

# 1979~2017年冬季西伯利亚高压变化特征及其对西南地区气温的影响

贺婧姝

成都信息工程大学, 四川 成都  
Email: hjsmegan111@163.com

收稿日期: 2021年2月24日; 录用日期: 2021年3月17日; 发布日期: 2021年3月24日

## 摘要

利用美国国家环境预测中心-国家大气研究中心(NCEP-NCAR)和欧洲中期天气预报中心(ECMWF)的再分析资料, 基于经验正交函数 EOF、奇异值分解(SVD)、回归分析及合成分析等方法, 文章对西伯利亚高压的年际及年代际变化特征进行分析, 并揭示其与我国西南地区气温的关系。结果表明: 冬季西伯利亚高压指数存在明显的年代际变化。通过强度指数、移动指数和面积指数的年际变化特征可以看出, 西伯利亚高压中心强度增加(减弱)时, 面积扩大(缩小), 且向南、向东扩张(收缩)。分析西伯利亚高压强度和西南地区的气温, 发现西南地区气温反位相的变化与西伯利亚高压的强度指数关系密切。进一步分析其影响机制可知, 由于西伯利亚高压的强度变化导致西南地区上空环流场异常, 从而使得西南地区气温异常。

## 关键词

西伯利亚高压, 强度, 西南地区, 冬季气温

## Variation Features of Siberian High in Winter and Its Impact on Temperature of Southwest China

Jingshu He

Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan  
Email: hjsmegan111@163.com

Received: Feb. 24<sup>th</sup>, 2021; accepted: Mar. 17<sup>th</sup>, 2021; published: Mar. 24<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

Using National Centers for Environmental Prediction-National Center Atmospheric Research

文章引用: 贺婧姝. 1979-2017年冬季西伯利亚高压变化特征及其对西南地区气温的影响[J]. 气候变化研究快报, 2021, 10(2): 146-160. DOI: 10.12677/ccrl.2021.102018

(NCEP-NCAR) and National Centers for Environmental Prediction-National Center Atmospheric Research (ECMWF) reanalysis data, based on methods of Empirical orthogonal function, singular value decomposition, regression analysis and composite analysis, the paper analyzes the variation features of Siberian High (SH) and explores the relationship between Siberian high pressure and the temperature of southwest China. The result shows that Siberian high indexes have significant interdecadal variations. From analysis on the interannual variation characteristics of intensity index, mobility index and area index, it indicates that the area expands to the south and east when the central intensity of the Siberian high increases. Analyzing the Siberian High intensity and southeast temperature, we find that the intensity anomalies of temperature are closely related to the Siberian high intensity. When the Siberian high is strong (weak), the temperature in the east of southwest China is decreasing (increasing) and the temperature in the west is increasing (decreasing). Further analysis of the influence mechanism shows that the intensity change of Siberian high leads to the abnormal circulation field over the southwest China, which results in the abnormal temperature.

## Keywords

Siberian High, Intensity, Southwest China, Winter Temperature

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

西伯利亚高压是冬季位于西伯利亚、蒙古地区对流层低层大范围的反气旋中心。我国处于西伯利亚高压东南侧，西伯利亚高压东移南下对冬季我国南北方地区产生重要影响。西南地区地处青藏高原东南侧，地形地貌复杂，导致这里的气候种类繁多[1]。还有西南涡及昆明准静止锋等丰富的天气系统。当前对西南地区气候的研究多集中在夏季降水、华西秋雨、西南涡等方面，但近年来冬季气象灾害频发已经引起了大家的重视，持续干旱[2]、冻雨、暴雨(雪)等及其引发的次生灾害严重危及人们的生命和财产安全。所以研究西南地区冬季气候特征及其影响因素有很大意义。西伯利亚高压是欧亚大陆冷空气的源地，同时作为东亚冬季风的主要系统之一，其东移南下，常以西路、西北路径对我国西南地区的气温造成重要的影响[3]。

目前，对于西伯利亚高压强度的年代际变化特征以及外强迫因子的影响研究偏多。龚道溢等[4]指出，近百年来，西伯利亚高压在1960年代为最强的一段时期，从1980年代后期到1990年代则最弱；蓝柳茹[5]、Hasanean [6]等发现西伯利亚高压强度的异常变化与一些大气环流和外强迫因子有密切关系，如哈得莱环流、乌拉尔山阻塞高压、北极涛动、海温、海冰等。许多学者还研究了影响我国气温的因子。任菊章[7]等指出北极涛动以及中高纬海平面气压在海洋和陆地上反相分布对亚洲冬季气温的年代际变化有显著影响；章大全等[8]研究了季节内我国气温变化及影响因子，他指出中高纬环流异常和海温外强迫的影响使东亚季风偏强，进而使得2017/2018年冬季我国高原和西南地区气温异常增加。龚道溢等[9]的研究表明，冬季西伯利亚高压强度与我国冬季气温有很好的相关性。蓝柳茹等[5]研究了冬季西伯利亚高压与我国气温的关系，其中我国东北地区气温备受关注，而对其他地区气温的研究较少，尤其是西南地区。侯亚红等[10]指出，西伯利亚高压偏强、面积扩张时，冬季我国西南地区东部气温明显降低，对于西南地区西部气温变化并未做具体的描述和解释。因此，文章主要研究西伯利亚高压的变化特征及其与西南地区冬季气温的关系，试图揭示其中的影响机制。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 资料

文章使用的资料主要包括 National Centers for Environmental Prediction (NCEP)提供的 1948~2017 年逐月再分析资料, 资料的水平分辨率为  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  [11], 主要气象要素包括: 位势高度、风场、垂直速度和海平面气压; 1979 年 1 月~2017 年 12 月的 ERA-Interim 再分析资料的逐月 2 m 气温场, 水平分辨率为  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  [12]。

### 2.2. 西伯利亚高压特征指数的定义

参考武炳义等[13]定义西伯利亚高压指数的方法定义一个强度指数, 即求西伯利亚高压关键区 ( $40^\circ \sim 60^\circ \text{N}$ ,  $80^\circ \sim 120^\circ \text{E}$ )海平面气压的区域平均。

$$I = \frac{\sum P_i}{I * L} \quad (1)$$

参考侯亚红等[14]定义面积指数和位移指数。将海平面气压场 1023 hPa 等压线内的格点数之和称为西伯利亚高压面积指数。

$$A_M = \sum \delta(P_i - 1023) \quad (2)$$

其中  $\delta(P_i)$  是阶梯函数, 即  $\delta(P_i \geq 0) = 1$ ,  $\delta(P_i < 0) = 0$ 。

对 1023 hPa 等压线内格点的经度值、纬度值求加权平均, 得到西伯利亚高压经度指数、纬度指数。其中为  $L_i$ 、 $W_i$  是 1023 hPa 等压线内任意格点的经度、纬度值。

$$I_M = \frac{\sum (P_i * L_i)}{\sum P_i} \quad (3)$$

$$W_M = \frac{\sum (P_i * W_i)}{\sum P_i} \quad (4)$$

### 2.3. 研究方法

文章主要采用经验正交函数(EOF)、Mann-Kendall 法、一元线性回归分析、奇异值分解(SVD)和合成分析, 显著性检验采用 F 检验和 t 检验。

用西伯利亚高压的 3 个特征指数来研究其冬季年际变化和年代际变化, 特征指数的定义见第二节; 西伯利亚高压关键区为( $40^\circ \sim 60^\circ \text{N}$ ,  $80^\circ \sim 120^\circ \text{E}$ ); 西南地区包括四川、重庆、云南和贵州, 范围为( $21^\circ \sim 35^\circ \text{N}$ ,  $97^\circ \sim 110^\circ \text{E}$ )的地区。气温所用资料为 2 m 气温。文中冬季是指前一年 12 月至当年 2 月, 如 2017 年冬季指 2016 年 12 月、2017 年 1 月、2 月。

## 3. 西伯利亚高压的特征

### 3.1. 西伯利亚高压的空间特征

#### 3.1.1. 海平面气压场气候态

西伯利亚高压是北半球浅薄的冷高压系统, 海平面气压场的气候态(图 1)最明显的特征是在欧亚大陆上有一个较强的高压中心, 即西伯利亚高压, 该反气旋环流系统的中心一般位于蒙古北部, 但在冬季常常延伸至亚洲的大部分地区(图 1), 在其东侧的北太平洋上有一强大的低压中心, 即阿留申低压。由冬季北半球海平面气压场(图 1(a))可以看出, 在贝加尔湖和巴尔喀什湖之间有两个高压中心。西伯利亚高压在前冬(12~1 月份)最强, 其主体东扩南伸, 在后冬(2 月份)开始缩小减弱。为了进一步分析冬季西伯利亚高压关键区内的主要变化特征, 利用经验正交函数进行分析。

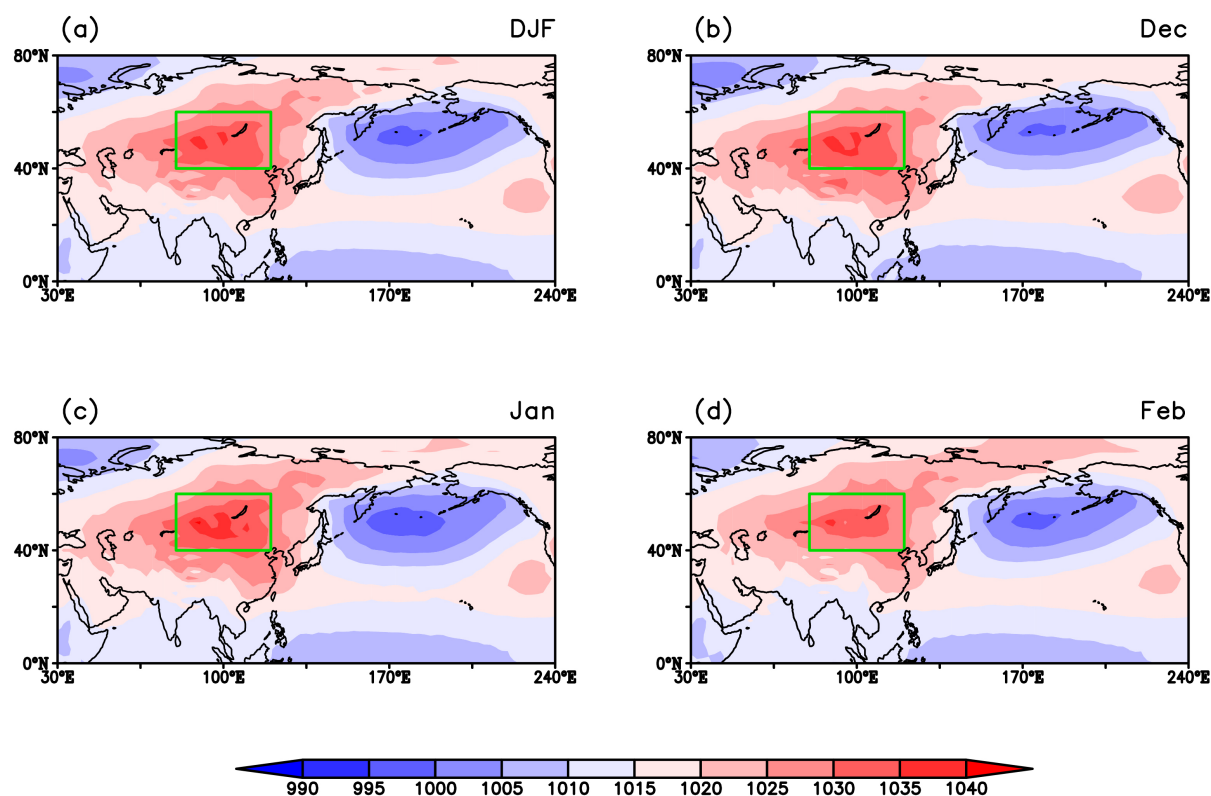
### 3.1.2. 西伯利亚高压的 EOF 分析

对西伯利亚高压关键区( $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ ,  $80^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ )的海平面气压场进行 EOF 展开, 得到前两个模态, 见图 2, 它们的累计方差贡献为 80.87%, 故认为这两个模态可以反映冬季西伯利亚高压的主要特征。

EOF1 的解释方差为 63.62%, 该模态的时间系数与西伯利亚高压强度指数的相关系数高达 0.99, 且贝加尔湖南侧的高中心与图 1 中西伯利亚高压气候态的高中心位置基本一致, 故该模态表征西伯利亚高压的强度特征。可知关键区内海平面气压值有两个中心, 分别位于蒙古和贝加尔湖东北部(图 2(a)); 相应的时间序列 PC1 有显著的年代际变化和年际变化, 与龚道溢[5]等的研究一致。EOF2 的解释方差为 17.25%, 该模态的时间系数与西伯利亚高压面积指数的相关系数达 0.88, 故该模态表征西伯利亚高压的移动特征。两个模态同位相迭加, 与冬季西伯利亚高压气候态的空间分布相吻合。故经验正交函数的前两个模态很好的反映了冬季西伯利亚高压强度的时空特征, 可以认为强度是其最重要的特征。

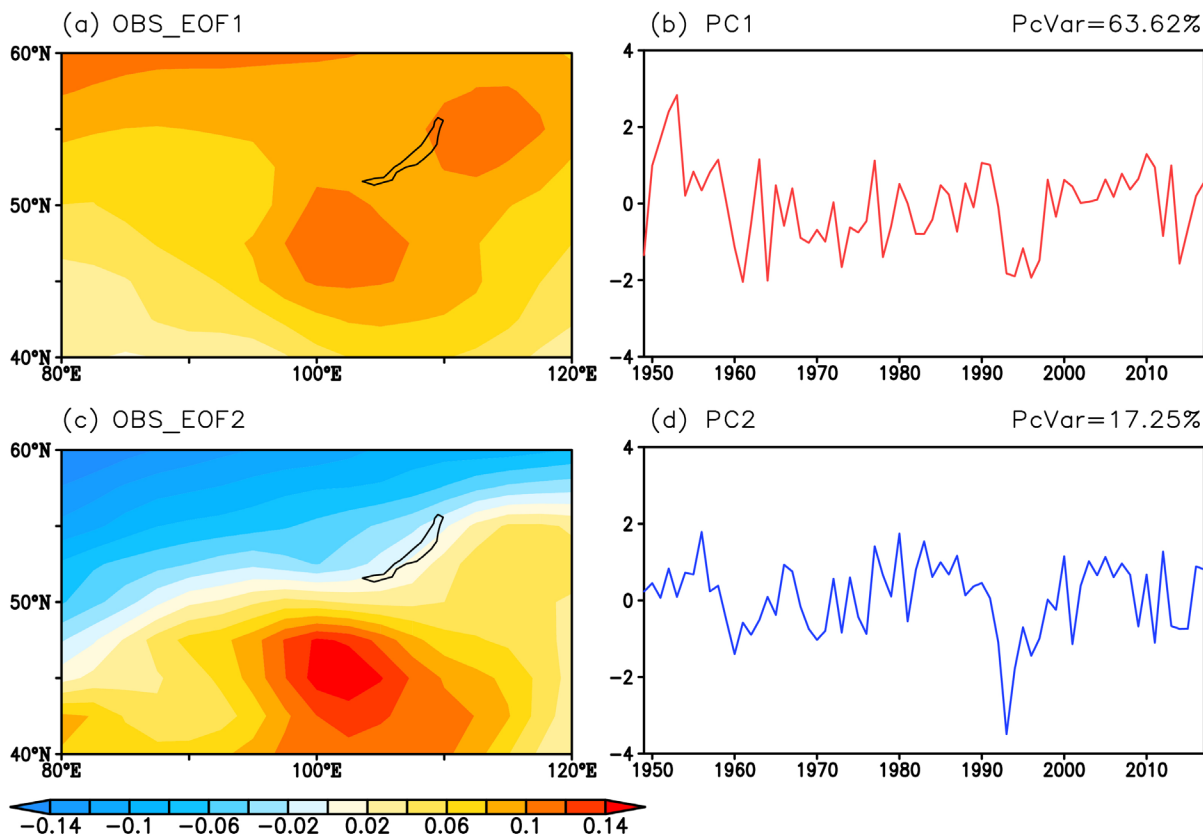
### 3.2. 西伯利亚高压的时间特征

由关键区 EOF 分析可知, 强度是西伯利亚高压最重要的特征。目前, 对西伯利亚高压强度指数的提法有很多, 蓝柳茹[5]、侯亚红[10]、武炳义[13]等均提出不同的定义方法, 但现研究多采用武的强度指数定义, 文章也采用他的定义进一步探究西伯利亚高压强度随时间的变化特征。采用公式(1)得到了冬季 69 年强度指数随时间的变化情况, 见图 3。西伯利亚高压在 1950~1970 年为持续强的时期, 80 年代起则为非常弱的时期, 90 年代后期以后又有增强的趋势。可见西伯利亚高压强度存在年代际变化。同时在 1950~1970 持续偏强, 其中, 1960 年左右又偏弱, 说明西伯利亚高压还存在显著的年际变化。



**Figure 1.** Sea level pressure field in winter and monthly from 1949 to 2017. The area enclosed by the green rectangles ( $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ ,  $80^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ ) shows the key region of Siberia high. (a) Winter (DJF); (b) December; (c) January; (d) February (Unit: hPa)

**图 1.** 1949~2017 年间冬季及逐月海平面气压场气候态, 其中绿色方框的区域( $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ ,  $80^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ )为西伯利亚高压关键区。(a) 冬季(DJF); (b) 12 月份; (c) 1 月份; (d) 2 月份(单位: hPa)



**Figure 2.** Spatial distributions of EOF1 (the first mode of empirical orthogonal function, a. EOF1, 63.62%) and EOF2 (the second mode of empirical orthogonal function, c. EOF2, 17.25%), and the corresponding time coefficient sequences (b. PC1, d. PC2) of sea level pressure field from 1949 to 2017 in the key region of Siberia high

**图 2.** 1949~2017 年冬季西伯利亚高压关键区内海平面气压场的经验正交函数分解的第一模态(a. EOF1, 63.62%)和第二模态的空间分布(c. EOF2, 17.25%)及其对应的时间变化(b. PC1, d. PC2)

具体分析各个月份(图 3(b)~(d))的变化可以看出, 西伯利亚高压在 12 月和 1 月最强, 2 月开始减弱, 这与气候态所表现的情况一致。

为分析强度指数的变化趋势及其突变情况, 对 1949~2017 年冬季强度指数的时间序列进行 Mann-Kendall 检验(图 4)。根据两曲线交点的位置, 确定西伯利亚高压强度指数在 70 年代减弱是突变现象。

西伯利亚高压是影响我国冬季气温的关键性因素, 研究表明它偏强时我国冬季大部分地区气温显著下降, 这不仅和强度增加有关, 除此之外, 它的东西移动、南伸北撤会影响寒潮进入我国的路径, 进而影响气温变化。以前寒潮入侵我国以西北路径为主, 但是近年来西北路径减少, 偏西路径增多, 这可能与西伯利亚高压面积变化和位置移动有关, 所以我们进一步研究其面积指数和移动指数以及它们和强度指数的关系。

从西伯利亚高压面积指数(表 1)随时间的变化中可以看出与强度指数(表 1)类似的情况, 即存在明显的年际变化和年代际变化。1950~1971 年, 面积扩张, 1972 年以后面积指数在平均值上下波动, 呈现在振动中先减小后加强的趋势, 其中 1987~1999 大部分在平均值之下, 近年来又有缩小的趋势。

将指数大于 1 (小于-1)倍标准差的年份作为强年(弱年)可以看出, 强度指数和面积指数有很好的一致性。即西伯利亚高压偏强的年份, 面积明显扩张, 强度偏弱时伴随着面积减小。经度指数和纬度指数(表 2)同样也有年际变化和年代际变化。对比表 2 中经度、纬度指数的强、弱年份发现, 在偏强的年份, 西伯利亚高压表现为东进南伸, 偏弱的年份, 表现为西退北撤。经度指数与面积指数、强度指数的强弱年

对应较好，而纬度指数对应情况一般。

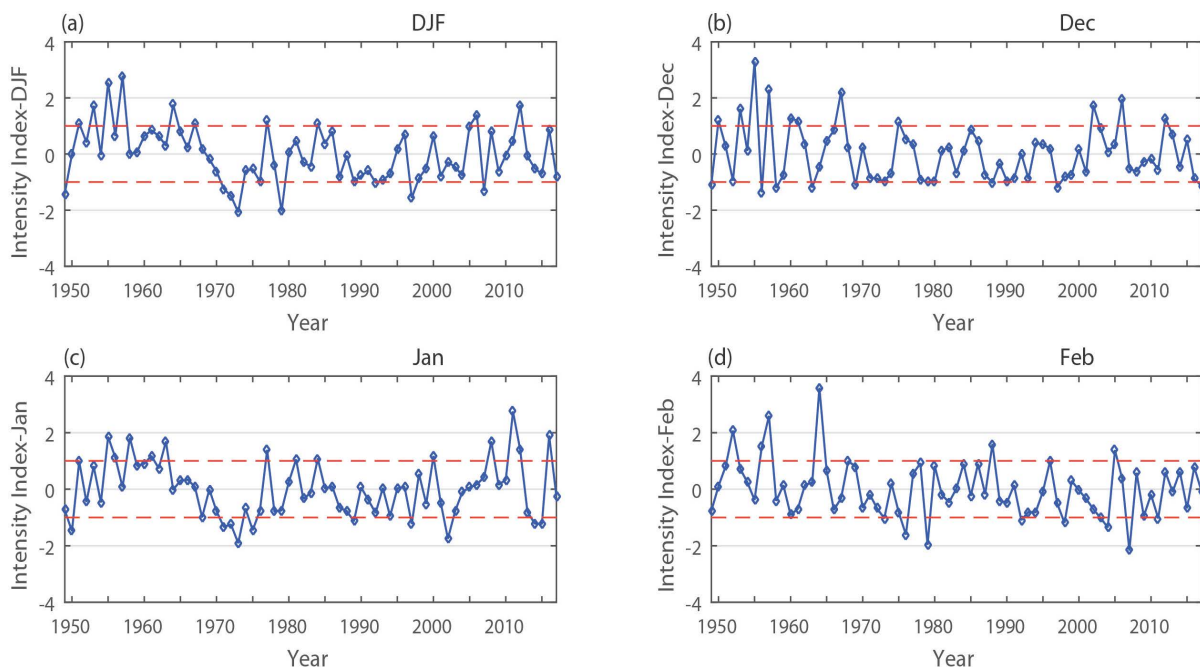
从以上分析可以看出，3个特征指数的变化趋势有较好的一致性，在1950s到1970s，西伯利亚高压处于最强的一段时期，它明显的特征是中心强度增加，面积扩大，且向南、向东扩张。70年代后期开始减弱，到80年代后期在振荡中先减弱后增强，但在2015年后又减弱。

西伯利亚高压是影响我国冬季气温的关键性因素，研究表明它偏强时我国冬季大部分地区气温显著下降，这不仅和强度增加有关，除此之外，它的东西移动、南伸北撤会影响寒潮进入我国的路径，进而影响气温变化。以前寒潮入侵我国以西北路径为主，但是近年来西北路径减少，偏西路径增多，这可能与西伯利亚高压面积变化和位置移动有关，所以我们进一步研究其面积指数和移动指数(图5)以及它们和强度指数的关系。

从西伯利亚高压面积指数随时间(表1)的变化中可以看出与强度指数(表1)类似的情况，即存在明显的年际变化和年代际变化。1950~1971年，面积扩张，1972年以后面积指数在平均值上下波动，呈现在振动中先减小后加强的趋势，其中1987~1999大部分在平均值之下，近年来又有缩小的趋势。

将指数大于1(小于-1)倍标准差的年份作为强年(弱年)可以看出，强度指数和面积指数有很好的一致性。即西伯利亚高压偏强的年份，面积明显扩张，强度偏弱时伴随着面积减小。经度指数和纬度指数同样也有年际变化和年代际变化。对比表2中经度、纬度指数的强、弱年份发现，在偏强的年份，西伯利亚高压表现为东进南伸，偏弱的年份，表现为西退北撤。经度指数与面积指数、强度指数的强弱年对应较好，而纬度指数对应情况一般。

从以上分析可以看出，3个特征指数的变化趋势有较好的一致性，在1950s到1970s，西伯利亚高压处于最强的一段时期，它明显的特征是中心强度增加，面积扩大，且向南、向东扩张。70年代后期开始减弱，到80年代后期在振荡中先减弱后增强，但在2015年后又减弱。

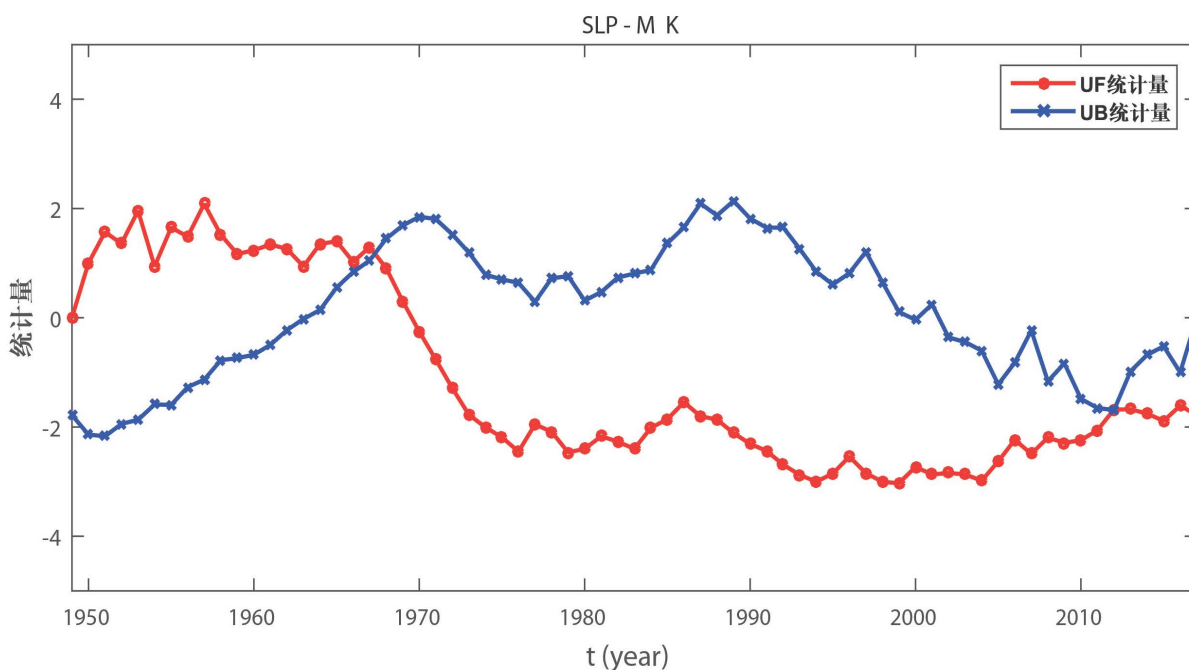


**Figure 3.** Standardized time series of Siberia high intensity index in winter from 1949 to 2017; (a) winter (DJF); (b) December; (c) January; (d) February

**图3.** 1949~2017年冬季及逐月强度指数的标准化时间序列(红色虚线为 $\pm 1$ 倍标准差); (a) 冬季(DJF); (b) 12月份; (c) 1月份; (d) 2月份

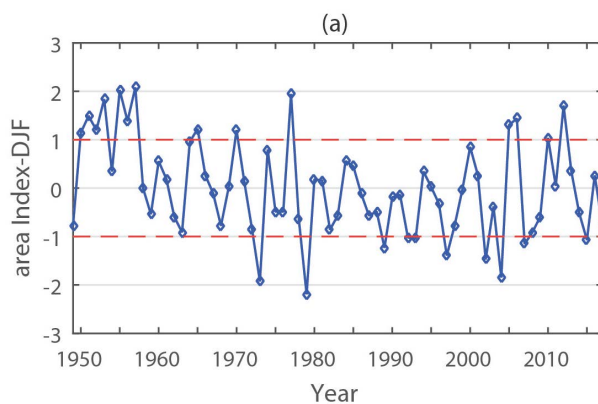
**Table 1.** Strong and weak years of intensity index and area index  
**表 1.** 强度指数和面积指数强、弱年年份

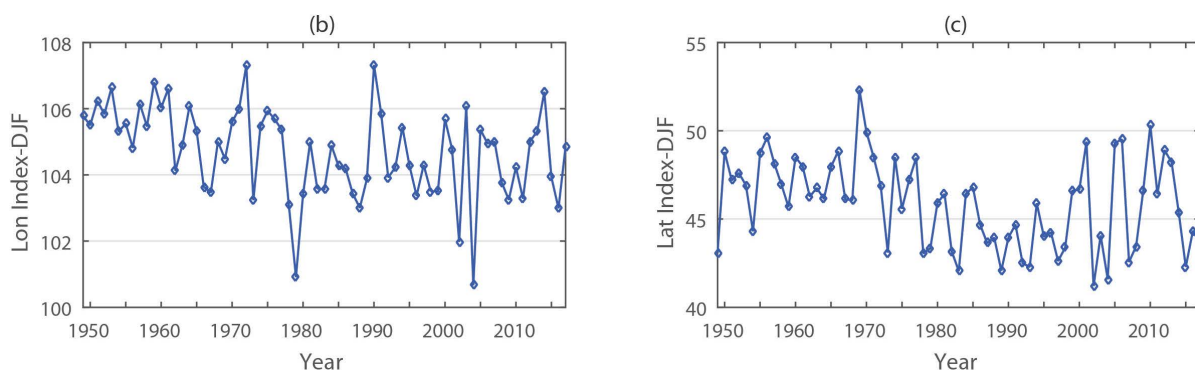
|      |         |      |      |      |      |      |      |      |
|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| 强度指数 | 强年(>1)  | 1951 | 1953 | 1955 | 1957 | 1964 | 1967 | 1977 |
|      |         | 1984 | 2006 | 2012 |      |      |      |      |
|      | 弱年(<-1) | 1949 | 1971 | 1972 | 1973 | 1979 | 1992 | 1997 |
|      |         | 2007 |      |      |      |      |      |      |
| 面积指数 | 强年(>1)  | 1951 | 1953 | 1955 | 1956 | 1957 | 1965 | 1977 |
|      |         | 2000 | 2005 | 2006 | 2012 |      |      |      |
|      | 弱年(<-1) | 1949 | 1972 | 1973 | 1979 | 1989 | 1992 | 1993 |
|      |         | 1997 | 2002 | 2004 | 2007 | 2017 |      |      |



**Figure 4.** Mann-Kendall test curve of Siberia high intensity from 1949 to 2017

**图 4.** 1949~2017 年西伯利亚高压强度指数的 Mann-Kendall 检验统计量





**Figure 5.** Standardized time series of Siberia high characteristic variables in winter from 1949 to 2017. (a) Area index, (b) Longitude index, (c) Latitude index. The red dotted line in a is  $\pm 1$  standard deviation

**图 5.** 1949~2017 年冬季西伯利亚高压特征量的标准化时间序列: (a)面积指数, (b)经度指数, (c)纬度指数, (a)中红色虚线为 $\pm 1$  倍标准差

**Table 2.** Strong and weak years of longitude index and latitude index

**表 2.** 经度指数和纬度指数强、弱年年份

|      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 经度指数 | 强年(>1)  | 1951 | 1953 | 1957 | 1959 | 1961 | 1964 | 1972 | 1990 |
|      |         | 2003 | 2014 |      |      |      |      |      |      |
|      | 弱年(<-1) | 1973 | 1978 | 1979 | 1988 | 2002 | 2004 | 2009 | 2011 |
|      |         | 2016 |      |      |      |      |      |      |      |
| 纬度指数 | 强年(>1)  | 1950 | 1955 | 1956 | 1960 | 1966 | 1969 | 1970 | 1971 |
|      |         | 1974 | 1977 | 2001 | 2005 | 2006 | 2010 | 2012 |      |
|      | 弱年(<-1) | 1949 | 1973 | 1978 | 1979 | 1982 | 1983 | 1989 | 1992 |
|      |         | 1993 | 1997 | 1998 | 2002 | 2004 | 2007 | 2015 |      |

## 4. 西伯利亚高压强度指数与西南地区冬季气温的关系

罗晨艺[15]指出,在全球持续变暖的过程中,西南地区冬季气温增暖明显,且存在显著年代际变化。但不同区域的气温变化不尽相同,屠其璞[16]等研究表明 1980 年以来,四川西部和云南西部以及青藏高原冬季升温,而我国四川东部、贵州等地冬季降温明显[7]。太阳辐射、地形地貌以及大气环流的相互作用是某一地区气候形成的原因,其中大气环流是根本过程,而西伯利亚高压作为东亚冬季风的主要成员,对我国冬季气温及寒潮天气过程产生影响。

### 4.1. 西南地区冬季气温的时空变化特征

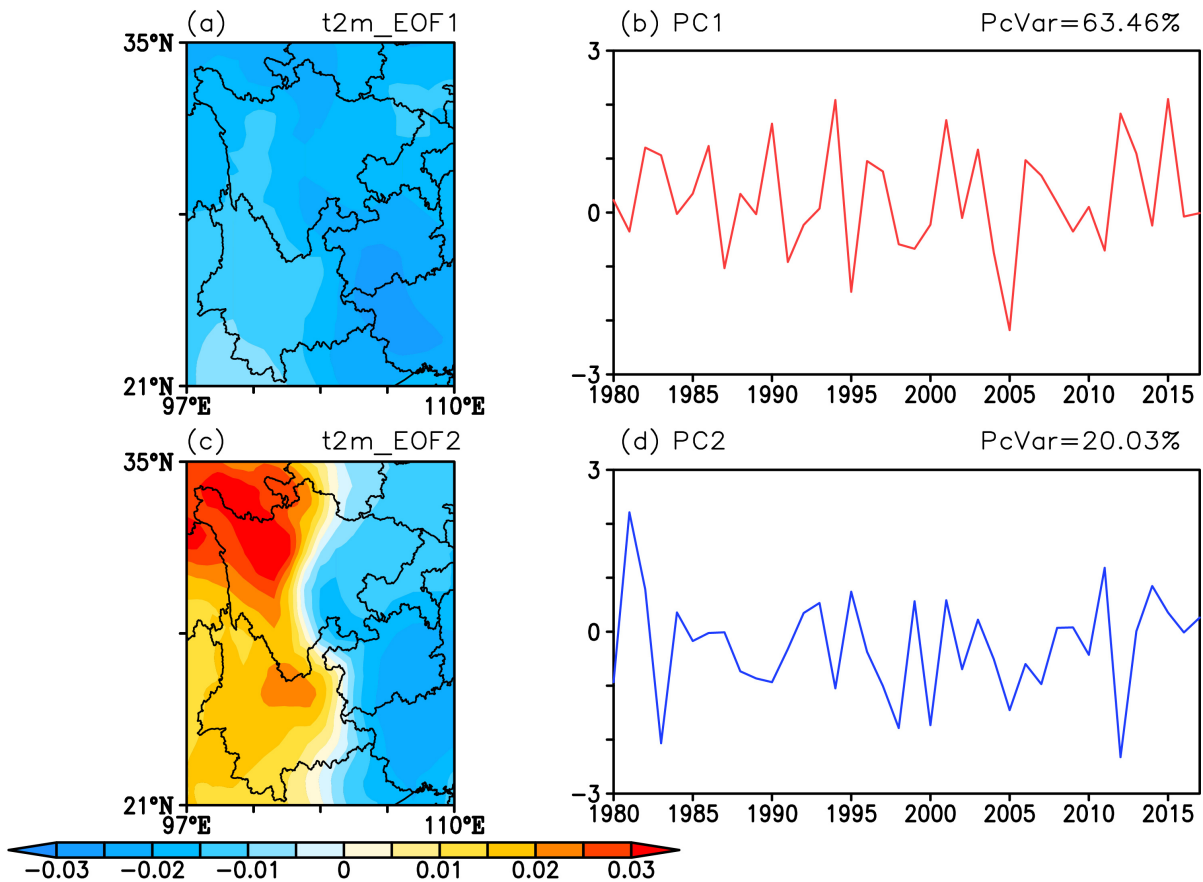
由于 70 s 西伯利亚高压强度有一年代际变化,所以以下讨论从 1980 年开始。将西南地区冬季气温进行 EOF 展开,得到前两个模态,见图 6 可以认为这两个模态表现了西南地区冬季气温的主要特征。

EOF1 显示西南地区气温呈现全区变化一致的特征。EOF2 中,西南地区气温呈现东西反相的变化特征,大约以  $103^{\circ}\text{E}$  为界,西南地区东部气温偏冷时,西部地区偏暖(图 6(c)),这与蒋兴文[17]等得出的结论一致。侯亚红[14]等研究西伯利亚高压与中国冬季气温关系时指出,西伯利亚高压偏强时,西南地区东部显著降温,与中国大部分地区气温变化一致,而西部地区尚未有研究。接下来我们将西伯利亚高压强度指数回归到西南地区,进一步讨论二者的联系。



### 4.2. 西伯利亚高压强度指数回归西南地区的分析

回归分析主要是探究强度指数和温度的关系。大约以 103°E 为界，强度指数与西南地区气温的回归系数呈现东西反相的空间分布(图 7)。东部为负相关区，通过 90%显著性检验，西部为正相关区。所以强度指数与西南地区东部存在着很好的线性相关关系(图 7)。我们可以看到，西南地区冬季气温第二模态的空间分布与该回归分析的空间分布非常相似，认为西伯利亚高压的活动造成了西南地区冬季气温东西反相变化这一特征。当西伯利亚高压异常强大的年份，我国西南地区东部气温偏低而西部气温异常增暖。东部地区由于冷空气从关键区经新疆、青海、西藏高原东南侧南下，引起降温天气[4]，这与我国冬季大部分地区气温变化基本一致。为了进一步确定强度指数与这种东西反相变化的关系，我们利用 SVD 方法具体分析两个场之间的变化关系。

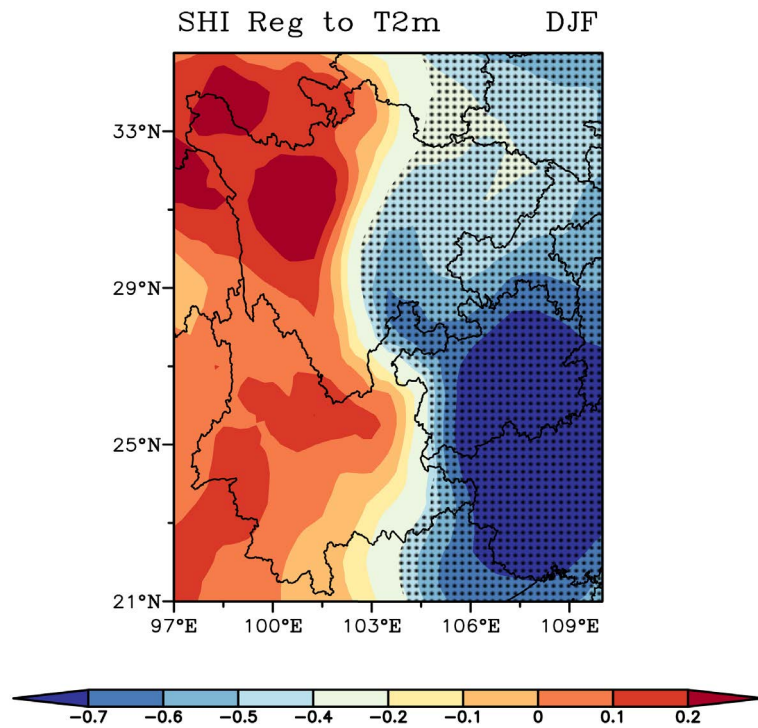


**Figure 6.** Spatial distributions of EOF1 (the first mode of empirical orthogonal function, a. EOF1) and EOF2 (the second mode of empirical orthogonal function, c. EOF2), and the corresponding time coefficient sequences (b. PC1, d. PC2) of winter temperature from 1949 to 2017 in southwestern China

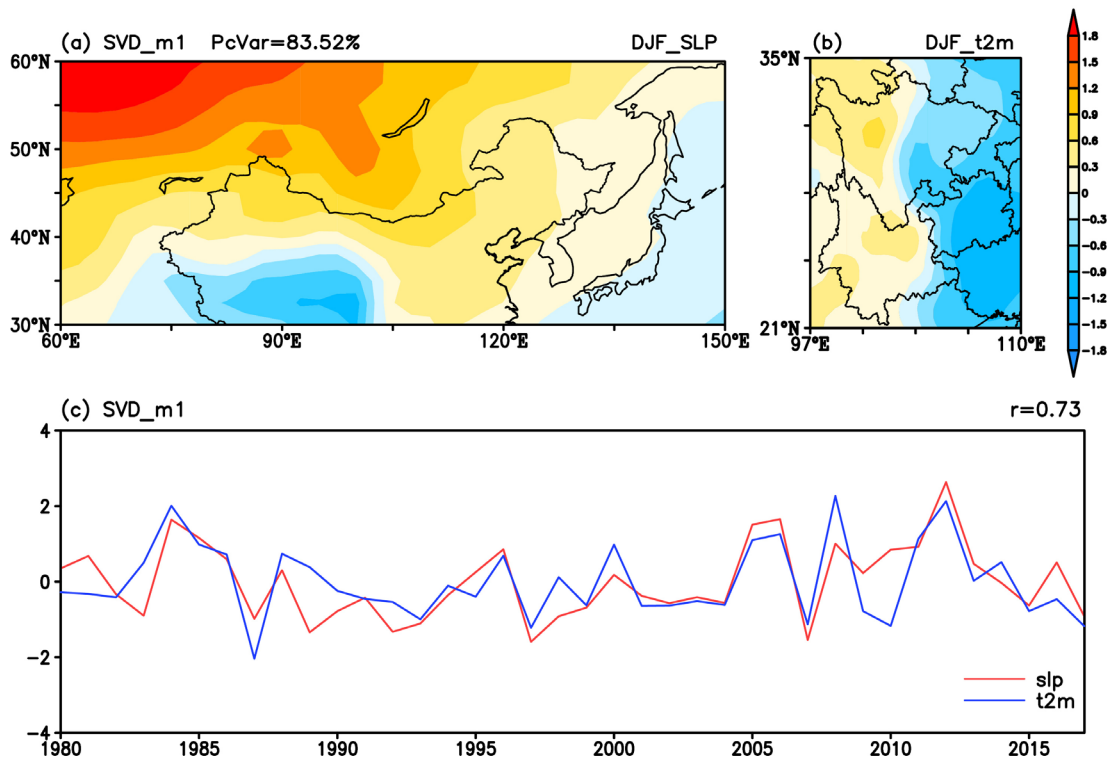
**图 6.** 1949~2017 年西南地区冬季气温的经验正交函数分解的第一模态(a. EOF1)和第二模态的空间分布(c. EOF2)及其对应的时间变化(b. PC1, d. PC2)

### 4.3. 正文西伯利亚高压与西南地区气温的 SVD 分析

从海平面气压场和气温场分解出的第一个空间分布模态(见图 8)的解释方差为 83.52%，且两个要素场空间分布型的时间系数的相关系数为 0.75，超过了 95%的显著性检验，说明这两个场关系密切。这对空间分布表明西伯利亚高压偏强(弱)，我国西南地区东部气温偏低(高)而西部气温偏高(低)，反之亦然。



**Figure 7.** Intensity index regresses to winter temperature in southwestern China (The shaded are as represent 90% confidence level)  
**图 7.** 强度指数回归到西南地区温度(阴影为置信度通过 90%显著性检验的区域)



**Figure 8.** The first mode of SVD for the sea level pressure field (a) and winter temperature (b) in southwestern China with their time coefficients (c)  
**图 8.** 海平面气压场(a)与西南地区冬季气温(b)的 SVD 第一模态空间变量型及相对应的时间序列 PCI (c)

#### 4.4. 西伯利亚高压对西南地区气温的影响机制

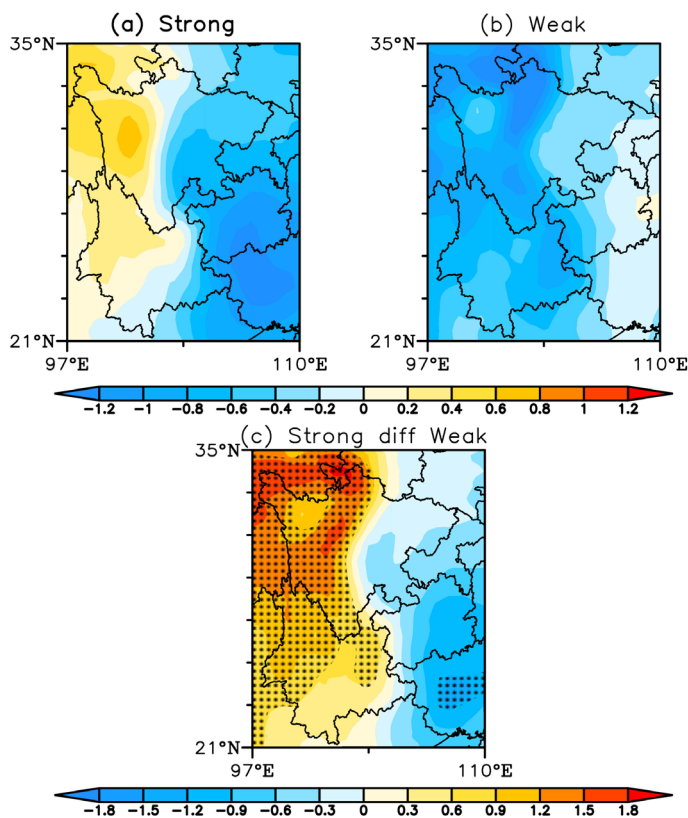
##### 4.4.1. 西南地区气温的合成分析

为了分析西伯利亚高压强度指数强、弱年西南地区气温在空间上的对应性,给出了强年、弱年气温的分布图(图 9)。由图 9(c)可以看出,气温差值场呈现东部为正区,西部为负区的分布,说明西伯利亚高压异常强大时,西南地区东部(贵州大部、重庆和四川东南部)气温异常降低,而西部温度则显著升高。反之亦然。与 SVD 分析第一模态(图 8(b))得出的结论相一致。

##### 4.4.2. 大气环流特征分析

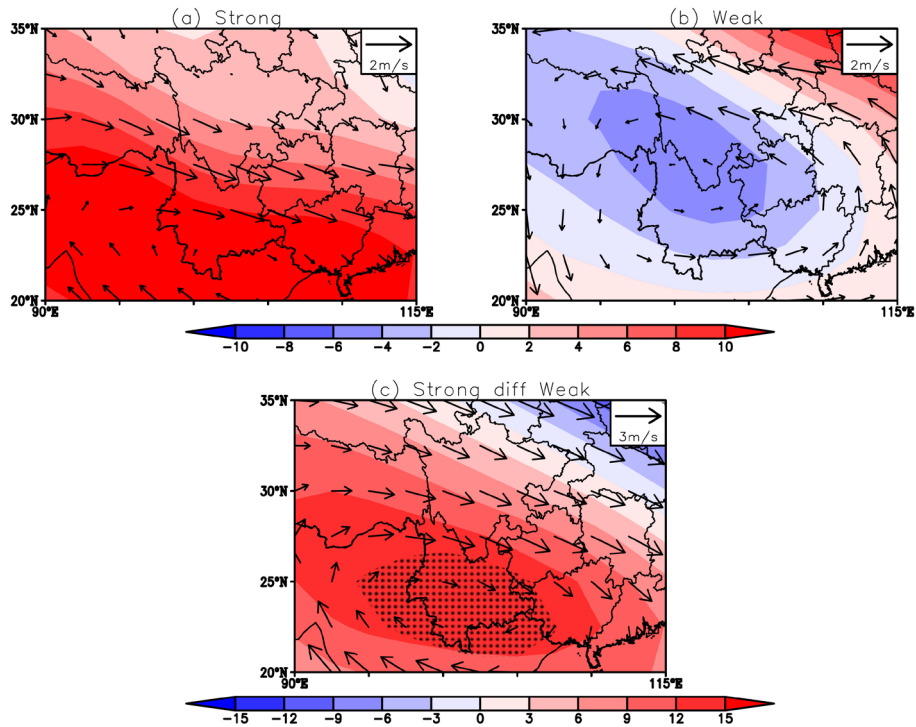
由图 10~14 可以看出,对于西南地区西部,强年对流层低层为低中心,有气流辐合上升,而弱年辐合较弱;强年西部为西南气流,东部为强的偏北气流;弱年,西部为东南气流,东部为西北气流;所以强年西南地区西部的西南气流比弱年强,东部的偏北气流比弱年强,西南气流暖湿,对西部地区增温作用明显。在对流层中层,强年西南地区为反气旋控制,西部地区为下沉气流,弱年为气旋式环流控制,西部地区为上升气流。

因此强年,西部地区对流层低层有气流辐合上升,高层有气流的辐散下沉,冷空气聚集在 925 hPa 到 500 hPa 之间,未到达地面,且强年西南气流偏强,所以,由于西伯利亚高压导致的西南地区西部冷空气活动和垂直运动异常,西伯利亚高压强年西南地区西部气温偏高。



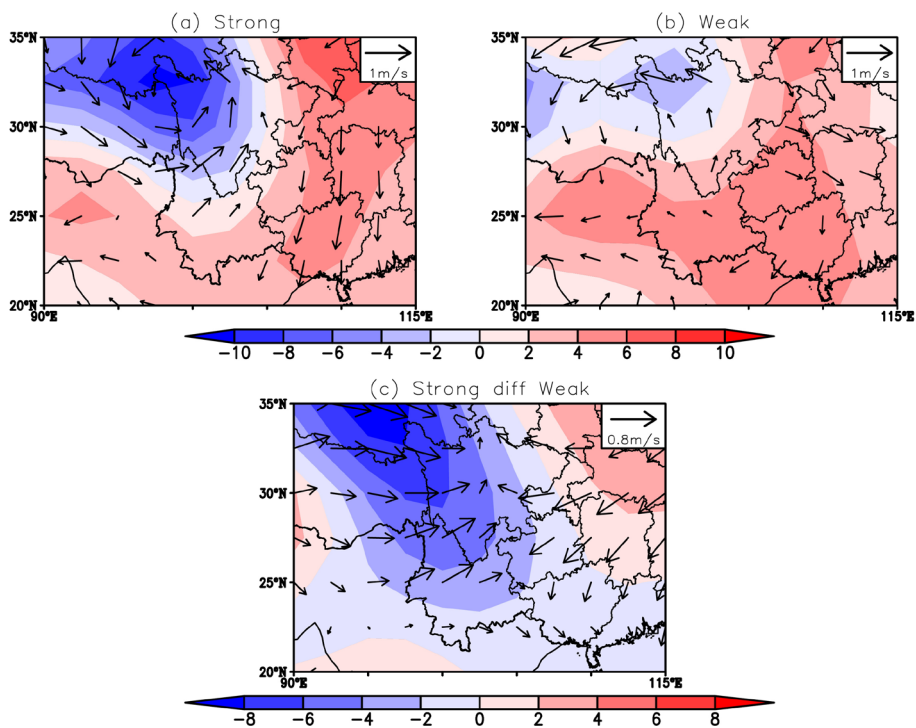
**Figure 9.** Composite patterns of winter temperature for strong years and weak years, and the differences (strong minus weak years) distribution of it. The shaded areas represent 90% confidence level (Unit: °C)

**图 9.** 强度指数强年(a), 弱年(b)冬季平均气温场(参考时间为 1980~2017 年)的合成分布, 以及二者的差值场, 打点为通过 90% 的显著性检验(单位: °C)



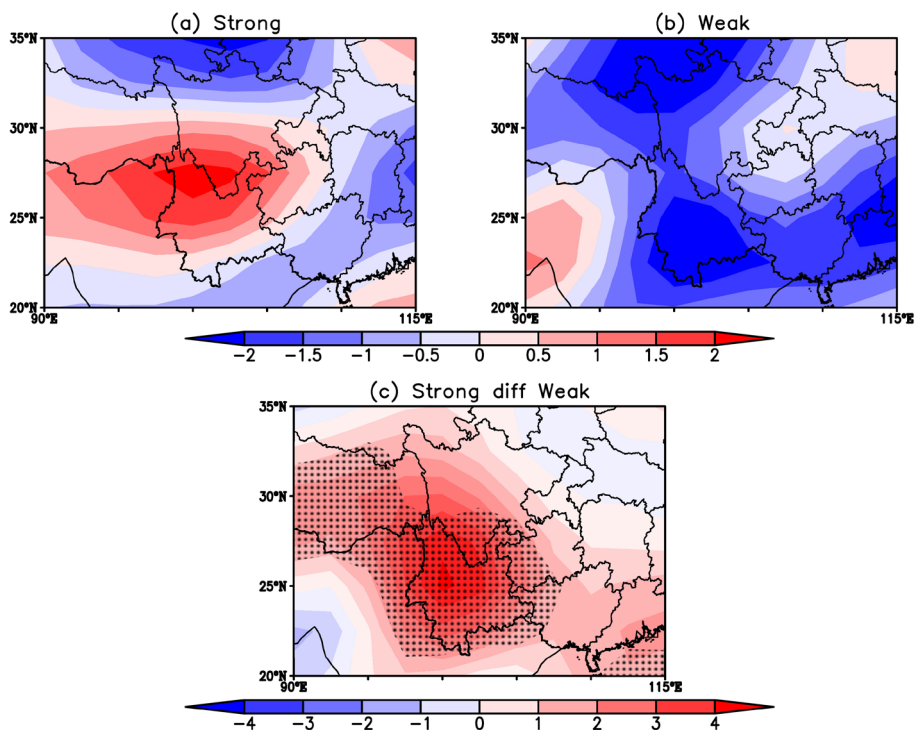
**Figure 10.** Composite patterns of geopotential height (Unit: gpm) and wind (Unit: m/s) at 500 hPa in winter for strong years and weak years, and the differences (strong minus weak years) distribution of it. The shaded areas represent 90% confidence level

**图 10.** 强度指数强年(a), 弱年(b)冬季平均 500 hPa 位势高度场(单位: gpm)和风场(单位: m/s) (参考时间为 1980~2017 年)的合成分布, 以及二者的差值场, 打点为通过 90%的显著性检验



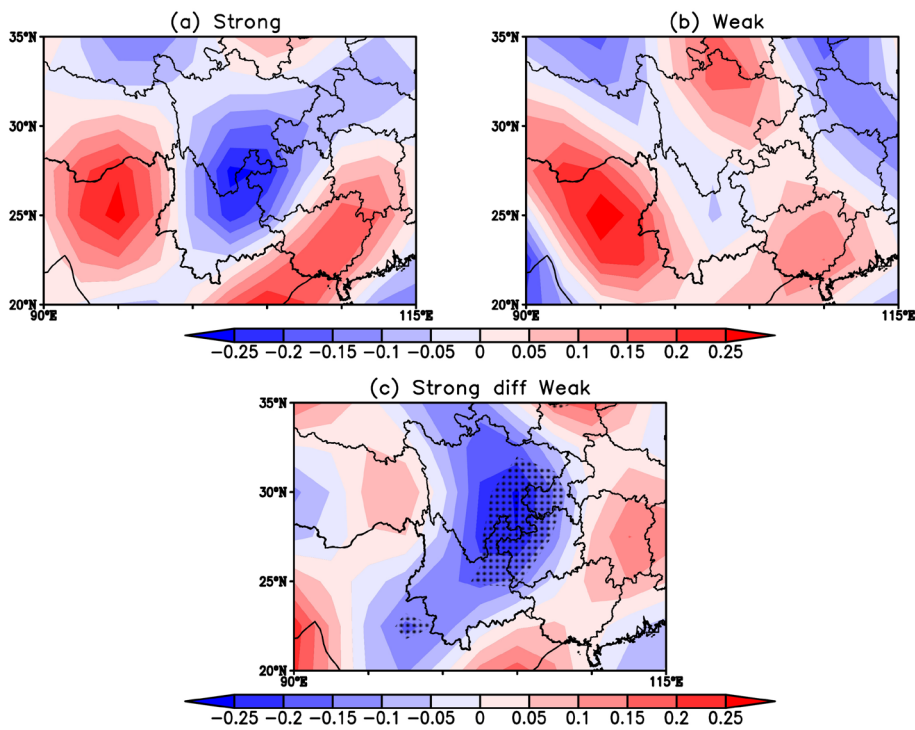
**Figure 11.** Same as Figure 10, but for 925 hPa

**图 11.** 同图 10, 但为 925 hPa 位势高度场(单位: gpm)和风场(单位: m/s)



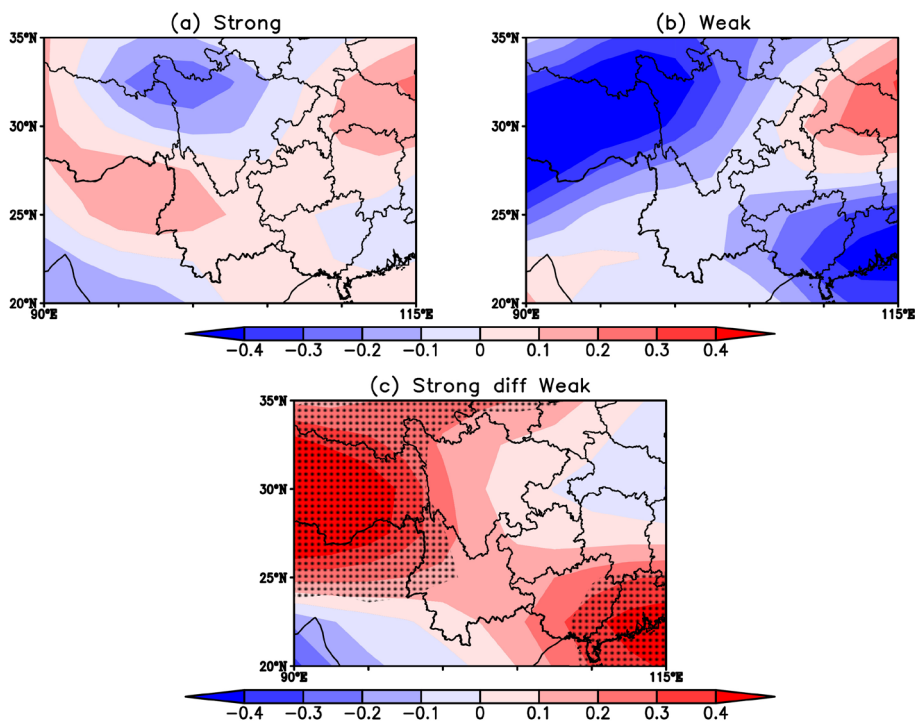
**Figure 12.** Same as Figure 10, but for pressure vertical velocity at 500 hPa (Unit: 0.01 Pa/s; the shaded areas represent 90% confidence level)

**图 12.** 同图 10, 但为 500 hPa 垂直速度场(单位: 0.01 Pa/s; 打点为通过 90%的显著性检验)



**Figure 13.** Same as Figure 10, but for divergence at 850 hPa (Unit:  $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ; the shaded areas represent 90% confidence level)

**图 13.** 同图 10, 但为 850 hPa 散度场(单位:  $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ; 打点为通过 90%的显著性检验)



**Figure 14.** Same as Figure 10, but for divergence at 400 hPa (Unit:  $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ; The shaded areas represent 90% confidence level)

**图 14.** 同图 10, 但为 400 hPa 散度场(单位:  $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ; 打点为通过 90% 的显著性检验)

## 5. 结论

利用 1948~2017 年的多种资料, 讨论了西伯利亚高压的变化特征及其对西南地区气温的影响, 得出主要结论如下:

1) 冬季西伯利亚高压的中心一般位于蒙古北部, 延伸至亚洲的大部分地区。12 月到 1 月其强度增强, 2 月开始减弱。它的特征指数有明显的年际变化和年代际变化, 3 个特征指数之间较为配合, 其中强度指数、面积指数、经度指数一一对应关系较好。在 1950 s 到 1970 s, 西伯利亚高压处于最强的一段时期, 到 80 年代后期高压在振荡中先减弱后增强, 1990 s 是最弱的时期, 但在近年来又有所减弱。西伯利亚高压强度是其最重要的特征。

2) 西南地区冬季气温变化主要分为全区变化一致型和东西反相变化型。西伯利亚高压与西南地区冬季气温东西反相变化型关系密切, 且其强度指数和这种变化型有较好的线性相关关系。西伯利亚高压偏强时, 西南地区东部气温显著偏低, 西部气温则偏高。

3) 西南地区冬季气温东西反相变化型与冷空气活动有关。西伯利亚高压导致环流场异常, 西伯利亚高压偏强时, 西南地区西部低层西南风异常强大, 且高层为高中心, 辐散, 有下沉气流, 低层为低中心, 辐合, 有上升气流, 冷空气聚集在 925~500 hPa 之间, 未到达地面, 故气温偏高; 反之亦然。

这种大气环流异常可能还与北半球环状模、西太平洋副热带高压的东退、西伸有关, 具体内容有待未来进一步研究。

## 参考文献

- [1] 张剑光. 西南区气候基本特征及其成因[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 1988(1): 153-162.
- [2] 熊光洁. 近 50 年中国西南地区不同时间尺度干旱气候变化特征及成因研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州大

- 学, 2013.
- [3] 朱乾根. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [4] 龚道溢, 王绍武. 西伯利亚高压的长期变化及全球变暖可能影响的研究[J]. 地理学报, 1999(2): 125-133.
- [5] 蓝柳茹, 李栋梁. 西伯利亚高压的年际和年代际异常特征及其对中国冬季气温的影响[J]. 高原气象, 2016, 35(3): 662-674.
- [6] Hasanean, H.M., Almazroui, M., Jones, P.D. and Alamoudi, A.A. (2013) Siberian High Variability and Its Teleconnections with Tropical Circulations and Surface Air Temperature over Saudi Arabia. *Climate Dynamics*, **41**, 2003-2018. <https://doi.org/10.1007/s00382-012-1657-9>
- [7] 任菊章, 据建华, 赵刚. 亚洲冬季地表气温与北半球海平面气压场的关系[J]. 气候与环境研究, 2003, 8(4): 436-442.
- [8] 章大全, 宋文玲. 2017/2018年冬季北半球大气环流特征及对我国天气气候的影响[J]. 气象, 2018, 44(7): 969-976.
- [9] 龚道溢, 王绍武. 近百年北极涛动对中国冬季气候的影响[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 559-568.
- [10] 侯亚红, 杨修群, 李刚. 冬季西伯利亚高压变化特征及其与中国气温的关系[J]. 气象科技, 2007, 35(5): 646-650.
- [11] Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., et al. (1996) The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **77**, 437-472.
- [12] Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., et al. (2011) The ERA-Interim Reanalysis: Configuration and Performance of the Data Assimilation System. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **137**, 553-597. <https://doi.org/10.1002/qj.828>
- [13] Wu, B. and Wang, J. (2002) Winter Arctic Oscillation, Siberian High and East Asian Winter Monsoon. *Geophysical Research Letters*, **29**, 3-1-3-4.
- [14] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [15] 罗晨艺. 1961-2010年西南地区气温和降水变化分析[C]//贵州省气象学会. 贵州省气象学会2018年学术年会论文集: 2018年卷. 贵阳: 贵州省气象学会, 贵州省科学技术协会, 2018: 8.
- [16] 屠其璞, 邓自旺, 周晓兰. 中国气温异常的区域特征研究[J]. 气象学报, 2000, 58(3): 288-296.
- [17] 蒋兴文, 李跃清. 西南地区冬季气候异常的时空变化特征及其影响因子[J]. 地理学报, 2010, 65(11): 1325-1335.