大风和寒潮物理成因及短期预报方法的一些探索

毛连海

（甘肃省张掖地区气象局）

提　　要

本文通过分析和总结，指出：大风多数是高空系统造成地面强辐合或强辐散时出现的；寒潮降温则是近地层冷平流、当天与次日云量和降水等因素综合作用形成的。由此推导出大风和寒潮强度的预报公式以及介绍了它在预报中实际应用的一些问题。

一、引　　言

大风和寒潮是全国各地经常出现的灾害性天气，对它们作出正确预报能带来极大的社会、经济效益。如根据张掖地区有关部门统计，从1988年至今，张掖气象台每成功预报一次灾害性天气，就可减少50万元以上的经济损失。因此探索更有效的灾害性天气预报方法，是一项十分有意义的工作。对大风和寒潮而言，清楚地了解其物理成因，才能为制作准确的预报方法提供可靠的科学依据。这不仅可避免一些如统计预报和经验预报等方法存在的随机局限性，而且还可为制作预报工具、专家系统、数值预报产品的应用等方面提供有用的新思路，进而提高对大风和寒潮的预报能力。

二、大风形成的物理过程和强度预报

大风是空气在地面层的水平高速运动。但如果仅从上游站的风速来判断本站未来有无大风，效果是不会好的，有时上游站有大风本站却不出现，而上游站无大风本站却出现了。因此，判断本站有无大风必须从三维空间流场的变化来分析，从上游影响系统的移动、发展情况并结合上游地面风速入手。下面是几种出现典型大风的三维空间流场结构示意图。

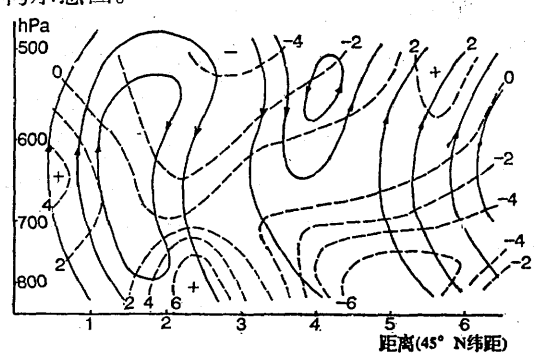


图 1　黑风垂直环流(实践)和散度(虚线)结构图

图 1 是黑风流场结构和散度图。黑风是甘肃省河西走廊一种特强的地方性大风，它是特强冷锋经过戈壁滩时将地面沙土刮向天空在下游造成的一种大风天气。除能见度不好外，它有同其它所有冷锋造成地面大风一样的物理过程，即锋后有较强的下沉气流和辐散、锋前有较强的上升气流和辐合相配

合。只不过它出现在地面层强辐散与强辐合之间的区域，且辐散中心与辐合中心很近，而辐合中心强度足以把前期干燥的戈壁滩上的沙土刮向天空。

图 2 是动量下传型大风垂直环流模式图。它形成大风的物理过程是高空脊发展或冷平流的作用产生强下沉气流，把高层风速大的空气带到地面而产生的。大风区位于下沉气流前辐散风和高空强风速带即与急流风向一致的地方。

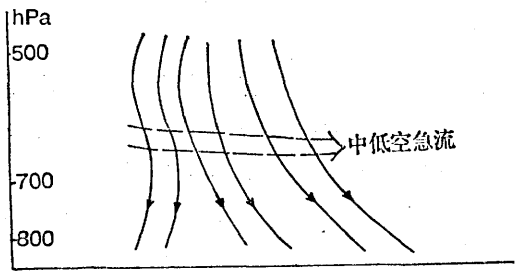


图 2 动量下传型大风垂直环流模式图

图 3 是台风的垂直环流模式图。由图可见台风大风区主要分布在台风外圈和中圈，相应地面有强辐合和上空有强上升气流，地面涡度分布不规则，有的地方涡度可为零；而内圈尽管有些地方的正涡度较大但风速却很小[1]。说明大风尽管与地面涡度有一定关系，但主要是和地面散度相关。一般说来，辐合最强的地方是风速较大的地方，因此，预报风速仅考虑地面散度也就可以了。

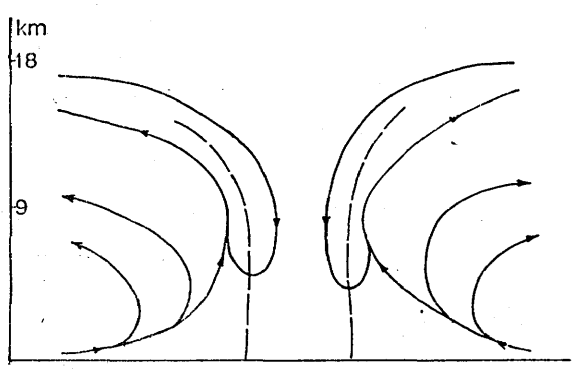


图 3 台风垂直环流模式图

由图 4 很容易看出，形成地面大风必须是贴地层有强下沉气流造成地面强辐散或贴地层有强上升气流造成地面层强辐合，下沉或上升气流越强风速就越大。图4a地面层辐合中心和辐散中心距离越近，则辐合中心和辐散中心之间区域的地面风速就越大，且风速是辐散和辐合风的迭加。辐散中心左侧周围地面风速相当于同等强度图4b辐散中心周围的风速；辐合中心右侧周围地面风速相当于同等强度图4c辐合中心周围的风速。动量下传型大风的流场结构如图4b，是贴地层下沉气流引起的辐散风和空气本身从高空带来

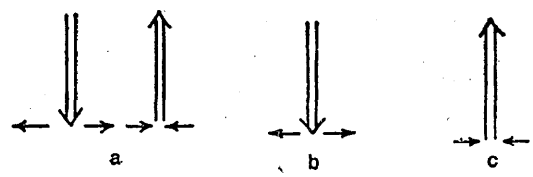


图 4 大风地面层和近地层流场结构类型图

的所具有风速的迭加，往往是在两者风向一致的一侧有大风，而另一侧一般不会出现大风。台风地面层和贴地层流场结构如图4c，但它没有强辐合中心，即台风中心内圈的辐合很弱，在中圈才有一环状强辐合带。图4只是 3 类大风地面层与贴地层流场的主要环流部分而略去了次要环流细节，因为这 3 种流场结构类型包括了所有类型大风贴地层和地面层流场结构的大致情形。如各种锋面大风和龙卷风如图4a，雷暴大风如b，气旋大风如c。

根据天气学教材[1]，因

$$W_{近地层} = \frac{(D_{地面层} + D_{近地层}}{2} \times 150,\text{则}$$

$$D_{地面层} = \frac{W_{近地层}}{75} - D_{近地层}$$

式中$D_{地面层}$具有较强的独立性，因此可考虑$D_{地面层}$是均匀向外辐散或向内辐合的，即$|U_{左}| = |U_{右}| = |V_{上}| = |V_{下}|$。根据D=

$\frac{\partial U}{\partial x}+\frac{\partial V}{\partial y}$，则某点D在以$\frac{\Delta x}{2}$为半径的圆上各点产生的风速为

$$U=\frac{|D|\,\Delta x}{4}$$

式中Δx为计算$D_{近地层}$和$W_{近地层}$所采用的网格距，一般比系统尺度略小效果好。因预报站的瞬时风向是确定的，故预报站瞬时风速应由风向方向直线上距站为$\frac{\Delta x}{2}$的两点D_1和D_2决定，同时$|D_1-D_2|$应该是以站为圆心、以$\frac{\Delta x}{2}$为半径的圆各直径两端点D值差，即$|D_1'-D_2'|$值最大，瞬时风速为

$$U=\frac{|D_1-D_2|\,\Delta x}{4}$$

$$=\frac{|D_1'-D_2'|_{max}\cdot\Delta x}{4}$$

据此，若知道$D_{地面层}$分布情况就可判断风速和风向了。例如，1989年4月19日20时甘肃张掖站出现了黑风，根据$D_{地面层}$计算式计算得$D_1-D_2=2.2\times10^{-4}\cdot s^{-1}$，$\Delta x=416$ km，则$U=23\ m\cdot s^{-1}$，这与实况完全相符。

三、寒潮形成因素和强度预报

空气温度变化须有热量传递，其方式包括辐射、对流和传导，它们对形成寒潮都起作用。产生强降温最主要的是下沉气流把高空冷空气送到地面层上，即对流作用。近地层的冷平流就具备上述条件。近地层上空的冷空气须使影响预报站近地层冷平流加强时才起作用，故高层或近地层的冷空气很强若没有对流作用，即没有下沉气流配合，也不会引起地面空气强降温。辐射对地面气温影响通过云量起作用是显而易见的，如白天少云有利于辐射增温，而夜间少云有利于辐射冷却等，通过统计得到预报时当天的天气对降温作用的平均情况见表1和当天与次日相对天气变化对降温的影响见表2。传导的作用明显表现在有降水的天气，降水时空气从空中到地面层经过上下大范围的接触而冷却，且有关专家分析认为冷堆中上升气流使冷堆增强[2]，降水反映了上升气流的强弱。历史寒潮个例（表略）表明，次日有降水时气温下降是显著的，表2降水天气的降温亦反映了这一事实。

表1 预报时当天天气造成降温平均情况

当日＼前夜	晴或少云	多云	阴	降水
晴或少云	-1.2	-2.3	-2.8	-1.8
多云	0.5	-0.6	-1.1	-0.1
阴	1.4	0.3	-0.2	0.8
降水	2.1	1.0	0.5	-1.5

注：负号表示降温，下同。

上述因素对地面空气的降温作用是较全面的，故可设与次日相比当天的气温下降值公式为

$$y=a+bx+c$$

式中x为近地层冷平流强度；c为云量和降水的影响值；a为常数，b为系数。如张掖台的x可用$\Delta T\cdot\frac{(90-\alpha)}{90}$表示，其中$\Delta T$为700hPa上80—95°E、40—50°N范围内最低气温与本站气温差值；α为最低气温站与本站的连线同这之间平均风向的夹角；a=0，b=0.4。据统计1985年1月—1991年5月为止，寒潮降温预报正确率为92%。

四、大风和寒潮强度预报实际应用中的一些问题

根据大风强度预报公式

$$U=\frac{|D_1-D_2|\,\Delta x}{4}$$，因$D_{地面层}=\frac{W_{近地层}}{75}-D_{近地层}$，故它需要$W_{近地层}$和$D_{近地层}$的正确预报量，同时$W_{近地层}$和$D_{近地层}$具有十分好的瞬时性和平均性才能算

表 2　预报前夜和次夜天气相对变化产生的降温

前夜(当日) / 次夜(次日)	晴或少云	多　云	阴	降　水
晴或少云	0	-1.2(-1.5)	-2.0(2.4)	-2.7(3.3)
多　云	1.2(-1.5)	0	-0.5(0.5)	1.2(1.5)
阴	2.0(-2.4)	0.5(-0.5)	0	1.5(1.3)
降　水	-0,9(-3.3)	-1.2(-1.5)	-1.5(-1.3)	0

注：括号内为当日和次日降温

得较为准确的瞬时和平均风速值，这涉及到需采用适当网格距和正确预报未来环流形势。因目前还不能完全做到，故在实际应用中是把大风物理成因和强度预报公式与实践结合，得出相应的经验预报。如预报近地层有强下沉气流，且造成此下沉气流的原近地层系统流场是辐合时有利于出现大风，风力可根据上游风速和下沉气流强度来掌握。若预报近地层有强上升气流，一定强度下沉和上升气流位置靠近的有利配合时出现大风的经验预报可类推，在特殊情况下还应考虑地形和涡度等的影响。因近地层是根据预报站的海拔高度而定的，故采用测站上空能得到所需要资料的最低规定层。而近地层未来的冷平流强度预报量和 c 值取定量精确度，决定了寒潮降温预报值的精确度，故用已有的实况资料来确定未来近地层冷平流强度 x 能够反映真实情况，且如能确定未来云量和降水有无，则 c 值取用表 2，即 c 值为夜间和白天相对天气变化对降温影响值的迭加，否则用表 1。根据应用，只要形势预报和预报量正确，依据成因和公式，可以预报任何长时间里的大风强度和寒潮降温值。在服务中因为大风一级误差、寒潮降温 ± 2 ℃误差可满足服务要求，为提高预报正确率，采用图 5的预报流程效果较好。

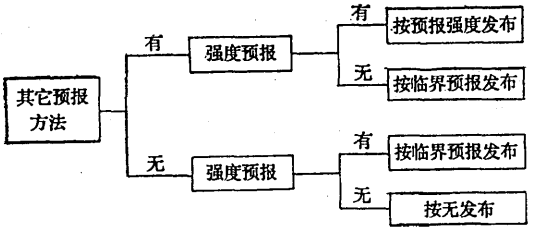


图 5　大风、寒潮预报流程图
(临界预报大风为5—6级等，寒潮类推)

五、结　语

1．大风是高空系统产生地面层强辐散、强辐合、一定强度辐散和辐合靠近时出现。其强度可用公式 $|U| = \frac{|D_1 - D_2|\,\Delta x}{4}$ 来预报，据此公式可从判断地面层散度分布来进行经验预报。

2．寒潮降温是近地层冷平流、当天与次日云量和降水等因素综合作用的结果，其强度可用 $y = a + bx + c$ 公式进行预报，次日有降水时降温将加强。

参考文献

〔1〕朱乾根等编著，天气学原理和方法，气象出版社，1981。

〔2〕白肇烨、徐国昌等编著，中国西北天气，气象出版社，1988。