

青藏高原东北侧夏季异常高温的环流特征及诊断

刘新伟¹, 赵庆云¹, 孙国武²

(1. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020; 2. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020)

摘要:利用青藏高原东北侧80个气象观测站(1960~2003年)逐日最高气温观测资料, NCEP/NCAR(1971~2000)再分析资料, 探讨青藏高原东北侧(甘肃境内, 下同)夏季高温天气的变化趋势; 选取了异常高温天气的典型个例, 进行了环流特征和动力诊断分析, 以及同一次高温过程可能影响的最大范围分析。结果表明: 西风指数由高指数调整为低指数, 并且低指数维持时, 高温天气出现并维持, 由低指数调整为高指数时, 高温天气结束; 南亚高压与西太平洋副热带高压的上下叠加是引起高温天气最主要的环流特征; 高空的正变温及上下一致的负涡度亦是高温维持的重要原因; 兰州市的高温与其周边地区的高温具有较好的相关性, 即当兰州出现高温时, 青藏高原东北侧大部分地区也同时出现高温。

关键词:青藏高原东北侧; 环流特征; 变温; 涡度

中图分类号: P457.3

文献标识码: A

引言

近年来城市高温天气越来越引起人们的关注, 因为高温酷热会给人们的生活、工作及社会带来诸多不利的影响, 甚至造成灾害。引起城市高温的原因很多, 如环流异常、温室气体增多、城市热岛效应、下垫面状况的改变等都可以造成不同地区、不同城市高温日数及强度分布变化。为此, 国内不少学者对不同地区的高温天气过程从不同侧面进行了研究^[1~7], 分别讨论了华东、华北、江南、西南等地高温天气的时空分布变化特征。以及高温异常的年代际规律, 表明不同地方的高温, 其形成原因具有不同的特征。对青藏高原东北侧出现高温的环流特征及其演变规律这方面工作还很少, 因而分析青藏高原东北侧异常高温是有意义的。甘肃位于青藏高原东北侧的干旱、半干旱地带, 干旱是其最主要的气候特点, 而高温少雨又会使干旱进一步加剧。2000年7月, 甘肃出现了大面积的持续高温天气, 有29个站突破历史极值, 而且, 2000年也是甘肃严重干旱年之一^[7]。本文以这次过程为例, 分析青藏高原东北侧甘肃境内以兰州为代表的河东地区高温过程的环流特征, 并进行了动力学诊断分析。

1 资料选取及高温定义

1.1 资料选取

选取甘肃省80个观测站1960~2003年逐日最高气温观测资料, 1971~2000年NCEP/NCAR再分析资料, 历史平均值是指1971~2000年的平均。

1.2 指数定义

为了较为定量地反映南亚高压与西北太平洋副热带高压的位置与变化, 采用了文献[8]中定义的2个指数:

南亚高压振荡指数(用 E 表示):

$$E = \frac{1}{81} \left(\sum_{i=1}^{81} H_{i1} - \sum_{i=1}^{81} H_{i2} \right) \quad (1)$$

其中 H_{i1} 为 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}N$, $100^{\circ} \sim 120^{\circ}E$ 范围内 100 hPa $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 网格点高度值, H_{i2} 为 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}N$, $70^{\circ} \sim 90^{\circ}E$ 范围内 100 hPa 的 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 网格点高度值。 $E > 0$ 表示南亚高压东进, $E < 0$ 表示南亚高压西退。

500 hPa 西北太平洋副高西进指数(用 W 表示):

$$W = -\frac{1}{63} \sum_{k=1}^{63} H_k \quad (2)$$

收稿日期:2006-05-11; 改回日期:2006-06-08

基金项目:甘肃省气象局“现时预报”项目资助

作者简介:刘新伟(1981-), 男, 山西省文水县人, 助理工程师, 主要从事短期天气预报业务。

$W = H_1 - H_2$, H_1 是 $20^\circ \sim 35^\circ\text{N}$, $110^\circ \sim 130^\circ\text{E}$ 范围内 500 hPa $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 网格点高度的平均值; H_2 是 $20^\circ \sim 35^\circ\text{N}$, $130^\circ \sim 150^\circ\text{E}$ 范围内 500 hPa $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 网格点高度的平均值。 $W > 0$ 时表示副高西进, $W < 0$ 时表示副高东退。

1.3 甘肃高温变化特征

根据中国气象局规定:日最高气温(记为 T_{\max}) $\geq 35^\circ\text{C}$ 为一高温日。甘肃省地域狭长,温度分布不均,甘肃省气象局规定:甘肃河东 $T_{\max} \geq 32^\circ\text{C}$ 记为一次高温日。本文以兰州 $T_{\max} \geq 35^\circ\text{C}$, 河东各地 $T_{\max} \geq 32^\circ\text{C}$ 定为高温日,连续高温日数 ≥ 3 d, 则称为一次高温过程;若连续高温日数 ≥ 5 d, 定义为中等高温过程;若连续高温日数 ≥ 8 d, 定义为强高温过程。

1.4 兰州高温变化趋势

图 1 给出了兰州站 1961 ~ 2003 年夏季 6 ~ 8 月高温总日数变化曲线,可以看出:1996 年以前,兰州 $T_{\max} \geq 35^\circ\text{C}$ 的高温总日数在 4 d 以下,大多数在 2 d 以下;1996 年到 2003 年高温日数明显增多,达 4 ~ 11 d。极大值出现在 2000 年,高温日数达 11 d,

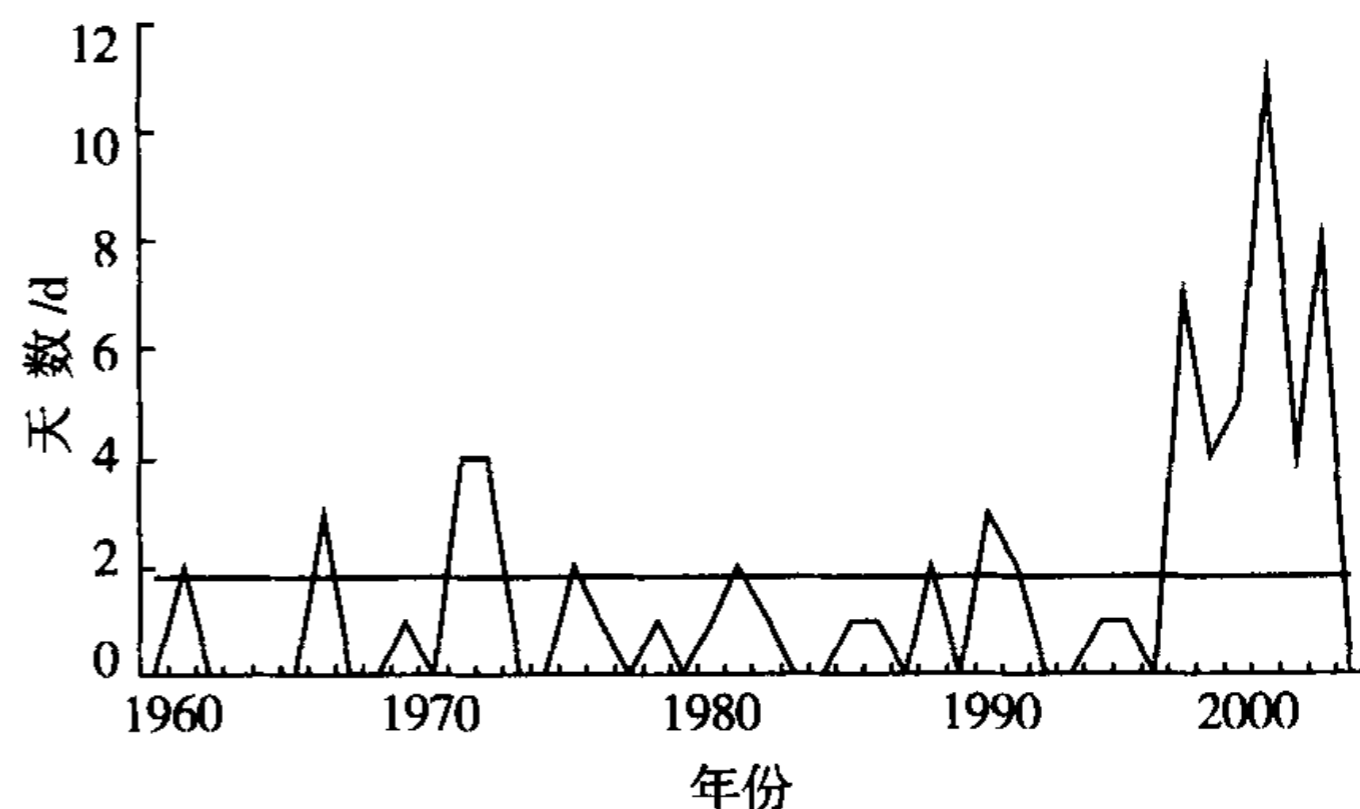


图 1 兰州高温总日数变化曲线

Fig. 1 The change of days with high temperature in Lanzhou city

是近 40 a 来高温日数最多的一年。这与全球变暖的趋势相一致^[9]。

1.5 兰州高温与周边高温区域的关系

甘肃省地域狭长,东西横跨 16 个经度,南北相距 10 个纬度,为了分析异常高温的影响范围,选取兰州站为代表,计算兰州高温日与相邻区域测站同时出现高温日(允许相差 1 d)的相关系数,结果表

表 1 兰州相关高温站

Tab. 1 The stations with high temperature correlated with Lanzhou city

站点	敦煌	安西	鼎新	金塔	民勤	景泰	靖远	白银	榆中	庆阳
次数	18	16	17	15	18	24	23	24	17	21
相关	0.72	0.64	0.68	0.60	0.72	0.96	0.92	0.96	0.68	0.84
站点	泾川	武都	文县	甘谷	徽县	皋兰	泰安	天水	环县	镇原
次数	22	22	23	18	19	22	19	18	19	19
相关	0.88	0.88	0.92	0.72	0.76	0.88	0.76	0.72	0.76	0.76

明:兰州高温日与青藏高原东北侧甘肃河东各站的同期相关系数在 0.64 ~ 0.96 之间,如表 1 所示。与景泰、白银、靖远的相关最好,相关系数达 0.92 ~ 0.96。比较而言,与河东的相关性好于与河西的相关性。图 2 是 2000 年高温日数分布,图中,甘肃河东的大部分地方都出现了高温天气,大多都在 10 d 左右,日数最多的达 30 d,说明兰州的高温天气具有一定的代表性,即当兰州出现高温时,甘肃河东大部分地区也出现高温天气,表明河东异常高温在空间分布上具有一致性。

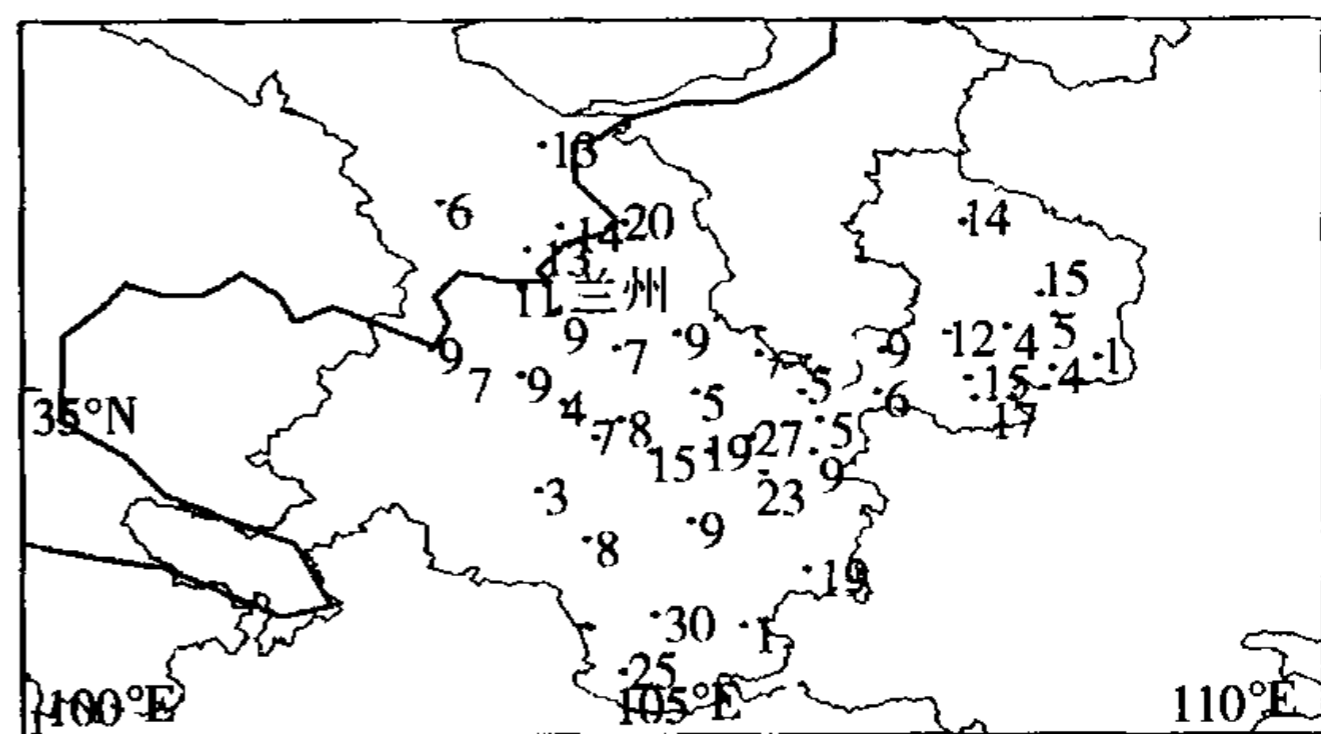


图 2 高温站点日数分布

Fig. 2 The distribution of days with high temperature at stations

2 环流特征分析

2.1 环流特征

2000年7月16~27日,甘肃出现了范围最大、持续时间最长的高温天气,29个站极端最高气温突破历史记录,兰州站每日最高气温均达35℃以上。选取这次异常高温过程为典型个例,分析环流特征。图3为此次过程100 hPa(a)和500 hPa(b)的平均位势高度场。图中100 hPa南亚高压覆盖我国大部分地区,其中心位置大致在35°N,95°E,正好控制青藏高原及其东北侧地区;500 hPa西太平洋副热带高

压西伸分裂出一个高压单体,也正好控制青藏高原及其东北侧地区,其中心位置在35°N,100°E附近。距平场上(图4)在30°~50°N,75°~120°E的高空,上下2层都是正距平,100 hPa(a)高空距平中心值>150 gpm,500 hPa(b)的值>60 gpm。兰州及其附近100 hPa高空受南亚高压控制,500 hPa高空被西太平洋副热带高压控制,形成一种上高下高的叠加形势,这与孙国武*提出的西北地区热浪的形成与大气环流系统(西风带长波脊和青藏高压)的同位相水平和垂直方向的叠加有关相吻合。正是这种环流形势导致了异常高温持续。

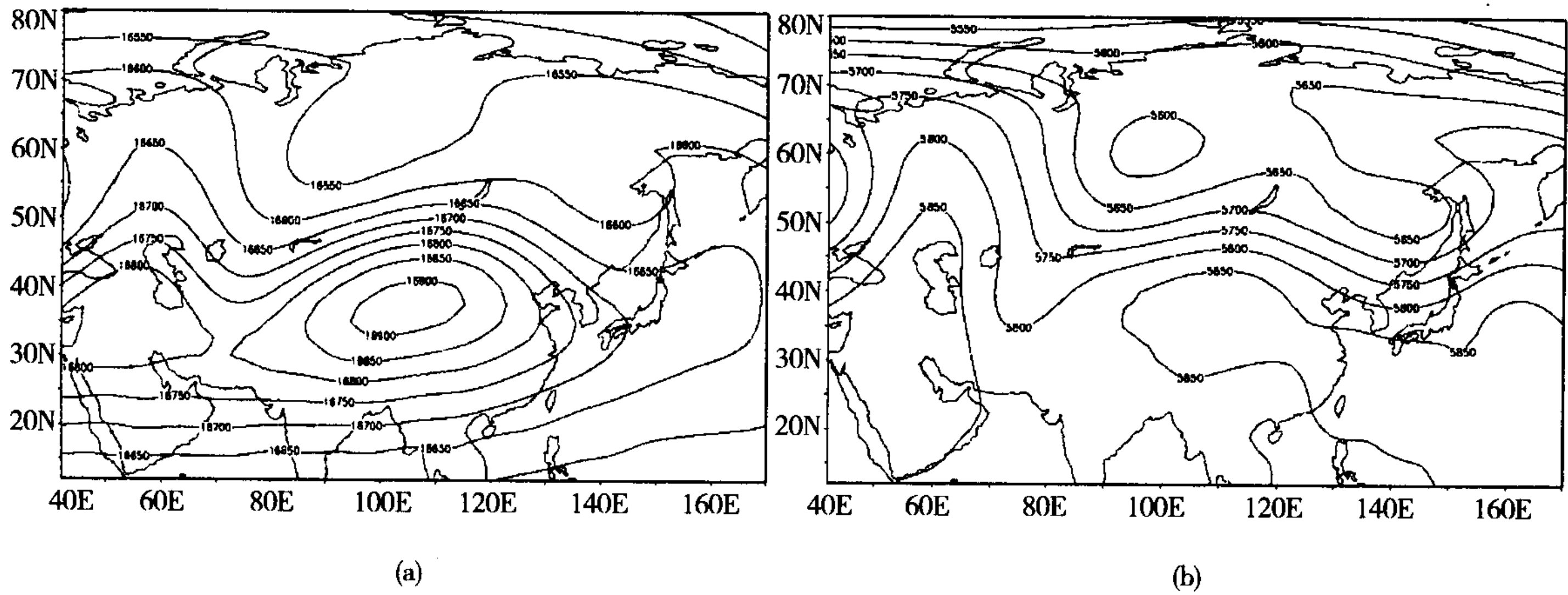


图3 2000年7月16~27日100 hPa(a)和500 hPa(b)平均位势高度场

Fig. 3 The average geopotential height fields of 100 hPa (a) and 500 hPa (b) from July 16 to 27, 2000

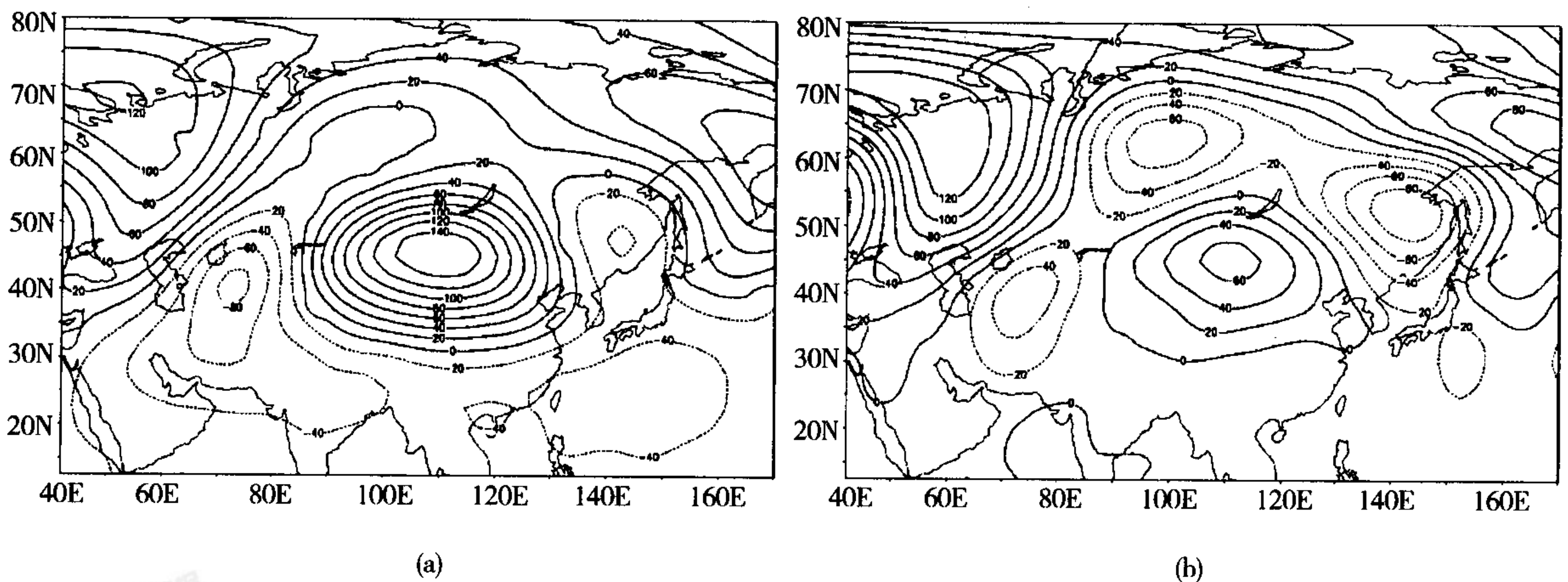


图4 2000年7月16~27日100 hPa(a)和500 hPa(b)位势高度距平场

Fig. 4 The anomaly fields of geopotential height at 100 hPa (a) and 500 hPa (b) from July 16 to 27, 2000

2.2 南亚高压与西北太平洋副高的关系

表2为7月14日至7月26日的南亚高压振荡指数和副高西进指数。可以看出,从14日开始, E 由负转为正($E > 0$),并在期间大部分时间为正,表明南亚高压由西退转为东进,从青藏高原西部东移到青藏高原东

北侧。与此同时,16日开始,高温期间的大部分时间里, $W > 0$,西太平洋副高西进。这与100 hPa赵改英等的南亚高压东进比500 hPa西太平洋副高西伸加强提前1~2 d相符合^[8]。二者相向而行,由斜压大气变为正压大气,形成上高下高,上下叠加的情况。

表2 南亚高压指数和西太平洋副高西进指数

Tab. 2 The indices of the South Asia high and the West Pacific subtropical high

日期	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
E	-18.3	9.6	48.3	60.0	46.5	53.2	17.0	-19.6	-37.8	-6.3	38.3	37.8	21.1
W	-31.9	-34.5	-9.9	0.3	1.6	-10.3	2.4	13.1	0.4	-17.2	-11.8	4.2	12.9

2.3 环流形势演变

西风指数是大气环流变化特征的一种反映,图5给出了 $45^{\circ} \sim 65^{\circ}N, 60^{\circ} \sim 150^{\circ}E$ 范围2000年7月1日至8月9日的西风指数演变,可以看出高温出现前西风指数由高指数向低指数演变,高温持续阶段,西风指数维持低指数,高温结束后,西风指数又由低指数向高指数演变。表明在这次高温过程期间,西风指数持续低指数,有利于深厚槽脊的维持,即有利于青藏高原东北侧的暖高压脊维持,从而有利于出现高温天气,并使之维持,因此西风指数的持续低指数也是引起高温天气的因素之一。

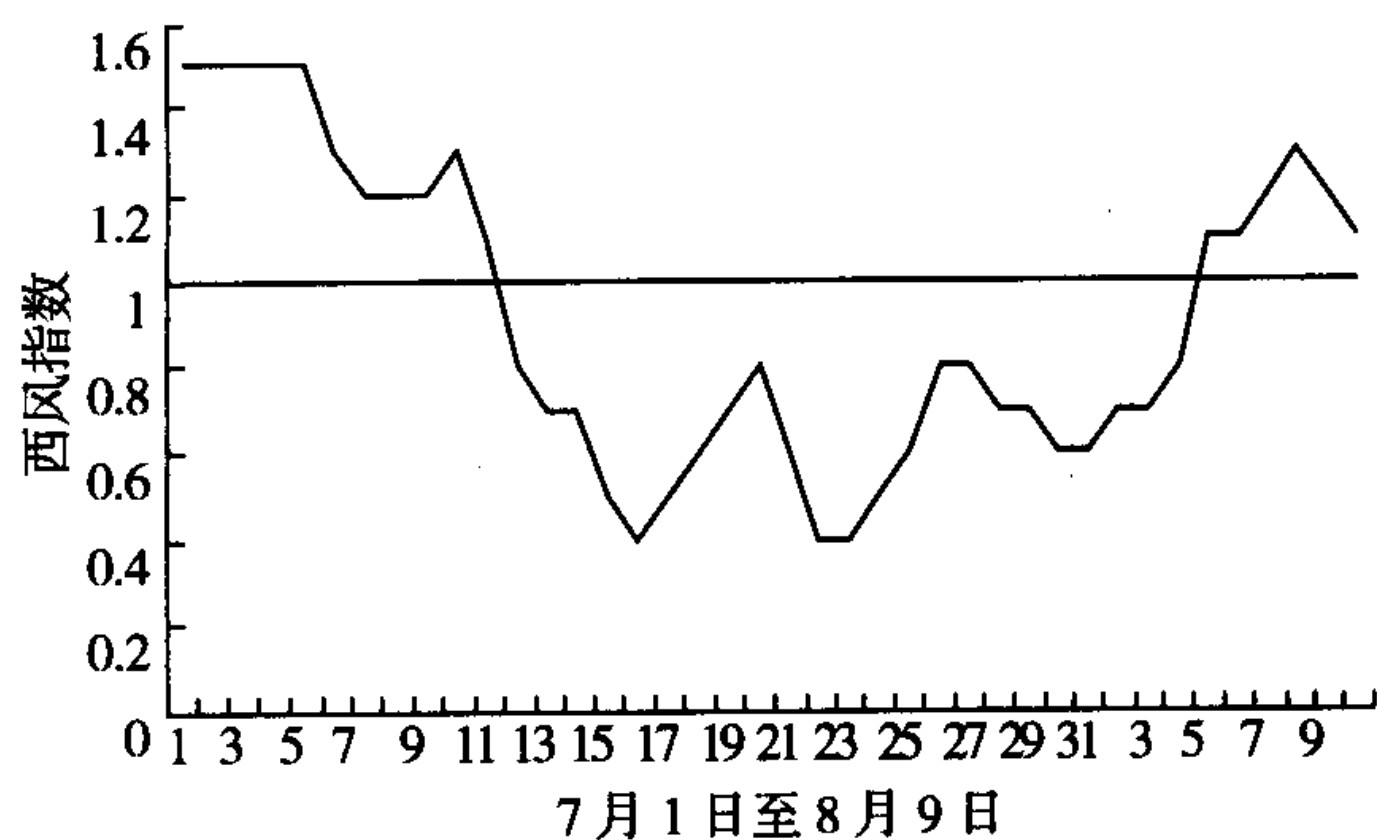


图5 2000年7月1日至8月9日的西风指数演变

Fig. 5 The evolution of the West wind index from July 1 to August 9, 2000

2.4 动力诊断

图6为2000年7月16~27日500 hPa平均变温场,青藏高原东北侧上空维持正变温,它的西北方维持负变温,这2个正、负变温中心恰好与图4b的

500 hPa槽脊对应,使得槽脊相对稳定、维持,高温天气持续。

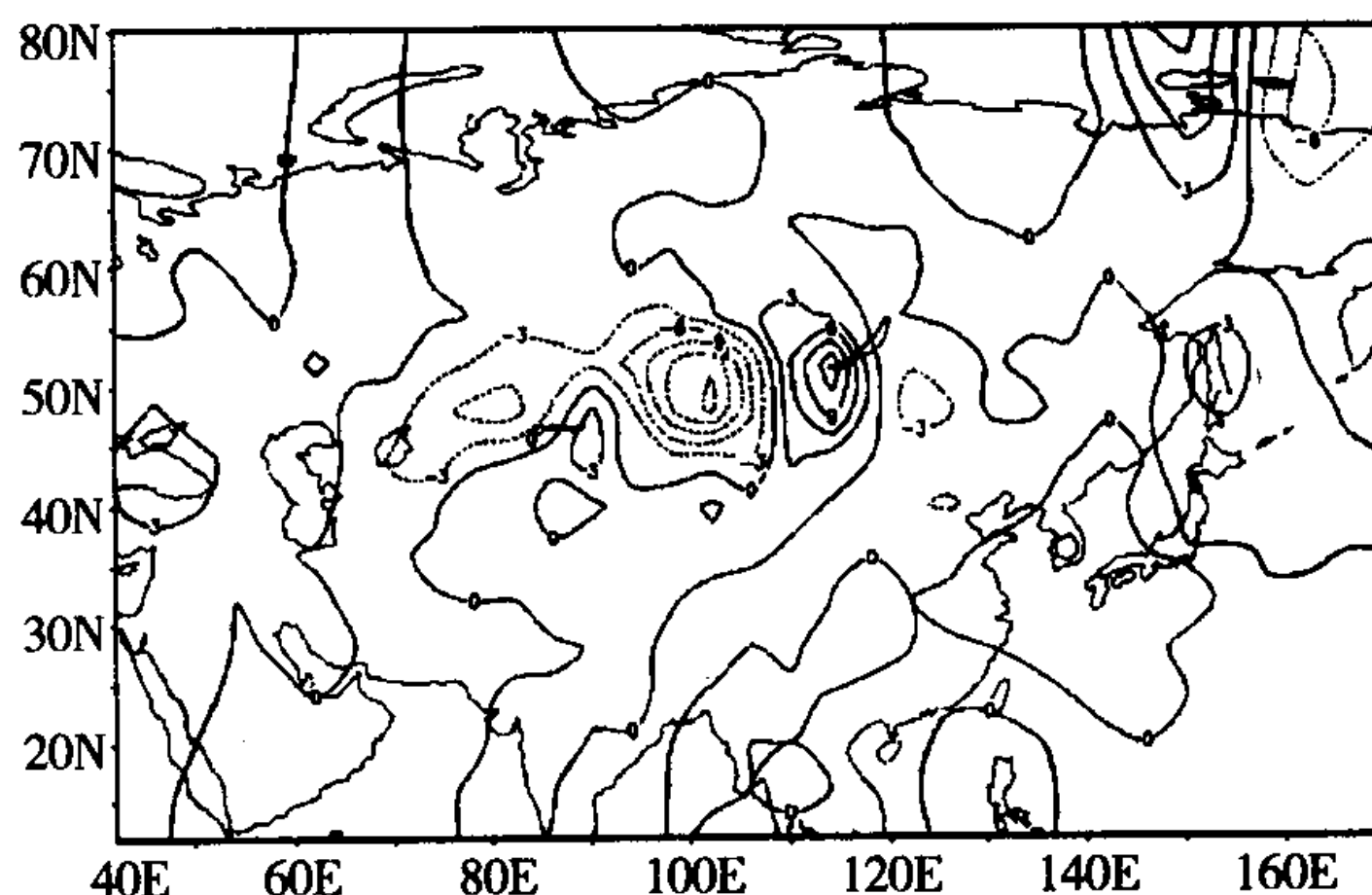


图6 2000年7月16~27日500 hPa平均变温场

Fig. 6 The average Δt field at 500 hPa from July 16 to 27, 2000

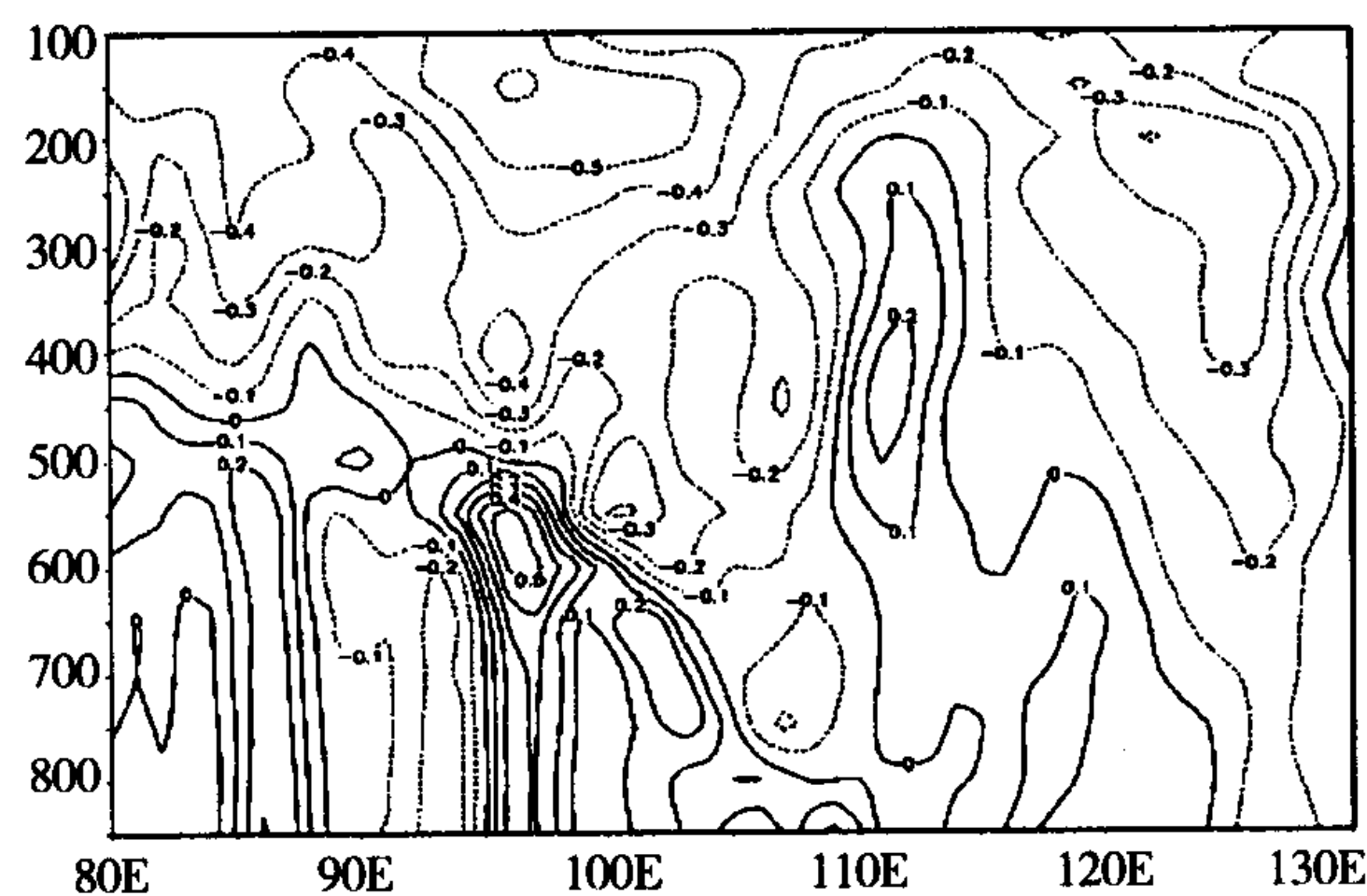


图7 2000年7月16~27日平均涡度剖面图

Fig. 7 The average vorticity section from July 16 to 27, 2000

* 孙国武,汤绪,刘新伟等,大气环流系统和欧亚典型热浪过程的对比分析,《高原气象》即将发表。

图7是2000年7月16~27日沿 35°N , $80^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$, 850~100 hPa的平均涡度剖面图(由于涡度值很小,为了看图方便,将其扩大 10^4 倍),可以看出800 hPa以下是正涡度,对应地面图上的热低压环流;800 hPa以上全是负涡度,对应高空图上的高压脊,表明异常高温期间,由低层到高层存在一个深厚的暖性高压系统。

3 结 论

(1) 兰州市的高温可以代表青藏高原东北侧甘肃境内大部分地区的高温天气。

(2) 青藏高原东北侧的高温主要是由于南亚高压及西北太平洋副热带高压的上下叠加引起的。

(3) 西北太平洋副热带高压与南亚高压的相向而行,引起高空上下正压叠加,是造成青藏高原东北侧地区高温天气的原因。

(4) 高空的正变温和上下一致的负涡度是使经向环流稳定维持,引起上下高压叠加的原因。

(5) 西风指数的持续低指数也是引起高温天气的因素之一。

参考文献:

- [1] 邹瑾,冯晓云,胡桂芳. 山东省夏季极端高温异常气候变化规律[J]. 气象科技,2004,32(3):182-186.
- [2] 李永华,刘德,向波. 重庆市近50年高温变化多时间尺度分析[J]. 气象科学,2003,23(3):325-331.
- [3] 侯伟芬,王谦谦. 江南地区近50年地面气温的变化特征[J]. 高原气象,2004,23(3):400-406.
- [4] 张新荣,林纾,杨民. 甘肃省夏季极端最高气温的气候特征[J]. 干旱气象,2004,22(3):44-48.
- [5] 张尚印,宋艳玲,张德宽,等. 华北主要城市夏季高温气候特征及评估方法[J]. 地理学报,2004,59(3):383-390.
- [6] 王振华,钱锦霞,韩普. 太原市气温变化规律研究[J]. 干旱气象,2005,23(3):42-45.
- [7] 宋连春,张强,孙国武,等. 全球变暖对甘肃省经济、社会和生态环境的影响及其对策[J]. 干旱气象,2004,22(2):69-75.
- [8] 赵改英,刘冰,齐收金. 用南亚高压和西太副高的周期关系做多雨时段的预报研究[J]. 高原气象,2000,19(2):172-178.

Analysis of Circulation Characteristic for Abnormal High Temperature over the Northeast Side of Tibetan Plateau

LIU Xin-wei¹, ZHAO Qing-yun¹, SUN Guo-wu²

(1. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China;

2. Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The summer high temperature trend over the northeast side of the Tibetan Plateau was investigated by using the daily high temperature data (1960-2003) of 80 stations there and 30 years' (1971-2000) NCEP/NCAR reanalysis data, and by selecting the typical case of abnormal high temperature, the circulation characteristic and the possible region influenced by the same weather process were analyzed. It was found that if the westerly index varied from high to low and maintained, the high temperature weather would occur and last, on the contrary, it would end. The main circulation characteristic of the high temperature weather was the addition of the South Asia high and the Northwest Pacific subtropical high. The positive temperature advection of the upper level and the negative vorticity throughout the whole level also induced the persistence of the high temperature weather. The temperature change over Lanzhou and its surrounding areas was consistent, when temperature high over Lanzhou, the northeast side of the Tibetan Plateau would reach the high temperature at the same time.

Key words: the northeast side of the Tibetan Plateau; circulation characteristic; temperature advection; vorticity