

机械设计制造及其自动化专业课程群系列

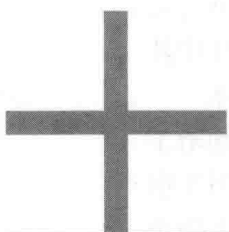
可编程序控制器 原理及其应用

- ◎ “互联网+”时代，让学习可以移动互联
- ◎ 扫二维码，链接海量资源，随时随地学习
- ◎ 提供丰富教学资源（课件/视频/文档等），方便教与学

主 编 赵春华
副主编 陈法法

“互联网+”
新形态教材

普通高等教育“十三五”精品规划教材



机械设计制造及其自动化专业课程群系列

可编程序控制器 原理及其应用



主 编 赵春华
副主编 陈法法

 中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书以国内广泛使用的西门子公司 S7-1200 PLC 为背景,介绍了 PLC 的工作原理、特点、硬件结构、编程元件与指令系统,并从工程应用出发详细介绍了梯形图程序的常用设计方法、PLC 系统设计与调试方法、PLC 在实际应用中应注意的问题等。

为了适应新的发展需要,本书还介绍了 PLC 在工业生产环节、各类机床控制系统和不同工程机械中的应用。为了便于读者学习,本书加强了实践训练部分的内容介绍,各章配有适量的习题。本书配有丰富的二维码资源(微课/视频/图片/文档/源程序/实验指导等),方便读者随时随地学习。

本书在编写时力求内容由浅入深、通俗易懂、理论联系实际、注重应用,可作为普通高等院校机械设计制造及其自动化、自动化、电气工程、电子信息、机电一体化及相关专业的教学用书,也可供高等职业院校、成人高校的相关专业选用,还可以作为工业自动化技术人员的培训教材和自学参考书。

本书提供免费的教学课件,可以到中国水利水电出版社网站下载,网址为: <http://www.waterpub.com.cn/>。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器原理及其应用 / 赵春华主编. -- 北京:中国水利水电出版社,2018.7
普通高等教育“十三五”精品规划教材
ISBN 978-7-5170-6649-1

I. ①可… II. ①赵… III. ①可编程序控制器—高等学校—教材 IV. ①TM571.61

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第165399号

书 名	普通高等教育“十三五”精品规划教材 可编程序控制器原理及其应用 KEBIAN CHENGXU KONGZHIQI YUANLI JI QI YINGYONG
作 者	主 编 赵春华 副主编 陈法法
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京智博尚书文化传媒有限公司
印 刷	三河市龙大印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 16.5印张 401千字
版 次	2018年7月第1版 2018年7月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	42.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

PREFACE 前言

可编程序控制器是指可通过编程或软件配置改变控制对策的控制器。它具有体积小、重量轻、能耗低、可靠性高、适用性强、易学易用、维护方便等特点，并深受工程技术人员欢迎。目前，PLC 在国内外已广泛应用于各个行业，其中 PLC 在工程机械控制系统中发挥着至关重要的作用。

本书以国内广泛使用的西门子公司 S7-1200 PLC 为背景，介绍了 PLC 的工作原理、特点、硬件结构、编程元件与指令系统，并从工程应用出发详细介绍了梯形图程序的常用设计方法、PLC 系统设计与调试方法、PLC 在实际应用中应注意的问题，非常适合初学者入门学习。另外，本书内容编排上力求理论基础与工程实训相结合，通过列举大量的工程案例，展示 PLC 的广泛应用。为了激发学习者的兴趣，本书结合 PLC 在日常生活中的应用，着重讲述 PLC 在数控机床和工程机械控制的实例设计，由浅入深地介绍 PLC 在机械控制方面的应用，并且所有实例都包含了完整的 PLC 程序，所有程序均经过调试运行，可以让读者更好地借鉴与学习。

本书本着“以学生为中心，以能力为本位”的理念，着重于应用性阐述，侧重培养学生的工程实际应用能力。本书内容详尽，实例丰富，讲解力求做到循序渐进、由浅入深、通俗易懂、易学易教。

全书共 10 章，第 1 章和第 2 章着重介绍电气控制基础及电气控制系统，以引入 PLC 的学习；第 3 章至第 8 章重点阐述 PLC 的基础知识、编程指令系统、程序设计方法、控制系统的设计以及在通信网络中的应用；第 9 章至第 10 章从日常电气、工业电气、工程机械三方面进行实际应用举例。

为便于阅读和学习，作者精心挑选了部分实训内容录制成视频，并以二维码形式印制于书中，读者通过扫码即可观看视频。本书还提供了丰富的二维码资源（微课、视频、图片、文档、源程序、实验指导等），希望使读者的学习过程更生动、更直观。



图书资源总码

本书由三峡大学赵春华教授主编，陈法法副教授担任副主编和统稿，胡恒星进行了第 1~4 章的协助编写，张毅娜进行了第 5~7 章的协助编写，杨晓青进行了第 8~10 章及附录部分的协助编写。参加本书程序调试与资源建设的还有王盈、钟先友、张力、邵能、肖能齐等。

本书可作为普通高等院校机械设计制造及其自动化、自动化、电气工程、

电子信息、机电一体化及相关专业的教学用书，也可供高等职业院校、成人高校的相关专业选用，还可以作为工业自动化技术人员的培训教材和参考书。

本书提供免费教学课件，欢迎选用本书的教师登录中国水利水电出版社网站下载，网址为：<http://www.waterpub.com.cn/>。也可以与作者（zhao_chunhua@qq.com）联系，免费获取其他相关教学资源。

由于编者的知识水平有限，在本书的编写过程中难免会出现不妥和错误之处，恳请广大读者和专家给予批评指正。

编者

2018年6月

CONTENTS

前言	
第1章 电气控制基础	1
1.1 常用电器元件及符号	1
1.1.1 电器的基本知识	1
1.1.2 接触器	3
1.1.3 继电器	8
1.1.4 刀开关与低压断路器	15
1.1.5 熔断器	18
1.1.6 主令电器	20
1.2 电器控制的基本线路	24
1.2.1 三相笼型电动机直接启动控制 线路	25
1.2.2 顺序连锁控制线路	27
1.2.3 互锁控制线路	29
1.2.4 位置原则的控制线路	29
1.2.5 时间原则的控制线路	31
1.2.6 速度原则的控制线路	31
习题	33
第2章 典型电气控制系统	35
2.1 卧式车床的电气控制	35
2.1.1 卧式车床的主要工作情况	35
2.1.2 C650型卧式车床的电气控制	35
2.2 平面磨床的电气控制	37
2.2.1 平面磨床的主要工作情况	37
2.2.2 M7130平面磨床的电气控制	37
2.3 摇臂钻床的电气控制	39
2.3.1 摇臂钻床的主要工作情况	39
2.3.2 Z3040摇臂钻床的电气控制	39
2.4 铣床的电气控制	41
2.4.1 铣床的主要工作情况	41
2.4.2 X62W铣床的电气控制	41
2.5 桥式起重机的电气控制	45
2.5.1 桥式起重机的主要工作情况	45
2.5.2 30/5t桥式吊钩起重机的电气 控制	45
2.5.3 直流拖动起重机的电气控制	50
习题	53
第3章 可编程序控制器基础知识	54
3.1 可编程序控制器概述	54
3.1.1 什么是可编程序控制器	54
3.1.2 PLC的产生与发展	54
3.1.3 PLC的特点与应用领域	55
3.1.4 PLC的分类	57
3.2 PLC控制系统与电器控制系统的 比较	58
3.2.1 电气控制系统与PLC控制 系统	58
3.2.2 PLC的等效电路	59
3.2.3 PLC控制系统与电气控制 系统的区别	60
3.3 PLC的基本组成	61
3.3.1 PLC的硬件组成	61
3.3.2 PLC的软件组成	66
3.4 PLC的工作原理	68
3.4.1 扫描工作原理	68
3.4.2 PLC扫描工作过程	69
3.4.3 PLC执行程序的过程及特点	69
3.5 PLC的性能指标与发展趋势	71
3.5.1 PLC的性能指标	71
3.5.2 PLC的发展趋势	71
3.6 国内外PLC产品介绍	72
3.6.1 美国PLC产品	73

3.6.2 欧洲 PLC 产品	73	5.3.1 Modbus 指令库	126
3.6.3 日本 PLC 产品	74	5.3.2 USS 指令库	128
3.6.4 我国 PLC 产品	75	习题	129
习题	75	第 6 章 可编程序控制器的程序设计方法	130
第 4 章 SIMATIC S7-1200 PLC 的基础知识 ..	76	6.1 经验设计法	130
4.1 SIMATIC S7-1200 的功能定位	76	6.1.1 基本电路的梯形图	130
4.2 SIMATIC S7-1200 PLC 的硬件	76	6.1.2 梯形图的经验设计法	133
4.2.1 CPU 模块	77	6.2 顺序控制设计法	135
4.2.2 信号板与信号模块	81	6.2.1 步与动作	136
4.2.3 集成的通信接口与通信模块	83	6.2.2 有向连接与转换条件	138
4.3 SIMATIC S7-1200 PLC 支持的数据		6.2.3 顺序功能图的基本结构	139
类型	84	6.2.4 顺序功能图中转换实现的基	
4.3.1 基本数据类型	84	本规则	141
4.3.2 复杂数据类型	86	6.3 置位复位顺序控制梯形图与功能	
4.4 SIMATIC S7-1200 PLC 对数据寻址		图的编程方法	143
方式	87	6.3.1 设计顺序控制梯形图的一些	
4.5 SIMATIC S7-1200 PLC 的存储器	88	基本问题	143
4.6 SIMATIC S7-1200 PLC 系统存		6.3.2 单序列的编程方法	144
储区	89	6.3.3 选择序列与并行序列的编程	
习题	90	方法	146
第 5 章 SIMATIC S7-1200 PLC 的指令系统 ..	92	6.3.4 应用举例	149
5.1 SIMATIC S7-1200 PLC 的基本		6.4 程序结构设计方法	152
指令	92	6.4.1 程序结构概括	152
5.1.1 位逻辑指令	92	6.4.2 功能与功能块	153
5.1.2 定时器、计数器指令	95	6.4.3 数据块与组织块	157
5.1.3 比较指令	102	习题	158
5.1.4 转换指令	103	第 7 章 可编程序控制器控制系统设计	159
5.1.5 移动指令	105	7.1 PLC 控制系统设计的基本原则与	
5.1.6 移位和循环移位指令	107	内容	159
5.1.7 基本逻辑运算指令	108	7.1.1 PLC 控制系统设计的基本	
5.1.8 数学运算指令	110	原则	159
5.1.9 跳转与标签指令	113	7.1.2 PLC 的选择	160
5.2 SIMATIC S7-1200 PLC 的扩展		7.1.3 减少 I/O 点数的措施	164
指令	114	7.2 PLC 在控制系统中的应用	169
5.2.1 日期和时间指令	114	7.2.1 机械手及其控制要求	169
5.2.2 字符串和字符指令	115	7.2.2 PLC 的 I/O 分配	171
5.2.3 程序控制指令	118	7.2.3 PLC 程序设计	171
5.2.4 通信指令	118	7.2.4 程序综合与模拟调试	183
5.2.5 中断指令	122	7.3 提高 PLC 控制系统可靠性的	
5.2.6 PID 控制和脉冲指令	124	措施	183
5.2.7 运动控制指令	124	7.3.1 适合的工作环境	183
5.3 SIMATIC S7-1200 PLC 的全局库		7.3.2 合理的安装与布线	184
指令	126	7.3.3 正确接地	184

7.3.4 必需的安全保护环节	185	9.5.1 控制要求与解决思路	219
7.3.5 必要的软件措施	185	9.5.2 硬件设计	220
7.3.6 采用冗余系统或热备用系统	186	9.5.3 程序设计	220
7.4 PLC 控制系统的维护和故障诊断	186	9.5.4 总结与评价	227
7.4.1 PLC 控制系统的维护	186	第 10 章 PLC 工程机械实用实例	228
7.4.2 PLC 的故障诊断	187	10.1 桥式起重机的控制	228
习题	190	10.1.1 实现目标与要求	228
第 8 章 可编程序控制器通信与网络技术	191	10.1.2 解决思路	228
8.1 PLC 通信	191	10.1.3 控制需求分析与硬件设计	228
8.1.1 PLC 通信概述	191	10.1.4 总结与评价	232
8.1.2 PLC 网络	195	10.2 挖掘机电气控制系统设计	232
8.1.3 现场总线技术	198	10.2.1 主电路设计与控制要求	232
8.2 PLC 网络应用实例	200	10.2.2 PLC 控制系统设计	232
8.2.1 汽车发动机装配线系统构成 与要求	200	10.3 PLC 在桥式起重机检测控制中的 应用	236
8.2.2 系统结构及功能	200	10.3.1 检测系统的控制要求	236
8.2.3 目标控制系统	201	10.3.2 PLC 选型及 I/O 地址分配	236
习题	203	10.3.3 桥式起重机检测的 PLC 控制梯形图设计	237
第 9 章 PLC 工业及生活实用实例	205	10.3.4 总结与评价	241
9.1 交通信号灯的控制	205	10.4 工业铲车操作控制	241
9.1.1 控制要求	205	10.4.1 设计任务	242
9.1.2 I/O 地址分配和程序设计	205	10.4.2 设计思路	242
9.2 全自动洗衣机的 PLC 控制	208	10.4.3 工业铲车控制系统电路的 编制	242
9.2.1 控制要求	209	10.4.4 编写程序	243
9.2.2 I/O 地址分配	210	10.5 液体搅拌机的控制	249
9.2.3 软件系统设计	210	10.5.1 工作原理	249
9.3 运料小车的往返运行控制	213	10.5.2 控制要求	249
9.3.1 控制要求	213	10.5.3 I/O 地址分配	249
9.3.2 注意事项	215	10.5.4 设计梯形图	250
9.4 自动分拣装置的 PLC 控制	215	10.5.5 注意事项	252
9.4.1 控制要求	216	附录 实验指导	254
9.4.2 I/O 分配及 PLC 外部接线图	216	参考文献	256
9.4.3 程序设计	217		
9.5 机械手搬运控制	219		

第 1 章

电气控制基础

本章主要介绍电气控制领域中常用电器元件的工作原理、用途、型号、规格及符号，电气控制线路的基本环节等知识，并通过对典型电气控制系统的分析，使读者学会正确选择和合理使用常用电器，学会分析和设计电气控制线路的基本方法，为后继章节的学习打下基础。

1.1 常用电器元件及符号

1.1.1 电器的基本知识

1. 电器的分类

电器是接通和断开电路或调节、控制和保护电路及电气设备的电工器具。完全由控制电器组成的自动控制系统，称为继电器-接触器控制系统，简称电气控制系统。

电器的用途广泛，功能多样，种类繁多，结构各异。下面是几种常用的电器分类。

1) 按工作电压等级分类

(1) 高压电器。高压电器指用于交流电压 1 200 V、直流电压 1 500 V 及以上电路中的电器，例如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

(2) 低压电器。低压电器指用于交流 50 Hz (或 60 Hz)、额定电压为 1 200 V 以下电路，或直流额定电压 1 500 V 及以下的电路中的电器，例如接触器、继电器等。

2) 按动作原理分类

(1) 手动电器。手动电器指用手或依靠机械力进行操作的电器，如手动开关、控制按钮、行程开关等主令电器。

(2) 自动电器。自动电器指借助于电磁力或某个物理量的变化自动进行操作的电器，如接触器、继电器、电磁阀等。

3) 按用途分类

(1) 控制电器。控制电器指用于各种控制电路和控制系统的电器，例如接触器、继电器、电动机启动器等。

(2) 主令电器。主令电器指用于自动控制系统中发送动作指令的电器，例如按钮、行程开关、万能转换开关等。

(3) 保护电器。保护电器指用于保护电路及用电设备的电器，如熔断器、热继电器、各种保护继电器、避雷器等。

(4) 执行电器。执行电器指用于完成某种动作或传动功能的电器，如电磁铁、电磁离

合器等。

(5) 配电电器。配电电器指用于电能的输送和分配的电器，例如高压断路器、隔离开关、刀开关、自动空气开关等。

4) 按工作原理分类

(1) 电磁式电器。电磁式电器依据电磁感应原理来工作，如接触器、电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器。非电量控制电器指依靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器，如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、温度继电器等。

2. 电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求，自动或手动地改变电路的状态、参数，实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。低压电器的作用如下：

(1) 控制作用。能根据信号对设备进行控制，如电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。

(2) 保护作用。能根据设备的特点，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) 测量作用。利用仪表及与之相适应的电器，对设备、电网或其他非电参数进行测量，如电流、电压、功率、转速、温度、湿度测量等。

(4) 调节作用。低压电器可对一些电量和非电量进行调整，以满足用户的要求，如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。

(5) 指示作用。利用低压电器的控制、保护等功能，检测出设备运行状况与电气电路的工作情况，如绝缘监测、保护掉牌指示等。

(6) 转换作用。在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行，以实现功能切换，如励磁装置手动与自动的转换，供电的市电与自备电的切换等。

当然，低压电器的作用远不止这些，随着科学技术的发展，新功能、新设备会不断出现，常用低压电器的主要种类和用途见表 1-1。

表 1-1 常用低压电器的主要种类及用途

序号	类别	主要品种	用途
1	断路器	塑料外壳式断路器 框架式断路器 限流式断路器 漏电保护式断路器 直流快速断路器	主要用于电路的过载、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
2	刀开关	开关板用刀开关 负荷开关 熔断器式刀开关	主要用于电路的隔离，有时也能分断负荷
3	转换开关	组合开关 换向开关	主要用于电源切换，也可用于负荷通断或电路的切换

续表

序号	类别	主要品种	用途
4	主令电器	按钮 限位开关 微动开关 接近开关 万能转换开关	主要用于发布命令或程序控制
5	接触器	交流接触器 直流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷, 切断带负荷电路
6	启动器	磁力启动器 星形-三角形启动器 自耦减压启动器	主要用于电动机的启动
7	控制器	凸轮控制器 平面控制器	主要用于控制回路的切换
8	继电器	电流继电器 电压继电器 时间继电器 中间继电器 温度继电器 热继电器	主要用于控制电路中, 将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号
9	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 自复熔断器	主要用于电路短路保护, 也用于电路的过载保护
10	电磁铁	制动电磁铁 起重电磁铁 牵引电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等地方

对低压配电电器的要求是灭弧能力强、分断能力好、热稳定性能好、限流准确等。对低压控制电器, 则要求其动作可靠、操作频率高、寿命长并具有一定的负载能力。

1.1.2 接触器

接触器是一种用来自动接通或断开大电流电路的电器。它可以频繁地接通或分断交直流电路, 并可实现远距离控制。其主要控制对象是电动机, 也可用于电热设备、电焊机、电容器组等其他负载。接触器具有控制容量大、过载能力强、寿命长、设备简单经济等特点, 还具有低电压释放保护功能, 是电力拖动自动控制线路中使用最广泛的电器元件。

按照所控制电路的种类, 接触器可分为交流接触器和直流接触器两大类。

1. 交流接触器

1) 交流接触器结构与工作原理

如图 1-1 所示为 CJ10-20 型交流接触器的外形与结构示意图。

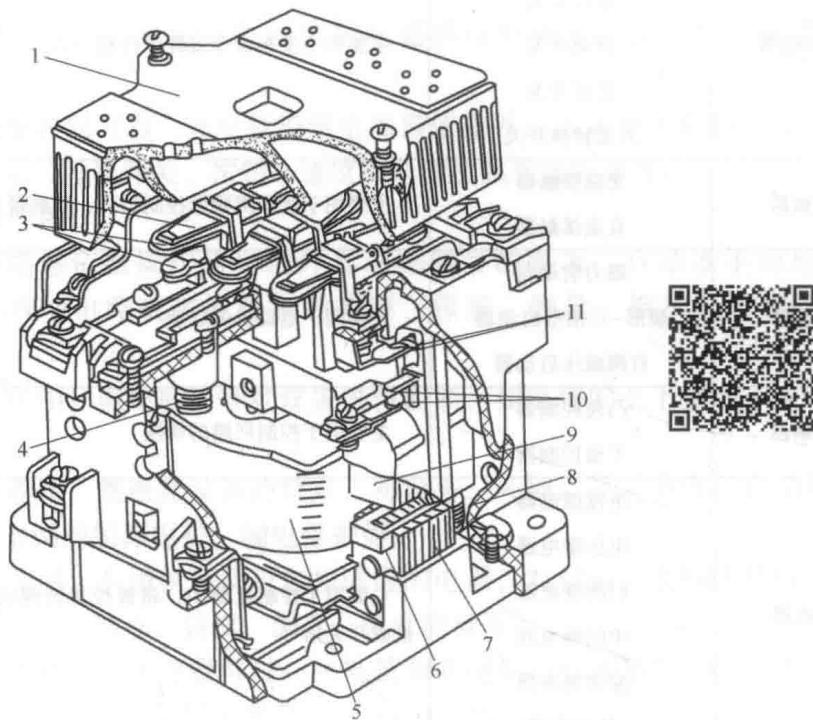


图 1-1 CJ10-20 型交流接触器

1—灭弧罩；2—触点压力弹簧片；3—主触点；4—反作用弹簧；5—线圈；6—短路环；7—静铁芯；
8—弹簧；9—动铁芯；10—辅助常开触点；11—辅助常闭触点

交流接触器由以下四部分组成：

(1) 电磁机构。电磁机构由线圈、动铁芯（衔铁）和静铁芯组成，其作用是将电磁能转换成机械能，产生电磁吸力带动触点动作。

(2) 触点系统。触点系统包括主触点和辅助触点。主触点用于接通或断开主电路，通常为三对常开触点。辅助触点用于控制电路，起电气连锁作用，故又称连锁触点，一般包括常开、常闭触点各两对。

(3) 灭弧装置。容量在 10 A 以上的接触器都有灭弧装置，对于小容量的接触器，常采用双断口触点灭弧、电动力灭弧、相间弧板隔弧及陶土灭弧罩灭弧。对于大容量的接触器，采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧。

(4) 其他部件。其他部件包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构及外壳等。

电磁式交流接触器的工作原理如下：线圈通电后，在铁芯中产生磁通及电磁吸力；此电磁吸力克服弹簧反力使得衔铁吸合，带动触点机构动作，常闭触点打开，常开触点闭合，互锁或接通线路；线圈失电或线圈两端电压显著降低时，电磁吸力小于弹簧反力，使得衔铁释放，触点机构复位，断开线路或解除互锁。

2) 交流接触器的分类

交流接触器的种类很多,其分类方法也不尽相同。按照一般的分类方法,大致有以下几种:

(1) 按主触点极数分,交流接触器可分为单极、双极、三极、四极和五极接触器。单极接触器主要用于单相负荷,如照明负荷、焊机等,在电动机能耗制动中可采用;双极接触器用于绕线式异步电动机的转子回路中,启动时用于短接启动绕组;三极接触器用于三相负荷,例如在电动机的控制及其他场合,使用最为广泛;四极接触器主要用于三相四线制的照明线路,也可用来控制双回路电动机负载;五极交流接触器用来组成自耦补偿启动器或控制双笼型电动机,以变换绕组接法。

(2) 按灭弧介质分,交流接触器可分为空气式接触器、真空式接触器等。依靠空气绝缘的接触器用于一般负载,而采用真空绝缘的接触器常用在煤矿、石油、化工企业及电压在660 V和1 140 V等一些特殊的场合。

(3) 按有无触点分,交流接触器可分为有触点接触器和无触点接触器。常见的交流接触器多为有触点接触器,而无触点接触器属于电子技术应用的产物,一般采用晶闸管作为回路的通断元件。由于可控硅导通时所需的触发电压很小,而且回路通断(接通或断开)时无火花产生,因而可用于高操作频率的设备和易燃、易爆、无噪声的场合。

3) 交流接触器的基本参数

(1) 额定电压,是指主触点额定工作电压,应等于负载的额定电压。一只接触器常规定几个额定电压,同时列出相应的额定电流或控制功率。通常,最大工作电压即为额定电压。常用的额定电压值为220 V、380 V、660 V等。

(2) 额定电流,是指接触器触点在额定工作条件下的电流值。380V三相电动机控制电路中,额定工作电流可近似等于控制功率的两倍。常用额定电流等级为5 A、10 A、20 A、40 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A、600 A。

(3) 通断能力,可分为最大接通电流和最大分断电流。最大接通电流是指触点闭合时不会造成触点熔焊时的最大电流值;最大分断电流是指触点断开时能可靠灭弧的最大电流。一般通断能力是额定电流的5~10倍。当然,这一数值与开断电路的电压等级有关,电压越高,通断能力越小。

(4) 动作值,可分为吸合电压和释放电压。吸合电压是指接触器吸合前,缓慢增加吸合线圈两端的电压,接触器可以吸合时的最小电压。释放电压是指接触器吸合后,缓慢降低吸合线圈的电压,接触器释放时的最大电压。一般规定,吸合电压不低于线圈额定电压的85%,释放电压不高于线圈额定电压的70%。

(5) 吸引线圈额定电压,是指接触器正常工作时,吸引线圈上所加的电压值。一般该电压数值以及线圈的匝数、线径等数据均标于线包上,而不是标于接触器外壳铭牌上,使用时应加以注意。

(6) 操作频率,是指接触器在吸合瞬间,吸引线圈需消耗比额定电流大5~7倍的电流,如果操作频率过高,则会使线圈严重发热,直接影响接触器的正常使用。为此,规定了接触器的允许操作频率,一般为每小时允许操作次数的最大值。

(7) 寿命,包括电气寿命和机械寿命。目前接触器的机械寿命已达一千万次以上,电气寿命约是机械寿命的5%~20%。

2. 直流接触器

直流接触器的结构和工作原理基本上与交流接触器相同。在结构上也是由电磁机构、触点系统和灭弧装置等部分组成。由于直流电弧比交流电弧难以熄灭，直流接触器常采用磁吹式灭弧装置灭弧。

3. 接触器的符号与型号说明

1) 接触器的符号

接触器的图形符号如图 1-2 所示，文字符号为 KM。

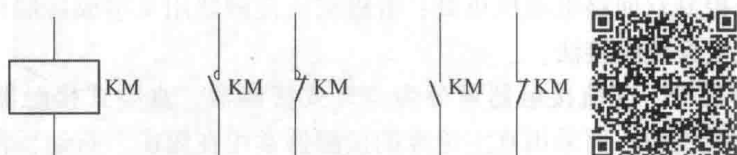


图 1-2 接触器的图形符号

2) 接触器的型号说明

接触器的型号说明如图 1-3 所示。

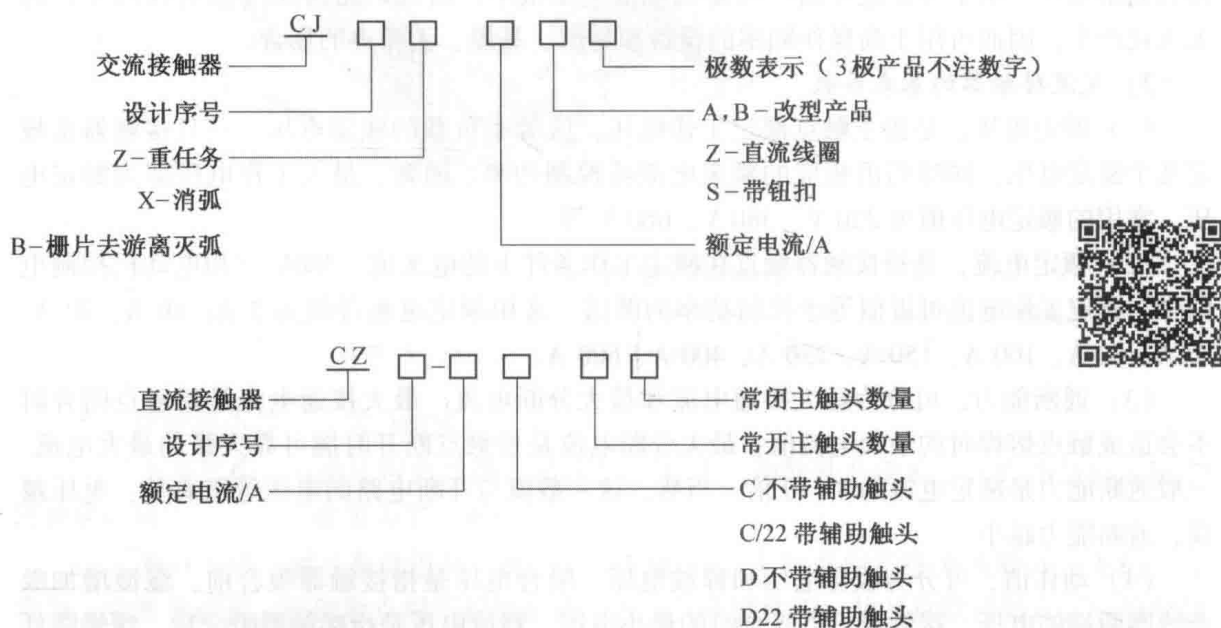


图 1-3 接触器的型号说明

例如：CJ10Z-40/3 为交流接触器，设计序号为 10，为重任务型，额定电流为 40 A，主触点为 3 极。CJ12T-250/3 为改型后的交流接触器，设计序号为 12，额定电流为 250 A，有 3 个主触点。

我国生产的常用交流接触器有 CJ10、CJ12、CJX1、CJ20 等系列及其派生系列产品，CJ0 系列及其改型产品已逐步被 CJ20、CJX 系列产品取代。上述系列产品一般具有三对常开主触点，各两对常开、常闭辅助触点。直流接触器常用的有 CZ0 系列，分单极和双极两大类，常开、常闭辅助触点各不超过两对。

除以上常用系列外，我国近年来还引进了一些生产线，生产了一些满足 IEC 标准的交流接触器，下面进行简单介绍。

CJ12B-S 系列锁扣接触器用于交流 50 Hz, 电压 380 V 及以下、电流 600 A 及以下的配电电路中, 供远距离接通和分断电路用, 并适宜于不频繁地启动和停止交流电动机, 具有正常工作时吸引线圈不通电、无噪声等特点。其锁扣机构位于电磁系统的下方。锁扣机构靠吸引线圈通电, 吸引线圈断电后靠锁扣机构保持在锁住位置。由于线圈不通电, 不仅无电力损耗, 而且消除了磁噪声。

由德国引进的西门子公司 3TB 系列、BBC 公司的 B 系列交流接触器等具有 20 世纪 80 年代初水平。它们主要供远距离接通和分断电路, 并适用于频繁地启动及控制交流电动机。3TB 系列产品具有结构紧凑、机械寿命和电气寿命长、安装方便、可靠性高等特点。其额定电压为 220~660 V, 额定电流为 9~630 A。

4. 交流接触器的选用

交流接触器的选用, 应根据负荷的类型和工作参数合理选用。具体分为以下步骤:

1) 选择接触器的类型

交流接触器按负荷种类一般分为一类、二类、三类和四类, 分别记为 AC_1 、 AC_2 、 AC_3 和 AC_4 。一类交流接触器对应的控制对象是无感或微感负荷, 如白炽灯、电阻炉等; 二类交流接触器用于绕线式异步电动机的启动和停止; 三类交流接触器的典型用途是鼠笼型异步电动机的运转和运行中分断; 四类交流接触器用于笼型异步电动机的启动、反接制动、反转和点动。

2) 选择接触器的额定参数

根据被控对象和工作参数如电压、电流、功率、频率及工作制等确定接触器的额定参数。

(1) 接触器的线圈电压, 一般应低一些为好, 这样对接触器的绝缘要求可以降低, 使用时也较安全。但为了方便和减少设备, 常按实际电网电压选取。

(2) 电动机的操作频率不高, 如压缩机、水泵、风机、空调、冲床等, 接触器额定电流大于负荷额定电流即可。接触器类型可选用 CJ10、CJ20 等。

(3) 对重任务型电动机, 如机床主电动机、升降设备、绞盘、破碎机等, 其平均操作频率超过 100 次/min, 运行于启动、点动、正反向制动、反接制动等状态, 可选用 CJ10Z、CJ12 型的接触器。为了保证电气寿命, 可使接触器降容使用。选用时, 接触器额定电流大于电动机额定电流。

(4) 对特重任务电动机, 如印刷机、镗床等, 操作频率很高, 可达 600~12 000 次/h, 经常运行于启动、反接制动、反向等状态, 接触器大致可按电气寿命及启动电流选用, 接触器型号选 CJ10Z、CJ12 等。

(5) 交流回路中的电容器投入电网或从电网中切除时, 接触器选择应考虑电容器的合闸冲击电流。一般地, 接触器的额定电流可按电容器的额定电流的 1.5 倍选取, 型号选 CJ10、CJ20 等。

(6) 用接触器对变压器进行控制时, 应考虑浪涌电流的大小。例如交流电弧焊机、电阻焊机等, 一般可按变压器额定电流的 2 倍选取接触器, 型号选 CJ10、CJ20 等。

(7) 对于电热设备, 如电阻炉、电热器等, 负荷的冷态电阻较小, 因此启动电流相应要大一些。选用接触器时可不用考虑 (启动电流), 直接按负荷额定电流选取。型号可选用 CJ10、CJ20 等。

(8) 由于气体放电灯启动电流大、启动时间长,对于照明设备的控制,可按额定电流1.1~1.4倍选取交流接触器,型号可选CJ10、CJ20等。

(9) 接触器额定电流是指接触器在长期工作下的最大允许电流,持续时间不大于8h,且安装于敞开的控制板上,如果冷却条件较差,选用接触器时,接触器的额定电流按负荷额定电流的110%~120%选取。对于长时间工作的电动机,由于其氧化膜没有机会得到清除,使接触电阻增大,导致触点发热超过允许温升。实际选用时,可将接触器的额定电流减小30%使用。

1.1.3 继电器

继电器是根据某种输入信号的变化,接通或断开控制电路,实现自动控制和保护电力装置的自动电器。

继电器的种类很多,按输入信号的性质分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、温度继电器、速度继电器、压力继电器等。

按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器和电子式继电器等。

按输出形式可分为有触点继电器和无触点继电器两类。

按用途可分为控制用继电器与保护用继电器等。

1. 电磁式继电器

1) 电磁式继电器的结构与工作原理

电磁式继电器是应用最早、最多的一种形式。其结构及工作原理与接触器大体相同。由电磁机构、触点系统和释放弹簧等组成,电磁式继电器原理如图1-4所示。由于继电器用于控制电路,流过触点的电流比较小(一般5A以下),故不需要灭弧装置。

常用的电磁式继电器有电压继电器、中间继电器和电流继电器。电磁式继电器的图形、文字符号如图1-5所示。

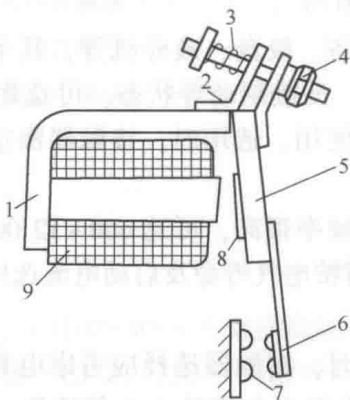


图 1-4 电磁式继电器原理图

1-铁芯；2-旋转棱角；3-释放弹簧；4-调节螺母；5-衔铁；

6-动触点；7-静触点；8-非磁性垫片；9-线圈

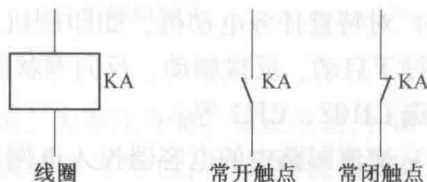


图 1-5 电磁式继电器图形、文字符号

2) 电磁式继电器的特性

电磁式继电器的主要特性是输入-输出特性,又称继电特性,其继电特性曲线如图1-6所示。当继电器输入量 X 由零增至 X_2 以前,继电器输出量 Y 为零。当输入量 X 增加到 X_2

时,继电器吸合,输出量为 Y_1 ;若 X 继续增大, Y 保持不变。当 X 减小到 X_1 时,继电器释放,输出量由 Y_1 变为零,若 X 继续减小, Y 值均为零。

图1-6中, X_2 称为继电器吸合值,欲使继电器吸合,输入量必须等于或大于 X_2 ; X_1 称为继电器释放值,欲使继电器释放,输入量必须等于或小于 X_1 。

$K_f = X_1/X_2$ 称为继电器的返回系数,它是继电器重要参数之一。 K_f 值是可以调节的。

例如一般继电器要求低的返回系数, K_f 值应在0.1~0.4之间,这样当继电器吸合后,输入量波动较大时不至于引起误动作;欠电压继电器则要求高的返回系数, K_f 值在0.6以上。设某继电器 $K_f = 0.66$,吸合电压为额定电压的90%,则电压低于额定电压的50%时,继电器释放,起到欠电压保护作用。

另一个重要参数是吸合时间和释放时间。吸合时间是指从线圈接收电信号到衔铁完全吸合所需的时间;释放时间是指从线圈失电到衔铁完全释放所需的时间。一般继电器的吸合时间与释放时间为0.05~0.15 s,快速继电器为0.005~0.05 s,它的大小影响继电器的操作频率。

3) 电压继电器

电压继电器用于电力拖动系统的电压保护和控制。其线圈并联接入主电路,感测主电路的线路电压;触点接于控制电路,为执行元件。

按吸合电压的大小,电压继电器可分为过电压继电器和欠电压继电器。除此之外,还有零电压继电器和中间继电器。

过电压继电器(FV)用于线路的过电压保护,其吸合整定值为被保护线路额定电压的1.05~1.2倍。当被保护的线路电压正常时,衔铁不动作;当被保护线路的电压高于额定值,达到过电压继电器的整定值时,衔铁吸合,触点机构动作,控制电路失电,控制接触器及时分断被保护电路。

欠电压继电器(KV)用于线路的欠电压保护,其释放整定值为线路额定电压的0.1~0.6倍。当被保护线路电压正常时,衔铁可靠吸合;当被保护线路电压降至欠电压继电器的释放整定值时,衔铁释放,触点机构复位,控制接触器及时分断被保护电路。

零电压继电器是当电路电压降低到(5%~25%) U_N (U_N 指额定电压)时释放,对电路实现零电压保护。用于线路的失压保护。

中间继电器实质上是一种电压继电器。它的特点是触点数目较多,电流容量可增大,起到中间放大(触点数目和电流容量)的作用。

4) 电流继电器

电流继电器用于电力拖动系统的电流保护和控制。其线圈串联接入主电路,用来感测主电路的线路电流;触点接于控制电路,为执行元件。电流继电器反映的是电流信号。常用的电流继电器有欠电流继电器和过电流继电器两种。

欠电流继电器(KA)用于电路的欠电流保护,吸引电流为线圈额定电流的30%~65%,释放电流为额定电流的10%~20%,因此,在电路正常工作时,衔铁是吸合的,只有当电流降低到某一整定值时,继电器释放,控制电路失电,从而控制接触器及时分断电路。

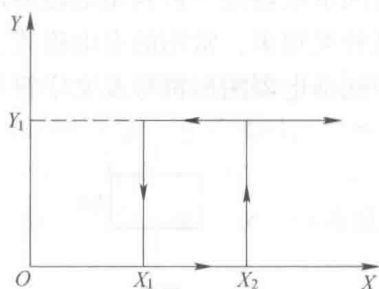


图1-6 继电特性曲线