

智慧水务建设需求探析

杨明祥^{1,2}, 蒋云钟¹, 田雨¹, 王浩¹

(1. 中国水利水电科学研究院 流域水循环模拟与调控国家重点实验室, 北京 100038;
2. 清华大学 土木水利学院, 北京 100084)

摘要: 在“智慧城市”建设大背景下,“智慧水务”的构想应运而生。该文结合当前水务发展遇到的实际问题和国家战略部署详细阐述了智慧水务建设的必要性和迫切性,并从现有基础、新技术和社会认识 3 个方面出发,分析了智慧水务建设的可行性。最后提出了应落实顶层设计和完善评价体系的建议,为未来智慧水务建设提供了一定的参考。

关键词: 智慧水务; 信息技术; 水利信息化

中图分类号: TV 213

文献标志码: A

文章编号: 1000-0054(2014)01-0133-04

Demand analysis of smart water resource

YANG Mingxiang^{1,2}, JIANG Yunzhong¹, TIAN Yu¹, WANG Hao¹

(1. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China;
2. School of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The idea of “Smart Water Resource” arises under the background of “Smart City”. Combining with the current actual problems in the development of water industry and the national strategic deployment, this paper expounds the urgency and necessity of the Smart Water Resource construction, and analyzes the feasibility of the construction of the Smart Water Resource from the existing basis, new technology and social cognition. Finally, this paper suggests that the top-level design should be implemented and the evaluation system should be improved, which provides references for the future construction of Smart Water.

Key words: smart water; information technology; water conservancy informatization

当今世界,发达国家正在回归人文与绿色发展的道路,涌现出新加坡、阿姆斯特丹、首尔等一批和谐发展的国家和城市。相形之下,我国人口与资源环境的矛盾日益突出,现代化、信息化进程还远未完成,特别是多数地区均遭遇了严重的水资源短缺和水环境污染困境,水资源问题越来越成为制约社会

经济发展的瓶颈。

为解决我国城市化进程中暴露的严重水资源紧缺、水环境破坏等问题,水务一体化管理被提上了日程。深圳、上海、海南、北京、广州等省市相继成立了水务局,全国 61% 的县级以上行政区域实行了城乡涉水事务一体化管理。各地通过水务体制改革,初步形成城市防洪除涝、集中供水、排水治污、水资源保护、水环境治理等一体化保障体系。

当前,在“智慧城市”建设大背景下,“智慧水务”的构想应运而生,国内学者做了积极的探索,将其作为水务事业发展、优化行业管理与提升服务水平的重要支撑和保障。智慧水务建设将以新信息技术应用带动水务信息化技术水平的全面提升,以重点应用系统建设带动信息化建设效益的发挥,为水务管理的精细化、智慧化提供信息化技术支撑,有望成为解决城市水资源问题的重要途径。本文结合当前水务发展遇到的实际问题和国家战略部署详细阐述了智慧水务建设的必要性与迫切性,并从现有基础、新技术应用和社会认识三方面出发,分析了智慧水务建设的可行性,最后提出建议和意见。

1 必要性研究

本文从智慧城市建设的要求、水利现代化的必然选择、最严格水资源管理的有力保障、生态文明建设的重要抓手以及服务型政府建设的重要内容几方面详细阐述智慧水务建设的必要性。

收稿日期: 2013-11-01

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2013BAB05B01);

国家自然科学基金资助项目(51309254);

中国水科院博士学位论文创新研究基金资助项目

作者简介: 杨明祥(1986—),男(汉),河南,博士研究生。

通信作者: 蒋云钟,教授, E-mail: lark@mwr.gov.cn

1.1 智慧城市建设的诉求

当前,以物联网、移动互联网、智能技术为代表的新一代信息技术正在带来第三次信息技术革命,信息技术正在与城市基础设施相融合、与城市的管理运行系统相融合、与市民的生活和企业的运行相融合,创造出原来难以想象的城市和生活新形态,智慧交通、智慧医疗、智慧社区、智慧政务、智慧水务等智慧新形态正在成为我们身边的一部分,“智慧城市”的时代已经到来^[1-3]。此外,发达国家城市现代化进程也验证了信息化发展走向智慧化的趋势,美国纽约在世纪之交将“更智能化的城市”作为城市信息化下一个十年计划的发展目标;2005年新加坡颁布了“2005—2015智慧国计划(iN2015)”的信息技术十年发展目标^[4-5]。

智慧水务作为智慧城市的重要组成部分,是体现城市管理智能化水平的重要标志之一,是水务事业发展、行业管理与服务的重要支撑和保障,也是保民生的技术支撑手段,关系到城市运行优化资源配置、政府职能提升、公共服务完善等各项任务能否顺利完成。智慧水务建设将以新技术应用带动水务信息化技术水平的全面提升,以重点应用系统带动信息化建设效益的发挥,为水务管理的精细化、智慧化提供信息化技术支撑。通过智慧水务的建设可以有效增强城市降雨、蒸发、地面径流、供输排水管道压力及水位、地下水位的监测能力,为城市智慧化管理和科学决策提供第一手的准确信息,为城市水资源精细化管理提供可能。同时,借助智慧城市基础设施建设,特别是网络设施的完善和升级,也可以为智慧水务提供高带宽、全覆盖的通信服务,在进一步促进水务信息采集传输的同时,也提高了公共资源的共享程度,拓宽了信息资源的共享渠道。

1.2 水利现代化的必然选择

水利现代化是水利事业发展的趋势,也是我国产业优化升级和实现工业化、现代化的关键环节。在水利信息化促进水利现代化思想的指引下^[6],我国水利信息化建设取得了瞩目的成绩,但在水利信息化建设过程中也出现了技术和体制上的问题,主要包括数据壁垒大量存在、智能应用程度偏低、业务协同形式简单等,因此,急需一种新的信息化发展模式来继续引导并帮助实现水利现代化建设。在这个背景下,智慧水务应运而生,其资源共享、业务协同、智能应用等建设理念能够较好地满足水利信息化在新形势下的发展要求,有助于克服传统水利信息化

建设遇到的诸多问题。另外,智慧水务较传统水利信息化建设的自动化控制水平将更高,能够有效实现河道、水库、泵站、供排水管网等的联动控制,从而为涉水系统的优化运行提供基础支持。因此智慧水务将会是水利现代化的必然选择。

1.3 最严格水资源管理的有力保障

水是生命之源、生产之要、生态之基,全面落实最严格水资源管理制度是破除水资源瓶颈限制的根本途径,是加快转变经济发展方式的战略举措,是保障国家粮食安全的关键环节,是加快推进生态文明建设的迫切需求^[7]。最严格水资源管理制度对水资源开发利用控制,用水效率控制和水功能区限制纳污控制等都制定了明确的目标。在当前水资源刚性需求仍然巨大、水资源利用手段较为粗放、水污染超标大量存在的情况下,必须通过建立智能化信息监测、处理分析、监督监管系统,以更全面的感知手段对关键指标进行自动化监测,并对这些数据进行深入分析,为管理人员提供更为科学的决策支持服务,从而以量化的手段保障最严格水资源管理制度的落实。

1.4 生态文明建设的重要抓手

建设生态文明,是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计;必须把生态文明建设放在突出地位,融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程,努力建设美丽中国,实现中华民族永续发展^[8-9]。

水作为生态的一大控制性要素,其数量和质量是否能够满足生态需求是生态文明建设能否成功的关键。同时,生态文明建设是一个复杂的综合过程,需要多个部门的通力合作才能得以实现。借助智慧水务建设,构建水务部门与其他相关部门信息共享和业务协同机制,整合多方资源,有助于推进全方位、全领域、全社会的生态文明建设。因此智慧水务建设将成为生态文明建设的重要抓手。

1.5 服务型政府建设的重要内容

信息时代为服务型政府建设注入了新的概念,主要表现在主动服务、综合服务、个性服务等智能服务方面。这就要求政府部门集成各领域信息资源,通过新一代IT技术实现不同来源信息的整合与分析,并将有用的信息精准、快捷地送达不同的用户端。智慧水务建设作为水务部门信息化发展的主要方向,将以本部门信息集成和开发为重点,同时基于智慧城市建设的总体框架,为上级机构提供相应的原始或成果信息,连同其他部门共同建设统一的数

据资源环境,支撑上层的智能服务与应用,必将成为服务型政府建设的重要内容。

2 紧迫性分析

2.1 城市水问题亟需应对

近年来水安全事故层出不穷,水务管理成本持续上升,政府管理部门、企业等希望利用 IT 技术来对水务运营进行有效管理的迫切性越来越强。其中,水利行业确定了以水利信息化带动和促进水利现代化,实现传统水利向现代水利转变的发展思路。

各类水问题的解决均要求提高水务管理过程中信息的监控和分析能力,从一种更加智能的角度出发来管理城市水资源。同时,水作为城市运行的基础性资源和人民生活的基本保障,具有不可替代性和宝贵性,更加需要融入智慧化的管理理念和手段,实现精细化的管理效果。可见,在当前复杂、严峻的城市水资源问题背景下,智慧水务从时间上具有一定的紧迫性。

2.2 水务管理与信息技术发展不相适应

进入 21 世纪后,信息技术得到了飞速发展,促成了新兴技术与各产业的深度融合,包括智能电网、智能交通在内的智能化服务产业已经发挥了一定的作用。其中,国家电网将在 2020 年建成覆盖全国的智能电网,并且投入 4 万亿元用于基础设施建设^[10];北京交管部门通过对视频监控、单兵定位、122 接处警、GPS 警车定位、信号控制、集群通信等近百个应用子系统进行集成,构建了“一个中心、三个平台、八大系统”为核心的智能交通总体框架^[11]。相比之下,水务智能化则发展较为缓慢,这与水资源对城市发展的支撑作用极为不协调,水务管理亟需在智慧城市框架下,结合其他城市管理部门,提升城市整体服务能力。

3 可行性分析

3.1 水利信息化基础坚实

近年来,我国水利信息化建设逐步深入,初步形成了由基础设施、应用系统和保障环境组成的水利信息化综合体系,有力推动了传统水利向现代水利、可持续发展水利转变,为智慧水务建设提供了坚实的基础。这主要表现在信息采集和网络设施逐步完善、水利业务应用系统开发逐步深入、水利信息资源开发利用逐步加强、水利信息安全体系逐步健全、水利信息化行业管理逐步强化等 5 个方面,建设成果如表 1 所示^[12]。

表 1 水利信息化重要建设成果(2011 年)

类别	建设成果
信息采集和网络设施	全国省级以上水利部门建成各类信息采集站点约 2.7 万个,自动采集站点占 47.5%。水利部机关、在京直属单位、7 个流域机构、31 个省级水行政主管部门及新疆生产建设兵团水利部门均建设了局域网,其中 62.5% 的单位建立了政务内网。基本建成包括 1 个卫星主站、500 多个卫星终端小站的全国防汛卫星通信网。各级水利部门的视频会议系统连接单位达 460 多个。
水利业务应用系统	建成水情分中心、工情分中心 119 个,形成覆盖 7 大流域机构和省级水行政主管部门的计算机骨干网络和异地会商视频会议系统;基本完成信息采集和决策支持系统建设。完成全国水土保持监测网络和信息系统工程,建成 2 个流域监测中心站、13 个省级监测总站和 100 个分站,开发了全国水土保持空间数据发布系统。在全国建成水资源监控调度中心 10 多处,中心站、各类监测点 337 处,开发了相关业务应用系统。
水利信息资源	省级以上水利部门在线运行数据库 469 个,数据量约 14 457 G,数据内容覆盖水利业务各个方面,一些单位初步构建了数据中心。开发了 1:25 万水利基础电子地图。
水利信息安全体系	完成了水利部重要信息系统的安全等级保护定级工作;制定出台了水利网络与信息安全事件应急预案;大多数省级水利部门成立了负责信息系统安全的专门机构。全国约 3/4 的水利单位建设了专用机房。水利政务外网骨干网配置了各类安全防护系统。
水利信息化行业管理	水利信息化建设的组织体系初步建立,全国省级以上水行政主管部门都成立了信息化工作领导小组及其办公室。水利信息化标准体系不断完善,水利部已颁布水利信息化行业标准 22 项,82 项信息化标准列入 2008 年新修订的水利技术标准体系。水利信息化制度建设不断推进,水利部陆续出台了水利信息化建设、管理、资源整合等方面的制度和指导意见,不少地方水利部门和流域机构也先后出台了相关管理制度。水利信息化队伍不断壮大,人员结构渐趋合理,业务技能稳步提升。水利信息系统运行维护明显加强。

3.2 新一代信息技术的快速发展

近年来,以物联网、云计算等为代表的新一代信息技术正在以前所未有的速度发展,使智慧水务建设在技术层面得到了更为广泛的支撑,特别是在水务信息监测、数据传输、智能应用等方面。例如,利用物联网强大的数据获取能力,将使水务自动监测数据更加全面,数据时效性更强,为智慧水务上层应

用提供更为优质的数据支撑。另外,物联网能够有效实现传感器网络与移动通信技术、互联网技术的融合,从而允许水务部门基于无线传输技术来建设大量的末端采集网络,并通过光纤铺设、公网租用等方式建成连接国家、流域、省三级骨干传输网络,这将为未来智慧水务建设提供基础的网络支撑。

云计算将成为推动智慧水务建设的另外一个重要技术。云计算在水利信息化建设中已有应用,近年来投入使用的水情信息交换系统已经具备云计算的雏形,初步实现了部门间的信息共享和业务协同。主要表现在云计算能够以虚拟化的形式,通过Internet将水利机房中大量的服务器、存储设备、网络设备连接起来,形成虚拟的大型资源池,并以统一的接口提供服务,为水利部门提供一致的、有效的、可伸缩的硬件资源服务,能够起到保护水利信息化投资,提升水利信息化基础设施整体性能,降低水利机房运营费用的作用。在水利信息化建设方面,云计算的应用必将有力推进信息存储、共享、服务设施与机制的建设,丰富信息源,有效缓解业务应用中信息需求与信息不足、共享困难的矛盾,全面推进综合性共享业务平台的建设。同时,在水利业务应用系统建设过程中,通过云计算的方式可以达到标准化、模块化与规范化,促进业务应用系统的软件产品化开发与推广应用,增强通用性和适用性,减少重复开发,提高综合应用水平。

3.3 社会认识与需求普遍提高

当前,信息资源已成为一种重要的生产要素、无形资产和社会财富,商业部门、政府部门以及科研部门,都将数据资源的挖掘和利用作为部门创新和发展的主要动力。智慧水务作为水利信息化发展的更高阶段和重要组成部分,以信息资源为核心,通过数据的采集、传输和分析挖掘来实现水务业务管理的智能化,已经引起了社会各界的广泛关注。例如,上海以需求为导向,依托智慧城市网络基础来建设智能水网,支撑实现水务统筹管理,推进跨行业的集约整合。北京为了响应建设世界城市的总体目标,实现水资源的有效利用和保护,在智慧城市框架下将智慧水务建设提上了日程,并制订了宏伟的发展目标。

4 建议与对策

本文从落实顶层设计和完善评价体系两方面提出智慧水务建设的建议和对策。

4.1 落实顶层设计

顶层设计是运用系统论的方法,从全局的角度,

对某项任务或者某个项目的各方面、各层次、各要素统筹规划,以集中有限资源,高效快捷地实现目标^[13]。智慧水务是针对涉水事务综合管理的复杂巨系统,涉及多方面、多层次、多要素资源的整合、集成、开发和利用,且投入的人力、物力、财力较大,开发周期较长,其设计的合理性与科学性显得特别重要。同时,信息技术处于飞速发展中,水务管理在不断发展成熟,智慧水务的建设必须面向未来才能满足长期建设的需要。因此,从全局出发的顶层设计对于智慧水务建设来说尤为重要,只有按照科学合理的顶层设计进行系统的建设才能使智慧水务具有整体协调性和可持续发展性。

4.2 完善评价体系

目前,随着智慧城市建设的逐渐升温,智慧水务在全国范围内也开始被提上日程,例如北京、上海等多个地方已经制定了详尽的发展规划。但由于我国东西部经济发展不平衡,信息化建设水平差异较大,因此除了做好顶层设计外,还应该进一步完善评价体系,定量地对各地智慧水务建设进行跟踪监测,及时指出发展中遇到的问题,为智慧水务建设提供动态、科学的引导。同时,智慧水务评价体系应充分考虑不同地区的需求,体现差异化和合理性,遵守系统性与代表性、可量测性与可比较性、科学性与交叉性、动态性与稳定性等原则。

5 结论

随着我国用水需求的不断增加、水污染问题的加剧以及旱涝急转等极端天气频发,水资源已经成为制约我国经济社会发展的瓶颈。全球气候变化和人类活动的加剧使水资源问题变得更加复杂,给防洪安全、供水安全、水生态安全、水环境安全、航运安全和水工程安全带来了重要影响,对水资源应急管理提出了更高要求,迫切需要新的技术手段作为支撑,当前智慧城市、水利现代化、最严格水资源管理和生态文明建设的大背景,使我国在水资源综合管理方面必然选择走一条科技含量高的智慧水务建设之路。通过多年大幅度的信息化投入,我国智慧水务建设的基础较为坚实,但在体制机制上仍然存在不少问题,应通过落实顶层设计和完善评价体系等方式来保证智慧水务建设的顺利进行。

(下转第 144 页)

3.4 可靠性测试

针对该策略的可靠性进行了测试。测试环境为一套云存储文件系统,管理节点采用两台元数据服务器的双机热备机制,存储节点采用块副本和基于RS编解码算法相结合的存储节点容错技术,对热点数据存储节点采用1+2的块副本存储,并提供4个临时热点副本,并对非热点数据采用10+6的RS编解码存储。

让系统执行10 GB文件的拷贝,在拷贝过程中拔掉主元数据服务器网线,经测算,系统在5 s内便恢复正常工作;然后,关闭一定数量的存储节点,系统能够在关闭6个存储节点的情况下,保证数据完整性,拔出磁盘也产生同样的结果;最后,同时拔掉主元数据服务器和6个存储节点的网线,系统在较短时间内恢复正常工作,并保证了数据完整性。

因此,本文提出的容错策略具有很高可靠性。

4 结束语

本文分析了当前主流的容错技术,设计了管理节点容错功能模块和存储节点容错功能模块。通过对元数据的双机热备容错机制及块编解码容错机制的设计,使得系统的容错能力大大提升,从而提高了云存储文件的可靠性和高可用性。本文对容错系统的可靠性进行了深入分析。本文提出的云存储文件系统容错机制和实现技术,对海量数据高性能存储系统的开发设计可提供有益的参考。

参考文献 (References)

- [1] Wang Y, Yang D R, Li P. CloStor: A cloud storage system for fast large-scale data I/O [M]//Advance in Computer Science and Its Applications. Springer Berlin Heidelberg, 2014: 1023-1030.
- [2] Ghemawat S, Gobioff H, Leung S T. The Google file system [C]// Proc of the Symp on Operating Systems Principles (SOSP 2003). Bolton: ACM Press, 2003: 29-43.
- [3] Shvachko K, Kuang H, Radia S, et al. The Hadoop distributed file system [C]// Proc of the IEEE 26th Symp on MSST. Lake Tahoe: IEEE, 2010: 1-10.
- [4] Decandia G, Hastorun D, Jampani M, et al. Dynamo: Amazon's highly available key-value store [C]// Proc of the SOSP 2007. Stevenson: ACM Press, 2007: 205-220.
- [5] Lakshman A, Malik P. Cassandra: A decentralized structured storage system [J]. *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, 2010, 44(2): 35-40.
- [6] Bhagwat D, Pollack K, Long D D E, et al. Providing high reliability in a minimum redundancy archival storage system [C]// Proc of the 14th IEEE International Symposium on MASCOTS. 2006: 413-421.
- [7] Spillers N. Storage challenges in the medical industry [C]// The 4th Intelligent Storage Workshop. Digital Technology Center, University of Minnesota, 2006.
- [8] Wicker S B, Bhargava V K. Reed-Solomon Codes and Their Applications [M]. Piscataway, NJ: IEEE Press, 1983.
- [9] Luby M G, Mitzenmacher M, Shokrollahi M A, et al. Efficient erasure correcting codes [J]. *IEEE Transactions on Information Theory*, 2001, 47(2): 569-584.

(上接第136页)

参考文献 (References)

- [1] 许庆瑞, 吴志岩, 陈力田. 智慧城市的愿景与架构[J]. 管理工程学报, 2012, 26(4): 1-7.
XU Qingrui, WU Zhiyan, CHEN Litian. The vision, architecture and research models of smart city [J]. *J Industrial Engineering/Engineering Management*, 2012, 26(4): 1-7. (in Chinese)
- [2] Azamat A. A smart world: A development model for intelligent cities [Z]. 2011.
- [3] Komninos N. Intelligent cities and globalization of innovation networks [M]. London: Routledge, 2008.
- [4] 顾道德. 2011年中国智慧城市规划与建设高峰论坛 [EB/OL]. (2011-5-4). <http://house.focus.cn/news/2011-05-04/1287749.html>.
- [5] 巫细波, 杨再高. 智慧城市理念与未来城市发展[J]. 城市发展研究, 2010, 17(11): 56-60.
WU Xibo, YANG Zaigao. The concept of smart city and future city development [J]. *J Urban Studies*, 2010, 17(11): 56-60. (in Chinese)

- [6] 陈雷. 全面提升水利信息化水平带动水利现代化 [EB/OL]. (2009-4-18). http://www.gov.cn/jrzq/2009-04/18/content_1289289.html.
- [7] 国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见 [EB/OL]. (2012-2-16). http://www.mwr.gov.cn/slzx/slyw/201202/t20120216_313991.html.
- [8] 薛晓源, 陈家刚. 从生态启蒙到生态治理 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2007.
- [9] 胡锦涛. 中国共产党第十七次全国代表大会文件汇编 [M]. 北京: 人民出版社, 2010.
- [10] 坚强智能电网在2020年将被建成 [EB/OL]. (2013-1-11). <http://www.21ic.com/news/smart/201301/156323.html>.
- [11] 解读北京“十二五”智能交通建设计划. (2012-08-18). <http://www.wlworld.com.cn/news/201208/18/wlworld4563.html>.
- [12] 水利部信息化工作领导小组办公室. 2011年度中国水利信息化发展报告 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012.
- [13] 程大章. 智慧城市顶层设计导论 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.