

21世纪高等院校规划教材

SEARCH

SCANNING

计算机控制技术

COMPUTER CONTROL TECHNOLOGY

主 编 周少武

副主编 吴亮红 赵延明

湘潭大学出版社

21 世纪高等院校规划教材

计算机控制技术

主 编 周少武

副主编 吴亮红 赵延明

湘潭大学出版社

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术 / 周少武主编. — 湘潭: 湘潭大学出版社, 2017.8

ISBN 978-7-5687-0114-3

I. ①计… II. ①周… III. ①计算机控制 IV. ①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第180045号

计算机控制技术

JISUANJI KONGZHI JISHU

周少武 主编

责任编辑: 丁立松

封面设计: 张丽莉

出版发行: 湘潭大学出版社

社址: 湖南省湘潭大学工程训练中心

电话: 0731-58298960 0731-58298966 (传真)

邮编: 411105

网址: <http://press.xtu.edu.cn/>

印刷: 长沙理工大印刷厂

经销: 湖南省新华书店

开本: 787 mm×1092 mm 1/16

印张: 12.75

字数: 319千字

版次: 2017年8月第1版

印次: 2017年8月第1次印刷

书号: ISBN 978-7-5687-0114-3

定价: 28.00元

前言

本书从工程系统设计应用出发,结合作者多年来的工程应用实践,从过程通道与人机接口技术、顺序控制与数字程序控制、数字控制技术、工业控制网络、电磁兼容性与自诊断技术、煤矿综合自动化监控系统、微型计算机控制系统设计等方面,系统地介绍了计算机控制系统的组成原理和设计方法。

本书可供高等学校自动化与电气类专业学生使用,也可供研究生与相关工程技术人员参考。

2017年5月于湖南科技大学

前 言

计算机控制技术包含自动控制理论、计算机技术、现代检测技术、通信技术及网络技术等内容,是自动化与电气工程类专业的一门重要的综合专业课。计算机控制技术已成为工业控制系统中不可缺少的重要手段,可以毫不夸张地说,离开了计算机就谈不上自动控制,就谈不上自动化。控制领域中计算机应用从单片机、工业控制计算机、PLC、微机系统、工业控制网络到大型综合自动化系统,推动了工业控制的进步,计算机控制技术已成为工业控制系统中的核心关键技术。

本书从工程系统设计应用出发,结合作者多年来的工程应用实践,系统地介绍了计算机控制系统的组成原理和设计方法。

全书共分为八章。第一章简要地介绍了计算机控制系统的组成原理及发展过程;第二章重点介绍了计算机控制系统过程通道与人机接口技术;第三章讨论了顺序控制与数字程序控制方法;第四章重点介绍了计算机控制系统信息处理方法和数字控制器设计方法;第五章介绍了工业控制网络技术;第六章讨论了计算机控制系统电磁兼容性与抗干扰技术;第七章简要介绍了煤矿综合自动化系统的构成原理与工程实现;第八章结合工程应用实例,详细地介绍了计算机控制系统的工程设计方法。

本书在编写过程中得到了湖南科技大学成继勋教授、中煤科工集团相关科研院所领导的支持,在此一并表示感谢。

本书获湖南省教育厅精品课程“计算机控制技术”(湘教通[2009]252号)的资助。

由于编者水平有限,书中不当之处与错误在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2017年5月于湖南科技大学

目 录

第一章 计算机控制概论	(1)
第一节 计算机控制方式的分类	(1)
第二节 计算机控制系统的组成	(3)
第三节 计算机控制装置的种类	(4)
第四节 计算机控制系统的发展趋势	(8)
第二章 过程通道与人机接口技术	(11)
第一节 基本接口技术	(11)
第二节 数字量输入输出通道	(19)
第三节 模拟量输入通道	(26)
第四节 模拟量输出通道	(45)
第五节 人-机接口技术	(50)
第三章 顺序控制与数字程序控制	(63)
第一节 顺序控制与 PLC 的基本原理	(63)
第二节 F 系列 PLC 及基本指令系统	(69)
第三节 PLC 应用设计举例——PLC 控制自动扶梯	(75)
第四节 数字程序控制原理	(77)
第五节 数控机床的伺服系统	(83)
第四章 数字控制技术	(90)
第一节 计算机控制系统输入数据的处理	(90)
第二节 数字 PID 控制算法	(100)
第三节 PID 控制算法的改进	(104)
第四节 数字 PID 调节器的参数整定	(108)
第五节 纯滞后补偿控制	(112)
第六节 数字控制器的直接设计方法	(115)

第五章 工业控制网络	(126)
第一节 工业控制网络概述	(126)
第二节 典型现场总线技术	(129)
第三节 工业以太网技术	(143)
第六章 电磁兼容性与自诊断技术	(148)
第一节 干扰源和干扰耦合的方式	(148)
第二节 抗干扰技术	(152)
第三节 瞬态干扰及其抑制	(157)
第四节 长线传输干扰及其抑制	(162)
第七章 煤矿综合自动化监控系统	(164)
第一节 煤矿安全监控系统	(165)
第二节 矿井人员定位与管理系统	(167)
第三节 矿用胶带输送机监控系统	(169)
第四节 矿用风机在线监测系统	(171)
第五节 矿井水泵监测系统	(172)
第六节 矿用无线通信系统	(173)
第八章 微型计算机控制系统设计举例	(176)
第一节 计算机控制系统设计的一般步骤	(176)
第二节 设计举例之一——大型粮食中转仓库计算机控制系统	(182)
第三节 设计举例之二——计算机温度控制系统	(187)
参考文献	(194)

第一章 计算机控制概论

计算机的发明是 20 世纪最卓越的科学技术成就之一，它的出现使科学技术产生了一场深刻的革命，使人类社会步入了信息时代。最初，计算机主要用于科学计算。20 世纪 50 年代开始进入工业控制领域。20 世纪 70 年代以来，随着微型计算机的出现，计算机控制技术和装置迅速发展。由于计算机有强大的逻辑判断、数字计算和信息处理能力，大大提高了自动控制的水平和控制系统的可靠性。

第一节 计算机控制方式的分类

计算机控制系统按控制方式可分为模拟数据采集与调节系统、顺序逻辑控制系统、数字程序控制系统，还可按对象分为计算机过程控制和运动控制(电力拖动控制)两大类，本书以论述计算机过程控制为主。

一、计算机模拟数据采集与调节系统

计算机模拟数据采集与调节系统通常称为计算机控制系统，按其工作方式或功能又可分为数据采集与处理、直接数字控制和监督控制等，这是本书的重点内容。

1. 计算机数据采集与处理系统

这种系统不直接参与生产过程的控制，只对过程的大量参数进行数据采集、存储、记录和显示，供操作者集中监视和管理。系统还可对采集的数据进行整理、统计和分析，指导生产过程的控制；对越限的数据实施报警，确保生产过程的安全。计算机数据采集与处理系统的结构如图 1-1 所示。

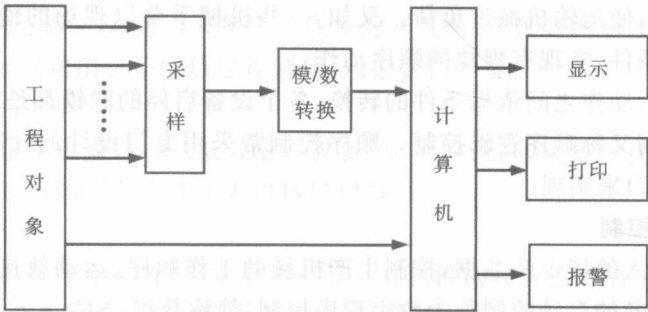


图 1-1 计算机数据采集与处理系统的结构框图

2. 直接数字控制系统

直接数字控制(DDC, Direct Digital Control)是采用计算机作为调节器的闭环控制方

式。最简单的单回路控制系统的结构如图 1-2 所示。

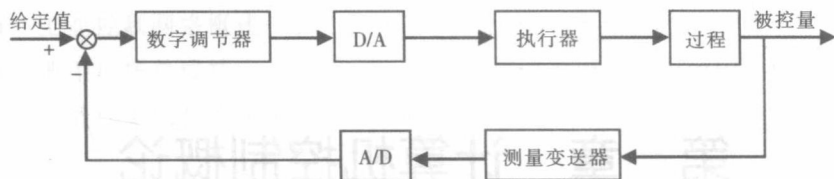


图 1-2 计算机单回路控制系统的结构

计算机通过输入通道采集过程参数，即过程参数由测量变送器转换成标准的模拟量（如 4~20 mA 信号）进入计算机，通过 A/D 转换器转换成数字量，与机内存贮的给定值比较以后，由数字调节器（软件）按规定的控制规律进行运算，运算结果由 D/A 转换器转换成标准的模拟信号控制执行器动作。

在 DDC 系统中，计算机取代了模拟调节器，其控制算法（PID 等）是由软件实现的，它不仅可以实现简单的单回路调节，还可以实现前馈、串级、超前-滞后补偿等复杂的控制。

3. 计算机监督控制

DDC 一般是给定值不变的控制，当生产过程的工况变化时，要求改变给定值以适应新的工况。监督控制（SCC, Supervisory Computer Control）中，计算机根据生产过程工况和过程数学模型进行计算，用以改变 DDC 控制器的给定值。因此，SCC 又称为给定值控制（SPC, Set Point Control）。

SCC 系统可以实现最优控制、自适应控制。它常与 DDC 组成二级控制系统。DDC 作为第一级，通常包括一条生产线或一个车间的多个 DDC 控制回路（子系统）。SCC 是第二级控制系统，它监视各个子系统的状态，计算各个子系统的最佳给定值，投入或切除子系统，使各个子系统协调工作，生产过程达到最佳运行状态。SCC 级往往还要完成各设备启停的顺序逻辑控制。当某个子系统发生故障时，SCC 计算机还可以替代故障回路完成 DDC 控制。

二、计算机顺序逻辑控制系统

使生产过程按照一定时序进行或使生产设备按照一定的顺序动作或启停的自动控制称为顺序控制。在生产过程中，工件的加工、传送、装配、检验、包装等许多工序都要进行顺序控制。例如，多台皮带运输装载机串接运输物料时，应由后至前地顺序启动，停车则相反，否则物料将产生堆积，使运输机械过负荷。又如，一些机械手要以现场的输入信号（通过行程开关等）作为转换条件，实现有规律的顺序动作。

在顺序控制中，动作之间依据条件的转换，各个设备启停的连锁都是通过逻辑运算实现的。因此，顺序控制又称顺序逻辑控制。顺序控制常采用专门设计的计算机装置——可编程逻辑控制器（PLC）来实现。

三、数字程序控制

计算机根据输入的指令和数据，控制生产机械的工作顺序、运动轨迹、运动速度和距离等自动完成工作任务的自动控制称为数字程序控制，简称数控（NC）。

数字程序控制主要用于各种机床的自动控制，如车床、铣床、加工中心、电火花线切割机、焊接及切割机等。数控机床有许多优点，如加工精度高、生产效率高、能加工形状复杂的零件、易于改变加工零件的品种等。

目前,数控系统大都采用开环控制,计算机的输出驱动步进电机对工件、加工工具或工作台的运动进行精确的控制。

第二节 计算机控制系统的组成

计算机控制系统由硬件及软件组成。

一、硬件组成

基本的计算机控制系统由控制计算机、现场仪表和生产过程(控制对象)构成,如图 1-3 所示。现场仪表包括传感器、变送器和执行器等,控制计算机由主机、人机接口设备、过程输入输出通道等构成。

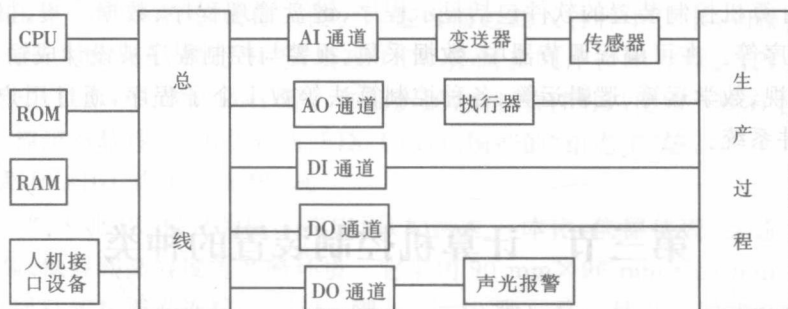


图 1-3 基本的计算机控制系统的结构

1. 主机

主机由 CPU、总线、ROM、RAM 等构成。主机运行系统软件和应用软件,在相应的硬件配合下完成数据的采集、存储、显示、报警和控制等任务。

2. 过程输入、输出通道

过程输入、输出通道包括模拟量输入(AI)通道、模拟量输出(AO)通道、开关量输入(DI)通道和开关量输出(DO)通道。AI 通道接收由现场变送器送来的由过程参数转换成的模拟信号(通常是 4~20 mA 或 1~5 V 的标准信号),将它转换成数字信号送入主机。AO 通道将主机送出的数字信号转换成模拟信号(通常是 4~20 mA 的标准信号)输出。如果是控制信号,则送给执行器。DI 通道采集生产现场的开关量,如设备的启停状态、行程开关的位置等。DO 通道可以送出设备的启停控制信号、报警信号等。

3. 人机接口设备

人机接口设备包括键盘、鼠标、纸带输入设备、显示器、打印机等。在一些单板机中,采用拨码盘、电位器输入给定值,也属于人机接口设备。

二、软件构成

不同类型的计算机控制装置(见本章第三节),其软件构成有很大的不同。

1. 与 IBM PC 兼容的工业控制计算机及 DCS 监控计算机软件

这类工业控制计算机软件可以分为系统软件和应用软件两部分,系统软件包括操作系统、数据库、各种语言的汇编、解释或编译软件等。工控机中使用的操作系统有 DOS、实时多任务操作系统、Windows 等。在 Windows 出现以前,由于 DOS 是一种单任务、单线程

的操作系统,难以完成实时、多任务的工业控制要求,因此,盛行多种专为实时控制用的实时多任务操作系统,如 RMX-86、RTX、AMX 等,还有的是在 DOS 基础上增加一个多任务调度程序。Windows 尤其是 Windows/NT 出现以后,很快便成为工控机的主要操作系统。此外,也有采用 UNIX 系统的。

工控机应用软件的核心任务是完成数据采集、显示报警和控制。国内外一些控制厂商开发了通用工控组态软件包,如 Intellution 公司的 FIX、Wonderware 公司的 InTouch、北京亚控自动化软件公司的“组态王”等。这类软件有友好的人机接口,可以形象动态地显示工艺流程画面和过程参数,进行各参数的历史趋势显示、报警显示等。软件一般还包括一个制图软件包用于绘制工艺流程图。用户购买这类软件后,要针对具体的系统组态(配置),进行二次开发。安装这类软件的计算机可以作为监督控制计算机,也可实现直接数字控制。

2. 工控单板计算机、单回路调节器及 DCS 现场控制站的软件

这一类计算机控制装置的软件包括显示程序、键盘管理程序、数据采集、报警与控制程序、自诊断程序等。在可编程调节器中,数据采集、报警与控制程序被设计成输入处理、输出处理、超限监视、数学运算、逻辑运算、各种控制算法等数十个子程序,通过用户的“组态”连接成一个软件系统。

第三节 计算机控制装置的种类

计算机控制装置按控制方案和体系结构主要有以下一些类型:在电力拖动的调速或位置随动系统中,较多地使用单板机或专用的嵌入式计算机装置,而工控机、DCS、单回路调节器等则用于过程控制。

一、单板机或专用控制装置

单板机是将 CPU、ROM、RAM、I/O 接口、输入/输出通道、人机接口安装在同一印制电路板上的小型计算机系统,其 CPU 有 8085、Z-80、8086、80C186 等,也可采用单片机通过扩展构成单板机。

我国在 20 世纪 80 年代曾广泛采用 CPU 为 Z80 的 TP801 型 8 位单板机作为教学机,同时也广泛将单板机用于工业控制领域。在计算机调速系统中,常采用类似单板机的专用计算机装置。

二、并行总线式工业控制计算机

这种计算机的硬件采用模块化设计,CPU 模块、各种 I/O 通道模块、电源模块等通过标准的并行总线连接成计算机系统,并行总线式工控机采用的总线类型有 Multibus、Nubus、VME、MCA、STD、ISA、EISA、PCI、PC-104 等多种。

1. STD 总线工控机

STD 总线是 1978 年由美国 Pro-Log 公司推出的,1981 年成为 IEEE P961 标准,20 世纪 80 年代末 90 年代初,在我国的应用达到高峰。

STD 总线为 56 线小尺寸板结构,推出时为 8 位数据总线,CPU 为 Z80、8088 等,后来扩展到 16 位和 32 位数据总线,在 20 世纪 80 年代,其成本相对较低,模板种类多。采用 Z80 CPU 的机器与当时的教学机 TP801 软、硬件兼容,采用 8088、8086、80286、80386 的机器与

IBM PC 软件兼容,且可靠性较高,故获得广泛的应用,后因 IPC(工业 PC 机)的发展,逐渐被替代。

2. PC 系列总线工控机(工业 PC 机,即 IPC)

工业 PC 机在硬件与软件上与商用台式 PC 机兼容,正是由于这一点,IPC 与商用 PC 在硬、软件上几乎同步发展,其 CPU 从 8088、8086、80286 发展到今天的多核处理器,其系统总线则从 ISA(8 位数据的 PC 总线和 16 位数据的 AT 总线)、EISA 发展到 PCI 总线。

IPC 与商用 PC 在结构和性能上有较大的区别。在结构上,IPC 充分考虑到能经受高低温冲击、潮湿、振动、电磁干扰、粉尘等考验。IPC 采用加固的密封机箱,内部正压送风。IPC 的母板上只有总线插槽而没有 CPU 及其外围器件、存储器等,CPU 卡与其他 I/O 卡一样通过总线插座连接。IPC 采用工业级电源,使用的集成电路一般也为工业级,它适用的环境温度达到 $-20\sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

IPC 可以用作监控计算机(或称上位机),也可通过插入各种 I/O 卡,如模拟输入/输出即 AD/DA 卡、开关量输入/输出卡等,实现 DDC 控制及顺序逻辑控制。IPC 使用和商用 PC 相同的系统软件 DOS、Windows 等。如前所述,控制软件可以使用一些有名的控制仪表公司开发的工控组态软件,如 InTouch、FIX、Citect、国产的“组态王”等。

3. 嵌入式 PC/104 总线工业 PC 机

PC/104 总线工业 PC 机是为嵌入式应用(如机电一体化、仪器仪表、交通工具等)而设计的,可用于高、低温和高湿度等严酷环境。它采用 $90\text{ mm}\times 96\text{ mm}\times 15\text{ mm}$ 小板结构,模板之间用 104 线针式接插件连接(一个 64 脚,一个 40 脚),是一种自选层式结构,芯片全部采用 CMOS 电路,功耗极低,每个模块仅 $1\sim 2\text{ W}$,电源、显示器、驱动器等通过模板边沿的转角连接器连接。PC/104 IPC 软件也与商用 PC 兼容。

三、分散型控制系统(DCS)

随着工业生产过程规模的扩大,人们曾希望用一台大型计算机来控制、管理整个生产过程,但人们很快就发现,这一控制模式是不成功的,控制的高度集中带来了危险的高度集中,一旦计算机发生故障,后果极其严重。

DCS(Distributed Control System)是用多台微机对过程进行分散控制、集中操作、分级管理,从而使危险分散,可靠性提高。如果增加备用微机,还可构成故障不中断控制系统。

传统的 DCS 的基本结构如图 1-4 所示。

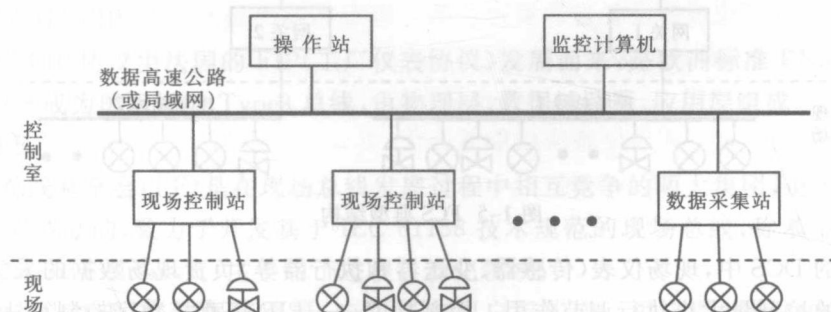


图 1-4 传统的 DCS 的基本结构

现场控制站(或控制处理机)完成现场数据采集及直接数字控制(DDC),它通过 $4\sim 20\text{ mA}$ 的模拟信号从现场的变送器获取过程值,并将控制量送给执行器。各现场控制站通过数据高

速公路(或局域网)相互通信并与监控计算机(上位机)、操作站通信。监控计算机负责集中监控,协调各控制站,并完成一些高级控制策略。操作站完成人机交互、监视过程、输入命令等。局域网中还可接入管理计算机,完成信息管理。

四、单(多)回路调节器

单回路调节器是一种微机型仪表,外观与电动单元组合仪表的模拟调节器类似,可替代模拟调节器,但其功能强得多,单回路调节器分为固定程序调节器和可编程调节器两类。前者的控制算法固定,只能完成一个回路的 PID 调节,但输入输出的范围、单位、PID 参数等都能灵活改变。后者内部有多种逻辑运算、数学运算、控制算法、线性化、补偿等程序模块,可灵活组态,实现复杂的控制功能。除单回路调节器外,也有双回路、三回路、四回路等多种调节器,它们一般都有串行通信接口,可接入 DCS 中。

五、可编程逻辑控制器(PLC)

PLC 是用于顺序逻辑控制的计算机控制装置。由于在需要大量顺序控制、逻辑控制的场合,往往也需要模拟数据的采集和闭环调节,因此,在现代的大中型 PLC 中,也有模拟输入模块、PID 调节模块供选用,实现过程参数的采集和控制。

现在的大型 DCS 也可以接入 PLC,实现部分顺序逻辑控制。DCS 和 PLC 系统的功能有相互渗透的趋势。当一个系统需要进行大量的模拟量调节和少量顺序逻辑控制时,可选用 DCS。当一个系统以顺序逻辑控制为主而模拟量的采集和调节不多时,应采用 PLC 系统。

六、现场总线控制系统(FCS)

1. 现场总线的概念

现场总线是连接现场智能设备和自动化系统的双向传输、多分支的数字通信总线。现场总线技术是随着智能现场仪表的发展而发展起来的,它最初的目的是用数字通信技术替代 4~20 mA 模拟传输技术,在现场仪表(变送器、执行器等)和控制室仪表之间传输信号。随着现场总线技术与智能仪表的发展,在仪表与自动化领域引起了一场前所未有的革命。控制系统彻底分散,传统的 DCS(分散型控制系统)被现场总线控制系统(FCS)取代。FCS 典型结构如图 1-5 所示。

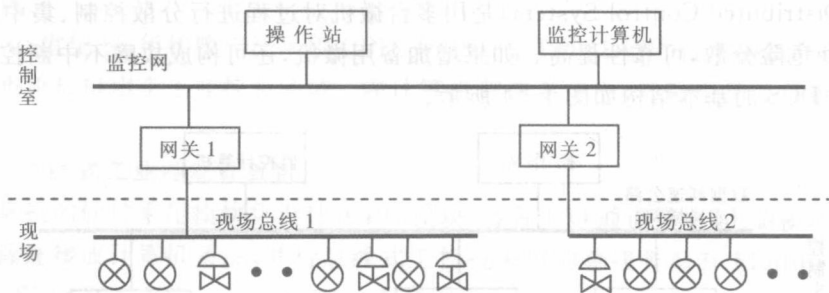


图 1-5 FCS 典型结构

在传统的 DCS 中,现场仪表(传感器、变送器和执行器等)负责现场数据的采集,并根据控制室送出的控制量大小执行调节作用。控制功能——PID 等直接数字控制算法及其他高级控制算法是由控制室的计算机(现场控制单元、控制处理机或可编程调节器)完成的。而在现场总线控制系统中,现场的智能仪表——智能变送器或智能执行器本身就能完成 PID 等直接数字控制功能。因此,控制功能大部分分散到现场。

2. 现场总线协议及标准

现场总线采用数字通信技术,通信各方必须采用同一标准的通信协议。自 20 世纪 80 年代中期开始,世界上各大控制厂商及标准化组织推出了多种互不兼容的现场总线协议标准。从 1984 年起,IEC(国际电工委员会)和 ISA(美国仪表学会)开始制订国际标准。由于受到大控制厂商相互竞争的影响,国际标准的制订困难重重,商业集团为了自身的利益给国际标准的投票通过制造阻力,使得国际标准迟迟不能完成。最终不得已在 1999 年 12 月通过了一个包含了多种互不兼容协议的标准,即 IEC 61158 国际标准。该标准包括了当时国际上 8 类主要的现场总线协议。Type 1~Type 8 分别是:IEC 61158 技术规范(这是由 IEC 和 ISA 负责制订的,曾试图使之成为统一的一个国际标准的一个技术规范);ControlNet 现场总线;Profibus 现场总线;P-Net 现场总线;FF HSE(High Speed Ethernet);SwiftNet 现场总线;WorldFIP 现场总线;Interbus 现场总线。

目前,在过程控制及一般工业自动化领域应用较为广泛的现场总线技术有如下几种。

(1) HART

HART(Highway Addressable Remote Transducer)协议是一种由 4~20 mA 信号向真正的现场总线过渡的一种协议。它在 4~20 mA 信号上叠加一个符合 Bell 202 调制解调器标准的 FSK(频移键控)信号。采用起止式同步,水平垂直奇偶校验。应用层共有读过程变量、通用信息、设备专用信息、写参数、读写数据库等 100 多条命令。

(2) Profibus

Profibus 是德国标准 DIN19245,是欧洲标准 EN50170 三大总线之一,现已成为国际标准 Type3 总线。Profibus 按应用分为三种类型:

Profibus-DP,用于加工自动化,或用于对响应速度要求苛刻的地方。协议层次由物理层、链路层及用户接口组成。

Profibus-FMS,用于一般自动化,协议的物理层、链路层同 DP,应用层为现场总线报文协议 FMS。

Profibus-PA,用于过程自动化,它在应用层的上面增加了一个用户层,使用设备描述语言 DDL 对现场设备进行描述,增加的功能块可由用户组态完成过程控制。

Profibus 物理层允许三种物理接口:RS-485 标准;IEC 61158-2 标准,该标准的物理接口支持本质安全,用于过程自动化;光纤标准。

(3) World FIP

World FIP 协议由法国的 FIP(工厂仪表协议)发展而来,是欧洲标准 EN50170 三大总线之一,现已成为国际标准 Type3 总线,由物理层、数据链路层、应用层组成。

(4) FF

现场总线基金会(FF)是在现场总线发展过程中相互竞争的两大集团,迫于用户压力于 1994 年 9 月成立的,致力于开发基于 IEC 61158 技术规范的现场总线,称基金会现场总线 FF(Foundation Fieldbus)。主要用于过程自动化领域。

FF 协议由物理层、数据链路层、应用层和用户层构成。用户层的核心内容是功能块 FB,即可由用户组态调用的程序模块,包括输入、输出、PID 控制、选择、手动、比率、偏差/增益等 10 个基本模块及 19 个附加的算术功能模块。因此,特别适合于过程控制。

(5) CAN

CAN(Controller Area Network)是作为汽车内部的总线设计的,已被国际标准 ISO 11898(高速应用)和 ISO 11519(低速应用)所采纳。CAN 具有低成本、易开发、实时性好、抗噪声性能好等优点,传输速率最高为 1 MB/s(40 m),最大距离 10 km(5 KB/s),最大节点数为 110 个。有多种芯片支持,CAN 规程只有物理层和链路层,采用双绞线作媒体。由于 CAN 的一些显著的优点,在交通运输工具、电力、建筑、机床、医疗仪器、一般工业自动化等领域得到了广泛的应用。一些组织在 CAN 的基础上开发了开放的应用层,构成了完整的现场总线。例如,DeviceNet(设备网),由 Rockwell/Allen-Bradley 开发,现已成为国际标准 Type2 ControlNet 现场总线的现场层;SDS(灵巧型分布式系统),由 Honeywell 公司开发。这些产品均已广泛应用。

(6) LonWorks

LonWorks 是埃斯朗(Echelon)公司 1990 年推出的一种工业控制通用网络产品,其通信协议称为 LonTalk,按 ISO 的 OSI 模型定义了全部 7 层,网络功能很强。

LonTalk 协议在物理层上支持双绞线、电力线、同轴电缆、无线、红外、光纤等介质,只要采用不同的收发模块即可,通信速率与距离取决于介质。用双绞线时,有 78 KB/s(2.7 km)和 1.25 MB/s(130 m)等速率。不同(或相同)通信介质的信道可用路由器(包括桥和重复器)连接。

LonWorks 的核心是 Neuron(神经元)芯片,片内含三个 8 位处理器,分别执行媒体访问、网络处理和用户程序,用户程序采用 Neuron C 语言编程。

虽然目前 LonWorks 还不是国际标准,但它的应用已迅速扩展到工业自动化的各领域,在楼宇自动化方面尤具优势。

3. FCS 的优点

与传统的 DCS 比较,FCS 具有下面一些显著的优点。

(1) FCS 建立了一个开放系统环境。系统的通信协议是开放的,不同厂家生产的各种设备具有可互操作性、互换性和用户可集成性。例如,一个系统的监控计算机、监控软件、智能变送器、智能调节阀等可分别择优购自不同厂家,极大地方便了用户。

(2) 控制功能彻底分散,提高了可靠性。由于现场仪表本身可自带控制功能,具有自治性,即使与控制室的通信暂时中断,控制仍可维持。

(3) 可实现现场仪表的设备自动管理功能。由于现场仪表的智能化,它能提供自动校验、故障诊断功能及运行状态记录、校验与诊断等历史记录,使得系统能及时发现错误、预测故障、按时维修、消除隐患,从而进一步提高系统的可靠性。

(4) 减少工程投资。现场仪表的功能复合化,大大减少了控制室仪表的数量。数字通信节约了大量电缆,方便了管理与维护。

第四节 计算机控制系统的发展趋势

一、计算机控制技术的发展简史

计算机控制技术首先应用在工业过程控制领域。1946 年,世界上第一台电子计算机问

世。10年以后,即1956年3月,美国得克萨斯州的Port Arthur炼油厂与美国的TRW航空公司合作,开始了计算机控制的研究。到1959年,设计出了采用RW-300计算机进行控制的聚合装置,该系统控制26个流量、72个温度、3个压力和3个成分。控制目的是使反应器的压力最小,确定5个反应器进料的最佳分配,根据催化剂性能的测量结果控制热水的流入量及确定最佳循环。此时用的是电子管计算机,平均无故障工作时间(MTBF, Mean Time Between Failures)仅为50~100 h。计算机用于数据采集和监督控制。

1962年,开始采用计算机直接数字控制(DDC)。3月,美国孟山都公司的乙烯厂实现了工业装置中的第一个DDC系统。7月,英国的帝国化学工业公司(ICI)采用Farranti Argus计算机也实现了一个DDC系统,采集过程参数244个,控制阀门129个。当时使用的是晶体管计算机,MTBF大约为1 000 h。

20世纪60年代是集成电路技术发展的时期,计算机技术也有了很大的发展,出现了16位字长的小型计算机,其MTBF提高到了2 000 h左右。到60年代后期,已出现了专用于工业过程控制的小型计算机,用于过程控制的计算机台数成倍增长。70年代以后,随着大规模集成电路技术的发展,1972年,出现了微型计算机。微型机的运算速度很快达到并超过当时小型机的水平,而且可靠性高、体积小、价格便宜,使得计算机控制技术进入了一个崭新的阶段。1975年,美国Honeywell公司推出了世界上第一个分散型控制系统(DCS)TDC-2000,同年,国际上几个大控制厂商都制造出了自己的DCS。

二、计算机控制技术的发展趋势

在计算机硬件软件技术、网络通信技术的迅猛发展和控制理论研究的带动下,计算机控制技术的发展也非常迅速,主要表现在过程控制领域。

1. 计算机控制装置(系统)的发展

当前,计算机控制装置的主流设备是DCS、PLC、IPC及固定程序或可编程的单、多回路智能调节器。DCS正在由专有系统向开放系统发展,监控级以上的网络大都将由独家公司的封闭网络转而采用开放的标准的以太网。DCS还向经营管理层扩展,构成工厂综合自动化系统或称CIPS(计算机集成过程系统或称计算机集成生产系统,相当于制造业的CIMS)。IPC的应用将更为广泛,由IPC和I/O接口卡加软件构成的“软”PLC(SoftPLC)已经出现,它比“硬”PLC功能更强大,使用更灵活,有更强的联网能力。越来越多的用户将采用标准的以太网和IPC、智能调节器、PLC加上通用的工控组态软件组成广义的DCS,这种系统开放性好、使用灵活且成本较低。

现场总线技术日趋成熟,以现场总线和智能现场仪表为特征的FCS将在过程控制领域稳步发展,最终取代传统的DCS。关于现场总线标准,我国将在过程控制领域推广FF,但Profibus已在冶金等行业占有了一席之地,今后仍有所发展。在非过程控制领域,CAN、LonWorks等“非主流”的现场总线技术将会迅速获得广泛应用。

工控软件将更加完善,OPC(OLE for Process Control)、COM(Component Object Model)、Active X控件、高速实时数据库、互联网客户等编程技术正在工控软件中获得广泛应用。工控软件中还将更多地应用多媒体技术,传统的工业电视技术将逐步退出工业监控舞台。

2. 控制策略与控制算法的发展

在过程工业界,即使在先进的DCS中,目前,采用PID算法的简单反馈控制回路及采用

了串级、前馈、超驰及 Smith 预估算法的复杂控制回路仍占绝大部分。在大多数情况下,这些算法能够满足生产工艺要求。但仍有 10%~20% 的控制问题不能用上述算法来解决。这些被控过程往往具有强耦合、非线性、大纯滞后、不确定性和信息不完全性等特征,并存在着苛刻的约束条件。它们中有许多还是生产过程的关键部分,直接影响到产品的质量和经济指标。现代化的大生产和商业竞争对产品的质量和经济效益提出了更高的要求,迫切需要采用先进控制技术来解决这些控制问题。

先进过程控制(APC)技术是指比当前常规算法有更好控制效果的控制(包括优化)策略的总称。先进过程控制技术可以在 DCS 的监控计算机(上位机)中实现,有些算法甚至能在现场控制单元(控制处理机)或智能现场仪表中实现。它往往可以以低的成本获取巨大的经济效益。

目前的 APC 技术主要有预测控制、推断控制与估计、多变量解耦控制、多变量约束控制以及智能控制技术。后者包括自适应、自组织、自学习控制、模糊控制、人工神经网络控制和专家系统等技术。

在国外,多家从事控制与优化的软件公司推出了自己的多变量控制与优化软件包,并在数百家大型石化、化工、冶金等企业成功应用。APC 技术在我国也有成功应用的例子,但还非常有限。可以说,我国 DCS 的功能还只应用了一小部分,许多 DCS 的监控计算机只起到一个操作站的作用。我国的 APC 软件的研制也还刚刚起步。研究和应用 APC 技术,充分发挥 DCS、FCS 等计算机控制系统的能力,改善过程工业的经济效益,是当前过程计算机控制的一个重要趋势,也是当前从事计算机控制研究专家们的重要任务之一。