

# 基于物联网理念的流域智能调度技术体系刍议

蒋云钟, 冶运涛, 王浩

(中国水利水电科学研究院 水资源研究所, 北京 100038)

**摘要:** 针对流域调度面临着监测信息不全面、传输效率低下、计算速度远远不能满足实际要求等问题, 物联网技术的出现改变了这一局面, 为流域调度发生突破性进展奠定了坚实基础。以此作为出发点, 总结分析了流域调度的特点和要求, 以及现有调度系统存在的问题, 并探讨了物联网技术与流域调度的联系。以保障防洪、供水、生态、能源、航运和工程等安全为目标, 提出了基于物联网技术的流域智能调度技术体系, 对流域智能调度中的智能感知、仿真、诊断、预警、调度、处置、控制、综合指挥平台、数据处理和运维等关键技术进行了研究。最后在物联网技术的基础上, 结合流域信息化的发展趋势和数字流域的建设, 提出了“智慧流域”的概念。

**关键词:** 物联网; 智能调度; 智慧流域

**中图分类号:** TP393

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-9405(2010)04-0001-05

## 0 引言

我国政府始终高度重视解决水资源问题, 水利建设蓬勃开展<sup>[1]</sup>。目前, 全国已建成各类水库 8.6 万多座, 各类水闸 4.4 万座, 各类小型农田水利工程 2 000 多万处, 万亩以上灌区 6 400 多处, 水电装机容量达到 1.72 亿 kW, 水利工程年供水能力达到 7 000 多亿 m<sup>3</sup>, 基本构成了以防洪、供水、发电、生态、航运为目标的工程控制体系。为了应对水资源短缺、洪水干旱频发并重和生态环境恶化的水资源情势, 就要充分发挥已有工程的作用, 通过调控的手段加以解决。全球气候变化和人类活动的加剧所导致的极端水文气象事件的突发, 使中国水资源问题变得更加复杂, 给防洪、供水、生态、能源、航运和工程等安全(简称“六大安全”)带来了重要影响, 对水利工程调控提出了更高要求, 迫切需要新的技术手段作为支撑。

近年来, 我国按照可持续发展治水思路的要求, 成功实施了黄河、黑河、塔里木河、珠江等流域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

利等方面发挥了显著作用<sup>[2]</sup>。虽然流域水资源调度研究取得了一定进展, 但是, 流域水资源调度问题涉及因素多, 环境复杂, 影响范围大, 现有的手段仍然无法解决面临的技术难题和实践问题。然而, 最近兴起的物联网技术为此提供了契机。以物联网技术作为支撑, 构建流域智能化调度系统, 建立完备的监测、仿真、诊断与预警、调度与处置和控制体系, 集成建设智能综合指挥平台, 提高应对气候变化的能力, 保障“六大安全”, 为促进流域调度向数字化、信息化、现代化、自动化和智能化等(简称“五化”)方向发展奠定了基础, 并引领未来水利信息化发展的潮流。

## 1 流域调度特点与要求

### 1.1 流域调度特点

流域调度的特点与发展趋势主要表现为“五多”。

1) 多目标: 调度目标向防洪、供水、灌溉、发电、养殖、旅游、航运及改善生态环境等方面综合利用的多目标方向转化, 特别强调水资源配置、节约和保护, 注重人与自然的和谐相处。

收稿日期: 2010-09-13

基金项目: 国家自然科学基金创新研究群体基金项目(50721006); “十一五”国家科技支撑计划(2008BAB29B08)

作者简介: 蒋云钟(1969—), 男, 浙江东阳人, 教授级高工, 主要从事水资源调度及水资源信息化方面的研究。

2) 多时段: 包括多个连续调度时段, 当前调度决策不仅影响面临时段的调度效益, 而且对余留期的调度产生直接影响。水资源调度是一个随时间变化而不断调整的动态过程。

3) 多利益主体: 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主体之间存在复杂的水事关系, 用水竞争性强。

4) 多不确定性: 自然水循环过程本身具有许多不确定性, 如气候变化导致的高温热浪、强台风、强降水、持续干旱等极端事件发生频率的增加, 全球变暖导致海平面上升等; 高强度人类活动作用下, 流域水循环及其伴生的水环境、水生态过程呈现出越来越明显的“自然-人工”二元特性。受气象、水文、社会、经济、工程、技术和政策等多类型风险的影响, 水资源调度面临多重不确定性。

5) 多决策者: 水资源调度决策涉及到国家、流域机构、地方政府、用水户等不同层次的决策者, 各类决策者通过群决策制定调度方案。

### 1.2 流域调度要求

流域调度面临“五高”的要求。

1) 高安全性: 经济社会的快速发展使财富积累和人员集中, 极端水事件造成的损失急剧增加, 保证水安全的难度越来越大, 对水安全的要求也越来越高。

2) 高可靠性: 保证要有足够的水量满足缺水时段和缺水地区的要求, 有达标的水质满足生产、生活和生态用水需求。

3) 高稳定性: 要求流域水量变化保持在合理范围内, 水质标准不超过水体自净能力, 不会发生突变导致安全问题的出现。

4) 高全面性: 既要满足特定时段、特定区域、特殊目标对水量水质调度的要求, 又要兼顾其他次要调度目标的要求。

5) 高时效性: 各目标需要通过及时有效的水量水质调度满足要求, 避免或减少由于调度滞后所带来的经济和社会损失。

### 1.3 流域调度面临的问题

从流域调度的“五多”特点和“五高”要求来看, 调度工程的复杂性导致了目前研究无法满足实际需求, 存在如下不足: 1) 监测手段落后, 不能全面的捕捉所需的调度信息, 而且各种监测仪器之间缺乏关联, 没有进行很好的布点方案设计, 难以

捕捉整个观测区域的有效信息, 信息传送速率慢; 2) 流域调度系统重在对水量调度模型的研究, 很少考虑对影响调度的安全风险因素进行综合诊断分析和联动预警; 3) 现有水量调度优化模型的求解难以解决高维的复杂问题; 4) 侧重于常规状态的水量调度方案编制和正常状态下实时调度方案的生成, 尚没有考虑对突发事件及安全隐患以“六大安全”为目标的智能处置; 5) 现有自动化系统设计中被动地执行智能调度系统发送的控制指令, 没有自身的控制模型, 在对某个监控站与调度系统失去联系时联合控制时、应急控制时会产生问题; 6) 感知系统会产生大量的多源异构数据, 随着系统运营时间的增加, 数据量会高速膨胀, 同时, 如此庞大的多源异构数据之间不可避免的会存在无意义的冗余及数据原有关联被割裂的情况, 这将很大程度上制约感知数据信息的充分运用; 7) 现有的预警发布手段方法单一, 没有充分利用先进的技术和多种终端设备让更多群众参与应对各种突发事件避免损失。

## 2 物联网技术与流域调度的联系

物联网技术是一项综合性的技术, 具体实现步骤分为感知层、传输层、应用层 3 个层次<sup>[3]</sup>。以流域应用为例, 物联网层次结构如图 1 所示。

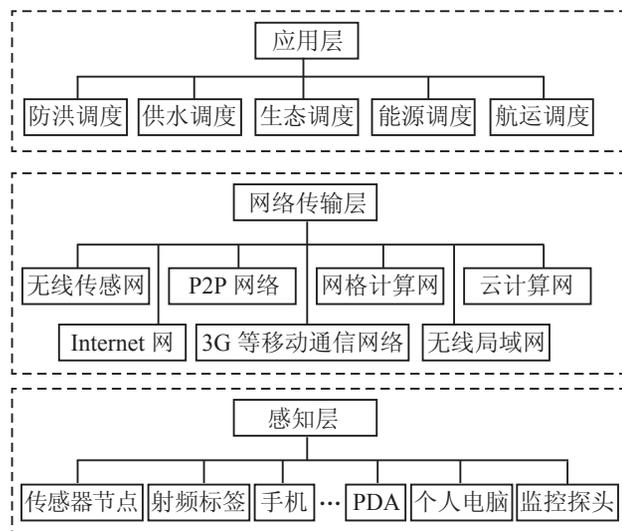


图 1 流域调度物联网层次结构

感知层主要包括二维码标签和识读者、视频识别标签和读写器、监控探头、手机、全球定位系统 (Global Positioning System, GPS)、遥感 (Remote Sensing, RS)、传感器及物对物 (Machine

to Machine, M2M) 终端、传感器网络和传感器网关等设备。该层在流域调度中的应用主要表现为调度信息的监测和采集。在流域调度中,通过射频识别标签实现对物体静态属性的标识,可以精确定位物体;常规监测沿程的水位、水量、水质状况,还需要监测工程的变形情况和闸门的开度,通过移动监测车实现对研究区域的实时监测和信息传输等,根据闸门自身的调度指令或沿程水力过程的变化判断是否影响工程运行安全,由监测传感器自动向调度指挥中心发布预警信息,指挥中心根据监测传感器的信息,调整调度指令。

网络传输层包括各种通信网络与互联网形成的融合网络,现有的可用网络包括互联网、广电网络、通信网络等。各种监测数据通过无线传感器网络形成局部区域网络,将覆盖区域的信息收集起来,然后通过网络层向监控指挥中心发布数据,指挥中心对获取的数据进行提炼和挖掘,将这些信息辅助于调度实践。

应用层将物联网技术与行业领域相结合,实现广泛智能化应用的解决方案,利用现有的手机、个人计算机(Personal Computer, PC)、掌上电脑(Personal Digital Assistant, PDA)等终端实现应用。根据物联网的概念和结构层次,该层是物联网技术具有专业应用的关键步骤,该层主要承担的任务是智能计算和分析,服务于流域的防洪、供水、生态、发电和航运等调度,然后向感知系统和其他终端设备发布信息。比如当流域某处发生污染事件感知信息,通过数值仿真模型对污染的迁移扩散时空过程进行实时仿真,根据仿真结果系统自动选择应急调度方案,向闸门发布调度指令,由控制闸门启闭的传感器获取相应信息,进行闸门的启闭,然后根据污染影响的程度、范围,通过手机、PC、PDA向受水区或流域下游的用户或居民发布预警信息。

总体来讲,物联网技术与流域调度的结合就是将无线传感网络与现有的计算机通信网络及网络运营管理能力相结合,通过构建智能调度综合指挥中心的集中控制与调度,将其应用影响“六大安全”的各种因素在线实时监控和治理中,实现监测网络的无缝覆盖。实现全天候的实时动态监测,极大地避免数据丢包及通信中断等情况的发生,为“六大安全”在线实时监控及预警提供准确、实时、稳定的数据。实现监测、预警、计算、反馈过程的自动化管理,做到信息实时获取、有效预警、自动智能反馈任务分配,以及

信息处理的自动化,提高流域调度监测和管理自动化水平,促进管理效率的提高。

物联网技术应用覆盖了流域调度的整个过程,为流域调度从人工、自动向智能化方向发展提供了技术支撑。

### 3 基于物联网技术的流域智能调度体系

从保障“六大安全”实际需求出发,以物联网技术为支撑,构建基于物联网技术的流域智能调度体系。智能感知可能影响安全的各种因素,数据处理技术对感知的数据进行提炼和挖掘,然后将其传输到仿真平台进行模拟分析,以感知数据和仿真结果为基础,确定应对各种情景下的诊断与预警方案,针对已发生或即将发生的安全事件进行调度与处置,根据调度与处置方案,进行联合工程措施和非工程措施的控制来应对各种情景下的安全事件。综合智能感知、仿真、诊断、预警、调度、处置及控制等关键技术,形成为一体的智能综合指挥平台,并运用智能运维技术保障信息通信网络和信息系统的安全高效地运行。将智能综合指挥系统平台应用于流域水量的统一调度,实现各种安全数据实时、同化、存储、发布、预测预警、指挥信息的自动分发、报表生成,无线网及传感器探头、远程控制及展示等功能,为流域调水工程的高效安全运行提供科技支撑。

如图2所示的流域智能调度体系是由“九项关键技术”、“一个综合指挥平台”和“流域综合调度应用”组成的框架。其中智能感知、仿真、诊断、预警、调度、处置、控制成为环环相扣的物联网技术应用;智能数据处理和运维则贯穿于整个环节,但是又各成体系,成为保障各项技术正常运行的支柱;综合指挥平台集成以上技术,使它们成为整体,协调工作,提高效率。最后将所研发的智能综合指挥平台应用于流域调度工程,验证各项技术的有效性和协同工作水平。

## 4 智能调度关键技术

### 4.1 智能感知技术

智能感知技术就是将各种信息传感设备及系统,如无线传感器网络、射频标签阅读装置、条码与二维码设备、全球定位系统和其他基于物-物通

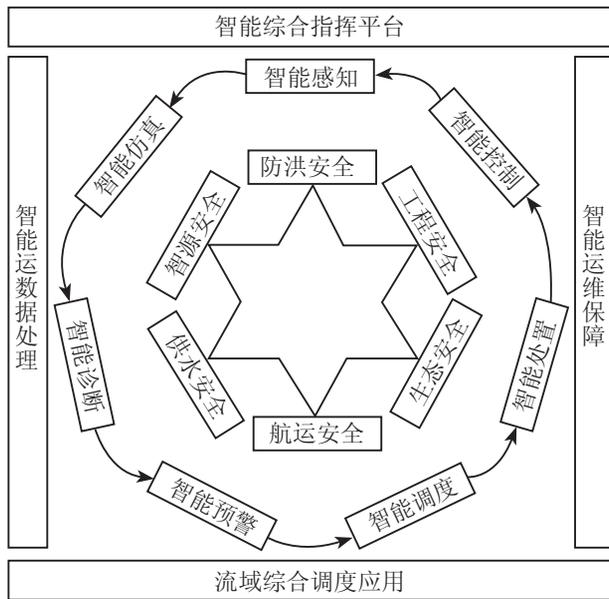


图2 基于物联网技术的流域智能调度技术体系框架

讯模式的短距无线自组织网络，构建覆盖调水区域智能感知的网络体系，并建立物物之间的标识和联通，实现对防洪、供水、生态、能源、航运和工程等系统的各种信息进行全覆盖、全天候的信息时空无缝监测、控制和采集。如利用各种监测和监控技术对洪水的演进过程中的水位水量、供水系统中的管道的用水和排水量、固定断面的污染物种类和浓度、生物种类和种群规模、船舶的运行过程、大坝变形参数、堤岸的渗漏参数等进行实时监测。

#### 4.2 智能仿真技术

智能仿真就是综合虚拟现实、云计算和数值模拟等技术，将真实流域搬入计算机，在计算机中建立与现实相对应的可交互控制的虚拟环境，并将各种信息进行实时仿真，从而实现对流域调水工程的可视化展示与管理。通过建立基于云计算技术的数值仿真平台，实现对水流演进过程、生物种群变化、航线的优化、水利工程的稳定性进行数值仿真，同时与虚拟现实系统实时交互，将模拟的结果通过可视化技术实时展现在虚拟场景中，服务于“六大安全”保障的演练、培训、实时预演、在线仿真、应急调度与处置、反馈控制、状态预测等。

#### 4.3 智能诊断技术

智能诊断就是结合感知的信息，采用算法对各种安全风险因子进行识别，对高风险区域密切监控，一旦发生安全风险事件，开展以追踪溯源技术为核心的智能诊断技术，自动判断安全隐患或突发性事件发生的地点、类型、性质等信息。

#### 4.4 智能预警技术

智能预警就是利用仿真平台对诊断出的突发性事故进行模拟分析，预测事故演变规律和影响范围，根据其等级及危害程度，并通过多种手段联合发布相关的预警信息。

#### 4.5 智能调度技术

智能调度技术是根据流域调度中突发性灾害事故的诊断与预测，运用智能计算方法形成可行的调度方案，利用仿真技术进行多种调度方案模拟分析，并实现对方案的跟踪管理。对高风险区域，事先制定应急调度预案。对于没有发生在高风险区的事件，可以参考邻近位置预案集应急调度预案集，生成可行的应急调度方案；也由感知系统获取的数据实时传递给智能仿真系统和智能诊断与预警系统平台，诊断突发事件的类型，计算影响范围和程度，进而制定实时应对方案，并对方案的实施效果进行实时的评估、调整与改进。

#### 4.6 智能处置技术

智能处置技术是根据流域调度中突发性灾害事故的诊断与预测，运用智能计算方法形成可行的工程抢险处置方案，利用仿真技术进行工程抢险方案的模拟分析，并实现对方案的跟踪管理，为突发性事件的处置提供决策依据。

#### 4.7 智能控制技术

智能控制技术就是充分利用各个子系统的的信息，优化各种不同类型控制建筑物和设备（如：闸门、泵站机组、发电机组）的自适应控制算法，建立所有控制性建筑物和设备的控制模型。在此基础上，利用仿真模型及各个监控站点信息的相互感知，建立区域内的联合控制模型。联合控制模型能够以水量调度系统下达的水量分配方案为目标对区域内所有控制性建筑物和设备进行统一控制，并根据当前河道或流域状况自动控制闸、泵达到区域闭环监控的效果，实现系统运行数据和设备状态的智能化监控，在满足调度目标的同时确保输水河道及输水建筑物安全，达到全线统一调度方式安全水量分配。

#### 4.8 智能综合指挥平台技术

智能综合指挥平台技术就是在分析流域调度需求的基础上，利用先进的计算机网络、数据库、数据挖掘、地理信息系统（Geographic Information System, GIS）等技术研究和设计流域调度智能综合指挥平台。将智能感知、仿真、诊断、预警、调

度、处置、控制等技术，通过标准接口，统一纳入到流域智能调度综合指挥平台之中，形成集中控制的指挥、调度平台，对流域调度中的紧急安全事件做到及时发现、智能诊断、迅速响应、合理调控、仿真辅助演示调控过程和结果，从而将供水安全事件的影响控制在较小的范围。

#### 4.9 智能数据处理技术

流域智能调度体系中感知系统会产生大量多源异构的数据，随着系统运营时间的增加，数据量更会高速膨胀，同时，如此庞大的多源异构数据之间不可避免的会存在无意义的冗余和数据原有关联被割裂的情况。这些都会大大制约所感知的数据信息的充分利用。为了最大限度、更加智能地发挥所感知的各种数据的作用，在分析流域调度数据多维架构，如数据的来源、类别、范围、属地、层次、描述形态、使用者及服务层次、交换机制及标准等的基础上，从数据的关联、演进和养护等方面开展智能数据处理。

#### 4.10 智能运维技术

智能运维技术是对流域调度中的大量信息资源，如骨干信息通信网络、智能感知系统、智能仿真系统、智能诊断预警系统、智能调度系统、智能控制系统等网络和业务系统进行统一的监控管理，实现信息共享，满足管理性分析和精确管理的要求。当信息通信网络和业务系统产生故障时能够快速准确定位故障发生点，通过关联性分析出故障可能影响的业务，实现预警，并迅速进行排查，恢复。对运维流程进行电子化管理，有助于提高运维工作效率，减少因流程受阻带来的不必要业务损失。

## 5 结语

随着物联网技术的兴起和发展，充分利用新兴

的IT技术构建流域智能调度技术体系，能够实现流域调度的“智慧化”管理。

流域的智能化调度系统是“智慧地球<sup>[4]</sup>”在流域调度方面的具体应用，以坚实的科学基础和技术手段保障防洪、供水、生态、能源、航运和工程的安全。鉴于流域问题的复杂性，流域智能调度系统作为解决现实水问题的方法之一，仍然无法满足新时期水利可持续发展的需要，那么，“智慧地球”在流域层次的“智慧化”方案规划就迫在眉睫，从而催生了“智慧流域”的概念，为应对全球气候变化和人类活动加剧情景下的流域问题，实现最严格的水资源管理制度，推动流域的信息化、现代化和可持续发展提供了全新的流域综合管理理念。

“智慧流域”概念的提出，它意味着与“智慧地球”在其他领域的应用而衍生出的“智慧城市”、“智慧交通”、“智慧医疗”和“智能电力”等概念不同，具有自己的专业特色和技术特点，是流域信息化的发展趋势和最高层次。与重大的流域实践相结合，积极探索“智慧流域”理论、技术和应用体系的建设，是笔者以后重点攻关方向。

#### 参考文献：

- [1] 中华人民共和国水利部. 中国水利统计年鉴(2009)[M]. 北京：中国水利水电出版社，2009.
- [2] 蒋云钟，鲁帆，雷晓辉，等. 水资源综合调配模型技术与实践[M]. 北京：中国水利水电出版社，2009.
- [3] 张福生. 世界领域的第三次革命-物联网[M]. 太原：山西人民出版社，2010.
- [4] Palmisano, Samuel J. A smarter planet: the next leadership agenda[EB/OL].[2010-09-06]. [http://www.ibm.com/ibm/ideafromibm/us/smartplanet/20081106/sjp\\_speech.shtml](http://www.ibm.com/ibm/ideafromibm/us/smartplanet/20081106/sjp_speech.shtml).

## Discussion on Intelligent Regulation Technology Architecture for River Basin Based on Internet of Things

JIANG Yunzhong, YE Yuntao, WANG Hao

(Department of Water Resources, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

**Abstract:** Internet of Things (IOT) technology will change the situation, incomplete monitoring information, low

(下转第 10 页)

## 参考文献:

- [1] 中国科学院. 知识创新工程试点领域方向研究[J]. 北京: 中国科学院院刊, 2000, 15(1): 9-10.
- [2] 无锡市水利局. “感知水利”物联网综合系统国家级应用示范项目[R]. 无锡: 无锡市水利局, 2010.
- [3] 王志良. 物联网: 现在与未来[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010: 151-152.
- [4] 孙金华. 江苏省水资源管理信息系统一期工程初步设计[R]. 南京: 南京水利科学研究所, 2009.
- [5] 蒲红梅. 浅谈物联网技术[J]. 科技资讯, 2010 (2): 191.

## Primary Study on Application of IOT in Water Resources Management

ZHAI Huiyun<sup>1</sup>, XU Haibo<sup>2</sup>

(1. Nantong Municipal Bureau of Water Resources of Jiangsu Province, Nantong 226006, China;

2. The Department of Water Resources of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China)

**Abstract:** Through description about basic conception of IOT and its application in water resources management, the conception of "water resources smart network" is raised for the first time. The network composes of three layers, i.e. node information acquisition layer, information transmission layer and application platform layer. The paper firstly makes an presentation on critical technologies of sensing, wireless networking, application supporting platform, then introduces detail applications of the network in intelligent monitoring for water environment, intelligence metrology, regulation and management. Finally, bottleneck of technology standardization, barriers among industries, regions and departments, core technology of sensor that have confronted with in its detail applications is analyzed.

**Key words:** Internet of things; sensor; wireless network; water resources smart network

(上接第5页)

transmission efficiency and computing speed, which water resources regulation is facing to, and lay a solid foundation for the dramatic breakthrough of water resources regulation for river basin. Taking application of IOT as a starting point, the paper sums up the characteristics and requirements of water resources regulation for river basin and its existing problems, and discusses the relationship between it and IOT. With the purpose of ensuring securing for flood control, water supply, ecology, energy, shipping and project, the paper proposes IOT feature-based intelligent regulation technology architecture for river basin, and studies key technologies used in it, such as intelligent sensing, simulation, diagnosis, early warning, regulation, disposition, control, integrated command platform, data processing and operation and maintenance, et al. Finally, based on IOT technology, the "Smart Basin" concept is given under consideration on the development trend of information explosion process and construction of Digital River.

**Key words:** Internet of Things; intelligent regulation; smart basin

• 简讯 •

### 国家自然资源和地理空间基础信息库项目 水利分中心中期检查会议在京召开

2010年9月10日, 国家自然资源和地理空间基础信息库项目水利分中心中期检查会议在北京召开。水利分中心建管人员汇报了项目进展, 演示了数据整合成果。目前, 水利数据中心建设取得了切实的成效, 初步建成了水文、水质、水资源、水利设施、土壤侵蚀、灌区、水能、农村水电等8个方面的信息库。检查组对水利数据中心取得的进展和成果充分肯定, 双方还探讨了项目建设中的有关问题, 表示要继续共同努力和配合, 高质量完成水利分中心各项建设任务。

本刊编辑部