

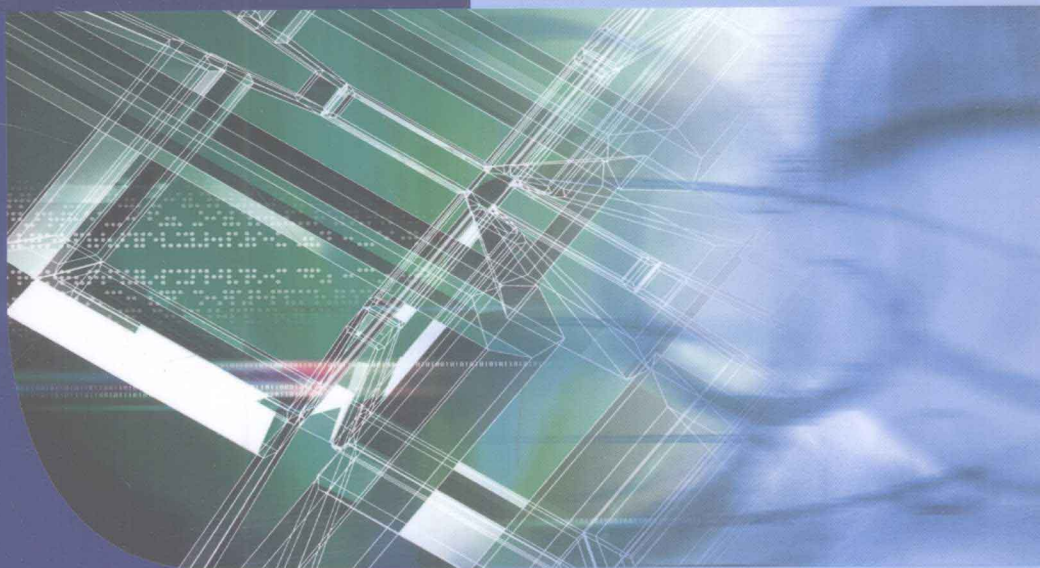


普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

可编程序控制器 实用教程

◎ 黄琦兰 主编

KEBIANCHENGXU KONGZHIQI
SHIYONG JIAOCHENG



免费电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

可编程序控制器实用教程

主 编 黄琦兰

副主编 李自成

参 编 秦伟刚 马 欣

沙 琳 杨公源



机械工业出版社

本书以欧姆龙公司(OMRON)的CJ1M和CPM1A系列PLC为背景,着重介绍了PLC的结构、工作原理、指令系统、编程软件、通信功能、可编程终端和PLC编程应用实例,并给出了应用实例的梯形图程序以及硬件接线图,以方便读者使用,从而达到举一反三的效果。

本书可供高校自动化及相关专业开设PLC课程及配套实验课程使用,也可供从事自动化和机电一体化工作的工程技术人员和操作人员使用。

本书配有免费电子课件,欢迎选用本书作教材的老师发邮件到Jinacmp@163.com索取,或登录www.cmpedu.com注册下载。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器实用教程 / 黄琦兰主编. —北京:机械工业出版社, 2011.7

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

ISBN 978-7-111-34406-3

I. ①可… II. ①黄… III. ①可编程序控制器—高等学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第078304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:吉玲 责任编辑:吉玲 任正一

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:张静 责任印制:李妍

高等教育出版社印刷厂印刷

2011年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14.75印张·3

0001-4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34406-3

定价:29.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器 (PLC) 是以微处理器为核心的工业控制器。它将传统的继电器控制技术、计算机技术和通信技术融为一体。具有功能强、可靠性高、编程简单、体积小、质量轻等一系列优点。经过三十多年的发展与实践, PLC 的功能和性能已经有了很大的提高, 从当初用于顺序控制发展到运动控制和过程控制领域, 目前, 已成为当代工业自动化设备的主要支柱之一。

日本欧姆龙公司 (OMRON) 是世界著名的 PLC 生产厂商之一。其产品门类齐、型号多、功能强、适应性广, 可分为微型、小型、中型和大型四类产品。本书以欧姆龙公司 (OMRON) 的 CJ1M 系列和 CPM1A 系列的中小型 PLC 典型机型为背景, 从实际工程应用的角度出发, 详细地介绍了 PLC 的结构、工作原理、指令系统、指令应用实例、编程软件、可编程终端和应用实例。为了方便读者使用, 本书给出了应用实例的梯形图程序和硬件接线图, 从而达到举一反三的效果。

本书共分 7 章。第 1 章介绍 PLC 的结构和工作原理。第 2 章介绍 CJ1M 和 CPM1A 系列 PLC 的指令系统。第 3 章介绍指令应用实例。第 4 章介绍 CX-One 编程软件的使用。第 5 章介绍 PLC 的通信功能。第 6 章介绍可编程终端 (触摸屏) 的应用。第 7 章为 PLC 编程实例训练。

本书作为教材, 教学参考学时数为 45~60 学时, 适合高等学校自动化、电气、机电一体化和相关专业的学生使用; 也可供从事自动化和机电一体化工作的工程技术人员和操作人员使用。

本书第 1 章由杨公源、黄琦兰编写; 第 2 章由黄琦兰、李自成、沙琳编写; 第 3 章由马欣、李自成编写; 第 4、5 章由秦伟刚编写; 第 6 章由马欣、秦伟刚编写; 第 7 章由沙琳、黄琦兰、李自成编写。全书由黄琦兰统稿。

在本书编写过程中, 得到了欧姆龙自动化 (中国) 有限公司提供的技术支持、市场统辖部张月兰的大力协助和机械出版社吉玲的支持和帮助, 在此表示感谢!

由于作者水平有限, 书中缺点错误在所难免, 恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 PLC 的基本结构及工作原理1

- 1.1 PLC 的基本概念1
 - 1.1.1 PLC 简介1
 - 1.1.2 PLC 的特点1
- 1.2 PLC 的基本结构2
- 1.3 PLC 的工作原理3
- 1.4 PLC 的用途和分类4
 - 1.4.1 PLC 的用途4
 - 1.4.2 PLC 的分类5
- 1.5 PLC 系统的设计方法5
 - 1.5.1 继电器—接触器控制电路/梯形图转换设计法5
 - 1.5.2 经验设计法6
 - 1.5.3 逻辑设计法6
 - 1.5.4 顺序功能图设计法6
 - 1.5.5 步进顺控设计法6
 - 1.5.6 系统整体设计法7
 - 1.5.7 PLC 系统的设计步骤7

第 2 章 PLC 的指令系统11

- 2.1 引言11
- 2.2 欧姆龙 CJ1M/CPM1A 系列 PLC 的存储器区域12
 - 2.2.1 CJ1M 的 CIO 区13
 - 2.2.2 CPM1A 的内部继电器区15
 - 2.2.3 工作区19
 - 2.2.4 辅助区19
 - 2.2.5 保持区19
 - 2.2.6 暂存区19
 - 2.2.7 定时器/计数器区20
 - 2.2.8 数据存储寄存器区20
 - 2.2.9 扩展数据存储寄存器区20
- 2.3 梯形图21
 - 2.3.1 梯形图的由来21

- 2.3.2 基本术语21

- 2.3.3 助记符22

2.4 指令格式、数据区及标志23

- 2.4.1 指令格式23
- 2.4.2 指令分类23
- 2.4.3 数据区及标志23

2.5 CJ1M 指令集24

- 2.5.1 顺序输入指令24
- 2.5.2 顺序输出指令29
- 2.5.3 顺序控制指令31
- 2.5.4 定时器和计数器指令34
- 2.5.5 数据移位指令38
- 2.5.6 数据传送指令41
- 2.5.7 比较指令43
- 2.5.8 数据转换指令46
- 2.5.9 递增/递减指令49
- 2.5.10 四则运算指令49
- 2.5.11 数据控制指令55
- 2.5.12 表数据处理指令58
- 2.5.13 子程序59
- 2.5.14 中断控制指令60
- 2.5.15 任务控制指令61

2.6 CPM1A 指令集61

- 2.6.1 顺序输入指令62
- 2.6.2 顺序输出指令63
- 2.6.3 定时器/计数器指令64
- 2.6.4 顺序控制指令66
- 2.6.5 应用指令68

第 3 章 PLC 指令应用实例86

- 3.1 基本逻辑指令的应用86
 - 3.1.1 使用按钮的运行、停止控制86
 - 3.1.2 电动机正转、停止、反转的控制87
 - 3.1.3 电动机两地起动、停止的控制89
 - 3.1.4 电动机点动、连续运行的控制90

3.1.5 单按钮输入控制设备起停的程序.....91	4.5 PLC 的操作模式.....139
3.2 定时器和计数器指令的应用.....94	4.6 CX-One 的特点.....140
3.2.1 电动机定时运行控制.....94	4.6.1 支持新型的 PLC.....140
3.2.2 两盏灯交替闪烁控制.....95	4.6.2 软件的主要特征.....140
3.2.3 电动机正反转时间控制.....97	第 5 章 欧姆龙 PLC 的通信功能
3.3 比较指令的应用.....99	应用实例.....141
3.3.1 停车场自动控制.....99	5.1 通信的基本概念.....141
3.3.2 适时照明控制——按时间程序进 行控制.....100	5.2 PLC 通信协议介绍.....141
3.4 运算指令的应用.....104	5.3 PLC 与组态软件 MCGS 通信连接.....142
3.4.1 四则运算.....104	5.3.1 PLC 通信参数设定.....143
3.4.2 逻辑运算.....106	5.3.2 组态软件 MCGS 简介.....144
3.5 步指令的应用.....107	5.3.3 MCGS 通信参数设定.....144
3.5.1 顺序控制.....107	5.4 串行 PLC 通信连接.....147
3.5.2 运料车控制.....112	5.4.1 串行 PLC 连接系统结构.....147
3.6 CPM1A 指令应用实例.....115	5.4.2 分配继电器区域.....148
3.6.1 基本逻辑指令的应用.....115	5.4.3 操作步骤.....149
3.6.2 定时器和计数器的扩展及应用.....115	5.5 PLC 与变频器通信控制.....153
3.6.3 数据传送指令和比较指令的应用.....120	5.5.1 模拟单元号设置.....153
3.6.4 移位指令的应用.....121	5.5.2 模拟量输入功能和操作步骤.....154
第 4 章 CX-One 编程软件.....122	5.5.3 模拟量输出功能和操作步骤.....156
4.1 CX-One 软件概述.....122	第 6 章 可编程终端及其应用.....161
4.2 CX-One 软件安装.....124	6.1 引言.....161
4.2.1 系统要求.....124	6.2 触摸屏.....161
4.2.2 安装步骤.....124	6.3 NS 系列触摸屏软件介绍.....162
4.3 CX-Programmer 窗口及菜单介绍.....129	6.4 NS8-TV0-V2 型触摸屏应用实例.....169
4.3.1 主窗口.....129	6.4.1 创建一个新项目.....170
4.3.2 常用窗口介绍.....130	6.4.2 设置属性.....171
4.4 CX-Programmer 软件的使用.....134	6.4.3 编辑屏幕.....174
4.4.1 创建新的工程.....134	6.4.4 测试功能.....186
4.4.2 创建符号和地址.....135	6.4.5 传输项目数据.....186
4.4.3 梯形图编程.....135	第 7 章 PLC 编程的训练与实验.....188
4.4.4 编译程序.....137	7.1 梯形图编程指导.....188
4.4.5 程序下载到 PLC.....137	7.1.1 梯形图编程的原则.....188
4.4.6 从 PLC 上载程序.....138	7.1.2 梯形图编程的技巧.....189
4.4.7 工程程序和 PLC 程序的比较.....138	7.2 CJ1M 系列 PLC 指令系统训练.....190
4.4.8 离线程序校验.....138	7.2.1 逻辑指令训练.....190
4.4.9 监视程序.....138	7.2.2 基本逻辑电路的设计.....191
4.4.10 在线编辑.....139	7.2.3 定时器/计数器指令训练.....192
	7.2.4 特殊功能指令训练.....194

7.3 CJ1M 系列 PLC 编程训练	195	7.4.4 常用功能指令应用实验二	215
7.3.1 电动机控制编程	195	7.4.5 交通信号灯的控制实验	218
7.3.2 天塔之光控制编程	197	7.4.6 电动机星—三角起动和正反转的 控制实验	219
7.3.3 多种液体自动混合系统控制编程	198	7.4.7 混料罐液位自动控制实验	219
7.3.4 交通信号灯控制编程	201	7.5 变频器调速实验	220
7.3.5 邮件分拣机控制编程	206	7.5.1 变频器调速的基本实验	220
7.4 CPM1A 系列 PLC 指令系统应用 实验	212	7.5.2 变频器多段速控制实验	223
7.4.1 CPM1A 基本指令应用实验	212	7.5.3 变频器与 PLC 构成的调速实验	225
7.4.2 常用功能指令应用实验一	213	参考文献	228
7.4.3 节日彩灯的 PLC 控制实验	214		

第 1 章 PLC 的基本结构及工作原理

1.1 PLC 的基本概念

1.1.1 PLC 简介

PLC (Programmable Logic Controller, 可编程序逻辑控制器) 是一种数字运算操作的电子系统, 专为工业环境应用而设计。它采用可编程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并通过数字式、模拟式的输入/输出, 控制各种机械或生产过程。可编程序控制器及其有关外部设备, 都应按易于与工业控制系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则来设计 (1987 年国际电工委员会 (IEC) 颁布的可编程序控制器标准第三稿中, 对可编程序控制器的定义)。

世界上第一台可编程序逻辑控制器是由美国 DEC 公司于 1969 年研制的, 其采用灵活的编程方法, 实现了逻辑控制和顺序控制功能, 取消了继电器控制柜。

可编程序逻辑控制器 (PLC) 开始主要用于逻辑控制, 后扩展到运动控制和过程控制领域, 因此改称为可编程序控制器 (Programmable Controller, PC)。由于个人计算机也简称 PC, 为了避免混淆, 国内仍将可编程序控制器称为 PLC。

PLC 经过三十多年的发展与实践, 其功能和性能已经有了很大的提高, 它不仅具有逻辑控制功能, 还有算术运算、模拟量处理和通信联网等功能。目前, PLC 已被广泛应用于工业生产的各个领域, 从当初用于逻辑控制和顺序控制拓宽到运动控制、过程控制、批量控制和混合型控制领域。

1.1.2 PLC 的特点

PLC 具有以下特点。

1. 灵活、通用

PLC 是通过程序实现控制功能的, 如果控制功能需要改变的话, 只需要修改部分程序以及改动少量的接线即可。同一台 PLC 还可以用于不同的控制对象, 改变程序就可以实现不同的控制要求, 因此具有很大的灵活性、通用性。

2. 可靠性高、抗干扰能力强

PLC 在硬件、软件等方面采用了多种抗干扰措施, 如屏蔽、多级滤波、输入/输出光电隔离、监视定时以及输入延时滤波等, 有效地防止了来自场和路的电磁干扰, 使系统运行可靠, 能工作在各种恶劣的环境下。

3. 编程简单、使用方便

PLC 采用梯形图或语句表等编程方法, 编程灵活方便, 不要求使用者必须具有计算机软

硬件知识，只要了解通常的继电器—接触器控制电路图，就很容易被电气技术人员掌握。而且 PLC 调试程序很简单，以日本欧姆龙（OMRON）公司的 PLC 为例，它可以在普通 PC 上应用该公司提供的 CX—Programmer 软件绘制出梯形图，通过 RS-232C 端口将程序下装给 PLC，既省时又方便。

4. 接线简单，维护方便

由于 PLC 采用软件取代了继电器—接触器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器等器件，控制柜的设计安装及接线工作量大为减少，接线时只需将输入设备、输出设备分别与其输入/输出端子连接，因此接线工作极其简单、工作量极少。而且，PLC 的故障率低、维修也非常方便。

5. 功能强，适应广

现代 PLC 不仅具有逻辑控制功能，而且还有 A/D、D/A 转换功能，算术运算功能以及通信联网等功能。PLC 的模块化结构、智能从站、远程 I/O 模块功能的不断完善，使得 PLC 易于实现多级控制，通过不同级别的网络将 PLC 与 PLC、PLC 与智能从站、PLC 与远程 I/O 模块、PLC 与人机界面以及 PLC 与 PC 连接起来，形成管控一体化的网络结构。

6. 体积小、重量轻、易于实现机电一体化

PLC 是将微电子技术应用于工业设备的产品，因此具有体积小、重量轻、功耗低的特点，使之易于装入机械设备内部，易于实现机电一体化。以欧姆龙公司的 CJ1M 系列 PLC 为例（10 个基本 I/O 单元的情况下），其外形尺寸仅为：高 90mm、厚 65mm、长 336.7mm，重量为 2.3kg，功耗小于 25W；系统配置固定又灵活；具有良好的抗振、适应环境变化的能力。

1.2 PLC 的基本结构

PLC 是以微处理器为核心的一种特殊的工业用计算机，其结构与一般计算机类似，由中央处理单元（CPU）、存储器（RAM、ROM、EPROM、EEPROM 等）、输入接口、输出接口、I/O 扩展接口、外部设备接口以及电源等组成。

PLC 通常分为模块型和一体型两种结构。

一体型 PLC 属于微型 PLC，它将电源部分、CPU 部分和开关量 I/O 部分安装在一个工程塑料壳体内，故称为一体型 PLC。通常，一体型 PLC 的 I/O 点数不超过 40 点。近年来，一体型 PLC 的内置功能和扩展功能都有很大的提高，如欧姆龙公司的 CP1H-XA 型 PLC，内置了 4 轴 100kHz 脉冲输出功能、4 轴 100kHz（单相）计数器功能、4 点模拟量输入功能和 2 点模拟量输出功能。CP1H 系列最多可扩展 7 台 CP1W 扩展单元或 2 台 CJ1W 高功能 I/O 单元。

模块型 PLC，就是按照功能将电路进行分类，通常是每一种功能制成一块电路板，称为模板或板卡，每块模板置于工程塑料外壳内，成为独立的单元，如 CPU 单元、输入单元、输出单元、特殊 I/O 单元、通信单元以及供电单元等，各单元插在带有总线的 CPU 底板上，构成 CPU 机架的 PLC 结构。对于无底板的模块型 PLC，则是通过各个单元侧面的连接器，构成 CPU 机架。模块型 PLC 的特点是组态灵活、扩展方便以及维护简单。模块型 PLC 的结构框图如图 1-1 所示。

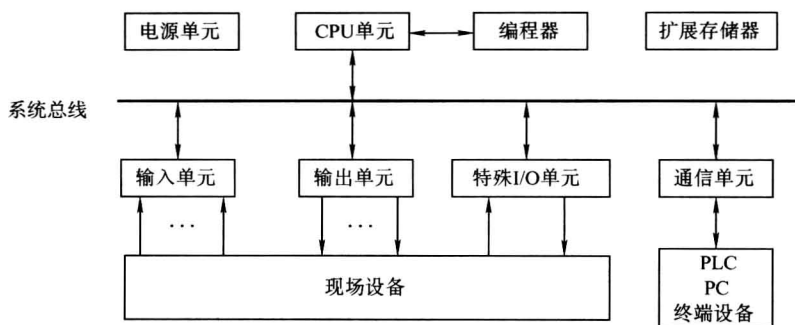


图 1-1 模块型 PLC 的结构框图

1.3 PLC 的工作原理

早期的可编程序逻辑控制器是为了替代继电器—接触器控制电路而研制的，用于顺序控制。所谓顺序控制就是在各种输入信号作用下，按照预先规定的顺序，使各个执行器自动地顺序动作，而且在动作过程中还具有记忆和约束功能，以满足工艺要求。

继电器—接触器控制电路采用的是硬逻辑并行运行方式，即如果某个继电器线圈通电或断电，则该继电器所有的常开和常闭触点都会立即动作，而与这些触点在电路中所处的位置无关。

PLC 是采用 CPU 的工业用控制器，与普通计算机相似，属于串行工作方式，但如果采用普通计算机所使用的等待命令工作方式或查询工作方式，则满足不了原并行逻辑控制电路的要求，为此，PLC 采用了与普通计算机差别较大的“循环扫描”工作方式。

所谓扫描，就是 CPU 从第一条指令开始执行程序，一直执行到最后一条（结束指令）。扫描过程分为三个阶段，即输入采样、用户程序执行和输出刷新。这三个阶段称为一个扫描周期。普通继电器的动作时间大于 100ms，一般 PLC 的一个扫描周期小于 100ms。目前，欧姆龙公司的 CJ1 系列 PLC，执行 30000 步程序的扫描周期时间仅为 1.2ms。

对于继电器—接触器控制电路，根据工艺要求，操作人员可能随时进行操作，而 PLC 只扫描一个周期是无法满足要求的，必须周而复始地进行扫描，这就是循环扫描。在扫描时间小于继电器动作时间的情况下，PLC 的串行工作方式与继电器硬逻辑电路并行工作方式的处理结果是相同的。PLC 循环扫描示意图如图 1-2 所示。

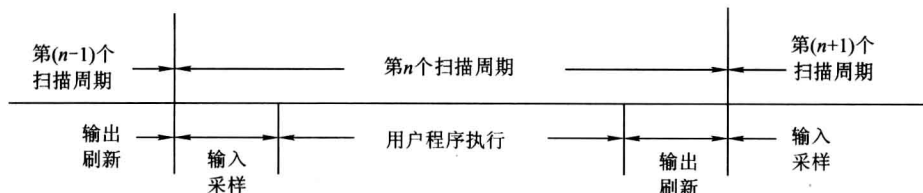


图 1-2 PLC 循环扫描示意图

1. 输入采样及处理阶段

在第 n 个扫描周期，首先进行的是读入现场信号即输入采样阶段，PLC 依次读入所有输

入状态和数据，并将其存入输入映像寄存器区（存储器输入暂存区）中相应的单元内。输入采样结束后，如果输入状态和数据发生变化，PLC 不再响应，输入映像寄存器区中相应单元的状态和数据保持不变，要等到第 $(n+1)$ 个扫描周期才能读入，这一阶段称为输入采样及处理阶段，通常简称为输入刷新阶段。

2. 用户程序执行阶段

在用户程序执行阶段，CPU 将指令逐条调出并执行，其过程是从梯形图的第一个梯级开始自上而下依次扫描用户程序，在每一个梯级，又总是按先左后右、先上后下的顺序扫描用户程序。梯形图指令是与梯形图上的条件相适应的指令，每个指令需要一行助记符代码，程序以助记符形式存储在存储器中。在执行指令时，从输入映像寄存器或输出映像寄存器中读取状态和数据，并依照指令进行逻辑运算和算术运算，运算的结果存入输出映像寄存器区中相应的单元。在这一阶段，除了输入映像寄存器的内容保持不变外，其他映像寄存器的内容会随着程序的执行而变化，排在上面的梯形图指令的执行结果会对排在下面的凡是用到状态或数据的梯形图指令起作用。

3. 输出数据及处理阶段

输出刷新阶段也称为写输出阶段，CPU 将输出映像寄存器的状态和数据传送到输出锁存器，再经输出电路的隔离和功率放大，转换成适合于被控制装置接收的电压或电流或脉冲信号，驱动接触器、电磁铁、电磁阀及各种执行器。这时，才是 PLC 的真正的输出，这一阶段也称为输出数据及处理阶段，通常简称为输出刷新阶段。

PLC 在一个扫描周期内除了完成上述三个阶段的任务外，还要完成内部诊断、通信、公共处理以及输入/输出服务等辅助任务。

1.4 PLC 的用途和分类

1.4.1 PLC 的用途

1. 开关量的逻辑控制

开关量所控制的逻辑可以是各种各样的，如时序的、组合的、延时的、计数的等，少则十点、几十点、多则成千上万点。开关量的逻辑控制广泛应用于冶金、化工、轻工、机械等行业。

2. 模拟量控制

PLC 具有 A/D、D/A 转换及算术运算等功能，因此可以实现模拟量控制。有的 PLC（如 CPM2A）还具有 PID 控制或模糊控制功能，它广泛应用于化工行业的压力、温度、流量等控制。

3. 位置控制

利用 PLC 能接收和输出高速脉冲的功能，再配备相应的传感器（如旋转编码器）或脉冲伺服装置（如环形分配器、功率放大器、步进电动机）就能实现位置控制（如简单定位控制、运动控制等），它广泛应用于机械行业的机床控制及流水线的定位控制等领域。

4. 通信、网络及集散控制

PLC 的联网能力很强。除了 PLC 与 PLC 之间通信和联网外，PLC 还可以与计算机进行

通信和联网,由计算机来实现对其编程和管理。欧姆龙 PLC 通信网络功能齐全,可以适用于各种层次工业自动化网络的不同需要。

1.4.2 PLC 的分类

以日本欧姆龙公司生产的 PLC 为例,从 20 世纪 70 年代至今,产品多次更新换代,其产品主要分为大型 PLC、中型 PLC、小型 PLC、微型 PLC。

1. 按时间顺序

1) 20 世纪 70 年代到 80 年代前期:大型的 C2000、C1000 PLC,中型的 C500 PLC,小型 C120、C20 等 PLC。随后小型 PLC 又出现了 C60P 等 P 型小型机。

2) 20 世纪 80 年代后期:大型的 C2000H、C1000H PLC,中型的 C200H PLC,小型 C60H、C40H、C28H、C20H 等 PLC。其中还有微型的 SP20、SP16、SP10 等 PLC。

3) 20 世纪 90 年代初期:大型的 CV 系列 PLC,小型的(无底板模块式结构)CQM1 系列 PLC。

4) 20 世纪 90 年代中期:中型的 C200HS PLC,紧接着中型的 C200H α PLC 和新一代微型 CPM1A 系列 PLC。

5) 20 世纪 90 年代末:CS1 PLC 是一次质的飞跃,代表了当今 PLC 发展的最新动向。微型 PLC 又推出了 CPM2A/2AE、CPM2C PLC,以及新一代小型 CQM1H 等 PLC。大型 PLC 推出了 CVM1D 双机热备系统。

6) 2000 年至今,又相继推出了 CJ1M、CJ1G、CJ1G-H、CS1G-H、CS1D 等机型。

2. 按控制规模分

PLC 的控制规模主要是指开关量的输入/输出点数及模拟量输入/输出路数,模拟量可以折算成开关量点数,一路相当于 16 点开关量,而且欧姆龙公司的 CJ1、CS1 机型模拟量点数不占输入/输出点数。

1) 微型机:控制点数仅几十点。如 CPM1A、CPM2A/2AE、CPM2AH、CPM2C、SP 系列 PLC。

2) 小型机:控制点数为 100~600 点左右。如 CQM1、CQM1H、CJ1M 系列 PLC。

3) 中型机:控制点数为 500~1000 点左右。如 C200H、C200H α 、CJ1、CS1 系列 PLC。

4) 大型机:控制点数为 1000 点以上。如 C1000H、CV1000、C2000H、CV2000、CVM1D、CS1D 等系列 PLC。

1.5 PLC 系统的设计方法

1.5.1 继电器—接触器控制电路/梯形图转换设计法

这是一种简单易行的设计方法。

首先,采用继电器—接触器控制电路的设备,经过长期的实际生产考验,证明其电气控制电路的设计是合理的,能够满足工艺要求。对于这类设备,分析原电气控制电路图,统计按钮、钮子开关、组合开关、行程开关、接近开关以及限位开关的常开和常闭触点数量,从而可确定开关量输入点数。如果还有模拟量传感器,要了解其输出信号的类型和范围,确定

模拟量输入的点数。统计原电气控制电路中的接触器数量,以确定开关量输出点数。原电气控制电路中的继电器、时间继电器和中间继电器则由 PLC 的输入继电器、输出继电器、定时器以及其他 PLC 元件来实现其顺序控制和逻辑控制功能。

其次,采用 PLC 控制的目的在于不仅仅是取代原有元器件,应该增加新功能,提升控制系统的水平。例如,若原系统采用机械凸轮装置,不便于改变工艺,而取消该装置,采用旋转编码器,则利用 PLC 的“块比较指令 BCMP”就可以实现电子凸轮控制功能,如果经济条件允许,也可以选用 PLC 的凸轮控制单元。

最后,还可以取消原来的机械变速器,选用 PLC 的模拟量输出单元,采用变频器和变频调速专用电动机,构成变频调速系统。这时,如果仍要保留原来的交流异步电动机,应采用他冷方式,防止交流异步电动机在低速时过热。

1.5.2 经验设计法

所谓经验设计法,是指很多长期工作在现场的电气技术人员和电工都熟悉继电器—接触器控制电路,有相当的设计和维护电器控制电路的经验和能力,只要有条件参加 PLC 的学习和实践,较深入地理解并掌握 PLC 各种指令的功能,根据工艺要求,就能凭经验设计出梯形图程序。

1.5.3 逻辑设计法

当控制系统基本上是开关量控制时,可采用逻辑设计法。这种方法是将元件线圈的通电与断电、元件触点的接通与断开等视为逻辑变量,并将这些逻辑变量关系表达为逻辑函数关系式,再应用逻辑函数基本公式和运算规律对逻辑函数关系式进行化简,对经过化简的逻辑函数关系式应用 PLC 的逻辑指令,就可以设计出满足工艺要求的控制程序。

1.5.4 顺序功能图设计法

如果系统按动作先后顺序进行控制,则可采用顺序功能图设计法。由于各个厂商 PLC 的操作系统有所不同,这种设计方法的名称也有所不同,有的称为状态转移图,有的称为功能块图,有的称为功能表图,有的称为顺序功能流程图。顺序功能图(Sequential Function Chart, SFC)是描述控制系统的控制过程、功能及特性的一种图形,有的厂商如西门子公司,就提供 S7-300/400 梯形图/功能块图/语句表编程软件,其中的功能块图即 SFC。

顺序功能图设计法是将系统的一个工作周期划分为若干个顺序相连的阶段,这些阶段称为“步”。步是顺序功能图的最基本组成部分,它是某一控制功能的程序段。用矩形框表示步,框内的数字是步的编号,有的用编程元件的元件号作为步的编号。步是某一控制功能的程序段,要执行相应的动作,用矩形框中的文字或符号来表示与该步相对应的动作,该矩形框应与对应步的矩形框相连。代表步的方框之间用有向连线连接,如果有向连线的方向是从上至下或从左至右,则可以省略表示方向的箭头。

1.5.5 步进顺控设计法

许多 PLC 的指令中都有步(进)指令,利用步(进)指令就可以用类似于顺序功能图的方法进行设计,这种设计法容易掌握,能够方便、快捷地设计出复杂的梯形图。以欧姆龙公

司的 CJ1 系列 PLC 为例, STEP (008) 是步定义指令, 用工作区 (W) 内 W 字的一位控制位来定义一个程序段 (称为一个步) 的开始。STEP (008) 无需执行条件, 即其执行与否是由控制位来控制的。

1.5.6 系统整体设计法

PLC 已广泛应用于运动控制和过程控制之中, 随着 PLC 的应用的拓展, 以往的基于顺序控制和逻辑控制的设计方法已难于满足生产实际的要求, 这就需要采用系统整体设计法。

系统设计的任务就是不但要求组成系统的各个部分本身具有高性能和高功能, 而且更强调各个部分之间协调与配合, 即实现最佳匹配, 从而达到系统整体最佳的目标。系统通常都是由五大要素组成的, 即由计算机、传感器、机械装置、动力及执行器组成。

系统整体设计法是以优化的工艺为主线、控制理论为指导、计算机应用为手段、系统整体最佳为目标的一种综合设计方法, 它要求工程技术人员能够将传感检测、计算机、通信、精密机械以及自动控制等多种技术相互交叉、有机结合, 做到融会贯通和综合运用。

1.5.7 PLC 系统的设计步骤

1. 熟悉工艺过程、确定被控对象的类型

要了解并熟悉工艺过程, 应以经过优化的工艺过程为主线, 进行系统硬件和软件组态。

首先是确定被控对象的类型。从大类来划分, 有离散型、连续型、批量 (间歇) 型和混合型四大类型, 如机械制造及汽车制造企业属于离散型制造业, 石油和化工企业属于连续型流程工业, 大量的中小型企业有的属于批量 (间歇) 制造业, 有的属于混合型制造业。

离散型制造业中包括顺序控制、逻辑控制和运动控制 (位置、速度及加速度等控制), 以运动控制为特点; 连续型流程工业则以过程控制 (温度、压力、流量、液位、成分及浓度等控制) 为特点; 批量 (间歇) 型制造业也侧重于过程控制; 混合型制造业通常是既有运动控制又有过程控制, 混合型制造业在中小企业中占有很大的比例, 控制模式较多。在设计 PLC 系统时, 首先应确定被控对象的类型。

2. 确定控制系统的类型及被控变量的数目

根据被控对象的类型来确定控制系统的类型。根据工艺要求, 确定系统的输入点数和输出点数。

如果有运动控制, 如交流调速或直流调速系统, 则可选用模拟量输出 (D/A) 单元, 确定输出模拟量的点数。选用 D/A 单元时, 应了解该单元是否有自己的 CPU, 是否能独立工作, 因为这关系到调速器的采样周期。采样周期一般为毫秒级。

如果还有位置控制, 可选用位置控制单元, 确定控制轴数。应了解该单元的输出是脉冲输出还是模拟量输出或两者兼有, 以便与驱动器配套。还要了解交流伺服驱动器以及交流伺服电动机的性能。

如果系统还包括过程控制, 如温度控制, 则要选用温度控制单元, 确定温度控制的点数, 了解该单元的控制算法, 是否有模糊控制和自整定算法。如果温度控制的回路较多, 则可选择回路 CPU 单元。

3. PLC 控制系统组态

所谓系统组态, 就是选用或制作恰当的硬件和软件, 组成一个有机的整体, 达到系统整

体最佳的目标。在硬件方面,以满足工艺要求为准,选用或制作控制器、执行器、传感器、动力装置及机械装置,不但要求每个部分本身具有高性能,更强调控制器、传感器、执行器、动力装置、机械装置这五者之间的协调与配合;在软件方面,应选用中文版的工业控制组态软件及 PLC 编程支持软件,编写控制程序。如果使用可编程终端(触摸屏等),还要选用配套的软件,要注意这三种软件是否相互兼容。

下面,着重介绍 PLC 控制系统中 PLC 选型方面的有关问题。

(1) CPU 单元

1) I/O 点数。开关量输入点数取决于各种开关量输入元件的数量,如各种按钮、钮子开关、组合开关、接近开关、光电开关、行程开关、限位开关、接点式压力开关以及接点式液位开关等。在确定开关量输入点数时,应注意 PLC 的开关量输入单元中同时接通的输入点数是受限制的,在厂商提供的资料中均有说明。使用时应将常开和常闭(即平时处于低电平和高电平的)开关元件进行搭配,以延长输入单元的使用寿命。

开关量输出点数取决于接触器、电磁铁、电磁阀、电动阀以及小型电动执行器的数量。开关量输出单元通常有触点输出单元、晶体管输出单元以及双向晶闸管输出单元。对于开关量输出单元,也存在同时接通点数受限制的问题,在确定 CPU 单元的输出点数时应留有余地。

对于特殊 I/O 单元所占用的 I/O 点数,由于各厂商在特殊单元的软硬件设计上有所不同,且特殊单元占用主机资源的情况也有所差异,致使同一类型的特殊单元,各厂商资料中提供的所占用的 I/O 点数相差数倍。因此,在统计特殊单元所占用的 I/O 点数时应以厂商提供的数据为准。一般情况下,对于统计出的 I/O 总点数,还应增加 20% 的裕量。

2) 内部存储器容量。内部存储器的容量与 I/O 总点数应该相适应,由于各厂商 CPU 单元的结构设计有所不同,因此内部存储器区的分配和各个分区的名称也有所不同。例如欧姆龙公司 CJ1 系列,内存的数据区域包括 CIO 区、工作区(WR)、保持区(HR)、辅助区(AR)、暂存区(TR)、定时器/计数器区、数据存储器(DM)区和扩展数据存储器(EM)区。

存储器容量的单位,有的厂商以“字”为单位,有的厂商以“字节(B)”为单位,有的厂商以“步”为单位。通常,存储器容量以字为单位,每个字由 16 位二进制数组成,一个字为两个字节。之所以用“步”作为单位,是因为 PLC 的程序按“步”存放,每条指令长度一般为 1~7 步,特殊指令可长达十几步。一“步”占用一个地址单元,一个地址单元占两个字节。

不同厂商的 PLC 产品,其内存容量与 I/O 点数相适应,也与所使用的指令相适应,但由于各厂商的指令功能和指令条数不尽相同,因此,同样的 I/O 点数,各厂商提供的内存容量数据有所不同。

3) 处理速度(基本指令: $\mu\text{s}/\text{步}$)。处理速度越快即扫描周期越短,系统响应越快,控制更及时。通常,PLC 以执行 1 条基本指令(1 步)所用的时间($\mu\text{s}/\text{步}$)或 1K 步所用的时间($\text{ms}/\text{K 步}$)来表示处理速度。

例如,欧姆龙公司的 CP1H 系列 PLC 的处理速度是 $0.1\text{ms}/\text{K 步}$ (条件:基本指令占 50%,MOV 指令占 30%,算术指令占 20%),而 CJ1 系列 PLC 仅为 $0.04\text{ms}/\text{K 步}$,扫描速度为 CP1H 系列的 2 倍多。在选用 CPU 单元时,应根据工艺要求选择合适的产品。

(2) 开关量 I/O 单元

1) 开关量输入单元。在选用开关量输入单元时应注意以下几点: ①有源开关元件的输出电压应在开关量输入单元的工作电压范围之内; ②开关量输入单元的响应时间应与开关元件的动作频率相适应; ③开关量输入单元同时接通的输入点数受限制, 应将常开和常闭开关元件进行搭配, 以延长输入单元的使用寿命; ④必要时选用输入分组(公共端隔离)的单元。

2) 开关量输出单元。开关量输出点数取决于接触器、电磁铁、电磁阀、电动阀以及小型电动执行器的数量。开关量输出单元通常有触点输出单元、晶体管输出单元以及双向晶闸管输出单元。在选用开关量输出单元时应注意以下几点: ①当负载为感性负载时, 应采用浪涌吸收器; ②对于触点输出单元, 应考虑触点的开关频率; ③必要时选用输出分组的单元; ④同时接通的输出点数受限制, 应将经常处于通态和经常处于断态的负载进行搭配, 从而延长触点输出单元的使用寿命。如果不能做到, 则要适当增加输出单元的数量。

(3) 特殊 I/O 单元

PLC 的水平往往表现在特殊 I/O 单元的种类和功能上。除了一般的特殊单元如 A/D 单元、D/A 单元、高速计数单元、中断单元及链接单元外, 能够反映产品特点的是运动控制单元和过程控制单元。

1) 定位控制单元。在选用定位控制单元时应了解以下指标: ①联动操作轴数; ②插补功能; ③控制方法(点位控制、圆弧定位控制、速度控制、速度位置控制); ④定位(定位方法、定位命令范围、速度指令、加减速); ⑤补偿(电子齿轮、齿隙补偿、误差补偿); ⑥返回原点方法; ⑦程序(编程语言、定位样式、编程设备); ⑧绝对位置系统; ⑨视窗支持软件; ⑩接口功能。

2) 闭环控制单元。在选择用于过程控制的闭环控制单元时应了解以下指标: ①适应范围(温度、压力、流量、液位); ②独立的闭环控制回路数; ③预置的控制器结构(设定点控制、串级控制、比率控制、成分控制、前馈控制); ④操作模式(自动、手动、安全模式、随动模式、后备模式); ⑤智能控制算法(模糊控制、PID 自动整定、专家控制、神经元控制); ⑥模拟量输入类型、点数及范围; ⑦模拟量输出路数; ⑧数字量输出点数; ⑨组态软件; ⑩通信协议。

(4) 视窗支持软件

PLC 生产厂商大多提供配套的编程软件和模拟软件, 即视窗支持软件, 如欧姆龙公司的 CX-P 视窗编程软件, 西门子公司的 S7-300/400 梯形逻辑(LAD)/功能块图(FBD)/语句表(STL)编程软件, 松下公司的 FFWIN-GR 编程软件, 三菱公司的 GPPW-E 编程软件和 LLT-E 模拟软件等。由于厂商采用的指令系统不同, 故相应的编程软件和模拟软件也不同。

(5) 通信及网络

在 PLC 控制系统中, 通信是指 PLC 与计算机、PLC 与可编程终端(触摸屏等)、PLC 主单元与远程 I/O 单元、PLC 与 PLC、PLC 与变频器(或伺服驱动器)以及 PLC 与编程设备之间的通信。

欧姆龙公司 PLC 的通信网络包括 Ethernet(计算机层网络, 信息管理层网络)、Controller Link(控制层网络)、DeviceNet(设备层网络)、Profibus-DP(设备层网络, 现场总线)、CompoBus/D(设备层网络)及 CompoBus/s(传感器层网络)。

三菱公司 PLC 的通信网络包括 CC-Link、Profibus-DP(现场总线)、Profibus-FMS(现场总线)、Deficient(现场总线)及 As-I(执行器/传感器接口)。

西门子公司 PLC 的通信网络包括 Industrial Ethernet（工业以太网）、Profibus-DP（现场总线）、MPI（多点接口）以及 C-总线。

由于各厂商 PLC 的指令系统不同，视窗软件也只适合各自的 PLC，因此，实现不同厂商 PLC 之间的通信或一台计算机与不同厂商的 PLC 联网通信有一定的困难。为此，各个公司都在开发基于开放性标准和规格的网络化产品。