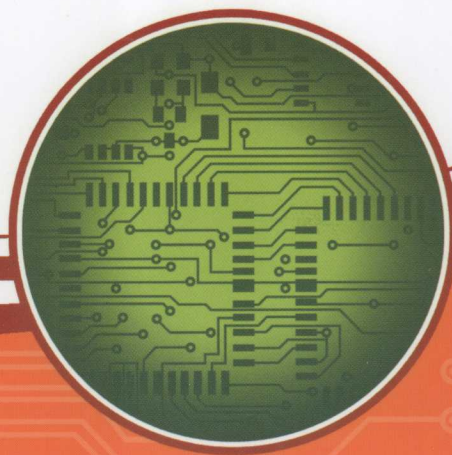


可编程序控制器原理与应用丛书

可编程序控制器原理 及过程控制

● 张 还 李胜多 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

可编程序控制器原理与应用丛书

可编程序控制器原理 及过程控制

● 张 还 李胜多 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《可编程序控制器原理与应用丛书》之一。

本书主要以三菱公司的 FX 系列小型可编程序控制器 (PLC) 为例, 结合作者多年的教学与工程实践经验, 引用典型的工程实例详细介绍了基于 PLC 的新型过程控制技术, 内容包括过程控制系统概述、PLC 过程控制系统的组成、PLC 的模拟量输入和输出模块、PLC 的过程控制算法、PLC 闭环模拟量调节技术、变频器的基本原理和应用技术、开放式现场总线 CC-Link 和工业控制网络、三菱全系列 PLC 编程软件 GX-Developer 使用简介和典型的过程控制系统应用实例。

本书循序渐进、实例丰富、简明实用, 力图使读者阅读后能举一反三, 自如地运用 PLC 的相关理论和技术方法设计出符合要求的过程控制系统。本书可供工程技术人员培训和自学之用, 也可作为高等院校工业自动化、机电一体化和电子信息等相关专业的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程序控制器原理及过程控制 / 张还, 李胜多编著. —北京: 中国电力出版社, 2008

(可编程序控制器原理与应用丛书)

ISBN 978-7-5083-7460-4

I. 可… II. ①张…②李… III. ①可编程序控制器—理论②可编程序控制器—过程控制 IV. TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第107893号

责任编辑: 崔素媛

责任校对: 王开云

责任印制: 郭华清

书 名: 可编程序控制器原理及过程控制

出版发行: 中国电力出版社

地址: 北京市三里河路 6 号 邮政编码: 100044

电话: (010) 68362602 传真: (010) 68316497

印 刷: 北京市同江印刷厂印刷

开本尺寸: 185mm × 233mm 印 张: 15.25 字 数: 326 千字

书 号: ISBN 978-7-5083-7460-4

版 次: 2008 年 10 月北京第 1 版

印 次: 2008 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 0001—3000 册

定 价: 25.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

可编程序控制器,简称 PLC,是以微处理器为核心的工业自动化控制装置,被誉为现代工业生产自动化的三大支柱之一。PLC 具有控制功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于扩展、兼容性强等一系列优点。它不仅可以取代继电器控制系统,而且可以应用于复杂的过程控制和组成多层次的工业自动化网络。因此,学习和掌握 PLC 应用技术已成为工程技术人员和工科专业学生的基本要求和紧迫任务。

全书共分十章。第一章是过程控制系统概述,第二章是 PLC 过程控制系统的组成,第三章是 PLC 的模拟量输入和输出模块,第四章是 PLC 的过程控制算法,第五章是 PLC 闭环模拟量调节技术简介,第六章是变频器的基本原理和应用技术,第七章是开放式现场总线 CC-Link 和工业控制网络,第八章是三菱全系列 PLC 编程软件 GX-Developer 使用简介,第九章是基于 PLC 的恒压供水控制系统,第十章是基于 CC-Link 现场总线的胎面挤出联动线 PLC 控制系统。书中主要以三菱 FX 系列小型 PLC 作为目标机型,对三菱 Q 系列中大型 PLC、CC-Link 现场总线和工业自动化网络在过程控制中的应用亦有简单地介绍。

本书编写力求深入浅出、注重应用、理论密切联系实际,具有内容简明、结构严谨、选材合理、应用实例丰富、工程性和实践性较强的特点。本书可作为工程技术人员的培训教材和自学用书,也可作为高等学校自动化、电气工程、电子信息、机电一体化及相关专业的教学参考书。

本书由张还、李胜多编著,在编写过程中得到了青岛农业大学机电工程学院领导和许多老师的指导和帮助,刘立山和龚丽农两位教授提出了很多中肯和宝贵的意见,武汉理工大学的李浩副教授、黄有名工程师提供了有价值的工程技术资料。此外,张后国高级工程师、亢志超也参与了本书的部分插图和文字的录入工作。同时,本书的编写参考了其他的文献、教材和相关厂家的技术资料,在此一并表示衷心的感谢!

限于编者水平,书中难免有疏漏和不足之处,恳请读者批评指正。

编 者
2008 年 3 月

目 录

前 言

第一章 过程控制系统概述	1
第一节 过程控制系统的特点、组成及发展趋势	1
第二节 过程控制系统体系结构的发展演变	4
第三节 PLC、FCS 和 DCS 在过程控制系统中的应用和比较	8
第二章 PLC 过程控制系统的组成	15
第一节 PLC 过程控制系统中常用的传感器/变送器	15
第二节 PLC 过程控制系统中常用的执行器	25
第三节 PLC 过程控制系统中的控制器	28
第三章 PLC 的模拟量输入和输出模块	41
第一节 概述	41
第二节 普通模拟量输入输出模块	43
第三节 温度传感器用模拟量输入模块	62
第四节 温度控制模块 FX _{2N} -2LC	71
第四章 PLC 的过程控制算法	75
第一节 常用的数字滤波方法	75
第二节 标度变换	79
第三节 非线性处理	81
第四节 PID 控制算法	84
第五节 FX 系列 PLC 的 PID 指令	88
第五章 PLC 闭环模拟量调节技术简介	97
第一节 PLC 闭环模拟量调节控制方案概述	97

第二节	三菱的过程控制 CPU 和过程控制开发软件包 PX Developer	98
第三节	过程控制软件包 PX Developer 使用操作简介	100
第四节	过程控制 CPU 和 PX Developer 应用实例	113
第六章	变频器的基本原理和应用技术	117
第一节	变频调速概述	117
第二节	变频器的使用	122
第三节	变频器应用实例	133
第七章	开放式现场总线 CC-Link 和工业控制网络	141
第一节	数据通信基础	141
第二节	工业控制网络基础	149
第三节	开放式现场总线 CC-Link	152
第四节	三菱的局域令牌网和以太网	161
第八章	三菱全系列 PLC 编程软件 GX-Developer 使用简介	165
第一节	关于工程文件的操作	165
第二节	梯形图的编辑	172
第三节	创建软元件注释	177
第四节	参数设置	179
第五节	程序的运行与监控	183
第九章	基于 PLC 的恒压供水控制系统	187
第一节	恒压供水基本原理和技术概述	187
第二节	恒压供水系统的硬件设计	191
第三节	恒压供水系统的程序设计	202
第十章	基于 CC-Link 现场总线的胎面挤出联动线 PLC 控制系统	219
第一节	胎面双复合挤出联动线的工艺流程和要求简介	219
第二节	胎面双复合挤出联动线的总体设计	221
第三节	胎面联动线控制系统过程控制部分的程序设计	233
第四节	系统的现场调试和运行小结	237
参考文献		238

第一章 过程控制系统概述

过程控制系统主要用来实现对温度、压力、流量和物位等慢速模拟量的闭环控制和调节。本章简要地介绍了过程控制系统的特点、组成、历史、发展趋势及其结构的发展演变,另外,还介绍了 PLC、FCS、DCS 三种控制系统在过程控制系统中的应用和比较。

第一节 过程控制系统的特点、组成及发展趋势

一、过程控制系统的特点

过程控制 (Process Control) 通常是指石油、化工、电力、冶金、轻工、建材、核能等工业生产中连续的或按一定周期进行的生产过程自动控制,它是自动化技术的重要组成部分。

与其他自动控制系统相比较,过程控制系统具有如下特点:

(1) 被控过程的复杂性。生产过程控制的被控过程具有非线性、时变、时滞及不确定性等特点,因此,难以获得精确的过程数学模型,使在其他领域应用成功的控制策略不能直接移植过来或增加了移植的难度。

(2) 生产过程控制所控制的过程多属于慢过程。与航天、运动过程的控制不同,被控过程通常具有一定时间常数和时滞。

(3) 生产过程控制方案具有多样性。由于工业过程的多样性,控制方案也适应被控过程的特点,具有多样性。一方面,同一被控过程,因受到的扰动不同,需采用不同的控制方案;另一方面,控制方案适应性强,同一控制方案可适用于不同的生产过程控制。常用的控制方案有简单控制系统、串级控制系统、比值控制系统、均匀控制系统、前馈控制系统、分程控制系统、选择性控制系统、双重控制系统等。随着过程控制研究的深入,大量先进控制系统和控制方案得到开发和应用,例如状态反馈控制、预测控制、解耦控制、时滞补偿控制、专家系统和模糊控制等智能控制。

(4) 控制系统分为随动控制和定值控制。工业生产过程控制常用的形式是定值控制。它们都采用一些过程变量,例如温度、压力、流量、物位和成分等作为被控变量,过程控制的目的是保持这些过程变量能够稳定在所需的设定值上,能够克服扰动和负荷变化对被控变量造成的影响。

(5) 工业生产过程控制的实施手段具有多样性,尤其是在开放系统互操作性和互联性等等问题得到解决后,实现过程控制目标的手段变得更为丰富。用户可以方便地在计算机控

制装置上实现所需要的控制功能；可以方便地更换损坏的仪表而不必考虑是否与原产品一致；可以方便地在控制室或现场获得仪表的信息，例如量程、调整日期、误差等，还可以直接进行仪表的校验和调整。

二、过程控制系统的组成

过程控制系统由过程检测元件（传感器）、变送器、控制器和执行器等组成，通过各种类型的仪表完成对过程变量的检测、变送和控制，并经执行器作用于生产过程。这些仪表可以是气动仪表、电动仪表，可以是模拟仪表，也可以是计算机或者智能数字仪表。随着计算机技术的应用，大量的数字式仪表应运而生，数字通信得到实际的应用，现场总线仪表和现场总线控制系统的出现标志着新型仪表革命的到来。不管采用什么仪表或计算机装置，从过程控制的基本组成来看，过程控制系统总是包括对过程变量的检测和变送、对信号的控制运算和输出到执行器，完成所需操纵变量的改变，从而达到所需控制目标（或指标）。简单过程控制系统的组成如图 1-1 所示。

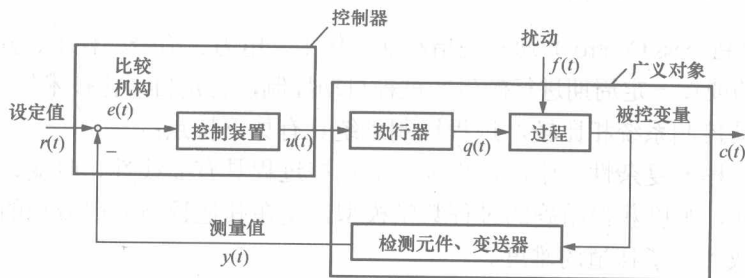


图 1-1 简单过程控制系统组成框图

三、过程控制系统的历史及发展趋势

1. 过程控制系统的历史

纵观过程控制系统发展的历史，在理论和技术上它大致经历了以下五个阶段。

(1) 第一阶段从 20 世纪 30 年代到 40 年代。该阶段控制理论采用的数学方法是微分方程解析方法，以研究单输入、单输出控制系统为主，被控变量是常用的过程参数，例如温度、压力、流量和物位等，采用的仪表是基地式仪表和部分气动单元组合仪表。

(2) 第二阶段从 20 世纪 40 年代到 50 年代。在该阶段，控制理论称为经典控制理论，包括奈奎斯特和伯特的频域法、伊文斯的根轨迹法等。以电子和电工为对象，从随动控制系统的实践中得到提高，并移植到定值控制系统为主的工业生产过程控制系统中来。解决定值控制系统的分析和综合等问题，采用的仪表仍以基地式仪表为主，气动单元组合仪表也开始大量应用于生产过程控制。

(3) 第三阶段从 20 世纪 50 年代到 60 年代。该阶段出现了现代控制理论，通过实践

应用,过程控制得到了较快发展。为适应工业生产过程控制的要求,一些复杂控制系统得到开发,并在实践应用中被证明具有良好控制效果,组合式仪表得到广泛应用,气动和电动单元组合仪表成为当时控制仪表的主流。从20世纪60年代开始,现代控制理论得到应用并取得成效,最优控制理论的出现标志了第三代控制理论的诞生。它们在航天、航空和制导等领域取得应用的成功,并寄希望将它们移植到过程控制领域。代表性成果有极小值原理、动态规划、随机性系统的最小二乘状态估计等。现代控制理论的可控性、可观性、实现理论、规范型和分解定理等基本理论的建立,使控制从工程设计上升到一门新的学科。系统辨识和参数估计、随机控制、自适应控制和鲁棒控制等控制领域的理论分支相继得到开发和研究,但是在生产过程控制领域,这些理论还未能发挥作用。

(4) 第四阶段从20世纪70年代开始,为解决大规模复杂系统的优化和控制问题,现代控制理论与系统理论相结合,形成了大系统控制理论,其核心是系统的分解和协调,多级递阶优化和控制是应用大系统理论的典范。除了高维线性系统外,大系统理论仍未突破现代控制理论的基本思想和框架,对其他复杂控制系统仍束手无策。同时,基于知识的专家系统、模糊控制、人工神经网络控制、学习控制和基于信息论的智能控制,随着含有大量不确定和难于建模的复杂控制系统的研究应运而生,并在许多应用领域得到广泛应用。该阶段的仪表从直接数字控制(DDC)到集散控制(DCS)系统,特别是集散控制系统的硬件可靠性大大提高,其控制回路和危险的分散、数据显示和实时监督功能等突出的特点,使得它在生产过程的控制中得到广泛的应用,现代控制理论因计算机的普遍应用而得以实现。

(5) 第五阶段从20世纪80年代开始,随着计算机技术、显示技术、控制技术、通信技术的发展,生产过程控制也得到飞速的发展。现场总线控制系统和现场总线仪表的诞生和应用不仅推动了过程控制的发展,也对经典的集散控制系统提出了挑战,由此开辟了控制系统的新纪元。随着通信技术的发展,工业生产过程和控制、管理集成在一起,组成了计算机集成过程控制系统或综合自动化系统,它们将管理和控制集成在一个大系统中,用市场经济进行调节,以全局优化为目标实现了信息的集成,将常规控制、先进控制、过程优化、过程管理、生产调度、经营决策等功能集成在一起,以适应市场的不同要求。开放系统互联标准的建立为过程控制系统的发展提供了依据。以微处理器为核心的控制装置已经成为过程控制领域的主流装置,分散控制系统被大量应用于工业生产过程的控制和管理。

2. 过程控制系统的发展趋势

当前,工业生产过程控制发展的趋势主要有如下几点:

(1) 生产装置实施先进过程控制成为发展主流。早期的简单控制由于受经典控制理论和常规仪表的制约,难于解决生产过程控制中的系统耦合、非线性和时变性问题,随着企业对过程控制高柔性和高效益的要求,先进控制正受到过程工业界的普遍关注。先进过程控制(APC, Advanced Process Control)是指在动态环境下,基于模型、充分借助计算机能力,为工厂获得最大利润而实施的一类运行和技术策略。先进过程控制的控制策略主

要包括：双重控制和阀位控制、时滞补偿控制、解耦控制、自适应控制、差拍控制、状态反馈控制、多变量预测控制、推断控制及软测量技术、智能控制（如专家控制、模糊控制、神经网络控制）等，尤其以智能控制作为开发、研究和应用的热点。

（2）过程优化受到过程工业界的普遍关注。通常，连续过程工业生产中上游装置的部分产品是下游装置的原料，整个生产过程存在装置间的物流分配、物料平衡、能量平衡等一系列问题。借助过程优化可使整个生产过程获得很大的经济和社会效益。过程优化主要寻找最佳工艺操作参数的设定值，使生产过程获得最大经济效益，这也称为稳态优化。稳态优化采用静态模型，进行离线或在线的优化计算。

（3）开放系统和标准化。从工业自动化仪表发展来看，从基地式仪表、单元组合仪表到以微处理器为基础的计算机控制装置，自动化仪表的发展极为迅速，近年来，在传统 DCS 的基础上，现场总线仪表和现场总线控制系统相继问世，使自动化仪表有了质的飞跃。现场总线控制系统的主要特点是开放性、智能化，产品符合开放系统互联标准，它实现了真正的双向数字通信和控制，成本降低，设计、安装和维护工作量减小，将控制权下放到现场级。

（4）综合自动化。过程工业自动化在国际国内的市场竞争中不断提升，从原来各制造厂商的“自动化孤岛”综合集成为一个整体的系统。综合自动化是当代工业自动化的主要潮流。计算机集成制造系统在连续工业中的具体体现就是综合自动化。综合自动化是指在计算机通信网络和分布式数据库的支持下，实现信息和功能的集成，把控制、优化、调度、管理、经营、决策等集成在一起，最终形成一个能够适应生产环境的不确定性、市场需求的多变性，全局优化的高质量、高效益、高柔性的智能生产系统。

综合自动化通常由基础控制级、先进控制和优化级、计划调度级、管理级和辅助决策级等组成。

（5）现场总线控制系统。现场总线控制系统是适应综合自动化发展需要而诞生的，它是仪表控制系统的革命。

现场总线是一种计算机的网络通信总线，是位于现场的多个总线仪表与远端的监控计算机装置间的通信系统。因此，从结构看，现场总线是底层控制通信网；从通信报文的长度看，它是短帧通信；从传输速率看，它有低速和高速两类；从传输范围看，它是局部通信网。

第二节 过程控制系统体系结构的发展演变

在过程控制系统的发展过程中，每一代新的控制系统都是针对老一代控制系统存在的缺陷而给出的解决方案，同时也代表着技术的进步和效能的提高。过程控制系统的体系结构在其发展过程中大致上可划分为以下几个阶段。

一、初级控制系统

20 世纪 50 年代以前, 由于工业生产规模较小, 各类检测、控制仪表处于发展的初级阶段, 生产设备以机械设备为主, 所用的设备主要是安装在生产现场、具有简单测控功能的基地式仪表, 信号基本上都是在本仪表内起作用 (主要是显示功能), 一般不能传送给别的仪表或系统, 各测控点为封闭状态, 无法与外界沟通, 操作人员只能通过对生产现场的巡检来了解生产过程的运行状况。此阶段的控制系统均为简单、初级控制系统。

二、模拟仪表控制系统

随着测量技术、电子技术的发展和工业生产规模的不断扩大, 操作人员需要了解和掌握更多的现场参数与信息, 建立满足要求的操作控制系统。于是, 在 20 世纪 60 年代至 70 年代后期, 先后出现了以电子管、晶体管、集成电路为核心的气动和电动单元组合式仪表两大系列。它们分别以压缩空气和直流电源作为动力, 用于对防爆要求较高的化工生产和其他行业, 防爆等级为本质安全型, 并以气压信号 $0.02\sim 0.1\text{ MPa}$, 直流电流信号 $0\sim 10\text{ mA}$ 、 $4\sim 20\text{ mA}$, 直流电压信号 $0\sim 5\text{ V}$ 、 $1\sim 5\text{ V}$ 等作为仪表的标准信号, 在仪表内部实行电压并联传输, 外部实行电流串联传输, 以减小传输过程受到的干扰。

电动单元仪表通常以双绞线为传输介质, 信号被送到集中控制室 (通常称为仪表室或机房) 后, 操作人员可以坐在控制室内观察生产流程中各处的生产参数并了解整个生产过程。由于单元组合仪表具有统一的输入输出信号标准, 在此阶段自动化系统可以根据生产需要, 对各种功能单元进行组合, 完成各种相对复杂的控制。

三、直接数字控制系统 (DDC)

20 世纪 80 年代初, 计算机、微处理器和并行处理技术的发展, 使得原先一对一物理连接的模拟信号系统在速度和数量上越来越无法满足大型、复杂系统的需求, 模拟信号的抗干扰能力也相对较差, 人们开始使用数字信号代替模拟信号, 并研制出直接数字控制系统 (DDC), 用数字计算机代替控制室内的仪表来完成控制系统功能。由于数字计算机价格昂贵, 人们总是用一台计算机取代控制室的所有仪表, 于是出现了集中式数字控制系统。这样, 就解决了信号传输及抗干扰问题。

由于当时数字计算机的可靠性还不够高, 一旦计算机出现某种故障, 就会造成系统崩溃、所有控制回路瘫痪、生产停产的严重局面。由于工业生产很难接受这种危险高度集中的系统结构, 使得集中控制系统的应用受到一定的限制。

四、集散控制系统 (DCS)

随着计算机可靠性的提高和价格的下降, 自控领域又出现了新型控制方案——集散控制系统, 它由数字调节器、可编程控制器 (PLC) 以及多台计算机构成, 当一台计算机出现故障时, 其他计算机立即接替该计算机的工作, 使系统继续正常运行。在集散系统中, 系

统的风险被分散给多台计算机承担,避免了集中控制系统的高风险,提高了系统的可靠性。因此,它被工业生产过程广泛接受,这就是今天正在被许多企业采用的集散控制系统(DCS,也称为分布式控制系统或分散式控制系统)。

由于 DCS 采用了标准化、模块化和系列化的设计,由过程控制级、控制管理级和生产管理级组成,以通信网络为纽带,对数据进行集中显示,而操作管理和控制相对分散,是一种配置灵活、组态方便、具有高可靠性的控制系统,在 DCS 系统中,测量仪表、变送器一般为模拟仪表,控制器多为数字式,因而它又是一种模拟数字混合系统。这种系统与模拟式仪表控制系统、集中式数字控制系统相比较,在功能、性能、可靠性上都有了很大的进步,可以实现现场装置级、车间级的优化控制。DCS 基本组成结构如图 1-2 所示。

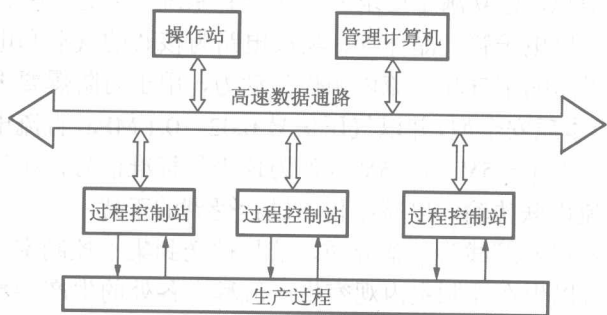


图 1-2 DCS 基本组成结构

DCS 的特点主要有如下的几点:

- (1) DCS 是集 4C (Communication、Computer、Control、CRT) 技术于一身的监控技术。
- (2) 从上到下的树状拓扑大系统,其中通信 (Communication) 是关键。
- (3) PID 在中继站中,中继站用于连接计算机与现场仪器仪表与控制装置。
- (4) 树状拓扑和并行连续的链路结构,也有大量电缆从中继站并行到现场仪器仪表。
- (5) 模拟信号, A/D—D/A、带微处理器的混合。
- (6) 一台仪表一对线接到 I/O, 由控制站挂到局域网 LAN。
- (7) DCS 是控制 (工程师站)、操作 (操作员站)、现场仪表 (现场测控站) 的三级结构。
- (8) 缺点是成本高,各公司产品不能互换,不能互操作,大 DCS 系统各家是不同的。
- (9) 用于大规模的连续过程控制,如石油化工行业等。

由上可见,DCS 的特点可总结为:分散控制、集中操作、分级管理、分而自治和综合协调。

目前,DCS 正朝着综合性、开放性方向发展。工厂自动化要求加强各种设备 (计算机、DCS、单回路调节器、PLC 等) 之间的通信能力以便构成大系统。开放性的结构将方便地与管理的上位计算机进行数据交换,实现计算机集成制造系统。在大型 DCS 进一步完善

和提高的同时发展小型集散控制系统。随着电子技术的发展,结合现代控制理论,应用人工智能技术,以微处理器为基础的智能设备相继出现,如智能变送器、可编程调节器、智能 PID、自整定控制、智能人机接口,乃至智能 DCS。

DCS 的发展趋势主要体现在以下几个方面:

(1) 各制造厂商都在“开放性”上下功夫,力求使自己的 DCS 与其他厂商的产品很容易联网。

(2) 系统与工厂管理系统连接在一起,形成测控管理一体的系统产品。

(3) 高度重视系统的可靠性,在软件的设计中采用容错技术。

(4) 在控制功能中,不断引进各种先进控制理论,以提高系统的控制性能,如自整定、自适应、最优化、模糊控制等。

(5) 在系统规模的结构上,形成由小到大的产品,以适应不同规模的需求。

(6) 发展以先进网络通信技术为基础的 DCS 控制结构,向低成本、综合化自动化系统的方向发展。

但是,在 DCS 系统形成的过程中,由于受早期计算机发展的影响,各厂家的产品自成封闭体系,即使在同一种协议下仍然存在不同厂家的设备有不同的信号传输方式且不能互连的现象,因此实现互换与互操作具有一定的局限性。

DCS 的制造商主要有: Bailey (美国)、Westinghouse (美国)、HITACHI (日本)、LEEDS & NORTHRMP (美国)、SIEMENS (德国)、Foxboro (美国)、ABB (瑞士)、Hartmann & Braun (德国)、Yokogawa (日本)、Honeywell (美国)、Taylor (美国) 等。

五、现场总线控制系统 (FCS)

现场总线控制系统 (FCS) 突破了 DCS 通信由专用网络的封闭系统实现所造成的缺陷,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,即可以来自不同厂商,遵守同一协议规范的自动化设备通过现场总线构成一个控制系统,把 DCS 集中与分散相结合的集散系统结构变成了新型全分布式系统结构,把控制功能彻底下放到现场。典型现场总线系统 (FCS) 基本组成结构如图 1-3 所示。

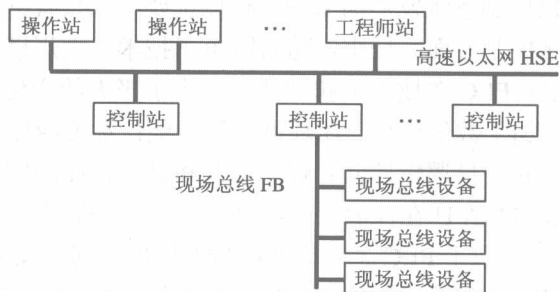


图 1-3 典型现场总线系统 (FCS) 基本组成结构

现场总线之所以具有较高的测控性能,一是得益于仪表的智能化,二是得益于设备的数字通信化。把微处理器置入现场自控设备,使设备具有数字计算和数字通信能力,一方面提高了信号的测量、控制和传输精度,另一方面丰富了测控信息的内容,为实现其远程传送创造了条件。在现场总线的环境下,借助设备的计算、通信能力,在现场就可进行许多复杂计算,形成真正分散在现场的完整的控制系统,提高了控制系统运行的可靠性。

此外,还可借助现场总线网段与其他网段进行联网,实现异地远程自动控制,如操作在几百千米之外的电气开关、进行参数的设定等。系统还可提供如阀门开关动作次数、故障诊断信息等,便于操作管理人员更好、更深入地了解生产现场和自控设备的运行状态,这在传统仪表控制系统中是无法实现的。

现场总线控制系统(FCS)的技术性能和主要特点将在后面的一节中作较为详细的介绍,并将其与DCS作较全面的比较。

第三节 PLC、FCS 和 DCS 在过程控制系统中的应用和比较

工业自动化技术作为 21 世纪现代制造领域中最重要的一项技术,主要解决生产效率与一致性问题。虽然自动化系统本身并不直接创造效益,但它对企业生产过程有明显的提升作用。作为工业自动化技术的一个应用领域,目前,过程控制化技术正在向智能化、网络化和集成化的方向发展。工业自动化主要包含三个层次,从下往上依次是基础自动化、过程自动化和管理自动化,其核心是基础自动化和过程自动化。

过程控制技术是一种运用控制理论、仪器仪表、计算机和其他信息技术,对工业生产过程实现检测、控制、优化、调度、管理和决策,达到增加产量、提高质量、降低消耗、确保安全等目的的综合性技术,主要包括自动化软件、硬件和系统三大部分。目前,可编程序控制器(PLC)和现场总线技术在工业生产过程控制中都得到了广泛的应用。

一、可编程序控制器(PLC)和现场总线技术简介

1. 可编程序控制器(PLC)

PLC 是由继电器逻辑控制系统发展而来的,初期主要用来代替继电器控制系统,侧重于开关量逻辑控制和顺序控制方面。后来,随着微电子技术、大规模集成电路技术、计算机技术和通信技术的发展,PLC 在技术上和功能上发生了极大的变化,主要如下:在开关量逻辑控制的基础上,增加了数值计算、闭环调节等功能;系统增加了模拟量和 PID 调节等特殊功能模块,实现了开关量逻辑控制、顺序控制和过程控制的完美结合;运算速度有了极大的提高。新型 PLC 的 CPU 在性能上已经赶上了工业控制机;具有各种丰富的智能 I/O 模块;通信功能强大,实现了 PLC 之间、PLC 与上位机之间以及 PLC 与其他智能设备间的通信,由此发展了多种局部总线和网络,也可构成集散控制系统。PLC 网络既可作为独立的 DCS,也可作为 DCS 的子系统。PLC 网络,如 Siemens 公司的 SINEC-L1、SINEC-H1、

S4、S5、S6、S7等, GE公司的 GENET, 三菱公司的 MELSECNET/10、MELSECNET/H。PLC 著名的制造商主要有: GOULD (美国)、A-B (美国)、GE-Fanuc (美国)、OMRON (日本)、MITSUBISHI (日本)、Siemens (德国) 和 Schneider (法国) 等。PLC 这些性能特点使其在过程控制领域中得到了广泛的应用。

现代 PLC 的发展有两个重要趋势: 其一是向体积更小、速度更快、功能更强和价格更低的微小型方面发展; 其二是向大型网络化、高可靠性、好的兼容性和多功能性方面发展。具体来说, 有如下几个特点:

(1) 大型网络化。主要是朝着 DCS 的方向发展, 使其具有 DCS 系统的一些功能。网络化和通信能力强是 PLC 发展的一个重要方面, 向下可将多个 PLC、I/O 模块和现场智能仪表及设备相连; 向上可与工业计算机、以太网等连接以构成整个工厂的自动化控制系统。

(2) 多功能。随着闭环回路调节、步进电机控制、位置控制、伺服控制、仿真、通信处理和故障诊断等模块的出现, 使 PLC 控制领域更加宽广。

(3) 高可靠性。由于控制系统的可靠性日益受到人们的重视, 一些公司已将自诊断技术、冗余技术、容错技术广泛应用到现有产品中, 推出了高可靠性的冗余系统, 并采用热备用和并行工作、多数表决的工作方式。即使在恶劣、不稳定的工作环境下, 坚固、全封闭的模板依然能正常工作。在操作运行过程中, 有些 PLC 的模板还可带电插拔。

2. 现场总线技术

同时, 现场总线技术在工业生产自动化中 (当然也包括工业过程控制) 得到了极大的发展和应用。现在看来, 现场总线控制系统是继 DCS 之后, 控制系统结构上的又一次重大的变革, 必将成为工业自动化发展的主流, 会对工业自动化的各个领域的发展产生极其深远的影响。

现场总线是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络。也有将现场总线定义为应用在生产现场, 在智能测控设备之间实现双向串行多节点数字通信的系统, 也称为开放式、数字化、多点通信的低成本底层控制系统。利用现场总线既能传输现场总线上仪表设备与上位机的通信信号, 还能为现场总线上的智能传感器/变送器、智能执行器、可编程控制器、可编程调节器等装置供电。现场总线是一种开放式的互联网, 它可与同层网络相连, 也可与不同层网络相连, 只要配有统一的标准数字化总线接口并遵守相关通信协议的智能设备和仪表, 都能并列地接入现场总线。开放式、数字化和网络化结构的现场总线控制系统, 由于具有成本低、组合扩展容易、安装及维护简便等显著优点, 从问世开始就在生产过程自动化领域引起极大的关注。其主要特点如下:

(1) 开放性。现场总线的开放性有几层含义。一是指相关标准的一致性和公开性, 一致、开放的标准有利于不同厂家设备之间的互连与替换。二是系统集成的透明性和开放性, 用户进行系统设计、集成和重构的能力大大提高。三是产品竞争的公正性和公开性, 用户可按自己的需要和评价, 选用不同供应商的产品以组成大小随意的系统。

(2) 交互性。现场总线设备的交互性有几层含义。一是指上层网络与现场设备之间具

有相互沟通的能力。二是指现场设备之间具有相互沟通能力,也就是具有互操作性。三是指不同厂家的同类设备可以相互替换,也就是具有互换性。

(3) 自治性。由于智能仪表将传感测量、补偿计算、工程量处理与控制等功能下放到现场设备中完成,因此一台单独的现场设备即具有自动控制的基本功能,可以随时诊断自己的运行状况,实现功能的自治。

(4) 适应性。安装在工业生产第一线的现场总线是专为恶劣环境而设计的,对现场环境具有很强的适应性。具有防电、防磁、防潮和较强的抗干扰能力,可满足本质安全防爆要求,可支持多种通信介质,如双绞线、同轴电缆、光缆、射频、红外线、电力线等。

另外,由于投入门槛的降低和重构灵活性的提高,使得现场总线的资产投入不会因产生沉淀而浪费,大大提高了经济性。此外,由于现场设备的开放性,设备价格不会被厂家垄断;由于现场设备的互换性,备品库也可大大降低。

自 20 世纪 80 年代中期以来,世界上有许多企业、集团和国家开展现场总线标准的研究,并出现了多种有影响的现场总线标准。这些现场总线标准都有其各自的特点,并在特定范围内产生了非常大的影响,显示出了较强的生命力。目前,典型的现场总线主要有 FF、PROFIBUS、CAN、LonWorks、CC-Link 和 HART 等。

在上面提到的几种现场总线中,CC-Link 开放式的现场总线是三菱电机公司于 1996 年依据“多厂家设备环境、高性能、省配线”的理念开发、公布的一种现场总线。目前,CC-Link 现场总线已经成为几种占据市场主导地位的现场总线之一,在实现工厂自动化中已经显示和发挥了较为优越的性能。本书将在第七章对 CC-Link 现场总线作简单的介绍。

二、PLC、FCS 和 DCS 三种控制系统的比较

目前,在工业过程控制中,按控制系统的结构来划分主要有三大控制系统,即 PLC 控制系统、集散控制系统(DCS)和现场总线控制系统(FCS)。

(一) DCS 和 FCS 的主要差别

我们已经知道,FCS 是由 DCS 与 PLC 发展而来的,FCS 不仅具备 DCS 与 PLC 的特点,而且跨出了革命性的一步。目前,新型的 DCS 与新型的 PLC,都有向对方靠拢的趋势。新型的 DCS 已有很强的顺序控制功能;而新型的 PLC,在处理闭环控制方面也不差,并且两者都能组成大型网络,DCS 与 PLC 的适用范围,已有很大的重合。下面,主要对 DCS 与 FCS 进行比较。前面的介绍实际上已涉及 DCS 与 FCS 的差异,下面将就体系结构、投资、设计和使用等方面分别进行比较。

1. 集散控制系统(DCS)

集散控制系统(DCS)在前面已经有所介绍,这里不再具体介绍。概括起来讲,DCS 的核心是通信。也可以说数据通路是集散控制系统的脊柱。由于它的任务是为系统所有部件之间提供通信网络,因此,数据通路自身的设计就决定了系统总体的灵活性和安全性。数据通路的媒介可以是一对绞线、同轴电缆或光纤电缆。通过数据通路的设计参数,基本

上可以了解一个特定 DCS 系统的相对优点与弱点。DCS 设计开发主要关注的是：系统能处理多少 I/O 信息；系统能处理多少与控制有关的控制回路的信息；能适应多少用户和装置（CRT、控制站等）；传输数据的完整性是怎样彻底检查的；数据通路的最大允许长度是多少；数据通路能支持多少支路；数据通路是否能支持由其他制造厂生产的硬件（可编程序控制器、计算机、数据记录装置等）。为保证通信的完整，大部分 DCS 厂家都能提供冗余数据通路。

为了保证系统的安全性，使用了复杂的通信规约和检错技术。所谓通信规约就是一组规则，用以保证所传输的数据被接收，并且被理解的和发送的数据一样。

2. 现场总线控制系统（FCS）

（1）FCS 的核心是总线协议，即总线标准。一种类型的总线，其总线协议一经确定，相关的关键技术与有关的设备也就被确定。就其总线协议的基本原理而言，各类总线都是一样的，都以解决双向串行数字化通信传输为基本依据。但由于各种原因，各类总线的总线协议存在很大的差异。为了使现场总线满足可互操作性要求，使其成为真正的开放系统。目前通过的现场总线国际标准有 8 种类型，而原 IEC 国际标准只是 8 种类型之一，与其他 7 种类型总线的地位是平等的。其他 7 种总线，不论其市场占有率有多少，每个总线协议都有一套软件、硬件的支撑，它们能够形成系统，形成产品。所以，要实现这些总线的相互兼容和互操作，就目前状态而言，几乎是不可能的。通过上面的叙述，我们知道：开放的现场总线控制系统的互操作性，是就一个特定类型的现场总线而言的，只要遵循该类型现场总线的总线协议，对其产品是开放的，并具有互操作性。换句话说，不论什么厂家的产品，也不管是否是该现场总线公司的产品，只要遵循该总线的总线协议，产品之间就是开放的，并具有互操作性，就可以组成总线网络。

（2）FCS 的基础是数字智能现场装置。数字智能现场装置是 FCS 系统的硬件支撑，是基础。FCS 系统执行的是自动控制装置与现场装置之间的双向数字通信现场总线信号制。如果现场装置不遵循统一的总线协议，即相关的通信规约，不具备数字通信功能，那么所谓双向数字通信只是一句空话，也不能称之为现场总线控制系统。另外，现场总线的一大特点就是要增加现场一级控制功能。如果现场装置不是多功能、智能化的产品，那么现场总线控制系统的特点也就不存在了，所谓简化系统、方便设计、利于维护等优越性也是不可能的。

（3）FCS 的本质是信息处理现场化。对于一个控制系统，无论是采用 DCS 还是采用 FCS，系统需要处理的信息量都是一样大的。实际上，在采用现场总线控制以后，可以从现场得到更多的信息。现场总线系统的信息量没有减少，甚至增加了，而传输信息的线缆却大大减少了。这就要求一方面要大大提高线缆传输信息的能力，另一方面要让大量信息在现场就地完成处理，减少现场与控制机房之间的信息往返。可以说现场总线的本质就是信息处理的现场化。

通过使用现场总线，用户可以大量减少现场接线，用单个现场仪表就可实现多变量通

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com