

基于 PLC 的厂房多设备协同节能控制实现

罗坤

易门铜业有限公司，云南省玉溪市，651100；

摘要：随着工业生产规模的不断扩大，厂房能耗问题日益突出。为实现节能降耗目标，本文提出基于 PLC（可编程逻辑控制器）的厂房多设备协同节能控制方案。详细阐述了 PLC 控制原理、多设备协同节能控制方案设计以及实际应用案例。通过实际应用表明，该方案能够有效降低厂房设备能耗，提高能源利用效率，具有显著的经济效益和环境效益。

关键词：PLC；多设备协同；节能控制；能源效率

DOI：10.64216/3080-1508.25.06.016

引言

在工业领域，厂房内众多设备的运行消耗了大量能源，能源成本在企业运营成本中占据较大比重。同时，高能耗也带来了严峻的环境问题。因此，实现厂房设备的节能控制具有重要的现实意义。PLC 作为工业自动化控制的核心设备，具有可靠性高、编程灵活、抗干扰能力强等优点，在厂房设备控制中得到广泛应用。利用 PLC 实现多设备协同节能控制，能够根据设备运行状态和生产需求，对设备进行智能调控，从而达到节能目的。

1 PLC 控制原理

1.1 PLC 硬件组成

PLC 主要由中央处理单元（CPU）、输入/输出（I/O）模块、电源模块、存储器等部分组成。CPU 是 PLC 的核心，负责执行用户程序、处理数据和进行逻辑运算；I/O 模块用于连接外部设备，实现信号的输入和输出，如传感器信号的输入以及对电机、阀门等执行机构的控制输出；电源模块为 PLC 各部件提供稳定的电源；存储器用于存储用户程序和数据，包括随机存取存储器（RAM）和只读存储器（ROM）等。

1.2 PLC 工作方式

PLC 采用循环扫描的工作方式，其工作过程主要包括输入采样、程序执行和输出刷新三个阶段。在输入采样阶段，PLC 读取所有输入端子的状态，并将其存入输入映像寄存器中；在程序执行阶段，CPU 按照用户程序的顺序，从第一条指令开始依次执行，根据输入映像寄存器中的数据和程序逻辑进行运算，并将运算结果存入输出映像寄存器中；在输出刷新阶段，PLC 将输出映像寄存器中的数据传送到输出锁存器，进而驱动外部负载。

这种循环扫描的工作方式使得 PLC 能够实时响应外部信号变化，实现对设备的精确控制。

1.3 PLC 控制算法

PLC 控制算法是实现设备控制的关键，常见的控制算法包括逻辑运算、定时与计数、顺序控制、模拟量处理、PID 控制等。逻辑运算用于实现简单的逻辑判断，如与、或、非等逻辑关系；定时与计数功能可对时间和事件进行计数，用于控制设备的运行时间和动作次数；顺序控制通过设定设备的动作顺序，实现自动化生产流程；模拟量处理可对温度、压力、流量等模拟量信号进行采集、转换和处理；PID 控制算法是一种常用的闭环控制算法，通过比例（P）、积分（I）、微分（D）三个环节的调节，能够使被控对象的输出稳定在设定值附近，广泛应用于对控制精度要求较高的场合。

2 厂房多设备协同节能控制方案设计

2.1 设备能耗分析

在设计多设备协同节能控制方案之前，需要对厂房内各类设备的能耗情况进行详细分析。通过安装能耗监测仪表，采集设备的实时能耗数据，并对数据进行统计和分析，找出能耗较高的设备以及设备在不同运行工况下的能耗变化规律。例如，在某机械制造厂房中，通过能耗监测发现，大型数控机床在空载运行时能耗较高，约占其满载运行能耗的 30%-40%；风机和水泵等设备在长时间恒速运行时，由于实际需求与设备额定功率不匹配，造成大量能源浪费。

2.2 协同节能控制策略

1. 设备启停优化：依据生产任务与设备能耗特性制

定策略,非连续运行设备完成任务后由 PLC 及时关停,避免空载耗能,如生产线完工后自动关闭相关设备。对多台同功能设备,PLC 按负载启动适量设备,例如空压站随用气需求增减空压机运行数量,确保高效运转。

2. 变频调速控制:针对风机、水泵等,通过变频器与 PLC 连接,PLC 依据压力、流量等信号调整频率以改变电机转速。如通风系统中,PLC 随室内温度调节风机转速,匹配通风需求,可降低 20%-50% 能耗。

3. 负荷分配优化:多设备协同作业时,PLC 根据各设备性能与实时状态分配负荷,使其均处于高效区间。如化工装置中,PLC 监测压缩机参数并调整加载量,均衡负荷以提升系统能源效率。

4. 能源回收利用:对高温炉窑等产余热、余压设备,设计回收系统并由 PLC 控制。如钢铁厂加热炉通过余热锅炉回收烟气热量产蒸汽,PLC 调节参数保障系统稳定运行,既减少外部能源依赖,又降低排放,兼具经济与环境效益。

2.3 控制系统硬件设计

2.3.1 PLC 选型

根据厂房设备数量、控制要求以及通信需求等因素,选择合适型号的 PLC。在选型过程中,需要考虑 PLC 的 I/O 点数、存储容量、处理速度、通信接口类型等参数。例如,对于设备数量较多、控制逻辑复杂的厂房,可选择具有较大 I/O 点数和较高存储容量的中大型 PLC;对于需要与其他智能设备进行通信的系统,应选择具备多种通信接口(如以太网、RS485 等)的 PLC。在某汽车制造厂房的多设备协同节能控制系统中,选用了西门子 S7-300 系列 PLC,该系列 PLC 具有丰富的功能模块和强大的通信能力,能够满足厂房复杂的控制需求。

2.3.2 传感器与执行器选型

为实现对设备运行状态和能耗数据的实时采集以及对设备的精确控制,需要合理选型传感器和执行器。传感器用于采集温度、压力、流量、电流、电压等物理量信号,如温度传感器可选用热电偶或热电阻,压力传感器可根据测量范围和精度要求选择合适的类型。执行器用于接收 PLC 的控制信号,驱动设备执行相应动作,如电机、阀门等。在选择执行器时,需要考虑其工作电压、功率、控制方式等参数,确保与 PLC 控制系统和设备相匹配。例如,在厂房照明节能控制系统中,选用了智能照明控制器作为执行器,通过接收 PLC 发出的控制

信号,实现对照明灯具的开关、调光等控制。

2.3.3 通信网络设计

构建稳定可靠的通信网络是实现多设备协同控制的关键。通信网络主要用于 PLC 与传感器、执行器之间的数据传输,以及 PLC 与上位机之间的通信。常见的通信网络包括现场总线网络(如 Profibus-DP、Modbus 等)和工业以太网。现场总线网络具有可靠性高、实时性强、抗干扰能力强等优点,适用于 PLC 与现场设备之间的通信;工业以太网具有传输速度快、兼容性好等优点,适用于 PLC 与上位机之间的大数据量传输和远程监控。在实际应用中,可根据厂房规模、设备分布以及通信需求等因素,选择合适的通信网络结构和通信协议。例如,在某大型电子制造厂房中,采用了 Profibus-DP 现场总线网络连接 PLC 与现场设备,通过工业以太网实现 PLC 与上位机之间的通信,实现了对厂房内大量设备的实时监控和协同控制。

2.4 控制系统软件设计

2.4.1 编程软件选择

根据所选 PLC 的型号,选择相应的编程软件。常见的 PLC 编程软件有西门子的 Step7、三菱的 GXWorks 等。这些编程软件提供了丰富的编程工具和功能块,支持梯形图、功能块图、指令表等多种编程语言,方便工程师根据控制要求进行程序设计。例如,在基于西门子 S7-300 系列 PLC 的多设备协同节能控制系统中,使用 Step7 编程软件进行程序开发,利用梯形图语言编写设备控制逻辑,直观易懂,便于调试和维护。

2.4.2 控制程序设计

控制程序是实现多设备协同节能控制的核心。在程序设计过程中,根据协同节能控制策略,编写相应的控制逻辑。程序主要包括设备启停控制程序、变频调速控制程序、负荷分配优化程序、能源回收利用控制程序以及数据采集与处理程序等。例如,设备启停控制程序根据生产任务和设备状态,通过逻辑判断实现设备的自动启停;变频调速控制程序根据传感器采集的反馈信号,利用 PID 控制算法计算出变频器的输出频率,并通过通信接口将频率信号发送给变频器;数据采集与处理程序负责采集设备的运行参数和能耗数据,并进行存储、分析和显示,为设备运行状态监测和节能效果评估提供数据支持。

2.4.3 人机界面(HMI)设计

为方便操作人员对设备进行监控和管理,设计友好的人机界面。人机界面通过上位机软件实现,如西门子的WinCC等。在人机界面上,可以实时显示设备的运行状态、能耗数据、报警信息等,操作人员可以通过人机界面进行设备的启停控制、参数设置等操作。例如,在某食品加工厂房的多设备协同节能控制系统中,操作人员可以在人机界面上直观地看到各生产设备的运行情况,如电机的转速、温度,输送带的运行状态等,还可以根据生产需求调整设备的运行参数,如调整包装机的包装速度等。同时,当设备出现故障或异常情况时,人机界面会及时发出报警信息,提示操作人员进行处理。

3 实际应用案例

3.1 案例背景

某大型机械制造厂房,拥有各类加工设备、起重设备、通风设备、照明设备等,设备数量众多,能耗较高。为降低能耗,提高能源利用效率,该企业决定采用基于PLC的多设备协同节能控制方案对厂房设备进行节能改造。

3.2 节能改造方案实施

3.2.1 设备能耗监测系统安装

在厂房内各主要设备上安装能耗监测仪表,如电力监测仪、流量传感器、压力传感器等,用于实时采集设备的能耗数据。将能耗监测仪表与PLC的I/O模块相连,通过PLC将采集到的数据传输到上位机进行存储和分析。

3.2.2 PLC控制系统搭建

根据厂房设备控制要求,选用合适型号的PLC,并进行硬件配置和软件编程。将PLC与传感器、执行器以及上位机通过通信网络连接起来,构建多设备协同节能控制系统。在PLC控制程序中,实现设备启停优化、变频调速控制、负荷分配优化、能源回收利用等节能控制策略。

3.2.3 人机界面开发

利用上位机软件开发人机界面,在人机界面上设置设备监控界面、参数设置界面、能耗统计分析界面、报警界面等功能模块。操作人员可以通过人机界面实时监控设备运行状态,进行参数设置和操作控制,同时可以

查看设备能耗数据和节能效果分析报告。

3.3 节能效果评估

经过一段时间的运行,对该厂房多设备协同节能控制系统的节能效果进行评估。通过对比节能改造前后的能耗数据发现,厂房整体能耗显著降低。如表1所示:

表1 不同类型设备节能控制策略及能耗降低幅度对照表

设备类型	采用的节能控制策略	能耗降低幅度
加工设备	设备启停优化、负荷分配优化	15%-20%
通风设备、水泵	变频调速控制	30%-40%
照明系统	智能控制(含PLC启停控制)	25%-35%

综合计算,该厂房在采用基于PLC的多设备协同节能控制方案后,整体能耗降低了20%-25%,取得了显著的节能效果。同时,通过能源回收利用系统,回收了大量余热、余压等能量,进一步降低了企业对外部能源的依赖,提高了能源利用效率。

4 结论

本文提出的基于PLC的厂房多设备协同节能控制方案,通过对设备能耗分析,制定合理的协同节能控制策略,设计完善的控制系统硬件和软件,实现了对厂房内多设备的智能调控,有效降低了设备能耗,提高了能源利用效率。实际应用案例表明,该方案具有可行性和有效性,能够为企业带来显著的经济效益和环境效益。随着工业自动化技术的不断发展,PLC在厂房多设备协同节能控制领域将发挥更加重要的作用,未来可进一步研究和探索更先进的节能控制策略和技术,不断提升厂房能源管理水平。

参考文献

- [1] 白山,杨晓,张东阳,等. 基于PLC控制的多机器人协同系统设计[J]. 现代制造技术与装备,2024,60(9):194-197.
- [2] 张铁运,商冲冲,刘润坤. 基于强化学习的PLC控制在电气自动化设备中的应用[J]. 自动化应用,2024,65(19):72-74.
- [3] 邢望,罗鹏平. 基于双PLC协同作用的煤层气车载钻机控制系统设计[J]. 煤矿机械,2022(008):043.