

项目四 低压电器的认识和电动机的测试与装配

电动机是将电能转换成机械能的装置。电动机在工农业生产中应用非常广泛。本项目主要介绍三相异步电动机的结构、工作原理、选用、装配以及常用低压电器的结构、技术参数及其选用。逐步提高学生根据要求独立解决问题的能力，加强学生工程实践操作能力，为后续学习和工作打下基础。

一、学习目标

知识目标：

1. 了解常用低压电器的分类、型号意义及技术参数。
2. 熟悉常用低压电器的功能、结构及工作原理。
3. 熟记常用低压电器的文字符号和图形符号。
4. 了解三相异步电动机的结构、铭牌数据的含义。
5. 熟悉三相异步电动机的结构、工作原理和机械特性。

技能目标：

1. 能正确选用、安装、检测和维护常用低压电器。
2. 能正确选用、安装、检测和维护三相异步电动机。

二、工作任务单

序号	任务名称
1	认识并拆装常用低压电器
2	认识并拆装电动机

任务一 认识并拆装常用低压电器

知识链接一 常用低压电器的结构及工作原理

低压电器是指用在交流 50 Hz、额定电压 1200 V 以下及直流额定电压 1500 V 以下的

电路中，能根据外界的信号和要求，手动或自动地接通、断开电路，以实现对电路或电气设备的切换、控制、保护、检测和调节的工业电器。低压电器作为基本控制电器，广泛应用于输、配电系统和自动控制系统，在工农业生产、交通运输和国防工业中起着及其重要的作用。目前，低压电器正朝着小型化、模块化、组合化和高性能化发展。

一、低压电器的分类

1. 按用途分类

(1) 低压配电电器：包括刀开关、转换开关、熔断器和自动开关。

作用：低压配电系统对系统控制与保护，使系统中出现短路电流时，其热效应不会损坏电器。

(2) 低压控制电器：包括接触器、控制继电器等。

作用：主要用于设备电气控制系统。

2. 按动作方式分类

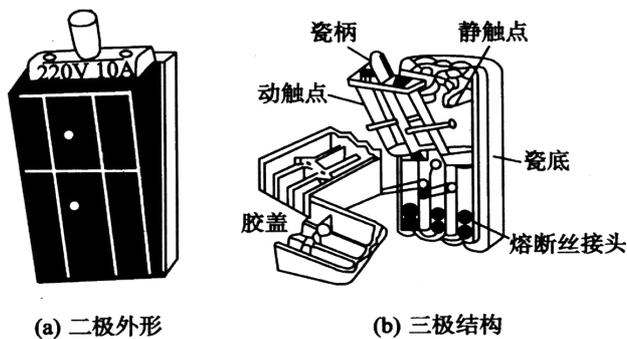
(1) 自动切换电器：它依靠电器本身参数变化或外来信号（如电流、电压、温度、压力、速度、热量等）自动完成接通、分断或使电机启动、反向及停止等动作，如接触器、继电器等。

(2) 手控电器：它依靠外力（人力）直接操作来进行切换等动作，如按钮、刀开关等。

二、常用低压电器

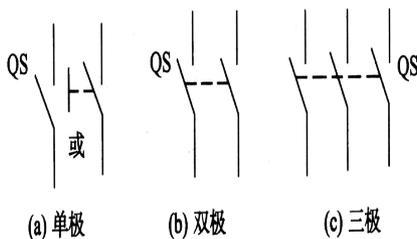
1. 刀开关

刀开关是一种手动配电电器。主要用来隔离电源或手动接通与断开交直流电路，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。



(a) 二极外形 (b) 三极结构

图 4-1 刀开关外形、结构和符号



(a) 单极 (b) 双极 (c) 三极

图 4-2 刀开关的符号

HK 系列胶盖闸刀开关型号的含义：

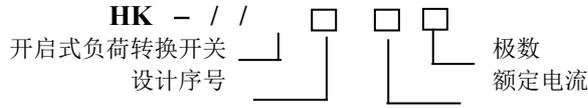


图 4-3 刀开关的型号

作用：不频繁地手动接通、断开电路和隔离电源用。

选用：对于照明和电热负载，可选用额定电压 220 V 或 250 V，额定电流大于所有负载额定电流的开关。对于电动机的控制，可选用额定电流大于电动机额定电流 3 倍的开关。安装和使用胶盖开关时应注意下列事项：

(1) 电源进线应接在静触头一边的进线端（进线座应在上方），用电设备应接在动触头一边的出线端。这样，当开关断开时，闸刀和熔体均不带电，以保证更换熔体时的安全。（上进下出）

(2) 安装时，刀开关在合闸状态下手柄应该向上，不能倒装和平装，以防止闸刀松动落下时误合闸。

2. 按钮

按钮开关是一种短时接通或断开小电流电路的手动低压控制电器，常用于控制电路中发出启动、停止、正转或反转等指令，通过控制继电器、接触器等动作，从而控制主电路的通断。

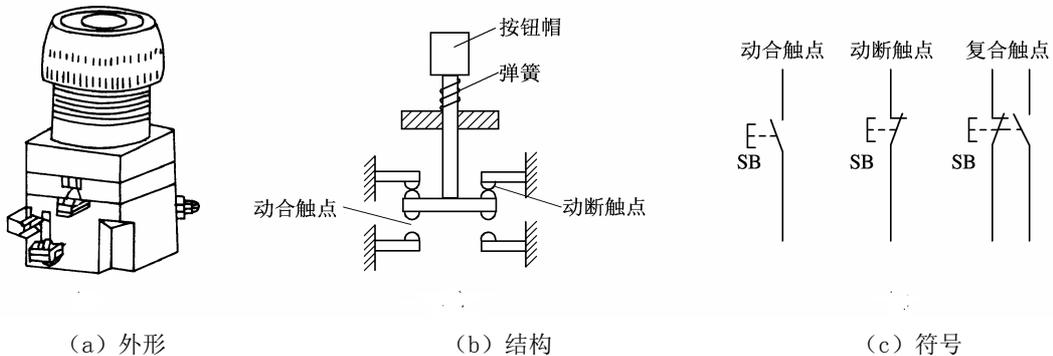


图 4-4 LA19 系列按钮开关外形图、结构及符号

动作情况：当用手按下按钮帽时，上面的动断（常闭）触点先断开；下面的动合（常开）触点后闭合。当松开按钮帽时，动触点自动复位，使得动合触点先断开，动断触点后闭合。

按钮开关的型号含义：

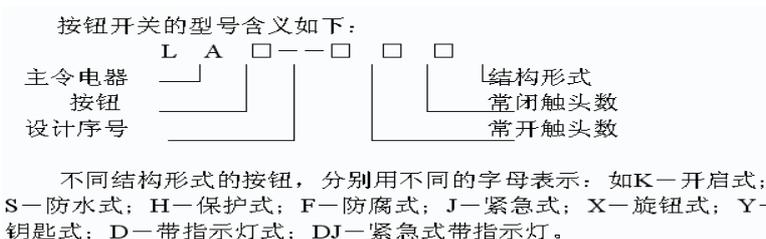


图 4-5 按钮的型号

3. 组合开关（转换开关）

转换开关又称组合开关。转换开关实质上是一种特殊刀开关，是操作手柄在与安装面平行的平面内左右转动的刀开关。只不过一般刀开关的操作手柄是在垂直安装面的平面内向上或向下转动，而组合开关的操作手柄则是平行于安装面的平面内向左或向右转动而已。多用在机床电气控制线路中，作为电源的引入开关，也可以用作不频繁地接通和断开电路、换接电源和负载以及控制 5KW 以下的小容量电动机的正反转和星三角启动等。

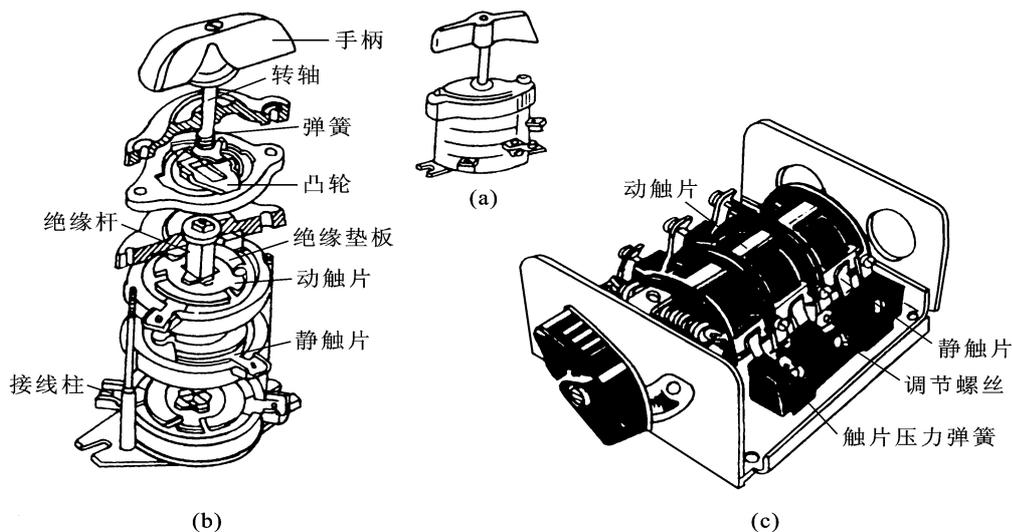


图 4-6 组合开关的外形和结构

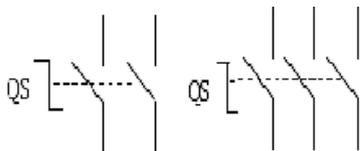


图 4-7 组合开关的符号

HZ 系列转换开关型号及含义为：

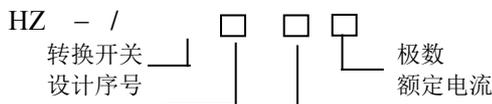


图 4-8 组合开关的型号

4. 低压断路器

低压断路器又称自动空气开关。分为框架式 DW 系列（又称万能式）和塑壳式 DZ 系列（又称装置式）两大类。主要在电路正常工作条件下作为线路的不频繁接通和分断用，并在电路发生过载、短路及失压时能自动分断电路。由触头系统、灭弧装置、脱扣机构、传动机构组成。



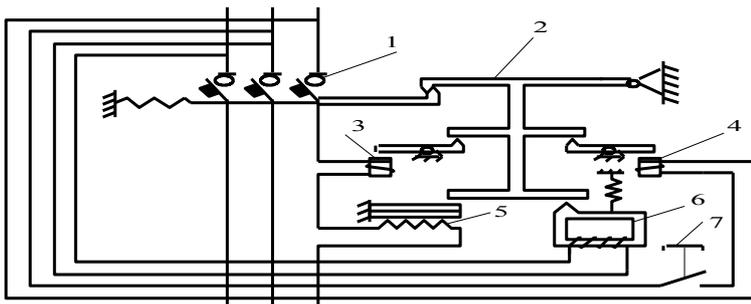
(a) 装置式外形



1. 灭弧罩 2. 开关本体 3. 抽屉座 4. 合闸按钮 5. 分闸按钮 6. 智能脱扣器
7. 摇匀柄插入位置 8 连接/试验/分离指示

(b) 万能式外形

图 4-9 低压断路器的外形



1. 主触头 2. 自由脱扣器 3. 过电流脱扣器 4. 分励脱扣器 5. 热脱扣器
6. 失压脱扣器 7. 按钮

图 4-10 塑壳式低压断路器的原理图

工作原理：自动开关的自动分断是由过电流脱扣器 3、热脱扣器 5 和欠压脱扣器 6 完成的。当电路发生短路或过流故障时，过流脱扣器 3 衔铁被吸合，使自由脱扣机构的钩子脱开，自动开关触头分离，及时有效地切除高达数十倍额定电流的故障电流。当线路发生过载时，过载电流通过热脱扣器使触点断开，从而起到过载保护作用。若电网电压过低或为零时，失压脱扣器 6 的衔铁被释放，自由脱扣机构动作，使断路器触头分离，从而在过流与零压欠压时保证了电路及电路中设备的安全。根据不同的用途，自动开关可配备不同的脱扣器。

低压断路器的型号

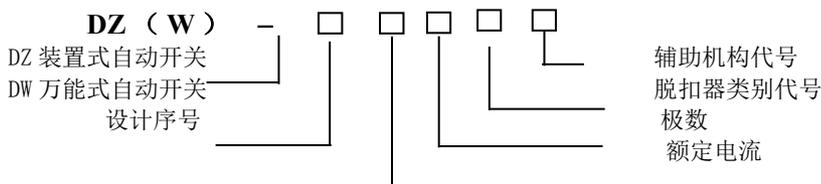


图 4-11 低压断路器的型号

5. 交流接触器

接触器是一种通用性很强的自动式开关电器，是电力拖动和自动控制系统中一种重要的低压电器。它可以频繁地接通和断开交、直流主电路和大容量控制电路。它具有欠压释放保护和零压保护。接触器按通过其触点的电流种类不同可分为交流接触器和直流接触器。交、直流接触器的工作原理基本相同。

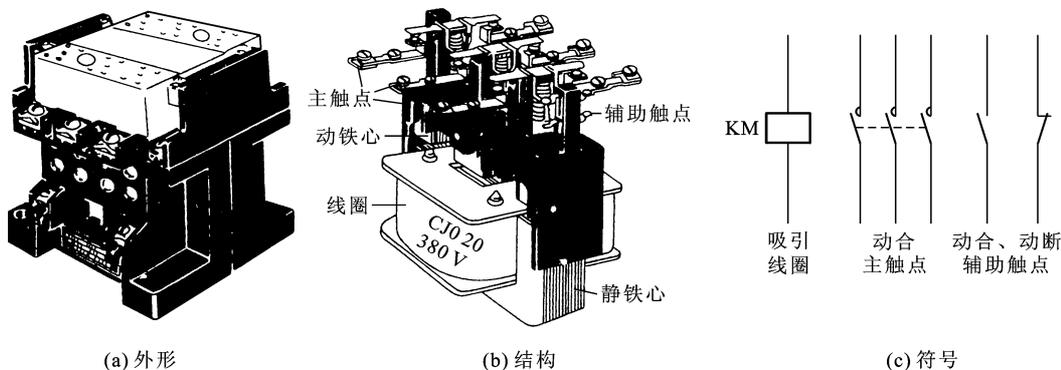


图 4-12 交流接触器外形、结构和符号

工作原理：线圈加额定电压，衔铁吸合，常闭触头断开，常开触头闭合；线圈电压

消失，触头恢复常态。为防止铁心振动，需加短路环。主要由触头系统：主触头、辅助触头、常开触头（动合触头）常闭触头（动断触头）、电磁系统：动、静铁芯、吸引线圈和反作用弹簧、灭弧系统：灭弧罩及灭弧栅片灭弧。

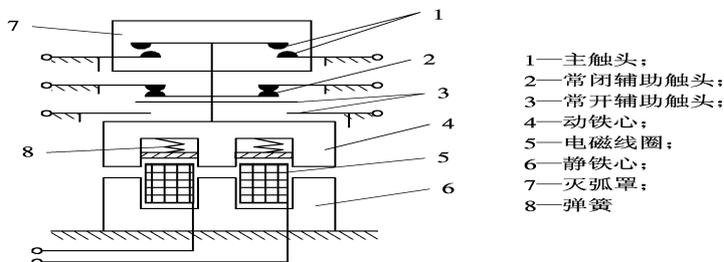


图 4-13 交流接触器结构示意图

选用：

- (1) 接触器的额定电压应大于或等于负载回路的额定电压。
- (2) 吸引线圈的额定电压应与所接控制电路的额定电压等级一致。
- (3) 额定电流应大于或等于被控主回路的额定电流。

常用交流接触器的型号

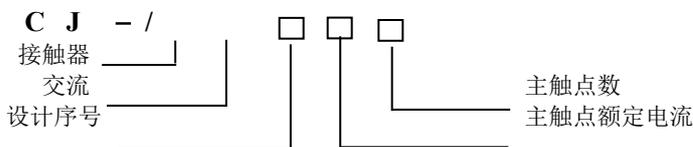


图 4-14 交流接触器的型号

6. 继电器

继电器主要用于控制和保护电路中，作信号转换用。它具有输入电路（又称感应元件）和输出电路（又称执行元件），当感应元件中的输入量（如电流、电压、温度、压力等）变化到某一定值时继电器动作，执行元件便接通和断开控制回路。

分类：按用途分：控制和保护继电器。

按动作原理分：电磁式、感应式、电动式、电子式、机械式。

按输入量分：电流、电压、时间、速度、压力。

按动作时间分：瞬时、延时继电器。

特点：额定电流不大于 5A。

作用：控制、放大、互锁、保护和调节。

(1) 中间继电器

中间继电器实质上是一种电压继电器，结构和工作原理与接触器相同。

作用：当其它继电器的触点数或触点容量不够时，可借助中间继电器来扩大它们的触点数或触点容量，从而起到中间转换的作用。

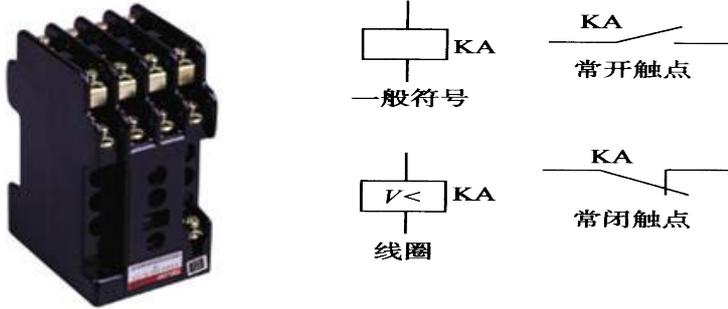


图4-15 中间继电器的外形和符号

(2) 热继电器

热继电器是利用电流的热效应原理来保护设备，使之免受长期过载的危害，主要用于电动机的过载保护、断相保护、三相电流不平衡运行的保护及其他电气设备发热状态的控制。主要由发热元件、双金属片和触头及动作机构等部分组成。

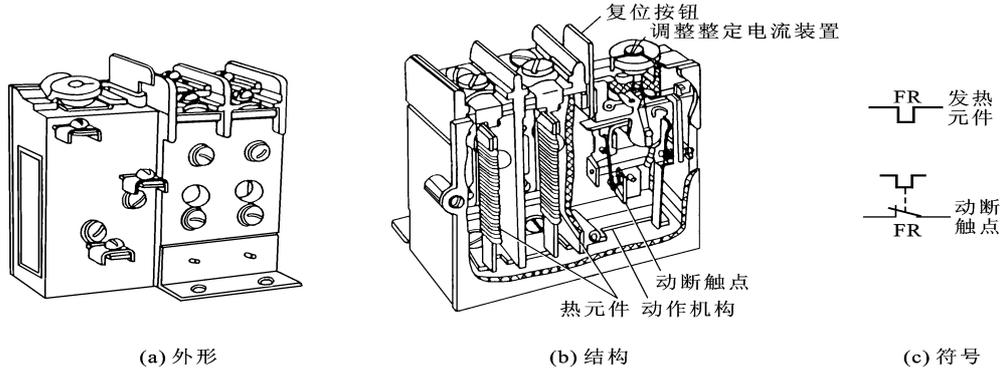


图4-16 热继电器的外形、结构和符号

工作原理：热元件串联在被保护设备的电路中，过载时有较大的电流流过热元件，热元件烤热双金属片使其产生弯曲变形，当弯曲程度达一定幅度时，扣板在弹簧拉力作用下带动牵引板，使热继电器的触点动作，其动断触点断开、动合触点闭合。一般需手动复位，其原理图如图所示。

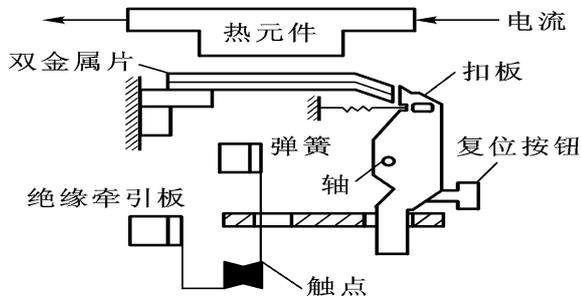


图4-17 热继电器的工作原理示意图

常用热继电器型号的含义：

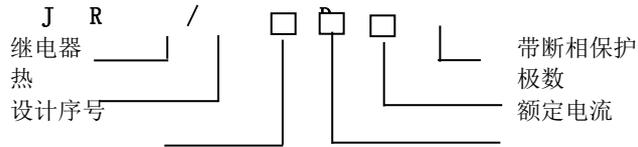


图 4-18 热继电器的型号

保护形式：

二相式：装有两相热元件，串入三相电路中的两相，用于三相负载平衡的电路。

三相式：装有三个热元件，串入三相电路中的每一相，任意一相过载都动作。

注意：热继电器不适用于对电气设备（电动机）实现短路保护。

整定电流：长期运行而不动作的最大电流，当负载电流超过其 1.2 倍时，热继电器必须动作，可用外壳上的旋钮调整。选用时额定电流应大于保护电路的额定电流。星形联结电动机：选用二相式或三相式。三角形联结电动机：选用带断相保护装置的热继电器，整定电流与电动机额定电流相等。频繁启动，正反转、启动时间长或带冲击性负载，整定电流应为电动机额定电流的 1.1 ~ 1.15 倍。

(3) 时间继电器

时间继电器是一种用来实现触点延时接通或断开的控制电器，按其动作原理与构造不同，可分为电磁式、空气阻尼式、电动式和晶体管式等类型；按延时方式分通电延时型和断电延时型。机床控制线路中应用较多的是空气阻尼式时间继电器，目前晶体管式时间继电器也获得了愈来愈广泛的应用。文字符号为 KT。

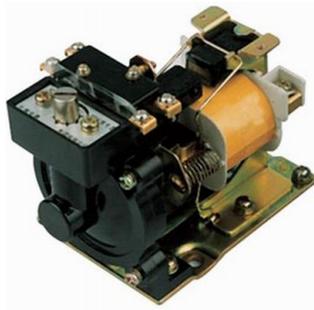
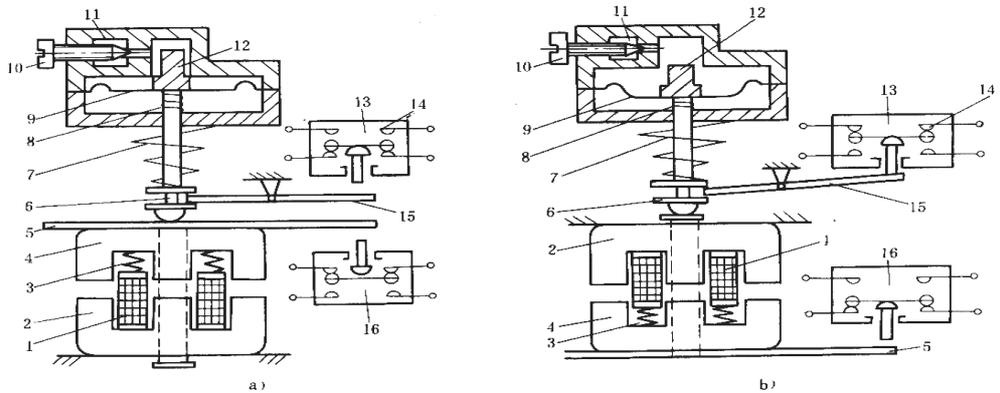


图 4-19 时间继电器外形

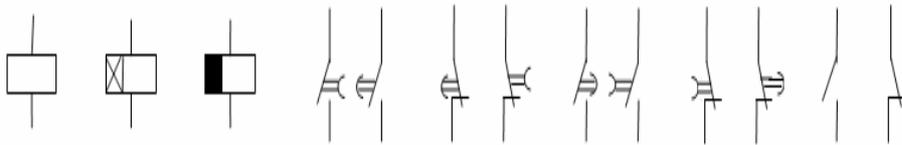


(a) 通电延时型

(b) 断电延时型

1—线圈 2—静铁心 3、7—弹簧 4—衔铁 5—推板 6—顶杆 8—弹簧 9—橡皮膜 10—螺钉
11—进气孔 12—活塞 13、16—微动开关 14—延时触头 15—杠杆

图 4-20 时间继电器的原理示意图



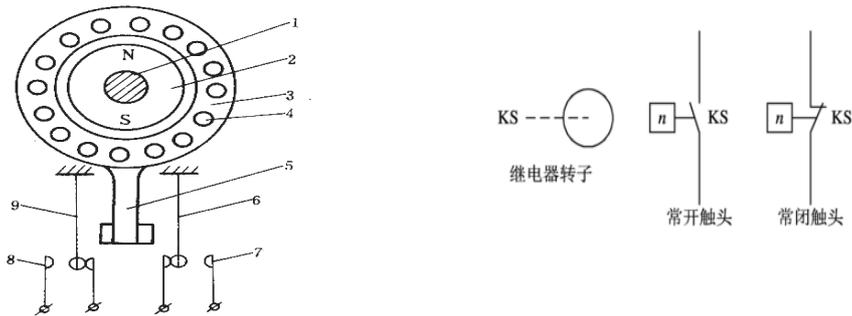
(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h)

(a) 线圈一般符号 (b) 通电延时线圈
(c) 断电延时线圈 (d) 通电延时闭合动合(常开)触点
(e) 通电延时断开动断(常闭)触点 (f) 断电延时断开动合(常开)触点
(g) 断电延时闭合动断(常闭)触点 (h) 瞬动触点

图 4-21 时间继电器的符号

(4) 速度继电器

速度继电器根据电磁感应原理制成的，用于转速的检测。如用来在三相交流异步电动机反接制动转速过零时，自动断开反相序电源。速度继电器常用于铣床和镗床的控制电路中。主要作用是根据速度的大小通断电路；动作转速： $>120\text{r/min}$ 复位转速： $<100\text{r/min}$ 文字符号为KS。



1—转轴 2—转子 3—定子 4—绕组
5—摆锤 6、9—簧片 7、8—静触点

图 4-22 速度继电器的原理和符号

7. 熔断器

熔断器的结构一般分成熔体座和熔体等部分。熔断器是串联连接在被保护电路中的，当电路电流超过一定值时，熔体因发热而熔断，使电路被切断，从而起到保护作用。熔体的热量与通过熔体电流的平方及持续通电时间成正比，当电路短路时，电流很大，熔体急剧升温，立即熔断，当电路中电流值等于熔体额定电流时，熔体不会熔断。所以熔断器可用于短路保护。由于熔体在用电设备过载时所通过的过载电流能积累热量，当用电设备连续过载一定时间后熔体积累的热量也能使其熔断，所以熔断器也可作过载保护。常见的熔断器外形：



(a) 瓷插式 (b) 螺旋式 (c) 无填料密封管式 (d) 有填料密封管式

图 4-23 熔断器外形图

(1) 瓷插式熔断器

结构简单、价格低廉、更换熔丝方便。由瓷座、瓷盖、静触点、动触点和熔丝组成，如图所示。

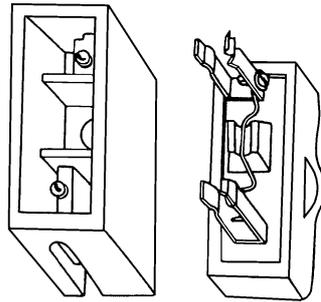


图 4-24 瓷插式熔断器结构示意图

(2) 螺旋式熔断器

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。主要由瓷帽、熔体、瓷套、上下接线桩及底座等组成。如下图所示。

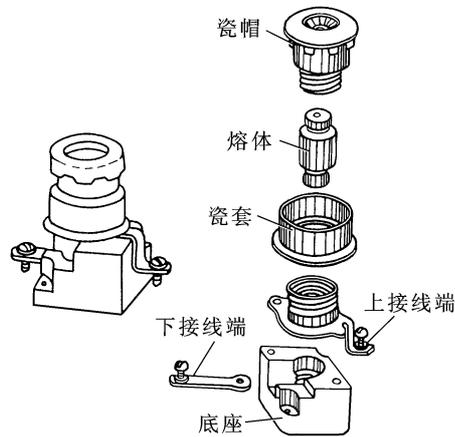


图 4-25 螺旋式熔断器结构示意图

熔断器的符号如图所示。



图 4-26 熔断器的符号

常用熔断器的型号含义：

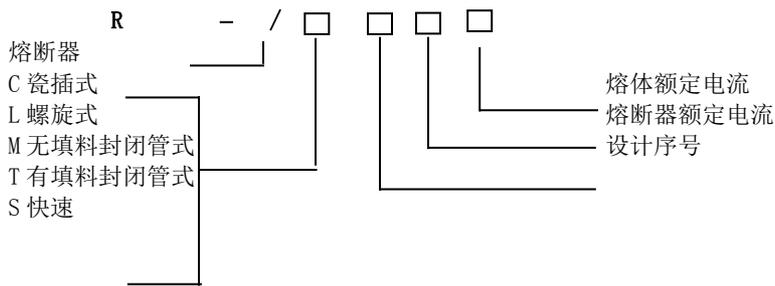


图 4-27 熔断器的型号

选用：

(1) 熔断器的额定电压要大于或等于电路的额定电压。

(2) 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，这类负载启动过程很短，运行电流较平稳，一般按负载额定电流的 1~1.1 倍选用熔体的额定电流，进而选定熔断器的额定电流；②电动机等感性负载，这类负载的启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。这样一般来说，熔断器难以起到过载保护作用，而只能用作短路保护，过载保护应用热继电器才行；对于多台电动机，要求多台 $I_{FU} = (1.5 \sim 2.5)I_{\max} + I_n$ (式中 I_{FU} ——熔体额定电流 (A)， I_{\max} ——最大一台电动机的额定电流 (A))

8. 行程开关：

行程开关又称限位开关或位置开关，其作用和原理与按钮相同，只是其触头的动作不是靠手动操作，而是利用生产机械某些运动部件的碰撞使其触头动作。行程开关触点通过的电流一般也不超过 5A。行程开关有多种构造形式，常用的有按钮式（直动式）、滚轮式（旋转式）。其中滚轮式又有单滚轮式和双滚轮式两种。

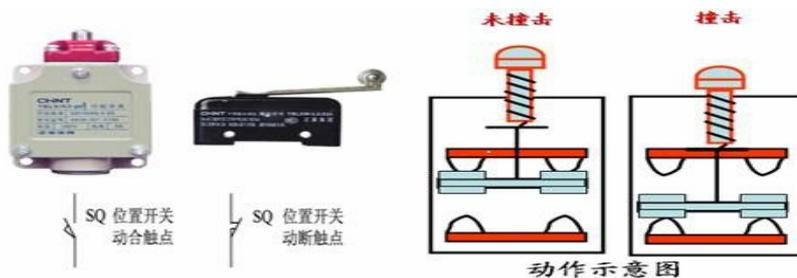


图 4-28 行程开关的外形、符号及工作原理

LX 系列行程开关的型号含义：

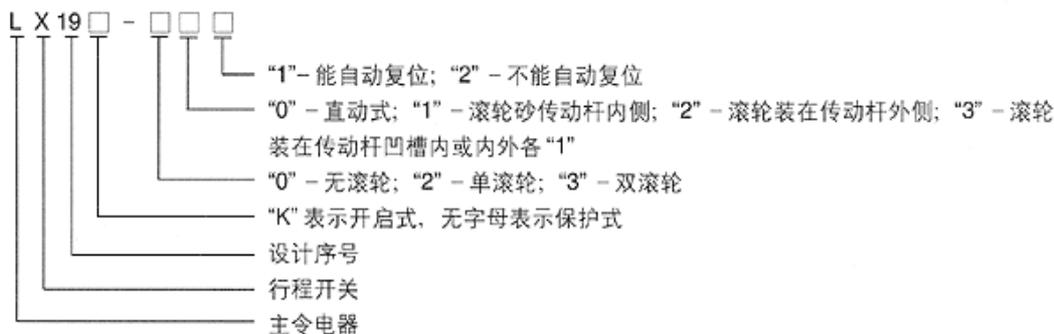


图 4-29 行程开关的型号

任务实施二 CJT1-10 型交流接触器的拆装

一、训练目的

1. 熟悉交流接触器的基本结构,了解各组成部分的作用。
2. 掌握交流接触器的拆卸、组装方法。
3. 学会用万用表检测交流接触器。

二、工具器材

钢丝钳、尖嘴钳、螺丝刀、镊子等电工工具,万用表 1 块、交流接触器 1 只。

三、训练步骤及内容

1. 拆卸:

- (1) 卸下灭弧罩。
- (2) 拉紧主触头定位弹簧夹,将主触头侧转 45 度后,取下主触头和压力弹簧片。
- (3) 松开辅助常开静触头的螺钉,卸下常开静触头。
- (4) 用手按压底盖板,并卸下螺钉。
- (5) 取出静铁心和静铁心支架及缓冲弹簧。
- (6) 拔出线圈弹簧片,取出线圈。
- (7) 取出反作用弹簧。
- (8) 取出动铁心和塑料支架,并取出定位销。

2. 装配:

- (1) 安装动铁心。
- (2) 安装支架上的动铁心定位销。
- (3) 安装衔铁和支架。
- (4) 安装反作用弹簧。
- (5) 安装线圈并将接线端的弹簧夹片接好。
- (6) 安装缓冲弹簧及静铁心支架。
- (7) 安装静铁心及底座。

(8) 安装常开静触头，主触头及触头压力弹簧片。

(9) 检查。

3. 注意事项：

(1) 拆卸时按顺序摆放，以免丢失。

(2) 对动触头、电磁系统、灭弧检查。

(3) 接触器组装后，在装灭弧罩时，应用手压下动触头，观察接触器的动作是否灵活。

(4) 根据接触器接头线圈额定电压通入相应的电压，观察接触器动作是否可靠。

四、质量评价标准

表 4-1 交流接触器拆卸评分表

项目	配分	评分标准	得分
交流接触器拆卸	30	(1) 拆卸步骤正确 5分 (2) 拆卸方法正确 5分 (3) 工具使用正确 5分	
交流接触器组装	40	(1) 装配步骤正确 15分 (2) 装配方法正确 15分	
实训报告	10	按照报告要求完成、内容正确 10分	
团结协作精神	10	小组成员分工协作明确、 能积极参与 10分	
安全文明生产	10	安全文明生产 5~10分	

思考与练习四

1. 写出下列电器的作用、图形符号和文字符号：(1) 熔断器；(2) 按钮；(3) 交流接触器；(4) 热继电器；(5) 时间继电器；(6) 速度继电器。
2. 在电动机的控制线路中，熔断器和热继电器能否相互代替？为什么？
3. 简述交流接触器在电路中的作用、结构和工作原理。
4. 自动空气开关有哪些脱扣装置？各起什么作用？
5. 如何选择熔断器？
6. 线圈电压为 220V 的交流接触器，误接入 220V 直流电源上，或线圈电压为 220V 直流接触器，误接入 220V 交流电源上，会产生什么后果？为什么？
7. 带有交流电磁铁的电器如果衔铁吸合不好（或出现卡阻）会产生什么问题？为什么？
8. 电动机的启动电流很大，启动时热继电器应不应该动作？为什么？

任务二 认识并拆装电动机

知识链接一 三相异步电动机

电动机是将电能转换成机械能的装置，广泛应用于现代各种机械中作为驱动。由电动机驱动的优点：减轻繁重的体力劳动；提高生产率；可实现自动控制和远距离操纵。工业生产中广泛应用着交流电动机，特别是三相异步电动机。它具有结构简单、易于控制、效率高和功率大等许多优点。它的外形及各部件如图示。

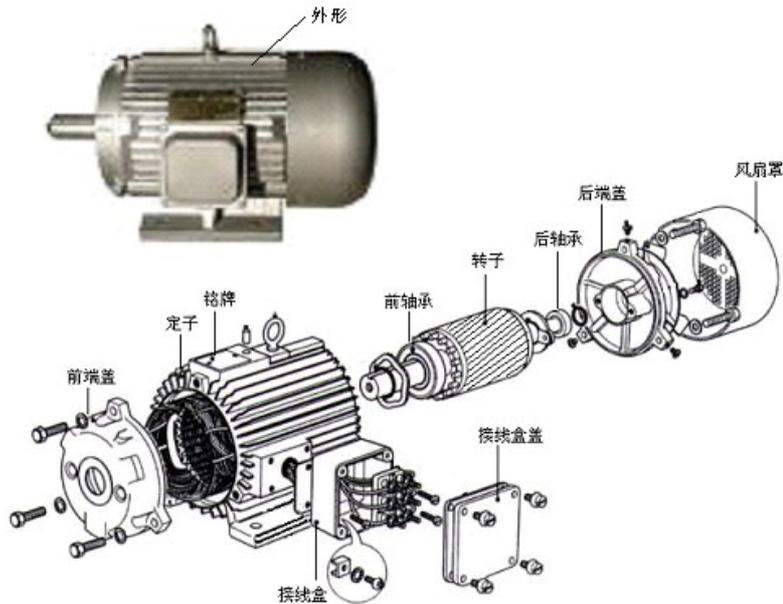


图 4-30 笼型电动机及各部件

一、三相异步电动机的结构和工作原理

1. 结构：

三相异步电动机主要由定子、转子和气隙三部分组成。定子由定子铁心、定子绕组和机座组成。定子铁心：是电动机的磁路部分。由彼此绝缘的硅钢片叠成，目的是减小铁损（涡流和磁滞损耗）。硅钢片内圆冲有均匀分布的槽口用来嵌放线圈。整个铁心被固定在铸铁机座内。绕组：是电动机的电路部分，三组，均匀分布，空间位置彼此相差 120° 。机座：用于容纳定子铁心和绕组并固定端盖，起保护和散热作用。

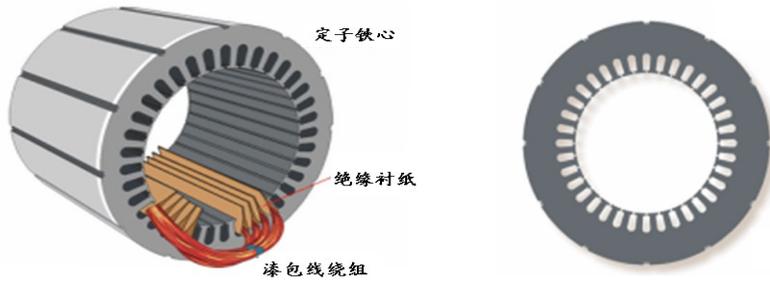


图 4-31 三相异步电动机的定子铁心和冲片

转子由转子铁心、转子绕组和转轴三部分组成。转轴：输出机械转矩。铁心：由外圆冲有均匀槽口、彼此绝缘的硅钢片叠成。由转子铁心的结构可分为笼型转子和绕线型转子。

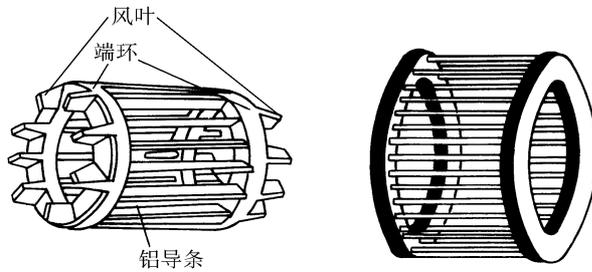


图 4-32 三相异步电动机的转子和绕组



图 4-33 绕线型三相异步电动机转子

三相转子绕组通常连接成星形，三个末端连在一起，三个首端分别与转轴上的三个滑环（滑环与轴绝缘且滑环间相互绝缘）相连，通过滑环和电刷接到外部的变阻器上，以便改善电机的启动和调速性能。

其他附件有：端盖、轴承、轴承盖、风扇叶、接线盒。

2. 工作原理：

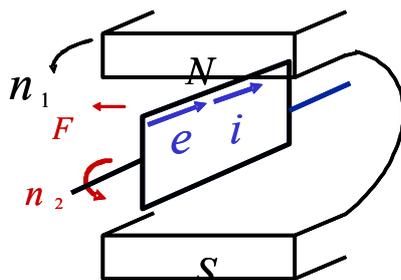


图 4-34 电动机的转动原理示意图

磁极旋转 \longrightarrow 导线切割磁力线产生感应电动势 $e = B \cdot l \cdot v$ (右手定则)
 闭合导线产生电流 i \longrightarrow 通电导线在磁场中受力 $\longrightarrow F = B \cdot l \cdot i$
 (左手定则) (B 磁感应强度; l 导线长; v 切割速度)。

(1) 旋转磁场的产生

在空间位置上互差 120° 的三相对称绕组 (如图所示)，三相对称绕组中通入三相对称电流产生旋转磁场；转子导体切割旋转磁场感应电动势和电流；转子载流导体在磁场中受到电磁力的作用，从而形成电磁转矩，驱使电动机转子转动。

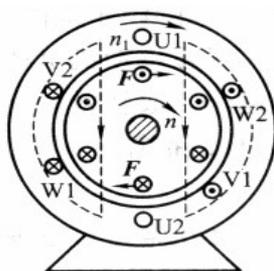
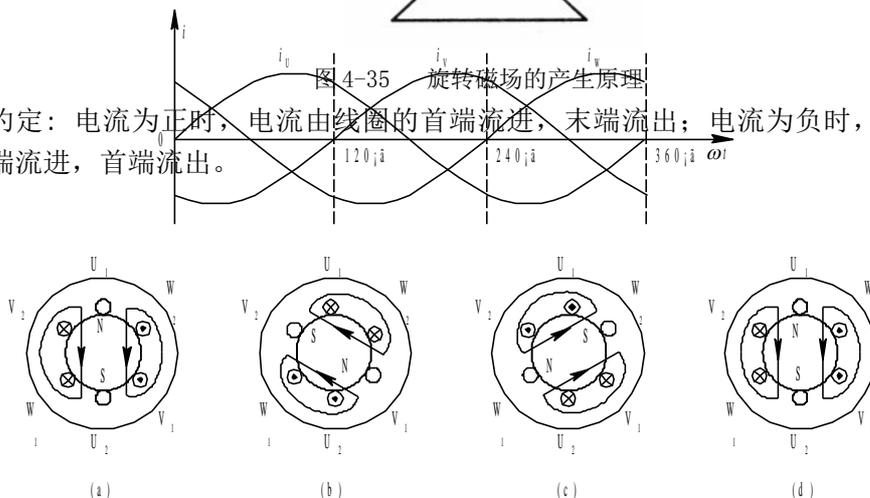


图 4-35 旋转磁场的产生原理

约定：电流为正时，电流由线圈的首端流进，末端流出；电流为负时，电流由线圈的末端流进，首端流出。

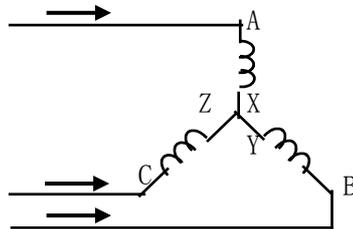


(a) $\omega t=0$; (b) $\omega t=120^\circ$; (c) $\omega t=240^\circ$; (d) $\omega t=360^\circ$

图 4-36 一对磁极的旋转磁场

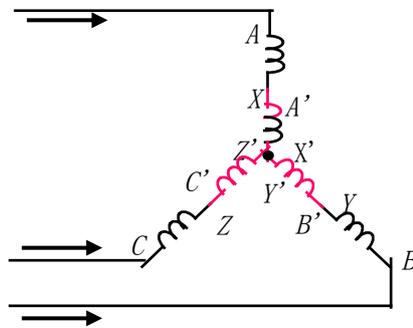
三相电流产生的合成磁场是一旋转的磁场。即：一个电流周期，旋转磁场在空间转过 360° 。旋转磁场的旋转方向取决于三相电流的相序。

(2) 旋转磁场的磁极对数 P ，取决于三项定子绕组。若三相绕组每相绕组由一个线圈组成，则合成磁场只有一对磁极即极对数 $P=1$ ，如图示。



4-37 三相定子绕组

若将每相绕组分成两段，按右下图放入定子槽内。形成的磁场则是两对磁极，即 $P=2$



4-38 三相定子绕组

(3) 旋转磁场的转速

旋转磁场的转速取决于磁场的极对数。旋转磁场转速 n_0 与极对数 p 的关系:

$$n_0 = \frac{60f}{p} \quad (4-1)$$

表 4-2 常见的旋转磁场转速

磁极对数 p (对)	1	2	3	4	5	6
旋转磁场转速 n_1 (r/min)	3000	1500	1000	750	600	500

(4) 电动机的转动原理

定子三相绕组通入三相交流电, 定子绕组产生旋转磁场, 切割转子导体, 产生感应电动势, 转子绕组是闭合的, 从而产生感应电流。由电磁感应原理, 产生电磁力 F , 从而产生电磁转矩 T , 使得电动机的转子转动起来。

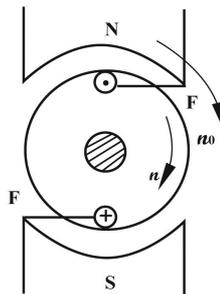


图 4-39 电动机的转动原理

(5) 转差率

由前面分析可知, 电动机转子转动方向与磁场旋转的方向一致, 但转子转速 n 不可能达到与旋转磁场的转速相等, 即 $n < n_0$, 所以称为三相异步电动机。旋转磁场的同步转速和电动机转子转速之差与旋转磁场的同步转速之比称为转差率。

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \times 100\% \quad (4-2)$$

转子转速亦可由转差率求得 $n = (1-s)n_0$ 异步电动机运行中: $s = (1 \sim 9)\%$

二、三相异步电动机的选择和使用

1. 三相异步电动机铭牌数据

三相异步电动机					
型号	Y132M-4	功率	7.5KW	频率	50Hz
电压	380V	电流	15.4A	接法	
转速	1440 r/min	绝缘等级	B	工作方式	连续
功率因数	0.85	效率 (%)	87		
	年 月	编号			XX电机厂

图 4-40 三相异步电动机的名牌数据

(1) 型号：用以表明电动机的系列、几何尺寸和极数。

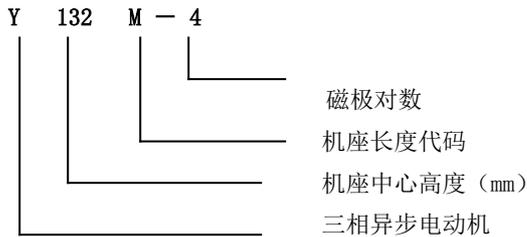


图 4-41 三相异步电动机的型号

(2) 接法：定子三相绕组的联接方法。

通常电机容量小于 3kw 时做 Y 型联接，电机容量大于 4kw 时做联接。电动机三相绕组六个线端的连接方法。星形 (Y) 联结：三相绕组首端接电源，尾端接在一起。三角形

(Δ) 联结：三相绕组首尾相接，交点接电源。

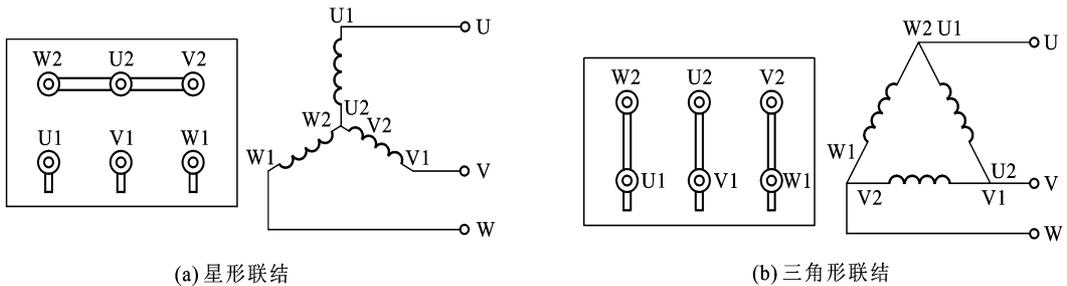


图 4-42 三相异步电动机的定子绕组接法

(3) 电压：电动机在额定运行时定子绕组上应加的线电压值。

例如：380/220V、Y/Δ 是指线电压为 380V 时采用 Y 联结；线电压为 220V 时采用 Δ 联结。一般规定，电动机的运行电压不能高于或低于额定值的 5%。因为在电动机满载或接近满载情况下运行时，电压过高或过低都会使电动机的电流大于额定值，从而使电动机过热。

(4) 电流：电动机在额定运行时定子绕组的线电流值。

例如：Y / Δ 6.73 / 11.64 A 表示星形联结下电机的线电流为 6.73A；三角形联结下线电流为 11.64A。两种接法下相电流均为 6.73A。

(5) 功率与效率：

额定功率是指电机在额定运行时轴上输出的机械功率 P_2 ，它不等于从电源吸取的电功率 P_1 。

$$P_2 = \eta P_1 = \eta \sqrt{3} U_N I_N \cos \varphi \quad (4-3)$$

(6) 功率因数：

三相异步电动机的功率因数较低，在额定负载时约为 0.7 ~ 0.9。空载时功率因数很低，只有 0.2 ~ 0.3。额定负载时，功率因数最高。

注意：实用中应选择容量合适的电机，防止出现“大马拉小车”的现象。

(7) 额定转速：

电机在额定电压、额定负载下运行时的转速 n_N 。

$$\text{额定转差率 } s_N = \frac{n_0 - n_N}{n_0} \quad (4-4)$$

(8) 绝缘等级：

指电机绝缘材料能够承受的极限温度等级，分为 A、E、B、F、H 五级，A 级最低 (105°C)，H 级最高 (180°C)。

表 4-3 电机绝缘等级

绝缘等级	A	E	B	F	H	C
最高允许温度	105°	120°	130°	155°	180°	>180°

(9) 运行方式：

连续：电动机连续不断地输出额定功率而温升不超过铭牌允许值。

短时：电动机不能连续使用，只能在规定的较短时间内输出额定功率。

断续：电动机只能短时输出额定功率，但可多次断续重复启动和运行。

三、三相异步电动机的机械特性

(一) 三相异步电动机的电磁转矩

1. 转矩公式

转子中各载导体在旋转磁场的作用下,受到电磁力所形成的转矩之总和。

$T = K_T \phi I_2 \cos \varphi_2$ 其中, K_T 为常数,与电机结构有关, ϕ 为旋转磁场每极磁通, I_2 为转子电流, $\cos \varphi_2$ 转子电路的功率因数。

$$\text{电磁转矩公式: } T = K \frac{sR^2}{R_2^2 + (sX_{20})^2} U_1^2 \quad (4-5)$$

由电磁转矩公式可知:

(1) T 与定子每相绕组电压 U_1^2 成正比。 $U_1 \downarrow \rightarrow T \downarrow \downarrow$

(2) 当电源电压 U_1 一定时, T 是 S 的函数

(3) R_2 的大小对 T 有影响。绕线式异步电动机可通过外接电阻来改变转子电阻 R_2 ,

从而改变转距。

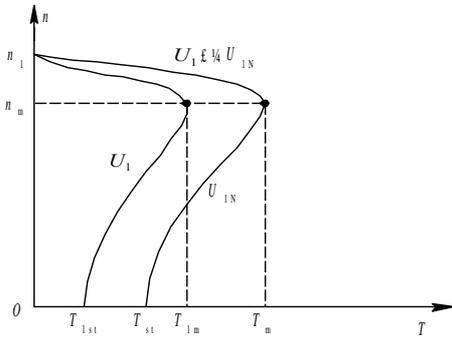


图 4-43 电源电压对机械特性的影响

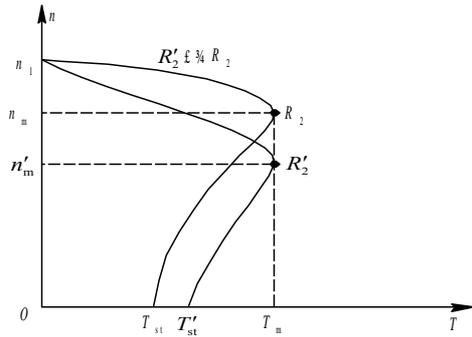


图 4-44 转子电阻对机械特性的影响

2. 机械特性曲线

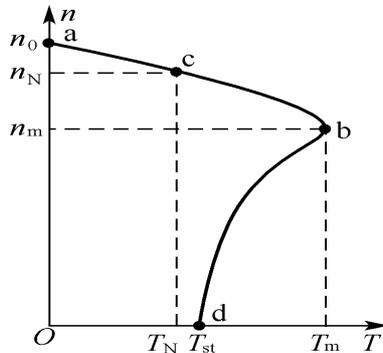


图 4-45 三相异步电动机的机械特性曲线

ab 段：稳定工作区；bd 段：非稳定工作区。电动机启动后，很快经过非稳定区进入稳定区，正常工作。在稳定工作区工作时，电动机的电磁转矩可以随负载的变化而自动调整，这种能力称为自适应负载能力。

3. 三个重要转矩：

(1) 额定转矩 T_N ，电动机在额定负载时的转矩。

$$T_N = \frac{P_N}{\frac{2\pi n}{60}} = 9550 \frac{P_N}{n_N} \quad (4-6)$$

(2) 最大转矩 T_{max} ，电机带动最大负载的能力。转子轴上机械负载转矩 T_2 不能大于 T_{max} ，否则将造成堵转（停车）。过载能力系数： $\lambda = \frac{T_{max}}{T_N}$ 。一般三相异步电动机的过载系数为 $\lambda = 1.8 : 2.2$ 。

(3) 启动转矩 T_{st} ，体现了电动机带载启动的能力。若 $T_{st} > T_2$ 电机能启动，否则不能启动。启动能力系数 $K_{st} = \frac{T_{st}}{T_N}$ 。

(4) 电动机的运行分析

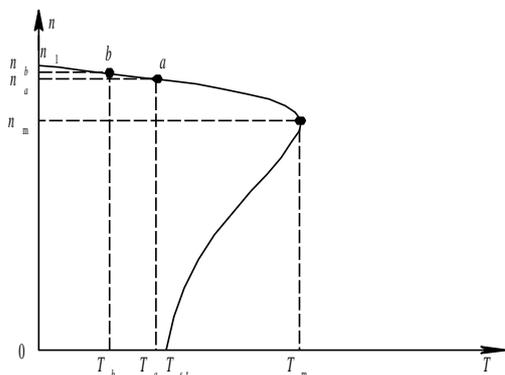


图 4-46 三相异步电动机的运行分析

在不稳定区 ($0 < n < n_m$)，恒转矩负载的电机在任意点上均无法稳定运行，因为如果负载有所增加，电磁转矩会立即小于负载转矩，引起转速急剧下降，又进一步使电磁转矩变小，即转速进一步下降，造成电机停转（堵转）；而假如负载减少，电机因电磁转矩大于负载转矩而升速，升速继续造成电磁转矩增大，进一步升速的结果是使电机进入稳定工作区。电动机的电磁转矩可以随负载的变化而自动调整，这种能力称为自适应负

载能力。

从图 4-46 可以看出，电动机在稳定区的转速随电磁转矩的变化较小，曲线较平稳。该段曲线越平稳，则负载变化对稳态转速的影响越小，这种机械特征称为硬特性。

四、三相异步电动机的启动

1. 启动问题

启动： $n = 0, s = 1$ ，接通电源。启动问题：启动电流大，启动转矩小。一般中小型鼠笼式电机启动电流为额定电流的 5 : 7 倍；电动机的启动转矩为额定转矩的 (1.0 : 2.2) 倍。频繁启动时造成热量积累，使电机过热大电流使电网电压降低，影响邻近负载的工作。

2. 启动方法：

(1) 直接启动(全压启动)

二、三十千瓦以下的异步电动机一般都采用直接启动。

(2) 降压启动

通过启动设备将电机的额定电压降低后加到电机的定子绕组上，以限制电机的启动电流，待电机的转速上升到稳定值时，再使定子绕组承受全压，从而使电机在额定电压下稳定运行，这种启动方法称为降压启动。

1) 星形-三角形(Y- Δ) 换接启动：这种启动方法适用于电动机正常运行时接法为三角形的异步电动机。电机启动时，定子绕组接成星形，启动完毕后，电动机切换为三角形。

$$\frac{I_{IV}}{I_{IY}} = 3 \quad (4-7)$$

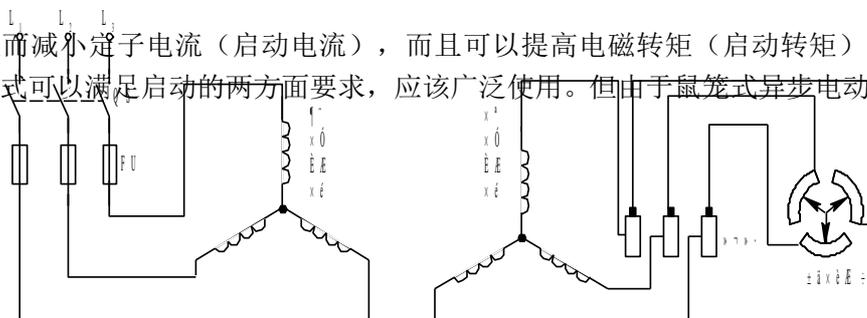
$$\frac{T_{stV}}{T_{stY}} = 3 \quad (4-8)$$

分析表明，这种启动方法确实使电动机的启动电流减小了，但启动转矩也下降了，因此，这种启动方法是以牺牲启动转矩来减小启动电流的，只适用于允许轻载或空载启动的场合。

2) 自耦降压启动自耦降压启动适合于容量较大的或正常运行时，联成 Y 形不能采用 Y- Δ 启动的鼠笼式异步电动机。这种启动方法是指启动时，定子绕组接三相自耦变压器的低压输出端，启动完毕后，切掉自耦变压器并将定子绕组直接接上三相交流电源，使电动机在额定电压下稳定运行。

(3) 转子串电阻启动（适用于绕线式电动机）

在分析转子电阻 R_2 对机械特性的影响时已经知道，转子电阻增大不但会减小转子电流，从而减小定子电流（启动电流），而且可以提高电磁转矩（启动转矩），显然这种启动方式可以满足启动的两方面要求，应该广泛使用。但由于鼠笼式异步电动机的转子电



阻是固定的，不能改变，所以鼠笼式电机不能采用此种启动方法。绕线式异步电动机的转子从各相滑环处可外接变阻器，可以很方便地改变转子电阻来改善电机的启动性能，所以绕线式电机都采用此种启动方案

图 4-47 三相绕线式异步电动机转子串电阻启动

五、三相异步电动机的调速

调速是指在同一负载下人为改变电动机的转速。由前面所学可知，电动机的转速为：

$$n = (1-s)n_1 = (1-s)\frac{60f_1}{p}$$

因此，要改变电动机的转速，有三种方式：变频调速、变极调速和变转差率调速。

1. 变频调速

变频调速是指通过改变电源的频率从而改变电机转速。它采用一套专用的变频器来改变电源的频率以实现变频调速。变频器本身价格较贵，但它可以在较大范围内实现较平滑的无级调速，且具有硬的机械特性，是一种较理想的调速方法。近年来，随着电力电子技术的发展，交流电机采用这种方式进行调速越来越普遍。

2. 变极调速

变极调速是指通过改变异步电动机定子绕组的接线以改变电动机的极对数从而实现调速的方法。改变电动机的磁极对数，可以改变电动机的转速。但由电动机的工作原理可知，电动机的磁极对数总是成倍增长的，所以电机的转速也就阶段性上升，无法实现无级调速。鼠笼式异步电动机转子的极数能自动与定子绕组的极数相适应，所以一般鼠笼式异步电动机采用这种方法调速。变极调速方式转速的平滑性差，但它经济、简单，且机械特性硬，稳定性好，所以许多工厂的生产机械一般采用这种方法和机械调速协调进行调速。

3. 变转差率调速

在绕线式异步电动机中，可以通过改变转子电阻来改变转差率，从而改变电机的速度。如图 4-44 所示，设负载转矩 T_L 不变，转子电阻 R_2 增大，电动机的转差率 s 增大，转速下降，工作点下移，机械特性变软。当平滑调节转子电阻时，可以实现无级调速，但调速范围较小，且要消耗电能，一般用于起重设备上。

六、三相异步电动机的选用

选择电动机的种类应首先使电动机满足生产设备的需求，然后再考虑结构、价格、可靠性、维修等方面的问题。异步电动机有鼠笼式和绕线式两种。鼠笼式的优点明显多于绕线式，所以一般多选用鼠笼式三相异步电动机。鼠笼式异步电动机具有结构简单，价格便宜，维修方便等优点，采用传统的调速方法启动，但调速性能较差，可以用于没有特殊要求（调速要求不严）的场合，比如各种泵、通风机、普通机床等设备上。但采用变频器提供的变频电源供电之后，鼠笼式异步电动机目前已达到良好的无级调速性能。

1. 功率的选择：

(1) 对于连续运行的电动机，所选功率应等于或略大于生产机械的功率。

(2) 对于短时工作的电动机，允许在运行中有短暂的过载，故所选功率可等于或略小于生产机械的功率。

2. 种类和型式的选择：

(1) 种类的选择

一般应用场合应尽可能选用鼠笼式电动机。只有在需要调速、不能采用鼠笼式电动机的场合才选用绕线式电动机。

(2) 结构型式的选择

根据工作环境的条件选择不同的结构型式，如开启式、防护式、封闭式电动机。

(3) 电压和转速的选择

根据电动机的类型、功率以及使用地点的电源电压来决定。Y系列鼠笼电动机的额定电压只有380V一个等级。大功率电动机才采用3000V和6000V。

知识链接二 单相异步电动机的结构和工作原理

单相异步电动机是利用单相交流电源供电的一种小容量交流电动机，功率约在8W~750W之间。单相异步电动机具有结构简单、成本低廉、维修方便等特点，被广泛应用于如冰箱、电扇、洗衣机等家用电器及医疗器械中。但与同容量的三相异步电动机相比，单相异步电动机的体积较大、运行性能较差、效率较低。

一、结构：

单相异步电动机在结构上与三相笼形异步电动机类似，转子绕组也为一笼形转子。定子上有一个单相工作绕组和一个启动绕组，为了能产生旋转磁场，在启动绕组中还串联了一个电容器，其结构如图所示。

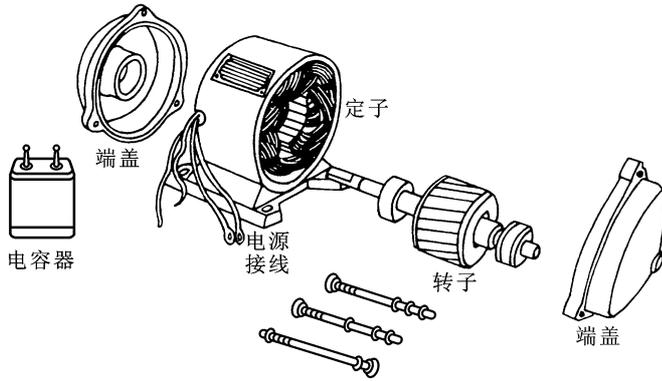


图 4-48 单相异步电动机的结构

二、工作原理：

为了能产生旋转磁场，利用启动绕组中串联电容实现分相，其接线原理如图（a）所示。只要合理选择参数便能使工作绕组中的电流 i_A 与启动绕组中的电流 i_B 相位相差 90° ，如图（b）所示，分相后两相电波形如图所示。

$$\text{设： } i_A = I_{Am} \sin \omega t \quad \text{则： } i_B = I_{Bm} \sin(\omega t + 90^\circ)$$

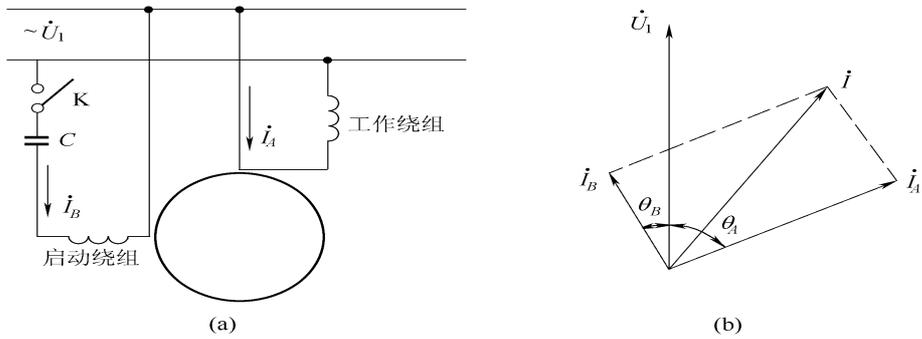


图 4-49 单相异步电动机的分相原理

如同分析三相绕组旋转磁场一样，将正交的两相交流电通入在空间位置上互差 90° 的两相绕组中，同样能产生旋转磁场，如图所示。

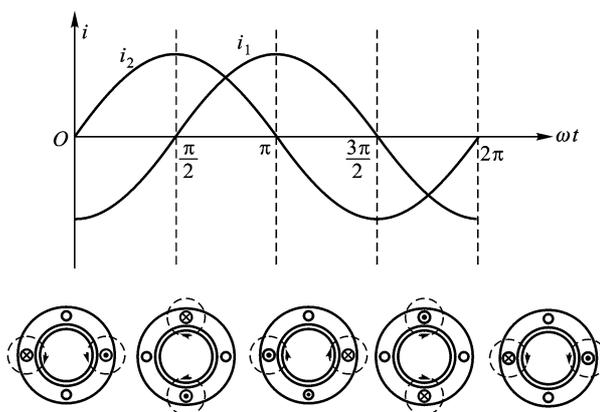


图 4-50 单相异步电动机的工作原理

与三相异步电动机相似，只要交换启动绕组或工作绕组两端与电源的连接便可改变旋转磁场的方向。

特别提示——

三相异步电动机在运行过程中，若其中一相和电源断开，则变成单相运行。此时和单相电机一样，电机仍会按原来方向运转。但若负载不变，三相供电变为单相供电，电流将变大，导致电机过热。使用中要特别注意这种现象；三相异步电动机若在启动前有一相断电，和单相电机一样将不能启动。此时只能听到嗡嗡声，长时间启动不了，也会过热，必须赶快排除故障。

任务实施三 三相异步电动机的拆装

一、目的

1. 掌握三相异步电动机的内部结构和工作原理。
2. 掌握三相异步电动机的拆卸和装配过程。

二、要求

1. 遵守安全操作规程，避免不安全事故的发生。
2. 文明生产，杜绝乱拆乱放。
3. 理论联系实际。

三、实验仪器

三相鼠笼式异步电动机、撬棍、拉具、厚木板、竹签

三、步骤及内容

1. 拆卸准备

- (1) 备齐拆装工具。
- (2) 选好拆装地点。
- (3) 熟悉被拆电动机的结构特点、拆装要领及所存在的缺陷。
- (4) 做好标记。

- 1)：标出电源线在接线盒中的相序。

- 2)：标出联轴器或带轮与轴台的距离。
 - 3)：标出端盖、轴承、轴承盖和机座的负荷端与非负荷端。
 - 4)：标出机座在基础上的准确位置。
 - 5)：标出绕组引出线在机座上的出口方向。
- (5) 拆除电动机与外部电气连接的连线，并把电源线用黑胶布包住。
- (6) 拆下地脚螺母，将电动机拆离基础并运至解体现场，若机座与基础之间有垫片，应做好记录并妥善保存。

2. 拆卸步骤

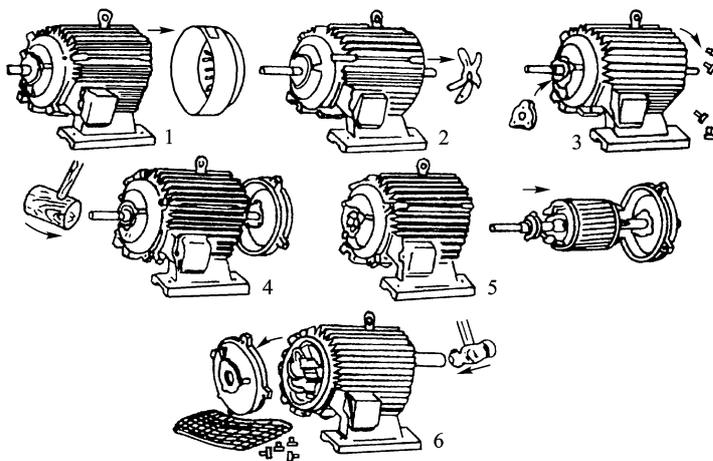


图 4-51 三相异步电动机的拆卸步骤

- (1) 拆下带轮或联轴器。卸下电动机尾部的风罩。
- (2) 拆下电动机尾部扇叶。
- (3) 拆下前轴承外盖和前、后端盖紧固螺钉。
- (4) 用木板（或铅板、铜板）垫在转轴前端，用榔头将转子和后端盖从机座中敲出。若使用的是木榔头，可直接敲打转轴前端。
- (5) 从定子中取出转子。
- (6) 用木棒伸进定子铁心，顶住前端盖内侧，用榔头将前端敲离机座。最后拉下前后轴承及轴承内盖。

3. 几个主要部件的拆卸方法：

(1) 轴承的拆卸；轴承的拆卸可能在两个部位进行。一是在转轴上拆卸，另一种是在端盖内拆卸。在转轴上拆卸轴承有 3 种方法。①第一种方法如图 4-52 (a) 所示。用两块厚铁板在轴承内圈下边夹住转轴，并用能容纳转子的圆筒或支架支住，在转轴上端垫上厚木板或铜板，敲打取下轴承；②第二种方法如图 4-52 (b) 所示。用端部呈楔形的铜棒以倾斜方向顶着轴承内圈，然后用锤子敲击。注意不能用力过猛，以防损坏工具和轴承。敲击时，应沿着四周均匀用力敲击；③第三种方法如图 4-52 (c) 所示。用拉码等专用拆卸工具拆卸。这种方法简单、实用，专用工具的尺寸可随轴承直径任意调节，只要转动手柄，

轴承就被拉出。操作时应注意以下几点：a. 拉脚的拉构应钩住轴承的内圈，不能钩在外圈上，因为拉外圈达不到拆卸目的，还可能损坏轴承；b. 拉轴承时轴承拉脚与地面的高度一定要用木块或其他东西垫得适当，使拉脚螺杆对准轴承的中心孔，不要歪斜，并要随时注意拉钩与轴承的受力情况，不要把轴承的螺杆拉坏；c. 要防止拉脚的拉钩滑脱，如果滑脱会使轴承的外圈或其他机件损坏。

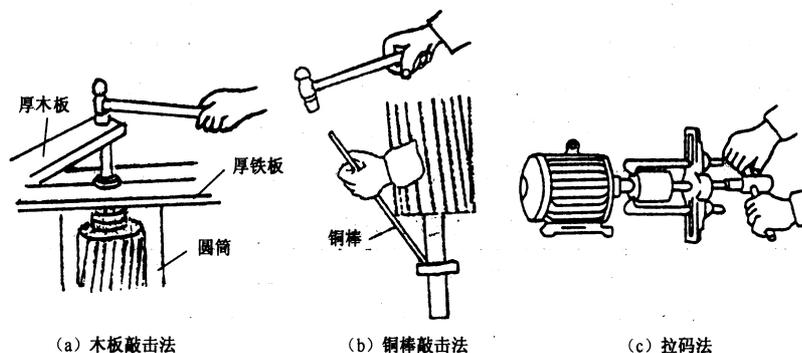


图 4-52 拆卸轴承的简易方法

(2) 转子的取出。在抽出转子前，应在转子下面气隙和绕组端部垫上厚纸板，以免抽出转子时碰伤绕组或铁心，对于 3kg 以内的转子，可直接用手抽出，如图 4-53 所示。

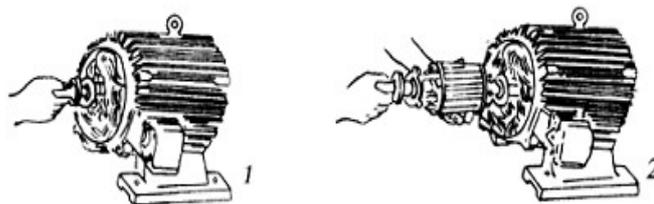


图 4-53 小型电动机转子的抽出

(3) 端盖的拆卸。先拆下后轴承外盖，再旋下后端盖的紧固螺钉，最后，将前端盖拆下，如图 4-54 所示。为了便于校正，在端盖与机座的接缝处要做好标记，两个端盖的记号应有所区别。拆卸时应注意：①可用旋具（即螺丝刀、改锥）或铲沿缝口四周轻轻撬动，再用铁锤轻轻敲打端盖与机壳的接缝处，但不可用力过猛；②对于容量较小的电机，只需拆下后盖，而前盖将连同风扇与转子一起抽出；③拆端盖时，应先拆除负荷侧端盖。

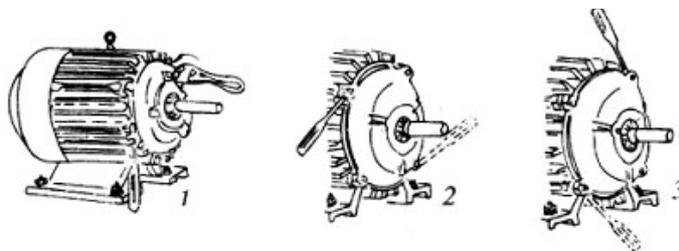


图 4-54 端盖的拆除

4. 装配

电动机的装配工序与拆卸时的工序相反。主要步骤及工艺要求为：

(1) 装配前检查。装配前应认真清点各零部件的个数，检查定子、转子、轴承上是否有杂物或油污。

(2) 装配轴承。①检查轴承质量是否合格，用机油清洗轴承，并加适当润滑脂。安装时标号必须向外，以便以后更换时核查轴承型号；②安装时可采用冷套和热套两种方法。冷套法：把轴承套到轴上，用一段铁管，一端对准轴颈，顶在轴承的内圈上，用手锤敲打另一端，缓慢地敲入，方法如图4-55所示。热套法：轴承可放在温度为 $80^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 的变压器油中，加热 $20 \sim 40\text{min}$ 趁热迅速把轴承一直推到轴肩，冷却后自动收缩套紧。在加热中应注意温度不能太高，时间不宜过长，以免轴承退火；轴承应放在网孔架上，不与油箱底或箱壁接触；轴承受热要均匀。

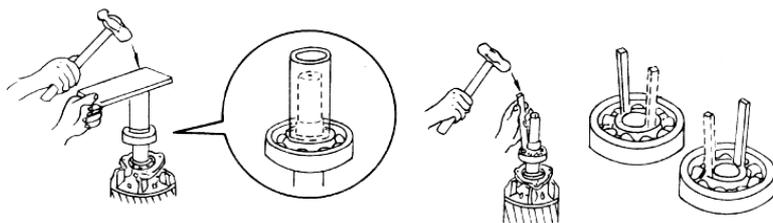


图4-55 用冷套法安装轴承

(3) 装配端盖。①后端盖的装配。将轴伸端朝下垂直放置，在其端面上垫上木板，将后端盖套在后轴承上，用木锤敲打，如图4-56所示。把后盖敲进去，装轴承外盖。注意紧固内外轴承盖螺栓时，要同时拧紧，不能先拧紧一个，再拧紧另一个；②前端盖的装配。将前端盖对准机座标记，用木锤均匀敲击端盖四周，不可单边着力。在拧上端盖的紧固螺栓时，也要四周均匀用力，按对角线上下左右逐步拧紧，不能先拧紧一个，再拧紧另一个，不然会造成耳攀断裂和转子同心度不良。在装前轴承外端盖时，先在外轴承盖孔内插入一拥栓，一只手顶住螺栓，另一只手慢慢转动转轴，轴承内盖也随之转动，当手感觉到外盖螺孔对齐时，就可以将螺栓拧入内轴承盖的螺孔内。方法如图4-57所示。

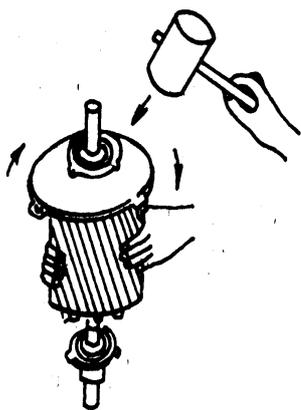
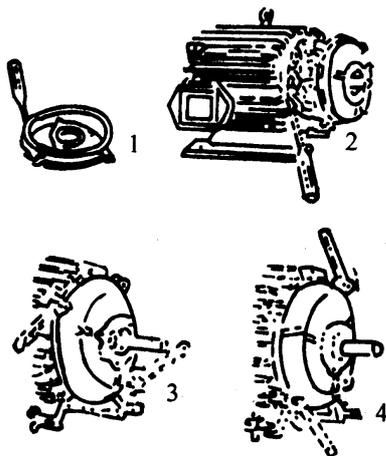


图4-56 后端盖的装配图



4-57 前端盖的装配

(4) 装配后的机械性能检查。①所有紧固螺丝是否拧紧；②轴承内是否有杂声；③转子是否灵活，无扫膛、无松动；④轴伸径向偏摆是否超过允许值。

5. 注意事项:

- (1) 拆移电机后, 电机底座垫片要按原位摆放固定好, 以免增加钳工对中的工作量。
- (2) 拆、装转子时, 一定要遵守要点的要求, 不得损伤绕组, 拆前、装后均应测试绕组绝缘及绕组通路。
- (3) 拆、装时不能用手锤直接敲击零件, 应垫铜、铝棒或硬木, 对称敲。
- (4) 装端盖前应用粗铜丝, 从轴承装配孔伸入钩住内轴承盖, 以便于装配外轴承盖。
- (5) 用热套法装轴承时, 只要温度超过 100 度, 应停止加热, 工作现场应放置 1211 灭火器。
- (6) 清洗电机及轴承的清洗剂(汽、煤油)不准随使乱倒, 必须倒入污油井。
- (7) 检修场地需打扫干净

四、质量评价标准

表 4-4 三相异步电动机拆卸质量评价表

项目	配分	评分标准	得分
电动机拆卸	20	(1) 拆卸步骤	10 分
		(2) 拆卸方法	10 分
电动机组装	30	(1) 装配步骤	15 分
		(2) 装配方法	15 分
电动机的清洗与检查	20	(1) 轴承清洗干净	10 分
		(2) 定子内腔和端盖处除尘处理	10 分
实训报告	10	按照报告要求完成、内容正确	10 分
团结协作精神	10	小组成员分工协作明确、能积极参与	10 分
安全文明生产	10	安全文明生产	5~10 分

任务实施四 吊扇的拆装

一、实训目的

1. 了解单相异步电动机的结构和工作特点。
2. 熟练掌握三相异步电动机的拆装工艺。

二、实训器材

吊扇、钢丝钳、断线钳、电工刀、剥线钳等

三、拆装步骤

1. 拆卸前的准备

拆卸前应查看说明书, 了解吊扇的基本构造、电动机的型号和主要参数、调速方式、电容器规格等, 牢记拆卸步骤; 电动机的零部件要集中放置, 保证电动机各零部件的完好。

2. 拆卸步骤

(1) 切断交流电源，卸下吊杆和扇叶。此时，必须记录下启动电容器的接线方法及电源接线方法。

(2) 吊扇电动机的拆卸。先做好记号，然后拧下电动机上下盖的紧固螺钉。

(3) 用螺丝刀插入上下盖中间的缝隙里，沿边缘慢慢敲打螺丝刀，直至上下盖分离。

(4) 取出定子和转子，并按次序放好各零部件。

3. 安装步骤

将吊扇各零部件清洗干净，并检查完好之后，按与装卸相反的步骤进行装配。

(1) 小心地把转子装入下盖内腔底部止口上。

(2) 将装有下滚珠轴承的定子垂直装入下盖的轴承座。

(3) 把上盖套入定子吊轴，向下使上滚动轴承对准上盖轴承座，并对准记号，沿周边均匀敲打，使上下盖合拢，这过程要求定子轴转动顺畅。

(4) 边转动定子边依序拧紧上下盖紧固螺钉，完成吊扇电动机安装。

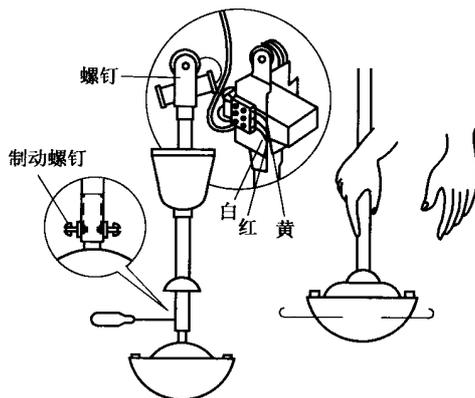


图 4-58 吊扇装配示意图

四、质量评价标准

表 4-5 单相异步电动机拆卸质量评价表

项目	配分	评分标准	得分
电动机拆卸	30	(1) 拆卸步骤正确	5分
		(2) 拆卸方法正确	5分
		(3) 工具使用正确	5分
电动机组装	40	(1) 装配步骤正确	15分
		(2) 装配方法正确	15分
实训报告	10	按照报告要求完成、内容正确	10分
团结协作精神	10	小组成员分工协作明确、 能积极参与	10分

安全文明生产	10	安全文明生产	5~10分
--------	----	--------	-------

任务实施四 思考与练习

- 什么是旋转磁场？旋转磁场的转速和旋转方向取决于什么？
- 目前国产的电风扇的单相异步电动机属于()。
 - 单相罩极式
 - 电容启动
 - 单相电容运转
 - 单相串激
- 单相异步电动机通入单相交流电所产生的磁场是()。
 - 旋转磁场
 - 单相脉动磁场
 - 恒定磁场
 - 单相磁场
- 单相笼型异步电动机工作原理与()相同。
 - 单相变压器
 - 三相笼型异步电动机
 - 交流电焊变压器
 - 直流电动机
- 单相电容式异步电动机的电容器应()。
 - 与工作绕组串联
 - 与工作绕组并联
 - 与启动绕组串联
 - 与启动绕组并联
- 某三相异步电动机的额定转速 $n_N = 575 \text{ r/min}$ ，电源频率 $f = 50 \text{ Hz}$ ，求电动机的磁极对数

P 和额定转差率 s_N 。

6. 某三相异步电动机的极对数 P ，从空载到满载时转差率由 0.6% 变到 4%，已知电源频率为 50 Hz ，问电动机的转速应该怎么变？

项目四小结

本项目通过对常用低压电器和三相异步电动机的结构、符号、作用及工作原理的讲解，使学生认识低压电器的符号和电动机的各部件；掌握它们的工作原理，会根据实践要求进行选用。在基于理论的基础上提出了工作任务。通过工作任务的实施，强化学生对低压电器及三相异步电动机各部件的认识；加强学生的实操能力；提高学生自己动手解决生活实际问题的能力。

1. 低压电器：按用途分类(1)低压配电电器。(2)低压控制电器。按动作方式分类(1)自动切换电器。(2)手控电器。常用低压电器刀开关、按钮开关、组合开关、低压断路器、交流接触器、继电器、熔断器、行程开关等。他们主要用于实现电路的自动控制。

2. 三相异步电动机：主要由定子和转子构成。三相异步电动机按其结构可以分为鼠笼式异步电动机和绕线式异步电动机两种类型。三相异步电动机的工作原理是定子绕组通入三相电源之后，在电机定子中产生旋转磁场，转子绕组切割旋转磁场的磁力线，并在闭合的转子回路中产生感应电流，产生感应电流的转子在旋转磁场中受到作用力，产生电磁转矩，带动转子旋转。转子的转向取决于旋转磁场的方向，旋转磁场的方向受制于电源的相序。旋转磁场的转速又称为同步转速，同步转速 n_0 与电源频率和磁极对数有关，计算

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \times 100\%$$

公式为 $n_0 = \frac{60f}{p}$ 。转差率

同步转速 n_0 n ，所以称为异步电动机。异步电动机的调速方法有变频调速、变转差率调速和变极调速，前两种可以实现无级调速，后一种只能实现有级调速。目前采用变频器进行调速已成为主流。

3. 三相异步电动机的机械特性

电磁转矩公式：
$$T = K \frac{sR^2}{R_2^2 + (sX_{20})^2} U_1^2$$

由电磁转矩公式可知：

(1) T 与定子每相绕组电压 U_1^2 成正比。 $U_1 \downarrow \rightarrow T \downarrow \downarrow$

(2) 当电源电压 U_1 一定时， T 是 S 的函数

(3) R_2 的大小对 T 有影响。绕线式异步电动机可通过外接电阻来改变转子电阻 R_2 ，从而改变转距。

4. 三个重要转矩：

(1) 额定转矩 T_N ，电动机在额定负载时的转矩。

$$T_N = \frac{P_N}{\frac{2\pi n}{60}} = 9550 \frac{P_N}{n_N}$$

(2) 最大转矩 T_{max} ，电机带动最大负载的能力。转子轴上机械负载转矩 T_2 不能大于 T_{max} ，

否则将造成堵转(停车)。过载能力系数： $\lambda = \frac{T_{max}}{T_N}$ 。

(3) 启动转矩 T_{st} ，体现了电动机带载启动的能力。若 $T_{st} > T_2$ 电机能启动，否则不能启动。

启动能力系数 $K_{st} = \frac{T_{st}}{T_N}$ 。

5. 三相异步电动机的启动：

(1) 直接启动(全压启动)

(2) 降压启动：星形-三角形(Y- Δ) 换接启动和自耦降压启动。

(3) 转子串电阻启动(适用于绕线式电动机)。

6. 三相异步电动机的调速：有三种方式：变频调速、变极调速和变转差率调速。

7. 三相异步电动机的选用：功率的选择、种类和型式的选择。

项目四习题

一、填空题

1、低压电器按照它的职能不同可分为_____和_____两类。由此可知，交流接触器属于_____电器，熔断器属于_____电器。

2、接触器可分为_____和_____两类，它们都是由_____和_____两个主要部分组成，利用电磁铁的_____而动作。

3、HZ10-100/3 是 _____开关的型号。型号中“100”表示额定 _____，“3”表示_____。

4、用热继电器对电动机进行保护，其整定电流值应由_____来确定。热继电器可以用来防止电动机因 _____而损坏。

5、自动空气开关在电路发生_____、_____和 _____等故障时，能自动切断故障电路。采用自动空气开关可对电动机实行_____保护，因而可以避免电动机因 _____而引起的故障。

6、刀开关又简称_____，刀开关在分断有负载电路时，其触刀与静夹座间会立即产生_____。

7、交流接触器的 _____触头额定电流较大，可以用来 _____大电流的主电路； _____触头的额定电流较小。

8、熔断器应 _____接于被保护的电路中，当电流发生_____或 _____故障时，由于 _____过大，熔件_____而自行熔断，从而将故障电路切断，起到保护作用。

9、自动空气开关又称_____。其热脱扣器作_____保护用，电磁脱扣机构作保护用，欠电压脱扣器作_____保护用。

10、热继电器它是利用电流的 _____效应而动作的。它的发热元件应_____接于电动机电源回路中。

二、选择题

1、下列电器哪一种不是自动电器。（ ）

A. 组合开关 B. 直流接触器 C. 继电器 D. 热继电器

2、接触器的常态是指（ ）

A. 线圈未通电情况 B. 线圈带电情况
C. 触头断开时 D. 触头动作

3、采用交流接触器、按钮等构成的鼠笼式异步电动机直接启动控制电路，在合上电源开关后，电动机启动、停止控制都正常，但转向反了，原因是（ ）

A. 接触器线圈反相 B. 控制回路自锁触头有问题
C. 引入电动机的电源相序错误 D. 电动机接法不符合铭牌

4、下列电器不能用来通断主电路的是（ ）

- A. 接触器 B. 自动空气开关 C. 刀开关 D. 热继电器
- 5、在鼠笼式异步电动机反接制动过程中，当电动机转速降至很低时，应立即切断电源，目的是防止（ ）
- A. 损坏电机 B. 电动机反转 C. 电动机堵转 D. 电机失控
- 6、复合按钮在按下时其触头动作情况是（ ）
- A. 常开触头先接通，常闭触头后断开
B. 常闭触头先断开，常开触头后接通
C. 常开触头接通与常闭触头断开同时进行
- 7、接触器的文字符号是（ ）
- A. KM B. KS C. KT D. KA
- 8、中间继电器的结构与原理与（ ）
- A. 交流接触器相类似 B. 热继电器相类似
C. 电流继电器相类似 D. 电压继电器相类似
- 9、由于电弧的存在，将导致（ ）
- A. 电路的分断时间加长 B. 电路的分断时间缩短
C. 电路的分断时间不变 D. 分断能力提高
- 10、GJ20—160型交流接触器在380 V时的额定工作电流为160 A，故它在380 V时能控制的电动机的功率约为（ ）
- A. 85 kW B. 100 kW C. 20 kW D. 160 kW
- 11、交流电压继电器和直流电压继电器铁心的区别是（ ）
- A. 交流电压继电器的铁心是由彼此绝缘的硅钢片叠压而成，而直流电压继电器的铁心则不是
B. 直流电压继电器的铁心是由彼此绝缘的硅钢片叠压而成，而交流电压继电器的铁心则不是
C. 交流电压继电器的铁心是由整块软钢制成，而直流电压继电器的铁心则不是
D. 交、直流电压继电器的铁心都是由整块软钢制成，但其大小和形状不同
- 12、通电延时型时间继电器，它的动作情况是（ ）
- A. 线圈通电时触点延时动作，断电时触点瞬时动作
B. 线圈通电时触点瞬时动作，断电时触点延时动作
C. 线圈通电时触点不动作，断电时触点瞬时动作
D. 线圈通电时触点不动作，断电时触点延时动作
- 13、交流接触器的主触点有（ ）
- A. 5对 B. 7对 C. 2对 D. 3对
- 14、直流接触器的电磁系统包括（ ）
- A. 线圈 B. 铁心 C. 衔铁 D. 上述三种
- 15、交流接触器有辅助触头取（ ）
- A. 5对 B. 2对 C. 7对 D. 3对

16、行程开关的符号为 ()

- A. SK B. SB C. SQ D. ST

17、电流继电器的符号为 ()

- A. KG B. KC C. KM D. KA

18、电压继电器的符号为 ()

- A. KG B. KS C. KV D. KT

19、中间继电器的符号为 ()

- A. KV B. KS C. KA D. KT

20、电压继电器的线圈与电流继电器的线圈相比，特点是 ()

- A. 电压继电器的线圈与被测电路串联
B. 电压继电器的线圈匝数多、导线细、电阻大
C. 电压继电器的线圈匝数少、导线粗、电阻小
D. 电压继电器的线圈匝数少、导线粗、电阻大

三、计算题

1、一台三相异步电动机，功率 $P_N = 10KW$ ，电压 $U_N = 380V$ ，电流 $I_N = 34.6A$ ，电源频率 $f = 50HZ$ ，额定转速 $n_N = 1450 r/min$ ，V 接法。求：

(1) 这台异步电动机的极对数 $p = ?$ 同步转速 $n_1 = ?$

(2) 这台异步电动机能采用 Y-V 吗？若 $\frac{I_N}{I_N} = 6.5$ ，Y-V 启动时，启动电流多大？

(3) 若电动机的功率因数 $\cos\varphi = 0.87$ 。该电动机在额定输出时，输入的电功率 $P_1 = ?$ 效率 $\eta = ?$

2、一台三相异步电动机，功率 $P_1 = 10KW$ ，额定转速 $n_N = 1450 r/min$ ，启动能力 $\frac{T_N}{T_N} = 1.2$ ，过载系数 $\lambda = 1.8$ 。求：

(1) 该电动机的额定转矩。

(2) 该电动机的启动转矩。

(3) 该电动机的最大转矩。

(4) 若该三相异步电动机采用 Y-V 启动，则启动转矩为多少？