生产实践

棒材生产精整软收集槽结构改进实践

孙国栋
（凌钢集团凌钢屿朔维保（凌源）有限公司，辽宁 朝阳 122500）

摘要：凌源钢铁大棒材生产线精整收集区域的软收集槽，是棒材打包收集环节的关键设备。但软收集槽的原结构受棒材输送过程中的频繁冲击载荷影响，链条及旋转链轮支撑轴承座故障频发，不仅直接导致生产中断，还因链条恢复作业空间受限、拆装流程繁琐，大幅增加了维修难度与工时成本，严重制约检修效率及整条生产线的连续运行能力。为破解这一生产瓶颈，通过优化受力传导路径、强化关键部件结构强度及适配性设计，对软收集槽结构实施针对性改进优化。从根源上规避了链条断裂、轴承座损坏问题及作业空间受限问题。改进后，设备综合运行稳定性提升5倍以上，检修效率提升80.0%~83.3%，年直接经济效益可达100万元以上。不仅降低了备件消耗与维修成本，还减少了非计划停机时间，实现了生产效率与经济效益的双重提升。

关键词：收集槽；液压缸；链条；缓冲装置
中图分类号：TG334 **文献标志码：**A **文章编号：**1006-4613（2026）03-0068-05
DOI：10.3969/j.issn.1006-4613. 2026. 03. 012

Practice on Structural Improvement of Precision Finishing Soft Collection Chute in Bar Production

SUN Guodong
（Lingyuan Iron and Steel Group Lingang Yushuo Maintenance（Lingyuan）Co., Ltd., Chaoyang 122500, Liaoning, China）

Abstract: The soft collection chute in the finishing and collection area of the large bar production line at Lingyuan Iron and Steel is a core equipment in the bar packing and collection process. However, the original structure was affected by the frequent impact loads during the bar conveying process, resulting in frequent failures of the chain and the support bearing seats of the rotating sprockets. This not only directly led to production interruptions, but also significantly increased the maintenance difficulty and labor-hour costs due to the limited working space for chain restoration and the cumbersome disassembly and assembly procedures, seriously restricting the maintenance efficiency and the continuous operation ability of the entire production line. To address this production bottleneck, targeted improvement and optimization of the soft collection chute structure were implemented for the soft collection chute, including optimizing the force transmission path, enhancing the structural strength of key components, and conducting adaptive structural design. These measures fundamentally eliminated the problems of chain breakage, bearing seat damage and narrow operation space. After the improvement, the integrated operational stability of the equipment was improved by more than fivefold, while maintenance efficiency was enhanced by 80.0% to 83.3%. This was expected to generate annual direct economic benefits amounting to over 1 million yuan. It not only

孙国栋，高级工程师，2012年毕业于辽宁工程技术大学机械工程及自动化专业。E-mail：250507440@qq.com

reduced the consumption of spare parts and maintenance costs, but also decreased the unplanned downtime, achieving a dual improvement in production efficiency and economic benefits.

Key words: collection chute; hydraulic cylinder; chain; buffer device

近年来，伴随市场供给侧结构性改革的持续深化及客户需求的多元化升级，市场及客户对棒材产品的表观质量标准也不断提高，倒棱、探伤、矫直等精整工序已成为钢铁企业保障产品竞争力的核心环节。这些工序不仅决定了棒材的外观精度与内在质量，更直接影响产品的市场认可度。与此同时，随着企业产能规模的逐步扩大，精整设备长期处于高强度运行状态，原设计层面的短板及运维过程中的各类问题日益凸显，严重影响了生产线连续运行的稳定性。

在棒材生产全流程中，精整工序后的收集打包环节至关重要，收集料筐或者收集槽作为该环节的关键设备，其结构形式呈现多元化特征，广泛适配于不同规格棒材生产线的末端收集场景。结合凌源钢铁大棒材生产线的实际情况，当前精整收集区域采用的是半自动化软收集槽料筐结构。但在产能持续提升的需求下，该设备在高负荷运行过程中逐渐暴露出原设计的缺陷：一方面，关键传动部件既因受力不均频发异常磨损，同时受棒材收集过程中产生的冲击载荷反复作用而极易损坏，双重损伤导致设备故障停机时间显著增加；另一方面，设备检修空间受限、核心部件拆装流程繁琐，不仅加大了维护作业难度，更导致检修成本居高不下，成为制约生产效率提升的主要原因。因此，本文在分析了原设计软收集槽的缺陷基础上，通过优化受力传导路径、强化关键部件结构强度及适配性设计，有针对性地对软收集槽结构实施改进优化。

1 原设计软收集槽的结构和工作原理

1.1 原设计软收集槽的结构

软收集槽的结构设计融合了机械传动与液压控制技术，链条的传动精度、链轮的啮合特性、摆臂的开合角度以及液压缸的推力输出，共同构成了其功能实现的硬件基础；而电机与减速机的动力匹配、各执行部件的动作时序，则是保障其高效运行的控制核心[1-2]。从工作流程来看，在棒材精整后需要快速完成接料、抱紧、打包等多环节作业，每一个流程节点的效率与稳定性，都依赖于结构设计的科学性与部件性能的可靠性，而软收集槽是实现棒材收紧打包的核心结构，该结构的设计合理性直接决定了棒材收集打包的作业效率与生产稳定性。因此对其结构组成和工作流程的解析，是优化设备性能、提升生产效益的必要前提。

原设计软收集槽布置图如图1所示，由图1可知，产线原设计软收集槽采用分区布置形式，分为A区和B区，两区通过联轴器实现动力与动作的同步衔接。其中，A区和B区各自包含三组独立的软收集槽单元，每个单元均由链轮、链条、摆臂、液压缸、连杆等核心部件构成；动力驱动系统则由电机和减速机组成，通过驱动传动轴带动链轮旋转，链条与链轮突起部位连接，进而实现链条的收紧与松开动作，液压缸则负责驱动摆臂的开合动作，各部件协同构成了完整的软收集槽执行结构[3]。

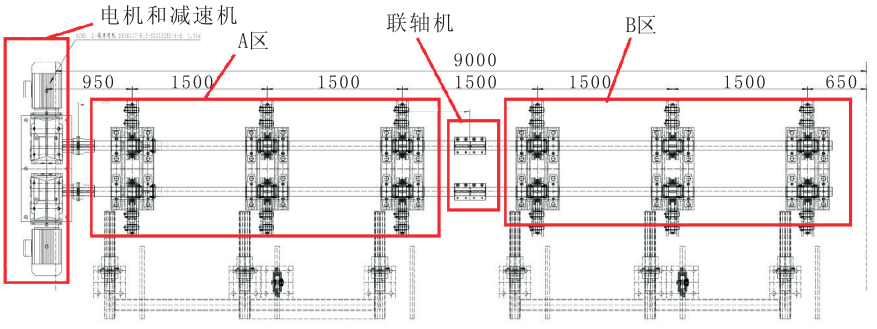


图1 原设计软收集槽布置图(mm)

Fig. 1 Original Design Layout Drawing of the Soft Collection Chute(mm)

1.2 原设计软收集槽的工作原理

软收集槽的功能定位清晰,主要承担料筐盛料与抱紧打包两大核心功能,其动作流程可细分为两个关键步骤。

1.2.1 料筐盛料(接料)过程

当棒材完成倒棱、探伤、矫直等精整工序后,由运料机构将棒材运送至具有一定倾斜度(3°左右)的上料台架(架体结构)。此时,A区和B区两侧的摆臂处于打开状态,同时链条也处于升起到高位的状态,棒材借助自身重力沿台架滚落至料筐内,料筐中的链条则起到承接棒材的作用和利用链条柔性缓和棒材冲击力,至此完成接料动作。这一过程充分利用了棒材的自重与设备的结构设计,实现了棒材的高效集束[4]。

1.2.2 抱紧打包过程

当料筐内的棒材数量达到预设值后,电机和液压缸将分别启动驱动程序:电机带动传动轴使链轮旋转,进而拉动链条收紧;液压缸则推动两侧摆臂向内合拢。通过摆臂的挤压作用与链条的包裹作用,料筐内的棒材被紧密抱紧成捆。随后,由岗位工人进行手动打包作业,完成打包的棒材捆将被下线转运,进入后续物流环节。

原设计软收集槽通过机械结构的精密配合与动作流程的有序衔接,实现了棒材从接料至打包的自动化作业过程。其结构的分区化设计与部件的模块化组成,在理论上具备一定的作业稳定性,但在实际高负荷生产场景中,受棒材冲击、部件受力特性等因素影响,暴露出诸如链条与轴承座频繁损坏、维修困难等问题,为后续的结构改进提供了明确的方向。

2 原设计的缺陷分析

2.1 冲击载荷下的部件损伤机制与连锁故障风险

软收集槽主体结构如图2所示,由图2可知,棒材经上料台架(倾斜度3°~5°)自由滚落到收集筐时,会与链条发生瞬时刚性碰撞,冲击频率与棒材生产节奏一致,并且在链条盛料的过程中,链条、链轮等元件受力持续长时间的处于受力状态。因此在频繁的高冲击载荷和持续性受力状态下,对设备部件造成了双重损伤[5]。

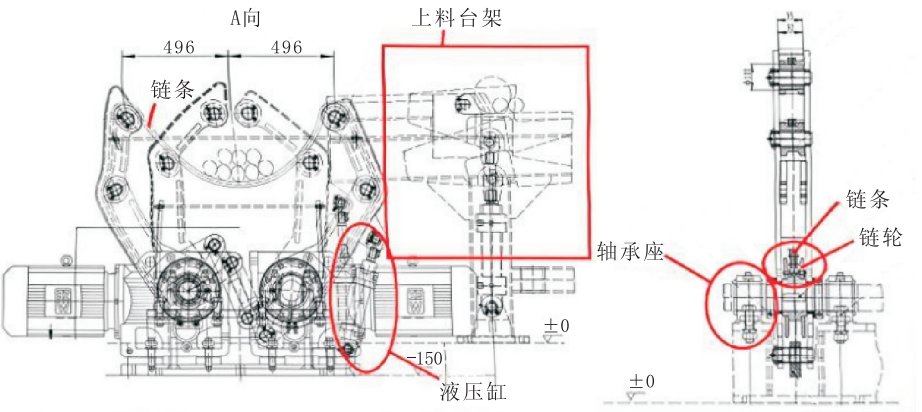


图2 软收集槽主体结构图(mm)

Fig. 2 Main Structure Diagram of the Soft Collection Chute(mm)

2.1.1 链条损伤

链条链节在反复冲击下,销轴与链板的配合间隙逐渐增大,链节疲劳强度急剧下降。经生产实践后统计显示,原设计链条平均使用寿命仅15~20 d,断裂位置多集中在与棒材直接接触的链节区域。

2.1.2 链轮传动系统损伤

冲击动能传递至链轮后,使链轮传动轴的分体式轴承座承受交变冲击载荷以及链轮突起结构损坏。首先,当冲击载荷超过轴承座设计承载阈值时,轴承座上盖会被顶开,其与下轴承座体的连接螺栓因剪切力断裂,轴承座体内螺纹完全损坏,导致整组轴承座被更换。棒材规格较大(一般在Φ150 mm以上)时,经常发生冲击载荷会传导至电机与减速机,导致减速机齿轮断齿、电机轴承烧毁等次生故障,此类连锁故障单次处理时间长达4~6 h。其次,当冲击载荷超过链轮突起结构的焊接强度阈值时,该突起结构会在瞬时冲击力的反复作用

下，从链轮本体发生脆性脱离，进而造成链条功能失效；更严重时，脱离的突起结构会在设备运转惯性下，与周边摆臂、连杆等部件发生剧烈碰撞，引发连锁性机械损伤，不仅导致整条软收集槽系统完全瘫痪，还可能对后续精整工序的棒材造成表面划伤、变形等质量缺陷，进而产生大量废品，同时为设备抢修带来数小时的停机时间和高昂的备件更换成本，对生产线的连续稳定运行构成极大威胁[6]。

2.2 链条断裂后的检修困境与效率损耗

2.2.1 空间约束

链轮结构图如图3所示，由图3可知，链条与链轮突起部位连接，但该区域被摆臂、连杆、链条等部件包围，几乎无检修空间，检修人员需借助定制化的狭小空间专用工具（如弯头扳手、微型液压拆卸器等），才能对断裂链节进行拆解作业，对人员的操作精度要求极高。

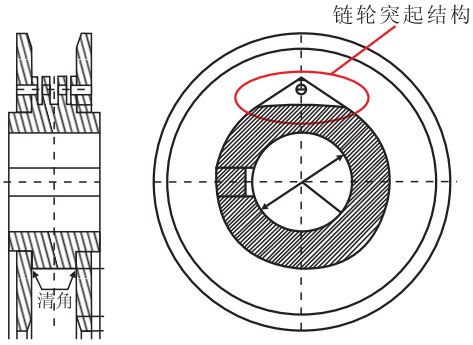


图3 链轮结构图

Fig. 3 Chain Wheel Structure Diagram

2.2.2 时间损耗

链轮突起部位断裂后，若采用整体更换链轮的维修方案需先依次拆除摆臂固定螺栓、轴承座端盖、传动轴定位销，再分离联轴器与减速机输出轴，同时需对周边关联部件进行保护性拆卸，避免二次损伤。该方案涉及的拆解部件达10余项，且各部件间存在精密的配合关系，拆装过程需严格控制精度，导致检修时间存在极大不确定性。在连续作业的生产场景下，即使安排多组人员协同施工，完成整体更换与调试的最短周期也需24 h，期间生产线需全面停机，造成巨额产能损失[7]。

如果采用焊接处理方式，处理一次链条断裂故障平均需要2.5~3.0 h，其中链节拆卸耗时约1 h，新链节安装对位至少耗时1.5~2.0 h。按每月发生4次此类故障计算，全年累计停机时间达120~144 h，直接影响棒材收集打包产能（按单班产能100 t计算，损失产能近万t/a）。断裂的链轮突起部位被摆臂、连杆等部件环绕，可操作空间仅能容纳小型焊接工具，焊接人员无法近距离观察焊接熔池，也难以调整最佳焊接角度，导致焊缝无法实现全熔透焊接，使得修复后的突起部位在后续冲击载荷作用下极易再次断裂，严重影响设备运行稳定性[8]。

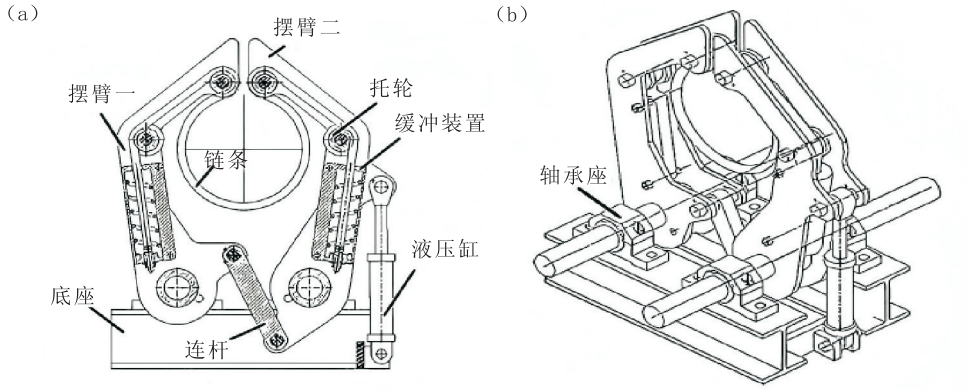
3 改进措施

3.1 改进方案

基于对原设计缺陷的深度剖析，本方案取消了原链条的驱动与连接方式，在两侧摆臂一和摆臂二中分别增设弹簧缓冲结构。软收集槽改进结构图见图4，由图4可知，链条与两侧摆臂的弹簧缓冲结构直接连接，在接料状态下，链条拉动两侧缓冲装置同步发挥缓冲作用，同时，摆臂一和摆臂二均配置托轮，为链条提供精准导向，有效避免了链条在作业中脱离运动路径。

当棒材完成精整工序后，经上料台架依靠自重滚落，与链条接触的瞬间会产生瞬时冲击载荷[3]。此时，改进结构中集成于摆臂一、摆臂二的弹簧缓冲装置迅速响应，通过弹簧的弹性形变将冲击能量转化为弹性势能，相较于原设计中链条直接承受刚性冲击的模式，不仅能有效抵消棒材冲击带来的剧烈抖动，避免链条链节因反复振荡出现疲劳裂纹与断裂，还能阻断冲击动能向抱紧料筐的轴承座、传动轴等关键部件传导。原设计中轴承座频繁损坏的核心原因，正是冲击载荷沿传动路径直接作用于轴承座导致的结构失效，而改进后的缓冲系统从力学传递源头切断了这一失效路径，彻底解决了轴承座频繁被顶起的问题。此外，改进方案直接移除了原设计中易引发故障的链轮结构，链条不再与链轮突起部位形成刚性连接，即使后续链条出现局部磨损或断裂，检修作业也无需面对原设计中被摆臂、连杆环绕的狭小空间，操作人员可直接对链条进行拆装，彻底规避了检修空间不足导致维修效率低下的问题[9]。

进入抱紧作业阶段，液压缸输出推力驱动摆臂一绕铰接点转动[10]，摆臂一则通过高强度连杆



(a) 主视剖视图; (b) 正等测轴视图

图4 软收集槽改进结构图

Fig. 4 Improved Structure Diagram of the Soft Collection Chute

带动摆臂二实现同步向内合拢。在此过程中,摆臂对棒材的抱紧力通过链条传递至弹簧缓冲装置,促使弹簧产生可控压缩形变,而弹簧的反作用力会通过链条反向施加于棒材,形成抱紧力+弹性压力的双重挤压效果。这种挤压模式可使棒材捆的径向间隙缩小至2 mm以内,让棒材成捆后更加紧密,既降低了打包过程中棒材移位的风险,又减少了打包带的消耗量,显著提升打包作业效率。同时,为适配Φ150 mm至Φ260 mm不同规格棒材的成捆需求,还优化了链条长度调节机制,链条两端通过带锁止功能的销轴,与摆臂缓冲装置的连接螺杆形成可拆卸固定,通过调整销轴在螺杆不同定位孔的锁止位置,可实现链条长度50 mm范围内的精准调节,无需更换整条链条即可满足不同直径棒材的打包要求,大幅提升了设备的工况适配灵活性。

4 实施效果

(1) 在设备稳定性方面,通过弹簧缓冲结构对冲击载荷的有效吸收,链条寿命从原设计的15 d延长至90 d以上,轴承座故障率降至零,因部件损坏导致的设备停机时间每月可减少22 h,设备综合运行稳定性提升5倍以上。

(2) 在检修效率与成本控制上,取消链轮结构后,单次链条维修时间从原2.5~3.0 h缩短至0.5 h,检修效率提升80.0%~83.3%,大幅降低运维支出。

(3) 在生产效益层面,因设备故障导致的年产能损失从近万吨降至可忽略不计,按单班产能100 t计算,年新增有效产能超9 000 t,结合吨材加工利润,年直接经济效益可达100万元以上。

5 结语

本文围绕棒材生产精整工序中软收集槽的结构改进展开系统性研究,针对原设计在冲击载荷耐受、检修便利性及运行稳定性方面的核心缺陷,结合具体产线,提出了增设弹簧缓冲系统、取消链轮传动结构的优化方案,实现了设备综合运行稳定性提升5倍以上,检修效率提升80.0%~83.3%,年直接经济效益可达100万元以上。该优化方案应结合具体产线因地制宜,值得参考和借鉴。

参考文献

[1] 姚卫星.结构疲劳寿命分析[M].北京:国防工业出版社,2003.
[2] 朱龙根.简明机械零件设计手册[M].北京:机械工业出版社,2005.
[3] 颜鸿森.机构装置的创造性设计[M].姚燕安,王玉新,郭可谦译.北京:机械工业出版社,2002.
[4] 刘品,徐晓希.机械精度设计与检测基础[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004:45-168.
[5] 蒋红涛.关于钢材后道精整工艺及设备的介绍[C]//第三届先进轧钢精整、包装及钢材加工配送技术学术研讨会论文集.江苏:江阴东辰机械制造有限公司,2010:142-152.
[6] 张宝军.钢管收集装置设计[J].包钢科技,2015,41(5):53-55.
[7] 魏恩选,路丰,孙国维,等.一种轧制生产线棒材收集装置:中国,CN202121678623.6[P].2022-02-08.
[8] 孙国栋,魏恩选,李春祥,等.一种用于棒材打包的收紧机构:中国,CN202122276023[P].2022-03-18.
[9] 何朝远,梁素兰.链传动中弹簧缓冲装置的设计计算[J].玻璃纤维,1999(6):3-5.
[10] 钱后戎,李君君,高名乾.一种外置弹簧缓冲结构的液压油缸[J].装备制造技术,2023(2):162-164,168.

(编辑 白璐)
修回日期:2025-12-07