

国内液压测试技术的现状与发展趋势

白清鹏

(中航力源液压股份有限公司, 贵州 贵阳 550018)

摘要: 液压测试技术是验证液压产品性能指标的关键技术。该文阐述了国内液压测试技术取得的一些成果及经验, 以及对液压产品研制及生产的作用。并介绍了今后发展的技术方向。

关键词: 液压测试技术; 模拟载荷; 动态性能; 环境因素; 发展趋势

中图分类号: TH137; T-19

文献标识码: A

文章编号: 1008-0813(2015)01-0020-04

The Current Situation and Development Trend of Domestic Hydraulic Testing Technology

BAI Qing-peng

(AVIC Liyuan Hydraulic Co., Ltd., Guiyang 550018, China)

Abstract: The hydraulic testing technology are key technology to validate the performance of hydraulic products. This thesis explains some of the achievements and experience gained from domestic hydraulic testing technology and their role on the development and production of hydraulic products. Also, it introduces the technical direction of future development.

Key words: hydraulic testing technology; simulated loading; dynamic performance; environmental factors; development trend.

0 概述

液压测试技术作为液压元件及液压系统研制和生产的关键技术, 是验证产品性能指标, 可靠性, 寿命等的重要手段。长期以来, 由于国内液压产品的自主知识产权不多, 测试设备的投入较大等因素, 液压测试技术未得到深入的利用和有效的重视。液压测试设备在军工行业相对投入较多, 在民品领域, 尤其是主机单位仅仅只是做一些必要的验证, 甚至很多均只是进行随主机考核试验。

进入21世纪以来, 随着中国经济的快速增长, 国家发展军工行业, 发展民用高端装备制造业的决心和能力逐步增强。尤其是2008年金融危机以来, 民用主机厂家及液压专业厂家因转型升级的需要, 自主研发的动力极大提升。在此背景下, 液压技术作为军民用高端装备制造业的关键技术, 得到了比较大的推动。液压测试技术也因此呈现出较大的发展变化。

收稿日期: 2014-12-03

作者简介: 白清鹏(1973-), 男, 贵州独山人, 高级工程师, 硕士, 主要从事液压测控技术及设备的研究开发工作。

1 液压测试技术现状

液压测试技术经过最近十年的发展, 从传统的以稳态测试为主, 仅满足一些必要的工作应力和环境应力模拟, 逐渐过渡到关注动态性能, 微观特性以及系统匹配性能等测试技术。液压测试设备从手动操作, 二次仪表显示逐步过渡到以计算机为测控中心, 兼具数据处理、分析的复杂系统技术。其主要技术特点主要有以下几个方面。

1.1 测试设备智能化

主要指的是根据通信技术, 网络技术, 智能控制技术, 信息处理技术等汇集而成的针对液压测试设备及技术的应用。测试设备智能化的重点及方向主要有下述五个方面。

1) 执行器件电控化

为了实现计算机测控, 液压测试设备的各类控制阀等执行元器件必需实现电控操作。尤其是液压调节单元和液压加载单元需要应用比例伺服技术或数字控制技术。比例伺服技术应用较多, 响应较快。数字控制技术主要应用在一些高压场合(50MPa以上)的溢流

[4] 机械工程手册编委会. 机械工程手册补充本(二)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988.

[5] 饶鸿才, 陶曾鲁, 蔡建勇. 4m³抓斗挖泥机用可调式液力变矩器[J]. 起重运输机械, 1993, (4).

[6] 陶曾鲁, 徐成云, 饶鸿才. 大容积高宽效可调变矩器设计试验

研究[J]. 工程机械, 1994, (10).

[7] 朱经昌. 液力变矩器的设计与计算[M]. 北京: 国防工业出版社, 1991, (10).

[8] 北方交通大学. 内燃机车液力传动[M]. 上海: 上海铁道出版社, 1980, (8).

阀、节流阀,重复精度较高。

2) 自诊断技术

随着测试设备的技术越来越复杂,价值越来越高,保护设备和被试产品的安全越来越重要。设备异常报警功能可以保护测试设备的正常运行。故障诊断功能可以帮助一般的技术维护人员也可以及时排除设备故障。同时,产品健康预警技术对被测试产品在测试中的故障先兆可以及时发现识别,报警并停机,避免被试产品彻底损坏,对分析产品的故障症候尤为关键。自诊断技术应该在某些关键点采取冗余设计的方法。

3) 测试工艺自动化

测试工艺员可以根据产品的试验流程,事先设置试验工艺路线及合格判据。由测试设备根据事先设置的程序进行试验,减少人员的工作量,避免人为测试误差的影响。应用于批生产试验及寿命试验可以较大提高测试效率及测试质量。

4) 产品装夹自动化

液压产品与测试设备的连接较复杂。比如,液压泵的连接,既要对接传动轴,又要连接不同的油管。装拆复杂,费人工,效率低。滴落的油液也不环保。使用自动装夹的目的主要是减少人员的工作量,提高效率,并达到在装拆产品过程中油液尽量不溢出。

产品自动装夹系统主要由自动传送系统,自动对中系统,自动夹紧系统,自动连接管路系统,自动注排油系统等组成。目前欧美国家液压测试设备仅具备部分自动装夹功能,如自动夹紧,自动注排油,管路连接使用快换接头等。日本盛和工业(SEIWA)的技术较完备,成熟。但待试产品要人工预先装在专用工装上,才能进行自动装夹。实际上并没有省人工,仅仅只是省了测试设备等待装拆的时间。中航力源液压公司近年来致力于研究自动装夹系统,目前已取得了一些突破,既可以省人工,也更省设备等待装拆产品时间。该项成果应用在批产试验台上将大大提高测试效率。图1为液压泵自动装夹系统三维设计简图。

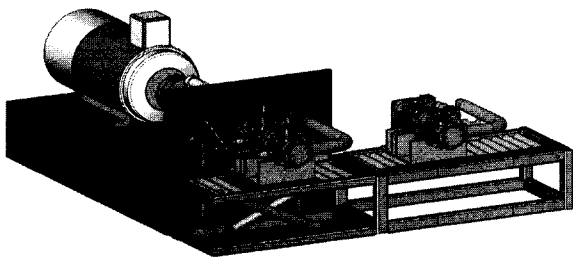


图1 液压泵自动装夹系统三维设计简图

5) 仪器仪表在线校验

仪器仪表作为液压测试设备的检测系统,测试数

据的准确性非常重要。因此,需要定期或不定期进行校验。传统的校验方法需要把各种传感器、二次仪表拆下来送检。如果配置的是计算机测试系统,需要拆信号传感器、板卡等送检,很不方便。因此,在线校验测试系统越来越得到用户的共识,同时还可以消除信号导线不同带来的微小误差。在线校验主要采用比较法进行静态标定。表1为在线校验标定各种信号的常用方法。

1.2 动态性能测试

液压产品的动态性能测试主要是考核产品对激变因素的响应及调节适应能力,测试产品的动态性能可以为液压系统匹配提供依据。这就需要测试设备具备模拟激变因素的功能以及测量系统,才能准确地测出产品的动态特性。针对一些响应时间较慢的传感器,如流量计,可以使用压力传感器经换算得到瞬时流量值。动态性能测试常用的测试项目主要有系统阻抗测试,压力脉动测试,最大瞬时压力测试,阀启闭特性测试等。

表1 在线校验标定各种信号的常用方法

序号	传感器类型	标定的标准器具	备注
1	压力传感器	活塞式压力计	直接读取砝码更可靠。
2	温度传感器	干井式温度校验仪	也可用标准温度计比较。
3	流量传感器	标准流量计	测试台要留出串接标准流量计的位置。
4	扭矩传感器	杠杆式砝码标定装置	注意标定装置与测试台传动头的连接角度,计算时,要消除角度的影响。
5	转速传感器	手持式测速仪	不够精确,但满足液压测试台对转速精度的要求。

1.3 特种试验

针对液压元件的某一结构或某一性能进行深入的测试研究,便于查找产品缺陷,提高性能。因此,也需要配备专用的特种性能测试设备。比如:研究液压泵流量脉动的流量脉动测试台;考核结构强度的压力脉冲测试台;研究液压泵摩擦副的配油盘油膜承载能力测试台;研究油液清洁度对液压产品性能、寿命影响的污染耐受度测试台等等。

1.4 节能环保技术

基于资源的短缺及生态的需要,为促进经济可持续发展,倡导绿色工业,国家出台了一系列节约能源和环境保护的法律法规。液压测试设备也应该充分考虑节能环保技术的应用。

1) 节能技术

长期以来,液压测试台对被试产品的加载均使用

的是节流或溢流加载。不但造成了加载功率全部损耗,同时因油液吸能温度升高,还要采取冷却措施,耗费了大量的能源。尤其是生产企业大批量的生产试验耗能更多。因此,液压测试设备需要采用功率回收技术,达到节省能源,降低成本的目的。

功率回收技术一般主要有机械功率回收,液压功率回收,电功率回收三种。机械功率回收和液压功率回收适用范围较窄,控制不便,较少使用。由于变频技术的发展及价格下降,目前电功率回收技术得到了较多的推广应用。液压测试台因既具备能源电动机又具备加载发电机,采用共直流母线的电功率回收方式性价比较高。根据液压元件及液压测试系统的效率不同,功率回收效率不尽相同,一般可以达到65%左右,设备运行2~3年即可收回投入成本。图2为液压泵测试电功率回收原理图。

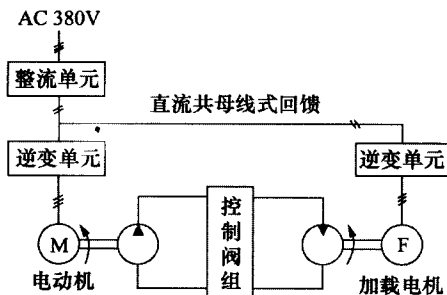


图2 液压泵测试电功率回收原理图

2) 环保技术

液压元件及系统的环保技术主要涉及三个方面：一是降低工作噪声。为了避免测试设备本身工作噪声对被测产品的影响,需要设置专用的噪声测试间,单独把被测产品进行隔离测试。目前国内仅有极个别航空航天研究院所具备测试能力,绝大部分的单位均无液压产品工作状态下的噪声测试手段;二是防止渗漏油。主要研究液压产品的动、静密封性能,需要配置专用的动、静密封测试台;三是环保工作介质的研究。比如:水液压系统,芬兰的 Tampere 工业大学有较成熟的研究,国内浙江大学也有一些研究成果,但要完全取代液压油还有很多困难。

1.5 外观机床化

老式的液压测试设备主要以敞开分布式为主,便于搭建,维护。近年来,随着集成阀块的大量应用以及人们对设备安全性,人性化的要求提升。液压测试台逐渐向集成化、封闭式的机床化方向发展。图3中,左图为美国 Titan 公司设计制造的液压泵测试台,右图为中航力源液压公司设计制造的液压泵、马达测试台。



(a)美国Titan公司设计制造的 液压泵测试台 (b)中航力源液压公司设计制造的 液压泵、马达测试台

图3 测试台

2 液压测试技术发展趋势

国内液压测试技术经过多年发展,在硬件方面基本达到了欧美日等国家的水平。但在帮助液压产品研发的方面,缺乏对试验方法的理论支撑,在分析试验方法和辅助分析软件应用等方面差距较大。因此,今后液压测试技术除了继续完善提升现有技术外,应该在以下方面着力加强。

2.1 模拟主机环境的测试技术

所有液压元件及液压系统技术参数的测试验证,应该尽量模拟主机装机的真实运行状态和考虑工作环境的影响。只有贴近真实环境的测试,才能研制出合适的产品。既不会达不到设计指标,也不会造成较大的设计余量。尤其是液压泵、液压马达、液压阀等液压核心器件更应该予以考虑。比如:同一台液压泵,装在起重机和挖掘机上,虽然工作压力及转速都没有超过液压泵额定值,因运行状态不同,寿命肯定不同,且差异可能还比较大。

1) 随机载荷谱的研究

绝大部分机器的运行都是无规律的,所承受的载荷也是随机的。但因机器的不同,随机中又有一定的规律可循。因此,需要根据主机的运行状态,研究相适应的随机载荷谱用于测试产品。国内在材料强度等领域有一些研究及应用,但在液压行业,几乎没有进入实用阶段的研究,国标规定的测试载荷谱也不是随机载荷谱。

2) 模拟环境因素的测试技术

液压产品在装机运行中,工作性能总是受到运行环境因素的影响。比如,因主机工作带来的振动,因天气变化带来的环境温度及工作介质温度的变化,因高海拔地区带来的大气压的变化等。因此,液压产品在研制过程中,需要模拟各种环境因素并在这些复合应力的共同作用下测试产品性能,才能更加真实地反映

产品装机性能。军品领域很早就开展了相关工作,早期主要是非工作状态下各种环境因素分别施加测试,以后逐渐过渡到工作状态下同时施加某几种环境因素(如:振动,环境高低温等)。对民品领域的液压产品,试验室条件下的环境测试工作几乎是空白,主要以随主机考核为主。今后该测试技术的发展必然是液压产品在工作状态下,多种环境因素同时施加测试。某航天研究所搭建的液压产品三综合测试台,可以在液压泵工作状态下,同时施加振动因素(通过振动台),环境温度因素(通过高低温箱)进行试验,对产品的研制起到了重要的作用。

2.2 模拟主机系统的测试技术

该技术需要按主机液压系统的配置情况及相对位置,按1:1的比例,在地面搭建系统测试台。目的主要是为了测试各液压元件和液压系统的动态性能。通过先期测试验证,得到优化匹配的液压系统。航空领域的“铁鸟”台,潜艇领域的“铁鱼”台等就是运用的此类测试技术。

该类测试技术的难点主要有两方面。一方面是加载装置的设计。需要模拟主机运行时承受的各种复合载荷;另一方面是辅助分析软件的应用。今后,系统匹配测试应该是半物理和分析仿真软件的有机结合。

2.3 加速寿命试验技术

寿命试验是液压元件及系统必需要做的测试项目。随着国内装备制造业的不断发展,对液压产品寿命的要求也不断提高,一些要求高的主机提出的寿命要求甚至达到3万小时。按一年365天,每天24小时不间断试验,都需要三年半。如果其中有一些问题需要反复,加上测试设备也需要维护,试验时间就更长了。因此,加速寿命试验就成为了必然的选择。

加速寿命试验的统一定义最早由美罗姆航展中心于1967年提出,加速寿命试验实际上是在进行合理工程及统计假设的基础上,通过提高产品的试验参数,如转速、压力、动态冲击频率等,利用与物理失效规律相关的统计模型对在超出正常应力水平的加速环境下获得的信息进行转换,得到产品在额定应力水平下的特征可复现的数值估计,但不改变产品失效分布的方法。俄罗斯苏-27飞机主液压泵采用的就是加速寿命试验,加速比达到了1:8,也即是加速试验1h,等同于可靠性寿命达8小时。国内航空领域,中航力源液压公司、南京液压中心在液压泵加速寿命试验方面开展了一些研究应用。但总体来说,缺乏足够的理论及实践

基础,难以形成普适性的加速寿命测试方法。今后,应该借助国家项目,采取院校与企业联合的方式,结合国外的专业技术公司,研究液压产品加速寿命测试方法,有效缩短产品的研制周期及试验成本。

2.4 修订国家标准

国家标准是一个国家指导行业发展的规范、准则。有关部门应该积极组织相关院校、科研院所及企业,及时总结国内液压测试技术一段时间以来的成果和经验,充分考虑今后的发展趋势,及时修订完善或制订新的液压测试标准。从国家层面,引导整个液压行业的提升和发展。

2.5 数字化测试工作平台

通过平台软件的规划管理,最大限度地提高测试效率。为企业提供测试协同工作平台,使液压产品测试的准备、执行、分析、评估四大阶段处于自动和受控的状态,对测试工作各阶段的工作进行专业协作,帮助企业从测试数据中获取知识和经验,达到改进产品设计,提高产品质量,提升企业生产力和竞争力的目的。

3 结束语

借助我国大力发展军工行业,发展民用高端装备制造业的契机,国内液压测试技术未来将会得到越来越多的重视。液压行业各院校、科研院所及企业对液压测试设备在性能及数量上均会有更多的需求。

当然,液压测试技术是为液压产品服务的。液压产品需要在生产流程及工艺方法上固化、提高,使各批次的液压产品性能的稳定性、一致性得到强化,液压测试技术才能有效促进液压行业的发展。

参考文献

- [1] 雷天觉.新编液压工程手册[M].北京:北京理工大学出版社,1998,(12).
- [2] 杨尔庄.二十一世纪液压技术现状及发展趋势[J].液压与气动,2001,(3).
- [3] 沙宝森.转型升级,我们在行动[J].液压气动与密封,2014,(1).
- [4] 杨华勇,等.水液压技术的研究现状与发展趋势[J].中国机械工程,2000,(12).
- [5] 张海平.做好耐久性试验[J].液压气动与密封,2014,(10).
- [6] 吕少力,李静.综合试验台液压系统的设计[J].液压气动与密封,2013,(12).
- [7] 潘东升,等.液压仿真技术的现状及发展趋势[J].新技术新工艺,2005,(4).