

分析机械制造及自动化中的节能高效设计理念

杨展雄

三技精密技术（广东）股份有限公司，广东 佛山 528000

DOI:10.61369/ETQM.2025120036

摘要：在工业智能化转型背景下，机械制造及自动化技术成为提升生产效率、降低能耗的核心驱动力。文章以马来西亚某纺织集团染厂盐车盐站项目为研究对象，分析传统染色加盐工艺存在的劳动强度大等问题，阐述机械制造及自动化中节能高效设计理念的实践路径。通过优化工艺方案等措施，项目实现四台盐车为36台染色机全自动加盐，显著降低人工成本与能耗，提升生产效率与染色质量稳定性。

关键词：机械制造；自动化；节能高效；设计理念

Analysis of Energy-Efficient Design Concepts in Mechanical Manufacturing and Automation

Yang Zhanxiong

Sanji Precision Technology (Guangdong) Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528000

Abstract : Against the backdrop of industrial intelligent transformation, mechanical manufacturing and automation technologies have emerged as the core drivers for enhancing production efficiency and reducing energy consumption. This article takes the salt truck and salt station project of a textile group's dyeing plant in Malaysia as the research object, analyzing issues such as high labor intensity in traditional dyeing salt addition processes, and elucidating the practical pathways for implementing energy-efficient design concepts in mechanical manufacturing and automation. Through measures such as optimizing process plans, the project achieved fully automated salt addition for 36 dyeing machines using four salt trucks, significantly reducing labor costs and energy consumption while improving production efficiency and the stability of dyeing quality.

Keywords : mechanical manufacturing; automation; energy efficiency; design concept

引言

传统制造业生产模式普遍存在能耗高、生产效率低、人工依赖度强等问题，难以满足现代工业高质量发展需求。在纺织染色领域，工业盐作为关键助染剂，其添加工艺的合理性直接影响染色效果与生产效率。马来西亚某纺织集团染厂原有加盐方式，或依赖人工搬运袋装盐，工人劳动强度大且效率低下；或采用集中溶盐管道输送，改变染缸浴比影响染色质量。文章以此项目为切入点，深入探讨机械制造及自动化中节能高效设计理念的重要性、实践难题及解决措施，为行业同类项目提供理论与实践借鉴。

一、机械制造及自动化节能理念的重要性

（一）契合低碳趋势，降低环境足迹

从环境维度出发，节能理念与全球低碳发展趋势高度契合。机械制造及自动化设备的高能耗不仅增加能源消耗，还可能伴随额外的环境污染物排放。该染厂项目中，传统集中溶盐工艺需消耗大量水资源溶解工业盐，且改变染缸浴比可能导致染色返工，间接增加能源与物料消耗；自动化系统通过精确控制加盐量与溶解过程，减少水资源浪费与返工率，降低生产过程的环境足迹。

（二）引领技术升级，推动集约转型

从行业发展视角而言，节能理念是机械制造及自动化技术创

新的核心导向。随着市场竞争加剧与技术迭代加速，仅依靠“高投入、高产出”的传统模式已难以为继，节能高效设计成为企业提升核心竞争力的关键。该盐车盐站项目通过融合工业电脑、RFID识别、无线通讯等技术，实现生产流程的智能化与节能化，为纺织行业乃至整个机械制造领域的技术升级提供范例，推动行业从“粗放型”向“集约型”发展转型^[1]。

二、机械制造及自动化中的节能高效设计的难题

（一）第三方系统数据对接与兼容性难题

在机械制造及自动化项目中，第三方系统的数据对接与兼容

性是节能高效设计面临的首要难题，尤其在多设备协同的复杂生产场景中表现更为突出。以马来西亚纺织集团染厂盐车盐站项目为例，客户的中控系统由第三方提供，该系统存储着各染色机台的生产任务、用盐量等核心数据，而自动化盐车盐站系统的正常运行需实时获取这些数据以制定下料与运输计划。然而，第三方中控系统的数据库结构、数据接口标准往往不对外公开，且不同厂商的系统存在技术壁垒，导致盐站控制系统难以直接提取所需数据。若无法实现数据的有效对接，自动化系统将无法精准匹配各机台的用盐需求，可能出现下料过量导致物料浪费、或下料不足影响染色质量的问题，违背节能高效设计理念。

（二）多设备协同调度与排产优化难题

机械制造及自动化系统的节能高效运行，依赖于多设备间的协同调度与科学排产，而在设备数量固定、生产任务动态变化的场景中，这一难题尤为突出。在染厂盐车盐站项目中，客户中控系统仅将染色任务分配到各机台，未规定机台的生产先后顺序，而盐车数量固定（试运行阶段仅4台），需服务36台染色机，如何通过合理调度实现盐车、AGV、盐站的高效协同，成为节能高效设计的重要挑战。传统的人工调度方式难以应对动态变化的生产任务，若盐车调度无序，可能出现部分机台等待加盐导致生产停滞，而部分盐车闲置的情况，造成设备资源浪费与生产效率降低。同时，排产方案需兼顾盐站的下料效率、AGV的运输路径、盐车的充电需求等多因素^[2]。

（三）独立设备功能集成与信号转换难题

在机械制造及自动化项目中，现场原有独立设备的功能集成与信号转换，是实现节能高效设计的另一大难题。染厂盐车盐站项目中，各染色机的控制器同样由第三方配套提供，这些控制器作为独立设备，仅负责完成染色的所有动作，且仅对外提供开关量的IO信号，不支持标准化的通讯协议。而自动化盐车系统需与染色机控制器实时交互信息——例如，盐车需获取机台“是否需要加盐”“加盐是否完成”的信号，机台需接收盐车“是否到达”“是否开始下料”的反馈，以实现精准加盐与生产协同。

（四）无线通讯网络覆盖与稳定性难题

无线通讯网络是机械制造及自动化系统实现多设备协同、数据实时传输的基础，其覆盖范围与稳定性直接影响系统的节能高效运行，尤其在大型厂房等复杂环境中，无线通讯难题更为突出。染厂盐车盐站项目的工作区域涵盖盐站、36台染色机台、AGV运输路径、盐车待命区等多个区域，需搭建覆盖整个工作区域的无线WIFI网，以实现盐站与盐车、盐车与机台、盐站与AGV之间的实时数据交互。然而，厂房内存在大量金属设备（如染色机、管道），这些设备会对无线信号产生遮挡与干扰，导致部分区域出现信号盲区或信号衰减，影响数据传输的稳定性。例如，若盐车在信号盲区无法与盐站通讯，将无法接收下料任务或反馈任务完成情况，导致调度中断；AGV在运输过程中若因信号问题迷失路径，将延误盐车运输，影响生产效率^[3]。

（五）移动设备能源管理与续航保障难题

在包含移动设备（如AGV、自动化盐车）的机械制造及自动化系统中，设备的能源管理与续航保障是实现节能高效设计的

关键难题。染厂盐车盐站项目中，盐车采用直流电机驱动，由电池供电，且需通过无线充电方式在待命区补充电量，如何平衡盐车的工作需求与能源消耗，确保设备续航稳定，成为项目设计的重要挑战。一方面，盐车的电池容量有限，而单次任务需完成从待命区到盐站接盐、再到指定机台加盐、最后返回待命区的全流程，若电池续航不足，将导致盐车在任务途中电量耗尽，无法完成运输与加盐任务，影响生产连续性。另一方面，无线充电技术的效率与稳定性直接影响盐车的能源补充速度——若充电效率低，盐车需长时间停留待命区，导致可用设备数量减少，影响调度效率；若充电过程不稳定，可能导致电池寿命缩短，增加设备维护成本，违背节能高效理念。

三、机械制造及自动化中的节能高效设计的解决措施

（一）开发定制化数据接口，实现第三方系统兼容对接

针对第三方系统数据对接与兼容性难题，需通过开发定制化数据接口、建立标准化数据交互协议，实现自动化系统与第三方中控系统的高效兼容对接，为节能高效设计奠定数据基础。在马来西亚染厂盐车盐站项目中，项目团队首先与第三方中控系统厂商沟通，获取数据库的基础结构信息（如数据表字段、数据类型），若厂商无法提供完整接口，则通过逆向工程技术分析数据库的访问逻辑，开发定制化的数据提取模块。该模块采用中间件技术，一端连接第三方中控系统的数据库，另一端与盐站控制系统的工业电脑对接，通过标准化的数据格式（如JSON、XML）将机台用盐量、生产任务等核心数据实时传输至盐站系统^[4]。

（二）构建智能排产算法，优化多设备协同调度

为解决多设备协同调度与排产优化难题，需构建基于实时生产数据的智能排产算法，结合设备状态与任务优先级，实现盐车、AGV、盐站的全局协同优化，提升系统运行效率。在染厂盐车盐站项目中，项目团队开发了一套集成于盐站控制系统的智能排产系统，该系统通过以下步骤实现优化调度：首先，实时采集各染色机台的任务状态（如是否待加盐、用盐量、任务紧急程度）、盐车状态（如当前位置、载盐量、电量）、AGV状态（如运输任务、空闲状态）等数据，建立动态数据库；其次，基于“任务优先级 + 设备利用率”双重目标构建排产算法——对于紧急染色任务（如订单交付期临近），优先调度盐车与AGV；对于非紧急任务，结合盐车运输路径优化，减少AGV空驶距离，降低能耗。

（三）增加通讯转换模块，实现独立设备功能集成

针对独立设备功能集成与信号转换难题，需通过增加标准化的通讯转换模块，将第三方设备的开关量信号转换为可交互的通讯信号，实现自动化系统与原有设备的无缝集成。在染厂盐车盐站项目中，项目团队采取以下解决方案，在每台染色机的第三方控制器上加装工业交换机与RS485通讯模块，其中通讯模块具备开关量-数字量转换功能，可将控制器输出的“需要加盐”“加盐完成”等开关量信号转换为数字信号，并通过RS485总线传输至交换机；其次，为每台染色机设定固定IP地址，将交换机接

入现场搭建的无线 WIFI 网，使盐车的无线接收终端能够通过 IP 地址精准定位并连接对应机台的控制器；最后，开发信号转换软件，在盐车控制系统中实现数字信号与控制指令的映射。为确保信号转换的准确性与稳定性，项目团队还在通讯模块中加入信号滤波功能，减少厂房内电磁干扰对信号传输的影响；同时，通过现场调试优化信号传输频率，避免数据拥堵。通过增加通讯转换模块与软件适配，成功实现盐车与第三方染色机控制器的实时交互，解决独立设备的功能集成难题，避免因信号不兼容导致的生产误差与物料浪费，提升自动化系统的可靠性与节能效果。

（四）优化无线通讯网络布局，提升信号覆盖与稳定性

为解决无线通讯网络覆盖与稳定性难题，需通过科学的网络布局设计、选用抗干扰设备、优化网络参数，构建覆盖全工作区域、稳定可靠的无线通讯环境，保障多设备数据交互需求。在染厂盐车盐站项目中，项目团队从以下三方面优化无线通讯网络：首先，进行详细的现场勘测，分析厂房内金属设备、管道的分布情况，识别信号遮挡区域，采用“多 AP（无线接入点）分布式布局”策略——在盐站、染色机台区域、AGV 运输路径沿线、盐车待命区等关键位置安装工业级无线 AP，确保 AP 覆盖范围相互重叠，消除信号盲区。同时，将 AP 安装在高处（如厂房顶部），减少金属设备对信号的遮挡，提升信号传输距离。其次，选用抗干扰能力强的无线设备，例如采用支持 5GHz 频段的工业级无线路由器与 AP，该频段相比 2.4GHz 频段受厂房内其他电子设备的干扰更小，且传输速率更高，能够满足多设备同时接入的数据传输需求。此外，在无线 AP 中开启“信道自动切换”功能，当某一信道出现干扰时，系统自动切换至干扰较小的信道，保障数据传输稳定性。

（五）设计智能能源管理系统，保障移动设备续航

针对移动设备能源管理与续航保障难题，需设计一套集电量监测、自动充电、智能调度于一体的能源管理系统，实现盐车电量的精准管控，确保设备持续稳定运行。在染厂盐车盐站项目中，项目团队从硬件升级与软件优化两方面提出解决方案：在硬件层面，为盐车配备高性能锂电池与高效无线充电模块——锂电池具备容量大、充放电效率高的特点，满足盐车单次长距离运输与多次加盐任务的电量需求；无线充电模块采用电磁感应式充电技术，充电效率可达 85% 以上，且支持盐车在待命区自动对位充电，无需人工干预，提升充电便捷性。在软件层面，开发智能能源管理模块，集成于盐站控制系统中。该模块通过盐车上的称重传感器与电量传感器，实时采集盐车的载盐量与剩余电量，并通过无线 WIFI 网传输至盐站电脑；系统根据盐车的电量状态与任务需求，制定动态充电策略——当盐车剩余电量低于 30% 且无紧急任务时，自动调度 AGV 将盐车送至待命区充电；当盐车电量低于 20% 时，无论是否有任务，强制安排充电，避免电量耗尽导致设备故障^[5]。

四、结束语

综上所述，机械制造及自动化的节能高效设计，并非单纯追求技术先进，而是需结合实际生产场景，兼顾数据兼容性、设备协同性、通讯稳定性与能源可控性，实现“技术 – 生产 – 节能”的深度融合。未来，随着工业 4.0 技术的不断发展，人工智能、大数据、物联网等技术将为节能高效设计提供更多可能，推动机械制造及自动化行业向更智能、更低碳、更高效的方向发展。

参考文献

- [1] 李伟杰. 分析机械制造及自动化中的节能高效设计理念 [J]. 建材与装饰, 2025, 21(27): 91–93.
- [2] 杨方正. 机械制造及自动化中的节能高效设计理念 [J]. 河南建材, 2020(1): 140.
- [3] 付明钊. 机械制造及自动化中的节能高效设计理念探析 [J]. 中国设备工程, 2021(15): 177–178.
- [4] 斯巧铭. 机械制造及自动化中的节能高效设计理念 [J]. 环球市场, 2019(36): 368.
- [5] 马松. 机械制造及自动化中的节能高效设计理念探析 [J]. 百科论坛电子杂志, 2021(21): 1104.