



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13-5” GUIHUA JIAOCAI

工业自动化生产线 实训教程

李 擎 崔家瑞 主编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

工业自动化生产线实训教程

李 擎 崔家瑞 主编

图灵社区会员 (CIP) 数据

工业出版社, 2016.8

地址: 北京市... 邮编: ...

北京 冶金工业出版社
2016

内 容 提 要

本书是根据“中国工程教育专业认证培养目标”、“卓越工程师培养计划能力培养矩阵”等需求编写而成的专业性综合实践教材,其目的在于培养学生掌握工程设计方法、运用理论知识分析和解决复杂工程问题的能力。

本书共分七章。主要内容包括工业自动化系统的总体概念、虚拟仪器技术;对象建模的基本概念、Matlab 数学建模;小型水箱过程控制系统设计、实现、调试和优化方案;多热工参量系统的基础理论、检测控制设备的基本情况 & 系统设计、实现、调试和优化方案;张力测量与控制系统的原理、结构、设计及应用;倒立摆控制系统的原理、结构和应用以及柔性制造生产线系统的基本概念和应用。

本教材可供自动化及相关专业高年级本科生及研究生使用,也可供自动化工厂的技术人员及科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业自动化生产线实训教程/李擎等主编. —北京:冶金工业出版社, 2016. 8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7283-2

I. ①工… II. ①李… III. ①自动生产线—高等学校—教材 IV. ①TP278

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 186677 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp. com. cn 电子信箱 yjcs@cnmp. com. cn

责任编辑 戈 兰 夏小雪 美术编辑 彭子赫 版式设计 杨 帆

责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7283-2

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2016 年 8 月第 1 版, 2016 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 14 印张; 341 千字; 216 页

38.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp. com. cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs. tmall. com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

我国在工程实践教育层面开展了“中国工程教育专业认证”、“卓越工程师培养计划”和 CDIO (Conceive、Design、Implement、Operate) 工程教育,以上项目的初衷都是培养学生的工程实践能力和创新意识。作为学生综合素质提高的重要抓手,实践环节具有不可替代的作用。

“工业自动化控制系统生产实训”课程是自动化专业重要的必修课之一,也是“中国工程教育专业认证”和“自动化专业卓越工程师培养计划”不可或缺的实践类课程之一。该课程由自动控制原理、计算机控制、过程控制、电力及其运动控制、PLC、工业组态软件、网络控制系统等多门课程融合而成,对于学生全面掌握自动化专业的课程体系、拓宽学生专业知识面、更好地理论联系实际具有极其重要的作用。

本书是根据“中国工程教育专业认证培养目标”、“卓越工程师培养计划能力培养矩阵”等需求编写而成的专业性综合实践教材,其目的在于培养学生掌握工程设计方法、运用理论知识分析和解决复杂工程问题的能力。

本书以过程控制技术等相关理论为基础,从工程实践出发,力求理论联系实际。在编者团队多年教学、科研经历和工程实践经验的基础上,力图使本书成为内容简明、集系统性和实用性为一体的通用教材。

本书的特色及创新如下:

(1) 结合“自动化专业卓越工程师培养计划”的培养目标和“中国工程教育认证”的毕业能力要求,并根据北京科技大学自动化专业教学大纲、培养计划、学时设置编写本书。本着精心规划、从工程实际出发、深入浅出的原则,对本书内容进行了全面而系统的设计、安排、整合和优化。

(2) 在教材编写过程中将充分借鉴 CDIO 工程实践能力一体化培养理念,重点阐述了综合型、设计型实验内容以及与生产实际紧密结合的工程案例分析:如锅炉液位-温度控制系统的设计与实现、张力控制系统的设计与实现、基于网络控制的柔性制造自动化生产线的分析和设计等,以上内容会在很大程度上提高学生的动手实践能力和就业竞争力。

(3) 书中体现研究性教学模式,在传统习题、思考题的基础上引入一些课本上不能直接找到答案的研究性题目,鼓励学生对课程中的重点、难点、热点问题独立自主地开展研究,通过课外资料的查阅和处理,提出自己的解决方案并在一定范围内展开讨论,逐渐增强学生独立分析和解决问题的能力。

本书共分为7章。按照由简到繁,从书本到实际,先简单后综合的思路来设计章节。

第1章介绍了工业自动化系统的总体概念,集散控制系统、虚拟仪器技术的介绍及LabVIEW图形化编程环境。

第2章介绍了建模的基本概念和典型工业过程控制中所涉及被控对象传递函数的形式,并讲述了如何使用Matlab建立数学模型以及使用组态软件进行测试的方法。

第3章介绍了小型水箱过程控制系统几种常用控制理论以及系统设计、实现、调试和优化方案。

第4章介绍了多热工参量系统的基础理论、检测控制设备的基本情况以及系统设计、实现、调试和优化方案。

第5章介绍了张力测量与控制系统的原理、结构、设计及应用,包括张力检测和变频控制。

第6章介绍了倒立摆控制系统的原理、结构和应用,Matlab建模和控制算法设计以及贝佳莱PLC的使用方法。

第7章介绍了柔性制造生产线系统的基本概念以及柔性制造生产线在生产制造和生产管理方面的应用。

附录给出了实训报告和创新项目模板。

本书的编写力求深入浅出、循序渐进,在内容安排上既有基础理论、基本概念的系统阐述,又有丰富的现场案例分析,具有很强的工程实践指导性。

本书由北京科技大学自动化学院李擎、崔家瑞担任主编,阎群、徐银梅担任副主编,杨旭、张笑菲、栗辉和王尚君参编。其中,第1章、第2章由崔家瑞编写;第3章、第4章由李擎编写;第5章由阎群、徐银梅编写;第6章由杨旭、王尚君编写;第7章和附录由张笑菲、栗辉编写。

本教材得到了北京科技大学“十二五”规划教材建设资金的资助。

本书在编写过程中参考了大量文献,在此对相关文献的作者致以真诚的谢意!

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2016年6月

目 录

1 概述	1
1.1 工业自动化系统	1
1.1.1 简介	1
1.1.2 分类	2
1.1.3 发展历史	2
1.2 DCS 控制系统	3
1.2.1 DCS 系统硬件体系结构	4
1.2.2 DCS 系统软件体系结构	5
1.2.3 DCS 系统组态	6
1.2.4 OPC 技术及其应用	7
1.3 虚拟仪器技术	8
1.3.1 虚拟仪器简介	8
1.3.2 LabVIEW 简介	10
小结	12
习题	12
2 被控对象数学模型的建立与测试	13
2.1 基本知识	13
2.1.1 被控过程传递函数的一般形式	14
2.1.2 建立过程数学模型的基本方法	15
2.2 物理系统建模实训	20
2.2.1 自衡单容对象的数学模型测试	20
2.2.2 自衡双容对象的数学模型测试	22
2.3 基于 Matlab 的建模实训	23
2.3.1 作图法建立一阶系统数学模型	23
2.3.2 算法建立一阶系统数学模型	25
2.3.3 算法建立二阶系统数学模型	26
小结	28
习题	29
3 小型水箱过程控制系统实训	30
3.1 小型水箱过程控制系统介绍	30

3.1.1 生产中典型的液位对象	31
3.1.2 控制系统介绍	32
3.1.3 控制系统中的仪器仪表	34
3.1.4 控制系统的配电图	37
3.1.5 控制系统的控制板通信设置	38
3.1.6 水箱液位数学模型测定	41
3.2 单回路控制实训	44
3.2.1 单回路控制系统	44
3.2.2 单回路控制系统方案	49
3.2.3 单回路控制系统设计与实现	49
3.2.4 单回路控制系统调试与优化	50
3.3 液位和流量串级控制实训	50
3.3.1 串级控制系统	51
3.3.2 液位和流量串级控制系统方案	53
3.3.3 液位和流量串级控制系统设计与实现	55
3.3.4 液位和流量串级控制系统调试与优化	55
3.4 流量-液位前馈反馈控制实训	56
3.4.1 前馈反馈控制系统	57
3.4.2 流量-液位前馈反馈控制系统方案	61
3.4.3 流量-液位前馈反馈控制系统设计与实现	63
3.5 管道压力和流量解耦控制实训	64
3.5.1 解耦控制系统	65
3.5.2 管道压力和流量解耦控制系统方案	68
3.5.3 管道压力和流量解耦控制系统设计与实现	69
小结	70
习题	71
4 多热工参量系统实训	72
4.1 系统介绍	72
4.1.1 产品概述	72
4.1.2 工艺流程图	74
4.1.3 实训系统对象	74
4.2 锅炉自动补水控制实训	77
4.2.1 实训设备	78
4.2.2 控制流程	79
4.2.3 实训步骤	79
4.3 锅炉加热控制实训	79
4.3.1 实训设备	80
4.3.2 控制流程	85

4.3.3 实训步骤	85
4.4 热交换控制	85
4.4.1 实训设备	87
4.4.2 实训流程	98
4.4.3 实训步骤	98
4.4.4 热交换控制实训补充	98
4.5 反应器液位控制	100
4.5.1 实训设备	100
4.5.2 实训流程	111
4.5.3 实训步骤	111
小结	111
习题	111
5 张力测量与控制系统实训	112
5.1 张力对象的特点和分析	112
5.1.1 张力的产生	113
5.1.2 张力对象的性质	113
5.2 张力测量与控制系统的技术要求	113
5.3 张力测量与控制系统的方案	113
5.3.1 张力控制方案分析与选择	114
5.3.2 系统控制器	114
5.3.3 张力检测方式	114
5.3.4 控制张力的执行机构	121
5.4 张力测量与控制系统设计与实现	124
5.4.1 纸卷放卷过程的数学建模及分析	124
5.4.2 张力系统 PID 控制	125
5.4.3 PID 控制技术的改进算法	129
5.4.4 控制器编程	130
5.5 张力测量及控制系统调试与优化	160
小结	161
习题	161
6 倒立摆控制系统实训	162
6.1 倒立摆控制系统介绍	162
6.1.1 直线倒立摆	162
6.1.2 环形倒立摆	163
6.1.3 平面倒立摆	163
6.2 倒立摆建模	164
6.2.1 一阶倒立摆建模	164

6.2.2 二阶倒立摆建模	168
6.3 控制算法设计	172
6.3.1 一阶倒立摆控制算法设计	172
6.3.2 二阶倒立摆控制算法设计	189
小结	193
习题	194
7 柔性制造生产线系统实训	195
7.1 柔性制造生产线系统实训	195
7.1.1 认识柔性制造自动生产线	195
7.1.2 气动技术的应用	196
7.1.3 西门子 PLC 的使用	197
7.2 柔性制造自动生产线各分站的独立控制	197
7.2.1 供料站功能及控制流程	199
7.2.2 加工站功能及控制流程	199
7.2.3 装配站功能及控制流程	199
7.2.4 分拣站功能及控制流程	200
7.2.5 输送功能及控制流程	200
7.3 自动生产线综合控制	201
7.3.1 供料站程序分析	201
7.3.2 加工站程序分析	202
7.3.3 装配站程序分析	202
7.3.4 分拣站程序分析	202
7.4 人机界面安装与生产线系统调试操作	202
7.4.1 HMI 的安装	202
7.4.2 HMI 与 PLC 连接	203
7.4.3 系统运行模式	204
7.4.4 物料状态	207
7.4.5 异常工作状态测试	207
小结	208
习题	208
附录	209
附录 1 实训报告模板	209
附录 2 创新项目模板	214
参考文献	216

【导读】

工业自动化是机器设备或生产过程在不需要人工直接干预的情况下,按预期的目标实现测量、操纵等信息处理和过程控制的统称。自动化技术就是探索和研究实现自动化过程的方法和技术。它是涉及机械、微电子、计算机、机器视觉等技术领域的一门综合性技术。如今自动化技术已经被广泛地应用于机械制造、电力、建筑、交通运输、信息技术等领域,成为提高劳动生产率的主要手段。

本章 1.1 节讲述了工业自动化系统的定义、组成、分类与发展历史;1.2 节为 DCS 系统介绍;1.3 节介绍了虚拟仪器技术及 LabVIEW 图形化编程环境。

【学习建议】

本章内容是围绕工业自动化系统展开的,最基本的自动控制原理是学习本章内容的必要基础。学习者应在充分复习和理解这些基本知识的基础上,展开本章学习。首先了解工业自动化系统的构成、分类,然后,掌握 DCS 系统的组成及组态方法。

【学习目标】

- (1) 了解工业自动化系统的基本概念、构成、分类及发展历史。
- (2) 掌握 DCS 系统的基本架构及开发流程。

1.1 工业自动化系统

1.1.1 简介

工业自动化是机器设备或生产过程在不需要人工直接干预的情况下,按预期的目标实现测量、操纵等信息处理和过程控制的统称。自动化技术就是探索和研究实现自动化过程的方法和技术。它是涉及机械、微电子、计算机、机器视觉等技术领域的一门综合性技术。工业革命是自动化技术的助产士。正是由于工业革命的需要,自动化技术才冲破了卵壳,得到了蓬勃发展。同时自动化技术也促进了工业的进步,如今自动化技术已经被广泛地应用于机械制造、电力、建筑、交通运输、信息技术等领域,成为提高劳动生产率的主要手段。

工业自动化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强技术,包括工业自动化软件、硬件和系统三大部分。工业自动化技术作为 20 世纪现代制造领域中最重要技术之一,主要解决生产效率与一致性问题。无论高速大批量制造企业还是追求灵活、柔性和定制化企业,都必须依靠自动化技

术的应用。自动化系统本身并不直接创造效益,但它对企业生产过程起着明显的提升作用:

- (1) 提高生产过程的安全性;
- (2) 提高生产效率;
- (3) 提高产品质量;
- (4) 减少生产过程的原材料、能源损耗。

工业自动化系统指对工业生产过程及其机电设备、工艺装备进行测量与控制的自动化技术工具(包括自动测量仪表、控制装置)的总称。

1.1.2 分类

工业自动化系统以构成的软、硬件可分为:自动化设备、仪器仪表与测量设备、自动化软件、传动设备、计算机硬件、通信网络等。

(1) 自动化设备:包括可编程序控制器(PLC)、传感器、编码器、人机界面、开关、断路器、按钮、接触器、继电器等工业电器及设备。

(2) 仪器仪表与测量设备:包括压力仪器仪表、温度仪器仪表、流量仪器仪表、物位仪器仪表、阀门等设备。

(3) 自动化软件:包括计算机辅助设计与制造系统(CAD/CAM)、工业控制软件、网络应用软件、数据库软件、数据分析软件等。

(4) 传动设备:包括调速器、伺服系统、运动控制、电源系统、电机等。

(5) 计算机硬件:包括嵌入式计算机、工业计算机、工业控制计算机等。

(6) 通信网络:网络交换机、视频监视设备、通信连接器、网桥等。

工业自动化系统产品一般可分成下列几类:

(1) 可编程序控制器(PLC):按功能及规模可分为大型 PLC(输入输出点数大于 1024)、中型 PLC(输入输出点数 256~1024)及小型 PLC(输入输出点数小于 256)。

(2) 分布式控制系统(DCS):又称集散控制系统,按功能及规模亦可分为多级分层分布式控制系统、中小型分布式控制系统、两级分布式控制系统。

(3) 工业 PC 机:能适合工业恶劣环境的 PC 机,配有各种过程输入输出接口板组成工控机。近年又出现了 PCI 总线工控机。

(4) 嵌入式计算机及 OEM 产品,包括 PID 调节器及控制器。

(5) 机电设备数控系统(CNC, FMS, CAM)。

(6) 现场总线控制系统(FCS)。

1.1.3 发展历史

工业自动化的发展经历了三个阶段:

(1) 第一阶段:40 年代~60 年代初期。

需求动力:市场竞争,资源利用,减轻劳动强度,提高产品质量,适应批量生产需要。

主要特点:此阶段主要为单机自动化阶段,各种单机自动化加工设备出现,并不断扩大应用和向纵深方向发展。

典型成果和产品：硬件数控系统的数控机床。

(2) 第二阶段：60 年代中期~70 年代初期。

需求动力：市场竞争加剧，要求产品更新快，产品质量高，并适应大中批量生产需要和减轻劳动强度。

主要特点：此阶段主要以自动生产线为标志，在单机自动化的基础上，各种组合机床、组合生产线出现，同时软件数控系统出现并用于机床，CAD、CAM 等软件开始用于实际工程的设计和制造中，此阶段硬件加工设备适合于大中批量的生产和加工。

典型成果和产品：用于钻、镗、铣等加工的自动生产线。

(3) 第三阶段：70 年代中期至今。

需求动力：市场环境的变化，使多品种、中小批量生产中普遍性问题越发严重，要求自动化技术向其广度和深度发展，使其各相关技术高度综合，发挥整体最佳效能。

主要特点：自 70 年代初期美国学者首次提出 CIM 概念至今，自动化领域已发生了巨大变化。CIM 已作为一种哲理、一种方法逐步为人们所接受；CIM 也是一种实现集成的相应技术，把分散独立的单元自动化技术集成为一个优化的整体。所谓哲理，就是企业应根据需求来分析并克服现存的“瓶颈”，从而实现不断提高实力、竞争力的思想策略。而作为实现集成的相应技术，一般认为是：数据获取、分配、共享，网络和通信，车间层设备控制器，计算机硬、软件的规范、标准等。同时，并行工程作为一种经营哲理和工作模式自 80 年代末期开始应用和活跃于自动化技术领域，并将进一步促进单元自动化技术的集成。

典型成果和产品：CIMS 工厂，柔性制造系统（FMS）等。

1.2 DCS 控制系统

DCS 控制系统全称为集散控制系统，也可直译为“分散控制系统”或“分布式计算机控制系统”。它采用控制分散、操作和管理集中的基本设计思想，采用多层分级、合作自治的结构形式。其主要特征是它的集中管理和分散控制。目前，DCS 在电力、冶金、石化等各行各业都获得了极其广泛的应用。

DCS 通常采用分级递阶结构，如图 1-1 所示，每一级由若干子系统组成，每一个子系统实现若干特定的有限目标，形成金字塔结构。

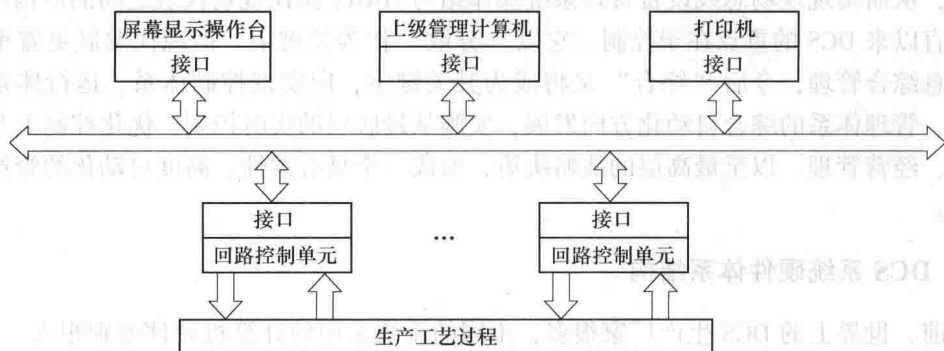


图 1-1 DCS 控制系统示意图

可靠性是 DCS 发展的生命, 要保证 DCS 的高可靠性主要有三种措施: 一是广泛应用高可靠性的硬件设备和生产工艺; 二是广泛采用冗余技术; 三是在软件设计上广泛实现系统的容错技术、故障自诊断和自动处理技术等。当今大多数集散控制系统的 MTBF (平均故障间隔时间) 可达几万甚至几十万小时。

近年来, 在 DCS 相关领域有许多新进展, 主要表现在如下几个方面:

(1) 系统功能向开放式方向发展。传统 DCS 的结构是封闭式的, 不同制造商的 DCS 之间难以兼容。而开放式的 DCS 将可以赋予用户更大的系统集成自主权, 用户可根据实际需要选择不同厂商的设备连同软件资源连入控制系统, 达到最佳的系统集成。这里不仅包括 DCS 与 DCS 的集成, 更包括 DCS 与 PLC、FCS 及各种控制设备和软件资源的广义集成。

(2) 仪表技术向数字化、智能化、网络化方向发展。工业控制设备的智能化、网络化发展, 可以促使过程控制的功能进一步分散下移, 实现真正意义上的“全数字”、“全分散”控制。另外, 由于这些智能仪表具有精度高、重复性好、可靠性高, 并具备双向通信和自诊断功能等特点, 致使系统的安装、使用和维护工作更为方便。

(3) 工控软件正向先进控制方向发展。广泛应用各种先进控制与优化技术是挖掘并提升 DCS 综合性能最有效、最直接也是最具价值的发展方向, 主要包括先进控制、过程优化、信息集成、系统集成等软件的开发和产业化应用。在未来, 工业控制软件也将继续向标准化、网络化、智能化和开放性方向发展。

(4) 系统架构向 FCS 方向发展。单纯从技术而言, 现阶段现场总线集成于 DCS 可以有三种方式:

1) 现场总线于 DCS 系统 I/O 总线上的集成。通过一个现场总线接口卡挂在 DCS 的 I/O 总线上, 使得在 DCS 控制器所看到的现场总线来的信息就如同来自一个传统的 DCS 设备卡一样。例如, Fisher-Rosemount 公司推出的 DeltaV 系统采用的就是此种集成方案。

2) 现场总线于 DCS 系统网络层的集成。就是在 DCS 更高一层网络上集成现场总线系统, 这种集成方式不需要对 DCS 控制站进行改动, 对原有系统影响较小。如 Smar 公司的 302 系列现场总线产品可以实现在 DCS 系统网络层集成其现场总线功能。

3) 现场总线通过网关与 DCS 系统并行集成。现场总线和 DCS 还可以通过网关桥接实现并行集成。如 SUPCON 的现场总线系统, 利用 HART 协议网桥连接系统操作站和现场仪表, 从而实现现场总线设备管理系统操作站与 HART 协议现场仪表之间的通信功能。

一直以来 DCS 的重点在于控制, 它以“分散”作为关键字。但现代发展更着重于全系统信息综合管理, 今后“综合”又将成为其关键字, 向实现控制体系、运行体系、计划体系、管理体系的综合自动化方向发展, 实施从最底层的实时控制、优化控制上升到生产调度、经营管理, 以至最高层的战略决策, 形成一个具有柔性、高度自动化的管控一体化系统。

1.2.1 DCS 系统硬件体系结构

目前, 世界上的 DCS 生产厂家很多, 不同的系统采用的计算机硬件差别很大。所以, 只能着重从功能上和类型上来介绍 DCS 的现场控制站和操作站的组成。

DCS 的硬件系统是通过网络将不同数目的现场控制站、操作员站和工程师站连接起

来, 共同完成各种采集、控制显示、操作和管理功能。

在不同的 DCS 中, 过程控制级的控制装置各不相同, 如过程控制单元、现场控制站、过程接口单元等, 但它们的结构形式大致相同, 可以统称为现场控制单元 FCU。过程管理级由工程师站、操作员站、管理计算机等组成, 完成对过程控制级的集中监视和管理, 通常称为操作站。DCS 的硬件和软件, 都是按模块化结构设计的, 所以 DCS 的开发实际上就是将系统提供的各种基本模块按实际的需要组合成为一个系统, 这个过程称为系统的组态。

1.2.1.1 现场控制单元

现场控制单元一般远离控制中心, 安装在靠近现场的地方, 其高度模块化结构可以根据过程监测和控制的需要配置成由几个监控点到数百个监控点的规模不等的过程控制单元。

现场控制单元的结构是由许多功能分散的插板 (或称卡件) 按照一定的逻辑或物理顺序安装在插板箱中, 各现场控制单元及其与控制管理级之间采用总线连接, 以实现信息交互。

现场控制单元的硬件配置需要完成以下内容:

(1) 插件的配置。根据系统的要求和控制规模配置主机插件 (CPU 插件)、电源插件、I/O 插件、通信插件等硬件设备。

(2) 硬件冗余配置。对关键设备进行冗余配置是提高 DCS 可靠性的一个重要手段, DCS 通常可以对主机插件、电源插件、通信插件和网络、关键 I/O 插件都可以实现冗余配置。

(3) 硬件安装。不同的 DCS, 对于各种插件在插件箱中的安装, 会在逻辑顺序或物理顺序上有相应的规定。另外, 现场控制单元通常分为基本型和扩展型两种, 所谓基本型就是各种插件安装在一个插件箱中, 但更多的时候需要可扩展的结构形式, 即一个现场控制单元还包括若干数字输入/输出扩展单元, 相互间采用总线连成一体。

就本质而言, 现场控制单元的结构形式和配置要求与模块化 PLC 的硬件配置是一致的。

1.2.1.2 操作站

操作站用来显示并记录来自各控制单元的过程数据, 是人与生产过程信息交互的操作接口。典型的操作站包括主机系统、显示设备、键盘输入设备、信息存储设备和打印输出设备等, 主要实现强大的显示功能 (如模拟参数显示、系统状态显示、多种画面显示等)、报警功能、操作功能、报表打印功能、组态和编程功能等。

另外, DCS 操作站还分为操作员站和工程师站。从系统功能上看, 前者主要实现一般的生产操作和监控任务, 具有数据采集和处理、监控画面显示、故障诊断和报警等功能。后者除了具有操作员站的一般功能以外, 还应具备系统的组态、控制目标的修改等功能。从硬件设备上看, 多数系统的工程师站和操作员站合在一起, 仅用一个工程师键盘加以区分。

1.2.2 DCS 系统软件体系结构

DCS 的软件体系通常可以为用户提供相当丰富的功能软件模块和功能软件包, 控制

工程师利用 DCS 提供的组态软件,将各种功能软件进行适当的“组装连接”(即组态),生成满足控制系统要求的各种应用软件。

1.2.2.1 现场控制单元的软件系统

现场控制单元的软件主要包括以实时数据库为中心的数据巡检、控制算法、控制输出和网络通信等软件模块组成。

实时数据库起到了中心环节的作用,在这里进行数据共享,各执行代码都与它交换数据,用来存储现场采集的数据、控制输出以及某些计算的中间结果和控制算法结构等方面的信息。数据巡检模块用以实现现场数据、故障信号的采集,并实现必要的数字滤波、单位变换、补偿运算等辅助功能。DCS 的控制功能通过组态生成,不同的系统,需要的控制算法模块各不相同,通常会涉及以下一些模块:算术运算模块、逻辑运算模块、PID 控制模块、变形 PID 模块、手自动切换模块、非线性处理模块、执行器控制模块等。控制输出模块主要实现控制信号的输出以处理故障。

1.2.2.2 操作站的软件系统

DCS 中的操作站用以完成系统的开发、生成、测试和运行等任务,这就需要相应的系统软件支持,这些软件包括操作系统、编程语言及各种工具软件等。一套完善的 DCS,在操作站上运行的应用软件应能实现如下功能:实时数据库、网络管理、历史数据库管理、图形管理、历史数据趋势管理、数据库详细显示与修改、记录报表生成与打印、人机接口控制、控制回路调节、参数列表、串行通信和各种组态等。

1.2.3 DCS 系统组态

DCS 的开发过程主要是采用系统组态软件依据控制系统的实际需要生成各类应用软件的过程。组态软件功能包括基本配置组态和应用软件组态。基本配置组态是给系统一个配置信息,如系统的各种站的个数、它们的索引标志、每个控制站的最大点数、最短执行周期和内存容量等。应用软件的组态则包括比较丰富的内容,主要包括以下几个方面:

(1) 控制回路的组态。控制回路的组态在本质上就是利用系统提供的各种基本的功能模块,来构成各种各样的实际控制系统。目前各种不同的 DCS 提供的组态方法各不相同,归纳起来有指定运算模块连接方式、判定表方式、步骤记录方式等。

指定运算模块连接方式是通过调用各种独立的标准运算模块,用线条连接成多种多样的控制回路,最终自动生成控制软件,这是一种信息流和控制功能都很直观的组态方法。判定表方式是一种纯粹的填表形式,只要按照组态表格的要求,逐项填入内容或回答问题即可,这种方式很利于用户的组态操作。步骤记入方式是一种基于语言指令的编写方式,编程自由度大,各种复杂功能都可通过一些技巧实现,但组态效率较低。另外,由于这种组态方法不够直观,往往对组态工程师在技术水平和组态经验有较高的要求。

(2) 实时数据库生成。实时数据库是 DCS 最基本的信息资源,这些实时数据由实时数据库存储和管理。在 DCS 中,建立和修改实时数据库记录的方法有多种,常用的方法是用通用数据库工具软件生成数据库文件,系统直接利用这种数据格式进行管理或采用某种方法将生成的数据文件转换为 DCS 所要求的格式。

(3) 工业流程画面的生成。DCS 是一种综合控制系统,它必须具有丰富的控制系统和检测系统画面显示功能。显然,不同的控制系统,需要显示的画面是不一样的。总的来

说,结合总貌、分组、控制回路、流程图、报警等画面,以字符、棒图、曲线等适当的形式表示出各种测控参数、系统状态,是 DCS 组态的一项基本要求。此外,根据需要还可显示各类变量目录画面、操作指导画面、故障诊断画面、工程师维护画面和系统组态画面。

(4) 历史数据库的生成。所有 DCS 都支持历史数据存储和趋势显示功能,历史数据库通常由用户在不需要编程的条件下,通过屏幕编辑编译技术生成一个数据文件,该文件定义了各历史数据记录的结构和范围。历史数据库中数据一般按组划分,每组内数据类型、采样时间一样。在生成时对各数据点的有关信息进行定义。

(5) 报表生成。DCS 的操作员站的报表打印功能也是通过组态软件中的报表生成部分进行组态,不同的 DCS 在报表打印功能方面存在较大的差异。一般来说,DCS 支持如下两类报表打印功能:一是周期性报表打印,二是触发性报表打印,用户根据需求和喜好生成不同的报表形式。

1.2.4 OPC 技术及其应用

当大量现场信息由智能仪表或通过现场总线直接进入计算机控制系统后,存在着计算机内部应用程序对现场信息的共享与交互问题。由于缺乏统一的连接标准,工控软件往往需要为硬件设备开发专用的驱动程序。这样一旦硬件设备升级换代,就需要对相应的驱动程序进行更改,增加了系统的维护成本。即使计算机中的 SCADA 有独立的驱动程序,但一般也不允许同时访问相同的设备,否则很容易造成系统崩溃。可见,现场控制层作为企业整个信息系统的底层部分,必然需要与过程管理层和经营决策层进行集成,这样也存在着监控计算机如何与其他计算机进行信息沟通和传递的问题。由于控制系统往往是不同厂商开发的专用系统,相互之间兼容性差,与高层的商业管理软件之间又缺乏有效的通信接口,因此通信规范问题成为了制约控制系统突破“信息孤岛”的瓶颈。

OPC (OLE for Process Control) 的出现,建立了一套符合工业控制要求的通信接口规范,使控制软件可以高效、稳定地对硬件设备进行数据存取操作,应用软件之间也可以灵活地进行信息交互,极大提高了控制系统的互操作性和适应性。

从软件的角度来说,OPC 可以看成是一个“软件总线”的标准。首先,它提供了不同应用程序间(甚至可以通过网络连接起来的不同工作站上的应用程序之间)实现实时数据传输的通道标准;其次,它还针对过程控制的需要定义了通道中进行传输和交换的格式。OPC 标准的体系结构为客户/服务器模式,即将软件分为 OPC 服务器和 OPC 客户。OPC 服务器提供必要的 OPC 数据访问标准接口;OPC 客户通过该标准接口来访问 OPC 数据。

运用 OPC 标准开发的软件由于都基于共同的数据及接口标准,因此相互之间具有很强的通用性。这在工业控制领域中,具有十分现实的意义。OPC 服务器可由不同供应商提供,其代码决定了服务器访问物理设备的方式、数据处理等细节。但这些对 OPC 客户程序来说都是透明的,只需要遵循相同的规范或方法就能读取服务器中的数据。同样,软件供应商则只需将自己的软件加上 OPC 接口,即能从 OPC 服务器中取得数据,而不需关心底层的细节。通过 OPC 接口,OPC 客户程序可以和一个或多个不同的 OPC 服务器连接。同时一个 OPC 服务器也可以与多个客户程序相连,形成多对多的关系。任何支持

OPC 的产品都可以实现与系统的无缝集成。由于 OPC 技术基于 DCOM, 所以客户程序和服务器可以分布在不同的主机上, 形成网络化的监控系统。

OPC 技术的发展和应用, 无论供应商还是最终用户都可以从中得到巨大的益处。首先, OPC 技术把硬件和应用软件有效地分离开, 硬件厂商只需要提供一套软件组件, 所有 OPC 客户程序都可以使用这些组件, 无需重复开发驱动程序。一旦硬件升级, 只需修改 OPC 服务器端 I/O 接口部分, 无需改动客户端程序。其次, 工控软件只要开发一套 OPC 接口就可采用统一的方式对不同硬件厂商的设备进行存取操作。这样, 软硬件厂商可以专注于各自的核心部分, 而不是兼容问题。

对于最终用户而言, 由于无需担心互操作性, 在选择和更换软硬件时有了更多的余地, 使异构计算机系统集成将变得很简单。用户可以将重点放在整个系统的功能及应用上, 这也意味着成本的降低。此外, OPC 组件的使用也十分方便, 用户只需进行简单的组态即可。

OPC 服务器在底层控制系统中采用统一的标准, 实现了应用程序与现场设备的有效连接, 发挥着重要的桥梁作用, 同时也促进了企业现场控制层和生产过程管理层、经营决策层的集成。

1.3 虚拟仪器技术

虚拟仪器是在计算机基础上通过增加相关硬件模块和软件构建而成的、具有可视化界面的仪器。虚拟仪器技术就是利用高性能的模块化硬件, 结合高效灵活的软件来完成各种测试、测量和自动化的应用。自 1986 年问世以来, 世界各国的工程师和科学家们都已将 NI LabVIEW 图形化开发工具用于产品设计周期的各个环节, 从而改善了产品的质量、缩短了产品投放市场的时间, 并提高了产品开发和生产的效率。

1.3.1 虚拟仪器简介

虚拟仪器技术就是利用高性能的模块化硬件, 结合高效灵活的软件来完成各种测试、测量和自动化的应用。它是利用计算机强大的图形环境和在线帮助功能, 建立虚拟仪器面板以代替传统仪器, 并完成对仪器的控制、数据分析和显示功能。虚拟仪器的输入输出是由数据采集卡、GPIB 卡等硬件模块完成的, 仪器的功能主要由软件构成。虚拟仪器系统与传统仪器系统的构成元素对比框图, 如图 1-2 所示。灵活高效的软件能帮助用户创建完全自定义的用户界面, 模块化的硬件能方便地提供全方位的系统集成, 标准的软硬件平台能满足用户对同步和定时应用的需求。这也正是美国国家仪器 (National Instruments, NI) 有限公司近 30 年来始终引领测试、测量行业发展趋势的原因所在。只有同时拥有高效的软件、模块化 I/O 硬件和用于集成的软硬件平台这三大组成部分, 才能充分发挥虚拟仪器技术性能高、扩展性强、开发时间少, 以及出色的集成这四大优势。

1.3.1.1 虚拟仪器技术的组成

虚拟仪器技术的三大组成部分如下:

(1) 灵活高效的软件。软件是虚拟仪器技术中最重要的部分。使用正确的软件工具并通过调用特定的程序模块, 工程师和科学家们可以高效地创建自己的应用以及友好的人