# 钦州市降雨及入海河流径流演变规律与趋势分析

陈立华[1,2]，王 焰[1,2]，易 凯[1,2]，赖河涛[1,2]

（1.广西大学 土木建筑工程学院，广西 南宁 530004；
2. 广西防灾减灾与工程安全重点实验室，广西 南宁 530004）

**摘 要**：依据钦州市58a平均降雨量和3条入海河流控制站径流量长序列资料，采用滑动平均、线性回归、Spearman、M-K及R/S法综合分析降雨径流的趋势性及突变特征。结果表明，钦州市降雨量总体呈弱增加趋势，增加率为0.742mm/10a，而茅岭江、钦江、大风江流域径流量存在总体减少趋势，减少率分别为$0.2\times10^8m^3$/10a、$1.1\times10^8m^3$/10a、$0.4\times10^8m^3$/10a。运用复Molet小波分析多时间尺度周期性，降雨量序列存在5个时间尺度，22a和15a时间尺度分别为序列第一、三主周期；径流量序列存在3个时间尺度，其中22a和8a时间尺度分别为径流量序列第一、二主周期。

**关键词**：钦州市；降雨量；径流量；趋势性；突变性；周期性
**中图分类号**：TV124 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-0852(2016)06-0089-08

随着广西北部湾经济区和“一带一路”的开发建设，钦州市经济发展、城镇化建设速度加快，导致需水量剧增。由于水资源时空分布不均，区域内河流主要为入海河流，导致非汛期水资源供需不平衡的态势变得更加严峻。因此，分析该地区变化环境影响下水文要素的演变特征将有利于水资源高效利用与优化配置。

## 1 水资源及水文站网概况

钦州市多年平均降雨量为1 764.5mm，而降雨多集中于汛期4~9月份，汛期降雨量占全年总降雨量的80%以上；多年平均径流量为$109.9\times10^8m^3$。根据钦州市水利局、广西水文水资源钦州分局2008年共同编制的《广西钦州市水资源综合规划报告》可知，钦州市需水量随经济发展和人口增长而持续增加，水资源总量无明显变化且缺乏骨干蓄水工程，钦州市水资源供需矛盾将越发突出。

该市流域面积$10km^2$以上的河流有32条，其中属西江流域水系的7条，独流入海有25条，其中钦江、大风江、茅岭江三条独流入海河流总流域面积为$7\ 188.67km^2$，占钦州市总面积的66.3%。本次研究选择钦州市内具有代表性的16个雨量站1956~2013年降雨量数据，茅岭江流域的黄屋屯、钦江流域的陆屋、大风江流域的坡朗坪3个水文站1958~2013年径流数据，采用滑动平均、线性回归、Spearman、Mann-Kendall、R/S法综合分析水文序列趋势性，采用小波法分析水文序列的周期性，掌握钦州市降雨量及入海河流径流量演变规律与趋势变化。

## 2 降雨、径流分析方法

### 2.1 R/S法

R/S分析（Rescaled Range Analysis）是由英国学者赫斯特（H.E.Hurst）于1965年提出的一种时间序列统计方法[1]。在国内，王孝礼等首次将R/S法用于水文时间序列分析中[2]；于延胜等人首次将R/S分析与M-K法相结合分析水文时间序列未来特征[3]。R/S法中用Hurst指数$H$描述时间序列的特性：①若$H=0.5$，表明时间序列之间是相互独立的，即现在的增加（减少）趋势不会对未来产生影响。②若$0\leqslant H\leqslant0.5$，表明时间序列之间存在负相关性，即过去的增加（减少）趋势预示着未来会呈现相反的趋势。③$H>0.5$，时间序列为持续性序列，即过去的增加（减少）趋势意味着未来会呈现相同的变化趋势，$H$与1越接近，这种持续相关性就会越强。

收稿日期：2016-02-20
基金项目：国家自然科学基金资助项目（51469002）；广西自然科学基金项目（2015GXNSFBA139218）
作者简介：陈立华（1980-），男，福建三明人，教授，博士，研究方向为流域水文预报及水资源规划、水库群多目标优化调度。E-mail:zgfjclh@163.com

### 2.2 M-K 法

趋势分析一般分为参数与非参数检验，参数趋势检验比非参数检验更强大，但需要独立且是正态分布的数据；另一方面，非参数趋势检验只需要数据是独立的，可以容忍异常数据的出现[4]。Mann-Kendall 趋势检验（Mann1945[5]，Kendall1975[6]）是基于时间序列的排列次序来判断序列之间的相关性的方法[7]。许多学者不断运用 Mann-Kendall 法来分析降水、径流、气温和水质等要素时间序列的趋势变化[8]，Mann-Kendall 法属于非参数检验，不受样本值、分布类型等影响而被广泛运用[9]。根据前人的研究，判断 M-K 法主要是分析三方面内容：①判断一个水文序列是否存在着显著趋势特征；②分析水文序列的显著特征是上升还是下降；③分析水文序列是在何时发生突变，找出突变的物理因素，以解决长期预测预报问题。对于统计量 $Z$，大于 0 为上升趋势；小于 0 为下降趋势。通过分析统计序列 UF 和 UB 曲线，可以分析时间序列的趋势变化，而且可以明确突变时间，指出突变的区域。

### 2.3 小波分析法

小波分析理论在空间域和频域同时具有良好的局部性，能从复杂水文现象发觉其内在有序的确定性规律，全面地揭示水文动力系统的复杂特征[10-11]。因此，本文采用复 Morlet 小波分析钦州市多年降雨量、径流量序列，探讨钦州市特定时间尺度的降雨量、径流量演变规律。小波方差图可以用来确定信号中不同尺度扰动的相对强度和存在的主要时间尺度及主周期[12]。

## 3 降雨、径流演变规律分析

### 3.1 降雨量演变规律分析

在钦州市选取 16 个雨量站点多年降雨量数据，采用泰森多边形法分析雨量权重并计算区域多年面平均降雨量，如图 1 所示。

#### 3.1.1 趋势性分析

从图 2 中 5 年滑动平均可知降雨量序列波动性较强，且在 2013 年后序列呈上升趋势；从线性回归曲线可知降雨量增加率为 0.742mm/10a，呈弱上升趋势。

采用 M-K 法对降雨量序列分析可知，$Z$=0.268，且 $|Z| \leqslant 1.96$，表明序列上升趋势不显著；采用 R/S 法与最小二乘法结合可得 Hurst 指数 $H$=0.61，表明序列为持续性序列。两者综合分析可知钦州市多年平均降雨量序列呈弱上升趋势。

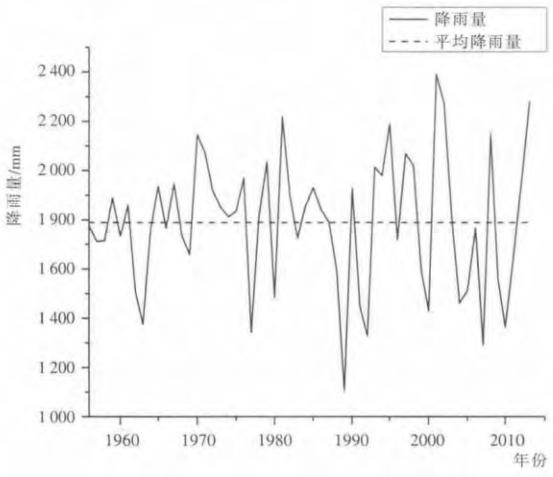



图 1 多年平均降水量过程线

Fig.1 The mean annual precipitation

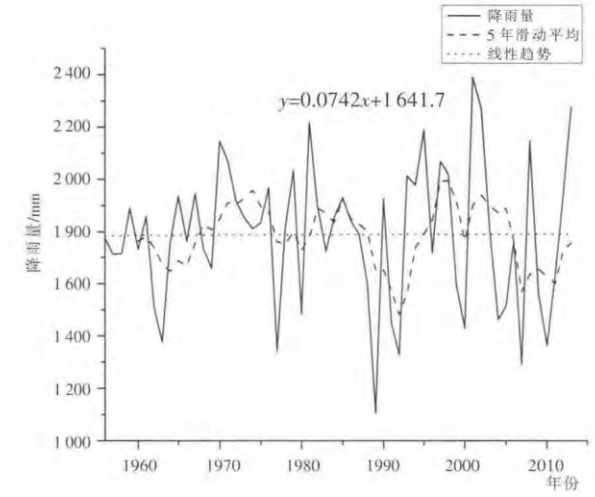



图 2 降雨量线性回归及滑动平均结果

Fig.2 The moving average and linear regression results of the precipitation

#### 3.1.2 突变性分析

从图 3 可知 UF 曲线在显著性水平 0.05 的临界线内波动，其趋势不显著。UF 和 UB 曲线相交于 1959、1961、1964、1989 及 2004 年，而 1959、1961、1964 年由于难以考究其具体原因，所以重点分析 1989 及 2004 年突变的原因。结合图 1 对 1989 年突变原因分析可知该年降雨量低于多年平均降雨量；查阅参考文献[13]可知 2004 年发生突变主要原因是 2003~2005 年间广西降雨均为偏枯水年份，受大环境气候的影响，钦州市多年连续出现降雨偏少、春冬两季旱情严重的现象。

根据以上趋势性、突变点分析结果，以当地经济发展阶段为主，突变点为辅作为划分依据，将序列划

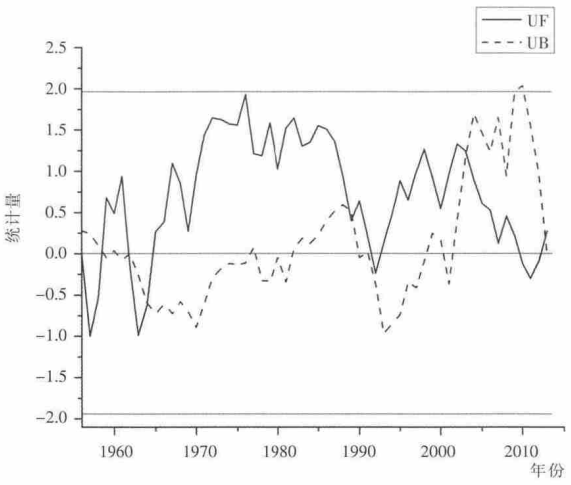



图3　M-K法突变检验结果

Fig.3　The M-K calculation results

分3个时间段:1956~1973、1974~1989、1990~2013年,分析不同时间段降雨量趋势。

根据表1、图3及每个时间段突变检验结果可知,1956~1973年序列在1964年发生突变,$Z>0$,由下降转变为上升趋势;1974~1989年序列在1989年发生突变,$Z<0$,序列呈下降趋势;1990~2013年统计量几乎为零,1990~2004年下降幅度较1974~1989年减小,且2004年后转变为上升趋势,在2013年后将保持该上升趋势。

表1　多年降雨量分时段M-K分析结果

Table1　The rainfall years bucketed from M-K analysis

| 降雨时间段(年) | $Z$统计量 | 时间段突变时间点 |
|---|---|---|
| 1956~1973 | 1.6 | 1964年 |
| 1974~1989 | -0.87 | 1989年 |
| 1990~2013 | -0.02 | 2004年 |

### 3.1.3　周期性分析

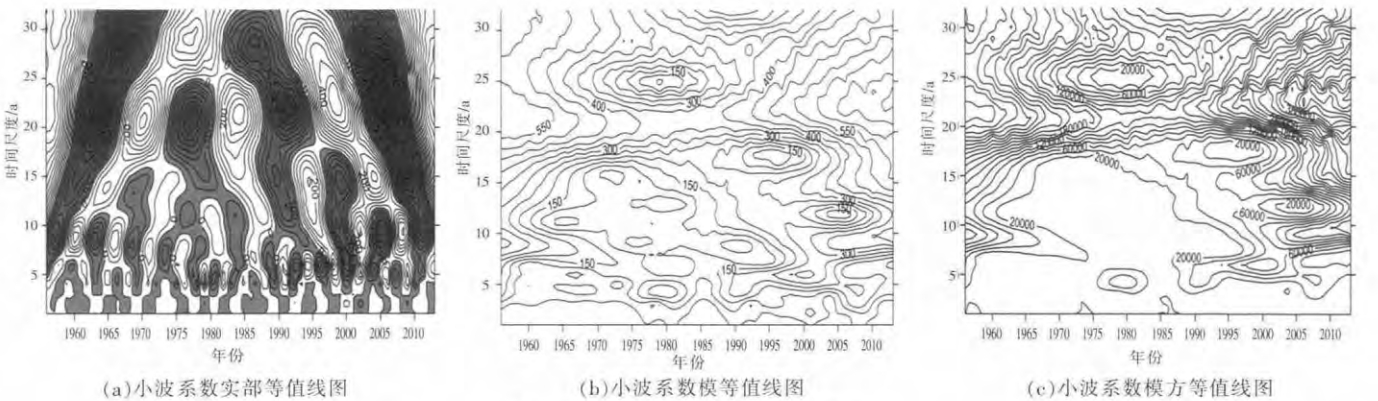
利用小波法对多年平均降雨量序列进行多时间尺度分析。不同时间尺度下的小波系数实部可反映系统在该时间尺度下变化特征:正位相小波系数实部对应于年降雨偏多期(白色区域),负位相小波系数实部对应于年降雨偏少期(黑色区域);小波系数绝对值越大,表明该时间尺度变化越显著。

从图4(a)中可知降雨量序列存在5类明显的时间尺度变化,分别为3~6a,7~11a,12~15a,16~25a及26~32a。16~25a时间尺度的周期变化在整个分析时段表现非常稳定,具有全局性,其周期中心在22a左右,且存在丰-枯交替的准3次震荡;12~15a震荡周期在1982年之后增强,其周期中心在15a左右,整个时间域内存在准3次震荡;3~6a时间尺度主要在1977年后较为明显,且震荡中心为5a左右。图4(b)(c)中降雨量序列16~25a时间尺度模值、模方震荡能量最大,其周期变化具有全局性;12~15a时间尺度模值在2000年后得到加强,而模方震荡能量在1965~1985年期间偏弱。

为了进一步分析降雨量序列周期变化,绘制小波方差如图5所示。通过小波方差能反映降雨量序列的波动能量随时间尺度的分布情况。

从图5中可知降雨量序列存在5个明显峰值,依次为6、10、15、22、26a时间尺度,其中第一峰值对应22a时间尺度,该时间尺度周期震荡最强烈,为第一主周期;26、15、10、5a分别为第二、三、四、五主周期。根据小波方差检验结果,选择控制降雨量变化的第一、三主周期小波变换实部变化图,从图中可分析出不同时间尺度下序列存在的丰-枯变化特征。

从图6中可知22a时间尺度小波变换实部变化曲线具有良好的稳定性、连续性,表现为时域上的全




(a)小波系数实部等值线图　(b)小波系数模等值线图　(c)小波系数模方等值线图

图4　小波系数实部、模、模方等值线图

Fig.4　The isolines of the real part, module and norm of the wavelet coefficients

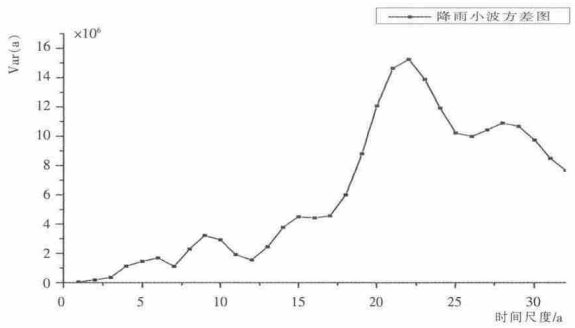



图5 小波方差图

Fig.5 The wavelet variance

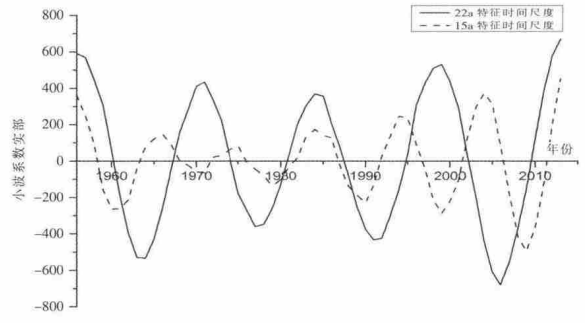



图6 降雨量22、15a时间尺度小波变换实部变化图

Fig.6 Changes in rainfall 22-year, 15-year time scale wavelet coefficient diagram

局性,并且具有增强趋势,该时间尺度经历了3个丰-枯转换期:1974~1980、1989~1995、2003~2010年各时段为偏枯期,1967~1973、1981~1988、1996~2002年为偏丰期;15a时间尺度小波变换实部变化曲线在1981年后波动增强,该时间尺度经历了5个丰-枯转换期:1958~1963、1969~1971、1977~1981、1988~1992、1998~2002、2008~2012年各时段为偏枯期;1964~1968、1972~1976、1982~1987、1993~1997、2003~2007年各时段为偏丰期。综合以上分析结果,不同时间尺度下的降雨量丰枯交替变化不同;以第一周期为主,第三周期为辅,控制着钦州市降雨量全局变化。可推测:22a时间尺度小波变换实部变化曲线在2011~2017年将处于偏丰期,而15a时间尺度在2018年将进入偏枯期,预测2012年后的5a左右可能为偏丰期;22a时间尺度下降雨量在2018~2024年处于偏枯期,而15a时间尺度下2018~2022年处于偏枯期,2023~2027年为偏丰期,从而预测降雨量序列在2017年后的5年左右可能处于偏枯期,2023年左右可能存在丰枯波动。

### 3.2 径流演变规律分析

选择钦州市三条独流入海河流上的三个水文站点坡朗坪、黄屋屯、陆屋站多年径流量序列如图7所示。

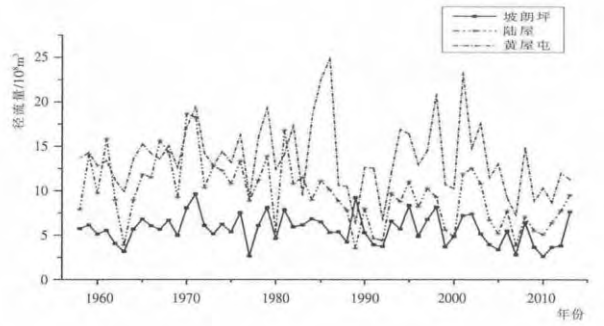



图7 钦州市水文站多年径流量过程线

Fig.7 The annual runoff at the hydrometry stations in Qinzhou city

#### 3.2.1 趋势性分析

从图8中三个控制站5a滑动平均可知径流量序列总体呈下降趋势,其中陆屋站下降明显,在2013年后局部时间段内呈增加趋势;从线性回归曲线可知坡朗坪站、陆屋站、黄屋屯站径流量减少率分别为$0.2\times10^8m^3/10a$、$1.1\times10^8m^3/10a$、$0.398\times10^8m^3/10a$,总体呈下降趋势,其中陆屋站下降趋势明显。

采用M-K法对径流量序列进行趋势性分析,由表2可知三个水文控制站径流量序列统计量$Z\leqslant0$,说明站点所在流域径流量均有下降趋势;其中坡朗坪、黄屋屯站统计量$|Z|\leqslant1.96$,其下降趋势不显著,而陆屋站统计量$|Z|\geqslant1.96$,表明钦江流域径流量下降趋势显著。

采用Spearman法对径流量序列趋势性特征进行分析,结果如表3所示。Spearman秩检验结果显示三站径流量$r_s$均小于零,说明钦州市存在径流量序列总体下降的趋势变化。

从表4可知三个水文站点径流量序列$\log(R/S)_n\sim\log(n)$曲线拟合度$R^2$值接近于1。三个水文站径流量$H\geqslant0.5$,时间序列为持续性序列,意味着未来会呈现减少趋势。

#### 3.2.2 突变性分析

坡朗坪、陆屋、黄屋屯站M-K法突变性分析结果如图9所示。

图9中三个水文控制站UF曲线在1985年后均呈下降趋势,其中陆屋站在1991年超过了显著性水平0.05临界线,下降趋势显著。坡朗坪、黄屋屯站在1963、2004年前后径流量发生突变,陆屋站仅在1988年发生突变。

根据钦州市经济发展阶段、突变发生年份以及降雨序列分段为依据,将56a序列划分为3个时间段:

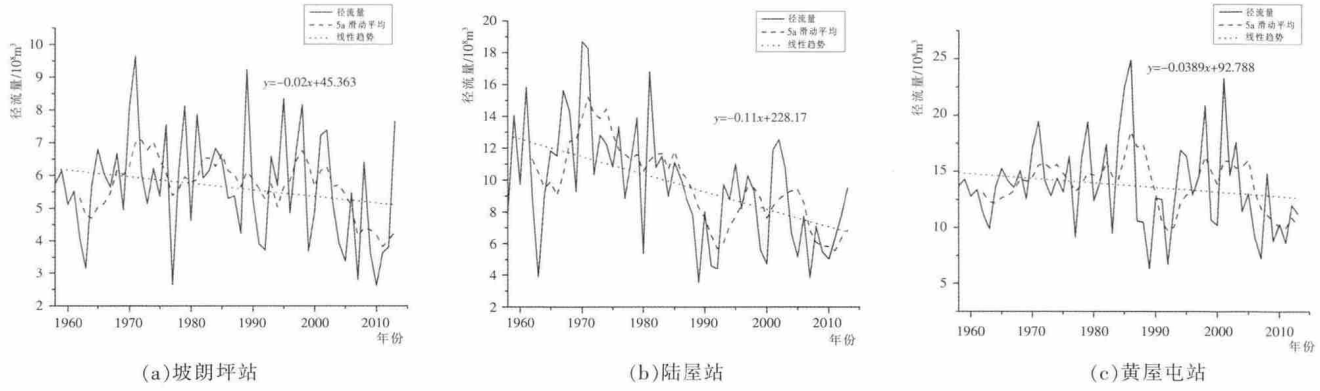



**图 8　坡朗坪、陆屋、黄屋屯站年径流量线性回归及 5 年滑动平均结果**

Fig.8　The linear regression and 5-year moving average results of the annual runoff at the stations of Polangping, Luwu and Huangwutun

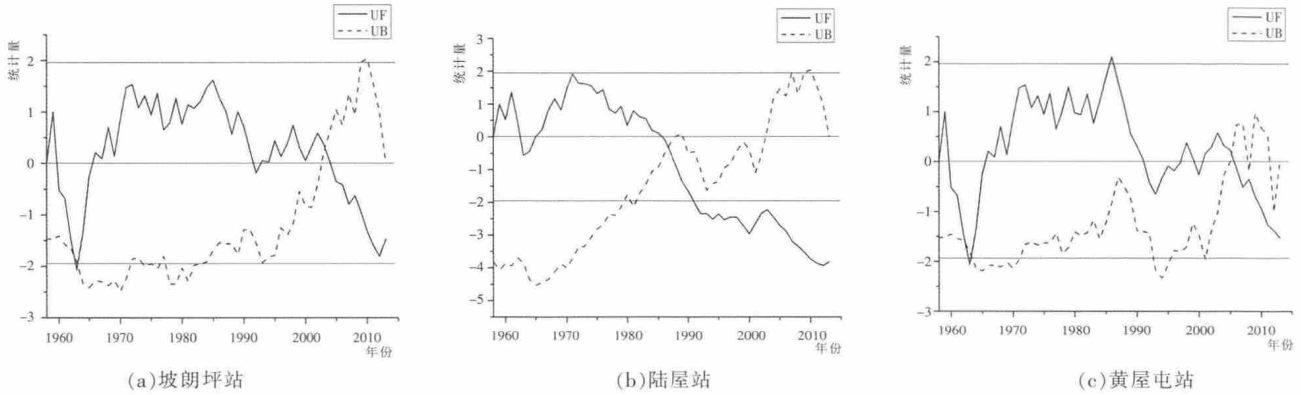



**图 9　坡朗坪站、陆屋站、黄屋屯站 M-K 法突变性分析结果**

Fig.9　The M-K calculation results for the hydrometry stations of Polangping, Luwu and Huangwutun

**表2　钦州市3个水文站年径流量M-K趋势检验结果**

Table2　The M-K test results of the annual runoff at the 3 hydrometry stations in Qinzhou city

| 所属流域 | 站点 | $Z$ 统计量 | 趋势 | 显著程度 |
|---|---|---|---|---|
| 大风江 | 坡朗坪 | -1.46 | ↘ | 不显著 |
| 茅岭江 | 黄屋屯 | -1.52 | ↘ | 不显著 |
| 钦江 | 陆屋 | -3.646 | ↘ | 显著 |

**表3　径流量序列Spearman秩检验结果**

Table3　The Spearman rank test results of the runoff series

| 所属流域 | 站点 | 秩相关系数 $r_s$ | 临界值 $Wp_{0.05}$ | 趋势 | 显著程度 |
|---|---|---|---|---|---|
| 大风江 | 坡朗坪 | -0.199 | 0.294 | ↘ | 不显著 |
| 茅岭江 | 黄屋屯 | -0.241 | 0.294 | ↘ | 不显著 |
| 钦江 | 陆屋 | -0.502 | 0.294 | ↘ | 显著 |

**表4　钦州市3个水文站年径流量R/S法分析参数**

Table4　The R/S analysis parameters of the annual runoff at the 3 hydrometry stations in Qinzhou city

| 所属流域 | 站点 | Hurst 指数 | $R^2$ 值 |
|---|---|---|---|
| 大风江 | 坡朗坪 | 0.65 | 0.999 |
| 茅岭江 | 黄屋屯 | 0.62 | 0.991 |
| 钦江 | 陆屋 | 0.7 | 0.996 |

1958~1973、1974~1989、1990~2013 年，分析不同时间段径流量趋势。

从表 5 以及每个时间段突变检验结果可知，1958~1973 年三个站点序列在 1966~1967 年间发生突变，$Z>0$，由下降转变为上升趋势。1974~1989 年陆屋站序列在 1989 年发生突变，$Z<0$ 且大于显著性水平，下降趋势显著；坡朗坪、黄屋屯站分别在 1986、1977 年发生突变，但无明显趋势变化。1990~2013 年三站均在 2004 年发生突变，由上升转变为下降趋势，但 $Z<0$ 且均在显著性水平以内，下降趋势不显著。

3.2.3 周期性分析

利用小波分析法对钦州市 1958~2013 年多年径流量序列进行多时间尺度的周期性分析，小波系数实部、模值、模方等值线图如图 10~12 所示。

由图 10(a)、(b)、(c)可知钦州市三大独流入海流域径流量序列具有相同特征时间尺度变化。径流量序列存在 5 类特征时间尺度变化，分别为：3~6a，7~11a、12~15a、16~25a 和 26~32a。16~25a 时间尺度的周期变化在整个分析时段表现非常稳定，具有全局性，其周期中心在 22a 左右，且存在丰–枯交替准 3 次震荡；7~11a 时间尺度在整个时间域内周期震荡出现了由强到弱再到强的波动过程，其周期中心在 8a 左右，整个时间域内出现了丰枯交替准 9 次丰–枯变换；3~6a 周期变化在 1985 年后震荡变弱，且整体周期震荡不强烈。

从图 11、12 中可以看出，径流量序列中 16~25a 时间尺度模值最大、周期变化最明显、最稳定，可以用来作为预测径流量周期性变化的主要依据。从以上分析可知 16~25a 时间尺度控制着三个独流入海流域径流量的周期演变规律。

从图 13 中三个水文站点方差曲线起伏变化一致，均存在 3 个较为明显的峰值，依次是 4、8、22a 时间尺度。其中第一峰值对应 22a 时间尺度，该尺度周期震荡最强，为径流量变化的第一主周期；8、4a 时间尺度径流量变化第二、三主周期；说明以上 3 个周期的变化控制钦州市流域径流量在整个时间域内的变化特征。

从主周期小波变换实部变化中可以分析出在不同时间尺度下径流量序列存在的丰–枯变化特征。以陆屋站为例，选择控制流变化的第一、二主周期小波系数图，从图 14 中可知 22a 时间尺度具有良好的稳定性、连续性，表现为时域上的全局性，径流量序列经历 3 个丰–枯转换期：1960~1966、1974~1980、1989~1995 年为偏枯期，1967~1973、1981~1988、1996~2002 年为偏丰期；8a 时间尺度经历了 10 个丰–枯转换期，但该时间尺度周期震荡性不稳定，大约经历了震荡性从强变弱再到强两个阶段，1996 年后波动增强，综合以上分析结果，不同尺度下的丰枯交替不同，径流量序列周期变化以第一周期为主，第二周期为辅，控制着钦州市径流量的全局变化，可推测：22a 时间尺度下径流量在 2011~2017 年仍将处于偏丰期，但由于 8a 时间尺度下径流量序列在 2013~2015 年处于偏丰期，且 2013~2015 年实测径流数据验证了该时间段内为偏丰期；22a 时间尺度下径流量在 2018~2024 年为偏枯期，而 8a 时间尺度下 2019~2021 年为偏丰期，

表5 多年径流量分时段M–K分析

Table5 The M–K analysis of the mean annual runoff in the various periods

| 径流量时间段(年) | Z 统计量 | | | 时间段突变时间点 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 陆屋 | 坡朗坪 | 黄屋屯 | 陆屋 | 坡朗坪 | 黄屋屯 |
| 1958~1973 | 1.57 | 1.03 | 1.04 | 1966 年 | 1967 年 | 1967 年 |
| 1974~1989 | –2.21 | 0 | –0.14 | 1989 年 | 1986 年 | 1977 年 |
| 1990~2013 | –0.47 | –1.27 | –1.36 | 2004 年 | 2004 年 | 2004 年 |

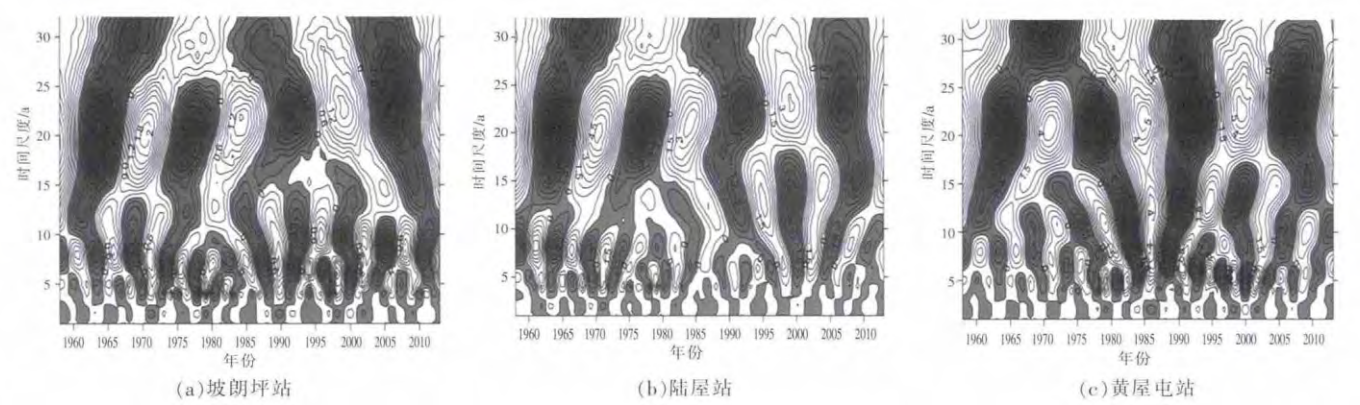



图 10 小波系数实部等值线图

Fig.10 The isolines of the real part of the wavelet coefficients

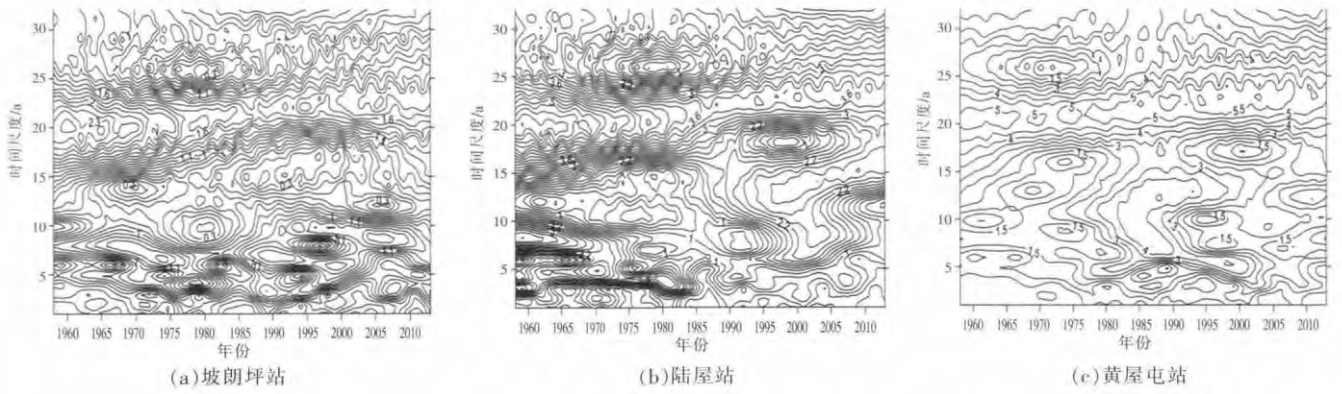



**图 11　小波系数模等值线图**

Fig.11　The module isolines of the wavelet coefficients

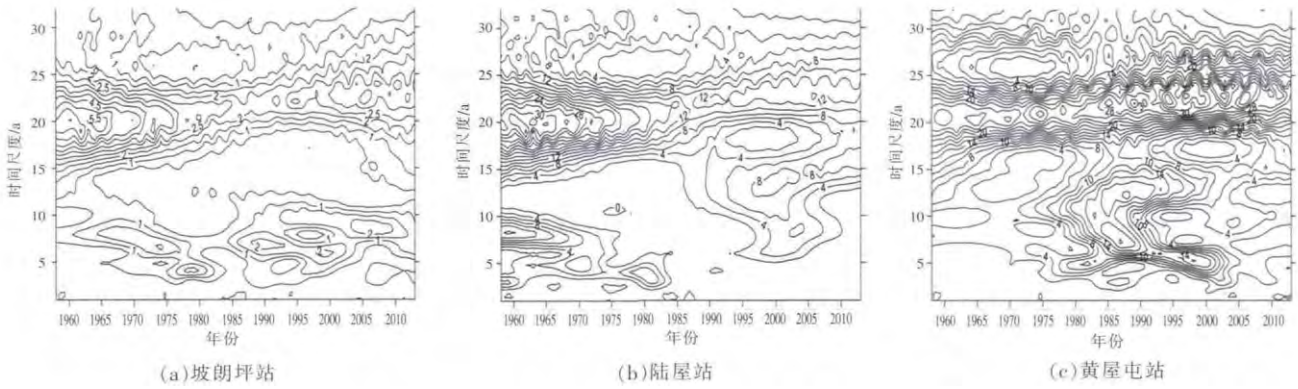



**图 12　小波系数模方等值线图**

Fig.12　The isolines of the modulus square of the wavelet coefficients

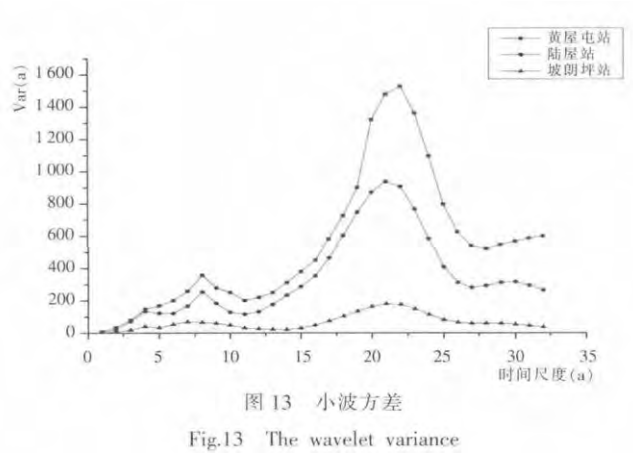



图 13　小波方差

Fig.13　The wavelet variance

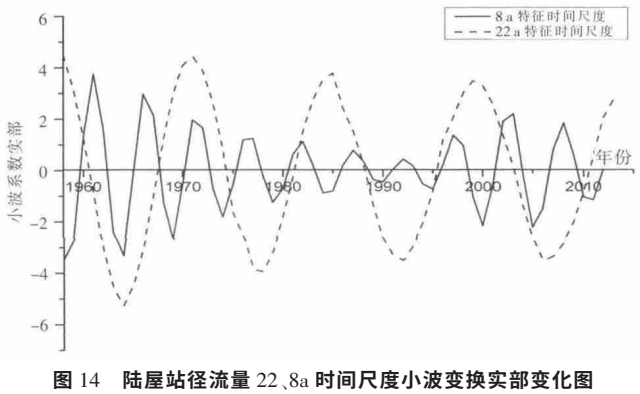



**图 14　陆屋站径流量 22、8a 时间尺度小波变换实部变化图**

Fig.14　The 22-year and 8-year time scale wavelet coefficients of the runoff variation at the Luwu station

2022~2024 年为偏枯期,从而预测径流量在 2018 年后的 3a 左右可能存在丰枯波动,2023 年左右期间可能为偏枯期。

## 4　结语

(1)利用 R/S 与 M-K 方法相结合的优势,并采用 Spearman、5 年滑动平均以及线性回归法,综合分析整个水文序列趋势性变化特征。钦州市面平均降雨量序列增加率为 0.742mm/10a,总体呈现弱上升趋势;大风江、茅岭江径流量序列减少率分别为 $0.2\times10^8m^3/10a$、$0.398\times10^8m^3/10a$,总体下降趋势不显著,但 1990~2013 年间下降趋势增强,而钦江径流量序列减少率为 $1.1\times10^8m^3/10a$,总体呈显著下降趋势。

(2)钦州市降雨量序列存在 5 个较为明显时间尺

度,22、15a 时间尺度分别为序列第一、三主周期,控制钦州市降雨量序列周期演变情况。2017 年后的 5a 左右可能为降雨偏枯期,2023 年左右可能存在丰枯波动;独流入海河流的径流量序列存在 3 个时间尺度,其中 22、8a 时间尺度分别为径流量序列第一、二主周期,控制着钦州市内主要河流径流量的演变情况,2013~2015 年实测径流数据验证了该时间段内为径流偏丰期,并预测 2018 年后的 3a 左右可能存在丰枯波动,2023 年左右可能为偏枯期。

(3) 研究过程中发现钦州市降雨量序列总体呈弱上升而径流量序列总体呈下降趋势。还有必要进一步针对钦州市独流入海河流,定量分析其在不同驱动因子对径流量变化的影响,以便能更好的为钦州市水资源开发利用提供科学的依据。

**参考文献:**


[1] Hurst H E, Black R P, Simaika Y M. Long-Term Storage: An Experimental Study[M]. London: Constable, 1965.

[2] 王孝礼,胡宝清,夏军. 水文时序趋势与变异点的 R/S 分析[J]. 武汉大学学报(工学版), 2002,35(2):10-12. (WANG Xiaoli, HU Baoqing, XIA Jun. R/S analysis method of trend and aberrance point on hydrological time series [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2002,35(2):10-12. (in Chinese))

[3] 于延胜, 陈兴伟. R/S 及 Mann-Kendall 法综合分析水文时间序列未来的趋势特征[J]. 水资源与工程学报, 2008,19(3):41-44. (YU Yansheng, CHEN Xingwei. Analysis of future trend characteristics of hydrological time series based on R/S and Mann-Kendall methods [J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2008,19(3):41-44. (in Chinese))

[4] K.H Hamed, A.R Rao. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data [J]. Journal of Hydrology,1998,204(S1-4):182-196.

[5] Mann H.B. Nonparametric tests against trend [J].Econometrica, 1945,13(3):245-259.

[6] Kendall, M.G. Rank Correlation Method [M]. London:Charles Griffin ,1975.

[7] K.H Hamed. Trend detection in hydrologic date: the Mann-Kendall trend test under the scaling hypothesis [J]. Journal of Hydrology, 2008,349(s3-4):350-363.

[8] 曹洁萍,迟道才,武立强,等. Mann-Kendall 检验方法在降水趋势分析中的应用研究[J]. 农业科技装备, 2008,5(179):35-40. (CAO Jieping, CHI Daocai, WU Liqiang, et al. Mann -Kendall examination and application in the analysis of precipitation trend [J]. Agricultural Science & Technology and Equipment, 2008,5 (179): 35-40. (in Chinese))

[9] 于延胜,陈兴伟. 基于 Mann-Kendall 法的水文序列趋势成分比重研究[J]. 自然资源学报, 2011,26(9):1585-1591. (YU Yansheng, CHEN Xingwei. Study on the percentage of trend component in a hydrological time series based on Mann -Kendall method [J]. Journal of Natural Resources, 2011,26(9):1585-1591. (in Chinese))

[10] 陈立华,叶明,王佳佳,等. 西江流域干流径流演变特征与趋势分析[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2014,39(4):920-927. (CHEN Lihua, YE Ming, WANG Jiajia, et al. Analysis on characteristics and tendency of annual runoff changes of main stream of Xijiang River basin [J]. Journal of Guangxi University (Nat Sci Ed), 2014,39(4):920-927. (in Chinese))

[11] 王振龙,陈玺,郝振纯,等. 淮河干流径流量长期变化趋势及周期分析[J].水文, 2011,31(6):79-85. (WANG Zhenlong, CHEN Xi, HAO Zhenchun, et al. Long-term changing trends and periodic analysis of runoff at Lutaizi station on Huaihe River [J]. Journal of China Hydrology, 2011,31(6):79-85. (in Chinese))

[12] 王文胜,丁晶,李耀清. 水文小波分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005. (WANG Wensheng, DING Jing, Li Yaowen. Hydrologic Wavelet Analysis [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005. (in Chinese))

[13] 李艳兰,罗莹,黄雪松. 广西 2004 年气候特点及其影响评价[J]. 广西气象, 2005,26(1):24-27. (LI Yanlan, LUO Ying, HUANG Xuesong. Guangxi 2004 climatic characteristics and its influence assessment [J]. Jourrnal of Guangxi Meteorology, 205,26(1):24-27. (in Chinese))


## Analysis of Rainfall and River Runoff Change Tendency in Qinzhou City


CHEN Lihua[1,2], WANG Yan[1,2], YI Kai[1,2], LAI Hetao[1,2]

(1. *School of Civil Engineering*, *Guangxi University*, *Nanning* 530004, *China*;

2. *Guangxi Key Laboratory of Disaster Prevention and Engineering Safety*, *Guangxi University*, *Nanning* 530004, *China*)



**Abstract**: Based on the data of the average rainfall from 1956 to 2013 and the runoff series of the 3 rivers in Qinzhou City over the past 50 years, the sliding average method, linear regression, M-K method and R/S method were used to analyze the tendency and mutation characteristics of the rainfall and runoff. The results show that there is a slow increase trend of the rainfall in Qinzhou City with the increase rate of 0.742mm/10a, and there is a decrease trend of the runoff in the river basins of Maolingjiang, Qinjiang and Dafengjiang with the decrease rates of $0.2\times10^8 m^3$/10a, $1.1\times10^8 m^3$/10a and $0.4\times10^8 m^3$/10a respectively. Molet wavelet analysis was made to get 5 time scales in the rainfall series, of which 22-year and 15-year scales are respectively the first main period and second main period of the rainfall series. There are 3 time scales in the runoff series, of which the 22-year and 8-year scales are respectively the first main period and second main period of the runoff series.



**Key words**: Qinzhou City; rainfall; runoff; trend; mutation; periodical variation