

直线电动机驱动的直线导轨副综合测试平台的设计与实现

广东高新凯特精密机械股份有限公司 (江门 529100) 曹鹏杰 伍金顺

1. 综合测试平台的设计背景

不同的使用环境对直线导轨副的高速性、平稳性、低噪声等各项性能的要求越来越高。为了应对这种状况,提升本公司产品品质,开拓高端市场,公司决定开发一种由直线电动机驱动的直线导轨副综合测试平台,采用U形直线电动机驱动测试导轨副,实现被测试导轨副的高速、高加速度、高频往复等极限运动。本测试平台上设置有温度传感器、加速度计、测声计等多种测试设备。通过本平台可测量导轨副各种极限运行状态下的噪声、振动、温升、寿命等综合运动性能,通过测量数据的分析能更好地指导产品设计与研发。

2. 综合测试平台的设计方案与关键技术

(1) 设计方案 本综合测试平台的结构简单实用,被测导轨副安装在U形直线电动机一旁,在电动机的带动下作直线往复运动,配上测量仪器就可在线测量导轨副运动状态下的综合情况。能够测试25、30、35、45、55、65六种型号24种规格产品;选用的U形直线电动机的峰值推力3 000N,持续推力750N;当负载为100kg时,加速度可达 3m/s^2 ,速度可达180m/min,测试行程设计为2m;可在线测量导轨副在高速运行状态下的噪声、振动、温升以及在高频往复极限运动情况下的寿命。

直线导轨副综合测试平台主要由三部分组成,机械部分、计算机控制系统和测试分析软件。整个系统主要由测量部分(包括各种传感器和直线电动机)、机械部分、计算机等部分组成。系统结构框图如图1所示。

(2) 设计难点与关键技术 本次综合测试平台的硬件部分设计由于采用了直线电动机驱动,大大

地简化了机械部分,各种传感器的位置排布也比较宽松,各种硬件设备的选购及组装都相对比较容

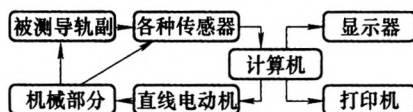


图1 系统结构框图

易。整个设计的难点与关键技术完全在于软件的设计与实现,而软件部分的难点在于测试分析软件的设计,其中温度与噪声的测试比较简单,可以直接采集读取,基本上不需要处理分析就可以得出比较直观的数据,但是振动加速度数据的采集及处理就具有相当的难度。如何将速度传感器获取滑块上下的振动信号进行积分变换,求出振动的速度和位移信号就是关键技术的体现。

由于振动信号的低频部分对位移振幅值的大小起着决定性的作用,而在测试信号中,往往因测试仪器温度变化造成的零点漂移含有长期趋势项,数据积分变换时趋势项对变换结果影响比较突出,尤其是二次积分时,位移曲线可能完全失真。加速度信号中除了有趋势项存在外,还有高频噪声,需要采用滤波器进行滤波,除去信号中的直流分量和噪声干扰成分,修正波形。这些都是需要攻克的难点。

3. 综合测试平台硬件设计与实现

综合测试平台的硬件包括两个部分,一部分是测试平台机械部分的设计,包括测试平台的总体布局与测试传感器位置分布的设计。另一部分是硬件控制系统的设计,论述了传感器与数据采集卡、运动控制卡、直线电动机的选择,运动控制系统的设计。

(1) 设备总体布局 本综合测试平台的组成如图2所示。可以看出,由于采用了直线电动机驱动,大大地简化了机械部分的结构,替代了传统的丝杠、皮带等传动部件,没有了机械接触,减小了摩擦,从而降低了系统噪声及振动的干扰,提高测试的准确度。另外还选择了特殊的静音拖链,采用耐磨损连接替代普通的销孔连接且节距小,使得拖链运行噪声更低。

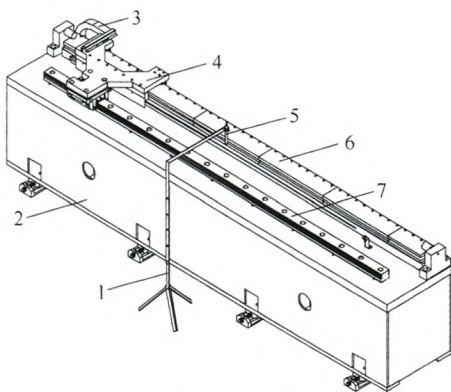


图2 总体布局

1.支架 2.基座 3.拖链 4.滑板 5.噪声计 6.直线电动机 7.被测导轨副

(2) 测试传感器的分布 机械部分除了支撑与传动结构以外还有各种传感器的布置。如图2所示,噪声计通过支架安装在离被测导轨副垂直高度200~500mm的上方,可测出导轨副以不同运行速度通过噪声计下方时的噪声曲线。如图3所示,加速度计安装在被测滑块上表面,通过对滑块表面上下振动的加速度数据作分析处理,可以得到导轨副在各种运行速度下的振动速度与位移曲线;温度传感器安装在滑块上表面,实时测量导轨副运行时滑块的温升情况。

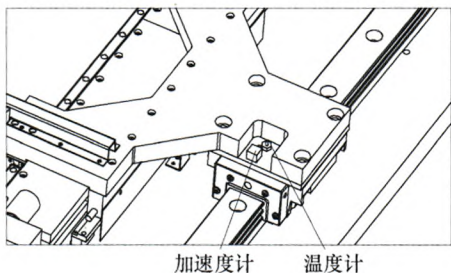


图3 传感器分布

(3) 硬件控制系统的设计 综合测试平台硬件控制系统的设计主要是计算机控制部分的设计,根据系统性能和测量精度的要求选择了相关的传感器、数据采集卡、运动控制卡、直线电动机及其驱

动器并提出了运动控制的解决方案。硬件控制系统的组成如图4所示。工业控制计算机连接运动控制卡和数据采集模块,运动控制卡和伺服系统相连接用于驱动综合测试平台,传感器的采集信号线和数据采集卡相连,最后送入工控机。另外还包括显示与打印等输入输出设备。

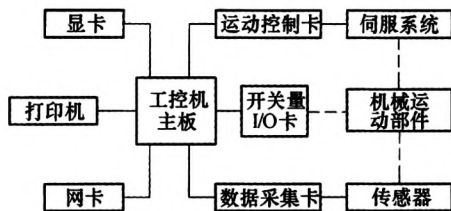


图4 硬件控制系统组成

依据设计要求,选取了深圳雷赛公司的DMC2210两轴运动控制卡,北京双诺AC6616P数据采集卡,广州华颐公司的凌华工控机,新加坡ACCEL直线电动机,美国COPLEY驱动器等相关的电子设备。传感器选用了朗斯公司LC01系列压电式加速度传感器与北京赛亿凌科公司的PT100温度传感器。

4. 综合测试平台的软件设计与实现

(1) 运动控制软件的设计实现 通过工控机,以Windows为操作平台。利用DMC2210的动态链接库可以很快开发出Windows在平台下的运动控制系统。DMC2210动态链接库是标准的Windows32位动态链接库,选用的开发工具应支持Windows标准的32位DLL调用。使用VB6.0版本,可以容易、快速地开发基于Windows的简单运动控制程序。VisualB控制程序按照如下步骤进行:安装DMC2210驱动程序及函数库;用VisualB编写测量仪工作界面;在应用程序中调用运动函数。

编制后的运动控制界面如图5所示,其中运动参数包括运行速度、往复位移、往复、定长、变速循环和定长距离等;运动控制程序包括启动、停止、回零点、位置清零、慢速和快速等。同时还可以在控制界面内显示被测导轨副当前运动状态,如速度、加速度、当前位置、滑块实时温度等。整个控制界面简单明了,操作方便、实用。

(2) 数据分析软件的设计实现 本数据分析软件主要是对安装在滑块上表面的加速度计测量采集的数据进行分析处理,希望得到滑块在不同

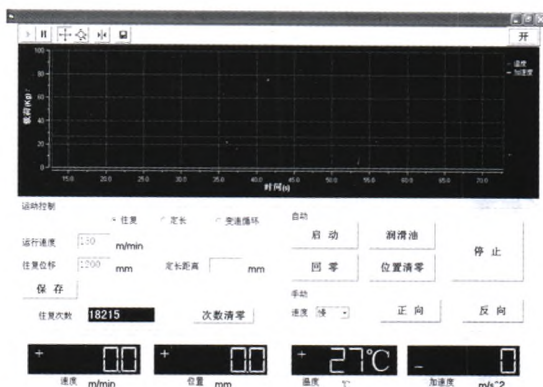


图5 运动控制界面

运行速度下上下振动的振幅。通过分析这些振动位移与滑块当时对应的位置来分析查找滑块产生振动以及振动突变的原因，以此为依据来改进相应产品的设计与加工工艺的改进，提升公司产品的性能与质量。因此，此分析软件的目的是：当滑块在导轨上来回高速直线运动时，通过加速度传感器获取滑块上下的振动信号，然后对加速度信号进行积分变换，求出振动的速度和位移信号。

本次测试软件使用LabVIEW与MATLAB编写。LabVIEW是工程人员开发测试常用的一种软件工具。是Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (实验室虚拟仪器集成环境)的简称，是由美国国家仪器公司推出的一个功能强大而又灵活的仪器和分析软件应用开发工具。LabVIEW 程序称为虚拟仪器或简称为VI，每个VI都由前面板和框图程序以及图标/连接端口三部分组成。LabVIEW不同于基于文本的编程语言，它是一种图形编程语言——通常称为G编程语言，其编程过程就是通过图形符号描述程序的行为。LabVIEW 使用的是科学家和工程师们所熟悉的术语，还使用了易于识别的构造G语言的图形符号。即使具有很少编程经验的人也能学会使用LabVIEW，并能够发现和了解一些有用的基本编程原则。

MATLAB (MATrixLABoratory, 矩阵实验室)是由美国MathWorks公司推出的一套数值计算软件，分为总包和若干个工具箱，可以实现数值分析、优化、统计、偏微分方程数值解、自动控制、信号处理、图像处理等若干个领域的计算和图形显示功能。它将不同数学分支的算法以函数的形式分类成库，使用时直接调用这些函数并赋予实际参数

就可以解决问题，快速而且准确。

综上，虚拟仪器编程软件LabVIEW和数学软件MATLAB是目前工程技术领域中比较流行的两种软件，功能强大，但是各自在某些方面存在着不足和缺点，对于一些需要进行大量数据运算处理的复杂应用，LabVIEW显得有些力不从心。因此如果在LabVIEW中实现MATLAB的调用，把LabVIEW软件平台与MATLAB相结合使用，无疑可以很好地补充LabVIEW的开发功能，大大地拓宽测试软件的开发范围。消除趋势项后速度与位移如图6所示。

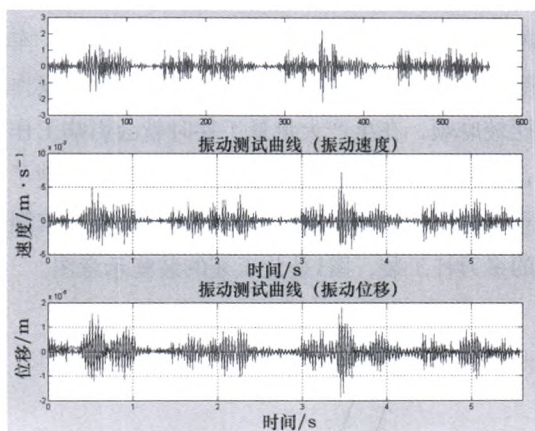


图 6

5. 测试与分析总结

通过对导轨副各项性能的综合测试，测试出导轨副在不同运行速度和时间状态下的滑块温升，可以检验滑块的塑料返向件的耐温性能。同样，通过对比导轨副在不同速度下的噪声，以及对比同速度下的不同厂家生产的同种规格的导轨副的噪声大小，可以明确定位本公司的产品在静音性能上与其他品牌产品的差距与优势，为更好地提升产品在这方面的性能提供了数据支持。

对于振动测试的分析，可以得出滑块在运动过程中上下振动的位移。通过分析振动位移的波形，可以找出在振动位移最大时滑块运行的位置与状态，经过多次测试对比，找到滑块振动多发区域，对这个区域的导轨的滚道表面质量以及滑块与滚子的状态分析，找出导轨副产生振动的原因，以此为依据改进相关的加工工艺与结构设计，提高公司产品品质。MW (收稿日期：20120802)

(该论文受广东省2011产学研项目“高速重载滚柱直线导轨副关键技术研究及产品研发”的支持)