

钢丝帘布裁断机主机裁切系统工作原理及常见故障分析

贺平均, 姜利磊, 王晨

(风神轮胎股份有限公司, 河南 焦作 454003)

摘要: 详细介绍钢丝帘布裁断机主机裁切系统机械结构及工作原理, 液压离合制动器在主机传动系统中的作用, 机械结构及工作原理。分析设备在工作过程中常见故障及解决措施, 为设备维修人员提供参考。

关键词: 钢丝帘布裁断机; 裁刀; 液压系统

中图分类号: TQ330.44

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)12-0038-06

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.12.008

0 前言

目前, 钢丝帘布裁断机是全钢子午线轮胎生产企业主要设备之一, 分为 $15^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 小角度钢丝帘布裁断机和 90° 钢丝帘布裁断机, 其主要功能是将钢丝帘布按照设定宽度裁切成帘布条, 再将帘布条进行拼接卷取。钢丝帘布裁断机主机裁刀裁切系统, 是整体生产线重要组成部分, 主要由裁刀机构、传动机构、液压系统等部分组成。本文简要介绍钢丝帘布裁断机主机裁刀裁切系统的结构、工作原理、常见故障分析及解决措施。

1 裁刀机构

裁刀机构是整个设备中的核心部件之一, 它对于整个设备运行起着决定性作用。该裁刀机构采用的是铡刀式结构, 见图 1 所示, 电机旋转通过减速箱机械传动给曲柄轴, 曲柄轴旋转从而带动 C 型侧臂, 驱动上刀架做直线往复运动。PLC 通过外部开关和相关的逻辑算法控制减速箱里液压离合器开闭使刀架精准起落和停止, 来完成裁刀的有效裁切, 从而实现对钢丝帘布的自动化裁切生产。机械传动过程中, 在减速箱输入轴端安装有飞轮, 电机与飞轮之间安装有梅花弹性联轴器, 整个机械传动过程如下:

电机 → 梅花弹性联轴器 → 飞轮 → 减速箱 → 曲轴 → C 型侧臂 → 上刀架

飞轮的主要作用是将电机在做功行程中传输给曲轴能量的一部分储存起来, 用以在上裁刀升起过程中

克服阻力, 带动曲柄杆机构越过上、下止点, 保证曲轴的旋转角速度和输出转矩尽可能均匀, 并使电机有可能克服短时间的超载荷。

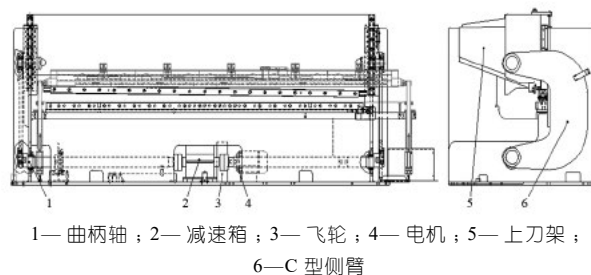


图 1 裁刀机构示意图

2 减速箱传动机构

减速箱是整个裁切系统中的核心部件, 它对于整个裁切系统运行起着决定性作用。该减速箱采用的是斜齿轮传动结构, 见图 2 所示, 电机旋转通过联轴器机械传动给飞轮, 飞轮带动输入轴旋转, 输入轴通过斜齿轮将动能传递给过渡齿轮。过渡齿轮与过渡轴之间通过 2 套深沟球轴承安装在一起。液压离合制动器一侧通过内六角螺钉与过渡齿轮固定在一起, 液压离合器另一侧通过内六角螺钉与减速箱侧壁固定在一起。过渡齿轮通过离合制动器将动能传递给过渡齿轮轴, 过渡齿轮轴与其啮合在一起的输出轴传动齿轮将动能传递给输出轴, 输出轴通过胀紧套将动能传递给曲轴,

作者简介: 贺平均 (1979-), 男, 本科, 工程师, 主要从事轮胎制造设备日常管理和设备改进工作。

实现裁刀裁切功能。其中输出轴与输出轴传动齿轮通

过胀紧套紧固在一起。整个机械传动过程如下：

电机→电联轴器→飞轮→输入齿轮轴→过渡齿轮→液压离合制动器→过渡齿轮轴→输出轴传动齿轮→输出油→曲轴

正常工作时，输入齿轮轴一直处于高速旋转状态，需要裁切时，液压油进入液压离合制动器，液压离合制动器右侧打开，左侧闭合，从而带动刀架起落；当需要停止时，液压站切断液压油供给，液压离合制动器右侧闭合，左侧打开，从而保证刀架停止并固定。

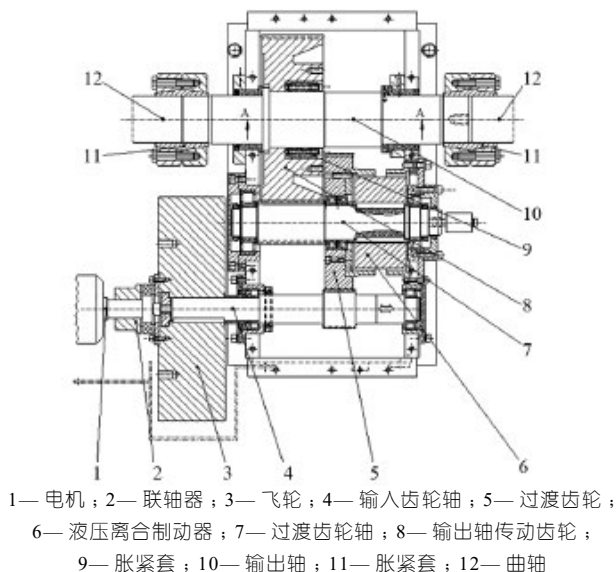


图2 减速箱结构示意图

3 液压离合制动器结构及工作原理

液压离合制动器是整个减速箱的核心部件之一，它对于整个裁切系统运行起着决定性作用。见图3所示，液压离合制动器结构示意图。正常工作过程时，见图4所示，过渡齿轮9与旋转外齿圈10通过内六角螺钉紧固在一起，过渡齿轮与旋转外齿圈一直处于高速旋转状态，左侧外齿摩擦片13在旋转外齿圈齿轮啮合作用下，同步高速旋转。

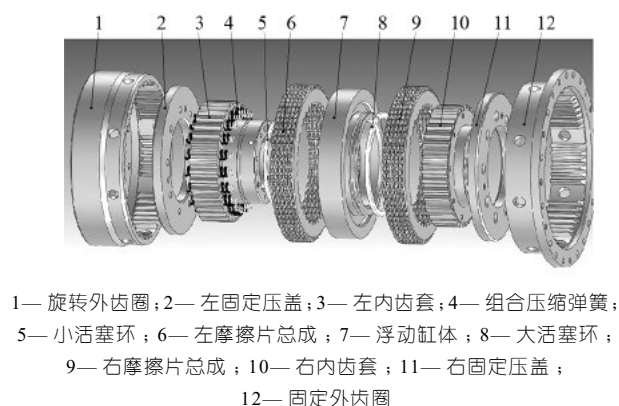


图3 液压离合制动器结构示意图

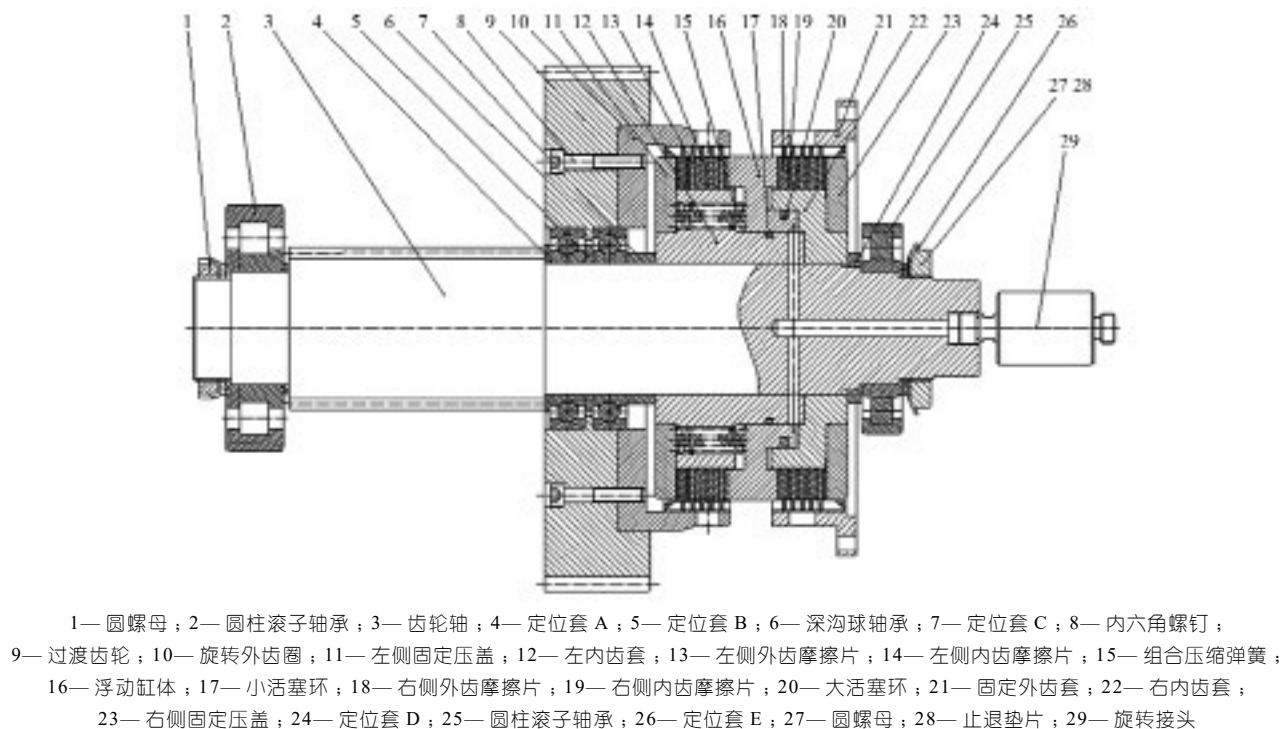


图4 减速箱过渡齿轮轴传动示意图

当 C 型侧臂裁刀静止时, 齿轮轴 3 静止不动, 过渡齿轮 9 与旋转外齿圈通过内六角螺钉紧固在一起, 过渡齿轮与旋转外齿圈一直处于高速旋转状态, 左侧外齿摩擦片在旋转外齿圈齿轮啮合作用下, 同步高速旋转。固定外齿套通过内六角螺钉与减速箱外壳固定在一起, 右侧外齿摩擦片 18 与固定外齿套齿轮啮合作用下同时保持静止状态; 浮动缸体 16 在组合压缩弹簧 15 的作用下向右侧移动, 将右侧内齿摩擦片 19 与右侧外齿摩擦片压紧, 内、外齿摩擦片在外力作用下产生较大的摩擦力, 保持静止状态; 右内齿套 22 与齿轮轴 3 通过键连接, 右内齿套与右侧内齿摩擦片在齿轮啮合作用下, 将齿轮轴 3 保持静止状态, 从而保证 C 型侧臂裁刀能够静止所需位置。

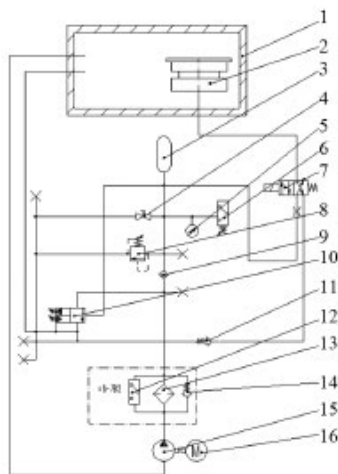
当 C 型侧臂裁刀需要裁切时, 高压液压油通过旋转接头 29 进入到浮动缸体 16 右侧, 浮动缸体在大活塞环 20、小活塞环 17、右内齿套 22 形成的密封腔体内, 在高压液压油作用下, 推动浮动缸体克服组合压缩弹簧 15 的压力向左侧移动, 将左侧内齿摩擦片 14 与左侧外齿摩擦片 13 压紧, 内、外齿摩擦片在外力作用下产生较大的摩擦力, 在内外齿相互啮合作用下, 将左内齿套 12、左侧固定压盖 11、左侧外齿摩擦片、左侧内齿摩擦片、组合压缩弹簧等组件保持状态一致。同时, 右侧外齿摩擦片、右侧内衬摩擦片失去外力作用后, 摩擦片之间产生间隙, 处于自由状态。过渡齿轮在上级啮合齿轮传动下带动齿轮轴整体旋转, 从而将动能传递到 C 型侧臂, 带动上刀架上下直线运动, 进行物料裁切。当裁切动作完成, 上刀架移动到最高位时, 外部开关检测到信号后, 电气系统将停止命令传递给液压系统, 液压油停止供给, 液压离合制动器里的浮动缸体在组合压缩弹簧作用下向右侧移动, 将齿轮轴抱死, C 型侧臂停止动作, 处于静止状态。

4 液压系统及蓄能器工作原理

4.1 液压系统工作原理

通常情况下, 不同厂家的设备, 液压系统设计略有差异, 本文以德国 Fischer 90° 钢丝帘布裁断机液压系统为例, 见图 5 所示: 该液压系统将减速箱作为液压油箱 (通常, 国产设备液压系统设计有单独的液压油箱), 正常工作时, 液压油泵在电机驱动下, 一直处于工作状态。手阀 4 处于关闭状态, 为了保证液压离合器 2 的正常工作, 通过调整蓄能器充油阀 10 可以将系统所需压力控制在 4.0~6.5 MPa 范围内, 当裁断机

裁切系统需要裁切时, 电磁换向阀 7 得电换向, 液压油流向液压离合器 2, 在油压作用下, 液压离合器内部浮动缸体进行切换, 实现裁切系统上刀架的裁切动作。当裁切系统上刀架上升到最高位, 需要停止时, 电磁换向阀失电返回到原始位, 切断液压油的供给, 液压离合器内部浮动缸体返回到初始位。当裁切系统裁切 2~3 次时, 液压系统压力会降低到 4.0~4.5 MPa, 当系统压力低于 4.0 MPa 时, 在蓄能器充油阀的作用下, 对蓄能器进行补压, 保证系统最高压力在 6.0~6.5 MPa 范围内。



1—减速箱; 2—液压离合制动器; 3—蓄能器; 4—手阀; 5—压力表;
6—压力开关; 7—电磁换向阀; 8—溢流阀; 9—单向阀;
10—蓄能器充油阀; 11—单向阀; 12—压力开关; 13—过滤器;
14—单向阀; 15—液压泵; 16—液压泵电机

图 5 液压系统工作原理图

4.2 蓄能器结构及工作原理

蓄能器是该液压系统非常重要的关键部件之一, 液压系统的充气式蓄能器有三种类型: 气囊式、活塞式和隔膜式。该液压系统采用的是焊接式隔膜蓄能器 (见图 6)。隔膜式蓄能器由液体部分和气体部分组成, 隔膜充当气密及介质分离元件。气体部分预充有氮气。隔膜式蓄能器作用是: 能够在适当的时机将系统中的能量转变为压缩势能储存起来, 当裁刀系统裁切时, 再将压缩势能转变为液压能而释放出来, 重新补给系统, 这种能量储存和释放的过程有助于保证液压系统压力的稳定。隔膜式蓄能器流体部分连接到液压回路, 以便在压力增加, 气体压缩时隔膜式蓄能器吸入液体。当压力下降时, 压缩气体膨胀并迫使储存的液体进入液压回路。设置在隔膜底部的是一个阀板。当蓄能器完全排空时, 则会关闭液压出口, 从而防止隔膜损坏。

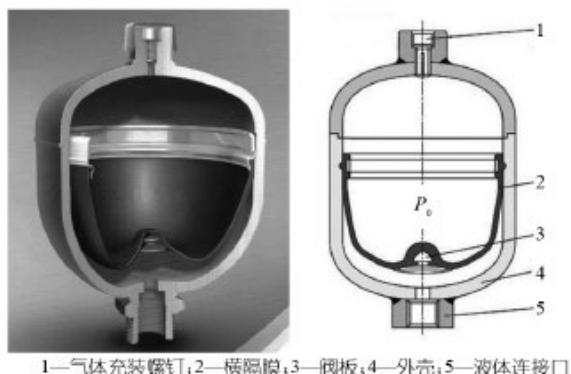


图6 隔膜蓄能器结构示意图

基本工作原理如下：

根据气体定律，气体在压缩过程中，其压力会增加。一定量气体的体积与其压力大致成反比关系，这就是蓄能器的基本原理。

在使用前，蓄能器内的气体通常会预先充入至一个预充气压力 P_0 ，此时气体的体积 V_0 即为蓄能器的容积。

当液压油的压力低于 P_0 时，无法进入蓄能器，此时蓄能器不起作用。只有当液压油的压力高于气体压力 P_0 时，才能进入蓄能器。随着压力油的进入，气体被压缩，压力也不断上升。因此，为了使液压油不断进入蓄能器，其压力也需相应上升。当液压油的压力停止上升时，便无法再进入蓄能器。

气体和液压油的压力共同构成了储存的能量。当油口压力下降时，气体会将液压油挤出蓄能器。当液压油被完全挤出后，气体压力将降至 P_0 。

由于外壳的耐压强度和安全性的限制，每个蓄能器都有一个最大允许压力的限制。一旦外壳破裂，蓄能器可能会发生爆炸。为了避免潜在的燃烧风险，蓄能器中通常使用氮气作为工作气体。在充气过程中，必须严格遵守产品说明书。

4.3 蓄能器充装氮气方法

蓄能器充装氮气时，可以线单独充装，也可以在设备现场不拆卸的情况下进行充装，以下蓄能器充装氮气方法及步骤以在线充装为例，充气时使用配套的 FPU-1 充气与检测装置，具体操作如下（见图 7）：

（1）检查氮气瓶、附件、警示标签是否完整，确保氮气充装的安全性和有效性，不符合要求时应妥善处理。

（2）断开液压系统电源，液压系统保持停止状态。

（3）打开液压系统泄压手阀，观察液压系统上的

压力表，直至系统压力降为 0 MPa 为止，此时蓄能器内的油全部回流到油箱。

（4）将蓄能器顶盖打开，把充气与检测装置连接到蓄能器上，氮气软管一头与连接口（C 处）连接，另一头连接氮气瓶（若测压可不用连接）。

（5）把 FPU-1 充气与检测装置的手柄旋到最大位置（逆时针旋到最大），将放气阀（B 处）关闭。

（6）将氮气调压阀安装到氮气瓶上，并将氮气软管连接到调压阀上，另一端连接到充气与检测装置截止阀口（C 处）。

（7）将蓄能器上充气与检测装置手柄按逆时针方向旋转，当听到有气体出来声音时，观察工具上的压力表（这个压力就是蓄能器内的氮气压力），根据压力表显示数值判断是否需要充气。判断完成后，重新将充气与检测装置手柄按顺时针方向旋转，使蓄能器上的充气螺钉拧紧。

（8）将氮气瓶上手柄缓慢打开，观察充气与检测装置上的压力表（注意氮气瓶内的压力必须高于所充气压），调节其出口压力到 4.0~4.5 MPa，逆时针旋转充气与检测装置上的手柄，徐徐打开蓄能器充气螺钉，缓慢充入氮气，当压力表压力升到额定压力的 30% 时，充气速度可加快，并达到所需的充气压力。切勿一下子把气体充入蓄能器，以避免充气过程中因气囊膨胀不均匀而破裂。当压力表压力升到所需的充气压力时，关闭氮气瓶手柄，再把充气与检测装置的手柄顺时针旋转，将蓄能器上的充气螺钉拧紧后，打开放气阀手柄（B 处）卸掉管内压力，卸下专用工具，将蓄能器顶盖拧上，完成充气过程。

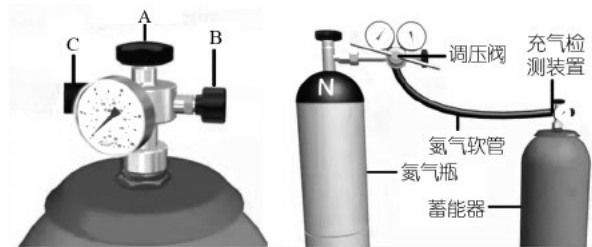


图7 蓄能器充装氮气示意图

5 常见故障分析及处理方法

5.1 上刀架裁切过程中，裁刀墙板左右晃动

在裁断机裁切机构正常工作过程中，可能会出现，上刀架上下移动裁切过程中，主机整个刀架墙板左右摆动的现象，产生此现象的主要原因是：曲柄轴左右位置不一致，周向存在角度差，工作时，由于曲柄轴

的动不平衡作用,造成整体振动并传递到刀架墙板,若长时间工作可能会造成C型侧壁长期受力不均断裂或其它部位损害。

处理方法:利用专业工具,以一端曲柄轴为基准,松开减速箱输出轴与曲柄轴之间的胀紧套,重新调整另一端曲柄轴的周向角度,恢复左右两端端曲柄轴的周向一致性。

5.2 上刀架裁切时,突然掉落,无法升起

产生此现象的可能原因如下:

(1) 液压离合制动器内部摩擦片磨损,内齿摩擦片与外齿摩擦片之间,间隙增大,造成液压离合制动器整体制动力矩减小。

处理方法:成套更换液压离合制动器或更换液压离合制动器内、外齿摩擦片。

(2) 液压系统齿轮泵磨损,造成液压系统压力降低或压力波动,从而造成压延离合器内部内、外齿摩擦片之间摩擦力减小,液压离合制动器整体制动力矩减小。此情况下,会出现比较典型的现象:液压系统油温升高,用手触摸齿轮泵壳体会明显的灼热感,用红外超温枪测量齿轮泵表面温度预计在50℃以上。

处理方法:将液压系统油路系统清洗干净,更换新的液压油及齿轮泵。为了避免齿轮泵的损坏,应定期更换油路系统的过滤器。

(3) 蓄能器氮气压力不足,失去给液压系统补压、稳压作用,造成裁刀裁切时液压系统压力降低或压力波动。此情况下,会出现比较典型的现象:裁刀裁切时,液压系统压力波动较大,每裁切一次压力快速下降,停止时又快速回压,短时间内压力表表针摆动幅度较大。

处理方法:利用FPU-1充气与检测装置检测蓄能器压力,重新给蓄能器充装氮气。

(4) 液压系统溢流阀或蓄能器充油阀故障,造成系统压力不足。比较典型的现象:系统压力较低,达不到标准值。

处理方法:用汽油、煤油或其它有机溶剂清洗溢流阀、蓄能器充油阀,必要时更换新的溢流阀、蓄能器充油阀备件。

(5) 液压系统离合器油路供给电磁阀卡滞、内漏等故障,造成系统快速失压,压力不足。比较典型的现象:系统压力较低,达不到标准值。

处理方法:用汽油、煤油或其它有机溶剂清洗电磁阀,必要时更换新的电磁阀备件。

5.3 裁刀裁切减速箱输出轴漏油

产生此现象的主要原因是:减速箱输出轴两端轴瓦磨损,轴与轴瓦间隙大,造成液压油渗漏。

处理方法:重新更换新的轴瓦备件。

5.4 裁刀裁切时减速箱连接电机空气开关跳闸

产生此现象的主要可能原因是:(见图4)过渡齿轮轴一端或两端圆螺母松动、退丝,裁刀裁切时圆螺母与轴承压盖之间产生摩擦,增加齿轮传动过程中阻力,造成电机负荷增大,电机电流增大,空气开关保护跳闸。

处理方法:打开两端轴承压盖,检测圆螺母、止退垫完好情况,重新紧固、锁紧止退垫。

5.5 裁刀裁切停止后上刀板不在最高位

以德国Fischer90°裁断机为例,产生此现象的主要可能原因是:(见图8)减速箱长期使用后,液压离合制动器摩擦片间隙变大,制动时间延长,造成裁切停止时上刀板不能够正好停止在最高位,此时上限位置检测接近开关原有位置不太合适,需要重新调整。若在此状态长期运行,会加快液压离合器内外齿摩擦片磨损,缩短摩擦片使用寿命。

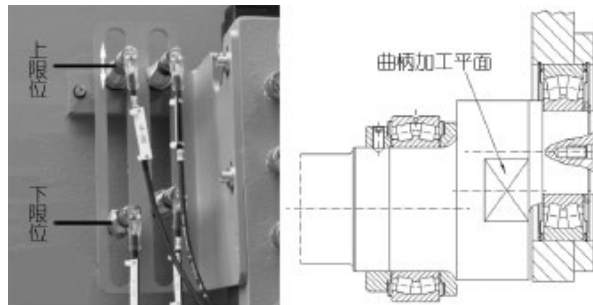


图8 限位检测开关及曲柄轴结构示意图

处理方法:重新调整裁刀上位置检测接近开关位置,用专业工具测量两端曲柄轴加工面与地面垂直度,保证上裁刀停止时始终处于最高位。

5.6 裁刀裁切减速箱工作时噪音大

产生此现象的主要可能原因如下:

(1) 电机与减速箱同心度不好,造成电机输出轴与减速箱输入轴之间弹性联轴器弹性垫磨损,电机高速旋转时,联轴器与弹性垫间相互碰撞、摩擦。

处理方法:利用专业工具重新调整两半弹性联轴器之间的同心度,同心度误差 $\leq 0.1\text{ mm}$,保证电机与减速箱的同心度。

(2) 减速箱内部输入齿轮轴(见图2)两端轴承

磨损、点蚀，电机高速旋转时产生噪音。

处理方法：重新更换减速箱内部输入齿轮轴两端圆柱滚子轴承。

6 结语

主机裁切系统作为钢丝帘布裁断机的重要组成部分，其稳定性对于整个裁断生产线来说至关重要，在使用过程中需要严格遵循操作规程，并且按照设备维

护保养制度定期进行维护和保养，以保持其高效和安全运行。设备出现故障时，原因多种多样，诱发原因也较多，我们只有对其运行原理及部件功效有了较为全面的了解，才能快速、准确地解决故障问题，若出现比较复杂的设备故障，可根据系统的工作原理，进行逐项排查解决，必要时可以咨询相关设备生产厂家或其他专业维修人员。

Working principle and common fault analysis of the cutting system of the steel cord cutting machine's host

He Pingjun, Jiang Lilei, Wang Chen

(Aeolus Tire Co. LTD., Jiaozuo 454003, Henan, China)

Abstract: This article elaborates on the mechanical structure and working principle of the cutting system of the steel cord cutting machine's host machine, as well as the role, mechanical structure, and working principle of the hydraulic clutch brake in the host machine's transmission system. It analyzes common faults and solutions encountered during equipment operation, providing a reference for equipment maintenance personnel.

Key words: steel cord cutting machine; cutting blade; hydraulic system

(R-03)

炭黑巨头，“押宝”废轮胎热解新产品

Carbon black giant "betting on" new products from waste tire pyrolysis

在 10 月于伦敦举行的路透社活动——2025 年欧洲可持续发展大会上，博拉炭黑总裁兼首席执行官约翰·劳德米尔克 (John Loudermilk) 阐述了公司愿景，着重强调要扩大成功推出的循环产品——Continua™ 可持续破材料 (SCM) 的供应规模，该产品有望占据其全球产品组合的 10%。Continua™ SCM 是博拉炭黑开发的一种循环材料，以废旧轮胎为原料，实现工业规模生产，在质量、稳定性和技术卓越性方面表现出色。凭借这些优势，该材料能让制造商在维持产品性能标准的同时，提升各类应用产品的可持续性与循环性。约翰·劳德米尔克指出：“全球炭黑消费量通常与国内生产总值 (GDP) 同步增长，然而，可持续和循环产品的需求增速要快得多。”他进一步补充道：“在博拉炭黑，我们看到了一个契机，能够借助像 Continua™ SCM 这样源自废旧轮胎的循环材料，取代全球高达 10% 的传统炭黑消费量。”

为实现这一目标，约翰还着重强调了几个关键点：各地区需营造有利的监管环境；要与轮胎热解技术合作伙伴深化合作；同时加强与客户的互动。这些举措对于加速循环材料的推广应用以及扩大生产规模至关重要。Continua™ SCM 应用领域广泛，可在轮胎、橡胶制品、涂料、油墨和塑料等多个领域部分替代传统炭黑。它不仅能显著降低终端产品的破强度，而且不会对产品性能产生任何影响。此外，作为更广泛的可持续发展产品组合的一部分，博拉炭黑还在积极推进以生物基原料生产炭黑的工作。为达成 2050 年净零碳排放的目标，公司持续探索碳捕集与转化领域的先进技术，并着力提高工艺效率，以此提升产量和资源利用率。

摘编自“炭黑产业网”

(R-03)