

水安全系统的理论框架

陈绍金¹ 施国庆¹ 顾琦仪²

(1. 河海大学公共管理学院, 江苏 南京 210098; 2. 江苏省水文水资源勘测局南京分局, 江苏 南京 210008)

摘要 水安全涉及的各要素之间相互联系、相互制约, 构成一个水、社会经济、生态相互耦合的巨系统。研究这个系统的概念与特征、结构与功能、系统支持条件、系统的运行机制、稳定性、发展与演化法则等一系列理论问题, 旨在构建水安全系统的理论框架, 用以指导水安全理论研究和 water 管理实际, 实现人与自然的和谐。

关键词 理论框架; 水安全; 系统构建

中图分类号: X91 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2005)03-0009-03

Theoretical framework of water safety system

CHEN Shao-jin¹ SHI Guo-qing¹ GU Qi-yi²

(1. College of Public Administration, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Nanjing Branch, Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210008, China)

Abstract Essential factors of water safety, which relate to each other and restrain each other, constitute a large system of water, social economy and ecology. A series of theoretical problems, such as concept and characters, structure and function, system supporting conditions, mechanisms, stability, development, and tendency of the system, are studied. Theoretical framework of water safety system is established to instruct the theoretical research and water management practice, realizing the harmony of human being and nature.

Key words theoretical framework; water safety; system establishment

1 水安全及水安全系统的概念

1.1 水安全

水安全的概念可表述为“一个地区(或国家)涉水灾害的可承受和水的可持续利用能确保社会、经济、生态的可持续发展”。所谓“涉水灾害的可承受”, 主要是指一定的社会经济发展阶段、科学技术和财力允许的情况下, 尽量减少灾害损失, 将超标准涉水灾害控制在不损害一个地区(或国家)社会经济持续发展的程度之内。水的可持续利用主要是指一个国家或一个地区实际拥有的水能够保障该国或该地区社会、经济、生态当前的需要和可持续发展的需要。

1.2 水安全系统

人们在认识水安全的过程中, 用综合分析的思维方式看待水安全, 根据水安全内在的本质联系, 从整体的角度进行分析和研究, 这样水安全就被看作了

一个系统。本文研究的水安全系统是包括自然(水为核心)、社会(人为核心)、经济(国民经济发展为核心)、环境(生态为核心)的复合系统, 是人与水相互作用, 以人为主体的、以水安全为目标的开放复杂系统。

在现实世界中, 水就是一个系统, 涉水问题中的水多、水少、水脏、水浑及其与社会、经济、生态之间的关系的耦合, 也是一个系统。水安全系统就是水系统与社会、经济、生态系统相互联系、相互作用、相互交织构成的具有一定结构和功能的复合系统。它是社会经济活动的载体, 因为社会经济活动都是在一定的水安全系统中进行的。水系统与社会经济系统的关系有两方面: 一是水系统是社会经济系统构成的基础, 并制约着社会经济系统具体结构功能的类型。二是社会经济系统反作用于水系统, 可使水系统朝着良性或恶性发展^[1]。

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(04JJ6031)

作者简介: 陈绍金(1960—)男, 湖南湘潭人, 博士研究生, 高级工程师, 主要从事资源技术经济与管理研究. E-mail: Garros222@sina.com

2 水安全系统结构与功能

2.1 系统结构

把水安全系统分解为水系统和社会经济系统，它是由水资源、水环境、社会、经济等相关要素构成的，通过物质、能量、信息的运动、交换、储存和反馈形成一定的结构和功能，并由于人的主动性而朝相互适应的方向演化。

水安全系统是以水为载体，由水资源、水环境、社会、经济等子系统构成的复合系统（见图1），各子系统内部又由若干子系统组成。任何一个子系统的行为都会影响水安全系统的整体功能的发挥。人具有经济行为和社会特征，通过对水的开发利用将水和社会、经济、环境紧密地联系在一起，这就形成了水安全系统。

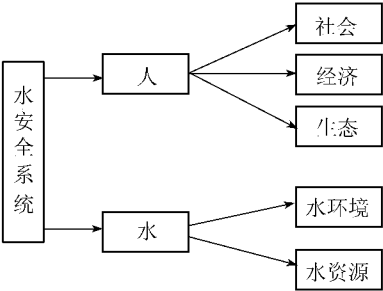


图1 水安全系统的组成要素

水安全系统结构指系统内部各要素、各方面及其相互之间的关系和有机联系，见图2。

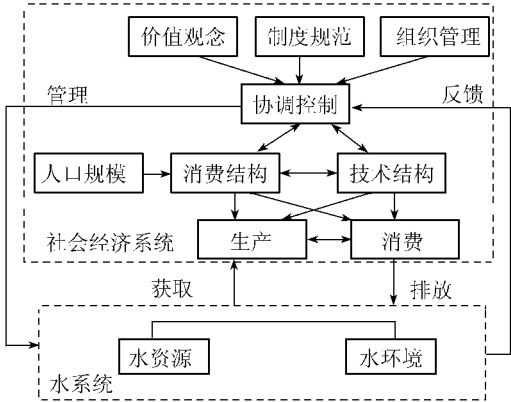


图2 水安全系统的结构

根据对系统结构的分析，决定水安全系统的基本要素主要由承载力、缓冲力、恢复力、生产力、需求力、调控力描述。其中承载力、缓冲力、恢复力出于水系统，生产力、需求力、调控力来自社会经济系统。

2.2 系统功能

水安全系统的功能体现在物质生产和物质还原的能力上^[2]。前者表现为水安全系统的生产力，后者表现为水安全系统的同化力。

3 水安全系统的运行机制及稳定性

3.1 运行机制

水安全系统的运行机制蕴含于系统结构之中，始终是联系系统各要素的纽带，没有一定的机制，各要素就难以构成一个有机的整体。其间最为关键的便是具体元素与抽象元素之间的相互耦合、相互关联，否则，系统就会处于瘫痪状况^[3]。

水安全系统可分为动力与平衡两大基本机制，它们共同构成系统运行机制的两大要素。这两大要素之间是相互联系、相互制约的。水安全系统是一个多层次、多变量组成的复合系统，是一个时间和空间相协调的耦合系统。水安全系统由不安全状态向安全状态、由低级状态向高级状态的转换需依赖动力机制与平衡机制的介入和强化来完成。系统的动力机制包括社会动力、经济动力、水资源动力、水环境动力4个方面，而系统的平衡机制包括社会经济协调机制、经济资源协调机制等5个方面。水安全系统的运行机制：

$$g(i) = b_i [X_s, X_e, X_r, X_{ev}, Y_{se}, Y_{sr}, Y_{sev}, Y_{eev}, Y_{er}]$$

式中： X_s 、 X_e 、 X_r 、 X_{ev} 分别为社会、经济、资源和环境动力机制； Y_{se} 、 Y_{sr} 、 Y_{sev} 、 Y_{eev} 、 Y_{er} 分别为社会经济、经济资源、社会环境、经济环境、经济资源协调机制； b_i 为运行功能系数。

3.2 系统的稳定性

水安全系统的稳定性是描述其动态性能的重要指标，系统的稳定与否关系到系统能否维持和如何演化，讨论系统的稳定性是系统发展与演化的关键所在，也是研究和分析的起点。

在环境-系统相互作用模式下研究水安全系统的稳定性问题，先给出水安全系统与环境的关系，见图3。图中 S 为系统及其结构； E_S 为系统 S 的环境； I 为系统 S 的输入； O 为系统 S 的输出； R 为资源，即系统 S 的生存条件中必要投入部分； D 为废弃物，即系统 S 的生存条件中必要排出部分。从供给和需求的方面考虑 $I = I(S, E_S)$ ，并且 $O = O(S, E_S)$ ，即输入、输出都是系统和环境的函数。当系统的需求相对稳定时，可以认为能实现的输入和输出由环境单方面决定，即 $I = I(E_S)$ ，并且 $O = O(E_S)$ 。

所谓系统 S 是稳定的，也就是系统与环境 E_S

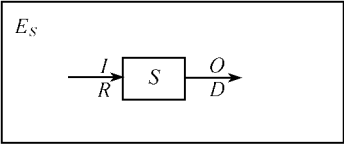


图3 水安全系统与环境的关系

和谐,即系统 S 的生存条件是由环境 E_S 提供的,也就是说由输入 I 和输出 O 提供的。所以系统 S 稳定的充分必要条件就是:输入的生存条件包含在系统的输入中,并且输出的生存条件包含在系统的输出中。我们将这一条件称为系统与环境和谐条件。

4 水安全系统的演化

4.1 系统的稳定状态

把水安全系统的稳定状态定义为:使社会物质产品的生产和消费获得持续性成长的系统状态,这是以人 为中心,确定人与自然相互作用关系和谐的标准。当系统在失稳情况下,受趋稳原理支配,系统的组成部分发生相应的变化,以完成系统模式与结构的转变,寻求新的稳定。如果这种转变成功,则系统作安全进化,或者说这是一个良好的水安全系统。

水安全系统的稳态条件是:①人类活动对水的作用必须限制在其承载力之内;②水资源的使用强度应限制在其最大可再生量之内;③废物的排放强度不应超过水系统的净化能力和人类的生理忍受界限^[4]。这 3 项条件既能确保社会经济的持久存在,又能确保水系统的持续的良性运转,是水安全系统稳定状态的充分和必要条件。

4.2 突破性变化与适应性变化

a. 突破性变化。决定水安全系统中的水系统稳定和应变能力有 3 个要素:承载力、缓冲力、恢复力。处于经济发达工业地区的区域相对于经济不发达的农业地区的区域,前者对于洪水侵害的承载力和缓冲力较高而且恢复力强。有的区域承载力和缓冲力低,而恢复力也低。对于承载力和缓冲力低且恢复力高的地区,需要进行很好的规划管理。还有的区域具有较高的承载力、缓冲力和较低的恢复力。上述几种情况列于表 1。

(上接第 5 页)前 4d,流量为 226.4m³/s,到 3 月 26 日,流量每小时增加 113.2 m³/s,27 日达 636.75 m³/s,并在以后 7d 保持该流量。4 月 2 日至 7 日,为有利于泥沙最大程度地沉积,分 3 步使流量下降。此次水文试验对洪水过程及其对河流生态系统的影响进行了跟踪监测:①至少在大峡谷形成 55 个大的新沙滩;②超过半数的已有沙滩面积增大;③为驼背白鲑等濒危鱼类提供了栖息地;④清洗了死水地区的有机碎屑(主要是在近岸生长的非本地植物种类)。Colorado 河的洪水恢复试验说明,如果人类顺应洪水,依托洪水,洪水就是可利用资源。

表 1 区域承载力、缓冲力和恢复力对环境的影响		
恢复力	承载力和缓冲力	
	高	低
高	只有在很差的管理之下,生存环境才能恶化	生存环境易恶化,在好的管理下易恢复
低	有一定的抵御能力,但超过阈值后难以恢复	易恶化,环境管理措施无效,人类不宜干预

从表 1 分析可知,恢复力高的水安全系统具有负反馈的特性,在受到外界干扰后,能较快地恢复原状,恢复力低的系统具有正反馈的机制,受到外界干扰后,常常偏离原状态而难以恢复,从而对人类或环境造成较大的影响,并且这种影响变异被继承,在时间维上不断累积,可能造成水安全系统发生突破性变化。

b. 适应性变化。当出现突破性变化使水安全系统进入失稳状态后,受系统的趋稳原理和协同进化原理支配,适应性变化开始产生,经过一段时间的反馈调适,系统又重新达到稳定状态。但是,适应性变化的能力是有限的,即不能超出系统的承载力和缓冲力,超过一定的限度,负反馈机制就不起作用,系统的结构和功能就会遭到破坏,甚至导致系统的崩溃。适应性变化的方向应是有利于建立新的平衡,促进人与自然关系的和谐。

参考文献:

[1] 陈绍金.流域管理方略研究[M].长沙:湖南人民出版社,2003.8~10.
[2] 冯尚友.水持续利用与管理导论[M].北京:科学出版社,2000.36~38.
[3] 王慧敏.流域可持续发展系统理论与方法[M].南京:河海大学出版社,2000.41~44.
[4] 冯尚友,刘国全.水资源生态经济复合系统及其持续发展[J].武汉水利电力大学学报,1995,28(6):62~64.
(收稿日期 2004-05-10 编辑 舒建)

参考文献:

[1] Tharme R E. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for river[J]. River Research and Applications, 2003, 19(4): 397~441.
[2] 杨志峰,张远.河道生态环境需水研究方法比较[J].水动力学研究与进展,2003,18(3):294~301.
[3] Richter B D. How much water does a river need?[J]. Freshwater Biology, 1997, 37(2): 231~249.
[4] Richter B D, Baumgartner J V, Powell J, et al. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems [J]. Conservation Biology, 1996, 10(4): 1163~1174.
(收稿日期 2004-10-14 编辑 舒建)