# 半钢成型轮胎漏钢丝问题的出现及设备改进分析

谢亮，周晶晶，揭翠红，王伟超，武博，钱尼建，王立辉，张庆
（杭州海潮橡胶有限公司，浙江　杭州　310018）

**摘要**：随着社会发展，汽车在生活中使用率越来越高，轮胎作为汽车与地面接触的唯一零部件，关系着整车的舒适性、操控稳定性、NVH 等性能，轮胎性能的好坏直接影响到车辆驾驶人员和乘客的安全，为此各个国家也针对轮胎安全性能做出了明确的要求。提高轮胎品质安全是现阶段消费者重点关注的问题，同样也是轮胎生产企业重点关注的问题之一。

**关键词**：爆胎；带束钢丝；裁刀；检测
**中图分类号**：TQ330.46　　**文章编号**：1009-797X(2025)10-0056-05
**文献标识码**：B　　DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2025.10.012

## 0　引言

汽车轮胎的安全使用主要体现在：

（1）符合要求的正确胎压；

（2）轮胎整体是否有损伤；

（3）轮胎磨损情况；

（4）四轮定位参数设置分布；

（5）轮胎橡胶老化等相关问题。

在汽车的高速行驶中轮胎损伤会直接影响行驶的安全性，轮胎故障是所有驾驶者最为担心和最难预防的，轮胎损伤使胎压异常导致在行驶中车体剧烈抖动，在中国高速公路上发生的交通事故 70% 是由于爆胎引起的。爆胎是汽车轮胎在极短时间内失去大部分空气的现象，是轮胎最危险的一种运行状况，当汽车爆胎后，汽车的运动状态发生急剧的变化，如果不进行合理的制动或转向控制，汽车将会出现偏航、侧翻或甩尾等危险，严重威胁汽车乘客的人身安全[1]。因此各大汽车生产商严格要求：轮胎配套企业重点把关轮胎生产过程中对漏钢丝问题进行解决，在品质检查环节杜绝轮胎损伤的产品流出，从源头降低爆胎的风险因素。

## 1　帘布钢丝对轮胎影响

汽车轮胎按其用途可分为轿车轮胎和载货汽车轮胎两种，按胎体结构可分为充气轮胎和实心轮胎。轿车轮胎主要用于轿车的充气轮胎，载货汽车轮胎主要用于载货汽车、客车及挂车上的充气轮胎。汽车轮胎中汽车绝大多数采用充气轮胎，而实心轮胎仅应用在沥青混凝土路面的干线道路上行驶的低速汽车或重型挂车上。充气轮胎按组成结构不同，可分为有内胎轮胎和无内胎轮胎两种。内胎式轮胎常采用外胎、内胎和垫带组成，胎体内层采用由“气密性”好的橡胶层组成，目前轮胎行业发展方向基本是向无内胎、子午线结构、扁平比轮胎（轮胎断面高、宽比）和轻量化方向发展。

半钢子午胎是子午线胎的一种，胎体帘线按子午线方向排列，有帘线周向排列或接近周向排列的缓冲层紧紧箍在胎体上的一种新型轮胎。半钢子午线胎是聚合物多层交叉材质，它由胎面、胎体、胎侧、缓冲层（或带束层）、胎圈、内衬层（或气密层）六个主要部分组成。在生产过程中存在部分原因导致带束层钢丝没有按照生产工艺设计结构分布，使胎胚在硫化工序时帘布钢丝游离至胎面外部，造成轮胎漏钢丝问题发生。

带束材料中不规则的钢丝游离问题普遍发生在胎面层处，因为硫化时胎面层与模具中外壁花纹挤压，导致钢丝弯曲变形，当轮胎完全成型硫化结束后帘布钢丝无法反弹，部分钢丝尖头向内，轮胎在使用过程中挤压造成钢丝尖头刺破气密层，轮胎胎压迅速缺失

**作者简介**：谢亮（1985−），男，助理主任工程师，主要研究方向为半钢轮胎成型机。

发生安全事故。

### 1.1 轮胎漏钢丝病疵的发生分类

轮胎露钢丝问题常见的病疵如图 1。

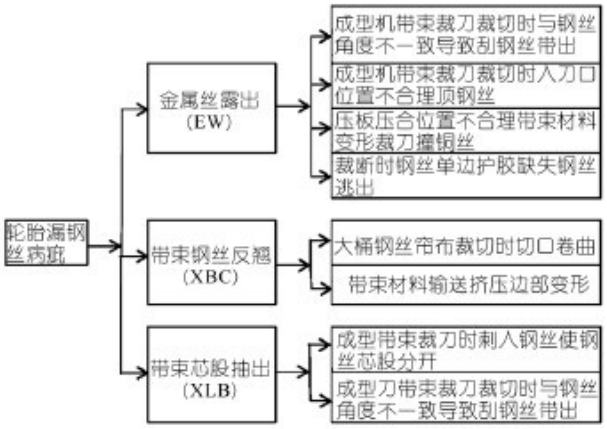



图 1　轮胎露钢丝病疵

#### 1.1.1 金属丝露出 (EW) 的原因

露丝 EW 现象是指子午线轮胎在使用过程中，胎体内部的钢丝帘线裸露在轮胎表面，形成明显的凸起或凹陷。产生这种原因主要有以下几点：

（1）因轮胎成型时使用的带束材料是由多股钢丝以 45°~55° 平行排列，钢丝外表面由橡胶材料附着并且保持钢丝材料固定，为了加强钢丝材料的稳定性，降低带束拉伸，在带束材料两边钢丝切口处增加包边橡胶材料，进一步降低带束材料拉伸。当带束材料导开输送至裁断过程中存在轻微拉伸情况，会导致带束钢丝排列角度变化，这时钢丝与裁刀角度不一致时裁刀刀口刮钢丝使帘布钢丝卷曲带出，如图 2。

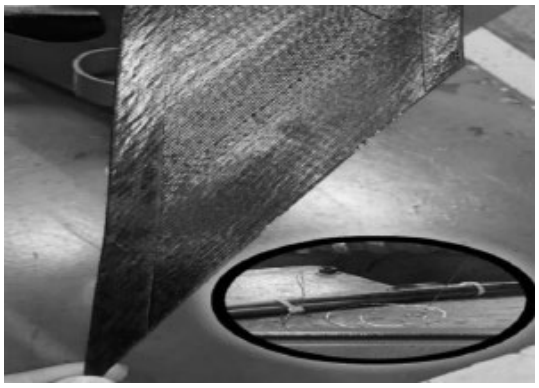


图 2　帘布钢丝卷曲

（2）当带束裁刀在裁切带束时，裁刀在带束边部向内 50 mm 处下刀，以下刀点先左后右与带束同方向移动，但是生产规格切换后带束宽度变化，下刀处位置没有同步调整，导致裁断过程刀口顶钢丝，使钢丝弯曲露出，如图 3。

图 3　钢丝弯曲露出

（3）带束在裁断过程时需要利用下固定板与带束压布梁将带束材料固定，避免裁刀裁切时受力使材料偏歪移位，影响成型贴合精度。但压布梁与材料接触面较长，左右压布梁间隙受力大小有变化导致材料拉伸，带束钢丝排列角度发生变化，这时帘布钢丝与裁刀角度不一致使裁刀刀口刮钢丝使钢丝卷曲带出。

（4）带束在正常裁断过程时，因材料的质量不符合要求，如橡胶的弹性、强度不足，钢丝帘线的强度、韧性不达标，胶料均匀性或其它杂质等工艺不合理的原因，小概率问题使钢丝外部包胶切除，使钢丝暴露脱开。

#### 1.1.2 带束钢丝反翘 (XBC) 的原因

带束钢丝反翘 XBC 是指在轮胎制造过程中，带束钢丝在施加张力后产生的向轮胎外侧的翘起现象。主要原因包括以下几点：

（1）弹性模量可视为衡量材料产生弹性变形难易程度的指标，其值越大，使材料发生一定弹性变形的应力也越大，即材料刚度越大，亦即在一定应力作用下，发生弹性变形越小 [2]。当生产轮胎时弹性模量较大的帘布钢丝在受到相同张力时，其变形量较小，反翘现象相对较轻。

（2）在轮胎制造过程中，带束钢丝的张力、缠绕角度、缠绕密度等工艺参数设置不合理都会对反翘现象产生影响。张力过大或缠绕角度不当都可能导致反翘现象加剧。

（3）外部环境因素如温度、在高温或高湿环境下，钢丝材料的物理性能可能发生变化，从而导致反翘现象加剧。

#### 1.1.3 带束蕊股抽出 (XLB) 的原因

（1）带束材料中的钢丝每根是由 2 根细钢丝采用

“螺旋钢丝束”方式进行缠绕编织，当成型裁断时裁刀下刀有时正好顶到钢丝，使钢丝变形露出，如图 4。

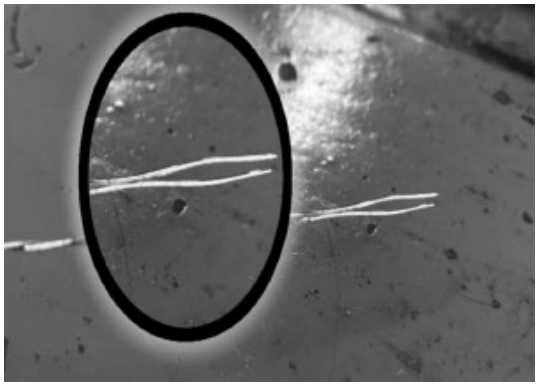


图 4　钢丝变形露出

（2）成型机带束裁断裁刀与钢丝不平行，刮钢丝边部未及时裁断使钢丝卷曲外露，如图 5。

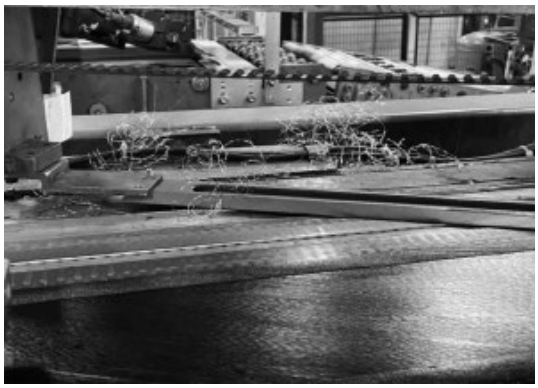


图 5　钢丝卷曲外露

### 1.2　轮胎漏钢丝的设备分析

通过以上轮胎露钢丝的分类原因可以看出，设备带束裁刀是造成露丝的主要原因。

#### 1.2.1　裁刀

裁刀刀片形式主要分为“钩刀刀片式”和“圆滚刀式”两大类。

（1）钩刀刀片式如图 6，裁刀在两根钢丝之间刺破带束层，然后以下刀点先左后右与带束同方向移动裁切，缺点是裁刀本身需要加热，但当钢丝平行角度与裁刀移动轨迹不平行时，此裁切方式存在刮钢丝问题，从而造成露钢丝问题的发生。

（2）圆滚刀式，同钩刀刀片式下刀方式类似，圆刀刀刃切入两根钢丝之间，与带束同方向滚动裁切，裁刀本身同样需要加热，当钢丝平行角度与裁刀移动轨迹不平行时裁刀会从单根钢丝从左压到右边，使钢丝变形弯曲。

#### 1.2.2　材料固定方式

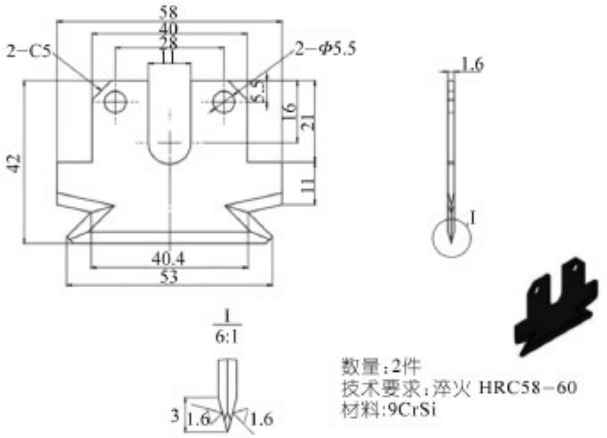
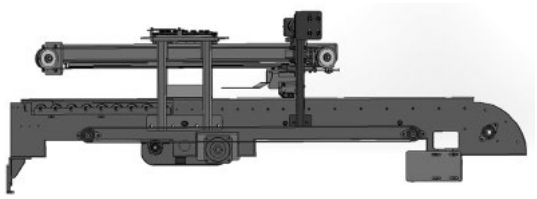



图 6　钩刀刀片

带束裁断时需要稳定的固定在裁断区，避免裁刀裁切时材料移动卡顿不同步，材料的固定形式分为“面压式”和“点压式”。

（1）面压式：在材料裁断时由压板调整装置与正下方的托板配合将材料夹紧固定，使裁刀裁切带束材料，此方式虽然可以有效的固定带束材料，但当带束材料钢丝角度发生偏差时，裁刀移动角度与材料钢丝角度不平行时极易造成刮钢丝问题发生。

（2）点压式：在材料裁断时由顶块向上顶起同时抬起上压板，夹点配合将材料夹紧固定，以便裁切带束材料。此方式优点在于保证材料固定稳定的情况下，最大化让带束裁刀裁切，如出现裁刀移动角度与材料钢丝角度不平行的过程，带束材料有一定浮动量，从而减小裁刀刮钢丝摩擦力，避免露钢丝问题的发生。此方式是现在轮胎成型机行业内较为认同的新形式，如图 7。



1—上压板；2—下顶块

图 7　点压式固定装置

## 2　成型机露钢丝检测反馈报警功能的检测机构

在现阶段使用的成型机漏钢丝检测反馈报警系统主要通过电路的连接与断开的原理进行判断检测，零部件多安装于带束供料系统的裁切工序后方，基本形式为“多辊式”、“多片单辊式”、“浮动多辊式”、“浮

动多片单磁辊式”等。

### 2.1 多辊式

如图 8，采用四根导电辊平行安装于支架上，辊与辊之间不接触，两端与支架接触面用绝缘材料隔绝，辊端面两根接正极电源两根接负极电源交替布局。材料输送从导电辊与输送带之间通过，当材料上表面出现露钢丝的情况，正负极两根电辊被钢丝导通后将启动报警系统，提示操作工材料出现问题需要人工处理，此结构多用于两次法成型机。

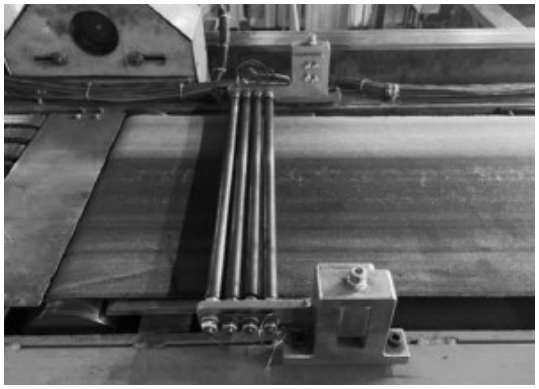


图 8 多辊式露钢丝检测装置

优点在于结构成本低，安装方便，故障少易维护。缺点是只能检测材料单面。为了提供检测精度需要将辊面水平高度无限接近材料表面，并且导电辊不会转动，容易与材料摩擦造成材料拉伸，当带束材料的双边有包边导致材料中间薄两边厚的情况，胶料中间存在空隙降低检测合格率。

### 2.2 多片单辊式

如图 9，多片单辊式辊轴上有多个辊片，辊片之间用绝缘材料隔绝，正负极交替安装，材料输送均可从辊上下表面通过进行检测，设备使用中安装于辊筒架处和输送带处两套，分别检测材料上下面，此结构多用于一次法成型机。

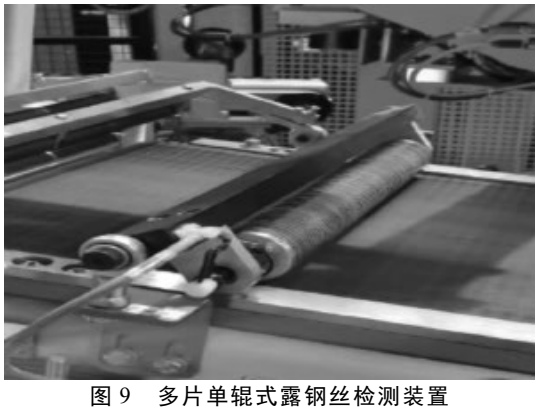


图 9 多片单辊式露钢丝检测装置

优点是可以检测材料上下表面漏钢丝情况。缺点同多辊表面一样，遇到有包边导致材料同样降低检测率，同时辊片更换拆卸不方便。

### 2.3 浮动多辊式

如图 10，此结构是在“多辊式”和“多片单辊式”结构基础上进行改进，多用于一次法成型机。

图 10 浮动多辊式露钢丝检测装置

优点在于检测密度高，解决了中间检测不到的情况。缺点是检测单元太重与材料摩擦系数大，材料容易拉伸，只能检测材料单面。

### 2.4 浮动多片单磁辊式

如图 11，结合以上三种形式的基础上进行设计单辊筒形式正负极交替辊片检测，为了解决检测材料下表面问题，下表面检测辊内安装磁条设计，实现材料上下表面检测。

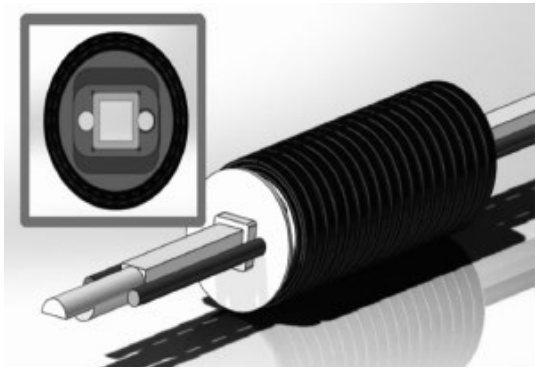


图 11 浮动多片单磁辊式

优点集以上三种优势外，整体结构重量轻便，避免材料拉伸。缺点是结构复杂成本高。

### 2.5 未来的方向“视觉系统的应用”

如图 12，随着视觉系统技术普及，在露钢丝检测方面同样开始了应用研究，其检测方式是利用了激光照射物不同时反射波不同从而进行检测判断，在实际应用中橡胶材料为黑色，而带束钢丝为金色，两者材质不同，反射波完全不同，视觉系统技术计算该图像的等照度线曲率，通过图像特征提取、图像识别、图

像数据压缩编码以及图像工程技术在工业自动检测、智能机器人视觉检测、智能交通监控与管理[2]。相关技术现阶段在轮胎生产行业还处在开发研究阶段。

图 12　视觉系统

## 3　结束语

根据中国橡胶工业协会轮胎分会的调查统计，2021 年中国轮胎产量 6.97 亿条，同比增长 10%; 其中子午胎产量 6.57 亿条，同比增长 10.2%。2021 年全球配套轮胎市场消费量达到 4.07 亿条，同比增长 2.01%[3]，轮胎的安全不容忽视 . 本文中所涉及的成型轮胎露钢丝问题的出现原因及设备优化进行了分析，但这只是造成轮胎病疵的一部分问题，对轮胎的舒适性，降噪性，防滑性以及实用性还有很多因素，本文为未来生产线上存在的轮胎病疵优化设备发挥了重要参考作用，实现品质精细化控制做了参考依据，

**参考文献：**

[1] 张向文，王飞跃，智能轮胎 . 机械工业出版社，2018.

[2] 董琦，张学辉，钢丝生产工艺及设备 . 冶金工业出版社，2009,07.

[3] 王耀南，李树涛，毛建旭，计算机图像处理与识别技术 . 高等教育出版社，2001.

# Analysis of the occurrence of wire leakage issues in semi-steel molded tires and equipment improvements

Xie Liang, Zhou Jingjing, Jie Cuihong, Wang Weichao, Wu Bo, Qian Nijian, Wang Lihui, Zhang Qing

(Hangzhou Haichao Rubber Co. LTD., Hangzhou 310018, Zhejiang, China)

**Abstract:** With the development of society, automobiles are increasingly utilized in daily life. Tires, as the sole component that comes into contact with the ground, are crucial to the overall vehicle's comfort, handling stability, NVH performance, and other related aspects. The quality of tires directly impacts the safety of both the driver and passengers. Consequently, various countries have established clear requirements for tire safety performance. Enhancing tire quality and safety is a key concern for consumers at this stage, and it is also one of the focal points for tire manufacturers.

**Key words:** tire blowout; belt steel wire; cutting knife; inspection

(R-03)