

中等职业学校电气安装维修理论与实践一体化教材

# PLC与变频器

PLC YU BIANPINQI

施利春 李伟 主编

中等职业学校电气安装维修理论与实践一体化教材

# PLC与变频器

施利春 李伟 主编

图并查版编目(CIP)数据

PLC与变频器\施利春,李伟主编.——北京:机械工业

出版社,2007.8

—中等职业学校电气安装维修理论与实践教材

ISBN 978-7-111-25028-9

I. P... II. ①施... ②李... III. ①可编程序控制器—参

考—教材 IV. TP337.3

TM73

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第119920号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:宋玉洁

封面设计:王颖 版式设计:张洪岩 责任校对:张洪岩

封面设计:张洪岩 责任校对:张洪岩

北京中印印刷厂印刷

2007年8月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·13印张·284千字

0.001—4.000册

标准书号:ISBN 978-7-111-

定价:19.00元

凡购本书,请向发行部联系

售后服务部电话:(010) 88379643

网上订购电话:(010) 88379643

网上订购电话:(010) 88379643



机械工业出版社

本书根据国家中等职业学校电气控制与维修专业理论实践一体化课程教学大纲,参照国家职业标准编写。主要包括:可编程序控制器概述、S7—200 系列可编程序控制器、S7—200 系列 PLC 指令系统、可编程序控制器控制系统设计、变频器概述、变频器的选择与操作、MM440 变频器、MM440 变频器的基本应用、PLC 和 MM440 联机变频调速应用等。每一章后面都配有相应的技能训练和复习思考题供教学使用,充分体现理论与实践有机结合的教学模式;通过联系生产实际,突出操作技能,重视学生动手能力的培养。

另外,本书配有教学电子课件,包括:教案、复习思考题答案、期中与期末模拟试题等。读者可以从机械工业出版社教材网站自行下载(网址为: <http://www.cmpbook.com>)。

本书即可作为中等职业学校电气控制与维修专业教材,也可作为成人高校或职业技术学院相关专业的教材,还可供有关专业技术人员参考和使用。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 与变频器/施利春,李伟主编. —北京:机械工业出版社,2007.8

中等职业学校电气安装维修理论与实践一体化教材  
ISBN 978-7-111-22058-9

I. P… II. ①施…②李… III. ①可编程序控制器-专业学校-教材②变频器-专业学校-教材 IV. TP332.3  
TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 119950 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:朱华 王振国

责任编辑:王振国 版式设计:冉晓华 责任校对:程俊巧

封面设计:马精明 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·12 印张·284 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-22058-9

定价:19.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379083

封面无防伪标均为盗版

# 中等职业学校电气安装维修理论与实践一体化 教材编审委员会

主任委员：王 建

副主任委员：赵承荻 李 伟

委 员：(排名不分先后)

陈惠群 施利春 郭瑞红 郭 贇 陈秀梅

吕书勇 陈应华 徐 彤 荆宏智 朱 华

张 凯 刘 勇 赵金周 张 明 李宏民

本书主编：施利春 李 伟

副 主 编：张 宏 肖海梅

参编人员：王 霞

本书主审：王 建

# 序

进入 21 世纪,我国逐渐成为“世界制造中心”,制造业赖以生存与发展的主力军是技能型人才队伍。而制造业向消费市场提供的机床、机械装备、电气设备及各种含有电力拖动与电气控制的产品中,电气系统都占有很大的分量并起着关键作用。要想完成装备中电气系统的研发、试制、安装、维修、操作及使用,就必须有大量的电工类专业技能人才参与。鉴于我国制造业及其他工业企业的人才结构状况,维修电工、机电一体化以及电子技术专业技能人才严重缺乏,尤其是经过培训并获得职业技能资格证书的高技能人才更为奇缺,这种格局已成为制约我国工业经济快速发展的瓶颈。因此,国务院先后召开了“全国职业教育工作会议”和“全国加快培养高技能人才座谈会”,明确提出在“十一五”期间培养技师和高级技师 190 万人,培养高级工 800 万人,使我国高技能人才总量达到 2800 万人的宏伟目标。

众所周知,高职院校、技师学院、中职学校是培养和造就中高级技能人才的主要阵地,而教材则是这些学校向学生传授知识与技能的主要工具之一,也是人们接受终身教育和职场发展的学习工具,编写一套既能适应时代要求,又能有效地提高人才培养效果的好教材,就等于为推进技能人才培养提供了成才就业的金钥匙。

随着现代科学技术的不断发展,在电气技术方面电子元器件及变换技术的产生,电动机由直流发电机—电动机调速向各类交流调速方向快速发展;电气控制方面由接触器控制系统向可程序控制器(PLC)系统发展;机床电气控制也由接触器控制系统向数控机床系统、计算机数控(CNC)机床快速转化。各类职业技术学院针对现代工业企业对技能人才具有极大需求的特点,大胆提出了“知识宽广够用,重在应用技能为本”的人才培养理念;又根据电气技术不断发展,人才培训理念创新和企业人才需求“特点”的时代要求,将原来的专业理论课与技能训练课分别开设的教学内容及教学模式,逐步调整为专业理论与技能训练一体化的教学内容和教学模式。因此,我们组织了长期工作在教学第一线的专家和有丰富的教学经验的教师编写了这套适合中、高级技能人才培养的电气安装与维修专业的理论与实践一体化教材。

这套教材在编写原则上,着重强调了理论与实训一体化的知识内容同步、训练同步的模式。教材内容以文字、数据、图、表格相结合的方式展示给学生,以此提高学生的学习兴趣。而且,还参照相关国家职业标准规定的知识层次,但在内容上又不完全拘泥于标准,以此照顾到初级、中级技能人才接受知识和技能培训的需要,为各类技能人才培训搭建一个阶梯型架构。同时,也为满足培训、考工和读者自学的需要提供教材的配套。最后,在教材编写过程中尽可能多地充实新知识、新技术、新工艺、新内容,力求增强技术知识的领先性和实用性,重在教会接受培训的人员掌握一些新知识与新技能。本套教材主要作为中等职业学校的教材,也可作为技师学院、高职学校选用参考。

在本套教材的编写过程中,得到了许多学校领导、专家、老师的指导及帮助,在此谨向

他们表示衷心的感谢。

由于我们的水平和编写时间有限,教材中难免存在错误和不足之处,诚请从事职业教育的专家、老师和广大读者批评指正。

## 中等职业学校电气安装维修理论与实践一体化 教材编审委员会

1	第一章 可编程控制器概述
1	第一节 可编程控制器的产生
2	第二节 可编程控制器的组成
3	第三节 可编程控制器的应用
4	第四节 可编程控制器的分类
5	第五节 可编程控制器的控制原理
6	第六节 可编程控制器的主要特点
7	第七节 可编程控制器的应用
8	第八节 可编程控制器的主要特点
9	第九节 可编程控制器的应用
10	第十节 可编程控制器的主要特点
11	第十一节 可编程控制器的应用
12	第十二节 可编程控制器的主要特点
13	第十三节 可编程控制器的应用
14	第十四节 可编程控制器的主要特点
15	第十五节 可编程控制器的应用
16	第十六节 可编程控制器的主要特点
17	第十七节 可编程控制器的应用
18	第十八节 可编程控制器的主要特点
19	第十九节 可编程控制器的应用
20	第二十节 可编程控制器的主要特点
21	第二十一章 可编程控制器的应用
22	第二十二章 可编程控制器的主要特点
23	第二十三章 可编程控制器的应用
24	第二十四章 可编程控制器的主要特点
25	第二十五章 可编程控制器的应用
26	第二十六章 可编程控制器的主要特点
27	第二十七章 可编程控制器的应用
28	第二十八章 可编程控制器的主要特点
29	第二十九章 可编程控制器的应用
30	第三十章 可编程控制器的主要特点

# 目 录

序

第一章 可编程序控制器概述	1
第一节 可编程序控制器的产生及定义	1
一、可编程序控制器的产生	1
二、可编程序控制器的定义	2
三、可编程序控制器的分类	3
四、可编程序控制器的应用与发展	4
第二节 可编程序控制器的控制功能及主要特点	5
一、可编程序控制器的主要特点	5
二、可编程序控制器与其他控制装置的比较	6
第三节 可编程序控制器的基本组成	8
一、PLC 的硬件结构	8
二、PLC 的软件系统	13
第四节 可编程序控制器的工作原理	14
一、PLC 的工作过程	14
二、PLC 的性能指标	16
技能训练 1 可编程序控制器 (PLC) 的认识	17
本章小结	17
复习思考题	18
第二章 S7—200 系列可编程序控制器	19
第一节 S7—200 系列可编程序控制器的构成	19
一、S7—200 的硬件组成	19
二、主机单元的结构及功能	20
三、主机单元的输入/输出特性	21
四、存储系统	23
第二节 S7—200 系列可编程序控制器的内部元器件	24
一、数据表示方法	24
二、数据存储器的分配及编程元件	25
第三节 S7—200 系列可编程序控制器的程序编辑	27
一、梯形图 (LAD) 编辑器	28
二、语句表 (STL) 编辑器	28
技能训练 2 S7—200 系列 PLC 的认识	28
技能训练 3 S7—200 系列 PLC 端子的安装	29

本章小结	31
复习思考题	31
<b>第三章 S7—200 系列 PLC 的指令系统</b>	<b>32</b>
<b>第一节 指令概述</b>	<b>32</b>
一、指令格式及约定	32
二、梯形图的基本绘制规则	33
<b>第二节 基本逻辑指令</b>	<b>34</b>
一、基本位操作指令	34
二、块操作指令	36
三、逻辑堆栈的操作指令	37
<b>第三节 定时器、计数器指令</b>	<b>41</b>
一、定时器指令	41
二、计数器指令	45
<b>第四节 置位/复位、跳变指令</b>	<b>47</b>
一、置位/复位指令	47
二、跳变指令	50
<b>第五节 跳转、标号、取反、空操作、结束指令</b>	<b>50</b>
一、跳转、标号指令	50
二、取反指令	51
三、空操作指令	51
四、结束指令	52
五、暂停指令	52
<b>第六节 数据传送、移位指令</b>	<b>52</b>
一、数据传送类指令	52
二、移位指令	55
<b>第七节 顺序控制指令</b>	<b>58</b>
一、状态转移图及步进梯形图	59
二、步进控制指令	60
三、使用顺序控制指令需注意的问题	60
四、状态转移图的主要类型	60
技能训练 4 PLC 编程软件的操作	63
技能训练 5 灯泡控制电路的模拟运行与调试	63
技能训练 6 自动门控制电路的模拟运行与调试	65
技能训练 7 多台电动机起动的模拟运行与调试	67
技能训练 8 装配生产线控制的模拟运行与调试	69
技能训练 9 彩灯顺序控制电路的模拟运行与调试	71
技能训练 10 运料小车控制电路的模拟运行与调试	74
本章小结	78
复习思考题	78



<b>第四章 可编程序控制器控制系统设计</b> .....	82
<b>第一节 PLC 控制系统设计的原则和设计方法</b> .....	82
一、PLC 控制系统设计的基本原则 .....	82
二、PLC 控制系统设计的基本步骤 .....	83
<b>第二节 PLC 的硬件设计</b> .....	83
一、根据外部输入、输出器件选择 PLC 的 I/O 端口 .....	84
二、模块的选择 .....	84
三、可编程序控制器输入/输出 (I/O) 点数的确定 .....	84
四、确定内存容量和存储器的种类 .....	85
五、确定 CPU 的运行速度 .....	85
六、确定 PLC 的外围设备 .....	85
七、电源电压的选择 .....	85
<b>第三节 PLC 的软件设计</b> .....	85
一、翻译设计法 .....	85
二、经验设计法 .....	87
三、功能图法 .....	88
技能训练 11 时间继电器顺序控制电路的设计 .....	90
技能训练 12 全波整流可逆能耗制动控制电路的设计 .....	92
技能训练 13 运料小车控制电路的设计 .....	93
本章小结 .....	93
复习思考题 .....	94
<b>第五章 变频器概述</b> .....	96
<b>第一节 变频器技术的发展</b> .....	96
一、变频器发展概述 .....	96
二、变频器发展的趋势 .....	97
<b>第二节 变频器的基本类型</b> .....	97
一、按变频的原理分类 .....	97
二、按变频的控制方式分类 .....	100
三、按变频的用途分类 .....	102
<b>第三节 变频器的应用</b> .....	102
一、在节能方面的应用 .....	102
二、在自动化控制系统方面的应用 .....	103
三、在产品工艺和质量方面的应用 .....	103
技能训练 14 变频器的认识 .....	103
本章小结 .....	103
复习思考题 .....	104
<b>第六章 变频器的选择与操作</b> .....	105
<b>第一节 变频器的结构</b> .....	105

一、变频器的基本结构 .....	105
二、变频器控制电路 .....	107
三、变频器与外部连接端子 .....	108
<b>第二节 变频器的频率参数 .....</b>	<b>109</b>
一、基本频率参数 .....	109
二、其他频率参数 .....	110
<b>第三节 变频器的主要功能 .....</b>	<b>113</b>
一、运行功能 .....	113
二、优化特性功能 .....	114
三、保护功能 .....	116
<b>第四节 变频器的选择 .....</b>	<b>117</b>
一、笼型异步电动机 .....	117
二、绕线转子异步电动机 .....	118
三、变极调速电动机 .....	118
四、带制动器的电动机 .....	118
<b>第五节 变频器的容量计算 .....</b>	<b>118</b>
一、驱动一台电动机 .....	119
二、驱动多台电动机 .....	119
<b>技能训练 15 变频器的选用 .....</b>	<b>120</b>
<b>本章小结 .....</b>	<b>120</b>
<b>复习思考题 .....</b>	<b>121</b>
<b>第七章 MM440 变频器 .....</b>	<b>122</b>
<b>第一节 MM440 变频器概述 .....</b>	<b>122</b>
一、MM440 变频器简介 .....	122
二、MM440 变频器的外形尺寸及电路结构 .....	124
三、MM440 变频器的安装 .....	125
<b>第二节 MM440 变频器的技术规格与安装 .....</b>	<b>128</b>
一、MM440 变频器的技术规格 .....	128
二、电气线路的选择 .....	129
三、MM440 变频器的电气安装 .....	130
<b>第三节 MM440 变频器的调试 .....</b>	<b>134</b>
一、MM440 变频器的面板操作 .....	134
二、MM440 变频器的主要参数 .....	137
三、变频器系统的调试 .....	143
<b>第四节 MM440 变频器的故障显示和保护 .....</b>	<b>143</b>
一、SDP 故障显示 .....	143
二、BOP 故障显示 .....	144
三、故障信息及排除 .....	145
四、报警信息及排除 .....	145

技能训练 16	变频器的参数输入	145
技能训练 17	变频器的安装	146
技能训练 18	变频器故障信息的读取	146
本章小结		147
复习思考题		147
<b>第八章 MM440 变频器的基本应用</b>		148
技能训练 19	MM440 变频器的基本操作	149
技能训练 20	MM440 变频器输入端子操作控制	150
技能训练 21	MM440 变频器模拟信号操作控制	152
技能训练 22	MM440 变频器多段速频率控制	154
本章小结		156
复习思考题		156
<b>第九章 PLC 和 MM440 联机变频调速应用</b>		157
第一节	PLC 和变频器联机概述	157
一、	控制信号连接	157
二、	数值信号连接	158
三、	联机注意事项	159
第二节	PLC 和变频器联机基本操作	159
技能训练 23	输入端子控制操作	159
技能训练 24	延时控制操作	161
技能训练 25	多段速频率控制操作	164
本章小结		167
复习思考题		167
<b>附录</b>		168
附录 A	特殊标志位存储器 SM	168
附录 B	MM440 变频器的故障信息及排除	169
附录 C	MM440 变频器的报警信息及排除	174
<b>参考文献</b>		178

## 第一章 可编程序控制器概述

### 学习目标

可编程序控制器简称 PLC，是在继电器控制的基础上，将计算机技术、控制技术及通信技术融为一体，应用到工业控制领域的一种高可靠性控制器，是当代工业生产自动化的重要支柱。通过学习，同学们应当从 PLC 的定义入手，搞清楚它和 PC 以及继电器控制系统的区别和联系；了解 PLC 产生的背景、分类及发展趋势。

本章的学习目标：

1. 掌握 PLC 的结构和工作原理。
2. 了解 PLC 的特点和主要功能。
3. 掌握 PLC 的技术性能指标。
4. 熟悉 PLC 的编程语言。

### 第一节 可编程序控制器的产生及定义

#### 一、可编程序控制器的产生

从 20 世纪 20 年代起，人们把各种继电器、定时器、接触器等电器及其触点按一定的逻辑关系连接起来组成控制系统，控制各种生产设备，这就是大家所熟悉的继电器控制系统。由于继电器控制系统结构简单、操作方便、容易掌握、价格便宜，在一定范围内能够满足控制要求，因而使用面甚广，多年来在工业控制领域中一直占据主导地位。但是继电器控制系统具有明显的缺点：设备体积大，噪声大，能耗大，动作速度慢，可靠性差，维护量大，维护困难，功能少，特别是采用硬连线逻辑控制，连线过程较复杂，生产工艺或对象需求改变时，需要重新设计电气控制系统，设计、安装、调试周期长，通用性和灵活性较差。

20 世纪 60 年代，虽然计算机技术已开始应用于工业控制领域，但由于技术复杂、编程难度高、难以适应恶劣的工业环境以及价格昂贵等原因，计算机技术未能在工业控制领域广泛应用。当时的电气控制系统主要还是继电器控制系统。

60 年代末期，全球的汽车制造业竞争激烈，生产方式由少品种大批量转变为多品种小批量。各汽车制造商为了竞争，需要不断推出新产品，这就要求不断地更新汽车生产线。1968 年，美国最大的汽车制造商——通用汽车公司（GM），试图寻找一种新型工业控制器，以便更新汽车生产线时尽可能减少更换继电器控制系统的硬件及接线，缩短重新设计、安

装、调试周期，降低成本。因而设想把计算机的完备功能、灵活及通用等优点和继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来，制成一种适合于工业环境的通用控制装置，并把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化，用“面向控制过程，面向对象”的“自然语言”进行编程，使不熟悉计算机的人也能方便地使用。因此，通用汽车公司提出了十条技术指标向社会公开招标，目标是研制新型的工业控制器。这十条技术指标是：

- 1) 编程方便，可现场编辑及修改程序。
- 2) 维护方便，采用插件式结构。
- 3) 可靠性高于继电器控制系统。
- 4) 体积小于继电器控制装置。
- 5) 数据可直接送入管理计算机。
- 6) 成本可与继电器控制系统竞争。
- 7) 输入电压可以是交流 115V（美国电压标准）。
- 8) 输出电压为交流 115V，电流在 2A 以上，可直接驱动接触器、电磁阀等。
- 9) 扩展时原系统改变最小。
- 10) 用户程序存储器容量至少能扩展到 4KB。

1969 年，美国数字设备公司（DEC）根据上述要求，研制出了一种新型工业控制器，型号为 PDP—14，并在 GM 公司的汽车生产线上首次应用成功，取得了显著的经济效益，开创了工业控制的新局面。当时人们把这种新型工业控制器称为可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller，简称 PLC），这是世界上第一台可编程序控制器。

PLC 技术的出现在工业控制领域引起了很大震动，许多公司纷纷投入人力、物力研制 PLC。1969 年，美国哥德公司（GOULD）第一个把 PLC 商品化；1971 年，日本从美国引进了这项新技术，研制出日本第一台 PLC；1973 年，德国西门子公司（SIEMENS）研制出欧洲第一台 PLC；1974 年，我国开始研制 PLC，但工业应用开始于 1977 年。

早期的 PLC 主要由分立元件和小规模集成电路组成，采用了一些计算机技术，指令系统简单，一般具有逻辑运算、定时、计数等逻辑功能，主要是为了取代继电器控制系统而设计的，所以称为可编程序逻辑控制器。20 世纪 70 年代，随着微电子技术的发展，PLC 采用了大规模集成电路和通用微处理器，其功能不断增强，不仅能够执行逻辑运算、定时、计数控制，而且增加了算术运算、数据处理、数据通信等功能，所以称为可编程序控制器（Programmable Controller，简称 PC）。但由于个人计算机（Personal Computer）也简称 PC，二者容易混淆，所以现在把可编程序控制器仍简称为 PLC。

20 世纪 80 年代以来，随着超大规模集成电路技术的发展，以 16 位和 32 位微处理器构成的 PLC 得到了惊人的发展，在概念、设计、性能、价格以及应用等方面都有了新的突破。PLC 的控制功能增强、功耗和体积减小、成本下降、可靠性提高、编程和故障检测更为灵活方便。随着远程 I/O 和通信网络、数据处理以及图像显示技术的发展，PLC 也向连续过程控制方向发展，目前已成为工业生产自动化的三大支柱之一。

## 二、可编程序控制器的定义

PLC 一直在快速发展中，因此到现在为止，还未能对其下一个十分确切的定义。国际电

工委员会 (IEC) 曾于 1982 年 11 月颁布了可编程序控制器标准草案第一稿, 1985 年 1 月颁布了标准草案第二稿, 1987 年 2 月颁布了标准草案第三稿。可编程序控制器标准草案第三稿中对 PLC 的定义如下: PLC 是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境下应用而设计。它采用了可编程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等面向用户的指令, 并通过数字式或模拟式的输入和输出接口, 控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及有关外围设备, 都应按照易于与工业系统连成一个整体, 易于扩充其功能的原则设计。

该定义强调了 PLC 是“数字运算操作的电子系统”, 即计算机, 不过它是“专为在工业环境下应用而设计”的工业计算机, 具有很强的抗干扰能力, 广泛的适应能力和应用范围, 这也是其区别于一般计算机控制系统的一个重要特征。这种工业计算机采用“面向用户的指令”, 因此编程方便。它能完成逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作, 它还具有“数字量和模拟量输入和输出”的能力, 并且非常容易与“工业控制系统连成一个整体”, 易于“扩充”。

PLC 与鼓式、机械式顺序控制器在“可编程”方面有本质的区别。由于 PLC 引入了微处理器及半导体存储器等新一代电子器件, 并用规定的指令进行编程, 所以它是通过软件方式来实现“可编程”的目的, 能灵活地修改程序。

### 三、可编程序控制器的分类

PLC 发展至今已经有多种形式, 其功能也不尽相同。分类时, 一般按以下原则进行考虑。

#### 1. 按 I/O 点数分类

按 PLC 的输入输出点数可将 PLC 分为以下 3 类:

(1) 小型机 小型 PLC 输入输出总点数一般在 256 点以下, 其功能以开关量控制为主, 用户程序存储器容量在 4KB 以下。小型 PLC 的特点是体积小、价格低, 适合于控制单台设备、开发机电一体化产品。

典型的小型机有 SIEMENS 公司的 S7—200 系列, OMRON 公司的 CPM1A 系列, 三菱公司的 MODICONPC—085 等整体式 PLC 产品。

(2) 中型机 中型 PLC 的输入输出总点数一般在 256 ~ 2048 点之间, 用户程序存储器容量达到 2 ~ 8KB。中型 PLC 不仅具有开关量和模拟量的控制功能, 还具有更强的数字计算能力, 它的通信功能和模拟量处理能力更强大, 适用于复杂的逻辑控制系统以及连续生产过程控制场合。

典型的中型机有 SIEMENS 公司的 S7—300 系列, OMRON 公司的 C200H 系列, AB 公司的 SLC500 系列模块式 PLC 等产品。

(3) 大型机 大型 PLC 的输入输出总点数在 2048 点以上, 用户程序存储器容量达 8 ~ 16KB, 它具有计算、控制和调节的功能, 还具有强大的网络结构和通信联网能力。它的监视系统采用 CRT 显示, 能够表示过程的动态流程。大型机适用于设备自动化控制、过程自动化控制和过程监控系统等。

典型的大型 PLC 有 SIEMENS 公司的 S7—400, OMRON 公司的 CVM1 和 CS1 系列, AB

公司的 SLC5/05 系列等产品。

## 2. 按结构分类

根据 PLC 结构的不同, PLC 主要可分为整体式和模块式两类。

(1) 整体式结构 整体式又叫单元式或箱体式, 它的体积小、价格低, 小型 PLC 一般采用整体式结构。

整体式结构的特点是将 PLC 的基本部件, 如 CPU 模块、I/O 模块和电源等紧凑地安装在一个标准机壳内, 组成 PLC 的一个基本单元或扩展单元。基本单元上没有扩展端口, 通过扩展电缆与扩展单元相连, 以构成 PLC 不同的配置。

整体式 PLC 还配备有许多专用的特殊功能模块, 使 PLC 的功能得到扩展。

(2) 模块式结构 模块式结构的 PLC 是由一些模块单元构成, 将这些模块插在框架上或基板上即可。各模块功能是独立的, 外形尺寸统一, 可根据需要灵活配置插入的模块。目前, 大、中型 PLC 多采用这种结构形式。

## 四、可编程序控制器的应用与发展

### 1. PLC 的应用领域

作为一种新型通用控制器, PLC 可以应用于所有的工业领域。早期的 PLC 由于其价格远远高于继电器控制装置, 使得其应用受到限制。最近十多年来, 随着微电子技术的发展, PLC 的功能大大增强而价格大幅度降低, 使得 PLC 的应用迅速推广。目前, 国内外已经将 PLC 广泛地应用于钢铁、石化、机械制造、汽车装配、电力等各个行业, 并且取得了可观的经济效益。特别是在发达的工业国家, PLC 已广泛应用于所有的工业领域。随着性能价格比的提高, PLC 的应用领域还将不断扩大。

### 2. PLC 的发展趋势

PLC 诞生不久即显示出在工业控制中的重要地位, 日本、法国、德国等国家相继研制成各自的 PLC。PLC 技术随着计算机和微电子技术的发展而迅速发展, 由最初的 1 位机发展到 8 位机。随着微处理器和微型计算机技术在 PLC 中的应用, 现在的 PLC 产品已使用了 16 位、32 位高性能微处理器, 而且实现了多处理器的多通道处理。通信技术使 PLC 的应用得到进一步发展, 如今, PLC 技术已比较成熟。

目前, 世界上有 200 多个厂家生产 PLC 产品, 比较著名的厂家有日本的三菱公司、欧姆龙公司、富士电机、松下电工, 德国的西门子公司, 法国的 TE 公司、施耐德公司, 韩国的三星公司、LG 公司和美国的 AB、通用 (GE) 等公司。

PLC 现在发展很快, 总的趋势是向高集成化、小体积、大容量、高速度、使用方便、高性能和智能化方向发展。其具体表现在以下几个方面:

(1) 向小型化、专用化、低成本方向发展 随着微电子技术的发展, 大幅度地提高新型器件的功能和降低价格, 使 PLC 结构更为紧凑, 一些 PLC 只有手掌大小, PLC 的体积越来越小, 使用起来灵活方便。同时, PLC 的功能不断增加, 将原来大、中型 PLC 才有的功能移植到小型 PLC 上, 如模拟量处理、数据通信和复杂的功能指令等, 但价格却不断下降。

(2) 向大型化、大容量、高速度方向发展 大型 PLC 采用多微处理器系统, 有的采用了 32 位微处理器, 可同时进行多任务操作, 处理速度得到提高, 特别是增强了过程控制和

数据处理的功能。另外,存储容量大大增加。所以 PLC 的另一个发展方向是大型和超大型,使 PLC 具有上万个输入输出量,用于石化、冶金、汽车制造等领域。

(3) 与计算机联系密切 从功能上看,PLC 与个人计算机技术结合后,使得 PLC 的数据存储、处理功能大大增强;从结构上看,计算机的硬件和技术越来越多地应用到 PLC 上;从语言上看,PLC 已不再单纯使用梯形图语言,它可以用多种语言编程,如类似计算机汇编语言的语句表,甚至可直接用计算机高级语言编程;在通信方面,PLC 与计算机可直接相连并进行信息传递。

(4) 模块化 PLC 的扩展模块发展迅速。明确化、专用化的复杂功能由专门模块来完成,主机仅仅通过通信设备向模块发布命令和测试状态,这使得 PLC 的系统功能进一步增强,控制系统设计进一步简化,如计数器模块、位置控制和位置检测模块、闭环控制模块、称重模块等。

(5) 网络与通信能力增强 支持多种工业标准总线,使联网更加简单,计算机与 PLC 之间以及各个 PLC 之间的联网和通信能力不断增强,使工业网络可以有效地节省资源、降低成本,提高系统的可靠性和灵活性。

(6) 多样化和标准化 生产 PLC 产品的各个厂家都在加大力度开发自己的新产品,以求更大地占据市场。因此产品向多样化方向发展,出现了欧、美、日等多种流派。与此同时,为了推动技术标准化的进程,一些国际性组织,如国际电工委员会(IEC)不断为 PLC 的发展制定一些新的标准,如对各种类型的产品作一定的归纳或定义,或对 PLC 未来的发展制定方向。

国际电工委员会(IEC)曾于 1994 年 5 月公布了 PLC 标准(IEC 1131),它由 5 个部分组成,即通用信息、设备与测试要求、编程语言、用户指南和通信。其中第三部分(IEC 1131-3)是 PLC 的编程语言标准,采用此标准可以大大缩短开发周期。

目前越来越多的 PLC 生产厂家提供符合 IEC 1131-3 标准的产品,有的厂家推出的在个人计算机上运行的“软件 PLC”软件包也是按 IEC 1131-3 标准设计的。

(7) 人机交流功能增强 在为 PLC 配置了操作面板、触摸屏等人机对话手段后,其应用领域进一步扩展,应用更加方便。

PLC 总的发展趋势是向高集成化、小体积、大容量、高速度、易使用、高性能方向发展。

## 第二节 可编程序控制器的控制功能及主要特点

### 一、可编程序控制器的主要特点

PLC 产生的短短的几十年时间,目前的市场销售额超过 150 亿美元,占全球工业控制器(PLC、工业 PC、DCS、PID)的市场份额超过 55%,主要原因是 PLC 具有继电器控制、计算机控制及其他控制不具备的显著特点。

**1. 运行稳定、可靠性高、抗干扰能力强** PLC 是专为在工业环境下应用而设计的工业计算机,内部采用集成电路,各种控制功能



由软件编程实现,外部接线大大减少;另外,软件与硬件采取了一系列提高可靠性和抗干扰的措施,如系统硬件模块冗余、采用光电隔离、掉电保护、对干扰的屏蔽和滤波、在运行过程中允许模块热插拔、设置故障检测与自诊断程序以及其他措施等,因此,PLC 运行稳定、可靠、抗干扰能力强。

### 2. 设计、使用和维护方便

用户可以根据工程控制的要求,选择 PLC 主机单元和各种扩展单元进行灵活配置,提高系统的性能价格比;若生产过程对控制功能要求提高,则 PLC 可以方便地对系统进行扩充,如通过 I/O 扩展单元来增加输入/输出点数,通过多台 PLC 之间或 PLC 与上位机的通信,来扩展系统的功能;利用 CRT 屏幕显示进行编程和监控,便于修改和调试程序,易于诊断故障,节省了维修时间。

### 3. 编程语言直观易学

PLC 的设计是面向工业企业中的一般电气工程技术人员的,它采用容易理解和容易掌握的梯形图 LAD (Ladder Diagram) 语言,以及面向生产过程的简单指令。梯形图语言既继承了继电器控制电路的表达形式(如线圈、触点、动合、动断),又考虑到一般电气工程技术人员在看图习惯和计算机应用水平。因此,梯形图语言对于熟悉继电器控制电路的电气技术人员非常亲切、形象直观、简单易学,工程设计和操作使用人员经过简单培训很快即可掌握。PLC 编程时通过计算机进行,梯形图 LAD、语句表 STL (Statement List) 和功能块图 FBD (Function Block Diagram) 等编程语言,还可以利用编程软件相互转换,满足了不同层次工程技术人员的需求。

### 4. 与网络技术相结合

随着计算机网络技术的迅速发展,几乎所有的 PLC 生产商都将网络技术和大容量高速信息交换技术应用于 PLC 产品,为自己的产品配置了通信和联网功能,研制开发自己的 PLC 网络系统。它将网络上层大型计算机极强的数据处理能力和管理功能与现场网络中 PLC 的高可靠性结合起来,形成一种新型的全分布式的计算机控制系统,实现了远程控制和集散系统控制。

### 5. 易于实现机电一体化

PLC 的体积小、质量轻、能耗低、可靠性高,使之易于安装在机器设备内部,构成机电一体化产品。如 SIEMENS 公司的 S7—200 系列 CPU221 型主机单元的外形尺寸只有 90mm × 80mm × 62mm,质量为 270g,功耗仅为 4W。

## 二、可编程序控制器与其他控制装置的比较

### 1. 配线控制与程序控制的基本概念

配线控制系统中支配控制系统工作的是由分立元件(继电器、接触器、电子元器件等)用导线连接起来加以实现的,控制系统的修改必须通过改变配线来实现。继电器—接触器控制系统就是典型的配线控制系统。

程序控制系统中支配控制系统工作的程序是存放在存储器中的,系统要完成的控制任务是通过存储器中的程序来实现的,其程序是由程序语言表达的。控制程序的修改不需要改变控制器的内配线(即硬件),而只需要通过编程改变存储器中某些语句的内容。PLC 控制系