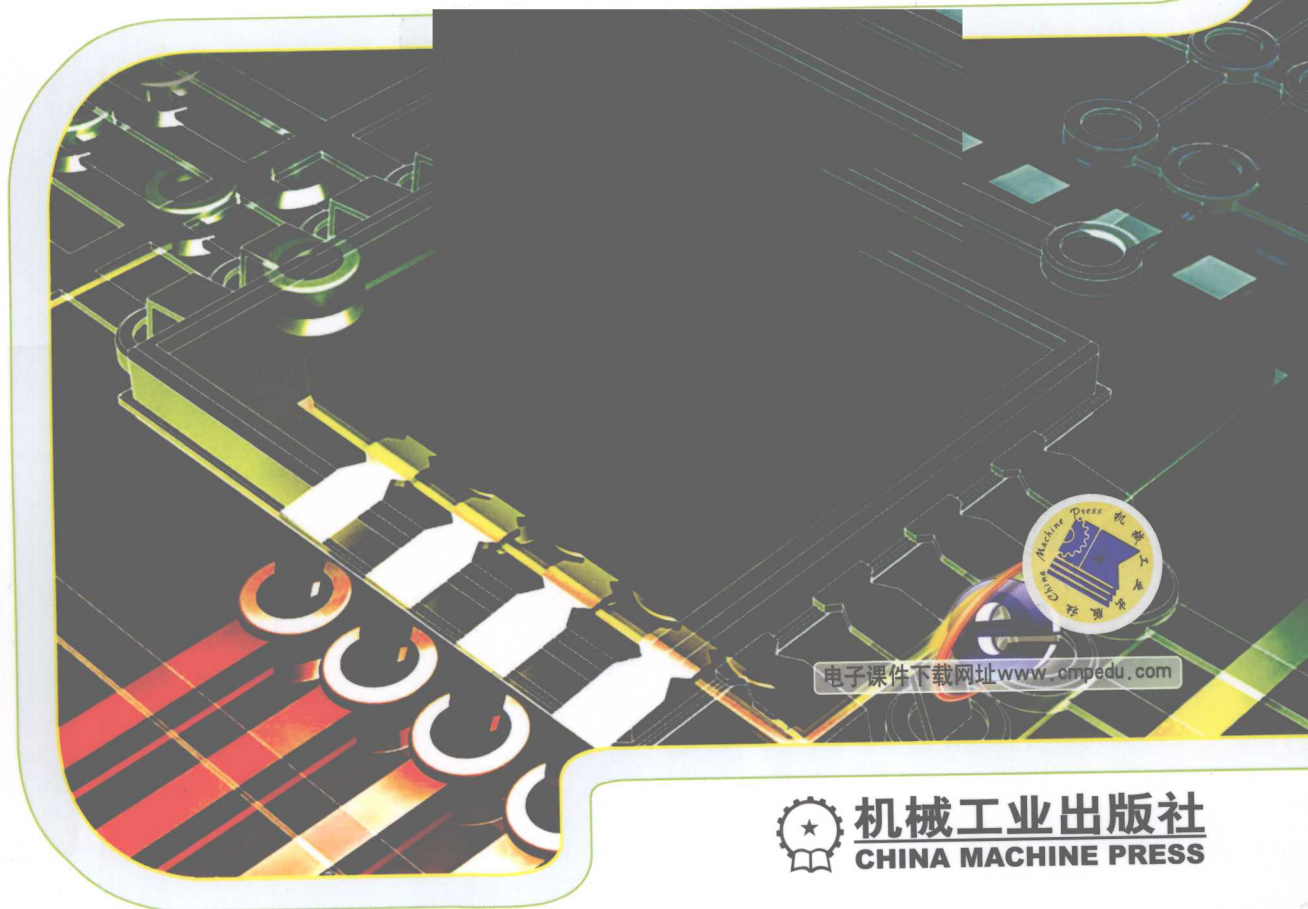




全国高等职业教育规划教材

S7-200 PLC 基础及应用

赵全利 李会萍 贾 磊 主 编
张 延 周 毅 万春林 等编著



电子课件下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

S7-200 PLC 基础及应用

赵全利 李会萍 贾磊 主编
张延 周毅 万春林 等编著



机械工业出版社

本书在简单介绍低压电器、PLC 基础知识及应用特点的基础上,从教学和应用的角度出发,系统地阐述了 S7-200 PLC 的性能特点、硬件结构、工作原理、编程资源及指令功能。通过大量工程实例,对 PLC 控制系统的编程环境、网络通信、设计思想、设计方法及调试过程进行了详尽阐述。本书每章均配有实训和思考练习题。

本书可作为高职院校电气电子工程、自动化、机电等专业的教学用书,也可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

S7-200 PLC 基础及应用/赵全利,李会萍,贾磊主编. —北京:机械工业出版社,2010.3

(全国高等职业教育规划教材)

ISBN 978-7-111-29736-9

I. S… II. ①赵…②李…③贾… III. 可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 023922 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:石隍辉

责任印制:杨 曦

北京富生印刷厂印刷

2010 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·16.25 印张·396 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-29736-9

定价:27.00 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

前 言

PLC 是以微处理器为基础,综合计算机技术、自动控制技术和通信技术发展而来的一种新型工业控制装置,在各种工业自动化控制领域中有广泛的应用。

本书以目前广泛应用的德国西门子 S7-200 PLC 为例,有针对性地介绍了 PLC 的结构、工作原理、硬件配置、指令系统、编程环境及网络通信等内容,并结合具体工程实例,对常用 PLC 控制系统的设计思想、设计步骤、设计方法及调试维护进行了详尽的讲述。本书通过大量由浅入深的 PLC 应用实例,引导读者逐步认识、熟知、应用 PLC,为 PLC 控制系统的开发和深入应用打下坚实的基础。

本书是根据不断发展的 PLC 控制技术以及编者多年的教学经验和工程实践,并在参阅同类教材和相关文献的基础上编写而成的,在内容的安排上,既注重通过 PLC 应用实例反映 PLC 的一般工作原理及其应用特点,又注重 PLC 工程应用的可操作性和实用性。

本书共有 9 章。第 1 章在简要介绍常用低压电器和电气控制电路的基础上,阐述了现代工业控制系统从继电器控制发展到 PLC 控制的过程,并对 PLC 的工作原理进行了分析;第 2 章主要介绍了 S7-200 PLC 的技术指标、硬件配置、编程软元件、数据类型及其寻址方式等;第 3~5 章详细介绍了 S7-200 PLC 的指令系统,通过实例介绍了梯形图的语法结构、指令格式以及利用梯形图设计控制系统的方法;第 6 章对 STEP7-Micro/WIN 编程工具的使用方法作了介绍;第 7 章主要介绍了 S7-200 PLC 通信网络的建立、通信组态的配置以及通信指令的应用等;第 8、9 章重点介绍了 PLC 控制系统的总体规划和软硬件设计,以几个工程控制系统设计为例,说明 PLC 在工业控制系统中的应用。全书在取材和编排上由浅入深,循序渐进,便于读者学习和教学使用。各章节中列举的 PLC 设计实例都经 STEP7-Micro/WIN 编程工具编译通过,并在 S7-200 PLC 开发系统上进行了硬件测试,可直接使用或稍作修改用于相关系统的设计。

本书由赵全利、李会萍、贾磊主编,张延、周毅、万春林等编著。其中第 1 章、第 2 章由周毅编写,第 3 章由贾磊编写,第 4 章、第 8 章、习题答案由万春林编写,第 5 章 5.4~5.9 节由赵全利编写,第 5 章 5.1~5.3 节、第 7 章由张延编写,第 6 章、第 9 章由李会萍编写,各章实训及思考练习题由刘云、贺洁编写,附录 A、附录 B、图表制作、文字录入及电子课件由柴云、刘克纯、李慧、翟丽娟、张国胜、彭守旺、彭春艳、崔瑛瑛、赵俊杰、庄建新、巩义云、丁新旺、岳爱英、李晓娟、魏蔚、胡峰、孙洪玲编写和完成。全书由刘瑞新教授主审定稿,赵全利、李会萍统稿,并对所有程序上机验证、优化和调试。

本书可作为高职院校电气电子工程、自动化、机电等专业的教学用书,也可供相关专业的技术人员参考。

本书在编写过程中参考和引用了许多文献,在此对文献的作者表示感谢。由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

为了方便教师、学生和自学者使用本书,本书配有电子教案以及所有例题、习题的源程序代码,读者可以到机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 免费下载。

编 者

目 录

前言	
第1章 电气控制与 PLC 基础	1
1.1 低压电器与电气控制电路	1
1.1.1 常用低压电器	1
1.1.2 电气控制电路基础知识	2
1.2 PLC 概述	4
1.2.1 PLC 的产生	5
1.2.2 PLC 的特点	5
1.2.3 PLC 的分类	7
1.2.4 PLC 的应用领域	8
1.2.5 PLC 的发展趋势	8
1.3 PLC 控制和继电器控制的区别	10
1.3.1 继电器接触式控制系统的组成	10
1.3.2 PLC 控制系统的组成	10
1.3.3 PLC 控制与继电器控制的区别	11
1.4 PLC 的工作原理	11
1.4.1 PLC 的扫描工作方式	11
1.4.2 PLC 的工作流程图	11
1.5 PLC 系统的基本结构	12
1.5.1 硬件结构	13
1.5.2 软件组成	17
1.6 PLC 的编程语言	18
1.6.1 常用的 PLC 编程语言	18
1.6.2 PLC 的程序结构	20
1.6.3 PLC 的简单应用实例	20
1.7 实训 PLC 的应用及简单实例	21
1.8 思考与练习	22
第2章 S7-200 PLC 硬件系统及编程资源	24
2.1 S7-200 PLC 硬件系统配置	24
2.1.1 S7-200 PLC 的硬件构成和性能特点	24
2.1.2 S7-200 CPU 的结构和扩展模块	27
2.1.3 CPU 模块连接图	30
2.2 S7-200 PLC 编程软元件	34
2.2.1 概述	34
2.2.2 软元件类型和功能	35
2.3 S7-200 PLC 的寻址方式	38
2.3.1 数据类型	38
2.3.2 直接寻址与间接寻址	39
2.4 实训 PLC 硬件连接及简单程序	42
2.5 思考与练习	44
第3章 S7-200 PLC 的基本指令及应用	45
3.1 概述	45
3.1.1 S7-200 PLC 编程软件简介	45
3.1.2 S7-200 PLC 指令基本格式	45
3.2 基本逻辑指令	46
3.2.1 触点输入/线圈驱动输出指令	46
3.2.2 逻辑与指令	48
3.2.3 逻辑或指令	48
3.2.4 逻辑块与指令	49
3.2.5 逻辑块或指令	49
3.2.6 置位/复位指令	50
3.2.7 立即指令	50
3.2.8 边沿触发指令	51
3.2.9 堆栈操作指令	52
3.2.10 取反/空操作指令	53
3.3 定时器指令	54
3.3.1 基本概念及定时器编号	54
3.3.2 通电延时定时器 TON (On-Delay Timer)	54
3.3.3 断电延时定时器 TOF (Off-Delay Timer)	55
3.3.4 保持型通电延时定时器 TONR (Retentive On-Delay Timer)	56
3.3.5 定时器当前值刷新方式	58

3.4	计数器指令	59	5.2	算术和逻辑运算指令	94
3.4.1	基本概念及计数器编号	59	5.2.1	算术运算指令	95
3.4.2	递增计数器 CTU (Count Up)	59	5.2.2	增减指令	99
3.4.3	递减计数器 CTD (Count Down)	60	5.2.3	数学函数指令	99
3.4.4	增减计数器 CTUD (Count UP/Down)	61	5.2.4	逻辑运算指令	101
3.5	比较指令	63	5.3	移位指令	102
3.5.1	比较指令运算符	63	5.3.1	左移和右移指令	102
3.5.2	比较数据类型	63	5.3.2	循环左移和循环右移指令	103
3.5.3	比较指令格式	64	5.3.3	移位寄存器指令	104
3.6	程序控制指令	65	5.4	表功能指令	105
3.6.1	跳转指令	66	5.4.1	填表指令	106
3.6.2	循环指令	67	5.4.2	查表指令	107
3.6.3	停止、结束及看门狗复位指令	68	5.4.3	表中取数指令	108
3.6.4	子程序	69	5.5	转换指令	109
3.6.5	“与” ENO 指令	75	5.5.1	数据类型转换指令	109
3.7	实训 常用基本逻辑指令 编程练习	76	5.5.2	编码和译码指令	112
3.8	思考与练习	79	5.5.3	七段显示码指令	112
			5.5.4	字符串转换指令	114
第 4 章	S7-200 PLC 顺序控制指令 及应用	81	5.6	中断指令	116
4.1	PLC 功能图概述	81	5.6.1	中断源、中断事件号及中断 优先级	116
4.1.1	功能图基本概念	81	5.6.2	中断指令的格式与功能	118
4.1.2	功能图结构	82	5.6.3	中断设计步骤	119
4.1.3	功能图转换成梯形图	83	5.7	高速处理指令	121
4.2	顺序控制指令	84	5.7.1	高速计数指令	121
4.2.1	顺序控制指令的格式与功能	84	5.7.2	高速脉冲输出	126
4.2.2	顺序控制指令示例	86	5.8	PID 操作指令	127
4.2.3	顺序控制指令使用说明	87	5.8.1	PID 算法	127
4.3	实训 顺序控制指令编程 练习	89	5.8.2	PID 回路输入转换及标准化 数据	128
4.4	思考与练习	90	5.8.3	回路输出值转换成标定数据	129
第 5 章	S7-200 PLC 功能指令及 应用	91	5.8.4	正作用和反作用回路	129
5.1	数据传送指令	91	5.8.5	回路输出变量范围、控制方式及 特殊操作	130
5.1.1	单个数据传送指令	91	5.8.6	PID 回路表	131
5.1.2	块传送指令	93	5.8.7	PID 回路指令	131
5.1.3	字节交换与填充指令	94	5.8.8	PID 编程步骤及应用	132
			5.9	时钟指令	134
			5.9.1	读实时时钟指令 TODR	134

5.9.2 写实时钟指令 TODW	135	7.3 实训 S7-200 PLC 网络通信 实验	181
5.10 实训 中断等功能指令编程 练习	135	7.4 思考与练习	182
5.11 思考与练习	137	第8章 PLC 控制系统简介	184
第6章 STEP7-Micro/WIN 编程软件 及应用	139	8.1 PLC 控制系统的结构类型	184
6.1 STEP7-Micro/WIN V4.0 安装	139	8.1.1 单机控制系统	184
6.1.1 计算机配置要求	139	8.1.2 集中控制系统	184
6.1.2 硬件连接	139	8.1.3 远程 I/O 控制系统	184
6.1.3 软件安装	140	8.1.4 分布式控制系统	185
6.1.4 在线连接	142	8.2 PLC 控制系统的设计步骤	185
6.2 STEP7-Micro/WIN V4.0 功能 简介	144	8.3 PLC 硬件配置选择与外围 电路	186
6.2.1 编程软件基本功能	144	8.3.1 PLC 硬件配置	186
6.2.2 窗口组件及功能	145	8.3.2 PLC 外围电路	187
6.3 程序编辑	147	8.4 PLC 软件设计	188
6.3.1 建立项目	148	8.4.1 PLC 软件设计的基本原则	188
6.3.2 编辑程序	149	8.4.2 PLC 软件设计的内容和步骤	189
6.3.3 创建逻辑网络的规则	153	8.5 PLC 控制系统运行方式及 可靠性	189
6.4 编译下载	153	8.5.1 PLC 控制系统的运行方式	189
6.4.1 程序编译	153	8.5.2 PLC 控制系统的可靠性	190
6.4.2 程序下载	154	8.6 PLC 控制系统安装调试	191
6.5 调试监控	156	8.6.1 PLC 控制系统的安装	191
6.5.1 PLC 的工作模式	156	8.6.2 PLC 控制系统的调试	192
6.5.2 选择扫描次数	157	8.7 PLC 控制系统应用实例	192
6.5.3 状态监控	157	8.7.1 原理介绍	193
6.6 实训 STEP7-Micro/WIN 编程 软件练习	159	8.7.2 系统控制要求	193
6.7 思考与练习	161	8.7.3 控制系统 I/O 资源分配	193
第7章 S7-200 PLC 网络通信及 应用	164	8.7.4 选定 PLC 型号	193
7.1 S7-200 PLC 网络通信实现	164	8.7.5 控制系统原理图	194
7.1.1 S7-200 PLC 网络通信概述	164	8.7.6 控制系统软件设计	194
7.1.2 S7-200 PLC 网络通信协议	168	8.8 实训 步进电动机运动控制	195
7.1.3 网络通信配置实例	171	8.9 思考与练习	197
7.2 S7-200 PLC 通信指令和应用	172	第9章 PLC 控制系统设计实例	198
7.2.1 网络读与网络写指令	172	9.1 三相异步电动机带延时的正反转 控制设计	198
7.2.2 发送与接收指令	176	9.1.1 工作原理	198
7.2.3 获取与设置通信口地址指令	180	9.1.2 系统控制要求	198
		9.1.3 控制系统 I/O 资源分配	199

9.1.4	选定 PLC 型号	199	9.4.6	控制系统软件设计	213
9.1.5	控制系统接线图	199	9.5	自动搬运车控制系统设计	215
9.1.6	控制系统软件设计	200	9.5.1	工艺过程	215
9.2	水塔水位实时检测控制系统设计	203	9.5.2	系统控制要求	216
9.2.1	工艺过程	203	9.5.3	控制系统 I/O 资源分配	217
9.2.2	系统控制要求	204	9.5.4	选定 PLC 型号	217
9.2.3	控制系统 I/O 资源分配	204	9.5.5	控制系统接线图	217
9.2.4	选定 PLC 型号	204	9.5.6	控制系统软件设计	218
9.2.5	控制系统接线图	204	9.6	炼钢厂喂丝机控制系统	224
9.2.6	控制系统软件设计	205	9.6.1	工艺过程	224
9.3	散装物料输送系统设计	206	9.6.2	系统控制要求	226
9.3.1	工艺过程	206	9.6.3	控制系统 I/O 资源分配	226
9.3.2	系统控制要求	207	9.6.4	选定 PLC 型号	227
9.3.3	控制系统 I/O 资源分配	207	9.6.5	控制系统接线图	227
9.3.4	选定 PLC 型号	208	9.6.6	控制系统软件设计	228
9.3.5	控制系统接线图	208	9.7	实训 机械手动动作模拟	232
9.3.6	控制系统软件设计	208	9.8	思考与练习	235
9.4	叶片式混料机控制设计	211	附录		237
9.4.1	工艺过程	211	附录 A	电气简图用图形符号 (部分)	237
9.4.2	系统控制要求	211	附录 B	S7-200 PLC 基本指令集	239
9.4.3	控制系统 I/O 资源分配	212	部分习题参考答案		242
9.4.4	选定 PLC 型号	213	参考文献		249
9.4.5	控制系统接线图	213			

第1章 电气控制与PLC基础

传统电气控制系统常用的元器件主要是继电器和接触器等。随着电子技术、自动控制技术及计算机科学技术的迅速发展,计算机控制系统得到了广泛地应用,可编程序控制器已成为工业自动化控制系统的主要装置。

可编程序控制器(Programmable Logic Controller, PLC)是电气控制技术和计算机科学技术相结合的产物。PLC以微处理器为核心,能够执行逻辑运算、定时、计数、模拟信号处理及PID运算等功能,是一种新型的工业自动化控制装置。

本章在简要介绍常用低压电器和电气控制电路的基础上,阐述了现代工业从电气控制发展到PLC控制的过程,然后介绍了PLC的硬件结构、软件组成、编程语言及PLC的基本工作原理。

1.1 低压电器与电气控制电路

1.1.1 常用低压电器

低压电器是指工作在交流1200V以下或直流1500V以下的电路中,能够依据操作信号或外界现场信号的要求,手动或自动地改变电路的状态、参数,实现对电路或被控对象的通断、切换、控制、检测、变换、调节和保护等作用的电器。随着电子技术、自动控制技术及计算机科学技术的发展,低压电器正在向小型化、智能化、自动化方向发展。

1. 低压电器的作用

低压电器在电气控制技术中占有相当重要的地位,主要有控制、保护、指示等作用。

- 1) 控制作用。如电动机的起动和停止、开关延时、电梯自动停层、电动扶梯快慢速切换等。
- 2) 保护作用。低压电器可以对设备、环境以及人身实行自动保护,如电动机的过热保护、电网的短路保护、漏电保护等。
- 3) 指示作用。利用低压电器的控制、保护等功能,可以检测出设备运行状况与电气电路工作情况,如绝缘监测、保护掉牌指示等。

2. 低压电器的分类

低压电器种类很多,其功能、规格、用途各不相同。常用低压电器有开关电器、主令电器、接触器、继电器、熔断器、控制器等,其主要品种和用途见表1-1。

表1-1 常见低压电器

类别	主要品种	用途
开关电器	限流式断路器、漏电保护式断路器、直流快速断路器、框架式断路器等	主要用于电路的过负载、短路、欠电压、漏电压保护,也可用于不频繁接通和断开的电路
	开关板用刀开关、负荷开关、熔断器式刀开关、组合开关、换向开关等	主要用于切除电源,也可用于负载的通断或电路的切换;可以将电路与电源隔离,以保障检修人员的安全

(续)

类别	主要品种	用途
主令电器	断路器	主要用于低压动力电路、分配电能的电路和不频繁通断的电路,具有出现故障后自动断开功能
	控制按钮	用于短间接通和断开小电流控制电路
	微动开关、接近开关等	当其他物体与感应头接近时,可以发出一个电信号来控制电路的通断
	行程开关	用于检测运动机械的位置,控制运动部件的运动方向、行程长短以及限位保护
	指示灯	用于指示电路的工作状态,也可用作预警、故障及其他信号的指示
接触器	交流接触器、直流接触器	用于频繁通断的交、直流主电路,并可以实现远程控制,主要用来控制电动机、电阻炉和照明器具等电力负载
继电器	电流继电器	根据输入电流的变化控制触点的动作
	电压继电器	根据输入电压的变化控制触点的动作
	时间继电器	按照预定时间接通或断开电路
	中间继电器	在控制电路中完成触点类型转换和信号放大
	速度继电器	多用于三相笼型异步电动机的反接制动控制,当电动机反接制动过程结束、转速为零时,自动切除反相电源,以保证电动机可靠停车
	热继电器	对连续运行的电动机进行过载保护,防止电动机因过热而烧毁,还具有断相保护、温度补偿、自动与手动复位等功能
熔断器	有填料熔断器、无填料熔断器、半封闭插入式熔断器、快速熔断器等	主要用于电路短路保护,也用于电路的过载保护
控制器	起重电磁铁、牵引电磁铁等	主要用于起重、牵引、制动等场合
	电磁起动器、自耦减压起动器等	主要用于电动机的起动控制
	凸轮控制器、平面控制器等	主要用于控制回路的切换

1.1.2 电气控制电路基础知识

电气控制电路是指根据一定的控制方式用导线将接触器、继电器、行程开关、按钮等电器元件连接组成的一种电路,具有制动、调速及换向等功能。

电气控制系统图用各电器元件及其连接电路来表达电气控制系统的结构、功能及原理等图样。依据电气控制系统图,使用者可以完成系统的安装、调试、使用及维修。常用的电气控制系统图有电路原理图、电器布置图和安装接线图三种。电气控制系统图是根据国家标准,用规定的图形符号、文字符号及电气规范绘制而成的,使用不同的图形符号表示各种不同的电器元件,文字符号用于说明电器元件的基本名称、用途、编号及主要特征等。

1. 常用电器的图形符号和文字符号

(1) 图形符号

图形符号通常用于图样或其他文件,用以表示一个设备或概念的图形、标记或字符。

(2) 文字符号

文字符号分为基本文字符号和辅助文字符号。文字符号适用于电气技术领域中的技术文件的编制,也可用在电气设备、装置和元件上(或其近旁)来标明它们的名称、功能、状态和特征。如 R 表示电阻器类, C 表示电容器类等。

我国规定从 1990 年 1 月 1 日起,电气系统图中的图形符号和文字符号必须符合最新国家标准。常用电器图形符号、文字符号见附录 A (GB/T4728. 1 ~ 4728. 13—1996 ~ 2000)。

2. 常用电气控制电路的设计步骤

1) 根据要求设计电路原理图。

2) 电路原理图设计完成后,依照设计的电路选择电器元件,包括断路器、熔断器、接触器和继电器等。

- 断路器的选择。断路器的额定电压和额定电流应不小于电路正常工作的电压和电流;热脱扣器的整定电流应与所控制电动机的额定电流或负载额定电流一致;电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载电路正常工作时的尖峰电流。
- 熔断器的选择。熔断器的类型应根据电路要求、使用场合和安装条件选择;额定电压应大于或等于电路的工作电压;熔体的额定电流应为负载工作电流的 2 ~ 3 倍。
- 接触器的选择。接触器的类型应根据其控制的负载性质来选择;额定电压应大于或等于负载回路的电压;额定电流应大于或等于被控回路的电流;吸引线圈的额定电压应与所接控制电路的电压一致;触点数量和种类应满足主电路和控制电路的要求。
- 时间继电器的选择。应根据控制电路的要求来选择时间继电器的延时方式,即通电延时型或断电延时型;根据延时准确度要求和延时长短要求来选择延时时间范围;根据使用场合、工作环境选择合适的时间继电器。
- 热继电器的选择。热继电器的选择应从电动机的工作环境、起动情况、负载性质等因素来考虑。

3) 元件选择完毕后,应对配电盘进行设计,要求设计美观、用料节约、安全、可靠。

4) 配电盘设计完成后,应对其进行空载调试。

5) 空载调试无误后,对配电盘进行负载调试,直至系统运行成功。

3. 电气控制电路应用实例

三相异步电动机以结构简单、价格便宜、坚固耐用等优点得到了广泛的应用。三相异步电动机的控制电路大多由继电器、接触器和按钮等有触点的电器组成。下面以三相异步电动机的自锁起动控制电路和绕线式电动机的起动控制电路为例,简要介绍三相异步电动机控制电路的基本组成和工作原理。

(1) 自锁起动控制电路

图 1-1 是一个基本的三相异步电动机自锁起动控制电路。主电路由电动机 M、热继电器 FR、接触器 KM 的主常开触点、熔断器 FU1 以及刀开关 QS 构成。控制电路由熔断器 FU2、停止按钮

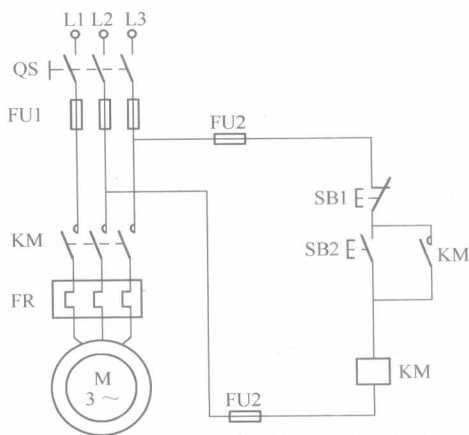


图 1-1 电动机自锁起动控制电路

SB1、起动按钮 SB2、接触器 KM 的辅助常开触点及它的线圈组成。注意，本例中控制电路的工作电压为两相电压。

控制电路起动时，合上刀开关 QS，主电路引入三相电源。按下起动按钮 SB2，接触器 KM 线圈通电，其常开主触点闭合，电动机接通电源开始全起动；同时接触器 KM 的辅助常开触点闭合，这样当松开起动按钮 SB2 后，接触器 KM 线圈仍能通过其辅助触点通电并保持吸合状态。这种依靠接触器本身辅助触点使其线圈保持通电的状态称为自锁，起自锁作用的触点称为自锁触点。按下停止按钮 SB1，接触器 KM 线圈失电，则其主触点断开，切断电动机三相电源，电动机 M 自动停止；同时接触器 KM 自锁触点也断开，控制回路解除自锁，KM 断电。松开停止按钮 SB1，控制电路又回到起动前的状态。

(2) 绕线式电动机转子绕组串电阻起动控制电路

转子绕组串电阻起动控制电路又可细分为按钮操作控制电路、时间原则控制绕线式电动机串电阻起动控制电路、电流原则控制绕线式电动机串电阻起动控制电路。图 1-2 为按钮操作转子绕组串电阻起动控制电路图。

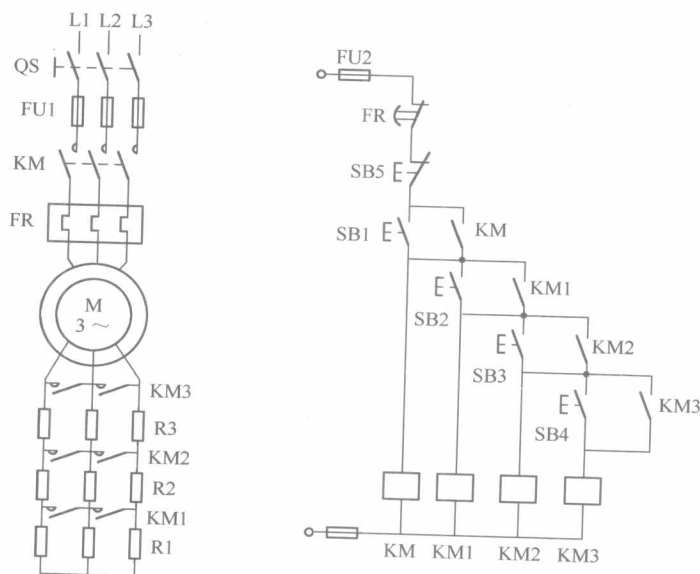


图 1-2 按钮操作转子绕组串电阻起动控制电路

合上电源开关 QS，按下 SB1，KM 得电吸合并自锁，电动机全电阻起动。经一定时间后，按下 SB2，KM1 得电吸合并自锁，KM1 主触点闭合切除第一级电阻 R1，电动机转速继续升高。经一定时间后，按下 SB3，KM2 得电吸合并自锁，KM2 主触点闭合切除第二级电阻 R2，电动机转速继续升高。当电动机转速接近额定转速时，按下 SB4，KM3 得电吸合并自锁，KM3 主触点闭合，切除全部电阻，起动结束，电动机在额定转速下正常运行。

1.2 PLC 概述

通俗地说，PLC 就是专用的、便于扩充的计算机控制装置。

国际电工委员会（IEC）对 PLC 的定义是：“可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字式、模拟式的输入和输出控制各种类型的机械和生产过程。可编程序控制器及其外围设备，都应按易于使工业控制系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

1.2.1 PLC 的产生

PLC 问世以前，人们主要利用继电器接触式控制系统控制工业生产过程。继电器接触式控制系统主要由继电器、接触器、按钮、行程开关等组成，具有结构简单、价格低廉、维护容易、抗干扰能力强等优点，在工业控制领域中有广泛的应用。但是，继电器接触式控制系统采用固定的接线方式，灵活性差、工作频率低、触点易损坏、可靠性差。

20 世纪 60 年代，随着工业自动化程度的提高和计算机科学技术的飞速发展，对工业控制器的要求也越来越高。1968 年，美国通用汽车公司（GM）为了适应生产工艺不断更新的需要，提出了把计算机的完备功能以及灵活性好、通用性强等优点与继电器接触式控制系统的简单易懂、操作便捷、价格低廉等特性结合起来，做成一种能适应工业环境的通用控制装置，并简化编程方法及程序输入方法，使不熟悉计算机的人员也能很快掌握。

1969 年美国数字设备公司（DEC）根据美国通用汽车公司的要求研制出了第一台 PLC（PDP-14），并在美国通用汽车公司的生产线上试用成功，取得了满意的效果，PLC 自此诞生。

20 世纪 70 年代，随着微电子技术的发展，出现了微处理器和微型计算机。微型技术被应用到 PLC 中，不仅用逻辑编程取代硬接线逻辑，还增加了运算、数据传送和处理等功能，使 PLC 真正成为一种工业控制计算机设备。

进入 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快速发展，以 16 位和 32 位微处理器构成的微机化 PLC 得到了迅猛发展，使 PLC 在各个方面都有了新的突破，不仅功能增强，体积、功耗减小，成本下降，可靠性提高，而且在远程控制、网络通信、数据图像处理等方面也得到了长足的发展。目前，世界各国的一些著名的电气工厂几乎都在生产 PLC 装置。PLC 已作为一个独立的工业设备被列入生产中，成为当代电气控制装置的主导。

PLC 在我国的研制、生产和应用也获得了迅猛发展。在 20 世纪 80 年代初，随着 PLC 装置的引进，在改造传统设备和设计新设备中，PLC 的应用逐年增多，并取得了显著的经济效益。

1.2.2 PLC 的特点

1. 编程方法简单易学

PLC 是面向用户的设备，可以采用梯形图和面向工业控制的简单指令语句编写程序。梯形图是最常用的可编程序控制器的编程语言，其编程符号和表达方式与继电器电路原理图相似。

梯形图语言形象直观，易学易懂，熟悉继电器电路图的工程技术人员只需花少量时间就可熟练掌握梯形图编程语言。梯形图语言实际上是一种面向用户的高级语言，可编程序控制

器在执行梯形图程序时，用编译程序将它“翻译”成机器语言后再去执行。

2. 功能强，性价比高

一台小型 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程元件，可以实现非常复杂的控制功能。此外，PLC 还可以通过网络通信，实现分散控制、集中管理。与相同功能的继电器系统相比，PLC 具有更高的性价比。

3. 硬件配套齐全，适应性强

PLC 及外围模块品种繁多，可以灵活方便地组合成满足不同要求的控制系统。在使用时，只需在 PLC 的端子上接入相应的输入/输出 (I/O) 信号线即可完成电路连接，不需要诸如继电器之类的物理电子器件和大量繁杂的连接电路。

PLC 的 I/O 端可以直接与交流 (AC) 220V 或直流 (DC) 24V 的电信号相接，还具有较强的驱动负载的能力，可以直接驱动一般的电磁阀和交流接触器的线圈。

4. 可靠性高，抗干扰能力强

PLC 在电子电路、机械结构及软件结构等方面采取了一系列抗干扰措施，能使 PLC 的平均无故障工作时间达数万小时以上。

在硬件结构方面，PLC 的 I/O 通道采用光电隔离，有效地抑制了外部干扰源的影响；对供电电源及电路采用多种形式的滤波，以消除或抑制高频干扰；对 CPU 等重要部件采用导电、导磁材料进行屏蔽，以减少空间电磁干扰。

在软件方面，PLC 采用扫描工作方式，减少了由于外界环境干扰引起的故障。在 PLC 系统程序中设有故障检测和自诊断程序，这些程序能对系统硬件电路的故障实现检测和判断。当外界干扰引起故障时，PLC 能立即将当前重要信息加以封存，禁止任何不稳定的读写操作，一旦外界环境正常，PLC 又可恢复到故障发生前的状态，继续原来的工作。

另外，PLC 在耐热、防潮、防尘、抗振等方面也都有精巧的设计。

5. 体积小，功耗低

PLC 体积小、重量轻，便于安装。在复杂控制系统中使用 PLC 后，可大大缩小控制系统的体积。PLC 便于植入各种机械设备，实现机电一体化。

在控制系统中采用 PLC，减少了各种时间继电器和中间继电器的数量，可以降低能耗。

6. 系统的设计、安装、调试工作量小

PLC 用软件功能取代了继电器接触式控制系统中大量的继电器、计数器等元器件，大大减少了控制柜的设计、安装及接线工作。

PLC 的梯形图编程方法规律性强、容易掌握。对于复杂控制系统，设计梯形图所需的时间比设计继电器系统电路所需时间要少得多。

PLC 的程序可以先模拟调试，将输入信号的装置用小开关代替，输出信号的状态可通过 PLC 上的发光二极管指示，调试好后再将 PLC 安装在现场统一调试。调试过程中发现的问题一般通过修改程序就可以解决，所需调试时间比继电器系统的调试时间要少得多。

7. 维护方便工作量小

PLC 的故障率非常低，并且有完善的自诊断和显示功能。当 PLC 自身、外部的输入装置或执行机构发生故障时，可以根据 PLC 上的发光二极管或编程器提供的信息迅速查明故障的原因。如果是 PLC 自身故障，可用更换模块的方法迅速排除。

1.2.3 PLC 的分类

PLC 的种类有很多,功能也不尽相同。对 PLC 进行分类时,一般按照以下原则进行。

1. 按硬件结构分类

根据硬件结构的不同,可大致将 PLC 分为整体式和模块式。

(1) 整体式 PLC

整体式 PLC 是将 CPU、I/O 接口、电源等部件集中装在一个机箱内,具有结构紧凑、体积小、价格低、安装方便的特点。整体式 PLC 提供多种不同 I/O 点数的基本单元和扩展单元供用户选择。基本单元包含 CPU、I/O 接口、与 I/O 扩展单元相连的扩展口、与编程器或 EPROM 写入器相连的接口等。扩展单元内只有 I/O 接口和电源等,没有 CPU。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接,各单元输入点和输出点的比例一般也是固定的。整体式 PLC 还配备多种特殊功能单元,如模拟量 I/O 单元、位置控制单元、数据 I/O 单元等,使 PLC 的功能得到了进一步的扩展。

小型 PLC 一般采用整体式结构,如西门子 S7-200 PLC 系列。

(2) 模块式 PLC

模块式 PLC 由机架和具有各种不同功能的模块组成,各模块可直接挂接在机架上,模块之间则通过背板总线连接起来。各模块功能独立,外形尺寸统一,使用的模块可根据需要灵活配置。厂家一般都备有不同槽数的机架供用户选择。如果一个机架容纳不下所选用的模块,可以增设一个或多个扩展机架,各机架之间用接口模块和电缆相连。

大、中型 PLC 多采用这种结构形式,如西门子 S7-300 系列、S7-400 系列。

整体式 PLC 每个 I/O 点的平均价格比模块式 PLC I/O 点的价格便宜,在小型控制系统中一般采用整体式结构。但模块式 PLC 的硬件组态方便灵活,I/O 点数的多少、I/O 点数的比例、I/O 模块的使用等方面的选择余地都比整体式 PLC 大,维修时更换模块、判断故障范围也很方便,因此较复杂的、要求较高的系统一般选用模块式 PLC。

2. 按功能分类

根据 PLC 的功能可将 PLC 分为低档、中档、高档三类。

(1) 低档 PLC

低档 PLC 具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能,还具有算术运算、数据传送、比较、通信以及进行少量模拟量输入输出等扩展功能,主要用于逻辑控制、顺序控制或少量模拟量控制的单机控制系统。

(2) 中档 PLC

中档 PLC 除具有低档 PLC 的功能外,还具有较强的模拟量输入输出、算术运算、数据传送和比较、数制转换、远程输入/输出、子程序、通信联网等功能。有些还可增设中断控制、PID (Proportional Integral Derivative) 控制等功能,适用于复杂控制系统。

(3) 高档 PLC

高档 PLC 除具有中档 PLC 的功能外,还增加了带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算、平方根运算以及其他特殊功能函数的运算、制表及表格传送等功能。高档 PLC 具有更强的通信功能,可用于大规模过程控制系统或分布式网络控制系统,更利于实现工厂自动化。

3. 按 I/O 点数分类

根据 I/O 点数的多少, 可将 PLC 分为小型 PLC、中型 PLC 和大型 PLC 三类。

(1) 小型 PLC

小型 PLC 的 I/O 点数在 256 点以下。其中, I/O 点数小于 64 点的称为超小型或微型 PLC。

(2) 中型 PLC

中型 PLC 的 I/O 点数在 256 ~ 2048 点之间。

(3) 大型 PLC

大型 PLC 的 I/O 点数在 2048 点以上。其中, I/O 点数超过 8192 点的称为超大型 PLC。

在实际使用中, PLC 功能的强弱一般与其 I/O 点数的多少是相互关联的, PLC 的功能越强, 其可配置的 I/O 点数越多。通常所说的小型 PLC、中型 PLC、大型 PLC, 除表明其 I/O 点数不同外, 同时也表明其对应的档次 (低档、中档、高档)。

1.2.4 PLC 的应用领域

随着微处理器芯片价格的下降, PLC 的成本越来越低, 功能也越来越强大, 不仅能替代继电控制系统, 还能解决模拟量控制及较复杂的计算和通信问题。因此, PLC 的应用范围越来越广, 其应用领域可以归纳为以下几个方面。

1. 开关量的逻辑控制

开关量的逻辑控制是 PLC 最基本、应用最广泛的功能, 可用于取代传统的继电控制系统, 实现逻辑控制、顺序控制。

开关量的逻辑控制可用于单机控制, 也可用于多机群及自动生产线的控制, 如印刷机械、包装机械、组合机床、电镀流水线、电梯控制等。

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, 现在一般使用专用运动模块来实现。

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相互转换, 可实现对温度、压力、流量等模拟量的 PID 控制。当过程控制中某个变量出现偏差时, PID 控制算法会计算出正确的输出, 使被控量按照要求恢复到设定值上。

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)、数据传递、排序、查表以及位操作等功能, 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。

5. 联机通信

PLC 通过通信线路可以方便地实现与其他 PLC、上位机及其他智能设备之间的通信, 便于构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统。

1.2.5 PLC 的发展趋势

经过 40 多年的发展, PLC 在美国、德国、日本等工业发达国家已成为重要的产业之一,

世界总销量不断上升，生产厂家不断涌现，品种不断更新，产品价格不断下降。目前，世界上有 200 多个厂家生产 PLC，比较著名的厂家有美国的 AB、通用电气（GE）、莫迪康公司（MODICON）；日本的三菱（MITSUBISHI）、富士（FUJI）、欧姆龙（OMRON）等；德国的西门子公司（SIEMENS）；法国的施耐德公司（SCHNEIDER）；韩国的三星（SAMSUNG）、LG 公司等。

随着科学技术的发展，PLC 正向着高集成度、小体积、大容量、高速度、易使用、高性能的方向发展。

1. 大容量、小体积、多功能

大型 PLC 的 I/O 点数可达 14336 点，采用 32 位微处理器、多 CPU 并行处理、大容量存储器、高速扫描，可同时进行多任务操作，特别是增强了过程控制和数据处理功能。

模块化结构的发展，增加了 PLC 配置的灵活性，将原来大中型 PLC 的功能部分地移植到小型 PLC 上，降低了成本，操作使用十分方便，使其成为现代电气控制系统中不可替代的控制设备。

2. 标准化的编程语言

PLC 的软硬件体系结构都是封闭的。为了使各厂家 PLC 产品相互兼容，国际电工协会（IEC）制订了可编程序逻辑控制器标准（IEC1131），其中 IEC1131-3 是 PLC 的语言标准。该标准中有顺序功能图（SFC）、梯形图、功能块图、指令表和结构文本 5 种编程语言，允许编程者在同一程序中使用多种编程语言。

目前已有越来越多的工控产品厂商推出了符合 IEC1131-3 标准的 PLC 指令系统或在个人计算机上运行的软件包。例如，西门子的 STEP7-Micro/WIN V4.0 编程软件给用户提供了两套指令集，一套符合 IEC1131-3 标准，另一套指令集（SIMATIC 指令集）中的大多数指令也符合 IEC1131-3 标准。

3. 多样化智能 I/O 模块

智能型 I/O 模块是以微处理器和存储器为基础的功能部件，它们的 CPU 和 PLC 的主 CPU 并行工作，占用主 CPU 的时间很少，有利于提高 PLC 的扫描速度。智能型 I/O 模块本身就是一个小的微型计算机系统，有很强的信息处理能力和控制功能，有的模块甚至可以自成系统，单独工作。智能型 I/O 模块可以完成 PLC 主 CPU 难以兼顾的功能，简化某些控制领域的系统设计和编程，提高 PLC 的适应性和可靠性。

智能型 I/O 模块主要有模拟量 I/O 模块、高速计数输入模块、中断输入模块、机械运动控制模块、热电偶输入模块、热电阻输入模块、条形码阅读器、多路 BCD 码 I/O 模块、模糊控制器、PID 回路控制模块、通信模块等。

4. 软件化 PLC 功能

目前已有许多厂家推出了在工业计算机上运行的可实现 PLC 功能的软件包，基于计算机的编程软件包正逐步取代编程器。随着计算机在工业控制现场的广泛应用，与之配套的工业控制系统组态软件也相应产生。利用这些软件可以方便地进行工业控制流程的实时动态监控，完成各种复杂的控制功能，同时提高系统可靠性，节约控制系统的设计时间。

5. 现场总线型 PLC

使用现场总线后，控制系统的配线、安装、调试和维护等方面的费用可以节约 2/3 左右，而且操作员可以在中央控制室实现远程控制、对现场设备进行参数调节，也可通过设备