



教育部职业教育与成人教育司推荐教材  
职业教育电力技术类专业教学用书

# 高级电工 技能训练

杨金桃 主 编  
李高明 宋美清 副主编



中国电力出版社  
<http://jc.cepp.com.cn>



教育部职业教育与成人教育司推荐教材  
职业教育电力技术类专业教学用书

# 高级电工 技能训练

主 编 杨金桃  
副主编 李高明 宋美清  
编 写 谭绍琼 胡 宽  
主 审 苏晓东



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。全书共分十一章，主要内容有电工基本知识、电工基本操作技术、电工测量技术、电工安全知识与技能、电气照明与内线工程、电能计量装置、配电线路施工技术、常用低压电器及控制线路安装、电动机的运行与维护、变压器的维护、可编程控制器的应用技术。

本书既可作为高职高专、技师学院、高级技工学校的发电、供电、自动化、机电、电气、电子和计算机类专业的基本技能训练用教材，也可作为社会高级电工、技师、高级技师培训用书，同时可以作为组织电工技能竞赛和技能鉴定用参考资料，或作为一般工程技术人员的参考用书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

高级电工技能训练/杨金桃主编；胡宽编写。—北京：  
中国电力出版社，2007

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 978-7-5083-5137-7

I. 高... II. ①杨... ②胡... III. 电工技术—  
高等学校：技术学校—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 013472 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2007 年 2 月第一版 2007 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21 印张 445 千字

印数 0001—3000 册 定价 27.30 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

# 前言

---

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。本书既可作为高职高专、技师学院、高级技工学校的发电、供电、自动化、机电、电气、电子和计算机类专业的基本技能训练用教材，也可作为社会高级电工、技师、高级技师培训用书，同时可以作为组织电工技能竞赛和技能鉴定用参考资料，或作为一般工程技术人员的参考用书。

本书在内容的安排上有如下几个特点：

## 1. 内容上突出实用性和针对性

一方面坚持高技能人才的培养方向，从职业岗位群职业能力分析入手，强调教材的实用性；另一方面坚持以国家职业资格标准为依据，力求使教材内容覆盖职业技能鉴定的各项要求，使教材的内容具有鲜明的针对性。

## 2. 结构上以专业核心技能为分类标准

结构上以国家颁发的高级电工考核大纲为依据，打破传统的教材编写模式，理论与实践于一体，贯穿了以训练对象为主体、以职业能力和素质的养成为主线、以专业技能训练为核心的教学理念，既适用于高级电工的培训，又适合技能竞赛和技能鉴定。

## 3. 理论上强调以“够用”为原则

教材中理论知识的介绍以简明、扼要为特点，突出新知识、新技术、新工艺、新方法、新标准的介绍，在较全面地反映行业技术发展趋势的基础上，重点讲解基本理论，突出“够用”。

## 4. 技能上突出与现场的“零距离”接轨

在教材中，特别突出电工各种技能的规范训练，训练项目、内容、操作与考核标准都力求与现场实际相吻合。在各类技能训练内容的安排上，按照层次性、递进性、系统性、先进性为原则，通过科学的、深入浅出的系列化训练，逐步形成专业技能。

## 5. 创新上突出新技术的学习与训练

在实训内容上除注重电工传统的基本技术能力训练外，还增添了如控制技术中 PLC 技术、单片机的应用，使传统的电工技术与现代先进技术相结合，与时俱进，不断适应和满足现代社会对电工人才的需求。

本书由杨金桃同志担任主编，李高明、宋美清同志担任副主编。其中，第 1、2、3、4、5 章由谭绍琼同志编写，第 7、8、9、10 章由胡宽同专编写，第 6、11 章由杨金桃同志编写。国网公司电力专家苏晓东同志对本书进行了审核。本书在编写过程中得到了赵富田同志的大力支持，在此表示感谢！

由于水平有限，疏漏之处在所难免，热忱地欢迎各位读者批评指正。

编者

2006 年 10 月

# 目 录

前言

<b>第一章 电工基本知识</b> .....	1
第一节 电工岗位职责 .....	1
第二节 电工材料 .....	1
第三节 电工工具 .....	6
第四节 电气制图与识图 .....	16
第五节 实训课题 .....	25
<b>第二章 电工基本操作技术</b> .....	28
第一节 常用导线的连接 .....	28
第二节 焊接工艺 .....	34
第三节 实训课题 .....	38
<b>第三章 电工测量技术</b> .....	43
第一节 常用电工仪表概述 .....	43
第二节 常用电工仪表 .....	45
第三节 电流、电压、电阻、电功率的测量 .....	54
第四节 实训课题 .....	60
<b>第四章 电工安全知识与技能</b> .....	66
第一节 电工安全操作技术 .....	66
第二节 触电急救技术 .....	72
第三节 电气灭火 .....	76
第四节 实训课题 .....	81
<b>第五章 电气照明与内线工程</b> .....	88
第一节 工程设计、施工、管理初步知识 .....	88
第二节 室内布线的基本操作工艺 .....	97
第三节 明敷和暗敷线路 .....	99
第四节 电气照明线路 .....	107
第五节 电光源的安装与维修 .....	110
第六节 实训课题 .....	114
<b>第六章 电能计量装置</b> .....	120
第一节 电能表 .....	120

第二节	电能计量装置的接线与安装 .....	125
第三节	电能计量装置的误接线判断及防窃电技术 .....	129
第四节	实训课题 .....	136
<b>第七章</b>	<b>配电线路施工技术</b> .....	<b>140</b>
第一节	配电线路概述 .....	140
第二节	登杆操作技术 .....	145
第三节	配电线路安装工艺 .....	149
第四节	接户线安装工艺 .....	159
第五节	实训课题 .....	161
<b>第八章</b>	<b>常用低压电器及控制线路安装</b> .....	<b>169</b>
第一节	常用低压电器概述 .....	169
第二节	异步电动机基本控制线路 .....	179
第三节	三相异步电动机控制线路的安装 .....	187
第四节	异步电动机控制电路的故障检测及分析处理 .....	190
第五节	实训课题 .....	194
<b>第九章</b>	<b>电动机的运行与维护</b> .....	<b>208</b>
第一节	三相鼠笼型电动机的安装与拆装 .....	208
第二节	三相鼠笼型电动机的运行维护 .....	213
第三节	三相鼠笼型电动机常见故障分析 .....	215
第四节	无功补偿 .....	221
第五节	实训课题 .....	223
<b>第十章</b>	<b>变压器的维护</b> .....	<b>231</b>
第一节	变压器的基本知识 .....	231
第二节	小型变压器的运行与维护 .....	235
第三节	小型变压器的检修 .....	239
第四节	实训课题 .....	243
<b>第十一章</b>	<b>可编程序控制器的应用技术</b> .....	<b>245</b>
第一节	可编程序控制器的工作原理与应用 .....	245
第二节	PLC 的基本指令及编程 .....	252
第三节	PLC 程序设计 .....	261
第四节	实训课题 .....	275
<b>参考文献</b>	.....	<b>285</b>



## 电工基本知识

### 第一节 电工岗位职责

电能是现代工农业生产和人们日常生活的主要能源。能否提供安全、可靠、优质和经济的电能是衡量一个城市、一个地区甚至一个国家现代化程度的标志。因此，电工技术在各行各业中得到愈来愈广泛的应用并占有十分重要的地位。电工的任务就是正确使用电工工具和仪器仪表，对电气设备和用电设备进行安装、调试和维修，以保证供电系统正常供电、电气设备可靠运行、用电设备安全工作。

电工在工作过程中，应认真履行电工岗位职责。电工的岗位职责是：

- (1) 认真贯彻执行国家有关电力的各项政策、法规、制度、标准，严格执行国家电价政策；
- (2) 负责所辖范围高低压设备的运行维护、定点巡视检查、资料管理和辖区内的安全用电管理工作；
- (3) 正确执行电价政策，负责辖区内低压用户的计费表计抄表和电费回收工作；
- (4) 负责辖区内低压用户用电检查，维护正常用电秩序，完成有关资料整理和统计报表工作；
- (5) 按时参加各种会议和培训活动，不断提高自身的政治和业务素质，为用户搞好服务；
- (6) 及时反映和汇报工作中出现的问题，提出改进工作的建议；
- (7) 定期收集用户意见，在规定时间内及时解决用户提出的合理要求和事故抢修；
- (8) 开展安全用电的宣传工作，为用户提供优质服务；
- (9) 完成领导交办的其他任务。

### 第二节 电工材料

#### 一、导电材料

大部分金属都具有良好的导电性能，但不是所有金属都可以作为理想的导电材料。导电材料必须同时具有以下特点：①导电性能好（即电阻率小）；②有一定机械强度；③不易氧化和腐蚀；④容易加工和焊接；⑤资源丰富，价格便宜。铜和铝基本符合上述要求，因此它们是最常用的导电材料。但在一些特殊场合，也需要用其他的金属或合金作为导电材料。例如：架空线需具有较高的机械强度时，常选用铝镁硅合金；熔丝需具有易熔的特点，可选用铅锡合金；电热材料需较大的电阻率，常选用镍铬合金或铁铬合金；电光源的灯丝要求熔点高，需选用钨丝。

#### （一）铜和铝

铜的导电性能好，电阻率为  $1.724 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ，常温下具有足够的机械强度，焊接性能和延展性能良好，化学性能稳定，便于加工，不易氧化和腐蚀。常用的导电用铜是含铜量

在 99.9% 以上的工业纯铜。电机、变压器上使用的是含铜量在 99.5%~99.95% 的纯铜（俗称紫铜），其中硬铜做导电的零部件、软铜做绕组，杂质、冷变形、温度和耐腐蚀性等是影响铜的性能的主要因素。

铝的电阻率为  $2.864 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ ，其导电性能、焊接性能和机械性能稍逊于铜，但铝的密度比铜小（为铜的 33%），且资源丰富，价格低廉，是推广使用的导电材料。目前在架空线路、照明线路、动力线路、汇流排、中小型电机和变压器的绕组都已广泛使用铝导线。铝线不足的是焊接工艺较复杂、质硬塑性差，故在维修电工中仍广泛使用铜导线。影响铝的性能的主要因素仍是杂质、冷变形、温度和耐腐蚀性等。

## （二）电线电缆

电线电缆的品种很多，按照性能结构、制造工艺及使用特点，分为裸电线、绝缘电线、电磁线、电缆线四类。

### 1. 裸电线

裸电线包括圆线、钢芯铝绞线、硬铜绞线、轻型钢芯铝绞线和加强型钢芯铝绞线。

（1）圆线：主要用作架空线，包括 TY 型硬圆铜线、TR 型软圆铜线、LY 型硬圆铝线和 LR 型软圆铝线。

（2）TJ 型铜绞线：适用于架空电力线路，它由多根硬铜单线正规绞合而成一定长度要求的架空线，具有优良的拉断强度。

（3）LJ 型裸铝绞线及 LGJ 型钢芯铝绞线：适用于高低压输电架空线路。

（4）铜、铝母线：主要供电动机、电器及配电设备作导体及汇流排用。

### 2. 绝缘电线

绝缘电线常用的绝缘电线有聚氯乙烯（塑料）和橡皮绝缘线。

（1）BV（铜芯）、BLV（铝芯）型聚氯乙烯（塑料）绝缘电线和 BVV（铜芯）、BLVV（铝芯）聚氯乙烯（塑料）护套电线：适用于各种交流、直流电气装置、电工仪器、仪表、电信设备，动力及照明线路固定敷设。

（2）BX（铜芯）和 BLX（铝芯）橡皮绝缘电线：适用于交流 500V 及以下或直流 1000V 及以下的电气设备及照明装置。

### 3. 电磁线

电磁线电磁线分为漆包线、绕包线、无机绝缘电磁线和特种电磁线四种。电磁线多用在电机或电工仪表等电器线圈中，其目的是减小绕组的体积，故绝缘层很薄。电磁线的选用应考虑耐热性、导电性、相容性、环境条件等因素。

（1）漆包线：绝缘层为漆膜且漆膜均匀、光滑柔软，有利于线圈的自动化烧制，广泛用于中、小型及微型电机中。常用的有油性漆包线、缩醛漆包线、聚酯漆包线、聚氨酯漆包线、聚酯亚氨漆包线、聚酰氨漆包线、聚酰亚氨漆包线、环酯漆包线和特种漆包线等。

（2）绕包线：用天然丝、玻璃丝、绝缘纸或合成树脂薄膜等紧密绕包在导线芯上，形成绝缘层，或在漆包线上再绕包一层绝缘层。一般用于大、中型电工产品。绕包线分为纸包线、玻璃丝包线、玻璃丝包漆包线和薄膜绕包线四类。

（3）无机绝缘电磁线：绝缘层采用无机材料陶瓷、氧化铝膜等制成，并经有机绝缘漆浸渍后烘干填孔，其特点是耐高温、耐辐射，适用于高温、辐射等场合。



#### 4. 电缆线

电缆线电力电缆一般由铜或铝制线芯、塑料或橡胶绝缘层、保护层三部分构成。包括各种电气设备内部及外部的安装连接用电线电缆、低压电力配电系统用的绝缘电线、信号控制系统用的电线电缆等。根据使用特性不同分为七类：通用电线电缆、电机电器用电线电缆、仪器仪表用电线电缆、信号控制电缆、交通运输用电线电缆、地质勘探和采掘用电线电缆、直流高压软电缆。

#### (三) 导线截面的选择

导线截面选择过大时，将增加有色金属消耗量，并显著增加线路的造价；导线截面选择过小时，线路运行期间不仅产生大的电压损失和电能损失，而且往往使导线接头处过热，以致引起断线等严重事故，另外还会限制以后负荷的增加。因此合理选择导线的截面，对节约有色金属和减少建设费用，以及保证良好的供电质量都有重大意义。

##### 1. 按允许载流量选择

导线的允许载流量也叫安全载流量，一般导线的最高允许工作温度为  $65^{\circ}\text{C}$ ，若超过这个温度则导线的绝缘层会加速老化，甚至变质损坏而引起火灾。导线的允许载流量就是导线的工作温度不超过  $65^{\circ}\text{C}$  时可长期通过的最大电流值。

##### (1) 计算负荷电流。

##### 1) 白炽灯和电热设备的负荷电流计算为

$$I = P/U$$

##### 2) 日光灯、高压水银荧光灯、高压钠灯等照明的负荷电流计算为：

220V 单相

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi}$$

380V 三相四线制

$$I = P/(\sqrt{3}U \cos \varphi)$$

式中：日光灯  $\cos \varphi$  取 0.5；高压水银荧光灯  $\cos \varphi$  取 0.6；高压钠灯  $\cos \varphi$  取 0.4。

##### 3) 电动机的负荷电流计算：

单相电动机  $I = \frac{P}{U \cos \varphi} \times 10^3$  (若  $\cos \varphi$  未知则可取 0.75)

三相电动机  $I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi \eta} \times 10^3$  (若  $\cos \varphi$  和  $\eta$  未知则都可取 0.85)

##### 4) 电焊机和 X 射线机的负荷电流计算为

$$I = P \times 10^3 / U$$

##### (2) 计算导线的安全载流量：

##### 1) 照明或电热电路： $I_s \geq \sum I_N$

式中  $I_s$ ——进户导线的安全载流量；

$I_N$ ——照明和电热设备总的额定电流之和。

##### 2) 电动机电路。

单台电动机

$$I_s \geq I_N$$

多台电动机

$$I_s \geq \sum I_N \times \text{最高利用率} \times 1.2 \text{ (裕度)}$$

##### 2. 按机械强度选择

导线在安装和运行过程中，要受到各种外力的作用，加上导线的自重，导线就受到多种

张力的作用，如果导线承受不了这些外力的作用，就会断线。因此，选择导线时必须考虑导线的机械强度，有些小负荷的设备，虽然很小截面就能满足允许载流量和允许电压损失要求，但必须按导线机械强度允许的最小截面选择。表 1-1 列出了各种机械强度允许的导线最小截面。

表 1-1 机械强度允许的导线最小截面

序号	用途及敷设方式	芯线最小截面 (mm <sup>2</sup> )		
		铜芯软线	铜线	铝线
1	照明灯头线			
	屋内	0.4	1.0	2.5
	屋外	1.0	1.0	2.5
2	移动用电设备			
	生活用	0.75		
	生产用	1.0		
3	架设在绝缘支持件上的绝缘导线与支持点间距			
	2m 及以下，屋内		1.0	2.5
	2m 及以下，屋外		1.5	2.5
	6m 及以下		2.5	4.0
	15m 及以下		4.0	6.0
	25m 及以下		6.0	10
4	穿管敷设的绝缘导线	1.0	1.0	2.5
5	塑料护套线沿墙明设		1.0	2.5
6	板孔穿线敷设的导线		1.5	2.5

### 3. 按线路允许电压损失选择

由于线路存在阻抗，流过负荷电流时会产生电压损失。在通过最大负荷时产生的电压损失与线路额定电压的比值，称为电压损失率。线路电压损失率可计算求得，也可查表简便求得。线路允许电压损失率按用户性质有不同规定：

- 1) 高压动力系统为 5%；
- 2) 城镇低压电网为 4%~5%；
- 3) 农村低压电网为 7%；
- 4) 对视觉要求较高的照明线路为 2%~3%。

选择导线截面时要求实际电压损失率不超过允许电压损失率。

## 二、绝缘材料

绝缘材料是相对于导体、半导体而言的一类非导电材料，在常态下电阻率很大，一般大于  $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 。影响绝缘材料电阻率的因素主要是杂质、温度和湿度。绝缘材料中有气泡或受潮后，绝缘电阻会显著下降。绝缘材料的作用是隔离带电的或不同电位的导体，使电流按正常的方向流动。在某些场合，绝缘材料还起机械支撑、保护导体及消除电弧等作用。

### 1. 常用绝缘材料的种类

绝缘材料分为气体、液体和固体三大类。

(1) 绝缘漆。绝缘漆包括浸渍漆和涂覆漆两大类。浸渍漆分为有溶剂浸渍漆和无溶剂浸渍漆两类；涂覆漆包括覆盖漆、硅钢片漆、漆包线漆、放电晕漆等。

(2) 绝缘胶。常用的绝缘胶有黄电缆胶、黑电缆胶、环氧电缆胶、环氧树脂胶、环氧聚酯胶等。

(3) 绝缘油。绝缘油有天然矿物油、天然植物油和合成油。天然矿物油有变压器油、开关油、电容器油、电缆油等；天然植物油有蓖麻油、大豆油等；合成油有氯化联苯、甲基硅油、苯甲基硅油等。实践证明，空气中的氧和温度是引起绝缘油老化的主要因素，许多金属对绝缘油的老化起催化作用。

(4) 绝缘制品。绝缘制品包括有机绝缘材料制品、无机绝缘材料制品和混合绝缘材料制品。有机绝缘材料有虫胶、树脂、橡胶、棉纱、纸、麻、蚕丝、人造丝等，主要用作制造绝缘漆、绕组导线的被覆盖物等；无机绝缘材料有云母、石棉、大理石、电瓷、玻璃、硫磺等，主要用作电动机、电器的绕组绝缘、开关的底板和绝缘子等；混合绝缘材料是由两种材料经加工后制成的各种成型绝缘材料，可用作电器的底座、外壳等。

各种绝缘材料都用统一的四位数字来表示其型号，区分其类别、品种、耐热等级和产品序号。

## 2. 绝缘材料的主要性能指标

绝缘材料的耐热性、机械强度和自然使用期限一般比金属材料低得多。绝缘材料的性能指标一般有以下几种：

(1) 绝缘电阻。绝缘材料的电阻值称为绝缘电阻，常态下达几十兆欧以上。绝缘材料的电阻率虽然很大，但在一定电压作用下，也总有微小的电流通过，该电流称为泄漏电流。绝缘电阻因温度、厚薄、表面状况（水分、污物）的不同存在较大差异。

(2) 耐热性。各种绝缘材料的耐热等级规定了它们在使用过程中的极限温度，以保证电器的使用寿命，避免温度过高加速绝缘材料老化失去绝缘性能。绝缘材料的耐热等级分为 Y、A、E、B、F、H 和 C 七个等级，其极限工作温度分别为 90、105、120、130、155、180 和 180℃ 以上。

(3) 击穿强度。绝缘材料在高于某一数值的电场强度作用下，会被损坏而失去绝缘性能，这种现象称为击穿。绝缘材料击穿时的电场强度称为击穿强度，单位为 kV/mm。

(4) 机械强度。机械强度是根据各种绝缘材料的具体要求，相对规定的抗张、抗压、抗弯、抗剪、抗撕、抗冲击等强度指标。

(5) 其他性能指标。其他性能指标如绝缘漆的黏度、固定含量、酸值、干燥时间及胶化时间等，有时还涉及耐油性、伸长率、收缩性、耐溶剂性、耐电弧性等。

## 三、磁性材料

磁性材料根据其在外磁场作用下呈现出磁性的强弱，分为强磁性和弱磁性两类。工程上使用的磁性材料都属于强磁性物质。常用的磁性材料主要有电工用纯铁、硅钢片、铁镍合金、铝镍钴合金等。

磁性材料根据其特性不同，分为软磁材料和硬磁材料（即永磁材料）两类。

### 1. 软磁材料

这类材料在较弱的外界磁场作用下，就能产生较强的磁感应，且随着外磁场的增强，很快达到磁性饱和状态；当外磁场去掉后，它的磁性基本消失。软磁材料的主要特点是导磁率

高、剩磁少、磁滞损耗（铁损）小。常用的软磁材料有硅钢板和电工用纯铁等。

硅钢板的主要特性是导磁率高、磁滞损耗小、电阻率高，适用于各种交变磁场。硅钢板按其制造工艺不同分为冷轧和热轧两种；冷轧硅钢板又有无取向和单取向之分。单取向冷轧硅钢板的导磁率与轧制方向有关，沿轧制方向的导磁率最高，与轧制方向垂直的导磁率最低。无取向冷轧硅钢板的导磁率没有方向性。常用的单取向冷轧硅钢板有  $Q_3$ 、 $Q_4$ 、 $Q_5$  和  $Q_6$  几种。硅钢板的厚度有 0.35mm 和 0.5mm 两种，前一种多用于变压器和电器，后一种多用于交、直流电机。

电工用纯铁具有良好的软磁特性，电阻率很低，一般只用于直流磁场。常用的产品型号有  $DT_3$ 、 $DT_4$ 、 $DT_5$  和  $DT_6$  几种。

## 2. 硬磁材料

这类材料在外界磁场作用下，磁感应强度不如软磁材料，但当其达到饱和状态后，即使把外磁场去掉，还能在较长时间内保持较强而稳定的磁性。硬磁材料的主要特点是剩磁多、磁滞损耗大、磁性稳定。电工用得最多的硬磁材料是铝镍钴合金和铝镍钴钛合金，常用的产品型号有 13、32、52 和 62 号铝镍钴合金及 40、56 和 70 号铝镍钴钛合金，主要用来制造永磁电机和微电机的磁极铁芯及磁电系仪表的磁钢。

## 四、电碳制品

电碳制品材料中的碳和石墨具有能导电、导热系数高、耐高温、机械强度随温度的升高而增大（在 2500℃ 以内）、体积质量小等特点。在有水蒸气的条件下石墨的润滑性好、化学稳定性好、热发射电流密度随温度的升高而急剧增大等特点。

电碳制品主要用于电机的碳刷（用石墨粉末或石墨粉末与金属粉末混合压制而成）。按材质可分为石墨电刷（S）、电化石墨电刷（d）、金属石墨电刷（J）三类。其他电碳制品还有电力机车和无轨电车馈电用的碳滑块，电力开关、分配器和继电器用的碳和石墨触头，弧光照明、碳弧气刨和光谱分析用的碳和石墨电极，电真空器件用的高纯石墨件，通信设备用的碳素零件，各种碳电阻、碳和石墨电热元件，电池用的碳棒等。

# 第三节 电 工 工 具

## 一、验电器

验电器是检验电气设备、导线是否带电的一种电工常用工具。验电器分为高压验电器和低压验电器两类，通常低压的称为验电笔，高压的称验电器。

### 1. 低压验电笔

低压验电笔用于测定 60~500V 的低压线路和电气设备是否带电，也可用来区分火线（相线）和地线（中性线或零线），还可区分交流或直流电及判断电压的高低。它具有体积小、质量轻、携带方便、检验简单等优点，是电工必备的工具之一。低压验电笔有钢笔式、螺丝刀式（又称起子式）和数字显示式三种。

低压验电笔的结构如图 1-1 所示，它的前端为金属探头，后部塑料外壳内装有氖管、电阻和弹簧，上部有金属端盖或钢笔形挂鼻，作为使用时手触及的笔尾金属体。

用验电笔测试带电体时，带电体通过电笔、人体与大地之间形成回路，当带电体与大地之间的电压超过 60V 时，电笔中的氖管在电场作用下便会发光，指示被测带电体

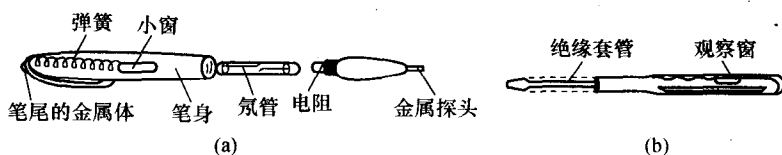


图 1-1 低压验电笔

(a) 钢笔式验电笔；(b) 螺丝刀式验电笔

有电。

低压验电笔使用时，必须按照如图 1-2 所示的正确握法把笔握妥，手指触及笔尾的金属体，氖管小窗口或液晶显示器背光朝向自己，以便验电时观察氖管辉光情况。

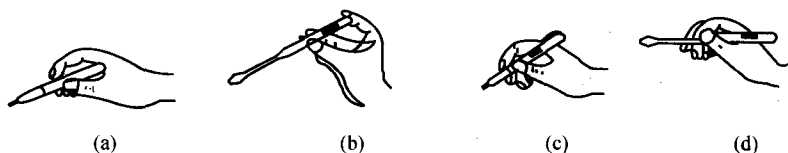


图 1-2 低压验电笔的握法

(a) 正确握法；(b) 正确握法；(c) 错误握法；(d) 错误握法

使用验电笔要注意以下几个问题：

(1) 使用验电笔前，首先要检查电笔有无安全电阻在里面，再直观检验电笔是否损坏，有无受潮或进水，检查合格后方可使用。

(2) 在使用验电笔正式测量电气设备是否带电之前，先要将验电笔在有电源的部位检查一下氖管是否能正常发光，如果能正常发光，才可开始使用。

(3) 如果验电笔需在明亮的光线下或阳光下测试带电体时，应当避光检测电器是否带电，以防光线太强不易观察氖管是否发亮，造成误判。

(4) 大多数验电笔前面的金属探头都制成一物两用的小螺丝刀，在使用中特别注意验电笔当螺丝刀使用时，用力要轻，扭矩不可过大，以防损坏。

(5) 验电笔在使用完后要保持清洁，放置干燥处，严防摔碰。

(6) 验电笔的检测电压范围为 60~500V，使用时绝不允许在超过 500V 的高压电气设备上测试，以防触电事故。

## 2. 高压验电器

高压验电器主要用来测量 6~220kV 电力网中的电气设备或线路是否有电。按电压等级制成 2~3 种，按结构原理分为氖管式、回转式和声光报警式验电器。

高压验电器的结构如图 1-3 所示，主要由指示和支持两部分组成。指示部分是一绝缘材料制成的空心管，管的一端装有金属工作触头，用以与支持部分固定；绝缘空心管内装

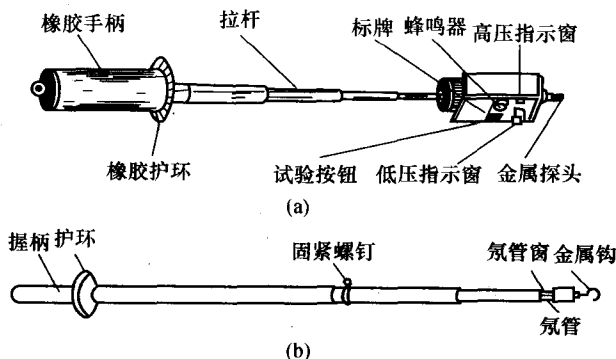


图 1-3 高压验电器

(a) 拉杆式声光高压验电器；(b) 拉杆式高压测电器

有一个指示是否带电的氖管和配套的一组电容器，如果被检验的电气设备或线路带电，氖管因通过电容电流而发光。支持部分是用胶木或硬橡胶制成的圆筒，包括绝缘部分和握柄，在两者之间装一个比握柄直径稍大的橡胶护环。

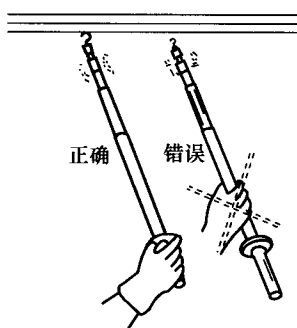


图 1-4 高压测电器的握法

高压验电器使用时，必须按照如图 1-4 所示的正确握法使用，特别注意手握部位不得超过护环。

使用高压验电器要注意以下几个问题：

(1) 使用验电器时，首先要在确有电源处测试，证明验电器确实良好，方可使用。

(2) 使用验电器时应逐渐靠近被测物体，直至氖管发光，只有氖管不发光时，才可与被测设备或线路直接接触，以防损坏验电器。验明无电时，还需要重新在有电部位复核，验电器再次发出带电指示信号，证实验电可靠。

(3) 测试时切忌将金属探头同时碰及两带电体或同时碰及带电体与金属外壳，以防造成相间或相对地短路。

(4) 室外使用高压验电器，必须在气候条件良好的情况下进行。在雨、雪、雾及湿度较大的情况下不宜使用，以防发生危险。

(5) 高压验电器测试时必须使用与被测设备或线路相同电压等级且试验合格的验电器；测试时必须穿绝缘鞋、戴耐压强度符合要求的绝缘手套；不可一人单独测试，身旁要有人监护；测试时人与带电体应保持足够的安全距离（10kV 电压为 0.7m 以上）。

验电器用毕应存放在专用匣内，置于干燥处，防止受潮积灰；验电器应按规定检查、试验。

## 二、旋具

### 1. 螺丝刀

螺丝刀又称旋凿、起子或改锥，是一种螺钉旋具，用来紧固和拆卸各种螺钉。

螺丝刀由刀柄和刀体组成。刀柄有木柄、塑料柄和有机玻璃柄三种。刀口形状有“一”字形和“十”字形两种，如图 1-5 所示。电工螺丝刀金属部分带有绝缘套管住。

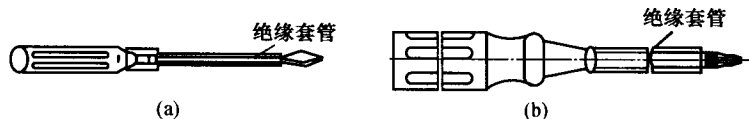


图 1-5 螺丝刀

(a) “一”字形；(b) “十”字形

“一”字形螺丝刀的规格是用柄部以外的刀体长度表示，常用的规格有 50、100、150、200mm 等，电工必备的是 50、150mm 两种。“十”字形螺丝刀常用的规格有 I、II、III 和 IV 四种，I 号适用于直径为 2~2.5mm 的螺丝钉；II 号适用于直径为 3~5mm 的螺丝钉；III 号适用于直径为 6~8mm 的螺丝钉；IV 号适用于直径为 10~12mm 的螺丝钉。

螺丝刀的正确使用方法如图 1-6 所示。

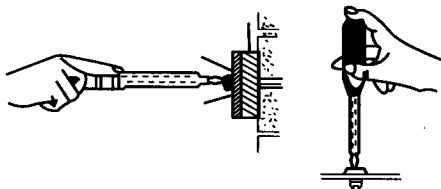


图 1-6 螺丝刀的使用



螺丝刀使用时应注意以下几点:

(1) 电工不可用金属杆直通柄顶的螺丝刀, 否则易造成触电事故。

(2) 使用螺丝刀紧固或拆卸带电螺丝时, 手不得触及螺丝刀的金属杆, 应在金属杆上套上绝缘套管, 以免发生触电事故。

(3) 螺丝刀操作时, 用力方向不能对着别人或自己, 以防脱落伤人。

(4) 螺丝刀放入螺钉槽内, 操作时用力要适当, 不能打滑, 否则会损坏螺钉的槽口。

(5) 不允许用螺丝刀代替凿子使用, 以免手柄破裂。

## 2. 活络扳手

扳手是用来紧固和松开螺母的一种常用工具。扳手有活络扳手、呆扳手、梅花扳手、两用扳手、套筒扳手、内六角扳手、扭力扳手、专用扳手等, 各种扳手都有不同的规格。

活络扳手由头部和柄部组成, 如图 1-7 所示。头部由活络扳唇、呆扳唇、扳口、蜗轮、轴销和手柄组成。活络扳手的钳口可以在规定的范围内任意调整大小, 其规格是用长度×最大开口宽度表示 (单位为 mm)。电工常用的有 150×19 (6in)、200×24 (8in)、250×30 (10in) 和 300×36 (12in) 四种。

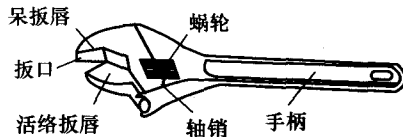


图 1-7 活络扳手的结构

活络扳手的使用方法如图 1-8 所示。活络扳手使用时应注意以下几点:

(1) 根据螺母的大小, 用两手指旋动蜗轮以调节扳口的大小, 将扳口调到比螺母稍大些, 卡住螺母, 再用手指旋蜗轮使扳口紧压螺母。扳动大螺母时力矩较大, 手要握在近柄尾处, 如图 1-8 (a) 所示; 扳动小螺母时, 为防止钳口处打滑, 手应握在近头部的地方, 如图 1-8 (b) 所示, 旋力时手指可随时旋调蜗轮, 收紧活络扳唇防止打滑。

(2) 使用活络扳手时, 不可反方向用力, 以免损坏活络扳唇, 如图 1-8 (c) 所示。也不可钢管接长手柄来加力, 更不能当做撬杆或手锤使用。

(3) 旋动螺杆螺母时, 必须把工件的两侧平面夹牢, 以免损坏螺杆螺母的棱角。

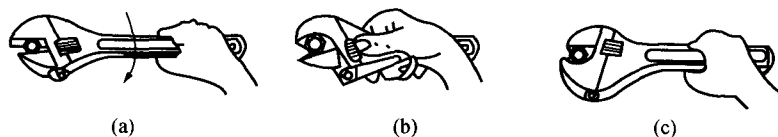


图 1-8 活络扳手的使用

## 3. 拉具

拉具又称拉扒、拉钩、拉模, 主要用于拆卸滚动轴承、联轴器、皮带轮。按结构形式不同拉具分为双爪和三爪两种。拉具的使用方法如图 1-9 所示。

用拉具拆卸皮带轮 (或联轴器) 前, 应先将皮带轮上的紧固螺钉去掉。拆卸时, 拉具要摆正, 丝杆要对准电动机轴的中心, 加力要均匀。如果一时拉不下来, 切忌硬拉, 以免拉坏皮带轮。这时可在丝杆绷紧的情况下, 用锤敲击皮带轮外圆或丝杆的尾端, 或在皮带轮与轴的连接缝处加些煤油, 必要时也可用喷灯、气焊枪在皮带轮的外表面加热, 趁皮带轮受热膨胀时迅速拉下。注意加热时温度不能太高, 以防轴过热变形, 时间也不能太长, 否则轴受热膨胀, 拉起来更困难。

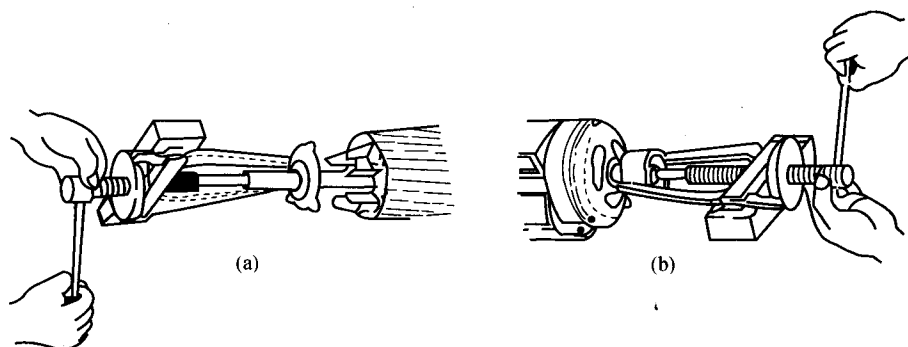


图 1-9 拉具的使用

(a) 拆滚动轴承；(b) 拆皮带轮

### 三、钳子

#### 1. 钢丝钳

钢丝钳由钳头和钳柄组成，如图 1-10 所示。钳头包括钳口、齿口、刀口、铡口。

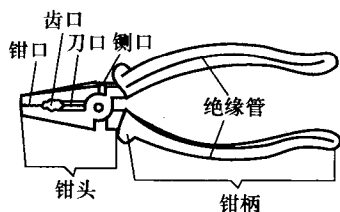


图 1-10 钢丝钳的结构

钢丝钳功能较多，钳口用来弯绞或钳夹导线线头，齿口用来旋紧或拧松螺母，刀口用来剪切导线或剖切导线绝缘线，铡口用来铡切导线线芯、钢丝、铝丝等较硬的金属。

钢丝钳的规格用全长表示，常用的有 150、175mm 和 200mm 三种。钢丝钳有两种，电工应选用带绝缘手柄的一种。一般钢丝钳钳柄上的绝缘护套耐压为 500V，所以只适合在低压带电设备上使用。

用钢丝钳剥削导线头的绝缘层时，用左手抓紧导线，右手握住钢丝钳，取好要剥脱的绝缘层长度，刀口夹住导线绝缘层，施力要合适，不能损伤导线的金属体，沿钳口夹压的痕迹，靠绝缘层和导线的摩擦力将绝缘层拉掉。

钢丝钳的使用如图 1-11 所示。使用钢丝钳时应注意以下几点：

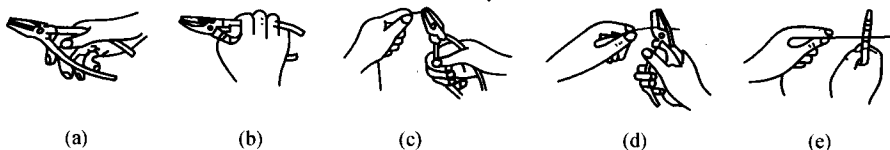


图 1-11 钢丝钳的使用

(a) 握法；(b) 紧固螺母；(c) 钳夹导线头；(d) 剪切导线；(e) 铡切钢丝

(1) 使用钢丝钳时，必须检查绝缘手柄的绝缘是否良好，使用过程中切勿碰伤、损伤或烧伤绝缘手柄，并注意防潮；

(2) 使用钢丝钳剪切带电导线时，不得用刀口同时剪两根或两根以上导线，以免发生短路故障；

(3) 要保持钢丝钳清洁，带电操作时手与钢丝钳的金属部分保持 2cm 以上的距离；

(4) 使用钢丝钳时，刀口面向操作者一侧，钳头不可代替锤子作敲打工具用；

(5) 钳轴要经常加润滑油作防锈维护。

## 2. 尖嘴钳

尖嘴钳由尖头、刃口和钳柄组成,如图 1-12 所示。

尖嘴钳主要用来夹持较小的螺钉、垫圈、导线等元件;钳断细小的金属丝;将导线弯成一定圆弧的接线端环。

尖嘴钳的规格用全长表示,常用的有 130、160、180mm 和 200mm 四种。电工用尖嘴钳钳柄上套有耐压为 500V 的绝缘护套。

尖嘴钳的头部细小,适用于狭小空间的操作。

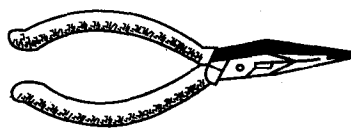


图 1-12 尖嘴钳

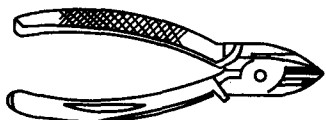


图 1-13 断线钳

## 3. 断线钳

断线钳也称斜口钳,电工用断线钳钳柄上套有耐压为 1000V 的绝缘护套,如图 1-13 所示。

断线钳专供剪断较粗的电线、电线电缆和金属丝。

断线钳的规格用全长表示,常用的规格有 130、160、

180mm 和 200mm 四种。

## 4. 剥线钳

剥线钳由刀口、压线口和钳柄组成,如图 1-14 所示。

剥线钳用于剥除小直径塑料线或橡胶绝缘线的绝缘层。剥线钳的刀口有 0.5~3mm 直径的切口,以适应不同规格的线芯。

剥线钳的规格用全长表示,常用的规格有 140mm 和 180mm 两种。柄上套有耐压为 500V 的绝缘套管。

使用剥线钳剥去绝缘层时,定好剥离的绝缘长度后,左手持导线,右手向内紧握钳柄,导线绝缘层被剥断自由飞出。

使用时应将导线放在大于芯线直径的切口上切削,以免切伤芯线。剥线钳一般不在带电场合使用。

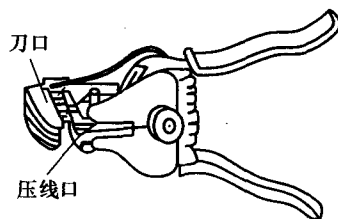


图 1-14 剥线钳



图 1-15 电工刀

## 四、电工刀

电工刀分为普通式和三用式两种。普通式电工刀如图 1-15 所示,有大号和小号两种,三用式电工刀增加了锯片和锥子的功能。

电工刀用来剖削导线绝缘层、削制木榫、切割木台缺口等。三用电工刀还可锯削电线槽板和锥钻木螺钉的底孔。

使用电工刀时左手持导线,右手握刀柄,刀口稍倾斜向外,以 45°角倾斜切入,25°角倾斜推削。如图 1-16 所示。

使用电工刀时应注意:

- (1) 使用电工刀时刀口应向人体外侧用力,注意避免伤手;
- (2) 电工刀用完后,应将刀身折入刀柄内;
- (3) 电工刀的刀柄是无绝缘保护的,不能在带电体或带电器材上剖削,以免触电;
- (4) 不允许用锤子敲打刀片进行剖削。

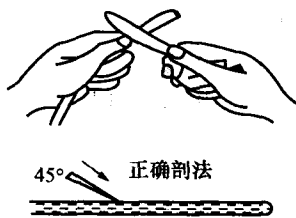


图 1-16 电工刀使用