

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息

传感器与现代检测 技术 (第2版)

余成波 陶红艳 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息类



传感器与现代检测技术

(第2版)

余成波 陶红艳 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本教材是作者在多年来从事传感器教学及科研的基础上写成的,内容丰富、全面、新颖,叙述力求由浅入深,对传感器原理力争讲清物理概念,对传感器的应用充分结合生产和工程实践,使教材具有一定的实用性和参考价值。本教材突出应用性和针对性,强化实践能力的培养,将传感器和工程检测方面的知识有机地联系起来,使读者在掌握传感器原理的基础上,更进一步地应用这方面的知识以解决工程检测中的具体问题。同时,在编写过程中,本书注意补充反映新器件、新技术的内容,力求使读者了解前沿学科。

全书共8章,主要内容包括传感器与检测技术概论、检测系统的误差合成、常用传感器的工作原理、常用非电参数的检测方法、微弱信号检测、检测系统抗干扰技术、测量信号的调理及处理、现代检测系统。

本书内容全面而实用,适用面广,不仅可以作为电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机电一体化、自动化、电子信息、测控技术与仪器等专业及相关专业的本科生教材,也可作为广大从事传感器检测技术开发与应用的工程技术人员的自学用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

传感器与现代检测技术/余成波,陶红艳编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2013

21世纪高等学校规划教材·电子信息

ISBN 978-7-302-33597-9

I. ①传… II. ①余… ②陶… III. ①传感器—高等学校—教材 ②自动检测—高等学校—教材
IV. ①TP212 ②TP274

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第203907号

责任编辑:魏江江 王冰飞

封面设计:傅瑞学

责任校对:白 蕾

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:33.75

字 数:817千字

版 次:2009年3月第1版

2014年11月第2版

印 次:2014年11月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:59.00元

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和教学方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计

计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

“传感器与现代检测技术”是一门仪器科学技术领域各学科的共同理论基础课程,通过这门课程的学习,学生应该学会选择各种传感器,并应用这些传感器构成系统,进一步能够解决工程、生产及科研中遇到的各种具体或特殊的传感器与测试的问题。

本书的编写力求将系统性、实用性与先进性相结合,理论与实践相交融,既注重传统知识的讲授,又兼顾新技术、新成果的应用。本书具有如下特色:

(1) 应用型特色——充分结合生产和工程实践。以培养技术应用能力为主线,突出应用性和针对性,强化实践能力的培养。将传感器和工程检测方面的知识有机地联系起来,使学生在掌握传感器原理的基础上,进一步应用这方面的知识以解决工程检测中的具体问题。

(2) 课程体系创新——知识结构合理、知识体系完整。首先从检测技术基本概念与应用概述入手,以常用传感器工作原理分析来铺开传感器与检测技术的基本实现手段,并强调新型传感器的介绍及应用,最后对如何组成检测系统、计算机在检测系统中的应用及系统抗干扰和网络技术运用等作了分析。书稿内容翔实、结构合理、知识体系完整。

(3) 内容丰富新颖——精选最新科技成果。注意补充反映新器件、新技术的内容,如 IP 传感器、无线传感器网络、智能传感器、微弱信号检测原理、网络监控系统等,力求使读者了解前沿学科。

(4) 提供与本书配套的教学资源。除了提供各章的 PPT 讲稿、习题解答外,还提供我们自行开发的电子教学资源,如试题库、虚拟测试仪器、网络测试仪器、课程设计与毕业设计指导等。

全书共 8 章,主要内容包括传感器与检测技术概论、检测系统的误差合成、常用传感器的工作原理、常用非电参数的检测方法、微弱信号检测、检测系统抗干扰技术、测量信号的调理及处理、现代检测系统。

本书由余成波、陶红艳组织编写,负责全书的统稿和审校。其中,陶红艳编写了第 1 章;王士彬编写了第 2 章;余成波、唐海燕、陈学军编写了第 3 章;杨佳、熊飞编写了第 4 章;秦华锋编写了第 5 章;李洪兵编写了第 6 章;杨如民、李彦林编写了第 7 章;余成波、杨数强编写了第 8 章;另外,参加部分内容编写的还有张冬梅、周召敏、刘彦飞、晏召奎、赵西超、田引黎、代琪怡、肖丹、杨翼驹、王帅、柯艳红等。

本书在编写过程中得到了众多高等学校、科研单位、厂矿企业等的大力支持和帮助,并获得了许多宝贵意见。在此,一并表示衷心的感谢。

本书内容全面而实用,适用面广,不仅可以作为电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机电一体化、自动化、电子信息、测控技术与仪器等专业及相关专业的本科生教材,也可作为广大从事传感器检测技术开发与应用的工程技术人员的自学用书。

编者热忱地期望各位读者和同仁对本书中错误和不足之处提出指正和建议。



初版前言

现代科学技术迅速发展,人们在研究自然现象和规律及生产活动中,必须从外界获得信息,要及时正确地获取这些信息,就必须合理地选择和应用各种传感器和检测技术。21 世纪是信息化时代,其特征是人类社会活动和生产活动的信息化,传感器和检测技术的重要性更为突出。本教材是作者在多年来从事传感器教学及科研的基础上写成的。根据高校电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机电一体化、自动化、电子信息及测控技术与仪器等专业传感器与检测技术课程的基本要求,吸收近年来各高校的教学经验,在编写过程中力求内容丰富、全面、新颖,叙述由浅入深,对传感器原理力争讲清物理概念,按照少而精和理论联系实际的原则编写,使教材具有一定的实用和参考价值。本教材突出应用性和针对性,强化实践能力的培养,将传感器和工程检测方面的知识有机地联系起来,使学生在掌握传感器原理的基础上,更进一步地应用这方面的知识以解决工程检测中的具体问题。同时,在编写过程中,注意了补充反映新器件、新技术的内容,力求使读者了解前沿学科。

全书共 8 章,主要内容包括传感器与检测技术基本概论、检测系统的误差合成、常用传感器的工作原理、常用非电参数的检测方法、微弱信号检测原理、检测系统抗干扰技术、测量信号的调理及处理、现代检测技术等。

本书由重庆工学院陶红艳,余成波主编并负责全书的统稿和审校。参加编写的有张冬梅(第 1 章);王士彬、张方方(第 2 章);谢东坡、胡柏栋、刘彦飞、刘贺、高云、张睿(第 3 章);彭秋(第 4 章);秦华锋、龚智(第 5 章);许超明、李泉(第 6 章);杨如民、崔焱喆(第 7 章);杨数强(第 8 章)。

本书在编写过程中得到了众多高等学校、科研单位、厂矿企业等的大力支持和帮助,并获得了许多宝贵意见。在此,一并表示衷心的感谢。

本书内容全面而实用,适用面广,不仅可以作为电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机电一体化、自动化、电子信息、测控技术与仪器等专业及相关专业本科教材,也可作为广大从事传感器检测技术开发与应用的工程技术人员的自学用书。

热忱地期望各位读者和同仁对本书的错误和不足提出指正和建议。

编 者

2008 年 04 月

目 录

第 1 章 传感器与检测技术概论	1
1.1 检测技术概论	1
1.1.1 检测的定义	1
1.1.2 检测技术的作用	1
1.1.3 工业检测技术的类型和内容	5
1.1.4 检测系统的基本结构	8
1.2 传感器的基本概论	9
1.2.1 传感器的定义	9
1.2.2 传感器的组成	9
1.2.3 传感器的分类	10
1.3 传感器与检测技术的发展动向	11
1.4 检测系统的静态特性与性能指标	13
1.5 检测系统的动态特性与性能指标	15
1.5.1 微分方程	15
1.5.2 传递函数	16
1.5.3 频率响应函数	17
1.5.4 实现不失真测量的条件	19
习题 1	20
第 2 章 检测系统的误差合成	21
2.1 测量误差的基本概念	21
2.1.1 测量误差的名词术语	21
2.1.2 测量误差的分类	22
2.1.3 误差产生的原因	23
2.1.4 测量误差的表示方法	23
2.2 随机误差及其处理	24
2.2.1 随机误差的概率分布	24
2.2.2 随机误差的估计	27
2.3 系统误差的处理	29
2.3.1 系统误差的判别	30
2.3.2 减小或消除系统误差的方法	32
2.4 测量粗大误差的存在判定准则	34
2.4.1 拉依达准则(3σ 准则)	34

2.4.2	格拉布斯(Grubbs)准则	34
2.4.3	狄克松(Dixon)准则	35
2.4.4	罗曼诺夫斯基准则(t 检验准则)	36
2.5	测量系统的误差计算方法	36
2.5.1	随机误差的计算	37
2.5.2	系统误差的计算	37
2.5.3	总误差的计算	38
2.6	测量系统最佳测量方案的确定	39
2.6.1	微小误差准则	39
2.6.2	确定最佳测量条件	40
2.6.3	函数误差的分配	40
习题 2		41

第3章 常用传感器的工作原理 43

3.1	电阻式传感器	43
3.1.1	金属电阻应变片	43
3.1.2	半导体应变片	44
3.1.3	应变片的命名	45
3.1.4	电阻式传感器的测量电路	45
3.1.5	电阻式传感器的应用	49
3.2	电容式传感器	52
3.2.1	电容式传感器的工作原理和结构	52
3.2.2	电容式传感器的测量电路	57
3.2.3	电容式传感器的应用举例	60
3.3	电感式传感器	62
3.3.1	自感式传感器	63
3.3.2	互感式传感器	65
3.3.3	电感式传感器的应用	68
3.4	电涡流式传感器	70
3.4.1	工作原理	70
3.4.2	等效电路	70
3.4.3	测量电路	72
3.4.4	应用举例	73
3.5	压电式传感器	75
3.5.1	工作原理	75
3.5.2	等效电路和测量电路	79
3.5.3	压电式传感器的合理使用	82
3.5.4	压电式传感器的应用	83
3.6	磁电式传感器	85
3.6.1	动圈式磁电传感器	85

3.6.2	磁阻式磁电传感器	85
3.6.3	磁电式传感器的测量电路	86
3.7	热电式传感器	87
3.7.1	热电偶传感器	87
3.7.2	热电阻传感器	94
3.8	光电式传感器	101
3.8.1	光电效应	101
3.8.2	光电导器件	102
3.8.3	光生伏特器件	103
3.8.4	光电耦合器件	105
3.8.5	电荷耦合器件	108
3.8.6	光电式传感器的其他应用	111
3.9	霍尔式传感器	113
3.9.1	工作原理	113
3.9.2	霍尔集成传感器	119
3.9.3	霍尔式传感器的应用	121
3.10	光纤传感器	125
3.10.1	光纤传感器的组成	125
3.10.2	光纤传感器的分类	125
3.10.3	光纤传感器的工作原理	126
3.10.4	光纤传感器的实际应用	128
3.11	超声波传感器	132
3.11.1	超声检测的物理基础	132
3.11.2	超声波传感器的原理与结构	134
3.11.3	超声波传感器的基本应用电路	135
3.12	微波传感器	138
3.12.1	微波的基本知识	138
3.12.2	微波传感器及其分类	139
3.12.3	微波传感器的优点与存在的问题	139
3.12.4	微波传感器的应用	139
3.13	红外线传感器	142
3.13.1	红外线传感器概述	143
3.13.2	红外线传感器的应用	144
3.14	核辐射式传感器	146
3.14.1	核辐射的基本概念	146
3.14.2	核辐射式传感器的原理及组成	147
3.14.3	核辐射式传感器的应用	148
3.15	化学传感器	149
3.15.1	气敏传感器	150
3.15.2	湿敏传感器	154

3.15.3	离子敏传感器	158
3.16	数字式传感器	161
3.16.1	数字式传感器概述	161
3.16.2	编码器	162
3.16.3	光栅式传感器	167
3.16.4	感应同步器	178
3.16.5	磁栅式传感器	182
3.16.6	容栅式传感器	187
3.17	生物传感器	191
3.17.1	生物传感器的原理、特点及分类	191
3.17.2	几种生物传感器	193
3.18	智能传感器	198
3.18.1	智能传感器的特点	198
3.18.2	智能传感器的实现	199
3.18.3	智能传感器的应用	200
3.18.4	智能传感器的设计思路	202
3.19	微型传感器	203
3.19.1	MEMS 技术与微型传感器	203
3.19.2	压阻式微型传感器	205
3.19.3	电容式微型传感器	210
3.19.4	电感式微型传感器	213
3.19.5	热敏电阻式微型传感器	214
3.19.6	隧道效应式微型传感器	215
3.20	模糊传感器	216
3.20.1	模糊传感器的概念及特点	216
3.20.2	模糊传感器的结构	217
3.20.3	典型模糊传感器举例	219
3.21	网络传感器	222
3.21.1	网络传感器的概念	222
3.21.2	网络传感器的类型	222
3.21.3	基于 IEEE 1451 标准的网络传感器	223
3.21.4	网络传感器所在网络的体系结构	228
习题 3		229
第 4 章	常见非电参数的检测方法	233
4.1	力、压力和转矩的测量	233
4.1.1	力的测量原理	233
4.1.2	压力的测量	238
4.1.3	转矩的测量	243
4.1.4	力、压力和转矩的测量的应用	251

4.2	位移、物位和厚度的测量	256
4.2.1	位移测量	256
4.2.2	物位测量	260
4.2.3	厚度测量	267
4.3	速度、加速度与振动的测量	267
4.3.1	速度的测量	268
4.3.2	加速度与振动的测量	277
4.4	转速的测量	286
4.4.1	常用转速传感器	287
4.4.2	磁电式传感器数字转速仪测量电路	289
4.4.3	霍尔转速测量装置	291
4.5	噪声测量	292
4.5.1	声测量基础	292
4.5.2	噪声的频谱和频带	297
4.5.3	噪声的主观评价	299
4.5.4	噪声测量的基本原理和常用仪器	302
4.5.5	工业噪声测量	303
4.6	温度的测量	308
4.6.1	温度的概念和测量方法	308
4.6.2	接触式温度测量	309
4.6.3	非接触式温度测量	311
4.6.4	温度传感器的典型应用	313
4.7	流量的测量	318
4.7.1	流量概述和测量方法	318
4.7.2	转速(速度)法测量流量	319
4.7.3	差压(力)法测量流量	321
4.7.4	频率法测量流量	322
4.7.5	时差法测量流量	324
4.8	分量的测量	325
4.8.1	湿度传感器的典型应用实例	325
4.8.2	气体传感器的典型应用实例	327
4.8.3	浓度的测量	332
习题 4		333

第 5 章 微弱信号检测 336

5.1	微弱信号检测的基本概念	336
5.1.1	何谓微弱信号检测	336
5.1.2	噪声的基本性质	337
5.2	微弱信号检测方法	342
5.2.1	微弱信号的时域检测方法	343

5.2.2 微弱信号的频域检测方法	344
5.3 微弱信号检测技术	344
5.3.1 电容检测	344
5.3.2 压阻检测	346
5.3.3 压电检测	346
5.3.4 隧道检测	347
5.3.5 热流式检测	349
5.3.6 谐振式检测	350
5.3.7 光纤式检测	353
5.3.8 混沌检测	356
习题 5	360
第 6 章 检测系统抗干扰技术	361
6.1 干扰的分类	361
6.1.1 外部干扰	361
6.1.2 内部干扰	362
6.2 干扰的引入	363
6.2.1 串模干扰	363
6.2.2 共模干扰	363
6.3 干扰的抑制方法	364
6.3.1 计算机检测系统的接地	365
6.3.2 接地的类型	365
6.3.3 隔离与耦合	368
6.3.4 布线抗干扰措施	369
6.3.5 软件抗干扰措施	370
习题 6	374
第 7 章 测量信号的调理及处理	375
7.1 信号调理电路	375
7.1.1 信号放大电路	376
7.1.2 信号滤波电路	382
7.1.3 信号转换电路	391
7.1.4 信号的非线性校正与补偿	407
7.1.5 信号的调制与解调	415
7.2 多传感器信息融合	419
7.2.1 信息融合的基本概念	419
7.2.2 信息融合的基本原理	421
7.2.3 多传感器信息融合的结构及功能模型	421
7.2.4 多传感器信息融合算法	423
7.2.5 多传感器信息融合技术的应用实例	427

习题 7	430
第 8 章 现代检测系统	432
8.1 计算机检测系统	432
8.1.1 概述	432
8.1.2 数据的采集与保持	433
8.1.3 输入通道的计算机接口技术	433
8.1.4 输出通道的计算机接口技术	433
8.1.5 计算机检测系统的设计	437
8.1.6 计算机检测技术应用实例	442
8.2 虚拟仪器	448
8.2.1 虚拟仪器概述	448
8.2.2 虚拟仪器的整体设计	452
8.2.3 虚拟仪器系统开发环境	453
8.2.4 虚拟仪器系统的数据采集实现	459
8.2.5 虚拟仪器的综合实例和工程实例	462
8.3 网络监控系统	471
8.3.1 系统总体分析和规划	471
8.3.2 网络监控系统的关键技术实现	473
8.4 视觉检测系统	481
8.4.1 视觉检测系统组成	481
8.4.2 视觉检测系统的应用	484
8.5 无线传感器网络	490
8.5.1 无线传感器网络的发展历程	490
8.5.2 无线传感器网络的特征	495
8.5.3 无线传感器网络的关键技术	497
8.5.4 无线传感器网络体系结构	501
8.5.5 无线传感器网络的应用	507
8.5.6 无线传感器网络仿真平台	509
8.5.7 无线传感器网络开发平台	517
习题 8	520
参考文献	522

第1章

传感器与检测技术概论

1.1 检测技术概论

1.1.1 检测的定义

检测(Detection)是利用各种物理、化学效应,选择合适的方法与装置,将生产、科研、生活等各方面的有关信息通过检查与测量的方法赋予定性或定量结果的过程。能够自动地完成整个检测处理过程的技术称为自动检测与转换技术。

在信息社会的一切活动领域中,从日常生活、生产活动到科学实验,时时处处都离不开检测。现代化的检测手段在很大程度上决定了生产、科学技术的发展水平,而科学技术的发展又为检测技术提供了新的理论基础和制造工艺,同时对检测技术提出了更高的要求。

1.1.2 检测技术的作用

随着科学技术的飞速发展和工程技术的迫切需求,检测技术已越来越广泛地应用于工业、农业、国防、航空、航天、医疗卫生和生物工程等领域,它在国民经济中起着极其重要的作用。

检测是科学研究的基础。科学上的发现和技术上的发明是从对事物的观察开始的。对事物的精细观察是要借助于仪器的。

在机械制造行业中,通过对机床的许多静态、动态参数如工件的加工精度、切削速度、床身振动等进行在线检测,从而控制整个工艺流程及产品质量,保证重大装备的安全可靠和高效优化运行,是整个生产系统的神经中枢,起着不可替代的重要保障作用。如图 1-1 所示为汽车生产过程中自动化测试生产线图。

在化工、电力等行业中,如果不随时对生产工艺过程中的温度、压力、流量等参数进行自动检测,生产过程就无法控制,甚至产生危险。随着电力系统朝着高电压、大容量的方向发展,保证电力设备的安全运行越来越重要,停电事故给国民经济和人民生活带来的影响及损失越来越大。高压电力设备是组成电力系统的基本元件,是保证电力系统运行可靠性的基础,不论是大型关键电力设备(发电机、变压器、断路器等),还是小型电力设备(避雷器、绝缘子等),一旦发生故障必将引起局部甚至全部地区的停电。为此,电力设备在线监测与故障诊断技术,对于提高电力设备的运行可靠性将起到关键性作用。如图 1-2 所示为典型风力发电系统在线监测与故障诊断示意图。

一个现代化火力发电厂需要多台计算机联网,来快速地测量锅炉、汽轮机、发电机上许多重要部位的温度、压力、流量、液位、燃烧状况、转速、振动、位移、应力等热工、机械参数,还必须

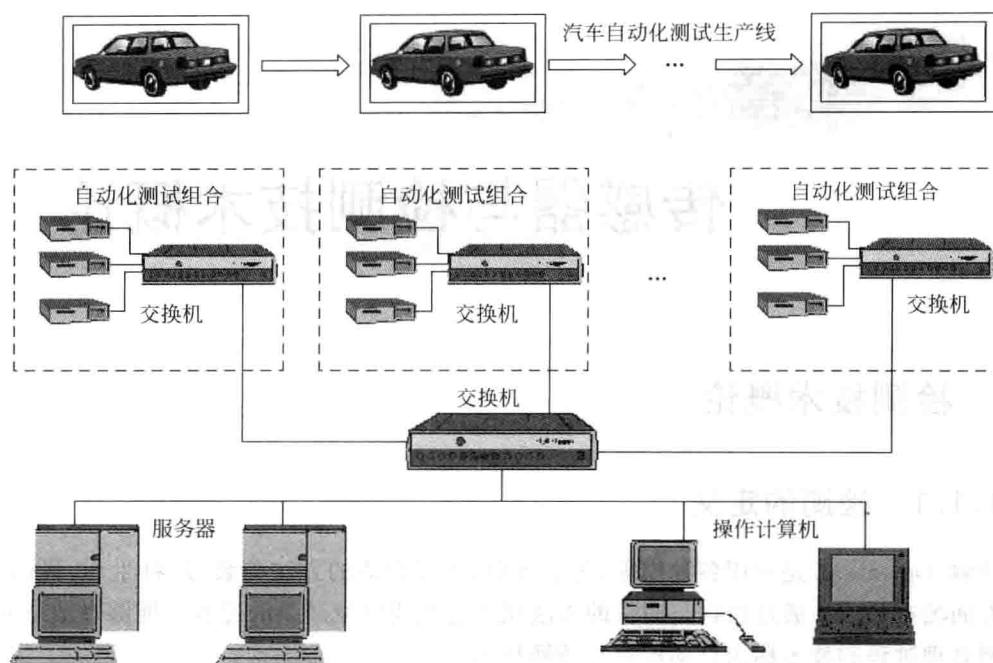


图 1-1 汽车生产过程中自动化测试生产线图

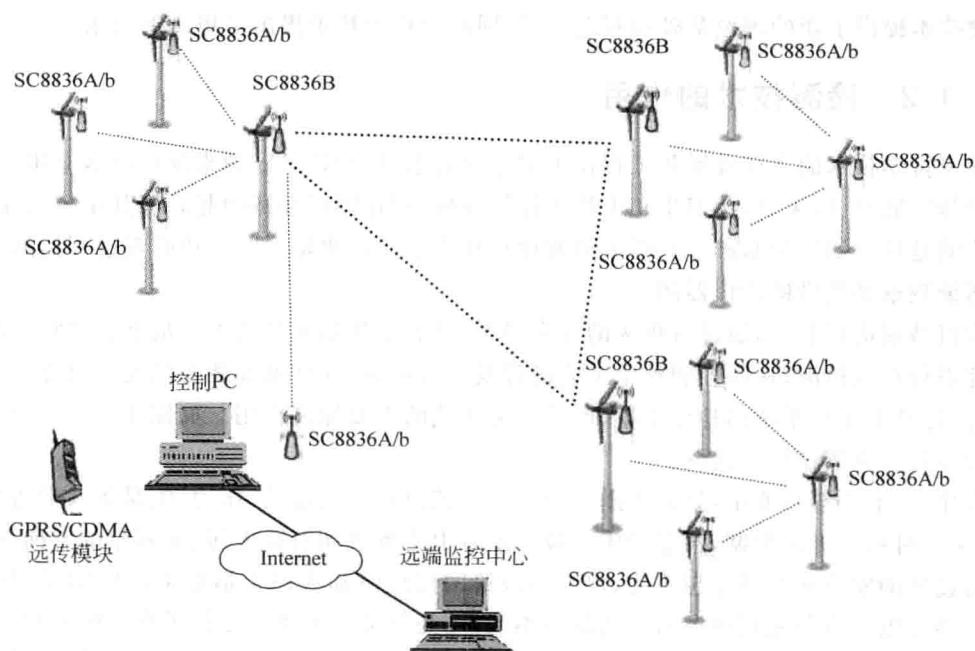


图 1-2 典型风力发电系统在线监测与故障诊断示意图

测量发电机的电压、电流、功率、功率因数以及各种辅机的运行状态,然后进行综合处理,将各被监测量的重要参数进行数字或模拟显示,自动调整运行工况,对某些超限参数进行声光报警或采取紧急措施。在图 1-2 所示的这个系统中,需要数百个不同的传感器将各种机械、热工量转换成电量,由计算机进行采样和运算。

在交通领域,一辆现代汽车中的传感器就有十几种之多,分别用以检测车速、方位、负载、振动、油压、油量、温度、燃烧过程等。此外,在交通领域的应用主要体现在对重要基础设施(管道、桥梁、隧道、铁道、机场、高速公路等)的监控和对交通工具(飞机、火车、汽车、船等)的监控。例如,测控技术在交通领域监测中的应用如图 1-3 所示。

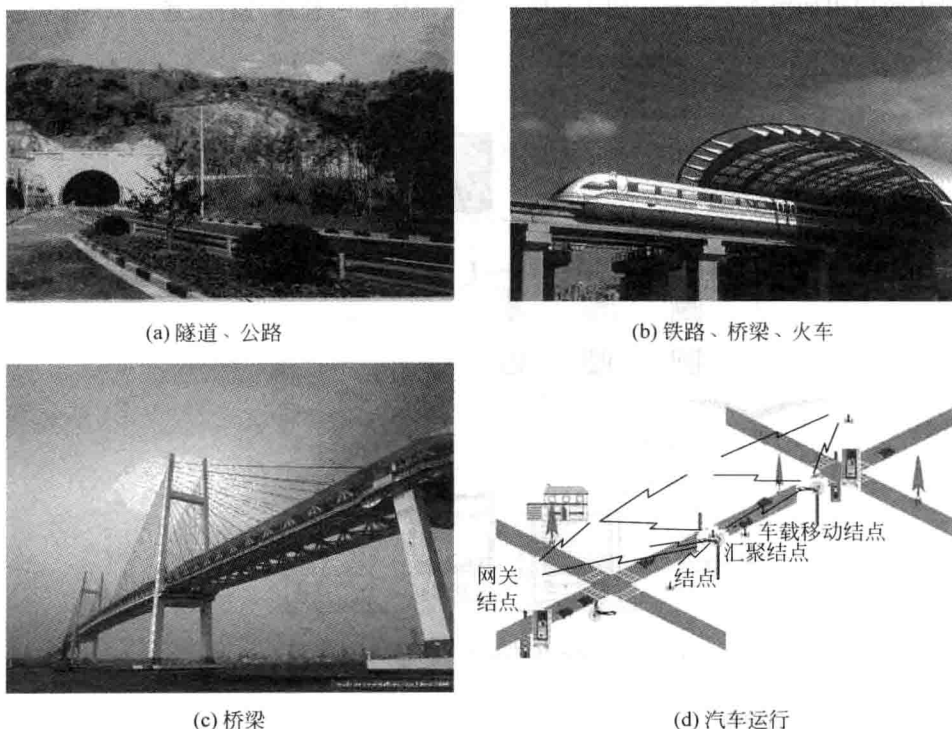


图 1-3 测控技术在交通领域监测中的应用

在国防科研中,检测技术用途更大,许多尖端的检测技术都是因国防工业需要而发展起来的。例如,在现代战争中,检测的精度决定了武器系统的打击精度,检测速度、诊断能力决定了武器系统的反应能力;若要研究飞机的强度就要在机身、机翼上贴上几百片应变片并进行动态测量。国防安全系统的高科技含量很大程度上反映了一个国家的综合技术水平。现代武器系统离不开现代先进测控技术的支持,要实现武器系统的现代化,除了先进的武器制造技术外,还要以先进的测控技术为支撑。如高炮雷达探测系统、激光测距仪、预警雷达和预警机中大量使用的现代测控技术、先进的雷达控制技术和智能传感器技术等,都属于现代测控技术的范畴。

在导弹、卫星的研制中,检测技术就更为重要,必须对它们的每个构件进行强度和动态特性的测试、运行姿势的测量等。在航天领域,测控系统是直接为导弹、火箭、卫星等飞行器发射和运动服务的重要设施。例如,卫星工程包括卫星系统、运载火箭系统、发射场系统、测控系统和应用系统五大部分;载人航天工程包括载人航天器系统、航天员系统、运载火箭系统、发射场系统、着陆场系统、测控系统和应用系统七大分系统。无论是何种飞行器工程,测控系统都是航天发射和飞行必不可少的重要支持系统。而且,在每一种分系统中都不同程度地含有自己的子测控系统和技术。