

简单
易学

JIANDAN YIXUE

100%

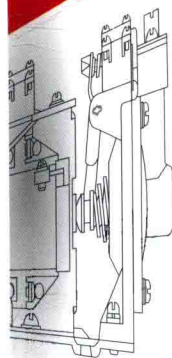
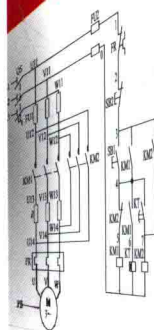
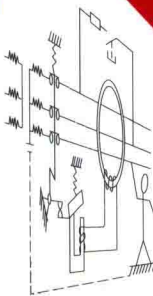
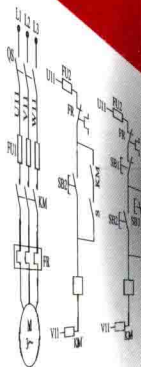
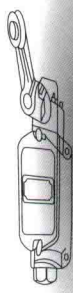
刘理云 贺应和 编著

DIYA DIANGONG RUMEN KAOZHENG
YIBENTONG

低压电工入门考证

一本通

低压电工快速上岗 <<<
轻松考证 <<<



化学工业出版社

DIYA DIANGONG RUMEN KAOZHENG
YIBENTONG

低压电工入门考证

一本通

刘理云 贺应和 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从电工初学者角度出发,结合低压电工上岗考证相关要求,介绍了低压电工的必备基础知识和各项操作技能。书中简要说明了电工基础知识、常用电工电料及选用、常用低压电器以及低压电工线路,重点介绍了常用电工工具仪表的使用技巧、低压电工安装操作技能;注重提高技能和解决实用工作中遇到的问题,内容图文并茂,由浅入深,帮助读者尽快掌握低压电工应知应会的基本知识和实用技能,轻松取证上岗。

本书可供电工技术人员阅读,也可供相关专业院校师生、电工专业培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

低压电工入门考证一本通/刘理云,贺应和编著. —北京:化学工业出版社,2016.8

ISBN 978-7-122-27022-1

I. ①低… II. ①刘…②贺… III. ①低电压-电工技术-基本知识 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第096922号

责任编辑:刘丽宏

文字编辑:孙凤英

责任校对:宋玮

装帧设计:刘丽华

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)

印装:三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张14 $\frac{3}{4}$ 字数389千字 2016年8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:49.80元

版权所有 违者必究

随着生产和生活中用电量的不断增大，低压电工的工作显得越来越重要，为此，笔者从实际出发，本着易学、够用、实用的原则编写了本书，引导读者轻松掌握低压电工上岗必备的操作技能和技巧。

《低压电工入门考证一本通》以服务低压电工岗位需求为编写指导思想，对低压电工应掌握的基础知识和实用操作技能做了全面的介绍，力求内容实用和通俗易懂，突出低压电气设备与低压电气线路的检修等实用内容，注重提高技能和解决实用工作中遇到的问题，精选典型电气控制实际故障案例进行说明。

全书从电工初学者角度出发，结合低压电工上岗考证的相关要求，简要说明了电工基础知识、常用电工电料及选用、常用低压电器以及低压电工线路，重点介绍了常用电工工具仪表的使用技巧、低压电工安装操作技能。内容图文并茂，由浅入深，注重操作技能的培养，帮助读者尽快掌握低压电工应知应会的基本知识和实用技能，轻松取证上岗。

本书由刘理云、贺应和编著，由祖国建审稿。

由于编著者水平有限，书中不足之处难免，敬请广大读者批评指正。

编著者

第1章 低压电工基础

1

1.1 低压电工安全知识	1
1.1.1 低压电气事故的形成与类型	1
1.1.2 低压电气安全的主要措施	4
1.1.3 电气火灾消防知识	6
1.1.4 触电急救技术	7
1.2 电路基础	9
1.2.1 电路的基本知识	9
1.2.2 电路的基本物理量	10
1.2.3 电路的基本元件	13
1.2.4 电路的基本定律	17
1.2.5 电路的连接	20
1.3 单相交流电路	22
1.3.1 正弦交流电的三要素	23
1.3.2 单相正弦交流电路的分析	25
1.4 三相交流电路	32
1.4.1 三相交流电源	32
1.4.2 三相交流电源的连接	33
1.4.3 三相负载的连接	34
1.4.4 三相电路的功率	36
1.5 常用电工材料	37
1.5.1 导电材料	37
1.5.2 绝缘材料	44
1.5.3 其他电工材料	46
1.6 低压电工电路识图	46
1.6.1 电气图的构成和类型	47
1.6.2 电气符号	50
1.6.3 电气原理图的识读	57
1.6.4 电气图的绘制	59

第2章 常用低压电器

63

2.1 常用低压控制电器	63
--------------------	----

2.1.1	低压刀开关	63
2.1.2	主令电器	65
2.1.3	接触器	67
2.1.4	继电器	69
2.2	常用低压保护电器	75
2.2.1	熔断器	75
2.2.2	低压断路器	78

第3章 常用电工工具和仪表的使用

81

3.1	常用电工工具的使用	81
3.1.1	电工通用工具	81
3.1.2	电工装修工具	85
3.1.3	电工登高工具	90
3.1.4	电工常用电动工具	93
3.2	常用电工仪表的使用	94
3.2.1	电压表	95
3.2.2	电流表	95
3.2.3	万用表	96
3.2.4	电能表	98
3.2.5	钳形电流表	102
3.2.6	兆欧表	103
3.2.7	接地电阻测定仪	106

第4章 常用低压变压器与电动机

108

4.1	常用低压变压器	108
4.1.1	变压器的结构	108
4.1.2	变压器的工作原理	109
4.1.3	低压电力变压器	110
4.2	常用低压电动机	115
4.2.1	直流电动机	116
4.2.2	三相交流异步电动机	122
4.2.3	单相交流异步电动机	130

第5章 电气照明及供电线路

141

5.1	常用电气照明灯具	141
5.1.1	常用照明灯具的结构	141
5.1.2	常用照明灯具的类型	144
5.1.3	常用照明灯具的选用	146
5.2	常用配电及照明线路	149
5.2.1	常用配电线路	149

5.2.2 常用照明灯具线路	150
5.3 供电系统	153
5.3.1 电力网基本知识	153
5.3.2 低压进户装置	156

第6章 三相异步电动机的控制

160

6.1 三相异步电动机的单向运行控制	160
6.1.1 点动正转控制	160
6.1.2 自锁正转控制	160
6.1.3 既能点动又能连续运转控制	161
6.2 三相异步电动机正反转控制	162
6.2.1 接触器联锁正反转控制	162
6.2.2 接触器按钮双重联锁正反转控制	163
6.3 三相异步电动机降压启动控制	163
6.3.1 Y- Δ 降压启动控制	164
6.3.2 串电阻降压启动控制	166
6.4 三相异步电动机制动控制	167
6.4.1 能耗制动控制	167
6.4.2 反接制动控制	168
6.5 三相异步电动机的多地控制	169
6.5.1 多地控制线路的组成	170
6.5.2 多地控制线路的工作原理	170
6.6 三相异步电动机的顺序控制	170
6.6.1 顺序控制线路的组成	170
6.6.2 顺序控制线路的工作原理	171
6.7 三相异步电动机的位置控制	171
6.7.1 位置控制线路的组成	171
6.7.2 位置控制线路的工作原理	172
6.8 双速电动机的控制	173
6.8.1 双速电动机定子绕组的连接	173
6.8.2 双速电动机控制线路的组成	173
6.8.3 双速电动机控制线路的工作原理	174

第7章 照明装置和电动机的安装与维护

176

7.1 常用照明灯具的安装与维护	176
7.1.1 照明灯具安装的一般规定和要求	176
7.1.2 常用照明灯具的安装方法	178
7.1.3 常用照明灯具的维护	182
7.2 开关插座的安装与维护	185
7.2.1 开关插座的结构与类型	185
7.2.2 开关插座的选用	187

7.2.3 开关插座的安装	187
7.2.4 开关插座的维护	190
7.3 三相异步电动机的安装与维护	190
7.3.1 三相异步电动机的安装	190
7.3.2 三相异步电动机的维护	193

第8章 电气配电线路的安装与维护

197

8.1 导线的连接与绝缘层的恢复	197
8.1.1 导线绝缘层的去除	197
8.1.2 导线的连接	199
8.1.3 导线绝缘层的恢复	205
8.2 常用照明配电线路的安装	206
8.2.1 照明配电线路的技术要求	206
8.2.2 护套线配线	208
8.2.3 槽板配线	210
8.2.4 硬塑料管配线	212
8.3 常用动力配电线路的安装	214
8.3.1 金属管配线	214
8.3.2 绝缘子配线	217
8.3.3 电缆配线	219
8.4 电气配电线路的维护	224
8.4.1 照明与动力线路的维护	224
8.4.2 电缆线路的维护	224

参考文献

226

第 1 章

低压电工基础

1.1 低压电工安全知识

安全用电是指电气工作人员、生产人员以及其他用电人员，在既定环境条件下，采取必要的措施和手段，在保证人身及设备安全的前提下正确使用电力。安全用电不仅仅是电气工作的重要组成部分，同时也是劳动保护工作的重要方面。

1.1.1 低压电气事故的形成与类型

1.1.1.1 低压电气事故的形成

(1) 电气事故的主要原因

- ① 电气设备在设计、制造、安装时未能按有关规定进行。
- ② 缺少安全措施和安全知识而未能及时发现异常情况和采取措施。
- ③ 缺少安全管理造成运行和维护不当。
- ④ 设备绝缘损坏和自然老化。
- ⑤ 高分子化学工业的发展，企业中由于静电引起的爆炸和火灾事故越来越多。
- ⑥ 由于高层建筑、高压和超高压输电线路，雷电灾害也屡见不鲜。

(2) 低压触电事故的具体原因

① 设备不合格或严重失修 低压架空导线过低，离地净空高度和离建筑物的距离不符合规程要求；电杆拉线的固定部位不合适，工艺不良，拉线无隔离绝缘子且触及导线；用断股导线或一般铁丝作为电线，用绝缘破损、严重老化的电线作进户线或电动机引线；电线和电气设备长期使用后绝缘老化、破损，严重失修；单极开关误接在中性线上，使灯头长期带电，以及螺口灯座与灯泡的带电部位外露；广播线与电力线搭连；插座、插头不合格，或胶木闸刀开关、灯头等绝缘护罩、护盖失落、破坏；使用手持式电动工具缺少必要的安全技术措施；电动机绝缘受潮、老化和保护接地（或接零）失效；使用 220V 作行灯照明；配电盘设计和制造上的缺陷，使配电盘前后带电部分易于触及人体；电线或电缆因绝缘磨损或腐蚀而损坏，在带电时拆装电缆；大风刮断的低压线路未能及时修理等。

② 违章作业 带电搭接电源或修理电气设备，以及带电移动漏电设备；在架空线下面建造房屋或起吊重物而无安全措施；剪修高压线附近树木而接触高压线；趁供电线路停电，不经申报擅自在停电设备上工作；违反制度，约时停送电；在高低压共杆架设的线路电杆上检修低压线或广播线；带电接临时照明线及临时电源；火线误接在电动工具外壳上；用湿手拧灯泡；窃电等。

③ 缺乏安全知识 赤手拨拉断落的带电导线或拖拉触电者；插头接地端子误接相线，使用电设备金属外壳带电，或将电源接在插头上；爬登变压器或登杆掏鸟窝；任意将无盖闸刀开关放在地上运行；用非绝缘物包裹导线接头；潮湿场所用电未采用安全电压等。

④ 私拉乱接电源 装接一线一地照明；直接用导线挂钩架空线用电；私设 220V 用电围

栏；用破旧导线私拉地爬线、拦腰线等。

1.1.1.2 低压电气事故的类型

根据电能的不同作用形式，可将电气事故分为触电事故、静电危害事故、雷电灾害事故、电磁场危害事故和电气系统故障危害事故等。

(1) 触电事故

① 电击 这是电流通过人体，刺激机体组织，使肌肉非自主地发生痉挛性收缩而造成的伤害。严重时破坏人的心脏、肺部、神经系统的正常工作，形成危及生命的伤害。

电击对人体的效应是由通过的电流决定的，而电流对人体的伤害程度与通过人体电流的强度、种类、持续时间、通过途径及人体状况等多种因素有关。

按照人体触及带电体的方式，电击可分为以下几种情况。

a. 单相触电。这是指人体接触到地面或其他接地导体的同时，人体另一部位触及某一相带电体所引起的电击。

中性点直接接地电网的单相触电：如图 1-1 所示，人体承受 220V 的相电压，电流经过人体、大地和中性点的接地装置，形成闭合回路。该触电形式发生得较多，后果往往很严重。

中性点不接地电网的单相触电：如图 1-2 所示，人碰到任一相带电体时，该相电流通过人体经另外两根相线对地绝缘电阻和分布电容而形成回路，如果绝缘阻抗非常大，则通过人体的电流较小，对人体伤害的危险性也降低；如果线路的绝缘不良，则通过人体的电流就较大，对人体伤害的危险性也就较高。

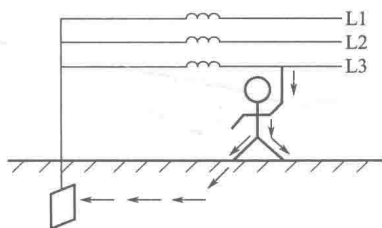


图 1-1 中性点直接接地电网单相触电

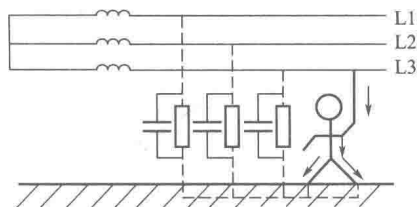


图 1-2 中性点不接地电网单相触电

b. 两相触电。这是指人体的两个部位同时触及两相带电体所引起的电击。如图 1-3 所示。两相触电时，人体承受的电压是线电压（380V），因此，两相触电的危害性比单相触电严重得多。

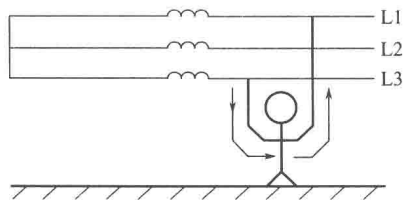


图 1-3 两相触电

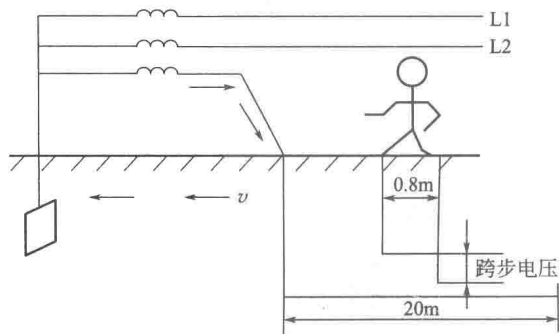


图 1-4 跨步电压触电

c. 跨步电压触电。这是指站立或行走的人体，受到出现于人体两脚之间的电压，即跨步电压作用所引起的电击。如图 1-4 所示，当带电体接地时，就会形成一个以接地点为圆心的电位分布区。接地点的电位就是导线的电位，离接地点越远，地面的电位就越低，在接地点

20m 以外,地面电位近似为零;离接地点越近,地面电位越高,如果人的两脚(或牲畜的前后蹄)站在离接地点远近不同的位置上,两脚之间就有电位差,此电位差称为跨步电压。此时,电流就会从一脚经胯部再到另一脚流入地下,形成回路,称为跨步电压触电。前后脚距离越大,所受跨步电压也就越大,触电的危险性也就越大。

② 电伤 这是电流的热效应、化学效应、机械效应等对人体所造成的伤害。此伤害多见于机体的外部,往往在机体表面留下伤痕。能够形成电伤的电流通常比较大。

电伤属于局部伤害,其危险程度决定于受伤面积、受伤深度、受伤部位等。

电伤包括电烧伤、电烙印、皮肤金属化、机械损伤、电光眼等多种伤害。

电烧伤是最为常见的电伤,大部分触电事故都含有电烧伤成分。电烧伤又可分为电流灼伤和电弧烧伤。

电流灼伤是人体同带电体接触,电流通过人体时,因电能转换成的热能引起的伤害。由于人体与带电体的接触面积一般都不大,且皮肤电阻又比较高,因而产生在皮肤与带电体接触部位的热量就较多,因此,使皮肤受到比体内严重得多的灼伤。电流愈大、通电时间愈长、电流途径上的电阻愈大,则电流灼伤愈严重。

电弧烧伤是由弧光放电造成的烧伤。电弧发生在带电体与人体之间,有电流通过人体的烧伤称为直接电弧烧伤;电弧发生在人体附近,对人体形成的烧伤以及被熔化金属溅落的烫伤称为间接电弧烧伤。弧光放电时电流很大,能量也很大,电弧温度高达数千摄氏度,可造成大面积的深度烧伤,严重时能将机体组织烘干、烧焦。

在全部电烧伤的事故当中,大部分事故发生在电气维修人员身上。

电烙印是电流通过人体后,在皮肤表面接触部位留下与接触带电体形状相似的斑痕,如同烙印。斑痕处皮肤呈现硬变,表层坏死,失去知觉。

皮肤金属化是由高温电弧使周围金属熔化、蒸发并飞溅渗透到皮肤表层内部所造成的。受伤部位呈现粗糙、张紧。

机械损伤多数是电流作用于人体,使肌肉产生非自主的剧烈收缩所造成的。其损伤包括肌腱、皮肤、血管、神经组织断裂以及关节脱位乃至骨折等。

电光眼的表现为角膜和结膜发炎。弧光放电时辐射的红外线、可见光、紫外线都会损伤眼睛。在短暂照射的情况下,引起电光眼的主要原因是紫外线。

(2) 静电危害事故 静电危害事故是由静电电荷或静电场能量引起的。在生产工艺过程中以及操作人员的操作过程中,某些材料的相对运动、接触与分离等原因导致了相对静止的正电荷和负电荷的积累,即产生了静电。由此产生的静电其能量不大,不会直接使人致命。但是,其电压可能高达数十千伏乃至数百千伏,发生放电,产生放电火花。静电危害事故主要有以下几个方面。

① 在有爆炸和火灾危险的场所,静电放电火花会成为可燃性物质的点火源,造成爆炸和火灾事故。

② 人体因受到静电电击的刺激,可能引发二次事故,如坠落、跌伤等。此外,对静电电击的恐惧心理还对工作效率产生不利影响。

③ 某些生产过程中,静电的物理现象会对生产产生妨碍,导致产品质量不良,电子设备损坏,造成生产故障,乃至停工。

(3) 雷电灾害事故 雷电是大气中的一种放电现象。雷电放电具有电流大、电压高的特点。其能量释放出来可能形成极大的破坏力。其破坏作用主要有以下几个方面。

① 直击雷放电、二次放电、雷电流的热量会引起火灾和爆炸。

② 雷电的直接击中、金属导体的二次放电、跨步电压的作用及火灾与爆炸的间接作用,

均会造成人员的伤亡。

③ 强大的雷电流、高电压可导致电气设备击穿或烧毁。发电机、变压器、电力线路等遭受雷击，可导致大规模停电事故。雷击可直接毁坏建筑物、构筑物。

(4) 射频电磁场危害事故 射频指无线电波的频率或者相应的电磁振荡频率，泛指100kHz以上的频率。射频伤害是由电磁场的能量造成的。射频电磁场的危害主要有：

① 在射频电磁场作用下，人体因吸收辐射能量会受到不同程度的伤害。过量的辐射可引起中枢神经系统的机能障碍，出现神经衰弱等临床症状；可造成植物神经紊乱，出现心率或血压异常，如心动过缓、血压下降或心动过速、高血压等；可引起眼睛损伤，造成晶体浑浊，严重时导致白内障；可使睾丸发生功能失常，造成暂时或永久的不育症，并可能使后代产生疾患；可造成皮肤表层灼伤或深度灼伤等。

② 在高强度的射频电磁场作用下，可能产生感应放电，会造成电引爆器件发生意外引爆。感应放电对具有爆炸、火灾危险的场所来说是一个不容忽视的危险因素。此外，当受电磁场作用感应出的感应电压较高时，会给人以明显的电击。

(5) 电气系统故障危害事故 电气系统故障危害是由于电能输送、分配、转换过程中失去控制而产生的。断线、短路、异常接地、漏电、误合闸、误掉闸、电气设备或电气元件损坏、电子设备受电磁干扰而发生误动作等都属于电路故障。系统中电气线路或电气设备的故障也会导致人员伤亡及重大财产损失。电气系统故障危害主要体现在以下几方面。

① 引起火灾和爆炸。线路、开关、熔断器、插座、照明器具、电热器具、电动机等均可引起火灾和爆炸；电力变压器、多油断路器等电气设备不仅有较大的火灾危险，还有爆炸的危险。在火灾和爆炸事故中，电气火灾和爆炸事故占有很大的比例。就引起火灾的原因而言，电气原因仅次于一般明火而位居第二。

② 异常带电。电气系统中，原本不带电的部分因电路故障而异常带电，可导致触电事故发生。例如：电气设备因绝缘不良产生漏电，使其金属外壳带电；高压电路故障接地时，在接地处附近呈现出较高的跨步电压，形成触电的危险条件。

③ 异常停电。在某些特定场合，异常停电会造成设备损坏和人身伤亡。如正在浇注钢水的吊车，因骤然停电而失控，导致钢水洒出，引起人身伤亡事故；医院手术室可能因异常停电而被迫停止手术，无法正常施救而危及病人生命；排放有毒气体的风机因异常停电而停转，致使有毒气体超过允许浓度而危及人身安全等；公共场所发生异常停电，会引起妨碍公共安全的事；异常停电还可能引起电子计算机系统的故障，造成难以挽回的损失。

1.1.2 低压电气安全的主要措施

1.1.2.1 低压电工安全用电常识

- ① 上岗前必须穿戴好规定的防护用品。一般不允许带电作业。
- ② 工作前应详细检查所用工具是否安全可靠，了解场地、环境情况，选好安全位置。
- ③ 各项电气工作要认真严格执行“装得安全、拆得彻底、检查经常、修理及时”的规定。
- ④ 在线路、电气设备上工作时要切断电源，并挂上警告牌，验明无电后才能进行工作。
- ⑤ 不准无故拆除电气设备上的熔丝、过负荷继电器或限位开关等安全保护装置。
- ⑥ 机电设备安装或修理完工后，在正式送电前必须仔细检查绝缘电阻及接地装置和传动部分防护装置，以确保其符合安全要求。
- ⑦ 发生触电事故时应立即切断电源，并采用安全、正确的方法立即对触电者进行抢救。
- ⑧ 装接灯头时开关必须控制相线（即开关应装在火线上）；临时线敷设时应先接地线，拆

除时应先拆相线。

⑨ 在使用电压高于 36V 的手电钻时，必须戴好绝缘手套，穿好绝缘鞋。使用电烙铁时，安放位置不得有易燃物或靠近电气设备，用完要及时拔掉插头。

⑩ 工作中拆除的电线要及时处理好，带电的线头须用绝缘带包扎好。

⑪ 高空作业时应系好安全带。

⑫ 登高作业时，工具、物品不准随便向下扔，须装入工具袋内吊送或传递。地面上的人员应戴好安全帽，并离开施工区 2m 以外。

⑬ 雷雨或大风天气，严禁在架空线路上工作。

⑭ 低压架空线路上带电作业时，应有专人监护，使用专用绝缘工具，穿戴好专用防护用品。

⑮ 低压架空带电作业时，人体不得同时接触两根线头，不得穿越未采取绝缘措施的导线之间。

⑯ 在带电的低压开关柜（箱）上工作时，应采取防止相间短路及接地等安全措施。

⑰ 当电器发生火警时，应立即切断电源。在未断电前应用四氯化碳、二氧化碳或干砂灭火，严禁用水或普通酸碱泡沫灭火器灭火。

⑱ 配电间严禁无关人员入内。外来单位参观时必须经有关部门批准，由电气工作人员带入。倒闸操作必须由专职电工进行，复杂的操作应由两人进行：一人操作，一人监护。

1.1.2.2 低压电工安全操作技术措施

(1) 停电检修安全操作技术措施 在电气设备上进行工作，一般情况下均应停电后进行，停电工作应采取以下安全措施。

① 停电 检修电气设备时，首先应根据工作内容，做好全部停电的倒闸操作，断开被检修设备的电源，对于多回路的线路，特别要防止向被检修设备反送电。

② 验电 断开电源后，必须用符合电压等级的验电器（试电笔），对被停电的设备进出线两侧各相分别进行验电，确证该设备已无电压存在后，方可开始工作。

③ 装设临时短路接地线 对于可能送电到被检修设备的各个电源方向，以及可能产生感应电压的地方，都要装设临时短路接地线。

装设临时短路接地线时，必须先接接地端，后接导体端，且接触必须良好。拆除临时短路接地线的顺序与装设时相反。在装拆临时短路接地线时，应使用绝缘杆，戴绝缘手套，且应有专人监护。

④ 悬挂警告牌和装设遮栏 在已断开的开关和闸刀的操作手柄上挂上“禁止合闸，有人工作”的标示牌，必要时加锁，以防止误合闸。

(2) 带电检修安全操作技术措施 如因特殊原因，设备或线路不能停电而又必须进行设备或线路的检修工作，就必须带电工作，带电工作应注意以下安全事项。

① 在 380/220V 的电气设备或线路上进行带电工作时，必须使用有绝缘手柄而且经耐压试验合格的工具，穿绝缘鞋，戴绝缘手套，站在干燥的绝缘物上进行操作，且应有专人进行监护。

② 将在工作中可能触及的其他带电体及接地物体，用绝缘物或网状遮栏隔离，以防造成相间短路或对地短路。

③ 在 380/220V 的设备或线路上带电工作时，应分清相线和零线。工作时任何情况下只准接触一根导线，不准同时接触两根导线，在进行连接或搭接导线时，要先连接中性线（地线），后连接相线（火线）；在断开导线时，要先断开相线，后断开中性线。

1.1.2.3 低压电气设备安全措施

为了保证电气设备的安全运行，电气设备的金属外壳应采用保护接地或保护接零的措施。

(1) **保护接地** 如图 1-5 所示，将电气设备正常运行下不带电的金属外壳和架构通过接地装置与大地进行连接，称为保护接地。保护接地的作用：在中性点不接地的三相三线制电网中，当电气设备因一相绝缘损坏而使金属外壳带电时，如果设备上没有采取接地保护，则设备外壳存在着一个危险的的对地电压，这个电压的数值接近于相电压，此时如果有人触及设备外壳，就会有电流通过人体，造成触电事故。

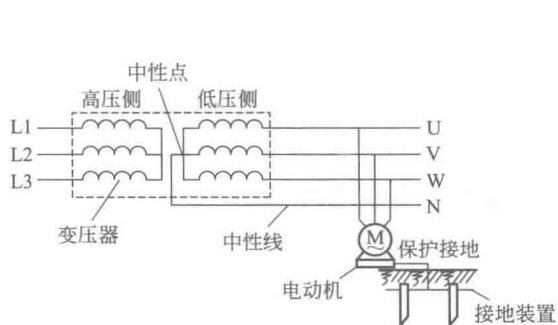


图 1-5 保护接地示意图

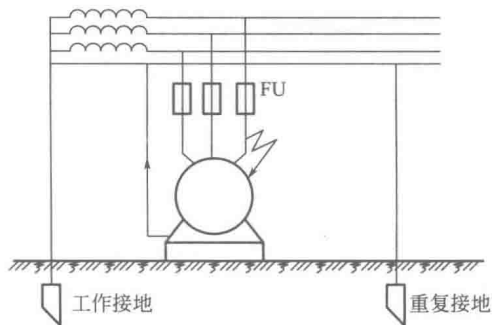


图 1-6 保护接零原理图

(2) **保护接零** 如图 1-6 所示，将电气设备正常运行下不带电的金属外壳和架构与配电系统的零线直接进行电气连接，称为保护接零。保护接零的作用：采用保护接零时，电气设备的金属外壳直接与低压配电系统的零线连接在一起，当其中任一相的绝缘损坏而外壳带电时，形成相线和零线短路，短路电流很大，促使线路上的保护装置（如熔断器、自动空气断路器等）迅速动作，切断故障设备的电源，从而起到防止人身触电的保护作用及减少设备损坏的机会。

(3) 接地和接零的注意事项

① 在中性点直接接地的低压电网中，电力装置宜采用接零保护；在中性点不接地的低压电网中，电力装置应采用接地保护。

② 在同一配电线路中，不允许一部分电气设备接地，另一部分电气设备接零，以免接地设备一相碰壳短路时，可能由于接地电阻较大，而使保护电器不动作，造成中性点电位升高，使所有接零的设备外壳都带电，反而增加了触电的危险性。

③ 由低压公用电网供电的电气设备，只能采用保护接地，不能采用保护接零，以免接零的电气设备一相碰壳短路时，造成电网的严重不平衡。

④ 为防止触电危险，在低压电网中，严禁利用大地作相线或零线。

⑤ 用于接零保护的零线上不得装设开关或熔断器，单相开关应装在相线上。

1.1.3 电气火灾消防知识

一旦发生电气火灾，应立即组织人员采用正确方法进行扑救，同时拨打 119 火警电话，向公安消防部门报警，并且应通知电力部门用电监察机构派人到现场指导和监护扑救工作。

① 电气设备发生火灾时，要首先切断电源，以防火势蔓延和灭火时造成触电。

② 灭火时，灭火人员不可使身体或手持的灭火工具触及导线和电气设备，以防止触电。

③ 灭火时要采用黄砂、干粉、二氧化碳或 1211 灭火剂等不导电的灭火材料，不可用水或泡沫灭火器进行灭火。

④ 带电灭火要注意灭火器的本体、喷嘴及人体与带电体之间的距离。对电压在 10kV 及以下的电气设备，距离应不小于 0.4m；35kV 不小于 0.6m。

⑤ 若只能用普通水枪进行带电灭火，则应先做好预防触电的安全措施，如将水枪喷嘴接地，灭火人员戴手套，穿绝缘靴等。

⑥ 对架空电力线路或其他处于高处的电气设备进行灭火时，灭火人员的位置与带电体之间的仰角应不超过 45° ，以防导线断落或设备倒下伤人。如遇带电导线断落地面，灭火人员须离开导线落地点 20m 以外，以防跨步电压触电。

1.1.4 触电急救技术

触电急救的要点是：动作迅速，救护得法。当发现有人触电时，切不可惊慌失措，束手无策，更不可借故逃离。应尽快使触电者脱离电源，然后根据触电者的具体情况，进行相应的救治。

1.1.4.1 使触电者迅速脱离电源

使触电者脱离电源的方法是，立即断开电源开关或拔掉电源插头。若无法及时断开电源开关，则可用有良好绝缘钳柄的钢丝钳剪断电线，或用有干燥木柄的斧头或其他工具将电线砍断。如身边什么工具都没有，可用干衣服、围巾等衣物，多层地、厚厚地把一只手严密包裹起来，拉触电者的衣服使其脱离电源。

1.1.4.2 简单诊断

触电者脱离电源后，要根据触电者的情况迅速进行救治。

① 触电者伤势不重，神志清醒，但心慌、四肢发麻、全身无力，或曾一度昏迷，但已清醒过来。此时应使触电者安静休息，不要走动，并请医生诊治或送往医院治疗。

② 触电者伤势较重，已失去知觉，但还有心脏跳动和呼吸存在。此时应使触电者舒适安静地平卧，周围不要围人观看，并应让空气流通。解开触电者衣服以利呼吸，如天气寒冷，要注意保暖，并请医生诊治或送医院治疗。如触电者呼吸困难或发生痉挛，应准备好一旦呼吸停止立即做进一步的抢救。

③ 触电者伤势严重，呼吸停止或心脏跳动停止，或二者都已停止。此时应立即施行人工呼吸法和胸外心脏挤压法进行抢救，并速请医生或送医院抢救。

1.1.4.3 现场急救方法

(1) 口对口人工呼吸法 口对口人工呼吸法是在触电者呼吸停止后应用的急救方法，是用人工的力量，促使肺部膨胀和收缩，达到恢复呼吸的目的。

① 使触电者仰卧，颈部伸直，解开触电者身上妨碍呼吸的衣服扣结、上衣、裤带等；掰开触电者的嘴，清除口腔内妨碍呼吸的呕吐物、黏液、活动假牙等；如果舌头后缩要把舌头拉出来，使呼吸道畅通。如果触电者牙关紧闭，可用木片、金属片等从嘴角伸入牙缝慢慢撬开，然后使触电者头部尽量后仰，如图 1-7(a) 所示。

② 救护人在触电者头部旁边，一手捏紧触电者的鼻孔不让漏气，另一手扶着触电者的下颌，使嘴张开，如图 1-7(b) 所示。

③ 救护人作深呼吸后，紧贴触电者的嘴（要防止漏气）吹气，同时观察触电者胸部膨胀情况，以胸部略有起伏为宜。吹气用力大小要根据不同的触电者而有区别。吹气情况如图 1-7(c) 所示。

④ 吹气人吹气完毕准备换气时，应立即离开触电者的嘴，并放开捏紧的触电者鼻孔，让

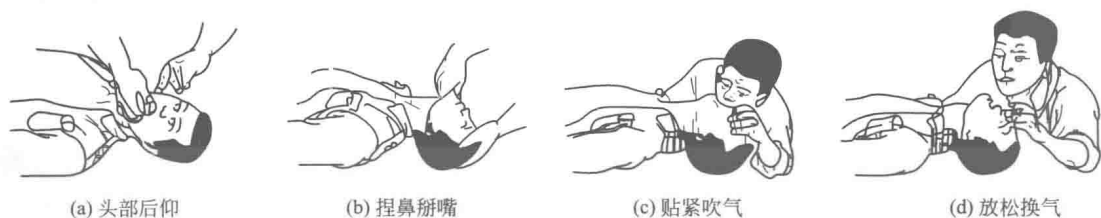


图 1-7 口对口吹气法

触电者自行呼气，如图 1-7(d) 所示。

按以上步骤连续不断地进行。对成年触电者每分钟吹气 14~16 次，每次吹气约 2s，呼气约 3s；对儿童触电者每分钟吹气 18~24 次，不用捏紧鼻子，任其自然漏气。

(2) **胸外心脏挤压法** 胸外心脏挤压法是用人工的方法在胸外挤压心脏，使触电者心脏恢复跳动。这种方法适用于抢救心脏跳动停止或心脏跳动不规则的触电者，具体做法如下。

① 使触电者仰卧，清除嘴里痰液，取下活动假牙。不使舌根后缩，使其呼吸道畅通。背部着地处应平整稳固，以保证挤压效果。

② 按图 1-8(a) 所示选好正确压点以后，救护人肘关节伸直，左手掌复压在右手背上，适当用力，带有冲击性地压触电者的胸骨（压胸骨时要对准脊椎骨，从上向下用力），如图 1-8(b) 和图 1-8(c) 所示。对成年人，可压下 3~4cm；对儿童应只用一只手，并且用力要小些，压下深度要浅些。



图 1-8 胸外心脏挤压法

③ 挤压后，掌根要迅速放松（但不要离开胸膛），使触电者的胸骨复位，如图 1-8(d) 所示。

挤压的次数为：成年人每分钟约 60 次，儿童每分钟 90~100 次。挤压的部位要找准，压力要适当，不可用力过大过猛，防止把胃里食物压出堵住气管或造成肋骨折断；但用力也不能太小，以免起不到挤压作用。

(3) **口对口吹气法和胸外心脏挤压法并用** 如果触电者的呼吸和心脏跳动都已停止，应同时采取口对口吹气法和胸外心脏挤压法来进行救护。救护可以单人进行，也可双人进行，如图 1-9 所示。

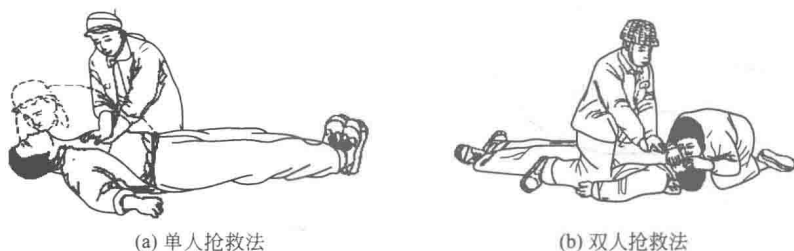


图 1-9 呼吸和心脏跳动都已停止的抢救方法

1.2 电路基础

电路理论是电工技术的基本理论,无论发电、用电还是控制,均离不开电路。本节将介绍电路中的基本物理量、基本概念和基本定律等。

1.2.1 电路的基本知识

1.2.1.1 电路的概念

(1) **电路** 电路是电流通过的路径。它由电源、负载、中间环节三部分组成。电路的特征是提供了电流流动的通道。复杂的电路亦可称之为网络。

如图 1-10 所示,手电筒电路即为一简单的电路组成;电源是提供电能或信号的设备,负载是消耗电能或输出信号的设备;电源与负载之间通过中间环节相连接。为了保证电路按不同的需要完成工作,在电路中还需加入适当的控制元件,如开关、主令控制器等。

根据作用的不同,电路可分为两类:一类是用于实现电能的传输和转换;另一类是用于进行电信号的传递和处理。

根据电源提供的电流不同,电路还可以分为直流电路和交流电路两种。

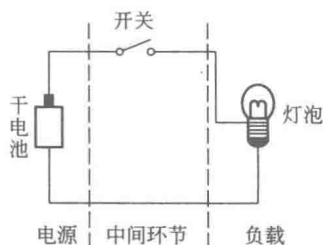


图 1-10 手电筒电路

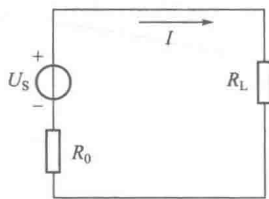


图 1-11 电路模型

(2) **电路模型** 在一定条件下,常忽略实际元件的其他现象,而只考虑起主要作用的电磁现象,也就是用理想元件来替代实际元件的模型,这种模型称之为电路元件,又称理想电路元件。

用一个或几个理想电路元件构成的模型去模拟一个实际电路,模型中出现的电磁现象与实际电路中的电磁现象十分接近,这个由理想电路元件组成的电路称为电路模型。

如图 1-11 所示电路为图 1-10 手电筒电路的电路模型。

1.2.1.2 电路的状态

电路在不同的工作条件下,会处于不同的状态,并具有不同的特点。电路的工作状态有三种:开路状态、负载状态和短路状态。

(1) **开路状态** 在图 1-12 所示电路中,当开关 K 断开时,电源则处于开路状态。开路时,电路中的电流为零,电源不输出能量,电源两端的电压称为开路电压,用 U_{OC} 表示,其值等于电源电动势 E ,即

$$U_{OC} = E \quad (1-1)$$

(2) **短路状态** 在图 1-13 所示电路中,当电源两端由于某种原因短接在一起时,电源则被短路。短路电流 $I_{SC} = \frac{E}{R_0}$ 很大,此时电源所产生的电能全被内阻 R_0 所消耗。