

水资源综合调配概念与关键技术问题浅析

鲁帆¹, 蒋云钟¹, 王浩¹, 王海潮^{1,2}, 沈媛媛¹

(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038; 2. 北京市水利科学研究所, 北京 100048)

摘要: 考虑自然和人类系统的相互作用, 文中分别从水的需求和供给管理角度出发, 初步论述了水资源综合调配的内涵与外延, 提出水资源综合调配研究包含的基本环节, 并对其面临的关键技术问题进行了分析和展望。

关键词: 水资源综合调配; 自然与人类的相互作用; 可持续开发利用

中图分类号: TV213.4

文献标识码: B

文章编号: 1000-0860(2010)01-0011-04

Analysis on concept and key technical issues of comprehensive regulation and allocation of water resources

LU Fan¹, JIANG Yun-zhong¹, WANG Hao¹, WANG Hai-chao^{1,2}, SHEN Yuan-yuan¹

(1. China Institute of Water Resources and Hydropower Research Beijing 100038 China

2 Beijing Hydraulic Research Institute Beijing 100048 China)

Abstract: Based on the consideration of the interaction between the natural and human systems, the connotation and denotation of the comprehensive allocation of water resources are analyzed herein from the aspect of the management on both the demand and the supply of water resources, from which the key links included in the research on the comprehensive allocation of water resources are put forward, and then the key technical issues faced by it are analyzed and prospected as well.

Key words: comprehensive allocation of water resources; nature-human interaction; sustainable development and utilization

1 引言

近年来,我国依据可持续发展要求,成功实施了以黄河、黑河和塔里木河为代表的多项流域水量统一调度工作,在维护经济社会可持续发展、生态修复和保护、发展民生水利等方面作用显著^[1,2]。与此同时,跨流域调水也成为缓解缺水流域水资源供需矛盾和支撑其可持续发展的必然选择。目前,我国南水北调工程的总体布局已经确定,东、中线的工程正在建设之中。国内著名的调水工程还包括广东的东深供水工程、天津的引滦济津工程、山东的引黄济青工程等。

随着上述调度实践的逐步深入,全流域和跨流域的水资源配置与调度问题已引起社会各界的广泛关注,进行水资源综合调配是大势所趋,但该项研究仍处于起步阶段^[3-5]。本文结合国内外相关领域的最新发展动向,论述水资源综合调配的内涵与外延,并在此基础上提出水资源综合调配的基本环节和关键技术问题。

2 水资源综合调配内涵与外延解析

水资源配置和水资源调度是水资源分配领域相互联系但又有区别的两个概念,配置侧重于未来的水资源供需形势预测与合理规划,调度则侧重于水利工程实时运行控制规则及供用水管理,配置是调度实施的基础,调度促进配置方案的落实,两者不可分割。如何将两者综合,建立规划配置与实时调度一体化的水资源综合调配框架体系,以促进水资源的科学分配和可持续利用,一直是水资源领域的研究难点之一。迄今为止,水资源综合调配也没有确切的定义,但可以考虑自然和人类系统的相互作用,分别从水的需求和

收稿日期: 2009-05-18

基金项目: 国家自然科学基金创新研究群体科学基金项目(50721006); “十一五”国家科技支撑计划(2006BAB04A07, 2008BAB29B08); 国家重点基础研究发展计划(“973”计划)(2006CB403404)。

作者简介: 鲁帆(1981-),男,湖北天门人,工程师,博士。

供给管理角度出发, 深入分析水资源综合调配的内涵与外延。

2.1 水资源综合调配的内涵

从水的需求角度出发, “综合”二字具有十分丰富的内涵, 主要包括以下几点。

(1) 水与社会经济、生态的综合。水资源是基础性的自然资源和战略性的经济资源, 水资源系统与社会经济系统、生态系统有着非常复杂的相互依存和相互制约的关系。早期的水资源调配往往过分强调水的社会经济价值而忽略其生态环境功能, 现在人们逐渐认识到: “不仅生态系统依赖于水流、季节、水位和水质的变化, 水是所有生态系统的特性及健康的关键决定因素, 而且生态系统对降雨的渗透、地下水的回灌以及河流流态都非常重要”^[6]。因此, 水资源综合调配研究不能单纯地“就水论水”, 而应该综合考虑水资源开发利用与社会经济、生态环境协调发展之间的关系, 既要促进水资源的高效利用, 又要维持和保护水资源的可再生能力, 保障流域和区域的可持续发展。

(2) 多种可利用水源的综合。水资源包括大气水、地表水、土壤水、地下水、再生水等多种形式, 它们都是水循环的重要组成部分, 相互转化关系复杂, 共同维系着人类社会经济系统和生态环境系统的发展与延续。以往, 大多数水管理都趋向于将重点集中在“蓝色水”上而忽略了降雨和土壤水管理^[6], 重视地表水管理而忽视地下水管理。目前, 水资源调配已经从单独考虑某一种水源发展到几类水源组合甚至是所有水源的联合调配, 例如南水北调中线工程。多种水源的综合调配对于节水、提高用水效率和保护生态系统具有十分重大的意义。

(3) 水量与水质的综合。一方面, 污染导致水质恶化将使可用水量减少且导致对达到一定水质的水的竞争增加, 威胁人类健康及水生生态系统的功能。另一方面, 水是可再生、可重复利用的资源。当水被用于非消耗性用途并有回水时, 有计划的水重复利用能增加有效的资源流量和供水总量。现在水资源调配研究越来越注重水量与水质的综合, 注重传统水源与再生水利用的综合, 今后要进一步加强对于基于分质供水的水量水质合理配置模型和方法、水量水质联合配置方案合理性评价技术、水量水质联合实时调度方法等问题的研究。

(4) 不同水利益团体之间的综合。水资源调配涉及地区多、范围广、距离长, 上下游、左右岸、不同流域和行政区、不同行业、城市和农村等各类

不同利益团体之间存在复杂的水事关系, 用水竞争性强。例如: 上游用水户过度消耗性地用水或污染水可能剥夺下游用水户合法利用共享水资源的权利, 上游土地利用的变化也会改变地下水的回灌和河流流量的季节性变化, 上游的防洪措施会威胁下游以洪水为依托的生活。在水资源调配中, 必须全面认识它们在复杂系统中的自然和社会联系, 综合考虑这些利益冲突。

2.2 水资源综合调配的外延

从水的供给管理角度出发, “综合”二字也具有十分丰富的外延, 主要包括以下几点。

(1) 国家政策制定中跨部门的综合。水资源政策必须与国家经济政策和行业政策相结合, 经济政策和行业政策也需要考虑与水资源的联系。传统的水资源分部门和分散管理方法通常会导致管理实体各自代表利益相互冲突的某一方, 已经确立的政策目标没有考虑对其他用水户的影响, 而且没有进行跨行业和跨部门的咨询。水资源综合调配要求进一步强化政府的公共管理职能, 综合考虑所有经济和社会部门内与水有关的开发, 以一种跨行业、跨部门和跨专业的综合方式, 协调水资源调配政策的制定、规划和实施。

(2) 多类措施的综合。水资源综合调配除需要跨部门的综合外, 还需要需水管理、供水管理、水质管理、节水管理并重及各类工程措施与非工程措施的综合支撑, 需要充分发挥市场调节作用, 广泛吸纳公众参与。今后, 要继续加强以需求侧管理为重点的需水管理理论与方法、以水功能区管理为重点的水资源保护方法、以总量控制为重点的水资源配置管理方法、以取水许可制度为重点的取用水管理方法等研究, 建立健全流域与区域相结合、城市与农村相统筹、开发利用与节约保护相协调的水资源综合调配体制。

(3) 多时间尺度的综合。在规划层面, 需要分析各种不同情景下各规划水平年的水资源供需平衡结果及其对区域经济和生态环境的累积影响, 提出推荐的水资源开发利用策略; 在调度层面, 又可按调度期长短分成长期调度、短期调度和实时调度。长期调度方案的制定要以规划配置方案为依据, 同时在规划配置方案的原则性和供需相互适应的灵活性之间要有一个权衡, 长期调度方案指导短期调度方案的制定, 短期调度方案指导实时调度方案的制定。各种不同时间尺度的模型相互嵌套, 共同支撑一体化的水资源综合调配框架体系。

3 水资源综合调配研究的基本环节

水资源综合调配研究应包括水循环过程模拟、水资源配置、配置方案评价和水资源调度等四个具有递进关系的环节,如图1所示。水循环过程模拟是水资源调配研究的基础,需要深入分析水循环过程的“自然—人工”二元特性,综合气候气象、人类活动、下垫面等多源信息,它是现代水文学研究的热点;水资源配置通常侧重于规划水平年的水资源供需平衡、近期与远期的协调发展等内容,其中需水预测方法及配置模式的选取是水资源配置研究需要解决的基本问题;配置方案评价则是对已有的多个水资源配置方案,从经济性、公平性、可持续性等角度出发进行综合比较和权衡,从中提出最科学的、各方面都能接受的满意决策;水资源调度则以水文预报方案和水资源配置方案为基础,侧重于调度期内水量调度计划及水利工程调度规则制定的研究。上述四个环节紧密耦合、相互影响、不可分割,共同支撑水资源综合调配研究。

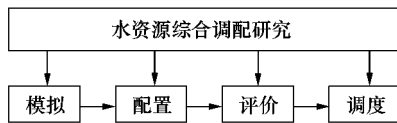


图1 水资源综合调配研究基本环节

4 水资源综合调配关键技术问题

水资源综合调配涉及因素多,环境复杂,影响范围大。在理论研究层次,需要识别水资源系统的主要元素及相互关系,对水循环、水资源开发利用及其伴生的水经济、水生态、水环境过程进行深入的理论研究,揭示它们之间相互作用和影响的机理;在实践操作层次,要以国家政策法规和实际问题为导向,理清水资源综合调配的关键所在,抽取主要环节并忽略次要信息,确定实际状况到数学表达的映射关系,建立实用的水资源综合调配模型,并辅以必要的软硬件支持。从目前我国该领域的发展现状来看,研究任务还十分艰巨,无论是在理论研究还是实践操作上都有一些关键技术问题亟待突破。

4.1 自然水循环与人工侧支水循环的耦合模拟研究

水循环过程由“大气—坡面—地—河道”自然水循环和“取水—输水—用水—排水”人工侧支水循环耦合而成。随着社会发展,人类活动日趋强烈,“忽略”或“剔除”人工作用力影响的处理方法都

会造成水循环规律认识上的失真。水资源综合调配需要将自然水循环与人工侧支水循环进行耦合模拟,研究“自然—人工”二元驱动力作用下水循环过程及其伴生的水资源演化规律。而目前多数分布式水文模型仅研究天然水循环过程,即使是部分模型适当考虑了人工侧支的影响,也仅仅是在产汇流计算中简单地体现给定取水条件,尚没有考虑水循环与水资源调配管理之间的交互式影响^[7]。因此,应从水循环驱动力的二元化、水循环结构和参数的二元化、水循环服务功能的二元化等方面着手,加强自然水循环与人工侧支水循环的耦合模拟研究。

4.2 “水资源—社会经济—生态环境”相耦合的水资源综合调配模型研究

随着水资源问题范围不断扩大及研究不断深入,水资源调配研究更加倾向于采用多学科综合和跨学科交叉的研究方法,将水资源、社会、经济、生态、环境等子系统内部及相互之间的约束机制进行综合概括,建立水资源综合调配模型,在统一框架下定量计算不同水资源调配策略导致的综合后效,通过多目标群决策方法得到备选的调配方案。其中,约束机制的综合概括和综合后效的定量计算都是模型构建的关键内容。

4.3 不同时间尺度模型的相互衔接研究

首先是水资源调度模型与配置模型的衔接研究,要突破常规思维,充分考虑配置成果对调度方案的影响和指导作用,实现近期与远期的协调发展;其次是水资源调度模型研究。由于不同调度时段下各地区来水及需水过程的不确定性,水资源调度实质上是要解决一系列复杂的不确定性问题。调度模型应能吸取“宏观总控、长短嵌套、实时决策、滚动修正”的思想^[3],随着时间的向前推移,结合最新的来水和用水预报信息,根据拟定的准则对水资源调度方案进行自适应修正。实时调度方案既能保证完成中长期水资源调度预案,又要便于水利工程运行。

4.4 复杂水资源系统的建模及模型解法研究

水资源系统模拟的范围大、要素多,首先应根据调配目标和模拟精度,识别水资源调配的主要过程和影响因素,抽取关键环节并忽略次要信息,对整个系统进行合理概化和数学建模,其中调配对象、调配目标和调配方法的选取是几个比较关键的问题;其次,系统的多目标、多变量特性使得模型求解可能会存在一定困难,如何利用现代数学和系统科学的先进算法也是模型必须考虑的重要问题,在很大程度上还会推

进模型的发展。

4.5 水资源综合调配监督与评估体系研究

目前,我国水资源调度和调控能力明显提高,但水资源领域的监测设施与监测手段相对比较滞后,监督与评估体系还不尽完善,成为制约水资源综合调配发展的一个重要因素。应紧密结合我国水资源综合调配的实践需求,继续加强水资源综合调配的监督与评估体系研究。

5 结 语

本文从水资源综合调配内涵与外延的分析着手,提出水资源综合调配的基本环节和关键技术问题。应在深刻理解水资源综合调配内涵与外延的基础上,瞄准水资源综合调配需要解决的关键技术问题,加强水资源综合调配的理论与技术研究,推进和保障流域水资源统一调度、跨流域调水、特大型梯级枢纽群联合调度等水资源调度领域重大实践的

顺利和高效开展。

参考文献:

- [1] 索丽生. 深化以资源为核心的治水思路 切实加强水资源调度工作[J]. 中国水利, 2004 (5): 14-17.
- [2] 鲁帆, 王浩, 蒋云钟, 等. 流域级水量调度模型研究述评[J]. 水利水电技术, 2007 38(8): 16-18.
- [3] 鲁帆. 水资源综合调配理论与技术研究[D]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2008.
- [4] 黄文政, 黄强, 刘昌明, 等. 黄河三门峡以下流域水资源调配研究[J]. 水利学报, 2005 (6): 721-726.
- [5] Rees H G, Holmes M G R, Fry M J et al. An integrated water resource management tool for the Himalayan region[J]. Environmental Modelling & Software, 2006 21(7): 1001-1012.
- [6] 全球水伙伴技术委员会. 水资源统一管理[M]. 梁瑞驹, 沈大军, 吴娟, 译. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [7] 贾仰文, 王浩, 倪广恒, 等. 分布式流域水文模型原理与实践[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.

(责任编辑 林雁庆)

(上接第 10 页)

果表明:我国沿海在冬季东北季风作用下,沿水深平均的流速较强,黄海南部海流向南,东海北部海流向西或西北,在杭州湾附近汇聚;在南海北部内大陆架区域生成较弱的沿岸流;渤海及黄海北部的水流很弱。始于菲律宾东侧的一股窄而强的北向海流在菲律宾与台湾之间的海峡进入南海北部,进而扩散成两股:其一向西流去逼近琼州海峡,其二进一步折向西南,经海南岛南侧西流。

CHINACOAST同样用来模拟 9316号台风作用下我国珠江河口海岸地区风暴潮位、海流的变化过程与分布结构,结果表明:开阔海区潮位过程主要受到台风与潮汐的非线性作用发生变化,高高潮潮位与低低潮潮位呈逐时上升趋势,而高低潮潮位与低高潮潮位则均呈下降趋势,相邻的高潮或低潮高度差别越来越大,日潮不等现象越来越明显,逐渐由原来的不规则半日潮演变为不规则日潮。而各口门处的潮位除受台风与潮汐的非线性影响外,浅水地形、下泄淡水径流和周围复杂多变的岸线都对潮位产生显著的影响,以磨刀门、崖门和洪奇门影响

最为明显。强台风过程在海面上引起海洋流场的剧烈变化,海表面产生与之相对应的逆时针气旋式流场;在珠江口伶仃洋海区因西北向旋转气流与南偏东向海流相遇,在垂直方向上产生环流,垂向混合作用加剧,水体趋于均匀,海表流速减小,下泄减缓,水体堆积,在台风、径流及强潮遭遇的共同作用下,形成最不利的风暴增水现象。

参考文献:

- [1] 王喜年. 风暴潮灾害及其地理分布[J]. 海洋学报, 2001 18(2): 70-77.
- [2] 汤立群, 申锦瑜, 刘大滨, 等. 中国河口海岸风暴潮及海洋动力三维数值预报模型(CHINACOAST)研究 I: 模型结构与设置[J]. 水利水电技术, 2009 (12).
- [3] Tang L Q, J Sheng X, Ji et al. Investigation of three-dimensional circulation and hydrography over the Pearl River Estuary of China using a nested-grid coastal circulation model[J]. Ocean Dynamics DOI 10. 1007/s10236-009-0218-1.
- [4] 包芸, 刘欢. 珠江河口网风暴极值流动中的雷诺不稳定现象[R]. 中国力学学会学术大会(CCTAM2005), 2005.

(责任编辑 聂建平)

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告