

近百年齐齐哈尔市的气温变化^①

姜德君^{1,2} 孙卫国¹ 李治民²

(1. 南京气象学院, 210044; 2. 黑龙江省齐齐哈尔市气象局)

提 要

通过对齐齐哈尔市近百年来气温变化的多时间尺度结构和局部化特征的分析, 得出齐齐哈尔市的气温不仅存在准 2a、4a、4~6a 和 8a 左右的年际尺度的周期性变化, 也存在 40~60a 的年代际尺度的周期性变化; 而且具有明显的突变特征, 40~60a 尺度的冷暖交替分别出现在 1924、1955 和 1989 年。

关键词: 气温变化 时间尺度 突变

引 言

齐齐哈尔市位于黑龙江省西部, 受大兴安岭东坡的焚风“暖脊”影响而成为黑龙江省气温最高的地区。齐齐哈尔市近 100 年气温上升了 2.1°C , 与全球及全国的增暖趋势一致^[1,2], 但其变化又有明显的局地性特征。因此, 本文采用小波变换方法, 分析齐齐哈尔近百年来气温变化的多时间尺度结构和局部化特征, 以揭示其长期变化的多层次规律, 这对于研究受大兴安岭焚风“暖脊”影响的南北向伸展约 10 个纬度的广大地区的气候变化及其异常特征等均具有重要意义。

1 方法与资料

小波变换理论及其优越性已有很多文献介绍^[3,4], 这里不再详述。文中选用的小波函数为复数形式的 Morlet 小波。所用资料为齐齐哈尔市 1909.1~2002.12 历年逐月平均气温距平序列, 资料总样本数 $n = 1128$ 。在进行小波变换之前, 对资料序列做了对称性延拓^[4]。

2 结果分析

2.1 齐齐哈尔市气温变化的基本特征

图 1 为 1909 年 1 月至 2002 年 12 月齐齐哈尔市月平均气温距平随时间的变化。由图可见, 近百年来齐齐哈尔气温总体上呈上

升趋势, 近百年约上升了 2.1°C , 比全球和全国的气温上升幅度要大得多; 气温变化的阶段性特征也比较明显。20 世纪 40 年代以前为偏冷期, 40~80 年代初在正常值附近波动, 80 年代后至今为偏暖期。由年平均气温累积距平曲线(图略)可以看出, 齐齐哈尔市 30 年代为持续低温期, 90 年代中后期最暖, 明显增暖出现在 1987 年以后。这与北半球气温 30~50 年代中期为高温期, 70 年代中期开始增温, 80 年代最暖明显不同。齐齐哈尔平均气温在 40 年代较 30 年代增温虽然很明显, 但与我国气温 40 年代最暖差异也很大。计算结果表明, 1954~2002 年齐齐哈尔市的平均气温比黑龙江全省的平均气温高 1.8°C 。由此可见, 齐齐哈尔市气温的时间变化规律与全国平均情况大体一致, 即均呈现增温趋势, 但气温变化幅度存在显著差异。

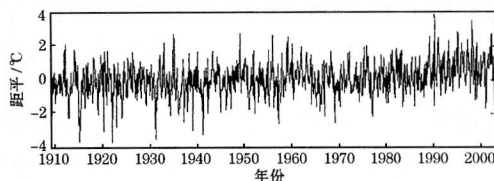


图 1 1909.1~2002.12 齐齐哈尔市月平均气温距平曲线

2.2 气温变化的多时间尺度特征

① 课题资助: 南京气象学院科研基金项目 9922

图 2 为 Morlet 小波系数的实部,由图可以清楚地看出齐齐哈尔市的气温变化存在多时间尺度结构。由图可见,齐齐哈尔的气温变化存在着明显的年代际尺度的周期性变化,以 40~60a 左右的周期信号最强,也存在 25a 和 15a 左右的周期变化,但强度稍弱。不同尺度的周期性变化存在阶段性特征,40~60a 左右的周期存在于所讨论的整个时域中,气温变化表现为两个偏冷期和两个偏暖期,即 20 世纪初至 20 年代末的偏冷期,1915 年前后最冷;30 年代初至 50 年代后期的偏暖期,1950 年前后较暖;50 年代末至 80 年代中期的偏冷期,其中 70 年代最冷;以及 80 年代中期以后至今的偏暖期,又以 90 年代中后期最暖。25a 左右的周期性变化存在于 20 世纪 30 年代以前一段时期内,它在 40~60a 大尺度偏冷期中又表现为一个相对冷期和一个相对暖期,即 1910~1920 年略冷,1920~1933 年略暖。15a 左右的周期存在于 40 年代初至 80 年代,表现为三个偏冷期和三个偏暖期。

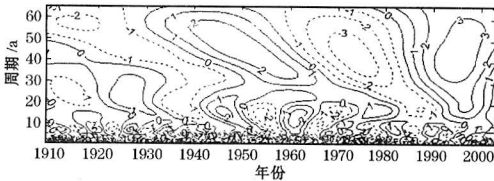


图 2 1909.1~2002.12 齐齐哈尔市月平均气温距平 Morlet 小波变换系数的实部

将图 2 中 10a 尺度以下的部分放大,可以看出近百年来齐齐哈尔市的气温变化还存在准 2a、4a、4~6a 和 8a 左右的年际尺度的周期性变化。不同尺度的周期信号都比较显著,而且在时域上呈现出局部化特征。准 2a 周期信号在 1912~1917 年、1933~1940 年表现突出,4a 周期出现在 1960~1980 年期间,4~6a 周期在 1940~1950 年表现明显,而 8a 左右的周期在 1916~1930 年期间表现得尤为显著。

图 3 为 Morlet 小波变换系数模的对数分布,小波系数的模值越大,表示其对应的时段和时间尺度的信号周期性特征越明显。由

图可见,图 3 顶部存在着显著的 40~60a 尺度周期信号,在所讨论的时域上都有体现,没有局部化特性。此外,在 30 年代以前、40~80 年代期间分别有 30~40a、20~30a 尺度相对较弱的周期信号。10~20a 尺度的周期信号主要表现在 40 年代以后,其中 40~70 年代的周期信号较明显,而 70 年代以后的周期信号较弱。年际尺度的周期信号除在 1980~2000 年间不够明显以外,在其余时段内均有体现;并有交错出现的特点,1910 年起依次有准 2a、8a、4a、准 2a、4~6a、4a 的周期信号。4~6a 和 8a 左右的周期分别在 1940~1954 和 1916~1930 年期间有较强信号,4a 尺度的周期信号在 60~80 年代表现明显,而准 2a 尺度的周期信号分别在 1912~1917、1933~1940 和 2000 年后表现较强,其它时段则相对较弱。

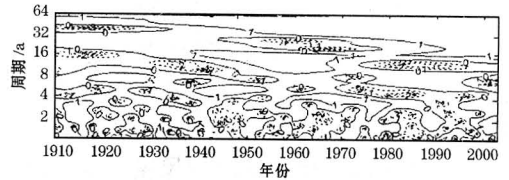


图 3 1909.1~2002.12 齐齐哈尔市月平均气温距平 Morlet 小波变换系数的模

2.3 气温变化的突变特征

图 4 给出了 Morlet 小波变换系数的位相在时频域中的分布情况。位相图可以用来探测信号突变点在时域中出现的具体位置。由图可以看出,近百年来齐齐哈尔市月平均气温距平序列存在不同尺度周期的突变特征,表现为小波系数的等位相线从大尺度区域向小尺度区域的辐合。40~60a 尺度的冷暖突变点位置出现在 1924、1955 和 1989 年前后,这与全国冷暖交替平均状况大体一致。其它尺度的冷暖突变都有阶段性特征,尺度越小对应的冷暖交替越频繁。如 10a 左右尺度辐合到 1a 尺度上有 6 个突变点,分别位于 1912、1933、1941、1950、1969 和 2001 年,说明在这些年齐齐哈尔市的气温均有异常变化。根据多年平均气温资料对比分析结果表明,这些年份都出现了气温变化的极值。

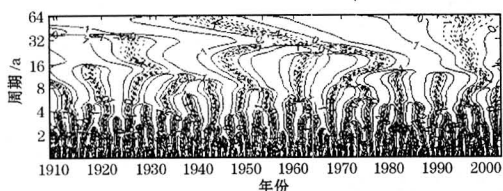


图4 1909.1~2002.12 齐齐哈尔市月平均气温距平 Morlet 小波变换系数的相位

2.4 气温变化的强度特征

图5给出了 Morlet 小波变换功率谱的时频域分布。小波功率谱值反映了不同尺度周期信号的强度,可以揭示信号序列的内部频率结构,能够给出序列中所包含的不同尺度振荡相对贡献的完整描述。由图可以看出,准 2a、4a、4~6a 和 40~60a 的周期振荡最为显著,其强度最大,表现为小波功率谱等值线分布的高值区或闭合圈;此外,8a 的周期振荡也通过了信度为 0.05 的 F 检验,说明这个尺度的周期振荡对齐齐哈尔市气温变化的贡献也比较大;其它尺度的周期振荡则强度较弱。时域上,年际尺度周期振荡的总体贡献在 20 世纪 50 年代以前要比 50 年代至今大,而年代际尺度的周期振荡则在 50 年代至今表现得最为显著。

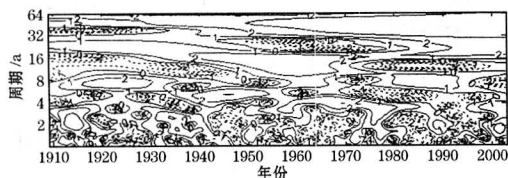


图5 1909.1~2002.12 齐齐哈尔市月平均气温距平 Morlet 小波变换的功率谱

图6为 2~8a 尺度周期的平均方差在时域中的分布情况。由图可以看出,年际尺度的周期振荡在 1915 年前后最为显著,平均方差贡献最大;其次是在 30~40 年代、70 年代中后期和 2000 年以后,而在 80~90 年代期

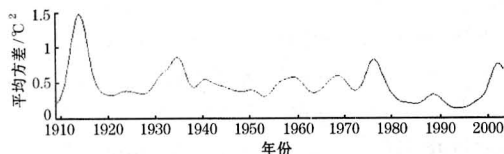


图6 1909.1~2002.12 齐齐哈尔市月平均气温距平中 2~8a 尺度周期的平均方差($^{\circ}\text{C}^2$)

间年际尺度振荡的方差贡献相对较小。

综合以上分析可知,齐齐哈尔市近百年来气温变化是不同尺度周期振荡综合作用的结果,具有高频变化明显、低频变化起主要作用的特点。40 年代前,除了 20~30 年代期间出现并不显著的 25a 左右尺度的弱暖周期以外,其余时期都偏冷,所以 40 年代以前齐齐哈尔市气温总体偏低。80 年代中期以后,各尺度周期变化均以偏暖为主,只有个别弱冷周期振荡,综合作用的结果是这一时期气温异常偏暖。而 40~80 年代初则表现得比较复杂,10~20a 尺度周期信号较强,而且在 40~60a 大尺度暖周期背景下出现 10~20a 尺度的冷暖周期性变化,有反位相的现象;由于不同尺度周期的综合影响,使得这一时期的气温变化没有出现显著异常,总体上仍然属于正常变化。

3 小结

通过上述分析,可以得出齐齐哈尔市近百年来气温变化的主要特征:

近百年来齐齐哈尔市的气温变化具有多层次的时间尺度结构,时域中存在着准 2a、4a、4~6a、8a 左右的年际尺度和 40~60a 的年代际尺度的周期性变化;气温的阶段变化特征明显。除 40~60a 尺度的周期具有全时域特征外,其余尺度的周期性变化表现出较强的局部化特征;气温的冷暖交替具有突变特征。如 40~60a 尺度的冷暖交替出现在 1924、1955、1989 年,10 年左右尺度的突变点位于 1912、1933、1941、1950、1969 和 2001 年;周期强度上,50 年代以前年际尺度周期显著,而 50 年代以后年代际尺度周期更显著。

参考文献

- 1 Houghton J T. The Science of Climate Change. Climate change 1995, IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- 2 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究. 气象学报, 1994, 52(3): 261~273.
- 3 崔锦泰. 小波分析导论. 西安: 西安交通大学出版社, 1995: 66~99.
- 4 林振山, 邓自旺. 子波气候诊断技术的研究. 北京: 气象出版社, 1999.

Temperature Variations of Qiqihar City for Last 100 Years

Lou Dejun^{1,2} Sun Weiguo¹ Li Zhimin²

(1. Nanjing Institute of Meteorology, 210044; 2. Qiqihar Meteorological Office, Heilongjiang Province)

Abstract

The multi-time scale structure and localization characters of Qiqihar's temperature variation are analyzed by Morlet wavelet transformation. The results show that there are not only quasi-biennial, 4-year, 4-6-year and 8-year annual scale periodic change and 40-60-year decades scale periodic change, but also marked abrupt change characters in Qiqihar's temperature variation. The 40-60-year scale periodic alteration of coldness and hotness occurs in 1924, 1955 and 1989.

Key Words: temperature variation time scale abrupt change