

冷轧酸轧皮带助卷器原理及故障分析研究

康鑫龙, 张庆波, 李 伟

(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: 皮带助卷器是冷轧厂酸轧线中的关键设备, 其稳定运行直接影响带钢的顺利穿带和卷取质量。皮带助卷器穿带作为生产的关键环节, 其故障是导致生产线停机的主要原因之一。文章基于皮带助卷器原理及日常常见故障, 深入分析了皮带助卷器的工作原理及故障原因, 并系统地提出了相应的故障排查步骤与处理方案, 旨在为现场设备维护与快速故障诊断提供有效的技术指导。

关键词: 液压缸; 皮带助卷器; 液压故障; 酸轧

中图分类号: TG335. 12

文献标识码: B

文章编号: 1009 - 5438 (2026) 03 - 0058 - 03

Analysis and Research on Principles and Faults of Belt Wrapper for Pickling Line Tandem Cold Mill in Cold Rolling

Kang Xinlong, Zhang Qingbo, Li Wei

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

Abstract: Belt wrapper is the key equipment for pickling line tandem cold mill of cold rolling mill, its stable operations directly cause successful threading and good coiling quality of strip steel. As the key link in production, the fault of threading with belt wrapper is one of the main causes for shutting down of production line. In the paper, it is deeply analyzed the working principles and fault causes of belt wrapper as well as systematically proposed corresponding troubleshooting procedures and processing schemes based on its principles and common faults, which are aimed at providing effective technical guidance for equipment maintenance and rapid fault diagnosis on site.

Key words: hydraulic cylinder; belt wrapper; hydraulic fault; pickling line tandem cold mill

在现代化冷轧酸轧生产线上, 皮带助卷器通过其环形皮带包裹带钢头部, 辅助其顺利在卷取机上缠绕成卷。这一过程中, 助卷器的快速、精准升降动作至关重要。液压系统因其功率密度大、控制平稳等特点, 被广泛应用于驱动皮带助卷器的升降及闭合动作。然而, 由于现场环境恶劣(存在振动、腐蚀、粉尘等)及设备自身复杂性, 日常故障频发^[1]。故障主要分为机械故障、电气故障和液压故障等。

一旦发生, 将直接导致生产线停滞, 造成经济损失。因此, 对其原理及故障诊断研究具有重要的现实意义。

1 工作原理

图 1 中, 当卡伦塞卷取机芯轴卷筒位于 1 号工位(穿带工位)时, 需将皮带助卷器移至张力卷取机卷筒支撑的卷筒处, 以实现带钢头部的卷取。当带

钢建立张力并剪切完毕后,且在卷筒上通过摩擦卷取约3圈后,皮带助卷器需降下以避开带钢,降下动作需在摆臂打开后进行。当卡伦赛卷取机芯轴旋转到2号工位时,带钢卷取直径大于900 mm时,皮带助卷器在1号工位上升,摆臂闭合,准备下一卷卷取。

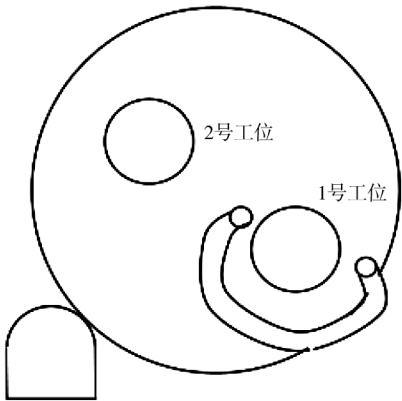


图1 皮带助卷器示意图

皮带助卷器的升降:皮带助卷器升降液压系统通常由液压站、控制阀组、液压缸及相关附件构成。其核心工作原理可简述如下:电机驱动液压泵,提供系统所需的压力和流量。液压缸直接与皮带助卷器框架连接,通过活塞杆的伸缩实现其升降。皮带助卷器采用比例阀控制液压缸升降,压力油进入液压缸无杆腔、有杆腔,推动助卷器上升及下降。通过调整电流信号,来调整液压缸升降速度。系统中溢流阀用于设定系统最高工作压力,起安全保护作用^[2]。同时在液压缸两侧设置液控单向阀,用于防止助卷器在自重作用下失控下滑。

皮带助卷器的皮带张力:皮带张力会根据皮带助卷器摆臂的位置进行自动控制,即无需额外的控制操作。只要摆臂尚未闭合,助卷器皮带就保持在低压张紧状态。当皮带助卷器移动并靠压在卷筒轴(1号卷取位)上,并且摆臂已闭合时,皮带将在高压下张紧。用于张紧助卷器皮带的液压缸通过液压阀进行控制。

皮带助卷器摆臂的闭合:通过闭合摆臂,可以增加助卷器皮带在卷轴上的包角。摆臂的动作根据皮带助卷器的位置进行自动控制,摆臂由一个阀控制液压缸,液压缸的头部和尾部分别连接入口侧和出口侧摆臂,通过液压缸伸出和缩回控制摆臂的闭合。

2 故障原因分析及对应措施

皮带助卷器故障的本质是无法满足生产动作需求,其原因可分为机械、电气控制和液压三大类。

2.1 机械结构

机械方面可能存在卡阻、磨损和皮带损坏等问题,冷轧厂酸轧产线遇到的机械故障原因及解决措施如下:

(1)机械结构卡阻问题。主要存在机架变形和开裂情况,导致设备运行异常,对应解决措施为定期对变形进行矫正,开焊部位进行检查焊接。

(2)摆臂打关闭位置不到位或超极限位置。主要存在极限位置异常问题,导致设备皮带助卷器无法穿带、皮带抱紧力不足或穿带卡阻问题,对应解决措施为定期调整极限位置。

(3)皮带调节机构位置异常问题。主要存在皮带跑偏调节余量不足,导致皮带助卷器皮带跑偏、皮带磨损加剧问题,对应解决措施为增加调节杆长度,再进行调整。

(4)辊子问题。主要存在辊子不平行、辊子凸度不足、辊子磨损和轴承损坏问题,导致皮带助卷器皮带跑偏、皮带磨损加剧问题,对应解决措施采用中间粗、两端细的辊子结构,实现自动纠偏,同时磨损后更换,且轴承到周期后及时进行更换。

(5)助卷器皮带损坏问题。主要存在使用时间较长或质量问题皮带开裂或磨损,导致皮带助卷器皮带跑偏、穿带偏问题,对应解决措施为利用纠偏杆及时进行调整或更换损坏皮带。

2.2 电气控制

电气方面可能存在 PLC 输出信号问题、上升的连锁条件问题、PLC 程序未发出“上升”指令问题、电磁铁损坏问题、控制电磁铁通断的继电器问题、传感器信号问题、位置传感器故障问题、动作顺序问题、电流值异常等问题。冷轧厂酸轧产线遇到的电气控制故障原因及解决措施如表1所示。

表1 电气控制故障主要原因及解决措施

故障类别	具体原因	主要后果	解决措施
电流	输入电流异常	无法动作或动作慢	排查线路及更换电路板
信号	程序未发出指令	无法动作	检查连锁条件无法满足原因进行处理
传感器	传感器位置错误或损坏	动作位置异常	调整传感器位置或更换传感器

2.3 液压系统

2.3.1 原因及措施

液压系统可能存在比例阀、单向阀等系统元件损坏后导致的压力异常等问题,或可能存在设计时压力无法满足要求问题^[3]。

(1)比例阀损坏。主要存在零位漂移、电路板老化、阀芯磨损等情况,导致设备动作异常,对应解决措施为对比例阀进行更换。

(2)单向阀故障。主要存在单向阀无法打开后油路不通,导致设备皮带助卷器无动作,对应解决措施为对单向阀进行更换。

(3)溢流阀故障。主要存在系统压力不足问题,导致设备无动作或动作慢,对应解决措施对溢流阀进行调定或更换。

(4)液压缸故障。主要存在液压缸内泄、设计压力不足问题,导致皮带助卷器无动作或动作慢,对应解决措施更换液压缸、更改限位位置。

2.3.2 皮带助卷器液压缸故障分析

经统计,皮带助卷器无法上升次数占日常生产总量的 30%,严重影响设备运行,重点对皮带助卷器液压缸设计进行分析并计算,液压缸推力计算如下:

机械效率 η_m ,由各运动件摩擦损失产生,通常可取 $\eta_m = 0.9 \sim 0.95$ 。容积效率 η_v ,由各个密封件泄漏所产生,取 $\eta_v = 0.98$ 。由此可得,效率 $\eta = \eta_m \eta_v$ 。

液压缸无活塞杆腔的压力 P_1

$$P_1 = P - P_g \quad (1)$$

液压缸有活塞杆腔的压力 P_2

$$P_2 = T \quad (2)$$

液压缸无活塞杆腔有效面积 A_1

$$A_1 = \pi D^2 / 4 \quad (3)$$

液压缸有活塞杆腔有效面积 A_2

$$A_2 = \pi (D^2 - d^2) / 4 \quad (4)$$

液压缸活塞的理论推力 F_t

$$F_t = P_1 A_1 - P_2 A_2 \quad (5)$$

液压缸活塞的实际推力 F_j

$$F_j = F_t \eta \quad (6)$$

理论举升重量 m

$$m = F_j / g \quad (7)$$

式中: P 为系统压力,MPa; T 为回油压力,MPa; P_g 为

管道损失压力,MPa; D 为液压缸内径,m; d 为液压缸活塞直径,m; g 为自由落体加速度, m/s^2 ; E 为角度系数,常数。

公式中取值液压缸杆径 D 为 0.08 m,液压缸内径 d 为 0.125 m,系统压力为 14 MPa、回油压力为 0.3 MPa,运动件摩擦损失 η_m 取 0.9,管道损失压力为 0.3 MPa。举升带有角度,计算需代入角度系数 0.86, g 取 9.8 m/s^2 。通过计算可得,液压缸可举升重量为 14.56 t,皮带助卷器重量为 11.71 t,因此判断正常情况下可以举升。

通过现场液压缸解体检查发现,液压缸设计为单向不可调缓冲式液压缸,行程一端有不可调液压阻尼缓冲装置,启动瞬间,液压缸受力面主要为缓冲端的活塞杆端面,远小于设计工作面积,通过测量缓冲端的活塞端面积,仅为液压缸活塞面积 1/4,因此计算后可举升重量最小为 3.64 t,远小于设备重量,启动时存在皮带助卷器偶发的无法上升故障。通过分析得出,该液压缸结构缺陷为皮带助卷器无法上升的原因。现场通过改变液压缸下降时的终点位置以及液压缸速度,可以使启动时活塞受力面积变化,效果显著。

3 结束语

本文通过对皮带助卷器原理进行剖析,对日常皮带助卷器常见故障进行总结,深入分析了皮带助卷器的工作原理及故障原因,并系统地提出了相应的故障排查处理方案,旨在为现场设备维护与快速故障诊断提供有效的技术指导。同时,解决了冷轧厂酸轧线液压缸无法上升的故障,对于皮带助卷器的故障诊断具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] 余红梅,王慧,董增寿,等. 基于 ARM11 的故障诊断车载终端的设计[J]. 机床与液压, 2015,43(10):165-168.
- [2] 周杰,马吉胜,孙中兴,等. 某型兵器发射塔架摆杆系统机液耦合动力学仿真研究[J]. 机床与液压,2014,42(7):141-143,147.
- [3] 孙天健,胡俊. 皮带助卷器液压回路原理设计及故障诊断[J]. 机床与液压,2017,45(14):118-121.