

基于物联网的工厂能源管理与自动化控制

纪永正 410221198508212238

摘要：随着工业化进程的持续推进，工厂生产过程中的能源消耗总量不断攀升，传统能源管理模式存在数据采集滞后、调控精度不足、浪费问题突出等弊端，已经无法适配现代工厂绿色转型与降本增效的发展需求。本文以物联网技术在工厂能源管理与自动化控制中的应用为核心，分析物联网技术架构下工厂能源管理系统的构建逻辑，探讨基于物联网的自动化控制实现路径，总结该模式应用带来的实际价值与发展前景。研究表明，依托物联网的感知、传输与数据处理能力，工厂能够实现全生产链路能源数据的实时采集、动态分析与精准调控，有效降低能源损耗，提升生产自动化水平，为工业领域的低碳转型提供可行的技术支撑。

关键词：物联网；工厂能源管理；自动化控制；工业低碳

一、引言

近年来，全球能源供需矛盾日益突出，国内双碳发展目标对工业领域的能源利用效率提出了更高要求。工厂作为工业能源消耗的核心主体，其能源管理水平直接影响全行业的碳排放强度与经济效益。传统工厂能源管理多依赖人工定期抄表、经验式调控，不仅无法及时发现生产环节中的能源泄漏、不合理消耗等问题，也难以实现能源供给与生产需求的动态匹配，导致大量能源被无端浪费，推高了工厂的生产成本。物联网技术的快速发展，为工厂能源管理的数字化、智能化转型提供了新的技术路径，通过在生产场景布置大量感知节点，能够实现能源数据的全维度采集，结合自动化控制逻辑，可完成对能源使用过程的实时调控，推动能源管理从被动事后整改向主动事前调控转变，这一方向也成为当前工业智能化领域的研究热点。

二、物联网技术在工厂能源管理中的应用架构

基于物联网的工厂能源管理系统整体分为感知层、网络传输层与平台应用层三个核心层级，三个层级协同运行实现能源管理的全流程智能化。

第一层级为感知层，是整个系统的数据来源基础。感知层主要由各类智能感知终端组成，包括智能电表、智能水表、燃气流量计、温度传感器、压力传感器、设备运行状态监测模块等，这些终端被布置在工厂的各个生产环节、能源供给节点与用能设备上，能够对电力、水、天然气、蒸汽等各类能源的使用量、设备运行参数进行 24 小时不间断采集，相较于传统人工采集方式，感知层的数据采集频率可达到分钟级甚至秒级，能够精准捕捉到生产过程中能源消耗的动态变化，

避免了人工采集数据滞后、误差大的问题。例如针对大型生产机床的用能监测，感知节点可实时采集机床不同运行状态下的功率数据，为后续分析待机能耗浪费提供数据支撑。

第二层级为网络传输层，负责将感知层采集到的海量能源数据稳定传输到后端应用平台。当前工厂场景中主要采用有线工业以太网与无线通信技术结合的传输方式，针对生产车间固定位置的感知节点，采用有线传输方式保障数据传输的稳定性与安全性；针对移动生产设备或者布线困难的区域，采用 NB-IoT、LoRa、Wi-Fi 6 等无线通信技术，实现数据的灵活传输。网络传输层具备低延迟、高可靠的特性，能够保障实时能源数据快速上传，为后续的自动化控制提供时效性保障。

第三层级为平台应用层，是实现能源管理与自动化控制决策的核心模块。平台应用层负责对传输过来的海量能源数据进行清洗、存储与分析，通过建立能源消耗分析模型，对不同生产环节、不同设备的能源利用效率进行评估，识别能源浪费的关键点，同时生成可视化的能源消耗报表供管理人员参考，更重要的是，平台能够根据生产计划与实时能源消耗数据，生成自动化控制指令，下发到各个生产设备的控制单元，实现能源使用的动态调控。

三、基于物联网的工厂能源自动化控制实现路径

基于物联网的自动化控制，核心是实现能源供给侧与需求侧的动态匹配，根据生产实际需求调整能源分配，减少无效消耗，具体实现路径主要分为三个方面。

第一，建立分区域分设备的独立能耗计量与控制体系。依托物联网感知层的精细化采集能力，工厂可以将能源消耗拆解到每个生产车间、每条生产线甚至单台设备，实现能耗数据的精准溯源，在此基础上，给每个控制单元加装智能执行模块，平台可单独对每个单元的能源供给进行调控。例如当某一条生产线临时停工，系统检测到该生产线设备进入待机状态后，可自动切断该生产线非必要的能源供给，避免长时间待机产生的能源浪费，这在传统集中式能源控制模式下是很难实现的。

第二，基于大数据分析实现负荷预测与动态调控。通过物联网平台积累的长期能耗数据，结合工厂的生产计划、排班安排、环境温度等外部参数，可以训练出工厂能源负荷预测模型，提前预测不同时段能源需求，提前调整能源供给方案。针对工厂的中央空调、照明等公共用能系统，可结合环境传感器采集到的室内温度、光照强度数据，自动调整空调温度与照明亮度，在保障生产环境舒适度的前提下最大化降低能耗。针对多台设备的生产调度，系统可根据不同设备的能耗效率，优化生产任务分配，优先安排能耗效率更高的设备运行，降低整体生产的能源消耗。

第三，异常能耗的自动预警与应急控制。物联网系统可以实时对比当前能耗数据与历史正常区间数据，当出现数据异常波动时，说明可能存在管道泄漏、设备故障等异常问题，系统会第一时间发出预警，同时自动关闭对应区域的能源阀门，避免能源的持续浪费与安全事故的发生。例如工厂蒸汽管道发生泄漏，压力传感器会第一时间检测到压力异常，系统自动切断对应管段的供汽，通知维修人员处理，相比传统人工发现异常的模式，可大幅减少能源损失与处置时间。

四、应用效果与存在的问题

从当前已经落地应用的案例来看，基于物联网的工厂能源管理与自动化控制模式能够带来显著的降本增效效果。多数应用该模式的工厂，整体能源利用效率可提升 10%到 20%，年能源成本可降低 15%左右，同时自动化控制减少了人工干预的需求，降低了人工管理成本，也提升了生产过程的稳定性。但是该模式在推广过程中也存在一些问题，一方面，改造升级需要一定的前期投入，对于中小工厂来说，前期资金压力较大，部分工厂存在观望态度；另一方面，不同品牌的感知设备、控制系统之间存在接口不统一的问题，数据互通存在障碍，给老工厂的改造带来了一定难度。未来需要进一步统一技术标准，开发性价比更高的改造方案，推动该模式在更多工厂落地应用。

五、结论

基于物联网的工厂能源管理与自动化控制，是工业能源管理智能化转型的重要方向，通过构建“感知-传输-分析-控制”的全链路智能化体系，能够解决传统能源管理模式中存在的滞后、调控粗放、浪费严重等问题，实现能源的精准化管理与动态化调控，帮助工厂降低能源成本，减少碳排放，适配双碳发展目标的要求。虽然当前推广过程中还存在一定的障碍，但随着物联网技术成本的不断降低与行业标准的逐步完善，该模式将会在更多工厂得到应用，为工业领域的绿色低碳发展提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 张宏, 李明. 工业物联网在能源管理中的应用研究[J]. 中国工程科学, 2021, 23(02): 112-118.
- [2] 王建国. 智能制造背景下工厂能源管理自动化系统设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2022.
- [3] 刘畅, 赵伟. 基于物联网的高耗能企业能源管控系统开发与应用[J]. 工

业控制计算机, 2023, 36(05): 124-126.