电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书

微机技术在电气工程中的应用

WEIJI JISHU ZAI
DIANQI GONGCHENG ZHONG
DE YINGYONG

白玉岷 等编著

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书

微机技术在电气工程中的应用

白玉岷　等编著

机 械 工 业 出 版 社

本书以工程实例、实践经验为主，并辅以理论基础，结合现代电工新技术，讲述微机技术及其装置在电气工程中的应用、并对实例进行详细讲述分析，是从事电工技术与微机技术相结合的电气工作人员的首选读物。

本书主要内容有概述、微机技术在电动机起动控制中的应用、微机技术在变配电装置中的应用、微机控制技术在电梯控制中的应用、微机技术在工业锅炉及自动化仪表中的应用、微机技术在智能建筑弱电系统中的应用等。

本书适合从事电气工作和控制技术工作的电气技术人员、电气技师、微机控制技术应用的技术人员阅读，也可作为青年电工培训教材及工科院校、职业技术院校电气自动化专业、微机技术应用专业的教学用书。

图书在版编目（CIP）数据

微机技术在电气工程中的应用/白玉岷等编著. —北京：机械工业出版社，2012.3

（电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书）

ISBN 978-7-111-37336-0

Ⅰ.①微… Ⅱ.①白… Ⅲ.①计算机应用-电气工程 Ⅳ.①TM-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 016090 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：牛新国 责任编辑：牛新国 江婧婧 版式设计：石 冉

责任校对：刘志文 封面设计：马精明 责任印制：乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 24.75 印张 · 615 千字

0001— 3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-37336-0

定价：68.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

社 服 务 中 心：（010）88361066

销 售 一 部：（010）68326294

销 售 二 部：（010）88379649

读者购书热线：（010）88379203

网络服务

门户网：http://www.cmpbook.com

教材网：http://www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书

微机技术在电气工程中的应用

主　　编　白玉岷

编　　委　刘　洋　宋宏江　陈　斌　高　英
张艳梅　田　明　桂　垣　董蓓蓓
武占斌　王振山　赵洪山　张　璐
莫　杰　田　朋　谷文旗　李云鹏
刘晋虹　白永军　赵颖捷　王佩艳

主　　审　悦　英　赵颖捷　桂　垣　武双有

土建工程顾问　李志强

编写人员　王　明　高志平　马千里　志　农
闫静敏　李树兵　张瑜军　王　建

前　言

当前，我们的国家正处于改革开放、经济腾飞的伟大转折时期。在这样的大好形势下，我们可以看到电工技术突飞猛进的发展，新技术、新材料、新设备、新工艺层出不穷、日新月异。电子技术、计算机技术以及通信、信息、自动化、控制工程、电力电子、传感器、机器人、机电一体化、遥测遥控等技术及装置已与电力、机械、化工、冶金、交通、航天、建筑、医疗、农业、金融、教育、科研、国防等行业技术及管理融为一体，并成为推动工业发展的核心动力。特别是电气系统，一旦出现故障将会造成不可估量的损失。2003 年 8 月美国、加拿大大面积停电，几乎使整个北美瘫痪。我国 2008 年南方雪灾，引起大面积停电，造成 1110 亿人民币的经济损失，这些都是非常惨痛的教训。

电气系统的先进性、稳定性、可靠性、灵敏性、安全性是缺一不可的，因此电气工作人员必须稳步提高，具有精湛高超的技术技能，崇高的职业道德以及对专业工作认真负责、兢兢业业、精益求精的执业作风。

随着技术的进步、经济体制的改革、用人机制的变革及市场需求的不断变化，对电气工作人员的要求越来越高，技术全面、强（电）弱（电）精通、精通技术的管理型电气工作人员成为用人单位的第一需求，为此，我们组织编写了《电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书》。

编写本丛书的目的，首先是帮助读者在较短的时间里掌握电气工程的各项实际工作技术技能，使院校毕业的学生尽快地在工程中能够解决工程实际设计、安装、调试、运行、维护、检修以及工程质量管理、监督、安全生产、成本核算、施工组织等技术问题；其次是为工科院校电气工程及自动化专业提供一套实践读物，亦可供学生自学及今后就业参考；第三是技术公开，做好电气工程技术技能的传、帮、带的交接工作，每个作者都是将个人几十年从事电气技术工作的经验、技术、技能毫无保留地公之于众，造福社会；第四是为刚刚走上工作岗位的电气工程及自动化专业的大学生尽快适应岗位要求提供一个自学教程，以便尽快完成从大学生到工程师的过渡。

本丛书由众多实践经验极为丰富、理论知识扎实，能够将科研成果转化为实践，能够解决工程实践难题的资深高工、教授、技师承担编写工作，他们分别来自设计单位、安装单位、工矿企业、高等院校、通信单位、供电公司、生产现场、监理单位、技术监督部门等。他们将电气工程及自动化工程中设计、安装、调试、运行、维护、检修、保养以及安全技术、读图技能、施工组织、预算编制、质量管理监督、计算机应用等实践技术技能由浅入深、由易至难、由简单到复杂、由强电到弱电以及实践经验、绝活窍门进行了详细的论述，供广大读者，特别是青年工人和电气工程及自动化专业的学生们学习、模仿、参考，以期在技术技能上取得更大的成绩和进步。

本丛书的特点是实用性强，可操作性强，通用性强。但需要说明，本丛书讲述的技术技能及方法不是唯一的，也可能不是最先进、最科学的，然而按照本丛书讲述的方法，一定能将各种工程，包括复杂且难度大的工程顺利圆满地完成。读者及青年朋友们在遇到技术难题

时，只需翻阅相关分册的内容便可找到解决难题的办法。

电气工作是个特殊的职业，从前述分析可以得知电气工程及自动化工程的特点，主要是：安全性强，这是万万不容忽视的；专业理论性强，涉及自动控制、通信网络、自动检测及复杂的控制系统；从业人员文化层次较高；技术技能难度较大，理论与实践联系紧密；工程现场条件局限性大，环境特殊，如易燃、易爆等；涉及相关专业广，如机、钳、焊、铆、吊装、运输等；节能指标要求严格；系统性、严密性、可靠性、稳定性要求严格，从始至终不得放松；最后一条是法令性强，规程、规范、标准多，有 150 多种。电气工作人员除了技术技能的要求外，最重要的一条则是职业道德和敬业精神。只有高超的技术技能与高尚的职业道德、崇高的敬业精神结合起来，才能保证电力系统及自动化系统的安全运行及其先进性、稳定性、可靠性、灵敏性和安全性。

因此，作为电气工程工作人员，特别是刚刚进入这个行业的年轻人，应该加强电工技术技能的学习和锻炼，深入实践，不怕吃苦、不怕受累；同时应加强电工理论知识的学习，并与实践紧密结合，提高技术水平。在工程实践中加强职业道德的修养，加强和规范作业执业行为，才能成为电气行业的技术高手。

在国家经济高速发展的过程中，作为一名电气工作者肩负着非常重要的责任。国家宏观调控的重要目标就是要全面贯彻落实科学发展观，加快建设资源节约型、环境友好型社会，把节能减排作为调整经济结构、转变增长方式的突破口。在电气工程、自动化工程及其系统的每个环节和细节里，每个电气工作者只要能够尽心尽责，兢兢业业，确保安装调试的质量，做好运行维护工作，就能够减少工程费用，减小事故频率，降低运行成本，削减维护开支；就能确保电气系统的安全、稳定、可靠运行。电气工作人员便为节能减排、促进低碳经济发展，保增长、保民生、促稳定做出巨大的贡献。

在这中华民族腾飞的时代里，每个人都有发展和取得成功的机遇，倘若这套《电气工程安装调试运行维护实用技术技能丛书》能为您提供有益的帮助和支持，我们全体作者将会感到万分欣慰和满足。祝本丛书的所有读者，在通往电工技术技能职业高峰的道路上，乘风破浪、一帆风顺、马到成功。

白玉岷

2012 年元月

目　　录

前言

第一章　概述 …… 1

一、计算机控制的基本方法 …… 2

二、计算机控制的类别 …… 5

三、计算机控制的特点和基本元件 …… 10

四、微型计算机在电气工程中的应用 …… 11

五、学习微机技术应用的方法 …… 12

第二章　微机技术在电动机起动控制中的应用 …… 17

一、变频起动器（变频器） …… 17

二、软起动器 …… 57

三、变频器基本控制电路原理 …… 74

四、变频器的试验 …… 83

五、高压变频器 …… 87

第三章　微机技术在变配电装置中的应用 …… 103

一、10kV 变配电装置的微机继电保护装置 …… 103

二、35/10kV 变配电装置的微机继电保护装置 …… 105

三、110/35kV 变配电装置的微机继电保护装置 …… 156

四、新型具有微机控制保护装置的高压开关柜 …… 180

五、微机继电保护控制装置的测试及试验 …… 192

第四章　微机控制技术在电梯控制中的应用 …… 239

一、微机控制的电梯图样分析及安装接线要点 …… 239

二、布线技术总体要求 …… 264

三、微机控制电梯的初步调整 …… 269

四、微机控制交流变频调速电梯故障判断及处理 …… 282

第五章　微机技术在工业锅炉及自动化仪表中的应用 …… 297

一、工业锅炉微机控制图样分析 …… 297

二、自动化仪表 …… 314

第六章　微机技术在智能建筑弱电系统中的应用 …… 347

一、概述 …… 347

二、楼宇及其机电设备自控系统 …… 348

三、三表计量及远程传输系统 …… 367

四、小区信息网络智能化服务管理系统 …… 367

五、家居智能信息平台 …… 372

六、小区物业管理自动化系统 …… 372

七、系统调试及投入试运行 …… 372

八、微机系统安装调试要点 …… 373

参考文献 …… 389

第一章　概　　述

在近200多年的历史上，人类的进步和文明的发展都围绕着一个核心，这就是电及电气工程技术的进步和发展。从1800年第一台伏打电池出现，1872年西门子发明第一台转子发电机，1888年特斯拉发明第一台感应电动机，1891年第一条三相交流输电线路以及三相交流发电机，三相交流电动机和变压器的相继发明和使用，到1904年二极电子管，1906年三极电子管，1940年第一台模拟电子计算机，1943年第一台数字电子计算机，1948年晶体管，1954年晶闸管整流器，1958年第一块集成电路，1960年单片运算放大器，1971年第一块微处理器相继出现和大量生产，人类经历了电的发展和应用，电子管到大规模集成电路，运算放大器到计算机技术应用普及三大重要历程。如今，电气工程技术、计算机技术已经渗透到各个学科及领域，随着电子科学技术、通信技术、电子信息技术、自动化技术、控制工程技术、遥测遥控遥信技术、生物医学技术、生物电磁技术、超导电工技术、纳米电工技术、电力电子技术、传感器技术、机器人技术、机电一体化技术、信息工程技术的发展，电气技术、计算机技术在机械、化工、冶金、交通、通信、航天、建筑、信息、生物医学、农业、金融、商业、教育、科研、经贸等行业扮演起了越来越重要的角色。同时在国家经济、军事、政治、商务、外交以及人民生活当中起着举足轻重的作用，占据非常显赫的位置。电气化的程度已成为衡量一个国家、一个地区、一个城市是否发达和先进的首要标志，并且发挥着越来越大、越来越重要的作用，除了空气、阳光、水及大自然以外，电已是人类生产、生活、生存当中最不可缺少、最亲密无间的伙伴了。在我们的生活当中，电脑、手机、空调、冰箱、电视、广播、电话、电磁炉灶、电饭锅、热水器、打印机、复印机、电动车、保安监控、安全防范等都是建立在电的基础之上的，电已经是人们离不开的必需品了。假如没了电，那将是一个可怕的世界。然而，这是不可能发生的，因为人类的科学技术在不断的发展和进步，特别是计算机的出现，电气系统及产品越来越智能化，这种智能化将超越人们的想象，而保证电气系统的正常运行，同时也给一些产业、人群带来了新的发展机遇。

在电气系统中，需要控制的量有很多，比如发电机的电流、电压、励磁、转速、温度、振动、定子转子间隙等，又比如锅炉系统的温度、压力、流量、水位、化学量分析，及其配套设备的各种机械、电参量，升压系统的电流、电压、相位、周波、接地等，还有输电系统的各种参量，生产管理系统、经营管理系统的数据采集、信息沟通、领导决策等均需引入监控信息管理系统进行控制，这些控制及信息构成复杂、严密、准确、全面的控制系统，确保电气系统正常运行。

电能转换系统，主要包括对升压站、降压站、整流逆变站的各种电流、电压、相位、有功功率、无功功率、功率因数、周波、温度、振动、导通角等参数的控制，同样构成复杂的控制及继电保护系统。

电能传输系统，主要包括对电流、电压、功率因数、绝缘监察、接地电流等的监测和控制，系统较为简单。

电能存储系统，主要是整流逆变、电流电压、温度、气敏、绝缘监察、接地等的监测和

控制，系统较为复杂。

电能利用系统的控制是最复杂的，由于电能利用的方式、效果、目的不同，控制系统也不尽相同，但是其控制参数几乎包含上述所有的参数，甚至还有未曾提及的参数，如某一工艺生产控制系统，控制参数多达百余种，控制系统相当复杂。

控制系统一般都与测量、检测、继电保护、联锁报警相连，传感器、信号变换装置、反馈装置、接口电路、隔离电路等应用得很多也很广，最后与计算机接口相连，构成完整的控制、保护、联锁、报警、功能计算及监测系统。

电气工程及自动化工程的控制系统，最先发展起来的是继电器控制。所谓继电器是能够随着电的各种参数的大小而发出来开或关信号的自动装置。例如，电流继电器，它的功能就是当电流的大小超过某一数值时，其电磁铁就吸合，与其联动的接点常开即时吸合，常闭即时打开，这样就可利用其接点去控制电路或电器的运行状态。而改变电流大小则是调节电磁铁动衔铁与定衔铁的距离。继电器的种类很多，设计者用其搭成各种各样的控制电路，去完成设定的程序，使电器正常运行。例如一部继电器控制的电梯，一般需要几十个继电器控制系统的正常运行，线路非常复杂。

继电器体积较大，系统运行速度较慢，故障点较多，接线复杂。然而真到晶体管技术出现后人们才想到用这个技术去改变控制系统。晶体管继电器出现后，运行的并不理想，误动作较多，曾一度给电子技术应用的推广蒙上了一层阴影，控制系统又回到了继电器控制系统。

直到 20 世纪中叶，计算机技术的发展和应用给控制系统带来了发展的机遇，特别是微型计算机的出现使控制系统得到了生机，随后微处理器、单片机得到了广泛的应用，使控制系统向前大大地迈进了一步。计算机技术与传感器技术、电力电子技术、机器人技术、机电一体化技术、信息技术相结合，使控制系统由复杂变得简单、体积庞大变得小巧、速度较慢变得高速运转、故障点较多变得很少，接线复杂也变得简单，使控制系统有了一个飞跃的发展，使其进入了国民经济、工业生产、军事国防、人民生活、科研教育、医疗卫生、环保安全各个系统，使其成为当今最热门的学科。

其实，计算机技术用于控制系统也是在继电器控制基础之上的。因为继电器控制也是建立在逻辑电路之上的、不同的是计算机控制技术是用硬件功能的扩展、用软件、用程序设计和开发来实现系统控制要求的。因此程序设计是非常重要的，也是计算机控制技术的难点。用模拟技术、数字技术的综合设计系统，用软件取代硬件实现和提高系统性能的新的设计思想体系，被称为微控制技术。微控制技术最基本的研究对象是单片机。在微控制系统的设计中，系统设计和软件设计起着关键作用。

在实际工程中，计算机控制系统的硬件（有时被称为模块）是专门为某种设备控制而设计的，电动机起动器、变配电继电保护装置、电梯控制系统、自动化仪表控制系统、空调自控系统、弱电装置自控系统、工业锅炉自控系统、高层建筑及小区自动检测控制系统等都有其自行的控制模块，这样就给计算机控制系统的推广和应用带来了极大的方便。一般的安装、调试、运行、维护和使用人员，只要按其技术要求去做，并进行适当的调整即可使其正常工作，无需具备高深的计算机技术和电子技术。

一、计算机控制的基本方法

1. 控制系统一般可分为闭环控制系统和开环控制系统，其基本结构见图 1-1。

闭环控制系统一般由控制器、执行器、被控装置、变换器、测量元件组成，其中，测量元件是测量被控装置的被控参数的（如温度、压力、流量、物位、转速、位移、电流、电压等）。变换器是将测量元件测量到的参数变换成统一的电信号（如 mV、mA 等），并反馈给控制器。控制器是将反馈来的电信号与给定信号进行比较，其误差去调整执行器的工作状态，若是正差则减小，使被控装置工作在被控参数的状态上，若是负差则增大，使被控装置也工作在被控参数的状态上。

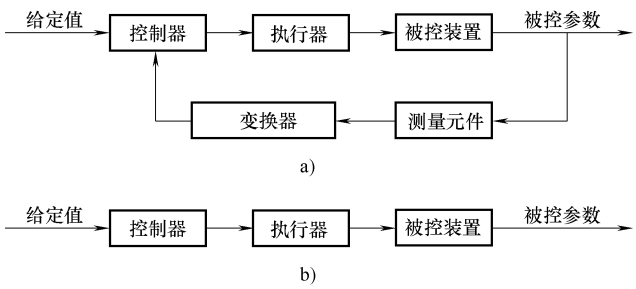


图 1-1 自动控制系统的基本结构

a）闭环控制系统 b）开环控制系统

如一台电动机按设备要求应稳定工作在 2000r/min 上，系统才能生产合格产品。由于某种原因电动机的转速在下降，这时测量元件测量到的转速数值被变换器变成 4mV 电信号，而给定信号是 5mV，是 -1mV 的负差，这个 -1mV 的信号则去调整执行器（变频器）的频率使其增大，增大后的电压频率与 2000r/min 转速相符，电动机即时工作在 2000r/min 上；反之是 6mV，+1mV 的信号则去调整变频器的频率使其减小，减小后的频率同样与 2000r/min 转速相符，电动机即时工作在 2000r/min 上。我们把这个电路叫做负反馈电路。

开环控制没有测量元件和变换器组成的速度负反馈电路，因此不能自动调整变频器的频率，因此电动机的转速受到某种原因影响时，变频器不会自动调整转速，显然其控制性能精度较差。

2. 计算机控制系统的负反馈控制见图 1-2。

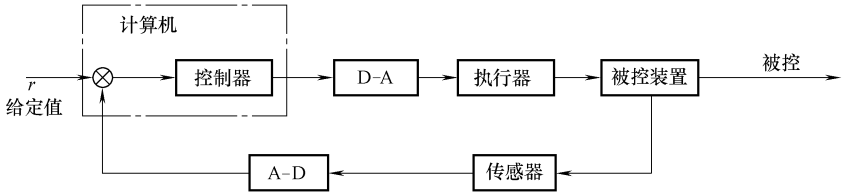


图 1-2 计算机控制系统基本原理图

图 1-2 与图 1-1 是基本相同的，不同的是反馈回路由传感器和 A-D 转换器（模-数转换器）组成，传感器与测量元件基本相同，它能把被控参数变成电参量（如电阻/Ω，电压/mV，电流/mA 等），然后经 A-D 转换器将模拟量转换成计算机能够识别的数字量送入计算机与给定值进行计算和判断。而主回路的控制器由计算机代替并且输出增加了一台 D-A 转换器。反馈信号经计算机计算判断后要由 D-A 转换器将其数字量转换成执行器能够接受的模拟量到执行器，然后执行器驱动被控装置，而使系统稳定运行。其他与图 1-1 相同。

需要指出的是图 1-1 和图 1-2 组成的控制系统，其控制过程是即时的，也就是说控制的速度是以电的传输速度进行的，因此，系统的调整是即时的，中间没有时间的概念。

图 1-3 是典型的计算机控制系统结构图，由图可知，系统由外部设备、主机、接口电路、外部通道、检测及变送、被控装置组成，其中接口电路也较为复杂。

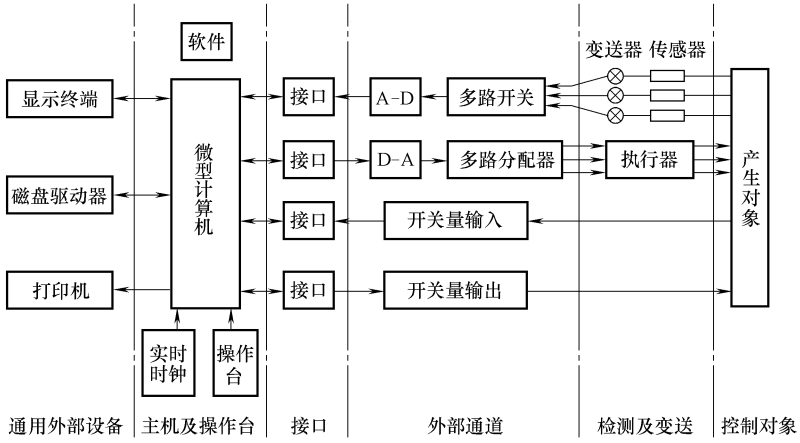


图 1-3 典型计算机控制系统的组成结构

该系统在工作时即时采集被控参数的瞬时值，经变送器、A-D 转换器、接口电路送入计算机；同时即时分析采集到的并已送入计算机的被控参数的状态，按既定控制规律决定控制形式，即时向执行器发出控制信号，进行即时调整控制。

接口电路是将由被控装置或生产系统的信号经转换引入计算机及计算机发出指令去控制调整被控装置或生产系统的重要通道，在这个通道里必须设置“防火墙”，也就是隔离器才能使系统正常工作。

3. 隔离器

在自动化控制系统中，现场环境会产生各种意想不到的干扰，这样就给系统安全带来了潜在的极不稳定因素，信号隔离器满足了自动化系统对各类模拟量信号隔离、放大、转换、滤波、抗干扰的需求，因此隔离器首当其冲地成为了自动化控制系统中必不可少的“元素”，现把信号隔离器在实践中的具体作用介绍如下：

（1）消除线路损耗提高驱动能力

在传感器驱动能力比较弱的情况下，若信号传输距离较长，很可能会导致信号严重衰减、失真造成信号接收困难，从而导致系统工作不正常，如果选用信号隔离器，可以大大提高驱动能力以抵消线路过长造成的损耗，从而满足系统对信号“真实性”的需求，达到稳定系统工作的目的，见图 1-4。

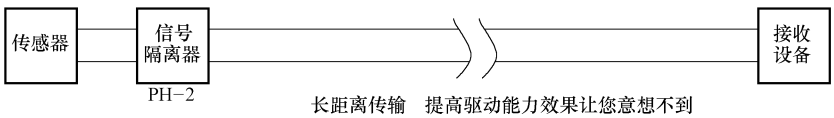


图 1-4 隔离器的设置

（2）防止电磁干扰

在信号传输过程中，由于电磁场作用经常会使信号发生畸变，我们称为电磁干扰，例如当变频器运行时，会产生高次谐波辐射，在干扰强的地方甚至会使系统误动作，当我们选用了隔离器后，可以大大降低电磁干扰所造成的影响，见图 1-5。

（3）有效防止多路信号间的相互“交链”干扰

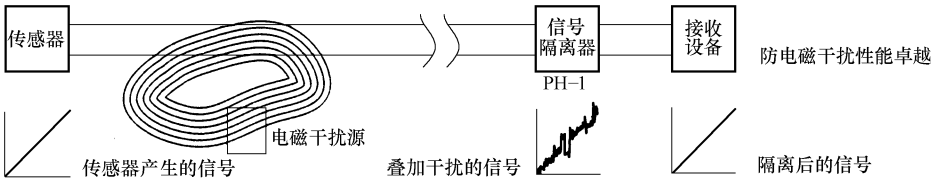


图 1-5 隔离器消除电磁干扰

在多路信号同时传递的过程中，信号间会产生称之为“交链”的相互干扰，此类干扰会拉低系统的控制精度，严重时会造成系统控制失调，使用隔离器后，会使得相互间干扰降至最低，使得系统按照您的设计要求稳定工作，见图 1-6。

（4）多种不同信号转换与匹配

自动化过程中，各种信号繁多，信号的发出端与接收端的匹配就成了一个不可忽视的环节，隔离器为您排忧解难。例如现场传感器能够输出 4 ~ 20mA 信号，现在多个接收端能够接收的信号为 4 ~ 20mA，0 ~ 5V，0 ~ 10V，加上一个隔离器就可把传输端信号转换成所需要的一路或多路相互隔离的信号。信号间的相互转换与分配方便、灵活、可靠，见图 1-7。

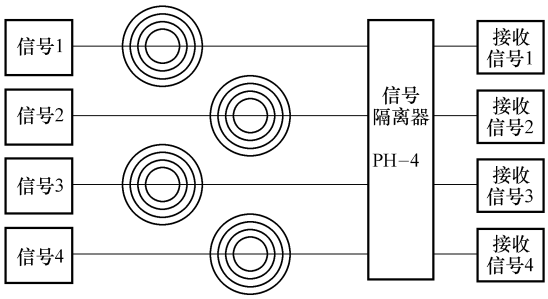


图 1-6 多路信号隔离器的设置

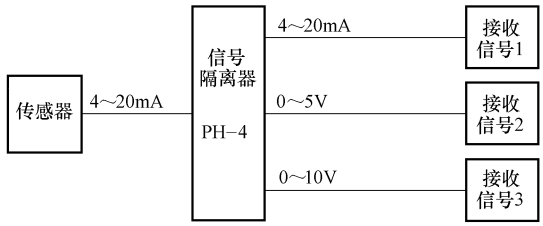


图 1-7 信号的转换

（5）提高闭环控制系统稳定性

在闭环控制回路中，由于各种干扰，传感器以及执行器反馈信号很有可能会带来干扰杂波，给系统造成影响，乃至系统不能正常工作，如果在输入输出端同时加入隔离器，就可有效阻止此种情况发生，有效提高闭环控制系统运行性能，见图 1-8。

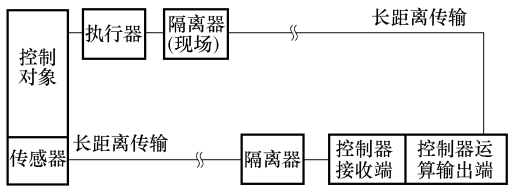


图 1-8 闭环控制系统隔离器的设置

（6）防止直流静电干扰以及防雷保护

自动化系统中，传感器、执行器的传输线路有时会较长，这样就会受到外界高压直流静电或雷电干扰，线路中一旦“窜”入高压，很可能会造成毁坏设备、短路、引起火灾等破坏现象。选用隔离器后，会有效地防止此类现象发生，这使您的设备多了一道“防火墙”。

二、计算机控制的类别

1. 控制功能

（1）操作指导控制，见图 1-9。

操作指导控制是最简单的控制方式，计算机及其系统将工业控制对象经测量元件、采样器、转换器得来的信号进行巡回检测、处理、分析、记录后，得出生产过程的趋势及超限信号和最优操作方案，操作人员经过眼看显示终端，然后用手去调整调节器的定值或去操作执行机构，使工业系统趋于正常。

（2）直接数字控制（DDC） 见图 1-10。

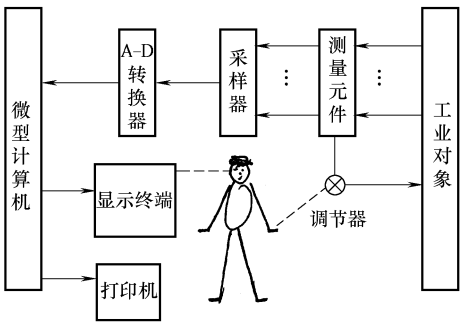


图 1-9 操作指导控制系统的组成

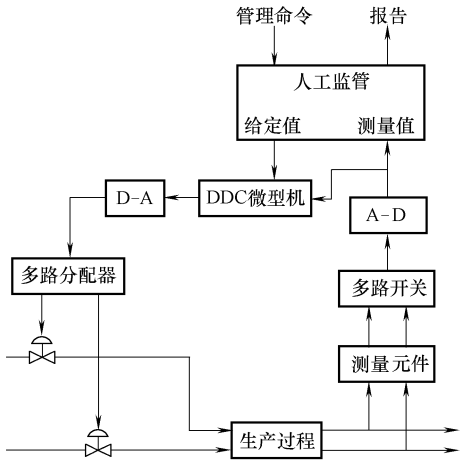
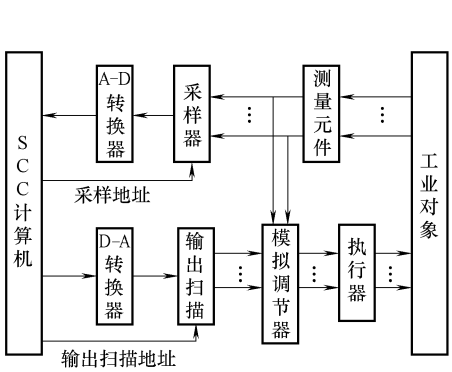


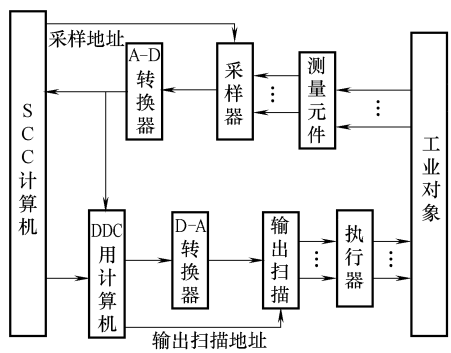
图 1-10 直接数字控制系统的结构

DDC 控制是工业生产过程控制中最常见的控制方式，计算机及其系统经测量元件对参数的检测，信号参数经多路开关采样、A-D 转换器后送到 DDC 微型机和人工监管系统，DDC 经运算后给出控制信号，该信号经 D-A 转换到执行机构，使系统正常运行。DDC 在全过程中取代了调节器，进行 PID（比例、积分、微分）调节。这个过程只是经过程序的设置而进行复杂的控制，从而简化了控制系统。

（3）监督控制（SCC） 见图 1-11。



a)



b)

图 1-11 监督控制系统的结构

a）SCC + 模拟调节器原理图 b）SCC + DDC 原理图

该系统的上半部分与图 1-9 基本相同，其中 a）图系统的参量经巡回检测后按设定的控制模式计算出最佳的给定值送到模拟调节器，调节器将其与检测值比较，比较后的偏差又经调节器输出到执行器，而达到调节控制生产过程的目的。而 b）图与 a）图基本相同，不同的是最佳给定值是送给 DDC 微型机而直接控制调节生产过程，而 DDC 的功能比模拟调节器的功能要完整许多。

图 1-11 的两种控制调节都具备与 SCC 计算机互补的作用，当 SCC 计算机出现故障，模拟调节器或 DCC 都能完成系统的调节控制。

（4）集散控制（DCS） 见图 1-12。

该系统由监督计算机、CRT 操作站、数据通道、控制器、I/O 板及被控装置组成。

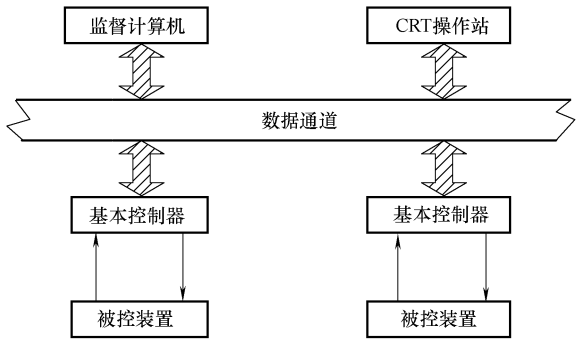


图 1-12 集散控制系统的基本结构

集散控制易于扩展，应用中一般采用图 1-13 的分级控制系统，该系统引入了数据通信技术，可把各个被控装置的信息集中后引入 DDC，DDC 又把其送入到 SCC，然后集中控制，逐步实现系统网络控制，适用于大规模工业生产的自动控制和监控，见图 1-13。

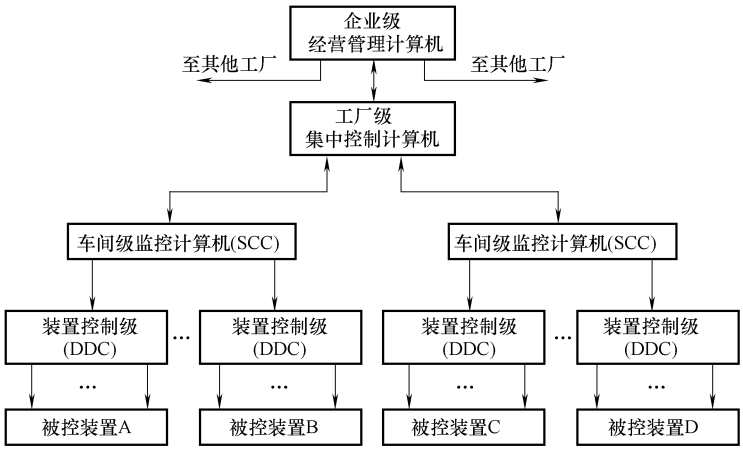


图 1-13 分级计算机控制系统

（5）现场总线控制 见图 1-14。

该系统为参数测量、控制、执行和过程诊断等综合的网络控制系统，用数字通信技术将分散控制集中管理监控，实现网络控制。系统集中管理、分散控制、横向分散、纵向分级，其中智能芯片（功能模块）既可完成控制功能，又能完成通信功能，使系统数字化，极大地提高了系统的网络功能，是工业生产控制的主流。

（6）工业以太网控制

笼统地讲工业以太网控制就是利用网络技术传输工业生产的各种数据、信号、控制、管理、监测、监控等信息，使其结合计算机网络技术，使工业控制网络与信息网络技术融为一体，确保技术上的可持续发展，实现嵌入式控制器、智能现场自动化仪表、多功能传感器接

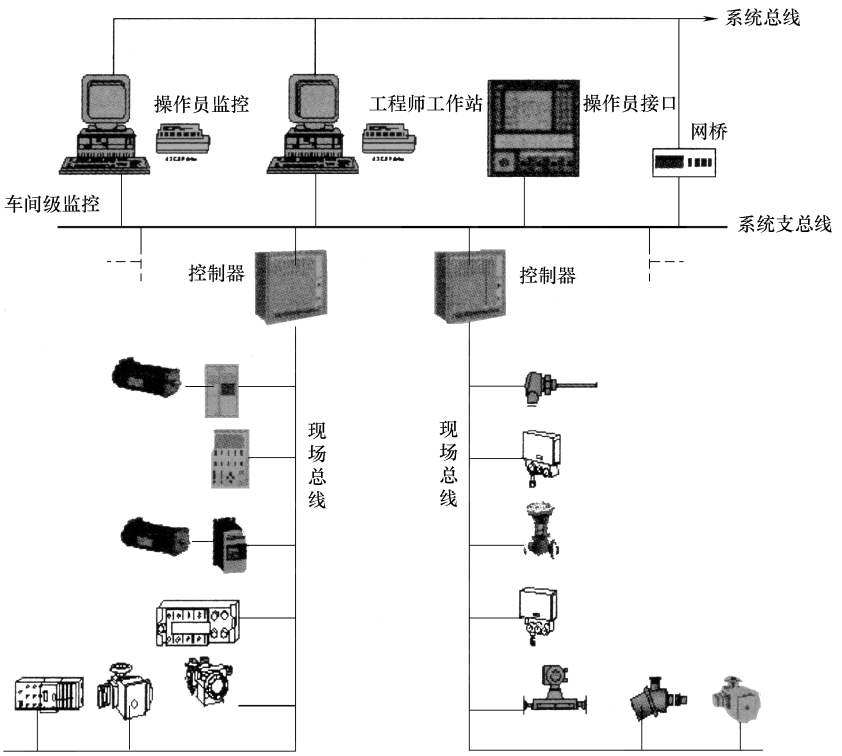


图 1-14 现场总线控制系统

入以太网，直接与因特网连接。

与因特网一样，以太网是世界性的网络，是目前大型工业控制应用最广泛的一种局域网。

（7）综合自动化系统

综合自动化系统是以经济指标为目标，以生产过程优化运行、优化控制与优化管理为核心技术，实现在线成本的预测、控制和反馈校正，以形成生产成本控制中心，保证生产过程的优化运行；实施生产全过程的优化调度、统一指挥，以形成生产指挥中心，保证生产过程的优化控制；实现生产过程的质量跟踪、安全监控，以形成质量管理体系和设备保证体系，保证生产过程的优化管理。

主要包括企业资源计划、生产执行、过程控制三大层次，是大型工业生产、计划、物流、设备、工艺、安全、技术、成本、质量、管理以及现场生产检测控制等综合自动化系统，见图 1-15。

1）ERP 企业资源计划系统　ERP 企业资源计划系统包括人力资源管理、财务管理、生产数据管理、生产计划管理、生产作业计划管理等企业经营管理功能，对企业各种资源进行有效管理和控制，是企业生产的决策系统。

2）MES 生产执行系统　MES 生产执行系统是处于计划层与控制层之间的执行层，起到对由生产过程产生的信息以及由经营管理和生产管理活动中产生的信息进行转换、加工、传递的作用，是生产活动与管理活动信息集成的重要桥梁和纽带，是企业管理的核心系统。

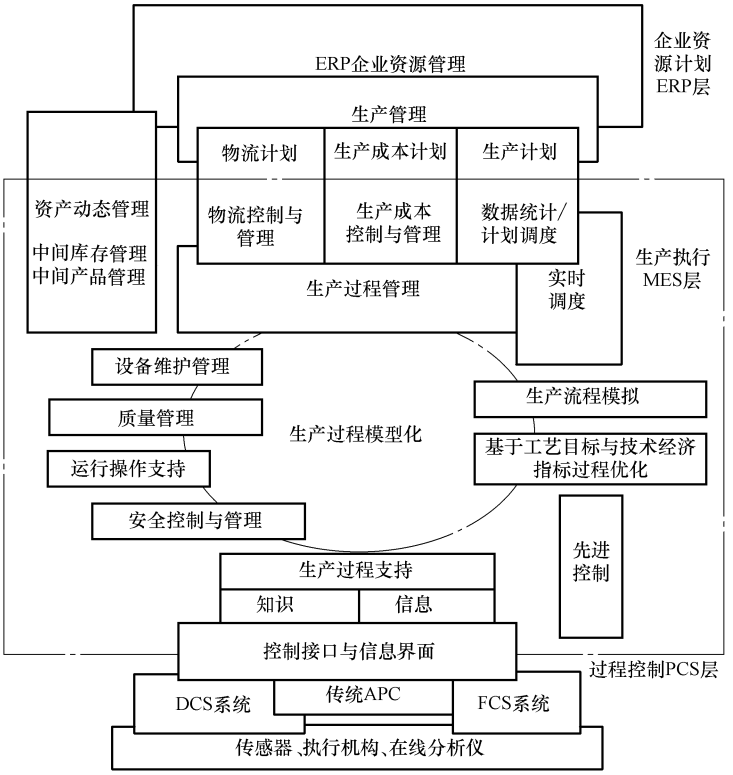


图 1-15 综合自动化系统的组成

3）PCS 过程控制系统 PCS 过程控制系统处理的对象是与生产过程有关的局部系统，包括生产装置、生产过程的控制和优化，生产系统的调度等，其目标是在总体指标的约束下，使某局部生产过程处于最优运行状态。它包括集散控制系统、现场总线控制系统、工业以太网控制系统、传统的模拟控制系统以及传感器、执行机构、在线分析仪等现场设备，是产品生产的控制核心系统。

2. 控制规律

（1）程序和顺序控制

程序控制中的被控制量是时间的函数，被控制量按照预先规定的时间函数变化，如单晶炉的温度控制。

顺序控制是程序控制的扩展，在各个时期所给出的设定值可以是不同的物理量，而且每次设定值的给出，不仅取决于时间，还取决于对以前的控制结果的逻辑判断。

（2）比例积分微分控制（PID 控制）

控制器的输出是控制器输入的比例、积分、微分函数的组合。PID 控制是应用最广、最常见、最易懂的控制技术。PID 控制结构简单、参数容易调整，因此，无论模拟控制器或者数字控制器，多数使用 PID 控制。

（3）最少拍控制

最少拍控制是要求设计的控制系统在尽可能短的时间里完成调节过程，达到稳定状态。最少拍控制通常用在数字随动系统的设计中。

（4）复杂规律的控制

生产实践中控制系统由于环境条件的差异，存在大量的随机扰动信号。存在随机扰动信号的系统，仅用 PID 控制是达不到满意的性能指标的。性能指标不仅是过渡过程的品质，往往包括能耗最小、产量最高、质量最好、成本最低等综合性指标。因此，针对生产过程的实际情况，可以引进各种复杂规律的控制。例如串级控制、前馈控制、纯滞后补偿控制、多变量解耦控制、最优控制、自适应控制、鲁棒控制等。

（5）智能控制

智能控制能对环境和任务的变化具有快速的应变控制能力，当系统发生变化时能自身决定控制的参数、方法和策略，具有自适应和决策功能，及时给出控制指令，是人工智能、计算机控制的结合，有较深的运筹学和控制理论的设计基础和方法。

三、计算机控制的特点和基本元件

计算机控制除了其硬件之外，最大的特点是用软件程序来改变控制系统的功能，因而可实现多种控制功能，较模拟控制系统有很大的技术进步，其特点是：

（1）数字模拟混合的系统　在连续控制系统中，各处的信号是连续模拟信号。而在计算机控制系统中，除仍有连续模拟信号外，还有离散信号、数字信号等多种信号。因此，计算机控制系统是模拟和数字的混合系统。

（2）灵活方便、适应性强　一般的模拟控制系统中，控制规律是由硬件电路实现的，控制规律越复杂，所需要的模拟电路往往越多，如果要改变控制规律，一般就必须要改硬件电路。而在计算机控制系统中，控制规律是由软件实现的，计算机执行预定的控制程序就能实现对被控参数的控制，需要改变控制规律时，一般不对硬件电路进行改动，只要改变控制程序就可以把复杂的继电器控制电路变成简单的控制电路。

（3）可实现复杂控制规律　计算机具有丰富的指令系统和很强的逻辑判断功能，能够实现模拟电路不能实现的复杂控制规律。

（4）离散控制　在连续控制系统中，给定值与反馈值的比较是连续进行的，控制器对产生的偏差也是连续调节的。而在计算机控制系统中，计算机每隔一定时间间隔，向 A-D 转换器发出启动转换信号，并对连续信号进行采样获得离散时间信号，经过计算机处理后，产生的控制信号通过 D-A 转换器将离散信号转换成连续时间信号输出，作用于被控对象。因此，计算机控制系统并不是连续控制的，而是离散控制的。

（5）可以采用分时控制　在连续控制系统中，一般是一个控制器控制一个回路。而在计算机控制系统中，由于计算机具有高速的计算处理能力，一个数字控制器经常可以采用分时控制的方式，同时控制多个回路。

（6）便于实现管控一体化　采用计算机控制系统可实现控制信息的全数字化，便于建立集企业经营管理、生产管理和过程控制于一体的管控一体化系统，即建立集成了生产过程控制系统 PCS、生产执行系统 MES 和企业资源管理系统 ERP 的综合自动化系统，是大型工业控制的最佳控制、管理方法。

计算机控制的基本元件主要有微处理器、微型计算机和单片机等三种。用其及其他元件即可组成相应的控制电路。

微处理器（芯片）本身不是计算机，但它是小型计算机或微型计算机的控制和处理单元的中心部件。