



普通高等学校测控技术与仪器专业规划教材



测控系统与集成技术

Cekongxitong Yu Jichengjishu

主编 王先培



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



普通高等学校测控技术与仪器专业规划教材

测控系统与集成技术

Cekongxitong Yu Jichengjishu

主 编	王先培
副主编	李志华
	程安宇

内 容 简 介

现今,控制技术、计算机技术、通信技术、指挥技术及信息技术共同推动过程控制系统与自动测试系统飞速发展,测控系统的发展呈现集成化、智能化、标准化和网络化的特点。其中,系统集成技术帮助系统完成功能整合,是系统各部件有机结合、实现功能和性能高度一体化的基础。系统集成技术使测控系统的部件和构成很方便地由分立元器件发展到集成片、个人仪器的插件、嵌入式系统、多处理器自动化装置,再到目前的集散控制系统和网络化虚拟仪器,使测控系统从结构组成到功能性能等方面都出现了重大的变革。

本书围绕测控系统与仪器的集成技术和通信技术,深入浅出地介绍了测控总线与仪器集成的一般原理和方法,包括操作系统基础、数据通信基础、系统总线通信技术、程序设计语言与设计方法、智能仪器与虚拟仪器技术,以及过程控制系统的基本分析方法、测控系统设计方法和性能分析方法等内容。

本教材内容丰富、新颖、实用,适合自学,可用作测控技术与仪器、自动化、机电一体化等专业的本科生教材,也可以作为相关领域科技人员的技术参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

测控系统与集成技术/王先培 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.3
ISBN 978-7-5609-7550-4

I. 测… II. 王… III. ①自动检测系统-高等学校-教材 ②自动控制系统-高等学校-教材 ③系统集成技术-高等学校-教材 IV. ①TP27 ②TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 255446 号

测控系统与集成技术

王先培 主编

策划编辑:万亚军

责任编辑:周忠强 严育才

封面设计:范翠璇

责任校对:张琳

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:湖北通山金地印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.5

字 数:380千字

版 次:2012年3月第1版第1次印刷

定 价:28.00元



华中科大

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究



普通高等学校测控技术与仪器专业规划教材

编委会

主任：

钟毓宁

（湖北工业大学副校长，教育部高等学校仪器科学与技术专业教学指导委员会委员）

副主任：

孔力

（华中科技大学教授，教育部高等学校仪器科学与技术专业教学指导委员会委员）

许贤泽

（武汉大学教授，教育部高等学校仪器科学与技术专业教学指导委员会委员）

委员：（以姓氏笔画为序）

王连弟（华中科技大学出版社）

王先培（武汉大学）

史红梅（北京交通大学）

李威宣（武汉理工大学）

杨帆（武汉工程大学）

张思祥（河北工业大学）

何涛（湖北工业大学）

周荣政（江汉大学）

胡春海（燕山大学）

郭天太（中国计量学院）

康宜华（华中科技大学）

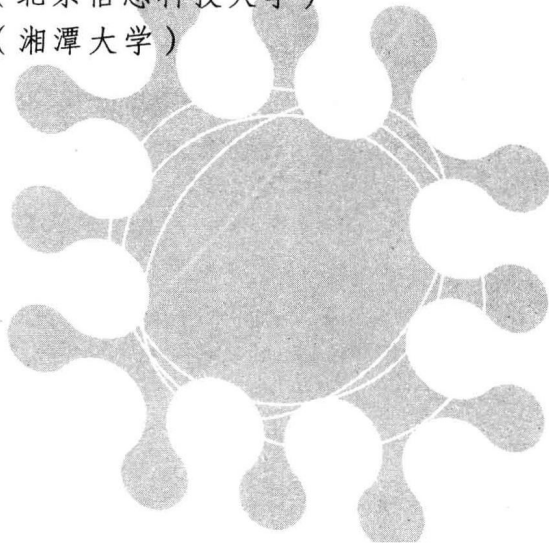
梁福平（北京信息科技大学）

董浩斌（中国地质大学）

曾以成（湘潭大学）

秘书：

刘锦 万亚军





普通高等学校测控技术与仪器专业规划教材

总 序

测控技术与仪器专业是在合并原来的11个仪器仪表类专业的基础上新设立的专业，目前设有该专业的高校已经超过250所，是当前发展较快的本科专业之一。经过两届全国高等学校仪器科学与技术教学指导委员会的努力，形成了《测控技术与仪器专业本科教学规范》（以下简称《专业规范》）。《专业规范》颁布后，各高校开始构建面向21世纪的测控技术与仪器本科专业的课程体系，并进行教学改革，以更好地满足科学技术和国民经济发展的需要。

华中科技大学出版社邀请多位全国高等学校仪器科学与技术教学指导委员会委员和具有丰富教学经验的专家编写了这套“普通高等学校测控技术与仪器专业规划教材”，这对于满足各高校测控专业建设需要，加强高校测控专业的建设，进一步落实《专业规范》精神，具有积极的作用。

这套教材基本涵盖了测控技术与仪器专业的专业基础课程和部分专业课程，编写定位清晰，内容适应了加强工程教学的趋势，注重了教材的实用性和创新性教育的推进。这套教材的出版，是测控专业教学领域“百花齐放、百家争鸣”的一个体现，它为测控专业教学选用教材又提供了一个选择。

由于时间所限，这套教材可能存在这样那样的问题。随着这套教材投入教学使用和通过教学实践的检验，它将不断得到改进、完善和提高，为测控专业人才的培养做出积极的贡献。

谨为之序。

全国高等学校仪器科学与技术教学指导委员会主任委员



胡小唐

2009年7月

前 言

随着微电子技术和信息科学的发展,测控技术作为传统的多学科交叉领域技术,其应用领域和研究内涵也得到全新的拓展与诠释。传统的基地集中式局部自动化监测控制系统已经被以集成和通信技术为核心的分散综合自动监测控制系统所取代,自动测试系统也由单点测试计量系统发展到以总线技术为基础的多点测试计量的虚拟仪器系统,以及以总线技术与网络技术为基础的网络化虚拟仪器系统。可以说,现代测控仪器或系统主要是计算机化的测控仪器或系统,它是计算机技术与测控技术、电子技术相结合的产物。因此,集成技术已成为现代测控系统一体化设计的基础与趋势。

测控总线与仪器集成技术涉及过程自动化系统、自动测试系统(包括智能仪器、个人仪器、虚拟仪器等)中相关的工程技术知识和系统分析理论,包括操作系统技术、数据通信技术、程序设计语言基础、数据库技术、智能仪器技术、虚拟仪器技术等,以及有关测控系统的总体设计和性能分析方法。

在编写本书的过程中,充分考虑了测控技术与仪器专业的特点和学缘结构,试图将先进的测控系统的集成技术和设计方法介绍给学生,适合于测控技术与仪器、自动化、机电一体化等专业的本科生教学。

本书共9章。其中,第1章为概论,介绍测控系统的组成结构、发展历史与类别划分,以及系统集成技术研究的主要内容。第2章为测控系统的操作系统,介绍操作系统的基本知识点,以及基于系统集成的典型操作系统Linux的相关概念。第3章为测控系统通信,介绍数据通信的基本概念、原理和方法等。第4章为测控系统集成,介绍测控一体化集成技术,以及程序设计语言和数据库设计相关的知识。第5章为智能仪器,介绍智能仪器的结构组成、性能特点、数据采集、软件设计基础,以及有关个人仪器的技术、方法和实例。第6章为虚拟仪器与网络化虚拟仪器,主要介绍虚拟仪器的工作原理与结构体系,网络化虚拟仪器的基本概念,以及基于VXI和PXI两种总线技术的虚拟仪器概念。第7章为过程控制系统,主要介绍过程控制系统的基本结构与数学模型,过程控制仪表的基础知识,以及前馈控制系统和集散控制系统的设计方法。第8章为测控系统设计方法,从工程设计角度,分析测控系统设计的原则、步骤和常用方法,并辅以实例说明这些设计方法在实际开发中的意义。第9章为测控系统性能分析,详细介绍测控系统的性能指标,包括精度、可靠性、安全性和实时性,以及这些指标在系统分析、设计中的指导作用。本书由武汉大学的王先培担任主编,由中国地质大学的李志华、重庆邮电大学的程安宇等联合编写。

本书的第1、2、3、4、5、9章由王先培编写,第6章由李志华编写,第7、8章由程安宇编写。全书由王先培负责统编并定稿。在编写过程中,得到许多老师和同行的支持,在文字编辑和图形录入方面,多位研究生付出了辛勤的劳动,尤其是博士研究生赵宇,参加了第1、2、3、4、5、9章的编写和全书的统稿,在此向他们表示衷心的感谢。

本书的编写吸收了作者在教学、科研和社会实践工作中的诸多心得,同时参考了其他相关的教材、专著、论文和研究成果,在此向有关作者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中错误和遗漏在所难免。恳请广大读者随时提出意见,给予帮助,使本书内容能不断地得到充实,质量能不断地得到提高。

感谢华中科技大学出版社的编辑们对本教材的出版所付出的辛勤劳动。

编 者

于武昌东湖珞珈山

2011 年 6 月

目 录

第 1 章 概论	(1)
1.1 基本概念和术语	(2)
1.2 测控系统的发展历史、现状及趋势	(3)
1.3 测控系统的分类	(7)
1.4 测控系统的集成及其技术	(10)
1.5 本课程的内容与性质	(12)
习题	(12)
第 2 章 测控系统的操作系统	(13)
2.1 操作系统基础	(13)
2.2 操作系统结构	(16)
2.3 进程与线程	(18)
2.4 CPU 调度算法	(21)
2.5 进程通信与同步	(23)
2.6 I/O 管理	(25)
2.7 分布式操作系统	(27)
2.8 Linux 操作系统	(29)
习题	(32)
第 3 章 测控系统通信	(34)
3.1 数据通信基础	(34)
3.2 测控系统通信体系结构	(45)
3.3 物理层	(48)
3.4 数据链路层	(52)
3.5 TCP/IP 协议	(58)
3.6 应用层	(64)
3.7 IEEE 802 标准	(66)
3.8 MAP 规约及相关协议	(69)
3.9 客户机/服务器模式及例程	(72)
习题	(77)
第 4 章 测控系统集成	(78)
4.1 概述	(78)
4.2 测控一体化集成技术	(80)
4.3 程序设计语言	(81)
4.4 数据库	(86)
4.5 程序设计方法	(91)
习题	(93)

第 5 章 智能仪器	(94)
5.1 智能仪器的结构组成	(94)
5.2 智能仪器的性能特点	(95)
5.3 智能仪器的数据采集与处理	(96)
5.4 智能仪器的软件部分	(99)
5.5 智能仪器的设计原则	(106)
5.6 个人仪器	(107)
习题	(109)
第 6 章 虚拟仪器与网络化虚拟仪器	(110)
6.1 虚拟仪器概述	(110)
6.2 虚拟仪器的体系结构	(114)
6.3 网络化虚拟仪器	(117)
6.4 基于 VXI 总线的虚拟仪器	(120)
6.5 基于 PXI 总线的虚拟仪器	(127)
6.6 LabView 与网络化虚拟仪器	(133)
习题	(135)
第 7 章 过程控制系统	(136)
7.1 过程控制系统基础	(136)
7.2 被控过程的数学模型	(140)
7.3 过程控制仪表	(147)
7.4 前馈过程控制系统设计	(152)
7.5 集散控制系统	(155)
习题	(159)
第 8 章 测控系统设计方法	(161)
8.1 概述	(161)
8.2 工程项目设计步骤	(163)
8.3 计算机测控系统的常用设计方法	(165)
8.4 测控系统软件的结构化设计方法	(171)
8.5 系统设计举例	(175)
习题	(180)
第 9 章 测控系统性能分析	(181)
9.1 精度分析	(181)
9.2 可靠性及其基本测度	(185)
9.3 简单系统可靠性分析	(190)
9.4 测控系统可靠性技术与方法	(194)
9.5 安全性分析	(199)
9.6 实时性分析	(203)
习题	(207)
附录 基于 WinSock 的客户机/服务器通信编程源程序	(208)
参考文献	(221)

第 1 章 概 论

随着微电子技术和信息科学的发展,测控技术作为传统的多学科交叉领域技术,其应用领域和研究内涵也得到了全新的拓展与诠释。新型传感技术和相关理论的不断涌现,现代信号调理技术和数据处理手段的创新,以及分布式网络技术的日趋成熟,使得测量控制技术的发展呈现出全新的面貌,逐渐地朝着高精度、微型化和智能化的方向发展。其中一项关键技术就是系统的集成技术。

集成是人类认识自然、改造自然的社会活动,是人类的一种有意识、有选择的行为。集成的应用与实践对人类社会生产与生活方式的变革与发展产生着积极的、革命性的影响。从集成电路到集成光学,再到计算机辅助设计(computer aided design, CAD)的集成产品开发,从技术集成、信息集成、过程集成、系统集成到综合集成,人类社会生产和生活的各个方面,正在享受着伴随集成而来的众多“乐趣”。

广义而言,系统的集成是以信息的采集、传输、转换、处理、储存、显示和利用为目的,将属于一个系统的各功能部件或元素,采用计算机软件集成技术按照一定的功能关系有机地组合在一起,在一个更高的层次上形成一个新的功能系统。对于一个测控系统来说,系统的集成意味着将不同的功能元素,即不同的传感器、中间变换装置、数据处理器、执行器和终端输出装置(有时也包括控制器),以最优的形式结合在一起,以实现一个针对目标测量任务的功能实体或系统。在这种集成中,贯穿始终的是信息和信息的传递,并且这种系统的集成往往是依靠计算机技术来最终实现的。

测控系统的结构多种多样、功能更是不尽相同,它们的集成必然是在一个更高层次的实现,所产生的新系统也必然具有更优的功能关系,而不仅仅是各子系统功能的简单综合,更不能是原系统的重复。因此,在系统集成过程中,必然涉及不同信息在集成系统各层次上的融合、各层次的总体配置、信息流的分配与控制、系统的优化及多目标优化与决策、系统的建模、系统接口和操作系统的设计,以及可靠性等问题和技术。

举例来说,三坐标测量机是机械加工过程中常用的精密测量仪器,其优点是测量精度高,但测量时间较长,且一般仅能测量简单几何体零件的尺寸。相比而言,光学非接触测量技术,如干涉技术、全息测量技术、结构光三维形貌测量技术等,其最大的特点是测量时间短,能测量复杂的自由曲面形状的零件,但其测量精度一般不如三坐标测量机。而生产过程中往往需要实时灵活地测量不同种类的零件尺寸,最大限度地提高生产效率,实现生产过程的自动化。将这两种测量技术结合起来,在 CAD 技术的基础上实现多传感测量技术的集成质量保证系统,实施加工过程从 CAD 开始一直到产品的加工和最终产品质量检测的自动化,便能提高生产的效率,保证产品的质量,提升产品的市场竞争力。

集成这样的系统,计算机信息集成技术非常关键。微机电系统是当今高科技发展的热点之一,其定义是:若将传感器、信号处理器和执行处理器以微型化的结构形式集成为一个完整的系统,而该系统具有敏感、决定和反应的能力,则称这样的系统为微系统或微机电系统。一个微机电系统装置便是一个典型的集成系统。较之普通的传感器或执行器,这种集成系统通常是光、机、电技术结合的产品,往往能实现更多的功能,且具有体积小、功耗低等特点,因此在

许多领域具有越来越广泛的应用。

仔细观察不难发现,大到复杂的航天器、大型化工厂的生产流程控制过程,小到单个仪器甚至传感器,系统集成技术的例子处处可见。可以说系统集成技术的发展水平是衡量仪器仪表和测量控制科学技术发展水平的一个标志,因此也直接影响到其他科学技术领域的发展水平。加大对系统集成技术的研究和发展是研究人员重要的任务。

1.1 基本概念和术语

1.1.1 检测与控制系统

人类认识世界和改造世界的过程,一是采用各种方法和手段去观察、认识世界,二是按照人类的意愿去改造世界。进入现代工业社会以来,人们更加迫切地需要了解自己身边环境的变化情况,并根据所获得的信息采取措施,使环境更利于人类的生存。这个活动有两个基本过程:一是对环境的了解,即检测过程;二是对环境的改造过程,即控制过程。用于检测过程的人工系统称为检测系统,用于控制过程的人工系统称为控制系统。检测的目的是为了更好地控制,控制的结果需要检测来检验,这是一个反馈过程,而测控系统则是人类实现这两项任务的工具和手段。测控技术可以与具体的对象和领域联系作用形成不同的交汇学科。本书所指的检测控制系统(简称测控系统)主要指用于工业、国防、环境、医学等领域的各种过程控制系统,以及仪器仪表的自动检测系统等。

测控系统的功能含义十分丰富。就其功能而言,测控系统的功能包括“测”与“控”两部分,即检测被控变量,并根据检测的参数去控制执行机构。就其技术内涵而言,测控系统是传感器技术、通信技术、计算机技术、控制技术、计算机网络技术等信息技术的综合。就其应用而言,测控系统是现代化生产和管理的有力工具,广泛应用于国民经济的各个领域,如化工、冶金、纺织、能源、交通、电力,城市公共事业等,在科学研究、国防建设和空间技术中的应用更是屡见不鲜。就其组成而言,测控系统是分布式的计算机管理系统。就其地位而言,测控系统是企业综合自动化计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing system, CIMS)中的子系统,是计算机网络中的节点。就其理论基础而言,测控系统是维纳(Wiener)提出的控制论,香农(Shannon)提出的信息论,贝塔朗非(Bertalanffy)提出的系统论的综合与实践。

1.1.2 测控系统的组成结构

现以“锅炉汽包水位测控系统”为例来介绍系统的一般结构,其基本原理结构如图 1.1 所示。锅炉是工业生产过程中常见的动力设备,要保证锅炉设备的正常运行,必须将锅炉的汽包水位维持在一定的高度。如果汽包中水位过低,由于蒸汽的需求量较大,加之水的汽化速度很快,就可能因控制不及时造成汽包内的水全部汽化,严重时会导致锅炉被烧坏甚至爆炸;反之,水位过高则会影响汽包内的汽水分离,使蒸汽中夹带水分,对后续生产设备造成影响和破坏。因此,要维持汽包

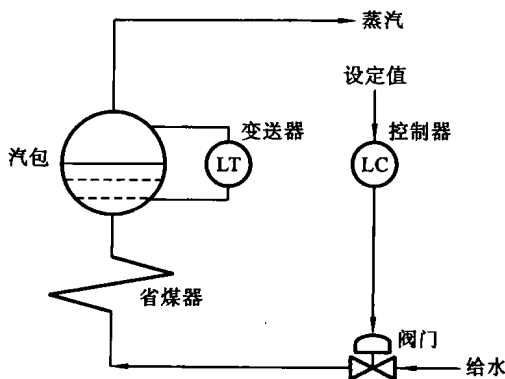


图 1.1 锅炉水位测控系统

水位在规定的范围内,必须保证锅炉给水量与蒸汽排出量的平衡。

实际生产中,当由于某种原因(如给水压力的变化、蒸汽流量的变化等,一般称为扰动)引起锅炉汽包水位的变化时,经由水位变送器(传感器)LT测得,水位控制器(控制器)LC将LT的输出信号与设定值信号进行比较和经运算后,输出控制信号,控制阀门(执行机构)动作,改变给水流量,从而使锅炉汽包水位保持在规定的范围内。

方框图能清楚地表示系统各环节的组成和相互间的信号关系,同时方便对系统特性进行分析。锅炉汽包水位测控系统的方框图如图1.2所示。

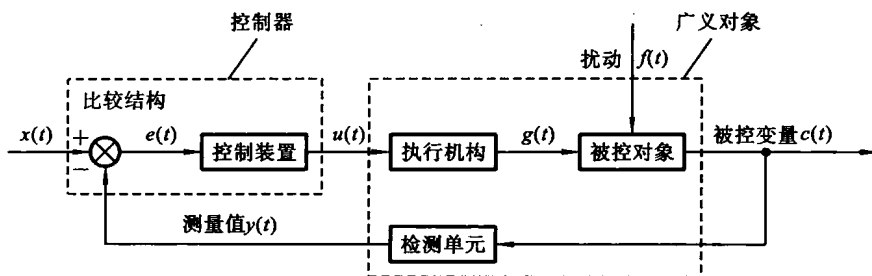


图 1.2 系统方框图

由图 1.2 可以看出,简单测控系统由下列基本单元组成。

1. 被控对象

被控对象是指被控制的装置或设备,这里是指锅炉汽包。被控变量(被控参数) $c(t)$ 是影响系统安全性、经济性、稳定性的变量(参数),这里是指锅炉汽包的水位。

2. 检测单元

检测单元的功能是感受并测出被控变量的大小,变换成控制器所需要的信号形式 $y(t)$ 。一般检测单元为敏感元件、转换元件及信号处理电路组成的传感器。若检测单元输出的是标准信号,则称检测单元为变送器。这里的检测单元是水位变送器 LT。

3. 控制器

控制器将检测单元的输出信号 $y(t)$ 与被控变量的设定值信号 $x(t)$ 进行比较得出偏差信号 $e(t)$,根据这个偏差信号的大小按一定的运算规律计算出控制信号 $u(t)$,然后将控制信号传送给执行机构。这里的控制器是水位控制器。

4. 执行机构

执行机构接受控制器发出的控制信号 $u(t)$,直接改变控制变量 $g(t)$,调整被控对象的能量或物料的平衡,使被控变量 $c(t)$ 回复至设定数值。这里的执行机构是阀门。

在一个测控系统中,上述四个部分是基本的。除此之外,还有一些辅助装置,例如,给定装置、转换装置、显示仪表等。

1.2 测控系统的发展历史、现状及趋势

1. 发展历史

测控系统在其逐步发展的半个多世纪,经历了从简单到复杂、从手动到自动、从集中式到分布式的革新与变革。具体来说可分为以下五个历史阶段。

1) 手动控制阶段

20 世纪 40 年代初,生产规模小,采用安装在生产设备现场、只具有简单测控功能的基地

式气动仪表,操作人员只能通过现场巡视,了解生产过程的状况,并根据主观经验进行手动控制。

2) 局部自动化阶段

20 世纪 50—60 年代,随着生产规模的扩大,操作人员需要综合掌握多点的运行参数与信息,同时按多点的信息实行操作控制,于是出现了气动、电动系列的单元组合式仪表,出现了集中控制室。生产现场各处的参数通过统一的模拟信号,如 0.02~0.1 MPa 的气压信号,0~10 mA、4~20 mA 的直流电流信号,1~5 V 的直流电压信号,送往集中控制室。操作人员可以坐在控制室总管生产流程各处的状况,可以把各单元仪表的信号按需要组合成复杂的控制系统,实现了工厂的仪表化和局部自动化。

3) 集中数字控制阶段

20 世纪 60—70 年代,由于模拟信号的传递需要一对一的物理连接,信号变化缓慢,提高计算速度与精度的成本、难度都较高,信号传输的抗干扰能力也较差,人们开始寻求用数字信号代替模拟信号,出现直接数字控制。由于当时的电子计算机技术尚不发达且成本昂贵,人们试图用一台计算机取代控制室内几乎所有的测控仪表,于是出现了早期的集中式数字控制系统。但当时电子计算机的可靠性较差,一旦出现某种故障,就会造成所有控制回路瘫痪、生产停止的严重局面,这种危险的集中系统结构很难被生产过程所接受。

4) 集散控制阶段

20 世纪 80 年代,随着计算机可靠性的提高和价格的大幅下降,出现了数字控制器(digital controller)、可编程控制器(programmable logic controller, PLC),以及由多个计算机递阶构成的集散控制系统(distributed control system, DCS)。这种集散控制系统已较为成熟,时至今日仍被许多企业所采用。在 DCS 测控系统中,检测仪表一般为模拟仪表,因而它是一种模拟、数字混合系统,在功能与性能上较模拟仪表、集中式数字控制系统有很大进步,可在此基础上实现装置级、车间级的优化控制。但是,在系统形成的过程中,由于受到计算机系统早期存在的“独立封闭”缺陷的影响,各厂家的产品自成体系,不同设备间无法互联,难以实现互换及互操作,组成更大范围信息共享的网络系统存在很多困难。

5) 分布式网络控制阶段

20 世纪 90 年代后,新型的现场总线技术突破了 DCS 系统中通信由专用网络的封闭系统来实现所造成的缺陷,把基于封闭、专用的解决方案变成了基于公开化、标准化的解决方案,既能使来自不同厂商而遵守同一协议规范的自动化智能仪表通过现场总线网络连接成系统,实现综合自动化的各种功能,同时,又能把集中与分散相结合的集散系统结构,变成新型全分布式结构,把控制功能彻底下放到现场,依靠现场智能仪表本身便可实现基本检测、控制功能。工厂自动化(factory automation, FA)、计算机集成过程控制(computer integrated process system, CIPS)、计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing system, CIMS)和企业资源综合规划(enterprise resource planning, ERP)等方案的规划和实施,正在成为提高工业生产过程经济效益的关键手段。

2. 发展现状

传统的测控系统主要由测控电路组成,功能单一,信息处理能力较弱。随着计算机技术的迅猛发展,使得传统的测控系统发生了根本性的变革:采用微型计算机作为测控系统的主体和核心,代替传统的测控系统的常规电子线路,从而成为新一代的微机化测控系统。将微型计算机技术引入测控系统中,不仅能解决传统测控系统无法解决的复杂信号处理问题,而且可以简

化电路、提高测控精度和可靠性,显著增强测控系统的智能化程度,缩短系统研制周期,降低成本,易于升级换代等。

现代测控系统,特别是高精度、高性能、多功能的测控系统,其设计目前大都采用计算机技术。这种计算机控制系统已经为现代测控系统带来了一些令人欣喜的新特点和新功能。

(1) 自动对零 在每次采样前使传感器的输出值自动对零,从而大大降低因测控系统漂移造成的误差。

(2) 量程自动切换 可根据测量值和控制值的大小改变测量范围和控制范围,在保证测量和控制范围同时提高分辨率。

(3) 多点快速测控 可对多种不同参数进行快速测量和控制。

(4) 数字滤波 可完成测量数据的自动预处理,抑制各种干扰和脉冲信号。

(5) 自动修正功能 许多传感器和控制器的特征是非线性的,且受环境变化影响比较严重,从而带来误差,这可以依靠计算机软件进行在线或离线修正。

(6) 数据处理功能 可以实现传统仪器无法实现的各种复杂的处理和运算功能,比如统计分析、检索排序、函数变化、差值近似和频谱分析等。

(7) 复杂控制规律 利用计算机技术不仅可以实现经典的 PID 控制,还可以实现各种复杂的控制规律,例如,自适应控制、模糊控制等。

(8) 多媒体功能 利用计算机的多媒体技术,可以使仪器具有声光和语音等功能,增强测控系统的个性或特色。

(9) 通信或网络功能 计算机的数据通信功能可以大大增强测控系统的外部接口及数据传输能力。采用网络功能的测控系统将拓展一系列新颖的功能。

(10) 自我诊断 计算机可实现测控系统的自动监测,一旦发现故障立即进行报警,并显示故障部位或可能的故障原因,对排除故障的方法进行提示。

此外,以半导体材料取代金属敏感元件,采用微机电系统(micro electro mechanical system, MEMS)为特征的现代传感器技术的飞速发展,使得传感器、调整电路、微处理器组成的智能传感器系统只需在一块芯片上即可集成实现。这些新兴技术都极大地拓展了现代测控系统的作用范围和应用领域。

3. 发展趋势

由于计算机信息技术的发展,信息获取与应用在现实工业生产中的重要性日益凸显。在仪器仪表高度自动化,信息管理现代化的过程中,已大量涌现出以计算机为核心的信息处理与过程控制相结合的实用测控系统。伴随这种系统的发展,一些先进技术,如信号传感技术、数据处理技术及计算机控制技术正在飞速发展,使测控技术发生深刻变化。综合其发展状况,有以下五个主要趋势。

1) 系统性能的集成化

过去,测量仪器、自动化仪表、自动化测试系统、数据采集和控制系统分属不同的学科,各自的发展也相对独立。但由于生产自动化的要求,使它们在发展中相互靠近,功能互相覆盖,差异逐渐缩小,体现为一种“信息流”综合管理与控制系统。其综合的目的是为了提高人们对生产过程全面监视、检测、控制与管理等多方面的能力。与此同时,对测量控制技术本身提出了高技术的要求,如高灵敏度、高精度、高分辨率、高稳定性、高自动化智能化等。为此,提高系统综合与设计能力,需要多种科学、多种技术的互相融合、互相渗透,以使系统功能强大,向更高层次发展。

随着现代集成技术的不断革新,除了可以将整个测控系统集成在一块芯片上的半导体集成化工艺技术的快速发展外,更涌现出诸如系统集成技术、集成仪器技术、虚拟仪器技术等更高层面上的集成技术,其结果必然是更大幅度的性能提升。

2) 处理能力的智能化

现代的检测和控制系统,或多或少地趋向于智能化这个特点。所谓智能,是指随外界条件的变化,具有确定正确行动能力,也即具有人的思维能力及推理、做出决策的能力。仪表或系统的智能化,可以体现在个别的功能部件上,也可以表现在局部或整体系统上,使之具有智能的特征。例如智能化的测试仪表,它能在被测参数变化时自动选择测量方案,进行自校正、自补偿、自检、自诊断等,以获取更真实的测试结果。为了更有效地利用被测量,在检测时往往要附加一些分析与控制的功能,因而采用实时动态建模技术、在线识别技术,以获得实时最优控制、自适应控制等功能。有的系统则直接运用人工智能、专家系统技术设计智能控制器,它们通过对误差及变化率的检测,判断被调整量的现状和变化趋势,根据专家系统中的知识库、决策控制模式和控制策略,进而取得优良的控制性能,解决常规控制不易解决的问题。

在以计算机为核心的一般检测与控制系统中,软件的功能也可实现初级智能检测与控制功能,若进而采用智能计算机、系统工程、知识库及人工智能工程,就可以实现更为高级的智能化。

3) 系统化及标准化

现代检测或控制的任務,更多地表现出其系统化的特征。这里的系统,是指由若干个相互间具有内在联系的要素,构成的一个整体,并由它来完成规定的功能,以达到某个给定的目的。因而在系统的内部,若设立多台互相联系的计算机,就形成了各种多计算机系统,这必然涉及通信信道的标准化问题。即使使用单独计算机系统进行集中控制,也要通过标准总线和各个部件发生联络。例如,作为采集与控制用的前端机或仪表,它需要与生产设备的主机、辅助机组合成一体,相互建立通信联系,有时还需要一个车间、一个工区乃至一个自动化工厂共同构成系统的整体。由此应发展集散式、分布式数据采集和控制,以适应开放系统、复杂工程及大系统的需要。研究集散与分布式控制系统就要涉及数据通信、计算机网络技术及系统分层递阶控制技术等应用知识。在向系统化发展的同时,还需要涉及系统部件接口的标准化、系列化和模块化,以便集成通用的整体。目前在硬件软件化的同时,又出现某些共用软件硬件化的趋势,一些专用机,如信息处理器、专用工业控制机等也应运而生,如能进行恰当地应用,可使系统大为简化。

4) 软件的地位日益提高

在测控系统的硬件平台上,调用不同的测试软件就构成不同功能的仪器。因此,软件在系统中占有十分重要的地位。在大规模集成电路迅速发展的今天,系统硬件集成越来越简化。相反,软件越来越复杂、越来越重要,是未来发展和竞争的焦点。有专家预言:“在测控平台上,下一次变革就是软件”,并且有“硬件平台确定后,软件就是仪器,软件就是系统”的说法。

5) 向更大范围网络化方向发展

以总线化为代表的网络化测控系统迅猛发展。例如,一个大型发电站机组需要 3000 台传感器及其配套监控仪表,一个石油化工厂需要 6000 台传感器及其配套监控仪表,而一个钢铁厂则需要 20000 台传感器及其配套监控仪表。一座工厂需要将众多的测控系统组成网络,将测量、控制、通信系统合而为一,实现全厂范围的最优控制与优化处理,以获得最大的效率和最低的成本。又如疑难危重病病人的监测、环境监测、电能自动化实时抄表系统的发展,更是需要

跨地区,以及更大范围的网络化测控系统。虚拟仪器技术与 Internet 网络技术相结合,给网络化测试系统的发展注入了新的活力,并不断推动其发展。

综上所述,在我们展开对测控系统理论技术的学习研究时,应注意两个方面:其一是着重基础研究,因为不论哪种级别的监测与控制系统,其智能化与自动化达到何种程度,都存在一些共同的规律性、共同的基础理论与典型的组成环节,对于非信息与控制工程系统的学生或工程技术人员,要求他们分门别类地深入掌握信息与控制方面的各门科学,综合了解一些共同的基础知识,以便扩展计算机的应用,特别是机电一体化、生产自动化方面的应用;其二是秉承发展的观点,在展开基本环节的讨论时,要将上述五个发展的趋势或特征作为深入研究的关注点,使我们所学的基础知识能够跟上时代的步伐,在设计系统时能更加自如地、恰如其分地应用一些先进的科学技术,并使它们在实际中得到普及和提高。

1.3 测控系统的分类

1.3.1 按功能分类

1. 检测系统

检测系统单纯以“检测”为目的,一般用来对被测对象中的物理量进行测量并获得相应的数据。图 1.3 所示为检测系统原理的结构图,它由下列功能环节完成。

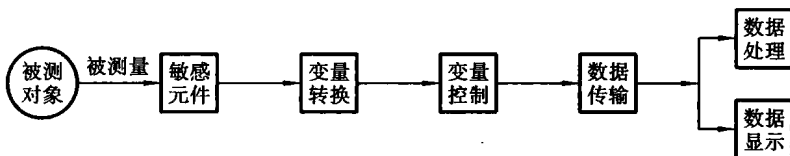


图 1.3 检测系统原理结构图

(1) 敏感元件(传感器) 从被测对象感受信号,同时产生一个与被测物理量成某种函数关系的输出量。

(2) 变量转换环节 将敏感元件的输出变量作进一步变换,即变换成处理的变量,并且要求它应当保存原始信号中所包含的全部信息。

(3) 变量控制环节 为了完成对检测系统提出的任务,要求用某种方式去控制以某种物理量表示的信号。这里所说的“控制”是在保持变量物理性质不变的条件下,根据某种固定的规律,仅改变变量的数值。

(4) 数据传输环节 当检测系统的几个功能环节被分隔开时,必须从一个地方向另一个地方传输数据。

(5) 数据显示环节 为完成监视、控制或分析的目的,有关被测量信息需传递给操作者,则必须将信息变成操作者的感官能接受的形式。完成这种转化机能的环节称为数据显示环节。例如,数字显示和打印记录等。

(6) 数据处理环节 检测系统要对测量所得的数据进行数据分析。数据处理工作由机器自动完成,不需要人工进行烦琐的运算。

检测系统在日常生活、工业生产、资环测绘等领域应用广泛,例如,用于石油勘探的数字地震记录仪和数字测井仪就是这类仪器的典型实例。此外,目前在野外广泛使用的各种储存式

测试记录仪器,也属于这一类,只不过结构比较简单(一般只包括传感器、数据传输环节、数据显示环节几部分)罢了。

2. 控制系统

控制系统单纯以程序控制为目的,其原理结构图如图 1.4 所示。

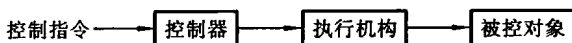


图 1.4 控制系统原理结构图

这是一种开环控制系统,程序控制的基本思想是将被控对象的动作次序和各类参数输入控制器,指挥执行机构按照固定的程序,一步一步地控制被控对象的动作,动作结果如何,却无从知道,因而控制精度不高。例如机床的计算机控制,预先输入切削量、裕量、进给量、工件尺寸和加工步骤等参数,运行时由计算机控制刀具的动作,最后加工出成品。

3. 测控系统

测控系统是既“测”又“控”的系统,以计算机为核心,依据被控参数的检测结果,按照预期目标对被控对象实施控制。其实质上是一种闭环控制系统,如图 1.2 所示。

1.3.2 按硬件平台结构分类

现代测控系统的基本结构从硬件平台结构来看可分为两种基本类型,一种是以单片机、DSP 或专用芯片为核心组成的单机系统,其特点是易做成便携式,结构框图如图 1.5 所示。

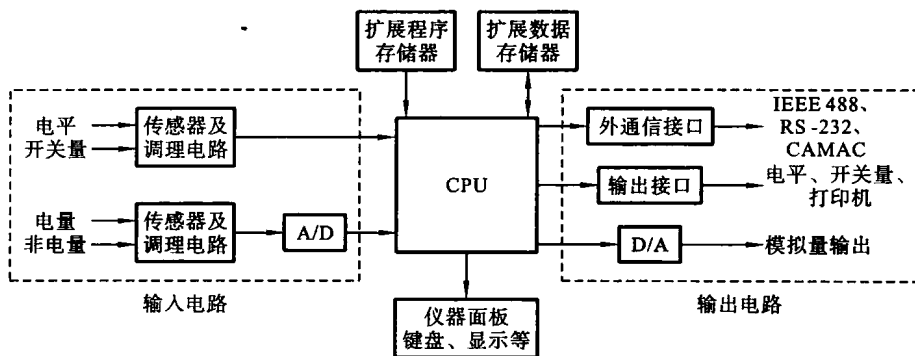


图 1.5 现代测控系统单机系统结构框图

图中,输入通道中待测电量、非电量信号,经过传感器及调理电路,输出到 A/D 转换器。由 A/D 转换器将其转换为数字信号,送入 CPU 系统进行分析处理。输入通道中通常还会包含电平信号和开关量信号,它们经由相应的接口电路(通常包括电平转换、隔离等功能单元),送入 CPU 系统。

输出通道包括如 IEEE 488, RS-232 等通信接口,以及 D/A 转换器等。其中 D/A 转换器将 CPU 系统发出的数字信号转换为模拟信号,用于外部设备的控制。

CPU 系统包含输入键盘和输出显示、打印机接口等。一般较复杂的系统还需扩展程序存储器和数据存储器。当系统较小时,最好选用 CPU 中带有程序存储器和数据存储器的芯片,甚至带有 A/D 和 D/A 的芯片以简化硬件系统设计。

另一种是以个人计算机为核心的应用扩展型测量仪器(简称 PCI),其结构框图如图 1.6 所示。这种结构属于虚拟仪器的结构形式,它充分利用了计算机的软硬件技术,使用不同的测