

# 电工检修基本技能

在电气设备检修过程中，电工基本技能的好坏至关重要，它既能体现一个检修人员应具备的基本素质，又能保证检修质量和安全文明生产的先决条件。所以，作为一个电气设备的检修人员，首先必须做到以下几点：

了解电工常用工、器具的型号和规格以及用途，能正确地选择和熟练地应用。

掌握电工常用仪器、仪表的工作原理、使用方法和注意事项。

(4) 了解简易起重搬运知识；熟悉电工常用起重搬运工具的种类、用途和规格；掌握简易起  
(3) 搬运的方法以及注意事项。

(1) 了解电气工程图的分类及用途，明确图中的文字、图形符号，熟读电气原理图、电气安装接线图、电气工程平面图和复杂回路展开图，具备一定的识图能力和应用能力。

## 第一节 电工工具及使用方法

正确使用和妥善保管工具，既能提高生产效率和施工质量，又能减轻劳动强度，保证操作安全和延长工具的使用寿命。以下只介绍电工常用的工具如钢丝钳（电工钳）、尖嘴钳、剥线钳、断线钳（剪线钳）、螺丝刀、电工刀、验电笔、高压测电器、扳手、电烙铁、喷灯、电钻、冲击电钻和射钉枪等的使用方法。

### 1. 钢丝钳

钢丝钳在各地区的叫法不一样，有叫电工钳的，也有叫花腮钳、克丝钳和老虎钳的。

钢丝钳是一种捏和剪切的工具，有铁柄和绝缘柄两种，如图 1-1 (a) 所示。绝缘柄钢丝

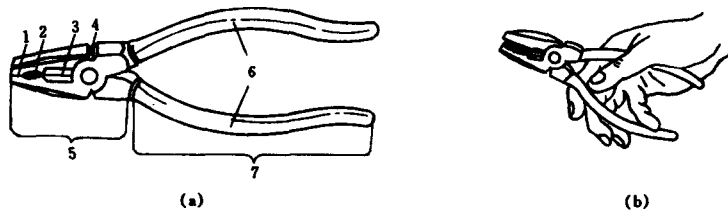


图 1-1 钢丝钳

(a) 构造；(b) 钢丝钳的握法

1—钳口；2—齿口；3—刀口；4—铡口；5—钳头；6—绝缘管；7—钳柄

钳可供低电压场合使用。电工必须使用绝缘柄钢丝钳进行工作。绝缘柄钢丝钳工作电压为 500V，试验电压为 10000V。钢丝钳的规格以全长表示，有 150、175mm 和 200mm 三种。

钢丝钳的握法如图 1-1 (b) 所示。使用时要让刀口朝向自己，手指不能靠近金属部分，以防触电。使用时应注意不应代替榔头使用并保护手柄绝缘，不能任意抛掷。当用钢丝钳剪断导线时，不能同时剪两根线，以免发生短路、损坏工具或电弧烧伤工作人员。

## 2. 尖嘴钳

尖嘴钳又称尖头钳，也是电工工作不可缺少的工具。它适用于狭小的空间操作。带有刀口的尖嘴钳可以剪细的金属丝。它是仪表、二次回路、低压配线以及电信器材等装配与检修工作常用的工具。其绝缘柄的工作电压为 500V，试验电压为 10000V。它的规格以全长表示，有 130、160、180mm 和 200mm 四种。

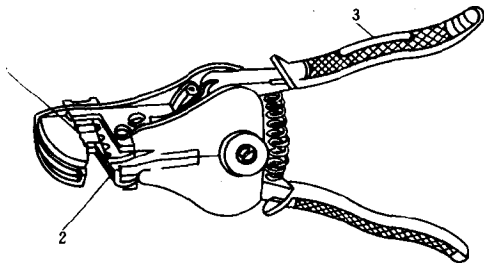


图 1-2 剥线钳结构图

1—刀口；2—压线口；3—钳柄

## 3. 剥线钳

剥线钳专供电工用于剥除线芯截面为  $6\text{mm}^2$  及以下塑料或橡胶电线、电缆端部的绝缘层。它由刀口、压线口和钳柄组成，其结构如图 1-2 所示。钳柄是绝缘的，其工作电压为 500V。它的规格也是以全长表示，有 140mm 和 180mm 两种。钳口有直径为 0.5 ~ 3mm 的多个切口（刀口），使用时，

选择的切口直径必须大于线芯直径，以免切伤线芯。

## 4. 断线钳

断线钳又称剪线钳，专供剪断较粗的金属丝、线材及电线电缆等。其规格是以全长表示。断线钳规格及断线直径数据如表 1-1 所示。

表 1-1 断线钳规格及断线直径 (mm)

公称规格	450	600	750	900	1050
能剪断 $\leq$ HR30 的中碳钢线的最大直径	6	8	10	13	16
能剪断有色金属线材的最大直径	7	9	12	15	18

断线钳有铁柄、管柄和绝缘柄三种。绝缘柄的断线钳可以用于带电场合的作业，其工作电压为 10000V。

## 5. 螺丝刀

螺丝刀又名螺钉旋具、螺丝批、螺丝起子、旋凿、改锥等。头部形状有“—”字形（平口）和“+”字形（十字槽）两种，柄部用木材或塑料制成，其外形如图 1-3 所示。其中塑料柄的螺丝刀具有良好的绝缘性能，木柄须经过浸蜡处理后方能在带电场合使用。

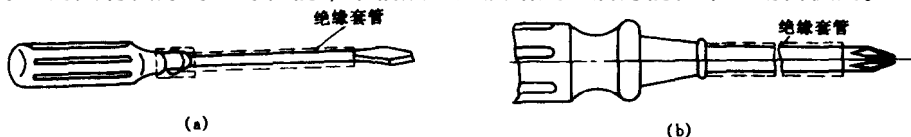


图 1-3 螺丝刀外形图

(a) “—”字形(平口)；(b) “+”字形(十字槽)

(1) “—”字形（平口）螺丝刀的规格用柄以外的刀体长度表示，常用的规格有 75mm×3mm、75mm×5mm、100mm×6mm、150mm×7mm、400mm×10mm 五种。

(2) “十”字形螺丝刀的规格是用刀体长度和十字槽规格号表示。十字槽规格号有 4 个：Ⅰ号适用螺钉直径为 2~2.5mm，Ⅱ号为 3~5mm，Ⅲ号为 6~8mm，Ⅳ号为 10~12mm。使用时螺丝刀刀口与螺丝槽要对应，不准凑合使用，以免损坏刀口或螺钉。一般的螺丝刀不宜带电作业，如果需要带电作业时，应在刀体长度部分套上绝缘管，防止造成短路或接地事故。

另外，为了方便工作、减轻操作强度、提高生产效率和工程技术人员既要从工作实践中总结经验，又要设计出多用螺丝刀、自动螺钉旋具和电动螺钉旋具等工具。

## 6. 电工刀

电工刀是用于电工割削电线电缆绝缘、绳索、木桩及软性金属等。有普通式和多用式两种。普通式电工刀的规格分大号、小号两种。大号刀片长度为 112mm，小号刀片长度为 88mm。多用式的电工刀刀片长度一般为 100mm。多用式电工刀增加了锯片和锥子等功能，锯片可以锯割电线槽板、圆木等；锥子可用来锥钻木螺丝的底孔等。

电工刀不能带电作业，使用时刀口应向外，但不准对着面前的工作人员。用完后应将刀身折入刀柄内。

## 7. 验电笔

验电笔又称试电笔。验电笔是用来检查低压导体和电气设备外壳是否带电的保护用具，检测电压范围为 100~500V。常用的有钢笔式和螺丝刀式两种，如图 1-4 所示，由图 1-4 可见这种验电笔前端是工作触头，内部依次装接碳质电阻、氖管和弹簧。弹簧与后端外部的金属件（即握柄）接触，另一端压紧氖管。使用时工作触头接触带电体，手接触金属件（握柄），氖管发出红光，表示带电，其握法如图 1-4 (c) 所示。

使用验电笔前，应注意检查验电笔是否正常无损，即在已知有电的设备上测试多下，确认验电笔工作正常后方可使用。明亮的光线下往往不易看清氖管发光，应使氖管小窗背光朝向自己。为避免误判断，应将验电笔工作触头在被测设备多测几点。

另外，尚有一种新型验电笔，它根据电磁感应原理，采用微型晶体管作机芯，并以发光二极管作显示，一起装在一支螺丝刀中。它的特点是，测试时不必直接接触带电体，只要靠近带电体就能显示红光，因而更安全可靠，并且还能利用它来检查导线的断线地点。检查时验电笔沿导线移动，红光熄灭处即为导线的断线点。

## 8. 高压测电器

高压测电器是用来检查高压电气设备、架空线路、电力电缆等是否带电的工具，是防止

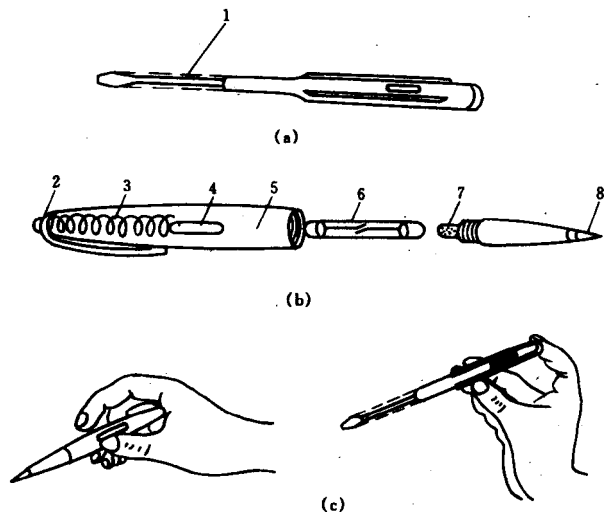


图 1-4 低压验电笔

(a) 螺丝刀式；(b) 钢笔式；(c) 低压验电笔握法  
1—绝缘套管；2—金属件；3—弹簧；4—窗口；5—笔身；  
6—氖管；7—碳质电阻；8—工作触头

触电事故的一种保护工具。

高压测电器为电容电流式，它由指示器、绝缘杆和握柄三部分组成，外形如图 1-5 所

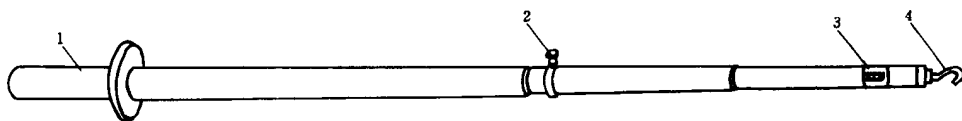


图 1-5 高压测电器（电容电流式）  
1—握柄；2—紧固螺钉；3—氖管窗；4—触钩

示。其中指示器又由触钩、氖管、弹簧、铝箔电容器和接地极等组成。绝缘杆和握柄则由高绝缘胶木制成。图 1-5 所示的高压测电器目前已基本属淘汰产品。新的高压测电器有一种除了氖管发出光的信号外，同时还发出音响信号，避免发光信号不清而导致误判断。目前又推出 JGHY 型交流高压回转验电器，是利用交变电场中金属带电体尖端放电使空气电离，来推动彩色金属叶片旋转，以表示物体是否带电的一种新型验电工具。该型验电器主要用于检验交流高压电气设备和输电线路是否带电，对直流电压没有反应。其规格有 6~10kV，指示器内圈颜色是绿色；35kV，颜色是黄色；66kV，颜色是蓝色；110~220kV，颜色是红色。

总之，在使用高压测电器前，首先应针对被测设备电压选择适当规格的测电器，然后验证测电器是否良好，并确认良好无损后方能使用。

作业人员要戴绝缘手套，而且身体的任何部位不得超过绝缘杆的护环，以保证操作时的安全。如遇雨、雪和雾的恶劣天气时，应禁止作业。使用完毕后应包装并放入盒内，放在通风干燥处并妥善保管。禁止与香蕉水、甲苯、氯仿等化学溶剂接触，并按规程定期检查试验。

## 9. 扳手

扳手是用于螺栓帽拆装的一种工具。因适用场合不同而种类繁多，有呆扳手（死扳手）、梅花扳手、两用扳手、套筒扳手、内六角扳手、活动扳手以及专用扳手等。电工最常用的是活动扳手（简称活扳手）。

活动扳手的构造、握法和规格如图 1-6 和表 1-2 所示。活动扳手规格用长度乘最大开口

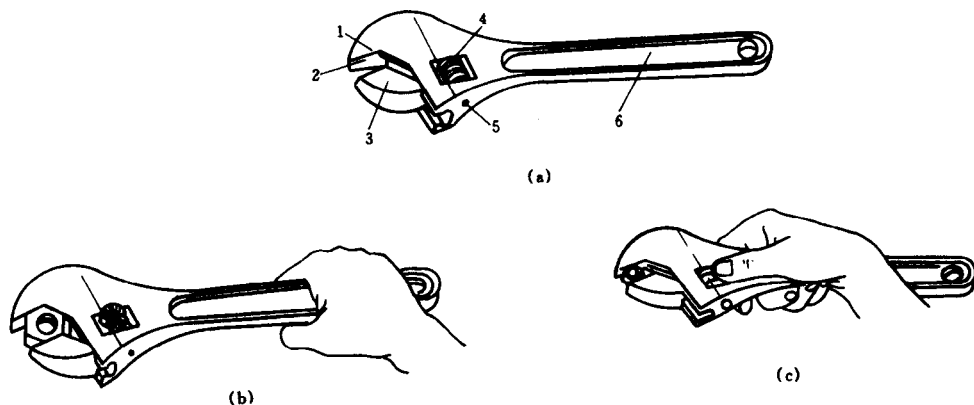


图 1-6 活动扳手的构造、握法和规格  
(a) 活动扳手构造；(b) 扳较大螺母握法；(c) 扳小螺母握法  
1—呆扳唇；2—扳口；3—活扳唇；4—蜗轮；5—轴销；6—手柄

宽度表示，单位为毫米或英寸。例如 6in（即 150mm × 19mm）表示英制 6in 的活动扳手全长为 150mm，最大开口 19mm，如用公制来表示即 150mm × 19mm。

表 1-2 活动扳手规格 (mm)

长 度	100	150	200	250	300	375	450	600
最大开口宽度	14	19	24	30	36	46	55	65

呆扳手和梅花扳手一样，规格用两端开口宽度表示，例如 8mm × 10mm 表示一端为 8mm，一端为 10mm；两用扳手一端为开口扳手，另一端为梅花扳手，两端为同一规格；内六角扳手规格以六角形对边尺寸表示。对于精密的螺母、螺钉，一般需用呆扳手，不用活动扳手。

### 10. 电烙铁

电烙铁是一种常用的电热焊接工具。按发热方式可分为电阻式、感应式和热敏电阻式三种。电阻式电烙铁按其烙铁头的受热方式又分为内热式和外热式两类。各种类型的电烙铁又因控制方式的不同，属不同的型号，各有其特点。

(1) 外热式。普通外热式电烙铁结构简单，工作性能可靠，其工作原理是电热丝通电发热，铜焊头插入电热丝内铁管而被加热。缠绕电热丝的空芯管有铁管和瓷管两种，铁管外面和电热丝层间以及电热丝外侧均要用云母片绝缘。外热式电烙铁的发热元件在铜焊头外面，热量容易散失，效率较低，其结构如图 1-7 所示。

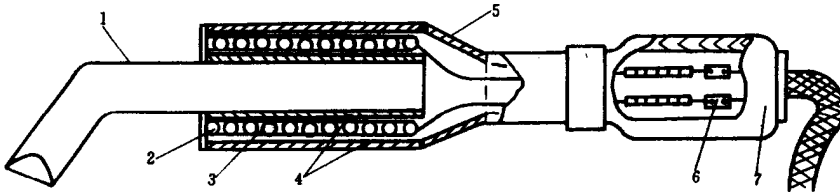


图 1-7 外热式电烙铁结构图

1—铜焊头；2—电热丝；3—内铁管；4—云母片；5—外管；6—接插座；7—手柄

(2) 内热式。内热式电烙铁的外形与外热式相似，区别在于它的铜焊头根部是中空管状结构，发热元件直插入空心管内。内热式电烙铁除机械强度较差外，其他性能均优于外热式电烙铁。

外热式和内热式电烙铁的规格均按其功率大小划分，如表 1-3 所示。

表 1-3 电烙铁按功率划分规格

结构形式	功 率 (W)							
	外热式	30	50	75	100	150	200	300
内热式	20	35	50	75	100	150	200	300

(3) 恒温式电烙铁。恒温式电烙铁又称为温控式电烙铁，不仅可以将焊接温度控制在一个适当的数值上，而且可以通过低压电源变压来减少电烙铁上的感应电动势，对于焊接半导体器件和集成电路尤为适宜。

(4) 变功率电烙铁。为了满足通电后能尽快开始焊接，而工作中又限制功率以防温升过

高的使用要求，特设计了可自动变化功率的电烙铁。

变功率电烙铁一般为内热式手枪型结构，关键部件是两组特性不同的电阻丝，装于工作头端部的电热元件是镍铬合金丝，装于后部的为铁铬铝合金丝。铁铬铝合金丝的特点是低温时电阻小，高温时电阻增加很快。因此，刚接通电源时，因铁铬铝合金丝温度低、电阻小、总电流加大，初时功率可达 100W 以上。当通电 20~30s 后即可使用。随着温度的升高，铁铬铝合金丝电阻增大，因此功率也就逐渐下降，从而达到了改变功率的目的。

(5) 充电式电烙铁。充电式电烙铁又称储能电烙铁。其壳体内装有 2~3 节 1.5V 的镉镍电池。使用前先对电池充电，一般应充 14h 左右，充电电流为 150mA。每充一次可使用 3h 左右（指间断使用），连续使用为 25min 左右。镉镍电池一般可以反复充电约 200 次。充好后按下按钮仅需 10s 即可进行焊接。

充电式电烙铁由于使用直流电，不会产生感应电动势，尤其适用于电子电路、集成电路、电子计算机等设备的检修。

(6) 热敏电阻（PTC）电烙铁。采用大功率热敏电阻制成的电烙铁，价格低廉、工作安全可靠、使用方便、节约电能，与同功率等级的普通镍铬电热丝的电烙铁相比较，耗能仅为 1/3 左右。

由于热敏电阻的特性是低温时阻值很小，而当升温到居里点时，阻值迅速上升为原来的几十倍。因此，这种电烙铁具有速热性能，几十秒钟后即可升高到化锡温度，此后就能恒温工作。

正确、合理地使用电烙铁，不但功效好，而且能延长电烙铁的使用寿命。使用电烙铁应注意合理使用助焊剂，防止腐蚀和破坏绝缘，如松香、松香酒精溶剂。在焊接上不易上锡的铁皮或不怕腐蚀的场合可用氯化锌溶液、焊锡膏等焊剂。电烙铁电源线最好使用纤维编织花线或三芯橡皮软线，而不选用塑料线。

## 11. 喷灯

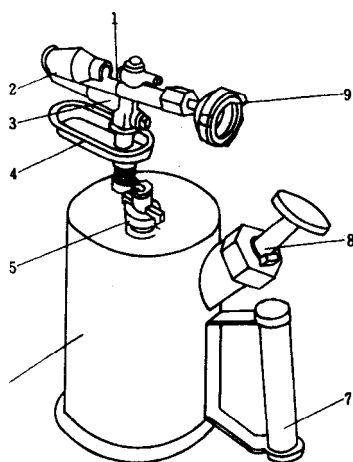


图 1-8 喷灯构造图

1—喷油针孔；2—火焰喷头；3—汽化管；4—预热燃烧杯；5—加油阀；6—筒体；7—手柄；8—打气阀；9—调节阀

喷灯是一种利用喷射火焰对工件进行加热的工具，有煤油喷灯、汽油喷灯和液化气喷灯三种，各种喷灯的燃料不能混用。喷灯燃烧温度可达到 900 以上，电工常用来焊接铅包电缆的铅包层，大截面铜导线连接处的搪锡以及用来加热工件等。其构造如图 1-8 所示。

(1) 喷灯的使用方法。

1) 旋下加油阀螺丝，注入干净的燃油。油量不能超过油筒容积的 3/4，让筒内保留一定的空间，储存压缩空气，以维持必要的空气压力。加完油随即旋紧加油阀螺丝并擦净筒外部油污。

2) 用打气筒先打四到五下，然后在预热燃烧杯中注入适量的燃油并将其点燃，来加热汽化管的燃油使其汽化。

3) 当预热燃烧杯中油快燃尽前，用打气筒再打三到四下，然后最后慢慢拧开调节阀，使油汽喷入火焰喷头与空气混合之后点燃。最后将打气筒打四到五下，用调节阀调节，当火焰由黄红变为蓝色时，即可使用。

4) 熄灭喷灯时,先关闭调节阀,使火焰逐渐熄灭,待冷却 1min 左右再拧开调节阀,用油汽冲洗喷嘴,防止喷嘴结垢堵塞喷嘴。冲洗 30s 左右拧紧调节阀,然后拧开加油阀螺丝将筒内余气放出,再拧紧加油阀螺丝,最后将喷灯放在指定地方妥善保管。

(2) 使用喷灯时的注意事项:

- 1) 各种喷灯燃料不能混用。
- 2) 严禁在有火的地方加油。
- 3) 点燃喷灯时,不准将喷燃器对着人体或各类易燃物品以及设备、器材等。
- 4) 首次使用喷灯必须有专人指导。
- 5) 加完油或放完气要拧紧加油阀螺丝。

## 12. 电钻

电钻是一种电动钻孔工具,能在金属、塑料、木材等材料上钻孔。它有单相和三相、手提式、台式、软轴式等几种。手提式电钻在电气检修工作中使用较方便,所以应用较广泛。

手提电钻使用注意事项:

- 1) 使用前首先要检查电源电压是否与电钻铭牌额定工作电压相符,看电源线路上有无熔断器或低压断路器作短路保护,检查电钻的接地线应良好。
- 2) 插接电源时,电钻的开关必须在关断位置上。
- 3) 钻头应锋锐,钻孔时不宜用力过猛,发现转速突然下降,应迅速减轻压力或停转;钻孔中突然停转时,应立即切断电源;钻孔将通时,外施压力要适当减小。
- 4) 电钻的钻夹钥匙不允许用绳系在电钻上或引线上。装拆钻头不得用其他工具敲打钻夹。
- 5) 电钻每次使用前宜试转 1min,检查各部件运转是否正常。
- 6) 钻孔时要注意电钻各部温度,如有异常,如温升过高或齿轮、轴承处有异常杂音时,应立即停钻检查,排除故障后方可使用。
- 7) 携带电钻时,不得手提电钻引出电源线,防止电钻与电源线的接头受力,并注意软线有无磨损擦伤现象。
- 8) 使用电钻时,严禁戴线手套。

## 13. 冲击电钻

冲击电钻是具有旋钻带冲击性的切削机械,冲击能量大,可以在各类混凝土结构上打孔作业。冲击电钻也是旋钻带冲击的切削机械,一般制成可调节式结构。当调节在旋钻无冲击的位置时,装上普通麻花钻头就能在金属材料上钻孔;当调节到旋钻带冲击的位置时,装上镶有硬质合金片的钻头,就能在砖石和轻质混凝土等脆性材料上钻孔。

冲击电钻外形与普通电钻相似,如图 1-9 所示。

使用冲击电钻应注意以下事项:

- 1) 对墙壁、天花板、地板等进行钻孔时,应首先确认里面没有布设动力电缆或其他设施。
- 2) 使用之前要确认所用电源应与冲击电钻铭牌上标示的规格相符。
- 3) 检查冲击电钻开关应在切断状态,防止插头插入电源插座时冲击电钻突然转动,而造成事故。

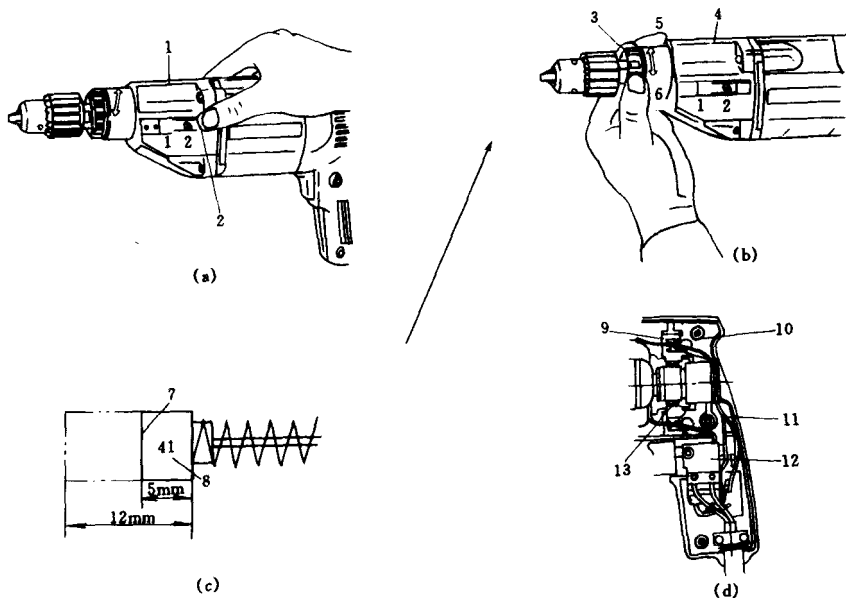


图 1-9 冲击电钻

(a) 高、低速换档示意；(b) 冲击变旋钻示意；(c) 碳刷（电刷）磨损极限示意；(d) 握板结构示意图  
 1、4— 齿轮罩；2— 变速锁扣（按压滑动）；3— 变换环；5— 旋钻；6— 旋钻加冲击；7— 电刷磨损极限；  
 8— 碳刷号；9— 刷握；10— 握板（刷架）；11— 接线；12— 开关；13— 碳刷

装配钻头的方法与手提电钻一样，应用钻夹钥匙紧固钻头，不得用其他工具敲打钻夹头来紧固钻头。

移动冲击电钻时，不准拿冲击电钻引出电源线提起冲击电钻，也不得拉拆电线从电源插座上拆除插头。电钻与热源、油液应分开，并避免与锐利的边缘接触，防止损伤绝缘而造成电事故。

4) 使用冲击电钻应戴上防护眼镜，粉尘飞扬的切削工作应带防尘面罩。

7) 高、低速换档前，应将电源开关置于切断位置并且使冲击电钻全部停止转动。换档时，先将变速连锁扣压下，如图 1-9 (a) 所示，按箭头方向推动。刻在电钻壳体上的“1”为低速，“2”为高速。

8) 从冲击变换为旋转，如图 1-9 (b) 中，3、5、6 所示。面对钻头顺时针方向把变换环转到尽头，这样电钻是一面旋钻，一面对材料冲击。反时针方向旋转变换环则只能旋钻而不冲击。但要注意各厂家产品不一定相同，使用前一定要看产品说明书，按说明书的使用方法进行工作。

9) 电动机上的电刷磨损到极限时，如图 1-9 (c) 中 7 所示，应及时更换电刷，同时保持电刷清洁和刷握能自由滑动以及整流片与电刷的接触面清洁、光滑。

#### 14. 射钉枪

射钉枪是利用枪管内弹药爆发时的推力，将特殊形状的螺钉（射钉）射入钢板或混凝土构件中，以安装或固定各种电气设备，如仪器仪表、电线电缆以及水电管道等。它可以代替凿孔、预埋螺钉等手工劳动，提高工程质量，降低成本，缩短施工周期，是一种较先进的安

装工具。

射钉枪的使用及注意事项：

(1) 射手必须对所用射钉枪的结构、性能有所了解，同时根据被固件和基体的材料（如钢板、混凝土、砖砌体或木质松软物体），选择适当的弹和钉。具体应根据所用射钉枪型号的配套使用表或厂家编著《射钉紧固技术》一书去选择弹和钉。中国北方工业公司四川南山机器厂生产的 SDQ603 型射钉枪、送弹器、射钉弹、射钉配套使用如表 1-4 所示。目前射钉枪的型号有好几种，无论使用哪一种射钉枪，都应按照厂家的使用说明书选择适当的弹和钉。

表 1-4 SDQ603 型射钉枪、送弹器、射钉弹、射钉配套表

序号	送弹器类型	射钉类型	枪管口径	活塞直径	射钉弹		
					代号	颜色	威力
1	S1 送弹器	YD、HYD、M8、HM8	$\phi 8.6$	$\phi 8.6$	S1	红	大
		M4、M6、HM6	$\phi 12$	$\phi 12$		黄	中
						绿	小
						白	最小
2	S3 送弹器	YD、HYD、M8、HM8、KD35	$\phi 8.6$	$\phi 8.6$	S3	黑	最大
		DD、HDD、M10、HM10、KD45	$\phi 10$	$\phi 10$		红	大
		M4、M6、HM6	$\phi 12$	$\phi 12$		黄	中
						绿	小

(2) 射手在工作时应穿戴上劳保护具（如工作帽、工作服、手套、防护镜等），射前应将未装射弹的射钉枪抵在施工面上，检查活动部分应灵活，各部分紧固件不得松动，枪管内不允许有障碍物，然后开始装射钉弹。先装钉，后装弹。切勿用手面压缩枪管或用枪对准人体及非被固件和基体，不要摔落地下，以免走火或损坏零部件。

(3) 射击时，注意周围不可有易燃、易爆物品或在易被穿透的建筑物及钢板上作业，同时，在作业面的背后禁止有人。然后将送弹器推到位，再将枪口对准被固件并压缩枪管，扣动扳机即可射击，完成作业。

使用射钉枪进行射击时，射手应将射钉枪端正，一定要垂直于工作面。另外，枪托应用手托住，不宜用胸顶死枪托，以免在射钉枪击发时，较大的反作用力击伤射手。如已装了射钉弹与射钉，临时不再射击，应立即将弹、钉退出枪膛。程序是先退出射钉弹，然后取出射钉。

(4) 射击时，如果射钉弹未发火，应等待 5s 后，才能松开射钉枪。这时抽出送弹器，将射钉弹旋转 90°，再进行第二次或第三次射击。若再次不发火，则可更换新弹射击。

(5) 每次射击后，应立即拉出送弹器，退出弹壳。

## 第二节 常用测量仪表的使用

### 1. 万用表

万用表是一种便携式电气测量仪表，能测量多种电量，具有多量程。它实质上是一个带有整流器的磁电式综合测量仪表。

万用表能测量交流电压、直流电压、直流电流和直流电阻等，有些万用表还能测量音频电平（分贝）、电感量、电容量和晶体管放大系数等。

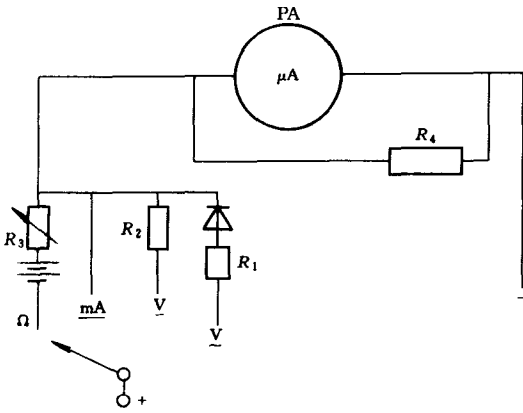


图 1-10 万用表的简单原理及基本结构示意图

(1) 万用表的原理。万用表的简单原理及基本结构示意图如图 1-10 所示。表头是一个磁电式直流微安表，它的主要结构是一块 U 形永久磁铁的两个磁极间置一可动圆柱形铁芯，上面套有铝框架和线圈。当线圈中通有电流时，线圈两边在磁场中受到大小相等、方向相反的力的作用。在这个转矩的作用下，线圈就转动起来，并带动指针偏转一个角度，直到转轴上的螺旋弹簧被拉紧产生反抗转矩，并与线圈转动力矩相平衡时为止。这时，指针所偏转的角度与流过线圈的电流成正比，因此，可以根据指针位置指示出流过线圈电流的大小。

表示万用表性能优劣的一个参数是表头的灵敏度。灵敏度高低是以表针偏转到满刻度时的线圈电流来衡量的，这一电流愈小，说明灵敏度愈高。MF 系列万用表的灵敏度均在 10 ~ 100mA 范围内，灵敏度都很高。

测量电路的功能，是在万用表测量各种不同数值大小和不同种类（电流、电压、电阻、交流、直流等）的电量时，起整流和分流、分压作用，使流过表头的电流始终为直流量，且数值限制在表头允许的最大值之内。

转换开关是用于选择万用表的测量种类和量程大小的。将其旋转到不同位置上，就接通不同的测量电路。转换开关有多种布置方式和各种不同结构特点。有的采用两只多档转换开关相互使用（500 型）；也有的仅使用一只多档转换开关（如 MF15、30、40、47 型等），分别选择不同量程的电流、电压、电阻等。

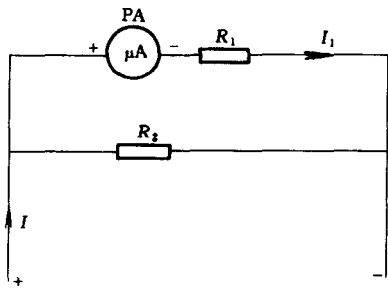


图 1-11 直流电流的测量

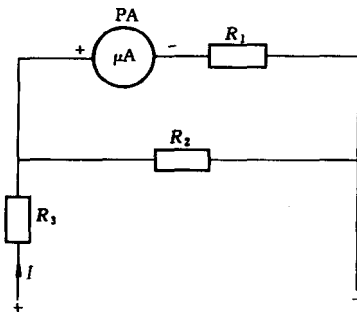


图 1-12 直流电压的测量

1) 直流电流的测量。直流电流的测量如图 1-11 所示，图中 PA 为微安表表头， $R_1$  是表头本身电阻和线路中串联电阻之和， $R_2$  是并联电阻，又称分流电阻。由于  $R_2$  比  $R_1$  小得多，大部分电流经过  $R_2$  流过，只要适当选择  $R_1$ 、 $R_2$  的比值关系，就能使表头流过的电流  $I_1$  是总电流  $I$  的  $1/R$  倍。例如，令  $K = 100$ ，当流过表头的电流  $I_1$  为  $100\mu A$  时，就能知道电路中

的实际电流  $I$  为

$$I = KI_1 = 100 \times 100\mu\text{A} = 10\text{mA}$$

2) 直流电压的测量。直流电压的测量如图 1-12 所示, 直流电压测量原理电路, 除前面介绍的分流电路外, 还串联上一个阻值很大的串联电阻  $R_3$ 。当万用表测量一个直流电压时,  $R_3$  流入万用表的电流  $I$  很小, 并使降落在  $R_3$  上的电压按比例占有外电压  $U$  很大一部分 (因  $R_3$  称为分压电阻), 电流  $I$  再经分流后流入表头 PA, 根据表针偏转的角度, 就可推算出外电压  $U$  的数值。当然, 实际电流、电压的数值在万用表的盘面上已有适当的刻度, 可直接读出, 或乘一个简单的倍率即可。

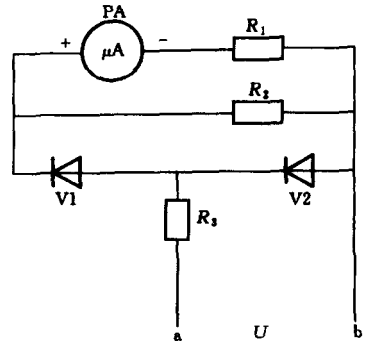


图 1-13 交流电压的测量

3) 交流电压的测量。交流电压的测量原理如图 1-13 所示。图中  $R_3$  为串联分压电阻, 当外电压  $U$  的  $a$  端为正时, 电流由  $a$  点流入, 经二极管  $V_1$ , 并分流一部分后, 从微安表 PA 的 “+” 端流入; 如果交流电压  $U$  的  $b$  端为正, 则电流由  $b$  点流入, 经二极管  $V_2$  及电阻  $R_3$  流回电源。这样保证了微安表 PA 中的电流始终由 “+” 端流入。因此, 有适当的偏转, 按比例可以指示出交流电压  $U$  的有效值。

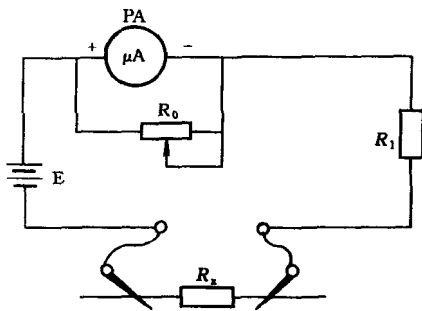


图 1-14 电阻阻值的测量原理图

4) 电阻的测量。测量外部电阻  $R_x$  阻值的原理如图 1-14 所示。图中  $E$  是万用表内的电池, 选档为  $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$  和  $R \times 1K$  时, 电压均为  $1.5V$ ; 选档为  $R \times 10K$  时, 电压为  $15$ 、 $9V$  或  $6V$  等。  $R_0$  为调零电阻, 用表盘上的一个调零旋钮调节, 其目的是使外接电阻  $R_x$  为零值 (两根表棒短路) 时, 使表针正好指向 “0” 位上。由于这时表头中流过的电流最大, “0” 位即是表明表头中流过满刻度电流, 所以测量欧姆值的刻度尺如图 1-15 所示, 由右向左刻度。

显然, 流过表头的电流取决于外接电阻  $R_x$  的大小。因此, 可由表针的位置反映出  $R_x$  的大小。由于流过表头的电流与  $R_x$  不成简单的比例关系, 所以标度尺上的刻度是不均匀的。

## (2) 万用表的使用方法及注意事项。

1) 正确连接表棒。万用表的红色表棒应插入红色端钮或标有 “+” 的插孔内; 黑色表

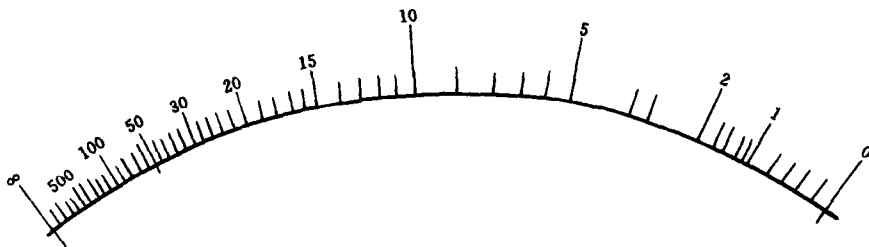


图 1-15 测量电阻的刻度尺

棒则应插入黑色端钮或标有“-”和“\*”的插孔内；测量直流电压时，红色表棒应接正极，黑色表棒接负极。这样，直流电流由红色表棒流入万用表内，指针正偏，指示值正确。有的万用表备有交、直流 2500V 测量孔，使用时，黑表棒不动，将红表棒接到 2500V 的端钮或插孔内即可。需要注意，用于 2500V 电压测量的表棒和导线是专用的，绝缘性能较好，不可随意用普通的测棒代替，以防发生危险。

2) 选择正确的测量类别和适当的量程。首先应将转换开关转到所需测量电量的相应类别上，然后根据对被测量大小的估计选择适当的量程。如果对被测量的大小心中无数，则应选择大量程档测量。指针偏转太小时再将量程逐级改小，这样操作不易损坏万用表。

有的万用表有测量种类、量程两个选择开关，一定要都拨到适当的位置上才能使用。所谓量程适当，是指尽量使指针位置停在量程刻度尺的  $1/2 \sim 3/4$  的范围内，这时读数比较准确

特别要注意的是切不可用电流档测量电压，也不可以用欧姆档测量电压、电流，否则（除部分万用表有熔丝能起到保护作用外）有可能撞坏表针或烧毁表头。

3) 正确读数。在万用表的刻度盘上有几条刻度尺，常见的是上面两条刻度尺，用于交流、直流电压和直流电流的读数以及电阻的读数。测量电阻值刻度尺是不均匀的刻度尺，一般最下边的刻度尺为音频电平刻度尺。有的万用表在测量交流  $0 \sim 10V$  电压时有另外一条刻度尺。

读数要注意量程大小，要将指示值乘以相应的倍率。电流、电压的读数是从刻度尺的左面向右读，逐渐增大。而欧姆刻度尺右起为零向左逐渐增大。

4) 正确使用欧姆档。用欧姆档测量电阻值时，首先要选择合适的量程。所选倍率档应使被测电阻值尽可能接近欧姆中心值，将两根表棒碰在一起，转动“调零旋钮”，使指针刚好指在欧姆刻度尺的零位上，再用两根表棒去测量被测电阻，使表针偏转在刻度尺的  $1/2 \sim 3/4$  的范围内，读数较准确，误差较小。每换一次量程，都要重新调零，即使一直使用同一档位时间过长时，也应再校对调零一次。如果指针不能调到零位，则说明电池电压不足，需要更换电池。测量电阻时，被测电阻不能带电，否则，除读数不准外，还能烧坏表头。在测量低电阻阻值时，应注意接触要良好，以免接触电阻造成测量误差；当测量高电阻时，要注意不能有并联电路，如操作人员两只手接触被测电阻两端，这样也会造成所测阻值不准确。

如不再读数时，应断开测量电路或将转换开关旋到交流电压最高档位或关停位置，尤其不能使两根表棒相碰。

欧姆档除了能测量电阻外，还可检查电容器和晶体管。

a) 检查电容器。检查时使用  $R \times 1K$  档或  $R \times 100K$  档，宜以黑表棒接电容器正极（与表内电池正极相连），红表棒接负极，表内电池对电容器充电，表针迅速向阻值小的方向摆动。电容量愈大，则指针摆动角度愈大，如果电容器失效，则表针几乎不摆动。一个好的电容器，当表针迅速向阻值小的方向摆动后，则慢慢向“ $\infty$ ”的方向偏移，经过一段时间放电后，表针最后停留在某一位置上，阻值愈大愈好，阻值越大表明电容器漏电微弱，阻值很小，则表明电容器已短路或漏电电流很大。

测交流用电容器则不分正负极，判断的方法基本同直流一样。

b) 检查晶体管。测量二极管的正反向电阻，两者相差愈大，则表明性能愈好。一般可用  $R \times 100$ 、 $R \times 1K$  档测试，不宜用  $R \times 10K$  档，因为  $R \times 10K$  档的电压高达  $6 \sim 15V$ ，可能

会损坏半导体元件。标有“+”柱接表内电源的负极，标“-”柱接表内电源的正极，故测二、三极管时要注意。

对晶体三极管一般也是通过测量 b、e 极之间的发射结电阻和 b、c 极之间的集电结电阻来判断三极管属 NPN 型还是 PNP 型。首先判别出基极 b，然后测量两种状态下 c、e 之间的电阻（b 悬空，b 与另一极之间接一大电阻或用手捏住），可以判别出 c、e 两个不同的电极，并可粗略地估计三极管电流的放大倍数，穿透电流的大小等（详见参考文献 16）。

(3) 数字式万用表。随着电子工业的迅猛发展，数字式万用表已经普遍应用于生产现场，它与指针式万用表相比，具有内阻高、测量精度高、误差小、显示速度快、耗电省、质量轻、能在强磁场下使用和过负荷能力强等优点。

数字万用表的基本工作原理是将被测测量转换为直流电压，与基准电压比较，经过放大、积分、逻辑比较等环节，将模拟量转换为数字量，最后用液晶显示器（LCD）或发光二极管（VL）显示出来。一般显示  $3\frac{1}{2}$  或 4 位，即最大显示值为 1999 或 9999。

数字式万用表一般均有电路保护环节，即使操作出错，也不致损坏万用表。加之集成电路故障率很低，性能优越，大有取代指针式万用表的趋势。

## 2. 钳形电流表

钳形电流表简称钳形表。它具有一个可闭合的铁芯，在不拆断电路而需要测量电流的场合，只须将被测导线钳入铁芯内（不必串联于电路中），就可读出该导线电流的数值。

钳形电流表分可测量交流电流（例如 MG3-1、MG3-2、MG-24 型）和可测量交、直流电流（例如 MG-20、MG-21 型）两类。有的钳形电流表还可兼测电压（例如 MG3-2、MG-24 型）。

测量交流电流的钳形表实质上是根据电流互感器原理制成的，如图 1-16 所示。它只适用于交流电路。

钳形电流表的使用方法：

进行电流测量时，被测载流导线的位置应放在钳口中央，须钳单根导线，以免产生误差。如果被测导线位置狭窄，而且属三相，则测量时三相导线在钳口中的位置应一样，而且表壳的方向也应一致。

(1) 测量前应先估计被测电流或电压的大小，选择合适的量程。如心中无数应先选用最大量程，然后视被测电流、电压大小，减小量程。

(3) 为使读数准确，钳口两个接触面应无锈斑，且保证接合良好。如有杂音，可将钳口重新开合一次。如果声音依然存在，可检查接合面上有无污垢存在，如有污垢，可用汽油擦干净。

测量后一定要把调节开关旋到最大电流量程位置，以免下次使用时，由于未经选择量程而造成仪表损坏。

(5) 测量小于钳形电流表最低档以下的电流时，为了得到准确读数，在条件许可时，可将导线绕几圈放在钳口内进行测量，但实际电流数值应为读数除以放进钳口内的导线匝数。

测量交、直流的钳形电流表是一个电磁式仪表，放在钳口中的被测载流导线作为励磁线圈，磁通在铁芯中形成回路。电

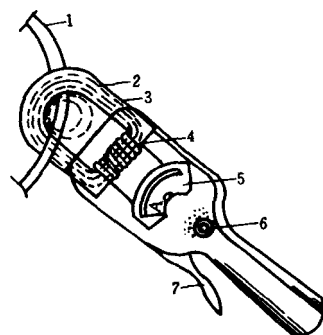


图 1-16 钳形电流表

1—被测导线；2—铁芯；3—磁通；  
4—二次线圈；5—表头；6—量程调节开关；7—铁芯开合手柄

磁式测量机构位于铁芯的缺口中间，受磁场的作用而偏转、获得读数。因其偏转不受测量电流种类的影响，所以可测量交、直流电流。

### 3. 兆欧表

兆欧表又称摇表，是一种简便、常用的测量高电阻的直读式仪表。一般用来测量电路、电机绕组、电缆等电气设备绝缘电阻。

最常见的兆欧表，是由作为电源的高压手摇发电机（交流或直流发电机）和指示读数的磁电式双动圈流比计所组成。新型的兆欧表有用交流电作电源或采用晶体管直流电源变换器和磁电式仪表来指示读数的。

用交流发电机和直流发电机作为电源的兆欧表测量电阻的原理电路图分别如图 1-17 (a) (b) 所示。

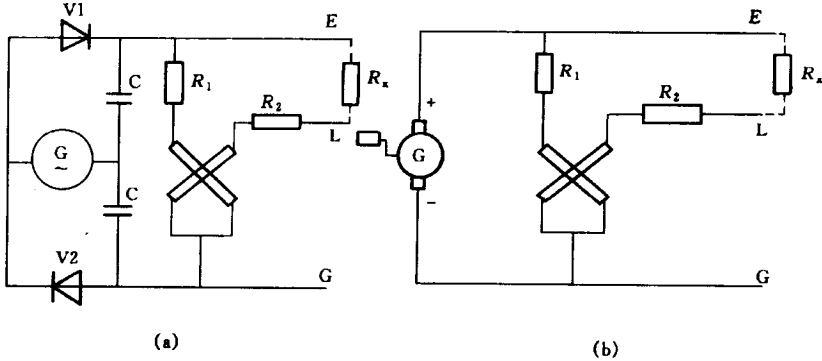


图 1-17 兆欧表测量电阻原理电路图

(a) 交流发电机作电源；(b) 直流发电机作电源

(1) 接线方法。兆欧表上有三个分别标有接地“E”、电路或线路“L”和保护环“G”的接线柱（端钮）

测量线路绝缘电阻时，可将被测线路接兆欧表标有电路或线路的“L”接线柱（端钮）上。将标有接地的“E”端接线柱（端钮）与良好的接地体相接，如图 1-18 (a) 所示。

测量电机绝缘电阻时，将电机绕组接电路或线路的“L”接线柱（端钮）上，将电机外壳接兆欧表的“E”接线柱上，如图 1-18 (b) 所示。

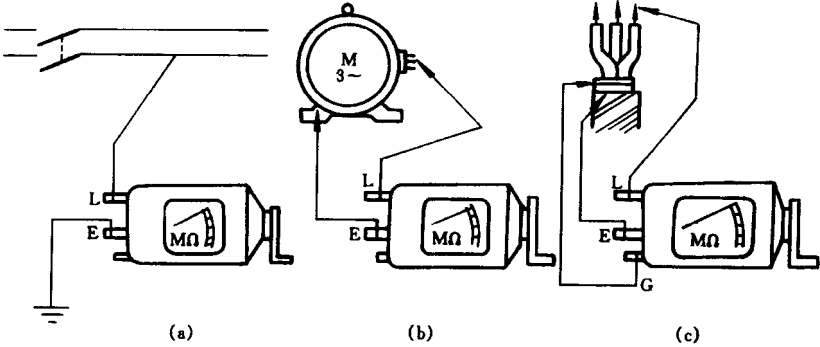


图 1-18 兆欧表测量绝缘电阻法

(a) 测线路；(b) 测电机；(c) 测电缆

测量电缆绝缘时，除将电缆线芯接“L”，电缆铅包层和铠装护带接“E”接线柱之外，还得将电缆的统包绝缘缠上铜皮或裸铜线后接于兆欧表的保护环“G’，接线柱（端钮）上，以消除电缆线路因绝缘表面漏电而引起的误差，如图 1-18（c）所示。

## （2）测量步骤及注意事项。

1) 在进行测量前要切断被测设备的电源并对其充分放电，约需 2~3min 以保证人身及仪器的安全。

2) 接线端钮与被测设备之间的连接导线不能用双股绝缘线或双股绞线，应用单股分开单独连接的专用绝缘线，以避免引起误差。

3) 测量前应先将兆欧表进行一次开路 and 短路试验，检查兆欧表是否良好。若将两连接线开路，摇动手柄，指针应指向“∞”处。这时如果将两连接线瞬间短接一下，指针应立即回到“0”处，说明兆欧表是好的，否则兆欧表有故障不能使用。

4) 摇动手柄应由慢渐快，至转速为 120r/min 时，稳速摇动手柄，当出现指针回“0”时，就停止摇动手柄，以防烧损表内线圈。

5) 测量时保持 120r/min 的恒定转速，保持 1min 再进行读数（读数时不得停止转动）。

6) 对于大容量的设备（如变压器绕组），测试绝缘时，应在兆欧表达达到额定转速时将表头接入被测试设备。读数完毕，应先将表头离开被测设备，再停止摇动兆欧表，防止被测设备储存的电荷反充电烧毁兆欧表。

7) 为了防止被测设备表面泄漏电流的影响，应将被测设备中间层接入保护环“G”端钮上。

8) 兆欧表电压等级的选用，一般低压电气设备测量绝缘电阻时，选用 500~1000V 兆欧表，高压电气设备测量绝缘电阻时，选用 1000~2500V 兆欧表。量程范围的选择，一般应注意不要使其测量范围过多的超出所需测量的绝缘电阻值，以免使读数产生误差。例如，测量低压电气设备绝缘电阻时，可选用 0~200MΩ 量程的兆欧表；测量高压电气设备时，可选用 0~2000MΩ 量程的兆欧表。刻度不是从零开始，而是从 1MΩ 或 2MΩ 起始的兆欧表不适合测量低压设备的绝缘电阻。

9) 禁止在雷雨时或在邻近带有高压导体的设备上测量绝缘电阻，只有在设备不带电时才能进行测量工作。

## 第三节 起重搬运及登高工具

### 一、起重搬运基本知识

在发电厂或变电所里，体积较大，质量较大的电气设备，一般规定由专业起重工作人员进行。但是，电气检修人员也应掌握简单的起重搬运知识和电工常用起重工具的使用方法。

#### （一）起重工具及使用方法

##### 1. 撬杠

撬杠也称撬杆、撬棍等。撬杠的作用是利用杠杆的原理使重物产生位移，常用于重物的少量抬高、移动和重物的拨正、止退等作业，撬杠的使用如图 1-19 所示。

撬杠多用中碳钢材锻制。其规格是以直径和长度来表示的，分以下三种：

直径（mm）：18、25、32；

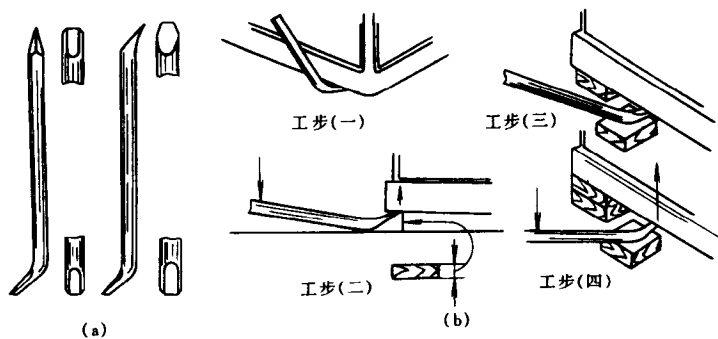


图 1-19 撬杠的使用  
(a) 撬杠的形状；(b) 用撬杠抬高重物示意图

长度 (mm) : 500、1000、1500。

也有用大、中、小号来表示的。大号撬杠长 1500mm，中号撬杠长 1000mm，小号撬杠长 500mm。

(1) 重物的抬高。在抬高前要准备好硬质方木块 (或金属块)，待重物升起后用来支垫重物。一次撬起高度不够时，可将支点垫高继续撬起。第二次撬起后，先垫好新的厚垫块，再取出第一次垫的厚垫块，如图 1-19 (b) 所示。

(2) 重物的移动。若重物下面没有垫块时，应先将重物用撬杠撬起，并垫上扁铁之类的垫块，使重物离地。然后将撬杠插入重物底部，用双手握住撬杠上端做下压后移动作。这一动作必须在重物两侧同时进行，随着撬杠的下压后移，重物即可前进。

(3) 重物的拨正与止退。这两种操作方法基本一样。在止退时，如重物退力较大，要用肩膀扛住撬杠上端，使人体、撬杠及地面形成一个稳固的三角形状。但当重物的退力很大或需很长时间时，不允许人力止退，而必须用三角木楔住。

## 2 起重滑车

起重滑车又称吊滑车、小滑车、小葫芦、小滑轮、铁滑车等。小一点的滑车一般用于吊放较轻便的物体，也称小滑轮。其直径有 19、25、38、50、63、75mm 等。大一点的俗称起重滑车或铁滑车，适用于吊放笨重物体，是一种使用简便、携带方便、起重能力较强的起重工具，一般与绞车配套使用。起重滑车形状如图 1-20 所示，其规格如表 1-5 所示。

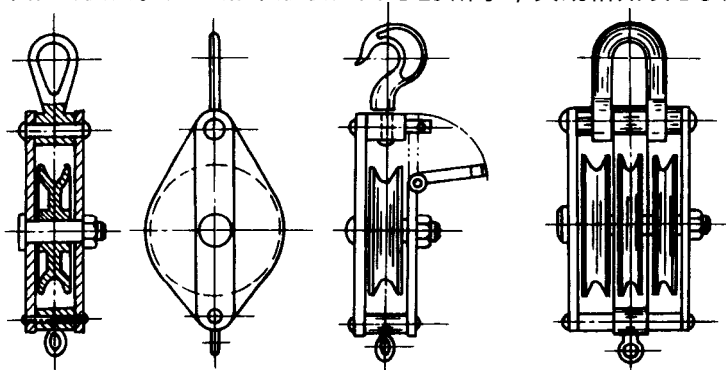


图 1-20 起重滑车形状

表 1-5

起重滑车规格表

滑轮数	结构形式			代号	起质量 (t)
单 轮	开 口	桃 式	吊钩	KBC	0.5, 1, 2, 3, 5, 8, 10, 16, 20
			链环	KBL	
	闭 口	吊钩		G	0.5, 1, 2, 3, 5, 8, 10, 16, 20
		链环		L	
双 轮	闭	吊钩		G	1, 2, 3, 5, 8, 10, 16, 20
		链环		L	
吊环		D	1, 2, 3, 5, 8, 10, 16, 20, 32		
三 轮		吊钩		G	3, 5, 8, 10, 16, 20
	链环		L		
	吊环		D	3, 5, 8, 10, 16, 20, 32, 50	
四 轮	口	吊环		D	8, 10, 16, 20, 32, 50
五 轮		吊梁		W	32, 50, 80
		吊环		D	20, 32, 50, 80
六 轮		吊环		D	32, 50, 80, 100
七 轮		吊环		D	80
八 轮		吊梁		W	100, 140
		吊环		D	100, 140

### 3. 环链手拉葫芦

手拉葫芦也称葫芦、车筒、导链等。它是一种使用简便、携带方便的手动起重机械，适用于工厂、矿山、建筑工地、农业生产以及码头、船坞、仓库等用来安装机械设备、起吊货物和装卸车辆的一种机械工具，尤其是在露天及无电源作业时，更有其重要性。电工常用它来起吊电机、变压器以及配合其他起重机械抽装大型电机转子等工作。

环链手拉葫芦的规格一般为 0.5~20t，起重高度为 5m 以下，其结构如图 1-21 所示。

环链手拉葫芦使用方法及注意事项：

(1) 严禁超载使用。

(2) 严禁用人力以外的其他动力操作。

(4) 在使用前须确认机件完好无损，传动部分及起重链条润滑良好，空转情况正常。

(3) 起重前检查上下吊钩是否挂牢。起重链条应垂直悬挂，不得有错扭的链环，严禁将下吊钩回扣到起重链条上，以确保安全。

(5) 操作者应站在与手链轮同一平面内拉动链条，使手链轮沿顺时针方向旋转，重物上升，反方向拉动手链条，重物则缓缓下降。

(7) 在起吊重物时，严禁人员在重物下做任何工作或走动，以免发生意外事故。

(6) 在起吊过程中，无论重物上升或下降，拉动手链条时，用力应均匀和缓，不得用力过猛，以免手链条跳动或卡环。

(8) 操作者如发现手拉力大于正常拉力时，应立即停止使用，进行检查，查明原因，消除异常现象方可继续使用。