

DOI:10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.06.001

张建云, 刘九夫, 金君良. 关于智慧水利的认识与思考[J]. 水利水运工程学报, 2019(6): 1-7. (ZHANG Jianyun, LIU Jiufu, JIN Junliang. Understanding and thinking of smart water conservancy[J]. Hydro-Science and Engineering, 2019(6): 1-7. (in Chinese))

关于智慧水利的认识与思考

张建云^{1,2,3}, 刘九夫^{1,3}, 金君良^{1,2,3}

(1. 南京水利科学研究院 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029; 2. 长江保护与绿色发展研究院, 江苏 南京 210098; 3. 水利部应对气候变化研究中心, 江苏 南京 210029)

摘要: 智慧水利是运用物联网、云计算、大数据等新一代信息通信技术, 促进水利规划、工程建设、运行管理和社会服务的智慧化, 提升水资源的利用效率和水旱灾害的防御能力, 改善水环境和水生态, 保障国家水安全和社会经济的可持续发展。智慧水利是水利信息化发展的新阶段, 也是水利现代化的具体体现。信息是智慧水利的基础, 要高度重视信息的收集、监测和分析; 知识是智慧水利的核心, 要应用新的信息技术, 加强信息的挖掘、提取和知识的积累; 能力提升是智慧水利的目的, 要着重提升流域的监测能力、预测预报能力、调度决策能力和运行管理能力。

关键词: 智慧水利; 信息化; 大数据; 人工智能

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-640X(2019)06-0001-07

随着全球变化和经济社会的快速发展, 我国水资源供需矛盾日益突出, 极端水文事件频繁发生, 严重威胁我国水安全、粮食安全及生态环境安全。我国地域广阔, 水系众多, 水利工程点多、面广、量大, 类型复杂, 经济社会的快速发展对水资源安全和水利工程的安全高效运行提出了更高的要求。水利部在2019年全国水利工作会议上提出, “水利工程补短板, 水利工作强监管”是今后工作的总基调。当前, 传统水利已难以充分满足新时代经济社会发展所需的专业化、精细化、智能化的管理要求。随着以云计算、Web2.0为标志的第三次信息技术浪潮的到来, 以“感知、互联和智能”等为基本特点的大数据、物联网及其应用极大地改变了各个行业信息化服务的效率、易用性和行为范式。水利信息化、现代化和智能化发展迎来了良好契机, 发展智慧水利, 正成为水利现代化, 快速提升水资源效能的强力抓手和必然选择^[1]。

近十多年来, 国内一些地方开展了智慧流域、智慧水利等方面的探讨。2018年中央一号文件明确提出要实施智慧农业林业水利工程; 水利部提出的水利九大业务和水利监督业务需求, 都是智慧水利的重要组成部分。然而, 当前一些地方对于智慧水利还缺乏较为系统的认识, 部分地方的智慧水利工程还仅仅停留在信息管理系统平台和可视化等方面。因此, 有必要进一步厘清和明晰智慧水利的内涵、工作重点以及发展目标。

1 智慧水利的概念

1.1 智慧释义

《说文解字》中记载: 智者, 从日从知, 日知也, 每日必有所知, 则所知者厚。慧者, 从彗从心, 心有尘则借

收稿日期: 2019-08-11

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2017YFC1502706); 国家自然科学基金资助项目(51779144, 51679144, 51879164); 中央级公益性科研院所基本科研业务费资助项目(Y519010, Y519016)

作者简介: 张建云(1957—), 男, 江苏沛县人, 中国工程院院士, 英国皇家工程院外籍院士, 主要从事水文水资源、防汛抗旱、气候变化影响、水利信息化、水环境保护与治理等方面的科研工作。E-mail: jy Zhang@nhri.cn

慧以除之,心则保其清明。《辞书》云:智慧是一种通过人脑思维的活动。如人类对外界的资料所产生的记忆、计算、判断、决策、规划、学习、探索、推理等的各种处理能力。智慧让人可以深刻地理解人、事、物、社会、宇宙、现状、过去、将来,拥有思考、分析、探求真理的能力。

因此,总体上来说,智慧是对事物能迅速、灵活、正确地理解和解决问题的能力,是一种辨析判断、发明创造的能力。

1.2 智慧理念的应用

1998年美国前副总统阿尔·戈尔提出数字地球构想,数字地球是一个无缝的覆盖全球的地球信息模型,它把分散在地球各地的从各种不同渠道获取到的信息按地球的地理坐标组织起来,既能体现出地球上各种信息(自然的、人文的、社会的)的内在有机联系,又便于按地理坐标进行检索和利用^[2]。

2008年11月,IBM公司在美国纽约发布的《智慧地球:下一代领导人议程》主题报告中提出,把新一代信息技术充分运用在各行各业之中。“智慧城市”源于智慧地球的理念,是运用物联网、云计算、大数据等新一代信息通信技术,促进城市规划、建设、管理和服务智慧化,以提升资源运用的效率,优化城市管理和服 务,改善市民生活质量。2008年奥巴马上任美国总统后,对“智慧地球”做出积极回应;中国多省市也与IBM签署“智慧城市”共建协议。2012年“智慧城市”被列为中国面向2030年的30个重大工程科技专项之一。2014年国家发展改革委员会等八部委联合印发的《关于促进智慧城市健康发展的指导意见》中明确指出,建设智慧城市,对提升城市可持续发展能力具有重要意义。2015年国家发展改革委等25个相关部门成立了新型智慧城市建设部级协调工作组,共同加快推进新型智慧城市建设。2016年《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》提出要加强现代信息基础设施建设,推进大数据和物联网发展,建设智慧城市。2016年《国家信息化发展“十三五”规划》提出要推进新型智慧城市建设行动。

1.3 智慧水利

智慧水利是智慧地球的思想与技术在水利行业的应用。IBM公司将美国国家智慧水网(NATIONAL SMART WATER GRID™)作为“智能地球”重要组成,并提出了3个关键词:自动化、交互性、智能化。即利用物联网技术,自动、实时地感知水资源、水环境、物理大气水文过程及各种水利工程的多要素、多属性、多格式的数据;通过信息通信网络传送到在线的数据库、数据仓库和云存储中;再利用云计算、数据挖掘、深度学习等智能计算技术进行数据处理、建模和推演,做出科学优化的判断和决策,并反馈给人类和设备,采取相应的措施和行动有效解决水利科技和水利行业的各种问题,提高水资源的利用率、水利工程的效益,有效保护水资源及水环境,实现防灾减灾和人水和谐。智慧水网的技术核心将涉及水文学、水动力学、气象学、信息学、水资源管理和行为科学等多个学科方向,是新一代水利信息化的集成发展方向。

因此,智慧水利是运用物联网、云计算、大数据等新一代信息通信技术,促进水利规划、工程建设、运行管理和社会服务的智慧化,提升水资源的利用效率和水旱灾害的防御能力,改善水环境和水生态,保障国家水安全和经济社会的可持续发展。

综合来看,智慧水利的内涵主要有3个方面:(1)新信息通信技术的应用。即信息传感及物联网、移动互联网、云计算、大数据、人工智能等技术的应用。(2)多部门多源信息的监测与融合。包括气象、水文、农业、海洋、市政等多部门,天上、空中、地面、地下等全要素监测信息的融合应用。(3)系统集成及应用,即集信息监测分析、情景预测预报、科学调度决策与控制运用等功能于一体。其中,信息是智慧水利的基础;知识是智慧水利的核心;能力提升是智慧水利的目的。

2 现状与问题

水利部历来高度重视水利信息化建设,提出了以水利信息化带动水利现代化的总体要求。2017年5月水利部正式印发《关于推进水利大数据发展的指导意见》,该指导意见是水利部深入贯彻党中央提出的国家

大数据战略、国务院《促进大数据发展行动纲要》等系列决策部署的重要举措,旨在水利行业推进数据资源共享开放,促进水利大数据发展与创新应用。2019年水利部《加快推进智慧水利指导意见》指出全方位推进智慧水利建设是加快推进新时代水利现代化的重要举措。把智慧水利建设作为推进水利现代化的着力点和突破口,加快推进智慧水利建设,大幅提升水利现代化水平。

经过近20年的水利信息化建设,水利综合信息采集体系初步形成,网络通信保障能力明显提高,新一代水利卫星通信网的卫星小站得到扩充,初步建成了水利部基础设施云,并搭建了“异地三中心”的水利数据灾备总体布局。有关流域机构信息部门对云计算、大数据应用进行了初步探索,实现了围绕突发事件对水情、工情和位置等信息的自动定位和展现。有关科研院所利用物联网等技术开展了水文水资源、防汛抗旱、气候变化影响、水利信息化、水环境保护与治理等方面的科研工作。地方水利部门加强水文、水环境、水灾害等方面的自动智慧化监测,研究开发和实践应用水文预报预警、调度决策、日常业务管理等系统,显著提升了业务工作能力和水平。

但是,智慧水利的建设与智慧社会的需求仍存在较大差距。一是全面感知不够,目前,各类水利设施的监测远未做到全面感知。例如,水库安全监测方面,多数中型水库和几乎所有小型水库都没有实时安全监测设施,大部分小型水库甚至没有水情监测报讯设备,且感知技术手段也存在较大差距,自动化程度不高。二是信息全面互联差距大,网络覆盖面小,县级水利部门尚未实现全面连接水利业务网;而且网络通道窄,受限于信息基础设施,基层水利数据无法及时传输;上下左右联通不畅,集中体现在工程控制系统隔离在各个工程管理单位,不同工程的业务系统信息共享和业务协同困难。三是共享不足,在水利行业内部,各专业部门之间的信息共享不足;在行业外部,与环保、交通、国土等部门的相关数据还不能做到数据实时共享。四是智能应用不够,对于新一代信息技术的应用,水利行业总体上还处于初级阶段。大数据、人工智能、虚拟现实等技术尚未得到广泛应用、智慧功能尚未得到充分显现。

3 智慧水利的内涵

3.1 信息是智慧水利的基础

古语云“巧妇难为无米之炊”。信息是智慧水利建设的基石。系统地、整体地、多类型地获取信息,以及信息获取之后的存储、汇集、评价、校正和融合对智慧水利目标的实现至关重要^[3]。

3.1.1 信息多元性 智慧水利涉及领域广泛,应用目标多元,其所需信息也复杂和多样,涉及水利对象的信息有河流水系、湖泊、水利工程等;水利信息时间跨度涵盖过去、现在以及未来气候模式等;信息来源有地基水利要素站网监测,以及空基天基遥测数据;包含业务属性的信息有建设、运行、维护和服务信息;信息存储格式也多种多样,如图像、数字、音频和视频等。

3.1.2 感知完整性 为全面、系统、准确地收集水利信息,一是需要扩大感知及监测范围,即充实水文、水质、地下水位、水环境监测站网,加快水文现代化建设步伐,以扩大江河湖泊水系的监测范围;补齐和提升大中型水库、长江与黄河等流域下游险工险段堤防、重点水闸、下游有村庄或重要设施的骨干淤地坝等水利工程安全及运行监测设施,扩大水利工程设施的监测范围;全面提升水资源、水环境、水生态、水灾害、工程运行等水利核心业务管理活动中的重要事件、行为和现象的动态感知能力,以提升水利管理活动的动态感知能力。二是提升立体感知的智能水平,通过卫星、雷达、无人机、遥控船等新型遥感监测手段,以及高清视频监控的应用,大力提升水文测报自动化和智能化水平,实现对江河湖泊、水利工程、管理活动的动态感知。

3.1.3 信息汇集 智慧水利通过综合数据汇聚与支撑平台(实时立体监测、遥感信息分析、历史数据分析、视频等)进行多源、多种类数据信息的汇集、整合。在水利部、流域和省区分别建立三级感知数据汇集平台,统一接收遥感影像,根据不同的应用需求进行图像处理、信息提取、图像解译和数据分析,建立遥感接收处理服务平台。建立三级级联、多级应用的水利视频集控体系,并与现有水利视频会议系统集成,实现全国水

利视频联网。

3.1.4 信息融合 建立多源和多尺度信息体系。即不同传感器、不同时空尺度的信息进行融合。数据融合最早被应用于军事领域。现在数据融合的应用领域更加广泛,如多源影像复合、机器人和智能仪器系统、图像分析与理解、目标检测与跟踪、自动识别等等。例如,在遥感领域,数据融合属于一种属性融合,它是将同一地区的多源遥感影像数据加以智能化合成,产生比单一信息源更精确、更完全、更可靠的估计和判断。相对于单源遥感影像数据,多源遥感影像数据所提供的信息具有冗余性、互补性、合作性和信息分层的结构性等特点。其实质就是在统一地理坐标系中将对同一目标检测的多幅遥感图像数据采用一定的算法,生成一幅新的、更能有效表示该目标的图像信息。例如:5 m 分辨率的全色影像融合 10 m 分辨率的彩色影像,可得到 5 m 分辨率的彩色影像。

信息融合在水文预报与水利计算领域的最典型应用就是,对地面雨量站、降雨雷达站和卫星遥感多源观测信息,进行数据同化,综合利用卡尔曼滤波校准、最优插值、变分校准和统计权重集成等方法进行分析融合,海量信息的综合应用以期提高预报精度。

3.2 知识是智慧水利的核心

智慧水利中的多元信息中不仅包含数据,同时也隐含着丰富的规律和知识,而数据中的规律与知识并不是观测直接得出的,而是需要通过深度的挖掘与分析。由于水利信息庞大而复杂的特性,难以有效集成与管理、难以自动化处理与分析,尤其是涉及空间相关的数据挖掘难度很大。深刻理解与分析大数据中蕴含的规律和知识,需要全面认识、理解客观事物并运用知识、经验等解决实际问题。智慧水利的知识是包括水文物理规律、降水径流等转化关系、水文气象要素预测预报,以及流域水文、水动力学、水环境等模型等。知识的产生,除了传统的数理统计等方法外,大数据挖掘和人工智能等信息方法手段,是获取智慧水利知识的重要方法和手段。

3.2.1 大数据 大数据(Big Data)是指无法用现有的软件工具提取、存储、搜索、共享、分析和处理的海量的、复杂的数据集合。大数据具有数据体量巨大,数据类型繁多(包括结构化和非结构化的),价值密度低(海量信息中有价值的信息可能很少)和更新速度快的特征^[4]。

水利活动产生和所需的数据规模巨大(历史水文气象要素的相关系列)、类型多样(水位、流量、土地利用数据、植被土壤类型数据、水利工程调度数据等)、增长迅速(实时监测更新),其获取、存储、管理、分析等方面都大大超出了传统数据库软件工具的能力范围^[5]。水利数据完全符合大数据所具有的4个特性,可谓是大数据概念范畴其中的一个极具代表性的应用。例如水文预报模型或预报方案,即通过历史产汇流规律的知识提取得到降雨径流关系图就是大数据在水文预报中的典型应用。当前水利大数据平台建设主要包括硬件架构、HDFS 分布式文件存储、Hadoop 架构、Spark 内存计算框架、NoSQL 非结构化数据库、MPP 分布式数据库、数据挖掘等若干关键技术。

3.2.2 人工智能 美国斯坦福大学人工智能研究中心尼尔逊教授对人工智能的定义是:人工智能是“怎样表示知识以及怎样获得知识并使用知识的科学。”人工智能科学就是研究如何使计算机去做过去只有人才能做的智能工作。人工智能需要数据来建立其智能,没有大数据就没有人工智能。大数据是一种传统的计算方法(统计分析),它只是寻找结果,不会根据结果采取行动。相比之下,人工智能是一种计算形式,它允许机器执行认知功能,并根据执行的反应不断改变它们的行为,以适应执行结果的变化。

近几年,围绕基于机器学习和深度学习等技术在水文领域的应用得到了长足进步。研究表明:深度学习等智能算法在水文遥感数据处理及信息提取、缺资料小流域水文预报模型区域参数化、山洪灾害影响因子识别与风险分析等方面都取得了一些优秀的成果^[5]。人工智能在降雨预报、小流域下垫面遥感数据分类、洪水计算模型参数、洪水预报预警和洪水灾害风险评估等研究和探索性应用方面具有很好的应用前景^[6]。

3.3 能力提升是智慧水利的目标

智慧水利应用的目的是业务水平和管理能力的提升,包括对水文属性多方面的感知能力,对水文现象、

水资源关系范式合理性的辨析能力,对现实中的气象水文现象的模拟能力,对未来气候模式、经济社会模式下的预测能力以及综合智慧水利各方面信息应对实际问题的决策支持能力等^[7]。当前关于智慧水利亟需能力提升方向主要包括:流域水模拟和预测预报、水工程安全分析和科学调度、水行政智能管理应用和水信息智能服务应用等。

3.3.1 流域水模拟和预测预报 在流域洪水预报方面,需要研制具有物理基础的水文模拟模型,拓展模型的模拟要素和范围,在精细化模拟的基础上增强模拟能力;研究数值天气预报产品在水文预测预报中的应用,延长水文预报的预见期;研究基于不确定性分析评价的系统实时校正方法,以期提高预报精度。在水资源的管理应用方面,围绕最严格水资源管理制度落实、节水型社会建设、城乡供水安全保障等,构建流域尺度、行政区尺度的水资源模型,开发城乡供水、节水、调水等智能应用,实现水资源动态监管分析与精细化配置调度能力提升、城乡供水安全监管和应急处置能力提升等。在水环境水生态保护的智慧应用方面,围绕河湖长制、水域岸线管理、河道采砂监管、水土保持监测和监督管理等,构建江河湖泊、水土流失等水环境水生态的智能应用,实现河湖治理精准监管能力的提升,水环境水生态保护的能力提升。

3.3.2 水工程安全分析和科学调度 围绕工程规划、建设管理、市场监管和工程运维等,构建水工程智能应用,模拟水利工程建设管理和水利工程安全运行,实现水利工程安全运行保障能力提升、水利工程生命周期管理能力提升等。

3.3.3 水行政智能管理应用 依托智慧水利平台,实施监管信息预处理、行业监督稽查、安全生产监管、工程质量监督、项目稽察和监督决策支持等,构建水行政智能应用,实现资产智能监管,移民智能监管,项目智能规划和智慧机关建设等。

3.3.4 水信息智能服务应用 加快政府供给向公众需求的转变,以社会公众服务为导向。实现公众感水知水能力提升,社会的节水护水人文素养提升,政府管水治水服务水平提升。

4 对我国智慧水利发展的思考与建议

4.1 加强信息源及信息系统基础设施建设

构建立体监测体系,以地面站网为基础,以水循环为线索,以新装备、新产品、新途径为牵引,实现水安全、水资源、水环境、水生态、水管理等信息的立体高效监测。例如,基于天基手段,实现对降水(GPM-IMERG)、土壤含水量(SMAP, stands for Soil Moisture Active and Passive)和地表水水面和水位(SWOT, Surface Water and Ocean Topography)等重要水文气象要素进行实时观测。

信息化是智慧水利发展的短板之一,而信息系统是智慧水利的重要支撑。当前和今后一段时期的工作重点是要完善网络环境,提升网络安全态势感知和应急处置能力;加强信息系统基础设施建设,保障水利大数据、信息汇集以及信息系统的运行,为智慧水利的发展保驾护航;要加快水利云平台建设,提升水利在线网络储存能力和计算分析能力,支持海量数据管理并提供公共服务支撑功能,减少托管和维护工作成本。

4.2 加强知识体系建设

4.2.1 中国水模型研制 水文模型是用数学语言或物理模型对水文自然系统进行解释或比拟,并在一定的条件下对水文变量的变化进行模拟和预测预报。水文模型是研究流域水文循环机理、水文预报以及水资源评价等领域的重要工具。水文模型的研究与发展主要经历了经验性模型(降水径流关系)、黑箱模型或概念性水文模型到分布式且具有物理基础的确定性水文模型等阶段。而由变化环境所导致的“水文一致性”的丧失,动摇了传统的水资源分析理论方法的科学基础,新一代灵活应用于变化环境下的水文水资源预报模型的研制则为重中之重。

构建全国尺度的中国水模型,科学预测未来中国水资源情势不仅是新时期水资源精细化管理的必然需求,也是生态文明社会建设的重要支撑。一方面开展国家层面水资源实时调度,需要精准预测中国短期水

文情势,为水资源的时间调蓄和空间调度提供基础数据;另一方面根据“空间均衡”的水资源治理方针,实施未来的水资源规划与配置,也对未来长期水资源变化情势预测提出了更高的要求。因此,开展中国水模型的研发工作,在全国层面上科学预测未来不同时空尺度的水资源情势,可为更好地落实新时期治水方针提供重要的技术支撑。

4.2.2 人工智能方法研究 人工智能算法对于智慧水利知识的生成以及智慧水利的应用具有重要的支撑作用。水利大数据的大样本,利用不断的学习和训练过程,保证智慧水利模拟和预测的准确性。近年来,欧美等国家的学者将传统水文学和人工智能相结合,诞生了一门新的学科—水信息学。随着科技的进步,数据量的增长、智能算法的发展和水利学科的进一步完善,深度学习等数据挖掘技术将会更多地应用于水文领域。

4.3 加强智慧业务核心系统建设

为进一步全面落实和支持“水利工程补短板、水利行业强监管”的水利工作主基调,当前和今后一段时期需要集中精力建设4个系统的智慧业务体系,即流域水模拟和预测预报系统,水工程安全分析和科学调度系统,水行政管理智能系统和水信息服务智能系统。

5 结 语

智慧水利是运用物联网、云计算、大数据等新一代信息通信技术,促进水利规划、工程建设、运行管理和社会服务的智慧化,提升水资源的利用效率和水旱灾害的防御能力,改善水环境和水生态,保障国家水安全和经济社会的可持续发展。智慧水利是水利信息化发展的新阶段,也是水利现代化的具体体现。

信息是智慧水利的基础,要高度重视信息的收集、监测和分析;知识是智慧水利的核心,要应用新的信息技术,加强信息的挖掘、提取和知识的积累;能力提升是智慧水利的目的,着重提升流域的监测能力、预测预报能力、调度决策能力和运行管理能力。智慧水利不能仅停留在概念和口号等表面,要进一步重视信息源建设、重视信息系统基础设施建设、重视知识体系建设。智慧水利的发展不仅要依靠行业的科学规划和指导,还要靠各有关专业的科学家不断努力。共同促进水科学、计算机科学、地理科学、环境科学、数学和社会学等多学科的深度交叉融合,推动我国智慧水利的发展和进步。

参 考 文 献:

- [1] MOLKENTHIN F, LI C Y, NOTAY K V. Information handling in interdisciplinary, hydroenvironment engineering projects [M]// GOURBESVILLE P, CUNGE J, CAIGNAERT G. Advances in Hydroinformatics. Singapore: Springer, 2014: 65-76.
- [2] 李德仁, 龚健雅, 邵振峰. 从数字地球到智慧地球[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2010, 35(2): 127-132, 253-254. (LI Deren, GONG Jianya, SHAO Zhenfeng. From digital earth to smart earth[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2010, 35(2): 127-132, 253-254. (in Chinese))
- [3] 艾萍, 王沙沙, 牟萍. 水信息学与水利信息化的协同发展模式分析[J]. 水利信息化, 2012(5): 1-3, 8. (AI Ping, WANG Shasha, MU Ping. Analysis about coordination development pattern of hydroinformatics and water resources informatization[J]. Water Resources Informatization, 2012(5): 1-3, 8. (in Chinese))
- [4] 李德仁. 智慧城市中的大数据[J]. 中国建设信息, 2014(3): 14-17. (LI De'ren. Big data in smart city[J]. Information of China Construction, 2014(3): 14-17. (in Chinese))
- [5] 刘昌军. 基于人工智能和大数据驱动的新一代水文模型及其在洪水预报预警中的应用[J]. 中国防汛抗旱, 2019, 29(5): 11, 22. (LIU Changjun. A new generation of hydrological model theory based on artificial intelligence and big data and its application in flood forecasting[J]. China Flood and Drought Management, 2019, 29(5): 11, 22. (in Chinese))
- [6] CICIONI G, MASULLI F. Computational intelligence in hydroinformatics: A review[M]// MARINARO M, TAGLIAFERRI R. Neural nets WIRN Vietri-99. London: Springer, 1999: 41-59.

- [7] MINNS A W. Hydrological modelling in a hydroinformatics context [M] // ABBOTT M B, REFSGAARD J C. Distributed Hydrological Modelling. Netherlands: Springer, 1996: 297-312.

Understanding and thinking of smart water conservancy

ZHANG Jianyun^{1, 2, 3}, LIU Jiufu^{1, 3}, JIN Junliang^{1, 2, 3}

(1. State Key Laboratory of Hydrology- Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 2. Yangtze Institute for Conservation and Development, Nanjing 210098, China; 3. Research Center for Climate Change, Ministry of Water Resources, Nanjing 210029, China)

Abstract: Smart water conservancy is to use the new generation of information and communication technologies such as the internet of things, cloud computing, big data, etc. to promote the intelligence of water conservancy planning, engineering construction, operation management and social services, improve the utilization efficiency of water resources and the defense ability of flood and drought disasters, improve the water environment and water ecology, and ensure the national water security and sustainable development of economy and society. Smart water conservancy is a new gradation of water conservancy informatization development and a concrete embodiment of water conservancy modernization. Information is the foundation of smart water conservancy, and we should attach great importance to the collection, monitoring and analysis of information. Knowledge is the core of intelligent water conservancy, and we should apply new information technology to strengthen the mining, extraction and knowledge accumulation of information. Knowledge is the core of smart water conservancy. New information technology should be applied to strengthen information mining, extraction and knowledge accumulation. Capacity improvement is the purpose of smart water conservancy, which should focus on improving the monitoring capability, forecasting capability, dispatching decision-making capability and operation management capability of the river basin.

Key words: smart water conservancy; informatization; big data; artificial intelligence