

文章编号:1000-5641(2016)04-0118-11

再论河湖连通关系

赵军凯¹, 李立现¹, 张爱社¹, 李九发²

(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. 华东师范大学 河口海岸学国家重点实验室,上海 200062)

摘要: 基于厘清河湖连通关系内涵相关认识的基础上,讨论了河湖连通关系的不同类型、“量质交换”、诸动态“流”、演变规律和生态功能.认为:在河湖连通系统中,河湖之间有着“量质交换”,它是河湖之间最基本的物质和能量交换关系;河湖之间存在物质流(水、溶解物质、泥沙、生物、污染物等)、能量流(水位、流量、流速等)、信息流(随水流、生物和人类活动而产生的信息流动等)和价值流(航运、发电、饮用和灌溉等);诸种“流”在自然和人类活动的影响下,以河湖水系连通为纽带,进行河湖之间的“量质交换”,实现河湖相互作用;河湖之间的水沙等“量质交换”是河湖连通关系演变的途径和动力之一;河湖连通关系演化最终趋于相对稳定状态,即动态平衡.在河湖系统中,任何一个要素发生变化,其余各要素就会发生连锁反应,形成反馈,从而影响整个系统功能的发挥,最终会影响流域内防洪、生态、资源利用和环境保护.正确认识河网水系的连通关系,对河湖水系连通工程的建设和地方政府水资源部门的决策具有一定的参考价值.

关键词: 河湖连通关系; 河湖系统; 分类体系; 量质交换; 生态功能

中图分类号: TV 213 **文献标识码:** A **DOI:**10.3969/j.issn.1000-5641.2016.04.014

Discussions of the river-lake interconnected relationship connotation

ZHAO Jun-kai¹, LI Li-xian¹, ZHANG Ai-she¹, LI Jiu-fa²

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

Abstract: Interconnected river system network is proposed as a new national water control strategy in the new era, thus study on the connotation and theory of interconnected river system network has become the focus of scientific research. The classification system of river-lake interconnected relationship, various kinds of dynamic “flows” and “the material and energy interchange” and the interactions between rivers and lake were discussed in this paper. And the evolution ways, patterns, the ecological functions of the river-lake interconnected system were also

收稿日期:2015-07

基金项目:国家自然科学基金(41361003);江西省教育厅科技项目(GJJ14733);九江学院科技项目(2014KJYB031)

第一作者:赵军凯,男,博士,副教授,主要从事自然地理、水文水资源方面的研究.

E-mail:junkaizhao@163.com.

通信作者:李九发,男,教授,博导. E-mail:jfli@re.ecnu.edu.cn.

discussed in this paper, etc. Based on these things, the authors had defined clearly the connotation of the river-lake interconnected relationship in this paper. In river-lake interconnected system, the authors considered that there is “the material and energy interchange”, which is the first and foremost material and energy exchange relationship between rivers and lakes. The authors also point out that there are multiple flows between rivers and lakes, viz. material flows (water, dissolved substance, sediment, organisms, contaminants, etc.), energy flows (water level, discharge, velocity, etc.), information flows (information generated with the water flows, organisms and human activities, etc.) and value flows (shipping, power generation, drinking and irrigation, etc.). Under the disturbance of natural and human activities conditions, these flows are based on the connection of rivers and lakes, proceeding “the material and energy interchange” (water-sediment exchange, etc.) between rivers and lakes, implementing the river-lake interactions. It is the water-sediment exchange of “the material and quantity interchange” between rivers and lakes that is one of the approach and the direct driving forces for evolution of the river-lake interconnected relationship. The river-lake interconnected relationship’s evolution tends to relative steady state in the end, which is an ideal dynamic balance. If any changing of whichever elements in river-lake interconnected system happened, the others must occur the chain reaction, forming feedback, which affects on the function playing of the whole system, eventually will affect on preventing a flood and fighting a drought, ecological balance, resource utilization and environmental protection in a watershed. We should correctly recognize the river-lake interconnected relationship of river network, which has some reference values for the construction of river-lake interconnection project and the water resources department of local government’s decision.

Key words: river-lake interconnected relationship; river-lake system; classification system; material and energy exchange between rivers and lakes; ecological functions

0 引言

在全球气候变化的背景下,水资源短缺、洪涝灾害、水环境恶化等现状已成为世界经济发展和城市化进程所面临的严重问题^[1-2].我国水资源时空分布极不均匀,人均水资源量仅为世界平均水平的1/4,是一个典型贫水的发展中大国.中国政府高度重视水资源紧缺的问题,“水资源开发利用控制、用水效率控制、水功能区限制纳污”成为我国“三条水资源管理红线”^[3].为了从根本上提高水资源统筹配置能力、改善河湖健康状况和增强抵御水旱灾害的能力,水利部长陈雷在2010年和2014年两次强调把河湖水系连通作为当前提高水资源配置能力的重要途径^[4-6].河湖水系连通和最严格水资源管理作为我国新时期保障水安全的两大治水思想被提升为国家战略.

河湖水系是陆地水循环系统的重要组成部分,是水资源形成与演化的主要载体,也是生态与自然环境重要的构成要素.河湖系统内的通江湖泊与河流存在着复杂的水力联系,是天然水库.通江湖泊发挥着“连接器”、“转换器”和“蓄水器”的作用^[7].河湖水系网络中的湖泊与河流的关系非常密切,它们之间关系的演变和调整是维持健康河流、健康河湖关系的重要因素.故,正确理解河湖连通关系的内涵,了解其分类体系,研究其演化发展的机理等,具有重要的理论意义.众多学者对河湖水系连通内涵的研究,对于我们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,具有很重要的实践意义。

1 河湖连通关系内涵的发展

人们在自然界看到不同水域之间通过明渠、暗流、涵洞以及各种孔隙通道等相连并具有水力联系的水体。这些水体统称为水域连通。如海洋与海洋(白令海峡、马六甲海峡、直布罗陀海峡、苏伊士运河、巴拿马运河、基尔运河等)、河流与湖泊、河流与河流、河流与海洋、湖泊与湖泊等的连通都属于水域连通。河流与湖泊连通是一种复合的水域连通类型,如本文所讨论的河湖水系连通就包括河流与湖泊、河流与河流、湖泊与湖泊等连通关系。

世界上已建成的水系连通工程很多。如 2000 多年前我国的都江堰、郑国渠、灵渠等,特别是我国的京杭大运河,是世界上里程最长、工程最大、开凿最早(公元前 486 年就开始兴建邳沟工程)的运河;又如 1935 年美国在加利福尼亚州开工建设的北水南调工程;再如 1949 年澳大利亚兴建的雪山调水工程^[8];还如 20 世纪 50 年代欧洲多国把南北方向的莱茵河、易北河、马斯河通过横向运河连通,联合搞三角洲治水的工程^[9];还有我国现代的南水北调工程;等等。可见,河湖水系连通工程早已有之,但是人们对河湖水系连通内涵和整体理论建构的探讨相对较晚。

2010 年,张欧阳等引用了文献^[10]中对水系连通的含义:河道干支流、湖泊及其它湿地等水系的连通情况,反映水流的连续性和水系的连通状况。进而论述了河湖水系连通的重要内涵,“水系连通性有两个基本要素:①要有能满足一定需求的保持流动的水流,②要有水流的连接通道;判断连通性的好坏也取决于两个条件:①水流在满足一定的需求的情况下的连续性,②连接通道是否保持畅通”^[11]。

李原园等认为河湖水系是一种泛地域尺度概念,不同的空间尺度表现出显著的差异性,并指出提高水资源配置能力、改善河湖生态环境和增强抵御水旱灾害能力是河湖水系连通的三大功能^[12]。后来,崔国韬等将河湖水系连通的三大功能细化到二级功能,进一步提出了河湖水系连通功能体系名称^[13]。王中根等尝试从河、湖与水系等水循环的基本概念入手,探讨水系的结构、特征和连通性,揭示水系连通的水循环物理机制,讨论了水量平衡、能量平衡、水资源可再生性、水循环尺度等几个水系连通网络中的关键水循环问题,为河湖水系连通内涵和整体理论构建奠定基础^[7]。

2011 年,李宗礼等提出了“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、可调可控的江河湖库水网体系”的河湖水系连通理念^[14]。在此基础上,他们又提出了河湖水系连通的五项分类原则,分别是科学性、系统性、主导性、区域性和可操作性,并从连通性质、连通功能、连通区域、连通尺度、连通对象、连通时效、空间格局和连通方向等方面进行分类,初步构建了河湖水系连通分类体系^[15]。

同年,窦明等提出:“河湖水系连通是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。它是以实现水资源可持续利用、人水和谐为目标,以改善水生态环境状况、提高水资源

统筹调配能力和抗御自然灾害能力为重点,借助各种人工措施和自然水循环更新能力等手段,构建蓄泄兼筹、丰枯调剂、引排自如、多源互补、生态健康的水系连通网络体系”^[16]。

2012年,夏军等进一步将水系连通提炼为:“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”^[17]。

可见,由于河湖水系连通内涵和理论涉及面广,影响范围大,不确定因素多,因此,目前对其相关理论和技术研究尚处于探索阶段。

2 再论河湖连通关系

河湖连通关系也就是河湖水系连通关系。一般的河湖连通关系既包括外流区的河湖水系连通关系,又包括内流区河湖水系连通关系;不但包括江河与自然湖泊的关系,还包括江河与人工湖泊——水库的关系,乃至人工运河与湖泊的关系;既包括流域内河湖连通关系,又应包括跨流域河湖连通关系。例如,长江和洞庭湖,长江与鄱阳湖,黄河与鄂陵湖、扎陵湖,赞比西河与马拉维湖,科罗拉多河与米德湖,马更些河与阿萨巴斯卡湖及大熊湖;等等,它们都属于外流区河湖关系。尼罗河和纳赛尔湖(阿斯旺大坝)、密苏里河与加里森水库、田纳西河与肯塔基水库、长江和三峡水库、黄河与小浪底水库等,它们都属于河流与人工湖泊(水库)的关系。我国的京杭运河与南四湖,南水北调工程与长江、淮河、黄河及海河,德国的莱茵河-多瑙河运河与莱茵河、多瑙河,等,它们既属于人工运河与湖泊、河流域的关系,又属于跨流域的河湖连通关系。

2.1 河湖连通关系的类型

(1)从河湖连通的水系看,可以分为流域内的河湖连通关系和跨流域的河湖连通关系。如莱茵河-多瑙河运河与莱茵河、多瑙河及沿线湖泊的关系,我国的南水北调工程、引滦入津工程和甘肃省的引大(大通河)入秦(秦王川盆地)工程等沿线河湖关系,都属于跨流域的河湖连通关系。

(2)从不同的水文循环的路径看,可以分为外流区河湖连通关系和内流区河湖连通关系。外流区河湖连通关系是指外流河与沿线湖泊的连通关系,如洞庭湖与长江的关系,鄱阳湖与长江的关系。内流区河湖连通关系是指内流河与沿线湖泊的连通关系,如塔里木河与台特玛湖的关系,布哈河与青海湖的关系。

(3)从河湖连通的方式看,可以分为自然连通和人工干预连通。前者,如江河与天然湖泊的连通关系;后者,如江河与人工湖泊(水库)的关系,人工运河与湖泊的关系(如我国京杭运河与南四湖的关系)。

2.2 河湖连通的“量质交换”

河湖连通关系即是指河湖之间有水系连通和水力联系,存在着水、溶解物质、悬浮物、污染物等物质交换,我们在这里称为河湖之间的“量质交换”。所谓的“质”是指河湖之间所有随水流而发生交换的物质、能量、信息 and 价值;所谓的“量”是指河湖之间交换的物质、能量、信息和价值的量。当河湖之间连通关系发生改变,河湖之间“质”的交换通量就会发生变化。反之,一旦江河与湖泊之间“量质交换”发生了变化,河湖之间的连通关系必将受到影响。河湖之间只要存在水流,就会有最基本的“量质交换”,也就会有相应的“物质流”、“能量流”、“信息流”和“价值流”的存在,河湖系统才能发挥其正常的生态功能,维持一定的生态平衡。可

见,“量质交换”是河湖之间最基本的物质交换关系。

2.2.1 河湖之间的“物质流”

在河湖系统中,水流携带溶解物质、泥沙、微生物和污染物等多种物质在河流与湖泊之间不停地流动^[18];鱼类等水生动物则可以自由地游动在河湖之间;等等,从而实现了河湖之间的物质交换.这种物质交换称为河湖之间的“物质流”.正是这种“物质流”,对流域的水文、地貌、生态系统等自然地理环境的形成和演变起着巨大的作用^[19];对人类的生产和生活方式也有着很大的影响^[20].在传统的农业社会,人类有逐水草而居的生活习惯,因为离水源比较近的地方便于人类生产生活.同样的原因,现代大都市多分布在河流中下游和湖泊的沿岸,如巴黎、伦敦、纽约、上海、武汉、南京、长沙等.河湖之间的“物质流”,除了对流域生态环境的形成和演化起着十分重要的作用外,还对人类文明的发展具有重要的意义.一方面,人类从河流、湖泊中汲取生活的必需品,如水、溶解物质、砂石等物质,还有鱼类、水草等水生生物.另一方面,河流定期的洪水泛滥往往使中下游形成肥沃的冲积平原,为人类农业生产提供了有利条件.

2.2.2 河湖之间的“能量流”与“价值流”

由于水位差的存在,上游地势高处的水蕴含一定的内能,水流向低处的同时,相应部分的势能转化为动能.在河湖系统中,水流从水位较高处流向较低处,伴随着机械能的转化,部分势能转化为动能,水流流速增大,动能增加.在整个过程中,水流遵循着能量守恒和物质守恒定律.因此,河湖之间的水流不仅是“物质流”,也是“能量流”.“能量流”可以用水位差、流量、流速等常见的水文要素来反映^[21].一般地,水位差越大,势能转化为动能就越多,能量流就越大;流量越大,流速越大,相应的能量流也越大.充满智慧的人类很早就发现并让这种“能量流”创造价值,造福社会.这种“能量流”因而成为“价值流”.如我国东汉时期发明的“水排”,就是一种在炼铁时利用水能的价值来鼓风的装置;又如船舶在河道里航行就是利用了水流的航运价值,顺水时还利用了河流中水的动能价值,从而节省了大量人力和物力;再如现代的水电站就是把水流的动能价值转化成人类需要的电能的水利工程;等等.可见,河湖之间存在“能量流”和“价值流”.

2.2.3 河湖之间的“信息流”

河湖系统中还有人类活动和生物信息的交换.青蛙、鱼类及一些水生生物是依托水流携带生命信息,在水中完成个体的繁殖和成长发育过程.长江中下游鄱阳湖中一些鱼类的洄游特性就是河湖系统存在“信息流”的典型例证.这些鱼类中,青、草、鲢、鳙、鳊和鳊等是河湖洄游性鱼类;鲥、刀鲚、鳊、中华鲟等是河海洄游性鱼类,它们在江湖中繁殖、海洋中生长发育,或海洋中繁殖、江湖中生长发育^[22],穿流于河湖之间完成洄游和生命的繁衍.另外,人类活动也在河湖之间传递了大量信息,信息的流通过程也更为复杂.如船只在河湖中航行,就成为渔业捕捞、货物运送、旅游见闻、走亲访友、科学考察等各种活动信息传递的载体.所以说,河湖系统中存在着“信息流”.

由此可见,上述诸“流”昼夜不停地进行着,充分体现了河湖水系连通的基本特征.诸“流”的流动遵从自然界的质量守恒和能量守恒定律,同时也遵从着水文循环规律,使得河湖系统对区域自然地理环境和人类社会经济发展有着巨大的贡献.因此,河湖之间“量质交换”实质就是河湖之间物质、能量和信息交换过程,同时也是价值的产生和流动的过程.

2.3 河湖之间的相互作用

在自然连通的河湖系统中,河流和湖泊之间以水、溶解物质、沙等物质交换为媒介,通过各种“流”发生着相互作用.现实的河湖系统中,由于人类活动建立了许多电站、水闸、大坝等水利工程,大大干扰了河湖之间“量质交换”过程.河湖相互作用除河湖水沙交换外,还包括随水流进行的河湖间溶解物质、污染物和水质的交换,由“量”和“质”变化引起的河湖湿地滩地冲淤演变、河湖间鱼类的洄游繁殖和生长发育、河湖湿地吸引的区域性候鸟越冬;也包括湖泊对洪枯水的调节与河湖流域内人类航运、发电、灌溉、社会经济发展的相互影响;以及河湖系统的生态环境中各要素的相互作用;等等.已有的相关研究也说明了河湖之间的相互作用.如:赵军凯等在长时间系列的水文资料分析的基础上,建立了能表征河湖水量交换强度的经验公式,用来说明河湖之间存在相互作用^[23];郭华等学者运用定量的方法比较了三峡水库运行和区域气候变化对长江与鄱阳湖相互作用的影响程度^[24].

2.4 河湖连通关系的演变规律

2.4.1 演变的途径和动力

(1)“量质交换”是自然河湖连通关系演变的基本途径.径流携带溶解物质、泥沙和污染物等物质注入湖泊,经湖泊调蓄后变成含沙量低的水流流出,这些具有能量的水流对所经之地产生或冲或淤作用,河道就产生了冲淤变化,使河湖连通关系缓慢演变,同时也实现了河湖之间相互作用.利用二维水动力模型(MIKE21)研究发现:澳大利亚北部的 Flinders 和 Gilbert 两个集水区域,在洪水季节河湖连通性能提高 7%,旱季河湖连通性能降低 18%^[25].我国荆江“三口”是连接长江与洞庭湖的纽带,河湖关系典型且复杂(如图 1).长江上游三峡大坝拦蓄大量泥沙,下游近坝段水流含沙量急剧减少,挟沙能力不饱和,沿程河道冲刷,使泄流能力增加,同流量的水位下降.结果,荆江“三口”分流分沙比减少,长江进入洞庭湖的泥沙随之减少,使洞庭湖的淤积得以减缓,河湖关系随之调整^[26].另外,实测资料表明:长江水倒灌使大量泥沙进入鄱阳湖,多数淤积于湖口至星子之间水道,从而影响了长江和鄱阳湖量质交换过程(图 1)^[27].再如:丹麦的 Skjern River 流域,由于人类活动影响,河湖之间水沙交换受到干扰,1960s 以后湿地萎缩,生态系统调节功能下降.这就说明,河湖水沙等“量质交换”是河湖之间物质、能量、信息和价值交换的载体,是河湖连通关系演变的基本途径.其中,人类活动往往是这种演变发生的十分重要的干预力量.可是,目前研究发现:很难让湿地恢复自然状态下的水沙交换和冲淤平衡关系^[28].

(2)“量质交换”是自然河湖连通关系演变的直接动力.入湖径流的水沙条件长期趋势性变化将会影响过流性湖泊冲淤演变趋势.例如,在美国西部 Odell River 流域,Odell River、Red Rock Lake 和 Beaver 大坝组成了非常复杂河湖系统.因 Beaver 坝上游水位抬高,水流速度减慢,大量泥沙沉积,水、沙以及溶质交换发生了很大变化,与没有大坝的河段形成鲜明对比^[29].又如,由于洪枯季水位、流量等来水来沙条件不同,水流的动力条件就不同,水流挟沙能力也就不一样,以致使洞庭湖不同湖区的冲淤变化差异明显.据 1951—2005 年实测资料,荆江“三(四)口”及湖南“四水”多年平均入湖总沙量为 $1.56 \times 10^8 \text{ t}$,其中“三(四)口”占入湖泥沙总量的 81.2%，“四水”仅占 19.8%，湖区多年平均淤积量为 $1.14 \times 10^8 \text{ t}$ ^[30].其结果是,近 60 多年来洞庭湖与长江干流的水量交换状态从“湖分洪”到“稳定”,再向“湖补河”状态演进^[23].1974—1998 年间,前 15 年洞庭湖淤积主要集中在中高滩;后 10 年洞庭湖泥沙淤积呈现全湖性特征,而且有向中低位滩地转化的特征,东洞庭湖一直处于快速淤积状态^[31].

另外,研究发现,鄱阳湖沉积趋势表现为:主湖区泥沙沉积速率较小,沉积最严重的在湖西南、南、东南各支流入湖扩散的三角洲地带,这里的湖床明显增高,三角洲明显向湖心推进^[32].这说明,由于我国长江中下游的洞庭湖和鄱阳湖都是过流性通江湖泊,对于流有着不可低估的水量补充作用^[33],干流径流量的大小是河湖水沙等“量质交换”过程的主控因素^[23].由此可见,水沙等“量质交换”是河湖关系演变的直接动力.

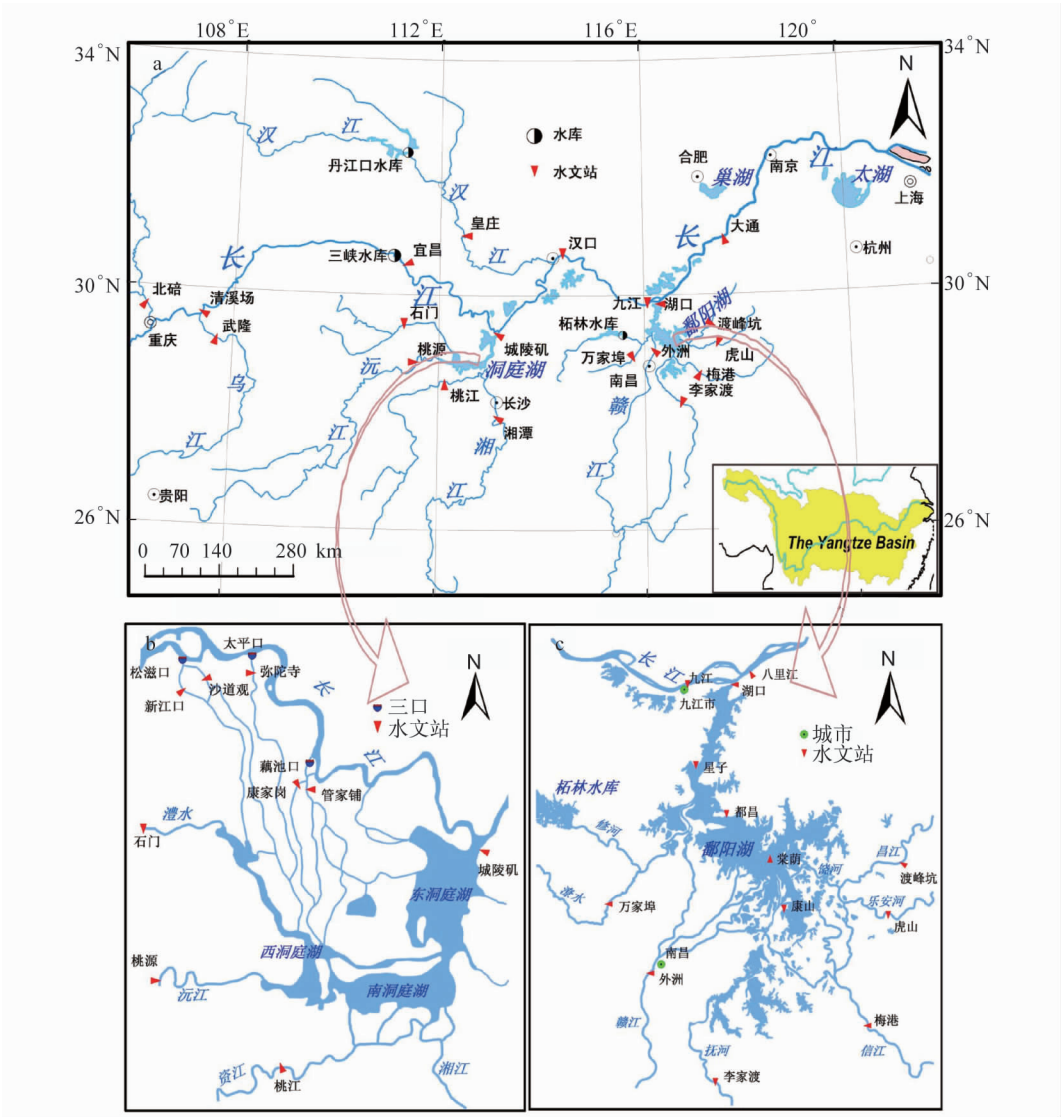


图 1 长江干流与洞庭湖、鄱阳湖水系连通示意图

Fig. 1 The sketch map of river system connected between Changjiang River and Dongting Lake, Poyang Lake

2.4.2 演变的因素与状态

(1)自然因素.它主要包括地质地貌(地震、火山活动、地貌演化等)、水文气候(流量、流速、降水量等)、河流作用(侵蚀、搬运和淤积)以及湖盆演化(洪水冲刷、泥沙淤积和生物作用等),它们都能引起河湖水动力和水沙条件变化,进而使河湖水沙等“量质交换”过程发生变

化,影响河湖系统演变.地质地貌决定着径流溶质和含沙量的大小.气候变化会引起径流量的变化,是河湖水沙变化的主要原因之一^[34-35].河流的输沙量与径流量紧密相关,尤其是暴雨引起的洪水对输沙量和河湖水沙变化影响很大^[36].水文气候因素还影响着湖泊水位的季节变化和长期趋势性变化.河流作用能刺激河槽性状发生变化,如使河底或湖底高程改变、深槽摆动,等等.而地形的改变反过来又使原来水流结构(水位、流速、流量等性质)发生改变,从而影响河湖水沙等“量质交换”过程.

例如,长江与洞庭湖以荆江“三口”分流和江湖汇流为纽带就形成了一个庞大而复杂的河湖连通系统,系统中任何一个要素发生变化,其他要素都将会有相应调整(图1)^[37].江湖关系的调整是“三口”分流分沙变化和分流河道淤积的重要原因.反之,长江干流水沙变化也造成荆江水位变化,甚至“三口”河道的冲淤演变^[38].这种河湖连通系统的演变遵循着一定的不以人的意志为转移的自然规律,即河道演变的基本原理——“自动调整作用”(李学山等人提出的用来说明河湖关系的河道演变原理,即当河床淤积使过水面积减小时,水流与河床相互作用与适应的结果必然是通过沿程淤积的不均匀性来增加河床与水面的比降,加大流速,以求达到河道与来水间新的适应与平衡)^[39].

(2)人类活动.这包括植被破坏、围湖造田、水土保持、退田还湖、河道挖沙、裁弯取直、建设水坝等.各项工程在某种程度上改变了天然径流的含沙量和输沙率,从而影响河湖之间的“量质交换”过程,进而影响河湖连通关系的演变^[40-41].例如,人类活动就对我国长江中下游河湖关系演变起到了重要作用.20世纪60年代末期,我国对下荆江河道进行了两次人工裁弯,缩短了下荆江河长61.6 km^[19].而20世纪70年代至80年代长江的葛洲坝工程,20世纪末到21世纪初举世瞩目的三峡工程等,使荆江与洞庭湖关系再次调整,也影响了长江与鄱阳湖的水沙等“量质交换”关系.据统计,三峡水库建成以后的2001-2010年间,包括人工采砂活动在内,鄱阳湖平均每年向长江输沙 1.20×10^8 t,成为长江的主要沙源之一^[42].可见,人类活动对河湖水系连通状况、河湖水沙等“量质交换”关系产生了巨大的影响,并且速率高、节奏快、效果显著,常常是河湖连通关系调整的重要因素.

综上所述,河湖连通关系的形成和演化是自然界内外营力和人类活动共同作用的结果,这种演化在永不停歇地进行着,最终使河湖关系趋于稳定状态,即一种理想的动态平衡状态.

2.4.3 演变的类型与特点

河湖连通关系演变的类型可以分为突变和渐变两种.人类建设水利工程、地震、河流裁弯取直、洪水冲决堤坝等所造成的河湖连通关系快速的改变,属于突变型;气候变化、降水径流增减、来水来沙条件变化等,都会引起河湖水沙交换量发生变化,导致河湖连通关系缓慢地改变,则属于渐变型.洞庭湖在1860年与1870年期间荆江遇特大洪水,藕池、松滋先后决口,形成荆江河段有四口(松滋口、藕池口、太平口和调弦口)分流入湖的局面^[43],属于河湖连通关系突变.2001年黄河小浪底水库建成运行,进行调水调沙实验,使黄河下游不再断流,这是人类活动使河湖(人工湖泊水库)连通关系突变的例子.河流生态系统在自身的演替发展过程中,每时每刻都发生着与周围系统之间的物质交换,它们之间的交换方式与血液的物质交换方式相似^[44].这说明河湖连通关系每时每刻都在缓慢地演变着,河湖关系渐变的例子不胜枚举.

由以上论述可知,河湖连通关系演变遵循着一定的自然规律,同时又受到人类活动的强烈干扰.人类可以通过各种途径改造和诱导河湖连通关系发生变化,让河湖连通关系向着有

利于改善生态环境和人类社会经济发展的方向演变,从而达到人水和谐、人类与自然环境和谐的目标.

2.5 河湖连通的生态功能

从以上分析可知,流域内或跨流域的河湖(库)连通关系组成一个特殊复杂的河湖系统.该系统包括河、湖(库)、地和人等要素,各要素之间形成复杂的关系(人水关系、河湖关系、人地关系、水地关系等),它们相互联系、相互作用、彼此影响,共同发挥着河湖系统的生态功能.河流和湖泊生态系统是湿地生态系统,是全球三大生态系统和自然界重要的生境之一,是陆地生态系统和水生生态系统之间物质循环、能量流动和信息交流的主要通道,是人类生存和发展不可缺少的自然资源.湿地生态系统不仅为人类社会提供丰富的淡水资源,同时还具有水产养殖、发电、航运、灌溉、防洪和休闲娱乐等多种社会服务功能,为人类社会发展提供了重要的支撑和保障,是人类生存与现代文明的基础^[45].

河湖生态系统生态环境优越,生物多样性丰富.多种多样的生物是人类社会得以和谐发展的基础,其丰富程度直接决定着整个生态系统的健康状况,是反映生态环境质量最重要的特征之一.据调查,我国长江流域 423 个重要湿地,共有高等植物 189 科 821 属 2 271 种,国家重点保护野生植物 30 种,其中国家Ⅰ级保护植物 2 种,国家Ⅱ级保护植物 28 种;记录到湿地脊椎动物 1 379 种,隶属于 47 目 220 科.其中,鱼类 25 目 170 科 1 043 种;两栖类 2 目 10 科 118 种;爬行类 2 目 7 科 42 种;鸟类 12 目 26 科 166 种;哺乳类 6 目 7 科 10 种;国家重点保护野生动物 54 种,其中国家Ⅰ级保护动物 13 种,国家Ⅱ级保护动物 41 种^[46].南水北调东线经过南四湖,南四湖湿地生态系统内高等野生动、植物物种多达 1 700 余种,具有很高的科学研究价值^[47].这说明健康的河湖生态系统生物多样性丰富.

河湖生态系统具有完整性和稳定性.河湖生态系统具有自我维持、自我调控功能,对外界的干扰具有一定的恢复能力,能够保持其自身结构合理、功能健全以及长期稳定.健康河湖系统水系结构通畅、水质良好、生物多样性丰富,社会水循环没有损害自然水循环的客观规律.健康的河湖生态系统是完整的、稳定的、生物多样性复杂,具有自动调整和反馈功能,体现景观和人文价值.目前,河湖系统成为遭受人类干扰和损害最为严重的领域之一,出现了诸多的水环境及水生态问题,其健康状况也面临越来越多的挑战.例如,我国的长江中下游地区,尤其是在洞庭湖和鄱阳湖流域,由于历史上人们大量垦殖,围湖造田,破坏了山地、丘陵的植被,水土流失严重,造成河道淤积、湖泊面积缩小、调蓄能力降低.这些人类活动,破坏了原有人水关系和人地关系,从而导致水地关系、江湖关系紧张,降低了河湖系统原有的反馈功能和生态调节功能,结果造成湖区洪水灾害的频率增加,受灾面积扩大,经济损失严重^[48].值得庆幸的是,20 世纪末期,我国政府及时实施退耕还林、退田还湖政策,鄱阳湖和洞庭湖区的水系网络得到一定的修复,河湖系统的反馈和生态调节功能也得到一定的恢复,从而增加了两湖区水网湿地的天然防洪能力^[49-50],也吸引了大量候鸟到此越冬.

可见,在河湖系统中,任何一个要素发生变化,其余各要素就会发生连锁反应,形成反馈,从而影响整个系统功能的发挥,最终会影响流域内防洪、生态、资源利用和环境保护.河湖湿地的主要功能是涵养水源、调蓄洪水、保护土壤、固定 CO_2 、释放 O_2 、降解污染物、作为生物栖息地等^[51].另外,湿地对于维持周边区域湿润环境、调节小气候作用明显^[52].从自然属性来说,与森林、草地等其它自然生态系统相比,河湖湿地生态系统本身就存在复杂性和科学认知的局限性,目前对于湿地生态系统服务功能仍待深入研究.

3 结 论

通过对河湖连通关系内涵的再认识,我们认为河流与流域内的自然湖泊或者人工湖泊(大型水库)组成河湖(库)系统.该系统包括河、湖(库)、地和人等要素,各要素之间相互联系、相互作用、相互影响,共同发挥着河湖系统的生态功能,共同推动河湖系统永不停歇地演化着.河湖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;演化方式有两种——突变和渐变;系统内存在着物质流(水、溶解物质、泥沙、生物、污染物等)、能量流(水位、流量、流速等)、信息流(随水流、生物和人类活动而产生的信息等)和价值流(航运、发电、饮用和灌溉等);在自然和人为干扰(各类水利工程)的条件下,诸种“流”以河湖水系连通为纽带,进行着河湖之间的水沙等“量质交换”,实现河湖相互作用,成为系统演化的动力与条件;系统演化最终趋于在一定时期内的相对稳定状态,即理想的动态平衡状态.

[参 考 文 献]

[1] LUDWIG F, SLOBBE E V, COFINO W. Climate change adaptation and Integrated Water Resource Management in the water sector [J]. Journal of Hydrology, 2014,518:235-242.

[2] SHAMIR E, MEGDAL S B, CARRILLO C, et al. Climate change and water resources management in the Upper Santa Cruz River, Arizona [J]. Journal of Hydrology, 2015,521:18-33.

[3] 崔国韬,左其亨. 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.

[4] 左其亨,胡德胜,窦明,等. 基于人水和谐理念的最严格水资源管理制度研究框架及核心体系[J]. 资源科学,2014,36(5):906-912.

[5] 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.

[6] 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]. (2014-01-04)[2015-07-01]. http://www.mwr.gov.cn/slxz/slyw/201401/t20140105_546787.html.

[7] 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.

[8] 徐宗学,庞 博. 科学认识河湖水系连通问题[J]. 中国水利,2011,16:13-16.

[9] 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.

[10] 长江水利委员会. 维护健康长江,促进人水和谐研究报告[R]. 武汉:长江水利委员会,2005.

[11] 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.

[12] 李原园,酆建强,李宗礼,等. 河湖水系连通研究的若干问题与挑战[J]. 资源科学,2011,33(3):386-391.

[13] 崔国韬,左其亨,李宗礼,等. 河湖水系连通功能及适应性分析[J]. 水电能源科学,2012(2):1-5.

[14] 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.

[15] 李宗礼,郝秀平,王中根,等. 河湖水系连通分类体系探讨[J]. 自然资源学,2011,26(11):1975-1982.

[16] 窦明,崔国韬,左其亨,等. 河湖水系连通的特征分析[J]. 中国水利,2011,16:17-19.

[17] 夏军,高扬,左其亨,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.

[18] 李爽,张祖陆,孙媛媛. 基于 SWAT 模型的南四湖流域非点源氮磷污染模拟[J]. 湖泊科学,2013,25(2):236-242.

[19] 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.

[20] 张欧阳,卜惠峰,王翠平,等. 长江流域水系连通性对河流健康的影响[J]. 人民长江,2010,41(2):1-5.

[21] 仲志余,胡维忠. 试论江湖关系[J]. 人民长江,2008,39(1):20-22.

[22] 赵高峰,周怀东,胡春宏,等. 鄱阳湖水利枢纽工程对鱼类的影响及对策[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2011,9(4):262-266.

[23] 赵军凯,李九发,蒋陈娟,等. 长江中下游河湖水量交换过程[J]. 水科学进展,2013,24(6):759-770.

[24] 郭华,HU Q,张奇. 近 50 年来长江与鄱阳湖水文相互作用的变化[J]. 地理学报,2011,66(5):609-618.

[25] KARIM F, DUTTA D, MARVANEK S, et al. Assessing the impacts of climate change and dams on floodplain

- inundation and wetland connectivity in the wet-dry tropics of northern Australia [J]. *Journal of Hydrology*, 2015, 522:80-94.
- [26] 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.
- [27] 朱宏富.从自然地理特征探讨鄱阳湖的综合治理和利用[J]. *江西师范大学学报(自然科学版)*, 1982, 1:42-56.
- [28] KRISTENSEN E A, KRONVANG B, WIBERG-LARSEN P, et al. 10 years after the largest river restoration project in Northern Europe: Hydromorphological changes on multiple scales in River Skjern [J]. *Ecological Engineering*, 2014, 66:141-149.
- [29] LEVINE R, MEYER G A. Beaver dams and channel sediment dynamics on Odell Creek, Centennial Valley, Montana, USA [J]. *Geomorphology*, 2014, 205:51-64.
- [30] 李景保,尹辉,卢承志,等.洞庭湖区的泥沙淤积效应[J]. *地理学报*, 2008, 63(5):514-523.
- [31] 姜加虎,黄群.洞庭湖近几十年来湖盆变化及冲淤特征[J]. *湖泊科学*, 2004, 16(3):209-214.
- [32] 闵寿,占腊生. 1952-2011 年鄱阳湖枯水变化分析[J]. *湖泊科学*, 2012, 24(5):675-678.
- [33] 戴志军,李九发,赵军凯,等.特枯 2006 年长江中下游径流特征及江湖库径流调节过程[J]. *地理科学*, 2010, 30(4):577-581.
- [34] BHAVE A G, MISHRA A, RAGHUWANSHI N S. A combined bottom-up and top-down approach for assessment of climate change adaptation options [J]. *Journal of Hydrology*, 2014, 518:150-161.
- [35] 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.
- [36] LI Y F, GUO Y, YU G. An analysis of extreme flood events during the past 400 years at Taihu Lake, China [J]. *Journal of Hydrology*, 2013, 500:217-225.
- [37] 卢金友.荆江三口分流分沙变化规律研究[J]. *泥沙研究*, 1996(4):54-61.
- [38] 李义天,郭小虎,唐金武,等.三峡建库后荆江三口分流的变化[J]. *应用基础与工程科学学报*, 2009, 17(1):21-31.
- [39] 李学山,王翠平.荆江与洞庭湖水沙关系演变及对城螺河段水情影响分析[J]. *人民长江*, 1997, 28(8):6-8.
- [40] XU K H, MILLIMAN J D. Seasonal variations of sediment discharge from the Yangtze River before and after impoundment of the Three Gorges Dam [J]. *Geomorphology*, 2009, 104:276-283.
- [41] JAMES C K. Floodplain sedimentation in the Upper Mississippi Valley: Natural versus human accelerated [J]. *Geomorphology*, 2006, 79:286-310.
- [42] GAO J H, JIA J J, KETTNER A J, et al. Changes in water and sediment exchange between the Changjiang River and Poyang Lake under natural and anthropogenic conditions, China [J]. *Science of the Total Environment*, 2014, 481:542-553.
- [43] 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.
- [44] 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.
- [45] 周葆华,操璟璟,朱超平,等.安庆沿江湖泊湿地生态系统服务功能价值评估[J]. *地理研究*, 2011, 30(12):2296-2304.
- [46] 张阳武.长江流域湿地资源现状及其保护对策探讨[J]. *林业资源管理*, 2015(3):39-44.
- [47] 马占东,高航,杨俊,等.基于多源数据融合的南四湖湿地生态系统服务功能价值评估[J]. *资源科学*, 2014, 36(4):840-847.
- [48] 陈萍,王兴玲,陈晓玲.基于栅格的鄱阳湖生态经济区洪灾脆弱性评价[J]. *地理科学*, 2012, 32(8):958-964.
- [49] 尹辉,杨波,蒋忠诚,等.近 60 年洞庭湖泊形态与水沙过程的互动响应[J]. *地理研究*, 2012, 31(3):471-483.
- [50] 欧朝敏,李景保,余果,等.水沙过程变异下洞庭湖系统功能的连锁响应[J]. *地理科学*, 2011, 31(6):654-660.
- [51] 崔丽娟.鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究[J]. *生态学杂志*, 2004, 23(4):47-51.
- [52] 张翼然,周德民,刘苗.中国内陆湿地生态系统服务价值评估:以 71 个湿地案例点为数据源[J]. *生态学报*, 2015, 35(13):4279-4286.