

# 流域水文年及丰枯水期划分方法

刘赛艳<sup>1</sup>, 解阳阳<sup>1</sup>, 黄强<sup>1</sup>, 蒋晓辉<sup>2</sup>, 李向阳<sup>3</sup>

(1.西安理工大学水利水电学院 西北旱区生态水利工程国家重点实验室培育基地, 陕西 西安 710048;  
2.西北大学城市与环境学院, 陕西 西安 710127;  
3.中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司, 陕西 西安 710065)

**摘要:**研究流域水文年及丰、枯水期划分方法,为水文水利计算提供科学依据。通过分析流域径流变化特点,提出径流累计距平法。将该方法用于黑河上游流域,结果表明:该方法为黑河上游流域确定了合理的水文年及丰、枯水期;在不同水文年起讫日下,黑河上游流域年径流时间序列的统计特性和典型年的径流年内分配特征发生显著变化。因此,径流累计距平法可用于划分流域水文年及丰、枯水期,统一水文年划分方式对水文水利计算十分必要。

**关键词:**水文年;丰水期;枯水期;累计距平;黑河流域

中图分类号:TV121

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2017)05-0049-05

## 1 引言

水文年在水文学和水利设计中是一个十分重要的概念,是与流域水文情况相适应的一种专用年度。水文年与日历年明显不同的是:水文年根据流域水文循环规律确定,而日历年根据回归年(太阳年)变化和公历标准(包括格里历及其前身儒略历)编制得到<sup>[1-2]</sup>;水文年适用于流域范围且不同流域水文年的起讫日存在差异,而日历年适用于世界范围且起讫日(每年1月1日)固定不变。

中国著名水文学家刘光文<sup>[3]</sup>指出,水文水利计算中一般采用水文年划分年期界限,避免破坏水文循环过程的完整性,也便于计算水库的充蓄、废泄和耗用水量间的平衡关系。根据联合国教科文组织网站《国际水文学名词术语》中的解释,水文年是指按总体蓄量变化最小的原则所选的连续12个月,据此,跨年度的水量可减至最低限度。水文年开始日期有两种不同的划分方法:选择供给河流水源自然转变的日期,即从专靠地下水源转变到地面水源增多的时候;选择与地表水文、气象相适应的日期,即降水量极少,地表径

流接近停止的时候。实际上,每一水文年的开始日期是不同的,但为便于整编计算起见,水文年划分仍以某一月的第一日作为年度开始日期。当前,各流域水文年起讫日的确定方法经验性强,丰、枯水期划分标准并不统一。

根据不同起讫日划分水文年后,年径流序列的统计参数是否存在显著差异,典型年的径流年内分配特点是否发生明显变化,这些问题必然给水文水利计算带来一定困扰,但国内外鲜有文献对此深入研究。因此,本文首先研究合理划分流域水文年及丰、枯水期的方法,然后探讨水文年划分对年径流时间序列统计特征和典型年径流年内分配的影响,以期水文水利计算提供科学依据。

## 2 研究方法

受太阳辐射、大气环流影响等因素的影响,特定流域每年水文循环的活跃程度不同,水文年的具体起讫日并不固定。尽管如此,因为流域气候和下垫面多年变化相对稳定,所以水文年起讫日在某一具体时段(旬或月)内比较稳定。一个自然水文年可以分成丰水期和枯

收稿日期:2016-12-01

基金项目:国家自然科学基金项目(91325201)

作者简介:刘赛艳(1990-),女,江西抚州人,博士生,主要从事水文学及水资源研究。E-mail:719685861@qq.com

通讯作者:解阳阳(1987-),男,山东巨野人,博士研究生,主要从事水资源系统工程研究。E-mail:xieyang\_yang\_cool@126.com

水期两个阶段,流域丰水期和枯水期最明显的差异体现在降水和径流两个方面。一般情况下,丰水期流域降水多、河道流量大;枯水期流域降水较少、河道流量也小。降水往往空间分布不均、时间上断断续续,从点雨量换算成全流域面雨量不仅误差增大,而且计算也不方便,显然不如河道流量测算准确、直接。因此,本文根据径流变化特点,提出用于划分流域水文年及丰、枯水期的径流累计距平法。

设某流域控制断面的天然径流序列为  $\{Q_i(\Delta t) | i=1, 2, \dots, m \cdot n\}$  (从某年1月或1月上旬开始), 序列总长度为  $n$  年, 每年有  $m$  个单位时段, 单位时段  $\Delta t$  长度为月或旬,  $Q_i(\Delta t)$  为第  $i$  单位时段的平均流量。假定该流域水文年起讫日为  $T_0$ , 即  $T_0$  至次年  $T_0$  为一个自然水文年。若以  $j=(k-1)m+T_0$  ( $k=1, 2, \dots, n; T_0=1$ ) 为截口连续截取径流序列, 则可以得到  $n$  个自然水文年的径流过程; 若以  $j=(k-1)m+T_0$  ( $k=1, 2, \dots, n; T_0=2, \dots, m$ ) 为截口连续截取径流序列, 则可以得到  $n-1$  个自然水文年的径流过程。在  $j=(k-1)m+1$  ( $k=1, 2, \dots, n$ ) 截口下, 第  $l$  ( $l=1, 2, \dots, N; T_0 \neq 1$  时  $N=n-1, T_0=1$  时  $N=n$ ) 水文年的流量平均值为  $\bar{Q}_l$ , 逐时段流量累计距平为  $S_{l\tau}$ , 累计距平的和指数为  $k_l^+$ , 累计距平的平均和指数为  $\bar{k}_{T_0}^+$ , 计算如下:

$$\bar{Q}_l = \frac{1}{m} \sum_{\tau=1}^m Q_{l\tau} \quad (1)$$

$$S_{l\tau} = \sum_{t=1}^{\tau} (Q_{lt} - \bar{Q}_l) \quad (2)$$

$$k_l^+ = \frac{\max(S_{l\tau}) + \min(S_{l\tau})}{\bar{Q}_l} \quad (3)$$

$$\bar{k}_{T_0}^+ = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N k_l^+ \quad (4)$$

通过式(1~4)可以得到  $\{Q_i(\Delta t) | i=1, 2, \dots, m \cdot n\}$  的  $\bar{k}_{T_0}^+$  序列(长度为  $m$ )。当气候、下垫面等相对稳定时, 月或旬径流时间序列可以近似看作以一年为周期的平稳序列,  $\bar{k}_{T_0}^+$  序列中存在唯一最大值和最小值。

水文年从丰水期初开始, 到枯水期末结束。若给定的水文年起讫日  $T_0$  合理, 则  $S_{l\tau}$  应有一个完整的递增阶段和一个完整的递减阶段,  $S_{l\tau}$  递增阶段对应的时期即为丰水期,  $S_{l\tau}$  递减阶段对应的时期即为枯水期。  $S_{l\tau}$  在不同的  $T_0$  下, 水文年  $S_{l\tau} \sim \tau$  曲线的大致形状有4种类型, 如图1所示。

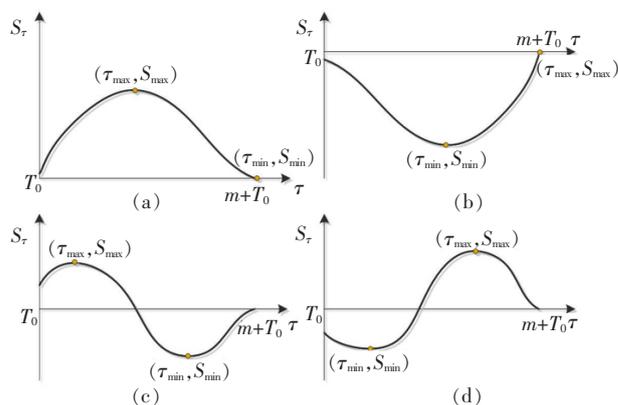


图1 不同截口下水文年流量累计距平曲线形状

Fig.1 The curve shapes of the cumulative anomaly of the flow under different sections in water year

在图1中,  $S_{l\tau}$  最大值 ( $S_{\max}$ )、最小值 ( $S_{\min}$ ) 对应的时间分别为  $\tau_{\max}$ 、 $\tau_{\min}$ , 只有当  $\bar{k}_{T_0}^+$  取最大值或最小值时,  $\tau_{\min}$  或  $\tau_{\max}$  才能与次年的  $T_0$  重合, 保证  $S_{l\tau} \sim \tau$  曲线有一个完整的递增阶段和一个完整的递减阶段。考虑到水文年从丰水期开始, 只有图1(a)的  $S_{l\tau} \sim \tau$  曲线形状符合条件。当  $\bar{k}_{T_0}^+$  取最大值时, 其对应的时段  $T_{0,\max}$  即为流域的水文年起讫日, 也是丰水期开始时间; 当  $\bar{k}_{T_0}^+$  取最小值时, 其对应的时段  $T_{0,\min}$  即为流域的枯水期开始时间, 如图2所示。

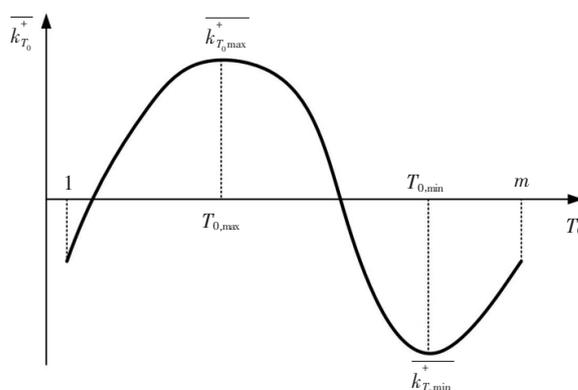


图2 不同截口下的流量累计距平和指数

Fig.2 The summation indexes of the cumulative anomaly of flow under different sections

综上所述, 径流累计距平法十分符合年调节水库“蓄丰补枯”的特点。此外, 流域丰、枯水期之间一般有一个过渡阶段即平水期,  $T_{0,\max}$  和  $T_{0,\min}$  是丰、枯水期分界点, 应当为流域的平水期。为了简便, 将  $T_{0,\max}$  和  $T_{0,\min}$  分

别划归到流域的丰、枯水期。大流域中总是有一条干流和多条支流,干流及支流上往往设有多个水文站。在这种情况下,应当根据流域出口控制断面的天然流量过程划分流域的水文年及丰、枯水期。一般情况下,子流域与全流域的水文年及丰、枯水期基本一致。

### 3 实例应用

#### 3.1 研究流域及数据

黑河是中国西北地区第二大内陆河,发源于祁连山北麓中部,自南向北流,最终汇入内蒙古自治区境内,如图3所示。莺落峡以上为上游,是主要产水区;莺落峡至正义峡为中游,是主要灌溉区;正义峡以下为下游,属于生态耗水区<sup>[4-5]</sup>。为缓解中游灌溉和下游生态的用水矛盾,黑河上游规划建设一座年调节水库—黄藏寺水利枢纽。因此,本文主要研究黑河上游流域。

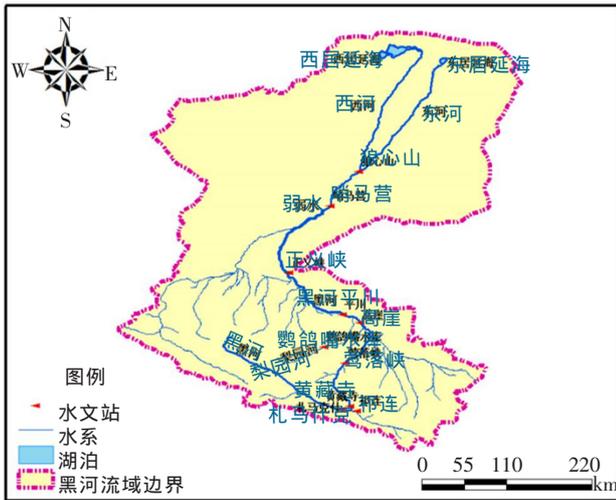


图3 黑河流域及水文站分布图

Fig.3 The Heihe River basin and distribution of the hydrometry stations

黑河上游流域主要有札马什克、祁连和莺落峡三个水文站,每个站点的基本信息见表1所示。本研究已掌握三个水文站多年完整的天然逐日平均流量资料,其中,札马什克站有56a(1957~2012)资料,祁连站有

表1 黑河上游流域水文站情况

Table1 The information about hydrologic stations in the upstream of the Heihe River

水文站	地理位置	控制流域面积/km <sup>2</sup>	设站年月	测验状态	隶属单位
札马什克	西岔野牛沟	4589	1956/12	使用至今	甘肃水文局
祁连	东岔八宝河	2452	1967/05	使用至今	甘肃水文局
莺落峡	黑河干流出口	10009	1943/10	使用至今	甘肃水文局

45a(1968~2012)资料,莺落峡站有59a(1954~2012)资料。

#### 3.2 黑河上游流域水文年及丰、枯水期划分

根据径流累计距平法的计算结果,黑河上游流域月和旬平均流量累计距平的平均和指数随水文年起讫日的变化如图4所示,其中,图4(a)中月序号对应1月至12月,图4(b)中旬序号对应1月上旬至12月下旬。平均和指数最大值和最小值对应的时间分别为丰水期和枯水期的开始时间,从而得到黑河上游流域的丰、枯水期起讫日,如表2所示。

莺落峡水文站是黑河上游流域的出口控制站。因此,黑河上游流域水文年及丰、枯水期划分应以莺落峡

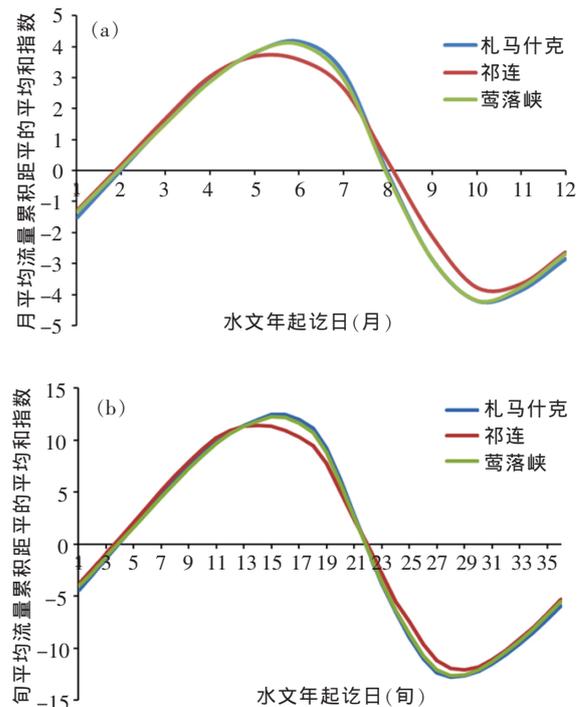


图4 黑河上游流域月和旬平均流量累计距平的平均和指数

Fig.4 The average summation indexes of the cumulative anomaly of the monthly/ten days' mean flow in the upstream of the Heihe River

表2 黑河上游流域丰、枯水期开始时间

Table2 The starting time of wet/dry season in the upstream of the Heihe River

水文站	以月为单位时段		以旬为单位时段	
	丰水期开始时间	枯水期开始时间	丰水期开始时间	枯水期开始时间
札马什克	6月1日	10月1日	6月1日	10月1日
祁连	5月1日	10月1日	5月11日	10月11日
莺落峡	6月1日	10月1日	5月21日	10月1日

站为准。当以月为单位时段时,黑河上游流域的水文年起讫日为6月1日,丰水期为6月1日至9月30日,枯水期为10月1日至次年5月31日;当以旬为单位时段时,黑河上游流域的水文年起讫日为5月21日,丰水期为5月21日至9月30日为丰水期,枯水期为10月1日至次年5月20日。

以旬为单位时段确定黑河上游流域的水文年及丰、枯水期,根据莺落峡站旬平均流量资料,确定年径流量发生频率等于或接近5%、10%、25%、50%、75%、90%和95%的典型年份。绘制以上五种不同典型年的旬平均流量累计距平过程,如图5所示。从图中可以看出,黑河上游流域不同典型年的旬平均流量累计距平过程线在丰水期逐渐增大,在枯水期逐渐减小,符合水文年内流量的累计距平特点。因此,黑河上游流域水文年及丰、枯水期是合理的。此外,黑河上游流域水文年、丰水期和枯水期的确定也能为黄藏寺水库规划与建设提供科学依据。

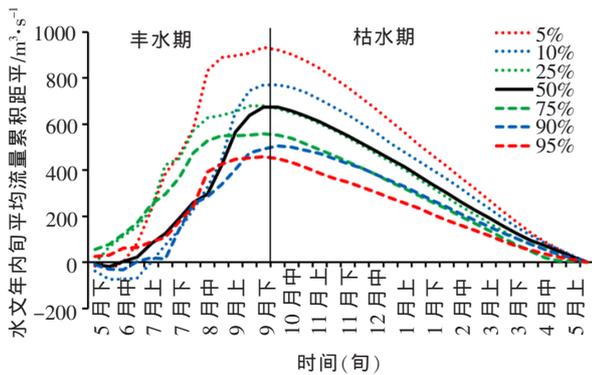


图5 不同典型年旬平均流量累计距平过程线

Fig.5 Cumulative anomaly hydrographs of the average ten-day flow in the different typical years

### 3.3 水文年划分对黑河上游流域水文水利计算的影响

以月为单位时段确定黑河上游流域的水文年,计算不同水文年划分下莺落峡站年径流量时间序列。计

算莺落峡年径流序列的统计参数,结果见表3所示。多年均值的极差为 $0.05 \times 10^8 \text{m}^3$ ,约占其平均值的0.3%;变差系数的极差为0.022,约占其均值的13.5%;偏态系数的极差为0.714,是其均值的1.25倍;一阶自相关系数的极差为0.141,约占其均值的97.2%。因此,流域不同水文年的划分对年径流序列的多年均值影响很小,但对其变差系数、偏态系数和自相关系数影响非常显著。

表3 不同水文年划分下莺落峡站年径流量统计参数  
Table3 The statistic parameters of the annual runoff at Yingluoxia station under different partitions of water years

特征值	多年均值/ $10^8 \text{m}^3$	变差系数	偏态系数	一阶自相关系数
最大值	15.84	0.177	0.778	0.195
最小值	15.79	0.155	0.064	0.054
平均值	15.81	0.163	0.570	0.145

在不同水文年划分下,以来水频率 $f$ 最接近50%的典型年为例,计算该典型年莺落峡站的径流年内分配系数,结果见表4所示。6月份的径流分配系数变化最大,极差约占平均值的89%;12月份的径流分配系数变化最小,极差约占平均值的27%。因此,流域不同水文年的划分对径流年内分配系数的影响十分明显。

## 4 结论

根据流域径流变化特点,提出了可用于划分流域水文年及丰、枯水期的径流累计距平法。以黑河流域为例进行研究,结果表明:该方法为黑河上游流域确定了合理的水文年及丰、枯水期,也可为黄藏寺水库的规划与建设提供科学依据;在不同水文年划分下,黑河上游流域径流时间序列的统计参数(变差系数、偏态系数、自相关系数)和典型年的径流年内分配系数发生显著改变。因此,径流累计距平法可用于确定流域水文年起讫日和划分流域丰、枯水期,确立统一的流域水文年划分方法对水文水利计算十分必要。

表4 不同水文年划分下莺落峡站典型年( $f=50%$ )的径流年内分配系数

Table4 The runoff distribution coefficients of the typical year ( $f=50%$ ) at the Yingluoxia station under different partitions of water years

特征值	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
最大值	0.033	0.030	0.032	0.046	0.098	0.209	0.266	0.226	0.177	0.095	0.045	0.031
最小值	0.020	0.018	0.024	0.030	0.055	0.092	0.183	0.137	0.101	0.049	0.033	0.024
平均值	0.025	0.025	0.028	0.041	0.072	0.131	0.229	0.175	0.138	0.069	0.040	0.027

## 参考文献:

- [1] 张家骥. 阴阳历日期互换的计算 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 1998,34(4):542-548. (ZHANG Jiayi. Exchange of lunar calendar and solar calendar [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis (Natural Science), 1998,34(4):542-548. (in Chinese))
- [2] 萧耐园. 周期律在公历纪日中的快速显示及其应用[J]. 南京大学学报, 1995,31(4):539-547. (XIAO Naiyuan. A rapid reveal of periodicities on measure of the civil calendars dates and its applications [J]. Journal of Nanjing University, 1995,31(4):539-547. (in Chinese))
- [3] 刘光文. 水文分析与计算 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1989. (LIU Guangwen. Hydrologic Analysis and Computation [M]. Beijing: Water Resources and Electric Power Press, 1989. (in Chinese))
- [4] 高前兆,李福兴. 黑河流域水资源合理开发利用[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社, 1991. (GAO Qianzhao, LI Fuxing. Reasonable Development and Utilization of Water Resources in Heihe River Basin [M]. Lanzhou: Gansu Science & Technology Press, 1991. (in Chinese))
- [5] 黄友波,郑冬艳,夏军,等. 黑河地区水资源脆弱性及其生态问题分析[J]. 水资源与水工程学报, 2004,15(1):32-37. (HUANG Youbo, ZHENG Dongyan, XIA Jun, et al. Analysis of water resources vulnerability and ecological problems in Heihe River basin [J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2004,15(1):32-37. (in Chinese))

## Method of Partitioning Water Year, Wet Season and Dry Season of River Basin

LIU Saiyan<sup>1</sup>, XIE Yangyang<sup>1</sup>, HUANG Qiang<sup>1</sup>, JIANG Xiaohui<sup>2</sup>, LI Xiangyang<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory Base of Eco-hydraulic Engineering in Arid Area, Institute of Water Resources and Hydroelectricity Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China; 2. College of Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an 710127, China; 3. Northwest Engineering Corporation Limited, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** This paper studied a method of partitioning water year, wet season and dry season (WWD), so as to provide a scientific basis for the hydrological and hydraulic calculation of river basin. Initially, the cumulative anomaly of runoff time series was used to formulate the partition method of WWD on the basis of runoff characteristics. The upstream of the Heihe River Basin was taken as an example to validate the proposed method. The results show that the method determined the reasonable WWD of the river basin. In addition, the statistical properties of runoff time series and intra-annual runoff distribution of typical year had significant changes under different starting-and-ending time of water year. Therefore, the proposed partition method could be applied to determine WWD of a river basin, and unifying the partition method of water year is quite essential for the hydrological and hydraulic calculation.

**Key words:** water year; wet season; dry season; cumulative anomaly; Heihe River Basin

## 《水文》杂志征订启事

《水文》杂志是由水利部主管,水利部水文局(水利信息中心)主办,国内外公开发行的我国水文水资源专业的学术性科技期刊,系我国地球物理学类和水利工程类全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国科学引文数据库来源期刊、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录期刊、中国期刊网和“万方数据——数字化期刊群”入网期刊。

刊登内容:水文水资源基础理论研究,水文站网规划设计,水文测验技术,水文资料处理与服务,水文水资源分析计算,水文情报预报,水资源调查评价,水环境、水生态监测与水质预测,新技术在水文水资源方面的应用,测验仪器设备的研制,国内外水文水资源科技进展综述、评述以及有关信息和动态等。

出版发行:《水文》杂志为双月刊,每逢双月25日出版,国内由北京报刊发行局总发行,全国各地邮局均可办理订阅手续,邮发代号:2-430,每册定价20元,全年共120元;国外由中国国际图书贸易总公司(地址:北京399信箱,邮政编码:100044)发行,代号:BM511。

通讯地址:北京市白广路二条2号,100053,

电话:(010)63203599;传真:(010)63203550;E-mail:j.hyd@mwr.gov.cn

投稿网址: <http://sw.allmaga.net/ch/index.aspx>