

JIYUWULIANWANGDE
SHIKONGLIANXUDUOYUANXINXI
HUOQUBUJUSHUYANJIU

基于物联网的

时空连续多元信息 获取布局技术研究

李喆 谭德宝 王腊春 曾春芬 等编著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

“十二五”国家重大科技支撑计划项目资助(2013BAB05B01-3)

基于物联网的时空连续多元信息 获取布局技术研究

李 喆 谭德宝 王腊春 曾春芬 等编著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

• 南京 •

内 容 提 要

数字流域作为水利信息化的一大发展前沿,已经受到了国内外学术界的广泛关注。数字流域建设需要解决的首要问题是流域信息获取技术。

本书基于物联网的时空连续多元信息获取途径的基础上,综合使用空中、陆地、水下等不同来源信息,实现固定式与移动式相结合的信息获取技术,充分使用卫星遥感技术或新增最小量的地面监测站网,建立基于物联网的时空多元信息获取的一体化布局,试图最大化地获取满足精度要求的流域动态信息。在现有公众通讯网络条件下,充分使用物联网动态组网技术,构建基于物联网的时空多元信息传输体系,最大化地提高数字流域时空多元信息传输效率。

本书可为从事数字流域、水利信息化、水文水资源、防洪抗旱减灾、水利工程建设管理等方面的管理或技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

基于物联网的时空连续多元信息获取布局技术研究/
李喆等编著. —南京:东南大学出版社, 2017. 4
ISBN 978-7-5641-6884-1

I. ①基… II. ①李… III. ①互联网络-应用-水利工程-研究 ②智能技术-应用-水利工程-研究 IV. ①TV-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 296788 号

书 名:基于物联网的时空连续多元信息获取布局技术研究

编 著 者:李喆 谭德宝 王腊春 曾春芬 等

责任编辑:宋华莉

编辑邮箱:52145104@qq.com

出版发行:东南大学出版社

出 版 人:江建中

社 址:南京市四牌楼 2 号(210096)

网 址:<http://www.seupress.com>

印 刷:江苏凤凰数码印务有限公司

开 本:700 mm×1 000 mm 1/16 印张:11.75 字数:226 千字

版 次:2017 年 4 月第 1 版 2017 年 4 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-6884-1

定 价:48.00 元

经 销:全国各地新华书店

发行热线:025-83790519 83791830

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025-83791830

数字流域是流域信息化管理的重要内容之一,也是数字地球的基础。在数字流域建设过程中,需要采集流域控制节点上的关键信息。为了快速地采集这些信息,最有效的途径是在这些流域制节点上安装、部署信息采集装置,构建流域监测网。

数字流域信息获取要素包括降水、蒸发、径流、土壤墒情等自然水循环和取水、输水、用水、耗水、排水等社会水循环过程及其衍生的各种涉水过程。在考虑流域自然特征和社会特征条件下,如何构建具有稳定可靠、及时有效、合理优化的感知多种状态下流域时空连续多元信息获取优化布局模式是本研究的一大难点。本书在分析基于物联网的时空连续多元信息获取途径的基础上,建立基于物联网的时空多元信息获取的一体化布局,构建基于物联网的时空多元信息传输体系。研究从雅砻江流域概况、河流水系、水电梯级开发规划和监测站网分布现状出发,采用容许最稀疏站网密度理论,在综合考虑下垫面地形地貌特征和植被特征的雅砻江流域水文分区的基础上,初步形成了雅砻江流域水文测站和雨量测站的新增布局方案。

全书内容共分为6章:第1章简要阐述了数字流域的研究背景、物联网技术的国内外研究进展以及物联网技术在水资源方面的应用研究。第2章讲述了基于物联网的时空连续多元信息获取优化布局技术的研究进展以及技术体系框架与技术路线。第3章主要讲述了基于物联网的时空连续多元信息获取途径分析,包括了空中、地面和水下三种获取技术,并对清江流域梯级水库温室气体立体监测进行了研究。第4章是基于物联网的时空多元信息获取一体化布局的陆地和水下优化方法进行了研究,其中水下优化方法提出了基于遗传算法的河流局域监测无线传感器节点分布优化方法和基于遗传算法多目标优化的流域监测传感器覆盖网优化方法,提出了雅砻江流域监测站网优化布局初步方案。第5章主要讲述了基于物联网的时空连续多元信息传输体系框架和水质多参数传感器监测传输系统研制。第6章对本书研究内容进行了总结和展望。

本书由李喆、谭德宝、王腊春提出写作大纲,李喆、谭德宝、王腊春、曾春芬、张静超、马小雪等参加书稿的写作和统稿,最后由李喆、谭德宝、王腊春、曾春芬定稿。

本书虽然做了大量的研究工作,尽管数次向多位学者请教,集思广益,但由于本书涉及众多学科领域,加之研究深度、广度和作者水平有限,书中难免有不当或错误之处,欢迎广大读者不吝雅正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 物联网技术研究	3
1.2.1 国内外物联网研究进展	3
1.2.2 水文站网的布局 and 优化的方法研究	5
1.2.3 物联网技术在水资源方面的应用研究	8
第 2 章 基于物联网的时空连续多元信息获取布局技术研究进展	10
2.1 基于物联网的时空连续多元信息获取途径研究进展	10
2.2 基于物联网的时空连续多元信息获取一体化布局研究进展	11
2.3 基于物联网的时空连续多元信息传输体系研究进展	12
2.4 基于物联网的时空连续多元信息获取布局技术研究框架与技术路线	14
第 3 章 基于物联网的时空连续多元信息获取途径分析	16
3.1 基于物联网的时空连续多元信息获取技术体系框架	16
3.2 基于物联网的时空连续多元信息“空中”获取技术	18
3.2.1 卫星遥感技术	18
3.2.2 无人机航空摄影技术	18
3.3 基于物联网的时空连续多元信息“地面”获取技术	21
3.3.1 物联网传感器原位观测技术	21
3.3.2 车载移动信息获取系统	25
3.4 基于物联网的时空连续多元信息“水下”获取技术	30
3.5 清江流域梯级水库温室气体立体监测研究	34
3.5.1 研究区域与研究方法	34

3.5.2	二氧化碳温室气体原位监测	37
3.5.3	甲烷温室气体原位监测	46
3.5.4	水布垭水库消落带土地利用与温室气体源汇变化的遥感分析	55
第4章	基于物联网的时空连续多元信息获取一体化布局研究	62
4.1	基于物联网的时空多元信息获取一体化布局技术体系框架和技术步骤	62
4.1.1	工作框图	62
4.1.2	技术步骤	63
4.2	基于物联网的时空多元信息获取一体化布局的陆地(水上)优化方法	67
4.2.1	区域覆盖理论	67
4.2.2	布尔模型	69
4.2.3	模拟退火法	69
4.3	基于物联网的时空多元信息获取一体化布局的水下优化方法	72
4.3.1	基于遗传算法的河流流域监测无线传感器节点分布优化方法	72
4.3.2	基于遗传算法多目标优化的流域监测传感器覆盖网优化方法	77
4.4	雅砻江流域监测站网优化布局初步方案	82
4.4.1	雅砻江流域概况及监测站网分析	82
4.4.2	基于容许最稀疏站网密度的雅砻江流域水文监测站网布局设计	88
4.4.3	雅砻江流域监测站网布局初步结果	100
4.4.4	综合运用遥感降雨数据和地面实测数据的雅砻江流域雨量监测站网优化布局设计	107
第5章	基于物联网的时空连续多元信息传输体系研究	117
5.1	基于物联网的时空多元信息传输体系框架	117
5.1.1	ZigBee 无线采集网络	118
5.1.2	GPRS 传输网络	118
5.1.3	远程监控平台	119

5.1.4 系统模块交互	119
5.2 水质多参数传感器监测传输系统研制	119
5.2.1 需求分析	119
5.2.2 系统设计	120
5.2.3 系统实现的关键技术	152
5.2.4 原型系统开发	166
第 6 章 研究总结与展望	171
6.1 主要研究成果	171
6.2 进一步研究方向	172
参考文献	174

第 1 章

绪 论

1.1 研究背景与意义

2011 年中央 1 号文件明确指出“人多水少、水资源时空分布不均”是我国的基本国情水情。洪涝灾害仍然是中华民族的心腹大患,水资源供需矛盾突出仍然是可持续发展的主要瓶颈,而且随着工业化、城镇化进程加快,全球气候变化影响加大,我国水利面临的形势更趋严峻,增强防灾减灾能力要求越来越迫切,强化水资源节约保护工作越来越繁重,明确要求“健全水利科技创新体系,强化基础条件平台建设,加强基础研究和技术研发,力争在水利重点领域、关键环节和核心技术上实现新突破,获得一批具有重大实用价值的研究成果,加大技术引进和推广应用力度,提高水利技术装备水平,建立健全水利行业技术标准,推进水利信息化建设,全面实施‘金水工程’,加快建设国家防汛抗旱指挥系统和水资源管理信息系统,提高水资源调控、水利管理和工程运行的信息化水平,以水利信息化带动水利现代化”。数字流域作为水利信息化学科的发展前沿,有必要对其关键技术深入研究。

联合国教科文组织(UNESCO)、国际科学联盟理事会(ICSU)和世界气象组织(WMO)等国际组织,自 20 世纪 70 年代以来在世界范围内实施了一系列国际水信息计划,如国际水文计划(IHP)、世界气候研究计划(WCRP)、国际地圈生物圈计划(IGBP)等,其目的是探寻在自然和人类活动综合作用下,不同尺度上(全球、区域、流域等)水循环的演变规律及其相关的资源、环境和社会经济问题,以及科学管水和高效用水的途径(夏军,2003)。面对严峻的水资源供需形势,我国政府长期将水循环与水资源作为资源环境领域的重大研究方向。在基础理论层面上,“九五”期间有“黄河流域水资源演化规律与可再生性维持机理”“首都北京及周边地区大气、水、土环境污染机理与调控原理”等;“十五”期间有“长江流域水沙产输及其与环境变化耦合机理”“东北老工业基地环境污染形成机理与生态修复研究”

“西北旱区农业和生态节水灌溉理论”等;“十一五”期间又将水资源与生态水文过程作为重点方向,同时还在“环境质量演变与污染控制”重点方向中设立“重点流域水环境演变规律、修复与污染控制”专项。在应用技术层面上,“六五”到“八五”主要针对华北水资源短缺问题进行专项研究,分别提出了水资源评价方法、自然状态下流域“四水”转化规律以及基于宏观经济的水资源优化配置理论与方法;“九五”攻关则瞄准西北地区水资源可持续利用和生态环境保护问题,以水为纽带研究水资源、国民经济、生态环境之间相互依存关系,在面向生态的水资源合理配置和水资源承载能力研究方面取得突破;“十五”科技攻关项目“水安全保障关键技术研究”中,针对分流域生态需水标准、水资源调配、海水利用技术,污水利用途径、洪水利用途径以及人工降雨技术等方面开展成套技术攻关(程学军,2011)。在政策研究层面上,开展了全国和区域的水战略研究,代表性的项目有中国工程院组织完成的重大咨询“中国可持续发展水资源战略研究”和“西部地区水资源配置、生态环境建设和可持续发展战略研究”,提出了“节水为先、治污为本、多渠道开源”和“建立高效节水防污社会”的水安全战略。在具体实践探索方面,水利部也围绕节水型社会建设,在体制和机制方面开展了大量研究。

美国“河流水情预报系统”可把水文气象数据实时地传送到预报中心进行储存、处理,分析形成完善的数据信息系统,不仅提供 1~5 天的短期洪水预报,而且提供中长期(旬、月、季节)的水情概率预报,不仅能够用于防洪减灾,而且能够服务于水资源的管理。在河流水情预报中使用的气象预报软件包,可以预报降雨量、降雨类型、风、气温等,其中包括:12 小时的“快捷更新循环模型”(RUC)、预报期长达 60 小时的 ETA 模型、预报期超过 10 天的中期模型(MRF)等。美国国家气象局的 13 个河流水情预报中心使用 6 个不同的降雨—径流模型,应用最广泛的是萨克门托模型(Sacramento)和前期降雨指数模型(API)。如:密西西比下游水情预报中心使用萨克门托模型,其上游的密苏里水情预报中心使用前期降雨指数模型。密西西比下游水情预报中心使用一维不稳定水流水动力模型(Dwoper)进行河流水位、流量演算,通过对美国地质调查局、气象局及各个流域内使用的主要应用软件分析,现代流域管理软件包括以下应用系统:6 个流域模型、4 个洪水频率模拟模型、3 个水文干旱/洪水频率计算模型、15 个水利计算模型、6 个物质输移模型及相关的模型、4 个间接测量模型、4 个泥沙计算模型及相关的冲刷、生物模型,种类繁多,内容广泛,涉及各个方面的应用。2001 年 7 月,黄河水利委员会提出“数字黄河”规划,重点建设“数字黄河”工程,主要由基础设施、应用服务平台和应用系统所构成,通过防汛减灾、水量调度、水资源保护、水土保持、工程管理和电子政务六大应用系统的建设,全面带动“数字黄河”战略实施。

物联网是通过射频识别(RFID)、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信

息传感设备,按约定的协议,将任何物品与互联网相连接,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、追踪、监控和管理的一种网络技术(陈桂香,2010)。物联网将无处不在(Ubiquitous)的末端设备(Devices)和设施(Facilities),包括具备“内在智能”的传感器、移动终端、工业系统、数控系统、家庭智能设施、视频监控系统等和“外在使能”(Enable)的,如贴上RFID的各种资产(Assets)、携带无线终端的个人与车辆等“智能化物件或动物”或“智能尘埃”(Mote),通过各种无线和/或有线长距离和/或短距离通信网络实现互联互通(M2M)、应用大集成(Grand Integration),以及基于云计算的SaaS营运等模式,在内网(Intranet)、专网(Extranet)和互联网(Internet)环境下,采用适当的信息安全保障机制,提供安全可控乃至个性化的实时在线监测、定位追溯、报警联动、调度指挥、预案管理、远程控制、安全防范、远程维保、在线升级、统计报表、决策支持、领导桌面(集中展示的Cockpit Dashboard)等管理和服务功能,实现对“万物”的“高效、节能、安全、环保”的“管、控、营”一体化。

“基于物联网的流域信息获取技术”重点解决数字流域建设需要获取什么样的信息指标,这些信息指标如何进行组织,如何综合运用多种手段获取这些信息,信息获取之后如何进行高效及有机处理,如何从海量信息中挖掘数字流域业务所需的信息,以及如何提供相应的信息获取平台等。

本书从物联网的时空连续多元信息获取途径分析出发,建立基于物联网的时空多元信息获取的一体化布局,构建基于物联网的时空多元信息传输体系,是数字流域信息获取技术拟解决的关键性技术问题。

1.2 物联网技术研究

1.2.1 国内外物联网研究进展

物联网被看做信息领域一次重大的发展和变革机遇。欧盟委员会认为,物联网的发展应用将在未来5~15年中为解决现代社会问题带来极大贡献。2009年以来,一些发达国家纷纷出台物联网发展计划,进行相关技术和产业的前瞻布局,我国也将物联网作为战略性的新兴产业予以重点关注和推进。整体而言,目前无论国内还是国外,物联网的研究和开发都还处于起步阶段。

1991年美国麻省理工学院(MIT)的Kevin Ash-ton教授首次提出物联网的概念。1995年比尔·盖茨在《未来之路》一书中也曾提及物联网,但未引起广泛重视。1999年美国麻省理工学院建立了“自动识别(Auto-ID)中心”,提出“万物皆可

通过网络互联”,阐明了物联网的基本含义。早期的物联网是依托射频识别(RFID)技术的物流网络,随着技术和应用的发展,物联网的内涵已经发生了较大变化(陈桂香,2010)。

2004年日本总务省(MIC)提出 u-Japan 计划,该战略力求实现人与人、物与物、人与物之间的连接,希望将日本建设成一个随时、随地、任何物体、任何人均可连接的泛在网络社会(朱洪波,2011)。

2005年,在突尼斯举行的信息社会世界峰会(WSIS)上,国际电信联盟(ITU)发布《ITU 互联网报告 2005:物联网》,引用了“物联网”的概念(彭鹏,2012)。物联网的定义和范围已经发生了变化,覆盖范围有了较大的拓展,不再只是指基于RFID技术的物联网。报告指出:我们无所不在的物联网通信时代即将来临,世界上所有物体包括轮胎、牙刷、房屋以及每一本书,甚至是每一张纸巾都可以通过互联网来交换相应的信息,并将物联网定义为,通过将短距离的移动收发器内嵌到各种日常用品中,使得人与人、人与物、物与物之间在任何时间任何地点都可以实现交互。

2006年韩国确立了 u-Korea 计划,该计划旨在建立无所不在的社会(Ubiquitous Society),在民众的生活环境里建设智能型网络(如IPv6、BcN、USN)和各种新型应用(如DMB、Telematics、RFID),让民众可以随时随地享有科技智慧服务。2009年韩国通信委员会出台了《物联网基础设施构建基本规划》,将物联网确定为新增长动力,提出到2012年实现“通过构建世界最先进的物联网基础实施,打造未来广播通信融合领域超一流信息通信技术强国”的目标,并确定了构建物联网基础设施、发展物联网服务、研发物联网技术、营造物联网扩散环境等4大领域、12项详细课题(王亚唯,2010)。

2009年欧盟执委会发表了欧洲物联网行动计划,描绘了物联网技术的应用前景,提出欧盟政府要加强对物联网的管理,促进物联网的发展。欧洲智能系统集成技术平台(EPoSS)在 *Internet of Things in 2020* 报告中分析预测,未来物联网的发展将经历四个阶段,2010年之前RFID被广泛应用于物流、零售和制药领域,2010—2015年物体互联,2015—2020年物体进入半智能化,2020年之后物体进入全智能化。就目前而言,许多物联网相关技术仍在开发测试阶段,这与离不同系统之间融合、物与物之间的普遍链接的远期目标还存在一定差距(王亚唯,2010)。

2009年1月,奥巴马就任美国总统后,在与美国工商业领袖举行的一次圆桌会议上,IBM的首席执行官彭明盛提出“智慧地球”的概念,对物联网这样描述:运用新一代的IT技术,将传感器嵌入或装备到全球的电网、铁路、公路、桥梁、建筑、供水系统等各种系统中,通过互联形成“物联网”,并通过超级计算机和云计算技术,对海量的数据和信息进行分析处理,实施智能化的控制和管理,以此形成一个

感知并控制世界的物联网(王亚唯,2010)。

2009年7月,日本IT战略本部颁布了日本新一代的信息化战略——“i-Japan”战略,为了让数字信息技术融入每一个角落,首先将政策目标聚焦在三大公共事业:电子化政府治理、医疗健康信息服务、教育与人才培育,提出到2015年,透过数位技术达到“新的行政改革”,使行政流程简化、效率化、标准化、透明化,同时推动电子病历、远程医疗、远程教育等应用的发展(陈桂香,2010)。

2009年11月,温家宝总理在人民大会堂向首都科技界发表了题为“让科技引领中国可持续发展”的讲话,首度提出发展包括新能源、新材料、生命科学、生命医药、信息网络、海洋工程、地质勘探等七大战略新兴产业的目标,并将“物联网”并入信息网络发展的重要内容,并强调信息网络产业是世界经济复苏的重要驱动力。

2013年中国互联网大会上,邬贺铨提出目前物联网的概念已经开始向智能化延伸。目前国内所谓的“物联网企业”大部分仅仅是加了一个简单的传感器,本质上依然只是信息技术产业,并没有体现物联网的真正技术所在。要体现物联网的价值,就必须提升到数据挖掘和智能分析这个高度上。

2014年2月,中共中央政治局委员、国务院副总理马凯在北京出席全国物联网工作电视电话会议并讲话。他提出要在工业、农业、节能环保、商贸流通、能源交通、社会事业、城市管理、安全生产等领域,开展物联网应用示范和规模化应用;统筹推进物联网整个产业链协调发展,形成上下游联动、共同促进的良好格局;抢抓机遇,应对挑战,以更大决心、更有效措施,扎实推进物联网有序健康发展,努力打造具有国际竞争力的物联网产业体系,为促进经济社会发展做出积极贡献。

物联网的理想是“物物相连”。然而,“物物相连”要付出以下代价:节点软硬件投资、网络通信、节点能耗、维护与管理。因此,如何采用集约的方式设计和部署物联网节点,并采用合理的物联网运作模式,是物联网推广应用的一个重要决策问题。可见,物联网的本质并不是一种单一技术,而是将传感器、芯片、软件、互联网、移动通信、高端应用集成等领域的技术整合而成的新一代IT产业技术主导设计标准(李遵白等,2011)。

1.2.2 水文站网的布局和优化方法研究

流域内水文站网布局和优化是水文学中最复杂而重要的问题之一,涉及许多学科和领域,比如地形地貌、水文循环要素、社会经济分析、概率论、抽样理论、模糊数学等(吴宏旭,2004)。

据史载,中国在秦代就有全国各郡县向中央报雨的制度,说明当时对雨情已普遍重视。至明代,沿黄河已有观察、传递水情的制度。至1937年,有水文站403处(缺台湾省数字,下同),其后大部分被破坏。中华人民共和国成立后,1956年进行

了第一次全国水文站网规划。除边缘地区外,于1959年基本完成。1965年、1978年对站网作过两次较大范围的资料分析验证,站网陆续有所发展和调整(刘丹,2014)。1984年底止,基本站网中有水文站3396处,水位站1425处,雨量站16734处,实验站63处,地下水观测井12134处,水质站1752处,还有大量的水库、渠道专用站和乡镇专用雨量站。2000年,全国水文部门共有基本水文站(流量站)3124处(含其他部门管理的水文站244处),水位站1093处,雨量站14242处,水质站2861处,地下水监测站11768处,向县级以上部门拍报水情站7559处。与1998年、1999年相比,基本水文站减少了533处,主要原因:一是以前部分省、自治区统计的资料将水文部门专用水文站也列入其中,这与统计要求不符;二是一些省、自治区误将流域机构水文部门管理的水文站作为其他部门(指非水文部门)管理的水文站统计在内,造成重复统计并使其他部门基本水文站数量偏大(2001)。2000年各类水文站网在保持稳定发展的同时,逐步进行了优化调整,雨量站、水质站、地下水监测站点有所增加。20世纪50年代之前,在水文信息极度缺乏的情况下,任何资料收集系统获取的水文信息都是有价值的。然而随着经济社会的发展和对水资源开发利用的压力增大,水文站网规划设计在全球范围内都得到了重视(陈颖,2013)。

水文站网提供流量、水位和水质等数据信息的精确程度直接影响相关的各种水文工作和研究的开展。水文站网评价及优化的主要目的是确定站点的最优数量和最佳位置以及合理的空间布局。近几十年,国外很多从事于水资源领域研究的专家学者投身水文站网等观测网的空间布局优化设计研究,而国内在该领域的涉足则相对较少。从前人的研究成果看,已经有不同学科的理论和方法在站网优化和评价中得到应用,这些方法的适用目标和优化标准则各不相同(陈颖,2013)。

20世纪70年代末,数理统计学理论方法是使用得较早的优化方法。这种方法优化水文站网的思想是利用数理统计方法对样本的统计特征值(极大值、极小值、平均值、中值、方差等)进行分析,研究样本的数理与估计精度和可靠度的关系,确定满足一定精度要求的样本数量来约减水文站点的数量。然而利用数理统计学方法进行站网优化主要面临的困难有两方面:一方面是研究者需对水资源系统结构有充足的认识,第二方面是由于原理方法的限制,统计分析技术的选择和样本数量都将对数据分析的结论产生较大影响,并且该方法只能通过估计精度与样本数量之间的关系来确定站点的数量,达不到对站点空间布局优化的目的(陈颖,2013)。

1965年Gandin提出了最优内插法,用于确定一个水文站网观测站点的最小空间密度,使站点间的线性内插值具有预定的精度。其理论基础是用实测的水文

过程空间相关结构来推导出一个确定最优权重的关系式,将这个最优权重用于实测资料,使任何未测地点的水文过程估计误差最小。而站网的几何特点决定误差最大的站点,限制最大误差是该方法所采用的设计标准(吴宏旭,2004)。

1968年,卡拉谢夫提出的卡拉谢夫法,用于确定一个流量站网中测站数量范围,要求能估出所关心区域中任意站点的长期径流平均值及各年的径流量,且要求符合预期的误差标准。其理论基础是规定流域中心点的最小距离,以便对平均流量增量的估算误差不大于预定值,同时规定流域中心间的最大距离,以限制流量的估算误差。该方法就是企图在收集资料的重复程度最小化与保持要求的内插精度之间取得平衡(吴宏旭,2004)。

克里格方法,是20世纪80年代以来水文水资源工作者常用的站网优化方法之一,尤其在地下水观测网的优化中积累了大量经验和成果。克里格方法是根据水文过程的空间相关结构来确定最优站点位置的方法,其实质就是利用已知数据对空间某一位置上的水文变量的值进行克里格估计,并计算出这些位置上估计误差的标准差,进而绘制标准差的等值线图。然后,在图上对水文变量估算误差的改进作出主观评价是确定站点位置的准则,即在估计误差的标准差大于给定的标准差的范围空间时,则需要增加站点,反之就应该减少站点(陈颖,2013)。

信息熵理论是20世纪40年代后期由申农(Shannon)提出,之后不断涌现出基于信息熵原理的各种新方法,同时研究内容也扩展到与水资源相关的各领域的研究。信息熵方法的提出可以解决其他方法所无法解决的水文信息的定量度量问题,从而进行站网的优化。

2001年,中国地质大学的陈植华应用信息熵方法对河北平原地下水观测网进行站网优化,其方法主要是根据水位信号衰减与距离的统计关系来确定适宜的站网密度,并通过站点间的交互信息来判断冗余站点,其利用删除冗余站点前后站点空间插值形成的地下水位形态是否发生实质性变化验证得出删除的站点几乎没有损失站网信息。但是其对信息熵的利用仍然体现在计算方面和单项结果的评价方面,信息熵方法具有的优势还没有充分地挖掘和利用起来(陈植华等,2001)。

模拟模型方法多用于污染物监测站网的优化设计。该方法主要是利用地质统计学模型的模拟能力,将渗透参数作为一个区域化变量,每个渗透参数对应一种污染物,通过污染物在含水层中运移的统计模型来确定给定监测位置和监测频率下的污染情况。然后结合模型参数来优化监测站网的空间分布和监测频率。Meyer利用蒙特卡洛模拟方法对水质监测站网进行优化,在获取最大的检出污染物的概率的同时使得监测站点的数量最少。Wilson提出利用卡尔曼滤波技术对地下水系统的确定性和随机性参数进行估计。该方法建立模拟模型对每个备选方案进行模拟,将其与设定的临界值比较,最后确定监测站网的最优数量和监测频率。但是

该方法考虑因素较多且复杂,计算量大,故较难实现(陈颖,2013)。

信息熵来源于信号通信理论,是系统不确定性或信息量的度量。将一定数量的水文站点构成的水文站网看做一个水文信号通信系统。每一个站点同时作为信号发射器和信号接收器来反映站点周围一定范围的水文情况。站点之间的信息传递随着距离的增加而衰减。运用信息熵方法度量某一个水文站的数据中所含的信息量大小,可以将站点间信息传递能力的大小进行量化,通过建立站网评价模型和优化模型对站网中的站点进行优化评价(陈颖,2013)。

在我国,运用克里格方法进行站网优化设计起步相对较晚。周仰效、李文鹏最早运用克里格插值法定量设计地下水位监测网,对监测网密度和监测频率的优化进行了研究,并将该法应用于郑州市、北京平原、乌鲁木齐河流域和济南岩溶泉城等地的地下水观测网优化(周仰效等,2007)。之后,宋儒将克里格方法运用到格尔木河流域地下水位动态观测网取得了较好的优化配置成果(宋儒,1997)。贾楠运用克里格插值方法对地下水位动态监测孔网进行优化,表明优化后的孔网能更好地反映矿区的地下水位信息(贾楠等,2012)。郭占荣和许彦卿分别对克里格方法在地下水观测网优化设计中的原理和应用进行了分析和总结(郭占荣等,1998)。

目前国内对于水文站网的规划主要是参考水利部2013年颁布的《水文站网规划技术导则》来进行。《水文站网规划技术导则》是在总结以往技术成果和工作经验的基础上提出的规定性条例,更重要的是对我国水文站网规划建设工作的实践指导意义。参照此导则推荐的原则和方法完成的各省市水文站网规划及调整对策的相关成果较多,并且这类成果大部分来自各省市的水文水资源工作者,但是大多是针对特定地区具体的站点功能及特点进行站点数量和站网密度方面的评价和调整,未能形成推广性和普适性强的优化方法或技术(陈颖,2013)。

1.2.3 物联网技术在水资源方面的应用研究

1) 水环境监测及其站点优化

近年来,突发性水污染事故频繁发生。1991—2011年间,我国突发性环境污染事件多达33 919起,而水污染事故占环境事故总数的51.9%(马小雪等,2015)。突发性水污染事故对城乡供水安全及区域水环境将造成严重影响,以物联网技术、3S技术为核心的在线监控测量系统,实现水环境系统的实时数据监控并计算测量,大大提升了应对水资源环境意外情况的能力。因此,如何对突发性水污染事故发生地进行实时的水环境质量监测以及如何选择监测站显得尤其重要。

水环境在线自动监测系统是以在线自动分析仪器为核心,运用现代传感器技术、自动测量技术、自动控制技术、计算机应用技术以及相关的专用分析软件和通信网络所组成的一个综合性的在线自动监测网络。实施水质自动监测,可以实现

水质的实时连续监测和远程监控,及时掌握水体的水质情况并作出相应的分析和处理,达到有效利用水资源的目的。目前,监测站点使用的水质自动监测仪器主要从欧美进口为主,购买成本高昂,监测技术不易掌握;国产设备的市场占有率明显不足,精度、数量和产量很低,与国外产品相对比还存在很多问题和较大的差距。因此,提高水质自动监测系统的研发能力,加强水质自动监测系统的理论分析,突破水质自动监测系统的技术瓶颈,是当前国内水环境监测网建设的迫切需求。基于物联网的水环境在线监测系统,设计重点考虑的问题是监测物联网的选用、监测参数的确定和采样频率的制定,其中首当考虑的是监测站点的选择和优化(彭鹏,2012)。采用GIS空间分析及其平均信息熵值可以有效地选择最优的水质监测站点。

2) 水文监测方面的应用

水文水资源监测技术已较为成熟,其应用场合也越来越多,例如河流水文监测、水库监测、地下水位监测、水雨情监测、海洋监测、农业灌溉用水监测、城市水资源监测等,成熟的监测技术为构建远程监测系统提供可能(谢启顺,2014)。随着物联网的兴起,物联网技术被应用在水资源监测中。在基于物联网的远程监测系统中,物联网感知节点全面采集水资源数据,由物联网网关汇总、上报数据。

水资源监测网络以监测点为基本单位,各个监测点相互独立地分布在不同的地理位置,由远程监测中心对所有监测点中的设备进行统一管理和维护,对监测点获取的水资源信息进行统一存储和管理,从而形成一个大規模自动化、网络化、智能化的水资源监测网络。在每个监测点中,网关节点通过有线方式连接智能监测仪表和 ZigBee 汇聚节点,能够采集监测仪表和 ZigBee 采集节点的实时数据,将水资源信息通过有线或无线方式上报到远程监测中心(谢启顺,2014)。这种拓扑结构既能够兼容目前基于 DTU 的远程监测系统,并具备基于物联网技术的远程监测系统的优点。由于智能监测仪表和 ZigBee 采集节点相互独立,因此本平台的底层监测方式动态可变,可根据实际监测水域的实际情况选择相应监测方式。

第2章

基于物联网的时空连续

多元信息获取布局 技术研究进展

2.1 基于物联网的时空连续多元 信息获取途径研究进展

目前,物联网的研究与产业化仍存在诸多局限,大部分工作还集中在单个传感器或小型传感器网络方面(如智能传感器技术、压缩传感技术等),或集中在物联网硬件和网络层面(如新型网络互联技术、高通量服务器技术等),而对于物联网与互联网相比肩所面临的核心问题,即海量异构传感器数据的存储与查询处理、大量传感器的智能分析与协同工作、复杂事件的自动探测与有效应对等技术的研究还比较有限。在物联网系统中,传感器海量采样数据的集中存储与查询处理是十分重要的。通过海量传感器采样数据的集中管理,用户不仅可以直接在数据中心获得任一传感器的历史与当前状态,而且对集中存放的群体数据进行分析,可以实现复杂事件与规律的感知。此外,传感器采样数据的集中管理还使得物物互联、基于物的搜索引擎、传感器采样数据的统计分析与数据挖掘等成为可能(丁治明等,2012)。

王保云在 EPC Global 物联网体系架构和 Ubiquitous ID 物联网系统基础上,详细阐述物联网技术的概念,对物联网发展历史与未来趋势进行了深入研究(王保云,2009)。沈苏彬等通过分析现有物联网的定义、内在原理、体系结构和系统模型等技术文献和应用实例,探讨了物联网与下一代网络、网络化物理系统和无线传感器网络的关系,提出了物联网的服务类型和结点分类,设计了基于无源、有源和与互联网结点为基础的物联网的体系结构和系统模型(沈苏彬等,