

Electric Power Technology

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI (高职高专教育)



KEBIANCHENG KONGZHIQI
YUANLIYU YINGYONG

可编程控制器 原理与应用

屈 虹 易生虎 戚卫峰 编
王崇韞 蒋文平



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI (高职高专教育)



KEBIANCHENG KONGZHIQI
YUANLI YU YINGYONG

可编程控制器 原理与应用

屈虹 易生虎 戚卫峰 编
王崇韞 蒋文平
范永胜 主审



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材（高职高专教育）。

全书共分7章，主要内容包括可编程控制器基础、CP1H系列PLC、CP1H系列PLC的指令系统、PLC控制系统的设计、编程工具及其使用、OMRON PLC通信网络技术、OMRON 触摸式可编程终端。本书内容新颖，语言通俗易懂，理论联系实际，为了便于教学和自学，各章均配有一定数量的习题。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校电力技术类、自动化类、机械类等专业的教材，也可供工程技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器原理与应用/屈虹等编. —北京：中国电力出版社，2008.2

普通高等教育“十一五”规划教材. 高职高专教育

ISBN 978-7-5083-6716-3

I. 可… II. 屈… III. 可编程序控制器—高等学校：技术学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 013713 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://jc.cepp.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008年2月第一版 2008年2月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 21.25印张 524千字

定价 32.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神，加强教材建设，确保教材质量，中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校，满足学科发展和人才培养的需求，坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

可编程控制器（简称 PLC）是 20 世纪 60 年代以来发展极为迅速的一种新型工业控制装置。现代 PLC 是一种很有特色和发展前途的、以计算机为核心的新型通用工业控制装置。它不仅取代由大量继电器、接触器等组成的传统的继电-接触器控制系统，还可以构成复杂的工业过程控制网络，目前在各行各业中得到广泛的应用。PLC 的应用深度和广度已成为一个国家工业先进水平的重要标志之一。

本书是以 OMRON 公司 2006 年最新问世的 CP1H 系列 XA 型 PLC 为主要对象来组织各章节的内容。CP1H 系列 PLC 为小型机，该机凝聚了多种功能：内藏模拟量输入输出功能（4CH 输入、2CH 输出）、4 轴高速计数器功能、4 轴高速脉冲输出功能、串行通信功能（RS232C 和 RS485 两个端口可自由选择），具有很高的性能价格比，目前工业控制领域已经大面积使用，并在很多方面正在取代原来的机型。本书在编写过程中，注意理论联系实际。在介绍 PLC 硬件原理和软件编程知识的基础上，注意语言通俗，分析问题透彻，以使对计算机不很熟悉的读者也能读懂。

全书共 7 章。第 1 章为可编程控制器基础，主要介绍 PLC 的基本概念和基本原理，由屈虹编写；第 2 章为 CP1H 系列 PLC，主要阐述了 CP1H 系列 PLC 的硬件原理与配置、各单元功能以及应用，由戚卫峰编写；第 3 章为 CP1H 系列 PLC 的指令系统，主要介绍了 CP1H 系列 PLC 的基本指令、数据操作指令、常用控制等指令，并通过实例介绍了常用指令的应用，由屈虹、王崇韞编写；第 4 章为 PLC 控制系统的设计，该章介绍了几种常用的设计方法，根据控制实例介绍如何应用 PLC 对系统进行设计，介绍了 PLC 设计的基本原则、步骤等基本知识，由蒋文平编写；第 5 章为编程工具及其使用，较详细介绍了 OMRON 公司的编程软件 CX-One 的编程操作，由易生虎编写；第 6 章为 OMRON PLC 通信网络技术，由易生虎编写；第 7 章为 OMRON 触摸式可编程终端，介绍了 OMRON 公司最新的可编程终端——NS 的基本知识和使用方法，由易生虎编写。本书由河北建筑工程学院的范永胜审稿。

本书在编写过程中得到了 OMRON 公司技术人员王崇韞、戚卫峰、易生虎的热心指导和参与编写，正是由于他们的热情支持，才使本书的编写和出版得以顺利完成，在此向他们表示崇高的敬意和衷心的感谢。

由于本书编者水平所限，加上编写时间紧迫，书中难免存在着一些疏漏和错误，恳请读者批评指正。

编者

2007 年 11 月

目 录

前言	1
第1章 可编程控制器基础	1
1.1 概述	1
1.2 PLC的组成及各部分的功能	4
1.3 PLC的编程语言	7
1.4 PLC的工作原理及工作方式	9
习题	13
第2章 CP1H系列 PLC	14
2.1 CP1H系列 PLC的基本组成	14
2.2 CP1H系列 PLC的存储区及其地址分配	23
2.3 CP1H系列 PLC的功能简介	33
习题	35
第3章 CP1H系列 PLC的指令系统	37
3.1 概述	37
3.2 基本指令	38
3.3 数据操作指令	56
3.4 常用控制指令	74
3.5 编程的基本原则和编程实例	102
习题	117
第4章 PLC控制系统的设计	123
4.1 PLC控制系统设计基本步骤	123
4.2 PLC的程序设计	129
4.3 提高 PLC控制系统可靠性的措施	159
习题	162
第5章 编程工具及其使用	165
5.1 CX-One 软件简介	165
5.2 CX-Programmer 编程环境	167
5.3 CX-One 软件协作简介	188
习题	190
第6章 OMRON PLC 通信网络技术	192
6.1 工厂自动化通信网络简介	192
6.2 串行通信	195
6.3 DeviceNet 网络	209
6.4 Controller Link 网络	226

6.5 Ethernet 网络	244
6.6 网络互连	268
习题	274
第 7 章 OMRON 触摸式可编程终端	275
7.1 触摸式可编程终端的工业应用及工作原理	275
7.2 OMRON NS 系列触摸式可编程终端简介	276
习题	321
附录 1 CP1H 系列 PLC 指令一览表	322
附录 2 ASCII 码表	333
参考文献	334

第1章 可编程控制器基础

20 世纪 60 年代以来,随着微电子技术的飞速发展,一种高可靠、高集成、高柔性的控制器——可编程控制器(Programmable Controller)在工业自动化领域得到了迅速的推广和应用,在现代工业自动化控制中可编程控制器是非常值得重视的先进控制技术,现已成为工业自动化三大技术支柱之一。

可编程控制器(Programmable Controller,简称 PC),它集继电—接触器控制的简单易懂、操作方便和计算机功能完备、灵活通用等优点于一身。为了区别于个人计算机(Personal Computer,也常简称 PC),故取名为可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller,简称 PLC)——虽然可编程控制器所能完成的控制早已不仅仅限于做些逻辑控制。

PLC 是一种很有特色和发展前途的、以计算机(微处理器)为核心的新型通用工业控制装置。它不仅可以取代由大量继电器、接触器等组成的传统的继电—接触器控制系统,还可以构成复杂的工业过程控制网络。目前在各行各业中得到广泛的应用。例如在电力工业中,用于电厂输煤系统、锅炉燃烧系统、汽轮机和锅炉的启动及停车系统、废水处理系统、发电机和变压器监控系统等;在冶金工业中,用于轧钢机、高炉冶炼、配料、钢板卷取系统,包装、进出料场控制等;在机械工业中,用于数控机床、机器人、自动仓库控制、电镀生产线控制、热处理控制等;在汽车工业中,用于自动焊接控制、装配生产线、喷漆流水线控制等;在食品工业中,用于饮料罐装生产线控制、产品包装控制等;在化学工业中,用于化学反应槽控制、橡胶硫化机控制、自动配料控制等;在公共事业中,用于电梯控制、大楼防灾系统控制、交通控制等。总之,当前 PLC 在机械、轻纺、冶金、化工、石油、电力、电子、纺织、食品、交通等工业生产的各个领域都具有广泛应用。PLC 的应用深度和广度已成为一个国家工业先进水平的重要标志之一。

1.1 概述

1.1.1 PLC 的产生和发展概况

首先提出 PLC 概念的是美国最大的汽车制造厂家通用汽车公司(GM)。20 世纪 60 年代初,美国的汽车制造业竞争激烈,产品的更新换代的周期越来越短,其生产线的变更也随之频繁,传统的继电—接触器控制已不适应频繁变动的生产线。GM 公司为取得市场竞争优势,于 1968 年提出用一种新型控制装置替代继电—接触器控制系统,要求这种控制装置可把计算机的通用、灵活、功能完备等优点与继电—接触器控制系统的简单、易懂、操作方便、价格便宜等特点结合起来,把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化,用面向过程、面向问题的“自然语言”编程,生产一种新型的通用控制器,使不很熟悉计算机的人也能轻松地编程,像使用继电—接触器控制系统那样方便。GM 公司于 1969 年委托美国数字设备公司(DEC)研制成功了世界上第一台符合招标要求的 PLC,并将其应用在 GM 公司的汽车装配生产线,取得了明显的经济效益,这一成果立即引起世界各国的注意。

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 不仅具有逻辑控制, 还同时具有过程控制、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。

随着可编程控制器的推广、应用, 其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 PLC 技术的发展。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、多功能和分散性多层次的全自动化网络方向发展, 将 PLC 系统的控制功能和信息管理功能融为一体, 使之能对大规模、复杂系统进行综合性的自动控制; 另一个则是向着小型化、低成本、高速、简单易用方向发展, 使之能更加广泛地取代继电器—接触器控制系统, 更便于实现机电一体化。

1.1.2 PLC 的主要特点

PLC 的优越性能主要体现在以下七个方面。

1. 操作方便灵活、通用性强

PLC 的控制功能是通过存放在存储器内的程序来实现的, 如果控制功能需要改变, 不需进行大量的硬件改造, 只需要修改部分程序以及改动极少量的接线即可, 省时、省经费, 有利于产品更新换代和技术改造; 同一台 PLC 还可以用于不同的控制对象, 改变程序就可以实现不同的控制要求, 因此具有很强的灵活性、通用性。

2. 可靠性高、抗干扰能力强

工业生产对可靠性的要求是置于首要位置的。PLC 内部处理采用无触点方式, 元件寿命几乎不用考虑, 不必像继电器—接触器控制系统那样需要定期更换继电器。PLC 整机的平均无故障工作时间一般可以达到 4 万~5 万 h 甚至更高, 比继电器—接触器控制系统高很多。另外, PLC 还具有完善的自诊断功能, 使故障的查找和判断迅速准确。其模块结构有助于在发生故障时通过更换模块快速修复, 大大减少了停机时间。作为电气控制设备, 必须具有很强的抗干扰能力才能在恶劣的环境中可靠地工作, PLC 内一般均采用了专门的抗干扰措施, 如电磁屏蔽、光电隔离、滤波整形及采用高抗干扰电源等, 还具有过电压、过电流保护, 可以直接在环境条件较差的生产现场使用, 这些是微电脑所不及的。

3. 编程简单、使用方便

PLC 用户程序的编制、修改和调试不需要具有专门的计算机编程语言知识。PLC 独具风格地形成一套以继电器梯形图为基础的形象编程语言和模块化的软件结构, 使用户程序的编制清晰直观, 而且调试和查错简单。了解继电器控制线路的电气技术人员很容易掌握, 它克服了一般不懂计算机和计算机语言就无法操作使用计算机的缺点。

4. 接线简单、维护方便

PLC 的接线只需将输入设备、输出设备分别与 PLC 输入/输出端子直接连接, 接线极其简单, 工作量极少。接口电路一般为模块化, 便于维修更换。

5. 功能强大

现代 PLC 既具有强大的逻辑控制功能, 还具有算术运算、模拟量的闭环控制、数字量的智能控制、数据采集、位置控制、易于与计算机接口对生产过程进行监控和远程通信联网等功能。

6. 体积小、质量轻、易于实现机电一体化

PLC 采用微电子、高集成技术, 具有体积小、质量轻、功耗低的特点, 易于装入机械设备内部, 更由于它具有很强的抗干扰能力, 能适用各种恶劣的环境, 因而它是实现机电一体化目标的控制设备。

7. 设计、调试周期短

由于 PLC 是通过程序实现对系统的控制, 所以设计人员可以在实验室里设计和修改程序。更为方便的是可在实验室里进行系统的模拟运行调试, 而不像继电器—接触器控制系统那样靠调整控制电路的接线来改变控制功能, 因而大大减少了现场的工作量, 使得控制软件开发周期短, 费用低。

正是因为 PLC 具有以上特点, 所以它发展迅速, 应用广泛。当前 PLC 的应用几乎覆盖了所有工业企业, 既能改造传统机械产品成为机电一体化的新一代产品, 又适用于生产过程控制, 实现工业生产的优质、高产、节能与降低成本。

1.1.3 PLC 的分类

PLC 的种类很多, 所实现的功能、内存容量、控制规模、外形等方面均存在较大差异, 这导致 PLC 的分类至今没有一个严格、统一的标准。一般是按照其结构形式、控制规模、实现的功能等进行大致的划分。

1. 按结构形式分类

PLC 按照硬件的结构形式可以分为整体式和模块式, 还有一种是将以上两种形式结合起来的叠装式结构。

(1) 整体式。整体式又称箱体式 PLC, 它将电源、CPU、I/O 等部件都集中在一个长方形的箱体内, 具有结构紧凑、体积小和价格低的特点。整体式 PLC 一般都是微型机或小型机。

(2) 单元式。单元式又称模块式。它是将 CPU 单元、电源单元、基本 I/O 单元、通信及各种功能单元做成若干单元 (模块) 组装机架 (又称为底板, 是一种总线结构) 上, 构成一个适应用户需求的多功能控制系统。这种结构的 PLC 在硬件上具有较大的灵活性, 应用中可以按照需要将各种单元像搭积木那样进行组合、装配、扩展和维修, 还可根据需要选配不同单元组成不同控制规模和功能的 PLC 控制系统。大、中型 PLC 一般都采用单元式结构。

(3) 叠装式。整体式和单元式结构形式各有特色。前者结构紧凑, 安装方便、体积小巧, 易于与被控设备组合成一个整体, 但由于每个单元的 I/O 点数有一定的搭配关系, 有时配置的系统输入点或输出点不能充分利用, 加之各单元尺寸大小不一致, 因此不易安装整齐; 而后者无论是输入还是输出点数均可灵活配置, 易于构成较多点数的大规模控制系统, 且尺寸统一、安装整齐, 但是尺寸较大, 难以与小型设备连成一体。为此, 有些 PLC 生产厂家将二者的优点结合起来, 开发出叠装式结构。叠装式结构的 PLC 是将 CPU、电源模块、通信模块和 I/O 单元自成独立的单元 (其尺寸可以不同), 相互之间通过电缆或插接头直接连接, 而且各单元可以一层层地叠装起来, 不需要安装机架 (或总线板), 既达到配置

灵活的目的,又可减小体积,适合于机电一体化需要。

2. 按控制规模分类

PLC 的控制规模主要是指所控制开关量的 I/O 点数,开关量的 I/O 点数是指输入开关和输出继电器的总和。根据 I/O 点数的不同,PLC 大致可分为微型机(I/O 点数为几点至几十点)、小型机(I/O 点数为几十至上百点)、中型机(I/O 点数为上百至上千点)、大型机(I/O 点数为上千点至几千点)、超大型机(I/O 点数为几千至上万点)。

3. 按控制功能分类

按 PLC 控制功能的强弱,可将其分为低档机、中档机和高档机。

(1) 低档机。低档机具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能,有的还具有模拟量输入/输出、算术运算以及远程 I/O、通信联网等控制功能。

(2) 中档机。中档机除了具有低档机的功能外,还具有模拟量输入/输出、比较、数据处理、远程 I/O 和通信联网等功能,可完成既有开关量又有模拟量的控制任务。

(3) 高档机。高档机除了具有中档机的功能外,还具有带符号运算、矩阵运算、平方根运算及其他特殊函数运算、表格处理等功能,使得 PLC 的运算功能更强,特别是高档机所具有的模拟量调节和强大的通信联网等功能,可以进行智能控制、远程控制和大规模过程控制。高档机通过网络与智能单元(或其他设备)进行通信,可构成集散式控制系统,以实现工厂的自动化管理。

4. 按生产厂家分类

目前世界上能生产 PLC 的厂家较多,大致可以分成美国、欧洲和日本三个流派。美国与欧洲一些国家的 PLC 是在相互封闭的情况下发展起来的,因此差异较大。日本的 PLC 是在引进了美国 PLC 技术的基础上发展起来的。欧美国家的 PLC 是以大型的 PLC 而闻名,而日本则是以高性价比的小型机著称。

在中国市场占有较大份额,较有影响的公司和 PLC 系列机型有:①德国西门子公司目前主流产品有 S7-200、S7-300 及 S7-400。②OMRON 公司目前的主流机型有 CPM2 * 系列、CJ1 系列、CS1 系列等,这些系列可满足不同场合的控制需求。2006 年 OMRON 公司最新推出了 CP1H 系列 PLC,有 CP1H-X(标准型)、CP1H-XA(模拟量内置型)、CP1H-Y(高速定位型),CP1H 系列 PLC 是一种用于实现高速处理及高功能的程序一体化型 PLC。③三菱公司也是较早将产品推广到中国的 PLC 的生产公司,其中小型机 F1 系列 PLC 前一时在我国较为流行。

另外,还有不少厂家都生产 PLC,根据不完全统计,世界上生产 PLC 产品的达上千家,PLC 的生产已发展为一个产业,这里不再赘述。

1.2 PLC 的组成及各部分的功能

1.2.1 PLC 的基本组成

PLC 实质上是一种专用于工业控制的计算机,只不过它比一般的计算机具有更方便的与工业控制相连接的接口和更直接的适应于控制要求的编程语言。所以,PLC 的硬件结构基本上与微型计算机相同,也具有中央处理单元(CPU)、存储器、输入/输出(I/O)接口、电源等,如图 1-1 所示。

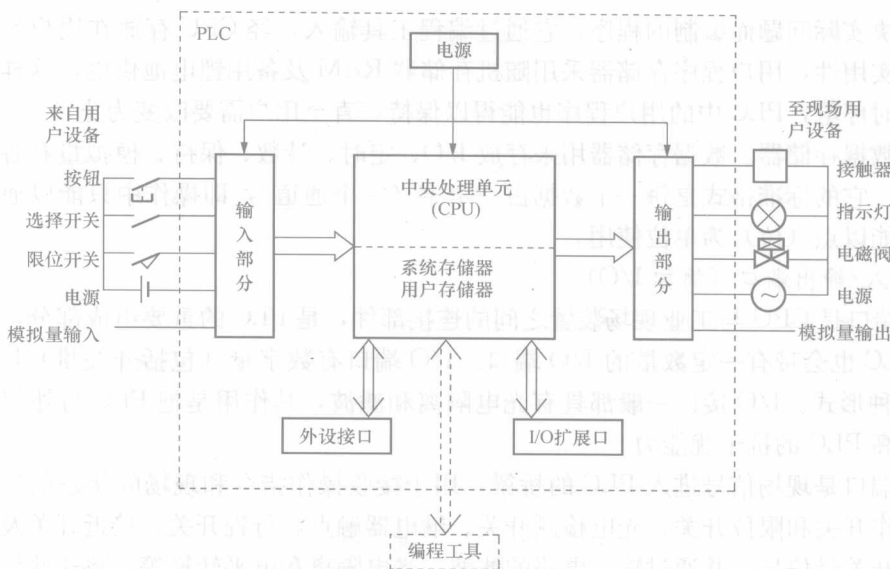


图 1-1 PLC 的基本组成

1.2.2 PLC 各组成部分的功能

1. 中央处理单元 (CPU)

CPU 在 PLC 中的作用相当于人脑，是 PLC 的中枢核心部件，负责协调各部分的工作，指挥 PLC 有条不紊地进行工作。其主要任务是用扫描方式采集现场输入设备的状态和数据，然后执行用户程序，对采集的数据进行相应的处理，最后向被控对象输出相应的控制信号。除此之外，PLC 的通信和自诊断等都需要 CPU 的参与。

2. 存储器

PLC 的存储器用来存储程序和数据。存储器由寄存器（软继电器，简称继电器）构成，1 位继电器仅能存放和记忆 1 位二进制数字（0 或 1）。因此，需要存放 N 位二进制数字信号就需要 N 个继电器。位（bit）是二进制数的 1 位，是二进制数字系统中最小的信息单位。为此，通常把能够存储 8 位二进制数字的信息长度称为 1 个字节（byte）；2 个字节（16 位）称为 1 个字（word），字也称为通道（CH）。通道也可用来存储十进制数据，因为十进制数可用特定的二进制编码（BCD 码）表示。所以，当用通道存储十进制数时，每 4 位分成 1 组，存储 1 个由 BCD 码表示的十进制数，因此将每 4 位称为 1 个数字位。也就是说，1 个通道有 4 个数字位，可存储 4 位十进制数。

根据存放信息的不同用途，PLC 的存储器可分为系统程序存储器、用户程序存储器和数据存储器。

(1) 系统程序存储器。系统程序存储器用来存放系统程序。系统程序是由 PLC 制造厂家提供，用来管理、协调 PLC 各部分的工作，翻译、解释用户程序，进行故障诊断等，它包括监控程序、命令解释程序、故障自诊断程序、标准子程序库及其他各种管理程序等。系统程序一般固化在只读存储器 ROM 或 EPROM 里，在工作过程中只能读出，不能写入，用户不能更改。

(2) 用户程序存储器。用户程序存储器用来存放用户程序。用户程序是用户根据控制要

求,为解决问题而编制的程序,它通过编程工具输入,经 CPU 存放在用户程序存储器中。考虑实用性,用户程序存储器采用随机存储器 RAM 及备用锂电池供电,这样即使电源故障或临时停电,PLC 中的用户程序也能得以保持,直至用户需要改变为止。

(3) 数据存储器。数据存储器用来存放 I/O、定时、计数、保持、模拟量和各种标志等各种数据。它的标准格式是每一个数据占一个字(一个通道),即操作中只能以通道为单位使用,不能以点(位)为单位使用。

3. 输入/输出端口(简称 I/O)

I/O 端口是 CPU 与工业现场装置之间的连接部件,是 PLC 的重要组成部分,即使是最简易的 PLC 也会带有一定数量的 I/O 端口。I/O 端口有数字量(包括开关量)I/O 和模拟量 I/O 两种形式。I/O 接口一般都具有光电隔离和滤波,其作用是把 PLC 与外部电路隔离开,以提高 PLC 的抗干扰能力。

输入端口是现场信号进入 PLC 的桥梁,用于接收操作指令和现场的状态信息,如控制按钮、操作开关和限位开关、光电检测开关、继电器触点、行程开关、接近开关及其他各类传感器等开关量信号,并通过输入电路的滤波、光电隔离和电平转换等,将这些信号转换成 CPU 能够接收和处理的标准信号。例如,输入端口采集的是模拟量(如温度、压力、位移、速度等),必须经模数转换器(A/D)将模拟量转换为数字量,才能为 PLC 的 CPU 所接收。

输出端口用于将 CPU 送出的弱电控制信号通过输出电路的光电隔离和功率放大等,转换成开关量信号输出,以驱动接触器、电磁阀、电磁铁等执行机构动作,控制现场设备进行工作,如电动机的启动、停止、正反转,阀门的打开、关闭,设备的转动、移动、升降等。

I/O 端口所能处理的输入/输出量数目之和称为 I/O 端口的点数。例如,一台 PLC 可接收 24 个开关量的输入并可送出 16 个控制信号,则称之为具有 40 点 I/O 的 PLC。I/O 点数是表征 PLC 控制能力的一个重要指标,在进行控制系统设计时首先根据控制要求确定所需要使用的 I/O 点数。

输入端口一般均采用光电隔离。输出端口则根据用户需要配备有晶体管输出方式、晶闸管输出方式和继电器输出方式。晶体管输出方式用于直流负载;晶闸管输出方式用于交流负载;继电器输出方式可用于直流负载,也可用于交流负载。

为方便用户检测端口的工作情况,每一个 I/O 点都接有发光二极管指示灯,某点接通时,相应的指示灯发光,用户可方便地检查各点的通断状态。

4. 编程工具

编程工具是开发应用和检查维护 PLC 以及监控系统运行不可缺少的主要的、必备的外部设备。编程工具的主要作用是用来编辑程序、调试程序和监控程序的执行,还可以在线测试 PLC 的工作状态和参数,与 PLC 进行人机对话等。编程工具可以是编程器,也可以是配有专用编程软件包的通用计算机。

(1) 编程器。编程器有便携式和智能式两大类。前者只能联机编程,而后者既可联机编程,又可脱机编程。便携式编程器上有供编程用的各种功能键、数字键和显示灯以及方式选择开关,还带有编程接口和外存储器接口等,它不能直接输入梯形图程序,只能输入语句表程序。其优点是体积小、质量轻、便于随身携带,可在生产现场使用。

(2) 计算机辅助编程。许多 PLC 生产厂家对自己的 PLC 产品设计了计算机辅助编程软件。当 PLC 与装有编程软件的计算机链接通信时,可进行计算机辅助编程(见第 5 章)。编

程软件的功能很强,它可以编辑、修改用户的程序,监控系统运行,打印文件,采集和分析数据,在屏幕上显示系统运行状况,对工业现场和系统进行仿真,将程序储存在磁盘上,实现计算机和 PLC 之间的程序传送等。

5. 电源

PLC 的工作电源一般为单相交流电源 (通常为 AC 110/220V), 也有 DC 24V 电源。现代 PLC 通常采用开关式稳压电源, 其输入电压范围宽、体积小、质量轻、效率高、抗干扰性能好, 且提供稳定的工作电压。有的 PLC 开关电源还可向外部输出 DC 24V 电源, 提供给与开关量输入单元连接的现场无源开关使用, 或为外部传感器供电。

6. 接口电路

PLC 接口电路通常包括通信端口、I/O 扩展端口和外设端口三个部分。

一般 PLC 的 CPU 单元上至少有一个 RS232C 通信端口或 RS485 通信端口。PLC 可以通过 RS232C 通信端口直接与上位计算机连接通信。若是采用 RS485 端口通信, 则 PLC 和上位计算机之间需要连接一个适配器。无论是 RS232C 端口或是 RS485 端口, 都可以与 PLC 编程器进行通信, 这些通信端口还可以使 PLC 之间实现通信。OMRON 公司最新推出的 CP1H 系列 PLC 同时带有两个串行通信选件板 (RS232C 端口和 RS422/485 端口) 及一个 USB 接口, I/O 扩展端口主要用于连接 I/O 扩展单元。当用户所需的 I/O 点数 (或类型) 超出主机上的点数 (或类型) 时, 可通过该端口连接 I/O 扩展单元来增加 I/O 点数。另外, 通过该端口还可以连接各种智能单元, 以扩展 PLC 的功能。

PLC 可通过外围端口与外围设备相连接。例如, 该端口连接编程器时, 可用于输入、修改或监控 PLC 的用户程序; 连接打印机时, 可以打印用户程序、PLC 的运行状态或报警信息 (如种类和时间等); 连接 EPROM 写入器时, 可将用户调试好的程序写入 EPROM 芯片中, 以免被改动; 连接外存储器时, 可用于存储用户程序; 还有的 PLC 可以通过外设端口与其他 PLC、计算机或可编程终端等进行通信。

1.3 PLC 的编程语言

PLC 的特点之一就是编程简单。尽管国内外各 PLC 生产厂家采用的编程语言不尽相同, 但目前经常使用的主要有梯形图语言、指令语句表 (助记符语言)、逻辑功能图、逻辑方程式等。其中, 梯形图语言和指令语句表使用最为广泛, 下面重点对这两种编程语言加以简要说明。

1.3.1 梯形图编程语言

梯形图是一种图形语言, 它是从继电—接触器控制的电气原理图演变而来的。对于熟悉继电—接触器控制系统的电气工程人员来说, 十分容易接受和掌握。世界上各 PLC 的生产厂家都把梯形图作为第一用户编程语言。

梯形图与继电—接触器控制电气原理图的控制部分的形式和符号大体相同, 图 1-2 示出了两者的对应关系。梯形图各支路采用水平绘制, 按自上而下、从左到右的顺序排列。每一个继电器线圈为



图 1-2 继电器原理图与梯形图符号对照

一个逻辑行（也称条），称为一个梯级。每一个逻辑行起始于左母线，然后是触点的各种连接，最后以线圈结尾，整个图形呈阶梯形。

梯形图编程一般要在装有编程软件的计算机上编程，操作简单方便。编程时，只要按前后顺序把图中的各逻辑行（条）输入到计算机，计算机就可以自动将梯形图转换成 PLC 的指令语句表。

1. 继电—接触器系统的继电器与梯形图中继电器的区别

(1) 继电—接触器系统中使用的继电器都是物理的继电器，继电器与其他控制电器间的连接必须通过硬接线来完成；PLC 的继电器不是物理的电器，它是 PLC 内部的寄存器位，常称之为“软继电器”。之所以称之为“软继电器”，是因为它具有与物理继电器相似的功能。例如，当它的“线圈”通电时，其所属的常开触点（也称动合触点）闭合，常闭触点（也称动断触点）断开；当它的“线圈”断电时，其所属的常开触点和常闭触点恢复常态，PLC 梯形图中的接线称为“软接线”，这种“软接线”是通过编程来实现的。

(2) PLC 的每一个继电器都对应着内部的一个寄存器位，由于可以无限次地读取某位寄存器的内容，所以可认为 PLC 的继电器有无数个常开、常闭触点可供用户使用；而物理继电器的触点是有限的。

(3) PLC 的输入继电器是由外部信号驱动的，在梯形图中只能使用输入继电器的触点，而不能出现其线圈；而物理继电器触点的状态取决于其线圈中有无电流通过，在继电—接触器控制电路中，若不接继电器线圈，只接其触点，则其触点永远不会动作。

2. 继电—接触器系统的控制电路与梯形图的区别

PLC 梯形图左右的两根线也叫母线，但与继电—接触器控制电路的两根母线不同。继电—接触器控制电路的母线与电源连接，其每一行（也称梯级）在满足一定条件时将通过两条母线形成电流通路，从而使电器动作；而 PLC 梯形图的母线并不接电源，它只表示每一个梯级的起始和终了，PLC 的每一个梯级中并没有实际的电流通过。通常说 PLC 的线圈接通了，这只不过是为了分析问题方便而假设的概念电流通路，而且概念电流只能从左向右流，这是 PLC 梯形图与继电—接触器控制电路本质的区别。

3. 实现控制功能的手段不同

继电器控制是靠改变电器间的硬接线来实现各种控制功能的，而 PLC 是通过程序来实现控制的。

1.3.2 指令语句表编程语言

梯形图必须使用 CX-Programmer 软件才能输入到 PLC 中，不能通过手持编程器输入。若要从编程器中输入，必须把梯形图转换为指令语句表。指令语句表是由一条条指令构成，它能提供与梯形图完全一样的信息。指令语句与微机的汇编语言有些相似，但比汇编语言更通俗易懂。

指令语句是 PLC 用户程序的基本元素，多条指令的组合构成了语句表。一个复杂的控制功能是用较长的语句表来描述的。

梯形图编程语言和指令语句表编程语言各有特色，最好两个都会使用，因为在 PLC 软件编程中，这两种语言是可以互相转换的。

需要指出的是，PLC 实际上只认识助记符语言，梯形图语言需要转换成助记符语言后存入 PLC 的存储器中。

1.4 PLC的工作原理及工作方式

1.4.1 PLC的工作方式

PLC采用周期性循环扫描工作方式,这种工作方式是在系统软件控制下顺次扫描各输入点的状态,根据用户程序进行运算处理,然后向各输出点并行发出相应的控制信号。整个工作过程可分为读输入(输入现场信号)阶段、用户程序执行阶段和写输出(输出结果)三个阶段。其工作过程如图1-3所示。

1. 读输入(输入刷新)阶段

刚开始工作时,PLC的CPU首先对各个输入端进行扫描,将输入端的状态送到输入寄存器的相应单元中,这部分存储区也叫输入映像区,这就是读输入(输入刷新)阶段。在读输入结束后,PLC转入用户程序执行阶段。

2. 用户程序执行阶段

PLC处于用户程序执行阶段时,CPU将按照先后次序将指令逐条调出并执行。对原输入和原输出状态(这些状态统称为数据)进行“处理”,即从输入映像寄存区中读取输入状态、上一扫描周期的输入状态以及定时器、计数器状态等,然后按程序对这些数据进行逻辑、算术运算,并将处理后的结果送到输出暂存区(输出暂存区也叫输出映像区)的相应单元中,直到用户程序全部执行完。

3. 写输出(输出刷新)

当所有的程序执行完毕时,集中地把输出映像区中的对应状态刷新所有的输出锁存电路,通过输出部件转换成被控设备所能接收的电信号,控制指示灯、电磁阀、接触器等生产现场的执行机构,完成控制任务。

PLC周而复始地重复执行上述三个阶段。每执行一遍所需的时间称为一个扫描周期。扫描周期的时间是PLC的重要指标。它主要取决于程序的长短,通常为几十毫秒。

为了提高PLC运行的稳定性和可靠性,并及时接收外来的控制命令,PLC在每次扫描期间,除进行上述三个阶段的操作外,通常还要进行故障自诊断,通信等工作。PLC整个扫描工作过程如图1-4所示。

实际上整个扫描周期分为自诊断扫描阶段、与网络通信扫描阶段、用户程序扫描阶段和I/O刷新扫描阶段。

PLC上电后首先进行初始化,然后进入循环扫描工作过程。在每次扫描开始时,CPU都要执行故障自诊断处理程序,也就是对各输入输出点、存储器和CPU等部分进行检查,复位监视定时器、硬件检查、用户内存检查等操作。如果发现异常情况,PLC立即启动关机程序,保留现行工作状态,并关断所有输出信号后停机,且发出报警信号和显示出错信号。自诊断处理阶段一般是固定的,不同机型的PLC有所差异。

自诊断结束后,如没发现故障,PLC将继续向下扫描,检查PLC有无通信请求。只有配有网络的PLC系统中,才有通信扫描阶段。在这一阶段,PLC与PLC之间、PLC与上位计算机之间进行信息交换。

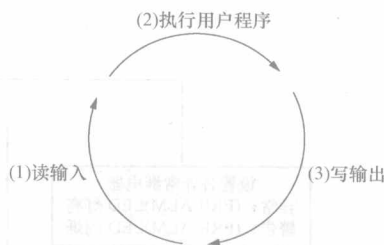


图 1-3 循环扫描过程

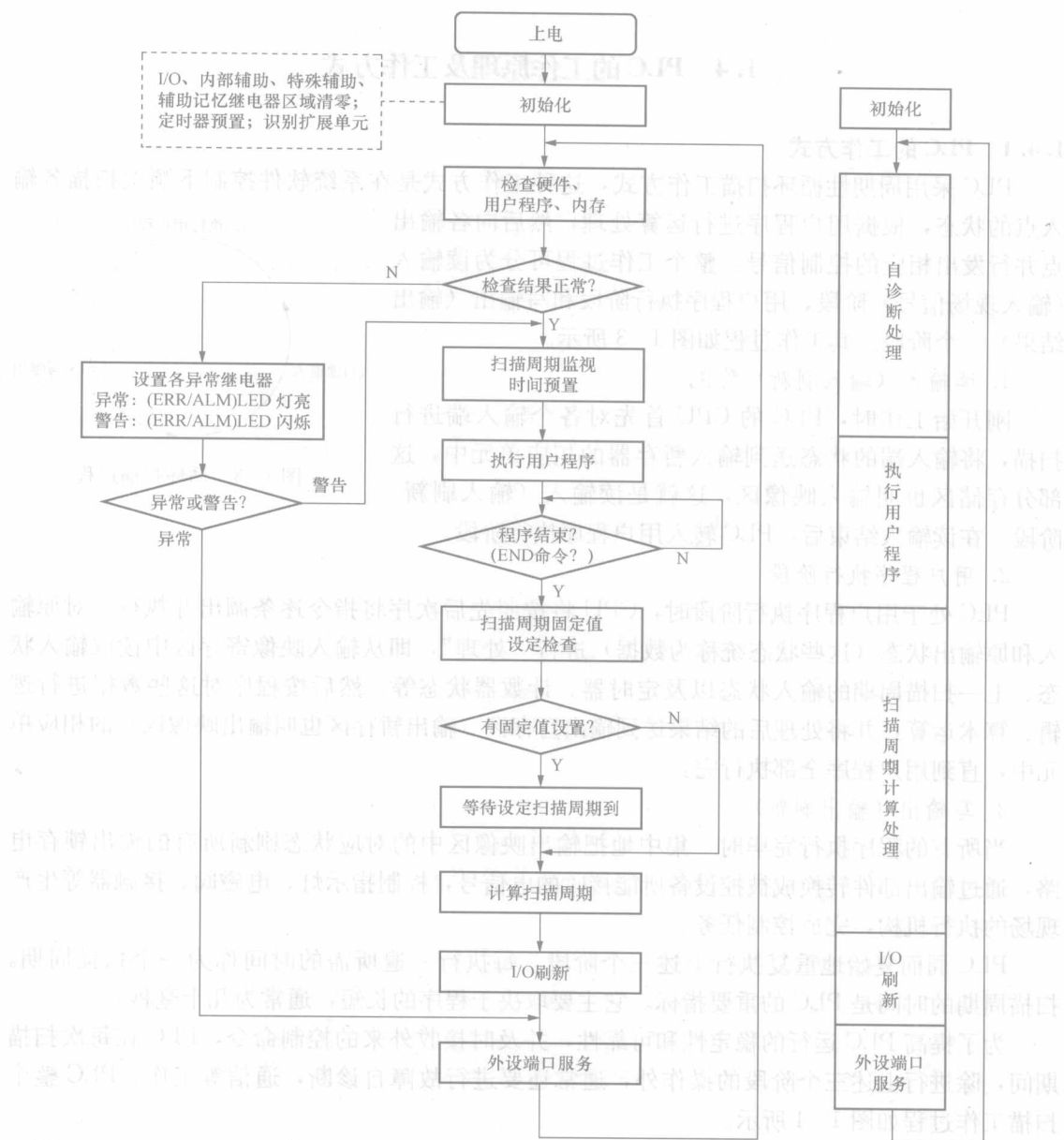


图 1-4 PLC 整个扫描工作过程

完成与外界通信以后，PLC 将继续往下扫描，按先左后右、先上后下的顺序执行用户程序，并将每一步的执行结果送入输出暂存区。

在 I/O 刷新阶段，CPU 将输入端的状态读入输入暂存区、将输出暂存区的状态写入输出状态锁存器。

如此完成一个扫描周期。然后 PLC 又从自诊断开始进行下一次扫描。PLC 就这样不断反复循环，实现对机器的连续控制，直到接收到停机命令，或因停电、出现故障等才停止工作。

图 1-5 描述了信号从输入端子到输出端子的传递过程。在 I/O 刷新阶段，CPU 从输入

电路的输出端读出各输入点的状态，并将其写入输入映像寄存器中。在紧接着的下一个扫描周期（用户程序执行阶段），CPU 从输入映像寄存器和元件映像寄存器中读出各继电器的状态，并根据此状态执行用户程序，再将执行结果写入元件映像寄存器中。在 I/O 刷新阶段，将输出映像寄存器的状态写入输出锁存电路，再经输出电路传递到输出端子。

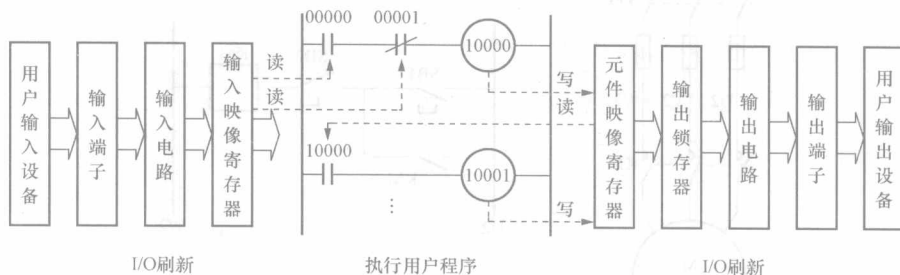


图 1-5 PLC 信号的传递过程

在执行用户程序阶段，要注意所使用的输入和输出数据的问题。设输入数据为 X ，输出数据为 Y 。在第 n 次扫描执行用户程序时，所依据的输入数据是第 $n-1$ 次扫描 I/O 刷新阶段读取的 X_{n-1} ；执行用户程序过程中，元件映像寄存器中的数据既有第 $n-1$ 次扫描存入的数据 Y_{n-1} ，也有本次执行程序的中间结果。第 n 次扫描的 I/O 刷新时输出的数据是 Y_n 。

如图 1-5 所示，在某一个扫描周期里执行用户程序的具体过程是：执行第一个梯级时，CPU 从输入映像寄存器中读出 00000 号输入继电器的状态，设其为 1；再读出 00001 号输入继电器的状态，设其为 0。由 00000 和 00001 的状态结算出 10000 号继电器当前的状态是 1。若此前 10000 的状态是 0，则 CPU 用当前的 1 去改写元件映像寄存器中 10000 对应的位。下一步再执行第二个梯级，从元件映像寄存器中读出 10000 号继电器的状态 1（即前一步存入的），结算出 10001 号继电器的状态是 1。若此前 10001 的状态是 0，则 CPU 用当前的 1 去改写元件映像寄存器中 10001 对应的位。本次扫描 I/O 刷新的结果是：10000 为 1，10001 为 1。

由上述分析可得出，执行用户程序的扫描阶段其特点是：一，在执行用户程序的过程中，输入映像寄存器的状态不变。二，元件映像寄存器的内容随程序的执行在改变，前一步的结算结果随即作为下一步的结算条件，这一点与输入映像寄存器完全不同。三，程序的执行是由上而下进行的，所以各梯级中继电器线圈不可能同时改变状态。四，执行用户程序的结果要保持到下一个扫描周期的用户程序执行阶段。在编写应用程序时，务必要注意 PLC 的这种循环扫描工作方式，不少应用程序的错误就是由于忽视了这个问题而造成的。

1.4.2 PLC 的工作原理

现以简单的三相笼型异步电动机启动、停止控制电路为例，来认识用 PLC 构成控制系统的基本工作过程，以加深对 PLC 工作原理的理解。图 1-6 给出了电动机的继电—接触器控制电路，当按下启动按钮 SB1 时，交流接触器 KM 的线圈接通，其主触头闭合，电动机运行，同时 KM 的另一个辅助触头闭合，使接触器自锁。当按下停止按钮 SB2 时，KM 线圈断电，电动机停转。

图 1-7 是由 PLC 组成的电动机启动、停止控制系统的等效电路。其电气线路的主电路仍如图 1-6 (a) 所示。启动按钮 SB1 接在 PLC 的输入端 00000，停止按钮 SB2 接在 00001，