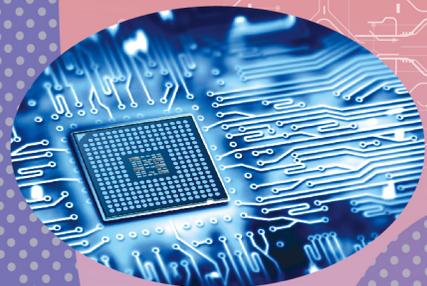




# 电器与PLC控制技术

DIANQI YU  
PLC KONGZHI  
JISHU



选题策划：刘子嘉  
责任编辑：苏莉  
封面设计：黄燕美



定价：35.00元



中等职业教育课程改革创新教材  
中等职业教育机电系列教材



中等职业教育课程改革创新教材  
中等职业教育机电系列教材

# 电器与PLC控制技术

主编 李燕 许迎莹

电器与PLC控制技术

主编 李燕 许迎莹



哈尔滨工程大学出版社  
Harbin Engineering University Press

哈尔滨工程大学出版社  
Harbin Engineering University Press

中等职业教育课程改革创新教材  
中等职业教育机电系列教材

# 电器与PLC控制技术

► 主 编 李 燕 许迎莹  
副主编 叶晓明 刘雯雯

DIANQI YU  
PLC KONGZHI  
JISHU

## 内 容 简 介

本书共 13 个项目,内容包括电动机的起、保、停电气控制,电动机的正反转电气控制,电动机自动往返行程的电气控制,电动机 Y- $\Delta$  降压起动的电气控制,西门子 S7-1200 PLC 硬件介绍,TIA 软件中 S7-PLCSIM 的应用,三相异步电动机单方向运行控制,三相异步电动机接触器联锁正反转运行控制,三相异步电动机 Y- $\Delta$  降压起动运行控制,天塔之光自动控制,水塔水位自动控制,密码锁自动控制,交通灯自控与手控。

本书可作为中等职业学校电力技术类、自动化类及相关专业的教材,也可作为相关技术人员的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

电器与 PLC 控制技术 / 李燕,许迎莹主编. — 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2023. 2

ISBN 978 - 7 - 5661 - 3813 - 2

I. ①电… II. ①李… ②许… III. ①电器控制系统-中等专业学校-教材 ②PLC 技术-中等专业学校-教材 IV. ①TM571

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 027200 号

电器与 PLC 控制技术

DIANQI YU PLC KONGZHI JISHU

选题策划 刘子嘉

责任编辑 苏 莉

封面设计 黄燕美

---

出版发行 哈尔滨工程大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号

邮政编码 150001

发行电话 0451-82519328

传 真 0451-82519699

经 销 新华书店

印 刷 大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本 787 mm $\times$ 1 092 mm 1/16

印 张 10.75

字 数 154 千字

版 次 2023 年 2 月第 1 版

印 次 2023 年 2 月第 1 次印刷

定 价 35.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

---

# 前言

## PREFACE



“电器与 PLC 控制技术”是电力技术类和自动化类相关专业的一门重要的专业核心课程，是相关专业学生掌握基本电器知识和基本逻辑编程技能的一门必修课程。本书遵循“以项目为载体，以工作过程为导向”的职业教育教学理念，贯彻落实《国家职业教育改革实施方案》，参考可编程控制系统集成及应用“1+X”证书、可编程控制器系统应用编程“1+X”证书及相关的国家和行业职业资格标准编写而成。本书以全面提升学生专业综合技能为出发点，将 PLC 控制技术的基本指令编程练习与生产生活实际应用相结合，注重实践能力的培养，注意反映相关技术领域的新知识、新技术、新工艺和新材料。

本书在编写过程中注意强化以下基本内容。

(1) 面向 PLC 控制技术的最新发展动向，以比较典型、实用的西门子 S7-1200 系列 PLC 为例，介绍 PLC 的基本原理、组成结构、指令系统、程序设计方法及应用，增加大量拓展延伸来提高学生的知识水平和拓宽学生的知识面，增强教材的知识性和趣味性，同时体现分层教学的思想，以适应不同类型学生的需要。

(2) 针对中职学生实际和相关工作岗位对电学知识技能的需求，侧重于基础知识的储备与基本技能应用的介绍，以实践活动为主线编排教学内容，由易到难，由浅到深，既有广度又有深度，符合学生的认知规律。

(3) 图文并茂，排版形式力求新颖活泼，文字力求通俗易懂，举例力求贴近时代和生活，以提高学生的阅读兴趣。

(4) 内容以项目的形式呈现，“便于教，易于学”，可满足学生提升自身技能的需求。

本书由天津市经济贸易学校李燕、许迎莹任主编，叶晓明、刘雯雯任副主编。本书可作为中等职业学校电力技术类、自动化类及相关专业的教材，也可作为相关技术人员的参考用书。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

# 目录

CONTENTS



项目一	电动机的起、保、停电气控制 .....	001
项目二	电动机的正反转电气控制 .....	018
项目三	电动机自动往返行程的电气控制 .....	028
项目四	电动机Y- 降压起动的电气控制 .....	038
项目五	西门子S7-1200 PLC硬件介绍 .....	051
项目六	TIA软件中S7-PLCSIM的应用 .....	065
项目七	三相异步电动机单方向运行控制 .....	081
项目八	三相异步电动机接触器联锁正反转运行控制 .....	092
项目九	三相异步电动机Y- 降压启动运行控制 .....	101
项目十	天塔之光自动控制 .....	114
项目十一	水塔水位自动控制 .....	126
项目十二	密码锁自动控制 .....	139
项目十三	交通灯自控与手控 .....	153
参考文献	.....	166

# 项目一

## 电动机的起、保、停电气控制



### 项目目标

#### 【知识目标】

- (1) 掌握交流接触器的结构和工作原理；
- (2) 掌握热继电器的结构和工作原理；
- (3) 掌握电动机的起、保、停电气控制电路的工作原理。

#### 【能力目标】

- (1) 能够按照控制要求进行低压电器元件的选用；
- (2) 能够按照工艺规范正确安装电动机的起、保、停电气控制电路。

#### 【素质目标】

- (1) 能主动学习，在完成任务过程中发现问题、分析问题和解决问题；
- (2) 能与小组成员协商、交流、配合完成学习任务。



### 项目引入

安装电动机过载保护控制电路，使其达到车床主轴电动机的控制要求，安装接线应符合规范要求。要想安装好该电路，必须掌握热继电器的结构和工作原理，掌握各元件的符号和名称，了解各元件的规格和选用方法。



### 知识储备

## 一、常用低压元器件

### 1. 按钮

按钮又称按钮开关，是一种手动控制电器。它只能短时接通或分断 5 A 以下的小电流电路，向其他电器发出指令性的电信号，控制其他电器动作。按钮载流量小，不能直接用按钮控制主电路的分断。

### 1) 常用按钮的型号含义

常用按钮的型号含义如图 1-1 所示。

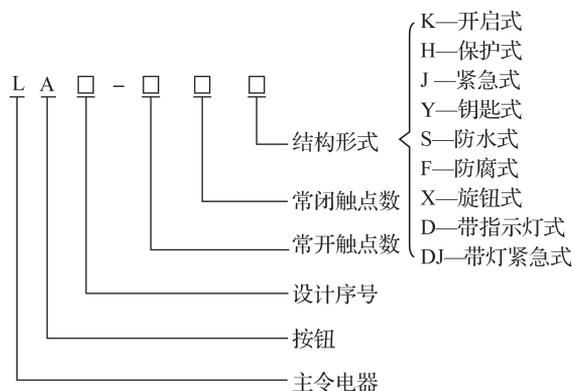


图 1-1 常用按钮的型号含义

### 2) 按钮的结构

按钮一般由按钮帽、复位弹簧、桥式动触点、静触点和外壳等组成，其符号、结构及外形如图 1-2 所示。

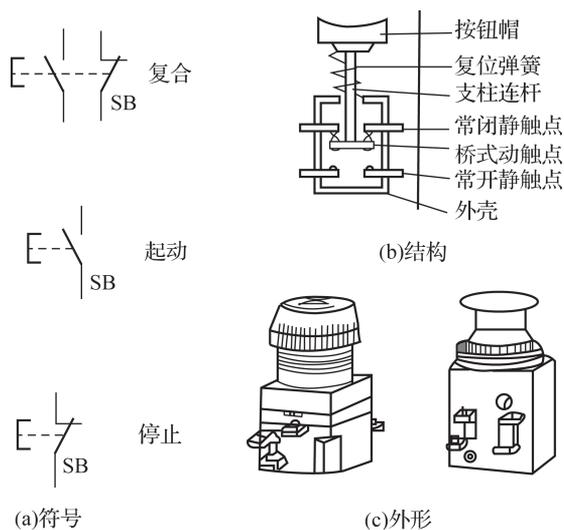


图 1-2 按钮的符号、结构及外形

按钮按照用途和触点的结构不同分为停止按钮（常闭按钮）、起动按钮（常开按钮）及复合按钮（组合按钮）。图 1-2（c）所示的 LA19 系列即为复合按钮。

### 3) 按钮的选用与安装

按钮的选用应从使用场合、被控制电路所需触点数目及按钮帽的颜色等方面综合考虑。使用前，应检查按钮帽的弹性是否正常，动作是否自如，触点接触是否良好可靠。

按钮安装在面板上时，应布置合理，排列整齐，安装应牢固，停止按钮用红色，起动按钮用绿色或黑色。

## 2. 交流接触器

常用的交流接触器有 CJ0、CJ10 和 CJ20 等系列，此处以 CJ10 系列为例介绍交流接触器。

### 1) 交流接触器的型号含义

交流接触器的型号含义如图 1-3 所示。

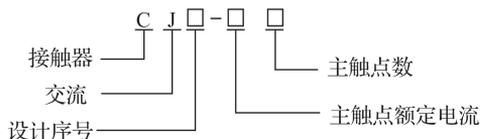


图 1-3 交流接触器的型号含义

### 2) 交流接触器的基本结构

交流接触器主要由电磁系统、触点系统、灭弧装置及辅助部件等部分组成。

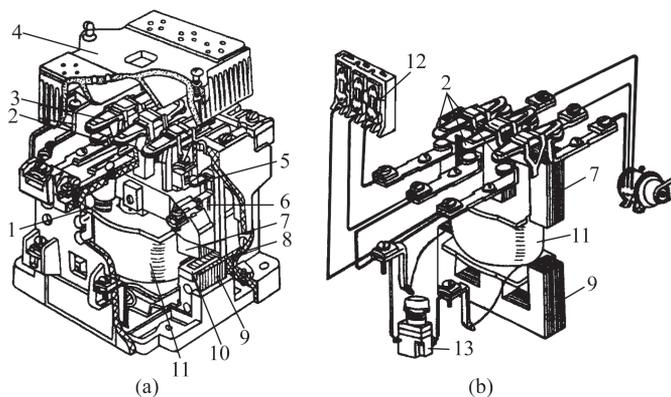
(1) 常开触点（共 5 对，1、3、5 是常开主触点，2、4 是常开辅助触点），在中间部分。

(2) 常闭触点（共 2 对），在最上端。

(3) 线圈，在最下端。

(4) 压力弹簧和传统机构部分。

图 1-4 所示为 CJ10-20 型交流接触器的结构。



1—复位弹簧；2—主触点；3—触点压力弹簧；4—灭弧罩；5—辅助常闭触点；  
6—辅助常开触点；7—动铁心；8—缓冲弹簧；9—静铁心；  
10—短路环；11—线圈；12—熔断器；13—按钮。

图 1-4 CJ10-20 型交流接触器的结构

(1) 电磁系统。电磁系统由电磁线圈、静铁心、动铁心（衔铁）等组成，其

中动铁心与动触点支架相连。电磁线圈通电时产生磁场，使动、静铁心磁化而相互吸引。当动铁心被吸引向静铁心时，与动铁心相连的动触点也被拉向静触点，令其闭合而接通电路。电磁线圈断电后，磁场消失，动铁心在复位弹簧的作用下回到原位，牵动动触点与静触点分离，分断电路。

为了减少工作过程中交变磁场在铁心中产生的涡流及磁滞损耗，避免铁心过热，交流接触器的铁心和衔铁一般用 E 形硅钢片叠压铆成。

交流接触器的铁心上有一个短路铜环，称为短路环，如图 1-5 所示。短路环的作用是减少交流接触器吸合时产生的震动和噪声。当线圈中通以交流电流时，铁心中产生的磁通也是交变的，对衔铁的吸力也是变化的。当磁通经过最大值时，铁心对衔铁的吸力最大；当磁通经过零值时，铁心对衔铁的吸力也为零，衔铁受复位弹簧的反作用力有释放的趋势，这时衔铁不能被铁心吸牢，造成铁心震动，发出噪声，使人感到疲劳，并使衔铁与铁心磨损，造成触点接触不良，产生电弧灼伤触点。为了消除这种现象，在铁心上装有短路环。

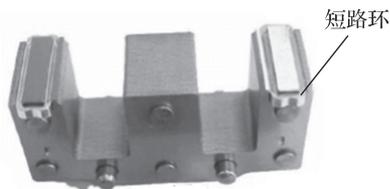


图 1-5 铁心上的短路环

当线圈通电后，产生线圈电流的同时，在短路环中产生感应电流，两者由于相位不同，各自产生的磁通的相位也不同，在线圈电流产生的磁通为零时，感应电流产生的磁通不为零而产生吸力，吸住衔铁，使衔铁始终被铁心吸牢，这样会使震动和噪声显著减小。气隙越小，短路环的作用越大，震动和噪声也越小。

(2) 触点系统。触点系统按功能不同分为主触点和辅助触点两类。主触点用以通断电流较大的主电路；辅助触点用以通断电流较小的控制电路，还能起自锁和联锁等作用，一般由两对常开触点和两对常闭触点组成。触点的常开和常闭，是指电磁系统在未通电动作时触点的状态。常开触点和常闭触点是联动的。

按结构形式划分，交流接触器的触点有桥式触点和指形触点两种，如图 1-6 所示。无论是桥式触点还是指形触点，在触点上都装有压力弹簧，以减小接触电阻并消除开始接触时产生的有害震动。

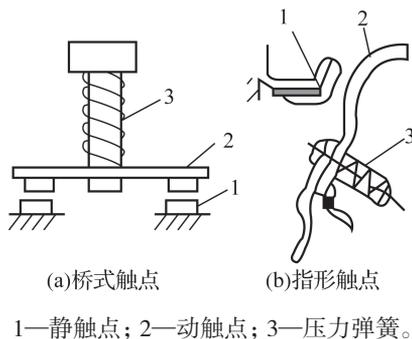


图 1-6 触点的结构形式

(3) 灭弧装置。交流接触器在分断较大电流电路时，在动、静触点之间将产生较强的电弧，它不仅会烧伤触点、延长电路分断时间，严重时还会造成相间短路。因此，在容量稍大的电气装置中，均加装了一定的灭弧装置用以熄灭电弧。交流接触器中常用的灭弧方法有以下几种。

① 电动灭弧。利用触点断开时本身的电动力把电弧拉长，以扩大电弧散热面积，使电弧在拉长过程中大量散热而迅速熄灭，如图 1-7 (a) 所示。

② 双断口灭弧。这种灭弧方法适用于桥式触点。它将电弧自然分成两段，在各段上利用电动力加快散热速度而灭弧，如图 1-7 (b) 所示。

③ 纵缝灭弧。这种灭弧方法借助灭弧罩完成灭弧任务。灭弧罩制成纵缝，且上宽下窄，触点伸入灭弧罩下部宽缝中。触点分断时产生的电弧随热气流上升，在窄缝中传给室壁降温而熄弧，如图 1-7 (c) 所示。

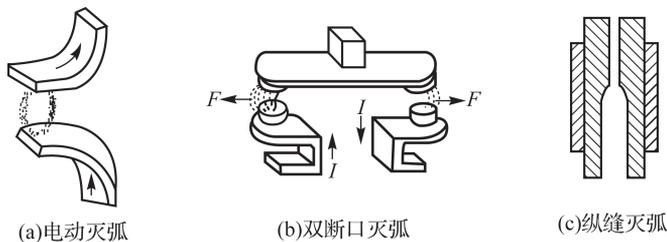
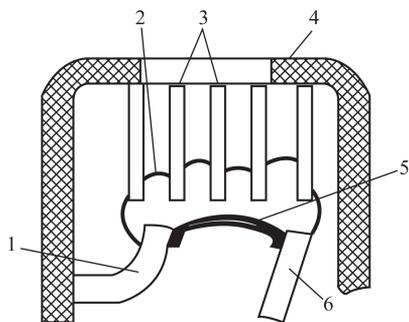


图 1-7 常用的灭弧方法

④ 栅片灭弧。栅片灭弧要借助灭弧罩完成。这种灭弧罩用陶土或石棉水泥制成。灭弧罩内装有由镀铜薄铁片组成的灭弧栅片，各灭弧栅片之间相互绝缘，触点分断电路时产生电弧，电弧又产生磁场。灭弧栅片由导磁材料制成，电弧上部的磁通通过灭弧栅片形成闭合回路。由于电弧的磁通上部稀疏、下部稠密，这种下密上疏的磁场分布将对电弧产生由下至上的电磁力，将电弧推入灭弧栅片中，电弧被灭弧栅片分割成几段短电弧。这不仅使栅片之间的电弧电压低于燃弧电压，而且通过栅片吸收电弧热量，使电弧很快熄灭，如图 1-8 所示。

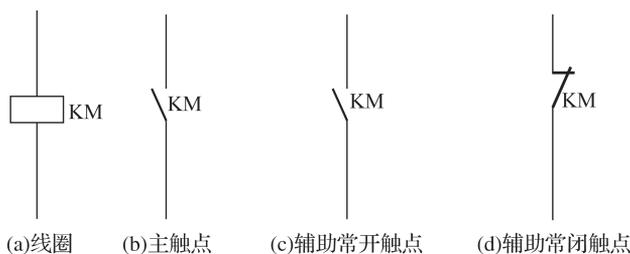
(4) 辅助部件。交流接触器除了上述电磁系统、触点系统、灭弧装置外,还有复位弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动装置及底座、接线柱等辅助部件。

交流接触器的电路符号如图 1-9 所示。



1—静触点; 2—短电弧; 3—灭弧栅片;  
4—灭弧罩; 5—电弧; 6—动触点。

图 1-8 栅片灭弧装置



(a)线圈 (b)主触点 (c)辅助常开触点 (d)辅助常闭触点

图 1-9 交流接触器的电路符号

### 3) 交流接触器的选用与安装

交流接触器的选用与安装原则如下。

(1) 接触器主触点的额定电压应大于或等于被控制电路的最高电压。

(2) 接触器主触点的额定电流应大于被控制电路的最大工作电流。用交流接触器控制电动机时,主触点的额定电流应大于电动机的额定电流。

(3) 接触器电磁线圈的额定电压应与被控制辅助电路的电压一致。对于简单电路,多用 380 V 或 220 V 电压;在线路较复杂或有低压电源的场合或工作环境有特殊要求时,也可选用 36 V、110 V 电压等。

(4) 接触器的触点数量和种类应满足主电路和控制电路的要求。

交流接触器的工作环境要求清洁、干燥。应将交流接触器垂直安装在底板上,注意安装位置不得受到剧烈震动,因为剧烈震动容易造成触点抖动,严重时会发生误动作。

## 3. 热继电器

热继电器是一种利用电流的热效应对电动机或其他用电设备进行过载保护的控制器。

电动机在运行过程中,长期过载、频繁起动、欠电压运行或断相运行等都可能使其电流超过额定值。如果电流超过额定值的量不大,熔断器不会熔断,这样会引起电动机过热,损坏绕组的绝缘,缩短电动机的使用寿命,严重时甚至烧坏

电动机。因此，必须对电动机采取过载保护措施，最常用的是利用热继电器进行保护。

### 1) 热继电器的型号含义

热继电器的型号含义如图 1-10 所示。

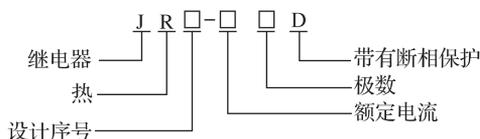


图 1-10 热继电器的型号含义

### 2) 热继电器的结构

热继电器的外形与结构如图 1-11 所示。它主要由热元件、触点系统、动作机构、复位按钮和整定电流装置等组成。

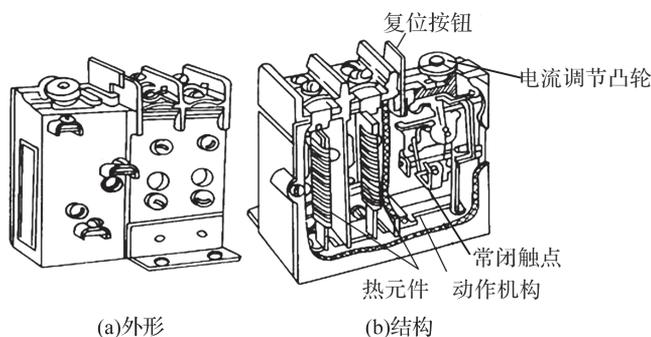


图 1-11 热继电器的外形与结构

(1) 热元件。热元件有两块，它是热继电器的主要组成部分，由主双金属片及围绕在双金属片外面的电阻丝组成。双金属片由两种热膨胀系数不同的金属片焊接而成，如铁镍铬合金和铁镍合金。电阻丝一般由康铜、镍铬合金等材料制成，使用时将电阻丝直接串接在异步电动机的两相电路中。

(2) 触点系统。触点系统由常闭触点和常开触点组成。

(3) 动作机构。动作机构由导板、温度补偿双金属片、推杆、动触点连杆和弹簧等组成。

(4) 复位按钮。复位按钮用于热继电器动作后的手动复位。

(5) 整定电流装置。使用十字螺丝刀旋转带偏心凸轮上的旋钮来调节整定电流值。

### 3) 热继电器的工作原理

如图 1-12 所示，当电动机绕组过载时，热元件产生的热量足以使主双金属

片弯曲，推动导板向右移动，又推动温度补偿片，使推杆绕轴转动，推动动触点连杆，使动触点与静触点分开，从而使电动机线路中的接触器线圈断电释放，将电源切断，起到保护作用。

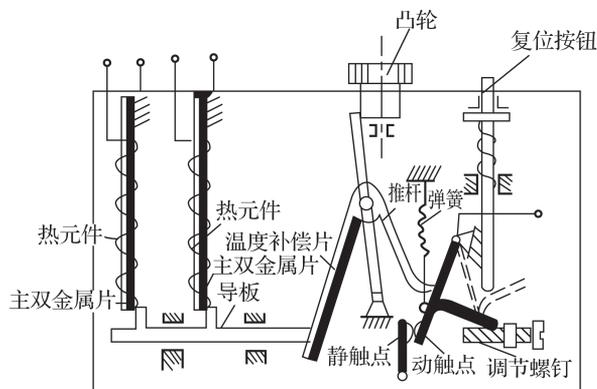


图 1-12 热继电器的工作原理

温度补偿片用来补偿环境温度对热继电器动作精度的影响，它由与主双金属片同类的双金属片制成。当环境温度变化时，温度补偿片与主双金属片在同方向上产生附加弯曲，从而补偿环境温度的影响。

热继电器动作后的复位有手动复位和自动复位两种。

(1) 手动复位。将调节螺钉拧出一段距离，使触点的转动超过一定角度。当双金属片冷却后，触点不能自动复位，这时必须按下复位按钮使触点复位。

(2) 自动复位。切断电源后，热继电器开始冷却，过一段时间双金属片恢复原状，触点在弹簧的作用下自动复位。

热继电器的符号如图 1-13 所示。

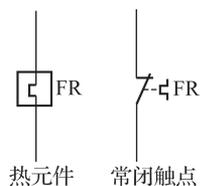


图 1-13 热继电器的符号

#### 4) 热继电器的整定电流

热继电器的整定电流是指热继电器长期不动作的最大电流，电流超过此值热继电器就会动作。

热继电器中凸轮上方是整定旋钮，刻有整定电流值的标尺。旋动旋钮时，凸轮压迫支撑杆绕交点左右移动，支撑杆向左移动时，推杆与连杆的杠杆间隙加

大，热继电器的热元件动作电流增大；反之，动作电流减小。

当过载电流超过整定电流的 1.2 倍时，热继电器动作。过载电流越大，热继电器开始动作所需时间越短。过载电流与热继电器动作时间的关系如表 1-1 所示。

表 1-1 过载电流与热继电器动作时间的关系

整定电流倍数	动作时间	起始状态
1.0	长期不动作	从冷态开始
1.2	小于 20 min	从热态开始
1.5	小于 2 min	从热态开始
6.0	大于 5 s	从冷态开始

### 5) 三相结构及带断相保护的热继电器

上述热继电器只有两个热元件，属于两相结构热继电器。一般情况下，电源的三相电压均衡，电动机的绝缘良好，电动机的三相线电流必然相等，所以两相结构热继电器能对电动机的过载进行保护。但是，当三相电源严重不平衡或者电动机的绕组内部发生短路故障时，就可能使电动机某一相的线电流比其余两相的线电流高；当恰巧该相线路中没有热元件时，就不可能可靠地起到保护作用，此时应选用三相结构热继电器，其结构、动作原理与两相结构热继电器相似。

热继电器所保护的电动机，如果是星形接法，当线路上发生一相断路（缺相）时，另外两组发生过载，此时流过热元件的电流就是电动机绕组的相电流，普通热继电器（两相或三相结构）都可起到保护作用。如果是三角形接法，发生一相断路时，局部严重过载，而线电流大于相电流，普通的两相或三相结构热继电器不能起到保护作用，此时必须采用三相结构带断相保护的热继电器。例如，JR16 系列热继电器，它具有普通热继电器的保护性能，且当三相电动机一相断路或三相电流严重不平衡时，能及时动作，起到断相保护作用。

### 6) 热继电器的选用

在选用热继电器时，应根据电动机的额定电流确定热继电器的型号及热元件的电流等级。

(1) 根据电动机的额定电流选择热继电器的规格，一般应使热继电器的额定电流略大于电动机的额定电流。

(2) 根据需要的整定电流值选择热元件的电流等级。一般情况下，热元件的整定电流为电动机额定电流的 1.1~1.15 倍。

(3) 根据电动机定子绕组的连接方式选择热继电器的结构形式，即定子绕组做星形连接的电动机选用普通三相结构热继电器，而做三角形连接的电动机应选

用三相带断相保护的热继电器。

#### 4. 熔断器

熔断器是低压保护线路和电动机控制电路中最简单、最常用的短路保护电器。它的主要工作部分是熔体，串联在被保护电器或电路的前面。当电路或设备过载或短路时，大电流将熔体熔化，分断电路而起保护作用。

##### 1) 瓷插式熔断器

RC1A 系列瓷插式熔断器（图 1-14）主要在 380 V 三相电路和 220 V 单相电路中做保护电器。它具有结构简单、价格低廉、更换熔丝方便等优点。熔断器在使用前需要用万用表进行检测，如图 1-15 和 1-16 所示。

瓷插式熔断器主要由瓷座、瓷盖、静触点、动触点和熔丝等组成，如图 1-17 所示。瓷座中部有一空腔，与瓷盖的凸出部分构成灭弧室。60 A 以上的瓷插式熔断器空腔还垫有编织石棉层，用以加强灭弧功能。



图 1-14 瓷插式熔断器

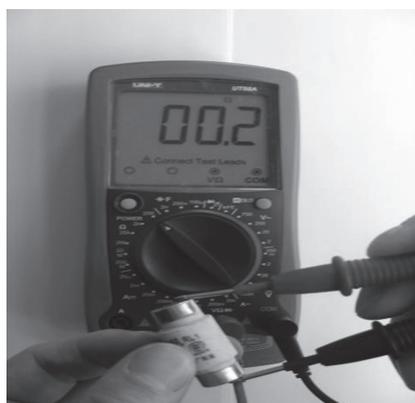


图 1-15 熔体的检测

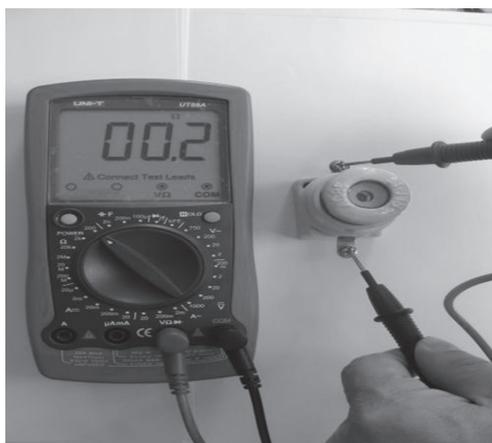


图 1-16 熔断器的检测

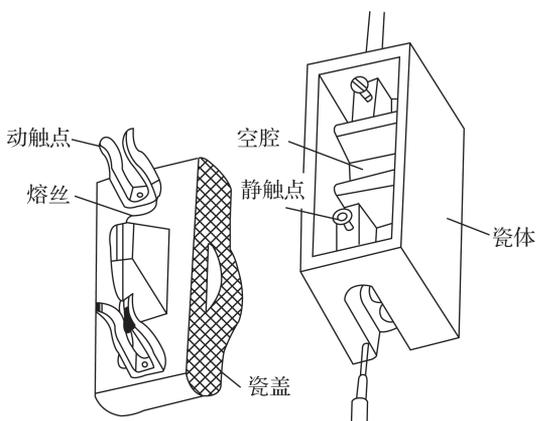


图 1-17 瓷插式熔断器的结构

## 2) 螺旋式熔断器

RL1 系列螺旋式熔断器用于交流电压 380 V 及以下, 电流在 200 A 以内的线路和用电设备的过载和短路保护, 如图 1-18 所示。它具有熔断快、分断能力强、体积小、结构紧凑、更换熔丝方便、安全可靠和熔丝断后标志明显等优点。其主要由瓷帽、熔断管(熔芯)、瓷套、上下接线柱及底座等组成, 如图 1-19 所示。熔断管内除装有熔丝外, 还填满起灭弧作用的石英砂。熔断管的上盖中心装有红色熔断指示器, 一旦熔丝熔断, 指示器即从熔断管上盖中脱落, 并可从瓷盖上的玻璃窗口直接发现, 以便更换熔断管。

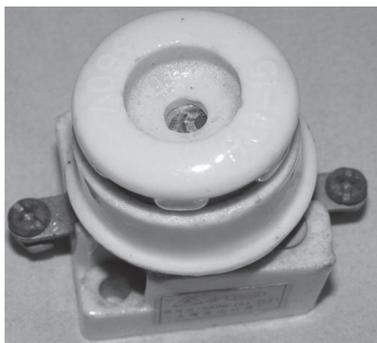


图 1-18 螺旋式熔断器

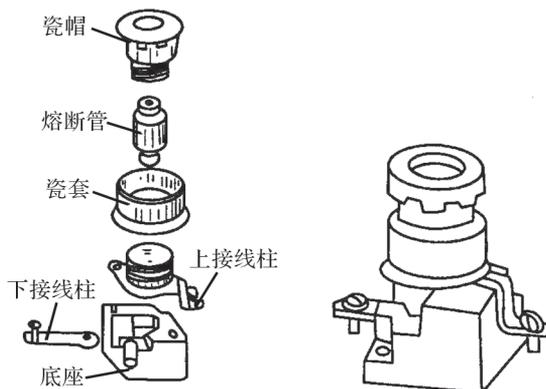


图 1-19 螺旋式熔断器的结构

螺旋式熔断器接线时, 电源进线必须与熔断器中心触片接线柱相连, 与负载的连线应接在与螺口相连的上接线柱上, 这样在旋出瓷帽并更换熔断管时, 金属螺口不带电, 有利于保证操作人员的安全。

## 3) 熔断器的选择

在电气设备正常运行时, 熔断器不应熔断; 出现短路时, 熔断器应立即熔断; 在电流发生正常变动(如电动机起动过程)时, 熔断器不应熔断; 在用电设备持续过载时, 熔断器应延时熔断。对熔断器的选择主要包括类型选择和熔体额定电

流的确。选择熔断器的类型时，主要依据负载的保护特性和短路电流的大小。例如，用于保护照明和电动机的熔断器，一般是考虑它们的过载保护，这时，希望熔断器的熔化系数适当小些。容量较小的照明线路和电动机宜采用熔体为铅锌合金的 RC1A 系列熔断器，而大容量的照明线路和电动机，除过载保护外，还应考虑短路时分断短路电流的能力。若短路电流较小，可采用熔体为锡质的 RC1A 系列熔断器或熔体为锌质的 RM10 系列熔断器。用于车间低压供电线路的保护熔断器，一般是考虑短路时的分断能力。当短路电流较大时，宜采用具有高分断能力的 RL1 系列熔断器。当短路电流相当大时，宜采用有限流作用的 RT0 系列熔断器。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) 电阻性负载或照明电路的起动过程很短，运行电流较平稳，一般按负载额定电流的 1~1.1 倍选择熔体的额定电流，进而选定熔断器的额定电流。

(2) 电动机等感性负载的起动电流为额定电流的 4~7 倍，一般选择熔体的额定电流为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。一般来说，熔断器难以起到过载保护作用，而只能用作短路保护，过载保护应采用热继电器。

安装螺旋式熔断器时，为保证更换熔芯时的安全，应将低接线端接电源，高接线端接负载。

## 二、电动机起、保、停控制电路的工作原理

电动机起、保、停控制电路如图 1-20 所示。

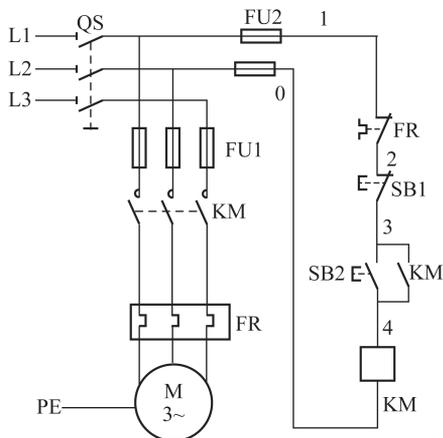


图 1-20 电动机起、保、停控制电路

### 1. 起动

闭合电源开关 QS，按下起动按钮 SB2—KM 线圈得电—KM 主触点闭合—电

动机 M 得电运转—KM 自锁触点闭合自锁—保持电动机运转。

## 2. 停机

按下停止按钮 SB1—KM 线圈断电释放—KM 自锁触点、主触点分断—电动机 M 停机。

在图 1-20 中，熔断器 FU1 对主电路起短路保护作用，FU2 对控制电路起短路保护作用，接触器起零压与欠压保护作用，热继电器起过载保护作用。

当电路出现零压（也称失压，如停电）、欠压时，由于弹簧的反作用力大于线圈的电磁吸力，KM 接触器的自锁触点、主触点被释放而分断。当电源电压恢复正常时，由于接触器处于释放状态，电动机不会自行起动，从而实现了零压、欠压保护。

当电路中电动机出现过载或故障状态时，主电路中电流会过大，电流的热效应使热元件弯曲，从而使热继电器常闭触点分断，接触器线圈断电而释放，实现电路的过载保护。

## 项目实施

按照图 1-20 所示的电动机起、保、停控制电路原理图完成该电路的接线，并基本符合规范性接线要求。

### 1. 电动机起、保、停控制电路安装位置示意图

电动机起、保、停控制电路安装位置示意图如图 1-21 所示。

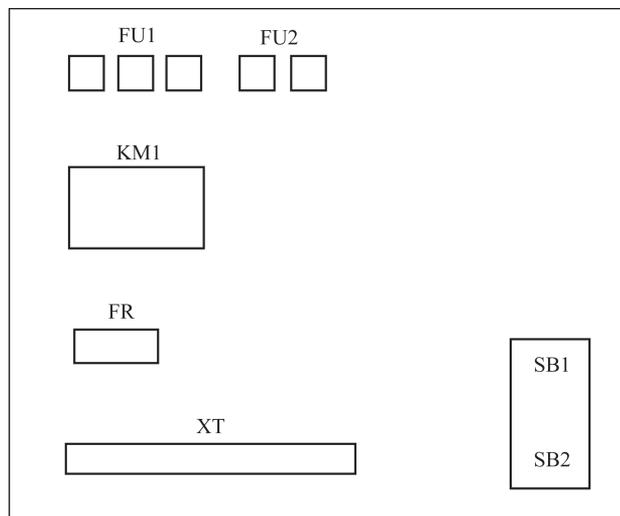


图 1-21 电动机起、保、停控制电路安装位置示意图

## 2. 设备清单

设备清单如表 1-2 所示。

表 1-2 项目一设备清单

代号	名称	型号	规格	数量
M	三相异步电动机		180 W, 380 V, 1 A, $\Delta$ 接	1
FU	螺旋式熔断器	RL1-15/5	380 V, 15 A, 配熔体额定电流 5 A	5
KM	交流接触器	CJ10-10	10 A, 线圈电压 380 V	1
FR	热继电器	JR16-20/3	20 A, 热元件 11 A, 整定在 8.8 A	1
SB	按钮	LA10-3H	保护式, 按钮数 3 (代用)	1
XT	端子排	JX-1010	10 A, 10 节, 380 V	1
SA	转换开关	HZ10-25/3	25 A, 3 极	1
	网孔板		700 mm $\times$ 560 mm	1
	导线		红色 / 黑色, 2.5 mm <sup>2</sup>	若干
	螺钉 / 螺母			若干

## 3. 元器件检测

- (1) 交流接触器常闭触点检测如图 1-22 所示。
- (2) 交流接触器常开触点检测如图 1-23 所示。
- (3) 交流接触器线圈检测如图 1-24 所示。



图 1-22 常闭触点检测

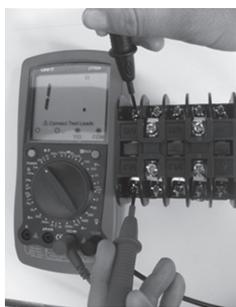


图 1-23 常开触点检测



图 1-24 线圈检测

## 4. 电动机过载保护控制电路的安装

(1) 按电动机起、保、停控制电路安装位置示意图 (图 1-21) 安装各元器件, 安装注意事项如下。

① 元器件安装时紧固螺钉用力要适当, 以工件不能晃动为原则, 以免紧坏元器件。

②熔断器安装时低接线柱接电源，高接线柱接负载。

(2) 按自画接线图和接线顺序安装接线（注意符合接线要求）。先接控制电路和按钮，再接主电路。

单根线接线安装方法如下。

①擗线，如图 1-25 所示。

②剥线、弯圈，如图 1-26 和图 1-27 所示。

③测距，如图 1-28 所示。

④弯折（直角），如图 1-29 所示。

⑤两端固定。



图 1-25 擗线



图 1-26 剥线



图 1-27 弯圈

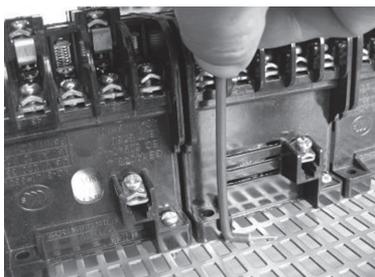


图 1-28 测距



图 1-29 弯折（直角）

(3) 检测电路。

①按接线图检查电路接线是否正确。

②用万用表检测电路。

(4) 通电试车。

**注意：**必须在教师的监护下进行。

电源接线及合闸顺序：先接负载，再接电源；先接地线，再合闸；先合总闸，再合分闸，逐级送电。

拉闸顺序：先停止电动机，再拉分闸，最后拉总闸。


**项目评价**

表 1-3 项目一完成情况评价表

项目	主要内容	评分标准	配分	扣分	得分	小计
任务完成情况	元器件的选择	熔断器、交流接触器、按钮和热继电器等元器件选错, 每处扣 5 分	20			
	元器件的安装	(1) 不按图纸的位置安装, 每处扣 3 分; (2) 元器件安装松动或不符合规范, 每处扣 5 分; (3) 元器件安装不整齐、不美观, 每处扣 5 分	20			
	线路连接	(1) 少接线或多接线, 接错线, 接线不牢, 外露铜丝过长, 每根扣 3 分; (2) 由于接错线或接线工艺差引起电力控制电路部分跳闸, 扣 10 分; 如果引起整个设备跳闸, 则该大项不得分	40			
综合能力	职业素养	(1) 学习主动性差, 学习准备不充分, 扣 2 分; (2) 时间观念不强, 工作效率低, 扣 2 分; (3) 不注重工作质量与工作成本, 扣 2 分	10			
	安全文明生产	(1) 劳动保护用品穿戴不整齐, 扣 10 分; (2) 施工后不清理现场, 扣 5 分	10			
定额时间	15 min, 每超时 5 min 扣 5 分					
备注	除定额时间外, 各项目的最高扣分不超过配分		合计			
开始时间		结束时间	实际用时			


**知识拓展**

### 电气控制线路故障维修——电阻分段测量法

如图 1-30 所示, 如果按下 SB2 时 KM1 线圈不吸合, 检测时, 首先切断控制

电路电源，然后一人按下 SB2 不放，一人用万用表依次测量出 0-1、0-2、0-3、0-4 各两点之间的电阻值，根据测量结果即可找出故障点，见表 1-4。

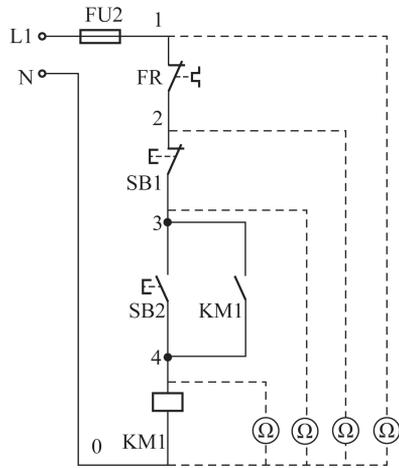


图 1-30 电阻分段测量法示意图

表 1-4 电阻分段测量法测量故障统计表

故障现象	测量状态	0-1	0-2	0-3	0-4	故障点
按下 SB2 时 KM1 线圈不吸合	按下 SB2 不放	$\infty$	$R$	$R$	$R$	FR 常闭触点接触不良
		$\infty$	$\infty$	$R$	$R$	SB1 常闭触点接触不良
		$\infty$	$\infty$	$\infty$	$R$	SB2 常开触点接触不良
		$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	KM1 线圈断路

## 项目二

# 电动机的正反转电气控制

### 项目目标

#### 【知识目标】

- (1) 掌握接触器辅助触点联锁的三相异步电动机正反转控制电路的工作原理；
- (2) 掌握按钮联锁的三相异步电动机正反转控制电路的工作原理；
- (3) 掌握接触器辅助触点和按钮复合联锁的三相异步电动机正反转控制电路的工作原理。

#### 【能力目标】

- (1) 能够按照控制要求进行低压电器元件的选用；
- (2) 能够按照工艺规范正确安装接触器辅助触点和按钮复合联锁的三相异步电动机正反转控制电路。

#### 【素质目标】

- (1) 能主动学习，在完成任任务过程中发现问题、分析问题和解决问题；
- (2) 能与小组成员协商、交流、配合完成学习任务。

### 项目引入

电动机正反转控制电路在生产中是一种常用的控制电路，如起重机的升降，机床主轴的正反转，电控门的开关等。在实际生产中，机床工作台需要前进与后退，万能铣床的主轴需要正转与反转，起重机的吊钩需要上升与下降，单一方向的控制线路不能满足这些生产机械的控制要求。要想安装好该电路，必须掌握三相异步电动机的换向原理，掌握三相异步电动机正反转控制电路的工作原理。

## 知识储备

### 一、三相异步电动机的换向原理

#### 1. 磁场旋转方向决定三相异步电动机的转向

三相异步电动机的定子绕组中通入三相交流电后，就会产生一个旋转磁场，在旋转磁场的作用下，电动机就会转动。电动机的转向是由接入电动机三相绕组的电源相序所决定的。改变任意两相绕组的相序后，旋转磁场就会改变方向，使电动机反转。三相异步电动机改变电源相序的电路原理如图 2-1 所示。

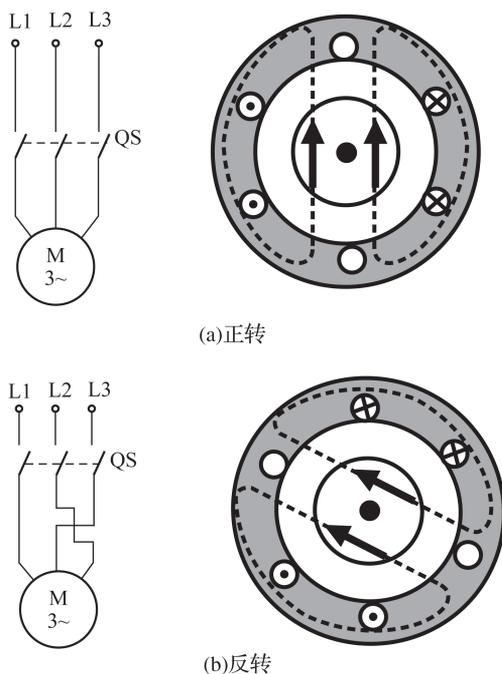


图 2-1 三相异步电动机改变电源相序的电路原理

#### 2. 大功率或需远距离控制电动机的正反转

常用接触器控制电动机定子绕组电流顺序。从图 2-2 中可以看到，如果交流接触器 KM1 闭合，L1、L2、L3 分别流入 U11、V11、W11 相，三相异步电动机顺时针运转；交流接触器 KM2 闭合，L3 的电流流入 U11 相，L1 的电流流入 W11 相，定子绕组电流相序发生变化，三相异步电动机逆时针运转。

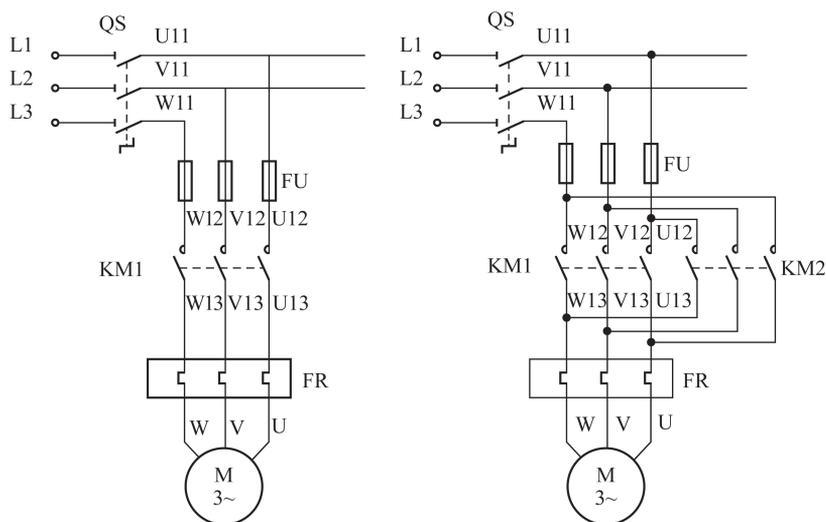


图 2-2 三相异步电动机的主电路正反转控制电路原理图

### 3. 接触器联锁正反转控制电路

交流接触器主触点闭合由起动按钮来控制，如图 2-3 所示。

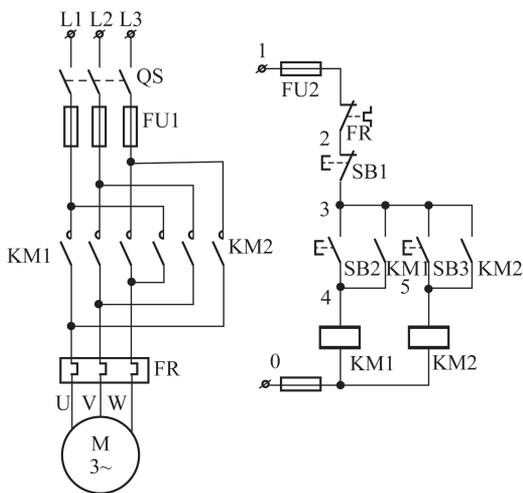


图 2-3 三相异步电动机接触器联锁正反转控制电路原理图

#### 1) 正反转控制电路的特点

- (1) 电动机具有正反转运转功能。
- (2) 正转运行与反转运行分别由两个起动按钮控制。
- (3) 电动机在正向运行时按下反转起动按钮会造成相间短路。

#### 2) 电路分析

(1) 电动机正反转应分别由两个接触器的主触点控制，但两个接触器的主触点不能同时闭合，否则会造成相间短路。应在 KM1 线圈前串入 KM2 的辅助常闭触点，在 KM2 线圈前串入 KM1 的辅助常闭触点，这样就可以避免相间短路。

(2)按下按钮 SB2 使 KM1 线圈得电，再按下按钮 SB3 不能使 KM2 线圈得电。

## 二、典型正反转控制电路

### 1. 接触器联锁正反转控制电路

图 2-4 所示为接触器控制三相异步电动机的正反转电路原理图，在一个接触器得电动作时，通过其常闭辅助触点使另一个接触器不能得电动作。如图 2-4 所示，在控制电路中 KM1 线圈所在回路上串联 KM2 的常闭辅助触点，当 KM2 线圈得电，电动机反转运行时，KM2 常闭触点断开，使 KM1 线圈所在回路断开，KM1 线圈无法起动。同理，在 KM2 线圈所在回路上串联 KM1 常闭辅助触点。当 KM1 线圈得电，电动机正转运行时，KM1 常闭触点断开，使 KM2 线圈所在回路断开，KM2 线圈无法起动。起联锁作用的 KM1、KM2 常闭辅助触点称为联锁触点。

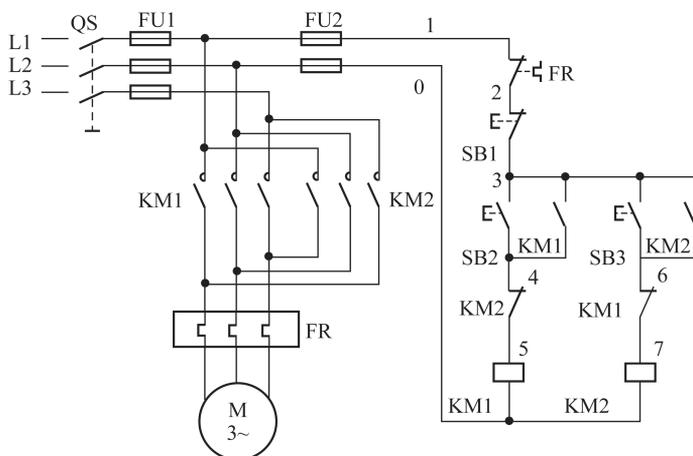


图 2-4 接触器控制三相异步电动机的正反转电路原理图

#### 1) 正转控制

闭合闸刀开关 QS。

按下启动按钮 SB2，KM1 线圈得电

- { KM1 主触点闭合，电动机正转。
- { KM1 自锁触点闭合，锁住电动机正转工作状态。
- { KM1 常闭联锁触点分断，锁住反转电路，不能起动。

#### 2) 反转控制

按下 SB2，KM2 线圈得电

- { KM2 主触点闭合，电动机反转。
- { KM2 自锁触点闭合，锁住电动机反转工作状态。
- { KM2 常闭联锁触点分断，锁住正转电路，不能起动。

由工作原理可知,电动机转动后要改变转向时,必须先停机,再反向起动。联锁的作用是 KM1 主触点与 KM2 主触点不能同时闭合,否则会造成电源相间短路。

## 2. 按钮联锁正反转控制电路

图 2-5 所示为按钮联锁控制三相异步电动机的正反转电路原理图,此电路采用了复合按钮,按下按钮同时动作,实现按钮互锁连接。当电动机正向运行时,按下 SB3 按钮,会立即使 KM1 失电,电动机停转,并立即进入反向运行。反之亦然。这样既保证了正反转接触器 KM1、KM2 不会同时通电,又可以不按停止按钮而直接按反转按钮进行反转起动。

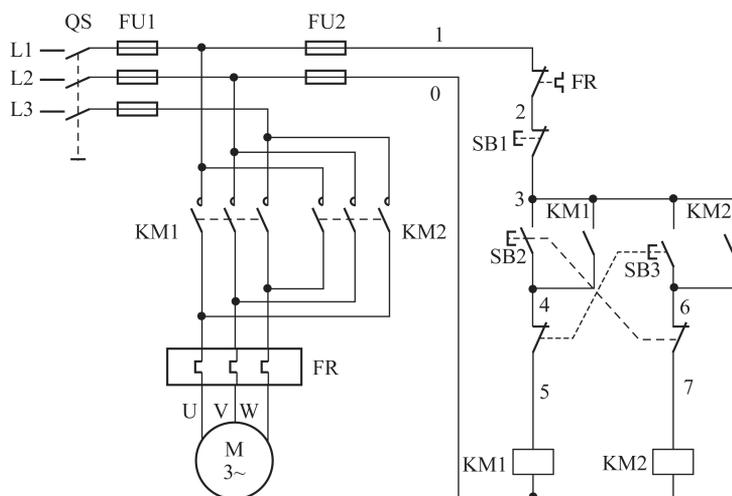


图 2-5 按钮联锁控制三相异步电动机的正反转电路原理图

### 1) 正转控制

闭合闸刀开关 QS。

按下起动按钮 SB2, KM1 线圈得电

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{KM1 主触点闭合, 电动机正转。} \\ \text{KM1 自锁触点闭合, 锁住电动机正转工作状态。} \end{array} \right.$$

### 2) 反转控制

按下 SB2 → KM1 线圈断电释放 → KM1 主触点、辅助触点恢复常态 → 电动机停止正转。

$$\text{KM2 线圈得电} \left\{ \begin{array}{l} \text{KM2 主触点闭合, 电动机反转。} \\ \text{KM2 自锁触点闭合, 锁住电动机正转工作状态。} \end{array} \right.$$

### 3) 停止

按下停止按钮 SB1 分断控制电路, 电动机停止运行。

由工作原理可知,按钮常闭触点联锁的作用是 KM1 主触点与 KM2 主触点不能同时闭合,否则会造成电源短路。这也是此电路的一个缺点。

### 3. 按钮和辅助触点复合联锁的可逆控制电路

为克服接触器联锁正反转控制线路和按钮联锁正反转控制线路的缺点,在按钮联锁的基础上增加接触器联锁,构成按钮和接触器复合联锁正反转控制线路,对电动机进行双重保护。

图 2-6 所示为按钮和辅助触点复合联锁的可逆控制电路原理图,此电路采用了复合按钮,其常开触点和常闭触点同时动作,实现按钮和接触器双重联锁,保证电动机正常运行。当电动机正向运行时,按下 SB3 按钮,会立即使 KM1 失电,电动机停转,并立即进入反向运行。反之亦然。这样既保证了正反转接触器 KM1、KM2 不会同时通电,又可以不按停止按钮而直接按反转按钮进行反转起动。

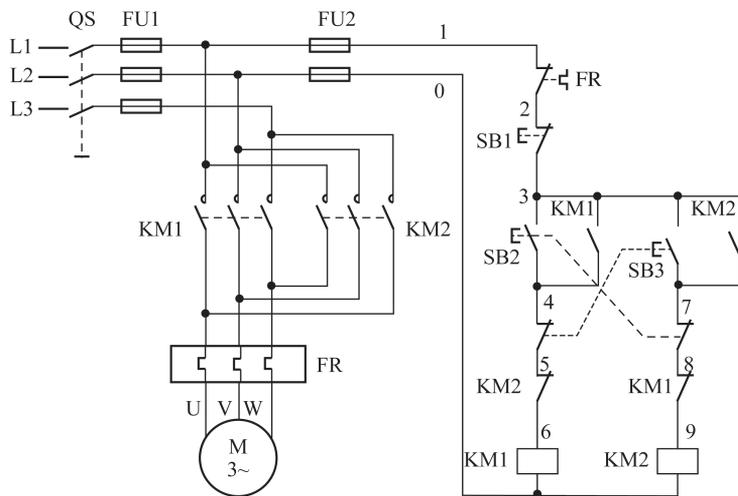


图 2-6 按钮和辅助触点复合联锁的可逆控制电路原理图

#### 1) 正转控制

闭合闸刀开关 QS。

按下起动按钮 SB2, KM1 线圈得电: KM1 主触点闭合,电动机正转; KM1 自锁触点闭合—锁住电动机正转工作状态; KM1 常闭联锁触点分断—锁住反转电路,不能起动。

#### 2) 反转控制

按下 SB3, KM1 线圈断电释放—KM1 主触点、辅助触点恢复常态—电动机停止正转。KM2 线圈得电: KM2 主触点闭合—电动机反转; KM2 自锁触点闭合; KM2 联锁触点闭合—锁住正转电路。

## 3) 停止

按下停止按钮 SB1，分断控制电路，电动机停止运行。

### 项目实施

按照图 2-6 所示的按钮和辅助触点复合联锁的可逆控制电路原理图完成该电路的接线，并基本符合规范性接线要求。

#### 1. 按钮和辅助触点复合联锁的可逆控制电路安装位置示意图

按钮和辅助触点复合联锁的可逆控制电路安装位置示意图如图 2-7 所示。

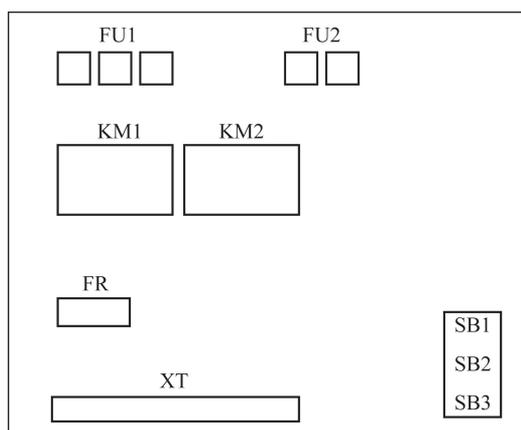


图 2-7 按钮和辅助触点复合联锁的可逆控制电路安装位置示意图

#### 2. 设备清单

设备清单如表 2-1 所示。

表 2-1 项目二设备清单

代号	名称	型号	规格	数量
M	三相异步电动机		180 W, 380 V, 1 A, $\Delta$ 接	1
FU	螺旋式熔断器	RL1-15/5	380 V, 15 A, 配熔体额定电流 5 A	5
KM	交流接触器	CJ10-10	10 A, 线圈电压 380 V	2
FR	热继电器	JR16-20/3	20 A, 热元件 11 A, 整定在 8.8 A	1
SB	按钮	LA10-3H	保护式, 按钮数 3 (代用)	1
XT	端子排	JX-1010	10 A, 10 节, 380 V	1
SA	转换开关	HZ10-25/3	25 A, 3 极	1
	网孔板		700 mm $\times$ 560 mm	1
	导线		红色 / 黑色, 2.5 mm <sup>2</sup>	若干
	螺钉 / 螺母			若干

### 3. 安装步骤和工艺要求

#### 1) 安装步骤

- (1) 按设备清单将所需器材配齐并检验质量。
- (2) 在网孔板上按双重联锁正反转控制电路安装位置示意图安装。
- (3) 按做线规则进行板前明线布线。
- (4) 自检控制板布线的正确性。
- (5) 进行控制板外部布线, 连接电动机等。
- (6) 经指导教师初检后, 通电检验。
- (7) 打分, 拆去控制板外部布线。

按钮和辅助触点复合联锁的可逆控制电路如图 2-8 所示。

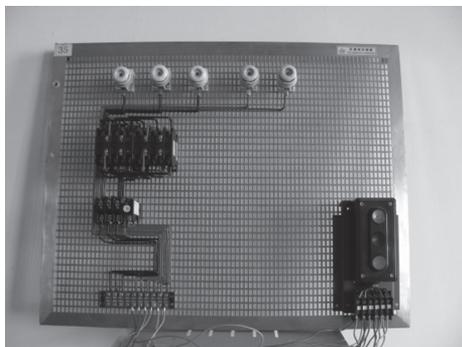


图 2-8 按钮和辅助触点复合联锁的可逆控制电路

#### 2) 工艺要求

- (1) 检查接触器联锁正反转控制电路的网孔板元器件有无质量问题, 若有损坏应立即向指导教师报告。
- (2) 控制板内部布线应平直、整齐、紧贴敷设面, 走线合理, 接点不得松动, 不露铜过长、不反圈、不压绝缘层等, 并符合工艺要求。
- (3) 布线完成后, 必须对线路的正确性进行全面自检(例如, 按下 SB2, 从 FU2 的两个进线端测得的是 KM1 线圈的电阻; 按下 SB3, 从 FU2 的两个进线端测得的是 KM2 线圈的电阻。万用表显示 0 说明短路, 显示  $\infty$  则说明断路。控制电路检测无误后, 还要检测主电路中 KM1、KM2 主触点是否有相间短路), 以确保通电一次成功。
- (4) 通电时, 必须得到指导教师同意; 已经完成电路检查后, 由指导教师接通电源, 并在现场进行监护。
- (5) 出现故障后, 学生应独立进行检修。
- (6) 项目应在定额时间内完成。

#### 3) 注意事项

- (1) 电动机必须安放平稳, 以防止在可逆运转时产生滚动而引起事故; 应将其金属外壳可靠接地。
- (2) 进入按钮的导线必须从接线端子板上出, 每个端子上只允许 2 根导线。要注意主电路必须进行换相, 否则电动机只能进行单向运转。

(3) 接线时, 接触器按钮 SB2、SB3 常闭触点不能进行互换, 否则只能进行点动控制。

(4) 通电校验时, 应先闭合 QS, 再检验 SB2 (或 SB3) 及 SB1 按钮的控制是否正常, 并在按 SB2 后再按 SB3, 观察有无联锁作用, 在按 SB2 后再按下 KM2 交流接触器连杆, 观察有无联锁作用。

(5) 应做到安全操作, 保证工作台及周边干净整齐。

## 项目评价

表 2-2 项目二完成情况评价表

项目	主要内容	评分标准	配分	扣分	得分	小计
任务完成情况	元器件的选择	熔断器、交流接触器、按钮和热继电器等元器件选错, 每处扣 5 分	20			
	元器件的安装	(1) 不按图纸的位置安装, 每处扣 3 分; (2) 元器件安装松动或不符合规范, 每处扣 5 分; (3) 元器件安装不整齐、不美观, 每处扣 5 分	20			
	线路连接	(1) 少接线或多接线, 接错线, 接线不牢, 外露铜丝过长, 每根扣 3 分; (2) 由于接错线或接线工艺差引起电力控制电路部分跳闸, 扣 10 分; 如果引起整个设备跳闸, 则该大项不得分	40			
综合能力	职业素养	(1) 学习主动性差, 学习准备不充分, 扣 2 分; (2) 时间观念不强, 工作效率低, 扣 2 分; (3) 不注重工作质量与工作成本, 扣 2 分	10			
	安全文明生产	(1) 劳动保护用品穿戴不整齐, 扣 10 分; (2) 施工后不清理现场, 扣 5 分	10			
定额时间	15 min, 每超时 5 min 扣 5 分					
备注	除定额时间外, 各项目的最高扣分不超过配分		合计			
开始时间			结束时间		实际用时	

## 知识拓展

### 倒顺开关控制的电动机正反转控制电路

小功率电动机的正反转可以由倒顺开关控制。倒顺开关正反转控制线路虽然使用电器较少，线路比较简单，但它是一种手动控制线路，在频繁换向时，操作人员劳动强度大，操作安全性差，所以这种线路一般用于控制额定电流 10 A 及以下、额定功率 3 kW 及以下的小容量电动机。

倒顺开关的实物与正反转控制原理图如图 2-9 所示。

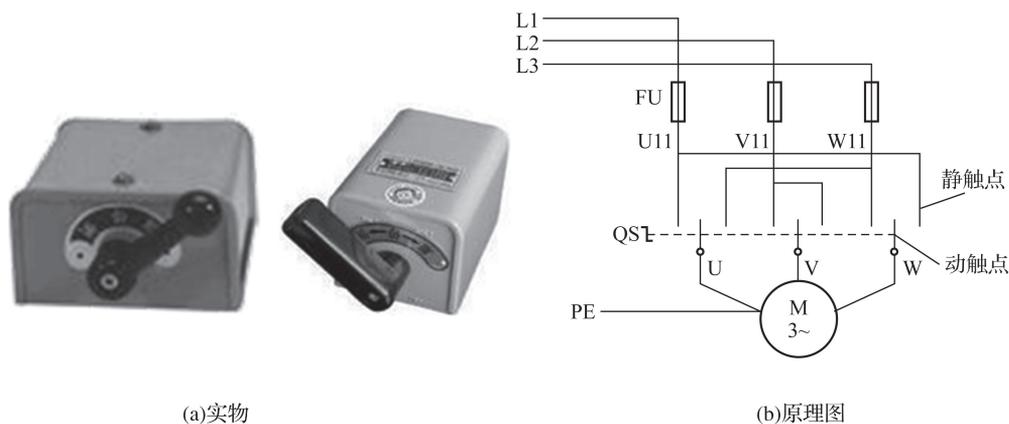


图 2-9 倒顺开关的实物与正反转控制原理图

操作倒顺开关 QS，当手柄处于“停”位置时，QS 的动触点、静触点不接触，电路不通，电动机不转。

当手柄扳至“顺”位置时，QS 的动触点和左边的静触点相接触，电路按 L1—U、L2—V、L3—W 接通，输入电动机定子绕组的电源电压相序为 L1—L2—L3，电动机正转。

当手柄扳至“倒”位置时，QS 的动触点和右边的静触点相接触，电路按 L1—W、L2—V、L3—U 接通，输入电动机定子绕组的电源电压相序为 L3—L2—L1，电动机反转。

**注意：**当电动机处于正转状态时，要使它反转，应先把手柄扳到“停”位置，使电动机先停转，再把手柄扳到“倒”位置，使其反转。若直接把手柄由“顺”位置扳至“倒”位置，电动机的定子绕组会因为电源突然反接而产生很大的反接电流，易使电动机定子绕组过热而损坏。

## 项目三

# 电动机自动往返行程的电气控制

### 项目目标

#### 【知识目标】

- (1) 掌握行程开关的结构和工作原理；
- (2) 掌握电动机自动往返行程电气控制电路的工作原理。

#### 【能力目标】

- (1) 能够按照控制要求进行低压电器元件的选用；
- (2) 能够按照工艺规范正确安装电动机自动往返行程电气控制电路。

#### 【素质目标】

- (1) 能主动学习，在完成过程中发现问题、分析问题和解决问题；
- (2) 能与小组成员协商、交流、配合完成学习任务。

### 项目引入

在实际生产过程中，一些自动或半自动的生产机械要求运动部件的行程或位置受到限制，或者在一定范围内自动往返循环工作，以便对工件进行连续加工，提高生产效率。

在实际生产中，一般采用在运行线路的两头各安装一个行程开关实现位置控制，如图 3-1 所示。

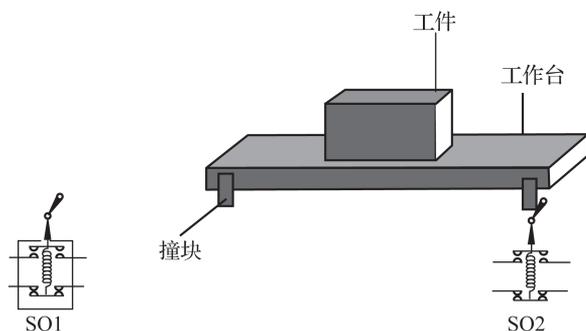


图 3-1 工作台示意图

## 知识储备

### 一、行程开关

行程开关是位置开关（又称限位开关）的一种，是一种常用的小电流主令电器。通常，行程开关被用来限制机械运动的位置或行程，使运动机械按一定位置或行程自动停止、反向运动、变速运动或自动往返运动等。

#### 1. 行程开关概述

在电气控制系统中，行程开关的作用是实现顺序控制、定位控制和位置状态的检测，用于控制机械设备的行程及实现限位保护。

在实际生产中，将行程开关安装在预先安排的位置。当装于生产机械运动部件上的撞块撞击行程开关时，行程开关的触点动作，实现电路的切换。因此，行程开关是一种根据运动部件的行程位置而切换电路的电器，它的作用原理与按钮类似。

行程开关广泛用于各类机床和起重机械，用以控制其行程，进行终端限位保护。在电梯控制电路中，利用行程开关控制开关轿门的速度、自动开关门的限位、轿厢的上限位与下限位保护。

行程开关可以安装在相对静止的物体（如固定架、门框等，简称静物）或者运动的物体（如行车、门等，简称动物）上。当动物接近静物时，开关的连杆驱动开关的接点引起闭合的接点分断或者断开的接点闭合。由开关接点开、合状态的改变去控制电路和机构的动作。

行程开关的型号含义如图 3-2 所示。

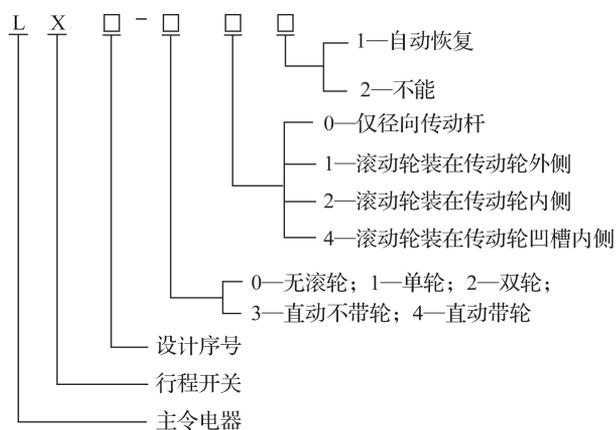


图 3-2 行程开关的型号含义

#### 2. 行程开关的分类

行程开关的种类很多，其基本结构大体相同，都由触点系统、操作机构及外壳等组成，如图 3-3 所示。

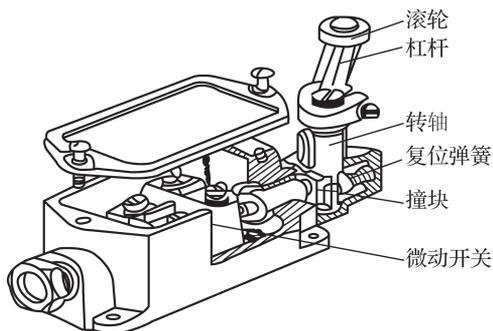


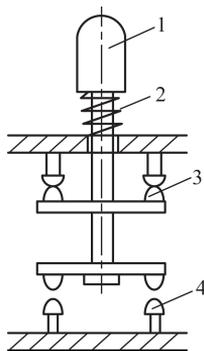
图 3-3 行程开关的结构

行程开关按其结构可分为直动式、滚轮式和微动式等。行程开关内有一个微动开关，它有一对常开和常闭触点。

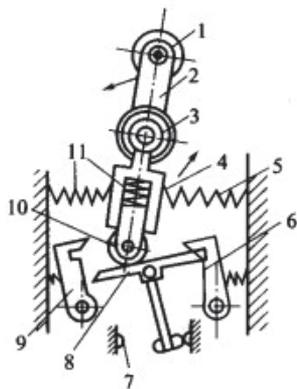
(1) 直动式行程开关。直动式行程开关的动作原理与按钮类似，其区别在于一个是手动，另一个则由运动部件的撞块碰撞。外界运动部件上的撞块碰压按钮使其触点动作，当运动部件离开后，在弹簧作用下，其触点自动复位。

直动式行程开关的结构如图 3-4 所示，其触点的分合速度取决于生产机械的运行速度，不宜用于速度低于 0.4 m/min 的场合。

(2) 滚轮式行程开关。滚轮式行程开关的结构如图 3-5 所示。对于单轮自动恢复式行程开关，当运动机械的撞块压到行程开关的滚轮上时，传动杆连同转轴一同转动，使凸轮推动撞块。当撞块碰压到一定位置时，推动微动开关快速动作。当滚轮上的撞块移开后，复位弹簧就使行程开关复位。而双轮旋转式行程开关不能自动复原，它是依靠运动机械反向移动时，撞块碰撞另一滚轮将其复原的。当被控机械上的撞块撞击带有滚轮的撞杆时，撞杆转向右边，带动凸轮转动，顶下推杆，使微动开关中的触点迅速动作。当运动机械返回时，在复位弹簧的作用下，各部分动作部件复位。



1—推杆；2—弹簧；3—常闭触点；  
4—常开触点。



1—滚轮；2—上转臂；3、5、11—弹簧；4—套架；  
6、9—压板；7—触点；8—触点推杆；10—滑轮。

图 3-4 直动式行程开关的结构

图 3-5 滚轮式行程开关的结构

(3) 微动式行程开关。以常用的 LXW-11 系列微动式行程开关为例, 其结构如图 3-6 所示。

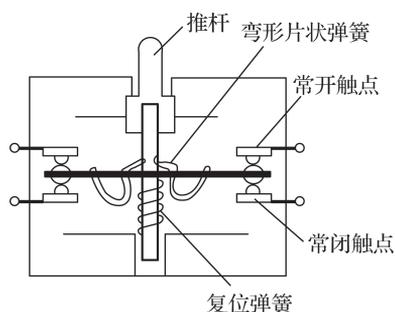


图 3-6 微动式行程开关的结构

### 3. 行程开关的工作原理

行程开关的工作原理和按钮相同, 区别只是它不靠手指的按压, 而利用生产机械运动部件的撞块碰压而使触点动作。当生产机械撞块碰触行程开关滚轮时, 传动杆和转轴一起转动, 转轴上的凸轮推动推杆使微动开关动作, 接通常开触点, 分断常闭触点, 指令生产机械停车、反转或变速。

### 4. 行程开关的符号

行程开关的符号如图 3-7 所示。

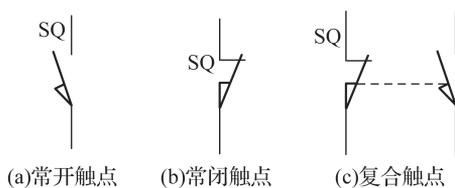


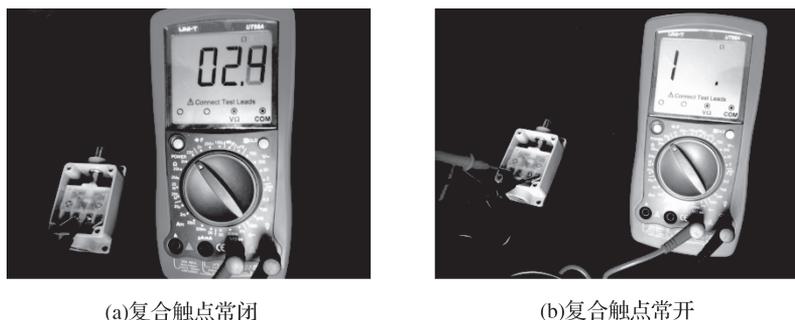
图 3-7 行程开关的符号

### 5. 行程开关触点测量

利用万用表的欧姆挡进行行程开关触点的测量, 如图 3-8 所示。

如图 3-8 (a) 所示, 当万用表显示数值较小或为零时, 表示万用表两端连接的是复合触点常闭。

如图 3-8 (b) 所示, 当万用表显示数值为无穷大时, 表示万用表两端连接的是复合触点常开。



(a)复合触点常闭

(b)复合触点常开

图 3-8 行程开关触点的测量

## 二、电动机自动往返控制电路的工作原理

电动机自动往返控制电路如图 3-9 所示。电动机起动运转后，便会拖动工作台做左、右自动往返运动。要停止运动时，按下停止按钮 SB1 即可。

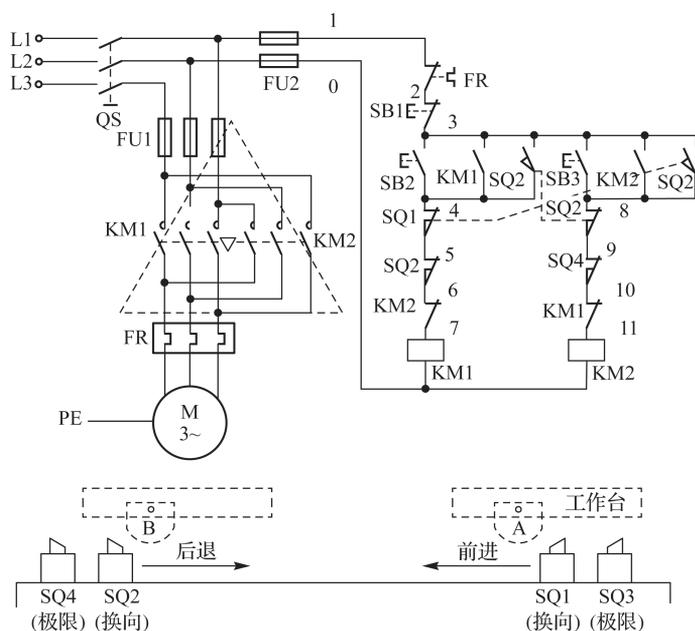


图 3-9 电动机自动往返控制电路

电路的工作原理如下。

### 1. 起动

按下起动按钮 SB2，KM1 线圈得电

- ┌ KM1 主触点闭合，电动机正转，工作台向左运动。
- ├ KM1 自锁触点闭合—自锁。
- └ KM1 联锁触点闭合—锁住反转电路。

### 2. 工作台向右运动

工作台向左运动，撞块碰到行程开关 SQ1。

SQ1-1 常闭触点分断—KM1 线圈断电释放—KM1 自锁触点分断，联锁触点闭合，主触点分断—电动机失电停机，工作台停止左移。

SQ1-2 常开触点闭合—KM2 线圈得电

{ KM2 主触点闭合—电动机反转，工作台向右运动。  
 { KM2 自锁触点闭合—自锁。  
 { KM2 联锁触点分断—锁住反转电路。

### 3. 工作台自动往返运行

当工作台向右运动，撞块碰到 SQ2 时，SQ2-1 常闭触点分断，SQ2-2 常开触点闭合。先是电动机停机，工作台停止运动，然后电动机恢复正转，工作台重新左移。如此周而复始，工作台做自动往返运动。

行程开关 SQ1、SQ2 除了实现自动往返运动控制外，还与 KM2、KM1 常闭触点共同承担复合联锁的作用。SQ3、SQ4 是限位开关。当 SQ1 或 SQ2 失灵，工作台向左或向右运行，挡铁超越 SQ1（SQ2）时，就会出现严重事故。这时，限位开关 SQ3（SQ4）被挡铁触碰而分断电路，使电动机及工作台停止运行，从而实现限位控制。

## 项目实施

按照图 3-9 所示的电动机自动往返控制电路原理图完成该电路的接线，并基本符合规范性接线要求。

### 1. 电动机自动往返行程的电气控制电路安装位置示意图

依据电路安装位置示意图，摆放所用元器件，如图 3-10 所示。

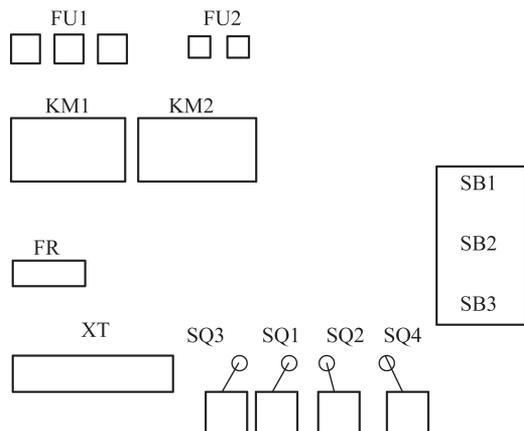


图 3-10 电动机自动往返行程的电气控制电路安装位置示意图

## 2. 设备清单

设备清单如表 3-1 所示。

表 3-1 项目三设备清单

代号	名称	型号	规格	数量
M	三相异步电动机		180 W, 380 V, 1 A, $\Delta$ 接	1
QS	组合开关	HZ10-25/3	三极, 额定电流 15 A	1
FU	螺旋式熔断器	RL1-15/5	380 V, 15 A, 配熔体额定电流 5 A	5
KM	交流接触器	CJ10-10	10 A, 线圈电压 380 V	2
FR	热继电器	JR16-20/3	20 A, 热元件 11 A, 整定在 8.8 A	1
SB	按钮	LA10-3H	保护式, 按钮数 3 (代用)	1
SQ	行程开关	JLXK1-111	单轮旋转式	4
XT	端子排	JX-1010	10 A, 10 节, 380 V	1
SA	转换开关	HZ10-25/3	25 A, 3 极	1
	网孔板		700 mm $\times$ 560 mm	1
	导线		红色 / 黑色, 2.5 mm <sup>2</sup>	若干
	螺钉 / 螺母			若干

## 3. 安装步骤

- (1) 按设备清单将所需器材配齐并检验质量。
- (2) 在工作台自动往返行程控制网控板上按安装位置示意图 (图 3-10) 安装元件。
- (3) 按做线规则进行板前明线布线。
- (4) 自检控制板布线的正确性。
- (5) 进行控制板外部布线, 如行程开关、按钮、电动机等。
- (6) 经指导教师初检后, 通电检验。
- (7) 打分, 拆去控制板外部布线。

## 4. 工艺要求

- (1) 检查元器件, 有损坏应立即向指导教师报告。
- (2) 安装控制板上的电气元件时, 必须按安装位置示意图安装, 并做到元器件安装牢固, 排列整齐、匀称、合理。
- (3) 紧固元器件要受力均匀、紧固程度适当, 以防止损坏元器件。

(4) 控制板内部布线应平直、整齐、紧贴敷设面,走线合理,接点不得松动,不露铜过长、不反圈、不压绝缘层等,并要符合工艺要求。

(5) 行程开关可以先安装好,不属定额时间内,必须牢固地安装在合适的位置上。安装后,必须用手动工作台或受控机械进行试验合格后才能使用。

(6) 布线完成后,必须对控制线路的正确性进行全面的自检(例如,按下 SB2、SQ2,从 FU2 的两个进线端测得的是 KM1 线圈的电阻。按下 SB3、SQ1,从 FU2 的两个进线端测得的是 KM2 线圈的电阻。万用表显示 0 说明短路,显示  $\infty$  则说明断路。KM1、KM2 主触点是否有相间短路),以确保通电一次成功。

(7) 通电时,必须得到指导教师同意。自检成功后,由指导教师接通电源,并在现场进行监护。

(8) 出现故障后,学生应独立进行检修。

(9) 课题应在定额时间内完成。

### 5. 注意事项

(1) 行程开关的金属外壳也必须可靠接地。

(2) 若无条件进行实际机械安装试验,可将行程开关在控制板下两侧进行受控模拟试验。

(3) 自检。

①分别按下 KM1、KM2 主触点,检测主电路是否正确。

②分别触碰 SQ1、SQ2,检测控制电路是否正确。

③分别按下 SB1、SB2,检测控制电路是否正确。

④分别触碰 SQ3、SQ4,检测限位功能是否完好。

(4) 检查无误后通电试车。

(5) 电动机必须安放平稳,以防止在可逆运转时产生滚动而引起事故;并将其金属外壳可靠接地。

## 项目评价

表 3-2 项目二完成情况评价表

项目	主要内容	评分标准	配分	扣分	得分	小计
任务完成 情况	元器件的选择	熔断器、交流接触器、按钮、热继电器、行程开关等元器件选错,每处扣 5 分	20			

续表

项目	主要内容	评分标准	配分	扣分	得分	小计
任务完成 情况	元器件的安装	(1) 不按图纸位置安装, 每处扣 3 分; (2) 元器件安装松动或不符合规范, 每处扣 5 分; (3) 元器件安装排列不整齐、不美观, 扣 5 分	20			
	线路连接	(1) 少接线或多接线, 接错线, 接线不牢, 外露铜丝过长, 每根扣 3 分; (2) 由于接错线或接线工艺差引起电力控制电路部分跳闸, 扣 10 分; 如果引起整个设备跳闸, 则该大项不得分	40			
综合能力	职业素养	(1) 学习主动性差, 学习准备不充分, 扣 2 分; (2) 时间观念不强, 工作效率低, 扣 2 分; (3) 不注重工作质量与工作成本, 扣 2 分	10			
	安全文明生产	(1) 劳动保护用品穿戴不整齐, 扣 10 分; (2) 施工后不清理现场, 扣 5 分	10			
定额时间	15 min, 每超时 5 min 扣 5 分					
备注	除定额时间外, 各项目的最高扣分不超过配分			合计	100	
开始时间		结束时间		实际用时		

## 知识拓展

在自动化控制中, 往往借助传感器与行程开关相配合来实现机械往复运动。比较常用的是磁性开关。

### 一、磁性开关概述

磁性开关又称磁控开关, 与常见的开关装置不同, 它是一种利用磁场信号控制线路的开关器件。

磁性开关是通过磁铁来感应的开关装置, 常用的磁铁有烧结钕铁硼、橡胶磁和永磁铁氧体。磁性开关是干式舌簧管, 简称干簧管, 又称磁控管, 是利用磁场信号进行控制的一种开关元件。当无磁时电路断开, 能够用来检测机械运动或电路的状态。外壳通常是一根密封的玻璃管, 管中充有惰性气体, 还装有两个铁质的弹性簧

片电路板。磁性开关实物图如图 3-11 (a) 所示, 电路符号如图 3-11 (b) 所示。



图 3-11 磁性开关

## 二、磁性开关的用途

(1) 磁性开关主要是将位置信号提供给控制器, 控制器检测到磁性开关信号, 对机械设备实现位置控制, 以及到位停止、到位起动控制。

(2) 磁性开关的信号可以直接输出到程序控制器的输入端, 实现上述功能, 还可以通过控制器的判断间接实现到位报警、未到位报警、物料检测, 以及对气缸的动作次数进行计数和对循环次数的控制。

## 三、磁性开关的参数

以 D-C 73 型磁性开关为例, 当工作电压为 DC 24 V 时, 磁性开关的工作电流为 5~40 mA; 当工作电压为 AC 110 V 时, 工作电流为 5~20 mA。安装时, 一定要注意工作电流和极性, 以免烧毁。磁性开关的接线如图 3-12 所示。

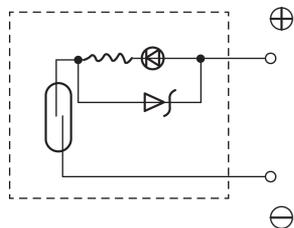


图 3-12 磁性开关的接线

## 四、磁性开关使用注意事项

- (1) 磁性开关不得装在强磁场设备 (如电焊设备等) 旁。
- (2) 安装磁性开关时拧紧螺钉的力矩要适当。力矩过大会损坏开关, 力矩过小有可能使开关的最佳安装位置出现偏差。
- (3) 不要把连接导线与动力线 (如电动机等)、高压线并行连接在一起。
- (4) 在调试磁性开关时, 如果磁性开关的指示灯不亮, 而信号可以传到 PLC, 则可能的故障原因是磁性开关的两条线被错误连接。

## 项目四

# 电动机 Y- $\Delta$ 降压起动的电气控制

### 项目目标

#### 【知识目标】

- (1) 掌握时间继电器的结构和工作原理；
- (2) 掌握电动机 Y- $\Delta$  降压起动的电气控制工作原理。

#### 【能力目标】

- (1) 能够按照控制要求进行低压电器元件的选用；
- (2) 能够按照工艺规范正确安装电动机 Y- $\Delta$  降压起动的电气控制电路。

#### 【素质目标】

- (1) 能主动学习，在完成任务过程中发现问题、分析问题和解决问题；
- (2) 能与小组成员协商、交流、配合完成学习任务。

### 项目引入

能够正确选择、检测熔断器、交流接触器、按钮、热继电器、时间继电器；完成时间继电器自动控制 Y- $\Delta$  降压起动控制电路的安装与调试；掌握规范性接线要求。

### 知识储备

## 一、时间继电器

### 1. 时间继电器概述

时间继电器是一种利用电磁原理或机械原理实现延时控制的自动开关装置。当加入（或去掉）输入的动作信号后，其输出电路需经过规定的准确时间才产生跳跃式变化（或触点动作）。时间继电器是一种使用在较低电压或较小电流的电路上，用来接通或切断较高电压、较大电流的电路的电气元件。

延时功能是指时间继电器从接到输入信号（线圈通电或断电）起，需经过一段时间的延时后才输出信号（触点闭合或断开）。

常用时间继电器的型号含义如图 4-1 所示。

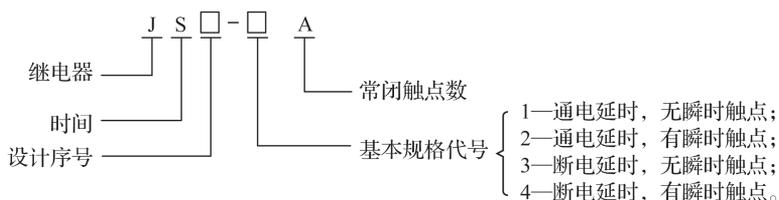


图 4-1 常用时间继电器的型号含义

## 2. 时间继电器的分类

时间继电器按动作原理不同分为空气阻尼式、电磁式、电动式、晶体管式等。

(1) 空气阻尼式时间继电器。空气阻尼式时间继电器又称气囊式时间继电器，它是根据空气压缩产生的阻力进行延时的，其结构简单，价格低，延时范围大（0.4~180 s），但延时精度低。

(2) 电磁式时间继电器。电磁式时间继电器延时长（0.3~1.6 s），但其结构比较简单，通常用在断电延时场合和直流电路中。

(3) 电动式时间继电器。电动式时间继电器的原理与钟表类似，它是由内部电动机带动减速齿轮转动而获得延时的。这种继电器延时精度高，延时范围宽（0.4~72 h），但结构比较复杂，价格很高。

(4) 晶体管式时间继电器。晶体管式时间继电器又称电子式时间继电器，它是利用延时电路进行延时的。这种继电器精度高，体积小。

常用的时间继电器如图 4-2 所示。



图 4-2 常用的时间继电器

JS14P 系列数字式时间继电器具有延时精度高、延时范围宽、触点容量大、调整方便、工作状态直观、指示清晰明确等特点，可广泛用于电力拖动系统以及生产工艺过程自动控制系统作为时间控制元件。

JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器适用于交流 50 Hz，电压至 380 V 的电路

中，通常用在自动或半自动控制系统中。

ST3P、ST6P 系列超级时间继电器具有体积小、质量轻、结构紧凑、延时精度高、可靠性好、寿命长等特点，适用于各种高精度、高可靠性自动控制场合作为延时控制元件。

### 3. 时间继电器的工作原理

(1) 空气阻尼式时间继电器。在交流电路中常采用空气阻尼式时间继电器，它是利用空气通过小孔节流的原理来获得延时动作的。空气阻尼式时间继电器由电磁系统、工作触点、气室和传动机构四部分组成，如图 4-3 所示。

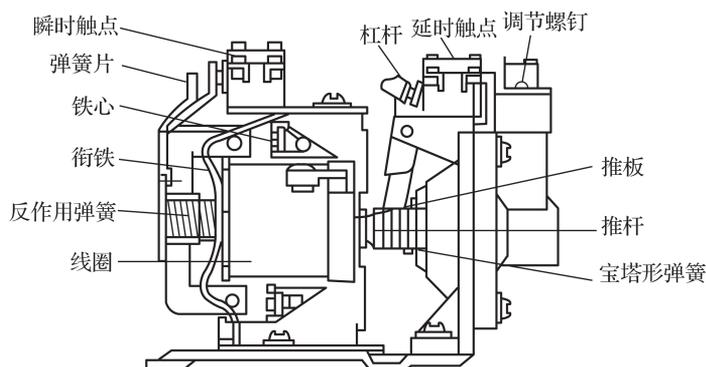
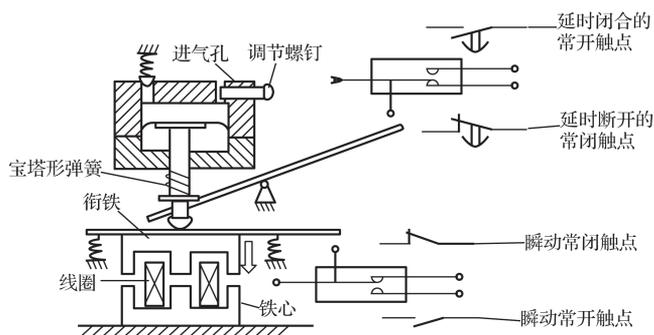


图 4-3 空气阻尼式时间继电器的结构

空气阻尼式时间继电器有通电延时和断电延时两种类型。

① 通电延时时间继电器。当时间继电器线圈通电时，衔铁被吸合，活塞杆在弹簧的作用下移动，移动的速度要根据进气孔的节流程度的而定。各延时触点不立即动作，而要通过传动机构延长一段整定时间才动作，线圈断电时延时触点迅速复原，如图 4-4 所示。



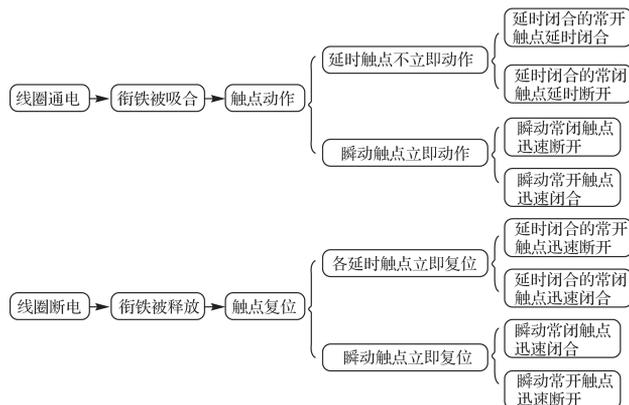


图 4-4 通电延时时间继电器的工作原理

② 断电延时时间继电器。当时间继电器线圈通电时，衔铁被吸合，各延时触点瞬时动作，而线圈断电时，触点延时复位，如图 4-5 所示。

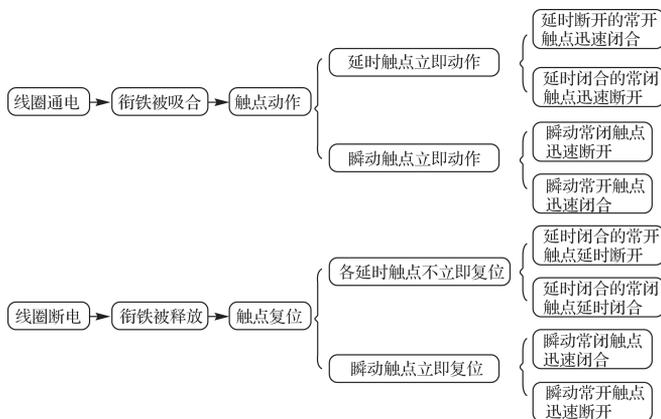
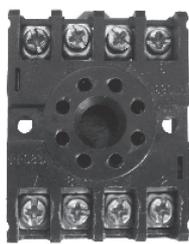


图 4-5 断电延时时间继电器的工作原理

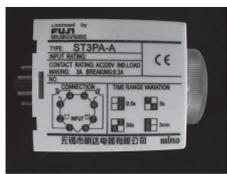
从线圈通电到延时触点完成动作，这段时间就是继电器的延时时间。

延时时间的长短可以通过螺钉调节空气室进气孔的大小来改变。吸引线圈断电后，继电器依靠恢复弹簧的作用而复原。空气经出气孔被迅速排出。

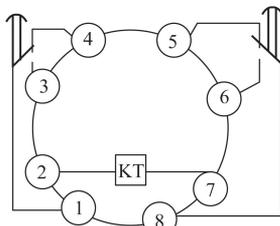
(2) ST3P、ST6P 系列超级时间继电器。其工作原理与空气阻尼式时间继电器类似，区别在于需要外接底座，如图 4-6 所示。



(a) 时间继电器底座



(b) 时间继电器铭牌



(c) 时间继电器内部接线示意图

图 4-6 ST3P、ST6P 系列超级时间继电器

## 4. 时间继电器的符号

时间继电器的符号如图 4-7 所示。

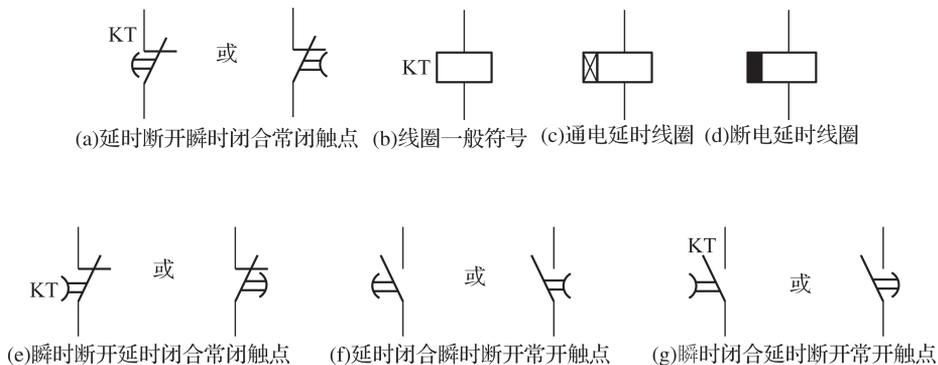


图 4-7 时间继电器的符号

## 5. 时间继电器的选用

(1) 时间继电器的类型和系列需根据系统的延时范围和精度选择。在延时精度要求不高的场合，一般可选用价格较低的空气阻尼式时间继电器（JS7-A 系列）。对精度要求较高的场合，常选用晶体管式时间继电器。

(2) 根据控制线路的要求选择时间继电器的延时方式（通电延时或断电延时）、延时范围，还要考虑电路对瞬时动作触点的要求。

(3) 根据控制电路电压选择时间继电器吸引线圈的电压。

## 二、Y- $\Delta$ 降压起动

异步电动机直接起动时，起动电流一般为额定电流的 4~7 倍。大容量的电动机起动，会产生很大的起动电流，引起电网电压降落，使正在起动电动机的输出转矩减少，造成起动困难，同时会影响同一线路中其他电器的正常运行。因此，大容量异步电动机的起动电流应限制在一定范围内，不能直接起动。常见的降压起动方法有四种：定子绕组串接电阻降压起动、自耦变压器降压起动、Y- $\Delta$ 降压起动和延边三角形降压起动，此处介绍 Y- $\Delta$ 降压起动。

### 1. Y- $\Delta$ 降压起动的原理

Y- $\Delta$ 降压起动适用于电动机是三角形接法的场合，起动时利用接触器将定子绕组接成星形，运行时再接成三角形。Y- $\Delta$ 降压起动时，起动电流是额定电流的 1/3，但起动转矩也只有全压起动的 1/3，故一般只适用于轻载或空载的场合。

### 2. 电动机定子绕组的接法

定子绕组是三相电动机的电路部分。三相电动机有三相绕组，通入三相对称电流时，就会产生旋转磁场。三相绕组由三个彼此独立的绕组组成，每个绕组又

由若干个线圈连接而成。每个绕组即一相，每个绕组在空间相差  $120^\circ$  电角度。线圈由绝缘铜导线或绝缘铝导线绕制而成。中、小型三相电动机多采用圆漆包线；大、中型三相电动机的定子线圈则用较大截面的绝缘扁铜线或扁铝线绕制后，再按一定规律嵌入定子铁心槽内。定子三相绕组的六个出线端都引至接线盒上，首端分别标为 U1、V1、W1，末端分别标为 U2、V2、W2。这六个出线端在接线盒里的排列如图 4-8 所示，可以接成星形或三角形。

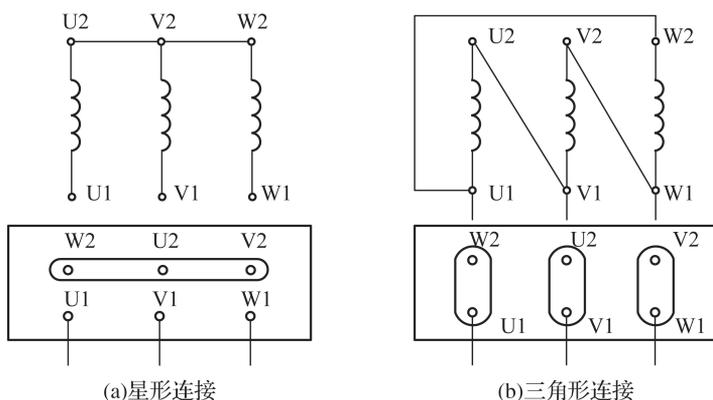


图 4-8 定子绕组的接法

### 三、电动机 Y- $\Delta$ 降压起动的电气控制工作原理

时间继电器控制 Y- $\Delta$  降压起动是一种自动控制方法。接触器 KM 做三相电源控制， $KM_Y$  做星形连接起动控制， $KM_\Delta$  做三角形连接运行控制。时间继电器控制的 Y- $\Delta$  降压起动电路原理图如图 4-9 所示。

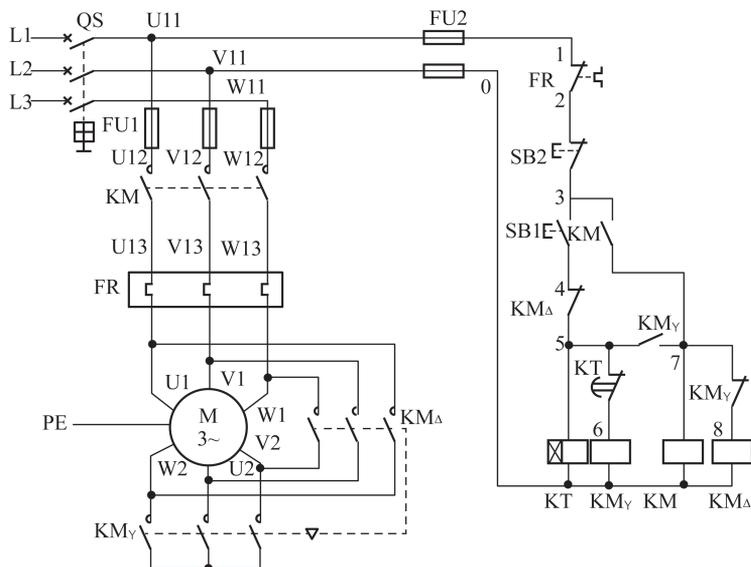


图 4-9 时间继电器控制的 Y- $\Delta$  降压起动电路原理图

首先要测出电动机星形起动达到切换到三角形运行所规定的速度需要的时

间，然后用时间继电器自动控制，即时间继电器的延时等于电动机转速上升到规定值所需的时间。

工作原理如图 4-10 和图 4-11 所示。

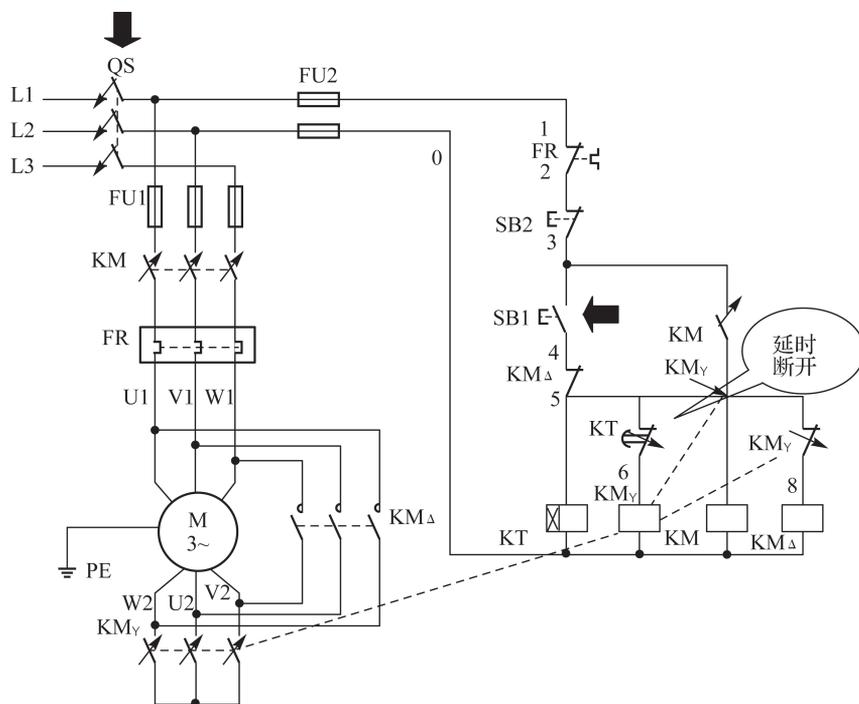


图 4-10 电动机 Y 接法降压起动

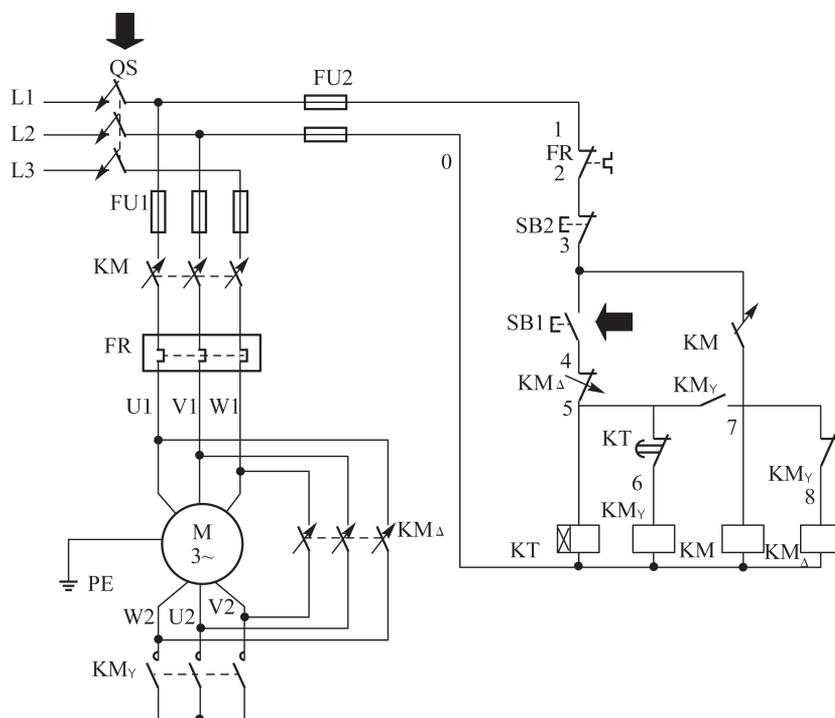


图 4-11 电动机 Δ 接法正常运转

先闭合电源开关 QS，电路工作过程如图 4-12 所示。



图 4-12 电动机 Y-Δ 降压起动电路的工作过程



## 项目实施

按照图 4-9 所示的电动机 Y-Δ 降压起动电路原理图完成电路的接线，并基本符合规范性接线要求。

### 1. 电动机 Y-Δ 降压起动的电气控制电路安装位置示意图

依据电路安装位置示意图摆放所用元器件，如图 4-13 所示。

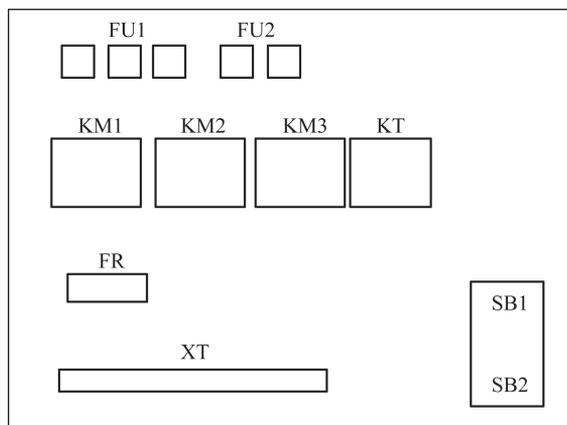


图 4-13 电动机 Y-Δ 降压起动的电气控制电路安装位置示意图

### 2. 设备清单

设备清单如表 4-1 所示。

表 4-1 项目四设备清单

代号	名称	型号	规格	数量
M	三相异步电动机		180 W, 380 V, 1 A, Δ	1

续表

代 号	名 称	型 号	规 格	数 量
QS	组合开关	HZ10-25/3	三极, 额定电流 15 A	1
FU	螺旋式熔断器	RL1-15/5	380 V, 15 A, 配熔体额定电流 5 A	5
KM	交流接触器	CJ10-10	10 A, 线圈电压 380 V	3
FR	热继电器	JR16-20/3	20 A, 热元件 11 A, 整定在 8.8 A	1
SB	按钮	LA10-3H	保护式, 按钮数 3 (代用)	1
SQ	行程开关	JLXK1-111	单轮旋转式	4
XT	端子排	JX-1010	10 A, 10 节, 380 V	1
KT	时间继电器	ST3PA-A		1
	网孔板		700 mm×560 mm	1
	导线		红色 / 黑色, 2.5 mm <sup>2</sup>	若干
	螺钉 / 螺母			若干

### 3. 安装注意事项

(1) 熔断器的受电端子应该安装在控制板的外侧, 并确保熔断器的受电端为底座的中心端。

(2) 各元件的安装位置应整齐、匀称、间距合理, 便于元件的更换。

(3) 紧固各元件时, 用力要均匀, 紧固程度适当。在紧固熔断器、接触器等易碎元件时, 应该用手按住元件, 一边轻轻摇动, 一边用旋具轮换旋紧对角线上的螺钉, 直到手摇不动后, 再适当加固旋紧些即可。

(4) 电子式时间继电器底座应正装。

(5) 布线通道尽可能少, 同路并行导线按主电路、控制电路分类集中, 单层密排, 紧贴安装面布线。

(6) 同一平面的导线应该高低一致或前后一致, 不能交叉; 必须交叉时, 该根导线应该在接线端子引出时就水平架空跨越, 但必须走线合理。

(7) 布线应横平竖直、分布均匀, 变换走向时应垂直转向。

(8) 布线时严禁损伤线芯和导线绝缘。

(9) 布线顺序一般以接触器为中心, 按由里向外、由低至高、先控制电路后主电路的顺序进行, 以不妨碍后续布线为基本原则。

(10) 在每根剥去绝缘层导线的两端套上编码套管, 所有从一个接线端子 (或接线柱) 到另一个接线端子 (或接线柱) 的导线必须连续, 中间无接头。

(11) 导线与接线端子或接线柱连接时,不得压绝缘层,不反圈及不露铜过长。

(12) 同一元件、同一回路的不同接点的导线间距离应保持一致。

(13) 一个元件的接线端子上的连接导线不得多于两根,每节接线端子板上的连接导线一般只允许有一根。

#### 4. 安装步骤

##### 1) 控制电路接线

对照图 4-9,在开关 QS 的出线端引出两相控制电路电源 U11、V11,接在 2 只熔断器 FU2 的进线端。

线号 1: 其中 1 只熔断器 FU2 的出线端 1 点与热继电器 FR 常闭触点的进线端相连。

线号 2: 按钮 SB2 常闭触点的进线端通过端子排与 FR 常闭触点的出线端相连。

线号 3: 按钮 SB1 常开触点的进线端与按钮 SB2 常闭触点的出线端相连,再通过端子排与交流接触器  $KM_{\Delta}$  的辅助常闭触点的进线端相连。

线号 4: SB1 常开触点的出线端,通过端子排与交流接触器 KM1 和 KM2 及时间继电器 KT 的辅助常开触点的进线端相连。

线号 5: 交流接触器  $KM_{\Delta}$  的辅助常闭触点的出线端与时间继电器 KT 的辅助常闭触点,  $KM_Y$  的辅助常开触点的进线端及 KT 线圈的进线端相连。

线号 6:  $KM_Y$  线圈的进线端与 KT 的辅助常闭触点相连。

线号 7:  $KM_Y$  常开触点的出线端与 KM 的辅助常开触点的出线端, KM 线圈的进线端及  $KM_Y$  的常闭触点的进线端相连。

线号 8:  $KM_Y$  常闭触点的出线端与  $KM_{\Delta}$  线圈的进线端相连。

线号 0: KM、 $KM_Y$ 、 $KM_{\Delta}$ 、KT 线圈的出线端与 FU2 另一只熔断器的出线端相连。

##### 2) 主电路接线

将三相交流电源相线 L1、L2、L3 分别接开关 QS 的 3 个进线端,再由 QS 接至 FU1,再连接到 KM 主触点、FR 热元件以及电动机三相绕组首端 U1、V1、W1,通过  $KM_{\Delta}$  主触点引至 U2、V2、W2 及  $KM_Y$  主触点;最后将  $KM_Y$  主触点另一端接为一点。

**注意:** (1) 进行时间继电器控制 Y- $\Delta$  降压起动的电动机,必须有 6 个出线

端子且定子绕组在 $\Delta$ 接法时的额定电压等于三相电源线电压。

(2) 接线时, 要保证电动机 $\Delta$ 接法的正确性, 即接触器 $KM_{\Delta}$ 主触点闭合时, 应保证定子绕组的 U1 与 W2、V1 与 U2、W1 与 V2 相连接。

(3) 接触器 $KM_Y$ 的进线端必须从三相定子绕组的末端引入, 若误将其首端引入, 则在 $KM_Y$ 吸合时, 会产生三相电源短路事故。

### 3) 布线检查

对照电路图逐一确认布线的正确性。

### 4) 检查电动机安装是否牢固

防止电动机转动时产生震动而引起事故。

### 5) 接保护地线

将电动机、控制线路板和按钮等金属外壳可靠地接保护接地线。

## 5. 线路检查

### 1) 主电路接线检查

接线完毕后, 反复检查确认接线无误后, 不通电, 用万用表电阻挡检查。先同时强行按下 $KM$ 、 $KM_Y$ 主触点, 用万用表表笔依次接 $QS$ 各输出端至 $KM_Y$ 输出端, 每次测量电阻值应基本相等, 近似等于电动机一相电阻值; 放开 $KM_Y$ 主触点, 强行闭合 $KM_{\Delta}$ 主触点, 用万用表分别测量 $QS$ 两出线端的电阻, 应近似等于电动机绕组电阻的 $2/3$ 。与上述内容相符合则接线正确。

### 2) 控制电路接线检查

用万用表表笔接控制电路的 0 和 1 两点, 将 $KM_Y$ 线圈断开, 按下 $SB1$ 时, 万用表读数应为一只时间继电器线圈的电阻值。将 $KM_Y$ 线圈接通, 按下 $SB1$ , 万用表读数应为一只交流接触器线圈的电阻值。按下 $KM$ 辅助常开触点, 万用表读数应为一只交流接触器线圈的电阻值的 $1/2$ 。同时按下 $SB1$ 和 $KM_Y$ 辅助常开触点, 万用表读数应为一只交流接触器线圈的电阻值的 $1/3$ 。

## 6. 通电试车

通电试车前, 首先应熟悉线路的操作过程, 即先闭合电源开关 $QS$ , 观察各接触器动作是否符合电路功能要求(时间继电器延时 $6s$ ,  $Y-\Delta$ 切换), 观察元器件动作是否灵活, 有无卡阻及噪声过大现象, 观察电动机运行是否正常。若有异常, 立即停车检查。

**注意:** 为保证通电试车安全, 必须经指导教师检查无误后运行; 必须在指导教师现场监护下严格按安全规程的有关规定操作。


**项目评价**

表 4-2 项目四完成情况评价表

项目	主要内容	评分标准	配分	扣分	得分	小计
任务完成情况	元器件的选择	熔断器、交流接触器、按钮、热继电器、时间继电器等元器件选错，每处扣 5 分	20			
	元器件的安装	(1) 不按图纸的位置安装，每处扣 3 分； (2) 元器件安装松动或不符合规范，每处扣 5 分； (3) 元器件安装排列不整齐、不美观，每处扣 5 分	20			
	线路连接	(1) 少接线或多接线，接错线，接线不牢，外露铜丝过长，每根扣 3 分； (2) 由于接错线或接线工艺差引起电力控制电路部分跳闸，扣 10 分；如果引起整个设备跳闸，则该大项不得分	40			
综合能力	职业素养	(1) 学习主动性差，学习准备不充分，扣 2 分； (2) 时间观念不强，工作效率低，扣 2 分； (3) 不注重工作质量与工作成本，扣 2 分	10			
	安全文明生产	(1) 劳动保护用品穿戴不整齐，扣 10 分； (2) 施工后不清理现场，扣 5 分	10			
定额时间	15 min，每超时 5 min 扣 5 分					
备注	除定额时间外，各项目的最高扣分不超过配分			合计	100	
开始时间		结束时间		实际用时		


**知识拓展**

## 电气控制线路故障维修——电压分段测量法

如图 4-14 所示，如果按下 SB2 时 KM1 线圈不吸合，检测时，首先切断控制