

C H U A N G A N Q I J I A N C E J I S H U

传感与检测技术

CHUANGAN YU JIANCEN JISHU

(第2版)

刘红丽 等编著



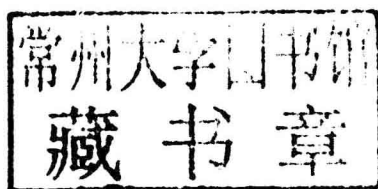
国防工业出版社

National Defense Industry Press

传感与检测技术

(第2版)

刘红丽 等编著



国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书按照传感器、检测技术与检测系统三大模块组织内容,全面介绍了传感器与测量系统的基本特性、信号分析基础及其在检测技术中的应用、传感器原理、信号调理技术、测量误差分析与测量数据基本处理算法、现代检测技术、抗干扰技术和应用实例等。本书系统性强,注重工程实践应用与创新能力的培养,具有良好的教学适宜性和可读性。

本书可作为高等院校测控技术与仪器、自动化、电气工程与自动化、机械设计制造及其自动化、通信工程、计算机应用等专业的本科生教材,也可供从事传感与检测技术相关领域应用和设计开发的研究人员、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

传感与检测技术/刘红丽等编著.—2版.—北京:国防工业出版社,2012.9

ISBN 978-7-118-08238-8

I. ①传... II. ①刘... III. ①传感器 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 209609 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)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 $\frac{1}{4}$ 字数 480 千字

2012 年 9 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 39.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

随着信息技术的飞速发展,信息的获取、处理、传输已成为信息领域的关键技术。作为信息技术的三大支柱之一,传感与检测技术已渗透到人类的科学研究、工程实践和日常生活的各个方面,在促进生产的发展和科学技术的进步的广阔领域内发挥着重要的作用。

根据几年来本书的使用情况和教师学生各方面的反馈意见,为了进一步适应高等院校对传感与检测技术教学的需求,我们对2007年出版的《传感与检测技术》进行了全面的修订。这次修订除了保持本书深入浅出、理论严谨、系统性强、工程实践性强、便于自学等特点外,突出了教学内容的基础性和先进性相结合,基础理论与测量功能相结合,测量原理的学习和实践中可实现性相结合的特点。增加了信号分析及其在检测技术中的应用、数字信号调理技术、测量数据基本处理算法、无线传感器网络等知识内容,并结合教师的科研项目,增加了实际工程应用实例,使学生从完整测量系统的角度掌握其基本特性、结构原理、测量数据处理的方法以及功能实现等多方面的知识。丰富了每章的思考和习题,以检验学生灵活运用所学理论知识的能力,充分发挥学生的主观能动性,调动他们的学习积极性,部分章节还提供了C语言编程和MATLAB在检测技术中的应用实例。

全书共分9章。第1章主要介绍传感器与检测技术的基本概念、分类、发展趋势和应用领域;第2章介绍了传感器与测量系统的基本特性、标定方法和不失真测量的条件;第3章介绍了测量系统进行数据分析处理的一般理论基础知识;第4章介绍不同类型传感器的原理、测量电路与实际应用;第5章介绍了模拟信号和数字信号调理技术;第6章介绍了测量误差的基本概念、主要误差的判别与消除方法、测量数据处理的方法以及计算机程序设计,以及基于计算机的现代测量系统中的基本测量数据处理算法;第7章介绍了现场检测技术、虚拟仪器、多传感器信息融合技术、软测量技术以及无线传感器网络等概念、基本原理、应用范围及发展方向等,并给出一些现代检测技术的应用实例;第8章介绍了测量系统的抗干扰技术;第9章根据教师的科研项目,介绍了传感器与检测技术的应用实例。

本书第1章~第3章、第6章以及第9章由刘红丽编写,第7章和第8章由张菊秀编写,第4章和第7章部分章节由徐沪萍、徐志刚编写,第5章由杨胤铎编写,全书由刘红丽负责统编和定稿。本书在编写过程中,参考了大量的国内外参考资料,受益匪浅,在此对参考资料的作者表示诚挚的感谢。

限于编者水平,书中难免存在错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者
2012年4月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 传感器	1
1.1.1 传感器定义	1
1.1.2 传感器的组成	1
1.1.3 传感器的分类	2
1.1.4 传感技术的现状和发展	4
1.2 检测技术	5
1.2.1 检测系统的基本结构和类型	5
1.2.2 检测技术的应用	8
1.2.3 检测技术的现状与发展	9
第 2 章 传感器与测量系统的基本特性	12
2.1 测量系统的静态特性	12
2.2 测量系统的动态特性	16
2.2.1 测量系统的数学模型	16
2.2.2 常见测量系统的数学模型	18
2.2.3 测量系统的动态特性	21
2.3 传感器的标定	25
2.4 测量系统的标定	25
2.5 测量系统的不失真测量	26
2.5.1 输出信号的失真	27
2.5.2 不失真测量条件	27
思考题与习题	28
第 3 章 信号分析及其在检测技术中的应用	29
3.1 信号的分类	29
3.1.1 确定性信号和非确定性信号	29
3.1.2 连续时间信号和离散时间信号	32
3.2 信号的时域分析	32
3.3 信号的频域分析	35
3.3.1 周期信号与离散频谱	35
3.3.2 非周期信号与连续频谱	38

3.3.3	傅里叶变换的性质	40
3.3.4	离散时间信号的频谱	41
3.4	信号的相关分析	44
3.4.1	相关	44
3.4.2	自相关函数	45
3.4.3	互相关函数	46
3.4.4	相关函数的应用	47
3.4.5	相关函数的估计值	50
	思考题与习题	50
第4章	传感器原理	52
4.1	电参数型传感器	52
4.1.1	电阻应变片式传感器	52
4.1.2	电感式传感器	58
4.1.3	电容式传感器	67
4.2	电量型传感器	73
4.2.1	热电式传感器	73
4.2.2	压电式传感器	81
4.3	光电传感器	88
4.3.1	光电效应	88
4.3.2	光电器件	89
4.3.3	光电传感器的应用	93
4.4	光纤传感器	95
4.4.1	光纤传感器概述	96
4.4.2	光调制方式	98
4.4.3	光纤传感器的应用	101
4.5	半导体物性传感器	102
4.5.1	半导体气敏传感器	103
4.5.2	半导体湿敏传感器	107
4.5.3	霍耳式传感器	112
4.6	数字式传感器	118
4.6.1	光栅传感器	118
4.6.2	感应同步器	123
	思考题与习题	124
第5章	信号调理技术	129
5.1	概述	129
5.2	信号放大电路	129

5.2.1	差动放大电路	130
5.2.2	仪用放大电路	131
5.2.3	可编程增益放大电路	134
5.2.4	隔离放大电路	138
5.3	信号转换电路	140
5.3.1	电压—电流变换电路	140
5.3.2	电流—电压变换电路	142
5.3.3	AC—DC 转换电路	143
5.3.4	电压/频率转换电路	148
5.3.5	A/D 转换电路	150
5.3.6	D/A 转换电路	159
5.4	信号处理电路	161
5.4.1	信号滤波电路	161
5.4.2	信号调制解调电路	169
5.4.3	采样保持电路	172
5.5	数字信号调理技术	174
5.5.1	离散傅里叶变换 DFT	174
5.5.2	快速傅里叶变换	177
5.5.3	数字滤波器	181
5.5.4	滤波器分析设计工具的应用	195
	思考题与习题	196
第 6 章	测量误差分析与测量数据基本处理算法	198
6.1	测量误差分析	198
6.1.1	测量误差的基本概念	198
6.1.2	测量误差的分类	199
6.1.3	系统误差	200
6.1.4	随机误差	203
6.1.5	粗差的判别与剔除	209
6.1.6	数据位数的确定	210
6.1.7	测量数据处理	211
6.2	测量数据处理基本算法	213
6.2.1	克服随机误差的软件算法	213
6.2.2	消除系统误差的软件算法	220
6.2.3	传感器的温度误差校正	227
6.2.4	标度变换处理技术	229
	思考题与习题	232

第7章 现代检测技术	234
7.1 智能传感器	234
7.1.1 智能传感器的概念及实现途径	234
7.1.2 智能传感器的硬件构成及设计	237
7.1.3 智能传感器中的软件设计	243
7.1.4 智能传感器的发展方向	245
7.2 现场总线	246
7.2.1 现场总线技术概述	246
7.2.2 几种有影响的现场总线	248
7.2.3 现场总线应用实例	251
7.2.4 现场总线智能传感器	258
7.3 虚拟仪器	260
7.3.1 虚拟仪器概述	260
7.3.2 虚拟仪器软件与开发平台	261
7.3.3 虚拟仪器的应用	262
7.4 多传感器信息融合技术	263
7.4.1 概述	263
7.4.2 信息融合的基本原理	264
7.4.3 多传感器信息融合的结构及功能模型	264
7.4.4 传感器信息融合的应用实例——传感器在线故障识别系统	266
7.5 软测量技术	270
7.5.1 软测量建模方法	271
7.5.2 模型实时演算的工程化实施技术	271
7.5.3 软测量技术在工业中的应用	272
7.6 无线传感器网络	273
7.6.1 无线传感器网络概述	273
7.6.2 ZigBee 无线通信技术	276
7.6.3 路由(Routing)	279
思考题与习题	280
第8章 检测系统的抗干扰技术	281
8.1 干扰的来源及分类	281
8.1.1 外部干扰	281
8.1.2 内部干扰	282
8.2 硬件抗干扰技术	282
8.2.1 串模干扰的抑制	282
8.2.2 共模干扰的抑制	284

8.2.3 电磁干扰的抑制	284
8.2.4 隔离技术	289
8.3 软件抗干扰技术	291
8.3.1 CPU 抗干扰技术	291
8.3.2 输入输出的抗干扰技术	297
思考题与习题	298
第9章 传感与检测技术的应用实例	299
9.1 血液凝固检测系统设计	299
9.2 自动化专业综合实验平台设计	301
9.3 智能温度测控仪	304
9.4 信号频谱分析应用	305
9.5 无线传感器网络在温度测量上的应用分析	309
附录 标准化热电偶分度表	316
参考文献	324

第1章 概 论

1.1 传 感 器

传感器是人们获取信息的工具，传感器技术是现代信息技术(包括传感与控制技术、通信技术和计算机技术)的三大支柱之一。如果将计算机技术比喻成人的大脑，通信技术为人的神经网络，那么传感器则可喻为人的感觉器官。显然，没有功能正常的感觉器官，就不能迅速而准确地采集并转换所需的外界信息。一切科学研究与自动化生产过程都需要通过传感器获取准确的工程信息，因而传感器技术是现代高科技发展的关键。

1.1.1 传感器定义

按照国家标准GB 7666—87，传感器被定义为“能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成”。实际上，大多数传感器都难以严格分为敏感元件和转换元件两部分，它们都是将感受的被测量直接转换为电信号。传感器应用场合不同，叫法也不一样。在过程控制领域，将传感器称为变送器，用于表示可以将被测量转换为标准化信号输出的传感器；在超声波或射线检测中，传感器又称为发送器、接收器或探头等。在非电量电测技术中，通常把传感器称为能将非电信号转换为电信号的装置。这些不同的提法，只是在不同的领域，根据器件的用途，对同一器件使用不同术语而已，其内涵是相同或相近的。

1.1.2 传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件和测量电路三部分组成，如图 1-1 所示。

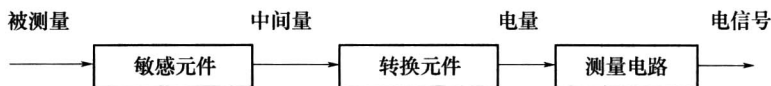


图 1-1 传感器的组成框图

敏感元件能直接感受被测量如温度、压力等，并将之按一定的对应关系转换为电信号。如应变式压力传感器的弹性元件、电感式压力传感器的膜盒等都是敏感元件。转换元件的作用是将敏感元件输出的非电量信号直接转换为电信号，或直接将被测非电量信号转换为电量信号。如应变式压力传感器中的应变片，作为转换元件将弹性元件的输出应变转换为电阻。测量电路的作用是将转换元件输出的电信号进行调理，使之便于显示、处理和传输的电信号。常用的测量电路有电桥、放大器、滤波和调制解调电路等。

不同类型的传感器组成也不同，有的传感器只由一个转换元件组成，它直接将非测量转换为输出电量，如热电偶、光电池等。有些传感器由敏感元件和转换元件组成，没

有测量电路。还有一些传感器由敏感元件、转换元件和测量电路组成，如电阻应变式压力传感器、电感式传感器和电容式传感器等。

1.1.3 传感器的分类

传感器的种类繁多，不胜枚举。同一原理的传感器可以测量多种物理量，如电阻式传感器可以测量位移、温度、压力、加速度等。而同一种物理量又可以采用多种不同类型的传感器进行测量。如压力，可用电容式、电阻式、压电式、光纤式等传感器来进行测量。由此可知，传感器的分类方法很多，目前传感器的主要分类方法如表 1-1 所列。

表 1-1 传感器的主要分类方法

分 类 法	类 型	说 明
按基本效应分	物理型、化学型、生物型	分别以转换中物理效应、化学效应等分类
按构成原理分	结构型	以其转换元件结构参数变化实现信号转换
	物性型	以其转换元件物理特性变化实现信号转换
按能量关系分	能量转换型	传感器的输出量直接由被测量能量转换而得
	能量控制型	传感器的输出量由外源供给，但受被测量控制
按工作原理分	电容式、应变式等	以传感器对信号的转换原理命名
按输入量分	位移、温度、压力等	以被测量命名
按输出量分	模拟式	输出量为模拟信号
	数字式	输出量为数字信号

因为按工作原理对传感器分类，有利于传感器的设计和应用，这里主要介绍传感器的这种分类方法和应用。传感器的工作原理、分类方法和应用如表 1-2 所列。

表 1-2 传感器的工作原理、分类方法和应用

类型	类 型	工 作 原 理	典 型 应 用
电阻式	电阻应变式	应变使应变片阻值发生变化	力、压力、力矩、应变、位移、加速度、荷重
	固态压阻式	利用半导体材料的压阻效应	压力、加速度
	电位器式	移动电位器触点改变电阻值	位移、压力、力
电感式	自感式	改变磁路磁阻使线圈自感变化	位移、压力、力、振动、厚度、液位
	互感式	改变互感	位移、压力、力、振动、厚度、液位
	电涡流式	利用电涡流现象改变自感、阻抗	位移、厚度、探伤
	压磁式	利用导磁体的压磁效应	力、压力
	感应同步器	绕组互感随位置不同而变化	线位移、角位移
磁电式	磁电感应式	导体和磁场相对运动产生感应电势	速度、转速、扭矩
	霍耳式	霍耳效应	位移、力、压力、振动
	磁栅式	利用磁头相对磁栅位置或位移将磁栅上的磁信号读出	长度、线位移、角位移

(续)

类型	类 型	工 作 原 理	典 型 应 用
压电式	正压电式	利用压电元件正压电效应	力、压力、加速度、粗糙度
	声表面波式	利用压电元件的声、反压电效应	力、压力、角加速度、位移
电容式	电容式	通过改变间距、面积或改变电容量	位移、加速度、压力、液位、力、声强、厚度、含水量
	容栅式	改变电容量或加以激励电压产生感应电势	位移
光 电 式	一般形式	改变光通量	位移、温度、转速、浑浊度
	光栅式	利用光栅形成的莫尔条纹和位移的关系	长度、角度、线位移、角位移
	光纤式	利用光导纤维的传输特性或材料的效应或传光效应	加速度、速度、温度、压力
	光学编码器	利用编码器转换的亮暗条纹	线位移、角位移、转速
	固体图像式	利用半导体集成感光元件完成扫描、光电转换、储存	图像、字符识别、尺寸
	激光式	利用激光干涉、多普勒效应、衍射及光电器件	长度、位移、速度、尺寸
	红外式	利用红外辐射的热效应或光电效应	温度、遥感、探伤、气体分析
热电式	热电偶	利用热电效应	温度
	热电阻	利用金属热电阻效应	温度
	热敏电阻	利用半导体的热电阻效应	温度、红外辐射
气电式		利用气动测量原理,改变气室中压力或管路中的流量,再由电感式、光电式等传感器转换成电信号	尺寸
陀螺式		利用陀螺原理或相对原理	角位移、角速度
谐振式	振弦式 振筒式 振膜式 振梁式 压电式	改变振弦、振筒、振膜、振梁、石英晶体的固有参数来改变谐振频率,输出频率信号	角位移、力、压力、温度
波式	超声波	改变超声波的声学参数,接收转换成电信号	厚度、流速、探伤
	微波	利用微波在被测物的反射、吸收等特性,由接收天线接收并转换为电信号	物位、液位、厚度、距离
力平衡式		应用反馈技术构成闭环系统,反馈力与输入力对应的信号相平衡,其差值由电桥转换成电信号	力、压力、加速度、振动
射线式		应用被检测物对放射线的吸收、反、散射或射线对被测物的电离作用,由探测器输出电信号	厚度、物位、液位、气体成分、密度、缺陷

1.1.4 传感技术的现状和发展

人类社会的进步和科学技术的发展与传感器技术是相互促进又相互制约的，传感器技术作为现代信息技术四大核心技术之一，早在 20 世纪以来就获得了高速发展。近几十年来我国传感器技术与发达国家的差距越来越小，据不完全统计，目前我国敏感元件及传感器产品的品种已有近 6000 种，年产量约 3.5 亿只，生产厂家已超过 1000 家，年生产能力可达 8 亿只，有力地带动了我国测试与控制等多学科领域的发展。在我国加入 WTO 后，为了不失去国内电子信息产品市场并竞争国际市场，我国必须加速发展信息科学技术和信息产业。传感器技术发展趋势及重点研究开发的有以下几个方面的内容：

1. 新型敏感材料

敏感元件材料是传感器技术的重要基础，大多数传感器是利用某些材料的物理效应、化学效应和生物功能等达到测量目的，因此，研究具有新功能、新效应的新材料，用于制成敏感元件和转换元件有着非常重要的意义。重点开发的新型敏感材料主要有以硅材料为主的半导体材料、化合物半导体材料、石英晶体和石英玻璃(非晶态的 SiO_2)精密陶瓷材料、氧化锌(ZnO)薄膜、铁电聚合物、传感型合金材料及复合材料等。

2. 微细加工技术

微细加工技术即微米加工技术，是开发新型微型传感器的工艺技术，目前大体上分为 3 类：①硅微机械加工技术，如硅集成电路工艺技术、刻蚀技术、薄膜技术及固相键合工艺技术；②以激光精密加工为主体的超精密机械加工技术；③X 射线深层光刻电铸成型技术，这种技术不但可用于加工各种金属、陶瓷和塑料材料的三维结构，而且可实现重复精度很高的大批量生产。

3. 新型传感器

新型传感器主要是指用于汽车电喷系统、空调排污和自动驾驶系统的车载传感器；用于水质检测、大气污染和工业排污的测控传感器；用于检测食品卫生和诊断各种疾病的生物、化学传感器；用于航天系统的小型化、低功耗、高精度、高可靠性航天传感器；用于机器人的具有视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉功能的仿生传感器。

4. 智能化传感器

微电子技术、光电子技术获得了迅猛的发展，加工工艺逐步成熟，新型敏感材料不断被开发出来。在高新技术的渗透下，尤其是计算机硬件和软件技术的渗入，使微处理器和传感器得以结合，产生了具有一定数据处理能力，并能自检、自校、自补偿的新一代传感器——智能传感器。智能传感器的出现是传感技术的一次革命，对传感器的发展产生了深远的影响。

随着科学技术的发展，未来的智能传感器，将利用信息融合技术、模糊理论等更高级信息处理技术，使传感器具有分析、判断、自适应、自学习的功能，可以完成特征检测、图像识别、多维检测等复杂任务。

5. 网络传感器

网络通信技术逐步走向成熟并渗透到各行各业，各种高可靠、低功耗、低成本、微体积的网络接口芯片被开发出来，微电子机械加工技术,将网络接口芯片与智能传感器集成起来并使通信协议固化到智能传感器的 ROM 中时，就产生子网络传感器。为解决现场

总线的多样性问题，IEEE1451.2 工作组建立了智能传感器接口模块(Smart Transducer Interface Module)标准，该标准描述了传感器网络适配器或微处理器之间的硬件和软件接口，是 IEEE1451 网络传感器标准的重要组成部分，为传感器与各种网络连接提供了条件和方便。

1.2 检测技术

检测技术是自动化学科的重要组成部分之一，是以现代自动化系统中的应用为主要目的，涉及检测方法、检测结构以及信号处理的一门综合性技术，即借助专门的设备、仪器、测试系统，通过适当的实验方法与必须的信号分析与处理基础，由测得的信号求取与研究对象有关的信息量值，最后将其结果提供显示或输出。为了监控某个生产过程或运动对象，掌握其发展变化规律，使它们处于所选工况的最佳状态，就必须掌握描述它们特性的各种参数，因此首先要求检测这些参数的大小、变化趋势和变化速度等。通常将这种工艺流程中含有检查、测量和测试等比较广泛意义的参数测量称为检测。为实现参数检测组建的系统和装置称为检测系统或测量装置。检测系统是测控系统的最前沿，通过获取被测信号并处理，再将有用的信息输出给自动控制系统或操作者。在测量各种微观或宏观的物理、化学或生物等参数，检验产品质量以及进行计量标准的传递和控制，都是以检测技术为基础的。

一个完整的检测过程一般包括信息的提取、转换、存储、传输、显示和分析处理等。

1.2.1 检测系统的基本结构和类型

检测系统规模的大小及其复杂程度与被测量的多少、被测量的性质以及被测对象的特性有非常密切的关系。图 1-2 为涵盖各种功能模块的检测系统的组成框图，由传感器、模拟信号调理电路、数字信号分析与处理部分、显示部分以及将处理信号传送给控制器、其他检测系统或上位机系统的通信接口部分等，但并不是所有的检测任务都包括了以上几个部分。

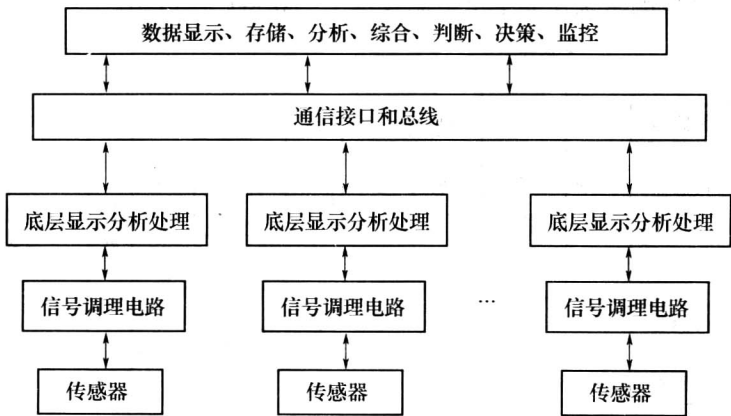


图 1-2 检测系统的一般构成框图

传感器的作用和地位如前所述,设计时要充分考虑被测量和被测对象的特点,在了解被测对象和各种传感器的特性的基础上,根据被测量精度的要求、被测量变化范围、被测对象所处的环境条件、传感器的体积以及整个检测系统的性能要求等的限制,合理地选择传感器。

传感器的输出信号必须经过适当的调理,使之与后续测试环节相适应。因为大多数传感器输出的电信号很微弱,需要进一步放大,有的还要进行阻抗变换,有些传感器输出的是电参量,需要转换为电量。传感器输出信号中混杂有干扰噪声,需要去掉噪声,提高信噪比;如果检测仪对部分频段的信号感兴趣,则有必要从输出信号中分离出所需要的频率成分;当采用数字式仪器、仪表和计算机时,模拟输出信号还要转换为数字信号等。常见的信号调理环节有电桥、放大器、滤波器、调制解调器等。

信号分析处理是现代检测系统中不断被注入新内容的一部分,逐渐成为检测系统的研究重点。常见的检测只是将传感器获得的信号进行放大和变换,以进行显示和传输,而分析处理往往需要人工完成。以计算机为基础的信息处理技术,使得现代检测系统能解决过去常规检测无法解决的问题,使得复杂系统得以实现实时控制,真正实现了检测的自动化和智能化。

一个大型检测系统是由许多测量子系统或测量节点组成的,通信接口和总线能实现子系统与上位机之间以及子系统与子系统之间的信息交换。总线更多是指一种规范、一种结构形式,而接口多指完成通信的硬件系统。

现代检测系统大致可分为 3 类,即基本型、标准接口型和闭环控制型。基本型主要完成对被测参量的测量任务,对测量准确度要求较高;标准接口型集多种功能于一体,是计算机技术与仪器技术高度发展深层次结合的必然产物,并产生虚拟仪器的概念,使得设计高度自动化和智能化的现代检测系统成为现实。

1. 基本型

以计算机为终端的检测系统如图 1-3 所示。现场被测信号经模拟传感器和数字传感器接收并变换成模拟信号输出和数字信号或开关信号输出,再经相应的调理电路送入计算机,借助计算机丰富的软、硬件资源对被测信号进行实时处理和输出,实现智能化自动检测的目的,这种检测系统在非电量电测技术中已获得广泛应用。

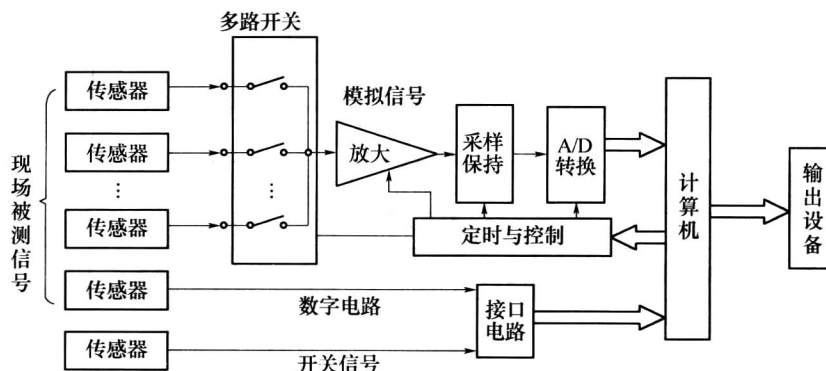


图 1-3 基本型现代检测系统

2. 标准接口型

检测系统由各个功能模块组合在一起，模块之间的信号传输形式有专门接口和标准接口两种类型。专门接口型的接口由于其电气参数、接口形式和通信协议等不统一，各个模块之间的信息传输互连问题十分麻烦，系统设计缺乏灵活性，故一般只用在特殊场合或专用测量系统中，应用范围比较窄。标准接口型系统由模块(台式仪器或插件板)组合而成，所有模块的对外接口都按规定标准设计。组成系统时，若模块是台式仪器，用标准的无源电缆将各模块接插连接起来，若为插件板，只要各插件板插入标准机箱即可，非常方便灵活。

1) GPIB(General Purpose Interface Bus)总线系统

GPIB 总线系统由一台 PC 机、一块 GPIB 接口卡和若干台 GPIB 仪器子系统构成。每个仪器子系统就是一台带 GPIB 接口的单台仪器。该接口在功能上、电气上和机械上都按国际标准设计，内含 16 条信号线，每条线都有特定的意义，即使不同厂家的产品也相互兼容具有互换性，组建系统方便，拆散后各仪器子系统可单独使用。一块 GPIB 接口卡可带 14 台仪器。

2) VXI 总线系统

VXI(VMEbus Extensions for Instrumentation)为 VME 总线在仪器领域的扩展，其中 VME 总线是一种结合 GPIB 仪器和数据采集板(Data Acquisition)的最先进技术发展起来的高速、多厂商、开放式工业总线标准。VXI 总线系统是机箱式结构，一个插件相当于一台仪器或特定功能的器件，多个模块共存于一个机箱组成一个测试系统。即插即用、结构紧凑、小巧轻便，集多功能于一体。系统组建者也可像插放或更换书架上的书籍一样，灵活方便地插或更换模块，随时构成所需的各种测试系统。

3) PXI 总线系统

PXI(PCIextensions for Instrumentation)是 Compact PCI 在仪器领域的扩展。PXI 技术采用了不少现存工业标准以较低价格获取大量可用的元件。最重要的是，通过保持与工业标准个人计算机软件的兼容性，PXI 允许工业用户使用他们所熟悉的软件工具和环境。因此基于 PXI 总线的测量系统将成为主流测试平台之一。

4) 串口仪器

串口仪器是基于串行数据传输的标准接口型仪器，例如基于 RS232C、RS485 和 USB 接口的仪器。

3. 闭环控制型

生产过程的自动控制是人们长期探索的生产方式，通过对关键参数实时在线检测并控制这些参数按预定的规律变化，来达到维持生产的正常进行和高产优质的目的。闭环控制型的现代检测系统是指应用在闭环控制系统中的检测系统。图 1-4 所示为典型的生产工艺闭环控制系统中的检测系统结构框图。图中现代检测系统主要任务是获取参数变换的定量数值，为控制器及时提供反馈信息，使控制器按照一定的控制规律输出控制信号给执行器，这样才能保证被控制的参数保持在希望的设定值或按预定的规律变化。

生产过程的自动控制大体上可归纳实时数据采集、实时判断决策和实时控制。闭环控制系统中的现代检测系统可完成实时数据采集和实时判断决策这两种功能。基于现场总线的智能仪表和设备是现代检测系统应用于大规模、现代化生产的主要形式。

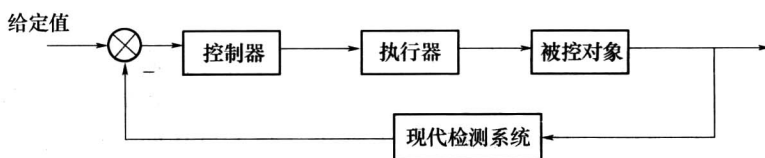


图 1-4 典型的生产过程控制系统中的检测系统结构框图

1.2.2 检测技术的应用

工程领域、科学实验、产品开发、生产监督、质量控制等，都离不开检测技术。检测技术应用涉及到航天、机械、电力、石化和海洋运输等每一个工程领域。

1. 在工业自动化中的应用

在各种自动控制系统中，检测环节起着系统感官的作用，是其重要组成部分，如机械手。机器人中的传感器有转动/移动位置传感器、力传感器、视觉传感器、听觉传感器、接近距离传感器、触觉传感器、热觉传感器、嗅觉传感器。AGV 自动送货车利用超声波测距传感器、判断建筑物内人和物所在位置；利用红外线色彩传感器对运动轨迹和 AGV 小车位置进行识别；条形码传感器进行货品识别。在生产加工过程监测系统中采用了切削力传感器，加工噪声传感器，超声波测距传感器、红外接近开关传感器等。

2. 流程工业设备运行状态监控

在电力、冶金、石化、化工等流程工业中，生产线上设备运行状态关系到整个生产线流程，通常需要建立 24h 在线监测系统。如武汉青山热电厂生产信息实时查询系统、上海宝钢集团公司 30kW 以上风机监测系统、武汉钢铁集团公司风机状态监测系统等。这些状态监控系统中用到了大量的传感与检测技术，如温度的检测、振动的测量、相关测量技术、频谱分析、软测量技术和动态信号测量技术等。

3. 产品质量测量

在汽车、机床等设备，电机、发动机等零部件出厂时，必须对其性能质量进行测量和出厂检验。图 1-5 所示为汽车出厂检验原理框图，测量参数包括润滑油温度、冷却水温度、燃油压力及发动机转速等。通过对抽样汽车的检测，工程师可以了解产品质量。分布式数据采集系统 ADAM-5000 将采集到的上述测量参数通过 RS-485 或 RS-232 总线

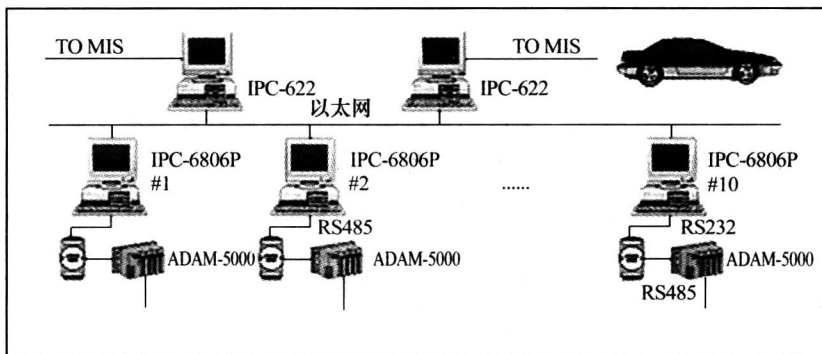


图 1-5 汽车出厂检验原理框图