

储柜横跑车运输带传动链张紧装置改进

胡晓宁, 刘忠发

红塔烟草集团有限责任公司, 玉溪卷烟厂, 云南 玉溪

收稿日期: 2025年7月16日; 录用日期: 2025年8月22日; 发布日期: 2025年9月11日

摘要

针对日常维护更换调整储柜横跑车运输带传动链时, 其张紧装置、安装设计缺陷没有张紧调节位置, 张紧装置靠近主传动链轮过近并且没有调整位置, 主传动链轮。被动链轮位置是固定的, 导致传动链张紧位置受限的问题, 对储柜横跑车运输带传动系统原理、结构进行分析提出改进方案, 通过“摆臂式张紧+张紧轮定位功能”的思路, 制作并加工了摆臂、轴套、定位底座、和原张紧链轮、链轮轴、轴承, 同时选用连接螺栓、定位螺栓, 锁紧螺母等标准件, 最终上机组装储柜横跑车运输带传动链张紧装置, 应用后有效提升了传动链张紧度调节的范围及维修效率, 降低了传动链的更换频次, 降低了维修人员工作量的同时也有效节约了维修成本, 提升了设备运行效率与可靠性。

关键词

储柜横跑车, 传动链, 张紧装置, 定位装置, 摆臂

Improvement of the Drive Chain Tensioning Device for the Storage Cabinet Horizontal Carriage Conveyor Belt

Xiaoning Hu, Zhongfa Liu

Yuxi Cigarette Factory, Hongta Tobacco Group Co., Ltd., Yuxi Yunnan

Received: Jul. 16th, 2025; accepted: Aug. 22nd, 2025; published: Sep. 11th, 2025

Abstract

During routine maintenance and replacement of the storage cabinet horizontal carriage conveyor belt drive chain, the tensioning device and installation design flaws lacked a tension adjustment position. The tensioning device was too close to the main drive sprocket and lacked adjustment, leaving the main drive sprocket and passive sprocket fixed, resulting in a limited drive chain

tensioning position. This study analyzed the principle and structure of the storage cabinet horizontal carriage conveyor belt drive system and proposed an improvement plan. Using the concept of "swing arm tensioning + tensioner positioning function", the swing arm, bushing, positioning base, and the original tensioning sprocket, sprocket shaft, and bearing were fabricated and processed. Standard parts such as connecting bolts, positioning bolts, and lock nuts were used, and the storage cabinet horizontal carriage conveyor belt drive chain tensioning device was finally assembled on the machine. This application effectively improved the drive chain tension adjustment range and maintenance efficiency, reduced the frequency of drive chain replacement, reduced maintenance personnel workload, and effectively saved maintenance costs, thereby improving equipment operating efficiency and reliability.

Keywords

Storage Cabinet Horizontal Carriage, Drive Chain, Tensioning Device, Positioning Device, Swing Arm

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

链传动是应用很广的一种机械传动, 在工业生产中得到了广泛应用, 而链传动张紧一直是链传动领域的一个研究重点, 近来有许多学者以及工程师都在做链传动的张紧装置的研发与完善, 经过长期的努力之后也有了很好较好的解决办法, 针对不同类型的张紧方式, 国内外也有很多成果问世。早先一般都采取固定式的张紧轮, 这样的结构较为简单, 但是无法对由于链的磨损造成的张紧度进行自我调整, 导致了这种装置的效果不是很好。后来也产生了很多新型的可调节式张紧装置, 比如螺旋调节式的和液压调节式的。螺旋调节式张紧装置运用的是螺旋转动螺丝的方法来使张紧轮移动实现张紧的效果, 这种装置结构简单且廉价, 但是无法达到较高精度; 液压调节式张紧装置是利用液压系统压力来使其产生张紧, 可以达到较高的精度, 但是成本高, 结构相对较为复杂[1]。相比于其他行业的设备来说, 链传动张紧技术应用于烟草行业装备上以后也有很大发展, 在一些企业的设备装备上已经应用了许多先进张紧设备来使得设备运转更加平稳可靠, 但是对于储柜横跑车运输带等设备的传动链张紧装置还是不太成熟, 需要针对这些设备的特殊的工作条件及工作环境来加以改进和完善[2]。

制丝车间广泛运用储柜来储存烟叶(烟丝), 一是可以调节和平衡储柜前后生产段之间生产流量, 使生产流量均衡, 二是可以平衡烟叶或烟丝的温度、湿度、满足储叶时间等其他工艺目的[3]。而储柜横跑车运输带就是烟叶或烟丝进柜储存的关键设备之一, 与储柜直跑车相互配合, 最终实现多种物料进柜方式, 满足制丝工艺需求。横跑车运输带传动是靠“电机减速器-主动链轮-传动链-张紧装置-被动链轮”传动系统来实现, 张紧装置是该传动系统重要组成部分, 靠安装在机架边板上的张紧装置从传动链外侧向传动链施加向下的压力来实现张紧的, 但由于传动链张紧装置没有调整位置, 使传动链在运行一段时间后就就会出现链条抖动异响、打滑等张紧力度不足故障现象, 只能频繁更换传动链[4]。针对此问题, 进行原因分析后对储柜横跑车运输带传动链张紧装置进行优化改进。

2. 存在问题

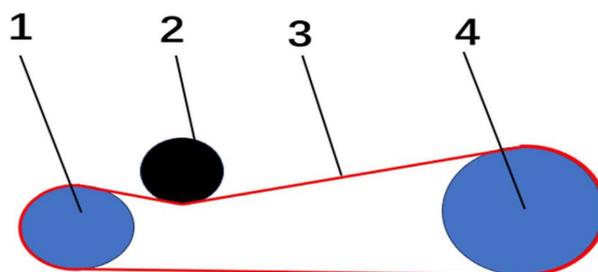
- 1) 在更换调整储柜横跑车运输带传动链时, 由于主动链轮、被动链轮、张紧链轮都处于固定位置,

而且张紧轮位置靠近主传动链轮过近没有张紧位置, 只能通过调节链条长度来匹配合适的链条张紧度, 这时就会出现传动链多一扣就偏松, 少一扣就无法搭接链条的情况, 这时为了使传动链张紧度适宜, 就不得不在链条上采用半扣进行搭接, 但是半扣就属于链条强度最薄弱的位置, 传动链使用寿命就会进一步缩短[5] (图 1, 图 2)。



Figure 1. On-Site actual picture of the original storage cabinet horizontal carriage conveyor belt transmission tensing device

图 1. 原储柜横跑车运输带传动张紧装置现场实物图



1. 主动链轮; 2. 张紧装置; 3. 传动链; 4. 被动链轮

Figure 2. Schematic diagram of the original cabinet horizontal carriage conveyor belt drive system

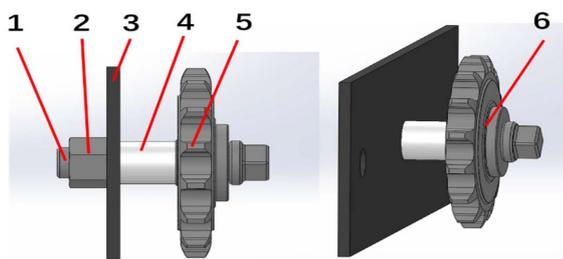
图 2. 原储柜横跑车运输带传动系统示意图

2) 横跑车运输带需要双向运行, 在每次换向启动时都会对链条造成瞬时冲击, 这个冲击力会对张紧度不足的链条造成更大的损伤, 在生产过程中存在链条断裂而停机断料的故障风险, 对生产的连续性和稳定性都会造成影响[6]。

3) 目前制丝车间 12 吨线共有 6 台横跑车, 查询 2023 年度维修记录, 储柜横跑车运输带传动链更换次数总计 26 次/年, 平均每台横跑车运输带传动链更换次数为 4.3 次/年; 而相同使用频率、类似工况、相同型号的传动链、有可调张紧装置的直跑车传动链, 其传动链更换次数仅为 0.8 次/年, 可见储柜横跑车运输带传动链更换比较频繁[7]。

3. 原因分析

1) 原张紧装置传动链无法张紧, 因张紧链轮和轴在机架侧板上安装孔为一个圆孔, 张紧装置的链轮轴 1 穿过该圆孔后靠锁紧螺母 2 压紧后完成安装定位, 整套张紧装置没有上下调整的功能[8], 如图 3 所示。

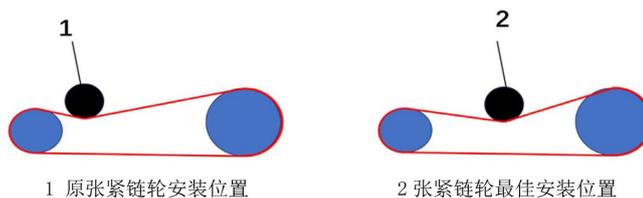


1. 张紧链轮轴; 2. 锁紧螺母; 3. 机架侧板; 4. 隔套;
5. 张紧链轮; 6. 轴承

Figure 3. Original tensioning device structure and installation diagram

图 3. 原张紧装置结构及安装示意图

2) 张紧轮安装位置偏主动轮过近, 见图 4 目前张紧装置在 1 位置, 距离主动链轮过近, 对链条的张紧效果十分有限, 对于该套链传动系统, 张紧装置的最佳位置应该在两链轮中心线的中点 2 位置, 这个位置张紧装置能获得最佳的张紧效果[9]。



1 原张紧链轮安装位置

2 张紧链轮最佳安装位置

Figure 4. Schematic diagram of the comparison of suitable positions of the tensioning device

图 4. 张紧装置适宜位置对比示意图

4. 方案选择

方案一见图 5 张紧装置与机架侧板的连接方式不变, 将张紧装置移动到主动链轮和被动链轮中心线的中点位置, 并将张紧装置与机架侧板配合安装圆孔改为垂直腰孔, 可以实现张紧装置上下移动, 进而实现链条张紧度的调节功能[10]。

将方案一结合横跑车实际工况分析, 由于横跑车运输带传动系统受安装空间位置限制, 维修调整时松(紧)机架侧板背面张紧链轮锁紧螺母时操作困难费时费力效率低, 传动链运行时会对张紧装置持续施加垂直向上的推力, 在启动时张紧装置还会承受一定的冲击力, 张紧装置由锁紧螺母固定在腰孔的任意位置, 若张紧装置受到的推力和冲击力大于锁紧螺母压紧产生的摩擦力, 张紧装置会缓沿腰孔垂直向上位移, 使传动链失去最佳的张紧度, 维修调整不方便效率低, 此方案不理想[4]。

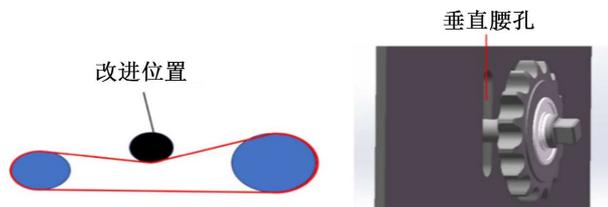


Figure 5. Schematic diagram of the improvement principle of the tension wheel in the first solution

图 5. 方案一张紧轮改进原理示意图

方案二见图 6 依旧将传动链的张紧位置保留在主动链轮和被动链轮的中心线中点位置, 采用“摆臂式张紧 + 张紧轮定位功能”的思路, 将张紧装置优化改进, 使维修更换调整传动链操作方便快捷效率高, 通过方案一方案二对比优选方案二效果最佳[5]。

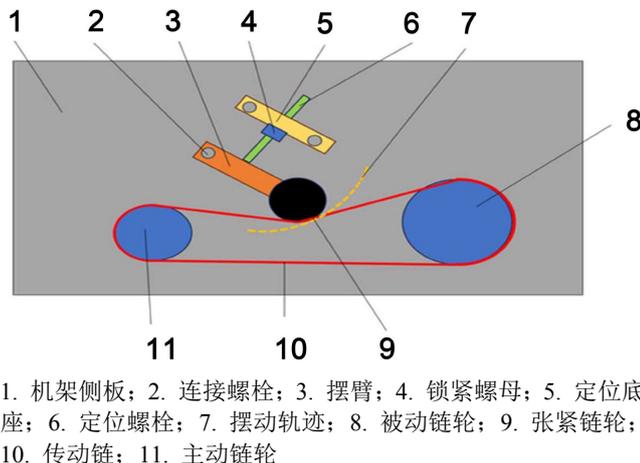


Figure 6. schematic diagram of the improved tension wheel principle of Scheme 2
图 6. 方案二张紧轮改进原理示意图

5. 方案设计

1) 张紧链轮: 使用原张紧装置的链轮, 轴承沿用原匹配张紧的轴承型号选用 6303-2RS, 轴承与张紧链轮配合安装两侧用直径 47 mm 孔用弹性挡圈定位, 张紧链轮沿用之前的模数、齿数, 如图 7 所示[6]。

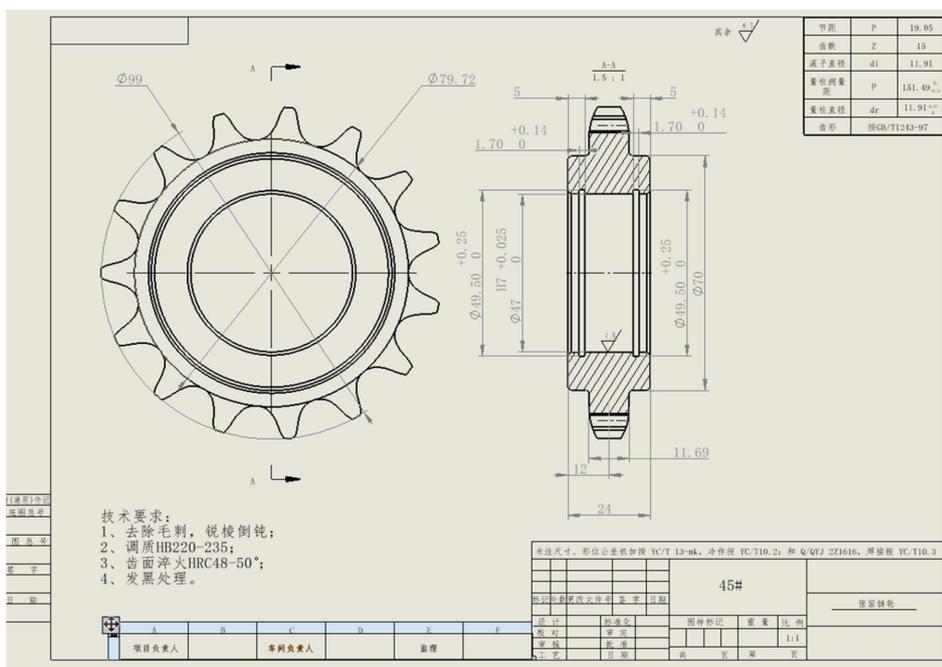


Figure 7. Tension sprocket design
图 7. 张紧链轮设计图

2) 链轮轴: 链轮轴需与轴承 6303-2RS 配合安装, 实现轴承的周向定位[7]如图 8 所示。

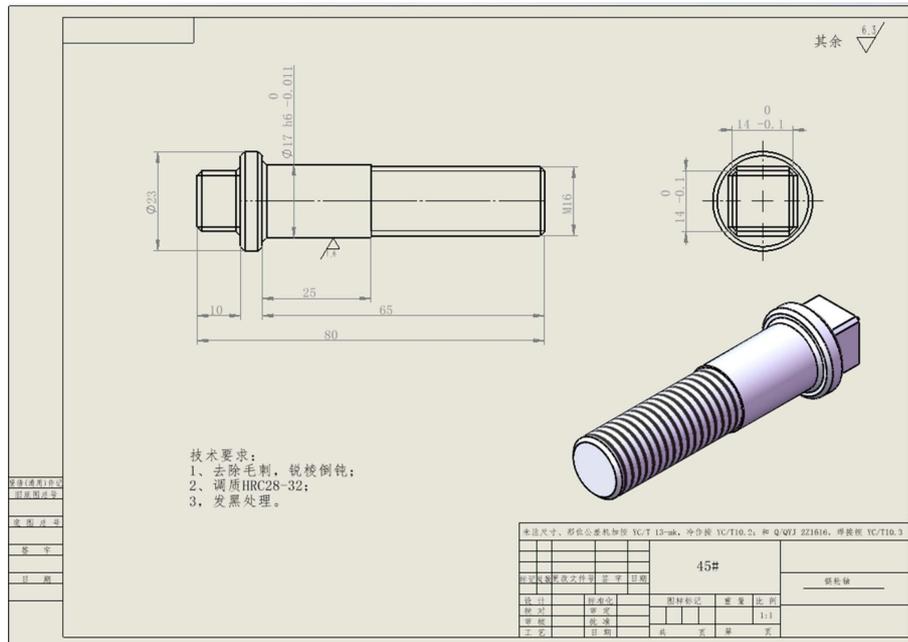


Figure 8. Sprocket shaft parts drawing
图 8. 链轮轴零件图

3) 轴套设计: 轴套选用 45#钢铣削加工成型, 轴套的长度 20 mm, 轴套加工有直径 18 mm 的通孔与轴配合, 需要实现轴承 6303-2RS 的轴向定位, 具体尺寸如轴套设计图 9 所示[8]。

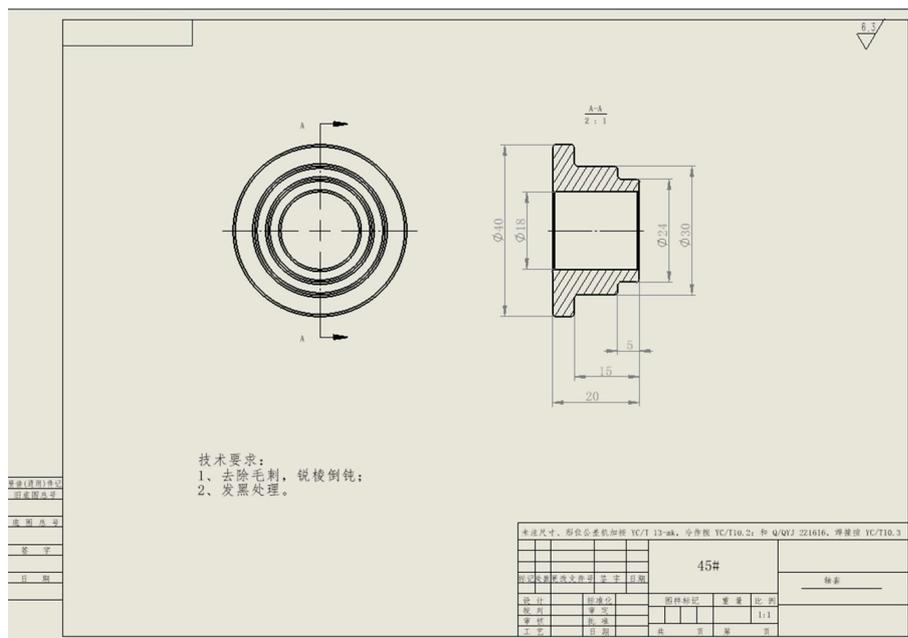


Figure 9. Shaft sleeve parts drawing
图 9. 轴套零件图

4) 摆臂设计: 摆臂选用 45# 钢铣削加工成 L 型, 一端与机架侧板原张紧装置安装孔位通过 M16 连接螺栓连接固定, 摆臂另一端与轴套。张紧链轮组件通过轴连接, 摆臂长度设计为 180 mm, 这是根据张紧链轮需要张紧最佳位置来决定的; 摆臂厚度尺寸的确定由主、被动链轮所在平面与机架侧板的距离决定, 需保证张紧链轮组件安装在摆臂上后与主、被动链轮、链条啮合在同一个平面[1]。为了方便安装张紧链轮组件, 在摆臂上张紧链轮安装孔位直接焊上一颗 M16 固定螺母, 具体尺寸见图 10 所示。

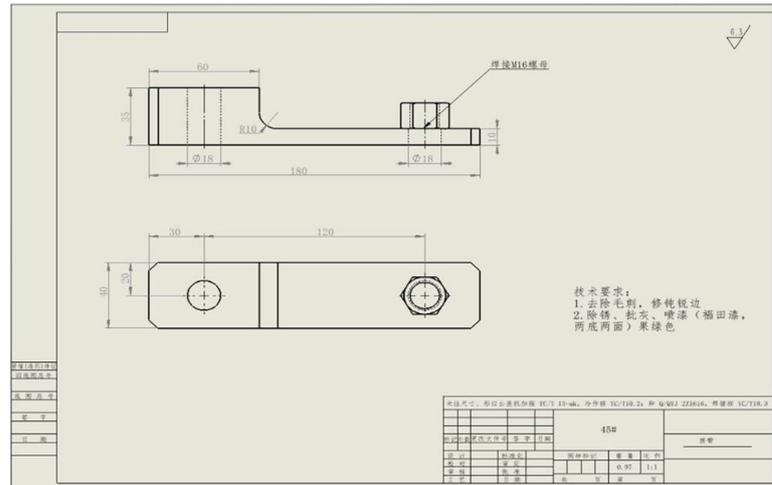


Figure 10. Swing arm parts diagram
图 10. 摆臂零件图

5) 张紧链轮定位装置设计: 链条调整到合适张紧度后, 张紧链轮必须稳固定位, 故需要一套张紧链轮定位装置, 该装置包含定位底座、调节螺栓和锁紧螺母[9]。

a) 定位底座设计为保证定位底座的稳定性, 选用 45# 钢铣削加工成型, 定位底座成凸型左右对称结构, 具体设计结构与尺寸见定位底座设计图 11 所示[10]。

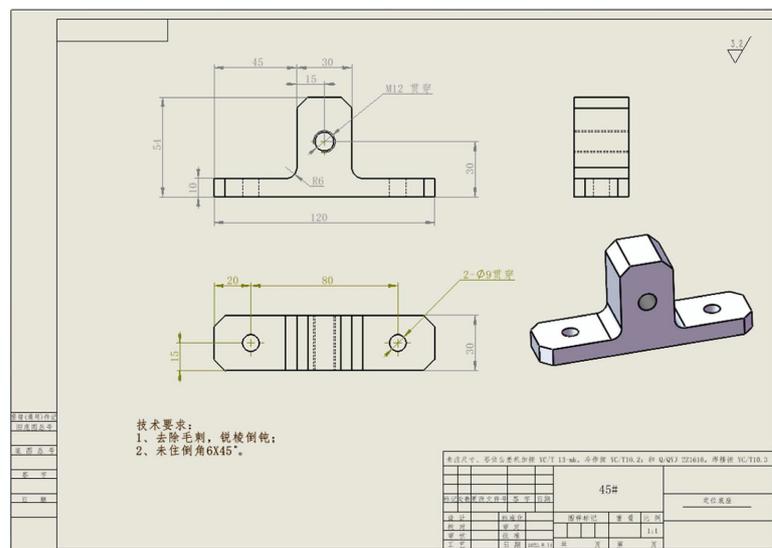


Figure 11. Positioning base parts drawing
图 11. 定位底座零件图

b) 调节螺栓及锁紧螺母选用结合定位底座功能要求及结构设计, 调节螺栓的长度决定了张紧链轮的摆动幅度, 根据设备结构分析, 螺栓长度选到 100 mm 时, 张紧轮的摆动幅度已经满足链条整个使用进程的张紧度调节, 所以调节螺栓选用 M12×100 的全螺纹外六角螺栓, 机械性能等级 4.8, 螺钉公称抗拉强度为 400 MPa, 公称屈服强度为 320 MPa, 远远高于实际需求, 设计合理满足需求。选择 M12 的外六角螺母作为锁紧螺母[2]。

6. 张紧装置零部件受力分析

由于链轮、轴承、链轮轴都是沿用之前的零件且受力没有发生变化, 因此不用做受力分析, 仅需要对改进设计的摆臂以及改后张紧装置进行强度校核[3]。

6.1. 张紧轮受力分析

本机构是在原有链传动张紧机构上进行优化改进的, 主要由摆臂、定位底座、张紧链轮、6303-2RS 深沟球轴承、轴套、链轮轴、机架侧板、M16×60 六角螺栓、M8×35 六角螺栓、M12 锁紧螺母、M12×100 调节螺栓组成。根据储柜横跑车运输带在运行过程中需要进行双向运行, 张紧轮就会在松边与紧边间变换, 在校核张紧装置强度时, 选张紧轮一侧为紧边时受力最大来进行验证。由于储柜横跑车运输带是由电机减速机传动, 最大的力来自电机减速机的输出力矩, 因此以电机减速机的输出最大力矩来进行强度校核[5]。根据减速机铭牌可知, 减速机输出扭矩为 345 N·m。主动链轮齿顶高直径 125 mm、齿底直径 110 mm, 公称直径为 117.5 mm。可以计算出链轮输出的力为: $345 \text{ N}\cdot\text{m} \div 117.5 \text{ mm} \times 1000 = 2936 \text{ N}$ 。

根据链轮张紧在两链轮中部张紧, 两链轮中心距为 400 mm, 张紧轮最大张紧深度为 60 mm, 如下图 12 做受力分析可知: 张紧轮受力为 $F = 60/200 \times 2936 \text{ N} = 880.8 \text{ N}$ [6]。

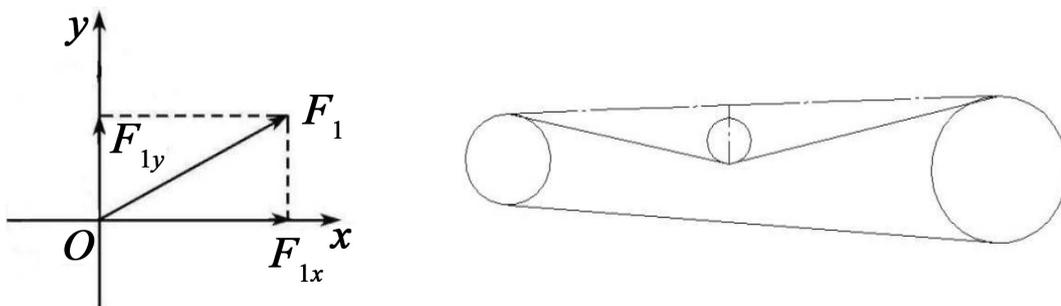


Figure 12. Force analysis of the transmission chain tensioning device of the cabinet horizontal carriage transport belt

图 12. 储柜横跑车运输带传动链张紧装置受力分析

6.2. 张紧装置摆臂受力分析

为保证该工件的强度满足设计要求, 通过 solidworks 做受力分析; 将张紧轮受力 880.8 N 带入, 则可以将张紧机构受力模型简化为摆臂一端固定, 张紧螺钉接触面固定, 链轮连接端受 880.8 N 向上的力, 该校核该摆臂的强度进行校核, 对所受应力、应变、位移做了分析[7], 如图 13 所示。

由图 13 可知, 最大应力为 $4.704 \times 10^7 \text{ N/m}^2 = 4.704 \times 10^7 = 47.04 \text{ MPa}$, 最大应变为 $1.815 \times 10^{-4} \text{ mm}$, 最大位移为 $2.777 \times 10^{-2} \text{ mm}$ 。根据相关资料查询 45#钢屈服强度为 355 MPa > 47.04 MPa, 强度满足要求[1]。

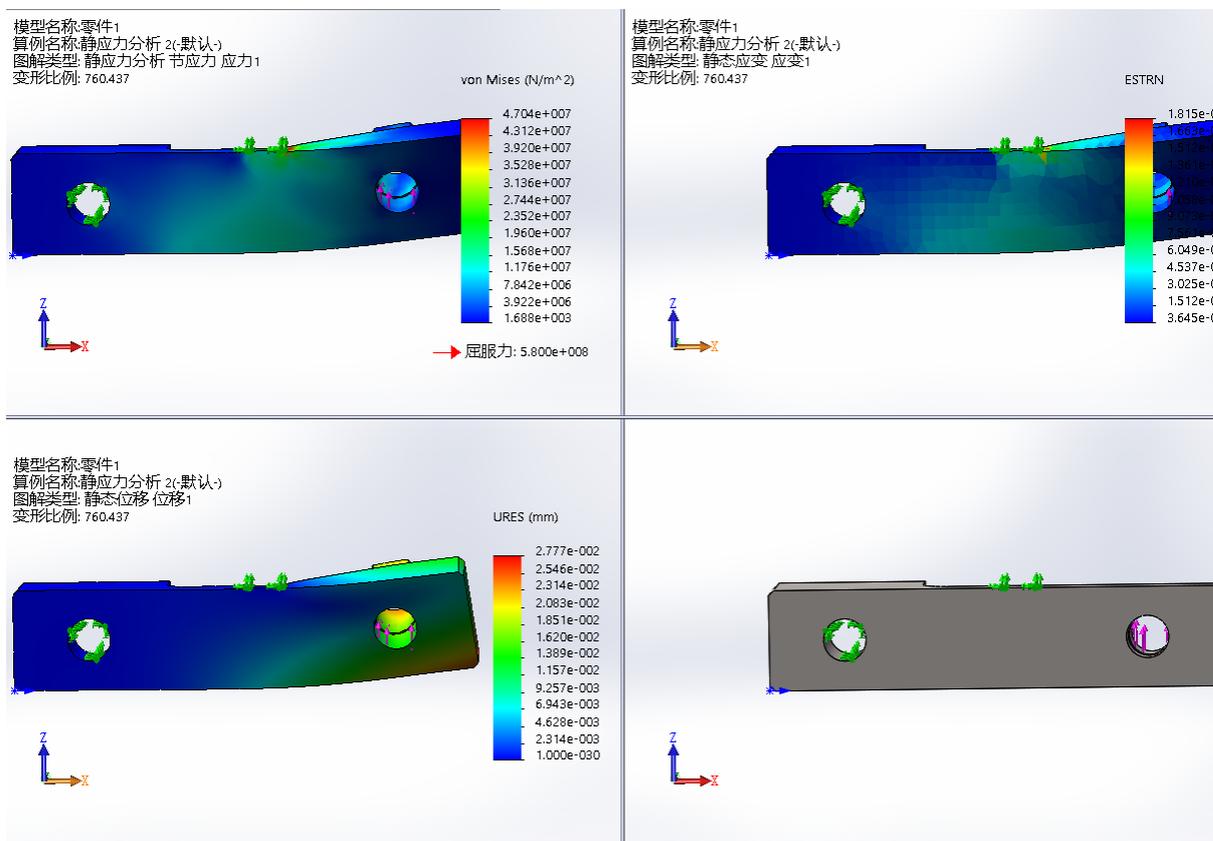
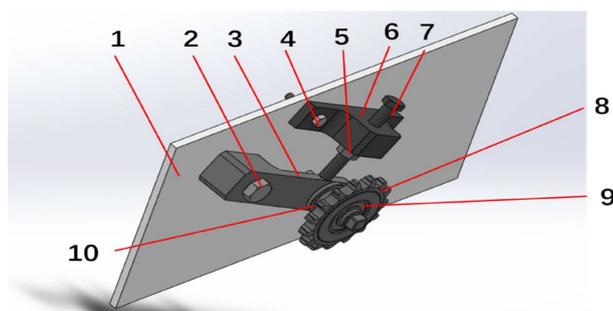


Figure 13. Cabinet horizontal carriage conveyor belt transmission chain tensing device swing arm strength verification
图 13. 储柜横跑车运输带传动链张紧装置摆臂强度效核

7. 工作原理与调节机制

如图 14、图 15，改进后的储柜横跑车运输带传动链张紧装置主要依靠“摆臂式张紧 + 张紧轮定位功能”实现对传动链的有效张紧和调节，其工作原理与调节机制紧密结合，确保传动链始终处于合适的张紧状态[9]。



1. 机架侧板; 2. M16×60 六角螺栓; 3. 摆臂; 4. M8×35 六角螺栓; 5. M12 锁紧螺母; 6. 定位底座; 7. M12×100 定位螺栓; 8. 张紧链轮; 9. 6303-2RS 轴承; 10. 轴套、链轮轴

Figure 14. 3D diagram of the transmission chain tensing device for the cabinet horizontal carriage

图 14. 储柜横跑车运输带传动链张紧装置三维图

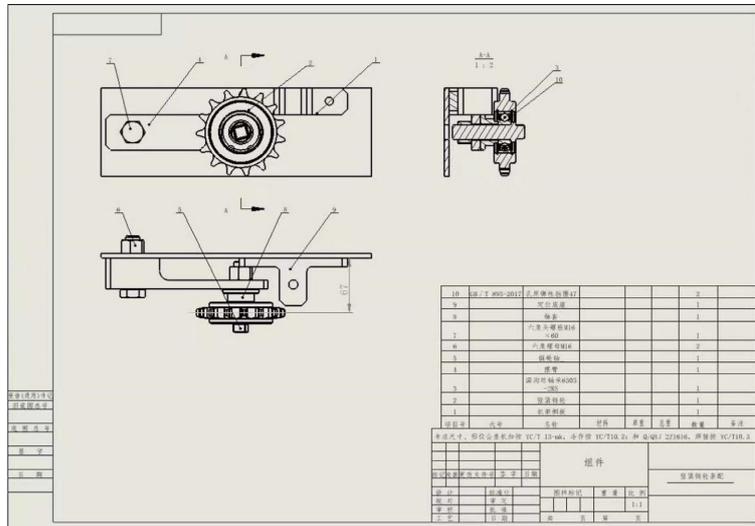


Figure 15. Assembly diagram
图 15. 装配示意图

7.1. 工作原理

此装置采用的主要是摆臂作为旋转的中心部位，其中一个 M16×60 六角螺栓将摆臂一端固定于机架侧板原来安装的位置上，是整个装置能够稳定的起作用的一个可靠的支点；而摆臂另一端是安装着张紧链轮组，包括张紧链轮、轴承、轴套及链轮轴等等，此张紧链轮通过与传动链相啮合，并随传动链的运行转动，当传动链运行时，摆臂也会在固定支点上带动张紧链轮以一定的角度摆动，张紧链轮摆动，使其在任何情况下都能保持与传动链的良好接触，并能根据传动链的松紧自动调节对传动链的压力，实现有效的张紧[10]。

7.2. 调节机制



Figure 16. Installation site photo of the improved storage cabinet horizontal carriage conveyor belt transmission chain tensioning device
图 16. 改进后储柜横跑车运输带传动链张紧装置安装现场图

如图 16, 主要是通过对定位底座的 M12 × 100 调节螺栓来进行调整, 定位底座固定安装在机架侧板上, 定位底座凸台上部的螺纹通孔和调节螺栓配合紧密, 以保证定位后的稳定性[2]。若想要调整传动链的张紧度, 只需操作人员转动调节螺栓, 直至调节螺栓端部逐渐顶住摆臂并对其施加推力, 推动摆臂绕旋转支点摆动, 这时张紧链轮的位置随之发生偏转, 传动链受到的压力发生变化, 传动链的张紧度发生改变: 在调整的过程中, 操作人员可以观察到传动链的运行状态或者采用专用工具对传动链的张紧度进行测量来判断张紧程度是否合适, 在满足传动链的张紧度要求后, 再旋紧 M12 锁紧螺母, 使调节螺栓处于定位状态, 张紧链轮定位, 传动链张紧度稳定。此种调节方法, 操作简便, 无需复杂的工具及技术, 能随时依据传动链的磨损情况来调节, 保证传动系统的正常运转, 极大地提升了设备维护的便捷性与效率[3]。

8. 应用效果

改进的储柜横跑车运输带传动链张紧装置使用后, 解决了传动链更换时需加半扣的困境, 现在直接多装一扣, 维修传动链张紧度调节方便快捷维修效率高, 降低了传动链的更换频次, 查询 2024 年度的维修记录, 储柜横跑车运输带传动链更换总次数由改进前的 26 次/年降低为 4 次/年, 平均每台横跑车运输带传动链更换次数由改进前的 4.3 次/年降低为 0.67 次/年; 车间储柜横跑车运输带传动链更换频率及故障率明显下降, 详情见表 1 [5]。

Table 1. Performance comparison before and after improvement

表 1. 改进前后性能对比表

关键指标	2023 年(改进前)	2024 年(改进后)
传动链更换总次数(次/年)	26	4
平均每台横跑车传动链更换次数(次/年)	4.3	0.67
年均维修成本(元)	26,000	4000
设备停机时间(小时)	52	8

表格说明: 每次更换成本约 1000 元, 每次更换停机时间约 2 小时。

9. 讨论

本次储柜横跑车运输带传动链张紧装置的改进是在生产中针对设备使用过程中出现的问题所做出的一项针对性的改良, 在设计与应用效果上具有一定的实际意义, 但还有待于进一步研究和探究[6]。

技术上而言, “摆臂式张紧 + 张紧轮定位”的设计思路打破了传统固定张紧结构的限制, 把张紧的位置设置为主动、被动链轮中心线的中间点, 符合链传动最佳力学状态; 使张紧力沿整个链条的分布较为平均, 避免出现过多的磨损点; 利用摆臂和定位螺栓结合的设计使装置具有良好的稳定性, 同时用到了杠杆原理来实现张紧度的精准调试; 很好地解决了原装置因固定位置而造成的链条长短不能够匹配的问题, 并去除了由于半扣搭接产生的强度隐患。另外相较于方案一腰孔调节的方法来说, 该方案可以采用锁紧螺母实现刚性定位, 能够承受住横跑车双方向运行过程中产生的瞬时冲击力, 避免因张紧装置偏移产生的张紧失效情况的发生, 这对高频率换向的烟草生产设备来说是非常重要的[8]。

实际使用后, 新装置有较好的经济效益和可靠度。传动链的更换频次由 4.3 次/台/年降低到 0.67 次/台/年, 大大降低了设备的维修费用, 并且也降低了由于设备故障停机带来的产量损失。但是目前装置的松紧度调节只能依靠人眼来观察是否合适, 每个人的认知不尽相同, 在调节方面还是会存在误差, 后期可以加装张力传感器并采用自动调节的方式以提高装置的准确性; 摆臂与定位底座的联接螺栓受交变应力影响会有疲劳损伤, 应定期用扭力扳手检测其受力情况并及时紧固或更换[5]。

就行业推广而言, 其模块化的特性决定了可以根据烟草制丝车间其他采用链传动的设备(切丝机输送带、烘丝机传动系统)调整摆臂参数, 并能迅速移植此方案[3]。由于无需采用比液压或气动等复杂多变的张紧方式, 因此较经济易行, 可更快地应用于旧设备的改造升级之中[10]; 但是高速传输时可能无法满足摆臂的动态响应要求, 在实际使用过程中还需进一步优化结构刚度和选用更优质的材料[9]。

未来优化方向可聚焦三个方面: 首先开发具有智能调节功能的装置, 在 PLC 控制系统下能实时检测绷紧状态, 并且能够自动调节[7]; 其次针对摆臂、螺栓等重要件选用高强度合金材料和表面硬化工艺[6]; 第三是把原有定位底座优化为可折叠式的底座结构, 在狭小空间上也能安装[8]。随着不断迭代更新, 未来有望成为烟草行业内链传动张紧装置的一种标准方案。

10. 小结

通过储柜横跑车运输带传动链张紧装置的改进, 有效提升了维修保养传动链张紧度调节及更换传动链的维修效率, 有效降低了传动链的更换频次, 延长了传动链的使用寿命, 降低了维修成本, 降低了因传动链异响断裂而停机断料的故障, 保障了生产的连续性和稳定性。该套储柜横跑车运输带传动链张紧装置可以推广到制丝其他使用链传动的设备上, 有很好的实用价值。通过完成该项目, 提升了自己发现问题、分析问题、解决问题的能力[7]。

参考文献

- [1] 张展. 链传动设计与应用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [2] 王娜, 主编. 全国烟草行业职业技能鉴定培训教材-通用知识[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2007.
- [3] 丁钺宗, 主编. 烟机设备修理工(制丝)专业知识[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2013.
- [4] 濮良贵, 陈国定, 吴立言. 机械设计[M]. 第9版. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [5] 刘鸿文. 材料力学[M]. 第6版. 北京: 高等教育出版社, 2017.
- [6] 《机械工程手册》编辑委员会. 机械工程手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2017.
- [7] 中国机械工程学会机械设计分会. 机械设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.
- [8] 闻邦椿. 机械设计手册: 机械传动[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [9] 成大先, 主编. 机械设计手册[M]. 北京: 北京化学工业出版社, 2016.
- [10] 陈晓南, 主编. 机械设计基础[M]. 北京: 科学出版社, 2007.