

水库汛期分期研究综述

蒋海艳,莫崇勋,韦逗逗,孙桂凯,魏 炜

(广西大学土木建筑工程学院,广西 南宁 530004)

摘要 :简述水库汛期分期研究的背景、目的与意义,回顾和评述国内外水库汛期分期研究的发展动态,总结了当前水库汛期分期的研究方法,并对各分期方法进行适应性对比分析。结合当前水库汛期分期研究现状,指出水库汛期分期研究所取得的成果与存在的不足,对今后水库汛期分期研究的发展方向提出了自己的看法。

关键词 :水库;汛期分期;方法研究;综述

中图分类号 :TV697.1+1

文献标志码 :A

文章编号 :1006-7647(2012)03-0075-06

Review of reservoir flood season staging//JIANG Hai-yan, MO Chong-xun, WEI Dou-dou, SUN Gui-kai, WEI Wei(College of Civil Architectural Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract :This paper presents a brief review on the research background, purpose, and significance of studies on reservoir flood season staging. The research progress at home and abroad is reviewed and the research methods are summarized. A comparison of adaptability between these methods was also conducted in this study. The authors clarify the achievements and the existing shortcomings based on the research status, and put forward their own opinions about research directions.

Key words :reservoir; flood season staging; research method; review

近年来,随着经济社会的快速发展,水资源的需求不断加大,水资源供需矛盾日益突出,作为重要供水水源的水库,其运行调度在解决水资源供需矛盾中具有举足轻重的作用。传统的水库运行调度过于保守,整个汛期都以较低的汛限水位迎汛,导致水库在汛期不能多蓄水,而汛后又往往蓄水不足,造成来年春耕用水之际无水可用,加剧了水库防洪与兴利之间的矛盾。特别是一些旱涝季节分明的地区,这种矛盾更加剧烈^[1]。利用水库汛限水位调控洪水资源是处理水库防洪与兴利矛盾、实现洪水资源安全利用的重要技术途径,对缓解流域水资源短缺危机、改善生态环境和实现水资源可持续利用具有重要的现实意义。水库汛期的合理划分是确定水库分期汛限水位的前提,合理的汛期分期对水库防洪、兴利和实现洪水资源安全利用具有重要意义^[1-2]。进入 21 世纪,水库汛期分期的研究成为热点,许多专家学者致力于汛期分期的研究,相关研究成果丰硕。因此有必要对国内外汛期分期研究进展进行综述,并对今

后的研究方向进行探讨。

1 汛期分期研究进展

1.1 汛期分期国内研究进展

1949 年以后我国陆续修建了大量水库,由于新建水库水文基础资料样本容量较小,不具备汛期分期研究的基本条件,且当时我国人口较少,水的供需矛盾尚不突出,暂无实施水库汛期分期以便抬高分期汛限水位的必要。随着洪水资料的累积、分期洪水特性的显现、水库调度经验的增加,以及国民经济的迅猛发展和水资源需求量的持续增长,一些地区水资源供需矛盾突出,于是便开始了水库汛期分期以及分期汛限水位的研究。汛期分期早期的研究多见于水资源短缺严重、水资源开发利用程度高的东北地区及海河流域^[1-3]。随着经济社会可持续发展对水的需求全面提升(包括水量的增加、供水保证率和供水水质的提高),汛期分期思想逐渐应用到水资源相对丰富的南方地区水库^[4-6]。汛期分期在国内

基金项目 :国家自然科学基金(50969001);广西大学科研基金(XBZ110592);广西自然科学基金(2012GXNSFAA053199)

作者简介 :蒋海艳(1987—),女,广西桂林人,硕士研究生,主要从事水库调度研究。E-mail :137238333@qq.com

通讯作者 :莫崇勋(1974—),男(壮族),广西忻城人,教授,主要从事水库调度研究。E-mail :mochongxun-gxu@163.com

的研究始于 20 世纪五六十年代,其发展大致经历了以下 3 个阶段:

第 1 阶段 20 世纪五六十年代至 80 年代初,为汛期分期研究的起步阶段,分期主要根据水文要素采用简单的数理统计法。在 1958 年 5 月 26 日吉林、黑龙江两省省委书记向中央的报告中提出丰满水库自 8 月 1 日至 20 日防洪控制水位(正常高水位)由 263m 降至 261m,这便是我国将水库汛期分期以便实施分期控制洪水的最初尝试^[7]。1961 年华东水利学院、陕西工业大学、成都工学院合编的高校教科书《工程水文学》^[8]及 1963 年刘光文编写的《水文分析与计算》^[9]都论述了洪水分期的原则、方法及分期设计洪水计算方法。1978 年水利电力出版社出版的《水库控制运用》^[10]较为系统地论述了汛期分期、分期防洪限制水位的确定等方法。SDJ22—1979《水利水电工程设计洪水计算规范》和 SLJ702—1981《水利工程管理通则》正式将汛期分期以及分期确定设计汛限水位方法作为法规实施。至此,汛期分期的研究进入了一个崭新的阶段。

第 2 阶段 20 世纪 80 年代至 20 世纪末,为汛期分期的探索发展阶段。期间,气象成因分析法、模糊集分析法等方法逐渐被应用到汛期分期计算中,使汛期分期达到定性分析与定量计算相结合的层次。1982 年冯尚友等^[11]在对丹江口水库汛期分期的研究中指出汛期及其分期的起止日期要基本符合气象水文特性,从水文统计和气象成因两方面对丹江口水库汛期进行分期。1984 年在北京召开的汛期分期洪水讨论会指出“今后应根据我国季风气候的特点,从环流形势天气系统的季节变化入手,结合水文条件和防洪要求,进行汛期内分期暴雨和洪水的研究”^[12]。1984 年水利部电力部天津勘测设计院及国家气象局北京气象中心联合发表了《岳城水库汛期后期暴雨特性及设计洪水分析》的论文^[13],从气象成因角度论述了岳城水库汛期分期方法。1987 年陈守煜等^[14]提出的模糊集分析法突破了硬性划分汛期起讫时间的传统水文学观点,该分析方法对汛期的科学合理分期具有重要的理论价值与实用意义。1995 年陈守煜^[15]在论述水文系统模糊集分析的哲学基础之上,又提出水文成因、概率统计、模糊集分析相结合确定汛期隶属函数的综合方法,阐述了水文系统模糊集分析的基本方法论。

第 3 阶段 21 世纪初至今,为汛期分期研究的蓬勃发展时期,其中 2005—2010 年为汛期分期研究的高潮期。21 世纪经济社会迅猛发展,水资源供需矛盾日益激化,人们开始转变治水理念以谋求经济社会的可持续发展和水资源的可持续利用。《海河

流域洪水资源安全利用:水库汛限水位的确定与运用》^[1]和《以科学精神和积极态度对待洪水资源化》^[16]这 2 篇论文拉开了 21 世纪关于洪水资源化与水库调度研究的序幕。为充分利用洪水资源以实现水资源的可持续利用,国家防汛抗旱总指挥部办公室按照“从洪水控制向洪水管理”的新时期治水思路,提出开展水库设计运用专题重大科研项目,水库汛期分期的研究也随之如火如荼地开展。侯玉等^[17]证明了洪峰散点序列是一种分形,初步探讨了分形理论在水库汛期分期中的应用,为汛期分期提供了新思路。方崇惠等^[18]对分形理论在水库汛期分期中的应用进行了详细研究。刘攀等^[19-21]将变点分析法引入到水库汛期分期计算中,并用统计试验方法对变点分析法的 3 种模型进行效率评价与比较,得出基于超定量取样的概率变点分析模型具有较好的无偏性和有效性的结论。刘克林等^[22-23]指出 Fisher 最优分割法对有序样本进行分类具有多指标聚类、不破坏样本原有顺序等特点,且能根据定义的目标函数确定最优分期数。随后,投影寻踪法^[24]和集对分析法^[25]等方法也被引入到水库汛期分期计算中。至此,人们对汛期发展过程具有多重属性的认识逐步完善,汛期分期的精度不断提高。

1.2 汛期分期国外研究进展

由于水资源供需矛盾、人口密度及分布以及水文气象特性等的不同,汛期分期的研究主要集中在国内,国外只有少量关于洪水季节性规律的研究。Beurton 等^[26]在对德国境内 481 个水文站年最大洪水季节性分布规律进行聚类分析的基础上,得出结论:德国西部和中部地区的河流汛期发生在冬季,东北部地区河流的汛期主要发生在春夏季节,德国南部地区洪水主要发生在夏季。Cunderlik 等^[27-28]认为在水文与水资源管理中,洪水季节性规律的研究是非常基础与实用的,针对数理统计方法主观地划分洪水季节性分期,提出矢量统计法和相对频率法,并对比年最大值取样和超定量取样两种取样方法对英国洪水的季节性规律进行了研究。

迄今为止,国外虽然还没有系统地对水库汛期分期进行研究,但在水库调度领域有许多成功的应用实例^[29],如美国加利福尼亚中心流域工程优化调度系统(CVP)、田纳西流域机构的水资源优化调度系统(HYDROSIM)、加拿大 Simonovic 等开发的水库调度分析专家决策支持系统、美国陆军工程师团开发的防洪兴利调度系统(HEC-5)等。Yell^[30]全面回顾了水库调度的各种优化方法,指出模拟调度的优越性。Labadie^[31]不仅介绍了水库群模拟及优化技术,还讨论了神经网络、遗传算法以及模糊技术在水

2 汛期分期的研究方法及其应用

汛期分期的研究方法众多,方彬等^[32]对汛期分期各方法进行了简要对比。刘克琳等^[22]以潘家口水库为例,采用几种常用的聚类分析法对水库汛期分期进行研究,并在综合汛期分期固有特性的基础上,对各类方法的适用性进行了对比分析。笔者在阅读大量相关文献的基础上对比分析了目前应用于水库汛期分期的常用方法,将汛期分期的方法分为定性分析法和定量计算法两类,其中定量计算法又可大致分为统计分析法和聚类分析法两大类。

2.1 汛期分期的定性分析法

由于影响汛期的因素众多(包括气象、水文、下垫面条件等),人们的认识水平有限,汛期分期的定性分析法多见于早期的研究成果。定性分析法主要依靠丰富的实践经验以及主观判断和分析能力,推断出汛期的大致分期情况,研究者通常将该方法和定量计算法结合使用,以达到相互检验分期成果的目的。气象成因分析法是定性分析法中的代表方法,该方法建立在对流域水文、气象分析的基础之上,但由于所能获取的暴雨天气资料有限,尤其对于较大的流域,成灾天气往往有多种组合方式,分期的工作量大,一般只作为定性分析使用。冯尚友等^[11]先用统计分析法计算丹江口水库的汛期分期,而后又采用气象成因法定性分析了丹江口水库的汛期分期,得到的分期结果与统计分析法基本一致。20世纪80年代初,水利部电力部天津勘测设计院及国家气象局北京气象中心通过对岳城水库控制流域大气环流的季节变化规律的分析,将汛期分为前、后两期^[13]。在此基础上,史良如等^[33]综合考虑了水库控制流域的年最大洪峰流量、降雨资料、暴雨频率、副热带高压活动、西风带活动、热带环流等因素,采用气象成因法和统计学方法对水文资料进行分析研究,将前汛期又分为初汛期和主汛期。

2.2 汛期分期的统计分析法

统计分析法是指在对大量水文特征资料(雨量、径流量)统计分析的基础上,得出特征指标在汛期内的分布规律,通过选取临界点将汛期划分为前汛期、主汛期和后汛期。统计分析法的一般特点是:数学原理简单、概念清晰;一般都存在一定的主观性、经验性,分期精度一般较低。代表性方法有数理统计法、矢量统计法、相对频率法、圆形分布法等。数理统计法利用实测历史流量、雨量资料选择统计指标,分析指标在汛期的变化规律,最后通过数理统计理论进行汛期分期的划分。数理统计法因其原理简

单、计算方便在汛期分期研究的初期应用比较多,如麻荣永^[34]将此法应用于百色水库洪水规律的分析中。Cunderlik等^[27-28]提出了矢量统计法和相对频率法,并给出了具体应用研究实例。喻婷等^[35]也采用矢量统计法和相对频率法,并基于年最大值取样和超定量取样对隔河岩水库汛期进行分期计算,并与其他分期方法的计算结果进行比较。针对矢量统计法仅考虑洪水发生的时间,而且依靠目测对汛期进行分期,方彬等^[36]提出用圆形分布法对洪水进行季节性分析,通过计算洪水发生的集中期、集中度和高峰期的起止时间进而划分汛期分期,得到的分期结果与成因分析法得出的结果大致相符,验证了圆形分布法的适用性与稳定性。

2.3 汛期分期的聚类分析法

聚类分析法是将汛期各时段作为聚类对象,通过选取描述汛期特征的代表性指标计算汛期各时段属于主汛期的程度,最后进行水库汛期分期的划分。聚类分析法的特点是:有较强的数学物理背景,理论依据充分,计算量较大,分期成果精度较高;存在主观任意性。常用的聚类分析法有模糊集分析法、分形法、变点分析法、系统聚类法、Fisher最优分割法、投影寻踪法、集对分析法、有效模糊聚类法等。

模糊集分析法考虑了汛期的模糊属性,突破了硬性划分汛期起讫时间的传统水文学观点,为汛期分期开拓了新视野,该方法在被陈守煜等^[14]引入后得到了迅速的发展。陈守煜等^[37]提出用直接模糊统计试验来确定汛期相对隶属函数。冯平等^[38]通过构造累计雨量序列,并以此作为汛期划分研究的基本对象,对天津于桥水库汛期的分期规律进行研究。莫崇勋等^[4, 39-40]采用模糊集分析法对水库汛期进行分期,得到了较满意的结果。侯玉等^[17]用分形理论对洪峰散点序列进行分析,发现洪峰散点序列在一定尺度范围内表现出自相似性,初步证明洪峰散点序列是一种分形,首次提出用分形理论划分洪水分期的方法。方崇惠等^[18]探讨了用分形理论进行洪水分期的方法,并给出按时间尺度容量维和空间尺度相似维计算相应分维数的具体算法和计算实例。董前进等^[41]以三峡水库宜昌站为例,利用统计学法和动态分维数法确定洪水分期数,并计算各分期的容量维数,从而最终确定三峡水库的洪水分期。刘攀等^[19-21]将变点分析法引入到水库汛期分期计算中,用变点理论描述分期的实质,将成因相似、量级相同的洪水划分在同一分期内,即汛期的分期计算就是确定时间序列突变点的过程。高波等^[42]在分析水库汛期分期存在多个影响因子的基础上,将系统聚类法应用到汛期分期中。刘克琳^[22-23]、张秀

菊等^[43]均将 Fisher 最优分割法应用到水库汛期分期计算中。陈曜等^[24]以投影寻踪理论为基础,构造水库汛期分期投影寻踪模型,并将该方法应用于潘家口水库汛期分期计算中,得到的分期结论与其他计算方法的结论基本一致。谢飞等^[25]在分析流域水文气象指标特征的基础上尝试将集对分析应用于水库汛期的分期计算研究中,通过引进联系度的概念,选取合理的指标阈值将汛期分期。王宗志等^[2]认为受诸多因素的影响,水库汛期分期实质是一个聚类数目未知的高维时间序列聚类问题,他建立了适用于汛期分期的有效模糊聚类分析法,并结合具体实例做了相关研究。

2.4 各方法的适用性对比

许多研究者认为,一个合适的汛期分期方法应具备不破坏序列时序性以及能确定最优分期数这两个特性^[2,22-23],笔者认为不然。汛期各时段属于主汛期的程度随时间变化的曲线酷似抛物线^[24],即具有近似对称性,也就是说前汛期和后汛期中的某些时间段有可能被归为一类,事实上这种情况确实存在^[42],但是由于汛期过程的先后顺序是不可逆的,可以人为地将前、后汛期分开,故在对各分期计算方法的对比研究中不考虑其是否破坏汛期的连续性。此外,根据 SL44—2006《水利水电工程设计洪水计算规范》中汛期“以划分 2~3 个分期为宜”的规定,笔者认为评价汛期分期方法时不必考虑其能否确定最优分期数的问题。笔者在结合汛期分期固有特性的基础上,综合对比了各种统计分析和聚类分析法的适用性,分别见表 1、表 2。

表 1 各种统计分析法的适用性对比

方 法	特点
数理统计法	原理简单,只能考虑单指标影响,指标阈值选取主观性较大
矢量统计法	原理简单,只能考虑单指标影响,取样存在误差,点绘极坐标图工作量较大
相对频率法	原理简单,只能考虑单指标影响,取样存在误差,指标阈值选取存在主观性
圆形分布法	考虑洪水的时间、量级,原理较复杂,计算量较大

对于水库调度人员,由于他们通常不具备丰富的理论知识,但一般都有一定的实际调度经验,在水库汛期分期计算中,建议其选择原理相对简单、计算量相对小的统计分析法,如数理统计法、矢量统计法、相对频率法等,具体采用何种方法可参考表 1 选择;对于科学研究人员,建议选择理论依据充分、有较强数学物理背景的聚类分析法,如模糊集分析法、分形法、Fisher 最优分割法、系统聚类法、投影寻踪法等,具体采用何种方法可参考表 2 选择。另外,水库汛期分期划分必须综合多种方法的分期结果,且

表 2 各种聚类分析法的适用性对比

方 法	特点
模糊集分析法	考虑了汛期划分的模糊性,在理论上有一定的突破,只能考虑单因子指标,拟合分布函数、指标阈值的确定存在主观性
分形法	物理背景强,只能考虑单因子指标,样本容量较大,计算繁琐
变点分析法	考虑多因子影响,需要严格的数学假定,变点个数的选取存在主观性
系统聚类法	考虑多因子影响,阈值的选取存在主观任意性,聚类结果不是最优解
Fisher 最优分割法	考虑多因子影响,聚类结果为最优解,计算繁琐
投影寻踪法	考虑多因子影响,投影指标函数的构造存在主观性,函数构造合理与否将对计算结果产生很大影响
集对分析法	引进了联系度的概念,在理论上有一定突破,考虑多因子指标,在指标阈值与联系度阈值的选取上存在一定主观性
有效模糊聚类法	理论性强,模型结构复杂,计算繁琐

考虑到分期的过渡性与模糊性,分期划分时应给出区间值而不是具体的日期。

3 汛期分期研究成果及存在的不足

3.1 研究成果

水库汛期分期的研究成果丰硕。目前,关于汛期分期已取得一些普遍公认的观点和认识:第一,必须对水库汛期进行合理的分期。汛期分期最初仅在缺水严重的北方地区水库应用,随着经济社会的发展、需水量的增加以及洪水资源化理念的普及,逐渐应用于全国各地的水库。第二,汛期分期的研究已从定性描述发展到定量计算阶段。第三,对汛期的认识不断加深,认识到汛期是受气象、水文、下垫面等多种复杂因素影响的水文现象,其变化具有过程性、随机性、模糊性等多重属性。

3.2 存在的不足

目前汛期分期研究主要存在以下不足:第一,虽然关于汛期分期的研究成果众多,描述汛期分期的方法各式各样,但至今尚未形成统一、公认的研究方法;第二,虽然已经认识到汛期过程具有过程性、随机性、模糊性等多重属性,但在汛期分期计算中大多只考虑到个别属性,如模糊集合分析法只考虑汛期的模糊性而忽略了随机性;第三,缺少汛期分期成果合理性检验的方法。尽管早在 1982 年冯尚友等^[11]就提出对分期成果进行合理性与真实性的验证,且几乎所有的研究者在其论文中都会提及合理性验证,但他们仅仅对某个具体的水库采用几种不同的方法进行汛期分期划分以达到相互检验的目的,这种检验是建立在假定正确的前提下。陈璐等^[44]通过统计再抽样样本中发生洪水的相对频率,运用优属度函

数描述分期方案的合理性,为汛期分期合理性检验提供了一种新的思路。然而,该合理性检验法自2008年问世后便再无其他检验法的出现。

4 汛期分期研究展望

4.1 加强汛期分期基础理论的研究

汛期是受气象、水文、下垫面等多种复杂因素影响的水文现象,其变化过程具有过程性、随机性、模糊性等多重属性。由于汛期变化过程的复杂性,人们对汛期成因及其发展变化过程存在主观认识上的不全面;又由于受到观测水平的限制,汛期暴雨洪水等水文资料不齐全,这种主客观因素导致汛期分期计算存在较大误差,为了进行客观而合理的水库汛期分期划分必须加强汛期分期基础理论的研究。

目前,汛期分期的研究多局限于利用流域降雨、径流等的统计特性,为了避免片面性,应加强天气系统和大气环流等成因分析与降雨、径流等的统计特性分析相结合的研究。另外,在选取汛期影响因子、聚类评价指标等方面各有侧重,尚未形成一套完整的分析体系,今后应进一步加强汛期影响因子、聚类评价指标及各指标权重系数等方面的研究。

4.2 加强汛期分期计算方法的研究

虽然描述汛期分期的方法很多,但各方法都有一定的优缺点,至今尚未形成公认的研究方法。加强汛期分期计算方法的研究可从两方面着手:一是对已有方法进行改进。例如,变点分析法对于汛期存在明显分界(即存在明显突变点)的流域具有较优的适用性,然而汛期过程随时间的变化基本是一条连续的曲线,有时并不存在突变点,因此,可对变点分析法进行适当改进以推广该方法的应用。二是加强方法的综合研究。为了简化计算,目前汛期分期计算方法通常只考虑汛期的个别属性,为了使分期结果更符合实际,应建立能充分考虑汛期各种属性的综合计算模型,加强分期方法的综合研究。

4.3 开展汛期分期方法的合理性检验

汛期分期成果直接关系到汛限水位的计算,影响水库综合效益的发挥,对其成果进行合理性检验很有必要。目前,汛期分期已有多种计算方法,但关于汛期分期成果合理性检验的研究却鲜有报道,应大力开展汛期分期成果合理性检验的研究。汛期分期合理性检验可从方法研究入手,提出有效合理的检验方法以保证分期成果的实用性。

参考文献:

[1] 胡四一,高波,王忠静.海河流域洪水资源安全利用:水库汛限水位的确定与运用[J].中国水利,2003(10):105-

108.

- [2] 王宗志,王银堂,胡四一.水库控制流域汛期分期的有效聚类分析[J].水科学进展,2007,18(4):580-585.
- [3] 邹鹰,郭方,沈国昌,等.岳城水库控制流域暴雨洪水的时程分布规律及分期划分研究[J].水科学进展,2006,17(2):265-270.
- [4] 莫崇勋,刘方贵,孙桂凯.水库汛期模糊划分及其分期汛限水位的确定[J].水力发电,2009,35(8):13-14.
- [5] 刘攀.水库洪水资源化调度关键技术研究[D].武汉:武汉大学,2005.
- [6] 金保明,方国华.模糊集合分析法在南平市汛期分期中的应用[J].水力发电,2010,36(3):20-22.
- [7] 王本德,周惠成,王国利,等.水库汛限水位动态控制理论与方法及其应用[M].北京:中国水利水电出版社,2006.
- [8] 华东水利学院,陕西工业大学,成都工学院.工程水文学[M].北京:中国工业出版社,1961.
- [9] 刘光文.水文分析与计算[M].北京:中国工业出版社,1963.
- [10] 大连理工大学水利工程学院,大伙房水库工程管理局.水库控制运用[M].北京:水利电力出版社,1978.
- [11] 冯尚友,余敷秋.丹江口水库汛期划分的研究和实践效果[J].水利水电技术,1982,13(2):56-61.
- [12] 杜兆沛.汛期分期洪水讨论会[J].水力发电,1984,10(4):26.
- [13] 水利部电力部天津勘测设计院,国家气象局北京气象中心.岳城水库汛期后期暴雨特性及设计洪水分析[G]//水利水电科学研究院.水文计算经验汇编:第四集.北京:水利电力出版社,1984.
- [14] 陈守煜,周惠成,王本德,等.水利水电水资源与环境模糊集分析[M].大连:大连理工大学出版社,1987.
- [15] 陈守煜.从研究汛期描述论文水文系统模糊集分析的方法[J].水科学进展,1995,11(2):133-138.
- [16] 程殿龙,尚全民,万海斌,等.以科学精神和积极态度对待洪水资源化[J].中国水利,2004(15):25-27.
- [17] 侯玉,吴伯贤,郑国权.分形理论用于洪水分期的初步探讨[J].水科学进展,1999,10(2):140-143.
- [18] 方崇惠,雒文生.分形理论在洪水分期研究中的应用[J].水利水电科技进展,2005,25(6):9-13.
- [19] 刘攀,郭生练,王才君,等.三峡水库汛期分期的变点分析方法研究[J].水文,2005,25(1):18-23.
- [20] 刘攀,郭生练,方彬,等.汛期分期变点分析方法的原理及验证[J].长江科学院院报,2006,23(6):27-31.
- [21] 刘攀,郭生练,李玮,等.变点分析方法在隔河岩水库汛期分期中的应用[J].长江科学院院报,2007,24(1):8-11.
- [22] 刘克琳,王银堂,胡四一.水库汛期分期定量分析方法的应用比较研究[J].水利水电技术,2006,37(9):76-78.
- [23] 刘克琳,王银堂,胡四一,等.Fisher最优分割法在汛期分期中的应用[J].水利水电科技进展,2007,27(3):14-16.
- [24] 陈曜,王顺久.基于投影寻踪的汛期分期探讨[J].水文,2009,29(3):16-18.

[25] 谢飞,王文圣.集对分析在汛期分期中的应用研究[J]. 南水北调与水利科技 2011 9(1) 60-63.

[26] BEURTON S , THIEKEN A H. Seasonality of floods in Germany[J]. Hydrological Sciences Journal ,2009 54(1) 62-76.

[27] CUNDERLIK J M ,OUARDA T B M J ,BOBEE B. On the objective identification of flood season[J]. Water Resources Research 2004 40(1) ,w01520 ,doi :10.1029/2003WR002295.

[28] CUNDERLIK J M , OUARDA T B M J , BOBEE B. Determination of flood seasonality from hydrological records [J]. Hydrological Sciences Journal 2004 49(3) 511-526.

[29] 郭生练.水库调度综合自动化系统[M]. 武汉 :武汉水利电力大学出版社 2000.

[30] YEH W G. Reservoir management and operations models : a state-of-the-art review[J]. Water Resources Research ,1985 , 21(12) :1797-1818.

[31] LABADIE J. Optimal operation of multireservoir systems : state-of-the-art review [J]. Journal of Water Resources Planning and Management 2004 ,130(2) 93-111.

[32] 方彬,郭生练,刘攀,等.分期设计洪水研究进展和评价[J].水力发电 2007 33(7) :71-75.

[33] 史良如,陈继东.利用水文气象和统计规律对海河流域中南部水库汛期控制运用的研究[J]. 水文 ,1996 ,16 (6) 52-56.

[34] 麻荣永.百色水库洪水规律分析及其分期设计洪水推求[J]. 红水河 ,1992 ,11(2) :14-17.

[35] 喻婷,郭生练,刘攀,等.水库汛期分期方法研究及其应[J]. 中国农村水利水电 2006(8) 24-26.

[36] 方彬,郭生练,郭富强,等.汛期分期的圆形分布法研究[J]. 水文 2007 27(5) :7-11.

[37] 陈守煜,王淑英,王高英,等.用直接模糊统计试验确定汛期相对隶属函数的研究[J]. 水利水电科技进展 , 2003 23(1) 5-7.

[38] 冯平,徐向广,李海.基于模糊集合分析的汛期分期方法及其应用[J]. 长江流域资源与环境 2008 ,17(3) :495-499.

[39] 袁晶,孙广平.白龟山水库汛期模糊集分析及在洪水资源化中的应用[J]. 水资源保护 2008 24(6) :40-42.

[40] 李晓英,陈守伦,秦思平.基于模糊理论的乌江梯级电站汛期划分研究[J]. 人民黄河 2010 32(2) :118-119.

[41] 董前进,王先甲,王建平,等.分形理论在三峡水库汛期洪水分期中的应用[J]. 长江流域资源与环境 ,2007 ,16 (3) 400-404.

[42] 高波,刘克琳,王银堂,等.系统聚类法在水库汛期分期中的应用[J]. 水利水电技术 2005 36(6) :1-5.

[43] 张秀菊,董增川,李秀平.基于洪水资源利用的汛期分期研究[J]. 水力发电 2008 34(12) 36-39.

[44] 陈璐,郭生练,刘攀,等.汛期分期合理性检验方法及应用研究[J]. 中国防汛抗旱 2008(4) 55-58.

(收稿日期 2011-11-14 编辑 骆超)

· 简讯 ·

第 14 届全国水利量测技术综合学术研讨会将于 2012 年 10 月在南昌召开

中国水利学会水利量测技术专业委员会将于 2012 年 10 月在江西南昌召开第 14 届全国水利量测技术综合学术研讨会。会议议题有：①原型测试技术及仪器，包括新型传感器、水文要素（水位、流速、流量、蒸发、断面、含沙量、颗分及冰凌等）观测及测流仪器、水利遥感遥测技术与仪器、水质监测技术及仪器、固态水量测技术及应用；②模型测试技术及仪器，包括波浪与潮流等室内试验观测新技术及仪器、水利水电量测技术新进展介绍与评述、水信息采集和处理有关技术、水利测试新软件及系统自动技术；③安全监测技术及仪器，包括堤坝隐患探测技术及仪器、洪水险情快速探测技术及仪器、水利水电工程安全监测仪器及系统、水利水电工程施工质量检测、控制技术及仪器、突发性灾害洪水监测（如堰塞湖、垮坝等）技术及仪器；④水利计量标准及检定规程及其他，包括水利计量标准体系及其关键技术、水利计量检定规程体系及其关键技术、其他涉及水利和海洋测量的技术及仪器管理等；⑤湖泊模型试验研究及仪器，包括湖泊模型试验研究技术、高精度大面积地形测量技术及仪器。会议就以上议题征文，征文截止时间为 2012 年 7 月 31 日，论文采用网上投稿形式，作者可登录 www.difut.cn 投稿。此次会议与中文核心期刊《水利水电科技进展》合作，优秀论文将推荐在《水利水电科技进展》正刊上发表，其他符合要求的论文将以《水利水电科技进展》增刊形式正式出版。会议网址：<http://www.difut.cn/clientys1/clientys1.asp?conference=C10009>

（本刊编辑部供稿）