

全国就业训练电工专业统编教材

内外线电工工艺

(试用)

中国劳动出版社

全国就业训练电工专业统编教材

内 外 线 电 工 工 艺

(试 用)

劳动部培训司组织编写

中国劳动出版社

(京) 新登字114号

本书是由劳动部培训司委托安徽省劳动服务公司和合肥市劳动服务公司组织编写，供就业训练电工专业使用的统编教材，与《电工基础》配套使用，学制为一年。

本书主要包括：内外线电工的基本操作和户内外线路、电缆线路、照明装置、防雷接地装置的安装，变、配电所有关设备的运行和维护，电气识图及安全用电知识。

本书也可供职业学校、在职培训及自学使用。

本书由谭建、吴志浩编写，谭建主编；张克文审稿。

内外线电工工艺

(试 用)

劳动部培训司组织编写

责任编辑：张文梁

中国劳动出版社出版

(北京市惠新东街3号)

北京隆昌印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

787×1092毫米 16开本 14印张 346千字

1992年3月北京第1版 1993年3月北京第3次印刷

印数：7100册

ISBN 7-5045-0884-5/TM·046 (课) 定价：6.30元

前 言

根据“先培训、后就业”的原则，全面开展就业训练工作，是贯彻“在国家统筹规划和指导下，实行劳动部门介绍就业、自愿组织起来就业和自谋职业相结合”的就业方针和提高职工素质的一项重要措施。为了解决就业训练所需要的教材，使就业训练工作逐步走向规范化，自1986年以来，我司会同中国劳动出版社委托部分省、市劳动人事部门（劳动服务公司），分别组织编写了两批适合初中毕业以上文化程度的青年使用的就业训练教材，并根据各专业（或工种）技术的难易程度分为半年与一年两种学制。

第一批组织编写的就业训练教材有：烹饪、食品糕点、宾馆服务、商业营业、理发、公共交通客运、土木建筑、服装、钟表眼镜修理、无线电修理、家用电器修理、机械加工、纺织、针织、丝织、幼儿保教、财会等十七个专业及职业道德、就业指导、法律常识三门公用的教材。第二批组织编写了造纸、玻璃制造、汽车修理、化纤、胶鞋制造、轧钢、广告装璜等七个专业的教材，并补充编写了八大菜系的实习菜谱。这次又组织编写了电工、化工、陶瓷、制冷技术、印刷、林业等六个专业的教材。上述三十个专业和三门公用的教材，培训其他人员亦可使用。

为了加强学员的动手能力和处理实际问题的能力，专业课教材突出了操作技能的传授，力求把经过培训的人员培养成为有良好职业道德、遵纪守法、有一定专业知识和生产技能的劳动者。

就业训练工作是一项新的工作，参加编写这些教材的有关同志克服了重重困难，完成了编写任务，对于他们的辛勤劳动，我们表示由衷的感谢。由于编写时间仓促和缺乏经验，这套教材尚有许多不足之处，请各地有关同志在使用过程中，注意听取、汇集各方面的反映与意见，并及时告诉我们，以便再版时补充、修订。

劳动部培训司

1991年7月

目 录

第一章 电工基本操作技术	1
§ 1-1 电工工具的使用和维护	1
§ 1-2 导线线头的加工工艺	11
§ 1-3 线路施工的基本操作工艺	25
§ 1-4 钳工基本操作技术	31
§ 1-5 焊接基本知识	44
§ 1-6 电工基本安全知识	49
实习	49
习题	50
第二章 常用电工材料	51
§ 2-1 绝缘材料	51
§ 2-2 导电材料	54
习题	59
第三章 电气照明及户内线路的安装	60
§ 3-1 电气照明概述	60
§ 3-2 照明装置的安装和维修	62
§ 3-3 户内线路安装	72
§ 3-4 线路质量检查	86
实习	87
习题	87
第四章 架空配电线路	88
§ 4-1 高、低压架空配电线路	88
§ 4-2 架空配电线路的杆型	98
§ 4-3 架空配电线路的施工	100
§ 4-4 架空接户线	111
§ 4-5 架空配电线路的运行	113
实习	114
习题	114
第五章 电缆线路	115
§ 5-1 概述	115
§ 5-2 电缆线路施工	117
§ 5-3 电缆线路的维修	123
习题	125
第六章 工厂变、配电所	126

§ 6-1 概述	126
§ 6-2 工厂变、配电所的任务和类型	128
§ 6-3 工厂变、配电所的电气图和识图知识	129
§ 6-4 高低压一次设备和主接线	144
§ 6-5 变、配电所的二次系统	155
§ 6-6 工厂变、配电所的运行和维护	165
实习	169
习题	169
第七章 防雷与接地装置	170
§ 7-1 雷电的危害和防雷措施	170
§ 7-2 接地装置	175
§ 7-3 人工接地体的制作安装	178
§ 7-4 接地线的安装	179
§ 7-5 接地电阻的测量和接地装置的维修	181
实习	184
习题	184
第八章 安全用电	185
§ 8-1 触电和触电伤害	185
§ 8-2 触电形式	186
§ 8-3 触电事故的原因和预防措施	188
§ 8-4 触电急救	191
§ 8-5 电气火灾的扑救	195
实习	196
习题	196
附录 常用电气图形符号	197

第一章 电工基本操作技术

§ 1-1 电工工具的使用和维护

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、保证操作安全和延长工具使用寿命。

一、通用工具

通用工具是指一般专业电工都要运用的常用工具。

1. 验电笔 验电笔分为高压验电笔和低压验电笔两类。

(1) 高压验电笔 高压验电笔也叫高压验电器，它是检验高压线路和配电设备有无电压存在的工具，由指示器、绝缘杆和握柄三部分组成，各部分用螺丝紧固联接。高压验电笔用于检验10千伏及10千伏以上的线路和配电设备。在户外使用高压验电笔时，必须在良好的气象条件下使用，遇到雨、雪、雾等情况不宜使用。使用时应两人操作，其中一人进行验电操作，另一人进行监护。进行验电操作的人员要戴符合耐压要求的绝缘手套，而且手应握在验电笔的握柄上，不得超过护环。为了确保安全，使用前应将高压验电笔先在确实有电处试测，氖气管必须发光，证明验电笔确属良好，然后才能使用。高压验电笔应每六个月进行一次耐压试验，以确保安全。高压验电笔的外形结构和使用时的握笔方法见图1-1。

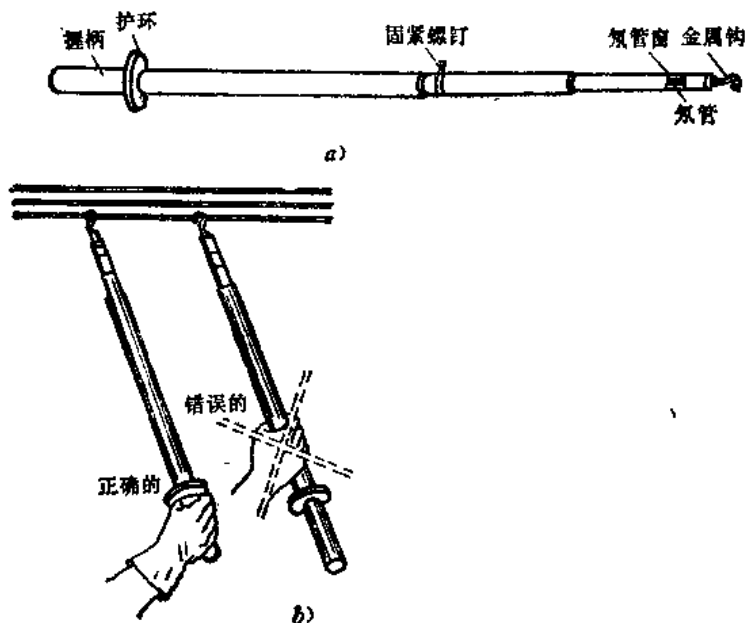


图 1-1 高压验电笔

a) 10千伏高压验电笔 b) 高压验电笔握法

(2) 低压验电笔 低压验电笔又叫电笔或测电笔，用于500伏以下的电气设备，检查电路是否有电和电气用具或线路导线是否漏电。测试时，如氖气管发光，说明线路或设备有电。低压验电笔的构造和外形见图1-2。

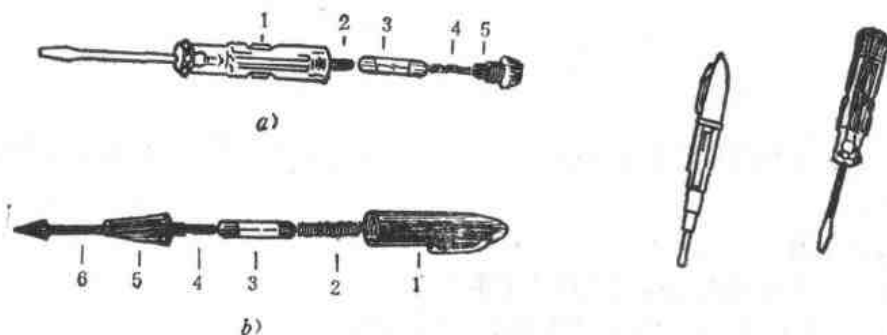
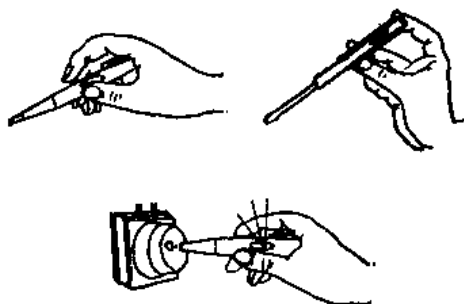


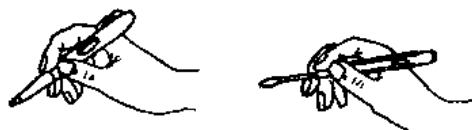
图 1-2 低压验电笔

- a) 108型
1—笔杆 2—电阻 3—氖气管 4—弹簧 5—笔帽
- b) 111型
1—上笔杆 2—弹簧 3—氖气管 4—电阻 5—下笔杆 6—笔尖

使用低压验电笔进行测试时，手握电笔的方法必须正确，拇指和中指握住验电笔的塑料



正确握法



错误握法

图 1-3 低压验电笔的使用

凿梗或笔杆，食指按在金属笔夹或铜铆钉上，用凿头或笔头去接触被测试的线路或电具，如图1-3所示。如氖气管发光，则说明有电。如果握笔方法错误，即使线路或电具上有电，氖气管也不会发光，从而造成没有电的错觉。所以使用电笔测试时，一定要有一个手指（或皮肤）按在钢笔夹或铜铆钉上。

2. 钢丝钳 钢丝钳是钳夹和剪切工具，由钳头和钳柄两部分组成。钢丝钳的功能较多，钳口用来弯绞或钳夹导线线头，齿口用来紧固或旋松螺母，刀口用来剪切导线或剖削软导线绝缘层，侧口用来侧切电线线芯和钢丝、铅丝等较硬金属。常用钢丝钳的规格有150、175和200毫米三种。电工用的钢丝钳，钳柄上应套有耐压为500伏以上的绝缘套管。钢丝钳的外形构造见图1-4。

3. 螺丝刀 螺丝刀又叫改锥、起子或旋凿，有平口（或叫平头）和十字口（或叫十字头）两种。握柄有木质柄和塑料柄两种。常用螺丝刀的规格有50、100、150和200毫米等多种，以配合不同槽型的螺钉使用。电工不可使用金属杆直通柄顶的螺丝刀。为了避免金属杆触及皮肤或相邻的带电体，通常在螺丝刀的金属杆上套绝缘套管。螺丝刀的外形如图1-5所示。

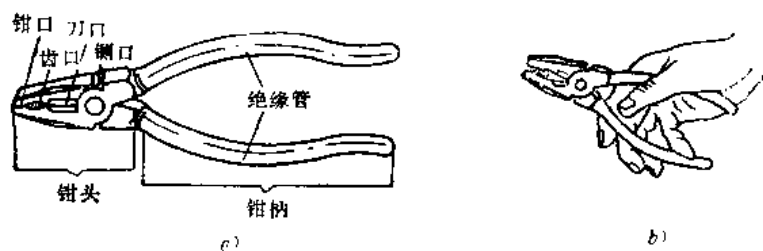


图 1-4 钢丝钳
a) 构造 b) 钢丝钳的握法



图 1-5 螺丝刀
a) 平口螺丝刀 b) 十字口螺丝刀

4. 活络扳手 活络扳手又叫活络扳头，由头部和柄两部分组成。头部由呆扳唇和活络扳唇、蜗轮、轴销等构成，旋动蜗轮可以调节扳口大小。活络扳手的主要用途是扳紧或松退螺母，常用的规格有150、200、250和300毫米等。扳拧较大螺母时，需用较大力矩，手应握在近柄尾处；扳拧较小螺母时，需用力矩不大，但螺母小容易打滑，手宜握在近头部处，这样可随时调节蜗轮，收紧扳唇防止打滑。

活络扳手不可反用，即动扳唇不可作为重力点使用，也不可用钢管接长柄部来施加较大力矩使用。活络扳手的构造和使用时的握法，见图1-6。

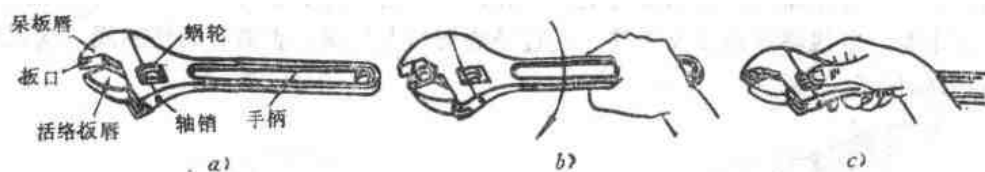


图 1-6 活络扳手
a) 活络扳手构造 b) 扳较大螺母时握法 c) 扳较小螺母时握法

5. 电工刀 电工刀是用来剖削电线和切割电工器材的常用工具，其外形如图1-7所示。

使用电工刀进行剖削时，刀口应朝外，用毕应立即把刀身折入刀柄内。电工刀的刀柄是不绝缘的，不能在带电的导线或器材上进行剖削，以防触电。



图 1-7 电工刀

二、线路安装工具

线路安装工具是进行户内户外线路安装时的常用工具。

1. 麻线凿 麻线凿也叫圆棒凿，是用于户内线路安装的一种工具，专门用来凿打混凝土结构建筑物上的木棒孔。电工常用的麻线凿有16号和18号两种，可分别凿直径为8和6毫米两种圆形木棒孔。凿孔时，要不断转动凿子，使灰砂碎石及时排出。麻线凿的形状如图1-8a所示。

2. 小扁凿 小扁凿是户内线路安装的一种工具，用来凿打砖墙上的方形木棒孔。电工常用的小扁凿凿口宽12毫米，形状如图1-8b所示。



图 1-8 电工用凿

a) 麻线凿 b) 小扁凿 c) 凿混凝土墙孔用长凿 d) 凿砖墙孔用长凿

3. 长凿 长凿是户内线路安装工具，用来凿打墙孔，作为穿越导线的通孔。凿打混凝土墙孔的长凿，用中碳圆钢制成（如图1-8c）；凿打砖墙孔的长凿，用无缝钢管制成，（如图1-8d）。

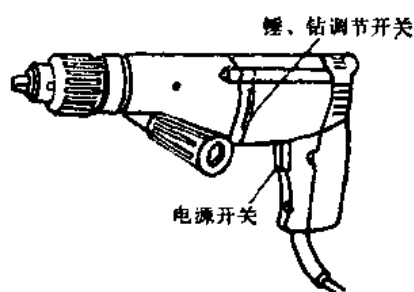


图 1-9 冲击钻

4. 冲击钻 冲击钻是电动工具，具有两种功能：一是可作为普通手提电钻使用，使用时把调节开关调到标记为“钻”的位置；另一种功能是可以用来冲打砌块和砖墙等建筑材料的木棒孔和导线穿墙孔。使用这一功能时应把调节开关调到标记为“锤”的位置。冲击钻通常可冲打直径为6~16毫米的圆孔。冲击钻的调档（钻和锤）应在停转后进行。冲击钻的外形如图1-9所示。

5. 剥线钳 剥线钳用来剥削6毫米²以下塑料或橡胶电线的绝缘层，由钳头和手柄两部分组成。钳头部分由压线口和切口构成，分有0.5~3毫米的多个切口，以适用于不同规格的芯线。使用时，电线必须放在大于其芯线直径的切口上切剥，否则会切伤芯线，剥线钳的形状如图1-10a所示。



图 1-10 剥线钳和尖嘴钳

a) 剥线钳 b) 尖嘴钳

6. 尖嘴钳 尖嘴钳的头部尖细，适用于在狭小的工作空间操作，电工应使用绝缘柄尖嘴钳，其外形如图1-10b所示。

7. 管子钳 管子钳是线管配线施工的工具，用来拧紧或松散电线管上的束接或管螺母，

使用方法与活络扳手的使用方法类似。常用的规格有250、300和350毫米等多种，其外形如图1-11所示。

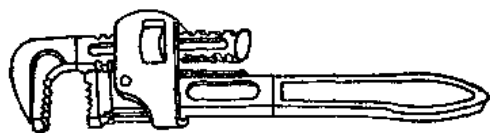


图 1-11 管子钳

8. 梯子 有直梯和人字梯两种。直梯通常用于户内的靠墙作业和户外登高作业，人字梯通常用于户内登高作业。直梯的两脚应绑扎胶皮之类的防滑材料，人字梯应在中间绑扎两道防止自动滑开的安全绳，如图1-12所示。

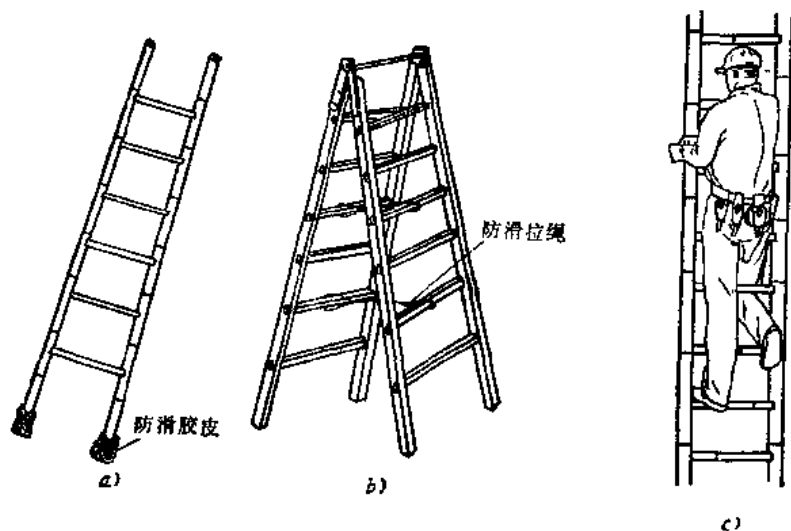


图 1-12 电工用梯

a) 直梯 b) 人字梯 c) 电工在梯子上作业的站立姿势

使用人字梯进行操作时，人在梯子上不可采取骑马式站立；使用直梯进行操作时，直梯放置的斜角应为 $60^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 。在梯上作业时，为了扩大人体作业的活动幅度和保证不致因用力过度而站立不稳，应一脚站在梯面上，另一脚伸过横档再弯回站立，如图1-12c所示。

三、导线连接工具

进行导线连接，是用导线连接管—压接管（或叫钳接管）和压接钳来进行的。

1. 户内线路使用的压接钳 压接钳由钳头和钳柄两部分组成。钳头由阳模、阴模和定位螺钉等构成，如图1-13所示。阴模要按连接导线的规格选配使用。使用时，将钳柄拉开，将需要连接的导线从压接管的两端各插入到压接管内。当采用圆形压接管时，导线两端各插入到压接管的一半处；当采用椭圆形压接管时，两线端插入压接管后各露出压接管两端4毫米。将插入导线线端的压接管嵌入后，两手用如同夹紧大剪刀的方法将钳柄压下，利用压模使线端紧密连接。

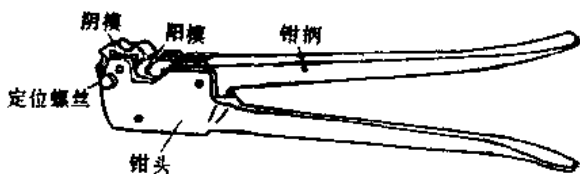


图 1-13 户内线路用压接钳

2. 架空线路使用的压接钳 架空线路的导线通常采用裸铝绞线和钢芯铝绞线，这些导线的连接采用专门的压接管，使用压接钳进行压接。用于裸铝绞线和钢芯铝绞线连接的两种

压接钳如图1-14所示。压接钳由钳头、压模、螺杆和摇柄等组成。压接时，要按连接导线的规格选配压模（使压接管压接后，压坑的深度符合要求），将压模装于压接钳上，调整压接钳止动螺栓，使压接管压接后压坑的深度符合要求。然后将穿入导线线端的压接管置于压模内，用摇柄旋压。

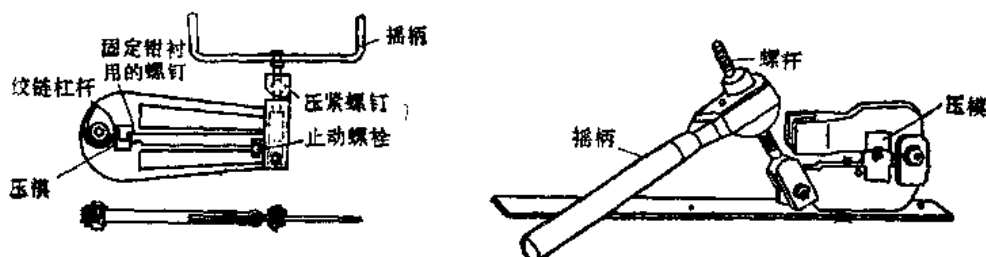


图 1-14 铝绞线、钢芯铝绞线用压接钳

四、户外线路施工工具

1. 蹬板 蹬板又叫踏板或三角板，用来攀登电杆。蹬板由板和绳两部分组成，板是采用质地坚韧的木材制成的，绳通常用16毫米的三股白棕绳制作，绳的长度要与使用者的身材相适应，一般为一人加一手的长度。蹬板和白棕绳均应能承受300千克的质量，而且每半年要进行一次载荷试验。每次登高前应作冲击试登，以检验板、绳是否良好。登杆时，蹬板的挂钩必须正勾。在杆上进行操作时，为保持人体平稳，不使蹬板摇晃，在蹬板上站立要用两脚内侧夹靠电杆。蹬板的规格和作业时的站立姿势，见图1-15。

2. 脚扣 脚扣又叫铁脚，也是攀登电杆的工具。脚扣有两种，一种在扣环上制有铁齿，供登木杆使用，如图1-16a所示；另一种在扣环上裹有橡胶，供登混凝土杆用，如图1-16b所示。

用脚扣攀登速度较快，登杆方法也比较容易掌握，但在进行杆上作业时，没有蹬板灵活舒适，操作人员容易疲劳。为了保持杆上作业时的人体平稳，两只脚扣应按如图1-16c所示的方法定位后，方可进行杆上作业。

在登杆前，对脚扣也要作人体冲击试验，同时应检查扎扣皮带是否牢固可靠。

3. 腰带、保险绳和腰绳 它们是电杆登高操作的必需用品。腰带是用来系挂保险绳、腰绳和吊物绳的，使用时应系在臀部上部，而不是系结在腰间。如系结在腰间，操作时既不灵活又容易扭伤腰部。保险绳用来保护操作人员万一失足下落时不致坠地摔伤，一端要可靠地系结在腰带上，另一端用保险勾挂在牢固的横担抱箍上。腰绳是用来固定人体下部，以扩大上身活动幅度的。使用时，应系结在电杆的横担或抱箍下方。见图1-17。

4. 电工工具夹 它是电工登杆操作时的必需用品，用来插装常用工具，如活络扳手、钢丝钳、螺丝刀和电工刀等。电工工具夹用皮带系结在腰间，工作时这些常用工具可以很方便地取用。电工工具夹的形状如图1-18所示。

5. 吊绳和吊篮 它们是杆上作业时用来传递零件和工具的用品。吊绳的一端应系结在操作者的腰带上，另一端垂下地面。吊篮是用来盛放零星小件物品、材料或工具的，使用时用吊绳结住，由杆上操作人员吊至杆上。

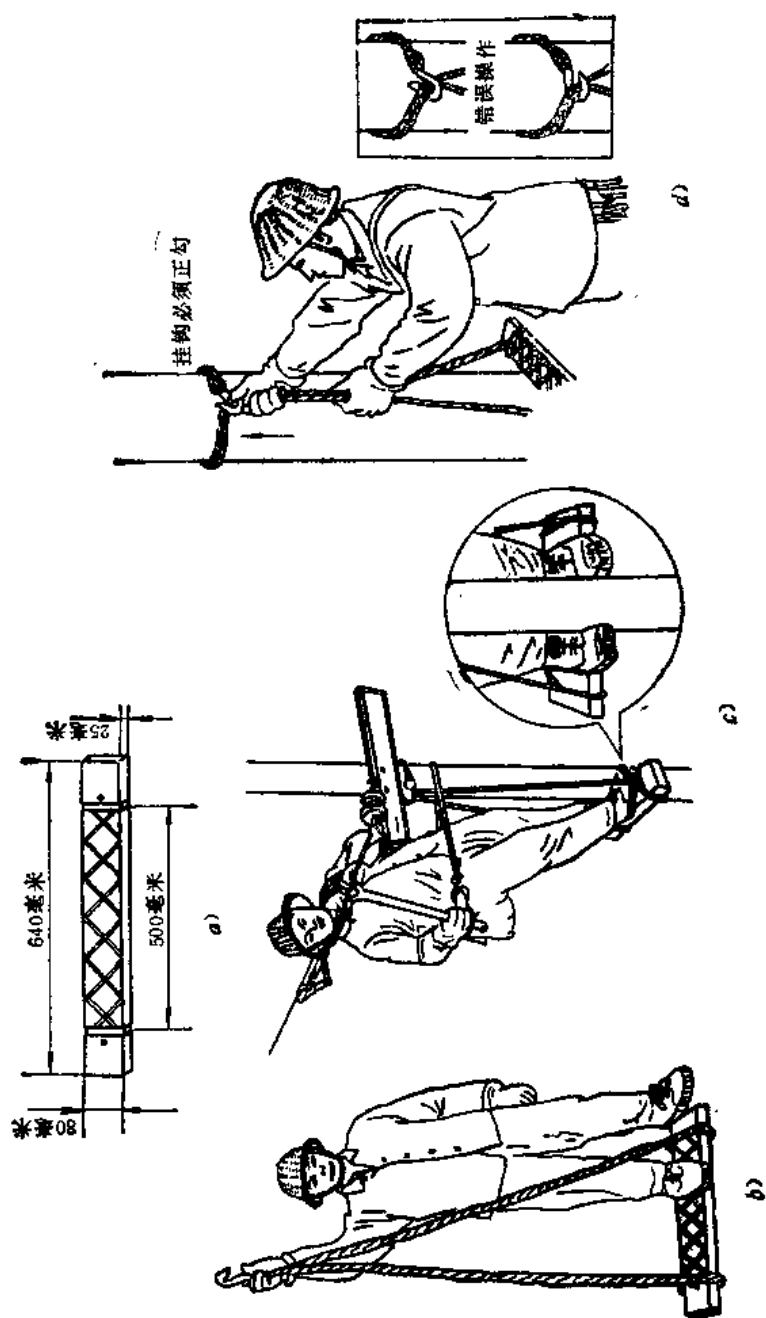


图 1-15 踏板
a) 踏板规格 b) 踏板绳长度 c) 在踏板上作业的站立姿势 d) 挂钩方法

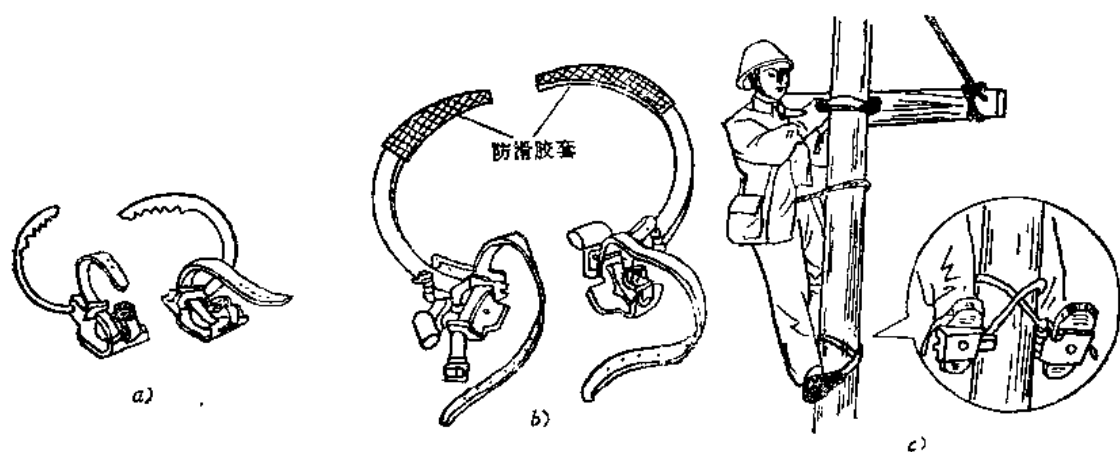


图 1-16 脚扣

a) 木杆脚扣 b) 水泥杆脚扣 c) 脚扣定位

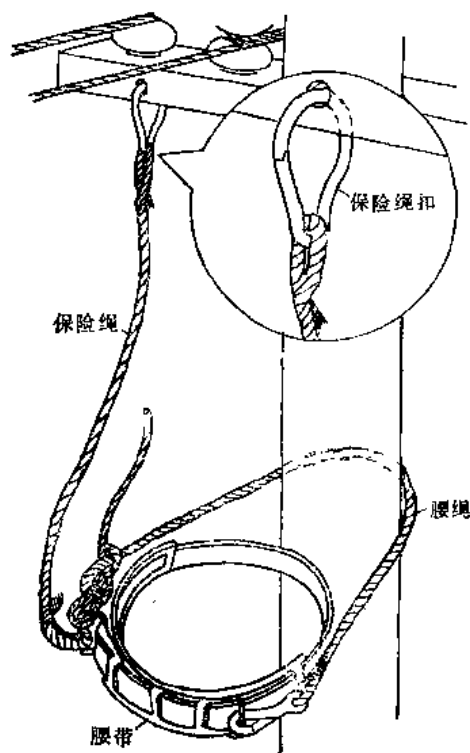


图 1-17 腰带、腰绳和保险绳的使用

电工登杆操作，除了应携带以上工具，还必须戴安全帽、防护手套和穿绝缘胶鞋。电工登杆操作携带的工具如图1-19所示。

6. 紧线器 紧线器是用来收紧线路导线和电杆拉线的工具。紧线器由夹线钳头、定位钩、收紧齿轮和手柄等组成，如图1-20所示。

使用紧线器收紧导线，通常是先用人力或其他方法将导线收紧到一定程度，最后用紧线器进行收紧。使用紧线器时，定位钩必须勾住架线支架或横担，夹线钳头夹住需要收紧导线的端部，然后扳动手柄，将导线逐渐收紧。如图1-20a所示。

7. 导线垂弧测量尺 它是用来测量户外架空线路导线垂弧的。测量时，每一个测量档需用两副测量尺，即测量档的两根电杆每根上面要用一副，才能测出该档距内导线的垂弧。测量尺上刻有尺寸刻度，测量时将横杆固定在规定的垂弧（设计规定值）刻度上。观测时，两副测量尺的横杆与导线的最低点三点成水平直线，即可测得导线垂弧。垂弧测量尺的形状如图1-21所示。

五、设备安装工具的使用

1. 皮老虎 皮老虎也叫皮风箱，有手拿式和脚踏式。手拿式皮老虎通常用来吹除各种

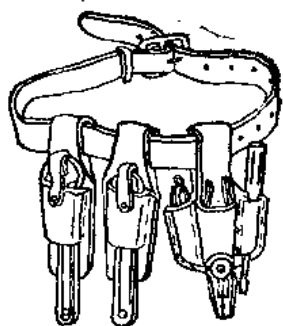


图 1-18 电工工具夹

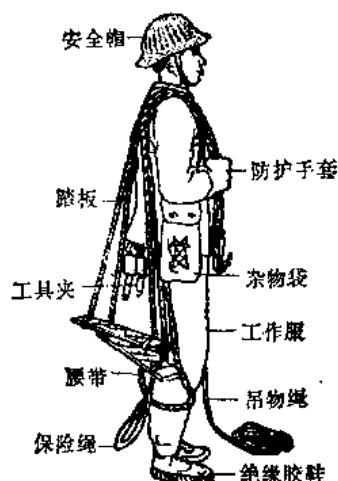
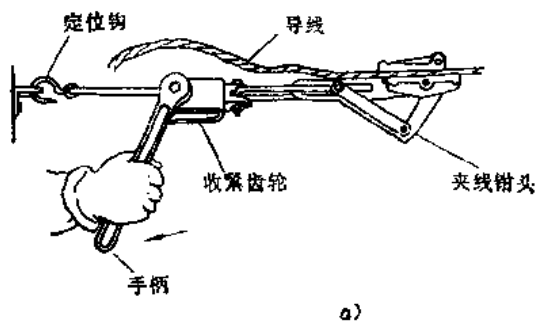
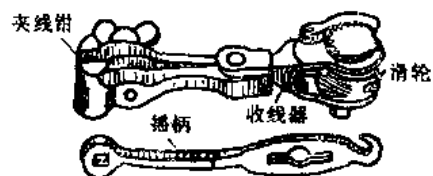


图 1-19 登杆携带的工具



a)



b)

图 1-20 紧线器

a) 导线紧线器 b) 拉线紧线器

机械和电气设备内部的积灰或金属细屑等杂物。其外形如图1-22所示。

2. 拉具 拉具又叫捞子、拉模、拉扒或拉盘。有双爪的和三爪的两种。它是用来拆卸皮带轮和轴承等的工具，使用的方法如图1-23所示。

3. 套筒扳手 它用来拧紧或旋松有沉孔的螺母，或在无法使用活络扳手的地方，用来替代活络扳手。套筒扳手由套筒和手柄两部分组成，成套地放置在专用的盒子内，使用时套筒要配合螺母的规格选用。如图1-24所示。

4. 滑轮 滑轮也称吊滑车、铁滑车，用来吊升和搬运各种较重的设备或部件。在户外架空线路施工中，也利用滑轮来施放导线。用来施放导线的滑轮，通常是用硬木或铝合金制

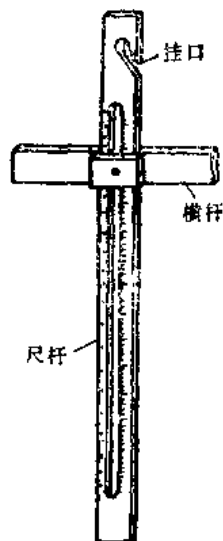


图 1-21 导线垂弧测量尺

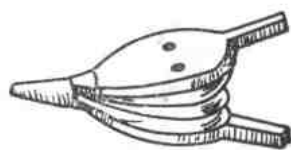


图1-22 皮老虎

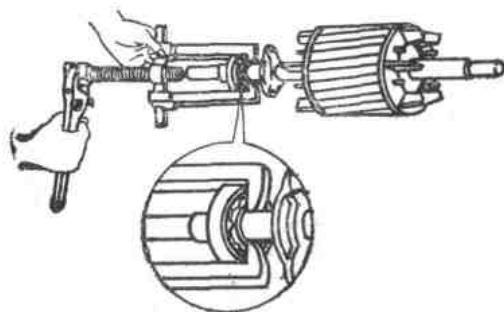
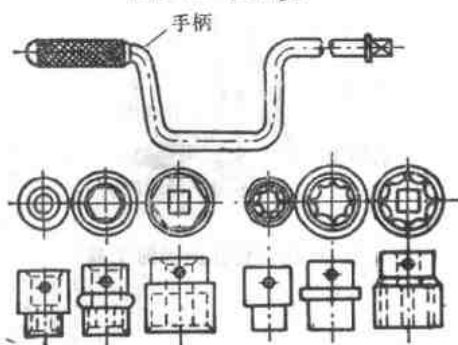


图 1-23 拉具



螺母
图 1-24 套筒扳手

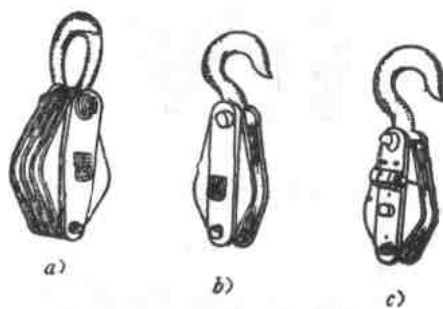


图 1-25 滑轮

a) 卸扣式 b) 吊钩式 c) 开口吊钩式

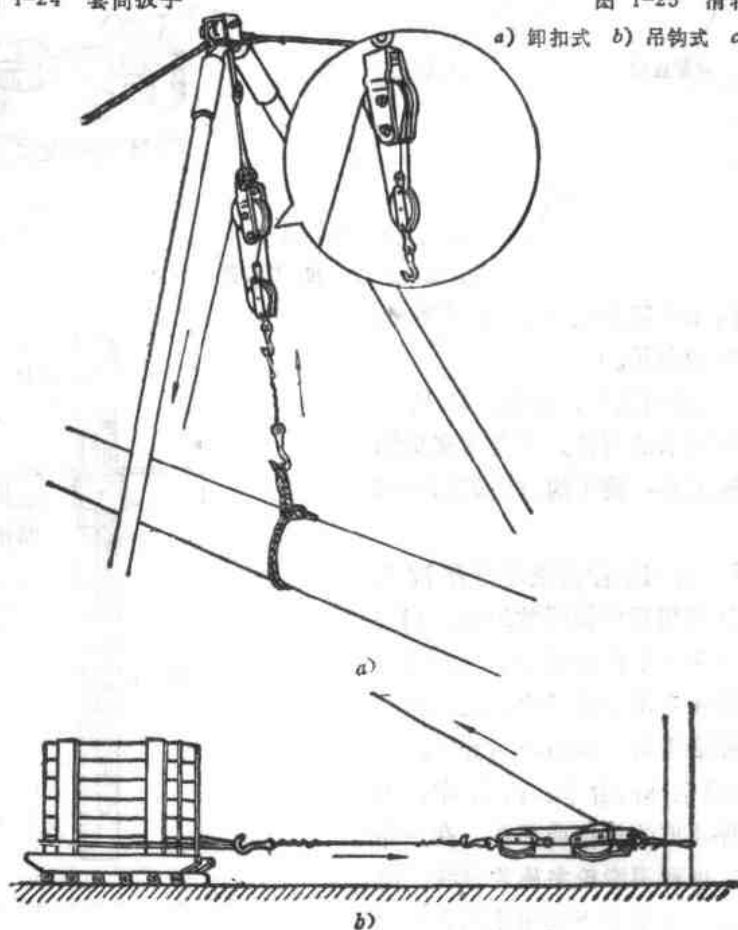


图 1-26 滑轮的使用

a) 垂直吊物 b) 水平拉物

作的。这样，在施放导线时，不会磨损导线。滑轮有卸扣式、吊钩式和开口吊钩式多种，如图1-25所示。利用滑轮吊升和搬运重物如图1-26所示。

§ 1-2 导线线头的加工工艺

一、导线的分类和应用

电工所用的导线有两大类：电磁线和电力线。电磁线用来制作各种线圈，如变压器、电动机和电磁铁等所用的绕组或线包；电力线用来作为各种电路的联结通路。

1. 电磁线 电磁线按其外包的绝缘材料区分，有漆包线、丝包线、丝漆包线、纸包线、玻璃纤维包线和纱包线等多种；按导体截面的几何形状区分，有圆形的和矩形的两种；按电磁线芯线所用的材料区分，有铜芯的和铝芯的两种。

2. 电力线 电力线用作电力输送，分为绝缘导线和裸导线两类。常用的裸导线有裸铝绞线和钢芯铝绞线两种。钢芯铝绞线有较高的机械强度，用于电压较高、电杆档距较大的输电线路，钢芯铝绞线的型号为LGJ型；配电线路上的导线多数采用裸铝绞线，型号为LJ型。绝缘导线按绝缘材料不同，有塑料线、塑料护套线、橡皮线、橡皮套软线和各种电缆等。各种绝缘导线的结构和应用范围，如表1-1所示。

二、电磁线线头绝缘层的去除

线头要进行电连接，就要去除线头的绝缘层。导线线头的连接处，要具有良好的导电性能，不能因连接而产生明显的接触电阻，否则通电流后连接处要发热。因此，线头绝缘层要清除得彻底干净，使线头和线头之间有良好的电接触。

1. 漆包线线头绝缘层的去除 直径在0.1毫米以上的线头，宜用细砂皮擦去漆层；直径在0.1毫米以下的线头，可用薄刀刮削漆层。对于直径在0.1毫米以下的线头，漆层的去除较难处理，可以用细砂布擦除，但操作要细心，因为线芯容易折断；也可以将线头浸沾熔化的松香液，待松香凝固后剥去松香时，将漆层一并剥落。但这种方法对高强度漆层往往不能剥落干净。

2. 丝包线头绝缘层的去除 对于线径较小的线头，把丝包层向后推缩即可露出芯线。线径较大的，要松散一些丝包层，然后再向后推缩丝包层露出芯线。过大线径的线头，松散后的丝线头要打结扎住，不使松散过多。去除了丝包层的芯线要用细砂布擦去氧化层。

3. 丝漆包线线头绝缘层的去除 用去除漆包线和丝包线绝缘层的方法一并处理。

4. 纸包线线头绝缘层的去除 将纸包层松散到所需芯线长度，然后用绝缘清漆或虫胶酒精液将纸层粘牢，防止纸包层继续松散，再用细砂布擦去芯线表面的氧化层。

5. 玻璃丝包线线头绝缘层的去除 用与去除丝包线线头绝缘层相同的方法去除。

6. 纱包线线头绝缘层的去除 松散纱层到所需芯线长度并打结扎住，防止纱层继续散开，再用细砂布擦去芯线表面的氧化层。

三、电磁线线头的连接方法

电磁线线头的连接分线圈内部连接和外部连接两种。线圈内部连接往往是因电线长度不够或导线断裂需要连接；外部连接是出线端的连接。技术质量要求高的线圈，内部不允许有连接头。允许有连接头时，其连接处必须进行焊接加固。焊接的方法有钎焊和乙炔气焊两种。乙炔气焊一般应用于截面较大的导线，通常由专门焊工进行操作；钎焊由电工自行操