



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

自动化设备及生产线 调试与维护

(机电技术应用专业)

主编 阎 坤

RMS< BUF .A1 >= 65.6250mV
PKPK< BUF .A1 >= 8.00000U



TRACE
1

HARKER
GRID

MODE
ON

X / DIV
5.00000ms

Y / DIV
15.0000U

PRECISION



高等教育出版社

30.6-43

1157
J111.1-01
117

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

自动化设备及生产线调试与维护

(机电技术应用专业)

主 编 阎 坤
责任主审 罗圣国
审 稿 史小路 刘鸿飞

高等教育出版社

内容提要

本书是根据教育部 2001 年颁发的中等职业学校机电技术应用专业《自动化设备及生产线调试与维护教学基本要求》编写的。

全书共六章,主要叙述了工业和日常生活中常见的自动化设备及生产线的组成结构、工作原理、性能特点,重点突出了自动化设备及生产线的控制系统的各个组成部分的工作原理、控制系统的分析方法、器件的选用、程序设计方法以及设备的使用和常见故障的维护与维修。

本书根据中等职业教育的特点,强调应用,图文并茂,通俗易懂。

本书是中等职业学校机电技术应用专业教材,也可供从事自动化设备及生产线技术研究、设计和应用的工程技术人员及其他有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动化设备及生产线调试与维护/阎坤主编. —北京:
高等教育出版社,2002.7
中等职业学校机电技术应用专业教材
ISBN 7-04-010928-X

I. 自… II. 阎… III. ①自动化设备-调试-专业学校-教材 ② 自动化设备-维修-专业学校-教材
③ 自动生产线-调试-专业学校-教材 ④ 自动生产线-维修-专业学校-教材 IV. TP2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 043655 号

自动化设备及生产线调试与维护
阎坤 主编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 13
字 数 300 000

版 次 2002 年 7 月第 1 版
印 次 2002 年 7 月第 1 次印刷
定 价 15.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从2001年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

本书是根据教育部颁发的中等职业学校《自动化设备及生产线调试与维护教学基本要求》编写的。

本书在编写过程中积极贯彻中等职业教育改革的精神,并力求体现中等职业教育的特点,着眼于学生在应用技术方面能力的培养、适应机电技术专业的要求。在编写中力求通俗易懂,刻意求新,学以致用,注意引进新技术成果。在内容上选用工业生产和日常生活中最新的自动化设备及生产线,力求跟上控制技术发展的新潮流。

本教材的教学时数为 84 学时,各章学时分配见下表(供参考):

章 次	学 时 数
第一章 自动化设备及生产线概论	4
第二章 工业模型及其控制技术	12
第三章 数控机床控制技术	24
第四章 气压传动控制技术	24
第五章 保龄球设备及控制系统	10
第六章 电脑全自动洗衣机原理与故障检修	10

本书由阎坤担任主编(编写第一章、第四章),参加编写工作的还有马英庆(编写第二章),鲍海龙(编写第三章),王兵、曹良玉(编写第五章),张天擎(编写第六章)。各章的习题及相关的实验由各章编者编写。

在编写过程中,孙广建提供了大量的参考资料,并给予了大力帮助;同时,还得到辽宁机电职业技术学院和北京仪器仪表工业学校及费斯托(中国)有限公司有关同志的大力支持,在此一并表示深切的感谢。

本书通过全国中等职业教育教材审定委员会审定。由北京科技大学罗圣国教授担任责任主审,史小路副教授、刘鸿飞副教授审稿。他们对书稿提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于水平有限,实际经验不足,对书中的疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2002 年 1 月 6 日

目 录

第一章 自动化设备及生产线概论	1	第四节 电气与可编程序控制系统	95
第一节 概述	1	第五节 常用气动自动化设备及生产线实例	112
第二节 自动控制系统组成、工作原理和分类	7	习题四	125
第三节 工业控制机简介	9	第五章 保龄球设备及控制系统	127
习题一	13	第一节 保龄球设备介绍	127
第二章 工业仿真模型及其控制技术	14	第二节 保龄球设备的基本构成	127
第一节 概述	14	第三节 电气控制元器件	140
第二节 三自由度机械手模型	16	第四节 电气控制	150
第三节 三自由度机械手的 PLC 控制系统	26	第五节 保龄球机的故障诊断及日常维护	161
第四节 三自由度机械手的单片机控制系统	31	习题五	163
第五节 自动找币机械手模型	37	第六章 电脑全自动洗衣机	164
习题二	48	第一节 电脑程控器程序控制原理和洗衣机的工作电路	164
第三章 数控机床控制技术	49	第二节 电脑全自动洗衣机的机电元件	168
第一节 概述	49	第三节 电脑全自动洗衣机的电路检查	172
第二节 数控机床的组成	52	第四节 电脑程控器上常用元器件	175
第三节 数控原理	64	第五节 电脑全自动洗衣机电路识图	178
第四节 步进电动机的驱动	70	第六节 电脑程控器的故障检查	184
第五节 FANUC0 数控系统的使用与维护	72	第七节 模糊控制全自动洗衣机的电路原理	187
习题三	77	习题六	191
第四章 气压传动控制技术	78	附录	192
第一节 气动技术概况	78	参考文献	199
第二节 气压传动原理及元件	81		
第三节 常用检测元件及系统	89		

第一章 自动化设备及生产线概论

随着科学技术的不断发展,无论是在工业、农业、交通运输,还是在通讯、宇航等各个领域,自动化设备及生产线到处可见,起到越来越重要的作用,并把人们从繁重的体力劳动中解脱出来。当前人类已初步进入了智能型的现代社会。本章主要介绍自动化设备的组成结构及发展前景、自动控制系统的组成结构以及工业控制机。

第一节 概 述

一、自动化设备及生产线的概念和定义

“自动化设备及生产线”是机电一体化技术和机电一体化产品的概括,它是机械学、电子学、计算机科学和信息科学等不断发展、相互渗透和综合应用的产物,是现代科学技术发展至一定阶段的需要和必然结果。

自动化设备及生产线是一门将机械、电子、仪表、电气、信息处理和计算机应用等技术融合在一起的复合性技术,是多项技术有机结合、综合运用的统一体,不论是自动化设备,还是自动化生产线,都是多项技术优化的系统工程。具体地说,它是以机械产品为主体,实现机械、电子、信息等技术相互结合、融为一体的产品和系统。

自动化设备及生产线涉及的学科和内容非常广泛,主要内容可概括为下列两个方面:

(1) 自动化设备及生产线是多学科、多技术相互交叉和相互渗透的新兴产品,是集机械技术、电子技术、计算机技术、传感技术、自动控制技术等现代高新技术于一体的产物。它将使系统或设备达到高精密化、高效率、智能化,并具有高可靠性和低成本。

(2) 在自动化设备及生产线中,各学科、各技术之间不是简单地相互替代或叠加,而是按系统工程的科学方法进行优化组合,不分主次而最好地达到了预定的功能目标。

二、自动化设备及生产线发展过程

200年来,世界科学技术的巨大成就,大大推动了社会生产力的迅速发展。特别是近30年间,无论是在工业、农业、交通运输业,还是在通讯、宇航等各个领域,其发展速度及所取得的进步都是前所未有的。人类已从学会使用工具、使用蒸汽和电力作为动力,进入了使用智能化设备部分代替人类复杂工作的时代。

人类在自己的生产活动中,不断地总结经验,发展和采用最新的科学技术推动生产向前发展。同时,在发展过程中又不断提出新的科学技术研究课题,促进科学技术本身并在相互交叉和相互渗透中继续发展,使工业生产及其产品达到前所未有的高水平。自动化设备及生产线的发展过程也有着相同的发展史。

1. 材料和机械制造精度的发展

材料的发展与产品的发展密切相关。在 1770 年瓦特发明蒸汽机时,其制造气缸所用的材料主要是低碳钢或铸铁。随着一系列的耐热、耐磨的合金钢及各种高强度钢、各种新材料的出现,先后发明了汽油发动机、柴油发动机、喷气发动机等。

材料的发展推动了制造方法发展,传统的加工方法已无法加工高强度钢和合金材料。于是,新的加工方法相继出现,如电火花加工、电化学加工、电子束加工、激光加工等。与此同时,制造精度也不断提高,由毫米数量级发展到微米数量级、纳米数量级。

2. 科学理论的发展

科学理论是产品设计和生产技术的基础,而新产品设计和新的技术要求又将给科学理论的发展提出新的研究课题。例如,根据马克斯韦耳(Maxwell)的控制论,设计了瓦特蒸汽机调速器。20 世纪 60—70 年代又先后出现了系统论、优化法和线性规划,以及在前述理论基础上发展起来的人工智能理论等。所有这些科学理论,都为发展计算机科学、信息科学奠定了理论基础,为开发现代自动化设备及生产线提供了条件。

3. 电子及计算机技术的发展

自 1946 年研制成功第一台电子计算机以来,随着微电子技术的发展,计算机技术以惊人的速度向前发展着。它经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路几个发展阶段,且性能越来越强,体积极大缩小。

此外,随着计算机在工业中的推广应用,又相继发展了工业控制用的微型机总线系统、单板机、单片机和具有高速处理功能、数据总线通信功能和事故诊断功能的可编程控制器,提供了开发自动化设备及生产线的广阔的硬件环境。

在发展计算机硬件的同时,计算机软件也很快得到发展。计算机应用中,软件费用占的比例越来越大,软件的功能也越来越丰富。1979 年以后,出现了将软件固化的固件(Firmware),即将某些通用的公式、算法等程序制成各种固定模块芯片,从而大大方便了自动化设备及生产线开发。

4. 自动化设备及生产线的发展

基础理论和各类技术学科的发展及相互渗透,促进了自动化设备及生产线在各行各业的飞速发展,各类自动化设备及生产线层出不穷,日新月异。

在机械制造、特别是机床制造业方面,自 1952 年美国麻省理工学院研制成功第一台数控机床以来,为机床工业开辟了一个全新的自动化产品的产品结构和自动化领域。几十年来,数控机床的发展,使机械制造工业的面貌发生了根本性的变化。据不完全统计,至 1988 年,在发达国家中,日本数控机床占机床产量的 28%,数控机床产值则达机床产值的 70%,其他国家数控机床产值都在 30%~60%之间,机床的性能和质量也得到大幅度提高。此外,机床的控制功能也由单纯的过程控制向着多功能智能控制的方向发展,机床具有越来越强的状态监控和故障自诊断能力,并采用 32 位微处理器的计算机数控(CNC)系统以提高运行速度和实时能力。

在发展 CNC 系统的同时也发展了工业机器人。第一台工业机器人是在 1961 年由美国 UNIMATION 公司研制成功的。到 20 世纪 70 年代,各类机器人已能在各种工业场合承担主要工作。在发达国家中,机器人的产量每年以 20%~40%的速度在增长,20 世纪 80 年代开始研究智能机器人。

CNC 机床和工业机器人的发展,促进了更大规模的综合自动化系统的研究和开发,到 20 世纪 80 年代,各种柔性制造单元(FMC)和柔性制造系统(FMS)已作为新一代的自动化设备投放

市场,即不是以单机的形式,而是以系统的形式提供产品。

在轻纺工业部门,用微电子技术发展自动化设备及生产线也得到普遍重视,许多设备都采用各种形式的电脑控制,如微机控制的注塑机械、食品及包装机械、化纤机械、针纺提花机械、激光照排机械、服装剪裁机械等。

在办公机械和通信器具方面,自动化设备更是层出不穷,如各种静电复印机、电子打印机、四色胶印机、传真机等。

民用消费器具方面的自动化设备更是迅速发展,花样繁多,如摄录像机、电脑控制照相机、全自动洗衣机等。

自动化立体仓库,是机电一体化技术用于仓库管理的典型产品。在计算机的控制和管理下,这种仓库能完成自动堆垛、提取、运输、发送和输出报告等各项工作,不仅提高了工作效率和库存管理的准确性,而且大大节省了占地和作业面积。

其他,如在仪器仪表、医疗器械、工业流程管理与控制等方面,自动化设备及生产线的应用和产品的发展都十分迅速。

总之,自动化设备及生产线的开发研究自 20 世纪 70 年代以来到处都在进行,几乎遍及各行各业,这是在世界范围内产业界兴起的一场新技术革命。

三、自动化设备及生产线发展的主要方向

当前自动化设备及生产线的发展可以概括为以下三个方面:

1. 扩大学科面,发展新产品

自动化设备不仅综合了机械、电子、计算机等主要技术,而且已扩展至光、磁、生物、热、气、液等各种技术领域。目前发展的自动化设备中,均综合运用了各学科发展的最新成果。例如,在 CNC 机床中,采用激光技术发展数控激光切割机床、激光焊接机、激光热处理机床等;在医疗机械中,发展超声图像造影、激光图像处理和彩色摄像等。此外,在新产品中,采用人工智能技术,发展智能设备和智能制造系统,也是自动化设备及生产线发展的主攻方向,如智能机器人、计算机智能制造系统等。

2. 利用微电子和计算机技术改造老产品、旧设备和生产线

用自动化设备及生产线改造传统产业,改善老产品的性能和质量,提高企业原有生产设备和系统的自动化水平和可靠性,缩短生产周期和提高经济效益,这是自动化设备及生产线研究的又一广阔领域和重要方面。例如,在机床上采用数显装置以提高机床的定位和读数精度;用可编程序控制器取代机床中老的继电器逻辑控制系统,以提高设备的可靠性;用变频器将机床的有级调速或直流机无级调速改为变频调速系统,以减少齿轮传动、简化结构和降低噪声;采用可编程序控制器、单片机或单板机改造传统的生产自动线的控制系统,以提高自动线的可靠性和稳定性,等等。

所有这些自动化设备及生产线的改造措施,其效益是十分显著的。例如,我国第二汽车制造厂车桥厂用可编程序控制器(PLC)改造设备后,单台设备的电器故障率比原有控制系统的故障率下降 50% 左右。原 CSUX-05 自动线在采用步进式顺序控制器时,故障率较高,平均每天停工达 2~3 h,用 PLC 改造后,控制部分基本无故障运行,以每天二班制计算,全年可减少 600 个工时损失。

3. 共性关键技术及基础技术研究

自动化设备及生产线研究的第三个重要方面是带有共性的关键技术和基础技术研究,其中包括:

(1) 传感技术 在研究高精度、高灵敏度和高可靠性传感器中,必须解决抗噪能力、对生产环境的适应性、视觉传感器的图像识别、声控传感技术等。重点发展光、力、热、磁、湿等敏感元件。

(2) 信息处理技术 解决处理速度、抗干扰能力等与实时处理有关的问题。

(3) 自动控制技术 建立优化控制、自适应控制和智能控制模型的研究,现代控制理论的工程化和实用化研究等。

(4) 标准化和规范化 接口技术和信息转换技术中有关信息转换的规范化和标准化问题,建立信息和数据的转换、存储格式的标准。同时研究标准化的元器件,以提高自动化设备及生产线的互换性和可靠性。

(5) 计算机软件技术 具有共性的数据处理软件、信息转换和接口软件以及它们的标准化和固化技术问题。

四、发展自动化设备及生产线的经济效益

自动化设备及生产线的发展,使机电产品的功能和质量得到大幅度的提高,在各方面带来了经济效益和社会效益。

1. 提高生产率

自动化设备及生产线不仅在控制系统的能力、控制精度、检测和故障诊断能力等方面都有了很大的增强和完善,而且可以实现高度的自动化和无人操作,从而大幅度提高了劳动生产率。

2. 提高精度和保证质量

不论是机械加工设备或仪器仪表,或是其他设备,都会因采用了自动化设备及生产线而提高精度和质量。例如,数控机床,由于它集控制、测量、反馈、信息处理、补偿和故障诊断等功能于一体,减少了人的干预和提高了系统自动化程度,大大提高了加工精度,减少了误差,加工一致性好,减少了废次品。

3. 提高产品和系统的适应能力和柔性

自动化设备及生产线都具有较高的可调整性和灵活性,也就是具有高度的柔性来适应各种要求。例如,数控机床、柔性制造系统(FMS)、柔性制造单元(FMC)都具有很高的柔性,能实现多品种和大、中、小各种批量生产的自动化,以适应市场各种多变的用户需求,提高企业在市场的竞争能力。

4. 提高可靠性

在自动化设备及生产线中,由于大量采用了自动检测、监控、校正、补偿等技术,特别在控制系统中采用了大规模集成电路元件构成的各种微型计算机、单片机、可编程序控制器等微电子产品,使这些设备及生产线整机结构都显著简单化和小型化,且都具有自诊断、自保护功能。因此,大大降低了能耗,改善了操作性能,降低了故障率,提高了设备的使用寿命和可靠性。

5. 节约能源,降低消耗

自动化设备通过采用低能耗的驱动机构、最佳的调节控制和提高设备的能源利用率达到显

著的节能效果。例如,汽车电子点火器由于控制最佳点火时间和状态可大大节约汽车耗油量;如将节流工况下运行的风机、水泵改为随工况变速运行,平均可节电 30%;工业锅炉若采用微机精确控制燃料与空气的最佳混合比,可节煤 5%~20%;还有被称为电老虎的电弧炉,是最大的耗电设备之一,如改用微型计算机实现最佳功率控制,可节电 20%。

6. 改善操作性和使用性

自动化装置或系统各相关传动机构的动作顺序及功能协调关系,可由程序控制自动实现,并建立良好的人机界面,对操作参量加以提示,因而可以通过简便的操作得到复杂的功能控制和使用效果。

7. 简化结构,减轻重量

由于自动化系统采用新型电气电子器件和传动技术代替笨重的老式电气控制的复杂的机械变速传动,由微处理机和集成电路等微电子器件和程序逻辑软件完成过去靠机械传动联合机构来实现的关联运动,从而使自动化产品的体积减小、结构简化、重量减轻。例如,无换向器电机,将电子控制与相应的电机电磁结构相结合,取消了传统的换向电刷,简化了电机结构,提高了电机寿命和运行特性,并缩小了体积;数控精密插齿机可节省齿轮等传动部件 30%;一台现金出纳机用微处理机控制可取代几百个机械传动部件。采用自动化设备简化机构,减轻重量对于航天航空技术而言更具有特殊的意义。

8. 降低价格

由于结构简化,材料消耗减少,制造成本降低,同时由于微电子技术的高速发展,微电子器件价格迅速下降,因此,自动化设备价格低廉,而且维修性能改善,使用寿命延长。例如,石英晶振电子表以其高功能、使用方便性及低价格优势迅速占领了计时商品市场。

五、自动化设备及生产线的组成

1. 自动化设备及生产线的总体结构

自动化设备及生产线大都可分成主系统、子系统、元器件三个层次,如图 1-1 所示。子系统和元器件所采用的形式和内容,必须依据系统所需实现的目标和功能,按系统工程原则进行规划,做出最优设计,使系统或设备达到高性能、高效率、高可靠性、低成本、柔性化和智能化。

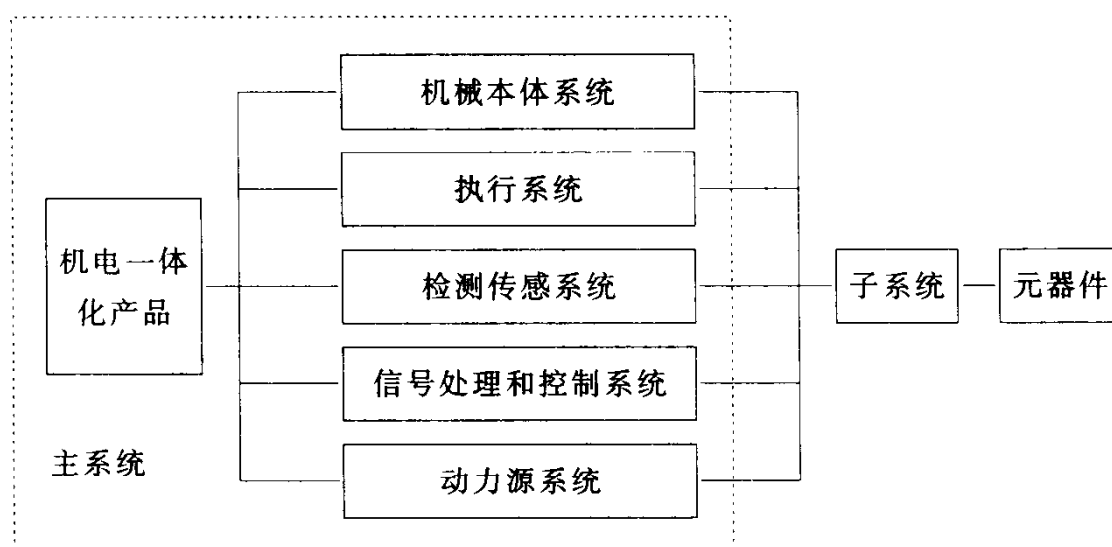


图 1-1 自动化设备及生产线总体结构

自动化设备及生产线主系统一般可由机械本体系统、执行系统、检测传感系统、信号处理和控制系统以及动力源系统等五部分组成。

自动化设备及生产线主系统的五个组成部分都是功能系统,它们之间存在着信息流、能量流、物质流和依存关系。图 1-2 所示为自动化设备及生产线功能系统关系图。

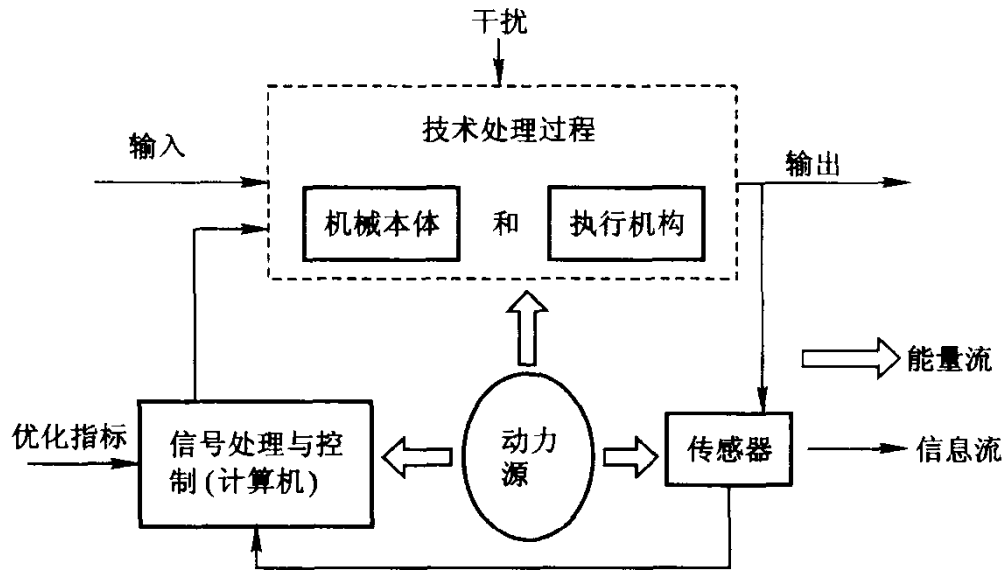


图 1-2 自动化设备及生产线功能系统关系图

2. 机械本体系统

机械本体系统是自动化设备及生产线的机械主体结构和各功能系统的支撑部件。对于在原有机械产品中增加电子装置以提高性能,或用电子装置取代原有机械部件的机电一体化产品,其机械本体部分基本上就是原来机械部分的结构或是在原来机械结构上略加改进。工业机器人的机身、数控机床的床身、立柱等机械部件,都属于机械本体系统。

3. 执行系统

这是根据信号处理系统和控制系统发出的指令后进行动作,以执行和具体实施这些指令的系统,它保证指令目标的实现。数控机床的伺服驱动电动机和滚珠丝杠、机器人的伺服驱动系统和手部及腕部机构等均属于执行系统。

4. 检测传感系统

在自动化设备及生产线系统中,常具有一系列各式传感器组成的检测传感系统,它们相当于人的眼、耳和其他感觉器官。这些传感器用来感受机电系统及技术处理过程的状态信息,执行系统输出的实际动作信息,对系统的运行进行监视检测,同时将感受采集到的信息或状态参数反馈输送至信号处理和控制系统。

5. 信号处理和控制系统

这是自动化设备及生产线的主控系统。它相当于人的头脑,通常由计算机、微处理器、单片机或可编程序控制器组成,有时俗称为电脑系统。该系统接受检测传感系统发来的参数信号进行综合处理或运算,并与预先输入的系统优化指标进行比较,作出是否需要对该系统的技术处理过程进行校正或补偿、系统运行是正常或反常等判断,然后向机械本体中的执行系统发出相应的控制指令。

6. 动力源系统

在自动化设备及生产线中除常用的电力源之外,有时还会有其他动力源,如液压源、气压源、用于激光加工的大功率激光发生器等,组成一个动力源系统。动力源系统向机电产品的各功能系统供应能量,以驱动它们进行各种运动和操作。

以上是对自动化设备及生产线的功能系统作简要的介绍。必须指出,除机械本体系统和动力源系统外,其他三个功能系统并不是所有自动化设备及生产线所必备的。

第二节 自动控制系统组成、工作原理和分类

在工业、农业、交通运输和国防各个方面,凡要求较高的场合,都离不开自动控制。所谓自动控制,就是在没有人直接参与的情况下,利用控制装置对生产过程、工艺参数、目标要求等进行自动的调节与控制,使之按照预定的方案达到要求的指标。自动控制系统性能的优劣,将直接影响到产品的产量、质量、成本、劳动条件和预期目标的完成。

一、自动控制系统的组成

自动控制系统的基本组成如图 1-3 所示,图中各基本元件功能如下:

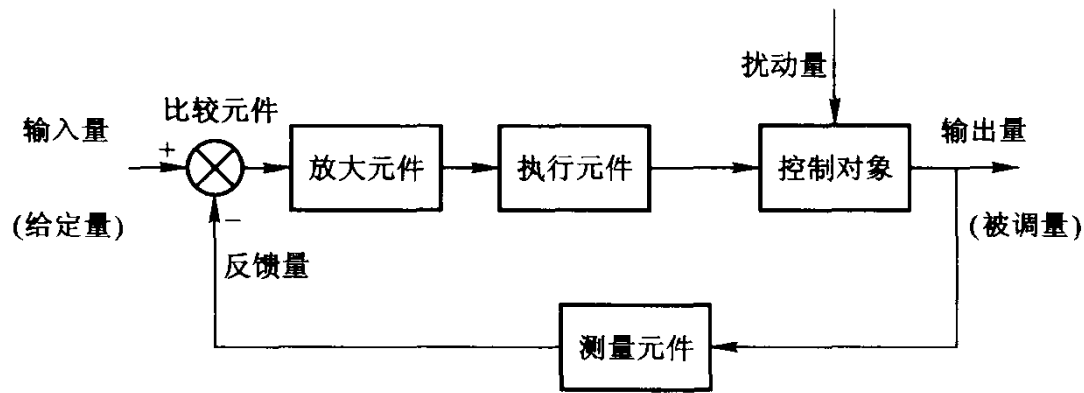


图 1-3 自动控制系统基本组成

- (1) 给定元件(Command Element) 由它调节给定信号,以调节输出量的大小。
- (2) 测量元件(Detecting Element) 用来测量(或兼转换)输出量的大小,并反馈到输入端。
- (3) 比较元件(Comparing Element) 用来比较输入量和实测输出量,得出偏差值。
- (4) 放大元件(Amplifying Element) 用来放大偏差值。由于偏差信号一般较小,所以要经过电压放大及功率放大,以驱动执行元件。
- (5) 执行元件(Executive Element) 由放大后的偏差值驱动执行元件,产生调节动作,对输出量(又称被调量)进行控制。
- (6) 控制对象(Controlled Plant) 需要控制的机器、设备或生产过程。控制对象中要求实现控制的物理量称为系统的被调量或输出量。
- (7) 反馈环节(Feedback Element) 由它将输出量引出,再回送到控制部分。

二、自动控制系统的工作原理

下面通过一个具体实例(水位控制系统)来说明自动控制系统的工作原理。图 1-4 为一水

位控制系统的示意图。

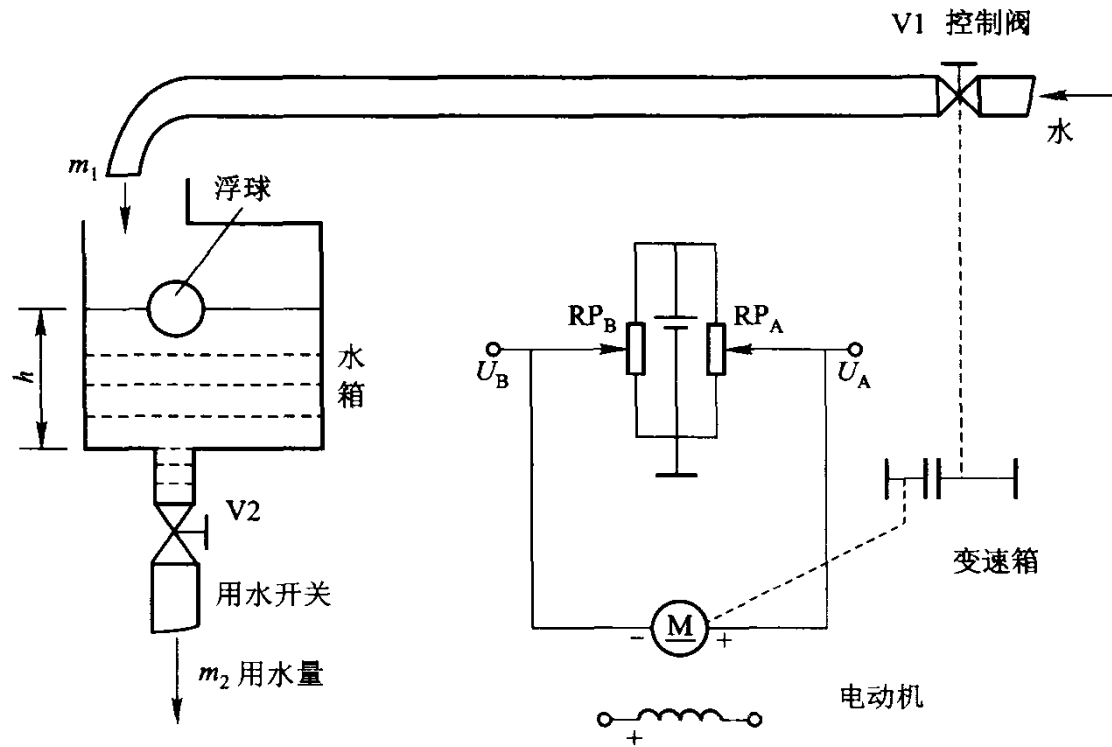


图 1-4 水位控制系统示意图

1. 系统的组成

由图可见,系统的控制对象为水箱。被控制量(或输出量)是水位高度 h 。使水位 h 发生改变的外界因素是用水量 m_2 。因此, m_2 为负载扰动量(它是主扰动量)。使水位能保持恒定的可控因素是给水量 m_1 。因此 m_1 为主要作用量(理清 h 与 m_1 、 m_2 间的关系,是分析本系统组成的关键)。

m_1 由电动机驱动的控制阀门 V1 控制。因此,电动机—变速箱—控制阀便构成执行元件。电动机的供电电压 $U = U_A - U_B$,其中 U_A 有给定电位器 RP_A 给定,(电位器 RP_A 为给定元件)。 U_B 由电位器 RP_B 给出, U_B 的大小取决于浮球的位置,而浮球的位置取决于水位 h ;因此,由浮球—杠杆—电位器 RP_B 就构成水位的检测和反馈环节。 U_A 为给定量, U_B 为反馈量, U_B 与 U_A 极性相反,所以为负反馈。

2. 工作原理

当系统处于稳态时,此时电动机停转, $U = U_A - U_B = 0$,即 $U_B = U_A$;同时, $m_1 = m_2$, $h = h_0$ (稳态值,它由 U_A 给定)。若设用水量 m_2 增加,则水位 h 将下降,通过浮球及杠杆的反馈作用,将使电位器 RP_B 的滑点上移, U_B 将增大;这样 $U = (U_A - U_B) < 0$,此电压使电动机反转,经减速后,驱动控制阀 V_1 ,使阀门开大,从而使给水量 m_1 增加;使水位不再下降,且逐渐上升并恢复到原位。这个自动调节的过程一直要继续到 $m_1 = m_2$, $h = h_0$ (恢复到原水位), $U_B = U_A$, $U = 0$,电动机停转为止。

三、控制系统的分类

控制系统有许多分类方法,下面介绍几种常用的分类方法。

(1) 按信号传递的路径分,可归纳为开环和闭环控制系统。其组成框图分别如图 1-5、1-6 所示。

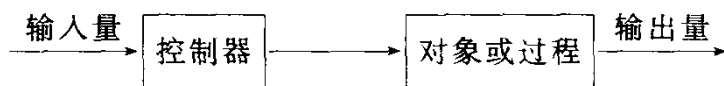


图 1-5 开环控制系统

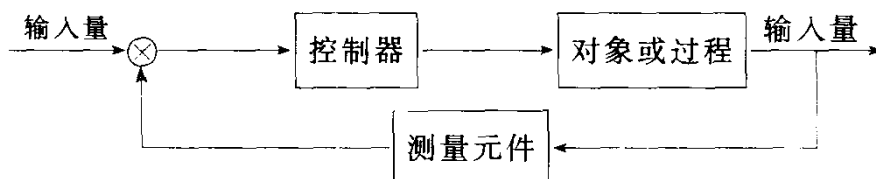


图 1-6 闭环控制系统

- (2) 按系统元件特性是否线性分,可分为线性和非线性控制系统。
- (3) 按系统中各信号是否是时间 t 的连续函数分,可分为连续和离散系统。
- (4) 按系统在给定输入量或扰动输入量作用下是否存在稳态误差,可分为有静差和无静差系统。
- (5) 按系统的输入输出的数量分,可分为单输入单输出系统和多输入多输出系统。
- (6) 按系统中参数是否随时间的变化来分,可分为时不变系统和时变系统。
- (7) 从研究自动控制系统的动态性能、运动规律和设计方法来分(也即按输入信号的类别分)主要有恒值系统和随动系统。

第三节 工业控制机简介

一、工业控制机的发展概况

工业控制机(简称工控机)是以电子计算机为核心的测量和控制系统。整个工业测控系统通常是由传感器、过程输入/输出设备、计算机以及执行机构等部分组成的。由系统对客观世界的各种工作状态进行实时数据采集、处理并对其实施控制,从而完成自动测控任务。例如,用它来实现对生产过程的自动监控、产品质量自动检验、能源自动检测与管理等。这类系统的采用,对于提高产品产量与质量、降低成本、确保生产安全、改善工作条件、减轻体力劳动、节省能源和材料、实现科学管理等具有重要作用。事实上,现代任何一种工业,例如,航空、航天、核能、电力、煤炭、石油、化工、冶金、机械、电子、交通、轻工、纺织等,都在努力实现这种测量和控制自动化。

工业控制机已成为实现我国工业、农业、国防和科学技术现代化的重要工具。工业控制机的出现和发展是工业生产发展的需要,是工业自动化技术发展的趋势。现代化的工厂设备,主设备性能提高,生产工艺更趋复杂,加之现代控制理论的发展,都要求由更完善的自动控制手段和工具以实现复杂的控制规律,例如,完成前馈、超驰以及非线性控制等。微电子技术的飞速发展与应用,使模拟仪表系统与数字系统装置联用的条件逐渐成熟。工业控制机正是在这种背景下迅速发展起来的。

工业控制机的发展在国际上大致可以分为三个阶段。

20 世纪 50 年代至 60 年代为工业控制机开创时期;60 年代末至 70 年代初为系列化小型工业控制机发展时期;进入 70 年代中期以后,以微型机为基础的工业测控系统获得迅速发展和广泛应用。这个时期是工业微型机测量控制系统(包括微型机自动测试系统、微型机数控及程控装置)和以采用 4C(计算机、通信、控制、CRT)技术为特征的分散型工业控制系统发展时期。

1. 开创时期

将数字式电子计算机作为测控系统的组成部分,这一思想萌芽于 1940 年左右。20 世纪 50 年代中期,数字计算机开始用于过程控制,最重要的工作开始于 1956 年。其中,TRW 公司和 Texaco 作了开创性工作,在计算机应用方面开辟了一个崭新的领域。工业界看到了计算机在提高自动化生产上的潜在力量,科研机构也看到了一个新的研究领域。

1962 年,英国的帝国化学工业公司(ICI)制造出一套以 Ferranti Argus 计算机为中心的过程控制系统。它可以直接测量 224 个过程参数并控制 129 个阀门。这是一种新的测控系统,它用数字技术代替了原有的模拟技术,而系统的功能保持不变。直接数字控制(DDC)技术制造简单,通信方便,而且容易实现不同回路间的相互作用。

2. 小型工业控制机系统发展时期

20 世纪 60 年代,随着电子工业的飞速发展,数字计算机技术取得了重大进展,以计算机为中心的测控系统得到迅速发展并推广应用。这个时期,计算机测控系统迅速推广应用的重要因素是计算机体积小,速度快,更加可靠,更加便宜。由于小型机的出现,系列化小型工业控制计算机系统、CNC 装置、小型可编程序控制器获得了发展。

3. 工业微型机测控系统发展时期

小型计算机仍然是一个相当大的系统,尽管计算机的性能不断提高,价格持续下降,但是对于计算机测控系统的广泛应用仍然是可望而不可及。1970 年之后,由于微电子技术的发展,大规模、超大规模集成电路和微处理器的发明,为工业测控计算机系统的飞速发展和广泛应用打下了坚实的基础。此后,特别是进入 20 世纪 70 年代中后期,采用微处理器的各式各样的工业控制装置,如微型机程控装置、数控装置、可编程序控制器、数据通信装置、数字信号处理技术和信号处理机等相继问世并迅速发展,推动着传统工业的技术改造和新兴工业的迅速发展。

我国工业控制机经历了 30 多年的发展历程,从工业巡检装置、小型工业控制发展到以微处理器为核心的单回路/多回路控制器、可编程序控制器、数控系统、工业控制标准总线模板系列和小型分散式控制系统。

20 世纪 50 年代末期,是我国工业控制机技术起步阶段。这个期间,我国开展了数控机床和仪表数字化技术的研究,试制了巡回检测装置,推动了工业控制机过程输入/输出技术研究的起步。这一时期国内研制成功干簧继电器采样装置并投入使用,提出了小信号数据放大器抗共模干扰的概念,为工业控制机模拟量输入通道打下了良好的技术基础。

20 世纪 60 年代采用国产第一批晶体管研制了通用巡检、报警、制表装置并投入了小批量生产。工业控制机研制成功,通用计算机则配置了过程输入输出通道用于工业控制。在此期间,我国还组织了直接数字控制装置的研制,并在炼油厂等领域应用。20 世纪 70 年代初期和中期是小型工业控制机成套设备发展阶段。1973 年,开始研制系列化小型工业控制机系统,发展了低、中、高速过程输入通道系列以及远程过程输入输出装置,研制了小型工业控制机网络系统;开展了全国数控机床攻关,数控机床的品种有了发展。

20世纪70年代后期至80年代,是微型工业控制机系统与分散型控制系统发展阶段。在这期间,引进了微处理器和一部分大规模集成电路器件,研制了微型工业计算机系统和分散性控制系统的过程控制站、监视操作站。引进了微型机数控装置、可编程序控制器、TDC2000分散型控制系统、单回路调节器等技术,并进行了国产化研究。外部设备、汉字处理系统、微型机自动测试系统进一步得到发展。

“六五”期间,工业控制机列入了国家计算机系列型谱,大大促进了工业控制机的发展。根据国家计算机发展规划,开展了工业控制机系统、分散型控制系统、工业控制功能模板系列,以及过程通道子系统、自动测试系统和微型机数控、程控装置等各系列产品的研究开发。

“七五”期间,分散型控制系统与工业控制局部网络列入国家攻关计划。我国工业控制机经过长时间的发展,已成为一个跨行业、跨部门、跨地区的高新技术产业。

二、工业控制机的作用

工业控制机在自动化系统中的作用,归纳起来大致有以下几个方面。

(1) 工业生产过程的直接控制。其中包括顺序控制、数字程序控制、直接数字控制。

(2) 生产过程的监督和控制。如根据生产过程的状态、原料和环境因素,按照预定的生产过程数学模型,计算出最优参数,作为给定值,以指导生产的进行。或直接将给定值送给模拟调节器,自动地进行整定、调整,传送至下一级计算机进行直接数字控制。

(3) 工业生产的过程中,对各物理参数进行周期性的自动测量,并显示、打印和记录结果供操作人员观测;对间接测量的参数或指标进行计算、存贮、分析判断和处理,并将信息反馈到控制中心,制定新的对策。

(4) 对车间或全厂自动生产线的生产过程进行调度和管理。

(5) 直接渗透到产品中形成带有智能型的自动化产品,如机器人、智能仪表等。

自动化系统的微型化、多功能化、柔性化、智能化、安全、可靠、低价、易于操作的特性都是采用工业控制计算机技术的结果,工业控制计算机技术是自动化系统中最活跃、影响最大的关键技术。

三、工业控制机的特点

(1) 可靠性高和可维修性好 可靠性和可维修性是两个非常重要的因素,他们决定着系统在控制上的可用程度。可靠性的简单含义是指设备在规定的时间内运行不发生故障,为此采用可靠性技术来解决;可维修性是指工业控制机发生故障时,维修快速、简单、方便。

(2) 环境适应性强 工业生产环境恶劣,这就要求工业控制机适应高温、高湿、腐蚀、振动、冲击、灰尘等环境。工业生产环境电磁干扰严重,供电条件不良,工业控制机必须要有极高的电磁兼容性。

(3) 控制的实时性 工业控制机应具有时间驱动和事件驱动能力,要能对生产过程工况变化适时地进行监视和控制。

(4) 完善的输入输出通道 为了对生产过程进行控制,需要给工业控制机配备完善的输入输出通道,如模拟量输入、模拟量输出、开关量输入、开关量输出、人一机通信设备等。

(5) 丰富的软件 工业控制机应配备较完整的操作系统、适合生产过程控制的应用程序。