

• 高等学校教学用书 •

轧制工艺参数 测试技术

(第3版)

黎景全 主编



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

高等学校教学用书

轧制工艺参数测试技术

(第3版)

黎景全 主编

北 京

冶金工业出版社

2007

内 容 提 要

本书在前两版的基础上,结合计算机技术对原有内容进行了修订并增加了一些新内容。本书内容主要包括:测试系统及其基本特性,电阻应变片及其测量电路,计算机测试技术,力参数测量,电参数测量,运动参数测量,轧制尺寸测量,温度测量及测试误差与数据处理等。

本书可作为大专院校金属压力加工专业测试技术课程的教学用书,也可供其他相关专业师生以及现场从事测试技术工作的工程技术人员及科研人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

轧制工艺参数测试技术/黎景全主编. —3 版. —北京:
冶金工业出版社, 2007. 3

高等学校教学用书

ISBN 978-7-5024-4228-6

I. 轧… II. 黎… III. 轧制-工艺-参数测试-高等
学校-教材 IV. TG335

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 035012 号

出 版 人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 刘 源 程志宏 美术编辑 李 心 版面设计 张 青

责任校对 王永欣 李文彦 责任印制 丁小晶

ISBN 978-7-5024-4228-6

北京鑫正大印刷有限公司印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1984 年 5 月第 1 版, 1996 年 5 月第 2 版, 2007 年 3 月第 3 版, 2007 年 3 月第 7 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 14.75 印张; 387 千字; 220 页; 22901-25900 册

30.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号 (100711) 电话: (010)65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

第1版前言

本书系根据1982年冶金高等院校教材工作会议制订的教材规划编写的，作为金属压力加工专业测试技术课的教学用书，也可供其他有关专业师生以及从事测试技术工作的工程技术人员和科学研究人员参考。

本书是参照了一些国内外的有关资料，以及我们在教学和科学研究实践中的粗浅体会编写的，目的在于使学生掌握有关测试技术的基本理论和方法，并通过实际操作培养学生具有一定的实验技能。

本书由北京钢铁学院黎景全主编。参加编写工作的有北京钢铁学院吴特昌（编写第1章、第2章及第3章的第2节和第5章）；宋永龄（编写第4章、第7章和第8章）；东北工学院于长生（编写第9章和第10章）；黎景全（编写绪论、第3章的第1节和第6章）。

本书经东北重型机械学院张云骏同志审阅。在审稿会上，东北重型机械学院、武汉钢铁学院、西安冶金建筑学院、江西冶金学院和昆明工学院等单位的有关教师，对初稿提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，经验不足，加之时间仓促，书中错误和不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1983年5月

第2版前言

本书初版是于1984年出版的。本次再版基本上保持了原书的体系和深度，只是在具体内容上做了适当的删简、改写和增补。这次再版主要注重加强理论基础、贯彻少而精和理论联系实际的原则。修订时，我们参照了一些国内外大专院校的有关教材及科研院所的有关学术论文和科研成果，并结合了我们多年来在教学、科研工作中的经验和体会，在此我们向对本书做出贡献的上述作者致谢。

本次再版由黎景全担任主编。参加修订再版工作的人员有北京科技大学黎景全（绪论、第1章、第2章和第4章）；宋永龄（第3章、第5章和第6章）和东北大学于长生（第7章、第8章和第9章）。

本书稿完成后，曾邀请昆明工学院、鞍山钢铁学院等院校的授课教师进行过审稿。大家对修改稿进行了认真、细致的审议后，认为修订稿符合本课程教学大纲的要求，能满足教学的需要，可作为高等学校金属压力加工专业“测试技术”课程的教材。

编者向参加本书审稿并热情帮助和支持本书修订再版工作的有关人士致谢。

本书如在修订后还有不足之处，恳切希望广大读者继续提出宝贵意见，以便进一步修改完善。

编 者

1995年11月于北京

第3版前言

本书第1版于1984年由冶金工业出版社正式出版,一直作为金属压力加工专业本科全国统一教材使用,受到广大师生好评。

本书第1版出版至今已逾二十多年,1996年修订出版了本书的第2版,但也过去十余年了。随着科学技术的突飞猛进,尤其是计算机技术的发展,给测试技术提供了更为广阔的使用前景。原书中有些内容已显陈旧,因此,对书中内容再进行一次全面修订是十分必要的。

本次修订删除了原书中第3章内容(包括电阻应变仪、光线示波器、磁带记录器等),代之以新的计算机在测试技术中的应用——计算机测试技术,同时对其他章节内容也酌情进行了删减、改写及增补。

在这次修订过程中,编者参阅了一些国内外公开发表的有关著作、论文,从中受益匪浅,编者在此向相关文献作者致以诚挚的谢意。此外,编者也要感谢冶金工业出版社对这次修订再版工作给予的大力支持。

本书可作为高等院校金属压力加工及材料成形与控制专业本科生“测试技术”课程的教学用书或参考书,也可供现场从事测试技术的有关工程技术人员及科研人员学习与参考。

本书由黎景全主编。参加修订的人员包括东北大学于长生(第7章、第8章、第9章);河北理工大学郑申白(第3章、第5章、第6章)和北京科技大学黎景全(绪论、第1章、第2章和第4章)。

本书此次修订再版内容变动较大,加之编者水平所限,书中疏漏和欠妥之处,敬请广大师生、同仁批评指正。

编 者

2006年12月于北京

目 录

0 绪论	1
0.1 测试技术的基本概念	1
0.2 测试方法的分类	1
0.2.1 按是否直接测定被测参量的原则分类	1
0.2.2 按测试方式分类	2
0.2.3 按传感器是否与被测物接触分类	2
0.2.4 按被测参量是否随时间变化分类	3
0.2.5 按测试条件分类	3
0.2.6 按测试原理分类	3
0.3 测试工作的任务	4
0.4 测试技术的发展	4
0.4.1 传感器技术的发展趋势	4
0.4.2 计算机测试技术的发展	5
0.5 测试技术在轧制生产中的作用	7
0.6 本课程的研究内容	8
0.7 设置本课程的目的和任务	8
0.8 本课程的学习方法	9
1 测试系统及其基本特性	10
1.1 测试系统	10
1.1.1 测试系统的基本概念	10
1.1.2 测试系统的基本组成	11
1.1.3 常见测试系统的基本类型	13
1.2 测试系统的基本特性	16
1.2.1 测试系统的静态特性	16
1.2.2 测试系统的动态特性	21
2 电阻应变片及其测量电路	29
2.1 电阻应变片	29
2.1.1 应变片的构造	29
2.1.2 应变片的种类和特点	31
2.1.3 应变片的工作原理	33
2.1.4 应变片的常温工作特性	35

2.1.5 应变片的规格和选用	40
2.1.6 应变片的粘贴	42
2.2 电桥电路	44
2.2.1 电桥电路及其分类	44
2.2.2 电桥的工作原理	46
2.2.3 电桥的特性	54
2.2.4 电桥的温度补偿	56
2.2.5 电桥的预调平衡电路	58
2.2.6 电桥输出的读数方法	61
3 计算机测试技术	63
3.1 应变桥信号的直流放大与 A/D 转换	64
3.1.1 直流放大器	64
3.1.2 模拟电压和微型计算机的连接	65
3.1.3 微机化数据采集装置	69
3.2 数字信号分析仪	72
3.2.1 数字信号分析仪的组成	72
3.2.2 数字信号分析的步骤	73
3.2.3 数字信号分析仪的类型	74
3.2.4 现场振动测试信号的组成	75
3.2.5 振动信号分析原理	75
3.2.6 信号的频谱	77
3.2.7 频谱分析操作	79
4 力参数测量	80
4.1 零件的应力应变测量	80
4.1.1 应力应变关系	80
4.1.2 简单应力状态下的应力应变测量	85
4.1.3 复杂应力状态下对某一应力-应变成分的测量	91
4.2 轧制力测量及传感器设计	96
4.2.1 应力测量法	96
4.2.2 传感器测量法	99
4.2.3 电阻应变式测力传感器设计	104
4.2.4 剪切式测力传感器设计	116
4.2.5 传感器的标定	117
4.2.6 传感器特性的微机标定	119
4.2.7 传感器的精度检验	120
4.3 传动轴扭矩的测量	121
4.3.1 扭矩的测量方法	121

4.3.2	旋转件上电信号的传输	123
4.3.3	扭矩标定	128
4.3.4	实测及标定时操作要点	132
4.4	轧件张力测量	133
4.4.1	单机座可逆式冷轧机张力测量	133
4.4.2	连轧机张力测量	135
4.5	轧制单位压力和摩擦力的测量	135
4.5.1	轧制单位压力测量	135
4.5.2	轧制单位摩擦力测量	136
4.5.3	轧制单位压力和摩擦力的综合测量	137
4.5.4	测压针和弹性元件的构造和种类	139
4.6	挤压力测量	140
4.6.1	应力法	140
4.6.2	传感器法	140
4.7	拉拔力测量	140
4.7.1	管棒型线材的拉拔力测量	140
4.7.2	芯棒轴向力测量	141
5	电参数测量	142
5.1	直流电机电参数测量	142
5.1.1	直流电压变送器测量法	142
5.1.2	直流电流变送器测量法	143
5.1.3	直流功率变送器测量法	144
5.2	交流电机电参数测量	144
5.2.1	交流电压变送器测量法	144
5.2.2	交流电流变送器测量法	144
5.2.3	交流电机功率的测量	145
6	运动参数测量	147
6.1	位移测量	147
6.1.1	电阻式位移计	147
6.1.2	电感式位移计	149
6.1.3	差动变压器位移计	149
6.1.4	感应同步位移计	151
6.1.5	磁栅式位移计	153
6.2	转速测量	153
6.2.1	机械转速表	153
6.2.2	测速发电机	153
6.2.3	断路器(断电器)	154

6.2.4 接近开关	155
6.2.5 开式磁电转速计	155
6.2.6 光电式转速计	156
7 轧件尺寸测量	158
7.1 板带宽度测量	158
7.1.1 光电测宽仪	158
7.1.2 线型 CCD 测宽仪	159
7.2 板带厚度测量	161
7.2.1 概述	161
7.2.2 射线测厚仪	162
7.2.3 激光测厚仪	170
7.3 辊缝测量	172
7.3.1 概述	172
7.3.2 SGF 型辊缝测量仪	173
7.4 其他尺寸测量	175
7.4.1 管、棒、线材的直径测量	175
7.4.2 型材尺寸测量	177
7.4.3 轧件长度测量	178
7.5 轧件位置测量	180
7.5.1 板带位置测量	180
7.5.2 型材位置检测和其他传感器	181
7.6 轧机刚度测量	182
7.6.1 轧板法	183
7.6.2 空压靠法	183
8 温度测量	185
8.1 温度和温度仪表	185
8.1.1 温度和温标	185
8.1.2 测量温度的方法	185
8.1.3 温度仪表的分类与性能	186
8.2 辐射测温原理	187
8.2.1 热辐射的基本概念	187
8.2.2 热辐射的基本定律	189
8.3 辐射式温度计	191
8.3.1 光学高温计	191
8.3.2 辐射温度计	192
8.3.3 比色温度计	193
8.3.4 红外测温仪	195

8.3.5 热象仪	196
8.4 辐射测温技术	197
9 测试误差与数据处理	199
9.1 测试误差的基本理论	199
9.1.1 测试误差及其表示方法	199
9.1.2 精度	200
9.1.3 测试误差的种类	201
9.1.4 测试误差的估计和处理	201
9.1.5 测试误差的合成与分配	208
9.1.6 间接测试中的误差计算	209
9.2 测试数据处理	210
9.2.1 有效数字及其运算规则	210
9.2.2 等精度测试数据处理	211
9.2.3 测试数据表示方法	212
参考文献	218

0 绪 论

0.1 测试技术的基本概念

测试技术（有时也称为检测技术）是测量技术和试验技术的总称。测量就是把被测对象中的某种信息检测出来，并加以度量；试验则是把被测系统中存在的某种信息通过专门装置，以某种人为的方法激发出来，并加以测量。简言之，测试就是依靠一定的科学技术手段定量地获取某种研究对象中的原始信息的过程。这里所说的“信息”是指事物的状态或属性，如轧制力、轧制温度、轧制尺寸等即为轧制过程中的基本信息。

测试技术是从19世纪末、20世纪初发展起来的一门新型技术，迄今已发展成为一门领域相当宽广的学科。随着科学技术的发展，在工农业生产和科学研究中，各种测试技术日益广泛地应用于研究和揭示生产过程中发生的物理现象。当前，测试技术被广泛地应用于冶金、机械、建筑、航空、桥梁、化工、石油、农机、造船、水利、原子能，甚至地震预报、地质勘探、医学等各个领域，并在其中发挥着越来越重要的作用，成为推动国民经济发展和科技进步的一项必不可少的重要基础技术，测试技术的水平也已经成为衡量经济发展和科技现代化的重要标志之一。

近年来，电子技术的发展，特别是仪表和电子计算机技术的迅速发展，大大促进了测试技术的发展。过去依靠人工操作、调节、记录、处理和计算的部分，现在已用计算机的硬件和软件完成。当前，测试技术正向着数字化、自动化、智能化、集成化的方向发展。由于信号的数字处理技术日臻完善，数字测量将大量地取代模拟测量。微处理器在测试技术中的应用推动着测试手段的智能化、自动化，即把传统的测量仪器变成了智能仪器。微处理器的逻辑功能和控制功能实现了自动测量、自动调节、自诊故障，微处理器的数据处理功能则完成测试中的误差校正、数据变换和实验曲线拟合。当前的计算机辅助测试（CAT）大大提高了测量精度和试验工作效率。

0.2 测试方法的分类

测试方法是指在进行测试过程中所涉及的理论运算方法和实际操作方法。测试方法对测试工作十分重要，它关系到测试任务能否顺利完成。因此，针对不同的测试任务，要找出相应的切实可行的测试方法。然后，再根据测试方法选择合适的测试工具（或仪器），组成测试系统，进行实际测定。反之，如果使用的测试方法不对，即使选择的测试仪器再好，也不会得到精确的测试结果。

目前所用的测试方法很多，难以确切分类。从不同角度出发，有不同的分类方法。

0.2.1 按是否直接测定被测参量的原则分类

0.2.1.1 直接测量

被测参量直接与测量单位（标准量）进行比较，或者用预先标定好的测量仪器

(或装置)对被测参量直接进行测量,从而得出被测参量的数值,这种测量方法称为直接测量。例如,用磁电式电表测量电路中的电流或电压,用机械式转速表测量电机转速等。

直接测量的优点是测量过程简单、迅速,缺点是测量精度不高。这种测量方法在工程上得到广泛的使用。

0.2.1.2 间接测量

被测参量的数值不能直接由测量仪器(或装置)上获得,而是对几个与被测参量有确切函数关系的参量进行直接测量,然后将所测得的数值代入已知函数关系式,经过运算才能得到测量结果,这种测量方法称为间接测量。例如,零件中的应力是通过测量载荷和零件横截面积后经计算而得到的。

间接测量手续较多、时间较长,但可得到较高的测量精度,多用于实验室中测量,工程测量中也有应用。

0.2.1.3 联立测量

根据直接测量和间接测量得到的数据,必须通过求解一组联立方程组或回归才能得到测量结果,这种测量方法称为联立测量,也称组合测量。在进行联立测量时,一般需要改变测量条件,才能得到一组联立方程所需要的数据。例如,轧机刚度测量等。

联立测量的手续繁多、花费时间长,但测量精度高,多用于科学实验。

0.2.2 按测试方式分类

0.2.2.1 偏差式测量

在测量过程中,用仪表指针相对于刻度线的位移(即偏转角)或数字来直接表示被测参量的数值,这种测量方法称为偏差式测量。

这种测量方法比较简单、迅速,但测量精度不高,被广泛应用于工程测量中。

0.2.2.2 零位式测量

在测量过程中,将已知标准量直接与被测参量进行比较,调整标准量,直到被测参量与标准量相等,即仪表指针回零,这种测量方法称为零位式测量,又称补偿式或平衡式测量。例如,用电位差计测量电势等。

这种测量方法的优点是测量精度高,但测量过程比较复杂,要进行平衡操作,花费时间长。因此,这种测量方法不适用于测量变化迅速的信号,只适用于变化较慢的信号,在实验室应用较多。

0.2.2.3 微差式测量

这种测量法综合了偏差式和零位式测量的优点。它将被测的未知量与已知的标准量进行比较取得差值后,再用偏差法测量此差值。

设 N 为标准量, x 为被测参量, Δ 为二者之差,即 $\Delta = x - N$ 。则 $x = N + \Delta$, 即被测参量是标准量和偏差值之和。由于 N 是标准量,其误差很小,且 $\Delta \leq N$, 因此,可选用灵敏度高的偏差式仪表测量 Δ 。即使测量 Δ 的精度较低,但因 $\Delta \ll x$, 故总的测量精度仍较高。

微差式测量法的优点是反应快、测量精度较高,特别适用于在线控制参数的检测。

0.2.3 按传感器是否与被测物接触分类

0.2.3.1 接触式测量

此法比较简单,例如,测量振动时,常用带磁铁座的加速计直接放在所测位置进行测量。

0.2.3.2 非接触式测量

此法可避免传感器对被测物的机械作用及对其特性的影响,也可避免传感器受到磨损。例如,同样是测量振动,也可采用非接触式的电涡流传感器测量振动位移。由于没有接触,传感器对试件的特性不产生影响。

0.2.4 按被测参量是否随时间变化分类

在测试过程中,若被测参量是随时间变化的,这种测量称为动态测量。反之,当被测参量不随时间变化或者变化很缓慢时,可认为是静态测量。值得注意的是,在进行动态和静态测量时,二者对测量装置特性的要求和测得数值的处理是有很大差别的,测试时必须密切注意。

0.2.5 按测试条件分类

0.2.5.1 等精度测量

在整个测试过程中,若影响和决定误差大小的全部条件始终保持不变,由同一观测者、使用同一台仪器、用同样方法、在同样的环境条件下,对同一被测参量进行数次相同的重复测量,称之为等精度测量。

0.2.5.2 不等精度测量

在整个测试过程中,影响和决定误差大小的条件各异。如由不同的观测者、使用不同的仪器、用不同的方法、在不同的环境条件下,对被测参量进行不同次数的测量,称之为不等精度测量。

0.2.6 按测试原理分类

0.2.6.1 机械测量法

它是利用机械器具对被测参量直接进行测量的一种方法。例如,用杠杆应变计测量应变等。

0.2.6.2 光测法

它是利用光学的基本理论,用实验的方法去研究物体中的应力、应变和位移等力学问题的一种方法。例如,光弹法、云纹法等。

0.2.6.3 声测法

它是利用声波或超声波在被测介质中的传播速度和波形衰减情况来评估被测物质量的一种方法。例如,超声波探伤等。

0.2.6.4 非电量电测法(可简称为电测法)

它是把所要测量的非电量(如力、应变、位移等),通过各种型式的传感器(或器件),变换成与之有关的电信号(如电流、电压、频率等,有时还需要对变换后的电信号进行从电量到电量的变换或放大),然后再利用各种电测仪表和装置,乃至电子计算机,对该信号进行测量,从而确定被测非电量的数值的一种测试方法。

在上述测试方法中,目前应用最广的是非电量电测法,因为它具有一系列优点:

(1) 灵敏度高。用应变片测量应变,目前可测到 $5\mu\varepsilon$ ($5 \times 10^{-6}\varepsilon$),甚至可以精确到 $1\mu\varepsilon$ 。

(2) 精度高。在一般条件下,常温静态应变测量可达到1%的测量精度。

(3) 尺寸小、重量轻。用应变片测量时,其基长最短者达0.3mm,基宽最窄达1.4mm,中等尺寸的应变片重量为0.1~0.2g。因此,对被测的试件来说,可认为它没有惯性,故把它粘贴在试件表面上之后,不影响试件的工作状态和应力分布。

(4) 频率响应快。由于应变片的重量很轻,在测量运动件时,其本身的机械惯性可以忽略不计,故可认为它对应变的反应是即时的。可测量的应变频率范围很广,从静态到数十万赫兹的动态应变乃至冲击应变。

(5) 测量范围广。不仅能测量应变,而且能测量应力、位移、速度等。不仅能测量静止的零件,而且也能测量旋转件和运动件。

(6) 能进行多点、远距离、自动连续测量和记录,易于实现测试过程的自动化、数字化和遥测。

(7) 便于和微处理器、电子计算机接口,实现多路非电量的数据采集、数据处理和计算机控制。

鉴于上述优点,因此非电量电测法在现代测试技术中应用非常广泛,故在本书将着重介绍有关非电量电测法的基本知识及采用的测试方法。

0.3 测试工作的任务

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作出比较客观、准确的描述,使人们对其有一个恰当的、全面的认识,以达到进一步改造和控制研究对象的目的。

研究对象中所包含的信息是相当丰富的,其中既包含着有用的信息,也有大量不需要的干扰信号。测试工作的一项艰巨任务就是要从复杂的信号中提取有用的信号,并排除干扰。由此可见,测试工作是一件非常复杂的工作,需要多种学科知识的综合运用。

从广义角度来讲,测试工作涉及试验设计、模型试验、传感器、信号加工与处理(传输、加工和分析、处理)、误差理论、控制工程、系统辨识和参数估计等内容,因此,测试工作者应当具备这方面的相关知识。从狭义角度来讲,测试工作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。

0.4 测试技术的发展

测试技术的发展与其他科学技术的进步密切相关。测试技术可促进科学技术的发展,反过来,科学技术的发展又不断地对测试技术提出新的要求,推动测试技术的进步。与此同时,测试技术又吸取了各个科技领域(例如,物理学、化学、材料学、微电子学、微加工学以及计算机科学等)的新成就,开发出新的测试方法和测试装置。因此,可以说,测试技术与科学技术二者相辅相成,共同推动社会生产力不断向前发展。

近年来,测试技术的发展主要表现在两个方向:传感器技术和计算机测试技术的发展。

0.4.1 传感器技术的发展趋势

传感器是测试技术中的关键部件,它是实现生产自动化、科学测试、计量核算、监测诊断等的一个基础环节。

0.4.1.1 传感器向微型化、智能化、多功能化方向发展

微型传感器是利用集成电路技术、微电子学、微细机械加工与封装技术制成的体积非常微小的传感器,其尺寸可小到微米数量级。因此,微型传感器具有体积小、重量轻、响应快、灵敏度高以及成本低等优点。

智能传感器是由传感器和微处理器相结合构成的,它充分利用计算机的计算和存储能力,对传感器的数据进行处理。利用人工神经网络和人工智能技术以及模糊理论等信息处理技术,使传感器具有更高级的智能。例如,具有放大、校正、分析、判断、自适应、自学习的功能,可以完成图像识别、特征检测和多维检测等复杂任务。

多功能传感器由两种以上功能不同的敏感元件集成于一体,可以用来同时测量多个参量。例如,把热敏元件与湿敏元件以及信号调理电路集成在一起,制成一种多功能的新型组合式传感器,能够同时测量温度和湿度。

这类传感器一般都属于集成化传感器,既是多功能化、微型化的,也是智能化的。

0.4.1.2 测试仪器向高精度方向发展

随着测试仪器和整个测试系统精度的提高,测试数据的可信度也相应提高。在产品研制过程中,要进行大量试验,测量一些性能参数,然后对所测数据进行统计分析。在相同条件下,一般要进行若干次试验,所测参数才具有一定的可信度。仪器精度的提高可减少试验次数和试验经费,从而降低产品成本。

0.4.1.3 参数测量和数据处理向自动化方向发展

一个产品的大型综合性试验,准备时间长,待测参数多。如果只靠人工检查,耗费时间长。若依靠手工去处理数据,不仅精度低,处理周期也太长。现代测试技术的发展,出现了以计算机为核心的自动测试系统,该系统能实现自校准、自修正、自调零、自选量程、信号调制、多路采集、自动测试和自动分析处理等功能,并能打印输出测试结果。

0.4.1.4 重视非接触式测试技术的研究

目前,大多数测量采用接触式测量,把传感器安装在被测对象上,以便感知被测参量的变化。这种接触式测量法比较直接、可靠、测量精度较高。但在某些情况下,传感器的加入会对被测对象的工作状态产生干扰,进而会影响测量精度。有时,对于某些被测对象来说,根本不允许或者不可能安装传感器,例如,测量高速旋转轴的振动、扭矩等很难安装传感器。因此,各种非接触式测试技术的研究越来越受到重视。目前已商品化的光电式传感器、超声波检测仪表、核辐射检测仪表等正是在这种背景下发展起来的。今后需要继续研究和解决非接触式检测仪表易受外界干扰及绝对精度较低等问题。

0.4.2 计算机测试技术的发展

所谓计算机测试技术,就是将传感器输出的温度、力、位移等模拟信号转换成计算机能识别的数字信号,再送入计算机进行存储。根据不同的需要由计算机进行相应的处理、显示或打印,最后得到所需要的数据。由于计算机对信号的采集和处理具有速度快、信息量大和存储方便等优点,计算机测试技术得到了迅速的发展和应用。继而出现了以计算机为中心的自动测试系统。它采用数据采集和传感器相结合的方式,既能实现对信号的检测,又能对所获信号进行分析处理并得到有用信息。因此,它是测试技术的发展方向。

计算机测试技术的发展主要体现在测试系统的硬件开发和专门用于实验仪器系统或所谓“虚拟仪器”的软件环境的发展。

0.4.2.1 计算机测试系统硬件的发展

计算机测试系统由信号输入通道、数据输出通道和主计算机三个最基本的部分组成,如图0-1所示。各组成部分的作用如下:

(1) 信号输入通道的作用是对被测信号进行数据采集。它由传感器、信号调理、多路模拟开关、采样保持器、模数转换器及其与微处理器的接口电路组成。

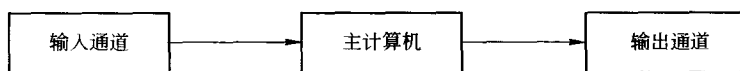


图 0-1 计算机测试系统的基本组成

(2) 数据输出通道根据其输出的数据形式可分为两类：一是以数字量输出，即将主计算机分析处理的数据通过输出端口直接送入各类数字式显示和记录装置中；另一类将输出信号转换为模拟量，用以驱动模拟式指针仪表或馈送到控制装置中，对被测参量进行控制。

(3) 计算机。它是整个测试系统的神经中枢，使整个测试系统成为一个智能化的有机整体。在软件指引下，计算机可按照预定的程序自动进行信号采集与储存，自动进行数据的运算分析、处理以及记录测试结果。

典型的计算机测试系统的基本组成如图 0-2 所示，它由传感器、信号调理、数据采集、数据输出以及计算机等几部分组成。

(1) 传感器。它的作用是完成信号的获取，将被测参量变换成相应的可用信号。被测参量可以是各种非电气参量，如力、温度、应力等；也可以是电气参量，如电压、电流、电阻等。

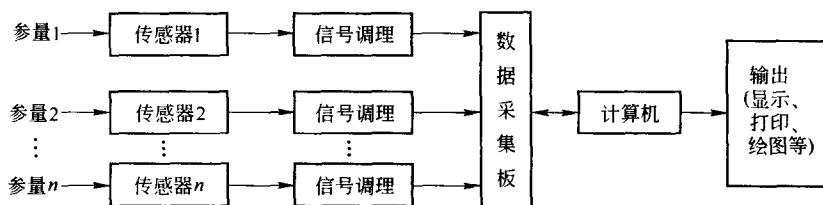


图 0-2 典型的计算机测试系统的基本组成

(2) 信号调理。传感器的输出信号通常是含有干扰噪声的微弱电信号。因此，传感器之后需要配接信号调理电路，其作用有二：一是放大，将信号放大到与数据采集板中的 A/D 转换器相匹配；二是预滤波，抑制干扰噪声信号的高频分量，将频带压缩以降低采样频率，避免产生混淆。通过信号调理电路输出的是规范化的标准信号，例如，4 ~ 20mA 电流信号、1 ~ 5V 电压信号或其他形式的信号。此外，根据需要还可进行信号隔离与变换等。

(3) 数据采集板。为了实现计算机测试，必须使用数据采集板，其主要作用有三：一是由衰减器和增益可控放大器进行量程自动变换；二是由多路切换开关完成对多点、多通道信号的分时采样，将各输入信号依次或随机地接到专用放大器或 A/D 转换器上；三是将信号的模拟量由 A/D 转换器转换为幅值离散化的数字量，或由 V/F 转换器转换为脉冲频率，以适应计算机的接收。

(4) 数据输出。测试结果以适当形式输出、显示、打印等。

0.4.2.2 虚拟仪器的开发

传统的测试仪器通常是由生产厂家设计并定义好功能的一个封闭式结构，它有固定的输入、输出接口和仪器操作面板。每种仪器只能实现特定的测量功能，并以确定的方式提供给用户。用户无法选择仪器的功能组合，只能被动地操作仪器。

自 20 世纪 90 年代以来，随着微电子技术和计算机技术的飞速发展，测试技术与计算机技术得以深层次的结合，从而在测试仪器领域里出现了一种全新的仪器——虚拟仪器（Visual Instrument，简称 VI）。