

河湖关系与河湖水系连通研究

赵军凯¹, 蒋陈娟², 祝明霞¹, 杨期勇¹, 李九发³

(1. 九江学院 旅游与国土资源学院, 鄱阳湖生态经济研究中心, 江西 九江 332005; 2. 扬州大学 水利科学与工程学院, 江苏 扬州 225127; 3. 华东师范大学 河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062)

摘要: 河湖水系连通作为国家新时期治水方略被提出, 关于其内涵、理论的探讨成为科学界研究的热点。通过对河湖关系及河湖水系连通概念内涵的综述, 以及对河湖连通关系演变关键影响因素的讨论, 认为: 河湖水系连通属于河湖关系的范畴, 是河湖关系研究的重要内容; 河湖水系连通的演化主要受地质地貌条件、气候变化、流域来水来沙条件、湖泊演化和人类活动的共同制约。此外, 还提出正确认识河湖关系是设计河湖水系连通工程的前提和基础, 河湖关系的相关理论是建造河湖水系连通工程的理论依据, 直接指导河湖水系连通工程的建设。

关键词: 河湖关系; 河湖水系连通; 概念内涵

中图分类号: TV 213 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2015)06-1212-06

Study on river-lake relationship and interconnected river system network

ZHAO Jun kai¹, JIANG Chen juan², ZHU Ming xia¹, YANG Qi yong¹, LI Jiu fa³

(1. College of Tourism and Territorial Resources, Poyang Lake Eco-Economic Research Center, Jiujiang University, Jiujiang 332005, China; 2. College of Hydraulic Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China; 3. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Interconnected river system network as a national water conservancy strategy was put forward in the new period, and its connotation and theory have become a hot topic in scientific research. The purpose of this paper is to review the connotations of river lake relationship and interconnected river system network and to investigate the key impact factors for the evolution of interconnected river system network. The interconnected river system network belongs to the river lake relationship, and it is an important content of the research on the relationship between rivers and lakes. The evolution of interconnected river system network is mainly affected by the geological and geomorphological conditions, climate change, water and sediment inputs from other watershed, lake evolution, and human activities. In addition, the correct understanding of river lake relationship is the premise and foundation of the interconnected river system network project. The related theories of river lake relationship are the theoretical basis to build the interconnected river system network project and to guide the construction of interconnected river system network project directly.

Key words: river lake relationship; interconnected river system network; concept and connotation

我国水资源总量丰富, 但时空分布极不均匀, 人均水资源量不足世界平均水平的 1/4, 是一个典型的贫水国家。我国政府高度重视水资源紧缺、水环境恶化、洪涝灾害等水资源问题, 已经把节约用水作为一项长期坚持的战略性决策。水利事业的发展为我国水资源问题的解决提供了可靠的保障。2010 年, 水利部长陈雷在全国水利规划工作会议上强调, 河湖水系连通是提高水资源配置能力的重要途径^[1]。

2012 年, 水利部明确提出水资源开发利用控制、用水效率控制、水功能区限制纳污是“三条水资源管理红线”。自此, 河湖水系连通和最严格水资源管理作为我国新时期两大治水思想被提升为国家战略^[2]。2014 年陈雷部长再次强调, 大力推进民生水利的发展, 不断推进江河湖库水系连通, 优化水资源配置格局的宏观治水思路^[3]。河湖水系连通战略成为保障国家新时期水安全治理方略。

收稿日期: 2014-11-20 修回日期: 2015-09-27 网络出版时间: 2015-11-03

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20151103.1114.022.html>

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41361003); 江西省教育厅科技项目(GJJ14733)

作者简介: 赵军凯(1973-), 男, 河南新郑人, 副教授, 博士, 主要从事水文水资源方面的研究。E-mail: junkaizhao@163.com

通讯作者: 李九发(1949-), 男, 江西南丰人, 教授, 博士生导师, 主要从事泥沙运动、海岸工程、自然资源开发利用和保护等方面的研究。

E-mail: jfli@re.ecnu.edu.cn

1 河湖关系

湖泊对河流的调蓄作用历来为人们所重视^[48]。在国外,河湖关系的研究多数是在河流系统(river system) 研究中涉及到^[9-12]。

在我国,研究河湖关系不能不提到长江中下游的河湖关系。长江流域集水面积 180 万 km², 占我国国土面积的 1/5 多, 有 8 大支流(雅砻江、岷江、嘉陵江、乌江、汉江、湘江、沅江和赣江) 和众多的湖泊, 尤其在中下游水系网络发达, 河网稠密, 河湖关系非常复杂, 历来是人们关注的焦点^[13-16]。

早在 1983 年欧阳履泰将长江与洞庭湖的关系(图 1) 描述为: 江湖关系是由“四口”水系构成的江湖相通、休戚相关的内在联系, 它使江湖流域因素的来水来沙过程, 通过“四口”分流分沙作用不断发生变化, 对江湖的水沙条件及其演变直接和间接地施加重要影响^[17]。不过, 他讨论的荆江与洞庭湖的关系, 局限于河湖水沙交换、变化以及河湖连接通道的演变过程。随着研究的深入, 学者们注意到洞庭湖泥沙淤积和城汉(城陵矶- 汉口) 河道的冲淤变化, 构成了一个江湖分合相互影响、相互制衡的复杂关系^[18]。还有学者已论证: 江湖关系实质上是在自然与人类的各种关系背景下复合形成的江、湖、地、人之间的关系^[19]。2010 年, 韩其为院士指出: 通常人们所说的“江湖关系”, 指的是长江与洞庭湖的关系, 主要包括江湖流量分配的变化、分流河道的冲淤、荆江的冲淤、洞庭湖淤积变化以及莲花塘至武汉河段的冲淤变化, 这五个方面相互影响、相互作用, 影响到长江流域的防洪、生态和水资源^[20]。他明确论述了荆江与洞庭湖的关系包含了人、自然环境、生态与水资源的内容。至此, 人们已经对河湖关系有了较为深入的认识: 它是包含人类活动影响在内的人与自然环境之间的人水、人地相互影响的关系。可见, 人们对江湖关系内涵的认识是由简单到复杂, 从简单的人水矛盾、水与环境关系, 再到人与自然环境关系的转变过程中逐渐形成的。所涉及的问题由防洪抗旱, 到河湖关系演变过程及机理、资源和生态环境等方面。

2 河湖水系连通

2.1 对河湖水系连通涵义的理解

目前, 关于河湖水系连通概念有以下几种代表性的理解。2010 年, 张欧阳指出: 河道干支流、湖泊及其它湿地等水系的连通情况, 反映了水流的连续性和水系的连通状况的河湖水系连通的重要内涵^[21]。此定义与当前水利部提出的河湖水系连通战略意图的要求尚有很大的差异。随后, 出现了以实现水资源可持续利用、人水和谐为目标, 以提高水资源统筹调配能力、改善河湖生态环境、增强抵御水旱灾害能力为重点任务, 通过水库、闸坝、泵站、渠道等必要的水利工程, 建立河流、湖泊、湿地等水体之间的水力联系, 优化调整河湖水系格局, 形成引排顺畅、蓄泄得当、丰枯调剂、多源互补、可调控的江河湖库水网体系的河湖水系连通的内涵^[22]。此内涵强调了人类活动在河湖水系连通中的作用, 强调建设河湖水系连通工程以实现水资源可持续利用(河湖水系连通工程早已有之, 如 2000 多年前我国的都江堰、郑国渠、灵渠等, 而人们对河湖水系连通内涵的理解相对较晚)。还有学者提

出了在自然水系基础上通过自然和人为驱动作用, 维持、重塑或构建满足一定功能目标的水流连接通道, 以维系不同水体之间的水力联系和物质循环的河湖水系连通内涵的观点^[23]。之后, 夏军等学者进一步提炼为: 在自然和人工形成的江河湖库水系基础上, 维系、重塑或新建满足一定功能目标的水流连接通道, 以维持相对稳定的流动水体及其联系的物质循环状况的观点^[24]。可以看出, 此概括简洁明确地指出了河湖水系连通的两种类型——自然形成的和人工干预下形成的, 并强调人类活动的作用。也有学者对河湖水系连通的理论基础进行了探讨^[4, 23-25], 取得了一些进展。可见, 水系连通是建立在水文循环基础之上, 遵循物质循环、水量平衡和能量平衡等自然界的基本法则, 同时又与人类生产生活密切相关, 人们要建设水系连通工程还要以可持续发展、河湖健康及人水和谐理论等作指导; 理解河湖水系连通的内涵和理论, 对于更好地发挥以自然连通为基础的水系连通性能, 使之向着更有利于人类社会经济发展和生态环境安全的方向演进, 具有重要的指导意义。

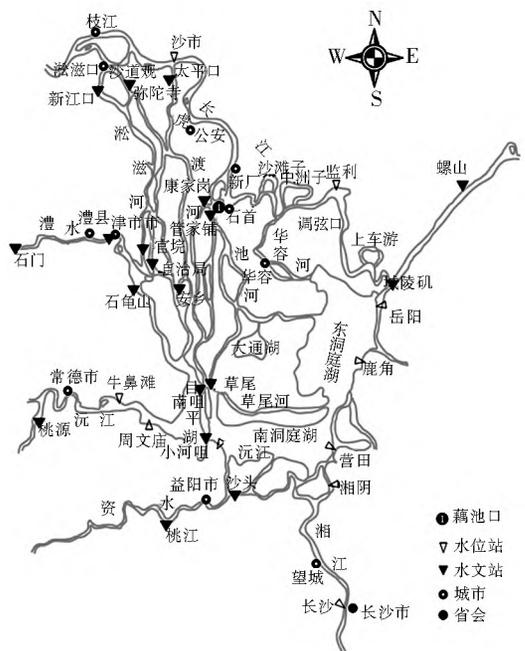


图 1 现代长江(荆江)与洞庭湖连通关系

Fig. 1 The connection relationship between Changjiang River (Jingjiang Reach) and Dongting Lake in modern times

基于以上对河湖水系连通概念内涵的理解, 作者认为普遍意义的河湖连通关系, 不仅包括外流区的河湖关系, 还包括内流区的河湖关系, 不仅包括江河与自然湖泊的关系, 还包括人工运河与湖泊的关系, 江河与人工湖泊(水库) 的关系, 不但包括流域内河湖关系, 还应包括跨流域河湖关系等。

因此, 一般河湖连通关系的内涵理解为: 江河与通江湖泊或者水库组成的河湖(库) 系统, 包括河、湖(库)、地和人等要素, 各要素之间相互联系、相互作用、彼此影响; 河湖关系在系统中各要素的相互作用下不断演化, 系统演化遵循一定的自然规律, 同时又受到人类活动的强烈干扰, 演化有两种方式: 突变和渐变; 河湖之间的物质流(水、泥沙、生物源、其他物质)、能量流(水位、流量、流速等)、信息流(随水流和人类活动而产生的信息流动、生物信息等) 和价值流(航运、发

电、饮用和灌溉等), 各种流以河湖水系连通为纽带, 以水沙等物质交换为载体, 来实现河湖系统演化; 系统演化最终趋于稳定状态, 这种稳定状态是相对的, 是一种动态平衡状态; 系统各要素之间的相互作用涉及到流域防洪、生态、资源利用和环境保护等。

按不同的尺度, 水系连通可以分为流域尺度、跨流域尺度和国际河流(表 1)。国际河流(跨国界河流)与其它尺度的水系连通研究目的和对象会有交叉, 相应的其研究理论也会相似或相同。例如, 多瑙河是欧洲第二大河, 流经德国、奥

地利、斯洛伐克、匈牙利、克罗地亚和南斯拉夫等国, 最后在罗马尼亚东部注入黑海, 全长 2 850 km, 水力资源丰富。在此河上兴建水利工程, 会涉及到国际河流全流域水资源可持续开发利用和流域协调发展的理论, 就需要流域多国进行协商共同开发(1949 年 8 月 18 日, 保、匈、罗、捷、苏、乌及南斯拉夫等国为了改善多瑙河通航条件, 在贝尔格莱德签订了关于多瑙河自由通航的国际协议。开始了全流域规划, 计划修建 45 级通航与发电水利枢纽, 总计利用水头为 401 m, 总装机容量为 786 kW, 年发电量为 438 亿 kW·h)^[29]。

表 1 水系连通尺度分类及其理论基础

Tab. 1 Dimension classification and its theoretical basis of interconnected river system network

尺度类型	含义	举例说明	水系连通工程举例	主要理论基础
国际河流	跨国界河流流域(国际河流水系)	尼罗河、莱茵河、多瑙河、恒河、澜沧江、伏尔加河等	阿斯旺(Aswan)大坝、恒河的特赫里(Tehri)大坝、沟通莱茵河与多瑙河的运河等	大陆和流域尺度水循环、水量平衡和能量平衡理论, 国际河流流域共同水资源开发利用、协调发展、河流健康、河湖关系演变和可持续发展理论等。
跨流域尺度	跨流域水系连通	沟通不同水系的运河或调水工程等	我国的南水北调工程、古代的京杭运河、引滦济青工程等	区域和流域尺度水循环、水量平衡和能量平衡理论, 流域水资源可持续利用、流域协调发展、河流健康、河湖关系演变和区域可持续发展理论等。
流域尺度	流域内水系连通	支流汇入干流、洞庭湖和鄱阳湖与长江、小浪底水库与黄河等	三峡大坝、小浪底水库、都江堰等	流域和局部尺度水循环、水量平衡和能量平衡理论, 流域水资源可持续利用、河流健康、河湖关系演变和区域可持续发展理论等。

2.2 河湖水系连通演变的关键因素

河湖水系连通按其形成原因可分为自然连通和人工连通两类。依据这两类河湖水系连通探讨其演变的规律(图 2)。

于黄河下游出现过几次重大的改道, 黄河故道废弃, 使河湖关系恶化。再如, 鄱阳湖区地势低平, 四周山丘环绕, 在九江、湖口间向北开敞, 由于地质作用形成湖盆南高北低的地势, 洼地泄洪受到长江水流顶托而水位抬高, 积水成湖, 形成了能吞吐长江的复杂的河湖关系。可见, 地质地貌条件是形成河湖水系连通的基础条件, 决定着河湖水系连通情况, 地质地貌条件一旦变化, 水系连通状况必然随之改变, 河湖关系也发生相应的调整。

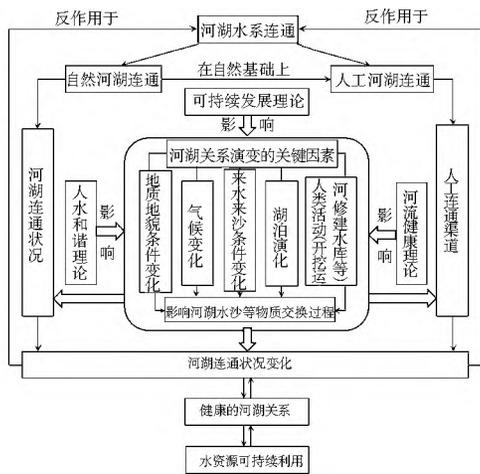


图 2 河湖水系连通演变机理

Fig.2 Evolution mechanism of interconnected river system network

2.2.1 地质地貌条件

地质地貌是基础条件, 它决定着河湖水系连通的基本格局, 它的变化直接影响着河湖水系连通演变的方向。一定的河湖水系连通总是与当地地质地貌条件相适应。例如, 黄河中下游历史上曾经河网稠密, 湖泊众多, 河湖水系四通八达。《尚书·禹贡》中所记载的黄河河道在孟津以下, 汇合洛水等支流, 改向东北流, 经今河南省北部, 再向北流入河北省, 又汇合漳水, 向北流入今邢台, 巨鹿以北的古大陆泽中, 然后分为几支, 顺地势高下向东北方向流入大海^[27]。可是由于黄河水流夹带大量泥沙, 中下游河道淤积, 水系连通受阻, 以至

2.2.2 气候变化

气候条件直接决定着河流径流量的多寡和季节分配, 对河网水系的发育有着重要的影响。气候变化又有不同尺度之分, 气候变迁(冰期和间冰期旋回)影响河流水系发育。据 A·彭克和 E·布吕克纳的《冰川时期的阿尔卑斯山》(3 卷), 阿尔卑斯山区有 4 次冰期和 3 次间冰期, 造成山北麓多瑙河上游几级砂砾阶地发育。另外, 人类活动也驱使气候发生变化。现代科学所讨论的全球气候变化主要指几十年到上百年时间尺度的气候变化, 表现为气温、降水、蒸发等主要气象要素的变化^[28]。研究表明: 1400 年前明显萎缩, 干涸过程中出现了 6 个期次的湖相沉积环境变迁, 代表了至少 6 个期次的干湿气候变化, 为河流自然改道所致; 而近代罗布泊干涸, 是人类影响的结果^[29,30]。据研究, 在 1860 年和 1870 年长江的两次特大洪水, 藕池、松滋先后决口(图 1), 自此奠定了荆江四口(松滋口、太平口、藕池口和调弦口)分流入洞庭湖的局面^[17]。总之, 气候变化很大程度上影响着河湖水系连通状况, 进而使河湖关系调整, 河湖关系又重新塑造新的地表环境, 反过来影响河湖水系连通性能的演变。

2.2.3 流域来水来沙条件

河流是气候的镜子。径流量的多寡、河流含沙量大小和河流挟沙能力饱和与与否是河流水系演化、河床演变、河湖水

沙交换等的直接动力。径流量及其输沙能力发生变化,直接影响着河湖水系连接通道的水动力条件,影响着水系通道的冲淤变化、河湖水系连通状况的优劣、河湖关系演变过程。气候变化常常是河川径流量发生变化的原因^[31],人类活动则可以直接影响河川径流量的变化^[32]。总之,无论是自然因素还是人为因素造成河流来水来沙条件的变化,最终都会导致河湖水系连通性能发生变化,影响河湖关系的演化。

2.2.4 湖泊演化

湖泊在其形成时要经过大规模地质过程,多数天然湖泊都是受地质构造作用、火山作用或冰川作用而形成的。所有湖泊都会经历从产生、发育到萎缩的过程。每个湖泊的产生,都伴随着一个生物群落建立和演替的过程。目前,人类活动正在加速湖泊演化过程。2005年,联合国在其《千年生态系统评估》(Millennium Ecosystem Assessment)针对全球湖泊加速消失的问题发出过警告。遥感数据显示,与数十年前相比,目前河湖水系连通状况发生了较大的变化,乍得湖(Lake Chad)面积缩小近90%;在过去的50年,中国已减少了约1000个内陆湖泊^[33]。长江中下游平原湖区是我国乃至世界上罕见的典型浅水湖群,湖泊总面积 $1.41 \times 10^4 \text{ km}^2$,多数湖泊平均水深只有2m。在历史上曾有“千湖之省”美誉的湖北省,现存湖泊面积 $2.44 \times 10^3 \text{ km}^2$,仅是20世纪50年代的34%^[14]。可见,湖泊演化过程对河湖水系连通状况有较大的影响。

2.2.5 人类活动

人类通过在河流上建造大坝、水库、水电站、跨流域调水工程等,拦截部分河流径流量,改变了河流自然的水动力条件、含沙量以及输沙能力,对流域河湖水系连通产生较大的影响,从而使河湖关系作相应的调整。密西西比河是世界上监管最严格的河流之一,1920年后人类修建的一系列水利工程,造成许多水系连接通道被切断,拦截了大量沉积物,而这些沉积物是河流造床的主要物质基础,以至于密西西比河下游河道沿程冲刷^[34]。新中国成立后,调弦口于1959年人为堵口,荆江正式进入三口分流的时期。1966年以来,下荆江经历了三次裁弯取直(1966年-1968年中洲子人工裁弯,1968年-1970年上车湾人工裁弯,1972年沙滩子自然裁弯),其中两次都是人工裁弯(图1)。截止2005年,在长江流域陆续修建了各种类型的水库45000余座,总库容超过1700亿 m^3 ,相当于流域径流总量的19%^[35]。尤其三峡工程建设对下游河道和河湖关系有较大的影响。研究表明,三峡水库的运行拦截了其下游长江干流和通江湖泊(洞庭湖)泥沙来源的88%^[36],长江中游特别是荆江河段的水沙组成发生变化,水流挟沙处于次饱和状态,坝下河道沿程冲刷,荆江河段首当其冲;部分地段近岸河床的水下岸坡冲刷变陡,局部河段河岸甚至发生了崩岸险情^[37]。荆江三口分流分沙比发生变化,河湖水沙交换过程随之而变,使河湖关系重新调整。我国南水北调东线工程,沟通了长江、淮河、黄河、海河四大水系,以及沿程的骆马湖、南四湖、洪泽湖、东平湖等湖泊,是大型的河湖水系连通工程。不但可以缓解北方水资源紧缺的危机,而且可以通过水系连通改变湖泊水流水动力条件,改善湿地的生态环境功能。因此,人类活动对河湖水系连通的破

坏和改善作用非常之大,起到加速、延缓或者改变河湖水系连通的性能,甚至能决定着河湖关系演变的方向。

3 河湖关系与河湖水系连通

3.1 河湖水系连通本身属于河湖关系的范畴

通过对河湖关系内涵的讨论可知,河湖水系连通是河湖关系研究的重要内容。河湖关系强调的是河流与湖泊处在河湖系统之中,研究的内容涉及河湖系统的特征,系统中各要素的关系,系统如何演进、系统变化所遵循的自然规律,系统形成与演化的过程及其机理,河湖系统与人类的关系,在人类的干预下系统将会怎样,系统如何维持平衡,怎样的人类干预才能使系统向着人与自然环境和谐、有利于社会经济发展的方向演化。河湖水系连通强调的则是河湖水系如何连通才能达到既定的目标,更侧重于人类如何利用河湖关系的原理来做水系连通工程造福于人类。显然,河湖水系连通本身属于河湖关系的范畴。

3.2 正确认识河湖关系是设计河湖水系连通工程的前提和基础

搞清楚区域河网水系结构、地形地势条件,干支流径流组成和比例关系,了解河湖连接通道性能,流域洪、枯水规律,河流泥沙来源、输沙能力、含沙量、河相关系等是设计河湖水系连通工程的前提和基础。如我国都江堰水利工程充分利用当地地形地势条件,因势利导,筑堰引水,自流灌溉,使堤防、分水、泄洪、排沙、控流相互依存,共为体系,保证了防洪、灌溉、水运等综合效益的充分发挥。都江堰建成后,成都平原沃野千里,水旱从人。该工程伟大之处是建堰两千多年来经久不衰,是人类历史上河湖水系连通工程的典范之作。相反,如印度最大的水电项目,恒河上的特赫里(Tehri)大坝,由于建坝前对该地区河网水系的径流运行规律的调查研究不够充分,结果建坝三年后给印度带来了水危机,水库供应给首都的水有一半都在库底渗漏浪费了。由此可见,正确认识河网水系的地形条件,洪、枯水特点,掌握河网水系的水沙规律等,是设计、建造河湖水系连通工程的前提和基础。

3.3 河湖关系的演变理论是建造河湖水系连通工程的理论依据

自然健康的河湖关系,在河网水系水分循环、水量平衡、能量平衡、生物环境净化、生态系统稳定等功能中起到非常重要的作用,在河湖水系连通的条件下进行着水沙交换,维持着河湖水系网络中物质、能量和信息的流通。河湖水系网络中的水沙等物质交换直接影响着河湖水系连接通道的演变和生物信息流通,进而影响着河湖关系的演变。而河湖水系连通工程的目的是为人类社会发展服务,并力图维持或恢复河湖关系的自然状况,保证河湖水沙等物质交换畅通。河湖水系连通工程功能是自然河湖水系连通的延续,良好的河湖水系连通工程本身是维护健康河流的具体措施,是人们追求和谐人水关系的现实体现,是河湖关系演变理论的具体应用。

4 结语

河湖水系连通的演变机理主要受地质地貌条件、气候变化、流域来水来沙条件、湖泊演化和人类活动的共同制约。

其中人类活动对河湖水系连通的干扰作用非常之大,起到加速、延缓或者是改变河湖水系连接通道的性能,甚至在特定条件下能决定河湖关系演变的方向。

确认河湖关系与河湖水系连通的关系是,河湖水系连通本身属于河湖水系网络的一部分,属于河湖关系的范畴。河湖关系理论是进行河湖水系连通工程的理论基础,河湖水系连通工程应以河湖关系演变理论为指导。正确认识河网水系的地形条件、洪、枯水特点,掌握河网水系的水沙演变规律等,是设计、建造河湖水系连通工程的前提和基础。河湖水系连通工程恰是河湖关系理论的具体实践。要加强河湖关系理论的研究,以此来指导河湖水系连通工程的正确实施。

参考文献(References):

- [1] 陈雷. 关于几个重大水利问题的思考- 在全国水利规划计划工作会议上的讲话[J]. 中国水利, 2010(4): 1-7. (CHEN Lei. Think about a few major water problems speech at the national conference on water conservancy planning program[J]. China Water Resources, 2010(4): 1-7. (in Chinese))
- [2] 崔国韬, 左其亭. 河湖水系连通与最严格水资源管理的关系[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(2): 129-132. (CUI Guotao, ZUO Qiting. Relationship between interconnected river system network and the strictest water resources management system[J]. South to north water diversion and water science & technology, 2012, 10(2): 129-132. (in Chinese))
- [3] 陈雷. 全面贯彻中央重大决策部署努力开创水利改革发展新局面- 在全国水利厅局长会议上的讲话[EB/OL]. http://www.mwr.gov.cn/slxz/slyw/201401/t20140105_546787.html, 2014-1-4. (CHEN Lei. To fully implement the central major decision deployment and to efforts to create a new situation water conservancy reform and development speech at the national director water conservancy bureau meeting[EB/OL]. http://www.mwr.gov.cn/slxz/slyw/201401/t20140105_546787.html, 2014-1-4. (in Chinese))
- [4] 王中根, 李宗礼, 刘昌明, 等. 河湖水系连通的理论探讨[J]. 自然资源学报, 2011, 26(3): 523-529. (WANG Zhonggen, LI Zongli, LIU Changming, et al. Discussion on water cycle mechanism of interconnected river system network[J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(3): 523-529. (in Chinese))
- [5] 胡春宏, 王延贵. 三峡工程运行后泥沙问题与江湖关系变化[J]. 长江科学院院报, 2014, 31(5): 107-116. (HU Chunhong, WANG Yangu. Sediment problems and relationship between river and lakes since the operation of Three Gorges Project[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2014, 31(5): 107-116. (in Chinese))
- [6] 韩其为. 江湖关系变化的内在机理[J]. 长江科学院院报, 2014, 31(6): 104-112. (HAN Qiwei. Variation mechanism of the relation between Jingjiang River and Dongting Lake[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2014, 31(6): 104-112. (in Chinese))
- [7] 许继军, 陈进, 黄思平. 鄱阳湖洪水资源潜力与利用途径探讨[J]. 水利学报, 2009, 40(4): 474-480. (XU Jijun, CHEN Jin, HUANG Si ping. Investigation on potentiality and utilization approaches of floodwater resources in Poyang Lake[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2009, 40(4): 474-480. (in Chinese))
- [8] Zhao J k, Li J F, Dai Z J, et al. Key role of the lakes in runoff supplement in the mid lower reaches of the Yangtze River during typical drought years[A]. International Conference on Digital Manufacturing and Automation, ICDMA, Changsha, China, 2010: 874-880.
- [9] Zhao J k, Li J F, Yan H, et al. Analysis on the water exchange between the main stream of the Yangtze River and the Poyang Lake [A]. Procedia Environment Science[C], 2011, 10: 2256-2264.
- [10] Levine R, Meyer G A. Beaver dams and channel sediment dynamics on Odell Creek, Centennial Valley, Montana, USA[J]. Geomorphology, 2014: 205: 51-64.
- [11] Wang J, Sheng Y, Gleason C J, et al. Downstream Yangtze River levels impacted by Three Gorges Dam[J]. Environmental Research Letters, 2013, 8(4): 044012.
- [12] Troin M, Vallet-Coulomb C, Piovano E, et al. Rainfall - runoff modeling of recent hydroclimatic change in a subtropical lake catchment: Laguna Mar Chiquita, Argentina[J]. Journal of Hydrology, 2012, 475: 379-391.
- [13] 万荣荣, 杨桂山, 王晓龙, 等. 长江中游通江湖泊江湖关系研究进展[J]. 湖泊科学, 2014, 26(1): 1-8. (WAN Rongrong, YANG Guishan, WANG Xiaolong, et al. Progress of research on the relationship between the Yangtze River and its connected lakes in the middle reaches[J]. Journal of Lake Sciences, 2014, 26(1): 1-8. (in Chinese))
- [14] 张清慧, 董旭辉, 姚敏, 等. 近 200 年来湖北涨渡湖对江湖联变的环境响应[J]. 湖泊科学, 2013, 25(4): 463-470. (ZHANG Qinghui, DONG Xuhui, YAO Min, et al. Environmental changes in response to altered hydrological connectivities with the Yangtze River in Lake Zhangdu (Hubei Province) over the past 200 years[J]. Journal of Lake Sciences, 2013, 25(4): 463-470. (in Chinese))
- [15] 李宗礼, 刘晓洁, 田英, 等. 南方河网地区河湖水系连通的实践与思考[J]. 资源科学, 2011, 33(12): 2221-2225. (LI Zongli, LIU Xiaojie, TIAN Ying, et al. Practice and thinking on the interconnected river system network of the plain river network region in South China[J]. Resources Science, 2011, 33(12): 2221-2225. (in Chinese))
- [16] 陈成忠, 林振山. 从国内学术论文看 1992 年以来长江中下游河湖湿地研究进展[J]. 湿地科学, 2010, 8(2): 193-203. (CHEN Chengzhong, LIN Zhen Shan. Research progress of river and lake wetlands in the middle and lower reaches of Yangtze River based on domestic Chinese published paper from 1992 to 2008[J]. Wetland Science, 2010, 8(2): 193-203. (in Chinese))
- [17] 欧阳履泰. 试论下荆江河曲的发育与稳定[J]. 泥沙研究, 1983, 4: 1-12. (OU YANG Litai. On the development and stability of meanders of the lower Jingjiang Reach of the Yangtze River[J]. Journal of Sediment Research, 1983, 4: 1-12. (in Chinese))
- [18] 施勇, 栾震宇, 陈炼钢, 等. 长江中下游江湖关系演变趋势数值模拟[J]. 水科学进展, 2010, 21(6): 832-839. (SHI Yong, LUAN Zhenyu, CHEN Liangang, et al. Numerical study of the evolution trend in the river lake relationship in the middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. Advances in Water Science, 2010, 21(6): 832-839. (in Chinese))

- [19] 仲志余, 胡维忠. 试论江湖关系[J]. 人民长江, 2008, 39(1): 20-22. (ZHONG Zhì yu, HU Wéi zhong. On relation of river and lake[J]. Yangtze River, 2008, 39(1): 20-22. (in Chinese))
- [20] 韩其为. 三峡蓄水有助改善“江湖关系”[N]. 中国能源报, 2010-12-08, (20). (HAN Qí wéi. The Three Gorges Reservoir will help to improve the relationship of lake and river. China Energy Newspaper, 2010-12-08, (20). (in Chinese))
- [21] 张欧阳, 熊文, 丁洪亮. 长江流域水系连通特征及其影响因素分析[J]. 人民长江, 2010, 41(1): 1-5. (ZHANG Ouyang, XIONG Wen, DING Hongliang. Drainage connectivity characteristics and influential factors of Yangtze River Basin[J]. Yangtze River, 2010, 41(1): 1-5. (in Chinese))
- [22] 李宗礼, 李原园, 王中根, 等. 河湖水系连通研究: 概念框架[J]. 自然资源学报, 2011, 26(3): 513-522. (LI Zongli, LI Yuan yuan, WANG Zhonggen, et al. Research on interconnected river system network: conceptual framework[J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(3): 513-522. (in Chinese))
- [23] 窦明, 崔国韬, 左其亭, 等. 河湖水系连通的特征分析[J]. 中国水利, 2011, 16: 17-19. (DOU Ming, CUI Guotao, ZUO Qiting, et al. Character analysis of river and lake system interconnection[J]. China Water Resources, 2011, 16: 17-19.)
- [24] 夏军, 高扬, 左其亭, 等. 河湖水系连通特征及其利弊[J]. 地理科学进展, 2012, 31(1): 16-31. (XIA Jun, GAO Yang, ZUO Qiting, et al. Characteristics of interconnected rivers system and its ecological effects on water environment[J]. Progress in Geography, 2012, 31(1): 16-31. (in Chinese))
- [25] 左其亭, 崔国韬. 河湖水系连通理论体系框架研究[J]. 水电能源科学, 2012, 1: 1-5. (ZUO Qiting, CUI Guotao. Study on theoretical system and framework of interconnected river system network[J]. Water Resources and Power, 2012, 1: 1-5. (in Chinese))
- [26] 耿雷华, 陈霁巍, 刘恒, 等. 国际河流开发给中国的启示[J]. 水科学进展, 2005, 16(2): 295-299. (GENG Leihua, CHEN Jiwéi, LIU Heng, et al. Inspirations from development of present international rivers to China[J]. Advances in water science, 2005, 16(2): 295-299. (in Chinese))
- [27] 岑仲勉. 黄河变迁史[M]. 上海: 人民出版社, 1957. (CEN Zhongmian. History of the Yellow River[M]. Shanghai, China: People's Publishing House, 1957. (in Chinese))
- [28] Canter L W, Chawla M K, Swor C T. Addressing trend related changes within cumulative effects studies in water resources planning [J]. Environmental Impact Assessment Review, 2014, 44: 58-66.
- [29] 周旭东, 付尔登, 袁国映. 罗布泊极旱荒漠区的盐泉水文特征[J]. 新疆环境保护, 2011, 33(1): 6-11. (ZHOU Xudong, FU Er deng, YUAN Guoying. Hydrological characteristics of salt founts in the extreme dry desert of Lop Nur[J]. Environmental Protection of Xinjian, 2011, 33(1): 6-11. (in Chinese))
- [30] 袁国映, 袁磊. 罗布泊历史环境变化探讨[J]. 地理学报, 1998, 53(增刊): 83-89. (YUAN Guoying, YUAN Lei. An approach to the environmental changes in Lop Nur history[J]. Acta Geographica Sinica, 1998, 53(sup): 83-89. (in Chinese))
- [31] Murphy K W, Ellis A W. An assessment of the stationarity of climate and stream flow in watersheds of the Colorado River Basin[J]. Journal of Hydrology, 2014, 509: 454-473.
- [32] 赵军凯, 李九发, 戴志军, 等. 长江宜昌站径流变化过程分析[J]. 资源科学, 2012, 34(12): 2306-2315. (ZHAO Jun kai, LI Jiurfa, DAI Zhijun, et al. Analysis the runoff variation of Yangtze River in Yichang[J]. Resources Science, 2012, 34(12): 2306-2315. (in Chinese))
- [33] 李小平. 湖泊学[M]. 北京: 科学出版社, 2013. (LI Xiaoping. Limnology[M]. Beijing: Science Press, 2013. (in Chinese))
- [34] Kesel R H. Human modifications to the sediment regime of the Lower Mississippi River flood plain[J]. Geomorphology, 2003, 56(3-4): 325-334.
- [35] 李景保, 周永强, 欧朝敏, 等. 洞庭湖与长江水体交换能力演变及对三峡水库运行的响应[J]. 地理学报, 2013, 68(1): 108-117. (LI Jingbao, ZHOU Yongqiang, OU Chaomin, et al. Evolution of water exchange ability between Dongting Lake and Yangtze River and its response to the operation of the Three Gorges Reservoir[J]. Acta Geographica Sinica, 2013, 68(1): 108-117. (in Chinese))
- [36] Yang S L, Zhang J, Dai S B, et al. Effect of deposition and erosion within the main river channel and large lakes on sediment delivery to the estuary of the Yangtze River[J]. Journal of Geophysical Research, 2007, 112: F02005.
- [37] 姚仕明, 何广水, 卢金友. 三峡工程蓄水运用以来荆江河段河岸稳定性初步研究[J]. 泥沙研究, 2009, 6: 24-29. (YAO Shiming, HE Guangshui, LU Jinyou. Preliminary study on bank stability in Jingjiang reach since operation of the Three Gorges Project[J]. Journal of Sediment Research, 2009, 6: 24-29. (in Chinese))