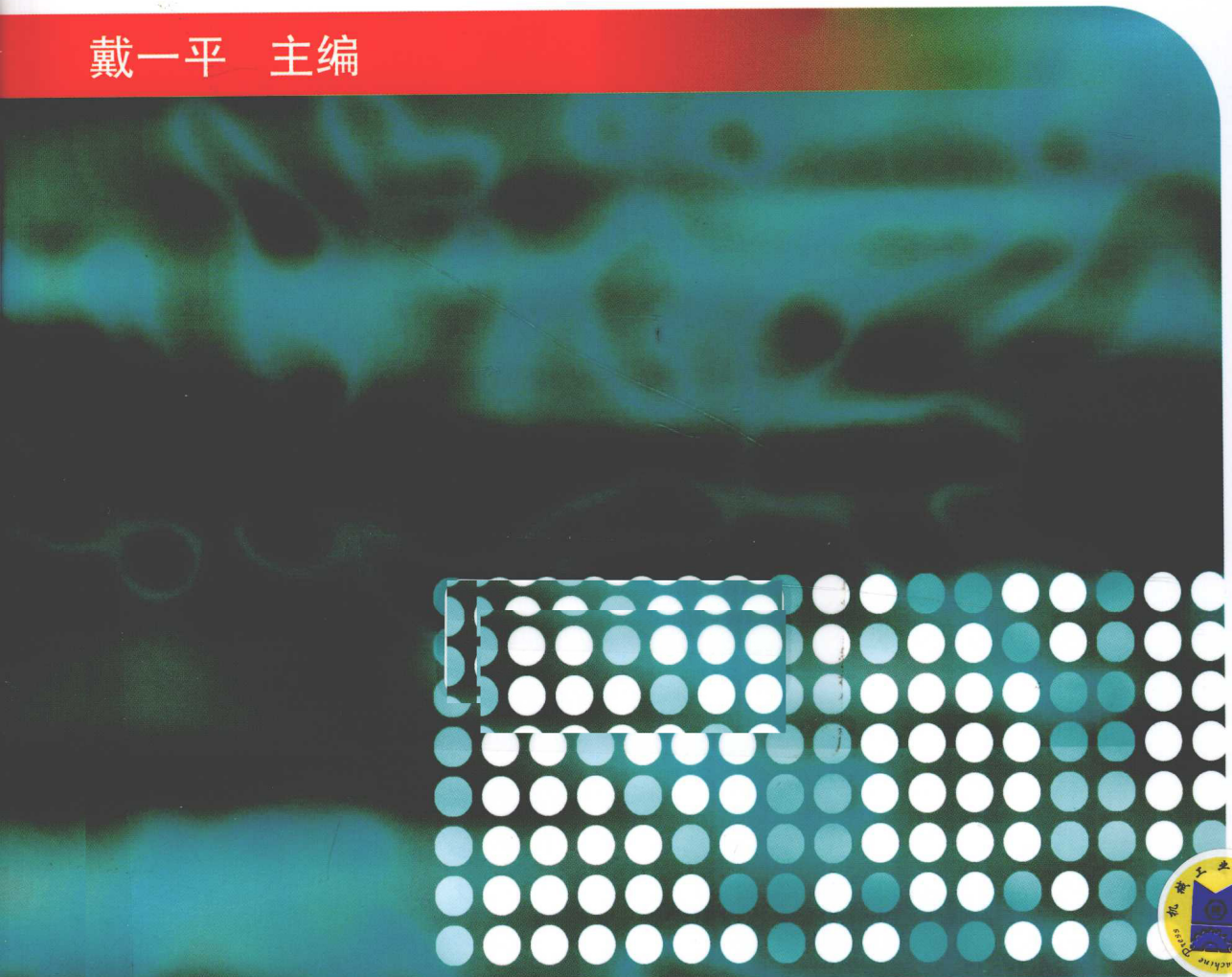
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等职业技术教育机电类专业规划教材

可编程控制器技术及应用（欧姆龙机型）

第2版

戴一平　主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

www.cmpedu.com
电子课件

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等职业技术教育机电类专业规划教材

可编程控制器技术及应用
（欧姆龙机型）

第 2 版

主编　戴一平
参编　柳　樑　张　耀　朱玉堂
主审　胡幸鸣　金文兵

机 械 工 业 出 版 社

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书系统地介绍了可编程序控制器(PLC)的原理、特点、结构、指令系统和编程方法，介绍了PLC控制系统的设计、安装、调试和维护，以及PLC网络技术。本书以OMRON公司的CPM1A/2A、CP1H可编程序控制器为例进行分析，以求通过典型事例，学会应用，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，便于读者学习，快速入门。书后附有CX—P编程软件使用说明和指令表。

本书由浅入深、层次清楚、通俗易懂，并有相应的实验指导书配套，可作为高职高专院校、成教学院以及技师院校的电气自动化技术、生产过程自动化技术、机电一体化技术、应用电子技术以及相关专业的教材，也可作为可编程序控制系统设计师(四级)培训教材或自学用书。

为方便教学，有《可编程序控制器技术训练与拓展》一书作为配套的实训指导书同步出版。另外，本书备有免费电子课件，凡选用本书作为教材的学校均可来电索取。咨询电话：010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器技术及应用：欧姆龙机型/戴一平主编.
—2版. —北京：机械工业出版社，2009.12(2011.2重印)
普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高等职业技术教育机电类专业规划教材
ISBN 978-7-111-28914-2

Ⅰ.可… Ⅱ.戴… Ⅲ.可编程序控制器—高等学校：技术学校—教材 Ⅳ.TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第207452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：于 宁 责任编辑：曹雪伟 版式设计：霍永明
封面设计：鞠 杨 责任校对：陈延翔 责任印制：乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011年2月第2版第2次印刷
184mm×260mm · 14.75印张 · 359千字
4001—8000册
标准书号：ISBN 978-7-111-28914-2
定价：26.00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
社服务中心：(010)88361066
销 售 一 部：(010)68326294
销 售 二 部：(010)88379649
读者服务部：(010)68993821

网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前　言

《可编程控制器技术及应用》一书自2004年出版以来，得到了广大读者的欢迎，读者们也提出了不少宝贵的建议。

五年来，PLC技术又有了许多大的发展，网络技术应用更加普及，各种功能单元日趋完善，更加高效廉价的小型PLC相继推出；五年来，教学理念也有了很大的发展和变化，更加重视职业技能的培养，强调学科标准和职业标准的融合。

为适应PLC技术的发展和教学理念的更新，本书第2版在章节安排和内容上作了较大的调整，增加了新机型CP1H和新指令的介绍，增加了许多应用实例，删除了一些已经过时的内容和一些关联性不大的附录。

调整后全书分为九章。第一章介绍了PLC的简史、流派、特点和发展趋势，并介绍了PLC的基本构成及工作原理、技术规格与分类；第二章介绍了CPM1A/2A和CP1H机型实例和PLC的硬件构成；第三章结合简单逻辑控制，介绍PLC的基本指令和编程方法；第四章结合顺序控制，介绍用步进指令和基本指令实现控制的方法；第五章介绍应用指令及高功能指令；第六章介绍小型PLC的功能及功能单元；第七章分别介绍了可编程序控制器控制系统的硬件设计和软件设计；第八章从实用的角度出发列举了可编程序控制器的应用实例；第九章简要介绍了PLC网络的概念和组成。对于学时较少的专业可挑选第一、二、三、四、七章作为主要学习内容，其他章节选学，也能构成一个完整的学习包。

本书由柳樑(第一章)、戴一平(第二、三、四、五、六、七、八章、附录)、朱玉堂(第八章第五节)、张耀(第九章)编写，由戴一平担任主编并对全书进行修改定稿，由胡幸鸣、金文兵担任主审。在编写中，得到了陈梓城教授、金文兵教授、俞秀金副教授、霍罡副教授、朱玉堂高级工程师、田志勇工程师的指点和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于本书内容改动较多，编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请使用本书的师生和广大读者给予批评指正，以便修正改进。主编的E-mail：dyp18@163.com，电话：(0571)87773026，欢迎来信来电。

编　者

目　录

前言

第一章　可编程序控制器基础 …… 1

第一节　PLC 概述 …… 1
第二节　PLC 的基本构成及工作原理 …… 6
第三节　PLC 的技术规格与分类 …… 14
习题 …… 16

第二章　可编程序控制器的硬件系统 …… 17

第一节　CP 系列 PLC 简介 …… 17
第二节　输入/输出单元 …… 25
第三节　特殊扩展设备 …… 33
习题 …… 34

第三章　简单逻辑控制与基本指令 …… 36

第一节　编程基础知识 …… 36
第二节　时序输入/输出指令及应用 …… 42
第三节　微分指令及应用 …… 54
第四节　定时器/计数器指令及应用 …… 58
第五节　时序控制指令及应用 …… 67
习题 …… 71

第四章　顺序控制与步进指令 …… 73

第一节　顺序控制基础知识 …… 73
第二节　步进指令与顺序控制 …… 76
第三节　基本指令与顺序控制 …… 79
习题 …… 84

第五章　应用指令及高功能指令简介 …… 87

第一节　数据比较指令 …… 87
第二节　数据传送指令 …… 90
第三节　数据移位指令 …… 94
第四节　运算与转换指令 …… 96
第五节　子程序指令 …… 101
第六节　高功能指令系统 …… 104
习题 …… 107

第六章　小型 PLC 的功能及功能单元 …… 110

第一节　输入时间常数设定功能 …… 110
第二节　中断控制功能 …… 111
第三节　高速计数功能 …… 118
第四节　快速响应功能 …… 122
第五节　脉冲输出功能 …… 123
第六节　通信功能 …… 124
第七节　模拟量 I/O 功能 …… 128
习题 …… 131

第七章　可编程序控制器控制系统设计 …… 132

第一节　控制系统的设计步骤和 PLC 选型 …… 132
第二节　系统硬件设计方案 …… 135
第三节　系统软件设计方案 …… 145
第四节　信号处理及程序设计 …… 155
第五节　PLC 控制系统的安装、调试及维护 …… 160
习题 …… 163

第八章　可编程序控制器的应用 …… 165

第一节　基本的电气控制 …… 165
第二节　PLC 对 HZC3Z 型轴承专用车床的控制 …… 165
第三节　PLC 对软起动器的控制 …… 172
第四节　PLC 对变频器的控制 …… 177
第五节　恒压供水控制 …… 182

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

习题 …… 188

第九章 可编程序控制器网络 …… 189

第一节 PLC 网络通信的基础知识 …… 189
第二节 典型 PLC 网络 …… 192
第三节 PLC 网络在自动化立体仓库中的应用 …… 197
习题 …… 199

附录 …… 200

附录 A OMRON 小型 PLC 型号规格表 … 200
附录 B CX—P 编程软件的使用 …… 204
附录 C OMRON CPM1A 指令汇编 …… 214
附录 D OMRON CP1H 指令功能分类 …… 217
附录 E CP1H 操作技术资料 …… 225

参考文献 …… 227

第一章

可编程序控制器基础

可编程序控制器(Programmable Logic Controller)简称为PLC，其外形如图1-1所示。PLC是一种集微电子技术、计算机技术和通信技术于一体的新型自动控制装置，具有功能强、可靠性高、操作灵活、编程简单等一系列优点，广泛应用于机械制造、汽车、电力、轻工、环保、电梯等工农业生产和日常生活中，受到广大用户的欢迎和重视。

本章在介绍PLC的发展、流派、特点、基本构成等概况的同时，着重介绍PLC的等效电路、工作原理以及技术规格与类别。

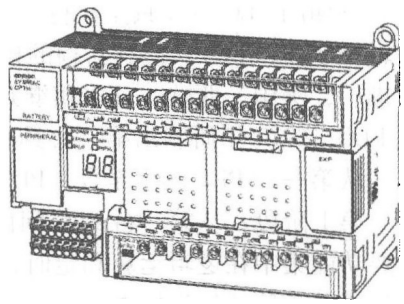


图1-1　PLC外形图

第一节　PLC概述

一、PLC的发展简史

PLC的产生源于汽车制造业。20世纪60年代后期，汽车型号更新速度加快。原先的汽车制造生产线使用的继电器控制系统，尽管具有原理简单、使用方便、操作直观、价格便宜等诸多优点，但由于它的控制逻辑由元器件的布线方式来决定，缺乏变更控制过程的灵活性，因此不能满足用户快速改变控制方式的要求，无法适应汽车换代周期迅速缩短的需要。

20世纪40年代发明的电子计算机，在20世纪60年代已得到迅猛发展，虽然小型计算机已开始应用于工业生产的自动控制，但因为原理复杂，又需专门的程序设计语言，致使一般电气工作人员难以掌握和使用。

1968年，美国通用汽车(GM)公司设想将继电器控制与计算机控制两者的长处结合起来，要求制造商为其装配线提供一种新型的通用程序控制器，并提出10项招标指标：

1）编程简单，可在现场修改程序；

2）维护方便，最好是插件式；

3）可靠性高于继电器控制柜；

4）体积小于继电器控制柜；

5）可将数据直接送入管理计算机；

6）在成本上可与继电器控制竞争；

7）输入可以是交流115V(美国电网电压为110V)；

8）输出为交流 115V、2A 以上，能直接驱动电磁阀；

9）在扩展时，原系统只需作很小变更；

10）用户程序至少能扩展到 4KB 以上。

这就是著名的 GM10 项指标，其主要内容是：用计算机代替继电器控制系统，用程序代替硬接线，输入输出电平可与外部负载直接连接，结构易于扩展。如果说电气技术和计算机技术的发展是 PLC 出现的物质基础，那么，GM10 项指标则是 PLC 诞生的创新思想。

1969 年，美国数字设备公司(DEC)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。

早期的 PLC 主要只是执行原先由继电器完成的顺序控制、定时等功能，故称为可编程逻辑控制器(PLC)。但其新颖的构思，使其在控制领域获得了巨大成功，这项新技术得到迅速推广，美国、西欧、日本相继开始研制引进和 PLC，我国从 1974 年开始仿制美国的第二代 PLC，1977 年研制出第一台具有实用价值的 PLC。

从第一台 PLC 诞生至今，PLC 大致经历了 4 个发展阶段：

第 1 阶段：从第一台 PLC 问世到 20 世纪 70 年代中期，第一代 PLC 以取代继电器为主，主要功能集中在逻辑运算和定时、计数等功能，CPU 由中小规模数字集成电路构成，已基本形成了工厂的编程标准。

第 2 阶段：20 世纪 70 年代中期到末期，第二代 PLC 的控制功能扩展到数据的传送、比较、运算和模拟量的运算等，应用领域得到扩展。

第 3 阶段：20 世纪 70 年代末期到 20 世纪 80 年代中期，第三代 PLC 的应用范围继续扩大，可靠性进一步提高，特别在通信方面有较大的发展，形成了分布式通信网络。但是由于各制造商自成体系，各系统的通信规范互不一致，系统间的互联较为困难。

第 4 阶段：从 20 世纪 80 年代至今，是 PLC 高速发展的阶段，主要表现为通信系统的开放和标准化，使得由 PLC 构成的 PLC 网络得到飞速发展。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，此外，PLC 开始采用标准化软件系统，增加高级语言编程，并完成了编程语言的标准化工作。

从 20 世纪 70 年代初开始，在近 40 年的时间里，PLC 的生产已发展成为一个巨大的产业。据不完全统计，现在世界上有 PLC 及其网络的生产厂商 200 余家，所生产的 PLC 产品的品种达 400 多种。PLC 产品的产量和销量在工业控制装置中都居于首位，迄今为止，世界市场对其的需求仍在稳步上升。以 20 世纪 90 年代以来的市场情况为例，全世界的 PLC 年销售额就已达百亿美元，而且一直保持 15% 的年增长率。

从其发展可见，PLC 早已不是初创时的逻辑控制器了，它确切的名称应为 PC(Programmable Controller)。但鉴于缩写“PC”在我国已成为个人计算机(Personal Computer)的专用名词，为避免学术名词的混淆，在我国仍沿用 PLC 来表示可编程序控制器。

二、PLC 的定义

国际电工委员会(IEC)分别于 1982 年 11 月、1985 年 1 月和 1987 年 2 月发布了可编程序控制器标准草案第一、二、三稿，在第三稿中做了如下定义：可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为工业环境下的应用而设计。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，控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其相关外部设备，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设计。

由此可见，可编程序控制器是一台专为工业环境下的应用而设计制造的计算机，它具有丰富的输入/输出接口，并且具有较强的驱动能力。

三、PLC 的几种流派

众多的 PLC 厂家，品种繁多的 PLC 产品，给广大的 PLC 用户，在学习、选择、使用、开发等方面都带来了不少困难。为了使广大用户尽快地熟悉 PLC，不妨将其产品按地域分为三种流派。由于同一地域的 PLC 产品，相互借鉴比较多，互相影响比较大，技术渗透比较深，面临的主要市场相同，用户要求接近，因此同一流派的 PLC 产品呈现出较多的相似性，而不同流派的 PLC 产品则差异明显。

按地域分成的三大流派是美国产品、欧洲产品和日本产品。美国和欧洲的 PLC 技术是在相互隔离情况下独立研究开发的，因此美国和欧洲的 PLC 产品有明显的差异性。而日本的 PLC 技术是由美国引进的，对美国的 PLC 产品有一定的继承性，经多年的开发，已形成独立的一派。

（1）美国的 PLC 产品　美国是 PLC 的生产大国，目前美国已注册的 PLC 生产厂家超过 100 家，著名的有 A-B 公司、通用电气(GE)公司、莫迪康(MODICON)公司、德州仪器(TI)公司等。其中 A-B 公司是美国最大的 PLC 制造商，早在 1988 年就在中国厦门建立了合资公司，又于 1994 年转合资为独资公司，其产品约占美国市场的一半。A-B 公司的 PLC 产品规格齐全，其主推的大、中型 PLC 是 PLC—5 系列。

（2）欧洲的 PLC 产品　欧洲有数十家已注册的 PLC 生产厂家，著名的有德国西门子(SIEMENS)公司、AEG 公司、法国施耐德(Schneider)公司。其中德国西门子公司的 PLC 生产技术，早在 20 世纪 90 年代初就被我国辽宁无线电二厂引进，且生产出 S1—101U、S5—115U 系列 PLC。西门子的 PLC 主要产品是 S5 和 S7 系列。其中 S7 系列是西门子公司在 S5 系列 PLC 的基础上推出的新产品，S7 系列中的 S7—200 系列属于微型 PLC，S7—300 系列属于中小型 PLC，S7—400 系列属于中高性能的大型 PLC。

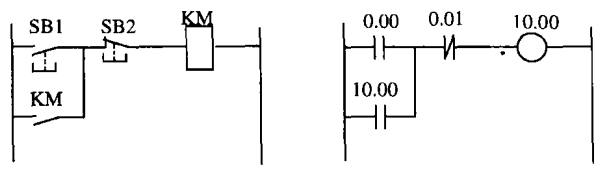
（3）日本的 PLC 产品　日本有 60～70 家 PLC 厂商，生产多达 200 余种 PLC 产品，产品以 OMRON 公司的 C 系列和三菱公司的 F 系列为代表，两者在硬、软件方面有不少相似之处。日本的 PLC 技术是从美国引进的，因此存在“继承”的痕迹，但在技术继承的同时，更多的是发展，且青出于蓝而胜于蓝。目前，在全世界的小型 PLC 市场上，日本的产品已占有 70%的份额。20 世纪 90 年代，日本 OMRON 公司也正式在上海浦东金桥开发区设厂生产 PLC 产品，典型产品有 CPM1A、CPM2A/2AH/AE、CH1H 和 CP1L 等。

将地域作为 PLC 产品流派划分的标准，并不十分科学。但从“同一流派的 PLC 产品呈现出较多的相似性，而不同流派的 PLC 产品则差异明显”的特征出发，广大 PLC 用户完全不必在众多的 PLC 产品面前一筹莫展，而可以在每一流派中，从在我国最具影响力、最具代表性的 PLC 产品入手，相对比较容易地对该流派中的 PLC 产品举一反三、触类旁通。本书以 OMRON 公司的 CPM1A/2A、CP1H 系列 PLC 为例，介绍 PLC 的原理及应用，读者可以此为入门引导，在实践中继续深化。

四、PLC 控制与继电器控制的区别

可编程序控制器既然能替代继电器控制，那么它们两者相比到底有何不同之处呢？图 1-2 为两张简单的控制电路图，其中图 1-2a 为继电器控制电路图，图 1-2b 则为 PLC 控制梯形图，两者十分相似，它们都表示了输入和输出之间的逻辑关系，如果说图 1-2a 可用 KM = (SB1 + KM) · $\overline{SB2}$表示，那么图 1-2b 则为 10.00 = (0.00 + 10.00) · $\overline{0.01}$，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：



a) 继电器控制电路图　　b) PLC 控制梯形图

图 1-2　控制电路比较

(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 控制梯形图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 控制梯形图中动合、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(为了区分,在以后的叙述中将软件构成的触点参照编程软件称为常开触点或常闭触点)。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(每使用一次,只相当对该存储器中相应位读取一次)；继电器控制电路中的触点寿命是有限的，而 PLC 中各软继电器的触点寿命则长得多(取决于存储器的寿命)。

(3) 工作电流不同　继电器控制线路中有实际电流存在，是可以用电流表直接测得的；而 PLC 控制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”，或称为“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 控制中的接线，除输入、输出端需实际接线外，梯形图中的所有软接线都是通过程序的编制来完成的。由于接线方式的不同，在改变控制顺序时，继电器控制线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，其改变的灵活性和速度是继电器控制线路无法比拟的。

(5) 工作方式不同　继电器控制线路中，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 控制则采用扫描循环执行方式，即从第一阶梯形图开始，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。

通过比较可以看出，PLC 的最大特点是：用软件提供了一个能随要求迅速改变的“接线网络”，使整个控制逻辑能根据需要灵活地改变，从而省去了传统继电器控制系统中拆线、接线的大量繁琐费时的工作。

五、PLC 的主要优点

由上述所致，PLC 有如下一些主要优点：

（1）编程简单　PLC 用于编程的梯形图与传统的继电接触控制线路图有许多相似之处，对于具有一定电工知识和文化水平的人员，都可以在较短的时间内学会编制程序的步骤和方法。

（2）可靠性高　PLC 是专门为工业环境而设计的，在设计与制造过程中均采用了诸如屏蔽、滤波、隔离、无触点、精选元器件等多层次有效的抗干扰措施，因此可靠性很高，其平均故障时间间隔为 2 万小时以上。此外，PLC 还具有很强的自诊断功能，可以迅速方便地检查判断出故障，缩短检修时间。

（3）通用性好　PLC 品种多，档次也多，可由各种组件灵活组合成不同的控制系统，以满足不同的控制要求。同一台 PLC 只要改变软件则可实现控制不同的对象或不同的控制要求。在构成不同的 PLC 的控制系统时，只需在 PLC 的输入、输出端子上，接上不同的相应的输入输出元件，PLC 就能接收输入信号和输出控制信号。

（4）功能强　PLC 能进行逻辑、定时、计数和步进等控制，能完成 A/D 与 D/A 转换、数据处理和通信联网等任务，具有很强的功能。随着 PLC 技术的迅猛发展，各种新的功能模块不断得到开发，使 PLC 的功能日益齐全，应用领域也得以进一步拓展。

（5）易于远程监控　目前已形成的成熟的 PLC 三层网络，设备层（Device Net）能实现对底层设备的控制、信息采集和传输；控制层（Controller Link）能对中间层的各控制器进行数据传输和控制；信息层（Ethernet）则对多层网络的信息进行操作与处理。

（6）设计、施工和调试周期短　PLC 以软件编程来取代硬件接线，构成的控制系统结构简单，安装使用方便。而且商品化的 PLC 模块功能齐全，程序的编制、调试和修改也很方便。因此，可大大缩短 PLC 控制系统的设计、施工和投产周期。

六、PLC 的应用

PLC 在国内外已广泛应用于冶金、采矿、水泥、石油、化工、电力、机械制造、汽车、轻工、环保及娱乐等行业。它的应用类型大致可分为如下几种控制领域：

（1）逻辑控制　这是 PLC 的最基本应用，主要利用 PLC 的逻辑运算、定时、计数等基本功能实现，可取代传统的继电控制，用于单机、多机群、自动生产线等的控制，例如：机床、注塑机、印刷机、装配生产线、电镀流水线及电梯的控制等。这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域。

（2）位置控制和运动控制　用于该类控制的 PLC，具有驱动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制功能模块。PLC 将描述目标位置和运动参数的数据传送给功能模块，然后由功能模块以适当的速度和加速度，确保单轴或数轴的平滑运行，在设定的轨迹下移动到目标位置。

（3）过程控制　用于该类控制的 PLC，具有多路模拟量输入、输出模块，有的还具有 PID 模块，因此 PLC 可通过对模拟量的控制实现过程控制，具有 PID 模块的 PLC 还可构成闭环控制系统，从而实现单回路、多回路的调节控制。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

（4）监控系统　可用 PLC 组成监控系统，进行数据采集和处理，监控生产过程。操作人员在监控系统中，可通过监控命令，监控有关设备的运行状态，根据需要及时调整定时、计数等设定值，极大地方便了调试和维护。

（5）集散控制　PLC 和 PLC 之间，PLC 和上位计算机之间可以联网，通过电缆或光缆传送信息，构成多级分布式控制系统，以实现集散控制。

可以预料，随着 PLC 性能的不断提高，随着 PLC 的进一步推广、普及，可编程序控制器的应用领域还将不断拓展。

七、PLC 的发展趋势

随着可编程序控制器的推广、应用，PLC 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。

（1）网络化　主要是向分布式控制系统(DCS)方面发展，使系统具有 DCS 方面的功能。网络化和强化通信功能是 PLC 近年来发展的一个重要方向，向下可与多个 PLC 控制站、多个 I/O 框架相联；向上可与工业计算机、以太网、MAP 网等相联，构成整个工厂的自动化控制系统。

（2）高可靠性　由于控制系统的可靠性日益受到人们的重视，PLC 已将自诊断技术、冗余技术、容错技术广泛地应用于现有产品中，许多公司已推出了高可靠性的冗余系统。

（3）多功能　为了适应各种特殊功能的需要，在原有智能模块的基础上，各公司陆续推出了新的功能模块，功能模块是否新颖和完备表征了一个生产厂家的实力强弱。

（4）小型化、低成本、简单易用　随着市场的扩大和用户投资规模的不同，许多公司开始重视小型化、低成本、简单易用的系统。世界上已有不少原来只生产中、大型 PLC 产品的厂家，正在逐步推出这方面的产品。

（5）控制与管理功能一体化　为了满足现代化大生产的控制与管理的需要，PLC 将广泛采用计算机信息处理技术、网络通信技术和图形显示技术，使 PLC 系统的生产控制功能和信息管理功能融为一体。

（6）编程语言向高层次发展　PLC 的编程语言在原有的梯形图语言、顺序功能块语言和指令语言的基础上，不断丰富，并向高层次发展。目前，在国际上生产 PLC 的知名厂家的大力支持下，共同开发与遵守 PLC 的标准语言。这种标准语言，希望把程序编制规范到某种标准的形式上来，有利于 PLC 硬件和软件的进一步开发利用。

第二节　PLC 的基本构成及工作原理

一、PLC 的基本构成

PLC 的基本组成框图如图 1-3 所示。

PLC 的基本组成可分为两大部分：硬件系统和软件系统。

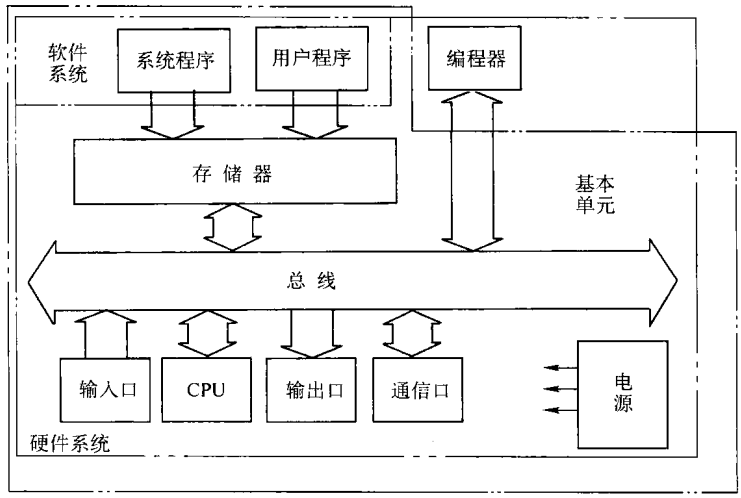


图 1-3　PLC 基本组成框图

（一）硬件系统

硬件系统是指组成 PLC 的所有具体的设备，其基本单元主要由中央处理器（CPU）、总线、存储器、输入/输出（I/O）口、通信接口和电源等部分组成，此外还有编程器、扩展设备和 EPROM 读写板和打印机等选配的设备。为了维护、修理的方便，许多 PLC 采用模块化结构。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。

1. 中央处理器（CPU）

CPU 是 PLC 的核心部件，控制所有其他部件的操作。CPU 一般由控制电路、运算器和寄存器组成。这些电路一般都集成在一个芯片上。CPU 通过地址总线、数据总线和控制总线与存储单元、输入/输出（I/O）单元连接。和一般的计算机一样，CPU 的主要功能是：从存储器中读取指令，执行指令，准备取下一条指令和中断处理。其主要任务是：接收、存储由编程工具输入的用户程序和数据，并通过显示器显示出程序的内容和存储地址；检查、校验用户程序；接收、调用现场信息；执行用户程序和故障诊断。

2. 总线

总线是为了简化硬件电路设计和系统结构，用一组线路，配置以适当的接口电路，使 CPU 与各部件和外围设备连接的共用连接线路。总线分为内部总线、系统总线和外部总线。内部总线是计算机内部各外围芯片与处理器之间的总线，用于芯片一级的互连；而系统总线是计算机中各插件板与系统板之间的总线，用于插件板一级的互连；外部总线则是计算机和外部设备之间的总线。从传送的信息看又可分为地址总线、控制总线和数据总线。

3. 存储器

存储器是具有记忆功能的半导体器件，用于存放系统程序、用户程序、逻辑变量和其他信息。根据存放信息的性质不同，在 PLC 中常使用以下类型的存储器：

（1）只读存储器（ROM）　只读存储器中的内容由 PLC 制造厂家写入，并永久驻留，PLC 掉电后，ROM 中内容不会丢失，用户只能读取，不能改写，因此 ROM 中存放系统程序。

（2）随机存储器（RAM）　随机存储器又称为可读写存储器。信息读出时，RAM 中的内

容保持不变；写入时，新写入的信息覆盖原来的内容。它用来存放既要读出、又要经常修改的内容。因此 RAM 常用于存入用户程序、逻辑变量和其他一些信息。掉电后，RAM 中的内容不再保留，为了防止掉电后 RAM 中的内容丢失，PLC 使用锂电池作为 RAM 的备用电源，在 PLC 掉电后，RAM 由电池供电，保持存储在 RAM 中的信息。目前，很多 PLC 采用快闪存储器作用户程序存储器，快闪存储器可随时读写，掉电时数据不会丢失，不需用后备电池保护。

（3）可擦可编程只读存储器（EPROM、EEPROM） EPROM 是只读存储器，失电后，写入的信息不丢失，但要改写信息时，必须先用紫外线擦除原信息，才能重新改写。一些小型的 PLC 厂家也常将系统程序驻留在 EPROM 中，用户调试好的用户程序也可固化在 EPROM 中。EEPROM 也是只读存储器，不同的是写入的信息用电擦除。

4. I/O 单元

I/O 单元是 PLC 进行工业控制的输入信号与输出控制信号的转换接口。需要将控制对象的状态信号通过输入接口转换成 CPU 的标准电平，将 CPU 处理结果输出的标准电平通过输出接口转换成执行机构所需的信号形式。为确保 PLC 的正常工作，I/O 单元应具有如下功能：

1）能可靠地从现场获得有关的信号，能对输入信号进行滤波、整形，转换成控制器可接受的电平信号，输入电路应与控制器隔离。

2）把控制器的输出信号转换成有较强驱动能力的、执行机构所需的信号，输出电路也应与控制器隔离。

5. 通信口

为了实现“人—机”或“机—机”之间的对话，PLC 配有通用 RS—232、RS—422/485、USB 通信接口和多种专用通信接口，通过这些通信接口可以与监视器、打印机、其他的 PLC 或计算机相联。PLC 还备有扩展接口，用于将扩展单元与基本单元相联，使 PLC 的配置更加灵活，为了满足更加复杂的控制功能的需要，PLC 配有多种智能 I/O 接口。

6. 电源

小型整体式 PLC 内部有一个开关式稳压电源，该电源一方面可为 CPU 板、I/O 板及扩展单元提供 5V 的直流工作电源，另一方面也为外部输入元件提供 24V 直流电源输出。电源的性能好坏直接影响到 PLC 的可靠性，因此对电源隔离、抗干扰、功耗、输出电压波动范围和保护功能等都提出了较高的要求。

为保持 RAM 中的信息不丢失，一般 PLC 都配有锂电池作为 RAM 的后备电源。

（二）软件系统

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。这些程序有的来自 PLC 生产厂家，也有的来自用户。一般称前者为系统程序，称后者为用户程序。系统程序是指控制和完成 PLC 各种功能的程序，它侧重于管理 PLC 的各种资源、控制各硬件的正常动作，协调各硬件组成间的关系，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。系统程序主要由系统管理程序、用户指令解释程序和标准程序模块与系统调用程序三部分组成。

用户程序是指使用者根据生产工艺要求编写的控制程序，它侧重于使用，侧重于输入、输出之间的控制关系。用户程序的编制、编辑、调试监控和显示由编程器或安装了编程软件

的计算机通过通信口完成。

二、PLC 控制的等效电路

为了理解 PLC 的工作原理，现以一个最简单的电动机控制电路为例，说明其工作方式及原理。

一个三相异步电动机起动、停止控制电路如图 1-4 所示。其中图 1-4a 是主电路，图 1-4b 是控制电路。

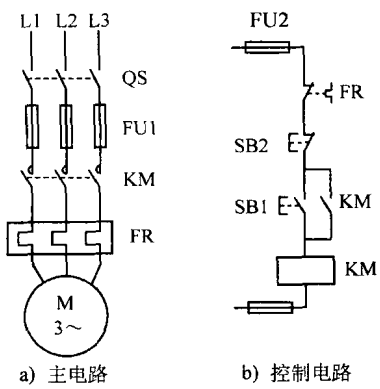


图 1-4　三相异步电动机起动、停止控制电路

在控制电路中，输入信号通过按钮 SB1 动合触点、按钮 SB2 动断触点和热继电器动断辅助触点发出，输出信号则由交流接触器的线圈 KM 发出。

在主电路 QS 闭合的前提下，一旦控制电路中线圈 KM 得电，则使主电路中动合主触点 KM 合上，电动机旋转；若控制电路中线圈 KM 失电，则主电路中动合主触点 KM 断开，电动机就停转。显然，输入、输出信号间的逻辑关系由控制电路实现，而主电路中的三相异步电动机则是被控对象。

当控制电路中 SB1 闭合，发出起动信号后，线圈 KM 得电，主电路中动合主触点 KM 闭合，电动机得电起动运转；同时控制电路中的辅助触点 KM 闭合，由于该触点与 SB1 并联，形成“或”逻辑关系，因此即使此时 SB1 断开，线圈 KM 仍然得电，电动机也继续运转。在控制电路中，SB2 的动断触点与线圈 KM 串联，形成“与”逻辑关系，因此当控制电路中 SB2 动断触点断开时，线圈 KM 失电，主电路中主触点 KM 断开，电动机失电停转。若电动机过载时，主电路中的热继电器动作，控制电路中的动断辅助触点 FR 断开，线圈 KM 失电，主电路中主触点 KM 断开，电动机失电停转，以实现对电动机的保护，这也是一种“与”逻辑关系。

上述图中的控制电路，可用 PLC 实现，如图 1-5 所示。

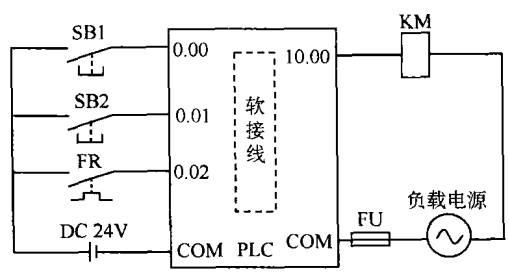


图 1-5　PLC 控制电路

图 1-5 中 0.00、0.01、0.02 为 PLC 的输入端，10.00 为 PLC 的输出端，PLC 接收输入端的信号后，通过执行存储在 PLC 内的用户程序，实现输入、输出信号间的逻辑关系，并根据逻辑运算的结果，通过输出端完成控制任务。

从图中可以看出，PLC 控制系统中，接在输入端向 PLC 输入信号的器件与继电器系统基本相同，接在输出端接受 PLC 输出信号的器件也与继电器系统基本相同。两者所不同的是：PLC 中输入、输出信号间的逻辑关系——控制功能是由存储在 PLC 内的软接线(用户程序)决定的，而继电器控制电路中，其输入、输出信号间的逻辑关系——控制功能，则是由实际的布线来实现的。由于 PLC 采用软件建立输入、输出信号间的控制关系，因此就能灵活、方便地通过改变用户程序以实现控制功能的改变。

下面把图 1-5 中 PLC 方框中的“软接线”的内容都画出来，可得到 PLC 控制系统的等

效电路图，如图 1-6 所示。

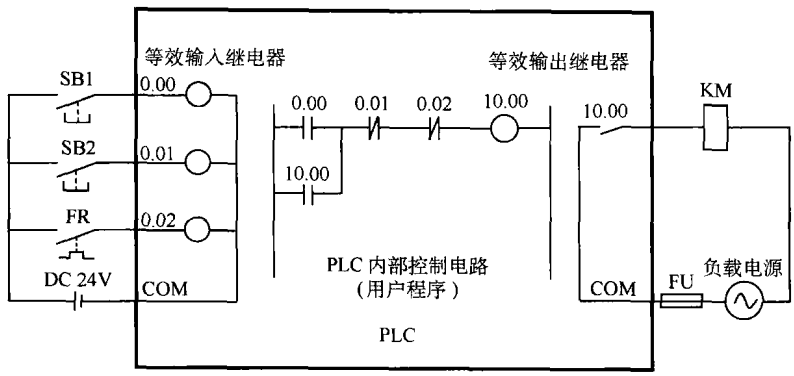


图 1-6　PLC 控制系统的等效电路图

图 1-6 中的 0.00、0.01、0.02 可以理解为“输入继电器”，10.00 则可以理解为“输出继电器”，当然它们都是“软继电器”。

说明：为了区分软继电器和硬继电器，也为了和即将介绍的编程软件一致，本书中的硬继电器触点按照国家标准称为“动合触点”或“动断触点”，其图形符号仍按国家标准绘制；软继电器触点则按编程软件的说明称为“常开触点”或“常闭触点”，其中-◯-表示线圈，常开触点用-| |-表示，常闭触点用-|/|-表示。这样的称呼和表示，目的是为了便于读者学习。

三、PLC 的工作原理

（一）PLC 的工作方式

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(串行工作)方式，按一定的顺序，每一时刻执行一个操作，按顺序逐个执行。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。当 PLC 运行时，在经过初始化后，即进入扫描工作方式，且周而复始地重复进行，因此称 PLC 的工作方式为循环扫描工作方式。

PLC 用于控制的方式还有中断方式，在中断请求被响应后，CPU 停止正在运行的程序，转去执行相关的中断子程序，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。但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了，最好采用循环扫描加中断的处理方式。

除了中断，还可利用 I/O 即时刷新的方法加快对输入信号的响应，若将中断与即时刷新合并使用，可使输出得到更快的反应。

PLC 整个循环扫描工作方式的流程图如图 1-7 所示。当打开电源开关“ON”后，PLC 进行初始化处理，然后进入循环扫描处理，每次循环扫描所进行的操作为：公共处理、运算处理、扫描周期计算处理、I/O 刷新、外设端口服务。每次循环扫描所花费的时间称为循环扫描时间。

(1) 初始化(打开电源“ON”后)处理　完成识别被安装的单元(I/O 分配)，在 I/O 存储器区域中，对不保持型的区域清除其 I/O 存储器保持标志的状态，对强制置位/复位解除其

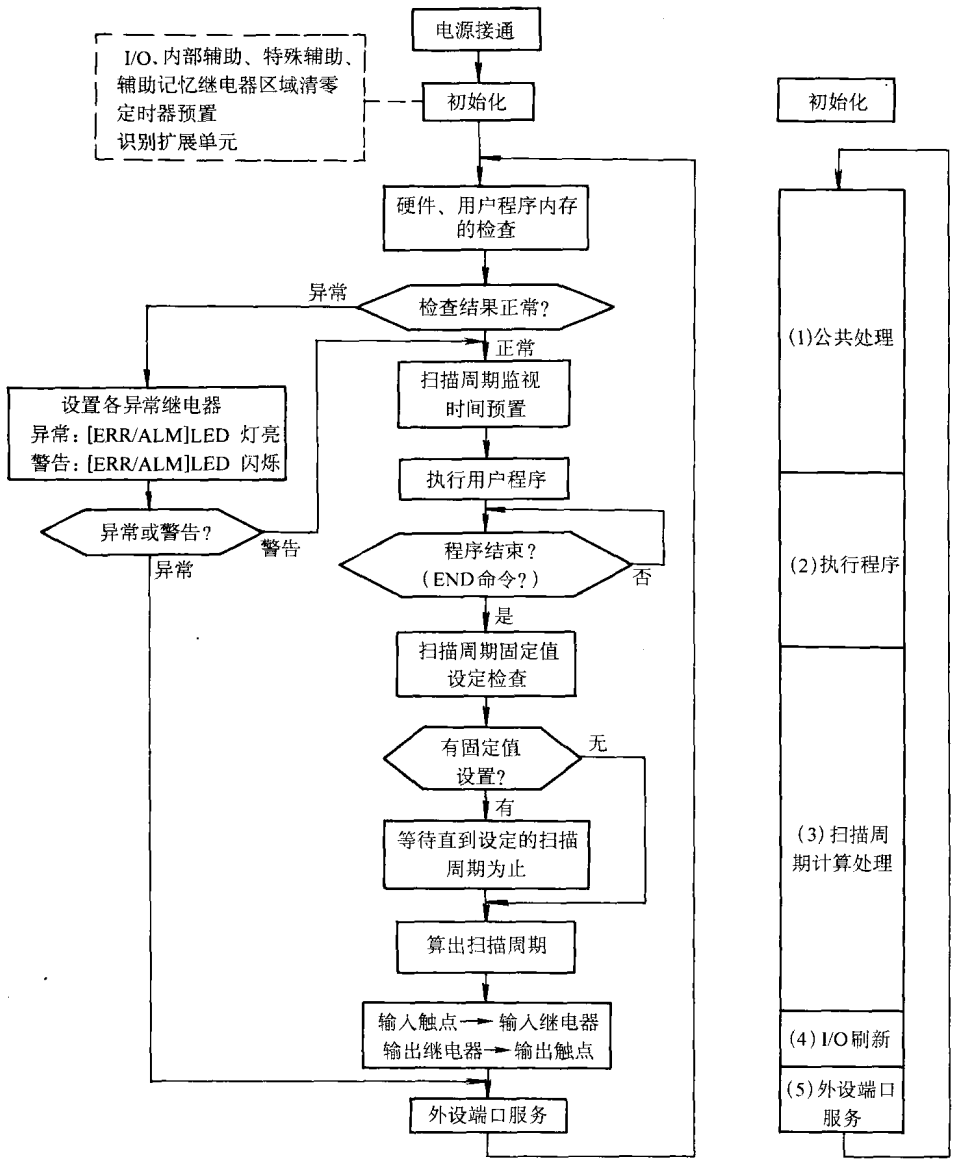


图 1-7　PLC 循环扫描工作方式流程图

强制置位/复位保持标志的状态；在已安装存储盒，并进行了自动传送的设定的情况下，会执行自动传送、自诊断(用户内存检查)、用户程序的恢复等功能。

(2) 公共处理　在公共处理阶段，复位监视定时器，进行硬件检查、用户内存检查等。检查正常后，方可进行下面的操作。如果有异常情况，则根据错误的严重程度发出报警或停止 PLC 运行。

(3) 运算处理　CPU 按自上而下的顺序逐条执行每条指令，从输入映像寄存器(每个输入继电器对应一个输入映像寄存器,其通/断状态对应 1/0 两种状态)和元件映像寄存器(即与各种内部继电器、输出继电器对应的寄存器)中读出各继电器的状态，根据用户程序给出的逻辑关系进行逻辑运算，并将运算结果再写入元件映像寄存器中。

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com