

轮胎缠绕机升级改造方案及效益分析

宋月涛，曹勇飞，丁强强，李兆启，施绍松，崔在飞

(万达控股集团有限公司，山东 东营 257500)

摘要：本文聚焦轮胎制造设备行业中的轮胎缠绕机，通过分析其工作原理及现存问题，提出全面的升级改造方案，并以实际案例为依托，从经济效益、质量效益和社会效益等多维度深入剖析升级改造带来的显著效益。研究表明，合理的升级改造不仅能提升生产效率、降低成本，还能显著提高产品质量，为企业带来可观的综合效益，同时为轮胎制造行业的技术升级提供参考。

关键词：轮胎缠绕机；升级改造；效益分析；轮胎制造

中图分类号：TQ330.491

文献标识码：B

文章编号：1009-797X(2025)09-0061-04

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2025.09.013

0 研究背景

在汽车工业蓬勃发展的当下，轮胎作为汽车的关键部件，市场需求持续增长。轮胎缠绕机是轮胎制造过程中的核心设备之一，其性能的优劣直接影响到轮胎的质量和生产效率。传统的轮胎缠绕机在自动化程度、精度控制、生产稳定性等方面存在诸多不足，已难以满足现代轮胎制造企业的发展需求。通过升级改造，能够提升轮胎的制造精度和质量稳定性，降低废品率，提高生产效率，从而增强企业的市场竞争力，为企业创造更大的经济效益。

1 简介

1.1 国内外研究现状

国外在轮胎缠绕机技术方面起步较早，技术相对成熟。例如，欧美一些发达国家的轮胎制造企业，已经广泛应用高精度、自动化程度高的轮胎缠绕机。他们在控制系统、机械结构优化以及新型材料应用等方面取得了显著的成果，使得轮胎的生产效率和质量得到了大幅提升。国内企业在设备的自动化程度、精度控制以及智能化水平等方面有待提高。目前，国内对于轮胎缠绕机升级改造的研究主要集中在局部的技术改进和优化，缺乏系统性的升级改造方案和全面的效益分析。

1.2 研究方法

本文采用了案例分析法、数据统计法以及理论分析相结合的研究方法。本文的研究内容主要包括轮胎缠绕机的工作原理与现状分析、升级改造方案的设计、

升级改造方案的实施案例分析以及效益分析等方面，旨在为轮胎制造企业提供一套切实可行的升级改造方案和效益评估方法。

2 轮胎缠绕机工作原理与现状分析

2.1 轮胎缠绕机工作原理

轮胎缠绕机主要由胶条挤出系统、缠绕机构、控制系统等部分组成。胶条挤出系统将橡胶原料加热融化后，通过挤出机挤出成规定宽度和厚度的胶条；缠绕机构则按照预设的程序，将胶条缠绕在胎胚上，形成轮胎的胎体结构；控制系统负责协调各个部件的运行，控制缠绕的速度、角度和张力的参数，确保缠绕过程的精确性和稳定性。

2.2 轮胎缠绕机在轮胎制造中的地位

轮胎缠绕机在轮胎制造过程中起着至关重要的作用。它直接决定了轮胎的胎体结构和质量，对轮胎的性能和使用寿命有着重要影响。高质量的缠绕工艺能够使轮胎的各层结构紧密结合，提高轮胎的强度和稳定性，降低行驶过程中的安全隐患。同时，缠绕机的生产效率也直接影响到企业的生产能力和成本控制。

2.3 现有轮胎缠绕机存在的问题

目前轮胎行业缠绕机存在自动化程度低、胶条质量不稳定等问题，问题和影响见表1所示。

作者简介：宋月涛（1982-），男，本科，高级工程师，主要从事橡胶轮胎、石油化工方面工程技术专业技术职务等工作。

表 1 现有缠绕机存在的问题及影响

序号	存在问题	问题描述	造成影响	备注
1	自动化程度低	部分传统轮胎缠绕机需要大量的人工操作，如胶条的上料、调整 and 设备的监控等	这不仅增加了人工成本，还容易出现人为操作失误，影响产品质量的稳定性	因人工操作失误导致的废品率高，达 5%~8%
2	胶条质量不稳定	胶条挤出系统的控制精度不高，胶条的宽度和厚度存在一定的波动	影响轮胎的均匀性和平衡性，降低轮胎的性能	胶条厚度波动 ± 0.2 mm，会导致轮胎的动平衡性能下降 10%~15%
3	缠绕精度低	传统缠绕机的控制系统对缠绕速度、角度和张力的控制不够精确	出现胶条缠绕不均匀、重叠或间隙过大等问题，影响轮胎的质量和外观	无
4	设备故障率高	一些老旧的轮胎缠绕机由于使用年限较长，机械部件磨损严重，电气系统老化	导致设备故障率较高，维修成本增加，生产效率降低	设备平均每月故障停机时间达到 8~10 h

3 轮胎缠绕机升级改造方案设计

3.1 升级改造目标确定

本次升级改造的目标是：将生产效率提高 30% 以上，产品废品率降低至 3% 以下，设备故障率降低 50% 以上，同时提高轮胎的质量和性能。

3.2 硬件升级改造

(1) 控制系统升级：采用先进的 PLC（可编程逻辑控制器）和工业电脑相结合的系统，替代原有的继电器控制系统。新的系统具有更高的精度和响应速度，能够对缠绕机各个部件的精确控制。例如，PLC 的控制精度可以达到 ± 0.01 mm，响应时间缩短至 10 ms 以内，相比原系统，精度提高了 5 倍，响应时间缩短了 80%。

(2) 机械结构优化：对缠绕机构进行优化设计，采用高精度的滚珠丝杠和直线导轨，提高机构的运动精度和稳定性。同时，对胶条挤出机构进行改进，增加压力传感器和温度控制系统，确保胶条的宽度和厚度均匀一致。优化后的机械结构，能够使缠绕精度提高到 ± 0.1 mm，胶条厚度波动控制在 ± 0.05 mm 以内。

(3) 增加辅助装置：添加张力控制系统，实时监测和调整胶条的张力，确保胶条在缠绕过程中始终保持恒定的张力，避免出现胶条松弛或断裂的情况。同时，安装在线检测装置，对胶条的宽度、厚度和缠绕质量进行实时检测，一旦发现问题及时报警并进行调整。

3.3 软件升级改造

(1) 控制算法优化：优化路径规划算法，根据轮胎的规格和型号，自动生成最优的缠绕路径，提高缠绕效率和精度。同时，改进速度控制算法，使缠绕机在启动、运行和停止过程中更加平稳，减少对设备的冲击。优化后的控制算法，能够使缠绕效率提高 20% 以上。

(2) 操作界面改进：设计友好、直观的操作界面，

采用触摸屏技术，操作人员可以通过触摸屏实现对设备的参数设置、运行监控和故障诊断等操作。新的操作界面简单易懂，大大降低了操作人员的学习成本和操作难度。

4 升级改造方案实施案例分析

4.1 案例企业背景介绍

某轮胎制造企业成立于 20 世纪 90 年代，拥有多条轮胎生产线，但部分轮胎缠绕机设备老化，性能落后，严重影响了企业的生产效率和产品质量。为了提升企业的竞争力，该企业决定对其中一条轮胎生产线的轮胎缠绕机进行升级改造。

4.2 升级改造方案具体实施过程

(1) 控制系统更换：拆除原有的继电器控制系统，安装新的 PLC 和工业电脑控制系统，并进行编程和调试，使其能够与其他部件协同工作。

(2) 机械结构调整：对缠绕机构和胶条挤出机构进行拆卸和改造，更换高精度的滚珠丝杠、直线导轨和压力传感器等部件，并进行安装和调试。

(3) 辅助装置安装：安装张力控制系统和在线检测装置，并与控制系统进行连接和调试，使其能够正常工作。

(4) 软件安装与调试：安装优化后的控制算法和操作界面软件，并进行参数设置和调试，确保设备能够按照预设的程序运行。

4.3 实施过程中的问题与解决措施

(1) 设备兼容性问题：在安装新的控制系统时，发现与部分原有设备存在兼容性问题。通过与设备供应商沟通，对设备进行了适当的改造和调整，解决了兼容性问题。

(2) 技术难题：在优化控制算法时，遇到了一些技术难题，如路径规划算法的优化和速度控制算法的稳定性等。通过与高校和科研机构合作，组织技术攻关小组，最终解决了这些技术难题。

5 轮胎缠绕机升级改造效益分析

5.1 经济效益分析

(1) 原材料利用率提高：升级改造后，由于胶条质量更加稳定，缠绕精度提高，减少了原材料的浪费。原材料利用率从原来的 89% 提高到了 92%，每年可节约原材料成本约 10 万元。

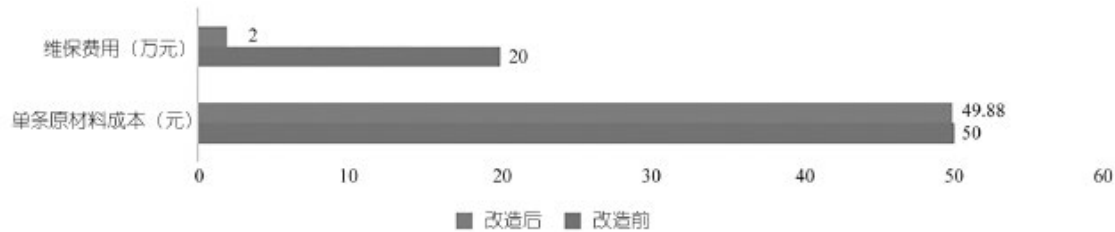


图 1 改造前后相关成本变化

(3) 人工成本减少：自动化程度的提高，减少了人工操作环节，操作人员数量从原来的 8 人减少到了 5 人，每年可节约人工成本约 20 万元（如表 2 所示）。

表 2 升级改造前后成本节约计算表

序号	项目	升级改造前	升级改造后	差值	全年节省费用 / 万元
1	原材料利用率	89%	92%	3%	10
2	设备故障率 /h	7	3	4	18
3	人工成本 / 人	8	5	3	20
合计					48

5.2 社会效益分析

(1) 环保效益：能源消耗降低了 15%，减少了废弃物的产生，对环境保护做出了积极贡献。

(2) 安全生产效益：自动化程度的提高，减少了人工操作的风险，改善了员工的工作环境，降低了工伤事故的发生率。

(2) 设备故障率降低：设备故障率降低了 65%，平均每月故障停机时间缩短至 3 h，减少了因设备故障导致的生产损失和维修成本，每年可节约维修成本约 18 万元。根据企业过去一年的生产数据，计算设备故障导致的生产损失和维修成本，对比升级改造前后的变化，具体数据如图 1 所示。

6 结论与展望

6.1 研究成果总结

本文通过对轮胎缠绕机的工作原理和现状分析，提出了一套全面的升级改造方案，并通过实际案例验证了该方案的可行性和有效性。升级改造后，轮胎缠绕机的生产效率、产品质量和稳定性得到了显著提升，同时降低了生产成本，提高了企业的经济效益和社会效益。

6.2 未来发展展望

随着科技的不断进步，轮胎缠绕机的技术也将不断发展。未来，应进一步加强对智能化、数字化技术的应用，实现轮胎缠绕机的远程监控、故障预测和智能维护等功能。同时，加强与高校和科研机构的合作，开展新材料、新工艺的研究和应用，推动轮胎制造业的技术创新和发展。

Upgrade and transformation plan of tire winding machine
and benefit analysis

Song Yuetao, Cao Yongfei, Ding Qiangqiang, Li Zhaoqi, Shi Shaosong, Cui Zaifei

(Wanda Holding Group Co. LTD., Dongying 257500, Shandong, China)

Abstract: This paper focuses on tire winding machines in the field of tire manufacturing equipment. Through in-depth analysis of their working principles and current shortcomings, a comprehensive upgrade and transformation plan is proposed. With the help of actual cases, this paper discusses in detail the significant results brought about by the upgrade and transformation from multiple dimensions, such as economic benefits, quality benefits, and social benefits. The research results show that reasonable upgrades

and renovations can not only effectively improve production efficiency and reduce production costs, but also significantly improve product quality, bringing substantial comprehensive benefits to enterprises, while providing valuable reference for technological innovation in the tire manufacturing industry.

Key words: tire winding machine; upgrade and renovation; benefit analysis; tire manufacturing

(R-03)

全球头部胎企 Q2 营收 33 亿欧元，高端轮胎销售占比突破 52%

The world's leading tire company reported a Q2 revenue of 3.3 billion euros, with high-end tire sales accounting for over 52%

德国大陆集团近日公布了 2025 年第二季度财务报告。报告期内，集团整体销售额为 96 亿欧元，较去年同期下降 4.1%。经调整后的经营性利润达到 8.34 亿欧元，对应调整后息税前利润率为 8.7%。值得注意的是，集团净利润实现显著增长，达到 5.06 亿欧元，同比增幅为 66.0%。

其中，作为集团核心业务之一的轮胎子集团（大陆轮胎）在本季度实现销售额 33 亿欧元，同比微降 2.0%。该部门的调整后息税前利润率为 12.0%。虽然这一利润率低于去年同期的 14.7%，但结合上半年的整体表现来看，轮胎业务的利润率依然维持在两位数的健康水平，接近历史高位区间。管理层在业绩说明中指出，美国市场近期上调的进口关税、主要货币汇率波动带来的不利影响，以及去年同期异常高基数的对比效应，是导致短期业绩承压的主要原因。

在整体市场环境充满挑战的情况下，坚实的产品实力成为支撑业绩的关键因素。今年 6 月，大陆马牌轮胎 (Continental) 凭借其在德国消费者中的良好口碑，荣获由德国市场研究机构 DISQ 联合电视台 n-tv 颁发的“2025 年度质量冠军”奖项，该评选基于约 45 000 名德国消费者的实际使用反馈。在专业测试领域，大陆轮胎的技术实力也持续得到验证，在欧洲权威轮胎测试中累计获得 10 次第 1 名和 4 次第 2 名的成绩。其旗舰产品如 SportContact 7 在多项测试中表现优异，UltraContact NXT 在安全性和可持续性方面获得满分评价，而 PremiumContact 7 则被英国专业媒体《Tyre Reviews》评为夏季轮胎冠军。

强大的产品力进一步巩固了大陆集团在全球超高性能 (UHP) 轮胎细分市场的领先地位。数据显示，在 2019~2024 年的 5 年间，大陆 UHP 轮胎（专为 18 英寸及以上轮毂设计，注重高速行驶性能与安全性）在全球乘用车及轻型卡车领域的销售额实现了约 15% 的增长。更为重要的是，UHP 轮胎在集团所有轮胎品牌销售额中的占比，已从五年前的 38% 显著提升至 52%。其中，核心品牌德国马牌 (Continental) 的 UHP 轮胎销售占比更是高达 60%(5 年前为 46%)，充分印证了集团持续推进的高端化产品战略成效显著。

摘编自“中橡协橡胶机械模具分会”

(R-03)

