

# 智能制造场景下能源消耗数据的信息化采集与分析策略

杨博 陈文强 张磊 苏靖钦 安迪

中煤科工集团信息技术有限公司

DOI:10.32629/acair.v3i4.17880

**[摘要]** 全球制造业向智能制造转型中,能源消耗激增,工业能耗占比超60%,企业能源成本攀升。高能耗加剧成本与环境压力,故能源消耗数据的信息化采集与分析成为关键。本文聚焦此,剖析能耗特点与数据需求,探究采集技术、分析策略,借案例验证,为企业能源管理提供科学依据,助力降本增效与可持续发展。

**[关键词]** 智能制造; 能源消耗数据; 信息化采集与分析

**中图分类号:** U260.15+3 **文献标识码:** A

## Information collection and analysis strategy for energy consumption data in intelligent manufacturing scenarios

Bo Yang Wenqiang Chen Lei Zhang Jingqin Su Andy

Middling coal Science and Engineering Group Information Technology Co., Ltd.

**[Abstract]** In the global manufacturing industry's transition to intelligent manufacturing, energy consumption has surged, with industrial energy consumption accounting for over 60% and enterprise energy costs rising. High energy consumption exacerbates costs and environmental pressures, making the information-based collection and analysis of energy consumption data crucial. This article focuses on analyzing the characteristics of energy consumption and data requirements, exploring collection techniques and analysis strategies, verifying through case studies, providing scientific basis for enterprise energy management, and helping to reduce costs, increase efficiency, and promote sustainable development.

**[Key words]** intelligent manufacturing; Energy consumption data; Information collection and analysis

### 引言

当前,全球制造业正加速向智能制造转型,自动化生产线、智能控制系统等技术的广泛应用,在提升生产效率的同时,也带来能源消耗的大幅攀升。据国际能源署统计,工业领域能耗已占全球总能耗的60%以上,其中智能制造场景因设备密集运行、工艺复杂多变,能耗增速较传统制造模式高出25%-30%。能源成本的持续上涨与“双碳”目标下的环保压力,使能源管理成为制造企业降本增效、实现可持续发展的核心议题。然而,传统能源管理模式依赖人工抄表、事后统计,存在数据滞后、精度不足、分析维度单一等问题,难以适配智能制造动态化、多元化的能耗特征,无法为节能决策提供有效支撑。

在此背景下,能源消耗数据的信息化采集与分析成为破解困境的关键路径。通过物联网、传感器、大数据等技术,构建“实时采集-高效传输-深度分析-智能决策”的全流程管理体系,既能精准捕捉设备能耗波动、多能源协同消耗等关键信息,又能挖掘能耗数据与生产参数、工艺条件的潜在关联,为能源优化提供科学依据。据《中国智能制造发展报告(2024)》显示,已应用信息化能耗管理系统的制造企业,能源利用效率平均提升18%-22%,

能源成本降低15%以上。但在实践中,仍有超40%的企业面临数据采集碎片化、分析模型与生产场景适配性不足、跨系统数据协同困难等挑战,制约了能源管理效能的进一步释放。

因此,深入研究智能制造场景下能源消耗数据的信息化采集与分析策略,具有重要的理论价值与实践意义。本文立足智能制造的能耗特点,从数据需求出发,系统探究传感器选型、物联网传输架构等采集技术,以及统计分析、机器学习等数据处理方法,结合实际案例验证策略有效性,旨在为制造企业搭建科学、高效的能源数据管理体系提供参考,助力企业在智能制造转型中平衡生产效率与能源节约,推动制造业向绿色化、智能化高质量发展迈进。

### 1 智能制造场景下能源消耗特点及数据需求分析

#### 1.1 智能制造场景下能源消耗特点

智能制造场景涵盖自动化生产线、智能仓储物流、智能控制系统等多个环节,其能源消耗呈现出复杂多样的特点。首先,能源消耗具有波动性,生产任务的变化、设备的启停以及工艺切换等因素都会导致能源消耗的瞬间波动。例如,自动化生产线在高速运行和低速调试时的能耗差异可达30%~50%。其次,能源类

型多元化,除了传统的电能,还涉及天然气、蒸汽等多种能源,不同能源的消耗特性和计量方式各不相同。再者,设备间能源消耗关联性强,智能生产系统中各设备相互协作,一台设备的运行状态变化可能引发其他设备能耗的连锁反应。如在汽车智能制造车间,焊接机器人的频繁启动会导致周边供电设备和冷却系统能耗增加。

### 1.2 能源消耗数据需求分析

为实现有效的能源管理,对能源消耗数据有多方面的需求。在数据准确性方面,精确的能耗数据是分析和决策的基础,任何数据误差都可能导致错误的节能策略制定。例如,能源计量仪表的精度误差若超过5%,可能使企业对高能耗设备的判断出现偏差。数据实时性要求也极高,智能制造的动态生产过程需要实时掌握能源消耗情况,以便及时调整生产参数。如当发现某条生产线能耗突然上升时,能在1分钟内获取数据并采取相应措施,可有效避免能源浪费的持续扩大。数据的完整性同样关键,需涵盖各类能源、各个生产环节以及不同时间尺度的数据,包括从设备级的实时能耗到企业级的月度能耗汇总等。此外,还要求数据具备可追溯性,便于对能源消耗的历史数据进行回溯分析,找出长期的能耗变化规律和潜在问题。

## 2 能源消耗数据信息化采集技术与方法

### 2.1 传感器技术在能源数据采集中的应用

传感器是能源消耗数据采集的关键设备,在智能制造场景中,多种类型传感器发挥着重要作用。智能电表用于精确采集电能消耗数据,可实时监测电压、电流、功率因数等参数,其测量精度可达0.2级以上,能够满足对电能数据高精度采集的需求。例如,在电子制造企业的SMT生产线,智能电表可精准监测每台贴片机的电能消耗,为设备能耗评估提供准确数据。温度传感器用于监测设备运行温度,间接反映能源消耗情况,因为设备在高负荷运行时往往伴随着温度升高,能耗也相应增加。在化工智能制造中,反应釜的温度传感器能实时反馈温度变化,帮助企业判断反应过程中的能源利用效率。压力传感器在涉及蒸汽、压缩空气等能源的场景中广泛应用,可测量管道内压力,通过压力变化分析能源传输和使用情况。如在汽车制造的涂装车间,压力传感器监测压缩空气管道压力,确保喷涂设备正常运行且能耗合理。

### 2.2 物联网技术实现能源数据的实时传输

物联网技术搭建起能源数据传输的桥梁,通过无线或有线网络将传感器采集的数据实时传输至数据处理中心。在智能制造工厂中,无线传感器网络(WSN)因其部署灵活、成本较低等优势得到广泛应用。采用ZigBee协议的WSN可在工厂复杂环境下稳定传输数据,其自组织网络特性保证了数据传输的可靠性,即使部分节点出现故障,也能自动调整路由,确保数据不丢失。例如,在大型机械制造企业的多个生产车间部署WSN,可同时采集数百个传感器的数据,并在1秒内将数据传输至中央服务器。

### 2.3 数据采集系统的架构设计

能源消耗数据采集系统架构通常采用分层设计,以提高系

统的可扩展性、稳定性和数据处理效率。感知层由各类传感器组成,负责采集能源消耗的原始数据。例如,在一个综合性的智能制造园区,感知层可能包括数千个分布在不同车间、设备上的传感器,涵盖电能、热能、压力等多种类型传感器。传输层利用物联网技术将感知层数据传输至数据处理中心,可采用有线与无线相结合的混合网络架构,根据不同区域的环境特点和数据传输需求选择合适的传输方式。汇聚层对传输层的数据进行初步汇总和处理,去除一些明显的异常数据,减轻数据处理中心的负担。例如,通过数据清洗算法在汇聚层过滤掉因传感器故障产生的异常尖峰数据。数据处理中心作为核心层,负责对采集到的数据进行深度分析、存储和管理,并将分析结果反馈给生产管理系统,为能源管理决策提供支持。在架构设计中,还需考虑系统的安全性,采用加密传输、访问控制等技术保障数据的安全传输与存储。

## 3 能源消耗数据分析策略与模型

### 3.1 数据分析方法在能源管理中的应用

在能源消耗数据分析中,多种数据分析方法协同作用。统计分析方法用于对能源数据进行基本特征描述,如计算能耗的均值、方差、最大值、最小值等,了解能源消耗的总体水平和波动情况。通过对某企业一个月的电能消耗数据进行统计分析,发现工作日的平均能耗比周末高出40%,且能耗的标准差较大,表明工作日能耗波动明显。时间序列分析方法可挖掘能源消耗随时间变化的规律,预测未来能耗趋势。采用自回归积分滑动平均模型(ARIMA)对历史电能数据进行建模,能够准确预测未来一周内每天的能耗情况,预测误差可控制在10%以内。聚类分析方法用于对不同设备、生产环节的能耗数据进行分类,找出能耗相似的群体,便于针对性制定节能策略。如将工厂内的设备按能耗聚类,发现某一类高能耗设备的运行时间和负载率与能耗密切相关,为后续设备优化提供方向。关联规则挖掘可发现能源消耗与其他生产因素之间的潜在关系,例如通过分析发现,在特定工艺条件下,设备温度每升高1℃,能耗增加3%。

### 3.2 机器学习模型用于能源消耗预测

机器学习模型在能源消耗预测方面展现出强大优势。支持向量机(SVM)通过寻找一个最优分类超平面,可对不同工况下的能源消耗进行准确分类预测。在某电子产品制造企业,利用SVM模型对不同生产批次的能耗进行预测,准确率达到85%以上。随机森林(RF)算法通过构建多个决策树并综合其结果进行预测,具有较好的泛化能力和抗干扰性。在汽车制造企业中,RF模型根据设备运行参数、生产订单量等多个因素预测能源消耗,能够有效应对生产过程中的不确定性。神经网络模型,尤其是深度神经网络,可处理复杂的非线性关系,对大量历史数据进行学习,从而实现高精度的能源消耗预测。如采用长短期记忆网络(LSTM)对能源消耗的时间序列数据进行学习,能够捕捉到长期和短期的能耗变化模式,在实际应用中预测误差较传统模型降低了15%~20%。在构建机器学习模型时,需对数据进行预处理,包括数据清洗、归一化等操作。

### 3.3 基于数据分析的能源优化决策模型

基于数据分析结果,构建能源优化决策模型,为企业提科学的能源管理决策依据。该模型以降低能源成本、提高能源利用效率为目标,综合考虑生产计划、设备运行状态、能源价格等多种因素。首先,通过数据分析确定各生产环节的能源消耗基准,当实际能耗超出基准时,系统自动发出预警。同时,结合能源价格波动情况,制定能源采购和使用策略,在低价时段储备能源,高价时段优化生产以减少能源消耗。

### 4 未来发展趋势

在智能制造领域,能源消耗数据的信息化采集与分析将呈现多维度发展趋势。首先,技术融合的深度升级将显著,5G、边缘计算与物联网的结合将实现能耗数据的毫秒级传输与边缘节点实时分析,有效减轻云端压力并提高响应速度。例如,在精密制造车间,可实现设备能耗异常的瞬时诊断与调整。其次,数据价值的深度挖掘将成为关键,跨领域数据融合将发挥重要作用。将能耗数据与生产计划、供应链、天气数据等进行关联分析,能更精准地预测能耗波动。例如,结合天气预报调整车间通风与温控系统的能源分配。再次,绿色与智能的协同强化将得到加强,随着“双碳”目标的推进,能源数据分析将更聚焦于碳足迹追踪。通过区块链技术实现能耗数据的不可篡改记录,为碳核

算提供可信依据。

### 5 结束语

本研究聚焦于智能制造领域中能源消耗数据的信息化采集与分析策略,构建了相应的体系架构,并通过案例研究进行了验证。研究结果有助于企业优化能源管理流程,实现能耗降低与成本节约。展望未来,持续的技术创新探索对于推动该领域的发展至关重要,旨在为智能制造的绿色与高效发展提供更为坚实的支撑,进而促进可持续发展目标的实现。

### [参考文献]

[1]蔡迪烽.基于大数据的工业能源消耗预测与优化控制[J].大数据时代,2025,(05):53-57.

[2]吉春山,朱杰,常培年.基于工业互联网平台的能源管控系统开发与实现[J].有色金属(矿山部分),2025,77(3):101-110.

[3]杨吉双,王华丽,杨晨.人工智能时代智能算力带来的能源挑战与建议[J].信息通信技术与政策,2025,51(05):58-62.

[4]马莉.基于物联网的能源管理信息化平台设计研究[J].中国信息化,2025,(05):72-73.

### 作者简介:

杨博(1993--),男,汉族,陕西咸阳人,本科,职称:工程师,研究方向:智能制造、数字化转型。