

防洪减灾风险管理研究综述

傅 湘, 王丽萍

(武汉水利电力大学, 湖北 武汉 430072)

摘要: 主要对水文风险、水力风险、经济风险、风险决策和洪水保险五个方面的风险管理方法在防洪减灾中的研究现状进行归纳和评述。其中水文风险的研究重点分为线型选择、参数估计、风险率计算三部分; 水力风险的研究主要集中在水库泄洪风险及河道或洪泛区的洪水演进研究; 经济风险分析主要集中在防洪费用-效益的风险分析; 风险决策研究通常表现为防洪问题的可靠性规划和多目标风险分析两种形式; 洪水保险的研究主要是利用模拟模型来推导一个最优洪水保险策略。文末阐述了防洪减灾风险管理的发展趋势。

关键词: 洪水灾害; 防洪减灾; 洪水保险; 风险管理

中图分类号: TV122; F840.64

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2001)01-0011-05

近几十年来,随着防洪减灾工作的日臻完善和成熟,作为其中一个重要内容的风险问题研究也取得了迅速进展,不断地由定性描述向定量分析发展;研究工作从水文风险一直拓宽到水力、经济、社会、环境、运行管理、保险等一系列风险问题,取得了较为丰硕的成果。纵观风险管理在防洪减灾中的研究对象和重点,其研究内容主要包括以下几个方面。

1 水文风险

洪水是一种复杂的自然现象,它的发生与发展决定于气象因素和地理因素,是一个相当复杂的动态过程。在人类利益存在的地方,它就可能造成巨大的灾难,在这个意义上,洪水就构成了洪水风险。至今已有许多学者对水文风险进行了大量研究,回顾这段发展的历程,可以发现水文风险分析仍停留在统计学范畴。其研究重点主要分为线型选择、参数估计、风险率计算三个部分。

线型分布主要根据曲线的尾部性能,可以区分为两类:一类为薄尾分布,一类为厚尾分布。前者指所有超过概率在尾端(流量增大方向)按负指数律递减的分布,如正态分布、P-Ⅲ型分布、Gumbel 极值分布等;后者指所有超过概率在尾端按负幂函数律递减的分布,如对数正态分布、对数 P-Ⅲ型分布、Weibull 分布等^[1]。由于负幂函数律比负指数律趋于零的速度要慢得多,因此厚尾分布对于远离一般点

据的特大值,要比薄尾分布拟合得好一些。

至 60 年代初期,经过研究和实践证明,P-Ⅲ型曲线与我国大部分河流的洪水资料相适应。但是,随着水文资料(包括调查洪水)的日益增加,特大值不断出现,P-Ⅲ型曲线的统计参数 C_u/C_0 值增加极大,不同线型外延的结果相差很大,鉴于此,孙济良等^[2]推出了拓宽的 P-Ⅲ型分布,并将它命名为指数 Γ 分布曲线,并以此分布为基础,经过分析和推导得出其内涵的 10 种分布曲线,以适用于不同气候区水文极值的分布特征。

在水文风险分析中,国内外学者对参数估计问题作了大量的研究,已先后提出了矩法、权函数法、数值积分权函数法、极大似然法、概率权重矩法、适线法、模糊权函数法等方法。矩法是数理统计中惯用的参数统计方法,其主要特点是计算简单,但统计特性较差,在采用传统矩法估计 P-Ⅲ型分布的参数 x , C_u , C_0 时,误差较大。基于矩差产生的原因,马秀峰提出了权函数法,但它未能解决 x , C_u 的估计精度问题。黄振平基于对此的认识,在权函数的基础上,采用数值积分代替矩法公式,并进行了统计检验。但刘光文^[3]认为该法的估计值尚未达到最优,并在此基础上进一步研究,提出了数值积分双权函数法。极大似然法是数理统计中最有效的参数估计法,但计算较繁,对于 P-Ⅲ型分布 $C_u \geq 2$ 时,似然方程无解,因而应用受到限制。概率权重矩法是美国 Greenwood

基金项目:国家自然科学基金重大项目(50099624)

作者简介:傅湘(1971—),女,江西九江人,讲师,博士,主要从事水资源多目标风险分析研究。

等^[4]提出的一种参数估计法,应用于 Gubel, GEV 和 Wakeby^[5]的参数估计.到 1988 年经过宋德敦等的研究将此法成功地应用于 P-III 型分布的参数估计.适线法在我国已得到广泛应用,主要有目估适线法和计算机适线法^[6].为了得出合理的适线准则和相应的经验频率公式,丛树铮等^[7]对此作了大量水文统计试验研究,丘林在 1992 年提出以经验点据对理想最优频率曲线隶属度为权重的模糊加权优化适线法.

我国现有的设计洪水估算方法,是以 1 年为一个时段单位对年最大流量进行独立抽样,再按适线法估计得到一条频率曲线,此线就是对年最大洪水流量的总体分布(年超过概率曲线)的一个估计,所以设计洪水频率的计算就是研究洪水年破坏概率(年风险率)的问题^[8],而防洪工程未来运行期 N 年破坏概率(N 年风险率)多采用 Ben-chie Yen 用二项式分布导出的洪水风险率.为克服此方法单纯在频域内考虑洪水特征的不足,一些学者^[9,10]研究了一类新的洪水风险率模型,即用随机点过程理论研究风险率大小,把洪水序列视为一随机过程,以随机点过程(如 Poisson 随机点过程)理论为依据,吸收时间序列分析方法的特长,研究洪水风险率的大小.

2 水力风险

长期以来,人们采用重现期法估计水利工程中的风险.近年来的研究表明:重现期方法已不适合水利工程的风险分析,防洪工程的全面风险不仅有水文事件的内在随机性,而且来源于水力、结构、经济等的不确定性.水力风险系指影响河段及泛区洪水水位、流速、洪峰流量、演进过程的各种不确定性因素.在防洪减灾中水力风险问题的研究主要集中在水库泄洪风险及河道或洪泛区的洪水演进研究.

水库泄洪能力根据泄洪建筑物的结构型式,分别按溢洪道的堰流公式和泄洪洞的有压管流公式计算,公式中变量的分布由于目前缺乏实测资料,通常只能分析假设,徐祖信等^[11]假设这些不确定量为三角分布,提出了开敞式溢洪道泄洪风险的计算模式.储祥元^[12]用假设的四种分布模型进而对水力模型中各因子进行模拟,采用拟优选择的办法确定泄流能力的最佳概率模型.但上述研究未能将库水位变化的动态因素引入分析,为解决这一问题,姜树海^[13]根据调洪过程中水库蓄洪量具有 Wiener 过程特性的分析,建立了带有随机作用项的 Ito 随机微分方程,以描述和分析调洪过程中库水位的随机变化规律.但它是在一系列的假定下求得的,且应用中存在大量简化,不可避免地存在局限性,据此,谢崇宝^[14]从不确定因素的最基础单元着手,推导了多种

泄流建筑物的水力风险理论计算公式,给出了相应泄流风险图.显然,分析最基础单元概率分布比假定综合作用的结果的概率分布更为合理和有效;同时指出水力风险使水文风险作用加剧,但不能本末倒置,水文风险仍是风险的主要控制因素.洪水这种水流现象属于典型的非恒定流,描述洪水在水库、河道、渠道及洪泛区平原中演进过程中各种不确定因素,是水力风险研究中的另一重点.洪水演进过程的理论基础是非恒定流水力学,其基本方程是 1871 年由 St. Venant 提出的由水流连续方程和动量方程组成的方程组.在此基础上形成两类洪水演进法:水文学演进法和水力学演进法.对于洪水在水库和湖泊中的演进,水文学方法起着重要作用;另一方面,随着电算技术的广泛应用,水力学演进法应用领域日益扩大.刘树坤等^[15]从二维非恒定流基本理论出发,模拟洪水在洪泛区内演进过程,绘制了洪泛区风险图.周北达深入探讨了洪水灾害模型的建立,根据洪泛区水流的特性选定二维非恒定流数值模拟模型.熊德迟^[16]在此基础上对糙率的率定、动边界的模拟等洪泛区洪水二维模拟中较棘手的问题进行了深入的研究和改进.梅亚东^[17]针对蓄滞洪区水流条件复杂的特点,较为系统地研究了描述洪水在蓄滞洪区内动态演进的一维非恒定流模型和拟二维非恒定流模型.朱元胜等^[18]针对采用水文学方法描述洪水演进模型存在的不确定性,考虑了洪水演算误差,得出各分段洪水演算误差分布基本呈正态分布.傅湘、纪昌明^[19]采用一维非恒定流数学模型进行了三峡—枝城河道水流演进计算,应用系统分析方法建立了水库汛限水位风险分析模型.

3 经济风险

防洪减灾中的经济风险主要来源于工程费用估计中的不确定性,经济因子的不确定性如利率变化、通货膨胀等,有限的记录,洪水事件的随机特性及未来人口增长的不确定性.任何已建、待建的防洪工程,都要进行经济评价,以提供合理的决策依据.如何进行经济评价,已成为防洪经济学研究的重要课题.

防洪减灾中的经济风险分析主要集中在防洪费用的风险分析、防洪工程效果即经济评价指标的概率分布研究及防洪效益的风险分析.其基本思路是以概率论、数理统计、随机分析方法、贝叶斯理论、极值统计理论为依据进行经济风险分析.李存斌建议用频率法讨论年效益的计算,将总效益用 P-III 型曲线拟合,描述了总效益的变化规律.王忠法^[20]选用某水利工程防洪、发电、航运、建设投资、移民费用等

风险因素作为该水利枢纽经济风险分析的基本风险变量,采用三角分布法求得基本风险变量概率分布,然后运用蒙特卡洛方法来推求工程总体的经济效果的概率分布.谢安周采用统计参数解析法-组合频率法及蒙特卡洛模拟法探讨总效益现值的概率分布.覃爱基^[21]在此基础上,以实际资料分析、验证水利工程各年经济效益的概率分布为P-Ⅲ型分布,并导出了水利工程总效益现值的偏态系数计算公式.薛年华^[22]、寇继虹分别用蒙特卡洛模拟法和最大熵法求解经济评价指标的概率分布.

目前,随着经济风险评价越来越受到重视,防洪效益的定量研究也逐渐丰富起来.如Nassir^[23]针对某一经济规划区域,提出了一个估计洪灾损失的理论模型,该模型考虑了水文、水力、经济的风险因素,通过该模型能合理评价该区域防洪方案的防洪效益.Ouellete等^[24]提出将洪水的随机特性与洪泛区洪灾损失估计综合起来的方法论,根据洪水与洪灾损失在时间系列上的相似性,给出了洪灾损失估计的概率方法,然后应用极值统计理论推导出损失的分布函数.朱元牲^[18]在传统防洪效益计算的数学模型基础上,综合分析了水文、水流、工程施工和运行管理等多种不确定性,建立了长江中游防洪系统防洪效益的风险分析模型.冯平等^[25]通过概率组合法估算了水库的实际防洪能力,然后与水库的设计防洪标准比较,判断水库提高汛限水位的可能性,并对超汛限水位蓄水进行风险效益分析.

随着洪水预警报系统的发展,洪灾经济损失的估算方法也丰富起来,对洪水预报的精度、预见期、发警报时人们的反应能力及时间对经济效益的动态影响均作了考虑^[26].上述防洪效益的计算中,洪灾损失通常用数学期望值来表示,然而这种表示方法在将一个概率问题转变为确定性的问题中,丢失了大量的信息,针对这一问题,PMRM^[27](分区多目标风险分析方法)提供了一条解决途径,它除了考虑期望值风险目标外,还考虑了条件期望风险目标.即通过样本容量及PMRM的分区点将极值统计理论与低概率期望值函数联系起来,并用极值统计理论推导条件期望风险函数^[28],在此基础上,James^[29]研究了一个严格单增损失函数 $Y = g(X)$ (Y 为洪灾损失, X 为洪水位)的极值特点,评估了极值洪灾损失的期望值和方差.

4 风险决策

在防洪减灾中,上述水文风险、水力风险、经济风险的研究并不是我们的最终目的,它们只是多目标风险决策的一个有力辅助工具,用它们的成果进

行洪水控制与决策才是根本的.因此,如何利用这些信息进行方案决策已引起了国内外学者对风险决策的关注和探讨.

防洪问题主要存在两类矛盾:一是防洪与兴利的矛盾;二是防洪内部矛盾.关于它们的风险决策研究通常表现为两种形式:第一种形式为可靠性规划.可靠性规划的概念是由Sengupta提出的,Colomi等首次将可靠性方法引入水资源系统的运行管理中,他建立的水库运行管理模型不预先给定可靠性水平而将可靠性水平作为附加决策变量处理,并将可靠性水平这一变量的效用函数加入目标函数中(或称风险损失函数).Simonovic等拓宽了上述可靠性规划模型,将一个可靠性约束增至两个,即考虑洪水与干旱可靠性水平,将洪水风险损失函数与干旱风险损失函数加入目标函数.Hashimoto等^[30]就水资源系统可靠性规划评价指标进行了深入的研究,提出了有关可靠性、回弹性、脆弱性、稳健性等概念和计算公式,极大地丰富了水资源系统规划与管理中对系统特性的评价方法.Simonovic等^[31]讨论了水文预报可靠性与水库运行惩罚项之间多目标权衡问题,并引入可靠性、回弹性和脆弱性作为确定两目标权重的风险准则.Ji等^[32]利用大系统递阶分析基本原理建立了水库系统管理多目标可靠性规划数学模型,用以求解包括水库及水电站、复杂防洪系统在内的多目标(防洪、发电、灌溉等)决策问题,同时提出了多目标决策方法——均变率法,得到了最佳均衡解.陶涛探讨了水资源系统性能指标在水利工程管理中的作用,并用改进的层次分析模糊评价方法进行可靠性规划的多目标评价.

防洪工程风险决策研究的另一形式是多目标风险分析.1979年美国学者Krgyszmołowicz等考虑决策者对风险所持的态度构造了水库运行时防洪与兴利的效用函数,然后利用对策论来制定水库运行策略.Orloskio等根据设计典型年日径流资料,利用小中取大的决策方法反映决策者对风险所持的谨慎态度来确定Como湖的运行规则.Hu等研究了综合利用水库防洪与兴利矛盾的多目标风险分析,以多目标决策理论为基础,分解-聚合方法为工具,建立了一个模型系统.Nardini等^[33]针对供水与防洪管理目标,用风险厌恶及期望成本相结合的方法来确定水库最优运行策略.Ji等^[34]利用大系统理论,建立了多目标风险递阶分析模式,并引入了多个评价指标,求解了某大型水利枢纽的多目标风险管理问题.黄志中等^[35]针对期望值方法的缺陷,将分区多目标方法(PMRM)应用到防洪系统最优规模决策中,充分考虑了防洪安全、经济发展、洪灾风险之间的关系,有

利于正确优选防洪项目及相应的最优规模。涂燕宁^[36]结合水电工程实际,建立了经济评价多目标风险决策模型,提出利用风险概念结合改进的 ELEC-TRE-2 法以及利用随机优势法结合线性分配法求解模型,再用集结技术进行方案的最后排序。

5 洪水保险

保险是风险管理的重要手段,没有风险显然也就无需保险。保险的功用是把不确定的、稀遇的和巨额的灾害损失风险,转化为确定性的、稳定的和小量的开支。洪水保险不仅可为投保户灾后恢复提供有效的帮助,减轻灾后救灾的负担;还可以应用洪水保险作为经济杠杆,来调整和控制洪泛区的经济发展。

迄今,洪水保险已为越来越多的国家所接受,并在美、英、日等发达国家得到了充分的重视和广泛的实施。早在 1956 年,美国就通过了第一部《洪水保险法规》;1968 年发布了《全国洪水保险法》;1973 年国会又通过了《洪水灾害防御法》,其中经历的最大变化是从 1968 年的自愿保险转为 1973 年的强制保险;1977 年至 1978 年间,又颁布了《全国防洪保险法》;历经几度修正,积累了丰富的实践经验。国外学者们在这方面也作了许多研究工作:Krutilla^[37]研究了洪水保险替代工程措施的可行性。为了减少保险公司的经营风险,Lind, Brown 和 Kunreuther^[38]提出强制性全国洪水保险的观点,倡议保险公司在政府的援助下承保区域的特定洪灾损失。

上述的研究大多趋向于概念性的陈述洪水保险较其他防洪减灾措施而言的相对优点,洪水保险研究的另一形式是利用决策框架来推导一个最优保险策略。Schaaake 等^[39]建立了搜索全国洪水保险计划最优策略的模拟模型,得出了最优的保险费率、贴现系数和开业资金额。Karlinger 等^[40]研制了一个计算机模拟模型,以购买洪水保险的意愿来监测投保者对洪水保险的反应。Tai^[41]建立了一个多状态保险费模型,通过最大化个人财产的期望效用函数来获得最优保险费。

我国从 80 年代开始研究洪水保险。目前已在研究、试点或实行的洪水保险方式,大体可分为四种类型,即通用型洪水保险、定向型洪水保险、集资型洪水保险和强制型全国洪水保险。申屠善^[42]就洪水保险政策、保险对象和赔偿问题作过探讨。梁达三^[43]就洪水保险资金积累、洪水保险自愿原则、洪水保险试点等问题提出了一些看法和意见。周承甫^[44]在上述研究的基础上,建立了一个洪水保险基金模拟模型,得出了优化保险费率、保险基金初值以及再保险结构。施国庆等^[45]对现行计算防洪保险费的方法进

行了探讨,推荐采用改进的危险区域法并给出应用实例。方劲松等^[46]对防洪保险中两个重要的核心问题——洪灾风险分析和防洪保险费率的制定进行了研究。华家鹏等^[47]提出了三种洪水保险费率的计算模式,并选取浙江省兰溪市为典型研究实例,对洪水保险的费率制定和经营风险问题进行了深入研究,对我国实施洪水保险提出了若干建议。

6 结 语

综上所述,防洪减灾的风险管理问题在国内外已得到了高度的重视,并在水文风险、水力风险、经济风险、风险决策及洪水保险五个方面进行了广泛深入的研究,取得了许多宝贵的经验和成果。但由于防洪减灾的内涵大大拓宽了,从单纯的工程措施发展到非工程措施进一步发展到经济、社会、生态环境、法律等各个部门,因此,防洪减灾风险管理涉及的内容多,难度大。目前存在的主要问题是研究对象大多针对某些风险要素相对独立的实际问题或方法,防洪减灾工程与社会经济、生态环境系统联系不够紧密,带有一定的孤立性和局限性,理论和应用尚未取得大的突破,因此,在风险辨识和估计的基础上,解决各类风险之间的相互影响和转化的机理关系,建立和完善防洪减灾风险管理基本理论体系的研究是当务之急。

参考文献:

- [1] Kuczera. Robust flood-frequency models[J]. Water Resources Research, 1982, 18(2): 315 ~ 324.
- [2] 孙济良, 秦大庸. 水文频率通用模型研究[J]. 水利学报, 1989(4): 1 ~ 9.
- [3] 刘光文. 皮尔逊Ⅲ型分布参数估计[J]. 水文, 1990(4): 12 ~ 14.
- [4] Greenwood J A, et al. Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in verse form[J]. Water Resources Research, 1979, 15(2): 436 ~ 452.
- [5] Landwehr J M, et al. Estimation of parameters and quantiles of wakeby distribution[J]. Water Resources Research, 1979, 15(2): 501 ~ 519.
- [6] 金光炎. 论水文频率计算中的适线法[J]. 水文, 1990(2): 8 ~ 11.
- [7] 丛树铮, 谭维炎. 水文频率计算中参数估计的统计试验研究[J]. 水利学报, 1988(3): 10 ~ 13.
- [8] 吕振前. 设计洪水标准与频率计算方法的统计试验研究[J]. 水利学报, 1987(11): 1 ~ 9.
- [9] Ashkar F, Rousseue J. Design discharge as a random variable: a risk study[J]. Water Resurces Research, 1981, 17(3): 577 ~ 591.
- [10] 徐宗学, 叶守泽. 洪水风险率 CSPPC 模型及应用[J]. 水

- 利学报, 1988(9): 1~8.
- [11] 徐祖信, 郭子中. 开敞式溢洪道泄洪风险计算[J]. 水利学报, 1989(4): 9~11.
- [12] 储祥光. 水力不确定性模型研究[J]. 水利学报, 1992(5): 26~29.
- [13] 姜树海. 随机微分方程在泄洪风险分析中的应用[J]. 水利学报, 1994(3): 1~9.
- [14] 谢崇宝. 水文水资源系统非确定性研究[D]. 武汉: 武汉水利电力大学, 1995.
- [15] 刘树坤. 永定河泛区洪水风险研究[J]. 水利规划, 1989(4): 38~45.
- [16] 熊德迟. 洪灾风险分析理论及应用研究[D]. 武汉: 武汉水利电力大学, 1992.
- [17] 梅亚东. 蓄滞洪区分洪与减灾的理论及应用研究[D]. 武汉: 武汉水利电力大学, 1992.
- [18] 朱元牲, 周全林. 长江三峡工程防洪效益风险研究[J]. 水科学进展, 1995, 6(1): 29~35.
- [19] 傅湘, 纪昌明. 水库汛期调度的最大洪灾风险率研究[J]. 水电能源科学, 1998, 6(2): 32~35.
- [20] 王忠法. 三峡工程经济风险分析[J]. 水利经济, 1991(3): 24~26.
- [21] 覃爱基. 水利经济效益风险分析方法的探讨[J]. 水利经济, 1992(2): 17~19.
- [22] 薛年华. 水资源工程经济风险分析基本方法及应用研究[D]. 武汉: 武汉水利电力大学, 1994.
- [23] Nassir E J, Rousselle J. A flood damage model for flood plain studies[J]. Water Resources Bulletin, 1987, 23(2): 179~187.
- [24] Ouellette P, et al. A stochastic approach to flood damage estimation[A]. In: Application of Frequency and Risk In Water Resources[C]. D Reidel Publishing Company, 1987: 351~360.
- [25] 冯平, 陈根福. 超汛限水位蓄水的风险效益分析[J]. 水利学报, 1996(6): 29~33.
- [26] 陆桂华, 叶水庭. 防洪经济效益分析[J]. 河海大学学报, 1992, 21(4): 1~5.
- [27] Asbeck E L, Haimes Y Y. The partitioned multiobjective risk method (PMEM)[J]. Large Scale System, 1984, 6(1): 13~38.
- [28] Mitsipoulis J, et al. Approximating catastrophic risk through statistics of extremes[J]. Water Resources Research, 1991, 27(6): 1223~1230.
- [29] James H L, et al. Evaluating risk of extreme events for univariate-loss functions[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 1994, 120(3): 382~399.
- [30] Hashimoto T, et al. Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation[J]. Water Resources Research, 1982, 18(1): 14~20.
- [31] Simonovic S P, et al. Risk-based parameter selection for short-term reservoir operation[J]. Journal of Hydrology, 1992, 131: 269~291.
- [32] Ji Changming, Liping Wang, Shanyou Feng. A multiobjective reliability programming and decision making method in reservoir system management[J]. Modelling, Measurement & Control, France, 1994, 44(3): 1~11.
- [33] Nardiri A, et al. On the integration of risk aversion and average performance optimization in reservoir control[J]. Water Resources Research, 1992, 28(2): 487~497.
- [34] Ji Changming, Liping Wang, Shanyou Feng. Multiobjective risk analysis in a key water control project management[J]. Modelling, Measurement & Control, France, 1994, 9(4): 47~56.
- [35] 黄志中, 鞠茂森. 以风险决策为基础的流域防洪系统规划[J]. 河海大学学报, 1995, 23(4): 27~31.
- [36] 涂燕宁. 水电工程投资与效益的风险分析及决策[D]. 武汉: 武汉水利电力大学, 1998.
- [37] Krutilla J V. An economic approach to coping with flood damage[J]. Water Resources Research, 1966, 2(2): 183~190.
- [38] Kunreuther H. Limited knowledge and insurance protection[J]. Public Policy, 1976, 24(2): 227~261.
- [39] Schaake J C, Fiering M B. Simulation of a national flood insurance fund[J]. Water Resources Research, 1967, 3(4): 913~929.
- [40] Karlinger M R, Attanasi E D. Flood risks and the willingness to purchase flood insurance[J]. Water Resources Research, 1980, 16(4): 617~622.
- [41] Tai K C. Flood risk bias analyzed through a multi-state flood insurance model[A]. In: Application of Frequency and Risk In Water Resources[C]. D Reidel Publishing Company, 1987. 395~304.
- [42] 申屠善. 洪水保险问题探讨[J]. 水利工程管理技术, 1985(2): 51~52.
- [43] 梁达三. 关于防洪保险问题[J]. 水利经济, 1988(4): 15~17.
- [44] 周承甫. 洪水保险研究[D]. 武汉: 武汉水利电力大学, 1989.
- [45] 施国庆, 谈为雄, 李秀焕. 防洪保险费计算方法与应用[J]. 水利经济, 1993(4): 25~30.
- [46] 方劲松, 方乐润. 洪水保险研究——洪灾风险分析与保险费率制定[J]. 水利经济, 1997(2): 17~22.
- [47] 华家鹏. 洪水保险研究[J]. 水科学进展, 1997, 8(3): 226~252.

(收稿日期: 1999-12-16 编辑: 熊水斌)

声 明

为适应我国信息化建设需要, 扩大作者学术交流渠道, 本刊已加入“万方数据(ChinaInfo)系统科技期刊群”(网址: <http://www.chinainfo.gov.cn/periodical>)、《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”(网址: <http://www.cnki.net>)、《北极星》网站(网址: <http://www.lodestar.com.cn>)、作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意将文章在上述网站发布, 请在来稿时声明, 本刊将做适当处理。

《水利水电科技进展》编辑部