

DOI:10.13476/j.cnki.nsbdtk.2022.0001

左其亭. 水科学的核心与纽带:人水关系学[J]. 南水北调与水利科技(中英文), 2022, 20(1): 01-08. ZUO Q T. The research core and nexus of water science: Human-water relationship discipline[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2022, 20(1): 01-08. (in Chinese)

水科学的核心与纽带——人水关系学

左其亭^{1,2}

(1. 郑州大学水利科学与工程学院, 郑州 450001; 2. 郑州大学水科学研究中心, 郑州 450001)

摘要:在对水科学、人水关系学分析的基础上,从水科学的 10 个分支中的人水关系研究出发,论述人水关系学研究是水科学的核心与纽带这一论断。同时,针对跨流域调水工程论证、大江大河干流水利枢纽建设、洪涝与干旱灾害防治、跨界河水分水 4 个焦点问题,基于人水关系学视角,探讨这 4 个问题存在的误区及解决途径,为类似复杂问题的解决提供一种新思路。

关键词:水科学;人水关系学;人水关系;人水系统;学科体系

中图分类号:TV214 文献标志码:A 开放科学(资源服务)标志码(OSID):



水是人类生存和发展不可或缺的一种宝贵资源,伴随着社会发展,人与水的关系也越来越复杂。研究水的科学知识历史悠久且非常广泛,既有从自然科学角度的研究,也有从社会科学角度的研究,是一个典型的多学科交叉研究领域,统称其为水科学。有关水科学、人水关系的研究内容非常广泛,可以粗略地把与水有关的所有内容都归结为水科学研究内容,把处理人与水的一切事务归结为人水关系研究。迄今为止,关于水科学学科体系的专门论述比较少,笔者在文献[1]中系统地论述了水科学的学科体系及研究框架,提出了水科学的 10 个研究领域;早期也有一些学者对水科学概念的讨论,比如陈家琦^[2]探讨了水科学的内涵及其发展动力。相对地,针对人水关系的论述较多,但真正作为一个学科进行建设则出现较晚,笔者在文献[3]中第一次提出人水关系学的概念及学科体系,在文献[4]中详细论述了人水关系学的基本原理及理论体系。另外,目前针对水系统^[5]、人类活动对水系统影响^[6]、水系统对人类的反作用或对人类活动的响应^[7]以及人水关系^[8]等领域的研究成果比较多,但基于人水

关系学视角来研究水科学难点问题则比较少见。本文在前期研究成果的基础上,分析相关研究文献和实例,分析人水关系学研究是水科学的核心与纽带,并选择几个典型的水问题,从人水关系学视角阐述其解决途径。

1 水科学与人水关系学的关联

1.1 水科学概述

最近 20 多年来水科学这一概念在社会各应用非常广泛,这对水科学的宣传和普及起到非常重要的作用。为了深入研究和促进学科发展,需要对水科学的概念和学科体系进行研究。

笔者^[1]于 2011 年提出,水科学是研究水的物理、化学、生物等特征,分布、运动、循环等规律,开发、利用、规划、管理与保护等方法的一门学科,具有复杂的知识体系,并把水科学表达为水文学、水资源、水环境、水安全、水工程、水经济、水法律、水文化、水信息、水教育等 10 个方面的集合。从这一界定来看,水科学由 10 个分支学科组成,研究内容可分 3 个层面,一是水的物理、化学、生物等基础研究,

收稿日期:2021-09-03 修回日期:2021-12-13 网络出版时间:2022-01-10

网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1430.TV.20220110.1043.002.html

基金项目:国家重点研发计划项目(2021YFC3200201);河南省重大公益性科技专项(201300311500)

作者简介:左其亭(1967—),男,河南固始人,教授,博士,博导,主要从事水文学及水资源研究。E-mail:zuoqt@zzu.edu.cn

二是水的分布、运动、循环等规律研究,三是水的开发、利用、规划、管理与保护等人水关系研究。

自 2011 年提出水科学学科体系以来,水科学 10 个方面组成的学科体系得到广泛应用和普遍认可。自 2013 年以来,每两年出版一本《中国水科学研究进展报告》,至 2021 年已出版 5 本;自 2007 年以来,每年举办 1 届水科学发展论坛,至 2021 年已成功举办 15 届,并举办多次相关的专题研讨会、学术讲座和论坛。这些工作对系统总结水科学研究进展、探讨水科学与实践问题、传播水科学知识都具有重要意义。

1.2 人水关系学概述

人类自一出现就与水打交道,早期主要为了生活用水、躲避洪水。随着社会进步,人类开始生产用水,利用水利工程开发利用水,同时治理水灾害的能力也在不断提升。再后来,人类改造自然的能力越来越强,人水关系越来越密切。可以说,人类发展的历史,也是人类开发利用水的历史,也是处理各种人水关系发展进步的历史。

关于人水关系的研究,在水科学领域无处不在,但一直没有形成自己的学科体系。笔者于 2021 年在文献[3]中提出了人水关系学的概念及学科体系,给出人水关系学(human-water relationship discipline)概念的定义,人水关系学是尊重水系统自然规律与经济社会发展规律,借鉴水科学理论和多学科方法,来研究人水系统的作用机理、变化过程、数学模拟、科学调控、政策制度等理论方法,并运用这些理论方法为人类科学认识人水关系、应对水问题、制定水策略服务的一门交叉学科。此后,国内学者开始思考和讨论人水关系学研究更具一般性和理论性问题,包括,人水关系学的基本原理及理论体系、主要研究方法、应用实践等。这些内容以前可能分散于水科学的许多分支中,需要一些深入研究,不断提升出来,专门用于指导人水关系研究。

1.3 人水关系学研究是水科学的核心与纽带

人水关系学研究贯穿整个水科学,是水科学的核心内容,也是其重要的纽带,这个纽带把社会科学与自然科学联系起来,把水科学的 10 个分支学科联系起来。水科学与人水关系学的关联以及人水关系学研究的核心和纽带地位表述见图 1。

从水科学与人水关系学的起源来看,都源于对水的利用,重点都是在认识人水关系,通过一定的行为来改善人水关系。人类从早期开始观察水、认识水的特性与规律,慢慢开始用于开发利用水、防治水

害。因此,水科学的研究起源要比人水关系学的早些。从二者的研究对象来看水科学针对一切水以及与水有关的一切内容开展研究,其中的主要对象是“水与人”;人水关系学研究的对象是人水系统,包括“水与人”相关的一切内容。因此,水科学的研究对象要比人水关系学的范围大些。从二者的研究内容来看,水科学的 10 个分支学科中广泛存在人水关系研究实例,甚至一个复杂的人水关系研究实例贯穿多个分支学科。因此,水科学的研究内容与人水关系学的研究内容是复杂的交叉关系,人水关系学贯穿水科学 10 个分支学科,成为其交叉融合的纽带。

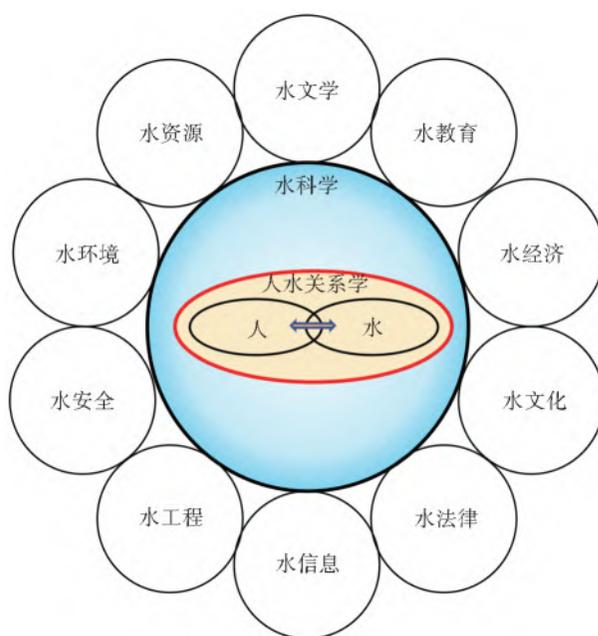


图 1 水科学与人水关系学的关联

Fig. 1 The relationship between water science and human-water relationship discipline

2 水科学 10 个分支中的人水关系研究

水文学研究。水文学的研究内容按照其研究对象可以分为两大类:一类是自然水循环过程及相关内容;一类是人类活动参与下的社会水循环过程及相关内容。除一部分纯理论或机理研究外,大部分是研究人类活动参与下的水循环过程及相关内容。可以说,在水文学中涉及人水关系的内容比比皆是,只是多数情况下没有把人水关系内容专门拿出来进行突出研究,而是自觉或不自觉地涉及人水关系问题。比如,水利工程建设对水文系统的影响作用研究,这方面的成果很多,包括各种工程建设对水文系统的影响作用^[9];再比如,城市化建设导致的水文过程的变化,相关研究也很多^[10]。

水资源研究。水资源是人类生存和发展不可或

缺的一种资源,水资源研究广泛涉及人类生存和发展的方方面面,水资源的开发、利用、规划、管理等各种行为都有人的参与,都可看作是处理人水关系,是人水关系学研究范畴。比如,修建兴利水库、引水渠、供水工程等开发利用水资源,通过工程建设调整人水关系,为了让人类更好地利用水资源;修建防洪堤、建设蓄滞洪区、疏浚河道等防洪工作,通过调整人水关系,防御洪水对人类的伤害。还有一些更复杂的人类活动行为影响下的水资源研究,也是在探讨人水关系问题,包括研究人类行为经济与自然过程作用下的水资源系统模型^[11]等。

水环境研究。水环境研究的内容可以分为三大类:第一类是针对水系统环境特征的研究;第二类是针对水污染治理的研究;第三类是针对水环境保护的研究。第一类中部分研究是针对自然水系统的环境特征研究,大部分还是研究有人类活动参与的水系统环境问题。第二类和第三类研究绝大多数都有人的活动或参与,也正是因为人类活动带来水资源的消耗和水系统的污染,才促使人们研究水污染治理和水环境保护。水环境研究领域广泛存在人水关系的内容,比如研究引调水工程对水环境质量的影响^[12],是因为人类活动改变了水系统结构和特征,可能是改善水环境也可能是恶化水环境。

水安全研究。水安全是国家安全的重要组成部分,是实现经济社会可持续发展、生态文明建设、人与自然和谐共生的重要基础。从水安全的内涵来看,水安全的主体是水,客体是人类社会及相关各种活动。水安全实质是自然界水系统对人类社会及其相关活动的安全保障状态,因此水安全的特性反映了人水关系的状态。从这个角度看,水安全研究都可以纳入人水关系学研究中。这方面的实例举不胜举,包括研究高强度人类活动区人类开发利用水资源带来水安全变化,如灌区水安全问题^[13]等。

水工程研究。水工程研究的对象是关于水工程建设有关的前期论证、规划设计、施工安装以及建设后的运行管理等,其目标都是通过人类建设工程来改变人水关系,为人类获得更大的综合效益。因此,水工程研究属于人水关系学研究的一部分,只是偏重于水工程建设方面,包括通过水库建设、水库群运行来改善水系统和人水关系^[14]等。

水经济研究。水经济研究涉及与水有关的所有经济学内容,比如水利活动经济评价、水利产业经济、水价与水市场、工程运行经济管理、水工程投资

与概预算、投入产出计算、水电站(群)厂内经济运行、投资与回报等。这些都是人类参与下开展的经济活动,也可以界定为人水关系的经济学行为。比如,针对水电经济运行评价的研究^[15]就是运用经济学理论方法来研究人类开发利用水能资源问题,实现水能资源利用的经济效益最大化。

水法律研究。水法律研究涉及与水有关的所有法律、政策、制度、行政规章等内容,包括河流立法、与水相关的各种法律(水法、防洪法、水污染防治法、水土保持法)、行政法规和法规性文件(河道管理条例、防汛条例、抗旱条例、城镇排水与污水处理条例)以及用水权制度、河流分水方案、水法律理论及法律基础研究等,都是针对人水关系或人们对水开发利用的约束性法律问题。比如,对水权转让的法律问题研究^[16],需要清晰界定水权界限、制定水权在人(或单位集体)与人(或单位集体)转让程序规则等法律措施。

水文化研究。水文化研究涉及与水有关的文化领域,包括河流文化、河流水系变迁、科技文明史、水利史、水工程历史价值、水工程文化表象、生态环境历史变迁与治理文化以及水文化挖掘、诗歌、工具等,都是有人类参与或人类挖掘的文化形态。比如,针对历史水利工程的文化价值挖掘与传承等^[17]。

水信息研究。水信息研究涉及与水有关的所有信息监测、传输、储存、分析、模拟、预测、评价、管理、决策等内容,是水科学研究的重要信息源和信息分析工具,包括水信息遥感监测和各种观测技术研究、水信息数据挖掘、水信息应用实践、决策支持系统开发、智慧水利建设等,这其中包括大量与人水关系有关的信息。比如,基于多源信息融合诊断大坝安全并研发智能诊断系统^[18]。

水教育研究。水教育研究涉及与水有关的所有教育、宣传、交流等内容。大学和研究生水科学教育、水利办学的研究^[19]、中小学的水科普教育、水情宣传及公众科普读物传播、世界水日和中国水周宣传、水政策法律宣传等都是向公众普及水科学知识,为人水和谐关系的建立提供公众支持。

3 几个焦点问题的解决途径——基于人水关系学视角

3.1 跨流域调水工程论证问题

为了解决水资源空间分配不均、供需水矛盾,可以通过跨流域人工调水工程实现水资源空间再分配。调水工程古今中外都大量存在,如:我国早期的

邗沟工程、鸿沟工程、都江堰引水工程、郑国渠、灵渠等;国外如古埃及的尼罗河引水灌溉工程、现代的以色列北水南调工程等。

目前我国推行的国家水网建设,在一定程度上也是通过调水工程实现水系连通、水资源空间均衡。无论古代还是现代,通过调水工程使水资源优化分配,发挥水资源的最大效益,取得了瞩目的成就。当然,如果论证不充分,可能会带来规划设计和建设运行的重大问题。

3.1.1 存在的问题及难点

针对跨流域调水工程论证,常出现以下问题。

问题一:绝大多数论证工作都强调调水工程的必要性,忽视对不利地区的影响。如果主要从受益方来考虑,调水的必要性是肯定的。其难点在于:受益方的呼声较大,主要基于有利推论来做论证工作;不利方的呼声较弱,形成了不对称局面。一般是,先有受益方或政界学界对调水的提议,再有不利益方的反对,后者处于守势。

问题二:从专业论证或行业资助情况来看,没有或极少设立反方课题进行专门研究。尽管很多项目会有一些内容论述调水工程带来的影响,但相对其论证调水必要性来说,明显相对弱化。其难点在于:专业论证或行业资助的出发点从开始就偏向支持调水,反对方则支持渠道较少。

问题三:从个人、地区、部门利益出发,有一部分人长期致力于相关方面的研究、提议,甚至影响学术界和政府决策,而反对阵营常常难以形成长期、持续的声音。其难点在于:因为所处位置和立场不同,多数从有利于自己一方出发,难以客观、系统、科学地分析论证。

问题四:跨流域调水工程涉及面广,一般的研究深度和有限的经费支持难以从全局高度进行系统分析,有时还存在急迫上马的心态,从而做出实施调水的决策。其难点在于:因为论证的复杂性、艰巨性,可能在论证深度不足的情况下做出决策。

3.1.2 解决途径讨论

以上问题归根结底都可以认为是对人水关系认识方面存在不足。基于人水关系学视角,对应提出以下解决途径:

要从人水系统的总体来分析论证,特别要关注“小因素带来的大问题”。在论证调水工程必要性时,要重点论证其带来的不利影响以及解决途径,更多听取不利方的呼声,解决不利方的诉求。

要基于人水关系交互作用原理,从正面和负面两方面来分析论证。应专门设立反方科研项目,形

成学术讨论的两个阵营,通过讨论慢慢形成趋于一致的意见,有利于政府作出更科学的决策。

要基于人水系统论、人水博弈论的思维来独立、科学分析论证。在最终决策前政府部门不宜提出导向性意见,由科学技术界进行自由充分地论证,最好由第三方进行分析论证,主管部门不宜插手太多,防止以个人、地区、部门名义进行提议和宣传。

要坚持人与自然和谐共生的理念,科学论证。因为跨流域调水工程影响大、问题复杂、论证困难,要长期支持论证工作,贯穿人与自然和谐共生的理念,从全局高度系统分析论证,确保论据充分、科学,杜绝调水工程草率上马。

3.2 大江大河干流水利枢纽建设问题

人类为了更多地利用水资源和水能资源,从早期拦河取水,到现代大江大河拦河水利枢纽建设,为人类开发利用水资源和水能资源提供了便利,大大促进了经济社会的发展。随着人类建设能力的提升,拦河建设水利枢纽工程的规模也越来越大。比如,长江上的三峡水利枢纽、黄河上的小浪底水利枢纽等。

拦河水利枢纽的建设,把原本自然通畅的河流改造为由人类控制的、有限联系的河流连通。因为有高坝阻隔,下游鱼类难以洄游到上游,形成不可逆回的水力连通状态。因此,大型水利枢纽工程建设必然会带来自然水系统比较大的结构改变,这也是拦河筑坝建设受到反对和质疑的主要原因之一。但是,为了开发利用水资源,又需要进行大型水利枢纽建设。到底如何科学论证和选择,一直是个焦点问题。

3.2.1 存在的问题及难点

问题一:过于乐观,即积极主张在河流干流上修建骨干水利枢纽。认为筑坝拦截河流对某些生物特别是特殊鱼类的影响,可通过人工鱼道或人工放养等措施来解决。其难点在于:因为自然界的复杂性,人类对自然的认知非常有限。必须承认,人类的任何活动都是对自然界的扰动甚至破坏。那么,在什么阈值情况下可以允许这种扰动?很难给出答案。

问题二:过于消极,即因为骨干水利枢纽拦截河流,对水生态系统带来较大影响,因此就极力否决水利枢纽工程建设,没有看到自然界本身具有的自恢复功能和自适应能力。其难点在于:人类在生存和发展过程中在一定程度上必然要改造自然,自然界

本身对人类活动和气候变化有一定的适应能力,会从一种平衡状态转移到另一种平衡状态。那么,在什么条件下转移到的平衡状态是可接受的? 比较难以把握。

问题三:以人类需求导向为主。在工程规划和论证阶段,更多强调人类的需求,而对自然界的需求了解有限,甚至研究不深入,还存在较大偏差。其难点在于:如何寻找人类需求和自然界需求的一种平衡? 还存在较大困难。

3.2.2 解决途径讨论

要从人水关系的正面和负面两方面来分析论证。必须认识到人类对自然界的改造作用,既有有利方面,也有不利方面;尽可能地采取一系列措施,把不利方面降到最低,采用可以实施的措施来弥补对自然界的伤害,比如对洄游鱼类的影响。

要遵循人水系统自适应原理和平衡转移原理,努力使人水系统向良性方向转移。自然界具有一定的自恢复、自适应能力,在受到人类活动的作用后,在一定范围内可以再恢复,也可能逐渐形成一种新的平衡状态。拦河水利枢纽建设必然会带来河流水生态系统的变化,需要调控和论证其转变后的系统是可接受的。

要基于人水和谐论^[20],坚持人与自然和谐共生的理念来科学论证。实现人与自然和谐共生是新时代的重大需求,在论证是否建设水利枢纽工程时,要充分考虑自然界的需求,鼓励和支持一部分人站在自然界角度,与工程论证者对话。

3.3 洪涝与干旱灾害防治问题

洪涝与干旱是自然界非常常见的两种与水有关的灾害。从全球范围来看,洪涝和干旱现象时有发生,在一个地区干旱的同时可能伴随另一地区的洪涝,一个地区某一段时期干旱而在另一段时期又洪涝。

因为洪涝和干旱都会带来一定的损害,有时甚至是严重的人员伤亡灾害,所以人类在发展过程中也时常伴随着与洪涝、干旱的斗争,并积累了丰富的经验,但是在对待洪涝与干旱灾害态度方面一直存在一些问题。

3.3.1 存在的问题及难点

问题一:想完全控制或消除灾害,即遇到洪涝,就想尽一切办法要完全控制住洪水;遇到干旱,就穷尽手段进行抗旱。一般公众和不了解专业的官员有这个想法非常正常,但作为专业人士需要理性思考、科学应对。其难点在于:洪涝和干旱都是

普遍存在的自然灾害,人类不可能完全消灭自然灾害的存在。

问题二:把洪涝灾害、干旱灾害看成一个独立灾害事件来应对。实际上,洪水也是一种资源,可以利用;洪水过后可能就是干旱,洪水资源可以供干旱时期使用;为了抗旱,随意引水或开采地下水,可能带来水系统的破坏。这种破坏带来的影响可能远超出防灾带来的效益。其难点在于:洪涝和干旱都是水系统循环过程的一个节点,不是一个孤立事件。

问题三:把洪涝灾害、干旱灾害按突发灾害来应对。应对突发灾害的特点就是灾害来时加大应对力度,灾害去时则疏于防范。其难点在于:洪涝灾害、干旱灾害的应对既包括应急措施,其应对能力更涉及工程抗灾能力建设、预警预报、快速决策、紧急应对、抗灾救灾等系统性工作。

3.3.2 解决途径讨论

要从人水关系学基本理论出发,学会与洪涝、干旱打交道。对待洪水,首先应提升河湖水系防洪排涝能力,其次做好洪水预报预警、洪涝灾害紧急应对等工作,此外要学会避让洪水,适应洪水,给洪水以出路,与洪水共处。同样,在对待干旱问题上,首先应提高抗旱能力,其次做好干旱预报预警、干旱紧急应对等工作,此外应学会通过节水、改善农作物适应干旱品种、工业低耗水生产设备,来适应干旱。

要坚持人与自然和谐共生的理念,学会和谐并存。洪涝的本质是水太多,干旱的本质是水太少,二者似乎是对立的,实际上二者可能会在一个人水系统中交替出现。在遭遇洪涝灾害之后,可能会在不远的将来再遇到干旱缺水。因此,二者可以统筹调控,实现洪涝、干旱和谐并存。

要基于人水系统论的思维,构建一体化防灾救灾体系。防洪、抗旱是一个系统工程,首先应提升硬件能力,其次应加强防洪抗旱知识的科普教育,形成“政府指挥、部门主导、公众参与”的防灾救灾体系。

3.4 跨界河流分水问题

跨界河流是指跨越两个或两个以上行政区的河流,比如长江跨 11 个省区市、黄河跨 9 个省区。其中,跨越两个或两个以上的国家的河流又称为国际河流。因为一条河流的可利用水资源量是有限的,不同国家或行政区对水资源的需求不断增加,带来供需水矛盾、人类与自然界争水现象。一方面,这是

因为有限的水资源不能满足各个地区的用水需求,每个地区又都想获得更多的水资源,从而带来分水的困难。另一方面,分水问题又受到不同地区经济社会发展水平、科技实力、民族和政治等因素的影响,不是一个单纯的分水事宜。因此,跨界河流分水问题历来都是一个难题。以黄河分水为例,随着黄河流域9省区经济社会发展,对水需求不断增加,引用黄河水量急剧增长,导致20世纪80年代到90年代黄河断流,带来了严重的河流健康危机,1987年国家颁布实施了黄河分水方案(即黄河“八七”分水)。30多年之后,河流状态和外部条件发生非常大的变化,重新进行黄河分水势在必行,但因其难度太大,至今没有制定新的分水方案。

3.4.1 存在的问题及难点

针对跨界河流分水问题,常出现以下问题。

问题一:基于水资源供需分析,进行水资源优化分配,来计算确定河流分水量。总体思路正确,但实际操作很难进行。跨界河流分水涉及因素多,很难用统一的标准来计算,不能仅仅考虑水资源供需关系,也不可能完全按照水资源总体最大效益来优化确定。其难点在于:河流水资源是有限的,而各个地区都希望拥有更多的水资源,导致分水的困难性。如果按照各地区的用水需求,肯定不够分。

问题二:从某一有利角度,制定跨界河流特别是国际河流的分水方案。此种分水方案往往带来上下游紧张关系,最终导致河流开发的无序。在紧张的关系中,自然界用水需求容易被忽视,难以保障留有足够的水来满足河流生态环境与支撑河流健康。其难点在于:自然界用水需求与人类用水需求之间的矛盾、不同地区用水需求之间的矛盾都难以协调。国际河流分水除考虑用水的协调外,还涉及政治、经济、军事、外交和国际地位等方面,其分水问题显得更加复杂。

3.4.2 解决途径讨论

要基于人水系统论的思维来计算和确定跨界河流分水量。要综合考虑影响分水的多种因素,对比分析国内外已经执行的跨界河流分水方法,通过协调人与人之间的关系,采用大范围专家抽样打分的方法,制定分水计算方法和流程。

要基于人水和谐论树立和谐分水思想。采用和谐分水思路和计算方法,确保河流生态用水,实现人与自然和谐共生,协调好不同地区的关系、用水问题与经济社会以及其他因素的关系,实现和谐共处。

4 结语

本文分别从水科学的10个学科分支论述了人水关系学研究是水科学的核心与纽带,并且针对4个典型问题,包括跨流域调水工程论证、大江大河干流水利枢纽建设、洪涝与干旱灾害防治、跨界河流分水问题,从人水关系学视角来阐述其解决途径。

本文没有列举详细的计算实例,实际上目前很多文献已经有了相应的研究成果,比如,关于和谐分水的计算实例研究。欢迎广大读者针对本文提出的人水关系学研究思路和典型问题的解决途径进行讨论,以促进水科学与人水关系学的发展和完善。

参考文献(References):

- [1] 左其亭. 水科学的学科体系及研究框架探讨[J]. 南水北调与水利科技, 2011, 9(1): 113-117. (ZUO Q T. Discussion on discipline and research framework of water science system[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2011, 9(1): 113-117. (in Chinese)) DOI: CNKI: SUN: NSBD. 0. 2011-01-031.
- [2] 陈家琦. 水科学的内涵及其发展动力[J]. 水科学进展, 1992, 3(4): 241-245. (CHEN J Q. Connotation and motive force of water science[J]. Advances in Water Science, 1992, 3(4): 241-245. (in Chinese)) DOI: CNKI: SUN: SKXJ. 0. 1992-04-000.
- [3] 左其亭. 人水关系学的学科体系及发展布局[J]. 水资源与水工程学报, 2021, 32(3): 1-5. (ZUO Q T. Discipline system of human-water relationship and its development layout[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2021, 32(3): 1-5. (in Chinese)) DOI: 10. 11705/j. issn. 1672-643X. 2021. 03. 01.
- [4] 左其亭. 人水关系学的基本原理及理论体系架构[J]. 水资源保护, 2022, 38(1): 1-10. (ZUO Q T. The basic principle and theoretical system of human-water relationship discipline[J]. Water Resources Protection, 2022, 38(1): 1-10. (in Chinese)) DOI: 10. 3880/j. issn. 1004-6933. 2022. 01. 001.
- [5] 李秋菊, 李占玲, 王杰. 黑河流域上游径流变化及其归因分析[J]. 南水北调与水利科技, 2019, 17(3): 31-39. (LI Q J, LI Z L, WANG J. Variation and attribution of run of over the upper reaches of Heihe River basin[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2019, 17(3): 31-39. (in Chinese)) DOI:

- 10.13476/j.cnki.nsbdkq.2019.0057.
- [6] 崔豪,肖伟华,周毓彦,等.气候变化与人类活动影响下大河流域上游河流径流响应研究[J].南水北调与水利科技,2019,17(4):54-62.(CUI H,XIAO W H,ZHOU Y Y,et al.Run of responses to climate change and human activities in the upper Daqing River basin[J].South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology,2019,17(4):54-62.(in Chinese)) DOI:10.13476/j.cnki.nsbdkq.2019.0084.
- [7] 张杰,郝春沣,刘海滢,等.基于用水总量的水-能源-粮食关系解析[J].南水北调与水利科技(中英文),2020,18(1):194-201.(ZHANG J,HAO C F,LIU H Y,et al.Analysis of the relationship between water,energy and food based on total water consumption[J].South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology,2020,18(1):194-201.(in Chinese)) DOI:10.13476/j.cnki.nsbdkq.2020.002.
- [8] CHOI S,LEE S O,PARK J.A comprehensive index for stream depletion in coupled human-water systems[J].Journal of Hydro-Environment Research,2017,16:58-70.DOI:10.1016/j.jher.2017.07.002.
- [9] 李景保,何蒙,于丹丹,等.水利工程对长江荆南三口水系结构变化的影响[J].地理科学,2019,39(6):1025-1035.(LI J B,HE M,YU D D et al.Effect of hydrological projects on river network structure in the three outlets of Southern Jingjiang River[J].Scientia Geographica Sinica,2019,39(6):1025-1035.(in Chinese)) DOI:10.13249/j.cnki.sgs.2019.06.018.
- [10] 曹润祥,李发文,李建柱,等.天津平原区城市化地区蒸散发特征[J].水科学进展,2021,32(3):366-375.(CAO R X,LI F W,LI J Z,et al.Exploring evapotranspiration characteristics in urbanized areas of Tianjin plain[J].Advances in Water Science,2021,32(3):366-375.(in Chinese)) DOI:10.14042/j.cnki.32.1309.2021.03.005.
- [11] 闫猛,杜二虎,王宗志,等.行为经济与自然过程耦合视角下的水资源复杂系统建模研究[J].水资源与水工程学报,2018,29(6):53-60.(YAN M,DU E H,WANG Z Z,et al.Modeling for the water resource complexity system coupling behavioral economics and natural process[J].Journal of Water Resources & Water Engineering,2018,29(6):53-60.(in Chinese)) DOI:10.11705/j.issn.1672-643X.2018.06.08.
- [12] 许益新,王文才,曾伟峰,等.调水引流改善平原河网水环境质量模拟[J].水资源保护,2018,34(1):70-75,82.(XU Y X,WANG W C,ZENG W F,et al.Simulation on improvement of water environment in plain river network by water diversion[J].Water Resources Protection,2018,34(1):70-75,82.(in Chinese)) DOI:10.3880/j.issn.10046933.2018.01.12.
- [13] 张修宇,秦天,杨淇翔,等.黄河下游引黄灌区水安全评价方法及应用[J].灌溉排水学报,2020,39(10):18-24.(ZHANG X Y,QIN T,YANG Q X,et al.Method of evaluating safety for water usage and its application to water use in irrigation districts in the lower reach of the Yellow River[J].Journal of Irrigation and Drainage,2020,39(10):18-24.(in Chinese)) DOI:10.13522/j.cnki.ggpps.2020184.
- [14] 张金良,练继建,张远生,等.黄河水沙关系协调度与骨干水库的调节作用[J].水利学报,2020,51(8):897-905.(ZHANG J L,LIAN J J,ZHANG Y S,et al.Coordination degree of water-sediment relationship of the Yellow River and regulating effect of the backbone reservoir[J].Journal of Hydraulic Engineering,2020,51(8):897-905.(in Chinese)) DOI:10.13243/j.cnki.slxb.20200023.
- [15] 李允军,吴剑峰,熊漪.广西电网水电经济运行评价和统计系统及应用[J].水利水电科技进展,2012,32(3):62-66.(LI Y J,WU J F,XIONG Y.Economical operation assessment and statistical system of Guangxi Power Grid and its application[J].Advances in Science and Technology of Water Resources,2012,32(3):62-66.(in Chinese)) DOI:10.3880/j.issn.1006-7647.2012.03.016.
- [16] 黄建水,乔钰.水权转让的法律思考[J].人民黄河,2012,34(12):52-54.(HUANG J S,QIAO Y.Thinking about laws of water rights transference[J].Yellow River,2012,34(12):52-54.(in Chinese)) DOI:10.3969/j.issn.1000-1379.2012.12.020.
- [17] 王忠静,张腾.浅议都江堰的工程伦理和文化贡献[J].中国水利,2020(3):25-27.(WANG Z J,ZHANG T.A preliminary discussion of the engineering ethics and advanced cultural in Dujiang Weir[J].China Water Resources,2020(3):25-27.(in Chinese)) DOI:CNKI:SUN:SLZG.0.2020-03-012.
- [18] 孙志久,朱福星,刘远财,等.多源信息融合的大坝安全智能诊断关键技术与系统实现[J].水电能源科学,2020,38(11):85-89.(SUN Z J,ZHU F X,LIU Y C,et al.Technology study and system implementation of dam safety intelligent diagnosis based on multi-source information integration[J].Water Resources and Power,2020,38(11):85-89.(in Chinese))
- [19] 王清义.以弘扬新时代水利精神拓展特色办学的思考[J].中国水利,2020(5):54-56.(WANG Q Y.Thoughts on developing characteristic education by carrying forward the spirit of water conservancy in

the new era[J]. *China Water Resources*, 2020(5): 54-56. (in Chinese))

[20] 左其亭. 人水和谐论及其应用研究总结与展望[J]. *水利学报*, 2019, 50(1): 135-144. (ZUO Q T. Summary

and prospect of human-water harmony theory and its application research[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*. 2019, 50(1): 135-144. (in Chinese)) DOI:10.13243/j.cnki.slxb.20180783.

The research core and nexus of water science——Human-water relationship discipline

ZUO Qiting^{1,2}

(1. *School of Water Conservancy Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;*

2. Center for Water Science Research, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Based on the brief introduction of water science and human-water relationship discipline, the conclusion that the research of human-water relationship is the core and nexus of water science was put forward, the conclusion was discussed from the case studies of human-water relationship in 10 branches of water science. In view of the four focus issues of the demonstration of trans-basin water transfer project, the construction of water conservancy projects on major rivers, the prevention and control of floods and droughts, and the water distribution of trans-boundary rivers, the misunderstandings and solutions of the above four focus issues are expounded from the perspective of human-water relationship research, which can provide a new discipline idea for solving these complex issues.

Key words: water science; human-water relationship discipline; human-water relationship; human-water system; discipline system

强化水资源刚性约束 推进经济社会高质量发展