

城市供水工程广域网络系统结构的再探讨

陈 运 珍

提要 从深圳及北京供水工程调度系统工程的设计实践出发,简介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 城市供水工程 计算机广域网络系统结构 总体设计 优化调度前景

0 引言

面对日益复杂的供水系统,如何在满足供水水量、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,是摆在所有供水部门面前的重要课题。随着科学技术的不断进步,数学规划、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大型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。

自 60 年代起一些发达国家就开始了以计算机作为供水系统辅助调度管理的探索,如日本的东京、神户,美国的费城、华盛顿、丹佛及加拿大的多伦多等城市,就是采用遥测设备将管网中控制点的压力、水厂出厂压力、出厂流量、水位、功率及温度等实际运行参数自动适时地传送到中心调度室,并对超常现象作出自动报警,依此作为调度工程师实际操作的依据。另外国外学者如:美国的 K. Elansey、Robert Demoyer Jr、L. E. Ormsbee,英国的 R. s. Powell、B. Coulbeck、P. Jowitt,日本的 Kazumasa Muguruma、M. Tuskiyama 以及以色列的 U. Shamir、C. D. D. Howard 等人也在调度管理的建模理论上进行了许多有益的探讨。目前在美国、英国、日本、法国等地的一些城市已基本实现了供水系统的计算机优化调度管理,并编制了一些较为通用的调度管理软件,如英国的 GINAS 及美国的 OPWAD 等。

国外的许多专家、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,制作了一些应用软件,如 WNW 等。并在北京、大庆、郑州、济

南、深圳、广州、上海、秦皇岛等地进行了实际应用,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。对有贷款的项目或投资比较充足的项目中的调度系统都是与国外著名厂商协作,北京、深圳就是成功之例。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。

1 两大城市供水系统现状

(1) 深圳市供水系统现状:深圳市供水系统包括深圳水库、西湖水库、铁岗水库、马泻水库、东湖取水泵站、马泻泵站、大冲转输泵站和铁岗取水泵站;净水系统则包括 5 个水厂:东湖山水厂、笔架水厂、梅林水厂、大冲水厂和南头水厂;配水(管网)系统包括各水厂的供水区域内所有的配水管网。

深圳市供水系统有其自身的特点,与国内其它大城市供水系统有很大的差别。其水源主要来自东深供水工程,为解决东深供水系统每年检修期间深圳特区的供水问题,将 4 个水库、5 个水厂经加压泵站和转输泵站用输水管线连成一体,形成了多个水库联合调运,多路转输的独特的原水输送系统,单独一个水厂和一个水库不具备独立的供水能力,必须由供水系统调度中心统一指挥和统一调配才能形成一个有机的整体。

深圳市供水系统调度中心工程由原水及输水系统、净水系统、配水管网系统组成,同时还要与供水、水利、气象、消防等部门建立联系,整个系统框图如图 1 所示。

(2) 北京市供水系统由 7 座采用地下水为水源的净配水厂、2 座采用地表水为水源的净配水厂、1

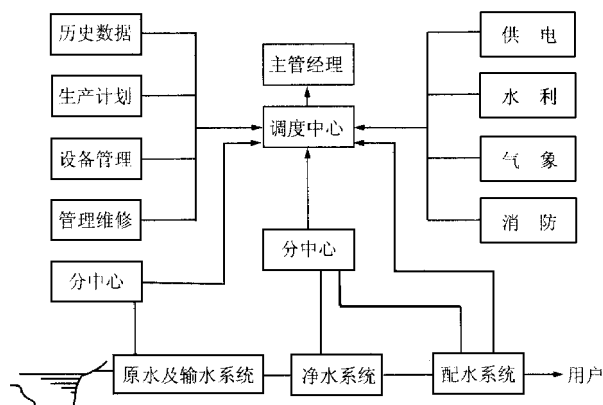


图1 深圳供水系统结构框图

座调蓄水厂(分钟寺, 10 万 m^3/d)、42 口补压井及 5 150km 配水管线等设施组成。市区供水能力 240 万 m^3/d (不包括工业用水)。市区用水普及率达 100%。公司的日常供水生产由独立设置的中心调度室负责。

就每个城市而言,全市分布多个水源及其水源变化,水质情况,生产成本,供水能力都需要调度中心系统统一调配,以在确保用户需要的前提下,最大限度地用最少的能源达到优化调度之目的。每个城市都有其独特的供水方式,给调度系统提出了更高的要求,调度系统必须根据多水源、多水厂、用户种类繁多,分布不均的特点,在充分分析用户情况的前提下,结合季节、天气变化情况以及不同水厂的制水成本,使经济调度、优化调度成为可能。

2 供水调度系统的设计原则

(1) 一个城市的调度中心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。同时还应有快速的应变能力(对各种故障和突发事件作出反应),具体地说就是调度系统应提供:

全市长、中、短期供水计划。

各水源长、中、短期调蓄计划。

各水源长、中、短期生产计划。

管网运行分析(包括实时运行分析,模拟仿真分析)。

非正常供水状态下的调度方案,包括限定供水、故障供水、特需供水等状态下的调度方案。

供水系统运行参数的存贮、处理能力,这些参数包括水质参数如浊度、余氯、pH 值等;生产参数如耗电量、耗药量、各厂站进出水流量及压力等。

(2) 广域网络调度系统设计时应遵循如下原则:

用户第一,保障供水压力和流量。

实用性:调度系统的投入要达到预期的目标。

经济性:既提供明显的社会效益和企业经济效益,又尽可能降低系统的造价,即最优化调度、最大可能节约能源。

可扩充性:为调度系统调度范围的扩展留下充足接口。

可靠性:系统的硬件设备,网络结构应是可靠的,通讯线是畅通的,以保证系统的正常运行。

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。

可维护性:采用的设备通用性好,配件易于采购或代替,维护简单,修复时间短。

阶段性:调度系统的任务艰巨,涉及面广,其目标的实现和任务的完成是分期进行的。在系统刚投入时,只能凭经验进行调度,然后借助于模糊规则来进行调度,最后过渡到采用专家系统来调度,达到合理调度、协调管理的目的。

(3) 供水调度广域网络系统一般可以分成以下三类内容:

原水调度。

正常工作状态和非正常工作状态调度。

配水计划调度和实时调度。

上面每一种调度方式都不是独立的,不同方式的组合构成了调度的不同模式,比如:

正常状态下原水的计划调度。

正常状态下原水的实时调度。

非正常状态下原水的计划调度。

非正常状态下原水的实时调度。

正常状态下配水的计划调度。

正常状态下配水的实时调度。

非正常状态下配水的计划调度。

非正常状态下配水的实时调度。

其中非正常状态包括限定供水工作状态(即不完全供水状态),故障供水工作以及特殊需要条件下的供水状态。

应该说正常状态下的原水计划调度和实时调度是调度系统的首要任务,它主要解决在水源充足的条件下为满足用户的用水要求,需要对各水厂下达生产计划,同时根据实际用水量的变化在线调节供水状态,达到经济调度的目的。

原水的调度,主要是计划调度,即根据用水量的变化要求提出水厂原水供应计划,以及各水库的调用计划,而原水的实时调度仅是对计划的实时调整,以保证水厂生产和优化。

3 广域网络系统结构设计中必须解决的几个关键问题

3.1 用户用水量预测与需求分析

用水量预测是根据过去用户用水量的历史数据进行相关分析后找出各个用户区域最主要用水相关的参数和时变特性,建立模型(通常采用 ARMA 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。

用户是变化的,用户的用水量更是千变万化,为了更准确地获得预测模型,需要对模型进行校正和仿真分析。由于水厂供水数据比较齐全,通过对水厂供水量模型的建立,可对用户用水模型和分布模型进行校正。仿真的条件包括不同用户的用水变化、用户用水的季节性变化、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。

3.2 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,其一是通过对用户用水的要求,管网的管道阻抗系数、配水泵的 $Q \sim H$ 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点的位置,其二是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。

配水管网分析模型的建立涉及的管网参数包括管径大小、水头损失、节点流量、管线布置、配水特性等。管网模型包括模拟仿真分析模型和在线实时计算模型,管网运行分析的目的是用管网模型来分析管网测压点变化对供水的影响。

3.3 水厂生产计划编制

每个水厂的生产计划编制是在分析该水厂的生产能力,供水范围的基础上,应根据整个调度系统的工作状态来进行,同时还要考虑水厂的制水成本。

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供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。

3.4 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、短期的计划编制来进行年、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。

3.5 非正常情况下的供水分析

非正常供水情况下包括如下几种情形:

限定供水。

故障供水。

特需供水。

其中限定供水也叫不完全供水,是针对高峰供水时间内,水源紧张情况下的供水方式。

故障供水中故障又可分为:输水系统故障,水厂设备故障,配水管网故障等。

特需供水中的特需是指:大型社会活动,节假日,消防供水。

其它两种模式下的非正常供水,则可以将非正常情况看成干扰,在前面讨论的模型中,考虑扰动作用就可以解决问题,或者采用控制算法时,作适当调整就可以满足要求。

有一点值得注意的是,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。

3.6 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,我们的做法是先调度后优化的“两步论”。在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,用模糊规则实施调度,积累一定的经验后,建立专家系统以实现更完善的调度,通过建立预测模型,完成优化调度控制。

模糊规则的控制是一种非线性控制,也属于智能控制范畴,在深圳市或北京市供水系统中,利用模糊规则来实施调度有它的必要性和优越性。

(1) 调度是一个大系统,结构异常复杂,多变量多参数,难以用一个精确的数学模型来描述。

(2) 城市供水调度系统是一个全新的广域网络系统,很多方法处于探索之中,不定因素占的比重很大。

(3) 调度系统还要求根据实际需要,管理人员可在线修改模型参数。

在用模型控制方法对调度系统进行描述时,先要确定系统的输入输出的各种主要变量,然后对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,再在线修改模糊规则,以达到经济调度和优化调度的目的。

3.7 管理软件分析及系统结构

(1) 北京市、深圳市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。

管理数据库中,主要子库有生产管理数据库、计划管理数据库、技术管理数据库、水质管理数据库、水源管理数据库、管网管理数据库、图档管理数据库、维修管理数据库、综合管理数据库等等。

建立一个现代化的供水调度中心完成繁杂多变的调度任务,其选用的硬件设备以及基本软件应是可靠和充分的。

(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:

由于整个系统属于一种数据采集及监控系统(SCADA),我们选用了美国德州仪器公司(TI)的S/3系统,该系统采用两台VAX4400作为上位机,分别作调度系统的控制级和管理级主机,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,同时借助于网络将各种操作站、工作站挂在网上,以实现整个系统的监测;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,还有中文终端等等设备。

北京市供水调度广域网络系统结构:

北京市供水调度走过很长历程,现在的综合管理信息系统设置了配合DEC公司的Alpha21002/200服务器。主干网集总线结构的Fthemet LAN,其通讯协议为IEEE802.3。通讯速率为10Mbps网。

调度管理级除了服务器外还配置了两台SUN SPARC Starion 20工作站和两台586计算机。

调度监控级是公司调度的中枢。

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CENTUM KCS。系统采用双控制总线结构。

4 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的改造和发展上,亦即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的推广应用还是受到很大制约。也就是说它的实用性仍然没有很好地得到改善和推广。特别是在我国,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非常巨大的,随着经济的巨大发展,其市场是无限广阔的。

城市供水广域网络优化调度系统的应用,在很大程度上依赖于系统监测控制设备及数据获取水平

吉林市二水厂扩建工程自动控制系统

刘智晓 王广富 孙大军

提要 吉林市二水厂是新扩建完工的供水能力为 $16 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 的现代化水厂,其自控系统采用法国 Telemecanique 公司集散型控制系统。简要介绍了该厂自动控制系统的配置及其功能,选取较具样本特色的 V 型滤池工艺及加氯工艺自控系统两个监控子站作了功能介绍,浅谈了管理运行体会。

关键词 给水厂 自动控制系统 结构 功能 V 型滤池 加氯 运行

0 工程概况

吉林市二水厂原厂处理规模 $4 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,1964 年建成投产。扩建工程净水厂部分 1996 年 6 月开工建设,1998 年 7 月竣工投产,设计供水规模为 $12 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,采用成套进口设备,工程总投资 2.1 亿元。扩建工程净水系统过滤工艺引入 V 型滤池,水厂自动化控制系统采用法国 TE 公司集散型控制系统,对水厂生产设备及工况进行控制和监测。

1 水厂自控系统概况

1.1 系统结构及功能

二水厂自动化控制系统由中心控制站和若干现场监控子站及通讯网络构成,是由计算机(PC)和可编程逻辑控制器(PLC)组成的集散型控制系统(如图 1),是实现过程控制自动化与信息管理自动化相结合的管控一体化的综合集成系统。其特点是可实

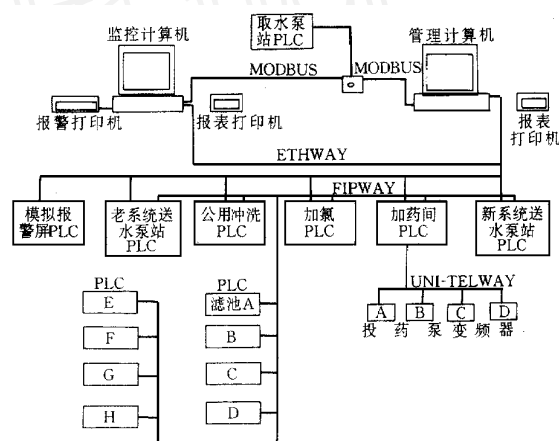


图 1

现生产过程的“集中管理,分散控制”的功能,系统运行可靠度高,能实现中心控制站、监控子站和现场手

系统的提高,各种应用程序的普及程度及用水量预测模型的预测精度。当然还有一个重要原因就是应用部门对此的重视程度。据笔者了解,相当一部分自来水公司的管理人员对应用计算机进行调度运行抱有怀疑态度,不能确信计算机优化决策结果所产生的运行安全性及经济性,这也督促我们的优化调度研究人员能够更为实际地进行研究开发工作。对于每个供水系统的管理部门,调度运行的操作人员都有一些对其供水系统有价值的经验调度策略,它将可能对优化调度系统的开发产生重要的作用,因此需针对具体的供水系统进行分析研究,以了解其实际需要,并真正得到应用部门人力、物力的支持,取得能反映系统实际情况的基础数据库,并建立应用的监测控制及数据获取系统(SCADA),开发出与实际

系统相吻合的计算机广域网络优化调度系统。

参考文献

- 1 吕谋,赵洪宾. 时用水量预测的实用组合动态建模方法. 中国给水排水,1998(2)
- 2 孙伟,赵洪宾. 城市供水系统宏观优化调度建模问题. 全国青年管理科学与系统科学论文集(第二卷). 系统工程出版社,1993.3
- 3 刘白德. 城市供水管理信息系统的设想与实践. 扬成华机电委员会第三届第三次年会论文集
- 4 吕谋,张乔,赵洪宾. 供水系统的优化调度方法探讨. 给水排水,1999,25(12)

▲作者通讯处:100045 北京月坛南街乙 2 号
北京市市政工程设计研究总院
电话:(010)68022654
收稿日期:1999-9-23

summarized from three sides: the enforcing consciousness of responsibility, the skills on operation and troubleshooting and the fundamental requirements of management.

Automatic Sprinkling Fire System for Multi-Story Building Xie Xiaoqing et al (59)

Abstract : Depending on the best conforming to the national economical level, the automatic sprinkling fire system (ASS) will be the leading to replace the hydrant fire system for multi-story building in this country. These two systems are compared by the author from economical, technical and operational sides and recommendations to accomplish this transfer are proposed.

Consideration on the Building Fire Control in China Zhang Juliang (61)

Abstract : The existing problems on the Building Fire Control in this country are discussed and the author thinks that it is inadequate if only the safety was taken into consideration with the input/output ratio being disregarded. A fire system which is chosen on the basis of performance and the conformation to the practical situation of this country shall be used as a leading fire system for the civilance industrial buildings. The automatic sprinkling system is a such one and the essentials to apply this system are supposed.

Problems in Computing for Water Hammer Caused by Pump Failure Xie Shuibo et al (64)

Abstract : Some problems of theoretical discussion and practical processing related to the computer-based numerical computing of water hammer caused by offstream of pumping assemblies are described in this paper. The scopes involved are boundary condition equations, simplification of pipe-networks and section of calculating, parameters set-up of pump and valves, patterns of water rupture of water flow and valve movement in water hammer status.

Quality Control of Vacuum Chlorination in Water Treatment Cui Xiaoguang et al (67)

Abstract : Problems related to quality control of vacuum chlorination in water treatment, including the required items and the control methods are discussed.

Equipment Management of Wastewater Treatment Plant Ke Chongyi et al (70)

Abstract : As an important material basis, equipment of well management is essential to get the normal performance and further improvement of WTP, like to expand the capacity, to recover the quality of effluent and to cut down the expenses for better benefit of wastewater treatment. The so called equipment management has to be responsible to every things to guarantee the safety operation according to the schedule, these include the operating, maintenance and repair of every specific devices and the integrated management of overall equipment.

On the Marketing Model of Water Supply Enterprises of China in 21th Century Zheng Hailiang (75)

Abstract : On the basis of the comparison and analysis of water supply enterprises domestic and abroad, the marketing model of water supply enterprises of this country in 21th century is described for exploring from several ways like the macro manifestation, external regulation environment and internal performance mechanism. The author thinks that establishment of powerful enterprise groups and forming of oligarch competition shall be the primary of marketing model.

Wide Area Net for Dispatching System of Urban Water Supply Chen Yunzheng (79)

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 have been given.

Automation of the 2nd Waterworks in Jilin, Northeast China Liu Zhixiao et al (83)

Abstract : The 2nd Waterworks in Jilin has been expanded and modernized now with capacity of 166 thousand cubic meters per day. A concentration-dispersion control system imported from a French firm was adopted. The figure and function of the automatic control system are described with a stress on the two monitoring substations of V-filter and chlorination. Also the experiences in operating and management are presented.

Sponsored by Water & Sewage Society of CCES

China Building Technology Development Center

Edited by the Editorial Board of Water & Wastewater Engineering

Address 19 Chegongzhuan Street, Beijing 100044, China

Tel (8610) 68362263 **Fax** (8610) 68316321 **E-mail** :watercab @public. bta. net. cn **http** :// www. waterwaswater. com