

近50年来 ENSO 与祁连山区气温 降水和出山径流的对应关系

蓝永超¹, 康尔泗¹, 张济世¹, 胡兴林²

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃省水文水资源局, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 根据有关水文气象台、站的观测资料, 分析了恩索 (ENSO) 与祁连山区气温、降水的对应关系, 研究了祁连山区出山径流对厄尔尼诺 (El Nino) 现象响应。结果表明: El Nino 现象对祁连山区的气温、降水和径流的影响随着发生时间和地段的的不同而不同。El Nino 现象发生之年, 整个祁连山区均出现气温偏高、降水减少及径流偏枯的现象, 尤以东段和中段最为明显。El Nino 现象次年, 祁连山区东段和中段气温偏高、降水减少及径流偏枯的程度不如 El Nino 现象当年那样显著, 而西段的气温、降水及径流与 El Nino 现象则无明显关系。

关键词: 恩索循环; 厄尔尼诺; 祁连山; 气温; 降水; 径流

中图分类号: P 731.11; P426.6; P 423; TV121⁺.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-6791(2002)02-0141-05

厄尔尼诺 (El Nino) 和拉尼娜 (La Nina) 是赤道东太平洋海水异常增温和异常降温的现象, 两者交替出现, 反映了赤道东太平洋由暖水 - 冷水 - 暖水 - 冷水的循环, 也是海洋和大气相互作用的过程。将 El Nino 和与之相伴而生的南方涛动现象并称为恩索 (ENSO)。由于 ENSO 一般具有 2~7a 的准周期, 所以 ENSO 不仅仅是一种事件而更是一种循环^[1,2]。El Nino 和 La Nina 现象是 ENSO 循环过程中的两个相反位相状态。相应的环流系统随着加热区位置、强度而不同^[2]。我国科学家已经证实, 赤道东太平洋区域海面温度 (SST) 的变异亦严重影响中国广大地区的天气和气候。由于 ENSO 循环的机理很复杂, 对于其成因及其对气候的机制和过程的研究, 国际学术界虽已取得一定的进展, 但离揭示其成因和影响过程的物理机制还相距甚远^[3], 直到目前还无法较准确的预报 El Nino 和 La Nina 事件发生的时间、强度和持续的时间。因此, 在分析海洋与大气、海洋与陆地相互作用的同时, 利用统计规律来分析 ENSO 循环与祁连山区气温、降水和出山径流的对应关系不失为有效方法之一。

1 研究区域概况及资料的选取

祁连山脉位于青藏高原的东北部, 地理位置在 93°30'E~103°00'E, 36°30'N~39°30'N 之间的范围内, 长约 850 km, 宽约 200~300 km。一般 4 000 m 以上的高山终年积雪, 有现代冰川分布, 气候垂直差异大。高山区主要受太平洋和印度洋东南暖湿气流的影响, 降水量在 400~700

收稿日期: 2000-12-04; 修订日期: 2001-03-05

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (49731030); 中国科学院寒区旱区环境与工程研究创新项目 (210100、210016); 中国科学院知识创新项目 (KZCX1-10-03) 资助

作者简介: 蓝永超 (1957-), 男, 四川资阳人, 副研究员, 主要从事寒区与干旱区水资源及径流中长期预报模型的研究。

mm, 年径流深在 100 ~ 500 mm。由于低温高寒, 降水的一部分以冰和雪的固体形式被储藏起来, 成为天然的固体水库, 是甘肃省河西内陆区河流的发源地和径流形成区。祁连山区的降水主要受高原季风的影响^[4,5]。冬季受蒙古高压的控制, 气候严寒干燥, 多为晴朗低温天气, 降水稀少, 11 月至次年 2 月期间降水量仅占年降水量的 5%; 夏季 5 ~ 8 月, 孟加拉湾和青藏高原上空为热源区^[6,7], 由于感热加热作用, 大陆热低压发展, 蒙古高压衰退, 祁连山区受大陆热低压控制, 西南气流可以把印度洋和孟加拉湾水汽输送到河西走廊, 太平洋副热带高压的西伸, 使东南气流向西输送。西南与东南季风最远可影响到黑河水系, 其以西地区主要受西风气流的影响。祁连山区从东到西现设有乌鞘岭、祁连、野牛沟和托勒四个气象观测站, 基本上均从 20 世纪 50 年代中期开始观测, 至今已有近 50 年的地面气象观测资料。甘肃省的河西走廊内陆区气候上属于干旱半干旱气候区, 其地表径流均来源于其南部的祁连山区, 径流数量及时空分布与山区气温、降水的变化过程的关系十分密切。该区的河流由东向西分属石羊河、黑河和疏勒河三大水系, 大小内陆河共 57 条, 其中, 设置水文测站的山区河流共 23 条, 本文分别选用乌鞘岭、祁连和托勒气象站作为祁连山区东段、中段和西段的代表气象站, 选取石羊河水系西营河的九条岭水文站和杂水河的杂木寺站、黑河水系黑河干流的莺落峡站和梨园河的梨园堡站及讨赖河的冰沟站、疏勒河水系昌马河的昌马堡站和党河党城湾站作为祁连山区和河西走廊东段、中段和西段出山口的代表水文站。

2 ENSO 循环对青藏高原及边缘地区气候的影响

西太平洋副热带高压和台风是夏季影响我国天气气候的重要天气系统。研究表明^[8], El Nino 与西太平洋副热带高压的强度、伸展位置及活动规律有密切的关系。当前期赤道东太平洋海温偏高(低)时, 汛期(6 ~ 10 月)各月西太平洋副高压脊线偏南(北), 尤其是 8 ~ 10 月。当前期冬春南方涛动偏弱(强)时, 则 7 ~ 10 月西太平洋副高南侧 586 线偏南(北), 东亚西太平洋热带东风带环流南退(北伸), 该年在西太平洋生成和登陆我国的台风少(多), 而 La Nina 年则相反。当前期冬春南方涛动偏弱(强)时, 则初夏及夏季西太平洋副高压偏强(弱)^[9]。关于 El Nino 西太平洋副热带高压和台风的关系, 王绍武等提出了这样一个关系模式^[10]:

赤道中、东太平洋海温低(高) 南方涛动强(弱) Walker 环流强(弱) 哈得来(Hadley)环流西强东弱(东强西弱) 太平洋副热带高压西强东弱(东强西弱) 西太平洋夏秋季台风不活跃(活跃)。

祁连山区气候的动态变化很大程度上取决于青藏高原气候波动的自然过程, 且这一过程随地 - 气之间、海 - 气之间的能量交换而不断变化。El Nino 事件发生以后, 通过海气耦合作用, 直接影响热带大气环流, 则大气环流的异常又对高原季风产生影响, 从而进一步改变祁连山区降水的时空分布^[2], 即 Walker 环流与 Hadley 环流的强(弱)将会使青藏高原热低压增强(减弱), 从而使依靠夏季风输送水汽的祁连山东部地区降水增加(减少), 而使受行星西风带影响的山区西段降水减少(增加)^[5]。无论是冬季还是夏季, 在青藏高原的近地层都存在一个大气活动中心(冬季冷高压, 夏季热低压), 其强弱直接与高原季风相联系, 即以正距平中心在冬半年表示高

原季风强,在夏半年表示高原季风弱;负距平中心则相反。如以 90°E 为界将高原分为东西两半,则可在有关年份的高原汛期(4~9月)降水距平图上观察到,夏季风强年降水分布为“西少东多”,反之则“西多东少”^[11]。分析表明,青藏高原夏季径流与前期冬季(特别是冬季后期)高原地面感热通量有很好的对应关系,如1997年冬季,青藏高原积雪异常偏多,影响到1998年夏季长江中下游及江南地区降水异常偏多,而青藏高原及其以北大部地区夏季降水异常偏少。如 El Nino 事件发生之年,夏季北半球 500 hPa 高空图上,青藏高原南支西风扰动很小,多为平直的西风气流所控制,乌拉尔山高压脊偏弱,副热带高压脊线位置偏南,东亚大槽较深,我国东部降水偏多,西部降水偏少;如 La Nina 事件发生,冬季青藏高原积雪量少,夏季北半球 500 hPa 高空图上,青藏高原常有深槽发生,径向环流占主导,有时青藏高原南支槽和北支槽相连接,在高原西部形成贯通的南北深槽,与高原以东的强高压脊形成“东高西低”的形势,北支气流上槽脊位与平均情况几乎相反。高原东北部常发生中尺度的低压系统,高原东北侧低空北上的偏南气流加强。这一天气配置既向青藏高原输送了大量水汽,又给青藏高原降水提供了有利的动力条件,故位于高原东北侧的祁连山区径流比常年偏多。当然,祁连山区的气候,同时受南亚季风和东亚副热带高压季风及青藏高原自身的热状况的交互影响,ENSO 循环只是这些交互影响因素的较强信号之一^[12,13]。

3 ENSO 循环与祁连山区气温降水和出山径流的对应关系

对有关台站的水文气象观测资料系列的周期分析表明,祁连山区的气温、降水和出山径流也有与 El Nino 相吻合的准 3~5 年周期振荡的特征^[14]。据此推测,祁连山区气温、降水和出山径流与 ENSO 循环之间极有可能存在着某种联系。将祁连山区气温的高低、降水量的多少和出山径流的丰枯按距平大于与小于零分为+(偏高或偏多、偏丰)、0(平均值附近)和-(偏低或偏少、偏枯)三个等级,并将与其对应的 El Nino 事件列于表 1、表 2。

表 1 祁连山区气温、降水和出山径流与 ENSO 循环之间的关系

Table 1 Relationship between El Nino event, departures of air temperature and precipitation in the Qilian Mt. area since metaphase of 1950s

祁连山区	代表站	El Nino 出现年数	当 年					次 年						
			年平均气温距平		年降水量距平			年平均气温距平		年降水量距平				
			+	0	-	-	0	+	+	0	-	-	0	+
东部	乌鞘岭	12	8		4	8	1	3	8		4	3	3	6
		概率/%	66.7		33.3	66.7	8.3	25.0	75.0		25.0	25.0	25.0	50.0
中部	祁连	12	6	2	4	4	3	5	6	1	5	5	2	5
		概率/%	50.0	16.7	33.4	33.3	25.0	41.7	50.0	8.3	41.7	41.7	16.6	41.7
西部	托勒	12	8	1	3	5	1	6	5	3	4	5	2	5
		概率/%	66.7	8.3	25.0	41.7	8.3	50.0	41.7	25.0	33.3	41.7	16.6	41.7

表 2 20 世纪 50 年代中期以来河西主要河流出山口径流观测资料与 El Nino 事件的对应关系

Table 2 Relationship between El Nino event and departures of annual runoff in the main rivers in the Hexi inland arid region since the mid of 1950s

祁连山与河西走廊地区	代表站	El Nino 出现年数	当年径流距平			次年径流距平		
			+	0	-	+	0	-
东 部	九条岭	12	1		11	3	1	8
		概率/ %	8.3		91.7	25.0	8.3	66.7
	杂木寺	12	3		9	3		9
概率/ %		25.0		75.0	25.0		75.0	
中 部	莺落峡	12	2	5	5	5	4	4
		概率/ %	16.6	41.7	41.7	33.3	33.3	33.4
	梨园堡	12	7		5	7		5
		概率/ %	58.3		41.7	58.3		41.7
冰 沟	12	2	1	9	5	2	5	
	概率/ %	16.7	8.3	75.0	41.7	16.6	41.7	
西 部	昌马堡	12	3	4	5	5	2	5
		概率/ %	25.0	33.3	41.7	41.7	16.6	41.7
	党城湾	12	6		6	5	3	4
概率/ %		50.0		50.0	41.7	25.0	33.3	

4 结果分析与讨论

以上仅对 El Nino 事件与祁连山区东段、中段和西段气温、降水及出山径流不同对应关系进行一些初步分析和探讨: El Nino 事件之年, 由于赤道东、西太平洋海温差异小, Walker 环流弱(低指数), 夏季西太平洋副热带高压偏弱或脊线位置偏南; 反之, 在 La Nina 事件之年, Walker 环流强(高指数), 夏季西太平洋副热带高压偏强或脊线位置偏北^[11,15]。在副热带高压偏弱或脊线位置偏南的年份, 位于青藏高原东北侧的祁连山区处于偏西北气流中, 空气干燥, 不利于降水, 造成祁连山区大部地区 El Nino 事件之年夏季降水偏少, 出山径流偏枯; 反之在 La Nina 事件之年, 西太平洋副热带高压偏强或脊线位置偏北, 有利于水汽向西北输送, 而形成祁连山区部分地区夏季降水偏多, 出山径流偏丰。以上 El Nino 事件与祁连山区东段、中段和西段气温、降水及出山径流不同对应关系表明, ENSO 循环与祁连山气温、降水及出山径流之间存在着一定的关系, 但由于影响祁连山区东段、中段和西段地区的大气环流系统的不同以及它们之间本身地理地貌状况的差异^[16,17], 因而 El Nino 事件通过大气环流对祁连山区东段、中段和西段气温、降水及出山径流产生的影响也尽然。通过上述对祁连山气温、降水及出山径流与 El Nino 事件的关系所做的统计分析, 可以发现 El Nino 事件与祁连山气温、降水及出山径流的对应关系存在着以下特征:

(1) 祁连山区东段气温、降水及出山径流与 El Nino 事件的对应关系最为显著: El Nino 事件当年, 该区明显地气温偏高、降水量减少, 出山径流亦枯, 其年平均气温为正距平、年降水量及年径流量为负距平的概率均在 2/3 以上; El Nino 事件次年, 整个祁连山区亦然偏高, 年平均气温为正距平的概率仍较大; 降水继续偏少、径流继续偏枯, 但程度较 El Nino 事件当年有所减缓;

(2) 祁连山区中段和西段, 气温与 El Nino 事件有一定的对应关系, 而降水量和径流量与 El Nino 事件的对应关系不十分明显; El Nino 事件当年和次年, 该区年平均气温为正距平的概率亦较大, 但 El Nino 事件与降水及出山径流对应关系则不是十分明显, 尤其是在西段。

参考文献:

- [1] 金祖辉, 陶诗言. ENSO 循环与中国东部地区夏季和冬季降水的关系研究[J]. 大气科学, 1999, 23(6): 664 - 672.
- [2] 倪东鸿, 等. ENSO 循环在夏季的不同位相相对东亚季风的影响[J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(1): 48 - 54.
- [3] 骆高远. 我国对 El Nino, La Nina 研究综述[J]. 地理科学, 2000, 20(3): 264 - 269.
- [4] 汤懋苍. 高原季风年际变化的初步研究[J]. 高原气象, 1984, 3(3): 76 - 82.
- [5] 赖祖铭. 甘肃内陆河径流变化及其气候影响[A]. 中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊[C]. 1992, 7: 64 - 70.
- [6] 汤懋苍, 许曼春. 祁连山区的气候变化[J]. 高原气象, 1984, 3(4): 21 - 33.
- [7] 龙振夏, 李崇银. ENSO 对其后东亚季风活动影响的 GCM 模拟研究[J]. 气象学报, 1999, 57(6): 663 - 671.
- [8] 董 婕, 刘丽敏. 赤道东太平洋海温与中国温度、降水的关系[J]. 气象, 2000, 26(20): 25 - 28.
- [9] 李崇银. El Nino 与西太平洋台风活动[J]. 科学通报, 1985, 30(14): 1 068 - 1 071.
- [10] 王绍武, 龚道溢. 近百年 El Nino 事件及其强度[J]. 气象, 1999, 25(1): 9 - 13.
- [11] 朱炳媛, 李栋梁. ENSO 现象与甘肃省夏季降水[J]. 高原气象, 1989, 8(1): 64 - 69.
- [12] 马全杰, 马建华. 黄河兰州以上天然径流对 El Nino 事件的响应[J]. 人民黄河, 2000, 22(5): 18 - 20.
- [13] 孙国武. 中国西北干旱气候研究[M]. 北京: 气象出版社, 1997, 244 - 295.
- [14] 蓝永超, 康尔泗. 黑河出山径流年际变化特征和趋势研究[J]. 冰川冻土, 1999, 21(1): 49 - 53.
- [15] 朱炳媛, 李栋梁. 1845 - 1988 年期间 El Nino 事件与我国西北旱涝[J]. 大气科学, 1992, 16(2): 185 - 192.
- [16] 李福兴, 姚建华. 河西走廊经济发展与环境整治的综合研究[M]. 北京: 中国环境学出版社, 1998, 17 - 23.
- [17] 蓝永超, 康尔泗, 等. 河西内陆干旱区主要河流出山径流特征及变化趋势分析[J]. 冰川冻土, 2000, 22(2): 147 - 152.

Relationship between ENSO circle and air temperature, precipitation and runoff in the Qilian mountain region in the past 50 years^{*}

LAN Yong-chao¹, KANG Er-si¹, ZHANG Ji-shi¹, HU Xing-lin²

(1. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences,

Lanzhou 730000, China; 2. Hydrology and Water Resources Bureau of Gansu Province, Lanzhou 730030, China)

Abstract: Based on the data from some weather and hydrometric stations, the corresponding relationship between El Nino, the air temperature, the precipitation and the runoff in the Qilian mountain is analyzed. The result shows that the effects of El Nino are different in the different time and zones. That is, when El Nino occurs, the air temperature rises, but the precipitation and the runoff decrease in the whole mountain area, especially in the east and middle parts. In the next year when El Nino occurs, however, though the air temperature rises, the precipitation and the runoff in the east and middle part of the Qilian mountain region don't decrease as much as in the year when El Nino occurs, and there is no obvious correlativity between El Nino, the temperature, the precipitation and the runoff in the west part of Qilian mountain region.

Key words: ENSO cycle; El Nino event; Qilian mountain region; air temperature; precipitation; runoff

* The project is supported by National Natural Science Fund of China (No. 49731030).