

Design and Research of New Test Evaluation Device for High Temperature and High Speed Oil Seal

Zehua Hu, Xiaofeng Liang, Peijie Wang, Guibin Tan

National Engineering Research Center of Rubber & Plastic Sealing, Guangzhou Mechanical Engineering Research Institute Co., Ltd., Guangzhou Guangdong
Email: huzehua8@163.com

Received: Jan. 26th, 2019; accepted: Feb. 15th, 2019; published: Feb. 22nd, 2019

Abstract

This article, through analysis of the problem in existing oil seal test bed used in high temperature and high speed rotating seal testing, put forward the concrete solution, and introduced a kind of evaluation unit of high temperature and high speed rotating seal test, which played a guiding role in evaluating the performance of high temperature and high speed rotating seal and promoting the localization of high-end oil seal.

Keywords

High Temperature and High Speed Rotating Seal, High Speed Electric Spindle, Bench of Rotating Seal Test

高温高速油封新试验评价装置的设计与研究

胡泽华, 梁小凤, 王培杰, 谭桂斌

广州机械科学研究院有限公司, 国家橡塑密封工程技术研究中心, 广东 广州
Email: huzehua8@163.com

收稿日期: 2019年1月26日; 录用日期: 2019年2月15日; 发布日期: 2019年2月22日

摘 要

本文通过分析目前油封试验台用于高温高速油封测试时存在的问题, 提出了具体的解决办法, 介绍了一

种高温高速油封试验评价装置,为评价高温高速油封的性能,促进高端油封国产化起到一定的指导作用。

关键词

高温高速油封, 高速电主轴, 油封试验台

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

随着我国汽车、航空航天、机床等行业的迅速发展,其旋转轴的转速越来越高,部分旋转轴的转速超过 15,000 rpm,而且部分腔体的密封介质温度也高达 150℃以上,对油封的性能要求大幅度提高,为了实现这类高温高速油封的国产化,除了在油封结构、材料及生产工艺等方面进行优化及创新外,研制高温高速油封可靠性评价装置显得尤为重要,可靠性评价自然离不开评价设备,因此,进行高温高速油封试验台的开发,将成为高温高速油封国产化成败的关键[1] [2]。

本文通过对油封试验台核心部件(油封唇口对摩副-转子及油封外圆安装腔体)的布置及结构设计研究,成功解决了被试腔旋转轴在高温高速下的旋转精度低的问题;同时被试验的油封安装方便,便于同时进行国内外油封的性能对比试验,成为国内首台转速达到 24,000 rpm 的高温高速油封试验设备,率先实现高速油封试验台的国产化。

2. 研究方法

目前,油封试验台主要包括:试验台主体、被试腔、主轴驱动电机、电气控制部分、油箱、数据采集及操作台等部分组成,国内油封试验台的主轴转速一般在 1000~10,000 rpm 范围内,介质压力可以根据需要由液压泵提供,介质可以是常温,也可以是高温或低温,介质类型可以是液压(润滑)油、油气混合物、水及泥浆等。整个油封试验台,其核心部分应该是主轴驱动及被试腔两部分,主轴驱动方式限制了主轴的最高转速,被试腔(含主轴)的结构形式及精度决定了主轴的旋转精度及振动幅度,是评价油封试验台水平最关键的指标[3] [4]。

图 1 是一种常规油封试验台(双回转轴)外观图,主轴油普通电机驱动,转速为 200~3000 rpm,可加热(油液直接加热),也可以加压(压缩空气)。

为了提高油封试验台的主轴转速,将图 1 中的普通电机改为高速电主轴,转速可达 10,000 rpm,密封介质可以是润滑油或油气混合物,可直接加热油液,以提高介质温度至油封实际工况要求,如图 2 所示。

对于高温高速油封试验台,如:试验腔温度超过 120℃,主轴转速超过 15,000 rpm,选用图 2 结构存在以下问题[5]:

电主轴伸出连接法兰以外部分为悬臂式结构,轴外端部跳动明显增大,其大幅振动对电主轴的高速运转不利,将会极大降低电主轴的使用寿命;

试验腔离电主轴太近,不管试验腔主体与连接法兰之间是否增加隔热垫,试验腔的热量对电主轴的轴承寿命有很大影响。



Figure 1. General appearance of bench of rotating seal test
图 1. 常规油封试验台外观图

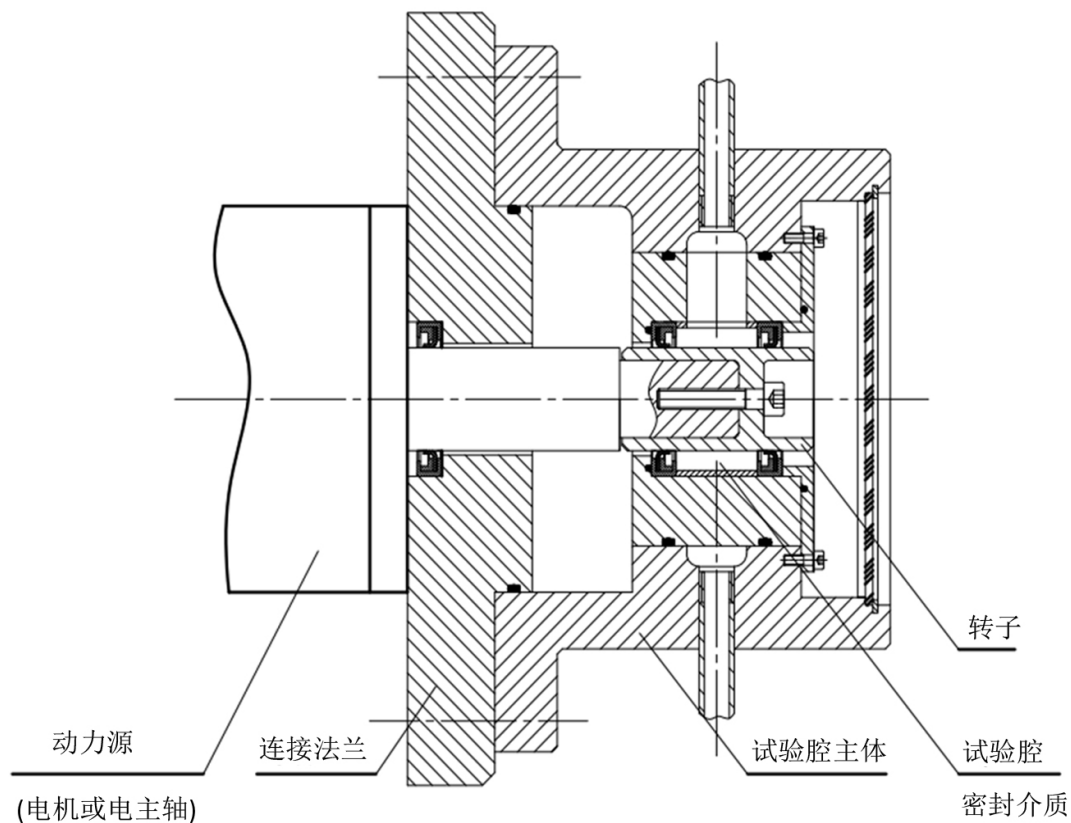


Figure 2. Schematic diagram of rotary shaft structure of high speed oil seal test rig
图 2. 高速油封试验台旋转轴结构示意图

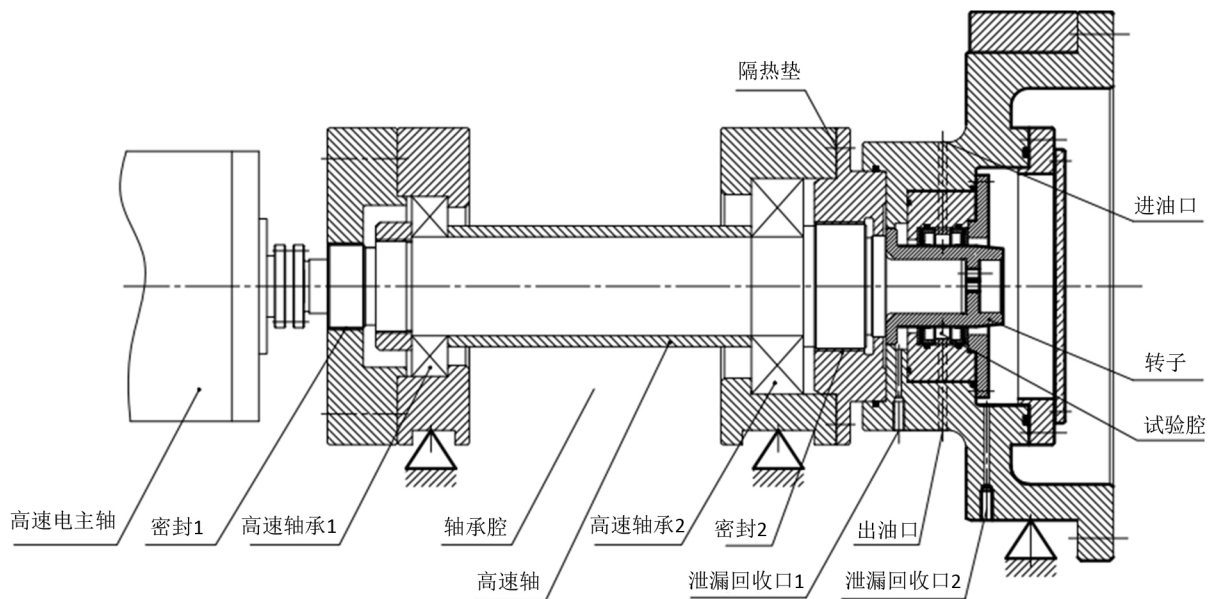


Figure 3. Schematic diagram of rotary shaft structure of high temperature and high speed oil seal test rig
图 3. 高温高速油封试验台旋转轴结构示意图

为了减小转子外端的径向跳动,同时降低试验腔(被试腔)的高温对高速电主轴使用寿命的影响,将图 2 的结构做如下改进(详见图 3):

- 1) 在高速电主轴与试验腔之间设置一个中间腔(轴承腔),使试验腔远离高速电主轴,避免试验腔高温对电主轴旋转精度及寿命的影响;
- 2) 在中间腔设置一高速回转轴,与电主轴柔性连接,高速轴安装在两端的高速轴承上,保证回转轴的径向跳动小;
- 3) 与高温高速油封对摩的转子则用螺栓刚性连接在高速回转轴的外侧面,以保证转子与高速电主轴同步转动;
- 4) 在高速电主轴与中间腔之间设置一个高速密封(密封 1),同时在中间腔与试验腔之间也设置一个耐高温及高速的密封(密封 2),以保证相互之间不窜油。

3. 结果与讨论

图 3 所示结构的高温高速油封试验台,包括:试验台主体、高速电主轴、中间腔(轴承腔)、试验腔(被试油封安装腔体)、电气控制系统、高温油源(提供密封介质)、常温油源(提供高速轴承润滑油)、操作面板及数据采集系统等部件组成。其中,高速电主轴、中间腔、试验腔为本试验台架的核心,对高速电主轴来说,要求其能够在高速油封实际工况规定的转速下正常运转,中间腔除了隔离试验腔与高速电主轴外,主要提供高速油封内唇口对摩副(转子)高速平稳运动的动力源,高温高速油封安装在试验腔内的转子上,在试验腔的设计过程中,必须保证转子及被试油封安装及拆卸方便,同时便于对被试油封的密封性能进行可靠性评价,如:泄漏量的测定、对摩副的更换。

如图 3 所示的高温高速油封性能评价装置,具有以下优点:

- 1) 试验腔与轴承腔单独供油,可以方便更换密封介质;
- 2) 中间的轴承腔为常温,便于降低试验腔高温对高速电主轴的影响;
- 3) 通过控制高速轴两端的精密高速轴承制造精度及安装精度,可以提高转子高速回转下的精度;
- 4) 有高速下转子的径向跳动小,可保证转子高速运行时,振动及噪音符合试验要求;

5) 每次可以同时评价两种结构(材料)的油封, 便于做对比试验;

6) 可以随时改变同一转子两端的表面处理方式(如: 喷涂碳化钨、镀硬铬、氮化后磨削等)、表面粗糙度及转子与油封径向过盈量等参数, 从而寻求相对较好的转子表面特性;

7) 油封安装方便(按照图 3 顺序依次安装), 拆卸简单(通过转子的凸肩将油封取下);

8) 转子两端均按照最近的原则设置泄漏回收通道, 保证泄漏量收集的相对准确。

本高温高速油封试验台于 2016 年 3 月研制完成, 随后用于高温高速唇密封的对摩件 - 转子的表面特性设计研究中。试验中, 高速油封选用一组进口样品(发动机传动附件的旋转轴密封)面对面安装进行试验, 通过改变转子材料表面的处理方式(镀硬铬、喷涂 WC 及氮化处理三种方式)、粗糙度($Ra0.3 \pm 0.1 \mu\text{m}$ 及 $Ra0.7 \pm 0.1 \mu\text{m}$ 两种粗糙度)及过盈量(转子直径依次为 44.8 mm、45 mm 及 45.2 mm), 进行不同转子表面参数的对比试验, 试验工况模拟样品的实际工况参数(密封腔体的温度、速度及压力的循环变化)。结果表明, 除了粗糙度 $Ra0.3 \pm 0.1 \mu\text{m}$ 的泄漏量比 $Ra0.7 \pm 0.1 \mu\text{m}$ 明显偏小以外(转子粗糙度选用 $Ra0.7 \mu\text{m}$ 时, 泄漏量超过标准 5 ml/h), 转子表面的三种处理方式及三种过盈量对泄漏量的影响基本可以忽略, 总泄漏量也符合该产品的标准要求, 两件进口样品的使用寿命也均超过 300 h, 满足产品的实际要求。

4. 结论

本高温高速油封试验评价装置, 整体结构布置及关键部件设计比较合理, 被试高温高速油封安装及拆卸比较方便, 尽管中间腔的轴承安装孔加工有一定的难度, 但只要选择合适的机加工工艺及加工设备, 选择国内知名的高速电主轴及高速轴承品牌, 就可以成功实现高温高速油封试验评价装置的国产化。目前广州机械科学研究院有限公司已经具备高温高速油封的评价能力, 主轴最大转速可达 24,000 rpm, 介质温度达 170℃ (油气混合物), 介质最大压力为 0.06 MPa, 转子外径 45 mm, 已经成功为国内使用高温高速油封的客户提供评价服务, 并已成功应用于公司高温高速油封产品的研制中。

基金项目

广东省科技厅基金项目, 合同编号: 2017A030310622, 项目名称: 橡胶密封系统的摩擦损伤与失效演化特性研究。

参考文献

- [1] 骆小勇, 王勇, 彭兵, 等. 聚四氟乙烯油封的密封性能研究[J]. 润滑与密封, 2010, 35(3): 112-115, 123.
- [2] 闻邦椿. 机械设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [3] 张凤阁, 杜光辉, 王天煜, 等. 高速电机发展与设计综述[J]. 电工技术学报, 2016, 31(7): 1-18.
- [4] 王凤翔. 高速电机的设计特点及相关技术研究[J]. 沈阳工业大学学报, 2006, 28(3): 258-264.
- [5] 孙鹏. 高速电机振动故障的分析与处理[J]. 设备管理与维修, 2016(6): 35-36.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2332-6980，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：iae@hanspub.org