

■ 可编程序控制系统应用案例系列丛书

可编程序控制器 逻辑控制案例

戴一平 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

■ 可编程序控制系统应用案例系列丛书

可编程序控制器 逻辑控制案例

戴一平 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书以 OMRON 公司生产的 CP1H 为基本机型,从工程案例出发,介绍了 PLC 的基本原理、结构特点、使用方法、指令系统和编程软件的使用。

作者力求通过典型案例的介绍,使读者从阅读中体会到 PLC 好学易懂,并能举一反三、触类旁通。书中介绍了大量的单元程序和完整的控制系统实例,由浅入深、实用性强是本书的特点。

本书可作为高等院校工业自动化、电气技术、机电一体化以及相关专业的教学用书,也可作为高职、高专以及“可编程序控制系统设计师”职业资格的培训教材或自学用书,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器逻辑控制案例 / 戴一平编著. —北京:
高等教育出版社, 2007.7*

(可编程序控制系统应用案例系列丛书 / 林育兹主编)

ISBN 978-7-04-022171-8

I. 可… II. 戴… III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 087447 号

策划编辑	韩颖	责任编辑	欧阳舟	封面设计	张申申
责任绘图	朱静	版式设计	马静如	责任校对	姜国萍
责任印制	韩刚				

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	北京鑫丰华彩印有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2007 年 7 月第 1 版
印 张	13.25	印 次	2007 年 7 月第 1 次印刷
字 数	240 000	定 价	19.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22171-00

可编程序控制系统应用案例系列丛书

编审委员会

总策划：冯身媛

中国电工技术学会工业自动化高技能人才培训部主任

主 审：欧阳沪群

欧姆龙自动化（中国）统辖集团

编审委员会成员：

林育兹

厦门大学

曹 辉

北京联合大学

戴一平

浙江机电职业技术学院

韩 颖

高等教育出版社

欧阳舟

高等教育出版社

彭 涛、朱妙其

欧姆龙自动化（中国）统辖集团

钱 华、陈建瓴

欧姆龙自动化（中国）统辖集团

高国军、董燕霞

欧姆龙自动化（中国）统辖集团

编审委员会联系方式：PLCPX@126.com

021-5037222 转 1841

序

“可编程序控制系统应用案例系列丛书”，是在 2006 年“可编程序控制器原理及应用系列丛书”的基础上，应广大读者和用户要求，由多所高等院校教师、长期从事可编程序控制系统应用研究人员和本丛书编审委员会的通力合作，精心编撰完成的最新丛书。该系列丛书还得到欧姆龙自动化（中国）统辖集团总裁办市川畅男先生的亲自指导和学术交流部的策划，为该丛书的出版提供了有力保障。

全套丛书共 6 分册，读者可按实际需要选用下列不同分册。

PLC 逻辑控制案例

PLC 模拟量及 PID 算法应用案例

PLC 网络系统应用案例

变频器应用案例

可编程终端应用案例

PLC 位置控制应用案例

本套丛书有以下特色：

1. 机型新颖。丛书中涉及的 PLC 等设备，均以 OMRON 公司的 CP1H 型、CJ1 型和 CS1 型等主导产品和新产品为例，并兼顾不同用户对不同产品的需要。

2. 内容全面。系列丛书既包括应用最广泛的逻辑控制、过程控制和位置控制，还涵盖了变频器调速、可编程终端、通信和网络系统等方面的应用，信息量丰富，基本涵盖了“可编程序控制系统设计师”的职业需求内容和相关知识。

3. 案例典型实用。本系列丛书结合工程实践的需要，以实际应用案例为主线。各分册既可以独立使用，又可以交叉融合，形成联系紧密的完整应用体系。

4. 打破传统模式。本系列丛书力求打破从结构、原理到应用的纵向编写模式，力图从学习者的认知角度，采用横纵结合的编写方法，以典型案例为主线，将相关概念和原理等知识贯穿其中，使读者循序渐进地将理论与实践相结合。

5. 重视技能培养。丛书内容以职业技能训练需求为依据，以达到“可编

程序控制系统设计师”为培养目标，层次分明，使读者学有所得，练有提高。在 <http://edu.omron.com.cn/>网站中，还列举了培训单位和联系方式，并提供各分册主编的电子邮箱，建议读者或用户通过以上方式进行联系，选择参加相应内容的职业技术培训，以收到更好效果。

丛书编审委员会

2007年3月

前言

可编程序控制器 (PLC) 是涵盖计算机技术、自动控制技术和通信技术的高新技术产品。因其具有功能完备、可靠性高、使用灵活方便的优点, 已成为工业及各相关领域中发展最快、应用最广的控制装置。PLC 技术已成为现代控制技术的重要支柱之一。

1992 年, 本书作者和企业的技术人员共同编写了《可编程序控制器》讲义, 用于 PLC 技术的推广。在技术推广和项目开发中, 作者积累了不少教学和应用经验, 读者也提出了许多宝贵的意见。通过实践, 我们深感 PLC 技术的实践性非常强, 若按原来从理论到实践、从课堂到实验室、从实验室到现场的学习模式, 既费时又费力, 效果也不好。而采用边学边练, 学练一体, 通过案例来介绍 PLC 技术的原理和应用, 则能收到极佳的学习效果。为此, 在欧姆龙自动化 (中国) 统辖集团的支持下, 我们编写了《可编程序控制器逻辑控制案例》一书, 以案例为主线, 介绍 PLC 的指令和逻辑控制方法。

本书以 OMRON (欧姆龙) 公司生产的 CP1H 型 PLC 为典型机型, 兼顾 CPM1A/2A 等机型, 从案例出发, 讲述 PLC 的原理和应用。本书在案例讨论时, 采用 CP1H 的地址编写梯形图, 因为 PLC 类型不同, 其软元件的具体地址也有所不同, 编程时应视具体机型而定, 或在培训教师的指导下完成。

全书共分 8 个案例。案例一通过继电器控制与 PLC 控制的比较, 介绍了 PLC 的组成、工作原理、工作模式、结构、型号和应用领域; 案例二通过一个简单的例子, 学习编程软件的使用, 并在以后的案例中不断加深; 案例三介绍应用时序输入、输出指令实现电动机多种起动、停止的方法; 案例四介绍定时器、计数器的使用方法和应用实例; 案例五是有关顺序控制的基本概念和控制方法的实例; 案例六介绍了应用数据比较、传送、转换、逻辑运算和四则运算等逻辑运算控制指令实现的控制方法。案例七为串行通信控制, 介绍了 1:N 链接通信和通过 Modbus 与变频器通信技术; 案例八就逻辑控制系统的设计作了较为详细的阐述。全书所有程序都在机器上调试通过, 便于读者对照使用。

在编写中, 欧姆龙自动化 (中国) 统辖集团给予了大力的支持和帮助; 北京联合大学曹辉、霍罡老师, 青岛飞洋职业技术学院侯国桢老师, 浙江机电职业技术学院刘同文、朱玉堂老师提供了大量的案例资料; 欧姆龙自动化 (中国) 统辖集团欧阳沪群先生、厦门大学林育兹老师审阅了全书, 提出了许多宝贵意见。在此, 编者深表感谢。

编写中,编者查阅和参考了多种书籍,从中得到许多教益和启示;浙江机电职业技术学院电气工程系的教师对于本书的编写给予了支持和帮助;毕业班的同学帮助绘制了部分图表并参与程序调试。在此,向各位作者、教师和同学致以诚挚的谢意。

书中所需使用手册、编程手册等技术资料可通过欧姆龙工业自动化网站 <http://www.omronservice.com> 索取。

由于编者水平有限,时间比较仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请使用本书的广大读者给予批评指正,以便修正改进。作者的 E-mail 地址: dyp18@163.com; 电话: (0571) 87773026, 欢迎来信来电。

编 者

2007 年 4 月

目 录

案例一 继电器控制与 PLC 控制	1
1. 继电器控制方案	1
2. PLC 控制方案	2
3. 继电器控制与 PLC 控制的比较	5
4. PLC 概述	6
5. CPM1H 型 PLC 简介	11
思考与练习	20
案例二 编程软件的使用	21
1. 编程基础知识	21
2. CX-Programmer 的安装	25
3. CX-Programmer 的使用	25
思考与练习	38
案例三 基本逻辑控制	39
1. 双按钮单地起动和停止控制	39
2. 双按钮两地起动和停止控制	44
3. 单按钮单地起动和停止控制	45
4. 其他控制电路	50
思考与练习	53
案例四 定时计数控制	55
1. Y/Δ 降压起动控制	55
2. 皮带运输机控制	60
3. 循环往复控制	65
4. 其他控制	66
思考与练习	69
案例五 顺序控制	72
1. 顺序控制基础知识	72
2. 上料工位实例分析	86
3. 大小球分拣系统	91
思考与练习	97

案例六 逻辑运算控制	101
1. 物料供应车控制实例	101
2. 立体车库读卡数据分析	114
思考与练习	117
案例七 串行通信控制	118
1. 串行 PLC 链接通信控制	118
2. PLC 和变频器通信控制	125
思考与练习	136
案例八 逻辑控制系统设计	137
1. 控制系统的设计步骤和 PLC 选型	137
2. 系统硬件设计方案	141
3. 系统软件设计方案	154
4. 用 PLC 控制轴承专用车床	157
5. PLC 和软起动机	166
思考与练习	174
附录一 指示灯状态表	178
附录二 拨动开关功能一览表	179
附录三 CP1H 的输入/输出规格 (XA/X 型)	180
附录四 CPU 单元和扩展单元	182
附录五 指令的功能分类	188
附录六 串行通信选件板的连接	200
参考文献	201

案例一

继电器控制与 PLC 控制

可编程序控制器，其英文名字为 Programmable Logic Controller，简称为 PLC。它是一种新型的控制器件，集微电子技术、计算机技术、通信技术于一体，在取代继电器控制系统，实现多种设备的自动控制中，充分体现其诸多优点，受到广大用户的欢迎和重视。

本案例通过继电器控制和 PLC 控制的比较，介绍 PLC 的特点和工作原理，并以 OMRON 公司的新产品 CPlH 作为典型机型展开讨论。

1. 继电器控制方案

三相异步电动机启动、停止控制电路如图 1.1 所示。其中图 1.1 (a) 是主回路，图 1.1 (b) 是控制回路。

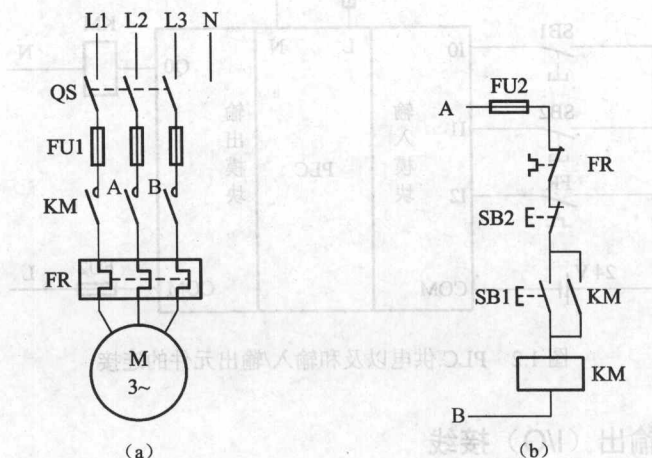


图 1.1 三相异步电动机启动、停止电路

(a) 主回路；(b) 控制回路

在图 1.1 (b) 所示的控制回路中，启动按钮 SB1、停止按钮 SB2 和热继电器 FR 的动断（常闭）辅助触点是输入元件，交流接触器 KM 线圈是输出元件。

输入、输出信号间的逻辑关系——串联（与）、并联（或），是由实际的布线来实现的，其操作如下：

① 首先闭合主回路开关 QS，对主回路、控制回路供电。

② 按下起动按钮 SB1，线圈 KM 得电，主回路中动合（常开）主触点 KM 闭合，电动机 M 得电起动运转；同时，控制回路中的辅助触点 KM 闭合，实现自锁。

③ 按下停止按钮 SB2，线圈 KM 失电，主回路中动合主触点 KM 断开，电动机 M 失电停转，控制回路中的辅助触点 KM 断开，解除自锁。

④ 若电动机过载时，控制回路中的动断辅助触点 FR 断开，线圈 KM 失电，主回路中动合主触点 KM 断开，电动机失电停转，以实现保护。

2. PLC 控制方案

PLC 能方便地替代电动机的起动、停止控制回路。图 1.1 (a) 所示的主回路保持不变，控制回路由 PLC 代替，其供电以及和输入/输出元件的连接如图 1.2 所示。

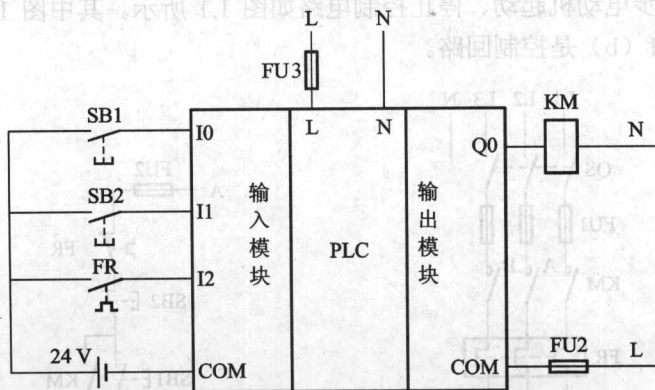


图 1.2 PLC 供电以及和输入/输出元件的连接

2.1 输入/输出 (I/O) 接线

将起动按钮 SB1、停止按钮 SB2 和热继电器 FR 辅助触点一端分别接到 PLC 的输入模块上的输入端子 I0、I1、I2，另一端经 24 V 直流电源接输入公共端 COM。在输出模块中，相线 L 经熔断器 FU2 接输出公共端 COM，接触器线圈 KM 作为负载分别接输出端子 Q0 和中性线 N。

接线时应注意两点:

① 因刚开始介绍 PLC, 还未涉及具体机型, 输入端子 I0、I1、I2 和输出端子 Q0 所采用的是符号地址, 并非实际地址。在确定机型后须按照输入/输出端的实际地址进行接线。

② 在输入端, 所有输入元件均采用动合触点, 便于编写程序。在熟练掌握后, 也可根据需要采用动断触点输入。

2.2 输入/输出 (I/O) 地址分配

因 PLC 的类型不同, 为方便接线和编程, 上述符号地址必须转换为实际地址, 建立 I/O 地址分配表, 图 1.2 的 I/O 地址分配见表 1.1, 表中实际地址按 CP1H 型 PLC 填写。

表 1.1 I/O 地址分配表

输入元件	符号地址	实际地址	输出元件	符号地址	实际地址
SB1	I0	0.00	KM	Q0	100.00
SB2	I1	0.01			
FR	I2	0.02			

在 I/O 地址分配表的基础上, 能完成两件事:

① 完成实际接线。

② 利用 CX-Programmer 编程软件, 建立符号地址和实际地址的关系, 采用符号地址编程或直接用实际地址编程。

2.3 输入和输出间的关系

在图 1.2 中, I0、I1、I2 为 PLC 的输入端, Q0 为 PLC 的输出端, PLC 接收输入信号, 并根据用户编写的程序, 进行逻辑运算, 运算结果送输出端, 以完成控制任务。

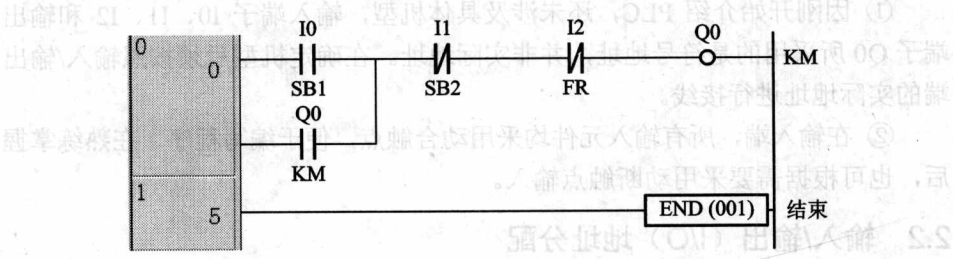
PLC 的用户程序常采用梯形图进行编程, 这种编程方式被大多数用户所接受。

根据 I/O 地址分配表, 符合起动、停止控制要求的梯形图、助记符如图 1.3 所示。

图 1.3 (a) 中的 I0、I1、I2 可以理解为“输入继电器”, Q0 则可以理解为“输出继电器”, 其中  表示线圈, 动合触点用  表示, 动断触点用  表示。

PLC 中的输入继电器只能由外部信号驱动, 不能用程序内部的指令来驱动。因此, 在梯形图中输入继电器只有触点 (软触点), 图 1.2 中所述输入模块则可等效为输入继电器的线圈。输出继电器由内部程序驱动, 其触点有两类, 一类是由软件构成的内部触点 (软触点); 另一类则是由输出模块构成的外部触点 (硬

触点), 外部触点具有一定的带负载能力。



(a)

条	步	指令	操作数	注释
0	0	LD	I0	SB1
	1	OR	Q0	KM
	2	ANDNOT	I1	SB2
	3	ANDNOT	I2	FR
	4	OUT	Q0	KM
	1	5	END(001)	

(b)

图 1.3 梯形图

(a) 梯形图; (b) 助记符

2.4 程序的编写、传送、运行和调试

操作如下:

① 对 PLC 供电; 使用 CX-Programmer 编程软件编写如图 1.3 所示的梯形图; 将梯形图传送到 PLC; 使 PLC 工作在“运行”模式。

② 对主回路供电, 操作按钮, 观察运行情况:

③ 按下起动按钮 SB1, “输入继电器” I0 得电, 相应的输入指示 LED 亮; 在梯形图上, 其动合触点闭合, “输出继电器” Q0 得电, 内部触点 Q0 闭合自锁, PLC 上相应的输出指示 LED 亮; 观察外围电路, Q0 外部触点闭合, 线圈 KM 得电, 从而使主回路电动机 M 旋转。

④ 按下停止按钮 SB2, “输入继电器” I1 得电, 在梯形图上, 其动断触点 I1 断开, “输出继电器” Q0 失电, 内部触点 Q0 断开解锁; 观察外围电路, Q0 外部触点断开, 线圈 KM 失电, 主回路中动合主触点 KM 断开, 电动机 M 停止旋转, 等待下一个起动信号。

⑤ 若电动机过载时, FR 动合触点闭合, “输入继电器” I2 得电, 其动断触点断开, “输出继电器” Q0 失电, 线圈 KM 失电, 电动机失电停转, 以实现对电动机的保护。

3. 继电器控制与 PLC 控制的比较

图 1.3 (a) 所示梯形图和图 1.1 (b) 控制回路十分相似, 它们都表示了输入和输出之间的逻辑关系, 如果说图 1.1 (b) 可用 $KM = (SB1 + KM) \cdot \overline{SB2} \cdot \overline{FR}$ 表示, 那么图 1.3 (a) 则为 $Q0 = (I0 + Q0) \cdot \overline{I1} \cdot \overline{I2}$, 从逻辑关系表达式上看也是非常一致的。

但是, 它们之间的最大区别在于, 在继电器控制方案中, 输入、输出信号间的逻辑关系是由实际的布线来实现的; 在 PLC 控制方案中, 输入、输出信号间的逻辑关系则是由存储在 PLC 内的用户程序 (梯形图) 来实现的。具体讲有以下区别。

(1) 组成器件不同

继电器控制电路中的继电器是真实的, 是由硬件构成的; 而 PLC 中的继电器, 则是虚拟的, 是由软件构成的, 每个继电器其实是 PLC 内部存储单元中的一位, 故称为“软继电器”。

(2) 触点情况不同

继电器控制电路中的动合、动断触点由实际的结构决定, 而 PLC 中动合、动断触点则由软件决定, 即由存储器中相应位的状态 1 或 0 来决定的。因此, 继电器控制电路中每只继电器的触点数量是有限的, 而 PLC 中每只软继电器的触点数量则是无限的。

(3) 工作电流不同

继电器控制电路中有实际电流存在, 是可以用电流表直接测得的; 而 PLC 梯形图中的工作电流是一种信息流, 其实质是程序的运算过程, 可称之为“软电流”, 或称“能流”。

(4) 接线方式不同

继电器控制电路图的所有接线都必须逐根连接, 缺一不可, 而 PLC 中的接线, 除输入、输出端需实际接线外, 内部的所谓接线都是通过程序的编制来完成的, 可称为“软接线”。由于接线方式的不同, 在改变控制顺序时, 继电器控制电路必须改变其实际的接线, 而 PLC 则仅需修改程序, 通过软件加以改接, 其改变的灵活性及其速度, 是继电器控制电路无法比拟的。

(5) 工作方式不同

继电器控制电路中, 当电源接通时, 各继电器都处于受约状态, 该吸合的都吸合, 不该吸合的因受某种条件限制而不吸合; PLC 则采用扫描循环执行方式, 即从第一阶梯形图开始运算, 依次执行至最后一阶梯形图, 再从第一阶梯形图开始继续往下执行, 周而复始。因此从激励到响应有一个时间的滞后。

4. PLC 概述

PLC 的外形如图 1.4 所示, 下面介绍 PLC 的产生、定义、工作原理、工作模式、优点和应用, 并以 CP1H 为例介绍 PLC 的基本结构、型号、通信方式、扩展和 I/O 规格。

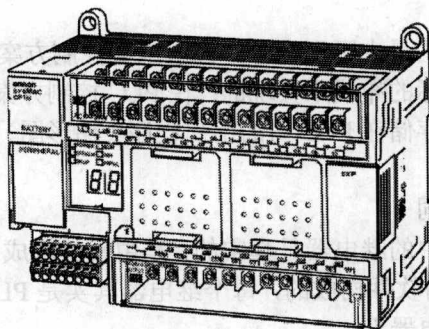


图 1.4 PLC 外形图

4.1 PLC 的产生

PLC 的产生源于汽车制造业。1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 结合计算机和继电器控制两者的优点, 按招标要求完成了研制工作, 并在美国通用汽车公司的自动生产线上试用成功, 从而诞生了世界上第一台可编程序控制器。

从第一台 PLC 诞生至今, PLC 大致经历了四次更新换代。第四代 PLC, 不仅全面使用 16 位、32 位微处理器、位片式微处理器、精简指令系统微处理器等高性能、高速度的 CPU, 而且在一台 PLC 中配置多个微处理器, 极大地提高了 PLC 的工作性能、速度和可靠性; 同时由于大量含有微处理器的智能模块的出现, 致使这一代 PLC 具有逻辑控制、过程控制、运动控制、数据处理、联网通信等诸多功能, 真正成为名副其实的多功能控制器。在这一时期, PLC 构成的 PLC 网络也得到飞速发展, PLC 及其网络日益成为首选的工业控制装置。人们高度评价 PLC, 并将其视作现代工业自动化的三大支柱之一。

4.2 PLC 的定义

国际电工委员会 (IEC) 分别于 1982 年 11 月和 1985 年 1 月颁发了可编程序控制器标准草案第一、二稿, 作了如下定义:

可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为工业环境下应用而设计,它采用可编程序的存储器,存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令,并通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各类机械或生产过程。可编程序控制器和它的有关设备,应按易于和工业控制系统联成一个整体,并易于扩充功能的原则设计。

随着可编程序控制器的推广、应用,它在现代工业中的地位已十分重要。为了占领市场,赢得尽可能大的市场份额,各大公司都在原有 PLC 产品的基础上,努力地开发新产品,推进新的发展。这些发展主要侧重于两个方面:一个是向着网络化、高可靠性、多功能方向发展;另一个则是向着小型化、低成本、简单易用方向发展。

4.3 PLC 的组成

一个完整的 PLC 由两部分组成,硬件系统和软件系统。

硬件系统主要由中央处理器 CPU、存储器、输入/输出(I/O)口、通信接口和电源等组成,此外还有扩展设备。许多中型机 PLC 采用模块结构,由中央处理器、存储器组成主控模块,输入单元组成输入模块,输出单元组成输出模块,三者通过专用总线构成主机,并由电源模块对其供电。

软件系统是指管理、控制、使用 PLC,确保 PLC 正常工作的一整套程序,包括系统程序和用户程序。系统程序是指控制和完成 PLC 各种功能的程序,侧重于管理 PLC 的各种资源、控制各硬件的正常动作,协调各硬件之间的关系,以便充分发挥整个可编程序控制器的使用效率,方便广大用户的直接使用。系统程序由生产厂家提供,存放在 ROM 中。用户程序是指根据生产工艺要求编写的控制程序,侧重于使用,侧重于输入、输出之间的逻辑关系。用户程序由使用者自行编写,将用户程序或参数写入到 CPU 单元时,会被自动地备份到内置闪存中(CPU 具备内置闪存功能)。

4.4 PLC 的工作原理

PLC 运行时,需要进行大量的操作,这迫使 PLC 中的 CPU 只能根据分时操作原理,按一定的顺序,每一时刻执行一个操作。这种分时操作的方式,称为 CPU 的扫描工作方式,是 PLC 进行实时控制的常用的一种方式。

PLC 用于控制的还有中断方式,在中断请求被响应后,CPU 停止正在运算的程序,转去执行相关的中断处理,待处理完毕,返回运行原来的程序。显然在中断方式下工作,使 PLC 的资源得到了充分的利用。处理中断时要分清各中断请求的轻重缓急,若所有工作都由中断方式来处理就使问题复杂化了,最好采用扫描加中断的处理方式。