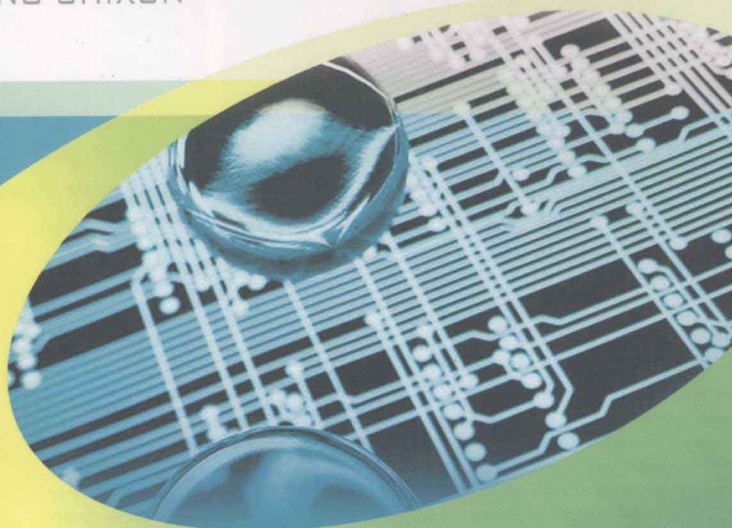


自动化系统编程工具与软件 综合应用实训

ZIDONGHUA XITONG BIANCHENG GONGJU
YU RUANJIAN ZONGHE YINGYONG SHIXUN



张悦 尤俊华 郭建亮 编著
崔伯第 张彦志 主审
张希川



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

自动化系统编程工具与软件 综合应用 实训

ZIDONGHUA XITONG BIANCHENG GONGJU
YU RUANJIAN ZONGHE YINGYONG SHIXUN

张悦 尤俊华 郭建亮
崔伯第 张彦志 编 著
张希川 主 审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为了满足教学及实际工程应用的需要,将台达(Delta)PLC手持编程器HPP、PLC编程软件WPLSoft、文本显示器编程软件TPEditor、人机界面编程软件Screen Editor、变频器编程软件VFDSOFT及伺服系统编程软件ASDA-Soft集于一书,方便使用。本书内容包括PLC手持编程器的应用、PLC编程软件的应用、文本显示器编程软件的应用、人机界面编程软件的应用和变频器编程软件的应用等。

本书可作为自动化等相关领域工程技术人员的参考资料,也可作为高等院校机械设计制造及自动化、自动化、电气工程及自动化等相关专业本科、研究生的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

自动化系统编程工具与软件综合应用实训 / 张悦等编著.
北京:中国电力出版社,2010.12
ISBN 978-7-5123-1034-6

I. ①自… II. ①张… III. ①可编程序控制器—程序设计 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第214923号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011年5月第一版 2011年5月北京第一次印刷

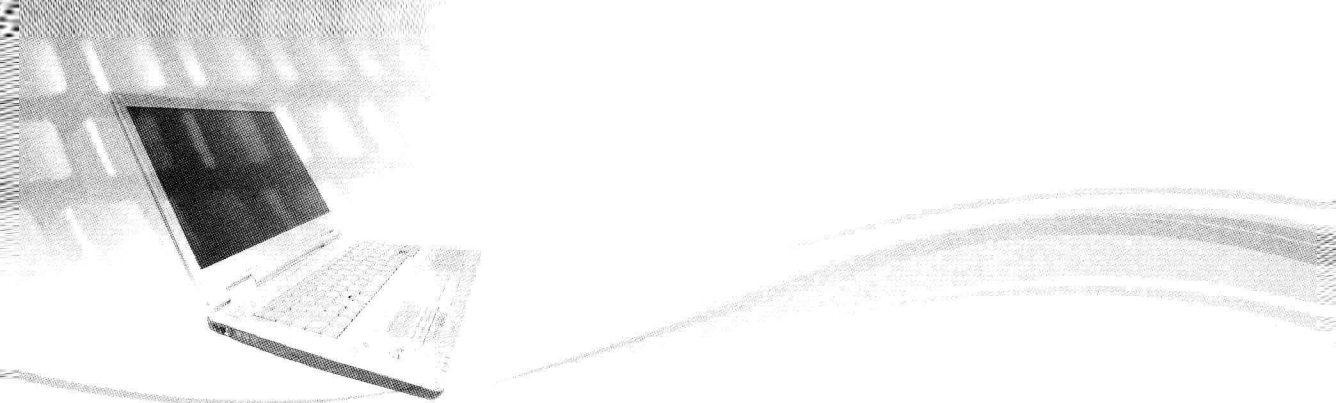
787毫米×1092毫米 16开本 27.5印张 679千字

印数0001—3000册 定价49.50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

随着自动化技术的迅猛发展，在一个控制系统中将会同时涉及多种自动化产品，如可编程控制器（PLC）、文本显示器（TP）、人机界面（HMI）、变频器或伺服系统等。这些自动化产品在使用前，大多数需要用户根据控制要求进行编程，而编程工具或软件又是各自独立的，用户在使用中可能有些不便。为此，我们将这些编程工具和软件集于一书，方便技术人员查找、使用。

本书介绍了中达电通股份有限公司自动化产品的编程工具与软件的应用方法，包括 PLC 手持编程器 HPP、PLC 编程软件 WPLSoft、文本显示器编程软件 TPEditor、人机界面编程软件 Screen Editor、变频器编程软件 VFDSOft 及伺服系统编程软件 ASDA-Soft。

本书由沈阳工业大学张悦、尤俊华、姜兴宇、张彦志，宁波工程学院郭建亮，淮海工学院崔伯第和东北大学秦皇岛分校郭瑞等编著，参加编写工作的还有沈阳工业大学张幼军、韩立、孙泰礼、姜彤，佳木斯大学周俊，东北制药总厂建筑安装公司左丽娜，沈阳东华同方电子科技有限公司吴博。其中，张悦、张彦志编写了第 1、2 章，郭建亮、姜兴宇编写了第 3 章，韩立、孙泰礼、姜彤编写了第 4 章，尤俊华、郭瑞、左丽娜、张彦志编写了第 5 章，张幼军编写了第 6 章，崔伯第、周俊编写了第 7 章，吴博编写了附录。此外，沈阳工业大学董丽萍、李启东、董建军、单光坤，佳木斯大学殷宝麟等老师也做了部分文字及图片处理工作。全书由张悦、尤俊生、韩立统稿。

沈阳工业大学教授级高级工程师张希川担任本书主审，对本书提出了许多宝贵建议，在此表示衷心感谢！

在本书的编写过程中还得到了沈阳工业大学袁晓光、孙广贵、曲迎东及机械工程学院王世杰、金嘉琦、张娜、苏东海、郑鹏等领导的大力支持与帮助，在此表示衷心感谢！

同时，也得到了中达电通股份有限公司沈阳分公司机电业务处经理赵海先生和应用工程师葛涵、谭庆贵先生的大力支持与帮助，在此表示感谢！

限于作者水平，书中疏漏或错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

联系邮箱：sut-plc@163.com。

编 者

2010 年 6 月

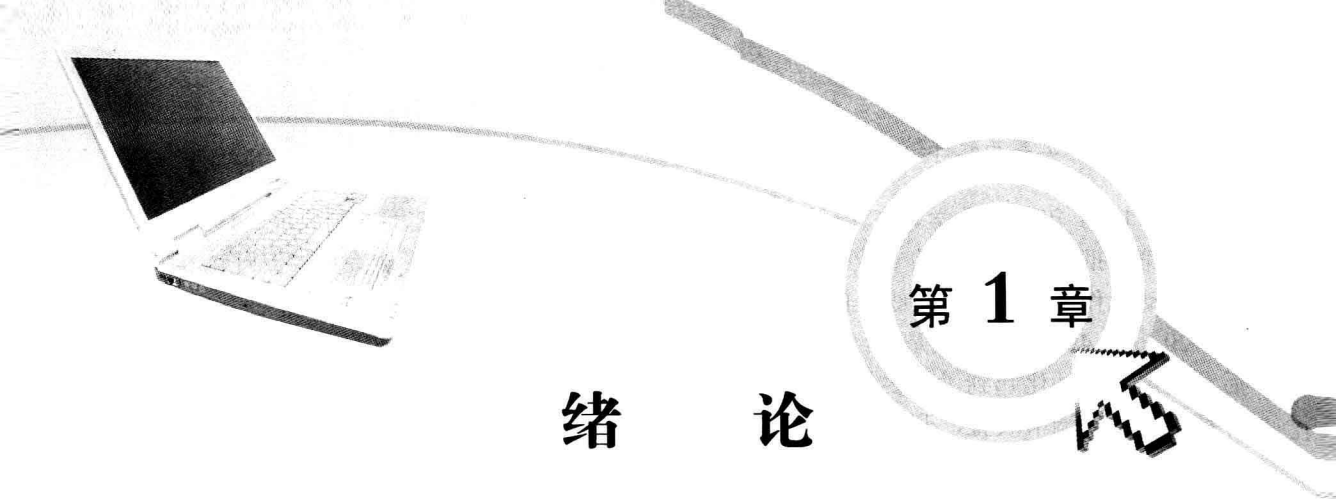


目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 自动化概述	1
1.2 可编程序逻辑控制器概述	3
1.3 人机界面与文本显示器概述	6
1.4 变频器概述	8
1.5 伺服系统概述	10
1.6 本书的主要内容	11
第 2 章 PLC 手持编程器的应用	12
2.1 手持编程器简介	12
2.2 手持编程器的基本操作	15
2.3 程序编辑	20
2.4 HPP 程序的读/写与清除	33
2.5 出错代码及原因	40
第 3 章 PLC 编程软件的应用	42
3.1 台达 PLC 简介	42
3.2 WPLSoft 简介、安装方法及初始设定	42
3.3 编程软件的主要功能	46
3.4 程序建立与打印	53
3.5 梯形图编辑模式	58
3.6 指令编辑模式	80
3.7 批注编辑	82
3.8 通信联机模式	89
3.9 SFC 编辑模式	111
3.10 设置功能介绍	124
3.11 数据	128
3.12 仿真器功能介绍	134

第 4 章 文本显示器编程软件的应用	139
4.1 台达文本显示器简介	139
4.2 TP04G 的操作与设定	142
4.3 TPEditor 编程软件的应用	149
4.4 通信联机模式	172
4.5 故障排除	173
第 5 章 人机界面编程软件的应用	177
5.1 功能菜单与工具栏	177
5.2 元件编辑	256
5.3 宏功能	315
5.4 系统控制区及状态区	348
5.5 内部存储器	359
第 6 章 变频器编程软件的应用	361
6.1 使用前说明	361
6.2 启动准备	361
6.3 如何启动 VFDSOft	361
6.4 VFDSOft 功能介绍	363
6.5 建立联机	365
6.6 快速设定	367
6.7 参数总管	368
6.8 在线操作器	372
6.9 趋势记录	372
6.10 实时监测	375
6.11 进阶功能	376
6.12 其他功能	378
第 7 章 伺服系统编程软件的应用	380
7.1 台达伺服系统编程软件简介	380
7.2 台达伺服驱动器简介	380
7.3 伺服系统编程软件 ASDA-Soft	382
附录 1 基本指令表	401
附录 2 应用指令	402
附录 3 特殊辅助继电器	408
附录 4 特殊数据寄存器	423
参考文献	434



第 1 章

绪 论

1.1 自动化概述

自动化 (Automation), 即机器或装置, 以“稳、准、快”为目标, 在无人干预的情况下, 按规定的程序或指令自动进行操作或控制的过程。自动化技术广泛应用于工业、农业、军事、科学研究、交通运输、商业、医疗、服务业, 甚至家庭等方面。采用自动化技术不仅可以把人从繁重的体力劳动、部分脑力劳动, 以及恶劣、危险的工作环境中解放出来, 而且能扩展人的器官功能, 极大地提高劳动生产率, 增强人类认识世界和改造世界的能力。显然自动化是工业、农业、国防和科学技术现代化的重要条件和显著标志。

1936 年, 美国福特公司的机械工程师 D.S.哈德最先提出“自动化”一词, 用来描述发动机汽缸自动传送和加工的过程, 并认为在一个生产过程中, 机器之间的零件转移不用人去搬运就是“自动化”。20 世纪 50 年代, 自动调节器和经典控制理论的发展, 使自动化进入以单变量自动调节系统为主的局部自动化阶段。

20 世纪 60 年代, 随着现代控制理论的出现和电子计算机的推广应用, 自动控制与信息处理相结合, 使自动化进入到生产过程的最优控制与管理的综合自动化阶段。

20 世纪 70 年代, 自动化的对象已变为规模大、复杂程度高的系统, 涉及许多用现代控制理论难以解决的问题。对于这些问题的研究, 促进了自动化的理论、方法和手段的革新, 于是出现了大系统的系统控制和复杂系统的智能控制, 出现了综合利用计算机、通信、系统工程和人工智能等成果的高级自动化系统, 如柔性制造系统、办公自动化系统、智能机器人系统、专家系统、决策支持系统、计算机集成制造系统等。

自动装置的出现和应用是在 18 世纪以前。古代人类在长期的生产和生活中, 为了减轻自己的劳动强度, 逐渐产生利用自然界动力代替人力或畜力、用自动装置代替部分脑力活动的愿望, 经过漫长岁月的探索, 造出一些原始的自动装置。古代中国的指南车 (又称司南车) 以及 17 世纪欧洲出现的钟表和风磨控制装置, 对自动化技术的形成起到了先导作用。

18 世纪末至 20 世纪 30 年代是自动化技术的形成时期。1788 年英国机械师 J.瓦特发明离心式调速器 (又称飞球调速器), 并与蒸汽机的阀门连接起来, 构成蒸汽机转速的闭环自动控制系统。瓦特的这项发明开创了近代自动调节装置应用的新纪元, 对第一次工业革命及后来控制理论的发展有重要影响。人们开始利用自动调节装置来解决工业生产中的控制问题。这些自动调节装置都是一些跟踪给定值的装置, 使一些物理量保持在给定值附近。自动调节装置的应用标志着自动化技术进入新的历史时期。进入 20 世纪以后, 工业生产中广泛应用各种自动调节装置, 促进了对调节系统进行分析 and 综合的研究工作。这一时期, 虽然在自动调节装置中已广泛应用反馈控制的结构, 但从理论上研究反馈控制的原理则是从 20 世纪 20 年代



开始的。1833 年英国数学家 C.巴贝奇在设计分析机时首先提出了过程控制原理。1939 年,世界上第一批系统与专业的研究机构成立,为 20 世纪 40 年代形成经典控制理论和发展局部自动化作了理论上和组织上的准备。

20 世纪 40 至 50 年代是局部自动化时期,第二次世界大战期间形成的经典控制理论对战后发展局部自动化起到了重要的促进作用。在问题的过程中形成了经典控制理论,设计出各种精密的自动调节装置,开创了系统和控制这一新的科学领域,当时在美国称为伺服机构理论,在苏联称为自动调整理论,主要是解决单变量的控制问题。经典控制理论这个名称是 1960 年在第一届全美联合自动控制会议上提出来的。1945 年以后,出现了系统阐述经典控制理论的著作。美国数学家 N.维纳把反馈的概念推广到一切控制系统中。20 世纪 50 年代以后,经典控制理论有了许多新的发展,基本能满足第二次世界大战中军事技术上的需要和战后工业发展上的需要。但是,到了 20 世纪 50 年代末就发现把经典控制理论的方法推广到多变量系统时会得出错误的结论,经典控制理论的方法有其局限性。

20 世纪 40 年代中期,电子数字计算机的发明开创了数字过程控制的新纪元,虽然当时还局限于自动计算方面,但为 20 世纪 60 至 70 年代在控制系统中广泛应用过程控制和逻辑控制以及广泛应用电子数字计算机直接控制生产过程奠定了基础。

20 世纪 50 年代末至今是综合自动化时期,空间技术迅速发展,迫切需要解决多变量系统的最优控制问题,于是诞生了现代控制理论。现代控制理论的形成和发展为综合自动化奠定了理论基础,同时微电子技术的发展有了新的突破。1958 年出现晶体管计算机,1965 年出现集成电路计算机,1971 年出现单片微处理机。微处理机的出现对控制技术产生了重大影响,控制工程师可以很方便地利用微处理机来实现各种复杂的控制,使综合自动化成为现实。

自动化的概念是一个动态发展过程。过去,人们对自动化的理解或者说自动化的功能目标是以机械的动作代替人力操作,自动地完成特定的作业,实质上是自动化代替人的体力劳动的观点。后来,随着电子和信息技术的发展,特别是随着计算机的出现和广泛应用,自动化的概念已扩展为用机器(包括计算机)不仅代替人的体力劳动而且还代替或辅助脑力劳动,来自动地完成特定的作业。

今天看来,有关自动化的上述概念还不完善,把自动化的功能目标看成是用机器代替人的体力劳动或脑力劳动是比较狭窄的理解。这种理解甚至在某种程度上阻碍了自动化技术的发展,例如,有人就认为,中国人多,搞自动化没有很大的必要。其实,自动化已远远突破了上述传统的概念,具有更加宽广和深刻的内涵。

自动化的内涵至少包括以下几点:

(1) 在形式方面,制造自动化有三个方面的含义,即代替人的体力劳动,代替或辅助人的脑力劳动,制造系统中的人机及整个系统的协调、管理、控制和优化。

(2) 在功能方面,自动化代替人的体力劳动或脑力劳动仅仅是自动化功能目标体系的一部分。自动化的功能目标是多方面的,已形成一个有机体系。

(3) 在范围方面,制造自动化不仅涉及具体生产制造过程,而是涉及产品生命周期的所有过程。

自动化是一门涉及学科较多、应用广泛的综合性科学技术。其作为一个系统工程,由 5 个单元组成:

(1) 程序单元,决定做什么和如何做。

- (2) 作用单元, 施加能量和定位。
- (3) 传感单元, 检测过程的性能和状态。
- (4) 制定单元, 对传感单元送来的信息进行比较, 制定和发出指令信号。
- (5) 控制单元, 进行制定并调节作用单元的机构。

自动化的研究内容主要有自动控制和信息处理两个方面, 包括理论、方法、硬件和软件等。从应用观点来看, 自动化的研究内容有过程自动化、机械制造自动化、管理自动化、实验室自动化和家庭自动化等。

(1) 过程自动化, 涉及石油炼制和化工等工业中流体或粉体的化学处理自动化。它一般采用由检测仪表、调节器和计算机等组成的过程控制系统, 对加热炉、精馏塔等设备或整个工厂进行最优控制。其采用的主要控制方式有反馈控制、前馈控制和最优控制等方式。

(2) 机械制造自动化, 是机械化、电气化与自动控制相结合的结果, 处理的对象是离散工件。早期的机械制造自动化是采用机械或电气部件的单机自动化或是简单的自动生产线。20 世纪 60 年代以后, 由于电子计算机的应用, 出现了数控机床、加工中心、机器人、计算机辅助设计、计算机辅助制造、自动化仓库等。研制出适应多品种、小批量生产的柔性制造系统 (FMS)。以柔性制造系统为基础的自动化车间, 加上信息管理、生产管理自动化, 出现了采用计算机集成制造系统 (CIMS) 的工厂自动化。

(3) 管理自动化, 是工厂或事业单位的人、财、物、生产、办公等业务管理自动化, 是以信息处理为核心的综合性技术, 涉及电子计算机、通信系统与控制等学科。一般采用多台具有高速处理大量信息能力的计算机和终端组成的局部网络。现今, 已在管理信息系统的基础上, 研制出决策支持系统 (DSS), 为高层管理人员决策提供了备选的方案。

自动化是新的技术革命的一个重要方面。自动化技术的研究、应用和推广, 对人类的生 产、生活等方式将产生深远影响。生产过程自动化和办公室自动化可极大地提高社会生产率和工作效率, 节约能源和原材料消耗, 保证产品质量, 改善劳动条件, 改进生产工艺和管理体制, 加速社会的产业结构的变革和社会信息化的进程。

现代生产和科学技术的发展, 对自动化技术提出越来越高的要求, 同时也为自动化技术的革新提供了必要条件。20 世纪 70 年代以后, 自动化开始向复杂的系统控制和高级的智能控制发展, 并广泛地应用到国防、科学研究和经济等各个领域, 实现更大规模的自动化, 例如大型企业的综合自动化系统、全国铁路自动调度系统、国家电力网自动调度系统、空中交通管制系统、城市交通控制系统、自动化指挥系统、国民经济管理系统等。自动化的应用正从工程领域向非工程领域扩展, 如医疗自动化、人口控制、经济管理自动化等。自动化将在更大程度上模仿人的智能, 机器人已在工业生产、海洋开发和宇宙探测等领域得到应用, 专家系统在医疗诊断、地质勘探等方面取得显著效果。工厂自动化、办公自动化、家庭自动化和农业自动化将成为新技术革命的重要内容, 并得到迅速发展。

1.2 可编程序逻辑控制器概述

1.2.1 可编程序逻辑控制器的产生与发展

20 世纪 60 年代末, 随着现代工业生产自动化水平的日益提高及微电子技术的飞速发展, 在继电器控制的基础上, 出现了一种新型工业控制器, 这就是可编程序逻辑控制器



(Programmable Logic Controller, PLC)。PLC 被誉为 20 世纪 70 年代的一场工业革命。可编程序逻辑控制器自出现以来一直处于迅速发展之中。

20 世纪 60 年代末期, 由于市场的需要, 美国汽车制造业的生产方式开始从大批量、少品种转变为小批量、多品种。而当时汽车组装生产线是采用继电器控制的。继电器控制系统体积大、耗电多, 特别是改变生产程序很困难, 已不适应生产要求。为了尽量减少重新设计继电器控制系统、接线所需的成本和时间, 1968 年美国最大的汽车制造商——通用汽车公司 (GM) 从用户角度提出了招标开发研制新一代工业控制器 (可编程序逻辑控制器)。

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 根据上述要求, 研制出世界上第一台可编程序逻辑控制器 PDP-14, 并在 GM 公司的汽车生产线上首次成功应用。这是工业控制装置中少数几种完全按照用户要求而开发的产品, 一出现就获得了巨大的成功。

此后, 这项新技术就迅速发展起来。美国的 MODICON 公司推出了 PDP-084。1971 年, 日本从美国引进了这项新技术, 并很快研制出了日本第一台可编程序逻辑控制器 DSC-8。1973 年, 当时的西德和法国也研制出自己的可编程序逻辑控制器产品。

早期的可编程序逻辑控制器只是取代继电器控制, 执行逻辑运算、计时、计数等顺序控制功能, 因此称之为可编程序逻辑控制器。

20 世纪 70 年代中期, 随着微电子技术的发展, 微处理器被用于 PLC, 使之在原来逻辑运算功能的基础上, 增加了数值运算、数据处理和闭环调节等功能, 运算速度提高, 输入/输出规模扩大, 应用更加广泛。20 世纪 80 年代至 90 年代中期, 是 PLC 发展最快的时期, 年增长率一直保持在 30%~40%。这期间, PLC 在处理模拟量能力、数字运算能力、人机接口能力和网络能力大幅提高, PLC 逐渐进入过程控制领域, 而且在某些应用上取代了在过程控制领域处于统治地位的分散控制系统 (Distributed Control System, DCS)。

我国从 1974 年开始研制, 但因元器件质量和技术问题等原因, 未能推广。1977 年, 我国研制出第一台具有实用价值的可编程序逻辑控制器, 并开始应用于工业控制。

随着我国改革开放, 从 1982 年开始先后有天津、厦门、无锡、大连、上海、北京等地的仪表厂、无线电厂及研究所等单位与美国、德国、日本等可编程序逻辑控制器的制造厂商进行了合资或引进技术、生产流水线等, 使我国可编程序逻辑控制器技术与应用有了较大的发展。一些大中型的工程项目采用可编程序逻辑控制器后, 取得了明显的经济效益, 反过来也促进了可编程序逻辑控制器的发展。

随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的快速发展, 以 16 位和 32 位微处理器构成的微机化 PLC 也得到了快速的发展。PLC 不仅控制功能增强、可靠性提高、功耗降低、体积减小、成本下降、编程和故障检测更加灵活方便, 而且随着数据处理、远程 I/O、网络通信以及各种智能、特殊功能模块的开发, 使 PLC 不仅能出色地完成顺序控制, 也能进行连续生产过程中的模拟量控制、位置控制等, 还可实现柔性制造系统 (FMS), 应用面不断扩大。PLC 成为加速实现机电一体化和工业自动化的强有力工具。

现今, PLC 已经具有通用性强、使用方便、适应面广、可靠性高、抗干扰能力强、编程简单等特点。在可预见的将来, PLC 在工业自动化控制特别是顺序控制中的主导地位, 是其他控制技术无法取代的。

1.2.2 可编程序逻辑控制器的功能

PLC 的主要功能概括如下:

- (1) 逻辑控制: PLC 具有与、或、非等逻辑运算功能, 以取代继电器进行开关量控制。
- (2) 定时控制: PLC 具有定时功能, 由定时指令控制的若干个定时器进行定时控制。
- (3) 计数控制: PLC 具有计数功能, 由计数指令控制的若干个计数器进行计数控制。
- (4) 步进控制: PLC 利用步进指令来实现多步的控制, 只有前一步完成后, 才能进行下一步操作, 从而取代由硬件构成的步进控制器。
- (5) A/D 和 D/A 转换: 通过 A/D 模块和 D/A 模块分别完成对模拟量和数字量的转换。
- (6) 数据处理: PLC 能进行数据传送、比较、移位、数制转换、算术运算与逻辑运算、编码和译码等操作。
- (7) 存储功能: PLC 具有较强的存储功能。PLC 的存储器件多采用 CMOS 器件, 容量可从几千字节到几兆字节, 程序存储器和部分数字存储器还具有掉电保护数据的功能。
- (8) 扩展功能: PLC 通过连接输入/输出扩展单元模块来增加输入/输出点数, 也可以通过增加智能或特殊功能模块来提高控制能力。
- (9) 监控功能: PLC 能监视系统各部分运行状态和进程, 对系统中出现的异常情况进行报警和记录, 甚至自动终止运行; 也可以在线调整和修改控制程序中的定时器、计数器等设定值或强制 I/O 状态。
- (10) 自诊断功能: PLC 可以在线诊断本系统的软、硬件及生产过程的状况。
- (11) 通信和联网: PLC 采用通信技术, 实现远程 I/O 控制和 PLC 之间的同级连接, 以及构成 1 台计算机与多台 PLC 的“集中管理、分散控制”的分布控制网络, 完成大规模的复杂控制。
- (12) 智能外围接口: 大、中型 PLC 有智能外围接口。这些接口具有独立的处理器和存储器, 但只有某种特殊功能, 例如, 独立进行闭环调节, 可用于温度控制、位置控制, 也可用于连接显示终端、打印机等。有了智能外围接口, 可以大大地增强 PLC 的功能。

1.2.3 可编程序逻辑控制器的应用

随着可编程序逻辑控制器性价比的不断提高, 其应用也越来越广泛。目前, PLC 广泛应用于机械、电力、纺织、汽车制造和化工设备等工业领域, 其主要发挥的作用有:

1. 开关量逻辑控制

开关量逻辑控制是 PLC 最基本、最广泛的应用领域。PLC 完全取代了传统的继电接触器等顺序控制装置, 既能实现单机控制, 又可用于多机群控, 广泛地应用于机床、机械手、冲压、包装机械、铸造机械、运输带、电梯的控制; 化工系统中各种泵和电磁阀的控制; 冶金领域的高炉上料系统、轧机、连铸机、飞剪的控制; 还应用于电镀生产线、汽车装配生产线、饮料灌装生产线等控制。

2. 运动控制

配合 PLC 使用的专用智能模块, 可以对步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴系统实现位置控制。在多数情况下, PLC 把描述目标位置的数据传送给模块, 模块驱动轴系到目标位置。当每个轴转动时, 位置控制模块使其保持适当的速度和加速度, 确保运动平滑。

3. 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块, 实现模拟量和数字量之间的 A/D 转换和 D/A 转换, 并对模拟量实现 PID 控制。现代的大、中型 PLC 一般都有 PID 闭环控制功能, 这一功能可以用 PID 子程序或专用的 PID 模块来实现。控制过程中某一个被控制量出现偏差时, PLC 按照 PID 控制算法计算出正确的输出,



使输出变量保持在设定值上。PLC 的过程控制功能已经广泛地应用于塑料挤压成形机、加热炉、热处理炉、锅炉等设备,以及轻工、化工、机械、冶金、电力、建材等行业。

4. 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算、数据传送、转换、排序和查表等功能,可完成数据的采集、分析和处理。这些数据可以与储存在存储器中的参考值比较,也可以用通信功能传送到别的智能装置,或打印制表。数据处理一般用于大型控制系统,如无人柔性制造系统,也可以用于过程控制系统,如造纸、冶金、食品工业等大型控制系统。

5. 机械加工机床的数字控制

PLC 和计算机数控(CNC)装置组合成一体(PLC + CNC),可以实现数值控制,组成数控机床。预计今后几年 CNC 系统将变成以 PLC 为主体的控制和管理系统。

6. 机器人控制

随着工厂自动化程度的提高,机器人的应用越来越广泛,PLC 被用于控制机器人。德国西门子公司制造的机器人,就采用该公司自己生产的 16 位 PLC 进行控制。一套控制系统可对具有 3~6 轴的机器人进行控制,自动地处理其机械运作。

7. 通信联网

近些年来,随着计算机网络和控制技术的发展,工厂自动化(FA)网络系统正在兴起。通过网络系统,PLC 可与远程 I/O 进行通信,多台 PLC 之间,以及 PLC 和其他智能设备(如计算机、变频器、数控装置等)之间也可相互通信,从而构成多级分布式控制系统。

1.3 人机界面与文本显示器概述

1.3.1 人机界面

人机界面(Human Machine Interface, HMI),是人与控制系统之间传递、交换信息的媒介和对话接口,包括远距离的信息传递与控制,是控制系统的重要组成部分。人机界面是人机系统中的中心环节之一,主要由安全工程学的分支学科——安全人机工程学,去研究和提出解决的依据,并通过安全工程设备工程学、安全管理工程学以及安全系统工程学去研究具体的解决方法、手段、措施。安全人机工程学实现了信息的内部形式与人类可以接受形式之间的转换。

在自动化领域中,人机界面常被称为“触摸屏”,从严格意义上来说,两者是有着本质上的区别的。“触摸屏”仅是人机界面中可能用到的硬件部分,是替代鼠标及键盘部分功能,安装在显示屏前端的输入设备,而人机界面则是一种包含硬件和软件的人机交互设备。在工业中,人们常把具有触摸输入功能的人机界面称为“触摸屏”,这是不科学的。

人机界面是为了解决自动化控制系统中人机交互问题而产生的,但随着计算机技术和数字电路技术的发展,很多工业控制设备都具备了串口通信能力,所以只要有串口通信能力的工业控制设备,如变频器、直流调速器、温控仪表、数据采集模块等都可以连接人机界面,来实现人机交互功能。

人机界面,包括硬件和组态软件。一般情况下,不同厂家的 HMI 硬件使用不同画面的组态软件。而通用的组态软件(Wincc、KingVIEW)是运行于计算机硬件平台、Windows 操作系统下的通用工具软件,与计算机或工控机一起也可以组成 HMI 产品。通用的组态软件支持的设备种类非常多,如各种 PLC、计算机板卡、仪表、变频器、模块等设备,而且由于计算机的硬件平台性能强大(主要反映在速度和存储容量上),通用组态软件的功能也强很多,适

用于大型的监控系统中。

触摸屏由触摸检测部件和触摸屏控制器组成。触摸检测部件安装在显示器屏幕前面,用于检测用户触摸位置,接受后送触摸屏控制器;而触摸屏控制器的主要作用是从触摸点检测装置上接收触摸信息,并将它转换成触点坐标,再送给 CPU,它能接收 CPU 发来的命令并执行。

按照触摸屏的工作原形和传输信息的介质,把触摸屏分为四种,分别为电阻式、电容感应式、红外线式以及表面声波式。每一类触摸屏都有其各自的优缺点,要了解哪种触摸屏适用于哪种场合,关键就在于要懂得每一类触摸屏技术的工作原理和特点。

1. 红外线式触摸屏

红外线触摸屏原理很简单,只是在显示器上加上光点距架框,无需在屏幕表面加上涂层或接驳控制器。光点距架框的四边排列了红外线发射管及接收管,在屏幕表面形成一个红外线网。用户以手指触摸屏幕某一点,便会挡住经过该位置的横竖两条红外线,计算机便可即时算出触摸点位置。红外触摸屏不受电流、电压和静电干扰,适宜某些恶劣的环境条件。其主要优点是价格低廉、安装方便,不需要卡或其他任何控制器,可以用于各种档次的计算机上。不过,由于只是在普通屏幕上增加了框架,在使用过程中架框四周的红外线发射管及接收管很容易损坏,且分辨率较低。

2. 电容式触摸屏

电容式触摸屏的构造主要是在玻璃屏幕上镀一层透明的薄膜体层,再在导体层外加上一块保护玻璃,双玻璃设计能彻底保护导体层及感应器。

电容式触摸屏在触摸屏四边均镀上狭长的电极,在导电体内形成一个低电压交流电场。用户触摸屏幕时,由于人体电场,手指与导体层间会形成一个耦合电容,四边电极发出的电流会流向触点,而电流强弱与手指到电极的距离成正比,位于触摸屏幕后的控制器便会计算电流的比例及强弱,准确算出触摸点的位置。电容触摸屏的双玻璃不但能保护导体及感应器,而且能更有效地防止外在环境因素对触摸屏造成的影响,就算屏幕沾有污秽、尘埃或油渍,电容式触摸屏依然能准确地算出触摸位置。

3. 电阻式触摸屏

触摸屏的屏体部分是一块与显示器表面非常配合的多层复合薄膜,由一层玻璃或有机玻璃作为基层,表面涂有一层透明的导电层(OTI,氧化铟),上面再盖有一层外表面硬化处理、光滑防刮的塑料层,它的内表面也涂有一层 OTI,在两层导电层之间有许多细小(小于 0.001/in)的透明隔离点把它们隔开绝缘。当手指接触屏幕,两层 OTI 导电层出现一个接触点,因其中一面导电层接通 Y 轴方向的 5V 均匀电压场,使得侦测层的电压由 0 变为非 0,控制器侦测到这个接通后,进行 A/D 转换,并将得到的电压值与 5V 相比,即可得出触摸点的 Y 轴坐标,同理得出 X 轴的坐标,这就是电阻技术触摸屏共同的最基本的原理。电阻屏根据引出线数的多少,分为四线、五线等多线电阻触摸屏。五线电阻触摸屏的 A 面是导电玻璃而不是导电涂覆层,导电玻璃的工艺使其寿命得到极大地提高,并且可以提高透光率。

电阻式触摸屏的 OTI 涂层比较薄且容易脆断,涂得太厚又会降低透光且形成内反射,降低清晰度,OTI 外虽多加了一层薄塑料保护层,但依然容易被尖锐物件所破坏;且由于经常被触动,表层 OTI 使用一定时间后会出现细小裂纹,甚至变形,如其中一点的外层 OTI 受破坏而断裂,便失去作为导电体的作用,触摸屏的寿命并不长久。但是,电阻式触摸屏不受尘埃、水、污物影响。

电阻式触摸屏工作在与外界完全隔离的环境中,它不怕灰尘、水汽和油污,可以用任何



物体来触摸，比较适合工业控制领域使用；缺点是由于复合薄膜的外层采用塑料，太用力或使用锐器触摸可能会划伤触摸屏。

4. 表面声波触摸屏

表面声波触摸屏可以是一块平面、球面或是柱面的玻璃平板，安装在 CRT、LED、LCD 或是等离子显示器屏幕的前面。这块玻璃平板只是一块纯粹的强化玻璃，与其他触摸屏技术的区别是没有任何贴膜和覆盖层。玻璃屏的左上角和右下角各固定了竖直和水平方向的超声波发射换能器，右上角则固定了两个相应的超声波接收换能器。玻璃屏的四个周边则刻有 45° 角的由疏到密、间隔非常精密的反射条纹。

发射换能器把控制器通过触摸屏电缆送来的电信号转化为声波能量向左方表面传递，然后由玻璃板下边的一组精密反射条纹把声波能量反射成向上的均匀面传递，声波能量经过屏体表面，再由上边的反射条纹聚成向右的线传播给 X 轴的接收换能器，接收换能器将返回的表面声波能量变为电信号。发射信号与接收信号波形在没有触摸的时候，接收信号的波形与参照波形完全一样。当手指或其他能够吸收或阻挡声波能量的物体触摸屏幕时， X 轴途经手指部位向上走的声波能量被部分吸收，反映在接收波形上，即某一时刻位置上波形有一个衰减缺口。接收波形对应手指挡住部位信号衰减了一个缺口，计算缺口位置即得触摸坐标，控制器分析到接收信号的衰减并由缺口的位置判定 X 坐标。之后，根据 Y 轴同样的过程可以判定出触摸点的 Y 坐标。除了一般触摸屏都能响应的 X 、 Y 坐标外，表面声波触摸屏还响应 Z 轴坐标，也就是能感知用户触摸压力大小值。三轴一旦确定，控制器就把它们传给主机。

表面声波触摸屏不受温度、湿度等环境因素影响，分辨率极高，有极好的防刮性，寿命长（5000 万次无故障）；透光率高（92%），能保持清晰透亮的图像质量；没有漂移，最适合公共场所使用。但是，表面感应系统的感应转换器在长时间运作下，会因声能所产生的压力而受到损坏。一般羊毛或皮革手套都会接收部分声波，对感应的准确度也受一定的影响。屏幕表面或接触屏幕的手指如沾有水渍、油渍、污物或尘埃，也会影响其性能，甚至会导致系统停止运作。

1.3.2 文本显示器

文本显示器（Test Panel，TP），又称终端显示器或文本屏，是一种单纯以文字呈现的人机互动系统。通过文本显示器，将把我们所需要控制的内容，编写成相应的程序，最终在文本显示器的界面上显示出来。这样，不但大大提高了操作的方便性，而且能够显著提高我们的工作效率。

文本显示器的主要特点：操作简单、方便；支持多种通信协议；轻巧、经济与实用；操作者能快速控制系统，从而提高工作效率。

文本显示器也是人机界面的一种，但与触摸屏的区别在于，文本显示器不能在屏幕上进行人机交互，而只能由按键进行输入/输出的操作。因此，文本显示器的成本远低于触摸屏。

1.4 变频器概述

变频器（Variable Frequency Drive，VFD）是将固定频率的交流电转换为频率连续可调的交流电的装置。变频器的问世，使电气传动领域发生了一场技术革命，即交流调速取代直流调速。交流电动机变频调速技术具有节能、改善工艺流程、提高产品质量和便于自动控制等诸多优势，被国内、外公认为最有发展前途的调速方式。

交流异步电动机结构简单、造价低廉、运行控制比较方便,在工、农业生产中得到了广泛的应用。但是,在过去很长一段时间内,由于没有变频电源,异步电动机只能工作在不要求变速或对调速性能要求不高的场合。

变频器的问世为异步电动机的调速提供了契机,不仅可以取代结构复杂、价格昂贵的直流电动机调速,而且原来由异步电动机拖动的负载实现变频调速后能节省大量的能源。

据1993年调查统计,全国各类电动机装机容量约为3.5亿千瓦,其耗电量约占全国发电量的60%。其中,大多数电动机长时间处于轻载运行状态。特别是其中装机容量占总装机容量一半以上的风机、泵类负载的电动机,70%采用风挡或阀门调节流量,运行状态更差。这些电动机用电量占全国用电量的31%,占工业用电量的50%。若在此类负载上使用变频调速装置,将可节电30%左右。

现在全国电动机的装机容量约有10亿千瓦,按一半为风机、泵类负载计算,有5亿千瓦。如果将其中的40%进行变频调速节能改造,就有2亿千瓦。目前,我国已使用的变频器总容量大约为2000~3000万千瓦。可见,我国潜在的变频器应用市场是非常大的。

变频器作为商品在国内上市,是近十几年的事,其销售额呈逐年增加趋势,销售前景十分看好。据有关资料报道,我国2003年变频器的销售额已突破30亿元。目前,阻碍变频器推广应用的主要原因仍然是价格偏高,其次是对一般电气技术人员来说,变频器的开发应用还具有一定的难度。但是随着科技的进步,变频器的价格会逐年降低,学习掌握变频器技术的人员也会越来越多,变频器全面推广应用的时代已经不远了。

交流变频器是强、弱电混合,机电一体化的综合性调速装置。它既要进行电能的转换(整流、逆变),又要进行信息的收集、变换和传输。它不仅要解决与高压、大电流有关的技术问题,新型电力电子器件的应用问题,还要解决控制策略和控制理论等问题。目前,变频器主要朝以下几个方向发展:

(1) 高水平的控制。目前,通用变频器的控制技术中比较典型的有V/f恒定控制、转差频率控制、矢量控制和直接转矩控制。除以上四种外,还有基于现代控制理论的滑模变频结构技术、模型参考自适应技术、非线性解调和鲁棒观测器技术、在某种指标意义上的最优控制技术、逆奈奎斯特阵列技术等,基于智能控制的模糊控制、神经网络、专家系统以及各种自优化和自诊断技术等。

(2) 高速度的数字控制。其目的主要是采用全数字控制技术,以32位高速微处理器为基础的数字控制模板,有足够的实现各种控制算法,以数字控制的大功率交—交变频器已经面世。

(3) 清洁电能变流器。所谓清洁电能变流器指变流器的功率因数为1,网侧和负载侧的谐波分量尽可能低,以减小对电网的公害和电动机的转矩脉动。目前,对中、小型变频器,主要是提高PWM控制的开关频率;对大容量变流器,主要是改变电路结构和控制方式。

(4) 高集成度元件的应用。其主要包括智能型的功率模块,紧凑型的光耦合器、高频开关电源及采用新型电工材料制造的小体积变压器、电抗器和电容器,这些元件可大大减小变频器的体积。

(5) 高压、大容量变频器。目前,高压、大容量变频器主要有两种结构,一种是采用升降压变压器的“高一低—高”式变频器,也称间接高压变频器;另一种是无输出变压器的“高一高”式变频器,也称直接高压变频器。后者省掉了输出变压器,减小了损耗,提高了效



率，同时也减小了安装空间，它是大容量电动机调运驱动的发展方向。

随着新型电力电子器件应用技术，如可关断驱动技术、双 PWM 技术、软开关 PWM 变频技术及现代控制技术、多变量解耦控制技术、自适应技术等的应用，变频器一定会发展到一个更高、更新的水平。

1.5 伺服系统概述

1.5.1 伺服系统的定义

伺服系统 (Servomechanism System)，也称随动系统，是用来控制被控对象的某种状态，使其能自动地、连续地、精确地复现输入信号的变化规律的反馈控制系统。在很多情况下，伺服系统专指被控制量（系统的输出量）是机械位移或位移速度、加速度的反馈控制系统，其作用是使输出的机械位移（或转角）准确地跟踪输入的位移（或转角）。伺服系统的结构组成和其他形式的反馈控制系统没有原则上的区别。例如，数控机床的伺服系统是指以机床移动部件的位置和速度作为控制量的自动控制系统。

1.5.2 伺服系统的发展与应用

伺服系统作为自动控制系统中的一类，最早出现于 20 世纪初，是伴随控制论、微电子和电力电子等技术的应用而发展起来的。1934 年，第一次提出了伺服机构，随着自动控制理论的发展，到 20 世纪中期，伺服系统的理论与实践均趋于成熟，并得到了广泛应用。近几十年来，新技术革命，特别是微电子技术和计算机技术的飞速进步使伺服技术如虎添翼地突飞猛进，其应用几乎遍及社会的各个领域。

在机械制造行业，伺服系统应用得最多、最广泛，各种高性能机床运动部件的速度控制、运动轨迹控制，都是依靠各种伺服系统完成的。20 世纪 50 年代出现的数控机床是由控制介质、数控装置、伺服系统和机床本体等部分组成的，其中伺服系统的性能是决定数控机床加工精度和生产效率的主要因素之一。

在冶金工业中，电弧炼钢炉、粉末冶金炉等的电极位置控制，水平连铸机的拉坯运动控制，轧钢机轧辊压下运动的位置控制等，都依靠伺服系统来实现，这些更是无法用人工操作所能代替的。

在运输行业中，电气机车的自动调速、高层建筑中电梯的升降控制、船舶的自动操舵、飞机的自动驾驶等，都由各种伺服系统为之效力，从而减缓操作人员的疲劳，也大大地提高了工作效率。

在军事上，伺服系统用得更为普遍，雷达天线的自动瞄准跟踪控制，高射炮、战术导弹发射架的瞄准运动控制，坦克炮塔的防摇稳定控制，防空导弹的制导控制，鱼雷的自动控制等，更是不胜枚举。

在计算机外围设备中，也采用了不少伺服系统，如自动绘图仪的画笔控制系统、磁盘驱动系统等。

伺服系统的应用越来越广泛，大至控制上吨重的巨型雷达天线，可及时、准确地跟踪人造卫星的发射，小至用音圈电机来控制电视放像机的激光头，从国防、工业生产、交通运输到家庭生活，而且必将进一步发展并应用到更新的领域里。

1.5.3 伺服系统的分类

伺服系统的输出可以是各种不同的物理量，本书将结合机械运动控制中的问题进行讨论，



如速度（包括角速度）控制、位置（包括转角）控制和运动轨迹控制，讨论各种速度伺服系统、相位置伺服系统（亦称随动系统）的原理与设计问题。

从系统组成元件的性质看，有电气伺服系统，它的全部元器件由电气元件组成；有全部由液压元件组成的液压伺服系统；有不少两者相结合的电气—液压伺服系统、电气—气动伺服系统。因限于篇幅，本书主要以电气伺服系统的线路为例，但所讨论的原理和设计方法仍具有一般性。

伺服系统的种类很多，组成部分和工作状况也是多种多样。由比较元件将给定元件产生的输入量与检测元件测到的输出量进行比较，获得偏差信号。调节元件将偏差信号进行放大、判断其变化趋势、确定调节过程的快慢，并由执行元件输出足够的功率，直接对控制对象进行控制，从而引起输出量趋向于预定的值。能源和扰动分别是系统工作必不可少的基础条件和外界环境对系统产生的各种干扰。

综上所述不难看出，伺服系统必须有反馈回路，伺服系统的运动来源于偏差信号，伺服系统的运动始终处于过渡过程，最后它还具有力的放大作用。

伺服系统种类很多，按照构成伺服系统的主要元件的种类、特征，可划分出各种各样的伺服系统。

按执行元件划分，有电动伺服系统、液压伺服系统、电液伺服系统、气压伺服系统和电气伺服系统等。其中，电动伺服系统按所采用电动机的类型又可分为步进伺服系统、直流电机伺服系统和交流电机伺服系统。

按控制方式划分，有开环伺服系统、闭环伺服系统和半闭环伺服系统等。实际上数控系统也分成开环、闭环和半闭环三种类型，就是与伺服系统这三种控制方式相关。

（1）开环系统，主要由数控装置、驱动电路、执行元件和机床部件组成。常用的执行元件是步进电机，如果是大功率，常用电液脉冲电动机作为执行元件。开环系统存在稳定性问题。

（2）半闭环系统，同开环相比，它具有反馈通道，提高了系统精度。半闭环系统主要是用在输出量不易测量的场合。半闭环系统也存在稳定性问题。

（3）闭环系统，同半闭环相比，其反馈点取自输出量，避免了半闭环系统自反馈信号取出点至输出量间各元件引出的误差，进一步提高了系统的性能。

1.5.4 伺服系统的性能

伺服系统主要有三个方面的性能，即系统的稳定性、快速性和准确性。

（1）稳定性，指系统在给定输入或外界干扰的作用下，能否在短暂的调节过程后到达新的或者恢复到原有的平衡状态。

（2）快速性，伺服系统动态品质的标志之一，即要求跟踪指令信号的响应要快。一方面要求调节过程要快；另一方面，为了满足超调要求（在调节过程中对偏差最大值的要求），要求过渡过程的前沿陡，即上升率要大。

（3）准确性，指伺服系统的控制精度，一般用稳态误差来衡量。它是衡量伺服控制系统性能的又一重要指标。

1.6 本书的主要内容

本书主要介绍台达可编程序逻辑控制器、文本显示器、人机界面、变频器和伺服系统编程工具和编程软件的功能和应用方法。