



全国高职高专机电及机器人专业  
工学结合“十三五”规划教材

# 电机与电气 控制技术

李大明 夏继军 杨彦伟 ◎主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

全国高职高专机电及机器人专业工学结合“十三五”规划教材

# 电机与电气控制技术

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 主 编 | 李大明 | 夏继军 | 杨彦伟 |
| 副主编 | 熊小艳 | 张艳霞 | 熊 浩 |
|     | 文海明 | 唐 亮 |     |
| 主 审 | 章小印 |     |     |

华中科技大学出版社  
中国·武汉

## 内 容 简 介

本书以项目驱动的方式编写,项目内容包括:常见低压电器的结构与原理、直流电动机的结构与运行、变压器的结构与原理、交流异步电动机的结构与运行、常见控制电动机的分类与特点、电气控制电路基本环节、三相交流异步电动机的常用控制电路分析、典型机床电气控制电路的分析与故障检修等。其中以三相交流异步电动机为重点,以电气控制基本环节为主线,各项目内容以实际应用为基础,注重理论联系实际,并通过项目实施的方式来验证理论的正确性,强化对学生职业技能的培养与训练,锻炼和培养学生分析、解决生产实践过程中的电动机及电气问题,使学生具备构建简单电气控制系统的能力。

本书可作为高等职业院校、成人高校及其他形式的职业技术教育相关专业的教学用书,也可以作为相关社会人员业务参考书和培训用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电机与电气控制技术/李大明,夏继军,杨彦伟主编. —武汉:华中科技大学出版社,2016.9

全国高职高专机电及机器人专业工学结合“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5680-1960-6

I. ①电… II. ①李… ②夏… ③杨… III. ①电机学-高等教育-教材 ②电气控制-高等教育-教材 IV. ①TM3 ②TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 138361 号

### 电机与电气控制技术

Dianji yu Dianqi Kongzhi Jishu

李大明 夏继军 杨彦伟 主编

策划编辑:严育才

责任编辑:戢凤平

封面设计:原色设计

责任校对:李 琴

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.25

字 数:369千字

版 次:2016年9月第1版第1次印刷

定 价:28.50元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换

全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务

版权所有 侵权必究

# 全国高职高专机电及机器人专业 工学结合“十三五”规划教材 编审委员会

丛书顾问:孙立宁 苏州大学

## 委 员(按姓氏笔画排序)

|     |            |     |              |
|-----|------------|-----|--------------|
| 丁季丹 | 江苏农牧科技职业学院 | 罗彩玉 | 阿克苏职业技术学院    |
| 丁度坤 | 东莞职业技术学院   | 金 濯 | 江苏农牧科技职业学院   |
| 毛诗柱 | 广东轻工职业技术学院 | 周 宇 | 武汉船舶职业技术学院   |
| 尹 霞 | 湖南化工职业技术学院 | 周 威 | 荆州理工职业学院     |
| 邓 婷 | 湖南科技职业学院   | 周北明 | 重庆工业职业技术学院   |
| 龙 芬 | 咸宁职业技术学院   | 郑火胜 | 武汉城市职业学院     |
| 生 良 | 抚顺职业技术学院   | 胡利军 | 江西环境工程职业学院   |
| 付晓军 | 仙桃职业学院     | 侯国栋 | 安徽国防科技职业学院   |
| 吕世霞 | 北京电子科技职业学院 | 姜新桥 | 武汉职业技术学院     |
| 朱 佳 | 襄阳职业技术学院   | 贾丽仕 | 咸宁职业技术学院     |
| 李大明 | 武汉软件工程职业学院 | 夏继军 | 黄冈职业技术学院     |
| 杨彦伟 | 咸宁职业技术学院   | 夏路生 | 江西工业工程职业技术学院 |
| 吴小玲 | 广东工程职业技术学院 | 郭小进 | 武汉电力职业技术学院   |
| 吴森林 | 湖北轻工职业技术学院 | 郭选明 | 重庆工业职业技术学院   |
| 沈 玲 | 湖北工业职业技术学院 | 章小印 | 江西工业工程职业技术学院 |
| 张 宇 | 黑龙江职业学院    | 梁 健 | 广东水利电力职业技术学院 |
| 张 红 | 中山职业技术学院   | 梁生龙 | 珠海城市职业技术学院   |
| 张 毅 | 广东交通职业技术学院 | 舒金意 | 咸宁职业技术学院     |
| 张庆乐 | 武汉工程职业技术学院 | 谢超明 | 湖北职业技术学院     |
| 张军涛 | 广东松山职业技术学院 | 廖世海 | 江西工业工程职业技术学院 |
| 张泽华 | 广州市市政职业学校  | 熊小艳 | 湖北科技职业学院     |
| 张艳霞 | 郑州信息科技职业学院 | 魏国勇 | 山东药品食品职业学院   |
| 陈土军 | 湖南化工职业技术学院 | 籍文东 | 滨州职业学院       |
| 易秀英 | 湖南科技职业学院   |     |              |

# 前 言

本书是依据高职高专教学改革的需求,本着“理论够用,突出实践,综合应用,发展创新”的原则而编写的,可作为电气自动化、机电一体化、电子技术等专业的专业基础教材使用,也可作为电气工程技术人员的参考书。本书遵循学生学习知识、掌握技能的认知规律,以项目导向的方式,将电动机与低压电气控制技术的基础知识、技能和典型实际案例结合起来进行整体编排,在理论知识的讲解中穿插典型实训项目,形象生动,突出应用,便于学生理解与老师教学,有利于培养学生的实际操作能力。

本书采用任务驱动、项目导向的方式进行编排,每个项目中穿插若干个任务,对课堂讲授、技能训练、应用案例、知识与技能拓展等方面进行组合和优化,方便对学生进行启发引导,激发学生学习的积极性。

本书共分为八个项目。项目1为常见低压电器的结构与原理,主要讲述常见低压电器的种类、原理及常规应用,并在电动机点动、长动两个任务中进行实践;项目2为直流电动机的结构与运行,主要讲述直流电动机的种类、结构、原理及控制线路的安装调试,分别在两个任务中进行并励和串励直流电动机工作过程的实践;项目3为变压器的结构与维护,主要讲述单相变压器和三相变压器的结构及原理,通过两个典型任务对单相变压器和三相变压器运行过程进行强化;项目4为三相交流异步电动机的结构与运行,主要讲述三相交流电动机的结构、启动、调速及制动,通过三相交流电动机负载运行特性、三相交流电动机启动两个任务强化学生对三相交流电动机的认识;项目5为控制电动机的分类与特点,主要讲述常见的控制电动机的作用及结构、特点,通过两个任务的实践深化学生对步进电动机和伺服电动机的认识;项目6为电气控制电路的基本环节,主要讲述电气图的绘制要求及各种典型电气控制线路单元,通过互锁、顺序控制两个任务加强学生对低压电气控制电路的认识;项目7为三相交流异步电动机的常用控制,主要讲解三相交流异步电动机常见的启动、调速及制动电气控制电路,通过Y- $\Delta$ 启动、双速电动机控制电路、三相交流异步电动机制动控制电路三个任务的强化练习,让学生能熟练利用常见控制电路进行电动机控制;项目8为典型机床电气控制电路的分析与故障检修,主要讲解C650型卧式车床、X62W型卧式万能铣床等典型电气控制线路的原理及常见故障检修,通过车床、铣床电气控制过程的两个任务加强学生对常见机床电气控制电路的理解。每个项目中的任务都有任务考核标准及小结、习题,方便教师教学和指导学生实践。

本书由武汉软件工程职业学院李大明,黄冈职业技术学院夏继军,咸宁职业技术学院杨彦伟担任主编,由湖北科技职业学院熊小艳,郑州信息科技职业学院张艳霞,江西工业工程职业

技术学院文海明,江西工业工程职业技术学院唐亮,仙桃职业学院熊浩担任副主编。江西工业工程职业技术学院章小印担任主审。项目 1、项目 6 由杨彦伟编写,项目 2 由张艳霞编写,项目 3 由文海明、唐亮编写,项目 4 由熊小艳编写,项目 5、项目 8 由李大明编写,项目 7 由夏继军编写。

由于水平有限,疏漏之处在所难免,欢迎各位读者批评指正。

编者

2016 年 4 月

# 目 录

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 项目 1 常见低压电器结构与原理 .....             | (1)   |
| 任务 1.1 三相异步电动机点动控制电路的安装与调试 .....   | (1)   |
| 【思考与练习】 .....                      | (15)  |
| 任务 1.2 三相异步电动机长动控制电路的安装与调试 .....   | (16)  |
| 【思考与练习】 .....                      | (29)  |
| 项目 2 直流电机的结构与运行 .....              | (30)  |
| 任务 2.1 并励直流电机的结构与运行 .....          | (30)  |
| 【思考与练习】 .....                      | (48)  |
| 任务 2.2 串励直流电机的结构与运行 .....          | (48)  |
| 【思考与练习】 .....                      | (58)  |
| 项目 3 变压器的结构与维护 .....               | (59)  |
| 任务 3.1 单相变压器的结构与维护 .....           | (59)  |
| 【思考与练习】 .....                      | (69)  |
| 任务 3.2 三相变压器的结构与维护 .....           | (69)  |
| 【思考与练习】 .....                      | (81)  |
| 项目 4 交流异步电动机的结构与运行 .....           | (82)  |
| 任务 4.1 三相异步电动机的结构与运行 .....         | (82)  |
| 【思考与练习】 .....                      | (95)  |
| 任务 4.2 三相异步电动机的起动、调速与制动 .....      | (96)  |
| 【思考与练习】 .....                      | (111) |
| 项目 5 控制电动机的分类与特点 .....             | (112) |
| 任务 5.1 步进电动机的结构与运行 .....           | (112) |
| 【思考与练习】 .....                      | (126) |
| 任务 5.2 伺服电动机的结构与运行 .....           | (126) |
| 【思考与练习】 .....                      | (144) |
| 项目 6 电气控制电路的基本环节 .....             | (145) |
| 任务 6.1 三相异步电动机的正反转控制电路的安装与调试 ..... | (145) |
| 【思考与练习】 .....                      | (155) |
| 任务 6.2 三相异步电动机顺序控制电路的安装与调试 .....   | (156) |
| 【思考与练习】 .....                      | (168) |

|                                        |       |
|----------------------------------------|-------|
| 项目 7 三相交流异步电动机的常用控制 .....              | (169) |
| 任务 7.1 三相异步电动机降压起动控制电路的安装与调试 .....     | (169) |
| 【思考与练习】.....                           | (180) |
| 任务 7.2 三相异步电动机调速控制电路的安装与调试 .....       | (181) |
| 【思考与练习】.....                           | (188) |
| 任务 7.3 三相异步电动机制动控制电路的安装与调试 .....       | (189) |
| 【思考与练习】.....                           | (197) |
| 项目 8 典型机床电气控制电路的分析与故障检修 .....          | (198) |
| 任务 8.1 C650 型卧式车床的电气控制电路的分析与故障检修 ..... | (198) |
| 【思考与练习】.....                           | (208) |
| 任务 8.2 X62W 型铣床电气控制电路的分析与故障检修 .....    | (208) |
| 【思考与练习】.....                           | (217) |
| 参考文献.....                              | (218) |

# 项目 1 常见低压电器结构与原理

随着科学技术的快速发展,自动化程度的不断提高,电器的应用范围日益扩大,品种不断增加。尤其是随着电子技术在电器中的广泛应用,近年来出现了很多新型电器。本项目主要介绍机械设备电气控制系统中常用低压电器的结构、工作原理、动作特点以及它们的电气符号和文字符号。

## 【项目教学目标】

| 知识目标                         | 技能目标                  |
|------------------------------|-----------------------|
| 熟悉常用低压电器的结构、工作原理及其在控制电路中的作用; | 能根据控制要求,选配合适型号的低压电器;  |
| 掌握常用低压电器的型号规格、符号、使用方法;       | 能利用国标的文字和图形符号绘制电气原理图; |
| 掌握电动机基本控制电路的工作原理及安装接线方法;     | 掌握简单控制电路的调试及维修方法;     |
| 掌握电气控制电路国家统一的绘图原则和标准。        | 能熟练运用所学知识读懂电气图。       |

## 任务 1.1 三相异步电动机点动控制电路的安装与调试

### 【任务目标】

- 掌握低压电器的定义与分类;
- 理解并熟悉低压电器的工作原理图;
- 能识读并分析三相异步电动机点动控制电路;
- 能进行接线图的识读和绘制;
- 能根据工艺要求进行布线的操作;
- 能使用万用表对元器件进行检测;
- 能使用万用表对电路进行通电前的检查;
- 能正确安装并调试电路。

### 【任务描述】

一台电动葫芦(见图 1-1)由电动机、传动机构和卷筒或链轮组成,其起重量为 0.1~10 t,起升高度为 3~6 m。请对它进行点动控制、安装与调试。要求采用按钮控制的形式实现点动控制运行过程。



图 1-1 电动葫芦



## 【相关知识】

### 1. 低压电器的定义与分类

我国规定,低压电器是指在交流电压 1000 V、直流电压 1500 V 及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器产品。低压电器的品种、规格繁多,构造及工作原理各异,可以根据不同的类型将其分类。

#### 1) 按用途和控制对象分类

(1) 低压配电电器。低压配电电器包括刀开关、转换开关、空气断路器和熔断器等。对配电电器的主要技术要求是断流能力强,限流效果在系统发生故障时保护动作准确,工作可靠,有足够的热稳定性和动稳定性。

(2) 低压控制电器。低压控制电器包括接触器、起动器和各种控制继电器等。对控制电器的主要技术要求是操作频率高,使用寿命长,有相应的转换能力。

#### 2) 按操作方式分类

(1) 自动电器。通过依靠本身参数变化或外来信号自动完成接通、分断、起动、反向和停止等动作的电器称为自动电器。常用的自动电器有接触器、继电器等。

(2) 手动电器。通过外力(人力)直接完成接通、分断、起动、反向和停止等动作的电器称为手动电器。常用的手动电器有刀开关、转换开关和主令电器等。

#### 3) 按执行机构分类

(1) 有触点电器。这类电器利用触点的接触和分离来实现电路的通断。

(2) 无触点电器。这类电器没有触点,主要利用晶体管的开关效应,即它的导通或截止来实现电路的通断。

另外,低压电器按工作条件还可划分为一般工业电器、船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器及航空电器等几类。不同类型低压电器,对其防护形式、耐潮湿、耐腐蚀、抗冲击等性能的要求不同。

### 2. 按钮

按钮是一种短时接通或断开小电流电路的电器,它不直接控制主电路的通断,而是在控制电路中发出手动“指令”去控制接触器、继电器等电器,再由它们去控制主电路,故称“主令电器”。

按钮是由按钮帽、复位弹簧、桥式触点、外壳等组成。它通常制成具有动合触点和动断触点的复合式结构,其外形与结构如图 1-2 所示。

常见按钮有 LA 系列和 LAY1 系列。LA 系列按钮的额定电压为交流 500 V、直流 440 V,额定电流为 5 A;LAY1 系列按钮的额定电压为交流 380 V、直流 220 V,额定电流为 5 A。按钮帽有红、绿、黄、白等颜色,一般情况下,红色用作停止按钮,绿色用作起动按钮。

按钮开关的图形符号和文字符号如图 1-3 所示。起动按钮的触点形式为常开触点(动合触点),停止按钮的触点形式为常闭触点(动断触点),复合按钮既含有常开触点,又含有常闭触点。

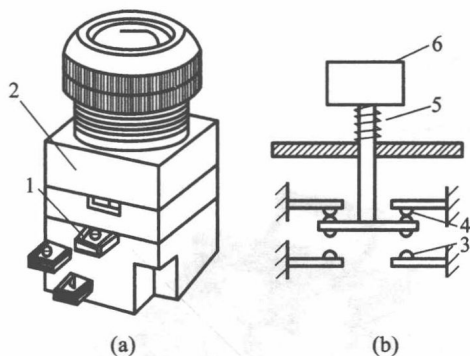


图 1-2 按钮开关的外形和结构

(a)外形;(b)结构

1—接线柱;2—外壳;3—常开触点;4—常闭触点;  
5—复位弹簧;6—按钮帽

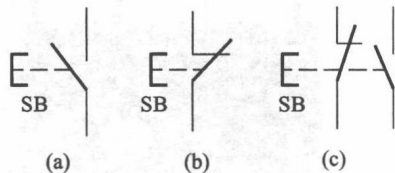


图 1-3 按钮开关的图形符号和文字符号

(a)起动按钮;(b)停止按钮;(c)复合按钮

按钮开关型号的含义如图 1-4 所示。

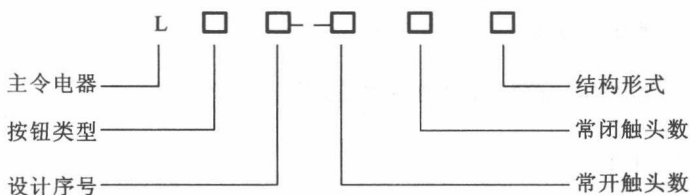


图 1-4 按钮开关型号的含义

不同结构形式的按钮,分别用不同的字母表示,例如:A—按钮,K—开启式,S—防水式,H—保护式,F—防腐式,J—紧急式,X—旋钮式,Y—钥匙式,D—带指示灯式,DJ—带指示灯紧急式。

选用按钮应根据使用场合、被控电路所需触点的数目及按钮的颜色等综合考虑。使用前,应检查按钮动作是否自如,弹性是否正常,触点接触是否良好、可靠。由于按钮触点之间距离较小,所以应注意保持触点及导电部分的清洁,防止触点间短路或漏电。

### 3. 刀开关及组合开关

刀开关是一种手动配电电器,主要用来隔离电源,手动接通或断开交流电路或直流电路,也可用于不频繁的接通与分断额定电流以下的负载,如小型电动机、电炉等。常用的刀开关主要有胶盖刀开关和铁壳开关等。

#### 1) 刀开关的结构与型号

胶盖刀开关又称为开启式负荷开关,广泛用作照明电路和小容量(5.5 kW 以下)动力电路不频繁起动的控制开关,图 1-5 所示为胶盖刀开关的结构。它主要有与操作手柄相连的动触刀、静触座、进线及出线接线座,这些导电部分都固定在绝缘底板上,且用胶盖盖着,所以当闸刀合上时,操作人员不会触及带电部分。胶盖还具有下列保护作用:①将各极隔开,防止因极间电弧导致电源短路;②防止电弧飞出盖外,灼伤操作人员;③防止金属零件掉落在闸刀上形成极间短路。图 1-6 所示为熔断器式刀开关,它具有短路保护功能。

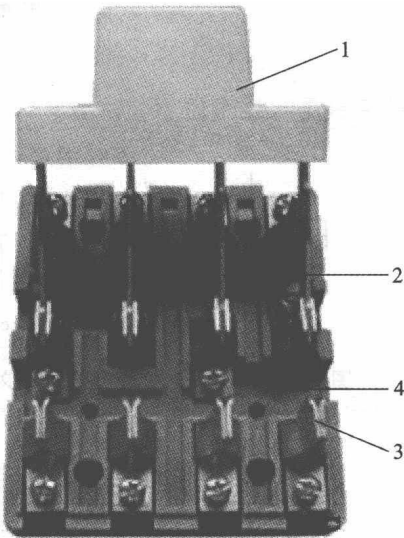


图 1-5 胶盖刀开关的结构

1—手柄;2—动触刀;3—静触座;4—绝缘底板

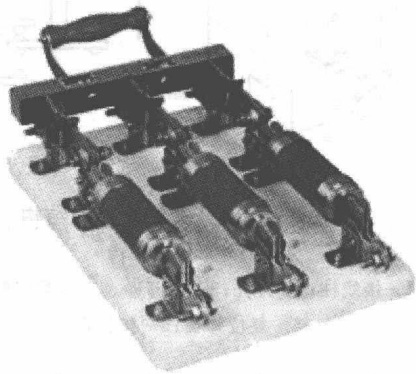


图 1-6 熔断器式刀开关的结构

刀开关型号的含义和电气符号如图 1-7 所示。

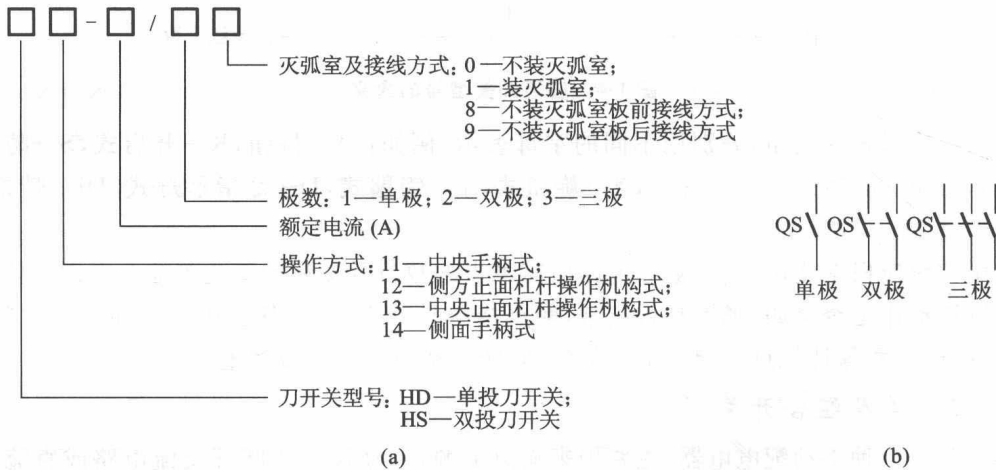


图 1-7 刀开关型号的含义和电气符号

(a)型号的含义;(b)电气符号

铁壳开关又称为封闭式负荷开关,可不频繁地接通和分断负荷电路,也可以用作 15 kW 以下电动机不频繁起动的控制开关,其基本结构如图 1-8 所示。它的铸铁壳内装有由刀片和夹座组成的触点系统、熔断器和速断弹簧,30 A 以上的还装有灭弧罩。

常用的铁壳开关为 HH 系列,其型号的含义如图 1-9 所示。

铁壳开关具有操作方便、使用安全、通断性能好的优点。选用时可参照胶盖刀开关的选用原则进行。操作时,不得面对它拉闸或合闸,一般用左手掌握手柄。若更换熔断体,必须在分闸时进行。

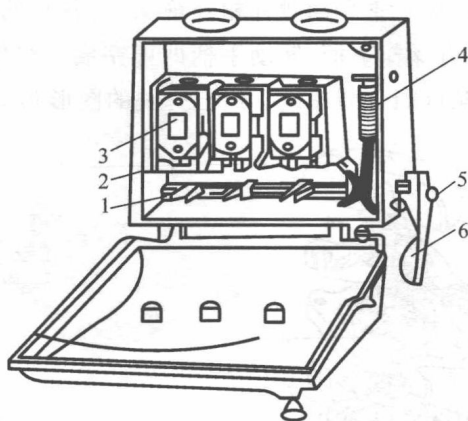


图 1-8 铁壳开关内部结构

1—触刀;2—夹座;3—熔断器;4—速断弹簧;5—转轴;6—手柄

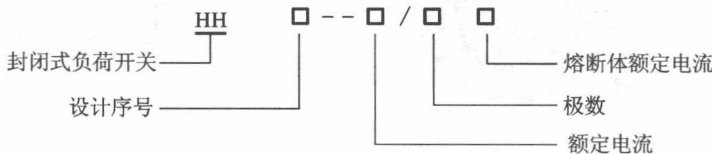


图 1-9 HH 系列铁壳开关型号的含义

## 2) 刀开关主要技术参数

刀开关种类很多,有两极(额定电压 250 V)和三极(额定电压 380 V)的刀开关,额定电流由 10 到 100 A 不等,其中 60 A 及 60 A 以下的才用来控制电动机。正常情况下,刀开关一般能接通和分断其额定电流,因此,对于普通负载可根据负载的额定电流来选择刀开关的额定电流。

(1) 用于照明电路时可选用额定电压 220 V 或 250 V、额定电流等于或大于电路最大工作电流的两极开关。

(2) 用于电动机的直接起动,可选用额定电压为 380 V 或 500 V、额定电流等于或大于电动机额定电流 3 倍的三极开关。

## 3) 刀开关安装要求

(1) 胶盖刀开关必须垂直安装在控制屏或开关板上,不能倒装,即接通状态时手柄朝上,否则有可能在分断状态时闸刀开关松动落下,造成误接通。

(2) 操作胶盖刀开关时,不能带重负载,因为 HK1 系列瓷底胶盖刀开关不设专门的灭弧装置,它仅利用胶盖的遮护防止电弧灼伤。

(3) 如果要带一般性负载操作,动作应迅速,使电弧较快熄灭,一方面不易灼伤人手,另一方面也减少电弧对动触刀和静触座的损坏。

(4) 胶盖刀开关具有结构简单、价格低廉,以及安装、使用、维修方便的优点,主要根据电源种类、电压等级、所需极数、断流容量等进行选用。

## 4) 组合开关

组合开关由多节触点组合而成,是一种手动控制电器。它可用作电源引入开关,也可用作功率 5.5 kW 以下电动机的直接起动、停止、反转和调速控制开关,主要用于机床控制电路中。

组合开关的外形及结构如图 1-10 所示。它的内部有三对静触片,分别用三层绝缘板相



隔,各自附有连接线路的接线柱。三个动触片相互绝缘,与各自的静触片相对应,套在共同的绝缘杆上。绝缘杆的一端装有操作手柄,转动手柄即可完成三组触片之间的开合或切换。开关内装有速断弹簧,以提高触点的分断速度。组合开关的图形和文字符号如图 1-11 所示。

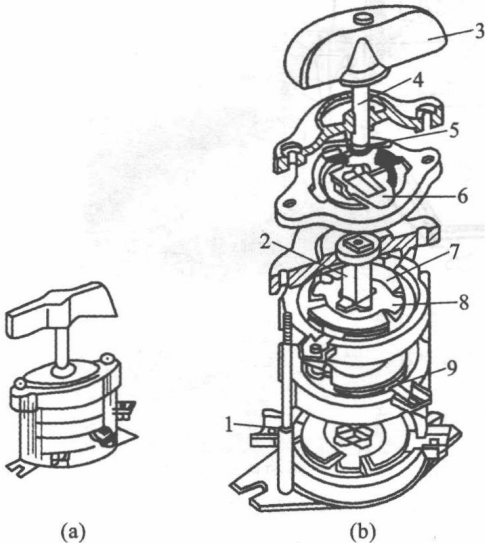


图 1-10 组合开关的外形及结构

(a)外形;(b)结构

- 1—接线柱;2—绝缘杆;3—手柄;4—转轴;
- 5—速断弹簧;6—凸轮;7—绝缘垫板;
- 8—动触片;9—静触片

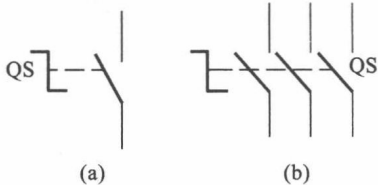


图 1-11 组合开关的图形和文字符号

(a)单极;(b)三极

常用的组合开关有 HZ 系列,其型号的含义如图 1-12 所示。

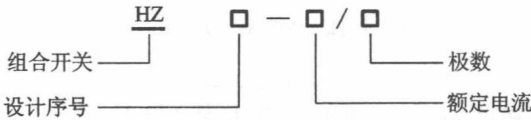


图 1-12 HZ 系列组合开关型号的含义

组合开关有体积小、使用寿命长、结构简单、操作方便、灭弧性能较好等优点,应根据电源开关的种类、电压等级、所需触点数目及电动机的容量进行选用。

4. 熔断器

熔断器是低压电路和电动机控制电路中最常用的短路保护电器。当电路中电流超过规定值一定时间后,熔断器以它本身产生的热量使熔断体熔化而分断电路,也可以说它是一种利用热效应原理工作的电流保护电器。熔断器串接于被保护电路中,能在电路发生短路或严重过电流时快速自动熔断,从而切断电路电源,起到保护作用。

1) 熔断器的结构与分类

熔断器由熔断管(或座)、熔断体(常称熔丝或熔体)、填料、导电部件等组成,如图 1-13 所示。

(1) 熔断管。熔断管是由硬质纤维或瓷质绝缘材料制成封闭或半封闭式管状外壳,熔断体装于其内,有利于熔断体熔断时熄灭电弧。

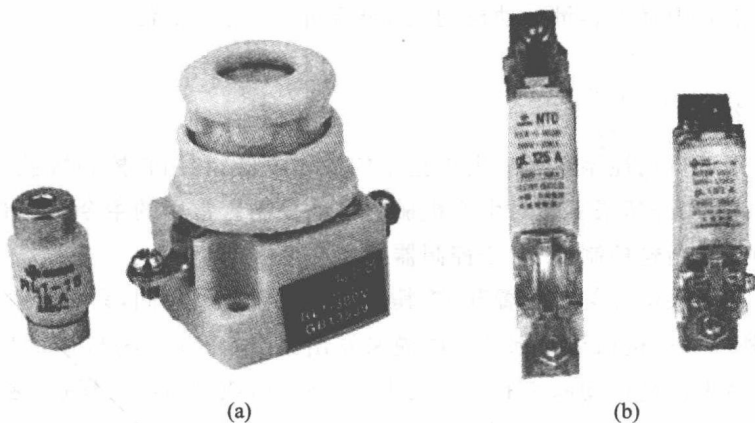


图 1-13 熔断器

(a)螺旋式熔断器;(b)NT 系列刀形触头熔断器

- (2) 熔断体。熔断体有丝状、带状、片状或笼状等不同的形状,由金属材料制成。
- (3) 填料。广泛应用的填料是石英砂,它主要有两个作用,即作为灭弧介质和帮助熔断体散热,从而有助于提高熔断器的限流能力和分断能力。
- 熔断器按结构形式可分为瓷插式、螺旋式、无填料封闭管式、有填料封闭管式等类别。熔断器的型号含义和电气符号如图 1-14 所示。

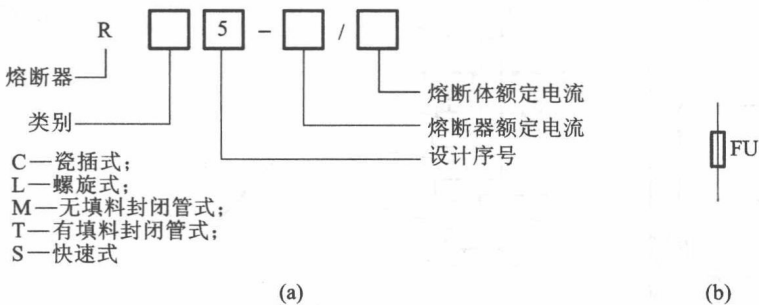


图 1-14 熔断器型号的含义和电气符号

(a)型号含义;(b)电气符号

- 2) 熔断器的主要技术参数
- (1) 熔断器额定电流,指保证熔断器能长期安全工作的额定电流。
- (2) 熔断体额定电流,指在正常工作时熔断体不熔断的工作电流。
- 3) 熔断器的选择
- 熔断器的额定电压要大于或等于电路的额定电压,熔断器的额定电流要依据负载情况而选择。
- (1) 为防止发生越级熔断,上、下级(供电干线、支线)熔断器之间应有良好的协调配合,上一级(供电干线)熔断器比下一级熔断器(供电支线)的熔断体的额定电流应大 1 个或 2 个级差。
- (2) 电阻性负载或照明电路。这类负载起动过程很短,运行电流较平稳,一般按负载额定电流的 1~1.1 倍选择熔断体的额定电流,进而选定熔断器的额定电流。
- (3) 电动机控制电路。这类负载的起动电流为额定电流的 4~7 倍。对于单台电动机,一般选择熔断体的额定电流为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍;对于多台电动机,熔断体的额定

电流应大于或等于其中最大容量电动机的额定电流的 1.5~2.5 倍,再加上其余电动机的额定电流之和。

### 5. 主令电器

主令电器是用于自动控制系统中发出指令的操作电器,利用它控制接触器、继电器或其他电器,通过电路接通和分断来实现对生产机械的自动控制。常用的主令电器有按钮开关、行程开关、万能转换开关、凸轮控制器、主令控制器等。

行程开关又称为限位开关或位置开关,其作用与按钮开关相同,只是其触点的动作不是靠手动操作,而是利用生产机械运动部件的碰撞来发出指令,也就是将机械信号转换为电信号,通过控制其他电器来控制运动部件的行程大小、运动方向或进行限位保护,通过接通或分断电路来限制机械运动的行程、位置或改变其运动状态,达到自动控制的目的。

为了适应生产机械对行程开关的碰撞,行程开关有多种构造形式,常用的有直动式(按钮式)和滚轮式(旋转式)。其中,滚轮式又有单滚轮式和双滚轮式两种。直动式行程开关如图 1-15 所示,其图形符号和文字符号如图 1-16 所示。

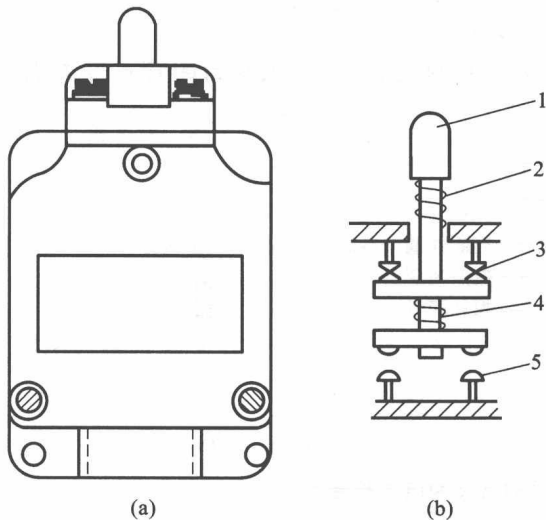


图 1-15 直动式行程开关

(a)外形;(b)原理图

1—顶杆;2—弹簧;3—常闭触点;  
4—触点弹簧;5—常开触点

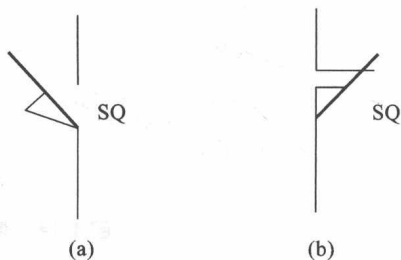


图 1-16 行程开关的图形符号和文字符号

(a)常开触点;(b)常闭触点

常用的行程开关有 LX19 系列和 JLXK1 系列,其型号的含义分别如图 1-17 和图 1-18 所示。

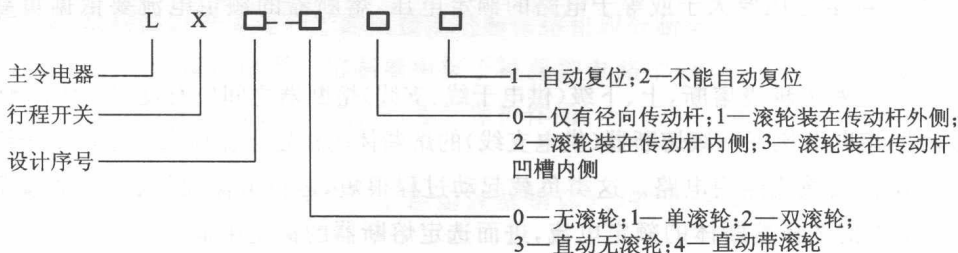


图 1-17 LX19 系列型号的含义

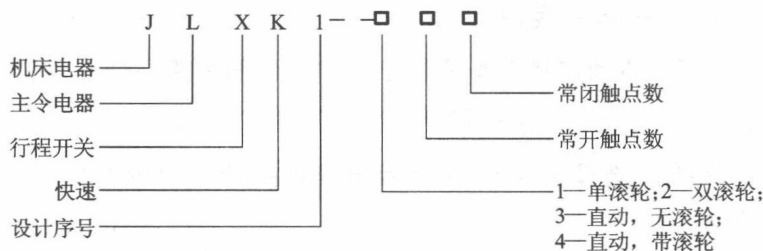


图 1-18 JLXK1 系列型号的含义

各种系列的行程开关的基本结构相同,区别仅在于使行程开关动作的传动装置和动作速度不同。直动式行程开关触点的分合速度取决于挡块移动速度。当挡块移动速度低于  $0.4 \text{ m/min}$  时,触点切断太慢,易受电弧烧灼,这时应采用有盘形弹簧机构、能瞬时动作的滚轮式行程开关,或采用更为灵敏、轻巧的微动开关。

## 6. 点动控制电路的分析

图 1-19 所示为点动控制电路工作原理图。电源开关 QF 作电源隔离开关,熔断器 FU 作主电路、控制电路的短路保护,起动按钮 SB 控制接触器 KM 的线圈得电、失电,接触器 KM 的主触头控制电动机 M 的起动与停止。

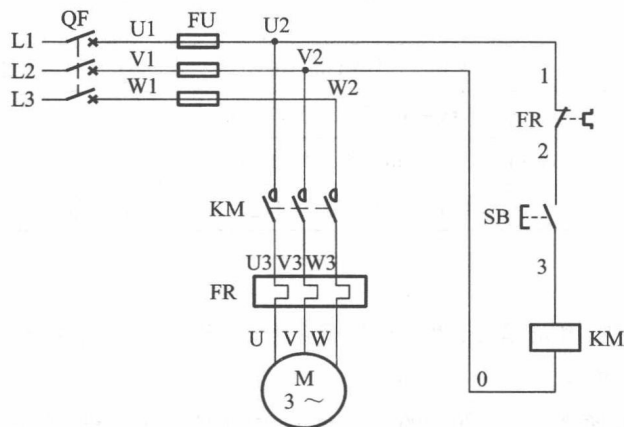


图 1-19 点动控制电路工作原理图

电路工作原理如下:

①通电。合上电源开关 QF。

②起动。过程为:按下 SB→KM 线圈得电→KM 主触点闭合→电动机 M 得电起动并进入运行状态。

③停止。过程为:松开 SB→KM 线圈失电→KM 主触点复位→电动机 M 失电停转。

## 【任务实施】

### 1. 任务

(1) 三相交流异步电动机的点动起动;

(2) 绘制三相交流异步电动机点动控制电路,保持  $U=U_N$  和  $I_t=I_{IN}$  不变,测取  $n$ 、 $T_2$ 、 $\eta=f(I_a)$ 、 $n=f(T_2)$ 。