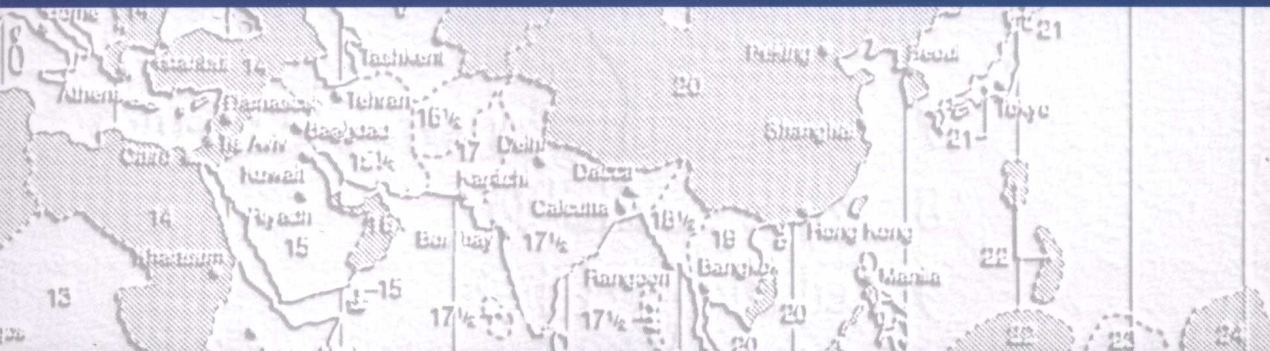




卓越系列·国家示范性高等职业院校核心课程特色教材



电工基础

FUNDAMENTALS OF ELECTROTECHNICS

主编 林京娜

内 容 简 介

为适应我国高职教育的发展需要,本教材在内容的编排上遵循理论体系渗透在“实用”项目中的原则,以“任务驱动”方式和“教、学、做一体化”的教学模式进行编写,突出了“工学结合”特色。教材将学科体系下的知识依据行动导向课程实施要求,设计了11个任务,将岗位职业能力培养(知识、技能、方法)贯穿本书内容的始终。

全书共分5个模块,主要内容包括常用仪器仪表的使用与安全用电、多量程电压表电流表的设计、照明灯的安装与更新、变压器的认知及初识三相交流异步电动机;每个模块设计了多个任务,教学过程中,学生在完成任务的基础上,掌握电工基础理论知识,培养岗位所需的职业能力。

本书可以作为高职电气自动化技术、机电一体化、机电设备维修与管理等专业的基础课教材,还可作为成人教育和函授培训的教材,也可供有关专业老师、工程技术人员及广大读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/林京娜主编. —天津:天津大学出版社,2010.8

(卓越系列)

国家示范性高等职业院校核心课程特色教材

ISBN 978-7-5618-3505-0

I. ①电… II. ①林… III. ①电工学 - 高等学校 - 技术学校 - 教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 148297 号

出版发行	天津大学出版社
出 版 人	杨欢
地 址	天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话	发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址	www. tjup. com
印 刷	河北省迁安万隆印刷有限公司
经 销	全国各地新华书店
开 本	169mm × 239mm
印 张	9.25
字 数	192 千
版 次	2010 年 8 月第 1 版
印 次	2010 年 8 月第 1 次
印 数	1 - 3 000
定 价	21.0 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

自 2006 年威海职业学院国家示范性高等职业院校建设项目实施以来,以教育部《关于以就业为导向,深化高等职业教育改革的若干意见》(教高[2004]1 号)和教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16 号)文件的精神为指导,研究实施“工学结合”的人才培养模式,基于工作过程进行课程改革,基于行动导向实施课程教学,为配合“电工基础”课程改革的需要,课程组教师在多年从事电工基础教学、培训及科研的基础上编写了《电工基础》教材。

本教材是适合高职高专“电工基础”或“电路基础”课程的教材,《电工基础》在内容的编排上遵循理论体系渗透在“实用”项目中的原则,以“任务驱动”方式和“教、学、做一体化”的教学模式进行编写,以实际应用工程任务为主线,突出了“工学结合”特色,着力体现对职业能力的培养,提高学生的学习兴趣及学习效率,并密切结合《中华人民共和国职业技能鉴定规范》的有关要求,使学生在学完本课程的基础上,能更好地学习专业知识,提高素质和就业能力。

教材共分 5 个模块,将学科体系下的知识依据行动导向课程实施要求,设计了 11 个任务,将岗位职业能力培养(知识、技能、方法)贯穿本书内容的始终。通过模块一“准备好 步入电世界”的学习和实践,主要让学生认识电的作用及安全用电及触电急救的方法,认识和使用常用电工工具及仪表,掌握常用电工工艺;通过模块二“多量程电压表、电流表的设计”学习及实践,让学生掌握电路的基本概念,通过运用电路定理解决实际问题;通过模块三“照明灯的安装与更新”的学习及实践,让学生掌握正弦交流电的相关概念以及正弦交流电路的各种分析方法,掌握实际电路的分析、设计、安装及检修;通过模块四“变压器的认知”学习及实践,让学生掌握有关磁路的基本概念,了解变压器的工作原理,能够应用磁路的基本定律解决实际问题;通过模块五“初识三相交流异步电动机”学习及实践,让学生了解相序、对称三相电路等概念,掌握对称三相电路的特点和计算,能够完成三相电源和负载的连接。

在本教材编写过程中,注重企业调研,广泛征求企业工程技术人员的意见,威海北洋电气集团高级工程师高明提供了大量资料和帮助,威海职业学院马光松老师提出了宝贵的建议和修改意见,在此对他们表示衷心感谢。

全书由林京娜任主编,王芹、姜荣任副主编。模块一由滕今朝编写,模块二由陶立慧、王文华编写,模块三由王芹、姜荣编写,模块四由威海广泰空港设备股份有限公司工程师杨光和蓝星玻璃股份有限公司工程师闫霞编写,模块五由林京娜编写。全书由林京娜统稿。

由于编者水平所限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

林京娜

2009 年 10 月

目 录

模块一 准备好步入电世界	(1)
任务一 电路连接所需工具的选择和使用	(2)
任务二 电气参数测量仪表的选择和使用方法	(14)
任务三 用电安全措施的实施	(21)
模块二 多量程电压表、电流表的设计	(31)
任务一 红色彩灯的安装与检修	(32)
任务二 设计多量程电压表、电流表	(41)
模块三 照明灯的安装与更新	(60)
任务一 白炽灯的安装	(61)
任务二 日光灯的安装与更新	(69)
任务三 日光灯功率因数的提高	(94)
模块四 变压器的认知	(102)
任务 机床低压照明的使用	(103)
模块五 初识三相交流异步电动机	(115)
任务一 三相异步电动机的认知	(116)
任务二 三相电动机电路的连接	(122)
参考文献	(140)

模块一 准备好步入电世界

通过本模块的学习及实践,应掌握下列技能:

- ☞ 认识和使用常用电工工具;
- ☞ 掌握导线的剖削、连接方法;
- ☞ 掌握导线绝缘的恢复方法;
- ☞ 认识和使用电压表、电流表、万用表、钳形表、摇表等常用仪表,熟知电流对人体的作用和伤害程度以及触电方式;
- ☞ 掌握防止触电的保护措施、安全用电及触电急救方法。

哪些东西需要电？手机、MP3、电脑、电风扇、洗衣机以及工厂里各种各样的机器……一口气都说不完。的确，有人类活动的地方，几乎都离不开电。想要学习电的知识吗？那就一步步进入这个色彩斑斓的电世界吧。

任务一 电路连接所需工具的选择和使用

任务提出

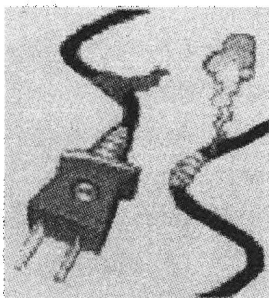


图 1-1-1 破损导线

在日常生活中，经常需要进行导线的连接。比如，家中有一段芯线截面积是 4 mm^2 的单股导线破损了，如图 1-1-1 所示，或者需要连接一段导线进行延长。可能的同学要说：“导线的连接还不简单吗？不懂电的人也会做。”

果真是这样吗？课程就从这简单的“连接导线”谈起。

“连接导线”应该做到：安全、可靠和规范。为什么？因为如果草率地连接导线，那么连接处很有可能还会损坏，甚至人们在使用时也会因此触电。

怎样达到这些要求？前提是必须掌握工具的正确使用方法以及导线的剖削和缠绕方法。

首先让我们认识一下常用电工工具，然后学习导线的正确连接方法。

相关新知识

一、常用电工工具

电工工具的正确使用，是电工技能的基础。正确使用工具不但能提高工作效率和施工质量，而且能减轻疲劳、保证操作安全及延长工具的使用寿命。在训练中要求工具使用正确，动作规范。

常用电工工具包括验电器、电工刀、螺丝刀、扳手、钢丝钳、斜口钳、剥线钳等；常用仪表包括电压表、电流表、万用表、钳形表、摇表等。电工日常操作，都离不开这些工具与仪表的使用。

1. 验电器

验电器是检验导线或电气设备是否带电的一种检验工具。按被检对象的电压等级，分为低压验电器和高压验电器。这里介绍低压验电器。

(1) 结构

低压验电器也称测电笔或电笔，有笔式和螺丝刀式两种。笔式低压验电器由氖管、电阻、弹簧、笔身和笔尖等组成，如图 1-1-2 所示。

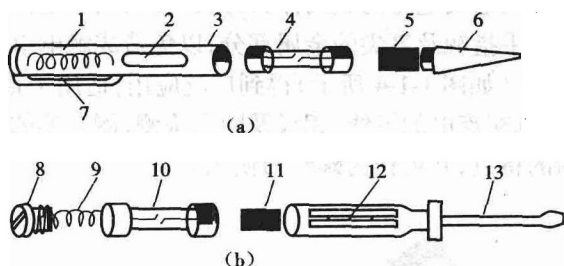


图 1-1-2 低压验电器

(a) 笔式 (b) 螺丝刀式

1、9—弹簧；2、12—观察孔；3—笔身；4、10—氖管；5、11—电阻；
6—笔尖探头；7—金属笔挂；8—金属螺钉；13—刀体探头

(2) 使用方法

在使用低压验电器时,必须用手指触及笔尾的金属部分,并使氖管小窗背光且朝向自己,以便观测氖管的亮暗程度,防止因光线太强造成误判,其使用方法如图 1-1-3 所示。

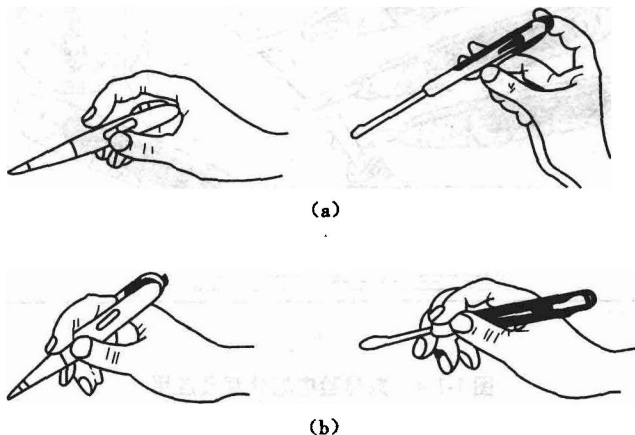


图 1-1-3 低压验电器的使用

(a) 正确握法 (b) 错误握法

当用电笔测试带电体时,电流经带电体、电笔、人体及大地形成通电回路,只要带电体与大地之间的电位差超过 60 V 时,电笔中的氖管就会发光。

低压验电器检测的电压范围为 60 ~ 500 V。

(3) 注意事项

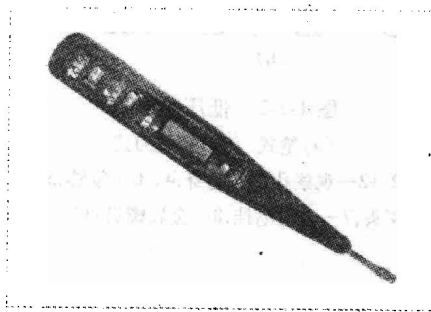
①使用前,必须在有电源处对验电器进行测试,以证明该验电器确实良好,方可使用。

②验电时,应使验电器逐渐靠近被测物体,直至氖管发亮,不可直接接触被测体。

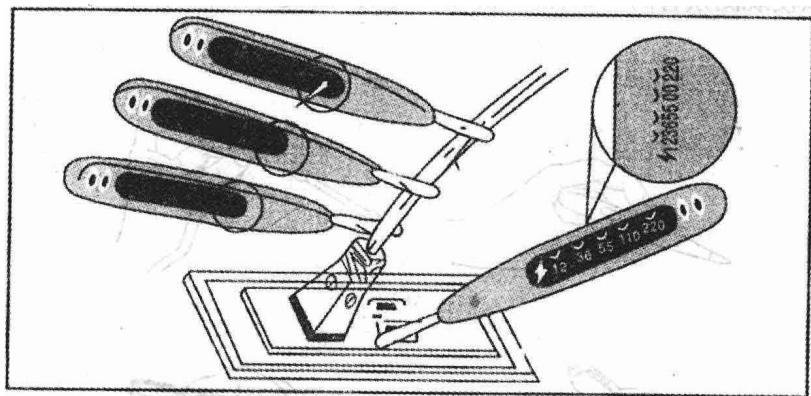
③验电时,手指必须触及笔尾的金属体,否则也会误判带电体为非带电体。

④验电时,要防止手指触及笔尖的金属部分,以免造成触电事故。

近年来数显验电笔(如图 1-1-4 所示)得到广泛应用,适用于直接检测 12 ~ 220 V 的交直流电和间接检测交流电的零线、相线及断点检测,测电笔的笔头由全钢材料制成,具有坚韧不易断的特点,并可作为螺丝刀使用。



(a)



(b)

图 1-1-4 数显验电笔外观及应用

(a)数显验电笔外观 (b)数显验电笔应用

2. 钢丝钳、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳

电工用钳类工具较多,其作用各有不同,下面分别加以介绍。

(1) 钢丝钳

钢丝钳有铁柄和绝缘柄两种,电工用钢丝钳为绝缘柄。

1) 规格与构造

电工用钢丝钳常见的规格有 150 mm、175 mm 和 200 mm 三种,其构造如图 1-1-5(a)所示。

2) 使用方法

钢丝钳在电工作业时,用途广泛。钳口可用来弯绞或钳夹导线线头;齿口可用来紧固或起松螺母;刀口可用来剪切导线或钳削导线绝缘层;侧口可用来侧切导线线

芯、钢丝等较硬线材。钢丝钳各种用途的使用方法如图 1-1-5(b)、(c)、(d)、(e)所示。

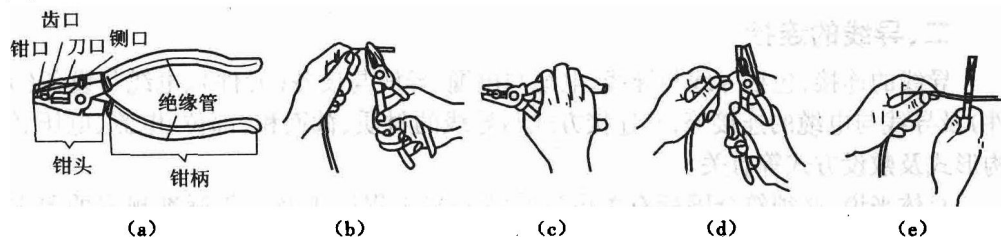


图 1-1-5 电工钢丝钳的构造与用途

(a) 构造 (b) 弯绞导线 (c) 紧固螺母 (d) 剪切导线 (e) 锯切钢丝

3) 注意事项

使用前,先检查钢丝钳绝缘是否良好,以免带电作业时造成触电事故。

在带电剪切导线时,不得用刀口同时剪切不同电位的两根线(如相线与零线、相线与相线等),以免发生短路事故。

(2) 尖嘴钳

尖嘴钳如图 1-1-6 所示,因其头部尖细,适用于在狭小的工作空间操作。尖嘴钳可用来剪断较细小的导线;可用来夹持较小的螺钉、螺母、垫圈和导线等;也可用来对单股导线整形(如平直、弯曲等)。若使用尖嘴钳带电作业,应检查其绝缘是否良好,并且在作业时不要使金属部分触及人体或邻近的带电体。

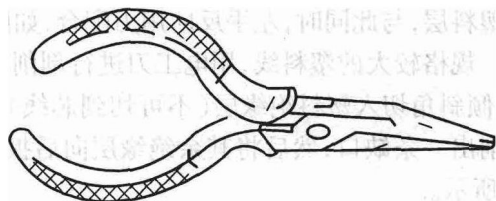


图 1-1-6 尖嘴钳

(3) 斜口钳

斜口钳也称断线钳,专用于剪断各种电线电缆,如图 1-1-7 所示。

对粗细不同、硬度不同的材料,应选用大小合适的斜口钳。

(4) 剥线钳

剥线钳是专用于剥削较细小导线绝缘层的工具,其外形如图 1-1-8 所示。使用

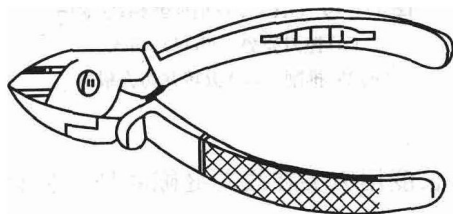


图 1-1-7 斜口钳

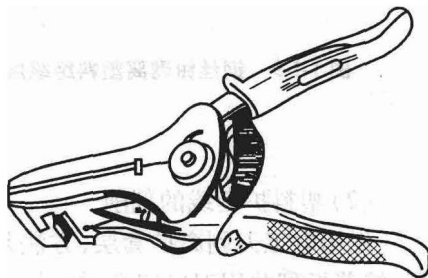


图 1-1-8 剥线钳

剥线钳剥削导线绝缘层时,先将要剥削的绝缘长度用标尺定好,然后将导线放入相应的刃口中(比导线直径稍大),再用手将钳柄一握,导线的绝缘层即被剥离。

二、导线的连接

导线的连接,包括导线与导线、电缆与电缆、导线与设备(元件)、电缆与设备(元件)及导线与电缆的连接等,其连接方式与导线的材质、截面积、部位、电流、电压、结构形式及敷设方式等有关。

总体来说,必须符合国标有关电气装置安装工程施工及验收标准规程的要求。一般场合,连接导线的芯线要采用焊接、压接或套管连接;低压系统导线截面较小时,可采用绞接、缠接的连接方式。

1. 导线的剖削

除用剥线钳剥削导线外,还必须学会用电工刀或钢丝钳剖削导线的绝缘层。对于不同截面、不同材质的导线,应选用合适的剖削方法。

(1) 塑料线的剖削

当芯线截面积不超过 4 mm^2 时,用钢丝钳剥削。其操作方法是:根据线头所需长度,用钳头刀口轻切塑料层(不可切着芯线),然后右手握住钳子头部用力向外勒去塑料层,与此同时,左手反向用力配合,如图 1-1-9 所示。

规格较大的塑料线,用电工刀进行剖削。具体方法是:根据所需线长,用刀口以 45° 倾斜角切入塑料绝缘层(不可切到芯线),接着,刀面与芯线保持 25° 左右用力向外削出一条缺口,然后将其余绝缘层向后扳翻剥离,并用电工刀取齐切去,如图 1-1-10 所示。

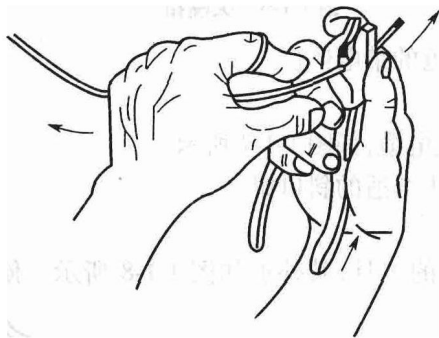


图 1-1-9 钢丝钳剥离塑料绝缘层

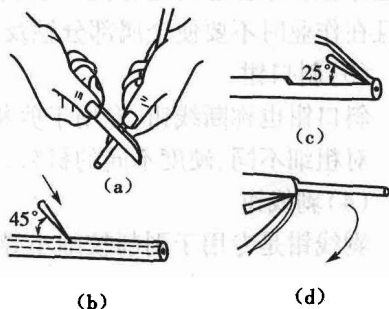


图 1-1-10 电工刀剖削塑料绝缘层

(a)握刀姿势 (b) 45° 切入
(c) 25° 推削 (d)扳转并切去根部

(2) 塑料护套线的剖削

先用电工刀剥离护套层,方法是:根据所需长度用刀尖在线芯缝隙间划开护套层,接着扳翻并用刀口切齐,如图 1-1-11 所示。

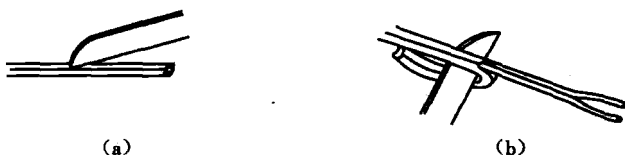


图 1-1-11 电工刀剥离护套层

(a)在线缝间划开护套层 (b)扳转护套层并切去根部

护套线芯绝缘层的剥离方法如同塑料线,只不过在绝缘层的切口与护套层的切口间应留有 5 ~ 10 mm 的距离。

(3) 橡皮线的剖削

先用电工刀刀尖划开编织保护层,其方法与剥离护套层相同,然后用剥削塑料线的方法剥去橡胶层,最后松散棉纱层至根部并用电工刀切去。

(4) 花线的剖削

先用电工刀将棉纱织物的四周切割一圈并将端部棉纱织物拉掉,然后按剖削橡皮线的方法进行剖削。

(5) 注意事项

①在剖削导线的绝缘层时,线芯截面不超过 4 mm^2 的一般用钢丝钳或剥线钳进行剖削,线芯截面大于 4 mm^2 的用电工刀;塑料软线的绝缘层用剥线钳或钢丝钳剖削;塑料护套线的绝缘层用电工刀剖削。

②剖削导线绝缘层时,不得损伤线芯;如若损伤较多,则应重新剖削。

③导线的绝缘层剖削或破损后必须恢复绝缘,恢复后的绝缘强度不应低于原有绝缘层的绝缘强度。

2. 导线的连接方法

(1) 铜芯导线的连接方法

①单股芯线的直线连接方法:先将两线端 X 形相交,互相绞合 2 ~ 3 圈,然后扳直两线端,再将细线圈在线芯上紧贴并绕 5 ~ 6 圈,最后剪去余线并钳平切口毛刺,如图 1-1-12 所示。

②单股导线的 T 字分支连接方法:先将支线芯线线头(截面积较小)与干线芯线(截面积较大)作十字相交,使支线留出约 3 ~ 5 mm 根部。当支线截面较小时,将其环绕成结状,再把支线线头抽紧、扳直,然后密缠 5 ~ 8 圈,最后剪去多余芯线并钳平切口毛刺,如图 1-1-13 所示。当支线截面较大时,因绕成结后不易平伏,可在十字交叉后直接并绕 8 圈以上。

③7 股芯线的直线连接方法:先将芯线头拉直,将芯线全长的 $1/3$ 自根部绞紧,其余部分分散成伞骨状并将每股芯线拉直,接着将两伞骨状线头隔股对叉,捏平两端每股芯线;然后将一端的 7 股芯线按 2、2、3 股分成第一、二、三组,扳起第一组芯线并垂直于芯线,按顺时针方向紧贴并缠 2 圈,并缠后再扳成与芯线平行的直角;依次紧

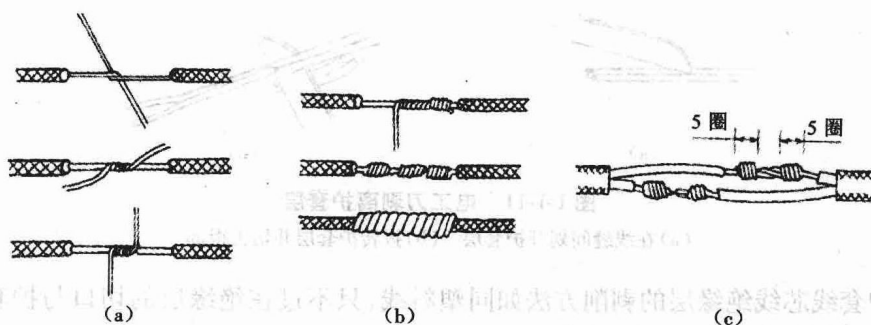


图 1-1-12 单股铜芯导线的直线连接

(a) 绞合 2~3 圈 (b) 并绕 6 圈 (c) 双芯线连接

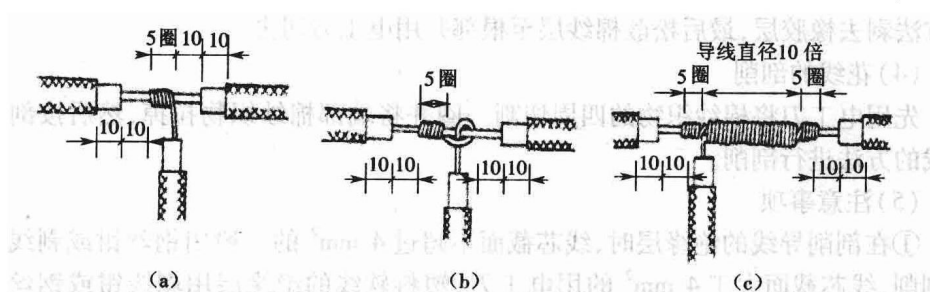


图 1-1-13 单股铜芯导线的 T 字分支连接

(a) 小截面分线连接 (b) 分线打结连接 (c) 大截面分线连接

缠第二、三组芯线,但后一组芯线扳起时,应把芯线紧贴住前一组芯线已弯成直角的根部,其中第三组芯线应紧缠 3 圈;最后剪去余线并钳平切口毛刺,另一端的连接方法相同,如图 1-1-14 所示。

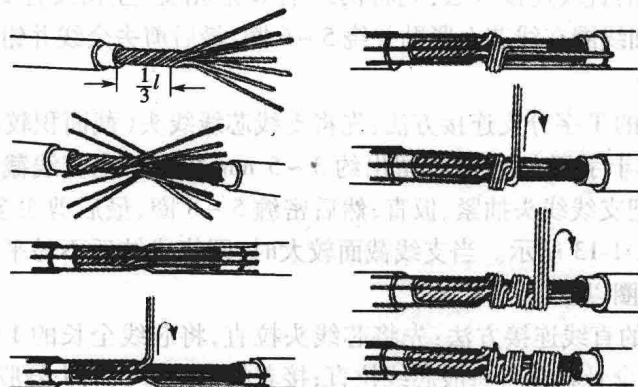


图 1-1-14 7 股芯线的直线连接

④7 股芯线的 T 字分支连接方法:先将分支芯线线头的 $1/8$ 处根部绞紧;再把其余部分的 7 股芯线分成两组;接着用螺丝刀将干线芯线撬分成两组,把支线中的 4 股芯线组插入干线的两组芯线间;然后将 3 股芯线组往干线一边按顺时针紧缠 3~4 圈并钳平切口;最后将 4 股芯线组按逆时针紧缠 4~5 圈并剪去两端的多余部分,如图 1-1-15 所示。

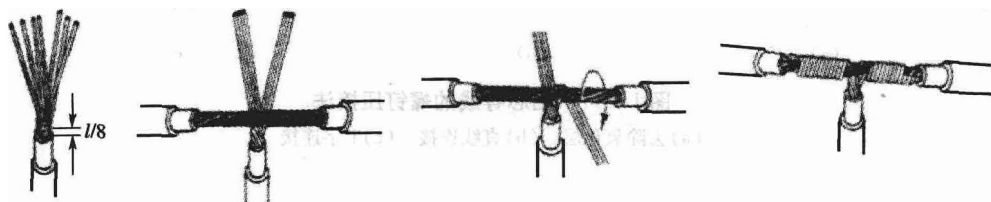


图 1-1-15 7 股芯线的 T 字分支连接

⑤瓷接头的连接方法:对于芯线截面积在 10 mm^2 以下的导线,还可采用瓷接头进行直线或分支连接,如图 1-1-16 所示。连接时,线头两端不可更换位置以免接错相位;连接后,需用绝缘胶布将瓷接头的螺钉端面绑扎封住。

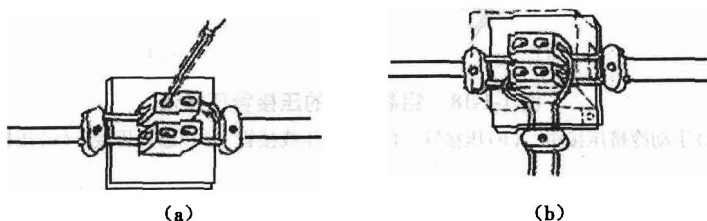


图 1-1-16 瓷接头连接
(a) 直线连接 (b) T 字分支连接

(2) 铝芯导线的连接方法

因铝极易氧化且氧化铝的电阻率很高,因而铝芯导线常采用与铜芯导线不同的连接方法——压接法。

①螺钉压接法:先用钢丝刷去除氧化层并立即涂上中性凡士林,然后进行螺丝压接。因铝线易断,连接前可将芯线卷 2~3 圈,以便线头断裂后再次连接用。螺钉压接法如图 1-1-17 所示。

②压接管压接法:先用钢丝刷去除芯线表面和压接管内壁的氧化层并涂上中性凡士林,然后将导线的线端相对穿入压接管并伸出 25~30 mm,用压接钳在线端的一侧压接完后再压接另一侧,整个操作过程如图 1-1-18 所示。

压接过程中,应合理选择压接管、压接坑的距离和数量。

③沟线夹压接法:当导线截面较大时,可采用此方法,如图 1-1-19 所示。

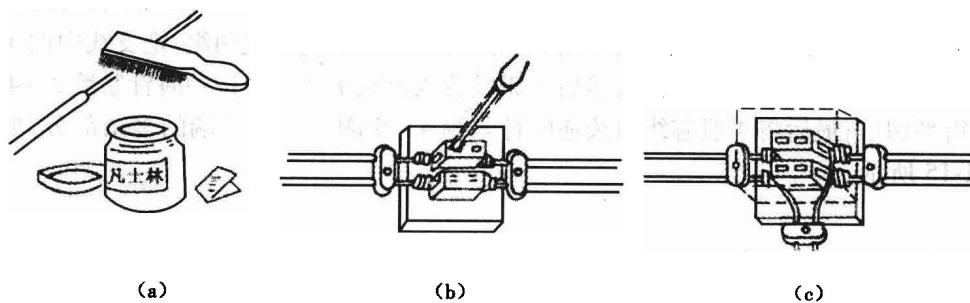


图 1-1-17 铝芯导线的螺钉压接法

(a)去除氧化层 (b)直线连接 (c)T字连接

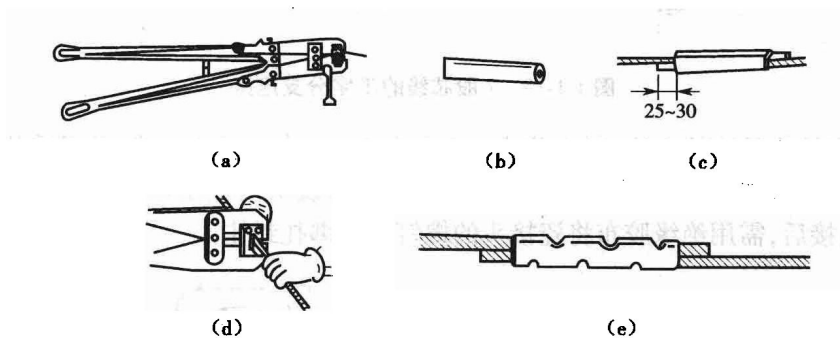


图 1-1-18 铝芯导线的压接管压接法

(a)手动冷挤压接钳 (b)压接管 (c)穿进压线接管 (d)进行压接 (e)压接后

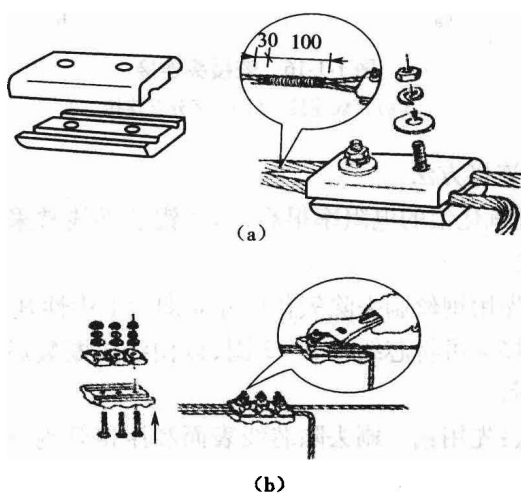


图 1-1-19 铝芯导线的沟线夹压接法

(a)小型沟线夹 (b)大型沟线夹

(3) 导线与设备的连接方法

①针孔式,如图 1-1-20 所示。如若单股芯线较细,则应将其折成双根后再插入针孔;如若多股细线,可先在线端装上针式轧头并压紧,然后再插入针孔进行连接。

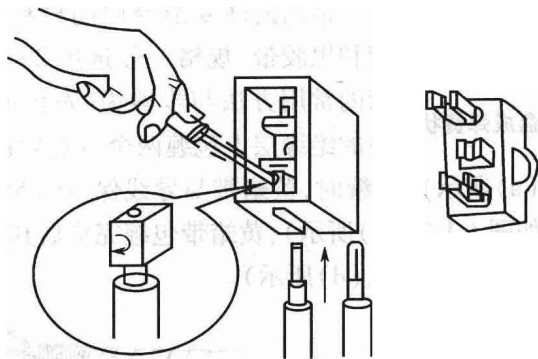


图 1-1-20 在针孔式接线端子上接线

②平压式,如图 1-1-21 所示。在进行平压式连接时,羊眼圈的弯曲方向应与螺钉拧紧方向一致,不可“反圈”;如有必要,可加装平垫圈;当导线截面积较大时,应采用线鼻子连接。线鼻子的种类如图 1-1-22 所示。

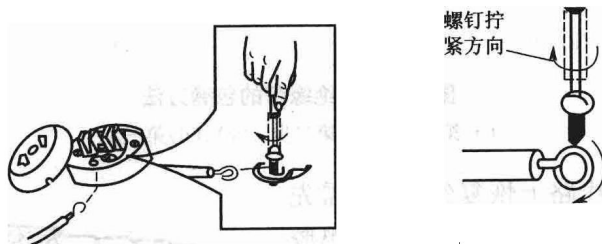


图 1-1-21 平压式连接

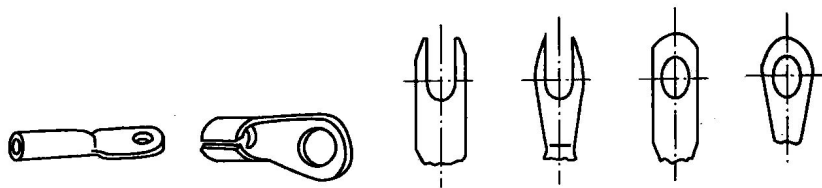


图 1-1-22 线鼻子

导线与设备连接时,必须留有可供再剖削 2~3 次线头的长度,所留出的余量导线,盘成图 1-1-23 所示的弹簧状;若有两个压紧螺钉,均需压住线头且松紧程度一致;芯线裸露不可过长;压紧螺钉不可压在绝缘层上。

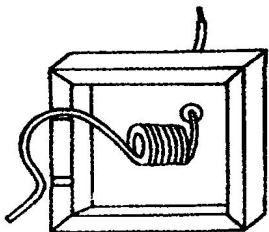


图 1-1-23 余量导线盘成弹簧状

三、绝缘的恢复

导线剖削、连接或破损后,必须恢复其绝缘。恢复后的绝缘强度不应低于原有绝缘层。

常用的恢复绝缘层的材料有黄蜡带、涤纶薄膜带和黑胶带,规格一般选用 20 mm 宽。恢复导线绝缘的常用方法与步骤为:先将黄蜡带从导线左边完整的绝缘层上包缠两个带宽后再进入无绝缘层的线芯部分(如图 1-1-24(a)所示);包缠时,黄蜡带与导线保持约 55° 的倾斜角并使得每圈叠压带宽的 $1/2$ (如图 1-1-24(b)所示);黄蜡带包缠完毕后其末端用纱线绑扎牢固或自身套结扎紧(如图 1-1-24(c)、(d)所示)。

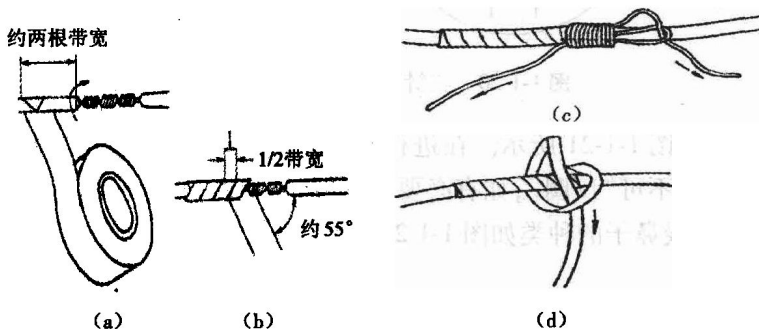


图 1-1-24 绝缘带的包缠方法

(a)第一步 (b)第二步 (c)、(d)第三步

在 380 V 的线路上恢复绝缘时,需先包缠 1~2 层黄蜡带,然后再包缠一层黑胶带;在 220 V 的线路上恢复绝缘时,先包缠一层黄蜡带,然后再包缠一层黑胶带,也可只包缠两层黑胶带。绝缘带层与层间的包缠方向应相反,如图 1-1-25 所示。



图 1-1-25 绝缘带层与层间的包缠方向

任务解决方案

学习完上述知识,再来看修复芯线截面积是 4 mm^2 的单股导线,应该是水到渠成的事情。其步骤如下。

- ①首先切断电源,确保被连接导线不通电。
- ②用钢丝钳剪掉氧化、烧焦、破损的线头部分。
- ③根据所需线长,用电工刀刀口以 45° 倾斜角切入塑料绝缘层(不可切入芯线),接着,刀面与芯线保持 25° 左右用力向外削出一条缺口,然后将其余绝缘层向后扳翻

剥离,并用电工刀取齐切去。

④先将两线端 X 形相交,互相绞合 2~3 圈,然后扳直两线端,再将细线圈在线芯上紧贴并绕 6 圈,最后剪去余线并钳平切口毛刺。

⑤先将黑胶带从导线左边完整的绝缘层上包缠两个带宽后,再进入无绝缘层的线芯部分;包缠时,黑胶带与导线保持约 55° 的倾斜角,并使得每圈叠压带宽的 $1/2$ 。包缠两层黑胶带。

这样,导线的修复就达到了“安全、可靠和规范”的标准。

动手试一试

1. 验电器使用练习

(1) 区别电压高低

根据氖管发亮的程度来估计电压的高低。

(2) 区别相线与零线

交流电路中,当验电器触及导线时,氖管发亮的即是相线;正常情况下,零线不会使氖管发亮。

(3) 区别直流电与交流电

氖管里的两个极同时发亮的,为交流电;若氖管中只有一根发亮的,为直流电。

(4) 区别直流电的正负极

将验电器连接在直流电路中的正负极之间,氖管发亮的一极即为直流电的负极。

(5) 识别相线碰壳

将验电器触及设备的外壳,若氖管发亮,则说明该设备相线有碰壳现象;如外壳接地良好,氖管不会发亮。

2. 其他工具使用练习

①使用一字螺丝刀紧固大小不同的螺钉。

②使用十字螺丝刀紧固大小不同的螺钉。

③使用较长螺丝刀紧固螺钉。

④使用活络扳手紧固、旋松大小不同的螺母。

思考与练习

①简述低压验电器的使用方法。

②使用电工刀时应注意哪些问题?

③使用螺钉旋具的安全注意事项有哪些?

④用活络扳手起旋大小不同的螺母时,操作上有何区别?

⑤钢丝钳在电工作业时有哪些作用? 应注意的事项有哪些?

⑥简述 7 股铜芯线作直线连接和 T 字连接的方法与步骤。

⑦导线与设备连接时,应注意哪些问题?