

自动化仪表及控制系统智能化研究

刘鑫

(青岛第派新材料有限公司, 山东 青岛 266600)

摘要 随着自动化、智能化技术的不断发展, 化工生产进入变革时代。化工生产以自动化控制技术为基础, 打造自动化生产过程。自动化仪表是化工生产中必不可少的部分, 自动化技术在化工仪表中的应用在整个系统有效管理工作中占据重要地位, 能够全方位监测控制化工生产流程。本文就当前应用于化工自动化仪表的控制技术进行分析, 设计规划自动化仪表控制系统的整体架构, 旨在构建过程控制模块和数据采集模块, 展现自动化仪表的自动化控制功能。

关键词 自动化仪表; 控制系统; 智能化

中图分类号: TH86

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.08.007

0 引言

石油化工企业大量应用自动化设备和智能仪表, 一旦其出现故障, 有可能引起严重的安全事故。传统检测方法费时费力, 且存在漏检、误检等情况。为了解决以上问题, 在此次研究中, 将设备和仪表的历史运行数据作为基础, 通过智能化技术从数据中提取故障特征, 进而实现故障分类, 构建了故障智能化检测模型。该方法有利于促进石化企业的智能化运维。

1 化工自动化仪表控制系统的智能化功能

1.1 能源管理与智能降耗分析

作业现场设备内介质处在 $-200 \sim 1\ 800\ ^\circ\text{C}$ 之间, 在反应过程中会释放大热量。为获取化工生产反应期间的结晶介质的析出以及能源的消耗, 自动化仪表控制系统能够获取现场热电阻(偶)的测量信号, 借助自控系统的这些生产参数, 监测产品生产的能源消耗。在化工生产作业中, 易进行结晶的介质以及其他介质都将成为计算生产消耗的参数, 通过实时监测化工生产数据, 对当前生产过程中的各类物料能耗以及成分进行分析, 以免生产后形成的产物对环境造成污染。例如, 生产过程中, 通过监测物料的静电、浮力、电容, 以及当前的温度、液位、压力、流量等过程参数, 详细分析物料反应结束后的排放物质, 以免排放物质超出了废物排放的标准, 对环境造成污染。

1.2 计算控制功能

自动化仪表控制系统与微型计算机连接, 使化工生产产生的数据信息, 可同步进行计算和数据处理, 即使在化工生产中产生庞大复杂的数据信息, 也能对数据信息进行精准计算。在进行化工产品生产期间,

经常会遇到数据线性处理的需要, 通过对化工生产数据信息的自检、测量以及校对, 可保证数据处理期间排除其他数据信息的干扰。另外, 在应用过程中, 自动化仪表控制系统与微型计算机, 共同完成数据信息的检索和优化, 调整后续工艺生产流程。

1.3 设备故障的智能预测

本文设计的系统实现了多设备对应一个控制室, 在总控制器的控制下, 时刻显示设备的运行状态, 以便于在工作人员开展作业期间, 能够获取到设备故障信息提醒。在化工生产期间, 如发生设备故障, 引发化工产品生产事故, 将会对人民生命安全以及财产安全造成严重威胁。现如今, 通过总控制中心将所有设备的运行情况都集中显示在电脑屏幕上, 能够提醒工作人员按照要求进行生产操作, 按照化工原料分类, 设置设备类型, 选择设备连接方式。如果操作人员在操作期间, 发现设备异常, 则开启系统的智能检测功能, 分析设备出现运行故障的具体环节, 以便及时排除设备故障, 保证化工生产作业的顺利进行^[1]。

1.4 系统冗余和仲裁

系统冗余是指在系统运行过程中, 增加冗余的资源以及信息, 使整个系统的运行不受到影响。在该仪表控制系统中, 为保证资源的合理分配, 对电源、传感器以及通信设备等冗余资源进行仲裁, 以免因某项资源失效, 造成后续数据资源采集和输出受阻。系统开启冗余模式后, 可实现多个并行的数据采集和处理通路, 当系统中某个单元出现故障时, 系统将及时作出响应, 并迅速切换到备用通路开展工作, 以免影响化工生产。系统资源冗余备份是在数据采集的基础上,

对类似数据进行备份和仲裁,以保证数据信息处理的安全性和正确性。

2 自动化仪表及控制系统智能化

2.1 故障诊断技术

1. 传统故障诊断方法。传统的故障诊断方法有经验诊断法、统计分析法以及模型分析法等。经验诊断法主要依靠操作人员及维修人员的工作经验,通过对设备正常工作参数的观察、测量与比较,对设备故障进行诊断。此法速度快、直观,但是靠个人的经验,易受主观因素的干扰。统计分析法是一种通过收集和设备的运行数据,并利用如平均值、标准差和故障树等统计工具进行故障原因分析的方法。这种方法适用于处理大量的数据,但对数据的质量要求较高。模型分析法则是在设备的物理和化学模型之上的,比较实际运行数据和模型预测数据的差异来进行故障诊断,这种方法具有很高的准确性和可靠性,但是模型的建立是复杂的,并且需要大量的基础数据^[2]。

2. 基于机器学习的智能故障诊断。以机器学习为基础的故障诊断方法,在最近几年中获得了广泛的应用与发展。该技术采用了众多的历史数据,并通过对机器学习模型,例如支持向量机(SVM)、随机森林、神经网络以及深度学习模型的训练,实现了故障类型的自动识别和分类。机器学习方法可以对复杂非线性数据进行处理,诊断准确率高、鲁棒性强,尤其是在大规模多变量工业系统中。智能故障诊断系统通过对设备的实时监测与分析,可以对可能发生的故障进行预先预警,缩短设备的停机时间,降低维护成本。智能诊断比传统方法具有更强的自适应性及学习能力,可在操作过程中对诊断性能进行持续的优化及增强。

2.2 故障自愈技术

1. 自主故障识别。自主故障识别就是不需要人为干预的情况下,采用先进技术与算法对设备或系统故障状态进行自动检测与判断。该技术依靠传感器网络、数据采集系统以及较强的数据处理能力对设备工作时的温度、压力、振动、噪声、电流等多种参数进行连续监测,并对数据进行实时分析,从而确定异常信号。自主故障识别系统通常融合了机器学习与人工智能的多种技术,例如神经网络、支持向量机和深度学习等。这些先进技术能在大量的历史数据集中学习并构建出复杂的故障模式,从而在故障初始阶段迅速作出判断。系统的核心是具有自适应性、学习能力等特点,能在工作中对故障识别模型进行不断地优化与更新,以便处理设备状态变化、新型故障发生等问题。企业自主故障识别能够实现设备实时监控与早期预警,

从而有效降低因设备故障造成的停机时间与维护成本,并提高生产效率与设备可靠性。该自主故障识别系统可以给出详尽的故障报告及分析结果,有利于维护人员快速定位故障原因及区域以加快故障排除进程。

2. 自动化修复机制。自动化修复机制就是采用自动化技术与智能系统相结合的方式,当设备或者系统出现故障时,可以独立进行修复操作以恢复到正常工作状态。这一机制由故障检测、诊断、决策与实施四个环节组成,并贯穿故障管理全生命周期。自动化修复机制利用传感器及监测系统对设备的状态进行实时检测,发现有异常情况马上启动故障诊断模块。诊断模块中一般融合了专家系统、人工神经网络、模糊逻辑以及贝叶斯网络等高级故障诊断算法,可以快速地对故障原因进行定位以及对其严重性进行评价。该系统以故障诊断为依据,将按照事先制定好的规则与策略自动产生修复方案进行决策。紧接着,执行模块会通过各种控制系统和执行机构,例如机器人、自动化工具和智能控制器等,按照预定的修复方案进行操作,以完成故障的修复工作^[3]。

自动化修复机制关键是它具有智能化、自主性等特点,可以在没有人介入的前提下有效地完成故障检测至维修的整个过程,显著提高设备维修效率与可靠性。企业引入自动化修复机制后,不但能够显著缩短故障处理时间,降低人力成本,而且能够将设备故障对生产带来的影响降到最低,保证了生产过程持续稳定进行。

2.3 故障预测模型构建

建立故障预测模型是智能维护系统中最核心的内容,它旨在对设备的运行数据进行分析,预测出可能出现故障的时间及原因以达到预防性维护的目的。所构造的故障预测模型一般由数据预处理、特征提取、模型的选取与训练、模型的验证与优化几个环节组成。数据预处理就是将采集的设备运行数据经过筛选,归一化,降噪等处理,从而改善数据质量。特征提取的过程是从经过预处理的数据集中挑选出有代表性的特征参数,这些参数可以准确地描述设备的工作状况和健康状况。模型选择与训练是故障预测中至关重要的一环,目前常见的模型主要有时间序列分析、回归分析、神经网络以及深度学习。通过训练历史故障数据及特征参数,该模型可以学习识别出故障产生的规律与方式。模型的验证与优化是基于测试集数据来对其进行评价,并据此调整模型的参数,以增强预测的准确性^[4]。

2.4 现场总线控制

随着科学技术发展速度越来越快,过去的分散控

制系统正逐步被总线控制系统所取代。现场总线是一种全数字、串行、双向传输的通信系统，是一种连接现场各种仪表的传输系统，它主要是针对工业自动化而开发的，在满足要求严格的使用环境、本质安全、总线供电等方面都有完善的措施。其特征是将单个仪表作为系统中的一个结点，各个结点之间都能互联互通。

现场总线分为低速总线和高速总线，其中，低速总线主要应用于石油、化工等的过程自动化企业，支持总线供电和本质安全防爆。高速总线主要用于以制造业为主的制造企业。与传统的模拟仪表相比较，现场总线更加灵活，施工更加方便快捷，成本较低。此外，在化工过程中，通过特殊的嵌入式软件，对现场总线仪表进行监控，对仪表的功能进行深入的挖掘，从而使仪表的性能和优点得到最大程度的发挥，极大地提高仪表的使用效率，增强石油化工企业的自动化程度。

2.5 先进过程控制

先进控制系统是一种将整个生产装置或工艺单元视为整体研究对象的控制系统，它是一种高级的工业控制系统，它通过建立精确的模型和采用先进的控制策略，实现对复杂工业过程的优化控制，从而提高生产效率、降低能耗，并为企业带来显著的经济效益。

先进控制系统通过现场测试来量化描述各变量之间的相互关系，并建立过程多变量控制器模型。这个模型能够预测装置的变化，并提前调节多个相关的操作变量，以提高装置运行的平稳性。通过这种方式能够计算优化控制方案，使装置在最优操作点附近运行，从而最大限度地提高目的产品产率、降低消耗，并增加经济效益。

该系统的特点包括基于模型的多变量预估控制，具有动态控制、滚动优化和反馈校正的功能。此外，它还涵盖多种控制策略，如自适应控制、预测控制等。在这些应用中，先进控制系统主要针对质量指标或工艺参数的平稳率进行多变量控制，并借助计算机系统实现数据处理、模型辨识、控制量计算以及控制性能监控等功能。先进控制系统控制效果显著，可以对常规控制效果不佳或者无法控制的复杂工业过程进行控制^[5]。

2.6 人工智能算法

基本控制系统中常用的控制方式为PID控制，PID控制具有算法简单、适应性强等优点，是一种重要的单回路控制算法。随着过程工业的不断升级，实际生产过程日益复杂，对控制精度要求提高，对能耗要求更加严格，传统的PID控制算法有自己的控制目标，

与设备的能耗或者其他相关参数无关。例如，石油、化工企业里的循环水装置，基本控制系统的目标是建立在将压力（液位）控制在一定的范围内，只要满足末端出水压力就可以，水泵的能耗以及用哪台水泵却不在基本控制系统的范围内。在这个工艺装置当中，如果要求满足压力（液位）的前提下还要求整个泵站能耗最小化，此时的基本控制系统就变成了一个多变量、多目标、非线性的系统，传统的PID控制（传统的PID控制是单一变量、单目标的）方法已经无法满足复杂控制过程与高性能控制过程的要求。

利用人工智能算法可以完成多变量、多目标、非线性等的工艺优化及设备节能。首先从原基本控制系统中进行数据采集，人工智能软件对采集到的数据进行学习、建立模型，经过一段时间的学习，然后去验证建模的正确性，如果验证正确，就启用人工智能算法去优化工艺过程或者去精确控制现场的执行机构；如果验证不正确，人工智能软件将继续学习、继续建立模型，直到模型正确为止，最终实现工艺优化及设备节能，人工智能算法的出现为我们进行高精度、低功耗的工艺控制提供了强有力的支持^[6]。

3 结束语

随着人工智能和大数据技术的不断发展，石油化工企业自动化应用技术将更加成熟和完善。通过实施智能化技术，不仅能够提高设备的运行效率和可靠性，还能有效降低企业运行成本，保障生产安全。未来，随着技术的进一步发展，智能化技术将在石油化工行业中发挥更加重要的作用。

参考文献：

- [1] 鲁霄.论石油化工企业仪表自动化设备的故障维护[J].石化技术,2023,30(11):258-260.
- [2] 金世昕.石油化工企业仪表自动化设备故障智能检测[J].化学工程与装备,2023(02):176-178.
- [3] 夏维军.试析石油化工企业仪表自动化设备的故障维护措施[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(02):36-38.
- [4] 王博.化工自动化仪表及控制系统智能化研究[J].化工设计通讯,2020,46(12):71-72.
- [5] 齐峰.自动化控制在化工安全生产中的应用及优化探讨[J].当代化工研究,2021(02):72-73.
- [6] 贾志卿.自动化仪表控制系统智能化研究[J].电子元器件与信息技术,2021,05(07):209-210.