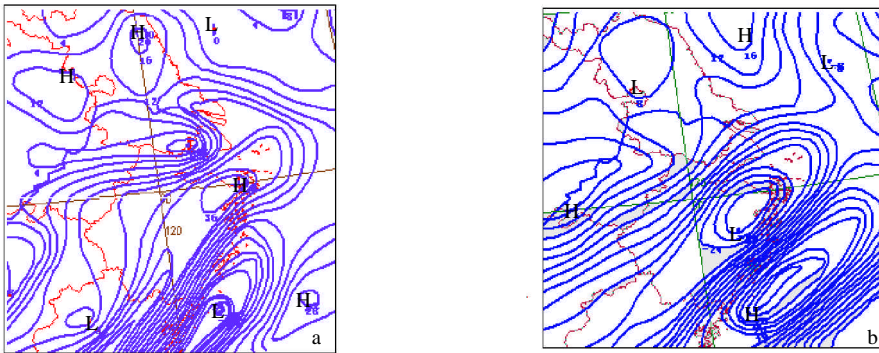


图 4 12 月 31 日 08 时 925hPa(a)和 700hPa(b)散度(单位: $10^{-6}/\text{s}$)

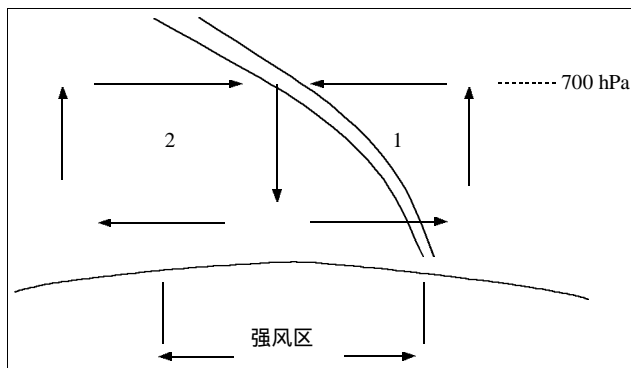


图 5 高低层散度差异引起的动量下传机制

6.2 垂直运动

30 日 20 时舟山海域上空低层 850hPa 及以下各层为垂直运动零线附近,700hPa 仍旧处于高空槽前的弱上升运动区,而 500hPa 则处于槽前较强的上升运动区,中低层各层的上升运动中心均位于长江口入海处附近(图略),这是与后倾槽系统的垂直结构特征相一致的。到了 31 日 08 时舟山海域 700hPa 及以下各层则由槽前的弱上升运动转为槽后的强下沉运动,下沉运动中心就在舟山附近,舟山上空 700hPa 下沉速度大于 $20 \times 10^{-4} \text{hPa/s}$ (见图 6),而 500hPa 仍旧处于槽前较弱的上升运动区。这表明 30 日夜里

中低层大气质量的快速调整，通过大气质量的调整使中低层暖空气迅速被冷空气代替，并造成动量下沉，使低层风速加大。图 7 是上海站（因为舟山无探空站，用附近上海站代替）高空风的时间剖面图，从图中可以看出，低层 850hPa 以下各层槽线于 30 日 20 时已经过境，风向转为西北，风速猛增，均超过了 12m/s，30 日夜里 700hPa 槽线经过上海，风向转为西北，风速达 18m/s。因此，30 日 20 时起 700hPa 以下盛行着一支西北急流，在下沉气流作用下，这支西北急流将中低空动量传递到地面。30 日 20 时~31 日 20 时，700hPa 风速略有减少，而低层 850hPa 风速从 30 日 20 时的 12m/s 增强到 31 日 08 时的 16m/s，并一直维持到 31 日 20 时，而 850hPa 以下各层的风速基本维持不变。事实上，舟山海域在 31 日上午起地面气压梯度开始逐渐疏散，但是，由于高空动量下传作用使得 10 级强风从 30 日 18 时到 31 日 17 时一共持续了 23h，而 11 级以上强风的发生时段为 30 日 23 时到 31 日 8 时共持续了 9h，最大强风的发生时段正好与舟山海域上空 30 日夜里起 700hPa 及以下各层垂直运动转为下沉运动中心附近相对应。

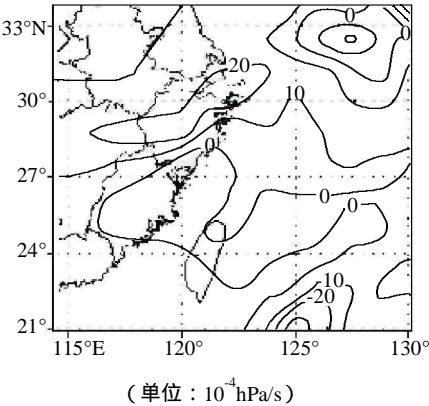


图 6 31 日 08 时 700hPa 垂直速度

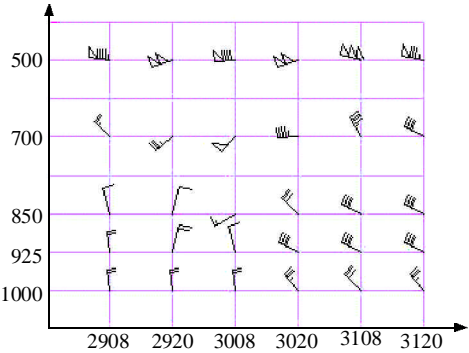


图 7 上海站高空风时间剖面图

7 结论

- (1) 本次强冷空气的源地位于蒙古地区，高空横槽的转竖使得强冷空气从低层到高层开始向南爆发。
- (2) 冷空气南下与东海低压发展共同造成的强气压梯度、高低空强的冷平流以及后倾槽系统散度场差异引起的动力强迫下沉作用，从而造成的动量下传是本次 10~12 级猛烈强风的主要原因，最大强风发生区域和发生时间与低层（700hPa 以下）和中层 700hPa 分别转为辐散和辐合中心对应。
- (3) 强风发生在中低层大气质量的快速调整时，通过大气质量的这种调整使低层暖空气迅速被冷空气代替，并造成动量下沉，使低层风速加大，舟山海域最大强风发生时，

中低层 700hPa 及以下各层正好处于从弱的垂直运动向下沉运动中心附近转变的时候。

参考文献：

- [1] 朱乾根,林锦瑞,等. 天气学原理和方法修订本[M]. 北京：气象出版社, 1992, 418.
- [2] 张晓慧, 盛立芳, 等. 渤海秋末初冬一次强寒潮天气过程分析[J]. 海洋预报, 2004, 21 (3): 54 ~ 55.
- [3] 李秀连. 首都机场寒潮强风极值出现条件的分析[J]. 气象, 2002, 28 (11): 42 ~ 44.

THE REASON ANALYSIS OF A CASE OF STRONG COLD AIR GALE

WANG Lei

(Zhoushan Meteorological Bureau, Zhejiang Province 316004 China)

Abstract : In this paper a strong cold air gale process occurred at the end of December in 2004 is analyzed. It reveals that the main reason of this strong gale is the pressure gradient caused by cold air and the depression in East China Sea, the strong cold temperature advection in upper and lower layer and the middle momentum transportation downward because of the dynamic forcing descending caused by the divergence at the lower lever and the convergence at the middle lever. The occurring area and time of the maximal ground gale are just in the area and at the time of the divergence and descending center at the lower level below 700 hPa and the convergence center at the 700hPa lever.

Keywords : Cold air gale ; Horizontal trough at the upper level ; Depression in East China Sea ; Physical elements ; Momentum transportation downward