

1982—1983 厄·尼诺年夏季北半球 热带和副热带大气超长波能量分析*

李俊 邵俊年**

(南京气象学院)

统计分析表明,强厄·尼诺事件发生后,热带和北半球气温将升高、气温上升较海温滞后2个季节^[1]。此外,夏季风主要系统(如副热带高压等)的加强也比海温增暖滞后1—2个季节^[2]。可见,厄·尼诺对夏季大尺度环流和天气异常可能有一定的影响。作者曾以1982—1983年厄·尼诺事件为例,分析了这两个夏季大气环流的主要特征¹⁾,发现1983年热带副热带对流层上部南亚高压强,大洋中部槽(TUTT)加深;赤道东风急流减弱,副热带高压加强,热带大气平均温度升高等现象。进一步分析还发现²⁾,1982与1983年夏季北半球大气静止涡旋和瞬变涡旋的活动及其对动量、热量和水汽的经向输送的贡献有明显不同。正常年份(1980年)静止涡旋比瞬变涡旋的动量输送弱,1982年两者相当,厄·尼诺事件后的夏季(1983年)前者比后者显著增强。可见,1983年夏季大尺度环流异常与不同时空尺度的运动及其能量特征有关。为此,本文利用ECMWF/WMO全球逐日7层(1000,850,700,500,300,200,100 hPa)网格点(2.5°×2.5°经纬度)资料(要素有 u, v, ω, T),分析1982—1983年7月北半球热带和副热带大气超长波能量特征。球面坐标系波数域能量方程为

$$\frac{\partial}{\partial t} K_0 = \sum_{n=1}^{\infty} M(K_n, K_0) + C(P_0, K_0) - D_0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} P_0 = \sum_{n=1}^{\infty} R(P_n, P_0) + G_0 - C(P_0, K_0) \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} K_n = -M(K_n, K_0) + L_n + C(P_n, K_n) - D_n \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} P_n = -R(P_n, P_0) + S_n + G_n - C(P_n, K_n) \quad (4)$$

式中下标表示沿纬圈的傅里叶波数, K, P, G, C, D 分别为动能,有效位能,非绝热加热对位能的制造率,位能向动能的转换率和动能耗散率, M, R, L, S 分别是其他波向 n 波,以及 n 波向纬向气流(0波)动能,位能的非线性传输率。

计算中利用热流量方程倒算非绝热加热率。采用快速傅里叶转换(FFT)方法作变量的傅氏变换。输出最大波数取为31波。本文主要分析超长波1—4波的能量特点。

1. 副热带大气超长波能量特征

在副热带(22.5°N—42.5°N)整个对流层(1000—100 hPa)对方程(1)—(4)积分,分别可得1982与1983年7月月平均大气波动的能量及其收支情况。由图1可见,这两年副热带纬向气流的位能基本相

* 本文于1986年11月19日收到。1987年4月27日收到修改稿。

** 现在国家气象中心工作。

1) 李俊等,1982—1983年夏季热带副热带大尺度环流。

2) 李俊等,厄·尼诺年夏季静止涡旋和瞬变涡旋活动特征。

同,1983 年非绝热制造项大,比 1982 年增加近 2 倍。平均有效位能主要通过波-纬相互作用向波动输送有效位能,波-纬作用同时使扰动动能向平均气流输送,1983 年比 1982 年强,但由于转换项 $C(P_0, K_0)$ 负值也大,结果 1983 年纬向气流的动能减少,表明该年副热带纬向平均气流较 1982 年弱。

超长波 1—4 波中,各波的非绝热加热和位能向动能转换项的符号一致。1983 年的非绝热项比 1982 年均有所增加,其中 2 波尤为明显(G_2 的数值大一倍); 1983 年 $C(P_n, K_n)$ ($n=1-4$) 也比 1982 年强, $C(P_2, K_2)$ 增加近 4 倍。结果 1983 年超长波有效位能和动能(除 4 波外)均有明显增加。大尺度动能的增加则是大尺度环流加强的反映。例如,副热带超长波 2 波运动的特征能显示该地区夏季大陆高压,洋中槽活动的主要方面,2 波动能的增长预示着 1983 年此类系统的加强。从能量转换来看,这类超长波系统增强主要是非绝热加热和位能向动能转换作用加强的结果。制造有效位能的非绝热项与大气温度中心

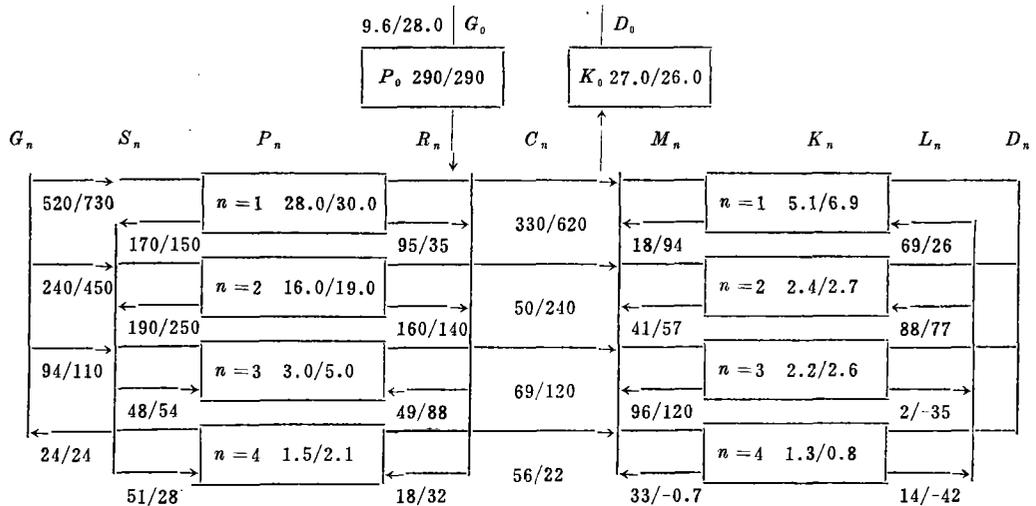


图 1 副热带 7 月平均 0—4 波能量循环图
(图中符号“/”上部为 1982 年,下部为 1983 年的值。 P_0 单位取 10^5J/m^2 , P, K 单位取 10^4J/m^2 , 其它量为 10^{-3}W/m^2)

强度的变化有关,1983 年夏季该项作用的增强一方面可能受到前冬强厄·尼诺事件的影响;另一方面还可能直接与副热带大陆高温中心附近(东亚地区)的降水异常增多产生的潜热加热作用有关(1983 年 7 月东亚降水异常多、长江流域降水量仅次于强洪水的 1954 年^[9])。夏季大陆暖中心的加强将增加海陆上空气温纬向不均匀分布,导致东西向热力直接环流增强,有效位能加速向动能转换,结果使南亚高压、洋中槽之类的超长波系统增强。这和作者在另文中的分析结果¹⁾是吻合的。

2. 热带大气能量特征

平均状态下热带大气对流层上部盛行东风、下层主要是西风,上、下层大气活动的特点不同。为此,我们把热带地区($2.5^\circ-22.5^\circ \text{N}$)对流层上部(500—100 hPa)和下部(1000—500 hPa)的能量分开计算,这里主要讨论热带上部的情况。

图 2 是热带上部纬向气流与超长波 1—4 波平均的能量收支图。从图 2 上可见,1983 年热带上部纬向气流的非绝热制造项 G 。比 1982 年大 4 倍,平均有效位能明显增加。超长波能量收支表明(图 2 下),1982 与 1983 年 1—4 波平均的 G, C, R, S, M, L 项的符号完全一致,因此,热带对流层上部 1982 与 1983 年夏季超长波能量循环的方向相同。能量维持的基本过程是由热带地区的非绝热加热作用制造有效位能,通过东西向的热力直接环流使扰动位能向动能转换,维持大陆高压和洋中槽之类的超长波动能。由

1) 见 p.372 1)

于这些系统的水平轴呈东北-西南走向,故有动能向平均气流输送,通过 Hadley 环流平均有效位能向纬向气流转换动能,使热带上部东风带得以维持。超长波活动决定了热带环流和天气的主要特征。在波-

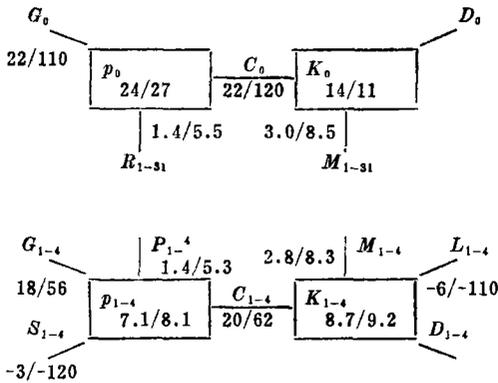


图 2 热带上部(2.5°—22.5°N; 500—100 hPa) 纬向平均气流(上)和超长波 1—4 波平均(下)能量收支图(说明同图 1)

纬和波-波相互作用中它不仅是主要的动能源,还是强大的有效位能源。这种能量循环过程与 Krishnamurti^[4](1973)总结的热带夏季能量循环机制基本一致。

1982 与 1983 年夏季热带对流层上部超长波活动及其能量收支强度仍有较大差别。由图 2 下可见,1983 年超长波的有效位能和动能均比 1982 年多,这主要是非绝热加热和有效位能转换作用增强的结果。从各波动能和位能的差异(图 3)看,1983 年超长波 2 波动能增长最大,1 波动能则减少。各波的能量收支表明(图略),前者主要是有效位能向动能转换作用增强并大于波-波非线性过程中的能量耗散,后者的情况则相反。

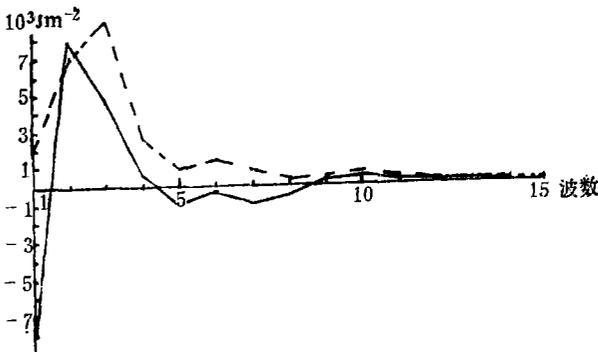


图 3 1982 年与 1983 年 7 月热带上部波动动能(实线)与有效位能(虚线)之差的谱域分布

3. 总结与讨论

以上分析初步表明,1982 与 1983 年夏季热带副热带对流层大尺度能量循环的基本过程是相似的,但强度不同。1983 年超长波能量比 1982 年明显增多。在能量循环中热带和副热带超长波 2 波尤其突出,它对超长波能量增加及其对动量、热量的径向输送过程的增强均有重要贡献。在天气图上主要表现为南亚高压位势升高,大洋中部槽加深等现象。这与有关同期大气静止涡旋活动增强及其对动量输送贡献大等结果¹⁾是一致的。1983 年热带上层 1 波活动与副热带 1 波不同,主要是由于热带 1 波在波-波非线性作用中成为巨大的动能源,它抵消了位能向动能的转换作用,使动能减少。反映了 1983 年热带上部东风急流的减弱。因此,超长波能量及其循环过程的差异可以解释 1982—1983 厄·尼诺年夏季大尺度环流异常的主要方面。

本文只分析了 1982—1983 年夏季超长波谱能量特征,它还不能完全说明太平洋地区(厄·尼诺事件滞后影响的重要区域)以及其他厄·尼诺年环流异常的情况,这些尚有待进一步的研究。

1) 见 p.372 2)

参 考 文 献

- [1] Houghton, John.T., *The Global climate*, Cambridge University, London, 25—36, 1984.
- [2] 林超贤, 东亚夏季风的强弱及其对我国东部地区初夏降水的影响, *地理新论*, 第一卷, 第一期, 58—68, 1986.
- [3] 章淹、李月洪、毕慕莹, 1983年长江流域的异常大雨和海洋异常, *海洋学报*, 7, 1, 1—21, 1985.
- [4] Krishnamurti, T.N., S.M.Daggnaputy, J.Fein, M.Kanamitsu and J.D.Lee, Tibetan high and upper tropospheric tropical circulation during northern summer, *Bull. Amer. Met. Soc.*, 54, 1234—1249, 1973.

AN ANALYSIS OF THE ULTRA-LONGWAVE OF ENERGY FOR THE TROPICS AND SUBTROP- ICS IN THE NH DURING 1982— 1983 EL NINO YEAR

Li Jun Shao Junnian

(*Nanjing Institute of Meteorology*)

Abstract

In this paper, the wave number spectra of energy have been analysed for the ultra-longwave in the tropics and subtropics of the Northern Hemisphere in the July, 1982 and 1983 by using ECMWF/WMO data. This study deals with subjects concerning the ultra-longwave energy characteristics and large-scale circulation relative to the energy varies during the summer in the El Nino year (1982—1983).