



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12-5" GUIHUA JIAOCAI

机械设计实验

主 编 李 威 史铁军

副主编 林 宇 崔兴山

122-33
15



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

机械设计实验

主 编 李 威 史铁军
副主编 林 宇 崔兴山

北 京

冶金工业出版社

2015

内 容 提 要

本书共 11 章, 内容包括机械系统常用参数测量、测量误差分析与实验数据处理、摩擦和磨损的测定实验、润滑油承载能力的测定实验、带传动特性实验、液体动压滑动轴承性能分析实验、齿轮传动效率的测定实验、减速器的拆装与结构分析实验、机械系统构思创意组装模拟实验和齿轮传动系统虚拟样机仿真实验等。

本书主要作为高等院校工科机械类专业本科生学习机械设计课程实验用书, 也可供有关专业的教师与工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计实验/李威, 史铁军主编. —北京: 冶金工业出版社, 2015. 8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7028-9

I. ①机… II. ①李… ②史… III. ①机械设计—实验—高等学校—教材 IV. ①TH122.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 183840 号



出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp. com. cn 电子信箱 yjchs@cnmp. com. cn

责任编辑 杨盈园 王雪涛 美术编辑 杨 帆 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7028-9

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 固安华明印业有限公司印刷

2015 年 8 月第 1 版, 2015 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 7.25 印张; 172 千字; 105 页

24.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp. com. cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgchs. tmall. com

(本书如有印装质量问题, 本社营销中心负责退换)

前 言

机械设计课程在机械类专业人才培养的课程体系中占有重要的地位,它是高等工科院校中机械类和近机类专业指定必修的一门技术基础课,实验教学是实践教学的重要内容之一,机械设计课程的实验教学环节,对于提高学生的创新意识、培养创新能力和加强动手能力等具有十分重要的意义,同时实验教学环节的改革也是21世纪高等院校实践教学改革的重要组成部分,为此作者结合本专业(学科)多年的教学与研究经验及体会,编写了这本机械设计实验教程,本书凝聚了机械设计基础学科相关教师的多年教学改革与课程建设经验,充分反映了机械设计实验教学的最新教改成果。本实验教材的特色主要表现在以下几个方面:

(1) 本书在传统实验教学与计算机应用相结合,单一实验内容与多种知识相结合,机与电测试相结合等方面进行了一些探索,力求在培养学生动手能力、计算机应用能力、机电一体化结合能力和创新能力等方面有所突破。

(2) 在各实验项目的实验内容部分,进行分级叙述,一级叙述基本与分级叙述的实验内容相对应,使学生在进行实验操作时条理和步骤更加清晰,对实验内容的理解和把握更加准确。

(3) 本书不仅注重实验项目的基础性,即掌握所做实验仪器设备的基本使用方法、实验操作的基本技能,也注重实验项目的系统性,即兼顾实践与理论的平衡、基础与前沿的平衡,同时也考虑了实验项目的层次性,即体现了因材施教。

(4) 本书结合现代机械设计测试方法的最新发展,增加了虚拟样机仿真实验内容,从而可以激发学生的学习兴趣、缩短产品研发周期和降低研发成本,提高机械产品的设计质量和效率。

本书内容丰富,一些章节并非必须实验的内容,可以根据专业需要予以取舍或侧重,有些内容可以安排学生自学。各章编排顺序亦非不能变动的实验顺序,可以根据具体情况加以调整。

参加本书编写工作的有李威、史铁军、崔兴山、卢梅、林宇、俞必强、王小群、边新孝、邱丽芳、孙萍、王逊、张圣杭,本书由李威、史铁军任主编,林宇、崔兴山任副主编。

北京邮电大学杨福兴教授对本书进行了仔细的审阅，并提出了许多有助于提高本书质量的宝贵意见和建议，在此致以衷心的感谢！北京科技大学贾志新教授也对本书进行了审阅，并给出了许多建设性的意见，编者对此深表感谢！

鉴于编者水平所限，书中若有不妥之处，恳切希望读者给予批评指正。

编者

2015年5月

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	定价(元)
新能源导论	46.00
锡冶金	28.00
锌冶金	28.00
工程设备设计基础	39.00
功能材料专业外语阅读教程	38.00
冶金工艺设计	36.00
机械工程基础	29.00
冶金物理化学教程(第2版)	45.00
锌提取冶金学	28.00
大学物理习题与解答	30.00
冶金分析与实验方法	30.00
工业固体废弃物综合利用	66.00
中国重型机械选型手册——重型基础零部件分册	198.00
中国重型机械选型手册——矿山机械分册	138.00
中国重型机械选型手册——冶金及重型锻压设备分册	128.00
中国重型机械选型手册——物料搬运机械分册	188.00
冶金设备产品手册	180.00
高性能及其涂层刀具材料的切削性能	48.00
活性炭-微波处理典型有机废水	38.00
铁矿山规划生态环境保护对策	95.00
废旧锂离子电池钴酸锂浸出技术	18.00
资源环境人口增长与城市综合承载力	29.00
现代黄金冶炼技术	170.00
光子晶体材料在集成光学和光伏中的应用	38.00
中国产业竞争力研究——基于垂直专业化的视角	20.00
顶吹炉工	45.00
反射炉工	38.00
合成炉工	38.00
自热炉工	38.00
铜电解精炼工	36.00
钢筋混凝土井壁腐蚀损伤机理研究及应用	20.00
地下水保护与合理利用	32.00
多弧离子镀 Ti-Al-Zr-Cr-N 系复合硬质膜	28.00
多弧离子镀沉积过程的计算机模拟	26.00
微观组织特征性相的电子结构及疲劳性能	30.00

目 录

1 绪论	1
1.1 机械设计实验的任务与研究对象	1
1.2 实验教学的目的与作用	1
1.3 现代实验技术简介	2
1.3.1 虚拟仪器技术	2
1.3.2 虚拟样机技术	3
1.3.3 计算机网络远程控制技术	3
1.3.4 多传感器信息融合技术	4
1.3.5 现代传感与测试技术	4
1.3.6 信息处理技术	4
1.4 现代实验技术的发展趋势	4
2 机械系统常用参数测量	7
2.1 测量系统的组成	7
2.2 常用的测量系统	7
2.2.1 机械测量系统	7
2.2.2 光学测量系统	9
2.2.3 电测系统	10
2.3 计算机辅助测试技术	11
2.3.1 计算机辅助测试系统的组成	11
2.3.2 信号采集与转换	12
2.3.3 信号恢复	12
2.3.4 频谱分析技术	12
2.3.5 数字滤波	14
2.4 机械系统常用参数测量方法	14
2.4.1 位移、速度和加速度测量	15
2.4.2 力和功率的测量	18
3 测量误差分析与实验数据处理	22
3.1 实验结果的误差及误差分析	22
3.1.1 误差分类及特点	22
3.1.2 系统误差	22

3.1.3 随机误差	23
3.1.4 过失误差	23
3.2 测量数据处理方法	23
3.2.1 静态实验数据处理的基本步骤	24
3.2.2 动态实验数据处理的基本步骤	24
3.3 回归分析模型	25
4 摩擦和磨损的测定实验	27
4.1 概述	27
4.2 摩擦的测定	28
4.2.1 摩擦力矩的测定	28
4.2.2 摩擦功的测量	29
4.2.3 摩擦系数的测定	30
4.3 磨损的测定	30
4.4 实验目的	31
4.5 实验要求	31
4.6 实验设备	32
4.7 实验步骤	33
4.8 磨损实验	33
思考题与习题	34
附录 摩擦和磨损的测定实验报告	35
5 润滑油承载能力的测定实验	38
5.1 概述	38
5.2 实验目的	39
5.3 实验要求	40
5.4 实验设备及材料	40
5.5 实验步骤	41
5.5.1 准备工作	41
5.5.2 加载	41
5.5.3 运转	41
5.5.4 卸载并测定磨痕直径	41
思考题与习题	43
附录 润滑油承载能力的测定实验报告	44
6 带传动特性实验	47
6.1 概述	47
6.2 实验目的	48
6.3 实验要求	48

6.4 实验设备及原理	48
6.5 实验步骤	49
思考题与习题	51
附录 带传动特性实验报告	52
7 液体动压滑动轴承性能分析实验	55
7.1 概述	55
7.2 实验目的	56
7.3 实验要求	56
7.4 实验设备	56
7.4.1 传动装置	57
7.4.2 加载装置	57
7.4.3 摩擦系数测量装置	58
7.4.4 油膜压力测量装置	59
7.4.5 摩擦状态指示装置	60
7.4.6 轴承试验台性能参数	60
7.5 实验步骤	60
7.5.1 HZ-1 型、HS- I 型试验台	60
7.5.2 HZS-1 型试验台	61
7.6 数据处理	63
7.6.1 绘制油膜压力分布曲线并计算承载量	63
7.6.2 绘制轴承摩擦特性曲线	65
7.6.3 最小油膜厚度 $h_{\min}$ 计算	65
思考题与习题	65
附录 液体动压滑动轴承性能分析实验报告	66
8 齿轮传动效率的测定实验	69
8.1 概述	69
8.2 实验目的	70
8.3 实验要求	70
8.4 实验技术参数及效率计算	70
8.4.1 主要技术参数	70
8.4.2 效率计算	71
8.4.3 电子系统	72
8.5 实验步骤	73
8.5.1 人工记录操作方法	73
8.5.2 与计算机接口的操作方法	74
思考题与习题	75
附录 齿轮传动效率的测定实验报告	76

9 减速器的拆装与结构分析实验	78
9.1 概述	78
9.2 实验目的	79
9.3 实验要求	79
9.4 实验设备	79
9.5 实验步骤	80
思考题与习题	81
附录 减速器的拆装与结构分析实验报告	82
10 机械系统构思创意组装模拟实验	84
10.1 概述	84
10.2 实验目的	84
10.3 实验要求	84
10.4 实验设备	85
10.5 实验方法与步骤	86
思考题与习题	86
附录 机械系统构思创意组装模拟实验报告	87
11 齿轮传动系统虚拟样机仿真实验	89
11.1 概述	89
11.2 虚拟样机技术的内涵	89
11.3 虚拟样机技术的特点	90
11.4 虚拟样机仿真实验软件简介	90
11.5 齿轮传动系统仿真实验模型	91
11.5.1 柔性体在虚拟样机软件中的实现方法	91
11.5.2 封闭加载原理及功率流方向判定	92
11.5.3 齿轮传动系统仿真原理	92
11.6 齿轮传动效率测试分析	93
11.6.1 齿轮传动效率的计算	93
11.6.2 齿轮传动效率仿真实验	94
11.7 齿轮传动系统振动特性测试分析	96
11.7.1 传动系统扭转仿真等价模型	96
11.7.2 传动系统扭转振动时域分析	97
11.7.3 传动系统扭转振动频域分析	100
思考题与习题	103
附录 齿轮传动系统虚拟样机仿真实验报告	104
参考文献	105

1 绪 论

要点

本章简要介绍了机械设计实验教学的地位与作用、实验的内容与目的、实验大纲与实验要求，并对当前实验测试技术研究现状及其发展趋势进行了讲述，使学生能够了解现代实验测试技术的最新发展，为随后的实验做好准备。

1.1 机械设计实验的任务与研究对象

随着科学技术的飞速发展，对机械学科和机械类专业人才提出了更高的要求。高等院校工科学生，尤其是机械专业的学生，要求具有较高的实践能力和综合设计能力。与国外发达国家相比，国内在创新思维、动手能力方面还有明显差距，要想迎头赶上，还需要各方面的努力。针对目前这一现状，许多高校正在进行广泛深入的研究工作，就机械工程学科而言，随着教学改革的不深入，在机械设计基础系列化课程改革中，加强实践环节，提高动手能力越来越受到重视，而现代实验技术的作用已成为促进机械学科发展的重要手段之一。

现代实验技术在各个学科领域中，尤其是在机械工程领域中已作为揭示客观规律的技术手段而得到了极其广泛的应用。现代机械设计基础实验研究的对象是各种机械的基本理论和设计问题。各种不同的机械，虽然它们的形式、构造和用途不同，但为了改进和提高它们的性能，设计新的机械，往往要解决许多共性的问题。基于此，现代机械设计基础实验的任务是利用现代先进的实验技术对所研究的机械进行分析和检测，以便获得在各种工作状态下机械零件的力学性能、机械的运动规律和动力传递规律，从而判断该机械的性能是否符合设计要求。通过对实验数据的分析综合，为研究、验证机械设计理论和选择最佳设计方案提供理论依据。

1.2 实验教学的目的是与作用

现代机械设计基础实验的目的是使学生通过实验的方法来掌握机械设计的基础理论和设计方法，培养学生运用先进的实验技术手段、学会正确选用实验装置、初步掌握对机械系统进行动态测试的方法和技能，为以后的专业课学习和科学研究打下一定的基础。

机械设计课程具有很强的工程实践性，只有在学习基础理论的同时加强实验环节，（在实验过程中——“动手”过程中）才能牢固掌握机械设计知识。因为实验的过程也就是提高创新思维、创新能力的过程，也是对课堂所学理论知识掌握程度的检验和再学习的

过程,否则再好的构思,再好的设计方案也只能是纸上谈兵,并且有些理论知识通过亲身体验,亲手操作,即在于中学,也许能使学生更容易理解,掌握的更快一些,例如带传动特性实验和齿轮传动效率实验等。通过实验学生可获得机械系统的完整概念,是培养学生动手能力和运用实验方法研究机械组成和性能的重要途径,同时可得到实验能力的训练,掌握现代实验方法、手段和技巧。因为实验的成功与否,不仅仅取决于对设计基本理论的掌握,也取决于实验过程中的操作是否正确。因此,机械专业学生一定要强化实验环节,亲自实践,理论联系实际。

实验教学是高等院校理工科教学中的重要组成部分,它不仅是学生获取知识的重要途径,而且对培养学生严谨的科学态度、科学研究能力、创新能力和实验工作能力起着相当重要的作用。

1.3 现代实验技术简介

由于微电子技术、计算机技术、网络技术、信息技术的迅速发展,实验技术领域也发生了深刻的变化,特别是与信息技术和计算机技术的紧密结合,使现代实验技术与传统实验相比,在实验内容、手段、技术和方法上都发生了巨大变化。所涵盖的内容更加深刻、更加广泛,实验技术更加先进。

设计手段、制造理论、工艺方法不断推陈出新,微电子技术、控制技术、信息与计算机技术、传感技术、生物技术与机械学科的交叉、渗透、融合,逐步形成了机械工程学科与实验技术的许多新理论、新观念、新方法、新成果。在这一现代工程背景下,机械工程实验技术已发生而且还在继续发生更为深刻的变化。

在计算机技术、传感技术和软件技术的支撑下发展起来的现代实验技术,将多种学科的先进技术融为一体,它综合应用了机械技术发展的新成果及现代电子技术、计算机技术和测量技术等新技术,是一门多学科、多技术互相融合、渗透、交叉的综合技术。

信息处理技术和计算机软、硬件技术是现代实验技术的特点,现代实验技术是以智能网络为主要内容的综合技术。包括:计算机、数字通信、网络测试技术、计算机应用技术、数据分析、数据处理等。

与现代实验技术相关的技术包括:虚拟仪器技术,虚拟样机技术,计算机网络远程控制技术,多传感器信息融合技术,现代传感与测试技术,信息处理技术等先进技术。

1.3.1 虚拟仪器技术

虚拟仪器技术是现代仪器技术与计算机技术深层次相结合的产物。虚拟仪器(Virtual Instrument, VI)是全新概念的仪器,它是对传统仪器概念的重大突破,它的出现使测量仪器和计算机之间的界限消失,开始了测量仪器的全新时代,是仪器领域的一场革命。

虚拟仪器采用计算机开放体系结构来取代传统的单机测量仪器,将传统测量仪器中的公共部分集中起来由计算机共享,通过计算机仪器扩展板卡和应用软件在计算机上实现多种物理仪器。虚拟仪器由计算机、模块化功能硬件和应用软件三大部分组成。

虚拟仪器的突出优点是计算机技术结合,仪器就是计算机,它是在计算机的显示屏

上虚拟了传统仪器面板的计算机化仪器,仪器的功能由软件确定,操作人员在计算机的屏幕上操作虚拟的仪器,就像操作真实的仪器一样,从而完成对被测量的采集、显示、分析、处理、存储及数据生成等。

虚拟仪器的功能由软件确定,用户可根据需要,通过更换应用软件来拓展虚拟仪器功能,适应实际科研、生产需要;另外,虚拟仪器能与计算机的文件存储、数据库、网络通信等功能相结合,具有很大的灵活性和拓展空间。在现代网络化、计算机化的生产、制造环境中,虚拟仪器更能适应现代制造业复杂、多变的应用需求,能更迅速、更经济、更灵活地解决工业生产、新产品实验中的测试问题。

作为虚拟现实技术的重要组成部分——虚拟仪器是目前的重点研究技术之一。

1.3.2 虚拟样机技术

机械工程中的虚拟样机技术又称为机械系统动态仿真技术,是20世纪80年代随着计算机技术的发展而迅速发展起来的一项计算机辅助工程(CAE)技术,其核心是机械系统运动学和动力学仿真技术,同时还包括三维CAD建模技术、有限元技术、机电液控制技术、最优化技术等相关技术。利用虚拟样机技术进行产品的开发和研究,其目的是在产品的设计阶段,借助建模与仿真技术及时地、并行地模拟出产品制造过程。

设计任何新的机器,都必须进行运动及动力学分析工作,以确定是否满足工作要求。工程技术人员在产品的设计阶段利用计算机建立样机模型,对模型进行各种动态性能分析,然后改进样机设计方案,用数字化形式代替传统的实物样机实验。运用虚拟样机技术,可以大大简化机械产品的设计开发过程,达到产品的开发周期和成本最小化、产品设计质量的最优化、生产效率的最大化。

因此,该技术一经出现,立即就受到了各国科研机构 and 大学、有关公司的极大重视,许多著名制造厂商(例如山西经纬纺织厂和重庆钢铁设计院等)立即将虚拟样机技术引入各自的产品开发中,取得了很好的经济效益。有关科研机构和大学也纷纷开展关于虚拟样机技术的应用研究和教学,例如清华大学、北京航空航天大学 and 北京科技大学等。

我国十分重视虚拟样机技术的应用,将其列为今后攻关和推广的重点方向和关键技术之一。目前,基于虚拟样机技术的商业软件是美国MDI公司开发的ADAMS软件。用户可以运用该软件非常方便地对虚拟机械系统进行静力学、运动学和动力学分析(见第11章11.4节)。

1.3.3 计算机网络远程控制技术

计算机技术与通信技术的结合产生了计算机网络技术。计算机网络技术的迅猛发展为现代机械工程网上实验提供了可能性,已成为实现高等教育现代化的重要途径,它能实现精品课程的广泛共享和优秀师资的发掘等社会价值。多媒体教学和网络实验教学体系将会导致传统面对面教学模式的深刻变革。特别是三维动态仿真技术在网络中的应用,使难以理解的概念和难以观察到的现象形象鲜明而又精确地展示出来,并且能从不同的角度进行观察研究。目前,网络上支持的三维动态仿真技术主要有三类:虚拟现实造型语言VRML,Java技术和ActiveX技术和OpenGL图形开发环境的结合。网上模拟实验技术的关键是通过接口使运行在Web浏览器内的Java Applet和VRML场景交互,即利用VRML建

立形象生动的网上实验模型,再融合 Java 的强大功能来构造一个丰富的、交互的三维模拟实验空间。

目前,网上实验已经在一些学科实验领域里得到了运用,如大学物理虚拟实验的网络教学系统在当前 Internet 网络环境下实现了远程实验教学的各种功能,北京科技大学等许多高校正在对网络实验技术进行深入的研究探索。可以预见,浏览器技术和以 Java 为基础的软件技术结合,计算机网络远程控制技术也会在各个领域由理论研究走向实际应用。

1.3.4 多传感器信息融合技术

多传感器信息融合技术是 20 世纪 80 年代发展起来的。它是研究如何充分发挥各个传感器的特点,利用其互补性、冗余性,提高检测信息的精度和可靠性,从而实现识别、判断和决策。多传感器信息融合是对来自不同传感器的信息进行分析与综合,通过采用一定的信息处理方法达到提高每一个参量测量精度的目的。与单个使用的各种传感器相比,多传感器集成和信息融合技术可以更准确、更迅速、更全面地获取周围环境的信息。目前,信息融合技术在导航、自动目标识别、图像处理、多目标跟踪、机器人以及复杂工业过程等诸多领域中有着广泛的应用。

1.3.5 现代传感与测试技术

随着机械装备向大容量、多参数方向的发展,其自动化水平不断提高,机械工程中各种重要参量的测点会越来越多,且测量准确性、可靠性的要求也越来越高。

传感与测试装置是测试系统的感受器官,是实现自动控制、自动调节的关键环节,它的功能越强,测试系统的自动化程度就越高。因此,智能型传感器是传感器的发展方向。智能传感器以每年 20% 的高速度增长。智能传感器就是带微处理器、兼有信息检测和信息处理功能的传感器。它的最大特点是将传感器检测信息的功能与微处理器的信息处理功能有机地融合在一起。与传统传感器相比,它具有高精度,宽量程,多功能,自适应能力强,高可靠性,高性价比,超小型和微型化的特点,能同时进行多参数测量,并且为开发便携式、袖珍式检测系统创造了有利条件。

1.3.6 信息处理技术

信息只有通过有效的信号处理才能被充分地提取和利用。信息处理技术包括信号的处理、转换、存储和显示等。实现信息处理的工具是计算机,因此计算机技术与信息处理技术是密切相关的。信息处理技术是现代实验技术测试系统中必不可少的部分,是使测试系统具有自动化、数字化和智能化的关键所在。

1.4 现代实验技术的发展趋势

现代实验技术的发展与计算机技术的发展几乎是同步、协调向前发展。计算机技术是现代实验技术的核心,若脱离计算机、软件、网络、通信等先进技术的支持,实验技术的发展也是不可能的。与传统机械工程实验相比,现代机械工程实验涵盖的内容和范围更加广泛。实验的目的不仅仅是为了验证课程中的基本理论,或者是为了了解一些机构或零件

的性能而做一些简单的测试工作,而是更注重培养学生的创新意识和创新能力,为研究机械设计理论提供依据,为新产品研发设计最佳方案。在实验的内容上更强调“综合”和“集成”理念。例如设计与制造、机与电等的结合,更加注重于机电一体化产品设计。

世界各国大学生机器人大赛的蓬勃开展,进一步推进了智能机器人在各高校广泛开展,与此同时,与之相适应的模块化的、机电相结合的教学产品也应运而生,如慧鱼、乐高等智能机器人产品,机器人技术正在广泛、迅速走进课堂。实验内容更加贴近工程实际,注入高新技术,融入了先进机械设计理论,如:将构思、设计、制造、检测高度集成,专业、学科间的界线逐渐淡化、消失,逐步走向一体化。例如,CAD、CAPP、CAM的出现,使设计、制造成为一体;计算机数字仿真、三维造型、运动学动力学分析等先进软件越来越多地融入到实验内容中,同时实验技术模式向着开放式、网络化、虚拟化、光机电液一体化方向发展。

微型计算机和有限元法的广泛应用,已能用实验方法测出模型和实物上各部位的应力、应变。使得对应用在复杂环境下的机械零件性能进行力、力矩、应力等的分析和计算成为可能,从而为改进产品机械性能提供科学依据。以此为发展的现代实验技术的发展趋势大致有以下几个方面:

(1) 智能化:今后的实验技术智能化水平越来越高。这主要是受益于神经网络和模糊控制技术、信息技术,尤其是软件及芯片技术的发展。智能化是实验技术走向自动化的发展方向。

(2) 微型化:目前在实验室中已制造出亚微米级的机械元件,这是利用半导体器件制造过程中的刻蚀技术。这种微型机械学是机电一体化的重要发展方向。

(3) 网络化:随着网络技术的引入,各种基于网络的远程控制方兴未艾,很多测试任务也提出了远程测试的要求。因此实验技术也越来越向网络化的方向发展,网络化使得实验不受地点的限制,实现了设计和数据共享。因此,实验技术无疑应朝网络化方向发展。

(4) 虚拟化:包括功能的虚拟化、手段的虚拟化、方法的虚拟化、仪器功能虚拟化。虚拟技术正在不断完善,当前突出反映虚拟现实技术(Virtual Reality Technology)在实验设计的应用上,以及现代产品建模理论的发展上。用虚拟物理样机(模型)代替真实产品(样机)进行试验,对其性能和可制造性进行预测和评价,从而缩短产品的设计与制造周期,降低产品的开发成本,提高快速响应市场变化的能力。

在现代网络化、计算机化的生产、制造环境中,虚拟仪器能更迅速、更经济、更灵活地解决新产品实验中的测试问题。

(5) 集成化:大规模集成电路(LSI)技术的发展,使得集成电路的密度越来越高,体积越来越小,内部结构越来越复杂,功能也越来越强大,从而大大提高了整个仪器系统的集成度。它使得仪器更加灵活,仪器的硬件组成更加简洁。

随着计算机软件技术的发展,各种面向仪器与测控系统的计算机软件应用平台应运而生,目前HPVee、LabVIEW、LabWindows/CVI、Intech等是应用较为广泛和具有典型特征的应用开发平台。这些应用平台的出现为智能仪器、虚拟仪表、数字化测控系统的迅猛发展提供了有利条件,使用户从众多的令人目眩的仪器中解脱出来,真正实现“把试验室拎着走”,实现测试高度集成化。

(6) 高精度: 实验技术的发展和传感器的发展是密切相关的。传感器的高精度化和微型化是实现测试高精度化的重要一环。如目前正在研究的智能型传感器, 就是利用微处理器来提高传感器精度和线性度, 不仅具有测量功能, 还具有选择和判断多种信息的功能。

(7) 自动化: 传感器与微型计算机结合产生的智能传感器, 可在自动化过程控制中进行高速动态和快变参数的测量, 使测量过程和测量系统实现自动化和复杂的计算处理。

目前, 现代实验技术发展的总趋势是向智能化、微型化、网络化、虚拟化、集成化、高精度、自动化的方向发展。现代实验技术是一门交叉技术, 与它相关的每一项技术的发展都会促使实验技术的发展。

2 机械系统常用参数测量

要点

从力学概念出发来描述机械运动特性的机械量参数包括位移、速度、加速度、力、质量、转矩、振动、冲击、噪声、功率，等等，这些参数均可以通过选择不同的测量系统、采用恰当的测量方法检测出来。

2.1 测量系统的组成

一般来说，测量系统由传感器、中间变换装置和显示记录装置三部分组成。通过测试系统把被测的物理量转换成便于观察者直接查看的信号。测试过程中传感器探测或传感输入信号，将被测的物理量如压力、加速度、温度等转换为电参量。然后传输给中间变换装置（信号调节器）；中间变换装置对接收到的电信号进行分析处理；主要是放大被转换的电参量，再将处理结果以电信号或数字信号的方式传输给显示记录装置；最后由显示记录装置将测量结果显示出来。一个典型的测量系统可用图 2-1 所示的方框图来表示，三个方框代表如下三个功能装置。



图 2-1 基本测量系统的方框图

根据测量任务复杂程度的不同，以上的方框还可再分为数个更细的框图，以充分表示各种更具体的功能。一般来说，输入装置、中间处理装置和输出装置是测量系统不可缺少的三个基本组成部分。

2.2 常用的测量系统

常用的测量系统可概括地分为三类：机械测量系统、光学测量系统、电测系统。在确定测试的具体实施方案时，测量系统的合理选择是一个复杂的问题，其中传感器的选择尤为重要，下面简要介绍常用的机械工程测量系统构成、特点及应用范围。

2.2.1 机械测量系统

机械测量系统是利用弹性敏感元件对所测运动参数进行放大、传递，用指针等进行显