

青藏高原大气低频振荡与低涡 群发性的研究

孙国武 陈葆德

(兰州干旱气象研究所, 兰州 730020)

提 要

本文指出, 夏半年青藏高原低涡具有群发性, 即低涡集中在某些时段连续不断地发生, 而在另一些时段又不发生的特征。高原低涡的群发时段与高原大气低频振荡位相转换和垂直结构以及高原大气高频扰动的强弱有联系。这种联系, 可能是高原大气扰动——高频部分与低频部分之间的相互作用。

关键词: 青藏高原; 低涡; 大气低频系统; 瞬变扰动; 位相转换。

一、引 言

青藏高原(以下简称高原)上空有低频系统(低频气旋和低频反气旋)生成、振荡和传播^[1]; 也有低涡发生、发展和移动^[2]。它们(低频系统和低涡)都是在特定的区域(高原)、特定的季节(夏半年)和特定的高度(500 hPa 等压面)上形成的, 且生成源地相近。尽管它们的性质不同, 但都是大气中的一个实体, 都从不同侧面反映大气运动的规律, 这是毫无疑问的。但是, 它们相互之间有什么联系呢? 这是本文要讨论的主要问题, 也是国内外学者很少涉及到的问题。

国内外学者在热带低纬地区大气低频振荡的研究工作中, 大多与 ENSO 事件、南亚夏季风爆发等相联系^[3,4]但直接与某些特定地区的天气系统联系起来分析研究的, 则不很多, 主要的有 Hoskins^[5]、Krishnamurti^[6]和谢安^[7]等人的工作。Hoskins 根据 18 个冬季(1962—1963 年到 1979—1980 年)北半球 500 hPa 高度方差分布图, 发现图上的方差高值区与阻塞形势活动频繁区相接近。Krishnamurti 认为阿留申和冰岛低压的发展主要是大气低频扰动通过该地区的高频气旋相互叠加的结果。谢安和叶谦分析地球向外长波辐射(OLR)资料, 发现 40 天左右低频振荡在西太平洋地区非常活跃, 这种低频波与台风的生成有密切关系。

1991年3月27日收到, 1992年1月11日收到再改稿。

表中的低涡次数是按每日两次(08、20时)进行统计,而且仅统计其生命史 ≥ 36 小时(连续3个时次)的低涡过程的次数,低涡的定义按照文献[2]的规定,从08、20时的500 hPa等压面上普查而得到。根据表1,并对低涡的群发期作如下规定:

- (1) 低涡的群发期 ≥ 3 天;
- (2) 低涡过程的低涡次数 ≥ 5 个时次;
- (3) 两次低涡过程的间隔期 ≤ 2 天。

则得到低涡群发时段如表2。

表2 高原低涡群发时段

年	月	低 涡 群 发 时 段
1980	5	10—15日
	6	9—11日; 16—24日
	7	15—20日; 26—29日
	8	4—6日; 17—19日; 24—29日
1981	5	16—18日; 28—30日
	6	3—7日; 16—18日; 25—27日
	7	3—5日; 9—14日
1982	5	18—20日
	6	8—10日; 22—29日
	7	3—5日
1983	5	6—10日
	6	5—18日; 23—30日
	7	12—20日

从表中可以看出,夏半年高原低涡具有明显的群发特性,低涡在一些时段可以集中、重复出现;而另一些时段又可以不出现或较少出现。

三、高原地区大气低频系统与高原低涡的统计事实

高原地区大气低频系统,实际上是大气中的一种主要信息——低频信号在固定地域(高原)的振荡形式。在振荡过程中出现了两类位相——气旋位相和反气旋位相。关于低频系统的计算和分析,详见文献[1]。

图1是1980—1983年夏半年(5—9月)高原地区低频系统累积频数图。在图上,低频系统生成的高频中心区分别位于高原中部、西部和东部。

图2是1973—1987年夏半年(5—9月)高原低涡活动累积频数图(按每日08、20两个时次进行统计)。

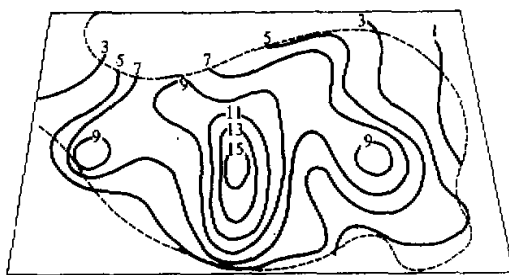


图1 高原地区500hPa等压面上低频系统累积频数图

从图中可以看出,低涡活动的高频区分别在高原中部和东部,高原西部由于台站稀少,观测记录有限,没有出现独立的低涡高频区,但1979年高原气象科学实验期间,由于在高原西部增设了探空站,因而高原西部也出现了低涡的高频中心(图3)。

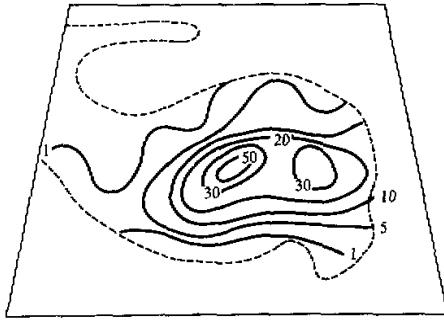


图2 500 hPa 高原低涡活动累积频数图

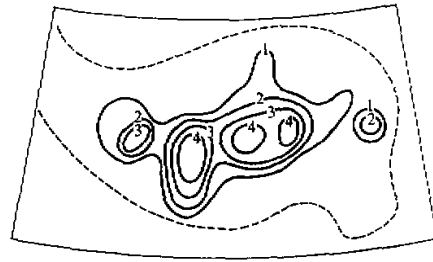


图3 1979年5—8月高原低涡(初生涡)频数分布图^[8]

根据图1和图2,可以看出500 hPa等压面上,夏半年高原低涡的两个高频中心与高原大气低频系统的两个高频中心相对应,都位于高原中部和东部。如果再参看图3并与图1比较,则高原西部大气低频系统的次中心与高原低涡的次中心也基本上是对应的。

进一步的分析还可以证实,高原低频系统和高原低涡从总体统计得到的高频中心的对应关系决非偶然。这从1980年夏半年对低频系统和低涡(参看表1)的个例所进行的统计(表3)中,可以进一步看出它们相联系的统计事实。即高原低频系统的不同位相与高原低涡有比较好的对应关系:气旋位相对应低涡活跃时段,低涡次数偏多;反气旋位相对应低涡间歇时段,低涡次数偏少。

表3 低频系统与高原低涡发生次数

发生时段	高原低频系统	高原低涡次数
5月1日—5月20日	气旋位相	7
5月21日—6月9日	反气旋位相	4
6月10日—6月24日	气旋位相	22
6月25日—7月10日	反气旋位相	1
7月15日—7月25日	气旋位相	15
7月30日—8月10日	反气旋位相	7
8月24日—9月18日	气旋位相	12

这里需要说明的是,从某一给定时刻来看,这种低频系统的所在地代表着低频振荡振幅相对最大的位相所在地,在低频风场图上,可以分析出低频气旋和反气旋;同样,

作者在低频高度场图上, 分析出低频低压和高压。这些低频气旋(低压)和反气旋(高压)都仅仅反映出大气低频变化的两种位相随时间的传播, 与天气学定义的气旋(低压)、反气旋(高压)有本质上的区别。否则, 就可能会对表 3 的统计事实产生误解。

图 4 是通过小于 10 天周期的高通滤波器处理的扰动动能(500 hPa 等压面), 是扰动动能中的高频信号。在低频系统的不同位相期间, 一般说来气旋位相时段的扰动动能大于反气旋位相时段的扰动动能。图 4 给出的气旋(反气旋)位相初期, 高原 500 hPa 等压面扰动动能的分布, 可以清楚地看出这一点。气旋位相时, 高原上扰动动能为大值区(图 4a); 反气旋位相时, 高原上扰动动能为小值区(图 4b)。看来, 它们的对应关系是: 低频系统的气旋(反气旋)位相——对应高频尺度扰动动能的强(弱)——对应低涡发生次数的多(少)。至于夏半年高原地区扰动动能的增强, 是低涡发生的有利因素之一, 这在文献[2]和[8]已经指出过。

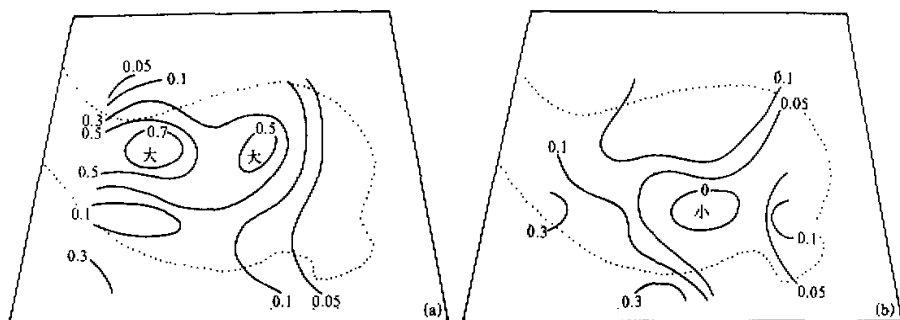


图 4 夏半年 500 hPa 等压面小于 10 天的高频部分扰动动能分布

单位: J. (a) 气旋位相; (b) 反气旋位相

四、高原大气低频振荡与高原低涡群发性

为了进一步论述高原大气低频振荡与低涡群发时段的联系, 下面将从大气瞬变扰动(低频与高频)与低涡的关系入手来进行讨论。

1. 高原地区纬向风的低频变化与低涡的群发时段

根据高原中部地区(30—35°N, 80—90°E, 下同)滤波后的平均纬向风(即通过带通滤波器处理, 主要保留了 30—50 天低频谱段的纬向风区域平均值), 绘成时间演变曲线(图 5), 发现低频纬向风的演变曲线与低涡的群发时段有着较好的对应关系, 即高原中部地区纬向风的低频振荡处于正半波(波的振幅值 > 0)期间, 对应低涡的群发时段; 反之处于负半波(波的振幅值 < 0)期间, 则对应低涡间歇时段。

2. 高原地区纬向风的高频变化与低涡的群发时段

同样根据 500 hPa 等压面上高原中部地区滤波后的纬向风, 绘制时间演变曲线(图 6)。不同的是, 使用了高通滤波器, 因而纬向风主要保留了小于 10 天的高频谱段。

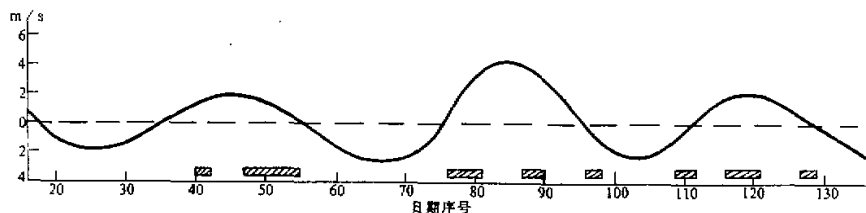


图 5 1980 年 5—9 月青藏高原中部地区 500 hPa 低频纬向风时间演变曲线

图中阴影区表示高原低涡的群发时段

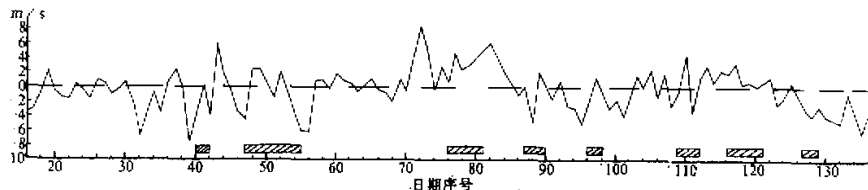


图 6 1980 年 5—9 月青藏高原中部地区 500 hPa 高频纬向风时间演变曲线

说明同图 5

从图 6 可以看到, 在纬向风的高频波增强阶段, 即波的振幅大 ($> 10 \text{ m/s}$); 或波峰值也大 ($> 5 \text{ m/s}$) 的期间, 会出现低涡的群发时段; 反之, 一般不出现低涡的群发时段。

3. 青藏高原大气低频振荡的垂直结构与低涡的群发时段

图 7 是高原中部地区 (30°N , 90°E 代表, 这里是大气低频系统的高频中心) 100—500 hPa 30—50 天滤波后的纬向风时间剖面图。可以看出高原大气低频振荡垂直结构随时间的变化与高原低涡的群发时段有较好的对应关系。在 300 和 500 hPa 两等压面之间, 低频纬向风出现位相相反 (斜压结构) 的时段和随后出现的纬向风正值位相持续时段, 便是低涡的群发时段; 反之, 则是低涡的间歇时段。

大气的垂直状态主要是斜压结构。相当正压结构仅是大气的一种特例, 其主要特征是垂直方向上没有位相倾斜, 而且热力平流为零。所以, 高原上空 500 hPa 和 300 hPa

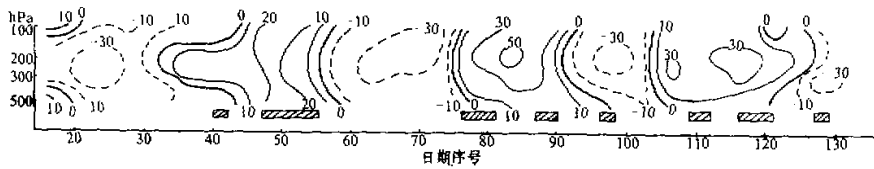


图 7 1980 年 5—9 月 30°N, 90°E 处低频纬向风时间剖面图

说明同图 5

等压面上的低频纬向风位相相反时, 斜压性是较强的, 因为低频纬向风的不同位相反映出不同的天气实体。从天气学角度看, 表明上、下层槽脊的不一致。Blackmon 等^[9]也用 1000 和 500 hPa 低频高度场不同位相的配置, 分析大气低频振荡的垂直结构, 也得出类似的结果。

通过以上的分析, 可以看到夏半年高原地区 500 hPa 等压面 30—50 天的低频纬向风和小于 10 天的高频纬向风以及 100—500 hPa 的大气低频垂直结构, 都与低涡群发性有较好的对应关系。下一节将对这种对应关系作一简单讨论。

五、高原大气瞬变扰动与高原低涡相互联系的分析

上一节的统计事实表明了高原大气瞬变扰动与高原低涡的密切关系。从这一事实出发, 它们之间可能存在以下两种作用:

1. 叠加作用

从图 5 和图 6 可以看出, 当低频纬向风在振荡过程中处于正半波位相时, 则在此期间高频纬向风的变化表现为波峰高、振幅大, 显示出处于较强的扰动位相阶段。反之, 低频纬向风处于负半波位相时, 高频纬向风一般说来处于较弱的扰动位相阶段。似乎说明纬向风的瞬变扰动 (30—50 天的低频部分和小于 10 天的高频部分) 在高原这个特定地区叠加时, 有利于高原低涡发生, 低涡出现群发时段。这与 Krishnamurti 关于阿留申和冰岛低压的加深是该地的低频扰动和高频气旋相互叠加的结果, 有相同之处^[6]。

2. 扰动作用

从图 4 和图 7 能够看到, 当高原大气低频结构在 500 和 300 hPa 等压面之间出现明显的斜压结构和纬向风为正值位相期间, 同时高原地区 500 hPa 等压面上的高频扰动动能增大时, 低涡的群发时段开始。反之, 处于相当正压结构且纬向风为负值位相, 同时高频扰动动能减小时, 低涡处于间歇时段。似乎表明高原大气斜压性的加强和扰动动能的增大, 有利于高原低涡产生, 并出现群发时段。这与 1979 年高原气象科学实验关于高原低涡的研究结果^[10]相一致。因为夏半年高原是位于大气对流层中层的热源区和动力扰动源。扰动增强, 斜压发展, 有利于低涡的发生和发展。一群在空间上成群出现和在时间上集中出现的低涡, 有可能使大气瞬变扰动 (低频和高频部分) 加强; 大气瞬变扰动的加强, 又可能促使天气尺度扰动增强, 低涡活动频繁。因此, 尽管高原大气瞬变

扰动和低涡之间存在非线性相互作用的物理过程需要深入研究,但至少可以认为,它们相互间的正反馈作用是明显的。

六、小 结

(1) 500 hPa 等压面上,高原低涡具有明显的群发特性,即低涡通常在空间上是成群地出现在某些地区,在时间上是集中地出现在某些时段,我们称为低涡群发时段。反之,低涡不出现或较少出现的时段,则称为低涡间歇时段。

(2) 统计结果表明,在高原西部、中部和东部地区,分别是高原大气低频系统生成的 3 个高频中心;也是高原低涡发生的 3 个高频中心。

(3) 高原地区大气低频系统、高原低涡和高频扰动动能之间的对应关系,大致是:低频系统的气旋位相(反气旋位相)——对应高频扰动动能的加强(减弱)——对应低涡发生次数的多(少)。

(4) 高原地区大气瞬变扰动(高频部分和低频部分)和大气低频垂直结构与低涡群发和间歇时段有联系(表 4)。

表 4 高原大气低频变化与高原低涡

类 别	时 频 谱 段	特 征	低 涡
高原大气低频波	30—50 天	正半波, 纬向风正值位相	群发时段
高原大气高频波	< 10 天	振幅大, 波峰高	群发时段
高原大气低频结构	30—50 天	斜压性, 纬向风正值位相	群发时段

若与表 4 所列特征相反, 则出现间歇时段。

(5) 高原大气瞬变扰动与低涡的联系, 可能与瞬变扰动的高频、低频部分的叠加有关, 它们之间存在着正反馈作用。

参 考 文 献

- [1] 章基嘉、孙国武等, 1991, 青藏高原大气低频变化的研究, 气象出版社。
- [2] 青藏高原气象科研拉萨会战组, 1981, 夏半年青藏高原 500 毫巴低涡切变线研究, 科学出版社, 1—7。
- [3] La, K.M. and P.H. Chen, 1986, The 40—50 day oscillation and El Nino / Souther oscillation, A new perspective, Bull. American Meteor. Soc., 67, 533—534.
- [4] 何金海、陈丽臻, 1989, 南半球中纬度准 40 天振荡及其与北半球夏季风的关系, 南京气象学院学报, 12, 11—18。
- [5] HosKins, B.J. and R. Peare (eds), 1983, Large Scale Dynamical Processes in the Atmosphere, Academic Press.
- [6] Krishnamurti, T.N. and S. Gadgil, 1985, On the structure of the 30 to 50 day mode over the globe during FGGE, *Tellus*, 37A, 336—360.
- [7] 谢安、叶谦, 1987, OLR 低频振荡与西太平洋台风活动的探讨, 气象, 10, 8—13。
- [8] 章基嘉、朱抱真等, 1988, 青藏高原气象学进展, 科学出版社, 168—193。
- [9] Blackmon, N.L., R.A. Madden, J.M. Wallace, and D.S. Gutzler, 1979, Geographical variations in the vertical structure of geopotential height fluctuations, *J. Atmos. Sci.*, 36, 2450—2466.
- [10] 钱正安、单扶民等, 1984, 1979 年夏季青藏高原低涡的统计及低涡产生的气候因子探讨, 青藏高原气象科学

实验文集 (二), 科学出版社, 182—194.

Characteristics of the Lows Flocking with Tibet Atmospheric Low-Frequency Oscillation over the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau

Sun Guowu and Chen Baode

(Lanzhou Institute of Arid Meteorology, Lanzhou, 730020)

Abstract

This paper shows that the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau lows have the flocking characteristics during the summer half-year, i.e., the lows occur flockingly during a period, but they do not occur during other periods. The period of lows flocking is related to the intensity of the high-frequency disturbance over the Qinghai-Xizang Plateau as well as phase shifts and vertical structure of the low-frequency oscillation over the plateau. This relationship may represent the interaction of disturbances (both high-frequency and low-frequency) of the atmosphere over the plateau.

Key words: Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau; low vortex; atmospheric low-frequency system; transient disturbance; phase shift.