

文章编号: 1000 0534(2007) 01 0039 08

青藏高原地面加热场强度与 ENSO 循环的关系

李栋梁^{1, 2}, 何金海¹, 汤 绪³, 雷小途⁴, 侯依玲⁴

(1. 南京信息工程大学, 江苏 南京 210044; 2. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000;
3. 上海市气象局, 上海 200030, 4. 上海市气候中心, 上海 200030)

摘 要: 分析了近 50 年青藏高原地面加热场强度距平指数、Niño C 区海温指数、SOI 和印缅槽指数的统计相关, 结果表明, ENSO 指数和印缅槽指数在月、季时间尺度上具有很好的持续性。青藏高原地面加热场强度距平指数和印缅槽指数与 Niño C 区海温指数存在很好的正相关, 与 SOI 有显著的负相关。由此建立了一个通过印缅槽将 ENSO 循环与青藏高原地面加热场联系起来, 解释西北区东部及河套干旱形成的概念模型。

关键词: 青藏高原; 地面加热场强度; ENSO; 印缅槽

中图分类号: P434⁺.5 文献标识码: A

1 引言

海洋由于巨大的热惯性及其对大气环流的影响, 其研究工作一直受到世人的关注^[1~6]。为了研究和业务预测的需要, 先后建立了一系列反映其异常变化的指数, 如南方涛动指数(SOI)、海温指数(Niño C, Niño 1+2, Niño 3, Niño W, 黑潮 A, 印度洋 B 等, <http://ncc.gov.cn/>)。这些指数物理意义明确, 在研究 ENSO 循环、海气相互作用及其影响方面发挥了很大的作用。青藏高原平均海拔在 4000 m 以上, 由于它的动力和热力作用及其对大气环流的影响, 其研究工作同样受到世人的关注。叶笃正等^[7]和 Flohn^[8]自 20 世纪 50 年代开创了青藏高原气象学的研究工作以来, 国内外在青藏高原热力和动力作用及其对大气环流和气候的影响机理研究一直在持续。叶笃正等^[9]、章基嘉等^[10]、陶诗言等^[11]和吴国雄^[12]对不同阶段的研究进行了系统、全面地总结。特别是近年来吴国雄等^[13, 14]对青藏高原的热力和机械强迫作用及其影响亚洲气候格局方面进行的研究, 进一步丰富了青藏高原气象学的内容。从对大气的加热作用来看, 青藏高原和海洋有共同之处。特别是对东亚大气环流和中国西北地区的天气气候的影响, 青藏高原的热力作用显得尤为重要。

那末, 这两个热力系统之间的关系如何? 本文利用文献[15]建立的 1958—2006 年历年各月青藏高原地面加热场强度距平指数, 进一步研究了青藏高原热力异常与 ENSO 循环的关系。

2 资料与方法

青藏高原地面加热场强度资料采用文献[15]给出的 1958—2006 年历年各月距平指数, 南方涛动指数、印缅槽(15°~20°N, 80°~100°E)指数及太平洋海温指数(Niño1+2 区, Niño3 区和 Niño C 区), 选用国家气候中心提供的 1951—2006 年历年各月资料(<http://ncc.gov.cn/>)。通过计算相关系数, 分析青藏高原地面加热场强度与南方涛动、太平洋海温的关系; 利用交叉谱方法研究青藏高原地面加热场强度与 ENSO 循环的凝聚及时间位相关关系。

3 青藏高原地面加热场强度与 ENSO 的关系

3.1 ENSO 循环的持续性

南方涛动是热带太平洋区和热带印度洋区在气压场上反位相的振荡现象, 其强弱用澳大利亚气象局发布的南方涛动指数 SOI(Southern Oscillation Index)表示。该指数定义为太平洋塔希提岛与澳大利亚达尔文港之间每月气压距平差, 是 ENSO 现象

收稿日期: 2006 09 08; 改回日期: 2007 01 08

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40633018); 国家自然科学基金项目(40475038, 40665002); 上海市气象局“副热带季风研究”专项共同资助

作者简介: 李栋梁(1957—), 男, 甘肃通渭人, 教授, 博士生导师, 主要从事气候变化和预测、环境动力学等的研究。E-mail: lidl@lzb.ac.cn
©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

表 1 ENSO 滞后 1~2 个月的自相关系数
Table 1 The correlation coefficient of one to two month lags of ENSO index

指数	月 份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SOI	0.656	0.530	0.702	0.511	0.637	0.759	0.742	0.908	0.793	0.654	0.743	0.655
	0.599	0.631	0.500	0.249	0.341	0.604	0.663	0.755	0.710	0.678	0.564	0.708
Niño C	0.923	0.939	0.811	0.876	0.841	0.833	0.941	0.939	0.942	0.938	0.973	0.957
	0.891	0.870	0.748	0.689	0.701	0.665	0.819	0.925	0.884	0.937	0.939	0.812
IBTS	0.505	0.353	0.548	0.655	0.813	0.699	0.762	0.696	0.700	0.584	0.544	0.744
	0.564	0.432	0.548	0.498	0.584	0.626	0.733	0.635	0.495	0.389	0.640	0.579

注: 分别通过显著性水平 0.05, 0.01 及 0.001 的相关系数分别是 0.28, 0.37 及 0.47, 相关系数第一行为滞后 1 个月的, 第 2 行为滞后 2 个月的

的重要指标。巢纪平^[9]指出, 南方涛动存在两个位相, 当 $SOI > 0$ 时, 表明太平洋塔希提岛的气压比澳大利亚达尔文港的气压升高明显, 热带地区偏东信风加强, 太平洋地区海表温度降低, 有利于 La Niña 的发展; 当 $SOI < 0$ 时, 表明达尔文的气压比塔希提岛的气压升高明显, ITCZ 和 SPCZ 赤道和向东位移, 在海洋大陆的对流区东移至日界线附近。偏东信风减弱, 甚至在西太平洋出现西风, 太平洋地区海表温度升高, 有利于 El Niño 的发展。由于海洋和大气在动力学和热力学方面均在相互调整着, 一旦异常条件强到能破坏大气和海洋之间的平衡状态时, 则在新的条件下进行相互适应和调整, 使异常的过程持续发展成为 El Niño 或 La Niña 型的准平衡态。由于海气相互作用, 热带海洋和大气组成一个相互联系和相互制约的低频振荡

系统, 在该系统中, 大气运动是热力性环流, 而海洋是在风应力作用下运动的, 海洋加热和风场的变化, 是推动这一耦合系统运动的原始动力。ENSO 在月际时间尺度的变化上具有很好的后延持续性。表 1 给出南方涛动指数、Niño C 区海温及印缅槽指数 (IBTIS) 分别后延 1 个月和 2 个月的自相关系数。可以看出, 南方涛动指数只有 3 月与 5 月的相关较差, 未通过 0.10 的显著性水平检验, 其余时段的后延相关系数均通过 0.01 的显著性水平检验。Niño C 区平均海表温度的持续性全年都很好, 尤其是在秋、冬季节, 后延相关系数达 0.9 以上。印缅槽指数 (IBTIS) 的持续性略差于南方涛动指数, 但还是很好。这种稳定而持续的海温及大气环流异常, 势必会引起周边及亚洲区域性能量循环的不平衡。

表 2 春季 3~6 月印缅槽指数与各月 ENSO 指数的相关

Table 2 The correlation coefficient of index of the intensity of the India Burma trough from March to June with index of ENSO in each month

ENSO IBTIS	月 份												年	
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5		
Niño C	3	0.606	0.650	0.634	0.596	0.624	0.622	0.595	0.635	0.558	0.260	0.477	0.536	0.559
	4	0.465	0.479	0.550	0.468	0.554	0.579	0.553	0.619	0.553	0.516	0.399	0.411	0.504
	5	0.588	0.585	0.614	0.599	0.609	0.651	0.680	0.660	0.615	0.659	0.531	0.545	0.607
	6	0.453	0.460	0.467	0.494	0.514	0.553	0.598	0.539	0.591	0.656	0.543	0.496	0.452
SOI	3	-0.334	-0.519	-0.530	-0.500	-0.303	-0.424	-0.594		-0.452	-0.289		-0.444	-0.490
	4		-0.488	-0.477	-0.464	-0.376	-0.346	-0.465	-0.491	-0.366	-0.388	-0.386	-0.515	-0.517
	5	-0.334	-0.484	-0.482	-0.478	-0.487	-0.342	-0.443	-0.401	-0.549	-0.652	-0.341	-0.456	-0.584
	6		-0.421	-0.463	-0.460	-0.456	-0.386	-0.420	-0.371	-0.353	-0.568	-0.358	-0.294	-0.473

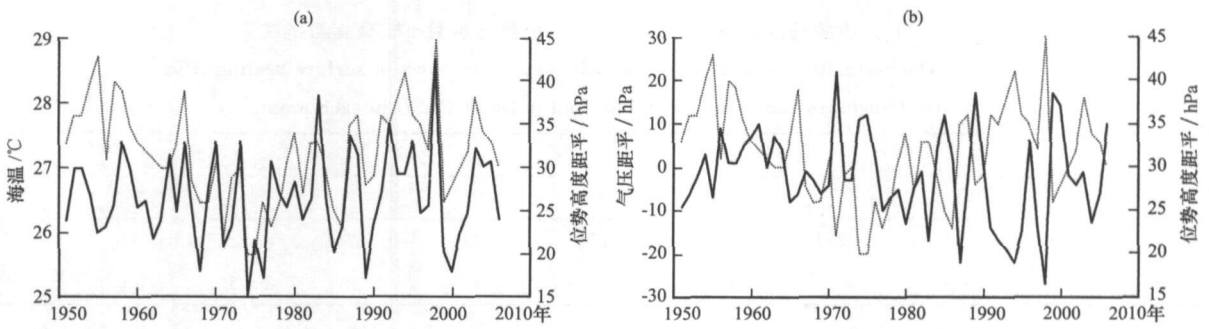


图 1 春季(5月)印缅槽指数(点线)与冬季(1月)Niño C 区海温指数(实线)(a)和 4月南方涛动指数(点线)(b)的演变曲线

Fig. 1 The variation curve of index of the India Burma trough intensity in May (dotted line) and index of the SST of the Niño C in January (solid line)(a) and SOI in April (solid line)(b)

3.2 印缅槽强度与 ENSO 的关系

ENSO 系统内部各要素之间具有很好的相关性, 总体表现为海温指数与南方涛动指数之间的反相关, 海温指数与印缅槽指数之间的正相关, 以及南方涛动指数与印缅槽指数之间的反相关。表 2 给出春季 3~6 月印缅槽指数与各月 Niño C 区平均海温指数和南方涛动指数的相关系数。需要说明的是, 当 Niño C 区海温指数和南方涛动指数的月份大于印缅槽指数的月份时, 其相关系数为前一年 Niño C 区海温指数和南方涛动指数与当年印缅槽指数的相关; 当 Niño C 区海温指数和南方涛动指数的月份小于或等于印缅槽指数的月份时, 其相关系数为同年前期或同期 Niño C 区海温指数和南方涛动指数与印缅槽指数的相关。年相关系数均指前一年。可以看出, 印缅槽指数与同期及前期 1~11 个月的 Niño C 区平均海温具有非常好的正相关, 尤其是 5 月的印缅槽指数与全年各月 Niño C 区平均海温指数的相关平均在 0.6 以上, 最好的同年前期 1 月 Niño C 区平均海温与 5 月印缅槽指数的相关系数达到 0.68(图 1a)。表明当赤道东太平洋海温持续异常偏高, ENSO 循环处于 El Niño 位相时, 印度洋北部的孟加拉湾 500 hPa 位势高度异常偏高, 印缅槽浅, 强度异常偏弱。在近 56 年的 1 月 Niño C 区平均海温与 5 月印缅槽指数中, 二者的距平同号率高达 77%。而且这种一致性在随时间增长, 1950 年代仅有 50% 的年份, 到 1980 年代和 1990 年代同号率上升为 90% 的年份, 近 6 年二者的距平符号完全一致(表 3)。56 年中, 有 25 年(占 44.6%) Niño C 区平均海温指数距平为正, 有 31 年(占 55.4%) 海温指数距平为负, 即 Niño C 区平均海温指数的分布是非正态的。进一步分析 25

个相对高海温(距平>0)的年份对应 20 年(80%)印缅槽强度偏弱($IBTIS > 0$), 只有 5 年(20%)偏强($IBTIS < 0$); 31 个相对低海温(距平<0)年中, 仅有 7 年(23%)印缅槽强度偏弱($IBTIS > 0$)。此外, 在 77% 的距平同号率中, 海温正距平时, 同时印缅槽强度偏弱的占 34%, 海温负距平时, 印缅槽强度偏强的占 43%; 在海温与印缅槽指数距平符号不一致的 13 个年份(占总年数的 23%)中, 正海温距平对应印缅槽强度偏强的有 5 年, 负海温距平对应印缅槽强度偏弱的有 8 年。这一统计事实说明, 在 ENSO 循环中, 高海温的 El Niño 的信号强度要大于低海温的 La Niña 的信号强度。在 El Niño 期间, 印缅槽强度容易偏弱; 在 La Niña 期间, 印缅槽强度容易偏强。

印缅槽指数与同期及前期 1~11 个月的南方涛动指数具有非常好的负相关, 尤其是 5 月的印缅槽指数与全年各月南方涛动指数的相关平均接近 -0.6, 最好的同年 4 月南方涛动指数与 5 月印缅槽指数的相关系数达到 -0.65(图 1b)。表明当达尔文港的气压比塔希提岛的气压升高快时, 在西太平洋出现西风, ENSO 循环处于 El Niño 位相, 印

表 3 各年代印缅槽指数 (IBTIS) 与 Niño C 区平均海温指数和 SOI 的距平同号率 (%)

Table 3 The same number rate (%) of index of the intensity of the India Burma trough with index of the SST of the Niño C and SOI of each decade

	年代					2001—2006 年
	1950	1960	1970	1980	1990	
IBTIS 与 Niño C	50	60	80	90	90	100
IBTIS 与 SOI	30	50	50	30	10	16.7

表4 6月青藏高原地面加热场强度距平指数与各月 ENSO 指数的关系

Table 4 The correlation coefficient of intensity departure index of surface heating field over Qinghai Xizang Plateau in June and index of ENSO in each month

	月 份									年
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
Niño C	0.348	0.414	0.371	0.361	0.452	0.439	0.437	0.438	0.370	0.297
SOI	-0.277	-0.330	-0.323	-0.336	-0.458	-0.386	-0.437	-0.255	-0.400	-0.394

缅甸槽强度异常偏弱。由印缅槽指数与南方涛动指数的反相关(与达尔文港的气压正相关)可以看出,在 ENSO 循环中,达尔文港与印度洋北部的孟加拉湾可能受同一气压系统的影响。同样,表3也给出了5月印缅槽指数(IBTIS)与4月南方涛动指数(SOI)二者的距平同号率。可以看出,自1960年代以来,同号率在明显下降,即反号率在明显上升。南方涛动对印缅槽强度的影响在不断加强。

3.3 高原地面加热场强度与 ENSO 的关系

青藏高原地面加热场强度,除受高原本身的地气物理过程的影响外,还可能受到来自热带气候系统的影响。由于发生在热带太平洋海区的 ENSO 具有非常好的持续性,其异常必然通过大气环流的异常影响到青藏高原,通过地气物理过程影响到高原地面加热场强度。总体来说, ENSO 循环中的 El Niño(暖水)位相有利于青藏高原地面加热场强度增强,而 La Niña(冷水)位相则有利于青藏高原地面加热场强度的减弱,尤其是盛夏至冬末 Niño C 区海温的持续异常偏高, SOI 持续异常偏小,极有利于次年春末夏初青藏高原地面加热场强度的异常偏强。表4给出各月 Niño C 区海温和 SOI 与6月青藏高原地面加热场强度的相关系数。由表4可以看出,6月青藏高原地面加热场强度与前期各月 Niño C 区海温有很好的正相关,与 SOI 有很好的负相关,相关系数均超过 $\alpha_{0.10}=0.24$ 的显著性水平检验。其中与8~9月、11月~3月的 Niño C 区海温的正相关,与11月~1月、3月及年平均 SOI 的负相关通过了0.01的显著性水平检验。6月青藏高原地面加热场强度与11月的 Niño C 区海温和 SOI 的相关最好,其相关系数分别达到0.452和-0.458。图2给出6月青藏高原地面加热场强度距平指数与前期冬季(11月~1月)平均的 Niño C 区海温指数距平和 SOI 距平的演变曲线。由图可以看出,三条曲线在近50年均具有明显的年际和年代际变化,而且都有一定的线性倾向。冬季平均

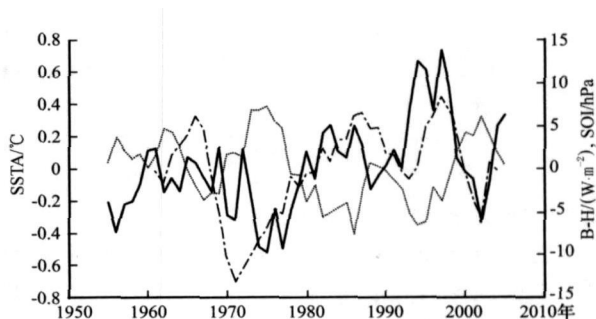


图2 6月青藏高原地面加热场强度距平指数(点划线)与前期冬季平均 Niño C 区海温指数距平(实线)和 SOI 距平(点线)的演变曲线

Fig. 2 The variation curve of intensity departure index of surface heating field over the Qinghai Xizang Plateau in June(dot dashed lines) and index of the SST of the Niño C (solid line) and SOI(dotted line) in winter

Niño C 区海温指数和6月青藏高原地面加热场强度距平指数随时间增大,其趋势系数分别为 $0.1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $1.0\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}/10\text{a}$, 二者的线性相关系数为0.4341; 冬季平均的 SOI 随时间减小,其趋势系数为 $-0.2\text{ hPa}/10\text{a}$, 与6月青藏高原地面加热场强度距平指数的相关系数为-0.4445。表5给出近4个年代的距平符号同号率。1970年代无论是青藏高原地面加热场强度距平指数与 Niño C 区海温指数,还是与 SOI 的距平符号一致率都比较差

表5 各年代6月青藏高原地面加热场强度距平指数(B-H)与 Niño C 区平均海温指数和 SOI 的距平同号率(%)

Table 5 The same number rate(%) of intensity departure indices of surface heating fields over Qinghai Xizang Plateau and index of the SST of the Niño C and SOI in June of each decade

	年 代			
	1960	1970	1980	1990
B-H 与 Niño C	70	50	60	70
B-H 与 SOI	40	50	20	20

表 6 4~6月及年平均青藏高原地面加热场强度距平指数与各月印缅槽指数的相关系数

Table 6 The correlation coefficient of intensity departure index of surface heating field over Qinghai Xizang Plateau from April to June and annual with index of the intensity of the India Burma trough in each month

月份	1	3	5	6	7	8	9	10	11	12	年
4	0.305	0.413	0.323	0.239	0.349	0.431	0.452	0.463	0.256	0.278	0.424
5	0.430	0.377	0.550	0.293	0.484	0.369	0.528	0.438	0.325	0.355	0.413
6	0.378	0.306	0.414	0.362	0.243		0.287	0.316	0.287	0.287	
年	0.438	0.312	0.378	0.488	0.404	0.454	0.360	0.402	0.328		0.479

(50%), 其它年代均在60%~70%, 反号率达80% (表5)。近30年同(反)号率在明显上升。

3.4 高原地面加热场强度与印缅槽强度的关系

上述分析指出, 印缅槽强度与 ENSO 指数有很好的关系, 特别是5月的印缅槽强度与同年1月 Niño C 区平均海温和4月 SOI 的相关系数在 0.68 和 -0.65 以上。青藏高原地面加热场强度距平指数与 ENSO 指数也有很好的关系, 那必然与印缅槽强度存在很好的关系。表6给出各月及年平均印缅槽指数与4~6月及年平均青藏高原地面加热场强度距平指数的相关系数(说明同表2)。除2, 4月外, 各月及年平均印缅槽指数与青藏高原地面加热场强度距平指数之间有很好的相关性。特别是5月和年平均的青藏高原地面加热场强度距平指数与印缅槽指数之间的相关系数分别达到 0.55 和 0.48。印缅槽的持续偏强(其指数偏小), 孟加拉湾通过强对流将水汽向上输送, 然后再通过西南季风将水汽

向北部输送到青藏高原, 青藏高原受其影响, 降水增加^[16, 17], 春季以感热为主的地面加热场强度必然减弱。反之, 印缅槽强度弱, 孟加拉湾的对流



图 3 3年滑动平均的5月青藏高原地面加热场强度距平指数(点线)与印缅槽指数(实线)的变化曲线

Fig. 3 The variation curve of intensity departure index of surface heating field over Qinghai Xizang Plateau (dotted line) and intensity index of India Burma trough (solid line) of 3 year running means in May

表 7 各要素年平均强度的演变过程

Table 7 The evolution process of annual mean intensity of each element

	年						倾向率/10a	变化趋势	周期/a	转折年
	1950	1960	1970	1980	1990	2001—2005				
Niño C	26.6	26.5	26.4	26.6	26.9	26.9	0.07℃	弱—强	3.5, 5	1978年
SOI	-0.1	-0.7	25.9 1.2 1974年	-3.1	27.8 -4.6 1997年	-3.2	-0.84 hPa	强—弱	2.5, 3.5, 5, 6.5, 14.5	1978年
IBTIS	29.3	25.2	21.2 1971年	25.0	29.1 1998年	29.6	0.33 hPa	强—弱	0.5, 3.5, 12.5	1979年
B-H		2.37	16 -4.0 1972年	-0.06	1.90 1997年	0.15	0.16W·m ⁻²	弱—强	10.5, 17	1981年
			-9.0		7.69					

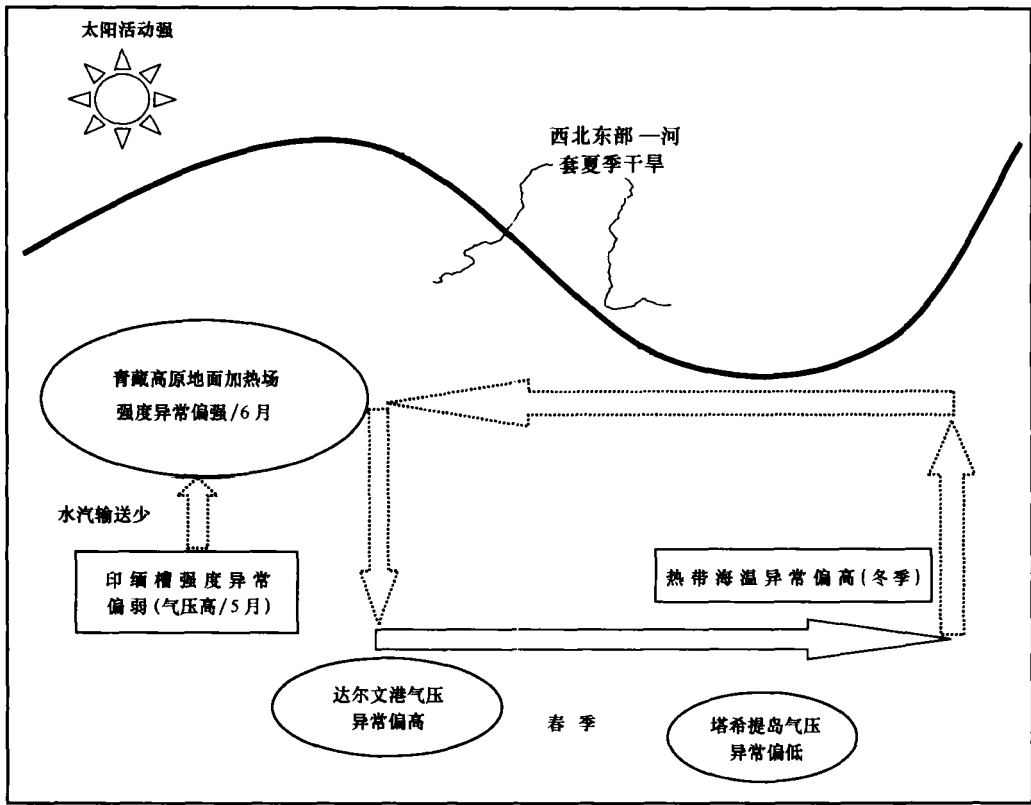


图 4 高原地面加热场与 ENSO 循环联系的概念模型示意图
 Fig. 4 The schematic diagram of the concept model

弱, 向北输送的水汽少, 高原降水少, 地面加热场强度强。图 3 给出经 3 年滑动平均(滤掉 2 年及以下的较高频率的年度振荡)的 5 月青藏高原地面加热场强度距平指数与印缅槽指数的变化曲线。由图可见, 二者的相关系数高达 0.7344。1985 年 4 月至 1986 年 8 月, 印缅槽持续偏强(1986 年 1 月略偏弱), 导致 1985 年冬季至 1986 年春季青藏高原特大雪灾^{18, 19}, 使高原气温迅速降低。

表 7 给出了各要素年平均序列各年代的平均值、极值及其出现年份、线性倾向率、周期及由弱(强)到强(弱)的转折年份。Niño C 区海温和青藏高原地面加热场强度均在 1970 年代最低(或最弱), 1990 年代最高(或最强), 南方涛动(SOI)和印缅槽指数(IBTIS)均在 1970 年代最大(或最强), 1990 年代最小(或最弱), 其极端最低和最高值也分别出现在这两个年代。Niño C 区海温(青藏高原地面加热场强度)1950(1960)–1970 年代为由高到低的降温(减弱)趋势, 1970 年代达最低(弱); 1970–1990 年代为由低(弱)到高(强)的升温趋势, 1990 年代达最高(强)。近 5 年与 1990 年代相比持平(或略减弱), 55 年的总体趋势为由冷—暖, 线性倾向率为

0.07 °C/10a(0.16 W · m⁻²)。1978 年(1981 年)为其线性趋势由负到正的转折年份。Niño C 区海温、SOI 和 IBTIS 都有非常显著(通过 0.01 显著性水平检验)的 3.5 年周期振荡。青藏高原地面加热场强度则有 3 倍于它们的 10.5 年周期。

在 1958–2005 年中的 18 个 El Niño 年, 青藏高原地面加热场强度总体为正, 平均 1.17 W · m⁻², 正距平年份占 10/18; 在 15 个 La Niña 年中, 青藏高原地面加热场强度总体为负, 平均为 -1.41 W · m⁻², 负距平年份占 10/15。这期间, 1970 年代以前是青藏高原地面加热场强度总体偏

表 8 青藏高原年平均地面加热场强度距平指数正、负号在各年代的 El Niño、La Niña 中所占比例
 Table 8 The rate of the positive and negative numbers of annual intensity departure indexes of surface heating fields over Qinghai Xizang Plateau with El Niño and La Niña numbers

年代	1960		1970		1980		1990–	
	E-N	L-N	E-N	L-N	E-N	L-N	E-N	L-N
比例	+2/4	-2/4	+1/3	-4/4	+3/4	-2/4	+5/7	-2/3

注: E-N, El Niño; L-N, La Niña

弱时期^[15], 对 El Niño 的响应(3/7)比对 La Niña 的响应(6/8)弱。1980 年代以后是青藏高原地面加热场强度总体偏强时期, 对 El Niño 的响应(8/11)比对 La Niña 的响应(4/7)强(表 8)。

3.5 概念模型

通过以上分析, 我们可以建立一个青藏高原地面加热场与 ENSO 循环的关系及其对西北东部一河套干旱影响的概念模型(图 4)。当在 ENSO 循环的 El Niño(暖水)位相时, 赤道东太平洋下沉运动减弱, 甚至转为上升运动, 此时, $SOI < 0$, 塔希提岛的气压距平小于达尔文港的气压距平, 赤道太平洋面上为西风距平, 其高空为东风距平, 赤道西太平洋及北印度洋和孟加拉湾为下沉运动, 即出现反向的 Walker 环流。孟加拉湾的下沉运动使得印缅槽强度减弱, 抑制了热力对流和水汽的向上输送。青藏高原降水少, 地面加热场偏强。高原上空的空气柱受热膨胀导致高原高空脊加强, 高原东北部西北气流加强^[20], 即 El Niño(暖水)位相对, 东亚夏季风减弱^[21, 22], 中国西北东部及河套地区干旱^[23, 24]。太阳活动加强也会使青藏高原地面加热场强度加强^[15]; 反之亦然。

4 结论

通过对青藏高原地面加热场强度与 ENSO 循环的关系研究, 初步得到以下几点结论:

(1) ENSO 循环在月、季时间尺度的变化上具有很好的持续性。南方涛动指数和 Niño C 区海温的持续性全年都很好, 尤其是秋冬季节, 后延相关系数远远超过 $\alpha_{0.001} = 0.47$ 。印缅槽(IBTIS)的持续性略差于南方涛动指数, 但还是很好。3.5 年是它们的主周期。这种稳定而持续的海温及大气环流异常, 是引起青藏高原春末夏初地面热力异常的一个重要因素。

(2) 印缅槽指数与前期 0~11 个月的 Niño C 区海温具有非常好的正相关, 与 SOI 有很好的负相关。尤其是 5 月的印缅槽指数对全年各月 ENSO 指数的响应更明显。表明当赤道东太平洋海温持续异常偏高, ENSO 循环处于 El Niño 位相时, 印度洋北部的孟加拉湾 500 hPa 位势高度异常偏高, 印缅槽强度异常偏弱。

(3) 建立了概念模型。通过印缅槽将 ENSO 循环与青藏高原地面加热场联系起来, 解释西北东部及河套干旱对 ENSO 循环东亚夏季风和青藏高原地面加热场的响应。

参考文献

- [1] Bjeerknes J. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature[J]. *Tellus*, 1966, 18: 820-829
- [2] Bjeerknes J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific[J]. *Mon Wea Rev*, 1969, 97: 163-172
- [3] Wyrtki K. The southern oscillation, ocean atmosphere interaction and El Niño[J]. *Marine Technology Society Journal*, 1982, 16(1): 3-10
- [4] Walker G T, E W Bliss. World weather V. *Memoirs. Am. Met. Soc.*, 1983, 4(36): 53-84
- [5] Krishnamurti T N. The annual cycle of the monsoon over the global tropics[C]. *International Conference on TOGA Scientific Programme WCRP. Publication Series*, 1985, 4: IV 1-21
- [6] 巢纪平. 厄尔尼诺和南方涛动动力学[M]. 北京: 气象出版社, 1993
- [7] 叶笃正, 罗四维, 朱抱真. 青藏高原及其临近的流场结构和对流层的热力平衡[J]. *气象学报*, 1957, 28(2): 102-121
- [8] Flohn H. Contribution to a meteorology of the Tibetan Highlands[C]. *Atm., Sci Paper*, 1957, 130. Colorado State University, Fort Collins, 120
- [9] 叶笃正, 高由禧等编著. 青藏高原气象学[M]. 北京: 科学出版社, 1979
- [10] 章基嘉, 朱抱真, 朱福康等编著. 青藏高原气象学进展[M]. 北京: 科学出版社, 1988
- [11] 陶诗言, 陈联寿, 徐祥德等编著. 第二次青藏高原大气科学试验理论研究进展[C]. 北京: 气象出版社, 2000
- [12] 吴国雄. 我国青藏高原气候动力学研究的近期进展[J]. *第四纪研究*[J]. 2004, 24(1): 1-9
- [13] 吴国雄, 张永生. 青藏高原的热力和机械强迫作用以及亚洲季风的爆发[J]. *大气科学*, 1998, 22(6): 825-838
- [14] 吴国雄, 刘屹岷, 刘新, 等. 青藏高原加热如何影响亚洲夏季的气候格局[J]. *大气科学*, 2005, 29(1): 47-56
- [15] 李栋梁. 青藏高原地面加热场强度变化及其与太阳活动的关系[J]. *高原气象*, 2006, 25(6): 975-982
- [16] 董文杰, 韦志刚, 范海军. 青藏高原东部牧区雪灾的气候特征分析[J]. *高原气象*, 2001, 20(4): 402-406
- [17] 梁潇云, 钱正安, 李万元. 青藏高原东部牧区雪灾的环流型及水汽场分布[J]. *高原气象*, 2002, 21(4): 359-367
- [18] 瞿章, 王可丽. 1982年8月-1983年7月青藏高原及其邻近地区的环流和天气[J]. *高原气象*, 1985, 4(4): 21-35
- [19] 柳艳香, 汤懋苍, 魏丽, 等. 青藏高原腹地 1985年雪灾成因分析[J]. *高原气象*, 2000, 19(1): 52-58
- [20] 李栋梁, 季国良, 吕兰芝. 青藏高原地面加热场强度对北半球大气环流和中国天气气候异常的影响研究[J]. *中国科学(D辑)*, 2001, 31(增刊): 312-319
- [21] 陈月娟, 简俊, 周任君. ENSO 循环各阶段东亚夏季风特征的诊断研究[J]. *高原气象*, 2002, 21(5): 441-446
- [22] 陈月娟, 周任君, 简俊. 东亚夏季风环流与 ENSO 循环的关系[J]. *高原气象*, 2002, 21(6): 536-545

[23] 朱炳瑗, 李栋梁. 热带太平洋海温与中国西北夏季降水的关系 [J]. 气象学报, 1991, 49(3): 21-28

[24] 张存杰, 谢金南, 李栋梁, 等. 东亚季风对西北地区干旱气候的影响 [J]. 高原气象, 2002, 21(2): 193-198

The Relationship between the Intensity of Surface Heating Fields over the Qinghai Xizang Plateau and ENSO Cycle

LI Dong liang^{1, 2}, HE Jin hai¹, TANG Xu³, LEI Xiao tu⁴, HOU Yi ling⁴

(1. NIM, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 3. Shanghai Meteorological Bureau, Shanghai 200030, China; 4. Shanghai Climate Center, Shanghai 200030, China)

Abstract: Using the data of intensity departure index of surface heating fields over Qinghai Xizang Plateau, the indexes of the SST of the Niño C, SOI and the intensity of the India Burma trough in recent 50 years. The result shows that there is a good persistence for index of ENSO and the intensity of the India Burma trough in month and season time scales. It has a good positive relation that the intensity departure index of surface heating fields over Qinghai Xizang Plateau and index of the intensity of the India Burma trough with index of the SST of the Niño C, but it has a good negative with SOI. A concept model has been get up by above research, this model was contacted that ENSO circulation and surface heating fields over Qinghai Xizang Plateau by India Burma trough that explain the dry of the northwest eastern region and the Hetao and its vicinity area.

Key words: Qinghai Xizang Plateau; Intensity of the surface heating field; ENSO; India Burma trough