

# 河湖水系连通实践经验与发展趋势

李原园<sup>1</sup>, 黄火键<sup>1</sup>, 李宗礼<sup>1</sup>, 王中根<sup>2</sup>, 陈敏<sup>3</sup>

(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  
陆地水循环及地表过程重点实验室, 北京 100101; 3. 三峡大学, 湖北 宜昌 443002)

**摘要:** 河湖水系连通是调整水土资源匹配关系、提升河湖服务功能、提高水资源调配能力、改善生态环境状况、降低洪涝灾害风险的重要手段与措施。目前河湖水系连通相关研究十分薄弱, 许多实践经验也亟待总结。根据河湖水系连通的历史演变过程, 从军事和航运、灌溉和供水、江河湖泊治理、水资源配置及水生态环境修复等五个方面, 对国内外河湖水系连通工程进行了分析, 总结经验。揭示河湖水系连通的发展趋势, 为推进河湖水系连通研究提供参考。

**关键词:** 河湖水系; 水系连通; 实践经验; 发展趋势

**中图分类号:** TV213    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1672-1683(2014)04-0081-05

## Practical Experience and Development Trend of the Interconnected River System Network

LI Yuan yuan<sup>1</sup>, HUANG Huo jian<sup>1</sup>, LI Zong li<sup>1</sup>, WANG Zhong gen<sup>2</sup>, CHEN Min<sup>3</sup>

(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, CAS, Beijing 100101, China; 3. China Three Gorges University, Yichang 443002, Hubei, China)

**Abstract:** Interconnected River System Network (IRSN) is an important approach for regulating the matching relationship between water and land resources, enhancing river service function, enhancing water resources allocation capacity, improving ecosystem environment, and reducing flood risks. IRSN has rarely been investigated in the literature, thus there is an urgent need to summarize the practical experiences. In this paper, based on the historical evolution process of IRSN, the IRSN practices in China and abroad were analyzed from the perspectives of military and transportation, irrigation and water supply, river management, water resources allocation, and restoration of ecological hydrological environment. The development trend of IRSN was identified, which can provide good reference for the future studies on IRSN.

**Key words:** river system network; interconnected river system network; practical experience; development trend

## 1 引言

河湖水系连通是调整水土资源匹配关系、提升河湖服务功能、提高水资源调配能力、改善生态环境状况、降低洪涝灾害风险的重要手段与措施。经过多年来的江河治理与开发, 我国现已基本形成了以天然水系为主体、人工水系为辅助、河势基本得到控制的河湖水系及其连通格局, 为保障国民经济建设和社会发展做出了重大贡献。但与此同时, 一些流域或区域不合理的水土资源开发加剧了人水矛盾, 河湖萎缩严重, 河湖水系连通性变差, 水体流动性减弱, 水环境承载能力降低, 河湖功能与作用发生了较大的改变, 水安全问题日益突出。针对上述问题, 2011年我国推出了河湖水系连通治水

新方略<sup>[1-3]</sup>, 河湖水系连通概念被赋予了新的内涵, 即河湖水系连通是以江河、湖泊、水库等为基础, 通过适当的疏导、沟通、引排、调度等措施, 建立或改善江河湖库水体之间的水力联系, 以优化调整河湖水系格局以提高水资源可持续利用水平和可持续发展支撑保障能力<sup>[4]</sup>。虽然河湖水系连通实践古已有之, 国内外都有许多经久不衰、功效卓越的经典案例, 但许多实践经验亟待总结。

## 2 河湖水系连通实践总结

为适应自然、改造自然, 人类很早就开始了河湖水系连通的探索与实践: 早在公元前2400年, 古埃及就兴建了以灌溉为目的的连通工程; 我国在春秋战国时期, 开凿了以军事

收稿日期: 2014-01-13    修回日期: 2014-03-30    网络出版时间: 2014-06-11

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2014.04.001.html>

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(12&ZD216); 水利部水利重大课题(2011F8)

作者简介: 李原园(1964), 男, 河北保定人, 教授级高级工程师, 主要从事水资源规划与研究方面工作。E-mail: liyuanyuan@giwp.org.cn

通讯作者: 王中根(1973), 男, 河南洛阳人, 研究员, 博士, 主要从事水文学水资源及水文模拟方面工作。E-mail: wangzg@igsrr.ac.cn

和航运为目的的邗沟和灵渠、以灌溉为目的的都江堰与郑国渠以及为漕运服务的京杭大运河等,这些连通工程在除害兴利、治国安邦中发挥了十分重要的作用。近代科学技术的发展使人类改造自然的能力逐步提高,江河治理、水系疏通、跨流域调配水资源等河湖水系连通实践得到了较快发展。纵观河湖水系连通的历史演变过程,可以发现河湖连通工程的主要功能大致可概括为军事和航运、灌溉和供水、江河湖泊治理、水资源配置和水生态环境修复等五个方面。需要指出的是,随着人类治水能力的提高和经济社会发展水平的提高,河湖水系连通工程的功能越来越综合,许多连通工程并不能简单地归类,只能针对其主要功能进行分析。

## 2.1 军事和航运方面

公元前486年,吴国为了北上伐齐开凿了邗沟,这是我国历史确切记载的最早的河湖水系连通工程<sup>[6]</sup>。邗沟南起今扬州近郊邗城之下的长江,北经今高邮附近樊梁湖折向东北入射阳湖,再向西北经淮安入淮河,连通了长江与淮河。后来,连通淮河与黄河的菏水和鸿沟,以及连通湘江与漓江的灵渠相继修建。到秦代,黄河可经由鸿沟、古汴水,通泗水入淮河,经邗沟入长江,再通过长江支流湘江过灵渠连通珠江,形成跨越黄河、淮河、长江和珠江4大水系的南北通道。东汉开凿的一系列运河沟通了黄河、滦河、海河等水系。隋代建成的由永济渠、通济渠、邗沟和江南运河组成的南北运河,连通了海河、黄河、淮河、长江和钱塘江等水系和一系列湖泊。元代京杭大运河由北京经通惠河、北运河、南运河、会通河至济宁,沿泗水河道至徐州入黄河,沿黄河至淮安入邗沟,再经扬州过长江至镇江入江南运河,直达杭州。随着1000多年的历史变迁,京杭大运河的功能不断发生变化,至今仍在北煤南运、南水北调和沿线物资流通方面发挥着重要的作用<sup>[7]</sup>。

18世纪后期,工业革命对国外河湖水系连通建设起到了巨大的推动作用,世界各地兴起以航运为目的的水系连通工程建设,如前苏联的伏尔加—顿河运河和莫斯科运河。

总之,早期河湖连通(多指运河)大都为了军事和战争需要,但随着经济社会发展,运河逐渐演化为连接重要城市与物资产地的通道。时至当代,由于陆域交通的快速发展,河流航运功能相应减弱,虽然运河作为漕运的重要地位已经降低,但部分运河仍是沿线资源流通的重要通道。

## 2.2 灌溉和供水方面

作为一个传统农业大国,我国在公元前256年修建了引岷江入成都平原的都江堰工程,使成都平原成为富甲一方的天府之国。都江堰工程至今仍在用,且灌溉面积已达到6670 km<sup>2</sup>,总引水量达100亿 m<sup>3</sup>,成为世界上最大的灌溉工程之一<sup>[8]</sup>。公元前246年兴建的郑国渠,引泾河水灌溉关中平原后再排入洛水,当时可自流灌溉农田400 km<sup>2</sup>,使干旱的关中平原变成富饶的八百里秦川。此外,历史还有其他众多灌溉渠道,如战国时期的引漳十二渠;西汉时期的龙首渠、六辅渠、白渠、成国渠等;清代的后套引黄八大渠等,都在一定时期内改善了区域的农业灌溉条件。

上世纪中期,国家为了发展经济、改善民生,组织开展了大规模水利建设,兴建了许多以农业灌溉为主要目标的河湖

水系连通工程,如引黄人民胜利渠(1951年开工)、滹史杭灌区(1958年开工)、江水北调工程(1961年开工)、红旗渠(1969年竣工)和景泰川电力提灌工程(1974年竣工)等。而20世纪后期兴建的许多河湖连通工程兼有农业灌溉与供水功能而发挥其综合效益,如武都引水工程(2000年)、引黄入邯工程(2011年)等。其中,大规模的引黄,在保障农业灌溉的同时,引起部分灌区的土地盐碱化,造成一些环境问题,后经过灌排改造及土壤改良,得到及时解决。

在国外,早在公元前2400年古埃及兴建了世界上第一个河湖水系连通工程——尼罗河引水灌溉工程,从尼罗河引水灌溉埃塞俄比亚高原南部土地。20世纪40年代到80年代为建设高峰期,许多国家如美国、前苏联、加拿大、印度等纷纷兴建河湖水系连通工程,以农业灌溉为主要目的、兼顾供水和发电,如美国的全美灌溉系统(1940年)、科罗拉多大汤普森工程(1959年)、中央犹他工程(1967年)、中央亚利桑那工程(1989年);前苏联卡拉库姆运河工程(1954年);澳大利亚雪山工程(1974年);印度萨尔达萨哈亚克工程(1982年);秘鲁马赫斯西瓜斯调水工程(1986年);埃及西水东调工程(1998年)等。其中,澳大利亚雪山工程使南流入海的雪山河水向西调至墨累河、向北调至马兰比吉河支流图穆特利河,年调水量30多亿 m<sup>3</sup>,满足了下游灌溉用水的需要<sup>[9]</sup>。

综上所述,早期灌溉方面的河湖水系连通工程目标相对单一,多为引水灌溉,发展农田水利。后期修建的连通工程除灌溉外,还兼顾向城乡供水以及水力发电、生态环境保护等功能,促进了整个区域的政治、经济和文化的协调发展。一些国家在河湖水系连通实践中利用发电收益维持整个连通工程的运行,取得了显著的综合效益。同时,随着技术的发展,连通工程规模越来越大,输水线路越来越长,功能更为综合,系统结构更为复杂,工程建设和运行管理中所采用的技术方法和手段也日益先进。

## 2.3 江河湖泊治理方面

河湖水系连通作为江河湖泊治理的重要手段之一,历来得到广泛的重视。我国自古以来在江河治理中就存在采用开挖新河等措施,进行分洪减峰的河湖水系连通实践。例如,战国时期,蜀人在岷江开辟分洪道,将部分岷江水分入沱江并在泸县入长江,减少进入成都平原的洪水;历史上的黄河迁徙主导了海河水系格局,通过在京杭运河上开挖减河,如青龙湾减河、捷地减河形成河海连通、分流入海,或河淀连通、洼淀蓄洪;汉代系统治理黄河,利用沿河洼地引水引沙放淤,以及另辟新河分水分沙等措施,实现了黄河800年的相对安澜;太湖治水采用“上杀、中分、下导”以排为主的思想,加强江、湖、海连通,解决太湖洪水的出路;长江荆江河段水害严重时,历史上曾多次开穴向洞庭湖分流,连通长江与洞庭湖,以减轻武汉及江汉平原的防洪压力。

另外,从20世纪开始,海河流域曾开展过大规模治理,开辟了一系列泄洪通道,如独流减河(1953年)、子牙新河(1967年)、永定新河(1971年)、漳卫新河(1972年)、运潮减河(1963年)等,调整防洪布局,进行河海连通、分洪入海,改变了海河流域洪水曾汇聚于天津入海的格局,消除了天津市承受全流域洪水的压力<sup>[10]</sup>。淮河流域采取加强河湖连通、

江河连通和河海连通等措施,整治淮河入江水道,建设导沭整沂(1949年)、茨淮新河(1991年)、沂沭泗东调南下(1991年)、怀洪新河(1998年)、淮河入海水道(2003年),并开辟了27处蓄滞洪区等连通工程,以确保淮河防洪安全<sup>[11]</sup>。太湖流域已初步形成洪水北排长江(望虞河工程,1991年)、东出黄浦江(太浦河工程,1992年)、南排杭州湾(杭嘉湖平原南排杭州湾,2000年)的格局,并拓浚了70多条可引可排的通江河道工程。长江流域的河湖连通主要是向荆江分洪区、杜家台蓄滞洪区、围堤湖蓄洪垸和澧南蓄洪垸等分泄洪水。黄河流域开辟了北金堤、东平湖滞洪区及齐河、垦利展宽区分滞洪水。这些河湖水系连通工程增强了江、河、湖、海的连通性,提高了流域的泄洪能力,为保障我国大江大河的安澜发挥了重要作用。

国外较著名的江河治理连通实践包括美国密西西比河下游防洪工程(1931年)、奥地利维也纳市防洪工程(1974年)、伊拉克塞尔萨尔调水工程(1976年)、苏丹和埃及共同建设的琼莱调水工程(1981年)等。密西西比河是美国最大的河流,防洪问题突出,美国在密西西比河上修建了干流堤防3 540 km,支流堤防4 000余 km,以及新马德里等分洪工程多处。当洪峰流量超过河槽宣泄能力时,运用新马德里分洪工程、阿查法拉亚分洪工程、邦内特卡雷分洪道等分泄洪水,以减轻下游地区的防洪压力。该工程体系的建设有效提高了密西西比河的防洪能力,发挥了巨大的防洪效益<sup>[12]</sup>。

古代河湖治理方面的连通工程主要是被动的应对河湖自然演变,现代则是主动实施河湖连通,通过恢复和扩大已有通道,开辟新通道,建设蓄滞洪区,科学调度洪水,扩大行洪能力并保证泄流畅通。通过河湖连通,加强了河湖水系的疏通和排引,保证了江河湖库的蓄泄能力,提高了流域及区域水灾害防御能力。此外,江河湖泊方面的连通还与航运、水资源调配、生态环境保护等结合,实现了多目标的综合运行效益。

## 2.4 水资源调配方面

我国古代一些北方城市就曾主动引流入城,将城市水系与周边河流连通,历史上的秦朝咸阳城、北魏洛阳城、西汉长安城、唐朝长安城与洛阳城、宋开封城、元明清的北京城等,都通过河湖连通构成了庞大的城市河湖水系,而江南地区的城池基本都形成了区域水网。隋唐时期,为解决长安城供水、防洪排涝以及景观用水,利用渭、泾、灞、浐、沣、高、漓、滂8水分流的自然条件,建设龙首渠、黄渠、清明渠、永安渠、漕渠等5条渠道,引高、漓、浐3水入长安城,形成纵横交错、“八水绕长安”的城市河湖水网格局。

20世纪中期,经济社会的快速发展对水资源的需求不断增加,大规模的水资源配置工程开始出现。例如,江苏省为解决苏北地区缺水问题,1961年开工修建了江水北调工程,以江都站为起点,京杭运河为输水骨干河道,经洪泽湖、骆马湖调蓄,引长江水至南四湖下级湖,沿线建成江都、淮安、淮阴等9个梯级泵站,输水线路长达404 km。同时,该工程可通过二河向泗阳站下引洪泽湖水,实现长江、淮河联合调度向北送水,并可通过淮沭新河向东北部连云港地区供水,20世纪90年代又建成徐洪河,实现洪泽湖与徐州城市河湖水

系的连通。江水北调工程为苏北地区人民生活、工农业生产提供水源,并成为南水北调东线工程的重要组成部分<sup>[13]</sup>。

20世纪后期到本世纪,我国水资源供需矛盾日益突出,为此各地陆续建设了一批以城市供水为目的的连通工程,如引滦入津(1983年)、引黄济青(1989年)、引黄入冀(1993年)、富尔江引水(1994年)、引碧入连(1997年)、引松入长(1999年)等。进入21世纪,随着城镇化进程的加快,以城乡供水为目的的连通受到各地的广泛重视,工程建设明显加快,如引黄入晋(2002年)、黑河引水(2002年)、引乾济石(2005年)等。于2003年开工建设的南水北调东、中线一期工程,是缓解我国北方缺水严峻形势的水资源配置战略工程,也是连通长江、黄河、淮河、海河等河流的特大型连通工程,对优化水资源配置、保障国家水资源安全具有重大的战略意义<sup>[14]</sup>。

20世纪,国外也曾掀起以供水为主要目标的河湖水系连通工程的建设热潮,包括美国中央河谷(1940年)、科罗拉多水道(1941年)、加州水道<sup>[15]</sup>(1973年)、煎锅阿肯色工程(1975年),以色列北水南调工程<sup>[6]</sup>(1964年),巴基斯坦西水东调工程(1977年)、乌克兰第涅伯顿巴斯运河调水工程(1978年)等。20世纪80年代后,一些发达国家的连通工程建设明显放慢,而发展中国家仍在大力建设,如南非莱索托高原调水工程(2004年)、尼日利亚古拉拉调水工程(2006年)。这一时期建设的连通工程更加重视生态环境保护措施。

水资源配置方面的河湖水系连通工程是在当地水资源已充分挖掘且尚难以满足经济社会发展用水需求情况下,兴建的调水工程,以实现水资源更加科学合理的配置。据不完全统计,目前世界上已有40多个国家建设有大型跨流域调水工程,并且已建成300多项。实施跨流域调水需要协调处理工程所涉及不同地区之间(包括上下游、左右岸、调出区与调入区、国家之间)的利益关系以及水资源使用权等问题,投资巨大,生态环境影响深远,必须通过深入规划论证和广泛沟通协商,既要提出切实可行的措施对调出区进行合理补偿,又要落实得力的政策保障工程的良性运行。若这些问题处理不当,将导致工程难以实施开展或者运行效益低下等问题。

## 2.5 水生态环境修复方面

21世纪初,我国开始高度重视生态脆弱河流的治理以及重要河口、湖泊和湿地的生态修复问题,在水资源综合规划中进行了布局,并开展实施了一批以水生态环境治理为主要目的的河湖水系连通工程。南方地区重点关注河口、湖泊生态系统以及针对闸坝建设对洄游类动物影响的水资源调度,如引江济太(2002年)、珠江压咸补淡(2004年)等。北方地区重点关注断流河流、河口、湖泊和湿地生态系统的基本用水量,如塔里木河下游生态应急输水、石羊河流域综合治理(2001年)、扎龙湿地补水(2002年)、南四湖生态应急补水(2003年)等。从2000年5月至2010年10月,水利部先后组织实施了11次向塔河下游生态应急输水,将博斯腾湖水和塔河干流上游来水,通过人工措施调度向塔河下游进行生态补水,其中有7次将水输送到了尾闾台特玛湖。生态输水使塔河下游“绿色走廊”的天然植被得到有效灌溉,塔里木河下游生态环境得到显著改善<sup>[17]</sup>。此外,一些水生态环境治

理方面的河湖水系连通实践,在生态修复的同时还兼顾供水、防洪,进行多水源互补互调,发挥了更大的综合效益。

2005年以来,为改善城市供水条件、美化城市环境、提升城市竞争力,建设宜居城市,全国许多大中城市纷纷加快了城市河湖水系整治或生态水网建设的步伐,形成以城市为核心并辐射周边地区的生态水网。目前已建成的包括桂林两江四湖工程(1999年)、银川市河湖水系连通工程(2004年)、北京市河湖水系治理工程(2007年)、西湖综合保护工程(2007年)、武汉大东湖生态水网(2009年)、郑州市生态水系工程(2010年)等。

国外早在19世纪就开始连通河湖水系以改善生态环境,如始于1830年的法国塞纳河治理工程以及1885年的美国芝加哥调水工程等。近几十年来国外生态治理连通工程越来越多,包括莱茵河综合治理(1950年)、英国泰晤士河治理(1960年)、芬兰赫尔辛基调水工程(1982年)、德国巴伐利亚州调水工程(1999年)、韩国清溪川治理(2005年)等。美国芝加哥调水工程是19世纪末规模最大、最复杂且最富想象力的公共建设工程之一,该工程通过大规模的河湖水系连通设施建设,从供水、水环境整治角度,沟通了芝加哥城市河湖水系与密歇根湖以及与密西西比河的水力联系,成功解决了芝加哥市公共健康和水环境改善问题<sup>[18]</sup>。

随着生态环境问题的日益突出和人类对生态环境的高度重视,水生态环境治理方面的连通工程逐渐增多。国外以流域内的生态自我修复为主,而我国多采取自我修复与人工治理相结合的方式。近年来,我国各地采取非常态与常态补水相结合、总量与过程相结合、生态修复与区域景观建设相结合等措施,广泛开展了水生态环境治理方面的河湖水系连通实践。

### 3 发展趋势与启示

#### 3.1 趋势分析

(1) 由重视治理和开发向注重水资源调配和生态保护的连通发展。比如在1980年以前,我国开展的河湖水系连通主要以防洪为主。改革开放后,水资源配置与生态环境保护问题逐步提上议事日程,河湖连通工程也从以往单一的防洪工程转变至兼顾资源调配和水生态修复的综合工程,更重视水资源配置与水生态环境保护,跨流域调水和生态调度补水的实践活动不断增多。

(2) 由单一目标向综合多目标连通发展。随着科技进步和经济社会发展,河湖水系连通由以前的单一目标向以某一目标为主同时兼顾其他的综合目标转变。例如南水北调工程对沿线地区的社会、经济、生态与环境等综合效益极为显著,在建的南水北调东、中线一期工程,其目标是以沿线城市供水为主,同时兼顾农业供水和相机生态补水,其中东线工程部分河段还能够保障航运用水。

(3) 由注重水量向水量-水质-水生态相结合的连通发展。河湖水系连通工程的供水方式由只考虑经济社会用水向兼顾经济社会与生态环境用水方向转变,统筹水量与水质的连通调度,强调对干旱地区河道下游尾闾生态系统的保护与修复,重视污染严重地区水环境的综合治理。如塔里木河

向下游生态应急输水和引江济太工程,分别缓解了塔河干流水资源严重短缺和太湖水污染严重的局面,对恢复塔河下游“绿色走廊”和改善太湖水质发挥了重要作用。

(4) 由局部向跨流域、跨区域统筹协调、统一管理连通发展。随着国家和区域经济发展对水资源需求的不断增加,水资源调配管理模式由小范围、单一区域的内部管理向构建多城市、跨省、跨流域、甚至是国家层面的统一调度、统一管理转变,河湖水系连通也随之发生改变。如澳大利亚雪山工程,横跨新南威尔士州与维多利亚州两个地区,穿越雪山河、墨累河和图穆特河3个流域。在联邦政府的统一协调下,由相关各州签署协议,工程由来自联邦政府、两个相关州和雪山工程管理局的水利和电力专家组成的雪山委员会负责运行管理,统一管理水源和输水调度,统筹兼顾发电、防洪等其它功能,充分发挥了工程的综合效益<sup>[9]</sup>。

(5) 由近距离、小流量、简单工程向远距离、大流量、复杂工程连通发展。随着连通工程规模的不断加大,由以往的单一引水工程发展到多组引水、提水、输水工程相结合的连通系统,同时还采用了渠道、管道、隧道、天然河道及其它工程建立多水源相互连接的复杂配水系统。如美国加利福尼亚州水道工程包括蓄水、提水、输水、配水系统,由29座大坝及水库、17座泵站、10座电站及1086 km输水水道组成,从水源丰富的北部调水,通过提水、输水、配水工程实现多方向的供水,并且合理利用多个水库储水,对南部地区供水;又如我国的南水北调东线工程,在江苏省江水北调工程的基础上,进一步将输水线路延伸、调水规模扩大、覆盖面积和供水对象扩展,更大范围地满足生活、农业、工业用水以及防洪、航运、水生态环境保护等需求。

#### 3.2 实践启示

国内外河湖水系连通工程的成功案例,较好地发挥了水资源调配、水质改善、水旱灾害防御等功能,并通过科学规划、高效管理妥善处理了工程运行期间产生的问题及负面影响,从这些实践中可以得到如下经验启示。

(1) 必须尊重自然,遵循客观规律。河湖水系连通实践必须因地制宜,充分遵循水文循环、水沙运动、河湖演变的自然规律。为此,要深入研究自然状态下的水系连通性及其演变特征,恢复河湖水系的自净和更新能力,在充分节水、保护资源和减少负面影响的前提下,规划兴建河湖水系连通工程,合理配置水资源。同时,不仅要最大程度减少对河湖水系及周边自然生态环境的影响,而且还要采取各种措施为水系的自然恢复创造条件。

(2) 必须系统考虑,统筹利弊关系。河湖水系连通要从系统角度出发,针对“为何连、能否连、如何连、连通后怎么样、如何管”等问题,统筹考虑连通区域间的资源环境条件和经济社会发展需求,系统分析设计河湖连通的水系特点和演变特征,全面评估连通后的效益与影响,统筹协调河湖水系连通的各种利弊关系,并且高度重视水系连通带来的负面影响,科学确定连通方式,充分发挥连通效果,有效规避连通风险,尽可能将水系连通的负面影响降至最低。

(3) 必须重视生态文明,维护河湖健康。河湖水系连通要重视维持连通区域的生态平衡,维护河湖健康,传承水文

化,促进人水和谐。河湖水系的连通和整治要特别重视与区域发展和人文环境的结合,强调连通的洪水空间、休闲场所、人文特色和水景观等功能。要全面评估连通可能造成的生态环境影响,并针对可能产生的负面影响和风险实施应对措施,促进连通区域经济社会与资源环境的可持续发展。

(4) 必须尊重经济规律,科学论证决策。仅有部分以供水为目的河湖连通工程才具有直接的经济效益,而以防洪除涝和生态环境治理等为目的的大多数连通工程都是公益性的,往往工程艰巨、成本昂贵。因此,河湖水系连通必须按照经济规律量力办事,慎重决策,与经济社会发展相适应。河湖水系连通的实施与调度运行要强调在政府主导下,统筹连通涉及地区的发展,协调连通区域间关系,实施科学有序的连通,运用经济杠杆建立合理的用水竞争机制,促进节水以及产业优化布局和结构调整,形成以河湖连通为核心的区域经济发展的良性循环。

#### 参考文献(References):

- [1] 李原园, 郦建强, 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. (LI Yuan yuan, LI Jian qiang, LI Zong li, et al. Issues and Challenges for the Study of the Interconnected River System Network [J]. Resources Science, 2011, 33(3): 386-391. (in Chinese))
- [2] 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 Zong li, LI Yuan yuan, WANG Zhong gen, et al. Research on interconnected river system network: conceptual framework [J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(3): 513-522. (in Chinese))
- [3] 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 Zhong gen, LI Zong li, LIU Chang ming, et al. Discussion on Water Cycle Mechanism of Interconnected River System Network [J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(3): 523-529. (in Chinese))
- [4] 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. (XU Zong xue, PANG Bo. Cognition Scientifically of River and Lake Systems Interconnection [J]. China Water Resources, 2011, 16: 13-16. (in Chinese))
- [5] 李宗礼, 郝秀平, 王中根, 等. 河湖水系连通分类体系探讨. 自然资源学报[J]. 2011, 33(11): 1975-1982. (LI Zong li, HAO Xiuping, WANG Zhong gen, et al. Exploration on Classification of Interconnected River System Network [J]. Journal of Natural Resources, 2011, 33(11): 1975-1982. (in Chinese))
- [6] 陈隆文. 邗沟、衡水与鸿沟—兼论黄河与长江两大流域水运的沟通[J]. 淮阴工学院学报, 2012, 04: 1-4. (CHEN Long wen. Han aqueduct, He Water and Hong chasm: on the linking of Waterways in the Yellow River and the Yangtze River Reaches [J]. Journal of Huaiyin Institute of Technology, 2012, 04: 1-4. (in Chinese))
- [7] 陈桥驿. 中国运河开发史[M]. 北京: 中华书局, 2008. (CHEN Qiao yi. The History of Chinese Canals [M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 2008. (in Chinese))
- [8] 四川省地方志编纂委员会. 都江堰志[M]. 成都: 四川辞书出版社, 1993. (Establishment Committee of Sichuan Province Local Annals. Annal of Dujiangyan [M]. Chengdu: Sichuan University Press, 1993. (in Chinese))
- [9] Shaan Pawley, 杨永辉, 杨艳敏, 等. 雪山工程—水力发电与跨流域调水综合工程[J]. 南水北调与水利科技, 2007, 02: 97-100. (Shaan Pawley, YANG Yong hui, YANG Yar min, et al. The Snowy Mountain Scheme—A Combined Hydroelectric Generation and Inter Basin Transfer Scheme [J]. South to North Water Diversion and Water Science & Technology, 2007, 02: 97-100. (in Chinese))
- [10] 郭宏宇, 曹寅白. 海河流域 50 年治理成就和展望[J]. 水利水电工程设计, 2000, 02: 50-53. (GUO Hong yu, CAO Ying bai. Improving accomplishment of Haihe River Catchment in 50 Years and View in Future [J]. Design of Water Resources & Hydroelectric Engineering, 2000, 02: 50-53. (in Chinese))
- [11] 于文善, 胡亚魁. 建国以来淮河流域水患灾害及其治理[J]. 党史研究与教学, 2005, 06: 58-63. (YU Wen shan, HU Ya kui. Hydrological Hazards and Management of Huai River Catchment Since the Foundation of P. R. China [J]. Party History Research & Teaching, 2005, 06: 58-63. (in Chinese))
- [12] 严黎, 吴门伍, 李杰. 密西西比河的防洪经验及其启示[J]. 中国水利, 2010, 05: 55-58. (YAN Li, WU Men wu, LI Jie. Experience of Mississippi River Flood Control and its Enlightenment [J]. China Water Resources, 2010, 05: 55-58. (in Chinese))
- [13] 宋乃聪, 许萌桐, 卢桀. 江苏省江西北调工程的剖析[J]. 水利水电技术, 1980, 05: 21-25. (SONG Nai cong, XU Meng tong, LU Ju. Investigation on the Water Diversion Project from Yangtze River to the North of China in Jiangsu Province [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 1980, 05: 21-25. (in Chinese))
- [14] 汪易森, 杨元月. 中国南水北调工程[J]. 人民长江, 2005, 07: 2-5. (WANG Yi sen, YANG Yuan yue. South to North Water Transfer project of China [J]. Yangtze River, 2005, 07: 2-5. (in Chinese))
- [15] 欧阳琪, 张远东. 加利福尼亚州水资源调配工程[J]. 南水北调与水利科技, 2006, 06: 1-12. (OUYANG Qi, ZHANG Yuan dong. Water Transfer Projects in California [J]. South to North Water Diversion and Water Science & Technology, 2006, 06: 1-12. (in Chinese))
- [16] 魏昌林. 以色列北水南调工程[J]. 世界农业, 2001, 10: 29-30. (WEI Chang lin. South to North Water Transfer Project of Israel [J]. World Agriculture, 2001, 10: 29-30. (in Chinese))
- [17] 袁峡. 应急输水使塔河下游生态与社会环境明显改善[J]. 水利发展研究, 2009, 01: 56-59. (YUAN Xia. Emergent Water Transfer Making the Eco-social Environment in the Lower Tarim River Significantly Improved [J]. Water Resources Development Research, 2009, 01: 56-59. (in Chinese))
- [18] Martin Jaffe. 跨流域水资源管理: 中国能从芝加哥区域调水中学到什么? [J]. 国外城市规划, 2006, 04: 26-28. (Martin Jaffe. Managing Interbasin Water Transfers: What Can China Learn From the Chicago Diversion? [J]. Urban Planning International, 2006, 04: 26-28. (in Chinese))