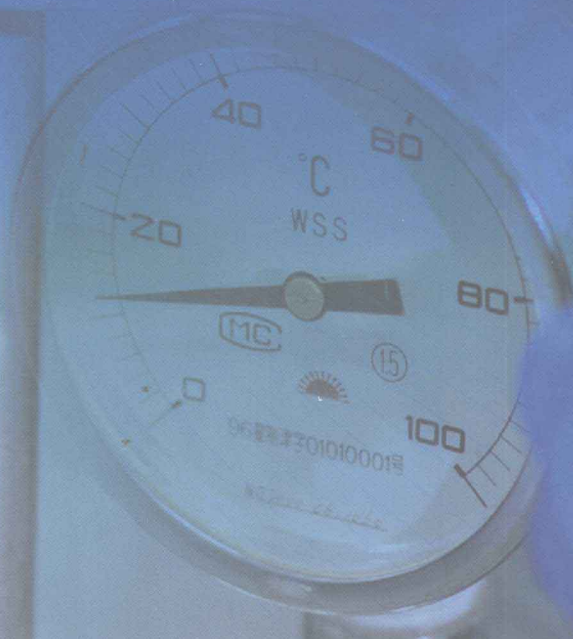
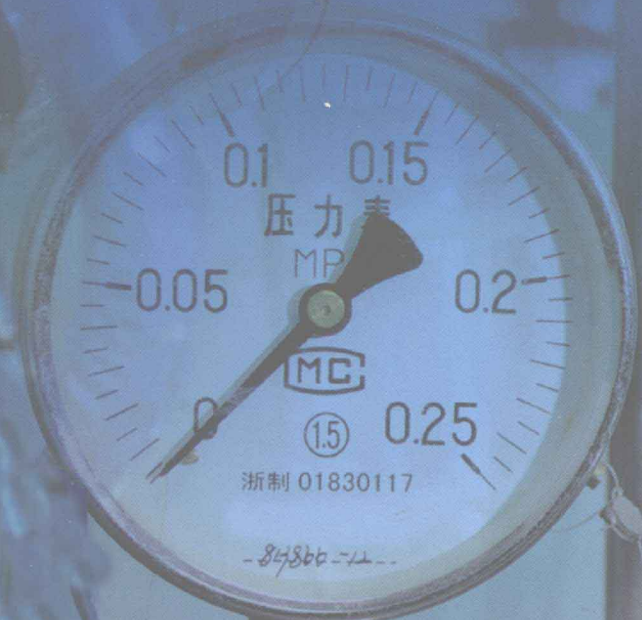




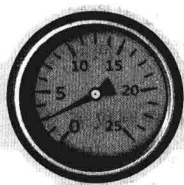
GONGYE DIANQI YU YIBIAO

工业电器与 仪表

张晓君 刘作荣 主编



化学工业出版社



GONGYE DIANQI YU YIBIAO

工业电器与 仪表

张晓君 刘作荣 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

工业电器是一门具有较强综合性的技术课程。本书将“电工与电子技术”和“过程控制及仪表”这两门课程合二为一，在内容安排上做了新的尝试，以适应教学改革的需要。同时从表现形式上也有新的突破，既方便教师备课，又适合学生自学参考。

全书的主要内容有电工基础、电机与变压器、电子基础、过程检测仪表、过程控制仪表及过程控制系统等。全书分为两篇，第一篇主要讲述电工电子基础知识及工业电器的使用；第二篇重点介绍工业仪表及过程控制的基本知识。每章后均配有习题与思考题，根据职业教育特点，每章还附有实验与实训项目。

本书可作为中等职业技术教育的专业课教材，也可作为高职高专学校石油化工、轻工、制药、橡胶等有关专业工业电器与仪表课程的教学参考书，并可供有关的工程技术人员在工作中参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业电器与仪表/张晓君，刘作荣主编. —北京：
化学工业出版社，2010.8
ISBN 978-7-122-09123-9

I. 工… II. ①张…②刘… III. ①电器②工业仪
表 IV. ①TM5②TH7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 133670 号

责任编辑：宋 薇
责任校对：周梦华

装帧设计：王晓宇

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 刷：北京永鑫印刷有限责任公司

装 订：三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 14½ 字数 371 千字 2010 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：35.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

工业电器是一门具有较强综合性的技术课程。通过本课程的学习,可以使学生了解和掌握必备的化工工厂常用电器及设备、过程仪表及自动控制的基本知识与技能,培养学生解决涉及工业电器及仪表实际问题的初步能力。提高工艺专业学生的综合素质与操作技能,增强学生适应企业实际生产的能力,为学生的成功就业奠定基础。

本书是将“电工与电子技术”和“过程控制及仪表”这两门课程进行整合而成的一本综合化的教科书,注重实践能力培养,突出应用性和针对性,在内容安排上做了新的尝试,以适应教学改革的需要。同时从表现形式上也有新的突破,既方便教师备课,又适合学生自学参考。

本书的编写主要遵循以下原则:

1. 秉承“必需、够用”的职业教育理念,从“精选内容,打好基础,培养能力”的角度出发,打破原有的学科型课程体系,对过去相对独立的课程体系和知识进行重新分析和整合,并将一些新技术的发展和应用系统地、有机地融合进教学内容中。

2. 针对当前职业学校学生的特点和工业电器及仪表知识与技能的实际需求,删减了烦琐的原理推导及计算,侧重于电器及仪表外部特性的介绍、使用和操作,突出实际操作能力的培养。

3. 书中采用实物图与原理图相结合的方式,形象、具体的表述相关知识要点,重点突出,难点突破,便于理解和记忆,利于职业学校学生学习。

本书可作为中等职业技术教育的专业课教材,也可作为高职高专学校石油化工、轻工、制药、橡胶等有关专业工业电器与仪表课程的教学参考书,并可供有关的工程技术人员在工作中参考。

本书由张晓君和刘作荣主编,张洪和李天燕副主编,参加编写的还有于宝琦、刘开民、孟宪雷、刘炳杰、张晓欧、王志良、张玲、周威浩、程静等,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中若有不妥之处请批评指正。

编者
2010年6月

目 录

CONTENTS

第一篇 工业电器

第一章 电工常识及基本操作技能	1
第一节 电工常用工具	1
一、螺丝刀	1
二、钢丝钳	2
三、验电器	3
四、尖嘴钳	4
五、断线钳	5
六、剥线钳	5
七、手动压接钳	6
八、电工刀	6
九、活络扳手	6
十、拉具	7
十一、喷灯	7
十二、电烙铁	8
第二节 电工操作基本技能	9
一、绝缘导线绝缘层的剥离	9
二、导线芯线的连接	10
三、导线绝缘的恢复	13
四、线头与接线端子（接线桩）的连接	13
第三节 人体触电及急救常识	15
一、电流对人体的影响	16
二、电压对人体的影响	16
三、发生触电的几种情况	16
四、防止触电的措施	17
五、防止触电的注意事项	17
六、触电急救的知识	18
七、安全用具	19
第四节 电气安全常识	20
一、电气安全技术知识	20
二、安全色与安全标志	22
三、电气防火、防爆、防雷常识	26
第二章 直流电路	31
第一节 简单的直流电路	31

一、电路的组成	31
二、电流	32
三、电压	33
四、电位	34
五、电动势	34
六、电路的三种状态	34
七、电阻、导体、绝缘	35
第二节 欧姆定律与电阻的串并联	41
一、欧姆定律	41
二、电能、电功率	42
三、电阻的串联	43
四、电阻的并联	44
第三节 复杂直流电路	46
第三章 正弦交流电路	50
第一节 电磁与磁路	50
一、磁体和磁场	50
二、磁场的基本物理量	50
三、磁路	51
第二节 正弦交流电	52
一、周期与频率	53
二、相位、初相和相位差	53
三、振幅与有效值	54
四、正弦量的相量表示法	54
第三节 单相正弦交流电路	55
一、纯电阻交流电路	55
二、纯电感交流电路	57
三、纯电容交流电路	58
四、RLC 串联电路	61
五、RLC 并联电路	63
第四节 三相交流电路	69
一、三相交流电源	69
二、对称三相电路计算	69
第四章 常用电气设备	75
第一节 常用变压器	75
一、变压器的基本结构	76
二、变压器的工作原理	76
三、变压器的损耗和效率	77
第二节 常用三相异步电动机	79
一、三相异步电动机的结构	79

二、三相异步电动机的转动原理	80
第三节 常用单相异步电动机	82
一、单相异步电动机的结构	82
二、单相异步电动机的基本原理	83
第四节 常用低压电器	84
一、闸刀开关	84
二、铁壳开关	85
三、组合开关	85
四、自动空气断路器	86
五、按钮	86
六、熔断器	88
七、交流接触器	89
八、热继电器	90
第五章 电子技术基础	93
第一节 半导体二极管、三极管	93
一、PN 结及其特性	93
二、二极管的结构、符号和类型	93
三、二极管的伏安特性曲线	94
四、三极管的结构、符号和类型	95
五、三极管的电流放大作用	96
六、三极管的输入、输出特性曲线	97
第二节 单级基本放大电路	99
一、三极管在电路中的基本联接方式	99
二、单级基本放大电路工作原理	100
第三节 单相整流电路	101
一、单相半波整流电路	101
二、单相桥式全波整流电路	102
三、滤波电路	103
第四节 集成电路简介	104

第二篇 工业控制及仪表

第六章 过程检测仪表	110
第一节 概述	110
一、仪表的测量误差	110
二、仪表的精确度（准确度）	111
三、仪表的变差（来回差或恒定度）	112
四、仪表的灵敏度与灵敏限	112
五、仪表的分辨力	112

第二节 压力的检测及仪表	113
一、压力的概念、单位及表示法	113
二、压力的测量方法	114
三、常用的压力测量仪表	114
四、压力表的选用与安装	119
第三节 流量的检测及仪表	123
一、流量的概念、单位及检测方法	123
二、速度式流量计	123
三、容积式流量计	126
四、质量式流量计	127
第四节 物位的检测及仪表	128
一、物位的概念、单位及检测方法	128
二、差压式液位计	129
三、浮力式液位计	131
四、其它物位计	132
第五节 温度的检测及仪表	133
一、热电偶温度计	133
二、热电阻温度计	137
三、温度变送器	138
四、常用的温度显示仪表	139
附录一 常用压力表的规格及型号	145
附录二 标准化热电偶热电势-温度对照表	146
附录三 热电阻分度表	151
第七章 过程控制仪表	154
第一节 常用的控制规律	154
一、双位控制	154
二、比例控制	155
三、积分控制	156
四、比例积分控制	157
五、微分控制	158
第二节 控制器	159
一、DDZ-Ⅲ型控制器	159
二、可编程数字控制器	161
第三节 执行器	165
一、概述	165
二、气动执行器的结构与分类	165
三、控制阀的气开、气关形式	167
四、控制阀的流量特性	168
五、控制阀的选择与安装	169
六、电/气转换器及电/气阀门定位器	170

第八章 过程控制系统	172
第一节 过程控制系统的概述	172
一、人工控制与自动控制	172
二、自动控制系统的组成及方块图	173
三、过程控制系统的过渡过程	174
四、控制系统过渡过程的品质指标	175
第二节 对象特性	176
一、对象的负荷和自衡	176
二、描述对象特性的三个参数	177
第三节 简单控制系统的设计	178
一、被控变量的选择	179
二、操纵变量的选择	179
三、测量变送器特性的考虑	179
四、执行器的选择	180
五、控制器的选择	180
第四节 控制器参数的工程整定	182
一、经验凑试法	182
二、衰减曲线法	183
三、临界比例度法	184
第五节 简单控制系统的投运及故障分析	184
一、控制系统的投运	184
二、控制系统的故障分析	185
第六节 复杂控制系统	187
一、串级控制系统	187
二、均匀控制系统	190
三、比值控制系统	192
四、分程控制系统	194
五、前馈控制系统	196
六、选择性控制系统	197
第七节 控制系统的图例符号及流程图	198
一、控制系统的图例符号	199
二、带控制点的工艺流程图的识图	201
第九章 集散控制系统 (DCS)	208
第一节 概述	208
一、DCS 的基本构成	208
二、DCS 的特点	209
第二节 常见分布式控制系统简介	210
一、日本横河 CENTUM-CS 系统	210
二、霍尼韦尔公司的 TPS 系统	212

第十章 典型过程控制系统 215

第一节 精馏塔的过程控制..... 215

一、精馏塔的控制要求..... 215

二、精馏塔的主要扰动..... 216

三、精馏塔的控制方案..... 216

第二节 锅炉的过程控制..... 218

一、单冲量液位控制系统..... 219

二、双冲量液位控制系统..... 219

三、三冲量液位控制系统..... 220

参考文献 221

第一篇

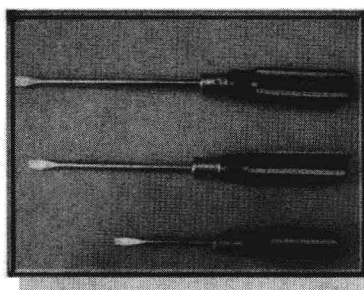
工业电器

第一章 电工常识及基本操作技能

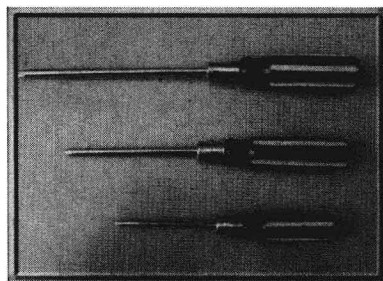
第一节 电工常用工具

一、螺丝刀

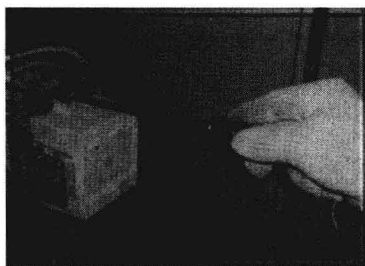
螺丝刀又叫改锥、起子，是电工在工作中最常用的工具之一。按照其头部形状不同，可分为一字形螺丝刀和十字形螺丝刀，其握柄材料分木柄和塑料柄两种。螺丝刀的外形及正确使用方法如图 1-1 所示，图 1-1(a) 为一字形螺丝刀，图 1-1(b) 为十字形螺丝刀。图 1-1(c)



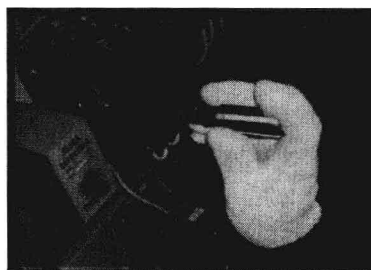
(a) 一字形



(b) 十字形



(c) 为大螺钉用螺丝刀操作方法



(d) 为小螺钉用螺丝刀操作方法

图 1-1 螺丝刀外形及使用方法

为大螺钉用螺丝刀操作方法, 图 1-1(d) 为小螺钉用螺丝刀操作方法。

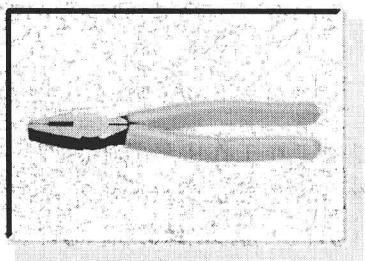


在使用中要注意以下 3 个问题:

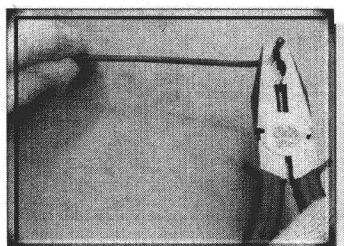
- (1) 螺丝刀手柄要保持干燥清洁, 以防带电操作时发生漏电。
- (2) 在使用小头较尖的螺丝刀紧松螺钉时, 要特别注意用力均匀, 避免因手滑而触及其他带电体或者刺伤另一只手。
- (3) 切勿将螺丝刀当作鑿子使用, 以免损坏螺丝刀。

二、钢丝钳

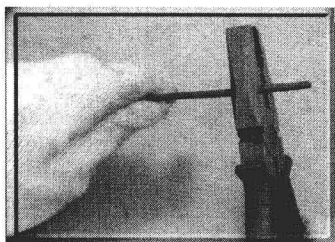
常称为钳子。钢丝钳外形如图 1-2(a) 所示。钢丝钳的用途是夹持或折断金属薄板以及切断金属丝。钢丝钳有两种, 电工应选用带绝缘手柄的一种。一般钢丝钳的绝缘护套耐压为 500V, 只适合在低压带电设备上使用。钢丝钳的正确使用方法如图 1-2(b)、(c)、(d)、(e) 所示。



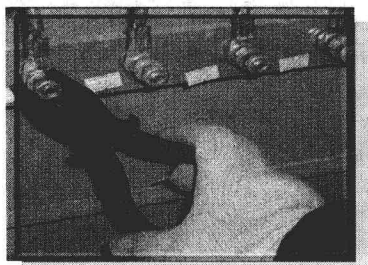
(a) 钢丝钳



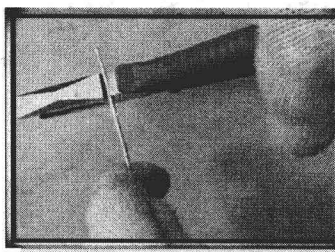
(b) 弯绞导线



(c) 剪切导线



(d) 紧固螺母



(e) 侧切钢丝

图 1-2 钢丝钳的构造及使用



在使用中要注意以下 3 个问题：

- (1) 勿损坏绝缘手柄，并注意防潮。
- (2) 钳轴要经常加油，防止生锈。
- (3) 带电操作时，手与钢丝钳的金属部分应保持 2cm 以上的距离。

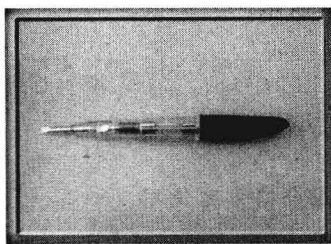
三、验电器

验电器是检验导线和电气设备是否带电的一种电工常用检验工具，它分为低压验电器和高压验电器两种。

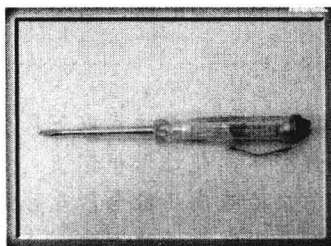
1. 验电笔

验电笔又称为试电笔，简称电笔，是用来检查测量低压导体和电气设备的金属外壳是否带电的一种常用工具。它具有体积小、重量轻、携带方便、检验简单等优点。

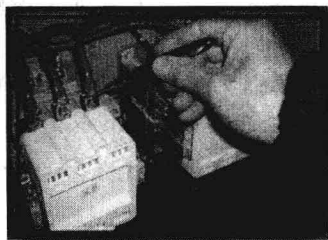
验电笔有钢笔形的，也有螺丝刀形的，如图 1-3 所示。其前端是金属探头，后部塑料外壳内装配有氖泡、电阻和弹簧，上部有金属端盖或钢笔型挂鼻，这是使用时手触及的金属部分。



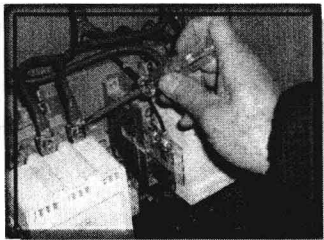
(a) 笔式验电笔



(b) 螺丝刀式验电笔



(c) 用笔式验电笔的正确验电方法



(d) 用螺丝刀式验电笔的正确验电方法

图 1-3 低压验电笔结构外形及正确使用

普通低压验电笔的电压测量范围在 60~500V，低于 60V 时电笔的氖泡可能不会发光显示。高于 500V 的电压则不能用普通验电笔来测量。

数字验电笔具有显示对地电压和检电机能（蜂鸣声）的代表性产品。用检测感应部接触电线绝缘包线，就可得到电压的显示值。因检测感应部由橡胶组成，使用时不必担心出现短路事故。附有电源自动关闭功能。数字验电笔结构外形如图 1-4 所示。

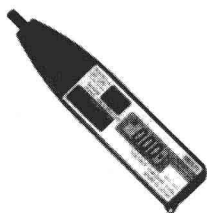


图 1-4 数字验电笔结构外形



图 1-5 结构外形

验电笔在使用中要注意以下 3 个问题：

- (1) 使用验电笔之前，首先要检查电笔内有无安全电阻，然后检查验电笔是否损坏，有无受潮或进水，检查合格后方可使用。
- (2) 在明亮的光线下或阳光下测试带电体时，应当注意避光，以防光线太强观察不到氖泡是否发亮，造成误判。
- (3) 大多数验电笔前面的金属探头都制成小螺丝刀形状，在用它拧螺钉时，用力要轻，扭矩不可过大，以防损坏。

2. 高压验电器

高压验电器又称高压测电器，结构外形如图 1-5 所示。

高压验电器在使用中要注意以下几个问题：

- (1) 手握部分不能超过保护环。
- (2) 使用前应检查高压验电器是否绝缘，绝缘合格方可使用。
- (3) 使用时应逐渐靠近被测体，直至氖管发光。
- (4) 室外使用高压验电器必须在气候良好的情况下进行。
- (5) 用高压验电器测试时，必须戴耐压强度符合要求并在有效期内检验合格的绝缘手套；测试时人应站在高压绝缘垫上。
- (6) 测试时，一人测试另一人监护；测试时要防止发生相间或对地短路事故；人体与带电体应保持足够的安全距离，10kV 高压的安全距离为 0.7m 以上。

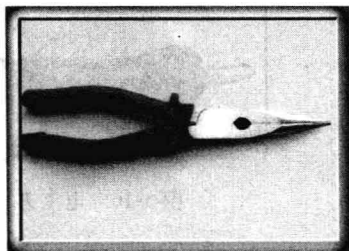
四、尖嘴钳

尖嘴钳的外形与钢丝钳相似，只是其头部尖细，适用于狭小的工作空间或带电操作低压电气设备。尖嘴钳外形及使用如图 1-6 所示。电工维修人员应选用带有绝缘手柄的，耐压在 500V 以上的尖嘴钳。

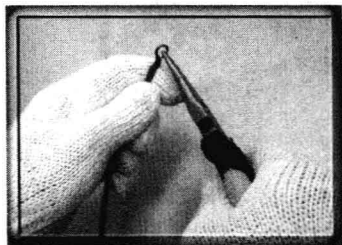
在使用中要注意以下问题：

- (1) 使用尖嘴钳时，手离金属部分的距离应不小于 2cm。

- (2) 注意防潮，勿磕碰损坏尖嘴钳的柄套，以防触电。
- (3) 钳头部分尖细，且经过热处理，钳夹物体不可过大，用力时切勿太猛，以防损伤钳头。
- (4) 使用后要擦净，钳轴、腮要经常加油，以防生锈。



(a) 尖嘴钳

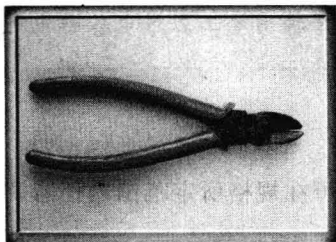


(b) 用尖嘴钳制作接线鼻

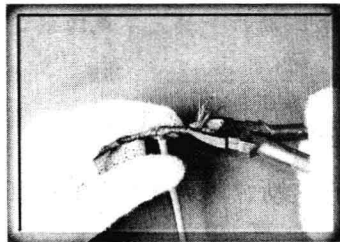
图 1-6 尖嘴钳外形及使用

五、断线钳

断线钳也是电工常用的钳子之一，其头部扁斜，又名斜口钳、扁嘴钳，专门用于剪断较粗的电线和其他金属丝，其柄部有铁柄和绝缘管套。电工常用的绝缘柄断线钳，其绝缘柄耐压应为 1000V 以上。图 1-7 所示是断线钳外形及使用。



(a) 断线钳



(b) 断线钳的操作

图 1-7 断线钳外形及使用

六、剥线钳

剥线钳是用来剥除电线、电缆端部橡皮塑料绝缘层的专用工具。它可带电（低于 500V）削剥电线末端的绝缘层，使用十分方便。剥线钳有 140mm 和 180mm 两种规格。其外形如图 1-8 所示。



图 1-8 剥线钳

七、手动压接钳

手动压接钳是电工用于接线的一种工具，其外形如图 1-9 所示，它一般有四种压接腔体，不同的腔体适用于不同规格的导线和接线端子。

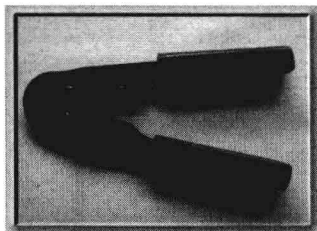


图 1-9 手动压接钳

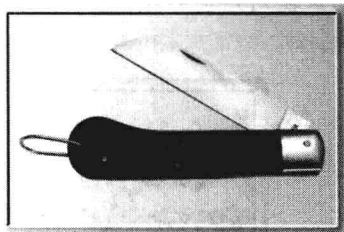


图 1-10 电工刀

八、电工刀

电工刀是电工在装配维修工作时用于割削电线绝缘外皮、绳索、木桩、木板等物品的工具。电工刀外形如图 1-10 所示。



在使用中要注意以下 3 个问题：

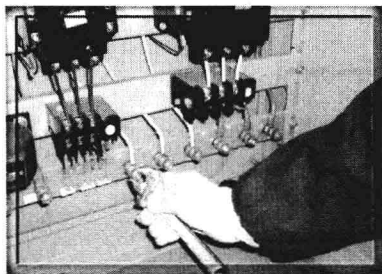
- (1) 刀口朝外进行操作。削割电线外皮时，刀口要平放，以免割伤线芯。
- (2) 使用电工刀时切勿用力过猛，以免不慎划伤手指。
- (3) 一般电工刀的手柄是不绝缘的，因此严禁用电工刀带电操作电气设备。

九、活络扳手

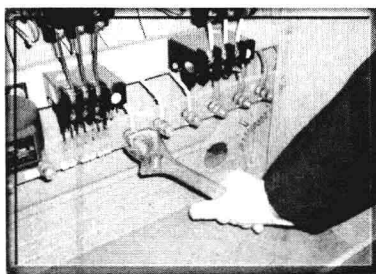
活络扳手用于旋动螺杆螺母，它的卡口大小可在规格所定范围内任意调整。扳动较大螺



(a) 活络扳



(b) 活络扳手扳较小螺母的握法



(c) 活络扳手扳较大螺母的握法

图 1-11 活络扳手外形及使用方法

杆螺母时，所用力矩大，手应握在手柄尾部；扳小型螺母时，为防止卡口处打滑，手可握在接近头部的位置，且用拇指调节和稳定螺杆。活络扳手外形及使用方法如图 1-11 所示。

使用活络扳手时，不能反方向用力，否则容易扳裂活络扳唇，尽量不要用钢管套在手柄上作加力杆使用，更不能用作撬重物或当手锤敲打。旋动螺杆、螺母时，必须把工件的两侧面夹牢，以免损坏螺杆或螺母的棱角。

十、拉具

拉具又称拉马或拉子，是电工拆卸带轮、联轴器以及电机轴承、电动机风叶时使用的一种工具。一般拉具的外形如图 1-12 所示。

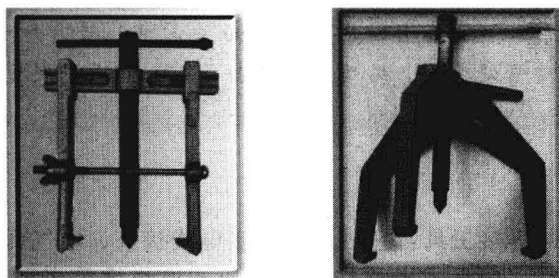


图 1-12 拉具的外形



在使用中要注意以下 3 个问题：

- (1) 使用拉具拉电动机带轮时，要把拉具摆正，丝杆要对准机轴中心，然后用扳手上紧拉具的丝杠，用力要均匀。
- (2) 如果所拉的部件与电机轴间锈死，要在轴的接缝处浸些汽油或螺栓松动剂，然后用铁锤敲击带轮外圆或丝杆顶端，再用力向外拉带轮。
- (3) 必要时可用喷灯将带轮的外表加热后，再迅速拉下带轮。

十一、喷灯

喷灯是对工件进行加热的一种工具，其火焰温度可达 900°C 。喷灯的形状如图 1-13 所示。

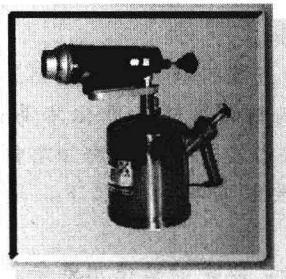


图 1-13 喷灯的形状