

# 一种新的转子轴端密封结构设计 ——阶梯式

康鹏志, 秦思臣, 刘麒麟, 刘冰

(益阳橡胶塑料机械集团有限公司, 湖南 益阳 413000)

**摘要:** 本文简要介绍目前密炼机转子常用的几种轴端密封形式及其优缺点, 探讨一种新的转子轴端密封结构设计——阶梯式, 该结构可以在一定程度上改善密封效果, 减少维护更换次数。

**关键词:** 密炼机; 轴端密封; 接触面; 阶梯式

**中图分类号:** TQ330.4

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1009-797X(2025)01-0030-04

**DOI:** 10.13520/j.cnki.rpte.2025.01.006

在现代工业生产中, 橡胶和塑料行业的发展日新月异, 而密炼机作为橡胶和塑料炼胶工艺中的关键设备, 其地位举足轻重。密炼机将各种原材料融合、塑造, 为后续的生产流程奠定坚实的基础。在这一复杂而又精密的工艺过程中, 密炼机的每一个部件都发挥着不可或缺的作用, 其中转子轴端密封更是至关重要。对于用户来说密炼机转子端面密封效果好坏是衡量其性能的重要指标。转子端面密封效果不佳出现漏料、漏粉, 不仅改变了胶料中成分比例, 甚至直接影响到成品的质量和性能, 而且还会造成环境污染。转子轴端密封效果好, 既能保证胶料的质量, 而且可以改善操作人员的工作环境。因此转子轴端密封问题一直被用户重点关注<sup>[3]</sup>。

## 1 密炼机常用轴端密封形式工作原理

为了确保密炼机轴端不发生泄漏, 通常会采用两道密封措施。两道密封分别承担不同的功能, 以确保轴端的密封性能。两道密封的协同作用为密炼机的稳定运行提供了可靠的保障。第一道密封是通过油泵向转子端面 and 圆耐磨板之间或者转子轴颈与密炼室侧壁之间的环形间隙内注入的高压软化油。高压软化油主要作用是将缝隙内的胶料软化, 防止因胶料在缝隙内积聚外泄。第二道密封是由动环和静环组成, 通过外力使动环和静环接触形成平面摩擦副, 同时在动环与静环之间注入高压润滑油, 形成一层油膜将外泄的粉

尘等物料黏结和稀释并带走动环与静环摩擦产生的热量。目前密炼机常用轴端密封形式有内压式机械密封、外压式机械密封和液压密封<sup>[2]</sup>。

内压式机械密封(见图1)的结构是动环作用面位于密封面内侧, 通过调整动环上的螺钉使弹簧压缩, 在弹簧的作用力下得到一个由内向外的力, 同时动环与静环的接触面之间注入高压密封油使端面维持一层极薄的膜在流体动压力和静压力的作用下形成初始密封状态。设备在运转过程中, 密炼室是一个相对密闭的空间, 胶料在翻转过程中形成较高的热量和压力, 将软化油推向外侧, 使得动环更加紧密地压向静环。这种结构在压砣上升时, 密炼室内形成负压状态, 如果负压超过了弹簧预先设定的张力, 密封面就会分离容易造成泄漏; 同时内压式机械密封的调整方式是单独调整动环上每一个螺栓, 调整时不可能完全一致, 容易造成接触不平发生泄漏; 转子发生窜动容易发生泄漏。

外压式机械密封(见图2)的结构是动环作用面位于密封面外侧, 通过将调整轴颈位置的圆螺母来压缩在弹簧座内的弹簧, 在弹簧的作用力下得到由外向内的力, 同时在动环与静环的接触面之间注入高压密封油使端面维持一层极薄的膜在流体动压力和静压力

---

**作者简介:** 康鹏志(1989-), 男, 工程师, 主要从事炼胶设备的设计和研发工作。

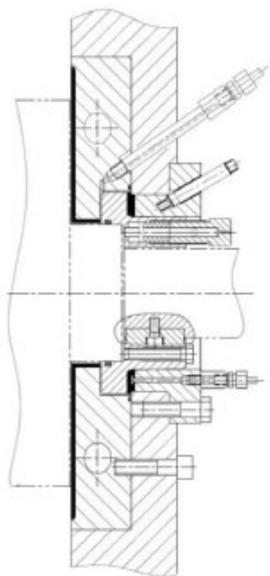


图1 内压式机械密封

的作用下形成初始密封状态形成初始密封状态。设备在运转过程中混合物在密炼室的高压作用下产生的挤压力与弹簧的张力形成平衡从而达到密封的目的。这种结构的优点是在调整时弹簧座内的弹簧受力均匀。如果外泄物料的挤压力超过弹簧的张力就会发生泄漏；转子发生比较小的窜动就容易发生泄漏。

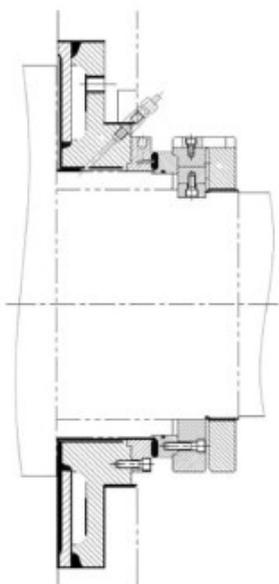


图2 外压式机械密封

液压密封分为拨叉式液压密封（见图3）和油缸直接作用式液压密封（见图4）。拨叉式液压密封是油缸的作用力通过拨叉作用于静环中心对称的两点上将静环与动环压紧；油缸直接作用式液压密封是通过四

个并联的油缸同时直接作用于静环圆周4点上使动环与静环压紧。<sup>[4]</sup> 液压密封的优点在于其能够灵活应对设备运转过程中转子的轴向窜动，能够通过压力油实时补充来维持恒定的端面压力。同时在稳定的压力环境下，接触面所承受的磨损和疲劳程度相对较低，从而能够在更长的时间内保持良好的工作状态。

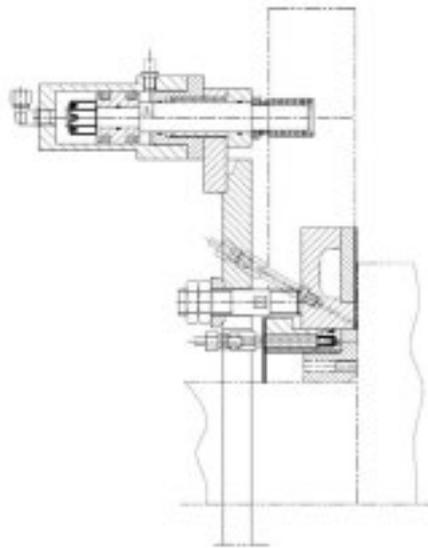


图3 拨叉式液压密封

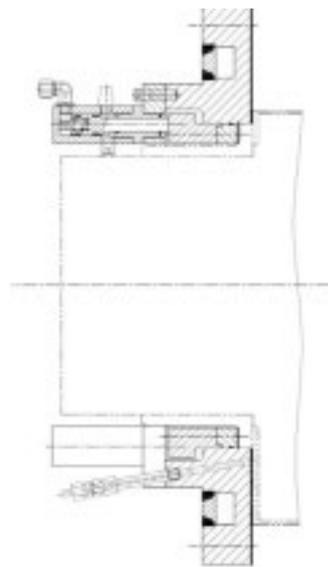


图4 油缸直接作用式液压密封

综上所述，目前密炼机转子轴端密封形式的相同点在于通过动环与静环接触形成平面密封。都是通过一对相对滑动的动环与静环组成的平面摩擦副来实现。如果由于接触面的磨损、转子窜动、软化油或密封油缺油、受力不均等一系列问题的出现都会造成泄漏。因此对轴端密封接触面结构进行一定改进，可以在一

一定程度上,减少轴端密封泄漏的发生。

## 2 改进后密封结构的特点及性能

目前,广泛应用于密炼机端面密封结构是由两个平面接触形成平面密封,也就是说只能形成一道密封。这种传统的平面密封设计,在工业生产的长期实践中,

逐渐暴露出了一定的局限性,在生产过程中出现窜动极易发生泄漏。如果对密炼机的动环和静环的接触面进行改进,将其加工成阶梯式形成两道密封面——平面密封和环形密封,改进后可以有效的提高密封性能(表1)。改进后具有以下特点:

表1 性能对比表

	目前常用轴端密封结构	改进后轴端密封结构
接触面结构及复杂程度	平面结构,结构简单	阶梯结构,结构相对复杂
密封保持的可靠性	平面密封失效后,则密封失效,故其可靠性相对一般	平面密封失效后,环形密封仍能起到密封作用,故其可靠性相对较高
密封功能保持的必要条件	转子轴向无窜动、供油充足	预紧力足够,供油充足
对正常生产的影响	为保持密封功能需经常停机,清理检修	可以减少因密封失效而停机检修
维修性	维修更换次数比较频繁	维修更换次数相对减少

(1) 具有良好的密封性,能够显著降低泄漏的概率。改进后的阶梯式密封结构中,动环与静环之间不仅形成了平面摩擦副,还增加了环—环摩擦副。环—环摩擦副可以实现滑动摩擦、滚动摩擦以及滚滑复合摩擦。设备在正常运转动环与静环之间会形成滚动摩擦。这种滚动摩擦的特点是摩擦力较小,磨损也相对较小,能够有效地延长密封件的使用寿命;如果转子发出窜动动环与静环之间不再是单纯的滚动摩擦,而是会形成滚滑复合摩擦。这种复合摩擦模式能够迅速适应窜动带来的变化,通过摩擦力的增加和密封面的自适应调整,有效地填补可能出现的间隙,从而防止泄漏的发生。因此改成阶梯式接触端面密封结构后在平面密封失效的情况,环形密封也能发挥其关键的密封作用。

(2) 可以适当减少密封油的用量,因为动环与静环之间形成环形接触面,具有一定的蓄油功能。

(3) 增强了动环和静环之间的接触稳定性。可以减少维护和更换次数,从而降低公司的运营成本。

## 3 改进后在各种密封形式的应用

内压式机械密封将动环(见图5)和静环(见图6)的接触面加工成阶梯形式形成阶梯接触面,内压式机械密封(见图7)是利用设备运转时被稀释的外泄物料挤压动环形成的自动密封。如果出现外泄的物料压力不够时平面密封无法起到作用,环形密封就可以起到补偿作用。设备运转过程中转子发生窜动时环形密封则可以起到主导作用。

外压式机械密封将动环(见图8)和静环(见图9)的接触面加工成阶梯形式形成阶梯接触面,外压式机



图5 动环示意图



图6 静环示意图

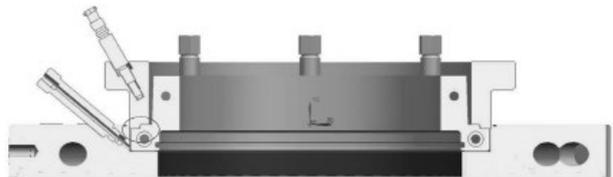


图7 内压式机械密封装配示意图



图8 动环示意图



图9 静环示意图

械密封(见图10)是利用运转过程中环形间隙内产生混合物在密炼室的高压作用下产生的挤压力与弹簧的张力形成平衡实现密封。当挤压力和弹簧的张力失衡

时环形密封发挥关键作用。设备在运转过程中发生窜动环形密封可以起到补偿作用。



图 10 外压式机械密封装配示意图

液压密封将动环（见图 11）和静环（见图 12）的接触面加工成阶梯式形成阶梯接触面，拨叉式液压密封由于拨叉只作用静环中心对称的两点上，易致动环与静环接触磨偏。因此加工成阶梯式后形成环形接触面可以起到定中心的作用。油缸直接作用式液压密封（见图 13）静环的定中心方式是通过四个定位销穿过油缸座上孔来保证。由于销与孔的配合是间隙配合，同时存在加工累积误差易使动环与静环出现磨偏的问题。因此加工成阶梯式后形成环形接触面可以起到定中心的作用。拨叉式液压密封和油缸直接作用式液压密封两种形式都是通过液压油使油缸动作将动环和静环压紧。如果出现压力不足或者补油不及时环形密封则是至关重要的。

#### 4 结论

改进后的端面密封结构形成了两道密封，可以大大减少设备生产过程中由于轴端密封问题发生停机，



图 11 动环示意图

图 12 静环示意图

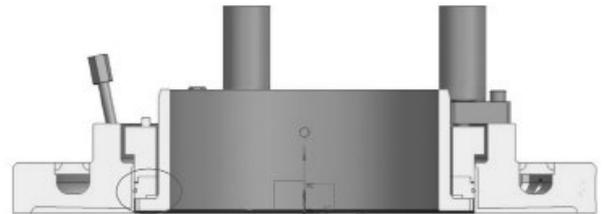


图 13 液压密封装配示意图

保证生产的连续性与稳定性。减少了设备维修保养时间，提高了设备的生产效率。提升了密炼机的使用年限和维护效率，可以为企业带来了更优的经济收益。

#### 参考文献：

- [1] 付瑞, 汪传生. 密炼机隔尘密封装置 [J]. 世界橡胶工业 .2007.
- [2] 孙琳, 王新平. GK 型密炼机转子轴端密封装置 [J]. 橡胶技术与装备 .2008.
- [3] 刘艳平, 任风平. 密炼机端面密封装置评述 [J]. 橡胶技术与装备 .2011.
- [4] 秦恩臣, 王志飞. GK 系列密炼机新型液压密封动环结构的设计 [J]. 橡胶技术与装备 .2020.

## A new design of rotor shaft end sealing structure - stepped type

Kang Pengzhi, Qin Enchen, Liu Qilin, Liu Bing

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

**Abstract:** This article briefly introduces several commonly used shaft end sealing forms for the rotor of the internal mixer, as well as their advantages and disadvantages. At the same time, it explores a new rotor shaft end sealing structure design-stepped type, which can improve the sealing effect to a certain extent and reduce maintenance and replacement times.

**Key words:** internal mixer; shaft end seal; interface; stepped type

(R-03)

