

智能炼胶车间生产工艺以及流程概述

仇让伟, 董修伟, 朱盛杰, 周少华

(浙江庆大橡胶有限公司, 浙江 永康 321300)

摘要: 在双碳战略背景下, 混炼胶行业秉持智能、环保、节能、高效的发展思路。为实现行业的高质量发展, 一方面需对相关设备开展有效的实时监控并进行优化提升; 另一方面, 可通过减少混炼次数、合理规划物料周转等举措, 降低用工成本, 减轻劳动强度, 进而提高混炼胶质量的稳定性。值得一提的是, 一次法炼胶技术在其中发挥着关键作用, 该技术不仅能够显著提高轮胎的质量与性能, 还可有效降低生产成本, 为轮胎企业搭建起提高炼胶质量、降低生产成本的技术平台, 使其在确保胶料质量的基础上提升生产效率, 达成节能环保的目标。

关键词: 混炼胶; 一次法炼胶; 智能化炼胶平台; 精益生产

中图分类号: TQ330.493

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2026)03-0007-06

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2026.03.002

0 概述

在当今社会, 橡胶产品的应用范围极为广泛, 几乎覆盖了所有领域, 无论是天空、地下还是海洋, 亦或是军用、民用领域, 皆有其身影存在。从重达十几公斤的轮胎、防震块, 到仅有几微克的手表密封圈, 橡胶制品往往被装配于各类产品的关键部位, 其重要性不言而喻。正因如此, 橡胶被视作除钢铁、粮食、棉花之外的第四大战略物资, 而橡胶工业的发展水平通常也能在一定程度上代表一个国家的科学技术水平。

我国的橡胶工业起步于 1915 年, 历经多年发展, 如今已成为全球最大的橡胶制品制造大国, 年产值突破万亿元, 其中混炼胶细分行业的总产能更是超过了 100 万 t。在橡胶企业的生产过程中, 配料和炼胶向来是较为棘手的工序。若能妥善优化这两道工序, 对于改善现场环境(如有效控制废气、异味、粉尘等问题)、提升产品质量、减轻劳动强度、削减成本、提高管理水平以及增强企业竞争力等诸多方面, 都将起到决定性的作用。当下, 高产优质、低耗节能已然成为时代与市场的共同诉求, 这是我国从橡胶制造大国迈向橡胶品质强国的伟大变革方向。在此过程中, 上辅机和下辅机自控系统发挥着重要作用, 其有力地保障了清洁化生产以及产品质量的稳定性。同时, 随着环境友好观念日益深入人心, 工厂对粉尘、气味等污染物的控制能力不断增强, 部分大型工厂已安装专业环保设备, 通过对粉尘进行收集处理后再行排放, 进一

步推动了橡胶行业的绿色可持续发展。

1 混炼胶行业背景以及现状

多段式炼胶, 重复升温、物料周转等成本高; 自动化程度不高, 需要大量的人工操作, 劳动强度大; 大量的人工操作, 质量不稳定, 车次间波动大; 不能对设备进行有效的实时监控, 优化提升依赖人。双碳战略下混炼胶行业的发展思路, 智能、环保、节能、高效如图 1。

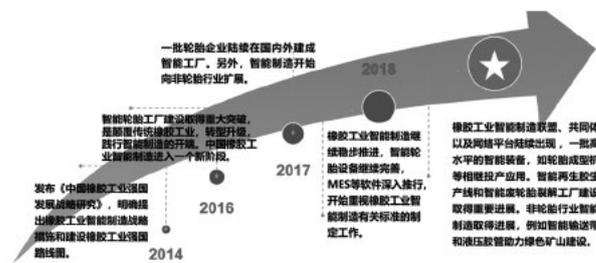


图 1 发展思路示意图

混炼胶是以生胶作为基材, 将各种橡胶配合剂按照特定比例均匀分散在基材中形成的无定型混合物, 混炼胶是轮胎以及橡胶制品的主要原料, 如图 2。

作者简介: 仇让伟 (1986—), 男, 本科, 工程师, 配方工程师, 主要从事橡胶配方开发工作, 曾荣获中国橡胶工业协会车胎分会“优秀科技工作者”称号、金华八婺金匠称号等。



图2 混炼示意图

2 混炼工艺的重要性

(1) 一次投胶量容量过大导致胶料生热大，容易凝胶并且胶料在设备内不易翻动从而混炼不均匀；容量过小则会导致生产效率低下。

(2) 转速决定胶料在单位时间内受到的剪切及混和作用时长。

(3) 温度主要影响胶料的黏度，从而影响到剪切作用的大小。

(4) 压力：压力较大：提高剪切效果，增加温升，但会增加机器负荷、增加能耗。

压力较小则会吃粉速度慢，分散欠佳。

(5) 加料顺序各配合剂需要在合适温度时加入。

(6) 通过混炼时间来控制整个混炼过程的能量输入，以保证足够的混炼效果。

为了增加炼胶效率，减少场地压力，用于白炭黑胶料的恒温一步法炼胶，也获得推广，这些都得益于设备的温度控制更为精确可控。随着汽车工业和高速公路的快速发展，对于轮胎新技术的应用和发展提出了很高的要求，为了进一步改进胶料炼胶质量和克服高白炭黑（尤其胎面胶加大白炭黑的用量是发展趋势，它能降低轮胎的滚动阻力，增强干、湿路面的抓着力，节能、减排降低油耗，增强胶料的抗撕裂性，降低胶料生热，减少肩空等。）含量炼胶硅烷化反应和混炼胶温度高易产生凝胶的技术难题，世界轮胎巨头纷纷不断研究和发展一次法炼胶技术。其中米其林公司成功开发的OMS炼胶，又称“一次法连续炼胶系统”是米其林等公司成功开发的低温混炼系统。新技术对轮胎的质量与性能的提高和生产成本的降低有着决定性的作用，为轮胎企业提供了提高炼胶质量和降低生产成本的技术平台，在保证胶料质量的前提下提高生产效率，并做到节能环保。

橡胶混炼生产线以密炼机为中心，并配套为之供料的上辅机系统和后续处理的下辅机。全自动中控上辅机系统、数控液压密炼机、数控液压调距变频调速

开炼机、电动调距变频调速开炼机、智能温控装置系统、小料自动称量及输送系统、MES系统等先进生产检测设备，以保证工艺技术的先进性。

①自动送料系统—②密炼机—③开炼机（全自动）—④开炼机（全自动，加硫磺）—⑤开炼机（全自动）—⑥隔离（出片）—⑦胶冷。

本车间根据环保、智能化炼胶的设计思路，配备全自动密炼机组、大量的自动化系统等智能高端设备，从辅料采购、检验、分类入库、称量、配料备料、进料、混炼、切割、包装入库等各个生产加工环节，全部采用自动化，并配备配套的环保处理设施，打造环保、智能“无人炼胶中心”。

3 炼胶行业发展趋势

3.1 炼胶行业面临着较好的发展机遇

作为一门新兴的橡胶分支产业，混炼胶专业生产企业目前面临着较好的发展机遇。中国已成为世界第二大经济体，汽车产业是主要的支柱产业。仅与汽车配套的橡胶零部件，就包括橡胶轮胎、汽车传动带、门窗密封条、燃油/液压胶管、发动机油封、密封圈、密封垫、防尘套、减震器、橡胶空气弹簧、轮胎气门嘴等。此外，电子产品、家用电器、办公自动化设备及城市轨道交通系统、高层建筑等均需要大量配套的橡胶制品，如各种电线电缆、遥控器按键、洗衣机电冰箱门封、胶辊、电梯扶手带、建筑密封条等，其中很多产品都是有别于传统意义的新型橡胶工业制品，它们业已成为橡胶行业的经济增长点。如果能为这些橡胶制品的生产提供符合其性能要求的混炼胶及相关配套的技术服务的话，那么混炼胶生产企业无疑将成为小型橡胶制品生产企业的孵化器。

3.2 “炼胶无人化”是发展趋势

随着感知技术（触觉、视觉、听觉、嗅觉）的全面提高、完善，传统工业的智能制造已具备条件。公司要结合实际发展状况，更新智能制造理念，尽快实现“炼胶无人化”。利用信息化、大数据、云计算等条件，促进智能制造。未来，“炼胶无人化”是行业发展趋势，也是国家改革、产业调整的必然需求，如图3。

通过开放的数据接口，实现设备联网，实现M2M（机器与机器互联）。建立数字化的DNC网络，使得关键NC设备和关键工位建立实施通讯网络，建立数字化的生产监控平台，操作人员通过监控看板可以进行如下监控：

炼胶中心具有自主检测功能,可实现在机检测,支持闭环的检测与补偿,提高炼胶精度。PLM系统把炼胶工艺路线、工序、检测模型传递到MES系统,三坐标测量仪与MES集成,实现对加工工序参数的读取,并在线检测加工参数,把实际数据和炼胶工序参数对比,异常值自动触发质量处置流程,并把实际值传递到MPM实例化模型,以形成工序的闭环和改进,提高炼胶精度和作业质量。

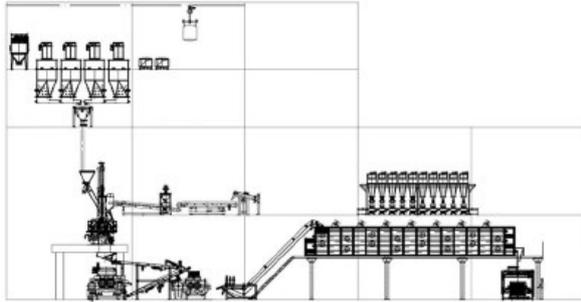


图3 厂房布局示意图

应用专用数控设备、数控柔性加工线、自动工装、自动上下料和工装等,通过先进的、智能的自动化装备提高作业效率及产品质量。

采用机器视觉技术,设备准确识别工件,并自主进行装配,自动避让工人等功能。

通过MES系统与PLM系统的集成,实现工艺参数自动加载相关的加工中心,加工中心依据从ERP、MES获得的订单ID自动选择相应的工艺参数和NC加工代码,并向ERP、MES反馈实际作业数据和异常。

炼胶中心具备PLC和单片机控制系统,操作界面采用触摸屏,具备CAM编程功能。

4 精益生产

4.1 自动送料系统

自动送料系统是全智能化物料(粉料、粒料、块状料、液体料等)输送、储存、计量、配料、投料系统,可与各种不同规格密炼机/捏炼机/高混机/捏合机配套。它主要由粉料部分、油料部分、块状料部分、除尘部分和全程管控系统五部分组成。其中全程管控系统是将最新信息技术同生产管理、生产工艺相结合,集生产全过程控制、生产计划管理、物料管理、质量跟踪管理于一体,真正实现了管控一体;对提升管理水平、提高产品质量、保持产品稳定性起到了重要作用,如图4、图5。



图4 自动送料系统



图5 自动送料系统

4.2 智能小料称量系统

智能化小料配料系统能全自动高精度物料(粒状、粉状、片状等)计量配料系统;该系统采用电磁振动、双(单)螺旋、皮带输送、自洁螺旋、振动螺旋加料等多种给料方式和连续无级调速智能控制装置,其中多台电子秤单独设置,单独传动,针对用户的不同需求,实现对物料称量配料过程的自动控制管理,确保配料精度的均一稳定,系统配置了完整的环保和自动制袋取袋设备如图6。

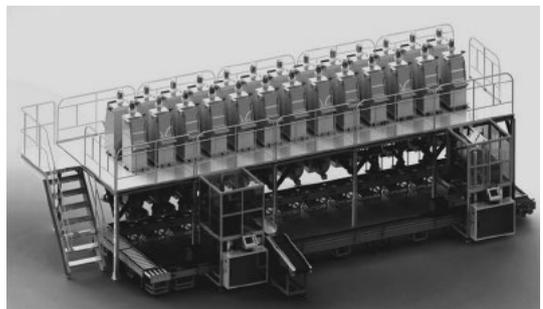


图6 小料配料系统

4.3 串联式一次法炼胶的优势

(1) 串联式密炼机一次完成终炼及母炼过程,产能提高约100%。

(2) 母炼和终炼均采用同一PLC在线控制炼胶质量波动。

混炼胶采用一次法混炼,可以提高胶料机械剪切效率,使炭黑和各种配合剂分散更均匀,改善了胶料

的扯断强度、耐磨和耐疲劳，降低门尼黏度，等物理性能，提高了混炼胶和产品的质量。

(3) 填充粉料及小料助剂均为密闭输送、密闭式混炼，污染少。

(4) 转子防尘密封耐磨环采用 C—C 复合材料，只需少量的油料。减小了油料对胶料的污染，比传统每天节省油料约 40% 以上。

(5) 采用串联式密炼机，辅助时间大大缩短。

(6) 减少开炼机的使用台数及其他辅助设备的使用。

(7) 采用串联式密炼机，炼胶车间占地少，节省土建投资。

(8) 采用全自动的开炼机，工人劳动强度大大降低。

(9) 由于在下密炼机内加硫，开炼机在低于 90 度下炼胶，以及胶冷机都不会产生烟气，如图 7。



图 7 串联式密炼机

4.4 开炼机自动炼胶系统

通过自动开炼机与输送皮带翻胶、捣胶装置的相互配合，实现胶料在开炼机上薄通、堆积等状态，满足自动加硫加促及补充混炼。

实现了开炼机的无人化操作，消除了人工在开炼机工作存在的安全隐患。同时通过全自动控制的翻胶和倒胶装置实现胶料的自动化稳定生产，如图 8、图 9。



图 8 输送皮带翻胶

4.5 胶片冷却滑石粉配料系统

该实现粉体隔离剂自动输送、自动计量、自动溶



图 9 捣胶装置

解、自动调配浓度、温度控制、液体自动输送等功能。

优点：

(1) 自动化程度高。

(2) 有效提高生产效率。

(3) 降低人工劳动强度及人工成本。

(4) 隔离剂溶液浓度稳定性好。

(5) 改善车间工作环境。

(6) 配料系统集成搅拌罐、浓度检测装置、隔膜泵输送装置，如图 10、图 11。



图 10 粉体隔离剂自动输送

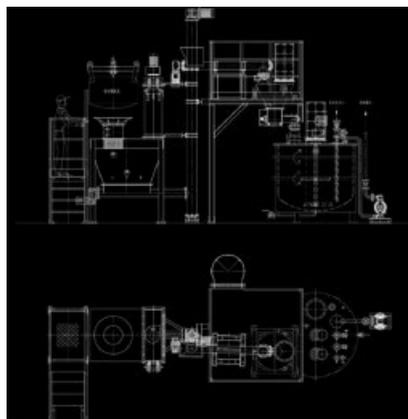


图 11 粉体隔离剂自动输送

4.6 智能管理

构建工业云计算平台,实现数据的高效、安全和全球协同的数据访问,支持 PLM 与 CRM 系统的集成应用,实现可视化选装选配管理,支持在线方式下达订单和展示产品 3D 模型,支持供应商、企业内部研发、工艺、制造和服务的协同管理。

4.7 智能决策

通过强大的数据挖掘工具,帮助企业管理人员对生产过程中的数据进行全面的统计分析和监控(报表、表格、多维分析、组态看板),包括计划执行情况、车间班组/工段作业情况、在线质量报告、工时统计、设备综合分析等,为车间层的管理与经营 KPI 决策提供可靠的量化数据,为企业决策提供数据支持。

数据多维分析可以利用强大的数据分析控件实现对各种数据多维查询、分析功能,同时支持动态的图表分析图,使终端用户可以直观、快捷地分析问题。

4.8 系统集成

通过 MES、ERP、PLM、SCM、CRM、WMS 系统的部署和实施,并实现数控机加设备联网运行、加工代码集中管控、设备状态实时监控以及制造加工全过程精细化计划和实时管控,建立以企业产品数据为核心的产品技术信息管理平台和基于产品生命周期的协同的工作环境,作为企业协同工作的基本平台,在此平台上构建出先进的产品和技术管理模式与运行机制,实现对产品数据技术状态的有效控制和管理,保证数据安全有效的共享和使用,实现生产过程透明化和零件实例化的全过程追溯管理,从而提高企业技术竞争力和综合竞争力。

4.9 工艺流程

本项目生产工艺无废水产生、无废气排放、无废渣处理,并针对炼胶产品特定需求,设计研发了智能的生产工艺流程,达到整个生产过程环保,智能、节能降耗,降低劳动力,如图 12。

5 工艺优势

本项目采用一次法炼胶工艺。与传统炼胶工艺相比,对比和优势如下:

传统炼胶工艺:采用密炼机多段混炼,这种加工方法目的是实现橡胶分子链的断裂,主要采用高温氧化裂解,机械剪切为辅。缺点:分子链分布范围较宽,

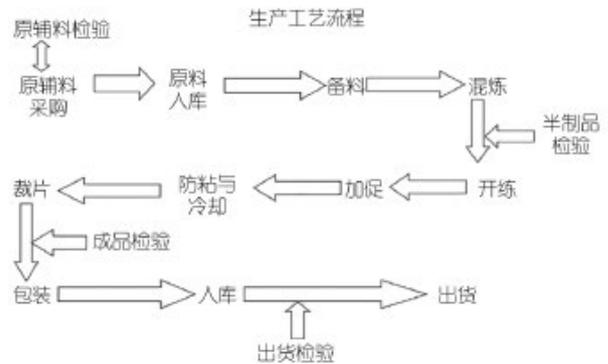


图 12 生产工艺流程

容易生成大量的炭黑凝胶,影响各种配合剂的分散和物理性能。

一次法炼胶工艺:采用密炼机一段混炼,在开炼机上加硫磺,这种加工方法大大加强了胶料的机械剪切,弱化了高温氧化裂解的作用。优点:炭黑及配合剂的分散更加均匀,避免炭黑凝胶的产生,提高了胶料的扯断强度、耐磨性和耐疲劳性,减少了黏合胶料的喷霜,提高了黏合胶料的黏性。

一次法炼胶对密炼机的选型与传统的不同,传统密炼机转子一般都是四棱切线型,填充系数 0.75。而一次法炼胶密炼机一般选带有 PES3 转子,填充系数 0.65 时的有效容量约 208 立升,如表 1。

表 1 胶料性能比较

序号	对比项目	传统混炼	低温一次法
1	混炼温度 / $^{\circ}\text{C}$	高 160~165	低 140~145
2	分子量分布	50~75	57~65
3	炭黑分散性	5.85	6.52
4	炭黑分散性均值 σ	0.88	0.33
5	炭黑凝胶含量	46%	44%
6	配合剂均匀性	0.2	0.04
7	胎面耐磨性	-	+10%~12%
8	抗拉强度	11.4	12.3 (300%)
9	硫磺分散	-	+70%
10	门尼松弛	5.26	3.12

6 结语

低温一次法炼胶工艺是行业新技术、新工艺的应用,低温一次法炼胶是装备与炼胶工艺结合的一次革命,该系统所有的装备设计都是基于炼胶工艺对胶料质量、效率、能耗等几个方面的最优解。从长远发展来看,系统集成、信息化以及智能化将会在低温一次法炼胶中起到更积极的帮助作用。

Overview of production process and workflow in intelligent rubber mixing workshop

Qiu Rangwei, Dong Xiuwei, Zhu Shengjie, Zhou Shaohua

(Zhejiang Qingda Rubber Co. LTD., Yongkang 321300, Zhejiang, China)

Abstract: In the dual-carbon strategy, the rubber compound industry adheres to the development philosophy of intelligence, environmental protection, energy conservation, and efficiency. To achieve high-quality development in the industry, effective real-time monitoring and optimization of related equipment are necessary on the one hand; on the other hand, measures such as reducing the number of mixing cycles and rationalizing material turnover can be taken to lower labor costs and alleviate labor intensity, thereby enhancing the stability of rubber compound quality. Notably, the one-step rubber mixing technology plays a pivotal role in this process. This technology not only significantly improves the quality and performance of tires but also effectively reduces production costs. It establishes a technical platform for tire companies to enhance rubber mixing quality and reduce production costs, allowing them to improve production efficiency while ensuring the quality of rubber compounds and achieving energy conservation and environmental protection goals.

Key words: rubber compound; one-step rubber mixing; intelligent rubber mixing platform; lean production

(R-03)

赛轮集团蝉联约翰迪尔“AE 伙伴级供应商”称号

Sailun Group has been awarded the title of "AE Partner-Level Supplier" by John Deere for the second consecutive time

2026年1月28~29日,全球农业机械领导者约翰迪尔在天津市成功举办“2026年约翰迪尔中国供应商大会”。会上,赛轮MAXAM(迈驰)轮胎凭借稳定卓越的产品品质、高效协同的供应链能力与深度联动的技术创新能力,再度荣获“AE(ACHIEVING EXCELLENCE)伙伴级供应商”称号。

这是赛轮MAXAM(迈驰)轮胎连续第二年获此殊荣,标志着其在高端轮胎产品领域内的综合实力与伙伴价值,持续获得全球顶级客户的权威认可。

约翰迪尔作为全球知名农业机械、工程机械制造商,其“AE(ACHIEVING EXCELLENCE)伙伴级供应商”奖项旨在表彰在质量、交付、技术及管理等多维度均表现杰出的战略伙伴,是授予合作方的最高荣誉之一,彰显了赛轮MAXAM(迈驰)轮胎在约翰迪尔配套体系中的领先地位与可靠信誉。

作为约翰迪尔长期、稳定的战略合作伙伴,赛轮MAXAM(迈驰)轮胎以领先的技术研发、稳定的性能和定制化的解决方案,深度匹配约翰迪尔对高品质、高性能轮胎的严苛要求。双方在技术创新、研发协同等方面持续深化协作,共同致力于提升机械作业效率、可靠性与用户体验,推进农业机械与工程机械共同发展。

未来,赛轮MAXAM(迈驰)轮胎将继续秉持“做一条好轮胎”的初心,进一步深化与约翰迪尔等全球顶尖客户的战略合作,持续输出更多高标准、高性能的轮胎产品与服务。值此约翰迪尔进入中国市场50周年之际,我们衷心祝贺这一重要里程碑,并期待能够携手共进,共赢下一个高质量发展的50年。赛轮愿与全球伙伴一道,共同推动行业进步,为农业机械化、智能化发展注入稳健持久的“赛轮力量”。

摘编自“赛轮集团”

(R-03)