

欧姆龙CJ1

系列PLC原理与应用

樊金荣 编著

欧姆龙 CJ1 系列 PLC

原理与应用

樊金荣 编著

机械工业出版社



机械工业出版社

本书从实际工程应用的角度出发,全面系统地介绍了欧姆龙 CJ1 系列 PLC 系统的基本原理与应用。全书共分为 6 章,主要内容有:PLC 的工作原理、CJ1 系列 PLC 硬件和软件系统、PLC 控制系统设计方法、数据处理和人机界面的综合系统的设计。本书采取“问题-思路-解答”这样循序渐进的理念,使读者在学习指令用法的同时,掌握 PLC 系统设计的基本步骤。书中的例题都是控制现场的经典实例,再通过作者分析,给出了软、硬件设计,并提供了完整的梯形图程序。

本书内容丰富、实用性很强,可以使读者快速、全面地掌握 CJ1 系列 PLC 的实用技术。本书可做为电气自动化及控制工程等相关专业工程技术人员参考书或自学教材,也可做为高等学校相关专业的教学参考书或教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

欧姆龙 CJ1 系列 PLC 原理与应用/樊金荣编著. —北京:机械工业出版社, 2008.9

ISBN 978-7-111-25027-2

I. 欧… II. 樊… III. 可编程序控制器 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 134027 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:张俊红 责任编辑:王欢 版式设计:霍永明

责任校对:李婷 封面设计:马精明 责任印制:杨曦

北京市朝阳区展望印刷厂印刷

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 18 印张 · 443 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-25027-2

定价:39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379764

封面无防伪标均为盗版

前 言

PLC 是一种新型的通用自动控制装置。它将传统的继电器控制技术、计算机技术和通信技术融为一体,专门为工业控制而设计,具有功能强、可靠性高、环境适应性好、编程简单、使用方便以及体积小、重量轻、功耗低等一系列优点,因此在工业上应用越来越广泛,已成为当代工业自动化的主要支柱之一。近十年来,PLC 的应用已经突破了工业应用领域,在涉及国民生活的交通、能源、环保等行业中的应用也大幅度增加。各大 PLC 生产厂家为了适应市场的需求,对其产品不断进行更新换代。

各高校自动化及相关专业都开设了 PLC 课程及配套实验课程。但 PLC 品种繁多,功能各异,通用的教材显然不能适应实际教学的需求。CJ1 系列是 OMRON 公司 2005 年 7 月推出的一款高档的 PLC 系统,在国内应用较多,但专用的教材比较少。学习 CJ1 系列的 PLC 时虽然可以参考借鉴 C 系列的教材,但很多新的功能与应用无法在其中得到体现。另外,很多企业进行自动化更新与改造,也引进了 CJ1 系列的 PLC,对于设计应用 PLC 的工程人员来说也迫切地需要一本该系列的培训教材。

本书从实际工程应用的角度出发,全面系统地介绍了 CJ1 系列 PLC 系统的基本原理与应用,重点介绍了 CJ1 系列中 CJ1M 型 PLC 常用指令系统、系统设计方法和高级指令系统的应用,同时对如何设计完整的综合系统也进行了较为详细的介绍。本书避免了类似的 PLC 书籍对指令枯燥的介绍,将指令与实际应用相结合,采取“问题-思路-解答”这样循序渐进的理念,使读者在学习指令的同时,掌握 PLC 系统设计的基本步骤。书中的例题都是控制现场的经典实例,通过作者分析,给出软、硬件设计,并提供了完整的梯形图程序。全书共分为 6 章,第 1 章 PLC 系统概述,介绍了 PLC 的产生、发展、分类及与其他控制器的比较;第 2 章 CJ1 系列 PLC 基本结构及工作原理,介绍了 CJ1 系列 PLC 的基本特点、编程元件、地址分配及工作原理;第 3 章 CJ1 系列 PLC 基本指令编程,介绍了在控制过程中常用的几种典型控制程序的设计方法,如自锁、互锁、定时等;第 4 章 PLC 控制系统设计方法,分别介绍 PLC 控制系统中时序图法、逻辑设计法、经验法和顺序控制法及多种工作方式系统的设计方法,通过对经典案例的讲解,使读者能举一反三并实际应用;第 5 章 CJ1 系列 PLC 数据处理及应用,分别介绍数据传送、比较、四则运算、模拟量的处理,同样通过典型例子的分析,使读者掌握功能指令的应用;第 6 章人机界面设计,通过实例引导,初步介绍了通过组态软件和触摸屏设计人机界面,以及如何实现一个完整的 PLC 控制系统的设计。

本书主要由樊金荣编著,是作者在所教授的自动化本科生课程的教学讲义及相关培训资料的基础上完成的。书中包含着作者多年来从事欧姆龙 CJ1 系列 PLC 教学的经验和总结。在本书的编写过程中,作者所在教研室的其他老师也给予了极大的支持和帮助,参加编写和整理工作的还有张志俊、陈勉、唐玉玲、周熠、吴桂华、鄂冲、姜雪松等。另外,本书的编写还得到了汪裕民、俞一鸣、夏钦东、王涛、李玉红、张博、蒋建新和葛树涛等人的帮助。这里,对他们为本书的编著工作所作的贡献表示衷心的感谢!

由于学识和水平有限,书中难免存在缺点和错误,恳请同行和使用本书的广大读者批评指正。

作者

目 录

前言	2.4.1 编程语言概述	39
第1章 PLC 系统概述	2.4.2 编程软件 CX-ONE 的介绍	41
1.1 可编程序控制器概述	2.4.3 编程软件 CX-P 的概述	42
1.1.1 可编程序控制器的产生	2.4.4 编程软件 CX-P 的使用	45
1.1.2 可编程序控制器的名称演变	2.5 本章小结	58
1.1.3 可编程序控制器的定义	第3章 CJ1 系列 PLC 基本指令编程	59
1.1.4 可编程序控制器的特点	3.1 交流异步电动机的起停控制	59
1.2 可编程序控制器的应用	3.1.1 继电器与 PLC 的起停控制	59
1.2.1 简单应用实例	3.1.2 梯形图的几点说明	62
1.2.2 可编程序控制器与继电器控制的 区别	3.1.3 CJ1 系列指令系统	63
1.2.3 可编程序控制器与微型计算机 系统的区别	3.1.4 十条常用基本指令	66
1.2.4 可编程序控制器的应用范围	3.2 交流异步电动机的正、反转控制	75
1.3 可编程序控制器的分类及发展	3.2.1 继电器和 PLC 控制的电动机正、 反转	75
1.3.1 可编程序控制器的分类	3.2.2 梯形图设计的一般原则	77
1.3.2 可编程序控制器的发展	3.2.3 PLC 串行工作方式的特殊性	79
1.4 可编程序控制器的外围器件	3.3 交流异步电动机的 Y/△ 启动控制	81
1.4.1 主令器件	3.3.1 继电器与 PLC 的延时控制	81
1.4.2 执行装置	3.3.2 程序流程分支指令	83
1.5 本章小结	3.3.3 定时器和计数器的使用	86
第2章 CJ1 系列 PLC 基本结构及 工作原理	3.4 常用功能的梯形图实现	90
2.1 CJ1 系列 PLC 的硬件组成	3.4.1 控制器运行状态的指示	91
2.1.1 中央处理单元	3.4.2 单一脉冲发生器	91
2.1.2 存储器	3.4.3 自锁电路	91
2.1.3 基本 I/O 单元	3.4.4 单按钮起停控制	93
2.1.4 电源	3.4.5 方波和占空比可调的脉冲 发生器	94
2.1.5 编程器和其他部件	3.4.6 顺序脉冲发生器	95
2.2 CJ1 系列 PLC 地址分配	3.4.7 延时接通和断开电路	98
2.2.1 元件分配	3.4.8 单稳态电路	98
2.2.2 软元件地址分配	3.4.9 断电保护电路	98
2.3 PLC 的工作原理	3.4.10 比较电路	99
2.3.1 循环扫描工作方式	3.4.11 分频电路	100
2.3.2 I/O 滞后现象	3.4.12 优先电路	101
2.3.3 主要性能指标	3.4.13 故障报警电路	102
2.4 CJ1 系列 PLC 的软件系统	3.5 本章小结	104
	第4章 PLC 控制系统设计方法	105

4.1 PLC 控制系统设计概述	105	5.1.4 知识扩展与提高	184
4.1.1 系统设计的基本步骤	105	5.2 数学运算	189
4.1.2 I/O 点数扩展技术	106	5.2.1 四则运算	189
4.1.3 PLC 硬件系统设计	110	5.2.2 特殊运算	198
4.1.4 PLC 软件系统设计	112	5.3 数据传送	201
4.2 时序图设计法	114	5.3.1 单一传送	201
4.2.1 时序图设计法编程思路	114	5.3.2 块传送	204
4.2.2 时序图设计法基本步骤	117	5.3.3 表传送	205
4.2.3 时序图设计法应用实例	117	5.3.4 数据表处理	206
4.3 逻辑设计法	121	5.4 模拟量数据处理	211
4.3.1 逻辑设计法编程思路	121	5.4.1 模拟量输入	212
4.3.2 逻辑设计法基本步骤	122	5.4.2 模拟量输出	219
4.3.3 逻辑设计法应用实例	123	5.4.3 PID 控制电路	225
4.4 经验设计法	127	5.5 本章小结	230
4.4.1 翻译设计法中要处理的问题	127	第6章 人机界面设计	231
4.4.2 翻译设计法编程思路	130	6.1 组态软件简介	231
4.4.3 翻译设计法的基本步骤	131	6.1.1 国内主要组态产品介绍	231
4.4.4 学习经验设计法的思路	132	6.1.2 组态王一般介绍	233
4.4.5 学习经验设计法的特点	134	6.2 组态王设计人机界面	234
4.5 顺序控制设计法	134	6.2.1 系统说明	235
4.5.1 顺序功能图	134	6.2.2 系统开发	235
4.5.2 三种转换编程方式	138	6.2.3 系统运行	250
4.5.3 简单实例分析	150	6.3 触摸式可编程终端简介	251
4.5.4 综合实例分析	153	6.3.1 NS10 触摸屏概述	251
4.5.5 顺序控制设计法的基本步骤	161	6.3.2 NS-Designer 编程软件	255
4.6 多种工作方式系统的设计	161	6.4 触摸屏人机界面设计	256
4.6.1 系统设计思路	161	6.4.1 系统描述	256
4.6.2 应用实例分析	166	6.4.2 触摸屏程序的设计	262
4.7 系统程序的几点说明	176	6.4.3 系统的测试与连接	271
4.8 本章小结	178	6.5 本章小结	277
第5章 CJ1 系列 PLC 数据处理及		附录	278
应用	179	附录 A CJ1 系列 PLC 供电单元一般	
5.1 逻辑处理	179	规格	278
5.1.1 高级逻辑设计	179	附录 B CJ1 系列 PLC 常用配置的 I/O	
5.1.2 实例分析	180	单元	279
5.1.3 比较指令	182	参考文献	281

第 1 章 PLC 系统概述

可编程程序控制器 (PLC) 是一种新型的通用自动控制装置, 它将传统的继电器控制技术、计算机技术和通信技术融为一体, 专门为工业控制而设计。它具有功能强、可靠性高、环境适应性好、编程简单、使用方便以及体积小、重量轻、功耗低等一系列优点, 因此在工业上应用越来越广泛, 已成为当代工业自动化的主要支柱之一。

本章将对可编程程序控制器的产生、特点、应用及分类等进行介绍。掌握可编程程序控制器的入门知识, 可为今后的应用打下基础。

1.1 可编程程序控制器概述

20 世纪 60 年代, 计算机技术已开始应用于工业控制。但由于计算机技术本身复杂, 编程难度高, 难以适应恶劣的工业环境以及价格昂贵等原因, 未能在工业控制中广泛应用。当时的工业控制, 主要还是由继电器-接触器组成的控制系统。

1.1.1 可编程程序控制器的产生

1968 年, 美国最大的汽车制造商——通用汽车制造公司 (GM), 为适应汽车型号的不断翻新, 试图寻找一种新型的工业控制器, 以尽可能减少重新设计和更换继电器控制系统的硬件及接线的工作, 缩减改造时间, 降低成本。因而设想把具有完备功能、灵活、通用等优点的计算机技术和具有简单易懂、操作方便、价格便宜等优点的继电器控制技术结合起来, 制成一种适合于工业环境的通用控制装置。并且, 把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化, 用“面向控制过程, 面向对象”的“自然语言”进行编程, 使不熟悉计算机的人也能方便地使用。可总结为硬件减少; 软件灵活简单。

针对上述设想, 通用汽车公司提出了这种新型控制器所必须具备的十大条件:

- 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柜竞争;
- 7) 输入可以是交流 115V;
- 8) 输出可以是交流 115V, 2A 以上, 可直接驱动电磁阀;
- 9) 在扩展时, 原有系统只要很小变更;
- 10) 用户程序存储器容量至少能扩展到 4KB。

这就是著名的“GM10”条件。

1969 年, 美国数字设备公司 (GEC) 首先研制成功第一台可编程序控制器, 并在通用

汽车公司的自动装配线上试用成功，从而开创了工业控制的新局面。

接着，美国 MODICON 公司也开发出可编程序控制器 084。

1971 年，日本从美国引进了这项新技术，很快研制出了日本第一台可编程序控制器 DSC-8。1973 年，西欧国家也研制出了他们的第一台可编程序控制器。我国从 1974 年开始研制，1977 年开始工业应用。早期的可编程序控制器是为取代继电器控制线路，存储程序指令，完成顺序控制而设计的。主要用于：①逻辑运算；②定时、计数等顺序控制，均属开关量控制。所以，通常称为可编程序逻辑控制器（PLC，Programmable Logic Controller）。进入 20 世纪 70 年代，随着微电子技术的发展，PLC 采用了通用微处理器。这种控制器不再局限于当初的逻辑运算，功能也不断增强。

到了 20 世纪 80 年代，随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的发展，以 16 位和 32 位微处理器构成的微机化 PLC 得到了惊人的发展。PLC 在概念、设计、性能、价格以及应用等方面都有了新的突破。它不仅控制功能得到增强，功耗和体积有所减小，成本下降，可靠性提高，编程和故障检测更为灵活方便，而且随着远程 I/O、通信网络、数据处理以及图像显示的发展，使 PLC 向连续生产过程控制的方向发展，成为实现工业自动化的一大支柱。

可编程序控制器从诞生到现在，经历了四次换代，其发展更新见表 1-1。

表 1-1 可编程序控制器发展更新

代 次	器 件	功 能	备 注
第一代	1 位微处理器	逻辑控制功能	
第二代	8 位微处理器及存储器	产品系列化	
第三代	高性能 8 位微处理器及位片式微处理器	处理速度提高，向多功能及联网通信发展	机型不同，具备的功能也不同
第四代	16 位、32 位微处理器及高性能位片式微处理器	逻辑、运动、数据处理、联网等名副其实的多功能	

1.1.2 可编程序控制器的名称演变

从可编程序控制器的发展历史可知，它的功能经历了一系列变化，其名称也经历了如下的演变过程：早期产品定名为“Programmable Logic Controller”（可编程序逻辑控制器），简称 PLC，主要替代传统的继电器—接触器控制系统；随着微处理器技术的发展，其功能不断增加，因而使用可编程序逻辑控制器（PLC）的叫法不能描述其多功能的特点。1980 年，全国电气制造商协会 <德、美、英>（NEMA，National Electrical Manufacturers Association）给它一个新的名称“Programmable Controller”，简称 PC；1982 年，国际电工委员会（IEC）专门为可编程序控制器下了严格定义。然而 PC 这一简写名称在国内早已成为个人计算机（Personal Computer）的代名词，因此为了避免造成名词术语混乱，国内仍沿用早期的简写名称 PLC 表示可编程序控制器，但并不意味此 PLC 只具有逻辑功能。

1.1.3 可编程序控制器的定义

可编程序控制器一直在发展中，所以至今尚未对其下最后的定义。国际电工委员会

(IEC) 曾先后于 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的第一稿、第二稿和第三稿。在第三稿中,对 PLC 作了如下定义:可编程序控制器是一种数字运算操作电子系统,专为在工业环境下的应用而设计。它采用了可编程序的存储器,用来在其内部存储和执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字的、模拟的输入和输出,控制各种类型的设备或生产过程。可编程序控制器及其有关的外围设备,都应按易于与工业控制系统集成、易于扩充其功能的原则设计。

这一定义强调了 PLC 的如下特点:

- 1) 数字运算操作的电子系统——也是一种计算机;
- 2) 专为在工业环境下的应用而设计;
- 3) 面向用户的指令——编程方便;
- 4) 逻辑运算、顺序控制、定时计算和算术操作;
- 5) 数字量或模拟量输入输出控制;
- 6) 易与控制系统连成一体;
- 7) 易于扩充。

1.1.4 可编程序控制器的特点

为了适应工业环境使用,与一般控制装置相比较,PLC 有以下特点:

1. 可靠性高,抗干扰能力强

工业生产对控制设备的可靠性要求:平均故障间隔时间长,故障修复时间(平均修复时间)短。电子设备产生的故障,通常为两种:

(1) 偶发性故障。由于外界恶劣环境如电磁干扰、超高温、超低温、过电压、欠电压、振动等引起的故障。这类故障,只要不引起系统部件的损坏,一旦环境条件恢复正常,系统也随之恢复正常。但对 PLC 而言,受外界影响后,内部存储的信息可能被破坏。

(2) 永久性故障。由于元器件遭受/发生的不可恢复的破坏而引起的故障。

如果能限制偶发性故障的发生条件,即如果能使 PLC 在恶劣环境中不受影响或能把影响限制在最小范围,使 PLC 在恶劣环境消失后自动恢复正常,这样就能提高平均故障间隔时间。如果能在 PLC 上增加一些诊断措施和适当的保护手段,在发生永久性故障时,能很快查出故障发生点,并将故障限制在局部,就能降低 PLC 的平均修复时间。为此,各 PLC 的生产厂商在硬件和软件方面采取了多种措施,除了使 PLC 具有较强的自诊断能力,并能及时给出出错信息,停止运行等待修复外,还使 PLC 具有了很强的抗干扰能力。

通常在硬件方面的措施如下:

1) 主要模块均采用大规模或超大规模集成电路,大量开关动作由无触点的电子存储器完成,I/O 系统设计有完善的通道保护和信号调理电路。

2) 屏蔽——对电源变压器、CPU、编程器等主要部件,采用导电、导磁良好的材料进行屏蔽,以防外界干扰。

3) 滤波——对供电系统及输入线路采用多种形式的滤波,如 LC 或 π 形滤波网络,以消除或抑制高频干扰,也削弱了各种模块之间的相互影响。

4) 电源调整与保护——对微处理器(CPU)这个核心部件所需的 +5V 电源,采用多级滤波,并用集成电压调整器进行调整,以适应交流电网的波动和过电压、欠电压的影响。

5) 隔离——在微处理器与 I/O 电路之间,采用光电隔离措施,有效地隔离 I/O 接口与 CPU 之间的电联系,减少故障和误动作;各 I/O 口之间亦彼此隔离。

6) 采用模块式结构——这种结构有助于在故障情况下进行短时修复。一旦查出某一模块出现故障,能迅速更换,使系统恢复正常工作;同时也有助于加快查找故障原因。

软件方面的措施如下:

1) 故障检测——系统软件定期地检测外界环境,如掉电、欠电压、锂电池电压过低及强干扰信号等,以便及时进行处理。

2) 信息保护与恢复——当偶发性故障条件出现时,不破坏 PLC 内部的信息。一旦故障条件消失,就可恢复正常,继续原来的程序工作。所以,PLC 在检测到故障条件时,立即把现有状态存入存储器,软件会配合对存储器进行封闭,禁止对存储器的任何操作,以防存储信息被冲掉。

3) 设置警戒时钟 WDT (看门狗时钟)——如果程序每次循环执行时间超过了 WDT 规定的时间,预程序进入了死循环,立即报警。

4) 加强对程序的检查和校验——一旦程序错误,立即报警,并停止执行。

5) 后备电池配备保护程序及动态数据——停电后,利用后备电池供电,有关状态及信息不会丢失。

PLC 的出厂试验项目中,有一项就是抗干扰试验。它要求能承受电压幅值为 1000V,上升时间 1ns,脉冲宽度为 1 μ s 的干扰脉冲。一般情况下,平均故障间隔时间可达几十万~上千万小时,制成的系统亦可达四五万小时甚至更长时间。

目前,各生产厂家生产的可编程序控制器的平均故障间隔时间都大大的超过了 IEC 规定的 100 000h (约为 4166 天,约 11 年)。而且,为了适应特殊场合的需要,有的可编程序控制器生产商还采用了冗余设计和差异设计(如德国 Pilz 公司的可编程序控制器),进一步提高了其可靠性。

2. 通用性强,控制程序可变,使用方便

PLC 具备品种齐全的各种硬件装置,可以组成能满足各种要求的控制系统,用户不必自己再设计和制作硬件装置。用户在硬件确定以后,在生产工艺流程改变或生产设备更新的情况下,不必改变 PLC 的硬件设备,只需改编程序就可以满足要求。因此,PLC 除应用于单机控制外,在工厂自动化 (FA) 中也被大量采用。

3. 功能强,适应面广

现代 PLC 不仅有逻辑运算、计时、计数、顺序控制等功能,还具有数字和模拟量的输入/输出、功率驱动、通信、人机对话、自检、记录显示等功能。既可控制一台生产机械、一条生产线,又可控制一个生产过程。

4. 编程简单,容易掌握

目前,大多数 PLC 仍采用继电器控制形式的“梯形图编程方式”。这既继承了传统控制线路清晰直观的特点,又考虑到大多数工厂企业电气技术人员的读图习惯及编程水平,所以非常容易接受和掌握。梯形图语言的编程元件的符号和表达方式与继电器控制电路原理图相当接近。通过阅读 PLC 的用户手册或经过短期培训,电气技术人员和技术工人很快就能学会使用梯形图编制控制程序。同时,针对 PLC 还提供了功能图、语句表等编程语言。

PLC 在执行梯形图程序时,用解释程序将它翻译成汇编语言然后执行 (PLC 内部增加了

解释程序)。与直接执行汇编语言编写的用户程序相比,执行梯形图程序的时间要长一些,但对于大多数机电控制设备来说,这是微不足道的,完全可以满足控制要求。

5. 减少了控制系统的设计及施工的工作量

由于 PLC 采用了软件来取代继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器等器件,控制柜的设计安装接线工作量大为减少。同时,PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试,更减少了现场的调试工作量。并且,由于 PLC 的故障率低、监视功能强及模块化等优点,使其维修也极为方便。

6. 体积小、重量轻、功耗低、维护方便

PLC 是将微电子技术应用于工业设备的产品,其结构紧凑、坚固、体积小、重量轻、功耗低。并且由于 PLC 的强抗干扰能力,易于安装于设备内部,是实现机电一体化的理想控制设备。以欧姆龙公司的 CJ1M 型 PLC 为例(10 个基本 I/O 单元的情况下),其外形尺寸仅为 90mm(高)×65mm(厚)×336.7mm(长),重量为 2.3kg,功耗小于 25VA;具有很好的抗振、适应环境温度、湿度变化的能力。该系列 PLC,与其小型品种 C200HX 系列(10 个 I/O 单元的情况下)相比,安装面积压缩了 64%,体积压缩了 37%,在系统的配置上既固定又灵活,输入/输出可达 24~320 点。

1.2 可编程序控制器的应用

本节通过一个简单实例阐述了 PLC 控制系统与传统的继电器—接触器系统、微型计算机系统的区别与联系。通过分析,进一步给出了 PLC 控制系统的应用范围。

1.2.1 简单应用实例

继电器—接触器控制系统是应用很早的控制系统,也是作为先进控制技术的 PLC 逐渐取代更新的技术。这里就以电动机顺序起动控制为例引入 PLC 控制系统。

1. 问题提出

两台电动机的顺序起动控制,要求:

- (1) 方式 1:电动机 M1 先起动后, M2 才能起动,按下停止按钮, M1、M2 都停止。
- (2) 方式 2:电动机 M2 先起动后, M1 才能起动,按下停止按钮, M1、M2 都停止。

2. 继电器—接触器线路控制

对于方式 1,在传统的工业现场,采用如图 1-1 所示的控制电路。其中图 1-1a 是主电路,图 1-1b 是手动控制电路,图 1-1c 是自动控制电路。

在图 1-1b 中,起动按钮 SB2、SB3 和停止按钮 SB1 以及热继电器 FR1、FR2 是输入点,交流接触器 KM1、KM2 的线圈是输出点。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,具体操作过程如下:

- (1) 首先闭合主电路开关 QS,主电路、控制电路供电。

(2) 按下起动按钮 SB2, KM1 的线圈得电,主电路中 KM1 的常开(动合)主触点闭合,电动机 M1 得电起动运行。这时,控制电路中左边 KM1 的辅助触点闭合,实现自锁。同时,控制电路中右边 KM1 的辅助触点闭合,为 KM2 的线圈通电提供条件。

- (3) 按下起动按钮 SB3, KM2 的线圈得电,主电路中 KM2 的常开主触点闭合,电动机

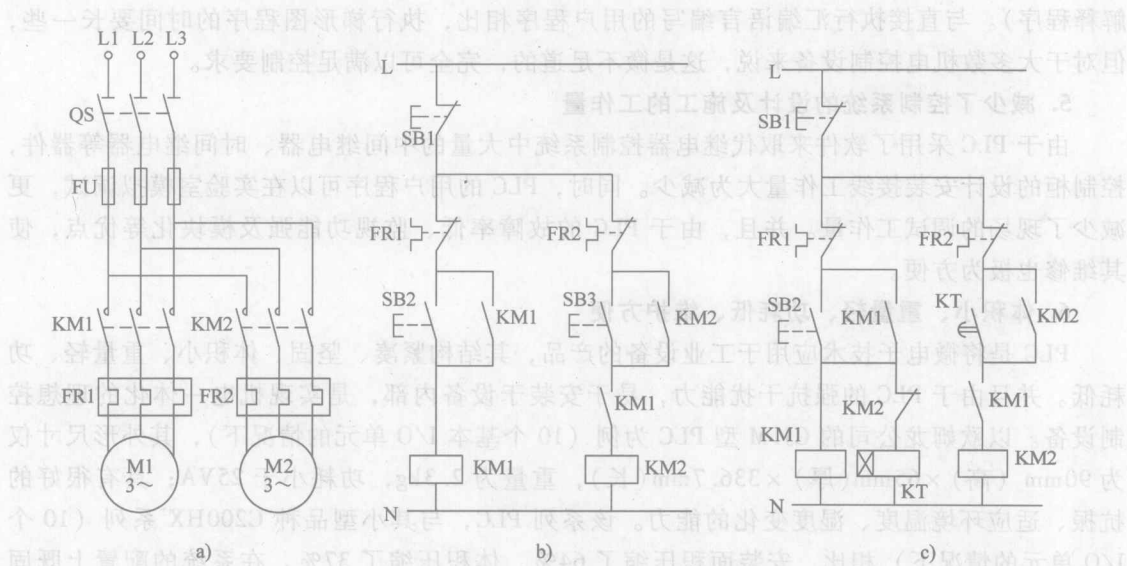


图 1-1 继电器—接触器控制电动机顺序起动的控制线路

a) 主电路 b) 手动控制电路 c) 自动控制电路

M2 得电起动运行。这时，控制电路中 KM2 的辅助触点闭合，实现自锁。很明显，如果 KM1 不闭合，即使按下 SB3，KM2 也不能得电。

(4) 按下停止按钮 SB1，KM1、KM2 的线圈都失电，主电路中 KM1、KM2 的常开触点断开，电动机 M1、M2 停转，控制电路中 KM1、KM2 的辅助触点都断开，解除自锁。

(5) 若电动机过载，控制回路中 FR1、FR2 的常闭（动断）辅助触点断开，KM1、KM2 的线圈都失电，主电路中相应的常闭触点断开，电动机失电停转，以实现对电动机的保护。

在图 1-1c 中，是由时间继电器自动控制的顺序起动控制，具体操作过程如下：

(1) 首先闭合主电路开关 QS，对主电路、控制电路供电。

(2) 按下起动按钮 SB2，KM1 的线圈得电，主电路中 KM1 的常开（动合）主触点闭合，电动机 M1 得电起动运行。这时，控制电路中左边 KM1 的辅助触点闭合，实现自锁。同时，通过 KM2 的常闭辅助触点，为时间继电器 KT 的线圈通电提供条件，KT 开始计时。

(3) 当设定的时间到，时间继电器 KT 的常开触点闭合，KM2 的线圈得电，主电路中 KM2 的常开主触点闭合，电动机 M2 得电起动运行。同时，控制电路中 KM2 的辅助触点闭合，实现自锁。

(4) 按下停止按钮 SB1，KM1、KM2 的线圈都失电，主电路中 KM1、KM2 的常开触点断开，电动机 M1、M2 失电停转，控制电路中 KM1、KM2 的辅助触点都断开，解除自锁。

(5) 若电动机过载，控制电路中 FR1、FR2 的常闭（动断）辅助触点断开，KM1、KM2 的线圈都失电，主电路中相应的常闭触点断开，电动机失电停转，以实现对电动机的保护。

3. PLC 控制线路

若按方式 1 布置好控制系统，现要按方式 2 工作，则必须对控制电路的继电器、接触器及时间继电器位置重新摆放，重新布线，其工作较为繁琐复杂。PLC 可在不改变硬件接线的

情况下,通过修改程序而实现控制顺序的变化。无论手动控制还是自动控制,PLC 控制典型顺序启动的外部接线如图 1-2 所示。

在图 1-2 中,将启动按钮 SB2 及 SB3、停止按钮 SB1 及热继电器 FR1、FR2 辅助触点一端分别接到 PLC 的输入模块的输入端子 I0 ~ I4,另一端经 24V 直流电源接到输入公共端 COM。

在输出模块中,相线 L 经熔断器 FU2 接到输出公共端 COM,接触器线圈 KM1、KM2 作为负载分别接到输出端子 Q0、Q1 和中性线 N 上。根据机型、地址分配及负载类型不同,上述接线要作相应的调整。通过对程序的调整,在不改变硬件接线的情况下,PLC 可以方便地实现两种不同的顺序启动控制。

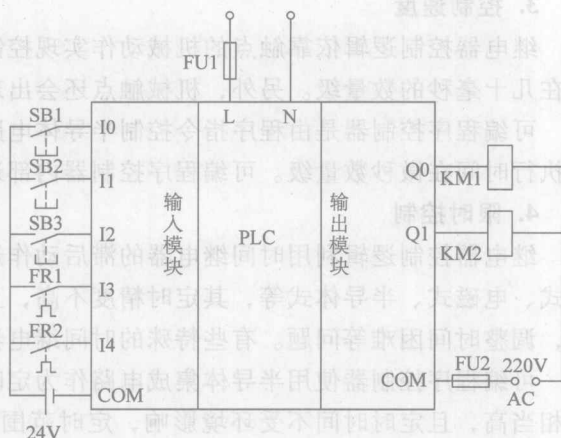


图 1-2 电动机先后启动控制的 PLC 外部接线图

1.2.2 可编程序控制器与继电器控制的区别

可编程序控制器是在传统的继电器—接触器的控制系统上发展起来的,可编程序控制器的梯形图编程语言与继电器控制线路十分相似。主要表现为可编程序控制器梯形图语言大致上沿用了继电器控制的电路元件符号,仅个别地方有些不同。同时,信号的输入/输出形式及控制功能也是相同的,但可编程序控制器的控制与继电器的控制还是有不同之处,主要表现在以下几方面:

1. 控制逻辑

继电器控制逻辑采用硬接线逻辑,利用继电器机械触点的串联或并联及延时继电器的滞后动作等组合成控制逻辑。其接线多而复杂,体积大,功耗大,一旦系统构成后想再改变或增加功能都很困难。另外,继电器触点数目有限,每个继电器一般有 4 ~ 8 对触点,因此灵活性和扩展性较差。

可编程序控制器采用存储器逻辑,其控制逻辑以程序方式存储在内存中,要改变控制逻辑,只需改变程序,故称为“软接线”。其接线少,体积小,而且,可编程序控制器中每只软继电器的触点数目在理论上无限制,因此灵活性和扩展性很好。另外,可编程序控制器由中大规模集成电路组成,功耗也小。

2. 工作方式

在继电器控制电路中,当某些梯级同时满足导通条件时,这些梯级中的继电器线圈会同时通电,也就是说,继电器控制电路是一种并行工作方式。

PLC 是采用循环扫描的工作方式,在 PLC 执行用户程序时,CPU 对梯形图自上而下、自左而右地逐次进行扫描,程序的执行是按语句排列的先后顺序进行的。这样,PLC 梯形图中各线圈状态的变化在时间上是串行的,不会出现多个线圈同时改变状态的情况,这是 PLC 控制与继电器控制最重要的区别之一。

3. 控制速度

继电器控制逻辑依靠触点的机械动作实现控制,工作频率低。触点的开闭动作的时间一般在几十毫秒的数量级。另外,机械触点还会出现抖动问题。

可编程序控制器是由程序指令控制半导体电路来实现控制,速度极快,一般一条用户指令执行时间在微秒数量级。可编程序控制器内部还有严格的同步机制,不会出现抖动问题。

4. 限时控制

继电器控制逻辑利用时间继电器的滞后动作进行限时控制。时间继电器一般分为空气阻尼式、电磁式、半导体式等,其定时精度不高,且有定时时间易受环境湿度和温度变化的影响,调整时间困难等问题。有些特殊的时间继电器结构复杂,不便维护。

可编程序控制器使用半导体集成电路作为定时器,时间基准脉冲由晶体振荡器产生,精度相当高,且定时时间不受环境影响,定时范围一般从 0.001s 到几分钟甚至更长。用户可根据需要在程序中设定定时值,然后由软件来控制定时时间。

5. 计数限制

可编程序控制器能实现计数功能,而继电器控制逻辑一般不具备计数功能。

6. 设计和施工

使用继电器控制逻辑完成一项控制工程,其设计、施工、调试必须依次进行,周期长,而且维修困难。工程越大,这一点就越突出。

用可编程序控制器完成一项控制工程,在系统设计完成以后,现场施工和控制逻辑的设计(包括梯形图设计)可以同时进行,周期短,且调试和维修都很方便。

7. 可靠性和可维护性

继电器控制逻辑使用了大量的机械触点,连线也多。触点开闭时会受到电弧影响而损坏,并有机械磨损,寿命短,因此可靠性和可维护性差。

可编程序控制器采用微电子技术,大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成,其体积小、寿命长、可靠性高。可编程序控制器还配有自检和监督功能,能检查出自身的故障,并随时显示给操作人员,还能动态地监视控制程序的执行情况,为现场调试和维护提供了方便。

8. 价格

继电器—接触器控制逻辑使用机械开关、继电器和接触器,价格都比较低。

可编程序控制器使用中大规模集成电路,价格比较高。

从以上几个方面的比较可知,可编程序控制器在性能上比继电器控制逻辑优异,特别是可靠性高,设计施工周期短,调试修改方便,而且体积小,功耗低,使用维护方便,但价格高于继电器控制系统。从系统的性能价格比而言,可编程序控制器具有很大的优势。

1.2.3 可编程序控制器与微型计算机系统的区别

可编程序控制器的工作原理与微型计算机的工作原理基本一致,可以简单地表述为在系统程序的管理下,通过运行应用程序完成用户任务。但是可编程序控制器与微型计算机系统还是存在一些区别。

1. 应用范围

微型计算机是通用机,而可编程序控制器是专用机。微型计算机是在以往计算机与大规

模集成电路的基础上发展起来的,其最大特征是运算快,功能强,应用范围广。例如,近代科学计算、科学管理和信息处理等都离不开它。所以说,微型计算机是通用计算机。

可编程序控制器是为适应工业控制环境而设计的工控机。选对应的模块可适用于各种工业控制系统。而用户只需改变用户程序即可满足工业控制系统的具体控制要求。如果采用微型计算机作为某一设备的控制器,就必须根据实际需要要考虑抗干扰问题和硬件、软件设计,以适应设备控制的专门需要。

2. 使用环境

微型计算机对环境要求较高,一般要求在干扰小,具有一定的温度和湿度的机房内使用。可编程序控制器则能适用于工业现场环境。

3. 输入/输出

微型计算机系统的 I/O 设备与主机之间采用微电,一般不需要电气隔离。而可编程序控制器一般控制强电设备,需要电气隔离,输入输出均用光电耦合,输出还采用继电器、晶闸管或大功率晶体管进行功率放大。

4. 程序设计

微型计算机具有丰富的程序设计语言,如汇编语言、FORTRAN 语言、COBOL 语言、PASCAL 语言和 C 语言等。其语句多、语法关系复杂,要求使用者必须具有一定水平的计算机硬件知识和软件知识。而可编程序控制器提供给用户的编程语句数量少、逻辑简单、易于学习和掌握。

5. 系统功能

微型计算机系统一般配有较强的系统软件,例如操作系统,能进行设备管理、文件管理、存储器管理等。它还配有许多应用软件,以方便用户。而可编程序控制器一般只有简单的监控程序,能完成故障检查,用户程序的输入和修改,用户程序的执行与监视。

6. 运算速度和存储容量

微型计算机运算速度快,一般为微秒级,因有大量的系统软件和应用软件,故存储容量大。而可编程序控制器因接口的响应速度慢而影响数据处理速度。一般可编程序控制器接口响应速度为 2ms,巡回检测速度为 8ms/KB。可编程序控制器的软件少,所编程序也简短,故存储容量小。

7. 价格

微型计算机是通用机,功能完善,故价格较高,而可编程序控制器是专用机,功能较少,其价格要比微型计算机低。

从以上几个方面的比较可知,可编程序控制器是一种用于工业自动化控制的专用微型计算机系统,结构简单,抗干扰能力强,价格也比一般的微型计算机系统低。

1.2.4 可编程序控制器的应用范围

由于以下两方面的因素:①微处理器的芯片及有关的元件价格大大降低,PLC 的成本下降;②PLC 的功能大大增强,因而 PLC 的应用日益广泛,使得 PLC 的性能价格比不断提高。所以,PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、采矿、水泥、石油、化工、电力、机械制造、汽车、装卸、造纸、纺织、环保等行业。其应用范围大致可归纳为以下几种:

1. 顺序控制

这是现在 PLC 最广泛应用的领域,它取代传统的继电器顺序控制。PLC 应用于单机控制、多机群控制、生产自动线控制,例如,注塑机、印刷机械、订书机械、切纸机械、组合机床、磨床、装配生产线、包装生产线、电镀流水线及电梯控制等等。

2. 运动控制

PLC 可用于直线运动或圆周运动的控制。早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机械,但现在一般使用专用的运动模块。目前,制造商已提供了拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块,即把描述目标位置的数据送给模块,模块移动一轴或多轴到目标位置。当每个轴运动时,位置控制模块保持适当的速度和加速度,确保运动平滑。

运动的编程可用 PLC 的编程语言完成,通过编程器输入。操作员用手动方式把轴移动到某个目标位置,模块就得知了位置和运动参数,之后可用编辑程序来改变速度和加速度等运动参数,使运动平滑。相对来说,位置控制模块比 CNC(计算机数值控制)装置体积更小,价格更低,速度更快,操作更方便。

3. 闭环过程控制

PLC 通过模拟量的 I/O 模块实现模拟量与数字量的 A/D、D/A 转换,PLC 能控制大量的物理参数,例如,温度、压力、速度和流量等。PID(Proportional-Integral-Derivative)模块的提供使 PLC 具有闭环控制功能,即一个具有 PID 控制能力的 PLC 可用于过程控制。当控制过程中某个变量出现偏差时,PID 控制算法会计算出正确的输出,来将变量保持在设定值上。PID 算法一旦适应了工艺,就不管工艺混乱而保持设定值。

4. 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算(包括矩阵运算、函数运算、逻辑运算),数据传送、排序和查表、位操作等功能;可以完成数据的采集、分析和处理。数据处理一般用在大中型控制系统中。把 PLC 与数字控制设备相结合,构成具有 CNC 功能的数据处理系统。日本 FANUC 公司推出的 System10、11、12 系列,已将 CNC 控制功能作为 PLC 的一部分。该公司采用窗口软件实现了 PLC 和 CNC 设备之间内部数据自由传递。通过窗口软件,用户可以独自编程,由 PLC 送至 CNC 设备使用。另外,美国 GE 公司新型 CNC 设备也使用了具有数据处理的 PLC。东芝公司的 TOSNUC600 也将 CNC 和 PLC 组合在一起,预计不久后 CNC 系统将变成以 PLC 为主体的控制和管理系统。

5. 通信联网

PLC 的通信包括 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机之间以及它的智能设备之间的通信。一般 PLC 和计算机可通过 RS-232C 接口连接。PLC、计算机及智能设备用双绞线、同轴电缆连成网络,以实现信息的交换。还可以构成“集中管理,分散控制”的分布控制系统。I/O 模块按功能各自放置在生产现场分别负责控制功能,然后利用网络连接构成集中管理信息的分布式网络系统。

需要注意,并不是所有的 PLC 都具有上述的全部功能,有的小型 PLC 只具上述部分功能,但价格相对也比较便宜。

1.3 可编程序控制器的分类及发展

随着 PLC 的推广普及,各生产厂家研制开发了几十个系列、上百种型号的不同产品。

由于 PLC 的品种、型号、规格、功能各不相同, 要按统一的标准对它们进行分类很困难, 这里可根据 4 种不同的标准对其简要地进行了分类。

1.3.1 可编程序控制器的分类

通常, 人们根据 PLC 的点数、地域、结构、功能来进行分类。

1. 按 I/O 点数分类

根据 PLC 的输入点数和输出点数 (只计算开关量) 总数来划分, 可以分为 3 种:

(1) 小型 PLC——I/O 点数小于 256 点。一般采用单 CPU, 8 位或 16 位处理器, 用户存储器容量 4KB 以下。例如: 美国通用电气 (GE) 公司的 GE-I 型、日本欧姆龙公司 C20 和 C40、德国西门子公司的 S7-200 及日本三菱电气公司的 F、F1、F2 等等。

(2) 中型 PLC——I/O 点数为 256 ~ 2048 点。一般采用双 CPU, 用户存储器容量 2 ~ 8KB。例如: 德国西门子公司的 S7-300、SU-5 和 SU-6, 我国无锡华光电子工业有限公司的 SR-400 以及日本欧姆龙公司的 C-500 等等。

(3) 大型 PLC——I/O 点数大于 2048 点。一般采用多 CPU, 16 位或 32 位处理器, 用户存储器容量 8 ~ 16KB。其中, 对于 I/O 点数大于 8096 点的, 又称为巨型机。例如: 德国西门子公司的 S7-400、美国 GE 公司的 GE-IV、日本欧姆龙公司的 C-2000 以及三菱公司的 K3 等等。

2. 按产地分类

目前, 市面上 PLC 根据产地可分为:

(1) 美国: 罗克韦尔 (Rockwell) 公司 (包括 A-B 公司)、哥德 (Gould) 公司通用电气 (GE) 公司等公司的 PLC 产品。

(2) 欧洲: 西门子 (Siemens) 公司、施耐德 (Schneider) 公司等公司的 PLC 产品。

(3) 日本: 欧姆龙 (OMRON) 公司、三菱 (Mitsubishi) 松下 (Panasonic) 公司等公司的 PLC 产品。

3. 按结构分类

根据 PLC 的结构形式, 可将 PLC 分为整体式、模块式和叠装式 3 大类:

(1) 整体式: 将电源、CPU、I/O 接口等部件都集中装在一个机箱内, 具有结构紧凑、体积小、价格低的特点。小型 PLC 一般采用这种整体式结构。

整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元 (又称主机) 和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 接口、与 I/O 扩展单元相连的扩展口以及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口等。扩展单元内只有 I/O 和电源等, 没有 CPU。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。整体式 PLC 一般还可配备特殊功能单元, 如模拟量单元、位置控制单元等, 使其功能得以扩展。

(2) 模块式: 将 PLC 各组成部分分别做成若干个单独的模块, 如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块 (有的含在 CPU 模块中) 以及各种功能模块。

模块式由框架或基板和各种模块组成。模块装在框架或基板的插座上。这种模块式 PLC 的特点是配置灵活, 可根据需要选配不同模块组成一个系统, 而且装配方便, 便于扩展和维修。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。