

Analysis of Lubricant Performance Optimization Strategy in Lubrication System of Metallurgical Machinery

Xianyong Su

China Metallurgical Jingcheng Engineering Technology Co., Ltd., Beijing, 100176, China

Abstract

In metallurgical production, the operational efficiency of mechanical equipment is significantly influenced by lubrication systems. Inadequate lubrication not only accelerates component wear and increases energy consumption but may also lead to premature equipment failure or even safety incidents. Therefore, to ensure safe and efficient metallurgical production, it is essential to prioritize lubricant performance and implement effective optimization strategies to enhance lubricant properties. This approach improves the operational status of metallurgical machinery lubrication systems, thereby achieving cost reduction and efficiency improvement in production. Based on this, the article provides an overview of metallurgical machinery lubrication system operations and explores optimization strategies for lubricant performance through the application of performance testing methods. Considering the characteristics and limitations of lubricating oils and greases, this paper introduces the application of intelligent oil-gas lubrication technology in the metallurgical industry.

Keywords

metallurgical machinery; lubrication system; lubricant properties; optimization strategy; intelligent oil-gas

冶金机械润滑系统中润滑剂性能优化策略分析

苏贤涌

中冶京诚工程技术有限公司, 中国·北京 100176

摘要

在冶金生产中机械设备的运行效益会受到润滑系统的较大影响,若润滑不当,不仅会加剧零部件磨损、提高能耗,还可能引发设备早期失效甚至安全事故,所以想要确保冶金生产的安全、高效,则必须对润滑剂性能予以高度重视,采取有效的优化策略提高润滑剂性能,进而达到提高冶金机械润滑系统的运行状态,实现冶金生产的降本增效。基于此,文章分析了冶金机械润滑系统运行的相关概述,结合润滑剂性能测试方法的应用,对优化冶金机械润滑系统润滑剂性能相关策略进行了有效探讨。针对润滑油及润滑脂的特点和弊端,本文对智能油气润滑新技术在冶金行业应用进行了推广介绍。

关键词

冶金机械; 润滑系统; 润滑剂性能; 优化策略; 智能油气

1 引言

在国民经济体系中,冶金工业作为重要基础产业会对整个国家经济、社会发展产生直接影响。工业生产离不开对机械设备的使用,而冶金机械的安全、稳定、高效运行又需要润滑系统作为保障,其中润滑剂的性能更是对机械运行效率、使用寿命、维护成本等产生直接影响。冶金机械设备的运行具备强度高、负荷重、时间长等特点,常规的润滑方法无法满足冶金生产要求。加强对绩效润滑系统润滑剂性能的优化,更是冶金生产领域需要积极探索解决的难题。针对润滑剂性能的优化,积极探索科学合理的润滑剂选型与使用策略,对于提高冶金机械设备的运行效益有着十分重要的现实

意义。

2 冶金绩效润滑系统运行的相关概述

在冶金生产中机械润滑系统极为关键,是生产设备得以正常运行,确保生产效率,实现节能降耗的重要保障。可以说,润滑系统的运行直接关系冶金生产的安全性、高效性。一般来说,冶金机械润滑系统主要包括润滑油系统、润滑脂系统两个部分,其中润滑油系统又涉及油箱、油泵、冷却系统、过滤系统、油压控制系统等组成部分的设计,实现对冶金机械润滑点的润滑油输送;润滑脂系统则主要是在脂润滑器的作用下对润滑点进行润滑脂的直接输送、润滑。这些润滑剂的使用,都是以降低机械运行过程中零部件摩擦、磨损为直接目的,实现生产降噪、效能提升与延长机械寿命^[1]。冶金机械运行过程中,润滑剂性能与质量、运行温湿度、设备状态、润滑剂使用方法、运维保养措施等,都会对润滑

【作者简介】苏贤涌(1984-),男,中国江西上饶人,硕士,高级工程师,从事钢铁冶设备采购管理及质量管理研究。

系统运行的稳定性、高效性产生直接影响，这也就突出了润滑剂选择额度重要性。冶金机械运行的安全、持续、高效，需要确保润滑系统润滑剂较好的抗磨性、抗氧化性、抗腐蚀性等良好性能，通过对润滑系统的结构构造与运行原理进行深入研究，探索出优化润滑剂使用的有效策略，是提高冶金生产能效的重要措施。

冶金机械润滑系统的运行效果会受到润滑剂选择与性能的直接影响，其中，不同的润滑剂类型、粘度、抗氧化性、耐高温性能等，在实际的润滑效果与生命周期上也有着一定差别，同时润滑系统的设计、安装、运行等也会对润滑性能产生直接影响。润滑剂的均匀分配需要依靠对润滑设备类型、布局等的合理选择、设计，以有效的运维管理实现，以及重视做好对润滑剂、润滑系统等定期检测、清洗、更换，才能确保冶金机械较高的生产效能。

3 冶金机械润滑系统润滑剂性能测试

3.1 实地取样与室内分析

冶金机械润滑系统中润滑剂性能的评估以及润滑油在润滑系统中的表现关系需要借助性能测试来确定。首先进行实地取样，在冶金机械运行的现场进行润滑剂样品的采集，然后在实验室进行专业的性能测试，进而分析出润滑剂的实际使用性能，同时明确润滑剂处于不同工况下的变化情况。在进行润滑剂的实地取样过程中，对取样点与取样方法的确定至为关键。对于取样点的选择，应结合润滑系统运行特点、润滑剂使用要求等的综合考虑，准确把握关键润滑部位、润滑剂流动方向、润滑剂的温度变化情况，以确保样品的准确性与代表性，尤其是注意避免遭受外界污染等影响实验结果的可靠性^[2]。实验室分析则是采用化学实验与物理实验等方式对于实地采集的润滑剂样品进行全面的性能测试，获得润滑剂中的基础油、添加剂、杂质等的成分、含量分析，其中黏度试验、浸润度试验、闪点试验、凝固点实验、腐蚀性实验、抗氧化性实验是润滑剂实验室实验的固定项目，也是润滑剂选型与使用的重要依据来源，也是冶金机械润滑系统中润滑剂性能改进与优化的重要依据。

3.2 润滑剂性能测评

冶金机械润滑系统中润滑剂性能的全面测评是对其适用性、适用性评估的重要依据。一般来说，润滑剂性能测评需全面包括以下几个方面：一是润滑性能测评。降低摩擦，减少磨损是润滑剂使用的主要作用，因此润滑剂摩擦系数、磨损量的评估也是润滑性能评估的重要内容，如四球摩擦实验、磨损试验等。二是抗氧化性测评。主要是通过通过对高温、高压环境下润滑剂氧化安定性与酸值的测试，以此来评估润滑剂的氧化、分解水平。三是冷却性能测评。冶金机械运行产热较大，设备的长时间高效运作对润滑剂的冷却性能提出较高要求。通过应用热导率测定方法、恒温挥发试验等方法，测量润滑剂热导率、热稳定性，以此来评估其冷却性能。四

是渗透性测评。润滑剂的作用发挥需要确保其能够渗透到摩擦表面形成油膜，才能达到降低摩擦磨损的目的，主要是通过对其浸润度、溶解度的测量进行润滑剂渗透性能的评估、测定。五是抗乳化性测评。冶金生产过程中润滑剂和水接触会出现乳化现象，主要采用失水试验、乳化试验等来测量润滑剂和水之间的混合性，以此来评估其抗乳化性。

4 冶金机械润滑系统中润滑剂性能优化策略

4.1 工况分析与润滑剂选型匹配

首先，应对冶金机械所处的高温、重载、粉尘、腐蚀等复杂工况进行系统性评估，包括载荷谱、温度梯度、润滑点运动模式、介质污染特征等；基于该分析，构建润滑剂选型框架，如需在高温 ($> 150^{\circ}\text{C}$) 与重载状态工作，则优先选用具备高粘度基础油、优良氧化安定性与抗剪切稳定性的润滑脂或润滑油（例如重载-高温专用润滑脂）。其次，应将润滑剂基础油类型（矿物油、合成油、酯类）与增稠剂体系（如钙基、锂基、复合磺酸钙）与设备润滑点热环境、振动情况、润滑周期及污染水平一一匹配。再次，要依据冶金设备润滑回路（油脂集中润滑/油循环/多点自动润滑）确定润滑剂的流动性、泵送适应性以及低温启动性指标。最后，对选定润滑剂进行现场小范围试用监测其油膜稳定性、磨损率变化、油体参数变化情况，确认其与设备负载工况兼容后再在系统中全面推广。

4.2 优化添加剂配方

对于冶金机械润滑系统而言，润滑剂性能的重要性毋庸置疑。对于润滑剂性能的优化改进，首先要从高性能基础油的合理选择着手，比如采用聚 α - 烯烃 (PAO)、酯类油、聚醚等高低温性能、氧化稳定性、黏温特性更佳的合成油来代替矿物油作为润滑剂的基础油，或者是针对温度变化较大的情况下选择高粘度指数的基础油，在摩擦表面形成均匀、稳定的润滑膜，以此来满足冶金机械生产的润滑需求^[3]。或者是合理添加纳米二氧化硅、纳米四氧化三铁等纳米材料，来提高润滑剂的抗摩擦、抗磨损性能，降低机械生产能量损耗，优化设备运行工况。其次，在优化添加剂配方方面。可结合冶金机械的具体情况，综合分析润滑剂的物理化学实验测评，选择合适的添加剂，以此达到优化润滑剂性能的目的。比如，对于轧机轴承、齿轮等载重位置的润滑，可合理使用如硫化物、磷化物、氯代物、硼酸盐等极压抗磨添加剂，进而能够在高负荷和边界润滑条件下形成保护膜，防止金属直接接触与磨损；合理使用胺类、酚类等抗氧化剂，延缓油品在高温下的氧化变质，延长换油周期的同时，有效减少油泥和酸性物质生成，保护设备不被腐蚀；其他诸如抗乳化剂、防锈防腐剂、分散剂、清净剂、摩擦改进剂等合理使用，都能有效优化润滑剂性能。除此之外，针对超高温、真空、强辐射等液体润滑剂不适用液体润滑剂的极端工况，可合理使用石墨、二硫化钼、聚四氟乙烯等固体润滑添加剂来提高

润滑系统的性能。

4.3 优化润滑剂的使用方法

润滑剂的使用方法也会对冶金机械润滑系统的运行产生直接影响，同时优化润滑剂的使用方法也是提高润滑剂性能的重要措施。一是优化润滑剂添加方式。润滑剂在冶金机械中的分布情况、使用效果等会受到润滑剂添加方式的直接影响。一般来说，需要确保润滑剂在机械表面形成均匀分布的润滑膜，才能确保润滑效果最大化。通过对润滑剂喷洒方式的合理优化，以及改进喷洒设备的方式，确保润滑剂能够全面、均匀、长时间覆盖至需要润滑的部件整体。二是优化润滑剂黏度与润滑膜厚度。润滑剂的黏度会影响润滑膜的形成与效果的持续性。通常情况下，润滑剂的润滑效果与其黏度、膜厚度成正相关关系。通过合理、准确的实验测评，对润滑剂组分与配方进行调整，得到机械标准运行工况下润滑剂的最佳黏度与厚度，确保机械运行过程中润滑膜的高度稳定。三是要优化润滑系统设计。润滑剂性能的优化需要通过加强对润滑系统的优化设计与管理，才能实现最佳的润滑效果。通过引入自动润滑系统对润滑剂的用量与润滑频率进行精准控制，避免润滑过多或润滑不足，熟悉按需润滑。加强对润滑剂的清洁度管理，通过使用精度较高的过滤器对去除润滑剂中的杂质与磨损颗粒，提高润滑剂的纯度。做好对润滑剂状态的在线监测与油液分析，通过对润滑剂的黏度、颗粒度、酸值、水分等的定期监测，及时发现润滑剂使用存在的问题，进而采取针对性的应对措施^[4]。

4.4 优化润滑剂生产、应用成本

在冶金机械生产过程中，润滑剂的使用量较大，优化润滑剂生产、应用成本，也是优化润滑剂性能的重要策略。在润滑剂的生产方面，通过对润滑剂的合成工艺进行改进、优化，实现原料利用率、生产效率的最大化，能够有效降低润滑剂的生产、应用成本。或者是加强对可代替产品，新型润滑剂的开发，也是实现润滑剂性能降本增效的重要策略。除此之外，在应用管理方面，还需要重视做好对润滑剂的管理与节约使用，避免不必要的消耗浪费。比如，在机械设备的日常维护过程中，对润滑系统中废弃、沉积的润滑剂进行及时清洗、更换，也是降低润滑剂使用浪费的重要措施。以及通过对润滑剂添加频率、添加量的合理调整，切实将润滑剂的使用控制在合理范围，也能实现润滑剂使用降本增效的效果。

4.5 优化润滑管理

加强对润滑剂性能测试的标准化化管理，也是优化冶金机械润滑系统润滑剂性能的重要策略。通过加强对润滑剂性能测试方法的研究，提高润滑剂性能测试的准确性、全面性、可靠性，为润滑剂的最优选择提供依据。比如，通过开发高温高压多因素耦合试验平台等与冶金机械运行实际工况更为接近的测试设备与方法，引入智能感知与数字仿真技术等，推动传统的经验型润滑剂性能测试的智能化转变，切实

提高润滑剂性能的测试水平。在润滑剂技术的创新与优化方面，需要重视加强对润滑剂成分、配方等的优化改进，通过加强对基础油类型的选择把控，合理设计添加剂体系，引入纳米粒子等新型功能材料，加强多学科方法融合等，切实提高润滑剂的抗摩擦、抗磨损、承载力等关键性能，实现润滑剂综合性能的显著提升，更好地适应复杂环境下冶金机械的润滑需求。同时需要加强对润滑剂使用与管理的宣传、培训，切实提高设备操作、管理、维护等人员对于润滑剂使用的认识，实现对润滑剂的正确使用、管理，充分发挥润滑剂性能效果。除此之外，还应加强对冶金机械润滑系统运行的监控，针对维护工作实施建档管理，准确、全面记录润滑剂的检查、维护情况，为提高润滑剂的使用性能提供依据。

5 冶金润滑系统中新技术智能油气润滑应用

针对以上润滑油及润滑脂的特点和弊端，本文介绍推广目前流行的智能油气润滑技术，智能油气润滑简单说就是把润滑油和压缩空气精准混合，通过数字化系统按需输送到设备关键部位，彻底告别传统润滑的粗放模式。具体表现上，这套系统能对每个润滑点单独设定供油时间和油量，像“精准滴灌”一样直达摩擦点；同时配备在线监测和预警功能，不管是缺油、油嘴堵塞，还是油水混合等问题，都能实时发现并精准定位故障点，还能通过云端平台远程监控和调整参数。其已经从精准供油向智慧运维及绿色低碳全面升级，核心趋势可概括为更智能、更精准、更绿色、更集成、材料新、服务好。

中冶京诚已将智能油气润滑实际应用几条酸轧机组上，效果十分显著。一方面大幅降本增效，油耗较传统方式大幅降低，部分改造后月均油耗降幅超 27%，油泥产生量也下降 60% 以上，减少了润滑油浪费和后续处理成本；另一方面设备稳定性大幅提升，压缩空气形成的正压能阻挡乳化液等杂质侵入，轴承温度显著降低，基本杜绝了轴承烧损、轧辊黏连等故障，延长了设备寿命，减少了停机维修时间。此外还更环保，避免了润滑油泄漏污染，配合相关系统优化后，还能辅助减少含酸废水排放，符合绿色生产要求。

对行业而言，这一应用有着重要引领意义。它破解了酸轧机组恶劣工况下的润滑难题，为行业提供了可复制的智能润滑方案；推动了钢铁行业酸轧机组从传统运维向数智化、绿色化转型，助力行业在降本增效的同时实现低碳环保目标；也彰显了自主集成技术的优势，为钢铁装备核心系统的国产化升级和技术革新提供了有力支撑^[5]。

6 结语

综述可知，润滑剂的性能会对冶金机械润滑系统的运行效果、使用寿命等产生直接影响，进而影响生产效益。大家需要重视加强对润滑剂性能实验、分析等工作的高度重视，探索优化润滑剂性能的有效策略，为冶金机械的高效率、长寿命运行提供保障。而智能油气润滑技术的发展趋势正从

根本上重塑润滑行业，带来多维度的变革。其精准润滑技术大幅降低润滑油消耗量，推动了行业从规模扩张向质量效益提升转型。

参考文献

- [1] 张明.冶金机械润滑系统中润滑剂性能优化策略研究[J].中国金属通报, 2024(12):174-176.
- [2] 马威.润滑油在冶金机械设备检修中的应用研究[J].大众科学, 2024, 45(4):29-31.
- [3] 秦晓敏,高云龙,冯磊.冶金机械设备润滑技术研究与应用[J].冶金与材料, 2025, 45(4):89-91.
- [4] 王超,曾良才,陈娟,等.油润滑下不同槽宽网状织构表面润滑特性研究[J].机床与液压, 2023, 51(22):7-11.
- [5] 毛召芝, 沈志前等.绿色数智化流体系统推进酸轧联合机组工艺技术变革再造,中国会议, 2023.