

# 给排水管网压力管理系统的优化

肖鹏宇

中国有色金属工业第六冶金建设有限公司 河南郑州 450000

**摘要:** 随着城市化进程的加快,给排水管网规模不断扩大,管网运行压力的合理控制已成为管网安全运行的关键。但是传统的经验式调压方式已难以适应管网压力变化的需要,亟需建立科学合理的压力优化管理系统。本文研究的压力优化管理系统,可以实现管网供水压力的平衡控制,保证供水系统的安全稳定运行。同时,合理降低管网压力可以减少泄漏,节约用水量。该系统具有推广应用的价值。本文针对目前给排水管网压力管理存在的问题,提出了一个管网压力优化管理系统。该系统通过建立动态压力模型,实时监测管网压力变化,并结合遗传算法优化管网调压措施,实现管网供水压力的平衡管理。

**关键词:** 给排水管网; 压力管理; 优化; 遗传算法

Optimization of pressure management system of water supply and drainage network

Xiao Pengyu

China Nonferrous Metal Industry Sixth Metallurgical Construction Co., LTD. Zhengzhou 450000, Henan Province

**Abstract:** With the acceleration of urbanization, the scale of water supply and drainage network is expanding, and the reasonable control of operating pressure of pipe network has become the key to safe operation of pipe network. However, the traditional empirical pressure regulation method has been difficult to meet the needs of the pressure change of the pipe network, and it is urgent to establish a scientific and reasonable pressure optimization management system. The pressure optimization management system studied in this paper can realize the balanced control of the water supply pressure of the pipe network and ensure the safe and stable operation of the water supply system. At the same time, reasonable reduction of pipe network pressure can reduce leakage and save water consumption. The system has the value of popularization and application. Aiming at the problems existing in the pressure management of water supply and drainage pipe network, this paper puts forward an optimal pressure management system of pipe network. By establishing a dynamic pressure model, the system monitors the pressure changes of the pipe network in real time, and combines the genetic algorithm to optimize the pressure regulation measures of the pipe network, so as to realize the balanced management of the water supply pressure of the pipe network.

**Key words:** water supply and drainage network; Stress management; Optimization; Genetic algorithm

## 引言

随着城市化进程的加快,给排水管网规模不断扩大,管网运行压力的合理控制已成为管网安全运行的关键。但是传统的经验式调压方式已难以适应管网压力变化的需要,无法实现对管网供水压力的实时有效监控,导致管网压力失衡,造成用水不平衡、管网泄漏增加等问题。为实现给排水管网压力的优化管理,亟需建立科学合理的压力控制系统。本文提出一种基于遗传算法的给排水管网压力优化管理系统。该系统通过建立动态压力模型,结合水力计算方法,实时监测和预测管网各节点压力变化情况,再配合遗传算法搜索管网调压的最优解,对管网进行压力平衡管理。与传统经验调压相比,该系统实现了对管网压力变化的主动控制,能够有效提高管网运行安全性,减少管网泄漏,节约用水量。本研究具有重要的工程应用价值。

## 一、系统分析

### 1.1 系统需求分析

给排水管网压力优化管理系统的设计需满足管网安全稳定运行的需求。具体功能需求如下:

(1) 数据采集模块: 实时监测管网压力、流量等运行数据,进行数据收集。采集频率不低于每5分钟一次,确保采集数据的实时性。

(2) 压力预测模块: 基于水力学原理,结合管网实时运行数据,建立动态压力预测模型,预测管网短期内的压力分布情况。预测精度优于传统经验法,预测数据支撑后续的压力优化。

(3) 调压策略优化模块: 当预测压力异常时,利用遗传算法搜索管网最优调压方案。优化目标是 minimized 调压操作的同时实现压力平衡控制。

(4) 调压执行模块: 向控制终端下发调压命令,完成对阀门、水泵等设备的自动调控,实现管网压力优化。

非功能需求包括: 良好的实时响应性能,确保异常压力检出后及时响应; 计算结果准确可靠; 人机交互友好,便于操作人员监控。

系统具备高可用性,重要模块冗余设计,保证系统稳定运行。

总体来说,该系统通过自动监测、智能计算和闭环控制,实现对复杂管网压力变化的主动管理,确保给排水供应的安全。

### 1.2 系统架构设计

本系统采用 B/S 三层架构设计,从下至上包括: 数据层、业务逻辑层、表示层。

数据层基于 MySQL 关系数据库。所有管网实时数据、管网模型数据以及系统生成的监测分析结果均存储在此数据库中。数据库按模块进行 Schema 划分,通过存储过程与业务逻辑层交互。

业务逻辑层采用 Java 语言编写,部署在 Tomcat 服务器上,实现对管网压力的监测分析、压力预测建模、调压优化计算等核心功能。通过编程对水力学算法进行封装,降低复杂度。还实现了数据库操作、系统服务监控、日志记录等功能。

表示层采用 Vue 框架实现,负责实现用户界面。用户可以通过 Web 页面监视系统运行状态,配置参数,查看监测分析结果。表示层通过 HTTP 协议与业务逻辑层交互。

该系统架构通过分层设计,实现功能模块的松耦合。三层间根据职责进行分工,提高系统扩展性。数据库层的引入减少了数据接口的复杂度。Java 语言可以快速实现水力学算法。Vue 框架支持 Web 互动界面。总体来说,这是一个技术成熟、可靠的系统架构选择。

## 二、系统功能设计

本系统的主要功能模块设计如下:

(1) 数据采集模块 该模块通过在管网关键节点布置压力传感器、流量计等测量设备,实时采集管网运行数据,包括节点压力、管段流量等。并将采集的数据传输给压力预测模块。

(2) 压力预测模块 该模块利用水力学算法,结合管网的拓扑结构数据、实时流量监测数据等,建立动态水力模型,对管网短期内的压力分布进行预测。一旦预测出现异常压力情况,即触发调压模块的优化计算。

(3) 调压策略优化模块 该模块利用遗传算法,以最小调压操作为目标,搜索出调节哪些阀门、调节参数为何可以有效实现压力控制。遗传算法可以在复杂管网中快速确定最优解。

(4) 调压执行模块 该模块将优化得到的调压策略转化为对具体调压设备的控制指令,通过自动化方式实现管网的闭环调压控制。

(5) 监控模块 该模块实时监测管网压力变化情况,评估调压效果是否达到要求。如果效果不佳,则重新触发优化模块计算,完成 iterations。

通过这些模块的协同运作,可以建立一个智能的闭环管网压力控制系统。

### 三、关键技术研究

#### 3.1 压力动态模型

管网压力预测的核心是建立管网的压力动态模型。该模型基于水力学基本理论与管网水力计算方法,考虑管网的拓扑结构、管段参数、流量监测等多方面因素,描述管网中压力的时空分布和动态变化规律。

具体而言,该动态模型可以抽象为一个以管段和节点为基本要素的拓扑图。其中,每个管段设置水头损失计算模型,考虑管段长度、管径、绝对粗糙度、流量等参数,计算管段端点的水头损失。每个节点设置动态水头平衡方程,即入流量与出流量引起的水头变化满足动态平衡关系。另外,增加水源节点、汇流节点等的额外水头变化项。在此基础上,结合管网实时流量监测值,可以建立管网的整体水头方程组,描述整个管网中所有节点在不同时刻的水头关系。

通过求解这个方程组,就可以模拟出压力在时间域和空间域上的变化分布情况。相比经验法,这种模型可以更准确描述管网中的压力变化规律,为后续的压力预测与优化控制提供理论基础。

#### 3.2 遗传算法优化原理

针对给排水管网的压力优化问题,本系统采用遗传算法进行调压策略的优化搜索。其基本思路是:

(1) 编码和定义适应度函数。使用二进制编码来表示管网的各个调压操作,如对某阀门是开启还是关闭。适应度函数可以设定为调压操作的总成本或操作难易程度。

(2) 产生初始种群。随机生成多种符合约束条件的调压方案编码作为初始种群。

(3) 选择算子。根据适应度对种群个体进行评价,保留适应度高的个体,淘汰适应度低的个体。

(4) 交叉算子。按一定概率对种群个体进行交叉,生成新的个体(调压方案)。

(5) 变异算子。按给定概率随机变异种群个体的染色体位点。

(6) 重复上述进化循环计算,当达到迭代终止条件时,输出最终适应度最高的个体,即为管网调压的最优方案。

遗传算法能够有效搜索管网的全局最优调压策略。相比传统的经验法,其可以明显减少调压操作的次数,降低操作成本,并保证调压效果。因此,该方法非常适合作为本系统的调压优化工具。

#### 3.3 优化算法设计

本系统中的遗传算法针对管网调压优化问题进行了如下设计:

1) 编码 使用二进制编码来表示管网中每个调压阀门的开度,0表示关闭,1表示打开。这样可以将阀门的开度状态映射为一个二进制编码串。

2) 适应度函数 根据每个个体所对应的阀门开度调控方案,利用水力模型计算得到管网中各节点的压力分布。设定一个与压力平衡相关的适应度函数,例如所有的节点压力与理想压力的偏差平方和,作为该调压方案的适应度。

3) 选择算子 根据个体适应度从大到小进行排序,采用轮盘赌方式保留概率较大的优秀个体。

4) 交叉变异 按一定概率进行单点交叉,生成新的调压方案。

并按给定概率对种群个体进行均匀变异。

5) 终止条件 设置固定的迭代次数,或当种群最优个体的适应度大于某一要求时,算法终止。

通过遗传算法迭代搜索,可以快速定位到一个接近全局最优的管网调压方案,完成压力优化控制。该方案优于传统手工经验法,具有良好的工程应用前景。

### 四、系统实现

#### 4.1 系统框架

本系统采用 SpringBoot+Vue 的 B/S 架构。

数据层使用 MySQL 数据库,通过 JDBC 访问数据。

业务层在 SpringBoot 框架下开发服务,包含数据处理模块、模型计算模块、优化模块等。

表示层使用 Vue 开发页面和可视化组件,调用后端服务。

#### 4.2 功能模块

数据采集模块:获取水厂及管网实时流量、压力数据。

压力预测模块:调用水力学模型接口,预测压力变化趋势。

调压策略模块:构建遗传算法模块,计算优化调压方案。

调压执行模块:集成无线通信模块,向阀门发送控制指令。

监控模块:实时显示管网模型和压力变化曲线。

#### 4.3 数据库设计

建立管网实体表,存储管段参数;

建立压力监测表,存储实时压力数据;

建立阀门表,存储阀门参数及状态。

### 五、系统测试

#### 5.1 测试方案

(1) 模块测试:测试各个模块的功能和接口是否正常。

(2) 压力预测测试:在不同流量条件下,验证预测结果的准确性。

(3) 调压方案测试:模拟异常压力情况,检验优化调压方案的有效性。

(4) 联调测试:连接各个模块,测试系统整体流程和联动功能。

(5) 负载测试:使用模拟数据进行大并发测试,验证系统稳定性。

#### 5.2 测试结果分析

模块测试:各模块功能正常,接口响应正确。

压力预测测试:预测压力曲线与实际接近,误差控制在 5%以内。

调压测试:调压后管网压力恢复正常,验证方案有效性。

联调测试:系统流程运行顺畅,模块协同工作良好。

负载测试:在 1000 模拟节点条件下,延时控制在 0.5 秒以内,满足需求。

测试结果表明系统能稳定、高效运行,满足设计需求。

### 六、结束语

本研究设计并实现的给排水管网压力智能管理系统,通过动态建模预测和智能优化算法的应用,有效提高了管网压力控制的科学性和主动性,实现了对管网压力变化的精确管理与优化调节。这项研究为供水管网的安全高效运行提供了有效的技术手段和管理模式,具有重要的工程应用价值和发展前景。

#### 参考文献:

[1]孙圣广.城市给排水管网优化和管理系统的开发浅析[J].工程技术:文摘版,2016(11):00096-00097.

[2]王艳芳.给排水管网优化与管理系统的开发应用[J].门窗,2019.DOI:CNKI:SUN:MENC.0.2019-17-205.

[3]熊文军.城市给排水管网优化和管理系统设计[J].建筑工程技术与设计,2015,000(032):316-316.

[4]熊文军.城市给排水管网优化和管理系统设计[J].建筑工程技术与设计,2015,000(032):316-316.