



新时代课证融通新形态一体化教材

电工电子技术

DIANGONG DIANZI JISHU

主 编◎高山山 袁得春 唐飞龙

副主编◎朱培龙 冯润根 王 海

湖南大学出版社

·长沙·

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技术 / 高山山, 袁得春, 唐飞龙主编.

长沙: 湖南大学出版社, 2025.7. — ISBN 978-7-5667-

4476-0

I . TM; TN

中国国家版本馆 CIP 数据核字第2025AH8029号

电工电子技术

DIANGONG DIANZI JISHU

主 编: 高山山 袁得春 唐飞龙

责任编辑: 金红艳

印 装: 廊坊市颖新包装装潢有限公司

开 本: 889 mm × 1194 mm 1/16

印 张: 14 字 数: 387千字

版 次: 2025年7月第1版

印 次: 2025年7月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5667-4476-0

定 价: 59.80元

出 版 人: 李文邦

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山

邮 编: 410082

电 话: 0731-88822559 (营销部) 88821174 (编辑部) 88821006 (出版部)

传 真: 0731-88822264 (总编室)

网 址: <http://press.hnu.edu.cn>

版权所有, 盗版必究
图书凡有印装差错, 请与营销部联系



PREFACE



本书根据《中共中央关于认真学习宣传贯彻党的二十大精神的决定》《习近平新时代中国特色社会主义思想进课程教材指南》《职业院校教材管理办法》等文件精神，围绕职业标准和岗位要求，紧扣各专业电工电子技术课程标准，由电工电子技术课程的教学精干人员编写而成。

本书分为三编：电工编（认识实训室及安全用电，直流电路，交流电路，磁路、变压器及异步电动机）；电子编（常用半导体器件，整流、滤波及稳压电路，放大电路与集成运算放大器，数字电路基础）；实验编（电工电子技术基础实验）。本书有以下主要特点：

1. 实用为主，简单易学

本书在编写过程中，力求做到以应用为目的，学以致用。淡化公式推导，尽量使用通俗的语言来叙述基本概念和基本原理，注重典型电路的实际应用，做到深入浅出，通俗易懂。

2. 课程思政，铸魂育人

本书编写团队深入贯彻落实课程思政建设要求，坚持立德树人根本任务，在尊重教育规律和学科特点的基础上，对教材内容进行全面更新。我们着力强化教材的铸魂育人功能，将社会主义核心价值观教育贯穿始终，引导学生厚植家国情怀，把爱国之情、报国之心转化为建设社会主义现代化强国、实现中华民族伟大复兴的实际行动。同时，我们注重培养学生的科学思维，激发其探索真理、勇攀高峰的科研精神，培育精益求精的工匠品质，增强科技报国的使命担当。通过职业规范与职业精神的熏陶，帮助学生塑造遵纪守法、爱岗敬业、诚实守信、开拓创新的职业品格，为培养德才兼备的社会主义建设者和接班人贡献力量。

3. 内容丰富，实践性强

根据科学技术发展，合理更新教材内容，尽可能多地在教材中充实新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容。同时，在教材编写过程中，严格贯彻国家有关技术标准的要求，体现产业发展的新技术、新工艺、新规范、新标准。加强教材数字化建设，丰富配套资源，形成可听、可视、可练、可互动的融媒体教材。

本书由高山山、袁得春、唐飞龙担任主编，朱培龙、冯润根、王海担任副主编。本书突出实践操作，注重学生综合技能的培养，可作为各类院校机电类、自动化类、电子信息类及通信类相关专业的教材，也可作为相关专业师生、工程技术人员自学及相关单位技术培训的参考书。

由于编者水平所限，书中难免存在疏漏和不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2025 年 6 月



CONTENTS

电工编

第 1 章 认识实训室及安全用电	3
◆ 1.1 认识电工实训室	4
◆ 1.2 认识电子实训室	8
◆ 1.3 供、用电与节约用电	10
◆ 1.4 安全用电与触电急救	15
◆ 1.5 电气火灾的防范及扑救	20
◆ 思考与练习	22
第 2 章 直流电路	23
◆ 2.1 电路及其基本物理量	24
◆ 2.2 电阻元件与欧姆定律	30
◆ 2.3 电阻的连接	31
◆ 2.4 电源模型及其相互变换	33
◆ 2.5 基尔霍夫定律	34
◆ 2.6 叠加定理	37
◆ 2.7 戴维南定理	37
◆ 思考与练习	38
第 3 章 交流电路	41
◆ 3.1 正弦交流电的基本知识	42
◆ 3.2 电阻、电感与电容元件的正弦交流电路	45
◆ 3.3 电阻、电感与电容元件的串联电路	51
◆ 3.4 阻抗的串联与并联	56
◆ 3.5 电路中的谐振	58
◆ 3.6 三相电路	62
◆ 思考与练习	68

第4章 磁路、变压器及异步电动机 69

◆ 4.1 磁路的基本知识	70
◆ 4.2 铁心线圈	77
◆ 4.3 变压器的基本结构和工作原理	79
◆ 4.4 变压器的运行特性及额定值	83
◆ 4.5 特殊变压器	85
◆ 4.6 变压器绕组的极性	87
◆ 4.7 三相异步电动机	88
◆ 思考与练习	97

电子编

第5章 常用半导体器件 101

◆ 5.1 半导体基本知识	102
◆ 5.2 半导体二极管	105
◆ 5.3 晶体管	109
◆ 5.4 场效应晶体管	113
◆ 5.5 晶闸管	114
◆ 思考与练习	116

第6章 整流、滤波及稳压电路 117

◆ 6.1 整流电路	118
◆ 6.2 滤波电路	120
◆ 6.3 稳压电路	122
◆ 思考与练习	123

第7章 放大电路与集成运算放大器 125

◆ 7.1 基本交流电压放大电路	126
◆ 7.2 分压式偏置电路	132
◆ 7.3 射极输出器	133
◆ 7.4 互补对称功率放大电路	135
◆ 7.5 多级放大电路	138
◆ 7.6 集成运算放大器基础知识	140
◆ 7.7 集成运算放大器的线性应用电路	145
◆ 7.8 集成运算放大器的非线性应用电路	152
◆ 思考与练习	155

第 8 章 数字电路基础	157
◆ 8.1 数字电路基础知识	158
◆ 8.2 逻辑门电路	160
◆ 8.3 组合逻辑电路	165
◆ 8.4 触发器	170
◆ 8.5 时序逻辑电路	175
◆ 思考与练习	179

实验编

第 9 章 电工电子技术基础实验	183
◆ 9.1 电工电子实验的基本要求	184
◆ 9.2 电工电子实验中常见故障的处理	186
◆ 9.3 常用电量测量基础	187
◆ 9.4 直流电路实验单元	190
◆ 9.5 交流电路实验单元	194
◆ 9.6 分立元件放大电路实验单元	198
◆ 9.7 集成运算放大电路实验单元	202
◆ 9.8 组合逻辑电路实验单元	205
◆ 9.9 时序逻辑电路实验单元	210
◆ 思考与练习	212
参考文献	213

第1章

认识实训室及安全用电

【知识目标】

- 1.了解电工实训室及常用电工仪表和电工工具的类型及作用。
- 2.了解电子实训室的组成及功能。
- 2.了解电力系统的构成及常用电源的种类。
- 3.掌握安全用电常识，熟悉触电现场的救护措施。
- 4.了解电气火灾的防范及扑救常识。

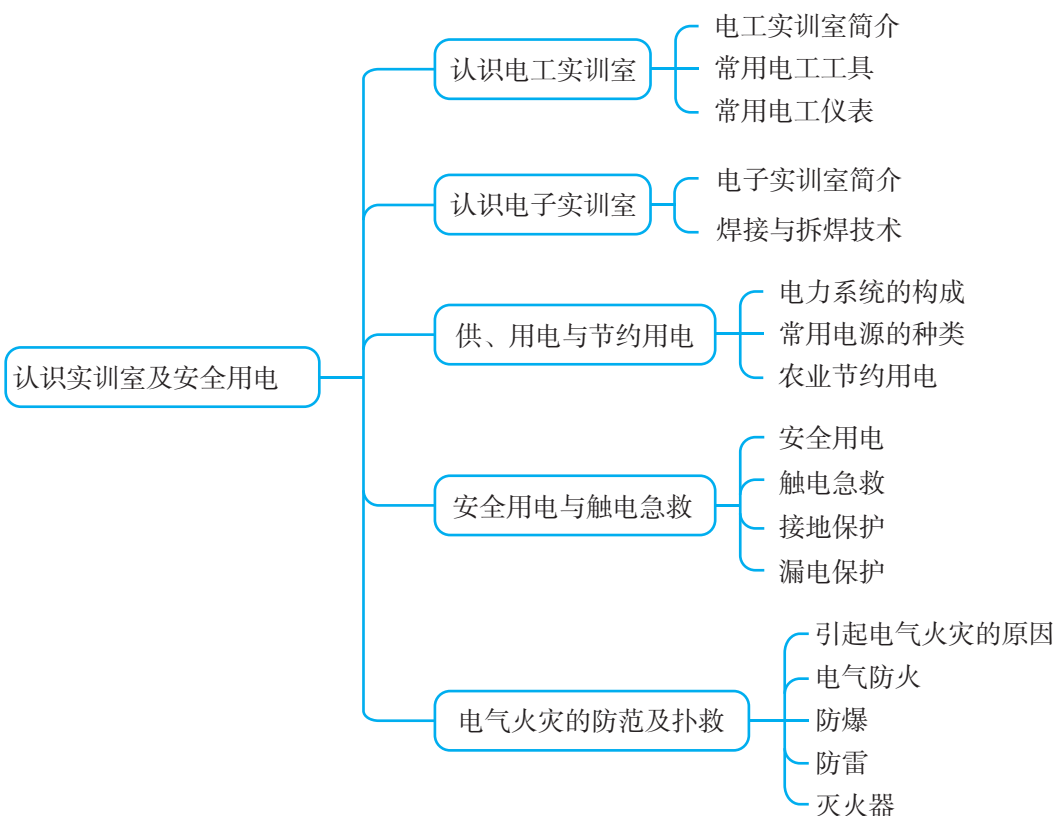
【技能目标】

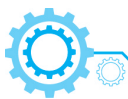
- 1.会使用电工仪表和相关电工工具。
- 2.会使用干粉灭火器。
- 3.会使用口对口人工呼吸法及胸外心脏按压法对触电者进行施救。
- 4.能识别电子实训室常用工具及仪器仪表。

【课程思政】

- 1.培养学生的实践能力、创新能力和职业素养。
- 2.引导学生树立安全意识，掌握安全用电知识，养成良好的用电习惯，培养社会责任感。

【思维导图】





1.1 认识电工实训室

1.1.1 电工实训室简介

电工实训室如图 1-1 所示，通常装有黑板，两侧摆放电工实训台。墙上张贴实训室操作规程、实训室安全用电规定以及各种挂图（板），实训室内应配置 1~2 台电气灭火器。

电工实训台主要由实训架、网孔板（按一定规律排列的网孔组成的常用低压电器安装板）及实训元器件组成。学生可根据实训项目进行元器件的合理布局，从而独立完成安装、接线、运行的全过程，接近工业现场；能完成电工基础电路、电机控制线路、照明配电等实训操作。若配备各种电工实训考核挂板，可将实训、考核、认证融为一体。



图 1-1 电工实训室

1.实训台电源配置

电源输入：三相五线 AC 380V $\times$ (1 $\pm$ 10%) 50Hz。

固定交流输出：三相五线 380V 接插式两组；220V 接插式一组；插座式三组。

可调交流输出：0~250V 连续可调交流电源一组。

直流稳压输出： $\pm$ 12V/0.5A 各两组；5V/0.5A 两组。

可调直流输出：0~24V/2A 一组。

实训台具有短路、过载、剩余电流保护，剩余电流保护动作电流 $\leq$ 30mA。

2.实训室操作规程

每个学校可根据实际情况具体制订，但有几点必须强调：学生进入实训室后，未经指导老师同意，不得擅自动用设备与工具；发现异常现象，应立即断开电源，然后报告指导教师，认真分析并查清原因，落实防范措施。

3.实训室安全用电规定

尽管实训操作台有各种保护措施，但安全用电的意识一刻也不能放松。例如：室内任何电气设备未经验电，一般视为有电，不准用手触及；任何接、拆线都必须在切断电源后进行，并挂上相应的警示牌；送电需经指导教师检查同意；实训结束，离开实训室前，一定要检查总电源开关是否断开等。

1.1.2 常用电工工具

电工日常操作离不开电工工具，电气操作人员必须掌握常用电工工具的结构、性能和正确使用方法。



1. 螺钉旋具

螺钉旋具俗称螺丝刀、起子或改锥，是用来紧固或拆卸螺钉的工具。按照其功能和头部形状的不同，可分为一字形和十字形两种，如图 1-2 所示。一字形螺钉旋具主要用来旋动一字槽形的螺钉，十字形螺钉旋具主要用来旋动十字槽的螺钉。按照手柄以外的刀体长度分类，有 100 mm、150 mm、300 mm 等规格。

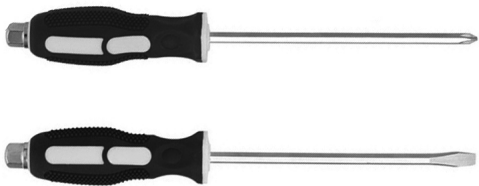


图 1-2 螺钉旋具

提示：使用时应注意根据螺钉的大小选择不同规格的螺钉旋具，否则容易损坏旋具或螺钉。

2. 试电笔

试电笔又叫测电笔，简称“电笔”，是检验线路和设备是否带电的工具，通常制成钢笔式和旋具式，其结构和使用方法如图 1-3 所示。笔体中有一个氖泡，测试时如果氖泡发光，则说明导线有电，或者为通路的火线。

提示：①低压试电笔电压测量范围为 60~500 V（严禁测高压电），被测带电体电压必须超过 60 V，氖管才会发光；②使用时，手指必须与笔尾的金属体相接触，使电流由被测带电体经试电笔和人体与大地构成回路；③试电笔每次使用前，应先在确定有电的带电体上测试检查，以免在检验中造成误判。

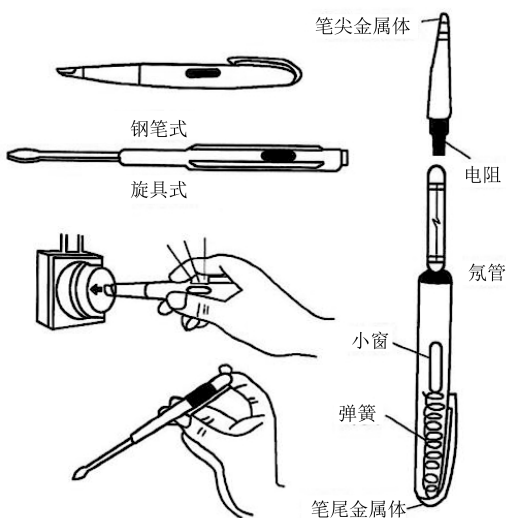


图 1-3 试电笔的结构和使用方法

3. 钢丝钳

钢丝钳是用于剪切或夹持导线、金属丝或工件的钳类工具，如图 1-4（a）所示。钢丝钳的规格有 150 mm、175 mm、200 mm 三种，均带有橡胶绝缘套管，适用于 500 V 以下的带电作业。

4. 尖嘴钳

尖嘴钳也是电工常用的工具之一，如图 1-4（b）所示，它的头部尖、细小，特别适于狭小空间的操作，功能与钢丝钳相近。



(a) 钢丝钳

(b) 尖嘴钳

图 1-4 钳子

5. 电工刀

电工刀主要用来剖除导线的绝缘层、电缆绝缘层和木槽板等，外形如图 1-5 所示。



图 1-5 电工刀

提示：电工刀没有绝缘保护，使用时严禁带电作业。剖削导线绝缘层时，刀面应与导线呈 45° 角，以免损伤线芯。

6. 剥线钳

剥线钳用于剥除截面积在 6 mm^2 以下的塑料电线或橡胶电线线头的绝缘层，外形如图 1-6 所示。它由钳口和手柄两部分组成，钳口有 $0.5 \sim 3 \text{ mm}$ 的多个不同孔径的切口，用于剥除不同规格线芯的绝缘套。



图 1-6 剥线钳

提示：剥线钳使用时，要注意线头应放在大于线芯的切口上剥削，以免损伤线芯。

1.1.3 常用电工仪表

1. 电压表

电压表用于测量电路两端电压，按照被测电压的不同可分为直流电压表和交流电压表两种，表头外形如图 1-7 (a) 所示。

2. 电流表

电流表用于测量电路中的电流，按照被测电流的不同可分为直流电流表和交流电流表两种，表头外形如图 1-7 (b) 所示。



(a) 电压表



(b) 电流表

图 1-7 电压表和电流表



3. 钳形电流表

钳形电流表是一种不需要断开电路就可直接测量较大工频交流电流的便携式仪表，外形如图 1-8 所示。尽管测量精度不高，但由于使用方便，所以应用很广泛。



图 1-8 钳形电流表

4. 万用表

万用表是一种多功能、多量程的便携式电工仪表，一般的万用表可以测量直流电流、直流电压、交流电压和电阻。有些万用表还可测量电容、二极管、晶体管等元器件的参数。常见的万用表有指针式万用表和数字式万用表两大类，如图 1-9 所示。



(a) 指针式万用表



(b) 数字式万用表

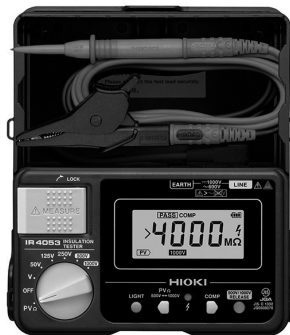
图 1-9 万用表

5. 绝缘电阻表

绝缘电阻表又称“兆欧表”，俗称“摇表”，如图 1-10 所示，是专门用于测量绝缘电阻的仪表，其计量单位是兆欧 ($M\Omega$)，主要用来检测供电线路、电机绕组、电缆、电气设备等的绝缘电阻，以便检验其绝缘性能的好坏。绝缘电阻表分为模拟式和电子式。

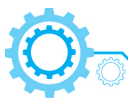


(a) 模拟式



(b) 电子式

图 1-10 绝缘电阻表



1.2 认识电子实训室

1.2.1 电子实训室简介

每个学校的电子实训室配置不尽相同,但基本配置大同小异,主要包括实训台、交流电源、直流电源、万用表、示波器、函数信号发生器、交流毫伏表、工具及原材料等。

图 1-11 所示为一个可供近三十人同时进行实训教学的电子技能实训室,每台实训装置大致可分为金属活动框架、实训电源台、实验元器件盒三大部分。



图 1-11 电子技能实训室

1.主要功能特性

一般能按照模拟与数字电路模块的教学与实验实训要求,完成电子元器件识别与检测、电路板焊接、电子产品装配、电子产品调试、PCB 图设计等实训项目。

2.主要技术参数

(1) 实训电源台。由两路相互独立、对称的实验电源和仪表组成,可同时满足两人在同一实训台上完成不同的实训内容,便于实训考核。该装置采用单相电源供电,并配有带剩余电流保护的断路器、熔断器以确保使用安全。

(2) 实训电源每路配置。一组可调的直流电源 $0\sim 24\text{ V}/2\text{ A}$,并带有过载、短路软保护功能;一组 $3\sim 24\text{ V}$ 交流电源,可分档调节,带过载、短路保护;一组 $\pm 5\text{ V}$ 、 $\pm 12\text{ V}$ 开关稳压直流电源;一块数字电压表 ($\text{DC } 30\text{ V}$),一块数字电流表 ($\text{DC } 2\text{ 000 mA}$);多路单相电源插座,可以供扩展设备、仪表时使用。

3.电子实训室安全操作规程

(1) 学生实训前必须做好准备工作,按规定时间进入实训室,到达指定工位,未经同意,不得私自调换。

(2) 不得穿拖鞋以及携带食物进入实训室,不得在室内喧哗、打闹、随意走动,未经允许,不得动用实训设备。

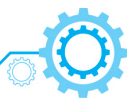
(3) 室内的任何电气设备,未经验电,一般视为有电,不准用手触及,任何接、拆线都必须在切断电源后进行。

(4) 设备使用前要认真检查,如发现不安全情况,应停止使用并立即报告老师,以便及时采取措施;电气设备安装检修后,须经检验合格后方可使用。

(5) 实践操作时,思想要高度集中,操作内容必须符合教学内容,不准做任何与实训无关的事。

(6) 要爱护实训工具、仪表、电子电气设备和公共财物,凡在实训过程中损坏仪器设备者,应主动说明原因并接受检查,填写报废单或损坏情况报告表。

(7) 保持实训室整洁,每次实训后要清理工作场所,做好设备清洁和日常维护工作。



1.2.2 焊接与拆焊技术

下面我们来学习在电子产品的装配及维修中最基本的焊接与拆焊技术。

现代焊接技术有手工烙铁焊、浸焊、波峰焊和再流焊等，其中最基本的就是手工烙铁焊。

1. 焊料与焊剂

(1) 焊料。焊料的作用就像胶水一样，能将元器件固定粘在电路板上，一般采用称为共晶焊锡的锡铅合金，如图 1-12 所示。此种焊料具有熔点低、流动性好、对元器件和导线的附着力强、机械强度高、导电性好、不易氧化、抗腐蚀性好且焊点光亮美观等特点。

(2) 焊剂。焊剂即助焊剂，对焊接起辅助作用，通常是以松香为主要成分的混合物，如图 1-13 所示。在焊接温度下，焊剂可增强焊料的流动性，并具有良好的去表面氧化层的特性。



图 1-12 焊锡丝



图 1-13 助焊剂

提示：通常焊料是含松香芯（助焊剂）的焊锡丝，所以在使用时不需要另外涂抹助焊剂。

2. 焊接工具

焊接加热工具较多，其中最常见、最方便的手工焊接加热工具是电烙铁，如图 1-14 所示。电烙铁的种类很多，从结构上可分为内热式和外热式两种。从容量上分，有 20 W、25 W、35 W、45 W、75 W、100 W 以至 500 W 等多种规格。根据电烙铁的功能又可分为恒温式、调温式、双温式、带吸锡功能式及无绳式等。



图 1-14 电烙铁

提示：焊接时可根据焊接对象来选择电烙铁的类型和功率。电烙铁的功率越大，使焊料和元器件达到焊接温度所需的时间越短，通常选用 25~30 W 内热式电烙铁；当焊接体积较大的元器件时，应选用功率较大的外热式电烙铁。

3. 焊接技术

(1) 烙铁拿法。如图 1-15 所示，电烙铁有三种握法：反握法、正握法和握笔法，其中握笔法操作灵活方便，被广泛使用。

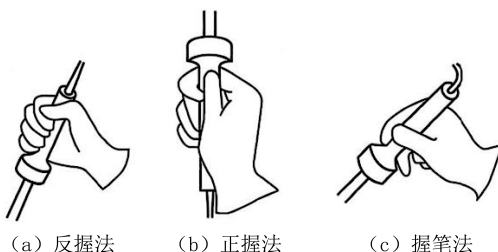


图 1-15 电烙铁的拿法



(2) 焊接方法。电烙铁焊接通常采用如图 1-16 所示的五工步施焊法。

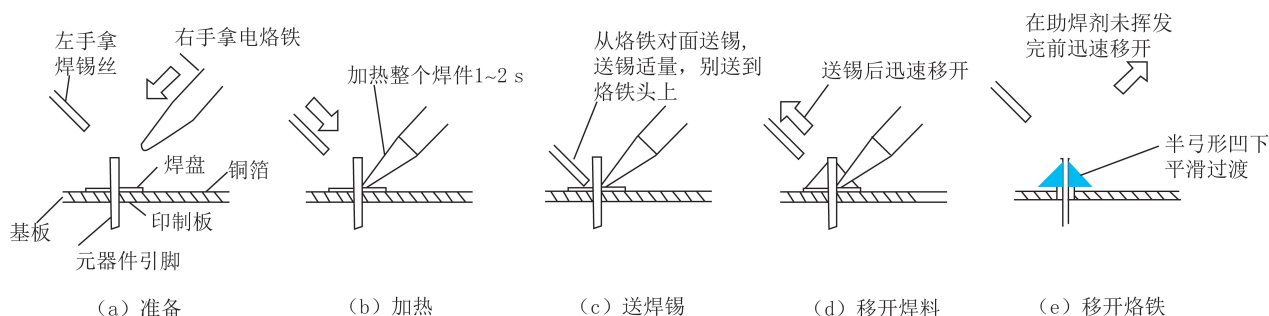


图 1-16 五工步施焊法

提示：①烙铁头与焊料分居于被焊工件两侧；②加热时烙铁头不要向焊件施加压力或随意挪动；③注意送锡量要适中，不要把焊锡丝送到烙铁头上；④焊完移除焊料后，迅速移开烙铁，否则将留下不良焊点。

4. 拆焊技术

拆焊方法较多，常用的有烙铁拆焊、吸锡器拆焊、专业工具拆焊和热风工作台拆焊等，这里只介绍烙铁拆焊和吸锡器拆焊。

(1) 烙铁拆焊。用电烙铁拆焊电阻、电容、二极管和晶体管等元器件时，只要在电烙铁熔化一个焊点的同时，用镊子从电路板反面将元器件的该引脚拉出即可。

(2) 吸锡器拆焊。吸锡器是专门用于拆焊的工具，分为不带发热器件的吸锡器和自带发热器件的吸锡器（吸锡电烙铁）两种，外形如图 1-17 所示。方法都是先加热需拆焊的焊点，待焊点上锡熔化，再将吸锡嘴套入需拆焊元器件引脚，按吸锡按钮，利用瞬时强大的吸力将熔化的锡吸走。



图 1-17 吸锡器

1.3 供、用电与节约用电

1.3.1 电力系统的构成

1. 电能的产生

电能指电流具有的能量。它是由煤炭、石油、水力、核能、太阳能和风能等一次能源通过各种转换装置而获得的二次能源。常见的发电装置有火力发电、水力发电、核能发电、风能发电等。

2. 电能的发展

一次能源经人类长期开采，其资源日趋枯竭。在大力发展火电、水电、核电的同时，必须大力开发风力、太阳能、地热、潮汐等新能源发电。电能逐步向大机组、大电厂、高电压、大电网、高度自动化的现代电力工业发展。



3. 电力系统的构成

电力系统是由发电、变电、输电、配电和用电等环节组成的电能生产与消费系统，其中电力传输是其重要的环节。

电力系统的功能是将自然界的一次能源通过发电动力装置（主要包括锅炉、汽轮机、发电机及电厂辅助生产系统等）转化成电能，再经输、变电系统及配电系统将电能供应到各负荷中心，通过各种设备再转换成动力、热、光等不同形式的能量，为地区经济和人民生活服务。

4. 电力传输过程

如图 1-18 所示，电能传输过程为：发电厂→升压变压器→高压线输电→降压变压器→配电→用电等。

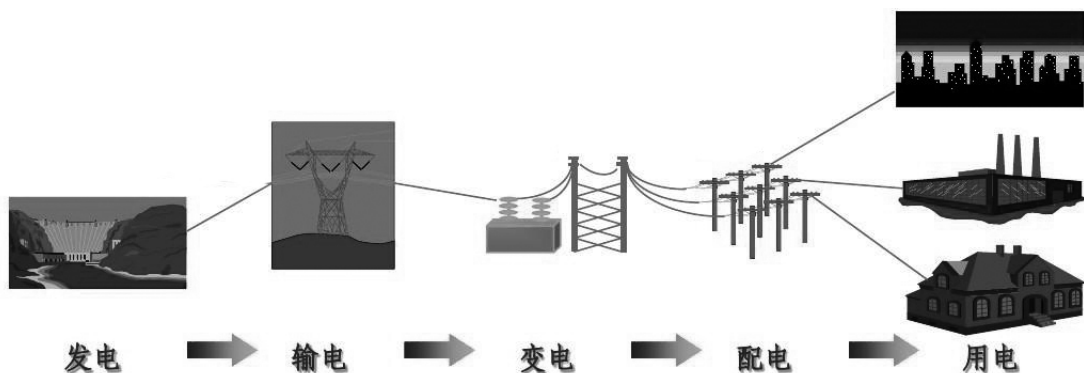


图 1-18 电力传输过程

5. 西电东送工程

为了开发西部丰富的水电等资源，实现可持续发展，我国开展了西电东送工程。

西电东送是指开发贵州、云南、广西、四川、内蒙古、山西、陕西等西部省区的电力资源，将其输送到电力紧缺的广东、上海、江苏、浙江和京、津、冀地区。一是将贵州乌江、云南澜沧江和桂滇黔三省区交界处的南盘江、北盘江、红水河的水电资源，以及黔滇两省坑口火电厂的电能开发出来送往广东，形成南部通道，现送电能力已跃升至超 3000 万千瓦；二是将三峡和金沙江干支流水电送往华东地区，形成中部通道，现送电能力已超 4000 万千瓦；三是将黄河上游水电和山西、内蒙古坑口火电送往京、津、冀地区，形成北部通道。2025 年 3 月 18 日，国家电网宣布新通道大同一怀来—天津南 1000 千伏特高压交流工程当日开工建设，计划于 2027 年 6 月建设投运，工程建成后，华北区域特高压送电能力将提高至 2100 万千瓦。

1.3.2 常用电源的种类

1. 直流电源

直流电源按习惯可分为化学电源和直流稳压电源。

化学电源又称电池，是一种能将化学能直接转变成电能的装置，如图 1-19 所示。

提示：电池中含有多种重金属成分，因此废旧电池需要集中起来专门进行回收。

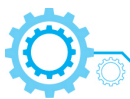


图 1-19 常用化学电源

直流稳压电源是将交流电变换为直流电，从而获得较稳定的直流电压，如图 1-20 所示。

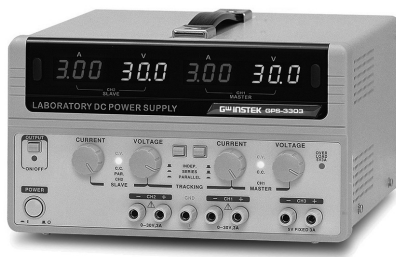


图 1-20 直流电源

直流电源极性：直流电源有正（+）、负（-）两个电极，正极的电位高，负极的电位低。

2. 交流电源

交流电是指大小和方向随时间变化的电压或电流，能产生交流电的装置为交流电源。

常用供电电压包括民用电（电压多为 220 V）和工业用电（电压多为 380 V）。

(1) 民用电。图 1-21 所示为民用电布线的示意图，含有一根相线（火线）与一根零线，两股线由线杆入户，通过功率表、开关、熔丝进入室内各用电器具、插座。

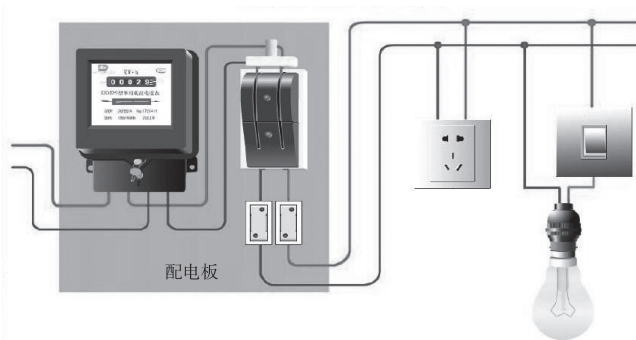


图 1-21 民用电布线示意图

(2) 工业用电。图 1-22 所示为使用 380 V 交流电的三相异步交流电动机控制电路示意图，属于工业用电。图中有 3 根火线（U、V、W）和一根零线（N），3 根火线线间的相电压皆为 380 V，但每相与地间的电压都是 220 V，所以家里的 220 V 实际就是 380 V 交流电的其中一相对地电压。

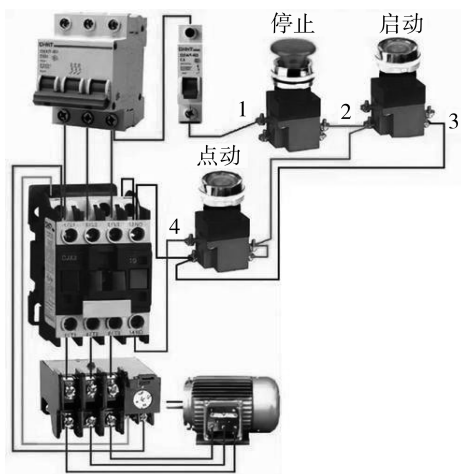


图 1-22 使用 380 V 交流电的三相异步交流电动机控制电路

3. 用电设备的供电要求

用电设备必须在额定值状态下才能正常工作，用电设备额定值是反映产品重要技术性能的数据，是生产、设计、制造和使用产品时的技术指标。通常主要的几项数据刻在产品的铭牌上。

提示：用电设备的额定值必须与电网电压的额定值相配；否则，电压过高时会造成设备损坏，电压过低时设备有可能不能正常工作。

4. 供电电压的区分

一般地，绝大部分的小区居民用电，包括农村村民家用电，无论家里装了多少台电器，用的都是 220 V 的电压，因为供电公司都是按此标准布置电源进线的。

380 V 供电大部分用在工业用电、企事业单位用电及大功率商用电和其他用电。

从生活上可通过以下两个办法来区分供电电压。

(1) 从室内插座区分。

无论是 2 孔插座还是 3 孔插座，使用的都是 220 V 的电压。3 孔插座中上面竖直孔为接地线，如图 1-23 (a) 所示。

在一些场合也可以看到图 1-23 (b) 所示的 4 孔插座，该插座使用的就是 380 V 的电压。同样，最上面竖直孔是用来接地线的。



(a) 220V插座



(b) 380V插座

图 1-23 通过室内插座区分供电电压

(2) 从配电箱开关区分。

图 1-24 所示为家用配电箱内部结构。虽然盒内开关很多，但只有左侧一个是总开关，它由两个联动的空气开关（又称“2P 开关”）组成，分别通断火线和零线。所以，它使用的是 220 V 的电压，红色是火线，蓝色是零线，黄、绿色是地线。

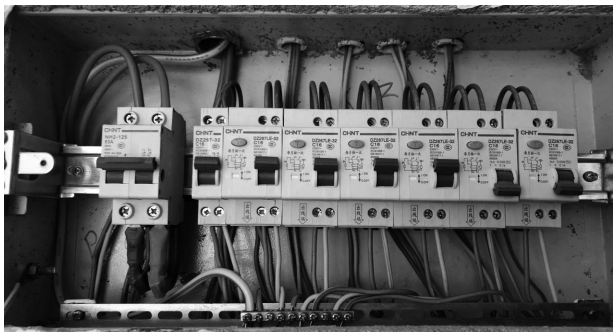
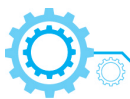


图 1-24 家用配电箱内部结构

图 1-25 所示的配电箱为典型的 380 V 配电箱。图中右上角两个开关分别由 4 条线引入，其中蓝色是零线，其他都是相线。380 V 电压就是任意两根相线之间的电压，但是，如果此时任意选择一根相线与零线来测量电压，测量出来的电压是 220 V，这就是 220 V 与 380 V 电压的区别。

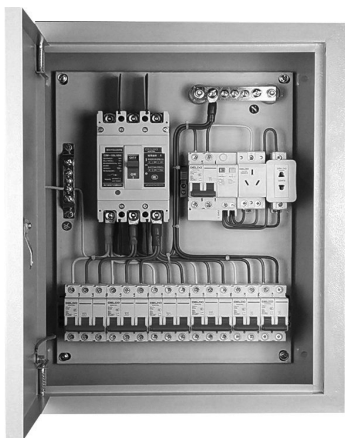


图 1-25 380 V 配电箱

若使用 380 V 电压的电气设备，要求使用三相电源，它来自三相变压器二次侧绕组的 3 个端子，3 根火线之间存在 120° 的相位差。下方 3 个空气开关（又称“3P 开关”），也是 380 V 的开关。

此外，该配电箱使用了双电源自动切换装置，从两处引来两路三相电源，经过双电源自动切换装置，一般情况下一路常用，一路备用。当常用的一路跳闸失电后，装置将自动切换到备用回路，从而保证供电的可靠性。

1.3.3 农业节约用电

水是生命之源、生产之要、生态之基。水离不开电，在满足生产、生活所必需的用电条件下，减少电能的消耗、提高电能利用率和减少供电网络的电能损耗，对建设资源节约型社会，实现全面、协调、可持续发展具有十分重要的意义。据统计，我国每年消耗的电能大约有 70% 为电动机使用，而农业机械的动力很多是由电动机提供的。研究农用电机的节电，提高电能的有效利用程度，对农村节电非常必要。

1. 农机节电措施

(1) 根据需选择合适的电动机。

① 功率选择。如果所选额定功率过大，会增加投资运行费用；如果所选额定功率过小，则会降低机器的使用寿命。一般直接传动所选电动机功率应是被拖动机械功率的 1~1.1 倍；如果是皮带传动，取 1.05~1.15 倍。

② 转速选择。功率相同时，转速越低，电动机体积越大，价格越高，效率越低。因此，选择转速



较高的电动机较好。

(2) 电动机的运行管理。

①电压管理。以额定电压运行的电动机，效率最好。

②减少启动次数。电动机启动时，启动电流是正常运转时电流的 4~7 倍，所以要选择合适的启动方式，降低启动损耗。

③防止空载运行。空载运行时的无功功率占额定负载无功功率的 60%~70%，所以，当生产设备不使用时，应及时切断电动机电源，减少空载损耗。

④改善功率因数。可在电源母线上进行集中补偿，使电源母线的功率因数达到 0.9 以上。

⑤采用节能风扇、风罩。

⑥定期维修。电动机为旋转机械，如果不及时检修维护，会增加功率损耗，降低电动机工作效率。

2. 农副产品加工节电措施

(1) 加工饲养业要合理布局，靠近电源。

(2) 动力设备选型和配套要本着合理、省电的原则。一是要按照生产机械所需配用的功率，来选择电动机容量；二是要满足加工机械转速特性的要求，以减少机械传动损失，避免浪费电能。

3. 其他节电措施

(1) 照明节约用电。

衡量照明设备节约用电，应从以下几个方面考虑。

①充分利用天然采光。

②必要的合适的照明时间，或采用照明控制器，按需要可及时开、断、调光。

③合理选择照度水平，在保证各种工作正常进行的基础上，避免浪费。

④使用高效节能光源。

⑤搞好照明设备的维护管理，及时清扫灯具更换光源，对提高照明利用率和节约用电也有着重要的作用。

(2) 电力排灌节约用电。

排灌用电也是农村用电的主要部分。管理好的地区或单位，每亩平均耗电量为 10 kW·h 左右，差的地区或单位为 30~40 kW·h，甚至高达 50 kW·h。

①合理选用电气设备，包括水泵选择、电动机及启动方式选择和配电变压器选择。

②提高电灌站的机电效率，如使电动机和水泵合理配套，合理调配水泵的流量和扬程等。

③加强电力排灌站的管理，包括组织管理、工程管理、用水管理。

1.4 安全用电与触电急救

1.4.1 安全用电

1. 安全电压概述

安全电压是指不至于使人直接致死或致残的电压。行业规定，安全电压为不高于 36 V 的电压，持续接触安全电压为 24 V，安全电流为 10 mA。电击对人体的危害程度，主要取决于通过人体电流的大小和通电时间的长短。电流强度越大，致命危险越大；持续时间越长，死亡的可能性越大。表 1-1 列出了在不同电流条件下人的感受。

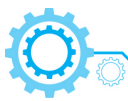


表 1-1 在不同电流条件下人的感受

序号	电流/mA	50 Hz 交流电	直流电
1	0.6~1.5	手指开始感觉发麻	无感觉
2	2~3	手指感觉强烈发麻	无感觉
3	5~7	手指肌肉感觉痉挛	手指感到灼热和刺痛
4	8~10	手指关节与手掌感觉疼痛, 手已难以脱离电源, 但尚能摆脱电源	灼热感增加
5	20~25	手指感觉剧痛, 迅速麻痹, 不能摆脱电源, 呼吸困难	灼热更增, 手的肌肉开始痉挛
6	50~80	呼吸麻痹, 心房开始震颤	强烈灼痛, 手的肌肉痉挛, 呼吸困难
7	90~100	呼吸麻痹, 持续 3 min 或更长时间后, 心脏麻痹或心房停止跳动	呼吸麻痹

2. 触电伤害程度与电流的关系

触电的影响与通过人体的电流强度有直接关系。

- (1) 感知电流。能引起人感觉到的最小电流值称为感知电流, 交流为 1 mA, 直流为 5 mA。
- (2) 摆脱电流。人触电后能自己摆脱的最大电流称为摆脱电流, 交流为 10 mA, 直流为 50 mA。
- (3) 致命电流。在较短的时间内危及生命的电流称为致命电流, 如 100 mA 的电流通过人体 1 s, 就足以使人致命, 因此致命电流为 50 mA。在有防止触电保护装置的情况下, 人体允许通过的电流一般可按 30 mA 考虑。

电流的路径通过心脏会导致精神失常、心跳停止、血液循环中断, 其危险性最大, 其中流经从左手到右脚的路径是最危险的。

电流对人体的作用, 女性较男性敏感; 小孩遭受电击较成人危险; 人体的皮肤干湿等情况对电击伤害程度也有一定的影响。皮肤干燥时电阻大, 通过的电流小; 皮肤潮湿时电阻小, 通过的电流就大, 危害也大。凡患有心脏病、神经系统疾病或结核病的病人, 电击伤害程度比健康人严重。

3. 触电伤害程度与人体电阻的关系

在一定的电压作用下, 通过人体的电流的大小与人体电阻有关。人体电阻因人而异, 与人的体质、皮肤的潮湿程度、触电电压的高低、年龄、性别以及工种职业都有关系, 通常为 1 000~2 000 Ω , 当角质外层破坏时, 则降到 800~1 000 Ω 。

根据欧姆定律 ($I=U/R$) 可知, 流经人体电流的大小与外加电压和人体电阻有关。人体电阻除人的自身电阻外, 还应附加除人体以外的衣服、鞋、裤等电阻, 虽然人体电阻一般可达 2 k Ω , 但是, 影响人体电阻的因素很多, 如皮肤潮湿出汗、带有导电性粉尘、加大与带电体的接触面积和压力以及衣服、鞋、袜的潮湿油污等情况, 均能使人体电阻降低, 所以通常流经人体电流的大小是无法事先计算出来的。因此, 为确定安全条件, 往往不采用安全电流, 而是采用安全电压来进行估算。一般情况下, 也就是在干燥而触电危险性较大的环境下, 安全电压规定为 24 V, 对于潮湿而触电危险性较大的环境 (如金属容器、管道内施焊检修), 安全电压规定为 12 V, 这样触电时通过人体的电流, 可被限制在较小范围内, 在一定程度上保障人身安全。

4. 关于安全电压的相关规定

根据生产和作业场所的特点, 采用相应等级的安全电压, 是防止发生触电伤亡事故的根本性措施。《特低电压 (ELV) 限值》(GB/T 3805—2008) 规定, 我国安全电压额定值的等级为 42 V、36 V、24 V、12 V 和 6 V。应根据作业场所、操作员条件、使用方式、供电方式、线路状况等因素选用。

例如, 特别危险环境中使用的手持电动工具应采用 42 V 特低电压; 有电击危险环境中使用的手持照明灯和局部照明灯应采用 36 V 或 24 V 特低电压; 金属容器内、潮湿处等特别危险环境中使用的手



持照明灯应采用 12 V 特低电压；水下作业等场所应采用 6 V 特低电压。

1.4.2 触电急救

在电气操作和日常用电中，必须做好触电急救的思想和技术准备。发现有人触电后，首先要尽快使其脱离电源，然后根据具体情况及时采取正确的救护方法。

1. 迅速脱离电源

发现有人触电，急救最要紧的措施是使触电者尽快脱离电源，根据现场情况的不同，通常采用拉、切、挑、拽、垫等 5 种方法。

- (1) 拉：指就近拉开电源开关，拔出插销或瓷插熔断器。
- (2) 切：若电源开关距离远，可用带绝缘手柄的工具切断电源线。
- (3) 挑：如果导线搭落在触电者身上，可用干燥的木棍、竹竿等挑开导线。
- (4) 拽：救护人可戴上绝缘手套或在手上包缠干燥的衣物，站在干燥的木板上拖曳触电者的衣服，使之脱离电源，但不可触及触电者的皮肤。
- (5) 垫：如果导线缠绕在触电者身上，救护者要用干燥的木板塞进触电者身下，使其与地绝缘，然后再采取其他办法切断电源，使触电者脱离带电体。

提示：以上方法，不适用于高压触电。

2. 现场诊断

当触电者脱离电源后，除及时拨打“120”电话联系医疗部门外，还应进行必要的现场诊断和急救。

- (1) 判断呼吸是否停止。将触电者移至干燥、通风的地方。松开衣裤，使其仰卧，观察胸腹部有无因呼吸而产生的起伏动作。若不明显，可用手或小纸条靠近触电者的鼻孔，观察有无气流流动，用手放在触电者的胸部感觉有无呼吸，若没有则说明呼吸已经停止。
- (2) 判断脉搏是否搏动。用手检查颈部的颈动脉或腹股沟处的股动脉，看有无搏动。还可以用耳朵贴在触电者胸部心区附近，倾听有无心脏跳动的心音，如有则心脏还在工作。
- (3) 判断瞳孔是否放大。处于死亡边缘或已经死亡的人，大脑细胞严重缺氧，大脑中枢失去对瞳孔的调节作用，瞳孔就会自行放大，对外界光线强弱不再做出反应。

根据上述简单判断结果，对受伤程度不同、症状表现不同的触电者，可用下面的方法进行救治。

3. 对不同情况的救治

在触电者脱离电源后，应根据触电者受伤的轻重程度，采取以下几种现场抢救措施。

- (1) 触电者未失去知觉。如果触电者只是感觉头昏、乏力、心悸、出冷汗、恶心、呕吐，但未失去知觉，应让其在温度适宜、通风良好处静卧休息，以减轻心脏负担。
- (2) 触电者已失去知觉，但呼吸、心跳尚存时，应在迅速联系医院的同时，将其安放在通风、凉爽的地方平卧，摩擦全身，使之发热。如果出现痉挛、呼吸渐渐衰弱、心跳尚存的现象，应立即进行人工呼吸。若有呼吸，但心跳停止，则应采用胸外按压法进行救护。
- (3) 触电者呼吸、脉搏均已停止，出现假死现象时，应针对不同情况对症处理。如果呼吸停止，用口对口人工呼吸法。对心脏停止跳动者，可用胸外心脏按压法。如果呼吸、脉搏均已停止，应同时使用上述两种方法，并尽快向医院告急。

4. 人工呼吸

触电现场急救的常见方法有口对口人工呼吸法和胸外心脏按压法。

- (1) 口对口人工呼吸法。

若触电者有心跳、无呼吸，则采用该方法，如图 1-26 所示。对呼吸渐弱或已经停止的触电者，人工呼吸是行之有效的。

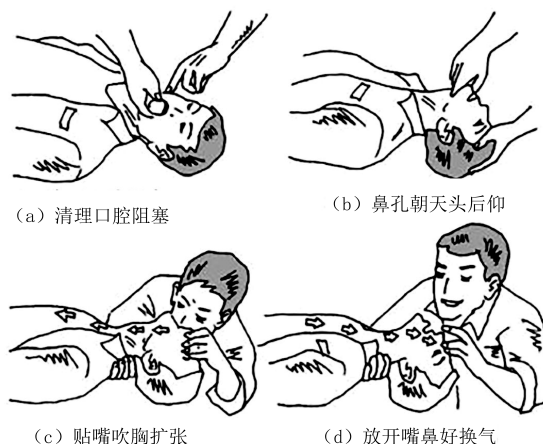


图 1-26 口对口人工呼吸法

具体的操作步骤如下。

①将触电者仰卧，松开衣、裤，再将颈部伸直，头部尽量后仰，掰开口腔，清除口中脏物，如果舌头后缩，应拉出舌头，使进出人体的气流畅通无阻。

②救护者位于触电者头部一侧，将靠近头部的一只手捏住触电者的鼻子，并将这只手的外缘压住额部，另一只手托其颈部，将颈上抬，使头部自然后仰。

③救护者深呼吸后，用嘴紧贴触电者的嘴吹气，同时观察触电者胸部的隆起程度，一般应以胸部略有起伏为宜。

④吹气至被救护者可换气时，应迅速离开触电者的嘴，同时放开捏紧的鼻孔，让其自动向外呼气。这时应注意观察触电者胸部的复原情况，倾听口鼻处有无呼气声，从而检查呼吸道是否阻塞。

重复步骤③④。对成年人吹气 14~16 次/min，吹气时间稍短，约 2 s；呼气时间较长，约 3 s。

提示：当触电者能自主呼吸时，立即停止人工呼吸。

(2) 胸外心脏按压法。

若触电者有呼吸、无心跳，采用该方法，如图 1-27 所示。

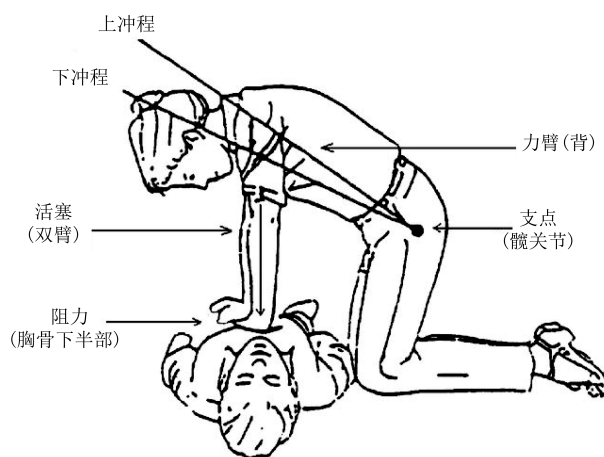


图 1-27 胸外心脏按压法

在触电者心脏停止跳动时，可以有节奏地在胸廓外加力，对心脏进行按压。利用人工方法代替心脏的收缩与扩张，以维持血液循环，具体操作步骤如下。

①将触电者仰卧在平整的硬地上，解松衣裤，救护者跪跨在触电者腰部两侧。

②救护者将一只手的掌根按于触电者胸骨以下横向 1/2 处，中指指尖对准颈根凹陷下边缘，另一



只手压在这只手的手背上，呈两手交叠状，肘关节伸直，掌根均衡用力连同身体的重量和臂与肩部的用力向下按压，向触电者脊柱方向慢慢压迫胸骨下段，使胸廓下陷 3~4 cm，由此使心脏受压，心室的血液被压出，流至触电者全身各部。

③双掌突然放松，依靠胸廓自身的弹性，使胸腔复位，让心脏舒张，血液流回心室。此时，交叠的两掌不要离开胸部，不要加力。

重复步骤②③，每分钟 60 次左右，直到心跳恢复为止。

(3) 同时采用口对口人工呼吸法和人工胸外心脏按压法。若触电者既没有呼吸，也无心跳，必须两种方法同时使用。

1.4.3 接地保护

1. 保护接地

保护接地简称接地，是指在电源中性点不接地的供电系统中，将电气设备的金属外壳与埋入地下且与大地接触良好的接地装置进行可靠的电气连接。若设备漏电，外壳上的电压将通过接地装置将电流导入大地。

这时，当人与漏电设备外壳接触时，由于人体与漏电设备并联，且人体电阻远大于接地装置对地电阻，因此，通过人体的电流就非常小，从而消除了触电危险。

通常，接地装置多用厚壁钢管或角钢。接地电阻以小于 $4\ \Omega$ 为宜。

2. 保护接零

保护接零简称接零，是指电源中性点接地的供电系统中，将电气设备的金属外壳与电源中性线（零线）可靠连接。如果电气设备漏电致使其金属外壳带电时，设备外壳将与中性线之间形成良好的电流通路。这时，若有人接触设备金属外壳，由于人体电阻远大于设备外壳与中性线之间的接触电阻，通过人体的电流必然很小，也排除了触电危险。

采用保护接零措施后，零线绝对不准断开，所以零线不准安装开关和熔断器。另外，为确保安全，还应将中性线与接地装置可靠连接，即重复接地，此时万一零线开路，重复接地将起到把漏电电流导入大地的作用。

1.4.4 漏电保护

1. 漏电与保护功能

在一个回路中，电流经火线通过用电器后流回零线，整个回路的电流是相等的。当设备外壳漏电并有人接触时，这时就会有一部分电流流入大地，使零线上流回的电流小于火线上流入的电流，此时就构成漏电。当漏电电流达到漏电保护器的动作电流时，漏电保护器就会动作，从而关闭电源，以达到漏电保护的目。

2. 漏电保护器

漏电保护器又称漏电断路器、漏电开关，如图 1-28 所示，主要用于设备发生漏电故障以及对有致命危险的人身触电保护。漏电保护器按其保护功能和用途可分为漏电保护继电器、漏电保护开关和漏电保护插座 3 种。

使用漏电保护器要注意以下 3 点。

- (1) 电网有接地时，漏电保护器才能正常工作。
- (2) 经过漏电保护器的中性线不得作为保护线；否则，漏电保护器不会动作，达不到漏电保护的目。
- (3) 经过漏电保护器的工作零线不得重复接地。

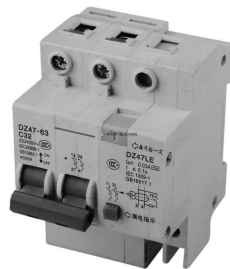
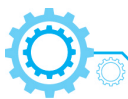


图 1-28 漏电保护器



提示：低压配电系统中设置漏电保护器是防止人身触电事故的有效措施之一，也是防止因漏电引起电气火灾和电气设备损坏事故的技术措施。但安装漏电保护器后并不等于绝对安全，运行中仍应以预防为主，并同时采取其他防止触电和电气设备损坏事故的技术措施。

1.5 电气火灾的防范及扑救

1.5.1 电气火灾的原因

- (1) 过热。由于短路、过载、接触不良、通风散热条件不好等原因，使电气线路或设备温度升高，从而引起火灾。
- (2) 电弧。由于短路或绝缘层老化、接头松脱、过电压放电、触头动作等产生电火花或电弧，引起火灾。
- (3) 静电。由于静电放电，放电火花引起火灾。
- (4) 违章。用电人员不遵守安全技术要求或私拉乱接电线而引起的火灾。

1.5.2 电气防火

电气火灾一旦发生，会对人的生命财产造成巨大损失，为避免这一情况发生，需认真做好以下工作。

- (1) 定期检查用电线路，及时发现问题。
- (2) 设计与安装电气线路时，导线、电缆的绝缘强度要按照标准选配。
- (3) 防止划伤、磨损、碰压导线绝缘，注意线接头及绝缘包扎质量。
- (4) 在潮湿、高温或有腐蚀性物质的场所，严禁绝缘导线外露，应采用套管布线。对粉尘较多的处所，要及时清理。
- (5) 严禁乱接乱拉导线，导线之间、导线与建筑构件之间的间距应符合规程要求。
- (6) 选用合适的熔丝，不得随意加粗或用铝线和铜线等代替。
- (7) 检查线路上所有连接点是否牢固可靠。

1.5.3 防爆

在实际应用中，某些电气设备必须安装在爆炸性危险区域。这里所指的电气设备防爆是特定定义的，即存在于危险场所内的电气设备采取一定的措施，防止它们由于故障等作为一个引爆源而引起爆炸事故。它不包括明火点燃产生的爆炸、火灾事故，如加油站吸烟造成的火灾。电气设备的防爆技术措施都是基于设法排除爆炸三角形中的一个或多个要素，使爆炸的危险降低到可接受的程度，如图 1-29 所示。

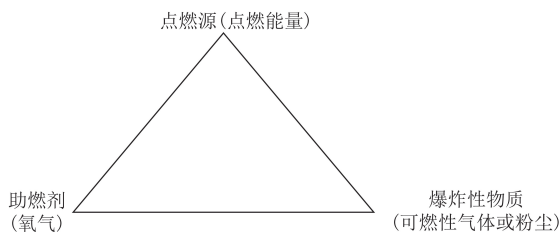


图 1-29 爆炸三角形



安装防爆电气设备应注意的问题如下。

- (1) 设备的型号、规格应符合设计要求；铭牌及防爆标志应正确、清晰。
- (2) 设备外壳应无裂纹、损伤。
- (3) 结合面的紧固螺栓应齐全，弹簧垫圈等防松设施应齐全完好，弹簧垫圈应压平。
- (4) 密封衬垫应齐全完好，无老化变形。
- (5) 接线板及绝缘件应无碎裂，接线盒盖应紧固。
- (6) 接地标志及接地螺钉应完好。
- (7) 要妥善保护隔爆面，不得损伤；隔爆面上不应有砂眼、机械划痕，不得有锈蚀层。
- (8) 隔爆结合面的紧固螺栓不得任意更换。

1.5.4 防雷

电闪雷鸣是一种自然现象，我国雷电的分布特点是：夏季多于春、秋季，陆地多于海洋，山区多于平原，南方多于北方。雷电的电压很高，瞬时电流强度很大，因此，一次雷电的放电时间虽然只有0.01 s左右，但其释放出的能量却大得惊人。雷电放电时，可使电气设备绝缘击穿，造成用电设备损坏，为此电气设备必须做好防雷保护工作。

1. 配电变压器的防雷保护

对配电变压器的保护应该在低压侧装设低压避雷器，与高压侧避雷器、变压器外壳和低压侧中性点一起接地，称为“四点共一地”。接地电阻值应满足规程中所规定的100 kV·A以上、容量配电变压器接地电阻在4 Ω以下，100 kV·A以下容量的配电变压器接地电阻在10 Ω以下。

2. 柱上开关的防雷保护

为了电网运行方面的需要，在6~10 kV电网中安装了一定的柱上开关与刀闸，这对保证配电网运行方式的灵活性、提高供电可靠性起到很大的作用，但是往往忽略了这些开关设备的防雷保护措施，在柱上开关和刀闸处，有些设备没有安装避雷器保护，或者仅仅在开关的一侧装设避雷器保护，当开关断开时，将会造成雷电波的全反射，在雷害事故发生时造成开关设备自身的损坏，因此，开关设备自身的防雷保护是配电线路中防雷保护非常重要的一部分，应该在开关或刀闸两侧安装避雷器对其进行保护，避免在防雷保护上存在缺陷。

3. 电缆分支箱的防雷保护

由于电力系统的发展，电缆线路在配电线路中的应用越来越广泛，电缆分支箱和环网柜在配电线路中的使用也越来越广泛，它们的防雷问题也成为突出的问题。在10 kV电缆化的环网供电系统中，需采取措施抑制感应雷过电压，通常的措施是采用避雷器。

1.5.5 灭火器

灭火器是坚固的金属筒体，里面装着水或灭火材料。当按下筒体顶部的拉杆时，产生的高压会把筒体内部的灭火剂挤压出来，这与喷雾气罐喷射材料的方式相似。图1-30是灭火器的使用方法。

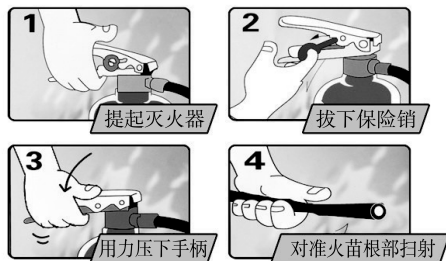
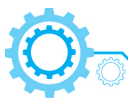


图1-30 灭火器的使用方法



灭火器的种类很多,按其移动方式可分为手提式和推车式;按驱动灭火剂的动力来源可分为储气瓶式、储压式、化学反应式灭火器;按所充装的灭火剂又可分为泡沫、干粉、卤代烷、二氧化碳、清水等灭火器。

1. 干粉灭火器

干粉灭火器内充装的是干粉灭火剂。干粉灭火剂是用于灭火的干燥且易于流动的微细粉末,由具有灭火效能的无机盐和少量的添加剂经干燥、粉碎、混合而成的微细固体粉末。利用压缩的二氧化碳吹出干粉(主要含有碳酸氢钠)来灭火。

2. 泡沫灭火器

泡沫灭火器内有两个容器,分别盛放硫酸铝和碳酸氢钠溶液,两种溶液互不接触,不发生任何化学反应(注意平时千万不能碰倒泡沫灭火器)。当需要泡沫灭火器时,把灭火器倒立,两种溶液混合在一起,就会产生大量的二氧化碳气体。除了两种反应物外,灭火器中还加入了一些发泡剂。打开开关,泡沫从灭火器中喷出,覆盖在燃烧物品上,使燃烧的物质与空气隔离,并降低温度,达到灭火的目的。

3. 二氧化碳灭火器

灭火器瓶体内储存了液态二氧化碳,工作时,当压下瓶阀的压把时,内部的二氧化碳灭火剂便顺着虹吸管经过瓶阀从喷筒喷出,使燃烧区氧的浓度迅速下降,当二氧化碳达到足够浓度时火焰会窒息而熄灭,同时由于液态二氧化碳会迅速气化,在很短的时间内吸收大量的热量,因此对燃烧物起到一定的冷却作用,也有助于灭火。推车式二氧化碳灭火器主要由瓶体、器头总成、喷管总成、车架总成等部分组成,内装的灭火剂为液态二氧化碳。

4. 清水灭火器

清水灭火器中的灭火剂为清水。水在常温下具有较低的黏度、较高的热稳定性、较大的密度和较高的表面张力,是一种古老且使用范围广泛的天然灭火剂,易于获取和储存。它主要依靠冷却和窒息作用进行灭火。因为每千克水自常温加热至沸点并完全蒸发汽化,可以吸收 2 593.4 kJ 的热量。因此,它利用自身吸收显热和潜热的能力发挥冷却灭火作用,这是其他灭火剂所无法比拟的。此外,水被汽化后形成的水蒸气为惰性气体,且体积将膨胀 1 700 倍左右。



思考与练习

1. 你知道的常用电工工具和电工仪表有哪些?
2. 在电气操作和日常用电中,哪些因素会导致触电?
3. 你知道人体触电有哪些种类和形式吗?
4. 口对口人工呼吸法在什么情况下使用?试述其动作要领。
5. 胸外心脏按压法在什么情况下使用?试述其动作要领。
6. 你了解的电气火灾扑救常识有哪些?
7. 电烙铁焊接的基本操作步骤是什么?
8. 毫伏表与万用表都可以测电压,那么它们一样吗?
9. 用灭火器灭火,最佳位置是哪个位置?
10. 家用电器发生火灾,在没有灭火器的情况下应先做什么?
11. 电力系统的特点是什么?低压配电的基本方式有几种?
12. 请大家上网查找焊接技术视频资料及常用电子仪器资料。