

高层论坛

水务一体化管理与数字流域建设

王浩, 张小娟, 蒋云钟

(中国水利水电科学研究院水资源研究所, 北京 100044)

摘要: 在国际广泛认同的水资源综合管理原则的基础上, 分析了水务一体化管理的实践基础和科学基础, 提出以流域管理为基础、流域管理和行政区域管理相结合的城乡水务一体化管理模式; 并通过研究数字流域的基础平台建设和数字流域模型, 提出水务一体化管理的保障措施。

关键词: 水资源综合管理; 水务一体化; 数字流域

中图分类号: TV21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2006)03-0001-03

Integrated Management of Urban and Rural Water Affairs and the Construction of Digital Valley

WANG Hao, ZHANG Xiao-juan, JIANG Yun-zhong

(China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China)

Abstract: Based on the international agreement of Integrated Water Resources Management, the paper analyzes the practice and science foundation of integrated water affairs management, and puts forward integrated urban and rural water affairs management system. This system should be on the basis of valley management and integrate valley and district management. Then with the further research on construction of foundation platform and digital valley model, some measures are suggested for the water affairs management.

Key words: integrated water resources management; urban and rural; water affairs; digital valley

1 引言

水, 作为基础性的自然资源和战略性的经济资源, 在促进经济社会全面、协调、可持续发展的战略中始终处于十分重要的地位。

然而, 一方面, 随着社会经济的快速发展、人口的日益增加、人民生活水平及城市化率的不断提高, 人类社会对水资源的数量和质量都提出了越来越高的要求; 另一方面, 我国面临的水资源短缺、水污染严重、洪涝灾害频繁三大问题也越来越突出。由此引发的水危机已成为经济社会可持续发展的重大制约因素, 而且还将对我国 21 世纪水资源安全战略构成直接威胁。

解决三大水危机, 必须要加强水资源综合管理。以“都柏林原则”和《21 世纪议程》为标志, 国际社会对水资源管理原则已达成共识, 这就是水资源综合管理: 以公平的方式, 在不损害重要生态系统可持续性的条件下, 促进水、土地及相关资源的协调开发和管理, 以使经济和社会财富最大化的过程^[1]。

水资源综合管理本身不是目标, 而是一个灵活的工具, 它将水资源放在社会、经济、自然环境所组成的复合系统中, 通过加强水的治理结构, 对水资源的开发利用和保护并重, 对水量和水质进行统一管理, 对地表水和地下水进行统一调度, 对原水和再生水、淡化海水进行综合利用, 确保水的利用能够促进一个国家社会和经济的发展, 并使发展不以损害重要的生态系统为代价及不危及子孙后代对水资源的需求。

2 水务一体化管理的实践基础和科学基础

在中国, 长期以来对水资源实行的是国家统一管理与地方分级、分部门管理相结合的“多龙管水”模式, 形成了在流域上“条块分割”、在地域上“城乡分割”、在职能上“部门分割”、在制度上“政出多门”的局面^[2]。长期的水管理实践表明, 水的分割管理, 造成管理“内耗”和办事低效, 加剧了水资源浪费和水环境污染, 影响水资源的综合开发利用效益。严峻的水资源形势亦让人们认识到, 对水资源实行综合管理是解决日

收稿日期: 2006-04-29

作者简介: 王浩(1953-), 男, 北京人, 中国水利水电科学研究院水资源研究所所长, 中国工程院院士, 主持研究了一系列关于我国水资源开发利用规划和管理的理论、方法与技术。

趋严重的水问题的有效途径。

2.1 水的自然属性决定以流域为基础的水资源综合管理

水首先是一种自然资源。水的自然特性是指水在自然状态下所表现出的特征和性能,主要包括水文循环性、时空分布的不均匀性和自然径流特性。江河流域是一个完整的自然系统,天然状态下,流域水分在大气水(降水)、地表水、生物水、土壤水、地下水之间的相互循环过程中滋养着整个流域的生态环境系统。水的流动性和循环性决定了水资源具有流域的特性,流域的上中下游、左右岸、支流和干流、河水和河道、水质和水量、地表水和地下水等等,都是流域不可分割的组成部分,构成了一个自然条件下的天然系统。流域内的水资源、生态、环境既相互联系和相互依赖,又相互影响和相互制约。因此,水的自然属性决定我们在开发、利用、保护河流水资源时,必须以流域为单元进行统一规划、统一调度,建立权威、高效、协调的流域管理体制^[3]。

2.2 水的社会属性要求流域管理与行政区域管理“相结合”

水不仅受自然地理、气候条件的影响,而且与人类的活动密不可分。水的社会属性就是指人类为了自身的生存和社会经济的发展而对自然水和水环境施加的巨大影响,涵盖人类对水资源的开发、调度、配置、利用、管理、保护以及人类对水问题的预防和治理。随着社会经济的快速发展、人民生活水平的快速提高、人口的急剧膨胀,使水资源的供需矛盾日益突出,水的社会属性也充分地表现出来。人们对水资源及管理方式的认知不断深化而逐渐趋于完善。

2002年,我国颁布实施新的《中华人民共和国水法》,确定了“流域管理与行政区域管理相结合”的管理体制。流域管理注重整个流域的水循环,目标是使流域内水资源得到整体有效的利用,有利于水资源的统一规划和调配。因此,水问题越严重越是要强调流域管理。行政区域管理是水资源综合管理的一个外延,往往从各个地区自身特点和需求出发,目标是综合利用辖区内的水资源充分发展区域经济,但也容易形成条块分割。流域管理和区域管理,两者不可替代。因此,要把从蓄水、取水、输水、水分配、水的高效利用到排水、污水处理及再生利用的各个环节形成完整的社会用水过程,把自然和社会用水过程统一起来,形成以流域管理为基础,流域管理与行政区域管理相结合的管理模式,统一管理好水资源,保障水资源的永续利用,促进社会经济的全面、协调和可持续发展。

2.3 实行水务一体化管理是水务事业的发展方向

水务指城乡涉水事务包括防洪、排涝、蓄水、供水、用水、节水、污水处理及回用、地下水回灌等。城乡水务一体化管理,是从城市水管理“政出一门”的需求出发,打破城乡之间、地区之间、部门之间的水管理界限,建立起城市和农村、水源和供水、供水和排水、用水和节水、治污和回用一体化管理的城乡水务综合管理体制,目的是促进水资源合理开发、高效利用、综合管理、优化配置、全面节约、有效保护,实现水资源的可持续利用,保障国民经济的可持续发展。

从1993年7月深圳成立首个水务局,开始了我国水行政主管部门对城乡涉水事务的管理,我国的城乡水务一体化管理取得了长足的发展^[4]。经过多年实践,已获得显著经济、社会和环境效益。截止2005年3月,全国已组建水务局或由水利局承担水务管理职能的县级以上行政区已达1359家,占全国县级以上行政区总数的57%。其中省级水务局3个,为北京市、上海市和海南省;副省级水务局6个,分别为深圳市、武汉市、西安市、哈尔滨市、大连市和成都市。

从水的自然属性讲,城乡水务一体化管理是以水文学、水文学、生态学为科学基础的;从水的社会属性讲,它又是以经济学、社会学、系统科学以及信息化技术为科学基础。坚实的实践基础和科学基础为建立“以流域管理为基础,流域管理与行政区域管理相结合”管理思路下的城乡水务一体化管理模式提供了保障。

3 水务现代化管理的技术手段

城乡水务一体化管理是以流域管理为基础的,因此,应当充分利用现代科学技术,对流域进行多方面的综合研究,以流域内综合资源的优化管理和可持续利用推动区域的社会经济发展。“数字流域”的建设为我国研究和解决江河水利与水害问题提供了高科技手段,它综合处理流域的空间、地理、气象、水文和历史信息,应用模拟、显示等技术手段,描述流域过去、现在和未来,为流域管理提供决策支持。

3.1 数字流域基础平台建设

“数字流域”的基础是数据,数据平台的建设主要包括数据采集、数据传输网络、数据存储管理3方面的建设内容。目前,我国在数字流域基础平台建设方面已经初具规模。

3.1.1 数据采集系统 数据采集系统是“数字流域”建设的基础。数据采集系统的实施主要分为基础空间数据采集和专业数据采集。基础空间数据采集是利用全球定位系统技术、卫星遥感技术、航空摄影测量技术和地面综合遥感技术以及野外数字测图技术、地理空间信息数字化技术等组成的多平台、多尺度、多源的信息采集监测处理系统,以满足对地理空间数据、正射影像数据、DEM数据的生产与更新和业务应用的需求。专业数据采集系统主要由水文气象、工情险情、引退水、旱情、水质、水土保持、水利工程等采集或监测系统组成,以满足对水利专题信息的采集和处理需求。最终形成覆盖全流域的信息资源采集体系,实现流域信息的动态监测及数据的自动采集、预处理和在线分析。

在流域水文信息采集方面,我国大江大河都有健全的水文观测站网和长时间的水文观测历史,积累了丰富的历史水文信息。在遥感图像方面,我国已在大部分地区获得了大比例的航空摄影照片,并发射了回收式国土资源卫星,收集了丰富的卫星图像。在气象信息采集方面,我国目前已在长江三峡区间和黄河小浪底—花园口区间等重点防洪地区建成了测雨雷达系统,全国性的测雨雷达系统也正在筹建之中^[5]。

3.1.2 数据传输网络 通信及计算机网络系统是数据传递的基础,是水资源管理信息畅通,及时、科学地进行指挥调度的重要保障。计算机网络系统作为“数字流域”重要的数据交

流通道,应按照高吞吐能力、高可靠性、安全性、灵活性和先进性原则,依托光缆、数字微波、通信卫星、公共电信网等通信资源,利用先进的计算机网络技术,组建覆盖全流域各单位和各省(自治区)的,能够提供有效的数据、语音、动态图像等信息传输和查询的高速计算机网络,实现全流域各部门网络间的互联互通。

目前,我国已经建立了四通八达的高速宽带网络。空间数据交换网络将以这些网络为基础,通过空间数据交换协议,把地理空间数据拥有部门和用户连接起来。

3.1.3 数据存储管理体系 “数字流域”的数据和信息量将是海量的(TB级),其存储主要依赖于分布式存储系统。通过采用存储区域网络(SAN)、元数据、数据仓库、分布式计算以及信息安全等技术,建设服务于各主要业务单位的专业数据分中心以及以其为支撑的全流域数据中心,形成流域信息存储管理体系。数据存储管理体系负责全流域中所有数据、信息、规律、对象、预测信息、方案和决策结果的存储、管理和交换,并确保其一致、同步、安全、完整、规范、透明和共享。数据存储管理体系具体建设内容应包括数据库、模型库、知识库和数据管理系统。

在数据存储管理方面,国家测绘局先后于1994年、1998年、2006年建成了全国1:100万、1:25万和1:10万地形数据库,数字高程模型库、地名数据库。近几年随着国家空间信息基础设施建设的发展,全国1:5万DEM也在2002年建设完成;部分地区还建立了1:1万的地形图^[5]。

3.2 数字流域模型研究

模型是“数字流域”建设的核心。通过模型模拟流域水循环过程,再现流域的历史,预测流域的未来,为解决国民经济中迫切需要解决的诸如防汛减灾、水量调度、水资源保护、水土保持、工程管理等提供现代化工具。

流域水循环模型从空间尺度分为集总式和分布式两种。20世纪80年代中期以来,随着计算机技术、地理信息系统和遥感技术的进步,分布式流域水文模型^[6]得到很大发展,国内外许多小流域都建立了分布式水文模型。进入21世纪,3S技术、计算机技术、地面量测技术、雷达网以及试验技术的快速发展,孕育着新一代流域水循环系统分布式模拟模型,为变化环境下的流域水资源评价、规划与管理提供现代工具和高效手段。近几年,我国提出的流域二元水循环分布式模拟模型,作为数字流域的“发动机”,为进一步研究流域内自然水循环系统、人工取水系统以及伴生的环境、生态系统创造了条件,也为水务一体化管理提供技术支撑。

流域二元水循环模拟模型是对于“自然—人工”二元驱动下的流域水循环过程的描述,具体采用流域分布式水文模型与流域集总式水资源调配模型相耦合的建模方式来实现^[7]。“自然—人工”二元水循环模式是指,在描述流域水循环系统时,不仅有降水、入渗、产流、汇流和蒸发等环节构成的天然水循环,还有由人工取水所形成的以“取水—输水—用水—排水—回归”为基本环节的人工侧支水循环。天然主循环和人工侧支水循环二者之间存在紧密的水力联系,循环通量此消彼涨,从而使得流域水循环具有明显的“二元”结构。概念性

模型可以简要表述为:

$$R=f\{P(n,a),C(n,a),E(n,a)\}$$

式中:R—流域水资源;P—降水或其他水分来源;C—环境;E—能量;n—自然驱动力;a—人工驱动力;

从式中可以看出,由于人工驱动项的作用,二元模式下的水资源演变过程与一元模式(仅自然水循环系统)相比发生了系统变化,如温室效应和人工降水引起的宏观和微观降水系统变化,必然会引起流域水资源量及其时空变化,而污染则改变了水化学性质;下垫面变化是流域水资源生成环境演变的主要方面,影响着流域水资源的结构及其分量;而人工蓄水、引水和提水改变了自然水循环中的能量转化过程,从而影响流域水资源的耗散方式与速率。可以看出,二元模式客观体现了现代人类活动对于流域水资源演变过程的全面影响,是现代环境下的流域水资源演化过程的科学认知模式。

依据上述二元驱动下的流域水循环模式,其模拟的基本过程也包括“分离”与“耦合”两大基本步骤,即首先对流域水文过程和人工取水过程分离模拟,其中采用分布式水文模型来模拟流域水文过程,人工取水过程则采用集总式模型来实现对流域水资源调配过程的模拟;然后利用之间的动态依存关系实现二者的耦合模拟,以实现二元水循环过程的分项和整体认知。

4 水务一体化管理的保障措施

实现有效的水务一体化管理,必须有一定的保障措施。

4.1 加大数字流域试点建设投入

目前,我国“数字海河”“数字黄河”“数字长江”等数字流域建设正在紧张而有序地进行,这一方面反映了我国水利信息化和现代化的必然趋势,另一方面也说明我国水资源形势十分严峻,亟需用先进的科学技术来解决水问题。因此,应进一步加大数字流域建设的投入,完善数据监测、采集、传输、存储、管理等各方面的基础设施建设,注重科研机构的核心技术储备及重点实验室开发,以促进数字流域建设往更高层次发展。同时可适当扩大数字流域试点范围,在松辽流域、淮河等其他流域或河流开展数字化研究,提高以流域管理为基础的水务一体化管理水平。

4.2 集成18个城市水资源实时监控与管理系统建设成果

为加强水资源综合管理,提高水资源管理能力和管理水平,做好节水型社会建设、保障饮水安全等各项水利中心工作,在2004年和2005年,水利部安排北京、上海、武汉、西安、苏州、海口、桂林、牡丹江、抚顺、银川、大连、张掖、绵阳、承德、淄博、三亚、珠海、朝阳共18个城市开展“城市水资源实时监控与管理系统”试点项目建设,实现对城市水资源、供水、用水、排水、污水处理与回用等环节的实时监控与管理,目前已取得阶段性成果。为满足信息资源共享的需要,有必要在统一标准的基础上,对18个城市已有的信息化成果进行有效集成和利用,消除“数字鸿沟”,为实现全国范围内水资源实时监控

(下转第19页)

括格栅拱架)。工况 5 的目的是研究采用廊道边施工边对底板下 1 m 深的土体内注浆的工程措施对改善岔洞结构应力的作用。从图 10 中可以看出,工况 5 中的最大主拉应力从工况 4 的 6.4 MPa 下降了一半多,仅为 3.1 MPa,此时,主压应力也略有下降,从 -7.7 MPa 下降到 -7.2 MPa。廊道一衬中的应力分布规律更趋向于均衡。对比工况 4,工况 5 沿侧墙底部的廊道轴向已基本无拉力,在输水洞进口处的注浆区内已无塑性区。从以上比较可知,如采用廊道边施工边在底板下的土体内注浆的施工措施,施工廊道和岔洞部位的应力状态将有极大的改善。

6 结论

本文对南水北调中线一期工程北京段西四环下双输水洞、施工廊道和岔洞部位的施工可行性和安全性进行了研究,得出以下主要结论。

(1) 施工廊道仅用一衬支护的施工方案是可行的,进尺不

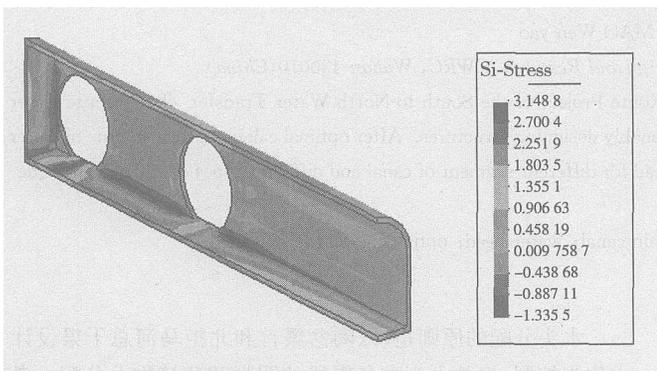


图 10 主输水洞施工后廊道一衬中的主应力(MPa)

宜超过每日 1 m,在施工期应对廊道上部、边墙外侧以及底板下 1 m 深的土体实施小导管注浆,并确保注浆深度和质量。在廊道施工期实施底板下土体注浆可以大幅度降低廊道一衬中的应力。

(2) 廊道施工引起的地表沉降很小,廊道的施工不会危及西四环路的安全。这一结论,和现有的施工期实测资料相符合。

(3) 两输水洞施工时,出现大拉应力的部位主要在两输水洞各自与廊道相交的岔洞部位,应加强配筋(包括格栅拱架)。

(4) 地表沉降主要发生在输水洞施工阶段。此时由于有廊道和输水洞一衬的支撑,地表沉降小于 4 mm。考虑由于施工过程的复杂不可避免地出现延时支护,遭遇个别地质条件较差地段,以及计算对卸载模量取值较为简化等因素,实际地表沉降值将大于计算值。做保守估计,地表下沉量可以控制在 20 mm 以内。

综上所述,在做好廊道和岔洞部位底板下注浆、适当加强一次支护措施后,设计拟定的施工方案是可行的,安全是能够保证的。现有的施工期实测资料表明,本文的研究成果是可信的,与工程实际相符合。

参考文献:

- [1] 欧阳建,付云升,韩宇. 浅埋暗挖技术在南水北调工程中的应用[J]. 建设科技,2005,(1):36.
- [2] 陈惠发(美). 译者:余天庆,王勋文,等. 土木工程材料的本构方程(第二卷 塑性与建模)[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2001.
- [3] 朱伯芳. 有限单元法原理与应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,1998.

(上接第 3 页)

控与管理系统间的信息资源共享奠定坚实的基础。

4.3 在数字流域的平台上整合各专业系统

目前城市水务局结合各项业务应用目标,开发建设了一些数据库和应用系统,但由于各自技术水平、任务来源和资金渠道不同,这些数据库及其应用环境大多分散建设在不同业务部门,呈现条块分割的特征,形成以地域、专业、部门等为边界的“信息孤岛”,造成信息资源利用率低,投资效益差,信息共享困难。因此,要在“数字流域”的基本平台上对各地方、各部门的防汛抗旱指挥系统、灌区自动化系统等各类专业系统进行资源整合,联结信息孤岛,打破信息壁垒,使得与水务有关的各种信息资源能够有效实现可控、实时的共享,同时又要保证信息的安全。

5 结 语

水务一体化管理是世界各国加强水资源综合管理、提高水资源利用效率、促进水资源合理配置的成功经验和重要途径,根据中国水问题的特点,建立“以流域管理为基础,流域管

理与行政区域管理相结合”体制下的城乡水务一体化管理模式是十分必要的。同时,进一步加大数字流域建设,整合利用已有信息化成果,在技术层面上对水务一体化管理有重要指导意义。

参考文献:

- [1] 斯德哥尔摩. 水资源综合管理. 全球水伙伴,2000:22.
- [2] 汪恕诚. 扎实搞好水资源管理工作 促进经济社会可持续发展[J]. 节水灌溉,2002,(2).
- [3] 赵婷婷,胡继连,徐光增. 我国水资源管理体制研究[J]. 水利经济,2004,(5).
- [4] 沈大军,姜素梅. 城乡水务一体化管理的制度分析[J]. 水利学报,2005,(9).
- [5] 刘家宏,王光谦,王开. 数字流域研究综述[J]. 水利学报,2006(2).
- [6] 贾仰文,王浩. 分布式流域水文模拟研究进展及未来展望[J]. 水科学进展,2003,14(增):118-123.
- [7] 中国水利水电科学研究院水资源研究所等. 黄河流域水资源演变规律与二元演化模型[R]. 国家重点基础研究发展规划(“973”)项目(G1999043602)研究报告,北京:2004.