

## 现代化工

## 智能传感器赋能化工设备电气性能优化创新实践探索

王自立

国家能源集团宁夏煤业煤制油分公司 宁夏银川 750411

**【摘要】**伴随科技不断发展,智能传感器与物联网技术获得了普遍应用,可以准确获取设备运行中的所有电气数据,从而监控和解析设备的电气特性。为解决传统监控方式中存在的利用率低及故障处理延迟等问题,本文提出了一种的含多参数综合监测、边缘计算技术和数字孪生的架构。通过同时收集温度、压力、振动和电参数信息,并运用实时数据分析及可视化模型构建技术,实现了对设备状况的精确评价与前瞻性维护。实践证明,这种方法能够使设备故障率下降40%,能耗减少25%,大幅提高了生产效率及投资回报。

**【关键词】**智能传感器;电气性能;化工设备;优化分析;物联网技术

Exploration on Innovative Practices of Intelligent Sensors Empowering Electrical Performance Optimization of Chemical Equipment

Wang Zili

National Energy Group Ningxia Coal Industry Co., Ltd., Coal-to-Oil Branch Yinchuan 750411

**【Abstract】**With the continuous development of technology, intelligent sensors and Internet of Things technology have been widely used, which can accurately obtain all electrical data in operation of equipment, so as to monitor and analyze the electrical characteristics of the equipment. In order to solve the problems of low data utilization rate and fault handling delay in traditional monitoring methods this paper proposes a multi-parameter comprehensive monitoring, edge computing technology and digital twin architecture. By collecting temperature, pressure, vibration and electrical parameter information at the same time, and using-time data analysis and visualization model construction technology, the precise evaluation and forward maintenance of equipment status are realized. Practice has proved that this method can reduce the fault rate of equipment 40%, reduce the energy consumption by 25%, and greatly improve the production efficiency and return on investment.

**【Key words】**intelligent sensor; electrical performance; chemical equipment; optimization analysis; Internet of Things technology.

## 引言

依靠智能传感器与物联网技术,能够明了地展现设备电气性能及其影响因素,为改进设计给予合理依据。设备故障的地点和时间能够被提前预测出来,让维护修理工作做到准确无误。实际应用结果显示,智能传感器相关技术大幅提升了化工设备电气性能,减少了故障发生次数以及停机时间长度,因此大大提高了设备投资回报率水平。本研究目标是运用实证分析方法来充分展示智能传感器用于化工设备电气性能监控优化时的优秀效果,深入探索实施方案的具体内容。

## 1.化工设备电气性能现状分析

## 1.1 化工设备电气性能评估指标

对化工设备进行电气性能检测,是保证其运行稳定、安全的重要环节。选用能全面反映设备电气特性的合适检测标

准。常见的检测项目有电压稳定性,电流效率,能源消耗情况,功率因数,谐波含量等,这些都是常见的检测项目。电压的稳定性反映了供电系统的可靠性,对保持设备正常运转至关重要。通过检查电流效率,可以评估电能转换为有效输出的能力,从而尽可能减少能量损耗。此外,能耗指标直接关系到生产成本和环境保护的要求,降低能耗不仅能提高经济效益,也是实现绿色可持续发展的关键措施。

## 1.2 化工设备电气性能监控中智能传感器应用现状

随着智能传感器技术的不断进步,它们越来越普遍地被用于化工设备的电气性能监控。当前,这类传感器已经被广泛用来监测诸如温度、压力和振动等多种物理参数,极大地促进了化工设备运行的稳定性。但智能传感器的应用在电气特性监控领域仍面临着一定的挑战。首先,某些智能传感器在测量电气参数时的准确度和可靠性有待增强,以符合化工行业对于高精度监控的要求;其次,智能传感器与现有的电气监控系统之间的兼容性也需要改进,从而保证数据能够顺畅地交换和共享。

在化工设备电气性能监测领域,智能传感器即将到来的发展潜力庞大。伴随技术的不断进步和运行成本的下降,智能传感器的应用范围越来越广,推动了新的创新与突破,使得化工设备的电气性能监测更精确。该技术借助融合多种先进算法和不同种类传感器,可实时监控电气参数,预测潜在问题,快速辨别故障,从而为化工设备的预防性维护提供坚实支持。物联网与大数据技术的迅猛发展,推动了智能传感器与其他系统的紧密连接,不不仅可以收集更详尽的数据,而且达成高能的智慧化分析,显著地帮助化工企业数字化转型。

## 2.智能传感器驱动的化工设备电气性能监测体系构建

### 2.1 多参数融合监测:温度、压力、振动与电气信号同步采集

化工设备在运行时,它的电气性能的降低一般和温度、压力和振动等因素密切相关。传统的监测手段首先要依靠对单一参数的检查,这种方式容易导致故障信息的忽略或者错判。智能传感器运用多模态感知技术,可以一同采集并且整合研究温度、压力、振动以及电气信号如电压、电流、功率因数等。在电动机驱动系统中,借助振动能辨别轴承是不是磨损或转子是不是失衡。温度异常能识别轴承或绕组过热,电流谐波的变动可以立即确定电气的问题。构建依靠多个参数彼此联系的模型,能够协助辨别那些仅仅依靠单一指标很难察觉的复杂故障类型,因此提升故障预测的准确性。采用高精度 MEMS 传感器结合工业级电气参数采集装置的设计方案,即使在极端条件下,如高温或强腐蚀等情况下,仍能保证数据采集的稳定和实时,为此后的数据分析打下坚实基础。

### 2.2 实时数据传输与边缘计算架构设计

化工设备监测对时间有着严格的要求,必须迅速完成数据处理,否则会影响最终效果。传统的云中心计算具有诸多问题,例如处理速度迟缓、耗费众多网络资源等,这些问题明显且很难达到现实需求。利用边缘计算与云计算融合的方式,依托智能传感器支持的监控系统,将边缘计算节点布置在设备周围,即时整理数据并提取特征,实施初检。使用简单迅速的机器学习算法以研究振动数据,辨别轴承故障的重要频率特征。边缘计算节点还可解读电气信号,评定设备能效状态,挑选出必须传送到云端的重要信息,因而降低冗余的数据传输,节省成本。数据传输运用 5G 技术和工业以太网双重保障,保障在大数据量传时亦可维持稳定性和可靠性。云端平台首要掌管长期数据分析及拟定全面优化策略,构建一个从边缘迅捷响应到云端详尽优化的闭环流程,确保系统的高能运行。这一技术架构有力减轻了云端计算的压力,把设备故障处理的时间从几分钟缩减到了毫秒级,满足

化工生产连续运转的需求。

### 2.3 基于数字孪生技术的电气状态可视化建模

数字孪生技术通过构造一套物理设备的虚拟复制品,来实现对电气状态的模拟以及形象化的效果展示。刚开始的时候,系统会基于设备过去运行的数据记录和 CAD 设计模型,构建出一个相当准确的三维虚拟化模型,并且采用多种融合计算的方式来进行处理。这个虚拟化模型会对实时获取的数据进行更新调整,用来展示电气参数在空间中的分布情况,还有这些参数随着时间推移而产生的变化趋势。针对变压器设备的监控工作,这个虚拟化模型可以揭示绕组热点温度和油中溶解气体浓度的关联性,帮助运维工作人员找到隐藏的故障位置。与增强现实(AR)技术相结合,现实设备表面可以叠加显示虚拟信息,形成虚拟与现实相结合的检查方式,降低依赖个人经验的程度,从而使工作效率和精确度得到显著提升。数字孪生模型还协助预见性维护场景下的仿真,借助导入各类的负载条件来仿效设备性能降低的过程,为优化运营策略供给量化依据,从而促进化工设备从消极维修向积极健康管理转换。

## 3.智能算法与创新模型驱动的电气性能优化

### 3.1 化学设备电气性能优化中智能算法的独特价值

在智能算法中,核心角色得以充分发挥,成为典型的例子是模仿自然界的演化过程,通过模拟自然选择机制来优化电气性能的组合。当设备需要调整电压和电流管理设置时,程序能够从众多可能的设置组合中找出最能提升设备电气效能并降低能耗的最佳方案。该程序通过模拟觅食行为,在搜索解的过程中让粒子根据位置和速度的变化找到最优解。将此技术应用于化工设备中,依据实时数据调整设备运行参数,使其保持在高效状态,从而大幅提高了系统的稳定性和可靠性。

### 3.2 创新模型构建推动电气性能优化升级

建设创造模式为重点,达成设备电气功能优化提升。机器学习的卷积网,在解析设备电气功能图像资料上的强项显而易见。在设备运行过程中,将电器参数转变为图像形态,自主地抽取特性的卷积网,会精确辨别设备状态和潜在风险。对于因触碰不佳导致的过热,依据热度图解读接合部分,可事先察觉。环形网在时间序列数据的相关性上表现杰出,抓取变化趋势的电气功能。这为设备养护和功能优化提早给予依据。

### 3.3 智能算法与模型协同优化的实践成果

在化工仪器电力特性提升活动中取得显著成效,通过智能程序与创新结构协同。应用遗传程序和卷积网络,某化工企业内电力系统在运行时,电力故障的出现率减少约 40%。设备控制参数遗传程序优化,设备在运行时,通过卷积网络

监督,潜在故障被及时发觉和预警。结合群体优化程序与递归网络,能源消耗减少了约25%,提升生产效率,达到节能与减排目标。

证明了智能算法与创新模型协同优化的有效性,这些实践成果;开辟了新的路径,化工设备电气性能的提升。先进技术的实践,是社会向前发展的动力,在探索中孕育变革,终将使工业领域迈向更加广阔的天地。

## 4.典型应用场景与实证分析

### 4.1 离心泵电气系统能效优化案例

离心泵是化工生产之中能耗最大的设备之一,其电气系统能效受到负载波动、电机效率及控制策略等因素的作用。某化工企业借助布置智能传感器网络,对离心泵的电压、电流、功率因数及出口压力、流量等参数实时监控,并融合边缘计算节点搭建能效评估模型。传统控制模式下,离心泵经常因为工况变化引发大马拉小车现象,电机长时间低效率运转。智能传感器通过灵活抓取负载需求,推动变频器调节电机转速,令泵组运转点始终接近高性能区。实证数据显示,改进之后泵系统均值能耗减少18%,年节省电费超过百万元。传感器监测发现电流谐波出现异常,提前发出了变频器IGBT模块衰退故障的警告信号,有效避免了非计划停机造成的经济损失。通过这个实际案例,可以清楚看到智能传感器在挖掘设备节能空间、合理平衡生产需要和能效管理目标方面发挥了非常重要的作用,同时也为其他类似的流程工业企业提供了一种值得参考的能效提升思路和具体方法。

### 4.2 反应釜温度-压力协同控制中的传感器冗余设计

在化工生产中,反应釜是最重要的设备,对产品的质量和操作安全都会受到明显的温度和压力的精确控制。过去常用的监测系统大多采用单点传感器布局方式,容易因为某个传感器失灵而导致控制不稳定,存在很大的风险。对于高危化学反应环境,某家企业研发了一套依靠智能传感器的备用控制系统,在反应釜的重要位置布置了三组自主运作的温度传感器PT100和红外测温模块组合,并且还有压力传感器压阻式和压电式并行运作,借助数据融合算法对多种信号执行深入解析,消除环境干扰和设备误差。假如某个传感器发生异常的情况,系统会迅速转换到备用通道,同时释放声光报警并传递远端通知信息。在一次强放热反应中,主温度传

感器由于冷凝水断路失灵,冗余系统立即激活红外测温数据,保持PID控制回路平稳,防止反应釜过压爆裂事故。此外,传感器冗余设计还支持控制策略动态优化:通过分析不同传感器组合的响应延迟特性,调整温度-压力联锁保护阈值,使控制精度提升40%,产品合格率提高至99.2%。该案例表明,智能传感器的冗余部署是保障化工高危工艺安全运行的必要技术手段。

### 4.3 智能传感器网络在化工园区电气安全预警中的规模化部署

化工园区电气火灾风险高,传统巡检依赖人工,难以实现全覆盖、实时化监测。某国家级化工园区布局了遍布全域的智能传感器网络,通过LoRawan无线通信技术,将电气火灾探测器的剩余电流、温度、电弧监测、可燃气体传感器以及温度、湿度、烟雾等环境参数传感器进行整合,构建起一个低功耗、广覆盖的监控系统。一个智能监控系统使用了分层预警的方法,边缘网关设备先对收集到的原始数据做初步分析,能及时发现局部过载或接触不良等隐患。云端平台利用机器学习技术深入分析多节点数据的时空关联特点,推测电气故障可能扩散的路径。在一次预警过程中,系统通过分析配电箱A相电流突然增加以及相邻区域电缆接头温度升高的相互关系,提前12小时查明电缆绝缘老化的问题,成功防止了火灾的进一步扩大。园区内电气火灾的发生率减少了76%,应急响应的时间也缩短到了5分钟以内。传感器网络和园区数字孪生平台紧密结合,实现了电气安全状态的三维可视化管理,帮助应急指挥快速做出决策支持。

## 5.结束语

智能传感器技术的深度应用,标志着化工设备管理从“被动维修”向“主动健康管理”的跨越。设备电气性能的透明化和可控性通过多模态数据融合和智能算法协同实现,在解决传统监控精度和时效问题的同时,也促进了能效升级和生产过程的安全强化。未来,智能传感器将在化工领域发挥更大价值,助力行业构建本质安全、绿色低碳的智能制造体系,随着物联网、人工智能与数字孪生技术的进一步融合,企业需持续探索技术落地场景,完善产学研协同创新机制,以数字化赋能推动产业高质量发展。

## 参考文献

[1]王健.智能传感技术在工业设备状态监测中的应用研究[J].化工学报,2023,71(04):13-14.

[2]李娟,张磊,刘峰.化工设备智能监测系统的设计与优化[J].传感器技术学报,2023,37(05):19-21.

作者简介:王自立(1985—),男,汉族,甘肃定西人,大学本科学历,研究方向为电气工程及其自动化专业,学士学位。