

现代水工业自动化必须走信息控制一体化的道路

——兼谈实用工业以太网的最新发展新思路

Modern Water Industry Should Adopt Information Control of Integration

——About the Thought of Practical Industrial Ethernet's Latest Development

北京市市政工程设计研究总院 陈运珍

Chen Yunzhen

摘 要: 城市水工业是一个传统的基础性产业。由于我国水工业自动化发展较慢, 制约其他行业的发展。21 世纪是数字化、信息化和网络化时代。随着 IT 技术、计算机技术、虚拟技术、嵌入式技术以及各种高端的先进控制技术的迅猛发展, 只有创建最现代化最科学的自动化控制技术, 才能建造经济持续发展的新型水企业。

关键词: 信息控制一体化 实用以太网 虚拟技术 嵌入技术 现场网络技术

Abstract: City water industry is a traditional technical business. Its automation control system develops slowly and can not follow the pace of other industry. 21st century is a century that is digitalized, informational and network connected. With the great leap of hi-class computer technology, virtual technology embedded technology and all kinds of advanced control technique, to establish the most modernized and scientific automation control technology can help to construct new water enterprises of continuous economic benefit.

Key words: Information control of integration Practical Ethernet Virtual technology Embedded technology Field network technology

[中图分类号] TU991

[文献标识码] B

文章编号 1606-5123(2006)09-0011-06

1 引言

城市水工业涵盖上下水处理、工矿企业污水处理、城市楼群二次供水、上水水质深度处理、城市中水处理、江河湖泊的环保治理, 是城镇现代化的基础。随着城市化进程的快速发展, 工程规模越来越大, 系统越来越繁杂, 大小泵站越来越多, 上下水及中水管网像蜘蛛网一样遍布城乡的每个角落。随着“十一五”规划的实施, 城建缺水将更加严重, 水的资源将更加紧张, 城市污染将更加危害。巨资规划的南水北调工程项目, 对严重缺水的北方城镇来说, 也只是杯水车薪。据统计和预测: 全国城市缺水 $2000 \times 10^8 \text{m}^3/\text{d}$, 污水排放量是

$6 \times 10^8 \text{m}^3/\text{d}$, 工业废水猛增到 $200 \times 10^8 \text{m}^3/\text{d}$ 。国务院拨巨款, 每年新建扩建上水工程 $600 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$, 污水工程 $700 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。

40 多年来, 笔者参加了几十项大中小型的给水排水处理工程中电气与自控方面的设计任务, 承担过北京、深圳等大城市供水调度系统和源水调度系统的设计任务。通过认真研究国内外近十年来典型的自动控制系统运转实例, 我国水工业的自动化水平比国内其他行业要落后 10 年左右, 特别是水行业各系统水处理工程, 购买了许多昂贵的水质分析仪器仪表, 引进了许多好的技术, 也走过了不少弯路。在新形势下, 如何使这

个传统的基础产业在经济全球化的环境中有一个立足之地?水工业综合自动化的核心技术是什么?建立什么样的自动控制系统?是摆在所有投身水行业的科技工作者面前的严重挑战。

2 现代化水工业对自动化控制系统的要求

2.1 现代化水工业发展的特征和基因要素

各大城市各工矿企业要做的给水排水或污水处理项目,尽管实际情况千差万别的,但是,对一个现代化的水企业,都有一个共同的特征:需要用生产模式柔性化去适应当今市场的各种需求。供需能力与资本运营国际化,不断地节省成本,缩短市场的供应期;产量研发快速化,尽快适应水量周期日益缩短的趋势;竞争优势联盟化,最大限度满足客户的要求。

在激烈竞争的世界经济环境中,水企业要不断地取得竞争的优势,不仅在信息化、网络化建设的工厂策略方面,要以本企业的经营策略快速高效的高度融合,都必须具备三方面的“基因要素”:极强的应变能力;极强的应变速度;极强的求知力度。

2.2 现代化水工业对自动化控制系统的要求

总结国内外成功与失败的经验和教训,就清楚的知道,像国外一些水务集团和国内一些水务集团(如深圳)能越做越强,收购国内其他濒临破产的水务公司,就是在三个“基因要素”方面做得好些。对三个“基因要素”进行深刻的剖析,一个立于不败之地的水企业对现代自动化系统的要求如下:

(1) 要有极强的应变能力

一个现代化的水企业,必须强化对变化的洞察能力,对经营模式的重构能力,控制系统要支持各工艺流程中核心技术的形成能力;系统要支持对风险的应对能力。

(2) 要有极强的应变速度

一个现代化的水企业,对陈旧落后的工艺和设备要尽快革新,经营模式改变了,就要创新,具有对变化相应的快速性;对一些没有通信功能的老掉牙的监测仪器和变送器、传感器、执行器要尽快更新。使传统实现信息快速整合性;对一些过了时的控制设备,要加强网络建设,使系统实现对现场状态能在线及时把握的快速性;对水质或一些突然事件发生巨大变化时,系统对异常情况的对策要有快速性。

(3) 要有极强的求知力度

经济全球化后,市场竞争是非常激烈的,那种安于

现状,对市场变化毫不知情,对供应链知识一无所有,就会被动挨打。现代化的自动控制系统,要支持市场竞争的决策力;系统要增强数据与信息资源的应用能力;系统要增强数据资源的提炼能力;系统要增强成熟知识的模型转化能力。

10年前的所有水处理企业不用谈了,就是10年来新建扩建的水处理企业,虽然在某些方面取得了进展和实效,但是要真正达到上面的三个“基因要素”,只是万里长征走完了第一步。一个现代化水企业对监控系统的特性和要求,归根结底还是要在企业现场,基础数据的获取上下功夫,使创造的新系统,能覆盖本企业网内外及最低层的生产活动面上,而且要速度快、精度高,工序流程在网上极好的整合,系统控制要稳定、实用和可靠。

3 信息控制一体化创建现代化水企业

3.1 我国水工业自动化现状分析

与其他系统企业相比,传统的中国水企业自动化水平要落后10年左右。上世纪80年之前的水企业监控系统以分立元件为主,各种水质分析仪表、加药系统、水位、温度、压力、流量以及供配电系统各种参数监测的变送器、传感器、执行器、纸质记录仪等,笨重粗大、功能低下,当时价格非常昂贵,监控中心只能是个别参数的显示。

上世纪90年代之后,水企业工程中,先后设置了PID调节、比值、前馈、反馈、FCS、DCS和最初的以太网技术,经历了几次重大的变革,自动化水平有了较大的提高。但是,成千上万件的现场设备还是处在“孤岛”状态,独立于自动化系统之外,瓶颈问题到处存在,上面管理决策部门对各水厂车间的工艺流程的生产状态不能在线获取。供应链营销服务、管网监测都在脱节状态下生存。

最近5年来,许多大城市水企业,构建了PLC及FCS现场总线系统,特别上了许多工业以太网技术,但数据不全,传上来的一些数据也不能共享。利用率极为低下。严格来讲,不能算作自动化系统。更不用说,许多没有搞自动化建设的水企业了。许多工程设计的工业以太网+TCP/IP协议的监控系统,绝大多数在ISO/OSI七层通讯模型中的物理层、传输层、网络层和数据连络层。现场车间中用的PLC控制器为主,即应用层和表示层、会话层中用的很少。纵向和横向的各

种数据还是没有整合。

3.2 现场网络用FCS还是用实时工业以太网的比较

众所周知, FCS 现场控制总线是专门按照现场通讯的要求来开发的, 基本满足现场信息传输的实时性要求, 使用方便、诊断功能强, 比DCS系统更经济和自动化、数字化, 开放性是它的最大的亮点。但是, FCS 现场总线不能完成大量的数据传输, 较多采用主/从控制方式, 不容易实现控制系统传输要求, 各大厂家开发的软件技术并不兼容, 无法实现总线并联, 它们变成一个又一个的“孤岛”, 使“不明就里”的广大用户吃尽了苦头。

今天, 实时的工业以太网技术在水行业中也得到了最广泛的应用, 它的多主站、通用性、可以同时采用不同速率来传输大量数据信息正好补充了各种FCS现场总线的不足。基本上满足了水工业系统各企业现场的生产管理与OFFICE系统通讯的要求。

3.3 水工业的现场控制网络必须采用实时工业以太网

实时工业以太网比过去常用的12种FCS现场总线, 除了上面提到的以外, 还具有一系列的优点。

(1) 采用公认TCP/IP通讯协议, 现场层就极易与Internet连接, 实现各公司与众多现场层流程控制的无缝链接。价格低廉、稳定可靠, 通讯速率高、软硬件产品丰富, 支持技术非常成熟, 是工艺系统最受欢迎的通讯网络。

(2) 随着高速以太网等工业以太网技术的迅猛发展, 基本上解决了初期工业以太网的确定性问题, 其通讯速率一再提高, 从10Mbps, 100Mbps增加到今天的1000Mbps, 10Gbps。这是FCS系统无法比拟的优势, 在数据吞吐量相同的情况下, 意味着网络负荷的大幅减轻, 网络碰撞的几率大大降低, 提高了网络的确定性。

(3) 采用星型网络拓扑结构, 功能强大的交换机可将网络细分为若干个网段。交换机之间, 通过主干网络进行连接。交换机可对网络上传输的数据进行过滤处理, 使每个网段内的节点之间数据的传输只限制在本地网段内进行而不需要经过主干网。使本地数据传输不占其它网段的带宽, 从而, 大大降低了所有网段和主干网的网络负荷。

(4) 交换式全双工的实时工业以太网就消除了数据在网络上的碰撞的问题, 使Ethernet通讯的确实性和实时性又大大提高了一步。

(5) 实时工业以太网可持续发展的潜力巨大。监控

主站计算机, 通过Internet 能实现管网GIS 地理监控系统及众多远程的取水泵站, 取水头部的I/O 接点实现无缝连接, 可在主站中心或任何网上链接的其他地方, 进行修改整合或监控管理。

3.4 尽量采用嵌入式技术

采用嵌入式技术, 将过去的FCS、DCS、PLC、GIS、OAS 办公自动化系统, 所有现场测控系统及主工艺流程所应用的先进控制技术(如未来量软测、模糊神经技术在线监控的加药系统, 污水生物废气处理的人工智能仿真闭环监控系统等等)都纳入到“Internet+RTE+TCP/IP 协议”为主要模式的信息控制一体化系统中去。

众所周知, 嵌入式技术将成为21世纪发展最快的IT产业。嵌入式系统是以应用为中心, 以高端的计算机技术为基础, 软硬件可以任意裁剪, 适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功能有严格要求的专用计算机系统。也可以说是嵌入到对象体系中的专用计算机系统, 用来实现主站监控系统对其他设备的控制、监视或管理等功能。

下一代的网络设备中, 嵌入式设备将大大增加, 约占70%左右, 并与Internet 联网。专家们预测, 到2010年是嵌入式Internet 时代, 这一时代将会产生比PC时代多成百上千倍的瘦客户服务器, 能在Internet 网上, 自动、实时、方便、简单地提供网上任何需要的这些信息的对象。嵌入式系统是实现水工业信息控制一体化的不可分割的一部分。

一个城市的水务集团公司, 只有充分采用嵌入式系统, 彻底改造过去的传统仪器仪表, 彻底改造一切与信息控制一体化不相配套的变送器、传感器、执行器、阀门、机电产品, 将Internet 功能和Ethernet 功能嵌入到过去构建的各种现场控制系统(FCS)、PLC 系统、DCS 系统或初期的工业以太网监控系统的设备中去, 才能真正实现全公司系统的信息控制一体化的监控目的。

3.5 符合信息控制一体化的实时工业以太网(Real Time Ethernet, 简称RTE)

水工业工程设计者, 在新建和扩建的水处理工程中, 应该优先选用实时的工业以太网来构建监控中心和各个站级的控制网络。在设备层采用PLC 可编程控制器, 各水处理的厂站级和同级监控中心基本上都用实时工业以太网(RTE)+TCP/IP 协议+Internet 组建网站。

目前水工业自动化控制系统越来越复杂。对一个大的水处理工程, 过去的DCS 系统、现场总线上各现

场单元采用的 PLC 系统以及用于闭环控制的 MC 系统, 它们的链接, 要求高速化、紧密化, 整个系统有更多的独立的分散式控制功能器组成, 数量巨大的传感器、驱动机构、变速器、仪器仪表要求虚拟化、微型化、数字化、智能化和网络化。但是, 过去这些工业 PC、OPC 和以太网技术, 只要被镶嵌在传统的系统结构中去, 也只能对系统作些边缘性的提高, 所有 PLC 等控制器还是孤岛独立地控制, 只管束独立的数据。

目前世界流行的六种实时工业以太网技术, 打破了过去传统的系统结构的坚冰, 为真正科学的信息控制系统奠定了坚实的技术基础。

目前流行的实时工业以太网: EtherCAT、Ethernet Powerlink、EPA、PROFINET、MODBUS-RTU 和 Ethernet/IP 等, 为了提高网络的实时性能, 这些厂家做了大量的研发工作, 实时响应时间, 都可以做到 5~10ms 或更低, 与过去专门为工业现场的设备通讯设计的 FCS 现场总线差不多, 甚至更快, 基本上满足了水工业处理流程的需要, 但是对于加药系统精度响应时间的运动控制系统, 最好是近百个节点控制响应时间小于 1ms 左右, 而抖动误差要小于 1 μ s 左右。这六种实时工业以太网, 各自有它们研究专利技术。但是, 对广大工程设计科技人员来说, 还是希望有一个比较实用的公共标准, 再不要像现场总线(FCS)那样, 在实际应用中不知所措。

笔者希望有这样的实时工业以太网: 对整个监控系统来讲, 要有一个大家共同遵守的标准化编程语言系统软件设计平台, 在这个开发平台上, 只需要一个公共的变量定义和一个存放所有参数和控制功能的中央数据库。这种标准的软件编程技术, 能同时开发多主站和多终端的所有设备, 也能同时调试和安装参数众多的机械设备, 特别是现场的 PLC 可编程控制器, 它应该是 DCS、FCS、IPC、CNC、GIS、OAS、PLC、MC、SCADA 系统的编程的统一标准, 这种开放的模块式结构应面向所有工业的现场应用, 从现场机械设备一直到整个系统的所有设备, 这种开发平台, 即可以是基于 PLC 的硬件平台, 也可以是基于 PC 的软件平台。用户是上帝, 希望广大实时工业以太网的厂商, 尽快研究出具有上述要求的更简单实用的新平台。

4 现场网络技术是实现信息控制一体化的必要条件

从小系统到大系统, 从单一的水厂到大城市水务

集团众多水处理工程与管网技术信息集中监控的设计中又是关联整个系统的结构体系, 涉及到整个系统的全局性和根本性的问题。特别是众多分散的厂站级现场网络, 像人的四肢的神经网络, 它是源头。

4.1 信息控制一体化条件

好的现场网络为构建新型的信息控制系统创造了条件。新型实用的工业以太网, 可以使网络延伸到自动化系统的最低层——各种水质仪器仪表和现场设备, 不仅能横向整合现场信息资源, 做到快速响应, 也能纵向整合现场信息与企业管理信息, 建立全局性的自动化系统, 以达到准确诊断、及时调控、快速维护、远程监控、管理服务。就可以满足企业领导层的运筹决策, 能做到及时参与全球化的竞争要求。

4.2 信息控制一体化基础

好的现场网络为创造全数字化的开放的信息控制一体化系统奠定了基础。一个好的现场网络架构, 可以快速和科学的使基础数据构成有序的数据集合, 形成对本企业运营全面完整的精确的描述。在上一级的监控中心, 可准确的集成主工艺流程中各种先进控制技术专用的数据集合的在线应用, 达到数字化实现系统的高精度, 高闭环调控的目标。

过去, 各大城市的给排水的工艺电气自动化专家们, 利用贷款和政策的巨资支持, 引进了许多高精度的水质分析仪器仪表, 配置了昂贵的工控机、多功能的数据库、大型的显示盘, 也采用了 GIS 管网监控系统, 用水量预测, 投药量闭环控制, 溶解氧控制、污水处理的 PBF 人工神经网络, 污水处理中 SBR 工业流程的模糊控制技术等的软件和硬件的系统配置, 其功能收效甚微, 没有真正发挥其高精尖测控仪表的作用: 就是因为没有一个完全开放的好的现场网络。

生产过程控制参数的精确设定, 生产实绩、设备和流程状态的信息, 都是企业信息的重要组成部分, 要通过现场网络在线的无距离的精确的实现。这种最底层的控制网络, 就在现场控制层, 他对应控制系统的 3 层结构, 见图 1。

一个理想的数据结构体系, 必须创建一个理想的现场网络结构作基础, 才能支持和促进本企业的基本要素生长发展的环境。

4.3 信息控制一体化生命周期成本

好的现场网络技术为实现本企业的“生命周期成本”开辟美好的前景。每建一个水处理工程, 对本企业

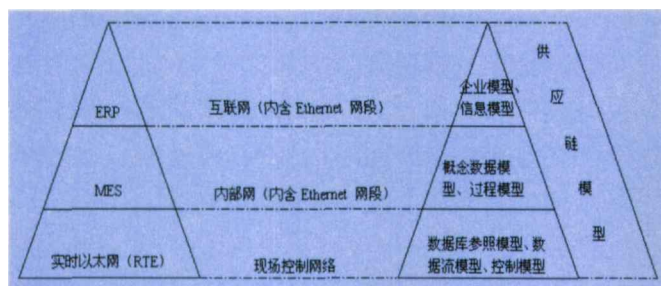


图1 现场网络概念结构图

的建设成本、维护运转成本、出厂水质精度、环境污染改进加成本，企业的寿命周期，从工艺到电器，从信息到控制，都要高瞻远瞩的精打细算，如何做到单位水产值耗电量最低，是笔者一直追求的目标。

一个好的现场网络，才能为大家所追求的目标铺平道路。这个“生命周期成本”，对工程建设成本和长期运转成本的节约降耗，必须用科学的数字来进行全面比较。有了好的现场网络系统，就能利用上下左右，企业内外的资源信息优势，最大限度的发挥现场设备的全部功能，就能带来最低的维护运转成本。一般来说，长期的运转成本节约降耗，远远大于初期建厂的成本节约。

5 信息控制一体化的根本保证

传统的仪器仪表，要充分利用嵌入式技术，尽快虚拟化、数字化、智能化和网络化，是实现信息控制一体化的根本保证。几千万件的现场测控仪器仪表，加上他们配套的变送器和传感器、执行器是建立水工业领域公司级和厂站级监控系统的眼睛是基础。上世纪80年代初，一位美国专家就提出“软件就是仪器”的新思想。虚拟仪器的核心思路，就是利用计算机强大的资源优势，是本来需要专用硬件实现的技术软件化。以使最大限度的降低系统成本，增强系统功能和灵活性，随着IPC技术发展，国内外智能虚拟仪器(Intelligent Virtual Instrument, IVI)正在蓬勃兴起。用户可在各处的WEB浏览器上自动生成仪器驱动器代码，可自动完成各种流程工业现场状态的检查、可自动诊断、可自动修改编程；可在强大的仿真功能支持下，不用连接实际仪器仪表，就可开发各种测试程序；更可贵的是，他可以结合专用集成电路(ASIC)优点和计算机相结合的可重构计算机，对大量的可编程逻辑单元阵列(FPGA)作出灵活的相应配置，还可通过流水线级甚至任务级的并行计算机，使运行速度达通用计算机的数百倍以上；更可随机按需要高速、远程联系网络上各类仪器。

基于实时工业以太网技术和TCP/IP协议为基础的现场仪器仪表测控网络，使得仪器仪表不再受限于某一特定的计算机操纵，仪器仪表可以独立于计算机而存在。可以和所有的不同级别的计算机一样，在网络上是一个独立的结点，可以自由的灵活的接入以太网任何一点，就是说，可以在以太网或互联网上被任何一台计算机访问，实时的动态的在线监测。

TCP/IP协议嵌入现场仪器仪表上，以TCP/IP方式收发信号，彻底实现互操作性、开放性强的总线标准。以太网和TCP/IP协议的标准就是现场仪器仪表测试系统的通讯标准，开放的互联网结构就是所有的厂站级(乃至公司级的广域网络监控系统)的监控系统结构，可以很方便的在各监控级的分散控制和冗余设置，系统故障就可以大大降低，监控系统的安全性和稳定性很高，增强了现场数据处理能力和关键的某工艺流程闭环先进控制技术的应用水平。

以TCP/IP协议为基础的现场测控系统将每台网上计算机和各厂站级仪器仪表有机的联系在一起。如某一厂站采集数据后可按需拷贝多份送往各需要部门，或者定期将测量结果送往远方数据库保存，需要是可随时调用，即使身处异地的不同用户也可同时对同一过程进行监控。

接入以太网络上各处仪器仪表和计算机软硬件资源，其性能可能差别很大，然而一旦组成网络环境，就可对不同功能的计算机分配不同的任务，不同功能的仪器就可以统一调用，从而使网络系统的性能达到最佳，不同用户可在网上任何地方进行数据采集、分析和在线修改。厂站级ETHERNET(以太网)能把各种功能的计算机和各种功能的仪器仪表，最有效的连接到互联网上，以便组成公司级的以互联网为基础的综合自动化监控系统。

6 结束语

随着IT技术、虚拟技术、嵌入技术、网络技术、高端工控机技术、先进控制技术的飞速发展，随着工业自动化系统的不断完善，纵观国内外水工业建设的经验教训，自动化监控系统面临着一场革新。采用Internet技术，使得集中型自动化系统真正成为带有分散型智能化的网络控制。从上面提到的基因要素和对自动化系统的要求分析来看，必须澄清已经流传了几十年的提法和做法。上世纪70年代，日本人提出了“MECHATRONIC”

的概念,即“机电一体化”。由于针对机械制造行业的特点,将电气产品有机地集成于一体,突出机与电的整合性,在机械制造行业引起了一场革新,也波及水工业和其他行业,它没有解决多机多控制的通信问题和监控的数据传输问题,我国的IT专家们,提出了“管控一体化”的概念,但是它仅仅侧重于控制层和管理层之间的信息问题,而忽略了如何提高工业控制系统传输的实时性和确定性问题。特别是忽略了现场层各种信息采集和准确传输的关键问题。很难想象,在一个控制系统中管理层不能及时正确的得到现场实时数据时,怎能作出正确的判断?自动化系统的工程师们认为,唯一正确的途径是创建新型的“信息控制一体化”。实现“信息控制一体化”的关键是采用新型的监控系统,即“可编程自动化系统”(PAC),见图2所示:

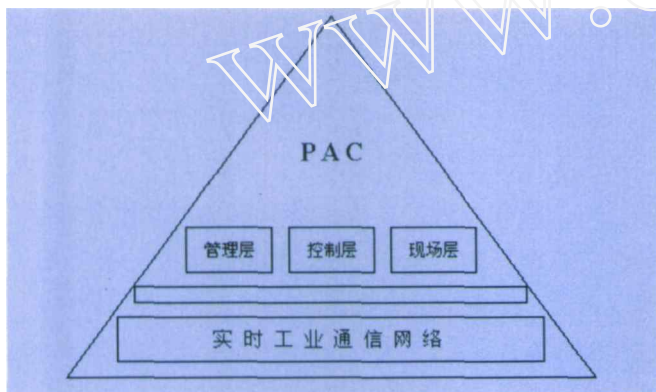


图2 信息控制一体化结构图

PAC系统集成DCS、MC、PLC、FCS的优点,将多个控制系统的元素集中在一个平台上,同时更多的考虑

了与现场应用之间的联系。纵向和横向的信息都畅通无阻,将管理层、控制层和现场层,企业系统内外的其他网络系统集成时间减小到最小,就可在网络上无距离的不间断的沟通和交流。实际上,PAC系统就是Internet + RTE + TCP/IP协议的有机的灵活的集合体。

“网络就是控制器”。必须要抓住现代企业自动化系统的核心技术,开发新型的控制器PLC open。开发新型的信息控制一体化系统,将传统的水企业竞争力大大提高一步,在经济全球化的浪潮中占领一席之地。

参考文献

- [1] 缪学勤. 实时以太网技术最新发展. 北京: 电气时代, 2005
- [2] 林跃, 张彦成. 嵌入式系统促进工业控制领域发展. 世界仪表与自动化, 2006
- [3] 余启刚. 仪器仪表的虚拟化、网络化和智能化. 自动化博览, 2003
- [4] 陈运珍. 水工业厂站级监控系统的最新模式研究. 测控技术, 2005
- [5] 孙延才. 嵌入式系统与自动化. 世界仪表与自动化, 2005

作者简介

陈运珍(1941-) 男 高级工程师 从事电气与自控专业的设计工作, 现任中国电工技术学会水工业电工专委会秘书长。

(上接第10页)

目标函数。城市交通智能化必须把地理信息系统、全球定位系统和卫星遥感技术的3S技术, 加上各种智能化传感器, 结合城市规划中的现实交通网络(包括地面交通、地下交通、空中交通和铁路、公路、水路)和未来发展了的交通网络, 在智能城市的总体规划下, 完善不断变化着的城市电子地图和各类地物标志, 周密设置不同交通等级的虚拟控制中心, 虚拟流动模拟、虚拟通过能力、虚拟交通疏导方案、虚拟交通寻路的优选, 从而将移动物体(车辆)的流动通量, 无人值守的自动调控信号及车载智能终端等的信息采集、信息处理、信息反馈和优化决策组成一个高度灵敏的交通智能系统, 该系统将成为智能城市建设中首先实现的可行目标。

6 结束语

城市的智能化程度, 是一个城市数字化或者信息化程度的标志。随着智能城市的实现, 将有可能更加优化地配置城市的自然资本、货币资本、人力资本、生产资本、社会资本和政治资本, 由此达到大力节省资源, 提高整体效率, 促进经济发展、推动社会进步, 改善生态质量, 促进经济的可持续发展和和谐社会的建设, 这正是我们努力奋斗的目标。

参考文献(略)

作者简介

王正中(1945-) 男 高级工程师 主要从事城市智能化建设方面的咨询、工程设计等方面的工作。