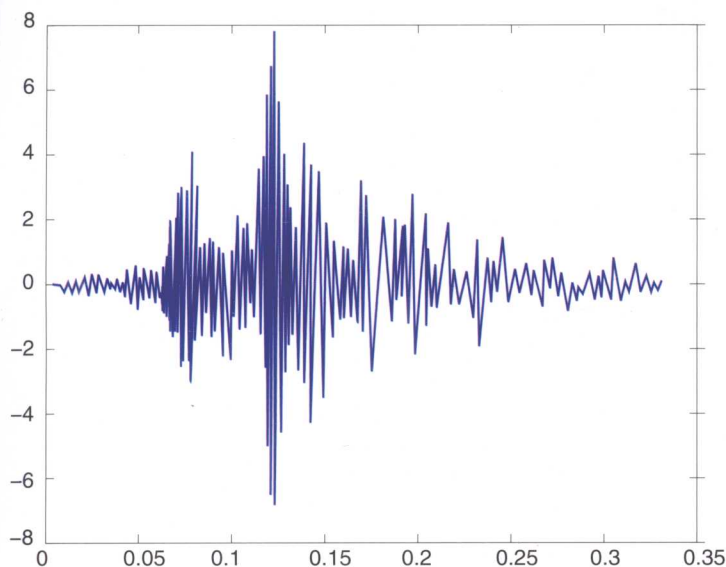


普通高等院校机械工程学科“十一·五”规划教材

机械工程 测试技术

JIXIE GONGCHENG
CESHI JISHU

主 编 潘宏侠
副主编 黄晋英



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等院校机械工程学科“十一五”规划教材

机械工程测试技术

主 编 潘宏侠
副主编 黄晋英

国防工业出版社

· 北京 ·

国防工业出版社

123456

图书在版编目(CIP)数据

机械工程测试技术 / 潘宏侠主编. —北京: 国防工业出版社, 2009. 11 重印

普通高等院校机械工程学科“十一五”规划教材

ISBN 978-7-118-06288-5

I. 机... II. 潘... III. 机械工程—测试技术—高等学校—教材 IV. TG806

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 051946 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 448 千字

2009 年 11 月第 2 次印刷 印数 4001—5000 册 定价 38.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

普通高等院校机械工程学科“十一五”规划教材 编委会名单

名誉主任	艾 兴	山东大学
	王先逵	清华大学
主 任	吕 明	太原理工大学
副 主 任	庞思勤	北京理工大学
	朱喜林	吉林大学
秘 书 长	杨胜强	太原理工大学
委 员	吴宗泽	清华大学
	潘宏侠	中北大学
	轧 刚	太原理工大学
	任家骏	太原理工大学
	陈 明	北华航天工业学院
	谭晓兰	北方工业大学
	李德才	北京交通大学
	杨 康	佳木斯大学
	石望远	北华航天工业学院
	王好臣	山东理工大学
	王卫平	东莞理工学院
	张平宽	太原科技大学
	赵 波	河南理工大学

序

国防工业出版社组织编写的“普通高等院校机械工程学科‘十一五’规划教材”即将出版,欣然为之作“序”。

随着国民经济和社会的发展,我国高等教育已形成大众化教育的大好形势,为适应建设创新型国家的重大需求,迫切要求培养高素质专门人才和创新人才,学校必须在教育观念、教学思想等方面做出迅速的反应,进行深入教学改革,而教学改革的主要内容之一是课程的改革与建设,其中包括教材的改革与建设,课程的改革与建设应体现、固化在教材之中。

教材是教学不可缺少的重要组成部分,教材的水平将直接影响教学质量,特别是对学生创新能力的培养。作为机械工程学科的教材,不能只是传授基本理论知识,更应该是既强调理论,又重在实践,突出的要理论与实践结合,培养学生解决实际问题的能力和创新能力。在新的深入教学改革、新课程体系的建立及课程内容的发展过程中,建设这样一套新型教材的任务已经迫切地摆在我们面前。

国防工业出版社组织有关院校主持编写的这套“普通高等院校机械工程学科‘十一五’规划教材”,可谓正得其时。此套教材的特点是以编写“有利于提高学生创新能力培养和知识水平”为宗旨,选题论证严谨、科学,以体现先进性、创新性、实用性,注重学生能力培养为原则,以编出特色教材、精品教材为指导思想,注意教材的立体化建设,在教材的体系上下功夫。编写过程中,每部教材都经过主编和参编辛勤认真的编写和主审专家的严格把关,使本套教材既继承老教材的特点,又适应新形势下教改的要求,保证了教材的系统性和精品化,体现了创新教育、能力教育、素质教育教学理念,有效激发学生自主学习能力,提高学生的综合素质和创新能力,为培养出符合社会需要的优秀人才服务。丛书的出版对高校的教材建设、特别是精品课程及其教材的建设起到推动作用。

衷心祝贺国防工业出版社和所有参编人员为我国高等教育提供这样一套有水平、有特色、高质量的机械工程学科规划教材,并希望编写者和出版者在与使用者的沟通过程中,认真听取他们的宝贵意见,不断提高该套规划教材的水平!

中国工程院院士

2008年6月

V

前 言

在科学研究与社会生产活动的过程中,需要对研究对象、生产过程及产品研发中的各种物理现象和物理量进行观察与定量的数据分析。测试技术是对客观世界的信息进行感知的基本技术,是信息技术的基础,具有任何技术不可替代的作用,在当今社会的发展中起着举足轻重的作用。伴随着科学研究与生产技术的发展进步,对各种物理量和物理现象进行测量与试验的要求越来越广泛,这种状况极大地推动了测试技术的发展。而每一次新的测量理论、测试方法、测试设备的出现,也促进了其他学科与工程技术的发展。测试技术已经成为从事科学研究与工农业生产的技术人员必须掌握的专业技术基础知识。

测试与传感技术广泛应用于工业自动化、农业现代化、军事工程、机器人技术、环境监测等学科领域以及交通运输、医疗卫生、环境保护和人民生活的各个方面,起着越来越重要的作用,成为国民经济发展和社会进步的一项必不可少的重要基础技术。因而,使用先进的测试与传感技术成为经济高度发展和科技现代化的重要标志之一。

“机械工程测试技术”课程是“机械工程及自动化”宽口径专业本科生的一门专业基础课。中北大学教师经过 20 多年的教学和科研实践,在教学内容、教材和实验室建设等方面积累了很多宝贵经验和科研案例素材,并力图将这些经验体会、案例素材融入本书的内容中。

本课程主要研究的对象包括:机械工程与工业生产动态测试中常用的传感器;中间变换与调理电路和记录仪器的工作原理及其静、动态特性的评价方法;测试信号的分析、调理技术以及常见物理量测试的基本理论和方法等。

通过本课程的学习,能够培养学生正确分析、选用测试系统及其所需的传感器,使学生了解工程测试系统的组成;初步掌握进行动态测试所需要的基本知识和技能,具备对常用机械工程参量进行测试的能力;并能了解掌握新时期测试和传感器技术的更新内容及发展动向。

本教材以前行课程为基础来展开课程内容的讨论,尽量避免与前行课程和相近课程的重复。在教材内容的选取上,注意拓宽基础知识面,加强工程背景以及培养学生的创新能力和工程实践能力,既有经典理论,又注意介绍测试技术的新发展和新知识。在教材内容的叙述方面,力求简洁。本课程有很强的实践性,应注意开设相应的实验课。

本书除绪论外,共分 5 章。其中绪论介绍测试技术的含义、组成、发展以及在工

业生产中的作用和地位;第1章介绍信号的理论、信号的分类、信号的时域描述与频域描述方法,信号的频谱,以及随机信号的分析;第2章介绍了测试系统特性的描述方法与测试装置能够实现不失真测试的基本条件;第3章~第5章分别介绍了测试信号的传感、调理和在工程上的应用。其中,第3章介绍参量型、发电型和智能型传感器原理及应用;第4章介绍测试信号的转换与调理;第5章介绍各种物理量的测试系统、方法、原理与技术。

本书由中北大学潘宏侠教授主编,黄晋英副教授副主编。潘宏侠编写了绪论和第5章,中北大学黄晋英编写了第1章和第4章的第4.1节、第4.5节,马维金编写了第2章和第4章的第4.2节~第4.4节;太原科技大学陈永会编写了第3章。全书由黄晋英负责统稿和修改。

书中编写的部分内容参考了兄弟院校同行作者的有关文章和资料,并得到了许多同志的关心、帮助和指正,谨表谢意。

限于学识和经验,本书疏漏之处在所难免,望同行专家和读者不吝指教。

编者
2008年12月

目 录

绪论	1
0.1 测试技术的内涵	1
0.2 测试技术在现代工业生产中的作用和地位	2
0.3 测试技术的内容与测试系统的组成	5
0.3.1 测试技术的主要内容	5
0.3.2 测试系统的组成	5
0.4 测试技术的发展状况	7
0.4.1 测试技术的发展方向	7
0.4.2 本学科的发展	8
0.4.3 计算机测试技术的发展	9
0.4.4 现代工程技术的推动	10
0.5 本教材的特点和教学要求	11
习题	12
第1章 信号分析基础	13
1.1 信号的分类与描述	13
1.1.1 信号的时域描述和频域描述	13
1.1.2 信号常见的表现形式	14
1.1.3 信号的分类方法	15
1.1.4 常见信号及其运算法则	22
1.2 周期信号及其频谱	26
1.2.1 傅里叶级数的三角展开式	26
1.2.2 傅里叶级数的复指数级数展开式	29
1.2.3 周期信号的频谱及其特点	32
1.2.4 周期信号的强度表述	35
1.2.5 典型周期信号的傅里叶级数及其强度描述	35
1.3 非周期信号及其频谱	36
1.3.1 傅里叶变换	36
1.3.2 非周期信号的频谱	37
1.3.3 傅里叶变换的主要性质	39
1.3.4 几种典型非周期信号的傅里叶变换	45
1.3.5 周期信号的傅里叶变换	50
1.4 随机信号	52

1.4.1	随机信号的基本概念	52
1.4.2	随机信号的主要特征参数	53
1.4.3	随机信号的相关分析	57
1.4.4	随机信号的功率谱密度分析	66
1.4.5	相干函数	69
习题		70
第2章	测试系统的基本特性	73
2.1	概述	73
2.1.1	测试系统的基本要求	73
2.1.2	线性定常系统及其主要性质	74
2.1.3	测试系统的特性	75
2.2	测试系统的静态特性	75
2.2.1	灵敏度	75
2.2.2	线性度	76
2.2.3	回程误差	76
2.2.4	其他静态特性	76
2.2.5	测试系统静态特性的标定	77
2.3	测试系统的动态特性	78
2.3.1	传递函数	78
2.3.2	频率响应函数	79
2.3.3	一阶和二阶系统的动态特性	81
2.3.4	测试环节的串联与并联	85
2.4	测试系统在任意激励下的动态响应	86
2.4.1	测试系统在脉冲激励下的响应	87
2.4.2	测试系统在单位阶跃激励下的响应	88
2.4.3	测试系统在任意激励下的响应	90
2.5	测试系统实现不失真测试的条件	91
2.5.1	实现不失真测试的时域和频域条件	91
2.5.2	各阶系统实现不失真测试的条件	93
2.6	测试系统动态特性参数的测定	93
2.6.1	频率响应法	94
2.6.2	阶跃响应法	96
习题		98
第3章	传感器原理	99
3.1	传感器概述	99
3.1.1	传感器的组成	99
3.1.2	传感器的分类	100
3.1.3	传感器的发展趋势	101
3.2	参量型传感器	102

3.2.1	电阻应变式传感器	102
3.2.2	电容式传感器	107
3.2.3	电感式传感器	114
3.3	发电型传感器	121
3.3.1	磁电式传感器	121
3.3.2	压电式传感器	123
3.3.3	热电式传感器	130
3.3.4	光电式传感器	139
3.4	MEMS 传感技术	151
3.5	智能传感器	156
3.5.1	传感器智能化的技术途径	157
3.5.2	智能传感器举例	158
3.5.3	智能传感器的发展前景	161
3.6	传感器的选用原则	162
	习题	164
第 4 章	测试信号的转换与调理	168
4.1	信号的数字化	168
4.1.1	概述	168
4.1.2	时域采样、混叠和采样定理	170
4.1.3	量化和量化误差	174
4.1.4	截断、泄漏和窗函数	175
4.1.5	离散信号的频谱分析	179
4.2	电桥	183
4.2.1	直流电桥	184
4.2.2	交流电桥	187
4.2.3	变压器式电桥	189
4.3	调制与解调	190
4.3.1	调幅与解调	191
4.3.2	调频与鉴频	196
4.4	滤波原理	199
4.4.1	滤波器的一般特性	199
4.4.2	理想滤波器	200
4.4.3	实际 RC 滤波器	202
4.4.4	可实现的典型滤波网络函数	207
4.4.5	数字滤波技术	210
4.4.6	滤波原理的综合应用	213
4.5	数据采集系统简介	218
4.5.1	数据采集系统的基本功能	219
4.5.2	数据采集系统的结构形式	220

4.5.3	数据采集系统的软件	222
4.5.4	专用数据采集系统	223
4.5.5	现代测试系统	225
4.5.6	虚拟测试仪器技术	227
习题		233
第5章	测试与传感技术的工程应用	235
5.1	位移、速度、加速度测量技术	235
5.1.1	位移的测量	235
5.1.2	速度的测量	238
5.1.3	加速度的测量	244
5.2	机械振动测试技术	251
5.2.1	振动测试系统	251
5.2.2	振动的激励方式与激振器	252
5.2.3	振动的测量方式及测振传感器	255
5.2.4	机械系统的振动参数测试	259
5.2.5	振动测试的应用	260
5.3	声学测试技术	261
5.3.1	声测量传感器与仪器	262
5.3.2	声音的测量与分析方法	264
5.3.3	工业和环境噪声的测试与分析	266
5.4	温度测试技术	270
5.4.1	温度测量概述	270
5.4.2	常用的温度测量方法	271
5.5	应变、压力、流量等的测量	276
5.5.1	应变的测量	276
5.5.2	压力的测量	279
5.5.3	流量的测量	287
5.6	测试系统的校准	297
5.6.1	振动测试系统的校准	297
5.6.2	声级计的校准	299
5.6.3	压力测量系统的校准	299
习题		300
参考文献		302

绪 论

0.1 测试技术的内涵

人类对自然界的认识与改造均离不开对自然界信息的获取,因此获取信息的活动是人类最基本的活动之一。在日常生活中,人类可通过感觉器官获取满足生活的大量信息。但在浩瀚的科学技术领域中,为获取揭示事物内在规律的信息,无论在获取信息的幅值上,还是时间、空间上,或在分辨信息的能力方面,人类的感覺和大脑功能是十分有限的。测试作为定量地获取事物信息的一种手段,已成为现代科学技术研究的一个重要领域,是人们认识客观世界的手段之一,是科学研究的基本方法。

随着科学技术的迅猛发展,新技术革命将把人类由工业化社会推进到信息化社会。对于信息来说,都有一个检测、转换、存储和加工的过程。以检测、转换为主要内容的测试技术,已形成了一门独立的技术科学。人们通过测试获得客观事物的定量概念,以掌握其客观规律。在某种意义上说,没有测试,就没有科学。广泛地说,人类的各種活动领域中都离不开测试。

测试是利用各种物理和化学效应,选择合适的方法与装置,将生产、生活或科研等各种方面的有关信息,通过测量与试验的方法获取被测量定性或定量结果的过程。测试包括测量与试验两个方面。测量是指确定被测对象属性量值的全部操作;试验是指在科学研究和工程实际中进行的测量。

相对应,测试技术是测量技术和试验技术的总称,是依靠一定的科学技术手段定量地描述事物的状态变化和特征,即定量地获取某种研究对象原始信息的过程。这里所讲的“信息”是指事物的状态或属性,如火炮膛内的燃气压力、温度、燃速是其膛内的基本信息。

从广义角度来讲,测试技术涉及试验设计、模型试验、传感器、信号加工与处理、误差理论、控制工程、系统辨识和参数估计等内容;从狭义角度来讲,测试技术是指在选定激励方式下所进行的信号的检测、变换、处理、显示、记录及电量输出的数据处理工作。

测试工作的基本任务是,通过测试手段,对研究对象中的有关信息量做出比较客观、准确的描述,使人们对其有恰当、全面的认识,并达到进一步改造和控制研究对象的目的。研究对象所包含的信息是相当丰富的,在实践中,人们总是根据要求测出所感兴趣的部分信息,而不是全部信息。

测试工作需要一定的测试设备,而测试系统就是一种能将被测参数转换成可直接观测等效信息的测试设备,其中关键单元是传感器。传感器是指由敏感元件直接感受被测量,并将被测量转变为可用电量的一套完整的测量装置。信息本身不具备传输、交换功能,只有通过信号才能实现这种功能,因此测试技术与信号密切相关。信息、信号、测试之

间的关系可表述为:获取信息是测试的目的,信号是信息的载体,测试是得到被测参数信息的技术手段。

具体到机械工程中,例如,一部机器或机构从设计、制造、运行、维修到最终报废,都与机械测试与测量密不可分。现代机械设备的动态分析设计、过程检测控制、产品的质量检验、设备现代化管理、工况监测和故障诊断等,都离不开机械测试,并且依靠机械测试。机械测试是实现这些过程的技术基础,同时也是进行科学探索、科学发现和技术发明的技术手段。

0.2 测试技术在现代工业生产中的作用和地位

在各工业生产部门中,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。

在早期工业生产中,由于生产效率低,自动化程度低,设备精度和加工精度要求低,对测试工作没有过高的要求,往往只是孤立地测量一些与时间无关的静态量,其测量方法、测量工具以及数据处理方法等都很简单。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。

在工程技术领域中,工程研究、产品开发、生产监督、质量控制和性能试验等,都离不开测试技术,特别是近代自动控制技术已越来越多地运用测试技术,测试系统已成为控制系统的重要组成部分,日常生活用具,如汽车、家用电器等方面也离不开测试技术。

在机械工程领域中,测试技术得到越来越多的应用,起着越来越大的作用。机械制造业中的机床,以前只是测量一些静态或稳态下的参数(静态特性),如导轨平直度、主轴径向跳动和轴向跳动等。而现在则普遍要求测量它的动态参数(动态特性),如主轴的回转误差、切削状态下的稳定性、自激情况以及它的动刚度、振型等,以便更好地了解机床在运行时的确切情况,找出薄弱环节,改进机床设计。

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。各种自动化机电设备在运行过程中都会受到力、热、摩擦和磨损等多种因素的影响,工作状态将不断地发生变化,有时还会出现故障。为了保证设备的正常工作,要求随时进行设备状态的监测,并对故障进行诊断,为此,需要用到许多现代化测试手段。

现代机械工程的研究对象日益复杂化,其技术也越来越先进。人们只有借助于先进的测试仪器,采用先进的测试技术对机械或结构系统进行全面、准确的测试,通过大量的测试数据分析,才能正确认识和掌握机械与系统的客观规律,从而推动工业技术的不断发展,研制出性能先进的机械设备,并形成有效的生产能力。从机械设备与系统全寿命、全过程和全费用立场分析,测试在机械工程中的地位与作用可归纳为以下四个方面:

1. 探索规律、发展理论

在机械装备与系统研究之前,针对一些重要理论或技术需要开展预先研究或基础研究。在研制的方案阶段,也需要对某些重要的新部件或分系统进行技术攻关。在这些重要探索性理论与技术研究中,一方面,所提出的理论、假设是否符合实际,所采取的技术措施是否有效,要靠测试工作予以验证。测试结果与期望规律如果符合得好,说明所提出的理论、假设和技术措施是正确有效的;如果符合得不好,说明所提出的理论、假设和技术措施还存在一定问题,应根据测得的规律性对其进行修正,从而发展、完善产品的设计理论与技术。另一方面,机械装备与系统在工作过程中表现出高温、高压、高速、高冲激性和动态范围大的特点。对此人们要想用直观感知的办法认识其客观规律性是根本不可能的;单纯地用理论推导的方法也很难对其客观规律做出全面准确的描述。面对如此复杂的过程,人们只有进行测试。在大量测试数据的基础上进行归纳、分析和总结,提出一系列经验公式和修正系数。在产品设计理论体系中,这些经验性的理论占有很重要的地位。例如,力学中的虎克定律、电磁学中的电磁感应定律、高速转轴的径向跳动量与转轴磨损量之间的关系等,都是从大量测试数据中总结出来的。

2. 验证设计、鉴定性能

先进的机械装备系统必定具备先进的技术指标,然而所研制的装备系统样机是否达到该系统的研制总要求或合同要求,是装备使用部门和研制单位所共同关心的问题。要客观、准确地验证和鉴定装备系统性能,只有对该装备系统进行全面测试,用测试数据证明其是否达到要求或对其达到要求的程度进行评价。图0-1是我军武器装备发展与试验程序。

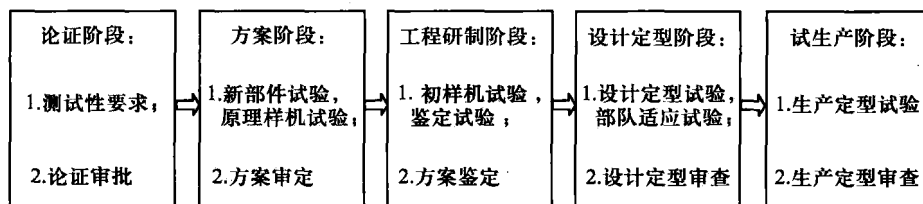


图0-1 我军武器装备发展与试验程序

由图0-1可见:

在论证阶段,应对武器装备的测试性指标提出科学、合理的要求,以保证所研制的武器装备具有良好的测试性,使部队能方便、及时、准确地进行武器装备的性能状态检测与故障诊断。测试性指标是论证审批的一项重要指标。

在方案阶段,需要对方案设计中的新部件或分系统技术进行试验,从而考核其技术是否可行、成熟,是否可用于原理样机。在原理样机或模型样机试制过程中和完成后,要对原理样机或模型样机进行试验,以确定研制方案是否可通过方案评审。

在工程研制阶段,首先要对初样机进行试验,根据其达到的技术状态,确定其是否通过评审并转入正式样机试制。在正式样机研制完成后,还要进行严格的鉴定试验,以确定其是否可通过技术鉴定。通过样机技术鉴定后,研制部门还要协同试验基地拟定设计定型试验大纲。

在设计定型阶段,核心工作是在国家试验基地进行武器装备的设计定型试验,即对被

试装备系统各项性能指标进行全面、多条件的测试。试验基地总结各项测试结果,提出试验结果报告,该报告将是被试装备是否通过设计定型的根本依据。

在试生产阶段,要进行生产定型试验,除按验收规范进行产品交验测试外,还要对生产厂家的生产组织、工艺、工装等进行考核,从而确定该生产厂家是否可通过该型号产品的生产定型审查。

3. 检查质量、验收产品

检查质量、验收产品对于使用和承制单位来说至关重要。在制造阶段,机械装备与系统整个生产过程有数以万计的工序,每道工序的加工是否合格,要经过检验才能知道。检验就是规范化的测试与判断。检验人员通过测试数据进行产品的验收与质量监控。随着装备制造技术的现代化,国外已将大量先进的测试技术应用到产品检验中,把大批先进的测试设备配备到现代化生产线上,甚至投资研制专用的产品检验测试设备,形成实时、在线的检测系统,既保证了产品质量,又促进了工艺的进步。例如,美国华特夫里特兵工厂采用电子和光学测量技术来检验 105mm 加农炮药室的型面。该装置用于炮身生产线上,快速而精确地检测和记录药室直径、锥度、锥体位置、基准直径位置、各圆锥部分的同轴度以及平截头圆锥体的交线等参数,其分辨力可达 0.0025mm。这些详细的测量数据,较全面准确地表征着该药室的加工质量,军方据此进行产品验收,就能有效地保证产品质量。再如,为确保“爱国者”导弹引信的产品质量,美国陆军试验鉴定局投资,由哈特戴蒙德实验室为其研制专门的模态试验系统。该系统对总装后的引信进行全面、严格的模态参数检测,确保每发引信模态参数符合规定要求,不仅有效提高了产品质量,而且降低了某些零件加工工序的精度要求,因而降低了生产成本。

4. 状态检测、故障诊断

对装备技术保障、使用与管理人员来说,最关心的是所属机械装备系统性能状态如何,是否存在故障,是什么故障,发生在哪个部位等。要解决这些问题的唯一途径就是对装备系统进行测试,根据测试数据来判断装备系统性能状态是否正常。对故障状态的装备系统,也要在其测试数据的基础上进行诊断运算与推理,从而确定其故障性质与发生部位。另外,装备系统经过一定时间的使用,其寿命将会下降,直至最终报废。装备系统的报废是一个非常严肃的问题。从技术指标考虑,不满足使用要求又无修理价值的装备系统必须报废;从经济角度考虑,如果将没有达到报废条件的装备系统作报废处理,将会造成很大的浪费。例如,兵器系统的报废必须符合以下原则:一是兵器系统的战术技术指标已经不能满足使用的最低要求;二是兵器系统不能安全使用;三是兵器系统继续使用已不经济。例如,130mm 加农炮当初速度 v_0 下降为原来的 6.6% 时,该炮就需要报废。因此,判断兵器系统是否达到报废标准必须以测试数据为依据。

综上所述,机械工程测试对装备系统全寿命过程的每个阶段都是十分重要的。机械工程测试的理论与技术是整个机械设计理论与技术体系中不可或缺的重要组成部分。在装备研制过程的预先研究、基础研究或理论研究中,采用先进有效的测试技术,就可以更准确地探索其客观规律,推动科学与技术的发展。在机械装备的论证和研制阶段,采用科学、先进的测试技术,就可以全面、准确地获取机械装备系统的性能状态信息,从而客观、准确地评价鉴定装备系统的性能与质量。装备的制造与验收阶段,在现代化的生产线或工艺过程中采用先进有效的测试技术,就可以及时、准确地获取产品生产质量信息,不仅

使检验部门质量监控行之有据,也可促进生产工艺的改进和提高。装备技术保障阶段,采用先进的测试技术进行装备性能检测与故障诊断,就可以及时、准确地掌握装备系统的性能状态与故障信息,从而实现基于状态的使用、管理和维修,当判断出已无修理价值时,应及时进行报废处理。

总之,测试技术已广泛地应用于工农业生产、科学研究、国内外贸易、国防建设、交通运输、医疗卫生、环境保护和人民生活的各个方面,起着越来越重要的作用,成为国民经济发展和社会进步的一项必不可少的重要基础技术。因而,使用先进的测试技术也就成为经济高度发展和科技现代化的重要标志之一。

0.3 测试技术的内容与测试系统的组成

0.3.1 测试技术的主要内容

测试技术的主要内容包括测量原理、测量方法、测量系统以及数据处理四个方面。

测量原理指实现测量所依据的物理、化学、生物等现象及有关定律的总体。例如,用压电晶体测量振动加速度时所依据的是压电效应;用电涡流位移传感器测量静态位移和振动位移时所依据的是电磁效应;用热电偶测量温度时所依据的是热电效应等。不同性质的被测对象用不同的原理去测量,同一性质的被测对象也可用不同的原理去测量。

测量原理确定后,根据对测量任务的具体要求和现场的实际情况,需要采用不同的测量方法,如直接测量法或间接测量法、电测法或非电测法、模拟量测量法或数字量测量法、等精度测量法或不等精度测量法等。

在确定了被测量的测量原理和测量方法以后,就要设计或选用装置,组成测量系统。

对实际测试得到的数据必须进行处理,才能得到正确、可靠的结果。

在机械工程中,测试的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电子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,如电流、电压、电场强度和电功率属于电能量;而描述电路和波形的参数,如电阻、电容、电感、电频率、相位则属于电参量。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。

0.3.2 测试系统的组成

测试系统的组成如图0-2所示。现对图0-2各组成部分做扼要介绍:

传感器是可将被测量转换成某种电信号的器件。它包括敏感器和转换器两个部分。敏感器可以把温度、压力、位移、振动、噪声等被测量转换成某种物理量,然后通过转换器,把这些物理量转换成某种容易检测的电量,例如,电阻、电容、电感的变化。一些传感器产品被称为变送器,其中包括变换电路,可输出标准范围的电压或电流信号。

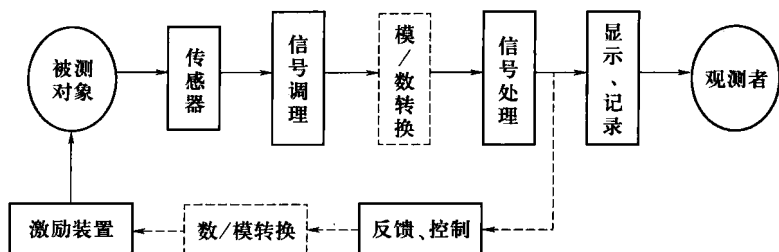


图0-2 测试系统的组成

传感器是测试系统中的第一级,用于从被测对象获取有用的信息,并将其转换为适合于测量的变量或信号。如采用弹簧秤测量物体受力,其中的弹簧秤便是一个传感器或称敏感元件,它将物体所受的力转换成弹簧的变形——位移量。又如,在测量物体的温度变化时,可以采用水银温度计作传感器,将热量或温度的变化转换为水银柱,即位移的变化;同样可采用热敏电阻来测量,此时温度的变化便被转换为电参数——电阻率的变化。再如,在测量物体振动时,可以采用磁电式传感器,将物体振动的位移或振动速度通过电磁感应原理转换成电压变化量。由此可见,对于不同的被测物理量要采用不同的传感器,这些传感器的作用原理所依据的物理效应也是千差万别的。对于一个测量任务来说,第一步是能够有效地从被测对象取得能用于测量的信息,因此传感器在整个测量系统中的作用十分重要。

信号调理级对从传感器所输出的信号做进一步的加工和处理,包括对信号的转换、放大、滤波、存储、重放和一些专门的信号处理。这是因为从传感器输出的信号往往除有用信号外还夹杂有各种有害的干扰和噪声,因此在做进一步处理之前必须要将干扰和噪声滤除掉。另外,传感器的输出信号往往具有光、机、电等多种形式,而对信号的后续处理往往都采取电的方式和手段,因而常常必须将传感器的输出信号进一步转换为适宜于电路处理的电信号,其中也包括信号的放大。通过信号调理部分的处理,最终希望获得能便于传输、显示和记录以及可做进一步后续处理的信号。

信号的调理环节把传感器的输出信号转换成适合于进一步传输和处理的形式。这种信号的转换多数是电信号之间的转换,例如,把阻抗变化转换成电压变化,还有滤波、幅值放大或把幅值的变化转换成频率的变化等。

信号处理环节对来自信号调理环节的信号进行各种运算、滤波和分析。

信号显示、记录环节将来自信号处理环节的信号,即测试的结果,以易于观察的形式显示或存储。

反馈、控制环节主要用于闭环控制系统中的测试系统。

模/数转换和数/模转换环节是在采用计算机、PLC 等测试、控制系统时进行模拟信号与数字信号相互转换的环节。

需要指出的是,任何测量结果都存在误差,必须把误差限制在允许范围内。为了准确获得被测对象的信息,要求测试系统中每一个环节的输出量与输入量之间必须具有一一对应关系,并且其输出的变化在给定的误差范围内,反应其输入的变化,即实现不失真的测试。系统的传输特性确定了输出与输入之间的关系,若通过理论分析或测试确定了其中两者的数学描述,则可以求出第三者的数学描述。所以工程测试问题都可以归结为输