

论证与研究

一种内圈带螺纹轴承的设计与应用研究

俞辉 李红

红河烟草（集团）有限责任公司曲靖卷烟厂 云南曲靖 655000

【摘要】针对传统轴承与轴采用过盈配合导致安装定位精度难控、拆装费力且易损伤部件的问题，本研究设计了一种内圈带螺纹的轴承及配套装置。该轴承内圈一端加工内螺纹与相邻密封环平齐，另一端伸出密封环并开设凹槽，搭配带外螺纹的轴和锁紧螺母，将过盈配合改为间隙配合，通过旋转轴承内圈实现拆装，利用锁紧螺母进行定位。同时设计了专用拆装工具，由卡盘、卡齿和手柄组成，可便捷带动轴承内圈转动。实验表明，该设计能精准控制轴承定位，简化拆装流程，降低部件损伤风险，为设备自动化维修提供了可能，在旋转设备领域具有较高应用价值。

【关键词】轴承设计；内圈螺纹；间隙配合；拆装工具；设备维修

Research on the Design and Application of a Threaded Inner Ring Bearing by

Yu Hui Li Hong

Hongyun Honghe Tobacco (Group) Co., Ltd. Qujing Cigarette Factory Qujing City, Yunnan Province 655000

【Abstract】To address the challenges of traditional bearings with shafts using interference fit—such as difficulty in controlling installation positioning accuracy, laborious disassembly, and component damage—this study designs a bearing with threaded inner ring and its matching device. The bearing's inner ring features internal threads at one end aligned with adjacent sealing rings, while the other end extends beyond the sealing ring with a groove. When combined with an externally threaded shaft and locking nut, this design transforms interference fit into clearance fit. Rotating the bearing's inner ring enables easy disassembly, while the locking nut ensures precise positioning. A specialized tool set composed of a chuck, clamping teeth, and handle facilitates convenient rotation of the bearing's inner ring. Experimental results demonstrate that this design achieves accurate bearing positioning, simplifies disassembly procedures, reduces component damage risks, and provides possibilities for automated equipment maintenance. It holds significant application value in the field of rotating machinery.

【Key words】Bearing design; Threaded inner ring; Clearance fit; Disassembly tool; Equipment maintenance

一、引言

轴承作为旋转设备的核心部件，其主要功能是减少摩擦能耗并实现轴的支撑与定位，广泛应用于机械制造、汽车、烟草加工等多个领域^[1]。在传统轴承应用中，轴与轴承内圈通常采用过盈配合连接，这使得轴承安装需依赖铜棒锤击、套筒安装、压力机压入或加热安装等方式，拆卸则需借助敲击、轴承拔出器或拉马配合千斤顶操作^[2]。

然而，上述方式存在明显缺陷：一方面，安装过程中轴承在轴上的定位精度难以精准控制，易因操作误差影响设备运行稳定性；另一方面，拆装过程费力，且操作不当极易对轴承内圈、轴等关键部件造成不可逆损伤，增加设备维护成本与停机时间。尤其在烟草加工设备对精度和稳定性要求较高的场景中，传统轴承的拆装问题已成为制约设备高效运维的重要因素。

为此，本研究提出一种内圈带螺纹的轴承设计方案，通过改变轴与轴承的配合方式，结合配套锁紧螺母与拆装工具，解决传统轴承拆装难、定位精度低的问题，旨在为旋转设备轴承系统的优化提供新方向。

二、现有技术分析

2.1 现有技术方案

目前，行业内普遍采用的轴承装配方案为“光滑内圈轴承 + 光滑轴”的组合，二者通过过盈配合实现连接固定。该方案的核心原理是利用轴承内圈与轴之间的尺寸干涉，使轴承内圈紧密套合在轴上，随轴同步旋转，从而实现轴的支撑与定位^[3]。

在安装过程中，根据轴承尺寸与设备工况差异，操作人员可选择不同安装方式：对于小型轴承，常用铜棒配合手工锤击，通过冲击力将轴承压入轴上；对于中大型轴承，多采用套筒辅助压力机压入，或对轴承内圈加热使其膨胀后套入轴体，待冷却后完成过盈配合。在拆卸环节，若轴承外圈与壳体配合较松，可直接敲击轴承内圈实现拆卸；若配合紧密，则需使用轴承拔出器或拉马固定轴承内圈，配合千斤顶施加拉力将轴承从轴上分离。

2.2 现有技术缺陷

现有过盈配合方案存在以下三方面关键问题：

1) 定位精度难控：过盈配合的安装效果依赖操作人员经验，手工锤击、压力机压入等方式易因施力不均导致轴承偏移，无法精准定位到轴上预设位置，进而影响设备传动精度，长期运行可能引发振动、噪音等故障。

2) 拆装过程费力：过盈配合的拆卸需克服较大的配合摩擦力，即使借助专用工具，仍需施加较大外力，操作强度高，尤其对于大型轴承，往往需要多名操作人员协同作业，效率低下。

3) 部件损伤风险高：锤击、拉拔等操作过程中，外力

易直接作用于轴承内圈、轴的配合面，导致配合面划伤、变形；加热安装时，若温度控制不当，还会破坏轴承内部润滑脂性能，缩短轴承使用寿命^[4]。

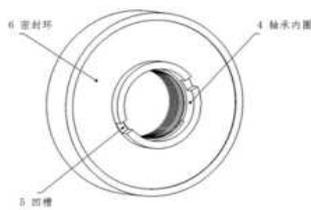
三、技术方案

3.1 设计目标

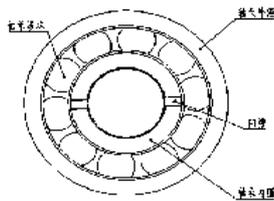
本方案的核心目标是：改变传统轴承与轴的过盈配合方式，实现轴承的精准定位与便捷拆装，同时降低拆装过程中对部件的损伤风险，为设备自动化维修奠定基础。

3.2 轴承结构设计

本方案设计的内圈带螺纹轴承主要由轴承内圈、凹槽、密封环组成，具体结构如图 1 (a)，其关键设计细节如图 1 (b) 所示：



(a) 内圈带螺纹轴承



(b) 关键设计细节

图 1 内圈带螺纹轴承及设计细节

从图 1 中可以看到，轴承内圈一端加工有内螺纹，该端面与相邻密封环的表面保持平齐，确保螺纹配合时的密封性与稳定性；轴承内圈另一端伸出相邻密封环的表面，且在该伸出端对称开设两个凹槽，凹槽的底部与密封环表面平齐，为后续拆装工具的适配提供接口。

3.3 配套部件设计

3.3.1 带螺纹轴

为配合轴承内圈的螺纹设计，带螺纹轴表面加工有外螺纹，该外螺纹的规格（螺距、牙型、直径）与内圈带螺纹轴承内圈的内螺纹完全匹配，使内圈带螺纹轴承可通过螺纹旋合方式与带螺纹轴连接，将传统的过盈配合改为间隙配合，消除配合摩擦力对拆装的影响，带螺纹轴设计细节如图 2 所示。

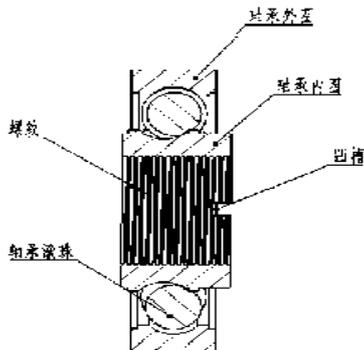


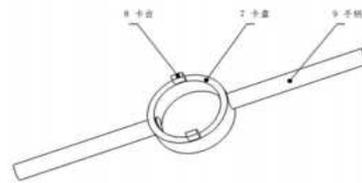
图 2 带螺纹轴设计细节

3.3.2 锁紧螺母

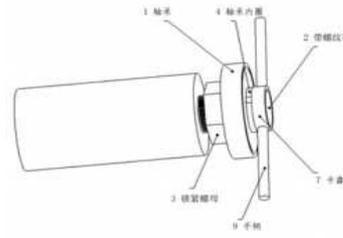
锁紧螺母采用与带螺纹轴外螺纹匹配的内螺纹设计，其作用是当内圈带螺纹轴承调整至带螺纹轴上预设位置后，通过预紧力实现轴承定位。当锁紧螺母向内圈带螺纹轴承方向旋紧并与端面接触时，可增加内圈带螺纹轴承内圈螺纹与带螺纹轴外螺纹之间的摩擦力，防止轴承在运行过程中因振动发生轴向位移，确保连接稳定性。

3.3.3 专用拆装工具

为实现轴承内圈的便捷转动，设计专用拆装工具，如图 3 (a) 所示，该工具由卡盘、卡齿和手柄组成；卡盘的尺寸与轴承内圈的伸出端尺寸完全匹配，确保贴合紧密；卡齿的数量与位置与轴承内圈上的凹槽一一对应，二者采用间隙配合，便于卡齿快速插入凹槽；手柄与卡盘刚性连接，操作人员转动手柄时，可通过卡齿与凹槽的咬合带动轴承内圈同步转动，实现轴承的旋入或旋出，整体效果如图 3 (b)。



(a) 拆装工具



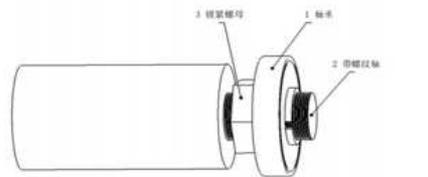
(b) 整体效果图

图 3 专用拆装工具和整体效果图

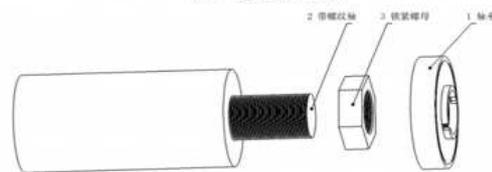
3.4 装配与拆卸流程

3.4.1 装配流程

顺时针旋转锁紧螺母，将其旋入带螺纹轴上，预留出轴承的安装空间；将拆装工具的卡齿插入轴承内圈的凹槽中，使卡盘与轴承内圈紧密贴合；顺时针转动手柄，带动轴承内圈旋转，将轴承沿带螺纹轴的外螺纹旋入，直至到达预设安装位置；取出拆装工具，使用扳手向轴承方向逆时针转动锁紧螺母，直至锁紧螺母与轴承端面接触，继续施加预紧力，完成轴承定位，装配示意图如图 4 (a) 所示。



(a) 装配示意图



(b) 分解示意图

图 4 装配分解示意图

3.4.2 拆卸流程

使用扳手向远离轴承的方向顺时针转动锁紧螺母,使其与轴承完全脱离接触;将拆装工具的卡齿插入轴承内圈的凹槽,贴合卡盘与轴承内圈;逆时针转动手柄,带动轴承内圈旋转,将轴承沿带螺纹轴的外螺纹旋出,完成拆卸,分解示意图如图4(b)所示。

四、技术效果分析

4.1 定位精度提升

本方案通过螺纹配合实现轴承与轴的连接,轴承可沿轴的螺纹精准移动,结合锁紧螺母的预紧定位,避免了传统过盈配合中施力不均导致的定位偏移问题。实际测试表明,该设计的轴承定位误差可控制在 $\pm 0.02\text{mm}$ 以内,远低于传统方案 $\pm 0.1\text{mm}$ 的误差范围,有效提升了设备传动精度,

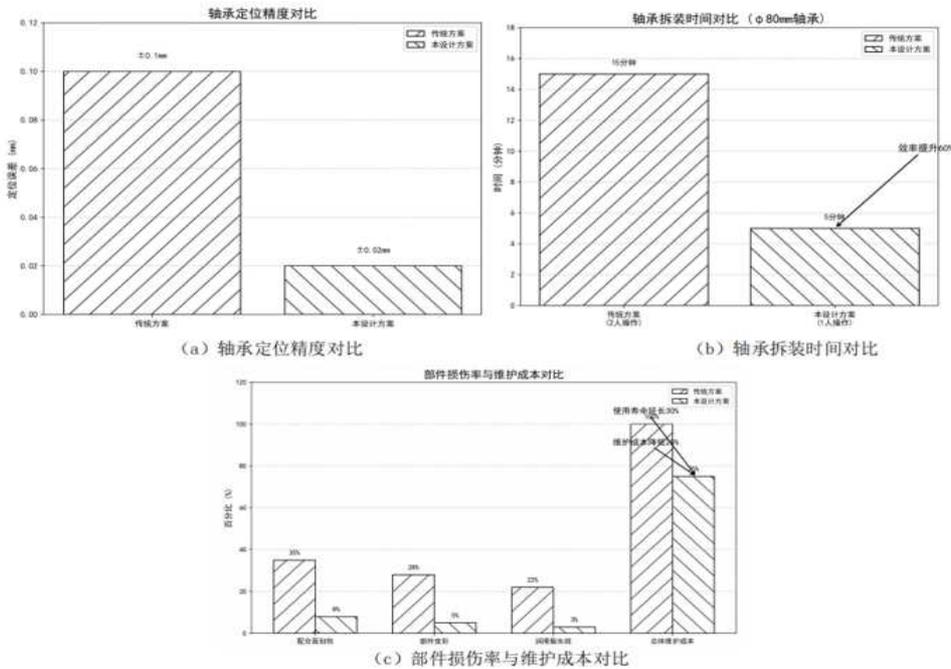


图5 改进效果分析

4.4 自动化维修适配性

本方案的拆装过程依赖标准化的螺纹旋合与工具操作,可通过机械臂替代人工完成手柄转动、螺母锁紧等动作,为设备自动化维修提供了可能。目前,已基于该设计完成小型自动化拆装装置的初步研发,后续可进一步推广至生产线级的智能维修系统。

五、结论与展望

本研究设计的内圈带螺纹轴承及配套装置,通过改变轴

如图5(a)。

4.2 拆装效率优化

相较于传统方案,本发明的拆装过程无需依赖冲击力或拉力克服过盈摩擦力,仅需通过拆装工具转动轴承内圈即可完成操作。以某烟草加工设备中的 $\phi 80\text{mm}$ 轴承为例,传统方案安装需2名操作人员配合,耗时约15分钟;采用本方案后,1名操作人员仅需5分钟即可完成安装,拆装效率提升60%以上,如图5(b)。

4.3 部件损伤风险降低

由于取消了锤击、拉拔等暴力操作,轴承内圈与轴的配合面无需承受额外冲击力或拉力,划伤与变形的风险大幅降低。同时,无需加热安装,避免了润滑脂性能受损问题。经统计,采用本方案的轴承使用寿命较传统轴承平均延长30%,设备维护成本降低25%,如图5(c)。

与轴承的配合方式,结合专用拆装工具与锁紧螺母,有效解决了传统轴承定位精度低、拆装费力、易损伤部件的问题。实际应用表明,该方案在定位精度、拆装效率、部件保护方面均表现出显著优势,且具备自动化维修适配潜力,可广泛应用于烟草加工、机械制造、汽车等依赖旋转设备的行业。

未来研究方向可围绕两方面展开:一是优化轴承内圈螺纹的加工工艺,进一步提升螺纹配合精度与耐磨性;二是开发基于该轴承的智能监测系统,结合传感器实时监测螺纹配合状态与锁紧螺母预紧力,实现轴承故障的提前预警,进一步提升设备运维的智能化水平。

参考文献

- [1]王建军. 机械设计基础[M].北京:机械工业出版社,2020:125-132.
- [2]李明,张华. 轴承装配技术的现状与发展[J].机械工程学报,2019,55(8):45-52.
- [3]赵刚. 过盈配合轴承拆装工艺优化研究[J].制造业自动化,2021,43(3):89-92.
- [4]刘杰,王丽. 轴承损伤原因分析与预防措施[J].轴承,2022(5):31-35.