



## 人水关系的和谐论研究\*

文 / 左其亭 毛翠翠

郑州大学水科学研究中心 郑州 450001



中国科学院

**【摘要】** 在分析人水关系概念内涵及和谐问题基础上,简要介绍了和谐论及其主要理论方法,提出了人水关系的和谐论理论方法研究框架。指出需要从人水关系的本质出发,结合和谐论的基本概念及蕴涵的辩证唯物主义哲学思想,探讨人水关系的和谐论机理,并在以往人水和谐研究的基础上,通过人水关系的系统模拟、和谐评估、和谐调控研究,建立一套人水关系的和谐论理论方法。最后以河南郑州市为例,进行实例应用。为人水关系研究及和谐论的发展与应用奠定基础。

**【关键词】** 人水关系 和谐论 人水和谐 和谐评估 和谐调控

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3045.2012.04.010

### 1 引言

水是生命之源,是人类生存和发展的重要物质基础。但是,随着人口增长,人类对水资源的需求日益增加,对水环境的影响也越来越大。不断加重的水危机(包括缺水危机、洪涝灾害、水环境危害等)威胁到人类生存和发展,影响到全球社会安全<sup>[1]</sup>。在我国,水资源总量丰富但人均占有量少,属于世界

上的贫水国。据计算,我国多年平均水资源总量为2.8万亿 $\text{m}^3$ ,目前人均水资源量约为2200 $\text{m}^3$ (约为世界平均值的1/4),预测到2030年人均水资源量将降至1760 $\text{m}^3$ <sup>[2]</sup>。如何科学合理地开发利用水资源,有效解决人与水之间出现的矛盾,协调好人水关系,实现人与水和谐相处,已成为全人类共同关注的问题。

\* 基金项目 国家自然科学基金(51079132和50679075)、教育部社科研究基金规划基金项目(10YJAZH027)、高等学校博士学科点专项科研基金资助课题(20094101110002)

收稿日期 2012年4月17日

人水关系研究,是当今国际水文水资源学科、环境学科、人文学科交叉研究的学科前沿问题,也是全球及区域水资源可持续利用重大理论实践面临的难题。目前关于人水关系的研究内容包括概念与内涵研究、作用机理及影响研究以及模型与方法研究等方面<sup>[3-6]</sup>,主要涉及社会、经济、生态等多方面,包括对它们之间的联系及相关性进行描述和分析。除此之外,还有一些关于人水系统的综合研究,如人水和谐、人水博弈等<sup>[7-11]</sup>。但是,还没有形成系统的“人水关系”概念,并且以往对于人文系统与水系统之间关系的研究多是采用定性或半定量分析,而量化研究成果较少。

当前,国际水文水资源研究总的需求是,不能单纯就水论水,而是把水资源变化及其引起的生态系统变化放在流域、区域乃至全球变化系统,从自然、社会、经济多方面相互联系和系统综合的角度开展研究<sup>[12]</sup>。因此,本文在分析人水关系概念内涵及和谐问题基础上,归纳总结和谐论理论方法,通过人水关系的作用机理探讨、系统模拟、和谐评估、和谐调控研究,构建人水关系的和谐论研究框架。

## 2 人水关系及其和谐问题

### 2.1 人水关系的概念与内涵

人水关系是指人(指人文系统)与水(指水系统)之间复杂的相互作用关系。人水关系中的人文系统和水系统之间从根本上来说是对立统一的辩证关系,二者既相互影响、相互联系,又相互冲突、相互竞争,是一种有冲突的和谐<sup>[13]</sup>。所谓人文系统,指以人类发展为中心,由与发展相关的社会发展、经济活动、科技水平等众多因素所构成的系统。所谓水系统,指以水为中心,由水资源、生态环境等因素所构成的系统。人水系统是以水循环为纽带,将人文系统和水系统联系在一起,组成的一个复杂大系统。

人水系统涉及水与社会、水与经济、水

与生态等多方面,需要在包含与水有关的社会、经济、地理、生态、环境、资源等方面及其相互作用的复杂大系统中进行研究。在人水系统中,既包含以蒸发、降水和径流等方式进行的周而复始的自然水循环过程,又包含受人类活动影响作用的社会水循环过程。因此,在人水系统定量化研究中,需要在利用水循环的规律、实验手段和模型方法的同时,考虑把经济社会发展内在规律的研究成果代入到水系统研究中,真正实现人水系统的耦合研究<sup>[14]</sup>。

现实的人文系统与水系统存在密不可分的关系。水系统是人文系统构成和发展的基础,制约着人文系统的具体结构和发展状况。可利用水资源是复杂大系统运转的基本支撑条件,然而,它有限的承受能力迫使人们不能过度利用。人文系统反作用于水系统,人文系统不同发展模式可以使水系统朝着良性或恶性等不同状况发展。经济社会系统的调节,将直接或间接影响水系统的正常运行,只有对水资源采取开发与保护并重的举措,才能走人水和谐的道路。

### 2.2 人水关系的和谐问题

伴随着日益严峻的水问题,人水和谐思想愈来愈受到人们的重视。前水利部长汪恕诚在1999年第一次提出人与自然和谐共处,2001年,人水和谐思想被纳入现代水利的内涵和体系;2004年,中国水周活动主题为“人水和谐”;2011年中央



一号文件在针对水利改革发展的指导思想、目标任务和基本原则中提到,要坚持人水和谐这一原则。这都推动了人水关系和谐问题研究的发展。

人们在认识人中,需要用综合分析的思维方式看待人水关系的和谐问题,需要树立系统观点,弄清各子系统的特点以及各子系统之间的相互作用及影响。人水和谐就是坚持以人为本、全面、协调、可持续发展的科学发展观,解决由于人口增加和经济社会高速发展出现的洪涝灾害、干旱缺水、水土流失和水污染等问题,使人和水的关系达到协调的状态,使有限的水资源为经济社会的可持续发展提供久远的支撑,为构建和谐社会提供基本保障。它包含3方面的内容,即水系统自身的健康得到不断改善;人文系统走可持续发展的道路;水资源为人类发展提供保障,人类主动采取一些改善水系统健康,协调人和水关系的措施<sup>[15]</sup>。

### 3 和谐论理论方法介绍

和谐是为了达到协调、一致、平衡、完整、适应关系而采取的行动,和谐论是研究多方参与者共同实现和谐行为的理论和方法<sup>[16]</sup>。和谐论理论体系是以辩证唯物主义和谐思想为基本指导思想,用和谐论五要素描述和谐问题,以和谐度方程为定量刻画和谐问题的核心方法,和谐评估与和谐调控是和谐论的两个主要技术方法。

#### 3.1 和谐论的思想观念

和谐论是一种正确的、积极向上的、符合辩证唯物主义哲学思想的、能在处理社会、经济、政治、文化、宗教等问题上发挥积极作用的思想观点和观点,具有广泛的应用背景。其主要观点:①和谐的思想是和谐论的基石,提倡以和为贵的理念;②和谐论提倡理性地认识各种关系中存在的矛盾和冲

突,允许存在差异;③和谐论坚持以人为本、全面、协调、可持续发展的科学发展观,解决自然界和人类社会面临的各种问题;④和谐论关注人和自然界的唯物辩证关系,主张人类应主动协调好人与人的关系,这是协调人与自然关系的基础;⑤和谐论坚持系统的观点,提倡采用系统论的理论方法来研究和谐关系问题;⑥和谐论是研究多种多样关系的重要理论方法,为揭示自然界和人类社会的和谐关系奠定理论基础<sup>[16]</sup>。

#### 3.2 和谐论五要素

和谐论五要素是合理表达、定量描述和谐论的5个最基本要素<sup>[17]</sup>,主要包括:

(1)和谐参与者:就是参与和谐的各方,一般为双方或多方,称为和谐方;

(2)和谐目标:是指和谐参与者为了达到和谐状态所必须满足的目标。如果不满足这一目标,整个问题就不可能达到和谐状态。当然,达到这一目标只能说明有可能达到和谐状态。这是从和谐问题的整体出发,要求需要达到的状态;

(3)和谐规则:是指和谐参与者为了达到和谐目标所制定的一切规则或约束。为了实现和谐,必然要有一些规则或约束;

(4)和谐因素:是指和谐参与者为了达到总体和谐所需要考虑的因素;

(5)和谐行为:是指和谐参与者针对和谐因素所采取的具体行为的总称。

#### 3.3 和谐度方程

和谐度方程是定量评估和谐状态的基本方程,由统一度、分歧度、和谐系数和不和谐系数构建而成,能够非常客观、全面地表达和谐论的基本思想,是和谐论定量研究的基石<sup>[18]</sup>。

(1)单因素和谐度方程。某一因素(Fp)和谐度方程定义为:

$$HD_p = a_i - b_j \quad (1)$$



中国科学院



式中  $HD_p$  为某一因素  $F_p$  对应的和谐度  $a$  为统一度  $b$  为分歧度  $a, b \in [0, 1]$  且  $a+b=1$   $i$  为和谐系数, 反映和谐目标的满足程度, 由和谐目标计算确定  $i \in [0, 1]$   $j$  为不和谐系数, 反映和谐方对存在分歧现象的反对程度, 由分歧度计算确定  $j \in [0, 1]$ 。当  $HD_p < 0$ , 定义  $HD_p = 0$ , 则  $HD_p \in [0, 1]$ 。

(2) 多因素综合和谐度计算。如果和谐考虑多个因素, 需要在单一因素和谐度基础上计算综合和谐度, 计算方法有两种, 一种是加权平均计算, 一种是指数权重加权计算。

### 3.4 和谐评估及和谐调控

(1) 和谐评估。和谐评估是用于评估和谐参与者所处的状态和谐程度水平。通过评估, 可以反映出总体和谐程度、所处的状态和水平以及时空变化规律, 为和谐问题评价、寻找和谐策略提供依据。

和谐评估有两种不同的评估思路: 一是和谐评价方法, 主要是通过建立和谐度方程, 计算得到不同和谐问题的和谐度, 以此作为定量评估和谐程度的依据; 二是多指标综合评价方法, 通过建立一套指标体系, 采用综合评价方法, 来综合评估其和谐程度。

(2) 和谐调控。和谐调控就是在和谐评估的基础上, 针对具体问题为了达到和谐状态而采取的具体调控措施。和谐调控的主要内容, 就是以和谐问题为研究对象, 以提高和谐度为主要目标, 通过和谐调控方法 (如和谐调控模型), 得到满足和谐目标的和谐行为。

和谐调控有简单思路和复杂思路两种。简单思路就是按照和谐度大小先选择和谐行为集, 再根据对和谐度的要求确定和谐行为集, 据此确定满足要求的调控措施, 即和谐行为集优选方法。复杂思路就是通过建立和谐调控模型, 得到最优和谐方案, 以此作为满足要求的调控措施, 即基于和谐度方程的优化模型方法。

## 4 人水关系的和谐论理论方法

针对人水关系的和谐论理论方法研究的主体思路是, 以人水系统为研究对象, 在人水关系的作用机理研究基础上, 对人水关系进行系统模拟, 然后通过人水关系的和谐评估研究量化人水关系的和谐程度, 最后构建人水关系和谐调控优化模型, 进行人水关系的和谐调控研究, 为决策者提供量化结果以进行方案拟定, 实现水资源合理开发利用、经济社会可持续发展、生态环境保护。图1为人水关系的和谐论研究内容体系, 主要包括: 人水关系的作用机理、系统模拟、和谐评估、和谐调控4个部分。

### 4.1 人水关系的作用机理

对人水关系的研究对象——人文系统和水系统之间的和谐本质进行深层次的分析, 从唯物主

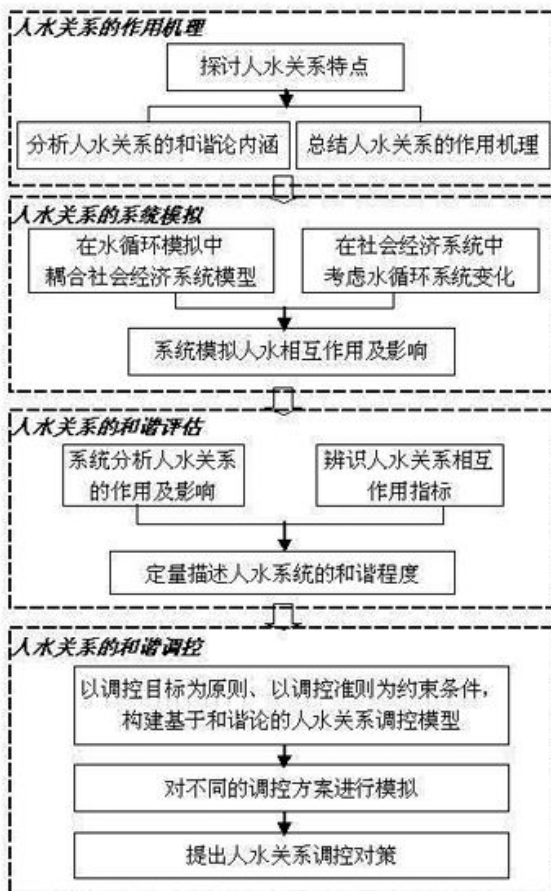


图1 人水关系的和谐论研究内容体系

义自然辩证法的观点出发,分析人水之间存在怎样的和谐关系,论证和谐论思想是否可以引导调控人水关系,探讨人水关系的和谐作用机理。

#### 4.2 人水关系的系统模拟

人水关系的系统模拟研究,是把人文系统与水资源系统耦合的复杂系统看作一个复合系统,即人水系统,实现从系统角度模拟人水相互作用关系。从水文学、生态学、地理学角度,建立水资源系统模型;从经济学、社会学角度,建立社会经济系统模型,将二者放在一起进行耦合,建立一个能反映经济社会系统变化、水资源系统变化以及生态系统变化的耦合模型,以对人水关系系统进行模拟。主要需要考虑在水系统(自然水循环、社会水循环)模拟中,如何把社会经济系统模型耦合进来,在社会经济系统的发展规划、变化预测、宏观调控中如何实时定量考虑水循环系统变化带来的影响与反馈作用。

人水关系的系统模拟方法研究,可采用嵌入式系统动力学模型<sup>[12]</sup>,它是对传统系统动力学的有益改进,即提出嵌入专业模块方程(M方程)的思路,来解决人文系统与水资源系统模型的耦合问题。该方法既保留了系统动力学适合研究非线性复杂系统的特有优势,特别是经济社会系统,又能利用所研究对象已有的专业成果,除了包括一般系统动力学的状态变量方程(L方程)、速率方程(R方程)、辅助方程(A方程)外,还增加了一些其他专业模块,如水文模型模块、水库调度模块、河道演进模块、水资源管理模块、优化调度模块等。

#### 4.3 人水关系的和谐评估

由于人水关系研究的对象是十分复杂的人文系统和水系

系统,表征人水关系水平或状态的指标很多,大致可以划分为4大类:社会指标、经济指标、水资源指标、生态环境指标。在众多的指标中,如何说明单个指标在表征人水关系水平中的作用?如何综合表达人水系统的作用水平及人水关系状态?这就需要以人水系统为研究对象,分析人水关系的相互作用本质,确定人文系统与水资源系统相互影响的主导因素及影响人水综合系统的主要因素,基于和谐论对人水关系的和谐程度进行量化研究。

人水关系的和谐程度评估方法可采用人水和谐量化理论中的单指标量化、多指标综合、多准则集成方法构建人水关系和谐评估模型。①单指标量化方法,可划分若干个等级,并制定相应的等级划分细则,定性指标采取可通过相应等级划分,采取打分调查法获得,定量指标采取分段线性隶属度函数量化描述方法;②多指标综合方法,由于反映人文系统、水资源系统及其所涉及的社会指标、经济指标、水资源指标、生态环境指标很多,可以采取多种方法综合考虑这些指标,以定量描述它们的状态,如模糊综合评价方法、多指标集成方法等;③多准则集成方法,人水关系的和谐程度评估计算要考虑把人文系统发展状态与水资源系统发展状态揉和



中国科学院

在一起,量化人水关系水平或状态,其中权重的确定采用层次分析法与变权法相结合的方法。

#### 4.4 人水关系的和谐调控

在人水关系的作用机理分析、系统模拟及和谐评估量化研究的基础上,具体分析影响人水关系调控的主要因素,确定人水关系的调控目标、调控准则、调控指标及调控方向,构建基于和谐论的人水关系调控模型。主要是如何针对不同的人水关系进行调控,在构建调控模型时,考虑如何对其调控目标进行优化?如何调整调控准则?如何对选取的调控指标进行量化?如何量化选择调控方案?以达到优化改善人水关系的目的,使人水关系朝着人水和谐状态发展。

人水关系的和谐调控优化模型是基于一般优化模型构建的,以人水关系的和谐程度最大为人水关系的调控目标,同时考虑将人文系统及水系统健康发展作为调控准则,将表征人文系统、水系统的状态指标(如区域人口密度、人均GDP、万元工业产值用水量、灌溉用水定额、水系的连通性、河段水质类别满足率、河道径流满足率等)作为调控指标,根据不同的人水关系,提出不同的调控目标、调控准则及调控指标,调控目标可以是单一目标、双重目标、多目标、综合目标、集成目标或者是整体目标,充分协调水资源开发利用过程中方方面面的关系,同时防止水资源短缺、水环境污染等问题的出现,得到不同人水关系水平下的调控方案,最终达到优化人水关系、促进人水和谐目标的实现。

#### 5 应用举例

郑州市是河南省省会,是全省政治、经济、文



化、科技、商贸中心,地处中原腹地,为全国重要的交通、通讯枢纽。郑州市2005年末,总人口716.0万人,国内生产总值为1 660.6亿元,工业总产值为2 411.5亿元,农业总产值126.2亿元。按照2005年人口计,郑州市人均水资源占有量 $187.77\text{m}^3$ ,是全省人均水资源占有量 $405\text{m}^3$ 的46.4%,人均占有量不足全国人均水资源占有量 $2 700\text{m}^3$ 的6.95%,属于严重缺水地区<sup>[15]</sup>。

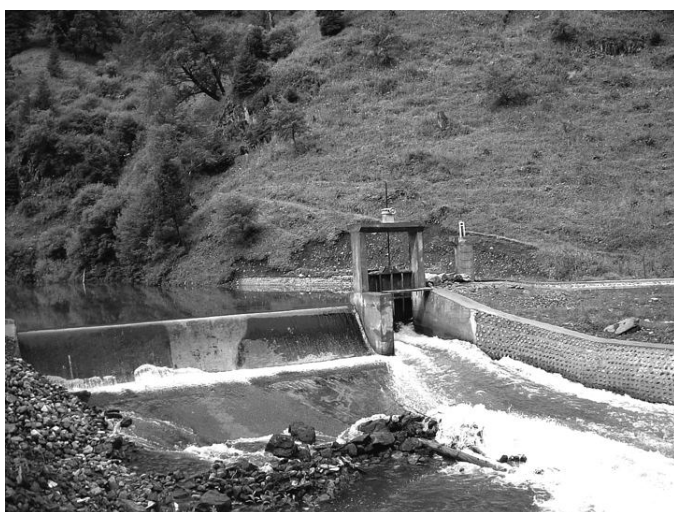
(1)人水关系和谐程度评估<sup>[9]</sup>。根据郑州市的特点,选定三大类共20个指标,作为郑州市人水关系和谐程度量化指标,采用人水和谐量化方法,对郑州市2000—2005年的人水和谐程度进行评价,结果如表1所示。从计算结果来看,人水和谐程度总体呈波动性上升趋势,由和谐度0.4左右逐渐上升到0.5左右;人文系统的发展度逐步提高,人文系统和水系统协调状况明显改善和提高,促成了郑州市人水和谐度稳中有升。

(2)人水关系和谐调控优化模型<sup>[16]</sup>。以郑州市为例,构建一个复杂的非线性、多水源、多用户的人水关系和谐调控优化模型。以人水和谐为目

表1 郑州市人水和谐度计算结果及和谐等级一览表

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005
和谐度	0.4099	0.4109	0.4726	0.5477	0.5260	0.5255
和谐等级	较不和谐	较不和谐	较不和谐	较不和谐	较不和谐	较不和谐





库引水,提高了水资源利用效率,人水和谐状况得到极大改善,有利于水资源可持续利用,人水和谐状态达到和谐层次,和谐度值达到0.92。与2020年相比,2030年的供需矛盾较为紧张,可调节的余地较小,实施陆浑水库西水东进工程并逐步增加引水量是其有效方法,通过水资源优化配置,使水资源得到合理分配和充分利用,人水和谐状态达到和谐层次,和谐度值达到

标,要求人水和谐度HWHD值达最大,确定目标函数。约束条件包括健康准则约束、发展准则约束、协调准则约束、供水系统的供水能力约束、输水系统的输水能力约束、用水系统的供需变化(缺水率)约束、排水系统的水质约束、经济效益约束、经济社会系统结构关系约束、水资源-生态系统结构关系约束、非负约束、其它约束(投资约束、风险约束、地下水位最低约束等)。

到0.95。

(3)应用效果说明。以75%频率为例,通过人水关系和谐调控分析,得出2005年、2010年、2020年、2030年郑州市几个主要指标的变化趋势:①和谐度值得到很大程度的提高,最后接近和谐状态,说明通过和谐调控获得的效果非常显著;②在实施节

表2 郑州市人水和谐调控计算结果一览表

年份/频率	50%频率	75%频率	95%频率
2010年	0.80	0.79	0.79
2020年	0.92	0.92	0.92
2030年	0.95	0.95	0.95

调控结果如表2所示,75%频率下,郑州市和谐度值得到很大程度的提高,主要是把全区水资源看成一个统一系统,通盘考虑,通过水资源合理调配,能够达到供需平衡和人水和谐目标。2005年和谐度值比较低,到2010年提升速度比较快,5年时间从0.5提升到0.79,接近和谐状态。针对2010年状况,合理分配好黄河水、污水回用水,是分区间合理调配的重点。在2020年,实施了一系列措施,特别是实施从陆浑水





流的同时,有效实施了开源,主要包括南水北调工程向郑州市供水、陆浑水库西水东进工程、污水回用、引黄工程、雨水利用等,使郑州市分配的水量不断增加,从2005年引用水量158 941万方,增加到2010年分配水量194 065万方,2020年分配水量228 490万方,2030年分配水量256 645万方;③在实施一系列调控措施后,社会经济规模得到一定程度的扩大,人口从715.99万人,增加到2030年1 121.28万人,GDP从1 638.4亿元,增加到2030年9 955.1亿元。人口变化是稳步增长,经济规模呈指数增加。这一系列结果表明,人水关系的和谐论研究的实践性以及其人水关系和谐调控模型的实际可操作性与可靠性。

## 6 基于和谐论的人水关系调控策略

通过本文的分析,和谐论是定量分析人水关系的重要理论基础,并可广泛应用于水资源的开发、利用、管理和保护工作中。以和谐论的视野分析,人水关系调控策略需要考虑和谐参与者之间要加强合作,达到和谐;以实施最严格的水资源管理制度,保障水资源可持续利用,经济社会可持续发展为和谐目标;以建立水权制度和水市场,实现水资源优化配置为和谐规则;以供需管理并重,需水管理为主为和谐行为;以节流优先,保护同步为和谐因素<sup>[19]</sup>。

因此,从和谐论的观点出发,对人水关系进行调控时,在考虑水利工程的兴建带来的经济效益同时,更要考虑到水量的变化对水质、水环境的影响;不仅要考虑经济发展,更要注重水污染与水体的自净能力是否相适应;加强供水管理,更要加强需水管理,以水定产、以水定规模、以水定需,合理布置产业布局;在水资源节约与保护方面,不仅要开源,更要注重节流,积极发展高效节水产业。通过工程技术、管理体制、经济手段等多种措施,实现人文系统与水资源系统相互作用的综合平衡以及人水系统的和谐发展。

### 主要参考文献

- 1 左其享,高丹盈.人水和谐量化理论及应用研究框架.高丹盈,左其享.人水和谐理论与实践.北京:中国水利水电出版社,2006:1-5.
- 2 钱正英,张光斗著.中国可持续发展水资源战略研究(综合报告及各专题报告).北京:中国水利水电出版社,2001.
- 3 Falkenmark M. Water Management and Ecosystems Living with Change. Global Water Partnership, 2003.
- 4 Matti Kummu. Water management in Angkor: Human impacts on hydrology and sediment transportation. Journal of Environmental Management, 2009, 90: 1413-1421.
- 5 王浩,龙爱华,于福亮等.社会水循环理论基础探讨I:定义内涵与动力机制.水利学报,2011,42(4):379-387.
- 6 Cüneyt Gül, Mehmet Ali, Musa Alpet et al. Assessment of the impact of anthropogenic activities on the groundwater hydrology and chemistry in Tarsus coastal plain using fuzzy clustering, multivariate statistics and GIS techniques. Journal of Hydrology, 2012, 414: 435-451.
- 7 钱正英,陈家琦,冯杰.人与河流和谐发展.河海大学学报(自然科学版),2006,34(1):1-5.
- 8 祁正卫.论人与自然和谐中的人水关系.中国水利,2007(16).
- 9 左其享,张云,林平.人水和谐评价指标及量化方法研究.水利学报,2008,39(4):440-447.



- 10 Kaveh Madani. Game theory and water resources. Journal of Hydrology 2010 381 225-238.
- 11 Najmeh Ma ,Mojtaba Ar. A game theoretic approach for interbasin water resources allocation considering the water quality issues. Environmental Monitoring and Assessment 2010 167 527-544.
- 12 左其亭.人水系统演变模拟的嵌入式系统动力学模型. 自然资源学报 2007 22(2) 268-273.
- 13 左其亭 赵春霞.人水和谐的博弈论研究框架及关键问题讨论.自然资源学报 2009 24(7) :1315-1324.
- 14 左其亭.和谐论的数学描述方法及应用. 南水北调与水利科技 2009 7(4) :129-133.
- 15 左其亭 张云著.人水和谐量化研究方法及应用.北京:中国水利水电出版社 2009.
- 16 左其亭著.和谐论 理论·方法·应用.北京 科学出版社 2012.
- 17 左其亭.和谐论的数学描述方法及应用. 南水北调与水利科技 2009 7(4) :129-133.
- 18 左其亭.和谐论及其应用的关键问题讨论. 南水北调与水利科技 2009 7(5) :101-104.
- 19 郭丽君 左其亭.从和谐论看水资源开发利用战略. 水资源与水工程学报 2010 21(4) 81-85.

## Research on the Harmony Theory Method of Human-water Relationship

Zuo Qiting Mao Cuicui

(Center for Water Science Research Zhengzhou University 450001 Zhengzhou)

**Abstract** The research framework about the Harmony Theory for human-water relationship is proposed after a brief introduction to the Harmony Theory on the basis of analyses about connotation and harmonious questions of human-water relationship. This paper points out that the harmony mechanism of human-water relationship needs to be discussed from its nature and combination with the basic concept and implication of dialectical materialism philosophy in the Harmony Theory. Then, based on the past study of human-water relationship, the Harmony Theory method of human-water relationship is established by the system simulation, the harmony assessment and the harmony regulation. Finally, the approaches proposed in the research are applied in Zhengzhou City of Henan province. This paper aims to be helpful for future research on human-water relationship and the development and application of harmony theory.

**Keywords** human-water relationship, the harmony theory, human-water harmony, harmony assessment, harmony regulation

左其亭 郑州大学水科学研究中心主任,教授,博士生导师。水利部建设项目水资源论证专家、宝钢优秀教师奖获得者、河南省优秀中青年骨干教师、河南省优秀青年科技专家。主要从事水文水资源与水环境的教学和研究工作。主持研究课题52项,出版学术专著12部,发表学术论文206篇。E-mail: zuoqt@zzu.edu.cn; zuoqiting@163.com



中国科学院