

夏季青藏高原 500hPa 高压活动期间 大气加热状况与大气环流特征*

段廷扬

(成都气象学院, 成都, 610041)

提 要

由于青藏高原 500hPa 层出现高压系统的活动,使高原大气产生“上高下高”的气压场结构,从而东亚大气环流也发生某些相应的变化。本文统计分析高原 500hPa 高压的散度与垂直速度分布、高原大气热源的演变和 100hPa 层涡度、纬向风以及经圈环流的变化等。结果表明,由于夏季高原 500hPa 高压的活动,使高原上空垂直上升运动和对流加热受到抑制,100hPa 南亚高压强度减弱、位置北抬、有向西部型过渡的特征,高原北侧西风急流减弱,东风急流南支与北支合并后位于原北支东风急流位置以南,侵入高原南麓的西南季风减弱。与此同时,孟加拉湾上空上升运动有所增强,其对流加热对维持东风急流乃至南亚季风将起重要作用。

关键词: 青藏高原, 大气加热, 环流特征。

1 前言

从平均情况看,夏季青藏高原上空对流层上部稳定存在一个行星尺度的南亚高压,对流层下部 500hPa 层多天气尺度低压系统活动,这就是通常所说的“上高下低”气压场结构。在少数情况下,青藏高原上空从 500hPa 到 100hPa 等压面上都由高压系统控制,即所谓“上高下高”的气压场结构,这是由于高原地区 500hPa 高压系统的活动造成的^[1-3]。

青藏高原 500hPa 高压活动期间,高原雨季出现中断,相应东亚大气环流也将发生一系列变化。本文应用 1983 年各种资料,首先分析高原 500hPa 高压的散度场和垂直运动场特征,500hPa 高压活动与高原大气加热状况的关系,然后计算 500hPa 高压活动期间 100hPa 高原及其南北地区的涡度、平均纬向风以及经向垂直环流等,将其与整个夏季平均状况进行比较,从而揭示高原 500hPa 层高压活动期间即“上高下高”气压场结构产生后,东亚大气环流的一些特征。

2 1983 年夏季青藏高原 500hPa 高压活动概况

以往统计分析表明^[3],夏季逐日天气图上青藏高原对流层上部稳定受南亚高压控制,“上高下高”的个例选取主要取决于 500hPa 是否有高压系统活动。本文应用 1983 年欧洲

* 1991 年 8 月 5 日收到原稿,1992 年 9 月 26 日收到修改稿。芝永华、王淑霞、石军成同志参加部分计算工作。

中心(ECMWF)格点资料,统计 500hPa 层 75—105°E 范围内 30°N、32.5°N 和 35°N 三个纬圈上每隔 2.5°格点上位势高度的平均值,作出 6—8 月高原 500hPa 逐日位势高度时间演变图(图略),它代表 32.5°N 纬度带上高原地区位势高度的变化。从中可以发现,1983 年夏季青藏高原 500hPa 层共有 6 次高压活动过程,经过天气图核实,确定 500hPa 高压分别出现在 6 月 15—17 日、6 月 29 日—7 月 1 日、7 月 21—24 日、7 月 31 日—8 月 9 日、8 月 18—19 日和 8 月 23—28 日,最长持续 10d,短的仅 2d,整个夏季 92d 中,青藏高原 500hPa 高压活动占 28d,本文讨论的高压活动期指的就是这 28d 平均状况。

3 青藏高原 500hPa 高压附近散度和垂度速度分布

应用欧洲中心 1983 年 6—8 月网格资料,选取 75—105°E、25—40°N 范围计算逐日 2.5°×2.5°格点上各标准等压面层的散度。在忽略摩擦力假定下,下垫面的垂直运动速度由地形坡度强迫产生,用

$$\omega_0 = -\rho g(V_0 \cdot \nabla \eta)$$

计算下边界层的垂直速度,这里 V_0 为边界层水平风矢量, $\eta = \eta(x, y)$ 为地形高度分布,由 Berkofsky⁽⁴⁾给出。取 100hPa 层垂直速度为 0,对各层垂直速度和散度进行线性订正。最后用合成方法得到 500hPa 高压附近散度和垂直运动速度的分布状况。

图 1 和图 2 是通过 500hPa 高压中心纬向和经向平均散度以及垂直运动速度的垂直剖面图。在 500hPa 高压中心,低层辐散,高层辐合,无辐散层约在 300hPa 高度。与之相对应,500hPa 高压中心上空盛行下沉运动。在高压中心的西部和北部,高层辐合和低层辐散更为显著,那里下沉运动更强一些。而在高压中心的东部和南部,出现低层辐合高层辐散,那里有明显的上升运动。上述结果表明,由于 500hPa 层高压的活动,使高原上空出现大范围下沉运动,特别是高压中心的西北方向下沉运动更为显著,从而使高原夏季对流活动受到抑制。

4 青藏高原 500hPa 高压的活动与高原大气热源的关系

为了研究高原 500hPa 高压的活动对高原大气加热的作用,这里应用 1983 年 6—8 月逐日 08 时和 20 时探测资料,在德钦、甘孜、格尔木、托托河和拉萨五站围成的五边形区域内计算逐日视热源 Q_1 和视水汽汇 Q_2 ,具体方法见文献[5]。图 3 给出 1983 年 6—8 月逐日 Q_1 的垂直时间剖面图,对照图下给出的 500hPa 高压活动日期可以看出,1983 年夏季高原大气共出现 5 次较强的冷源期,每次恰好对应着 500hPa 高压的活动期。而 8 月 18—19 日 500hPa 高压活动过程也出现在大气低层比较浅薄的冷源期内。视水汽汇 Q_2 与 500hPa 高压活动的关系同样有类似的结果(图略)。上述结果是不难理解的,由于 500hPa 高压的活动,高原上空的垂直上升运动和积云对流受到抑制,大气的加热状况也随之发生改变,即凝结加热减少甚至消失,下垫面的感热加热仅局限在近地面的大气低层,然而大气长波辐射冷却作用可能相对占据优势,从而造成整个大气热源减弱甚至出现冷源。同时冷源的出现对 500hPa 高压的活动也提供有利的条件。

这里应当指出,高原大气加热状况与 100hPa 南亚高压的活动也有较为密切的关系。图 3 下部小圆圈表示在 90°E 以东高原地区出现南亚高压中心(包括主要中心和次要中

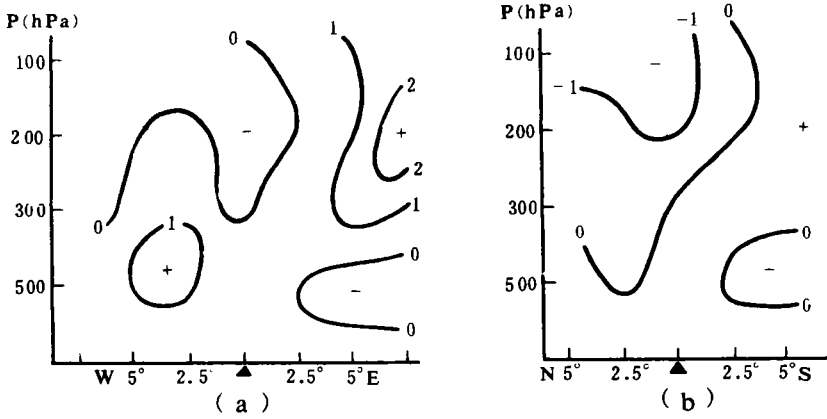


图 1 通过 500hPa 高压中心纬向(a)和经向(b)散度垂直剖面图
(▲是 500hPa 高压中心位置;单位: $10^{-5}s^{-1}$,横轴为经、纬距)

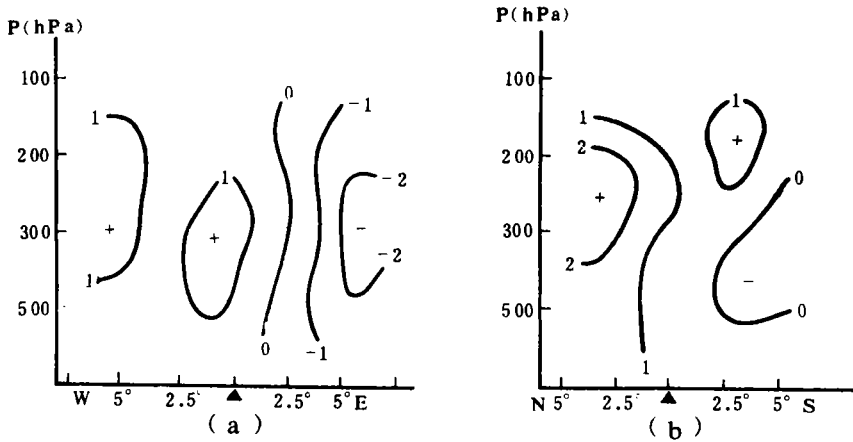


图 2 通过 500hPa 高压中心纬向(a)和经向(b)垂直速度 ω 剖面图
(单位: $10^{-3}hPa \cdot s^{-1}$;▲和横轴说明同图 1)

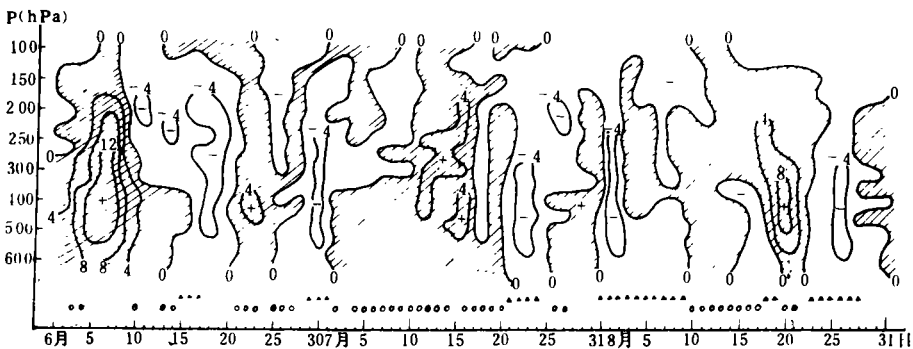


图 3 1983 年 6—8 月 Q_1 垂直时间剖面图
(Q_1 单位: $10^{-5}C \cdot s^{-1}$;阴影区表示 Q_1 为正;图下部▲是 500hPa 高压活动日期,○是 100hPa 南亚高压有中心出现在高原东部的日期)

心)的日期,统计发现,1983年6—8月高原东部100hPa共出现高压中心40d,其中36d大气400hPa以下有热源相对应,仅6月26—27日和8月16—17日共4d例外,但这4d的300hPa以上仍然出现了热源。这一结果进一步证实,100hPa南亚高压是热力性质的高压,高压中心出现的位置与大气热源相对应。

以上分析表明,500hPa高压活动与大气冷源相对应,100hPa高压中心常与大气热源相对应,这样,高原东部100hPa高压中心与高原500hPa高压活动一般不会同时出现。也就是说,青藏高原500hPa高压系统活动期间,100hPa南亚高压在高原东部地区不可能建立中心,这是由于500hPa高压活动引起加热场改变而导致的结果。

5 500hPa 高压活动期间 100hPa 层涡度分布特征

100hPa层涡度场大体反映了南亚高压的位置和强度。图4给出100hPa层1983年整个夏季平均涡度分布以及高压活动期28d平均涡度的分布情况。两幅图的特点是,从20°N到40°N青藏高原附近为十分广阔的负涡度区,最强负涡度出现在青藏高原至伊朗高原一带,这是南亚高压在这里稳定控制的结果。在整个夏季平均图上,负涡度的最强中

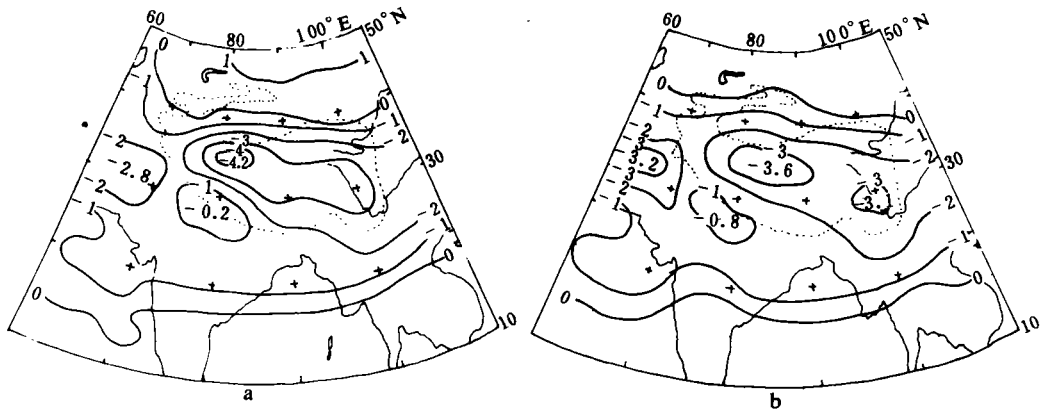


图4 100hPa层夏季平均(a)和高压活动期平均(b)涡度分布图(单位: 10^{-5}s^{-1})

心位于青藏高原西部地区的35°N、82.5°E,中心强度为 $-4.2 \times 10^{-5}\text{s}^{-1}$,青藏高原中部和东部地区上空为这一负涡度中心东伸的强负涡度带控制。此外,伊朗高原上空也有一个负涡度中心,强度比前者弱得多。青藏高原500hPa高压活动期间,100hPa层涡度场发生了变化,整个青藏高原上空负涡度减弱,原高原西部最强负涡度中心减弱为 $-3.6 \times 10^{-5}\text{s}^{-1}$,控制高原中部和东部的负涡度带发生断裂,在青藏高原东南部遗留一个中心为 $-3.1 \times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 的弱负涡度中心。然而伊朗高原的负涡度有所增强,中心数值由 -2.8×10^{-5} 增强为 $-3.2 \times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 。这种100hPa负涡度分布东部减弱西部增强的事实,反映了青藏高原500hPa高压活动期间高空南亚高压多出现西部型的结果。

6 500hPa 高压活动期间 100hPa 平均纬向风分布特征

图5是100hPa层整个夏季平均 u 分量以及500hPa高压活动期平均 u 分量分布图,

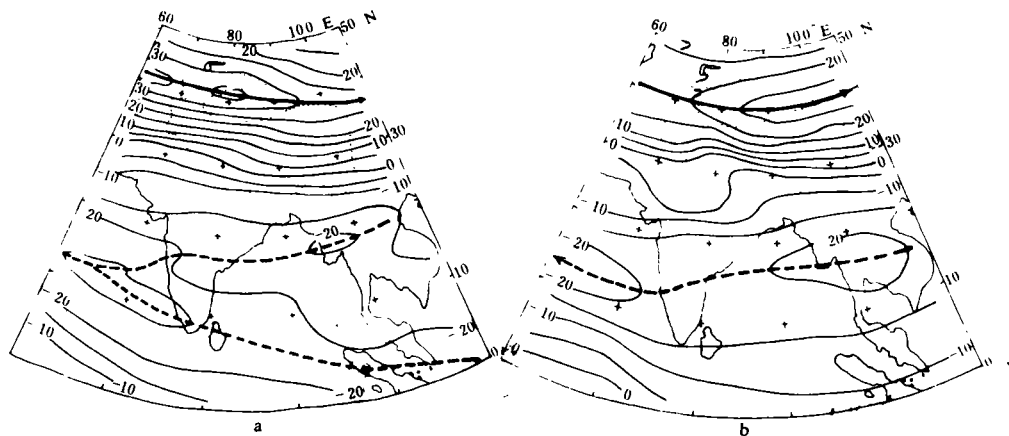


图5 夏季平均(a)和500hPa高压活动期平均(b)100hPa纬向风分布图

(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; 细实线为等风速线; 粗实矢线为西风急流轴; 粗虚矢线为东风急流轴)

等值线间隔为 $5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。整个夏季平均图上,青藏高原北侧 40°N 附近有一支强盛的西风急流,急流轴上最大风速在威海至天山一线,达 $35\text{—}37\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。在青藏高原南侧的南亚低纬度地区,存在两支东风急流,南部的一支称南支东风急流,它由东南向西北穿越新加坡、科伦坡进入阿拉伯海,急流附近东风风速均在 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上,印度南端至阿拉伯海风速度达 $26\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;北部的一支较弱,位于 $17\text{—}19^\circ\text{N}$ 之间,称为北支东风急流,它起始于中南半岛,经万象、仰光,穿过孟加拉湾和印度半岛中部,在阿拉伯海与南支东风急流汇合,北支最大风速出现在仰光附近,约 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。青藏高原500hPa高压活动期间,100hPa纬向气流发生了一系列变化,主要表现在:

(1) 高原上空东西风零线由平均在 $28\text{—}30^\circ\text{N}$ 向北推进约3个纬距,表明100hPa南亚高压的东西长轴出现北抬现象。

(2) 40°N 附近的西风急流减弱,轴上最大风速变为 $26\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,出现在酒泉至银川一线。原威海至天山的强西风风速已减弱到 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 或以下。

(3) 南北两支东风急流合并,南亚地区仅存在一支东风急流,位于原来北支东风急流所处地带的南侧约在 $14\text{—}16^\circ\text{N}$ 一线。其强度比原南支东风急流弱得多,新加坡至科伦坡一带东风风速减弱尤其明显。

上述纬向气流的一系列变化与青藏高原500hPa高压活动是有联系的。由于500hPa高压活动,使高原上空对流加热作用减弱,高原西部和北部起主导作用的感热加热却占据了优势,引起南亚高压减弱的同时,中心西移,脊线北抬。西风急流强度的减弱尽管与中纬度西风环流的演变有关,但青藏高原对流加热受到抑制,南亚高压强度的减弱,也是其减弱的一个重要原因。热带东风急流本身的存在与亚洲特殊的地形及其与南面印度洋之间海陆温差的热力作用相联系。由于青藏高原500hPa高压的活动,改变了高原大气加热的性质和特征,在南亚高压发生一系列变化的同时,热带东风急流的减弱也是可想而知的。至于两支东风急流合并的物理原因,还有待进一步的工作。

7 500hPa 高压活动期间青藏高原附近经向垂直环流特征

图 6 是青藏高原附近整个夏季平均经向垂直环流和 500hPa 高压活动期平均经向垂直环流图,它是在 5°S—45°N、75—105°E 范围内 2.5°×2.5°网格点上用运动学方法计算

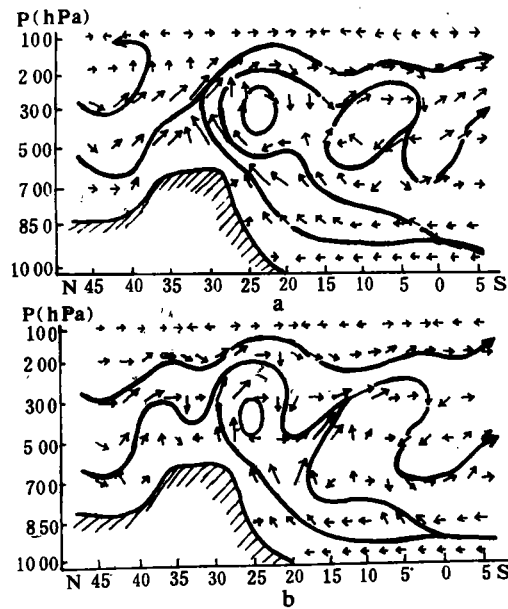


图 6 青藏高原附近夏季(a)和高压活动期(b)平均经向垂直环流图(作图时垂直速度扩大 500 倍)

各标准等压面上垂直运动速度,并将其与经向风速合成平均得到的,垂直速度的计算与本文第 3 部分相同。在夏季平均图上,青藏高原上空从 25°N 到 40°N 盛行上升运动,最强上升速度在 25—30°N 之间。高原南侧在一个庞大的季风环流圈内有 两个小环流圈,一个在青藏高原南侧 23°N 左右的 300hPa 高空,它是由高原上升运动和南侧边缘补偿下沉运动组成的;另一个在 10°N 附近上空 300hPa 高度上,它可能与南亚海陆热力差异和孟加拉湾对流加热作用相联系。青藏高原 500hPa 高压活动期间,垂直经向环流发生了一些变化,首先高原上空垂直上升运动有所减弱,甚至出现弱的下沉运动,侵入高原南麓的西南季风也出现减弱,从而位于 23°N 上空的小热力环流圈也随之减弱,这一变化显然是

高原对流加热作用减弱直接引起的。其次,位于 10°N 上空的小环流圈范围扩大,特别是其北侧上升运动增强,上升区由 15°N 从南向北扩展到 20°N 附近的上空,这种变化表明,500hPa 高压活动期间,高原加热作用减弱的同时,孟加拉湾对流活动却有所增强。

8 结论

青藏高原 500hPa 高压的活动,构成“上高下高”的气压场结构,使青藏高原上空垂直上升运动和大气对流加热作用减弱,从而引起 100hPa 南亚高压强度减弱,中心位置西移,脊线北抬,高原北侧西风急流减弱,南侧北支东风急流与南支东风急流合并位于原北支东风急流的偏南位置,侵入高原南麓的西南季风减弱。但与此同时,孟加拉湾上空上升运动有所增强,其对流加热对维持东风急流乃至南亚季风将起重要作用。

参考文献

[1] 叶笃正,高由禧等. 青藏高原气象学. 北京:科学出版社,1979.
 [2] 孙国武. 青藏高原气象科学研究成果在天气预报工作中的应用,夏半年青藏高原对我国天气的影响. 北京:科学出版社,1987.
 [3] 段廷扬等. 青藏高原 500hPa 高压的统计特征. 高原气象,1992,11(1).
 [4] Berkofsky L and Bertoni E A. Mean topographic charts for the entire earth. Bull AMS, 1955,36(7).
 [5] Duan Tingyang (段廷扬)and Elmar R Reiter. Some Characteristics of cumulus convection over the Tibetan Plateau. Advances in Atmospheric Sciences, 1990,7(1).

**THE CHARACTERISTICS OF THE ATMOSPHERIC HEATING AND THE
ATMOSPHERIC CIRCULATION IN SOUTHEAST ASIA DURING
THE ACTIVE PERIODS OF 500 hPa HIGH PRESSURE
OVER THE QINGHAI-XIZANG PLATEAU IN SUMMER**

Duan Tingyang

(Chengdu Institute of Meteorology, Chengdu, 610041)

Abstract

In this paper, the distribution of the divergence and the vertical velocity of 500 hPa high and the evolution of the atmospheric heat source over the Qinghai-Xizang Plateau are computed, and the variation of the vorticity, the zonal flow at 100 hPa level and the vertical meridional cell are also analyzed. The results are as follows:

A notable descending motion produced due to divergence in the lower troposphere and convergence in the upper troposphere exists in the 500 hPa high over the Qinghai-Xizang Plateau in summer. During the active periods of 500 hPa high, the convective heating will be restrained, and the heat sink appears in the atmosphere over the Qinghai-Xizang Plateau. As a result, the 100 hPa south Asia High is weakened and will likely transform from east pattern to west pattern, and its long axis moves northward. Furthermore, the westerly jet situated north of the Qinghai-Xizang Plateau is weakened, the northern branch and the southern branch of easterly jet situated south of Qinghai-Xizang Plateau are weakened and merged into a single whole, so the southwest monsoon intruded into food of the Qinghai-Xizang Plateau is weakened too. On the contrary, the ascending motion situated over the Bay of Bengal is developed into stronger. Its convective heating will play an important role in the maintenance of the easterly jet and the south Asia monsoon.

Key Words: Qinghai-Xizang Plateau, Atmospheric heating, Characteristic of circulation.