

常用设备的电气 安装、调试与检修

● 主 编 陈家文 秦 忠 陈 伟



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

常用设备的电气 安装、调试与检修

主 编 陈家文 秦 忠 陈 伟

副主编 熊继华 邹艳红 崔庆权
曹 瑜

参 编 张 颖 汪全美 文富强
陈 军 潘兆云 刘艳伟
周仲达 吴彦霖 于 兰
许 芬 冯溪阳

图书在版编目 (CIP) 数据

常用设备的电气安装、调试与检修 / 陈家文, 秦忠, 陈伟主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2018. 5

ISBN 978 - 7 - 5682 - 5686 - 5

I. ①常… II. ①陈… ②秦… ③陈… III. ①电气设备 - 设备安装②电气设备 - 调试③电气设备 - 检修 IV. ①TM0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 110091 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 11.5

字 数 / 270 千字

版 次 / 2018 年 5 月第 1 版 2018 年 5 月第 1 次印刷

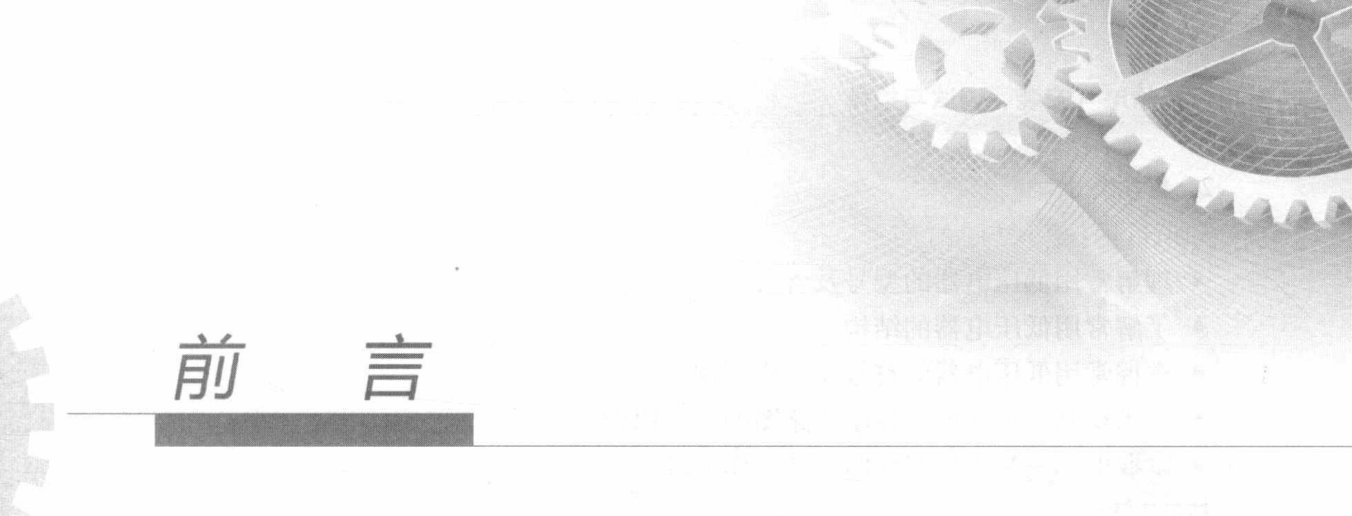
定 价 / 43.00 元

责任编辑 / 梁铜华

文案编辑 / 梁铜华

责任校对 / 黄拾三

责任印制 / 李 洋



前言

一、课程的性质与任务

“常用设备的电气安装、调试与检修”是高等院校电气自动化技术、机电技术应用等专业的一门专业核心课程。本课程精选了工厂电气中的典型内容，如常用低压电器、三相异步电动机电气控制线路、常用机床电气控制线路及常见故障的排除等，其任务是通过典型工厂电气控制设备的安装、调试、运行与维修等实践活动，使学生掌握典型低压电气控制设备安装、调试、运行与维修的核心技能，具备分析和解决生产、生活中实际问题的能力，具备学习后续专业核心课程的能力；为学生进行职业意识培养、职业生涯的发展奠定基础。

二、教学提要与教学要求

1. 教学提要

本教材主要介绍有触头的低压开关、接触器、继电器、按钮、位置开关等低压电器元件及由它们组成的电动机基本控制线路。掌握电动机基本控制线路的工作原理及安装与检修是检修工厂电气控制设备的基础。针对电动机基本控制线路中所涉及的常用低压电器元件，应掌握其型号及含义、结构、符号、工作原理、选用方法、安装与使用方法和常见故障及处理方法；对常见的电动机基本控制线路应熟记、会画图、会分析、会安装、会检修。更重要的是，要掌握这些基本控制线路的特点和在电气控制设备中的运用，找出本质的规律，也就是：继电器和接触器线圈的通、断电造成它们触头的闭合与断开，用这些触头又如何去控制另一些电器元件线路或电动机主电路的通、断电，从而实现对电动机的启动、停止、反向、制动和调速等方式的控制。针对电动机基本控制线路的安装与检修，应熟悉绘制、识读控制线路的一般原则，能根据工厂电气控制设备的控制要求正确绘制控制线路图，按所设计的控制线路图确定主要材料单，按所给的材料和电气安装规范要求，正确利用工具和仪表熟练安装电器元件，正确配线，最后进行通电试验，并能排除控制线路中的常见故障。

工厂电气控制设备中无论多复杂的控制线路，极大部分都是这些低压电器元件常开、常闭触头的有机组合，都是几种电动机基本控制线路、环节的有机组合。常见的电动机控制线路主要有：点动控制线路、正转控制线路、正反转控制线路、位置控制线路、多地控制线路、降压启动控制线路、调速控制线路及制动控制线路等。



2. 教学要求

知识目标:

- 理解常用低压电器的型号及含义。
- 了解常用低压电器的结构。
- 掌握常用低压电器的符号及工作原理。
- 熟悉绘制、识读电气控制线路图的一般原则。
- 掌握电动机基本控制线路及其工作原理。

技能目标:

- 能参照低压电器技术参数和工厂电气控制设备要求选用低压电器。
- 会正确安装和使用常用低压电器。
- 能对低压电器的常见故障进行处理。
- 能正确、熟练地分析电动机基本控制线路。
- 能正确、熟练地安装电动机基本控制线路。
- 能分析与排除电动机基本控制线路的常见故障。

《常用设备的电气安装、调试与检修》可以作为高等院校工厂自动化、机电一体化专业的理论教学和实训指导用书。本书精选了工厂电气控制中的典型内容,包括常用低压电器、三相异步电动机电气控制线路、常用机床电气控制线路及常见故障的排查、起重机的电气控制等,本书各章均配有相关实训。

本书以能力本位教育为指引,以职业技能标准为依据,以适应社会需求为目标,以培养技术应用能力为主线,本着“工学结合、行动导向、任务驱动、学生主体”的学习领域开发思路,更加贴近职业教育的特点。

本书在使用的过程中,可根据专业需要和自身的实际情况,适当进行删减。

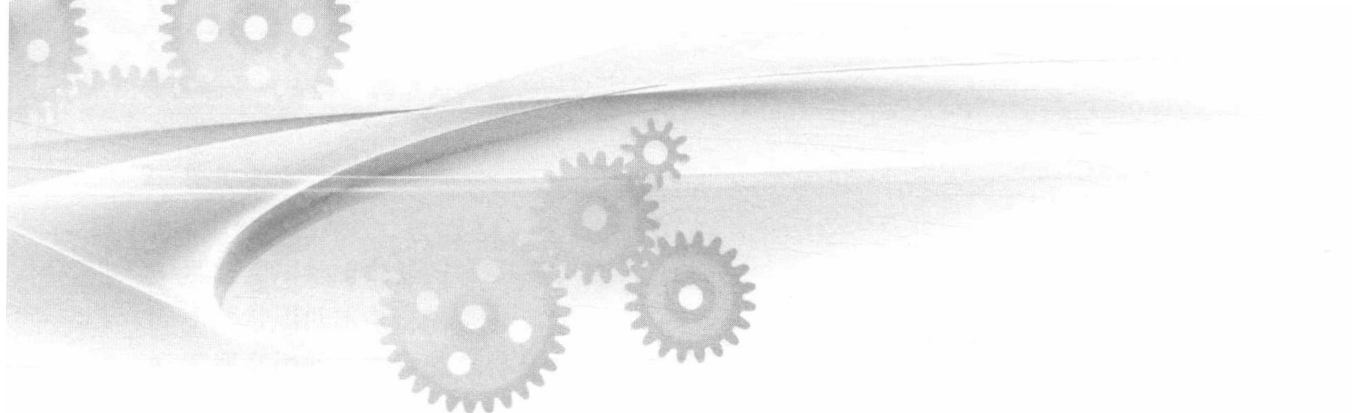
本书由多位专家进行了审定,并提出了许多宝贵建议,同时得到了其他教师、学院相关部门工作人员的大力支持和协助,在此一并表示感谢。

书中的错误和不足之处在所难免,恳请广大读者给予批评指正。

编 者

2018年5月

项目 1 常用低压电器的拆装、检修及调试	001
任务 1.1 低压电器的基础知识	001
任务 1.2 开关电器的认知与检测	015
任务 1.3 主令电器的认知与检测	024
任务 1.4 熔断器的认知与检测	032
任务 1.5 接触器的认知与检测	036
任务 1.6 低压断路器的认知与检测	041
任务 1.7 继电器的认知与检测	046
项目 2 典型电气控制系统的安装、调试及故障处理	060
任务 2.1 电气控制电路图的绘制与识读	060
任务 2.2 三相交流异步电动机点动、连续运转控制与检修	065
任务 2.3 两台三相异步电动机的顺序控制、多地控制与检修	072
任务 2.4 三相交流异步电动机正反转控制与检修	078
任务 2.5 三相异步电动机的自动循环控制与检修	084
任务 2.6 三相交流异步电动机降压启动控制与检修	089
任务 2.7 三相交流异步电动机的电气制动与检修	096
任务 2.8 多速异步电动机控制与检修	106
项目 3 典型生产机械电气控制电路分析、检查及故障处理	114
任务 3.1 CA6140 型卧式车床电气控制电路的分析与检修	114
任务 3.2 M7130 型平面磨床电气控制线路的分析与检修	120
任务 3.3 Z3040、Z35 型摇臂钻床电气控制电路的检修	126
任务 3.4 X62W 型万能铣床电气控制电路的分析与检修	135
任务 3.5 T68 型卧式镗床电气控制电路的分析与检修	142



目 录

Contents

任务 3.6 桥式起重机电气控制电路的分析与检修	149
项目 4 电气控制系统的设计	158
任务 4.1 电气控制系统设计的基本内容、基本原则和方法	158
任务 4.2 电气控制电路设计举例	164
参考文献	177

项目1 常用低压电器的拆装、检修及调试

任务1.1 低压电器的基础知识

【任务目标】

- (1) 理解电器及低压电器的概念。
- (2) 熟悉电磁式低压电器的基本知识。
- (3) 了解常用电工工具及电工仪表的使用方法。
- (4) 掌握电磁机构的常见故障现象、故障原因及维修方法。

知识储备

电器就是一种能根据外界的信号和要求,手动或自动地接通或断开电路,实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测和调节的元件或设备。

根据工作电压的高低,电器可分为高压电器和低压电器。工作在交流 50 Hz 额定电压 1 200 V 及以下、直流额定电压 1 500 V 及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器称为低压电器。常见的低压电器如图 1.1.1 所示。

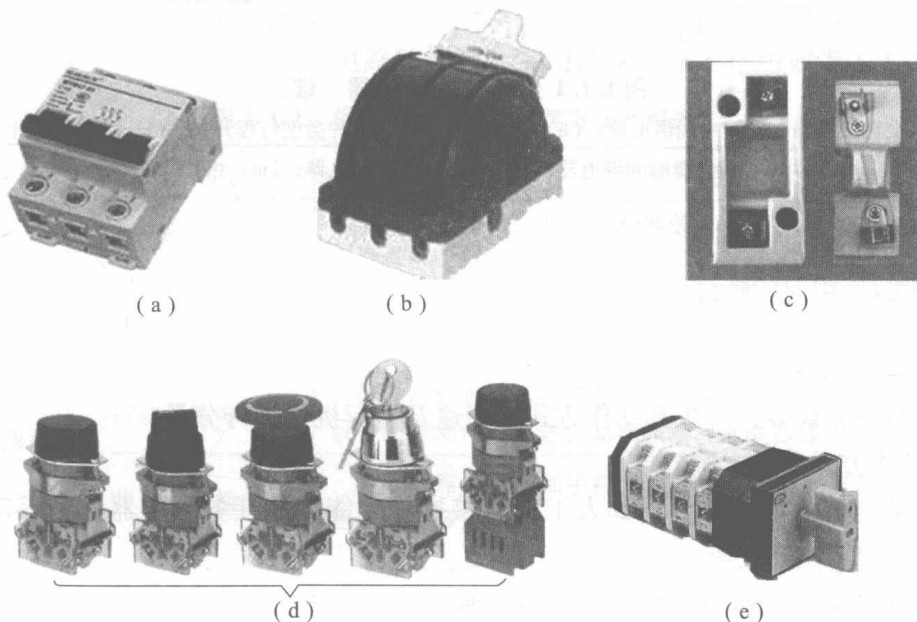


图 1.1.1 常见的低压电器

(a) 低压断路器; (b) HK 系列刀开关; (c) 瓷插式熔断器; (d) 各种类型按钮; (e) 万能转换开关

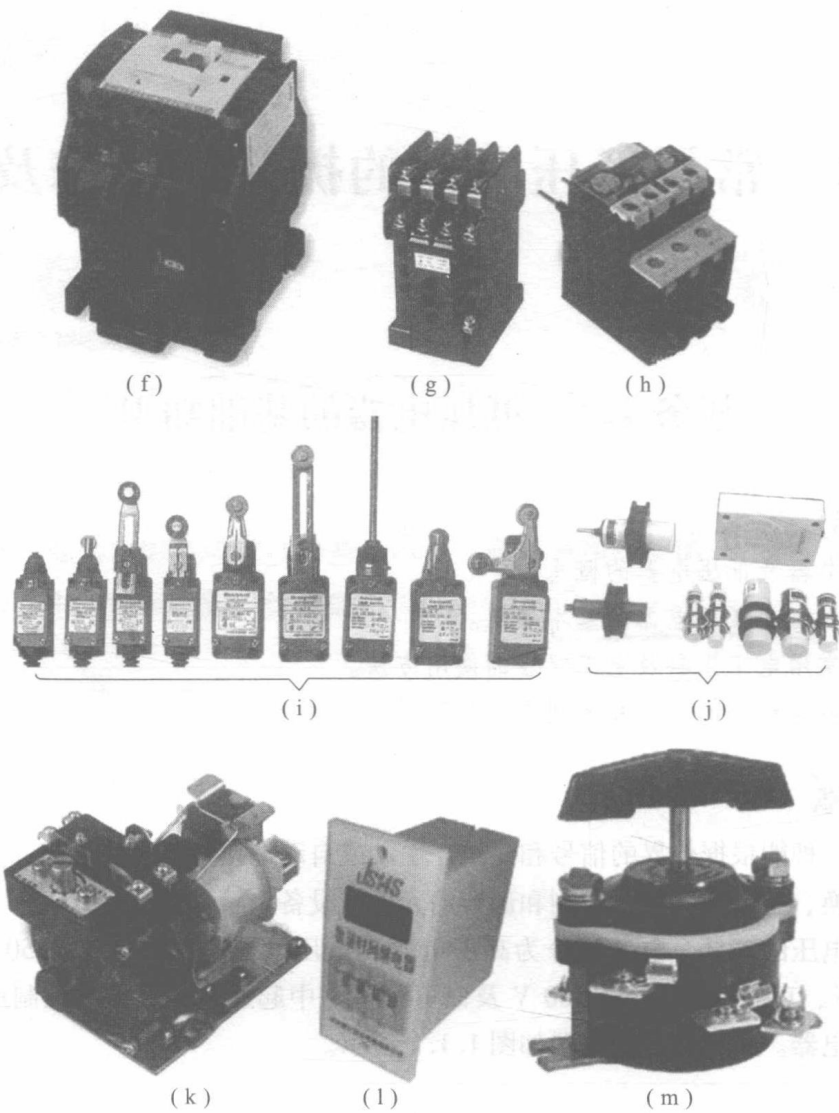


图 1.1.1 常见的低压电器（续）

(f) 交流接触器；(g) 中间继电器；(h) 热继电器；(i) 各种类型行程开关；(j) 各种接近开关；
(k) 空气囊时间继电器；(l) 电子式时间继电器；(m) 组合开关

一、低压电器概述

1. 低压电器的分类

低压电器种类繁多，可按其动作方式、用途及执行机构进行分类。

1) 按动作方式分类

(1) 手动电器。依靠外力（如人工）直接操作才能完成任务的电器称为手动电器，如刀开关、按钮和转换开关等。

(2) 自动电器。依靠指令或电器本身参数变化或外来信号（如电、磁、光、热等）变化就能自动完成接通、分断电路任务的电器称为自动电器，如接触器、继电器等。

2) 按用途分类



(1) 低压保护电器。这类电器主要在低压配电系统及动力设备中起保护作用，保护电源、线路或电动机，如熔断器、热继电器等。

(2) 低压控制电器。这类电器主要用于电力拖动控制系统中，要求在系统发生故障的情况下能及时可靠地动作，而且寿命要长，如接触器、继电器、控制按钮、行程开关、主令控制器和万能转换开关等。

有些电器具有双重作用，如低压断路器既能控制电路的通断，又能实现短路、欠压及过载保护。

3) 按执行机构分类

(1) 电磁式电器。利用触头的接通和分断来通断电路的电器称为电磁式电器，如接触器、低压断路器等。

(2) 非电量控制电器。靠外力或非电物理量的变化而动作的电器称为非电量控制电器，如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、压力继电器和温度继电器等。

2. 低压电器的基本组成

低压电器一般由两个基本部分组成。一是感受部分，其功能是感受外界输入的信号，做出有规律的反应，并通过转换、放大、判断，使执行部分动作，输出相应的指令，实现控制的目的。对于自动控制电器来说，感受部分大都由电磁机构组成，而对于手动控制电器来说，感受部分通常是操作手柄。二是执行部分，其功能是根据指令执行电路的接通、切断等任务，如触头系统、灭弧系统。

由于电磁式电器在低压电器中占有非常重要的地位，在电气控制线路中应用广泛，类型较多，而且各类电磁式电器的工作原理和结构基本相同，因此，下面重点介绍电磁式低压电器的基础知识。

3. 电磁机构的作用、组成及分类

1) 电磁机构的作用

电磁机构的主要作用是将电磁能量转换成机械能量，将电磁机构中吸引线圈的电流转换成电磁力，带动触头动作，完成通断电路的控制。常用低压电器的作用如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 低压电器常见的分类方法及用途

分类方法	类别	说明及用途
按低压电器的用途和所控制的对象分	低压配电电器	包括低压开关、低压熔断器等，主要用于低压配电系统及动力设备中
	低压控制电器	包括接触器、继电器、电磁铁等，主要用于电力拖动与自动控制系统中
按低压电器的动作方式分	自动切换电器	依靠电器本身参数的变化或外来信号的作用，自动完成接通或分断等动作的电器，如接触器、继电器等
	非自动切换电器	主要依靠外力（如手控）直接操作来进行切换的电器，如按钮、低压开关等
按低压电器的执行机构分	有触头电器	具有可分离的动触头和静触头，主要利用触头的接触和分离来实现电路的接通和断开控制，如接触器、继电器等
	无触头电器	没有可分离的触头，主要利用半导体元器件的开关效应来实现电路的通断控制，如接近开关、固态继电器等



2) 电磁机构的组成

电磁机构通常采用电磁铁的形式，由吸引线圈、铁芯（又称静铁芯或磁轭）和衔铁（也称动铁芯）三部分组成，如图 1.1.2 所示。其工作原理如下：当线圈通入电流后，磁通 Φ 通过铁芯。衔铁和工作气隙形成闭合回路，衔铁因受到电磁力而吸向铁芯。交流接触器的线圈中通过交流电，产生交变的磁通，其产生的电磁吸力在最大值和零之间脉动。因此，当电磁吸力大于弹簧反力时衔铁被吸合，当电磁吸力小于弹簧的反力时衔铁开始释放，这样便产生振动和噪声。为了消除振动和噪声，在交流接触器的铁芯端面上装入一个铜制的短路环（或分磁环），如图 1.1.3 所示。当励磁线圈通入交流电后，在短路环中就有感应电流产生，该感应电流又会产生一个磁通。短路环把铁芯中的磁通分为两部分，即不穿过短路环的 Φ_1 和穿过短路环的 Φ_2 ，由于短路环的作用使 Φ_1 和 Φ_2 产生相移，这两个磁通不会同时过零，而由于这两个磁通产生的合成电磁吸力变化较为平坦，所以合成吸力始终大于反作用力，从而消除了振动和噪声。

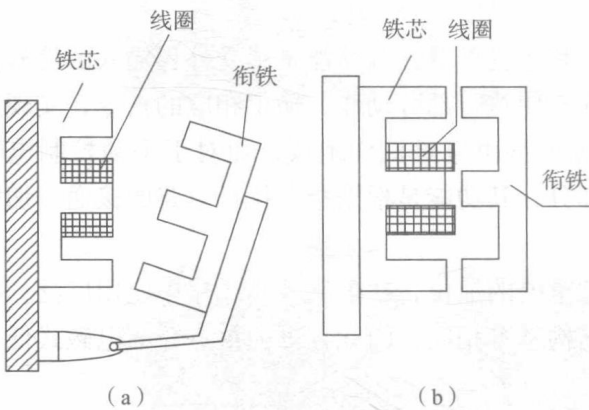


图 1.1.2 电磁机构示意

(a) 衔铁转动式；(b) 衔铁直动式

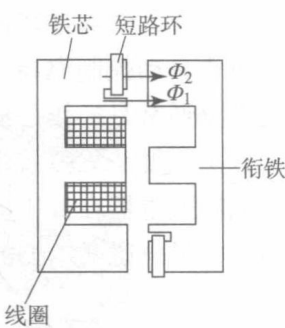


图 1.1.3 短路环的结构

3) 电磁机构的分类

根据磁路形状、衔铁运动方式以及线圈接入电路的方式不同，电磁机构可分成多种形式和类型。不同形式和类型的电磁机构可构成多种类型的电磁式电器。

4. 电磁机构的特性

电磁机构的工作状态常用吸力特性和反力特性来衡量，二者间的配合关系将直接影响电磁式电器的工作可靠性。

5. 电接触

电磁式电器的执行元件是触头，而电磁式电器正是通过触头的动作来接通和断开被控电路的。电接触是指触头在闭合状态下的动、静触头完全接触，而且有工作电流通过。电接触情况的好坏直接影响触头的工作可靠性和使用寿命，而影响电接触工作情况的主要因素是触头接触电阻的大小。接触电阻大时，易使触头发热而温度升高，从而使触头易产生熔焊现象，这样既影响电器工作的可靠性，又降低了触头的使用寿命。触头的接触电阻不仅与触头的接触形式有关，而且还与接触压力、触头材料及触头表面状况等有关。

1) 触头的接触形式

触头由主触头和辅助触头构成。

主触头用于通断电流较大的主电路，由接触面积较大的常开触头组成，一般有三对。辅助触头用以通断电流较小的控制电路，由常开触头和常闭触头组成。

常开触头（又叫动合触头）是指电器设备在未通电或未受外力作用时的常态下，触头处于断开状态。

常闭触头（又叫动断触头）是指电器设备在未通电或未受外力作用时的常态下，触头处于闭合状态。

触头的接触形式有三种，即点接触、线接触和面接触，如图 1.1.4 所示。

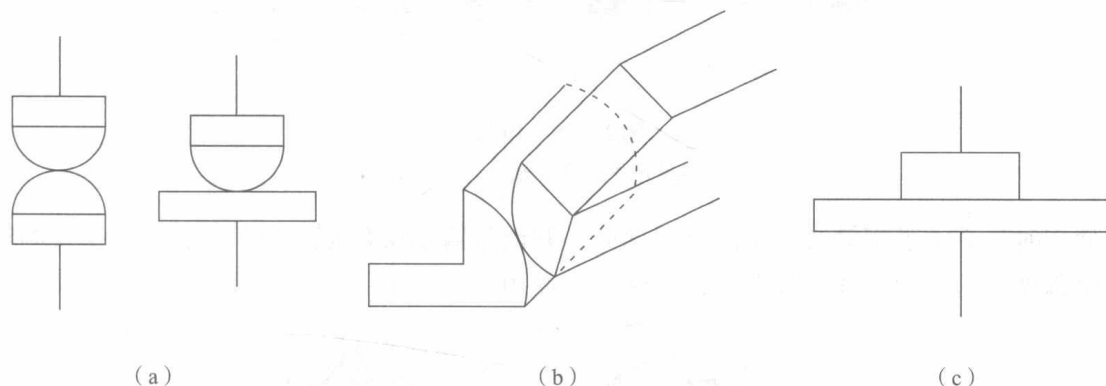


图 1.1.4 触头的三种接触形式

(a) 点接触；(b) 线接触；(c) 面接触

(1) 点接触：由两个半球或一个半球与一个平面形触头构成，如图 1.1.4 (a) 所示。其接触区域是一个点或面积很小的面，允许通过的电流很小，所以它常用于较小电流的电器中，如接触器的辅助触头和继电器的触头。

(2) 线接触：由两个圆柱面形的触头构成，也称为指形触头，如图 1.1.4 (b) 所示。其接触区域是一条直线或一条窄面，允许通过的电流较大，常用于中等容量接触器的触头。

(3) 面接触：是两个平面形触头相接触，如图 1.1.4 (c) 所示。其接触区域有一定的面积，允许通过很大的电流，常用于大容量接触器的触头。

2) 灭弧系统

触头在分断电流瞬间，在触头间的气隙中会产生电弧，电弧的高温能将触头烧损，并且电路不易断开，可能造成其他事故，因此，应采用适当措施迅速熄灭电弧。

熄灭电弧的主要措施有：

①迅速增加电弧长度（拉长电弧），使单位长度内维持电弧燃烧的电场强度不够而熄灭电弧。

②使电弧与流体介质或固体介质相接触，加强冷却和去游离作用，使电弧加快熄灭。电弧有直流电弧和交流电弧两类，交流电流有自然过零点的特点，故其电弧较易熄灭。

二、常用电工工具及电工仪表的使用

1. 验电器

验电器又称电笔，是电工常用的工具，有钢笔式和螺丝刀式两种。电笔由氖管、电阻、



弹簧和探头等组成，如图 1.1.5 所示。

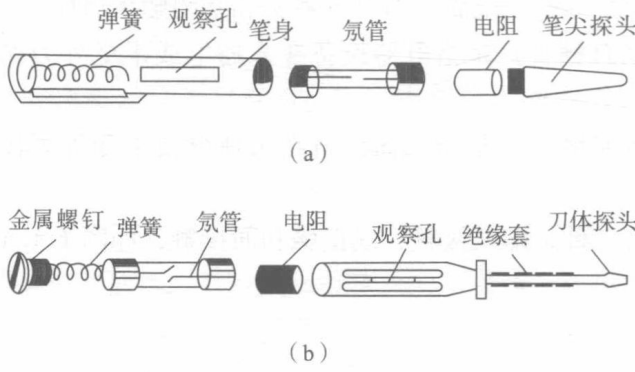


图 1.1.5 电笔

(a) 钢笔式电笔；(b) 螺丝刀式低压电笔

使用时，必须手指触及笔尾的金属部分，并使氖管小窗背光且朝向自己，以便观测氖管的亮暗程度，防止因光线太强造成误判断。其使用方法如图 1.1.6 所示。

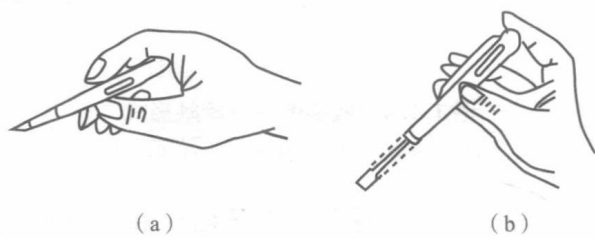


图 1.1.6 低压电笔的握法

(a) 钢笔式握法；(b) 螺丝刀式握法

当用电笔测试带电体时，电流经带电体、电笔、人体及大地形成通电回路，只要带电体与大地之间的电位差超过 60 V，电笔中的氖管就会发光。电笔检测的电压范围为 60 ~ 500 V。

注意事项：

- (1) 使用前，必须在有电源处对电笔进行测试，以证明该电笔性能确实良好，方可使用。
- (2) 验电时，应使电笔逐渐靠近被测物体，直至氖管发亮，不可直接接触被测体。
- (3) 验电时，手指必须触及笔尾的金属体，否则带电体也会被误判为非带电体。
- (4) 验电时，要防止手指触及笔尖的金属部分，以免造成触电事故。

2. 电工刀

电工刀是用来剖削电线线头、切割木台缺口、削制木槽的专用工具，其外形如图 1.1.7 所示。

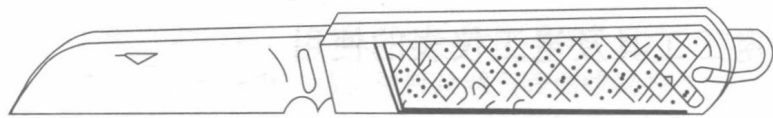


图 1.1.7 电工刀

在使用电工刀时,应注意以下几点:

- (1) 不得用于带电作业,以免触电。
- (2) 应将刀口朝外剖削,并注意避免伤及手指。
- (3) 削导线绝缘层时,应使刀面与导线成较小的锐角,以免割伤导线。
- (4) 使用完毕,随即将刀身折进刀柄。

3. 螺丝刀

螺丝刀又名起子,按照功能和头部形状可以分为一字形和十字形,如图1.1.8所示。按握柄材料的不同,又可分为木柄和塑料柄两类。

使用螺丝刀时,应注意以下几点:

(1) 螺丝刀较大时,除大拇指、食指和中指要夹住握柄外,手掌还要顶住柄的末端以防旋转时滑脱。

(2) 螺丝刀较小时,用大拇指和中指夹住握柄,同时用食指顶住柄的末端用力旋转。

(3) 螺丝刀较长时,用右手压紧手柄并转动,同时左手握住螺丝刀的中间部分(不可放在螺钉周围,以免将手划伤),以防止螺丝刀滑脱。

(4) 带电作业时,手不可触及螺丝刀的金属杆,以免发生触电事故。

(5) 作为电工,不应使用金属杆直通握柄顶部的螺丝刀。

(6) 为防止金属杆触到人体或邻近带电体,金属杆应套上绝缘管。

4. 钢丝钳

钢丝钳在电工作业时用途广泛,钳口可用来弯绞或钳夹导线线头,齿口可用来紧固或起松螺母,刀口可用来剪切导线或钳削导线绝缘层,侧口可用来侧切导线线芯、钢丝等较硬线材。钢丝钳各用途的使用方法如图1.1.9所示。



图1.1.8 螺丝刀

(a) 一字形; (b) 十字形

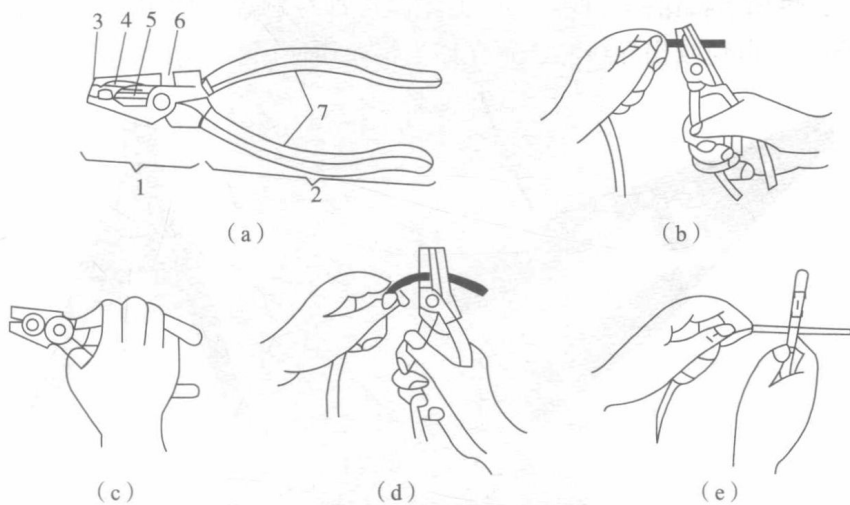


图1.1.9 钢丝钳的结构及用途

(a) 结构; (b) 弯绞导线; (c) 紧固螺母; (d) 剪切导线; (e) 侧切导线
1—钳头; 2—钳柄; 3—钳口; 4—齿口; 5—刀口; 6—侧口; 7—绝缘套



使用钢丝钳时应注意以下两点：

- (1) 使用前，应检查钢丝钳绝缘是否良好，以免带电作业时造成触电事故。
- (2) 在带电剪切导线时，不得用刀口同时剪切不同电位的两根线（如相线与零线、相线与相线等），以免发生短路事故。

5. 尖嘴钳和斜口钳

尖嘴钳因其头部尖细而适用于在狭小的工作空间操作，如图 1.1.10 (a) 所示。尖嘴钳可用来剪断较细小的导线，夹持较小的螺钉、螺帽、垫圈、导线等，也可用来对单股导线整形（如平直、弯曲等）。若使用尖嘴钳带电作业，应检查其绝缘是否良好，并在作业时不要使金属部分触及人体或邻近的带电体。

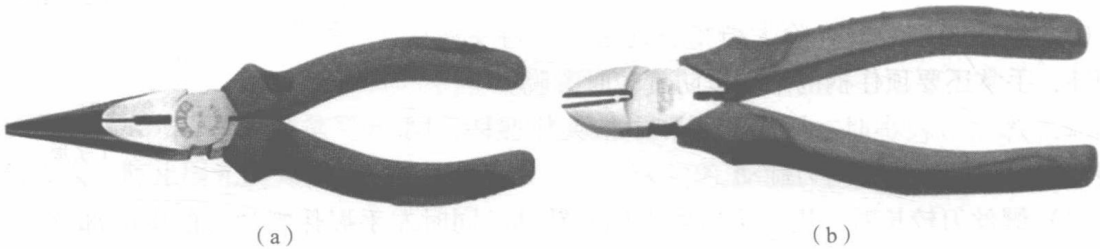


图 1.1.10 尖嘴钳和斜口钳
(a) 尖嘴钳；(b) 斜口钳

斜口钳又叫断线钳，其头部偏斜，专用于剪断较粗的金属丝、线材及电线电缆等，如图 1.1.10 (b) 所示。对粗细不同、硬度不同的材料，应选用大小合适的斜口钳。

6. 剥线钳

剥线钳是专用于剥削较细导线绝缘层的工具，其外形如图 1.1.11 所示。使用剥线钳剥削导线绝缘层时，先将要剥削的绝缘长度用标尺定好，然后将导线放入相应的刃口中（比导线直径稍大），再用手将钳柄一握，导线的绝缘层即被剥离。使用剥线钳时，不允许用小咬口剥大直径导线，以免咬伤导线芯；不允许当钢丝钳使用。

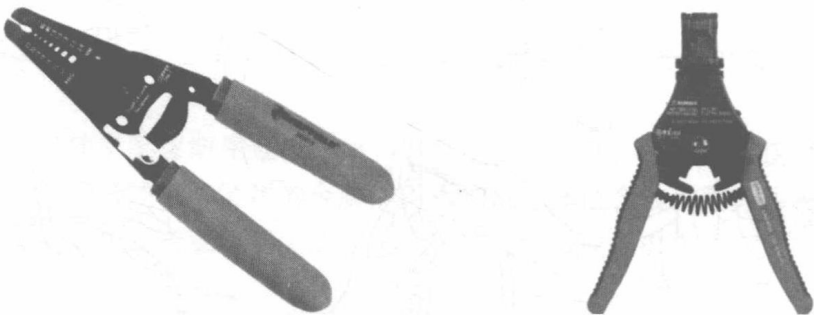


图 1.1.11 剥线钳

7. 活络扳手

活络扳手的钳口可在规格所定范围内任意调整大小，用于旋动螺杆螺母，其接头如图 1.1.12 所示。

使用活络扳手时，不能反方向用力，否则容易扳裂活络扳唇；也不准将钢管套在手柄上

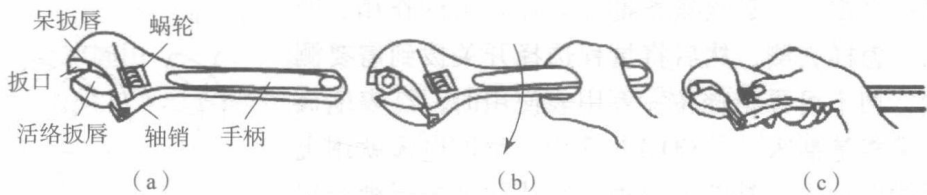


图 1.1.12 活络扳手

做加力杠使用；更不准用作撬棍撬重物或当手锤敲打。旋动螺杆、螺母时，必须把工件的两侧平面夹牢，以免损坏螺杆或螺母的棱角。

8. 万用表

万用表的三个基本功能是测量电阻、电压、电流，万用表又叫多用表、三用表、复用表，是一种多功能、多量程的测量仪表。因此，万用表在电气设备的安装、维修及调试等工作中的应用十分广泛。

万用表的型号繁多，数字式测量仪表已成为主流，因为数字式仪表灵敏度高、准确度高，显示清晰，过载能力强，便于携带，使用更简单。图 1.1.13 所示为常用万用表的外形。万用表主要由表头、测量线路和转换开关组成。表头是万用表进行各种测量的共用部分。测量线路是万用表的关键部分，其作用是将各种不同的被测电量转换成磁电系表头能直接测量的直流电流，一般万用表包括多量程直流电流表、多量程直流电压表、多量程交流电压表、多量程欧姆表等几种测量线路。转换开关是为了配合万用表中测量不同电量和量程要求，对测量线路进行变换，用于选择万用表测量的对象及量程。



图 1.1.13 常用万用表的外形



使用万用表之前，必须熟悉量程选择开关的作用，明确要测什么、怎样去测，然后将量程选择开关拨到需要测试挡的位置，切不可弄错挡位。万用表使用时，红表笔插在 + 孔内，黑表笔插入 - [COM] 孔内。测试电流就用电流挡，而不能误用电压挡、电阻挡。其他同理，否则会损坏万用表。

9. 钳形电流表

钳形电流表是一种不需断开电路就可直接测量电路交流电流的携带式仪表，在电气检修中使用非常方便，应用相当广泛，其外形如图 1.1.14 所示。

1) 使用方法

钳形电流表最基本的功能是测量交流电流，虽然准确度较低（通常为 2.5 级或 5 级），但因在测量时无须切断电路，因而使用仍很广泛。如需进行直流电流的测量，则应选用交直流两用钳形表。

使用钳形表测量前，应先估计被测电流的大小以合理选择量程。使用钳形表时，被测载流导线应放在钳口内的中心位置，以减小误差。钳口的接合面应保持接触良好，若有明显噪声或表针振动厉害，可将钳口重新开合几次或转动手柄。在测量较大电流后，为减小剩磁对测量结果的影响，应立即测量较小电流，并把钳口开合数次。测量较小电流时，为使读数准确，在条件允许的情况下，可将被测导线多绕几圈后再放进钳口进行测量（此时的实际电流值应为仪表的读数除以导线的圈数）。

使用时，将量程开关转到合适位置，手持胶木手柄，用食指勾紧铁芯开关，以便于打开铁芯。将被测导线从铁芯缺口引到铁芯中央，然后放松食指，铁芯即自动闭合。被测导线的电流在铁芯中产生交变磁通，表内感应出电流，即可直接读数。

在较小空间内（如配电箱等）测量时，要防止因钳口的张开而引起相间短路。

2) 注意事项

- (1) 使用前应检查外观是否良好，绝缘有无破损，手柄是否清洁、干燥。
- (2) 测量时应戴绝缘手套或干净的线手套，并注意保持安全间距。
- (3) 测量过程中不得切换挡位。
- (4) 钳形电流表只能用来测量低压系统的电流，被测线路的电压不能超过钳形表所规定的使用电压。
- (5) 每次测量只能钳入一根导线。
- (6) 若不是特别有必要，一般不测量裸导线的电流。
- (7) 测量完毕后，应将量程开关置于最大挡位，以防下次使用时，因疏忽大意而造成仪表的意外损坏。

10. 兆欧表

兆欧表又叫摇表、绝缘电阻测量仪等，是一种测量电气设备及电路绝缘电阻的仪表，其外形如图 1.1.15 所示。

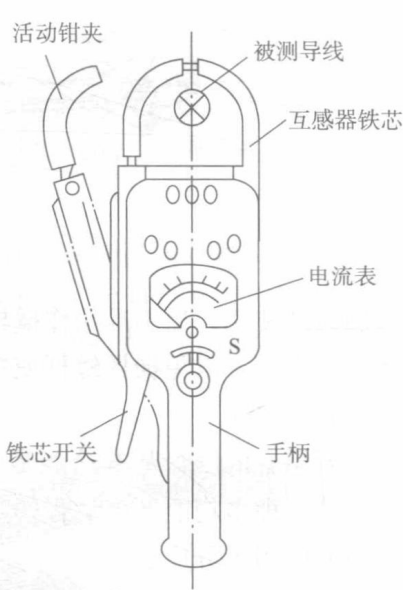


图 1.1.14 钳形电流表

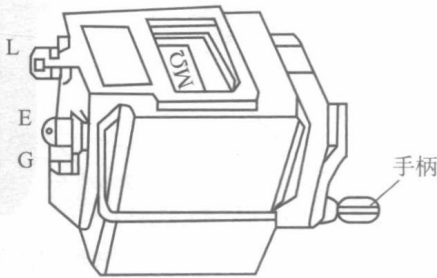


图 1.1.15 兆欧表的外形