

Ceshi Jishu Yu Shiyan Fangfa

高等学校教材

测试技术与 实验方法 (第3版)

王启广 陈 军 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

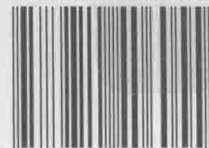


Ceshi Jishu Yu Shiyan Fangfa

China University of Mining and Technology Press

责任编辑 钟诚 孟茜 封面设计 肖新生

ISBN 978-7-81040-605-5



9 787810 406055 >

高等学校教材

测试技术与实验方法

(第 3 版)

主 编 王启广 陈 军
副主编 丁保华 洪晓华 陈世其

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书比较系统、全面地介绍了机械工程中常见动态物理量的电测法,包括机械工程测试中应用最多的振动、力、温度、噪声、流量等参量的测试原理和方法,以及与各参量测试密切相关的基础理论知识、传感器变换原理、信号调理电路、数据的分析处理技术,同时还介绍了现代测试系统和试验设计与数据处理等内容。

本书可作为高等学校机械类专业及相近专业的教材,也可供从事机械工程测试工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

测试技术与实验方法/王启广,陈军主编.—3版.—徐州:
中国矿业大学出版社,2009.12
ISBN 978-7-81040-605-5

I. 测… II. ①王…②陈… 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 230145 号

书 名 测试技术与实验方法
主 编 王启广 陈 军
责任编辑 钟 诚 孟 茜
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 徐州中矿大印发科技有限公司排版中心
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 印张 17.25 字数 427 千字
版次印次 2009 年 12 月第 3 版 2009 年 12 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

本书是按照机械类专业测试技术课程的教学大纲要求,并参照理工类各专业对“测试技术与实验方法”课程的要求编写而成的。

随着科学技术的发展,特别是以机电一体化技术为发展方向的今天,测试技术越来越为人们所重视。在本科生和研究生的教学计划中,都把测试技术课程作为培养学生科学研究和实验研究能力的理论基础和必要的技能训练。

本书重点研究机械工程中常见的动态物理量的电测法,以介绍测试原理为主,结合机械测试中应用最多的振动、位移、速度、加速度、应力应变、噪声、温度和流量等参量的测试原理和方法,以及与各参量测试密切相关的基础理论知识、传感器变换原理、中间转换电路、数据的分析处理技术等内容进行阐述,同时对机械工程中机器结构的动态试验、微机在测试技术应用中的发展做了介绍,最后还对实验设计及量纲分析进行了论述。通过本课程的学习,使读者初步掌握机械工程中常见物理量的测试原理和方法,并具备一定的独立实验能力。

本书参阅了已发表和出版的有关学术论文、教材,并结合作者多年的科研成果和教学实践经验编写修订而成。参加修订的有王启广(第一、二、三、四、九、十、十三章)、黄民(第五、七、八章)、舒凤翔(第六、十七章)、柳昌庆(第十一、十二、十四、十五、十六章),由柳昌庆和王启广主编。

编 者

2000年10月

第3版前言

工农业生产的发展和现代科学技术的进步极大地促进了测试技术的发展。一方面,对各种物理量的测量提出了越来越广泛的要求,同时对测试技术人员的要求也变得越来越迫切;另一方面,在高等教育领域,测试技术的教学已得到越来越多的重视。绝大多数的工科院校将测试技术课程作为本科生或研究生必修的专业基础课。本书即是在总结与研讨了教学改革经验及教材体系建设的基础上进行编写的,旨在提供一本适合高等学校机械类专业使用的测试技术与实验方法的教材。

该书修订版出版至今,经过多年的教学实践,使用本教材的教师提出了许多宝贵的意见和建议,加之新教学大纲的实施,课程内容也做了相应的调整,因此有必要进行一次全面的修订。本次修订主要进行了以下几方面的工作:

(1) 对本书有关内容体系进行了一些调整,如第一章测试信号及其描述、第二章测量装置的基本特性、第四章信号调理、第五章测试信号处理、第十三章试验设计与数据处理等,调整后更加符合教学的循序渐进规律。

(2) 对部分内容做了适当增删,如加强了机械工程测试技术的基础知识,删减了机械工程试验技术的内容。

(3) 对原版中的内容进行了充实、调整,补充了新内容、新知识。

(4) 调整和补充了复习思考题,有利于学生检查对所学知识的掌握情况。

全书分两大部分,共13章。第一部分共5章,主要介绍测试技术的理论基础。其中第一章介绍了测试信号的基本理论,第二章介绍了测试装置的基本特性,第三章、第四章、第五章分别介绍了测试信号的传感、调理和测试信号的分析与处理方面的理论及应用。第二部分共8章,介绍典型测试技术的应用,主要介绍了几种常见物理量:位移、力学参数、温度、流体参量、噪声、振动的测试方法,目的是在学习第一部分内容的基础上,使读者进一步掌握综合利用测试技能进行不同物理量测试的知识。第十二章介绍了现代测试技术的概况,第十三章介绍了试验设计与数据处理。在教学内容的安排上,第二部分内容作为测试技术的应用,可根据不同的专业和教学对象灵活取舍。

参加本次修订的有王启广(绪论、第一章、第二章、第五章、第十三章、附录)、陈军(第三章、第六章、第七章)、丁保华(第四章、第十二章)、陈世其(第八章、第九章)、洪晓华(第十章、第十一章)。全书由王启广、陈军主编。

虽然此次修订对原书中的错误或不妥之处进行了改正,仍难免有疏漏和不当之处,敬请同行专家和读者不吝指教。

编者
2009年2月

绪 论

测试技术是测量和试验技术(Measurement and Test Technique)的统称。人类对客观世界的认识和改造活动,总是以测试工作为基础的。测试技术就是利用现代测试手段对工程中的各种物理信号,特别是随时间变化的动态物理信号进行检测、试验和分析,并从中提取有用信息的技术。其测量和分析的结果客观地描述了研究对象的状态、变化和特征,并为进一步改造和控制研究对象提供了可靠的依据。随着各相关学科不断发展,测试技术也在不断地发展,测试方法和手段不断完善和提高,新的测试仪器和设备也在不断地研制和更新。测试技术达到的水平越高,就越能客观、准确地描述所研究的对象,对科学技术发展的推动作用也就越大。

一、测试系统的组成

测试技术的应用非常广泛,几乎在所有行业中都有应用。测试工作又是一项非常复杂的工作,它是多种学科知识的综合运用,特别是现代测试技术,几乎应用了所有近代新技术和新理论,如半导体技术、激光技术、光纤技术、遥感技术、自动化技术、计算机应用技术,以及数理统计、控制论、信息论等。从广义的角度来讲,测试工作的范围涉及试验设计、模型理论、传感器、信号加工与处理、控制工程、系统辨识、参数估计等诸多学科的内容。从狭义的角度来讲,是指对物理信号的检测、变换、传输、处理直至显示、记录或以电量输出测试结果的工作。本课程主要是从狭义的角度介绍测试工作的基本过程和基本原理。

在机械工程中,测试的参量主要是一些非电的物理量,如长度、位移、速度、加速度、频率、力、力矩、温度、压力、流量、振动、噪声等。用现代测试技术测量非电量的方法主要是电测法,即将非电量先转换为电量,然后用各种电测仪表和装置乃至计算机对电信号进行处理和分析。在电量中,有电能量和电参量之分。电流、电压、电场强度和电功率等属于电能量;描述电路和波形的参数,如电阻、电容、电感、电频率、相位等则属于电参量。由于电参量不具有能量,在测试过程中还需要将其进一步转换为电能量。电测方法具有许多其他测量方法所不具备的优点,如测量范围广、精度高,响应速度快,能自动、连续地测量,数据的传送、存储、记录、显示方便,可以实现远距离遥测遥控;还可以与计算机系统相连接,实现快速、多功能及智能化测量。典型的测试系统如图 0-1 所示。

被测信号一般都是随时间变化的动态量,对测试过程中不随时间变化的静态量,由于其中往往混杂有动态的干扰噪声,一般也可以按动态量来测量。由于被测信号是被测对象特征信息的载体,并且信号本身的结构对选用测试装置有着重大影响,因此应当熟悉和了解各种信号的基本特征和分析方法。

传感器的主要作用是感知被测的非电量并将非电量转换为电量。传感器的工作原理涉及许多自然学科。从理论上讲,凡是具有确定因果关系的物理现象、化学现象、生物现象等,都能作为传感器的设计依据。传感器是获取信号的手段,在整个测试系统中占有重要位置。

传感器输出的电信号需要经过信号调理电路进行加工、处理后,才能进一步输送到后续

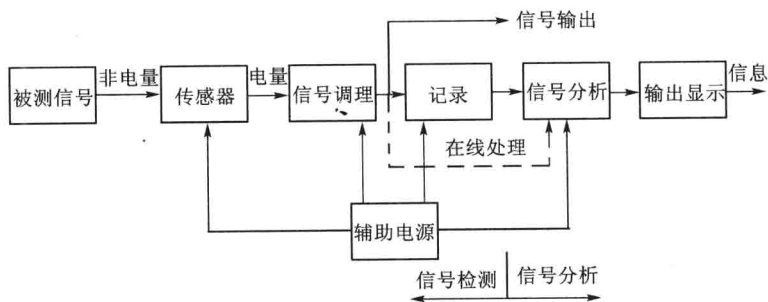


图 0-1 典型的测试系统

记录装置和分析仪器中。常见的调理方式有衰减、放大、转换、调制和解调、滤波、运算、数字化处理等。

调理电路输出的测量结果是被测信号的真实记录,为了显示被测量的变化过程,可以采用光线示波器、笔式记录仪、屏幕显示器等输出装置。此外,还可以用磁记录器来存储被测信号,以供反复使用。至此,测试系统已完成信号检测的任务。但是,要从这些客观记录的信号中找出反映被测对象的本质规律,还必须对信号进行分析,从中提取一些有用的信息,如信号的强度信息、频谱信息、相关信息、概率密度信息等。从这个意义上来讲,信号分析是测试系统中更为重要的一个环节。

信号分析设备种类繁多,有各种专用的分析仪,如频谱分析仪、相关分析仪、概率密度分析仪、传递函数分析仪等;也有可以作为多项综合分析用的信号处理机和数字信号处理系统。计算机在现代信号分析设备中起着重要的作用,目前国内外一些先进的信号处理系统都采用了专用或通用计算机,使信号的处理速度达到了“实时”。将调理电路输出的信号直接送到信号分析设备中进行处理,称为在线处理。由于数字电路和计算机高速处理数据的能力,使在线测试和处理成为可能,而且在工程测试和工业控制中得到愈来愈广泛的应用。

信号分析设备可以通过数据或图像的形式输出感兴趣的信息。常用的输出显示装置有示波器、显示屏、打印机等。

在实际测试过程中,根据测试目的不同,测试系统可繁可简。例如,有的被测对象还需要进行激励,使其达到测试所要求的预定状态;而有的被测物理量只需简单的测量仪表,即可得到测量结果。

二、测试技术在机械工程中的地位

在机械工程领域中,测试技术是一项重要的基础技术,其作用是其他技术所不能替代的。在现代工业生产中,随着生产效率、自动化程度、设备精度和加工精度要求的不断提高,随着各种机电一体化新产品、新设备的不断开发,提出了自动检测、自动控制、过程测量、状态监测和动态试验等方面的迫切要求,从而使现代测试技术得到了迅速发展和越来越广泛的应用。

在自动化生产过程中,对工艺流程、产品质量和设备运行状态的监测和控制是测试技术的重要应用之一。利用现代测试技术,可以实时检测生产过程中变化的工艺参数和产品质量指标,并据此对整个自动生产线进行调节和控制,使其达到最佳运行状态,生产出合格产品。例如,在如图 0-2 所示的由计算机控制的自动化轧钢系统中,需要根据轧制力和板材厚

度信息来调整轧辊的位置,以保证板材的轧制尺寸。由于轧制速度很高,采用传统的间断测量和手工控制方法已不能满足要求,必须采用连续测量方法(板厚测量还须采用非接触测量方式)。同时,测量的结果要转换成电信号送入通信系统中进行处理,以便计算机能进行分析、计算并发出控制指令。在其他类似的计算机过程控制系统中,首先要解决的问题也是利用现代测试技术对物理信号进行检测与转换。

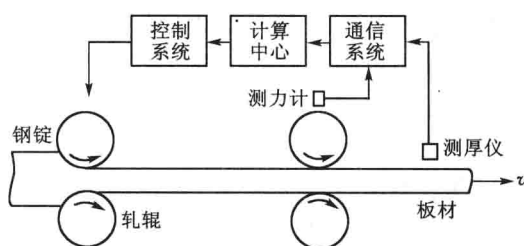


图 0-2 自动化轧钢系统

在机械工程领域中,测试技术的应用主要表现在以下几方面:

- (1) 监测设备运行过程,告诉人们是否处于最佳工况,或诊断设备故障的部位和性质。
- (2) 控制生产过程中的工艺参数,与设定值进行比较,进行反馈、自动调节这些参数,使生产过程处于最佳状态,这就是所谓以信息流控制物质流和能量流。
- (3) 工程过程的实验分析。机械工程中的各种工艺过程、工艺设备在改进前需对原有的状况进行深入的分析并作出评价,提出改进措施,这就需要测试大量的数据,作为分析、评价和改进的依据。改进后是否达到了预期的要求,也需要进行大量的参数测试来进行分析和评价。

三、测试技术的发展方向

人类的信息化时代必将为智能测试提供更为广阔的应用前景。随着科学技术的发展,现代测试技术将向着高可靠性、高智能化方向发展。

1. 应用新原理、新技术

随着基础理论和技术科学的研究进展,各种物理效应、化学效应、微电子技术甚至生物学原理在工程测量中得到广泛应用,使得可测量的范围不断扩大,测量精度和效率得到很大提高。例如,在振动速度测量中,激光多普勒原理的应用,使得不可能安装传感器进行测量的计算机硬盘读写臂与磁盘片等轻小构件的振动测量成为可能;使用自动定位扫描激光束,使得大型客机机翼、轿车车身等大型物体的多点振动测量达到很高的效率,只需几分钟时间就可完成数百点的振动速度测量;对于 10 MHz 以上采样频率的数据采集系统,可实现伴随金属构件裂纹发生与发展的脉冲声发射信号的采集。

2. 采用新型信息处理方法

近年来,新型信息处理技术,如数据融合技术、模糊信息处理技术和神经网络技术等,在现代测试系统中得到了有效应用。例如,热处理炉温度自动测试系统采用多传感器进行数据融合处理,可以提高温度测量的可靠性与准确性,从而提高热处理产品的质量和生产效益。

3. 集成仪器

仪器与计算机技术的深层次结合产生了全新的仪器结构概念,从虚拟仪器、卡式仪器、VXI 总线仪器直至集成仪器。一般来说,将数据采集卡插入计算机空槽中,利用软件在屏幕上生成虚拟面板,在软件引导下进行信号采集、运算、分析和处理,实现仪器功能并完成测试的全过程,就是所谓的虚拟仪器。在同一平台上,调用不同的测试软件就可构成不同功能的虚拟仪器,故可方便地将多种测试功能集于一体,实现多功能集成仪器。

4. 采用高智能化软件

在测试平台上,调用不同的测试软件就可构成不同功能的仪器,因此软件在系统中占有

十分重要的地位。在大规模集成电路迅速发展的今天,系统的硬件越来越简化,软件越来越复杂。集成电路器件的价格下降,而软件成本费用则大幅上升。测试软件不论对大的测试系统还是单台仪器子系统来讲都是十分重要的,而且是未来发展和竞争的焦点。

5. 网络化

随着网络技术的普及与发展,为测试技术带来了新的发展空间和机遇,将现代测试系统与网络相结合,不仅能实现对测试系统的远程操作与控制,而且可以把测试结果通过网络显示在 WEB 浏览器中,以实现测试系统资源和数据的共享。

6. 通用化与标准化

为便于获取和传输信息,实现系统更改与升级,现代测试系统的通用化、标准化设计十分重要。目前的接口与总线系统较多,随着智能测试技术的发展,可望制定通用的接口与总线系统标准,或者制定互相兼容的接口与总线系统标准,以便于系统的组建、更改、升级和连接。由于采用通用化、标准化设计,现代测试仪器将易于实现分散使用与大范围联网使用。当不需要使用整个检测系统工作,而仅仅需要进行某个观测目标的单一检测时,可令系统中的某个智能部件单独工作;当观测目标多、信息量较大时,则可将智能部件连接成大型智能测试系统,也可将多个智能测试系统联网,组成巨型智能测试网络。现代测试仪器还可以与其他非检测性网络连接,获得其他系统的信息,为其他系统提供现代测试仪器的观测、估计、判断与决策结果。

四、课程的主要内容

本课程的研究对象是机械工程领域与设计有关的试验、控制和运行监测中涉及的物理量及其他工程量的测量和测量装置与系统的性能,包括物理量和其他工程量的测量方法、测试中常用的传感器、信号调理电路及记录、显示仪器的工作原理,测量装置基本特性的评价方法、测试信号的分析 and 处理等。

测试技术作为一门课程,既综合应用了许多学科的原理和技术,又被广泛应用于各个学科中。通过本课程的学习,培养学生合理地选用测试装置的能力并初步掌握静、动态测量和常用工程试验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奠定基础。

学生在学完本课程后应具有以下几方面的知识:

(1) 掌握信号的时域和频域的描述方法,建立明确的信号频谱结构的概念;掌握频谱分析和相关分析的基本原理和方法,掌握数字信号分析中的一些基本概念。

(2) 掌握测试装置基本特性的评价方法和不失真测试条件,并能正确地运用于测试装置的分析 and 选择。掌握一阶、二阶线性系统动态特性及其测定方法。

(3) 了解常用传感器、常用信号调理电路和记录、显示仪器的工作原理和性能,并能较合理地选用。

(4) 对动态测试的基本问题有一个比较完整的概念,并能初步运用于机械工程中某些参量的测量和产品的试验。

本课程具有很强的实践性。只有在学习中密切联系实际,加强实验,注意物理概念,才能真正掌握有关理论。学生只有通过足够和必要的实验才能受到应有的实验能力的训练,才能获得关于动态测试工作的比较完整的概念。也只有这样,才能初步具有处理实际测试工作的能力。

目 录	
绪论	1
第一章 测试信号及其描述	5
第一节 概述	5
第二节 周期信号与离散频谱	7
第三节 非周期信号与连续频谱	12
第四节 随机信号	19
复习思考题	22
第二章 测量装置的基本特性	24
第一节 概述	24
第二节 测量装置的静态特性	25
第三节 测量装置的动态特性	26
第四节 实现不失真测量的条件	36
第五节 测量装置动态特性参数的测定	37
第六节 负载效应	39
复习思考题	40
第三章 常用传感器	42
第一节 概述	42
第二节 参量型传感器	42
第三节 发电型传感器	60
第四节 其他类型的传感器	70
第五节 传感器的选用原则	77
复习思考题	78
第四章 信号调理	80
第一节 信号的放大	80
第二节 电桥	84
第三节 调制与解调	88
第四节 滤波器	93
复习思考题	98

第五章 测试信号处理	100
第一节 数字信号处理的基本步骤.....	100
第二节 A/D 转换	101
第三节 相关分析.....	103
第四节 功率谱分析.....	108
第五节 信号数字化出现的问题.....	112
复习思考题.....	118
第六章 位移测量	120
第一节 概述.....	120
第二节 常用位移传感器.....	121
第三节 位移测量实例.....	125
复习思考题.....	130
第七章 力学参数的测量	132
第一节 应力应变测量.....	132
第二节 力的测量.....	140
第三节 转矩的测量.....	146
复习思考题.....	149
第八章 温度测量	151
第一节 温度标准与测量方法.....	151
第二节 接触式测温方法.....	153
第三节 非接触式测温方法.....	161
复习思考题.....	163
第九章 流体参量的测量	165
第一节 压力的测量.....	165
第二节 流量的测量.....	174
复习思考题.....	182
第十章 噪声测量	183
第一节 基本概念.....	183
第二节 噪声测量常用仪器.....	187
第三节 噪声的测量方法.....	191
复习思考题.....	194
第十一章 机械振动测试	195
第一节 振动的基本原理.....	195

第二节 振动测量传感器与放大器·····	199
第三节 振动的激励与激振器·····	205
第四节 振动测量系统·····	211
复习思考题·····	216
第十二章 现代测试系统·····	217
第一节 计算机测试系统的组成·····	217
第二节 现场总线技术·····	220
第三节 虚拟仪器·····	231
复习思考题·····	235
第十三章 试验设计与数据处理·····	236
第一节 试验数据的误差分析·····	236
第二节 正交试验设计·····	245
第三节 模型试验·····	255
复习思考题·····	261
附录·····	263
参考文献·····	265

绪 论

测试技术是测量和试验技术(Measurement and Test Technique)的统称。人类对客观世界的认识和改造活动,总是以测试工作为基础的。测试技术就是利用现代测试手段对工程中的各种物理信号,特别是随时间变化的动态物理信号进行检测、试验和分析,并从中提取有用信息的技术。其测量和分析的结果客观地描述了研究对象的状态、变化和特征,并为进一步改造和控制研究对象提供了可靠的依据。随着各相关学科不断发展,测试技术也在不断地发展,测试方法和手段不断完善和提高,新的测试仪器和设备也在不断地研制和更新。测试技术达到的水平越高,就越能客观、准确地描述所研究的对象,对科学技术发展的推动作用也就越大。

一、测试系统的组成

测试技术的应用非常广泛,几乎在所有行业中都有应用。测试工作又是一项非常复杂的工作,它是多种学科知识的综合运用,特别是现代测试技术,几乎应用了所有近代新技术和新理论,如半导体技术、激光技术、光纤技术、遥感技术、自动化技术、计算机应用技术,以及数理统计、控制论、信息论等。从广义的角度来讲,测试工作的范围涉及试验设计、模型理论、传感器、信号加工与处理、控制工程、系统辨识、参数估计等诸多学科的内容。从狭义的角度来讲,是指对物理信号的检测、变换、传输、处理直至显示、记录或以电量输出测试结果的工作。本课程主要是从狭义的角度介绍测试工作的基本过程和基本原理。

在机械工程中,测试的参量主要是一些非电的物理量,如长度、位移、速度、加速度、频率、力、力矩、温度、压力、流量、振动、噪声等。用现代测试技术测量非电量的方法主要是电测法,即将非电量先转换为电量,然后用各种电测仪表和装置乃至计算机对电信号进行处理和分析。在电量中,有电能量和电参量之分。电流、电压、电场强度和电功率等属于电能量;描述电路和波形的参数,如电阻、电容、电感、电频率、相位等则属于电参量。由于电参量不具有能量,在测试过程中还需要将其进一步转换为电能量。电测方法具有许多其他测量方法所不具备的优点,如测量范围广、精度高,响应速度快,能自动、连续地测量,数据的传送、存储、记录、显示方便,可以实现远距离遥测遥控;还可以与计算机系统相连接,实现快速、多功能及智能化测量。典型的测试系统如图 0-1 所示。

被测信号一般都是随时间变化的动态量,对测试过程中不随时间变化的静态量,由于其中往往混杂有动态的干扰噪声,一般也可以按动态量来测量。由于被测信号是被测对象特征信息的载体,并且信号本身的结构对选用测试装置有着重大影响,因此应当熟悉和了解各种信号的基本特征和分析方法。

传感器的主要作用是感知被测的非电量并将非电量转换为电量。传感器的工作原理涉及许多自然学科。从理论上讲,凡是具有确定因果关系的物理现象、化学现象、生物现象等,都能作为传感器的设计依据。传感器是获取信号的手段,在整个测试系统中占有重要位置。

传感器输出的电信号需要经过信号调理电路进行加工、处理后,才能进一步输送到后续

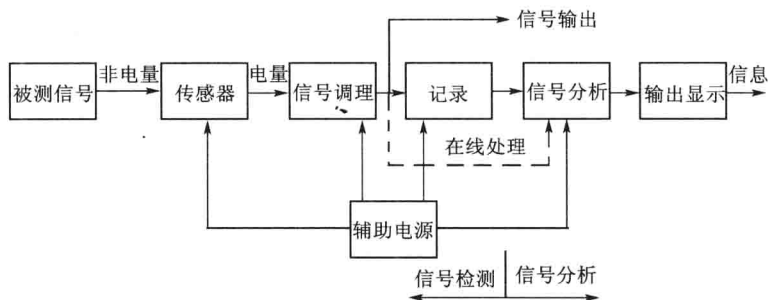


图 0-1 典型的测试系统

记录装置和分析仪器中。常见的调理方式有衰减、放大、转换、调制和解调、滤波、运算、数字化处理等。

调理电路输出的测量结果是被测信号的真实记录,为了显示被测量的变化过程,可以采用光线示波器、笔式记录仪、屏幕显示器等输出装置。此外,还可以用磁记录器来存储被测信号,以供反复使用。至此,测试系统已完成信号检测的任务。但是,要从这些客观记录的信号中找出反映被测对象的本质规律,还必须对信号进行分析,从中提取一些有用的信息,如信号的强度信息、频谱信息、相关信息、概率密度信息等。从这个意义上来讲,信号分析是测试系统中更为重要的一个环节。

信号分析设备种类繁多,有各种专用的分析仪,如频谱分析仪、相关分析仪、概率密度分析仪、传递函数分析仪等;也有可以作为多项综合分析用的信号处理机和数字信号处理系统。计算机在现代信号分析设备中起着重要的作用,目前国内外一些先进的信号处理系统都采用了专用或通用计算机,使信号的处理速度达到了“实时”。将调理电路输出的信号直接送到信号分析设备中进行处理,称为在线处理。由于数字电路和计算机高速处理数据的能力,使在线测试和处理成为可能,而且在工程测试和工业控制中得到愈来愈广泛的应用。

信号分析设备可以通过数据或图像的形式输出感兴趣的信息。常用的输出显示装置有示波器、显示屏、打印机等。

在实际测试过程中,根据测试目的不同,测试系统可繁可简。例如,有的被测对象还需要进行激励,使其达到测试所要求的预定状态;而有的被测物理量只需简单的测量仪表,即可得到测量结果。

二、测试技术在机械工程中的地位

在机械工程领域中,测试技术是一项重要的基础技术,其作用是其他技术所不能替代的。在现代工业生产中,随着生产效率、自动化程度、设备精度和加工精度要求的不断提高,随着各种机电一体化新产品、新设备的不断开发,提出了自动检测、自动控制、过程测量、状态监测和动态试验等方面的迫切要求,从而使现代测试技术得到了迅速发展和越来越广泛的应用。

在自动化生产过程中,对工艺流程、产品质量和设备运行状态的监测和控制是测试技术的重要应用之一。利用现代测试技术,可以实时检测生产过程中变化的工艺参数和产品质量指标,并据此对整个自动生产线进行调节和控制,使其达到最佳运行状态,生产出合格产品。例如,在如图 0-2 所示的由计算机控制的自动化轧钢系统中,需要根据轧制力和板材厚

度信息来调整轧辊的位置,以保证板材的轧制尺寸。由于轧制速度很高,采用传统的间断测量和手工控制方法已不能满足要求,必须采用连续测量方法(板厚测量还须采用非接触测量方式)。同时,测量的结果要转换成电信号送入通信系统中进行处理,以便计算机能进行分析、计算并发出控制指令。在其他类似的计算机过程控制系统中,首先要解决的问题也是利用现代测试技术对物理信号进行检测与转换。

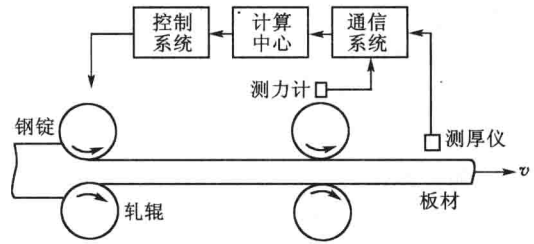


图 0-2 自动化轧钢系统

在机械工程领域中,测试技术的应用主要表现在以下几方面:

- (1) 监测设备运行过程,告诉人们是否处于最佳工况,或诊断设备故障的部位和性质。
- (2) 控制生产过程中的工艺参数,与设定值进行比较,进行反馈、自动调节这些参数,使生产过程处于最佳状态,这就是所谓以信息流控制物质流和能量流。
- (3) 工程过程的实验分析。机械工程中的各种工艺过程、工艺设备在改进前需对原有的状况进行深入的分析并作出评价,提出改进措施,这就需要测试大量的数据,作为分析、评价和改进的依据。改进后是否达到了预期的要求,也需要进行大量的参数测试来进行分析和评价。

三、测试技术的发展方向

人类的信息化时代必将为智能测试提供更为广阔的应用前景。随着科学技术的发展,现代测试技术将向着高可靠性、高智能化方向发展。

1. 应用新原理、新技术

随着基础理论和技术科学的研究进展,各种物理效应、化学效应、微电子技术甚至生物学原理在工程测量中得到广泛应用,使得可测量的范围不断扩大,测量精度和效率得到很大提高。例如,在振动速度测量中,激光多普勒原理的应用,使得不可能安装传感器进行测量的计算机硬盘读写臂与磁盘片等轻小构件的振动测量成为可能;使用自动定位扫描激光束,使得大型客机机翼、轿车车身等大型物体的多点振动测量达到很高的效率,只需几分钟时间就可完成数百点的振动速度测量;对于 10 MHz 以上采样频率的数据采集系统,可实现伴随金属构件裂纹发生与发展的脉冲声发射信号的采集。

2. 采用新型信息处理方法

近年来,新型信息处理技术,如数据融合技术、模糊信息处理技术和神经网络技术等,在现代测试系统中得到了有效应用。例如,热处理炉温度自动测试系统采用多传感器进行数据融合处理,可以提高温度测量的可靠性与准确性,从而提高热处理产品的质量和生产效益。

3. 集成仪器

仪器与计算机技术的深层次结合产生了全新的仪器结构概念,从虚拟仪器、卡式仪器、VXI 总线仪器直至集成仪器。一般来说,将数据采集卡插入计算机空槽中,利用软件在屏幕上生成虚拟面板,在软件引导下进行信号采集、运算、分析和处理,实现仪器功能并完成测试的全过程,就是所谓的虚拟仪器。在同一平台上,调用不同的测试软件就可构成不同功能的虚拟仪器,故可方便地将多种测试功能集于一体,实现多功能集成仪器。

4. 采用高智能化软件

在测试平台上,调用不同的测试软件就可构成不同功能的仪器,因此软件在系统中占有

十分重要的地位。在大规模集成电路迅速发展的今天,系统的硬件越来越简化,软件越来越复杂。集成电路器件的价格下降,而软件成本费用则大幅上升。测试软件不论对大的测试系统还是单台仪器子系统来讲都是十分重要的,而且是未来发展和竞争的焦点。

5. 网络化

随着网络技术的普及与发展,为测试技术带来了新的发展空间和机遇,将现代测试系统与网络相结合,不仅能实现对测试系统的远程操作与控制,而且可以把测试结果通过网络显示在 WEB 浏览器中,以实现测试系统资源和数据的共享。

6. 通用化与标准化

为便于获取和传输信息,实现系统更改与升级,现代测试系统的通用化、标准化设计十分重要。目前的接口与总线系统较多,随着智能测试技术的发展,可望制定通用的接口与总线系统标准,或者制定互相兼容的接口与总线系统标准,以便于系统的组建、更改、升级和连接。由于采用通用化、标准化设计,现代测试仪器将易于实现分散使用与大范围联网使用。当不需要使用整个检测系统工作,而仅仅需要进行某个观测目标的单一检测时,可令系统中的某个智能部件单独工作;当观测目标多、信息量较大时,则可将智能部件连接成大型智能测试系统,也可将多个智能测试系统联网,组成巨型智能测试网络。现代测试仪器还可以与其他非检测性网络连接,获得其他系统的信息,为其他系统提供现代测试仪器的观测、估计、判断与决策结果。

四、课程的主要内容

本课程的研究对象是机械工程领域与设计有关的试验、控制和运行监测中涉及的物理量及其他工程量的测量和测量装置与系统的性能,包括物理量和其他工程量的测量方法、测试中常用的传感器、信号调理电路及记录、显示仪器的工作原理,测量装置基本特性的评价方法、测试信号的分析 and 处理等。

测试技术作为一门课程,既综合应用了许多学科的原理和技术,又被广泛应用于各个学科中。通过本课程的学习,培养学生合理地选用测试装置的能力并初步掌握静、动态测量和常用工程试验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奠定基础。

学生在学完本课程后应具有以下几方面的知识:

(1) 掌握信号的时域和频域的描述方法,建立明确的信号频谱结构的概念;掌握频谱分析和相关分析的基本原理和方法,掌握数字信号分析中的一些基本概念。

(2) 掌握测试装置基本特性的评价方法和不失真测试条件,并能正确地运用于测试装置的分析 and 选择。掌握一阶、二阶线性系统动态特性及其测定方法。

(3) 了解常用传感器、常用信号调理电路和记录、显示仪器的工作原理和性能,并能较合理地选用。

(4) 对动态测试的基本问题有一个比较完整的概念,并能初步运用于机械工程中某些参量的测量和产品的试验。

本课程具有很强的实践性。只有在学习中密切联系实际,加强实验,注意物理概念,才能真正掌握有关理论。学生只有通过足够和必要的实验才能受到应有的实验能力的训练,才能获得关于动态测试工作的比较完整的概念。也只有这样,才能初步具有处理实际测试工作的能力。