

# 基于小波分析的长江和黄河源区 汛期、枯水期径流特征

邴龙飞<sup>1 2</sup> 邵全琴<sup>1</sup> 刘纪远<sup>1</sup> 赵志平<sup>1 2</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:**利用 db3 小波分解和重构 1965~2007 年长江源沱沱河站、直门达站和黄河源吉迈站、唐乃亥站春汛期、夏汛期和枯水期流量数据,除沱沱河外,各站春汛期、夏汛期和枯水期流量皆呈下降趋势,各站流量下降速率依次为夏汛期 > 春汛期 > 枯水期。沱沱河站多年流量呈增加趋势,夏汛期变化速率依然高于春汛期。应用复 Morlet 小波分别分析上述 4 个水文站实测流量的周期特征。黄河源总体存在 11~12 a 波动周期;长江源春汛期有 4~6 a 波动周期,夏汛期有 13~14 a 波动周期。不同流域春汛期、夏汛期和枯水期主周期分布规律不同。

**关键词:**小波分析;周期;流量;汛期;枯水期

**中图分类号:** S273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2011)02-0232-07

三江源是长江、黄河和澜沧江的发源地,河流密布,湖泊、沼泽众多,雪山冰川广布,是世界上海拔最高、面积最大、湿地类型最丰富的地区,素有“江河源、中华水塔”之称,是中国江河中下游和周边地区生态环境安全和区域可持续发展的生态屏障,其物理水文特征对研究中下游地区河流水文水资源情况的变化具有非常重要的意义。

水文水资源时间序列是一个观测样本,观测到的资料较短,信息量有限,在这种情况下应用小波分析(子波分析)可以充分利用现有信息。该方法由法国工程师 Morlet 于 1980 年在分析地震资料时提出,自提出以来,小波分析迅速成为国内外的研究热点<sup>[1-6]</sup>。利用小波分析对江河源区水文要素的研究主要集中在分流域讨论<sup>[7-8]</sup>;很多研究集中在探讨黄河源或长江源气候要素变化特征<sup>[9-11]</sup>,或者讨论单季或全年某水文要素特征<sup>[12]</sup>。三江源不同流域汛期、枯水期水的来源不同,近年来持续的升温显著地改变了源区冰川和冻土动态特征,近 30 a 来持续的草地退化改变了区域蒸散,因此综合分析全年径流变化特征可能掩盖某些季节信息影响,国内外鲜见这类研究,杨建平等等对黄河、长江源区的流量特征进行过研究,借助小波分析给出了径流序列多年周期特征,但对不同汛期或者枯水期的周期特征没有阐述<sup>[13]</sup>。本文分别对长江、黄河

源区各两个典型水文站汛期、枯水期流量数据进行分析,对比多年汛期、枯水期流量的变化趋势及周期,为综合研究三江源生态系统水循环和水平衡提供参考。

## 1 小波分析的基本原理

在探测水文水资源时间序列变化特性上的应用可总结为两方面:一是奇异性检测,如水文序列的周期性波动;二是过程特性定量表征<sup>[3]</sup>,如水文过程长期的变化趋势。

趋势分析主要研究水文时间序列顺序递增或递减的变化规律,为水资源开发利用、控制和调整提供依据。趋势可以看作是周期长度比实测序列长得多的长周期成分,水文序列中低频部分代表其趋势。尺度分解中的低频部分随着层次的增加,含有的高频成分信息会随之减少,当继续分解到下一层次时,就有更高频率的信息被剔除,则剩下的就是水文序列的趋势<sup>[8]</sup>。

水文时间序列都是离散的,小波分析中的多分辨分析方法(multi-resolution analysis, MRA)把水文时间序列分解为低频(c)和高频(d)成分,根据其低频成分判断水文时间序列的变化趋势。高频成分隐含了水文序列的周期性信息。

通过小波变换,得到不同尺度的小波变换系数

收稿日期:2010-04-13; 修订日期:2010-06-11

基金项目:国家科技支撑计划(2006BAC08B00)、中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB2-06-03)资助。

作者简介:邴龙飞(1979-),男,山东青岛人,博士研究生,主要研究方向为区域水热平衡。E-mail:binglf@lreis.ac.cn

通讯作者:邵全琴,女,研究员。E-mail:shaoqq@lreis.ac.cn

$W_f$ , 该系数反映了信号的时域和频域特征。小波函数的选择是小波分析的难点, 目前有两种方法: 一种是通过经验和多次的试验来选择合适的的小波函数; 另外就是尽量选择与待分析信号形态相似的小波<sup>[14]</sup>。

对于任意函数或者信号  $f(x)$ , 其小波变换为:

$$W_f(a, b) = \int_{\mathbb{R}} f(x) \overline{\psi\left(\frac{x-b}{a}\right)} dx = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{\mathbb{R}} f(x) \overline{\psi\left(\frac{x-b}{a}\right)} dx \quad (1)$$

其中,  $\psi$  为母小波,  $W_f(a, b)$  为小波变化系数,  $a$  为尺度参数,  $b$  为时间中心参数。

dbN 系列小波 ( $N$  是小波的阶数) 与水文特征的变化特征类似, Morlet 小波与周期之间存在比较简单的关系。因此本文选择这两种小波作为分析的母小波。

### 1.1 dbN 小波系列

法国学者 Daubechies 对尺度取 2 的整数次幂 (即  $2^i, i \in \mathbb{Z}^+$ ) 条件下的小波变换进行了较深入的研究, 提出以她名字命名的小波 - Daubechies 小波。其特点是: 时域上具有有限支撑, 即  $\psi(t)$  长度有限, 且高阶原点矩  $\int t^p \psi(t) dt = 0, p \in \mathbb{N}$ ; 在频域上  $\hat{\psi}(\omega)$  在  $\omega = 0$  处有  $N$  阶零点;  $\psi(\omega)$  与它的整数位移正交归一  $\int \psi(\omega) \overline{\psi(\omega - k)} dt = \delta_k$ 。db1 即 Haar 小波, 其余的 dbN 小波系列没有明确的解析方程, 但是它可以由尺度函数  $\Phi(t)$  给出:

$$\psi(t) = \sum_k g_k \phi(2t - k), \quad k \in [2, 2N - 1], \quad N(1, 2, 3, \dots, 50) \quad (2)$$

### 1.2 Morlet 小波

Morlet 小波定义为  $\psi(x) = Ce^{-x^2/2} \cos(5x)$ ; 是高斯包络下的单频率复正弦函数<sup>[15]</sup>。与实型小波相比, 复数小波能更真实反映时间序列各尺度周期性大小及其在时域中的分布。复 Morlet 小波变换的模和实部是两个重要的变量, 模的大小表示不同特征时间尺度信号的强弱; 实部表示不同特征时间尺度信号在不同时间上的分布和位相两方面的信息, 小波系数实部为正时, 表示径流量偏多, 为负时表示径流量偏少, 从小波系数的实部可以看出不同尺度下的丰枯位相结构, 小尺度的丰枯变化则表现为嵌套在较大尺度下的较为复杂的丰枯结构<sup>[7]</sup>。

通过小波变换分析得到的小波系数, 反映的是不同时间尺度对信号的响应, 如果要更深入的了解究竟是何时间尺度最能反映信号的波动周期规律,

就需要借助方差分析的方法, 对小波变换所得的系数进行方差分析, 方差的大小对应的时间尺度表征序列能量强弱的分布, 小波方差的计算公式为:

$$V(a) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n W^2(a, x_j) \quad (3)$$

式中,  $V(a)$  表示尺度为  $a$ , 时间  $x_j$  处小波方差,  $n$  为时间序列的长度, 因此小波方差又可以表述为尺度  $a$  处小波变换系数平方和的均值<sup>[16]</sup>。

为消除季节变化, 分别对长江、黄河源区四站的水文数据序列求其距平, 然后对各时间序列的距平值进行小波变换分析。为明显表征黄河源和长江源径流变化的趋势特征, 经多次试验后, 本文选用 5 水平和 6 水平下的小波分解与重构对两流域流量数据进行分析, 以观察其长期的变化趋势。由于长江正源沱沱河站实测日流量数据不完整, 本文不讨论沱沱河站枯水期流量变化特征。

## 2 研究区与数据

### 2.1 研究区

三江源位于中国青海省南部, 青藏高原北侧腹地, 分别与西藏、四川和甘肃省接壤, 为长江、黄河和澜沧江的源头交汇区。江河源地势由西向东逐渐降低, 西部以山原地貌为主, 为低山丘陵与宽谷相间形成的波状地形, 东部多高山峡谷。平均在海拔 3 450 ~ 6 621 m, 由一系列相间分布的高山、沟谷、盆地等组成。

在气候区划上属于青藏高原亚寒带的羌塘半干旱区和那曲果洛半湿润区, 为典型的高原大陆性气候, 冷热两季交替、干湿两季分明、年温差小、日温差大、日照时间长、辐射强烈。

主要土壤类型为高山寒漠土、高山草甸土、高山草原土、山地草甸土、灰褐土、栗钙土、沼泽土、风沙土等, 其中以高山草甸土分布最多, 海拔区间为 3 500 ~ 4 800 m。沼泽草甸土也比较普遍, 多数湿草地土壤都属于这一类型。灰褐土则发育在乔、灌木生长的地区。土层浅薄, 一般为 30 ~ 50 cm, 含砾石较多, 腐殖质层薄。

三江源区河流主要分外流河和内流河两类, 有大小河流 180 多条。长江发源于唐古拉山北麓格拉丹冬雪山, 年均径流量为  $177 \times 10^8 \text{ m}^3$ ; 黄河发源于巴颜喀拉山北麓, 年平均径流量  $232 \times 10^8 \text{ m}^3$ ; 澜沧江发源于果宗木查雪山, 年均径流量  $107 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。雨水和冰雪融水是长江黄河源水系径流主要补源。

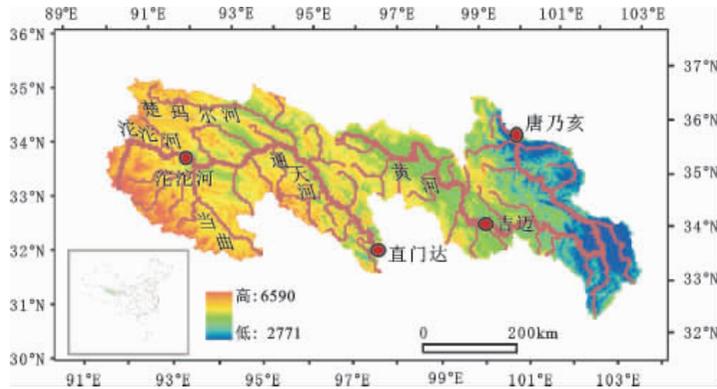


图1 三江源地理位置

Fig. 1 Location of three river headwaters region

## 2.2 数据

黄河源吉迈站、唐乃亥站 1965 ~ 2007 年实测日流量数据;长江源沱沱河站、直门达站 1965 ~ 2007 年实测日流量数据。由于沱沱河站流量数据不全,因此只对其春夏两汛的流量变化特征进行分析。

不同汛期或者枯水期,黄河源和长江源径流、降水及其他环境因子时空格局变化明显,因此本文按不同流域将全年划分为三个时段,春汛期、夏汛期和枯水期(表1),将流量按春汛期、夏汛期和枯水期取均值。

表1 长江、黄河源区流量汛期、枯水期划分

Table 1 Definition of flood/dry seasons in source regions of Changjiang River and Huanghe River

河名	典型时段	时间段
黄河源	春汛期	3月下旬至6月上旬
	夏汛期	6月中旬至10月下旬
	枯水期	12月上旬至3月上旬
长江源	春汛期	4月中旬至6月上旬
	夏汛期	6月中旬至9月下旬
	枯水期	12月上旬至3月下旬

## 3 结果与分析

### 3.1 江源区多年流量的基本统计特征

黄河源出口唐乃亥站和吉迈站 1965 ~ 2007 年间多年流量分别为 633.3 和 127.2  $\text{m}^3/\text{s}$ ,夏汛期平均流量分别为 1 103.7 和 229.1  $\text{m}^3/\text{s}$ 。多年最大流量分别为 1 039.6 和 261.9  $\text{m}^3/\text{s}$ ,夏汛期最大流量分别为 1 956.6 和 513.5  $\text{m}^3/\text{s}$ 。多年最小流量分别为 329.1 和 60.8  $\text{m}^3/\text{s}$ ,夏汛期的最小流量分别为 527.8 和 94.9  $\text{m}^3/\text{s}$ 。吉迈站多年平均流量约为

唐乃亥站多年平均流量的 20%;唐乃亥站地处黄河源下游,其不同时段内流量变化幅度比吉迈站大;但是其相对变异程度却较吉迈站小。

长江源直门达站和沱沱河站夏汛期平均流量分别为 895.1 和 73.3  $\text{m}^3/\text{s}$ ;夏汛期最大流量分别为 1 652.4 和 175.5  $\text{m}^3/\text{s}$ ,夏汛期最小流量分别为 447.2 和 21.3  $\text{m}^3/\text{s}$ 。夏汛期沱沱河站流量大约只占长江源直门达站流量的 8%。

### 3.2 江源区流量的基本变化特征

采用 db3 小波对黄河和长江源区各两个水文站不同汛期、枯水期流量数据进行离散小波变换分析,对其低频成分进行重构,重构过程中,高频信息被剔除,剩下的就是低频信息,这反映了江源区 43 a 流量水文序列的变化趋势。

1) 黄河源区不同汛期、枯水期的流量变化特征。图 2 看出,1965 ~ 2007 年 43 a 来,黄河源吉迈站、唐乃亥站不同汛期、枯水期流量总体呈下降的趋势,1968 年和 2000 年流量拐点出现。1968 ~ 2000 年不同汛期、枯水期流量降低的趋势较 1968 年以前更快,2000 ~ 2007 年流量降低的速率减缓。黄河源两水文站春汛期、枯水期流量降低速率较夏汛期低;枯水期又比春汛期低。

2) 长江源区不同汛期、枯水期流量变化特征。1965 ~ 2007 年,长江正源沱沱河流量总体呈上升趋势,其中夏汛期增加速率更快。直门达站春、夏汛期内平均流量呈降低趋势,且两汛期内降低速率几乎相同,但是夏汛期平均流量更大(图 2)。直门达站枯水期流量变化不明显。

### 3.3 流量时间序列周期特征分析

选用 Morlet 小波对黄河、长江源区 4 个典型水文站的不同汛期、枯水期流量距平数据进行连续小

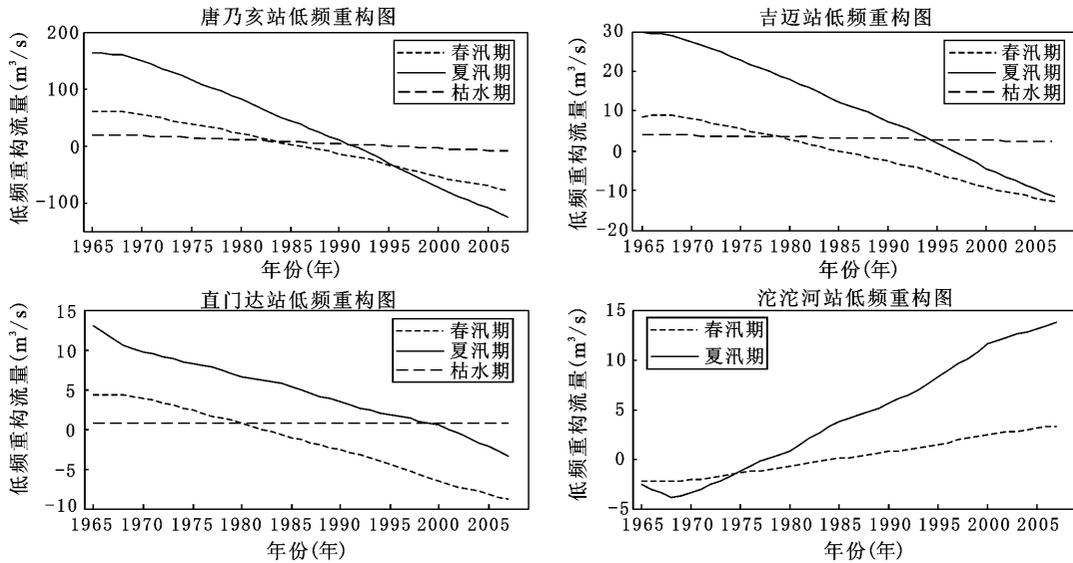


图2 长江、黄河源区不同汛期、枯水期流量、距平低频重构图

Fig. 2 Approximation reconstruction of runoff anomaly in different flood/dry seasons in source region of Changjiang River and Huanghe River

波变换 图3~4为流量序列距平 Morlet 复小波变换在不同时间尺度上的实部。由于对1965~2007年分汛期和枯水期数据进行讨论 因此可以认为每汛期或枯水期时段间隔即为1 a。

1) 黄河源区不同汛期、枯水期的流量变化特征。由图3可知 唐乃亥春汛期频域能量主要集中在5~15、20~25 a的时间尺度上。夏汛期频域能量主要集中在10~15 a 5 a左右也有一个波动能量高峰;枯水期波动高峰集中在10~15、5 a左右,也有20~30 a间的次能量极大值;吉迈站春汛期

能量高峰主要集中在5~15、20~25 a的时间尺度上;夏汛期能量高峰与唐乃亥站类似,主要集中在10~15、5 a左右时间尺度上;根据小波系数图(图3) 吉迈站枯水期能量波动规律亦与同时段唐乃亥站波动规律类似,主要是10~15、5 a左右和大约20~25 a的时间尺度上能量较集中。

2) 长江源区不同汛期、枯水期的流量变化特征。由图4可以看出,长江源直门达站春汛期频域波动能量主要集中在5~10、10~15及20~25 a左右的时间尺度上;夏汛期频域波动能量主要集中

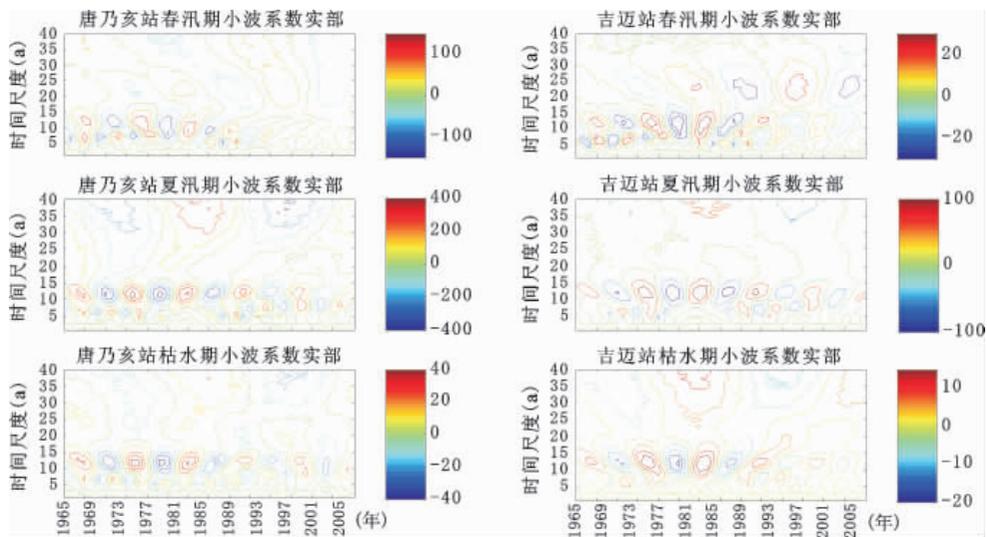


图3 唐乃亥和吉迈站 Morlet 小波系数图

Fig. 3 Real distribution of Morlet wavelet coefficient of runoff in Tangnaihai Station and Jimai Station

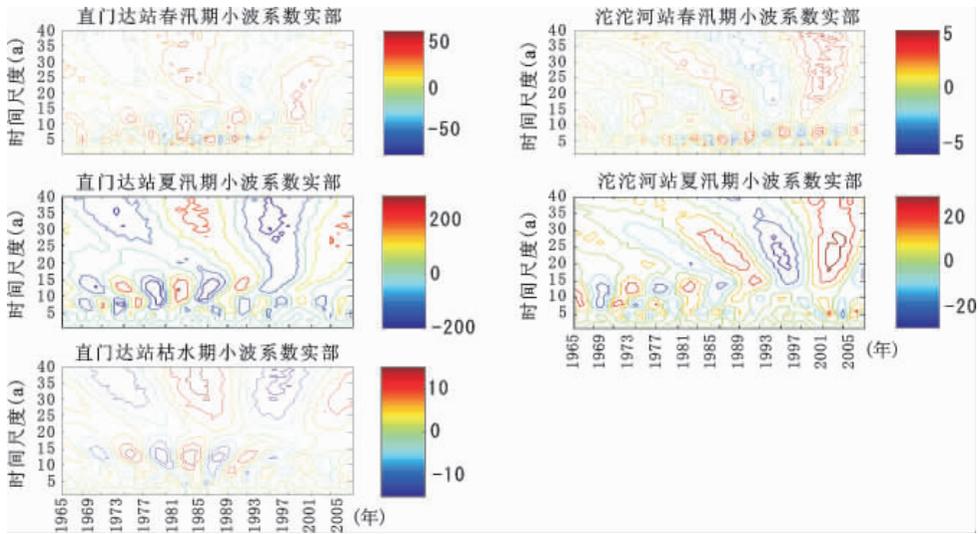


图4 直门达和沱沱河站 Morlet 小波系数布图

Fig. 4 Real distribution of Morlet wavelet coefficient of runoff in Zhimenda Station and Tuotuohe Station

在大约 5 ~ 15、25 ~ 35 a 左右的尺度上;枯水期频域能量主要集中在 5 ~ 15 和 30 a 以上的时间尺度上。需借助于小波方差进一步确定能量峰值的具体位置。

由图 4 可看出,长江正源沱沱河流域春汛期流量序列频域波动能量高峰集中在 5 ~ 10 a 及 15 ~ 35 a 多个不同的尺度上;夏汛期能量分布范围亦较宽,大致位于 6 ~ 30 a 的时间范围内,需要借助于小波方差进一步探寻能量峰值分布。

### 3.4 流量时间序列小波方差分析

根据公式 3 计算的小波方差结果如图 5。由

图 5 可知,春汛期唐乃亥站小波系数最大值出现在 8 a 处,即唐乃亥站春汛期水文流量序列存在 8 a 主周期,另外几个方差相对较大的时间尺度是 11 和 22 a 左右,说明春汛期唐乃亥站有 11、22 a 两个次要周期。同理可知,夏汛期唐乃亥站有 12 a 的主周期;枯水期主周期亦为 12 a。吉迈站春汛期流量变化的主要周期为 12 a,尚有 8、6、23 a 左右的次要周期;夏汛期主要周期为 12 a,另有 7 的次要周期;枯水期主要周期为 12 a(表 2)。

综上所述可以看出,黄河流域不同汛期、枯水期流量总体存在着 12 a 的主要周期,虽然唐乃亥站春

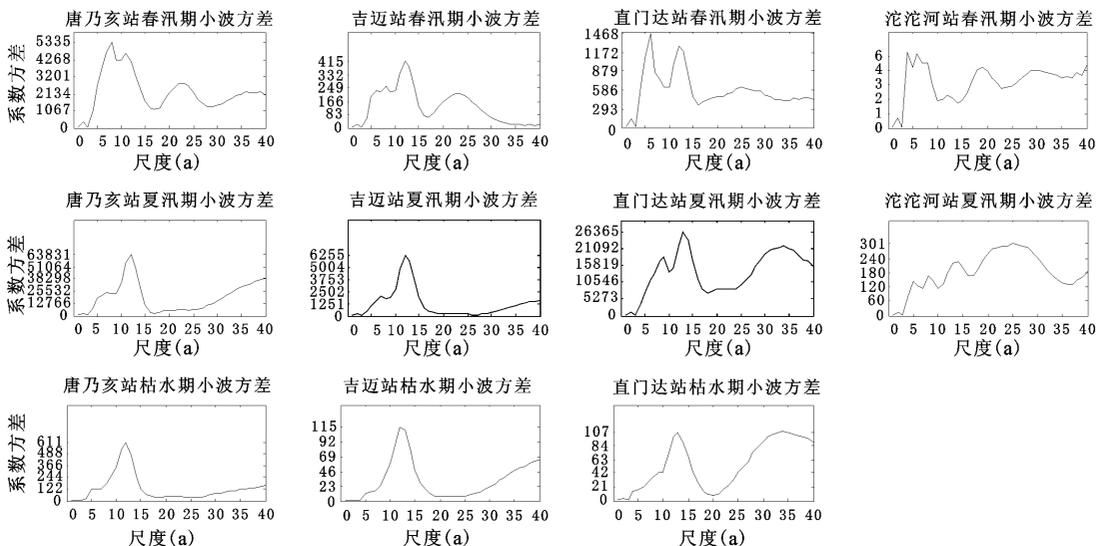


图5 长江、黄河源区不同汛期、枯水期小波方差图

Fig. 5 Wavelet variance in different flood/dry seasons in source region of Changjiang River and Huanghe River

表2 江河源区不同水文站复 Morlet 小波系数  
实部方差极值分布

Table 2 The Morlet wavelet extreme variance in different flood/dry seasons in source regions of Changjiang River and Huanghe River

	唐乃亥(a)	吉迈(a)	直门达(a)	沱沱河(a)
春汛期	8、11、22	12、8、6、23	6、12、25	4、6、19、30
夏汛期	12	12、7	13、34、9	25、14
枯水期	12	12	13、34	

汛期实测流量主要波动周期为 8 a,但是根据其在该时段的小波方差可以看出,其 11 a 的波动能量亦相当大,因此,可以认为黄河源总体存在着 11 ~ 12 a 的波动周期。说明黄河源来水比较稳定,生态系统需水、蒸散活动、季节降水和温度变化虽然改变了流域瞬时水量,但是其波动的节律并没有很大的变化,也即没有明显的规律性的干扰因素作用于黄河源区。

由图 5 和表 2 可知,长江源直门达站春汛期实测流量有约 6 a 的主周期以及 12 和 25 a 两个次周期;夏汛期有 13 a 的主要周期,尚有 34 和 9 a 两个次要周期;枯水期则有 13 a 的主要周期和 34 a 的次要周期。沱沱河缺少枯水期水文流量数据,所以只考虑其春汛期和夏汛期的流量周期性波动规律,其春汛期主要周期为 4 a,另有 6、19 和 30 a 次周期的波动规律,夏汛期主要周期为 25 a,另有 14 a 的次周期。

长江源直门达以上流域夏枯两期有 13 a 的主要周期和 34 a 的次要周期,虽然其春汛期主周期为 6 a,但 12 a 的次周期波动能量相当强(图 4.5),因此可认为直门达站实测流量有 12 ~ 13 a 的波动节律。

综上所述,虽然长江正源沱沱河的水文流量波动周期紊乱,但是并未对整个源区的流量波动规律产生质的影响。总体而言,春汛期长江源有 4 ~ 6 a 的波动周期(表 2),夏汛期有 13 ~ 14 a 的波动周期。春汛期降水形式主要为雪,可以认为此时不论是直门达站还是沱沱河站,径流主要来自于冰川冻土融水,因此流量具有相差不大的波动周期。进入夏汛期,由于降水和温度的增加,致使其主周期加大;沱沱河来水主要是冰川冻土融水,受温度影响更明显,其流量波动周期更长。

## 4 结论与讨论

1) 1965 ~ 2007 年 43 a 来,黄河源不同汛期、

枯水期流量总体呈下降的趋势,1968 和 2000 年流量拐点出现,2000 ~ 2007 年流量降低的速率减缓。黄河源春汛期、枯水期流量降低速率较夏汛期低,枯水期又比春汛期低。

2) 1965 ~ 2007 年 43 a 来,长江正源沱沱河春夏两汛流量总体呈上升的趋势,其中夏汛期增加的速率更快。直门达站春、夏两汛平均流量呈降低的趋势,而且两汛期内降低的速率几乎相同,但是夏汛期平均流量更大,这与直门达站地处源区下游有关。

3) 黄河源不同汛期、枯水期流量总体存在着 11 ~ 12 a 的波动周期。黄河源来水比较稳定,生态系统需水、蒸散活动、季节降水和温度变化虽然改变了流域瞬时水量,但是其波动规律并没有很大的变化,也即没有明显的规律性干扰因素作用于黄河源区。

4) 长江源春汛期流量有 4 ~ 6 a 的波动周期,夏汛期有 13 ~ 14 a 的波动周期。沱沱河以上流域流量主要来自于冰川冻土融水;而直门达以上流域受降水的影响更大,其夏汛期波动周期相对于沱沱河以上流域较小。

5) 总体而言,除长江正源沱沱河流域外,三江源其他流域不同汛期、枯水期流量总体呈下降的趋势。除沱沱河外,夏枯两期三江源径流周期大致为 12 ~ 13 a;除吉迈站外,春汛期三江源径流周期大致为 4 ~ 8 a。夏枯两期径流周期比较稳定,而春汛期变异较大。

## 参考文献:

- [1] Ashley E, Lange I A. Using wavelet analysis to detect changes in water temperature regimes at multiple scales: Effects of multi-purpose dams in the Willamette River basin [J]. River Research and Applications, 2007, 23(4): 351 - 359.
- [2] Kumar P, Foufoula - Georgiou E. A Multicomponent Decomposition of Spatial Rainfall Fields 1. Segregation of Large - and Small - Scale Features Using Wavelet Transforms [J]. Water Resources Research, 1993, 29(8): 2515 - 2532.
- [3] 王文圣, 丁 晶, 向红莲. 小波分析在水文学中的应用研究及展望 [J]. 水科学进展, 2002, 13(4): 515 - 520.
- [4] 刘 东, 付 强. 基于小波变换的三江平原低湿地并灌区年降水序列变化趋势分析 [J]. 地理科学, 2008, 28(3): 380 - 384.
- [5] 王 钧, 蒙吉军. 黑河流域近 60 年来径流量变化及影响因素 [J]. 地理科学, 2008, 28(1): 83 - 88.
- [6] 袁淑杰, 缪启龙, 谷晓平, 等. 中国云贵高原喀斯特地区春旱

- 特征分析[J]. 地理科学 2007 27(6):796-800.
- [7] 刘俊萍,田峰巍,黄 强,等. 基于小波分析的黄河河川径流变化规律研究[J]. 自然科学进展 2003 13(4):383-387.
- [8] 薛小杰,王 煜. 小波分析在水文序列趋势分析中的应用[J]. 应用科学学报 2002 20(4):426-428.
- [9] 王军德. 黄河源区典型草地水文循环研究[D]. 兰州:兰州大学硕士学位论文 2006.
- [10] 严异德,李 林. 近 47 年三江源雨季降水时空分布特征[J]. 青海科技 2009 16(2):27-31.
- [11] 王素萍. 近 40a 江河源区潜在蒸散量变化特征及影响因子分析[J]. 中国沙漠 2009 29(5):960-965.
- [12] 梁四海,万 力,张建锋,等. 黄河源区枯季基流的周期变化规律与成因[J]. 自然科学进展 2007 17(9):1222-1228.
- [13] 杨建平,丁永建,陈仁升. 长江黄河源区水文和气象序列周期变化分析[J]. 中国沙漠 2005 25(3):351-355.
- [14] 刘 健,张 奇,许崇育,等. 近 50 年鄱阳湖流域径流变化特征研究[J]. 热带地理 2009 29(3):213-224.
- [15] 衡 彤. 小波分析及其应用研究[D]. 成都:四川大学博士论文 2003.
- [16] Bradshaw G A, Spies T A. Characterizing Canopy Gap Structure in Forests Using Wavelet Analysis[J]. Journal of Ecology 1992, 80(2):205-215.

## Runoff Characteristic in Flood and Dry Seasons in Source Regions of Changjiang River and Huanghe River Based on Wavelet Analysis

BING Long-fei<sup>1,2</sup>, SHAO Quan-qin<sup>1</sup>, LIU Ji-yuan<sup>1</sup>, ZHAO Zhi-ping<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy Sciences, Beijing 100101, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** By decomposing and reconstructing the runoff information from 1965 to 2007 of the hydrologic stations of Tuotuohe, Zhimenda in the source region of Changjiang River, and Jimai, Tangnaihai in the source region of Huanghe River with db3 wavelet, the runoff data of different hydrologic stations were analyzed. The result shows that the runoff declines in spring flood season, summer flood season and dry season except for those in Tuotuohe. The order of declining flood/dry season is summer > spring > dry. While runoff of Tuotuohe is always increasing in different stages from 1965 to 2007 with higher increase rate in summer flood season than that in spring one. Complex Morlet wavelet is selected to detect runoff periodicity of the four hydrologic stations mentioned above. Totally the periodicity is 11 - 12 years in the source region of Huanghe River, while 4 - 6 years in the spring flood season and 13 - 14 years in summer flood season in the source region of Changjiang River. The major periodicity in spring, summer and dry season is distinctive greatly in different basins.

**Key words:** wavelet analysis; periodicity; runoff; flood season; dry season