



工业和信息化部高职高专“十二五”规划教材立项项目



21 世纪高职高专机电工程类规划教材

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN JIDIANGONGCHENGLEI GUIHUA JIAOCAI

电气控制与PLC技术

(项目式)



ianqi Kongzhi
Yu PLC Jishu

■ 黄中玉 陈梦影 主编
黄莉 梁吟曦 郭永欣 胡金新 副主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

全国高等职业院校机电类专业规划教材

电气控制与PLC技术

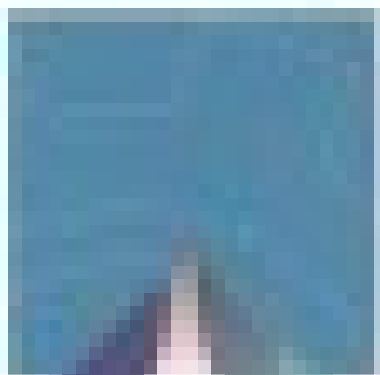
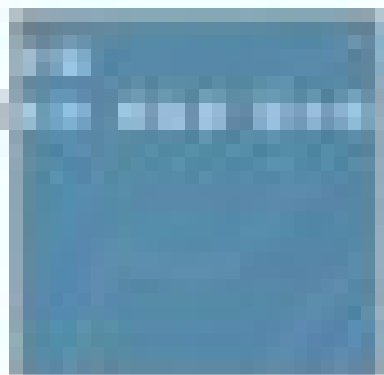
(第2版)



Learning Objectives
For Each Chapter

主编 王 强 副主编 王 强

编者 王 强 王 强 王 强



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



工业和信息化部高职高专“十二五”规划教材立项项目



21 世纪高职高专机电工程类规划教材

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN JDIANGONGCHENGLEI GUIHUA JIAOCAI

电气控制与PLC技术

(项目式)

■ 黄中玉 陈梦影 主编
黄莉 梁吟曦 郭永欣 胡金新 副主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与PLC技术：项目式 / 黄中玉，陈梦影主编. -- 北京：人民邮电出版社，2011.9
21世纪高职高专机电工程类规划教材
ISBN 978-7-115-25956-1

I. ①电… II. ①黄… ②陈… III. ①电气控制—高等职业教育—教材②可编程控制器—高等职业教育—教材 IV. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第154989号

内 容 提 要

本书采用基于工作过程的项目导向、任务驱动教学模式编写，重点介绍了继电器接触器控制的基础知识及三菱 PLC 的工作原理和应用技术，突出实际应用。

本书第一部分基于具体控制项目介绍了常用的低压电器元器件、典型控制环节和一些典型生产机械的常规电气控制方法，其他部分涵盖的知识内容包括：PLC 的基础知识、PLC 的编程元器件和基本逻辑指令应用、PLC 步进顺控指令应用、PLC 功能指令应用、PLC 特殊功能模块应用、PLC 与触摸屏、PLC 与变频器及 PLC 在工程实际中的应用实例。附录中包含了常用低压电气元器件的图形符号和文字符号、FX_{2N} 系列 PLC 的基本指令总表、功能指令总表以及特殊辅助继电器的使用方法，供使用时查阅。

本书可作为高等职业院校机电大类专业教材，也适用于初级、中级电工等技术人员自学使用。

工业和信息化部高职高专“十二五”规划教材立项项目

21 世纪高职高专机电工程类规划教材

电气控制与 PLC 技术（项目式）

-
- ◆ 主 编 黄中玉 陈梦影
 - 副 主 编 黄 莉 梁吟曦 郭永欣 胡金新
 - 责任编辑 潘新文
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本：787×1092 1/16
印张：15 2011 年 9 月第 1 版
字数：373 千字 2011 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-25956-1

定价：32.00 元

读者服务热线：(010)67170985 印装质量热线：(010)67129223
反盗版热线：(010)67171154



参考文献

1. 黄中玉. PLC 应用技术 (第 1 版). 北京: 人民邮电出版社, 2009.
2. 瞿彩萍, 张伟林. PLC 应用技术 (第 1 版). 北京: 人民邮电出版社, 2007.
3. 杨莹, 等. 可编程控制器案例教程 (第 1 版). 北京: 机械工业出版社, 2008.
4. 郁汉琪. 可编程序控制器原理及应用 (第 1 版). 北京: 中国电力出版社, 2004.
5. 阮友德. 电气控制与 PLC 实训教程 (第 1 版). 北京: 人民邮电出版社, 2006.
6. 田淑珍. 工厂电气控制设备及技能训练. 北京: 机械工业出版社, 2007.
7. 徐建俊. 电机与电气控制项目教程. 北京: 机械工业出版社, 2008.
8. 梁小布, 梁吟曦. 《可编程序控制器应用技术》. 北京: 北京理工大学出版社, 2009.
9. 吴丽. 电气控制与 PLC 应用技术. 北京: 机械工业出版社, 2008.
10. 巫莉. 电气控制与 PLC 应用. 北京: 中国电力出版社, 2008.
11. 张华宇. 数控机床电气及 PLC 控制技术. 北京: 电子工业出版社, 2010.
12. 林亚一. 水轮机调节及辅助设备. 北京: 中国水利水电出版社, 1995.

前言

电气控制技术在生产过程中的应用非常普遍,主要包括继电器接触器控制、可编程控制器(PLC)等内容。继电器接触器控制是应用最广泛的控制方式之一。PLC 是一种以微处理器为基础的通用工业控制装置。它继承了继电器接触器控制的突出性能,并与计算机技术、自动控制技术和通信技术融为一体,代表了电气程控技术的先进水平,广泛应用于机电一体化、工业自动化控制等各行各业。因此,我国很多高等职业院校的机电大类专业,都把 PLC 应用技术作为一门重要的专业课程。

为了更好地满足当前高职院校的教学需要,体现基于工作过程的教学理念,我们几位长期从事电气控制和 PLC 课程教学的教师和技术人员,经过认真商讨提炼和反复实践修改,共同开发完成了《电气控制与 PLC 技术》这本教材。

我们对本书的体系结构做了精心的设计。本书第一部分基于具体控制项目介绍了常用的低压电器元器件、典型控制环节和一些典型生产机械的常规电气控制方法。后面的部分按照项目导向、任务驱动的教学理念,我们精心选取和创设了 28 个基于工作过程的学习情境。这 28 个学习情境涵盖了作为高职学生应该学习掌握的 PLC 全部知识内容和技能要求,并且都是工业控制中经常要用的实际课题。围绕每一个学习情境,按照“情境描述——相关知识——情境实现——知识拓展”这一思路进行编排,力求把学习新知识、提高新技能和完成实际工作任务有机地结合在一起。在每一个学习情境中,我们都贯穿有完整的设计过程,包括:输入/输出设备的选择——I/O 接线图的绘制——控制程序的设计和调试等环节。在学习情境的安排方面,我们尽量注意循序渐进和难点分散;在文字叙述方面,我们注意通俗易懂、重点突出、难点讲透。

本书每章都有一个综合实训题,而且都是工业控制中的实际课题。目的是训练和提高学生综合应用本章知识解决实际工程问题的能力。本书每章还附有一定数量的习题,可以帮助学生巩固基础知识。

本书附录中归纳了常用低压电气元器件的图形符号和文字符号、三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的全部指令系统、特殊辅助继电器的用法,便于查阅。与之配套的 PLC 编程软件的使用方法放在项目二的学习情境 8 中。

为了更好地体现项目导向、任务驱动教学,在具体实施教学过程中,建议在学完每个学习情境后,找一个工业实际课题安排学生进行实际设计和上机调试。本书的参考学时为 100~110 学时。

读者和任课教师可到人民邮电出版社网站(www.ptpress.com.cn)免费下载电子教案。

本书由黄中玉、陈梦影任主编,由黄莉、梁吟曦、胡金新、郭永欣任副主编,由张江城、丁官元主审。其中学习情境 1、学习情境 26 由陈梦影编写,学习情境 2、学习情境 25 由梁吟曦编写,学习情境 3~5、学习情境 27 由黄莉编写,学习情境 6 由陈梦影、胡金新编写,学习情境 7 由黄卫红编写,学习情境 8~20 由黄中玉和郭永欣编写,学习情境 21~23 由宁波编写,

学习情境 24 由胡金新编写。

本书在拟定方案和编写过程中得到了中船重工宜昌船舶柴油机有限公司高级工程师刘树珍和森德电工设备制造有限公司总经理周尤刚、湖北水利水电职业技术学院“楚天技能名师”湖北天堂抽水蓄能有限公司副总经理杨学锋及企业其他生产技术人员的大力支持，并提出了很多宝贵的修改意见，我们在此一并表示最诚挚的感谢。

限于编者水平，书中难免存在错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 5 月

目 录

项目一 继电器接触器控制基础 1

学习情境 1 三相交流异步电动机

全压启动控制 1

(一) 情境描述 1

(二) 相关知识——常用低压电器元件、电气控制系统设计的基本规则、电动机点动正转控制 1

(三) 情境实现 7

(四) 知识拓展——主要低压电器元件的选用、电动机多地启停控制、电动机顺序启停控制 8

学习情境 2 三相交流异步电动机

降压启动控制 10

(一) 情境描述 10

(二) 相关知识——时间继电器 11

(三) 情境实现 13

(四) 知识拓展——延边三角形降压启动控制、各种降压启动的优点 15

学习情境 3 简易货物电梯的上升

下降控制 16

(一) 情境描述 16

(二) 相关知识——异步电动机各种正反转控制电路 17

(三) 情境实现 19

(四) 知识拓展——行程开关及电动机的行程控制 20

学习情境 4 C650 车床的电气

控制 23

(一) 情境描述 23

(二) 相关知识——速度继电器、电动机反接制动和电气原理图读图识图 24

(三) 情境实现 27

(四) 知识拓展——三相交流异步电动机能耗制动 29

学习情境 5 X62W 万能铣床电气

控制 31

(一) 情境描述 31

(二) 相关知识——万能转换开关、复杂电气原理图读图 31

(三) 情境实现 33

(四) 知识拓展——机床故障分析及维修 38

学习情境 6 绕线式电动机的

电气控制 39

(一) 情境描述 39

(二) 相关知识——电磁式继电器、按钮操作转子绕组串电阻启动控制、时间继电器控制转子绕组串电阻启动 39

(三) 情境实现 42

(四) 知识拓展——转子绕组串频敏变阻器启动控制、多极电动机的速度控制 43

综合实训 电动机顺序启动逆序停止控制系统设计 48

习题及思考题 49

项目二 PLC 编程元件和基本逻辑指令

应用 51

学习情境 7 认识 PLC 51

(一) 可编程控制器的产生及定义 52

(二) PLC 的特点和分类 54

(三) PLC 的应用和发展趋势 56

(四) PLC 的基本组成 58

(五) PLC 的编程语言 62

(六) PLC 的工作原理 63

(七) 三菱 FX 系列 PLC 简介 67

学习情境 8 三相异步电动机全压

启停控制 69

(一) 情境描述 69

(二) 相关知识——输入/输出继电器、基本指令 (I) 及编程软件的使用 70

(三) 情境实现 78

(四) 知识拓展——常闭触点的输入信号处理、SET/RST 置位/

复位指令·····	79	（一）情境描述·····	108
学习情境 9 三相电动机的正反转控制·····	80	（二）相关知识——PLC 状态元器件及单一流向的步进顺控设计法·····	108
（一）情境描述·····	80	（三）情境实现·····	111
（二）相关知识——PLC 基本逻辑指令（Ⅱ）·····	81	（四）知识拓展——步进顺控程序的其他编制方式·····	113
（三）情境实现·····	82	学习情境 15 按钮人行横道交通灯控制·····	114
（四）知识拓展——主控触点指令 MC/MCR·····	83	（一）情境描述·····	114
学习情境 10 三相电动机的延时启动控制·····	84	（二）相关知识——并行分支的步进顺控设计法·····	115
（一）情境描述·····	84	（三）情境实现·····	116
（二）相关知识——定时器 T、辅助继电器 M·····	84	（四）知识拓展——流程跳转、分支与汇合的组合及其编程·····	119
（三）情境实现·····	86	学习情境 16 物料分拣机构的自动控制·····	121
（四）知识拓展——积算定时器、定时器自复位电路、振荡电路·····	87	（一）情境描述·····	121
学习情境 11 洗手间的冲水清洗控制·····	90	（二）相关知识——选择分支的步进顺控设计法·····	122
（一）情境描述·····	90	（三）情境实现·····	123
（二）相关知识——上升沿/下降沿微分指令 PLS/PLF（脉冲输出指令）·····	90	（四）知识拓展——单流程与多流程状态转移图·····	126
（三）情境实现·····	91	综合实训 十字路口交通灯的控制·····	126
（四）知识拓展——边沿检测指令（LDP/LDF、ANDP/ANDF、ORP/ORF）·····	92	项目四 PLC 功能指令应用·····	130
学习情境 12 进库物品的统计监控·····	93	学习情境 17 设备维护提醒装置·····	130
（一）情境描述·····	93	（一）情境描述·····	130
（二）相关知识——FX 系列 PLC 的计数器 C、16 位低速计数器·····	94	（二）相关知识——功能指令的操作数及表达形式、传送指令、比较指令·····	131
（三）情境实现·····	94	（三）情境实现·····	135
（四）知识拓展——32 位加/减计数器、通用计数器的自复位电路·····	96	（四）知识拓展——触点比较、块传送 BMOV、多点传送 FMOV、区间复位 ZRST 指令·····	136
学习情境 13 LED 数码管显示设计·····	97	学习情境 18 电子四则运算器的设计·····	138
（一）情境描述·····	97	（一）情境描述·····	138
（二）相关知识——梯形图程序设计规则与梯形图优化、经验设计法·····	98	（二）相关知识——四则运算指令·····	138
（三）情境实现·····	100	（三）情境实现·····	140
综合实训 竞赛抢答器装置设计·····	102	（四）知识拓展——加 1 指令 INC、减 1 指令 DEC、逻辑运算指令·····	141
项目三 PLC 步进顺控指令应用·····	108	学习情境 19 霓虹灯闪烁控制·····	142
学习情境 14 三相异步电动机全压启停控制·····	108	（一）情境描述·····	142

(二) 相关知识——移位指令·····	143	(一) 情境描述·····	183
(三) 情境实现·····	145	(二) 相关知识·····	184
(四) 知识拓展——译码、编码 指令·····	146	(三) 情境实现·····	192
学习情境 20 变地址数据显示控制···	148	综合实训 门座式起重机控制装置 设计·····	194
(一) 情境描述·····	148	项目六 PLC 的工程应用实例·····	196
(二) 相关知识——变址寄存器、 BCD 码变换、七段译码、 位传送·····	148	学习情境 26 水电站渗漏集水井 排水控制·····	196
(三) 情境实现·····	152	(一) 情境描述·····	196
学习情境 21 寻找数组最大值并求和 运算·····	154	(二) 相关知识——水电站渗漏排水 系统、排水方式、排水系统的 电气构成·····	196
(一) 情境描述·····	154	(三) 情境实现·····	197
(二) 相关知识——跳转指令、 子程序指令、循环指令·····	154	学习情境 27 水电站低压压缩空 气系统 PLC 控制·····	200
(三) 情境实现·····	157	(一) 情境描述·····	200
综合实训 自动售货机 PLC 控制 设计·····	158	(二) 相关知识——电接点压力表、 水电站压缩空气系统·····	200
项目五 PLC 其他应用·····	161	(三) 情境实现·····	201
学习情境 22 电热水炉温度 控制·····	161	学习情境 28 C650 卧式车床 电气与 PLC 控制系统·····	204
(一) 情境描述·····	161	(一) 情境描述·····	204
(二) 相关知识·····	162	(二) 相关知识——C650 卧式车床的 电力拖动形式、C650 控制电路 与 PLC 型号的选择·····	204
(三) 情境实现·····	166	(三) 情境实现·····	206
(四) 知识拓展·····	167	综合实训 单台供水泵的 PLC 控制 系统·····	208
学习情境 23 PLC 与计算机的 通信·····	169	附录 A 常用电气图形符号·····	212
(一) 情境描述·····	169	附录 B FX_{2N} 系列 PLC 的基本指令 总表·····	215
(二) 相关知识·····	169	附录 C FX_{2N} 系列 PLC 的功能指令 总表·····	217
(三) 情境实现·····	171	附录 D FX_{2N} 系列 PLC 的特殊辅助继 电器·····	225
(四) 知识拓展——N:N 网络·····	172	参考文献·····	231
学习情境 24 触摸屏控制的碱液 配制系统·····	173		
(一) 情境描述·····	173		
(二) 相关知识·····	174		
(三) 情境实现·····	177		
(四) 知识拓展·····	182		
学习情境 25 钢琴琴弦绕线机的 速度控制·····	183		

项目一

继电器接触器控制基础

三相笼式异步电动机由于结构简单、性价比高、维护和检修方便等优点，在电力拖动自动控制系统中得到了广泛的应用。在工农业生产中，通常采用继电器接触器控制系统对 10kW 以下的中小功率鼠笼式异步电动机进行全压启动控制（又称直接启动）。

学习情境 1

三相交流异步电动机全压启动控制

（一）情境描述

设计三相异步电动机全压启动控制原理图，具体控制要求如下。

- （1）按下启动按钮，电动机全压启动，连续运行。
- （2）按下停止按钮 SB1，电动机停止运行。
- （3）主电路和控制电路能实现短路保护，电动机能实现过载保护，电路能实现欠电压和失电压保护。

通过学习理解以继电器、接触器和按钮等低压电器为基础的常规电气控制技术。

（二）相关知识——常用低压电器元器件、电气控制系统设计的基本规则、电动机点动正转控制

1. 常用低压电器元器件

低压电器通常是指在交流额定电压 1200V 以下、直流额定电压 1500V 以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器。工作电压值超出这个范围的电器通常称为高压电器。

低压电器是自动控制系统的基本组成元器件，控制系统的性能优劣与所用低压电器直接相

关, 电气技术人员必须熟练掌握常用低压电器元器件的原理、结构、型号、规格和用途, 并能正确选择、使用与维护。

(1) 刀开关。刀开关用于手动不频繁地接通和断开电路, 并作为电源隔离开关用。刀开关可以分为单极、双极和三极 3 种, 有单方向投掷的单投开关和双方向投掷的双投开关, 有带灭弧罩的刀开关和不带灭弧罩的刀开关, 没有灭弧罩的刀开关可以通断 $0.3I_N$, 带灭弧罩的刀开关可以通断 I_N 。刀开关的外形、结构、图形符号和文字符号如图 1-1 所示。

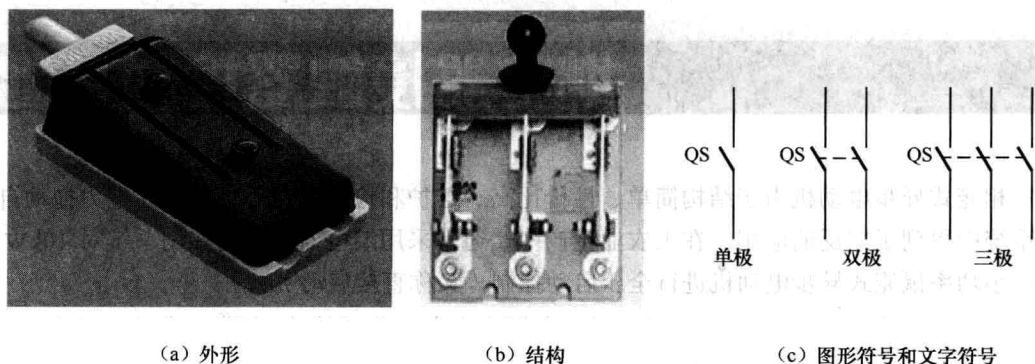


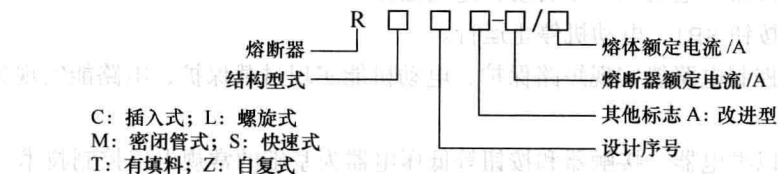
图 1-1 刀开关的外形、结构、图形符号和文字符号

刀开关主要由手柄、触刀、静插座和绝缘底座组成。安装刀开关时, 手柄向上推为合闸, 不得倒装或平装, 避免由于重力作用引起误动作和合闸。接线时, 应将电源线接在上端, 负载线接在下端。

近年来我国研制的新产品有 HD17、HD18、HS17 等系列刀开关。

(2) 熔断器。熔断器串联接入被保护电路的首端, 用于供电线路和电气设备的短路保护和严重过载保护, 主要用作短路保护。当电路短路或严重过载时, 通过熔断器的电流超过限定值一段时间后, 熔体熔断而自动切断电路, 从而保护了电路和设备。熔断器因结构简单、价格便宜、动作可靠、使用维护方便等优点, 得到了广泛的应用。

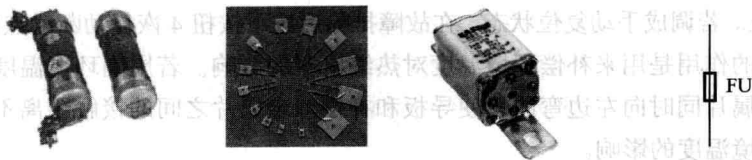
熔断器按结构型式有瓷插式、螺旋式、有填料密封管式、无填料密封管式、自复式、快熔式等类型。国产低压熔断器型号含义如下。



熔断器的外形、图形符号和文字符号如图 1-2 所示。



图 1-2 熔断器的外形、图形符号和文字符号



(d) 无填料密封管式 (e) 自复式 (f) 快熔式 (g) 图形符号和文字符号

图 1-2 熔断器的外形、图形符号和文字符号 (续)

(3) 热继电器。热继电器是利用电流的热效应原理工作，主要用于电动机连续运行时的过载保护、断相及电流不平衡运行的保护及其他电气设备发热状态的控制。电动机在运行中发生过载时，只要电动机绕组不超过允许温升，这种过载是允许的，但如果长时间过载运行，绕组温升超过了允许值时，将会加剧绕组绝缘老化，严重时甚至使电动机绕组烧毁。热继电器常和交流接触器配合组成磁力启动器。

① 热继电器的结构与工作原理。热继电器主要由加热元器件、双金属片、复位弹簧、电流调节装置和动作机构等元器件组成。双金属片是热继电器的测量元器件，由两种不同膨胀系数的金属片经过机械碾压而成。热继电器的结构示意图如图 1-3 所示。

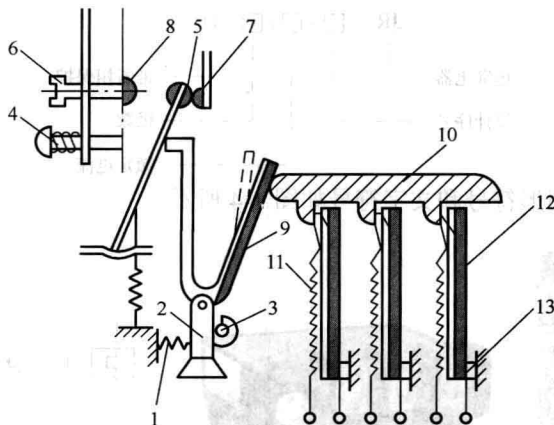


图 1-3 热继电器的结构示意图

1—弹簧 2—支撑件 3—调节旋钮 4—按钮 5—动触点 6—复位螺钉 7—常闭静触点 8—常开静触点
9—补偿双金属片 10—导板 11—加热元件 12—主双金属片 13—接线端子

热继电器工作原理如下。

加热元件 11 与主双金属片 12 串联接在电动机主电路进线端，电动机定子绕组电流即为热元件上流过的电流。当电动机过载时，主双金属片受热弯曲推动导板 10，并通过补偿双金属片 9 和传动机构将动断触点（动触点 5 和静触点 7）断开，动合触点（动触点 5 和静触点 8）闭合。热继电器的动断触点串接在电动机的控制回路，电动机过载时，热继电器动作，其动断触点断开，切断了电动机的控制电路，从而保护了电动机。热继电器的动合触点可以接入信号回路，当热继电器动作后，动合触点闭合，发出信号。当电动机正常运行时，热元件产生的热量虽然能使双金属片弯曲，但还不足以使热继电器动作。通过调节旋钮 3 可以改变补偿双金属片 9 与导板 10 之间的接触距离，从而调节热继电器动作电流的整定值。

热继电器动作后可以手动复位，也可以自动复位。通过调节复位螺钉 6 改变动合触点 8 的位置，使热继电器工作在手动复位或自动复位状态。热继电器动作后，应在 5min 内自动复位，或

在 2min 内手动复位。若调成手动复位状态,在故障排除后按下按钮 4 恢复动断触点闭合的状态。

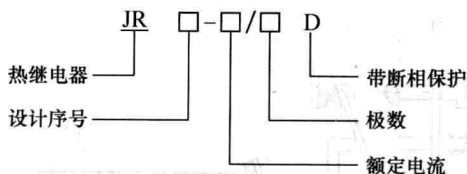
补偿双金属片的作用是用来补偿环境温度对热继电器的影响。若周围环境温度升高,主双金属片和补偿双金属片同时向左边弯曲,使导板和补偿双金属片之间的接触距离不变,热继电器的特性将不受环境温度的影响。

② 热继电器的分类及主要技术参数。热继电器按极数多少可分为单极式、两极式和三极式,两极结构的热继电器使用时将两个热元件分别串接在任两相主电路中;三极结构的热继电器使用时将 3 个热元件分别串接在三相主电路中;热继电器按复位方式可分为自动复位式和手动复位式,所谓自动复位是指触点断开后能自动返回。

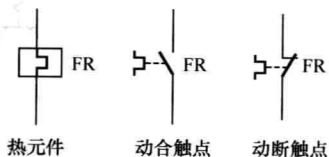
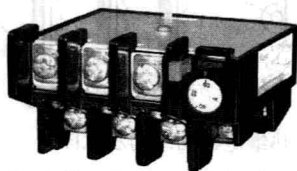
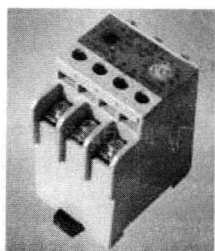
热继电器的主要技术参数有额定电压、额定电流、相数、热元件编号、整定电流调节范围等。热继电器的整定电流是指热继电器的热元件允许长期通过,又不致引起继电器动作的电流值,对于某一热元件,可通过调节其电流调节旋钮,在一定范围内调节其整定电流。

常用的热继电器有 JR20、JR36、JRS1 等系列,T 系列是引进德国 ABB 技术生产的,3UA 系列是引进德国西门子公司技术生产的。每一系列的热继电器一般只能和相应系列的接触器配套使用,如 JR20 热继电器和 CJ20 接触器配套使用。

热继电器型号含义如下。



热继电器的外形、图形符号和文字符号如图 1-4 所示。



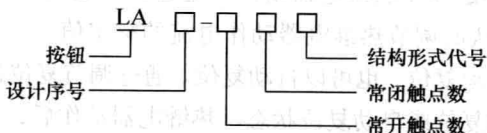
(a) 外形

(b) 图形符号和文字符号

图 1-4 热继电器的外形、图形符号和文字符号

(4) 按钮。按钮用于手动发出控制信号,短时接通和断开 5A 以下的小电流电路,还可以作为可编程控制器的输入信号元件。根据按钮的结构、数量和用途不同,可分为停止按钮(动断触点)、启动按钮(动合触点)和复合按钮(既有动断触点、又有动合触点)。为了便于操作,根据按钮的作用不同,按钮帽常做成不同的颜色和形状。通常红色按钮表示停止,绿色按钮表示启动,黄色按钮表示应急或干预,红色蘑菇形表示急停按钮。

按钮的型号含义如下。



按钮的外形、结构、图形符号和文字符号如图 1-5 所示。

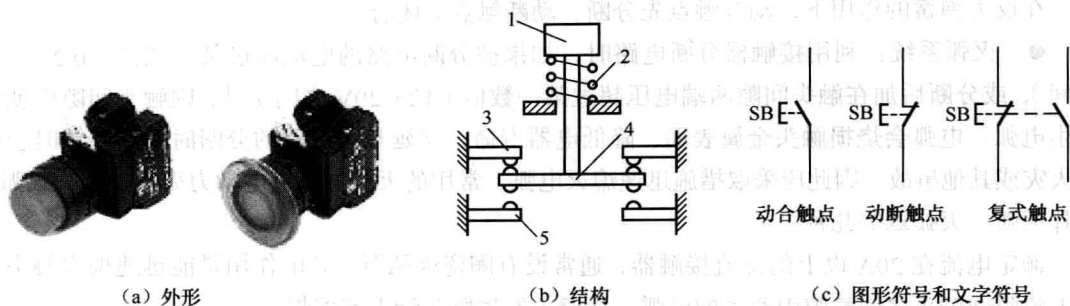


图 1-5 按钮的外形、结构、图形符号和文字符号

1—按钮帽 2—复位弹簧 3—动断触点 4—动触点 5—动合触点

按下复合按钮时，其动断触点先断开，动合触点后闭合；松开复合按钮时，其动合触点先分断，动断触点后闭合。

按钮在结构上有按钮式、紧急式、自锁式、钥匙式、旋钮式、保护式等，常用的型号有 LA18、LA19、LA20、LA25、LA38、LA101、LAY3 等。其中，LA25 系列为通用型按钮的更新换代产品，采用组合式结构，可根据需要任意组合其触点数目，最多可组合 6 个单元；LAY3 系列是根据德国西门子公司技术标准生产的产品。

(5) 接触器。接触器用于频繁地接通或断开交、直流主电路及大容量控制电路，实现远距离自动控制。按流过接触器主触头电流性质的不同，可分为直流接触器和交流接触器。因接触器不具备短路保护作用，常与熔断器、热继电器等保护电器配合使用。在可编程序控制器控制系统中，接触器常作为输出执行元件，用于控制电动机、电热设备、电容器组等负载。

① 接触器的组成及工作原理。目前使用的接触器是电磁式电器的一种，一般是由电磁机构、触点系统、灭弧系统、复位弹簧机构或缓冲装置、支架与底座等几部分组成的，其结构示意图如图 1-6 所示。

● 电磁机构：电磁机构是接触器的感测元件，由铁心、线圈、衔铁、复位弹簧等组成。线圈通电时，铁心产生电磁吸力，驱使触头动作。在铁心头部平面上装有短路环，目的是消除交流电磁铁在吸合时可能产生的振动和噪声。当交变电流过零时，电磁铁的吸力为零，衔铁被释放，当交变电流过零后，衔铁又被吸合，这样一放一吸，使衔铁发生振动。装上短路环后，在其中产生感应电流，能阻止交变电流过零时磁场的消失，使衔铁与铁心之间始终保持一定的吸力，因而消除了振动现象。

● 触头系统：触头系统包括主触头和辅助触点，交流接触器有 3 对常开主触头、两对动合辅助触点和两对动断辅助触点。主触头的额定电流较大，用来接通或分断大电流的主电路；辅助触点的额定电流较小，用来接通或分断小电流的控制电路。所谓动合触点是指在线圈未通电时处于断开状态的触点，动断触点是指在线圈未通电时处于闭合状态的触点。接触器中的动

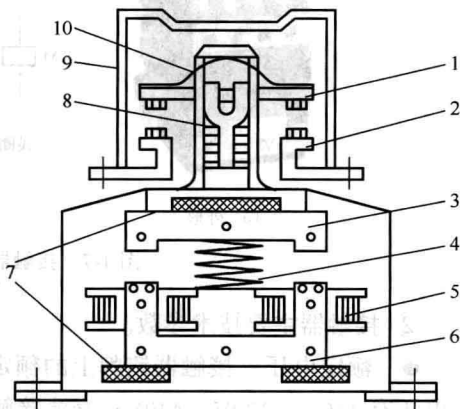


图 1-6 CJ20 系列交流接触器结构示意图

1—动触点 2—静触点 3—衔铁 4—缓冲弹簧
5—电磁线圈 6—铁心 7—垫毡 8—触点弹簧
9—灭弧罩 10—触点压力簧片

合触点和动断触点是联动的,当线圈通电时,动断触点先分断,动合触点后闭合;当线圈断电时,在反力弹簧的作用下,动合触点先分断,动断触点后闭合。

- **灭弧系统:**利用接触器分断电路时,如果被分断电路的电流超过某一数值(0.25~1A 之间),或分断后加在触头间隙两端电压超过某一数值(12~20V 之间)时,则触头间隙中就会产生电弧。电弧会烧损触头金属表面,降低电器寿命,又延长了电路的分断时间,严重时会引起火灾或其他事故,因此应采取措施迅速熄灭电弧。常用的灭弧方法有电动力灭弧、磁吹灭弧、栅片灭弧、灭弧罩等几种。

额定电流在 20A 以上的交流接触器,通常设有陶瓷灭弧罩,它的作用是能迅速熄灭触头分断电流瞬间触头之间气隙中产生的电弧,以避免发生触头烧毛或熔焊。

- **其他部分:**其他部分包括反力弹簧、触头压力簧片、缓冲弹簧等。反力弹簧的作用是当线圈断电时使衔铁和触头复位。触头压力簧片的作用是增大触头闭合时的压力,从而增大触头的接触面积,避免因接触电阻增大而产生触头烧毛现象。缓冲弹簧可以吸收衔铁吸合时产生的冲击力,起保护底座的作用。

交流接触器的工作原理如下。

当线圈通电后,线圈中电流产生的磁场,使铁心产生电磁吸力克服复位弹簧反力将衔铁吸合。衔铁带动动触头动作,触点动作时,常闭触点先断开,常开触点后闭合。当线圈断电时,电磁吸力消失,衔铁在反力弹簧的作用下释放,各触头随之复位,被控制电路的通断由主触头和辅助触点共同完成。

接触器的外形、图形符号和文字符号如图 1-7 所示。

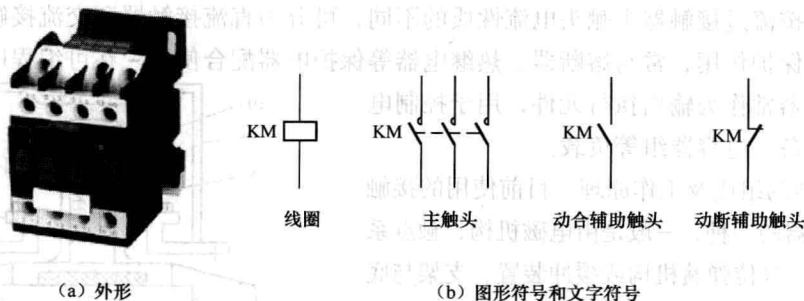


图 1-7 接触器的外形、图形符号和文字符号

② 接触器主要技术参数。

- **额定电压:**接触器铭牌上的额定电压是指主触头能承受的额定电压,直流接触器的额定电压有 110V、220V、440V;交流接触器的额定电压有 110V、220V、380V、500V 等。

- **额定电流:**接触器铭牌上的额定电流是主触头的额定电流,即允许长期通过的最大电流,有 5A、10A、20A、40A、60A、100A、150A、250A、400A、600A 等。

- **吸引线圈的额定电压:**交流电压有 36V、110V、220V、380V;直流电压有 34V、48V、220V、440V。

- **电寿命和机械寿命:**以万次计。

- **额定操作频率:**以次/h 表示,即允许每小时接通的最多次数。

2. 电气控制系统设计的基本规则

生产机械种类繁多,系统控制要求各异,但电气控制系统的设计原理和设计方法基本相同。

电气控制系统设计的基本原则如下。

- (1) 最大限度地满足不同的生产机械和生产工艺对控制系统的要求。
- (2) 在满足系统控制要求的前提下, 设计方案应力求简单、经济、便于操作和维护。
- (3) 从工艺、运行、维护和成本等方面使机械设计与电气设计相互配合。
- (4) 保证控制系统能安全可靠地运行。

3. 电动机点动正转控制

某些生产机械通常需要进行“点动”控制。图 1-8 所示为电动机点动正转控制原理图, 由主电路和控制电路两部分组成。主电路由刀开关 QS、熔断器 FU1、接触器 KM 的主触头及电动机 M 构成, FU1 用作主电路的短路保护; 控制电路由熔断器 FU2、点动按钮 SB 和接触器 KM 的线圈构成, FU2 用作控制电路的短路保护。

电路的工作原理如下。

电动机启动前, 合上刀开关 QS, 引入三相电源。按下点动按钮 SB, 接触器 KM 线圈得电, KM 主触头闭合, 电动机启动运转。松开 SB 按钮, 由于按钮自动复位, KM 线圈断电释放, 电动机停转。点动起停的时间长短由操作者手动控制, 此电路因短时工作, 所以电路中不设热继电器。

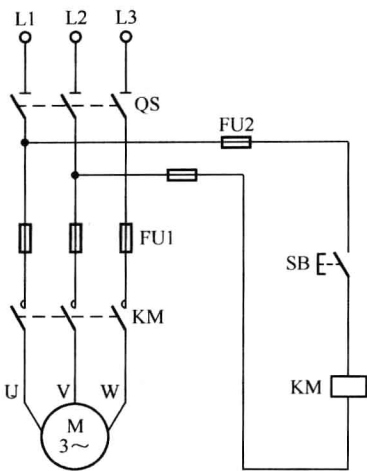


图 1-8 电动机点动正转控制原理图

(三) 情境实现

根据控制要求, 三相交流异步电动机全压启动控制电路如图 1-9 所示。

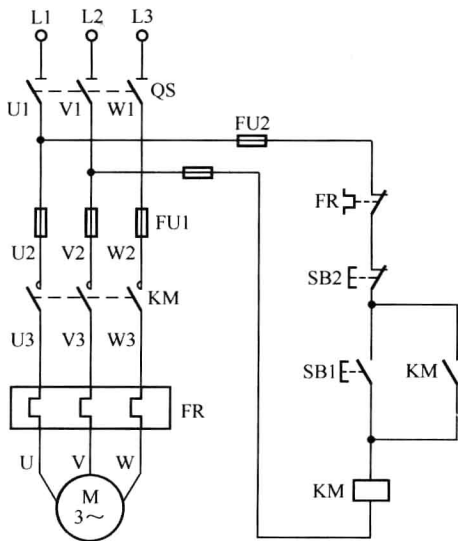


图 1-9 电动机继电器接触器全压启动控制电路

该电路由刀开关 QS、熔断器 FU1、接触器 KM 的主触点, 热继电器 FR 的热元件与电动机 M 构成主电路。由启动按钮 SB1、停止按钮 SB2、接触器 KM 的线圈及动合辅助触点、热继电器 FR 的动断触点和熔断器 FU2 构成控制电路。

电路的工作原理如下。

电动机启动前, 合上刀开关 QS。按下启动按钮 SB1, 接触器 KM 线圈通电, 其主触头闭合, 电动机接通电源开始运转。同时与 SB1 并联的 KM 动合触点闭合, 当松开 SB1 时, KM 的线圈仍可通过自身动合辅助触点继续通电, 保证电动机连续运行。这种依靠接触器自身的辅助触点而使线圈保持通电的现象称为自锁(又称自保持), 起自锁作用的辅助触点称为自锁触点。按下停止按钮 SB2, 接触器 KM 线圈断电释放, KM 的主触头断开, 电动机停止运转; 同时 KM 的自锁触点断开, 当松开 SB2 后, SB2 的动断触点恢复闭合状态, 但 KM 线圈已不能再依靠自锁触点通电了, 此电路又称为