

全彩精编版



JINGTONG DIANGONG WEIXIU JINENG

精通

# 电工维修技能

主编 王建 雷云涛



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



JINGTONG DIANGON

# 电工维修技能

主 编 王 建 雷云涛  
副主编 赵毅飞 孔令艳 杨 军 华爱琴 温丽萍  
参 编 袁 磊 丁泽庆 闫凤琴 李江玲 王枫清  
主 审 张 宏



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

在知识不断更新的 21 世纪, 需要更多具有学习力的知识英雄和能工巧匠。本书编写围绕培养复合技能型和知识技能型高技能人才的需要, 根据电工的实际操作, 侧重其必备的、重要的维修技能进行了介绍, 主要包括电工维修基本技能、电气故障的排除方法、电气线路的维修、电动机控制线路的维修、电动机的维修、机床电气控制线路的维修等。

本书对学习重点进行了提炼, 去芜存菁, 精选全彩图片, 系统地对知识点进行了归纳和解说, 易学易用, 是广大初、中级电工, 电气设备维修人员和电工爱好者的理想读物, 也是农村剩余劳动力转移培训、企业技术培训以及下岗职工再就业培训的理想教材。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

精通电工维修技能/王建, 雷云涛主编. —北京: 中国电力出版社, 2014. 8

(能工巧匠之路)

ISBN 978-7-5123-5681-8

I. ①精… II. ①王…②雷… III. ①电工—维修—基本知识 IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 049991 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http: //www. cepp. sgcc. com. cn)

北京瑞禾彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2014 年 8 月第一版 2014 年 8 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 9.125 印张 241 千字

印数 0001—3000 册 定价 49.00 元

### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

根据《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》《国务院关于大力发展职业教育的决定》以及《关于进一步加强高技能人才工作的意见》等相关政策和法规，国家相关部门制定了职业教育攻坚计划，加快培养一大批数量充足、结构合理、素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型高技能人才，为“中国制造”培育千万能工巧匠的重大战略。而“中国制造”是否拥有一支高素质的技能人才队伍，直接关系到企业的核心竞争力，关系到企业的兴衰成败。尽快找到一条适合我国国情的高技能人才成长的开发途径，满足我国走新型工业化道路对高技能人才的需要，是当前政府、企业、学校、社会共同关心的热点、难点问题，也是技能人才培养最为紧迫的任务。

当前，经济社会发展对高技能人才需求十分迫切。世界经济发展表明，知识经济时代，综合实力的较量关键在于科技的竞争，科技的竞争说到底人才的竞争。努力建设一支掌握先进技术、先进工艺和操作技能，与科技和管理人才队伍相适应的高技能人才队伍，对于实施“人才强国”战略是重要的具体措施。

党和政府高度重视高技能人才队伍的培养，具体的规划有：

(1) 统筹社会资源，建立示范性高技能人才培训基地。到2020年底，全国建成1200个高技能人才培训基地。

(2) 进一步推动企业建立和完善现代企业职工培训制度。

(3) 改革培养模式，建立健全高技能人才校企合作培养制度。

(4) 在有条件的地方建设类型多样、布局合理、运行高效的公共实训基地。

(5) 建立和完善高技能人才多元评价机制。

(6) 广泛开展各种形式的职业技能竞赛和岗位练兵活动。

(7) 依托“中华技能大奖”得主、全国技术能手和其他有绝活的技能大师建立技能大师工作室。到2020年底,全国建成1000个左右国家级技能大师工作室。

为配合职业教育攻坚计划和高技能人才的培养,培训教材应先行,而教材的质量直接影响着高技能型人才培养的质量。因此,编制一套真正适合于技能人才培养的教材是当前急需解决的问题。为了突出加强高技能型人才的实践能力和职业技能的培养战略要求,结合最新的国家职业标准,我们组织一批具有实践经验的专家、教授、全国技术能手和技能大师工作室的高级技师编写了电工专业的“能工巧匠之路”丛书。本套丛书具有如下编写特色:

(1) 以职业能力建设为核心,在进行职业分析、专项能力构成分析的基础上,突出技能培养,围绕技能的培养将职业岗位对人才的素质要求、知识要求与技能要求进行重新整合,突破传统的技能培养的模式。

(2) 内容上涵盖国家职业标准对电工知识和技能的要求,准确把握理论知识在技能人才建设中的“必需、够用”,又有足够技能操作的原则;注重现实社会发展和就业需求,以培养职业岗位群的综合能力为目标。

(3) 突出“能”和“巧”,在这两个字上下工夫,精心组织,精心编写,真正地使本套丛书重点突出,主题鲜明,内容实用、易学、易用。

(4) 充分反映当前电工技术领域的新知识、新技术、新工艺和新方法,并具有一定的前瞻性和先进性,不仅帮助读者扩充知识体系,更新知识结构,同时开阔眼界,有助创新。

21世纪,知识在不断更新,科技在不断突破,经济在不断发展,人才的学习力已经成为最具实力的竞争力。在这样的知识经济时代,我们需要越来越多的知识英雄和能工巧匠,愿本丛书为广大读者所乐用,成为您探寻能工巧匠之路的良师益友。

编者

2014年3月

# 目录

## 前言

### 第一章 电工维修基本技能

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第一节 电工常用工量器具的使用 .....  | 1  |
| 一、常用电工工具 .....         | 1  |
| 二、常用电工仪表 .....         | 7  |
| 第二节 电工安全常识 .....       | 20 |
| 一、电工安全操作规程 .....       | 20 |
| 二、安全用电、文明生产和消防知识 ..... | 20 |
| 三、触电急救知识 .....         | 22 |
| 四、接地与接零 .....          | 27 |
| 第三节 电气识图 .....         | 28 |
| 一、电气图的概念 .....         | 28 |
| 二、识读电气图的基本步骤 .....     | 28 |
| 第四节 导线连接与绝缘恢复 .....    | 35 |
| 一、导线绝缘层的剖削 .....       | 35 |
| 二、铜芯导线的连接 .....        | 37 |
| 三、铝芯导线的连接 .....        | 41 |
| 四、导线绝缘层的恢复 .....       | 43 |

### 第二章 电气故障的排除方法

|                 |    |
|-----------------|----|
| 第一节 直观法 .....   | 45 |
| 一、调查研究 .....    | 45 |
| 二、初步检查 .....    | 45 |
| 三、试车 .....      | 45 |
| 四、检查方法 .....    | 46 |
| 第二节 仪表检测法 ..... | 47 |
| 一、电压检测法 .....   | 47 |
| 二、电阻法 .....     | 49 |



|                    |    |
|--------------------|----|
| 第三节 其他方法 .....     | 50 |
| 一、短接法 .....        | 50 |
| 二、强迫闭合法 .....      | 52 |
| 三、元件代换法 .....      | 55 |
| 四、对比法 .....        | 55 |
| 五、逐步开路（或接入）法 ..... | 56 |

### 第三章 电气线路的维修

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第一节 照明电路及灯具的维修 ..... | 57 |
| 一、照明电路的维护 .....      | 57 |
| 二、照明电路故障检修 .....     | 60 |
| 三、照明灯具的安装原则 .....    | 63 |
| 四、白炽灯照明装置的检修 .....   | 64 |
| 五、荧光灯照明装置的检修 .....   | 66 |
| 六、高压汞灯照明装置的检修 .....  | 69 |
| 七、高压钠灯照明装置的检修 .....  | 72 |
| 八、碘钨灯照明装置的检修 .....   | 74 |
| 第二节 架空线路的检修 .....    | 76 |
| 一、架空线路的类型 .....      | 76 |
| 二、架空线路的组成 .....      | 76 |
| 三、架空线路的结构形式 .....    | 77 |
| 四、低压架空线路的检查与维护 ..... | 78 |
| 五、架空线路的检修 .....      | 79 |
| 第三节 电力电缆线路的检修 .....  | 87 |
| 一、电缆的结构与特点 .....     | 87 |
| 二、电缆中间接头的连接 .....    | 88 |
| 三、电缆终端的连接 .....      | 94 |
| 四、故障诊断与排除方法 .....    | 97 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第四节 接地装置的检修 ..... | 103 |
| 一、接地装置的技术要求 ..... | 104 |
| 二、接地体的制作与安装 ..... | 104 |
| 三、接地线的安装 .....    | 107 |
| 四、接地装置的检修 .....   | 113 |

## 第四章 电动机控制线路的维修

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第一节 低压电器的维修 .....    | 117 |
| 一、低压开关的检修 .....      | 117 |
| 二、熔断器的检修 .....       | 128 |
| 三、接触器的检修 .....       | 133 |
| 四、继电器的检修 .....       | 145 |
| 五、主令电器的检修 .....      | 163 |
| 第二节 电动机控制线路的维修 ..... | 167 |
| 一、电动机控制线路的安装配线 ..... | 167 |
| 二、全压起动控制线路的维修 .....  | 169 |
| 三、正反转控制线路的维修 .....   | 176 |
| 四、位置控制线路的维修 .....    | 181 |
| 五、顺序控制与多地控制的维修 ..... | 183 |
| 六、降压起动控制线路的维修 .....  | 187 |
| 七、制动控制线路的维修 .....    | 191 |
| 八、调速控制线路的故障查找 .....  | 196 |

## 第五章 电动机的维修

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第一节 三相异步电动机的维修 .....    | 200 |
| 一、三相异步电动机的结构与工作原理 ..... | 200 |
| 二、三相异步电动机的拆装步骤 .....    | 208 |
| 三、三相异步电动机的维护 .....      | 215 |
| 四、三相异步电动机常见故障的排除 .....  | 219 |



|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 五、定子绕组的故障修理 .....       | 224 |
| 六、转子故障的修理 .....         | 233 |
| 七、异步电动机修理后的试验 .....     | 235 |
| 第二节 单相异步电动机的维修 .....    | 242 |
| 一、单相异步电动机的结构与工作原理 ..... | 242 |
| 二、单相异步电动机的维修 .....      | 249 |

## 第六章 机床电气控制线路的维修

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第一节 车床控制线路的维修 .....            | 253 |
| 一、主要结构与运动形式 .....              | 253 |
| 二、电气控制线路分析 .....               | 255 |
| 三、CA6140 型车床常见电气故障的检修 .....    | 257 |
| 第二节 钻床控制线路的检修 .....            | 260 |
| 一、电力拖动特点及控制要求 .....            | 261 |
| 二、Z37 摇臂钻床电气控制线路分析 .....       | 262 |
| 三、Z37 摇臂钻床常见电气故障检修 .....       | 265 |
| 第三节 铣床控制线路的检修 .....            | 267 |
| 一、X62W 万能铣床的电气原理分析 .....       | 267 |
| 二、X62 铣床常见电气故障检修 .....         | 272 |
| 第四节 磨床控制线路的检修 .....            | 275 |
| 一、M7130 型平面磨床主要结构及电气控制要求 ..... | 275 |
| 二、M7130 型平面磨床电气控制线路分析 .....    | 277 |
| 三、M7130 平面磨床电气控制线路常见故障检修 ..... | 280 |

|            |     |
|------------|-----|
| 参考文献 ..... | 284 |
|------------|-----|



## 第一章

# 电工维修基本技能

### 第一节 电工常用工量器具的使用



#### 一、常用电工工具

电工常用工具是指一般专业电工都要运用的常备工具。常用的工具有验电器、螺钉旋具、钢丝钳、尖嘴钳、断线钳、剥线钳、电工刀、活扳手等。作为一名维修电工，必须掌握电工常用工具的使用。

##### 1. 验电器

验电器是检验导线和电气设备是否带电的一种电工常用检测工具。它分为低压验电器和高压验电器两种。

(1) 低压验电器。低压验电器又称为测电笔，有笔式和螺钉刀式两种，如图 1-1 所示。

笔式低压验电器由氖泡、电阻、弹簧、笔身和笔尖等组成。低压验电器使用时，必须按图 1-2 所示的正确方法把笔握妥，以手指触及笔尾的金属体，使氖管小窗背光朝自己。



图 1-1 低压验电器

当用低压验电器测带电体时，电流经带电体、验电器、人体、地形成回路，只要带电体与大地之间的电位差超过 60V，验电器中的氖泡就发光。低压验电器测试范围为 60~500V。

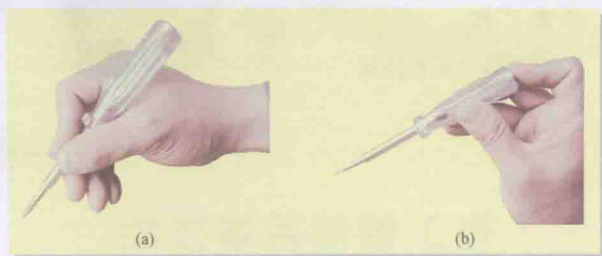


图 1-2 低压验电器的使用方法

(a) 错误握法；(b) 正确握法

低压验电器的作用见表 1-1。

表 1-1 低压验电器的作用

| 作用         | 要 点                                         |
|------------|---------------------------------------------|
| 区别电压高低     | 测试时可根据氖管发光的强弱来区别电压的高低                       |
| 区别相线与中性线   | 在交流电路中，当验电器触及导线时，氖管发光的即为相线，正常情况下，触及中性线是不发光的 |
| 区别直流电与交流电  | 交流电通过验电器时，氖管里的两极同时发光；直流电通过验电器时，氖管里两个极只有一个发光 |
| 区别直流电的正、负极 | 把验电器连接在直流电的正、负极之间，氖管中发光的一极即为直流电的负极          |

(2) 高压验电器。高压验电器又称高压测电器，10kV 高压验电器由金属钩、氖管、氖管窗、固紧螺钉、护环和握柄组成，如图 1-3 所示。高压验电器使用如图 1-4 所示。

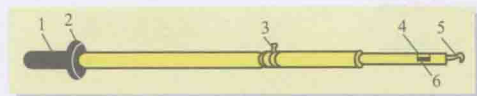


图 1-3 高压验电器

1—握把；2—互环；3—固紧螺钉；  
4—氖管窗；5—金属钩；6—氖管

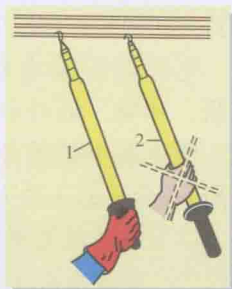


图 1-4 高压验电器使用

1—正确；2—错误



### 操作提示

(1) 验电器使用前,应在已知带电体上测试,证明验电器确实良好方可使用。

(2) 使用时,应使高压验电器逐渐靠近被测物体,直到氖管发亮;只有在氖管不发亮时,人体才可以与被测物体试接触。

(3) 室外使用高压验电器时,必须在气体条件良好的情况下才能使用。在雨、雪、雾及温度较大的天气中,不宜使用。

(4) 高压验电器测试时,必须戴上符合要求的绝缘手套;不可一个人单独测试,身旁必须有人监护;测试时要防止发生相间或对地短路事故;人体与带电体应保持足够的安全距离,10kV 高压的安全距离为 0.7m 以上。

## 2. 螺钉旋具

螺钉旋具又称为旋凿或起子,它是紧固或拆卸螺钉的工具。螺钉旋具的种类有很多,按头部形状可分为一字槽和十字槽,如图 1-5 所示。



图 1-5 螺钉旋具

(a) 一字槽螺钉旋具; (b) 十字槽螺钉旋具

一字槽螺钉旋具常用规格有 50、100、150、200mm 等,电工必备的是 50mm 和 150mm 两种。十字槽螺钉旋具专供紧固和拆卸十字槽的螺钉,常用的规格有 I、II、III、IV 四种。

磁性螺钉旋具按握柄材料可分为木质绝缘柄和塑胶绝缘柄。它的规格齐全,分十字槽和一字槽。金属杆的刀口端焊有磁性金属材料,可以吸住待拧紧的螺钉,能准确定位、拧紧,使用很方便,应用较广泛。

(1) 大螺钉旋具的使用。大螺钉旋具一般用来紧固较大的螺钉。使用时,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,这样就可以防止螺钉旋具转动时滑脱,如图 1-6 所示。

(2) 小螺钉旋具的使用。小螺钉旋具一般用来紧固电气装置接线桩头上的小螺钉,使用时,可用手指顶住木柄的末端捻转,如图 1-7 所示。



图 1-6 大螺钉旋具的使用方法



图 1-7 小螺钉旋具的使用方法



### 操作提示

(1) 电工不可使用金属杆直通的螺钉旋具,否则容易造成触电事故。

(2) 使用螺钉旋具紧固和拆卸带电的螺钉时,手不得触及螺钉旋具的金属杆,以免发生触电事故。

(3) 为了避免螺钉旋具的金属杆触及临近带电体,应在金属杆上穿绝缘套管。

(4) 使用较长的螺钉旋具时,可用右手压紧并旋转手柄,左手握住螺钉旋具中间部分,以使螺钉刀不致滑脱。此时左手不得放在螺钉的周围,以免螺钉刀滑出时将手划伤。

## 3. 钢丝钳

钢丝钳有铁柄和绝缘柄两种,绝缘柄为电工用钢丝钳,常用的规格有 150、175、200mm 三种。

电工钢丝钳由钳头和钳柄两部分组成。钳头由钳口、齿口、刀口和侧口四部分组成。其用途很多,钳口用来弯绞和钳夹导线



图 1-8 电工钢丝钳的外形

线头;齿口用来剪切或剖析软导线绝缘层;侧口用来侧切导线线芯、钢丝或铅丝等较硬金属丝。电工钢丝钳的外形如图 1-8 所示。



### 操作提示

- (1) 使用前, 必须检查绝缘柄的绝缘是否良好。
- (2) 剪切带电导线时, 不得用刀口同时剪切相线和零线, 或同时剪切两根导线。
- (3) 钳头不可代替锤子作为敲打工具使用。

## 4. 尖嘴钳

尖嘴钳的头部尖细, 适用于在狭小的空间操作。钳柄有铁柄和绝缘柄两种, 绝缘柄的耐压为 500V, 主要用于切断细小的导线、金属丝; 夹持小螺钉、垫圈及导线等元件; 还能将导线端头弯曲成所需的各种形状。尖嘴钳外形如图 1-9 所示。



图 1-9 尖嘴钳

## 5. 断线钳

断线钳又称斜口钳, 钳柄有铁柄、管柄和绝缘柄三种。其中电工用的带绝缘柄断线钳的外形如图 1-10 所示, 绝缘柄的耐压为 500V。断线钳主要用于剪断较粗的导线、金属丝及导线电缆。



图 1-10 断线钳

## 6. 剥线钳

剥线钳是用来剥削小直径导线绝缘层的专用工具, 其外形如图 1-11 所示。它的绝缘手柄耐压为 500V。

剥线钳使用时, 将要剥削的绝缘层长度用标尺定好后, 即可把导线放入相应的刃口中 (比导线直径稍大), 用手将柄一握紧, 导线的绝缘层即被割破, 且自动弹出。



图 1-11 剥线钳

## 7. 电工刀

电工刀是用来剖削电线线头、切割木台缺口、削制木榫的专用工具, 其外形如图 1-12 所示。使用时, 应将





图 1-12 电工刀

刀口朝外剖。剖削导线绝缘层时，应使刀面与导线呈较小的锐角，以免割伤导线。

**操作提示**

- (1) 使用电工刀时应注意避免伤手，不得传递未折进刀柄的电工刀。
- (2) 电工刀用毕，随时将刀身折进刀柄。
- (3) 电工刀刀柄无绝缘保护，不能用于带电作业，以免触电。

## 8. 活扳手

活扳手又称活络扳手，是用来紧固和拧松螺母的一种专用工具。活扳手由头部活动扳唇、呆扳唇、扳口、蜗轮和轴销等构成，如图 1-13 (a) 所示。蜗轮可调节扳口大小。其规格长度 $\times$ 最大开口宽度（单位为 mm）来表示，电工常用的活扳手有 150mm $\times$ 19mm（6 英寸）、200mm $\times$ 24mm（8 英寸）、250mm $\times$ 30mm（10 英寸）和 300mm $\times$ 36mm（12 英寸）四种规格。

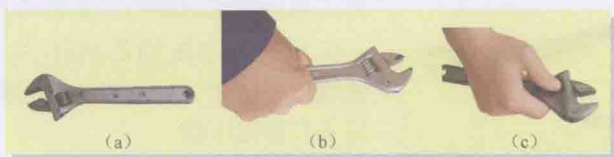


图 1-13 活扳手的结构与使用

(a) 活扳手的结构；(b) 扳动较大螺母的握法；(c) 扳动较小螺母的握法

**操作提示**

(1) 扳动大螺母时，常用较大的力矩，手应握在近柄尾处，如图 1-13 (b) 所示。

(2) 扳手较小螺母时，所用力矩不大，但螺母过小易打滑，故手应握在接近扳头的地方，如图 1-13 (c) 所示，这样可随时调节蜗轮，收紧活动扳唇，防止打滑。

(3) 活扳手不可反用，以免损坏活动扳唇，也不可钢管接长手柄施加较大的扳拧力矩。

(4) 活扳手不得当做撬棍和锤子使用。



## 9. 手电钻

手电钻是一种头部有钻头、内部装有单相换向器电动机、靠旋转钻孔的手持式电动工具。它有普通电钻和冲击钻两种。普通电钻上通用麻花钻仅靠旋转能在金属上钻孔。冲击钻采用旋转带冲击的工作方式，一般带有调节开关。当调节开关在旋转无冲击即“钻”的位置时，其功能如同普通电钻；当调节开关在旋转带冲击“锤”的位置时，装有镶有硬制合金的钻头，便能在混凝土和砖墙等建筑构架上钻孔。冲击钻的外形如图 1-14 所示。



图 1-14 冲击钻



### 操作提示

(1) 长期搁置不用的冲击钻，使用前必须使用 500V 绝缘电阻表测定对地绝缘电阻，其阻值不小于  $0.5\text{M}\Omega$ 。

(2) 使用金属外壳冲击钻时，必须戴绝缘手套、穿绝缘鞋或站在绝缘板上，以确保操作人员安全。

(3) 在钻孔过程中应经常把钻头从钻孔中抽出以便排除钻屑。



## 二、常用电工仪表

### 1. 万用表的使用

(1) 万用表的结构和原理。万用表主要由测量机构、测量线路、转换开关三部分组成。

1) 测量机构的作用。把过渡电量转换为仪表指针的机械偏转角，万用表的测量机构通常采用磁电系直流微安表，其满偏电流为几微安到几百微安。满偏电流越小的测量机构灵敏度越高，万用表的灵敏度一般用电压灵敏度来表示。

2) 测量线路的作用。把各种不同的被测电量（如电流、电压、电阻等）转换为磁电系测量机构所能接受的微小直流电流（即过渡电量）。



3) 转换开关的作用。把测量线路转换为所需要的测量种类

和量程。万用表的转换开关一般采用多层多刀多掷开关。图1-15为万用表的外形图。

万用表的基本工作原理主要是建立在欧姆定律和电阻串并联规律的基础之上。电压灵敏度是万用表的主要参数之一。对

一只万用表来说,当它拨到电压挡时,电压量程越高,电压挡内阻越大。但是,各量程内阻与相应电压量程的比值却是一个常数,该常数就是电压灵敏度,单位是“ $\Omega/V$ ”。电压灵敏度的意义是:电压灵敏度越高,其电压挡的内阻越大,对被测电路的影响越小,测量准确度越高。

### (2) 万用表的正确使用方法。

基本操作步骤描述:使用之前要调零→要正确接线→选择测量挡位→读数要正确→维护。

1) 使用之前要调零。为了减小测量误差,在使用万用表之前应先进行机械调零。在测量电阻之前,还要进行欧姆调零,即指针指向 $0\Omega$ ,如图1-16所示。

2) 要正确接线。万用表面板上的插孔和接线柱都有极性标记。使用时将红表笔与“+”极性孔相连,黑表笔与“-”极性孔相连。测量直流量时,要注意正、负极性不得接反,以免指针反转。测量电流时,仪表应串联在被测电路中;测量电压时,仪表要并联在被测电路两端。在用万用表测量晶体管时,应牢记万用表的红表笔与内部电池的负极相接,黑表笔与内部电池的正极相接,如图1-17所示。

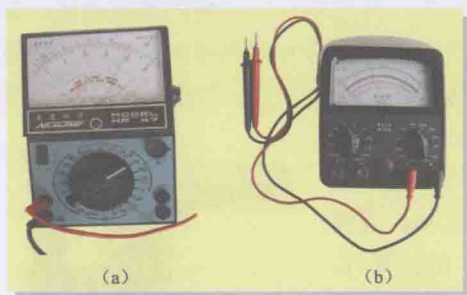


图 1-15 万用表的外形图

(a) MF47 万用表; (b) 500 型万用表