

轧线主传动系统常见故障分析与对策研究

杨喜顺 王翔 陈思旭 尹丁南

安阳钢铁建设有限责任公司, 河南 安阳 455000

[摘要]轧线主传动系统是钢铁生产设备的关键部分, 它的运转状况直接关系到生产率、产品的质量和设备使用寿命的问题。随着钢铁产业朝着高效、高精度、高度自动化的方向前进发展, 传统的经验式的管理方式已经不能适应对于安全、平稳的运行需求了。本论文针对轧线主传动系统结构特点与运行特性进行分析研究了电气故障方面的问题、机械故障问题以及润滑与冷却故障等常见的故障类型并探究其产生原因, 指出了电气控制系统失灵, 机械部件的磨损, 润滑不良和多种不利因素共同作用等都是引起系统不稳定的因素, 在此基础上总结出了从设计改进, 运维管理, 智能预警等方面制定预防措施, 为保证系统的稳定运行提供了理论依据和实践经验, 同时也可作为钢铁生产的智能化发展提供了技术支持。

[关键词]轧线主传动系统; 故障分析; 诊断技术; 维护对策

DOI: 10.33142/aem.v8i1.18906

中图分类号: TH165

文献标识码: A

Analysis and Countermeasures of Common Faults in the Main Transmission System of Rolling Line

YANG Xishun, WANG Xiang, CHEN Sixu, YIN Dingnan

Anyang Iron & Steel Construction Co., Ltd., Anyang, He'nan, 455000, China

Abstract: The main transmission system of the rolling line is a key part of steel production equipment, and its operation directly affects productivity, product quality, and equipment service life. With the development of the steel industry towards high efficiency, high precision, and high automation, traditional experiential management methods can no longer meet the requirements for safe and stable operation. This paper analyzes and studies the structural and operational characteristics of the main transmission system of the rolling line, including common types of faults such as electrical faults, mechanical faults, lubrication and cooling faults, and explores their causes. It points out that the failure of the electrical control system, wear of mechanical components, poor lubrication, and the combined effects of various adverse factors are all factors that cause system instability. Based on this, preventive measures are summarized from the aspects of design improvement, operation and maintenance management, intelligent warning, etc., providing theoretical basis and practical experience for ensuring the stable operation of the system, and also providing technical support for the intelligent development of steel production.

Keywords: rolling line main transmission system; fault analysis; diagnostic technology; maintenance measures

引言

伴随着钢铁行业发展, 轧线生产能力、自动化程度不断提高, 主传动系统做为动力心脏部分, 其稳定性、可靠性直接影响着产线的生产能力和产品品质。高强度钢、精密切削加工对系统的要求越来越高, 不但要在重载条件下平稳运行, 而且还要有迅速响应的功能及故障报警功能, 但实际应用过程中仍然经常发生电动机超温、齿轮轴承损坏、缺油等现象, 传统的经验性维修已经无法满足复杂的生产条件。针对轧线主传动系统进行探究分析其常见的故障形式与产生原因, 在充分研究现代检测技术的基础上, 结合先进的维护手段, 并给出预防对策, 以供为以后处理此类事故提供参考以及更加方便智能化工厂管理。

1 轧线主传动系统概述

轧线主传动系统是轧钢设备的主要动力传递装置, 它的主要任务就是把电动机产生的机械动能经过一系列传动部件准确高效的传递到轧辊上, 完成带材连续轧制成型任务。它主要有电动机、减速装置、传动部件以及保护

控制系统等几个部分构成; 其中电动机部分是整个主传动的动力来源, 通过调节电机的力矩大小和旋转速度来为主轧机提供稳定可靠的力矩来源, 减速装置用来调整电动机的输出的频率和轧辊之间的频率匹配的关系, 来保证钢板厚度和宽度尺寸以及表面质量符合工艺要求。传动装置则是齿轮、联轴节、轴承和支承结构等部件, 它的结构精密度和运转情况决定了传递效率的高低和系统的稳定性, 而保护控制系统则是监控着电动机和传动装置的工作情况, 通过电气控制或者 PLC、DCS 等控制系统准确的控制扭矩的大小和快慢以及负载情况, 在出现异常情况的时候及时的保护起来。传动系统的工作环境比较恶劣, 要经受重载、频繁启停、长期连续轧制和温度变化和润滑油的变化等各种工况的影响, 这就对系统的设计和选型还有后期的维护都提出了较高的标准。随着钢铁生产的自动化程度越来越高, 也越来越精密化, 主传动系统还需要具备在线检测功能。能够实时监测运行状态、判断故障并且进行数据分析的功能, 给轧制工艺的优化提供技术支持。通过了解这个系统的构成原

理和性能指标,明确各个组成部分的作用和可能存在的问题,为之后具体的故障分析解决措施研究做铺垫。

2 轧线主传动系统故障类型与表现

2.1 电气故障

轧线主传动系统电气问题主要是电动机发热、过流、短路及控制讯号失常等,一般由电动机本身工作状态、电气元件老化或控制系统故障等原因引发,长期大负荷运转和反复的启停会使电动机内部线圈温度升高从而降低绝缘强度发生局部高温或烧毁等情况;电流波动、电压高低变化会造成电动机的经常性过流保护动作,使设备不断停机或是不稳定运行;控制系统出现通信异常、接触器损坏、传感器失灵或 plc 程序出错等也会造成电动机反应迟钝、转矩失准甚至是不能运行的现象,这些电气事故一方面直接关系到主传动系统的动力源供给情况,另一方面又会影响到机械设备的增加损耗或产生震动等状况,严重了还会导致全线停产,给生产和质量带来了负面影响,电气问题的辨识和防范是保证轧线主传动系统正常运行的关键步骤。

2.2 机械故障

机械性故障是轧线主传动中出现最多的故障之一。它的具体表现为:齿轮、轴承磨损、连接件断裂、传动带或者链条断裂及紧固件松脱等。此类型故障一般由长时间使用产生的材料疲劳、缺乏润滑条件、组装误差、不正确操作等原因所导致。在齿轮传动过程中,如果齿轮表面产生细微裂缝或者齿轮外形产生磨损,会造出齿轮传动的效率降低、振动加大,严重时会造成齿轮的空转以及不正常的啮合;而轴承的磨损会造成转子偏心,噪音变大以及振幅增加,从而破坏整个系统的稳定性;而连接件松脱或损坏会造成动力传送不连贯,进而造成对钢材厚度调节的偏差;同时传动带或链条的磨损、松弛甚至断裂会造成突然的动力传送的缺失,进而造成生产的停滞以及机器损坏。此类故障不仅缩短了使用寿命而且增加了修理费用,同时也会引发生产停滞的风险,所以有必要对机器进行定期的检验、定期更换零件和适时的添加润滑油以减少此类故障的发生。

2.3 润滑与冷却系统故障

润滑冷却系统在整个轧线主传动系统中发挥着减小摩擦、减轻磨损以及保持系统温度平衡的重要作用,润滑冷却系统出现的问题主要包括润滑不良及油液污染、冷却液供给量低及冷却系统存在泄露等现象。一旦发生供油不足或者润滑油变质,齿轮、轴承以及其他摩擦副之间的摩擦系数增大,在局部区域产生过热,使各摩擦部位提前发生磨损,加快了机械设备的破坏速度,同时还会引起更多的震动和噪音。而冷却系统阻塞或渗漏会导致电动机以及减速机内部温度急剧上升,造成电动机过热保护动作,严重的话会发生设备损毁事故。另外润滑系统的油泵故障、管路阻塞问题、阀件故障也会导致润滑油或冷却剂供给出现问题,影响整个系统的可靠程度。润滑冷却系统本身的问题常伴随着电气故障、机械故障的发生,造成主传动系统的综合性能恶化,所以润

滑冷却系统的监测、维修也是日常生产中值得重视的一环。

3 主传动系统故障原因分析

3.1 电气系统故障原因

轧线主传动系统中的电气故障主要是由于电机与控制装置在长期使用中内部及外部因素相互交织引起的。电机本身绝缘老化、碳刷与绕组损耗、轴承损坏都引起电机温升过高而造成电机过热或电流过大情况的发生;供电电源不稳定、电压波动及谐波干扰都对电机工作产生影响,使其控制器反复保护或者动作迟缓;另外,PLC、变频器、交流接触器、各类传感器等电气控制设备自身存在缺陷或者因老化失灵以及保养不到位都会产生转矩控制偏差、电机启动困难和信号检测有误的情况。复杂的生产条件下,工作人员对系统负载调整有误,或者是程序与现场生产不符也会导致电气部分出现问题。电气系统故障往往是由多种因素共同造成的,可能是一次性的突发问题,也可能是一个逐渐累积的过程,在不加以发现并解决的情况下会引起设备工作效率降低,同时还可能导致机械设备磨损加剧,威胁整条生产线的安全可靠运行。

3.2 机械系统故障原因

机械设备故障的形成主要是由于机械零部件的磨损、装配误差及材料疲劳所致,在生产轧制的过程中,齿轮、轴承以及连轴节等重要零件长时间处于重负荷、频繁的冲击和频繁的扭力变化中,容易造成细微裂纹、表面磨损、变形等问题的发生,如果润滑条件不良或者润滑油被污染的话,摩擦阻力加大,磨损加快而且会出现齿轮剥落或者轴温异常升高现象;减速机或传动机构装配不良、同心度不佳或间隙过大的话会造成动力传输效率降低、振幅及噪音增大;长期高速运转下材料的疲劳累积效应导致的零件微损伤逐步恶化成宏观故障,而且生产操作过程中的突然加载或超负荷运转都会使得磨损速率加快,使用寿命降低。机械故障不仅仅是单独某个零件的问题,它是由于工作环境、结构设计以及维护保养等多方面因素相互影响综合作用所产生的结果,所以要找出故障产生的真正原因从而进行针对性的有效处理。

3.3 润滑与冷却系统故障原因

润滑和冷却系统的问题主要因润滑油管理不当、系统本身缺陷和外界作业环境恶劣而造成。润滑油长时间工作后会发生黏度改变、沉积物堆积及老化氧化等问题,导致润滑油失去其润滑效果,使得齿轮、轴承以及联轴器之间由于干摩擦的原因而发生局部高温和提前磨损。此外冷却系统里管道堵塞、泵体损坏、阀门泄露等问题会造成流体流量减少,造成减速机、传动轴承或者电动机温度上升过高,进而导致热变形和润滑油的失效;外界温度过高、灰尘和铁屑等杂物进入也会导致内部油品污染加重,使得润滑情况恶化。润滑和冷却系统的异常一方面直接加剧了机械磨损程度,另一方面对电气系统的影响也是间接性的,造成电机过温保护和控制装置的频繁动作,从而形成了综合性的系统问题。

3.4 综合故障形成机理

轧线主线传动系统的复合故障往往是多个单一故障

复合交织的结果,主要表现为电控失常、机械磨损与润滑冷却失调交叉耦合。在线运行中,电控失灵会引起输出转矩波动导致机械部分震动加大、超载磨损的同时机械部分润滑不良及冷却装置失常也会引发机械部件磨损加大进而影响电机负载率以及发热情况,导致系统陷入负反馈回路之中。工况复杂的复合故障具有非线性的特性,表现为局部故障可能会快速扩散成为系统性故障,很难通过一种检测方式来全面捕捉到,所以了解复合故障的发生机制既离不开各个子系统的单独考量也离不开整个系统的观察分析以及数据采集,把握住故障之间的耦合关系才能为采取合理可行的防范和应对措施提供参考依据。

4 主传动系统故障防治对策

4.1 设计优化措施

想要减少轧线主传动系统故障频率,设计上的改进措施必不可少。首先,对于机械设备的设计上,在选材上应该尽量采用高强度、抗磨材料作为齿轮、轴承以及耦合器等主要传动机构的原料,使各个传动部件在承受较大负荷的同时也具备较高的耐用程度,在结构设置上也应该合理地避免齿轮啮合出现偏差的情况以及轴承负荷过于集中的问题^[1]。减速机、传动环节的安装也需要有较高的准确度,同心度误差大小、间距、震动指标均需要在设计之初予以仿真计算并加以试验验证避免长时间运转带来的机械磨损与异常震动现象的发生。在电力系统的设计环节,要根据负载情况选取合适功率规模的电动机及控制装置,增加冗余保护电路,提升对电压变化、电流畸变以及突发冲击负载等情形的抵抗能力。另外,也要在润滑和冷却系统的设计中充分考虑到流量、压强、温差等参数,保证主要部件能够获得充足的润滑油并保持良好的循环效果,使各机械零件的摩擦生热维持在一个比较低且可控的程度之内。设计改善不仅提升了整个系统的可靠水平,更为之后的维修保养工作打好基础,有利于保障轧辊生产线设备能够顺利维持稳定的安全的运作。

4.2 运行维护策略

合理的运行维护方案则是保证轧线主传动能够持续可靠工作的主要方法,在日常点检过程中要养成每日巡视的习惯,注重对电动机绕组温度、轴承状况、齿轮的齿合状态与润滑油状态进行观察,通过对参数的定期测试以及对状态进行记录来把握住电动机的状况,做到对异常现象提前预知。润滑管理要做到严格制定并执行润滑油更换时间以及对油品进行检查,以保证润滑油品黏度、纯净度、抗氧化度达到相应的使用标准。同时也要防止外界杂质入侵到系统内部^[2]。对于冷却是要做好流量、压力、温度等参数时时检测,出现管道有阻塞或者是泄露的现象以及泵站有问题要及时进行解决,以免使温度上升引起整个传动系统出现问题。在操作控制上,针对不同的轧钢工序情况做好调整负载的工作,防

止过重负载的情况以及频繁启停导致传动部件疲劳等问题,并且要建立故障提醒和应急处理方案。通过报警信息提示、数据分析结果、经验判定来进行相应的措施处理,减少故障带来的损失。系统的运行维护措施可以使得传动系统使用寿命延长并且提高了轧钢的稳定性以及钢材的质量问题^[3]。

4.3 智能化监控与预测性维护

伴随着工业自动化的进程以及智能化的推进,在主传动系统的可靠方面,智能化监控、预测性维修是重要的方式,在重要位置布置振动传感器、温度传感器、电流检测装置、润滑油质传感器等设备,能够实时获取设备运行状态信息,利用数据融合理论对信息进行处理、分析,达到对故障的预先警报的目的,在此基础上采用的大数据分析、机器学习算法以及预测方法,可对齿轮的磨损、轴承的使用寿命以及电气元件出现的问题进行预判,在问题发生之前做出预防性的检查与更换工作,防止意外停车所导致的损失。另外,智能监控系统还可以给出相应的故障判断提示以及修理措施,给操作者的决策以参考,依靠这种智能监控下的预知性保养方式可以在很大程度上减少故障的发生,节约维修费用成本,提升整个轧线主传动系统的运转性能,为主传动系统可靠性的提升提供了强大的技术支持,为钢铁工业的高效益、智能化、安全性生产保驾护航。

5 结语

轧线主传动装置作为整个钢铁轧机的动力源,其稳定性关乎到生产的连续性,产品的质量和机器本身的寿命。经过对电气故障、机械磨损和润滑冷却问题的研究,得出控制系统失灵,机械磨损,润滑不足和多重损坏叠加是其主要故障原因,从而从设计,运行维护和智能化监测预警上入手给出了解决方案。为传动系统的可靠安全运行提供了有力的技术支持。文章认为通过系统的研究和综合治理能很大程度减少传动系统出的问题,保证了轧机在运行过程中更加地安全可靠,但是要想达到更高的要求还要继续完善智能监控系统 and 大数据管理,实现提前预防和处理,这也是今后的工作重点。

[参考文献]

- [1]马向军,陈佩文.钢管热轧线主传动系统改造研究[J].中国机械,2025(29):49-52.
- [2]宋振昊,张凯胜,鞠金辉,等.SM150 变频控制系统在万能线主传动系统升级改造中的应用[J].冶金设备管理与维修,2025,43(5):1-5.
- [3]唐宏进.重钢厚板厂轧线自动轧钢控制系统设计与实现[J].冶金自动化,2024,48(1):391-393.

作者简介:杨喜顺(1997.10—),性别:男,毕业院校:天津理工大学,所学专业:机械,当前就职单位:安阳钢铁建设有限责任公司,职称级别:助理工程师。