

# 新疆精河径流变化及其原因分析

苏向明<sup>1,2</sup>, 刘志辉<sup>2,3,4</sup>, 魏天峰<sup>1,2</sup>, 张波<sup>1,2</sup>, 郭小云<sup>1,2</sup>, 聂敏<sup>1,2</sup>

- (1.新疆大学资源与环境科学学院,新疆 乌鲁木齐 830046;
- 2.新疆大学教育部绿洲生态重点实验室,新疆 乌鲁木齐 830046;
- 3.新疆大学干旱生态环境研究所,新疆 乌鲁木齐 830046;
- 4.干旱半干旱区可持续发展国际研究中心,新疆 乌鲁木齐 830046)

**摘要:**利用 1959~2012 年精河出山口气温、降水、径流数据,对近 54 年的径流量特征变化进行统计分析、距平分析,采用 Mann-Kendall 法对天然径流进行检验,并对降水、气温、人口、工业、第一产业等影响因素进行主成分分析。结果表明:(1)精河地区的降水量和温度的变化趋势一致,均为上升趋势。径流量稳定,趋势线为几近平行于 X 轴的直线,斜率为 0.001;(2)径流突变年为 1988 年,通过 0.01 的显著性检验,从 1999 年以后呈显著上涨趋势。近 54 年的精河径流距平变化趋势大体分为两个阶段,1958~1966 年波动幅度较小,1966~2012 年波动幅度明显增大;(3)对影响精河径流的几个影响因子进行主成分分析得出,人为因素对于径流的影响比较大,贡献率达到 48.98%,远高于其他因子。

**关键词:**精河;Mann-Kendall 检验;突变点检验;主成分分析;径流

中图分类号:P332

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2016)05-0092-05

过去 100 年(1906~2005 年)全球平均气温约升高 0.74℃<sup>[1]</sup>,进入 21 世纪以来,全球气温上升更加明显,研究表明,全球地表平均增温 1.1~6.4℃<sup>[2]</sup>。全球气候变暖加剧了区域水循环,引起水资源在时空上的重新分布和水资源数量的改变,进而影响生态环境和社会经济的发展。新疆以天山西部为主地区在 20 世纪 80~90 年代气候转暖,部分地区降水增多,从而形成了径流增加的趋势,但是对于天山北坡年径流量在  $3 \times 10^8 \text{m}^3$  左右的中小河流而言,其变化趋势如何尚不明了。新疆精河流域作为艾比湖流域的一部分,是天山西部气候变化的指示器,是新疆北部生态环境最为敏感的地区之一。精河的水资源为精河地区的生活用水、工业用水、农业用水等提供了有力支撑,但随着人类不合理地开发利用,使得精河流域水资源和生态环境受到重要的影响。近年艾比湖湖面面积正在不断萎缩,而精河是艾比湖的主要补给河流之一,研究精河径流变化及其原因具有重要意义。

相关学者对干旱区及新疆精河流域的水文与气候

变化进行过研究。高明<sup>[3]</sup>主要对于精河径流与降水响应关系进行了研究;刘婕研究精河流域水温要素的变化规律,并对流域内的降水量、蒸发量、径流量、水质、洪水等水文资源特点进行了进一步分析;王范霞<sup>[4]</sup>对近 40 年精河流域绿洲土地利用、土地覆被时空动态演变进行了深入研究,发现 LUCC 类型发生了显著变化,发现耕地、建设用地、未利用土地呈增加趋势。龚原<sup>[5]</sup>等人的研究表明新疆地区在 20 世纪 80~90 年代气候变暖,造成冰川融化加强,降水部分增多,从而形成了径流增加的趋势;陈亚宁<sup>[6]</sup>研究了我国西北干旱区夏季径流量对大气 0℃层高度变化的响应;张庆<sup>[7]</sup>等对于艾比湖的研究表明,人类活动对艾比湖的演化影响较大;李磊<sup>[8]</sup>在 1972~2011 年期间艾比湖面积变化研究中得出,艾比湖湖面面积正在不断萎缩,艾比湖正在退化。随着对艾比湖研究的深入,研究精河显示出重要意义,但是前人的研究中缺少对径流特征变化的原因分析。本文将着重对精河的径流数据、气温数据、降雨数据、人口数据、第一产业数据以及工业数

收稿日期:2015-08-10

基金项目:国家自然科学基金重点项目(41130531);水利部公益性行业科研专项(201301103)

作者简介:苏向明(1989-),男,陕西延安人,硕士研究生,研究方向为水文学与水资源。E-mail:sxmj0214@163.com

通讯作者:刘志辉(1957-),男,新疆石河子人,教授,博士,研究方向为从事水文水资源、3S 技术集成开发。E-mail:lzh@xju.cn

据进行主成分分析,找出影响精河径流变化的主要因素。

### 1 研究区概况

发源于新疆天山中部的精河,向北延伸,汇入艾比湖,整个流域均位于精河县,精河是精河县工农业生产、生活、城镇用水的主要水源<sup>[9]</sup>,地理位置处于43°00"~43°10"N,93°45"~94°18"E。南北分别以500m、200m等高线为界,包含整个精河流域绿洲,如图1所示。精河流域总面积2572.30km<sup>2</sup>,人口约14.34万。其源头位于永久积雪与现代冰川覆盖区,流域内分布有大小冰川总共129条,覆盖面积达到96.2km<sup>2</sup>,冰川覆盖度达到6.4%,总储备量54.598×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。精河水量的20.4%来源于冰川融水,多年平均径流量为4.68×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。精河流域山势较高,山区降水较多,多年变化稳定,尤其是大面积的冰川,是径流调节的“固体水库”。气候类型属于温带大陆性干旱气候,气温年温差、日温差较大,干燥少雨,夏季酷热、冬季严寒,春秋季节非常短暂。

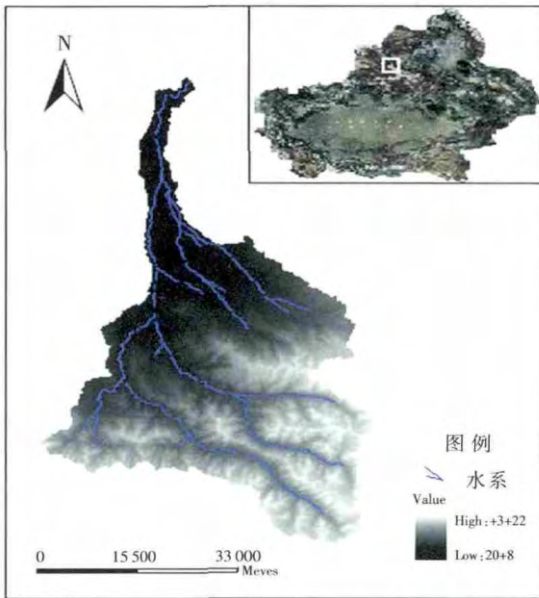


图1 研究区地理位置

Fig.1 The location of the study area

### 2 材料选取和研究方法

#### 2.1 资料选取

冬都精河与乌图精河两大支流汇入形成精河,精河水文站设置于出山口(82°55'E,44°22'N),水文站以上河流长约75km,水面面积达1419km<sup>2</sup>,通过观测该

流域多年平均径流量达到4.68×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。精河山口水文站具有多年径流系列。由于该水文站位于下天吉水库坝址下游400m处,离精河渠首150m,区间无引水和支流汇入。因而,可直接引用精河山口站资料作为精河天然径流的依据。

#### 2.2 研究方法

运用Mann-Kendall法进行径流突变点的检验<sup>[10]</sup>,简称M-K检验是已被广泛使用的非参数检验。其计算过程如下:

检验统计量:

$$S_k = \sum_{i=1}^k \sum_{j=i}^{i-1} \alpha_{ij}, \quad k=2, 3, 4, \dots, n \quad (1)$$

其中,

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1, & x_i > x_j \\ 0, & x_i \leq x_j \end{cases}, \quad 1 \leq j \leq i \quad (2)$$

定义统计量:

$$UF_k = \frac{|S_k - E(S_k)|}{\sqrt{Var(S_k)}}, \quad k=1, 2, \dots, n \quad (3)$$

其中,

$$E(S_k) = k(k+1)/4 \quad (4)$$

$$Var(S_k) = k(k-1)(2k+5)/72 \quad (5)$$

式中:秩序列 $S_k$ 为第 $i$ 时刻数值大于 $j$ 时刻数值个数的累计数。 $UF_1=0, E(S_k), Var(S_k)$ 为累计数 $S_k$ 的均值和方差。 $UF_k$ 为标准正态分布,给定显著性水平 $\alpha$ ,若 $|UF_k| > U_{\alpha/2}$ ,则表明序列存在明显的趋势变化。将时间序列 $x$ 按逆序排列,再按照上式计算,同时

$$\begin{cases} UB_k = UF_{k'} \\ k' = n+1-k \end{cases} \quad k=1, 2, \dots, n \quad (6)$$

通过分析 $UF_k$ 和 $UB_k$ 可分析序列 $x$ 的趋势变化、明确突变时间,并指出突变区域。若 $UF_k$ 大于0,则表明序列呈上升趋势;若 $UF_k$ 小于0,则呈下降趋势;若超过临界直线,则上升或下降趋势显著。如果 $UF_k$ 和 $UB_k$ 出现交点,且交点在临界直线之间,则交点对应的时刻就是突变开始的时刻<sup>[11-13]</sup>。

主成分分析法(Principal Components Analysis)用于多指标综合评价的优点在于<sup>[14]</sup>:消除评价指标间的相关影响,有助于更客观地描述样品的相对地位,也消去了选择合成方法的工作。本质是对高维变量进行降维处理,其基本思路就是将实测的多个指标,用少数几个相互独立的主成分指标的线性组合来表示,构成的线性组合可以反映原来多个实测指标的主要信息。也是一种数学变换的方法,它把给定的一组相关

变量  $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$  通过线性变换转成另一组不相关的变量  $Z(Z_1, Z_2, \dots, Z_p)$  这些新的变量叫做主成分, 且满足  $Z_i = l_{i1}x_1 + l_{i2}x_2 + \dots + l_{in}x_n$ 。  $Z_i$  与  $Z_j$  分别称作原变量  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  的第  $i, j$  个主成分, 它们之间两两相互正交却互不相关。主成分按照方差依次递减的顺序排列, 方差越大, 表示主成分所含的原变量信息量就越多。在数学变换中保持变量的总方差不变, 使第一变量具有最大的方差, 称为第一主成分  $Z_1$ , 第二变量的方差次大, 并且和第一变量不相关, 称为第二主成分  $Z_2$ 。相对应的特征值可表示为  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ , 满足  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n \geq 0$ , 前  $t$  个主成分的方差贡献率表示为  $(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_t) / (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)$ , 如果此时的方差贡献率足够大 (一般取累计贡献率大于 85%), 则可以用来反映原变量的信息。这样使复杂问题得到简化, 有利于提高分析效率, 将利用主成分分析法所得的主成分与径流量建立多元回归模型即可对径流未来的变化趋势进行预测。

### 3 结果分析

#### 3.1 多年流量变化趋势及突变点分析

##### 3.1.1 多年径流变化趋势

从 1959~2012 年精河流域多年降水量与温度变化 (见图 2) 可以看出, 近年来, 精河地区的降水量不稳定, 总是先上升后下降, 循环出现这样的过程, 相比而言本流域降水量明显小于邻近流域降水量<sup>[15]</sup>, 降水量整体呈现出上升的趋势。温度的变化趋势与之相近, 也处于上升趋势, 二者变化幅度都较小, 整体变化平缓。精河流域径流量的变化不明显, 趋势线为几近平行于 X 轴的直线, 为斜率为 0.001 的一条直线。由于精河夏季炎热, 气温非常高, 冰川消融的速度也快, 而夏季经常会遇到强对流天气, 降水比较多, 冰雪融水与降水洪

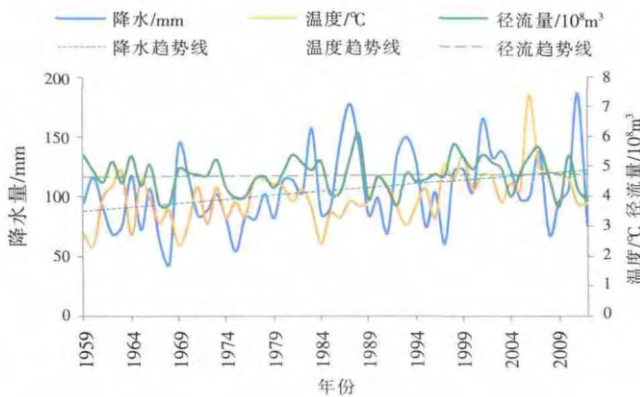


图 2 流域多年降水量、温度与径流量变化

Fig.2 The change of the annual precipitation, temperature and runoff

水相遇, 也加剧了精河流域夏季多洪水的水文特征<sup>[16]</sup>。

##### 3.1.2 径流突变点分析

利用 Mann-Kendall 法检验分析了精河 1959~2012 年径流变化趋势, 结果如图 3 所示,  $UF_k$  与  $UB_k$  二线相交在 1988 年, 且交点在临界线之间, 即交点对应年份为突变发生的时间。从  $UF_k$  曲线看,  $UF_k$  值在 1999 年以后呈正值, 并呈上升趋势, 通过了 0.01 的显著性检验。由图 2 中对于流域多年降水量与温度随时间的变化可以看出, 精河流域降水和温度都处于增加的趋势, 这与西北地区 1998 年 (1951~2000 年间) 气温最高<sup>[17]</sup> 具有很大一致性, 而特别是在 1999 年以后出现了多年的最高值, 这是导致 1999 年以后  $UF_k$  值呈正值并呈上升趋势的主要原因。

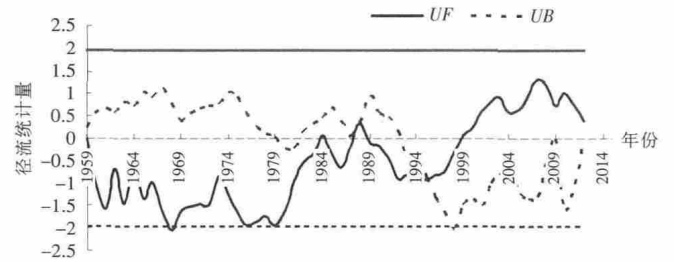


图 3 1959~2012 径流量径流 MK 变化趋势

Fig.3 Mann-Kendall test for the annual runoff trend from 1959 to 2012

##### 3.1.3 主成分分析

利用 SPASS 软件对影响径流的因子进行主成分分析, 按照特征值大于 1 的原则, 提取三个主成分。主成分累积贡献率达到 85.3%, 可反映原始数据的主要信息。主成分分析如图 4 所示。

由图 4 可以看出, 第一主成分  $Z_1$  的斜率最大, 表

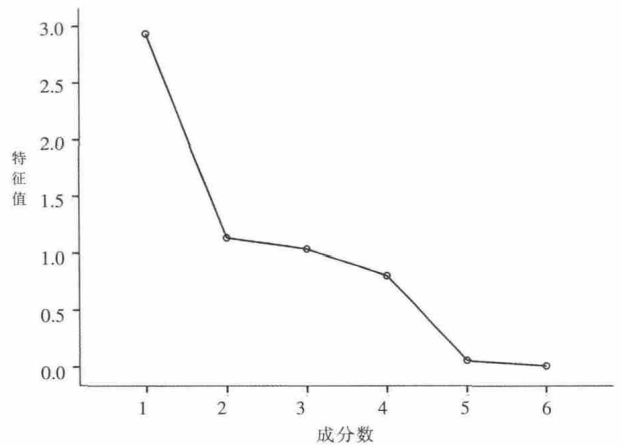


图 4 碎石图

Fig.4 Scree plot

明  $Z_1$  携带的原数据的信息量也就越大,  $Z_2$  次之,  $Z_3$  最低。

各主成分的贡献率及因子载荷,如表 1 所示。因子载荷  $a(ij)$  的统计意义就是第  $i$  个变量与第  $j$  个公共因子的相关系数即表示  $X(i)$  依赖  $Z(j)$  的份量(比重),统计学术语称作权。

表1 空间分析的旋转因子载荷矩阵

Table1 Matrix of rotated factor loadings in spatial analysis

	成分		
	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
第一产业	0.97	0.07	0.17
工业	0.99	-0.09	-0.04
人口	0.87	0.27	-0.28
年均气温	-0.32	0.62	-0.71
径流	-0.37	0.41	0.51
降水	0.18	0.71	0.41
特征值	2.94	1.14	1.04
贡献率/%	48.98	18.96	17.32
累计贡献率/%	48.98	67.94	85.26

由表 1 可以看出,  $Z_1$  的贡献率为 48.98%, 其中第一产业、工业和人口代表的人为因素所占因子载荷较大,  $Z_1$  呈很好的正相关关系。  $Z_2$  的贡献率为 18.96%, 其中降水、年均气温和径流所占因子载荷较大, 且与  $Z_2$  呈正相关, 代表了自然因素。  $Z_3$  贡献率为 17.32, 其中径流、降水所占因子载荷大。提取的三个主成分累计贡献率达到 85.26%, 超过了 85%,  $Z_1$  的贡献率位 48.98, 其中第一产业、工业和人口代表的人为因素所占权重较大, 表明对于精河径流影响较大的是人为因素, 这与孟现勇<sup>[18]</sup>等对近 60 年年气候变化及人类活动对艾比湖流域水资源的影响研究结果一致。

### 3.1.4 距平分析

精河径流的多年径流量的平均值为  $4.68 \times 10^8 \text{m}^3$ , 将精河近 54 年的径流数据与多年平均径流进行距平分析, 结果如图 5 所示。

从图 5 中可以看出, 精河近 54 年的径流距平变化趋势大体分为二个阶段, 第一阶段为 1958~1966 年, 第二阶段为 1966~2012 年。第一个阶段径流量变化平稳, 期间变化最大的是 1959 年, 距平为 0.68, 变化最小的年份为 1960 年, 距平为 0.15。1966 年以后径流量变化幅度变大, 期间变化幅度最大的年份为 1988 年, 距平为 1.37; 变化幅度最小的年份是 2005

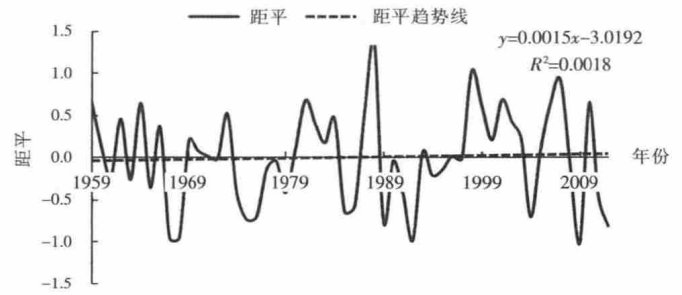


图 5 径流变化与多年距平

Fig.5 The anomaly of the runoff variation

年, 距平为 0.09。

## 4 结论

利用 1959~2012 年的精河径流数据气候数据, 对精河径流进行了统计分析、距平分析, 同时用非参数检验 Mann-Kendall 法对其变化趋势进行了分析, 得出结论如下:

(1) 通过对精河的降水量、温度以及径流量的多年变化趋势进行分析。结果表明, 精河地区的降水量和温度的变化趋势一致, 均为上升趋势; 精河地区的径流量稳定, 趋势线为几近平行于  $X$  轴的直线, 斜率为 0.001。

(2) 利用 Mann-Kendall 法对径流量进行趋势检验得出, 径流突变年为 1988 年, 从 1999 年开始上升明显, 通过 0.01 的显著性检验。而利用距平分析得出精河径流距平变化趋势大体分为二个阶段, 从 1958~1966 年变化幅度小, 1966~2012 年变化波动明显增大。

(3) 对影响精河径流的几个主要影响因子进行主成分分析, 最后得出, 人为因素对于径流的影响比较大, 贡献率达到 48.98%。

### 参考文献:

- [1] 刘艳丽, 张建业, 王国庆, 等. 气候自然变异在气候变化对水资源影响评价中的贡献分析—I. 基准期的模型与方法 [J]. 水科学进展, 2012, 23(2):147-155. (LIU Yanli, ZHANG Jianyun, WANG Guoqing, et al. Evaluation on the influence of natural climate variability in assessing climate change impacts on water resources: I. model and methodology in baseline period [J]. Advances in Water Science, 2012, 23(2):147-155. (in Chinese))
- [2] IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [3] 高明. 精河径流与降水变化特征及响应 [J]. 新疆水利, 2011, (2):9-12.

- (GAO Ming. Characteristics and response of runoff and precipitation in Jinghe [J]. Xinjiang Water Resources, 2011, (2):9-12. (in Chinese))
- [4] 王范霞,毋兆鹏. 近 40a 来精河流域绿洲土地利用/土地覆被时空动态演变[J]. 干旱区资源与环境, 2013,2(27):150-155. (WANG Fanxia, WU Zhaopeng. The dynamic progression of temporal and spatial changes of the land use /land cover in Jinghe valley oasis [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment. 2013,2(27):150-155. (in Chinese))
- [5] 龚原,袁玉江,何清. 气候转暖及人类活动对北疆中小河流降水—径流关系的影响[J]. 中国沙漠, 2003,23(5):569-572. (GONG Yuan, YUAN Yujiang, HE Qing. Influence of climate warming and human activity on relationship between precipitation and runoff for middle-small river of northern Xinjiang [J]. Journal of Desert Research, 2003,23(5):569-572. (in Chinese))
- [6] 陈忠升,陈亚宁,李卫红. 中国西北干旱区夏季径流量对大气 0°C 层高度变化的响应[J]. 中国科学:地球科学, 2012,42(11):1767-1777. (CHEN Zhongsheng, CHEN Yaning, LI Weihong. Response of runoff to change of atmospheric 0°C level height in summer in arid region of northwest China [J]. Science China: Earth Sciences, 2012,42(11):1767-1777. (in Chinese))
- [7] 张庆,黄若行,袁新春. 艾比湖 1961-2001 年的演化特点及机制分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2010,4(2):51-53. (ZHANG Qing, HUANG Ruoxing, YUAN Xinchun. Evolvement characteristics and mechanism of the Ebinur lake from 1961 to 2001 [J]. Desert and Oasis Meteorology, 2010,4(2):51-53. (in Chinese))
- [8] 李磊,李艳红,陈成贺日,等. 1972~2011 年期间艾比湖面积变化研究[J]. 湿地科学, 2014,2(12):263-267. (LI Lei, LI Yanhong, CHEN Chengheri, et al. Change of Ebinur lake area during 1972-2011 [J]. Wetland Science, 2014,2(12):263-267. (in Chinese))
- [9] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆统计年鉴 [M]. 北京:中国统计出版社, 2006. (Statistics Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Xinjiang Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2006. (in Chinese))
- [10] 胡光伟,毛德华,李正最,等. 荆江三口 60a 来入湖水沙变化规律及其驱动力分析[J]. 自然资源学报, 2014,29(1):129-142. (HU Guangwei, MAO Dehua, LI Zhengzui, et al. Characteristics and driving factors of runoff and sediment changes fluxes into the Dongting lake from three outlets in Jingjiang River during past 60 years [J]. Journal of Natural Resources, 2014,29(1):129-142. (in Chinese))
- [11] 林忠辉,莫兴国,李宏轩,等. 中国陆地区域气象要素的空间插值[J]. 地理学报, 2002,57(1):47-56. (LIN Zhonghui, MO Xingguo, LI Hongxuan, et al. Comparison of three spatial interpolation methods for climate variables in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2002,57(1):47-56. (in Chinese))
- [12] 李新,程国栋,卢玲. 空间内插方法比较[J]. 地球科学进展, 2000,15(3):260-265. (LI Xin, CHENG Guodong, LU Ling. Comparison of spatial interpolation methods [J]. Advance in Earth Sciences, 2000,15(3):260-265. (in Chinese))
- [13] 张建云,章四龙,王金星,等. 近 50 年来中国六大流域年际径流变化趋势研究[J]. 水科学进展, 2007,18(2):230-234. (ZHANG Jianyun, ZHANG Silong, WANG Jinxin, et al. Study on runoff trends of the six larger basins in China over the past 50 years[J]. Advances in Water Science, 2007,18(2):230-234. (in Chinese))
- [14] 林海明,杜子芳. 主成分分析综合评价应该注意的问题[J]. 统计研究, 2013,30(8):23-31. (LI Haiming, DU Zifang. Some problems in comprehensive evaluation in the principal component analysis[J]. Statistical Research, 2013,30(8):23-31. (in Chinese))
- [15] 朱永生,张莉萍. 博尔塔拉河及精河流域地表水资源现状分析[J]. 水利科技与经济, 2011,17(6):67-68. (ZHU Yongsheng, ZHANG Liping. Analysis of surface water resources in Bortala River and Jinghe River basin[J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2011,17(6):67-68. (in Chinese))
- [16] 李加强,陈亚宁,李卫红,等. 天山北坡中小河川降水与径流变化特征—以精河为例[J]. 干旱区地理, 2010,33(4):615-622. (LI Jiaqiang, CHEN Yaning, LI Weihong, et al. Variation features of precipitation and runoff of the middle-small rivers of northern piedmont of Tianshan mountains: a case of Jinghe River [J]. Arid Land Geograph, 2010,33(4):615-622. (in Chinese))
- [17] 郭志梅,缪启龙,李雄. 中国北方地区近 50 年来气温变化特征的研究[J]. 地理科学, 2005,25(4):448-454. (GUO Zhimei, MIAO Qilong, LI Xiong. Variation characteristics of temperature over northern China in recent 50 years [J]. Scientia Geographica Sinica, 2005,25(4):448-454. (in Chinese))
- [18] 孟现勇,孟宝忠,王月建,等. 近 60 年气候变化及人类活动对艾比湖流域水资源的影响[J]. 水文, 2015,35(2):90-96. (MENG Xianyong, MENG Baozhong, WANG Yuejian, et al. Influence of climate change and human activities on water resources in Ebinur lake in recent 60 years [J]. Journal of China Hydrology, 2015,35(2):90-96. (in Chinese))

### Analysis of Runoff Variation and Its Causes in Jinghe Basin, Xinjiang

SU Xiangming<sup>1,2</sup>, LIU Zhihui<sup>2,3,4</sup>, WEI Tianfeng<sup>1,2</sup>, ZHANG Bo<sup>1,2</sup>, GUO Xiaoyun<sup>1,2</sup>, NIE Min<sup>1,2</sup>

(1. School of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education/Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

3. Institute of Arid Ecology and Environment, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

4. International Center for Desert Affairs—Research on Sustainable Development in Arid and Semi-arid Lands, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** The statistic and anomaly analysis of the runoff characteristic variations in recent 54 years by using the data of the temperature, precipitation and runoff in the Jinghe River mouth from 1959 to 2012. The Mann-Kendall was used to test the

(下转第 91 页)

- Advances in Water Science, 2012,(4):475-484. (in Chinese))
- [11] 孙银凤,陆宝宏. 基于EEMD的南京市降水特征分析[J]. 中国农村水利水电, 2013,(3):5-9. (SUN Yinfeng, LU Baohong. The characteristic analysis of precipitation in Nanjing based on EEMD method [J]. China Rural Water and Hydropower, 2013,(3):5-9. (in Chinese))
- [12] 刘可群,王海军,王凯,等. 我国中部年、季平均气温变化的趋势性分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2010,(S1):62-66. (LIU Kequn, WANG Haijun, WANG Kai, et al. Variation trend analysis of the annual and seasonal average temperature in central China [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010,(S1):62-66. (in Chinese))

### Characteristics and Trend Analysis of Annual Precipitation and Mean Temperature in Changde City under Changing Environment

HUANG Jichen<sup>1</sup>, LU Baohong<sup>1,2</sup>, XU Lingling<sup>3</sup>, HOU Pan<sup>1</sup>, QIAN Chunchun<sup>1</sup>, XU Wei<sup>1</sup>

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

3. Jiangsu Province Water Engineering Sci-tech Consulting Co. LTD, Nanjing 210029, China)

**Abstract:** Based on the precipitation and mean temperature series in Changde City from 1968 to 2012, one-dimensional linear regression, Nonuple-Quadratic-Smooth filters, Mann-Kendall test, Yamamoto method and Morlet wavelet analysis were used to analyze the trend, abrupt change, periodicity of precipitation and temperature series, and then Hurst index were calculated using R/S analysis method to do some prediction of the change trend. The results show that the annual precipitation have a slightly increasing trend, no abrupt change was found in this series; it has 3 periods of 6, 15 and 28 years, and the precipitation will increase in the future; while the annual mean temperature appeared significantly rising trend at the 0.01 significance level, the abrupt change happened in 1994; temperature series have a primary period of 28 years, and the temperature will rise in the future.

**Key words:** precipitation; temperature; Changde City; trend; Yamamoto method; Morlet wavelet; Hurst index

(上接第 32 页)

### Potential of Development and Utilization for Water Resources in Irrigation Areas of Shulehe River Basin

ZHAO Chunhong, HUANG Yuefei, HAN Jingcheng, WANG Guangqian

(State Key Laboratory of Hydrosience and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** The potentials of development and utilization for water resources in the Changma, Shuangta and Huahai irrigation areas of the Shulehe River Basin were evaluated by using fuzzy synthetic judgment method and analytic hierarchy process. The results show that there are different potentials in the 3 irrigation areas. The development and utilization of the water resources in the Changma irrigation area is situated in the advanced stage, while the Shuangta and Huahai irrigation areas are in the intermediate stage. The exploitation potential in the Huahai irrigation area is the most and the Changma is the least. Further development in the Changma irrigation area should focus on the depth exploitation and strengthen the water resources integrated management, while width exploitation and water consumption in water resources should be gradually shifted to depth exploitation and water saving in the Shuangta and Huahai irrigation areas.

**Key words:** water resources; development and utilization potential; fuzzy synthetic judgment; irrigation area; Shulehe River Basin

(上接第 96 页)

natural runoff, and to analyze the factors of precipitation, temperature, population, industry, principal industry. The results show that (1) There are rising trends of the precipitation and temperature changes in the Jinghe River Basin. The runoff is stable, the trend line is almost parallel to X axis of the linear slope of 0.001. (2) The runoff mutated point appears in 1988, passing 0.01 significance test, and there is a significant upward trend after 1999. The runoff anomaly change in recent 54 years can be divided into two stages: smaller change range from 1958 to 1966, greater change range from 1966 to 2012. (3) The analysis of the impact factors show that the influence of the human activities on the runoff is great, with contribution rate of 48.98 percent, which is much higher than other factors.

**Key words:** Jinghe River; Mann-Kendall test; mutation point test; principal component analysis; runoff