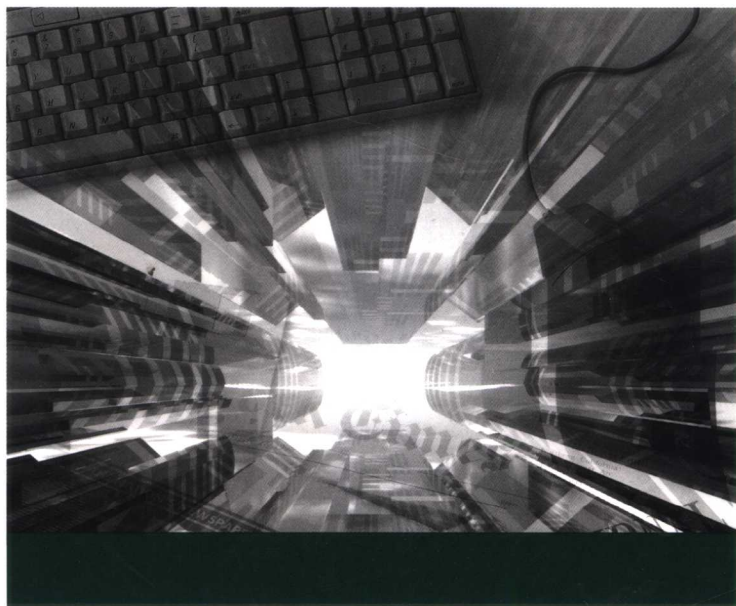


丁 炜 魏孔平 主编

可编程控制器 在工业控制中的应用



Chemical Industry Press



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

可编程控制器 在工业控制中的应用

丁 炜 魏孔平 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器在工业控制中的应用/丁炜, 魏孔平主编.
北京: 化学工业出版社, 2004
ISBN 7-5025-5611-7

I. 可… II. ①丁…②魏… III. 可程序控制器-
应用-工业-过程控制 IV. TB114.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 050324 号

可编程控制器在工业控制中的应用

丁 炜 魏孔平 主编

责任编辑: 王丽娜

文字编辑: 吴开亮

责任校对: 顾淑云 吴 静

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

[http:// www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 11¼ 字数 212 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5611-7/TP·343

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前言

可编程控制器 (Programmable Logic Controller) 简称 PLC, 是在继电器控制和计算机控制的基础上开发出来的, 并逐渐发展成以微处理器为核心, 把自动化技术、计算机技术、通讯技术融为一体的新型工业自动控制装置。它具有可靠性高、环境适应性好、编程简单、使用方便以及体积小、重量轻、功耗低等优点, 因此迅速普及并成为当代工业自动化的支柱设备之一。

为帮助读者更好地掌握 PLC 的应用技术, 作者总结多年的教学经验, 在 PLC 系统维护及科研应用的基础上, 按照基础知识、使用方法、工业应用三个层次编写了本书。

本书是在作者搜集和参考了大量技术资料, 并进行了合理取舍以及系统整理的基础上, 同时结合实际教学经验和参加实际工程设计、安装和调试的经验编写而成, 力图具有以下几个特点。

- 通俗易懂, 理论联系实际, 便于自学。
- 设计和应用相结合, 实用性强。
- 应用实例相对独立, 互为体系, 内容覆盖面宽, 选择性强, 可以满足不同层次、不同行业的需求。

本书从工程应用出发, 选择了当今最具特色和代表性的 MIT-SUBISHI 公司的 FX₂ 系列、OMRON 公司的 C 系列和 SIEMENS 公司的 S5、S7 系列可编程控制器为例, 介绍了可编程控制器的基础知识、编程方法、实际操作和通讯功能。重点讲解了 FX₂ 系列和 C 系列可编程控制器在工业控制中的应用, 如 PLC 对电机、电梯、数控机床等系统控制功能的实现。

全书共分为 9 章。其中第 1、3、5、8、9 章由丁炜编写, 第 2、4、6、7 章由魏孔平编写。丁炜、魏孔平任主编。全书由丁炜统稿。

本书在编写过程中, 得到兰州石油化工总厂自控部、兰州石化职业技术学院电子电气工程系等单位的支持, 兰州石化职业技术学院张德泉、赵黎明和李俊秀等为本书提供了有关的技术资料和相关软件, 充实了本书内容。对上述单位和个人所给予的热情支持和帮助, 谨致

以衷心的感谢!

由于编者水平有限,加上受到设备条件和资料来源限制,书中错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2004年3月

内 容 简 介

本书从工程应用的角度出发,以三菱公司 FX₂ 系列和欧姆龙公司的 C 系列可编程控制器为例,简单介绍了可编程控制器的基础知识、指令系统、编程方法、实际操作和通讯功能。通过典型的应用实例介绍,如 PLC 对电机、电梯、数控机床等的控制功能的实现,阐明了 PLC 控制系统的选型、配置和程序设计及调试方法。应用实例涉及到包括三菱公司 FX₂ 系列和欧姆龙公司的 C 系列以及西门子公司的 S5 和 S7 系列等多种型号的可编程控制器。

本书可供工程技术人员自学和应用 PLC 技术时参考,也可作为 PLC 技术的培训教材供相关专业的师生选用。

目 录

第 1 章 可编程控制器的工作原理和结构特点	1
1.1 可编程控制器的工作原理	1
1.1.1 扫描工作方式	1
1.1.2 程序执行过程	2
1.1.3 输入/输出的处理规则	3
1.1.4 信息刷新方式	3
1.1.5 输入/输出滞后时间	4
1.2 可编程控制器的硬件、软件及结构特点	5
1.2.1 可编程控制器的硬件	5
1.2.2 可编程控制器的软件	11
1.2.3 可编程控制器的结构特点	15
1.3 常用可编程控制器	16
1.3.1 MITSUBISHI 公司产品	16
1.3.2 SIEMENS 公司产品	19
1.3.3 OMRON 公司产品	21
1.3.4 Rockwell 公司产品	22
1.3.5 上海香岛机电制造公司产品	24
第 2 章 可编程控制器的编程初步	26
2.1 可编程控制器的逻辑本质	26
2.2 PLC 的应用设计步骤	27
2.3 FX ₂ 可编程控制器基本编程指令	27
2.3.1 LD、LDI、OUT 指令	28
2.3.2 AND、ANI 指令	28
2.3.3 OR、ORI 指令	29
2.3.4 ORB 指令	29
2.3.5 ANB 指令	30
2.3.6 MPS/MRD/MPP 指令	30
2.3.7 MC/MCR 指令	31

2.3.8	SET/RST 指令	32
2.3.9	PLS/PLF 指令	34
2.3.10	NOP 指令	34
2.3.11	END 指令	34
2.4	FX ₂ 可编程控制器功能指令汇总	35
2.4.1	功能指令通则	35
2.4.2	程序流程控制	38
2.4.3	传送和比较	40
2.4.4	四则运算及逻辑运算	43
2.4.5	循环移位与移位	45
2.4.6	数据处理	47
2.4.7	高速处理	49
2.4.8	方便指令	51
2.5	C 系列可编程控制器指令简介	53
2.5.1	C 系列可编程控制器的基本指令	53
2.5.2	C 系列可编程控制器的功能指令	53
2.6	基本编程技巧	56

第 3 章 可编程控制器的操作 59

3.1	可编程控制器的配线	59
3.1.1	电源配线	59
3.1.2	I/O 单元端子配线	59
3.1.3	输入输出端子的连接要求	59
3.1.4	输入输出的扩展	64
3.2	可编程控制器的防干扰措施	65
3.2.1	输入的电源	65
3.2.2	输入的漏电流	65
3.2.3	输出的漏电流和冲击电流	66
3.2.4	感性负载的浪涌抑制器	67
3.2.5	输出的负载	67
3.3	程序的输入及调试	68
3.3.1	用编程器编程	68
3.3.2	用编程器调试	75
3.3.3	用计算机下载程序	78

3.3.4 用计算机调试	83
第4章 可编程控制器的通讯功能	86
4.1 串行通信的数据传送方式	86
4.2 异步串行通信接口	87
4.3 FX ₂ 与其他设备的通讯	88
4.3.1 通讯参数的设置	88
4.3.2 串行通讯指令	89
4.4 PLC-PLC 的通讯	91
第5章 可编程控制器在工业控制中的典型应用举例	94
5.1 三相异步电动机的Y-△减压启动控制	94
5.1.1 系统配置	94
5.1.2 程序设计	94
5.1.3 运行并调试程序	95
5.1.4 逻辑法编程简介	96
5.2 三相步进电动机控制	97
5.2.1 系统配置	97
5.2.2 程序设计	98
5.2.3 调试运行程序	98
5.3 机械手控制	101
5.3.1 机械手控制要求	101
5.3.2 输入输出分配	101
5.3.3 程序设计	102
5.3.4 功能简介	102
5.4 交通信号灯控制	105
5.4.1 控制要求	105
5.4.2 系统配置	105
5.4.3 程序设计	106
5.5 钢板开平冲剪流水线控制	110
5.5.1 钢板开平冲剪流程及控制原理	111
5.5.2 程序设计	111
5.6 PLC控制系统的故障检测	112
5.6.1 时间故障检测法	113

5.6.2 逻辑错误检测法	113
第 6 章 可编程控制器在电梯控制中的应用	115
6.1 对层楼信号的处理	117
6.2 对指令、召唤的处理	119
6.3 对选向功能的处理	121
6.4 选层功能的实现	123
6.5 运行部分的控制	125
6.6 开关门功能的处理	127
第 7 章 可编程控制器在数控机床中的应用	130
7.1 数控机床的控制对象及接口信号	130
7.2 M 功能的实现	132
7.3 S 功能的实现	133
7.4 T 功能的实现	134
7.5 数控机床 PLC 控制程序实例	135
7.5.1 随机刀库转位控制程序	135
7.5.2 润滑系统自动控制示例	140
7.5.3 主轴控制的程序实例	142
第 8 章 可编程控制器在催化剂生产中的应用	144
8.1 砂碱混料控制	144
8.1.1 装置及控制要求	144
8.1.2 控制系统设计	144
8.1.3 提高控制系统称量精度的措施	146
8.2 水玻璃炉的换向控制	147
8.2.1 生产流程及控制要求	147
8.2.2 控制系统硬件构成	149
8.2.3 系统的软件设计	149
8.3 导向剂配制控制	154
8.3.1 导向剂配制工艺流程	154
8.3.2 控制系统设计	155
第 9 章 可编程控制器的其他应用	163

9.1 PLC 在铁路槽车装车系统中的应用	163
9.1.1 程控大鹤管装油工艺及控制原理	164
9.1.2 控制系统设计	165
9.1.3 控制系统功能	167
9.2 PLC 在水处理过程中的应用	167
9.2.1 系统控制设备特点	167
9.2.2 滤池工艺过程及冲洗时间程序	168
9.2.3 软件设计	168
9.2.4 系统投运及计时器设置	170
9.3 PLC 实现变频恒压供水	170
9.3.1 管网水压与变频器控制电流关系	170
9.3.2 系统配置	171
9.3.3 程序设计	172
9.4 空压站 PLC 保护控制系统	173
9.4.1 工艺流程及控制要求	173
9.4.2 控制系统设计	175
参考文献	177

第 1 章

可编程控制器的工作原理和结构特点

可编程控制器是在继电器控制和计算机控制的基础上开发出来的,并逐渐发展成以微处理器为核心,把自动化技术、计算机技术、通讯技术融为一体的新型工业自动控制装置。目前已被广泛地应用于工业控制中。可编程控制器(Programmable Controller)简称 PC,为了与个人计算机的 PC(Personal Computer)相区别,人们将最初用于逻辑控制的可编程控制器叫做 PLC(Programmable logic Controller)。PLC 是一种存储程序控制器。用户根据某一具体的控制要求,编制好程序后,用编程器键入到 PLC 的用户程序存储器中寄存。PLC 的控制作用就是通过用户程序来实现的。

1.1 可编程控制器的工作原理

1.1.1 扫描工作方式

当 PLC 运行时,用户程序中有众多的操作需要去执行,但 CPU 是不能同时去执行多个操作的,它只能按分时操作原理每一时刻执行一个操作。由于 CPU 的运算处理速度很高,使得外部出现的结果看起来似乎是同时完成的。这种分时操作的过程称为 CPU 对程序的扫描。扫描是一种形象化的术语,用作描述 CPU 是如何完成分配给它的各种任务的方式。

扫描从 0000 号存储地址所存放的第一条用户程序开始,在无中断或跳转控制的情况下,按存储地址号递增顺序逐条扫描用户程序,也就是顺序逐条执行用户程序,直到程序结束。每扫描完一次程序就构成一个扫描周期,然后再从头开始扫描,并周而复始。

顺序扫描的工作方式简单直观,它简化了程序的设计,并为 PLC 的可靠运行提供了非常有用的保证。一方面,扫描到的指令被执行后,其结果马上就可以被将要扫描到的指令所利用。另一方面,还可以通过 CPU 设置的定时器来监视每次扫描是否超过规定的时间,从而避免了由于 CPU 内部故障使程序执行进入死循环而造成故障的影响。

1.1.2 程序执行过程

PLC 的工作过程就是程序执行过程。PLC 投入运行后,便进入程序执行过程,它分为三个阶段进行,即输入采样(或输入处理)阶段,程序执行(或程序处理)阶段,输出刷新(或输出处理)阶段如图 1.1 所示。

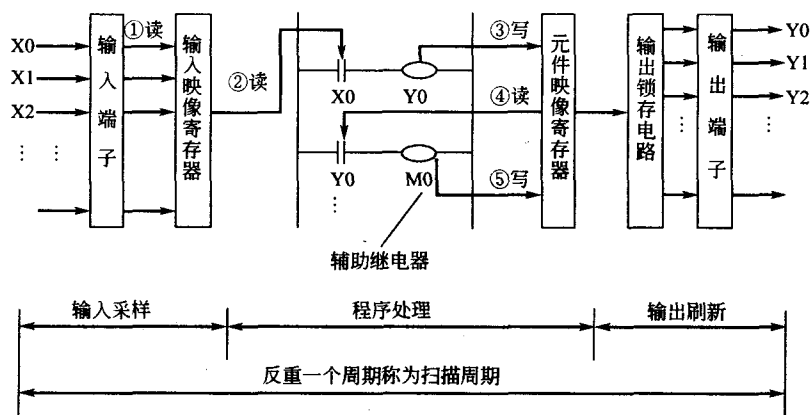


图 1.1 PLC 程序执行的过程

1. 输入采样阶段

在输入采样阶段,PLC 以扫描方式按顺序将所有输入端的输入信号状态(开或关、即 ON 或 OFF、“1”或“0”)读入到输入映像寄存器中寄存起来,称为对输入信号的采样,或称输入刷新,然后转入程序执行阶段。在程序执行期间,即使输入状态变化,输入映像寄存器的内容也不会改变。输入状态的变化只能在下一个工作周期的输入采样阶段才被重新读入。

2. 程序执行阶段

在程序执行阶段,PLC 对程序按顺序进行扫描。如果程序用梯形图表示,则总是按先上后下、先左后右的顺序进行扫描。每扫描到一条指令时,所需要的输入状态或其他元素的状态分别由输入映像寄存器和元素映像寄存器中读出,然后将执行结果写入到元素映像寄存器中。这就是说,对于每个元素来说,元素映像寄存器中寄存的内容,会随程序执行的进程而变化。

3. 输出刷新阶段

当程序执行完后,进入输出刷新阶段。此时,将元素映像寄存器中所有输出继电器的状态转存到输出锁存电路,再去驱动用户输出设备(负载),这就是 PLC 的实际输出。

PLC 重复地执行上述三个阶段,每重复一次的时间就是一个工作周期(或扫描周期)。工作周期的长短与程序的长短(即组成程序的语句多少),指令的种

类和 CPU 执行的速度有很大关系, PLC 厂家一般给出每执行 1K ($1K=1024$) 条指令所需时间 (单位 ms)。一般说来, 一个扫描过程中, 执行指令的时间占了绝大部分。

PLC 在每次扫描中, 对输入信号采样一次, 对输出刷新一次。这就保证了 PLC 在执行程序阶段, 输入映像寄存器和输出锁存电路的内容或数据保持不变。

1.1.3 输入/输出的处理规则

从上面分析的程序执行过程, 可得出 PLC 对输入/输出的处理规则, 如图 1.2 所示。

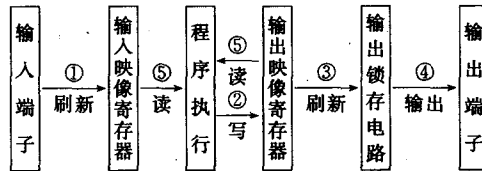


图 1.2 PLC 输入/输出 (I/O) 处理规则

对应于图中的数字标号说明如下。

① 输入映像寄存器的数据, 取决于输入端子在上一个工作周期的输入采样阶段所刷新的状态。

② 输出映像寄存器 (包含在元素映像寄存器中) 的状态, 由程序中输出指令的执行结果决定。

③ 输出锁存电路中的数据, 由上一个工作周期的输出刷新阶段存入到输出锁存电路中的数据来确定。

④ 输出端子上的输出状态, 由输出锁存电路中的数据来确定。

⑤ 程序执行中所需的输入、输出状态 (数据), 由输入映像寄存器和输出映像寄存器读出。

1.1.4 信息刷新方式

信息刷新方式有多种。一般来说, 输入刷新是在输入采样阶段进行, 输出刷新是在输出采样阶段进行, 如图 1.2 所示。但有的 PLC 其信息刷新的方式则与上述不同, 输入刷新除了在输入采样阶段进行外, 在程序执行阶段每隔一定时间还要刷新一次。同样, 输出刷新除了在输出处理阶段进行外, 在程序执行阶段中凡是程序中有输出指令的地方, 该指令执行后立即进行一次输出刷新。这种形式的 PLC 尤其适合于输入输出要求快速响应的场合。

1.1.5 输入/输出滞后时间

输入/输出滞后时间又称为系统响应时间，是指从 PLC 外部输入信号发生变化的时刻起至它控制的有关外部输出信号发生变化的时刻止之间的时间间隔。它由输入电路的滤波时间、输出模块的滞后时间和因扫描工作方式产生的滞后时间三部分所组成。

输入模块的 RC 滤波电路用来滤除由输入端引起的干扰噪声，消除外接输入触点动作时产生抖动引起的不良影响。滤波时间常数决定了输入滤波时间的长短，其典型值为 10ms 左右。

输出模块的滞后时间与模块开关元件的类型有关。继电器型输出电路的滞后时间一般最大值在 10ms 左右；双向可控硅型输出电路的滞后时间在负载被接通时的滞后时间约为 1ms，负载由导通到断开时的最大滞后时间为 10ms；晶体管型输出电路的滞后时间一般在 1ms 左右。

下面分析由扫描工作方式引起的滞后时间。在图 1.3 梯形图中，X0 是输入继电器，用来接收外部输入信号。波形图中最上一行是 X0 对应的经滤波后的外部输入信号的波形。Y0、Y1、Y2 是输出继电器，用来将输出信号传送给外部负载。图中 X0 和 Y0、Y1、Y2 的波形表示对应的输入/输出映像寄存器的状态，高电平表示“1”状态，低电平表示“0”状态。

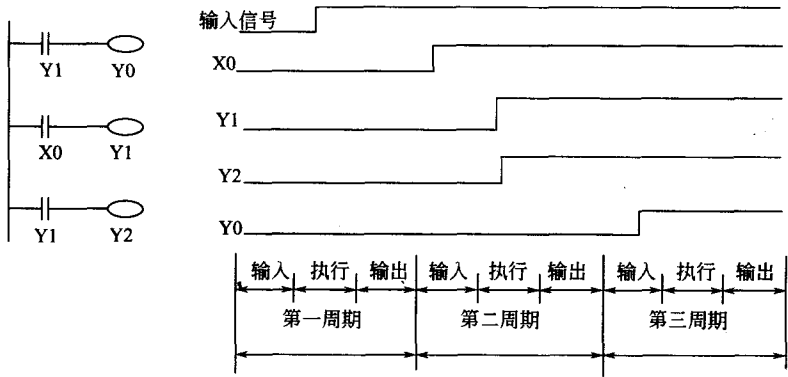


图 1.3 PLC 的输入/输出延迟

图中输入信号在第一个扫描周期的输入处理阶段之后才出现，所以在第一个扫描周期各映像寄存器均为“0”状态。

在第二个扫描周期的输入处理阶段，输入继电器 X0 的映像寄存器变为“1”状态。程序执行阶段，由梯形图可知，Y1、Y2 依次接通，它们的映像寄存器都变为“1”状态。

在第三个扫描周期的程序执行阶段，由于 Y1 的接通使 Y0 接通。Y0 的输出

映像寄存器变为“1”状态。在输出处理阶段，Y0 对应的外部负载被接通。可见从外部输入触点接通到 Y0 驱动的负载接通，响应延迟最长可达两个多扫描周期。

交换梯形图中第一行和第二行的位置，Y0 的延迟时间将减少一个扫描周期，可见这种延迟时间可以使用程序优化的方法减少。PLC 总的响应延迟时间一般只有数十毫秒，对于一般的控制系统是无关紧要的。但也有少数系统对响应时间有特别的要求，这时就需选择扫描时间快的 PLC，或采取使输出与扫描周期脱离的控制方式来解决。

1.2 可编程控制器的硬件、软件及结构特点

1.2.1 可编程控制器的硬件

世界各国生产的可编程控制器外观各异，但作为工业控制计算机，其硬件结构都大体相同。主要由中央处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM）、输入输出器件（I/O 接口）、电源及编程设备几大部分构成。PLC 的硬件结构框图如图 1.4 所示。

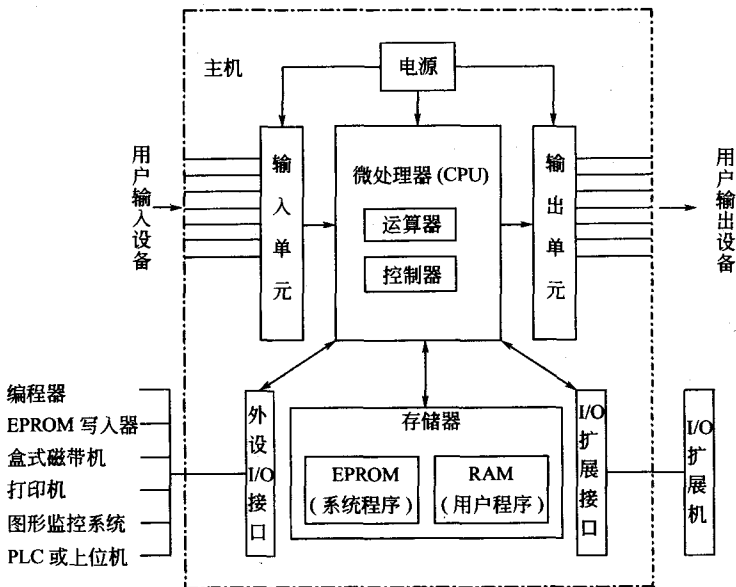


图 1.4 单元式 PLC 硬件结构

1. 中央处理器（CPU）

中央处理器是可编程控制器的核心，它在系统程序的控制下，完成逻辑运算、数学运算、协调系统内部各部分工作等任务。可编程控制器中采用的 CPU 一般有三类。一类为通用微处理器，如 80286、80386 等，一类为单片机芯片，

如 8031、8096 等,另外还有位处理器,如 AMD2900、AMD2903 等。一般说来,可编程控制器的档次越高,CPU 的位数越多,运算速度越快,指令功能越强。现在常见的可编程机型一般多为 8 位或者 16 位机。为了提高 PLC 的性能,也有一台 PLC 采用多个 CPU 的。

2. 存储器

存储器是可编程控制器存放系统程序、用户程序及运算数据的单元。和一般计算机一样,可编程控制器的存储器有只读存储器 (ROM) 和随机读写存储器 (RAM) 两大类。只读存储器是用来保存那些需永久保存,即使机器掉电后也需保存的程序的存储器。一般为掩膜只读存储器和可编程电改写只读存储器。只读存储器用来存放系统程序。随机读写存储器的特点是写入与擦除都很容易,但在掉电情况下存储的数据就会丢失,一般用来存放用户程序及系统运行中产生的临时数据。为了能使用户程序及某些运算数据在可编程控制器脱离外界电源后也能保持,在实际使用中都为一些重要的随机读写存储器配备电池或电容等掉电保持装置。

可编程控制器的存储器区域按用途不同,又可分为程序区及数据区。程序区是用来存放用户程序的区域,一般有数千个字节。用来存放用户数据的区域一般要小一些。在数据区中,各类数据存放的位置都有严格的划分。由于可编程控制器是为熟悉继电器接触器系统的工程技术人员使用的,可编程控制器的数据单元都叫做继电器,如输入继电器、时间继电器、计数器等。不同用途的继电器在存储区中占有不同的区域。每个存储单元有不同的地址编号。

3. 输入输出接口

输入输出接口是可编程控制器和工业控制现场各类信号连接的部分。输入口用来接受生产过程的各种参数。输出口用来送出可编程控制器运算后得出的控制信息,并通过机外的执行机构完成工业现场的各类控制。由于可编程控制器在工业生产现场工作,对输入输出接口有两个主要的要求:一是接口有良好的抗干扰能力;二是接口能满足工业现场各类信号的匹配要求。因而可编程控制器为不同的接口需求设计了不同的接口单元,主要有以下几种。

(1) 开关量输入接口 其作用是把现场的开关量信号变成可编程控制器内部处理的标准信号。开关量输入接口按可接纳的外信号电源的类型不同分为直流输入单元和交流输入单元,如图 1.5~图 1.7 所示。

从图中可以看出,输入接口中都有滤波电路及耦合隔离电路。滤波有抗干扰的作用,耦合有抗干扰及产生标准信号的作用。图中输入口的电源部分都画在了输入口外(虚线框外),这是分体式输入口的画法,在一般单元式可编程控制器中输入口都使用可编程本机的直流电源供电,不再需要外接电源。

(2) 开关量输出接口 其作用是把 PLC 内部的标准信号转换成现场执行机