

车用重载齿轮箱和船用变速箱测试设计与实现

孟凡强

西门子工厂自动化工程有限公司 北京 100000

摘要: 本文详细介绍了车用重载齿轮箱和船用变速箱的测试设计与实现过程。针对陕西法士特提供的测试需求,我们设计了两套测试台架,分别用于车用重载手动变速箱、取力器以及船用变速箱的测试。文章从项目介绍、台架要求、测试对象和测试项目、被测对象参数、机械系统及其他要求、台架组成、系统结构、控制工艺以及调试过程中遇到的问题和新技术应用等方面进行了全面阐述。

关键词: 重载齿轮箱测试;船用变速箱试验;双电机同步控制;rawdata数据采集

引言

随着汽车与船舶工业向高功率密度、长寿命方向演进,变速箱作为核心传动部件,其可靠性验证需求日益迫切。传统测试方法存在效率低、精度不足等问题,难以满足复杂工况模拟需求。本文以陕西法士特项目为背景,针对车用重载齿轮箱及船用变速箱的测试需求,设计模块化测试台架体系,融合智能控制算法与先进数据采集技术,为变速箱全生命周期性能评估提供系统化解决方案。

1 项目介绍

本工程旨在向陕西法士特交付两套测试平台,主要针对车用重型手动变速器、动力输出装置以及船舶用变速器进行性能测试。项目供应内容涵盖电气系统与机械设备的提供及后续的调试服务。SFAE作为项目的总承包商,负责整体协调与管理,而将机械设备的的设计与制造任务,以及现场机械与电气设备的安装工作,委托某公司来执行。合同自2013年1月28日起正式生效,并于2014年3月18日启动现场的安装与调试流程,最终于2014年8月6日圆满完成了所有调试工作。

1.1 台架要求

1.1.1 800N.m台架

本台架主要用于车用变速箱和取力器的稳态疲劳寿命试验,以及车用变速箱的效率试验。被测对象的最高转速可达3000rpm,在1800rpm时最大扭矩为800N.m。试验台采用背靠背结构,便于在疲劳试验时安装转速传感器,在效率试验时安装带有转速测量功能的扭矩传感器。为适应不同型号变速箱的安装,以及疲劳试验与效率试验间安装结构的转换和取力器宽度的变化,试验台电机设计具备在长度和宽度方向上的移动能力。电机在宽度方向可移动500mm,在长度方向可实现多次移动,每次移动距离800-1000mm,以满足不同长度变速器的测

试需求。变速箱输入扭矩范围400Nm-800Nm,输出扭矩范围400Nm-10000Nm,且每个试验点的扭矩测量精度均需保持在0.5%以下。试验台还配备了变速器油温控制系统,确保变速器油温在60~120℃范围内稳定可控,以及扭矩标定系统,以保证测试数据的准确性和可靠性。此外,变速器采用人工换挡模式,无需额外配备换挡操纵机构,简化了试验台的操作流程。

1.1.2 3500N.m台架

本台架适用于中、重型及船用变速器的性能测试,包括稳态疲劳寿命试验、效率试验、船用变速器的换向试验等。被测变速器最高转速3000rpm,最大扭矩3500N.m(1800rpm)。试验台采用背靠背结构,电机在长度方向可移动800-1000mm,适应不同变速器长度。齿轮箱后端连接传动轴,伸缩量>50mm。加载端高度固定800mm,驱动端高度800-1200mm可调(垫块方式)。变速箱输入扭矩1000-3500Nm,输出扭矩700-40000Nm,扭矩测量精度<0.5%。配备油温控制系统(60-120℃)和扭矩标定系统。车用变速器人工换挡,船用变速器配备换向操纵装置。

2 台架组成

2.1 机械系统

机械系统主要是三种结构,即车用变速箱加载试验,取力器试验,船用变速箱性能试验。

2.2 动力系统

动力系统根据台架的不同需求,分为800N.m台架和3500N.m台架两种配置。800N.m台架选用两台1PH8异步电机,电压为3AC400V/50Hz,额定功率165KW,额定转速1750rpm,额定扭矩900N.m,最高转速4500rpm,采用强制风冷方式,防护等级为IP23。其中一台作为驱动电机运行在转速模式,另一台作为加载电机采用速度饱和和扭矩限幅方式加载,两台电机运行方式可互换实现

反向加载。变频器采用共直流母线方案，由一台ALM和两台MoM组成，电压范围3AC380V（-15%）~460V（+5%），功率160KW，输出电流310A。3500N.m台架同样选用两台1PH8异步电机，但电压为3AC690V/50Hz，额定功率680KW，额定转速1350rpm，额定扭矩4810N.m，最高转速2800rpm，也采用强制风冷方式，防护等级为IP23。电机运行方式与800N.m台架相同。变频器同样采用共直流母线方案，由一台ALM和两台MoM组成，电压为3AC690V，功率710KW，输出电流735A。

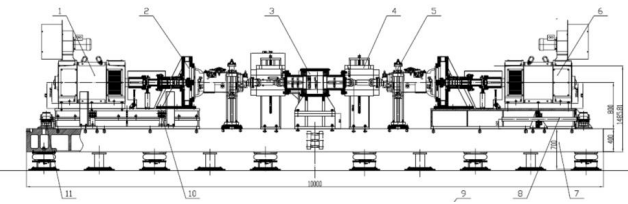


图1 3500N.m加载试验机械结构图

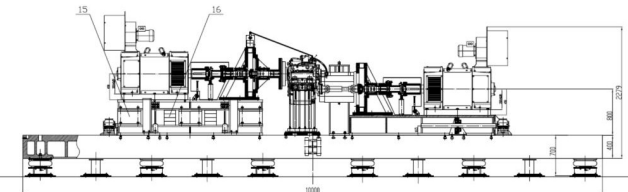


图2 13500N.m船用变速箱性能试验机械结构图

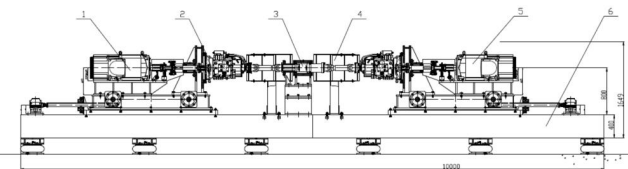


图3 800N.m加载试验机械结构图

2.3 测控系统

测控系统由工控机、操作软件、CPU414-3PN/DP、ET200M、扭矩传感器、中间轴转速传感器和温度压力传感器等组成。工控机通过以太网与PLC通讯，配备一台显示器，操作软件采用WinCC平台开发。扭矩传感器根据台架不同选用HBM T40或GIF双量程扭矩传感器，以满足不同扭矩测量需求，并确保扭矩精度达到客户要求。中间轴转速传感器采用海德汉产品ERM220系列，使用ET200S计数模块读取转速信号。针对使用中发现问题，已配备码盘和替代传感器，确保转速测量的准确性和稳定性。

2.4 数采系统

数采系统采用ET200S，为实现船用变速箱油压快速采集，3500N.m台架特别配备了两路高速采集模块。这些高速采集模块需要单独配接口模块，不能与计数模块一起使用。数采系统主要测量参数包括主陪试变速箱出油口温度、供气压力、取力器供气压力、船用变速器油温和油压等，以全面监控变速箱的工作状态。

2.5 辅助系统

辅助系统包括变速箱油温控制装置、扭矩传感器标定装置以及船用变速箱自动换挡机构。油温控制装置用于保持变速箱在适宜的工作温度范围内；扭矩传感器标定装置用于确保扭矩测量的准确性；自动换挡机构由南通常测设计，通过调整控制电压大小实现换挡机构手柄位置的调整，从而完成换挡操作，提高试验的自动化程度。

3 系统结构

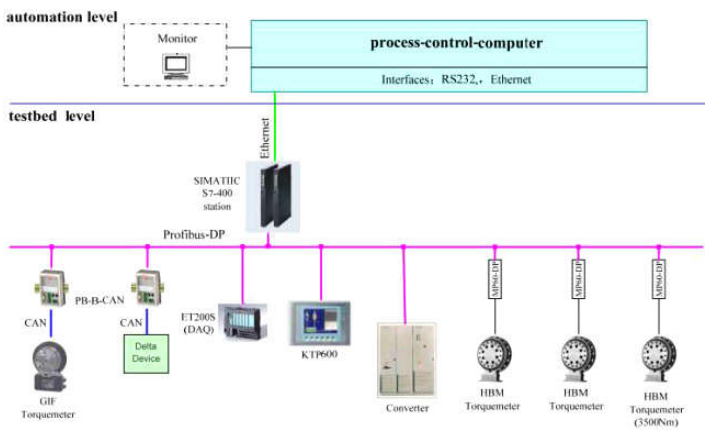


图4 系统结构图

4 控制工艺

4.1 车用变速箱疲劳试验

车用变速箱的疲劳试验与效率试验工艺相似，主要区别在于传感器安装位置：疲劳试验中间轴安装转速传

感器，效率试验则安装扭矩传感器。试验过程如下：操作人员手动挂挡后开启电机，系统自动判断档位，通过后按设定工况进行测试。转速和扭矩稳定后，系统自动计时，结束后自动停机，并通过声光提醒操作人员。试

验前需配置试验参数,试验开始时,WinCC根据客户选择的试验项目和档位,自动发送试验参数至PLC,PLC负

责后续的控制和计时工作。

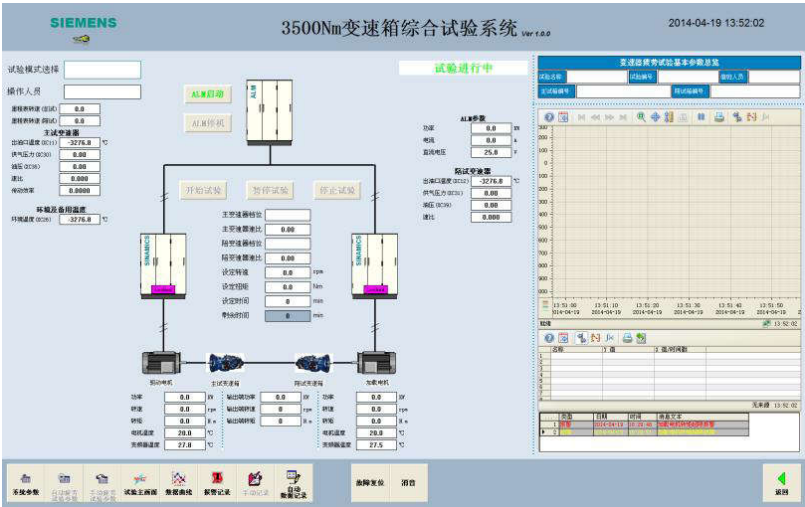


图5 自动疲劳寿命试验主界面

4.2 取力器试验

取力器试验分为开式试验和加载试验,其中加载试验与变速器加载试验相似,开式试验主要考察取力器的可靠性。试验前需配置参数,试验开始时,WinCC将试验参数发送至PLC,PLC根据设置自动进行取力器的吸合和断开控制。吸合次数完成后,系统自动停机,并通过声光提醒操作人员。

4.3 船用变速箱疲劳试验

由于船用变速箱内部结构的特殊性,其试验工艺与车用变速箱疲劳试验不同。船用变速器内部有两个离合器,分别控制前进挡和倒挡的结合。只有当船用齿轮箱的输入轴旋转到一定转速(约300rpm)后,齿轮泵才能供油给离合器,使其结合。在进行船用齿轮箱疲劳试验时,由于采用背靠背结构,需要驱动电机和加载电机同时运转,才能使两个船用齿轮箱都挂上挡。实际调试中发现,离合器结合瞬间可能存在较大扭矩冲击,主要原因是两台电机转速或变速箱油压不同步。建议先在开式模式下分别运行两台电机,使变速箱成功挂挡并建立起油压后再进行加载试验。

4.4 船用变速箱性能试验

船用变速箱性能试验包括空负荷运转试验、离合性能试验和连续换向试验。

(1) 空负荷试验:要求测定齿轮箱油泵的上油时间和油压,并在不同转速下进行正、倒车运转以及接合、分离操作。试验动态性要求不高,WinCC逐步发送试验数据至PLC,PLC执行后发送结束信号。

(2) 离合性能试验:在特定转速和负荷下进行正、

倒车离合和换向操作,测定换向时间,并计算离合器储备系数。客户可设置换挡手柄位置和加载扭矩值。

(3) 连续换向试验:要求齿轮箱在特定转速和负荷下进行正、倒车连续换向操作。试验要求快速换挡,WinCC将组试验数据一起发送至PLC,PLC自动完成连续换向。调试中通过使加载电机转速与挂档后转速一致来消除扭矩冲击,并可通过设置不同转速来模拟扭矩冲击。

5 新技术应用

我们使用rawdata实现了WinCC快速采集数据的功能。PLC每10ms存储一组有快速采集要求的数据在DB块里,然后每2秒发送一次数据到WinCC进行显示。

结语

本文详细介绍了车用重载齿轮箱和船用变速箱的测试设计与实现过程。通过合理设计测试台架、优化测控系统和数采系统、解决调试过程中遇到的问题并应用新技术,我们成功满足了陕西法士特的测试需求。未来,我们将进一步完善测试系统,提高测试精度和效率,为更多客户提供优质的测试服务。

参考文献

[1]周秋兵.重载机车齿轮箱内压力场特性及其对齿根裂纹扩展影响研究[D].西南交通大学,2023.
[2]赵洪新.精密重载齿轮箱传动系统优化设计研究[D].山东理工大学,2019.
[3]张贵泉.船用齿轮箱动力学特性及故障诊断研究[D].哈尔滨工业大学,2021.
[4]谷泉.大功率船用齿轮箱传动异常检测系统设计[J].舰船科学技术,2018,40(18):100-102.