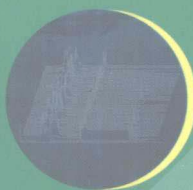


面向21世纪高等学校机电类专业教改教材

测试技术及应用

(第二版)

主 编 史天录 刘经燕
副主编 王建萍 陈益瑞 郝晓曦



华南理工大学出版社

面向 21 世纪高等学校机电类专业教改教材

测试技术及应用

(第二版)

主 编 史天录 刘经燕
副主编 王建萍 陈益瑞 郝晓曦

华南理工大学出版社

· 广州 ·

内 容 简 介

十余年来,信息科学与材料科学的发展,制造技术与微电子技术、计算机技术的紧密结合,给测试技术课程赋予了新的内容和要求。本教材力求在教学大纲的要求内,在阐明工程测试技术基础理论的前提下,尽量介绍它的最新技术,以开拓读者的视野。

结合工程测试技术的实际及其发展,全书共分六章,内容包括:测试系统分析,信号的获取,信号的预处理,常见工程量测试,信号描述及处理,微机化测试分析仪及微机测试系统。

本书可作为高校机械工程类专业(特别是机械制造工程类专业)的本科生教材,也可供相近专业的大专、夜大、函大、高职类教学选用,亦可供研究生、有关教师和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

测试技术及应用/史天录,刘经燕主编. —2版. —广州:华南理工大学出版社, 2009. 5

(面向21世纪高等学校机电类专业教改教材)

ISBN 978-7-5623-2969-5

I. 测… II. ①史…②刘… III. 测试技术-高等学校-教材 IV. TB4

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第045533号

总发行:华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学17号楼 邮编510640)

营销部电话:020-22236386 87113487 87111048(传真)

E-mail: z2cb@scut.edu.cn http://www.scutpress.com.cn

责任编辑:詹志青

印刷者:广东省农垦总局印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:13.5 字数:337千

版次:2009年5月第2版 2009年5月第7次印刷

印数:9001~12000册

定价:26.00元

版权所有 盗版必究

序

“测试”是人类认识自然、掌握自然规律的实践途径之一，是形成、发展和检验自然科学理论的实践基础。“测试技术”是科学研究中获得感性材料、接受自然信息的主要工具之一，是科学技术进步的重要支柱。

随着近代科学技术的迅速发展，特别是微电子技术及计算机技术的发展，“测试技术”所涵盖的内容更深刻、更广泛，它已涉及到许多科学领域，无论是生物、海洋、气象、地质、雷达、通信还是机械、电子等工程，几乎都离不开传感器技术和信号处理技术。

教学实践表明，在工科大学教育中，无论是本科、专科还是研究生教育，开设“工程测试技术”课程，对于学生掌握近代测试理论与技术、提高科研工作能力，都具有重要作用，是加强学生综合素质教育和创新能力培养的重要举措之一。

本书作者刘经燕等同志长期从事工程测试领域的教学与科研工作，该书既包含了他们教学工作的宝贵经验，亦包含了他们丰硕的科研成果。深信本书的出版，将对工科有关专业学生综合素质的培养和教学质量的提高产生良好的效益。

我应作者之邀，写此序言。祝愿作者们在进一步的教学与科研工作中取得更大的成就。并欢迎广大读者与同行对本书提出指正与建议，以帮助作者进一步做好工作。

杨叔子

2001 年 1 月

第 二 版 前 言

本书第一版被全国多所高等院校选作教材,使用量较大,受到广泛好评。最近几年在测试技术应用领域又有一些新的传感器和新测试技术,应使用该书的各兄弟院校老师的要求,我们对本书进行修订。

本书第二版是在刘经燕、熊焕庭等教授编写的《测试技术及应用》教材的基础上,根据当今测试技术的发展情况对原有的内容进行增加和修改而完成的,新版从内容到结构都做了相应的调整和补充,章节是按照典型的测试系统所完成一次测试的过程来安排顺序的。首先,增加了有关测试技术中常用的基本概念和方法、测试系统的基本组成及其性能指标;其次,介绍了信号获取的方法,在原有内容的基础上增加了一些新型传感器的工作原理和使用方法,并适当介绍了各种传感器的应用范围、性能指标和选用方法;第三,介绍了模拟信号的中间变换方法,对常用的变换方法(如电桥、调制解调、滤波等)在原理介绍的基础上,增加了使用范围、选用方法和使用时的注意事项;第四,介绍了常见工程量(如位移、速度、压力、振动、噪声与温度等)的测量方法;第五,介绍了信号处理的基本知识,主要增加了对一般数字信号进行处理的相关内容;最后,介绍了微机化测试分析仪及微机测试系统。

在本书第二版的修订工作中,五邑大学黄辉老师做了大量工作,杨铁牛教授给了一定指导,在此表示感谢!

本书配有多媒体教学、实验 CAI 光盘,需要者可与编者联系。Email: stl @ wyu. cn

由于编者的水平所限,新世纪教材的改革有待探讨,因此,书中难免存在缺点和错误,希望读者不吝指教,提出批评建议,我们由衷地欢迎和感激。

编 者

2009 年 3 月 24 日

前 言

本书是结合当前工程测试技术的实际和发展,为高等院校的机械工程类专业(特别是机械制造工程专业)的“测试技术及应用”(或“测试技术与信息处理”)课编写的教材。“测试技术及应用”是机械工程类专业的一门主要技术基础课。

在内容安排上,本书力求符合读者的认识规律,并尽量避免与“机械控制工程基础”内容重复。其基本内容及安排如下:第一章介绍测试信号的获取;第二章阐述模拟信号的中间变换和记录;第三章介绍常见工程量(如位移、速度、压力、振动、噪声和温度)的测量方法;第四章介绍信号处理的基本知识;最后一章介绍微机化测试分析仪及微机测试系统。

本书由广东五邑大学刘经燕任主编,深圳大学王建萍、湛江海洋大学陈益瑞任副主编。绪论和第三章由刘经燕和熊焕庭(五邑大学)编写;第一章由陈益民(广东工业大学)和刘经燕编写;第二章由陈益瑞编写;第四章由王建萍、陈益民和熊焕庭编写;第五章由熊焕庭编写。由广东工业大学司徒忠教授和佛山大学阮世勋教授主审。

本书的编写工作是在司徒忠教授倡议与指导下完成的,广东工业大学郑莹娜教授对编写大纲提出了宝贵意见,中山学院给第三章提供了部分素材。华中科技大学(原华中理工大学)杨叔子院士和卢文祥教授对本书的编写予以支持和指导。在成书过程中五邑大学刘海刚、AP95081 和 AP96081 班部分同学付出了辛勤劳动。编者对他们以及支持过此书编写工作的有关同志和领导及书末所列参考文献的作者表示衷心的感谢!

本书尚配有多媒体教学、实验 CAI 光盘,需要者可与编者联系。

由于编者的水平所限,新世纪教材的改革有待探讨,因此,书中肯定存在诸多缺点和错误,切望读者不吝指教,提出批评建议,我们由衷地欢迎和感激。

编 者

2001 年 2 月

目 录

绪论	1
第一章 测试系统分析	7
一、测试系统的一般组成	7
二、有关测试装置的常用术语	8
三、测试装置的基本特性	9
四、测试系统动态传递特性的时域描述	15
五、测试系统动态特性的识别	17
六、不失真测试装置的数学模型	20
七、测试中的干扰及正确接地	22
习题1	23
第二章 信号的获取	25
第一节 传感器的分类	25
第二节 电阻式传感器	26
一、工作原理	26
二、金属电阻应变片	27
三、半导体应变片	28
四、测量电路	28
第三节 电感式传感器	29
一、自感型传感器	30
二、互感型传感器	32
三、传感器应用实例	34
第四节 电容式传感器	36
一、工作原理与类型	36
二、测量电路	39
三、传感器实例	39
第五节 压电式传感器	42
一、压电效应	42
二、压电材料	43
三、压电传感器的等效电路	43
四、测量电路	44
五、电式超声波传感器	45
六、压电晶片的振动	46
七、压电陶瓷的振动	46

八、超声波传感器的应用	47
第六节 磁电式传感器	48
一、动圈式磁电传感器	48
二、磁阻式磁电传感器	49
三、传感器实例	50
第七节 半导体传感器	51
一、磁敏传感器	51
二、光敏传感器	53
三、热敏电阻	56
第八节 几种新型传感器	56
一、固态图像传感器 (CCD)	56
二、光纤传感器	59
三、非晶态合金传感器	61
四、智能传感器简介	62
第九节 几种重要的传感检测技术	63
一、激光检测法	63
二、超声波检测技术	64
三、核辐射检测技术	65
四、声发射传感技术	66
习题2	67
第三章 信号的预处理	69
第一节 电桥	69
一、电桥的平衡条件	69
二、直流电桥	70
三、交流电桥	72
第二节 调制与解调	73
一、调幅与解调	74
二、调频与解调	77
第三节 滤波器	79
一、理想滤波器	80
二、实际滤波器的技术参数	80
三、RC 滤波器	82
第四节 信号的记录	85
一、磁带记录仪	85
二、新型记录仪	88
第五节 模拟信号分析技术应用举例	90
一、幅值调制在测试仪器中的应用	90
二、频率调制在工程测试中的应用	91
三、模拟滤波器的应用	92

四、模拟频谱分析	94
习题3	95
第四章 常见工程量测试	96
第一节 位移测量	96
一、常用位移传感器	96
二、光栅数字位移传感器	97
三、角位移传感器	100
四、位移测量实例	103
第二节 速度测量	105
一、线速度测量	105
二、角速度测量	106
第三节 力与压力测量	107
一、力的测量	107
二、压力的测量	110
第四节 振动测试	114
一、单自由度系统的强迫振动	114
二、测振传感器	116
三、振动的激励及激振器	119
四、振动测试实例	123
第五节 噪声测试	124
一、噪声的度量	124
二、噪声测试常用仪器	127
第六节 温度测量	129
一、温度、温标及常用测温方法	129
二、热电偶测温	131
三、热电阻测温	134
四、热电偶和热电阻的测温电路	134
五、热电偶和热电阻的校验	135
习题4	135
第五章 信号描述及处理	136
第一节 信号的分类与描述	136
一、信号的分类	136
二、信号的描述	138
第二节 周期信号	138
一、周期信号的时域描述	138
二、周期信号的频域描述	141
三、周期信号的幅值描述	144
第三节 非周期信号	145
一、工程常见非周期信号的时域描述	145

二、非周期信号的频域特性·····	147
第四节 随机信号·····	153
一、随机信号的幅值描述·····	153
二、随机信号的时域描述·····	156
三、随机信号的频域描述·····	158
第五节 信号数字化·····	160
一、采样·····	160
二、截断·····	163
第六节 有限离散傅里叶变换与快速傅里叶变换·····	165
一、有限离散傅里叶变换 (DFT) ·····	165
二、快速傅里叶变换 (FFT) ·····	166
三、FFT 的参数选择·····	166
第七节 基于 FFT 的谱分析方法 ·····	167
一、确定性信号的傅里叶谱·····	167
二、随机信号的自功率谱密度分析·····	168
三、互谱密度分析和频率特性分析·····	168
四、相干函数分析·····	169
第八节 相关分析和谱分析的工程应用·····	169
一、相关分析及其应用·····	169
二、谱分析的工程应用·····	172
第九节 数字滤波简介·····	174
一、数字滤波的数学模型·····	174
二、调用数字滤波子程序的几个问题·····	175
习题 5 ·····	176
第六章 微机化测试分析仪及微机测试系统·····	178
第一节 概述·····	178
一、模拟式仪器、数字式仪器和微机化仪器·····	178
二、微机化测试分析仪的优点·····	178
三、微机化测试分析仪的发展·····	179
第二节 计算机辅助测试·····	179
一、信号采集子系统·····	180
二、PC 机的 ADC 插卡 ·····	182
三、模拟输出与 DAC 插卡 ·····	183
四、微机型数据采集分析系统·····	183
第三节 专用微机化测试分析仪·····	183
一、专用微机化测试分析仪的特点·····	183
二、专用微机化仪表·····	184
三、基于 DSP 的专用数字信号分析仪 ·····	184
第四节 虚拟仪器技术·····	184

一、使用者自己构建的仪器.....	185
二、虚拟仪器（系统）的构成	185
三、虚拟仪器软件开发平台 LabVIEW	186
四、自己构建一个简单的虚拟仪器.....	189
五、虚拟仪器的例子.....	194
第五节 自动测试系统.....	195
一、自动测试系统的特点及形式.....	195
二、测试系统的主要通信接口.....	196
附表.....	201
参考文献.....	202

绪 论

经数百万年蒙昧、数千年农耕、几百年工商,人类社会已进入当今的信息时代。社会的发展基于人类对客观世界的不断认识;同时,人类对客观的认识能力也随社会的发展而发展。测试,则正是人类认识客观世界的主要手段。

人类要认识世界、改造世界,探索一切自然规律,都离不开测试技术及各种检测仪器或系统。我国著名科学家王大珩先生指出,“仪器仪表是人们认识世界的工具”,没有这个工具人类就无法探索和研究自然界的奥秘。在科学研究中,要对未知领域进行探索,必然要借助于各种检测手段,利用这些先进的检测方法和仪器,人们可以认识自然界的规律,验证所提出的理论。可以说,每一种新的检测仪器的问世都将推动相关领域科学技术的进步。据统计,自诺贝尔奖创立以来,物理和化学奖中约有四分之一是由于获奖者在测试方法和测量仪器上的发明和创新而获得的。在工农业生产及国防各行业中,检测技术和仪器仪表同样占有极其重要的地位。国民生产的各领域都离不开检测技术和检测仪器或系统,它担负着生产过程的监测和自动控制,是保证生产连续、高效和安全运行的关键。可以说,没有先进的检测技术和检测仪器就没有现代工业化的发展。

测试是意义更为广泛的测量。国际通用计量学基本名词对“测量”的定义推荐为:“测量是以确定量值为目的的一组操作。”这种操作包括比较和得到标准量的倍数,即将被测量的参数与单位标准量进行比较,通过比较得到被测参数相对标准量的倍数即可获得测量结果。此外,还有与测量这一概念近似的检验,所谓测试实质上是给出参数量值应属的范围,并根据被测量参数是否在给定的范围来判别被测量数是否合格。检测包含测量和检验两种操作,但它还有一个极为重要的内容,即获取被测对象的有用信号。

一、测试技术在机械工程中的应用

随着近代科学技术(特别是信息科学、材料科学、微电子技术和计算机技术)的迅速发展,测试技术所涵盖的内容也更加深刻和广泛。现代人类的社会生产、生活、经济交往和科学研究都与测试技术息息相关。各个科学领域,特别是生物、海洋、航天、气象、地质、通信、控制、机械和电子等,都离不开测试技术,测试技术在这些领域中也起着越来越重要的作用。因此,测试技术已成为人类社会进步的、各学科高级工程技术人员必须掌握的一种重要基础技术。以下介绍测试技术在机械工程领域中的几个主要方面的应用。

(一) 产品开发和性能试验

新产品开发是企业活力的重要组成部分。一个新产品,从构想到占领市场,必须经过设计、试制、质量稳定的批量生产等过程。目前,随着各领域设计理论的日趋完善和计算机数字仿真技术的逐渐普及,产品设计也日趋完美。但真实的产品零件、部件、整机的性能试验等才是检验设计正确与否的唯一依据。许多产品都要经过设计、试验、再修改设计、再试验的多次反复,即使已定型的产品,在生产过程中也需要对每一产品或其部分样品作性能试

验,以便控制产品质量。用户验收产品的主要依据也是产品的性能试验结果。

例如,滚动轴承生产厂应按行业规定,对其生产的轴承作寿命及可靠性试验。图 0-1 所示是基于 PC 机的试验系统框图。在一台滚动轴承疲劳试验机上装有四套被试验轴承,液压机构给轴承加载至规定负荷,四个温度传感器分别测出各轴承的试验温度,与环境温度比较后获得试验温升。由安装在试验机上的振动传感器测出试验机的振动。PC 机每隔 1 小时自动巡回检测一次,在屏幕上显示温升和振动的时间历程。一台 PC 机可监控多台轴承疲劳试验机。当某一轴承的温升或某台试验机的振动超过预定值时,PC 机发出信号,送至电动机的继电器,使该试验机暂停工作,同时报警。试验人员对现场判断后,做出继续试验或取下失效轴承而对剩余轴承继续试验等选择,直到数百小时的试验全部完成。试验记录由计算机保存,并按规定作进一步的处理和分析。实际工程中,对一台机器,往往要对其主轴、传动轴做扭转疲劳试验;对齿轮传动系统,要做承载能力、传动精确度、运行噪声、振动、机械效率及寿命等方面的试验;对洗衣机等机电产品,要做运行噪声、振动和电控件寿命等试验;对柴油机、汽油机等,要做噪声、振动、油耗、废气排放等试验。对某些在冲击、振动环境下工作的整机或部件,还需模拟其工作环境进行试验,以证实或改进它们在此环境下的工作可靠性。例如,汽车空调压缩机、巷道掘进机的电控箱,需放在专门的电液伺服振动台上,由计算机控制振动台,在一定的误差范围内模拟实际工况振动。试验车辆,或在专门模拟各种路面的试车场做长时间行驶试验,或前轮、后轮均支承在专门的试验台上做试验,以

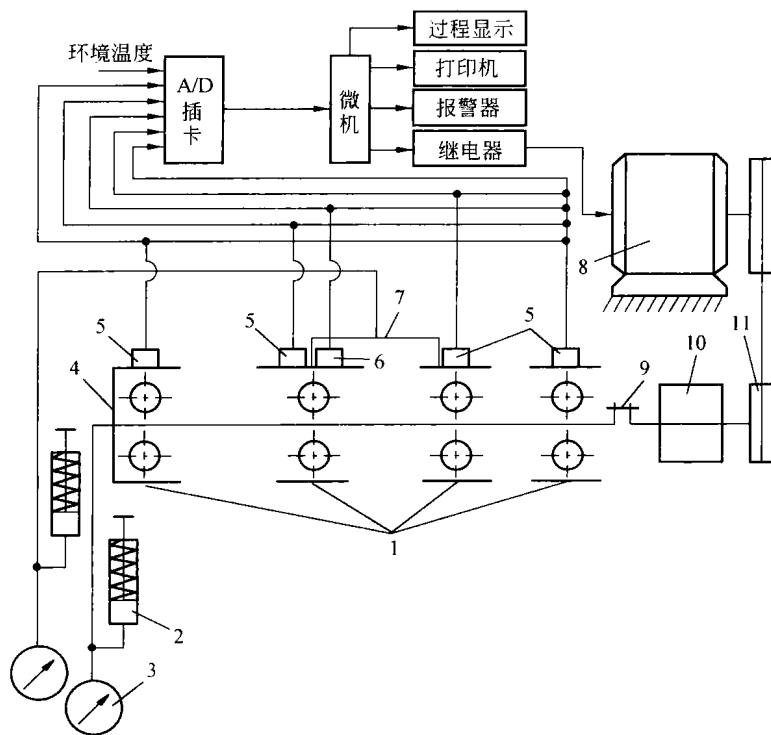


图 0-1 滚动轴承寿命及可靠性试验系统

1—轴承;2—手动螺旋液压器;3—压力表;4—轴向加载部件;5—温度传感器;6—加速度传感器;7—径向加载部件;8—电机;9—联轴器;10—增速器;11—皮带传动机构

检验主要构件和各零部件的可靠性。机器及其零部件的性能试验,是产品性能试验中的重要部分。

控制系统已是大多数近代机械设备不可缺少的一部分。对各种特定的控制系统及其关键元件都应进行静态、动态特性试验,如系统灵敏度、时间常数、过渡过程品质、频率特性等测试和仿真试验等。较详细要求请参阅有关书籍。

对许多机器设备或工程结构(如精密机床、高速汽轮机转子、高层建筑、海洋钻井平台等),限制其振动效应或提高其抗振性能,一直是人们追求的重要目标。为此,必须进行结构的动态试验。一种试验方法是在机器或结构的运行或使用状态测量适当部位的振动,并对所测数据进行分析,对动态品质作出评价,提出补救措施或改进意见。另一种方法是在样机或结构模型上选取多个激振点和拾振点,在激振点上施加特定的激励,同时测量激励和拾振点振动响应,所测数据经处理分析,可获得更准确、更全面的结构动态信息,如各阶模态频率、模态振型及模态阻尼等。目前多用有限元分析方法来进行结构的静力、动力计算分析,但计算模型的简化和边界条件的处理,使计算模型与实际结构总有较大差异。若进一步经结构模态试验,对有限元模型进行修改,将使设计更符合实际。像汽车、飞行器、船舶、水轮机、高层建筑、桥梁等大型复杂重要结构,现多采用有限元分析和结构模态试验相结合的设计方法。计算机直接调用试验模态参数,进行动力学修改和优化,使结构动态特性达到预定的要求。

(二) 质量控制与生产监督

产品质量是生产者关注的首要问题,机电产品的零件、组件、部件及整体的各生产环节,都必须对产品质量加以严格控制。从技术角度而言,测试(工业生产中常称为检测)则是质量控制与生产监督的基础手段。

例如,冰箱的旋转式压缩机,对其气缸、叶片、活塞三个主要零件的配合间隙有较高的要求。生产中,先按稍低的公差要求加工三个零件,再对它们相互配合尺寸作测量、分组,最后按规定配合间隙选配,既保证质量又降低生产成本。压缩机三个主要零件尺寸自动选配线的组成框图如图 0-2 所示。其中,叶片分选机和活塞分选机分别测量叶片和活塞的有关尺寸,并按 $1\mu\text{m}$ 的间隔分组,然后送入各自料库的分组箱和选配站,供选配时用。气缸检验机对缸体厚度和槽宽作测量,主计算机按缸体所测值和规定的间隙要求算出配合件(活塞和叶片)所需尺寸,指出所在分组箱位置,由皮带输送机送出供装配。选配线以 12 s 为一工作循环。

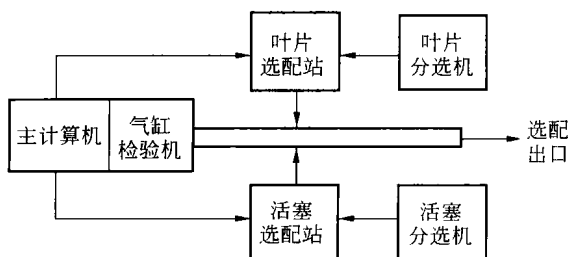


图 0-2 旋转式压缩机主要零件选配线组成框图

该选配线采用非接触式气动测量,如图 0-3 所示。压缩空气通过主喷嘴由测量喷嘴喷

向工件表面,不同的工件尺寸在工件表面与测量喷嘴间产生不同大小的环形气隙,造成测量喷嘴与主喷嘴之间气室的压差变化,经压力传感器转换为电信号,由计算机采集和处理,得到被测尺寸值。

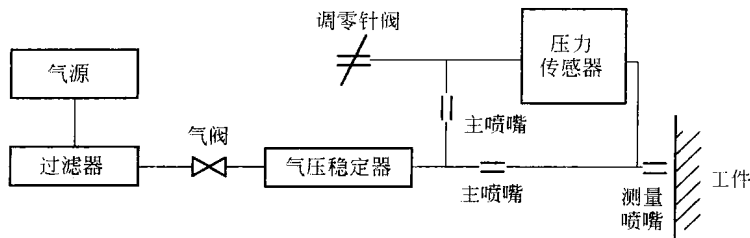


图 0-3 气动测量原理图

因环境保护的要求,噪声已成为滚动轴承质量优劣的主要指标之一,轴承厂必须严格控制轴承产品的噪声。一方面,必须检测出厂轴承噪声,分级销售;另一方面,应对检测结果作各种分析,以寻求降低噪声的措施,可用图 0-4 所示的滚动轴承振动检测仪及分析仪。该仪器拾取轴承振动信号,送至计算机作分析处理。在检测线上的快速分析结果(振动均方根值、峰值因子、峭度等)可对轴承噪声分级;对高噪声轴承振动信号的进一步分析,可找出噪声产生的主要原因;批量轴承噪声品质的统计数据,可用来进一步分析产品总体质量与各工序间的相关关系。

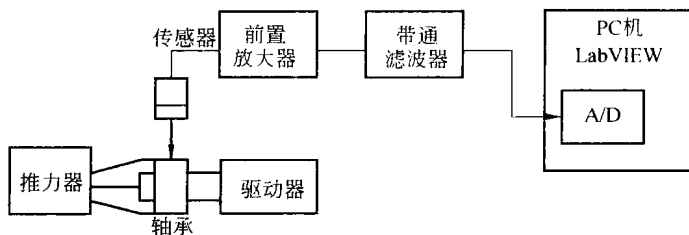


图 0-4 滚动轴承振动检测仪及分析仪框图

通过机械加工和生产流程中的在线检测与控制技术,把产品废品消灭在萌芽状态,以力保产品全部合格。如外圆直径测量仪,可按磨削工艺要求,检测磨削工件尺寸并控制磨削(粗磨—精磨—无进给磨削—退出工件—进入下一循环)工艺过程。在带钢热轧机组中,在线检测并自动控制带钢厚度、宽度,监测带钢表面质量等。在线检测可以提高劳动生产率,减轻劳动强度,节约和降低成本,因此在工业生产中获得了广泛应用。

随着传感器技术、微电子技术和计算机技术的发展,在线检测从制造业扩展到冶金、化工、能源、交通运输和航天航空等部门;检测参数从单参数到多参数;检测对象从单机到成套机械以至整个车间设备;自动化程度从简单的闭环控制到以计算机为基础的多参数综合监控和故障自动诊断。如发电厂,通过对发电机组的转速、振动、轴和机壳的胀缩位移、机组绝缘状况、冷却系统的泄漏、润滑油成分等的在线监测,可以确保发电厂的高效、安全运行。核电站对关键零部件是否松动、松动件跌落到什么地方都要作在线监测。大型船舶上的在线监测系统,需监测船上轮机和发电机等设备的运行状态、船体振动及关键构件的应变和应

力、冷藏货物状况等。大型民航客机上的“黑匣子”,就是一个难以摔坏的数据记录装置,记录着大气压力、气流速度、飞行航向、飞行速度、发动机及各种设备运行状态以及与控制台通信的各种数据。

(三) 机械故障诊断

机械故障诊断是工程诊断的重要组成部分,它源于现代工业生产对机器设备及其零件的高可靠性和高利用率要求。如在石油、化工、冶金等工业生产中,大型传动机械、压缩机、风机、反应塔罐、炉体等关键设备,一旦因故障停止工作,将导致整个生产停顿,造成巨大的经济损失。因此,在这些设备的运行状态下,人们就要了解或掌握其内部状况。一方面尽可能利用并延长其安全使用寿命,另一方面则根据其预测的剩余寿命安排好维修的方式、时间和所需准备的零部件等。

医生对人体内部器官做疾病检查,一般是根据多种化验、检测结果,结合症状来作出诊断的。同样,在设备的运行状态或不拆卸状态对其内部状况作出诊断,也是利用机器在工作或试验过程中出现的诸多现象,如温升、振动、噪声、应力应变、润滑油状况、异味等来分析、推理、判断的。显然,完善的测试是正确诊断的基础。

例如,滚动轴承是机器中常用易损件之一,人们一般不是将机器中的轴承拆下来,再将轴承拆开,分别检验它们的各个零件,去找寻它们缺陷的性质和所在位置。经大量分析、总结,人们认识到滚动轴承失效的基本方式有六种:磨损、疲劳、腐蚀、断裂、压痕和胶合。与正常轴承相比,失效轴承会产生各种特征的振动或发射声。因此,若能发现与某种失效形式对应的振动或发射声的特征,就可以判断运行轴承的状态。为此,要以适当的方式拾取振动或发射声(如用加速度传感器拾取轴承座的振动,用位移传感器直接拾取轴承套圈的表面振动);从混杂着大量机器振动和噪声的信号中提取轴承所引起的振动或噪声;对提取的信号进行特征分析(如时域统计、频谱分析等等);必要时,还需做一些试验,如拾取力锤敲击轴承座的信号。可见,测试是诊断的前提和基础。随着测试水平的不断提高,目前不少滚动轴承诊断仪的辨识准确率已达到 98%~99%。

20 世纪 60 年代,机械故障诊断技术多用于航天、军工等领域,以后逐步推广到核能设备、动力设备(如车用发动机、汽轮机、压缩机等)、加工机械(如各种机床的电气控制系统、气动及液压传动部件、机械机构等)、运输机械(如火车车轴箱温升)、压力容器和输送管道系统(如自来水管道的渗漏)等。

二、测试技术的发展

从专业角度看,测试技术应包括传感器技术、信号处理技术和仪器仪表技术三个方面。

从学科关系看,测试技术是综合运用多学科原理和技术,同时也直接为各专业学科服务的一门技术学科。各专业学科的发展不断地向测试技术提出新的要求,推动测试技术的发展,同时,测试技术也在迅速吸取各学科的新成就中得到发展。

十余年来,测试技术的发展在如下两个方面最为突出:

(一) 传感器技术的迅速发展

材料科学是传感器技术的重要基础。材料科学的迅速发展使得越来越多的物理和化学现象被应用,也使得人们可按所要求的性能来设计、配方和制作敏感元件。各类新型传感器的开发,不仅使得传感器性能进一步加强,也使得可测参量大大增多。例如,用各种配方的

半导体氧化物制造的各种气体传感器,应用光导纤维、液晶和生物功能材料制造的光纤传感器、液晶传感器和生物传感器,用稀土超磁致伸缩材料制造的微位移传感器,等等。

微电子学、微细加工技术及集成化工艺的发展使得传感器逐渐小型化、集成化、智能化和多功能化。例如,用集成化工艺将同一功能的多个敏感元件排列成线型或面型的能同时进行同一参数的多点测量的传感器;将不同功能的多个敏感元件集成为一体,组成可同时测量多种参数的传感器;将传感器与预处理电路甚至微处理器集成为一体,成为有初等智能的所谓智能化传感器,等等。

(二) 测试仪器微机化、智能化

数字信号处理方法、计算机技术和信息处理技术的迅速发展,使得测试仪器发生了根本性的变革。以微处理器为核心的数字式仪器能大大提高测试系统的精度、速度、测试能力和工作效率,有高的性能价格比及可靠性,已成为当前测试仪器的主流。目前数字式仪器正向标准接口总线的模块化插件式发展,向具有逻辑决断、自校准、自适应控制和自动补偿能力的智能化仪器发展,向用户自己构造所需功能的所谓虚拟仪器发展。

机械工程领域的各个方面,包括产品设计、开发、性能试验、自动化生产、智能制造、质量控制、加工动态过程的深入研究、机电设备状态监测、故障诊断和智能维修等都以先进的测试技术为重要支撑。测试技术的先进程度已是一个地区、一个国家科技发达程度的重要标志之一,测试技术已是一个企业、一个国家参与国内、国际市场竞争的一项重要基础技术。可以肯定,测试技术的作用和地位在今后将更加重要和突出。

三、课程的性质与要求

按拓宽基础、淡化专业的宽口径原则和新世纪制造业人才的需求,机械工程测试技术作为一门技术基础课,其目的是培养学生能合理地选用测试装置并初步掌握进行动态测试所需的基本知识和技能,为学生进一步学习、研究和处理机械工程技术问题打下基础。课程的基本要求是:

(1) 掌握信号的时域、频域描述方法,掌握信号频域分析和相关分析的基本原理和方法,了解数字信号分析中的一些基本概念,以指导正确调用常用的信号处理子程序或设置常用数字信号分析仪的主要参数。

(2) 掌握测试系统基本特性的评价方法和不失真测试条件,正确选用测试装置,初步分析测试误差并在实际工程测试中应用。

(3) 了解常用传感器、中间变换电路及记录仪器工作原理及性能,并能合理选用。

(4) 对动态测试的基本问题有一完整的概念,了解常见工程量的测试方法和系统组成。

(5) 了解数字式测试分析系统的基本组成和专用数字分析仪的特点,了解虚拟仪器的基本构成。

除理论知识学习外,测试技术作为一门多学科融合交汇的技术学科,在提高学生创新精神、培养学生实践能力方面也起着重要的作用。测试技术也是一门实践性很强的学科,学生只有通过足够和必要的实际测试训练,才能达到课程的基本要求。