

孙晓娟,王盘兴,智海,等. 2011. 阿留申低压四种环流指数的分析和比较[J]. 大气科学学报,34(1):74-84.

Sun Xiao-juan, Wang Pan-xing, Zhi Hai, et al. 2011. Analysis and comparison of four kinds of circulation indices of Aleutian Low[J]. Trans Atmos Sci,34(1):74-84.

阿留申低压四种环流指数的分析和比较

孙晓娟,王盘兴,智海,郭栋

(南京信息工程大学 大气科学学院,江苏 南京 210044)

摘要:分析和比较了20世纪90年代以来不同学者提出的阿留申低压(Aleutian Low, AL)四种强度指数($I_i, i=1, 4$)、两种中心位置指数($\lambda_i, \varphi_i, i=3, 4$)的时频特征及其与同期北半球太平洋海面温度、气温、降水的相关联系。结果表明:1)强度指数 $I_i, i=2, 4$ 演变特征最相似;20世纪70年代中期之前AL偏弱,之后AL偏强;近年来又出现AL偏弱趋势。因 I_1 为5个月平均场中AL的强度指数,故它与 $I_i, i=2, 4$ 差别较大。2)两种中心位置指数地理分布区域($\lambda_{c3}, \varphi_{c3}$)大于($\lambda_{c4}, \varphi_{c4}$),这与平均时段长短及中心位置指数定义差别有关。 λ_{c4} 由偏西转向偏东较 λ_{c3} 提早约5 a,它与 $I_i, i=2, 4$ 的一致性更好。3)在强El Niño事件中,AL加强、中心位置偏东,强La Niña事件则相反。强度指数 I_2, I_4 和位置指数 λ_{c4} 反映上述关系较好。4)AL偏强、偏东年,中纬北太平洋区域低温、少雨,北太平洋东北部至北美西北部气温偏高、降水偏多,而北美南部气温偏低、降水偏少;反之亦然。

关键词:阿留申低压;环流指数比较;演变规律;太平洋海表温度异常;气候异常

中图分类号:P434 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-7097(2011)01-0074-11

Analysis and comparison of four kinds of circulation indices of Aleutian Low

SUN Xiao-juan, WANG Pan-xing, ZHI Hai, GUO Dong

(School of Atmospheric Sciences, NUIST, Nanjing 210044, China)

Abstract: The time-frequency characteristics of four intensity indices $I_i (i=1, 4)$ and two center position indices ($\lambda_i, \varphi_i; i=3, 4$) of the Aleutian low (AL) proposed by different scholars since the 1990's are analyzed and compared in this paper, and their correlation relationships with the sea surface temperature (SST) of the Pacific Ocean, air temperature and precipitation in the Northern Hemisphere during the same period are investigated. The results show that evolutionary features of $I_i (i=2, 4)$ are mostly similar; the AL was weaker before the mid-1970's, then stronger, and becomes weaker again in recent years; larger differences existed between I_1 and $I_i (i=2, 4)$ probably because I_1 is defined according to the 5-month mean pressure field. The geographic distributive range of the appearance of the center position of the AL determined by ($\lambda_{c3}, \varphi_{c3}$) is larger than that by ($\lambda_{c4}, \varphi_{c4}$), which might be caused by the differences in the length of average time period and the different definitions of the center position between them; and it is about 5-yr earlier for λ_{c4} to turn from the negative position anomaly phase to the positive one than the time when λ_{c3} did, and the tuning time of λ_{c4} is also more consistent with the tran-

收稿日期:2010-05-12;改回日期:2010-09-02

基金项目:江苏省普通高校研究生科研创新计划资助项目(CX10B_288Z);国家科技支撑计划项目(2008BAC48B02)

作者简介:孙晓娟(1978—),女,山东烟台人,博士生,讲师,研究方向为大气环流异常、短期气候预测、数据库技术应用, sxjzy709@nuist.edu.cn;王盘兴(通信作者),教授,博士生导师,研究方向为大气环流异常、短期气候预测, wangpx@nuist.edu.cn.

sition time of intensity indices $I_i (i=2,4)$. In strong El Niño events, the AL strengthened with its center shifting eastward; and vice versa in La Niña events. In this respect, intensity indices I_2 and I_4 and position indices λ_{c4} and λ_{c3} are comparatively better. When the AL was stronger ($\bar{I}'_i < 0$) and lay eastward of its normal position ($\bar{\lambda}'_{ci} > 0$), it was colder and drier in the mid-latitude North Pacific region and the southern area of North America, but warmer and wetter in the northeast area of North Pacific, and vice versa.

Key words: Aleutian Low; comparison of circulation indices; evolutionary principle; anomalies of SST in Pacific; climate anomaly

0 引言

阿留申低压(Aleutian Low, AL)是冬季中心位于北太平洋阿留申群岛附近的副极地气旋,是北半球主要的半永久性大气活动中心之一,其强度和位置异常对北半球的天气、气候异常有重要的影响(Latif and Bernett, 1994; Trenberth and Hurrell, 1994; 郭冬和孙照渤, 2004)。已有研究(Trenberth, 1990; Latif and Bernett, 1994; Trenberth and Hurrell, 1994; Overland et al., 1999)指出,阿留申低压中心东、西部的南北气流的位置、强弱变化直接影响着极地和温带太平洋之间的热量交换,而其南部西风气流的强弱直接影响着西风漂流的强度,所以气象学家十分关注AL异常规律的研究。

在AL的气候及异常研究中,学者们提出了多种AL环流指数,用以简洁、定量地描述AL。其中,20世纪90年代以来,Trenberth(1990)定义了一种AL强度指数,据此发现,冬季AL在1976年以后明显加强。Beamish et al.(1997)也定义了一种AL强度指数,钱诚和符淙斌(2006)据其进行的研究指出,20世纪70年代末冬季阿留申地区上空存在的凝结加热增强,从而有利于AL同期加强。后来,Overland et al.(1999)又定义了一组AL环流指数,对其进行研究发现,AL的强度和中心位置存在年际、年代际变化,AL加强时,位置偏东。在总结前人工作的基础上,王盘兴等(2007)提出了定义闭合气压系统环流指数的普适方法;他们用该方法定义了冬季(12月—次年2月)、月AL的面积 S 、强度 P 、中心位置(λ_c, φ_c)指数;据其分析了AL强度、位置异常的时频特征,以及它们与同期太平洋SST及北半球气候异常的相关关系,得到一系列有价值的分析结果。

为了深刻认识AL异常规律和成因,更好地将它们用于气候异常分析及短期气候预测,本文分析和比较了上述文献中冬季4种AL强度指数及两种

中心位置指数。分析的重点是它们的自身演变规律和互相关关系,以及它们与北太平洋同期海温异常,强El Niño/La Niña事件及北半球同期气温、降水的相关联系。

1 环流指数的定义和计算

1.1 资料

本文使用的资料主要有:1)1948/1949—2007/2008年共60个冬季(12月—次年2月)的NCEP/NCAR 1 000 hPa月、季平均位势高度场 H 的格点资料,网格距为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 。2)NCEP/NCAR的同期月平均海平面气压场SLP的格点资料,其数据结构同1)。3)NOAA Extended Reconstructed SST月平均海表温度资料(Smith and Reynolds, 2004),覆盖时段同1),范围为 $0^\circ \sim 360^\circ, 88^\circ\text{S} \sim 88^\circ\text{N}, \Delta\lambda \times \Delta\varphi = 2^\circ \times 2^\circ$ 。4)1950年1月—2008年12月的海洋Niño指数(Oceanic Niño Index, 简称ONI),为NOAA在ENSO诊断分析中使用的Niño指数,是Niño3.4区($120^\circ \sim 170^\circ\text{W}, 5^\circ\text{N} \sim 5^\circ\text{S}$)海温(ERSST.V3)3个月滑动平均。

1.2 环流指数的定义及计算

上述文献共给出4种AL强度指数:1)Trenberth(1990)将冬半年(11月—次年3月)区域($147.5^\circ\text{E} \sim 180^\circ \sim 122.5^\circ\text{W}, 27.5^\circ \sim 72.5^\circ\text{N}$)上SLP(sea level pressure)的区域平均值定义为AL强度指数,记为 I_1 。2)Beamish et al.(1997)将冬季(12月—次年2月)SLP $\leq 1\ 005$ hPa区域上SLP格点的反距平值定义为AL的强度指数,记为 I_2 。3)Overland et al.(1999)将冬季(1—2月)区域($160^\circ\text{E} \sim 160^\circ\text{W}, 40^\circ \sim 60^\circ\text{N}$)上最小的SLP格点值定义为AL的强度指数,记为 I_3 。4)Wang et al.(2010)将计算域 $D(t)$ 上冬季1 000 hPa等压面位势高度 H 与特征等高线值 H_0 之差($\Delta H = H - H_0$)的面积分定义为AL的强度指数,记为 I_4 ($D(t)$ 是搜索域 Ω 中由 H_0 围成的区域)。4种强度指数中, I_1 为5个月平均,

更接近于冬半年的 AL 强度,其余则基本为冬季 AL 强度。

Overland et al. (1999)、Wang et al. (2010)提出了两种 AL 中心位置指数:1) Overland et al. (1999)将区域(160°E ~ 180° ~ 160°W, 40 ~ 60°N)上 1—2 月 SLP 平均图上 SLP 最小值所在格点的经、纬度定义为 AL 中心位置指数,记为 (λ_3, φ_3) 。2) Wang et al. (2010)在 1 000 hPa 图域 $D(t)$ 上将 ΔH 对应的重力场重心所在经、纬度定义为 AL 中心位置指数,记为 (λ_4, φ_4) 。

上述阿留申低压环流指数中,只有 Wang et al. (2010)提出的 I_4 、 (λ_4, φ_4) 由 1 000 hPa 等压面位势高度资料求得,其他均由 SLP 资料求得。为统一,按与 Wang et al. (2010)相同原理用 SLP 替代 1 000 hPa 高度资料求得了它们的 I_4 、 (λ_4, φ_4) 序列;比较 1 000 hPa 高度场和 SLP 的 I_4 、 (λ_4, φ_4) ,其相关系数分别为 1.000、0.999、0.999 ($r_{0.001} = 0.414$),故两种资料求得的 AL 环流指数等价。本文用 1948/1949—2007/2008 年共 60 个冬季, NCEP/NCAR 提供的 SLP 数据计算得到的 I_4 、 (λ_4, φ_4) 参与分析和比较。

2 四种强度指数的分析和比较

2.1 互相关关系分析

4 种 AL 强度指数标准化距平值 60 a 时间序列,

$$\tilde{I}'_i(t), i = \overline{1,4}, t = \overline{1,60}. \quad (1)$$

为了便于比较,已将 Beamish et al. (1997) 定义的 I_2 反号,处理为距平值。由图 1 可见,它们在多数时间段内十分相似,均通过信度为 0.001 的显著性检验(表 1)。比较而言,总体上 I_4 与其余 I_i 间相关最强, I_1 与其余 I_i 间相关最弱;其原因与不同 I_i 来自平均时段不同(I_1 是 11 月一次年 3 月, I_3 是 1 月一次年 2 月, I_2 、 I_4 是 12 月一次年 2 月)有关,也与 I_i 的定义方式有关。对描述冬季 AL 强度, I_4 的代表性最强, I_1 的代表性最弱。

表 1 AL 强度指数 $I_i(i=\overline{1,4})$ 的互相关关系

Table 1 The correlation coefficients of Aleutian Low intensity index $I_i(i=\overline{1,4})$

	I_1	I_2	I_3
I_2	0.788		
I_3	0.716	0.852	
I_4	0.853	0.955	0.821

注:均通过 $\alpha = 0.001$ 显著性检验。

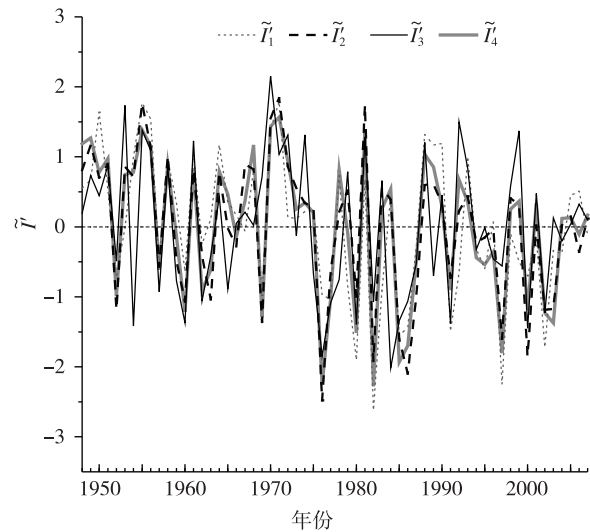


图 1 AL 标准化强度指数 $I'(i=\overline{1,4})$ 随时间变化

Fig. 1 The time series of standardized intensity index $\tilde{I}'(i=\overline{1,4})$ of Aleutian Low

2.2 年代际分量分析

按 Li et al. (2004), 将标准化 AL 强度指数 $I_i(i=\overline{1,4})$ 作周期分解,

$$\tilde{I}'(t) = \sum_{k=1}^{29} \left(a_k \cos \frac{2\pi kt}{t_y} + b_k \sin \frac{2\pi kt}{t_y} \right) + a_{30} \cos \pi t. \quad (2)$$

其中: $t_y = 60$ 为序列总年数; k 为波数; a_k 、 b_k 为 k 波余弦、正弦谐波系数, $k = \overline{1,6}$ 波(对应周期为 60 ~ 10 a)之和。

$$\tilde{I}'_s(t) = \sum_{k=1}^6 \left(a_k \cos \frac{2\pi kt}{t_y} + b_k \sin \frac{2\pi kt}{t_y} \right). \quad (3)$$

构成 $\tilde{I}'(t)$, $t = \overline{1,60}$ 的慢变分量,它对应分解对象的年代际变化。

由图 2 可见,20 世纪 90 年代前, \tilde{I}'_{s1} 与其它三种 \tilde{I}'_s 的正负(60 年代)和峰、谷位置(50 年代、1980 年前后)差别较大,与其选择冬半年区域 SLP 均值计算 AL 强度指数有关;这和关系分析得出的结果一致。60 a 中,AL 经历了三弱(50 年代及以前、1970 年前后、90 年代前期)、三强(60 年代、1980 年前后、2000 年前后)的变化。近年来,AL 又出现偏弱趋势。

2.3 小波功率谱分析

用王蕊等(2009)给出的方法对 $\tilde{I}'_i(i=\overline{1,4})$ 作小波功率谱 $W(t, T_k)$ 分析。图 3 表明, \tilde{I}'_1 (图 3a)存在以 20 世纪 80 年代初为中心的 20 a 左右的显著年代际振荡,而 \tilde{I}'_3 (图 3c)则存在以 20 世纪 70 年代

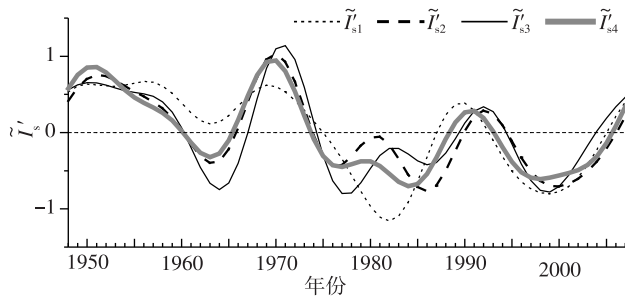


图 2 AL 标准化强度指数慢变分量 \tilde{I}'_{si} ($i = 1, 4$) 时间曲线

Fig. 2 The time series of slowly-varying component of standardized intensity index \tilde{I}'_{si} ($i = 1, 4$) of Aleutian Low

为中心的 10~20 a 的显著年代际振荡;四种 \tilde{I}'_i (图 3) 在 1982/1983 年前后均存在 2~3 a 的强年际尺度振荡,而且, \tilde{I}'_2 (图 3b)、 \tilde{I}'_4 (图 3d) 在 1986/1987 年前后还存在 4~6 a 左右的显著年际振荡,此外, \tilde{I}'_1 存在以 1990 年为中心的 6 a 左右的年际振荡,这均与同期强 El Niño 事件有关。

3 两种中心位置指数的分析和比较

这里分析和比较 Overland et al. (1999) 和 Wang et al. (2010) 定义的两中 AL 中心位置指数。由图 4 可见, $(\lambda_{c3}, \varphi_{c3})$ 的分布范围较 $(\lambda_{c4}, \varphi_{c4})$ 分散,这与二者分别是 1—2 月 2 个月平均、12 月一次年 2 月 3 个月平均 SLP 场有关,也与其定义方式直

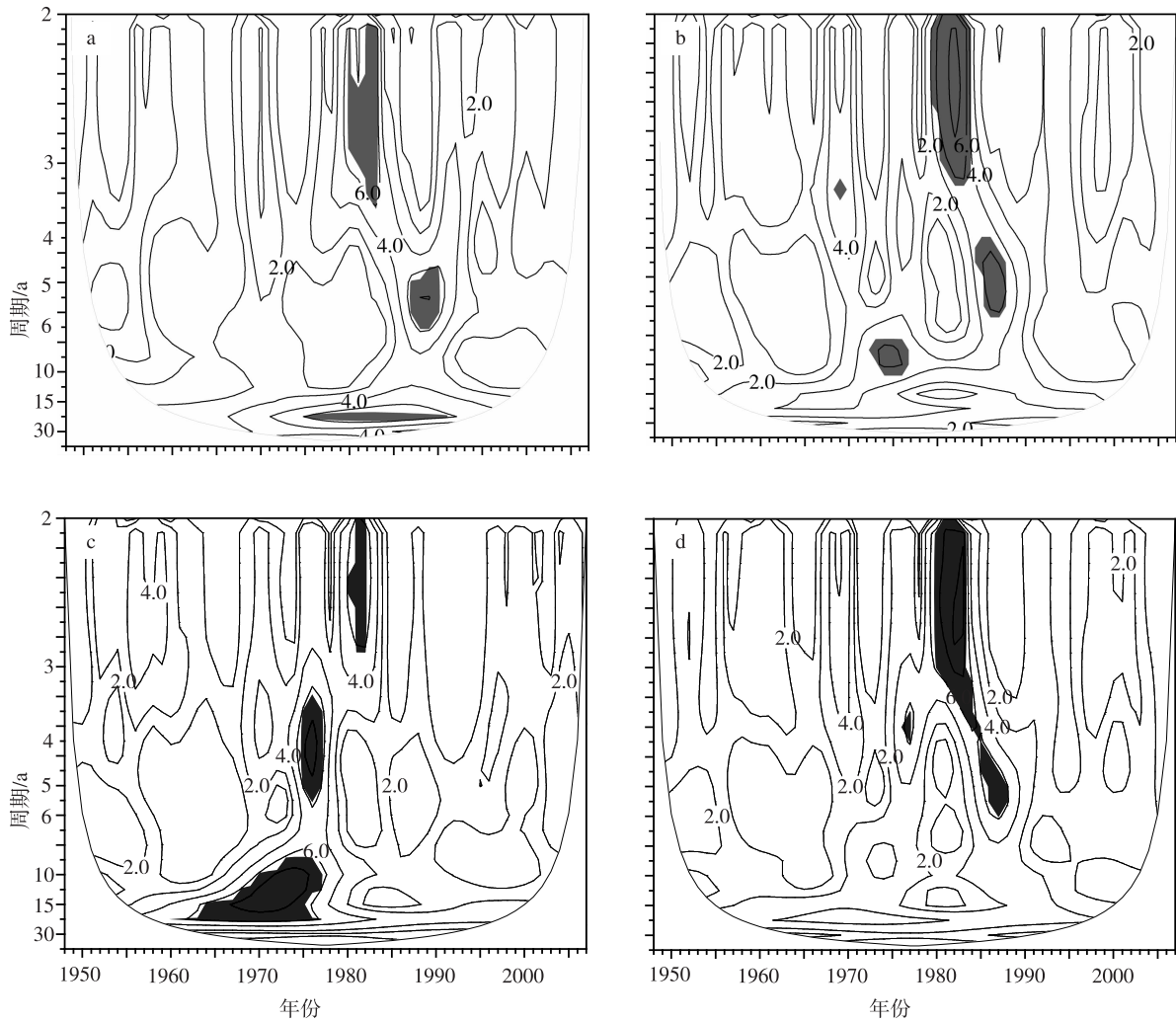


图 3 AL 强度指数 \tilde{I}' 的小波功率谱 $W(t, T_k)$ 及其显著区域(阴影区为通过 $\alpha = 0.05$ 的显著区域, U 型线给出了 e 折时间 $\tau(T_k)$ 决定的有效区域) a. \tilde{I}'_1 ; b. \tilde{I}'_2 ; c. \tilde{I}'_3 ; d. \tilde{I}'_4

Fig. 3 The wavelet power spectrum ($W(t, T_k)$) of intensity index (\tilde{I}') of Aleutian Low (1948/1949—2007/2008) (the shaded areas denote the significance at 95% confidence level; U line denotes the valid area verified by e-folding time $\tau(T_k)$) a. \tilde{I}'_1 ; b. \tilde{I}'_2 ; c. \tilde{I}'_3 ; d. \tilde{I}'_4

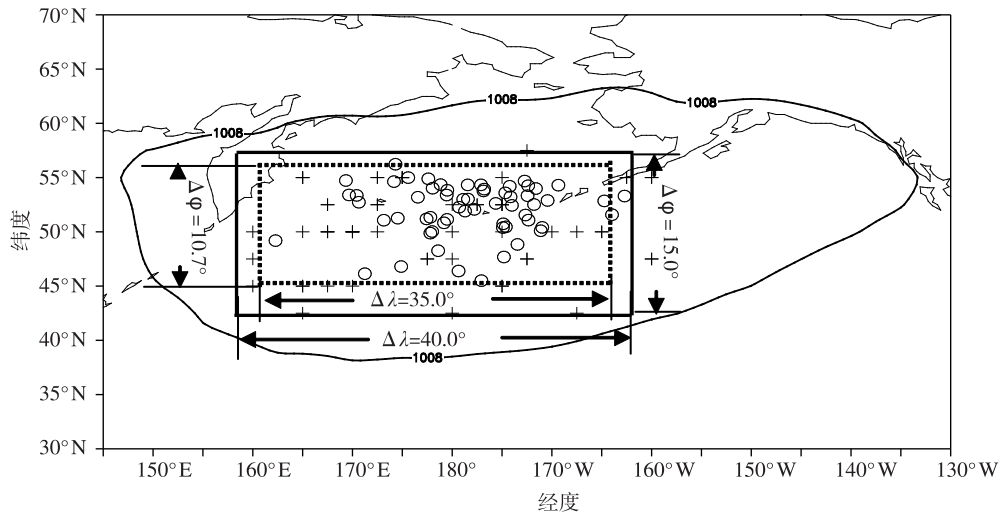


图 4 AL 中心位置分布(+ 为 $(\lambda_{c3}, \varphi_{c3})$, O 为 $(\lambda_{c4}, \varphi_{c4})$; 实、虚矩形为中心位置 $(\lambda_{c3}, \varphi_{c3})$ 、 $(\lambda_{c4}, \varphi_{c4})$ 的出现范围)

Fig. 4 Center position distribution of Aleutian Low (+ is $(\lambda_{c3}, \varphi_{c3})$, O is $(\lambda_{c4}, \varphi_{c4})$, the solid-line rectangle denotes the range of center $(\lambda_{c3}, \varphi_{c3})$ while the dotted-line rectangle denotes that of center $(\lambda_{c4}, \varphi_{c4})$)

接有关。下面重点分析与比较纬向位置指数 λ_{c3} 和 λ_{c4} 。

3.1 λ_c 的年代际分量分析

由图 5 可见, 20 世纪 70 年代中后期, AL 中心位置发生由偏西为主转为偏东为主的年代际变化; $\bar{\lambda}'_{c4}$ 的转折时间略早于 $\bar{\lambda}'_{c3}$ 。这与周期分析给出的年代际变化分量 \bar{I}'_{si} ($i=3, 4$) (图 2 中实线) 相一致。

3.2 λ_c 小波功率谱分析

对冬季 $\bar{\lambda}'_{c3}$ 、 $\bar{\lambda}'_{c4}$ 作了小波功率谱 $W(t, T_k)$ 分析 (图 6)。二者在 1982/1983 年前后均存在 2~3 a 的 年际尺度振荡, 这与同期强 El Niño 事件有关; 20 世纪 50 年代中期 $\bar{\lambda}'_{c4}$ 存在 3~6 a 的显著年际振荡, 而 $\bar{\lambda}'_{c3}$ 在 20 世纪 60 年代前期和 20 世纪 90 年代后期均存在 2~3 a 显著年际尺度振荡。两种 $\bar{\lambda}'_c$ 的年代际尺度振荡均不显著。

3.3 λ_c 与 I 的相关分析

$\lambda_{c3} \sim I_3$ 、 $\lambda_{c4} \sim I_4$ 间均存在显著负相关, 但 $\lambda_{c4} \sim I_4$ 的相关系数 (-0.702) 明显强于 $\lambda_{c3} \sim I_3$ 的相关系数 (-0.509)。证实了 AL 加强偏东、减弱偏西的这一统计性质。

4 AL 环流指数与 SST 的相关分析和比较

这里重点分析和比较强度指数 I 、中心位置指数 λ_c 与太平洋 SST (北半球部分) 及强 El Niño/

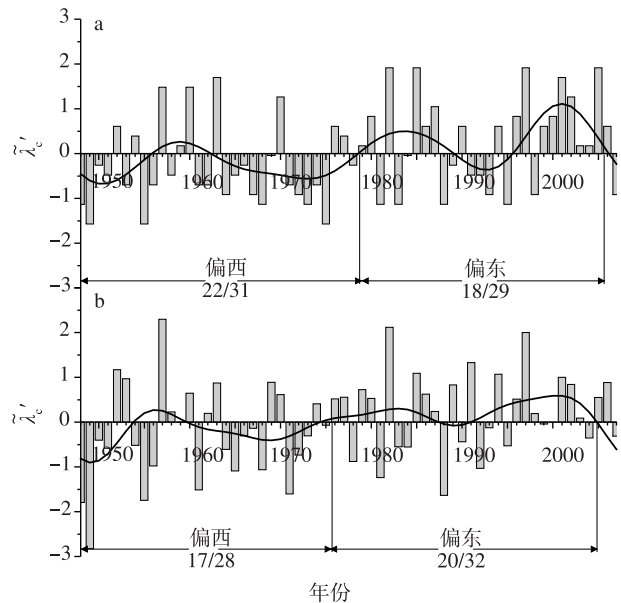


图 5 AL 中心纬向位置 $\bar{\lambda}'$ 演变 (曲线为 $\bar{\lambda}'_c$ 的年代际变化分量 $\bar{\lambda}'_{cs}$) a. $\bar{\lambda}'_{c3}$; b. $\bar{\lambda}'_{c4}$

Fig. 5 The evolution of latitudinal center position ($\bar{\lambda}'$) of Aleutian Low (solid line indicates inter-decadal component ($\bar{\lambda}'_{cs}$)) a. $\bar{\lambda}'_{c3}$; b. $\bar{\lambda}'_{c4}$

La Niña 事件的相关。

4.1 I 与 SST 的相关分析和比较

由图 7 可见, 北太平洋中部 (中心约在 170°W , 42°N) 均有显著正相关区, 而其东北方均有显著负相关区; 气候 AL 主体 (特征等值线 f_0 围成区域, 见图 4 中 1 008 线围成的区域, 其中 f_0 定义与王盘兴

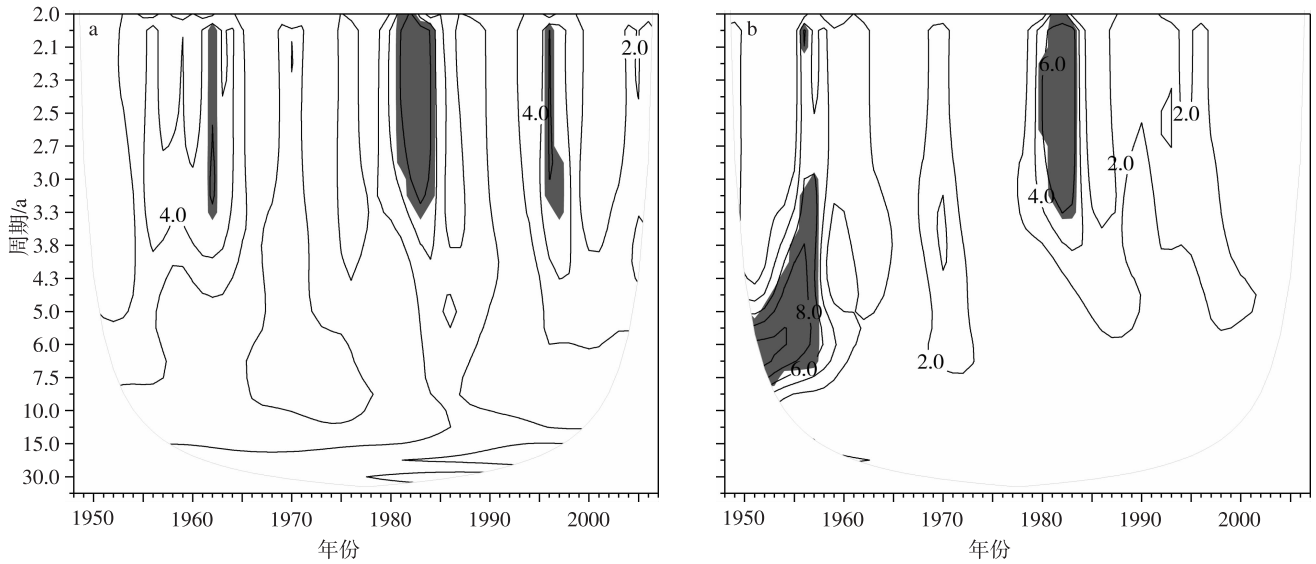


图 6 AL 纬向位置指数 $\bar{\lambda}'$ 的小波功率谱 $W(t, T_k)$ 及其显著区域(阴影区为通过 $\alpha=0.05$ 的显著区域,U 型线给出了 e 折时间 $\tau(T_k)$ 决定的有效区域) a. $\bar{\lambda}'_{c3}$; b. $\bar{\lambda}'_{c4}$

Fig. 6 The wavelet power spectrum ($W(t, T_k)$) of latitudinal position index ($\bar{\lambda}'$) of Aleutian Low(the shaded areas denote the significance at 95% confidence level; U line denotes the valid area verified by e -folding time $\tau(T_k)$) a. $\bar{\lambda}'_{c3}$; b. $\bar{\lambda}'_{c4}$

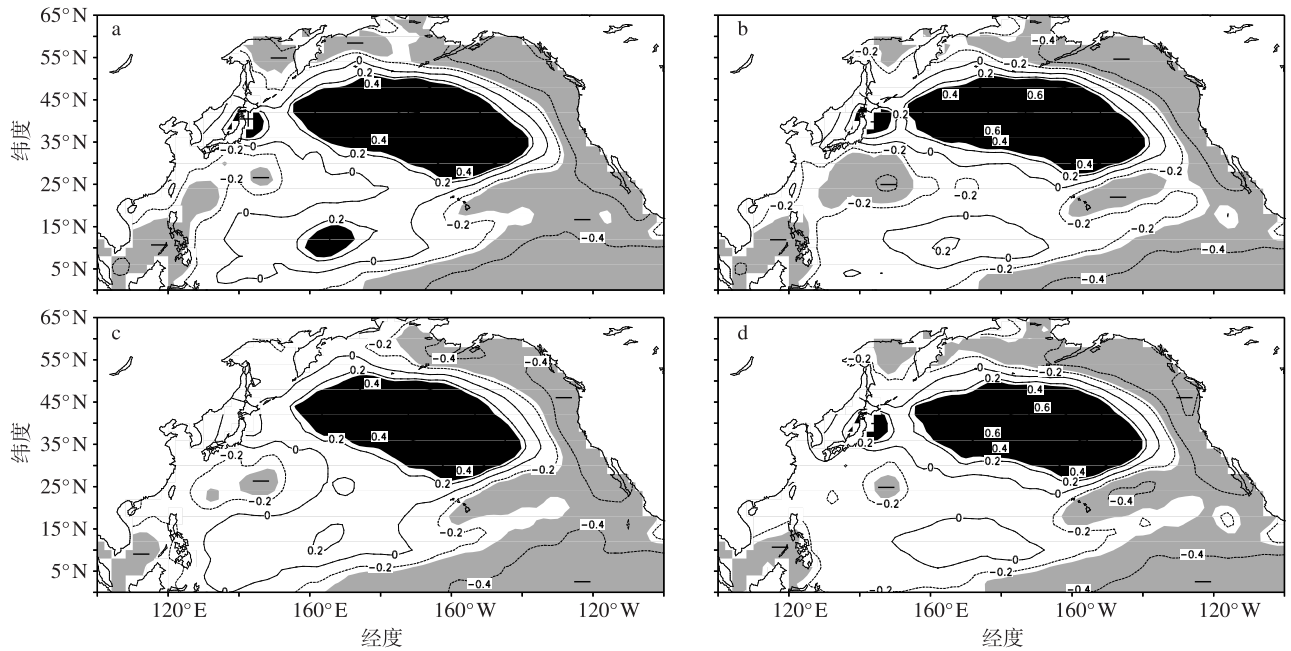


图 7 AL 强度指数 I 与冬季太平洋 SST 相关系数(阴影区为 $|r| \geq r_{0.05}$, 深色区域为正相关, 浅色区域为负相关) a. I_1 ; b. I_2 ; c. I_3 ; d. I_4 。

Fig. 7 The correlation coefficients of Aleutian Low intensity index I and the SST in winter(the shaded area denotes $|r| \geq r_{0.05}$, the dark area denotes positive correlation while the light area denotes negative correlation) a. I_1 ; b. I_2 ; c. I_3 ; d. I_4

等(2007)遵循的原则相同)位于显著正负相关区的分界部分。热带中、东太平洋区域,则存在大片显著负相关区。它表明,El Niño 事件中 AL 加强,La Niña 事件中 AL 减弱。

按 Smith and Reynolds(2004)提出的月 ONI \geq

+1.2、ONI \leq -1.3 确定,60 个冬季(12 月一次年 2 月)共有 18 个强 El Niño/La Niña 事件;其中强 El Niño、La Niña 事件各 9 次。由图 8、表 2 可见,强 El Niño(La Niña)事件冬季,AL 偏强(偏弱);比较而言, I_2 、 I_4 与强 El Niño/La Niña 事件关系更为密切,

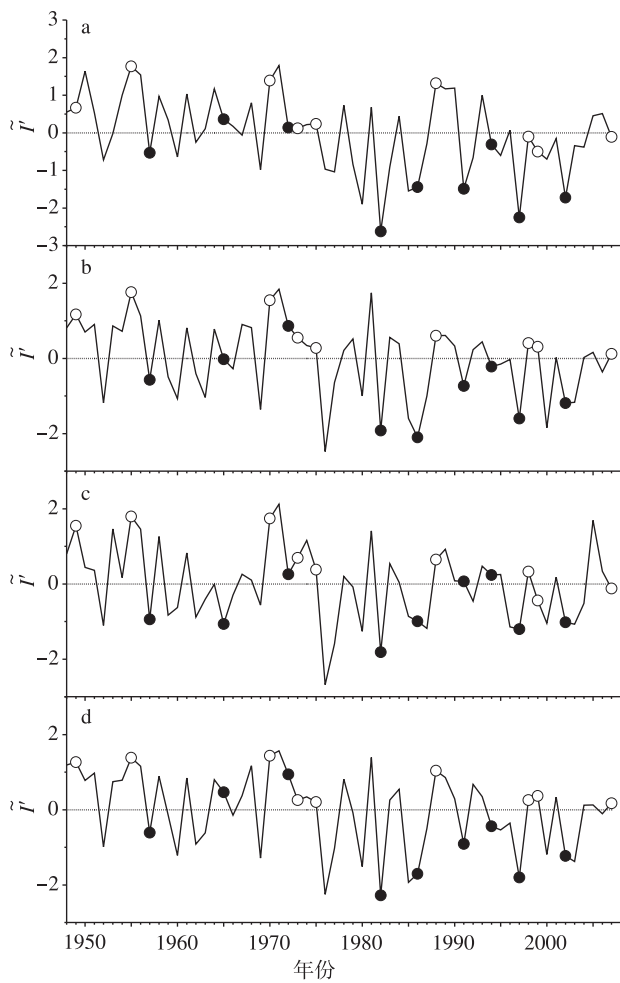


图 8 AL 标准化强度指数 \bar{I}' 时间曲线与冬季强 El Niño/La Niña 对应关系 (● 为强 El Niño 年, ○ 为强 La Niña 年) a. I_1 ; b. I_2 ; c. I_3 ; d. I_4

Fig. 8 The relationship between standardized intensity index (\bar{I}') of Aleutian Low and El Niño/La Niña in winter (● indicates stronger El Niño, ○ indicates stronger La Niña) a. I_1 ; b. I_2 ; c. I_3 ; d. I_4

表 2 强 El Niño (La Niña) 事件与 \bar{I}'_i 负 (正) 重合率统计

Table 2 The statistics of the negative (positive) coincidence rate between stronger El Niño (La Niña) events and \bar{I}'_i

时段	\bar{I}'_1	\bar{I}'_2	\bar{I}'_3	\bar{I}'_4
1948/1949—1974/1975	5/7	6/7	6/7	5/7
1975/1976—2007/2008	8/11	11/11	7/11	11/11
1948/1949—2007/2008	13/18	17/18	13/18	16/18

特别是在 1975/1976 年冬季以后。

4.2 λ_c 与太平洋 SST 的相关分析和比较

由冬季 λ_{c3} 、 λ_{c4} 与同期太平洋 SST 相关关系图 (图略) 可知, 其显著相关区位置分布与图 7c、7d 类

似, 但符号相反。图 9、表 3 给出了强 El Niño (La Niña) 事件与两种 $\bar{\lambda}'_c$ 正 (负) 号的高重合率, 它们表明强 El Niño (La Niña) 事件中 AL 中心易偏东 (偏西)。比较而言, λ_{c4} 数据更好。

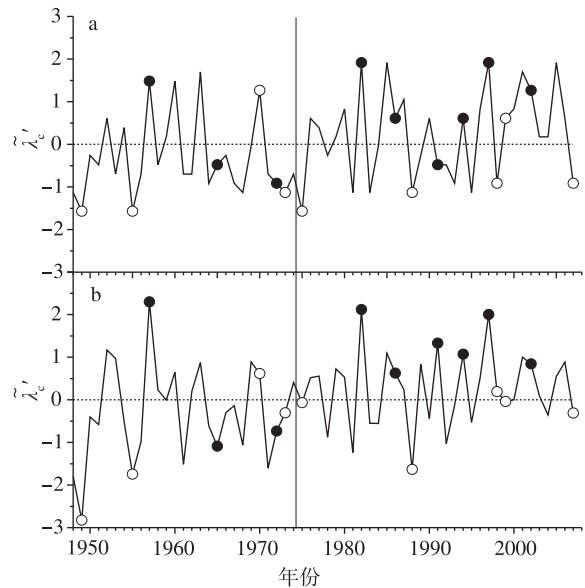


图 9 AL 纬向位置指数 $\bar{\lambda}'_c$ 时间曲线与冬季强 El Niño/La Niña 对应关系 (● 为强 El Niño 年, ○ 为强 La Niña 年) a. $\bar{\lambda}'_{c3}$; b. $\bar{\lambda}'_{c4}$

Fig. 9 The relationship between the latitudinal position index ($\bar{\lambda}'_c$) of Aleutian Low and El Niño/La Niña in winter (● indicates stronger El Niño, ○ indicates stronger La Niña) a. $\bar{\lambda}'_{c3}$; b. $\bar{\lambda}'_{c4}$

表 3 强 El Niño (La Niña) 事件与 $\bar{\lambda}'_c$ 正 (负) 重合率统计

Table 3 The statistics of the positive (negative) coincidence rate between stronger El Niño (La Niña) events and $\bar{\lambda}'_c$

时段	$\bar{\lambda}'_{c3}$	$\bar{\lambda}'_{c4}$
1948/1949—1974/1975	4/7	4/7
1975/1976—2007/2008	9/11	10/11
1948/1949—2007/2008	13/18	14/18

综上所述, AL 环流指数与太平洋 SST 显著相关集中反映在它们与强 El Niño (La Niña) 事件的关系上, 强 El Niño (La Niña) 事件发生时, AL 加强 (减弱)、中心位置偏东 (偏西)。强度指数 I_2 、 I_4 和位置指数 λ_{c4} 能更好地反映上述相关关系。

5 AL 环流指数与气候异常的相关分析与比较

Wang et al. (2010) 分析了 AL 环流指数 I 、 λ_c 、

φ_c 与北半球同期气温(T)、降水(R)的相关联系,发现 I_c 与太平洋—北美区域的相关显著、且组织性好。下面重点分析和比较四种强度指数 I 和两种纬向位置指数 λ_c 与北半球同期 T 、 R 的相关。

5.1 I 与气候异常的相关

5.1.1 I 与 T 的相关

由图 10 可见,冬季 AL 强度指数 $I_i(i=1,4)$ 与同期北半球气温 T 相关的基本特征是:中高纬度区从北太平洋中部经北美西北海岸、北美洲东南部到巴哈马群岛规则地排列着 +、-、+、- 显著相关区,其相关区中心分布在与 PNA 波列接近的大圆上

(Horel and Wallace,1981);低纬区域则为宽阔的显著负相关区。另外,4 种 AL 强度指数 I_i 与欧亚大陆同期气温的相关均不显著。

5.1.2 I 与 R 的相关

由图 11 可见,冬季 AL 强度指数 $I_i(i=1,4)$ 与同期北半球降水 R 相关的基本特征是:中高纬度与图 10 给出的 I - T 相关分布类似,存在一个性质相同位置相近的 +、-、+、- 显著相关区波列。而其低纬区域与 I - T 的相关分布(图 10)迥异,只在热带中、东太平洋有一对强 +、- 相关区。另外,四种强度指数 I 与亚欧大陆相关不显著的特征同 I - T 。

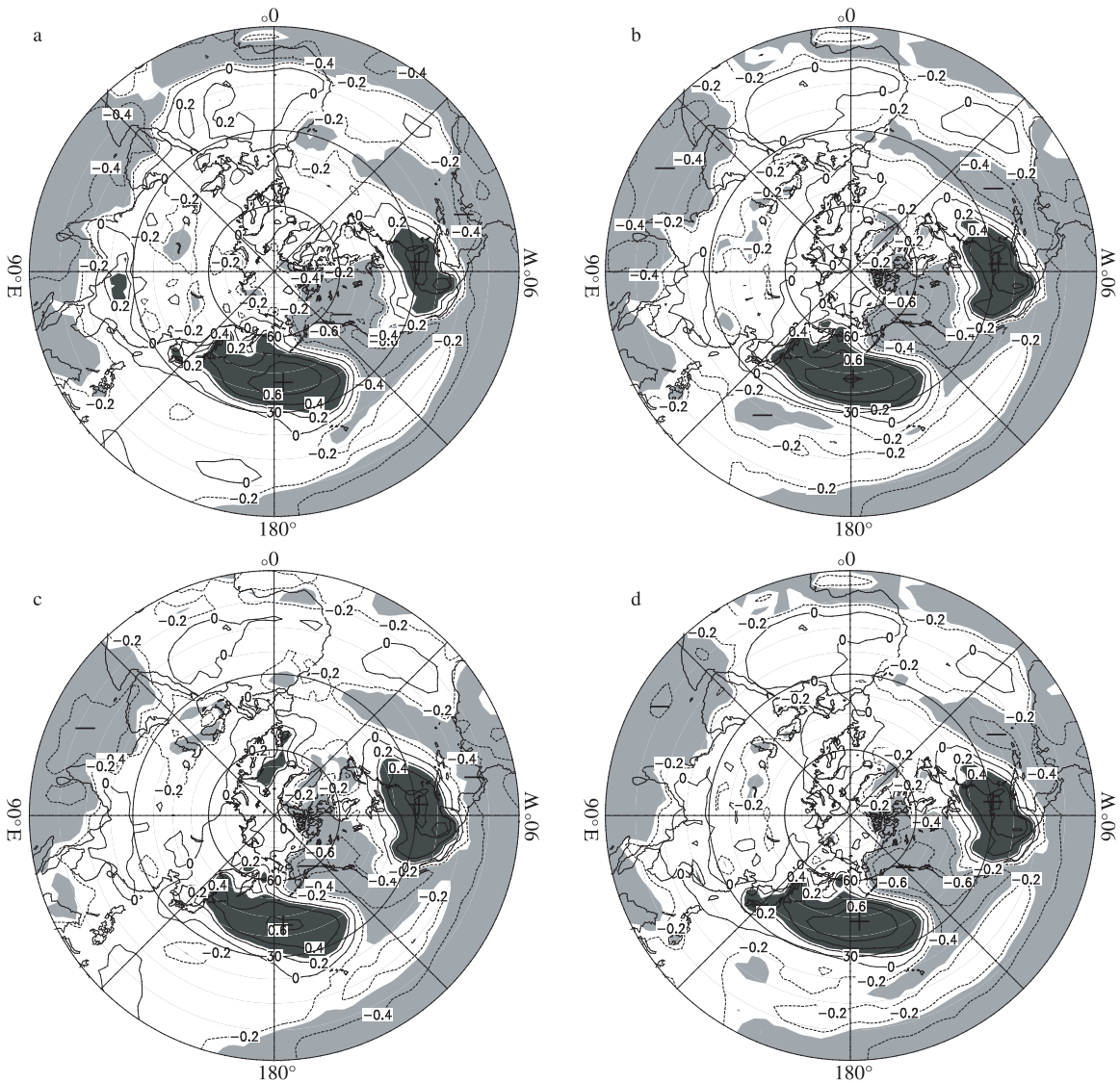


图 10 AL 强度指数 I 与冬季北半球气温相关系数(阴影区为 $|r| \geq r_{0.05}$,深色区域为正相关,浅色区域为负相关) a. I_1 ; b. I_2 ; c. I_3 ; d. I_4

Fig. 10 The correlation coefficients of the Aleutian Low intensity index (I) and the air temperature in Northern Hemisphere in winter (the shaded area denotes $|r| \geq r_{0.05}$; the dark area denotes positive correlation while the light area denotes negative correlation) a. I_1 ; b. I_2 ; c. I_3 ; d. I_4

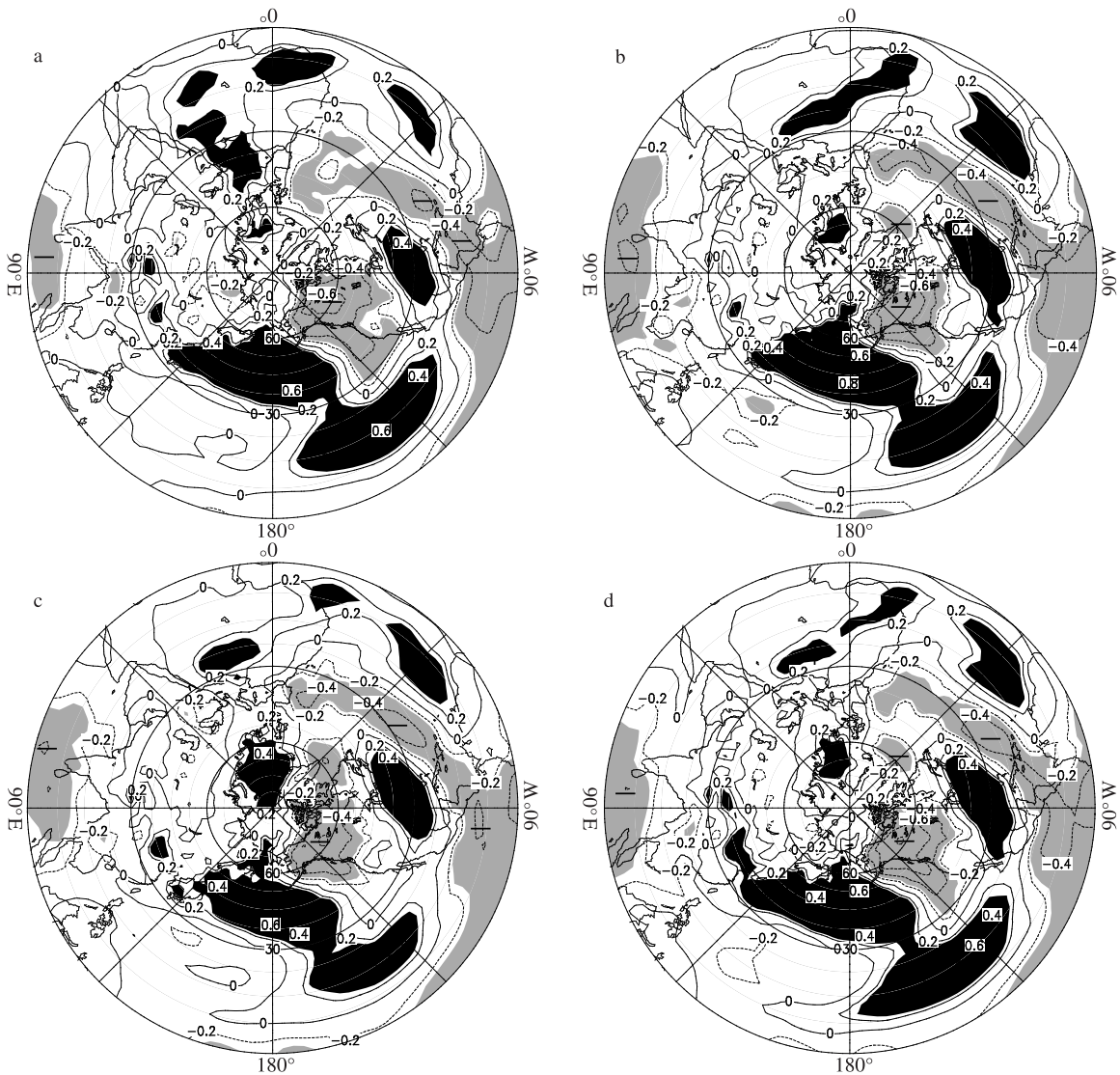


图 11 AL 强度指数 I 与冬季北半球降水相关系数图(阴影区为 $|r| \geq r_{0.05}$, 浅色区域为负相关, 深色区域为正相关) a. I_1 ; b. I_2 ; c. I_3 ; d. I_4

Fig. 11 The correlation coefficients of intensity index(I) of Aleutian Low and the precipitation in Northern Hemisphere in winter (the shaded area denotes $|r| \geq r_{0.05}$; the dark area denotes positive correlation while the light area denotes negative correlation) a. I_1 ; b. I_2 ; c. I_3 ; d. I_4

5.2 λ_c 与气候异常的相关

分析和比较仅对 λ_{c3} 、 λ_{c4} - T 、 R 相关进行。

由图 12 可见, λ_{c3} 、 λ_{c4} - T 的显著相关区分布的基本特征是: 中高纬度从北太平洋中部经北美西北海岸到墨西哥附近规则地排列着 -、+、-、+ 显著相关区, 位置与 PNA 波列接近, 相关性质(指 +、-) 与 I_3 、 I_4 - T (图 10c、d) 相反。

由图 13 可见, λ_{c3} 、 λ_{c4} - R 的显著相关区分布, 位置也与 I_3 、 I_4 - R (图 11c、d) 类似, 相关性质则相反。

综上所述, AL 的四种强度指数 I 与同期北半球中高纬 T 、 R 均有组织性好的显著相关, 其分布区域

与 PNA 遥相关型相同; I 与同期低纬广阔区域的 T 和中、东太平洋 R 显著相关。AL 纬向位置指数 λ_{c3} 、 λ_{c4} 与同期北半球 T 、 R 的显著相关类似于 I_3 、 I_4 , 但符号相反。四种 I 、两种 λ_c 指数与 T 、 R 的相关在各方面很接近。

6 结论

AL 是冬季中心位于北太平洋阿留申群岛附近的副极地气旋, 是北半球主要的半永久性大气活动中心之一, 其强度和位置异常与太平洋、北美地区的天气、气候异常关系密切。本文分析和比较了 20 世

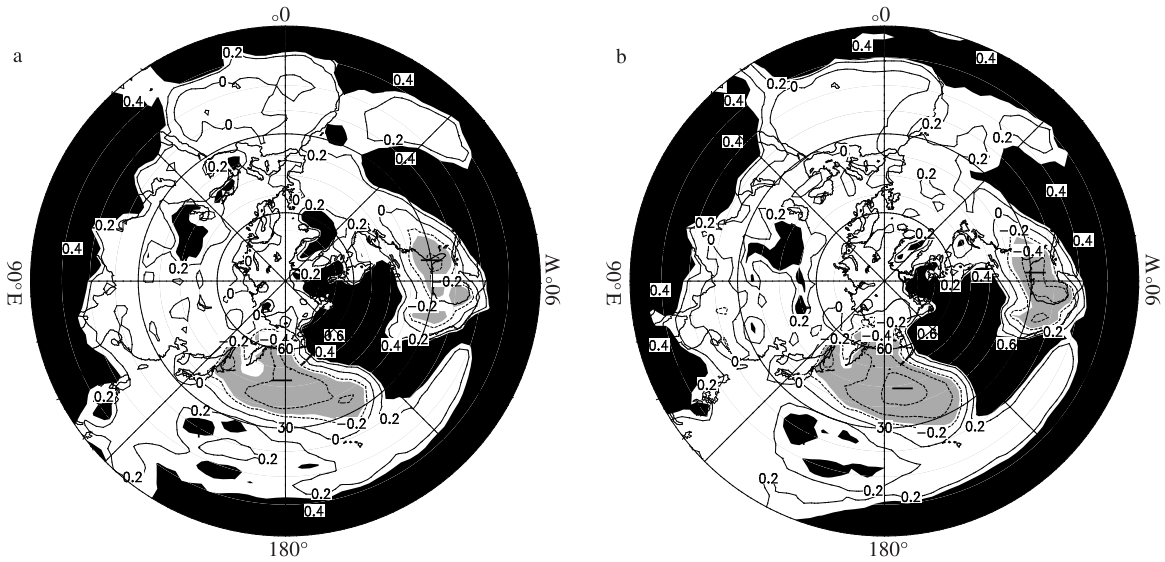


图 12 纬向位置指数 λ_{c3} 、 λ_{c4} 与冬季北半球气温 T 相关系数图 (阴影区为 $|r| \geq r_{0.05}$, 浅色区域为负相关, 深色区域为正相关) a. λ_{c3} ; b. λ_{c4}

Fig. 12 The correlation coefficients of latitudinal location index (λ_{c3} , λ_{c4}) of Aleutian Low and the temperature in Northern Hemisphere in winter (the shaded area denotes $|r| \geq r_{0.05}$; the dark area denotes positive correlation while the light area denotes negative correlation) a. λ_{c3} ; b. λ_{c4}

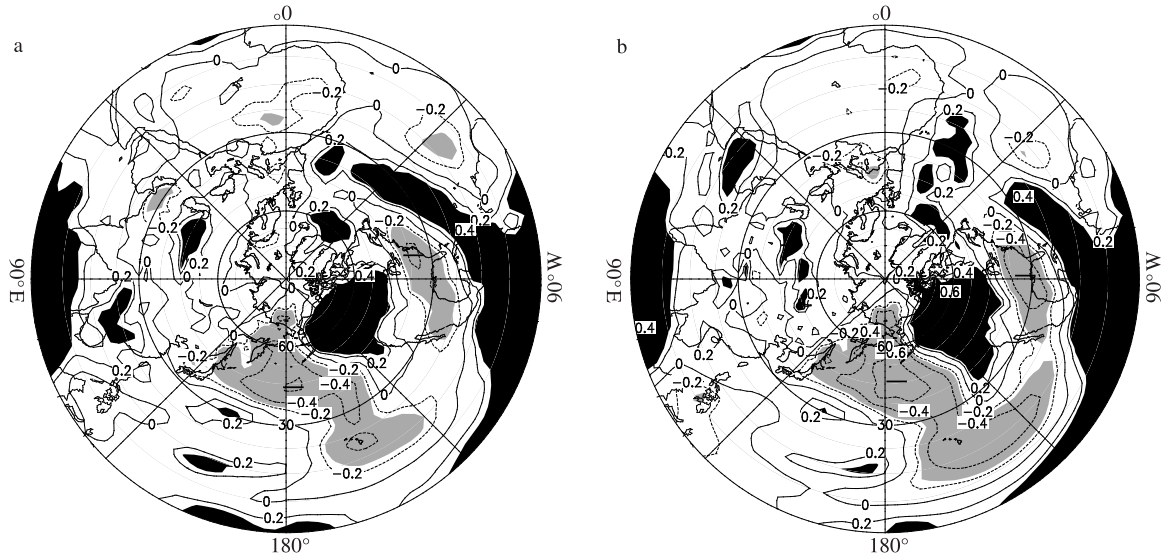


图 13 AL 位置指数 λ_{c3} 、 λ_{c4} 与冬季北半球降水 R 相关系数图 (阴影区为 $|r| \geq r_{0.05}$, 浅色区域为负相关, 深色区域为正相关) a. λ_{c3} ; b. λ_{c4}

Fig. 13 The correlation coefficients of latitudinal location index (λ_{c3} , λ_{c4}) of Aleutian Low and the precipitation in Northern Hemisphere in winter (the shaded area denotes $|r| \geq r_{0.05}$; the dark area denotes positive correlation while the light area denotes negative correlation) a. λ_{c3} ; b. λ_{c4}

纪 90 年代以来不同学者提出的阿留申低压 (AL) 四种强度指数 ($I_i, i = \overline{1, 4}$)、两种中心位置指数 ($\lambda_i, \varphi_i, i = 3, 4$) 的时频特征及其与同期北半球太平洋海面温度 (SST)、气温、降水的相关联系。得到如下结论:

1) I_4 与其余 I_i 间相关最强, I_1 与其余 I_i 间相关最弱; 其原因与不同 I_i 来自不同平均场中 AL 的强度指数有关 (5 个月 (I_1)、3 个月 (I_2, I_4) 或 2 个月 (I_3)), 也与 I_i 的定义方式有关。强度指数 $I_i, i = \overline{2, 4}$ 演变特征较相似; 20 世纪 70 年代中期之前 AL

偏弱,之后 AL 偏强;近年来又出现 AL 偏弱趋势。由于 AL 强度指数 I_1 为 5 个月平均场,故它与 $I_i, i = \overline{2,4}$ 差别较大。

2) 两种中心位置指数地理分布区域 ($\lambda_{c3}, \varphi_{c3}$) 大于 ($\lambda_{c4}, \varphi_{c4}$), 这与平均时段长短及中心位置指数定义差别有关。 λ_{c4} 由偏西转向偏东较 λ_{c3} 提早约 5 a, 它与 $I_i, i = \overline{2,4}$ 的一致性更好。另外, $\lambda_{c4}-I_4$ 的负相关明显强于 $\lambda_{c3}-I_3$ 的负相关, 更好地证实了 AL 加强偏东、减弱偏西的这一统计性质。

3) 在强 El Niño 事件中, AL 加强、中心位置偏东, 强 La Niña 事件则相反。强度指数 I_2, I_4 和位置指数 λ_{c4} 反映上述相关关系较好。

4) AL 偏强、偏东年, 中纬北太平洋区域低温、少雨, 北太平洋东北部—北美西北部气温偏高、降水偏多, 而北美南部气温偏低、降水偏少; 反之亦然。四种 I 、两种 λ_c 指数与北半球 T, R 的同期相关在各方面很接近。

以上分析结果可为环流异常和短期气候预测研究中选用何种 AL 环流指数提供有价值的信息。

致谢: 本文资料由国家自然科学基金委地球科学部南京大气资料服务中心提供, 谨致谢忱!

参考文献:

- 郭冬, 孙照渤. 2004. 冬季北太平洋涛动异常与东亚冬季风和我国天气气候的关系[J]. 南京气象学院学报, 27(4): 461-470.
- 钱诚, 符淙斌. 2006. 近 50 年阿留申低压地区凝结加热的变化[J]. 气候与环境研究, 11(3): 340-346.
- 王盘兴, 卢楚翰, 管兆勇, 等. 2007. 闭合气压系统环流指数的定义及

计算[J]. 南京气象学院学报, 30(6): 601-606.

- 王蕊, 王盘兴, 吴洪宝, 等. 2009. 小波功率谱 Monte Carlo 显著性检验的一个简易方案[J]. 南京气象学院学报, 32(1): 140-144.
- Beamish R J, Neville C E, Cass A J. 1997. Production of Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to decadal-scale changes in the climate and the ocean[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 54: 543-554.
- Horel J D, Wallace J M. 1981. Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation[J]. Mon Wea Rev, 109: 813-829.
- Latif M, Bernett T P. 1994. Causes of decadal climate variability over the North Pacific and North America[J]. Science, 266: 634-637.
- Li Liping, Wang Panxing, Li Hong. 2004. Interdecadal and interannual variabilities of air and sea and their relations over the Pacific[J]. Acta Meteor Sinica, 18(2): 227-244.
- Mantua N J, Hare S R, Zhang Y, et al. 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production[J]. Bull Amer Meteor Soc, 78: 1069-1079.
- Nakamura H, Lin G, Yamagata T. 1997. Decadal climate variability in the North Pacific during the recent decades[J]. Bull Amer Meteor Soc, 98: 2215-2225.
- Overland J E, Adams J M, Bond N A. 1999. Decadal variability of the Aleutian Low and its relation to high-latitude circulation[J]. J Climate, 12: 1542-1548.
- Smith T M, Reynolds R W. 2004. Improved extended reconstruction of SST(1854—1997)[J]. J Climate, 17: 2466-2477.
- Trenberth K E. 1990. Recent observed interdecadal climate changes in the northern hemisphere[J]. Bull Amer Meteor Soc, 71: 988-993.
- Trenberth K E, Hurrell J W. 1994. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific[J]. Climate Dyn, 9: 303-319.
- Wang panxing, Wang J X L, Zhi Hai, et al. 2010. Circulation indices of the Aleutian Low pressure system—its definitions and relationships to N. H. climate anomalies[J]. Geophys Res Lett. (In press)

(责任编辑: 刘菲)