

卷包车间智能能耗控制系统的应用与研究

龚发雪

重庆中烟工业有限责任公司涪陵卷烟厂, 重庆 408000

[摘要]文章针对我厂卷包车间能耗较大的问题,研究设计了一种智能控制能耗系统。该系统通过信号采集、处理与执行,实现了对车间设备能耗的精准控制。阐述了项目背景、研究意义、国内外现状,详细介绍了主要研究内容、关键技术问题、实施方案、技术参数与设备选型、安全节能控制策略、试验数据及经济效益。实践表明,该系统能显著降低能耗,提高能源利用率,保障设备和人身安全,为企业绿色低碳发展提供支持。

[关键词]卷包车间;智能能耗控制;节能降耗;安全保障;数据交互

DOI: 10.33142/sca.v8i8.17628

中图分类号: TP273

文献标识码: A

Research and Application of Intelligent Energy Consumption Control System in Rolling Car Workshop

GONG Faxue

Fuling Cigarette Factory of Chongqing Tobacco Industry Co., Ltd., Chongqing, 408000, China

Abstract: This article focuses on the problem of high energy consumption in our factory's rolling and chartering workshop, and studies and designs an intelligent energy consumption control system. The system achieves precise control of workshop equipment energy consumption through signal acquisition, processing, and execution. This article elaborates on the project background, research significance, domestic and international status, and provides a detailed introduction to the main research content, key technical issues, implementation plan, technical parameters and equipment selection, safety and energy-saving control strategies, experimental data, and economic benefits. Practice has shown that this system can significantly reduce energy consumption, improve energy utilization efficiency, ensure equipment and personal safety, and provide support for the green and low-carbon development of enterprises.

Keywords: rolling car rental room; intelligent energy consumption control; energy conservation and consumption reduction; security guarantee; data interaction

1 项目背景与研究意义

在国家“双碳”战略深入推进的大背景下,烟草行业的设备能耗问题愈发凸显。我厂作为烟草生产企业,现有16组卷接包装机组、7组装封箱机以及4000盏LED照明灯,同时车间的空调、正压除尘负压供给等设备能耗较大,能源消耗成本居高不下,成为制约企业绿色低碳发展的重要因素。在此背景下,设计一种智能控制能耗系统具有至关重要的意义。该系统从立项之初就以高效、可持续、可拓展、稳定可靠为第一要素,全方位考虑便捷性、可操作性、可维护性,统筹安全等各项指标,以满足各方需求。

综合而言,开发智能节能系统可以极大提高能源利用率。而且先行一步开展相关研究,可优先于烟草同行提前规划统计能源数据,用历年数据库为工厂以后规划发展提供实践依据。通过车间优化先行,进一步为全厂能源供给优化提供经验和预判,后续还能在全厂能源调配提供实践方案和技术支持,助力企业创建节能工厂,实现高质量和绿色低碳发展。

2 主要研究内容

2.1 信号采集方面

设计包装机GH透明纸厚度检测装置,通过速度脉冲

测得实时厚度,以此识别烙铁是否工作。这一检测能为后续判断相关设备的工作状态提供重要依据,为精准控制能耗奠定基础。实时采集机器编码器信号和卷烟机包装机运行信号,知晓机器实时工作状态。同时监测S90烟支状态和排空状态,分析包装机用电器是否提前预工作,实现对设备的动态监控。通过全面掌握设备的运行动态,可及时发现不必要的能源消耗情况。增设能耗功率仪采集信号,通过总线传输到PLC分析实时用电量,并连接触摸屏实时显示。将采样信号通过网线分配给动力车间,为优化控制动力除尘和正压风机提供支持,给出这些电机的降频数据,从而降低功耗。通过这一过程,逐步将经验转化为智能控制策略。

2.2 信号处理方面

通过程序分析机器状况,制定各个用电器的最佳运行方案。实现智能检测系统PLC和触摸屏的通信与控制,并预留接口以满足更多后续需求。优化原有PLC程序,智能控制烙铁实现温控错误报警。对于大功率美容器,根据不同信号设置待机功耗,在满足条件时切断供电,以减少不必要的能源消耗。编写PLC和触摸屏程序,计算每天工作用电功率,并通过存储系统写入数据库,使工作人

员能直观实时地了解每一台卷包机组的实时用电量和每天用电量。同时将数据接入车间服务器,方便随时调用,为能耗分析和管控提供数据支持。设置触摸屏节能模式选用窗口,可随时改变节能模式。采用一键操作,方便快捷,同时设定分级密码,挡车工、维修工都可以根据实际具体情况简单修改参数,使设备达到最佳运行模式。在保养时段开启保养节能模式状态,不再需要开电启动卷包设备,从而显著降低保养时段的能耗。

2.3 信号执行方面

停机时自动识别并关闭非必要用电器。包装机通过信号采集处理分析,智能关闭烙铁、静电消除器等大功耗设备,在满足生产条件时自动提前开启。同时分析各功率烙铁升温时间,以达到节能且不影响生产的最佳效果。卷烟机通过自动分析是否长时间维修停机,进而关闭风机、冷却风机、烙铁、螺旋回丝、振槽等供电,并在正常生产时快速恢复,确保生产效率不受影响。当设备断电且无保养时,机组照明灯智能关闭或降低功率,减少照明能耗。运用总线连接触摸屏,控制各 I/O 状态,设置节能参数,显示机器能耗状态,修改节能模式以优化运行状态,及时反馈能耗信息。设计手自动切换装置,以满足特殊或维修时的用电需求,同时在保养时段优化供电,无需开启设备电源即可进行保养作业。设计电气控制系统,针对拼接烟包未检测不剔除的情况进行自我诊断,防止 A 类质量缺陷烟包的产生,在保证节能的同时确保产品质量。优化原有 PLC 程序,智能控制烙铁实现温控错误报警。与以往仅通过一个加热按钮控制不同,现在通过所有机器联网,宏观判断每一个用电器的的工作条件,不仅提高了控制的准确度,而且可以随时简单调整以满足最佳工作状态。接入网络并编写数据库,随时采集调用各设备实时用电数据。获取各机组常态下用电数据和节能数据报表,使设备运行状况一目了然,为能耗管理和决策提供有力支撑。优化精简触摸屏窗口,可人为设置维修、轻度、中度、极度节能模式,也可自动通过程序判断各种模式并自我调节。通过长时间的对比自学习,可将实时数据接入全厂的能耗系统,优化协调以降低全场能源供给。

3 拟解决的关键技术问题与难点

3.1 精确控制用电器启停时间

需使各烙铁智能加热控温,各用电器快速待机和介入。优化烙铁加热 PID 设计,设置合理待机功率,在保证控温快速准确的同时,不影响正常生产效率。这要求对烙铁的工作特性有深入了解,通过大量试验确定最佳的 PID 参数,以实现精准温控和能耗控制的平衡。

3.2 电控系统的精简设计

利用速度脉冲精确测得透明纸厚度,关键在于解决包装机透明纸厚度检测的脉冲丢失和干扰问题,防止设备误动作。这需要在传感器选型、信号传输线路设计以及抗干

扰算法开发等方面进行深入研究,确保检测信号的稳定性和准确性。

3.3 换纸判断与故障报警

利用停机和纸盘速度变化判断是否换纸,设计合理的诊断信息。对于诊断信息出现后,需准确判断是否停机,并及时报警反馈操作人员故障信息。这要求系统具备快速的信号处理能力和智能的决策逻辑,以提高设备的运行可靠性和故障处理效率。

3.4 PLC 与触摸屏的通信与数据学习

实现 PLC 与触摸屏的及时通信,并通过数据学习不断优化节能降耗流程。需要开发高效的通信协议和数据处理算法,确保数据传输的实时性和准确性,同时通过对历史数据的分析挖掘,不断优化节能策略。

3.5 编码器的应用与处理

通过编码器的应用与处理,准确知晓设备实时位置,自动识别机器运行状态。这需要对编码器信号进行精确解码和处理,提高设备状态识别的准确性和及时性,为能耗控制提供可靠的依据。

3.6 电气控制辅助系统设置

设置电气控制辅助系统,增加保养时段按钮(可放在触摸屏),让刹车和连锁自动脱开,该功能需应用在普陀 17、ZJ19/29、GDX1、GDX2 等设备上,必要时可应用到 ZJ118 上。同时要防止误动作,在正常上电后自动切断手动控制系统并且实现手自动互锁并提示信号。这要求系统具备良好的兼容性和安全性,确保在不同设备上都能稳定可靠地运行。

3.7 多科室、多车间协调与系统对接

前期需要多科室、多车间协调且进行大量调研,以确定正确的方向,避免走弯路,不影响现有工作现状。同时分析是否设置独立节能系统(独立供电),为以后与工厂节能系统对接做好准备。这需要建立有效的沟通协调机制,确保各部门之间的信息畅通和协同配合。

3.8 变量的即时传送、统计与 APP 制作

实现所有变量的即时传送和即时统计,建立数据库,方便各车间调用数据,后期可制作 APP 使能源消耗情况一目了然。这需要解决数据传输的实时性、安全性和存储管理等问题,确保数据的有效利用和便捷访问。

4 项目实施方案及其可行性

4.1 方案设计

根据我厂包装机实际情况,在不改变原有设备功能的前提下,技术团队设计了相应的实施方案。选择合适的传感器计算透明纸厚度,设计传感器紧固装置,做好传感器脉冲信号到 PLC 的防干扰工作;根据厚度传感器和机器测速脉冲计算实时透明纸厚度,增加机器停机信号、辅机编码器信号合理计算触发拼接烙铁工作;增设触摸屏,添加各种故障信息显示,方便工作人员知晓能耗数据和调整

变量参数。根据机器各传感器和机器运行状态自动启停各用电器。通过降耗电控系统的组装,设计程序对 CH 拼接产生烟包是否剔除作出自诊断,触发信号让操作工第一时间知晓并剔除不合格烟包;根据实际情况不断改进完善系统,为优化其他能耗装置保留接口,确保运行稳定可靠。

4.2 实施步骤

设计试验阶段(2023.4—2023.8)

任务:制定设计方案,设计零部件,加工或采购电气元件,进行安装试验,确定技术可行、零部件可靠。

在该阶段,项目组规划了电气控制元件,如供电断路器 Q30、运行工作接触器 KM3、开关电源 U10 等,并设计了控制电路图,进行大范围初调,修改设计不合理位置,同时设计了触摸界面。

考核指标:形成设备研制方案和实施方案。

实施制作、调试阶段(2023.8—2023.10)

任务:根据研制方案和实施方案,项目组成员先在试验平台上进行相关试验,设置智能温控程序并调试运行,不断改进,检验是否达到设计要求,实现条装缺包的检测和剔除功能。

本阶段,项目组进行了电气元件的装配,如一键启动按钮,在三相电源关闭情况下,启动该按钮,PLC 启动,在满足运行条件下,按钮指示灯点亮,可进行轮保和保养作业。同时对主 PLC A1、互锁 K1、K2,切换接触器 KM3,220v 进线空开 Q30,24V 电源 U10 以及显示触摸屏等进行了安装和调试。

考核指标:实现关闭总电源情况下进行轮保和保养作业。

巩固及验证阶段(2023.10—2024.4)

任务:将软、硬件安装在车间一组卷包机组,并调试。继续合理增加减耗能源采集,优化设计方案。收集多方信息,进行人性化改进。

考核指标:确保系统稳定性,不影响设备正常运行,改进不合理设计。

4.3 可行性分析

该方案基于我厂卷包车间的实际设备情况和能耗问题制定,充分考虑了不改变原有设备功能这一前提,降低了实施难度和风险。在设计试验阶段,通过对电气控制元件的规划和控制电路图的设计,以及触摸界面的开发,为系统的搭建奠定了基础。实施制作、调试阶段在试验平台上进行充分试验和调试,不断改进完善,确保了系统的可行性和可靠性。巩固及验证阶段将系统应用于实际生产环境,进一步优化和改进,能有效应对实际生产中可能出现的问题。同时,项目组由多科室、多车间的专业人员组成,具备丰富的经验和专业知识,能够协调解决项目实施过程中出现的各种问题。此外,所选用的 PLC 控制器、功率采集模块等关键设备均符合相关标准和要求,具有良好的兼容性和稳定性,为系统的顺利实施提供了保障。

5 关键技术参数与设备选型

5.1 关键技术参数

PLC 控制器:选用 S7-200 SMART CPU SR40,具有 24DI/16DO,其兼容现有设备通信协议,能满足系统的控制需求。

功率采集模块:采用 PM1200 三相电表,精度为 0.5 级,满足 IEC 62053 标准,可精确采集三相电源功率、电流等数据。

安全互锁:采用双继电器冗余设计,响应时间<50ms,符合 EN 60204-1 安全要求,确保系统运行的安全性。

网络接口:具备 PROFINET+以太网双通道,满足工业 4.0 通信需求,便于数据的传输和共享。

5.2 设备选型

触摸屏 1 组:通过人机界面查看三相用电功率电流情况、界面上设置能耗功率情况,方便工作人员实时了解设备能耗状态和进行参数设置。

S7-200PLC 一个,轮保作业按钮一个:使用 PLC 控制能耗处理情况,打开关闭轮保作业模式,实现对能耗的智能控制。

时间继电器、接触器一个:设备关机信号使用延时继电器控制机组上方 LED 照明关闭,减少照明能耗。

正压负压关断阀各一组:停电关闭正负压阀门,轮保期间启动,合理控制正负压供给,降低能耗。

直流电源 20A 一个:设备三相电关闭时提供备用电源,确保系统在特殊情况下的正常运行。

6 安全节能控制策略

激活安全互锁,采用 PLC 和双重继电器互锁,使市电和独立供电相互切断,实现放呆傻瓜式切换。这种控制策略能有效防止在保养、轮保时段因设备带电引发的人身伤害事故,同时确保在节能模式切换过程中设备的稳定运行。在具体操作中,关闭设备三相总电源时自动切断设备风压,一键切换到轮保、保养模式。实现长时间停机关闭美容器,设备关闭电源时关闭上方 LED 照明。在保养和轮保时段不需要开启电源,降低了保养工和维修工因意外触电受伤的风险。

7 试验数据对比与分析

表 1 试验数据对比

指标	改造前	改造后	下降率
待机加热器能耗	12.14kW/h	0.001kW/h	99.9%
维保和保养时段能耗	9.8kW/h	0.02kW/h	99.8%
照明能耗	1.8kW/h	0.6kW/h	66.7%
空调负荷	车间电器元件电发热较高,动力空调能耗大	车间电器元件电发热降低,动力空调能耗相应减少	

从上述数据可以看出,智能能耗控制系统的应用取得

了显著的节能效果。待机加热器能耗下降率达到 99.9%，维保和保养时段能耗下降率达 99.8%，照明能耗下降率为 66.7%，充分证明了该系统在降低能耗方面的有效性。同时，车间电器元件电发热降低，使得动力车间控制空调的能源消耗相应减少，虽然无法精确量化这部分能耗降低，但从整体来看，系统对降低工厂综合能耗起到了积极作用。此外，系统的应用还降低了设备故障率，减少了维护成本；降低了电气触电事故风险，提升了安全效益；实现了能耗数据可视化，简化了操作，提高了管理效益。

8 经济效益分析

8.1 经济技术指标

轮保和保养时段会开启包装机总电源，包括 GD 包装机、YF13 卷烟存储输送机和 S 型条烟提升机等，能耗较大。该项目降低了设备保养阶段和设备轮保阶段的电能消耗（由于保养时段和轮保时段时间不固定，无法量化具体降低能耗）。降低了设备长时间停机时大功率用电器的电能消耗。在触摸屏设定时间停机状态下，自动关闭主机、辅机美容器烙铁等所有电能。设备关闭总电源情况下自动延迟关闭设备上方 LED 照明，降低了照明的能耗。设备关闭总电源情况下自动关闭风压供给，减少了相关能耗。降低了卷包车间用电器的发热量，同时降低了动力车间控制空调的能源消耗。保养和轮保时段不需要开启电源，降低了保养工和维修工因意外触电受伤的风险。

8.2 节约费用

直接节能效益（单机）按照最低节约能耗计算。

年节电量： $[(9.8-0.02) \times 3 + (1.8-0.6) \times 4] \times 200 \text{ 天} = 6828 \text{ kWh}$ 。

折合电费： $6828 \text{ kWh} \times 0.8 \text{ 元/kWh} = 5462.4 \text{ 元}$ 。

间接效益。

维护成本降低：设备故障率下降。

安全效益：电气触电事故风险降低。

管理效益：实现能耗数据可视化，简便操作，傻瓜防呆。

9 结束语

卷包车间智能能耗控制系统的应用，有效解决了我厂卷包车间能耗过高的问题。通过精准的信号采集、智能的信号处理和高效的信号执行，实现了能耗的显著降低，同时保障了设备和人身安全，提升了企业的管理水平。

该系统的成功应用，不仅为我厂带来了可观的经济效益，也为烟草行业的节能降耗提供了可借鉴的经验。随着智慧化工厂建设的不断推进，我们将继续优化系统，进一步拓展其功能，实现与全厂能耗系统的深度融合，为企业的绿色低碳、高质量发展贡献更大的力量。未来，还可将该系统的经验推广到其他行业的工业车间，推动整个工业领域的节能转型。

【参考文献】

- [1]吴壮,甄爱陈.卷包车间高速卷烟机冷却水系统优化研究[J].节能,2025,44(4):76-78.
- [2]贾炯.卷烟厂空调系统的能耗特点及节能运行策略[D].云南:昆明理工大学,2025.
- [3]曾兴旺.卷烟厂醇化卷包过程温湿度监测与数据处理研究[D].重庆:重庆大学,2025.

作者简介：龚发雪（1981.12—），性别：男，学历：毕业院校：涪陵师范学院，所学专业：应用电子技术，目前职称：中级。