

新一代电磁技术对材料测试领域的重大改进

Great Improvement of New Generation Electromagnetic Technology on Material Testing

博 士 集 团 封志刚
威讯科技(集团)有限公司 钟志辉

无摩擦的轴承驱动设计已经获得了世界专利技术,它已被广泛的用于 BOSE ElectroForce 系列的产品,使用起来极具弹性,可同时实现宽位移并保证其高侧向刚度。可以说,它没有疲劳寿命的限制,因为其本身的设计就是在疲劳极限以下使用的。作为一款测试材料疲劳特性的试验机,本身对试验机的耐疲劳性也是一种严峻的考验。

众所周知,在 BOSE 的动磁式线性电机问世之前,材料测试试验机的机械驱动部分通常为以下几种形式:丝杠式、液压式、气动式和声音线圈等;而 BOSE ELF 系列的机械驱动部分采用的是专利技术——动磁式电机设计。它的线圈固定,永磁体在中间,通过与柔性支撑的配合做往复运动。这种新型的设计,标志着机械疲劳以及动态特性测试中的一个革命化的测试手段的出现,它的问世实现了材料测试者梦寐以求的高性能、高频率、高精度和高耐用性。

历史回顾

材料测试系统正经历着快速发展的时期,记得在莱奥纳多·达·芬奇笔记(Leonardo Da Vinci's Notebook)

里出示了一款简单的拉伸测试系统:它由吊篮和钢丝 2 部分组成,其中钢丝是试验所需要测试的样品,随着往吊篮内不断的增加石块的质量而最终导致钢丝的断裂。这个过程就是历史上最原始、最朴素的、最简单的静态疲劳测试试验。而德国科学家 August Wohler 则第一次对疲劳试验机进行了系统地设计和研究,并创作了一款最原始的旋转梁式疲劳试验机,它被用于早期铁轨轮轴疲劳断裂情况的研究,它的实现原理非常简单,是通过目前所谓的丝杠式驱动疲劳试验机对样品施加一个正弦波的载荷力而实现的。

现代化的测试系统运用计算机实施精确、控制复杂的测试条件,并随时的监测材料在测试过程中的反

应;那么,我们为什么还要在材料测试领域引入一种新的电机技术呢?难道目前的测试方法还不够吗?答案是肯定的。虽然当前的测试技术已经被广泛地应用于各种测试领域,但是它们在许多领域都存在着一定的局限性,往往在产品性能、耐用性、易用性等方面都难以得到优秀的性价比。

目前主要的测试系统

目前用得最多的测试系统是机械丝杠式驱动系统,通常称之为直线伺服电机(EM)测试系统。这类设备最大的特点是可以提供一个比较大的应变,但是由于它们的测试手段比较单一,仅限于单纯的拉伸或者压缩测试,并局限于低周期的循环测



丝杠式驱动系统

试,其测试的频率和速度都比较低,性能的实现受到了直线伺服电机的转动惯量和丝杠间隙的制约,也就是受限于机械加载系统的滞后和机械误差。

液压伺服式电机(SH)测试系统可以满足于广泛的测试,包括频率从几 Hz 到几百 Hz,位移速率可达 25m/s,加载力最大可达到 1000t,但是它们的设计是非常复杂的,需要大量的机械部件才能制造出一台液压式的疲劳试验机,如泵、过滤阀、冷却系统、管道、控制器、液压阀和电机等。它的工作压力大概在 200~350bar (3000~5000psi),但使用这些零部件而导致的直接结果就是造价成本的增加,系统需要定期的维护。根据不完全统计,用液压系统每年的维护成本至少也要在 2 万左右,如果吨位再大的话,那维护成本将难以估算。

此外,如果液压系统的使用频率较高,则这类型的系统是需要每个月都定期的维护和校准的。因为随着零部件的更换和增多,校准是在所难免的,否则就对测试的精度和结果产

生严重的影响,所以它的试验可重复性比较差。对于液压设备,漏油的情况是时有发生,所以很难维持一个较清洁的试验环境,并且液压系统工作时往往会产生较大的噪音。

气动伺服驱动系统(SP)通常用于低频的试验测试(1~10Hz)。这种系统可加载的最大载荷通常局限在 10kN 左右,这是因为在低于 7Bar (100psi)的压力水平时,往往要求增加系统的活塞面积。而气动伺服系统所需要的零部件与液压伺服系统所需要的零部件是非常相似的,但造价相对来说会比较便宜点,这是因为它们往往用于低压测试。

另外驱动力(压缩空气)往往在实验室内已经准备好,相对于液压系统来说,气动伺服系统会比较容易安装和维护,但泄漏依然是该类系统难以避免的问题,相对来说不会造成太大的环境污染。就测试精度来说,与液压伺服系统一样,都不高,可重复性比较低。

还有一些用于低力值测试的系统,其采用的是声音线圈直线马达驱动技术,它们通常被业界称之为电动式测试机。这种方式的驱动比较洁净、制造成本也比较低,通常用于高频测试,但是可施加的力值往往较低(通常少于 20N),因为这类型的驱动往往会产生大量的热,随着力值的增大,产生的热量将会越大。

BOSE 的动磁式试验机在 ElectroForce 系列产品中的应用是几

十年研究的成果;该系统采用先进的电磁技术并结合无摩擦的轴承设计而成;使得动磁式试验机具有一系列的优点:高性能、高精度、高耐用性;这些都是其他驱动系统所无法媲美的;BOSE 动磁式试验机的出现必将为材料测试领所需要的高性能和高精度提高到一个更高的层次,传统的驱动系统在材料的动态力学测试一领域必将逐渐的推出历史舞台。

BOSE 动磁式线性电机的设计原理

将永磁体放置于用来产生电磁场的磁体之间,这就使得磁场稳定的同时永磁体可以在当中进行往复的运动,该产品基于动磁原理设计而成。

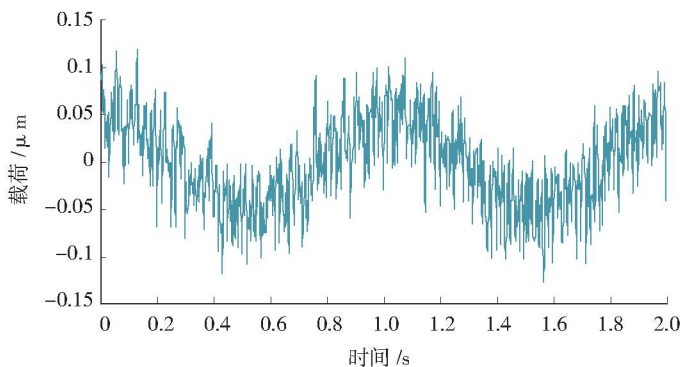
无摩擦的轴承驱动设计已经获得了世界专利技术,它已被广泛的用于 BOSE ElectroForce 系列的产品,使用起来极具弹性,可同时实现宽位移并保证高的侧向刚度。它可以说是没有疲劳寿命的限制,因为它本身的设计就是在疲劳极限以下使用的。作为一款测试材料疲劳特性的试验机,本身对试验机的耐疲劳性也是一种严峻的考验。

该设计包括以下优点:

(1) 力值范围广。如型号为 ELF3200 的产品可提供毫克级的力值,而 ELF3520 则可提供 15KN 的力值。

(2) 位移范围广。型号为 ELF3200 的线性电机产品可提供 13mm 的位移(±6.5mm)可控制到 20nm 的位移。而型号为 ELF3520 的则可提供 25mm 的位移(±12.5mm),其控制精度之高是前所未有的,这也是与其本身的设计方式密不可分的。

(3) 高保真,极高的可重复性。所采用的永磁体质量相当的轻,这样就实现了高低速的往复运动,同时也实现宽范围的频率和振幅。它在性



10nm位移的峰值到峰值的工况曲线

能曲线(工况谱图)中的表现是明显的,特别是液压系统或气动伺服系统与动磁式驱动系统在这一点上对比就十分明显,可鲜明地看出 BOSE 动磁式驱动系统的优势所在。

(4)安静的操作环境。在通常的操作条件下,进行工作时候的声音比一台式的家用电脑还小。

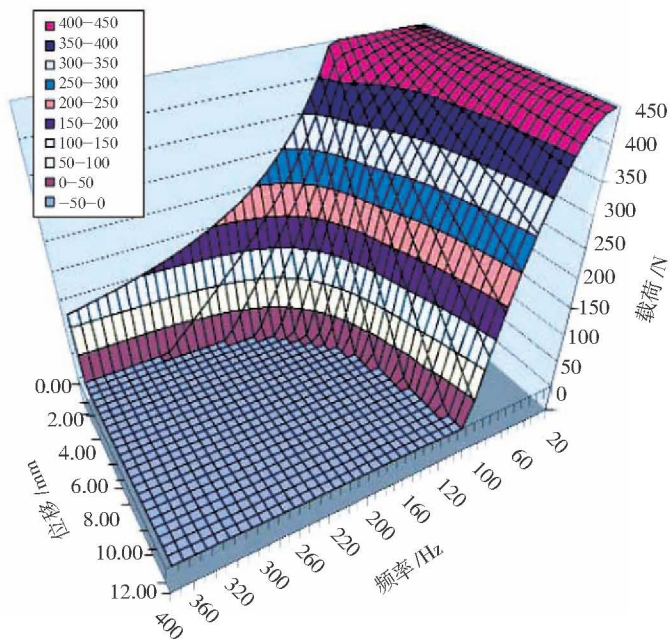
(5)免维护。BOSE 电机具有极高的稳定性,这一点在 BOSE 公司的内部测试当中已经得到证明;BOSE 公司的动磁式电机一年每天 24h 不间断地以 60Hz 的频率在不停的工作着,到目前为止已经经历了数亿亿次的周期测试,然而试验证明没有任何的零部件需要更换。

(6)高效率。BOSE 的线性电机只需要普通家用电源即可工作,比液压伺服系统所需要的工业用电压节省了能源。

(7)洁净的操作环境,与液压伺服驱动系统相比,动磁式驱动系统不需要任何的润滑件和液压油,在工作的过程中不会产生任何的碎片。

(8)可测试样品的种类多样,如日常消费品、抗冲抗压材料及元件、弹性材料元件、生物材料、整形外科材料、组织工程领域、强化塑料、复合材料和航空航天材料等。

(9)除应用于通用机械系统部件及材料的常规动/静态力学性能



ELF3200载荷、位移、频率3者的关系

分析以外,此系统还可作高周疲劳测试、动态力学性能分析,甚至多频率动态机械分析/热分析(DMA/DMTS)。测试手段灵活,可配以温度舱(非常适合航空材料的仿真测试)、盐水浴或者其他试验条件,并从中进行温度扫描、频率扫描,还可以进行复杂的多自由度动态仿真试验,真正实现从静态到动态的一站式材料测试完整解决方案。

BOSE 公司 ELeTroForce 动磁式材料测试机的出现,很好地填补了中低力值之间作为动态力学测试机的

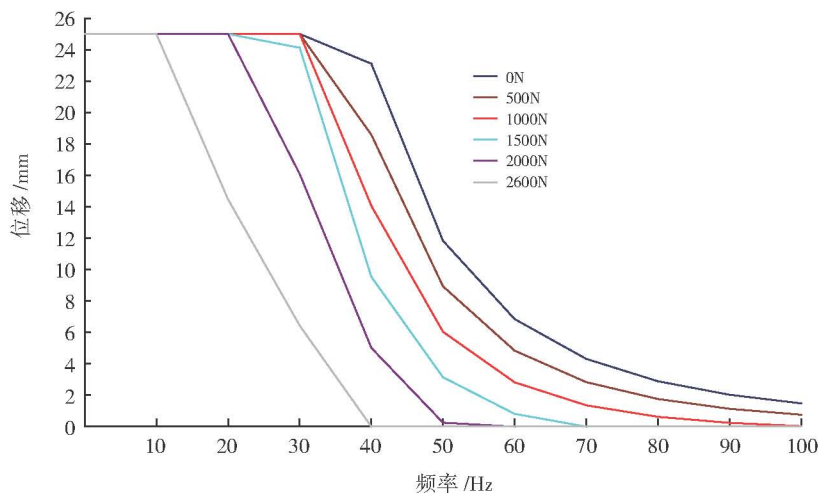
需要,从毫克级到 15kN、频率可高达 200Hz。传统的直线伺服电机(EM)在测试样品机械性能或者疲劳特性时候不能很好的兼顾和满足测试过程中所需要的大力值和宽位移的需要。

而液压伺服驱动系统却不具备高保真度和试验的可重复性,造价也相当昂贵,带来极大的能耗,而且需要定期的维护和保养,油漏始终是液压系统的一个难以克服的问题。虽然与液压系统相比较而言,气动伺服驱动系统会比较干净、能耗和造价低,但是这类型的驱动系统也缺乏保真度,而且在大多数测试过程中的频率测试也有很大的限制。如果需要一个高的保真度,那么其造价成本就会上升并且需要大量的维护。

结束语

BOSE 的动磁式材料试验机具有大力值、宽振幅、高频率、免维护、工作弹性大等特点。随着材料不断提高的测试要求,BOSE 公司的动磁式材料试验机必将以其出色的性价比越来越受到材料测试行业的青睐。

(责编 阳光)



BOSE ELF3330工况谱图