

Strengthen Integrated Management and Regulation of Water Resources in the Changjiang River

Yan Huang, Jionghong Chen

Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan Hubei
Email: yhuang@cjwsjy.com.cn

Received: Jun. 1st, 2015; accepted: Jun. 22nd, 2015; published: Jun. 25th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Effective water resource management and regulation is an important guarantee for promoting the sustainable development of river basin. The integrated operation and management of water resources in a basin consists of processes of planning, construction and real-time operation, which is a complex systematic procedure. The water resources management practices in Changjiang River shows that operation of single reservoir and cascade reservoirs is a crucial and typical non-engineering measure for IWRM. In this paper, the key process of basin water management and main technical support was proposed, including river basin and water resource planning, the strategy and practices of water resources management in Changjiang River. Changes and challenges of water resources management in the Changjiang River were also discussed. It is found that the current focus of water resources management in Changjiang River is how to satisfy the increasing requirements from social economic development, and how to ease the adverse effects of large water construction.

Keywords

Water Resources Management, River Basin Planning, Changjiang River, Reservoir Operation

强化长江流域水资源统一管理调度

黄艳, 陈炯宏

长江水利委员会长江勘测规划设计研究院, 湖北 武汉

作者简介: 黄艳, 女, 1971年生, 博士, 教授级高级工程师, 院副总工程师, 主要从事长江流域水资源管理方面工作。

摘要

有效的水资源管理与调度是促进流域可持续发展的重要保障。流域水资源统一调度和管理是一项涵盖规划、建设和实时调度管理的系统工程，本文通过长江流域水库调度管理实践，阐述了流域水资源统一调度和管理的关键环节和主要技术，包括流域水资源管理规划、水资源管理的战略格局、流域水资源调度管理实践等。同时探讨了工程措施应用对流域产生的影响以及社会经济发展需求对流域水资源管理带来的新挑战。

关键词

水资源管理，流域综合规划，长江流域，水库调度

1. 引言

流域水资源管理目标为统筹流域的上下游、左右岸和干支流需求，统一考虑水量与水质、地表水与地下水，将流域水资源的开发、治理和保护等作为一个完整的系统，将兴利与除害结合起来，运用行政、法律、经济、技术和教育等手段，按流域进行水资源的统一协调管理[1]。因此，流域水资源管理措施和政策需要考虑现状和未来，统筹兼顾各地区、各部门之间对防汛、抗旱、供用水的需求，在不破坏水生态水环境健康有序发展的同时，预防和降低水旱灾害带来的风险和损失，优化配置水资源利用，发挥水资源和河流文明的最大综合效益，以保障和促进经济社会以及流域本身的可持续发展。本文以长江流域水资源管理为例，介绍长江流域水资源综合管理调度实践，总结经验方法，讨论面临问题与挑战。

2. 长江流域水资源管理体系

随着我国经济社会的发展，流域水资源的开发利用幅度不断提高，在几十年的开发利用和保护实践中逐步形成了系统有序的水资源管理方法和体制，包含规划、建设、应用，由技术支持决策和行政的全过程系统工作。以长江流域为例，流域水资源统一管理和调度体系主要包括以下核心内容：

1) **以流域和水资源综合规划为长效管理技术支撑。**流域规划的最终目标为实现以流域为一个整体,通过工程与非工程措施相结合，统筹水质水量需求，实现防洪减灾和水资源综合利用效益最大。规划以开发和保护并重为原则，根据流域内经济和社会发展的需求，制定流域防洪减灾体系，确定水资源的开发规模、次序和时机，提出水资源保护、水土保持和水污染防治等综合措施，提倡节约用水等，为流域的防洪减灾、抗旱和生态环境保护等提出目标、方法和措施，为流域统一管理做好一定时期内的顶层设计。

2) **以防汛抗旱减灾为首要目标。**流域水旱灾害是给人民生命财产造成直接损失和危害、严重影响社会经济可持续发展的水灾害事件，预防和有效应对洪旱灾害是流域管理的首要任务，也是水资源综合利用效益发挥的前提条件。因此，流域水资源管理应在保障防洪和供水安全的前提下开展水资源综合利用及其他调度和管理。

3) **对工程措施进行以流域为单位的统一调度和管理。**在一个流域或一个供水系统内，往往存在多各水利工程和用水单位，易发生供需矛盾和水利纠纷；同时，同一个水利工程在不同的时期也容易发生防汛抗旱减灾调度与兴利调度之间的矛盾，因此，在管理调度实践中，需按照上下游、左右岸兼顾和综合利用效益最大的原则，

制定相应的联合调度应用方案，协调各利益相关者的需求，实现防洪减灾和水资源综合利用效益最大目标。

4) **依托非工程措施进行实时管理和调度。**工程措施的有效应用离不开非工程措施的技术支持，重要工程措施如水库调度必须依托严密的调度方案和水文气象预报信息，统筹协调各利益相关者的不同需求来进行。

3. 长江流域水资源管理模式

长江流域干流长约 6300 km，流域面积约 180 万 km²，拥有我国 1/3 的水资源量、3/5 的水能开发资源和 1/2 的内河航运里程，是我国水资源配置中重要的战略水源地、水电开发主要基地、连接东中部地区的“黄金水道”和重要鱼类资源及珍稀水生生物的天然宝库。做好长江流域水资源统筹配置和管理工作，对促进长江流域经济社会发展具有十分重要的战略意义。分别就长江流域水资源管理形势、水资源管理战略格局和流域水库联合调度方案等三方面内容阐述。

3.1. 水资源管理形势

新中国成立以来，特别是改革开放以来，流域防洪能力显著提高，水资源综合利用体系基本形成，水资源与水生态环境保护取得重大进展，为经济社会长期平稳较快发展和社会和谐稳定提供了有力的支撑和保障。但洪涝灾害频繁仍然是长江的心腹之患，水资源供需矛盾加剧仍然是经济社会发展的主要瓶颈，水生态环境恶化已是影响可持续发展的重要因素，随着“依托黄金水道，建设长江经济带”国家发展战略的深入实施以及全球气候变化影响加大，长江流域水资源管理面临的形势将更趋复杂[2] [3]。

1) **水资源总量较丰富但时空分布不均、洪涝干旱并举。**受季风气候影响，长江流域水资源量年际变化较大，且出现连续丰水年或连续枯水年的情况，在多年系列中，最大为 1998 年的 13045 亿 m³，最小是 1978 年的 7577 亿 m³，最大最小比值为 1.7，变差系数为 0.12。降水量和河川径流的 60%~80%集中在汛期，年际和年内分配的不均性比较显著，极易出现部分地区洪涝灾害严重和局部地区持续干旱的两级分化局面。

2) **水体水质总体良好但水生态环境保护任务依然艰巨。**长江流域已初步建立了以水功能区管理为基础的水资源保护体系，以水生态环境优先保护区域和保护对象为重点的水生态保护体系，以预防保护为主的水土保持体系，水生态环境总体上保持良好状态，水土流失面积由增到减。但随着城镇化和工业化进程的推进，城镇和工业废水排放负荷加大，加之农业面源问题日益突出，水污染威胁呈加重趋势；潜在水污染风险源众多，突发水污染事件的风险加大，应对重大突发水污染事件的能力仍较薄弱。

3) **跨流域调水任务繁重使水资源可持续利用面临巨大压力。**到 2030 年，长江流域本区域多年平均年需水量为 2351 亿 m³，较 2007 年供(用)水量增加 548.9 亿 m³，将保持缓慢增长的态势。到 2030 年，长江流域多年平均年向外流域调出水量 452.5 亿 m³，其中南水北调东、中、西线工程分别为 148 亿 m³、120.5 亿 m³、80 亿 m³，滇中调水工程 12.1 亿 m³，引江济渭工程 15 亿 m³，引江入巢济淮工程 10 亿 m³，江苏沿海引江工程 58 亿 m³，其他调水工程 8.9 亿 m³，跨流域调水任务十分繁重。

4) **水资源统一管理亟需进一步强化。**随着流域管理与行政区域管理相结合的水资源管理体制的确立，流域水资源综合规划的编制完成，取水许可和水资源有偿使用制度的建立，水行政执法监督的不断强化，长江流域水资源管理工作逐步得到加强。但目前长江流域水资源管理上的责权分离依然存在，流域管理和行政区域管理的职能划分与结合尚需进一步明确和落实，可行且高效的跨部门、跨区域协调机制亟待建立，流域水资源统一管理还需进一步强化。

3.2. 长江流域水资源管理战略格局

长江水利委员会在过去几十年的水资源管理实践中，开展了包括流域综合规划、水库群联合调度等一系列顶层设计工作，积累了丰富的流域水资源调度技术和实践管理经验，逐步建成由防洪减灾、水资源综合利用、

水资源与水生态环境保护和流域综合管理等四大体系构成的水资源管理战略格局，形成了长江流域以工程措施(水库、堤防和蓄滞洪区等)为依托、以非工程措施(如水库调度方案、预警预报系统等)为支撑的流域水资源统一管理和调度的一体化格局，为流域社会经济可持续发展和维系健康长江打下了良好的基础[4]。

3.3. 长江流域水库群联合调度方案

水库作最重要的调节水资源的工程措施，在流域水资源管理中起到关键性作用。据统计，2015年前长江上游地区投入运用的控制性水库总调节库容 600 多亿 m^3 ，防洪库容约 380 亿 m^3 ；预计在 2030 年前后，总调节库容超过 1000 亿 m^3 ，防洪库容约 570 亿 m^3 。随着长江上游干流及重要支流大型水库、水电站的陆续投入运行并发挥效益，长江流域水资源从侧重大力开发利用的“工程水利”逐步走向科学调度管理的“资源水利”新时期。为正确处理梯级水库群防洪和兴利、汛期和非汛期、单库和多库调度运用中的重大关系，长江委自 2012 年开始组织编制年度《长江上游水库群联合调度方案》，至 2014 年参与联合调度水库的范围扩大至 21 座。2012 年国家防总批复了《2012 年度长江上游水库群联合调度方案》，这是国家防总批复的首个大江大河水库群联合调度方案。此后国家防总每年批复由长江防总编制的《长江上游水库群联合调度方案》，要求统筹协调水库群防洪抗旱、发电、航运、供水和水生态与水环境保护等关系，充分发挥防洪兴利效益，为其他江河水库群联合调度管理提供了借鉴。

4. 长江流域水资源统一管理和调度实践

流域水资源统一调度和管理是一项涵盖规划、建设到实时调度管理的系统工程。经过半个多世纪的经验积累，长江流域不断开展流域水资源管理规划更新和建设，逐步建成由防洪减灾、水资源综合利用、水资源与水生态环境保护和流域综合管理四大体系构成的水资源管理战略格局，工程措施的实施实现了物理意义上的流域水资源空间均衡，而水库群联合调度等非工程措施体现了调度管理中各利益相关者的需求，实现了流域防汛抗旱和水资源综合利用效益最大。下面，以长江流域单一水库多目标协调调度和梯级水库协调联合调度两种模式的调度实践为例来说明。

4.1. 三峡水库多目标调度

4.1.1. 2012 年长江干流三峡水库防洪调度

2012 年 7 月下旬，受持续强降雨影响，长江上游发生了数次较大洪水过程，图 1 为 2012 年汛期三峡水库调度过程线图。结合准确有效的洪水预报，三峡水库对这几场洪水均进行了削峰调度：1) 将 7 月 7 日入库洪峰流量 56,000 m^3/s 削减 14,000 m^3/s ，最大出库流量 42,000 m^3/s ，水库最高调洪水位 152.67 m，拦蓄洪量约 39 亿 m^3 ，长江中下游干流水位没有超警戒水位；2) 将 7 月 24 日入库洪峰流量 71,200 m^3/s 削减 28,200 m^3/s ，水库下泄流量从 30,000 m^3/s 逐步加大到 45,000 m^3/s ，最高库水位 163.11 m，拦蓄洪量约 52 亿 m^3 ，有效减轻了长江中游河段的防洪压力；3) 将 9 月 3 日入库洪峰 51500 m^3/s 削减 24500 m^3/s ，最大下泄流量 27000 m^3/s ，最高调洪水位 160.12 m，拦蓄洪量 64.8 亿 m^3 ，使得中下游干流水位没有超警戒水位。经初步估算 2012 年汛期三峡工程防洪经济效益超 500 亿元。

4.1.2. 兼顾水生态调度-维护河流生态可持续发展

三峡水库先后开展了针对四大家鱼自然繁殖的生态调度试验。结合水库消落过程，2011 年调度使下游形成人工涨水过程，四大家鱼对洪水上涨有良好的响应，调度第二天监测到产卵活动；2012 年生态调度 3 次，形成了 3 次明显的涨水过程，沙市断面均监测到四大家鱼产卵，如图 2 所示。2012 年生态调度期间观测到的四大家鱼卵的数量是 2011 年 76 倍，监测期间观测到的卵数量是 2011 年的 23 倍，生态调度效果明显，对促进四大家鱼自然繁殖具有积极意义，对生态保护和环境友好起到了良好的效果。

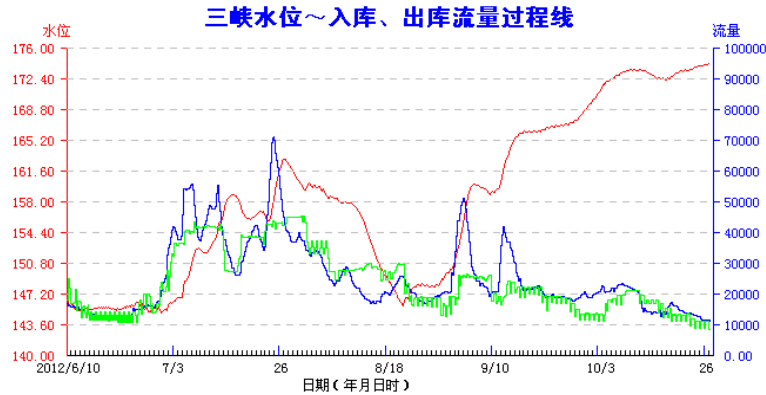


Figure 1. The operation process diagram of The Three Gorges reservoir in flood season of 2012

图 1. 2012 年汛期三峡水库调度过程线图

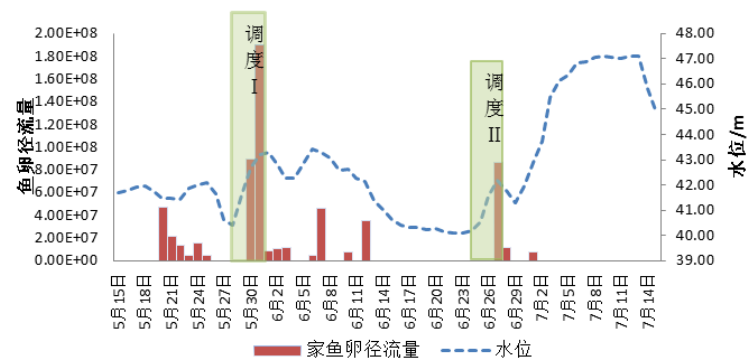


Figure 2. The relation between flow and number of fish eggs at Zhicheng station in 2012

图 2. 2012 年枝城站水位与沙市断面家鱼卵径流量关系

4.2. 梯级水库联合调度

4.2.1. 长江支流 - 乌江梯级水库联合防洪调度实践

从长江流域支流上讲，如 2014 年 7 月中旬，受强降雨影响长江流域一级支流乌江干流发生了大洪水。据还原分析计算，乌江干流各梯级水库入库洪峰重现期分别为乌江渡水库 15 年一遇、构皮滩水库 20 年一遇、思林水库 40 年一遇、沙沱水库 50 年一遇、彭水水库 25 年一遇，特别是构皮滩至沙沱水电站区间三天雨量超过 200 mm，区间来水量约 1000 年一遇。在调度过程中，根据乌江沿岸城镇的防汛形势，通过对上、下游防汛形势的预判，充分利用洪家渡、构皮滩、思林、沙沱和彭水水库实施乌江水库群联合调度，有效缓解了思南、沿河县城防汛压力。彭水水库及时采取预泄措施，安全接纳了上游水库下泄的洪水，最大程度减轻了沿线各县城的防洪压力，确保乌江沿岸城镇防洪安全，减少洪灾损失约 10 亿元。

4.2.2. 长江干流 - 梯级水库联合蓄水调度实践

为提高水资源综合利用效益，在长江流域的水资源管理方面，从 2010 年开始，长江委在全国率先提出蓄水计划和调度方案管理制度，自 2011 年初实施至今，已审查流域内糯扎渡、潘口等 30 座水电站蓄水计划及调度方案，为保障工程效益的有效发挥和流域水资源统一调度奠定了基础。以 2014 年为例，7 月份调度金沙江中游阿海、金安桥、龙开口和鲁地拉四座水库适当上浮水位运行，既解决了机组出力受阻的问题，又为后期蓄水做

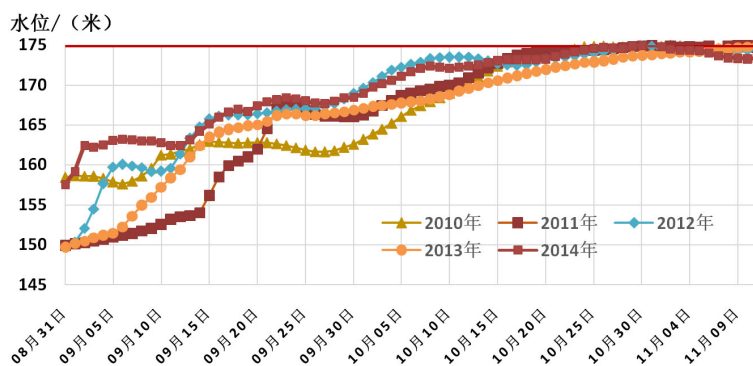


Figure 3. The refilled process of The Three Gorges reservoir at the end of flood season in 2010-2014

图 3. 2010~2014 年三峡水库汛末蓄水调度过程

了准备。8 月份，上述四座水库逐步开始蓄水；溪洛渡、向家坝、瀑布沟等水库也先后安排在 8 月中旬和 9 月初开始逐步蓄水，尽量与三峡水库蓄水时间错开。9 月长江上游和汉江流域来水偏丰，在确保防洪安全的前提下，调度水库拦蓄洪水尾巴，蓄水形势好转。10 月 31 日 10 时，三峡水库连续第 5 年成功蓄水至 175 m，为发电、供水、航运提供了强有力的水资源保障。2014 年实现了年发电量 988 亿 kWh。图 3 为三峡水库 2010~2014 年 5 年中蓄水调度过程。

5. 变化条件下对流域水资源管理提出的新挑战

如何满足社会经济发展对水资源管理越来越高的要求、如何缓解大型水利枢纽的建设运行对河流生态水文情势等造成的影响等，是目前长江流域水资源管理面临的挑战[5]。这些变化和挑战主要表现在：

1) 长江上游干支流水库群逐步建成，水库群统一调度能力亟待加强。长江流域现已建成水库 4.5 万多座，长江流域干支流控制性枢纽格局逐步形成。这些控制性工程在充分发挥水资源综合利用功能、服务经济社会发展需求的同时，也在不断改变着河流原有的自然特性和状态，目前的预报调度等技术适应性和精确性有待进一步提高，以缓解对长江中下游径流规律和江湖关系造成的较大影响。

2) 跨区域调水与流域内用水、流域与区域用水矛盾日益尖锐，水资源优化配置亟待加强。南水北调工程总体规划东、中、西线工程将从长江流域调水到我国北方缺水地区，其中中线工程自 2014 年 12 月起已正式通水。为解决区域缺水问题或满足水生态修复等需要，长江流域上、中、下游地区还规划了一系列区域性水资源配置工程，如“引汉济渭”“引江济汉”等，如何有效管理和调度这些工程三措施，同时进一步优化丹江口水利枢纽的调度规程和方案，以加强这些水资源配置工程的管理，也是长江流域水资源管理目前面临的重要挑战。

3) 水资源利用对流域生态环境的影响日益显现，水资源保护和生态环境保护亟待加强。尽管目前长江流域水资源开发利用程度还不高，但部分资源开发活动已引发湖泊湿地萎缩、少数支流部分河段断流干涸、珍稀水生动物濒危程度加剧等生态环境问题，尤其是中游鄱阳湖、洞庭湖水资源矛盾日益凸显；一些闸坝建成蓄水后改变水情，引起局部水域纳污能力下降和水质变差；已经建成和正在建设的一系列大型水利水电工程，如三峡工程、南水北调工程和干支流梯级水库等，对生态环境产生的长期、累积影响也将逐渐显露。随着长江流域水资源和水能资源开发利用程度不断提高，生态环境保护的压力进一步增大。

4) 快速的航运发展和长江经济带建设需求向长江流域航运建设提出了新要求。由于三峡工程的应用，长江航运能力得到了很大的提高，规划 2030 年将达到航运能力(上下 1 亿 t)也早在 2011 年就已经达到，如何拓展三峡的航运能力，如何规划建设长江中游航运通道，以实现真正意义上的重庆到上海的江湖联通，使得万吨以上船可以从上海直通重庆，打造真正意义上的中国“黄金水道”，也是目前长江流水资源统一调度和管理面临的重要问题。

6. 结论

水库群联合调度是实现流域水资源统一调度和管理的重要技术手段。通过控制性水库的调度运用,和以流域为单元的水资源统一调度、水库群联合调度、跨地区多部门协商的协调会商等机制,形成电调服从水调、兴利调度服从防洪调度的统一调度秩序,是强化流域水资源统一调度和管理的重要支撑。同时,随着长江上游水库群不断投入运用,水库调度运行必定对流域河道特性和水文情势带来一定的影响,因此,在不断完善更新水库群联合调度方案的同时,需要在实践中不断积累经验,研究和应对工程措施运行带来的负面影响,建立和完善梯级水库群统一管理调度体系,完善法律、信息和技术等多方面保障。

基金项目

国家十二五科技支撑计划项目-三峡水库和下游河道泥沙模拟与调控技术(2012BAB04B05);长江电力科研项目-三峡水库科学调度关键技术研究(项目编号 2413020005)。

参考文献 (References)

- [1] 王浩, 王建华, 胡鹏. 实行最严格水资源管理制度关键技术支撑探析[J]. 中国水利, 2011, (6): 28-32.
WANG Hao, WANG Jianhua, HU Peng. Exploration and analysis of key technological support for the strictest managerial system of water resources. China Water Resources, 2011, (6): 28-32. (in Chinese)
- [2] 陈雷. 强化流域综合管理确保长江永续利用. 中国水利, 2009, (09): 21-22.
CHEN Lei. Strengthening integrated river basin management, ensuring continuous utilization of the Yangtze River. China Water Resources, 2009, (09): 21-22. (in Chinese)
- [3] 马建华. 建设长江经济带的水利支撑与保障[J]. 人民长江, 2014, (5): 1-5.
MA Jianhua. Establishment of water resources support and guarantee for Yangtze River economic zone. Yangtze River, 2014, (5): 1-5. (in Chinese)
- [4] 长江水利委员会. 长江流域综合规划[M]. 2012.
Changjiang Water Resources Committee. The comprehensive planning Yangtze River basin. 2012. (in Chinese)
- [5] 马建华. 稳步推进长江流域综合管理的思考[J]. 中国水利, 2014, (6): 34-37.
MA Jianhua. Implementation of integrated management in Yangtze River Basin. China Water Resources, 2014, (6): 34-37. (in Chinese)