

# 密炼机润滑系统探析

秦恩臣, 吴剑铭, 蔡超

(中化(福建)橡塑机械有限公司, 湖南 益阳 413000)

**摘要:** 本论文研究分析了密炼机润滑系统的设计、工作原理及其在橡胶工业中的应用, 探讨了脂类润滑和稀油润滑的分类, 评估了润滑系统对设备性能和胶料配方精确性的影响, 并根据实际需求和现有的技术, 提出了降低生产成本、提高产品利润的方向。

**关键词:** 密炼机; 润滑系统; 性能优化; 环保; 智能化

**中图分类号:** TQ32

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1009-797X(2026)01-0062-06

**DOI:** 10.13520/j.cnki.rpte.2026.01.013

市场研究报告显示, 2023 年中国橡胶制品行业市场规模约为 8 280 亿元, 预计到 2025 年全球橡胶制品市场规模将达 1 500 亿美元。

随着橡胶工业的快速发展, 对密炼机性能的要求也不断提高。良好的润滑状况可以对关键件起到降温散热和密封的作用, 更是密炼机长期稳定运行的保证。润滑系统的缺失会导致密炼机故障率增加, 甚至无法正常工作。同时, 密炼机转子端面润滑密封性能的好坏, 直接影响胶料配方的精确性和胶料的质量品质的稳定性<sup>[1]</sup>。可以说, 小小的润滑系统对密炼机的正常工作起着关键性的作用。本文将对密炼机润滑系统的工作原理、设计及未来发展进行分析和探讨。

## 1 润滑系统的分类及配置

密炼机润滑系统主要分为两大类: 脂类润滑和稀油润滑。

脂类润滑适用于转子轴承、卸料门轴瓦、加料门轴瓦及密封铜条、压坨活塞杆轴瓦和锁紧装置支座轴瓦等部位<sup>[2]</sup>。通常配置一个或多个电动干油泵, 干油泵通常配备一台 0.25 kW 电机, 电机转速为 710 r/min。单个干油泵一般都带有物位开关, 用于油位低位报警, 便于及时加油, 避免因缺油对设备造成损坏, 而部分干油泵还配置自动加脂系统, 提高自动化水平, 但对现场环境要求较高。

另一类是稀油润滑, 主要应用于静环与动环表面, 转子端面和耐磨板间的润滑。除小型号密炼机外, 大部分密炼机一般都是配置两个稀油泵, 按所用油料的种类和使用位置进行区分, 用于静环与动环表面润滑的泵, 通常被称为润滑泵; 用于转子端面和耐磨板间

的间隙润滑的泵, 通常被称为工艺润滑泵

稀油润滑中心配置目前有这么几种:

### 1.1 配置一个稀油泵

电机功率为 0.25 kW, 这种形式的稀油润滑中心应用于润滑点较少或对润滑要求不高的场合, 润滑油泵和工艺润滑油泵集中在一起, 润滑油和工艺油采用同一种类型的油品。配有 8~15 个注油口。在 GN1.5, GE5, GN10 等小型实验室密炼机较为常见。

### 1.2 配置两个稀油泵

电机功率为  $2 \times 0.25$  kW, 润滑油泵和工艺润滑油泵分开供油, 润滑油泵配置普通电机, 工艺润滑油泵配置变频电机。润滑油和工艺油可以采用不同的油品, 料筒上带电磁阀和物位开关, 通过 PLC 程序或继电器回路可以实现自动加油功能。这种形式主要出现在小机型 (GE135 及以下) 或者配置要求较低的设备上。

### 1.3 润滑中心结构形式

两个稀油泵安装在一起, 电机功率为  $2 \times 0.55$  kW, 润滑中心配有电控箱, 可以实现较多功能, 目前这种形式的稀油润滑中心使用最多。

### 1.4 配置带分配器的电动高压泵

电机功率  $2 \times 1.1$  kW, 功能和“1.3”基本上相同, 这种形式主要配备在大型密炼机上, 可以给润滑油提供更高的压力和更大的流量。

### 1.5 伺服电机驱动

电机功率  $2 \times 1.0$  kW, 两个油泵均可以根据工况快速调速出油量。目前这种形式的稀油润滑中心慢慢成为主流。

**作者简介:** 秦恩臣 (1993—), 男, 工学学士, 工程师, 高级技术经理 (机械), 主要从事密炼机设计等工作。

基本参数与配置见表 1：

表 1 润滑中心参数及配置特点

项目	电动机类型				
	普通电机	普通电机 + 变频电机	普通电机 + 变频电机	普通电机 + 变频电机	伺服电机
电机功率 /kW	0.25	0.25+0.25	0.55+0.55	2×1.1	2×1.0
电机转速 (r·min <sup>-1</sup> )	840~910	840~910	1 300~1 390	1 300~1 390	2 000
额定压力兆帕 /MPa	32	32	32	64	64
泵类型	柱塞泵	柱塞泵	柱塞泵	高压泵 + 分配器	柱塞泵和分配器
注油点数	8~15	16~30	16~30	分配器数量决定	16~30 或分配器数量决定
每点出油量 /mL/ 次	0~0.23	0~0.23	0~0.38	分配器口决定 (总出油量约 151 mL/min)	0~0.38 或分配器口决定 (总出油量约 151 mL/min)
备注	可自动加油	工艺油和润滑油分开注入, 工艺油泵能调速	带流量压力报警	一体式润滑中心, 油压更高	均可以跟随工况调整出油量

2 润滑系统的作用及工作原理

2.1 干油润滑系统

大部分密炼机只配备一个电动干油泵（见图 1），但也有根据不同润滑部位配置多个电动干油泵。电动干油泵外形如图 1 所示，一般固定在密炼机设备附近。料筒采用透明外壳，便于观察润滑脂的情况。料筒顶部配置了一个物位开关，随着润滑脂的减少，脂位逐渐降低。当物位开关触发后，润滑控制系统将报警或启动自动加脂功能。

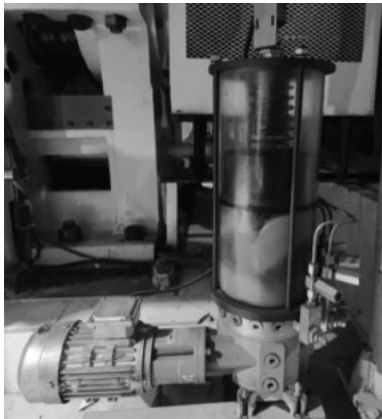


图 1 密炼机电动干油泵外形图

润滑脂从电动干油泵出来后，通过管路通往密炼机设备机体，图 2 是干油润滑管路示意图。

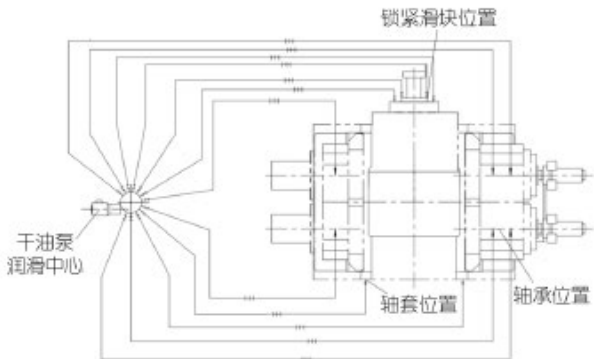


图 2 干油润滑管路示意图

在密炼机运行前，需要用电动干油泵将润滑脂填充到各个轴承以及其他需要润滑的部件的空间内。密炼机运行以后，让润滑脂在部件的金属表面可形成一层连续的润滑脂膜，这层润滑脂膜将金属部件间的直接接触面隔开，把固体间的摩擦转化为润滑脂内部的摩擦，从而显著降低摩擦系数。通过减少摩擦，也就相应地减轻了部件在运转过程中的磨损程度。对于密炼机中那些承受较大载荷且持续运转的部件，脂润滑能防止金属表面因过度摩擦而出现划痕、凹坑等磨损现象，大大延长了这些部件的使用寿命，减少了设备的维修和更换成本。

同时在密炼机运行过程中，尤其是在进胶、排料以及遇到物料搅拌不均匀等情形时，会产生一定的振动和冲击力，此时脂润滑在部件表面形成的润滑脂层就可以起到缓冲作用，吸收和分散部分能量，减轻这些振动和冲击力对部件的影响。在密炼机的轴承部位，润滑脂能够缓解因转子运转不稳定带来的冲击，保护轴承及其他相连部件免受过度的振动和冲击损坏。通过缓冲减震，有助于保持密炼机在运行过程中的稳定性，减少因振动和冲击力导致的设备故障，提高设备的可靠性和工作效率。

另外填充在密封空间内的润滑脂还可以起到密封作用，防止灰尘、水分、腐蚀性气体等外界杂质进入到部件内部。

在新密炼机准备投入生产前，或者老密炼机停机较长时间重新启用前，都必须先运行电动干油泵，确定将新鲜润滑油脂注入后才能开机。正常运行后，电动干油泵通常是间歇工作，可以根据实际需要在人机界面上进行时间调整。图 3 显示的是电动干油泵控制程序块及设置界面。

2.2 稀油润滑油系统

密炼机的稀油润滑系统大部分配置为两个独立的



图3 电动干油泵控制程序及设置界面

油泵，润滑泵用于静环与动环接触面润滑；工艺润滑泵用于转子端面和耐磨板间的间隙润滑，外形如图4所示。



图4 稀油润滑中心外形

和电动干油泵的料筒相似，稀油润滑系统料筒也以透明材质居多，这样方便观测筒内油料多少。料筒上部安装有物位计和加油电磁阀，电磁阀外接油管。当环境温度过低时，储油箱内的油料流动性不好，将会影响到润滑效果，同时对泵的使用寿命也会有影响。有的润滑中心会在料筒（材质为钢）加装环状加热丝，低温时，储油箱的加热系统启动，对储油箱内油料进行加热，加热丝采用固态继电器控制，油料温度接近设定温度过程中，控制系统会对加热功率进行PID控制，随着温度逐渐接近，固态继电器输出电压降低，加热丝输出功率变小。随着液位的变化，启动或停止相应组的加热丝。因为需要采集压力，流量等信号较多，稀油润滑中心一般都配有控制箱，如图5所示，为稀油润滑中心控制箱内部结构。现在越来越多的稀油润滑中心开始单独配置了CPU和人机界面，配备网络接口，这样即可以独立工作，也可以联动，具有更好的扩展性的兼容性。



图5 控制箱内部结构

润滑油和工艺油经过油泵加压后，通过高压油管输送至密炼机各处，如图6所示。

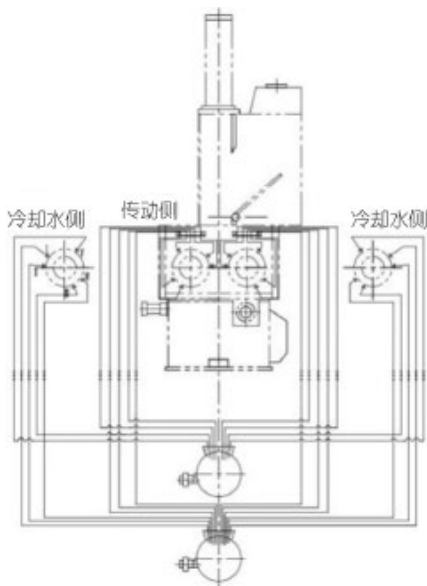


图6 稀油润滑管路示意图

密炼机的稀油润滑系统呈现出独特特点，这与密

炼机的生产特性有关。在炼胶过程中，需要加入很多炭黑和小料，其会在密炼室与转子端面间隙处外泄，若进入密封环接触面，因其较高的硬度会对耐磨环摩擦面造成损坏，影响密封的效果。另外此处会有部分胶料外泄而产生胶料堆积或硬化情况，倘若未加以处理，历经较长时间后，因较大的摩擦力，会对此处运动部件造成磨损，而且此处摩擦产生的高温可能导致此处累计胶料发生分解，再次进入密炼室，进而对后续产品质量产生不利影响。针对此情形，稀油润滑系统经由工艺油孔注入具备软化胶料性能的高压工艺油。一方面，该工艺油能够将胶料搅拌成浆糊状，以此形成一道密封，有效防止物料外泄；另一方面，在润滑油流动期间，可减小外泄胶料与运动件之间的摩擦力，降低此处温度，减少对设备的损坏，并且在转子以高速率旋转时，降低对热极其敏感的终炼物料会在此缝隙处形成硫化的颗粒的可能性<sup>[1]</sup>。与此同时，稀油润滑系统将高压润滑油注入动环和静环接触面处时，会在元件表面形成油膜保护，进而发挥润滑功效，有效减少接触面的硬摩擦。其次具有第二道密封的作用，同时还降低了接触面温度；并且，润滑油在其流动过程中还能够带走设备运行所产生的金属微粒以及其他微小杂质，起到清洁作用。图7为转子端面密封润滑图。

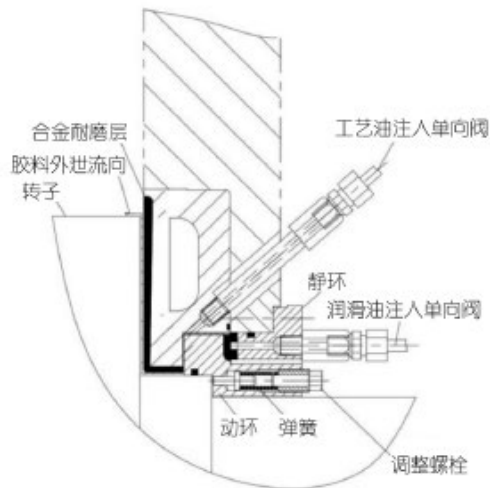


图7 转子端面密封润滑图

为了确保密炼室内胶料产品的质量与性能，考虑到工艺油直接注入混炼室对产品的影响，稀油润滑系统的设计已逐渐向多料筒配置转变。这种设计允许根据不同的胶料配方需求，选择并使用相应类型的工艺油。随着技术的发展和应用的深入，多料筒稀油润滑系统已逐步被引入实际生产中，以实现更精细化的工

艺油管理。图8所示采用多个料筒的润滑中心。

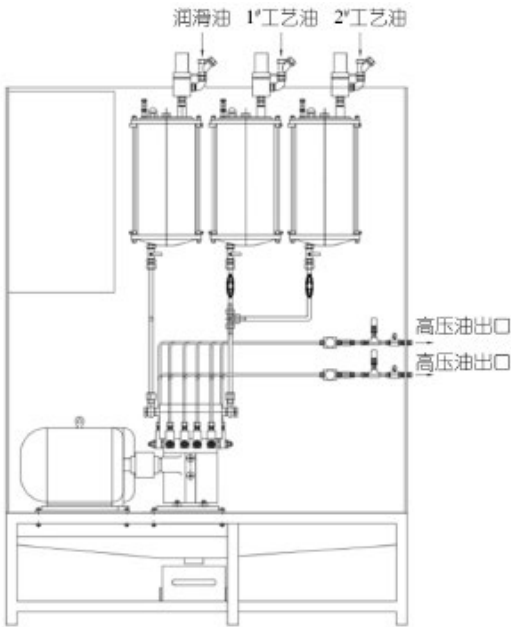


图8 多料筒润滑中心示意图

3 润滑系统的发展趋势及设想

技术创新、绿色发展和智能化是当今工业发展的核心议题。在此背景下，密炼机润滑系统的演进也顺应这一趋势，不断向绿色和智能化方向发展。

基于此宏观指导原则，未来干油润滑系统的设计趋向于采用多个干油泵进行精准注油，以应对不同部位显著的用水量差异。例如，大型与小型轴承之间，以及轴承与加料门轴套之间的用水量存在显著差异，现有的单泵系统在调节精度上存在局限，导致注油量不足可能影响轴承寿命，而注油过量则可能造成油料浪费和环境污染。因此，通过精确计算设备各部件的用水量，对于用水量相近的部位，采用点对点连接的多道润滑干油泵系统；对于用水量差异较大的部位，则单独用小型干油泵配合分配器进行润滑（参见图9所示的干油泵用分配器）。这种多泵系统的设计越来越受到客户的青睐，因为它能够根据各部件的运行特性和实际工况，实现更为合理的注油匹配，从而在保证润滑效果的同时，有效减少油料的浪费。此外，采用生物降解或环境友好型润滑剂也是减少环境影响、提升润滑效率和设备性能的重要发展策略之一。

在探讨完干油润滑系统朝着精准注油和环保方向发展的趋势后，我们再来看看稀油润滑系统。相较于干油润滑系统，稀油润滑系统在运行过程中面临着独特的挑战，这些挑战也促使其在发展过程中需要不断



图9 干油泵用分配器

探索创新的解决方案。在稀油润滑系统中，工艺油的供应对于密炼机的正常运行至关重要。若工艺油供应不足，在炼胶过程中，密炼室与转子端面间隙处会因粉料的泄露对外部密封件造成较大的损害，影响整体密封效果，并且若此处泄露积存的胶料长时间没有工艺油对其进行软化，转子转动过程中，较大的摩擦力带来的高温会对设备和胶料质量产生严重的不利影响，甚至可能导致设备漏炭黑、胶料局部分散不均等问题，直接影响生产的稳定性和产品的质量。

同样，润滑油的供应量也是稀油润滑系统面临的一个关键问题。当润滑油供应不足时，动环与静环摩擦面之间难以形成有效的油膜，这将导致二者直接干摩擦。在短期内，这种直接摩擦会引起环接触面的严重磨损和咬合，极大地影响动环和静环的使用寿命。更为严重的是，较大的摩擦力可能会造成螺钉断裂，导致静环脱落，进而引发漏胶料现象，使整个生产过程被迫中断，给企业带来巨大的经济损失。为确保动静环的有效运行，实践中往往倾向于增加润滑油的供应量。稀油润滑系统本质上属于损耗性润滑，其中大部分使用过的润滑油料，除部分工艺油注入混炼室外，均需作为工业废弃物进行回收处理，无法实现循环利用，导致润滑油的消耗量巨大，从而增加了设备的运行成本<sup>[3]</sup>。

为了解决上述问题，稀油润滑系统的优化和改进迫在眉睫。一方面，需要通过技术创新实现更精准的油量控制，例如利用先进的传感器技术实时监测工艺油和润滑油的需求，并结合智能控制系统根据实际工况动态调整供油量，以降低能耗并提高炼胶质量。另一方面，积极探索废油再生循环利用技术，将传统的开放式、损耗性润滑系统转变为闭环、可持续的润滑模式，减少废油产生，降低企业运营成本，同时实现环境保护和资源节约的双重目标。

随着技术的不断进步，智能化注油和废油再生循

环利用已成为密炼机润滑系统发展的关键趋势。为了实现动静密封环润滑的精准控制，物联网(IoT)技术开始被集成应用于该系统，以实现对润滑系统运行状态的远程监控和诊断。通过实时跟踪系统状态，并利用云平台对收集到的润滑数据进行深入的数据分析和故障预警，可以精确计量并智能控制设备润滑，从而在保证设备正常运转的同时，优化润滑用量，实现节能降耗的目标。

此外，PLC控制器通过综合考虑密炼机主机的负载大小、密封位置的压力反馈以及各润滑点的温度传感器反馈信息，实现了智能化控制下的精准注油。伺服电机在润滑中心的应用进一步提升了系统的响应速度和敏捷性，确保了润滑系统的高效运作。这些技术的应用不仅提高了润滑系统的效率和可靠性，也为密炼机的绿色生产和智能化控制提供了强有力的技术支持。

在面对多样化的设备需求时，采用模块化设计的润滑系统能够提供快速的调整与升级，从而增强系统的灵活性与适应性。特别是在工况复杂性较高的应用场景中，通过部署多个模块化的稀油润滑中心，对各个注油点进行精确的工况分析，实现精准的润滑控制。这种控制策略旨在确保整体密封效果的同时，优化油量使用，以达到节能降耗的目标。这一过程对智能化程序、电气响应速度以及传感器精度提出了更高的要求，需要跨学科的协调与合作，以确保系统的高效运作。

在未来密炼机润滑系统的发展中，转向再生循环的改造将成为动静密封环润滑系统革新的关键方向。通过将传统的开放式、损耗性润滑系统转型为闭环、可持续的润滑模式，我们能够在源头上显著减少废油的产生，这一转型对于环境保护和资源节约具有重大意义。

这种转变达到不仅能有效降低企业的运营成本，更是对生态保护的重要贡献，显著减轻了工业活动对自然环境的负担。

在实际操作中，首先需要对各机台动静密封环产生的废油进行有效收集。这些废油有序地汇集至过滤柜。在过滤柜中，进行初步的一级过滤，目的是去除大块胶料等不易流通的杂质。经过初步过滤的废油，将通过管道输送至润滑废油处理回收站。

在回收站内，将采用一系列先进的环保技术对废油进行深度净化和处理，精准去除废油中的杂质、水

分及其他潜在的环境有害物质,使废油得以再生,达到再次使用的标准。经过处理的再生油将被重新注入动静密封环润滑系统,实现资源的闭环循环利用。

闭环循环利用不仅减少了环境污染,还促进了资源的高效回收,实现了企业可持续发展与环境保护的双赢。

当然确保废油处理过程的高效和稳定性,企业必须加强全面管理和维护。建立和完善严格的废油回收和处理制度,明确各环节的责任和操作规程。同时,定期对相关设备进行全面检查和维护,确保设备运行良好。此外,企业应持续关注和采纳更先进的环保技术,不断改进废油处理工艺,提高废油处理效率和再生油质量,为推动企业的绿色发展和环境保护事业做出更大贡献。

#### 4 结语

在现代生产制造工业的大背景下,绿色生产、智能化控制以及节能降耗已成为企业生产的关键发展方向。通过对密炼机润滑系统的深入分析,我们清晰地

认识到其在设备运行中的重要作用,以及在降低生产成本和提高产品利润方面的巨大潜力。

在“以人为本”这一先进管理理念的引领下,企业应将提高生产智能化程度、积极践行绿色生产、切实降低工人劳动强度以及努力营造清洁工作环境作为不懈追求的奋斗目标<sup>[3]</sup>。而精确控制润滑油的使用,无疑是达成这些目标的关键环节。

正如本文探讨的,借助技术创新的有力手段,企业完全有能力在确保生产效率和产品质量不受影响的前提下,实现经济效益与环境责任的双赢局面。展望未来,随着科技的持续进步和环保意识的日益增强,密炼机润滑系统这一领域必将迎来更为广阔的发展空间,为橡胶工业的可持续发展注入源源不断的动力。

#### 参考文献:

- [1] 贺平. 270L 密炼机转子端面密封润滑油泵的改进. 橡塑技术与装备, 2004,(02).
- [2] 杨小林. 密炼机脂润滑系统的控制与检测. 轮胎工业, 2014,(09).
- [3] 肖乾, 曲学新, 王兵. 密炼机密封环润滑生态循环智能系统. 机械与模具, 2016,(42).

## Exploration of the lubrication system of the internal mixer

Qin Enchen, Wu Jianming, Cai Chao

(Sinochem (Fujian) Rubber & Plastics Machinery Co. LTD., Yiyang 413000, Hunan, China)

**Abstract:** This article conducts research and analysis on the design, working principle, and application of the mixer lubrication system in the rubber industry. It explores the classification of lipid-based lubrication and thin oil lubrication, and evaluates the impact of the lubrication system on equipment performance and the precision of rubber compound formulations. At the same time, based on actual needs and existing technologies, it points out the direction for reducing production costs and increasing product profits.

**Key words:** internal mixer; lubrication system; performance optimization; environmental protection; intelligence

(R-03)

