

冷轧连轧机轴承集中润滑系统油耗 控制技术改造与效果

菅新明, 张庆波, 吕旭东

(内蒙古包钢钢联股份有限公司稀土钢冷轧板材厂, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章针对包钢稀土钢冷轧板材厂五机架六辊连续式冷轧机, 轧辊轴承集中稀油润滑系统在换辊过程中存在的润滑油残留量大、损耗过高、资源浪费严重及现场环境油污污染等问题, 提出以系统原有气-液平衡式蓄能器为接入点的压缩空气吹扫强制回油技术改造方案。该技术方案可使轴承座残油回收率接近 100%, 显著降低油品采购成本与废油处置费用, 改善轧辊装配区域作业环境, 提升设备维护效率与资源循环利用率, 为冶金冷轧领域同类大型轴承集中润滑系统的油耗控制与节能降耗改造, 提供成熟可行的技术参考与工程实践范例。

关键词: 冷轧连轧机; 轧辊轴承; 集中稀油润滑; 油耗控制

中图分类号: TG356.16

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2026)03-0066-04

Technical Reform and Effects of Lubrication Oil Consumption Control for Centralized Lubrication System of Bearings for Tandem Cold Mill

Jian Xinming, Zhang Qingbo, Lv Xudong

(Cold Rolled Rare Earth Steel Plate Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union
Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: In the paper, the technical reform scheme of mandatory lubrication oil return with compressed air purging is proposed by taking original gas-liquid balanced accumulator of the system as the access point aiming at such problems as large residual quantity and more loss of lubrication oil as well as serious resource waste and lubrication oil contamination in the environment at the scene for centralized thin oil lubrication system of roll bearing for five-stand six-high tandem cold mill of Cold Rolled Rare Earth Steel Plate Plant of Baotou Steel in the process of changing roll. The recycle rate of residual lubrication oil for bearing housing could approximate 100%, purchase costs of oil products and waste oil disposal costs could be significantly reduced, working environment of roll assembly area could be improved as well as equipment maintenance efficiency and cyclic utilization rate of resources could be increased with this technical scheme, which could provide mature, feasible technical references and engineering practice examples for lubrication oil consumption control of centralized lubrication system of large bearing of the same kind as well as energy saving and cost reducing in cold rolling field of metallurgical industry.

Key words: tandem cold mill; roll bearing; centralized thin oil lubrication; lubrication oil consumption control

冶金行业冷轧机组,轧辊轴承采用循环式集中稀油润滑供油,系统结构成熟、运行稳定、适配大直径重载轴承座,具备维护简便、可靠性高、成本适中的特点,被国内多数大中型冷轧厂广泛采用。

包钢稀土钢冷轧板材厂五机架六辊连续式冷轧机,轧辊轴承座直径 1 530 mm,全线配置 20 个工作辊轴承座、20 个中间辊轴承座和 20 个支承辊轴承座,全部采用集中稀油润滑系统。该润滑系统在生产运行中暴露出突出的油品损耗问题有:设备停机更换轧辊时,主泵停止运行,系统压力消失,轴承座内部留存的高粘度润滑油仅依靠重力自流回油,回流速度缓慢,无法在标准换辊作业周期内完成残油回收,导致轴承座拆卸过程中大量润滑油直接外泄,造成严重的资源浪费。为解决换辊过程中润滑油大量流失的问题,本文以该冷轧机轴承集中润滑系统为研究对象,深入解析系统运行原理、循环流程与回油瓶颈,结合现场设备条件、工艺约束,开展油耗控制技术研究方案优化,通过最小化改造,实现轴承座残油高效回收、油耗显著降低、运维成本下降、作业环境改善的综合目标,为同类轧机润滑系统优化改造提供可复制、可推广的工程实践经验。

1 运行原理

1.1 设备组成

本厂五机架六辊连续式冷轧机轧辊轴承集中稀油润滑系统为全封闭循环式结构^[1,2],承担全线所有轧辊轴承的润滑、冷却、清洁与散热功能,系统主要由以下核心部件构成:油箱系统,采用 25 m³ 隔断式结构油箱;动力供给单元,配置两台螺杆式主油泵;压力控制单元,配备一套反馈式气动压力控制系统;净化与冷却单元,设置一组双联在线过滤器,配套一组板式换热器;保压与平衡单元,安装 1 台 1 m³ 气-液平衡式蓄能器。

1.2 润滑介质与运行工况

系统选用 320[#]工业齿轮油作为专用润滑介质,系统最佳运行油温控制在 40 ~ 50 ℃,在此温度区间内油品粘度适中,润滑膜形成稳定,冷却效率与润滑性能达到最优匹配。

1.3 换辊工况循环机理

当设备停机更换轧辊时,主油泵停止运行,系统压力降至零,轴承座内部留存大量高温高粘度齿轮油。该油品粘度较大,在无压力驱动的条件下,靠重力自流回油速度极慢,无法在规定时间内完成回流,

导致轴承座拆卸时内部残油直接外泄,造成润滑油大量浪费、油耗居高不下。

2 改造方案及论证

2.1 总体思路

本次改造以不改动润滑系统主体结构、不增加大额投资、不占用标准换辊工时、不影响设备安全运行、不损伤轴承密封为基本原则,充分利用润滑系统现有设备接口与空间布局,引入工厂管网洁净压缩空气。在换辊前对主油路与轴承座进行短时吹扫,强制润滑油快速回流至油箱,实现换辊无残油、无浪费、无污染的目标。

2.2 关键技术参数选型与论证

2.2.1 气源品质

吹扫气源需要满足无油、无水、无杂质的要求,避免造成润滑系统油品污染和管路锈蚀。因此,确定选用工厂无油无水的压缩空气作为吹扫气源,气源品质符合冶金设备润滑系统气动介质使用标准。

2.2.2 气源接入点

气源接入点满足施工量小、材料成本低、操作便捷、不破坏系统原有功能的要求。经现场实地勘测与多方案对比,最终确定以气-液平衡式蓄能器作为唯一接入点。该接入点具备三大优势:一是蓄能器直接连通润滑主管道,吹扫气体可快速均匀扩散至所有轴承座,回油效率最高;二是无需对主管道开孔、焊接、仅需加装球阀与过渡接头,施工简便、周期短;三是不影响蓄能器原有保压、缓冲功能,改造后系统运行逻辑不变。

2.2.3 气源净化

为防止压缩空气中携带的微小杂质污染润滑油,在气源接入管路前端加装过滤精度 20 μm 的专用气体过滤器,可有效去除气源中的杂质,确保进入润滑系统的气体高度洁净,保护轴承与润滑介质不受污染。

2.2.4 吹扫压力

吹扫压力影响回油效果是设备安全的核心参数。压力过低,回流不彻底;压力过高,易导致轴承座密封件变形、破损,引发渗漏。项目组在现场开展多组压力对比试验,分别选取 0.1 MPa、0.15 MPa、0.2 MPa、0.25 MPa 四档压力进行实测,监测回油速度、残油残留量、密封件状态和油品气泡情况四项指标。试验结果表明:吹扫压力设定为 0.2 MPa 时,综合效果最优。轴承座密封件无变形、无渗漏、无损伤,

回油过程中产生气泡少,吹扫压力的影响,见图 1。

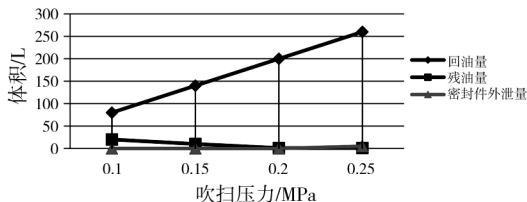


图 1 吹扫压力关系

2.3 方案可行性

本次改造仅需加装球阀、过滤器、减压阀、连接

管路等简易辅件,材料成本低、施工周期短,主体设备无任何结构性改动。改造后系统安全性、稳定性、可靠性不受影响,可彻底解决换辊残油浪费问题,具备显著的经济、环保与安全效益,完全满足现场生产需求,技术方案成熟可行。

3 操作方法及原理示意图

改造后的吹扫操作全部在停机准备阶段完成,全程仅需约 5 ~ 8 min,不占用换辊作业工时,不影响生产节奏,操作流程标准化、简易化,现场操作人员可独立完成,见图 2。

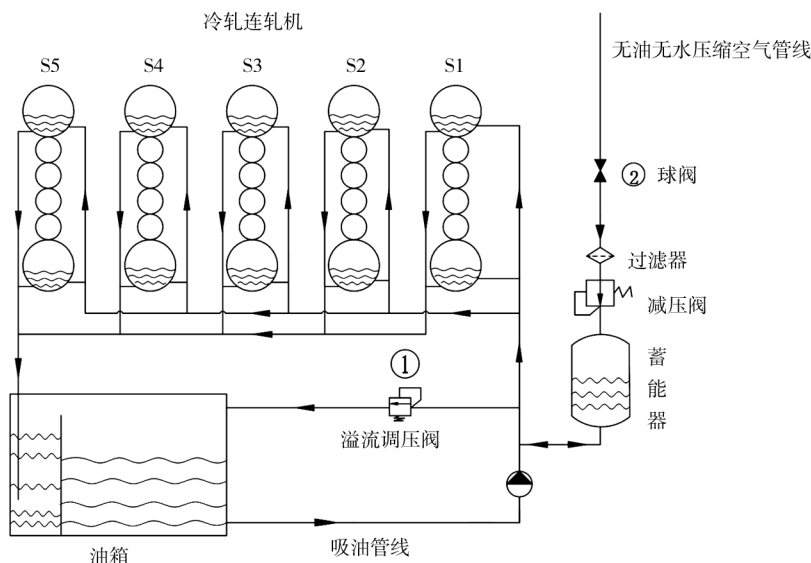


图 2 原理示意图

在更换支承辊前的设备停机准备时段,首先停止润滑主泵运行;随后手动关闭主泵旁溢流调压阀①,切断供油区与主油路的泄压通道,使主油路与轴承座内部形成封闭腔体。打开蓄能器旁吹扫气源球阀②,将过滤器、减压阀稳压至 0.2 MPa 的无油无水压缩空气,通过蓄能器持续充入润滑主管道,吹扫时间控制在 5 ~ 8 min 左右。吹扫作业完成后,关闭压缩空气气源球阀②,切断气源供给;随后将主泵旁溢流调压阀①恢复至自动控制模式。

4 使用效果

本油耗控制技术在包钢稀土钢冷轧板材厂五机架六辊冷轧机现场完成改造并投入使用后,经过连续 1 年的工业运行验证,在节油降耗、成本控制、设备维护、现场环境、安全环保等方面均取得显著成

效,各项指标均达到设计预期。

4.1 节油降耗

改造实施后,换辊前通过标准化压缩空气吹扫作业,支承辊轴承座内残油可实现近乎 100% 回流至油箱,下线拆卸的轴承座内部无明显润滑油残留,彻底杜绝换辊过程中的润滑油外泄浪费。按单次换辊节约 200 L 工业齿轮油核算,每月换辊 4 次,年节约润滑油量可达 9 600 L,直接降低润滑油采购成本与资金占用,实现资源高效循环利用,节能降耗效果突出。

4.2 综合运行成本

一方面,轴承座残油全部回收,废油产生量大幅减少,显著降低废油收集、转运、无害化处置的环保费用;另一方面,轴承座内部保持洁净,延长轴承使用寿命,降低轴承备件费用,综合运维成本显著下

降。

4.3 设备维护效率

吹扫回油操作全程仅需 10 min,且在停机准备时段完成,不占用标准换辊工时,不影响轧机生产节奏;操作流程简单,操作人员可快速掌握;同时后期维护工作量小、故障率低,设备整体运维便捷性显著提高。

4.4 现场作业环境

轴承座拆卸过程中无润滑油外泄,轧辊装配区域地面、设备表面无油泥堆积,作业环境整洁规范;符合冶金行业安全标准化、绿色工厂建设与职业健康安全管理要求,为操作人员提供安全、清洁的作业环境。

4.5 技术推广价值

本次改造以极小的投入实现了节油、降本、增效、环保、安全的多重效益,充分体现了技术创新对生产现场痛点问题的解决能力与赋能作用。该技术方案适配性强、改造简便、效果稳定、可靠性高,可广泛应用于冶金行业各类集中稀油润滑的冷轧机、连轧机、轧机轴承座的润滑系统,具有极高的工程推广

价值。

5 结论

本文通过对包钢五机架六辊冷轧机轴承集中稀油润滑系统运行原理、循环流程与换辊工况的系统分析,明确停机换辊时高粘度润滑油自流回油速度慢、轴承座残油无法及时回收外泄是油耗过高、浪费严重的核心原因,为技术改造提供了精准的理论依据。

本次实践充分证明,立足现有设备资源、聚焦生产现场痛点、开展微改造与精创新,能够以最小投入实现最大效益,有效破解生产瓶颈、提升设备运行效率、推动绿色制造与节能减排,对冶金冷轧行业同类设备优化改造具有重要的参考价值与示范作用。

参 考 文 献

[1] 陈方舟. 浅谈油耗统计与分析在机械成本控制中的应用[J]. 城市建设,2013,8(1):6-9.

[2] 宋新华. 论工程机械的集中润滑[J]. 中小企业管理与科技,2010,16(1):5-10.

(上接第 54 页)

值现象进行改善,有效地将各机架前滑值恢复为正值,促使轧机恢复至正常轧制状态。

4 结论

本文针对冷连轧机组轧制硬质冷轧基料易出现的“负前滑”现象进行分析,从前滑值计算模型出发,分析各参数对前滑值的影响规律。结果表明,出口厚度、后张力与前滑值呈反比例变化,摩擦系数、前张力与前滑值呈正比例变化。针对于此,本文对 2030 冷轧机组进行轧制工艺优化,经实验表明冷连轧机组负前滑改善策略能够对前滑负值现象进行改善,迫使轧机恢复至常规状态。

参 考 文 献

[1] 张结刚,吴泽交,吴高亮,等. 宽规格五机架冷

连轧机组硅钢高精度断面控制技术研究[J]. 轧钢,2015,32(5):36-39,53.

[2] 任忠凯,王涛,王跃林,等. 极薄带轧制变形区接触轮廓及接触压力分析[J]. 钢铁,2018,53(12):62-68.

[3] 孙权,陈建钧,潘红良. 板材轧制过程变形区应力分布简化计算模型[J]. 应用力学学报,2018,35(5):1139-1145,1192.

[4] 施剑睿,孙文权,陈禄祯,等. 基于极限静摩擦力矩的轧机打滑预测模型[J]. 钢铁,2021,56(9):96-101.

[5] 贾志伟,李元华,张海利,等. 以控制打滑为目标取向硅钢可逆轧制工艺优化[J]. 轧钢,2020,37(1):42-44.