

基于智能控制的泵站运行效率优化研究

任 莹

濉溪县机电排灌管理站 安徽淮北 235100

摘 要: 随着智能控制技术的快速发展,其在泵站运行效率优化中的应用日益受到重视。本文首先概述了智能控制技术的基本原理和特点,然后详细探讨了基于智能控制的泵站优化策略。通过构建智能控制系统,实现数据的实时采集与处理,并建立优化模型,设计并实现了一系列控制策略。这些策略旨在提高泵站运行的效率和可靠性,减少能耗,实现智能化管理。研究表明,智能控制技术能显著提升泵站的运行效率,具有重要的实际应用价值。

关键词: 智能控制技术; 泵站优化; 数据采集

引言

泵站作为城市供水、排水和灌溉系统的关键组成部分,其运行效率直接影响到整个系统的性能和能耗。传统泵站运行多依赖于人工操作和经验判断,存在效率低下、响应慢、能耗高等问题。随着信息技术和自动化控制技术的进步,智能控制技术为泵站的高效、节能运行提供了新的解决方案。本文旨在探讨基于智能控制技术的泵站运行效率优化策略,通过构建智能控制系统,实现数据采集与处理,建立优化模型,并设计相应的控制策略,以期达到提升泵站运行效率和降低能耗的目标。

一、智能控制技术概述

智能控制技术作为集控制理论,计算机科学,人工智能和运筹学多学科知识于一体的先进技术领域在现代社会的诸多方面都扮演着极其关键的角色。智能控制技术是针对传统控制方法难以解决的复杂系统及其不确定性而发展起来的。它采用智能化手段如模糊逻辑,神经网络,专家系统等来实现系统精准监测,分析,决策与控制。模糊逻辑是仿照人的模糊思维方式并通过模糊集与模糊规则的定义来处理不准确数据的逻辑,它适合很多很难建立准确数学模型的场合,例如,工业生产温度控制,家居电器智能调节。神经网络则以生物神经系统为蓝本,由大量的节点(神经元)相互连接组成,通过学习训练获取数据中的模式和规律,它可以应用于模式

识别,故障诊断和复杂非线性系统控制领域。如图像识别,机器人自主运动控制等领域都有突出表现。专家系统汇聚了众多领域内专家的专业知识和实践经验,它可以基于系统的输入数据进行逻辑推断,为决策过程提供有力支持,并在医疗诊断和工程设计等多个领域得到广泛应用。工业领域中,智能控制技术显著提高生产效率,产品质量及生产过程安全可靠。该智能控制系统通过对生产设备运行状况的实时监控,能够在优化生产参数和达到节能降耗目的的前提下,对可能出现的故障及时识别和报警。在交通领域中,智能交通控制系统能够根据车流量和路况自动调节信号灯的时长,引导拥堵,增加道路的通行能力;自动驾驶技术则是智能控制应用于交通领域中的前沿性技术,汽车凭借多种传感器来感知周围的环境,并借助智能算法来实现路径规划与决策控制。就智能家居而言,智能控制技术使得家居设备能够互联互通,使用者可通过手机及其他终端遥控家电设备,对室内环境进行调整,从而达到智能化和便捷化生活体验。

二、基于智能控制的泵站优化策略

1. 智能控制系统的构建

就泵站运行管理而言,建设智能控制系统是泵站优化运行的重点依据。建设智能控制系统,必须先开展综合数据采集。泵站各关键位置设置高精度传感器如压力传感器,流量传感器,水位传感器及设备振动与温度传感器。压力传感器可以对泵站管道中压力的变化情况进行实时监控,对保证输水过程稳定具有重要意义。流量传感器对泵站进、出水流量进行精确测量,从而为泵站运行调度提供基础数据。水位传感器随时监测泵站前池及出水池水位,从而适时调节泵站机组运行状况。并且

作者简介: 任莹(1977.03-),女,汉族,安徽淮北人,高级工程师,本科学历,主要从事水利工程方面的研究工作。

设备振动与温度传感器负责对水泵、电机等关键设备运行健康状态进行监控,通过对振动频率与幅度及设备温度进行采集,可以在设备异常发生之初及时地发现与报警。在具备数据采集环节之后,建立数据传输网络就必不可少。采用有线与无线结合的方法,搭建了一个稳定、可靠的数据传输通道。有线网络能保证数据稳定高速传输,适合泵站内固定设备间数据传输;并且无线网络便于在某些移动设备或者布线困难的地区进行数据采集与发送,如泵站周围环境监测设备等。把收集的数据传送给中央控制系统,这就像泵站的“大脑”一样。中央控制系统通常包括高性能服务器及专业控制软件。控制软件利用先进算法分析处理数据,例如利用智能算法预测出泵站未来流量需求及水位趋势。通过深度学习历史数据,构建数学模型来预测泵站不同季节和时段运行工况并提前制定调整策略。智能控制系统人机交互界面设计也是至关重要的。设计了直观,方便,友好的人机交互界面以便于工作人员掌握泵站实时运行状况并远程控制管理。操作人员可在电脑,平板电脑乃至手机等终端设备上登陆系统查看泵站各参数实时数据,历史曲线及设备运行状态信息。同时该系统具有报警功能,在发现数据异常或者设备故障的情况下,能及时的将报警信息以声音,短信和弹窗的各种形式发送给相关的工作人员,保证了问题的及时处理。另外智能控制系统要求有很好的兼容性与扩展性。在泵站技术日益发展及设备更新换代的今天,该系统应能很容易地连接新设备及传感器,并在此基础上实现与水利调度系统,城市供水系统及其他相关系统的数据交互及协同工作。

2. 数据采集与处理

在以智能控制为基础的泵站优化策略当中,数据采集和处理是其中的核心环节,对于泵站高效稳定的运行具有决定性的意义。在数据采集中,需要使用多类型传感器才能得到泵站全方位信息。在泵站进水口处,设置水质传感器对水体浑浊度,酸碱度和溶解氧进行监测,对评价进水水源质量及随后可能采取的治理措施具有重要意义。压力传感器既需要设置于管道关键部位又需要分布于泵体不同部位才能准确测量各种工况下压力变化情况。流量传感器是否准确可靠直接影响泵站输水能力评价,可以利用电磁流量计,超声波流量计等先进装置来保证流量数据准确。电机的运行参数如电流、电压、功率因数等也需通过专门的传感器进行采集,这些数据能够反映电机的工作状态和能耗情况。所收集的数据数

量庞大,来源复杂,所以数据处理非常关键。对数据进行清洗,剔除无效,错误或者重复数据。比如因传感器故障或者传输干扰等原因引起的异常值需要用算法进行辨识和校正或者去除。然后对其进行数据整合并对不同传感器和不同形式的数据统一加工,确立标准化数据格式以便于之后的分析。在数据分析阶段,采用统计分析方法,发掘了隐藏在数据后面的规律。例如通过分析各时段流量数据并结合各地用水需求规律对未来流量趋势进行预测;通过相关性分析找到了压力,流量和电机功率三者间的相互关系,从而为泵站运行参数优化奠定了基础。利用大数据技术与云计算平台相结合,以提高数据处理效率与精度。大数据技术可以对大量数据进行存储与管理,并采用分布式存储架构保证数据安全性与可扩展性。云计算平台拥有出色的计算性能,能够迅速应对复杂的数据分析工作。借助于机器学习算法对泵站历史运行数据训练学习并构建预测模型。如采用神经网络算法对设备故障概率进行预测、提前布置维护计划、缩短停机时间等。在数据可视化中,把加工好的数据用直观图表和图形显示。操作人员通过监控大屏或者移动终端可清楚查看泵站实时运行状态,历史数据趋势等信息,从而及时进行决策。

3. 优化模型的建立

在以智能控制为核心的泵站优化策略下,建立优化模型是泵站运行高效,稳定和节能的关键环节。构建优化模型,必须先确定目标函数。常用目标有提高泵站运行效率,降低能耗和保证设备运行可靠性。如在将能耗最小作为目标函数的时候,需考虑泵站内水泵和电机等辅助设备能耗。建立了电力消耗和设备运行参数之间的联系并利用数学公式进行表达。同时还可以将设备可靠性作为研究对象之一,引入设备故障率这样一个指标构造函数,故障率的下降可以提高泵站总体运行稳定性、降低维修成本以及停机损失。在模型建立过程中,约束条件的设置也是一个非常重要的环节。在流量约束中,应根据泵站设计流量和实际供、排水需求设置上下限约束。要确保泵站在满足所有需求的前提下,流量的波动保持在一个可接受的范围内,以防止流量过大或过小对设备和管道产生不良影响。压力约束需要综合考虑泵站工作压力要求和管道承压能力等因素,以确保压力平稳和不大于安全阈值。在考虑设备的性能限制时,我们必须考虑到水泵的扬程、转速等关键参数,以及电机的功率和电压等约束条件。这些约束条件之间互相联系,互

相制约，一起限制着优化模型可行域。模型的建立过程中要用到各种数学方法与工具。线性规划可用来处理某些简单目标函数与约束条件线性有关的问题，并通过解线性方程组来寻找最优解。对非线性问题，例如泵的流量-扬程曲线表现出非线性特征，可以用非线性规划方法进行求解。采用梯度下降法，牛顿法和其他算法对最优值进行求解。同时智能算法，例如遗传算法和粒子群算法对优化模型的构建具有重要的影响。遗传算法模拟了生物在进化过程中的遗传和变异操作，从而在解空间内进行优化搜索。粒子群优化算法是基于粒子间的信息交流和合作来寻求最佳答案的，这些方法在面对复杂的限制和多目标场景时，都能找到相对优越的解决策略。同时还要考虑泵站运行动态特性，构建动态优化模型。由于泵站不同时段来水，用水情况和设备状态均发生变化，动态模型能较真实地反映实际运行情况。采用差分方程或者状态空间方程等来构造动态模型并对模型的参数进行实时更新，使其能够适应环境的改变。

4. 控制策略的设计与实现

在以智能控制为核心的泵站优化问题上，控制策略的制定和实施是达成泵站有效、稳定和可靠运行的核心步骤。制定控制策略，首先必须建立在对泵站系统的深刻认识之上。对泵站工艺流程，设备特性及运行环境进行了分析，确定了控制目标与要求。比如在供水高峰期，低峰期或处理突发情况时，根据不同工作场景制定对应控制策略。供水高峰期优先保证流量供应，保持压力稳定；低峰期强调节能运行和保证设备合理休息。智能控制算法在控制策略中占有至关重要的地位。模糊控制技术能够依据实践经验和专家的专业知识，将泵站运行过程中的一些模糊概念，例如“压力较大”和“流量适中”，转变为实际可执行的控制规则。利用模糊推理系统对传感器采集数据模糊化，并根据规则库推理出决策结果，然后把决策结果求解模糊化成特定控制指令。神经网络控制利用其出色的自我学习和适应性，通过对泵站过去的运行数据进行学习和训练，确立了输入与输出之间的对应关系。比如把水位，压力和流量当作输入，把电机转速和阀门开度当作输出训练，使控制参数能根据实际工作时的实时工况来自动整定。预测控制亦是经常采用的一种策略。预测模型用于预测泵站未来运行

状态，并依据预测结果预先调节控制动作。如通过构建流量预测模型对流量变化趋势进行事先预知，适时调整泵站机组运行组合或调速装置等，从而确保系统平稳运行和降低能耗波动。同时利用分层递阶控制结构对整个泵站控制系统进行划分。上层负责总体优化决策与协调管理，并结合泵站总体目标与外在条件拟定宏观策略；中层对区域或者子系统实施控制协调；下层直接实时控制装置，达到快速响应、精准操作的目的。实现控制策略时离不开硬件系统支撑。选择如可编程逻辑控制器（PLC）或工业计算机这样的高性能控制器，它们都拥有出色的数据处理功能和迅速的指令执行能力。通过控制器输入/输出接口连接泵站各设备，以达到采集数据并发出控制指令。构建通信网络，确保控制器，传感器，执行器间可靠传输数据。利用工业以太网，现场总线及其他通信技术保证数据实时准确。为保证控制策略安全可靠，必须建立完善的故障诊断与容错机制。

结束语

综上所述，智能控制在泵站运行效率优化中扮演着至关重要的角色。通过构建智能控制系统，实现数据的实时采集与处理，建立优化模型，并设计有效的控制策略，可以显著提高泵站的运行效率，降低能耗，实现资源的合理利用和环境的可持续发展。未来的研究应进一步深化智能控制在泵站管理中的应用，探索更多创新的优化方法，以适应不断变化的运行需求和挑战。

参考文献

- [1] 于健. 泵站智能控制系统在城市生命线工程中的应用[J]. 智能城市, 2024, 10(02): 114-116.
- [2] 胡邦荣. 基于边缘计算的智能泵节能与监控研究[D]. 安徽工程大学, 2023.
- [3] 晏毅. 基于用水量预测的供水泵站优化运行及控制[D]. 西华大学, 2023.
- [4] 夏青平, 崔壮平, 罗志斌. 基于智能液位控制的提升泵站节能控制[J]. 能源与节能, 2023, (01): 51-54+128.
- [5] 黄建, 楚轩, 陈勇. 基于智能控制器的泵站自动化系统研究[J]. 中国设备工程, 2018, (20): 89-90.