第30卷 第2期
1959年5月

气 象 学 报
ACTA METEOROLOGICA SINICA

Vol. 30, No. 2
May, 1959

高空大尺度渦度"湍流"輸送对高度傾向影响的个案研究*

顧 震 潮

(中国科学院地球物理研究所)

提 要

本文用正压模式計算了大尺度湍流輸送項对高度傾向的影响,用的是1956年2月13—22日的資料. 在这例子中渦度的湍流輸送項的作用与平均輸送項大小量級相同. 这两項所造成的高度傾向分布却頗不相同,并不成簡單的比例关系.

一、問題

在中長期数值予报的尝試中有人[1-2]曾認为对于某个时間間隔中渦度的"湍流"輸送項可以不管,而只考虑平均运动的輸送. 根据1956年二月資料,对5天到30天等不同时間間隔,不同地点所計算出来的二層模式里的各种"湍流"輸送項証明[3],这种想法是不大符合实际情况的. 因为由实况求出的渦度"湍流"輸送項并不比平均运动輸送項小多少. 并且这两者之間不像有些人[4]所想像的那样有什么簡單的正比关系.

但是在那个工作中所計算的是預报方程式里各項的大小. 而在具体預报的时候对象是高度傾向值. 大家知道,在預报方程中这些輸送項就是Poisson方程或Helmholtz方程的源函数,而如果源函数分布比較特殊例如正負相間而正負区尺度又很小,那么这源函数对未知量的作用是不大的. 因此如果渦度"湍流"輸送的分布虽与平流輸送不同但仍合乎一定的条件,那么即使这輸送量并不比平流量小多少,在积分之后,它对高度傾向的貢献是否仍可以略去呢? 这仍是一个問題.

在下面的个案例子中我們通过一个实例的傾向計算来了解这問題. 所取的例子是北半球环流由低指数式化为高指数式的情形,因为这工作原是配合一个环流变化机制的研究[5]来作的. 由于这例子中关鍵变化恰好出現在欧洲,我們計算的范圍也限于欧洲和大西洋的东部.

二、方法及資料

在正压模式中平均运动的渦度方程是

$$\partial\bar{\zeta}/\partial t=-\bar{\mathbf{v}}\cdot\mathbf{v}\bar{\zeta}-\overline{\mathbf{v}'\cdot\nabla\zeta'}. \qquad (1)$$

我們先求这两項的大小.利用正方網格,可以先由高度 z 計算每天每一个網格点上的 ζ 值,

$$\zeta_0\sim z_1+z_2+z_3+z_4-4z.$$

* 1959年2月28日收到. 本文計算由薛永鏞等同志完成,制圖是曾佑思同志完成的.

然后再按下式求出：

$$(\mathbf{v}\cdot\nabla\zeta)_0=\frac{a}{4fd^2}[(z_1-z_2)(\zeta_3-\zeta_4)+(z_3-z_4)(\zeta_1-\zeta_2)] \tag{3}$$

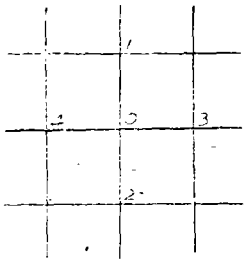

圖 1. 網格点的位置.

（各点位置見圖 1），其中 $a=0.98$，f 是地轉参数. 在每天的 $\mathbf{v}\cdot\nabla\zeta$ 求出后再求出所用时間間隔里的平均值 $\overline{\mathbf{v}\cdot\nabla\zeta}$. 另外由平均圖上求出 $\bar{\mathbf{v}}\cdot\nabla\bar{\zeta}$. 把这两者相减就可求出"湍流"項 $\overline{\mathbf{v}'\cdot\nabla\zeta'}$.

各網格点上的 $\bar{\mathbf{v}}\cdot\nabla\bar{\zeta}$ 和 $\overline{\mathbf{v}'\cdot\nabla\zeta'}$ 值求出后分别用張弛法求出相应的变高分布（边界上变高等于零），就可以比較这两項的貢献大小.

所用的例子是 1956 年 2 月 13—22 日的十天紀录. 这十天是这次环流变化的关鍵时間. 圖是由环流研究工作同志重新分析过的. 底圖用的是球極平面射影，網格是由經度 0°，北緯 40° 向四边展开. 格寬 500 仟米（北緯 40°）. 用的是每天 15 点（国际时）的 500 mb.

三、結果

1956 年 2 月 13—22 日的前后欧洲及大西洋西部西風环流很弱气流繞着强大的阻塞高压和切断低压蜿蜒曲折（圖 2）. 但就在这时期中，这些閉合系統就很快地减弱，甚至消灭. 西風环流重新加强. 这在前后的变高上（圖 3）看得很清楚.

圖 4 和圖 5 分别是由渦度平均輸送項所造成的高度傾向分布和由"湍流"輸送項所造成的高度傾向分布，从这两圖可以看出湍流項对高度傾向的貢献并不比平均項的来得小. 由此可見湍流輸送項的貢献是不能略掉的. 从圖 4 和圖 5 也可以見到这两項高度傾向的中心并不是重合的. 甚至有些地方湍流輸送項造成的正中心（格林兰）都在平均輸送高度傾向的負区. 因此这两項高度傾向也沒有簡單的正比关系. 其实，就連这两个輸送項本身也沒有这种正比的关系[3]. 如果过去的結果中所用資料的地点在空間分布上散的太开的話，这里还可以提供另外的数据，圖 6 是由各網格点上这两种輸送項数值成对地点出的. 从圖 6 本身就可以看出这两个輸送項之間相关是很小的.

作为一个預报問題，我們还可以看看算得傾向与实际傾向相关多大. 圖 7 是由总輸送 $\overline{\mathbf{v}\cdot\nabla\zeta}$ 所求出的高度傾向值（即圖 4 和圖 5 中分布的和），把这圖与圖 3 比較可以看出，算出傾向与这十天的变高分布还有一些重要的差异. 例如格林兰东南端的正变高在算得傾向上是沒有的. 而在鹹海以北算得傾向的正中心也是变高場中所沒有的. 欧洲大陆上的正变高中心在算得傾向場上大小差了一半，大西洋东部算得傾向正中心也与变高中心不符. 由此可見，不論是否考虑了湍流項在正压模式下还不能很好的算出这平均的变化来. 用正压模式来預报形势有較大变化时平均流場在十天中的变化是不会有滿意結果的. 因此即使考虑了湍流項[6]，也是不够的.

最后，根据我們的結果也可以看出 Berson[7] 的結果是有問題的. 因为他把渦度平均輸送項所不能解釋的变高（"誤差"場）都算做是正压模式中渦度湍流項的作用，也就是說正压模式就几乎可以沒有誤差；而实际上却并不是如此.

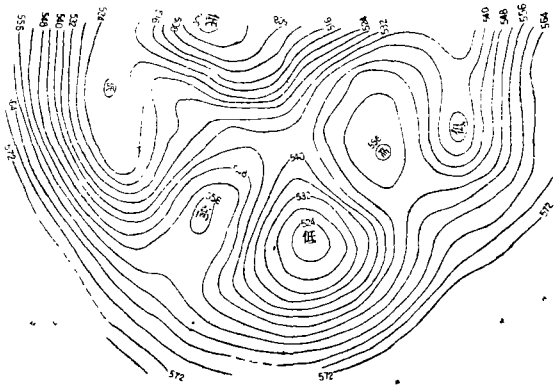

圖 2. 1956 年 2 月 13 日—22 日 500mb 平均圖(15Z)。

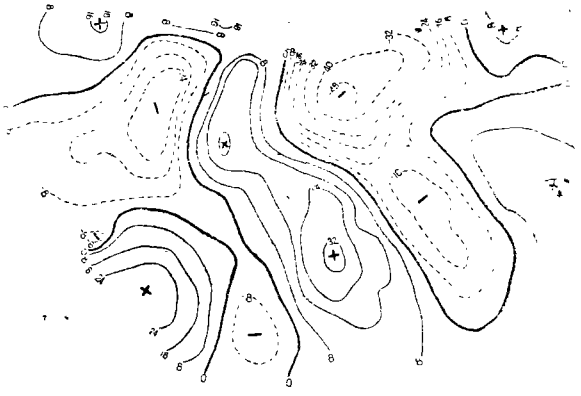

圖 3. 1956 年 2 月 13、14 日 500mb 平均高度与 23、24 日平均高度較差。單位：位勢十米。

圖 4. 1956 年 2 月 13 日—22 日 500mb 渦度平均輸送項造成的高度傾向。單位：位勢十米/十天。

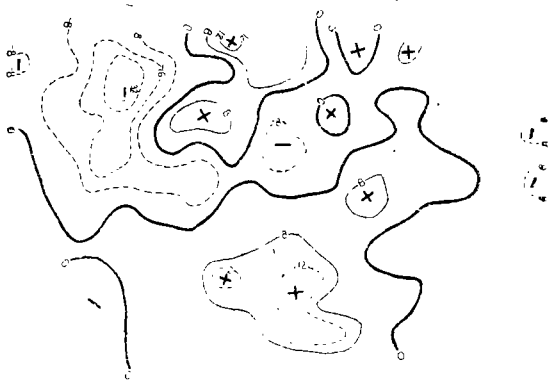

圖 5. 1956 年 2 月 13—22 日 500mb 渦流"湍流"輸送項造成的高度傾向。單位：位勢十米/十天。

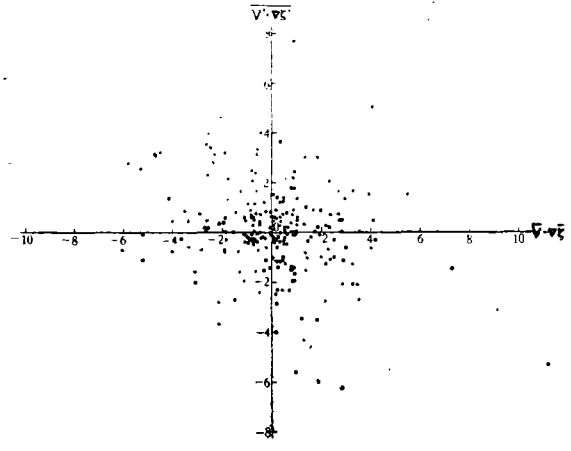

圖 6. $\bar{\mathbf{v}}\cdot\nabla\bar{\zeta}$ 与 $\overline{\mathbf{v}'\cdot\nabla\zeta'}$ 的关系。單位：(位勢十米)²，(未乘上系数)。

圖 7. 1956 年 2 月 13—22 日 500mb 算得正压高度傾向。單位：位勢十米。

参 考 文 献

[1] Блинова, Е., *Док. АН СССР*, **39** (1943), 284—287.
[2] Clapp, P., *J. Met.*, **13** (1956), 341—350.
[3] 顾震潮、范永祥: 气象学报, **29** (1958), 16—23.
[4] Murakami, T. (村上多喜男), *Pap. Met. and Geop.*, **8** (1957), 109—132.
[5] 叶篤正、陈隆勳等: 气象学报, **30** (1959), 尚未發表.
[6] Блинова, Е., *Док. АН СССР*, **123** (1958), 440—443.
[7] Berson, F. A., *Q. J. Roy. Met. Soc.*, **79** (1953), 210—223.

A CASE STUDY FOR THE CONTRIBUTION OF LARGE-SCALE EDDY TERM TO HEIGHT TENDENCY

Koo Chen-chao

(*Institute of Geophysics and Meteorology, Academia Sinica*)

Abstract

A computation of height tendency due to large-scale eddy term is made for a ten-day period Feb. 13—22, 1956, using barotropic model. It is shown that the contribution due to the eddy transport term $\overline{\mathbf{v}'\cdot\nabla\zeta'}$ is comparable to that due to the mean transport term $\overline{\mathbf{v}}\cdot\nabla\overline{\zeta}$. The distribution of the height tendency due to the eddy term is rather different from that due to the mean transport term and thus they are not connected by any simple relation of proportionality.