

DOI:10.7522/j.issn.1000-0240.2018.0042  
WANG Shuhong, ZHANG Yu, WANG Dachao, et al. Annual variation of the runoff and precipitation in the Hulu River basin, a tributary of the Weihe River, from 1956 to 2016[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2018, 40(2): 370–377. [王淑红, 张钰, 王大超, 等. 1956–2016 年渭河支流葫芦河流域径流及降水的年际变化特征[J]. 冰川冻土, 2018, 40(2): 370–377.]

# 1956 – 2016 年渭河支流葫芦河流域径流及降水的年际变化特征

王淑红, 张钰, 王大超, 路贺, 杜丽芳  
(兰州大学 资源环境学院, 甘肃 兰州 730000)

**摘 要:** 研究河流径流量和流域降水量的变化特征, 对区域水资源规划与开发利用具有重要意义。基于葫芦河干流上下游的两个主要控制水文站实测年径流量及其流域年降水量资料, 运用标准距平累计曲线法、小波分析法和 Mann-Kendall 等方法, 研究了葫芦河干流年径流量和年降水量的年际变化趋势、周期性和突变性。结果表明: 葫芦河上下游年径流量变化趋势一致性较好, 流域年降水量变化趋势与径流量变化趋势基本对应, 均呈下降趋势, 但径流减少的速率远大于降水减少速率, 且下游径流量的减少速率比上游更快。葫芦河上下游径流量变化的大周期一致, 但下游径流小周期的转换要比上游径流和流域降水更频繁, 上下游径流量与其流域降水量变化周期的年份对应关系不好, 径流变化的主周期和次周期均小于降水的变化周期。葫芦河下游年径流量在 1988 年发生了突变, 而上游径流量和流域降水量均无明显的突变点。

**关键词:** 葫芦河流域; 年径流量; 年降水量; 年际变化

**中图分类号:** P333.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-0240(2018)02-0370-08

## 0 引言

径流量是构成地区工农业供水的重要条件, 是制约地区社会经济发展的重要因素。随着人类活动影响的加剧, 河川径流发生了显著的时空变化, 直接影响了流域水资源的合理开发与利用, 以及河流生态系统的物理、化学和生物过程<sup>[1-2]</sup>。径流变化对整个水文系统的演化起着主导作用, 并通过影响水资源的开发利用进而影响到区域经济和社会发展。近几十年来, 随着气候变化和人类活动的加剧, 各流域河川径流变化表现出显著的时空差异性<sup>[3-5]</sup>。因此, 研究近几十年来河川径流演化的过程和机制, 不仅有助于认识流域水循环对气候变化和人类活动的响应, 同时对流域内水资源的合理开发和配置具有重要意义<sup>[6-7]</sup>。

甘肃省葫芦河流域近年来水土流失严重、水环境恶化、水资源短缺, 社会经济发展与生态环境的

矛盾比较突出<sup>[8]</sup>。本文选用葫芦河干流上下游两个水文站的年径流资料和葫芦河流域 10 个气象站的年降水量资料, 分析葫芦河年干流径流量和其流域年降水量的年际变化及其趋势, 为区域水资源规划与开发利用提供参考。

## 1 研究区概况

葫芦河是渭河的一条较大支流, 古称瓦亭水、陇水。因河床狭窄多曲折, 形似“葫芦”得名。葫芦河发源于宁夏西吉县与海原县交界处的月亮山南麓, 向南流经西吉、静宁、庄浪、秦安, 在天水三阳川与渭河交汇, 干流长 301 km, 流域面积为  $1.07 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 由于流域内植被破坏严重, 土质稀松, 洪流发生的次数比较多, 河流在经过陇西黄土高原丘陵沟壑区时, 水土流失非常严重, 年输沙量达  $7\,270 \times 10^4 \text{ t}$ , 最大含沙量  $1\,210 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ <sup>[8-9]</sup>。

葫芦河在过去水流比较丰沛, 最近几年来因为

收稿日期: 2017-12-19; 修订日期: 2018-03-31  
基金项目: 国家自然科学基金项目(41271092)资助  
作者简介: 王淑红(1992–), 女, 甘肃白银人, 2015 年在山东科技大学获学士学位, 现为兰州大学在读硕士研究生, 从事生态水文学和工程水文学研究。E-mail: shhwang15@lzu.edu.cn  
通信作者: 张钰, E-mail: gszhangyu@126.com.

当地人民在上游修整梯田、兴建水库引水灌溉等发展农业的原因,经常处于干涸状态,只有在夏季到深秋这段时间有较大浊水。近年来又有铅锌矿厂和上游造纸厂等污染企业大量废水、废渣的随意排放,河水遭受严重污染,不仅人畜无法饮用,而且良田无法浇灌。

2 数据来源与分析方法

2.1 数据来源

本文主要研究葫芦河流域的水文特征,从甘肃省水文水资源局收集到葫芦河流域干流上静宁和秦安水文站年径流数据,以及葫芦河流域的静宁、党

家岷、仁大、秦安、远门镇、什字、威戎镇、隆德、黄家湾和红寺等 10 个雨量站的年降水资料,统一插补来延长资料系列短的降水量资料,使资料系列统一为 1956–2016 年系,葫芦河流域年降水量取上述 10 个雨量站年降水量的均值。本次研究采用研究区水文测站点的基本信息见表 1,其在研究区的分布见图 1。

2.2 分析方法

2.2.1 年际趋势性变化分析方法

(1) 线性倾向分析法

线性倾向分析法是国内在水文气象趋势分析中比较常用的方法,该方法具有简单易操作的特点,

表 1 葫芦河流域水文测站基本信息  
Table 1 Basic information of the hydrological and precipitation stations in the Hulu River basin

站名	观测场地点	站别	地理坐标		数据系列
			E	N	
静宁	甘肃省静宁县城关镇	水文站	105°43′	35°32′	1956–2016 年
秦安	甘肃省秦安县城关镇	水文站	105°40′	34°54′	1956–2016 年
党家岷	甘肃省会宁县党家岷乡党家岷	雨量站	105°18′	35°32′	1956–2016 年
仁大	甘肃省静宁县仁大乡李家河村	水文站	105°45′	35°10′	1956–2016 年
远门镇	甘肃省清水县远门镇	雨量站	105°54′	34°48′	1956–2016 年
什字	宁夏回族自治区西吉县什字路	雨量站	105°57′	35°44′	1956–1997 年
威戎镇	甘肃省静宁县威戎镇北关	雨量站	105°46′	35°22′	1956–1997 年
隆德	宁夏回族自治区隆德县城东门外	水文站	106°08′	35°37′	1971–2016 年
黄家湾	甘肃省通渭县华家岭乡黄家湾	雨量站	105°06′	35°22′	1979–2016 年
红寺	甘肃省静宁县红寺乡	雨量站	105°31′	35°31′	1981–2016 年

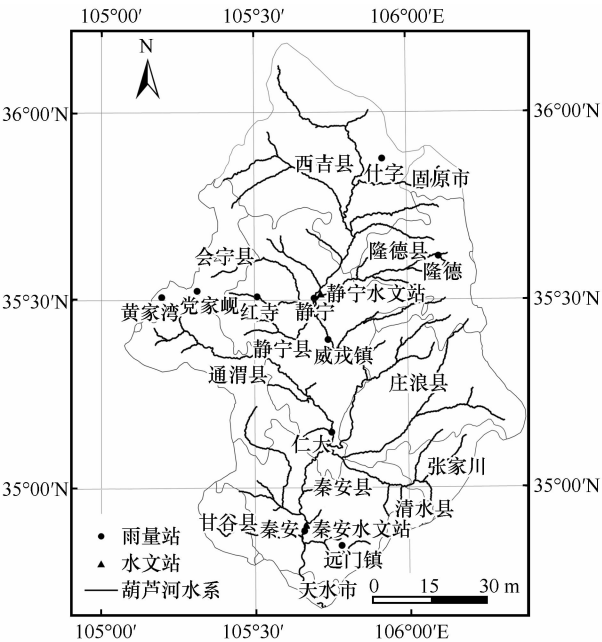


图 1 葫芦河流域水系及其站点分布

Fig. 1 Water system and hydrological and precipitation stations in the Hulu River basin

其具体步骤参见文献[10]。

(2) 滑动平均法

滑动平均法是用序列的滑动均值随时间的变化来反映系列的变化趋势,类似于低通滤波器原理。序列经过滑动平均后,有效地修正了差异较大的个别值带来的误差,其具体步骤参见文献[11]。

(3) 距平累计曲线法

累积距平曲线又称为差积曲线,是一种比较常用的、可直接由绘制出的曲线变化情形判断变化趋势的方法,其具体步骤参见文献[12]。

2.2.2 小波分析方法

小波分析法能够比较清晰地反映序列在时域和频域的局部变化特点,研究具有多个时间尺度变化和非平稳变化特征的序列时,该方法具有较好的适用性。将小波分析方法引入水文特征的研究中,为研究水文序列变化规律提供了一种较为可靠的方法<sup>[13–15]</sup>。因此,本文选用 Morlet 复小波对研究区年径流和年降水序列进行周期性分析,其具体步骤

参见文献[16]。

2.2.3 Mann-Kendall 方法

突变较为常见，其表现为从一种较稳定的变化趋势迅速转变到另一种相对稳定的变化趋势。气候变化和下垫面变化可引起水文序列产生变异问题<sup>[17]</sup>。常用 Mann-Kendall 法检测时间序列的变化趋势以及趋势起始位置，Goossens 等<sup>[18]</sup> 将该方法引入反时间序列中，发展成了一种能检验时间序列

突变的新方法。该方法检验能力较强，在各种研究领域得到了广泛的应用，具体步骤参见文献[19]。

3 结果与分析

3.1 年际趋势性分析

绘制葫芦河干流静宁、秦安水文站年径流过程及趋势线、葫芦河流域降水量过程及趋势线(图2)。由图2可知，秦安站年径流过程线比静宁站年

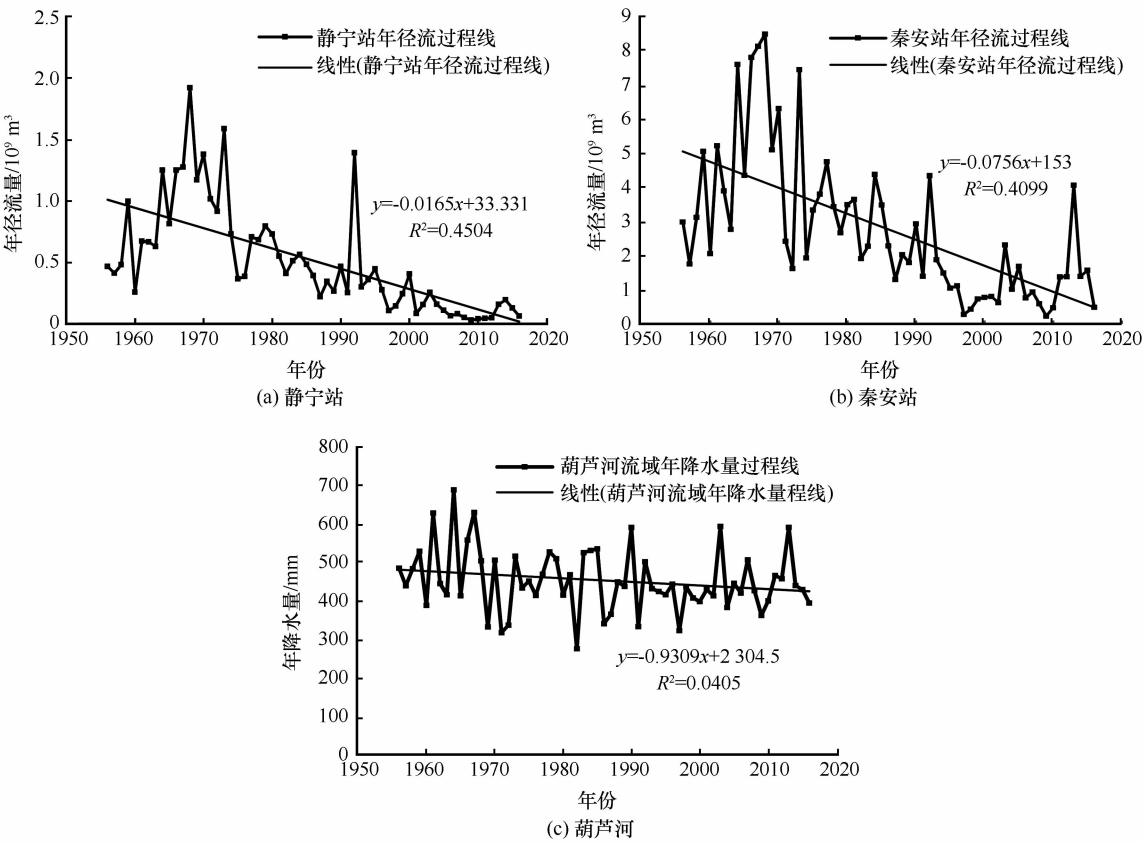


图2 葫芦河干流径流量及其流域年降水量过程及趋势线

Fig.2 Variations of annual runoff in Jingning Station (a) and in Qin'an Station (b) and of annual precipitation in the Hulu River basin (c)

径流过程线变化更加复杂，即影响径流变化的因素随着流域面积增大也更加复杂；静宁站径流过程趋势线斜率 $|k_1|$ 为0.0165，秦安站径流过程趋势线斜率 $|k_2|$ 为0.0756， $|k_2| > |k_1|$ ，即上游径流量61年来衰减较为缓慢，下游径流量衰减速率较快。葫芦河流域年降水量在300 mm上下波动，整体呈平缓下降趋势。

静宁、秦安水文站年径流量和葫芦河流域年降水量标准5 a滑动均值年际变化过程如图3所示，葫芦河流域上下游年径流量变化趋势相似，上下游丰、平、枯水年基本相对应，葫芦河流域年降水量标准5 a滑动均值变化幅度较小，但其极值点基本

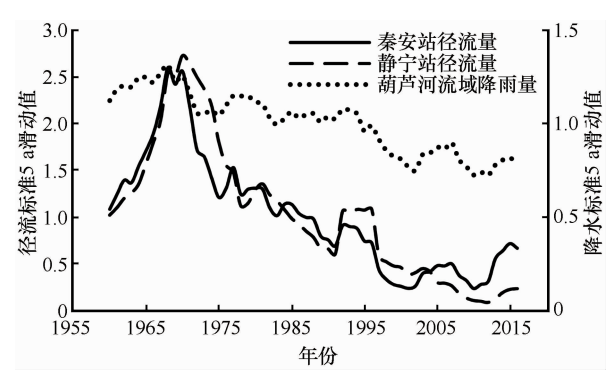


图3 标准5 a滑动曲线

Fig.3 Standard 5-a moving curves of runoff at Jingning Station and Qin'an Station and of precipitation in the Hulu River basin

与上下游径流的极值点相对应。

静宁、秦安水文站年径流量和葫芦河流域年降水量标准距平累计年际变化过程如图 4 所示。葫芦河流域上下游年径流量变化趋势一致, 1960 - 1970 年为丰水年, 1956 - 1959 年和 1971 - 1991 年为平水年, 1992 - 2010 年为枯水年, 降水量上下波动较为频繁, 但总体变化趋势与径流量基本一致。

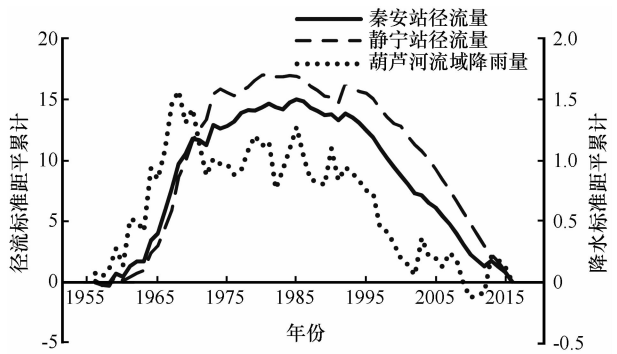


图 4 标准距平累计曲线

Fig. 4 Standard departure cumulative curves of runoff at Jingning Station and Qin'an Station and of precipitation in the Hulu River basin

3.2 周期变化

采用 Morlet 小波分析法对静宁、秦安水文站年径流量和葫芦河流域年降水量年际变化进行分析, 小波分析如图 5 所示。图中, 横轴表示时间, 纵轴表示周期, 葫芦河上下游在 30 a 时间尺度上均经历了 5 个变化期, 1956 - 1962 年为偏少期, 1963 - 1974 年为偏多期, 1975 - 1985 年为偏少期, 1986 - 2002 年为偏多期, 2003 - 2016 年为偏少期。在 10 a 尺度上, 葫芦河上游经历了 10 个变化期, 1956 - 1960 年、1965 - 1972 年、1977 - 1983 年、1989 - 1994 年、2001 - 2005 年为偏多期, 1961 - 1964 年、1973 - 1976 年、1984 - 1988 年、1995 - 2000 年、2006 - 2016 年为偏少期; 葫芦河下游经历了 11 个变化期, 1956 - 1960 年、1965 - 1970 年、1975 - 1983 年、1989 - 1996 年、2000 - 2006 年、2011 - 2016 年为 6 个偏多期, 1961 - 1964 年、1971 - 1974 年、1984 - 1988 年、1997 - 1999 年、2007 - 2010 年为 5 个偏少期。下游小周期的转换要比上游频繁, 可能与下游流域面积大、汇入支流

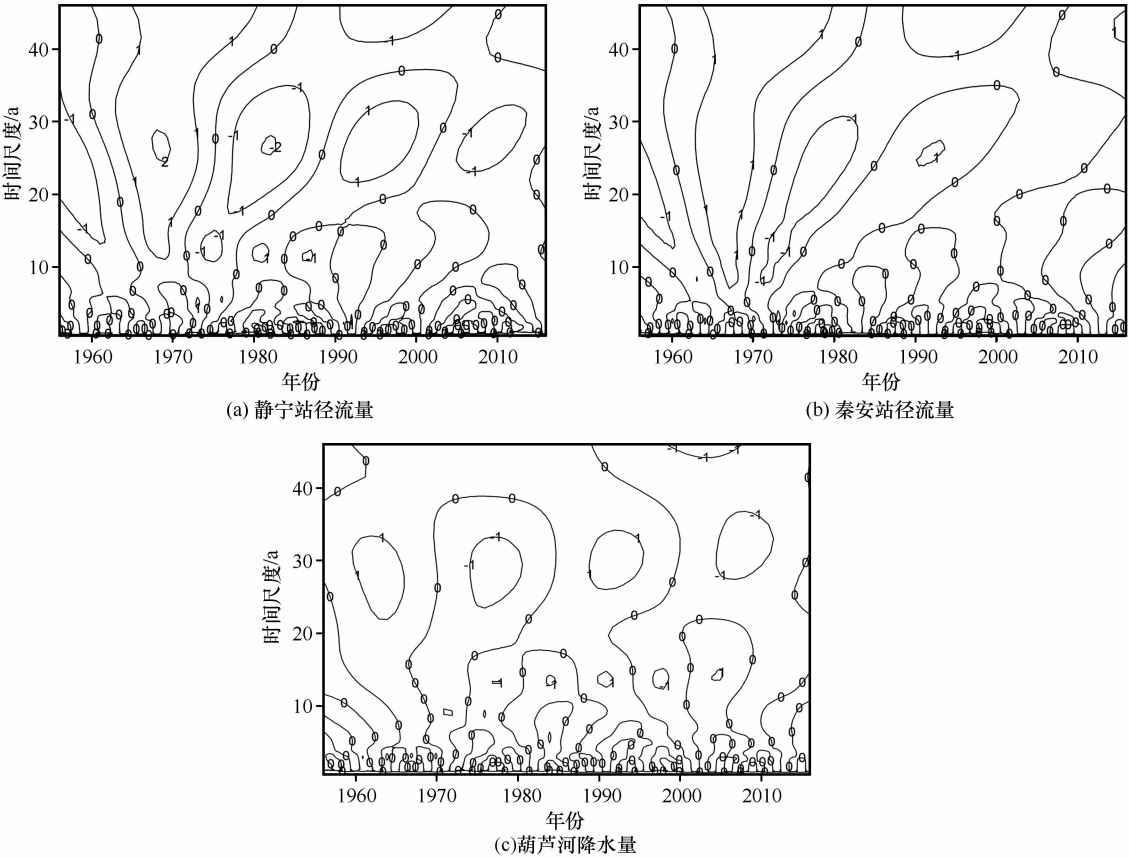


图 5 葫芦河干流年径流量及其流域年降水量小波分析

Fig. 5 Wavelet chart for the annual runoff at Jingning Station (a), Qin'an Station (b) and precipitation in the Hulu River basin (c)

较多、人类活动影响、下垫面条件复杂等因素有关。

葫芦河流域年降水量在 30 a 尺度上,经历了 4 个变化期,1956 – 1969 年为偏多期,1970 – 1982 年为偏少期,1983 – 1998 为偏多期,1999 – 2016 为偏少期。在 10 a 尺度上,经历了 10 个变化期,1956 – 1960 年、1969 – 1973 年、1979 – 1986 年、1996 – 2000 年、2007 – 2012 年 5 个偏少期,1961 –

1968 年、1974 – 1978 年、1987 – 1995 年、2001 – 2006 年、2013 – 2016 年 5 个偏多期。葫芦河上下游径流量变化周期与流域降水量的变化周期年份对应关系不好,可能与流域调蓄能力、径流补给形式和流域下垫面变化情况有关。葫芦河流域这样周期变化特征的形成成因,目前还不太明确需要更进一步的研究。30 a 尺度上葫芦河流域径流和降水量丰枯周期对比见表 2。

表 2 葫芦河径流量和降水量(30 a 尺度)丰枯变化周期统计表

丰枯情况	静宁	秦安	流域降水量
枯水期	1956 – 1962 年	1956 – 1962 年	–
丰水期	1963 – 1974 年	1963 – 1974 年	1956 – 1969 年
枯水期	1975 – 1985 年	1975 – 1985 年	1970 – 1982 年
丰水期	1986 – 2002 年	1986 – 2002 年	1983 – 1998 年
枯水期	2003 – 2016 年	2003 – 2016 年	1999 – 2016 年

采用小波方差分别绘制了静宁、秦安水文站年径流量和葫芦河流域年降水量小波方差图(图 6)。横轴表示周期,纵轴表示小波方差。葫芦河干流上下游年径流量主周期主峰基本一致。上游年径流量变化的主周期为 27 a,下游年径流量主周期为 26 a,葫芦河流域年降水量主周期为 30 a。葫芦河上下游年径流量次周期次峰一致,均为 12 a,葫芦河流域年降水量次周期为 14 a。葫芦河流域年降水量的变化周期要比葫芦河干流上下游年径流量的变化周期稍长。

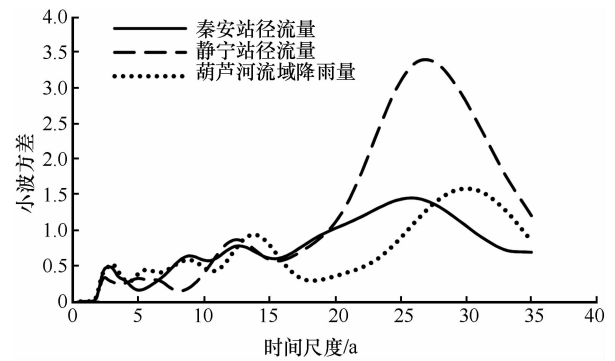


图 6 小波方差图

Fig. 6 Wavelet variance diagrams of runoff at Qin'an Hydrology Station and Jingning Hydrology Station and of precipitation in the Hulu River basin

3.3 突变性分析

运用 Mann-Kendall 检验法对葫芦河干流年径流量和年降水量进行突变检验,假定年径流和年降水变化稳定、时间序列相互独立且保持相同连续分

布,给定显著水平  $\alpha = 0.05$ ,通过正态分布表得临界值  $u_{0.05} = \pm 1.96$ 。静宁、秦安水文站年径流量和葫芦河流域年降水量的统计量曲线  $UF$ 、 $UB$  和信度线见图 7。

静宁水文站 1958 – 1983 年  $UF > 0$ ,年径流量上升,其中 1966 – 1975 年显著上升。1956 – 1957 年和 1984 – 2016 年  $UF < 0$ ,年径流量下降,其中 1991 – 2016 年呈显著下降。年径流统计量曲线  $UF$ 、 $UB$  交点在置信区间的外面,无显著突变点。

秦安水文站 1958 – 1981 年  $UF > 0$ ,年径流量上升,其中 1966 – 1971 年呈显著上升趋势。1956 – 1957 年和 1982 – 2016 年  $UF < 0$ ,径流量下降,其中 1991 – 2016 年呈显著下降趋势。年径流统计量曲线  $UF$ 、 $UB$  在 1988 年相交在置信区间内,说明秦安站径流量在 1988 年发生了突变。

葫芦河流域年降水量在 1958 – 1970 年  $UF > 0$ ,降水量逐年上升,但上升趋势不显著。1956 – 1957 年和 1971 – 2016 年  $UF < 0$ ,降水量逐年减少,其中 1991 – 2016 年呈显著下降趋势。 $UF$ 、 $UB$  交点在置信区间外,没有明显突变点。葫芦河流域径流和降水量突变分析见表 3。

4 结论

本次分析研究采用葫芦河干流上游静宁水文站和下游秦安水文站年径流数据及其流域年降水量数据,对葫芦河年径流量和降水量的年际变化特征进行了系统分析,结果表明:

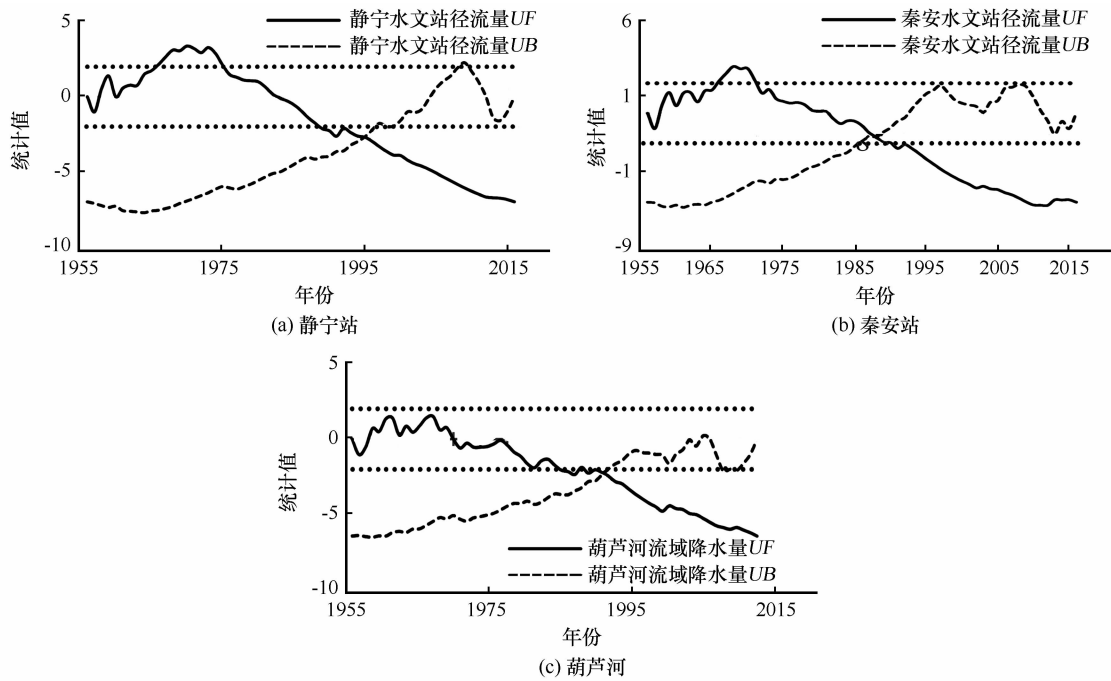


图 7 葫芦河干流径流量和流域降水量 M-K 突变曲线

Fig. 7 M-K mutation curve of the annual runoff and precipitation in the Hulu River basin: *UF* and *UB* of runoff in Jingning Hydrology Station (a), runoff in Qin'an Hydrology Station (b) and precipitation in the Hulu River basin (c)

表 3 葫芦河干流径流和流域降水量突变分析表

水文站	突变年份	径流变化显著时段			
		上升时段	年限/a	下降时段	年限/a
静宁站	—	1966 – 1975 年	9	1991 – 2016 年	26
秦安站	1988 年	1966 – 1971 年	5	1991 – 2016 年	26
流域降水量	—	—	—	1991 – 2016 年	26

(1) 葫芦河上下游年径流量与流域年降水量变化趋势大体相对应, 总体都呈下降趋势, 但径流下降趋势比降水更明显, 下游径流量的减少速率比上游更快。

(2) 在 30 a 时间尺度上, 葫芦河上下游径流量均经历了“枯-丰-枯-丰-枯”5 个循环交替, 其流域年降水量经历了“丰-枯-丰-枯”4 个循环交替。下游径流小周期的转换要比上游径流和流域降水更频繁, 上下游径流量与其流域降水量变化周期的年份对应关系不好, 径流的变化的主周期和次周期均小于降水的变化周期, 说明径流较为多变, 其影响因素较为复杂。

(3) 葫芦河下游年径流量在 1988 年发生了突变, 而上游径流量和流域降水量均无明显的突变点; 上下游在 1966 年同时感知径流显著上升变化, 但上游 1975 年结束, 历时 9 a, 下游 1971 年结束,

历时 5 a, 下游径流量明显上升持续的时间短于上游, 而葫芦河流域降水量并没有明显上升变化; 上、下游径流量和流域降水量都是从 1991 年开始明显下降, 直到 2016 年, 历时 26 a。

参考文献(References):

[1] Sun Yue, Li Dongliang. Features and response to climate-driven factors of the runoff in the upper reaches of the Weihe River in 1975 – 2011[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2014, 36(2): 413 – 423. [孙悦, 李栋梁. 1975 – 2011 年渭河上游径流演变规律及对气候驱动因子的响应[J]. 冰川冻土, 2014, 36(2): 413 – 423.]

[2] Song Xiaoyan, Mu Xingmin, Gao Peng, et al. Trends of runoff variation from 1900 to 2005 at Harbin station of Songhua River [J]. Journal of Natural Resources, 2009, 24(10): 1803 – 1809. [宋小燕, 穆兴民, 高鹏, 等. 松花江哈尔滨站近 100 年来径流量变化趋势[J]. 自然资源学报, 2009, 24(10): 1803 – 1809.]

- [3] Yang Mingjin, Zhang Bo, Wang Haiqing, et al. The study on the change of mountainous runoff in Heihe River basin from 1950 to 2004[J]. *Resources Science*, 2009, 31(3): 413–419. [杨明金, 张勃, 王海青, 等. 黑河流域 1950–2004 年出山径流变化规律分析[J]. *资源科学*, 2009, 31(3): 413–419.]
- [4] 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. [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.]
- [5] Huang Chenlu, Yang Qinke, Huang Weidong, et al. Analyzing the hydrological characteristics and differentiation over the typical small basins in the upper reaches of the Weihe River[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2015, 37(5): 1312–1322. [黄晨璐, 杨勤科, 黄维东, 等. 渭河上游典型小流域水文特征差异性分析[J]. *冰川冻土*, 2015, 37(5): 1312–1322.]
- [6] Zhou Junju, Shi Wei, Shi Peiji, et al. Characteristics of mountainous runoff and its responses to climate change in the upper reaches of Shiyang River basin during 1956–2009[J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences Edition)*, 2012, 48(1): 27–34. [周俊菊, 师玮, 石培基, 等. 石羊河上游 1956–2009 年出山径流量特征及其对气候变化的响应[J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 2012, 48(1): 27–34.]
- [7] Liu Yinqiu. Sustainable utilization of water resources and modernization of water management[J]. *China Water Resources*, 2002(10): 23–25. [刘颖秋. 水资源可持续利用与水管现现代化建设[J]. *中国水利*, 2002(10): 23–25.]
- [8] Wei Guoxiao, Yang Jiali, Xu Tao, et al. SWAT model simulation of runoff variation of Hulu River basin in Gansu Province[J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 2009, 45(6): 1–7. [魏国孝, 杨佳丽, 徐涛, 等. 甘肃葫芦河流域径流变化的 SWAT 模型模拟[J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 2009, 45(6): 1–7.]
- [9] Nie Zhongqing, Jia Bing, Ding Zhenyu, et al. Characteristics of climate changes in Hulu River basin since recent 50 years[J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 2009, 45(2): 7–11. [聂中青, 贾冰, 丁贞玉, 等. 近 50 a 葫芦河流域气候变化特征[J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 2009, 45(2): 7–11.]
- [10] Shi Neng, Chen Jiaqi, Tu Qipu. 4-phase climate change features in the last 100 years over China[J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 1995, 53(4): 431–439. [施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年来 4 个年代际的气候变化特征[J]. *气象学报*, 1995, 53(4): 431–439.]
- [11] Pei Yixuan, Guo Min. The fundamental principle and application of sliding average method[J]. *Journal of Gun Launch & Control*, 2001(1): 21–23. [裴益轩, 郭民. 滑动平均法的基本原理及应用[J]. *火炮发射与控制学报*, 2001(1): 21–23.]
- [12] Jia Xian, Shen Bing, Su Jianwei. Trend analysis of the meteorological elements in the Jiuquan Basin, Gansu[J]. *Journal of Water Resources Research*, 2012, 1(6): 497–500. [贾宪, 沈冰, 苏建伟. 甘肃酒泉盆地主要气象要素变化趋势分析[J]. *水资源研究*, 2012, 1(6): 497–500.]
- [13] Foufoula-Georgiou E, Kumar P. *Wavelets in geophysics*[M]. Amsterdam, Holland: Elsevier, 2014.
- [14] Percival D B, Walden A T. *Wavelet methods for time series analysis*[M]. Cambridge, Massachusetts: Cambridge University Press, 2006.
- [15] Wang Wensheng, Ding Jing, Xiang Honglian. Application and prospect of wavelet analysis in hydrology[J]. *Advances in Water Science*, 2002, 13(4): 515–520. [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.]
- [16] Li Changbin, Wang Shuaibing, Yang Linshan, et al. Spatial and temporal variation of main hydrologic meteorological elements in the Taohe River basin from 1951 to 2010[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2013, 35(5): 1259–1266. [李常斌, 王帅兵, 杨林山, 等. 1951–2010 年洮河流域水文气象要素变化的时空特征[J]. *冰川冻土*, 2013, 35(5): 1259–1266.]
- [17] Yue Sheng, Pilon P, Cavadias G. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series[J]. *Journal of Hydrology*, 2002, 259(1/2/3/4): 254–271.
- [18] Goossens C H, Berger A. Annual and seasonal climatic variations over the Northern Hemisphere and Europe during the last century[J]. *Annales Geophysicae*, 1986, 04(4): 385–400.
- [19] Chen Zhongping, Xu Qiang. Analysis of precipitation characteristics in Jinhua by Mann-Kendall test method[J]. *Bulletin of Science and Technology*, 2016, 32(6): 47–50. [陈中平, 徐强. Mann-Kendall 检验法分析降水量时程变化特征[J]. *科技通报*, 2016, 32(6): 47–50.]

**Annual variation of the runoff and precipitation in the Hulu River basin,  
a tributary of the Weihe River, from 1956 to 2016**

WANG Shuhong, ZHANG Yu, WANG Dachao, LU He, DU Lifang  
( College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China )

**Abstract:** It is of great significance for the regional water resources planning and exploitation to study the variation characteristics of river runoff and basin precipitation. In this paper, study was carried out of the variation of the Hulu River main runoff and basin precipitation, such as annual variation, periodic property and mutation, using the method of standard departure accumulation curve method, wavelet analysis and Mann-Kendall so on, according annual runoff data and precipitation data of the two main hydrological control stations on the upper reaches and downstream of the Hulu River. The result showed that the variation of runoff in the upstream and downstream of the Hulu River manifests good uniformity, and the annual variations of the Hulu River upstream and downstream runoff are basically identical. Both runoff and precipitation are decreasing, however, the rate of runoff reduction is far greater than that of precipitation and the decrease rate of downstream runoff is more than that of upstream. From the perspective of varying periodic, the main runoff change cycles in the Hulu River upstream and downstream are consistent. But in the downstream runoff transformation is more frequent than that in the upstream. The relationship between the upstream and downstream runoffs is not so good. The main cycle and sub-cycle of runoff are less than the change period of precipitation. Besides, runoff and basin precipitation change cycles show little corresponding relationship, and the varying cycle of runoff is short than that of precipitation. Finally, the runoff of downstream of the Hulu River had a obviously mutation in 1988, but there was no obvious abrupt changes in upstream runoff and in precipitation of the whole basin.

**Key words:** Hulu River basin; annual runoff; annual precipitation; annual variability

( 本文编辑: 庞瑜, 周成林 )