

机电设备自动化控制技术应用与优化研究

刘 洋 叶 繁

湖北铁道运输职业学院, 湖北 武汉 430000

[摘要]机电设备自动化控制技术属于工业智能化升级的支撑。根据设备运行控制、生产效率提高、智能化管理的要求,对可编程逻辑控制器、传感检测、变频调速、工业网络集成等技术应用现状进行分析。就控制系统架构协同性差、数据采集能力弱、故障诊断机制不健全等问题给出改进控制系统架构、加强智能监测、完善安全机制、推进数字化升级这几种途径,为机电设备自动化控制水平的提升提供参考。

[关键词]机电设备; 自动化控制; 优化路径

DOI: 10.33142/ect.v4i9.20474

中图分类号: TP273

文献标识码: A

Research on the Application and Optimization of Automation Control Technology for Mechanical and Electrical Equipment

LIU Yang, YE Fan

Hubei Vocational College of Railway Transportation, Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract: The automation control technology of electromechanical equipment belongs to the support of industrial intelligence upgrading. Based on the requirements of equipment operation control, production efficiency improvement, and intelligent management, analyze the current application status of technologies such as programmable logic controllers, sensing and detection, frequency conversion speed regulation, and industrial network integration. Provide several ways to improve the control system architecture, strengthen intelligent monitoring, improve safety mechanisms, and promote digital upgrades to address issues such as poor coordination in the control system architecture, weak data collection capabilities, and inadequate fault diagnosis mechanisms, providing reference for improving the automation control level of electromechanical equipment.

Keywords: mechanical and electrical equipment; automated control; optimization path

引言

工业 4.0、智能制造战略的推行,对于机电设备控制技术有更高的要求。传统的机电控制系统由于效率低、可靠性差、智能化程度不高,已经不能适应柔性化、高精度的生产要求。自动化控制技术同传感检测、工业网络、人工智能等技术互相融合,正在改变机电设备运行方式和控制架构。系统性分析机电设备自动化控制技术原理及应用情况,探究其改进途径,对提高工业生产效率、保障安全生产有重大意义。

1 机电设备自动化控制技术概述

1.1 机电设备自动化控制的基本原理

机电设备自动化控制的关键是用控制装置替代人工操作,使设备运行状态得到自动调节。其基本原理是以反馈控制理论为基础,用传感器采集设备运行参数,控制器把采集到的信号和设定值相比较运算,然后输出控制指令

来驱动执行机构动作,形成闭环控制回路。该过程包含信号采集、数据处理、逻辑判断和输出执行这些部分,控制系统的实时性、稳定性以及抗干扰能力都会受到影响。现代工业控制网络是工业控制系统和工业互联网的中枢神经,信息传输性能的好坏直接影响到控制系统的响应速度和控制精度。随着控制理论的发展,机电设备自动化控制由原来的继电器逻辑控制发展成现在的基于微处理器的数字控制,控制精度和响应速度都有了很大的提高。控制系统开放性、互操作性、可扩展性是反映技术水平的指标。

1.2 自动化控制技术的主要类型及技术特点

目前的机电设备自动化控制技术主要有以下几种类型,可编程逻辑控制器技术由于具有高可靠性和灵活的编程方式以及较强的抗干扰性,已经成为工业控制系统中应用最广的一种方案。可编程序控制器可以控制和指挥机器、自动化制造以及工业过程,适用的场合有离散、批量和连

续控制等。集散控制系统是以分散控制、集中管理为特点的系统,适合于大规模连续生产过程^[1]。过程控制系统可以对温度、压力、流量等参数进行准确的控制。现场总线和工业以太网技术解决了设备之间的通信问题,现代工业控制网络有 FF、Profibus、Modbus、EtherNet/IP、ProfiNet、EtherCAT 等众多协议,给设备互联和系统集成打下了技术基础。

表 1 机电设备自动化控制技术类型及特点

技术类型	核心特点	典型应用场景
可编程逻辑控制器	高可靠性、灵活编程、抗干扰强	自动生产线、机床控制
集散控制系统	分散控制、集中管理	化工、电力连续生产
现场总线技术	数字通信、设备互联	工业网络集成
变频调速技术	节能高效、调速精确	电机驱动、风机控制

2 机电设备自动化控制技术应用需求

2.1 设备运行控制与生产效率提升需求

现代工业生产对于机电设备的运行控制有更高的要求。传统的控制方式依靠人工操作和机械传动,不能达到准确的速度调节和位置控制的目的,从而影响到生产效率。电气自动化控制技术的运用可以提高制造业工厂生产效率、产品质量、智能化水平。自动化生产线上的控制系统要完成多轴运动协调、准确的时序控制和快速反应,才能达到高节拍、高精度的生产要求。变频调速技术应用使电机功率可以自动调节,满足生产需要的同时又降低了能耗。从生产组织角度来说,机电设备运行控制又存在着多品种、小批量生产的难题。柔性制造需要控制系统能迅速改变工艺参数来适应各种规格产品的加工要求,这就对控制系统的可编程性以及参数化管理能力提出了更高的要求。另外,设备综合效率提高要依靠控制系统对运行速度、停机时间和产品合格率等各方面进行协调改进。

2.2 设备运行安全与智能化管理需求

机电设备运行安全属于工业生产的根本性保证。机电设备安全稳定运行要冲破传统监测的束缚,加强监测的精确度。设备在长时间使用中,重要部件会因为磨损、老化或者异常振动而发出警报。智能化管理需要控制系统具有数据采集、远程监控和故障诊断的功能,从而达到设备故障的早期预警以及预知性维修的目的。自动化控制系统要达到现场和远程监控、集中式监控以及全天候的自动控制服务目的^[2],它必须能在虚拟环境中运行。从管理角度来讲,机电设备智能化管理还要达成设备台账、维修记录、备件存货等信息的数字化治理,创建起设备整个生命周期的档案。对运行数据不断积累并加以分析,可以给设备选

型、维修计划制订和更新改造决策赋予数据支撑,促使设备管理由依靠经验来运作转变为依靠数据运作。

3 机电设备自动化控制技术的具体应用

3.1 可编程逻辑控制器控制技术在机电设备中的应用

由于具有很高的可靠性和灵活的编程方式,因此在机电设备的控制中占主导地位的是可编程逻辑控制器技术。可编程逻辑控制器在自动生产线、机床控制系统、自动化电梯控制系统、自动化流水线等都得到了广泛的应用。自动生产线中以可编程逻辑控制器为控制核心,接收到传感器、限位开关等输入信号之后,根据事先设定好的程序逻辑发出控制指令,从而驱动电机、气缸、机械手等执行机构协同工作。在机床控制系统里,可编程逻辑控制器完成主轴启动停止、进给运动、刀具更换等工序的自动化操控,保证加工精度和速度。使用组态技术对机电控制系统进行智能化改造,可以提高其自动化程度、数据交互能力和远程监测能力。电梯控制系统用可编程逻辑控制器完成楼层召唤、运行方向判断、开关门控制、安全保护等任务,采用变频调速来达到平稳启停和精确平层的目的。另外,可编程逻辑控制器在煤矿机电设备智能化改造中也起着重要的作用,通过对其控制逻辑进行重新设计、功能扩展等方式可以实现对设备运行状态的实时采集和远程集中控制,从而大大减少人工巡检的工作量,提高系统的响应速度。在实际工程应用中,可编程逻辑控制器的程序一般会采用模块化的结构设计,把设备控制的功能划分成若干个独立的子程序,方便调试、维护和功能扩展,这样的特点使得它能够满足各种机电设备的控制要求,也为以后系统的升级留有接口。

3.2 传感检测技术与设备状态监测应用

传感检测技术属于机电设备状态监测的基本。新型传感技术对于打破传统的监测局限、提高监测的准确性起着非常重要的作用。设备状态监测中用到振动传感器检测旋转机械的轴承故障和不平衡情况,温度传感器检测电机绕组和轴承温度,压力传感器检测液压和气动系统的工作压力。依靠大数据为基础所形成的振动数据收集体系、融合各种域特征并加以提取的方法,以及对故障进行诊断的模式,给设备实施预知性维修给予支持。使用传感器阵列加上多阶段降噪的方法,对振动信号做特征提取。智能传感器的发展使得传感检测由原来的单参数测量向多参数融合、边缘计算发展。实际使用时一般在设备的重要位置上布置几个测点,用信号融合、特征提取的方法对故障进行早期识别和定位。

3.3 变频调速技术与执行机构控制应用

变频调速技术是通过改变电机供电频率来实现转速的调节,具有节能效果明显、调速范围广、控制精度高等特点。变频调速技术被应用到电气自动化控制系统当中,可以达到电机功率的自动调节效果^[3]。风机、水泵等流体机械采用变频调速,根据需要调节流量和压力,不出现阀门节流所造成的能量损失。变频调速装置被成功地应用到电解多功能机组主、副小车、大车行走控制系统当中,证明了它在复杂的工况下是可靠的、适应的。传送带、卷取机等需要张力控制的设备上用变频调速来达到线速度和张力的精确匹配。在起重设备上使用变频调速,可以使起升机构和运行机构平稳地加减速,减小机械冲击,提高设备的使用寿命。

3.4 工业网络与智能控制系统的集成应用

工业网络技术使机电设备之间可以进行数据通信、协同控制。基于工业光总线的化工自动化控制系统用光纤通信解决了传统系统通讯电缆多、长、施工周期长的问题。现代工业控制网络以市场占有率较高的现场总线和工业以太网为重点,包括 FF、Profibus、Modbus 以及 EtherNet/IP、ProfiNet 和 EtherCAT 等协议。智能系统集成可编程逻辑控制器、人机界面、上位机监控软件和数据库系统,可以对设备运行数据进行实时采集、存储和分析。自动化控制系统的未来趋向是,在虚拟环境里提供 24 小时不间断的自动控制服务,把数据指令拆解、调用并同智能技术相融合。系统集成时要注意各个协议之间的互相连通、数据格式的一致性、控制层和管理层之间信息的融合,形成从现场设备到管理决策的完整信息链路。从具体的实施角度来说,一般使用网关设备来完成异构协议间的转换工作,把现场总线采集到的设备状态数据转换成工业以太网格式之后再上传到监控层。上位机监控软件用组态画面实时显示设备运行参数和报警信息,把历史数据存入数据库,为以后趋势分析、故障追溯提供依据。工业互联网中智能传感器给离散制造业提供数据采集和传输的技术支持,使得现场设备层和云端管理平台之间的信息通道更加畅通,从而提高智能控制系统在复杂生产环境下的适应能力和集成度。

4 机电设备自动化控制技术优化路径

4.1 优化控制系统架构与设备协同机制

传统的机电控制系统结构存在着层级过多、通信效率低等缺点。优化控制系统架构要从以下几个方面着手,即用扁平化的网络结构来减少中间环节,提高数据传输效率,建立五层智能化系统架构,即数据处理、参数估计、模型

检验、预测输出等模块,建立设备间的协同控制机制,使多设备同步运行、协调动作。智能工厂梯度培育全面加速,智能制造解决方案市场规模超过万亿元,给控制系统架构改良赋予了产业根基。架构优化要重视控制层和信息层的边界划分,保证实时控制任务和管理数据处理任务相互没有影响。

4.2 强化运行数据采集与智能监测能力

数据是智能控制的根基。加强数据采集能力要改善传感器布置情况,加强信号采集的全面性及精确度。使用传感器阵列优化、多阶段降噪、时频空间特征融合等方法提高振动信号特征提取的准确度。创建设备运行数据仓库,对设备的整个生命周期数据进行管理。智能监测能力的构建要重视边缘计算和云计算的融合,设备端实时处理数据并作出判断,在云端做深层次的分析和模型训练。工业互联网的智能传感器给离散制造业提供数据采集和传输的技术支持。还要创建数据质量标准和治理机制,保证采集到的数据是有效的、一致的。

4.3 完善故障诊断与安全控制机制

故障诊断与安全控制是保障设备可靠运行的关键。完善故障诊断机制要创建多源信息融合的诊断模型,把振动,温度,电流这些信号融合起来,从而达成对故障特性提取并加以识别的目的。基于大数据的故障诊断模型以及预知性维护策略,给化工机泵等重要设备的稳定运行提供保证。安全控制机制的创建包含设计故障安全逻辑,保证系统出现故障时可以转入安全状态,创建冗余控制通道,提升系统的容错水平,执行访问控制以及网络安全防护,防止恶意攻击。另外还要建立故障知识库和案例库,给诊断模型的不断改进提供数据支撑。实际应用时故障诊断模型要同设备运行工况相融合,防止因为工况变动而产生误报或者漏报的情况出现。安全控制机制的设计要符合相关功能安全标准,确定安全完整性等级的要求,在系统投入使用之前要对它做充分的验证和测试。还要建立故障处理预案和应急响应程序,保证出现故障的时候可以迅速找到原因并采取有效的措施,尽可能地减少停机时间和生产损失。依靠诊断模型、安全机制和知识库三者之间的相互配合,可以建立起一个包含故障预警、诊断定位、安全处置以及经验积累在内的完整闭环,从而不断提高机电设备运行的安全性和可靠性。

4.4 推进自动化控制系统智能化与数字化升级

智能化、数字化是机电设备自动化控制的发展方向。新一代智能制造是人工智能和制造业深度融合所引发的,

是以人机共融为特征的制造体系变革,也是智能体技术推动产业范式变革的过程。推进智能化升级要重视人工智能技术的应用,即依靠深度学习进行故障预测、依靠强化学习进行参数优化等。数字化升级要创建数字孪生模型,达成物理设备和虚拟模型之间的映射和互动。标准化是工业自动化、智能制造落地的基础,统一的标准是各种设备、系统之间相互交流、协同工作的通用技术语言。升级时应兼顾技术先进性与经济性,分步实施改造工作。

5 结语

机电设备自动化控制技术应用并加以改进,是促使工业实现智能化升级的主要依托。采用可编程逻辑控制器、传感检测、变频调速、工业网络集成等技术可以提高设备运行效率和控制精度。经由改善控制系统架构,加强数据采集和智能监测,完备故障诊断体系,推进智能化数字化

更新,可以继续改进机电设备的自动化控制水平,给智能制造的发展提供技术支撑。随着人工智能和工业互联网的深度融合,机电设备自动化控制将会朝着自适应、自诊断、自优化的方向不断前进,给工业高质量发展提供更强大的技术支撑。

[参考文献]

- [1]吴霜.电气自动化控制在工厂的应用与发展研究[J].现代工业经济和信息化,2025,15(11):135-137.
- [2]刘海鹏.基于 PLC 的机电一体化设备控制技术分析[J].集成电路应用,2025,42(8):397-399.
- [3]梁卫成.电气自动化控制中变频调速技术运用研究[J].仪器仪表用户,2024,31(6):4-6.

作者简介:刘洋(1987—),男,汉族,湖北武汉人,硕士,湖北铁道运输职业学院,研究方向为机电一体化。