

城市供水调度广域网络系统结构的探讨

Wide Area Net for Dispatching System of Urban Water Supply

(北京市市政工程设计研究总院, 北京 100045) 陈运珍

摘要: 本文从深圳及北京供水调度系统工程的设计实践出发, 介绍了当前国内城市调度系统现状, 分析了调度管理广域网络系统的建模内容, 论述了网络系统在建模中要解决的几个关键问题, 论证了广域网络系统建立的可能性和必要性。

关键词: 城市供水调度; 调度系统的广域网络; 总体设计; 优化调度前景

Abstract: Starting from the design of the water dispatching systems in Beijing and Shenzhen, the recent status and trends of the dispatching systems of waterworks domestic and abroad are summarized, especially the working content and the key issues to establish a Wide Area Net (WAN) model for the water dispatching management are discussed. A definite argumentation for the feasibility and necessity of WAN system has been given.

Key words: urban water supply; wide area net for dispatching system; master design; foreground of optimum dispatch

1 引言

面对日益复杂的供水系统, 在满足供水水量、水压及水质要求的前提下, 最大限度地提高供水系统的经济效益和社会效益, 是 21 世纪之初摆在所有设计、研究、制造、管理专家面前的重要课题。随着科学技术的不断进步, 现代网络、现代控制理论、通讯媒介及计算机技术等不断发展, 有力地促进了大城市供水系统的控制和管理水平的提高, 使供水系统借助计算机工具进行科学的调度管理成为可能。

国内外的许多专家学者从 70 年代起, 开始尝试将计算机技术应用于供水调度系统模拟、优化设计及水厂水质控制等方面。在供水系统优化调

度管理方面也进行了一些有效的探索和尝试, 开发了一些应用软件。但由于国内设备条件及技术手段的限制, 能在供水的可靠性及经济性方面都较成功的实例尚不多见。北京、深圳与国外厂商协作, 取得了一些成功经验。但随着科技水平的发展及人类对供水要求的不断提高, 建立供水系统的广域网络优化调度系统是给排水行业发展的必然趋势。

2 两大城市供水系统现状

(1) 深圳市供水系统的特点, 其水源主要是东部水源, 其次是西部水源, 为解决东部供水系统每年检修期间深圳特区的供水问题, 将 4 个水库、10 个水厂经加压泵站和传输泵站用输水管线连成一体, 形成了多个水库联合调运, 多路传输的独特的原水输送系统, 东部引水工程完成后, 情况会更加复杂 (现正筹建扩建 21 个水厂)。

深圳市供水系统调度中心工程由原水 (2 个水源、4 个水库、近 200 公里管网) 及输水系统 (5 个输水泵站)、净水系统 (10 个净配水厂)、配水管网系统组成, 同时还要与供电、水利、气象、三防等监控系统建立联系, 整个系统框图如图 1 所示。

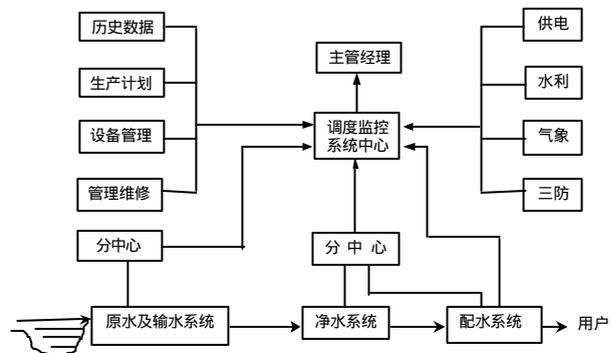


图 1 深圳市供水系统结构框图

(2) 北京市供水系统由 7 座地下水为水源的净配水厂, 2 座地表水为水源的净配水厂, 1 座调蓄水厂 (10 万 m^3/d)、49 口补压井及 5150km 配水管线等设施组成。市区供水能力达 240 万 m^3/d (不包括工业用水), 市区用水普及率达 100%。

3 供水调度系统的设计原则

(1) 一个城市调度系统工程的设计目标应该是全面、优质、经济、快速, 也就是要求调度系统能够对整个供水系统在全面调蓄的基础上, 达到经济调度和优化运行的目的。集水源、制水、配水监控于一身的大城市调度系统, 必须建立完整的、功能齐全的、最现代化的广域网络调度系统。

(2) 广域网络调度系统设计时应遵循如下原则: ① 用户第一、实用性强、保障供水压力和流量; ② 效益高: 既提供明显的社会效益又有很好的经济效益, 尽可能降低系统的造价及运行管理费用; ③ 高可靠性: 系统的软硬件设备, 网络结构应是可靠的, 通讯通道是畅通的, 既要有主干网络, 又要有备用网络以保证系统的正常运行; ④ 操作简便: 系统操作简单灵活, 有良好的人机界面, 技术人员和操作人员容易上手, 可实现无人值班, 可现场调试操作; ⑤ 阶段性: 在系统刚投入时, 凭经验进行调度, 之后借助于模糊规则来进行调度, 最后过渡到专家系统智能调度, 达到最优调度、科学管理的目的; ⑥ 在线维修快、系统扩充性强。

(3) 供水调度广域网络系统建模内容一般可以分成三类: ① 原水的计划调度和实时调度; ② 正常工作状态和非正常工作状态下的制水调度; ③ 配水计划调度和实时调度。

4 广域网络系统结构设计中必须解决的几个关键问题

(1) 用水量预测与需求分析

用水量预测是根据过去历史数据进行分析后找出各个用户区域相关的最主要用水参数和时变特性, 建立模型, 在此基础上做出用户用水量的长期、中期、短期预测, 从而编制出用户年、月、日的用水计划。

用户的用水量是千变万化的, 为了准确地获

得预测模型, 需要对模型进行校正和仿真分析。仿真的条件包括不同用户的用水变化、用水的季节性变化、每日的变化、重大节假日的变化规律。通过仿真进一步分析模型的可信度。

(2) 配水管网运行分析

供水系统中管网的分析与计算是两个重要的模块。管网的分析与计算包括两方面的内容: ① 通过对用户用水的要求, 管网的管道阻耗系数、配水泵的 $Q \sim H$ (流量~扬程) 特性、管网的等水压线的分析, 确定管网的合理布置、管径的大小以及测压线的分析; ② 针对已有的管网分布及其特性, 建立管网的特性分析模型, 用来分析管网对供水的影响, 这一点在调度系统中是必须首先考虑的。

(3) 水厂生产计划编制

通常水厂生产计划包括长期、中期、短期计划, 分别是在每年、每月、每天的实际生产过程中实施。一般的计划编写原则是保证配水需求的前提下降低消耗。供水量是变化的, 因而贮水量也要变化, 从而计划也要变, 这就是分析供水量的变化与贮水量及生产量关系, 也就是要建立一个模型来分析三者之间的关系。

(4) 原水供应计划编制

原水供应的原则是均衡供水, 减少调蓄次数, 降低成本。通常水厂的供水计划是在满足用户需要的情况下, 以最小的成本保持清水池一定的水位, 而原水供应应以保持各水厂的清水池水位一定值时的供水量为准。这就是需要建立一个原水调蓄模型来分析原水的供应与各水厂的用水的关系, 以及在气象、水利等因素的干扰下的变化情况, 同时要借助于模型分析来进行长、中、短期的计划编制及年、月、日供水量的分配。当需要考虑优化时, 则可以在上述模型分析的基础上来进行, 以保证最低的输水成本, 最恰当的供水量。

(5) 非正常情况下的供水分析

非正常供水情况包括: 限定供水、故障供水、和特需供水。限定供水也叫不完全供水; 故障供水和特需供水是非正常供水, 是供水系统的“干扰”。值得注意的是, 尽管可以把故障或特需当成系统干扰, 但还必须充分分析这些“扰动”本身的特性以及对系统的影响方式, 才能更好地分析整个系统的特性。

(6) 模糊规则调度分析

由于各大城市的特殊性和供水系统本身的特点，使整个调度系统变得非常复杂。根据这些情况，我们采取先调度后优化的“两步论”。调度前期通过最小二乘法建立各种用于模拟仿真、辅助分析的模型，之后用模糊规则实施调度，积累一定的经验后，建立科学的、实时在线的监控模型，建立专家智能系统，以实现更完善的调度，完成优化调度控制。

在用模型控制方法对调度系统进行描述时，要快速仿真系统的输入输出的各种主要变量，然后根据已有经验进行模糊规则化，形成调度系统新的控制变量。在运行基础上，在线修改模糊规则，以达到经济调度和优化调度的目的。

(7) 管理软件分析及系统结构

① 北京、深圳供水广域网络调度系统是通过调度中心的调度控制机来实现的，而调度管理规则是为控制机提供基本数据，同时负责整个系统的信息管理工作（包括电子信息服务子系统）。

管理级软件主要包括：管理数据库、历史数据库、数据库管理软件，统计分析，预测分析和经济核算等，用来完成用户管理、设备管理以及生产运行工况管理。

② 供水调度广域网络系统结构

▪ 深圳市供水调度广域网络系统结构

整个系统属于一种数据采集及监控系统（SCADA），该系统采用两台主机，分别作调度系统的控制和管理主机，其中管理机是控制机的备份，系统通过微波、超短波的通信方式，将各种数据送到主机上来，同时借助于快速以太网将各种操作站、工作站挂在网上，以实现整个系统的监控；系统还配有绘图仪，方便工程师将组态图形进行输出，通过服务器挂有报警打印机、报表打印机，还有中文终端等设备。

▪ 北京市供水调度广域网络系统结构

综合管理信息系统设置了 Alpha21002/200 服务器。主干网集总线结构的 Fthemet LAN，其通讯协议为 IEEE802.3，通讯速率 100Mbps 以上。此外还配置了两台 SUN SPARC Starion 20 工作站和两台 586 计算机。

调度控制级负责监测各水厂和管网的运行状况，并通过有线或无线专用数据通讯网向各水厂

下达调度命令。调度控制级采用日本 90 年代推出的工业控制 DCS 系统 CENTUMKCS。

5 城市供水调度广域网络系统的发展前景

目前国内外的专家学者将主要精力集中在对各种广域网络系统的建模上，即对各种广域网络系统优化调度的算法改造和发展上，以提高理论上的可行性。在美国、西欧和日本广域网络的优化调度有很多成功的例子，但各种优化调度的方法在推广应用中还受到很大制约，也就是说它的实用性仍然没有很好地得到改善和推广。而在我国，目前还没有一个完全由计算机构成的广域网络进行决策的供水调度控制系统实例。因此，其研究发展的潜力是巨大的，而随着经济的发展，其市场更是无限广阔。

科学家 

郑南宁 自动控制专家

Zheng Nanning

郑南宁（1952.12.19- ）自动控制专家。陕西省西安市人。1975年毕业于西安交通大学，1985年获日本庆应大学博士学位。现任西安交通大学教授、副校长，陕西省科学技术协会副主席。提出图像分析和视觉知识描述新方法，以及图像分割网络模型和视觉模型，为构造计算机视觉系统和基于图像信息的智能控制系统，提供了理论指导和关键技术。完成“精密装配机器人机器视觉系统”研究，获1996年国家科技进步奖二等奖。发明了一种图像边缘曲线拟合的新方法，并成功地应用于导弹弹头地面风洞试验中烧蚀外形曲线的自动化分析和反坦克导弹系统模拟训练器，获1995年国家发明奖四等奖。“高性能机器视觉及车型与牌照自动识别系统”获1991年国家科技进步奖二等奖。提出在线交互式立体测深方法，研制出“X线数字减影血管造影系统”及“DSA1250数字减影血管造影系统”。研制出具有自主知识产权的数字电视扫描制式转换及图像处理芯片，与海信集团合作，主持设计了采用该芯片的数字电视。发表论文100余篇，著作2部。1999年当选为中国工程院院士。