

# 川西地区夏季降水的年际变化特征及 与大尺度环流的联系\*

朱艳峰 宇如聪

(中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029)

**摘要** 分析了 106°E 以西的四川西部地区 1951~2000 年夏季降水的气候变化特征及其与大尺度环流异常的联系, 通过分析得到的主要结论如下: (1) 川西地区降水的季节和年际变化特征与华北地区的变化特征比较一致。川西地区的涝年与中高纬 500 hPa 的乌拉尔山高脊、巴尔喀什湖至贝加尔湖之间的低压槽以及亚洲东部的高脊的两脊一槽环流型密切相关, 在这种环流型下有利于川西地区降水偏多。(2) 川西地区盛夏降水有显著的年代际变化, 20 世纪 50 年代至 60 年代初, 为川西多雨时期, 干旱发生的次数相对较少且弱, 1961 年以后降水有减少的趋势, 进入 20 世纪 90 年代以后, 降水明显偏少。(3) 20 世纪 50 年代与 90 年代, 中高纬环流形势有显著的不同, 50 年代中高纬两脊一槽型偏强, 90 年代则偏弱, 这是川西地区 50 年代明显多雨和 90 年代少雨的主要原因。(4) 高原前期的热源偏弱时, 7、8 月川西地区的降水偏多。

**关键词:** 夏季降水; 川西地区; 年际变化; 大尺度环流

## 1 引言

四川盆地的地理位置比较特殊, 它的南面是云贵高原, 西面与青藏高原相连, 北邻秦岭高地, 特殊的地理位置使得盆地的气候既受东亚季风和印度季风的影响, 同时又受青藏高原环流系统的影响<sup>[1]</sup>。四川盆地素有“天府之国”的美誉, 同时也是我国多发洪涝灾害的区域之一, 如 1981 年的洪涝灾害就给国民经济带来较大的损失, 对此, 人们做了一些分析<sup>1)</sup>。盛夏时节盆地西部区域性大暴雨过程的频率、强度都远大于东部<sup>[2]</sup>, 比如雅安地区降水多, 有“天漏”之称, 它是在特定天气背景下地形动力、热力作用的直接结果, 对雅安天漏<sup>[3~5]</sup>的系列研究, 从天气学、动力学分析和数值模拟等途径分析了雅安地区暴雨形成的天气背景及形成机制。盆地东旱西涝的气候特点, 不仅与特殊的地形条件相联系, 也与大尺度环流背景的变化有关, 是大尺度环流变化与特定地形条件相结合的产物, 它与大气环流的气候变化及高原热状况的变化密切相关。

青藏高原的热力和动力作用对大气环流和我国气候有复杂的影响<sup>[6]</sup>。黄荣辉<sup>[7]</sup>模

2002-02-01 收到, 2002-09-03 收到修改稿

\* 国家自然科学基金资助项目 40023001、中国科学院“百人计划”项目“海气耦合模式的有效化研究”和中国科学院知识创新工程重要方向项目 ZKXC2-SW-210 共同资助

1) 张鸿材等, 一九八一年四川盆地暴雨分析, 四川省气象局及四川省气象学会编, 1982.

拟了夏季青藏高原上空热源异常对北半球大气环流的作用,结果表明存在一个源于青藏高原的夏季遥相关波列。吴国雄等<sup>[8]</sup>提出了青藏高原感热气泵(SHAP)的概念,指出高原的热力异常可以通过SHAP影响高原及周边地区环流的变化。赵平和陈隆勋<sup>[9]</sup>分析了高原大气热源的气候特征,并讨论了热源变化与中国东部地区降水的关系。高原的积雪状况可以通过改变高原的热力作用,对后期东亚大气环流及降水变化产生影响<sup>[10,11]</sup>。但他们的工作都较少涉及高原热状况对川西地区降水的影响。川西地区紧贴高原的东侧,高原的热力状况如何通过影响大气环流变化,进而影响盆地降水的气候变化,值得探讨。

目前,由于不能确切掌握高原复杂地形对中国区域气候的影响途径,使得探讨中国区域气候变化机理的难度较大。虽然气候模式是探讨气候变化机理的一个得力工具,但现有模式对东亚区域气候的模拟能力较差。如CCM3模拟中国夏季降水分布时,在高原的东北部(包括四川盆地的西北部及河套地区)有一虚假的强降水中心,其中的重要原因是模式未能正确反映高原复杂地形的动力、热力作用<sup>[12]</sup>。要改进目前气候模式对中国区域气候的模拟,必须认识高原对其周边气候的影响机理,这其中的一个重要的工作就是通过对观测资料的分析,以了解影响这一地区降水的因子,并与模式的分析结果相比较,有助于找出改进模式的切入点。

本工作的目的,是通过分析四川盆地西部降水变化的气候特征及其与高原热力状况的联系,了解其发生旱涝的环流背景,探讨青藏高原周边气候变化与全球气候变化的关联,增强高原对我国气候影响的认识。

## 2 资料介绍

本文使用的资料包括三部分:

- (1) 中国大陆地区160站的1951年1月~2000年12月的逐月降水量资料。
- (2) NCEP的1951年1月~1998年12月的逐月再分析资料,格距为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。
- (3) 高原地区68个台站1957年1月~1998年12月的气温资料。

## 3 川西地区降水特征分析

气候研究表明四川盆地东、西部的天气气候特征有明显的差异<sup>[1]</sup>。统计资料分析指出,区域性的大暴雨过程往往是在川西出现,川东就不出现;反之亦然。川西的大暴雨主要出现在 $106^{\circ}\text{E}$ 以西的绵阳地区和成都市以及江油、雅安附近<sup>[2]</sup>。对中国大陆地区160个站点降水资料的分析表明,川西地区的雅安、绵阳和成都等三站的降水变化有较好的一致性,能较好的表现川西地区的降水情况,本文的分析以这三站的降水量总和来代表川西地区的降水变化情况。对川西地区降水季节变化的分析表明,该地区年降水量的7成以上都集中在6~9月,其中7、8月的降水量占全年降水的5成左右(图略)。该地区的洪涝灾害也多发生在7、8月,这时正是长江流域梅雨结束,华北进入雨季的季节。这表明川西地区降水的季节特征与华北降水的季节变化有一致性。以下主要对川西地区7、8月的降水特征进行分析。

图 1 是 1951~2000 年川西地区 7、8 月降水的距平百分率的变化情况。在 20 世纪 50 年代至 20 世纪 60 年代初，为多雨时期，干旱发生的次数相对较少，其中 1958、1959、1960、1961 连续 4 年的降水距平百分率都大于 25%（按通用标准，定义降水距平百分率  $\Delta R/R \geq 50\%$  为大涝，50%~25%为涝，+25%~-25%为正常，小于-50%为大旱，-50%~-25%为旱）。从趋势线来看（经过 9 年滑动平均），在 20 世纪 60 年代前期之前，趋势线在零线以上，之后多在零线以下，尤其是进入 90 年代以后，趋势线更是走低。由滑动  $t$  检验分析可知 1961 年前后是个跃变点（通过信度为 95%的滑动  $t$  检验），1961 年之前，降水偏多，之后，降水有减少的趋势，进入 20 世纪 90 年代以后，降水明显偏少。1951~1961 年与 1991~2000 年两个时段的平均降水量有显著的差异，通过信度为 95%的  $t$  检验，其中前一时段降水偏多，后一时段降水偏少。

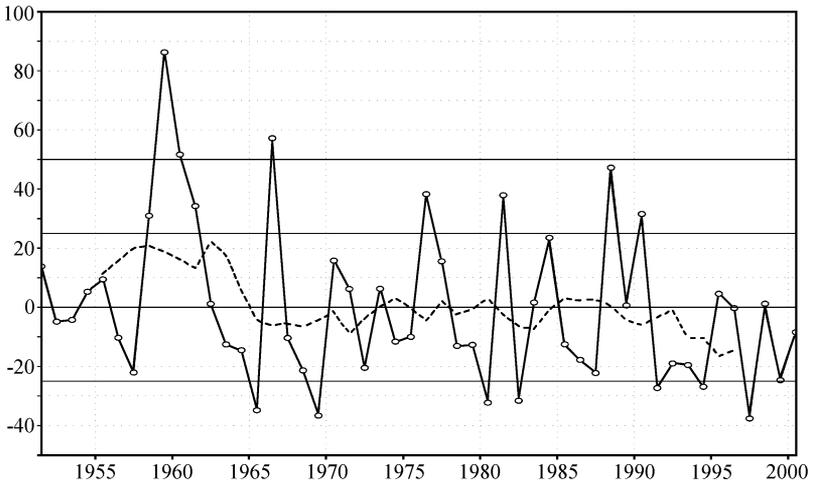


图 1 1951~2000 年川西地区 7、8 月降水的距平百分率变化（实线）及 9 年滑动平均后的趋势（虚线）

严中伟等<sup>[13]</sup>曾指出，上个世纪 60 年代期间，北半球夏季气候状况普遍出现跃变。这说明川西地区夏季降水的年代际变化特征并不是一个孤立的现象，它与其它地区的气候变化，及大尺度的环流变异是密切相关的。为此，分析了川西地区盛夏降水与我国其他地区降水的联系。

图 2 是川西地区 7、8 月降水与同期我国 160 站降水的相关，图中阴影区表示显著相关区。由图 2 可见，川西地区盛夏降水与河套及京津地区降水有显著正相关，与长江中下游地区的降水则有显著负相关。根据图 1，挑选了降水百分率小于-25%的 1957、1965、1969、1980、1982、1987、1997 等 7 个旱年，以及降水百分率大于 25%的 1958、1959、1960、1961、1966、1976、1981、1988、1990 等 9 个涝年，分别合成分析当川西地区偏旱或偏涝时，我国其他地区降水距平的分布情况（图略）。结果表明，川西地区降水偏多时，长江中下游地区降水偏少，华南、河套和华北降水偏多；反之，当川西地区降水偏少时，则长江中下游地区降水偏多，华南、河套和华北降水偏少。廖荃荪等<sup>[14]</sup>着眼于 105°E 以东的东部地区，将我国的夏季降水雨带分布分为 3 型，其中 I 型为北方型，多雨区位于黄河流域及以北地区，以及华南地区；II 型为中间

型,多雨区在黄淮之间;III型为南方型,多雨区在长江流域或江南一带。由上述的相关分析及合成分析可知,川西地区与长江中下游地区虽同处于北纬 $30^{\circ}\text{N}$ 附近,但降水的变化趋势却截然不同。在川西的9个涝年里除了1990年外,我国东部降水都属于I型降水,而7个旱年里,我国东部降水都属于II或III型降水<sup>[15]</sup>。文献[6]指出当南亚高压为东部型时,长江中下游少雨而川西、西北和华北多雨,反之,当南亚高压为西部型时,长江中下游多雨而川西、西北和华北少雨。上述的讨论结果表明,川西地区的降水并不是一个局地现象,它不仅与华北地区的降水有相似的季节变化特征,而且它们的年际变化特征也相近。降水的年际变化是与大尺度的环流异常相联系的,那么川西地区夏季旱涝年的环流背景如何?以及该地区降水年代际变化的原因是什么?这些问题将在下一节中进行讨论。

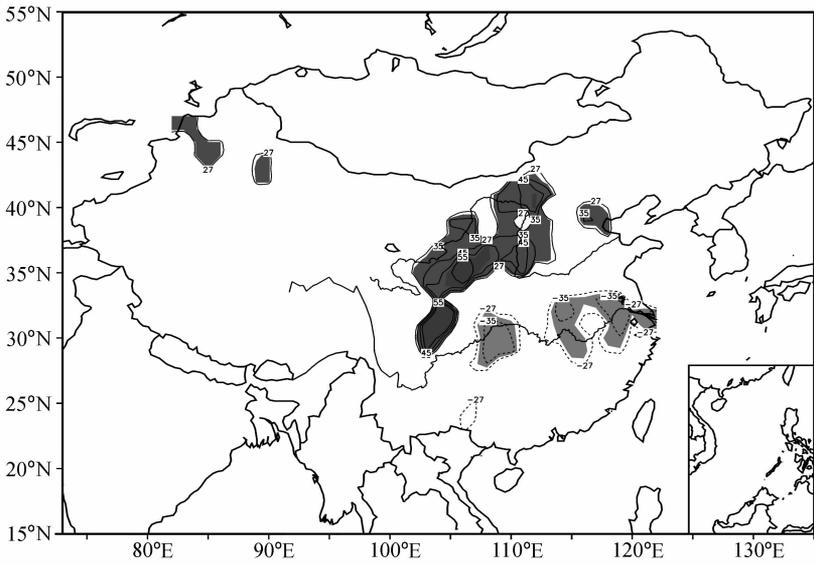


图2 川西地区7、8月降水与同期我国160站降水的相关

## 4 川西地区夏季降水与大尺度环流的联系

上一节分析指出,川西地区的降水变化具有显著的年代际变化,1951~1961年期间降水偏多,1991~2000年降水偏少,并且该地区的降水变化并不是一个孤立的、局地现象,它与我国东部的雨带分布相联系,与北半球大气环流的异常也是密切相连的。这一节将着重分析川西地区旱涝异常的环流背景,以及造成该地区降水年代际变化的原因。

### 4.1 川西地区旱涝异常的环流背景

分析了1951~1998年川西地区7月和8月的降水总量与500 hPa高度场的相关,其中阴影区为显著相关区(图3)。由图3可见,在中高纬的巴尔喀什湖至贝加尔湖之间是显著的负相关区,印度孟加拉湾地区也有显著的负相关,正相关区主要位于西北太平洋及鄂霍次克海至日本海一线,此外,在乌拉尔山附近也有较大的正相关区。上述相关分布表明,位于北半球中高纬度的乌拉尔山脊、巴尔喀什湖至贝加尔湖之间

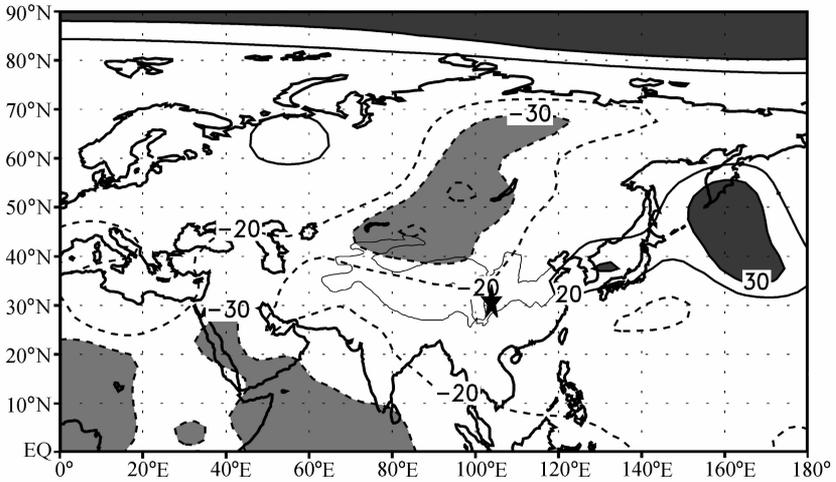


图 3 1951~1998 年川西地区 7 月和 8 月的降水总量与 500 hPa 高度场的相关  
★为川西位置

的低压槽以及亚洲东部的高脊的两脊一槽环流型发展，以及孟加拉湾低压偏低，有利于川西盆地及河套地区降水偏多。

图 4 是 9 个涝年平均的 500 hPa 位势高度场与 7 个旱年平均的 500 hPa 位势高度场的差值分布型。由图 4 可见，涝年，乌拉尔地区位势高度偏高，我国西北和青藏高原受乌拉尔山高压脊前的西北气流的影响，巴尔喀什湖至贝加尔湖及西伯利亚地区位势高度明显偏低，表明贝加尔湖附近的低压槽加深，同时孟加拉湾低压也偏低，这使得槽后部的冷平流与槽前部的暖平流互相汇合，有利于孟加拉湾到印度的低压前方的暖湿空气向北输送。

降水的发生与低层风场的配置有密切联系。图 5 给出涝年与旱年 700 hPa 平均风场

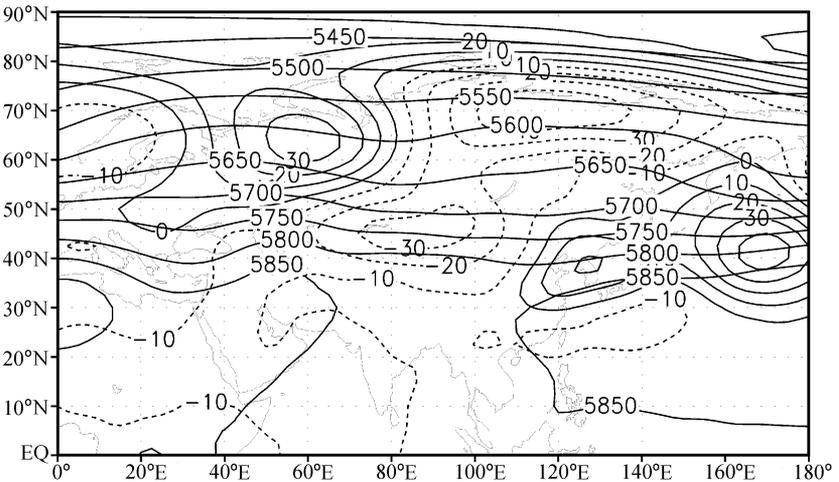


图 4 9 个涝年平均的 500 位势高度场与 7 个旱年平均的 500 位势高度场的差值分布型  
实线为 7、8 月平均的 500 hPa 位势分布

的差值图。涝年，在高原的北部，贝加尔湖至巴尔喀什湖之间有一气旋性环流，这与 500 hPa 位势高度场的形势是相一致的。同时，在亚洲东部是异常反气旋，这反映了副热带高压加强西伸。在这种环流形势下，高原东部经河套到华北地区有较强的西南风，有利于将南面的暖湿气流带到该地区。从川西降水与 700 hPa 经向风和纬向风的相关分析可知（图略），高原东部经河套到华北一线的 700 hPa 上空的经、纬向风变化与川西夏季降水相关密切，这也是川西地区夏季降水与河套至华北一线降水变化相关良好的主要原因。当高原东部经河套到华北地区上空西南气流较强时，川西及河套、华北部分地区的降水就偏多。反之，当高原东部经河套到华北地区上空西南气流较弱时，川西及河套、华北部分地区的降水就偏少。从涝年和旱年散度场的差值分布来看（图略），涝年，低层（850 hPa）高原东北部包括川西、河套及蒙古的部分地区为辐合区，长江中下游为辐散区，高层（200 hPa）辐散区在高原东侧至河套地区，辐合区在长江中下游。这表明涝年在高原东侧的四川盆地西部到河套地区有较强的上升运动，这些地区的降水就偏多，而在长江中下游有下沉运动，使得该地区降水偏少。

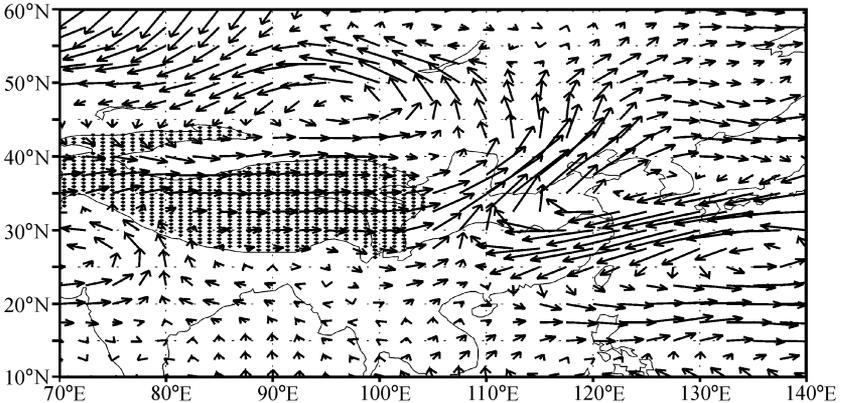


图5 涝年与旱年平均的 700 hPa 风场的差值图

综合上述分析，位于北半球中高纬度的乌拉尔山高脊、巴尔喀什湖至贝加尔湖之间的低压槽以及亚洲东部的高脊的两脊一槽环流型发展是川西地区涝年的环流背景。在这种环流背景下，可以发展多种对川西降雨极为有利的天气系统，我国西北和青藏高原受乌拉尔山高压脊前的西北气流的影响，有利于西风槽和高原涡发展，使之成为影响川西盆地降水的重要系统，西北气流还可引导地面冷空气南下侵入四川盆地。伴随着巴尔喀什湖至贝加尔湖附近的低压槽加深，以及孟加拉湾低压偏低，有利于南亚低压前方的暖湿空气向北输送，为川西盆地的降水提供了水汽来源。同时，槽后部的冷平流与槽前部的暖平流互相汇合，增加了空气层结的不稳定性，形成上升运动，促使该地区产生强降水天气。在上述因子的综合作用下，川西地区降水偏多，易于发生洪涝灾害。相反，当纬向环流发展，则不利川西地区降水的产生，在这种环流背景下，川西易出现旱年。

#### 4.2 川西地区降水年代际变化的原因

前面的分析表明，川西地区在上个世纪 50 年代偏涝而 90 年代后偏旱。那么，这两个时段大气的环流背景有何不同呢？图 6 分别给出了 1951~1961 年，及 1991~1998

年两个时段平均的 500 hPa 高度距平分布型。由图 6 可见这两个时段的距平分布型几乎相反。1951~1961 年期间, 平均的 500 hPa 距平表现为巴尔喀什湖至贝加尔湖之间以及低纬地区为负距平, 其中最大负距平在巴尔喀什湖至贝加尔湖之间, 中心值在 -15 位势米以上, 主要正距平位于乌拉尔山脉附近以及鄂霍次克海至日本海一线, 最大值大于 25 位势米。这说明 1951~1961 年期间东亚中高纬度地区两脊一槽环流型较强, 从而有利于川西地区的降水。1991~1998 年期间的 500 hPa 距平分布则相反, 巴尔喀什湖至贝加尔湖之间, 以及低纬地区为正距平, 最大正距平大于 25 位势米, 出现在贝加尔湖附近, 负距平主要位于乌拉尔山脉附近以及鄂霍次克海至日本海一线。表明 1991~1998 年期间, 东亚中高纬度地区两脊一槽环流型较弱, 不利于川西地区的降水。

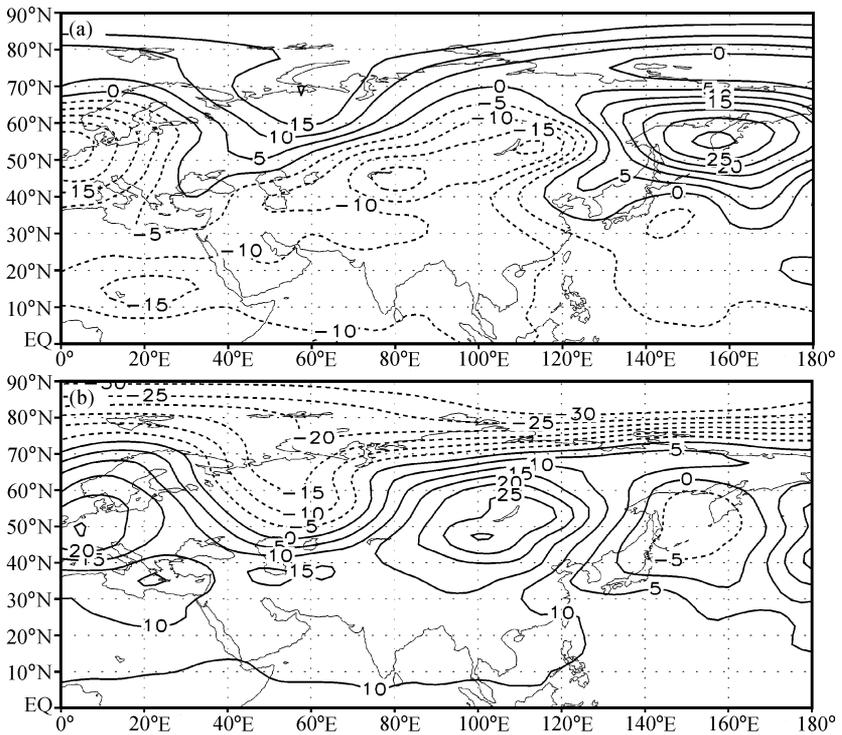


图 6 1951~1961 年 (a) 及 1991~1998 年 (b) 两个时段平均的 500 hPa 高度距平分布型

同样, 这在低层风场上也有明显反应。图 7 给出了 1951~1961 年及 1991~1998 年两个时段平均的 700 hPa 距平风场的分布型。在 20 世纪 50 年代, 由于贝加尔湖附近低槽的发展, 在 700 hPa 上贝加尔湖附近有一距平气旋发展, 高原北部处于异常气旋的南部, 西北气流偏强, 有利于冷空气沿高原北侧输送, 进入四川盆地, 同时, 亚洲东部处于这个异常气旋的东部, 高原东部、河套地区、华北、东北一带的我国东部大部分地区南风偏强, 这有利于将南海及孟加拉湾的暖湿气流向北输送, 高原北部的西北气流及东部的西南气流在高原东部至河套一带汇合, 南部的暖湿气流和冷空气交绥, 有利于川西盆地和河套地区降水的发生, 故 20 世纪 50 年代这一地区降水偏多。20 世纪 90 年代以后, 700 hPa 上贝加尔湖附近距平反气旋发展, 高原北部有距平东南风, 这表明西北气流偏弱, 不利于冷空气沿高原北侧南下, 高原东部、河套地区、华北、东北一

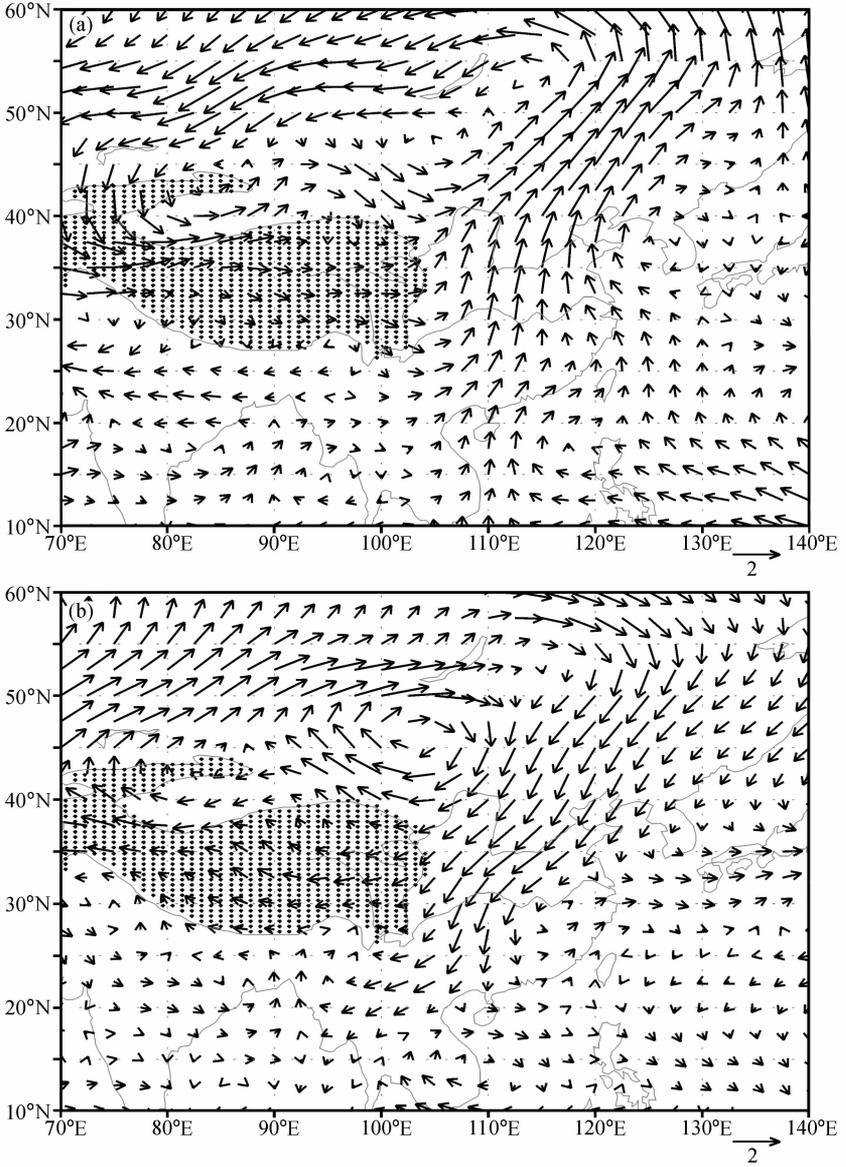


图7 1951~1961年 (a) 及 1991~1998年 (b) 两个时段平均的 700 hPa 距平风场

带的我国东部大部分地区为距平北风控制，这阻止了南海及孟加拉湾的暖湿气流向北输送，不利于川西盆地和河套地区降水的发生，使得 90 年代这一地区降水显著减少。

由上述分析可知，盛夏期间，川西盆地的降水多寡与欧亚地区中高纬 500 hPa 的乌拉尔山高脊、巴尔喀什湖至贝加尔湖之间的低压槽以及亚洲东部的高脊的两脊一槽环流型，和孟加拉湾低压的深浅相关，其中与巴尔喀什湖至贝加尔湖之间的低压槽关系尤为密切。20 世纪 50 年代与 90 年代，中高纬环流形势的显著不同，是川西地区 50 年代明显多雨和 90 年代少雨的主要原因。由此可见，亚洲中高纬度环流的变化对中国夏季降水有较大影响<sup>[16]</sup>。因此，研究我国夏季雨带的变化，尤其是华北的干旱，应注意考虑中高纬系统的变化。

## 5 高原热力异常的可能影响

上一节分析了川西地区旱涝年的环流背景，指出了中高纬度环流型变化对川西地区降水的重要影响。下垫面的热力异常对大气环流的变化有重要的作用。青藏高原作为一个高耸的热源，能够强烈影响北半球的大气环流和天气系统变化<sup>[7,8]</sup>。赵平和陈隆勋<sup>[9]</sup>讨论了热源变化与中国东部地区降水的关系。吴统文等<sup>[11]</sup>认为冬春季高原多雪可以通过影响夏季的高原热源强度而引起高原周围的环流变化，从而影响中国东部的降水。本文以下将讨论高原的热状况与川西夏季降水的联系。

首先，利用赵平和陈隆勋<sup>[9]</sup>计算的 1961~1995 年逐月青藏高原大气热量源汇( $Q_1$ )分析了高原大气热源强度与我国夏季降水的关系。由图 8 可知，高原前期(6、7 月)的热源强度与 7、8 月长江中下游的降水正相关，而与川西及华北地区的降水负相关。分析表明高原热源强度变化与前述的中高纬度两脊一槽的环流型相联系，对此，刘新<sup>[17]</sup>做过一些讨论。高原热源的异常状况通过热力作用引起中高纬度环流发生相应变化，从而影响降水的分布。当前期高原热源偏弱时，巴尔喀什湖至贝加尔湖之间的低压槽也加深，从而产生各种有利于川西地区降水的天气系统，使得该地区的降水偏多。

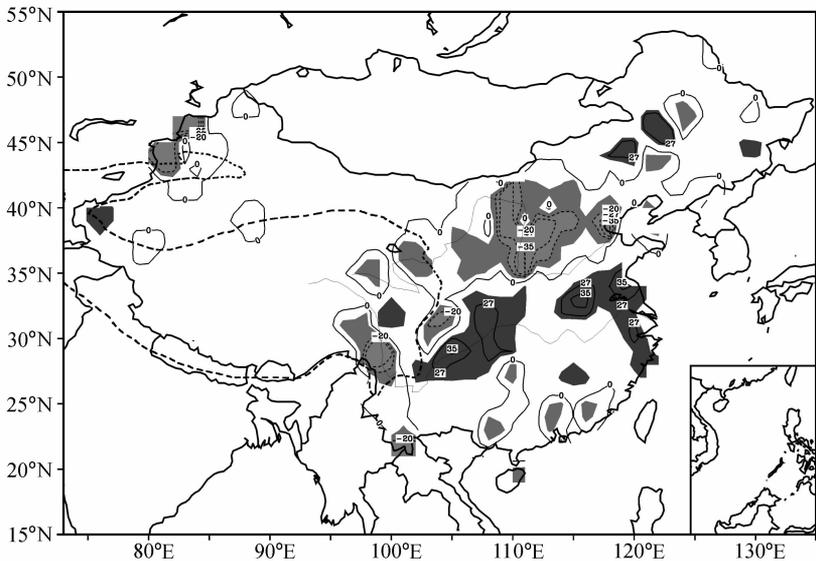


图 8 1961~1995 年青藏高原 6、7 月平均的  $\langle Q_1 \rangle$  与 160 站 7、8 月平均降水的相关分布 ( $\times 100$ )  
阴影区为通过 90% 的信度检验

高原夏季气温与川西夏季降水也有较好的关系，由图 9 可知夏季高原地区东部的气温与川西夏季降水有较明显的正相关。根据图 9，选取了高原东南部(25~35°N, 95~105°E) 23 个台站，以它们的平均气温来表示高原东南部的平均气温状况，相关分析表明夏季高原东南部的气温与川西降水有显著正相关(相关系数 0.348, 达到 95% 的信度水平)，川西地区的涝年，高原东部的平均气温也偏高。

高原的热力作用对环流及我国降水有显著影响，但它并不是影响降水和环流变化

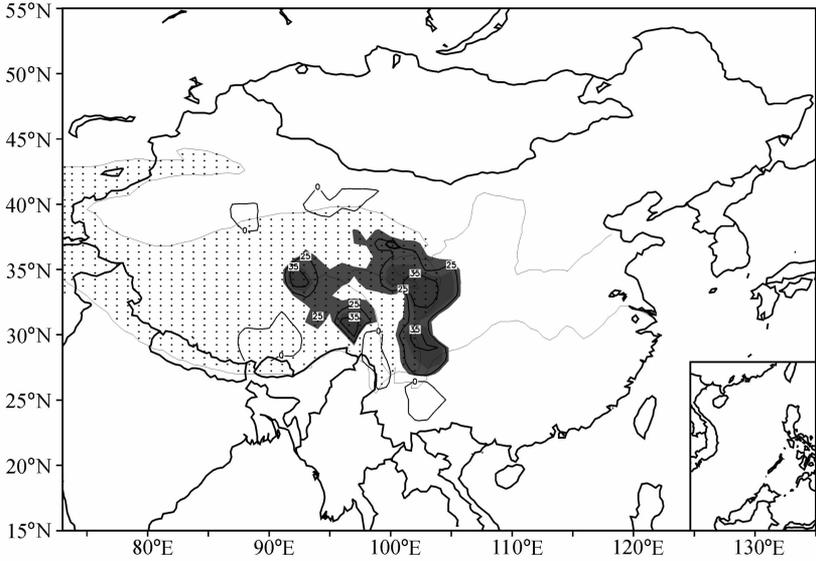


图9 川西地区夏季降水与高原夏季气温的相关分布

的唯一因子。环流系统的变化除受下垫面的动力热力作用的影响外，其自身的自然变率也是一个重要的因素，研究它们的成因，还需要进一步的工作。

## 6 结论与讨论

通过对川西地区夏季降水的变化特征的分析指出，川西地区虽然与长江中下游同位于北纬  $30^{\circ}\text{N}$  附近，但它们的降水变化却呈相反的趋势。盛夏，川西地区降水与河套及京津地区降水有显著正相关，与长江中下游地区的降水则有显著负相关。川西地区的涝年与中高纬  $500\text{ hPa}$  的乌拉尔山高脊、巴尔喀什湖至贝加尔湖之间的低压槽以及亚洲东部的高脊的两脊一槽环流型，和孟加拉湾低压的深浅密切相关，在这种环流形势下，我国西北和青藏高原受乌拉尔山高压脊前的西北气流的影响，可引导地面冷空气南下侵入四川盆地，而贝加尔湖附近的低压槽加深，以及孟加拉湾低压偏低，有利于南亚低压前方的暖湿空气向北输送，为川西盆地的降水提供了水汽来源。此外，槽后部的冷平流与槽前部的暖平流互相汇合，增加了空气层结的不稳定性，形成上升运动，促使该地区产生强降水天气。高原的热力作用对川西的降水有显著影响，高原的热源偏弱时，巴尔喀什湖至贝加尔湖之间的低压槽也加深，从而产生各种有利于川西地区降水的天气系统，使得该地区的降水偏多。

川西地区的降水具有显著的年代际变化特征，在 20 世纪 50 年代至 60 年代初，为川西多雨时期，干旱发生的次数相对较少，1961 年前后是个跃变点，之前，降水偏多，之后，降水有减少的趋势。尤其是 1990 年以后，降水持续偏少。20 世纪 50 年代与 90 年代，中高纬环流形势的显著不同，是 50 年代明显多雨和 90 年代少雨的主要原因。

川西地区降水的季节和年际变化特征与华北地区的降水变化特征比较一致，当川西地区夏季降水偏多时，河套及华北地区降水也偏多，而长江中下游降水则偏少。利

用 CCM3 模拟中国夏季降水时，在高原东北部（包括四川盆地的西北部及河套华北地区）有一虚假的强降水中心（见文献 [12] 图 1a），而对东南部及长江中下游降水的模拟偏少，分析表明这可能与模拟的高原热力异常有关。这与本文的分析结果相近，如何结合观测和模式分析结果，找出改进模式的切入点，是今后要进行的工作。

本工作对川西地区的降水变化特征及其年代际变化特点进行了一些讨论，并分析了其与高原热力异常的联系，指出了川西地区旱涝年的环流背景，及其降水的年代际变化的成因。但对大尺度环流变化的成因，以及结合模式分析方面，还需要作进一步的工作。

**致谢：**陶诗言院士为本文修改提供了宝贵意见，在此表示感谢。

## 参 考 文 献

- 1 徐裕华，西南气候，北京：气象出版社，1991，298pp.
- 2 郁淑华，四川盆地大范围强暴雨过程的合成分析，高原气象，1984，**3**（1），58~67.
- 3 彭贵康、柴复新、曾庆存等，“雅安天漏”研究 I. 天气分析，大气科学，1994，**18**（4），466~475.
- 4 宇如聪、曾庆存、彭贵康等，“雅安天漏”研究 II. 数值预报试验，大气科学，1994，**18**（5），535~551.
- 5 曾庆存、宇如聪、彭贵康等，“雅安天漏”研究 III. 特征、物理量结构及其形成机制，大气科学，1994，**18**（6），649~659.
- 6 叶笃正、高由禧等，青藏高原气象学，北京：科学出版社，1979，278pp.
- 7 Huang Ronghui, The numerical simulation of the three-dimensional teleconnections in the summer circulation over the Northern Hemisphere, *Adv. Atmos. Sci.*, 1985, **2**（1），81~92.
- 8 吴国雄、李伟平等，青藏高原感热气泵和亚洲夏季风，赵九章纪念文集，北京：科学出版社，1997，116~126.
- 9 赵平、陈隆勋，35年来青藏高原大气热源气候特征及其与中国降水的关系，中国科学（D），2001，**31**（4），327~332.
- 10 陈烈庭、阎志新，青藏高原冬春季异常雪盖影响初夏季风的统计分析，1977~1978年青藏高原气象会议论文集，北京：科学出版社，1981，151~161.
- 11 吴统文、钱正安，青藏高原冬春积雪异常与中国东部地区夏季降水关系的进一步分析，气象学报，2000，**58**（5），570~581.
- 12 Yu Rucong, Li Wei, Zhang Xuehong et al., Climatic features related to Eastern China summer rainfalls in the NCAR CCM3, *Adv. Atmos. Sci.*, 2000, **17**（4），503~518.
- 13 严中伟、季劲钧、叶笃正，60年代北半球夏季气候跃变 I. 降水和温度变化，中国科学（B辑），1990，（1），97~103.
- 14 廖荃荪、赵振国，我国东部夏季降水的季度预报方法，应用气象学报，1992，**3**（增刊），1~10.
- 15 赵振国主编，中国夏季旱涝及环境场，北京：气象出版社，1999，297pp.
- 16 张庆云、陶诗言，亚洲中高纬度环流对东亚夏季降水的影响，气象学报，1998，**56**（2），199~211.
- 17 刘新，青藏高原热状况对亚洲大气环流系统的影响，中国科学院大气物理研究所博士学位论文，2000，106pp.

# Interannual Variation of Summer Precipitation in the West of Sichuan Basin and Its Relationship with Large-Scale Circulation

Zhu Yanfeng, and Yu Rucong

*(State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)*

**Abstract** Variation of summer precipitation over the west of Sichuan Basin (west of the  $106^{\circ}\text{E}$ ) and its relationship with the large-scale circulation are examined in the paper by employing monthly mean observation data from 1951 to 2000. Results show that: (1) Seasonal and interannual variation of precipitation in the west of Sichuan Basin are consistent with that over the north China. Flood in the west of Sichuan Basin is associated with the circulation pattern that two ridges located Ural and the East of Asia respectively, and a trough between Balkhash and Baykal. This pattern favors the flood of west Sichuan basin. (2) Summer precipitation of the west Sichuan basin have marked different between two periods, before 1961 it is apt to flood and after 1961 is drought, especially after the 1990s. (3) The circulation pattern of 1950's in the middle-high latitude is quite different from that of the 1990s, it results in more precipitation in the 1950s than the 1990s. (4) The weak heat source over the Tibetan Plateau always followed by the strong rain in the west of Sichuan basin in July and August.

**Key words:** summer precipitation, west of Sichuan Basin; interannual variation; large-scale circulation