

基于复杂适应系统理论的漳河 上游水资源系统分析

邵玲玲, 牛文娟, 唐凡

(河海大学管理科学研究所, 南京 211100)

摘要: 漳河上游是典型的缺水流域,对流域水资源系统进行合理的分析是进行水资源优化配置的前提。本文基于复杂适应系统理论,分析了漳河上游水资源系统的基本特性和机制,并证明该系统是一个复杂适应系统。并在此分析框架下对系统演进的实现路径进行深入探索。最终得出:只要政府正确引导,用水户积极响应,系统必然朝着高效利用水资源的方向演进。

关键词: 复杂适应系统; 水资源系统; 系统分析; 系统演进; 漳河上游

中图分类号: TV219; N949

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2014)05-0119-05

Analysis of water resources system in upper reaches of Zhanghe river based complex adaptive system theory

SHAO Lingling, NIU Wenjuan, TANG Fan

(Institute of Management Science, HoHai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: The upper reaches of Zhanghe River is a typical water scarcity basin. The rational analysis of water resources system is the premise of optimal allocation of water resources. This paper analyzed the basic characteristics and mechanisms of water resources system of upper reaches of Zhanghe River based on complex adaptive system (CAS) theory and proved that it is a complex adaptive system. Based on this analysis framework, the paper made a deep exploration on evolution road. In the end, the results conclude that as long as government guides water users correctly and water users make active response, the system will inevitably evolve towards the direction of efficient utilization of water resources.

Key words: complex adaptive system; water resources system; system analysis; system evolution; upper reaches of Zhanghe river

水资源系统因其涉及各种自然因素与人为因素,往往具有内部复杂性和边界的模糊性。合理地分析水资源系统,是水资源优化配置的前提。而水资源系统的分析方法也在不断地发展与进步,从20世纪50年代建立起费用—效益分析方法,到近十几年又发展了多目标决策理论、大系统理论和可靠性分析(风险性分析)等,此外,还发展和创新了一些数学规划的算法程序。而对于规模庞大、结构复杂、功能综合、影响因素众多的现代水资源系统,一般的系统分析必须朝着复杂系统要求的方向发展。二十世纪末期由Holland教授提出的复杂适

应系统理论^[1]正好能满足这一发展需求。基于漳河上游水资源系统的复杂性,本文运用复杂适应系统理论对其进行分析,并提出系统的演进方向和路径探索。

1 复杂适应系统理论概述

复杂适应系统 (Complex Adaptive Systems, CAS) 是指在系统的演化、发展过程中主体能通过学习而改进自己的行为,并且相互协调、相互适应、相互作用的复杂动态系统^[2]。其核心思想是“适应性造就复杂性”,认为宏观系统的演化,包括新层次

收稿日期:2014-01-15; 修回日期:2014-06-18

基金项目:国家社会科学基金资助项目(10CGL051);水利部公益性行业科研专项经费项目(201201091);中央高校基本科研业务费项目(2009B22314、2012B09114)

作者简介:邵玲玲(1989-),女,江苏南通人,硕士研究生,主要研究方向为流域水资源管理、管理系统工程、复杂系统仿真与建模。

的产生、分化、多样性的出现、新主体的聚合,都是微观主体之间的适应性交互派生出来的^[3]。Holland 教授用七个概念阐述了这一思想,即聚集、非线性、流、多样性、标识、内部模型与积木,前 4 项是基本性质,后 3 项是机制,他强调满足这 7 个要求的系统都是复杂适应系统^[4]。在复杂适应系统中,宏观系统呈现出自身的演变和进化规律。并且由于系统内部以及系统与外界环境之间存在物质、能量、信息流的交换^[5],所以选择合适的路径,以及保证路径的畅通有效,对系统的演进方向和效率至关重要。

2 漳河上游水资源系统概述

2.1 流域概况

漳河上游处于山西,河南河北交界处,分为浊漳河、清漳河两条支流和漳河干流。此次研究区域为浊漳河侯壁水文站,清漳河匡门口水文站以下至漳河干流岳城水库以上河段。流域面积涉及三省两市五县五乡镇。这里山高谷深,土薄石厚,植被稀少,水土资源紧缺,交通通讯不便,经济发展缓慢。上下游、左右岸经常因抢夺水资源发生冲突^[6]。所以合理对系统进行分析,剔除系统的有害因素,提出正确的演进路径与方向,对于区域的稳定、社会经济的发展大有裨益。

2.2 漳河上游水资源系统组成

本次研究将漳河上游水资源系统简单分成用水系统、供水系统、管理系统以及遍布整个流域的信息系统。

用水系统中用水主体包括沿河村庄(分别位于山西省平顺县、河北省涉县和磁县、河南省林州市和安阳县境内)生活生产用水;红旗渠灌区(位于河南省林州市境内)灌溉和工业用水;跃进渠灌区(位于河南省安阳县境内)灌溉和工业用水;大跃峰渠灌区(位于河北省涉县境内)灌溉和工业用水;小跃峰渠灌区(位于河北省磁县境内)灌溉和工业用水;侯匡观区间河道内生态环境用水。供水系统中供水主体包括浊漳河侯壁断面来水;清漳河匡门口断面来水;侯匡观区间自产地表水。管理系统中的管理主体主要为政府主体,有漳河上游管理局,晋冀豫各省政府,平顺、林州、安阳、涉县、磁县等市政府及水利主管机构以及四大灌区管理委员会。信息系统主要由相关法律法规,政府部门颁布的相关政策,以及水权交易市场信息组成。研究区域水资源系统结构图如图 1 所示。

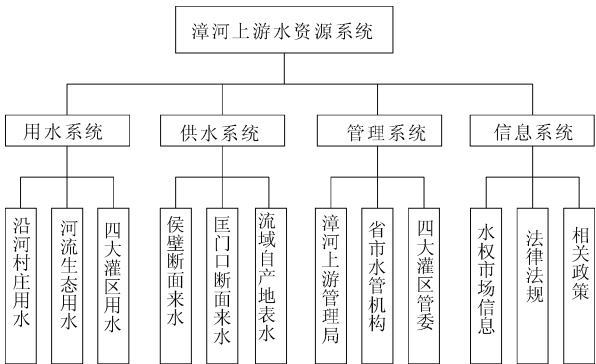


图 1 漳河上游水资源系统结构图

3 漳河上游水资源系统是复杂适应系统

研究区水资源系统具有明显的复杂适应系统的特征。主要体现在：

(1)聚集性。有两个含义,第一含义是指简化复杂系统的一种标准方法,往往把相似的事物聚集成类^[7]。漳河上游水资源系统中,为了简化研究主体,将研究主体按其在水资源的影响分成 3 类:对水资源消耗的主体聚集成用水主体;对水资源进行补充的主体聚集成供水主体;对水资源进行管理的行政主体聚集成政府主体。聚集的第二个含义是指主体通过“黏合”形成较大的更高一级的主体,即介主体,介主体能够进行再聚集,产生“介介主体”,可以产生非常典型的层次组织,且主体的聚集作用,会涌现出大尺度行为^[7]。漳河上游水资源系统中,沿岸村庄用水主体和四大灌区用水主体聚合成整个用水主体,用水主体再和供水主体以及政府主体,聚合成整个水资源主体。体现了明显的层次结构,并且高一层主体具有其所包含的低一层主体简单相加所不具备的特征和功能,向更高层次演化和发展,出现涌现现象。

(2)非线性特性。复杂适应理论认为,主体之间、主体与环境之间的相互影响不是简单、被动、单向的因果关系,而是主动的“适应”,互动的,甚至是互为因果的关系^[8]。漳河上游水资源系统中,供水减少使可利用水量减少;用水主体对水资源过度开发,如过度开垦河滩地,会影响下垫面,从而影响径流量,使供水减少;相邻用水主体间,如果一方占用更多的水资源,必然侵犯另一方的利益;另外气候的不确定性,国家法律政策的调整,外流域的变化也会对整个系统产生影响。所以各个主体之间、主体与环境之间相互依存。

(3)流特性。流被霍兰教授定义为复杂适应系统中主体之间资源的流动,(节点,连接者,资源)的三合一组合是流的一种典型的表示方法^[7]。漳河上游水资源系统中,(用水主体,水网,水资源),(用水主体,信息网络,信息资源)是两组主要的流。流的存在使得资源可以在主体间交换,是水权交易,信息共享的基础。所以要保证流的畅通,特别是信息流的畅通。

(4)多样性特性。主体的存在依赖于它所处的环境,一旦从系统中移走或新增加一个主体时,系统会做出适应性反应,改变原来主体间的相互作用关系,多样性也就产生了。漳河上游水资源系统中,用水主体具有多样性,不同的用水主体具备不同的用水效率,用水目的,位于流域不同的位置。任何主体的改变,都会导致整个系统的更新。

(5)标识机制。在 Holland 看来,主体之间的聚集行为并非任意的,在聚集体形成的过程中,标识机制始终在起作用^[9]。在漳河上游水资源系统中,标识可以是不同的县市,村庄的名称,不同的用水部门等。不同标识的主体表现出不同的职能和诉求,在与其他主体以及环境的相互作用中作出区别于其他主体的决策。

(6)内部模型机制。主体复杂的内部模型是主体适应性的内部机制和精髓,是主体在适应过程中逐步建立的^[7]。这一模型在复杂适应系统理论中统一用刺激-反应模型来描述^[1]。在漳河上游水资源系统中,用水主体根据水权市场供求信息,选择出售水权或者购买水权;供水主体根据上游用水的增减、下垫面的变化、气候的变化等相应改变供水的多少;政府主体根据流域情况,以流域效益为宗旨,对流域实施具体的管理。这些都是内部模型机制的具体表现,主体的内部模型机制体现了主体的能动性。

(7)积木机制。复杂适应系统模型用搭积木的方法对已测试过的规则进行组合产生新问题的处理规则,已有的规则被形象化地称为积木块,它们是新规则产生的基础^[7]。漳河上游水资源系统中,许多规则、行为规范、理念、文化等是系统主体采取决策的基础。例如生活用水优先原则,预留生态环境用水原则,灌溉季节农业用水次序优于工业用水原则^[10],在水权交易中各主体平等参与原则,农业灌溉用水的交易价格低于工业用水的交易价格原则等等。

通过以上 4 个特性、3 个机制的分析说明,漳河上游水资源系统是一个复杂适应系统,如图 2 所示,其中主体被高度聚合成供水主体和用水主体,政府

主体三大类。这些主体利用有限的认知对外界环境作出反应,并且反作用于外界环境。所以从微观看,主体间相互交换信息,或协商,或通过其他方式达到利益的分配。从宏观看,整个系统协调运作,并且不停地与外界环境交互作用^[11]。如与流域外进行水权交易,发生大规模争夺水资源冲突时,需要上级主管部门进行调解,使系统恢复正常。

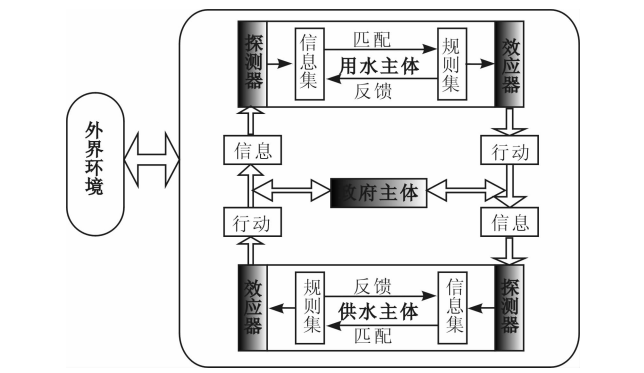


图 2 漳河上游水资源复杂适应系统

4 漳河上游水资源系统的演进方向和路径

4.1 演进方向

(1)供水主体的适应性行为。由于上游水资源的过度开发,以及违规蓄水工程的建设,使进入本流域内的水量逐渐减少。再加上沿河村庄对河滩地的过度开发,使下垫面发生变化,在相同的条件下,河流径流量减少,供水减少。供水主体的刺激-反应模型如图 3 所示。

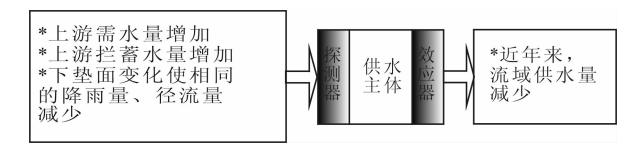


图 3 供水主体刺激-反应模型

(2)政府主体的适应性行为。在流域供水量逐渐减少的压力下,漳河上游管理局依据流域内实际情况以及相关政策法规界定本流域内用水主体的初始水权,并负责与其他流域进行水权交易^[12]。区域管理机构对分配到所辖区域的水资源在用水户主体间进行分配和管理,并且代表区域进行跨区域水权交易。随着水权交易市场的开放,政府主体要负责设计水权交易市场的规则,对水权交易市场进行监督,保证市场的公平与公正。针对用水主体间存在的大小冲突,政府主体为其提供交流协商平台,化解冲突或避免冲突的发生。对过度开发,违规利用

水资源行为,政府主体依法进行严惩。政府主体适应性行为的宗旨是保证流域整体效益最大。政府主体的刺激反应模型如图 4 所示。

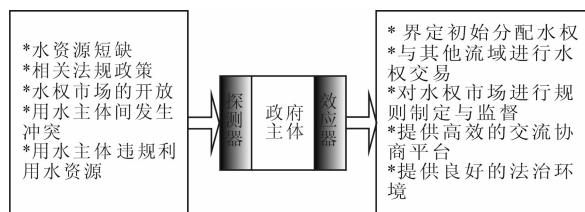


图 4 政府主体刺激-反应模型

(3)用水主体的适应性行为。用水主体依据政府对水权的界定,以及相关法规政策,明确并履行自身的权利与义务。随着水权交易市场的开放,各用水主体可以自由地进行水权交易。如在灌区内部,由于近年来灌区实际灌溉面积的减少,工业需水量以及用水效率的提高,农业用水户越来越多地将多余水权卖给工业用水户,如电站发电。在农业部门内部,水权将由低效农业转向高效农业,促进了农业节水;灌区之间的水权交易,因涉及不同管理机构,交易成本增加,但只要交易收益大于交易成本,交易仍会发生。并且在市场竞争中,为了追求效益最大化,用水主体会不断提高自身的节水意识与用水效率。用水主体的刺激-反应模型如图 5 所示。

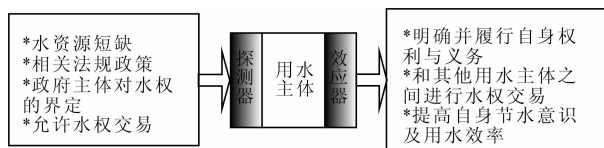


图 5 用水主体刺激-反应模型

(4)演进方向。根据各主体适应性行为的分析,政府主体对于水权的界定有利于用水主体明确自身权利与义务,为水权交易提供了前提条件。在水权交易市场中,政府主体作为规则的制定者与监督者,依法管理,为用水主体营造了公平公正的交易环境,促进了交易的进行,有效地缓解了流域内的用水压力。所以政府主体与用水主体在适应过程中相互促进,政府主体管理水平不断提高,用水主体节水意识与用水效率不断提高,研究区域水资源系统必然向高效、节约、经济的用水模式发展。

4.2 路径选择

当前流域内各主体,特别是各用水主体间还存在许多冲突,水权交易市场还不完善。主要是因为信息不对称;相关法律法规还存在漏洞;相关机制,特别是协商机制,监督机制还不完善造成的。根据 CAS 理

论,系统要向良性发展,需要主体间以及主体与环境间积极的交互作用。具体实现路径如下:

(1)建立高效的交流协商平台。政府部门应联合民间组织,依靠学术机构的技术支持,成立交流协商平台。如利用互联网建立相关论坛,允许用水户自由发表意见与建议。在自由公开的平台上,对于好的建议,积极采纳。对潜在的冲突及早发现,通过交流协商或第三方调解的方式,将冲突遏制在摇篮里。

(2)建立高效的信息共享平台。信息的畅通与否直接关系到水权交易市场的效率。对信息共享平台的维护与升级离不开学术机构的学术创新与技术看新。

(3)营造良好的法治环境。在完善相关法律法规的基础上,政府部门做到对流域依法管理,有力监督。对违规蓄水拦水,违规开垦河滩地,散布虚假信息,不遵守水权市场交易规则等行为进行严惩,情节严重的追究刑事责任。用水户要遵纪守法,相互监督,共同为流域营造良好的法治环境。

(4)营造公平公正的水权交易市场。实现这一点除了依靠政府主体合理地制定交易规则,关键在于用水主体积极地参与并且规范自身的交易行为,而这要以良好的法治环境以及高效的交流协商平台和信息共享平台为保障。

系统演进路径如图 6 所示。其中政府部门,民间组织,学术机构以及用水户所作出的决策,为系统营造了良好的法治环境、公平公正的水权交易市场、高效的交流协商平台以及信息共享平台,从而使系统向更优化方向演进。

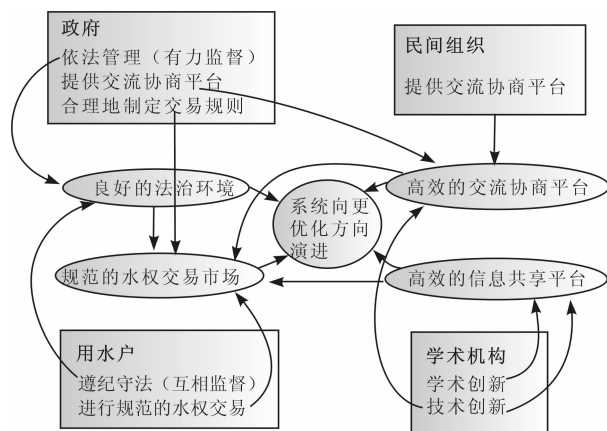


图 6 系统演进路径图

5 结 语

由于水资源系统的复杂性,传统的系统分析方

法很难对其进行全面分析。本文基于复杂适应系统这个全新的理论,对漳河上游水资源系统进行了分析,体现了很好的适用性。首先证明漳河上游水资源系统是复杂适应系统,然后对系统内各主体的适应性行为进行分析,得出系统的演进方向。最后针对系统中存在的不和谐因素提出使系统高效演进的路径选择,即依靠政府主体的宏观调控、用水主体的积极响应以及民间组织与学术机构的支持,共同为系统建立高效的交流协商平台与信息共享平台,营造良好的法治环境和公平公正的水权交易市场。通过本次研究,希望为更多复杂流域的水资源系统分析提供参考。

参考文献:

[1] 约翰·H·霍兰. 适应性造就复杂性[M]. 周晓,韩晖译. 上海:上海科技教育出版社,2000.

[2] 葛永林,徐正春. 论霍兰的 CAS 理论——复杂系统研究新视野[J]. 系统辩证学学报,2002,10(3):65-67+75.

[3] 廖守亿,戴金海. 复杂适应系统及基于 Agent 的建模与仿真方法[J]. 系统仿真学报,2004,16(1):113-117.



(上接第 118 页)

[18] Pan W,Tartakovsky A M. Dissipative particle dynamics model for colloid transport in porous media[J]. Advances in Water Resources,2013,58:41-48.

[19] 孙慧敏,殷宪强,王益权. 介质粗糙度和铅污染对粘土矿物胶体运移的影响[J]. 农业环境科学学报,2012,31(12):2361-2366.

[20] 张战平,朱广伟,孙小静,等. 水动力扰动作用对太湖水体胶体相痕量金属浓度影响的模拟[J]. 环境科学学报,2008,28(8):1674-1680.

[21] 胡俊栋,鞠莉,寇小明,等. 几种物理因素对四氧化三铁纳米颗粒在有机质存在条件下的饱和多孔介质中迁移滞留行为的影响[J]. 农业环境科学学报,2010,29(10):2017-2024.

[22] 褚灵阳,汪登俊,王玉军,等. 不同环境因子对纳米羟基磷灰石在饱和填充柱中迁移规律的影响[J]. 环境科学,2011,32(8):2284-2291.

[23] Tian Y,Gao B,Ziegler K J. High mobility of SDBS-dispersed single-walled carbon nanotubes in saturated and unsaturated porous media[J]. Journal of Hazardous Mate-

[4] 龚艳萍,陈艳丽. 企业创新网络的复杂适应系统特征分析[J]. 研究与发展管理,2010,22(1):68-74.

[5] 欧阳明,龚萍. 复杂适应性系统视野下的泛在学习[J]. 中国教育技术装备,2011(24):3-5.

[6] 徐士忠. 漳河上游水事纠纷的现状、存在问题与对策研究[J]. 海河水利,2007(2):10-13.

[7] 宣云干,朱庆华. 基于复杂适应系统理论的网络信息生态分析[J]. 情报科学,2009,27(6):914-918.

[8] Liang W Y, Huang C C. Agent-based demand forecast in multi-echelon supply chain[J]. Decision Support Systems, 2006,42(1):390-407.

[9] 汤长保,吴应宇. 复杂适应系统视角下的商业银行与中小企业关系演进研究[J]. 软科学,2010,24(11):113-118.

[10] 肖义. 基于 Minimax 漳河流域水资源公平配置[J]. 价值工程,2012,31(31):278-280.

[11] 牛文娟,王慧敏. 基于遗传算法的水资源复杂适应配置研究[J]. 水利经济,2007,25(5):8-10+16.

[12] 敬正书. 关于解决漳河上游水事问题的调查报告[J]. 中国水利,2002(5):7-10.

[13] 龚艳萍,陈艳丽. 企业创新网络的复杂适应系统特征分析[J]. 研究与发展管理,2010,22(1):68-74.

[24] Tian Y,Gao B,Wang Y,et al. Deposition and transport of functionalized carbon nanotubes in water-saturated sand columns[J]. Journal of Hazardous Materials,2012,213:265-272.

[25] Cheng T,Saiers J E. Colloid-facilitated transport of cesium in vadose-zone sediments:The importance of flow transients[J]. Environmental Science & Technology,2010,44(19):7443-7449.

[26] Ranville J F,Chittleborough D J,Beckett R. Particle-size and element distributions of soil colloids[J]. Soil Science Society of America Journal,2005,69(4):1173-1184.

[27] 陈星欣,白冰,闫瑜龙,等. 悬浮颗粒的浓度对其在饱和多孔介质中迁移和沉积特性的影响[J]. 岩土力学,2012,33(8):2343-2348.

[28] Zamani A,Maini B. Flow of dispersed particles through porous media-deep bed filtration[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering,2009,69(1):71-88.