



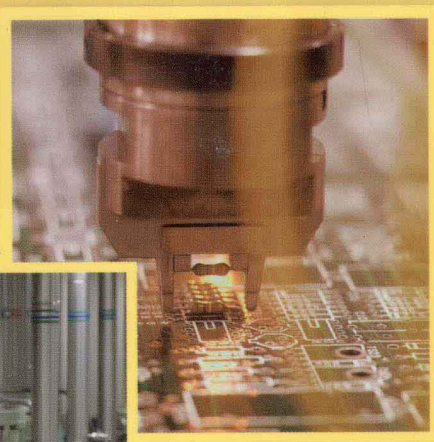
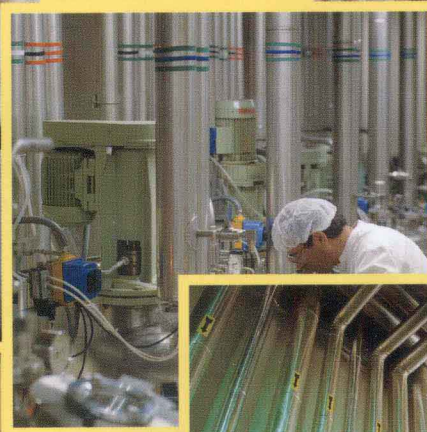
教育部高等职业教育示范专业规划教材 (机械制造及自动化专业)

国家示范建设院校课程改革成果

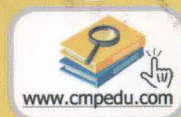
江苏省高等学校精品教材

# 数控机床电气控制

## 第2版



夏燕兰 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

赠 电子教案

教育部高等职业教育示范专业规划教材

(机械制造及自动化专业)

国家示范建设院校课程改革成果

江苏省高等学校精品教材

# 数控机床电气控制

第2版

主 编 夏燕兰

副主编 张婉青 李 颖

参 编 王文凯 李凤芹 王 琳 郭艳萍

主 审 朱浩连

机械工业出版社

本书选取“普通车床控制系统”、“普通铣床控制系统”、“PLC 控制系统”、“数控车床控制系统”等具体工作对象作为课程的主体内容,将普通机床继电器控制系统、PLC 控制系统和数控机床控制系统的分析、设计、安装与调试等内容以真实工作任务及其工作过程为依据进行整合,分成7个不同的学习情境,每个学习情境又分为若干个由简单到复杂的基于工作过程的小任务。本书力求使读者通过学习,掌握数控机床电气控制系统的分析与初步设计的技能。

本书可作为高等职业技术学院的数控类、机械制造、机电一体化、工业自动化及其他相关专业的教材,也可作为高等工科院校相关专业的教材,还可供有关工程技术人员参考。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 注册后下载。咨询邮箱: [cmpgaozhi@sina.com](mailto:cmpgaozhi@sina.com)。咨询电话: 010-88379375。

## 图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气控制/夏燕兰主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2011.9

教育部高等职业教育示范专业规划教材(机械制造及自动化专业) 国家示范建设院校课程改革成果 江苏省高等学校精品教材

ISBN 978-7-111-35934-0

I. ①数… II. ①夏… III. ①数控机床—电气控制—高等职业教育—教材 IV. ①TG659.023.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第194330号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:郑丹 责任编辑:刘良超

版式设计:张世琴 责任校对:姜婷

封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2012年1月第2版第1次印刷

184mm×260mm·17.75印张·434千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-35934-0

定价:33.00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

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

## 第2版前言

在当前经济全球化和我国先进制造业、现代服务业快速发展的新形势下，企业急需具有一定职业能力、适应现代社会需要的应用型专门人才。近年来，我国高等职业教育得到迅速发展，成为培养社会急需的高等技术应用型专门人才的基本力量。2006年，教育部颁布了《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》（教高〔2006〕16号），强调加大课程建设与改革的力度，增强学生的职业能力。因此，课程、教材建设与改革已经成为深化高等职业教育教学改革的关键。

本书是校企合作研讨、共同开发的教材。本书结合国家数控机床装调中级工岗位要求，将普通机床装调工、数控机床装调工、机床电气设计师等岗位的典型工作任务作为主要素材，以数控机床安装与调试大赛的项目为引领，在第1版的基础上，对内容进行了整合，按照任务驱动、项目引导的方式精心设计本书内容，充分体现典型工作任务中对象、手段、工具、方法、组织、产品和环境等关键要素。

本书选取“普通车床控制系统”、“普通铣床控制系统”、“PLC控制系统”、“数控车床控制系统”等具体工作对象作为课程的主体内容，将普通机床继电器控制系统、PLC控制系统和数控机床控制系统的分析、设计、安装与调试等内容以真实工作任务及其工作过程为依据进行整合，分成7个不同的学习情境，每个学习情境又分为若干个由简单到复杂的基于工作过程的小任务。本书是在南京工业职业技术学院近年来课程改革经验的基础上编写的，内容与工程实际接轨，高职特色鲜明，是校企合作进行高职教材开发的典型示例。

本书由南京工业职业技术学院夏燕兰任主编，南京工业职业技术学院张婉青、李颖任副主编，参加编写的人员有南京工业职业技术学院王文凯、李凤芹以及常州机电职业技术学院王琳、河南漯河职业技术学院郭艳萍。本书由国家数控专家朱浩连高级工程师担任主审，在此表示衷心感谢。

本书可作为高等职业技术学院的数控类、机械制造、机电一体化、工业自动化及其他相关专业的教材，也可作为高等工科院校相关专业的教材，还可供有关工程技术人员参考。

限于编者的水平，书中难免有错漏之处，恳请读者提出批评意见。

本书配有电子课件，凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 注册后下载。咨询邮箱：[cmpgaozhi@sina.com](mailto:cmpgaozhi@sina.com)。咨询电话：010-88379375。

编者

# 第 1 版前言

随着社会的进步和科技的发展,机械加工业大量采用数控机床取代传统的普通机床进行机械加工,使企业生产向智能化、集成化、网络化方向发展,这已经成为企业技术进步和技术改造的一种重要趋势。因此,对数控技术进行普及、应用和推广是十分必要的。

本书主要介绍机床控制线路的基本环节、典型普通机床电气控制线路的分析、机床电气控制系统的设计、PLC 的应用、CNC 和伺服驱动系统的基本工作原理、典型的数控机床电气控制系统分析、参数设置以及实验实训等内容。重点介绍 SIEMENS S7—200 PLC 和 FANUC PLC 的结构、工作原理、指令系统以及应用实例。

本书在内容选取上,力求反映当前数控机床电气控制新技术发展的方向。以“重实践,重技能,以能力为本位”为宗旨,以提高实际动手能力为目的,提供了许多典型实际应用性例子,重点强调电气控制应用能力的培养。本书将继电器控制部分和 PLC 控制部分有机结合在一起,由普通机床的电气控制基本环节过渡到数控机床的电气控制线路,先是“化整为零”的叙述,后是“集零为整”的总结。在文字叙述上,力求通俗易懂,便于理解。每章都有小结、习题与思考题,使学生对所学的理论能得到进一步理解和掌握。本书第九章列举了本门课程的主要实验实训内容,加强实践能力的训练。

本书由南京工业职业技术学院夏燕兰任主编,编写第四章、第五章、第六章、第八章。常州机电职业技术学院王琳、河南漯河职业技术学院郭艳萍任副主编,王琳编写第一章、附录,郭艳萍编写第二章、第三章。南京工业职业技术学院王文凯编写第七章,李凤芹编写第九章。本书由国家数控专家毕承恩教授担任主审,在此表示衷心感谢。

本书可作为高等职业技术学院的数控类、机械制造、机电一体化、工业自动化及其他相关专业的教材,也可作为高等工科院校相关专业的教材,还可供有关工程技术人员参考。

限于编者的水平,书中难免有错漏之处,恳请读者提出批评意见。

编者

# 目 录

## 第 2 版前言

## 第 1 版前言

### 学习情境一 机床基本控制电路的 分析、接线与调试 ..... 1

- 任务一 点动控制电路的分析、接线与  
调试 ..... 1
- 任务二 点动/长动控制电路的分析、接线  
与调试 ..... 14
- 任务三 自动往返控制电路的分析、接线  
与调试 ..... 22
- 任务四 Y- $\Delta$ 减压起动控制电路的分析、  
接线与调试 ..... 29
- 任务五 反接制动控制电路的分析、接线  
与调试 ..... 34

### 学习情境二 普通机床控制电路的 分析与故障诊断 ..... 41

- 任务一 C650 卧式车床控制电路的分析与  
故障诊断 ..... 41
- 任务二 XA6132 卧式万能铣床控制电路的  
分析与故障诊断 ..... 50

### 学习情境三 普通机床控制电路 的设计 ..... 62

### 学习情境四 PLC 控制系统的分析、 安装与调试 ..... 78

- 任务一 电动机起/停电路的分析、安装  
与调试 ..... 78
- 任务二 边沿脉冲触发电路的分析、安装  
与调试 ..... 98
- 任务三 延时接通、断开电路的分析、安装  
与调试 ..... 104
- 任务四 高精度时钟电路的分析、安装  
与调试 ..... 110
- 任务五 数据处理电路的分析、安装与

调试 ..... 116

### 学习情境五 PLC 控制系统的设计、 安装与调试 ..... 123

- 任务一 抢答电路的设计、安装与调试 ..... 123
- 任务二 Y- $\Delta$ 减压起动电路的设计、安装  
与调试 ..... 131
- 任务三 组合机床动力头电路的设计、安装  
与调试 ..... 135
- 任务四 生产流水线电路的设计、安装与  
调试 ..... 141
- 任务五 运货小车电路的设计、安装与  
调试 ..... 148
- 任务六 液体搅拌机电路的设计、安装与  
调试 ..... 155
- 任务七 洗衣机电路的设计、安装与  
调试 ..... 160

### 学习情境六 数控机床电气控制系统电 路的分析、安装与调试 ... 166

- 任务一 数控车床数控系统电路的分析与  
安装 ..... 166
- 任务二 变频器控制系统电路的分析、  
安装与调试 ..... 174
- 任务三 CK160 数控车床主轴电路的分析、  
安装与调试 ..... 182
- 任务四 CK160 数控车床伺服电路的分析、  
安装与调试 ..... 201

### 学习情境七 数控机床电气控制系统的 设计、安装与调试 ..... 216

- 任务一 CK160 数控车床刀架控制系统的  
设计、安装与调试 ..... 216
- 任务二 CK160 数控车床参数的设置与  
调整 ..... 254

### 附录 电气图常用文字、图形符号 ..... 269

### 参考文献 ..... 275

# 学习情境一 机床基本控制电路的分析、接线与调试

## 任务一 点动控制电路的分析、接线与调试

### 一、学习目标

1. 认知并会选用组合开关、控制按钮、熔断器、接触器、三相笼型异步电动机。
2. 能正确分析点动控制电路，并能说出其控制原理。
3. 能根据电路图正确安装与调试点动控制电路。

### 二、任务

本项目的任务是完成点动控制电路的分析、接线与调试。电路控制要求为：按下起动按钮，电动机运转；松开起动按钮，电动机停转。

### 三、设备

主要元器件见表 1-1。

表 1-1 主要元器件

序 号	名 称	数 量
1	组合开关	1 个
2	熔断器	4 个
3	交流接触器	1 个
4	笼型异步电动机	1 台
5	按钮	1 个
6	电工工具及导线	

### 四、知识储备

#### 1. 组合开关

组合开关因其可实现多组触点组合故称为组合开关，实际上它是一种转换开关。组合开关有多对静触片和动触片，分别装在由绝缘材料隔开的胶木盒内，其静触片固定在绝缘垫板上，动触片套装在有手柄的绝缘转动轴上，转动手柄就可改变触片的通断位置，以达到接通或断开电路的目的。组合开关的结构示意图如图 1-1 所示。

组合开关具有结构紧凑、体积小、操作方便等优点，在机床电气控制中主要用作电源开关，不带负载接通或断开电源，供转换之用；也可以直接控制 5kW 以下的异步电动机的启动、停止等。组合开关不适用于频繁操作的场所，开关的额定电流一般取电动机额定电流的

1.5~2.5 倍。

组合开关的图形符号和文字符号如图 1-2 所示。

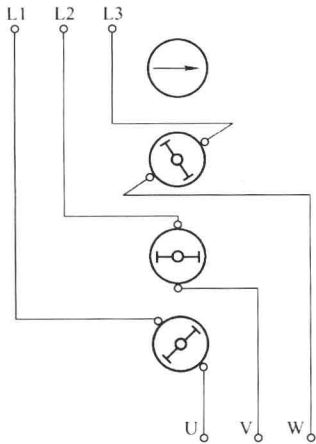


图 1-1 组合开关的结构示意图

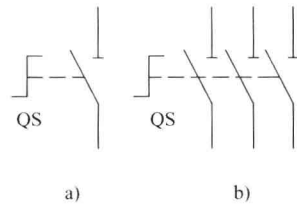


图 1-2 组合开关的图形符号和文字符号

a) 单极 b) 三极

组合开关分为单极、双极和三极，主要根据电源种类、电压等级、所需触点数及电动机容量进行选用。组合开关的常用产品有 HZ5、HZ10 系列。HZ5 系列额定电流有 10A、20A、40A 和 60A 四种。HZ10 系列额定电流有 10A、25A、60A 和 100A 四种，适用于交流 380V 以下、直流 220V 以下的电气设备中。

## 2. 控制按钮

控制按钮是一种结构简单、使用广泛的手动主令电器，在控制电路中，发出手动指令远距离控制其他电器，再由其他电器去控制主电路或转移各种信号，也可以直接用来转换信号电路和电器联锁电路等。

控制按钮一般由按钮帽、复位弹簧、触点和外壳等部分组成，通常制成具有常开触点和常闭触点的复合式结构，其结构如图 1-3 所示，每个按钮中触点的形式和数量可按需要装配成 1 常开、1 常闭到 6 常开、6 常闭形式。指示灯按钮内可装入信号灯显示信号，紧急式按钮装有蘑菇形钮帽，以便于紧急操作；另外还有旋钮式、钥匙式按钮。为便于识别各个按钮的作用，避免误操作，通常在按钮帽上涂以不同颜色，以示区别。一般用红色表示停止，绿色表示起动。

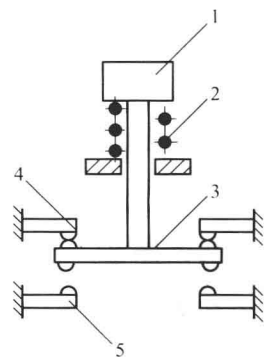


图 1-3 按钮结构示意图

1—按钮帽 2—复位弹簧 3—动触点  
4—常用静触点 5—常开静触点

按钮的图形和文字符号如图 1-4 所示。当按下按钮时，先断开常闭触点，然后才接通常开触点；按钮释放后，在复位弹簧作用下使触点复位。按钮接线没有进线和出线之分，直接将所需的触点连入电路即可。在没有按下按钮时，接在常开触点接线柱上的电路是断开的，常闭触点接线柱上的电路是接通的；当按下按钮时，两种触点的状态改变，同时也使与之相连的电路状态改变。



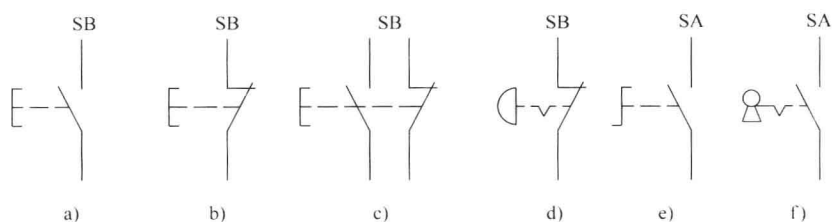


图 1-4 按钮的图形符号和文字符号

a) 一般式常开触点 b) 一般式常闭触点 c) 复合式 d) 急停式 e) 旋钮式 f) 钥匙式

常用的按钮种类有 LA2、LA18、LA19、LA20、LA25 等系列。

按钮选择的主要依据是使用场所、所需要的触点数量、种类及颜色。

### 3. 熔断器

熔断器是一种利用金属导体作为熔体串联于电路中，当电路发生短路或严重过载时，熔体自身发热而熔断，从而分断电路的电器。熔断器主要用于短路保护，是最简单有效的保护电器。

熔断器一般由熔体（或熔管）和底座等组成。熔断器的类型分为瓷插（插入）式、螺旋式和封闭管式三种。机床电路中常用 RL1 系列螺旋式熔断器、RC1 系列插入式熔断器和 RT0、RT18 系列封闭管式熔断器等产品，其外形如图 1-5 所示。熔断器的图形符号及文字符号如图 1-6 所示。

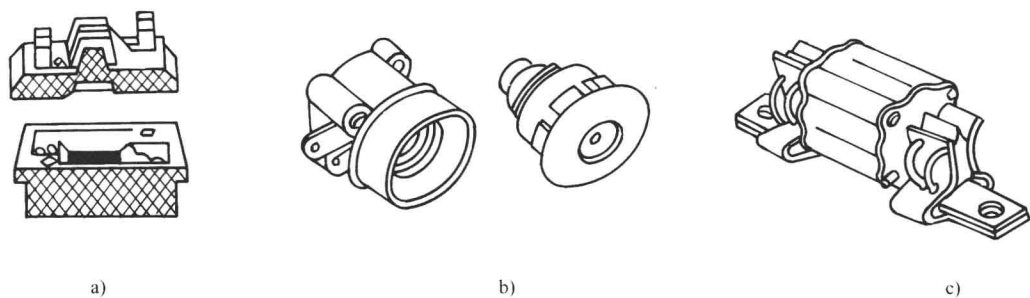


图 1-5 常见的几种熔断器

a) RC1 系列瓷插式熔断器 b) RL1 系列螺旋式熔断器 c) RT0 系列有填料封闭管式熔断器

#### (1) 熔断器的主要参数

1) 额定电压。额定电压是指熔断器长期工作时和分断后能够承受的电压，其值一般等于或大于电气设备的额定电压。

2) 额定电流。额定电流是指熔断器长期工作时，设备部件温升不超过规定值时所能承受的电流。厂家为了减少熔断器的尺寸规格，一般熔管的额定电流等级比较少，熔体的额定电流等级比较多，即在一个额定电流等级的熔管内可以分装多种额定电流等级的熔体，但熔体的额定电流最大不能超过熔管的额定电流。

3) 极限分断能力。极限分断能力是指熔断器在规定的额定电压和功率因数（或时间常数）的条件下，能分断的最大电流值。在电路中出现的最大电流值一般是指短路电流值，

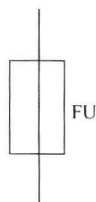


图 1-6 熔断器的图形符号及文字符号

所以, 极限分断能力也反映了熔断器分断短路电流的能力。

RT18 系列熔断器的主要技术参数见表 1-2。

表 1-2 RT18 系列熔断器的主要技术参数

型 号	熔断体额定电流/A	重量/kg
RT18—32	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32	0.075
RT18—32X	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32	0.075
RT18—63	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	0.18
RT18—63X	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	0.18

(2) 熔断器的选择 选择熔断器时主要是选择熔断器的类型、额定电压、额定电流及熔体的额定电流。

1) 根据使用场合来选择熔断器的类型。例如, 作电网配电用, 应选择一般工业用熔断器; 作硅器件保护用, 应选择保护半导体器件熔断器; 供家庭使用, 宜选用螺旋式或半封闭插入式熔断器。

2) 熔断器的额定电压必须等于或高于熔断器工作电路的额定电压, 额定电流必须等于或高于熔断器工作电路的额定电流。

3) 电路保护用熔断器熔体的额定电流, 基本上可按电路的额定负载电流来选择, 但其额定分断能力必须大于电路中可能出现的最大故障电流。

4) 在电动机回路中作短路保护时, 熔体的额定电流可按下列情况确定。

对于单台直接起动电动机, 应按下式计算

$$I_{fu} = (1.5 \sim 2.5) I_N$$

式中  $I_{fu}$ ——熔体的额定电流;

$I_N$ ——电动机的额定电流。

对于多台直接起动电动机, 应按下式计算

$$I_{fu} = (1.5 \sim 2.5) I_{N_{\max}} + \sum I_N$$

式中  $I_{N_{\max}}$ ——功率最大的一台电动机额定电流;

$\sum I_N$ ——其余电动机额定电流之和。

另外为防止发生越级熔断, 上、下级 (即供电干、支线) 熔断器间应有良好的协调配合, 应进行较详细的整定计算和校验。

#### 4. 接触器

接触器是一种用来频繁地接通或分断带有负载的主电路 (如电动机) 的自动控制电器。接触器由电磁机构、触点系统、灭弧装置及其他部件四部分组成。其中电磁机构由线圈、动铁心和静铁心组成; 触点系统包括三对主触点 (通断主电路)、辅助触点 (通断控制电路)。

接触器工作原理是当线圈通电后, 铁心产生电磁吸力将衔铁吸合, 衔铁带动触点系统动作, 使常闭触点断开, 常开触点闭合。当线圈断电时, 电磁吸力消失, 衔铁在反作用弹簧力的作用下释放, 触点系统随之复位。

接触器按其主触点通过电流的种类不同, 分为直流接触器和交流接触器两种, 机床上应用最多的是交流接触器。目前我国常用的交流接触器主要有 CJ20、CJX1、CJX2 和 CJ12 等

系列, 引进德国 BBC 公司制造技术生产的 B 系列, 德国 SIEMENS 公司的 3TB 系列等。交流接触器外形如图 1-7 所示。接触器的图形符号及文字符号如图 1-8 所示。

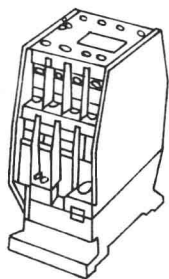


图 1-7 交流接触器外形图

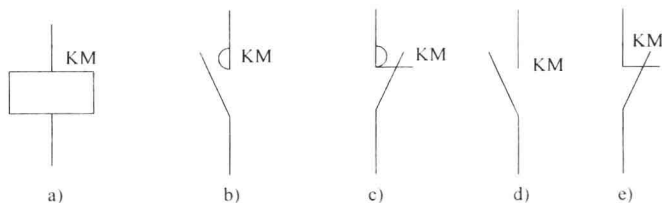


图 1-8 接触器的图形及文字符号

- a) 线圈 b) 常开主触点 c) 常闭主触点  
d) 常开辅助触点 e) 常闭辅助触点

### (1) 接触器的主要技术参数

- 1) 额定电压。接触器铭牌上标出的额定电压是指主触点的额定电压。
- 2) 额定电流。接触器铭牌上标出的额定电流是指主触点的额定电流。
- 3) 接通和分断能力。接通和分断能力是指接触器主触点在规定条件下能可靠地接通和分断的电流值。在此电流值以下, 接触器接通时主触点不应发生熔焊; 接触器分断时主触点不应发生长时间的燃弧。若超出此电流值, 则熔断器、断路器等保护电器会将电流分断。

接触器的使用类别不同, 对主触点的接通和分断能力的要求也不一样。接触器的使用类别是根据其不同的控制对象(负载)和所需的控制方式所规定的。常见的接触器使用类别及其典型用途见表 1-3。

表 1-3 常见接触器使用类别及其典型用途

电 流 类 型	使用类别代号	典型用途
交流	AC1	无感或微感负载、电阻炉
	AC2	绕线转子异步电动机的起动和停止
	AC3	笼型异步电动机的起动和停止
	AC4	笼型异步电动机的起动、反接制动、反向和点动
直流	DC1	无感或微感负载、电阻炉
	DC3	并励电动机的起动、反接制动、反向和点动
	DC5	串励电动机的起动、反接制动、反向和点动

接触器的使用类别代号通常标注在产品的铭牌上或工作手册中。表中要求接触器主触点达到的接通和分断能力为:

- ① AC1 和 DC1 类允许接通和分断额定电流。
  - ② AC2、DC3 和 DC5 类允许接通和分断 4 倍额定电流。
  - ③ AC3 类允许接通 6 倍额定电流和分断额定电流。
  - ④ AC4 类允许接通和分断 6 倍额定电流。
- 4) 额定操作频率。额定操作频率是指每小时的操作次数。交流接触器最高操作频率为 600 次/h, 而直流接触器最高操作频率为 1200 次/h。操作频率直接影响到接触器的电寿命

和灭弧罩的工作条件，对于交流接触器还影响到线圈的温升。

5) 线圈电压。线圈电压也是接触器的一个主要参数，选用时是必须考虑的，交流接触器线圈电压有 220V、380V，直流接触器线圈电压有 110V、220V。

表 1-4 为 CJX1 系列交流接触器的规格及参数。

表 1-4 CJX1 系列交流接触器的规格及参数

接触器型号		CJX1—9 (3TB40)			CJX1—12 (3TB41)			CJX1—16 (3TB42)			CJX1—22 (3B43)					
技术参数																
辅助触点																
		NO	NC		NO	NC		NO	NC		NO	NC				
订货号		CJX1—9/10	1	—	CJX1—12/10	1	—	CJX1—16/10	1	—	CJX1—22/10	1	—			
		CJX1—9/01	—	1	CJX1—12/01	—	1	CJX1—16/11	1	1	CJX1—22/11	1	1			
		CJX1—9/11	1	1	CJX1—12/11	1	1	CJX1—16/20	2	—	CJX1—22/20	2	—			
		CJX1—9/22	2	2	CJX1—12/22	2	2	CJX1—16/22	2	2	CJX1—22/22	2	2			
50Hz 时吸引线圈电压/V		24, 36, 42, 48, 110, 127, 220, 380														
额定绝缘电压/V		660			660			660			660					
(380V 时) 额定 工作电流/A		AC3		9			12			16			22			
		AC4		3.3			4.3			7.7			8.5			
辅助控点额定 工作电流/A		AC-11	380V/220V		1/1.6			1/1.6			1/1.6			1/1.6		
		DC-11	220V		0.16			0.16			0.16			0.16		
可控电动机 功率/kW		AC3		220V	2.2			3			4			5.5		
				380V	4			5.5			7.5			11		
				660V	5.5			7.5			11			11		
		AC4		380V	1.4			1.9			3.5			4		
660V	2.4			3.3			6			6.6						
操作频率/(次·h <sup>-1</sup> )		AC3		1200			600			600			600			
				AC4		300			300			300			300	
吸引线圈功率/VA		吸合				10			10			10			10	
		起动		68			68			68			68			

(2) 交流接触器的选择 选择交流接触器时主要考虑主触点的额定电压、额定电流、辅助触点的数量与种类、吸引线圈的电压等级、操作频率等。

1) 根据接触器所控制负载的工作任务（轻任务、一般任务或重任务）来选择相应使用类别的接触器。

① 如果负载为一般任务（控制中小功率笼型电动机等），选用 AC3 类接触器。

② 如果负载为重任务（电动机功率大，且动作较频繁），则应选用 AC4 类接触器。

③ 如果负载为一般任务与重任务混合的情况，则应根据实际情况选用 AC3 或 AC4 类接触器。

④ 适合用 AC2 类接触器来控制的负载，一般也不宜采用 AC3 及 AC4 类接触器来控制，因为 AC2 类接触器的接通能力较低，在频繁接通 AC3 及 AC4 类负载时容易发生触点熔焊现象。

2) 交流接触器的额定电压（主触点的额定电压）一般为 500V 或 380V 两种，应大于或等于负载电路的电压。

3) 根据电动机（或其他负载）的功率和操作情况来确定接触器主触点的电流等级。

① 接触器的额定电流（主触点的额定电流）有 5A、10 A、20 A、40 A、60 A、100 A 和 150A 等几种，应大于或等于被控电路的额定电流。

② 电动机类负载可按下列经验公式计算：

$$I_C = \frac{P_N}{KU_N}$$

式中  $I_C$ ——接触器的主触点电流，单位为 A；

$P_N$ ——电动机的额定功率，单位为 kW；

$U_N$ ——电动机的额定电压，单位为 V；

$K$ ——经验系数， $K=1 \sim 1.4$ 。

4) 接触器线圈的电流种类（交流和直流两种）和电压等级应与控制电路相同。交流接触器线圈电压一般为 36V、110V、127V、220V、380V 等几种。

5) 触点数量和种类应满足主电路和控制电路的要求。

### 5. 三相笼型异步电动机

三相笼型异步电动机由定子和转子两个基本部分组成。定子主要由定子铁心、定子绕组和机座组成，转子主要由转子绕组和转子铁心组成。当三相定子绕组接入三相对称电源后，在气隙中产生一个旋转磁场，此旋转磁场切割转子导体，产生感应电流。流有感应电流的转子导体在旋转磁场的作用下产生转矩，使转子旋转。根据左手定则可判断出转子的旋转方向与旋转磁场的旋转方向相同。三相笼型异步电动机的外形与符号如图 1-9、图 1-10 所示。

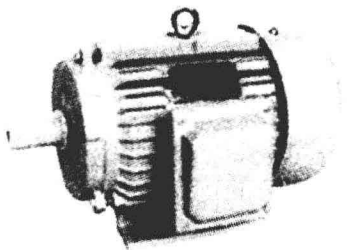


图 1-9 三相笼型异步电动机的外形

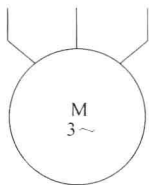


图 1-10 三相笼型异步电动机的图形与文字符号

一般电动机的铭牌上有名称、型号、功率、电压、电流、频率、转速、接法、工作方式、绝缘等级、产品编号、重量、生产厂和出厂年月等。

电动机的定子绕组有星形（Y）联结和三角形（ $\Delta$ ）联结两种。若电压为 380V，接法为  $\Delta$  联结，表示定子绕组的额定线电压为 380V，应接成  $\Delta$  联结。若电压为 380V/220V，接法为 Y/ $\Delta$ ，表明电源线电压为 380V 时，应接成 Y 联结；电源线电压为 220V 时，应接成  $\Delta$  联结。

电流是指电动机绕组的输入电流。如果写两个电流值，则分别表示定子绕组在两种接法时的输入电流。

Y 系列电动机是全国统一设计的新系列产品，它具有效率高、起动转矩大、噪声低、振动小、性能优良、外形美观等优点，功率等级和安装尺寸符合国际电工委员会标准。表 1-5 列出了常用 Y 系列三相异步电动机的性能参数，全部为 B 级绝缘，电压为 380V，其中 3kW 及以下为星形联结，4kW 及以上为三角形联结。

表 1-5 Y系列三相异步电动机的性能参数

型 号	额定功率 /kW	额定电流 /A	额定转速/ ( $r \cdot \min^{-1}$ )	额定效率 (%)	功 率 因 数	堵转转矩 额定转矩	堵转电流 额定电流	最大转矩 额定转矩
Y801—2	0.75	1.9	2825	73	0.84	2.2	7.0	2.2
Y802—2	1.1	2.6	2825	76	0.86	2.2	7.0	2.2
Y90S—2	1.5	3.4	2840	79	0.85	2.2	7.0	2.2
Y90L—2	2.2	4.7	2840	82	0.86	2.2	7.0	2.2
Y100L—2	3.0	6.4	2880	82	0.87	2.2	7.0	2.2
Y112M—2	4.0	8.2	2890	82.5	0.87	2.2	7.0	2.2
Y132S1—2	5.5	11.1	2900	85.2	0.88	2.0	7.0	2.2
Y132S2—2	7.5	15.0	2900	86.2	0.88	2.0	7.0	2.2
Y160M1—2	11	21.8	2930	87.2	0.88	2.0	7.0	2.2
Y160M2—2	15	29.4	2930	88.2	0.88	2.0	7.0	2.2
Y160L—2	18.5	35.5	2930	89	0.89	2.0	7.0	2.2
Y801—4	0.55	1.6	1390	70.5	0.76	2.2	6.5	2.2
Y802—4	0.75	2.1	1390	72.5	0.76	2.2	6.5	2.2
Y90S—4	1.1	2.7	1400	79	0.78	2.2	6.5	2.2
Y90L—4	1.5	3.7	1400	79	0.79	2.2	6.5	2.2
Y100L1—4	2.2	5.0	1420	81	0.82	2.2	7.0	2.2
Y100L2—4	3.0	6.8	1420	82.5	0.81	2.2	7.0	2.2
Y112M—4	4.0	8.8	1440	84.5	0.82	2.2	7.0	2.2
Y132S—4	5.5	11.6	1440	85.5	0.84	2.2	7.0	2.2
Y132M—4	7.5	15.4	1440	87	0.85	2.2	7.0	2.2
Y160M—4	11	22.6	1460	88	0.84	2.2	7.0	2.2
Y160L—4	15	30.3	1460	88.5	0.85	2.2	7.0	2.2
Y180M—4	18.5	35.9	1470	91	0.86	2.0	7.0	2.2
Y90S—6	0.75	2.3	910	72.5	0.70	2.0	6.0	2.0
Y90L—6	1.1	3.2	910	73.5	0.72	2.0	6.0	2.0
Y100L—6	1.5	4.0	940	77.5	0.74	2.0	6.0	2.0
Y112M—6	2.2	5.6	940	80.5	0.74	2.0	6.0	2.0
Y132S—6	3.0	7.2	960	83	0.76	2.0	6.5	2.0
Y132M1—6	4.0	9.4	960	84	0.77	2.0	6.5	2.0
Y132M2—6	5.5	12.6	960	85.3	0.78	2.0	6.5	2.0
Y160M—6	7.5	17.0	970	86	0.78	2.0	6.5	2.0
Y160L—6	11	24.6	970	87	0.78	2.0	6.5	2.0
Y180L—6	15	31.6	970	89.5	0.81	1.8	6.5	2.0
Y200L1—6	18.5	37.7	970	89.8	0.83	1.8	6.5	2.0
Y132S—8	2.2	5.8	710	81	0.71	2.0	5.5	2.0

(续)

型 号	额定功率 /kW	额定电流 /A	额定转速/ ( $r \cdot \min^{-1}$ )	额定效率 (%)	功 率 因 数	堵转转矩 额定转矩	堵转电流 额定电流	最大转矩 额定转矩
Y132M—8	3.0	7.7	710	82	0.72	2.0	5.5	2.0
Y160M1—8	4.0	9.9	720	84	0.73	2.0	6.0	2.0
Y160M2—8	5.5	13.3	720	85	0.74	2.0	6.0	2.0
Y100L—8	7.5	17.7	720	86	0.75	2.0	5.5	2.0
Y180L—8	11	25.1	730	86.5	0.77	1.7	6.0	2.0
Y200L—8	15	34.1	730	88	0.76	1.8	6.0	2.0
Y225S—8	18.5	41.3	730	89.5	0.76	1.7	6.0	2.0

## 6. 电气原理图的画法与阅读方法

(1) 电气原理图的画法 电气控制系统是由许多电器元件按一定的要求和方法连接而成的。为了便于电气控制系统的设计、安装、调试、使用和维护,将电气控制系统中各电器元件及其连接电路用一定的图形表达出来,这就是电气控制系统图。

电气控制系统图主要包括电气原理图、电气设备总装接线图、电器元件布置图与接线图。在画图时,应根据简明易懂的原则,采用统一规定的图形符号、文字符号和标准画法来绘制。

1) 常用电气图形符号和文字符号的标准。在电气控制系统图中,电器元件的图形符号和文字符号必须使用国家统一规定的图形符号和文字符号。国家规定从1990年1月1日起,电气控制电路中的图形符号和文字符号必须符合最新的国家标准。当前执行的最新国家标准是GB/T 4728.1~4728.13—2005~2008《电气简图用图形符号》、GB/T 6988.1~6988.5—2006~2008《电气技术用文件的编制》、GB/T 21654—2008《顺序功能表图用GRAFCET规范语言》。电气图中常用图形符号和文字符号见附录。

2) 电气原理图的画法规则。电气原理图是为了便于阅读和分析控制电路,根据简单清晰的原则,采用电器元件展开的形式绘制成的表示电气控制电路工作原理的图形。电气原理图只表示所有电器元件的导电部件和接线端点之间的相互关系,并不是按照各电器元件的实际布置位置和实际接线情况来绘制的,也不反映电器元件的大小。下面结合图1-11所示的电动机点动电气原理图说明绘制电气原理图的

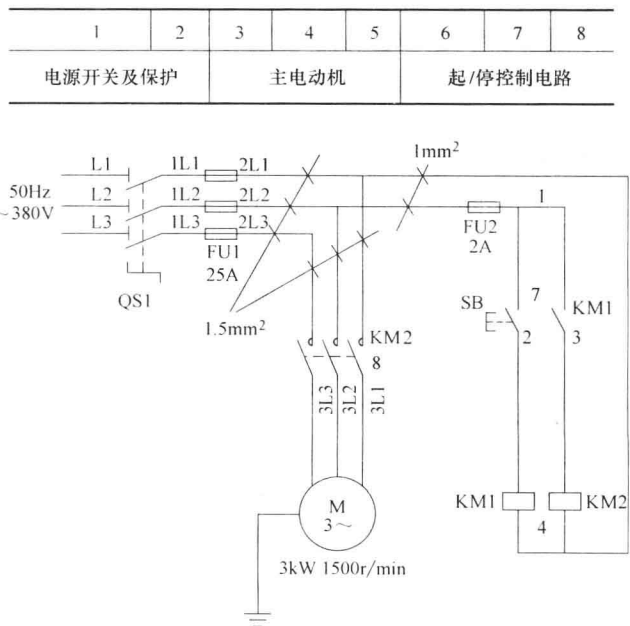


图 1-11 电动机点动电气原理图

基本规则和应注意的事项。

① 电气原理图一般分为主电路和控制电路，主电路就是从电源到电动机绕组的大电流通过的路径。控制电路由接触器等的吸引线圈、辅助触点以及按钮的触点等组成。控制电路中通过的电流较小。绘制电气原理图时线条粗细应一致，有时为了区分某些电路功能，可以采用不同粗细的线条，如主电路用粗实线表示，画在左边（或上部）；控制电路用细实线表示，画在右边（或下部）。

② 在原理图中，各电器元件不画实际的外形图，而采用国家规定的统一标准来画，文字符号也要符合国家标准；属于同一电器的线圈和触点，都要用同一文字符号表示；当使用相同类型电器时，可在文字符号后加注阿拉伯数字序号来区分。

③ 原理图中，各电器元件和部件在控制电路中的位置应根据便于阅读的原则安排；同一电器的各个部件可以不画在一起。

④ 电器元件和设备的可动部分在图中通常均以自然状态画出。所谓自然状态是指各种电器在没有通电和外力作用时的状态。对于接触器等是指其线圈未加电压；而对于按钮、限位开关等，则是指其尚未被压合。

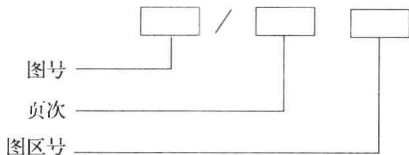
⑤ 在原理图中，有直接电联系的交叉导线的连接点要用黑圆点表示；无直接电联系的交叉导线，交叉处不能画黑圆点。

⑥ 在原理图中，无论是主电路还是控制电路，各电器元件一般应按动作顺序从上到下、从左到右依次排列，可水平布置或垂直布置。

画原理图时要求层次分明，各电器元件以及它们的触点安排要合理，并应保证电气控制线路运行可靠、节省连接导线以及施工、维修方便。

3) 图面区域的划分。图面分区时，竖边从上到下用拉丁字母、横边从左到右用阿拉伯数字分别编号。分区代号用该区域的字母和数字表示。图 1-11 上方的自然数列是图区横向编号，是为了便于检索电路、方便阅读分析而设置的。图区横向编号下方的“电源开关及保护”等字样，表明它对应的下方元件或电路的功能，以便于理解全电路的工作原理。

4) 符号位置的索引。在较复杂的电气原理图中，在继电器、接触器等的线圈的文字符号下方要标注其触点位置的索引；而在触点文字符号下方要标注其线圈位置的索引。符号位置的索引，采用图号、页次和图区编号的组合索引法，索引代号的组成如下：



当某一元件相关的各符号元素出现在不同图号的图样上，而当每个图号仅有一页图样时，索引代号可省去页次。当与某一元件相关的各符号元素出现在同一图号的图样上，而该图号有几张图样时，索引代号可省去图号。因此，当与某一元件相关的各符号元素出现在只有一张图样的不同图区时，索引代号只用图区号表示。

图 1-11 图区 5 中接触器主触点 KM2 下面的 8，即为最简单的索引代号，它指出 KM2 的线圈位置在图区 8。

在电气原理图中，继电器、接触器等元件的线圈与触点的从属关系，应用附图表示。即在原理图中相应线圈的下方，给出触点的图形符号，并在其下面注明相应触点的索引代号，



对未使用的触点用“×”表明。有时也可采用省去触点图形符号的表示法，如图 1-11 图区 7 中 KM1 线圈和图区 8 中 KM2 线圈下方的是接触器 KM1 和 KM2 相应触点的位置索引。

在接触器 KM1 触点的位置索引中，左栏为主触点所在图区号（主触点没有使用），中栏为辅助常开触点所在图区号（一个在图区 8，另一个没有使用），右栏为辅助常闭触点所在图区号（两个触点均未使用）。在接触器 KM2 触点的位置索引中（有两个主触点在图区 4，另一个主触点在图区 5），中栏和右栏的辅助常开触点及辅助常闭触点均未使用。

5) 电气原理图中技术数据的标注。电器元件的技术数据，除在电器元件明细表中标明外，有时也可用小号字体标在其图形符号的旁边，如图 1-11 中图区 3 中熔断器熔体的额定电流为 25A。

(2) 电气原理图阅读和分析方法 阅读电气原理图的方法主要有两种：查线读图法和逻辑代数法。

1) 查线读图法。查线读图法又称直接读图法或跟踪追击法。它是按照电路，根据生产过程的工作步骤依次读图。其读图步骤如下：

① 了解生产工艺与执行电器的关系。在分析电路之前，应该熟悉生产机械的工艺情况，充分了解生产机械要完成哪些动作，这些动作之间又有什么联系；然后进一步明确生产机械的动作与执行电器的关系，必要时可以画出简单的工艺流程图，为分析电路提供方便。

② 分析主电路。在分析电路时，一般应先从电动机着手，根据主电路中有哪些控制元件的主触点、电阻等大致判断电动机是否有正反转控制、制动控制和调速要求等。

③ 分析控制电路。通常对控制电路应按照由上往下或由左往右的顺序依次阅读，可以按主电路的构成情况，把控制电路分解成与主电路相对应的几个基本环节，依次分析，然后把各环节串起来。首先，记住各信号元件、控制元件或执行元件的原始状态；然后设想按动了操作按钮，电路中有哪些元件受控动作；这些动作元件的触点又是如何控制其他元件动作的，进而查看受驱动的执行元件有何运动；再继续追查执行元件带动机械运动时，会使哪些信号元件状态发生变化。在读图过程中，特别要注意各元件间的相互联系和制约关系，直至将电路全部看懂为止。

查线读图法的优点是直观性强，容易掌握，因而得到广泛应用。其缺点是分析复杂电路时容易出错，叙述也较长。

2) 逻辑代数法。逻辑代数法又称间接读图法，是通过对电路的逻辑表达式的运算来分析控制电路的，其关键是正确写出电路的逻辑表达式。

逻辑变量及其函数只有“1”、“0”两种取值，用来表示两种不同的逻辑状态。接触器控制电路的元件都是两态元件，它们只有“通”和“断”两种状态，如开关的接通和断开，线圈的通电或断电，触点的闭合或断开等均可用逻辑值表示。因此，接触器控制电路的基本规律是符合逻辑代数的运算规律的，是可以利用逻辑代数来帮助设计和分析的。

通常把接触器等线圈通电或按钮受力（其常开触点闭合接通），用逻辑“1”表示；把线圈失电或按钮未受力（其常开触点断开），用逻辑“0”表示。

在接触器控制电路中，表示触点状态的逻辑变量称为输入逻辑变量；表示接触器等受控元件状态的逻辑变量称为输出逻辑变量。输出逻辑变量是根据输入逻辑变量经过逻辑运算得出的。输入、输出逻辑变量的这种相互关系称为逻辑函数关系，也可用真值表来表示。

① 逻辑与。逻辑与用触点串联来实现。图 1-12a 所示的 KM1 和 KM2 触点串联电路实现