



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

可编程序控制器技术

第2版

戴一平 主编



机械工业出版社



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

可编程序控制器技术

第2版

主 编 戴一平
参 编 张 耀 柳 樑 劳顺康
主 审 孙 平



机械工业出版社

本书以三菱 FX2N 系列 PLC 为例,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。本书主要内容包括:可编程序控制器的构成及工作原理、可编程序控制器的硬件系统、可编程序控制器的指令系统、可编程序控制器的应用、可编程序控制器网络等。书中对大量的单元程序和完整的控制系统实例进行了分析,以求做到举一反三、触类旁通;同时,对顺序控制中出现的各种控制要求给出解决思路 and 具体程序,使本书更加实用、更加贴近生产实践,也更加便于教学。书后附有三菱 FX2N 和欧姆龙 CP1H 两种机型的基本指令对照表、基于 Windows 的 PLC 编程软件使用说明和实验指导书。

本书是中等职业教育国家规划教材的修订版,可供中职中专、职业高中、技工学校等中等职业学校机电类专业作为教材使用,也可作为相关专业技术人员的培训教材或自学用书。

为了方便教学,本书配有免费电子教案,凡是选本书作为教材的单位可以登录 www.cmpedu.com 注册下载。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器技术/戴一平主编.—2 版.—北京:机械工业出版社,2010.10

中等职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-111-32179-8

I. ①可… II. ①戴… III. ①可编程序控制器—专业学校—教材
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 196317 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:王娟 责任编辑:王娟

版式设计:张世琴 责任校对:张晓蓉

封面设计:鞠杨 责任印制:杨曦

北京鑫海金澳胶印有限公司印刷

2011 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm B.5 印张 209 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-32179-8

定价:16.00 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

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

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均做了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

第2版前言

《可编程序控制器技术》是2002年根据教育部颁发的中等职业学校《可编程序控制器原理及应用教学大纲》的要求编写的，是面向21世纪的中等职业教育国家规划教材。教材出版后，得到了广大读者的欢迎。

8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；8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。

为适应技术发展和教学理念的更新，第2版在章节安排和内容上作了较大的调整，删除了一些已经过时的内容和一些关联性不大的附录，增加了新机型、新指令和新编程软件的介绍，增加了许多应用实例和典型的单元程序，增加了常用控制的设计方法，对顺序控制中出现的各种控制要求给出解决思路 and 具体程序，使教材更加实用、更加贴近生产实践，也更便于教学。

本书由柳樑（编写第一章）、戴一平（编写第二、三、四章）、张耀（编写第五章）、劳顺康（编写附录和实验部分）编写，由戴一平任主编，并对全书进行修改定稿。孙平教授审阅了全书，并提出了许多建设性的建议和修改意见。

教材再版过程中，得到了汤皎平高级工程师、朱玉堂高级工程师指点和帮助，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

第 1 版前言

本书是根据教育部颁发的中等职业学校《可编程序控制器技术教学大纲》的要求编写的，是面向 21 世纪中等职业教育国家规划教材，可供中专、职高、技校相关专业的师生使用，也可作为技术人员和技工的培训教材或自学用书。

可编程序控制器（PLC）是集计算机技术、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、使用灵活方便等优点，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，本书的三位作者合作编写了《可编程序控制器》讲义，用于 PLC 技术的教学和推广。在课程的开设和技术开发中，我们积累了不少教学和应用经验。在教材使用中，读者也提出了许多宝贵的意见。为了满足教学和培训的需要，在原讲义的基础上，结合近年来 PLC 技术的发展和教育部颁布教学大纲的要求，我们再次合作，编写了本书。

按照教学大纲的基本要求，本书坚持以能力为本位，既注重基础理论教学，又结合实际突出实践技能的培养。本书以一种典型的可编程序控制器为例，精选教学内容，合理编排教材结构，语言流畅，概念清楚，便于学习，易于入门，为日后的应用打下扎实的基础。

本书以目前我国工业控制中应用较多的日本三菱 FX2N 系列为主线，系统讲述了 PLC 的原理结构、指令系统、编程方法和控制系统设计。通过对典型机型的学习和使用，达到快速入门、学会应用，起到举一反三、触类旁通的效果。

全书共分五章，书后有附录和实验部分。第一章介绍了 PLC 的简史、流派、特点和发展，介绍了 PLC 的基本构成及工作原理、技术规格及分类；第二章介绍了 PLC 的硬件构成及具体的机型和实例；第三章详细介绍了 FX2N 指令的功能和编程方法；第四章以典型的顺序控制系统为例展开讨论，介绍了以 PLC 为核心的控制系统的设计和应用；第五章简要介绍了 PLC 网络的概念和组成。附录中选寻了 FX2N 指令系统和 OMRON C28P 基本指令对照表，FX-20P 编程器使用说明，PLC 实验仪和基于 Windows 的编程软件，便于读者对照使用。实验共分六个部分，供学习指令系统和开发时使用。

本书由戴一平任主编，编写第二、三、四章、附录和实验部分，并对全书进行修改定稿，柳樑编写第一章，张耀编写第五章。

本书由上海交通大学朱承高教授级高级工程师、程君实教授审稿，两位教授仔细地阅读了原稿，并提出了许多建设性的建议和修改意见。对此，编者表示衷心的感谢。

在编写中，作者查阅和参考了多种书籍，从中得到许多教益和启示；在编写中，浙江机电职业技术学院电气工程系机电一体化教研室的教师对于教材的编写给予了大力的支持和热心的帮助，毕业班的同学帮助绘制了部分图表。在此，向各位作者、教师和同学致以诚挚的谢意。

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，恳请使用本书的师生和广大读者给予批评指正，以便修正改进。主编的 E-mail 地址：dyp18@sina.com，电话：(0571) 87773026。欢迎来信来电。

编 者

目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

第一章 可编程序控制器的构成及工作

原理 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 12

习题 14

第二章 可编程序控制器的硬件系统 ... 15

第一节 FX 系列 PLC 简介 15

第二节 FX2N 系列 PLC 17

第三节 基本 I/O 单元 20

第四节 特殊扩展设备 22

习题 24

第三章 可编程序控制器的指令系统 ... 26

第一节 编程方式和软元件 26

第二节 基本指令系统 30

第三节 基本指令的应用 41

第四节 应用指令和步进指令 52

习题 57

第四章 可编程序控制器的应用 59

第一节 控制系统的设计步骤和 PLC

选型 59

第二节 PLC 外围电路设计 61

第三节 控制程序设计 67

第四节 应用实例 82

第五节 PLC 控制系统的安装、调试及 维护 89

习题 93

第五章 可编程序控制器网络 95

第一节 PLC 网络通信的基础知识 95

第二节 典型 PLC 网络 98

习题 101

附录 102

附录 A FX2N 系列 PLC 的规格 102

附录 B 三菱 FX2N 系列和欧姆龙 CP1H 系列 常用指令对照表 106

附录 C FXGP/WIN - C 编程软件的 应用 106

附录 D GX Developer 编程软件的应用 ... 113

附录 E 实验部分 120

参考文献 130

第一章 可编程序控制器的构成及工作原理

可编程序控制器（Programmable Logic Controller）简称为 PLC，其外形如图 1-1 所示。

PLC 集微电子技术、计算机技术和通信技术于一体，是一种新型的控制器件，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，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。

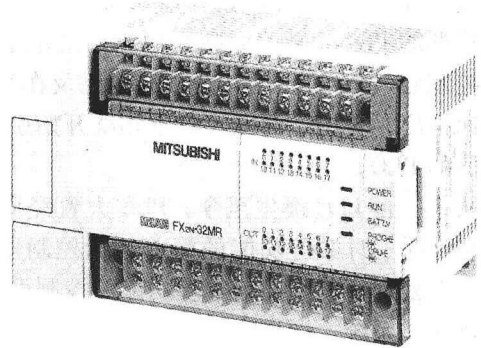


图 1-1 PLC 的外形

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—接触器控制系统，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，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 年代产生的电子计算机，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，美国通用汽车公司（GM）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 GM 10 条,其主要内容是:用计算机代替继电器—接触器控制系统,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,GM 10 条则是 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)。因其新颖的构思及在控制领域获得的巨大成功,使这项新技术立即得到迅速推广,美国、西欧、日本相继开始引进和研制,我国于 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 大致经历了四次更新换代,从以取代继电器为主的逻辑运算和计时、计数等功能的简单逻辑控制器发展到目前具有逻辑控制、过程控制、运动控制、数据处理、联网通信等多功能的控制设备,实现了量和质的飞跃。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。人们高度评价它,并将 PLC 视为现代工业自动化的三大支柱之一。

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“PC”这个缩写业已成为个人计算机(Personal Computer)的专用名词,为避免学术名词的混淆,因此现在仍沿用 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。它采用了可编程序的存储器,用于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种专为工业环境应用而设计制造的计算机,它具有丰富的输入/输出接口,并且具有较强的负载驱动能力。

三、PLC 的几种流派

由于 PLC 的显著优点,它一经诞生,立即受到美国国内其他公司和世界上各工业发达国家的高度关注。从 20 世纪 70 年代初开始,在 40 年的时间里,PLC 的生产已发展成一个巨大的产业。

PLC 厂家众多,而且相互不兼容,给广大的 PLC 用户在学习、选择、使用、开发等诸多方面都带来了不少困难。为了寻求克服这些困难的途径,PLC 产品可按地域划作三种流派。由于同一地域的 PLC 产品相互借鉴较多、互相影响较大、技术渗透较深,且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。

(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）公司等。

(3) 日本的 PLC 产品 日本也有数十家 PLC 厂商，生产多达 200 余种 PLC 产品，产品以欧姆龙（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。

将地域作为 PLC 产品流派划分的标准并不十分科学。但广大用户可从“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，得出其中的实用价值：广大 PLC 用户完全不必在众多的 PLC 产品面前一筹莫展，而可以在同一流派中，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。本书以三菱公司的 FX2N 系列为例，介绍 PLC 的原理及应用，读者可以此为入门引导，在实践中继续深入学习。

四、PLC 控制与继电器控制的区别

可编程序控制器既然替代继电器—接触器控制，那么两者相比较，到底有何区别呢？

图 1-2 示出了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 梯形图。

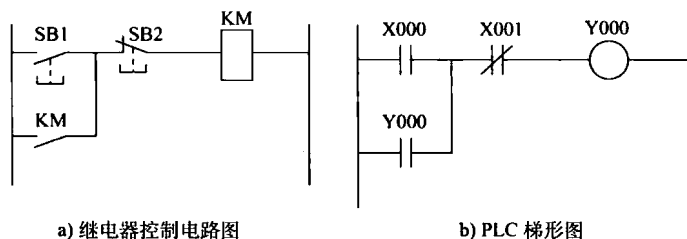


图 1-2 控制电路比较

从图中可以看出，PLC 梯形图和继电器控制电路的符号基本类似，结构形式基本相同，所反映的输入、输出逻辑关系也基本一致。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 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 梯形图中触点状态则由软件决定，即由存储器中相应位的状态“1”或“0”决定。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

是有限的（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 控制中的接线，除输入端、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，继电器控制电路必须改变其实际的接线，而 PLC 则只需修改程序，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 控制则采用循环扫描执行方式，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”，使整个控制过程能根据需要灵活地改变，从而省去了传统继电器—接触器控制系统中拆线、接线的大量繁琐费时的工作。

五、PLC 的主要优点

综上所述，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器—接触器控制电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，其平均无故障时间为 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 只要改变软件即可实现控制不同的对象或满足不同的控制要求。在构成不同的 PLC 控制系统时，只需在 PLC 的输入/输出端子上接入相应的输入/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 目前已形成成熟的 PLC 三层网络，设备层能实现对底层设备的控制、信息采集和传输；控制层能对中间层的各控制器进行数据传输和控制；信息层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，应用类型大致可分为如下几种控制领域。

(1) 逻辑控制 逻辑控制是 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—接触器控制，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，具有驱动步进电动机或伺服电动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/输出单元，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。

(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，根据需要及时调整计时、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，PLC 会进一步推广、普及，PLC 的应用领域还将不断拓展。

七、PLC 的发展趋势

随着可编程控制器的推广、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，推进了 PLC 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 框架相连；向上可与工业计算机、以太网、MAP 网等相连，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，功能模块的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 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语言的形式上来,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

小型 PLC 的基本组成如图 1-3 所示。

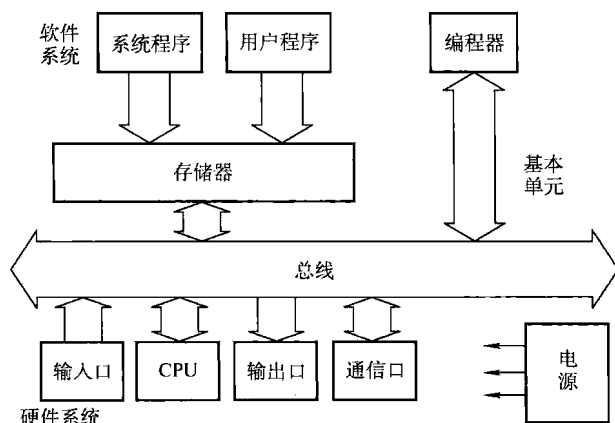


图 1-3 小型 PLC 的基本组成

PLC 的基本组成可分为两大部分：硬件系统和软件系统。

(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、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. 输入/输出 (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、变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 或计算机相连。PLC 还备有扩展接口，用于将扩展单元与基本单元相连，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 板及扩展单元供电，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，因此在电源隔离、抗干扰、功耗、输出电压波动范围和保护功能等方面都提出了较高的要求。

(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。这些程序有来自 PLC 生产厂家的，也有来自用户的。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。系统程序质量的好坏，很大程度上决定了 PLC 的性能，主要由系统管理程序、用户指令解释程序、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。用户程序的编辑、修改、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 a 是主电路，图 b 是控制电路。

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 中 X000、X001、X002 为 PLC 的输入端，Y000 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 1-5 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。两者不同

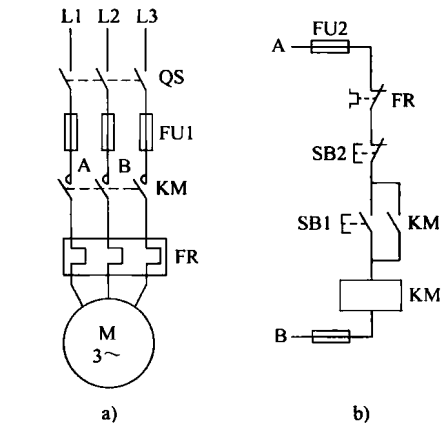


图 1-4 三相异步电动机起动、停止控制电路
a) 主电路 b) 控制电路

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。

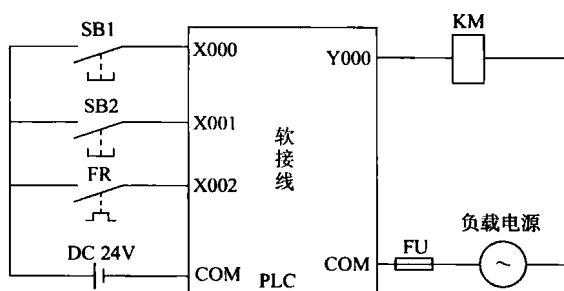


图 1-5 PLC 控制系统

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。

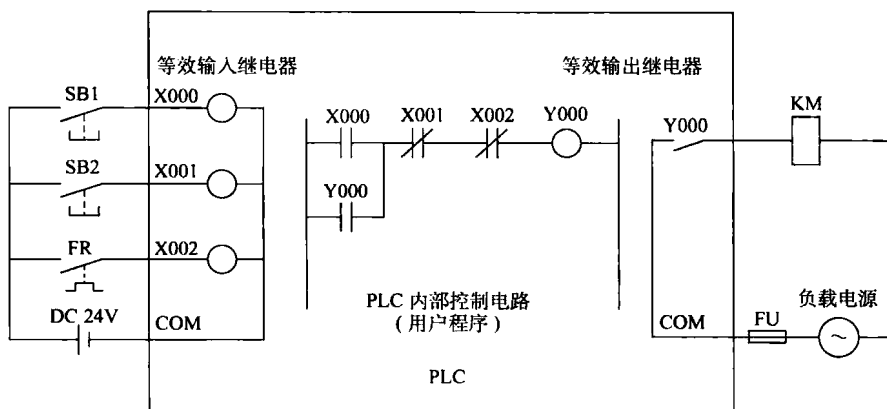


图 1-6 PLC 控制系统的等效电路图

图 1-6 中的 X000、X001、X002 可以理解为“输入继电器”，Y000 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，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；而软继电器触点则称为“常开触点”或“常闭触点”，其中常开触点用 $| |$ 表示，常闭触点用 $| / |$ 表示；这里的线圈暂时用 $\bigcirc$ 表示，为了和即将介绍的编程软件一致，今后的线圈用 $()$ 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 只能根据分时操作的方式，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 整个循环扫描工作方式可用图 1-7 的流程图表示。

很容易看出，PLC 在初始化后，进入循环扫描。PLC 一次扫描的过程，包括内部处理、

通信服务、输入采样、程序处理、输出刷新共五个阶段，其所需时间称为扫描周期。显然，PLC 的扫描周期应与用户程序的长短和该 PLC 的扫描速度紧密相关。

PLC 在进入循环扫描前的初始化，主要是将所有内部继电器复位，输入、输出暂存器清零，定时器预置，识别扩展单元等。以保证它们在进入循环扫描后的，能正确无误地工作。

进入循环扫描后，在内部处理阶段，PLC 自行诊断内部硬件是否正常，并把 CPU 内部设置的监视定时器自动复位等。PLC 在自诊断中，一旦发现故障，PLC 将立即停止扫描，显示故障情况。

在通信服务阶段，PLC 与上、下位机通信，与其他带微处理器的智能装置通信，接受并根据优先级别处理来自它们的中断请求；响应编程器键入的命令，更新编程器显示的内容等。

当 PLC 处于停止（STOP）状态时，PLC 只循环完成内部处理和通信服务两个阶段的工作；当 PLC 处于运行（RUN）状态时，则循环完成内部处理、通信服务、输入采样、程序执行、输出刷新五个阶段的工作。

循环扫描的工作方式，既简单直观，又便于用户程序的设计，且为 PLC 的可靠运行提供了保障。这种工作方式，使 PLC 一旦扫描到用户程序某一指令，经处理后，其处理结果就可立即被用户程序中后续扫描到的指令所应用；而且 PLC 可通过 CPU 内部设置的监视定时器，监视每次扫描是否超过规定时间，以便有效地避免因 CPU 内部故障，导致程序进入死循环的情况。

（二）PLC 程序执行的过程

根据上述 PLC 的工作过程，可以得出从输入端子到输出端子的信号传递过程，如图 1-8 所示。

可以看出，PLC 程序执行的过程分为输入采样阶段、程序处理阶段、输出刷新阶段三个阶段。

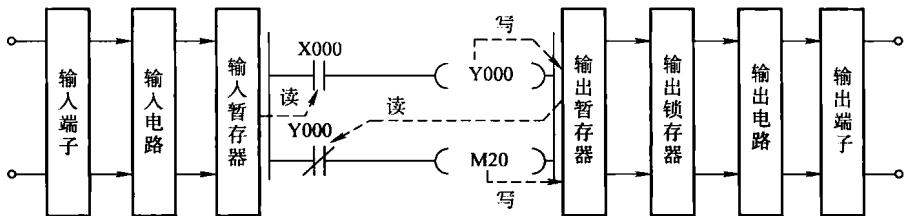


图 1-8 信号传递过程

1. 输入采样阶段（简称“读”）

在这一阶段，PLC 读入所有输入端子的状态信息，并将各状态存入输入暂存器，此时输入暂存器被刷新。在后两个程序处理阶段和输出刷新阶段中，即使输入端子的状态发生变

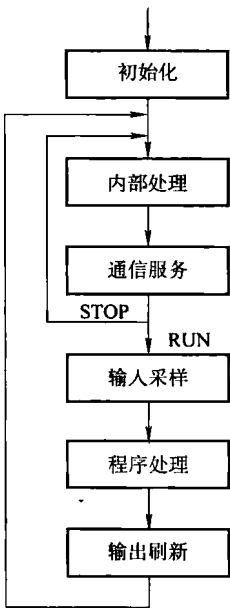


图 1-7 PLC 整个循环扫描工作方式的流程图