



工业和信息化高职高专
“十三五”规划教材立项项目

高等职业院校

机电类“十三五”规划教材

电气控制 与 PLC 应用

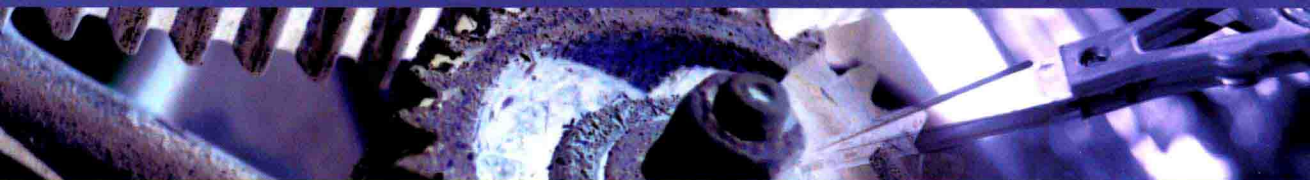
(第3版)

Electrical Control
and PLC Application (3rd Edition)

以任务为主线，以相关知识和操作技能为支撑

采用功能强大的三菱编程软件 GX-Developer 8.86

包含 PLC 通信、模拟量处理、变频器和触摸屏使用等内容



◎ 张伟林 王开 吴清荣 主编
◎ 王金花 陈振伟 张佑春 副主编



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



精品系列



工业和信息化高职高专
“十三五”规划教材立项项目

高等职业院校

机电类“十三五”规划教材

电气控制 与 PLC 应用

(第3版)

Electrical Control
and PLC Application (3rd Edition)



◎ 张伟林 王开 吴清荣 主编

◎ 王金花 陈振伟 张佑春 副主编

人民邮电出版社
北京



精品系列

图书在版编目 (C I P) 数据

电气控制与PLC应用 / 张伟林, 王开, 吴清荣主编

— 3版. — 北京: 人民邮电出版社, 2016.8

高等职业院校机电类“十三五”规划教材

ISBN 978-7-115-42513-3

I. ①电… II. ①张… ②王… ③吴… III. ①电气控制—高等教育—教材②plc技术—高等教育—教材 IV. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第112957号

内 容 提 要

本书内容包括电气控制线路、三菱 PLC、变频器与触摸屏的使用。全书共分 8 个课题, 分别是: 电动机与基本电气控制线路、PLC 基本指令的应用、PLC 步进指令的应用、PLC 功能指令的应用、PLC 通信、PLC 模拟量扩展模块的使用、变频器的使用、触摸屏的使用。

本书可作为高职高专, 高级技校, 技师学院机电类、电气类专业的教材, 也可供从事机电类工作的工程技术人员参考使用。

-
- ◆ 主 编 张伟林 王 开 吴清荣
 - 副 主 编 王金花 陈振伟 张佑春
 - 责任编辑 刘盛平
 - 执行编辑 王丽美
 - 责任印制 焦志炜

 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 北京鑫正大印刷有限公司印刷

 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 14 2016 年 8 月第 3 版
 - 字数: 359 千字 2016 年 8 月北京第 1 次印刷
-

定价: 35.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

电气控制与 PLC 应用是电气工程及自动化控制系统技术人员必须具备的技能,也是高职电类专业重要的专业基础课程。本书以掌握现代工业设备电气控制系统为学习目标,详细介绍电动机与电气控制技术, PLC、变频器及触摸屏应用技术。

本书第 1、2 版出版后,受到广大师生的欢迎。我们在听取众多使用本教材师生宝贵意见和建议的基础上,对本书第 3 版继续做了相应的修订。

(1) 为适应职业技术学院任务驱动法教学需要,本书第 2、3 版以课题—任务的形式编写。可以概括为:以任务为主线,以相关知识和技能为支撑,以教师为主导,以学生为主体,培养学生完成任务的能力。

(2) 为了适应电气控制系统的发展,第 2、3 版增加了 PLC 通信、模拟量处理和触摸屏应用等教学内容。这些内容标注有“*”号,供任课教师根据专业需要进行选用。

(3) 修改本书第 2 版中存在的一些问题,重新绘制更加简捷、便于在实训操作中连接线路的电路原理图;优化了部分任务的控制程序。

本书以完成一个电气基本控制任务为导向,将现代工业设备电气控制系统分解为 8 大课题、46 个任务。每个任务由任务引入、相关知识、任务实施、知识扩展和练习题 5 部分组成。在任务引入部分,给出本次任务的控制目标和条件;在相关知识部分,介绍与本次任务关联的内容;在任务实施部分,采用实训模式,内容包括电路组装、输入程序和检测控制功能;在知识扩展部分,简单地介绍与本次任务交织的内容,以拓宽读者的视野;在练习题部分,精心筛选了一定数量的习题,供读者巩固学习效果。

本书相关的课件和练习题答案可在人邮教育社区(www.ryjiaoyu.com)下载。

本书参考学时为 84~108,采用理论与实训相结合的教学模式。建议配备必要的实习设备,各课题的参考学时见下面的学时分配表。

学时分配表

| 课 题 | 课 程 内 容 | 学 时 |
|------|----------------|--------|
| 课题一 | 电动机与基本电气控制线路 | 14~18 |
| 课题二 | PLC 基本指令的应用 | 16~18 |
| 课题三 | PLC 步进指令的应用 | 6~8 |
| 课题四 | PLC 功能指令的应用 | 20~24 |
| *课题五 | PLC 通信 | 6~8 |
| *课题六 | PLC 模拟量扩展模块的使用 | 6~8 |
| *课题七 | 变频器的使用 | 10~14 |
| *课题八 | 触摸屏的使用 | 6~10 |
| 学时总计 | | 84~108 |

本书由河南工业技师学院张伟林、茂名职业技术学院王开、河南工业技师学院吴清荣任

主编, 山东水利技师学院王金花、安徽矿业职业技术学院陈振伟、安徽工商职业学院张佑春任副主编。

由于编者水平所限, 书中难免存在错误与不足之处, 诚恳希望读者批评指正, 以便在适当时候修订完善。编者邮箱: 38046274@qq.com。

编 者

2016 年 5 月

课题一 电动机与基本电气控制线路····· 1

- 任务一 认识三相交流异步电动机·····1
- 任务二 实现电动机点动控制·····5
- 任务三 实现电动机自锁控制·····13
- 任务四 实现电动机点动与自锁混合控制·····18
- 任务五 实现电动机正反转控制·····23
- 任务六 实现工作机械行程与位置控制·····27
- 任务七 实现电动机Y— Δ 降压启动控制·····32
- 任务八 实现电动机调速控制·····37

课题二 PLC 基本指令的应用····· 42

- 任务一 PLC 基本知识 with 操作·····42
- 任务二 应用 PLC 实现电动机自锁控制·····53
- 任务三 应用 PLC 实现点动与自锁混合控制·····57
- 任务四 应用 PLC 实现顺序启停控制·····61
- 任务五 应用 PLC 实现正反转控制·····65
- 任务六 应用 PLC 实现电动机Y— Δ 降压启动控制·····69
- 任务七 应用 PLC 实现单按钮启动/停止控制·····73
- 任务八 高速计数器的应用程序·····77

课题三 PLC 步进指令的应用····· 83

- 任务一 应用单流程模式实现3台电动机顺序启动控制·····83

- 任务二 应用选择流程模式实现运料小车控制·····88
- 任务三 应用并行流程模式实现交通信号灯控制·····91
- *任务四 应用混合流程模式实现电动机3速控制·····95

课题四 PLC 功能指令的应用····· 100

- 任务一 应用数据传送指令实现电动机Y— Δ 降压启动控制·····100
- 任务二 应用触点比较指令实现彩灯循环控制·····105
- 任务三 应用算术运算指令实现功率调节控制·····108
- 任务四 应用组件比较指令实现不同规格的工件分别计数·····114
- 任务五 应用时钟控制功能实现马路照明灯控制·····117
- 任务六 应用循环指令编写求和程序·····120
- 任务七 应用跳转指令实现手动/自动工作方式选择控制·····124
- 任务八 应用子程序调用指令编写应用程序·····127
- 任务九 组装5人竞赛抢答器·····129
- 任务十 应用BCD码指令实现停车场空车位数码显示·····133

***课题五 PLC 通信**····· 138

- 任务一 实现两台 PLC 相互启动/停止控制·····138

| | | |
|-------------|--|-----|
| 任务二 | 实现两台 PLC 综合计数控制 | 145 |
| 任务三 | 实现 3 台 PLC 相互启动/停止控制 | 149 |
| *课题六 | PLC 模拟量扩展模块的使用 | 155 |
| 任务一 | 用数码管显示输入的模拟电压值 | 155 |
| 任务二 | 应用 PLC 输出模拟可调电压 | 160 |
| 任务三 | 实现两个模拟电压大小比较 | 163 |
| *课题七 | 变频器的使用 | 165 |
| 任务一 | 认识变频器 | 165 |
| 任务二 | 设置变频器工作参数 | 171 |
| 任务三 | 实施变频器面板操作 | 174 |
| 任务四 | 实施变频器外部操作 | 175 |
| 任务五 | 实施变频器面板与外部组合操作 | 176 |
| 任务六 | 应用继电器控制变频器调速 | 177 |
| 任务七 | 应用 PLC 控制变频器多段调速 | 179 |
| *课题八 | 触摸屏的使用 | 184 |
| 任务一 | 设置触摸屏的操作环境参数 | 184 |
| 任务二 | 用触摸屏实现电动机启动/停止控制和故障显示 | 190 |
| 任务三 | 用 PLC、变频器与触摸屏实现调速控制 | 198 |
| 附录 A | FX_{2N} 系列 PLC 性能规格表 | 207 |
| 附录 B | FX_{2N} 系列 PLC 基本指令与步进指令表 | 209 |
| 附录 C | FX_{2N} 系列 PLC 功能指令表 | 210 |
| 附录 D | 三菱通用变频器 FR-E500 参数表 | 214 |

| 任务一 认识三相交流异步电动机 |

任务引入

工业生产中的大多数机械设备都是通过电动机进行拖动的，要使电动机按照生产工艺的要求运转，必须具备相应的电气控制线路。在组装电气控制线路之前，要从以下几个方面认识三相交流异步电动机：

- (1) 三相交流异步电动机的结构；
- (2) 三相交流异步电动机的转动原理；
- (3) 三相交流异步电动机的额定值；
- (4) 如何检查三相交流异步电动机。

相关知识

一、三相交流异步电动机的结构

三相交流异步电动机的构件分解如图 1.1 所示。三相交流异步电动机主要由定子（固定部分）和转子（旋转部分）两大部分构成。

1. 定子

定子由机座、定子铁心和三相定子绕组等组成。机座通常采用铸铁或钢板制成，起到固定定子铁心、利用两个端盖支撑转子、保护电动机的电磁部分及散热的作用。定子铁心由 0.35~0.5mm 厚的硅钢片叠压而成，片与片之间涂有绝缘漆以减少涡流损耗，定子铁心构成电动机的磁路部分。硅钢片内圆上冲有均匀分布的槽，用于对称放置三相定子绕组。机座与定子铁心如图 1.2 所示。

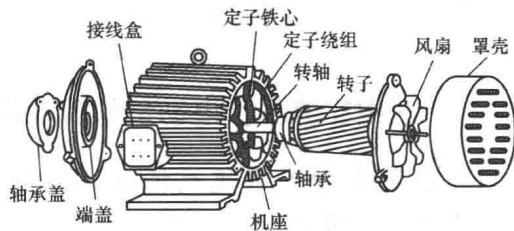


图 1.1 三相交流异步电动机构件分解图

三相定子绕组通常采用高强度的漆包线绕制而成, U 相、V 相和 W 相引出的 6 根出线端接在电动机外壳的接线盒里, 其中 U1、V1、W1 为三相绕组的首端, U2、V2、W2 为三相绕组的末端。三相定子绕组根据电源电压和绕组的额定电压连接成 Y 形 (星形) 或 Δ 形 (三角形), 三相绕组的首端接三相交流电源, 如图 1.3 所示。

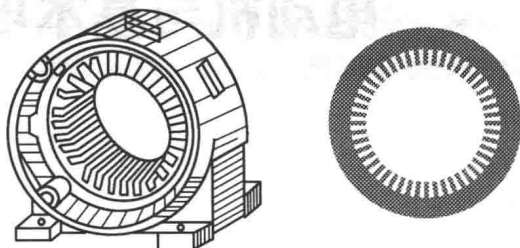


图 1.2 三相交流异步电动机的机座与定子铁心

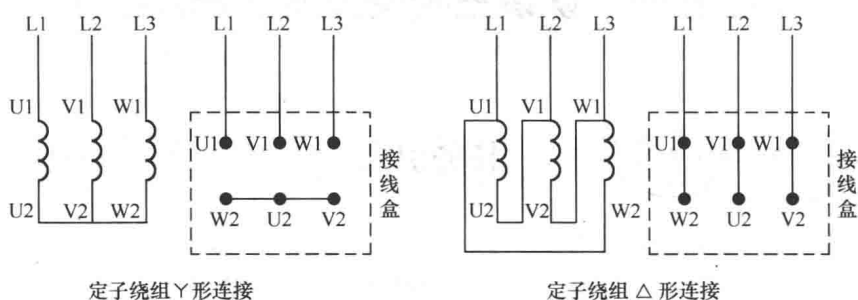


图 1.3 三相交流异步电动机定子绕组的连接方式

2. 转子

三相交流异步电动机的转子由转轴、转子铁心和转子绕组等组成。转轴用来支撑转子旋转, 保证定子与转子间均匀的空气隙。转子铁心也是由硅钢片叠成, 硅钢片的外圆上冲有均匀分布的槽, 用来嵌入转子绕组。转子铁心与定子铁心构成闭合磁路。转子绕组由铜条或熔铝浇铸而成, 形似鼠笼, 故称为鼠笼型转子, 如图 1.4 所示。

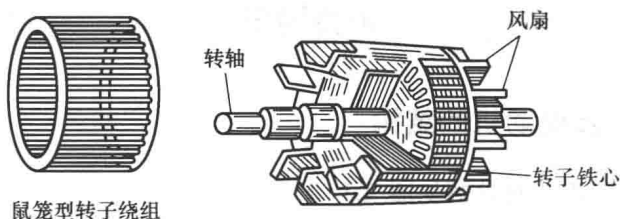


图 1.4 三相交流异步电动机的转子

二、三相交流异步电动机的转动原理

1. 鼠笼型转子跟随旋转磁铁转动的实验

为了说明三相交流异步电动机的转动原理, 先来做一个图 1.5 所示的实验。在实验中, 鼠笼型转子与手动旋转磁铁始终同向旋转。这是因为, 当磁铁旋转时, 转子导体做切割磁力线的相对运动, 在转子导体中产生感生电动势和感生电流。感生电流的方向可用右手定则判别。通有感生电流的转子导体受到电磁力的作用, 电磁力 F 的方向可用左手定则判别。于是, 转子在电磁力产生的电磁转矩作用下与磁铁同方向旋转。

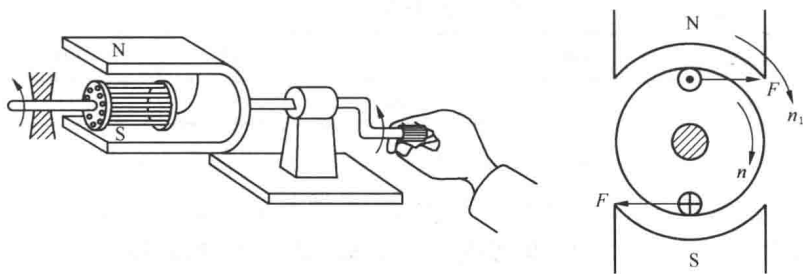


图 1.5 鼠笼型转子跟随旋转磁铁转动的实验

2. 旋转磁场的产生

当三相定子绕组接入三相交流电源后，绕组内便通入三相对称交流电流 i_u 、 i_v 、 i_w ，三相交流电流在转子空间产生的磁场如图 1.6 所示。

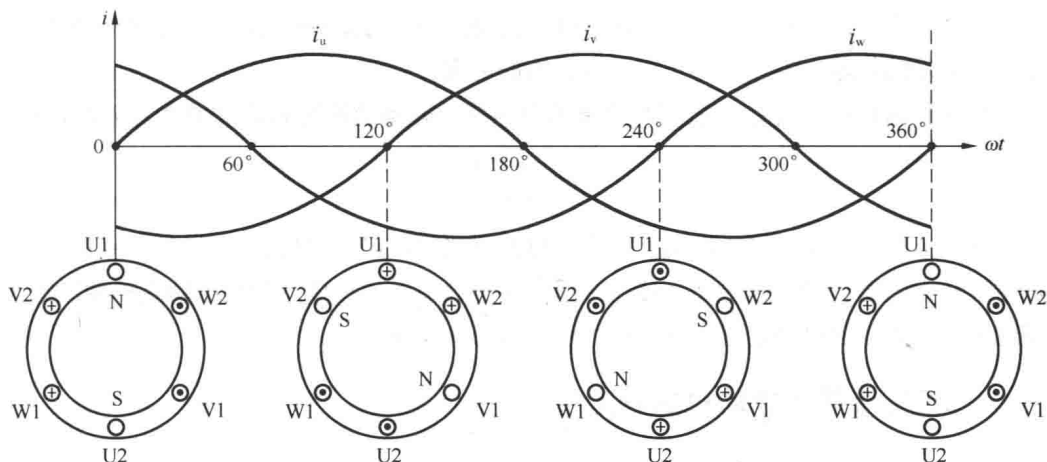


图 1.6 转子空间旋转磁场的变化

由图 1.6 可以看出，三相绕组在空间位置上互差 120° ，三相交流电流在转子空间产生的旋转磁场具有一对磁极（N 极、S 极各一个）。当电流从 $\omega t = 0^\circ$ 变化到 $\omega t = 120^\circ$ 时，磁场在空间旋转了 120° 。即三相交流电流产生的合成磁场随电流变化在转子空间不断地旋转，这就是旋转磁场的产生原理。

三相交流电流变化一个周期，两极（一对磁极）旋转磁场旋转 360° ，即正好旋转一圈。若电源频率 $f_1 = 50\text{Hz}$ ，则旋转磁场的转速 $n_1 = 60 f_1 = 60 \times 50 = 3000\text{r/min}$ 。当旋转磁场具有 4 极（即两对磁极）时，其转速仅为一对磁极时的一半，即 $n_1 = 60 f_1 / 2 = 60 \times 50 / 2 = 1500\text{r/min}$ 。所以，旋转磁场的转速与电源频率和旋转磁场的磁极对数有关。当旋转磁场具有 P 对磁极时，旋转磁场的转速为

$$n_1 = \frac{60 f_1}{P}$$

式中： n_1 ——旋转磁场的转速（r/min）；

f_1 ——交流电源的频率（Hz）；

P ——电动机定子绕组的磁极对数。

设电源频率为 50Hz，则电动机磁极个数与旋转磁场的转速关系见表 1.1。

表 1.1

磁极个数与旋转磁场转速的关系

| 磁极/个 | 2 极 | 4 极 | 6 极 | 8 极 | 10 极 | 12 极 |
|------------------------|------|------|------|-----|------|------|
| $n_1 / (\text{r/min})$ | 3000 | 1500 | 1000 | 750 | 600 | 500 |

电动机转子的转动方向与旋转磁场的旋转方向相同, 如果需要改变电动机转子的转动方向, 必须改变旋转磁场的旋转方向。旋转磁场的旋转方向与通入定子绕组的三相交流电流的相序有关。因此, 将定子绕组接入三相交流电源的导线任意对调两根, 则旋转磁场改变转向, 电动机转子也随之换向。

3. 三相交流异步电动机的转动原理和转差率

当电动机的三相定子绕组通入三相交流电流时, 便在转子空间产生旋转磁场, 由图 1.5 所示实验结果可知, 转子将在电磁转矩作用下与旋转磁场同向转动。但转子的转速不可能与旋转磁场的转速相等, 因为如果两者相等, 则转子与旋转磁场之间便没有相对运动, 转子导体不切割磁力线, 不能产生感生电动势和感生电流, 转子就不会受到电磁力矩的作用。所以, 转子的转速要始终小于旋转磁场的转速。这就是异步电动机名称的由来。

通常将旋转磁场的转速 n_1 和转子转速 n 的差与旋转磁场的转速 n_1 之比称为转差率, 即

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

转差率是分析三相交流异步电动机工作特性的重要参数。电动机启动瞬间, $S = 1$, 转差率最大, 启动过程中随着转子转速升高, 转差率越来越小。由于三相交流异步电动机的额定转速与旋转磁场的转速接近, 所以额定转差率很小, 通常为 1%~7%。

三、三相交流异步电动机的额定值

电动机的额定值是使用和维护电动机的重要依据, 电动机应该在额定状态下工作。

(1) 额定功率 (kW)。额定功率指电动机在额定运行状态下, 转轴上输出的机械功率。

(2) 额定电压 (V)。额定电压指电动机在正常运行时, 定子绕组规定使用的线电压。常用的中小功率电动机额定电压为 380V。电源电压值的波动一般不应超过额定电压的 5%。

(3) 额定电流 (A)。额定电流指电动机在输出额定功率时, 定子绕组允许通过的线电流。由于电动机启动时转速很低, 转子与旋转磁场的相对速度差很大, 因此, 转子绕组中感生电流很大, 引起定子绕组中电流也很大。电动机的启动电流为额定电流的 4~7 倍, 通常电动机的启动时间很短 (几秒), 因此尽管启动电流很大, 也不会烧坏电动机。

(4) 额定频率 (Hz)。额定频率指电动机在额定条件运行时的电源频率。我国交流电的频率为 50Hz, 在调速时则可通过变频器改变电源频率。

(5) 额定转速 (r/min)。额定转速指电动机在额定电压、额定频率及输出额定功率时的转速。

(6) 接法。接法指三相定子绕组的连接方式。当额定电压为 380V 时, 小功率 (3kW 以下) 电动机多为 Y 形连接, 中、大功率电动机为 Δ 形连接。

四、三相交流异步电动机的日常检查与测试项目

(1) 机械方面的检查。电动机的安装基础应牢固, 以免电动机运行时产生振动。用手转动转

轴，能平稳地旋转，不应出现异常摩擦声和机械撞击声。

(2) 接线可靠。接线端子处无打火痕迹，机壳采取接地或接零保护。

(3) 定子绕组直流电阻的测试。用万用表电阻挡测试三相定子绕组的直流电阻，各相绕组的阻值应均匀相等，正常阻值为几欧姆至十几欧姆。

(4) 定子绕组绝缘电阻的测试。用 500V 兆欧表测试三相定子绕组相互间的绝缘电阻和三相定子绕组对机座的绝缘电阻，阻值应为 $2M\Omega$ 以上。

(5) 运行电流的测试。电动机启动稳定后用钳形电流表测量电动机的空载电流和负载电流，检查三相交流电流是否对称和符合额定值。

任务实施

断开电源开关，在断电情况下检查电动机。

(1) 检查三相交流异步电动机的安装是否牢靠。

(2) 用手拨动转轴，转子转动应平稳无噪声。

(3) 观察三相交流异步电动机的铭牌，读懂铭牌上标示的技术参数。

(4) 打开接线盒，按接线方式连接。

(5) 检查三相交流异步电动机的接地保护线是否牢靠。

(6) 用万用表电阻挡测试三相定子绕组的直流电阻并记录。

(7) 用 500V 兆欧表测试三相定子绕组相互间的绝缘电阻和三相定子绕组对机座的绝缘电阻并记录。

练习题

1. 说明三相鼠笼式异步电动机的主要结构。

2. 某三相交流异步电动机的额定转速为 $950r/min$ ，它是几极电动机？

3. 什么是转差率？电动机启动过程中转差率怎样变化？

4. 某三相交流异步电动机部分铭牌数据为 $1.5kW$ ， $380/220V$ ， Y/Δ 。

(1) 解释铭牌数据的含义。

(2) 当电源线电压为 $380V$ 时，定子绕组应做何种连接？当电源线电压为 $220V$ 时，定子绕组应做何种连接？

(3) 如果将定子绕组连接成星形，接在 $220V$ 的三相电源上，会发生什么现象？

| 任务二 实现电动机点动控制 |

任务引入

点动控制适用于电动机较短时间运转，例如，点动控制常用于起吊重物或调整生产设备的初

始工作状态。图 1.7 所示为电动机点动控制线路原理图。电动机点动控制的操作为：按下点动按钮 SB，电动机 M 启动运转；松开点动按钮 SB，电动机 M 停止。

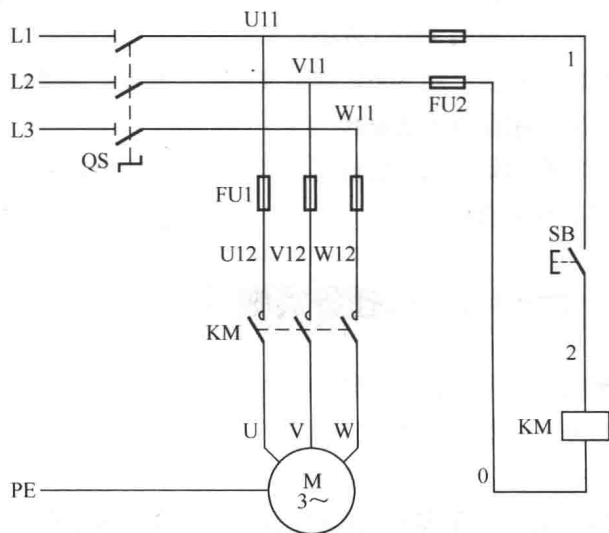


图 1.7 点动控制线路原理图

图 1.8 所示为电动机点动控制线路安装接线图。接线图是根据电气控制原理图与电器安装位置绘制的图形，接线图中的粗实线由多根实际连接线构成，称为母线；细实线表示单根连接线，称为分支线。分支线与母线连接时呈 45° 或 135° 。

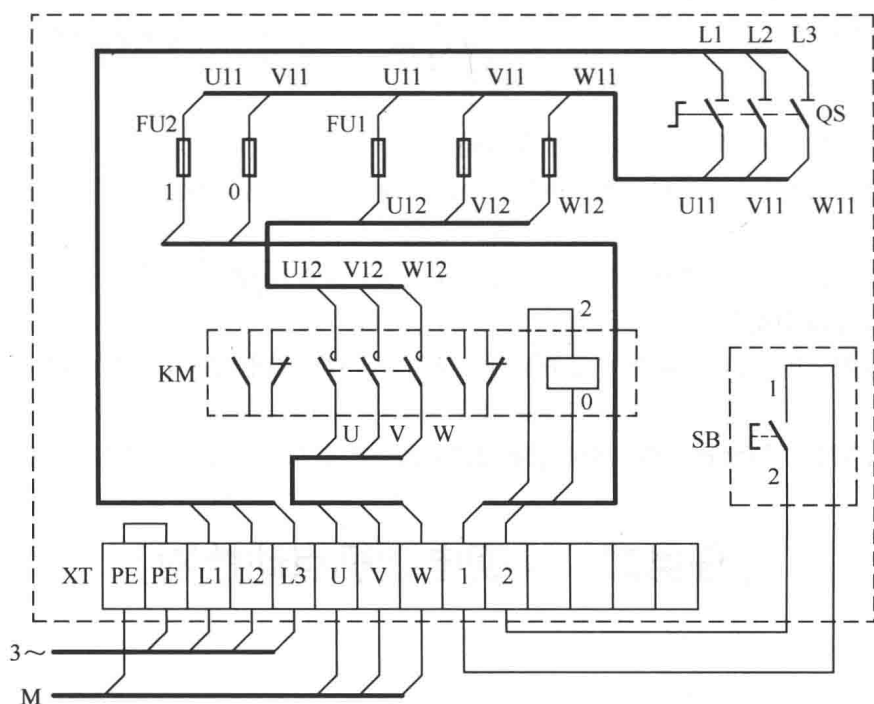


图 1.8 点动控制线路安装接线图

图 1.9 所示为接触器点动控制线路实物图。

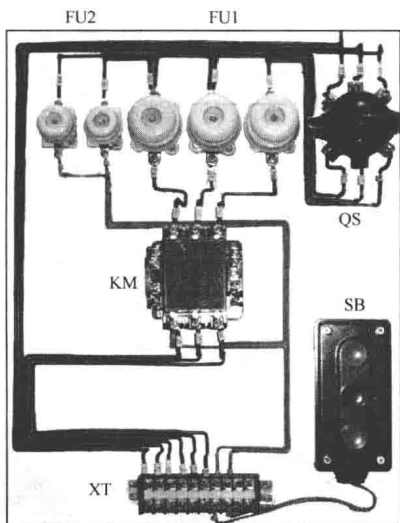


图 1.9 点动控制线路实物图

相关知识

一、电路构成

如图 1.7 所示，电气控制线路可分为主电路和控制电路两大部分。主电路是电动机电流流经的电路。主电路的特点是电压高（380V）、电流大。控制电路是对主电路起控制作用的电路。控制电路的特点是电压不确定（有 24V、36V、48V、110V、220V、380V 6 个等级）、电流小。在电气原理图中，电源线水平绘制，主电路垂直绘在左侧，控制电路垂直绘在右侧。同一个电气元件的各个部分可以分别绘在不同的电路中。例如，接触器的主触头绘在主电路中，线圈绘在控制电路中，主触头和线圈的图形符号不同；但文字符号相同，表示为同一个电气器件。

二、组合开关

组合开关属于控制电器，主要用作电源引入开关。图 1.10 所示为 HZ10 系列组合开关。开关有 3 对静触头，分别装在 3 层绝缘垫板上，并附有接线端伸出盒外，以便和电源及用电设备相接；3 个动触头装在附有手柄的绝缘杆上，手柄每次转动 90° 角，带动 3 个动触头分别与 3 对静触头接通或断开。

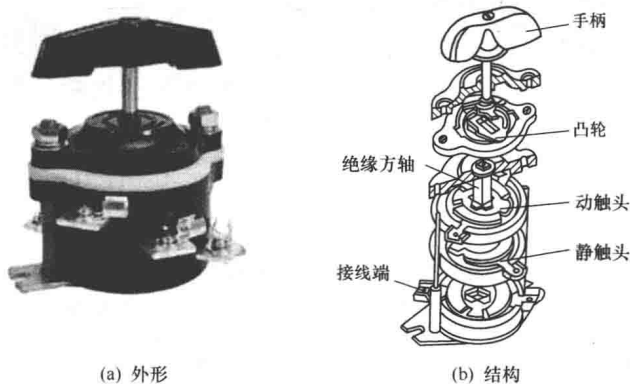


图 1.10 HZ10-10/3 组合开关

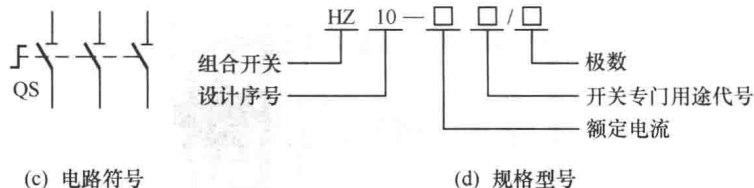


图 1.10 HZ10-10/3 组合开关 (续)

三、按钮

按钮属于控制电器,按钮不直接控制主电路的通断,而是控制接触器的线圈。图 1.11 所示为控制设备中常用按钮及按钮的结构、电路符号与型号规格。

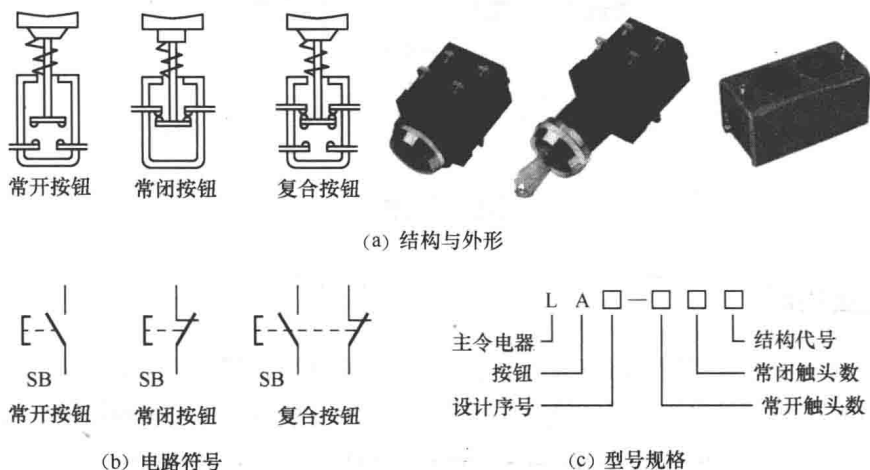


图 1.11 按钮

1. 分类与型号规格

按钮一般分为常开按钮、常闭按钮和复合按钮,其电路符号如图 1.11 (b) 所示。按钮的型号规格如图 1.11 (c) 所示,例如,LA10-2K 表示为开启式双联按钮。常用按钮的额定电压为 380V,额定电流为 5A。

2. 按钮的选用

(1) 根据使用场合和用途选择按钮的种类。例如,手持移动操作的应选用带有保护外壳的按钮;嵌装在操作面板上可选用开启式按钮;需显示工作状态的选用光标式按钮;为防止无关人员误操作,在重要场合应选用带钥匙操作的按钮。

(2) 合理选用按钮的颜色。停止按钮选用红色;启动按钮优先选用绿色,但也允许选用黑、白或灰色;一钮双用(如用单按钮操作启动/停止控制)的按钮不得使用绿、红色,而应选用黑、白或灰色。

四、接触器

接触器属于控制电器,是依靠电磁吸引力与复位弹簧反作用力配合动作,使触头闭合或断开的电磁开关,主要控制对象是电动机。具有控制容量大、工作可靠、操作频率高、使用寿命长和便于自动化控制的特点,但本身不具备短路和过载保护的功能,因此,常与熔断器、热继电器或低压断路器等配合使用。目前在电气设备上较多使用 CJX1 系列交流接触器(或 CJX1 系列直流接触器)。

1. 结构

交流接触器的外形与结构如图 1.12 (a)、(b)、(c)、(d) 所示。

接触器主要由电磁系统和触头系统组成。

(1) 电磁系统。电磁系统主要由线圈、静铁心和动铁心 3 部分组成。为了减少铁心的磁滞和涡流损耗，铁心用硅钢片叠压而成。线圈额定电压分别为交流 24V、36V、48V、110V、220V 和 380V，供不同电压等级的控制电路选用。

CJX 系列的接触器在线圈上可方便地插接配套的阻容串联元件，以吸收线圈通、断电时产生的感生电动势，延长 PLC 输出端口物理继电器触头的寿命。

(2) 触头系统。交流接触器采用双断点的桥式触头，有 3 对主触头，2 对辅助常开触头和 2 对辅助常闭触头，辅助触头的额定电流均为 5A。低压接触器的主、辅触头的额定电压均为 380V。CJX 接触器可组装积木式辅助触头组、空气延时头、机械联锁机构等附件，组成延时接触器、Y- Δ 启动器等。

通常主触头额定电流在 10A 以上的接触器配有灭弧罩，作用是减小或消除触头电弧。灭弧罩对接触器的安全使用起着重要的作用。

2. 电路符号与型号规格

接触器的电路符号如图 1.12 (e) 所示。型号规格如图 1.12 (f) 所示，例如，CJX1-16 表示主触头为额定电流 16A 的接触器。

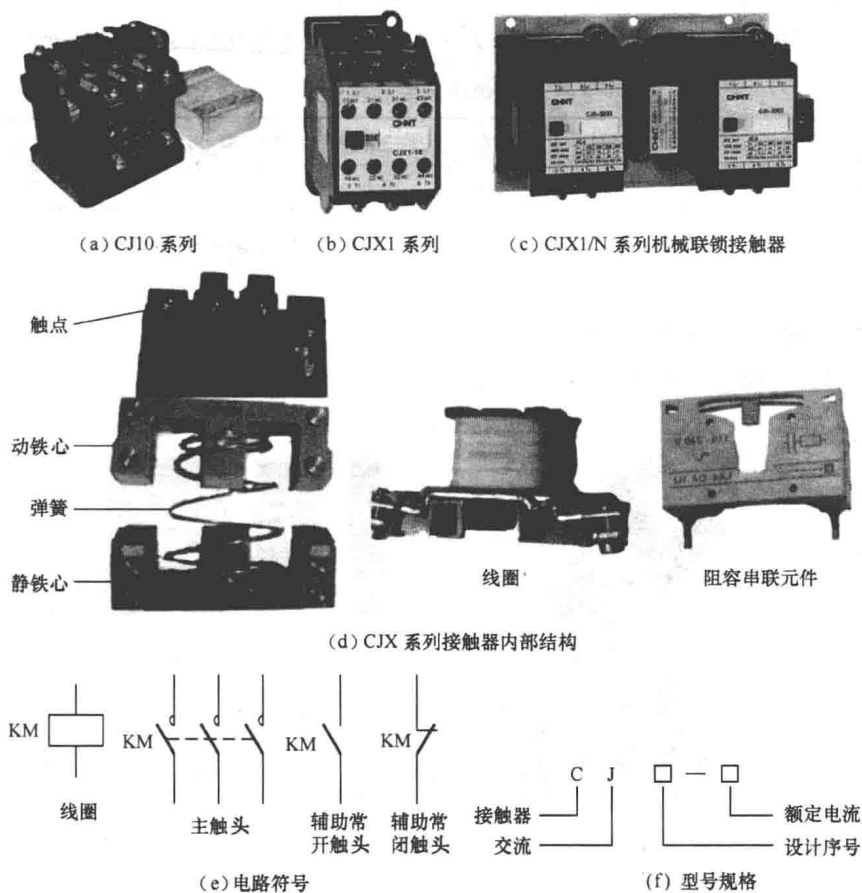


图 1.12 交流接触器

3. 交流接触器的工作原理

交流接触器的工作原理如图 1.13 所示。接触器的线圈和静铁心固定不动，当线圈通电时，铁心线圈产生电磁吸力，将动铁心吸合并带动动触头运动，使常闭触头分断，常开触头接通。当线圈断电时，动铁心依靠弹簧作用力而复位，其常开触头恢复分断，常闭触头恢复闭合。

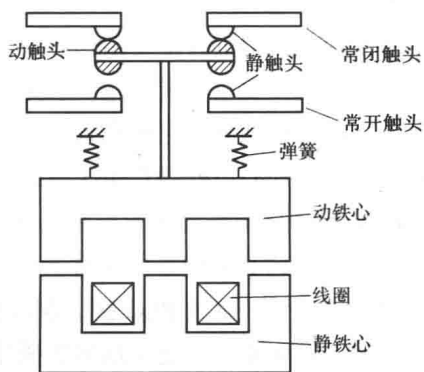


图 1.13 交流接触器工作原理

4. 交流接触器的选用

(1) 主触头额定电压的选择。接触器主触头的额定电压应大于或等于被控制电路的额定电压。

(2) 主触头额定电流的选择。接触器主触头的额定电流应大于或等于电动机的额定电流。如果用作电动机频繁启动、制动及正反转的场合，应将接触器主触头的额定电流降低一个等级使用。

(3) 线圈额定电压的选择。线圈额定电压应与设备控制电路的电压等级相同，通常选用 380V 或 220V。若从安全方面考虑需用较低电压时，也可选用 36V 或 110V 等。

五、熔断器

熔断器属于保护电器，使用时串联在被保护的电路中，其熔体在过流时迅速熔化切断电路，起到保护用电设备和线路安全运行的作用。熔断器在一般低压照明线路或电热设备中作过载和短路保护，在电动机控制线路中作短路保护。表 1.2 所示为常用熔体的安秒特性列表。

表 1.2 常用熔体的安秒特性

| 熔体通过电流/A | $1.25I_N$ | $1.6I_N$ | $1.8I_N$ | $2I_N$ | $2.5I_N$ | $3I_N$ | $4I_N$ | $8I_N$ |
|----------|-----------|----------|----------|--------|----------|--------|--------|--------|
| 熔断时间/s | ∞ | 3600 | 1200 | 40 | 8 | 4.5 | 2.5 | 1 |

表中， I_N 为熔体额定电流，通常取 $2I_N$ 为熔断器的熔断电流，其熔断时间约为 40s。因此，熔断器对轻度过载反应迟缓，一般只能作短路保护。

1. 外形、结构与电路符号

熔断器的外形、结构与电路符号如图 1.14 所示。

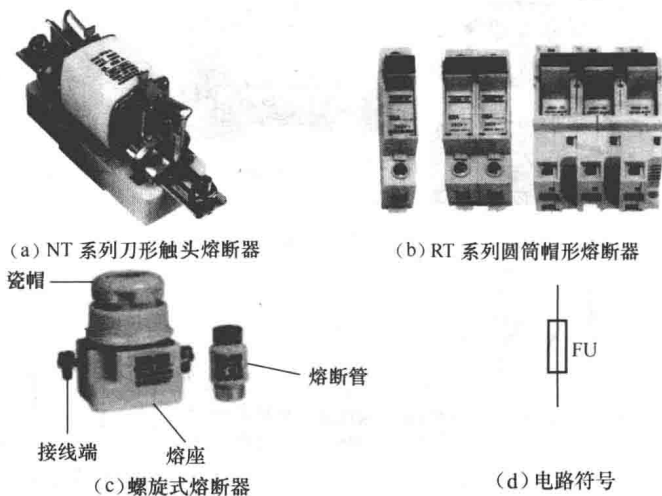


图 1.14 熔断器外形、结构与电路符号