

国家中等职业教育改革发展示范学校专业课程改革系列教材

电工基础

主 编 孙香彩 马新新
副主编 牛新春 张 昌 王海英 陈泽兰
主 审 李 敏



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国家中等职业教育改革发展示范学校专业课程改革系列教材

电 工 基 础

主 编 孙香彩 马新新

副主编 牛新春 张 昌 王海英 陈泽兰

主 审 李 敏



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 简 介

本教材是按照教育部颁布的中等职业学校电工基础教学大纲和产业部门有关职业资格标准或行业职业技能鉴定标准，同时结合近几年中等职业教育的实际教学情况，贯彻落实“以学生实际操作能力为主线，以知识够用为准则”的职业教育办学指导思想，进行编写的。

本教材内容包括：认识电与安全用电，认识直流电路，电容器认知与应用，磁场和电感器认知与应用，认识单相正弦交流电路，认识三相正弦交流电路，认识非正弦周期电路，瞬态过程，变压器与电动机，共九个项目。每个项目后面均有项目总结和思考题，同时针对每个项目还设计了技能训练考核卡。

本书可作为中等职业学校、培训机构的电子电器应用与维修、机电技术、电气自动化等专业教材，也可供从事电工工作的工程技术人员参考。

图书在版编目（C I P）数据

电工基础 / 孙香彩，马新新主编. — 北京：中国水利水电出版社，2014.4
国家中等职业教育改革发展示范学校专业课程改革系列教材
ISBN 978-7-5170-1846-9
I. ①电… II. ①孙… ②马… III. ①电工学—中等专业学校—教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第067711号

书 名	国家中等职业教育改革发展示范学校专业课程改革系列教材 电工基础
作 者	主 编 孙香彩 马新新 副主编 牛新春 张昌 王海英 陈泽兰 主 审 李敏
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 10印张 238千字
版 次	2014年4月第1版 2014年4月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	24.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

电工基础是电子类专业人员必须掌握的一门基础知识。本教材以理论知识“适度、实用、够用”为宗旨，注重职业岗位技能的培养，将教学内容通过典型的项目形式组织起来，将传统的教学内容进行整合，合理地穿插到各个项目中去。通过九个项目的学习，循序渐进地掌握各个相关知识点，教学内容和课程体系能更好地适应中职的教学特点及培养目标，这不仅在教学内容、基本原理以及分析方法上符合中职学生的学习层次及需要，更重要的是加强了实际工程应用能力的培养。

全教材共包括九个项目，每个项目任务分为知识讲解和技能训练，项目一介绍电的基本知识以及常用电工工具的使用，重点讲述安全用电知识及防范方法；项目二介绍直流电路中的基本物理量，着重讲述各个基本物理量的测量方法和应用技能；项目三和项目四分别介绍电容器和电感器的识别、检测及应用技能；项目五和项目六介绍单相、三相正弦交流电路的基本概念、典型参数的检测、典型电路的应用；项目七介绍非正弦周期电路的特点、电路搭建及信号检测方法；项目八旨在使学生认识瞬态过程，并讲述典型的 RC 电路、RL 电路的瞬态过程分析及应用；项目九介绍变压器的识别和故障的检测方法，以及三相异步电动机的基本知识和电动机控制的方法。

本教材由鹤壁工业中专孙香彩和马新新两位老师共同策划，鹤壁工业中专牛新春编写了项目一、鹤壁工业中专孙香彩编写了项目二，鹤壁工业中专马新新、张昌编写了项目三和项目四，鹤壁工业中专张昌、王海英编写了项目六，鹤壁工业中专刘建云、陈英编写了项目八，国泰安信息技术有限公司陈泽兰编写了项目五和附录，宋武编写了项目七和项目九而且对全书进行了统稿。本书由湖北黄冈职业技术学院电子信息系主任李敏副教授任主审，提出了很多建设性意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

于 2014 年 3 月

目 录

前言

项目一 认识电与安全用电	1
任务一 认识电和电工工具	1
知识讲解一 电的概述	1
知识讲解二 认识电工工具	4
技能训练一 试电笔的使用	7
技能训练二 导线的连接	8
任务二 安全用电	9
知识讲解一 安全用电常识	9
知识讲解二 电气火灾的防范	13
技能训练 灭火器的使用	15
项目二 认识直流电路	17
任务一 测量电路的电压和电位	17
知识讲解一 电路的概念	17
知识讲解二 电位、电压和电动势	18
技能训练 测量电路的电位、电压	20
知识链接 万用表	21
任务二 测量电路的电流	23
知识讲解一 认识电流	23
知识讲解二 电路工作状态	23
知识讲解三 电功和电功率	24
技能训练 测量电路中的电流	25
任务三 电阻的测量	26
知识讲解 认识电阻	26
技能训练一 色环电阻的识别	28
技能训练二 电阻的测量	28
任务四 电路连接	30
知识讲解一 欧姆定律	30
技能训练一 验证欧姆定律	31
知识讲解二 串联电路	32
技能训练二 验证串联电路的电压电流关系	32

知识讲解三 并联电路	33
技能训练三 验证并联电路的电压电流关系	34
任务五 认识基尔霍夫定律	34
知识讲解一 基尔霍夫电流定律	35
知识讲解二 基尔霍夫电压定律	35
技能训练 验证回路基尔霍夫定律	36
任务六 认识叠加定律	37
知识讲解 叠加定律	37
技能训练 验证叠加定律	39
任务七 电源等效变换	39
知识讲解 电源等效变换	39
技能训练 验证电源等效变换	41
知识链接一 支路电流法	42
知识链接二 负载获得最大功率的条件	43
项目三 电容器认知与应用	48
任务一 认识电容器	48
知识讲解一 电容器的结构、类型、性能参数	48
知识讲解二 电容器的标识方法	51
技能训练一 电容器的识别	52
技能训练二 电解电容器好坏判断	52
任务二 电容器的连接	53
知识讲解 电容器的连接方法	53
技能训练 电容连接方式选择	55
任务三 观察电容器的充、放电现象	55
知识讲解 电容器的充电、放电过程	55
技能训练 观察电容器的充、放电现象	57
项目四 磁场和电感器认知与应用	60
任务一 观察电磁感应现象	60
知识讲解 电磁感应定律	60
技能训练一 验证环形线圈电流的磁场方向	61
技能训练二 直导体中的感应电动势	62
技能训练三 验证楞次定律	63
技能训练四 动圈式扬声器的工作分析	63
知识链接 磁场及其基本物理量	64
任务二 认识电感器	66
知识讲解 电感器的结构、类型、性能参数	66
技能训练一 色环电感器的识读	67

技能训练二 电感器好坏检测	68
任务三 认识线圈的自感与互感	68
知识讲解一 自感现象和自感电动势	68
技能训练一 认知自感现象	69
知识讲解二 互感与互感电动势	70
知识讲解三 同名端	71
技能训练二 判别互感线圈同名端	71
项目五 认识单相正弦交流电路	74
任务一 认识单相正弦交流电	74
知识讲解一 正弦交流电的基本概念	74
知识讲解二 交流电的表示方法	77
技能训练一 测量交流电压	79
技能训练二 测量正弦交流电的周期	80
技能训练三 测量正弦交流电的相位	81
技能训练四（选做） 测量正弦交流电的峰—峰值	81
知识链接一 示波器的使用	82
知识链接二 信号发生器的使用	87
任务二 认识纯电阻的交流电路	88
知识讲解 纯电阻电路	88
技能训练 纯电阻电路电压电流的关系测量	89
任务三 认识纯电感的交流电路	90
知识讲解 纯电感电路	90
技能训练 纯电感电路电压电流关系的测量	91
任务四 认识纯电容的交流电路	92
知识讲解 纯电容电路	92
技能训练 纯电容电路电压电流关系的测量	93
任务五 认识 RL 串联电路的正弦交流电路	94
知识讲解 RL 串联电路	94
技能训练一 荧光灯工作电路测试	94
技能训练二 日光灯安装	95
知识链接一 RLC 串联电路	96
知识链接二 串联谐振电路	97
项目六 认识三相正弦交流电路	101
任务一 认识三相正弦对称电源	101
知识讲解一 三相交流发电机	101
知识讲解二 三相交流电压	102
知识讲解三 三相电源的星形连接（ Y 接）	103

技能训练一	测量三相电源的相电压	104
技能训练二	测量三相电源的线电压	104
任务二	三相负载的连接	104
知识讲解一	三相负载的星形(Y)连接	105
知识讲解二	三相负载的三角形(Δ)连接	106
技能训练一	三相负载的星形连接	107
技能训练二	三相负载的三角形连接	108
知识链接	三相电源的星形连接(Y接)	108
任务三	三相电路功率的测量	109
知识讲解	三相电路的功率	109
知识链接	瞬时功率	112
技能训练	测量三相电路功率	112
项目七	认识非正弦周期电路	116
任务一	认识方波信号产生电路	116
知识讲解	集成运算放大器	116
技能训练	测量方波信号	118
任务二	认识三角波信号产生电路	119
知识讲解	三角波信号产生电路	119
技能训练	测量三角波信号	119
知识链接一	非正弦周期信号的分解	120
知识链接二	非正弦周期信号的谐波分析	121
知识链接三	谐波的危害和抑制	122
项目八	瞬态过程	125
任务一	认识瞬态过程	125
知识讲解一	瞬态过程	125
技能训练	观察瞬态变化现象	126
知识讲解二	换路定律	126
知识讲解三	电压、电流初始值的计算	126
任务二	RC电路的瞬态过程分析	128
知识讲解一	RC电路的充电	128
知识讲解二	RC电路的放电	128
技能训练	RC电路的瞬态过程分析	129
任务三	RL电路的瞬态过程分析	130
知识讲解一	RL电路接通电源	130
知识讲解二	RL电路切断电源	130
项目九	变压器与电动机	133
任务一	单相变压器	133

知识讲解	单相变压器	133
技能训练	单相变压器的好坏判断	136
任务二	认识三相变压器	138
任务三	认识三相异步电动机	139
知识讲解	认识三相异步电动机	139
技能训练	三相异步电机的星形 (Y) 与三角形 (Δ) 接法	140
任务四	三相异步电动机单向连续运转	141
知识讲解	电动机单向运转控制方式	141
技能训练	自锁功能的单向运转控制	142
任务五	三相异步电动机的正反转控制	142
附录	理想电路元件的符号	146
参考文献		147

项目一

认识电与安全用电



学习目标

了解电的发展历史、电能的产生与输送；了解电工工具的结构，会熟练使用电工工具；了解安全用电的常识、电气火灾的产生原因和防范方法；能熟练操作干粉灭火器和泡沫灭火器。



任务一 认识电和电工工具

知识讲解一 电的概述

自然界的闪电是电的一种形式，电是一种自然现象，是一种能量。电或电荷有两种，即正电和负电。通过实验可以发现带电物体同性相斥、异性相吸。电是一般术语，包括了许多种由于电荷的存在或移动而产生的现象。这其中有许多很容易观察到的现象，如闪电、静电等，还有一些比较抽象的概念，如电磁场、电磁感应等。



图 1-1-1 自然界的电现象

(一) 认识电的发展历史

很多年前，人们就已经知道发电鱼（electric fish）会发出电击。根据公元前 2750 年

的古埃及书籍，这些鱼被称为“尼罗河的雷使者”，是所有其他鱼的保护者。

公元前 600 年左右，古希腊的哲学家泰勒斯（Thales，前 640—前 546）做了一系列关于静电的观察。从这些观察中，他认为摩擦使琥珀变得磁性化。后来，科学会证实了磁与电之间的密切关系。摩擦生电如图 1-1-2 所示。

1732 年，美国科学家富兰克林主做了著名的风筝实验，如图 1-1-3 所示，证明了闪电与摩擦生电的不同，这是人类应用电学的第一步。

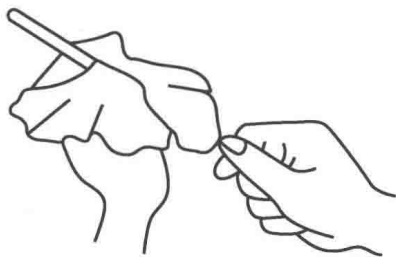


图 1-1-2 摩擦生电实验图

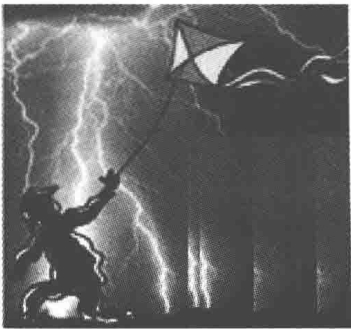


图 1-1-3 富兰克林的风筝实验

1753 年，英国人约翰（John Canton，1718—1772）发明静感应装置，向皇家协会报告静电感应。静电实验装置如图 1-1-4 所示。

1799 年，意大利人伏特（Volta，1745—1827）发明电堆及电池，如图 1-1-5 所示。

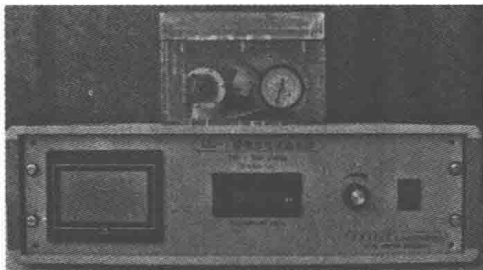


图 1-1-4 静电实验装置

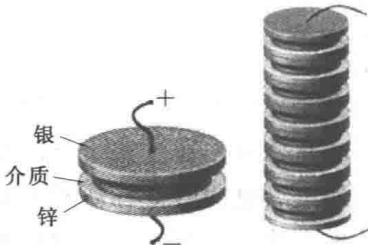


图 1-1-5 伏特和伏打电池

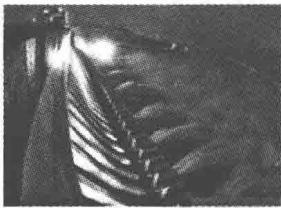


图 1-1-6 水力发电

（二）电能及电能传输

1. 电能产生

日常生活中使用的电能主要来自其他形式能量的转换，包括水能（水力发电）、内能（俗称热能、火力发电）、原子能（原子能发电）、风能（风力发电）、化学能（电池）及光能（光电池、太阳能电池）等，如图 1-1-6～图 1-1-9 所示。电能也可转换成其他所需的能量形式。它可以有线或无线的形式远距离传输。

用电器是利用电能进行工作的装置。它与电源连接后可将电能转化为人们所需要的能量。

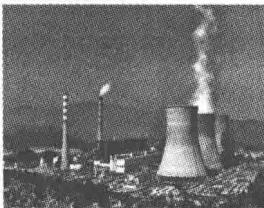


图 1-1-7 火力发电

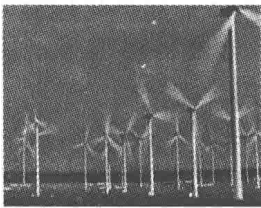


图 1-1-8 风力发电

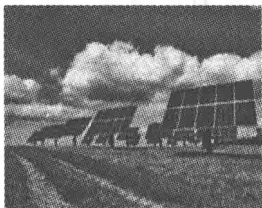
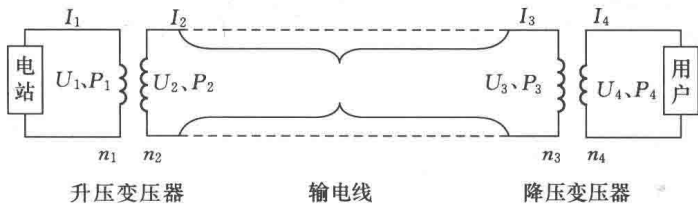


图 1-1-9 太阳能发电

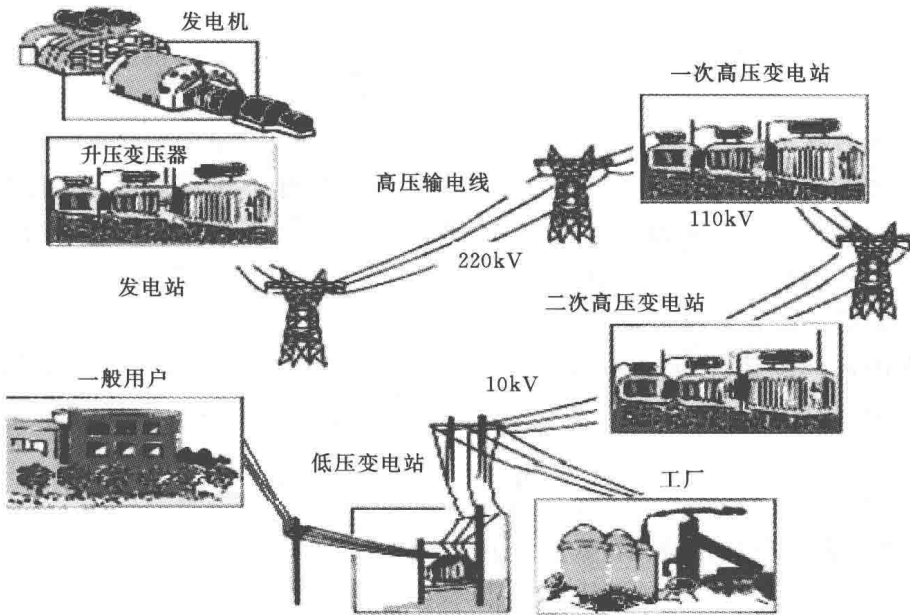
2. 电能传输

输送电能的基本要求是可靠、保质、经济。可靠是指保证供电线路可靠地工作，少有故障和停电；保质就是保证电能的质量，即电压和频率稳定；经济是指输电线路的建设和运行费用低，电能损耗小。

我国在电能的传输中，为了减少输电线路中电能的损失，在发电站将电压升高，到用户地区再把电压降下来，这样就能在低损耗的情况下，达到远距离送电的目的。电能传输如图 1-1-10 所示。



(a) 传输原理图



(b) 传输示意图

图 1-1-10 电能传输

在现代化建设中，为了能源节约，人们正研究更加高效、便捷的传输模式，如跨越式

传输和放射式传输，即采用中继站模式，点对点传输时采用空间传输；太阳能能源有更加高效和便捷的应用，2015 年太阳能电池将实现第三代技术，如今采光和面积大幅提升，即用户每家安装集中采光板自采自用无需传输。

知识讲解二 认识电工工具

电工通用工具是指一般专业电工经常使用的工具。对电气操作人员而言，能否熟悉和掌握电工工具的结构、性能、使用方法和操作规范，将直接影响工作效率、工作质量以及人身安全。进行电工操作时，常用的电工工具主要有试电笔、电工刀、钢丝钳、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、扳手、螺丝刀（起子）等。

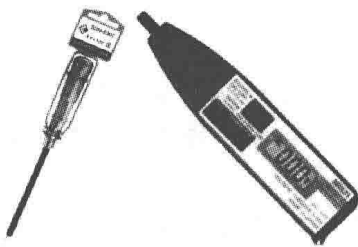


图 1-1-11 试电笔的实物图

(一) 试电笔

1. 试电笔的结构

低压验电器又称试电笔，如图 1-1-11 所示。试电笔是检验导线、电器是否带电的一种常用工具，检测范围为 50~500V，有钢笔式、旋具式和组合式多种。低压验电器由笔尖、降压电阻、氖管、弹簧、笔尾金属体等部分组成，如图 1-1-12 所示。

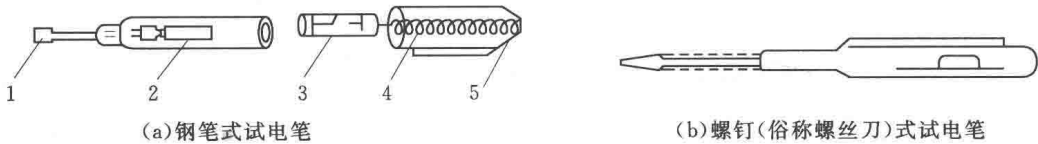


图 1-1-12 试电笔的结构图

1—笔尖；2—降压电阻；3—氖管；4—弹簧；5—笔尾金属体

2. 试电笔的握法

使用试电笔时，必须按照图 1-1-13 所示的握法操作。注意手指必须接触笔尾的金属体（钢笔式）或测电笔顶部的金属螺钉（螺丝刀式）。这样，只要带电体与大地之间的电位差超过 50V，电笔中的氖泡就会发光。

3. 试电笔的使用方法和注意事项

(1) 使用前，先要在有电的导体上检查电笔是否正常发光，检验其可靠性。

(2) 在明亮的光线下往往不容易看清氖泡的辉光，应注意避光。

(3) 电笔的笔尖虽与螺丝刀形状相同，它只能承受很小的扭矩，不能像螺丝刀那样使用，否则会损坏。

(4) 试电笔可以用来区分相线和零线，使氖泡发亮的是相线，不亮的是零线。试电笔也可用来判别接地故障。如果在三相四线制电路中发生单相接地故障，用试电笔测试中性线时，氖泡会发亮；在三相三线制线路中，用试电笔测试三根相线，如果两相很亮，另一

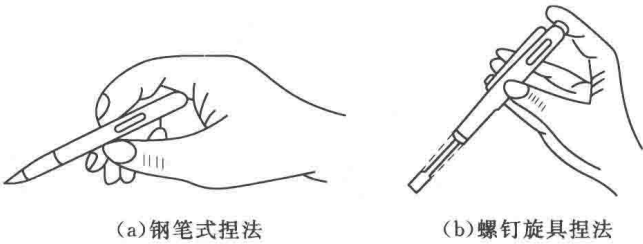


图 1-1-13 试电笔的握法

相不亮，则不亮的一相可能有接地故障。

(5) 试电笔可用来判断电压的高低。氖泡越暗，则表明电压越低；氖泡越亮，则表明电压越高。

(二) 电工刀

电工刀是用来剖削和切割电工器材的常用工具，电工刀外形如图 1-1-14 所示。

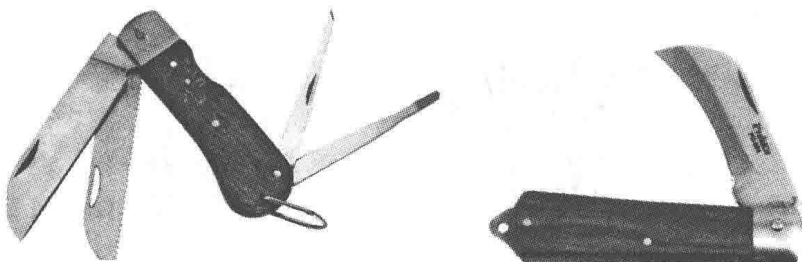


图 1-1-14 电工刀

电工刀的刀口磨制成单面呈圆弧状的刃口，刀刃部分锋利一些。在剖削电线绝缘层时，可把刀略微向内倾斜，用刀刃的圆角抵住线芯，刀口向外推出。这样既不易削伤线芯，又防止操作者受伤。

切忌把刀刃垂直对着导线切割绝缘，以免削伤线芯。严禁在带电体上使用没有绝缘柄的电工刀进行操作。

(三) 钢丝钳

钢丝钳又称克丝钳、老虎钳，是电工应用最频繁的工具。电工钢丝钳由钳头和钳柄两部分组成。钳头包括钳口、齿口、刀口、侧口四部分，其结构如图 1-1-15 所示。其中钳口可用来钳夹和弯绞导线；齿口可代替扳手来拧小型螺母；刀口可用来剪切电线、掀拔铁钉；侧口可用来侧切钢丝等硬金属丝。

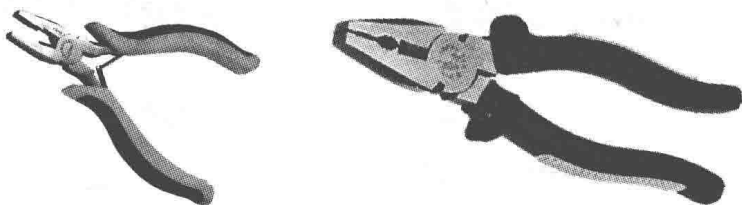


图 1-1-15 钢丝钳

使用钢丝钳时应注意：

(1) 使用前，必须检查其绝缘柄，确定绝缘状况良好，否则，不得带电操作，以免发生触电事故。

(2) 用钢丝钳剪切带电导线时，必须单根进行，不得用刀口同时剪切相线和零线或者两根相线，以免造成短路事故。

(3) 使用钢丝钳时要刀口朝向内侧，便于控制剪切部位。

(4) 不能用钳头代替手锤作为敲打工具，以免变形。钳头的轴销应经常加机油润滑，

保证其开闭灵活。

(四) 尖嘴钳

尖嘴钳外形图如图 1-1-16 所示，尖嘴钳的头部尖细，适用于在狭小的空间操作，钳头用于夹持较小螺钉、垫圈、导线和把导线端头弯曲成所需形状；小刀口用于剪断细小的导线、金属丝等。电工用尖嘴钳采用绝缘手柄，其耐压等级为 500V。



图 1-1-16 尖嘴钳



图 1-1-17 斜口钳

(五) 斜口钳

斜口钳又称断线钳，其头部扁斜，电工用斜口钳的钳柄采用绝缘柄，外型如图 1-1-17 所示，其耐压等级为 1000V。斜口钳专供用来剪断较粗的金属丝、线材及电线电缆等。

(六) 剥线钳

剥线钳用来剥削直径 3mm 及以下绝缘导线的塑料或橡胶绝缘层，其外形如图 1-1-18 所示，它由钳口和手柄两部分组成。剥线钳钳口分有 0.5~3.0mm 的多个直径切口，用于不同规格线芯的剥削。使用时应使切口与被剥削导线芯线直径相匹配，切口过大难以剥离绝缘层，切口过小会切断芯线。剥线钳手柄也装有绝缘套。

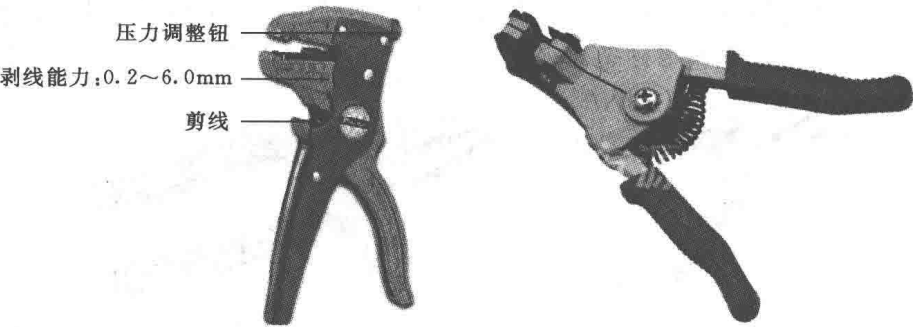


图 1-1-18 剥线钳

(七) 扳手

扳手是用于螺纹连接的一种手动工具，种类和规格很多。有活络扳手和其他常用扳手。

1. 活络扳手的构造和规格

活络扳手又称活络扳头，是用来紧固和松动螺母的一种专用工具。活络扳手由头部和柄部组成，头部由活络扳唇、呆扳唇、扳口、蜗轮和轴销等组成，如图 1-1-19 (a) 所示，旋动蜗轮可调节扳口的大小。规格用长度×最大开口宽度（单位：mm）来表示，电工常用的活络扳手有 150×19（6 英寸）、200×24（8 英寸）、250×30（10 英寸）和 300

×36（12 英寸）等四种。

2. 其他常用扳手

其他常用扳手有呆扳手、梅花扳手、两用扳手、套筒扳手和内六角扳手等。呆扳手又称死扳手，其开口宽度不能调节，有单端开口和两端开口两种形式，分别称为单头扳手和双头扳手。单头扳手的规格是以开口宽度表示，双头扳手的规格是以两端开口宽度（单位：mm）表示，如 8×10、32×36 等。

3. 活络扳手的使用方法

扳动大螺母时，需用较大力矩，手应握在靠近柄尾处，如图 1-1-19（b）所示。扳动小螺母时，需用力矩不大，但螺母过小，易打滑，因此手应握在接近头部的地方，如图 1-1-19（c）所示，并且可随时调节蜗轮，收紧活络唇，防止打滑。活络扳手不可反用，也不可钢管接长手柄来施加较大的扳拧力矩。

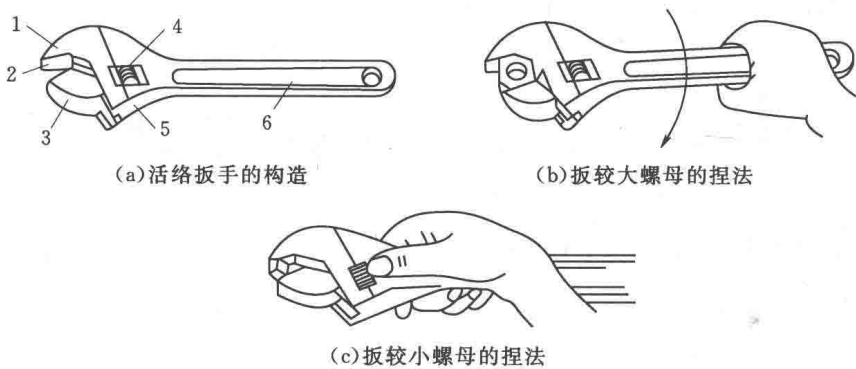


图 1-1-19 活络扳手

1—呆扳唇；2—扳口；3—活络扳唇；4—蜗轮；5—轴销；6—手柄

活络扳手不得当作撬棒或手锤使用。

（八）螺丝刀

螺丝刀又称起子或旋凿，是用来紧固或拆卸带槽螺钉的常用工具。螺丝刀

按头部形状的不同，有一字形和十字形两种，如图 1-1-20 所示。

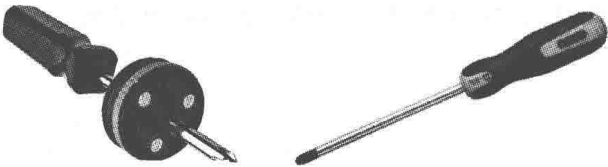


图 1-1-20 螺丝刀



技能训练一 试电笔的使用

训练目的：掌握试电笔的使用。

训练内容：

- （1）了解试电笔的结构，并能说出各部分的内容。
- （2）用试电笔测试带电体，并将测试结构记录表 1-1-1 中。

表 1-1-1 测试记录笔

测量次数	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
测量值					

(3) 用测电笔区别直流电的正负极。把测电笔连接在直流电正负极之间，发亮的一端（氖泡电极）为负极，因为氖泡通电时，只有接负极的一极才发光。

(4) 用测电笔检查线路接触不良。线路接触不良或不同电气系统互相干扰时，用测电笔触及带电体，发现氖泡闪烁则可能是因为线头接触不良所致，也可能是两个不同的电气系统互相干扰。这种闪烁现象在照明灯上可以明显地看出。



技能训练二 导线的连接

训练目的：掌握导线与导线的连接、线头与接线桩的连接的连接方法。

训练内容：

(1) 单股铜芯导线的直线连接。

- 1) 先将两导线芯线线头成×形相交，如图 1-1-21 所示。
- 2) 互相绞合 2~3 圈后扳直两线头，如图 1-1-22 所示。

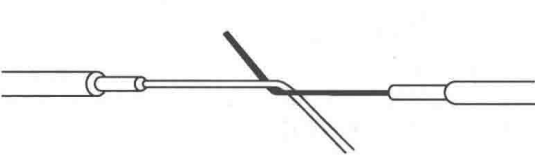


图 1-1-21 两导线芯线线头成×形相交

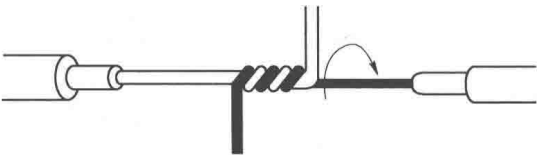


图 1-1-22 互相绞合 2~3 圈后扳直两线头

3) 将每个线头在另一芯线上紧贴并绕 6 圈，用钢丝钳切去余下的芯线，并钳平芯线末端，如图 1-1-23 所示。

(2) 单股铜芯导线的 T 字形连接。

1) 将支路芯线的线头与干线芯线十字相交，在支路芯线根部留出 5mm，然后顺时针方向缠绕 6~8 圈后，用钢丝钳切去余下的芯线，并钳平芯线末端，如图 1-1-24 所示。



图 1-1-23 每个线头在另一芯线上紧贴并绕

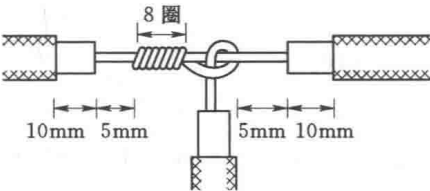


图 1-1-24 支路芯线的线头与干线芯线十字相交

2) 小截面的芯线可以不打结，如图 1-1-25 所示。

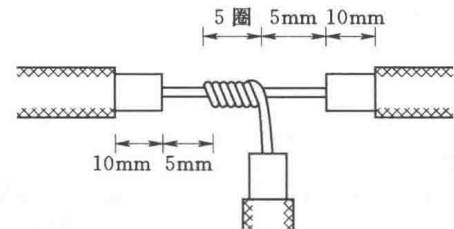


图 1-1-25 小截面的芯线可以不打结

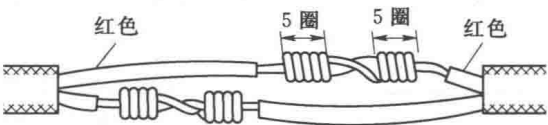


图 1-1-26 双股线的对接