

GN700 密炼机研发分析

孙庆伟, 崔浩森, 刘麒麟

(益阳橡胶塑料机械集团有限公司, 湖南 益阳 413000)

摘要: 介绍了 GN700 密炼机的研发需求背景, 主要分析了此设备的技术参数、主机结构特点、配套件结构特点。并与剪切型 GN400 密炼机在炼胶的产能和能耗方面做了对比分析, 得出了 GN700 密炼机在炼胶产能和节能方面均有绝对优势。此设备完全满足橡胶企业对大型密炼机的需求。

关键词: 剪切型密炼机; 高效; 节能; 转子

中图分类号: TQ330.43

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)06-0034-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.06.008

0 概述

近年来, 结合国家环保要求, 实现碳达峰、碳中和的具体目标。在混炼胶的加工过程中, 对炼胶设备的规格要求越来越趋向大型化、智能化。密炼机是炼胶过程中消耗能量最大的重型设备, 约占整个炼胶过程总能耗的 40% 以上。为了达到节能、提效、降本的要求。益阳橡胶塑料机械集团研制出了国内炼胶容量最大的剪切型密炼机——GN700 密炼机。

其设备炼胶过程具有炼胶容量大、吃胶快, 混炼胶剪切力大、排胶快、无残留等特点。特别适合大型轮胎厂橡胶的母炼及返炼, 具有高效率、低成本的特点。相比于 GN400 等密炼机炼胶产能提高了 65% 以上, 节能效果提高了 14% 以上, 并已经实际应用并验证了使用效果。

1 GN700 密炼机主要技术参数设计;

混炼室总容积: 685 L;
最大填充系数: 0.75;
工作容积: 514 L;
中心距: 850 mm;
喂料狭道截面尺寸: 1 240×640 mm;
排料口尺寸: 12 40×700 mm;
转子棱顶圆直径: 830 mm;
转子基圆直径: 570 mm;
转子棱峰间隙: 20 mm;
喂料门与侧壁间开口宽度: 1 205 mm
生产能力 (3 min/ 车): 12.5 t/h (胶料比重为 1.2)。

2 密炼机主机结构特点分析

GN700 密炼机是大型剪切型密炼机, 其主机主要分为加料装置、压料装置、混炼装置、转子支承及密封装置、卸料装置组成。主机整体结构具有强度高、结构稳定的特点, 主机重量达到 70 t。结构部件的主要特点介绍如下。

2.1 加料装置

其主要设计有加料筒、加料门、安全销、清扫装置等部件结构组成。其关键部件加料筒由左、右侧墙板、后墙板、前壁上部和前壁下部组成, 其材料均选用低合金高强度结构钢, 并在底部加强筋板焊接, 提高加料筒整体强度, 保证加料筒在炼胶过程中不会变形, 结构稳定。后墙板采用上下分体式结构, 方便压砣的检测和维修。加料筒内部喷涂合金, 达到炼胶过程中防锈的效果。加料筒下部四周装有定位键, 加料筒的安装精确定位。加料筒两侧板内侧均装有可更换的扇形板, 其均采用不锈钢材质。

加料门与加料筒两侧的密封采用铜条加高弹性弹簧的组合, 在使用过程中可以自动调整间隙, 保证密封性。加料门轴与加料筒前壁下部密封采用双重结构, 铜条部分采用螺栓调整, 加料门轴下部位置密封采用弹簧和紧定螺钉调整。加料装置结构示意图见图 1。

作者简介: 孙庆伟 (1982—), 男, 本科, 高级工程师、主任工程师, GE320/GE590T 串联密炼机研制项目获湖南省优秀奖, GE420/GE800T 串联密炼机研制项目获中国化工集团科学技术进步奖。

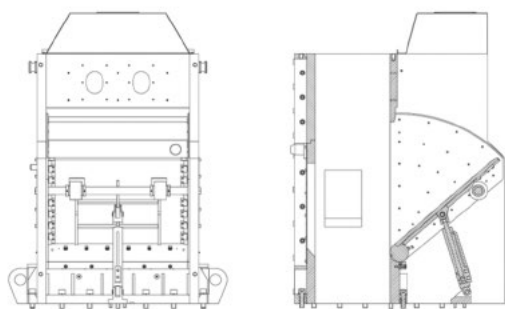


图1 加料装置图

2.2 压料装置

其结构设计主要有压砣、活塞杆、过渡板、导向杆及上横梁等部件。压砣行程为 1 690 mm, 单行程运行时间约 5 s 左右。活塞杆和上横梁均为锻造成型, 压砣采用整体铸造成型, 并在内部通入循环冷却水进行温度控制。压砣设计为 V 型底结构, 并在底部堆焊无裂纹硬质耐磨合金, 合金厚 4~5 mm。活塞杆与压砣之间用法兰结构连接, 连接件为高强度螺栓。活塞杆底部采用镀铬处理, 并与压砣之间采用三道密封, 保证冷却水的不泄露。

在活塞杆上下运动时要保证运动过程的密封性能, 所以过渡板和活塞杆之间的密封装置包括剖分式套筒、铜套、压盖及 V 型组合密封等组成, 并设计了润滑油道对密封部位自动加入润滑脂, 保证了粉料不泄露。过渡板上部安装两根导向杆, 在上横梁和活塞杆上下运动时起到导向作用, 导向杆和过渡板均为优质碳素结构钢, 并进行调质处理, 提高了强度, 保证了活塞杆上下运行过程中的整体稳定性。压料装置结构示意图见图 2。

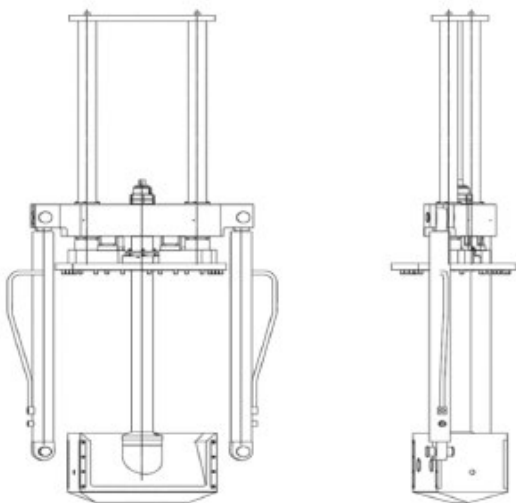


图2 压料装置图

2.3 混炼装置

其结构设计主要由混炼室、轴承支架、底板、长耐磨板及短耐磨板组成。混炼室内套采用低合金高强度合金钢材料锻造而成, 内表面堆焊高碳高铬的无裂纹硬质耐磨合金。混炼室内套通水冷却, 冷却水道直径 45 mm, 冷却面积增大, 保证了炼胶时温度控制效果。混炼室整体强度和刚度加强, 固定内套板材采用优质钢焊接, 并设计有厚度足够的加强筋, 保证了混炼室的整体稳定性。

轴承支架由上侧板、轴承盖、轴承座三部分组成。其均为铸造结构, 材质选用优质铸钢材料, 三者之间采用高强度螺栓连接, 保证整体的结构刚性, 轴承支架整体外表面精加工, 提高整体的外观质量, 三者配合面连接处精密配合, 提高了配合表面的密封性能。

混炼装置底板采用优质结构钢板材, 提高安装后整体稳定性。混炼装置井口处长、短耐磨板表面堆焊无裂纹硬质合金, 板材选用低合金优质结构钢, 保证了炼胶时耐磨性能。混炼装置结构示意图见图 3。

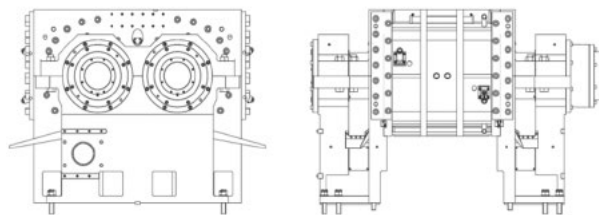


图3 混炼装置图

2.4 转子支承及密封装置

其主要设计有转子、转子密封装置、调心轴承、推力轴承、轴承压盖等部分组成。其转子是密炼机核心部件, 由转子体和转子轴热装过盈组装, 过盈配合公差达到 0.4 mm 以上。转子体为优质合金钢铸造, 转子轴为合金钢锻件, 在两者热装后通过销轴固定, 转子体端部安装优质密封圈保证通入冷却水时的密封性能。

转子体铸造工艺采用精密铸造, 其铸造模型为金属模型, 并经过数控精加工, 其中的铸件冒口为进口件, 流道设计合理, 保证了铸造时的金属液体流动顺畅, 提高了铸件的整体质量均匀性。转子体内部有通冷却水的强制循环水道, 冷却面积足够大, 炼胶时热交换效率提高, 冷却水进出口温差在 3 °C 之内, 转子体炼胶温度均匀性得到保证。

转子体外形采用剪切型 4WH 结构, 其对胶料具有高剪切能力, 属于高效率型密炼机转子。其长棱螺

旋角为 27° ，短棱螺旋角为 43° ，长短棱之比为 1.9。两长短棱分别分布在转子的两端，长棱对混炼填料主要是剪切分散作用，短棱对混炼填料主要是分布作用。炼胶时的主要剪切力主要集中在转子棱峰和混炼室之间，利用空间体积的压缩放大对加入胶料中的填料进行粉碎浸润。在转子棱峰处的合金厚度比转子基圆和迎、背胶面大 1~2 mm，以满足转子使用寿命要求。

转子端部密封结构采用液压密封，每个密封环上装有四个密封油缸，油缸直径 50 mm，保证有足够密封压力。动环直接用螺栓固定在转子体端面上，每个动环用 8 个内六角螺钉固定，联结力足够。动环表面堆焊无裂纹硬质合金，合金厚度 3~4 mm。静环采用优质铜合金材料，静环和压环组装在一起，压环通水冷却，降低动静环结合面温度，提高了密封动静环使用寿命。

转子支承及密封装置示意图见图 4。

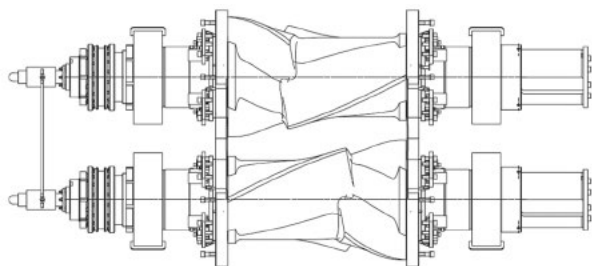


图 4 转子支承及密封装置图

2.5 卸料装置

其主要设计有旋转装置、锁紧装置、旋转油缸、锁紧油缸及行程控制装置组成。锁紧装置主要是炼胶时对卸料门锁紧作用，使混炼室和卸料门之间的间隙小于 0.1 mm。锁紧装置采用曲拐式结构，锁紧油缸座和锁紧装置底板采用焊接式结构，保证整体刚性。锁紧座为剖分式结构，用高强度螺栓固定在一起，对油缸起到了定位作用。锁紧油缸直径在 200 mm 以上，保证足够锁紧力。

旋转装置主要是排胶作用，通过旋转油缸对卸料门快速打开和关闭，其结构采用双卸料门轴、双旋转油缸结构，此种结构减少卸料门轴的轴向传动和径向跳动量，减小了旋转油缸松动可能性。卸料门轴共两根，采用锻造而成，有足够的强度保证其使用寿命，卸料门单程打开和关闭时间控制在 3 s 之内。

旋转装置结构卸料门零件采用优质合金钢锻造而成，并且内部通水冷却，冷却水道面积足够满足胶料的热交换条件。堆焊合金采用无裂纹硬质合金，保证

了耐磨和防腐性。

卸料装置示意图见图 5。

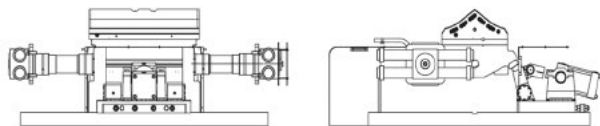


图 5 卸料装置图

3 主要配套件特点分析

GN700 密炼机配套件主要有传动装置、液压站、温控柜及润滑装置等，下面分别介绍如下：

3.1 传动装置

传动装置为减速机加永磁电机传动，减速机为高硬齿面并经过渗碳、淬火、磨齿等工艺，输入和输出轴均采用合金钢材质。减速机输入轴转速 1 000 r/min，减速比为 20。输出轴速比为 1:1.105，带速比增加混炼胶时紊流作用，增大了剪切速率，提高了炼胶效率。减速机带有强制油润滑装置，带有流量、压力、温度等显示和报警装置。减速机轴承选用进口品牌，负载工作温度 $\leq 80^\circ\text{C}$ 。

电机采用国内知名品牌永磁电机，达到了效率高、功率因数大的特点。功率为 3 000 kW，电压为 10 kV 的 6 极电机。电机轴承为进口轴承，冷却方式为空水冷却，冷却器带流量检测开关和漏水检测报警开关。电机具有 2 倍过载时间为 1 min 的过载能力。

3.2 伺服液压驱动系统

液压站采用伺服驱动，主泵采用内啮合齿轮泵，整体对密炼的动作控制达到了速度响应快、动作运行平稳特点。压砵回路采用伺服驱动器直接调节压力和速度，分为压力环和速度环控制，压砵对胶料的压力可以在 0~0.6 MPa 范围内调节，有助于混炼时的快速吃料能力。

其它辅助回路分别为卸料门回路、锁紧回路、加料门回路及密封回路。卸料门回路采用比例阀来调节流量，有调节响应快和速度运行平稳的特点，保证卸料门开或关的时间在 3 s 之内。锁紧回路有换向阀、减压阀、节流阀等调节控制。锁紧时压力在 6 MPa 左右，保证了锁紧栓对卸料门的锁紧力足够，并且在密炼机工作时不会因整机震动等原因造成锁紧压力的波动。

密炼机密封共 16 个回路，每四个回路为一组。每组回路可以单独调节压力，并且压力可以带载调节，

可以根据每组密封环的磨损及负载情况及时自动调节压力。每一组的压力都可以在操作柜触摸屏上显示并调节，以满足不同的炼胶工艺需求。

伺服液压站整体节能效果相比普通的变频电机加伺服比例阀液压站达到了 50% 以上。

3.3 温控系统

GN700 密炼机温控系统采用五回路控制系统，主机总耗水量为 110 t/h。五回路分别是转子冷却两回路、混炼室冷却两回路、压砣和卸料门一回路。温控系统采用闭式控制系统，水温调节精度为 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，进出水温差在 $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之内，保证各个部件的温度均匀一致性。温控系统水温调节阀采用进口品牌，水管路材质均为不锈钢材质。每一个回路在混炼胶时均可以单独调节

温度，并可以在操作柜触摸屏上直接调节显示。为满足炼胶时的工艺需求，各回路之间可以有一定温差，以防止胶料黏结转子或混炼室，一般温差在 $5\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。

4 GN700 与 GN400 炼胶工艺对比分析

选 TBR 胎体胶母胶用同类型转子，不同密炼机生产相同填充系数、混炼工艺近似，胶料门尼黏度相同的条件下，不同密炼机生产效率及吨胶能耗的对比。

4.1 密炼机参数对比

密炼机参数对比表见表 1。

4.2 对比内容

密炼机产能及能耗对比表见表 2。

表 1 密炼机型号及技术参数表

设备型号	生产厂家	密炼机功率 /kW	总容积 /L	填充系数	工作容积 /L	转子类型	最高转速 / $(\text{r}\cdot\text{min}^{-1})$	压砣压力 /MPa	主电机驱动形式	主电机转速 / $(\text{r}\cdot\text{min}^{-1})$
GN400	益阳	2300	416	~ 0.75	312	4WH	60	0~0.6	高压永磁	1 000
GN700	益阳	3000	685	~ 0.75	513	4WH	60	0~0.6	高压永磁	1 000

表 2 密炼机产能及能耗对比表

项目	1 段胶		差值	差异 (%)	项目	2 段胶		差值	差异 /%
	GN400	GN700				GN400	GN700		
单车重量 /kg	323	553	230	71	单车重量 /kg	357	581	224	63
生产车数	40	40	0	0	生产车数	42	42	0	0
净密炼时间 /s	60	71	11	18	净密炼时间 /s	50	61	11	22
转子转数 / $(\text{r}\cdot\text{min}^{-1})$	60	55	-5	-8	转子转数 / $(\text{r}\cdot\text{min}^{-1})$	55	50	-5	-9
总耗时	101	122	21	21	总耗时	83	96	13	16
门尼	75	77	2	2.6	门尼	81	83	2	2.4
单车能耗 /kWh	39	56	17	43	单车能耗 /kWh	33	47	14	42
总产量 /kg	12 920	22 120	9 200	71	总产量 /kg	14 994	24 402	9 408	63
总能耗 /kWh	1560	2240	680	43	总能耗 /kWh	1 386	1 974	588	42
吨胶能耗 / $(\text{r}\cdot\text{min}^{-1})$	120.7	101.3	-19	-16	吨胶能耗 / $(\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{t}^{-1})$	92.44	80.9	-11	-12.4

通过分析得出 GN700 密炼机母炼胶平均产能比 GN400 增加约 65% 以上，能耗节省约 14%，混炼胶门尼数据基本在同一水平。不同炼胶配方，产能提升和节能效果会有变化。

5 总结

GN700 的研发设计成功，完全满足了橡胶行业对大型剪切型密炼机的需求，整机的稳定性、高效性、

节能性、环保性得到了实际验证，必然会受到更多大型轮胎厂及其它炼胶企业的青睐。

参考文献：

[1] 杜爱华. 橡胶工艺学. 北京：化学工业出版社，2022.9.
[2] (德)安德里亚斯·林佩尔 (Andreas Limper) 编. 苏正涛、王鹏、王辰译. 橡胶混炼. 北京：科学出版社，2017.3.
[3] 王梦蛟、迈克尔·莫里斯编著. 粒状填料对橡胶的补强. 北京：化学工业出版社，2021.3.

Research and development analysis of GN700 internal mixer

Sun Qingwei, Cui Haosen, Liu Qilin

(Yiyang Rubber and Plastic Machinery Group Co. LTD., Yiyang 413000, Hunan, China)

Abstract: This paper describes the research and development background of GN700 internal mixer in detail, focusing on the technical parameters of the equipment, the structural characteristics of the Host machine and the structural characteristics of the supporting parts. Through comparative analysis with the shear type GN400 mixer in terms of rubber mixing capacity and energy consumption, it is concluded that the GN700 mixer has significant advantages in rubber mixing efficiency and energy-saving performance. This equipment fully meets the demand of rubber enterprises for large-scale mixing machines.

Key words: shear type internal mixer; efficient; energy saving; rotor

(R-03)

住友橡胶“未来工厂”启用氢能系统生产轮胎

Sumitomo Rubber's "Future Factory" launches hydrogen energy system to produce tires

近日,日本住友橡胶宣布,已在福岛县白河工厂新安装了山梨的“电转气(P2G)”系统,开始24 h制氢。这一举措标志着该集团在实现运营脱碳以及在2050年达成碳中和目标方面迈出了重要一步。

白河工厂生产乘用车、卡车和公交车轮胎,是住友橡胶的主要生产基地,每月消耗约10 350 t新橡胶。通过在现场生产绿色氢气,这家日本轮胎橡胶集团预计在包括运输环节的碳排放第一、二、三范围内,每年减少1 000 t二氧化碳排放。

在日本新能源与产业技术综合开发机构(NEDO)的支持下,该“电转气(P2G)”系统利用太阳能等可再生能源电解水,以生成绿色氢气。此次安装是在去年5月与山梨县政府签署了关于通过氢技术开展脱碳合作的谅解备忘录之后进行的。

住友橡胶表示:我们的目标是成为一家积极减少二氧化碳排放的公司,并指出,氢气是其长期“2050挑战”可持续发展路线图的关键支柱。

住友橡胶从2021年开始探索将氢气作为燃料来源,并在白河工厂开展了示范项目,在轮胎硫化过程中使用了氢气产生的蒸汽。该试点项目在福岛县和新能源与产业技术综合开发机构(NEDO)的支持下,一直运行到2024年3月。

在示范实验中,氢气被用于为轮胎制造的最后阶段——硫化过程生产高温高压蒸汽。2023年,该工厂开始大规模生产号称日本首款在制造过程中(碳排放范围1和2)实现碳中和的轮胎。

有了这个新的“电转气(P2G)”装置,住友橡胶现在每年将在白河工厂生产多达100 t绿色氢气。这些氢气将补充工厂现有的能源,包括外部供应的氢气、电网电力、现场太阳能和传统燃料,以确保稳定运营,同时减少排放。

住友橡胶已将白河工厂定位为“脱碳示范工厂”,并正在考虑在国内外其他工厂复制这一模式。

此外,住友橡胶在今年3月与中部地区氢气和氨社会实施促进委员会签署了协议,以探索在日本中部地区的更多应用。

摘编自“中国轮胎商务网”

(R-03)

