# 基于OEE指标的生产设备效能提升路径研究

晏 濠
东方电气集团东方锅炉股份有限公司 四川 自贡 643000

**摘 要** 设备综合效率（OEE）作为衡量生产设备运行状态和利用水平的重要指标，通过时间稼动率、性能稼动率和质量合格率3个维度，综合评价设备运行效率。在制造业生产过程中，设备故障频发、运维方式粗放、生产流程衔接不畅以及原材料质量波动等问题，都会直接影响OEE水平，制约企业制造能力和成本控制能力。本文以OEE指标为研究基础，系统分析影响生产设备效能的主要因素，从提升设备可靠性、强化预防性维护、优化生产线流程、稳定原材料质量以及设备负荷与运行速度匹配等方面，提出针对性的设备效能提升路径，为企业降低运行成本、增强设备效能提供参考。

**关键词** OEE指标；设备效能；设备管理；预防性维护；流程优化

**Research on the Improvement Path of Production Equipment Efficiency Based on OEE Indicator**

Yan Hao
Dongfang Electric Corporation Dongfang Boiler Co., Ltd., Zigong 643000, Sichuan Province, China

**Abstract** As an important indicator for measuring the operating status and utilization level of production equipment, Overall Equipment Effectiveness (OEE) comprehensively evaluates equipment operation efficiency through three dimensions: time availability, performance efficiency, and quality rate. In the manufacturing production process, issues such as frequent equipment failures, extensive maintenance methods, poor production process connections, and fluctuations in raw material quality directly affect the OEE level, constraining the enterprise's manufacturing capacity and cost control capability. Based on the OEE indicator, this paper systematically analyzes the main factors affecting production equipment efficiency. It proposes targeted equipment efficiency improvement paths from aspects including enhancing equipment reliability, strengthening preventive maintenance, optimizing production line processes, stabilizing raw material quality, and matching equipment load with operating speed, providing references for enterprises to reduce operating costs and enhance equipment efficiency.

**Key words** OEE Indicator; Equipment Efficiency; Equipment Management; Preventive Maintenance; Process Optimization

随着制造业向数字化、精益化、绿色化方向转型，设备综合效率成了决定企业生产能力、市场竞争力的关键要素。传统管理方式往往侧重产量或加工时间，难以全面地反映出设备运行过程中存在的损失和问题。OEE指标通过综合评价时间稼动率、性能稼动率、质量合格率，给企业破解履约交付瓶颈、改进管理决策提供量化的数据依据。基于OEE指标开展设备效能提升研究，可以使得企业从整体上改善设备管理模式，达到生产过程持续改进的目的。分析影响OEE水平的主要因素，探索出切实可行的提高途径，具有较强的现实意义和应用价值。

## 1 基于OEE指标的生产设备效能提升重要性

基于OEE指标提升设备效能对制造企业推行精益管理、降本增效具有重要意义。OEE由时间稼动率、性能稼动率与质量合格率构成。时间稼动率反映设备计划运行时间的有效利用程度，如非计划停机时间由每月200 h降至150 h，可使时间稼动率从49%提升至62%。性能稼动率衡量实际与设计速度的差距，设备节拍较设计值50 s每缩短5 s，性能稼动率可提高约10%。质量合格率体现产品一次合格水平，当原材料尺寸偏差控制在 ± 0.2 mm内、不良率由3%降至1.5%时，质量合格率显著提升。通过对非计划停机时间、运行节拍及原材料精度等关键参数进行量化分析，OEE指标能直观反映设备效率损失，为优化设备管理、提升产能利用率及降低单位制造成本提供科学依据。

## 2 基于OEE指标的影响生产设备效能提升原因分析

### 2.1 设备故障

设备故障率是影响OEE的关键因素之一，它主要表现在频次以及单次故障的持续时间上。当关键设备月均非计划故障停机次数由2次增加到5次，单次平均维修时间由1.5 h增加到3 h的时候，设备年累计停机时间就会增加144 h以上，直接缩减了有效生产时间。轴承磨损量大于0.08 mm、电机绕组温升大于85 ℃、液压系统压力波动大于 ± 10%等技术参数异常都会使故障发生的概率大大增加。产线类设备故障不但会造成生产节拍

被迫中断，而且容易造成连锁停机，使生产线整体运行稳定性下降，从而对OEE中的时间稼动率产生持续性的负面影响。

### 2.2 设备维护不到位

设备维护状况与设备的运行稳定性以及性能保持能力直接相关。维护周期设置不合理或者执行不到位，会导致设备长时间运行后出现性能衰减现象，如润滑油黏度由设计值68 mm²/s下降到52 mm²/s，传动部件间隙由0.2 mm增大到0.45 mm，都会造成设备运行阻力增大和能耗上升。维护不到位会导致设备实际运行速度低于额定速度，如主轴转速从设计值1 500 r/min降到1 350 r/min，将直接导致单位时间内的产量减少。设备维护不到位通常会引起设备性能稼动率下降、运行波动增大，从而造成OEE的性能效率指标不稳定。

### 2.3 生产线流程不合理

生产线流程不合理是限制设备效能发挥的因素之一。设备间的节拍差异过大容易造成频繁等待或者空转，如前道工序节拍为50 s、后道工序节拍为25 s时，后端设备空转率可达到50%。辊道传输距离过长也会使设备不能连续运转，当工序间平均传输距离由5 m变成18 m时，单次转运时间由20 s变成70 s，会造成设备间衔接不畅。流程设计不合理会造成部分设备长期低负载或者间歇运行，设备性能不能充分发挥，对OEE中的性能稼动率和时间稼动率同时造成影响[1]。

### 2.4 原材料质量波动

原材料质量波动是影响生产设备效能的一个重要原因，直接影响设备的运行状态以及加工结果。当原材料尺寸偏差超过设计范围，如从 ± 0.15 mm扩大到 ± 0.4 mm时，设备需频繁调整加工参数，导致调机时间变长、停机次数增多。材料性能不一致也会使设备负荷波动增大，如硬度由设计值HB180提高到HB220会增大切削阻力，振动幅值由0.02 mm增大到0.08 mm会加速刀具及关键部件的磨损。原材料质量波动容易造成加工质量不稳定，不合格率升高，迫使设备重复加工或者返修，进一步压缩了有效生产时间。长期处于质量波动状态下的原材料，将会使设备运行参数频繁变动，很难保持稳定的工况，从而对设备的时间稼动率、性能稼动率和质量合格率造成综合影响，制约OEE指标的提高。

### 2.5 设备负荷不匹配运行速度

设备负荷与运行速度不匹配也是造成设备效能降低的重要因素。当设备长期以高于额定负荷110%的条件运行，电机电流由额定值25 A上升到32 A，轴承温度一直超过90 ℃时，设备磨损速度显著增加；同时，在低负荷运行下，负荷率低于60%时，设备的运行效率降低，单位能耗反而上升。运行速度设置不当同样影响设备性能，如把运行速度从设计值1.2 m/s提高到1.6 m/s时，振动加速度由原来的1.5 m/s²增大到3.8 m/s²，设备故障率明显增加。负荷与速度之间的失衡会加大设备损耗，缩短稳定运行时长，进而对OEE的各项指标造成综合影响[2]。

## 3 基于OEE指标的生产设备效能提升路径

### 3.1 提高设备可靠性降低故障率

设备故障率对OEE的影响很大，在锅炉这类高负荷、高技术要求的行业中，设备可靠性直接关系到生产运行的稳定性。焊接设备在锅炉制造中起着关键作用，若频繁发生故障，会造成生产停滞、增加非计划停机时间，从而影响到OEE中的时间稼动率。通过分析设备故障停机率可以量化设备平均故障间隔时长、设备平均故障修复时长，为改进措施提供依据。依靠预测性维护系统能够对设备运行状况进行全方位监控，一旦发现设备的电流、温度及振动值超出安全界限，系统就会立刻发出警报，设备运维人员就能及时发现可能存在的故障，在故障未发生时进行人工干预，减少非计划停机时间。以锅炉行业自动化焊接设备为例，当月平均故障次数由2次上升到5次时，该设备年累计停机时间将会大幅度增加。使用预测性维护系统可以将故障在初期就加以控制，进而减少故障次数。当设备故障停机率由每月20次降低到10次时，停机时间可以由原来的60 h减少到30 h，使时间稼动率由原来的85%提高到92%。因此，通过提高设备可靠性，能够显著减少停机时间，进而提升设备效能和生产效率[3]。

### 3.2 加强设备预防性维护

设备维护状况直接影响设备的长期稳定运行。传统生产模式下，设备维护周期设置常缺乏科学性且执行不到位，尤其在生产线、焊接设备等高频率、高强度作业设备上，若未能及时开展预防性维护，易引发设备故障与生产效率下降。在数字化产线中，利用物联网技术以及数据分析技术，可以提前发现设备存在的异常，及时安排维护工作，从而降低由于设备故障对生产造成的不良影响。在锅炉行业内一般把设备维护周期设定为1个月，但是经过数字化系统的监测后可以将这个时间缩短到1周，并在周末维护中对设备进行全面检查、保养与易损件更换。针对焊接设备或机加设备，若运动导轨润滑油黏度低于标准值会导致运行效率降低甚至故障。通过加强预防性维护并提高润滑油更换频率，可使设备持续处于最佳工作状态，进而提升其性能稼动率。

### 3.3 优化生产线布局提升流程效率

生产线布局直接影响设备间的衔接效率，在高精度锯切、坡口、弯管及焊接等工序中，设备节拍差异过大往往引发等待与空转，造成有效生产时间的浪费。数字化产线可通过智慧排产系统优化设备调度，依据实时生产需求动态调整设备运行顺序与速度，从而避免空转现象，提高生产效率，使设备的性能稼动率、时间稼动率最大化发挥。例如在锅炉行业数字化工厂中，设备节拍差异从原有的30 s与45 s分别缩减至28 s和40 s，显著减少了等待与空转时间，提升了整体产能。经过优化的数字化产线，产品生产时间缩短了20%，生产过程中等待时间缩短了30%，不仅提升了设备效率，也有助于降低能耗与生产成本[4]。

### 3.4 稳定原材料质量减少波动

原材料质量波动直接影响生产设备性能，在机加工、焊接等工艺中，材料质量关系到最终产品质量与生产效率。若材料性能不一致，设备需频繁调整加工参数，导致调机时间延长、停机次数增加，进而影响OEE中的时间稼动率与性能稼动率。在数字化生产线中，可通过在线检测系统以及大数据分析系统监控材料质量，从而在生产过程中保持原材料质量稳定性，减少因质量波动引发的生产中断与设备参数重调。以锅炉行业为例，若原材料硬度超过设计标准，会导致设备切削阻力增大、负荷加重，进而影响设备运行速度与稳定性。因此，与供应商协同确保原材料质量稳定，有助于减轻设备负荷波动和设备性能下降，提升设备整体效能。根据不完全统计，当原材料尺寸波动范围从 ± 0.2 mm扩大至 ± 0.4 mm时，月均设备停机时间将增加10 h，时间稼动率相应降低2.5%。因此，通过保障原材料质量稳定，不仅可以提升产品质量合格率，还可间接提升时间稼动率，从而提高整体生产效率。

### 3.5 调整设备负荷优化运行速度

设备的负荷与运行速度的匹配程度是提高生产效率的一个重要因素，在机加、焊接等高负荷、高精度生产的环境中更加重要。设备长期超负荷运行会导致电机温度升高、机械磨损加重，从而对设备的运行稳定性以及使用寿命造成影响。另外，设备在低负荷运行时，其运行效率也会降低，单位能耗反而增大，设备的整体效能不能得到充分发挥。在集控室用实时数据监控系统对设备工作负荷及运行速度加以调节，使其处于最优工作状态，从而提高设备效能。以焊接设备为例，当设备长时间在超过额定负荷的条件下运行时，设备电机电流由原来的25 A上升到32 A，引发振动加剧、效率降低及能耗增加，当负荷过低同样影响设备效率。通过动态调节实现负荷与速度的适配，可避免设备长期处于高负荷或低负荷状态，从而提升生产效率。以焊接设备为例，通过改善负荷与运行速度的匹配，设备性能稼动率由原来的85%提高到现在的90%，时间稼动率由原来的50%提高到现在的60%，在平均质量合格率为98%的前提下，这种优化使得OEE水平从42%提升至53%。表1显示了调整负荷和运行速度前后的对比。

**表1 调整负荷和运行速度前后的对比**

| 调整前 | 性能稼动率 | 时间稼动率 | OEE水平 |
|---|---|---|---|
| 原始数据 | 85% | 50% | 42% |
| 调整后 | 90% | 60% | 53% |

通过这些数据可以看出，设备负荷优化可显著提升OEE水平，进而提高整体生产效率、降低能耗并延长设备使用寿命[5]。

## 4 结束语

基于OEE指标开展设备效能提升研究，可以从时间稼动率、性能稼动率、质量合格率3个维度系统识别影响设备运行效率的关键因素，并通过相应的管理和技术手段达到持续改进的目的。通过提高设备可靠性、加强预防性维护、优化生产线布局、稳定原材料质量以及合理匹配设备负荷与运行速度，可有效减少非计划停机、降低效率损失，从而提升设备运行的稳定性和经济性，为企业推进精益生产、降本增效奠定基础。在信息化、数字化与智能制造技术不断发展的背景下，OEE指标将进一步与大数据分析、智能监测及预测性维护深度融合，推动设备管理向更精准、高效、智能的方向发展，为企业实现高质量发展提供坚实支撑。

## 参考文献

[1]江沛,李嘉濠,李孝斌,等.工业互联环境下生产设备运行能耗研究现状及关键技术[J/OL].机械工程学报,1-13[2026-01-14].http://link.cnki.net/urlid/11.2187.TH.20251223.1137.024.

[2]石晟安,彭雁峰.生产设备状态修在制造业企业的应用[J].设备管理与维修,2025(23):1-4.

[3]郑立肯,叶世芸,殷少文,等.生产设备对苦参膜指纹图谱及指标成分的影响[J].医药导报,2021,40(2):233-240.

[4]刘宪权,李仲学.大型露天矿生产设备运行及维护管理指标体系[J].矿业工程,2007(1):41-43.

[5]汤天伟,许成祥,马成松.石化企业震害评估指标及生产设备震害分析[J].江汉石油学院学报,2000(1):22-23,25.

（本文编辑 杜宇琪）