

某综合机油泵试验台的设计与验证

王虹琴,陈卓群,王子,郭树桢,吴浩宇,杨强,申帅,孟宪宝,王鹏,
任佳信,李志东,吴文臻

中国北方发动机研究所,山西 大同 037036

摘要:为了验证不同机油泵的性能,提高经济性和生产效率,根据机油泵性能要求,设计研发集成台架总成、驱动系统、油路系统、冷却系统、电气控制和显示系统等在内的、满足多种机油泵测试要求的综合试验台,并进行机油泵流量特性和功率特性试验验证。试验结果表明:设计的机油泵综合试验台能够满足多种机油泵的性能要求,系统操作安全可靠、便捷,控制方式合理,可有效降低劳动强度和生产成本。

关键词:机油泵;性能试验;流量特性试验;功率特性试验;综合试验台

中图分类号:TK427

文献标志码:A

文章编号:1673-6397(2025)04-0081-05

引用格式:王虹琴,陈卓群,王子,等.某综合机油泵试验台的设计与验证[J].内燃机与动力装置,2025,42(4):81-85.

WANG Hongqin, CHEN Zhuoqun, WANG Zi, et al. Design and verification of an integrated oil pump test bench[J]. Internal Combustion Engine & Powerplant, 2025, 42(4): 81-85.

0 引言

机油泵是发动机润滑系统的核心部件,使润滑油在润滑系统内循环流动,保证发动机在全工况下向系统润滑部位提供符合设计压力的足量润滑油。文献[1]应用多工位循环冷却高压油泵寿命测试装置,集成多组测试腔体、伺服电机联动凸轮轴,实现多泵同步测试;文献[2]利用循环降温模块确保油温稳定,使用高压/低压端流量计与压力表实时监控参数;文献[3]用双螺旋杆同步驱动结构,通过皮带轮传动实现试验台与环境柜的间距智能调节,减少振动干扰,提高测试稳定性;文献[4]应用多环境模拟能力,使用高精度传感器实现全生命周期数据追溯,可以兼容不同型号滑油泵,测试覆盖率达90%;文献[5]设计了航空滑油泵试验台,通过模块化设计整合性能测试、环境模拟与故障诊断功能,减少设备冗余;文献[6]采用紧凑结构设计了移动式试验台,该试验台兼具抽油泵性能测试与液压系统验证功能,适应野外作业需求。当前机油泵试验台的研究在智能化控制精度、多工况模拟真实性、能耗效率优化及数据实时处理能力等存在不足,难以满足高精度、高效率及复杂工况下现代发动机润滑系统测试需求。为确保机油泵质量,针对不同发动机对机油泵性能试验、考核试验及出厂试验的差异化需求,实现对多种试验工况的精确模拟,设计开发一种多功能综合试验台,为提高机油泵质量提供技术支持。

1 机油泵试验台总体设计及工作原理

1.1 设计技术要求

为保证机油泵产品质量,每件机油泵产品出厂前均应进行试验,满足试验条件后方可出厂。根据实

收稿日期:2024-07-15

第一作者简介:王虹琴(1993—),女,山西忻州人,工学硕士,工程师,主要研究方向为机械加工工艺,E-mail:879421746@qq.com。

际工作要求,设计一种机油泵试验台,满足机油泵转速为 5 000 r/min、体积流量为 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ 、机油温度为 100°C 、出口压力为 1.6 MPa 、发动机转矩为 $200 \text{ N}\cdot\text{m}$ 的工况要求,用于发动机的流量特性试验和功率特性试验。

1.2 机油泵试验台原理

机油泵综合试验台主要由设备台架总成、驱动系统、油路系统、冷却系统、电气控制系统及显示系统组成^[7],其原理示意图如图 1 所示。驱动系统带动机油泵转动,将油箱中的机油输送到油路系统,经冷却系统流回油箱,形成封闭式循环系统。通过工控机计算处理获得流量、转速、压力、油温、功率等试验数据,显示系统实时显示各项试验数据。

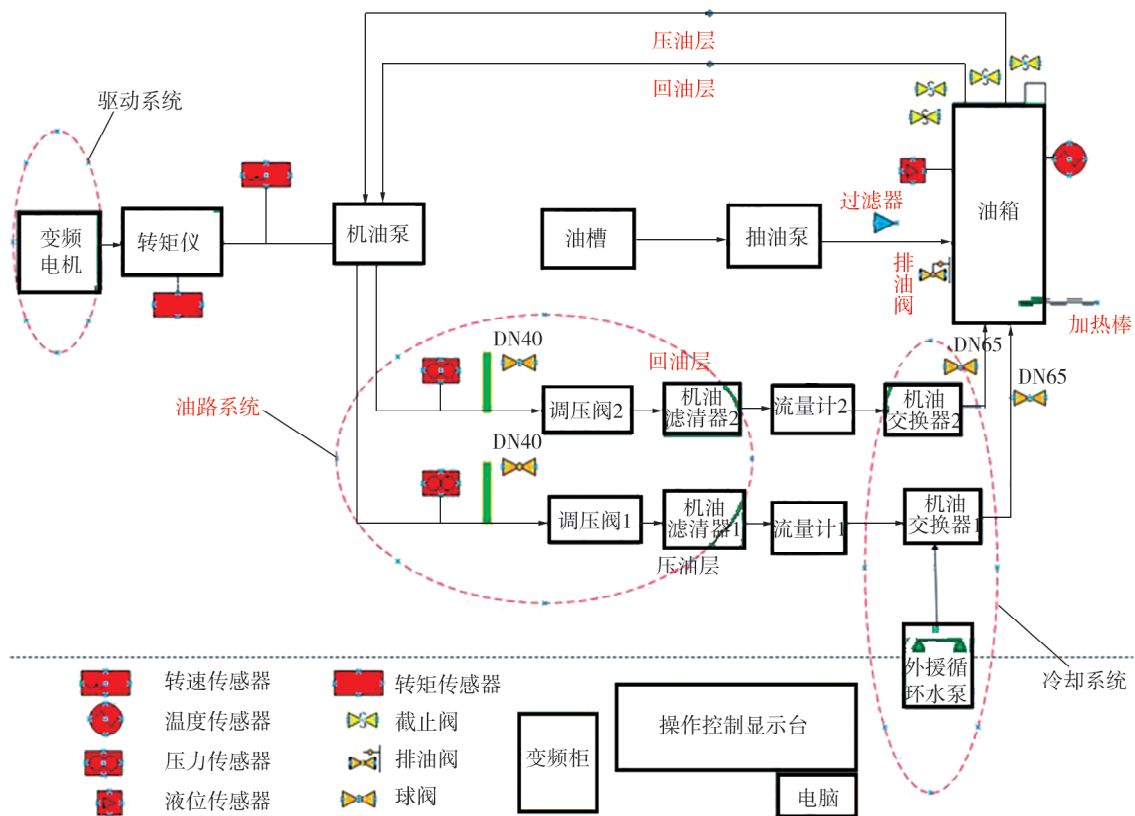


图 1 机油泵试验台原理示意图

1.3 台架总成

电机支座用于安装电机、转矩传感器、转速传感器,保证安装精度。工作台上设计有 2 个 T 型槽,用于夹具及被测试机油泵的快速安装。在工作台下方设计残油盘,可以收集拆装油泵残油。此外,设计独立于设备主台架外的变频柜,用于安装变频器,变频柜固定在台架一侧^[8]。

1.4 驱动系统

驱动系统由电机和传动轴组成。

1.4.1 电机

选用功率为 75 kW 的电机直接驱动机油泵,电机、夹具、试验用机油泵、转矩传感器、转速传感器均安装在底座上。电机轴中心距底座的高度为 $280_{-0.5}^0 \text{ mm}$ 。由于电机中心高度与机油泵主动轴度不一致,需制作电机安装座和工作台,将电机与底座可靠连接,并设计可调节高度的工装,使电机中心与机油泵主动轴的高度一致。

1.4.2 转矩传感器和转速传感器

在主电机与机油泵之间安装转矩传感器,用于测量机油泵的消耗功率,转矩传感器与电机及机油泵

之间采用联轴器连接;转速传感器安装在电机主轴上,用于测量机油泵转速。

1.4.3 传动轴

根据机油泵实际安装方式,机油泵与主轴的传动分为联轴器传动、花键连接传动两种传动形式。根据产品传动要求制作平板安装夹具,可以通过T形槽进行快速安装。

1.5 油路系统和冷却系统

1) 压油层油路走向

油箱—出油口温度传感器—被试机油泵—压力传感器 1—加载阀 1—机油滤清器 1—流量计 1—机油热交换器 1—油箱。

2) 回油层油路走向

油箱—出油口温度传感器—被试机油泵—压力传感器 2—加载阀 2—机油滤清器 2—流量计 2—机油热交换器 2—油箱。

3) 辅助油路走向

油底槽—抽油泵—过滤器—油箱。

4) 冷却系统走向

循环水—板式机油热交换器。

通过试验室已有的循环水对油路系统进行降温,既节省了水资源,又节省了重新建造水塔的费用。

5) 油箱

钢制油箱,侧面装有可视液位显示器,内部装有滤泡挡板,油箱底部设计有抽油泵、排油阀、功率为50 kW的大功率电加热器。

6) 其他

在系统出油口安装温度传感器测量油温;压力传感器的量程为0~1.6 MPa,精度为0.5级;根据试验大纲要求,加载阀通过调节油路阻力,对液压系统施加可控外载,以建立并维持试验所需压力。机油滤清器用于清洁油路中的杂质;机油热交换器用于油路中机油散热;采用椭圆齿轮流量计测量机油泵出油口流量,通过流量放大器将流量信号转换成标准信号,并将其传输至数字显示表显示。

1.6 电气控制及显示系统

试验台中的传感器、主要控制仪表及其精度如表1所示。电气控制及显示系统独立于设备主台架外,设计专门的变频柜,用于安装变频器等部件。试验室外布置操作控制显示台,安装电器控制系统、显示表及控制按钮等。控制柜上安装应急保护开关,用于紧急情况下停止电机运行。转速传感器、温度变送器、压力传感器、转矩传感器、椭圆齿轮流量计分别采集电机转速信号、油温信息、泵体压力信息、转矩信号、泵体流量信息,通过相应的显示仪表将信息显示在控制台^[9]。

表1 测量用传感器、控制仪表及其精度

测量项目	传感器	传感器精度等级	传感器数量	仪表	仪表精度等级	仪表数量
电机转速	霍尔式转速传感器		1	数字式转速表	0.5级	1
温度	温度变送器	0.5级	1	数字式温度表	0.5级	1
出口压力	压力传感器	0.5级	2	数字式压力表	0.5级	2
转矩	转矩传感器	0.5级	1	数字式转矩表	0.5级	1
流量	椭圆齿轮流量计	0.5级	2	数字式流量表	0.5级	2

2 机油泵试验

机油泵试验主要包括密封试验和性能试验,密封试验检查机油泵是否漏油,性能试验包括流量特性试验和功率特性试验,通过测量机油泵流量、功率与转速、压力、温度的关系,判断技术要求的转速、压力

下泵的流量是否满足设计要求^[10]。

主要试验步骤为:1)将机油泵和工装装入 T 型槽;2)开启供油阀门;3)开启总电源;4)调节油箱温度;5)调整电机转向,并启动调速电机;6)调整转速,通过手操器调节压力电控阀,从而调节压力,记录各个转速对应的流量、压力、转矩;7)关闭调速电机,关闭总电源开关;8)关闭供油阀门^[11]。

2.1 流量特性试验

开展流量特性试验检测机油泵供油量是否符合机油泵性能要求的流量曲线。X3 型机油泵性能参数如表 2 所示。

表 2 X3 型机油泵性能参数

介质	温度/℃	额定转速/(r·min ⁻¹)	压力/MPa	体积流量/(L·h ⁻¹)
CD40 柴油机机油	80~290	1 470±7	1.00±0.05	≥7 500

机油泵转速为 1 000~3 600 r/min,步长为 400 r/min,机油温度为 80~90 ℃,介质为柴油机 CD40,压力为 (1.00±0.05) MPa,每个转速运行 5 min,测量机油体积流量。

2.2 功率特性试验

机油泵功率特性试验用于检测是否符合功率特性曲线要求。转速-功率试验的试验方法与转速-流量试验的试验方法相同,2 个试验项目可结合进行,测定各工况机油泵的油温、转速、压力、供油量及转矩等参数并记录数据,绘制相应的曲线。

以 kW 为单位的轴功率 P 的数值^[12]

$$\{P\} = \{M\} \{n\} / 9\,550,$$

式中: $\{M\}$ 为以 N·m 为单位的转矩 M 的数值, $\{n\}$ 为以 r/min 为单位的转速 n 的数值。

2.3 结果分析

X3 系列机油泵流量-转速曲线如图 2 所示,功率-转速曲线如图 3 所示。由图 2、3 可知:机油泵的流量曲线走势与要求的流量特性设计曲线基本一致;在额定转速下机油泵的流量均大于设计要求,指标满足试验大纲要求;机油泵的功率曲线走势与设计要求的功率特性曲线基本一致,指标满足性能试验要求。

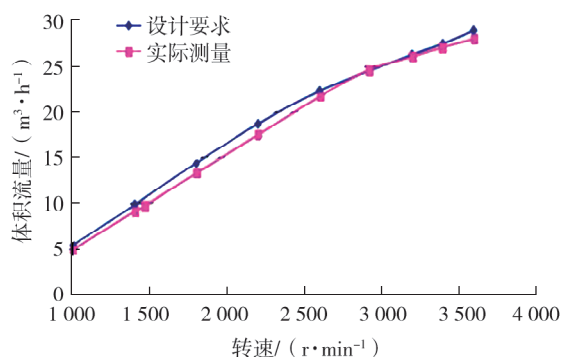


图 2 X3 系列机油泵流量-转速曲线

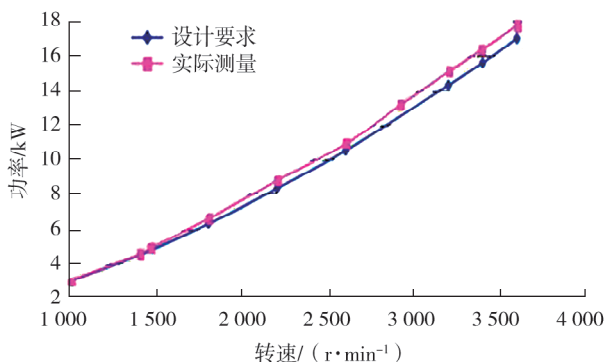


图 3 X3 系列机油泵功率-转速曲线

按照同样的测量方式,对同一台机油泵进行多次重复测量,测量结果相对误差为 0.2%,验证了试验台性能可靠。

经过现场验证,在综合试验台上安装一台机油泵可节省时间 5 min,还可节省人力和劳动强度,降低生产成本。机油泵综合试验台能够模拟发动机正常工作状况,测试机油泵的转速、流量、功率、转矩、温度、进出口压力以及密封性能,系统操作安全可靠、便捷,自动化程度高,控制方式合理,能满足机油泵的性能检验工作。该试验台不仅能够保证稳定的产品性能,而且大幅降低工人劳动强度,降低生产成本。

3 结束语

为保证机油泵产品质量,基于机油泵性能参数,采用模块化设计思路,研制了机油泵综合性能试验台,开展了机油泵在不同转速下的流量特性和功率特性试验,检测机油泵性能。试验结果表明:该试验台能够模拟发动机正常工况,系统操作安全可靠、便捷,可有效提高机油泵的检测效率,降低成本。该试验台可为机油泵研发与质检提供可靠数据支撑。

参考文献:

- [1] 尚建平. 190 系列发动机水泵试验台设计[J]. 内燃机与动力装置, 2012, 29(4): 23-27.
- [2] 柴洪磊, 谢飞飞, 王兆远, 等. 一种机油泵综合性能试验台及试验方法研究[J]. 汽车实用技术, 2016(8): 190-192.
- [3] 路德乐. 失速工况下混流泵不稳定流动特性研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2022.
- [4] 周学峰. 机油泵性能试验台的研制及机理研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2004.
- [5] 丁龙, 宋显国, 蔡金明, 等. 一种航空滑油泵综合试验台的研制[J]. 液压气动与密封, 2019, 39(7): 33-35.
- [6] 粟思奇, 张飞铁. 变量机油泵发动机匹配试验台控制仿真[J]. 计算机仿真, 2019, 36(7): 109-115.
- [7] 魏毅波, 朱文峰. 全程可变排量机油泵特性分析及试验研究[J]. 汽车实用技术, 2020(10): 172-173.
- [8] 吴慧, 符铭, 程仁庆, 等. 基于 LabVIEW 的机油泵测试与分析系统的开发[J]. 汽车实用技术, 2011(1): 26-29.
- [9] 王完成, 马宁, 周国印, 等. 柴油机起动过程喷雾撞壁试验研究[J]. 装甲兵工程学院学报, 2018, 32(5): 37-41.
- [10] 中国机械工业联合会. 内燃机 机油泵第 2 部分: 总成试验方法: JB/T 8413. 2—2010[S]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [11] 许冀阳, 李松峰. 基于 LabVIEW 的电子辅助水泵检测系统[J]. 小型内燃机与车辆技术, 2021, 50(2): 76-79.
- [12] 蒋小平, 刘思晗, 叶剑斌, 等. 高压余能回收液力透平试验台开发[J]. 流体机械, 2017, 45(6): 44-48.

Design and verification of an integrated oil pump test bench

WANG Hongqin, CHEN Zhuoqun, WANG Zi, GUO Shihui, WU Haoyu,
YANG Qiang, SHEN Shuai, MENG Xianbao, WANG Peng, REN Jiaxin,
LI Zhidong, WU Wenzhen

China North Engine Research Institute, Datong 037036, China

Abstract: In order to verify the performance of different oil pumps, improve economy and production efficiency, a comprehensive test bench is designed and developed based on the performance requirements of the oil pump, which includes an integrated bench assembly, drive system, oil system, cooling system, electrical control and display system, and meets various oil pump testing requirements. The flow and power characteristics of the oil pump are tested and verified. The experimental results show that the designed oil pump comprehensive test bench can meet the performance requirements of various oil pumps, with safe, reliable, and convenient system operation, reasonable control methods, and can effectively reduce labor intensity and production costs.

Keywords: oil pump; performance test; flow characteristic test; power characteristics test; integrated test stand

(责任编辑:刘丽君)