

近 50 年新疆温度降水配置演变及其尺度特征^{*}

戴新刚¹ 任宜勇² 陈洪武²

1 中国科学院东亚区域气候-环境重点实验室,中国科学院大气物理研究所,北京,100029

2 新疆气象局区域气候中心,乌鲁木齐,830000

摘 要

用小波多分辨分析方法研究近 20 年新疆出现的高温多雨型气候的时间尺度特征及其演变趋势。新疆近 55 年温度和降水的小波功率谱分析显示,二者在年际尺度上都有 2—4 和 6—8 a 的显著周期分量,在年代际尺度上有准 16 a 周期;但它们的时间演变和时间平均谱都存在差异,导致温度和降水配置演变比较复杂,呈现非平稳性。正交小波分解证实,温度和降水年际变化的高频部分具有显著的负相关,除个别几年外几乎都是高温少雨或低温多雨配置;在年际变化的低频部分,即 6—8 a 尺度部分,高温少雨/低温多雨及高温多雨/低温少雨配置交替出现,55 a 平均而言二者相关性不显著。在年代际以上尺度,二者的能量主要集中在约 50 a 以上尺度部分,16—32 a 尺度部分方差贡献很小。在降水和温度时间序列中去除趋势后发现,50 a 以上尺度部分具有稳定的高温多雨/低温少雨配置。因此,近 20 年新疆高温多雨型气候的出现主要是二者 50—60 a 尺度成分的正位相和线性增加趋势部分叠加形成的,其中降水主要是年代际尺度成分的贡献,温度主要是线性增暖趋势即全球变暖的影响结果。

关键词: 正交小波,全球增暖,新疆气候,高温多雨,多尺度特征。

1 引 言

20 世纪最后 20、30 年有两个气候变化分量几乎左右了北半球中高纬度气候演变的大格局,即大气环流的年代际突变^[1-3]和全球快速增暖^[4-5]。在此背景下中国的区域性气候发生了各种各样的变化^[6-7],如南方洪涝频繁^[8],华北持续干旱^[9-11],西北西部的气候出现了“变湿”的倾向^[12]。气象水文观测表明,1980 年后新疆的气温升高、降水逐渐增多^[13-14]、山地冰川退缩^[15]、河川径流增加^[16]、湖泊面积扩大^[17]、沙尘日数减少、水面蒸发量减少^[18]、生态环境得到改善等^[19]。有关研究指出中国西北西部的气候变化可能标志着由“暖干型”向“暖湿型”的转变,并推测这种转型可能是世纪尺度上的气候波动^[20]。此外,在青藏高原的古里雅冰芯和敦德冰芯中也存在百年际尺度的“暖湿/冷干”配置^[21-22];在年代际尺度上是“冷湿/暖干”配置。注意到上述气候温湿型是用气温和降水量定义的,这在古气候研究中是方便的。然而,一般对气候变干或变湿的定义可以用当地降水量相对于蒸发量的差异来定义,当

差异增大时称为变湿,减小时为变干。当然还有其他一些指标可用于描述气候的干湿程度,如干燥度指数等,据此分析甚至可以得到不大一样的结果^[23]。由于实际蒸发量的估计迄今仍然是一个难题,潜在蒸发、蒸发皿蒸发和实际蒸发之间的关系也并不很清楚。为了避免混淆,本文仅研究温度和降水配置,不涉及气候干湿问题。目前,新疆已经积累了约 55 a 的器测气象记录,可供研究年际和部分年代际尺度温度和降水配置问题。

2 方法和数据

本文的计算使用了 1951—2005 年新疆 12 个站平均年降水量和年平均气温序列。这 12 个站是库车、喀什、和田、且末、若羌、乌鲁木齐、伊犁、塔城、阿勒泰、乌苏、吐鲁番和哈密。基于气候信号的非平稳性和非线性特征^[24],选择连续小波变换做周期分析,分别计算小波功率谱、时间平均谱及年际变化尺度平均谱,母函数为 Morlet 小波^[25]。考虑到在连续小波变换中边界对分析较长周期分量的干扰以及分析结果的直观性,使用正交小波分解^[26]分析温度

* 初稿时间:2006 年 6 月 22 日;修改稿时间:2006 年 12 月 12 日。

资助课题:国家自然科学基金(40775048),国家重点基础研究发展规划项目(2006CB400504)和中国气象局气候变化专项等。

作者简介:戴新刚,主要从事气候变化研究和数值模拟工作。E-mail:daixg@tea.ac.cn

和降水配置及其演变的多尺度特征。因为正交小波分解特别适合于分析长周期成分,并且可以直观地展现温度和降水的位相配置关系。

根据小波多分辨分析理论,对于离散时间序列 S , 可以进行多层正交小波分解,其分解过程示意图(图 1)如下

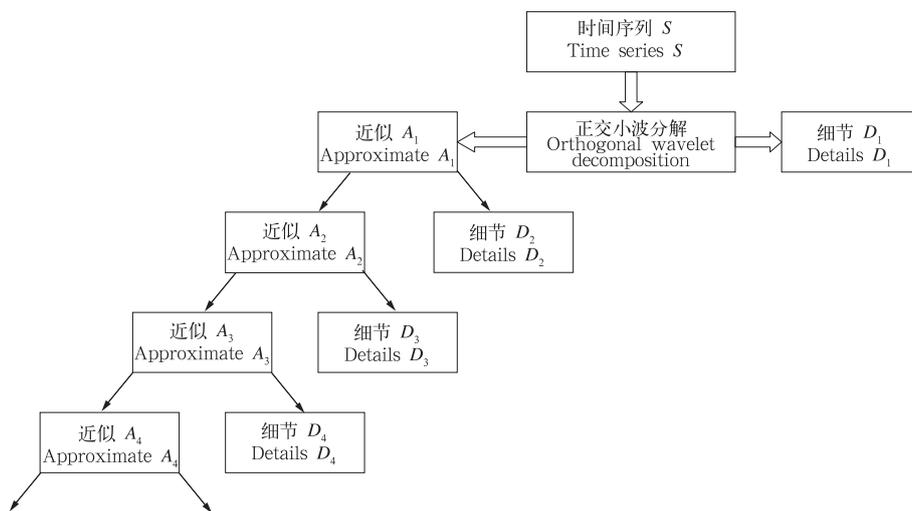


图 1 正交小波分解示意图

Fig. 1 Diagram of the orthogonal wavelet decomposition

根据分解层次的选择,信号 S 的重构过程可以是

$$S \approx A_1 + D_1 \quad (1)$$

或

$$S \approx A_2 + D_1 + D_2 \quad (2)$$

或

$$S \approx A_3 + D_1 + D_2 + D_3 \quad (3)$$

或

$$S \approx A_4 + D_1 + D_2 + D_3 + D_4 \quad (4)$$

.....

一般正交小波分解是按二进制尺度伸缩的。考虑到研究序列的长度(55 a)本文的分解只能进行到第 4 层,即时间尺度范围为 $2-2^4$ a。

3 小波功率谱

新疆年降水序列显示,在 20 世纪 50 和 80 年代中期以后降水偏多,60 和 70 年代相对偏少(图 2a)。50 和 70 年代年平均温度偏低,其他时段偏高,1990 年后增暖比较明显(图 3a)。不难看出,温度和降水序列中都存在年代际尺度成分和线性增加趋势,其中温度的上升趋势较降水明显。

Morlet 小波功率谱可以清楚地显示气温和降水序列的年际和部分年代际尺度成分(图 2b, 图 3b)。降水的年际变化主要有准 2 a 和准 6 a 两个尺

度成分(图 2c), 它们的强度都随年份变化(图 2b, d), 例如准 2 a 谱在 60 和 80—90 年代较强, 其他时段偏弱; 准 6 a 成分分别在 50—60 年代中和 80 年代后较强。在年代际尺度上准 16 a 周期最明显且比较平稳; 在 50 和 60 年代有准 11 a 谱。不难看出, 50 年代的多雨是准 6 a、准 11 a 和准 16 a 尺度成分叠加形成的; 80 和 90 年代的多雨是准 2 a、准 6 a 和准 16 a 尺度成分叠加形成。可见降水的明显偏多和偏少往往需要由多种尺度成分的异常构成。因此, 近 20 年新疆降水偏多是年际尺度、年代际尺度和线性增加趋势共同作用的结果。

新疆年平均温度演变最显著的特征是线性增暖趋势(图 3a)。温度序列的小波功率谱与降水有所不同, 在时间平均功率谱图上也有 3 个谱峰(图 3c), 分别具有准 3 a、准 8 a 和准 20 a 周期, 其中准 8 a 谱是一个从 50 年代的准 6 a 周期逐渐变长至 2000 年后的准 11 a 周期(图 3b)的平均谱。在年代际尺度带上, 70 年代中期有一个突变, 50—70 年代中期主要是一个准 16 a 周期, 此后转为准 20 a 周期。2—8 a 尺度平均谱显示(图 3d), 温度的年际变化在 50、60 及 80 年代中都较强, 80 年代后期开始逐渐减弱。从图 2b 中可以看到 80 年代中期后年代际尺度成分迅速增强。因此, 近 20 年新疆温度的上升主要是年代际尺度部分和线性增暖趋势造成的。

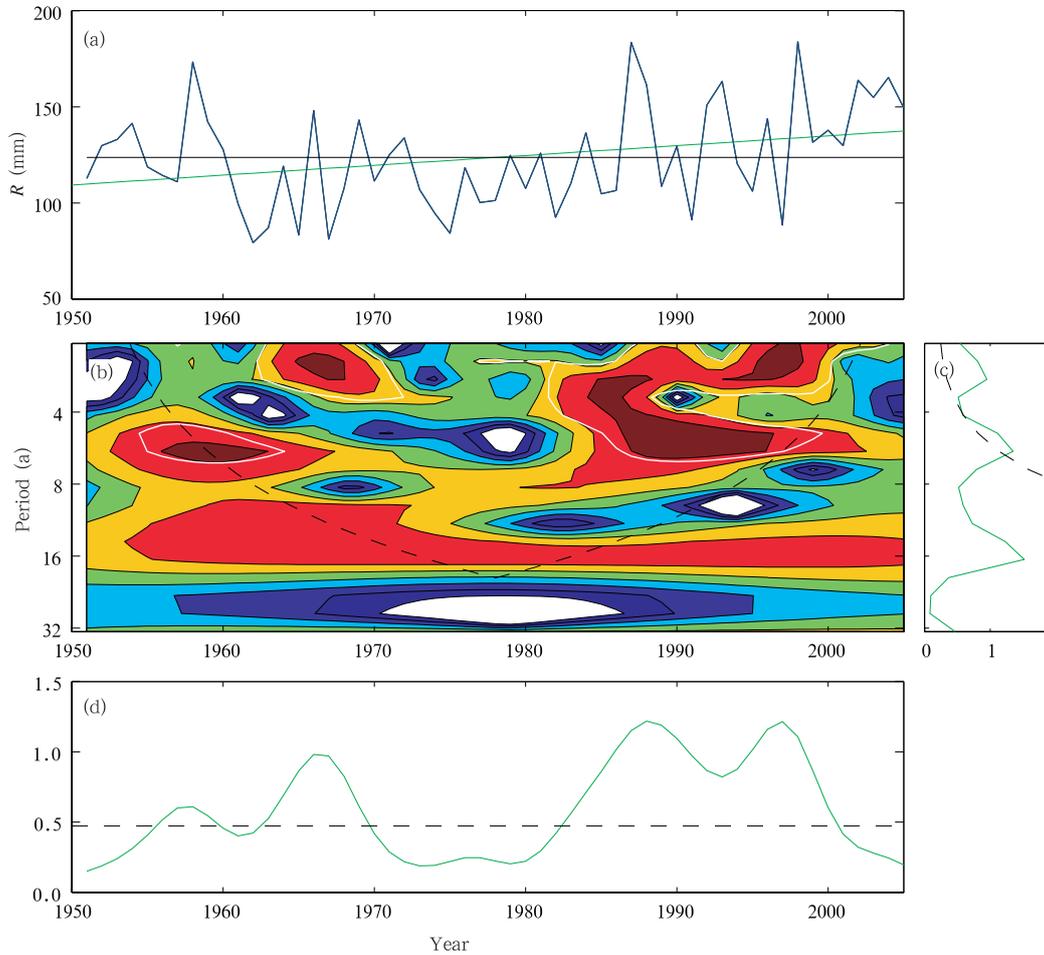


图 2 1951—2005 新疆年降水序列 Morlet 小波分析

(a. 年降水量(蓝实线),趋势(绿实线)和 55 a 平均降水量(黑实线);b. 小波功率谱,白实线所围区域通过 0.05 信度显著性检验,黑虚线是边界影响 e-折曲线;c. 时间平均谱(绿实线),黑色长虚线是 0.05 信度线;
d. 2—8 a 平均谱(绿实线),黑虚线是 0.05 信度线)

Fig. 2 Morlet wavelet analysis to Xinjiang's precipitation for 1951—2005

(a. annual precipitation (blue solid line), trend (green solid line) and 55 year mean (black solid line);
b. wavelet-power spectrum, white solid curves;critical line of significance level at 0.05; black dash line e-fold of boundary effect; c. time-average spectrum (green solid line), long-dash line is 0.05 significance level;
d. 2—8 year mean spectrum (green solid line), dash line is 0.05 significance level)

比较图 2 和 3 可以发现,新疆降水和温度演变的时间尺度和频谱的时变性都存在明显差异,二者的配置必然会比较复杂。虽然它们的相干性可以通过计算小波交叉谱进行研究,但考虑到连续小波变换边界的影响和展示的直观性,下面用正交小波分解研究温度和降水的配置及其尺度特征。

4 温度和降水配置

新疆标准化的温度和降水演变曲线显示,高温和多雨气候主要出现在 20 世纪 80 年代中期以来的

近 20 年(图 4f),60 年代后期和 70 年代是温度偏低降水偏少的气候,其余基本上都是降水偏多且温度偏低或降水偏少且温度偏高的配置。很明显,温度距平和降水距平的配置存在年代际变化。为了揭示其尺度特征,将温度和降水序列做 Daub4 (Daubechies 正交小波,4 个滤波系数)正交小波分解,分解到第 4 层。其中图 4a—d 属于 1—4 层分解的细节(details);图 4e 是第 4 层分解的近似(approximate)部分,可以理解为用正交小波滤波器在序列中依次滤除时间尺度为 2、4、8、16 a 成分后的

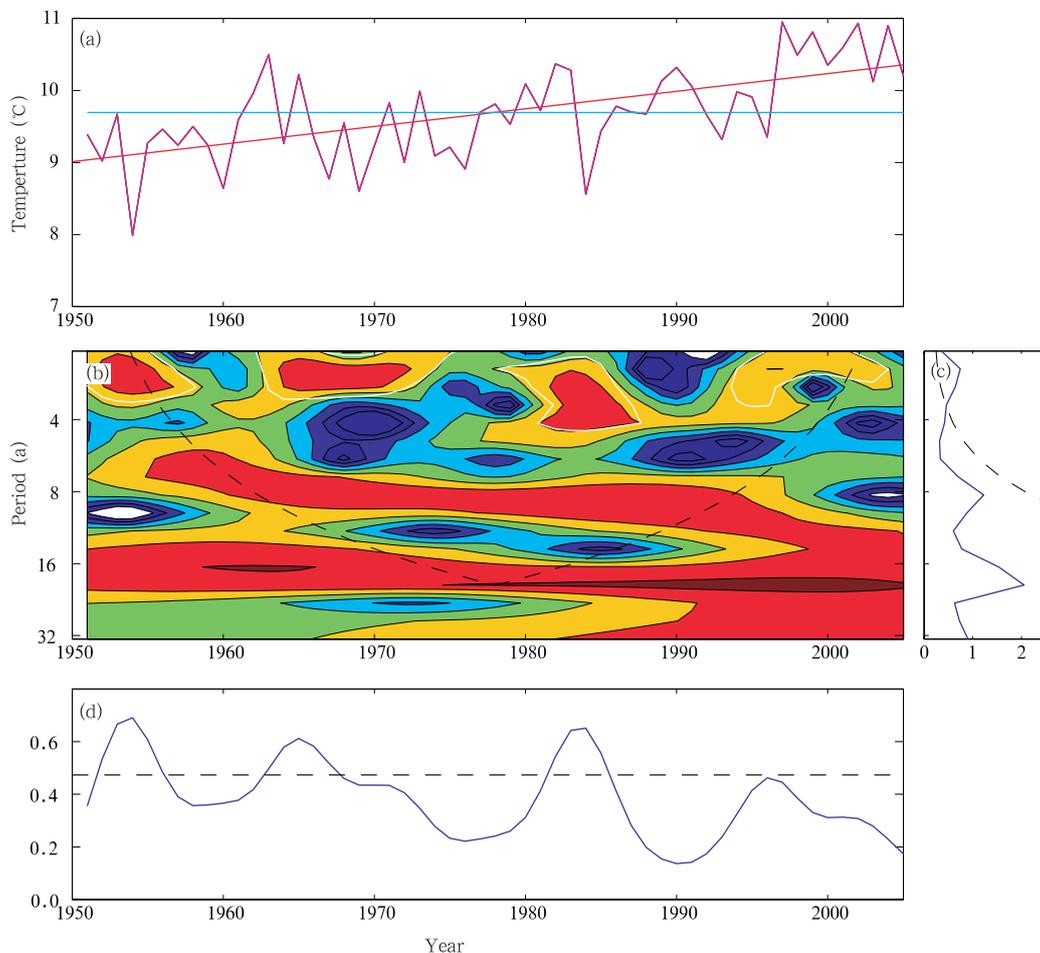


图3 1951—2005 新疆年平均温度 Morlet 小波分析

(a. 温度(橙色实线),趋势(粉红色虚线)和 55 a 平均温度(黑实线);

c. 时间平均谱(蓝实线);d. 2—8 a 平均谱(蓝实线);其他同图 2)

Fig. 3 Morlet wavelet analysis to Xinjiang's temperature for 1951—2005

(a. annual mean temperature (orange solid line), trend (pink solid line) and 55 year mean (black solid line);

c. time-average spectrum (blue solid line); d. 2—8 year mean spectrum (blue solid line); others as Fig. 2)

余项,其中包含有低频和趋势变化两个部分。第 1、2 层分解(见图 4a, b)属于年际变化;第 3 层以后(图 4c—e)属于年代尺度及其以上成分。

在第 1 层分解中温度和降水几乎都是高温少雨或低温多雨配置(图 4a),二者的相关系数 $R = -0.46$,超过了 99.9% 的置信度(临界相关系数 $R_c = \pm 0.43$);而 50 年代末和 2000 年后短暂的高温多雨配置可能属于随机出现的事件。在第 2 层分解中可以发现高温多雨/低温少雨与高温少雨/低温多雨配置交替出现(图 4b),二者的相关系数 $R = -0.19$,达不到 95% 的置信度($R_c = \pm 0.27$);其原因显然是它们演变的周期差异和非平稳性(见图 2b, c;图 3b, c)。在第 3 和第 4 层分解的细节部分(图 4c, d),温

度和降水基本上都是负相关即高温少雨或低温多雨配置,相关系数分别为 -0.58 和 -0.39 ,都超过了 99.9% 和 99% 的置信度。但是在第 4 层分解的近似部分却出现了显著的高温多雨或低温少雨配置(图 4e),二者的相关系数达到 0.87。

注意到图 4f 中温度分量存在明显的线性增暖趋势。在近似部分中去掉降水和温度的趋势变化后,发现温度有一个约 50 a 尺度的结构,降水存在一个略长于 50 年尺度的结构(图 5a),二者的位相在 50 年代后期开始变得很接近,出现显著的正相关,相关系数达 0.91,说明在 50 多年尺度段,高温和多雨相配,低温和少雨相配。比较图 5a 和 5b 不难发现温度的线性增加趋势一方面破坏了这一尺度

段分量在 50 年代的高温多雨配置,另一方面削弱了 60 年代中至 80 年代的低温少雨配置,但却加强了 80 年代后的高温多雨配置。因此,近 20 年新疆

出现的高温多雨型气候主要是温度和降水在 50 多年尺度成分的正位相同线性增加趋势叠加形成的。

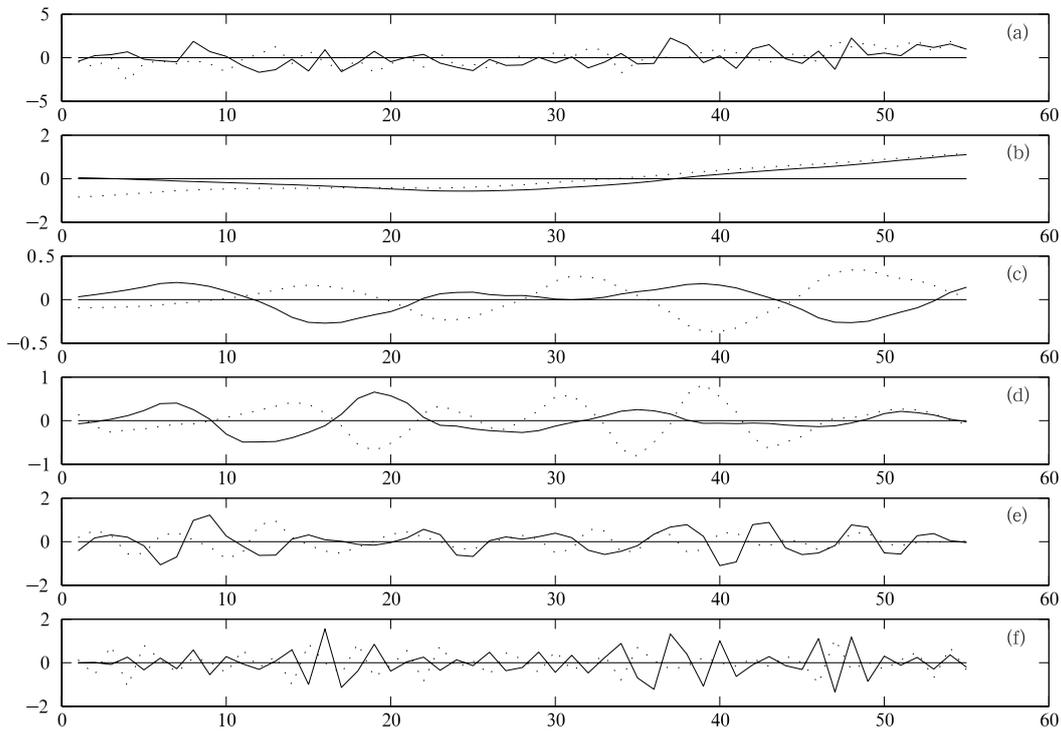


图 4 1951—2005 年新疆年降水量和年平均温度 Daub4 正交小波分解

(a—d. 1—4 层分解细节, e. 第 4 层分解近似部分, f. 标准化降水和温度序列;实线:降水;虚线:温度)

Fig. 4 Orthogonal decomposition of annual precipitation and temperature with Daub4 wavelet basis,

where solid lines denote the precipitation and dash lines represent the temperature

(a—d. details for decompositions at 1—4 levels, e. approximate for decomposition at fourth level,

f. standardized precipitation and temperature)

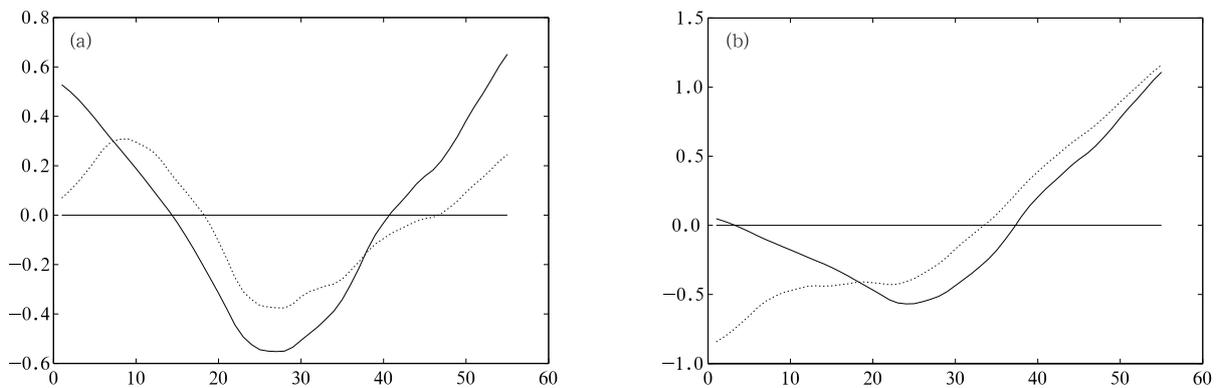


图 5 新疆年降水量和温度序列 Daub4 正交小波分解的第 4 层近似部分

(a. 去除趋势, b. 未去趋势, 同图 4e; 实线: 降水; 虚线: 温度)

Fig. 5 The approximate of wavelet decomposition at fourth level for annual precipitation and temperature

with Daub4, where solid lines denote the precipitation and dash lines represent the temperature

(a. trend is removed, b. with trend)

5 方差分析

在温度和降水的正交分解中每一分量的方差贡献都不一样,它们的时间演变特征主要取决于各种尺度成分贡献的相对大小。根据图 4a—e 的纵坐

标,可以大致判断方差贡献排在前 3 位的分量分别是第 1、2 层展开的细节部分即年际变化成分(图 4a, b)及第 4 层分解的近似部分(图 4e)。为了准确和定量起见,现计算出每一层分量的方差和方差贡献百分率(表 1)。

表 1 标准化年降水量和温度 Daub4 小波展开分量的方差及其百分率(%)
Table 1 Variances and their percentages of Daub4-wavelet decomposition for standardized precipitation and temperature sequences

序列名称	第 1 层细节 (尺度=2 a)	第 2 层细节 (尺度=4 a)	第 3 层细节 (尺度=8 a)	第 4 层细节 (尺度=16 a)	第 4 层近似 (尺度>16 a)
降水	0.4066 38%	0.2813 27%	0.0609 6%	0.0396 4%	0.2652 25%
温度	0.2749 28%	0.1517 16%	0.1220 13%	0.0191 4%	0.4060 42%

从表 1 中可以看到,降水序列的特征主要由年际变化(1—2 层细节)和 16 a 以上尺度成分即第 4 层分解近似部分构成,其中年际变化占总方差的 65%,近似部分占 25%。这说明新疆降水变化中年际成分是主要的,但 16 a 以上尺度成分也不能忽略。注意到正交小波分解中自 20 世纪 90 年代末以来降水年际变化分量变弱(图 4a, b),16 a 以上尺度成分逐渐成为新疆降水增加的支配因素(图 4e)。

温度序列的方差分布与降水不同,年际变化成分仅占 43%,年代尺度以上成分占了 57%,其中 16 a 以上尺度成分占了 46%,也高于年际变化部分。可见新疆温度变化主要受 16 a 以上尺度成分支配。为了定量区分趋势变化和年代际变化的相对重要性,在去掉降水和温度序列趋势变化后再做一次正交小波分解,其各层分量的方差和百分率列在表 2 中。

从表 2 中可以看到,在去除趋势部分后降水和

表 2 去除趋势后年温度和降水 Daub4 小波展开分量方差和百分率
Table 2 The variances and their percentages of Daub4-wavelet decomposition for standardized precipitation and temperature after their trends removed

序列名称	第 1 层细节 (尺度=2 a)	第 2 层细节 (尺度=4 a)	第 3 层细节 (尺度=8 a)	第 4 层细节 (尺度=16 a)	第 4 层近似 (尺度>16 a)
降水序列	0.4435 43%	0.3067 30%	0.0672 7%	0.0456 4%	0.1688 16%
温度序列	0.4346 48%	0.2422 27%	0.1095 12%	0.0278 3%	0.0946 10%

温度的方差分布发生了变化。首先,二者的年际变化部分方差分别增加到 73%和 75%;年代尺度以上成分的方差贡献减少,其中第 4 层分解的近似部分方差占总方差的比率分别降至 16%和 10%。可见线性趋势部分可以使降水 16 a 以上尺度部分方差贡献提高约 10%,使温度的方差贡献提高约 30%。从图 5 中大致可以分辨出 16 a 以上分量主要表现为一个 50 a 以上尺度成分。因此,近十多年新疆降水的增加主要是 50 a 以上年代际尺度成分造成,线性趋势加强了降水增加的幅度;而温度的增加主要是由线性增暖趋势造成。

6 未来趋势分析

预测未来几十年新疆气候演变是一个非常复杂的问题。新疆高温多雨气候还会持续多久,其间可能的变化又有哪些等,都是亟待回答的问题。尽管如此,在不考虑其他因素条件下,仅根据新疆降水和温度序列的分解分析也还是可以对其未来的演变趋势做一粗略的估计。从时间序列的方差分析可以知道,对未来温度演变的估计相对比较容易,因为线性增暖趋势已经左右了近 20 年新疆温度变化的主要部分,只要全球增暖继续,新疆气温偏高的气候还会持续,甚至增强。降水的估计相对比较困难。从

前面的分析知道,影响降水序列的方差集中在年际变化和约 50 a 以上年代际尺度部分,其中大部分(65%)集中在年际变化尺度部分。年际尺度部分属于气候变化中的高频成分,其随机性很大,对于估计几十年尺度的气候变化是一个噪音或干扰;而 50 a 以下尺度年代际成分方差贡献又太小(图 4c,表 1),不大可能对降水未来的演变造成明显的影响。一个值得关注的现象是 50—60 年年年代际尺度成分和线性增加趋势部分在近 20 年变得越来越重要(图 4e,图 5),已经成为左右新疆降水演变的主要分量。例如,到 2005 年它们的方差贡献已经变得相当(图 5a,b)。因此,在全球增暖背景下,单从降水和温度时间序列估计,降水 50 多年尺度成分正位相还将持续,新疆的所谓“暖湿气候”还可能持续。

不过,最近发表的一些研究结果增加了上述估计的不确定性。一方面随着全球增暖的加剧,北方变绿^[27];另一方面格陵兰冰川的融化也在加速^[28],越来越多的淡水注入海洋,导致北大西洋温盐环流(THC)明显减弱^[29-30],洋流向北方的热量输送在减少,有可能导致欧洲变冷,其结果可能使欧亚大陆定常波结构和水汽输送场发生重大改变。因此,对新疆未来气候演变的估计还存在相当大的不确定性。

7 结 论

综上所述,20 世纪中期以来,新疆的温度和降水经历了波动式的逐渐上升过程,最引人注目的是近 20 年的高温和多雨相伴随气候的出现。观测记录的分解分析发现,新疆温度和降水演变主要由年际变化部分和 50 a 以上尺度成分构成,其中年际变化成分中温度和降水的配置具有不确定性,主要表现在 6—8 a 周期段;2—4 a 周期成分基本上都是高温少雨或低温多雨配置,但偶尔也会出现高温多雨或低温少雨的情况。近 20 年新疆出现的“暖湿气候”主要是温度和降水 50 年以上尺度成分正位相和线性增加趋势叠加形成的,其中温度的升高可能是全球增暖的结果,降水的增加主要由 50 多年尺度成分正位相和线性增加趋势部分造成。单从温度和降水时间序列分析看,如果全球增暖趋势不变,温度和降水的线性增加趋势可能成为未来左右新疆气候演变的主要成分。

参考文献

[1] 符淙斌,王强. 南亚夏季风气候的突变现象及其与全球迅速

增暖的同步性. 中国科学(B),1991,35:666-672

- [2] 王绍武,朱锦红. 国外关于年代际气候变率的研究. 气象学报,1999, 57(3): 376-383
- [3] Dai Xingang, Fu Congbin, Wang Ping. Interdecadal change of atmospheric stationary waves and North China drought. Chinese Physics, 2005, 14(4): 850-858
- [4] Mann M E, Amman C, Bradley R, et al. On past temperatures and anomalous late-20th century warmth. EOS, 2003, 84(27): 256
- [5] Mann M E, Bradley R S, Hughes M K. Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. Nature,1998,392: 779-787
- [6] 任国玉,郭军,徐志铭等. 近 50 年中国地面气候变化基本特征. 气象学报, 2005, 63(6): 942-956
- [7] 陈隆勋,周秀骥,李维亮等. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制. 气象学报,2004,62(5):634-646
- [8] Feng G L, Dong W J, Li J P. On temporal evolution of precipitation probability of the Yangtze River delta in the last 50 years. Chinese Physics, 13(9): 1582-1587
- [9] Dai X G, Wang P, Zhang P Q, et al. Rainfall in North China and its possible mechanism analysis. Progress in Natural Sci, 2004, 14(7): 598-604
- [10] 龚志强,封国林,万仕全等. 基于启发式分割算法检测华北和全球气候变化的特征. 物理学报,2006,55(1):477-484
- [11] 李维京,赵振国,李想等. 中国北方干旱的气候特征及其成因的初步研究. 干旱气象,2003,21(4): 2-6
- [12] 施雅风,沈永平,李栋梁等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨. 第四纪研究, 2003,23(2):152-164
- [13] 王涛,杨保,夏敦胜等. 近 0.5 ka 来中国北方干旱半干旱地区的降水变化分析. 科学通报,2004,49(9):883-887
- [14] 李培基. 新疆积雪对气候变暖的响应. 气象学报,2001,59(4): 491-500
- [15] 焦克勤,王纯足,韩添丁. 天山乌鲁木齐齐河源 1 号冰川新近出现大的物质负平衡. 冰川冻土, 2000, 22(1): 62-64
- [16] 张国威,吴素芬,王志杰. 西北气候转型信号在新疆河川径流变化中的反映. 冰川冻土, 2003,25(2):183-187
- [17] 胡汝骥,马红,潘自立等. 近期新疆湖泊变化所示的气候趋势. 干旱区资源与环境,2002,16(1):20-27
- [18] Zuo H C, Li D L, Hu Y Q. Characteristics of climatic trends and correlation between pan-evaporation and environmental factors in the last 40 years over China. Chin Sci Bull,2005,50(12): 1235-1241
- [19] Chen X, Ge L P, Xia J. Ecological response to the climate change on the northern slope of the Tianshan Mountains in Xinjiang. Sci China Ser D 2004,48(6): 765-777
- [20] 施雅风,沈永平,李栋梁等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估. 北京:气象出版社, 2003:124pp
- [21] Shi Y F, Yao T D, Yang B. Decadal climate variations recorded in Guliya ice core and comparison with the historic documentary data from East China during the last 2000 years. Sci China Ser D,1999, 42(suppl): 92-100
- [22] Yao T D, Jiao K Q, Yang Z H. Climate and environmental in Guliya ice cap. Sci China Ser D, 1995, 38(2): 228-237
- [23] 马柱国,黄刚,甘文强等. 近代中国北方干湿变化趋势的多时段特征. 大气科学,2005,29(5): 671-681

- [24] Wan S Q, Feng G L, Dong W J, et al. On the climate prediction of nonlinear and non-stationary time series with the EMD method. *Chin Phys*, 2005, 14(3): 628-633
- [25] Torrence C, Compo G P. A practical guide to wavelet analysis. *Bull Amer Meteor Soc*, 1998, 79: 61-78
- [26] Daubechies I. Orthonormal bases of compactly supported wavelets. *Comm Pure Appl Math*, 1988, 41: 909-996
- [27] Lucht W, Prentice I C, Myneni R B, et al. Climatic control of the high-latitude vegetation greening trend and Pinatubo effect. *Science*, 2002, 296: 1687-1689
- [28] Dowdeswell J A. The Greenland ice sheet and global sea-level rise. *Science*, 2006, 311: 963-964
- [29] Quadfasel D. The Atlantic heat conveyor slows. *Nature*, 2005, 438: 565-566
- [30] Ganopolski A, Rahmstorf S. Simulation of rapid glacial climate changes in a coupled climate model. *Nature*, 2001, 409: 153-158

MULTI-SCALE FEATURE OF CLIMATE AND CLIMATE SHIFT IN XINJIANG OVER THE PAST 50 YEARS

Dai Xingang¹ Ren Yiyong² Chen Hongwu²

1 Key Laboratory of Regional Climate-Environment for Temperate East Asia, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

2 Xinjiang Meteorological Agency, Urumqi 830000

Abstract

The scale feature of the Xinjiang climate change associated with the recent 20-year warm-wet climate is studied by wavelet decomposition. One of regional characteristics in climatology is the collocation of temperature and rainfall. There are four types of collocations i. e. warm-wet, cool-dry, warm-dry and cool-wet climates. As well known, a rainy climate does not represent a wet climate sometimes due to surface evaporation change. For example, if the increase rate excess the precipitation the climate would become drier. For avoiding miss-understanding, the words warm-rainy or cool-rainy are used in following content of this paper. Xinjiang is a Uygur autonomous region in northwestern China with a very dry continent climate. The water resource is one of the most important factors for regional economic development. In contrary to the severe drought occurred in north China during the past 30-year, the rainfall in Xinjiang has apparently increased since mid-1980s accompanying a warm climate under the background of global warming. Some of scientific researches conjecture that a climate transition from warm-dry to warm-rainy has occurred in mid-1980s. This change has led to more rainfall and warm climate there, mountain glacial shrinkage, runoff augment, lake expansion, frequent floods and so on. The surface vegetation has been ameliorated significantly according to remote sensing from satellite. The rainfall wavelet power spectrum shows 2—4-year and 6—8-years periods at inter-annual variation belt, and about 16-year period at inter-decadal scale. The different spectra of the temperature and rainfall sequences imply a complex collocation with their evolutions. In addition to continuous wavelet analysis the temperature and rainfall sequences are also decomposed with orthogonal wavelets Daub4 for reducing the edge-effect. It shows a significantly negative correlation between them at high frequency belt and a weak correlation in low frequencies within inter-annual variation belt, resulting from their non-stationary properties. A further quantitative investigation shows that the major precipitation energy concentrates on inter-annual variation and the part beyond 50-year components, as well, while the trend is the dominant component in temperature decomposition. The temperature and rainfall components exhibit a significant correlation, i. e. a warm-rainy/cool-dry climate collocation for the components. A further analysis has revealed that the appearance of the Xinjiang warm-rainy climate is contributed by the positive phase of 50—60-year component in precipitation and the warm trend during the recent 20-year. The persistence of the warm-rainy climate in Xinjiang seems expected in near future if global warming keeps on going. Finally, uncertainties for such a simple estimate to future climate of Xinjiang is discussed with the consideration of sea-ice interaction over west Europe and the Atlantic.

Key words: Orthogonal wavelets, Global warming, Xinjiang, Warm-rainy climate, Multi-scale analysis.