



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

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

(电气运行与控制专业)

主 编	戴一平
参 编	张 耀 柳 樑
责任主审	吴锡龙
审 稿	朱承高 程君实



机 械 工 业 出 版 社

本书系统地介绍了可编程控制器(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。本书以日本三菱FX2N系列PLC为例进行分析。以求通过典型系统,学会应用,起到举一反三、触类旁通的作用。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。书后附有编程器的使用说明、FX2N和OMRON两种机型的指令对照表、基于Windows的PLC编程软件使用说明、实验仪使用说明和实验指导书。

本书是面向21世纪中等职业教育国家规划教材,可供中专、职高、技校等中等职业学校相关专业使用,也可作为技术人员和技工的培训教材或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器技术/戴一平主编. —北京:机械工业出版社,2002.5

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-111-10069-7

I. ①可… II. ①戴… III. ①可编程控制器—专业学校—教材
IV. TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第026696号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:周娟 王小东 版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003年3月第1版·第2次印刷

787mm×1092mm 1/32·8.5印张·207千字

定价:10.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

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

2001 年 5 月

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

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 10

习题 12

第二章 可编程序控制器的硬件系统 ... 13

第一节 系统的硬件配置 13

第二节 基本 I/O 单元 16

第三节 特殊扩展设备 18

第四节 机型和产品规格 20

习题 27

第三章 可编程序控制器的程序设计 ... 29

第一节 编程方式和软元件 29

第二节 基本指令系统 33

第三节 典型的单元程序 41

第四节 应用指令和步进指令 47

习题 52

第四章 可编程序控制器的应用 53

第一节 控制系统的设计步骤和 PLC

选型 53

第二节 PLC 外围电路设计 55

第三节 控制程序设计 61

第四节 应用实例 71

第五节 PLC 控制系统的安装、调试及 维护 81

习题 84

第五章 可编程序控制器网络 86

第一节 PLC 网络概述 86

第二节 可编程序控制器的典型网络 95

第三节 组态软件 97

第四节 现场总线概述 99

习题 102

附录 103

附录 A FX-20P 便携式编程器 103

附录 B 三菱 FX2N 和 OMRON C28P 常用 指令对照表 107

附录 C FX 系列 PLC 编程软件 108

附录 D PLC 实验仪和相关软件的使用 ... 110

附录 E 实验部分 119

参考文献 129

第一章 可编程控制器的构成及工作原理

可编程序控制器，其英文名字为 Programmable Logic Controller，简称为 PLC。

PLC 是一种新型的控制器件。它集微电子技术、计算机技术于一体，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。

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，因此，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 年代出现的电子计算机，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，但因其原理复杂，又需要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，美国通用汽车公司设想将两者的长处结合起来，提出了新型电气控制装置的十点招标要求，其中有：工作特性比继电器控制系统可靠，占位空间要比继电器控制系统小，价格上能与继电器控制系统竞争；必须易于编程、易于在现场变更程序；必须便于维护、修理、使用；能直接推动电磁阀、电动机起动器及与此相当的执行机构；能向中央数据处理系统直接传递数据等。

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：

第一代 PLC，多数用一位机开发，采用磁芯存储器存储，仅具有单一的逻辑控制功能。

第二代 PLC，使用了 8 位微处理器以及半导体存储器，其产品也逐步系列化。

第三代 PLC，采用了高性能微处理器及位片式 CPU，工作速度大幅度提高，因而促使其向多功能和联网通信方向发展。

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，真正成为名符其实

的多功能控制器。在这一时期, PLC 构成的 PLC 网络也得到飞速的发展, PLC 及其网络日益成为首选的工业控制装置。人们高度评价它, 并将 PLC 视作现代工业自动化的三大支柱之一。

显然, 可编程序控制器发展至今, 早已不是当初仅具有“逻辑控制功能”的状态了, “PLC”也完全无法涵盖其多功能的全貌。为此, 1980 年美国电气制造商协会 (NEMA) 给了它一个新名字: “Programmable Controller”, 简称 PC。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, 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, 专为工业环境下应用而设计的, 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。”

鉴于缩写“PC”在我国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, 在我国仍沿用 PLC 来表示可编程序控制器。

我国对可编程序控制器的研究和应用始于 20 世纪 70 年代中期。1974 年开始研制 PLC, 但由于生产水平和器件的原因, 未能推广应用。1977 年研制成功了以一位微处理器 MC14500 为核心的可编程序控制器, 并开始应用于工业生产控制。20 世纪 70 年代末 80 年代初, 由于进口国外的成套专用设备, 我国也引进了不少国外的 PLC 产品, 且在此后的传统设备改造和新设备的设计中, 逐年增多 PLC 的应用, 取得了良好的效果。不少科研单位和高新企业, 在积极引进国外 PLC 生产线的同时, 消化吸收、二次开发国外 PLC 产品, 也竞相研制、开发、生产了一些我国自己的 PLC 产品。

二、PLC 的几种流派

由于 PLC 的显著优点, 因此, 它一诞生, 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 30 余年的时间里, PLC 的生产已发展成一个巨大的产业。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 销售额已达百亿美元, 而且一直保持 15% 的年增长率。

PLC 生产厂家的众多, 尤其是 PLC 品种的繁多, 且相互的不兼容性, 给广大的 PLC 用户, 在学习、选择、使用、开发 PLC 等诸方面都带来了不少困难。为了给广大用户寻求克服这些困难的途径, 不妨将 PLC 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。

第一个流派是美国的 PLC 产品。目前, 美国已注册的 PLC 生产厂家超过 100 家, PLC 产品的品种约为 200 种。其中美国 A-B 公司早在 1988 年就立足厦门, 在中国建立了合资公司, 又于 1994 年转合资为独资公司。美国 A-B 公司的 PLC-5 系列可编程序控制器只使用梯形图, 所有程序都要依靠梯形图编制, 而不采用其他流派所用的语句表, 同时, 它的梯形图在形式、含义、功能及用法上也与其他流派相距甚远。

第二个流派是欧洲的 PLC 产品。欧洲有数十家已注册的 PLC 生产厂家, 生产几十个品种的 PLC 产品。欧洲 PLC 技术, 是在与美国 PLC 技术相互隔离的情况下, 独自研究开发而形

成的,因此,欧洲的 PLC 产品和美国的 PLC 产品存在着明显的差异。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厂引进,且生产出 S1-101U、S5-115U 系列 PLC。西门子的 S5 系列 PLC,采用结构化编程的方法。尽管它也设有梯形图、逻辑图等多种编程语言,但对于稍微复杂一点的问题,就必须采用语句表,通过 STEP5 语言,调用各种功能块来实现。

第三个流派是日本的 PLC 产品。日本有 60~70 家 PLC 厂商,生产多达 200 余种 PLC 产品。日本的 PLC 技术是从美国引进的,因此,日本的 PLC 产品相对于美国产品,存在一定“继承”的痕迹,但日本将自己的 PLC 主推产品定位在小型机上。应当承认,对于小型 PLC,日本在对美国的 PLC 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。日本的微型、小型 PLC 产品相当有特色,它采用对梯形图、语句表并重的编程手段,而且配置了包括功能指令在内的功能很强的指令系统。用户经常会发现,选用日本的 PLC 产品,只需小型机就能解决应用问题。选用美国、欧洲的 PLC 产品,则常需中型乃至大型机,其根本原因在于:美国、欧洲的小型 PLC 产品,它们的指令系统功能较弱。日本 OMRON 公司的 PLC 产品是对我国颇具影响力的 PLC 产品,20 世纪 90 年代后期,OMRON 公司也已正式在上海浦东金桥开发区设厂。此外,还有三菱公司的 PLC 产品,也在我国具有一定的影响力,且占有量越来越大。OMRON 公司和三菱公司均属日本流派,因此,两者在硬、软件的很多方面相似处很多。

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,而可以在每一流派中,从我国最具影响力、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,在实践中继续深化。

三、PLC 的特点及应用

可编程序控制器既然集继电器控制和计算机技术两者之所长,那么它与两者相比较,到底有何异同点?

(一) PLC 和继电器控制系统相比较

图 1-1 示出了两张简单的控制电路图,其中图 1-1a 为继电器控制电路图,图 1-1b 则为 PLC 梯形图。

从图 1-1 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。

但应指出的是,两者有多处不同点:

(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,称为“软继电器”。

(2) 触点情况不同 继电器控制电路中的常开、常闭触点由实际的结构决定,因此,其数量是固定的,不能重复使用;而 PLC 中每只软继电器的触点数量则是不固定的,可重

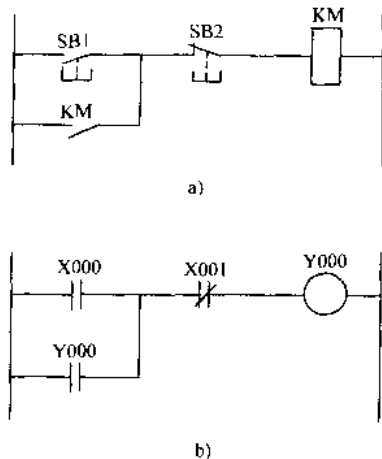


图 1-1 控制电路比较

a) 继电器控制电路图 b) PLC 梯形图

复使用。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，可称之为“软电流”，或称“能流”。

(4) 接线方式不同 继电器控制电路图中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、输出端需要实际接线外，内部的所有软接线都是通过软件连接的。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，其改变的灵活性及其速度，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，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控制系统中拆线、接线的大量繁琐费时的的工作。

(二) PLC 和计算机相比较

虽然 PLC 和计算机都具有中央处理器、存储器、系统总线，都可以接 CRT、打印机等外围设备，都使用软件，但在许多方面仍存在很大的差异，其差异见表 1-1。

表 1-1 PLC 与计算机的比较

比较项目	PLC	计 算 机
工作目的	用于自动化控制	科学计算、数据管理、工业管理
工作环境	工业现场	计算机房、办公室、实验室
工作方式	主要为循环扫描方式	主要为中断处理方式
表现形态	编程器和执行主机两套计算机系统	没有专门的编程器
输入设备	控制开关、传感器、触点、编程器、通信接口、其他计算机等	键盘、鼠标器磁盘驱动器、CD-ROM 通信接口、扫描仪等
输出设备	电磁开关、电动机、电磁阀、继电器、报警显示器(灯)、加热器等，也可接 CRT、打印机	CRT、打印机、磁盘驱动器等
特殊措施	抗干扰措施，各种动态检测，停电保护，监控功能，更换 I/O 模块不会影响主机工作，易维护的结构等	掉电保护等
使用的软件	梯形图、符号语言等	汇编、BASIC、FORTRAN、Pascal、C 等高级语言，WINDOWS
对操作人员的要求	一般不用学习专门语言，不需要有软硬件方面的专门知识	软件工作者、计算机工作者、有一定程度计算机基础的工程技术人员
其他	(1) 机种多，I/O 模块种类多，各种配件齐全，很容易构成系统；(2) 设计人员不用再去考虑软件问题，使工程应用快，收益高，(3) 系统稳定可靠，平均无故障时间长	

从表 1-1 中可以看出，PLC 实质上是用于工业现场，通过程序实现控制要求的计算机系统。PLC 中的一些特殊措施及其软件形式，都着眼于现场、着眼于应用、着眼于推广和普及。

(三) 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 最基本的应用,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 用于该类控制的 PLC,具有拖动步进电动机的单轴或多轴位置控制模块。PLC 将描述目标位置和运动参数的数据传送给位置控制模块,然后由位置控制模块以适当的速度和加速度,确保单轴或数轴的平滑运行,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。

(4) 监控系统 PLC 有较强的监控功能,能记忆某些异常情况,或在发生异常情况时自动中止运行。因此,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,随着 PLC 的进一步推广和普及,可编程序控制器的应用领域还将不断拓展,它所应用的类型也必将继续延伸。

四、PLC 的发展

随着可编程序控制器的推广和应用,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、多功能的方向发展;另一个则是向着小型化、低成本、简单易用的方向发展。

(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。如许多公司正陆续推出的回路控制模块和远程集成 I/O 模块。

(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,许多公司也开始重视小型化、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) 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,将共同开发与遵守的 PLC 标准语言。这种共同语言,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

整个 PLC 的基本组成如图 1-2 所示。

PLC 的基本组成可分为两大部分：硬件系统和软件系统。

硬件系统是指组成 PLC 的所有具体的设备，其中主要有中央处理器 CPU、存储器、输入/输出 (I/O) 口、通信接口、编程器和电源等部分。此外，还有扩展设备和 EPROM 读写板和打印机等选配设备。为了维护、修理方便，许多 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。

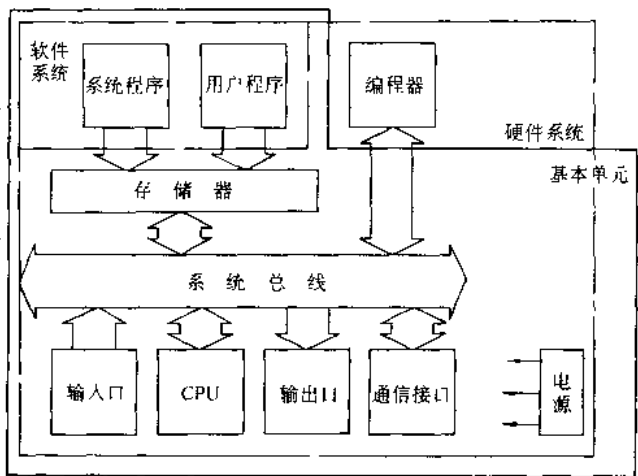


图 1-2 PLC 基本组成框图

编程器可采用袖珍式编程器，也可采用带有 PLC 编程软件的计算机，通过通信口对 PLC 进行编程。

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，也有来自用户。一般称前者为系统程序，称后者为用户程序。其中系统程序侧重于管理 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。而用户程序侧重于使用，侧重于输入、输出之间的控制关系。

硬件系统、软件系统的具体内容，将在本教材的后面，通过专门的章节予以详尽的介绍。

二、PLC 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启动、停止控制电路如图 1 3 所示。其中图 1-3a 是主电路，图 1-3b 是控制电路。

在控制电路中，输入信号通过按钮 SB1 的常开触点、按钮 SB2 的常闭触点和热继电器 FR 的常闭辅助触点发出，输出信号则由交流接触器的线圈 KM 发出。线圈 KM 得电，使主电路中常开主触点 KM 闭合，电动机旋转；线圈 KM 失电，主电路中

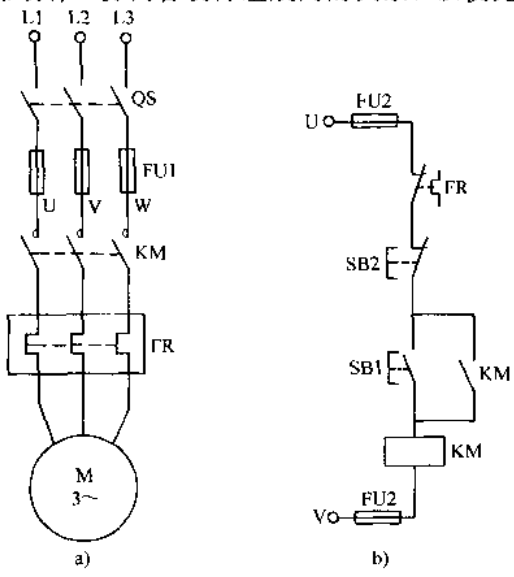


图 1 3 三相异步电动机单向旋转电路
a) 主电路 b) 控制电路

常开主触点 KM 断开,电动机停转。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,主电路中常开主触点 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 (自锁触点) 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 与自锁触点 KM 串联,形成“与”逻辑关系,因此,当控制电路中常闭按钮 SB2 断开时,线圈 KM 失电,主电路中常开主触点 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,控制电路中的常闭辅助触点 FR 断开,线圈 KM 失电,主电路中常开主触点 KM 断开,电动机失电停转,以实现对该电动机的保护,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 1-4 所示。

图 1-4 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。

从图中可以看出,在 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,从根本上解决了继电器控制系统中固有的弊病。

下面把图 1-1 中 PLC 方框中的“软”的内容都画出来,可以得到 PLC 控制系统的等效电路图,如图 1-5 所示。

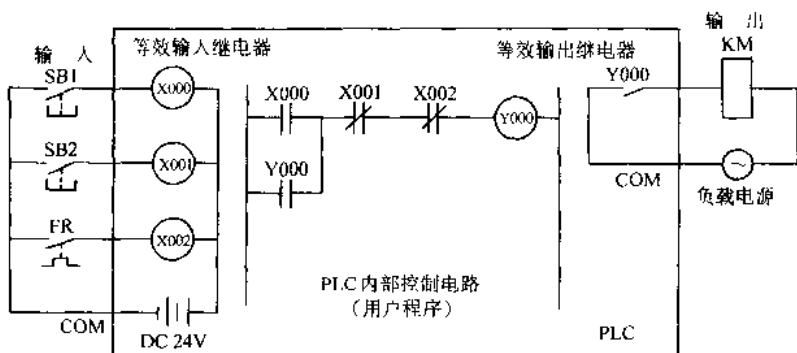


图 1-5 PLC 控制系统的等效电路图

图中的 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”,其中—○—表示线圈,常开触点用—|—表示,常闭触点用—|/—表示。

三、PLC 的工作原理

1. PLC 的扫描工作方式

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。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 循环扫描工作方式可用图 1-6 所示的流程图表示。

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,其所需的时间称为扫描周期。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能完全正确无误地工作。

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、程序处理、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。

2. PLC 用户程序执行的过程

PLC 用户程序执行的过程如图 1-7 所示。

可以看出,PLC 用户程序执行的过程分为输入采样、程序处理和输出刷新等三个阶段。

(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,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化,输入暂存器所存的内容也不会改变。这充分说明,输入暂存

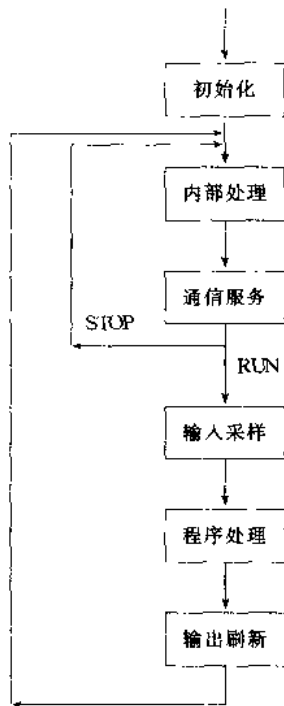


图 1-6 PLC 循环扫描工作方式的流程图

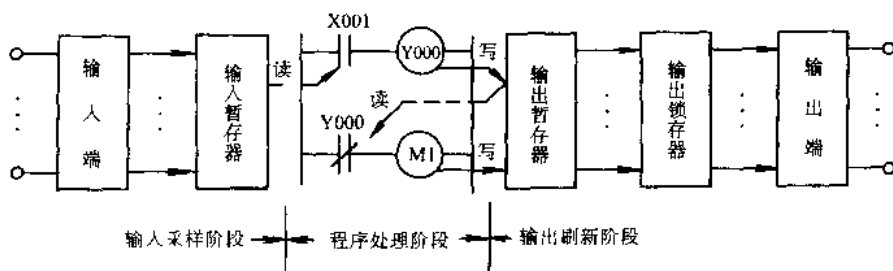


图 1-7 PLC 用户程序执行的三个阶段

器的刷新仅仅在输入采样阶段完成，输入端状态的每一次变化，只有在—个扫描周期的输入采样阶段才会被读入。

(2) 程序处理阶段（简称“算”）在这一阶段，PLC 按从左至右、自上而下的顺序，对用户程序的指令逐条扫描、运算。当遇到跳转指令时，则根据跳转条件满足与否，决定是否跳转及跳转到何处。在处理每一条用户程序的指令时，PLC 首先根据用户程序指令的需要，从输入暂存器或输出暂存器中读取所需的内容，然后进行算术逻辑运算，并将运算结果写入输出暂存器中。可以看出，在这一阶段，随着用户程序的逐条扫描、运算，输出暂存器中所存放的信息会不断地被刷新；而当用户程序扫描、运算结束之时，输出暂存器中所存放的信息，应是 PLC 本周期处理用户程序后的最终结果。

(3) 输出刷新阶段（简称“写”）在这一阶段，输出暂存器将上一阶段中最终存入的内容，转存入输出锁存器中。而输出锁存器所存入的内容，作为 PLC 输出的控制信息，通过输出端去驱动输出端所接的外部负载。由于输出锁存器中的内容，是 PLC 在一个扫描周期中对用户程序进行处理后的最终结果，因此，外部负载所获得的控制信息，应是用户程序在一个扫描周期中被扫描、运算后的最终信息。

应当强调，在程序处理阶段，PLC 根据用户程序每条指令的需要，以输入暂存器和输出暂存器所寄存的内容作为条件，进行运算，并将运算结果作为输出信号，写入输出暂存器。而输入暂存器中的内容取决于本周期输入采样阶段时，采样脉冲到来前的瞬间各输入端的状态；通过输出锁存器传送至输出端的信号，则取决于本周期输出刷新阶段前最终写入输出暂存器的内容。

应当说明的是，程序执行的过程因 PLC 的机型不同而略有区别。如有的 PLC，输入暂存器的内容除了在输入采样阶段刷新以外，在程序处理阶段，也间隔一定时间予以刷新。同样，有的 PLC，输出锁存器的刷新除了在输出刷新阶段以外，在程序处理阶段，凡是程序中有输出指令的地方，该指令执行后就立即进行一次输出刷新。有的 PLC，还专门为此设有立即输入、立即输出指令。这些 PLC 在循环扫描工作方式的大前提下，对于某些急需处理、响应的信号，采用了中断处理方式。

从上述分析可知，当 PLC 的输入端有一个输入信号发生变化，到 PLC 输出端对该变化做出响应，需要—段时间，这段时间称为响应时间或滞后时间，这种现象则称为 PLC 输入/输出响应的滞后现象。这种滞后现象产生的原因，虽然是由于输入滤波器有时间常数，输出继电器有机械滞后等，但最主要的，还是来自于 PLC 按周期进行循环扫描的工作方式。

由于 CPU 的运算处理速度很快，因此，PLC 的扫描周期都相当短，对于一般工业控制设备来说，这种滞后还是完全可以允许的。而对于一些输入/输出需要做出快速响应的工业控制

设备, PLC 除了在硬件系统上采用快速响应模块、高速计数模块等以外, 也可在软件系统上采用中断处理等措施, 来尽量缩短滞后时间。同时, 作为用户, 在用户程序语句的编写安排上, 也是完全可以挖掘潜力的。因为 PLC 循环扫描过程中, 占机时间最长的是用户程序的处理阶段, 所以, 对于一些大型的用户程序, 如果用户能将它编写得简略、紧凑、合理, 也有助于缩短滞后时间。

第三节 PLC 的技术规格与分类

一、PLC 的一般技术规格

PLC 的一般技术规格, 主要指的是 PLC 所具有的电气、机械、环境等方面的规格。各厂家的项目各不相同, 大致有如下几种:

- (1) 电源电压 PLC 所需要外接的电源电压, 通常分为交流、直流两种电源形式。
- (2) 允许电压范围 PLC 外接电源电压所允许的波动范围, 也分为交流、直流电源两种形式。
- (3) 消耗功率 指 PLC 所消耗的电功率的最大值。与上面相对应, 分为交流、直流电源两种形式。
- (4) 冲击电流 PLC 能承受的冲击电流的最大值。
- (5) 绝缘电阻 交流电源外部所有端子与外壳端子间的绝缘电阻。
- (6) 耐压 交流电源外部所有端子与外壳端间, 1min 内可承受的交流电压的最大值。
- (7) 抗干扰性 PLC 可以抵抗的干扰脉冲的峰-峰值、脉宽、上升沿。
- (8) 抗振动 PLC 能承受的机械振动的频率、振幅、加速度及在 X、Y、Z 三个方向的时间。
- (9) 耐冲击 PLC 能承受的冲击力的强度及 X、Y、Z 三个方向上的次数。
- (10) 环境温度 使用 PLC 的温度范围。
- (11) 环境湿度 使用 PLC 的湿度范围。
- (12) 环境气体状况 使用 PLC 时, 是否允许周围有腐蚀气体等方面的气体环境要求。
- (13) 保存温度 保存 PLC 所需的温度范围。
- (14) 电源保持时间 PLC 要求电源保持的最短时间。

二、PLC 的基本技术性能

PLC 的技术性能, 主要是指 PLC 所具有的软、硬件方面的性能指标。由于各厂家的 PLC 产品的技术性能均不相同, 且各具特色, 因此, 不可能一一介绍, 只能介绍一些基本的技术性能。

- (1) 输入/输出控制方式 指在循环扫描及其他的控制方式, 如即时刷新、直接输出等。
- (2) 编程语言 指编制用户程序时所使用的语言。
- (3) 指令长度 一条指令所占的字数或步数。
- (4) 指令种类 PLC 具有基本指令、特殊指令的数量。
- (5) 扫描速度 一般以执行 1000 步指令所需的时间来衡量, 故单位为 ms/k 步; 有时也以执行一步的时间计, 如 $\mu\text{s}/\text{步}$ 。
- (6) 程序容量 PLC 对用户程序的最大存储容量。