

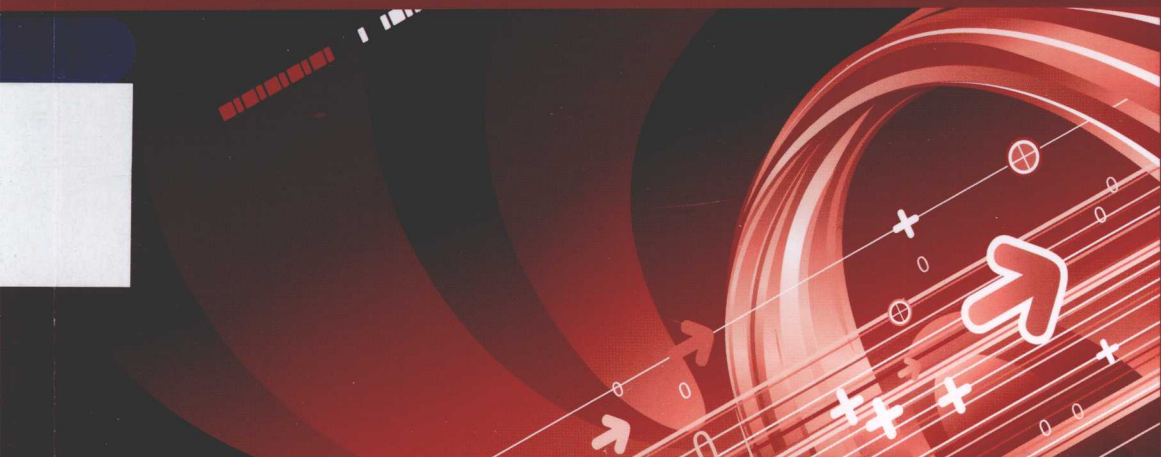
国防科技大学“十二五”研究生重点教材

现代仪器系统设计方法

王光明 主 编

王光明 熊九龙 张 玓 李苑青 编 著

Xiandai Yiqi Xitong Sheji Fangfa



国防工业出版社
National Defense Industry Press

国防科技大学“十二五”研究生重点教材

现代仪器系统设计方法

王光明 主编

王光明 熊九龙 张 玘 李苑青 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是一本介绍现代仪器系统设计理论与方法的教材,在讨论现代仪器与现
代设计的关系、特点,以及对多种常用现代仪器系统建模和多种常用现代设计方法
进行概括的基础上,重点介绍了现代仪器总体设计、仪器误差设计新理念与方法、
仪器可靠性设计、仪器健壮性设计方法、仪器宜人人性设计、仪器优化设计方法、绿色
设计和创新设计,各种设计方法均介绍了具体的应用实例。通过学习本书,读者
可以掌握现代仪器系统设计方法学的基本思想、理念、原理、设计过程和应用。

本书可作为仪器类硕士研究生和高年级本科生的教材或参考书,也可供科
研人员和从事仪器仪表设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代仪器系统设计方法 / 王光明主编. —北京:
国防工业出版社, 2015.8
国防科技大学“十二五”研究生重点教材
ISBN 978-7-118-10243-7
I. ①现... II. ①王... III. ①仪器-系统设计-高等
学校-教材 IV. ①TH702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 195748 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)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 19¼ 字数 366 千字

2015 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 50.00 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

随着微电子技术、计算机技术、网络技术的发展,仪器系统测试方法发生了巨大的变化,主要体现在从完全由操作人员手动检测发展为自动或半自动检测系统。智能仪器、总线仪器、PC 仪器、VXI 仪器、虚拟仪器及互换性虚拟仪器等现代仪器和自动检测技术的迅速发展,使计算机与现代仪器设备间的界限日渐模糊,配以相应软件和硬件的计算机其实质上相当于一台多功能的通用测量仪器。现代仪器设备与计算机间已表现出全局意义上的相通性,产品更新换代周期越来越短。“设计”在现代仪器系统产品中占有十分重要的地位,它直接影响现代仪器产品质量、成本以及研发时间等。在社会对产品要求越来越高、竞争越来越激烈的今天,设计工作的作用显得尤为重要。

现代仪器系统设计是以创新(Innovation)和创新力(Innovation Capability)为核心,按照现代设计理论与方法对仪器系统功能、系统测量精度、系统可靠度以及人性化的适应性等内容进行的设计。在仪器仪表产品开发和提高工程设计水平的工作中,科学的设计方法起着越来越重要的作用。现代设计方法是將计算机技术、信息技术、知识工程和管理科学等各学科与设计相结合的一门多学科、综合应用的技术,既有理论也有方法,既是科学又是技术。对于测控、机械、仪器、电子类专业高年级学生而言,在掌握了仪器设计技术、机械设计方法后,学习现代设计理论与方法,了解其内涵,掌握其应用,是非常有必要的。现代仪器系统设计方法已成为仪器工程人员必须掌握的基本技能和高校仪器科学与技术专业的必修课程。

本书根据“现代仪器系统设计方法”课程教学的基本要求编写,共分为9章:

第1章为现代仪器设计方法概论,主要介绍了现代仪器系统的特点与基本组成,现代设计方法概述,以及仪器系统化设计观和仪器系统建模的基础知识;

第2章为现代仪器总体设计,介绍了现代仪器系统总体设计的过程、任务需求分析、系统功能规划和指标确定的方法以及总体方案遵循的基本设计原则和制定的内容;

第3章为仪器误差设计新理念与方法,介绍了误差设计理念与模型,重点介绍了误差修正设计、误差匹配设计、误差相消设计和误差允许设计的方法;

第4章为仪器可靠性设计方法,包括可靠性基础、可靠性模型、仪器系统可

靠性预计与分配以及软件可靠性设计、环境适应性设计等内容;

第5章为仪器健壮性设计方法,介绍了产品的质量设计模型、健壮性设计原理与方法,重点介绍了仪器系统的健壮性设计;

第6章为仪器的宜人性设计,介绍了现代仪器的造型设计、色彩设计和仪器的人机工程设计方法;

第7章为绿色设计,重点介绍绿色设计的理念、设计准则、设计主要内容和关键技术;

第8章为优化设计方法,介绍了现代优化设计方法,包括一维优化方法、无约束优化方法、有约束优化方法、多目标函数的优化方法等;

第9章为创新设计,在介绍创新设计要素和创新设计思维的基础上,重点介绍了发明问题解决理论-TRIZ及其在现代仪器系统设计中的应用。

为了加强理论与实践的结合,编者力求将现代设计方法放在现代仪器系统设计过程中讲授,本书各章结合仪器仪表产品设计与开发的工程实例,系统介绍各设计方法的基本概念、基本原理和实现方法,从而便于读者把握现代仪器系统设计方法的全局和提高理论设计与实践能力。本书可作为高等院校测控技术与仪器类、自动化类和仪器仪表类等相关专业的研究生和高年级本科生的教材或教学参考书,也可供广大从事仪器仪表、测控技术方面的工程技术人员学习和参考。

本书由王光明、熊九龙、张玘等编著,第1~4、9章由王光明编写,第5~7章由熊九龙、张玘编写,第8章由熊九龙、李苑青编写,李苑青、于洋、徐飞然完成了部分绘图和文献整理工作,全书由王光明负责统稿。本书的编写得到了国防科技大学“十二五”重点建设研究生一流课程体系建设项目的资助,国防工业出版社编审陈洁为本书的策划、写作和编辑及出版做了很好的工作,在此深表感谢!

本书在编写过程中,编者参阅了大量文献资料,吸纳了有关教材、专著和参考书中的精华,引用了许多专家、学者的部分成果和观点,在书后以参考文献形式一并列出。在此特对有关作者表示诚挚的谢意!

由于现代仪器和现代设计方法在不断发展,加之作者水平有限,书中难免存在疏漏和不足,殷切期望广大读者和同行给予批评指正。

编者

2015年01月

目 录

第1章 现代仪器设计方法概论	1
1.1 现代仪器系统的特点与组成	1
1.1.1 现代仪器仪表的特点	1
1.1.2 现代仪器仪表系统的基本结构与组成	2
1.2 现代设计方法概述	5
1.2.1 设计与现代设计	6
1.2.2 设计方法学及其研究内容	8
1.2.3 现代设计方法的特点	9
1.3 人-机-环境的系统观和系统化设计	10
1.3.1 人-机-环境的系统观	10
1.3.2 仪器系统化设计	12
1.4 仪器系统建模方法	13
1.4.1 模型	13
1.4.2 数学建模方法	14
1.4.3 控制论的建模方法	17
1.4.4 信息论的建模方法	22
第2章 现代仪器总体设计	24
2.1 概述	24
2.1.1 现代仪器系统设计过程的划分	24
2.1.2 总体设计及其内容	26
2.2 仪器设计需求分析	26
2.2.1 设计任务分析	27
2.2.2 功能规划和指标确定	29
2.3 总体方案的制定	32
2.3.1 基本设计原则	32
2.3.2 总体方案制定的内容	35
2.4 总体设计的验证和评审	39
2.4.1 总体设计的验证	39
2.4.2 总体设计的评审	40

第3章 仪器误差设计新理念与方法	41
3.1 误差设计理念与模型	41
3.1.1 误差设计理念	41
3.1.2 误差设计的数学模型	42
3.1.3 误差设计要素	42
3.2 误差修正设计	53
3.2.1 误差修正设计理念	53
3.2.2 误差修正设计的数学模型及设计要点	54
3.2.3 误差修正设计应用实例	58
3.3 误差匹配设计	62
3.3.1 误差匹配设计概述	62
3.3.2 误差匹配设计的数学模型及设计要点	63
3.3.3 误差匹配设计应用实例	65
3.4 误差相消设计	67
3.4.1 误差相消设计理念	68
3.4.2 误差相消设计的数学模型及设计要点	68
3.4.3 误差相消设计应用实例	71
3.5 误差允许设计	75
3.5.1 误差允许设计的概念	75
3.5.2 误差允许设计的数学模型及设计要点	76
3.5.3 误差允许设计应用实例	80
第4章 可靠性设计方法	84
4.1 可靠性设计基础	84
4.1.1 可靠性的基本概念	84
4.1.2 可靠性特征量	85
4.1.3 可靠性寿命分布	90
4.2 系统的可靠性设计	90
4.2.1 可靠性系统模型	90
4.2.2 可靠性预计	93
4.2.3 系统可靠性分配	96
4.3 提高仪器系统可靠性的设计方法	99
4.3.1 元器件的选择与降额设计	99
4.3.2 电路简化设计方法	101
4.3.3 冗余设计方法	102
4.3.4 软件可靠性设计	103
4.3.5 耐环境设计	108

4.3.6	仪器系统电磁兼容性设计	114
4.3.7	包装和运输设计	123
4.4	仪器系统可靠性设计实例	124
第5章	仪器健壮性设计方法	126
5.1	基本概念与质量模型	126
5.1.1	基本概念	126
5.1.2	质量设计模型	127
5.2	健壮设计原理与方法	128
5.2.1	基本原理	128
5.2.2	设计方法	130
5.2.3	设计分类与流程	131
5.2.4	试验设计	133
5.3	仪器系统的健壮设计	139
5.3.1	基于损失模型的健壮设计	139
5.3.2	基于响应面模型的健壮设计	144
5.3.3	基于容差模型的健壮设计	146
5.3.4	基于随机模型的健壮设计	148
5.3.5	基于成本-质量模型的混合健壮设计	151
5.4	健壮性设计实例	153
5.4.1	考虑交互作用的正交试验设计	153
5.4.2	采用响应面法的健壮性设计	155
第6章	仪器的宜人性设计	161
6.1	概述	161
6.2	仪器造型设计与色彩设计	162
6.2.1	造型基础与美学法则	162
6.2.2	仪器造型设计	172
6.2.3	仪器色彩设计	175
6.3	人机工程学与宜人性设计	180
6.3.1	人体结构尺寸与造型尺度	181
6.3.2	视觉特征与显示器设计	184
6.3.3	仪器控制面板设计	186
第7章	绿色设计	188
7.1	概述	188
7.1.1	绿色设计产生的背景	188
7.1.2	绿色设计的目的与意义	189
7.1.3	绿色设计的概念	190

7.2	绿色产品与绿色设计方法	191
7.2.1	绿色产品	191
7.2.2	传统设计与绿色设计的区别	193
7.2.3	绿色设计准则与方法	195
7.3	绿色设计的主要内容和关键技术	199
7.3.1	绿色设计的主要内容	199
7.3.2	绿色设计的关键技术	201
7.4	绿色设计的效益和应用分析	203
7.4.1	绿色设计的效益	203
7.4.2	齿轮加工机床的绿色设计分析	204
第8章	优化设计方法	211
8.1	优化设计的基本知识	211
8.1.1	优化设计的数学模型	211
8.1.2	优化方法的数学基础	215
8.2	一维优化方法	222
8.2.1	基本思想	222
8.2.2	进退法	222
8.2.3	黄金分割法	223
8.2.4	二次插值法	225
8.3	无约束优化方法	227
8.3.1	基本思想	227
8.3.2	坐标轮换法	227
8.3.3	鲍威尔法	229
8.3.4	最速下降法	231
8.3.5	牛顿型方法及其改进	233
8.3.6	共轭方向法	234
8.4	有约束优化方法	235
8.4.1	基本思想	235
8.4.2	随机方向法	236
8.4.3	复合形法	238
8.4.4	拉格朗日乘子法	241
8.4.5	惩罚函数法	242
8.5	多目标函数的优化方法	247
8.5.1	主要目标法	247
8.5.2	线性加权法	248
8.5.3	功效系数法	248

8.5.4	协调曲线法	249
8.5.5	分层序列法	250
8.6	优化设计应用实例	252
8.6.1	建立目标函数	253
8.6.2	设计变量	254
8.6.3	设计约束	254
第9章	创新设计	257
9.1	概述	257
9.1.1	什么是创新	257
9.1.2	什么是创新设计	258
9.1.3	创新设计要素	258
9.2	创新设计思维及其应用方法	259
9.2.1	创新设计思维	259
9.2.2	创造力模型	263
9.2.3	创新思维的应用方法	264
9.3	发明问题解决理论——TRIZ	270
9.3.1	TRIZ 理论概述	270
9.3.2	TRIZ 理论体系	272
9.3.3	技术冲突及其消解	276
9.3.4	物理冲突及其消解	288
9.4	基于 TRIZ 的创新设计实例	292
9.4.1	坦克的装甲问题	292
9.4.2	飞机机翼的进化	294
9.4.3	提高大型容器容积检测速度问题	295
参考文献		298

第1章 现代仪器设计方法概论

1.1 现代仪器系统的特点与组成

随着微电子技术、计算机技术、网络技术的发展,传统的仪器测试方法发生了巨大的变化,主要体现在仪器检测系统从完全由操作人员手动检测发展为自动或半自动检测系统。仪器系统能够在预先设计的测试程序控制下,根据实际情况,不需人工干预或只需要部分人工干预就可以“智能”地完成检测任务。随着智能仪器、总线仪器、PC 仪器、VXI 仪器、虚拟仪器及互换性虚拟仪器等微机化仪器及其自动测试系统技术的发展,计算机与现代仪器设备间的界限日渐模糊,配以相应软件和硬件的计算机其实质上相当于一台多功能的通用测量仪器。计算机与现代仪器设备日渐趋同,两者间已表现出全局意义上的相通性。

1.1.1 现代仪器仪表的特点

1. 硬件功能软件化

随着微电子技术的发展,微处理器的速度越来越快,价格越来越低,已被广泛应用于仪器仪表中,使一些实时性要求很高,原本由硬件完成的功能,可以通过软件来实现。甚至许多原来用硬件电路难以解决或根本无法解决的问题,现在也可以采用软件技术很好地加以解决。数字信号处理技术的发展和高速数字信号处理器的广泛应用,极大地增强了仪器的信号处理能力。数字滤波、FFT、相关、卷积等是信号处理的常用方法,其共同特点是,算法的主要运算都是由迭代式的乘和加组成,这些运算如果在通用微机上用软件完成,运算时间较长,而数字信号处理器通过硬件完成上述乘、加运算,大大提高了仪器性能,推动了数字信号处理技术在仪器仪表领域的广泛应用。

2. 集成化、模块化

大规模集成电路 LSI 技术发展到今天,集成电路的密度越来越高,体积越来越小,内部结构越来越复杂,功能也越来越强大,从而大大提高了每个模块进而整个仪器系统的集成度。模块化功能硬件是现代仪器仪表的一个强有力的支持,它使仪器更加灵活,仪器的硬件组成更加简洁,例如在需要增加某种测试功能时,只需增加少量的模块化功能硬件,再调用相应的软件来使用此硬件即可。

3. 参数整定与修改实时化

随着各种现场可编程器件和在线编程技术的发展,仪器仪表的参数甚至结

构不必在设计时就确定,而是可以在仪器使用的现场实时置入和动态修改。

4. 硬件平台通用化

现代仪器仪表强调软件的作用,选配一个或几个带共性的基本仪器硬件来组成一个通用硬件平台,通过调用不同的软件来扩展或组成各种功能。一台仪器大致可分解为三个部分:①数据的采集;②数据的分析与处理;③存储、显示或输出。传统的仪器是由厂家将上述三类功能部件根据仪器功能按固定的方式组建,一般一种仪器只有一种或数种功能。而现代仪器则是将具有上述一种或多种功能的通用硬件模块组合起来,通过编制不同的软件来构成任何一种仪器。

5. 工作方式立体化、系统化和网络化

新技术的应用,尤其是 Internet 和 Intranet 技术、现场总线技术、图像处理和传输技术以及自动化控制技术的发展和运用,使现代仪器仪表不断地朝着立体化、系统化和网络化的工作模式发展。所谓立体化,从小的方面来说,是指单个仪器仪表不仅仅只能测量处理一维的信息,而是能同时处理二维甚至三维的信息。从大的方面来说,立体化是指将一系列的传感器或仪器进行空间配置,通过计算机和数据传输技术,实施对一个大型的工业装置、工业控制过程的立体化和网络化监测。如一个大型的水力发电站要监测水电站大坝的安全运行状态,需要布置和监控的传感器达数千个。各发电机组的状态及大坝水位状态的信息均要通过众多的测控点来加以传输和处理,数据点甚至逾万个。借助于网络技术的应用,可以将不同地点的不同仪器仪表联系在一起,实施网络化测量、数据的传输与共享、故障的网上诊断以及技术的网络化培训等。近年来出现的虚拟仪器技术是计算机技术和网络技术发展的产物。在“软件即仪器”的概念下,一台仪器不再是传统意义上的仪器,它能够通过计算机软件来实现原本仪器所能实施的测控功能。结合网络技术,虚拟仪器具有更大的灵活性。虚拟仪器的出现使仪器科学技术进入了一个新的发展阶段。

1.1.2 现代仪器仪表系统的基本结构与组成

尽管现代仪器和检测系统的种类、型号繁多,用途、性能千差万别,但它们都用于各种物理或化学成分等参量的检测,其组成单元按信号传递的流程来区分:通常由各种传感器(变送器)将非电被测物理或化学成分参量转换成电信号,然后经信号调理(信号转换、信号检波、信号滤波、信号放大等)、数据采集、信号处理后显示并输出(通常有 4~20mA、经 D/A 转换和放大后的模拟电压、开关量、脉宽调制(PWM)、串行数字通信和并行数字输出等),由以上设备以及系统所需的交、直流稳压电源和必要的输入设备(如拨动开关、按钮、数字拨码盘、数字键盘等)组成了一个完整的检测(仪器)系统,其各部分关系如图 1-1 所示。

仪器检测系统的复杂程度取决于被测信息检测的难易程度以及所采用的实验方法。对测试系统的基本要求是可靠、实用、通用、经济,这也是考虑测试系统

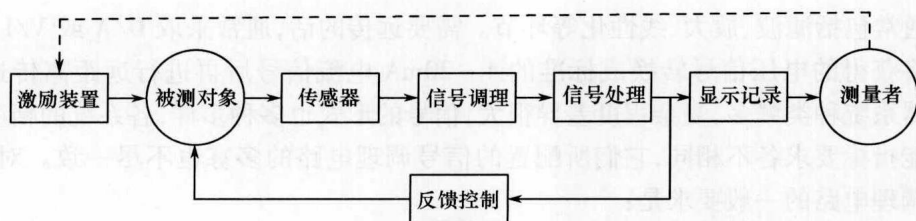


图 1-1 现代仪器检测系统一般组成框图

组成的前提条件。

一个被测对象的信息总是通过一定的物理量或化学量——信号表现出来的。有些信息可以在被测对象处于自然状态时所表现出的物理量中显现出来，而有些信息却无法显现或显现得不明显。在后一种情况下，需要通过激励装置作用于被测对象，使之产生有用信息并载于其中的一种新的信号。如对零件或设备激振测量其固有频率等。

1. 传感器

传感器作为仪器系统的第一个环节，第一步是将被测对象、系统或过程中需要观察的信息转化成电压。这种转化依赖于传感技术。仪器检测系统中最常用的传感技术是将物理量和化学量等非电量转换成电的输出信号的传感器电路及其接口电路。通常仪器检测系统设计师对传感器有如下要求：

- (1) 灵敏度高，线性度好；
- (2) 输出信号信噪比高，这就要求其内噪声低，同时不应引入外噪声；
- (3) 滞后、漂移小；
- (4) 特性的复现性好，具有互换性；
- (5) 动态特性好；
- (6) 对被测对象的影响小，即“负载效应”低。

这些要求是从测量角度出发提出的。由于传感器直接与被测对象接触，工作条件往往是很恶劣的，它必须在各种介质中工作，所以要根据工作对象提出不同的抗腐蚀要求；又由于在不同环境下工作，就需要提出如抗振、抗干扰、耐高温等某些特殊要求；在一些特殊领域中工作的传感器还需提出特殊的要求，如在运载工具，特别是在航空航天中工作的传感器，其功耗、体积与重量等就显得较为重要了，在许多场合还要求非接触或远距离测量等。

2. 信号调理

信号调理在仪器系统中的作用是对传感器输出的微弱信号进行检波、转换、滤波、放大等，以方便检测系统后续环节的处理或显示。例如，工程上常见的热电阻型数字温度检测（控制）仪表，其传感器 Pt100 的输出信号为热电阻值的变化。为便于处理，通常需设计一个四臂电桥，把随被测温度变化的热电阻阻值转换成电压信号；由于信号中往往夹杂着 50Hz 工频等噪声电压，故其信号调理电

路通常包括滤波、放大、线性化等环节。需要远传的话,通常采取 D/A 或 V/I 电路将获得的电压信号转换成标准的 4 ~ 20mA 电流信号后再进行远距离传送。仪器系统种类繁多,复杂程度差异很大,信号的形式也多种多样,各系统的精度、性能指标要求各不相同,它们所配置的信号调理电路的多寡也不尽一致。对信号调理电路的一般要求是:

- (1) 能准确转换、稳定放大、可靠地传输信号;
- (2) 信噪比高,抗干扰性能要好。

3. 信号处理

信号处理模块是现代检测仪表、检测系统进行数据处理和各种控制的中枢环节,其作用和人的大脑相类似。现代仪器系统中的信号处理模块通常以各种型号的单片机、微处理器为核心来构建,对高频信号和复杂信号的处理有时需增加数据传输和运算速度快、处理精度高的专用高速数据处理器(DSP)或直接采用工业控制计算机,其典型结构如图 1-2 所示。

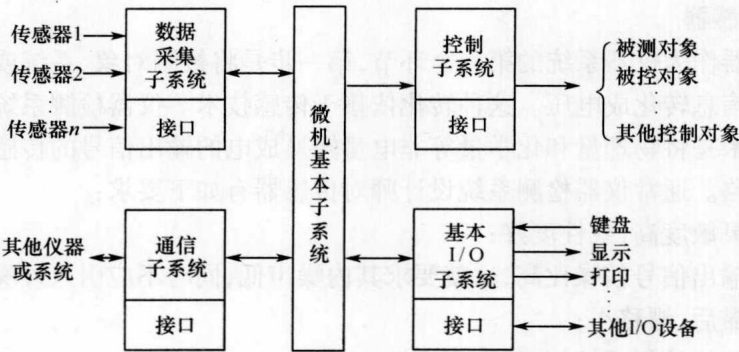


图 1-2 仪器信号处理模块典型结构

1) 微机基本子系统

微机基本子系统是整个系统的核心,对整个系统起监督、管理、控制作用,例如进行复杂的信号处理,控制决策,产生特殊的测试信号,控制整个测试过程等。此外,利用微机强大的信息处理能力和高速运算能力,可实现命令识别、逻辑判断、非线性误差修正、系统动态特性的自校正、系统自学习、系统自适应、系统自诊断、系统自组织等功能。

2) 数据采集子系统及接口

数据采集子系统及接口用于和传感器、测试元件、变送器连接,可实现参数采集、选路控制、零点校正、量程自动切换等功能。被测参数由数据采集子系统收集、整理后,传送到微机基本子系统处理。

3) 基本 I/O 子系统及接口

基本 I/O 子系统及接口用于实现人 - 机对话、输入或修改系统参数、改变系统工作状态、输出测试结果及动态显示测控过程等功能,还可实现多种形式输

出、显示、记录、报警等功能。

4) 通信子系统及接口

通信子系统及接口用于实现本系统与其他仪器仪表、系统的通信与互联,依靠通信子系统可根据实际需求灵活构造不同规模、不同用途的微机测控系统、如分布式测控系统、集散型测控系统等。通信接口的结构及设计方法,与采用的总线技术、总线规范有关。例如有 IEEE 488(即 GPIB)总线、RS-232C 总线、STD 总线、VXI 总线、现场总线等。总线技术及规范不同,需要采用不同的软硬件接口、不同的技术平台来支撑。

5) 控制子系统及接口

控制子系统及接口实现对被测控对象、被测试组件、测试信号发生器,甚至系统本身和测试操作过程的自动控制。接口根据实际需要以各种形式大量存在于系统中,接口的作用是完成它所连接的设备之间的信号转换(如进行信号功率匹配、阻抗匹配、电平转换和匹配)和交换、信号(如控制命令、状态、数据信号、寻址信号等)传输、信号拾取、对信息进行必要的缓冲或锁存、增强微机自动测试系统等功能。

4. 信号显示

通常人们都希望及时知道被测参量的瞬时值、累积值或其随时间的变化情况,因此,各类检测仪表和检测系统在信号处理器计算出被测参量的当前值后通常均需送至各自的显示器作实时显示。显示器是仪器系统与人联系的主要环节之一,显示器一般可分为指示式、数字式和屏幕式三种。具有美观、精致、操作简单、维护方便的人机界面,常成为人们选用仪器仪表及配有仪器仪表的主设备、主系统的一个重要条件。

在进行仪器系统设计时,对于把以上各环节具体相连的传输通道,应给予足够的重视。传输通道的作用是联系仪表的各个环节,给各环节的输入、输出信号提供通路。它可以是导线、管路(如光导纤维)以及信号所通过的空间等。信号传输通道比较简单,易被人们忽视,如果不按规定布置及选择,则易造成信号的损失、失真或引入干扰等,影响仪器检测系统的精度。

1.2 现代设计方法概述

科学技术的高速发展大大丰富了仪器设计的实现手段,在仪器产品设计和提高工程设计水平的工作中,科学的设计方法起着重要的作用。第二次世界大战后,工业发达国家对设计方法的研究和应用十分重视,出现了“设计方法运动”,关于设计方法的理论不断涌现。在设计方法研究过程中,发展了设计方法学(Design Methodology),它是以系统论、信息论与控制论为指导来研究产品的设计程序、设计规律和设计中的思维与工作方法的一门新型综合性学科。

1.2.1 设计与现代设计

1. 设计

设计是创造性的思维活动,是满足人类与社会的需求,将预定的目标通过人们的创造性思维,经过一系列规划、分析和决策,形成载有相应文字、数据、图像等信息的技术文件,以取得最满意的社会与经济效益的过程。

在传统的工程设计中,从工作性质与内容看,将设计过程划分为方案设计、技术设计和工艺设计。随着计算机、信息技术的发展,工程设计的范畴,已从传统的设计内容扩展到产品规划、制造、检测、试验、营销、运行、维护、报废、回收等全过程的全方位设计。

从设计的过程与方法看:

(1) 设计是一种工程活动。设计师的任务就是运用自然科学和工程技术的知识与法则去创造物质文明,它几乎涉及人类生活、生产的各方面。

(2) 设计是一种创造性的智力活动。设计的全过程需要设计师提出各种不同的构思和设想,具有灵活运用知识和经验处理技术、经济等问题的能力和优良的品质、作风,能创造性地寻求设计目标和任务的实现。

(3) 设计是一个综合、决策、迭代、寻优的过程。设计流程就是输入信息、处理加工、综合、判断、决策、输出信息,是寻求满意的设计目标、方案、参数、结构等最优的过程。设计过程也是一个信息综合、反馈(或迭代)、交流的过程。由于设计要求和约束条件及多种约束之间相互制约,甚至是相互矛盾的,因此虽经优化,也只能综合、权衡各方面因素取得相对满意的结果。

从设计任务的要求来划分,通常有三种不同类型的设计:

(1) 开发性设计。运用成熟的科学技术,从工作原理和结构上设计过去没有的新型产品,这是一种完全创新的设计。

(2) 适应性设计。在原理、方案基本保持不变的前提下,对产品作局部的变更设计,使之更能满足用户的需求。

(3) 变型设计。在功能和工作原理不变的情况下,变更现有产品的结构配置、布置方式和尺寸,使之适应多方面的使用要求。

据德国机械制造工作者协会调查表明,在机械制造业中 55% 的产品属于适应性设计,25% 为开发性设计,20% 为变型设计。显然,上述设计类型的划分界限有时并不十分明确。不过为适应先进制造技术的进步与发展趋势,当今不论何种设计都有必要应用 CAD 技术及其他行之有效的现代设计技术,使设计的产品能在激烈的市场竞争中取胜。

2. 现代设计

现代设计是现代科学理论与现代技术工具在设计领域的应用,是过去长期传统设计活动的延伸和发展,是随着设计实践经验的积累,由个别到一般,由具

体到抽象,由感性到理性,逐步归纳、演绎、综合而发展起来的。系统论、信息论、控制论等科学方法和计算机技术的应用,使优化设计、可靠性设计、计算机辅助设计、有限元设计、虚拟设计、人机工程以及创造性设计等现代设计方法脱颖而出,并对设计活动产生了深远的影响,为新产品的开发提供了新的设计手段。设计方法具有时序性和继承性,冠以“现代”二字是强调其科学性和前沿性,并非为了将其与传统设计方法截然分开。

现代设计涉及众多要素,可以归结为四大类,分别是人的要素、技术要素、市场环境要素和审美形态要素,如图1-3所示。

(1) 人的要素。人是产品设计中最基本的要素,是产品设计活动得以形成、实施的关键。产品设计要素以人为核心,具体体现在设计出的产品要满足人的多方面的要求。

(2) 技术要素。产品设计时必须考虑产品结构、生产、材料、加工工艺、表面处理等各种技术问题,才能使产品设计构想变为现实。

(3) 市场环境要素。其是指设计师在进行设计时的周围情况和条件。按照系统论的设计思想,产品设计成功与否不仅取决于设计师的能力、水平,还受到企业和外部环境要素的制约与影响,如政治、经济、社会、文化、科学技术、自然、国际等环境。此外,任何产品都不是独立的,其总是存在于一定环境中,并参与组成该环境。

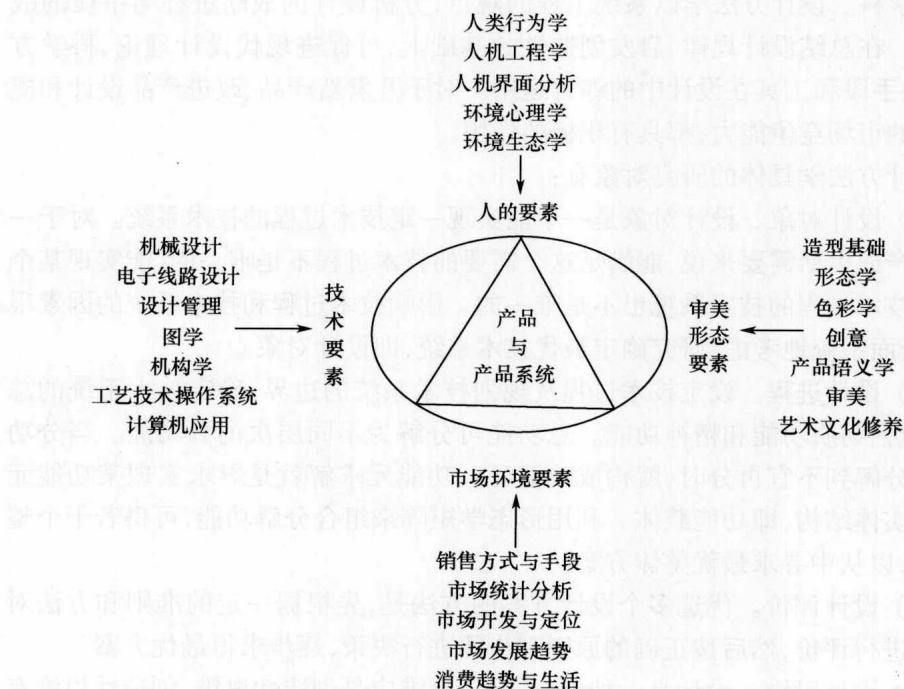


图 1-3 现代设计的四类要素