

# 机电制造系统集成中的能源管理与节能优化措施

汪龙

云南京建轨道交通投资建设有限公司，云南昆明，650000；

**摘要：**受到能源危机的影响，我国对绿色节能的关注度较高，先后推出了多项政策指导各个生产企业进行节能生产，如双碳政策和可持续发展政策等。机电制造作为能源损耗的大户尤其需要积极响应国家的号召，采取有效的节能措施降低生产能耗。通过系统研究可以发现，机电制造生产中常见的能源损耗涉及设备能耗、能源转换能耗、辅助系统能耗和其他相关能耗，影响能源消耗的主要因素有生产工艺、设备特性、管理水平与环境因素。因此，本文在明确机电制造系统集成中的能源管理现状后，探究有效的节能优化措施，以期降低生产能耗，提高生产效益。

**关键词：**机电制造系统；能源管理；节能优化

**DOI：**10.64216/3080-1508.26.01.061

机电制造系统集成中融合了多学科内容，涉及大量先进技术体系，属于一个较为先进的制造生产模式，从理论层面来讲，各类高新技术的集成可以有效提升生产效率与质量，但是实际上由于各个生产环节和生产工艺的协同性不高，经常出现设备空载的状况，产生了很多不必要的能源消耗，这与新时期的节能生产需求严重不符，同时也会为企业带来较大的经济损失。因此，势必要对机电制造系统集成中的节能优化措施展开研究。

## 1 机电制造系统集成中的能源消耗

### 1.1 设备能耗

生产设备能耗占据机电制造系统总能耗的60%~70%，主要源自加工设备、数控机床和机器人等核心制造设备。因此，设备能耗与生产任务量和相关加工工艺直接挂钩，如数控机床运行阶段的切削速度、进给量等均会对电力消耗产生直接影响。又如机器人的运行轨迹以及负载因素等也是造成能耗变动的关键要素。部分设备的运行状态也一定程度上影响电能消耗，其中负载和空载状态下的能耗变动幅度较为明显。研究资料显示，一些机电制造单位的设备空载能耗可达30%左右，具备较大的节能潜力。

### 1.2 能源转换能耗

能源转换能耗指的是，能源在生产、运输和转换时所产生的部分损耗，一般占总能耗5%~10%，主要包括电力传输能耗、热能转换能耗和压缩空气能耗等。常见的表现有供电过程中电力在输电线路中产生的能耗以及锅炉热能转化为电能时的能耗等，此类能耗普遍存在隐蔽性特征，很难通过监测发现，属于能源管理中经常被忽略的一部分内容。

### 1.3 辅助系统能耗

机电制造过程中需要大量的辅助系统作为支持，主要有空调系统、给排水系统、照明系统和压缩空气系统等，其中压缩空气系统的能耗偏大，占辅助系统能耗的50%左右，可以用于对各类气动元件的驱动；照明系统的能耗占比较小，但由于存在覆盖范围大和持续运行时间长的特征，累积能耗仍旧不可忽视；空调系统主要用于营造良好的生产作业环境，可对生产车间的温湿度进行有效调节，可避免温度过高或者湿度过大对设备质量的影响，因此空调系统能耗与车间面积和环境温湿度密切相关。

### 1.4 其他能耗

除上述几种大占比能耗以外，还包括办公区能耗和运输能耗等，能耗占比不足5%。其中的办公区能耗以空调、电脑、打印机和相关办公设备能耗为主。运输能耗则是指叉车和物流车辆产生的能耗，通常受到企业管理模式和物流情况的直接影响。

## 2 影响机电制造系统能源消耗的关键因素

### 2.1 生产工艺

生产工艺对机电制造系统的能源消耗起着决定性作用，加工工艺的选择和参数的变化均会带来不同的能耗，如在进行机械加工时，采用干式切削工艺时的能耗偏低，且可降低对环境的污染影响，对于切削参数的优化不仅可以兼顾好加工质量，还能节约设备能耗。另外，对于生产流程的优化设计，可以将冗余的工序去除，保障各个生产工序的准确衔接，以免出现设备频繁启停的状况，无故增加能耗。

## 2.2 设备特性

设备效能、老化程度以及自动化水平等均会影响设备能耗，其中高效能的设备能耗偏低，数据统计显示高效能设备较于常规设备可节省约10%~30%的能耗。而设备老化则会导致能耗大幅度上升，一些使用年限已经超出10年的设备，其能耗要比新设备多出15%左右。自动化设备具备自动控制和调节的功能，可根据车间生产情况控制设备启停，有效缩短了空载时间，能够显著降低能源损耗。

## 2.3 管理水平

企业管理水平对能耗也会产生一定影响，健全的能源管理体系往往能够实现对各类能源的精准管控，达成降低能耗的目标。生产操作人员的操作规范性也是影响能耗的重要因素，如其能够按照标准要求合理设置设备运行参数，并避免空载运行，则可很大程度上降低生产能耗。生产调度管理的科学性决定了设备利用率，如生产调度不合理会导致生产设备负荷增大，任务分配不均，进而影响生产能耗。

## 2.4 环境因素

这里的环境既包含生产环境，也包括政策环境，当生产环境中的温度过高或者过低时便会增加空调运行能耗。此外，不同时间段内的电价存在一定的差异，也是影响企业能源成本的关键，如能合理安排生产计划，错开用电峰谷期则能有效降低能耗支出。

# 3 机电制造系统集成中的能源管理现状

## 3.1 能源监测体系不健全

部分企业对能源管理工作的关注度不高，在能源监测中的投入较小，致使其难以覆盖整个机电制造过程，特别是缺乏对辅助系统以及能源转换环节的监测，导致所获取的能源消耗数据并不完整，无法掌握机电制造过程的能耗水平。此外，生产数据与监测数据之间的融合度不高，无法实现对能耗情况的深入分析，不能明确能耗与生产和设备状态的联系，致使难以找到节能优化的切入点。

## 3.2 节能措施不到位

企业进行节能改造时，通常会将目光放在某一设备或者某一环节上，未能从全局角度出发进行全过程改造，致使局部节能的现象十分常见。如某企业为加工设备加装了变频器，使得设备单机能耗得到有效控制，但没有加大对生产调度和设备空载等问题的重视，致使机电生

产系统的节能效果并不理想。此外，因节能措施脱离生产工艺和生产任务，还会导致无法协同的问题，很可能对生产质量和效率带来负面影响。

## 3.3 智能管控程度低

企业现有的能源管控系统还停留在对各类数据的采集和展现层面上，不具备能耗预测和自动调控功能。企业仍需依靠人工管理经验进行能耗分析与生产调度，相对来说，能源管控的效率偏低，往往是在产生较大的能源消耗时再采取相应的措施进行管控，节能效果并不理想。特别是在机电制造系统趋于复杂化的形势下，传统的能源管控方法不再适用。

## 3.4 能源管理机制不完善

部分企业的能源管理机制缺乏完善性，具体表现为：管理责任划分不清，且没有专业的能源管理人才作为支持；节能考核时的指标相对单一，更多关注总能耗的降低水平，没有结合产品质量和生产效能等指标进行综合评价，致使部门间存在矛盾冲突；节能激励机制不科学，无法充分调动员工的积极性。

# 4 机电制造系统集成中的节能优化措施

## 4.1 健全覆盖全面的能源监测体系

一是扩大监测覆盖范围。可以借助物联网技术和智能监测终端设备实现对机电制造过程的全过程监测，主要方法为，在各类生产设备和系统中布设好智能监测终端设备，保障对生产车间电力、水、天然气等能源消耗数据的全面获取。以数控机床这种核心生产设备为例，可以通过安装智能电表和传感器的方式实时采集设备能耗信息和运行参数，对于二者变化规律的分析可以明确二者的关联性，这可为节能优化措施的制定提供可靠的参考。此外，对于车间和办公区温湿度的检测，还可实现对空调系统的智能化控制，在保障空间舒适度的同时降低空调能耗。

二是建设数据共享平台。数据共享平台的建设可以实现对各类数据的高效共享与融合，有助于解决因信息孤岛带来的一系列问题。如对于数据的高效融合能够分析能耗与各类生产要素之间的关系，如设备状态、生产工艺和环境条件等，精准识别能耗控制的切入点。如对于设备能耗与切削参数的分析，可以明确的是切削参数是影响设备能耗的关键要素，通过对切削参数的优化来降低能耗。

三是构建智能分析平台。联合大数据技术和人工智能技术构建机电制造系统能耗分析模型，实现对能耗数

据的深度分析，如对比不同车间、设备的能耗，根据能耗与设备状态之间的联系进行能耗预测，为能源采购以及生产调度提供可靠的参考。同时该平台还支持对异常情况的诊断分析，如实际能耗和预测能耗之间的差距过大时，将发布预警信息，使相关管理者尽快排查造成异常能耗的成因，从源头上解决高耗能问题。

#### 4.2 优化节能措施

一是加强设备节能改造。对于现有设备进行节能改造是强化机电制造系统节能水平的重要途径，如其中的风机和泵送设备等，可以通过添加变频器的方式对流量和压力等进行动态控制，以免设备长期处于高负荷状态，造成不必要的能耗浪费，实践证明，加装变频器后，单机设备的节能率可达20%左右。在数控机床中，着重优化进给系统与主轴结构，采取更换高效润滑技术的方式也可降低能耗。

二是配置高效节能设备。将企业中现有的高耗能和老化设备淘汰掉，并更换为高效节能的设备设施可以很大程度上降低设备运行能耗。如将普通电机替换为一级能效永磁同步电机，将数控机床变更为变频数控机床，提高机床加工效率的同时，可以降低空载能耗。在设备运行中，还需根据现场加工需求对运行参数进行动态调整，在保障生产质效的同时严控能耗。

#### 4.3 构建智能管控系统

智能管控平台需同时具备耗能分析、能源监测、节能优化和调度管理等功能，为能源管理工作提供有效的技术支撑，实现能源管控的智能化发展目标。在该管控系统的作用下，可以基于实际生产数据进行能耗分析，并且结合以往的机电制造经验，给出最优的能源调度方案，并对设备运行参数进行自动化调整，此举不仅可以减轻各类设备的负荷，还能保障对能源的合理分配。尤其是其中的自动调控功能与能源监测和能耗分析系统的对接，能够了解车间生产设备的能耗情况，并结合现实生产任务优化调整设备运行参数，从根本上降低生产能耗。

#### 4.4 完善能源管理机制

完善的能源管理机制有助于尽快实现节能优化目标，具体可从明确职责、健全考核激励机制和加强人才培养力度几个方面分别入手：首先，要成立专门的能源管理机构。做好能源管理任务的分工，并为其选配大量能源管理人才，专门负责能源管理制度的制定和落实等工作，针对能源管理制度落实期间存在的各类问题进行

分析和汇总，不断调整和扩充制度内容，使其可以覆盖机电制造生产的整个过程，做好对能源消耗的全过程管控工作。同时监督节能措施的实施情况，明确节能效能；其次，要打造科学的考核指标体系。打破单一的考核指标结构，通过引入多维度的节能考核指标增强考核结果的准确性，使其可以真实反馈节能情况，同时对能源管理工作也具有一定的指导意义，可以避免出现过度追求局部和片面节能的问题。考核指标体系应面向所有参与生产的部门和班组，并对考核周期加以明确；再次，健全激励机制。明确激励条件和标准，针对取得良好节能效果的部门和个人予以表彰或者发放奖金，同时将节能考核指标纳入员工考核系统，与员工薪资待遇挂钩，对于无法按要求完成节能指标的部门与个人问责。此外，畅通沟通渠道，鼓励员工提出有建设性的意见和节能改造方案，被采纳的意见将获得现金奖励；最后，做好节能培训与宣传工作。企业定期举办能源管理培训活动，增强管理者的专业能力和素质，主要就能源管理技术、智能监测设备使用方法等进行培训，使相关人员掌握正确的操作方法，充分发挥智能监测设备在节能管理中的作用。必要时带领员工学习环保政策和节能知识，不断强化从业人员的节能意识。

#### 5 结语

机电制造系统的集成度较高，但在实际生产中的能源控制问题仍旧严峻，很多企业虽然具备节能生产的意识，但由于不能明确能耗的源头导致节能计划失效，很难达成较为理想的节能生产效果。结合前文所述内容，需要积极健全覆盖全面的能源监测体系来提升对能源消耗的了解程度，以便确定最佳的节能生产方案，同时通过优化节能措施、构建智能管控系统和完善能源管理机制等手段提升机电制造系统的节能生产水平。

#### 参考文献

- [1] 何小英,王旭.智能制造单元系统集成应用实训平台的开发及研究[J].云南民族大学学报(自然科学版),2022(002):031.
- [2] 张泽.机电系统集成中的智能调度与协同控制措施研究[J].机电产品开发与创新,2025(3):201-203.
- [3] 肖琴.机电一体化技术在智能制造中的应用与发展[J].数码设计(电子版),2024(2):0631-0633.
- [4] 赵军山,廉振,刘云霞.基于机电能量转换原理实现变速传动的汽车电气变速器装置[J].葡萄酒,2024(24):0097-0099.