

高职高专国家示范性院校课改规划教材·交通类



电工技术

主 编 王倩倩 陈 瑜
副主编 赵 竹 段光中



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专国家示范性院校课改规划教材·交通类

电 工 技 术

主 编	王倩倩	陈 瑜			
副主编	赵 竹	贺少林			
参 编	段光中	胡 琰	谭任绩	周玉甲	
	田 杰	曾瑶辉	王任映	刘虹秀	
	李璐明	胡 正	陈 岚		

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

全书分为七个项目,分别是电路分析基础、正弦交流电路、三相交流电路、安全用电、磁路与变压器、常用低压电器、三相异步电动机及其控制。每一项目的知识和技能相对独立,又可分解成多个知识点,并通过技能训练加以强化,使读者通过项目学习,迅速掌握项目要求,达到学以致用。本书不但能使教学者和学习者充分了解教学与学习中要求掌握的主要内容及知识,而且具有较强的评估性。

本书内容丰富、图文并茂、实用性突出,可作为高职高专院校电工技术课程的教材,也可作为成人教育、自学考试、中职学校和培训班的教材,还可作为工程技术人员的参考工具书。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术/王倩倩,陈瑜主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2015.8

高职高专国家示范性院校课改规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3771 - 6

I. ①电… II. ①王… ②陈… III. ①电工技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 173949 号

策 划 李惠萍

责任编辑 李惠萍 宁晓蓉

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 虎彩印艺股份有限公司

版 次 2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 11

字 数 252千字

印 数 1~1000册

定 价 20.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3771 - 6/TM

XDUP 4063001 - 1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

高职高专国家示范性院校课改规划教材·交通类

编审专家委员会名单

主任：田杰 何鹏

副主编：张鷟鹏 向怀坤

编委：(排名不分先后)

段光中 周永洪 赵竹 卫小伟 陈戈 王任映

陈瑜 肖帅 张斌 董敏娥 刘玉梅 胡琰

陈辉 邓妹纯 刘虹秀 王倩倩 陈岚 陈媛

李璐明 胡正 曾瑶辉 谭任绩 周玉甲 贺少林

前 言

随着现代信息技术、控制技术的飞速发展，电工技术已经应用到生活、生产的各个领域，迫切需要非电专业学生掌握现代电工电子的基本理论和应用技术，以适应各专业不断发展的需要和社会各行业对电工作业人员的要求。为此，我们组织一批有电工技术实践经验的教师编写了本书。

在编写过程中，本书根据高职教育的对象及特点，力求基本理论的浅显易懂和基本技能的可操作性，根据高职教育的特殊性，使教材内容理论联系实际，体现出电工技术的先进性和前瞻性，突出高职教育“淡化理论，够用为度，培养技能，重在运用”的特点。本书以岗位需求为导向，以任务驱动的方式分项目编写，着重体现“学做合一”的职业教育理念，注重电工技术技能的培养，同时广泛参考和吸取行业教材的特点，精简理论知识和公式推导，重点突出实用技术的掌握和运用。每个项目包含若干任务，部分任务又包括知识链接、技能训练等栏目，有较强的指导性和可操作性，易于安排教学，能够有效提高学生的电工技术实际应用技能。

全书共分为七个项目，每个项目设有多个任务，并配有相关的技能训练和一定量的思考与练习题，以供学生复习、巩固所学内容。下面分项目对内容进行简单介绍。

项目一是电工技术课程的重要理论基础，从工程应用的角度对电路参量、电路变量等问题进行了深入探讨，要求学习者正确理解电路的基本概念、电路分析的基本定律和定理，在理解的基础上掌握并运用电路的分析方法，为后续各章的学习打下良好的基础。

项目二主要介绍了正弦交流电的基本概念和正弦交流电路的分析方法，以及正弦交流电在实际生活和生产中的应用。

项目三从实际应用中的三相交流供电系统出发，主要介绍了三相交流电路中电压、电流的相值和线值之间的关系，对称三相电源和负载的连接方式，三相电路的功率等。

项目四主要介绍了触电及触电的伤害、人体触电的形式、安全用电的措施及触电急救等。

项目五在介绍磁路基础知识的基础上，介绍了变压器的基本结构、工作原理及实用中常见的变压器。

项目六主要介绍了常用低压电器的分类、符号和常用低压电器的工作原理及应用,让学习者既掌握电器的基本知识,又掌握常见故障的分析与处理方法。

项目七以实际应用中常见的三相异步电动机为实例,主要介绍了三相异步电动机的结构与工作原理、三相异步电动机的转矩特性与机械特性、三相异步电动机技术数据及选择、三相异步电动机的控制、基本电气控制线路和三相异步电动机的运行与维护。

本书由湖南交通职业技术学院王倩倩、陈瑜、赵竹、段光中、胡琰、谭任绩、周玉甲、田杰、曾瑶辉、王任映、刘虹秀、李璐明、胡正、陈岚等多名教师及长沙电业局的贺少林工程师共同编写。王倩倩、陈瑜任主编,负责全书的统稿工作。

在编写本书的过程中,编者参阅和引用了相关的技术资料,在此向其作者表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中不妥、疏漏之处在所难免,恳请读者予以指正或提出修改意见。

编 者

2015年6月

目 录

项目一 电路分析基础	1
任务一 电工常用工具的使用与电工材料的识别	1
知识链接 导体、绝缘体和半导体	1
【技能训练 1】 常用电工工具的使用及导线的连接	2
任务二 电路分析基础	10
知识链接 1 电路的组成与功能	10
【技能训练 2】 万用表的使用——直流电压、直流电流和电阻的测量	14
知识链接 2 电气设备的额定值及电路的工作状态	16
知识链接 3 线性电路元件及其伏安特性	18
知识链接 4 电位的概念与计算	22
【技能训练 3】 电位、电压的测定及电路电位图的绘制	23
任务三 电路定律及电路基本分析方法	25
知识链接 1 电阻的串联和并联	25
知识链接 2 电路名词	29
知识链接 3 基尔霍夫定律	29
【技能训练 4】 基尔霍夫定律的验证	33
任务四 叠加定理	35
【技能训练 5】 叠加定理的验证	37
任务五 戴维南定理	39
【技能训练 6】 戴维南定理的验证	40
任务六 热能的计算	43
思考与练习一	44
项目二 正弦交流电路	47
任务一 单相交流电路的基本概念	47
知识链接 1 正弦交流电的频率、周期和角频率	47
知识链接 2 正弦交流电的瞬时值、最大值和有效值	48
知识链接 3 正弦交流电的相位、初相和相位差	50
【技能训练 7】 正弦交流电路的认知	51
任务二 正弦交流电的相量表示法	54
任务三 单一参数的正弦交流电路	57
知识链接 1 纯电阻元件的交流电路	57
知识链接 2 纯电感元件的交流电路	59
知识链接 3 纯电容元件的交流电路	61
【技能训练 8】 R 、 L 、 C 元件阻抗特性的测定	64

任务四 多参数组合的正弦交流电路	66
知识链接 1 串联正弦交流电路	66
知识链接 2 多参数组合串联电路的功率	68
知识链接 3 功率因数	68
知识链接 4 提高功率因数的方法	69
【技能训练 9】 RLC 串联交流电路和并联交流电路	69
【技能训练 10】 日光灯电路及其功率因数的提高	71
思考与练习二	74
项目三 三相交流电路	76
任务一 三相电源的连接方式	76
知识链接 1 对称三相电压	76
知识链接 2 三相电源的连接方式	77
任务二 三相负载的连接方式	79
知识链接 1 三相负载的星形连接	79
知识链接 2 三相负载的三角形连接	84
任务三 三相电路的功率	86
知识链接 1 三相负载对称电路的功率	86
知识链接 2 三相负载不对称电路的功率	86
【技能训练 11】 三相交流电路电压、电流的测量	88
思考与练习三	90
项目四 安全用电	92
任务一 触电及触电的伤害	92
知识链接 1 触电的伤害	92
知识链接 2 触电对人体伤害的影响因素	93
任务二 人体触电的形式	94
知识链接 1 直接接触	94
知识链接 2 间接触电	95
任务三 安全用电措施	96
知识链接 1 直接防护措施	96
知识链接 2 间接防护措施	97
知识链接 3 安全用电注意事项	99
【技能训练 12】 验电器的使用	100
任务四 触电急救	103
知识链接 1 脱离电源	103
知识链接 2 现场对症救护	104
知识链接 3 急救技术	104
思考与练习四	105
项目五 磁路与变压器	106
任务一 磁路的基础知识	106

知识链接 1 磁路的基本概念	106
知识链接 2 常用的铁磁材料及其特性	109
知识链接 3 主磁通原理	111
任务二 变压器的基本结构和工作原理	112
知识链接 1 变压器的用途及基本结构	112
知识链接 2 变压的工作原理	114
知识链接 3 变压器的外特性及效率	117
任务三 其他用途的变压器	118
知识链接 1 自耦变压器的使用	118
知识链接 2 仪用互感器的使用	119
【技能训练 13】 变压器观摩	120
【技能训练 14】 变压器的连接与测试	122
【技能训练 15】 电流互感器的应用	124
思考与练习五	127
项目六 常用低压电器	128
任务一 常用低压电器的分类与符号	128
知识链接 1 常用低压电器的分类	128
知识链接 2 常用低压电器的电路符号	129
任务二 常用低压电器的工作原理及应用	131
【技能训练 16】 低压电器观摩	139
思考与练习六	141
项目七 三相异步电动机及其控制	142
任务一 三相异步电动机的结构与工作原理	142
知识链接 1 三相异步电动机的构造	142
知识链接 2 三相异步电动机的转动原理	144
任务二 三相异步电机的转矩特性与机械特性	147
任务三 三相异步电动机技术数据及选择	148
知识链接 1 三相异步电动机技术数据	148
知识链接 2 三相异步电动机的选择	150
任务四 三相异步电动机的控制	151
知识链接 1 启动特性分析	151
知识链接 2 三相异步电动机的调速	153
知识链接 3 三相异步电动机的制动	154
任务五 基本电气控制线路	154
知识链接 1 点动控制	154
知识链接 2 自锁控制	155
知识链接 3 正反转控制	155
【技能训练 17】 三相异步电动机接触器点动控制线路	157
【技能训练 18】 三相异步电动机接触器自锁控制线路	158
【技能训练 19】 三相异步电动机接触器点动控制又可自锁控制线路	159
【技能训练 20】 接触器联锁的三相异步电动机正反转控制线路	161

【技能训练 21】 三相异步电动机的多地控制	162
任务六 三相异步电动机的运行与维护	163
思考与练习七	165
参考文献	166

项目一 电路分析基础

直流电路是电路的最基本形式，直流电路中的一些定律与定理在其他电路应用中同样适用。掌握直流电路的分析方法，是研究其他电路的基础。

直流电路中的很多内容在高中物理学课程中已经讲过，但物理学分析问题的侧重点通常是对物理现象进行剖析，将其作为学习自然科学须掌握的基础知识介绍给学生。而电工技术课程和物理学课程研究问题的侧重点不同，前者在阐述问题时往往从工程应用的角度出发，侧重于分析和解决与生产实际相关的问题，是实用电工电子技术的基础知识。

本项目是电工技术课程的重要理论基础，将从工程应用的角度对电路参量、电路变量、电气设备额定值及电路状态、欧姆定律和基尔霍夫定律等进行深入探讨。要求学习者能够深刻领会，在理解的基础上掌握并运用电路的分析方法，为后续各章的学习打下良好的基础。

本项目的总体要求：正确理解电路的基本概念及理想的电路元件、电路模型在电路分析中的作用，熟悉电路的组成及其功能；了解电气设备额定值的概念，熟悉电路常见的三种状态及其特点；深刻理解参考方向在电路分析中的作用；掌握电路中电压和电位的不同点及测量方法；理解叠加定理及其适用范围；熟悉戴维南定理的解题思路。

任务一 电工常用工具的使用与电工材料的识别

知识链接 导体、绝缘体和半导体

自然界的一切物质都是由分子或原子组成的。原子又由一个带正电的原子核和在它周围高速旋转着的带有负电的电子组成。不同的原子，其原子核内部结构和它周围的电子数量也各有不同，如图 1-1 所示。物质原子最外层电子数量的多少，往往决定着该种物质的导电性能。按照物质导电性能的不同，自然界的物质大体可分为三大类。

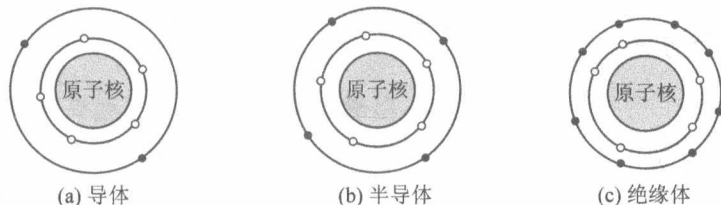


图 1-1 物质原子结构示意图

(1) 导体：最外层的电子数通常是 1~3 个，且距原子核较远，受原子核的束缚较小。由于外界影响，最外层电子获得一定能量后，极易挣脱原子核的束缚而游离到空间成为自由电子。因此，导体在常温下存在大量的自由电子，具有良好的导电能力。常用的导体材料有银、铜、铝、金等。

(2) 半导体：最外层的电子数一般为 4 个，在常温下存在的自由电子数介于导体和绝缘体之间，因而在常温下半导体的导电能力也介于导体和绝缘体之间。虽然半导体的导电能力没有导体好，但在外界条件发生变化时，其导电能力将随之剧烈变化；当掺入某些杂质后，半导体的导电能力还会成千上万倍地增大。半导体本身的这些特殊性，使半导体材料的应用越来越广泛。常用的半导体材料有硅、锗、硒等。

(3) 绝缘体：最外层的电子数通常是 6~8 个，且距原子核较近，受原子核的束缚较强，其外层电子不易挣脱原子核的束缚，因而绝缘体在常温下具有极少的自由电子，导电能力很差或几乎不导电。常用的绝缘体材料有橡胶、云母、陶瓷等。

由上述各类物质的导电性能可知，导体可使电流顺利通过，因此传输电流的导线芯都采用导电性能良好的铜、铝制成。绝缘体阻碍电流通过，所以导线外面通常包一层橡胶或塑料等绝缘材料，作为导线的保护，使用时比较安全。实际上导体和绝缘体之间并没有绝对的界限，而且条件发生变化时还可以转化。例如，导体氧化后其导电性能变差，甚至不导电；而绝缘体的温度升高或湿度增大时，绝缘性能也会变差，实用中常说的电气设备漏电现象，实质上就是设备的绝缘体绝缘性能下降所造成的。当绝缘体受潮或遇到高温、高压时，还有可能完全失去绝缘能力而成为导体，这种现象称为绝缘击穿。

【技能训练 1】 常用电工工具的使用及导线的连接

一、实训目的及要求

熟练使用常用电工工具，完成单股和多股铜芯、铝芯导线的剖削，并进行一字形、T 字形、十字形、人字形连接。

二、实训内容

- (1) 分别用剥线钳、钢丝钳、电工刀剥离不同规格导线的绝缘皮层。
- (2) 完成单股及多股铜芯、铝芯导线的一字形、T 字形、十字形、人字形连接。
- (3) 完成线头与接线桩的连接。

三、实训步骤及方法

1. 电工刀

1) 电工刀的使用

电工刀是剥削和切割电工材料的常用工具，其刀口磨制成单面呈圆弧形状的刃口，刀刃部分锋利一些。在剥削电线绝缘层时，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，又可防止操作者受伤。电工刀的使用如图 1-2~图

1-4 所示。

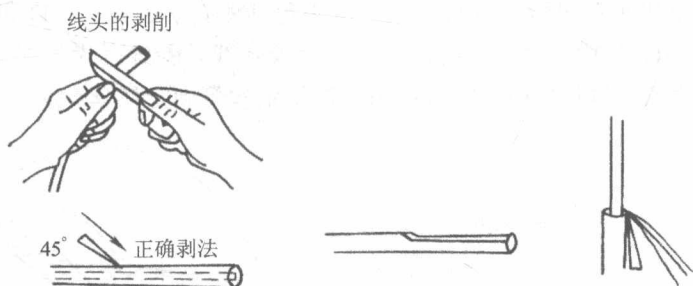


图 1-2 线头的剥削

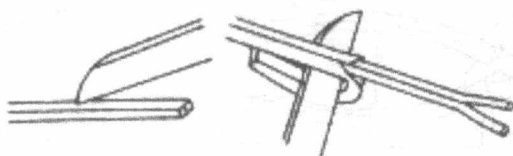


图 1-3 塑料护套导线绝缘层的剥削

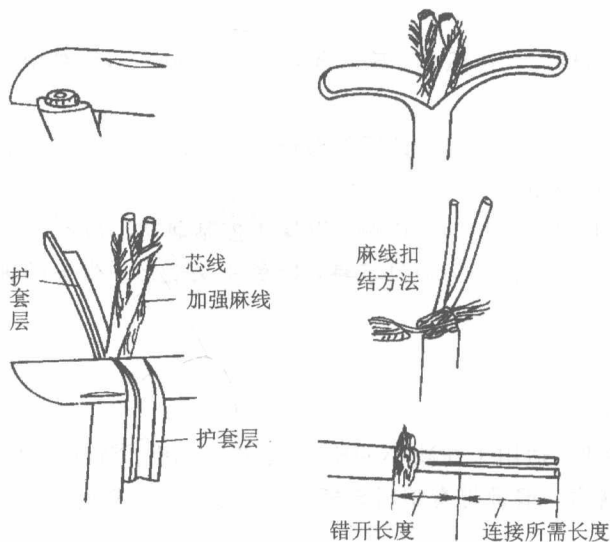


图 1-4 橡胶套软线绝缘层的剥削

2) 注意事项

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

2. 钢丝钳

钢丝钳又称老虎钳，是电工应用得最频繁的工具。

1) 钢丝钳的结构与用途

电工钢丝钳由钳头和钳柄两部分组成。钳头包括钳口、齿口、切口和铡口四部分，其结构如图 1-5 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，切口可用来剪切电线、掀拔铁钉，铡口可用来铡切钢丝等硬金属丝。

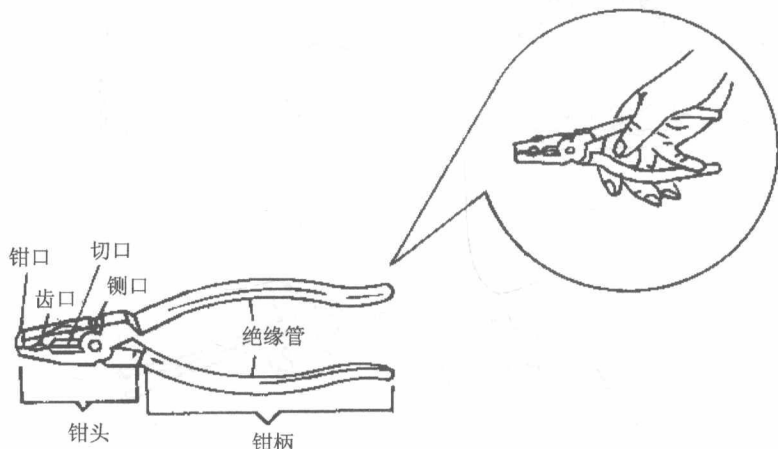


图 1-5 钢丝钳结构与用途

2) 注意事项

(1) 使用前，必须检查其绝缘柄，确定绝缘状况良好，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，不得用切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) 使用钢丝钳时要使切口朝向内侧，以便于控制剪切部位。

(4) 不能用钳头代替手锤作为敲打工具，以免钳头变形。钳头的轴销应经常加机油润滑，保证其开闭灵活。

3. 尖嘴钳

1) 尖嘴钳的使用

尖嘴钳的头部尖细，适用于在狭小的空间操作，常用于精细布线和元器件引线成形，如图 1-6 所示。尖嘴钳一般都带有塑料套柄，使用方便，且能绝缘，其耐压等级为 500 V。

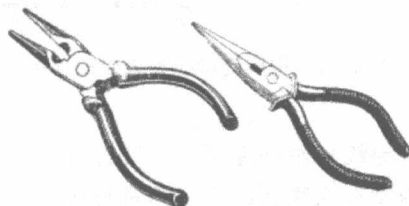


图 1-6 尖嘴钳

2) 注意事项

(1) 为确保使用者的人身安全，严禁使用塑料套破损、开裂的尖嘴钳带电操作。

- (2) 不允许用尖嘴钳装拆螺母、敲击它物。
- (3) 不宜在 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上的温度环境中使用尖嘴钳，以防止塑料套柄熔化或老化。
- (4) 为防止尖嘴钳端头断裂，不宜用它夹持较硬、较粗的金属导线及其他硬物。
- (5) 尖嘴钳的头部是经过淬火处理的，不要在锡锅或高温的地方使用，以保持钳头部分的硬度。

4. 偏口钳

偏口钳又称斜口钳，如图 1-7 所示。它主要用于剪切导线，尤其适合用来剪除缠绕元器件后多余的引线。剪线时，要使钳头朝下，在不变动方向时可用另一只手遮挡，防止剪下的线头飞出伤眼。

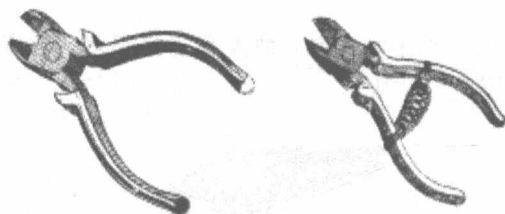


图 1-7 偏口钳

5. 剥线钳

剥线钳用来剥削直径 3 mm 及以下绝缘导线的塑料或橡胶绝缘层，其形状如图 1-8 所示。剥线钳由钳口和手柄两部分组成。钳口有 $0.5\sim 3\text{ mm}$ 的多个不同直径的切口，用于不同规格芯线的剥削。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。剥线钳手柄装有绝缘套。

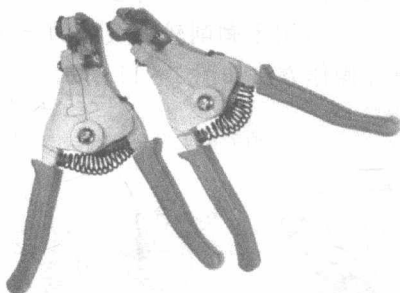


图 1-8 剥线钳

6. 螺丝刀

螺丝刀是紧固工具之一。紧固工具用于紧固和拆卸螺钉和螺母，包括螺钉旋具、螺母旋具和各类扳手等。螺钉旋具也称螺丝刀、改锥或起子，常用的有一字形和十字形两类，并有自动、电动、风动等形式。

1) 一字形螺钉旋具

一字形螺钉旋具用来紧固一字槽螺钉，如图 1-9(a)所示。选用时，应使旋具头部的长短和宽窄与螺钉槽相适应。若旋具头部宽度超过螺钉槽的长度，在旋紧螺钉时容易损坏安装件的表面；若旋具头部宽度过小，则不但不能将螺钉旋紧，还容易损坏螺钉槽。

2) 十字形螺钉旋具

十字形螺钉旋具适用于紧固十字槽螺钉,如图 1-9(b)所示。选用时应使旋具头部与螺钉槽相吻合,否则易损坏螺钉槽。



图 1-9 螺丝刀

使用一字形和十字形螺钉旋具时,用力要平稳,压和拧要同时进行。

7. 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。常用的有活络扳手、电动扭剪扳手和两面扳手等,如图 1-10 所示。



图 1-10 常用扳手

8. 导线的剥削

导线连接前,要根据具体的连接方法及导线线径将导线的绝缘层进行剥除。常用的工具是电工刀和剥线钳,其中电工刀常用于剥削较大线径的导线及导线外层护套,剥线钳常用于剥削较小线径的导线。具体操作方法如图 1-11 所示。

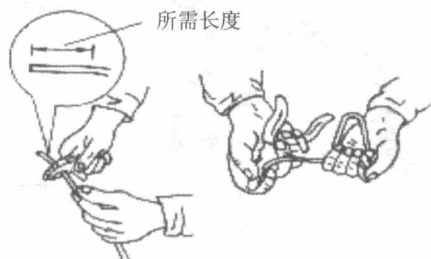


图 1-11 导线的剥削

9. 导线的连接方法

导线的种类很多,连接时应根据导线的材料、规格、种类等采用不同的连接方法。正确的导线连接方法,既可以加强线路运行的可靠性又可以降低故障的发生率。

1) 单股铜芯导线的直接连接

如图 1-12 所示,单股铜芯导线直接连接的操作步骤如下:

- (1) 绝缘层剥削长度为导线直径的 70 倍左右, 去掉氧化层。
- (2) 把两线头的芯线成形交叉, 互相绞绕 2~3 圈。
- (3) 扳直两线头。
- (4) 将两个线头在芯线上紧贴并绕 6 圈, 用钢丝钳切去余下的芯线, 并钳平芯线的末端。

这种连接方法适用于截面积在 2.5 mm^2 及以下的单股铜芯导线, 对于截面积在 2.5 mm^2 以上的单股铜芯导线, 连接时可采用绑扎方法。

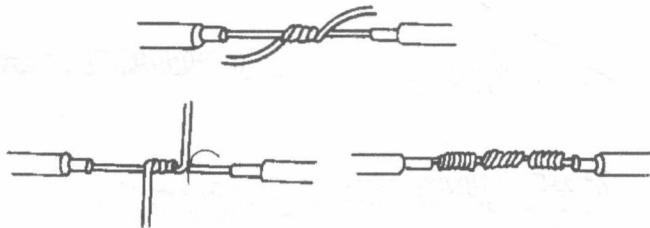


图 1-12 单股铜芯导线的直接连接

2) 单股铜芯导线的 T 字形分支连接

如图 1-13 所示, 单股铜芯导线的 T 字形分支连接操作步骤如下:

- (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约 3~5 mm, 然后按顺时针方向缠绕支路芯线, 缠绕 6~8 圈后, 用钢丝钳切去余下的芯线, 并钳平芯线末端。

- (2) 对于较小截面(截面积小于 1.5 mm^2)芯线的 T 字形分支连接, 应先将支路芯线在干线芯线上环绕成结状, 然后再把支路芯线线头抽紧扳直, 紧密缠绕 6~8 圈, 剪去多余芯线, 钳平切口毛刺。

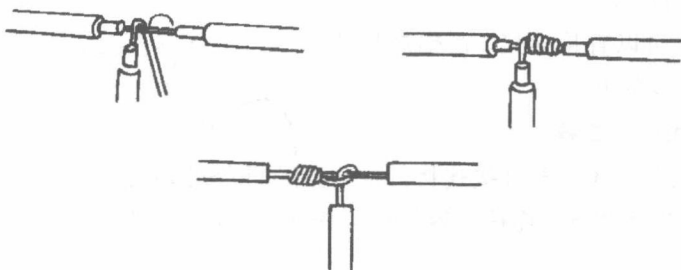


图 1-13 单股铜芯导线的 T 字形分支连接

3) 7 股铜芯导线的直接连接

如图 1-14 所示, 7 股铜芯导线的直接连接操作步骤如下:

- (1) 绝缘层剥削长度为导线直径的 21 倍左右。
- (2) 将割去绝缘层的芯线头散开并拉直, 接着把离绝缘层最近的 $1/3$ 线段的芯线绞紧, 然后把余下的 $2/3$ 芯线头分散成伞状, 并将每根芯线拉直。
- (3) 把两个伞状芯线线头隔根对插, 并捏平两端芯线。