



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

电工工艺实习

周卫星 米彩霞 樊新军 合编



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

电工工艺实习

周卫星 米彩霞 樊新军 合 编
张 颖 李永森 主 审



中国电力出版社

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

内 容 提 要

本书分为五部分,主要内容有:电工基本知识、电工基本技能训练、低压配线及室内照明电路安装操作实训、低压控制电路安装操作实训、配电线路安装操作实训。

本书可以作为电力高等职业技术学院、高等专科学校和成人高等学校电力技术类各专业的实习教材,也可作为电力技术类工人岗位培训、农村劳动力转移培训和农村实用技术培训的教材以及相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工工艺实习/周卫星,米彩霞,樊新军编. —北京:
中国电力出版社, 2005

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 7 - 5083 - 3657 - 7

I. 电... II. ①周... ②米... ③樊... III. 电工技
术—实习—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 118935 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 1 月第一版 2006 年 1 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.75 印张 210 千字
印数 0001—3000 册 定价 13.00 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，是根据教育部审定的电力技术类专业主干课程的教学大纲编写而成的，并列入教育部《2004~2007年职业教育教材开发编写计划》。本书经中国电力教育协会和中国电力出版社组织专家评审，同意列为全国电力高等职业教育规划教材，作为高等职业教育电力技术类专业教学用书。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标；符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求；具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性；符合职业教育的特点和规律，具有明显的职业教育特色；符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书既可以作为学历教育教学用书，也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

本书贯彻了以全面素质教育为基础和以能力为本位的教学指导思想，体现“宽、浅、用、新、能、活”的六字原则，力求对学生进行规范化的电工基本工艺技能训练，使其具备新的行业规范所要求的电工工艺知识和操作技能以及中高级专业人才所必需的基本技能。本书在内容上注重结合电力行业相关工种规程，突出技能训练，并详细列出各项技能的操作步骤、相关知识、应具有的正确态度、必需的资源（工器具、设备、材料）以及评价标准。本书语言通俗易懂，可操作性和实用性强。

本书由三峡大学职业技术学院樊新军编写第一、二章，湖南华银电力股份有限公司安全生产部米彩霞编写第三章，长沙电力职业技术学院周卫星编写第四、五章。全书由长沙电力职业技术学院周卫星统稿。

本书由长沙理工大学张颖、湖南省株洲电业局李永森主审，在此予以感谢。

由于编者水平有限，书中错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2005年7月

目 录

前言

第一章 电工基本知识	1
第一节 常用电工工具	1
第二节 常用电工仪表	4
第三节 常用电工材料	11
第四节 安全用电知识	13
第二章 电工基本技能训练	19
第一节 电工识图基本技能训练	19
第二节 导线连接基本技能训练	30
第三节 导线焊接基本技能训练	38
第四节 登杆操作实训	41
第三章 低压配线及室内照明电路安装操作实训	47
第一节 低压配线基础知识	47
第二节 塑料护套线配线操作实训	49
第三节 塑料槽板配线操作实训	52
第四节 照明电路安装操作实训	55
第五节 电能表的安装操作实训	64
第四章 低压控制电路安装操作实训	70
第一节 常用低压电器	70
第二节 电气安装接线图绘制实训	84
第三节 电动机点动控制电路安装操作实训	90
第四节 电动机点、长动复合控制电路安装操作实训	93
第五节 电动机正反转控制电路安装操作实训	97
第六节 电动机Y- Δ 自动降压启动控制电路安装操作实训	100
第七节 电动机自耦变压器启动控制电路安装操作实训	104
第五章 配电线路安装操作实训	108
第一节 电杆拉线制作与安装操作实训	108
第二节 绝缘子与横担组装操作实训	116
第三节 10kV 交联电缆热缩中间接头的制作实训	120
第四节 6~15kV 交联电缆户内、外电缆热缩终端头制作实训	124
第五节 6~15kV 交联电缆户内冷缩终端制作实训	128
参考文献	133

电工基本知识

第一节 常用电工工具

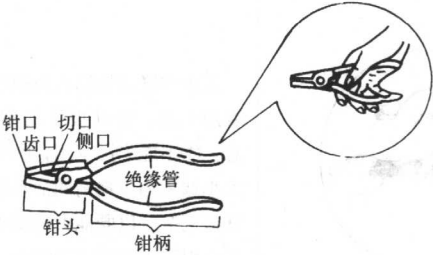
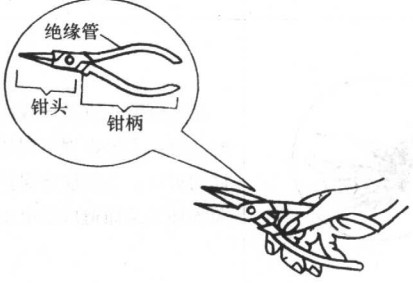
常用电工工具及其使用方法如下。

1. 常用电工工具

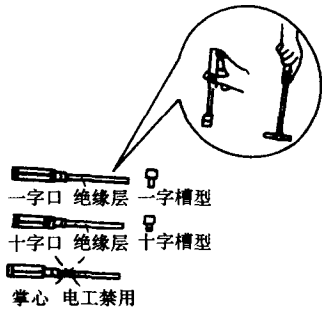
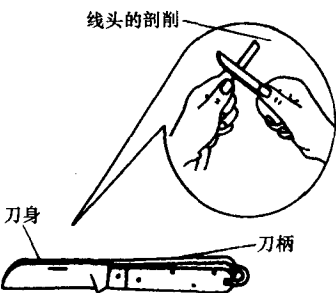
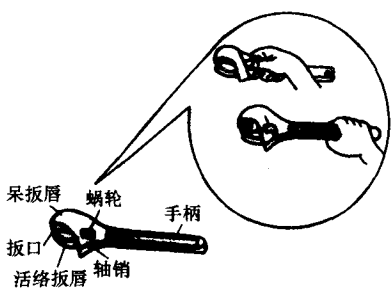
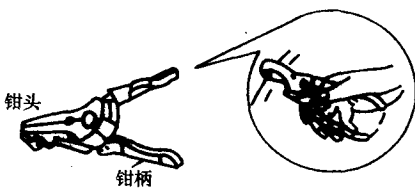
常用电工工具及其使用说明，如表 1-1 所示。

表 1-1

常用电工工具

名 称	图 示	使 用 说 明
低压验电笔 (又称验电器、 电笔)		用来测试导体、导线、开关、插座等低压电器以及低压电气设备是否带电的工具。使用时注意：用手指握住验电笔身，让笔尖的金属体接触带电部位，食指触及笔身金属体（尾部），验电笔的小窗口朝向自己眼睛
钢丝钳（又 称钳子）		用来钳夹、剪切电工器材（如金属线、导线）的常用工具。使用时注意：①钢丝钳（钳子）不能当做敲打、锤击的工具；②要注意保护好钳柄绝缘部分，以免损坏绝缘而造成触电事故
尖嘴钳		它的用途与钢丝钳（钳子）相仿，由于尖嘴钳的钳头部分较细长，因而能在较狭小的地方工作，如端子盒、灯座、开关内的线头固定或开启等。使用时注意：与钢丝钳（钳子）使用时的注意事项相同

续表

名 称	图 示	使 用 说 明
螺丝刀 (又称启子)	 一字口 绝缘层 一字槽型 十字口 绝缘层 十字槽型 掌心 电工禁用	用来旋紧或起松螺钉的工具。使用时注意: ①根据螺钉大小、规格选用相应尺寸的螺丝刀 (启子), 否则容易损坏螺钉与螺丝刀 (启子); ②不能使用穿心螺丝刀; ③螺丝刀不能当凿子用; ④螺丝刀 (启子) 除前部平口外, 宜采用绝缘套管套住其他金属杆部分 (预防相间短路, 造成意外事故)
电工刀	 线头的剖削 刀身 刀柄	用来切削电工器材的工具, 常用来削割电线、电缆包皮等绝缘部分。使用时注意: ①刀口朝外进行操作。削割电线绝缘部分; ②使用时刀口要略放平, 以免损伤线芯; ③使用后要及时把刀身折入刀柄内, 以免刀刃受损或危及人身、割破皮肤
活动扳手 (又称扳手、扳子)	 呆扳唇 蜗轮 手柄 扳口 活络扳唇 轴销	用来拧紧或拆卸六角螺丝 (螺母、螺栓) 的专用工具。活动扳手简称活扳手。使用时注意: ①不能当锤子用; ②要根据螺母、螺栓的大小选用相应规格的活动扳手; ③活动扳手的开口调节应以既能夹住螺母不致损伤棱角, 又不会因不牢固而失手伤人, 而且能方便地提取扳手、转换角度为宜
剥线钳	 钳头 钳柄	用来剖削小直径导线线头的绝缘外层。使用时注意: ①要根据不同的线径来选择剥线钳不同的刃口; ②要注意保护好钳柄绝缘部分, 以免损坏绝缘而造成触电事故

2. 电工辅助工具

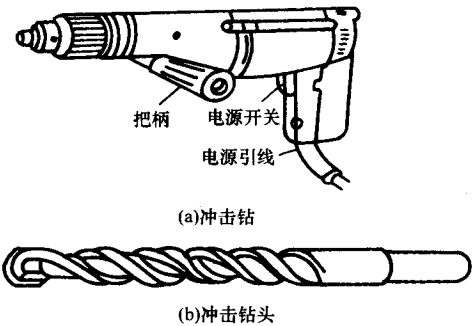
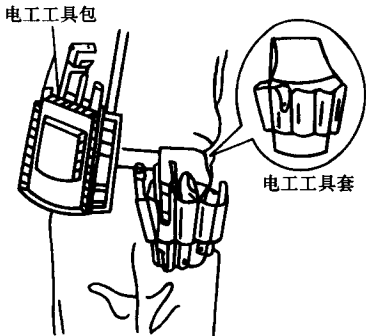
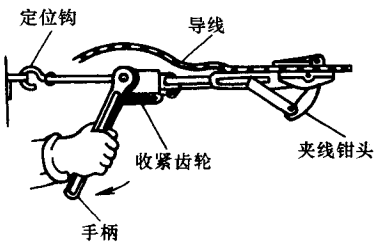
电工辅助工具及其使用说明, 见表 1-2。

表 1-2

电 工 辅 助 工 具

名 称	图 示	使 用 说 明
铁锤 (又称榔头、手锤)		用来锤击物体的工具。如拆装电动机轴承时锤击等。使用时注意: ①右(左)手应握在木柄的尾部, 才能使出较大的力量。在锤击时, 用力要均匀、落锤点要准确; ②要注意木柄与铁件连接要牢固, 防止铁件飞脱出伤人
电烙铁	(a) 大功率电烙铁 (b) 小功率电烙铁	用来焊接铜导线、导线、铜接头或导体连接件的镀锡等。使用时注意: ①根据焊接物体的大小来选择电烙铁功率; ②焊接不同导线或元件时, 应掌握好不同的焊接时温(温度); ③注意及时清除电烙铁头上的氧化物; ④不使用时要注意随时脱离电源
锉刀 (又称锉子)		用来加工锉削各类金属部件或小配件等。使用时注意: ①锉削不同加工件应使用不同的锉刀(如: 锉刀有板锉、圆锉和什锦锉等); ②要注意木柄与铁构件连接要牢固, 防止使用时木柄与铁构件分离而伤人
钢凿		用来打墙孔的工具。使用时注意: ①在凿削过程中, 应准确保持钢凿的位置, 挥动铁锤力的方向与钢凿中心线一致; ②使用钢凿时, 工作人员要戴护目镜

续表

名 称	图 示	使 用 说 明
冲击电钻 (又称冲击钻、电锤)	 (a)冲击钻 (b)冲击钻头	冲击电钻，它既可当普通电钻用麻花钻头在金属材料上钻孔，又可用冲击钻头在砖墙、混凝土等处钻孔，供膨胀螺栓使用。使用时注意：①右手应握紧手柄，用力要均匀；②使用冲击电钻时，工作人员要戴护目镜和口罩
电工包（又称工具袋）和电工工具套	 电工工具包 电工工具套	用来放置随身携带的常用工具或零星电工器材（如灯头、开关、螺丝、熔丝和胶布等）及辅助工具（如铁锤、钢锯）等。使用时注意：电工工具套可用皮带系结在腰间，置于右臀部，将常用工具插入工具套中，便于随手取用。电工包横跨在左侧，内有零星电工器材和辅助工具，以备外出使用
紧线器（又称收线钳）	 定位钩 导线 收紧齿轮 夹线钳头 手柄	用来收紧户内外绝缘子和户外架空线路的导线、架空线。使用时注意：①定位钩必须勾住架线支架或横担，夹线钳头夹住需收紧导线的端部，然后扳动手柄，逐步收紧；②铁夹线钳头不准许使用在铝、铜导线上

第二节 常用电工仪表

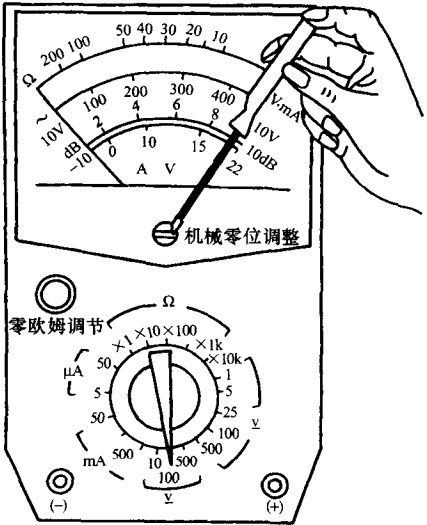
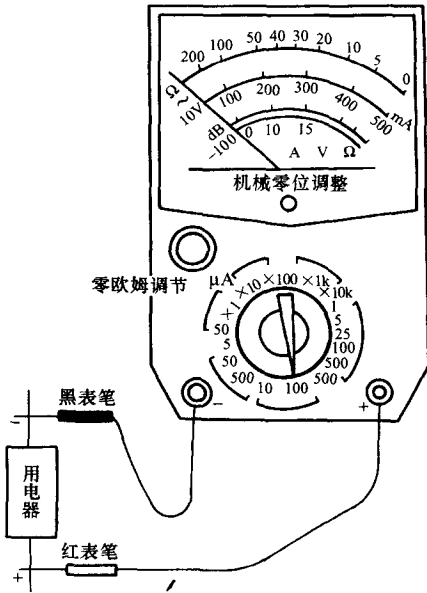
电工常用的仪表有万用表、兆欧表、钳形电流表、电流表和电压表等。

一、万用表

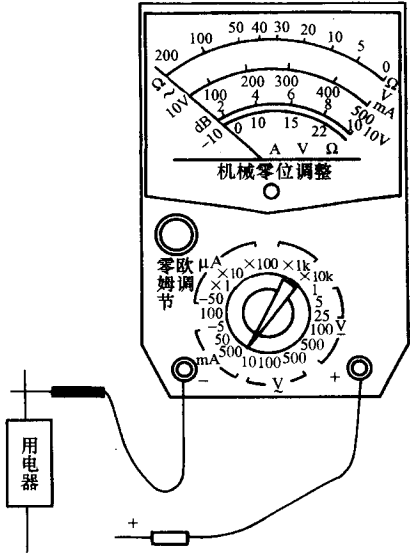
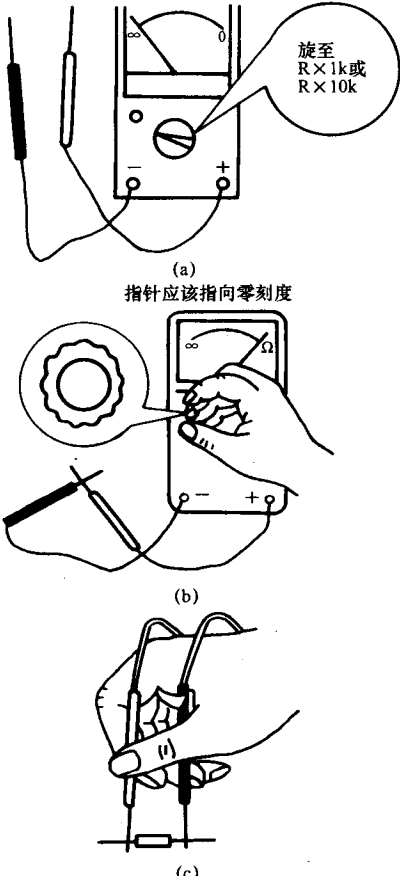
万用表是测量电压、电流和电阻等参数的常用仪表，其外形及使用说明如表 1 - 3 所示。

表 1-3

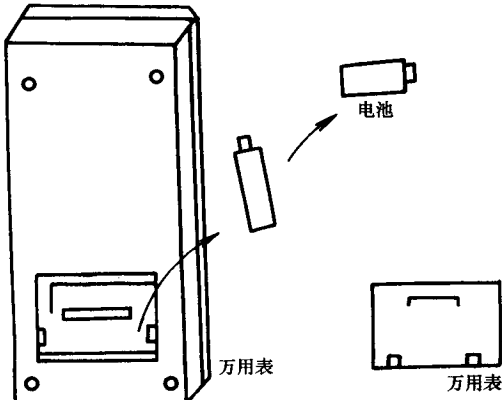
万用表的使用

项 目	图 示	使 用 说 明
使用前		①万用表应水平放置；②测电阻时，如万用表指针不在“零”位，可以调整调零器，使指针指在“零”；③仪表不使用时，要存放在干燥处；④在运输途中要求专人保管防激烈震动而损坏仪表；⑤对仪表要按规定进行校核
使用中 (一)	 (a) 用万用表测量直流电压	①红表笔要插入正极(+)插口，黑表笔插入负极(-)插口；②根据被测电压、电流的大小，把转换开关转至电压、电流挡的适当量程位置。要注意交流电压与直流电压的区别；③测量电压时，要将万用表并联在被测量电路的两端，见图(a)；④测量电流时，要将万用表串联在被测量电路中，见图(b)

续表

项 目	图 示	使 用 说 明
使用中 (一)	 (b) 用万用表测量直流电流	①红表笔要插入正极(+)插口,黑表笔插入负极(-)插口;②根据被测电压、电流的大小,把转换开关转至电压、电流挡的适当量程位置。要注意交流电压与直流电压的区别;③测量电压时,要将万用表并联在被测量电路的两端,见图(a);④测量电流时,要将万用表串联在被测量电路中,见图(b)
使用中 (二)	 (a) 旋至 $R \times 1k$ 或 $R \times 10k$ 指针应该指向零刻度 (b) (c)	①根据被测电阻的大小把选择开关拨到欧姆挡的适当挡位上(如 $R \times 1, \times 10, \times 100, \times 1k\Omega$)。选择的原则:要使指针尽可能做到在刻度线的 $2/3$ 处,因为这时的误差最小,见图(a);②将红、黑表笔短接,如万用表针不能满偏(表针不能偏转到零欧姆位置),可进行“欧姆调零”,见图(b);③将被测电阻同其他元器件或电源脱离,单手持表棒并跨接在电阻两端,见图(c);④读数时,应先根据表针所在位置确定最小刻度值,再乘以倍率,即为电阻的实际阻值。例如,指针指示的数值是 40Ω,若选择的量程为 $R \times 10$,则测得的电阻值为 400Ω

续表

项 目	图 示	使 用 说 明
使用后		①将选择开关拨到 OFF 或最高电压挡, 防止下次开始测量时不慎烧坏万用表; ②长期搁置不用时, 应将万用表中的电池取出; ③平时万用表要保持干燥、清洁, 严禁振动和机械冲击

二、绝缘电阻表 (兆欧表)

绝缘电阻表是测量电气设备绝缘电阻的仪表, 其外形及使用方法分别如图 1-1 和表 1-4。

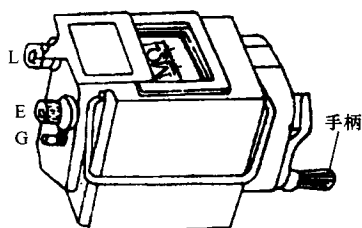
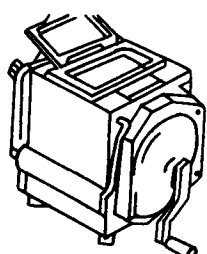
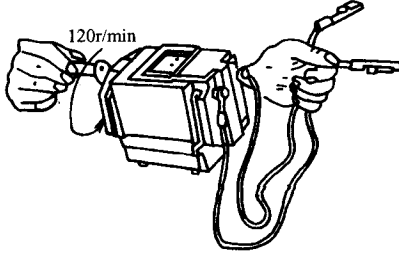


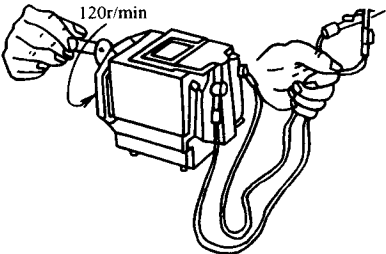
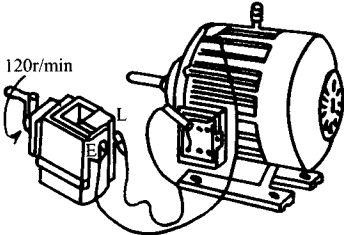
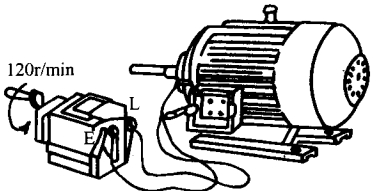
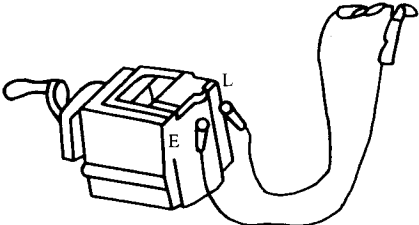
图 1-1 绝缘电阻表 (外形图)

表 1-4

绝缘电阻表的使用方法

步 骤	图 示	说 明
放置要求		①应放置在平稳的地方, 以免摇动手柄时, 因表身抖动和倾斜产生测量误差; ②仪表不使用时, 要存放在干燥处; ③在运输途中要求专人保管防激烈振动而损坏仪表; ④对仪表要按规定进行校核
使用前		先将绝缘电阻表的两接线端断开。再摇动手柄, 正常时, 绝缘电阻表指针应在“∞”

续表

步 骤	图 示	说 明
使用 前		先将绝缘电阻表的两接线端接触，再摇动手柄，正常时绝缘电阻表指针应在“0”
使用 中		用单股导线将“L”和设备的待测部位连接“E”端接设备外壳
		用单股导线将“L”和“E”端接在电动机两绕组的接线端
使用后		使用后，将“L”和“E”两导线短接，对绝缘电阻表放电，以免发生触电事故

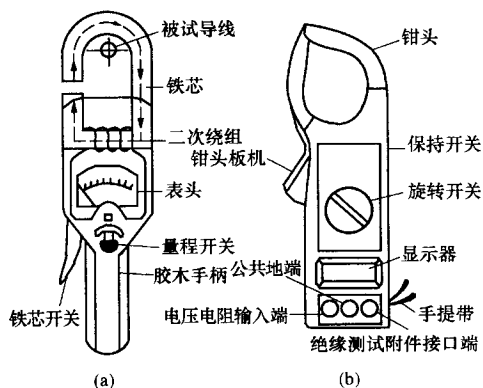


图 1-2 钳形表

(a) 指针钳形表；(b) 数字钳形表

三、钳形电流表

钳形电流表又称钳形表，在不断开电路而需要测量电流时，可使用钳形表。钳形表是根据电流互感器的原理制成的，钳形表有指针式和数字式两种，其外形如图 1-2 所示。DT266 钳形表是数字钳形表中的一种。它由标准 9V 电池驱动，LCD 显示的 $3\frac{1}{2}$ 位数字万用表；它具有全功能过载保护电路，可测量直流电压、交流电压、交流电流、电阻及通断测试；还可配 500V 绝缘测试附件 (DT261)，具有绝缘测试功能；仪表结构设计合理，采用旋转式开关，集功能选择、量程选

择、电源开关于一体，携带方便，是电气测量的理想工具。

1. 钳形表的使用方法

使用钳形表时，将量程开关转到合适位置，手持胶木或塑料手柄，用食指勾紧铁芯开关，便可打开铁芯，将被测导线从铁芯缺口引入到铁芯中去，然后放松铁芯开关，铁芯自动闭合，被测导线的电流就在铁芯中产生交变磁力线，表头上就感应出电流，可直接读数。

2. 钳形表使用注意事项

(1) 不得用钳形表测量高压线路的电流，被测线路的电压不能超过钳形表所规定的使用电压，以防绝缘击穿，人身触电。

(2) 测量前应估计被测电流的大小，选择适当的量程，不可用小量程去测量大电流。

(3) 每次测量只能钳入一根导线，测量时应将被测导线置于钳口中央部位，同时注意铁芯缺口的接触面无锈斑并接触牢靠，以提高测量准确度。测量结束时应将量程开关扳到最大量程位置，以便下次安全使用。

(4) 测量小于 5A 以下的电流时，为了得到较准确的读数，若条件允许，可把导线绕几圈放进钳口进行测量，但实际电流值应为读数除以放进钳口内的导线圈数。

(5) 钳形表不使用时，要存放在干燥处。

(6) 在运输途中要求专人保管防激烈振动而损坏钳形表。

(7) 对钳形表要按规定进行校核。

四、接地电阻测试仪

接地电阻测试仪（又称接地摇表）的外形和内部电路结构如图 1-3。其主要用于直接测量各种接地装置的接地电阻。接地电阻测试仪型号很多，常用的有 ZC-8 型、ZC-29 型等几种。

ZC-8 型接地电阻测试仪有两种量程，一种是 0-1-10-1000，另一种是 0-1-100-10000。它们都带有两根探测针，其中一根为电位探测针，另一根为电流探测针。

测量前，首先将两根探测针分别插入地中，如图 1-4 所示，使被测接地极 E'、电位探测针 P' 和电流探测针 C' 三点在一条直线上，E' 至 P' 的距离为 20m，E' 至 C' 的距离为 40m，然后用专用线分别将 E'、P' 和 C' 接到仪表相应的端钮上。

测量时，先把仪表放在水平位置，检查检流计的指针是否指在红线上，若不在红线上，则可用“调零螺丝”进行调零，然后将仪表的“倍率标度”置于最大倍数，转动发电机手柄，同时调整“测量标度盘”，使指针位于红线上。如果“测量标度盘”的读数小于 1，则应将“倍率标度”置于较小的倍数，再重新调整“测量标度盘”，以得到正确的读数。

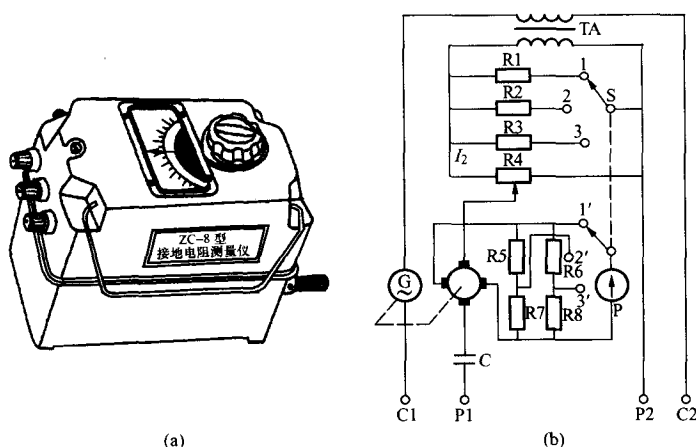


图 1-3 ZC-8 型接地电阻测量仪

(a) 外形；(b) 内部电路图

(8) 对接地电阻仪要按规定进行校核。

五、考核评分

万用表、钳形电流表、兆欧表、接地电阻测试仪、接地电阻测量仪的操作使用考核评分标准如表 1-5。

表 1-5

仪器操作使用考核评分表

班级：

姓名：

考核项目：常用仪器的操作使用

序号	项目	内容	评分标准	分值	得分
1	表计的使用方法	任选一表计	表计的使用方法叙述不清扣 10 分 表计的使用方法叙述错误扣 20 分	30	
2	测量操作	测量接线 测量操作步骤 读数准确	接线错误扣 10 分 操作错误扣 20 分，操作步骤不正确一次扣 5 分 读数错误扣 10 分，不准确扣 5 分	50	
3	工具、仪器、整理	工具、仪器、整理 仪器设备完好	不整理的扣 10 分，没按要求整理的扣 5 分 由于使用不当损坏仪器设备扣 20 分	10	
4	时间	30min	每超过 10min 扣 5 分，不满 10min 算 10min	10	
5	总分			100	

第三节 常用电工材料

一、常用导电材料

各种金属材料都能导电，但它们的导电性能不同，最好的是银，其次是铜、铝、钨、锌、镍等，但不是所有金属都可以作为导电材料。作为导电材料的金属应具有导电性能好（即电阻系数小），不易氧化和腐蚀，有一定的机械强度，容易加工和焊接，资源丰富，价格便宜等特点。因此，铜和铝是目前最常用的导电材料。如一号铜（T1）含铜量 $>99.95\%$ ，主要用于各种电线电缆的导电线芯；二号铜（T2）含铜量 $>99.5\%$ ，用于仪器仪表的一般导电零件；无磁性高纯铜（TWC）含铜量 $>99.95\%$ ，用于高精密仪器仪表的线圈用漆包线等；特一号铝（AL-00）含铝量 $>99.7\%$ ，是特种要求用铝；一号铝（AL-1）含铝量 $>99.5\%$ ，主要用于制造电线电缆等。

若按导电材料制成线材（电线或电缆）和使用特点分，导线又有裸线、绝缘电线、电磁线、通信电缆线等。

1. 裸线

裸线的特点是只有导线部分，没有绝缘层和保护层。按其形状和结构分，裸线有单线、绞合线、特殊导线等几种。单线主要作为各种电线电缆的线芯，绞合线主要用于电气设备的连接等。

2. 绝缘电线

绝缘电线的特点是不仅有导线部分，而且还有绝缘层。按其线芯使用要求分有硬型、软型、特软型和移动式等几种。绝缘电线使用范围很广，主要用于各种电力电缆、控制信号电缆、电气设备安装连线或照明敷设等。

3. 电磁线

电磁线是一种涂有绝缘漆或包缠纤维的导线。它主要用于电动机、变压器、电器设备及电工仪表等，作为绕组或线圈。

4. 通信电缆线

通信电缆线包括电信系统的各种电缆、电话线和广播线。

5. 电热材料

电热材料用来制造各种电阻加热设备中的发热元件。要求电阻系数高、加工性能好、有足够的机械强度和良好的抗氧化性能，能长期处于高温状态下工作。常用的电热材料有镍铬合金 Cr20Ni80、Cr15Ni60，铁铬铝合金 1Cr13A14、0Cr13A16M02、0Cr25A15、0Cr27A17M02 等。

6. 电碳制品

电机用电刷主要有石墨电刷 (S)、电化石墨电刷 (D)、金属石墨电刷 (J)。电刷选用时主要考虑：接触电压降、摩擦系数、电流密度、圆周速度、施于电刷上的单位压力。其他电碳制品还有碳滑板和滑块、碳和石墨触头、各种电板碳棒、各种碳电阻片柱、通信用送话器碳砂等。

二、常用导磁材料

物质在磁场的作用下显示出磁性的现象叫磁化。各种物质在磁场的作用下，都会呈现出不同的磁性。导磁材料按其特性不同，一般分为软磁材料和硬磁材料两大类。

1. 软磁材料

软磁材料一般指电工用纯铁、硅钢板等，主要用于变压器、扼流圈、继电器和电动机中作为铁芯导磁体。电工用纯铁为 DT 系列。

2. 硬磁材料

硬磁材料的特点是在磁场作用下达到磁饱和状态后，即使去掉磁场还能较长时间地保持强而稳定的磁性。硬磁材料主要用来制造磁电式仪表的磁钢、永磁电动机的磁极铁芯等。可分为各向同性系列、热处理各向异性系列、定向结晶各向异性系列等三大系列。

三、常用绝缘材料

物体阻碍电流流动的作用叫电阻。物体本身的材料不同，其阻碍电流的能力也不同。电阻率大于 $10^9 \Omega/\text{cm}$ 的物质所构成的材料叫绝缘材料，如石棉、云母、瓷器、玻璃、橡胶、变压器油、干木材和塑料等。在电气线路或设备中常用的绝缘材料有：绝缘漆、绝缘胶、绝缘油和绝缘制品等。

1. 绝缘漆

绝缘漆有浸渍漆、漆包线漆、覆盖漆、硅钢片漆、防电晕漆等。

2. 绝缘胶

绝缘胶与无溶剂漆相似，广泛用于浇注电缆接头、套管、20kV 以下电流互感器、10kV 以下电压互感器等。

3. 绝缘油

绝缘油有矿物油和合成油两大类，它主要用于电力变压器、高压电缆、油浸纸电容器中，以提高这些设备的绝缘能力。

4. 绝缘制品

绝缘制品有绝缘纤维制品、浸渍纤维制品、电工层压制品、绝缘薄膜及其制品等。