

TBR 轮胎压延帘布渗胶质量分析及性能提升研究

王亚伟, 侯金华, 周建辉, 陈海峰, 蔡先进, 张志坚
(八亿橡胶有限责任公司, 山东 枣庄 277800)

摘要: 本文深入分析了 TBR 轮胎胎体钢丝帘布渗胶质量管控的五大核心要素: 混炼胶门尼黏度、压延积胶量、生产速度、帘布厚度以及压延设备精度。详细探讨了如何通过改进这些关键工艺环节, 来解决并提升钢丝帘布的渗胶质量。通过实施精益化的渗胶质量管控策略, 可有效降低了轮胎生产过程中不良率, 显著增强了轮胎的耐久性能, 从而为企业产品品牌竞争力的提升与经济效益的增长提供强有力的支持。

关键词: TBR 轮胎; 钢丝帘布; 渗胶; 钢丝压延; 耐久性能

引用论文: 王亚伟, 侯金华, 周建辉, 等. TBR 轮胎压延帘布渗胶质量分析及性能提升研究 [J]. 橡塑技术与装备, 2026, 52(5):56-60.

中图分类号: TQ330.44

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2026)05-0056-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2026.05.012

2024 年以来, TBR 轮胎市场面临着复杂的国际贸易环境、严格环保法规及原材料价格上涨等多重挑战, 市场竞争愈发激烈。在此背景下, 消费者愈发关注轮胎使用寿命与质量稳定性, 这对轮胎生产制造中的质量管控提出更高要求。轮胎结构中, 胎体帘布作为核心骨架材料, 其渗胶质量直接影响轮胎稳定性和耐久性能。轮胎钢丝排列稀线、肩空脱层(见图 1)等问题与胎体帘布渗胶质量更是紧密相联, 因此, 胎体帘布的渗胶质量管理在轮胎生产过程中至关重要。胎体帘布压延流程图见图 2。

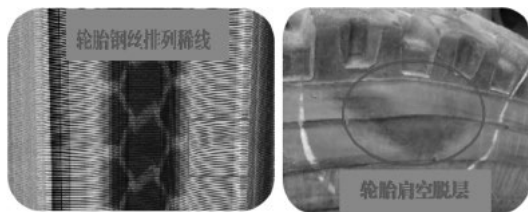


图 1 轮胎钢丝排列稀线与肩空脱层异常

1 钢丝帘布渗胶试验

1.1 试验目的

检验不同工艺参数下帘布渗胶质量, 明确工艺控制点与渗胶质量关系, 优化参数以提升帘布渗胶质量。

1.2 试验样品

锦纶 66 轮胎浸胶帘子布、未硫化覆胶胎体钢丝帘

布(长 100 mm、宽 25 mm)。

1.3 主要设备和仪器

XLB-D500×500 上缸式平板硫化机, 湖州东方机械有限公司产品; AI-7000M 型电子拉力机, 中国台湾 高铁检测仪器有限公司产品。轮胎常规耐久里程试验机, 东莞市正杰仪器科技有限公司产品。

1.4 试验方法

1.4.1 试样制备

在各种工艺条件下, 各取 10 个胎体帘布样品, 佩戴干净手套后, 精确贴合尼龙帘布与钢丝帘布, 并用玻璃纸密封边缘。样品在平板硫化机模具中, 以 150 °C / 1.5 MPa 硫化 23 min, 确保对接面无污染。

1.4.2 试验原理

硫化后试样使用电子拉力机以 150 N 的力从钢丝侧剥离敷胶, 通过测量剥离时间的长短, 来精确评估胎体帘布的渗胶密实程度^[1]。

1.5 数据处理

每次剥离试验去除剥离首尾波动约 10% 的部分, 每种工艺条件的 10 个试样试验结果去最高与最低值后取平均, 作为分析基准值。

作者简介: 王亚伟(1976-), 男, 设备副总经理, 主要从事橡塑装备改进与全生命周期管理、轮胎生产管理、轮胎生产过程质量管理及工艺工装开发设计工作。

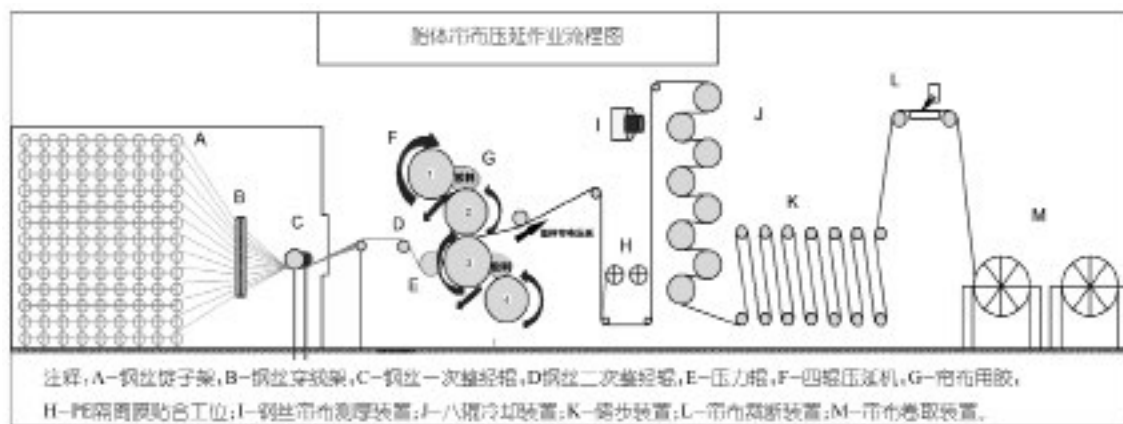


图2 胎体帘布压延生产线流程示意图

2 结果与分析

2.1 混炼胶门尼黏度

为探究混炼胶门尼黏度^[5]与钢丝帘布渗胶质量的关联性,采用70和85黏度值的混炼胶进行生产试验。结果显示(见表1),低黏度值胶料塑性值稳定、流动性好,生产的帘布表面平整,渗胶质量较好;高黏度值胶料生产帘布则反之,帘布挺性较好(见图3),但帘布表面钢丝轨迹明显,渗胶质量较差。应结合轮胎产品设计特点,给定混炼胶门尼黏度标准,以兼顾钢丝帘布渗胶质量(耐久性能)与挺性(载重性能),实现轮胎综合性能的提升。

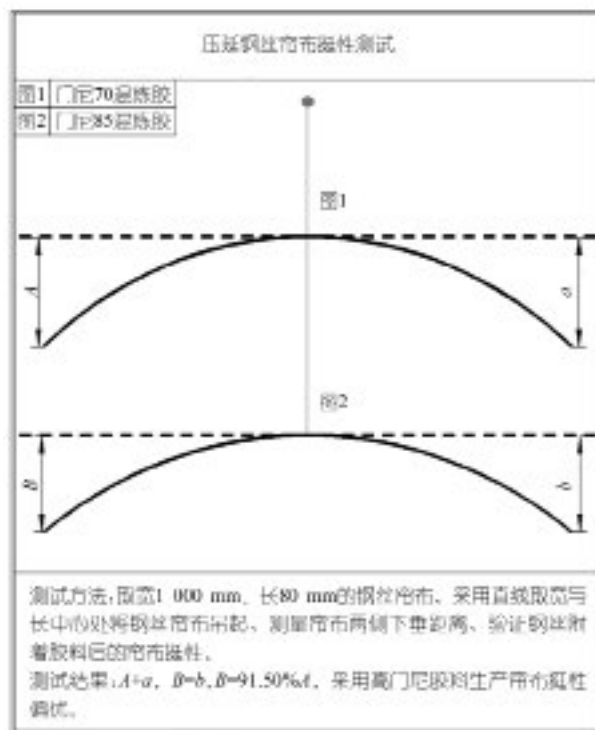


图3 不同黏度混炼胶生产帘布挺性测试

表1 不同黏度混炼胶生产帘布渗胶质量

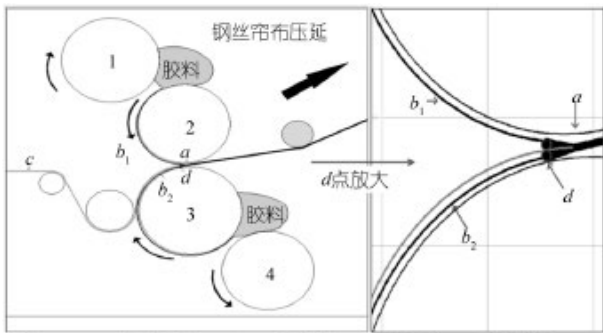
样品名称	拉力值 /N	剥离时间 /s	
		门尼黏度 (70)	门尼黏度 (85)
样品 1	150	35.5	29.5
样品 2	150	34.5	30
样品 3	150	35.5	29.5
样品 4	150	34.5	30.5
样品 5	150	35	28.5
样品 6	150	34.5	29
样品 7	150	35	30.5
样品 8	150	36.5	30
平均值	150	35.13	29.69

2.2 压延辊筒积胶胶线控制

压延机辊筒的积胶量是影响钢丝帘布渗胶质量的关键因素如图4,尤其在2/3号辊筒之间表现得尤为突出。为了优化渗胶效果,技术人员需精细调节1/2和3/4辊的供胶胶片厚度,并严格控制积胶的均匀性,从而确保2/3辊间胶料供应充足。当2/3号辊间胶料适量溢出,形成清晰的“胶线”时,能显著增强胶料向钢帘线间隙的渗透能力,大幅提升钢丝帘布的渗胶质量。相关具体数据请参见表2,图5以获得更详细的量化分析。

2.3 帘布钢丝排列质量

钢丝帘线的排列质量对帘布渗胶效果有着直接且重要的影响。在压延过程中,若钢丝张力分布不均或整经辊与压力辊^[4]的精度不够,均会导致钢丝排列不整齐,进而造成渗胶量差异显著,帘布渗胶质量参差不齐(如图6)。为了提升渗胶质量,减少轮胎中钢丝排列稀疏、并线与脱层等异常情况,需科学设定钢丝张力标准,确保其均匀一致;同时,也应着力提高压延工艺及工装设备的精度。这些举措将有效提升帘布渗胶质量,进而增强轮胎的整体品质。



注释：a-2/3号辊辊距最小处；b-混上胶片；c-钢丝帘布；d-积胶胶线

图4 压延钢丝帘布生产积胶状态与d点渗胶原理图

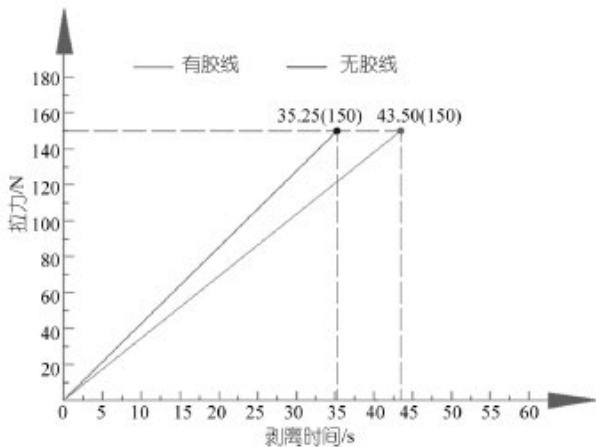


图5 压延钢丝帘布生产有胶线渗胶质量对比



图6 压延钢丝帘布钢丝排列水平不足造成渗胶差异

2.4 钢丝帘布厚度稳定性

在钢丝帘布压延过程中，压延机辊距的调整与辊间供胶量的控制至关重要。若辊距调整不当或辊间供胶量不充分，将直接导致帘布成品厚度不达标，表面凹凸不平现象明显^[3]，且帘布在上下及水平方向的敷胶厚度呈现显著的不均匀状态（见图7）。此类帘布不仅整体厚度偏薄，厚度对称性也较差，经严格检测，其渗胶质量远低于正常钢丝帘布标准。这种缺陷不仅会加剧轮胎中钢丝排列稀疏的问题，还会显著提高并线与脱层等不良品的出现概率，严重影响轮胎的整体品质与安全性。

2.5 压延生产速度

压延速度对钢丝帘布渗胶质量具有决定性影响。为探究此关系，我们设定五种压延速度：15 m/min至30 m/min，并保持其他工艺条件一致。实验结果显示，

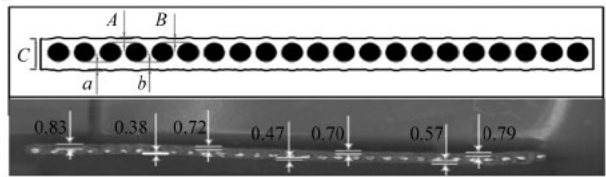


图7 压延钢丝帘布厚度不足渗胶不均

表2 钢丝帘布不同厚度状态渗胶质量

样品名称	拉力值 /N	剥离时间 /s	
		正常帘布	厚度薄且不均帘布
样品1	150	44.5	30.5
样品2	150	45.5	29.5
样品3	150	46	30.5
样品4	150	43.5	31
样品5	150	45.5	31.5
样品6	150	45	30.5
样品7	150	44.5	29.5
样品8	150	45.5	30
平均值	150	45	30.37

30 m/min时帘布厚度均匀性显著下降，表面钢丝凸凹感明显。而10 m/min和15 m/min时，虽厚度均匀性较好，但帘布表面有冷疤，黏性不佳，15 m/min略优于10 m/min。当速度调至20 m/min和25 m/min时，帘布厚度均匀且表面黏性相近（见图8）。综合考虑性能与成本，20 m/min与25 m/min下帘布性能相当，但为优化成本效益，我们最终选定25 m/min为恒定生产速度，确保帘布渗胶质量、性能稳定及生产效率与经济性。

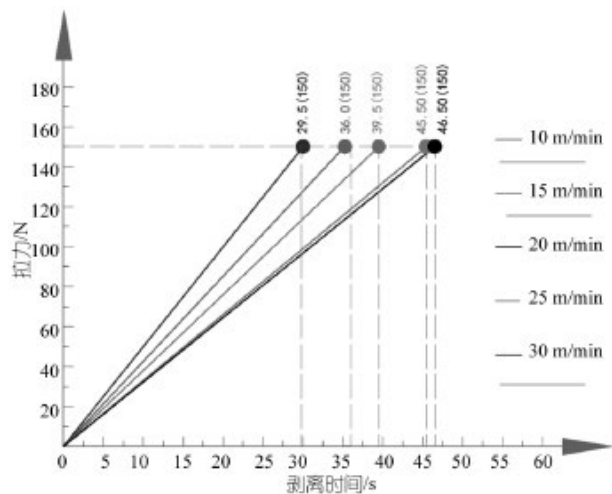


图8 不同压延速度钢丝帘布渗胶质量对比

3 效果验证

3.1 压延钢丝帘布渗胶质量得到有效提升

为提升压延钢丝帘布的渗胶质量，我们积极采取了精益管控策略，并将工作重点聚焦于五大核心环节：

一是优化混炼胶的黏度，确保其具备良好的流动性和黏附性；二是加强胶线的精准控制，实现胶料在帘布上的均匀分布；三是精确标定钢丝张力与工装设备，保证钢丝帘布的稳定性和精度；四是引入在线测厚装置，实时监测帘布厚度；五是稳定生产线速度，确保生产过程的连续性和一致性。这些措施实施后，帘布渗胶质量实现了显著提升，成效显著（见图9），为轮胎品质的提升奠定了坚实基础。

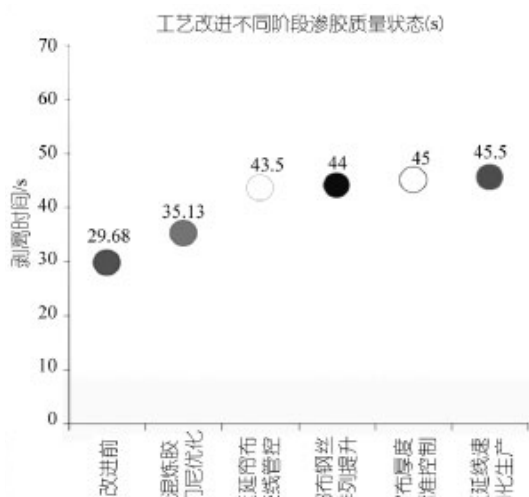


图9 不同改进阶段钢丝帘布渗胶质量状态

3.2. 轮胎钢丝稀并线^[2]不良品持续降低

通过一系列工艺改进，我们成功实现了压延钢丝帘布渗胶质量的显著提升。在胎胚成型过程中，因渗胶不良而引发的钢丝稀并线问题得到了大幅减少（自次年1月份起，改进措施得以批量投用）。这一变化使得问题发生率趋于稳定，有效降低了生产过程中的质量成本损失（见图10），为企业的持续健康发展提供了有力保障。

3.3 轮胎耐久性能显著提升

选3X0.24/9X0.225CCST钢帘线用于12R22.5规格胎体的生产，在试验条件相同下（见表3）对胎体钢丝帘布渗胶质量改善前后成品轮胎耐久性能指标进行数据对比，从表4可见，使用胎体帘布渗胶质量高的试验数值呈上升趋势，耐久性能明显提高，在相同的花纹深度下，可以具有更高的行驶里程以及更长的使用寿命。

选用3X0.24/9X0.225CCST钢帘线生产12R22.5规格轮胎胎体帘布的生产，对比渗胶质量改善前后的成品轮胎耐久性能（试验条件见表3）。表4试验数据

显示，渗胶质量提升后，轮胎耐久性能指标显著上升，在相同花纹深度下，轮胎行驶里程与使用寿命均得到延长，性能提升明显。

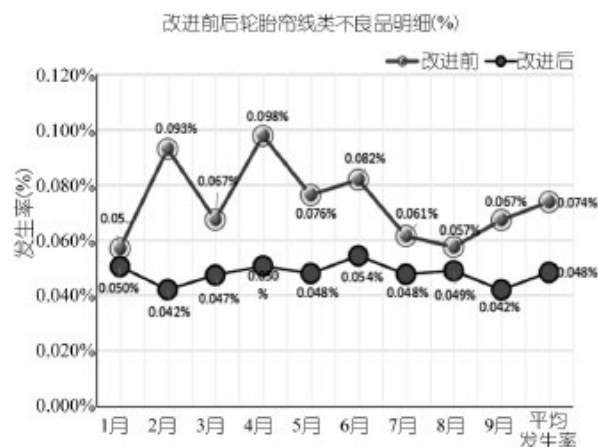


图10 改进前后轮胎帘线类不良品明细

表3 耐久性能试验条件

项目	试验阶段						
	1	2	3	4	5	6	7
负荷率/%	65	85	100	110	120	130	140
实验负荷/kg	2 308	3 018	3 550	3 905	4 260	4 615	4 970
试验行驶时间/h	7	16	24	10	10	10	2 h31 min

备注：试验速度为65 km/h，充气压力为930 kPa，第4阶段后每行驶10 h负荷率增加10%，速度增加5 km/h，直至轮胎损坏为止。

表4 成品轮胎耐久性能试验结果

项目	渗胶质量优化前	渗胶质量优化后
渗胶质量：s/150 N	29.69	45.5
速度级别	L	L
累计行驶时间/h	75 h25 min	80 h21 min
试验结束时轮胎状况	轮胎肩部位置脱开	轮胎外圈口部位开裂

4 结语

TBR轮胎相较于PCR轮胎，其使用条件更为严苛，需同时满足载重、快速行驶以及耐久性能等多方面的要求。其中，压延钢丝帘布作为TBR轮胎的核心骨架材料，其渗胶质量直接影响着轮胎的整体耐久性能。通过持续优化混炼工艺、压延技术、张力标定精度、引入在线监测设备以及稳定生产线速度等五大核心管控环节，有效提升了帘布的渗胶质量。这一举措不仅降低了生产成本，更成功打造出了高性价比、长寿命的轮胎产品，显著增强了企业品牌在市场上的竞争力。

参考文献：

- [1] 谭云, 洪剑, 等. 全钢载重子午线轮胎钢丝帘布剥离力影响因素的研究[J]. 橡胶科技, 2023,21(12):0 604-0 607.
- [2] 王华. 全钢载重子午线轮胎钢丝帘布压延现象的原因分析及改

- 善措施 [J]. 橡胶科技, 2024,22(10):0 579-0 583.
- [3] 张超, 邵先行, 等. 全钢载重子午线轮胎成型充气后胎体钢丝帘线起筋的原因分析及解决措施 [J]. 轮胎工业, 2023,43(10):0 623-0 627
- [4] 吴会忠, 张彬, 庄剑, 等. 钢丝帘布四辊压延生产线智能控制的研究 [J]. 轮胎工业, 2022,42(6):0 366-0 368
- [5] 李威, 丛明辉, 徐艺, 等. 压延胶料黏性的影响因素分析 [J]. 橡胶科技, 2024,22(3):0 161-0 164.

Analysis of the quality of rubber penetration in TBR tire calendered cord fabric and research on performance improvement

Wang Yawei, Hou Jinhua, Zhou Jianhui, Chen Haifeng, Cai Xianjin, Zhang Zhijian

(Bayi Rubber Co. LTD., Zaozhuang 277000, Shandong, China)

Abstract: This article delves into the five core elements of quality control for rubber penetration in TBR tire carcass steel cord fabric, namely the Mooney viscosity of the rubber compound, the amount of accumulated rubber during calendering, production speed, cord fabric thickness, and the precision of the calendering equipment. Additionally, this article thoroughly explores how to address the issue of rubber penetration quality in steel cord fabric and enhance its quality by optimizing these key process steps. Implementing a lean quality control strategy for rubber penetration can effectively reduce the defect rate in tire production, significantly improve tire durability, and thereby provide strong support for enhancing the competitiveness of the company's product brand and increasing economic benefits.

Key words: TBR tire; steel cord; rubber penetration; steel cord calendering; durability performance

(R-03)

已采购设备！10 亿轮胎厂加速建设

Equipment has ordered! Construction of a 1-billion-yuan tire factory speeds up

近日，位于岐山县蔡家坡经开区的陕西汉泰威轮胎制造有限公司“绿色智能轮胎生产制造项目”取得新进展。目前，该项目一期已订购相关设备，正在进行 101、102 车间主体建设工作，标志着这一重点项目进入全面建设快车道。

该项目总投资 10 亿元，总占地面积 314 亩，厂区选址于蔡家坡渭河以南区域。

项目规划建设生产厂房及相关配套设施共计 12 万 m²，将引入密炼机、开炼机、压延机、裁断机、成型机、硫化机等全流程智能化轮胎生产设备，致力于打造高效、绿色的现代化制造体系。

根据规划，项目将建成年产 120 万套全钢子午线轮胎及 5 万套矿卡轮胎生产线，产品主要面向商用载重车及矿区特种车辆市场。

建成达产后，预计可实现年营业收入 12.9 亿元，年均贡献利税 1.62 亿元，亩均利税达 51.6 万元，并为当地提供约 800 个就业岗位。

从产业布局看，此项目的落地，填补了区域内高端全钢子午线轮胎制造的空白，更对岐山县乃至陕西省构建“汽车+”新型产业体系、完善商用车产业链配套能力具有重要支撑作用。

作为汽车产业上下游关键一环，高性能轮胎的本土化制造，将进一步提升区域商用车供应链的稳定性和协同效率。

摘编自“轮胎观察网”

(R-03)