

文章编号: 1007-7588(2011)03-0386-06

河湖水系连通研究的若干问题与挑战

李原园¹, 郦建强¹, 李宗礼^{1,2}, 刘晓洁², 田英¹, 李爱花¹

(1. 水利部水利水电规划设计总院, 北京 100120;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 经济社会发展和生态环境保护对水资源支撑和保障能力提出了新的、更高的要求, 河湖水系连通已经成为国家江河治理的重大课题, 迫切需要深入研究其理论基础与关键技术体系。目前国内外的研究比较零散, 尚未形成一个科学的理论体系。本文分析了河湖水系连通的三大功能: 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。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, 根据我国的实际情况, 可从国家、区域、流域3个尺度开展研究。随着经济、社会的发展和环境的变化, 未来的研究将面临一系列挑战, 如河湖水系格局与社会经济发展格局不匹配、气候变化不确定性带来的问题、研究的学科交叉性与综合性等等。

关键词: 河湖水系连通; 水资源配置; 河湖健康; 水旱灾害; 研究尺度

1 引言

河湖水系是水资源的载体, 是生态环境的重要组成部分, 是经济社会发展的重要支撑, 人类发展和文明与河湖水系密不可分。河湖水系及其连通格局会影响水土资源配置格局与能力, 同时对生态环境质量和演变, 以及抗御水旱灾害的能力和 risk 状况产生重要的影响。

长期的治水实践, 特别是新中国成立以来的水利基础设施建设, 对天然河湖已具备了一定的调控能力。随着人类活动影响的加剧, 河湖水系连通格局与状况发生了重大变化, 部分地区产生了水系连通性减弱、水资源与水环境承载能力不足、洪水宣泄不畅、水安全风险加大等问题, 已成为人水关系不和谐的重要表现, 成为影响经济社会可持续发展、水生态系统健康的关键制约因素^[1-3]。

2010年1月, 水利部陈雷部长在全国水利规划计划工作会议发表了“关于几个重大水利问题的思考”的讲话, 提出“河湖连通是提高水资源配置能力的重要途径”, 要“构建引得进、蓄得住、排得出、可调控的江河湖库水网体系, 根据丰枯变化调水引流, 实现水量优化配置, 提高供水的可靠性, 增强防

洪保安能力, 改善生态环境。”^[4]。河湖水系连通有利于实现水资源的可持续利用, 促进经济社会发展目标和生态保护目标与水资源条件之间的协调, 促进近期和远期经济社会发展目标对水资源需求之间的协调, 促进流域之间和流域内部不同地区之间水资源利用的协调, 促进不同类型水源之间开发利用程度的协调, 促进生活、生产与生态用水之间的协调, 促进经济社会格局与河湖水系格局之间的协调。

河湖水系连通研究成为水资源科学在新形势下一个新的学术视角, 亟需开展相关研究, 明确国家、区域和流域等不同尺度的战略思路, 合理有序开发利用水资源, 实现水资源可持续利用与生态环境的良性循环, 支撑经济社会的可持续发展。本文拟结合中国河湖水系连通的实际情况, 对河湖水系连通的功能、研究尺度等问题进行初步梳理, 提出河湖水系连通战略研究面临的挑战, 以期达到抛砖引玉之目的。

2 河湖水系连通的功能

我国正处于转变经济发展方式的关键时期, 实现可持续发展对水资源开发利用与保护提出了新

收稿日期: 2011-01-10; 修订日期: 2011-02-23

基金项目: 水利部中央水利前期工作项目(编号: 2010518); 中国博士后基金特别资助(编号: 201003150)。

作者简介: 李原园, 男, 河北保定市人, 教授级高级工程师, 主要从事水资源规划与研究。E-mail: liyuanyuan@giwp.org.cn

通讯作者: 李宗礼, E-mail: lizongli@igsnr.ac.cn

2011年3月

的、更高的要求,也深刻体现出河湖水系连通的主要功能:合理调配水资源,保障人的生存与发展,实现水资源可持续利用;遵从自然规律,提高河湖健康保障能力,保障经济社会可持续发展的良好环境;应对气候变化和突发事件,提高抗御重大水旱灾害能力等。

2.1 提高水资源配置能力

随着全球气候变化的影响和我国经济社会的快速发展,我国“北少南多”的水资源分布格局更为明显,经济社会发展格局和水资源格局匹配关系不断演变,用水竞争性加剧。从全国主要流域和地区水资源缺水情况看,北方地区主要表现为资源性缺水和不对水资源的合理开发利用,其中黄河、淮河、海河、辽河4个水资源一级区总缺水量占全国总缺水量的66%;南方地区主要表现为工程性缺水,部分地区存在资源性缺水。从目前全国水资源整体配置情况来看,部分地区仍存在水资源承载能力不足的情况,尤其是我国北方地区,水资源严重短缺,经济社会用水挤占生态环境用水,供水安全风险逐步加大,水资源供需矛盾日益突出。

为了区域经济社会可持续发展,提高水资源保障和支撑能力已成为当务之急,开展河湖水系连通战略研究非常迫切。根据水资源条件和生态环境的整体特点,参照国家级主体功能区规划战略,以河湖水系连通合理调整河湖水系格局,将进一步调整、改善水资源与经济社会发展布局的匹配程度,提高流域和区域水资源承载能力。通过构建城乡供水网络体系,逐渐提高水资源统筹调配能力,提高供水保证率,保障饮水安全、供水安全和粮食安全,以水资源的可持续利用支撑经济社会的可持续、协调发展。目前我国建成的引黄济青、引滦济津等工程发挥了重要的水资源调配作用。

2.2 改善河湖健康保障能力

随着经济、社会的快速发展,废污水排放量日益增大而治污力度不足,水污染加剧,水生态环境状况严重恶化。根据2008年水资源公报,全国主要江河约28万km河长范围内划定的6684个水功能区水质达标状况的评价结果显示:全国水功能区达标个数比例为55%,其中南方地区为68%,北方地区为39%(见图1)。全国197万km²平原区浅层地下水水质评价结果表明:I类-III类水质类别面积占评价面积的37%,IV类、V类水质类别面积分别

表1 多年平均情况下全国缺水现状

Table 1 Average annual water deficiencies for the present situation

(亿m³)

分区	河道外缺水量			挤占河道内生态环境用水量	河道内 外总缺水量
	供水不足	地下水超采	合计		
松花江	10	25	35	-	35
辽河	12	16	28	13	41
海河	10	92	102	22	124
黄河	48	22	69	26	95
淮河	34	33	67	27	94
西北诸河	17	20	37	45	82
长江	28	5	33	-	33
其中太湖流域	0	0	0	-	0
东南诸河	8	1	9	-	9
珠江	16	2	18	-	18
西南诸河	7	0	7	-	7

资料来源:全国水资源综合规划。

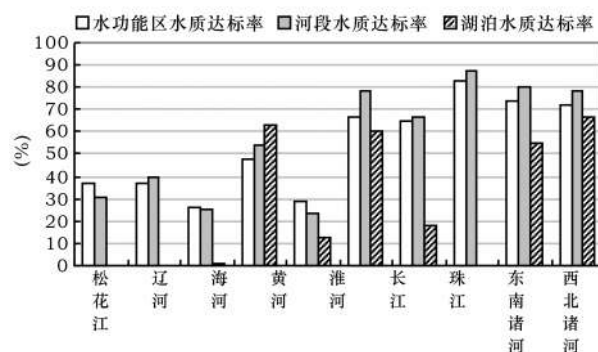


图1 2008年全国主要江河水功能区全年水质评价成果

Fig.1 Water quality evaluation of main water function area of China in 2008

占评价面积的29%和34%(见图2)。水质性缺水已经成为限制我国经济社会发展和生态环境保护的瓶颈问题。

水质性资源短缺要求必须通过各种途径提高水质质量,改善水生态环境,对污染严重的水体,单纯靠传统的节水、治污措施已经不能满足环境生态改善的需求,必须在此基础上通过引江济太、引江入巢、牛栏江调水等类似的河湖水系连通工程,改善河湖水系水生态环境状况,提高区域水环境承载能力^[5]。在严格控制污染物排放的前提下,通过河湖水系连通改善河湖水体的流动性,提高自净能力,充分发挥水生态系统自我修复能力,维护河湖

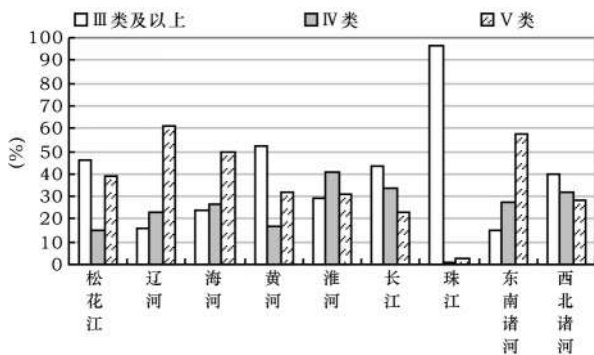


图2 2008年全国平原区浅层地下水水质状况评价成果

Fig.2 Shallow groundwater quality evaluation of plain area of China in 2008

健康,增强水环境承载能力,保障生态安全。

2.3 增强抵御水旱灾害的能力

洪水和干旱灾害是我国主要的自然灾害,严重制约着我国社会经济的正常运行,气候变化及人类活动的加剧,极端事件发生频率呈不断增长的趋势。新中国成立以来,我国开展了大规模的江河治理,目前,主要江河和重点区域的防洪体系已初步建立。但在一些地区,仍然存在江河下游河床淤高、河道淤积的问题;与河流连通的众多湖泊淀洼,由于垦殖等原因,调蓄能力大幅降低;有的蓄滞洪区被占用成为经济社会用地,压缩了水系空间。同时,中小河流河道淤积堵塞和水面萎缩现象严重,尤其是农村河道未进行系统清淤整治,有的河道基本的调蓄作用和输水排水功能逐渐丧失,严重危及区域防洪安全。特别是包括独流入海河流、内陆河流在内的众多中小河流,防洪能力严重偏低,有些中小河流甚至不设防,极易对人民生命财产造成损害^[6];近20年来,干旱灾害也表现出频次增高、持续时间延长和灾害损失加重等特点,旱灾影响范围已由农业为主扩展到工业、城市、生态等领域,工农业争水、城乡争水和经济社会挤占生态用水现象越来越严重。

河湖水系连通不仅为洪水提供畅通出路,维护洪水蓄滞空间,而且能够为干旱地区调配水源,维持水资源供给,有效降低洪涝灾害风险,保障防洪供水安全。依据河湖水系的防汛抗旱形势和连通格局,构建河湖水系连通工程,一方面实施跨区域甚至跨水系疏导洪水,追求洪水灾害防治与资源利用的综合效益最大化,创造和提高防洪保安能力的基础条件,打通河湖水系泻洪通道,合理安排洪涝

水出路;另一方面通过加强水源建设,构建抗旱应急水源通道,增强水源调配的机动性,增强抵御旱灾的综合能力;提高应对气候变化和突发事件能力,营造保障经济社会协调发展和生活生产安全的环境。河湖水系连通将成为提高径流调控与洪水蓄泄能力、增强抵御水旱灾害能力的有效途径。

随着河湖水系的日益通畅,长江、珠江等河流连接东部和中西部地区,可以实现干支直达、江海直达,形成相互贯通的运输网络。河湖水系连通除了上述三个功能外,还将有利于改善内河航道,实现改善内河航运的功能。

3 河湖水系连通的研究尺度

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差异。根据我国的实际情况,可分为国家、区域、流域3个尺度开展研究。

3.1 国家尺度

国家尺度是河湖水系连通研究中最大的尺度。河湖水系连通在中国有着悠久的历史,连通了海河、黄河、淮河、长江、钱塘江五大水系的京杭大运河是古代国家尺度上河湖水系连通的典型工程。目前基于国家尺度,计划和已经实施的南水北调东、中、西线工程,正在构建“四横三纵、南北调配、东西互济”的水资源战略配置格局,形成国家尺度大水网的骨干体系^[7]。

我国水资源分布不均,气候变化影响下的极端水文事件发生频率增加:2007年11月开始的长江中下游干旱,2008年1月南方九省的大暴风雪,2009年秋长江流域洞庭湖、鄱阳湖两湖出现严重旱情,2010年西南大旱,如果没有南水北调东线工程,河南、安徽、山东大部分地区将蒙受更大的损失。随着我国经济社会的不断发展,河湖水系连通将成为国家水资源合理开发利用、优化配置的有效手段。

国家尺度上的河湖水系连通研究,要素众多,过程复杂,是一个多目标决策的系统工程。未来应重点研究跨流域调水对水循环的影响,跨流域调水对调水区和受水区生态环境的影响,气候变化影响下水资源优化配置与管理,以及提高经济社会格局与河湖水系格局的协调能力。国家尺度上河湖水系连通的深入研究,有助于正确分析经济社会格局与河湖水系格局的差异,协调好水资源、经济社会和生态环境之间的关系,为水资源的可持续利用、

2011年3月

国家和区域的可持续发展提供战略决策依据。

3.2 区域尺度

我国地域辽阔,自然环境复杂多样,河湖水系呈现显著的区域差异,水资源时空分布与生产力布局不匹配,地区间存在着很强的用水竞争性,水资源供需矛盾日益突出。近年来,国家正在努力构建主体功能定位清晰、东中西良性互动、公共服务和人民生活水平差距逐步缩小的区域协调发展格局,在区域经济和社会发展中,水资源的合理开发利用与优化配置是实现可持续发展目标的重要保证和前提。

区域尺度上的河湖水系连通可分为三个层次:一是省际区域连通,例如,东北地区引松入辽工程,华北地区的引黄济津工程等;二是省级区域,例如,山东省的引黄济青工程,甘肃省的引大入秦工程(引大通河水到秦王川)、新疆的北水南调工程(引额尔齐斯河水至克拉玛依市);三是城市与城市群区域连通,城市与城市群是区域尺度河湖水系连通的重点,例如,辽宁大伙房输水工程、武汉大东湖生态水网工程、郑州生态水系工程、哈尔滨江北水城工程。这些工程在区域尺度上统筹考虑水资源的合理开发和利用,有效提高区域水资源与水环境承载能力,合理构建城市水景观,全面促进区域经济社会可持续发展。

考虑功能定位、区位优势 and 河湖水系特点对全国区域进行划分,开展区域尺度上的河湖水系连通具有重要和深远的意义。在现状分析基础上,兼顾区域经济社会发展方式转变与水资源承载能力提高,以区域层面的水资源统筹调配为目标进行研究,突出区域水资源合理配置和格局调整,重点研究河湖水系连通的过程机理;针对典型区域的典型问题,例如,北方缺水地区的供水安全,南方水网地区的防洪安全,西北干旱地区水资源与生态安全等,识别河湖水系连通的主要影响因素,揭示河湖水系连通对不同区域水资源安全、经济社会格局、生态环境功能的影响机制、后果与演化趋势。区域尺度上河湖水系连通的深入研究,有助于调整与促进区域内河湖水系分布格局与生产力布局相适应,从更大尺度上合理配置水资源,协调区域内部门、行业的用水矛盾,促进区域内经济、社会和生态效益的协调和统一。

3.3 流域尺度

流域是由水循环系统、经济社会系统、生态环境系统组成的复合系统。流域水循环是复合系统中最活跃的子系统,构成流域经济社会发展的水资源基础。河湖水系是流域水资源的重要载体,河湖水系的连通性及其功能作用显著影响着流域复合系统的响应变化,进而影响全流域的可持续发展。目前,我国主要江河流域普遍存在河湖水系连通性差、水体流动性弱、洪水出路不畅、洪水归槽风险转移、流域内洪涝与干旱并存等问题,这是流域治水活动中缺乏流域整体性观念、流域综合管理能力偏低的必然结果。

流域尺度上的河湖水系连通研究应该以主要江河流域为单元,以维护流域整体性为根本原则,选择典型流域开展河湖水系连通演变研究,根据自然地理分区和水资源分区的结合,研究自然演变、人类活动共同作用下我国宏观时空尺度河湖水系连通的水循环机理,阐明河湖水系连通和水资源变化中自然演变、人类活动对河湖水系连通格局和状况变化的贡献,重点从河湖水系连通所带来的重大变化、产生的重大影响等方面研究河湖水系连通的驱动机制和变化过程。流域尺度上的河湖水系连通研究有利于协调上中下游、左右岸部门、行业的用水矛盾,促进流域内自然和人文要素的和谐发展,实现流域水资源可持续利用、生态环境保护和经济社会可持续发展的综合目标。

4 河湖水系连通研究面临的挑战

随着经济、社会的发展和环境的变化,河湖水系连通将成为国家“十二五”的战略研究问题和前沿领域,未来的研究中面临一系列挑战。

4.1 河湖水系格局与经济社会发展格局不匹配

我国水资源时空分布很不均匀,相差很大,西藏、四川、云南、广西等省区水资源相对丰富,甘肃、宁夏、山西、河北、北京、天津等省市水资源相对稀缺。河湖水系格局与经济社会发展需求严重不匹配,呈现“南方水多地少,北方水少地多”的局面:水资源总量的81%集中分布在长江及其以南地区,该地区耕地面积仅占全国的35%,人口占全国的53%;长江以北广大地区,人口占全国47%,耕地占全国的65%,而水资源量仅占全国的19%。黄淮海河流域人口、粮食产量、GDP均占全国总量的1/3,水资源量只有全国总量的7.2%,资源性缺水严重已

经成为北方地区经济社会发展瓶颈。

随着人口增长和社会经济的发展,北方水资源短缺问题日益突出,河湖水系格局如何与经济社会发展格局相互协调、相互适应,成为解决缺水地区水资源问题、保证经济长期稳定发展的重大问题,也成为河湖水系连通研究的重点和难点。

4.2 气候变化不确定性带来的挑战

气候变化对水资源的影响日益突出:降水时空分布的不均衡加剧,河川径流变率加大,极端气候事件增多,水旱灾害的不确定性和危害性增大,防汛抗旱形势更加严峻,兴利除害任务更加艰巨^[8]。

气候变化对河湖水系的影响存在多方面的不确定性,使得未来气候变化情景下的河湖水系连通问题成为一个影响因素众多的复杂系统问题。积极应对气候变化,必须考虑气候变化对河湖水系连通影响的不确定性,特别要深入研究极端水文事件对河湖水系连通的深刻影响和抗御特大水旱灾害的适应性能力问题,提出构建河湖水系连通水网体系应对气候变化的对策措施,为国家制定应对气候变化的适应性战略提供理论依据和支持。

4.3 河湖水系连通研究的学科交叉性与综合性

河湖水系连通是一个复杂的巨系统,涉及资源、环境、社会、经济等各方面的要素,具有高度的综合性。对于这样一个复杂的命题,需要从提高水资源承载力、维护生态环境功能、降低自然灾害风险的角度开展多学科的交叉和综合研究。

目前与河湖水系连通有关的研究力量大致可分为两大类:一是水利部的研究、规划队伍,二是中国科学院、高校和相关部委的研究队伍。这两支队伍各有所长,但在过去的研究中联系不多、高水平合作少。未来亟需加强两支队伍的交叉与合作,将水文水资源、生态、环境等多学科的理论与方法应用到河湖水系连通的研究中,以期取得突破与创

新,促进学科发展,更好地服务于国家需求。

5 结语

河湖水系连通研究是国家江河治理的重大需求,是一项重要而亟待研究的科学与技术课题,是21世纪水科学研究的一个新的热点和难点。目前国内外在河湖水系连通方面已经积累了一定的实践经验,但远未形成完整的理论与技术体系。今后的研究,必须跟踪国际相关水科学研究的前沿动态,总结国内典型案例的成功经验,从不同尺度和方面开展河湖水系连通的理论与技术研究;要注意发挥学科交叉优势,针对国家需求,紧密结合实践,建立具有中国特色的河湖水系连通理论体系与技术体系;这对提高我国水资源统筹配置能力、改善河湖健康保障能力、增强抵御水旱灾害能力和改善内河航运能力,都具有重要的理论价值和现实意义。

参考文献 (References):

- [1] 李群智,杜琳,张金红,等.山东省聊城市城区河湖水系存在的问题及对策[J].水利发展研究,2009,9(6):61-63.
- [2] 李小荣,武华昌.太原市城西水系综合治理规划与实施[J].山西水利科技,2002,(2):21-23.
- [3] 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.
- [4] 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. http://www.mwr.gov.cn/zwzc/ldxx/cl/zyjh/201001/t20100129_173812.html,2009-01-29.
- [5] 李殿魁.论我国水系网络化建设——兼论新世纪人民治黄的创新思路[J].中国人口·资源与环境,2001,11(4):28-32.
- [6] 戴清.河道演变机理及其成因分析系统探讨[J].泥沙研究,2007,(5):54-59.
- [7] 李善同,许新宜.南水北调与中国发展[M].北京:经济科学出版社,2004.
- [8] 任国玉.气候变化与中国水资源[M].北京:气象出版社,2007.

Issues and Challenges for the Study of the Interconnected River System Network

LI Yuanyuan¹, LI Jianqiang¹, LI Zongli^{1,2}, LIU Xiaojie², TIAN Ying¹, LI Aihua¹

(1. General Institute of Water Resources and Hydropower Planning and Design, Ministry of Water Resources, Beijing 100120, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: The issue of sustainable water resources has been receiving much attention for years. With the development of economy and society in China, increasing requirements on water resources will necessitate a strategic shift. Being the new strategy of China, the Interconnected River System Network (IRSN) plan will play a significant role in water resources management in the future. To that end, it is urgent to prompt the research on the theoretical and technology system. Nowadays, studies on IRSN are more loosely scattered and have not been developed into a systemic and scientific theory system. Within IRSN, three major functions will be realized, i.e., increasing water resources allocation, improving river health, and enhancing flood and drought control. IRSN is a pan-regional concept, with different scales showing different characteristics. In terms of reality of water resources exploitation and protection in China, the authors stated in the paper that the research on IRSN can be essentially divided into three levels, i.e., national, regional, and basin levels. Differences are highlighted at each scale, i.e., 1) at the national scale, it primarily focuses on regional differences and how to make sustainable use of water resources, and coordinate the relationships among resources, society, economy and the environment. This will greatly promote the national and regional development; 2) at the regional scale, according to the functional position, comparative advantages, and water system characters of the region, it will contribute to rational water resources allocation, adapting to productive layout, and ultimately realize sustainable development of the region; and 3) at the river basin scale, the principle is the integration of the interest of every user among different reaches, and the development of nature and human within the whole river basin, with the aim to ultimately realize the sustainable water resource use, the environmental health, and sustainable development of economic society at the basin level. In the changing environment, there will be a series of challenges in the research, e.g., 1) how to match best between the distribution of river systems, and the eco-social layout. This is an effective measure of solving water shortages and ensuring stable economic development, and also the key point and great challenge of the IRSN; 2) uncertainty of climate change and the effects on IRSN. In particular, increasing extreme events will impose a big challenge for flood and drought control of the IRSN; and 3) interdisciplinary and comprehensive research. Due to the complexity of the system, the research on the IRSN will involve interdisciplinary theory, which is also a challenge for the researchers.

Key words: Interconnected River System Network (IRSN); Water resources allocation; River health; Flood and drought; Research scales