



项目一 三相异步电动机单向旋转控制电路安装与调试

项目概述

在工农业生产中，大量使用各种各样的生产机械，这些生产机械的工作机构是通过电动机进行拖动的，如：车床、磨床、铣床、钻床等。生产机械中的一些部件的运动，需要原动力进行拖动，通常都是通过电动机拖动生产机械的工作机构使之运转，这种工作方式称为电力拖动。

三相异步电动机具有结构简单、工作可靠、价格低廉、维护方便、效率较高、体积小、质量轻等一系列优点，在电力拖动生产设备中，三相异步电动机是所有电动机中应用最广泛的一种。

项目目标

了解刀开关、熔断器、低压断路器、按钮、交流接触器、热继电器的结构，理解它们的工作原理；理解三相异步电动机单向旋转直接控制电路工作原理、理解三相异步电动机单向旋转点动与连续控制电路工作原理，掌握自锁、欠电压保护、失电压保护、过载保护、短路保护的概念。

学会识别、选择、安装、使用刀开关、熔断器、低压断路器、按钮、交流接触器、热继电器；能阅读三相异步电动机单向旋转直接控制电路图、三相异步电动机单向旋转点动与连续控制电路图，对三相异步电动机单向旋转直接控制电路、三相异步电动机单向旋转点动与连续控制电路进行安装与调试，并进行电路一般故障排除。

任务引入

在很多生产机械中，对工作机构运动方向的要求始终是一致的，因此要求电动机的转动方向保持不变，这种控制方式称为单向旋转控制。本项目将学习三相异步电动机单向旋转直接起动控制电路、三相异步电动机单向旋转点动与连续控制电路图安装与调试。

电动机接通电源后由静止状态逐渐加速到稳定运行状态的过程，称为电动机的起动。若将额定电压直接加到电动机的定子绕组上，使电动机起动旋转，称为直接起动或全压起动。



小容量电动机在起动时可以直接起动。

任务 1 三相异步电动机直接起动控制电路安装与调试

任务分析

通常小容量电动机可以直接起动，一般要求直接起动的电动机电路，通常采用如图 1-1 所示的控制方式。本次工作任务将完成三相异步电动机单向旋转手动控制直接起动电路的安装与调试，并学习其工作原理。

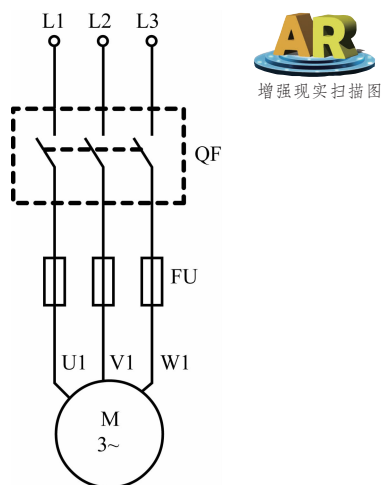


图 1-1 三相异步电动机直接起动控制电路原理图

一、电路构成

电路组成：低压断路器（自动空气开关）、熔断器、三相异步电动机和连接导线。

元器件作用：

1. 低压断路器 QF：电源控制开关。
2. 熔断器 FU：进行短路保护。
3. 导线：连接电路。
4. 电动机：电路负载。

二、工作原理分析

1. 电动机起动

合上电源控制开关 QF，三相交流电动机 M 得电起动旋转。

2. 电动机停转

断开电源控制开关 QF，三相异步电动机 M 失电停转。



3. 电路的保护

低压断路器 QF 可以进行短路保护、过载保护和欠压保护。

知识链接1

元器件的认识、安装与使用

电器就是根据外界特定信号自动或手动接通或断开电路，实现对电路或非电对象的控制，调节、控制和保护电路与设备的电工器具和装置。

电器的用途广泛，种类繁多。按照不同的分类原则可以分成以下几大类别：

1. 按照工作原理分

- (1) 电磁式电器电量控制的电器为电磁式电器，是根据电磁感应原理进行工作的电器。
- (2) 非电量控制电器其工作是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器。

2. 按照动作原理分

- (1) 手动电器是在人工直接操作下完成指令任务的电器。
- (2) 自动电器不需要人工直接操作，是按照电信号或非电信号自动完成指令任务的电器。

3. 按照工作电压等级分

(1) 低压电器是指工作在交流频率为 50 Hz 或 60 Hz，额定电压 1200 V 以下，或直流额定电压 1500 V 以下电路中的电器。

(2) 高压电器是指工作在交流频率为 50 Hz 或 60 Hz，额定电压 1200 V 以上，或直流额定电压 1500 V 以上电路中的电器。

4. 按照用途分

- (1) 控制电器是用于各种控制电路和控制系统的电器。
- (2) 保护电器是用于保护电路及用电设备的电器。
- (3) 配电电器是用于电能的输送和分配的电器。
- (4) 执行电器是用于完成某种动作或传动功能的电器。
- (5) 主令电器是用于自动控制系统中发送控制指令的电器。

5. 按执行机能分

- (1) 有触点电器是利用触点的接触和分离对电路进行接通或断开的电器。
- (2) 无触点电器是利用电子电路发出检测信号，达到执行机构并控制电路的电器。

有触点的电磁式继电器在电气自动控制电路中使用最为广泛，其类型也很多，各类电磁式继电器的工作原理和构造也基本相同。电磁式继电器大多由两个主要部分组成，即感测和执行部分。感测部分在自动切换电路中由电磁机构组成，在手动切换电路中常为操作手柄；执行部分包括触点片与灭弧装置。

通过对常用低压电器的结构、工作原理、型号、有关技术数据、图形符号、文字符号、选用原则及使用注意事项等内容的学习，为以后对电器的正确选择、合理使用打下基础。



一、刀开关

刀开关是一种配电电器，用于隔离电源，或在规定的条件下接通、断开电路以及换接正常或非正常的电路。

刀开关又称闸刀开关，是结构最简单、应用最广泛的一种手控电器，一般由操作手柄、刀片、触点座和底板组成。

刀开关的主要类型有大电流刀开关、负荷开关、熔断器式刀开关。常用的产品有 HD11-HD14 和 HS11-HS13 系列刀开关，HK1、HK2 系列开启式负荷开关，HH3、HH4 系列封闭式负荷开关，HR3 系列熔断器式刀开关等。

刀开关适用于交流 500 V 以下的小电流电路，主要作为照明灯、电阻和电热等回路的控制开关使用；可作为小型电动机的手动不频繁控制开关使用，并具有短路保护作用；还可以用于不频繁接通与断开且长期工作的机械设备的电源引入。

1. 刀开关外形、结构及符号

刀开关外观及结构如图 1-2 所示，结构图、符号如图 1-3 所示。刀开关结构简单、操作方便、工作可靠。开关与熔断器结合为一体，十分紧凑，在配电箱中应用非常方便。

刀开关分双极式、三极式两类，多种规格供选用。表 1-1 为 HK1 型系列产品数据。HK 系列刀开关由刀片和熔断器组合而成，又称开启式负荷开关。HK 系列刀开关不设专门的灭弧装置，仅利用胶盖的遮护防止电弧灼伤人手，操作者在合闸和拉闸时，应动作迅速，使电弧迅速熄灭，减轻电弧对动触片和静夹座的灼伤。

由于刀开关内部安装了熔丝，当它控制的电路发生短路故障时，熔丝迅速熔断切断电路，可保护电路中其他电气设备。

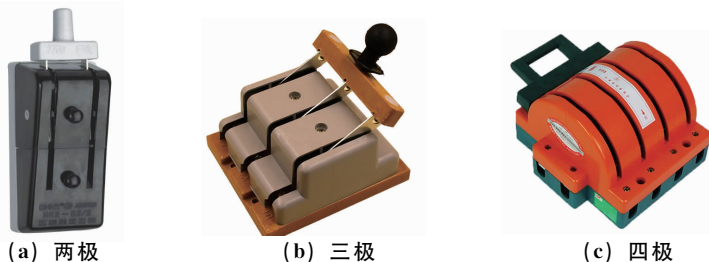


图 1-2 HK 系列刀开关外观及结构

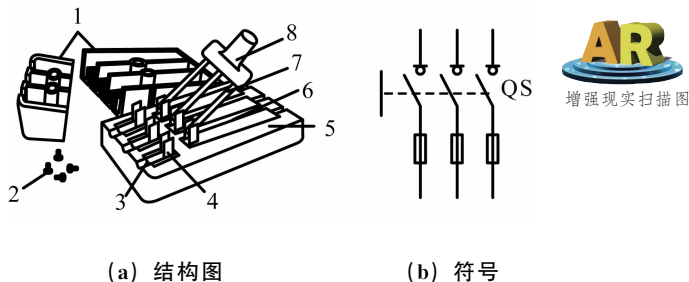


图 1-3 刀开关结构、符号

1—外壳；2—螺钉；3—接线柱；4—静触点；5—底座；6—保险丝及接线柱；7—动触点；8—手柄



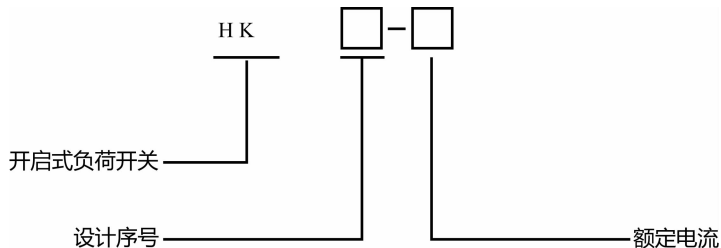
2. 刀开关的主要技术参数、型号表示方式及含义

(1) 额定电压刀开关在长期工作中能承受的最大电压称为额定电压，一般交流在 500 V 以下，直流在 440 V 以下。

(2) 额定电流刀开关在合闸位置长期通过的最大电流称为额定电流。小电流刀开关的额定电流有 10 A、15 A、20 A、30 A、60 A 五级；大电流刀开关的额定电流有 100 A、200 A、400 A、600 A、1000 A、1500 A 六级。

HK1 型系列产品技术参数见表 1-1。

HK 系列刀开关型号的含义为：



3. 刀开关的选用

(1) 刀开关根据电源种类、电压等级、电动机的容量及控制的级数进行选择。

(2) 刀开关为低压电器设备，使用交流电压不应超过 500 V，直流电压不应超过 440 V。

(3) 刀开关的额定电流应大于或等于电路额定电流。对频繁起动的大负荷电机电路，因起动冲击电流较大，刀开关选用额定电流值应选大于电路常态电流 2~3 倍。

(4) 用于照明电路时，可选用额定电压为 250 V、额定电流等于或大于电路最大工作电流的两极开关；用于电动机直接起动时，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。

表 1-1 HK1 系列产品技术参数

型号	极数	额定电 流/A	额定电 压/V	可控制电动 机最大容量 /kW	配用溶体规格			熔体线径/mm
					熔体成分			
					铅	锡	铋	
HK1-15	2	15	220	1.1	98%	1%	1%	1.45~1.59
HK1-30	2	30		3.0				2.30~2.52
HK1-60	2	60		4.5				3.36~4.00
HK1-15	3	15	380	2.2				1.45~1.59
HK1-30	3	30		4.0				2.30~2.52
HK1-60	3	60		5.5				3.36~4.00

4. 刀开关的安装和使用



(1) 刀开关在安装时,必须垂直安装在控制屏或开关板上,且合闸状态时手柄应朝上。绝不允许倒装或平装,以防操作手柄因重力掉落而发生误合闸事故。如图 1-4 所示。如果倒装或平装,手柄可能因松动而自动落下引起误动作合闸,将可能造成人身和设备的安全事故。

(2) 刀开关在接线时,应将电源进线接在闸刀开关上端,负载接在刀开关下端,这样拉开刀开关后,刀片与电源隔离,可防止意外事故发生。

(3) 刀开关适用于接通或断开有电压而无负载电流的电路,不宜分断有负载电路。可用于一般照明电路和功率小于 5.5 kW 电动机控制电路中。

(4) 在控制照明或电热负载时,要装接熔体作短路和过载保护。接线时应把电源进线接在静触头一边的进线座上,负载接在动触头一边的出线座上,这样在开关拉开后,闸刀和熔体上不会带电。在控制电动机时,应将开关中熔体部分用铜导线直连,并在出线端另外加装熔断器作短路保护。

(5) 更换熔体时,必须在闸刀断开的情况下按原规格更换。

(6) 分闸和合闸操作要动作迅速,使电弧尽快熄灭。

(7) 由于没有专门的灭弧装置,不宜用于操作频繁的电路。

(8) 胶盖或瓷底一旦破损,必须更换后才能使用,否则易发生人身触电伤亡事故。

(9) 不允许放在地上使用,更不允许在户外露天安装使用,要注意开关的防尘、防水和防潮。

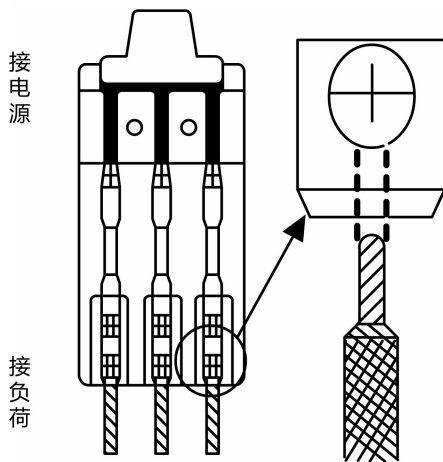


图 1-4 刀开关的安装

5. 刀开关的检测

合上闸刀开关,用万用表 Ω 挡的黑红表笔分别接在上下进线端和出线端进行检测,若检测结果为零,则为正常;若检测结果为 ∞ ,说明所测量进线端和出线端间有断路现象,应仔细检查找出断路点,排除故障。用万用表 Ω 挡的黑红表笔分别接在出线端任意两点间进行检测,若检测结果为 ∞ ,则为正常;若检测结果为零,说明所测量两相间有



短路现象，应仔细检查找出短路点，排除故障。

6. 刀开关常见故障及处理方法

刀开关常见故障及处理方法见表 1-2。

表 1-2 刀开关常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
合闸后，开关一相或两相不通	<ol style="list-style-type: none"> 1. 静触头弹性消失，开口过大，造成动、静触头接 2. 熔体熔断或虚连 3. 动、静触头氧化或有尘污 4. 开关进出线线头接触不良 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修理或更换静触头 2. 更换熔体或紧固 3. 清洁触头 4. 重新连接
合闸后熔体熔断	<ol style="list-style-type: none"> 1. 外接负载短路 2. 熔体规格偏小 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 排除负载短路故障 2. 按规格更换熔体
触头烧坏	<ol style="list-style-type: none"> 1. 开关容量太小 2. 拉、合闸动作过慢，造成电弧过大，烧坏触头 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换开关 2. 修整或更换触头，并正确操作

二、组合开关

组合开关又称转换开关，主要用于电源的引入。

1. 组合开关外形、结构及符号

几种常见组合开关如图 1-5 所示，结构、符号如图 1-6 所示。



(a) HZ10 系列组合开关

(b) HZ51WK 系列组合开关

(c) HZ5D 系列组合开关

图 1-5 常见的组合开关

组合开关是常用的手动旋转开关，它可同时控制多路通断。组合开关可用于 50 Hz、380 V 以下以及直流 220 V 以下的电气线路中，供手动不频繁地接通和断开电路、换接电源和负载。常用作机床电路的引入开关，可用来直接控制 5 kW 以下的小容量异步电动机的非频繁起动和停止，以及控制电路的换接等。

组合开关有单极、双极、多极之分。它由测试按钮、静触点、方形转轴、手柄、定



位机构及外壳等主要部件组成。

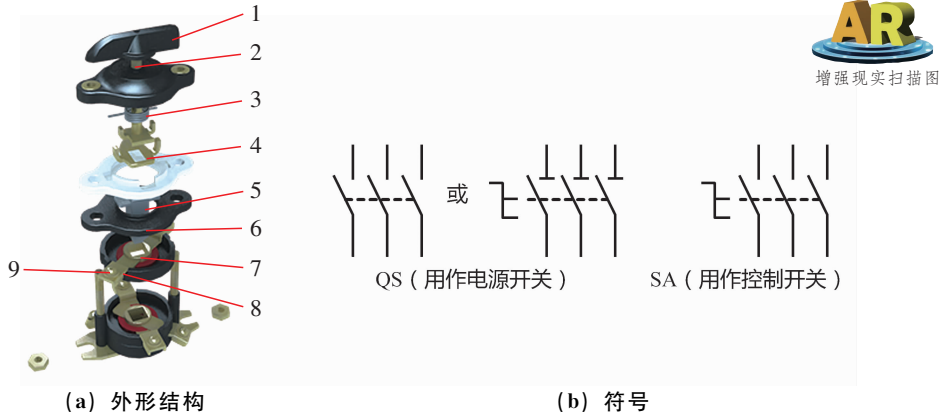


图 1-6 组合开关的结构、符号

- 1—手柄；2—转轴；3—弹簧；4—凸轮；5—绝缘杆；6—绝缘垫板；
7—动触片（测试按钮）；8—静触片；9—接线柱

组合开关的三对静触片分别装在三层绝缘垫板上，并附有接线柱，与电源及用电设备相连，三对动触片（测试按钮）由磷铜片或硬紫铜片和具有良好灭弧性能的绝缘铜纸板铆合而成，和绝缘垫板一起套在附有手柄的绝缘杆上。手柄可以沿着任何一个方向每次转动 90°，带动三个测试按钮分别与三对静触点接通或断开，从而接通或分断电路。开关的顶盖部分由滑板、凸轮、扭簧和手柄等构成操作机构，机构由扭簧储能，可使触点快速分断或闭合，保证开关在切断负荷电流时，迅速熄灭电弧。触点分断或闭合的速度，与手柄旋转的速度无关。

设备型号为 HZ 型，如 HZ10-25/3 型。常用规格为：250 V、500 V、10 A~100 A 多种规格。

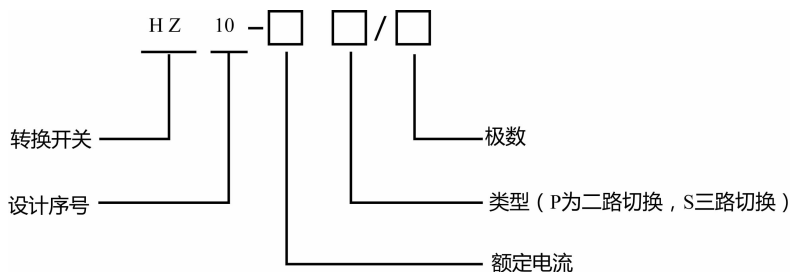
2. 组合开关的主要技术参数、型号表示方式及含义

HZ10 系列组合开关的技术参数见表 1-3。

表 1-3 HZ10 系列组合开关的技术参数

型号	极数	额定电流/A	额定电压/V	
			DC220	AC380
HZ10-10	2, 3	6, 10	DC220	AC380
HZ10-25	2, 3	25		
HZ10-60	2, 3	60		
HZ10-100	2, 3	100		

HZ 系列组合开关型号的含义为：





3. 组合开关的选用

(1) 转换开关主要根据电流种类、电压等级、所需触点数及电动机容量进行选择。

(2) 转换开关通常用于 5 kW 以下小容量负载的通断开关，如机床正反转控制等。当用于控制 7 kW 以下电动机起动、停止时，其额定电流应等于电动机额定电流的三倍，若不直接用于起动和停机，其额定电流只需要稍大于电动机的额定电流。

4. 组合开关的安装和使用方法

(1) HZ10 系列组合开关应安装在控制箱（或壳体）内，其操作手柄最好在控制箱的前面或侧面。开关为断开状态时应使手柄处于水平旋转位置。H23、H22 系列转换开关外壳上的接地螺钉应可靠接地。

(2) 若需在箱内操作，开关最好装在箱内右上方，并且在它的上方不安装其他电器，否则应采取隔离或绝缘措施。

(3) 组合开关的通断能力较低，不能用来分断故障电流。用于控制异步电动机的正反转时，必须在电动机完全停止转动后才能反向起动，且每小时的接通次数不能超过 20 次。

(4) 当操作频率过高或负载功率因数较低时，应降低开关的容量使用，以延长其使用寿命。

(5) 倒顺开关接线时，应将开关两侧进出线中的一相互换，并分清开关接线端的标记，切忌接错，以免产生电源两相短路事故。

5. 组合开关的检测

接通转换开关，用万用表 Ω 挡的黑红表笔分别接在上下进线端和出线端进行检测，若检测结果为零，则为正常；若检测结果为 ∞ ，说明所测量进线端和出线端间有断路现象，应仔细检查找出断路点，排除故障。用万用表 Ω 挡的黑红表笔分别接在出线端任意两点间进行检测，若检测结果为 ∞ ，则为正常；若检测结果为零，说明所测量两相间有短路现象，应仔细检查找出短路点，排除故障。

6. 组合开关的常见故障及处理方法

组合开关的常见故障及处理方法见表 1 - 4。

表 1 - 4 组合开关的常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
手柄转动后，内部触头没有动	1. 手柄上的轴孔受磨损而变形 2. 绝缘杆变形 3. 手柄与方轴或轴与绝缘杆配合松动 4. 操作机构损坏	1. 调换手柄 2. 更换绝缘杆 3. 紧固松动部分 4. 修理更换



(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
手柄转动后，动、静触头不能按要求动作	1. 型号选用不正确 2. 触头角度装配不正确 3. 触头失去弹性或接触不良	1. 更换开关 2. 重新装配 3. 更换触头或清除氧化层
接线柱间短路	因铁屑或油污附着在接线柱间，形成导电层，将绝缘损坏形成短路	更换开关

三、低压断路器

低压断路器也称自动空气断路器或自动空气开关，是低压配电系统和电力拖动系统中非常重要的电器。自动断路器共同特点是：触点利用空气灭弧装置灭弧，能在过流或短路时，自动断开电路实现电路保护。部分产品还与漏电保护器组合联运，进行漏电保护。

断路器相当于刀开关、熔断器、过电流、欠电压及热继电器的组合，具有多种控制与保护功能，具备结构精巧、操作安全、工作可靠、使用方便、安装简单、分断能力高等优点，且在分断故障电流后一般不需要更换零部件，目前应用极为普遍。

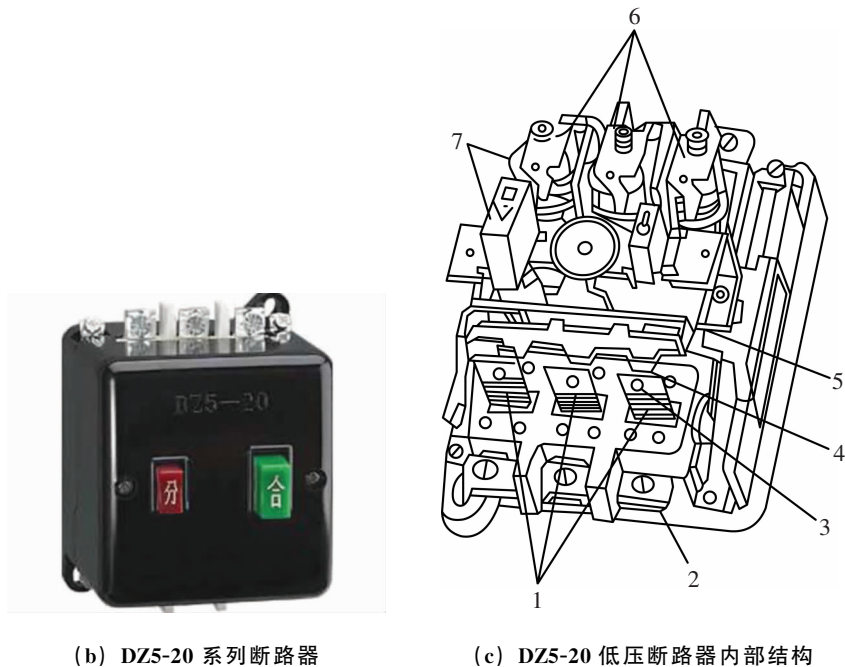
低压断路器可用于不频繁地接通和断开电路以及控制电动机的运行，当电路中发生短路、过载和欠电压等故障时，能自动切断故障短路，有效地保护串联在其后的电气设备。

1. 低压断路器外形、结构及符号

- (1) 低压断路器外形如图 1-7a、图 1-7b、结构如图 1-7c 所示。
- (2) 自动断路器动作原理图如图 1-8a 所示，符号如图 1-8b 所示。



(a) DZ47-63 系列断路器



(b) DZ5-20 系列断路器

(c) DZ5-20 低压断路器内部结构

图 1-7 断路器

1—热脱扣器；2—接线柱；3—静触点、触点；4—自由脱扣器；5—电磁脱扣器；6—按钮

2. 低压断路器的工作原理

图 1-8a 中，现状态为电路接通状态。

(1) 接通时

按下接通按钮 14，此时，锁扣右移压缩弹簧 16，锁扣 3 与搭扣 4 勾紧，电路三组动静触点闭合，电路处于正常通路。而机构 3、4、16 处于激发状态，即“结扣”状态。

(2) 脱扣过程

当电路出现故障时，各脱扣器工作过程如下：

手动脱扣：只要按下停止按钮 15，则搭扣 4 和锁扣 3 即行脱离，锁扣 3 被弹簧 16 推开使测试按钮左移，断开电路，这一过程叫手动脱扣。手动脱扣是人工切断电源的关闭过程。

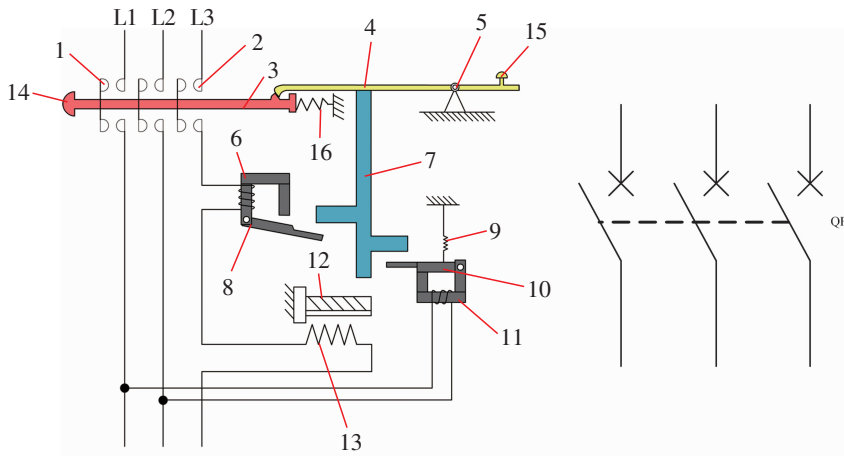
短路脱扣：当线路短路时，线路电流远远超过额定工作电流并超过设计脱扣电流。此时，脱扣电磁铁 6 磁力猛增，吸动衔铁 8，使扛杆 7 上移推动搭扣 4 上扬，3 与 4 脱勾断开线路。

过流脱扣：当线路长时间过流时，如果过流量不是猛增，且过流不大时，双金属片 12 被长时间加热后，渐渐弯曲变形。当过流值超出规定脱扣电流时，弯曲的金属片推动扛杆 7 使机构脱扣。短路脱扣反应及时，过流脱扣反应缓慢、对短时间过荷并不脱扣，有利于电机起动冲击。

欠压脱扣：有些电气设备不允许欠压运行。欠压脱扣器 11 执行欠压脱扣功能。当电



路电压为额定时，欠压脱扣磁铁正常吸合，如电压低于脱扣电压则欠压，电磁铁吸力大减，释放衔铁 10，衔铁 10 在弹簧 9 的拉力下推动杠杆 7 上移，使机构脱扣断电。



(a) 原理图

(b) 符号

图 1 - 8 断路器原理结构图和符号

- 1—动触点；2—静触点；3—锁扣；4—搭扣；5—转轴座；6—电磁脱扣器；7—杠杆；
 8—电磁脱扣器衔铁；9—拉力弹簧；10—欠压脱扣器衔铁；11—欠压脱扣器；12—热金属片；
 13—热元器件；14—接通按钮；15—停止按钮；16—弹簧

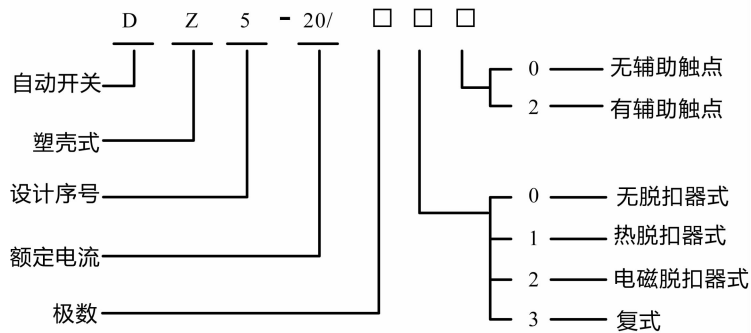
3. 低压断路器技术参数、型号表示方式及含义

DZ5-20 系列低压断路器技术参数见表 1 - 5。

表 1 - 5 DZ5-20 系列低压断路器技术参数

型号	额定电压/V	主触点额定电流/A	极数	脱扣器形式	热脱扣器额定电流/A	电磁脱扣器瞬时动作整定电流/A
DZ5-20/330	AC380 DC220	20	3	复式	0.10~0.15	为热脱扣器额定电流的 8~12 倍
DZ5-20/230			2		0.15~0.20	
DZ5-20/320			3	电磁脱扣器式	0.20~0.30	
DZ5-20/220			2		0.30~0.45	
DZ5-20/310			3	热脱扣器式	0.45~0.65	
DZ5-20/210			2		0.65~1.00	
			2		1.00~1.50	
					1.50~2.00	
					2.00~3.00	
DZ5-20/300			3			
DZ5-20/200	2	4.50~6.50				
				6.50~10.00		
				10.00~15.00		
				15.00~20.00		

低压断路器型号表示方式和含义：



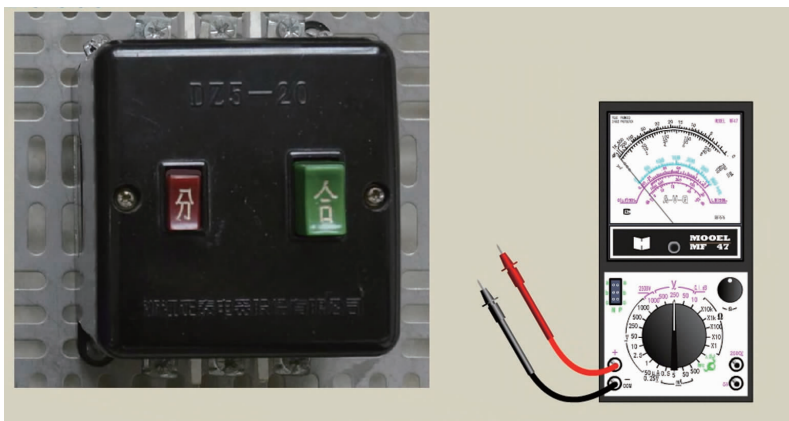
4. 低压断路器的选用

- (1) 低压断路器的额定电压应大于或等于电路的额定电压。
- (2) 低压断路器的额定电流应大于或等于电路或设备的额定电流。
- (3) 低压断路器的通/断能力应大于或等于电路中可能出现的最大短路电流。
- (4) 欠电压脱扣器的额定电压等于电路额定电压。
- (5) 分励脱扣器的额定电压等于控制电源电压。
- (6) 长延时电流整定值等于电动机额定电流。

(7) 瞬时整定电流：对于保护鼠笼式异步电动机的低压断路器，瞬时整定电流为电动机额定电流的 8~15 倍，对于保护绕线型异步电动机的低压断路器，瞬时整定电流为电动机额定电流的 3~6 倍。

5. 低压断路器的检测

合上低压断路器，用万用表 Ω 挡的黑红表笔分别接在上下进线端和出线端进行检测，若检测结果为零，则为正常；若检测结果为 ∞ ，说明所测量进线端和出线端间有断路现象，应仔细检查找出断路点，排除故障。用万用表 Ω 挡的黑红表笔分别接在出线端任意两点间进行检测，若检测结果为 ∞ ，则为正常；若检测结果为零，说明所测量两相间有短路现象，应仔细检查找出短路点，排除故障。低压断路器检测示意图如图 1-9 所示。



AR
增强现实扫描图

图 1-9 低压断路器的检测



6. 低压断路器的常见故障及处理方法

低压断路器的常见故障及处理方法见表 1 - 6。

表 1 - 6 低压断路器的常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
不能合闸	1. 欠压脱扣器无电压或线圈损坏 2. 储能弹簧变形 3. 反作用弹簧力过大 4. 机械不能复位再扣	1. 检查电压或更换线圈 2. 更换储能弹簧 3. 重新调整 4. 调整再扣接触面到规定值
电流达到整定值，断路器不动作	1. 热脱扣器双金属片损坏 2. 电磁脱扣器的衔铁与铁心距离太大或电磁线圈损坏 3. 主触头熔焊	1. 更换双金属片 2. 调整衔铁与铁心的距离或更换新断路器 3. 检查原因并更换触头
起动电动机时，断路器立即分断	1. 电磁脱扣器瞬时动作整定值过小 2. 电磁脱扣器损坏	1. 调高整定值至规定值 2. 更换脱扣器
断路器闭合后，经一定时间自行分断	热脱扣器整定值过小	调高整定值至规定值
断路器温升过高	1. 触头压力过小 2. 触头表面磨损或接触不良 3. 两个导电零件连接螺钉松动	1. 调整触头压力或更换弹簧 2. 更换触头或修整接触面 3. 重新拧紧螺钉

四、熔断器

熔断器是低压配电系统和电力拖动系统中进行短路和严重过载保护的电器，当流过熔断器的电流大于规定值一定时间后，其自身产生的热量使熔体熔化而切断电路，实现对电路的短路和严重过载保护。熔断器结构简单、体积小、重量轻、使用维护方便、价格低廉，是最常见的保护电器，被广泛应用于各种电气电路中。

1. 熔断器的外形、结构及符号

熔断器的种类繁多。按照结构形式分为半封闭插入式、无填料密闭管式、有填料封闭式；按照用途分为一般工业用、半导体器件保护用的快速熔断器和特殊熔断器；按照其使用对象分为专职人员使用的、非熟练人员使用的、半导体器件保护用的。常见熔断器如图 1 - 10 所示，熔管如图 1 - 11 所示。

插入式熔断器由熔体和安装部件构成。熔体由低温熔体合金片、丝等构成，安装部件由瓷座、槽、夹等构成。

熔断器在使用时串联在被保护电路中，正常工作时，熔体流过相应的电流不会熔化，当电路出现短路或严重过载时，电流超过额定值 5~6 倍，熔体流过很大的故障电流，该电流产生的热量达到熔体的熔点使熔体熔化，自动切断电路，达到过载或短路保护的日的。常见结构有 RC1A 系列，RL1 系列、RM10 系列。



(a) RT1 系列熔断器 (b) RM10 无填料封闭管式熔断器 (c) HDLR50 系列半导体快速熔断器
(d) RL1 系列熔断器 (e) RT0 有填料低压熔断器

图 1 - 10 几种常见熔断器



图 1 - 11 熔管

(1) RC1A 系列插芯式熔断器

RC1A 系列插芯式熔断器外形及符号如图 1 - 12 所示。

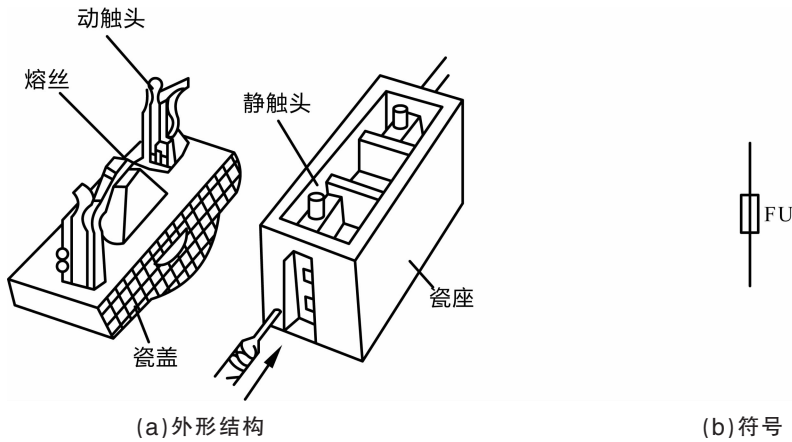
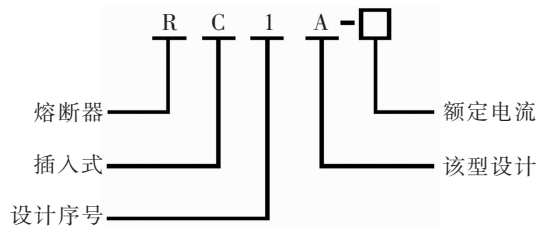


图 1 - 12 RC1A 系列瓷插式熔断器结构、符号

RC1A 系列插入式熔断器主要应用于额定电压 380 V、额定电流 200 A 以下线路短路保护和一定程度的过载保护。

RC1A 系列瓷插式熔断器型号表示方式：



(2) RL1 系列螺旋式熔断器

螺旋式熔断器由熔断管、载熔件、底座构成。熔断管又称熔断体，是装有熔体的部件，由熔体、熔断体连接点和指示器等组成；载熔件是用来装载熔断体的可动部件，由瓷帽和瓷套组成；底座是具有触点、接线端子和盖子的熔断器固定部分。

RL1 系列螺旋式熔断器外形、结构如图 1 - 13 所示。RL1 系列螺旋式熔断器型号及使用与 RC1A 类同，由于熔断体封闭于熔断管内，熔体熔化时只限制在管内，不污染其他部件。

(3) RM10 系列封闭管式熔断器

封闭管式熔断器外形、结构如图 1 - 14 所示，由钢纸管、黄铜套管、黄铜帽、夹头、熔体组成。

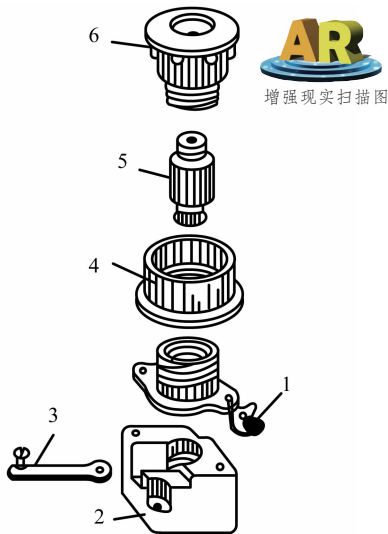


图 1 - 13 RL1 系列螺旋式熔断器

1—上接线端；2—瓷座；3—下接线端；
4—瓷套；5—熔断管；6—瓷帽

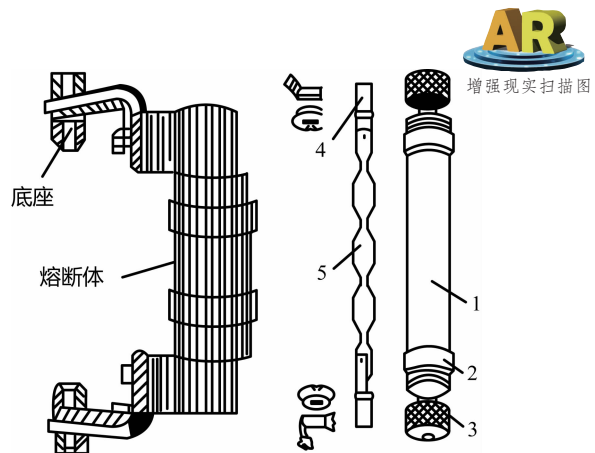


图 1 - 14 RM10 系列封闭管式熔断器

1—钢纸管；2—黄铜套管；3—黄铜帽；
4—夹头；5—熔体

2. 熔断器的主要技术参数、型号表示方式及含义

常用电压熔断器基本技术参数见表 1 - 7。

RL1 系列瓷插式熔断器型号表示方式：

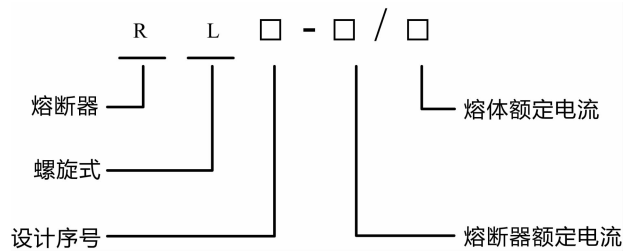


表 1-7 常用电压熔断器基本技术参数

类别	型号	额定电压/V	额定电流/V	熔体额定电流等级/A
插入式熔断器	RC1A	380	5	2, 4, 5
			10	2, 4, 6, 10
			15	6, 10, 15
			30	15, 20, 25, 30
			60	30, 40, 50, 60
			100	60, 80, 100
螺旋式熔断器	RL1	500	15	2, 4, 6, 10, 15
			60	20, 25, 30, 35, 40, 50, 60
			100	60, 80, 100
			200	100, 125, 150, 200
	RL2	500	25	2, 4, 6, 10, 15, 20, 25
			60	25, 32, 50, 60
无填料封闭管式熔断器	RM10	380	15	6, 10, 15
			60	15, 20, 25, 35, 45, 60
			100	60, 80, 100
			200	100, 125, 160, 200
			350	200, 225, 260, 300, 350
			600	350, 430, 500, 600
有填料封闭管式熔断器	RT0	AC380 DC440	100	30, 40, 50, 60, 80, 100
			200	120, 150, 200
			400	200, 250, 300, 350, 400
			600	450, 500, 550, 600

3. 熔断器的选用

(1) 熔断器类型的选择



根据使用环境和负载性质选择适当类型的熔断器。在小容量照明电路中,常选用 RC1A 系列插入式熔断器;在机床控制线路中,常选用 RL1 系列螺旋式熔断器;在开关柜或配电屏中,常选用 RM10 系列无填料封闭管式熔断器等。

(2) 熔体额定电流的选择

1) 对照明、电炉等电流较平稳、无冲击电流的负载短路保护,熔体的额定电流 I_{RN} 应等于或稍大于负载的额定电流 I_N , 即 $I_{RN} \geq I_N$ 。

2) 对一台不经常起动且起动时间不长的电动机的短路保护,熔体的额定电流 I_{RN} 应大于或等于 1.5~2.5 倍电动机额定电流 I_N , 即 $I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$;

对于频繁起动或起动时间较长的电动机,上式的系数应增加到 3~3.5, 即 $I_{RN} \geq (3 \sim 3.5) I_N$ 。

3) 对多台电动机的短路保护,熔体的额定电流 I_{RN} 应大于或等于其中最大容量电动机的额定电流 I_{Nmax} 的 1.5~2.5 倍加上其余电动机额定电流的总和 $\sum I_N$, 即: $I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{Nmax} + \sum I_N$ 。

(3) 熔断器额定电压和额定电流的选择

熔断器的额定电压必须等于或大于线路的额定电压;熔断器的额定电流必须等于或大于所装熔体的额定电流。

(4) 熔断器的分断能力应大于电路中可能出现的最大短路电流。

4. 熔断器安装和使用方法

安装时应保证熔体与触点、触点与上下接线端接触良好;更换熔体的规格应与所要求的熔体一致以保证动作的可靠性;熔体的额定电流不能大于熔管的额定电流;熔断器的额定电压与线路的电压相等,熔断器的极限分断能力高于被保护的最大短路电流。

(1) 熔断器应完整无损,安装时应保证熔体和夹座接触良好,并具有额定电压、额定电流值标志。

(2) 插入式熔断器应垂直安装,螺旋式熔断器的电源线应接在瓷底座的下接线座上,负载线应接在螺纹壳的上接线座上。这样在更换熔断管时,旋出螺帽后螺纹壳上不带电,保证了操作者的安全。

(3) 熔断器内要安装合格的熔体,不能用多根小规格熔体并联代替一根大规格熔体。在安装熔体时,应保证接触良好,在螺栓上沿顺时针方向缠绕,注意不损伤熔体。

(4) 安装熔断器时,各级熔体应相互配合,并做到下一级熔体的规格比上一级小。

(5) 更换熔体或熔管时,应切断电源,严禁带负荷操作,以免发生电弧灼伤。

(6) 严禁在三相四线制电路的中性线上安装熔断器。

(7) 熔断器兼做隔离器件使用时应该安装在控制开关的电源进线端,若仅作短路保护,应该安装在控制开关的出线端。

5. 熔断器的检测

装入熔断器的熔体,用万用表 Ω 挡的黑红表笔分别接在上下进线端和出线端进行检测,若检测结果为零,则为正常;若检测结果为 ∞ , 说明所测量进线端和出线端间有断



路现象，应仔细检查先确认熔体是否完好，找出断路点，排除故障。熔断器的检测示意图如图 1-15 所示。

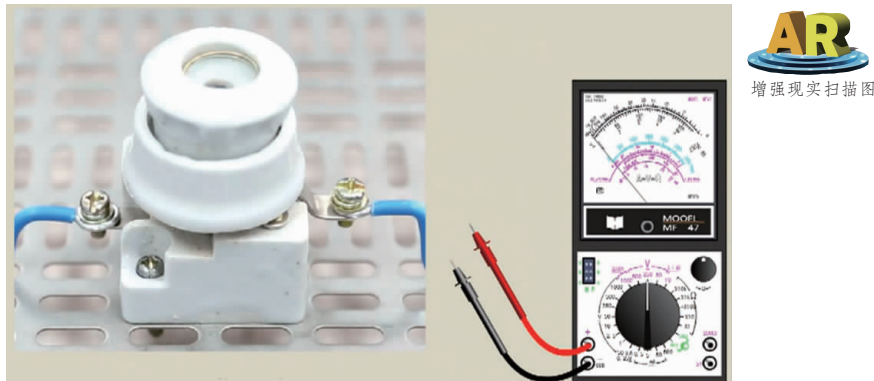


图 1-15 熔断器的检测

6. 熔断器的常见故障及处理方法

熔断器的常见故障及处理方法见表 1-8。

表 1-8 熔断器的常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
电路接通瞬间，熔体熔断	1. 熔体电流等级选择过 2. 负载侧短路或接地 3. 熔体安装时受机械损伤	1. 更换熔体 2. 排除负载故障 3. 更换熔体
熔体未见熔断，但电路不通	熔体或接线座接触不良	重新连接

五、端子排

端子排，可承载多个或多组相互绝缘的端子组件并用于固定支持件的绝缘部件。端子排的作用是将屏内设备和屏外设备的线路相连接，起到信号（电流电压）传输的作用。

使用端子排后，使得线路方便安装，线路接线美观整齐。在远距离线之间的联接时主要是牢靠，可以直接从端子排上接线，所以不需要对原来的控制回路进行更改，施工和维护方便。

知识链接2

电气线路检测方法

1. 自检

(1) 核查线路

按电路图或接线图从电源端开始，逐段核对接线及接线端子处是否正确，有无漏接、错接等现象。检查导线接点是否符合要求，压接是否牢固。接触应良好，以免带负载运行时产生电弧、发热的现象。



(2) 检查线路的通断情况时, 应选用万用表较低倍率的电阻挡, 并进行校零, 以防短路故障的发生。对控制电路进行检查时(可断开主电路), 将表笔分别搭在电源进线端上, 读数应为“∞”。按下起动按钮时, 读数应为接触器线圈的电阻值。然后断开控制电路再检查主电路有无开路或短路现象, 此时可用手动来代替接触器通电进行检查。

2. 通电试车

为确保人身安全, 在通电试车时, 要认真执行安全操作规程的有关规定, 一人监护, 一人操作。试车前应检查与通电试车有关的电气设备是否有不安全的因素存在, 若查出应立即整改, 然后方能试车。

(1) 通电试车前, 必须征得指导教师同意, 由教师接通三相电源 L1、L2、L3, 并在现场监护。学生合上电源开关后, 用验电笔检查熔断器出线端, 氖管亮说明电源接通。按下起动按钮, 观察接触器情况是否正常, 是否符合线路功能要求; 观察电气元器件动作是否灵活, 有无卡阻及噪声过大等现象; 观察电动机运行是否正常等, 但不得对线路接线进行带电检查。观察过程中, 若有异常现象应马上停车。当电动机运行平稳后, 用钳形电流表测量三相电流是否平衡。

(2) 以通电后电路一切运行正常为试车成功, 否则必须重新检查, 直到正常为止。计算通电检查次数, 作为评分的依据。

(3) 出现故障后, 学生应独立进行检修。若需带电进行检查, 则教师必须在现场监护。

检修完毕后, 如需再次试车, 也应该有教师监护, 并做好记录。

注意事项

元器件质量检测的一般原则包括:

(1) 检查元器件质量应该在断开电源的情况下进行。

(2) 元器件的技术数据(如规格、型号、额定电压、额定电流等)应该完整并符合电路要求, 外观无损伤, 备件、附件完好齐全。

(3) 元器件电磁机构动作应灵活, 无衔铁卡阻等不正常现象。用万用表检查电磁线圈的通电情况以及各触点的分合情况。

(4) 接触器线圈的额定电压应与电源电压一致。

(5) 对电动机的质量进行常规检查。

知识链接3

认识电工工具及仪器仪表

1. 电工工具

电工工具是电气操作的基本工具, 电气操作人员必须掌握电工常用工具的结构、性能和正确的使用方法。工具不符合规格、质量不好或使用不当, 都将影响施工质量、降低工作效率, 甚至造成安全隐患或事故。常用电工工具如图 1-16 所示。



(a) 氖管试电笔

(b) 数字式试电笔

(1) 试电笔



(a)一字旋具

(b)十字旋具

(c)气动螺钉旋具

(2) 旋具（螺丝刀）



(3) 钢丝钳



(4) 尖嘴钳

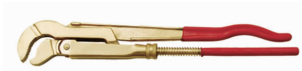
(5) 斜口钳



(6) 电工刀



(7) 剥线钳



(8) 管钳



(9) 线槽剪



(10) 活动扳手

图 1 - 16 常用电工通用工具

(1) 试电笔：图 a 为氖管试电笔，图 b 为数字试电笔，用于检验电路和电气是否带电。

(2) 旋具：也称螺丝刀，用于旋动螺丝。

(3) 钢丝钳：用于剪切电线、金属丝、剥削电线绝缘层、起拔螺丝等。

(4) 尖嘴钳：用于在较狭小空间操作及钳夹小零件、金属丝等。

(5) 斜口钳：主要用于剪切导线、元器件多余的引线，还常用来代替一般剪刀剪切