



S7

- 参照 **岗位工作实际** 和 **职业资格标准** 确定学习内容
- 精选 **19** 个项目, 按“项目目标→学习目标→相关知识→项目分析→项目实施→评定激励”结构编排
- 划分 **4** 个教学梯度, 将 PLC **基础知识**、**基础应用**、**典型应用** 和 **拓展应用** 分层次有序推进

PLC **S7-200** 项目化实践教程

◎ 孙康岭 主 编 辛太宇 苟岩岩 于 翔 副主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

全国高等职业教育机电类专业规划教材

S7-200 PLC 项目化实践教程

孙康岭 主 编

辛太宇 苟岩岩 于 翔 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以西门子 S7-200 PLC 为主要机型, 将 PLC 应用中的典型工作任务提炼为 19 个教学项目, 以项目为载体, 以工作过程为导向, 遵循“从完成简单工作任务到完成复杂工作任务”的能力形成规律, 注重过程性知识讲解, 适度介绍概念和原理, 通过一系列项目的学习与训练, 使学员逐步掌握 S7-200 PLC 的基础知识、基本应用、典型应用和拓展应用, 增强团队协作意识, 强化职业素养, 培养对 PLC 的实际动手能力和实践创新能力。

本书注重实际, 强调应用, 是一本工程性较强的应用类教程, 可作为高职高专院校机电类专业、电子技术专业、电气自动化专业及其他相关专业的教材, 也可供工程技术人员参考或作为培训教材使用。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

S7-200 PLC 项目化实践教程 / 孙康岭主编. —北京: 电子工业出版社, 2014.8
全国高等职业教育机电类专业规划教材
ISBN 978-7-121-23993-9

I. ①S… II. ①孙… III. ①plc 技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 179507 号

策划编辑: 王昭松

责任编辑: 靳 平

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 18 字数: 473 千字

版 次: 2014 年 8 月第 1 版

印 次: 2014 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 37.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

编写人员名单

主 编 孙康岭

副主编 辛太宇 苟岩岩 于 翔

参 编 刘永海 耿国卿 杨兆伟 张海鹏

李 琦 裴桂玲 孙 滨 张 晔

牛化武 赵春娥 冯晓霞 侯加阳

可编程序控制器（PLC）是综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术的一种新型的、通用的自动控制装置。它具有功能强、可靠性高、操作灵活、编程简便及适合于工业环境等一系列优点，广泛应用于工业自动化、机电一体化、传统产业技术改造等方面，已成为现代工业控制的三大支柱之一。因此，社会对 PLC 应用人才的需求越来越大，越来越多的人加入到 PLC 应用技术的学习中。

在新形势下，传统学科式职业教育所培养的人才已经远远不能满足国家产业结构调整、经济体制转型对技能人才在规格、质量等方面的需要，教育部出台了若干文件大力推进职业教育的改革，明确指出“课程建设与改革是提高教学质量的核心，也是教学改革的重点和难点。高等职业院校要积极与行业企业合作开发课程，根据技术领域和职业岗位（群）的任职要求，参照相关的职业资格标准，改革课程体系和教学内容”。根据这种要求，我们以职业能力培养为重点，在校企合作的基础上，进行了基于工作过程的课程开发与设计，并编写了本教材。

本教材的内容有以下特点。

（1）以普遍应用的西门子 S7-200 PLC 为主要机型，以应用能力的培养为目标，打破以结构原理、指令系统、编程方法和系统设计为架构的 PLC 学科体系，以工程应用项目为载体，将知识学习和技能培训融于项目实施过程。

（2）采用基于工作过程的学习领域课程开发方法，根据对相关工作岗位典型工作任务的分析，参照“维修电工国家职业标准”相关内容，确定学习领域和学习情境，将 PLC 应用中的典型工作任务提炼为 19 个教学项目。每一个项目通过项目目标、学习目标、相关知识、项目分析、项目实施、评定激励、思考与练习等环节，使学生完成资讯、计划、决策、实施、检查、评价等工作过程的学习。

（3）按照由简单到复杂、由单一到综合、由一般功能到特殊功能的循序渐进的原则，注重过程性知识讲解，适度介绍概念和原理，通过一系列项目的学习与训练，达到逐步掌握 PLC 的基础知识、基本应用、典型应用和拓展应用的目的，增强团队协作意识，强化职业素养，注重培养学生的实际动手能力和实践创新能力。

（4）遵循“从完成简单工作任务到完成复杂工作任务”的能力形成规律组织教学内容，从基本应用到综合应用有机串联，分层次有序推进。第一单元是基础知识，包含 5 个项目：项目一要求理解常用低压电器的原理、掌握常用低压电器的选用方法；项目二要求掌握电气控制系统识图方法、基本电气控制电路的用法；项目三要求了解 PLC 的软硬件组成、理解 PLC 的工作原理，项目四要求了解 S7-200 PLC 的软、硬件构成，掌握其 I/O 地址分配与 I/O 接线方法；项目五要求了解 STEP7-Micro/WIN32 的基本功能，以及如何应用编程软件进行编程、

调试和运行监控等内容。第二单元是 PLC 的基本应用,通过三相异步电动机的单向点动与自锁混合控制、三相异步电动机 Y/△降压启动的控制,以及三相异步电动机的正、反转运行控制和三相步进电动机的运行控制 4 个项目的学习,掌握位逻辑指令、定时器指令、继电器控制电路转换为梯形图法、用经验设计法建立 PLC 控制系统的方法、运用 STEP7-Micro/WIN32 软件对控制系统进行联机调试,以及利用 PLC 仿真软件进行 PLC 程序仿真调试的方法。第三单元是 PLC 的典型应用,通过交通信号灯的控制、停车场管理、剪板机的运行控制、彩灯的循环控制 4 个项目的学习,了解 PLC 控制系统设计的基本原则与步骤,掌握 PLC 程序的顺序控制设计法,掌握顺序控制梯形图的画法,掌握三种顺序控制梯形图的编程方法(以启保停电路的编程方式编制梯形图程序的方法、以转换为中心的编程方式编制梯形图程序的方法、使用 SCR 指令编制梯形图程序的方法),掌握计数器的用法,掌握中断指令的用法。第四单元是 PLC 的拓展应用,通过简单电梯的控制、电梯控制的 MCGS 组态应用、水位控制的 MCGS 组态应用、基于高速脉冲输出指令的步进电动机控制、锅炉的温度控制、西门子 PLC 的网络通信 6 个项目的学习,掌握子程序的用法,掌握应用 MCGS 组态软件通过动画制作、数据采集、设备控制与输出、工程报表、数据曲线、流程控制等组态操作建立高效的监控系统的方法,掌握高速脉冲输出指令及 EM235 的用法,掌握利用 S7-200 PLC 的 PID 回路指令建立闭环控制系统的方法,理解西门子 PPI 通信协议,掌握利用 PPI 网络读写指令建立 PLC 通信系统的方法。

(5) 本教材的实施建议在实训器具和多媒体教学设备配置齐全的专业教室进行,分组学习、讨论,教学做一体化。通过多元化考评促进学习目标的实现,通过思考与练习提升实践创新能力。

(6) 本教材精选的 19 个项目涵盖了 S7-200 PLC 的主要知识点,难度适中,同时增加了 MCGS 组态软件的内容来组建高效的微机监控系统,具有典型、实用、紧贴实际工程需求的特点,非常便于组织教学和工程技术人员自学,并对学生考取国家职业资格证书及参加技能大赛有指导作用。

本书可作为高职高专院校机电类专业、电子技术专业、电气自动化专业及其他相关专业的教材,也可供工程技术人员参考或作为培训教材使用。

由于作者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

第一单元 基础知识

项目一 常用低压电器的认识	1
项目二 基本电气控制电路	25
项目三 PLC 的认识	36
项目四 S7-200 PLC 的认识	50
项目五 STEP7-Micro/WIN32 编程软件使用	66

第二单元 PLC 的基本应用

项目六 三相异步电动机的单向点动与自锁混合控制	86
项目七 三相异步电动机 Y/ Δ 降压启动的控制	105
项目八 三相异步电动机的正、反转运行控制	113
项目九 三相步进电动机的运行控制	122

第三单元 PLC 的典型应用

项目十 交通信号灯的控制	135
项目十一 停车场管理	153
项目十二 剪板机的运行控制	165
项目十三 彩灯的循环控制	174

第四单元 PLC 的拓展应用

项目十四 简单电梯的控制	185
项目十五 电梯控制的 MCGS 组态应用	193
项目十六 水位控制的 MCGS 组态应用	207
项目十七 基于高速脉冲输出指令的步进电动机控制	233
项目十八 锅炉的温度控制	243
项目十九 西门子 PLC 的网络通信	265
附录 A S7-200 的特殊存储器 (SM) 标志位	276
参考文献	279

第一单元 基础知识

项目一

常用低压电器的认识

【项目目标】

可编程序控制器（PLC）是计算机技术与继电器、接触器控制技术相结合的产物。以 PLC 为控制核心的电气控制技术应用广泛，其输入、输出多采用低压电器。本项目主要是学习常用低压电器的理论知识，了解常用低压电器的功能、技术参数、图形文字符号，掌握其选用方法。

【学习目标】

- （1）了解常用低压电器的作用与分类。
- （2）理解常用低压电器的原理，了解其技术参数。
- （3）熟练掌握常用低压电器的图形符号和文字符号。
- （4）掌握常用低压电器的选用方法。

【相关知识】

电器是根据外界特定的信号和要求，自动或手动接通或断开电路，断续或连续改变电路参数，实现对电路或非电对象的接通、切断、保护、控制、调节等作用的设备。

一、电器的分类

电器的用途广泛、功能多样、种类繁多、结构各异，有以下四种常用的电器分类方法。

1. 按工作电压等级分类

（1）高压电器：是指用于交流电压 1200V、直流电压 1500V 及以上电路中的电器，如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

（2）低压电器：是指用于交流（50Hz 或 60Hz）额定电压 1200V 以下；直流额定电压 1500V 及以下的电路中的电器，如接触器、继电器等。

2. 按动作原理分类

（1）手动电器：是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：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、各种类型的继电器、电磁阀等。

3. 按用途分类

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

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

(3) 保护电器：是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：是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：是指用于电能的输送和分配的电器，如高压断路器、隔离开关、刀开关、自动空气开关等。

此种分类方式说法不一，也有人把主令电器、执行电器归入控制电器。

4. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器：是指依据电磁感应原理来工作的电器，如接触器、各种类型的电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器：是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。

二、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、调节等。低压电器的作用如下。

(1) 控制作用：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、电网的参数进行测量，如对电流、电压、功率、转速、温度、湿度等参数的测量。

(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工作情况，如绝缘监测、保护吊牌指示等。

(6) 转换作用：能实现用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行，从而实现功能切换，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。常用低压电器的用途如表 1-1 所示。

对低压配电电器要求是灭弧能力、分断能力强、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。

表 1-1 常见低压电器的用途

序 号	类 别	主 要 品 种	用 途
1	断路器	塑料外壳式断路器	主要用于电路的过负荷保护、短路保护、欠电压保护、漏电压保护，也可用于不频繁接通和断开电路
		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	
2	刀开关	开关板用刀开关	主要用于电路的隔离，有时也能分断负荷
		负荷开关	
		熔断器式刀开关	
3	转换开关	组合开关	主要用于电源切换，也可用于负荷通断或电路的切换
		换向开关	
4	主令电器	按钮	主要用于发布命令或程序控制
		限位开关	
		微动开关	
		接近开关	
		万能转换开关	
5	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷，切断带负荷电路
		直流接触器	
6	启动器	磁力启动器	主要用于电动机的启动
		Y/△启动器	
		自耦降压启动器	
7	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		平面控制器	
8	继电器	电流继电器	主要用于控制电路，将被控量转换成控制电路所需的电量或开关信号
		电压继电器	
		时间继电器	
		中间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	
9	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路短路保护，也用于电路的过载保护
		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	
10	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等地方
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	

三、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。它还具有低电压释放保护功能。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，是电力拖动自动控制线路中使用最广泛的元器件。

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) 结构

交流接触器的结构分为三部分，如图 1-1 所示。

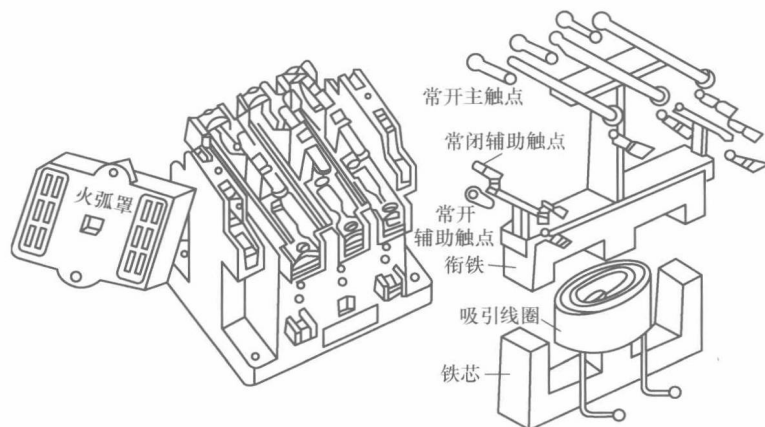


图 1-1 交流接触器的结构

(1) 电磁系统：包括动、静铁芯，吸引线圈和反作用弹簧，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：包括主触点和辅助触点。主触点用于通断主电路，通常为三对常开触点（动合触点）；辅助触点用于控制电路，起连锁、逻辑运算作用，故又称为连锁触点，一般常开触点、常闭触点（动断触点）都有。

(3) 灭弧装置：容量在 10A 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。

2) 工作原理

电磁式接触器的工作原理：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。

3) 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，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也可采用；双极接触器用于绕线

转子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，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，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 660V 和 1140V 等一些特殊的场合。

(3) 按有无触点分，可分为有触点接触器和无触点接触器。常见的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。由于晶闸管导通时所需的触发电压很小，而且回路通断时无火花产生，因而可用于高操作频率的设备和易燃、易爆、无噪声的场合。

4) 基本参数

(1) 额定电压：指主触点额定工作电压，它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 220V、380V、660V 等。

(2) 额定电流：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 5A、10A、20A、40A、60A、100A、150A、250A、400A、600A。

(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，这一数值与通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：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：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。

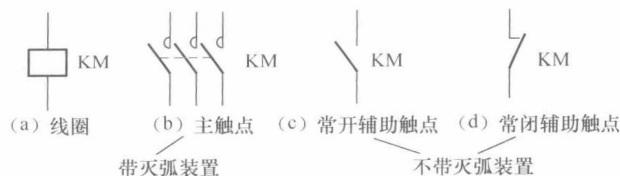


图 1-2 接触器的图形符号

2) 接触器的型号说明

图 1-3 是交流接触器的型号组成，图 1-4 是直流接触器的型号组成。

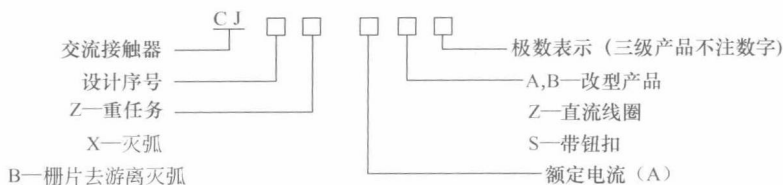


图 1-3 交流接触器的型号组成

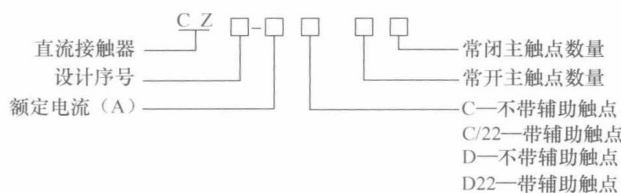


图 1-4 直流接触器的型号组成

例如，CJ10Z-40/3 为交流接触器，设计序号为 10，重任务型，额定电流为 40A，主触点为三极。CJ12T-250/3 为改型后的交流接触器，设计序号为 12，额定电流为 250A，3 个主触点。

我国生产的交流接触器常用的有 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，常开、常闭辅助触点各两对。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（50Hz）电压 380V 及以下、电流 600A 及以下的配电电路中，供远距离接通和分断电路使用，并适于不频繁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的 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，并适于频繁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。额定电压为 220~660V，额定电流为 9~630A。

4. 接触器的选用

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

根据电路中负载电流的种类选择接触器的类型。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 AC1、AC2、AC3 和 AC4。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转子异步电动机的启动和停止；三类交流接触器的典型用途是实现笼型异步电动机的运转和停止；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。启动接触器的电源是直流供电时，就必须用直流接触器。

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) 接触器的额定电压应大于或等于负载回路的额定电压，吸引线圈的额定电压应与所接控制电路的额定电压等级一致。接触器的线圈额定电压，一般应选低一些的为好，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。此时接触器类型可选用 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 600~12000 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，其型号常选为 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，型号选为 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，其型号常选为 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，其型号可选为 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，其型号可选为 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 $\leq 8\text{h}$ ，且安装于敞开的控制板上，接触器额定电流应大于或等于被控主回路的额定电流。如果冷却条件较差（如接触器安装在箱柜内），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。

(10) 参考电工标准。

四、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功能的

自动电器。在控制与保护电路中，继电器用于信号的转换。继电器具有输入电路（感应元件）和输出电路（执行元件），当感应元件中的输入量（如电流、电压、温度、压力等）变化到某一定值时继电器动作，执行元件便接通和断开控制回路。继电器用于控制电路，流过触点的电流小，一般不需要灭弧装置。

继电器的种类很多，按输入信号的性质可分为电压继电器、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；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得最早、最多的一种形式。其结构及工作原理与接触器大体相同，由电磁系统、触点系统和释放弹簧等组成。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。

2) 电磁式继电器的特性

继电器的主要特性是输入—输出特性，又称为继电特性。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。

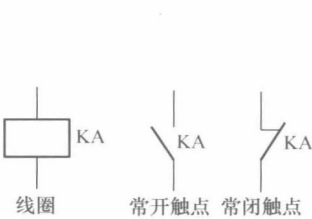


图 1-5 电磁式继电器图形、文字符号

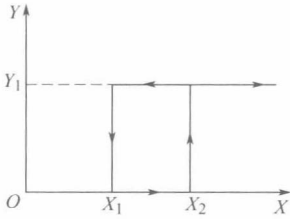


图 1-6 继电特性曲线

图 1-6 中， X_2 称为继电器吸合值，欲使继电器吸合，输入量必须大于或等于 X_2 ； X_1 称为继电器释放值，欲使继电器释放，输入量必须小于或等于 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致引起误动作；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 $K_f=0.6$ ，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受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 0.05~0.15s，快速继电器为 0.005~0.05s，它的大小影响继电器的操作频率。

3) 电压继电器、中间继电器

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。

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 时释放，对电路实现零电压保护。它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）用于电路欠电流保护，吸引电流为线圈额定电流 30%~65%，释放电流为额定电流 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。

过电流继电器（FA）在电路正常工作时不动作，整定范围通常为额定电流 1.1~4 倍。当被保护线路的电流高于额定值，达到过电流继电器的整定值时，衔铁吸合，触点机构动作，控制电路失电，从而控制接触器及时分断电路，对电路起过流保护作用。

JT4 系列交流电磁继电器适合在交流 50Hz、380V 及以下的自动控制回路中，作为零电压继电器、过电压继电器、过电流继电器和中间继电器使用。过电流继电器也适用于 60Hz 交流电路。

通用电磁式继电器有 JT3 系列直流电磁式和 JT4 系列交流电磁式继电器，均为老产品。新产品有 JT9、JT10、JL12、JL14、JZ7 等系列，其中，JL14 系列为交、直流电流继电器，JZ7 系列为交流中间继电器。

2. 时间继电器

时间继电器是一种利用电磁原理或机械动作原理实现触点延时接通或断开的自动控制电器，其种类很多，常用的有直流电磁式、空气阻尼式、电子式等时间继电器。

时间继电器图形符号及文字符号如图 1-7 所示。

1) 直流电磁式时间继电器

在直流电磁式电压继电器的铁芯上增加一个阻尼铜套，即可构成时间继电器。它是利用电磁阻尼原理产生延时的，由电磁感应定律可知，在继电器线圈通断电过程中铜套内将产生感应电动势，并流过感应电流，此电流产生的磁通总是反对原磁通变化。

电器通电时，由于衔铁处于释放位置，气隙大，磁

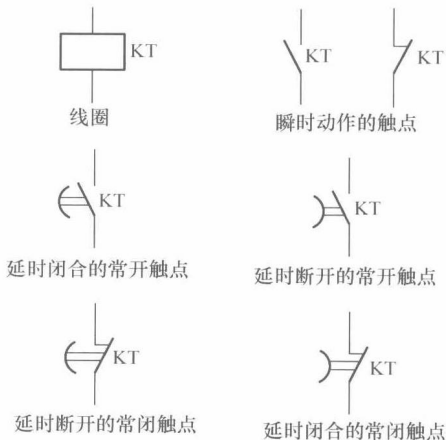


图 1-7 时间继电器图形符号及文字符号

阻大，磁通小，铜套阻尼作用相对也小，因此衔铁吸合时延时不显著（一般忽略不计）。

而当继电器断电时，磁通变化量大，铜套阻尼作用也大，使衔铁延时释放而起到延时作用。因此，这种继电器仅用于断电延时。

直流电磁式时间继电器延时较短，JT3 系列最长不超过 5s，而且准确度较低，一般只用于要求不高的场合。

2) 空气阻尼式时间继电器

空气阻尼式时间继电器是利用空气阻尼原理获得延时的。它由电磁系统、延时机构和触点三部分组成，电磁机构为直动式双 E 型，触点系统是借用 LX5 型微动开关，延时机构采用气囊式阻尼器。

空气阻尼式时间继电器，既具有由空气室中的气动机构带动的延时触点，也具有由电磁机构直接带动的瞬动触点，可以做成通电延时型，也可做成断电延时型。电磁机构可以是直流供电，也可以是交流供电。

3) 电子式时间继电器

电子式时间继电器在时间继电器中已成为主流产品，电子式时间继电器是采用晶体管或集成电路和电子元件等构成。目前，已有采用单片机控制的时间继电器。电子式时间继电器具有延时范围广、精度高、体积小、耐冲击和耐震动、调节方便及寿命长等优点，所以发展很快，应用广泛。

近年来，随着微电子技术的发展，采用集成电路、功率电路和单片机等电子元件构成的新型时间继电器大量面市。例如，DHC6 多制式单片机控制时间继电器，J5S17、J3320、JSZ13 等系列大规模集成电路数字时间继电器，J5145 等系列电子式数显时间继电器，J5G1 等系列固态时间继电器等。

DHC6 多制式单片机控制时间继电器是为适应工业自动化控制水平越来越高的要求而生产的。它可使用户根据需求选择最合适的制式，使用简便方法就可达到以往需要较复杂接线才能达到的控制功能。这样既节省了中间控制环节，又大大提高了电气控制的可靠性。

DHC6 多制式时间继电器采用单片机控制、LCD 显示，具有九种工作制式，正计时、倒计时任意设定，八种延时时段，延时范围从 0.01s~999.9h 任意通过键盘设定，设定完成之后可以锁定按键，防止误操作。它可按要求任意选择控制模式，使控制线路最简单可靠。

J5S17 系列时间继电器由大规模集成电路、稳压电源、拨动开关、四位 LED 数码显示器、执行继电器及塑料外壳几部分组成。采用 32kHz 石英晶体振荡器，安装方式有面板式和装置式两种。装置式插座可用 M4 螺钉固定在安装板上，也可以安装在标准 35mm 安装卡轨上。

J5S20 系列时间继电器是四位数字显示小型时间继电器，它采用晶体振荡器作为时基基准。采用大规模集成电路技术，不但可以实现长达 9999h 的长延时，还可保证其延时精度。

电子式时间继电器的输出形式包括有触点式和无触点式，前者是用晶体管驱动小型磁式继电器，后者是采用晶体管或晶闸管输出。

4) 时间继电器的选用

选用时间继电器时应注意：其线圈（或电源）的电流种类和电压等级应与控制电路相同；按控制要求选择延时方式和触点形式；校核触点数量和容量，若不够时，可用中间继电器进行扩展。

时间继电器新系列产品有 JS14A 系列、JS20 系列半导体时间继电器、JS14P 系列数字式半导体继电器等。它们具有体积小、延时精度高、寿命长、工作稳定可靠、安装方便、触点输出容量大和产品规格全等优点，被广泛应用于电力拖动、顺序控制及各种生产过程