

杨公源 主编

机电

自动控制技术应用丛书

控制技术的应用



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

自动控制技术应用丛书

机电控制技术的应用

杨公源 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书在介绍机电控制技术的含义、机电控制系统的基本要素、基本功能和机电控制系统设计方法的基础上,以 90%以上的篇幅列举了机电控制技术在位置控制系统、速度控制系统、过程控制系统及综合控制系统中的应用实例。同时,注重系统中各个要素之间的协调与匹配,即各个环节之间的“接口”,以期达到系统整体优化的目标。

本书供机电一体化、应用电子技术、电气自动化、过程自动化和计算机应用等专业和部门的广大工程技术人员、操作人员使用,也可作为大专院校的教材或教学参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机电控制技术的应用 / 杨公源主编. —北京: 电子工业出版社, 2005.5

(自动控制技术应用丛书)

ISBN 7-121-01168-9

I. 机… II. 杨… III. 机电一体化—控制系统 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 042686 号

责任编辑: 张 榕

特约编辑: 刘汉斌

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×980 1/16 印张: 26.25 字数: 588 千字

印 次: 2005 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 38.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

机电系统的核心是控制，因此，人们常将机电系统称为机电控制系统。就技术而言，当今的机电控制技术是微电子、电力电子、计算机、信息处理、通信、传感检测、过程控制、伺服传动、精密机械及自动控制等多种技术相互交叉、渗透、融合而成的一种综合性技术。

机电控制技术应用的领域，已由最初的离散型制造工业拓宽到连续型流程工业和混合型制造工业。与此同时，机电控制技术还与人们的生产和生活的方方面面密不可分。可以说，机电控制技术是无所不在的。对企业来说，掌握机电控制技术的目的在于开发出各式各样的机电控制系统，提升企业的竞争能力，为企业带来明显的经济效益和社会效益。

机电控制的难点在于机电系统中各个要素之间的协调和匹配，即各个环节之间的“接口”。只有在对多种技术的融汇贯通和综合应用的前提下，才能保证使机电系统处于优化工况。

为此，本书以 90%以上的篇幅介绍机电控制技术在位置控制系统、速度控制系统、过程控制系统及综合机电控制系统中的工程应用实例。读者可通过对书中实例的了解，仔细体会机电系统中各个要素之间的协调与匹配，达到举一反三的效果。

本书由杨公源担任主编。第 1 章和第 2 章由杨公源、陈云军合编；第 3 章由杨公源、杨玉光合编；第 4 章由杨公源编写；第 5 章由杨公源、贾红艳合编。此外，杜永良、郭会娟、李洪源、李丽华和阎吉功同志也参加了本书的编写工作。

在本书的编写过程中，我们得到了欧姆龙自动化（中国）统辖集团总裁办公室室长宫本武先生、总裁办公室学术交流科科长周珑先生、欧姆龙自动化（中国）集团北方市场开发支援统辖部天津事务所林春晖先生、西门子（上海）工业自动化有限公司杨力新先生、图尔克（天津）传感器有限公司宣向斌先生和威尔泰工业自动化有限公司徐刚先生的大力支持和帮助，在此一并表示感谢！

由于编写时间仓促，加之水平有限，书中错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 机电控制技术与机电系统概述	1
1.1 机电控制技术	1
1.2 机电控制系统的基本要素和功能	1
1.2.1 机械装置（结构功能）	2
1.2.2 执行器（驱动功能和能量转换功能）	2
1.2.3 传感器（检测功能）	3
1.2.4 计算机（控制功能）	3
1.2.5 动力装置（运转功能）	18
1.3 现代生产的三大类型	18
1.3.1 离散型制造业及其发展过程	18
1.3.2 连续型流程工业及其发展过程	19
1.3.3 混合型制造业	19
1.4 机电控制系统的设计方法	20
1.4.1 取代设计法	20
1.4.2 组件设计法	20
1.4.3 系统整体设计法	20
第 2 章 位置控制系统	21
2.1 20 工位转台定位控制系统	21
2.1.1 系统组成与工艺要求	21
2.1.2 系统设计	22
2.1.3 PLC 系统编程	37
2.1.4 系统整定与调试	51
2.1.5 系统分析	53
2.2 位置跟随控制系统	65
2.2.1 工艺要求与系统组成	65
2.2.2 控制器	66
2.2.3 传感器	75
2.2.4 驱动器（动力装置）	76

2.2.5	执行器	95
2.2.6	控制系统编程	97
2.2.7	系统整定与调试	114
第 3 章	速度控制系统	121
3.1	三单元速度比值控制系统	121
3.1.1	工艺要求与系统组成	121
3.1.2	三单元速度比值控制系统及数学模型	122
3.1.3	牵引辊/轧辊线速度比值控制系统设计	125
3.1.4	卷绕轴/牵引辊速度比值控制系统设计	134
3.1.5	控制系统编程	137
3.2	周期性角速度控制系统	157
3.2.1	工艺要求及控制系统组成	157
3.2.2	缠绕控制系统设计	158
3.2.3	退绕张力控制系统设计	163
3.2.4	缠绕控制系统编程	172
3.2.5	人机界面	191
第 4 章	过程控制系统	224
4.1	流量比值控制系统	224
4.1.1	工艺要求与工艺流程	224
4.1.2	流量比值控制系统	225
4.1.3	电磁流量计	227
4.1.4	计量螺旋	248
4.1.5	耐腐蚀泵	253
4.1.6	流量比值控制系统设计	256
4.2	液位控制系统	274
4.2.1	液位控制系统组成	274
4.2.2	控制方案	275
4.2.3	液位变送器	277
4.2.4	调节器/过程控制器	286
4.2.5	系统组态	294
4.2.6	系统组态程序、系统分析与调试	311
第 5 章	综合机电控制系统	316
5.1	概述	316
5.2	复合带材生产设备综合控制系统	317

5.2.1	工艺流程、技术要求及系统组成	317
5.2.2	筒纱退绕张力控制系统	320
5.2.3	预热室温度控制系统	325
5.2.4	胶槽温度控制系统	327
5.2.5	复合带材厚度检测与定量控制系统	329
5.2.6	卷绕张力控制系统	331
5.2.7	带盘端面整齐度控制系统（自动纠偏系统）	335
5.2.8	工控组态软件	336
5.3	热定型机综合控制系统	345
5.3.1	工艺过程与系统组成	345
5.3.2	计算机控制系统	347
5.3.3	拉伸同步控制系统	348
5.3.4	热风温度控制系统	356
附录 A	欧姆龙 C200H α PLC 编程指令	362
A.1	梯形图指令	362
A.2	位（bit）控制指令	363
A.3	联锁和联锁解除指令——IL（02）和 ILC（03）	364
A.4	跳转和跳转终了指令——JMP（04）和 JME（05）	365
A.5	结束指令——END（01）	366
A.6	空操作指令——NOP（00）	366
A.7	定时器和计数器指令	366
A.8	数据移位指令	369
A.9	数据传送指令	372
A.10	数据比较指令	377
A.11	数据转换指令	381
A.12	BCD 码运算指令	383
A.13	二进制运算指令	388
A.14	特殊算术指令	393
A.15	逻辑指令	397
A.16	子程序和中断控制指令	398
A.17	步指令	400
A.18	特殊指令	401
A.19	高级 I/O 指令	402
A.20	特殊 I/O 单元指令	405

附录 B 西门子 MM440 系列变频器	406
B.1 MICROMASTER 440 (MM440) 变频器参数简介	406
B.2 快速调试 (P0010=1)	408
参考文献	410

第 1 章 机电控制技术与机电系统概述

1.1 机电控制技术

当今的机电控制技术是微电子、电力电子、计算机、信息处理、通信、检测、过程控制、伺服传动、精密机械及自动控制等多种技术相互交叉、相互渗透、有机结合而成的一种综合性技术。

机电系统的核心是控制，因此，常将机电系统称为机电控制系统。机电系统强调机械技术与电子技术的有机结合，强调系统各个环节之间的协调与匹配，以便达到系统整体最佳的目标。

就机电控制技术所应用的制造工业而言，已由最初的离散型制造工业，拓宽到连续型流程工业和混合型制造工业。应用机电控制技术就会开发出各式各样的机电系统，机电系统遍及各个领域。

1.2 机电控制系统的基本要素和功能

首先要了解“系统”的含义，所谓系统，是由相互制约的各个部分组成的具有一定功能的整体。机电控制系统存在于各个领域，可以说是无处不在，而且种类繁多、千差万别，但归纳起来，它们都是由五大要素组成的，即由计算机、传感器、机械装置、动力装置及执行器组成，如图 1.1 所示。机电控制系统的五大功能如图 1.2 所示。

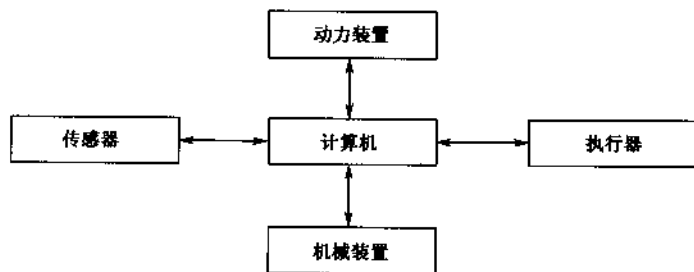


图 1.1 机电控制系统的五大要素

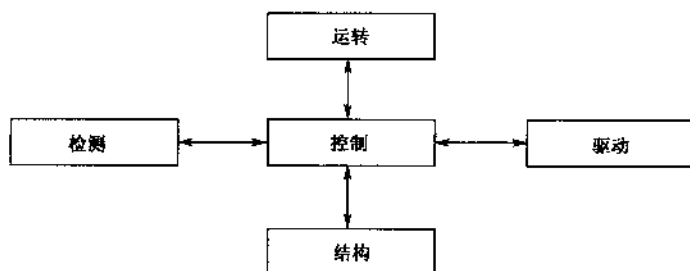


图 1.2 机电控制系统的五大功能

1.2.1 机械装置（结构功能）

机械是由机械零件组成的、能够传递运动并完成某些有效工作的装置。机械由输入部分、转换部分、传动部分、输出部分及安装固定部分等组成。通用的传递运动的机械零件有齿轮、齿条、链条、链轮、蜗杆、蜗轮、带、带轮、曲柄及凸轮，等等。两个零件互相接触并相对运动，就形成了运动副，由若干运动副组成的具有确定运动的装置称为机构。就传动而言，机构就是传动链。

为了实现机电控制系统整体最佳的目标，从系统动力学方面来考虑，传动链越短越好。因为在传动副中存在“间隙非线性”，根据控制理论的分析，这种间隙非线性会影响系统的动态性能和稳定性。另外，传动件本身的转动惯量也会影响系统的响应速度及系统的稳定性。在数控机床行业中之所以存在“半闭环控制”，其原因就在于此。

据此，提出了“轴对轴传动（DD 传动）”，如电动机直接传动机床的主轴，或者机床主轴就是电动机的转子，从而出现了各种电主轴。这对执行器提出了更高的要求，存在机械装置、执行器及驱动器之间的协调与匹配问题。

在必须保留一定的传动件时，在满足强度和刚度的前提下，应力求传动件“轻、薄、细、小、巧”，这就要求采用特种材料和特种加工工艺。

1.2.2 执行器（驱动功能和能量转换功能）

执行器包括以电、气压和油压等作为动力源的各种元器件及装置。例如，以电作为动力源的普通直流电动机、直流伺服电动机、三相交流异步电动机、变频用三相交流电动机、三相交流永磁伺服电动机、步进电动机、比例电磁铁、电磁粉末离合器/制动器、电动调节阀及电磁泵等；以气压作为动力源的气动电动机和汽缸；以油压作为动力源的液压电动机和液压缸等。

选择执行器时，要考虑执行器与机械装置之间的协调与匹配，如在需要低速、大推力或大扭矩的场合下，可考虑选用液压缸或液压电动机。

为了实现机电控制系统整体最佳的目标，实现各个要素之间的最佳匹配，已经研制出

将电动机、专用控制芯片、传感器或减速器等合为一体的装置,如德国西门子公司的变频器与电动机一体化的驱动装置,日本东芝公司的电动机和传感器一体化的永磁电动机等。又如,日本一家公司将电磁阀、传感器、控制器与汽缸等集成为一体化装置,使气动系统大为简化。

近年来,出现了许多新型执行器,如压电执行器、超声波执行器、静电执行器、机械化学执行器、光热执行器、光化学执行器、磁致伸缩执行器、磁性流体执行器、形状记忆合金执行器等。特别是一些微型执行器的出现,如直径为 0.1mm 的静电执行器,促进了微电子机械的发展。

1.2.3 传感器(检测功能)

传感器是从被测对象中提取信息的器件,用于检测机电控制系统工作时所要监视和控制的物理量、化学量和生物量。大多数传感器是将被测的非电量转换为电信号,用于显示和构成闭环控制系统。

传感器的发展趋势是频率化、复合化、数字化、集成化和智能化。为了实现机电控制系统的整体最佳,在选用或研制传感器时,要考虑传感器与其他要素之间的协调与匹配。例如,集传感检测、变送、信息处理及通信等功能为一体的智能化传感器,已广泛用于现场总线控制系统。又如,日本松下公司的传感器与执行器一体化交流永磁同步电动机及其配套的动力装置,可以方便地与具有高速计数模块的 PLC(可编程控制器)组成高精度位置控制系统。

1.2.4 计算机(控制功能)

机电控制系统的核心是控制,机电控制系统的各个部分必须以控制论为指导,由控制器(即计算机)实现协调与匹配,使整体处于最优工况,实现相应的功能。目前,机电产品、机电系统中控制部分的成本已占总成本的 50%或超过 50%。

目前,几乎所有的控制器都是由具有微处理器的计算机、输入/输出接口、通信接口及周边装置等组成的。机电控制系统中的控制器(计算机)可归纳为 12 种模式。

1. 专用单片机

为了实现控制器与其他要素之间的协调与匹配,机电控制系统中的单片机通常是针对系统功能专门研制的,如变频调速用单片机 80C196MC,与 MCS-96 相比较,80C196MC 中增加了波形生成器和信号处理阵列。波形生成器具有正弦脉冲宽度调制(SPWM)的功能。采用这种专用单片机,片外只需连接光电耦合器和功率驱动模块,就可以构成 SPWM 变频调速系统,从而使机电系统的软、硬件大为简化。

又如,SP500 系列变频器采用 32 位电动机专用单片机和具有世界先进水平的 SVPWM 控制及 SMT 技术,并选用第四代 IGBT 模块等最新电力电子器件。

2. 嵌入式控制器

嵌入式控制器的特点在于其独特的层叠栈接结构, 该结构无需底板和机箱, 可直接叠装。以 PC/104 系列为例, 某公司 PCM 系列模板尺寸为 90mm×96mm。用于机电控制系统的模板有 PCM-10410 高速数据采集板、PCM-10411 模拟量/数字量转换板、PCM-10416 数字量/模拟量转换板、PCM-10450 光电隔离 16 通道开关量输入模板及 PCM-3680 隔离 CAN 总线通信模板等 36 种。

中泰公司的 PC104 总线 PM500 系列的型号与功能:

(1) PCM-3350: GX1 233MHz CPU, 128MB DRAM, CRT/TFT LCD 屏接口, 10MB/100MB 网口, CFC 电子盘, 硬盘, 软驱, 打印, RS232×2、RS485×1 红外接口, USB 接口, 功耗低, 5V 1.04A, 工作温度-20℃~+85℃, 储存温度-40℃~+85℃。

(2) S104/DX-440: 486DX4-100, 在板 DRAM4~16MB, 支持 LCD, CRT 单色、彩色, 支持 DOC、FDC、IDE, 接口 2 串 1 并, 功耗+5V (DC)、0.9A, 宽温。

(3) S104/SX-330: Ali M6117C, 25~40MHz, 在板 DRAM4~16MB, 支持 LCD、CRT, 支持 DOC、FDC、IDE, 接口 2 串 1 并, 功耗+5V (DC)、0.6A。

(4) PCM-6052V: 386SX~40MHz, 4MB 内存, 接口 2 串 1 并, 支持 DOC、HDD、FDD (宽温)。

(5) SCM/SuperDXp: 486CPU, 33~133MB, RAM 16MB 在板, 接口 2 串 1 并, VGA, LCD, EL, 支持 DOC, 功耗 2.8~4W, 温度范围-40℃~+80℃。

(6) SCM/SuperPT: 6X86CPU, 200~300MHz, 支持 SDRAM 128MB, 接口 2 串 1 并, VGA, LCD, EL, 支持 CF 卡, 网口, USB, 温度范围-40℃~+80℃。

(7) EmCORE-i6352: 在板 PIII500CPU/赛扬 400, RAM 128MB, VGA, LCD, 支持 DOC, 网口, USB, 接口 4 串 2 并, IDE*2, FDD, 声卡, 16 路 DIO (5 寸板)。

(8) EmCORE-i312: 386SX-40CPU, EDO RAM4M, 接口 2 串 1 并。

(9) C3-533/800: CPU C3/533 或 800MHz, 网口, USB, VGA, LCD, 接口 2 串 1 并, 3 寸、5 寸板。

(10) IB104: PIII 级 104CPU 533/800, VGA, LCD, USB, LAN, 接口 2 串 1 并, 1*IDE, FDD, 支持 DOM 3800。

(11) PCM-3610: 10MB 以太网卡。

(12) PM-504: 串口扩展卡, 4 串口, RS232/RS485/RS422 协议可选。

中泰公司 PM500 PC104 总线数据采集板的型号与功能:

(13) PM-510: 12 位 A/D, 16 (单)/8 (双) 通道; 0~10V、±5V 输入, D/A 12 bit, 2CH, 0~5V、±5V、0~10V 输出; 采集频率 100kHz。

(14) PM-520: 12 位 D/A, 4 通道, 0~5V、±5V、0~10V、±10V 输入。

(15) PM-530: 48 通道 DIO、3 通道计数器。

(16) PM—540: 光隔 DI 16 通道双端输入方式, 隔离电压大于 500V。

(17) PM—541: 光隔 DO 16 通道双端输出方式, 隔离电压大于 500V。

(18) PM—511: 12 位 A/D, 8 (单) 通道; 0~10V、±5V 输入。12 位 D/A, 4 通道, 0~5V、±5V 输出。24 通道 DIO (52C55), 3 路计数定时 (82C54)。

(19) PM511P: 12 位 A/D, 16 (单) /8 (双) 通道; 0~10V、±5V、±10V 输入。12 位 D/A, 4 通道, 0~5V、±5V 输出。24 路可编程开关量 (82C55), 3 路计数定时 (82C54)。

(20) PM—513: 12 位 A/D, 16 (单) /8 (双) 通道; 0~10V、±5V、±10V 输入。12 位 D/A, 8CH, 0~2.5V、±2.5V 输出; 48 路可编程开关量 (82C55), 6 路计数 (宽温)。

(21) PM—581: 系统功能扩展板, 可接 16 键非标键盘, 1 个 RS485 接口, 1 个 RS232 接口, 环境温度报警。

(22) PM—582: 8 路继电器输出, 8 路光隔开关量输入, 外接两用接口板, 继电器触点容量: AC 0.5A/125V, DC 1A/30V, 0.3A/110V, 输入电压 3~24V。

(23) *PM512: 16 位, 100kHz, 16 (单) /8 (双) 通道, 0~5V, ±5V、±10V 输入, 8 路开关量输入/输出, 可宽温。

(24) *PM519: 12 位, 4 通道并行同时转换, 0~+5V 输入, 转换速率 100kHz, 8 通道开关量输入/输出。

(25) *PM539: 脉冲计数测频卡, 12 通道 16 位计数, 24 路可编程开关量, 内部提供 4MHz 基准时钟脉冲。

(26) *PM539P: 步进电动机控制卡, 12 通道 16 位计数, 24 路开关量, 内部提供 4MHz 基准时钟脉冲, 提供控制软件包。

中泰公司 PC104 数据采集板型号与功能:

(27) DMM—XT: 16 通道, 12 位 A/D, 100kHz; 2 通道, 12 位 D/A, 8 路 DIO; 工作温度 -40℃~+85℃

(28) DMM—NA—XT: 16 通道, 12 位 A/D, 100kHz; 16 路 DIO; 工作温度 -40℃~+85℃ 7200DMM—16—XT 16 通道, 16 位 A/D, 100kHz; 4 通道, 12 位 D/A, 16 路 DIO; 工作温度 -40℃~+85℃。

(29) DNN—16—NA—XT: 16 通道, 16 位 A/D, 100kHz; 16 路 DIO; 工作温度 -40℃~+85℃。

(30) DMM—32—XT: 32 通道, 16 位 A/D, 200kHz; 4 通道, 12 位 D/A, 24 路 DIO; 工作温度 -40℃~+85℃。

(31) DMM—10M: 2 通道, 12 位 A/D, 10MHz; 4 通道, 12 位 D/A; 工作温度 0℃~+70℃。

(32) DMM—250M: 2 通道, 8 位 A/D, 250MHz; 工作温度 0℃~+70℃。

(33) RMM—416—XT: 4 通道, 16 位 D/A, 24 路 DIO; 工作温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 。

(34) QMM—5/10—XT: 5/10 通道, 16 位定时计数器, 20MHz, 16 路 DIO; 工作温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 。

(35) IR104: 20 路光隔离 DI, 20 路继电器输出; 工作温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 。

可见, 嵌入式控制模式的板卡种类丰富, 加之独特的层叠栈接结构, 可构成低成本控制系统。

3. 智能 I/O 模块

基于网络的模块化控制器是 21 世纪工控产品的发展主流。在机电控制系统中, 采用工业控制计算机 (IPC) 为上位机, 用于监视和管理, 现场控制器 (也称前端控制器) 为基于网络的智能 I/O 模块, 如采用八种现场总线之一的 CAN (Controller Area Network) 总线的智能 I/O 模块。下面介绍华控公司的 SMCAN 智能模块。

SMCAN 的特点如下:

(1) 每一种模块都有单独的 CPU, 模块既可工作在单机运行模式, 也可工作在联网运行模式。

(2) 模块上固化有组态解释程序、系统控制程序和控制算法软件包, 无需用户二次开发, 只需根据使用对象对其参数进行组态。

(3) 模块具有上电自检功能, 并可在正常运行中对各个输出端口进行检测。

(4) 每一种模块都有可插拔式接线端子, 方便用户现场接线和更换模块。

(5) 网络中的任何一个模块均可作为节点, 与网络中的其他模块通过 CAN 协议进行通信, 交换信息, 传输速率为 1Mb/s。

(6) 系统配置灵活, 整个网络系统可以从 1 个节点配置到 64 个节点。

(7) 系统界面采用 Windows 图形界面, 用户操作方便。

(8) 模块由外部 24V (DC) 电源供电, 经隔离型 DC/DC 对模块内部提供电源, 提高了抗干扰能力。

智能 I/O 模块包括数据采集型模块 (SMCAN01)、回路控制型模块 (SMCAN02)、混合型模块 (SMCAN03)、开关量输入/输出模块 (SMCAN04), 以及热电阻信号采集模块 (SMCAN05) 等。

4. 超级 ADAM 模块装置

ADAM 系列是研华公司开发的远程智能信号处理模块 (智能控制器), 是专门为恶劣环境下能可靠运行而设计的小体积的分布式数据采集与控制系统。ADAM 模块的尺寸为 $60\text{ mm}\times 112\text{ mm}\times 20\text{ mm}$ 。ADAM 系列远程智能信号处理模块的特点如下:

(1) 一个串口最多可支持 256 个模块。

(2) 每个 ADAM 模块可支持 64 点 DI/DO 或 32 个模拟量。

- (3) 网络和 I/O 点均有诊断用状态指示灯。
- (4) 远程可编程输入/输出类型和范围。
- (5) I/O 隔离、通信隔离、电源隔离。
- (6) 两线制, 多点 RS-485 网络, 传输速率为 115.2kb/s。
- (7) 系统软件包 Genie。

Genie 是研华公司的数据采集与控制软件包, 具有直接面向对象的图形用户接口, 使控制策略、显示及建立简单化。Genie 提供了一组代表工业标准的数据采集、控制和运算图标。

使用策略编辑器, 可以很方便地产生控制策略, 只需简单地选择基于图标的功能块, 把它们放在适当的位置并按控制策略把它们加以链接即可。

使用显示编辑器, 可以获得动态显示画面, 产生仪器面板、控制面板和图表等。

研华公司的 ADAM-7000/CAN 系统为采用 CAN 总线的产品, 传输速率为 1Mb/s。

5. 可编程控制器 (PLC)

1969 年, 美国 DEC 公司研制出世界上第一台可编程控制器 (PLC), 用于美国通用汽车公司的自动装配生产线。汽车制造业属于离散型制造业, 故 PLC 是针对离散型制造业提出来的, 侧重于顺序控制。经过多年的实践与发展, 目前的 PLC 具有顺序控制、定位控制、运动控制及过程控制等多种功能, 广泛用于离散型制造业、连续型流程工业及混合型制造业。

作为一种特殊形式的计算机控制装置, PLC 具有许多独特之处, 其特点归纳如下:

1) 模块化结构利于系统组态

为了使 PLC 适用于顺序控制、定位控制、运动控制和过程控制, 各个 PLC 公司都生产通用 I/O 模块和各种专用模块。以日本 OMRON 公司的 CSI 系列为例, 它包括供电单元、CPU 单元、基本 I/O 单元、高密度 I/O 单元、B7A 接口单元、模拟计时单元、中断输入单元、高密度输入单元、高密度输出单元、DC 输入/晶体管输出单元、模拟量输入单元、模拟量输出单元、模拟量 I/O 单元、温度传感单元、温度控制单元、模糊逻辑单元、PID 控制单元、高速计数单元、位置控制单元、运动控制单元、凸轮定位单元、ID 传感器单元、ASCII 单元、声音单元、串行通信单元、Controller Link 单元、Ethernet 单元、CompoBus/S 单元、CompoBus/D 单元及 PC 链接单元等。

根据机电控制系统的功能, 可以选用相应的模块, 快速完成系统组态。

2) 面向使用者的梯形图语言编程

PLC 不要求使用者必须具有一定的计算机软、硬件知识, 只要使用者了解通常的继电器-接触器控制电路图, 就可以应用类似的“梯形图”语言编程。以日本 OMRON 公司 PLC 为例, 可以在普通 PC 上应用该公司提供的 CPT 软件或 CX-P 软件绘制出梯形图, 经检查无误后, 通过 RS-232 接口将程序下装给 PLC, 既省时又方便。

3) 模块的独立性

为了减轻 CPU 单元的负担、提高响应速度和改善系统动态性能, PLC 的一些特殊单元或专用单元一般都具有自己的微处理器和存储器, 在完成初始化操作后, 这些单元就可以独立工作。例如, OMRON 公司的 C200H-NC111/NC211 位置控制模块, 其本身具有微处理器、存储器、脉冲发生器、系统总线接口及 I/O 接口等, 可以独立地输出脉冲以控制步进电动机或交流永磁伺服电动机, 完成定位控制任务。同时它也可以接收 PLC 的 CPU 发来的命令和参数设置。

4) 模块的智能化

在闭环控制系统中, 如果控制器的参数不能在线自动修改, 就很难实现系统整体最佳的目标。其表现为被控变量超调大、调整时间长和振荡次数多等。目前, 各个 PLC 公司都研制出了智能控制模块, 如 OMRON 公司的 C200H-FZ001 模糊逻辑控制单元, 该单元的关键部件是高性能模糊逻辑处理器(模糊控制器)。

模糊控制的特点是根据偏差和偏差变化率的数值, 通过模糊推理得出相应的控制策略, 在其控制下, 系统既响应快又超调小, 可使系统处于最佳工况。

5) 运行可靠

PLC 采用了多种抗干扰措施, 如屏蔽、多级滤波、输入/输出光电隔离、监视定时及输入延时滤波等措施, 有效地防止了来自场和路的电磁干扰, 使机电系统运行可靠。

6) 近年来 PLC 技术的创新

随着 PLC 的国际标准 IEC 61131 的正式颁布, 生产 PLC 的厂家在技术上都有所创新, 表现在以下几个方面。

(1) PLC 与 PC 的融合。为了加强 PLC 的信息处理能力, 日本康泰克(CONTEC)公司与三菱电机公司合作, 推出了插装在 Q 系列 PLC 机架上的 PC 模块。PC 模块通过 PLC 内部总线与 PLC 的 CPU 模块交换数据。PC 模块的微处理器采用 Intel 的 Celeron 400MHz 主频系统, 内存 128MB, Cache 128KB; 支持外挂显示器, 最大分辨率为 1024×768 像素。USB 接口有 2 个, 以太网插口为 RJ45, 串口 RS232C 有 2 个, 并口 1 个; 外挂软盘驱动器口, 外挂硬盘驱动器口; 有 2 个 PC 卡件(PCMCIA 总线)。硬盘模块或固态盘模块插装在 PLC 机架上。

PC 模块可预装 Windows NT 4.0 或 Windows 2000。它支持的软件之一是三菱综合 FA 软件 MELSOFT, 该软件包括 PLC 编程软件 GX、FA(工厂自动化)数据处理与日常业务处理加速中间件 MX、人机界面设计编程软件 GT、运动控制设计编程维护软件 MT, 以及过程控制设计编程维护软件 PX。

它支持的另一个软件是三菱 FA 用通信中间件 EZSocket, 可用于通信、数据采集、图像处理分析、信息处理及生产管理。

(2) 多 CPU 模块。为了使 PLC 能够胜任逻辑控制、顺序控制、运动控制和过程控制,

PLC 生产厂家纷纷推出多 CPU 模块结构的 PLC。三菱公司的 Q 系列 PLC 可以在一个机架上插装 4 个 CPU 模块, 分别执行逻辑控制、顺序控制、运动控制和过程控制任务。

(3) 编程语言。文本化编程语言 (ST、IL) 和图形化编程语言 (LD、FBD、SFC) 的多样性, 创造了更能表达控制要求、更易于文字处理、更适应通信能力的编程环境。

PLC 的技术创新, 使得 PLC 广泛用于离散型制造业、连续型流程工业和混合型制造业, 如以 PLC 为基础的集散控制系统 (DCS)、现场总线控制系统 (FCS)、监控和数据采集系统 (SCADA) 及柔性制造系统 (FMS)。

6. 可编程计算机控制器 (Programmable Computer Controller, PCC)

PCC 是由 PLC 发展而来的, 它可用于既有开关量又有模拟量的控制系统, 也可用于复杂的过程控制和集散控制系统。PCC 有以下几个特点。

1) 独立的 I/O 总线和系统总线

系统总线与 I/O 总线分离, 两者不会相互影响。I/O 模块和电源模块位于 I/O 总线上, 多处理器模块、网络模块等系统模块位于系统总线上。I/O 总线具有可靠的协议, 并行数据传输, 数据传输速率高。

2) PCC 的分时多任务操作系统

PCC 的最大特点是具有大型计算机的分时多任务操作系统 (PCCSW)。分时多任务操作系统来自大型计算机, 它将整个操作界面划分为数个具有不同优先权的任务等级, 每个任务等级又包括多个具体任务, 在这些具体的任务中再进行优先权的划分, 优先权高的任务先被执行。分时多任务操作系统将控制要求分成多个任务 (task), 并且在一个扫描周期内同时执行。一般 PLC 的扫描周期取决于用户程序的长短, 程序越长扫描周期也越长, 这就限制了控制系统的响应速度。PCC 采用分时多任务操作系统, 使得用户程序的运行周期与程序长短无关, 运行周期由操作系统的循环周期决定, 从而改善了控制系统的实时性。

奥地利贝加莱公司的可编程计算机控制器 (PCC) B&R 2000 系列, 提供了 GDM 编辑器。使用 GDM 编辑器, 就能够自动地将应用项目分成多个部分, 如 PLC 层、PROCESSOR 层、MP、IP 及 TASK 层。

(1) PLC 层: 应用项目中所有控制单元在此层作为对象显示。

(2) PROCESSOR 层: 多处理器或智能 I/O 处理器在此层作为对象显示。

(3) MP: 完全访问所有 I/O 数据的多处理器, 这些系统模块的操作独立于主 CPU, 编程方式与主 CPU 相同。MP 技术从硬件上保证了信息处理能力。

(4) IP: 具有特殊功能的智能型模块, 如控制器模块及高速 I/O 模块。这些模块的操作独立于主 CPU, 编程与主 CPU 相同。IP 技术从硬件上保证了模块的信息处理能力。

(5) TASK 层: 所有的任务、数据模块、文本模块及系统模块均在此层作为对象显示, 用户可以在此层上定义多个任务。

应用分时多任务操作系统, 可以方便地根据各种监控任务的要求, 如温度 PID 控制、