

环境变化对人水系统影响的关键问题探讨

刘 静¹, 左其亭^{1,2}

(1. 郑州大学 水利与环境学院, 郑州 450001; 2. 郑州大学 水科学研究中心, 郑州 450001)

摘要: 由气候变化和人类活动引起的环境变化对人水系统产生的巨大影响已经受到了全世界的关注。在分析气候变化、人类活动以及由两者共同引起的环境变化对人水系统影响研究现状的基础上, 对目前研究进展进行了综述和总结, 从影响作用机理、环境变化因子、对人文系统的影响、人水综合系统的研究、影响作用的量化共5个方面提出了目前研究面临的关键性问题, 并分别进行深入探讨和分析, 进而讨论了未来研究的趋势和重点, 引入初步的研究思路, 为以后相关方面的研究工作提供参考。

关键词: 气候变化; 人类活动; 环境变化; 人水系统; 关键问题

中图分类号: TV213 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2015)06-1218-07

Discussion of key issues for impacts of environmental change on human water system

LIU Jing¹, ZUO Qitong^{1,2}

(1. School of Water Conservancy & Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;

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

Abstract: Environmental change caused by climate change and human activities has great influence on the human water system, which has also been a major concern all over the world. In this paper, the research status of the impacts of climate change, human activities, and the combined action on the human water system was analyzed and summarized, and the key problems regarding the current study were proposed from five aspects including impact mechanism, environmental change factors, impact of environment change on human system, comprehensive study on human water system, and quantitative method for the impact on "integrated system". In order to solve the key problems, future research focus for the study was proposed. In addition, the preliminary research ideas were put forward in order to provide reference for future work.

Key words: climate change; human activity; environmental change; human water system; key issue

由气候变化和人类活动引起的环境变化使得人类赖以生存的环境在不断地变化, 最终导致水问题日趋严峻, 人水矛盾愈加突出, 人水关系倍加紧张。2002年联合国环境署发布的《全球环境展望》中指出, “目前全球一半的河流水量大幅减少或被严重污染, 世界上80个国家或占全球40%的人口严重缺水。如果这一趋势得不到遏制, 今后30年内全球55%以上的人口将面临水荒”^[1]。2012年美国联邦情报机构发布的一份联合评估报告显示, “发展中国家人口呈爆炸式增长、气候变化影响加剧, 再加上干旱、洪水以及缺少淡水等因素, 水将成为未来几十年内导致全球动荡和战争的导火索”^[2]。人们越来越清楚地发现, 环境变化对人水关系的影响已经威胁到了人类的生存, 阻碍了社会经济的可持续健康发展。

面对这些危机, 现代人类社会开始反思自己的发展历程, 强调水资源的可持续利用以及人水和谐相处^[3]。由于环境变化对人水系统的影响主要由气候变化和人类活动引起, 因此, 本文把气候变化和人类活动作为研究的重点, 着重分析了气候变化、人类活动以及由两者共同引起的环境变化对人水系统影响的国内外研究现状, 综述目前研究现状, 探讨研究面临的几个关键性问题。

1 国内外研究进展

1.1 国内研究进展

(1) 气候变化对人水系统的影响。目前, 国内在气候变化对人水系统影响方面的研究较多, 主要集中于对人文系统

收稿日期: 2014-04-26 修回日期: 2015-05-13 网络出版时间: 2015-11-30

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20151130.2100.038.html>

基金项目: 国家自然科学基金(51279183); 河南省科技攻关计划项目(132102310528); 河南省高校科技创新团队支持计划项目(13IRTSTHN030)

作者简介: 刘 静(1987-), 女, 四川成都人, 博士研究生, 主要从事水文学及水资源方面研究。Email: liujingchengdu@163.com

通讯作者: 左其亭(1967-), 男, 河南固始人, 教授, 博士生导师, 主要从事水文学及水资源方面研究。E-mail: zuoqt@zzu.edu.cn

和水系统的影响,对人水综合系统影响方面的研究较少。在人文系统影响方面,张庆阳^[4]、魏静^[5]等研究了气候变暖对人类生存与健康的影响,并提出了相应的对策建议。谭灵芝^[6]、魏柱灯^[7]从不同视角分析了气候变化与社会历史的联系。我国在气候变化对水系统影响方面的研究起步较早,已经取得了丰富的成果。其中,陈桂亚^[8]、刘昌明^[9]等研究了气候变化下流域的水文响应以及气候变化对流域水文要素(水质、水量等)的影响。夏军^[10]在分析气候变化研究现状与现实需要差距的基础上,研究了气候变化对水质和水生态的潜在影响;曹建廷^[11]梳理了气候变化对水资源管理的影响,并从水资源综合管理、适应性管理等方面提出了应对气候变化的对策。

(2) 人类活动对人水系统的影响。频繁的人类活动极大地干扰了人水系统健康。因此,缓解人类发展与水资源保护之间的矛盾,促进人水和谐发展,成了人类面临的一大难题。我国很多专家和学者在人类活动对人水系统影响方面做了大量的研究工作。人类活动对水系统影响方面:曹明亮^[12]、徐丽娟^[13]等研究了人类活动对径流造成的影响;薛志春^[14]研究了人类活动对水文效应和水文过程的影响,并将人类活动影响下的水文模型应用于洪水预报;俞树毅^[15]、顾延生^[16]等分别以不同的湖泊河流为研究对象,分析了人类活动与研究区域生态环境的演变关系;马欢^[17]分析了人类活动下海河流域水文要素和水质状况的变化特征。在对人水综合系统的影响研究方面,邓建明^[18]以分析人类文明进程中的人水关系特征为基础,对生态文明时代的人水关系进行了展望;林平^[19]、左其亭^[20]等研究了人水系统的和谐关系,为实现人水和谐提供了方法和理论的支撑。魏建兵等^[21]结合经济社会发展与生态系统之间的联系,研究了人类活动对生态环境的影响。

(3) 气候变化和人类活动综合驱动下对人水系统的影响。气候变化和人类活动都是影响人水关系的关键因素,两者往往同时发生且共同对人水系统产生影响。国内很多学者就此展开了大量的研究,研究热点主要集中于对水文、水资源的影响,其中包括:王国庆^[22]、左德鹏等^[23]基于水文模拟,定量评估了气候变化和人类活动对流域径流量的影响。宋晓猛^[24]回顾和探讨了变化环境下水循环要素变化的检测与归因研究结果和方法,总结目前研究存在的主要问题和不足,提出了未来的研究重点和方向;董磊华^[25]综述了气候变化和人类活动对水文影响的研究进展,提出了该领域研究尚未解决的一些问题;刘可群^[26]针对洪湖地区频繁发生的干旱事件,研究了人类活动和气候变化对洪湖春季干旱的影响;段建军^[27]、张彧瑞^[28]等研究了人类活动与气候变化对水资源的影响。在对人文系统的影响方面,林海等^[29]指出了全球环境变化对社会经济发展的影响,提出了我国应对全球变化的战略目标和重点;程杨^[30]总结了全球气候变化和各种人类活动给人类健康带来的影响。对于人水综合系统的影响研究,陶洁^[31]从人水关系的概念内涵着手,开展气候变化和人类活动共同影响下的人水关系研究。

1.2 国外研究进展

(1) 气候变化对人水系统的影响。气候变化对人水系统

的影响受到了国际高度的关注,大量的研究工作也因此广泛开展。研究的重点主要在气候变化对水文学资源的影响方面,其中包括:Gleick 和 Chalecki^[32]指出气候变化与流域径流量有着紧密的联系;Gleick^[33]、Chiew^[34]等采用水量平衡模型研究了气候变化对径流的影响;Wilby^[35]通过历史径流量数据资料的数值模拟,发现气候变暖会导致洪涝灾害的频发,加速全球水循环的进程;Xu^[36]采用全球气候模型(GCMs)模拟气候因子变化,结合水文模型来模拟气候变化对水文产生的影响;Park^[37]分析了气候变化对山区生物地球化学进程以及地表水质的影响;Walter^[38]利用高分辨率的冰冻圈水文模型研究了喜马拉雅山脉冰川覆盖流域对气候变化的水文响应;Rehan^[39]构建水文气候综合模型来评价气候因子对河流水质影响的未来风险。

(2) 人类活动对人水系统的影响。随着人类征服自然、改造自然的意识不断增强,人类活动对自然界造成破坏的程度和规模正在逐步扩大,世界水资源紧张地区正在不断增加,人水矛盾日益凸显。因此,众多国外学者将焦点聚集于关于人类活动对人水系统的影响研究。对水系统的影响研究方面:Yang^[40]通过分析在人类活动的影响下水文要素的变化规律,研究了人类活动对径流的影响;Brath^[41]以意大利的 Samoggia 为例,分析了人类活动中土地利用变化对洪水产生的影响;Tu^[42]研究城市扩张对美国马萨诸塞州东部流域的水质影响;Alireza^[43]基于系统动力学模型,评价了伊朗中部为缓解水资源短缺问题而进行的调水工程,指出该调水工程具有很大的负面影响。对人文系统的影响研究方面:Helegers^[44]指出水质恶化,水资源短缺等对中东和北非地区的人类健康造成了重大影响。对人水综合系统的影响研究方面:Falkenmark^[45]描述了人与水一体化的水资源管理理论框架,形象地分析了水与自然、人类的关系;Lautze^[46]特别指出人口增加、人类活动加剧导致人水关系紧张,需要通过宏观调控,才能保持人与自然和谐相处;Bruce^[47]认为人和水间的关系体现的是人类经济社会与水系统间的相互作用。

(3) 气候变化和人类活动综合驱动下对人水系统的影响。地球气候系统正经历着显著的变化,加之剧烈的人类活动影响,不同程度地改变了水文循环过程^[48-49]。因此,环境变化下的水文循环与水文效应问题成为国外研究的热点之一。Changnon^[50]、Seguis^[51]等从定量的角度研究了流域径流在气候变化和人类活动干扰下受到的影响;Ie Bland^[52]基于撒哈拉沙漠地区人口密度与降水量间的关系,评估未来气候情景和人口变化下,非洲各地区面临的水资源压力;Franczyk^[53]基于气候变化和土地覆盖情景,采用 AVSWAT 半分布水文模型,研究了气候变化和不同土地覆盖变化对平均年径流深的影响;Jun^[54]基于 AVGWLF 模型模拟了马萨诸塞州东部流域在不同气候变化情景和不同土地利用情景下共同对水质和水量的影响。在对人文系统的影响研究方面:地球系统科学合作伙伴(ESSP)组织的“全球环境变化与人类健康项目”(GECHH)^[55]重点研究全球环境变化如何影响人类的生存、生活和健康,以确保人类拥有更加健康的未来;世界气候研究计划(WCRP)^[56]、全球环境变化人文因素计划(IHDP)^[57]旨在研究对付全球环境变化,促进可持续发展目标实现的政策方案,为人类可持续发展服务。然而,

在对人水综合系统的影响研究方面,研究成果相对匮乏。

2 目前研究总结及面临的问题

2.1 研究进展总结

综合分析国内外的研究,对目前关于环境变化对人水系统影响的研究进展综述如下。

(1) 气候变化对人水系统的影响研究。气候变化对人水系统的影响研究主要针对单一系统的研究,即单独针对人文系统或水系统的研究。在对人文系统的影响研究方面,国内外研究主要从定性的角度对影响进行描述,描述的内容多以气候变化对人类生存与健康以及社会经济的影响为主。在对水系统的影响研究方面,重点侧重于气候变化对水文水资源的影响,且大多数研究都致力于气候变化对单一水循环要素的影响,如降雨、蒸散发、径流量的变化。研究主要是通过由气候变化引起的区域水文要素(如蒸发、降水、径流等)的改变进而预测对整个区域水系统的影响以及未来的变化趋势。研究方法多以定量的方法为主,研究模式主要为“设计气候情景-创建水文模型-评估要素影响”^[58],即在假设未来气候变化情景的基础上耦合水文模型模拟研究区域水文要素的变化及水循环过程,根据模拟结果,评估气候变化对水系统的影响并提出适宜的防护措施。然而,在对人水综合系统的影响研究方面,研究成果相对匮乏。

(2) 人类活动对人水系统的影响研究。人类活动对人水系统的影响主要侧重于对水系统的研究。在国内外研究中,常以人类活动中的城市扩张、土地利用类型等影响因子对水系统的水量或水质影响进行研究,特别是对水文要素中的径流的影响研究最多。在研究方法方面,国内研究所采用的研究方法主要从定性的角度描述人类活动对水系统、人文系统的影响,而国外的研究方法多采用从定量化的角度对产生的影响进行量化和评估。

(3) 气候变化和人类活动综合驱动下对人水系统的影响研究。环境变化对人水系统的影响即是气候变化和人类活动共同作用对人水系统产生的综合影响。归纳目前的国内外研究可以发现,研究主要围绕着两大主题:a.模拟在不同气候变化情景和人类活动情景下对水系统的共同影响;b.评估气候变化和人类活动对水系统的影响及量化分解各自产生影响的比重。模拟的方法多采用大气环流模型、GIS流域模拟模型等方法进行研究,而对于影响的评估,主要采用水和能量收支分析法进行影响评估的经验判定,以水文模型法、水文敏感性分析法、气候弹性系数法等为主要定量方法进行影响的量化。

2.2 研究面临的问题

通过国内外研究进展综述,总结目前研究面临的问题。大致分为如下几类。(1)单系统影响机理研究丰富,综合系统影响机理研究欠缺。研究环境变化对人水系统的影响,首要任务是从根本上认识环境变化因子与人水系统之间的相互作用与关系,然而,目前的机理研究侧重于对人文系统或水系统的单方面影响作用,缺乏从人文系统、水系统、人水综合系统的多层次、多角度对影响机理进行系统性分析。(2)缺乏因子识别的综合性研究。目前,对于影响人水系统的环

境变化因子还没有较全面、系统的归纳总结,以至于大多数研究都围绕少数的几个因子在展开,因子的识别缺乏综合性。(3)对人文系统的影响研究匮乏。目前,研究侧重于环境变化对水系统的影响,对人文系统的影响研究较少。(4)理论研究多偏重于定性分析,定量研究较少。目前,影响作用的量化研究主要侧重于气候变化对水系统、人类活动对水系统的定性或半定量分析,而对“人水综合系统”影响作用的量化方法及应用研究成果较少。

3 关键问题探讨及展望

针对目前研究存在的问题,从影响作用机理、环境变化因子、对人文系统的影响、人水综合系统的研究、影响作用的量化共 5 个方面探讨目前研究面临的关键性问题,展望未来研究的方向和趋势。

3.1 影响作用机理

环境变化因子对人水系统的影响作用关系错综复杂,理清环境变化对人水系统的影响作用机理对未来的研究具有至关重要的作用。影响人水系统的环境变化因子有很多,那么,环境变化因子到底包括哪些?如何对其进行系统性的识别和分类,进而建立清晰的影响因子框架?环境变化因子对人文系统、水系统、人水综合系统的影响作用是怎样的?这些问题都是未来研究急需解决的关键问题。本文在大量查阅国内外研究成果的基础上,系统识别环境变化因子,并详细分析环境变化对人水系统的影响作用,构建了环境变化对人水系统的影响作用机理框架图,如图 1 所示。根据构建的影响作用机理框架图,结合目前研究综述,为分析未来研究的方向以及解决研究面临的关键问题奠定了基础。

3.2 环境变化因子

环境变化因子多样,仅在图 1 中,关于气候变化因子和人类活动因子都分别多达 6 个。然而,在目前研究工作中,大多数文献都集中于单一或者较少的几个影响因子对水系统产生的影响进行分析,缺乏从“综合性”的角度对环境变化因子进行影响分析。研究选定的影响因子通常以气候变化中的“降水”“蒸发”“温度”影响因子以及人类活动中的“城市化”“水利工程”“防护措施”影响因子研究为主,对于其他影响因子,研究涉及较少。采用单一或较少的因子进行影响作用的研究是片面的,或者说不足以描述整个环境的变化、不足以代表对人水系统产生的综合影响。因此,为了使研究更加科学,在未来的研究中,首要的是要全面地分析出环境变化因子包含的类别与种类,以完整地呈现出影响因子集合。研究中影响因子的选择除了要考虑常被选择的影响因子之外,还应融入气候变化中的“相对湿度”“日照时间”“风速”以及人类活动中的“工业”“农业”“生活”等因子,从系统性的、综合性的角度,深入研究环境变化对人文系统、水系统、以及人水综合系统产生的影响,全面、客观地反映出影响结果。

3.3 环境变化对人文系统的影响作用

环境变化对人文系统的影响包括直接影响和间接影响。直接影响主要是影响人类生存与健康以及国民经济,而间接影响主要包括改变经济社会发展结构和影响水能利用等方面。

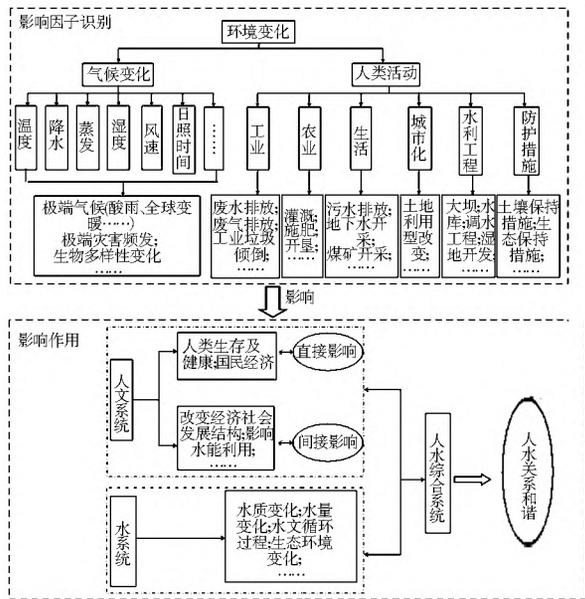


图1 环境变化对人水系统的影响

Fig. 1 Impacts of environment change on the human water system

当前,环境变化对人文系统的影响研究多集中于气候变化或人类活动对人类生存、健康以及对社会经济造成的影响,缺乏从气候变化与人类活动共同对人文系统的影响研究,且研究主要分析影响因子对人文系统产生的直接影响,缺乏对人文系统的间接影响的研究分析。此外,研究多以定性的方法对影响进行描述,缺乏影响的量化分析。因此,在未来的研究中,应当以气候变化与人类活动共同对人文系统产生的影响进行研究,采用定量的方法,量化环境变化对人文系统产生的影响,为减轻和消除不良影响提供科学的参考,为降低影响风险提供可靠的理论依据。

3.4 人水综合系统研究

环境变化不仅对人文系统、水系统进行单方面影响,其最终影响的是人水这一综合系统,即最终影响人水关系的和谐。人水系统相当复杂,基于环境变化下的人水关系则更加复杂。如何从人水综合系统的角度分析环境变化与水系统之间的相互影响?如何从定量的角度分析环境变化对人水关系产生的影响?如何在不同环境变化背景下研究对人水综合系统的作用水平以及人水关系状态?这些都是未来研究的重点和难点。研究环境变化对人水综合系统影响的最终目的是要使得人水系统的作用水平及人水关系状态在不同的环境变化背景下达和谐,以实现人水和谐相处。“人水和谐”研究认为人水和谐论是辩证唯物主义哲学思想的具体体现,是人们认识人水关系、解决人水矛盾的根本理论方法^[1]。人水和谐理论为解决环境变化对人水综合系统造成的不和谐影响提供了新的研究途径。因此,在以后的研究中,应当结合人文系统与水系统,从“系统综合”角度,融合“人水和谐”理论,注重多学科交叉,从经济学、社会学、水文学、生态学、地理学角度,建立具备人水系统的多系统耦合模型^[5],通过不同环境变化情景与人水系统耦合模型进行结合,模拟不同环境变化情景下的人水关系,研究不同的环境变化情境对人水关系的影响,为进一步量化评估对人水系统的影响和人水关系的优化调控奠定基础。

3.5 影响作用量化

在环境变化背景下,对人水系统影响的量化研究主要目的是为了量化评估影响的程度以及为减小消极影响而进行的优化调控提供科学依据。然而,分析环境变化对人水系统的影响作用机理可知,环境变化对人水系统的影响最终关系到人水综合系统的人水关系和谐。因此,影响作用的量化研究最终归结于在不同环境变化情境下的人水关系研究。人水关系研究的对象是十分复杂的人文系统和水系统,如何在不同的环境变化情景下定量描述人水系统的影响水平即人水关系状态是未来研究的方向和难点。人水关系的量化也就是量化人水关系的和谐程度。左其亨^[6]提出的“和谐论”以和谐度方程来定量描述人水关系的和谐程度,从而达到量化评估人水关系的目的。因此,和谐论为量化不同环境变化情境下的人水关系提供了一条新的思路。在未来的研究中,可采用基于和谐理论中的和谐度来定量评价不同环境变化情景对人水综合系统的作用水平以及人水关系状态。

除此之外,为了在不同的环境变化情境下建立更好的人水关系,实现水资源的可持续利用与经济社会的科学发展,达到人水和谐,应当在量化影响作用的基础之上,进行人水关系的优化调控。然而,在人水关系的调控中,如何针对在环境变化情景下的不同人水关系进行优化调控?在构建调控模型时,如何优化其调控目标?如何调整其调控准则?如何量化选择调控方案?等等,这些问题都是未来亟需解决的关键问题。在和谐论思想的影响下,未来可以构建基于和谐论的人水关系调控模型,以达到优化与改善人水关系的目的。

4 结语

随着经济社会发展进程的不断加快,环境变化对水资源和经济社会发展的影响越来越大,探讨环境变化对人水系统影响的关键问题是支撑人水和谐发展的重要基础。本文从气候变化和人类活动出发,总结两者各自及共同对人水系统影响的国内外研究进展,分析目前研究存在的关键问题,并提出相应的研究思路。研究发现:(1)缺乏从人文系统、水系统、人水综合系统的多层面与多角度对影响机理进行系统性分析;(2)尚未较全面、系统的归纳总结影响人水系统的环境变化因子,以至于选择单一因子的影响研究缺乏综合性;(3)对人文系统的影响研究匮乏;(4)理论研究多偏重于定性分析,定量研究较少。未来的研究应当在系统识别环境变化因子的基础之上,深入分析环境变化因子对人水系统的作用机理,从系统性的、综合性的角度,研究环境变化对人文系统、水系统、以及人水综合系统产生的影响,采用定量的方法,量化评估环境变化对人水系统的影响,构建人水关系模拟与调控模型,以实现优化与改善人水关系的目的。

参考文献(References):

- [1] 杨志清. 21世纪水资源展望[J]. 水资源保护, 2004, 20(4): 66-68. (YANG Zhiqing. Prospect of water resources for 21 century[J]. Water Resources Protection, 2004, 20(4): 66-68. (in Chinese))
- [2] 巩玲. 美国“世界水日”报告:水将成未来战争导火索[N]. 国际在线, 2012-03-23. (GONG Ling. USA "World Water Day" Report: Water will Become the Future Wars[N]. CRI Online,

- 2012-03-23. (in Chinese))
- [3] 左其亭. 和谐论及其应用的关键问题讨论[J]. 南水北调与水利科技, 2009, 7(5): 101-104. (ZUO Qi ting. Key problems and its application of harmony theory[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2009, 7(5): 101-104. (in Chinese))
- [4] 张庆阳, 琚建华, 王卫丹, 等. 气候变暖对人类健康的影响[J]. 气象科技, 2007, 35(2): 245-248. (ZHANG Qiang yang, JU Jian hua, WANG Wei dan, et al. Impact of climate warming on human health[J]. Meteorological Science and Technology, 2007, 25(2): 245-248. (in Chinese))
- [5] 魏静. 气候变暖趋势下带来的人类生存转变[J]. 资源节约与环保, 2013, (6): 156. (WEI Jing. The changes in human survival with the trend of climate warming[J]. Resources Economization & Environmental Protection, 2013, (6): 156. (in Chinese))
- [6] 谭灵芝, 王国友. 气候变化对社会经济影响的风险评估研究评述[J]. 西部论坛, 2012, 22(1): 74-80. (TAN Ling zhi, WANG Guo you. Review of the researches on risk assessment for the impact of climate change on society and economy[J]. West Forum. 2012, 22(1): 74-80. (in Chinese))
- [7] 魏柱灯, 方修琦, 苏筠, 等. 过去 2000 年气候变化对中国经济与社会发展影响研究综述[J]. 地球科学进展, 2014, 29(3): 336-343. (WEI Zhu deng, FANG Xiur qi, SU Yun, et al. A Review of climatic impacts on chinese socioeconomic development over the past 2000 years[J]. Advances in Earth Science, 2014, 29(3): 336-343. (in Chinese))
- [8] 陈桂亚, Derek Clarke. 气候变化对嘉陵江流域水资源量的影响分析[J]. 水资源研究, 2007, 24(4): 14-18. (CHEN Gui ya, Derek clarke. impact of climate change on water resources in jialing river of upper Yangtze River Basin[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2007, 24(4): 14-18. (in Chinese))
- [9] 刘昌明, 刘小莽, 郑红星. 气候变化对水文水资源影响问题的探讨[J]. 科学对社会的影响, 2008(2): 21-27. (LIU Chang ming, LIU Xiaomang, ZHEN Hongxing. Key problems of the impact of climate change on hydrology and water resources[J]. Impact of Science on Society, 2008(2): 21-27. (in Chinese))
- [10] XIA Jun, CHENG Shu bo, HAO Xiur ping, et al. Potential Impacts and Challenges of Climate Change on Water Quality and Ecosystem: Case Studies in Representative Rivers in China [J]. Journal of Resources and Ecology, 2010, 1(1): 31-35.
- [11] 曹建廷. 气候变化对水资源管理的影响与适应性对策[J]. 中国水利, 2010(01): 7-11. (CAO Jian ting. Impacts of climate change on water resources management and adaptation strategies[J]. China Water Resources, 2010, (1): 7-11. (in Chinese))
- [12] 曹明亮, 张弛, 周惠成, 等. 丰满上游流域人类活动影响下的降雨径流变化趋势分析[J]. 水文, 2008, 28(5): 86-89. (CAO Ming liang, ZHANG Chi, ZHOU Huicheng, et al. Change trend of rainfall and runoff in upstream of Fengman basin under influence of human activities[J]. Journal of China Hydrology, 2008, 28(5): 86-89. (in Chinese))
- [13] 徐丽娟. 人类活动影响下大清河 流域降雨径流关系特征分析[J]. 南水北调与水利科技, 2011, 9(2): 73-76. (XU Li juan. Analysis on Dynamic Feature of the Rainfall Runoff Relationship in the Daqing River Basin under the Influence of Human Activities[J]. South to North Water Diversion and Water science & Technology 2011, 9(2): 73-76. (in Chinese))
- [14] 薛志春, 李成林, 彭勇, 等. 人类活动对流域洪水过程的影响分析[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(6): 5-9. (XUE Zhi chun, LI Cheng lin, PENG Yong, et al. Impact analysis of human activities on flood process in the river basin[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2013, 11(6): 5-9. (in Chinese))
- [15] 俞树毅, 柴晓宇. 干旱半干旱流域生态环境变化与人类活动间的相互影响分析[J]. 河海大学学报: 哲学社会科学版, 2009, 11(2): 30-33. (YU Shu yi, CHAI Xiaoyu. Analysis of the interrelationship between the change of ecological environment and human activities in the arid and semi arid river basin[J]. Journal of Hohai University: Philosophy and Social Sciences, 2009, 11(2): 30-33. (in Chinese))
- [16] 顾延生, 李颀家, 秦养民, 等. 历史时期以来人类活动与江汉湖群生态环境演变[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2013, 38(S1): 133-144. (GU Yan sheng, LI Kuang jia, QIN Yang min, et al. Impact of human activity on the evolution of the ecological environment of jianghan lake group in the historical period, Central China[J]. Earth Science (Journal of China University of Geosciences), 2013, 38(S1): 133-144. (in Chinese))
- [17] 马欢. 人类活动影响下海河流域典型区水循环变化分析[D]. 北京: 清华大学, 2011. (MA Huan. Hydrological Changes in typical catchments of the Hai river basin under the influence of human activity[D]. Beijing: Tsinghua University, 2011. (in Chinese))
- [18] 邓建明, 周萍. 浅谈人类文明史各阶段的人水关系[J]. 水利发展研究, 2013, 13(9): 87-90. (DENG Jian ming, ZHOU Ping. Discussion the relations between human civilization and human water relationship in each stage[J]. Water Resources Development Research, 2013, 13(9): 87-90. (in Chinese))
- [19] 林平, 左其亭, 张云. 塔里木河流域人水和谐探讨[J]. 水资源与水工程学报, 2007, 18(4): 12-16. (LIN Ping, ZUO Qi ting, ZHANG Yun. Discussion of the harmonious relationship between human and water on Tarim Basin[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2007, 18(4): 12-16. (in Chinese))
- [20] 左其亭, 马军霞, 陶洁. 现代水资源管理新思想和和谐论理念[J]. 资源科学, 2011, 33(12): 2214-2220. (ZUO Qi ting, MA Jun xia, TAO Jie. New thoughts of modern water management and harmony ideas[J]. Resources Science, 2011, 33(12): 2214-2220. (in Chinese))
- [21] 魏建兵, 肖笃宁, 解伏菊. 人类活动对生态环境的影响评价与调控原则[J]. 地理科学进展, 2006, 25(2): 36-45. (WEI Jian bing, XIAO Du ning, XIE Fu ju. Evaluation and regulation principles for the effects of human activities on ecology and environment[J]. Progress in Geography, 2006, 25(2): 36-45. (in Chinese))
- [22] 王国庆, 张建云, 刘九夫, 等. 气候变化和人类活动对河川径流影响的定量分析[J]. 中国水利, 2008(2): 55-58. (WANG Guo qing, ZHANG Jian yun, LIU Ji u fu, et al. Quantitative assessment for climate change and human activities impact on river runoff[J]. China Water Resources, 2008(2): 55-58. (in Chinese))
- [23] 左德鹏, 徐宗学, 隋彩虹, 等. 气候变化和人类活动对渭河流域径流的影响[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2013, 49(2/3): 115-123. (ZUO De peng, XU Zong xue, SU I Cai hong, et al. Impact of climate change and human activity on streamflow in the Wei River Basin[J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2013, 49(2/3): 115-123. (in Chinese))

- [24] 宋晓猛, 张建云, 占车生, 等. 气候变化和人类活动对水文循环影响研究进展[J]. 水利学报, 2013, 44(7): 779-790. (SONG Xiaomeng, ZHANG Jianyun, ZHAN Chesheng, et al. Review for impacts of climate change and human activities on water cycle[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2013, 44(7): 779-790. (in Chinese))
- [25] 董磊华, 熊立华, 于坤霞, 等. 气候变化与人类活动对水文影响的研究进展[J]. 水科学进展, 2012, 23(2): 278-285. (DONG Leihua, XIONG Lihua, YU Kunxia, et al. Research advances in effects of climate change and human activities on hydrology[J]. Advances in Water Science, 2012, 23(2): 278-285. (in Chinese))
- [26] 刘可群, 梁益同, 周金莲, 等. 人类活动与气候变化对洪湖春旱影响分析[J]. 生态学报, 2014, 5. 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.5846/stxb201306011269.html>. (LIU Kequn, LIANG Yitong, ZHOU Jinlian, et al. Impact analysis of human activities and climate change on Honghu Lake's spring drought[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 5. <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.5846/stxb201306011269.html>. (in Chinese))
- [27] 段建军, 王彦国, 王晓风, 等. 1957—2006年塔里木河流域气候变化和人类活动对水资源和生态环境的影响[J]. 冰川冻土, 2009, 31(5): 781-791. (DUAN Jianjun, WANG Yanguo, WANG Xiaofeng, et al. Impact of climate change and human activities on the water resources and ecological environments in the Tarim River Basin in 1957—2006[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 31(5): 781-791. (in Chinese))
- [28] 张彧瑞, 马金珠, 齐识. 人类活动和气候变化对石羊河流域水资源的影响—基于主客观综合赋权分析法[J]. 资源科学, 2012, 34(10): 1922-1928. (ZHANG Yurui, MA Jinzhu, QI Shi. Human Activities, climate change and water resources in the Shiyang Basin[J]. Resources Science, 2012, 34(10): 1922-1928. (in Chinese))
- [29] 林海, 葛全胜, 张车伟. 全球环境变化对社会经济发展的影响[J]. 科学对社会的影响, 1999(1): 34-39. (LIN Hai, GE Quansheng, ZHANG Chwei. The impacts of global environmental change on social and economic development[J]. Impact of Science on Society, 1999(1): 34-39. (in Chinese))
- [30] 程杨, 杨林生, 李海蓉. 全球环境变化与人类健康[J]. 地理科学进展, 2006, 25(2): 46-58. (CHENG Yang, YANG Lisheng, LI Hairong. Global environmental change and human health[J]. Progress in Geography, 2006, 25(2): 46-58. (in Chinese))
- [31] 陶洁. 变化环境下人水关系模拟及适应性策略研究[D]. 郑州大学, 2012. (TAO Jie. Simulation and research on adaptation strategies of human water relationship under changing environments[D]. Zhengzhou University, 2012. (in Chinese))
- [32] Gleick P H, Chalecki E L. The Impacts of Climatic Changes for Water Resources of the Colorado and Sacramento-San Joaquin River Basins[J]. Journal of the American Water Resources Association, 1999, 35: 1429-1441.
- [33] Gleick P H. Methods for Evaluating the Regional Hydrologic Impacts of Global Climate Change[J]. Journal of Hydrology, 1986, 88(1-2): 97-161.
- [34] Chiew F, McMahon T. Modeling the Impacts of Climate Change on Australian Streamflow[J]. Hydrological Process, 2002, 16(6): 1235-1245.
- [35] Wilby R L, Dawson C W, Barrow E M. SDSM—A Decision Support Tool for the Assessment of Regional Climate Change Impacts[J]. Environmental Modelling & Software, 2002, 17(2): 145-157.
- [36] Xu C, Wilde E, Halldin S. Modelling Hydrological Consequences of Climate Change Progress and Challenges[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2005, 22(6): 789-797.
- [37] Park JH, Duan L, Kim B, et al. Potential Effects of Climate Change and Variability on Watershed Biogeochemical Processes and Water Quality in Northeast Asia[J]. Environment International, 2010, 36(2): 210-225.
- [38] Walter Immerzeel, L. Beek, M. Konz, et al. Hydrological Response to Climate Change in a Glacierized Catchment in the Himalayas[J]. Climatic Change, 2012, 110(3): 721-736.
- [39] Rehana S, Mujumdar P. Climate Change Induced Risk in Water Quality Control Problems[J]. Journal of Hydrology, 2012, 444-445: 63-77.
- [40] Yang D Q, Ye B S, Alexander S. Discharge Characteristics and Changes over the Ob River Watershed in Siberia[J]. Journal of Hydrometeorology, 2004, 5(4): 595-610.
- [41] Brath A, Montanari A, Moretti G. Assessing the Effect on Flood Frequency of Land Use Change Via Hydrological Simulation[J]. Journal of Hydrology, 2006, 324(1-4): 141-153.
- [42] Tu J, Xia ZG, Clarke KC, et al. Impact of Urban Sprawl on Water Quality in Eastern Massachusetts, USA[J]. Environmental Management, 2007, 40(2): 183-200.
- [43] Alireza Gohari, Saeid Eslamian, Ali Mirchi, et al. Water Transfer as A Solution to Water Shortage: A fix that Can Backfire[J]. Journal of Hydrology, 2013, 491: 23-39.
- [44] Hellegers P, Immerzeel W, Droogers P. Economic Concepts to Address Future Water Supply Demand Imbalances in Iran, Morocco and Saudi Arabia[J]. Journal of Hydrology, 2012, 502: 62-67.
- [45] Falkenmark M. Water Management and Ecosystems Living with Change[Z]. Global Water Partnership, 2003.
- [46] Lautze J, Reeves M, Vega R, et al. Water Allocation, Climate change, and Sustainable Peace—The Israeli Proposal[J]. Water International, 2005, 30(2): 197-209.
- [47] Bruce Simmons, Robert Woog, Vladimir Dimitrov. Living on the Edge: A Complexity Informed Exploration of the Human Water Relationship[J]. World Futures, 2007, 63(3&4): 275-285.
- [48] Allen M, Ingram W. Constrains on Future Changes in Climate and the Hydrologic Cycle[J]. Nature, 2002, 419: 224-232.
- [49] Oki T, Kanae S. Global Hydrological Cycles and World Water Resources[J]. Science, 2006, 313: 1068-1072.
- [50] Changnon S, Demissie M. Detection of Changes in Streamflow and Floods Resulting from Climate Fluctuations and Land Use Drainage Changes[J]. Climatic Change, 1996, 32: 411-421.
- [51] Seguis L, Cspelaere B, Milesi G, et al. Simulated Impacts of Climate Change and Land-clearing on Runoff from A Small Sahelian Catchment[J]. Hydrological Processes, 2004, 18(17): 3401-3413.
- [52] Le Blanc D, Perez R. The Relationship Between Rainfall and Human Density and Its Implications for Future Water Stress in Sub-Saharan Africa[J]. Ecological Economics, 2008, 66(2-3): 319-336.

- [53] Franczyk J, Chang H. The Effects of Climate Change and Urbanization on the Runoff of the Rock Creek Basin in the Portland Metropolitan Area, Oregon, USA [J]. Hydrological Processes, 2009, 23(6): 805-953.
- [54] Tu J. Combined Impact of Climate and Land Use Changes on Streamflow and Water Quality in Eastern Massachusetts, USA [J]. Journal of Hydrology, 2009, 379(3-4): 268-283.
- [55] Rosenberg M, Rice M. Global Environmental Change and Human Health: An Earth System Science Partnership Response [J]. Epidemiology, 2009, 20(S6): 252-253.
- [56] WCRP. Scientific Plan for the World Climate Research Programme, WCRP Public No. 2, WMO / TD • No. 6 [R]. Geneva: World Meteorology Organization, 1984.
- [57] IHDP. The IHDP Strategic Plan 2007-2015 (IHDP Update 1, 2008) [R]. Bonn: IHDP Secretariat, 2008.
- [58] 赵晓慎, 周海, 王文川. 气候变化对区域水循环系统影响的研究进展 [J]. 华北水利水电学院学报, 2012, 33(2): 46-49. (ZHAO Xiaoshen, ZHOU Hai, WANG Wenchuan. Research progresses of impacts of the climate change on the regional hydrological cycle system [J]. Journal of North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, 2012, 33(2): 46-49. (in Chinese))
- [59] 左其亭. 人水系统演变模拟的嵌入式系统动力学模型 [J]. 自然资源学报, 2007, 22(2): 268-273. (ZUO Qiting. The Embedded system dynamic model used to human water system modeling [J]. Journal of Natural Resources, 2007, 22(2): 268-273. (in Chinese))
- [60] 左其亭, 张云. 人水和谐量化研究方法及应用 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2009. (ZUO Qiting, ZHANG Yun. The Quantifying methods and applications for human water harmony [M]. Beijing: China Water & Power Press, 2009. (in Chinese))

(上接第 1206 页)

- [4] 张俊, 闵要武, 陈新国. 三峡水库动库容特性分析 [J]. 人民长江, 2011, 42(6): 90-93. (ZHANG Jun, MIN Yaowu, CHEN Xinguo. Analysis of characteristics of dynamic reservoir capacity of Three Gorges Reservoir [J]. Yangtze River, 2011, 42(6): 90-93. (in Chinese))
- [5] 姚晓军, 刘时银, 魏俊锋. 喜马拉雅山北坡冰碛湖库容计算及变化 [J]. 地理学报, 2010, 65(11): 1380-1390. (YAO Xiaojun, LIU Shiyin, WEI Junfeng. Reservoir capacity calculation and variation of Moraine dammed lakes in the North Himalayas [J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(11): 1380-1390. (in Chinese))
- [6] 王建忠. 闹德海水库泥沙冲淤演变分析 [J]. 中国科技信息, 2010(15): 30-31. (WANG Jianzhong. Naodehai reservoir sediment scour and silting evolution analysis [J]. CHINA Science and Technology Information, 2010(15): 30-31. (in Chinese))
- [7] 芦云峰, 谭德宝, 杨中华. 基于空间信息技术的大型水库库容计算方法 [J]. 长江科学院院报, 2010, 127(1): 9-12. (LU Yunfeng, TAN Debao, YANG Zhonghua. Research of Great Type Reservoir Storage Calculation Method Based on Spatial Information Technology [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2010, 127(1): 9-12. (in Chinese))
- [8] 冯雨, 余明辉, 侯龙潭, 等. 非黏性岸坡崩塌与河床冲淤的交互影响初步试验研究 [J]. 水力发电学报, 2013, 32(4): 120-125. (FENG Yu, YU Minghui, HOU Longtan, et al. Study on interaction between non-viscous bank collapse and river bed deformation [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2013, 32(4): 120-125. (in Chinese))
- [9] 袁晶, 许全喜, 董炳江. 输沙量法与断面法差别原因及其适用性研究—以三峡水库为例 [J]. 水文, 2011, 31(1): 87-91. (YUAN Jing, XU Quanyi, DONG Bingjiang. Difference between sediment transport balance and topographic change methods and applicability in the Three Gorges Reservoir [J]. Journal of China Hydrology, 2011, 31(1): 87-91. (in Chinese))
- [10] 周俊, 陈凯麒, 梁鹏, 等. ASR 技术模式在我国地下水工程应用中面临的问题与应用展望 [J]. 南水北调与水利科技, 2014, 12(6): 192-195. (ZHOU Jun, CHEN Kaiqi, LIANG Peng, et al. Problem and application prospect of ASR technology in the underground reservoir construction of China [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2014, 12(6): 192-195. (in Chinese))
- [11] 张增勤, 冯创业. 河北省利用地下水实施水资源优化配置的可行性 [J]. 南水北调与水利科技, 2010, 8(6): 102-105. (ZHANG Zengqin, FENG Chuangye. Feasibility of the water resources optimization by underground reservoir in Hebei Province [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2010, 8(6): 102-105. (in Chinese))
- [12] 张袁, 付强, 王斌. 基于自由搜索的水库入库含沙量预测模型 [J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(3): 40-43. (ZHANG Yuan, FU Qiang, WANG Bin. Prediction model of reservoir inflow sediment concentration based on free search [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10(3): 40-43. (in Chinese))
- [13] 刘德波. 水库汛限水位设计与运用概率统计分析方法 [J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(3): 161-164. (LIU Debo. Discussion of probability and statistical methods in the design and application of flood control level in reservoirs [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10(3): 161-164. (in Chinese))
- [14] 李慧, 黄强, 秦大庸. 水电站能量指标的影响因素分析 [J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(6): 97-99. (LI Hui, HUANG Qiang, QIN Dayong. Analysis of influence factor on the energy index of hydropower station [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10(6): 97-99. (in Chinese))
- [15] 乔光建, 梁韵, 王斌. 邢台百泉岩溶水库蓄水构造特征分析及功能评价 [J]. 南水北调与水利科技, 2010, 8(1): 139-143. (QIAO Guangjian, LIANG Yun, WANG Bin. Structural features analysis and functional evaluation to water storage in Baiquan Karst underground reservoir in Xingtai [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2010, 8(1): 139-143. (in Chinese))