

洪水资源利用风险管理研究综述

王 浩, 殷峻暹

(中国水利水电科学研究院)

作为水资源的重要组成部分,洪水既具有水资源的一般属性,又有其特殊性。洪水作为水源不具有长期利用的特性,供水保证率低,具有水害、兴利的双重属性,而且开发利用洪水资源的难度、风险比常规水资源要大,甚至造成灾害,具有超越一般意义水资源的特殊性。为此,洪水资源的开发利用需要从我国的实际情况出发,按照新时期治水思路和理念,全过程、全方位、多角度地转变“入海为安”的思想,统筹防洪减灾和兴利,综合运用系统论、风险管理、信息技术等现代理论、管理方法、科技手段和利用工程措施,实施有效洪水管理,对洪水资源进行合理配置,在保障防洪安全的同时,努力增加水资源的有效供给,维系良好生态,为全面建设小康社会提供有力的防洪抗旱支撑。

今天提出对洪水资源进行开发利用不是偶然的,有其历史的必然。一是干旱缺水十分严重,据统计我国年缺水量 300 亿~400

亿 m^3 ,每年农田受旱面积 2 000 万 hm^2 ,全国 668 座城市中有 400 座供水不足,110 座严重缺水,2 000 多万农村人口饮水困难。干旱缺水不仅影响农业、而且影响工业,不仅影响农村、而且影响城市,不仅影响生产、而且影响生活,甚至造成河道断流、湖泊干涸、地面沉降,以及一些地区生态环境的恶化,威胁人类生存,已成为国民经济发展和社会进步的重要制约因素。二是经济社会可持续发展对水的需求是全面的提升,不仅是量的增加,更是供水的保证率、均衡性以及符合要求的水质的提高。经济社会与良好生态环境要协调发展。据预测,2030 年我国城乡用水总量将达 7 000 亿~8 000 亿 m^3 ,接近实际可能利用的水资源量(约 8 000 亿~9 500 亿 m^3),供需矛盾突出并将长期存在。用传统的思路、办法解决不了我国水资源短缺问题。三是开发利用洪水资源是有潜力的。据统计分析,全国江河平均每年入海水量约为 16 000 亿 m^3 ,1998 年全国入海水量为 21 321 亿 m^3 ,且主要集中在汛期以洪水形式入海,如 1998 年长江大通站最大 30 d 洪水量 2 231 亿 m^3 流入东海。四是经济实力的增强、科学技术的进步、人员素质的提高、治水理念的变化等,使洪水资源利用成为可能。

洪水资源利用风险的定义

基于目前的实际情况,风险管理模式是我国洪水管理的可行模式,而洪水风险管理的核心内容和主要目标就是实现洪水资源的充分利用。为此,洪水资源利用必须引入风险管理机制,实现风险共担、利益共享的运作模式。

但是,到目前为止,对洪水资源利用风险还没有一个明确的定义,我们认为,洪水资源利用风险是泛指在特定的时空环境条件下,在利用洪水资源解决水资源短缺和维系良好生态环境的过程中,所发生的非期望事件及其发生的概率并由此产生的损失程度。

由洪水资源利用风险的定义可以看出,洪水资源利用风险的研究

范围不仅包括对洪水风险的研究,还包括水资源短缺和生态环境恶化方面的风险研究。其研究内容有两个方面:一方面,研究决策者在洪水资源利用过程中风险决策的思维方式,如当水资源短缺的风险加大时,决策者就有冒更大的风险去利用洪水资源的内在驱动力;反之,当水资源短缺的风险较小时,利用洪水资源解决水资源短缺的愿望就不那么强烈了;另一方面,研究洪水资源利用措施的可靠性,发现其对洪水灾害、水资源短缺和生态环境恶化等风险的影响方式和作用大小,并利用优化理论在几种风险之间寻找一种平衡,以便在一个更广泛的时空内使防洪、供水、生态环境的综合风险最小、效益最佳。

洪水资源利用风险属性

洪水资源利用风险管理的研究是以可持续发展理论为理论基础,以洪水资源的可持续利用为前提的管理活动,强调的是自然属性与社会属性并重,人与自然的和谐发展,追求的是系统整体的协调发展。洪水资源利用风险管理不是最大限度地满足局部地区当前的最大需求,而是以实现系统整体的长远的最大利益作为管理的目标。因此,时间延展与空间扩展性、复杂的多目标性和其他与可持续性有关的问题是可持续的洪水资源利用风险管理不同于传统的洪水研究的特点,因而要实现洪水资源利用系统的可持续性涉及规划和运行管理,将面对比现行的洪水管理更大的复杂性和更多的不确定性因素的影响。如空间的扩展带来了认识上的不足,时间的延伸带来了长期预测的不确定性以及模拟复杂系统的模型不确定性等,这些不确定因素又可以分为客观不确定性和主观不确定性两大类。因此,洪水资源利用系统的风险属性包含客观属性和主观属性两部分。

客观属性

客观属性是指自然界固有的或者人类社会发展所形成的影响洪水资源利用的不确定因素。这些不确定因素反映了洪水资源利用风险的自然、社会、空间、时间和多目标等特性。

(1)自然属性

洪水资源利用风险的自然属性是指自然现象内在的随机性和不确定性,它的发生受内在的不确定性因素影响,使得人类无法准确预测和完全控制,构成了洪水利用风险的自然属性。

(2)社会属性

人类活动的日益加剧导致了不确定因素的增加,包括流域下垫面改变、水资源短缺和生态环境恶化等,构成了洪水利用风险的社会属性。

(3)时间延伸性

作为坚持以可持续发展理论为理论基础的洪水资源利用风险管理,其考虑的是系统长期的变化规律,这就使风险管理受自然、环境和社会变化的影响将加大,管理的风险和复杂性增强。

(4)空间扩展性

由于利用洪水资源而引起的风险同其他自然灾害带来的风险一

样,具有明显的空间分异特征,具体表现在对于不同的地区,可利用洪水的类型和强度不同,面对的威胁也不同,即使对同样强度的洪水,由于不同地区的财产密度和易损性差异很大,造成的洪水灾害也会不同。另一方面,洪水资源利用的风险管理建立在流域水资源统一管理的平台之上,甚至考虑跨流域的洪水资源利用,这种空间的扩展必然导致不确定因素增多,风险分析更加复杂。

(5)管理的多目标性

洪水资源利用风险管理是对包括洪水灾害、水资源短缺和生态环境恶化等多种风险进行的综合管理,涉及到社会、经济、环境、生态和资源等多方面的管理目标,在对不同目标进行定量分析和考虑决策者的思维方式和偏好的过程中,风险管理的难度也随之增加。

主观属性

主观不确定性既包括决策者的主观判断带有随意性和个人偏好,也包括由于研究者掌握的资料不够完备和分析手段的限制,造成对系统认识的不全面。

(1)可管理性

首先,就自然属性而言,洪水资源利用风险的发生过程具有可预见性与可调控性;其次,就社会属性而言,利用同等规模的洪水可能造成的实际损失及其影响,还与社会的综合防灾能力与承灾体的特性有关。洪水资源利用风险的可管理性表明,虽然利用洪水的风险不可消除,但是洪水灾害的损失及其不利的影 响,完全可以通过人类提高自身的管理水平来限制和减轻。

(2) 投机性

风险可以分为纯粹风险和投机风险两种。只有损失机会而没有收益机会就是纯粹风险;投机风险则是既有收益机会又有损失机会的风险。洪水资源利用风险是由于决策者希望通过利用洪水带来收益而产生的,具有收益的机会,这一点和具有灾害损失巨大的洪水灾害风险有明显的区别,洪水灾害带来的收益与其带来的损失相比微不足道,而洪水资源利用要获得的效益一般大于可能产生的风险损失。因此,洪水资源利用具有高风险高回报的特点,是一种投机风险。研究洪水资源利用风险投机性的目的,从本质上讲,就是研究在什么条件下,纯粹的洪水风险能够向洪水综合利用的投机风险方向转化。

(3) 附加性

基于洪水资源利用具有的高风险高回报的特性,可以把没有采取洪水资源利用措施时的风险和采取了利用措施以后产生的风险区分为固有风险和附加风险。

固有风险是指现状条件下或没有采取洪水利用措施的情况下,区域本身可能面临的风险。如蓄滞洪区,历史上都是调蓄天然洪水的相对低洼的地区,在没有洪水资源利用工程的情况下,本身就面临着受淹的可能性;城市供水,在没有考虑利用洪水资源的条件下,本身也面临着水资源短缺的可能性。附加风险是指采取了洪水资源利用措施之后,使得本地区或其他地区风险加重的部分,如由于要确保重要地区的供水安全而使得其他地区的洪水灾害加重部分的风险。

基于附加风险应该得到受益地区补偿的原则,在洪水资源利用过程中风险转移不可避免的情况下,除考虑对于增大了附加风险的地区,应该由受益地区补偿外,也要注意补偿的范围应该是附加风险的部分,而不是全部的损失。

(4) 模型的不确定性

模型的不确定性主要表现在模型的概化、结构、外延和模型参数的误差等方面。模型概化可能导致系统的重要特征被忽略;资料的缺乏和主观判断的失误可能导致模型结构的失真;在利用模型进行预报的过程中,由于外延的条件常常和模型识别时不同,导致外延的异常;在获得模型参数的时候,由于随机误差、系统误差、抽样误差和一致性误差等,也会使有关参数的数值出现变化。

洪水资源利用风险特性

洪水资源利用风险实际上是一个涉及到“人—自然—社会”的系统,如果失事事件对人类和社会不产生影响,那么就称不上是风险事件。洪水资源利用的风险事件发生的模式通常是因为风险因子的不确定性作用到洪水资源利用措施系统,洪水资源利用措施系统在一定程度上对这种不确定性进行调节,在超出调节能力的情况下就有可能形成风险事件,风险事件形成后作用到人类社会经济系统并使之造成了损失,那么最终的风险就形成了。从系统论的观点来看,风险因子、洪水资源利用措施和人类社会经济相互作用、相互影响、相互关联,形成了一个具有一定结构、功能及特征的复杂体系,这就是洪水资源利用风险系统,图1描述了该系统的组成。概括起来,洪水资源利用风险系统具有以下几个方面的特点。

系统组成的高维性

洪水资源利用风险系统是由风险因子子系统、洪水资源利用措施子系统 and 人类社会经济子系统等等各个子系统组成的,而每个子系统又包括其各自的子系统。如风险因子子系统又包括防洪风险子系统、供水风险子系统和生态环境风险子系统,人类社会经济子系统包括人类生活、工业、农业等子系统,洪水资源利用措施子系统包括工程措施和非工程措施子系统,其中工程措施子系统又包括防洪工程、提水工程、引水工程、输水工程、配水工程等子系统。如此逐层分解形成了洪水资源

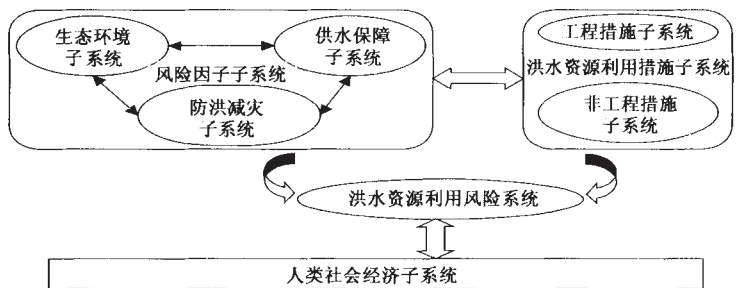


图1 洪水资源利用风险系统

利用风险系统的庞大的层次结构。显然,洪水资源利用风险系统是一个“人—自然—社会”系统,它具有极高的维数。

系统的关联和复杂性

洪水资源利用风险系统内各个子系统或局部子系统之间相互作用、相互联系,形成了复杂的关联。这种关联的复杂性不仅表现在结构上,而且可以表现在内容上,它们可以是物质、能量或信息的关联,也就是说各子系统之间关联的形成是多样的。

影响因素繁多、层次不明确

洪水资源利用风险系统的形成受多种因素的影响,每一种因素又包含众多的表现形式,形成了洪水资源利用风险系统内各因素之间复杂的因果表达关系,从而使得系统内部因素间因果层次关系不明确。

系统的不确定性

洪水资源利用风险系统的不确定性概括起来,包括随机性、模糊性、灰色性与混沌性等方面的内容。

系统的开放性

洪水资源利用风险系统是一个“人—自然—社会”系统,这一系统不断地与其环境发生着物质、能量和信息的交换,体现了这一系统的开放性。一方面,洪水资源利用风险的形成,需要一定的条件;另一方面,由于洪水资源利用风险的发生,又对其外部环境系统产生影响,甚至产生或引起其他灾害。因此,洪水资源利用风险系统是一个开发系统。

系统的动态性

洪水资源利用风险系统随时间而不断地发生变化,这是由于它的周围环境系统不断地发生变化,引起了洪水资源利用风险系统的输入输出强度与性质不断地变化,并进一步引起洪水资源利用风险系统的结构与功能的变化。因此,洪水资源利用风险系统总是处于动态变化之中,其动态性表明,通过风险管理水平的提高和对各种风险相互转化的认识,可以在一定程度上降低区域的综合风险水平。

系统的非线性

这是指洪水资源利用风险系统的输出特征,对于输入特征的响应不具备线性叠加性质。如相同强度的洪水在利用的过程中,由于涉及到的地区的背景条件、人口密度、经济发展水平等方面的差异,其产生的风险事件的规模和造成的损失之间不可能构成线性函数关系。

洪水资源利用风险管理的基本模式

尽管风险管理的方法和过程不尽相同,但其基本的模式是相同的,概括起来可归纳为定义系统问题、风险识别、风险分析(风险估算和评价)、风险处理和风险决策(见图2)。

定义问题

洪水资源利用涉及到防洪、供水、生态环境等多个方面。因此,在研究洪水资源利用风险的过程中,需要针对不同的问题,采用分解—

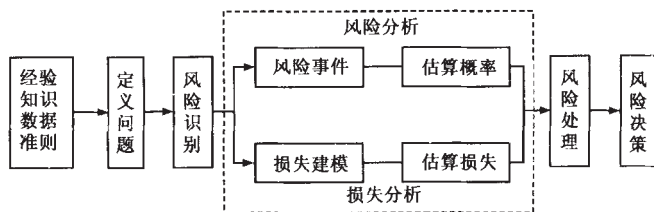


图2 洪水资源利用风险管理的基本模式

耦合的方式进行分析。如在对一个大型水利工程的洪水资源利用方案进行经济效益风险分析时,依据系统的层次性和可分性,将经济效益指标总系统(净现值)分解成若干子系统(如发电效益、防洪效益、供水效益、环境效益等),先分析各子系统的效益,然后推求总系统的效益。

风险识别

风险识别又称风险辨识,它是指通过对大量来源可靠的信息资料进行系统了解和分析,找出风险之所在和引起风险的主要因素,并对其后果作出定性的估计。洪水资源利用的风险识别包括对防洪、供水、生态环境等各种风险进行识别并找出引起风险的主要风险因子。

风险分析

风险估算与评价常常是风险分析的核心内容。风险估计又称风险衡量,是指在风险识别的基础上,通过对所收集的大量的失事资料加以分析,运用概率论和数理统计方法,对风险发生的概率及其损失程度作出定量的估计。风险评价是根据风险估计得出的风险发生概率和损失后果,把这两个因素结合起来考虑,用某一指标(如期望值、标准差、风险度等)决定其大小及其影响,再根据国家所规定的安全指标或公认的安全指标,去衡量风险的程序,以便确定风险是否需要处

理和处理的程度。作为风险管理的核心内容,国内外学者对洪水利用风险已经作了大量的研究,傅湘、纪昌明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,提出了一种洪水资源利用的方式;冯平等通过概率组合方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而利用洪水资源作了风险效益分析。

风险处理与控制

风险处理与控制就是根据风险评价的结果,选择风险管理技术,以实现风险分析的目标。风险管理技术分为控制型技术和财务型技术。前者指避免、消除和减少意外事故发生的机会,限制已发生的损失继续扩大的一切措施,如回避风险、风险分散、工程措施等;后者则在实施控制技术后,对已发生的风险进行经济补偿,使其能较快地恢复正常的生产和生活秩序,维护财务稳定性。在洪水资源利用风险处理与控制中,根据对各种失事状态的分析 and 判别,制定一系列切实可行的避险措施综合方案,并对

不同避险代价(如为增加供水,提高了防洪风险等的投入水平)的效益费用比进行分析,并运用经济学原理,在充分考虑风险因素的情况下,在风险损失与避险代价之间确定合理的平衡点,并进一步对洪水资源利用风险进行控制。

风险决策

在洪水利用中,上述风险识别、风险分析和风险处理并不是我们的最终目的,它们只是多目标风险决策的有力辅助工具,用它们的成果进行洪水利用与决策才是根本的。在这方面,国内外学者已经进行了探讨和研究,Simonovic等将洪水风险损失函数与干旱风险损失函数加入目标函数,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;Nardini等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;黄志中等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,有利于防洪工程综合效益的发挥。

* * * *

针对我国水资源的严峻形势,水利部近日提出了可持续利用的水资源战略,部署建立完善的防洪减灾安全保障体系、可靠的水资源供给与高效利用保障体系和维护生态环境安全的水资源保护保障体系。作为三大保障体系的有机组成部分,洪水资源利用的作用日益受到重视,坚持可持续利用的洪水利用风险管理也成为目前研究的热点话题。

但现阶段风险管理的研究对象大多是针对某些风险要素的相对独立的实际问题或方法,洪水资源利用措施与社会经济、生态环境系统联系还不够紧密,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。

鉴于洪水资源利用已经从单纯的工程措施发展到非工程措施,并进一步涉及到社会、经济、生态环境、法律等各个部门。因此,在风险辨识和估计的基础上,重点研究各类风险之间的相互影响和转化的机理关系,建立和完善洪水资源利用风险管理基本理论体系的研究成为当务之急。▲