

第二版

可编程控制器实用技术系列书

可编程控制器

入门与应用 **实例**

(西门子S7-200系列)

武红军 张万忠 编著

- PLC的工作原理及编程方法
- 涉及多行业的丰富应用实例
- PLC应用中常见的工程问题

带您走进精彩的PLC世界



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

第二版

可编程控制器实用技术系列书

可编程控制器 入门与应用 实例

(西门子S7-200系列)



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 简 介

本书为可编程控制器(PLC)及其应用技术的入门读物,在简要介绍西门子公司 S7-200 系列 PLC 基本工作原理、基本指令的基础上,以涉及众多行业的丰富实例,介绍了 PLC 的编程应用技术。本书的主要内容为:从继电器到 PLC、PLC 是怎样工作的、学用 PLC 的编程指令、和 PLC 的第一次亲密接触、尝试 PLC 的应用与开发、PLC 在金属切削加工机床中的应用、PLC 在轻化工机械中的应用、PLC 在温度、压力控制中的应用、PLC 在交流桥式起重机控制中的应用、PLC 在电梯控制中的应用、PLC 在远程监控系统中的应用、PLC 应用中常见的工程问题等。

本书所选实例涉及面广、具有代表性,对实例的剖析内容具体、分析透彻,且本书语言通俗易懂,工程氛围强,是通过实践学习可编程控制器应用开发的好助手。

本书可供从事 PLC 应用开发的工程技术人员参考,也可作为大中专院校电子、机电、自动化类专业学生实践教学的辅助材料。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器入门与应用实例. 西门子 S7-200 系列/武红军,
张万忠编著. —2 版. —北京:中国电力出版社, 2010. 12
(可编程控制器实用技术系列书)

ISBN 978-7-5123-0764-3

I. ①可… II. ①武…②张… III. ①可编程序控制器
IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 159183 号

中国电力出版社出版、发行

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

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 1 月第一版

2010 年 12 月第二版 2010 年 12 月北京第五次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.625 印张 366 千字

印数 13001—16000 册 定价 28.00 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

第二版前言 >>>

《可编程控制器实用技术系列书》自 2004 年 11 月开始陆续出版至今已有六个年头了。在此期间，三本书都得到了广大读者的厚爱，曾多次重印。不少读者称赞本系列书实例多，工程氛围强，讲解细致，内容安排得体，十分适合初学者阅读。编者在此对广大读者的赞誉表示由衷的感谢！

同时，通过与读者交流，编者也认识到这三本书还存在一定的不足，如有些 PLC 机型已经更新，有些实例的代表性不足，知识点安排不够系统全面等。并感到有责任修订本书，将更好的读物奉献给读者。希望经过编者精心改良和补充后的本系列书第二版能继续得到广大读者的喜爱和支持。

第二版所做的重要修订如下。

(1) 更新及加强了三个品牌 PLC 新品种系列的产品介绍。

(2) 在 PLC 基础知识章节，即第一～五章，增强了知识的系统性及完整性介绍，如加强了产品系列化、产品性能指标、产品安装接线及编程思路、编程方法的介绍。

(3) 在应用实例章节，即第六～十一章，增补或替换了一些实例，加强了模拟量处理、高速计数及高速脉冲应用及通信方面的例子，使本书的技术内容更全面，更能反映 PLC 在工业控制中的重要地位。

(4) 作为各章节内容的补充，第二版书在各章后都增加了问答或设计说明，使知识体系更完整，学习起来更有针对性。

本书第二版保持了通俗而循序渐进的编写方式，使初学者易于理解和接受，实例更有代表性，便于举一反三。全书注重工程应用能力的培养，与工程实际的联系更加密切，有利于读者通过自学提高 PLC 的应用能力。

本书第二版保持了第一版的章节格局。全书由武红军执笔，张万忠统稿，孙晋、刘明芹、胡全斌、王民权、孙远强、吴志宏等同志参加了编写工作。

由于编者水平有限，时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2010 年 8 月

<<< 第一版前言

随着科学技术的发展,电气控制技术在各个领域已得到越来越广泛的应用。可编程控制器(PLC)作为电气控制技术中的一项新技术,经过30年的发展,已经形成了完整的工业产品系列。从功能及技术指标等各个方面,都达到了成熟的工业控制计算机的软硬件水平。现已广泛地应用在包括逻辑运算、数值运算、过程控制、位置控制、人机对话、网络通信等各种场合。PLC正在快速地改变着电气控制技术的面貌,并成为电气控制领域人们改造自然、创造财富的有力工具。因而,越来越多的人希望掌握PLC技术,让其更好地为各行业服务。

作为技术入门类读物,本书的主要对象是希望自学PLC应用技术的人员。为此本书在编写上力争由浅入深,不仅介绍了PLC的基础知识,更以大量的,涉及多种行业的应用实例介绍了PLC的工程应用,让读者在对具体工程控制问题的探索中逐步掌握PLC的应用技术。

本书共十二章,可分为两部分内容。第一到四章介绍PLC的由来、发展,主要技术指标,编程软元件的使用,基本指令及常见编程方法。第十二章介绍PLC应用中的一些工程问题,这五章是本书的第一部分内容,即基础知识类。本书的第二部分内容即为PLC的应用实例,含PLC在金属加工机械、化工纺织类设备、起重运输机械、变配电所控制及恒压供水等各种领域的应用。本书的实例涉及面广,具有代表性,实例内容具体,分析透彻,特别适合自学者阅读。鉴于可编程控制器与继电器接触器系统不可分割的联系,本书第一章及许多实例都是结合继电器接触器控制写出的,这就使了解继电器接触器的读者在阅读本书时有驾轻就熟之感。

本书也可作为大中专院校电子、机电、自动化等专业学生实践类教学课程的参考书。

本书由张万忠编著,在编写过程中得到了武红军、周渊深、王民权等同志的大力协助,在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2004年11月

目 录>>>

第二版前言

第一版前言

第一章 从继电器到 PLC	1
第一节 电气控制及传统电气控制设备	1
第二节 PLC——用于工业控制的计算机	6
第三节 PLC 的发展过程	8
第四节 PLC 的特点及应用	9
第二章 PLC 是怎样工作的	13
第一节 PLC 的硬件构成	13
第二节 PLC 的编程元件及地址格式	16
第三节 PLC 的软件及编程语言	19
第四节 PLC 是如何工作的	22
第五节 PLC 的主要性能指标	24
第三章 学用 PLC 的编程指令	27
第一节 PLC 指令及编程基础	27
第二节 触点、线圈及逻辑堆栈指令及编程	29
第三节 定时器、计数器指令及编程	34
第四节 数据处理指令及编程	39
第五节 程序控制指令及编程	44
第六节 其他指令及编程	45
第四章 和 PLC 的第一次密切接触	50
第一节 S7-200 系列 PLC 产品简介	50
第二节 S7-200 系列 PLC 系统配置及安装接线	53
第三节 动手学画梯形图	57
第四节 应用程序的组态及下载	61
第五章 尝试 PLC 的应用与开发	71
第一节 PLC 应用开发步骤	71
第二节 运料小车的控制	72
第三节 交通信号灯的控制	77
第四节 台车的呼车控制	83
第六章 PLC 在金属切削加工机床中的应用	88
第一节 PLC 在 Z3040 摇臂钻床控制中的应用	88

第二节	PLC 在 X62W 铣床控制中的应用	92
第三节	PLC 在液压传动组合机床控制中的应用	98
第七章	PLC 在轻化工机械中的应用	103
第一节	PLC 在阀门组多周期原料配比控制系统中的应用	103
第二节	罐装溶液化学反应工艺过程的 PLC 控制	106
第三节	PLC 在自动药片装瓶机控制中的应用	109
第四节	PLC 在注塑机控制中的应用	111
第五节	PLC 在 MB322 型联合烫剪机控制中的应用	115
第八章	PLC 在温度、压力控制中的应用	120
第一节	S7-200PLC 模拟量单元 EM235 及使用	121
第二节	PLC 在恒压供水泵站控制中的应用	124
第三节	PLC 在恒温水箱控制中的应用	131
第九章	PLC 在交流桥式起重机控制中的应用	140
第一节	桥式起重机的控制要求及继电器控制电路	140
第二节	采用 PLC 实现凸轮控制器控制逻辑的桥式起重机控制电路	147
第三节	采用 PLC 及变频器的桥式起重机控制电路	150
第十章	PLC 在电梯控制中的应用	155
第一节	电梯的构造及控制要求	155
第二节	PLC 在感应器定位电梯控制中的应用	157
第三节	PLC 在高速计数器定位电梯控制中的应用	165
第十一章	PLC 在远程监控系统中的应用	173
第一节	通信基础与 PLC 通信	173
第二节	配置 S7-200 系列 PLC 通信	176
第三节	教学用电视机远程监控系统	184
第四节	放射处理室可编程控制器监控系统	188
第十二章	PLC 应用中常见的工程问题	192
第一节	PLC 端口的扩展与保护	192
第二节	PLC 人机界面的使用	195
第三节	PLC 系统的抗干扰措施	199
第四节	PLC 的测试及维护	200
附录 A	常用电气设备图形符号及文字符号	203
附录 B	S7-200 系列 PLC 部分特殊存储器 (SM) 标志位	204
附录 C	S7-200 系列 PLC 错误代码	207
附录 D	S7-200 系列 PLC 指令集	209
参考文献		211

从继电器到 PLC

内容提要

本章回顾了工业电气控制技术从继电接触器控制向 PLC 控制发展的过程,概括了工业控制计算机——PLC 的特点及用途。文中关于继电接触器系统的介绍是学习 PLC 应用的重要基础。

PLC, 是英文 “Programmable Logic Controller” 的缩写词, 中译名为 “可编程控制器”。近 40 年来, PLC 在工业控制领域得到了十分广泛的应用, 在现代化的工业生产现场, 到处都可以见到 PLC。对于一个现代电气工作者而言, 可以说, 不懂得 PLC 的使用, 就不能算是一个全面的电气工作者。

因而, 学习和掌握 PLC 技术是每一位电气工作者的必修课。那么, PLC 到底是一种什么样的器件呢? 它是怎样工作的, 又在电气控制系统中担当什么样的角色呢? 愿本书能伴您走上学习及应用 PLC 的道路, 成为您学习与工作的得力助手。

下面让我们先从传统的工业控制设备谈起。

第一节 电气控制及传统电气控制设备

一、继电接触器及接线逻辑

电气控制, 这里主要指的是工业电气控制, 是一个内容十分广泛的概念。电灯需要点亮或熄灭, 电动阀门需要关闭或开启, 电动机需要启动或调速, 这些都属于工业电气控制的范畴。针对一台电动机最简单的控制电路可以如图 1-1 所示。由图 1-1 可见, 一只手动开关就可以实现电动机的开启或停止, 它也就是最简单的工业电气控制设备。不过, 实际工业现场的控制设备要比图 1-1 复杂, 因为即使是简单到控制一盏灯或者控制一台电动机, 电路中仅有通电、断电的设备也是不够的, 至少还应具有针对电路及用电器的保护电器。图 1-2 的电路在图 1-1 的基础上增加了熔断器, 即增加了短路保护。但这还不够, 当电动机容量比较大时, 需接通及分断的电流较大, 使用手动开关操作既

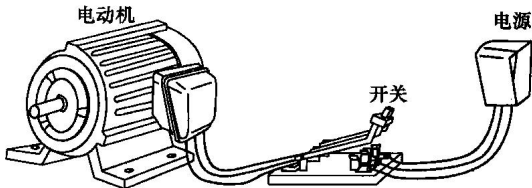


图 1-1 手动开关控制电动机的启停

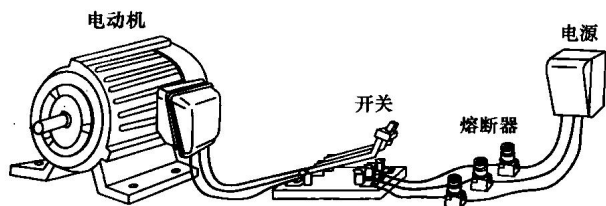


图 1-2 增加了部分保护电器的电动机启停控制

不安全又不可靠。这时可以使用电磁开关——接触器，作为接通及断开电路的主要设备。

图 1-3 是 CJ20 系列交流接触器的简单结构图。由图 1-3 中可见，接触器由铁心、线圈、反力弹簧、触头及灭弧罩等组成。其中铁心、线圈及反力弹簧组

成接触器的操动机构，触头为接触器的工作机构，灭弧罩用来熄灭分断电路时产生的电弧。结合图 1-3，接触器的工作过程可以这样描述：当线圈接入电源时，磁场力使动铁心向静铁心运动，带动动触头向静触头运动，从而利用触头的接触完成电路的接通。而线圈断电时，在反力弹簧的作用下，铁心及触头则恢复成线圈未通电时的状态，将线圈通电时接通的电路断开。

但是，以上所述的一通一断只表达了接触器一类触头的情况：动合触头（动合触头也称为常开触头）。接触器通常还装备动断触头（动断触头也称为常闭触头），一类在线圈未通电时接通电路，线圈通电时断开电路的触头。在接触器及其他普通开关中，动合触头常作为主触头，也即接通、断开主电路的触头。动断触头则一般多用作辅助触头，即用于控制电路中。不过，动合触头在控制电路中也常用，因而，决定主触头和辅助触头的根本标准不是触头在通断过程中的状态变化，而是触头分断电流的能力，主触头分断电流能力强（主触头分断电流的能力常用接触器的额定电流值表示），用于主电路。辅助触头的额定电流一般为 5A，用于控制电路。

一台接触器或继电器往往装备多组触头，这里要强调的是，同一接触器的所有触头不论是主触头还是辅触头，不论是动合触头还是动断触头，在线圈通电或断电时都同时动作，并改变通断状态。也即是说具有连动特性。此外，触头在电路分析中也叫触点，以线圈不通电时的状态为常态，即常开触点（动合触点）与常闭触点（动断触点）。

图 1-4 为使用交流接触器控制三相异步电动机单向运转的电路。与图 1-1 及图 1-2 不同的是，图 1-4 不是以实物而是以图形符号及文字符号绘出的。这种图即是电气工程中传统的电气原理图。图中的符号及其所表示的电器可以查阅本书的附录 A。图中同一电器的线圈及触点部件分绘

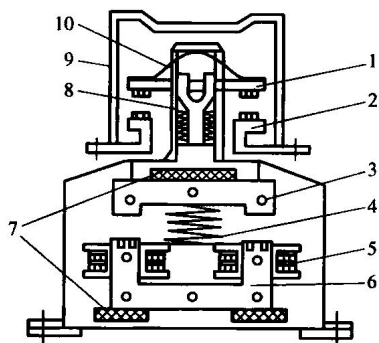


图 1-3 CJ20 系列交流接触器的简单结构图

- 1—动触头；2—静触头；3—衔铁；
4—弹簧；5—线圈；6—铁心；7—垫毡；
8—触头弹簧；9—灭弧罩；10—触头压力弹簧

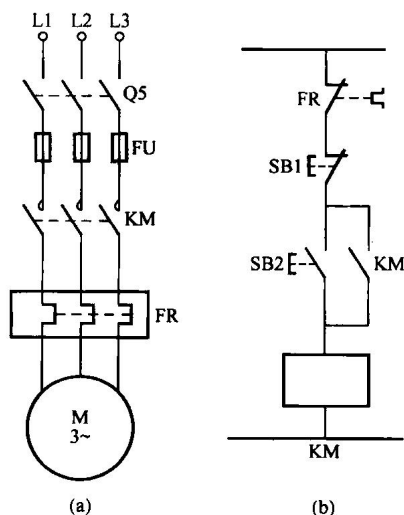
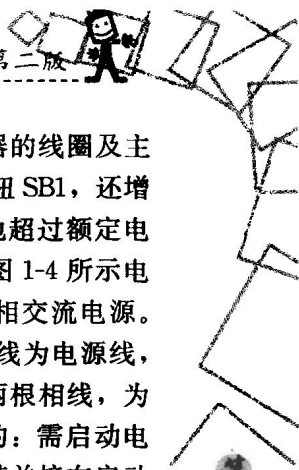


图 1-4 三相异步电动机单向运转控制电路图
(a) 主电路；(b) 控制电路



在图的不同部位,但属于同一电器的部件用同样的文字符号表示。如图 1-4 中接触器的线圈及主辅触点都用 KM 表示。配合电磁开关的使用,电路中选用了启动按钮 SB2 及停止按钮 SB1,还增加了热继电器 FR。热继电器是一种过载保护装置,它可以在电机的工作电流少量地超过额定电流一定时间后自动断开电路,从而保护电动机中的绝缘材料不至于因过热而损坏。图 1-4 所示电路分为两部分,图 1-4 (a) 为电动机供电的电路,是主电路。L1、L2、L3 表示三相交流电源。图 1-4 (b) 即为接触器的线圈供电的电路,是控制电路。图 1-4 (b) 中上下两根横线为电源线,具体与主电路电源连接需根据接触器线圈的电压而定,线圈额定电压为 380V 时接两根相线,为 220V 时接一根相线一根零线(以下各电气原理图相同)。该电路的操作过程是这样的:需启动电动机时,按下启动按钮 SB2,接触器 KM 线圈得电,其动合主触点接通三相电源,其并接在启动按钮上的动合辅助触点接通并在按钮松开时为线圈提供电流通路,电动机启动并运行。当需要停车时,按下停止按钮 SB1,接触器 KM 线圈断电,其动合主触点断开,动合辅助触点也断开,电动机断电停车。以上这个电路是继电器接触器电路中最简单的单元电路,由于线路中接触器的动合辅助触点 KM 为本身的线圈提供电流通路,被称为自锁触点。该电路由于具有启动、保持及停车功能,叫做启—保—停电路。

稍复杂一些的使用接触器的工业控制例子可以是三相异步电动机的正反转控制。因为正反转控制需换接电动机三相电源的相序,需使用两台接触器,图 1-5 是其电气原理图。图 1-5 (a) 中可见主电路中的两台接触器可分别按正序及逆序两种方式将电源接入电动机,控制电路给出了三种接线。在控制电路图 1-5 (b) 中,每个接触器的线圈构成一个启—保—停支路,正转按钮 SB2 用于接通正转接触器 KM1 线圈,反转按钮 SB3 用于接通反转接触器 KM2 线圈。两个支路各自完成一个方向的运转控制。但是这个电路是不安全的。为了防止三相电源由于正转及反转接触器线圈同时接通而短路,控制电路图 1-5 (c) 在每个接触器线圈支路上增加了“互锁”环节。“互锁”是在不允许同时接通的线圈电路中互串制约方电器的动断触点的电路结构方法。在图 1-5 (c) 电路中,当接触器 KM1 接通时,按下接触器 KM2 的启动按钮,将由于 KM1 的动断触点断开了 KM2 的线圈电路,使 KM2 不可能接通。也就是说在需要电动机反转时必须先按下停止按钮 SB1 使电动机停车,才能再启动反转接触器 KM2 工作,因此该电路被称为正—停—反电路。

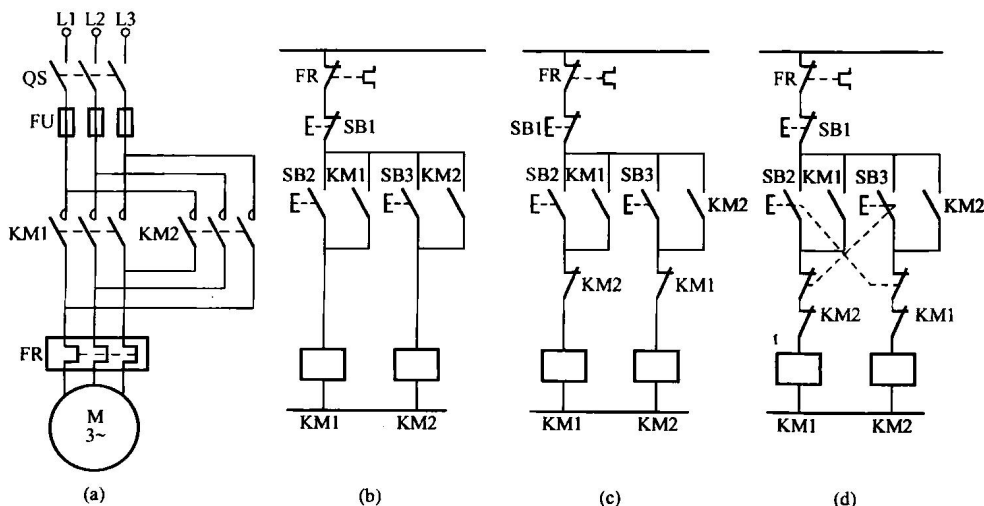


图 1-5 三相异步电动机正反转控制电路

- (a) 主电路; (b) 针对两个接触器线圈的启—保—停电路;
(c) 正—停—反电路; (d) 正—反—停电路



能不能不增加电器,使反转控制的操作不需先按下停止按钮呢?回答是肯定的。图 1-5 (d) 的电路较图 1-5 (c) 中增加了按钮联锁,就形成了正一反一停电路。图 1-5 (d) 中用虚线相连的两对动合动断触点各是一只按钮的两对触点。这里巧妙地利用了按钮按下时动断触点先断开,动合触点后接通的特点,使按下反转启动按钮时完成了先断开正转接触器,再接通反转接触器的两个动作。

使用两台接触器控制两台电动机的例子还有两台电动机的顺序起动控制,电路如图 1-6 所示。图 1-6 (a) 是主电路,图 1-6 (b) 和图 1-6 (c) 是控制电路。分析控制电路图 1-6 (b) 中两台接触器线圈得电的制约关系可知:电动机 M2 只有在电动机 M1 工作后才可以启动,在停止 M1 工作时 M2 将同时停止。由于线路的连接不同,控制电路图 1-6 (c) 所产生的控制结果就不一样了,由于在 SB1 动断触点旁并上了 KM2 的动合触点,停车时不再能再直接按 SB1 停止两台电动机,而必须先停止电动机 M2 才能停电动机 M1。

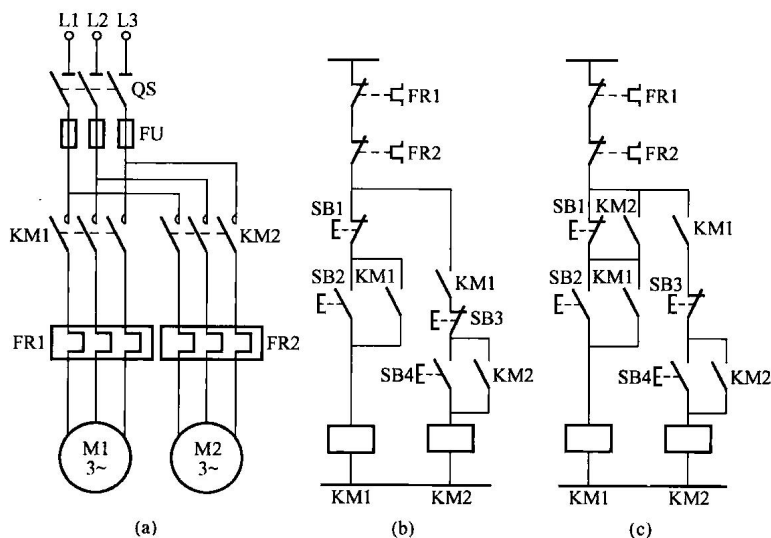


图 1-6 两台电动机顺序起动控制电路

(a) 主电路; (b)、(c) 控制电路

能不能在电动机 M1 启动一定时间后自动启动电动机 M2 呢?这也不难,在图 1-6 (a) 主电路上配上图 1-7 中的控制电路就可以了。图 1-7 是电气原理图的横置画法。左右两端的圆圈表示电源接点。图中除了使用两台接触器外,电路中还使用了时间继电器。时间继电器是一种具有时延功能的电器,当其线圈通电或断电时,作为工作机构的触点可以延时动作。从图 1-7 中可以看出,第一台电动机的接触器 KM1 通电时,时间继电器 KT 的线圈也开始通电,这就使时间继电器 KT 开始计时,计时时间到,时间继电器通电延时闭合的动合触点接通第二台电机的接触器 KM2,使电

机 M2 开始转动 (FR2 手动复合)。

以上例子中涉及的电动机台数很少,更多台用电设备的控制就需引入更多的接触器及继电器。这种使用继电器、接触器等电器构成的控制电路被称为继电接触器控制系统。继电接触器控制在 20 世纪 30~70 年代是世

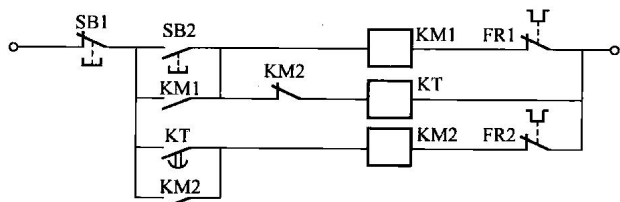


图 1-7 采用时间继电器的顺序起动控制电路



界上占统治地位的电气控制技术。除了上文中提到的接触器、按钮、热继电器、时间继电器等外,常用的继电器类电器以及它们在电路中的用途如表 1-1 所示,附录 A 中列有它们的图形符号及文字符号。

表 1-1 部分常用控制用电器

器件名称	功能及原理描述	主要用途
电流继电器	当其线圈所串电路中电流达到或低于某值时触点动作	过电流及欠电流保护
电压继电器	当其线圈所并电路中电压达到或低于某值时触点动作	过电压及欠电压保护
速度继电器	当同轴转动体的转速达到或低于某值时触点动作	速度控制
主令开关	多挡位置及多触点成组动作开关	多线路切换控制
限位开关	当运动体运行到限位开关处并触动开关时动作	位置控制

以上例子说明,继电器接触器系统中选用电器的种类及电器部件间的连接决定了各电器所代表的事件间的制约关系,也就决定了电路的功能。在图 1-5 (d) 所示电动机正反转控制电路中,接触器 KM1 代表电机正转这一事件,定义为事件 A,接触器 KM2 代表电机反转这一事件,定义为事件 B。A、B 两个事件是不可以同时出现的,因而在接触器 KM1 及 KM2 的线圈电路中增加了互锁环节。针对接触器 KM1 及接触器 KM2 线圈得电条件的逻辑式表达为

$$\text{事件 A 电动机正转事件 } F_{KM1} = \overline{FR} \cdot \overline{SB1} \cdot \overline{SB3} \cdot \overline{KM2} \quad (SB2 + KM1)$$

$$\text{事件 B 电动机反转事件 } F_{KM2} = \overline{FR} \cdot \overline{SB1} \cdot \overline{SB2} \cdot \overline{KM1} \quad (SB3 + KM2)$$

在工业控制中,人们将只有接通及断开两种状态的物理量称为开关量。开关量控制的电路都可以用逻辑表达式表示,因而人们将这类控制叫做逻辑控制。将这种元器件间以实际线路连接表达控制逻辑关系的方式称为“接线逻辑”。

除了开关量外,工业控制中还有另一类物理量,它们不像开关量那样非通即断,只有两种状态,而是量值在一定的范围内连续变化。如图 1-8 所示的具有温度反馈的炉温控制系统,即是模拟量控制系统。系统中电炉的温度,温度传感器的输出量、晶闸管调压装置的控制量及输出量都是模拟量。温度反馈控制装置的工作过程是这样的:电炉是为某种温控目的设置的加热装置,电炉采用晶闸管调压装置供电,炉温使用温度变送单元测量,炉温的给定值在信号综合点与温度的测量值电差后得到的误差值用来控制晶闸管调压装置。这种系统中的模拟量可以是在 0~10V 范围内连续变化的直流电压,或 4~20mA 间连续变化的直流电流。晶闸管调压装置的输出则可以是 0~380V 间变化的交流或直流电压。正常工作中,当温度给定值不变且炉温下降时,温度变送单元输出的电量下降,综合点电差后的输出电量则会上升,则引起晶闸管调压装置的输出电压增加,使温度上升,从而维持电炉的温度不变。

二、存储逻辑引入工业控制

以上所提到的例子都是简单的工业控制,实际的工业控制系统可能复杂得多。比如由数十台电动机及电器构成的生产流水线,或者是多控制回路的模拟量控制系统,各台电动机与电器间具有复杂的逻辑或关联变化关系。这样的系统如果用继电器接触器构成,则可能需要几十甚至数百只继电器、接触器,大量的模拟量处理装置、成千上万根导线和成千上万个接线点。这样的控制装置最大的问题是容易出现故障,只要有一个电器运行不正常或一个接点出现接触不良,系统就不

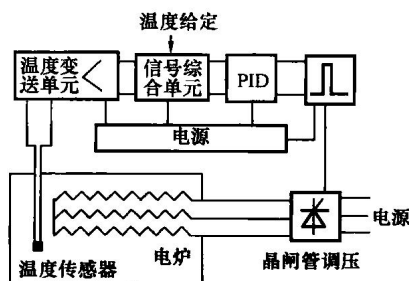


图 1-8 具有温度反馈的炉温控制装置

能正常运行。而且由于器件及接点数量巨大,系统维修也十分不方便。这样的系统还有一个突出的缺陷,即一经制成,功能就不能改变,当需要改变设备的工作过程以改善设备的功能时,人们宁愿重新生产一套控制设备都不愿意将继电器控制柜中的线路重新连接,这对于产品的更新换代是非常不利的。

而在 20 世纪 60~70 年代,社会的进步要求制造业生产出小批量、多品种、多规格、低成本、高质量的产品以满足市场的需要,这就需要经常地改变生产机械的功能。加上当时电子技术已经有了一定的发展,计算机技术已经初露端倪,人们受到计算机的存储器可以反复改写的启发,开始寻求一种以存储逻辑代替接线逻辑的新型工业控制设备。这就是后来的可编程控制器。

第二节 PLC——用于工业控制的计算机

一、GM 十条

世界上公认的第一台可编程控制器是美国数据设备公司(DEC)1969 年为美国通用汽车公司(GM)的生产流水线研制的。这是一次公开招标的研制任务,当时小型计算机已在美国出现,但人们将计算机用于工业控制的尝试还没有成功。1968 年,GM 公司提出了他们关于汽车流水线控制系统的具体控制要求为:

- (1) 编程方便,可现场修改程序。
- (2) 维修方便,采用插件式结构。
- (3) 可靠性高于继电器控制装置。
- (4) 体积小于继电器控制盘。
- (5) 数据可以直接送入管理计算机。
- (6) 成本可与继电器控制盘竞争。
- (7) 输入可以是交流 115V(美国电压标准)。
- (8) 输出为交流 115V,容量要求在 2A 以上,可以直接驱动接触器、电磁阀等。
- (9) 扩展时原系统改变最小。
- (10) 用户存储器至少能扩展到 4KB。

以上就是著名的“GM 十条”,这些要求实际上提出了将继电器控制的简单易懂、使用方便、价格低廉的优点,与计算机的功能完善、灵活性、通用性好的优点结合起来,将继电器控制硬连线逻辑转变为计算机软件逻辑编程的设想。而 DEC 的研制过程及其后世界上各个国家的科技工作者所做的开发可编程控制器的努力都是体现这一设想的过程。这一设想的实现必须解决下面将讨论的几个具体问题。

二、工业控制计算机必须具备的几个特征

首先是与控制系统中的其他器件接口的问题。如前节所叙,计算机用于工业控制主要是希望用“存储逻辑”代替“接线逻辑”,而继电器系统中的许多器件是计算机不可能代替的,比如,按钮、操作开关等主令设备及接触器、电磁阀等执行设备。这样一些设备在与计算机构成系统时,要通过一些接口与计算机连接。另一方面,计算机是数字运算设备,它也不能直接处理模拟量,产生模拟量的传感器及需模拟量驱动的执行器在和计算机接口时,需要具备完成数/模及模/数转换功能的电路单元。

其次是对工业生产环境的适应问题。从安全生产的角度来说,工业控制设备最重要的是可靠性。普通的为办公及家庭环境设计的计算机不能适应工业场合恶劣的环境条件,工业控制计算机需要采取抗温度、粉尘、工业噪声、电磁等多种抗干扰的措施。



第三个问题是和市场有关的技术问题。一个新设备要得到市场的认可,要好卖,就要有许多的人使用。针对当时设计中的 PLC 而言,最重要的使用者不是各个工厂的老板,而是电气技术人员。而当时的技术人员大多只了解继电器控制技术。怎么样使他们喜爱这新生的控制设备并乐意使用它呢,最重要的就是以他们现有的知识为基础,使他们不需太大的气力就可以掌握 PLC 的编程应用。这里最重要是如何向使用者宣传 PLC 的工作理念及为 PLC 设计怎么样的编程语言。

围绕以上三个问题,世界上许多国家的研究人员为可编程控制器的诞生及发展做了许多艰苦卓绝的工作,虽然他们都是在相互隔绝的情形下开展研究工作的,但他们所经历的研制过程及最终的产品却极为相似。

首先,各国设计生产的可编程控制器都采用了紧凑型箱体结构,以方便在电器控制箱内安装。都配置了连接开关、主令电器及传感器的开关量输入口,及连接接触器、电磁阀的开关量输出口,也都生产配套了各种模拟量控制模块并配置了总线扩展接口。近年来可编程控制器接入网络的技术得到了较快的发展,各国的生产商又都为自己的 PLC 产品配置了基于国际流行协议的通信接口。

其次,各国的可编程控制器在设计上都加强了抗干扰功能,各种品牌产品的连续无故障工作时间都达到了 10 万小时以上。

最后,也是最具戏剧性的是,各国生产的 PLC 都用“继电器”命名编程元件:输入继电器、输出继电器、中间继电器、定时器、计数器,不但名字熟悉,而且可按实际继电器的工作模式分析它们的“动作”。在程序语言方面,各国也不约而同地将“梯形图”作为 PLC 最通用的编程语言。梯形图像继电器电路图一样采用动合触点、动断触点及线圈、功能框等图形符号,并以它们在图上的相互连接表达控制思想,表达控制系统中各事物的逻辑制约。甚至今天有许多工程技术人员习惯地将梯形图支路称为“电路”。这样的安排,使熟悉继电器系统的工程技术人员不必学习就能看得懂梯形图,就会进行简单的程序设计,对促进 PLC 的快速普及和迅速发展提供了极大的便利。

三、PLC 工业控制应用的基本模式

作为电气控制装置,可编程控制器工业控制应用的基本模式可用以下几条概括,并以三相异步电动机可逆运行(正—停—反)为例说明。

(1) 必须将 PLC 接入控制系统。在本例中需将一只停止按钮,两只启动按钮,一只热继电器及两只接触器与 PLC 连接起来。具体的接线图如图 1-9 所示。图 1-9 中按钮及接触器的编号与图 1-5 中相同,本例的主电路也与图 1-5 (a) 相同。图 1-9 中按钮、接触器等元件与 PLC 连接的接线点,即标示为 I0.0、I0.1、I0.2、I0.3 及 Q0.1、Q0.2 的点为 PLC 的输入口及输出口。在较复杂的控制系统中,除了通过接线安排输入、输出口元件外,还须安排机内编程元件,如时间控制中要安排定时器等。

(2) 必须结合编程元件的安排,采用 PLC 厂家为该机种规定的编程语言编写用户程序。用户程序也叫应用程序,是 PLC 完成特定控制功能的依据,也是 PLC 存储逻辑的体现。具体说来,用户程序反映的应当是 PLC 输出信号与输入信号间的逻辑或关联关系,也即控制系统中各类事件

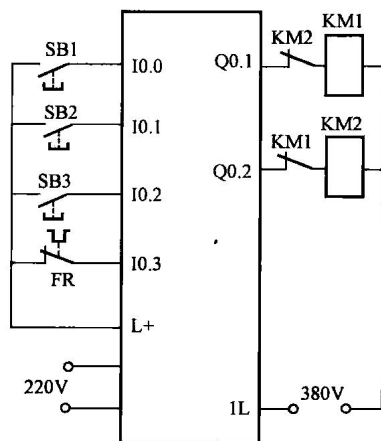


图 1-9 异步电动机正反转控制 PLC 端口接线图



的逻辑及关联关系。图 1-10 为异步电动机正反转运行的应用程序，是用梯形图及指令表两种语言编制的。

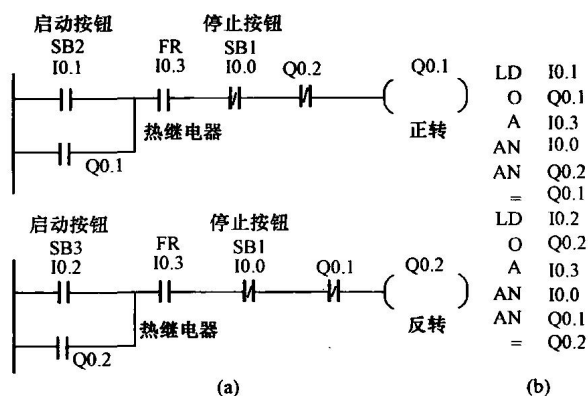


图 1-10 异步电动机正反转控制梯形图及指令表
(a) 梯形图程序；(b) 语句表程序

(3) 应用程序编制完成后需下载到 PLC 中并调试运行。下载及调试工作可借助编程计算机或专用编程器进行。

表 1-2 给出了梯形图与继电器接触器电气原理图图形符号对照表。对比图 1-10 中梯形图与图 1-5 (c) (继电器接触器电气原理图)，不难看出，梯形图与电气原理图表达逻辑关系的方式是完全一样的，有异曲同工之妙。

表 1-2 符号对照表

名 称		物理继电器	PLC 继电器
线 圈			
触点	动合		
	动断		

第三节 PLC 的发展过程

回顾 PLC 的发展过程大致可以分为以下几个阶段。

(1) 数字电路构成的雏形 PLC 阶段。1969 年美国数字设备公司 (DEC) 研制世界上第一台 PLC 时，限于当时的元器件条件及计算机发展水平，作为前期 PLC 代表的这台装置主要由分立元件和中小规模集成电路组成，仅可以完成简单的逻辑控制及定时、计数功能。

(2) 微处理器构成的实用产品阶段。20 世纪 70 年代初出现了微处理器。人们很快将其引入可编程控制器，使 PLC 增加了运算、数据传送及处理等功能，成为真正具有计算机特征的工业控制装置。20 世纪 70 年代中末期，可编程控制器进入了实用化发展阶段，计算机技术已全面引入可编程控制器中，使其功能发生了飞跃。更高的运算速度、超小型的体积、更可靠的工业抗干



扰设计、模拟量运算、PID 功能及极高的性价比奠定了它在现代工业中的地位。

(3) 大规模应用的成熟产品阶段。20 世纪 80 年代初, PLC 在先进工业国家中已获得了广泛的应用。美国权威情报机构 1982 年的统计数字显示, 大量应用 PLC 的工业厂家占美国重点工业行业厂家总数的 82%, PLC 的应用数量已位于众多的工业自控设备之首。这个时期 PLC 发展的特点是大规模、高速度、高性能、产品系列化。这标志着 PLC 已步入成熟阶段。

20 世纪末期, PLC 的发展特点是更加适应现代工业控制的需要。从控制规模上来说, 这个时期发展了大型机及超小型机; 从控制能力上来说, 诞生了各种各样的特殊功能单元, 用于压力、温度、转速、位移等各式各样的控制场合; 从产品的配套能力来说, 生产了各种人机界面单元、通信单元, 使应用 PLC 的工业控制设备的配套更加容易。

(4) 通用的网络产品阶段。随着网络通信技术的飞速发展, 近 10 年来 PLC 发展的一个重点是网络功能。通用的网络接口, 卓越的通信能力使 PLC 在工业以太网及各种工业总线系统中获得了广泛的应用。

目前世界上生产可编程控制器的厂家已有 200 多个, 比较著名的有美国的 AB、通用 (GE)、莫迪康 (MODICON)、日本的三菱 (MITSUBISHI)、欧姆龙 (OMRON)、富士电机 (FUJI)、松下电工、德国的西门子 (SIEMENS)、法国的 TE 与施耐德 (SCHNEIDER)、韩国的三星 (SAMSUNG) 与 LG 等。我国从 20 世纪 90 年代也开始生产国产可编程控制器。表 1-3 列出了部分 PLC 生产厂家及它们的主要产品。

表 1-3

部分 PLC 生产厂家及产品品牌

国 家	公 司	产品型号
美国	GE FANUC	90 TM -30 系列, 90 TM -70 系列
日本	三菱 MITSUBISHI	F1, F2, FX, FX ₂ , FX _{2N} , A 系列, AnS 系列
日本	欧姆龙 OMRON	C 系列, C200H 系列, CPM1A, CPM2A, CQM1, CV 系列
德国	西门子 SIMATIC	S5 系列, S7-200, S7-300, S7-400 系列

第四节 PLC 的特点及应用

一、PLC 的应用领域

PLC 的应用领域十分广泛, 现简要概括如下:

1. 顺序控制

顺序控制也叫逻辑控制, 主要指开关量的控制。这是 PLC 最基本的应用领域, 也是最适合 PLC 的使用领域。它用以取代传统的继电接触器控制系统, 既可应用于单台生产设备的控制, 也可应用于多机群控或生产线自动控制。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、电镀流水线的控制等。

2. 运动控制

运动控制指通过控制电动机的转速或转角实现运动体速度及位置的控制。工厂中最常见的运动控制的例子是数控机床, 刀具按照给定的位置坐标行走。此外, 提升机、电梯及同步运动机械也属于运动控制对象。近年来许多 PLC 制造商在自己的产品中增加了脉冲输出指令, 使 PLC 能方便地用于定位及调速系统。更专业的运动控制方案是选用专门的位置控制模块, PLC 把描述

目标位置的数据送给模块，模块移动一轴或数轴到目标位置。

3. 过程控制

过程控制指连续生产场合的控制，如石油、化工生产场合，生产一般是不能间断的。这些场合的控制参数叫做过程参数，例如：温度、压力、速度和流量等。这些参数多为模拟量。PLC 通过模拟量单元、比例—微分—积分模块 [也叫 PID (Proportional-Integral-Derivative) 模块] 或主机自带的 PID 指令实现闭环过程控制。

4. 数据处理

数据处理是计算机最擅长的工作，也是一个内容十分广泛的概念。如四则运算、乘方、开方，或依某种规律的数据计算是数据处理，生产实时数据的收集、筛选、存储是数据处理，机械加工中的数控机床也是数据处理。可编程控制器具有大量的功能指令支持这些工作，使 PLC 在这些应用领域大显身手。

5. 通信和联网

PLC 的通信包括主机与远程 I/O 间的通信，多台 PLC 之间的通信，PLC 与其他智能设备 (计算机、变频器、数控装置、智能仪表) 之间的通信。随着工业自动化程度的不断提高，多机间的数据联通，远程的数据传送越来越重要。近年来 PLC 的通信功能不断加强，PLC 已经在各类工业控制网络及遥测遥控中发挥着巨大的作用。

二、PLC 的特点

简单总结 PLC 的特点如下：

1. 可靠性高，抗干扰能力强

高可靠性往往是用户选择控制装置的首要条件。继电接触器系统中，由于器件的老化、脱焊、触点的抖动以及触点电弧等现象大大降低了系统的可靠性。而在 PLC 系统中，大量的开关动作是由无触点的半导体电路来完成的，加上充分考虑了工业生产环境中电磁、粉尘、温度等各种干扰，在硬件和软件上采取了一系列抗干扰措施，PLC 有极高的可靠性。据有关资料统计，目前某些品种的 PLC 平均无故障时间甚至达到了几十万小时。

2. 适应性强，应用灵活

由于 PLC 产品均成系列化生产，品种齐全，多数采用模块式的硬件结构，组合和扩展方便，用户可根据自己的需要灵活选用，以满足系统大小不同及功能繁简各异的控制要求。

3. 编程方便，易于使用

PLC 的编程采用与继电器电路极为相似的梯形图语言，直观易懂，深受现场电气技术人员的欢迎。近年来各生产厂家都加强了通用计算机运行的编程软件的制作，使用户的组织及下载工作更加方便。

4. 功能强，扩展能力强

PLC 中含有数量巨大的用于开关量处理的类似继电器的软元件，可轻松地实现大规模的开关量逻辑控制，这是一般的继电器系统所不能实现的。PLC 可以方便地与各种类型的输入、输出量接口，实现 D/A、A/D 转换及 PID 运算，实现过程控制、数字控制等功能。PLC 具有通信联网功能，它不仅可以控制一台单机，一条生产线，还可以控制一个机群，许多个生产线。它不但可以进行现场控制，还可以用于远程监控。

5. PLC 控制系统设计、安装、调试方便

PLC 中相当于继电接触器系统中的中间继电器、时间继电器、计数器等“软元件”数量巨大，又用程序 (软接线) 代替硬接线，安装接线工作量少。设计人员只要有 PLC 就可进行控制系统设计并可在实验室进行模拟调试。而继电器系统的调试是靠在现场改变接线进行的，十分繁