

高等学校教材

机电工程

智能检测技术与系统 Intelligent Measurement

朱名铨 李晓莹 刘笃喜 等编著



高等教育出版社

高等学校教材

机电工程智能检测 技术与系统

主 编 朱名铨

副主编 李晓莹 刘笃喜

编 著 朱名铨 李晓莹 刘笃喜 黎永前 乐清洪

高等教育出版社

2002 年 6 月

内容简介

智能检测是 21 世纪检测技术的主要发展方向,本书详细介绍了机电工程中智能检测的实现方法及最新进展。全书共分 9 章,内容包括:绪论、自动检测系统基础、智能传感器、智能仪器典型智能实现方法、虚拟仪器、图像检测、智能检测系统配置、高级智能的实现方法及智能坐标测量机。

本书在编写过程中注意系统性、实用性与先进性相结合,密切结合机电工程的实际,具有适当的深度和广度。每章后配有习题与思考题,便于教学与自学。

本书内容新颖,结构合理,语言精练,条理性和逻辑性强,可作为机械制造及其自动化、机械电子工程、测试计量技术与仪器等专业研究生及高年级本科生教材,也可供科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电工程智能检测技术与系统/朱名铨等编著. —北京:高等教育出版社,2002.12
ISBN 7-04-011587-5

I. 机... II. 朱... III. 机电工程-自动检测系统
IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 069079 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷 北京市朝阳区北苑印刷厂
开 本 787×960 1/16
印 张 17.5
字 数 320 000

版 次 2002 年 12 月第 1 版
印 次 2002 年 12 月第 1 次印刷
定 价 27.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

智能检测技术是一个伴随着计算机科学技术的产生和发展而形成的新的研究领域,是 21 世纪检测技术的主要发展方向。在机电工程领域,它正在为提高机电产品的水平发挥着十分重要的作用。智能机电已成为现代机电产品的标志,但是目前还未见到系统阐述机电工程中智能检测的书籍。

本书是在原编讲义的基础上,结合作者近年来的科研工作编写的。本书在编写过程中力图以机电工程的检测智能化为目标阐述智能检测的各个侧面,着重介绍典型的智能检测方法、人工智能在检测中的实现方法及应用实例。

全书共分为 9 章,第 1 章绪论,总结了机电工程中智能化检测技术的发展历程,论述了智能化检测装置系统的三种形式及实现方法论。

第 2 章介绍了基于计算机的自动检测系统的组成、典型数据采集系统的结构及实例,构造了智能检测的基础及框架。

第 3 章介绍了智能传感器原理、集成方法,详细介绍了智能压力传感器、压阻传感器。

第 4 章阐述了智能仪器的典型智能化功能(自校、自检、自诊断等)的实现方法及智能软件设计方法,主要介绍了复用键功能的设计、智能人机接口设计及程序非正常运行的软件对策。

第 5 章介绍了虚拟仪器的特点及各种系统的构建方法,介绍了软件图形化编程方法。

第 6 章图像处理,介绍了 CCD 和位敏传感器的工作原理、图像测量系统的组成及其实现原理。

第 7 章论述了智能检测系统的设计及系统配置。

第 8 章主要介绍人工神经网络和信息融合技术的主要原理及高级智能的实现方法。

第 9 章介绍了三坐标测量机、计算机辅助测量规划及其智能化方法。

本书主要供机械制造及其自动化、机械电子工程、测试计量技术及仪器专业硕士研究生及本科生使用,也适于检测技术研究及科技开发人员作为技术参考书使用。对于高年级本科生,可选学前 7 章。

本书由朱名铨教授主编,李晓莹、刘笃喜为副主编。刘笃喜在本书前期策划中作了很多有益的工作。第 1 章、第 2 章 1~5 节及第 4 章、第 5 章由朱名铨编写,第 3 章、第 7 章及第 6 章第 5 节、第 8 章第 4 节由李晓莹编写,第 6 章 1~4

节由黎永前编写,第8章1~3节由乐清洪编写,第9章及第2章第6节由刘笃喜编写,贵忠东、江月成参加了本书的部分绘图工作。

本书承西安交通大学王光铨教授认真细致地审阅,并提出了许多宝贵的意见,在此深表谢意。

本书在编写出版的过程中得到了西北工业大学研究生院的大力支持与帮助,正是由于他们的支持与帮助,本书才得以及时完成并出版。西北工业大学机电工程学院的博士生、硕士生李建文、黄晓刚、叶芳、安鹏、蒋庆华等也给予了很多帮助,在此一并表示感谢。

高等教育出版社的编辑们为本书的出版辛勤工作,他们默默无闻的劳动使本书大为增色,避免了很多不应有的错误,特此致谢。

最后诚恳地欢迎各位读者对本书的缺点、错误提出批评。

作者

2002年5月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 检测技术与现代科学技术	1
1.2 机电工程中的检测技术	1
1.2.1 机电工程与机械电子工程	1
1.2.2 检测技术在机电工程中的应用	2
1.2.3 检测与控制的关联	3
1.3 智能检测的形成与发展	4
1.3.1 检测技术的发展	4
1.3.2 检测智能化	5
1.3.3 智能检测装置的主要形式	6
1.3.4 检测智能化方法	8
习题与思考题	9
第2章 自动检测系统基础	10
2.1 自动检测系统的组成	10
2.1.1 自动检测系统的硬件配置	10
2.1.2 自动检测系统的软件配置	11
2.2 模拟量数据采集系统	12
2.2.1 模拟量数据采集系统的组成	12
2.2.2 典型的数据采集系统	13
2.3 数据采集系统输入接口器件	17
2.3.1 测量放大器	17
2.3.2 程控增益放大器	18
2.3.3 采样/保持器	20
2.3.4 多路模拟开关	22
2.3.5 脉冲调宽式 A/D 转换器	24
2.4 数据采集系统实例	26
2.4.1 自动巡回检测系统	26
2.4.2 集成数据采集系统	27
2.5 测控系统主要特性指标及其测定	29
2.5.1 采集速率	30
2.5.2 系统线性度	30
2.5.3 系统准确度	31

2.5.4	通道间串扰抑制比	33
2.5.5	系统共模抑制比与最高共模电压	34
2.5.6	系统串模抑制比	36
2.5.7	输入阻抗	36
2.5.8	主要性能指标举例	37
2.6	测量不确定度及其评定	39
2.6.1	测量不确定度概述	39
2.6.2	测量不确定度的分类	41
2.6.3	测量不确定度评定流程及实例	43
	习题与思考题	45
第3章	智能传感器(Smart Sensor)	47
3.1	概述	47
3.1.1	智能传感器的概念	47
3.1.2	智能传感器的功能特点	47
3.1.3	智能传感器的实现途径	48
3.2	智能传感器的系统构成	50
3.2.1	智能传感器的硬件构成	50
3.2.2	智能传感器中的软件	51
3.3	智能传感器的集成技术	53
3.3.1	硅微机械加工技术	53
3.3.2	X射线深层光刻电铸成型技术(LIGA技术)	59
3.3.3	典型微型传感器结构与制造	62
3.4	典型智能传感器	64
3.4.1	智能压力(差)传感器 ST-3000	64
3.4.2	智能压阻式压力传感器	66
3.5	智能传感器的发展方向	69
	习题与思考题	70
第4章	智能仪器典型功能的实现方法	71
4.1	概述	71
4.2	智能仪器典型功能的实现方法	72
4.2.1	自动校准	73
4.2.2	硬件的自检与故障诊断	74
4.2.3	自动量程转换	77
4.3	测量误差修正	79
4.3.1	利用数据处理提高测量精度的理论描述	79
4.3.2	随机误差的修正方法	80
4.3.3	系统误差的修正方法	81

4.3.4 传感器特性线性化处理	83
4.4 智能仪器的软件	86
4.4.1 智能仪器的软件结构	86
4.4.2 键功能程序设计	86
4.4.3 人机接口	89
4.4.4 程序运行失常的软件对策	90
4.5 智能仪器实例 1——智能型声发射刀具监控仪 AEM-2000	91
4.5.1 概述	91
4.5.2 智能型刀具监控仪的硬件结构	92
4.5.3 监控仪工作过程与工作原理	92
4.5.4 预捕捉程序	94
4.6 智能仪器实例 2——花键分度误差自动检测装置	94
4.6.1 系统工作原理	94
4.6.2 硬件实现	95
4.6.3 软件模块	97
习题与思考题	98
第 5 章 虚拟仪器	99
5.1 概述	99
5.1.1 虚拟仪器	99
5.1.2 虚拟仪器的特点	100
5.1.3 虚拟仪器的组成	100
5.2 PC-DAQ 系统	102
5.2.1 数据采集装置 DAQ(Data Acquisition Device)	102
5.2.2 信号调理器	104
5.2.3 PC-DAQ 系统配置方案	106
5.3 VXI 总线系统	107
5.3.1 VXI 总线系统	107
5.3.2 系统配置方案	109
5.3.3 VXI 系统器件与通信	110
5.3.4 基于 VXI 总线的虚拟仪器平台实例	111
5.4 PXI 技术规范及仪器	112
5.4.1 机械结构标准	113
5.4.2 电气技术标准	114
5.4.3 软件结构标准	114
5.4.4 PXI 产品和应用	115
5.5 虚拟仪器软件与开发平台	115
5.5.1 器件驱动软件(Device Driver 或 Instrument Driver)	115

5.5.2 图形化软件开发平台	116
5.5.3 数据分析软件	117
5.6 LabVIEW 简介	117
5.6.1 LabVIEW 程序的组成	117
5.6.2 LabVIEW 的操作模板	118
5.6.3 LabVIEW 编程实例	121
习题与思考题	124
第 6 章 图像检测技术	125
6.1 图像检测基本理论	125
6.1.1 图像检测基本概念	125
6.1.2 图像数字化二值处理	127
6.1.3 数字图像滤波	128
6.1.4 图像增强技术	132
6.2 图像传感器	133
6.2.1 电荷耦合器件	133
6.2.2 位敏传感器	137
6.3 CCD 图像测量系统的组成	138
6.3.1 CCD 图像测量的基本原理	139
6.3.2 光学系统参数的选择	140
6.3.3 系统参数的标定方法	141
6.4 图像检测技术的实际应用	141
6.4.1 三角测距法原理	142
6.4.2 自动调焦系统及评价函数	144
6.4.3 分辨率的提高	145
6.5 微结构几何尺寸的光电图像检测系统	147
6.5.1 图像测量系统的构成	147
6.5.2 图像测量系统处理流程	147
6.5.3 图像边缘处理	148
6.5.4 三维显示	149
习题与思考题	152
第 7 章 智能检测系统硬件及系统配置	154
7.1 智能检测系统中的传感器及其应用特点	154
7.1.1 常用传感器的主要特点及其典型应用	154
7.1.2 新型传感器	157
7.1.3 数字传感器	160
7.1.4 传感器的选用	160
7.2 检测系统输入通道接口技术	161

7.2.1	信号预变换	161
7.2.2	信号变换电路	162
7.2.3	数字量输入检测通道	169
7.3	检测系统输出通道的隔离与驱动	174
7.3.1	数字量(开关量)的输出隔离	175
7.3.2	数字量(开关量)的输出驱动	176
7.4	单片机检测系统应用实例	181
7.4.1	单片机检测系统设计	181
7.4.2	单片机检测系统应用实例——压力、温度测控仪	183
	习题与思考题	190
第8章	高级智能原理及实现方法	192
8.1	神经网络基本知识	192
8.1.1	神经元模型	192
8.1.2	人工神经网络的分类	193
8.1.3	人工神经网络的学习技术	196
8.2	常见的几种神经网络	198
8.2.1	BP 网络	199
8.2.2	SOM 网络	202
8.2.3	Hopfield 网络	203
8.3	神经网络在智能检测中的应用	205
8.3.1	热电偶特性的神经网络建模	205
8.3.2	传感器故障检测的神经网络方法	207
8.3.3	神经网络滤波	209
8.3.4	基于神经网络的传感器静态误差综合修正法	212
8.4	多传感器信息融合技术	218
8.4.1	信息融合的理论基础	218
8.4.2	多传感器信息的特征提取	220
8.4.3	多传感器信息的模式识别	222
	习题与思考题	227
第9章	坐标测量机与智能化	228
9.1	概述	228
9.1.1	坐标测量与坐标测量机	228
9.1.2	CMM 的主要应用模式	230
9.2	坐标测量机系统构成和测量软件	232
9.2.1	CMM 机械系统	232
9.2.2	CMM 测头系统	234
9.2.3	CMM 测量软件及控制系统	238

9.3 尺寸测量接口规范(DMIS)	240
9.3.1 DMIS 编程环境	240
9.3.2 DMIS 语言简介	243
9.4 基于 CMM 的计算机辅助检测规划设计与 CMM 智能化	245
9.4.1 基于 CMM 的计算机辅助检测规划设计(CAIP)系统结构	245
9.4.2 智能 CMM	248
9.5 虚拟坐标测量机	252
9.5.1 虚拟坐标测量机简介	252
9.5.2 VCMM 最新应用实例	254
9.6 关节式坐标测量机	258
9.6.1 关节式 CMM 的结构及特点	258
9.6.2 关节式 CMM 的工作原理	260
9.6.3 关节式 CMM 主要技术指标及实例	262
习题与思考题	264
参考文献	265

第 1 章 绪 论

1.1 检测技术与现代科学技术

检测技术与仪器是人们认识世界的方法与工具,是现代科学技术和工业生产的重要组成部分。远古时代的商品交换,促成了最初的度、量、衡具的出现,现代的人类基因组测定、原子迁移等现代科技成果的实现更是以精密检测仪器为基础的。检测仪器扩大了人的视野、听觉和触觉,使人们可以间接感知五官所不可能感知的事物,成为科学研究的工具和重要的技术基础。从某种意义上讲,没有现代检测技术就没有现代的科学发现,也没有现代的科技成就。

对现代工业来说,任何生产过程都可以看作是物流、能流和信息流的结合,其中信息流是控制和管理物流和能流的依据,而生产过程中的各种信息,例如物料的几何与物理性能信息、设备的状态信息、能耗信息等都必须通过各种检测方法利用在线的、离线的或遥控的各种检测设备拾取。将检测到的状态信息再经过分析、判断和决策,得到相应的控制信息,并驱动执行机构实现过程控制。因此,检测系统也是现代生产过程的重要组成部分。

检测技术随着科学技术的发展而发展。现代工业经历了从手工作坊到机械化、自动化的历程,并从自动化向自治化、智能化的目标演化。随着生产设备机械化、自动化水平的提高,控制对象日益复杂,由于系统中表征设备工作状态的状态参数多、参数变化快、子系统不确定性大等特点,从而对检测技术的要求不断提高,促进了检测技术水平的不断提高。

1.2 机电工程中的检测技术

1.2.1 机电工程与机械电子工程

机电工程通常指机械与电气控制工程结合,研究机械设备及其电力驱动与控制的方法。从 20 世纪中叶以来,随着微电子科学技术的发展及其广泛应用,人类进入了电子时代、计算机时代。半导体大规模集成电路的出现,促进了微电子科学技术和计算机技术向机械工业的渗透,产生了机械电子学和机械电子工程。计算机控制和电子控制已成为当前实现机械控制的主要方式,机械电子工

程成为机电工程的主体与关键。

机械电子工程是伴随着数控技术和计算机科学技术的发展而形成的。数控机床与加工中心是典型的机电一体化产品。第一台数字控制机器是在 18 世纪研制的数控纺织机(1728 年 Falcon, 1800 年 Jacquard 分别研制), 但直到 1942 年才诞生了具有应用价值的数控铣床, 又过了十年, 才形成了门类较为齐全的数控机床体系(数控铣床、钻镗床等)。但由于其高昂的价格、庞大的体积和复杂的使用维修技术而难以推广应用。20 世纪 50 年代后, 随着半导体集成技术和计算机技术的发展, 产生了第二代、第三代以及第四代计算机控制的数控技术及相应设备。微型计算机的出现促成了经济型数控机床的出现, 使微电子学、计算机科学与机械科学融合, 从而形成机械电子学, 使电子检测与控制成为先进机器及机械装置的必不可少的组成部分, 成为机械制造过程的重要工具。

1.2.2 检测技术在机电工程中的应用

检测技术在机电工程中主要应用于以下几个方面:

1. 机电设备的控制

在机电一体化装置与系统中, 设备状态检测是参数显示与反馈控制的依据和先导, 只有获得准确实时的状态数据, 才能实现预想的运动。例如数控机床的位置检测是高精度机床控制的保证。

在测量装置和某些分类机械中, 检测是装置和设备的核心。例如自动分拣机要实现将工件按重量分别放在不同位置的功能, 就必须具有重量检测单元。其工作过程是首先由传送带将工件传送到称重传感器, 经测量后由机械手将工件搬运到指定位置, 再由推料汽缸将工件推入指定料箱(如图 1.2.1 所示)。系统应具有重量检测系统、机械手位置检测装置和速度检测装置。重量检测系统检测工件的重量信息并输入计算机。计算机根据工件的重量及系统的设定值,

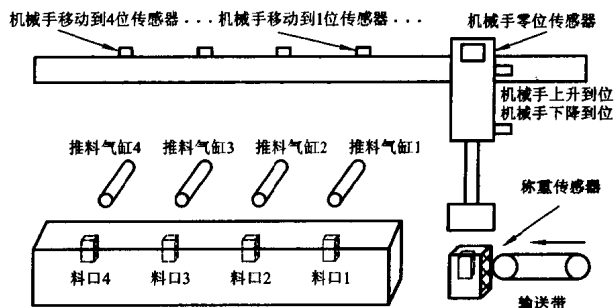


图 1.2.1 移动工作台构成及相应传感器

判断工件的出料位置,向机械手发出控制信号。机械手则根据相应位置传感器的检测结果,完成工作循环。即机械手在零位时下降→抓取工件→上升→左移到相应料口→下降→松开工件→上升→右移回零位。为了保持机械手的运动平稳还要有速度检测装置,以实现调速控制。

2. 设备运行状态检测与故障诊断

为了保证机电设备安全可靠地运行,经常要求对主要参数进行监测,如对电源电压、电机功耗或负载电流、润滑油温度的监测等,其目的是防止过载造成损坏。这是一种保护性检测。但是随着预防性维修的发展,对一些大型关键设备要求进行以故障诊断为目的的状态检测,例如,利用检测振动信号,可监视动力机械轴承或齿轮的故障,并通过频率分析确定故障的部位,区分出轴承内环、外环或滚珠的故障。数控加工机床可利用切削力信号、振动信号或声发射信号监测刀具的工作状态,当刀具破损或发生严重磨损时,及时发出报警。

3. 制造质量检测与控制

在机械制造过程中,为了保证加工零件的质量而进行的检测,例如材质检测、缺陷检测、尺寸及表面质量检测。基于质量控制的检测又分为在线检测与离线检测。离线检测是在加工或装配完成后对零件或产品进行检测,确定加工零件是否合格,剔除不合格零件,或者通过绘制控制图发现加工过程的异常趋势。在线检测是在加工或装配过程中进行检测,例如,外圆磨削自动检测仪可在磨削过程中利用气动量仪或电感测头自动检测工件尺寸,输出检测信息,以对机床进行补充调节或供显示报警。

1. 2. 3 检测与控制的关联

在现代工程中检测与控制的联系日益紧密,如前所述,检测是控制的组成环节,没有实时准确的状态参数检测,就不可能正确地确定控制模式和控制参数,更谈不上准确地控制。同时,在检测过程中也必须进行控制。检测中的控制主要表现在以下三个方面。

1. 在自动检测系统中除了数据采集与信号处理系统之外,还要有工件定位系统、传感器运动系统和输出打印系统等,例如在内燃机轴孔自动检测系统中,工件定位系统使工件准确定位,以保证测量工作的顺利进行和测量精度;传感器运动系统将传感器组件送入测量位置并进行测量旋转运动;输出打印系统将测量结果打印输出,并在工件上作标记,这些运动都需要准确地控制。

2. 在精密检测中环境干扰是测量误差的重要来源,因此环境(温度、噪音、振动等)的控制,就成为测量系统的重要组成部分。

3. 某些测量器件或精确的检测方法本身就是一个控制系统,例如伺服加速度计、平衡式称重系统。电容伺服式微加速度计由表面微加工技术制造。微加

速度计中的质量块由硅片制成,质量块上下表面上的极板与外壳基片上的固定极板形成差动电容。当质量块受法向加速度作用而振动时,差动电容发生变化,其输出信号经检测后再反馈到质量块,利用另一对固定极板与质量块之间的静电力将质量块推向平衡位置,从而实现小间隙高加速度的精密检测。

4. 在对产品或试件进行试验测试过程中,测量和控制更是互相联系的。例如在风洞试验中,为了测量试验模型(汽车、飞机或其他运动物体模型)在某种姿态下的参数,必须对模型姿态进行控制。再如三维复杂表面的检测也是以精确地坐标控制为基础的。

总之,检测与控制已成为密不可分的两部分。近来在不少文献中已将二者合称为测控系统。自动控制技术的发展也为检测技术的发展开辟了新的可能性。

1.3 智能检测的形成与发展

1.3.1 检测技术的发展

机电工程中检测技术及检测系统经历了由机械式仪表到光学仪表、电动仪表、自动化检测系统及智能仪器的发展历程。图 1.3.1 表示了检测技术的发展进程;例如长度测量从卡尺、千分尺等机械量具发展到光学比长仪、万能工具显微镜等光学量仪,其检测精度由 0.01mm 提高到 $1\text{ }\mu\text{m}$ 左右。20 世纪 60 年代,随着半导体技术的发展出现了电动量仪,例如电感测微仪、激光干涉仪等。检测精度提高到 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 左右。最初的电动量仪或其他模拟仪表是以模拟电路和指针式显示为基础的,利用指针的偏转显示最终的测量结果。第二代的电动量仪是数字式仪表。这类仪表将待测的模拟信号转换为数字信号进行测量,并以数字形式显示最终结果。数字式仪表消除了人工判读误差,提高了测量精度和响应速度,并使自动检测系统的设计开发更为方便。

20 世纪 80 年代,随着计算机科学技术的发展,特别是微处理器和个人电脑的出现,推动了以检测仪器与微处理器结合为特征的智能仪器的诞生。这些智能仪器不仅能进行测量并输出测量结果,而且能对结果进行存储、提取、加工与处理。

在智能仪器诞生不久,产生了另一类仪表——个人仪表(Personal Instrument)。它是将少量专用功能板插到微型计算机中,或者插在专

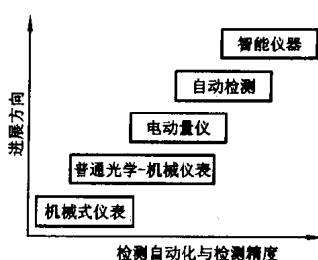


图 1.3.1 检测技术发展进程

用的外接扩充箱中,与计算机形成一个具有测量功能的组合体。例如,1981 年

Northwest 仪器系统公司研制了第一台“个人仪器” 85ascope 数字滤波器,其专用功能板可插在任何一种 Apple II 或其兼容机内,使用两个插槽,可用于带宽 50MHz 信号的分析记录。

1986 年 National Instruments 公司开发了 Lobview1.0 软件工具。使仪器的开发简化为“软件”设计,并逐渐形成一个全新概念的新型仪器——“虚拟仪器”(Virtual Instrument),“虚拟仪器”成为当今仪器仪表发展的又一个新方向。

20 世纪 90 年代微机械研究获得巨大的成功,实现了传感器的微型化,并进而实现传感器与信号调理电路和微处理机的集成,从而产生了高度集成的智能传感器(Smart Sensor)。

人工智能原理及技术的发展,人工神经网络技术、专家系统、模式识别技术等检测中的应用,更进一步促进了检测智能化的进程,成为 21 世纪检测技术的发展方向。

1.3.2 检测智能化

智能化已经成为近几年使用频率最高的词汇之一,智能仪表、智能制造、智能控制、智能 CAD、智能家电、智能大厦等等词汇经常出现在文献资料及报刊杂志上。那么什么是智能呢?

一般说来,“智能”是指一种能随外界条件的变化,确定正确行动的能力。也就是说智能是随外界条件的变化正确地进行分析判断和决策的能力。例如,在炎热的夏天或寒冷的冬天,你下班后推开家门,几秒钟后 空调会自动开启,而当你家里来了很多客人时,你不用担心空调的制冷量不够,空调会自动调节风量,使房间始终保持舒适的温度。而当你离家后,即使忘记关空调,你也不必担心,它会自动关闭。这就是智能空调。它可以根据房间内是否有人和人数的变化确定空调的开、关或运行状态。这已不是科学的幻想,而是正在市场上销售的智能家电产品。

从信息科学的角度来看,信息技术的发展可以分为“信息化”、“自动化”、“最优化”、“智能化”四个层次。“信息化”是把客观事物模型化、抽象化,用计算机可以识别的编码表示事物,以便于数据的存储和处理。“自动化”则是按照一定的逻辑顺序或规则进行重复的处理。“最优化”是按照某一个或几个预定的目标,通过一定的算法求出使目标函数最大或最小的解答。而“智能化”则应包括理解、推理、判断、分析等一系列功能,是数值逻辑与知识的综合分析能力。

实际上,在不同的领域,“智能”及“智能化”具有不尽相同的含义。在检测技术领域智能化检测可分为三个层次,即初级智能化、中级智能化及高级智能化。

1. 初级智能化

初级智能化只是把微处理器或微型计算机与传统的检测方法结合起来,它

的主要特征是：

(1) 实现数据的自动采集、存储与记录。

(2) 利用计算机的数据处理功能进行简单的测量数据的处理,例如,进行被测量的单位换算和传感器非线性补偿;利用多次测量和平均化处理消除随机干扰,提高测量精度。

(3) 采用按键式面板通过按键输入各种常数及控制信息。

2. 中级智能化

中级智能化是检测系统或仪器具有部分自治功能,它除了具有初级智能化的功能外还具有自动校正、自补偿、自动量程转换、自诊断、自学习功能,具有自动进行指标判断及进行逻辑操作、极限控制及程序控制的功能。目前大部分智能仪器或智能检测系统大多属于这一类。

3. 高级智能化

高级智能化是检测技术与人工智能原理的结合,利用人工智能的原理和方法改善传统的检测方法,其主要特征为:

(1) 有知识处理功能。利用领域知识和经验知识通过人工神经网络和专家系统解决检测中的问题,具有特征提取、自动识别、冲突消解和决策能力。

(2) 有多维检测和数据融合功能,可实现检测系统的高度集成并通过环境因素补偿提高检测精度。

(3) 具有“变尺度窗口”。通过动态过程参数预测,可自动实时调整增益与偏置量,实现自适应检测。

(4) 具有网络通信和远程控制功能,可实现分布式测量与控制。

(5) 具有视觉、听觉等高级检测功能。

例如德国 PIB 的坐标测量机和意大利的专家坐标测量机是具有部分高级智能的坐标测量机,可以根据被测零件图纸自行确定测量策略,自动实现编程和测量方案优化,实现信息自动化和决策智能化。智能坐标测量机具有 CAD 文件特征识别系统、零件位置识别系统、测量路径规划系统和数据库、知识库及人机交互接口。CAD 文件特征识别系统根据 CAD 设计图形文件提取测量信息,生成零件定义模型。零件位置识别系统利用计算机视觉处理零件图像,完成零件在测量机中的位姿测量,建立零件坐标系。测量路径规划系统根据坐标测量机知识库的知识自动规划测量顺序、选择测头及附件、设计测量点分布。系统统一的数据结构、统一的数据库便于数据的传输和数据库、知识库的维护。

1.3.3 智能检测装置的主要形式

智能检测装置主要有 4 种实现方式,即智能传感器、智能仪表、虚拟仪器和通用智能检测系统。