

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.16.005

# 基于在线模型的供水管网优化调度系统设计

赵美玲<sup>1</sup>, 张巧珍<sup>2</sup>, 朱俊<sup>1</sup>, 翟春丽<sup>1</sup>

(1. 北京清控人居环境研究院有限公司, 北京 100195; 2. 苏州工业园区清源华衍水务有限公司, 江苏 苏州 215021)

**摘要:** 基于水务公司供水现状和实际业务需求,采用先进的计算机和网络技术,开发了基于在线模型的供水管网优化调度系统,包括实时监测、水量预测、日常调度、智能调度、调度控制等功能模块。系统采用分层设计的体系结构,包括数据层、模型层、调度层以及应用层,具有与多源数据无缝对接、可进行动态水量分配以及数据清洗机制保障特点。系统支持两级调度方式、自动生成水厂及泵站的调度指令,具有强大的监测、预警、决策、调度管理和展示能力,能够辅助实现科学合理的供水调度,提高企业的经济效益。

**关键词:** 在线模型; 供水管网; 优化调度; 系统设计

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)16-0035-05

## Design of Optimal Dispatching System of Water Supply Network Based on Online Model

ZHAO Mei-ling<sup>1</sup>, ZHANG Qiao-zhen<sup>2</sup>, ZHU Jun<sup>1</sup>, ZHAI Chun-li<sup>1</sup>

(1. Beijing Tsinghua Holding Human Settlement Environment Institute Limited Company, Beijing 100195, China; 2. Suzhou Industrial Park Qingyuan Hong Kong & China Water Co. Ltd., Suzhou 215021, China)

**Abstract:** A water supply network optimization dispatch system was developed by the advanced computer and network technology based on the water supply status and actual business needs of the water supply company. The system is consists of functional modules such as real-time monitoring, water volume forecast, daily dispatch, intelligent dispatch and dispatch control, etc. A layered design architecture, including a data layer, model layer, dispatching layer and application layer is applied to the system, which has the characteristics of seamless connection of multi-source data, dynamic water quantity distribution, and data cleaning guarantee mechanism. The system supports two-level dispatching mode that can automatically generate dispatching instructions for waterworks and pumping stations, which can provide powerful monitoring, early warning, decision-making, dispatching management and display capabilities. The system can assist in the realization of scientific and reasonable water supply dispatching, and improve the economic efficiency of the enterprise.

**Key words:** online model; water supply network; optimal dispatching; system design

### 1 系统需求分析

供水系统是一个城市的重要基础设施,随着城市人口的增加和社会生产力水平的提高,供水规模

越来越大,复杂性随之提高,而且人们对城市供水系统的要求也越来越高。此外,城市供水企业是耗能大户,电费占制水成本的60%左右<sup>[1]</sup>。

目前,我国现行的城市供水调度决策仍停留在人工经验调度的基础上,经验调度不仅浪费大量的能量,而且容易产生部分地区因供水压力太高导致漏水甚至爆管的严重后果,而有些地区则因压力不足而产生难以满足用户需要等问题<sup>[2]</sup>。如果采用优化调度方式,不仅能够在满足供水要求的前提下合理运行,而且能节省大量的能源。

随着计算机技术的发展,管网模型逐渐成为自来水公司运行与管理的重要支持系统<sup>[3]</sup>,越来越多的城市将供水管网模型应用于城市发展规划、城市智能化调度中。为此,开发了基于在线模型的供水管网优化调度系统,以为管理者提供决策依据。

## 2 系统总体架构

基于上述业务需求,以 GIS 技术为基础,以远传大表、SCADA 在线监测结果等为数据基础,按照国家信息化建设相关标准规范,结合水务公司实际情况,设计供水优化调度系统,实现具有先进性、科学性、信息化的供水调度运行和管理模式,从而提升供水调度综合能力,确保供水系统安全、经济、合理地运行。系统采用分层设计的体系结构,可划分为数据层、模型层、调度层、应用层,系统架构见图 1。

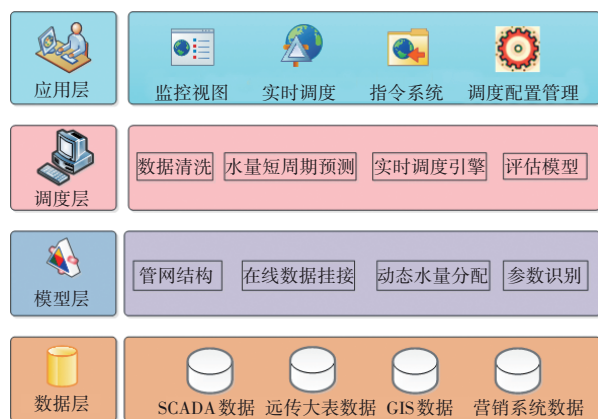


图 1 系统架构

Fig.1 System architecture

其中,数据层应用 GIS、数据库等相关技术,结合需求分析,参考相关行业标准 and 规范,按照统一的标准,对供水设施空间数据、属性数据、资产数据、在线监测数据等各类数据进行统一的存储和管理,通过建立不同层次的数据库,应对不同层次的数据管理、维护及系统需求。模型层通过建立有效可靠的供水模型及运行模拟,获得相关数据,同时对数据结果进行管理、表达与分析。调度层基于自

主研发的先进优化算法,为调度管理人员提供实时调度指令建议。应用层包含了供水优化调度系统相关业务的具体应用,如指令的下发、执行等。

## 3 系统设计

### 3.1 调度原理

整个优化调度从数据采集开始,通过在线监测系统,将基础数据实时传输到调度系统;调用数据库数据,进行预测模型计算,生成预测用水量数据;调用预测数据,并设置模型约束条件,通过不同的运行组合方式进行模拟计算,在满足用户水压、水量需求的同时,进行优化调度模型计算,自动生成调度方案,由系统经过决策运算给出相应的供水方案,辅助调度人员进行调度。

### 3.2 系统主界面

系统主界面设计如图 2 所示。

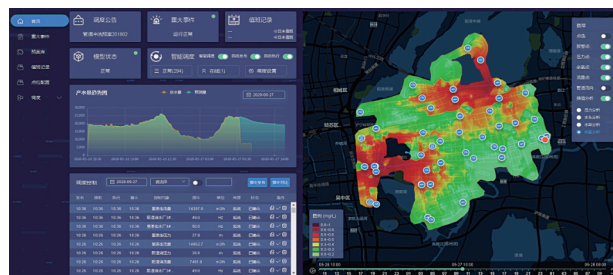


图 2 系统主界面

Fig.2 System main interface

### 3.3 系统功能设计

供水管网优化调度系统以供水业务需求为基础,包括实时监控、水量预测、日常调度、智能调度以及调度控制等功能模块,其系统功能模块见图 3。

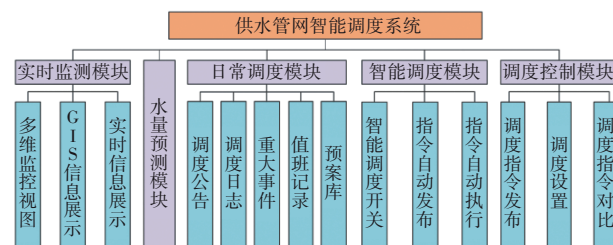


图 3 系统功能模块

Fig.3 Function modules of system

#### 3.3.1 实时监控模块

实时监控模块具有多维监控视图、GIS 信息展示及实时信息展示功能,其功能界面见图 4。其中多维监控视图提供全方位的供水管网运行状况监控信息及关键控制设备和参数的趋势图;GIS 信息

展示支持以 GIS 地图方式展示管网压力、流量、余氯等监测点的位置信息;实时信息展示可实现不同图层在当前时间点下的模拟和监测数据信息以及管道流向信息展示,并提供当前点 24 h 前后的模拟数据,可通过点击进度条上的播放按钮实现地图的动态播放,同时支持将模拟结果进行插值分析并以热力图的形式进行展示。

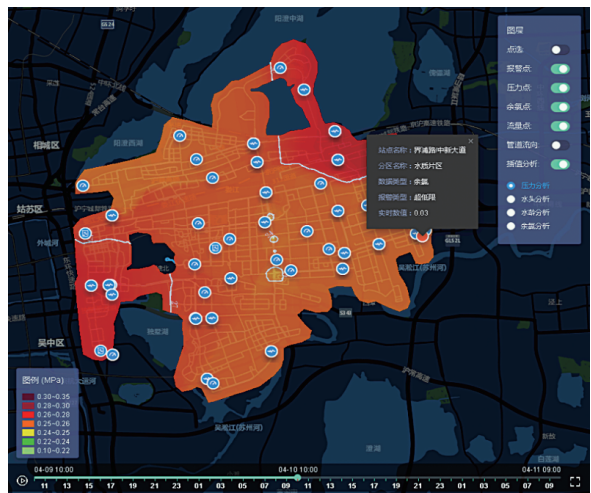


图 4 实时监测模块功能界面  
Fig.4 Function interface of real-time monitoring module

3.3.2 水量预测模块

水量预测结果会直接影响到供水的调度策略制定,进一步影响到调度的优化性能<sup>[4]</sup>。用于调度的用水量预测属于短期预测,即根据用水量的历史数据及影响用水量的因素对未来某时段(调度时段)的用水量做出较为准确的预测,包括日用水量预测和小时用水量预测。

水量预测模块利用在线模型,根据历史和当前的 SCADA 系统运行数据,采用数学方法预测城市 24 h 内的用水量和各时段的用水量,并将水量预测结果以趋势图形式显示(未来 5 h),可为优化调度系统优化计算提供必需的水量基础数据。水量预测模块功能界面见图 5。

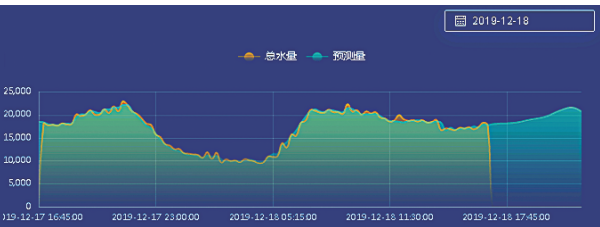


图 5 水量预测模块功能界面  
Fig.5 Function interface of water volume forecast module

3.3.3 智能调度模块

智能调度模块可实现智能调度开关、指令自动发布和指令自动执行的功能。当开启智能调度时,系统将自动发布的调度方案直接生成调度指令,通过调度方案与调度指令的无缝衔接,实现调度指令的自动发布与执行。系统支持两级调度方式,一级调度方式体现为厂级流量、压力的控制,二级调度方式体现为变频泵频率的控制。智能调度功能界面和指令界面分别见图 6、7。



图 6 智能调度功能界面  
Fig.6 Function interface of intelligent dispatch

发布	接收	执行	确认	控制对象	指令	单位
10:53	10:53	10:53	10:53	阳澄湖水厂 2#二级泵	50.0	Hz
10:53	10:53	10:53	10:53	星港街水厂 4#送水泵	48.0	Hz
10:53	10:53	10:53	10:53	阳澄湖压力	28.2	m
10:53	10:53	10:53	10:53	阳澄湖流量	7485.9	m <sup>3</sup> /h
10:41	10:41	10:41	10:41	星港街压力	28.3	m
10:41	10:41	10:41	10:41	星港街流量	13703.7	m <sup>3</sup> /h
10:41	10:41	10:41	10:41	阳澄湖水厂 3#二级泵	50.0	Hz
10:41	10:41	10:41	10:41	阳澄湖压力	28.7	m
10:41	10:41	10:41	10:41	阳澄湖流量	7603.7	m <sup>3</sup> /h
10:41	10:41	10:41	10:41	星港街水厂 7#送水泵	48.0	Hz
10:36	10:36	10:36	10:36	阳澄湖水厂 3#二级泵	50.0	Hz

图 7 智能调度指令界面  
Fig.7 Interface of intelligent dispatching instruction

3.3.4 日常调度模块

日常调度模块可实现调度公告、调度日志、重大事件、值班记录、预案库等的新建、编辑和管理功能。

调度公告可实现生产计划、管道冲洗业务信息等公告的发布、查询、删除等,其功能界面如图 8 所示。

调度日志可记录当前的调度指令、管网突发事件和事件的跟踪情况等信息,分为值班日志和交班日志,并可以查询所有的调度日志信息。系统具有交接班情况记录功能,调度人员可自行编辑输入,以提高实际工作中应对和解决各种突发情况的能力,同时系统支持对调度过程的各种事件进行网络发布,在企业内部实现信息的传输和交流。调度日志功能界面见图 9。

重大事件可针对设备故障、供电故障、供电调度、压力异常等事件建立调度日志,并实现编辑、删



除和查询事件的功能。重大事件功能界面见图 10。

图 8 调度公告功能界面

Fig.8 Function interface of dispatch announcement

图 9 调度日志功能界面

Fig.9 Function interface of dispatch log

图 10 重大事件功能界面

Fig.10 Function interface of major events

值班记录可通过设定查询时间范围,查询该时间段内所有的值班情况,并以列表的形式展示。值班记录功能界面见图 11。

日期	班次	值班人
2019-11-01 00:00:00至2019-11-01 06:00:00	夜班	值班人
2019-11-01 06:00:00至2019-11-01 12:00:00	夜班	值班人
2019-11-01 12:00:00至2019-11-01 18:00:00	夜班	值班人
2019-11-01 18:00:00至2019-11-01 24:00:00	夜班	值班人
2019-11-02 00:00:00至2019-11-02 06:00:00	夜班	值班人
2019-11-02 06:00:00至2019-11-02 12:00:00	夜班	值班人
2019-11-02 12:00:00至2019-11-02 18:00:00	夜班	值班人
2019-11-02 18:00:00至2019-11-02 24:00:00	夜班	值班人
2019-11-03 00:00:00至2019-11-03 06:00:00	夜班	值班人
2019-11-03 06:00:00至2019-11-03 12:00:00	夜班	值班人
2019-11-03 12:00:00至2019-11-03 18:00:00	夜班	值班人
2019-11-03 18:00:00至2019-11-03 24:00:00	夜班	值班人

图 11 值班记录功能界面

Fig.11 Function interface of duty record

预案库为调度人员提供管理调度预案的功能,预案库管理主要具有新建预案、预案编辑、预案查询等功能,通过模拟可实现预案前后管网压力、流量等的模拟结果对比。预案库功能界面见图 12。

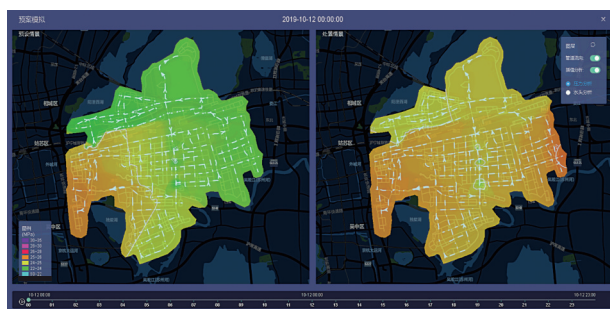


图 12 预案库功能界面

Fig.12 Function interface of plan library

### 3.3.5 调度控制模块

调度控制模块可实现人工调度指令的发布、调度指令对比以及调度设置的功能,其功能界面见图 13。

发布时间	接收时间	控制对象	指令	单位	来源	状态	操作
2019-12-18 16:06	2019-12-18 16:06	壘港街压力	26.6 2523	m	系统	已确认	🗑️ ✓ 🗑️
2019-12-18 16:06	2019-12-18 16:06	阳澄湖流量	751 6.13 4	m3/h	系统	已确认	🗑️ ✓ 🗑️

图 13 调度控制功能界面

Fig.13 Function interface of dispatch control

调度指令发布可实现调度中心对水厂和泵站的调度指令管理,实现整个供水调度过程管理信息化,方便后续的跟踪和分析。

调度指令对比通过设置指令对比的时间,系统可列出各个水泵的实时状态及执行指令。调度指令对比功能界面见图 14。

调度设置分为一般调度设置和控制点压力阈值设置。一般调度设置是对控制对象(水泵)的开启状态及频率进行设置。控制点压力阈值设置是对控制目标(最不利点)的压力进行分时段设置。

调度设置功能界面见图 15。

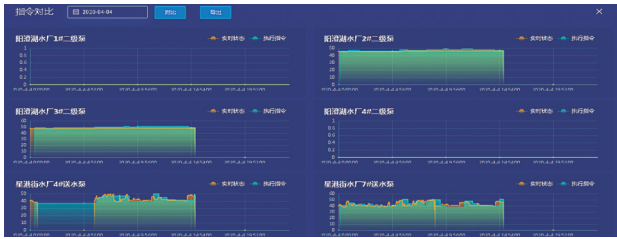


图 14 调度指令对比功能界面  
Fig.14 Function interface of dispatching instruction comparison

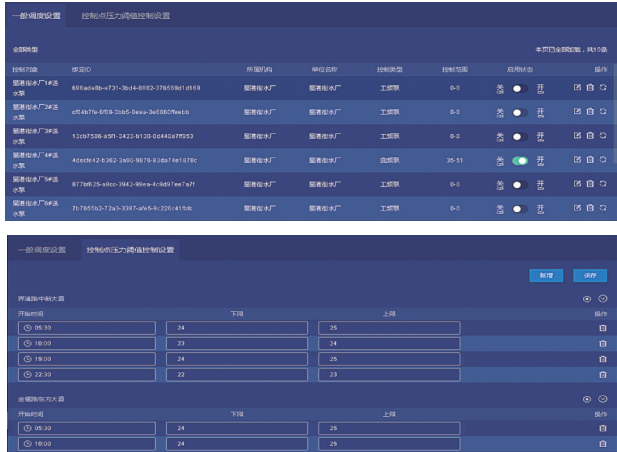


图 15 调度设置功能界面  
Fig.15 Function interface of dispatch setting

3.4 系统特点

- ① 多源数据无缝对接:完全基于在线架构的模型系统与 SCADA、营销系统、远传大表等多源数据进行无缝对接,可实时查看监测数据。
- ② 动态水量分配模式:系统可任意设置一段时间,在线架构会动态地利用 SCADA、大表远传、营销系统等数据进行水量分配。
- ③ 数据清洗保障机制:包括错误数据的识别和缺失数据的补充,当数据异常出现错误时,系统自动利用数学方法进行错误数据的过滤以及缺失数据的补充,保证系统的正常运行。

3.5 节能效果分析

城市供水管网系统是城市中的耗电大户,供水耗电在制水成本中占比较大,所以实行供水系统节能降耗是一个紧迫的任务。据统计,系统试运行 3 个月期间,在满足管网最不利点压力需求的基础

上,综合电单耗同比降低 1.86%。供水管网优化调度系统的应用对供水企业提高经济效益、降低生产成本具有非常现实和深远的意义。

4 结语

城市供水管网优化调度系统,基于在线模型和 WebGIS 技术,在保证安全、可靠、保质、保量满足用户用水要求的前提下,实现了供水调度业务的科学化、信息化、智能化。系统在提供强大的监测、预警、决策、调度管理和展示能力的同时,降低了供水企业的能耗,提高了供水企业的经济效益、整体水平和服务质量,这也将是供水企业发展的必然趋势,是科学管理的必然选择。

参考文献:

[1] 陈胜明. 城市供水系统智能优化调度研究[D]. 杭州:浙江大学, 2007.  
CHEN Shengming. Research on Intelligent Optimal Dispatch of Urban Water Supply System [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007(in Chinese).  
[2] 康大臣,赵洪宾. 现行给水系统运行控制系统的局限[J]. 给水排水,2000,26(4):70-72.  
KANG Dachen, ZHAO Hongbin. Limitations of current water supply system operation control system[J]. Water & Wastewater Engineering, 2000, 26 (4) : 70-72 (in Chinese).  
[3] 田文军. 供水管网建模与优化调度[J]. 给水排水动态, 2012(5): 33-35.  
TIAN Wenjun. Modeling and optimal dispatch of water supply network [J]. Water & Wastewater Information, 2012(5): 33-35(in Chinese).  
[4] 俞亭超. 城市供水系统优化调度研究[D]. 杭州:浙江大学, 2004.  
YU Tingchao. Optimal Operation of Water Distribution Systems[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2004(in Chinese).

作者简介:赵美玲(1989—),女,天津人,硕士,高级工程师,主要从事给排水模型及在线监测等相关研究工作。

E-mail:675376135@qq.com

收稿日期:2020-05-29

修回日期:2020-07-20

(编辑:丁彩娟)