

标准，确保装配质量达到最佳状态。最后，从管理归零方面进行优化，严格按照操作保养手册执行，每 500h 进行查看磁性螺塞及进行油样检测，确保各个部件未出现磨损情况并及时干预，这些改进措施从根本上提升了产品的可靠性和使用寿命。

### 5.2 持续改进 (D5)：加强质量管理体系与监督机制

为了确保 8D 方法的持续有效性，企业在改进措施实施后进一步加强了质量管理体系和监督机制。建立了全面的质量控制流程，从产品设计、制造到售后服务的各个环节均纳入质量监管体系。特别是在生产环节，增加了质量监控点，对关键工艺和重要零部件进行监控。与此同时，企业还加强了供应链管理，确保所有原材料和零部件符合质量标准，从源头保证产品的质量稳定性。每个月，质量会组织相关部门进行质量回头看会议，评估 8D 方法实施效果，结合市场反馈进行数据分析，及时调整质量管理策略。这种持续改进的机制，不仅帮助企业提高了产品质量，还提升了客户满意度，增强了企业的市场竞争力。

### 5.3 效果验证 (D6)：故障改进后的效果评估与验证

在实施纠正与预防措施后，企业对轮边减速器进行了全面的效果评估与验证。通过严格的厂内试验和工业考核，发现经过改进的减速器在耐久性和工作稳定性方面取得了显著提升。具体而言，经过改进后的减速器在连续高负荷工作下表现出更低的温升和更长的使用寿命，故障发生率大幅下降。通过对历史故障数据的对比，改进后的产品故障率显著低于改进前，客户投诉率也减少了 30% 以上。此外，企业还通过客户和后市场反馈，验证了改进措施的有效性，确保了产品质量在市场中的竞争力。整体来看，8D 分析不仅解决了当前的故障问题，还为未来的质量管理提供了宝贵的经验和可行的改进方案。

## 6 8D 过程的完善与持续强化

### 6.1 防止再发 (D7)：标准化体系建设与经验固化

在 D7 阶段，企业不仅将改进成果制度化、文件化，还构建了完善的质量标准闭环管理体系，实现了从问题整改到过程优化的系统固化。针对 8D 过程中形成的有效措施，企业将关键改进点纳入《作业指导书》《检验规范》《设计更改手册》等核心文件，并通过信息化平台实现在线更新与同步推送，确保各部门实时掌握最新标准。同时，企业建立了质量改进数据库，对历史问题、根因分析、纠正措施及验证结果进行系统归档，为后续类似问题提供可查询的知识支持。为保证改进标准落地执行，企业定期组织交叉审核与

质量回溯检查，对执行偏差及时纠正，防止标准流于形式。通过“标准执行—效果验证—反馈优化”三环联动机制，企业实现了质量体系的动态更新，使防止再发成为企业运行的常态化管理环节，显著提升了整体质量管理的稳定性与成熟度。

### 6.2 团队表彰与经验推广 (D8)：强化质量文化与改进激励

在 D8 阶段，企业不仅进行了项目成果的总结与表彰，还进一步完善了质量激励机制与持续改进体系。针对在 8D 活动中表现突出的团队与个人，企业设立了专项质量改进基金，用于支持后续的创新研究与技术优化。表彰活动不仅限于物质奖励，更注重精神层面的激励与荣誉传承，通过颁发“卓越质量贡献奖”“持续改进先锋奖”等荣誉称号，增强了员工对质量改进工作的责任感和自豪感。同时，企业建立了“质量改进知识库”，将各项目组的经验总结、问题解决思路、数据分析方法等系统归档，供全员查阅与学习。通过举办跨部门研讨会、线上知识分享会及案例复盘活动，推动 8D 方法在全公司范围内的再应用与优化。此外，企业管理层还将质量文化纳入战略管理考核体系，通过制度化的方式确保质量理念融入日常运营，实现从问题解决到体系建设的跃升，最终形成企业持续学习、主动改进的良性循环。

## 7 结语

通过对矿用自卸车轮边减速器市场故障的系统化研究与 8D 质量管理工具的实践应用，本文验证了该方法在复杂机械装备质量改进中的有效性。研究表明，8D 工具能够实现从故障识别到根因消除的全流程闭环控制，帮助企业在较短周期内完成问题整改与防再发措施制定。改进后的产品在可靠性、耐久性及客户满意度等方面均取得显著提升，经济与社会效益显著。该研究不仅提升了企业质量管理水平，也为矿用设备行业建立标准化、可追溯的故障处理体系提供了参考。未来，通过数字化质量监控与持续改进机制的深化融合，8D 管理理念将在装备制造领域展现更广阔的应用前景。

## 参考文献

- [1] 张再利,徐莎,汪星,朱曦,吴洋.大型矿用自卸车轮边减速器机架长寿命设计优化改进[J].煤矿机械,2024,45(06):133-135.
- [2] 李健,王迪,石烨坤,望超,范辉,杨丽华,王源蜜.大型矿用自卸车轮边减速器的仿真与优化[J].内燃机与配件,2024,(10):33-35.
- [3] 张振宁.XDE400矿用电动轮自卸车轮边减速器传动系统优化设计[D].导师:刘永平;魏永峭.兰州理工大学,2023.
- [4] 程飞飞.基于模糊理论的电传动矿用自卸车轮边减速器系统可靠性分析[D].导师:安宗文;来进勇.兰州理工大学,2022.

# Multi-objective optimization of energy system in metallurgical enterprises

Quanqi Li

Energy and Environmental Protection Department, Ningbo Iron and Steel Co., Ltd., Zhejiang, Ningbo, 315000, China

## Abstract

The energy system scheduling in metallurgical enterprises is crucial for ensuring safe, stable, and efficient production operations. This paper explores the multi-objective optimization scheduling of power and gas systems in metallurgical enterprises, proposing a scheduling method based on production operation plans, energy balance plans, and real-time adjustment mechanisms. The article analyzes the scheduling principles for various energy mediums in metallurgical enterprises, focusing on the scheduling strategies and optimization measures for gas, blast furnace gas, coke oven gas, and converter gas. Through an in-depth analysis of energy system scheduling, this paper aims to enhance the enterprise's energy management level and realize a more efficient, economical, and environmentally friendly production model.

## Keywords

metallurgical enterprises; energy scheduling; multi-objective optimization; gas systems; production management

# 冶金企业能源系统多目标优化调度

李全琪

宁波钢铁有限公司能源环保部，中国·浙江宁波 315000

## 摘要

冶金企业的能源系统调度是保证生产安全、稳定和高效运行的关键。本文探讨了冶金企业中动力系统和燃气系统的多目标优化调度，提出了基于生产经营计划、能源平衡计划和实时调整机制的调度方法。文章分析了冶金企业中各类能源介质的调度原则，重点介绍了煤气、高炉煤气、焦炉煤气及转炉煤气的调度策略和优化措施，通过对冶金企业能源系统调度的深入分析，旨在提升企业能源管理水平，实现更高效、经济、环保的生产模式。

## 关键词

冶金企业；能源调度；多目标优化；燃气系统；生产管理

## 1 引言

随着冶金行业的快速发展，能源消耗逐渐成为制约生产效率和成本控制的重要因素。尤其是在复杂的冶金生产过程中，涉及多个能源介质（如煤气、高炉煤气、焦炉煤气等）的供应与调度，要求能源调度系统具备较强的实时响应能力和精确的平衡调整能力。冶金企业在动力系统调度中，必须根据生产计划与实际情况，灵活调整能源供给与消耗，确保各系统的安全、稳定运行。传统的能源调度方法存在一定的局限性，无法充分满足现代冶金生产对能源的高效利用与环保要求。因此，优化冶金企业能源调度，尤其是燃气系统的调度策略，成为提升生产效率、降低成本、确保环保合规的重要课题。

【作者简介】李全琪（1981—），男，中国浙江宁波人，助理工程师，从事能源环保动力调度研究。

## 2 冶金企业能源系统调度的基本原则

冶金企业的能源调度需与生产经营计划紧密结合，确保能源供需在各个生产环节中得到有效平衡。在制定能源调度方案时，需要综合考虑生产计划、设备运行状态、各能源介质的需求与供应状况，并根据实际情况及时调整能源的配给。能源平衡计划作为基础，必须与实际生产条件相适应，特别是在高炉、转炉等重要生产环节中，确保能源供给不会因需求波动而产生过量或不足的情况。通过合理的能源平衡调整，能够在保证生产连续性的同时，减少能源浪费，确保能源的高效利用，支持企业的长期稳定发展。能源平衡调整的实施方法需要依赖精准的监控系统，实时跟踪能源消耗与供应状况。通过建立能源监控平台，对各生产环节的能源需求进行动态调整，确保各类能源的及时供给与消耗的同步性。在实际操作中，调度员需要依据实时数据对煤气、高炉煤气等能源系统进行调整，确保每个环节的能源供给不超出或低于所需标准。

### 3 冶金企业动力系统各能源介质的调度策略

#### 3.1 煤气系统调度策略

煤气系统作为冶金企业能源供应的核心之一，其调度策略应根据实际生产需求进行灵活调整。煤气系统调度需综合考虑煤气的生产量、消耗量以及储存能力，特别是在煤气需求量波动较大的情况下，调度员需通过调整煤气的供给、回收及储存方式，确保煤气系统在高峰期和低谷期的平稳运行。根据煤气的种类（如高炉煤气、焦炉煤气等），需要制定不同的调度策略。例如，在焦炉煤气不足时，可以通过调节高炉煤气的比例来满足焦炉的需求。此外，煤气系统的调度还需要严格遵循安全规范，避免由于不合理的调度造成煤气泄漏或设备损坏<sup>[1]</sup>。

#### 3.2 高炉煤气调度优化

高炉煤气是冶金企业中常用的能源之一，其调度优化直接关系到能源利用效率和生产安全。在高炉煤气的调度过程中，首先要准确掌握煤气的实时生产量和消耗量。根据高炉的生产负荷情况，调整煤气的供给量，确保其在高炉燃烧过程中的有效利用。同时，在煤气供给不足时，可以通过增加焦炉煤气或转炉煤气的供给来弥补缺口。此外，高炉煤气的回收率需要进行精确调控，避免过量回收而导致系统压力过高，影响生产设备的稳定运行。高炉煤气的调度优化不仅要提高能源使用效率，还需关注煤气的热值和质量，确保每个环节的能源消耗在合理范围内。

#### 3.3 焦炉煤气调度及调整操作要领

焦炉煤气调度的关键在于如何合理分配煤气资源，确保焦炉系统在不同生产阶段的煤气需求得到满足。在正常生产过程中，焦炉煤气的供给应根据焦炉的负荷情况进行调整。若出现煤气供应过剩或不足的情况，应及时调整燃气供应结构，如切换至高炉煤气或转炉煤气，以确保焦炉煤气的平衡。特别是在焦炉煤气平衡不足时，应优先保障发电、锅炉和热处理炉的煤气需求，避免出现煤气供应短缺的状况。焦炉煤气调度还应考虑到煤气的热值变化，确保煤气供给的稳定性和可靠性，图 1 为一种企业的综合能源多目标整合调度优化运行方法。

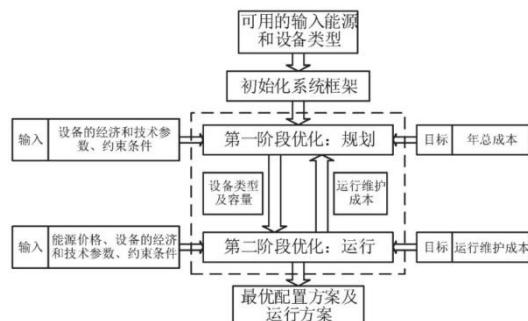


图 1 一种企业的综合能源多目标整合调度优化运行方法

#### 3.4 转炉煤气回收与利用优化

转炉煤气回收系统的优化调度能够大幅提高能源的利

用效率。首先，需要监控转炉煤气的实时回收量，确保回收的煤气能够稳定供给至需要的系统。在回收过程中，调度员应注意煤气的质量和温度，避免由于煤气质量不稳定而影响后续的利用效率。通过对转炉煤气回收设备的定期维护和调整，可以有效提升回收效率。此外，当转炉煤气系统出现故障或回收量不足时，应及时通过调节煤气来源或切换备用系统来保证系统的正常运行。优化转炉煤气的回收与利用，不仅能够减少能源浪费，还能降低生产成本，提升企业的综合竞争力<sup>[2]</sup>。

### 4 冶金企业燃气系统多目标优化调度方法

#### 4.1 多目标调度优化模型的构建

冶金企业燃气系统的调度优化涉及多个目标，包括提高能源利用率、确保生产连续性和降低运行成本等。在构建多目标调度优化模型时，首先需要明确各个目标的权重，并根据实际需求进行调整。例如，在能源供应紧张的情况下，优先保障生产安全，适当降低能源利用效率目标的优先级。同时，模型应能够处理不同能源介质之间的相互关系，确保各类煤气、氧气等能源的平衡调度。通过引入线性规划、遗传算法等优化技术，可以为调度员提供科学的决策支持，提高调度的灵活性和有效性。

#### 4.2 调度优化算法与技术实现

调度优化算法的选择直接影响冶金企业能源系统的运行效率。常用的优化算法包括基于遗传算法的最优化调度、模糊逻辑控制和动态规划等。这些算法能够在复杂的生产环境中，处理大量的实时数据并进行快速优化。例如，遗传算法可以用于解决多目标调度问题，通过调整各目标函数的参数，找到最佳的调度方案。通过运用这些优化算法，冶金企业可以在保证生产安全的前提下，最大限度地提高能源的利用效率。此外，结合人工智能与大数据分析技术，可以进一步提升调度系统的智能化水平，实现更精准的能源调度<sup>[3]</sup>。

#### 4.3 燃气系统优化中的协调与资源分配

燃气系统的优化调度不仅要考虑单一能源的平衡，还需要协调各个能源之间的关系，确保整体系统的高效运作。在资源分配过程中，调度员应根据实际生产需求，合理分配各类能源的使用比例。例如，在高炉煤气、焦炉煤气和转炉煤气的调度过程中，需要根据各类能源的热值、使用效率及安全要求，进行优先级排序。同时，资源分配时还应考虑到系统的冗余设计，避免因某一系统出现故障而导致整体能源供应不足。通过精准的资源分配和合理的调度策略，冶金企业能够提高能源的使用效率，降低生产成本，提升企业竞争力。

### 5 冶金企业能源调度中的系统安全与稳定性控制

#### 5.1 煤气系统的安全控制措施

煤气系统作为冶金企业能源供应的重要组成部分，其