

半钢三角胶胎圈翻立贴合成型技术及应用

刘小军, 张俊, 覃兆远, 罗伟艺, 郑有珠

(桂林橡胶设计院有限公司, 广西 桂林 541004)

0 引言

半钢三角胶胎圈作为半钢乘用车的关键部件之一, 其生产质量直接影响轮胎动平衡和均匀性, 尤其对新能源汽车轮胎的影响更为明显。目前轮胎厂在半钢胎圈工艺段普遍采用人工立式缠绕成型、自动立式缠绕成型以及卧式自动缠绕成型。立式缠绕成型和卧式缠绕成型技术均来源于国外, 两者的基本原理相同: 三角胶头部子口压进钢丝圈, 然后三角胶顺着钢丝圈圆周方向缠绕一圈, 裁断后进行头尾搭接。

该成型方式存在几个明显的缺陷:

(1) 贴合精度较差: 接头搭接精度较差且不稳定, 直接影响成型胎圈一致性。

(2) 材料浪费显著: 头部和尾部需要在圆周方向搭接, 必须裁切两次才能保证头尾宽度方向完全对接, 产生回丝。

(3) 成型均匀性不足: 接头部位与其他部位在成型过程中拉伸不均匀, 成品胎圈对轮胎动平衡、均匀性等核心性能造成负面影响。

(4) 工艺兼容性差: 成型过程依靠压辊(压轮)的挤压力把三角胶贴合到钢圈上, 钢圈与三角胶的贴合效果、接头精度都与压辊(压轮)的形状、压力、位置、角度等有直接关系, 而且这些参数精度要求高、兼容范围窄, 胶料性质、形状和钢圈形状稍有变化则必须重新调整参数。调整过程繁琐, 非常依赖经验, 使得规格切换效率低下, 设备通用性弱。

(5) 生产效率较低: 部分全自动生产设备效率存在低于人工操作产线或半自动产线的情况、目前缠绕贴合胎圈生产效率基本在 9~11 s/圈。

1 半钢三角胶胎圈翻立贴合成型技术的难点以及创新性

1.1 三角胶胎圈翻立贴合成型技术原理

三角胶胎圈翻立贴合成型通过“缠绕搭接”和“翻立贴合”两个步骤完成。图1为缠绕过程的示意图。在缠绕前胶条被送到贴合鼓上吸附住料头, 随后鼓旋转将胶条缠绕, 中间需停止进行裁断, 随后再将料尾送到鼓上与料头搭接, 最后进行压合完成缠绕过程。图2是翻立贴合过程的示意图。胶条缠绕到鼓上以后, 机器人将钢圈精准地放置在贴合鼓上, 随后贴合鼓的指板由气缸驱动翻转, 从而将三角胶由上而下扣在钢圈上, 完成贴合过程。

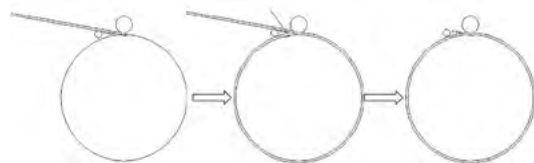


图1 缠绕过程示意图

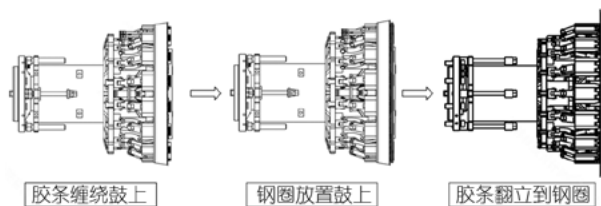


图2 翻立贴合过程

1.2 半钢三角胶胎圈翻立贴合成型技术难点

翻立贴合生产工艺是桂林橡胶设计院有限公司(以下简称桂林院)在全钢三角胶胎圈生产过程中所应用的解决方案。桂林院从2015年开始设计全钢三角胶翻立贴合生产线到现在接近10年的时间, 已累计销售相关生产线80多条, 积累了非常丰富的经验, 掌握了核心的数据。

国内外半钢三角胶胎圈翻立贴合成型技术的应用尚无具体案例, 而半钢三角胶的产品尺寸、材料性能等与全钢有着较大的区别。比如全钢三角胶的高度通常在80~120 mm、宽度通常在10~20 mm, 而半钢三角胶的高度只有20~70 mm、宽度通常在5~8 mm,

并且高宽比大呈现细长型，翻立难度大；全钢三角胶通常会有两种以上胶料且根部多为硬胶，而半钢三角胶通常为较软的单胶种，易变形无收缩；全钢的钢圈通常为斜六角且具有外包布、黏性高，而半钢的通常为钢丝覆胶的正六角钢圈、黏性差。诸多的差别，使得翻立贴合成型技术从全钢三角胶推广到半钢三角胶有较多的技术难点。

1.3 半钢三角胶翻立贴合成型技术的创新解决方案

为突破翻立贴合工艺从全钢到半钢三角胶的壁垒，桂林院根据丰富的经验和数据提出了以下解决方案。

无级自动调鼓径适配小尺寸的贴合鼓开发：通过对鼓指板结构、吸附结构以及鼓上锁紧钢圈的结构进行重新设计，满足小尺寸胶条的缠绕过程，适应小尺寸钢圈在贴合鼓上的锁紧和自动定位功能。并且该贴合鼓可实现鼓径的自动无级调节，可满足高效生产过程中的规格频繁切换的需求。

高精度挤出工艺和流道设计：翻立贴合技术所生产胎圈可实现三角胶与钢圈的无缝贴合，这就对三角胶挤出断面特别是卡口的尺寸有较高的要求。桂林院在该领域具有非常强劲的实力，制定了可根据钢圈截面指导口型修配的快速方式和可保证三角胶薄边厚边同步挤出的流道结构。

智能三角胶输送系统：带自动纠偏以及自动长度补偿的供料系统，确保三角胶在递头，缠绕以及接头压合过程稳定可靠。

高性能的辊压装置增设：针对半钢三角胶胶料软、钢圈黏性低带来翻立后三角胶容易脱离钢圈的问题，桂林院在翻立贴合后增加了可自动调节位置的滚压装置。该方案可满足滚压过程的自动化调节，并且能够自动适应不同尺寸的三角胶尺寸，实现三角胶与钢圈的牢固贴合。

成品智能检测系统：为了保证最终产品的质量，在胎圈成型后进行检测，在视觉检测系统中部署 AI 算法，通过少数图像训练（一般在 20 张以内），可以有效提升不合格品的检测准确率。

1.4 半钢三角胶翻立贴合成型技术特点

产品均匀性提升：缠绕过程同样会存在头尾搭接区域和中间区域拉伸不同的现象，但翻立过程将该差异消除了，使得翻立后胎圈的整圈均匀性得到提升。

产品接头质量优化：传统缠绕贴合成型技术，接

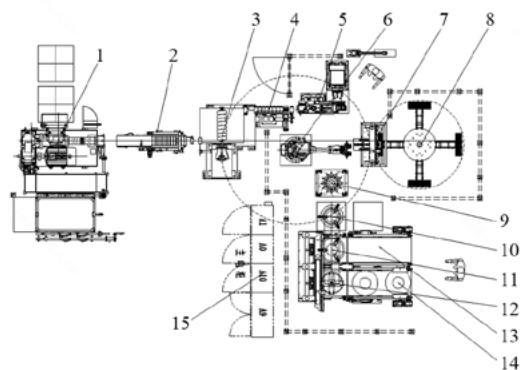
头搭接区域无法受到拉伸，该区域搭接后是平直的，与钢圈弧形轮廓不匹配；接头压合底面需要做成斜面，增加了接头搭接难度。而翻立贴合成型技术的接头搭接是在鼓板平面上完成，薄边和厚边拉伸量相同，仅需一次裁切，搭接质量容易控制。实际生产过程也证明，使用翻立贴合成型技术生产的胎圈接头明显优于传统缠绕贴合技术所生产的产品。

产品规格适用性广：传统缠绕贴合由于对压辊（压轮）和裁刀的各项参数要求非常高，调整繁琐且极其依赖经验，难以满足多规格生产的要求。而翻立贴合技术将生产过程分步进行，简化了缠绕过程、裁断方式、接头搭接要求和翻立过程的要求，所有调整参数均可配方化，实现规格切换一键完成，大大提高了设备的兼容性和操作的便捷性。

设备生产效率提升：将缠绕和贴合过程分解后，每个动作的速度均可加快，通过配合六轴机械手可实现单圈 7 s 的生产周期，较传统设备提升 30% 以上。

2 半钢三角胶胎圈翻立成型生产线集成方案

桂林橡胶设计院有限公司研发的半钢三角胶胎圈翻立成型生产线主要部件有：挤出机、接取收缩装置、冷却单元、存料装置、三角胶贴合供料装置、三角胶贴合装置、钢丝圈供应装置，钢圈装载及成品卸载装置、胎圈滚压装置、成品检测、不合格品剔除装置以及成品堆叠装置。生产线的整体布局图如图 3、图 4 所示。



1—挤出机；2—接取收缩装置；3—冷却装置；4—储料装置；
5—贴合成型装置；6—机器人；7—拆圈装置；
8—钢圈存储及输送装置；9—胎圈滚压装置；
10—接头检测装置；11—成品码垛装置；12—隔垫拾取装置；
13—成品卸载装置；14—隔垫输送装置；15—电控系统

图 3 半钢三角胶胎圈翻立成型生产线的俯视图

该生产线用于半钢、轻卡轮胎的胎圈部件生产。

适应 12"~24" 的正六角、矩形以及斜六角钢丝圈，钢丝圈宽度范围为 5~15 mm，三角胶高度为范围 20~70 mm。该生产线采用在线热贴成型的方式，胶料从挤出机出来后经过接取收缩、冷却后，在鼓上进行贴合，然后翻立成型成胎圈，最后码垛堆叠，整个生产过程连续无间断。

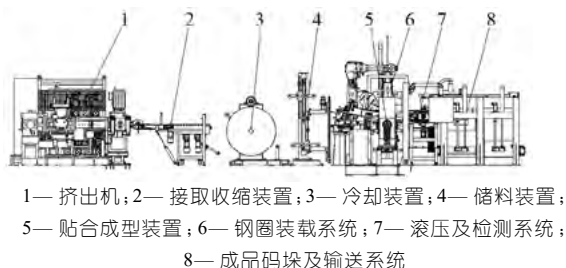


图4 半钢三角胶胎圈翻立成型生产线的主视图

2.1 挤出机

根据半钢和轻卡胎的不同，选用不同的挤出机进行三角胶的挤出。对于半钢胎圈，选择 90X14D 挤出机可以满足生产需求，更大的长径比可以保证三角胶的塑化效果；如果需要兼顾轻卡胎圈的生产，挤出机部分应该配置三复合挤出机进行多胶种复合挤出，推荐选用 60/90/90 三复合挤出机。生产单胶种的半钢三角胶时使用 90 挤出机挤出，生产多胶种轻卡三角胶时复合挤出。

三角胶挤出是立式贴合成型的关键，我们的翻立贴合原理是用鼓指板翻立把三角胶翻立到钢丝圈上。不同于以往的卧贴，立式胎圈贴合对于三角胶的子口形状有很高的要求，既要保证翻立的时候三角胶能够均匀的包裹住钢丝圈，同时还需要三角胶的子口底部对钢丝圈有一定挤压作用才能保持三角胶与钢丝圈的紧密贴合。在挤出机流道、预口型设计上，针对三角胶的不对称性，对流道和预口型进行了特殊的设计，使得三角胶挤出时厚边和薄边流速基本一致。口型框板需要根据三角胶的断面以及钢丝圈钢丝的排布，在子口部位进行一定梯度设计才能保证三角胶在翻立时的挤压作用。

2.2 接取收缩、冷却输送及储料装置

如图 5 所示，接取收缩由接取输送带和 2 组收缩辊道组成，根据不同的三角胶通过改变电机速比调整收缩系数，收缩系数由配方进行管理。强制收缩可以提高冷却后三角胶的稳定性。

三角胶采用鼓式冷却，鼓通冷冻水，配置强制冷冻机。有轻卡胎圈生产需求时，需要在增加冷却长度

的同时在冷却鼓周围增加密封的空调房进行冷却，以保证冷却后三角胶温度不超过 35℃。

三角胶经过冷却后进入储料装置，储料装置提供 4 组低张力的储料环，最大可以储存 12 m 三角胶，在贴合发生小故障时避免挤出机停机，同时配置有温度传感器和轮廓传感器，通过检测温度和轮廓自动调整三角胶的挤出，形成闭环。三角胶轮廓不合格会在贴合成型工位自动剔除，避免不良品产生。

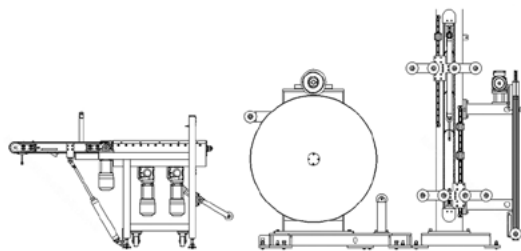


图5 接取收缩、冷却输送及储料装置

2.3 贴合成型

贴合成型装置是半钢三角胶胎圈翻立成型生产线的核心，由供料单元、贴合单元组成，三角胶的缠绕以及胎圈的成型都在此完成。三角胶从储料装置出来后通过供料单元输送到贴合的鼓上，贴合鼓缠绕一圈三角胶形成闭环圆圈，机器人把钢圈装载到鼓上，贴合鼓翻立使得胎圈成型。

三角胶胎圈的接头搭接质量、三角胶与钢圈位置偏差精度取决于贴合过程的精度控制，为了保证贴合的精度，我们在供料单元上及贴合单元上设计了被动及主动纠偏单元，保证胶条缠绕过程中的位置精度。同时对胶条的头尾进行二次测量补偿，补偿接头搭接长度（图 6、图 7 为立贴和卧贴成品胎圈对比）。另外为减少更换不同规格钢圈的生产切换时间，设计了鼓径自动调节功能。切换规格时通过配方参数化切换自动调节鼓的尺寸，同时自动调节供料单元及鼓的位置，使得规格切换时间缩短到 5 mm 以内。

2.4 钢圈装载

钢圈以整捆的形式装载到钢圈存储架上，配置 4 个工位的钢圈储存架，钢圈储存架可以适配手动装圈和物流系统自动装圈。拆圈装置从钢圈存储架上拆下单个钢圈，通过 6 轴机器人递送到贴合单元上，机器人的夹具同时适应钢圈和胎圈。

2.5 滚压

胎圈贴合成型后，需要对三角胶与钢丝圈的结合部位进行滚压（见图 8），排出空气的同时加强贴合



图6 立贴成品胎圈



图7 卧贴成品胎圈

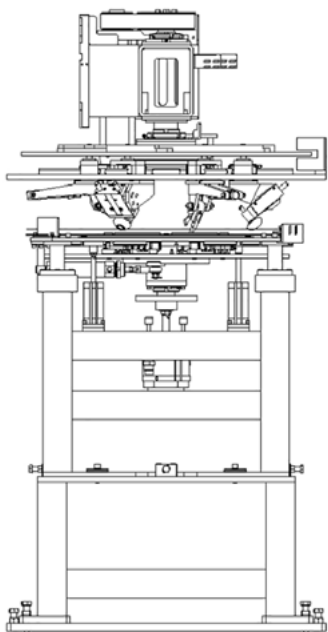


图8 滚压装置

强度。半钢三角胶的高度较小，在翻立成型过程中，内圈收缩力相比全钢小得多，成型后需要二次滚压，否则如果使用二次法成型机，反包时会存在三角胶从钢丝圈脱落的风险。

2.6 成品检测及码垛

胎圈经过滚压后进入成品检测工位，工位配置有接头检测单元以及称重单元，对胎圈进行终检。接头检测可以检测接头部位的错边、开裂以及重叠量。不合格品直接剔除到不合格工位，合格直接进行堆叠码垛。码垛形式根据客户隔垫的不同可以有不同的形式，对于无骨架支撑的隔垫，推荐使用桁架+升降托盘进行堆叠；有骨架隔垫采用6轴机器人进行拾取成品和隔片更加方便整体的局部。

3 半钢三角胶胎圈翻立成型生产线主要技术参数

3.1 技术参数

- 钢丝圈规格：12"~24"；
- 钢丝圈形状：矩形、正六角、斜六角；
- 三角胶高度：20~70 mm；
- 三角胶厚度：5~20 mm；
- 三角胶竖立角度：70~90°。

3.2 性能指标

- 生产节拍：7 s/圈(17"钢圈, 35 mm 高度三角胶)；
- 产能：平均每天产能 9 000~10 000 个圈；
- 接头错边：≤2 mm；
- 接头开裂：≤2 mm；
- 接头重叠：≤1.5 mm；
- 三角胶与钢圈中心偏差：≤0.5 mm。

4 半钢三角胶胎圈翻立贴合成型技术升级效益分析

以 1 000 万套半钢为例，半钢三角胶胎圈翻立成型生产线配置 7 条线即可满足需求，传统的卧贴需要 10 条线。两种类型设备的单套占地基本相同，工厂占地方面节省 30%。人员按 4 班 3 轮换，减员 12 人。能源节省 30% 以上，总体投资成本节省 10% 以上，除此之外产品质量也有明显的提升。

