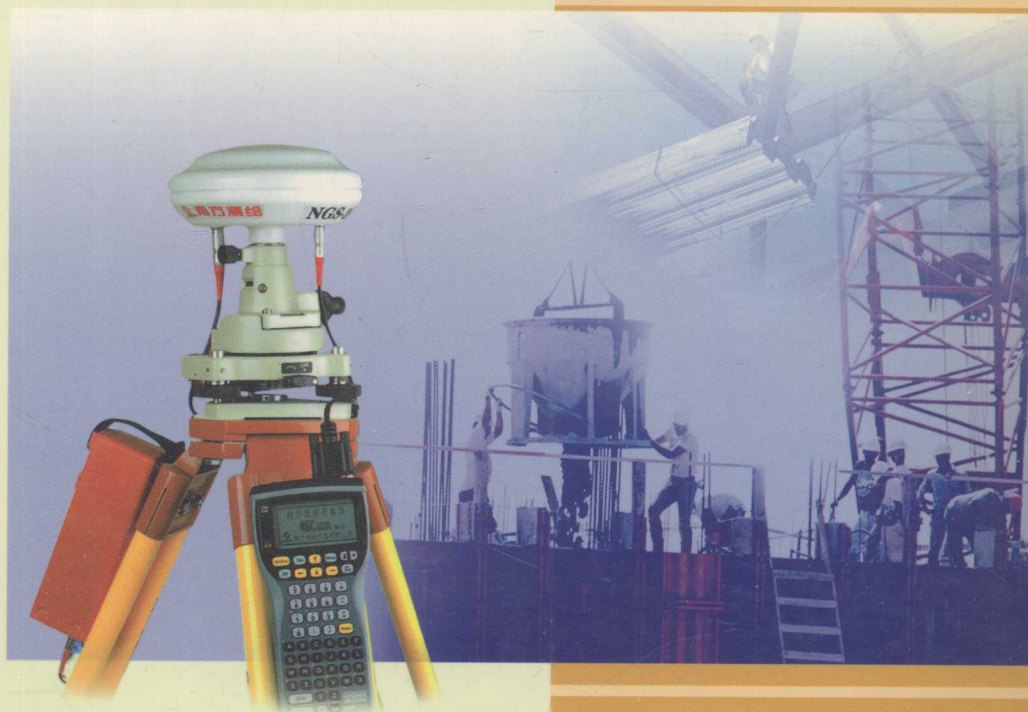




工业工程测试与控制技术

GONGYE GONGCHENG CESHI YU KONGZHI JISHU

徐凯宏 王俭 宋文龙 焦国昌 编著



东北林业大学出版社

工业工程测试与控制技术

徐凯宏 王 俭 宋文龙 焦国昌 编著

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工业工程测试与控制技术/徐凯宏等编著. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2004.6
ISBN 7-81076-585-X

I. 工... II. 徐... III. 工业工程—测试技术 IV. TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 051361 号

责任编辑: 朱成秋

封面设计: 彭 宇



NEFUP

工业工程测试与控制技术

Gongyegongcheng Ceshi Yu Kongzhi Jishu

徐凯宏 王 俭 宋文龙 焦国昌 编著

东北林业大学出版社出版发行
(哈尔滨市和兴路 26 号)

东北林业大学印刷厂印装

开本 787 × 1092 1/16 印张 15.75 字数 360 千字

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 7-81076-585-X

TB·70 定价: 26.00 元

前 言

本教材是按电子工业部 1996~2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划编写的。著名科学家门捷列夫说：“没有测量，就没有科学。”现代信息理论和技术是研究如何获取、处理、传输和利用信息，而现代测试理论和技术正是科学研究中信息的获取、处理、显示和利用的重要手段，是人们认识客观世界、取得定性和定量信息的基本方法，是现代信息技术的源头和重要组成部分。众所周知，物理定律是定量的定律，它的正确性只能通过精确的测量来确定，离开测量便无科学，这是不言而喻的。同时，现代科学技术的发展又极大地推动了测试技术及仪器的发展，它们是相辅相成的。因此，测试技术及仪器的先进性也是一个国家科学技术先进水平的重要标志。

信息与信号处理理论是现代测试理论和技术的基础，它包括测量误差理论和测量信息论、测试仪器平台和测试系统平台以及时域测试分析、频域测试分析、时频域测试分析及数据域测试分析。其中测试信号处理理论又包含数字滤波、快速变换、信号检测、参数估计、图像处理、模式识别、数据压缩、信息编码和信息传输等原理。而采用测量信息论的最大熵谱估计及最大熵谱分析等现代谱估计方法是现代测量信息处理的最好方法。

长期以来，“电子测量技术”和“电子测控技术”都是分两门课讲授的，而且普遍使用在机电学科领域，在工业工程领域中侧重工程管理类的测试技术极少有全面的理论书籍，因此作者在长期的教学实践中感到，这两门课联系的十分紧密。本书试图将两门课合成一门课，将两门课的内容融为一体，互为支撑和深化，这也许有助于教学的安排及学生对知识的掌握。当然，我们的这种设想是否实际可行，只有待于教学实践来检验了。

全书共有 8 章。第一章电子测试技术基础；第二章测试技术与控制技术基础；第三章信号测试传感器基础；第四章中间转换电路；第五章信号的产生与分析；第六章计算机测试技术与应用；第七章工业测控中的干扰抑制技术；第八章测试技术在工程领域中的应用。

本书由徐凯宏、王俭、宋文龙、焦国昌编著。其中徐凯宏编著第三章、第六章，王俭编著绪论、第一章、第二章，宋文龙编著第五章，焦国昌编著第四章、第七章、第八章。本书取材新颖，内容广泛，反映了本学科的最新进展，是适合于工业工程专业学生学习的专业用书。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点或错误，殷切希望读者批评指正。

编著者

2004 年 4 月

目 录

0 绪论	(1)
0.1 现代测试技术与控制技术概述	(1)
0.1.1 数据测试部分	(1)
0.1.2 输入部分	(2)
0.1.3 计算机及其外围设备	(2)
0.1.4 输出部分	(2)
0.1.5 接 口	(2)
0.1.6 执行器	(3)
0.2 测试技术与控制技术的应用方式	(3)
0.2.1 用于数据采集与处理	(3)
0.2.2 用于生产控制	(4)
0.2.3 用于生产调度管理	(5)
0.3 测试技术与控制技术的应用范围	(5)
0.3.1 工业生产中	(5)
0.3.2 能源技术	(6)
0.3.3 交通技术	(7)
0.3.4 实验室自动化	(7)
0.3.5 军事领域	(7)
0.3.6 医疗领域	(7)
0.4 测试技术与控制技术的发展趋势	(8)
0.4.1 综合化	(8)
0.4.2 智能化	(9)
0.4.3 系统化	(9)
0.4.4 仪器虚拟化	(9)
0.4.5 网络化	(10)
1 测量技术应用基础	(11)
1.1 测量误差理论基础	(11)
1.1.1 测量过程	(11)
1.1.2 测量值的数学期望和方差	(11)
1.1.3 随机误差的统计处理	(12)
1.1.4 标准偏差的传递	(14)
1.1.5 有限次测量的算术平均值及其方差	(14)
1.1.6 测量结果的置信概率	(14)
1.1.7 异常数据的剔除	(15)
1.1.8 测量不确定度的表征方法	(15)
1.2 测量过程的统计控制	(18)
1.2.1 基本概念	(18)
1.2.2 测量过程的统计控制参数	(18)

1.2.3	测量过程的检验方法	(19)
1.3	校准方法学	(21)
1.3.1	校准方法	(21)
1.3.2	计量标准	(22)
1.3.3	校准类型	(22)
1.3.4	校准的要求	(23)
1.3.5	互检和检验	(23)
1.3.6	仪器特性和校准测试	(24)
1.3.7	对校准标准的要求	(25)
1.4	基本的电子标准	(26)
1.4.1	国际测量单位制	(26)
1.4.2	标准的可追溯性	(28)
2	测试与控制技术基础	(30)
2.1	信号及其分类	(30)
2.1.1	测试、信息与信号的概念	(30)
2.1.2	信号的分类	(30)
2.2	信号测试与控制方法	(31)
2.2.1	信号测试	(31)
2.2.2	信号控制方法	(32)
2.3	测试系统	(33)
2.3.1	测量仪表	(33)
2.3.2	测量系统	(38)
2.4	数据采集技术	(41)
2.4.1	数据采集方式	(41)
2.4.2	数据采集的性能参数	(42)
2.5	数据处理技术	(43)
2.6	数据融合技术	(44)
2.6.1	数据融合的目的	(44)
2.6.2	数据融合的原理	(44)
2.6.3	数据融合的形式	(44)
2.6.4	数据融合的方法	(45)
2.6.5	数据融合的应用前景	(47)
3	信号测试传感器	(48)
3.1	概 述	(48)
3.1.1	传感器的作用	(48)
3.1.2	传感器的分类	(48)
3.1.3	对传感器的基本要求	(49)
3.1.4	传感器选用原则	(49)
3.1.5	传感器的开发方向	(50)
3.2	压力传感器	(51)
3.2.1	应变式压力传感器	(51)

3.2.2 电容式压力传感器	(55)
3.2.3 电感式压力传感器	(55)
3.2.4 压力传感器的标定	(58)
3.2.5 压力传感器的安装及测试仪表的选用	(59)
3.3 流量传感器	(60)
3.3.1 流量测量方法	(60)
3.3.2 涡轮流量计	(62)
3.3.3 超声波流量计	(64)
3.4 转速传感器	(66)
3.4.1 测速发电机	(66)
3.4.2 光电式转速传感器	(67)
3.4.3 电容式转速传感器	(69)
3.4.4 磁电式转速传感器	(69)
3.5 位移传感器	(70)
3.5.1 电位计型位移传感器	(70)
3.5.2 电感式位移传感器	(72)
3.6 温度传感器	(74)
3.6.1 热电偶传感器	(74)
3.6.2 热电阻	(80)
3.6.3 光纤温度传感器	(80)
3.7 振动传感器	(83)
3.7.1 加速度传感器	(83)
3.7.2 速度传感器	(85)
3.7.3 位移传感器	(86)
3.8 激光传感器	(88)
3.8.1 激光产生的机理	(88)
3.8.2 激光特性	(89)
3.8.3 激光器及其特性	(89)
3.8.4 激光探测器的应用	(90)
3.9 固态图像传感器	(91)
3.9.1 线型图像传感器	(92)
3.9.2 面型图像传感器	(95)
3.9.3 固态图像传感器的应用	(96)
3.10 智能传感器	(99)
3.10.1 智能传感器的组成原理	(99)
3.10.2 智能传感器的基本功能	(100)
3.10.3 智能传感器的特点	(101)
4 中间转换电路	(102)
4.1 电 桥	(102)
4.1.1 直流电桥	(102)
4.1.2 交流电桥	(103)

4.2 放大器	(104)
4.2.1 运算放大器	(105)
4.2.2 测量放大器	(106)
4.2.3 微分和积分放大器	(106)
4.3 调制与解调电路	(107)
4.3.1 调制器的工作原理	(107)
4.3.2 解调器的工作原理	(108)
4.4 滤波器	(109)
4.4.1 RC 滤波器	(109)
4.4.2 LC 滤波器	(110)
4.5 谐振电路	(111)
4.5.1 谐振电路的变换原理	(111)
4.5.2 谐振电路作调频器	(112)
4.5.3 谐振电路调频波的解调	(112)
4.5.4 谐振电路作调频器的应用	(112)
4.6 运算电路	(112)
4.6.1 微分电路	(112)
4.6.2 积分电路	(113)
4.7 f/V 转换器	(113)
4.7.1 DZP 型 f/V 转换器	(113)
4.7.2 PZH 型 f/V 转换器	(114)
4.8 V/I 转换器	(115)
4.9 A/D 和 D/A 转换器	(116)
4.9.1 A/D 转换器	(117)
4.9.2 D/A 转换器	(118)
5 信号的产生与分析	(120)
5.1 信号源	(120)
5.1.1 信号的表征与生成方法	(120)
5.1.2 通用信号发生器	(126)
5.1.3 任意波形合成器	(132)
5.2 固态微波信号源	(134)
5.2.1 信号源	(135)
5.2.2 信号源的控制和调制	(137)
5.2.3 频率综合	(138)
5.2.4 微波信号发生器	(139)
5.3 频谱分析仪	(146)
5.3.1 概述	(146)
5.3.2 频谱仪的工作特性	(151)
5.3.3 现代频谱分析仪的设计	(152)
5.4 相位噪声测量	(156)
5.4.1 为什么需要测量相位噪声	(156)

5.4.2	相位噪声的定义和表示	(156)
5.4.3	相位噪声的时域测量方法	(157)
5.4.4	相位噪声的频域测量法	(158)
5.4.5	相位噪声的测量与分析	(159)
5.4.6	微波信号源相位噪声的测量	(162)
5.4.7	各种相位噪声测试系统测试灵敏度的对比	(162)
6	计算机测试技术的应用	(164)
6.1	计算机应用部件	(164)
6.1.1	信号调理电路	(164)
6.1.2	多路模拟开关	(164)
6.1.3	采样/保持电路 (S/H)	(165)
6.1.4	A/D 转换器	(166)
6.1.5	接口电路及其控制逻辑	(168)
6.2	模拟连续信号的数字化	(168)
6.3	模拟量输入采集通道设计	(169)
6.3.1	单模拟量输入采集通道的设计	(169)
6.3.2	多模拟量输入采集通道的设计	(169)
6.3.3	基于 PC 机数据采集通道设计应注意的问题	(171)
6.4	高速数据采集及其实现	(174)
6.4.1	高精度数据采集系统设计要领	(174)
6.4.2	高速数据采集方案及其实现	(175)
6.4.3	高速数据采集系统设计举例	(178)
6.5	数据总线与通信技术	(179)
6.5.1	串行总线与通信技术	(180)
6.5.2	并行总线与通信技术	(199)
7	工业测控中的干扰抑制技术	(204)
7.1	干扰来源	(204)
7.1.1	机械干扰	(204)
7.1.2	热干扰	(204)
7.1.3	光干扰	(205)
7.1.4	温度干扰	(205)
7.1.5	化学干扰	(205)
7.1.6	电和磁干扰	(205)
7.1.7	射线辐射干扰	(205)
7.1.8	电源干扰	(206)
7.1.9	信道干扰	(206)
7.1.10	地线干扰	(206)
7.2	干扰的传输途径	(206)
7.2.1	噪声与噪声源	(206)
7.2.2	噪声形成干扰的要素	(208)
7.2.3	传输途径	(208)

7.3 干扰的作用方式	(209)
7.3.1 串模干扰	(209)
7.3.2 共模干扰	(210)
7.3.3 共模干扰抑制比	(210)
7.4 干扰抑制技术	(210)
7.4.1 屏蔽技术	(211)
7.4.2 接地技术	(214)
7.4.3 浮置技术	(220)
7.4.4 平衡电路	(221)
7.4.5 滤波器	(222)
7.4.6 光耦合器	(223)
7.4.7 脉冲电路噪声抑制技术	(224)
7.4.8 电源干扰抑制技术	(225)
7.4.9 传输线干扰抑制技术	(226)
7.4.10 软件干扰抑制技术	(228)
8 测试技术在工程领域中的应用	(229)
8.1 空气压缩机组测试与控制	(229)
8.1.1 系统配置	(229)
8.1.2 故障测试与诊断	(230)
8.1.3 故障决策与控制	(230)
8.1.4 应用效果及其分析	(231)
8.2 发动机滑油系统测试与控制	(232)
8.2.1 滑油系统故障分析	(232)
8.2.2 滑油系统状态信息的来源	(233)
8.2.3 滑油系统监控方案设计及其实现	(233)
8.2.4 运行结果及其分析	(234)
8.3 车辆尾气测试与控制	(234)
8.3.1 硬件配置	(234)
8.3.2 软件设计	(235)
8.3.3 功能及其实现	(237)
8.4 噪声测试与控制	(238)
8.5 电动机转速测试与控制	(239)
8.5.1 测控原理和方法	(239)
8.5.2 测控软件设计	(240)
8.5.3 结果与分析	(241)
参考文献	(242)

0 绪 论

工业工程测试与控制技术是以计算机为核心部件,将信号测试、数据处理与计算机控制融为一体的侧重管理应用的一种新兴综合性技术。它既能完成较高层次信号的自动化测试,又具有多种智能控制作用。本章将对测控技术的基本概况进行简要介绍。

0.1 现代测试技术与控制技术概述

在科学试验和工业生产过程中,为了及时了解工艺过程和生产过程的情况,需要对描述被控对象特征的某些参数进行测试,其目的是为了准确获得表征它们的有关信息,以便对被测对象进行定性了解和定量掌握。测试工作可以在一个物理变化过程中进行,也可以在此过程之外或过程结束后对提取的样本进行操作,前者称为“在线”测试,后者称为“离线”测试。

测试就是利用计算机及相关仪器,实现测试过程智能化和自动化。测试包括测量、处理、性能测试、故障诊断和决策输出等内容。由于测试能充分地开发和利用计算机资源,在人工最少参与的条件下,以获得最佳和最满意的结果,并具有测量速度快、处理能力强、工作可靠、使用方便灵活和能实现监测、诊断、管理一体化等优点,所以得到了人们的普遍关注。

测试和控制技术的应用,能使我们自动获取信息,并利用有关知识和策略,采用实时动态建模、在线识别、人工智能、专家系统等技术,对被测对象(过程)实现测试、监控、自诊断和自修复。测试与控制技术的结合,能有效地提高被测对象(过程)的安全性和获得最佳性能,并使系统具有较高的可靠性和可维护性,较高的抗干扰能力和对环境的适应能力,以及优良的通用性和可扩展性。传感技术、微电子技术、自动控制技术、计算机技术、信号分析与处理技术、数据通信技术、模式识别技术、可靠性技术、抗干扰技术、人工智能等的综合和应用,就构成了测试与控制技术。该系统主要由测试、输入、接口、计算机、输出和执行器六部分组成。

0.1.1 数据测试部分

数据测试部分主要由测试仪表和测量仪表组成。测试的信号有三种形式:

(1) 模拟量。测试的各种模拟信号,由相应类型的传感器转换成电信号,经过多路模拟转换开关送入 A/D(模/数)转换器,将模拟信号转换成计算机能接收到的数字信号,然后通过端口 A 送入计算机。

(2) 数字量。将待测的某些数字量通过传感器转换成二进制信号,经过放大(或衰减),以与接口电路的要求相适配,再经端口 B 送入计算机。

(3) 开关量。当行程开关或限位接点接通时产生的突变电压就是开关量。待测的各

种开关信号，首先将其转换成直流电压，且大小要与接口电路相适配，然后经端口 C 送入计算机。

0.1.2 输入部分

输入部分包括输入通道和输入接口等。它的作用是把模拟量、数字量、开关量按要求传送给计算机。

0.1.3 计算机及其外围设备

计算机的内部设备包括微处理器 (CPU) 及组成内存的只读存储器 (ROM) 和可读写存储器 (RAM)，其外部设备有打印机 (PR)、显示器 (CRT)、键盘 (KB)、磁盘驱动器或磁带机、绘图机等。它们各自均需通过相应的接口才能与计算机的内部总线相连。

测试的各种信号，经过适当变换后，在程序控制下由端口 A、B、C 送入计算机。各端口的启动及其工作顺序也是在程序控制下自动进行的。键盘可以输入有关的操作命令，并能监视各传感器与通道的工作。测试的有关信息可以在显示设备上显示出来，或通过记录装置（如 $x-y$ 记录仪）记录出被测参数随时间的变化关系。通常用 ROM 存放固定程序，RAM 作为用户的工作区域，可以用来存放程序与数据。

计算机用来完成数据采集、分析处理、识别报警、监测控制等任务。

0.1.4 输出部分

计算机的输出信号也有模拟量、数字量、开关量。

(1) 模拟量控制信号。计算机产生的控制信号经端口 F 送入 D/A（数/模）转换器，还原成模拟信号，通过多路切换开关去驱动执行器和调节过程的有关参数。

(2) 数字量控制信号。计算机产生的数字量控制信号经端口 E 和放大电路，然后作为数字量输出并驱动执行器动作。数字量输出方式分串行和并行两种。串行方式用于远距离数据传输和信息交换；并行方式传输速度快，但所需导线条数多，适合于近距离数据传输。

(3) 开关量控制信号。计算机产生的开关量控制信号经端口 D 并进行电压转换后，驱动有关设备（如马达的启停、加热器的通电与断电等）。

0.1.5 接口

接口在测试与控制中占有十分重要的地位。在许多情况下，接口问题往往成为系统成功与否的关键。接口主要有以下功能：

(1) 传送控制。接口能使计算机与外设之间的操作同步，请求数据并使数据按照正确的程序出现以形成控制信号，监视计算机与外设之间的通信。

(2) 数据传送。提供串行或并行的数据传送方式。

(3) 编码与译码。在许多情况下需要进行代码转换，以便了解信息的含义或便于进一步处理，如二进制与十进制的转换和设备译码等。

- (4) 数据缓冲。用来协调计算机与外围设备速度上的差异。
- (5) 计数器。计数器可以用来产生一定的时序控制信号或作为脉冲数目的累计。
- (6) 逻辑与运算操作。逻辑与运算操作可以用来产生适当的控制信号,或执行接口的某些控制功能。
- (7) 信号整形。对出现相位或幅值上畸变的信号进行必要的整形,以便进行处理。

0.1.6 执行器

执行器是指用于完成执行动作的器件,有电气开关(如继电器、操作开关)、电磁式执行机构(如电磁铁、电磁离合器)、执行电动机(如直流伺服电机、交流伺服电机、步进电机)、气动和电动执行器(如气动阀、电动阀)、液压执行器(如液压缸、液压马达)等。

从上面的分析可以看出,测试与控制系统是以计算机为核心部件,测试仪表测试的信号经放大、转换,再通过输入端口送入计算机进行分析、比较、识别和处理。正常情况下,计算机自动进行巡回监测,并将测试结果在显示屏上以图形和数字的方式进行实时显示,如果发现异常情况,计算机立即进行报警并发出指令,通过执行器对监测对象进行实时控制。

测试与控制系统根据监控对象的不同,可分在线和实时两类。在线和实时是两个不同的概念。在线不一定是实时,而实时必定是在线。如果计算机与监控对象直接连接,这种方式叫做联机方式或在线方式。在线方式不一定要求实时。实时是指信号的输入、计算、分析、处理和输出都必须在一定时间内完成,亦即及时,如果超出了这个时限,就失去了控制的时机,控制也就失去了意义。实时的概念不能脱离具体过程,如炼钢炉的炉温,如果延迟 1s 可仍然认为是实时;而一个火炮控制系统,当目标状态量变化时,一般必须在数毫秒之内及时控制,否则就不能击中目标。

0.2 测试技术与控制技术的应用方式

利用计算机进行测试与控制的方式很多,下面介绍几种典型的应用方式。

0.2.1 用于数据采集与处理

利用计算机可把生产过程中有关参数的变化,经过测量变换元件测出,然后集中保存或记录,或者及时显示出来,或者进行某种处理。例如,使用计算机的巡回测试系统,可以定时轮流对几十、几百甚至上千个参数进行测量、显示(或打印);使用计算机的数据采集系统,可以把数据成批储存或复制,也可以通过传输线路将其送到中心计算机;使用计算机的信号处理系统,可以把一些仪器测出的曲线经过计算处理,得出一些特征数据等。

计算机数据采集与处理系统有离线与在线之分。

0.2.1.1 离线数据采集与处理系统

首先,仪表监视人员必须在规定的时间内反复地读出一个或多个测量仪表的数

值，并把这些数据记录在有关表格上（或者再将这些数据存放到某种数据载体上，例如磁盘等），然后输入计算机进行处理，得出计算结果并获得测量结果的记录。

离线数据采集与处理的缺点在于：一方面数据收集需要大量人力；另一方面，从读出测量值到算出结果需要较长时间。因此，测量数据收集的速度和范围自然受到极大的限制。

0.2.1.2 在线数据采集与处理系统

采用在线数据采集与处理系统，可以把测量仪表所提供的信号直接送入计算机进行处理、识别并给出测试结果，这样运行费用可大大减少。

在线数据采集与处理，计算机虽不直接参与过程控制，但其作用是很明显的。首先，在过程参数的测量和记录中，可以用计算机代替大量的常规显示和记录仪表，并对整个生产过程进行在线监视；其次，由于计算机具有运算、推理、逻辑判断能力，可以对大量的输入数据进行必要的集中、加工和处理，并能以有利于指导生产过程控制的方式表示出来，故对生产过程控制有一定的指导作用；再次，计算机有存储信息的能力，可预先存入各种工艺参数的极限值，处理过程中能进行越限报警，以确保生产过程的安全。此外，这种方式可以得到大量的统计数据，有利于模型的建立。

0.2.2 用于生产控制

0.2.2.1 操作与指导系统

这种系统，每隔一定时间，把测得的生产过程中的某些参数值送入计算机，计算机按生产要求计算出应该采用的控制动作，并显示或打印出来，供操作人员参考。操作人员根据这些数据，并结合自己的实践经验，采取相应的动作。在这种系统中，计算机不直接干预生产，只是提供参考数据。

0.2.2.2 顺序控制与数字控制系统

由计算机对一部或几部生产设备或一个生产过程进行比较复杂的顺序控制，且其中某些动作有一定的数值（尺寸）要求（例如加工一定尺寸、形状的工件）时，这种控制就是数字控制（简称数控）。

0.2.2.3 计算机直接控制系统

在这种系统中，计算机本身被用来代替反馈控制系统的控制部分，直接控制生产过程。

当然，用一台计算机仅控制少数几个参数是不合算的，通常以分时方式去控制十几个、几十个甚至上百个参数。计算机直接控制系统的缺点是可靠性较差，如果计算机本身出现故障，则整个系统将不能正常工作。因此，在应用于连续生产过程时，对于计算机的可靠性应有较高的要求。

0.2.2.4 计算机前馈控制系统

在这种系统中，计算机代替前馈控制系统的控制部分。计算机不断地观测生产过程变化并产生相应的控制信号送到控制器中。当然，一台计算机也可以同时控制若干台控制器（以分时方式工作）。计算机前馈控制系统的优点是可靠性比较高，计算机本身即使出现故障，系统照样可以在常规控制器的操纵下工作。

0.2.2.5 计算机监控系统

这种系统与直接控制系统的区别在于：它不直接去驱动执行机构，而是根据生产情况计算出某些参数应该保持的值，然后去改变常规控制系统（反馈控制系统）的给定值（设定值），由常规控制系统去直接控制生产过程。因此，它多被用于程序控制、比值控制、串级控制、最优控制或者被用于越限报警、事故处理等。

0.2.2.6 智能自适应控制系统

智能自适应控制系统由于引入了知识库和推理决策模块，使系统的自适应能力得到了根本改善。

0.2.2.7 智能自修复控制系统

这种系统对设备在运行过程中出现的故障，不但能进行测试、诊断，而且还具有自补偿、自消除和自修复能力。如美国正在研制一种能自动加固的直升机旋翼叶片，当飞机在飞行中遇到疾风作用使旋翼猛烈震动时，分布在叶片中的小液滴就会变成固体而自动加固和对裂纹进行自动修复。

0.2.3 用于生产调度管理

当采用功能较强的计算机时，它除了被用于控制生产过程外，还可以进行生产的计划和调度，如涉及生产过程的数据处理、方案选择等。在这种系统中，由于它兼有控制与管理两种功能，所以也常叫做集成系统或综合系统。

上面介绍了几种典型的应用方式。对于一个具体的测试与控制系统，很可能同时兼有上面两种甚至多种系统的功能。

0.3 测试技术与控制技术的应用范围

测试技术与控制技术的应用范围是相当广泛的。在这些应用中，计算机起着核心作用。下面列举一些测试技术与控制在某些领域中的应用实例。

0.3.1 工业生产中

(1) 造纸机监测与控制。计算机的任务是数据采集、干扰监视、生产过程记录和监控等。

(2) 轧钢机监测与控制。计算机对轧件的强度、温度、尺寸和速度进行测定并监视其变化情况。根据温度及对轧件质量和强度等方面的要求，对轧件及轧件的速度进行最优控制。

(3) 高炉炼铁自动化。除了对重要参数进行收集、存储、迅速计算出结果和测量值监视外，为了提高高炉的生产能力，还要对其工艺过程进行动态分析，然后求出工艺过程控制的最优方案并实现之。

(4) 水泥生产自动化。根据对水泥合成成分的分析，合理地控制各种成分的输入量，实现最佳配料。

(5) 炼油过程自动化。监视各类生产设备，使有关的生产参数（温度、压力、流量

等)能够维持在最佳状态。

(6) 化工工艺过程自动化。由于许多化工工艺过程的反应速度十分缓慢而被调节对象又相当复杂,所以往往采用直接数字控制(DDC)方式。

(7) 运输器械监测与控制。在工厂的装配线上、飞机场的行李处、邮政部门等有許多运输器械,计算机可以对这些运输器械进行监视和控制。

(8) 仓库货架管理。计算机除了负责运输器械的控制和监视外,还可使物品的入库与出库路线合理化。

(9) 纺织机械监测与控制。采用计算机可以做到一次完成从图案、样品到成品的整个生产过程,这是通过把扫描图案得到的信息转换成机器指令,然后去控制纺织机械来完成。

(10) 运行数据采集和控制。计算机的任务是对生产设备运行情况进行监视和数据采集。计算机通常接有运行数据采集终端,它一方面承担数据的直接采集和控制任务,另一方面负责与操作人员进行通信联系。计算机可以对单一产品从开始直至装配的整个生产过程进行跟踪,不合格产品可以沿着它的流程返回跟踪检查,由此找出生产装置的薄弱环节。

运行数据的采集往往和生产控制联系在一起。例如,在生产铝合金的过程中,借助计算机可以选出正确的配方,对炼出的合金进行分析,并且可以根据加料计算对配方进行合理调整。

(11) 质量检查与控制。目前,计算机已越来越多地被用于质量检查与控制。下面举一个利用声学原理进行质量检查与控制的例子。一台正常运转的柴油机将产生一定的噪音频谱,一旦出现噪音频谱异常,就预示着机器将在短期内出现故障。一台装在柴油机上的计算机能够及时发现这些潜在故障并进行相应的预防性维修,使潜在故障能够得到及时排除。这种原理还可被用于纺织图案的监视,或者薄膜和薄板外表面的监视等。

(12) 检验设备自动化。检验设备主要被用于产品的中间检查和最后检查。检验设备通常装有检查程序,合格的产品可顺利地通过生产线,对于有缺陷的产品能自动找出原因。

(13) 性能测试和故障诊断。性能测试主要包括产品出厂前的性能检验、设备维修过程中的定期测试、系统使用过程中的连续监测;故障诊断主要包括故障测试和分析、故障识别与预测、故障维修与管理等。性能测试与故障诊断既可被用于电系统,也可被用于非电系统;既可被用于军事,也可被用于民用等方面。

0.3.2 能源技术

测试与控制技术可以应用于能源技术的许多领域。例如,在各种类型的发电厂(热电站、水电站、原子能电站)中,计算机可以承担装置的监视和安全技术等任务。此外,装置的控制任务也逐渐采用计算机。

在能源分配领域采用计算机也很有意义。其主要任务是能源的最佳分配计算,它可以根据精确测到的动态负荷进行计算,因而可以获得很大的经济效益。

随着国民经济建设的发展,如何使用能源也需要认真地考虑。在工业中,可以利用

计算机对尖峰负荷进行监视, 哪家单位如果超过商定的最高负荷, 电力部门将对其予以处罚。采用这种措施可以起到合理利用能源的作用。

0.3.3 交通技术

在国外, 测试与控制技术已被广泛用于公路交通管理。计算机对十字路口交通灯的控制原则是: 车辆和行人的平均等待时间为最短。比较先进的系统还可以对实际车流和人流进行监测, 从而达到运行最佳化, 也就是说使红绿灯的交替时间间隔根据实际情况改变。我国一些城市也开始采用计算机对城市交通进行控制。

测试与控制技术同样可以被用于飞机的飞行监视以及铁路火车运行中的信号管制。当然, 在这两个领域中对计算机的安全性和可靠性要求会更严格。

测试与控制技术还可以被用于交通工具本身的监测与控制。在飞机上采用计算机进行控制已相当普通。随着计算机成本的不断下降, 计算机已开始在汽车中得到应用。例如, 利用计算机控制时速以及燃料的燃烧, 不仅可以节省能源, 而且有利于环境保护。

目前, 上海已研制出汽车自主导航系统, 只要在带有电子地图的液晶显示屏上输入目的地, 地图上就会显示出一条最佳路线。车辆在行驶中若前方路堵, 该系统会自动提示绕道, 并立即画出一条最优路径; 若发生意外事故, 还可自动报警求救。

0.3.4 实验室自动化

测试与控制技术在实验室自动化中的应用也很普遍。许多物理和化学实验设备对数据采集的能力要求都很高, 各种类型的谱仪就属于这一类。谱仪要收集那些随时间变化、反映被测物质特性的各种信号, 可以利用计算机进行数据采集和预处理, 并将分析得到的结果用来控制分析仪器或者用于事物管理, 从而提高了仪器的利用率。例如, 用在医院化验室中的计算机, 负责把属于某个病人的所有分析结果汇总在一起并打印出来, 作为结果的记录, 以便保存。

0.3.5 军事领域

前不久, 美国成功地研制出了电子哨兵。这种电子哨兵由数个电子传感器组成。它能精确地侦察周围运动、震动、磁场和声音的情况, 并能及时将所侦察到的信息传送给便携式电脑。此外, 电子哨兵还配有在黑暗中监视物体运动的远红外摄像机, 执勤时可提供 24 小时图像监视。电子哨兵的出现, 大大减少了高科技战争中人员的伤亡, 同时又能准确圆满地完成警戒任务, 为现代化战争解决了站岗放哨这一难题。

0.3.6 医疗领域

测试与控制技术在医疗领域中的应用也十分引人注目。在医疗领域, 有许多问题, 如果不采用计算机就无法解决, 或者即使解决也十分繁琐, 例如图像处理问题。许多医疗结果的检查都必须用图像表示, 计算机就可以负责图像的收集、处理、鉴定及输出。图像处理方面的例子有:

- (1) 透视图像。采用计算机后, 透视图像的质量将得到大幅度的提高。