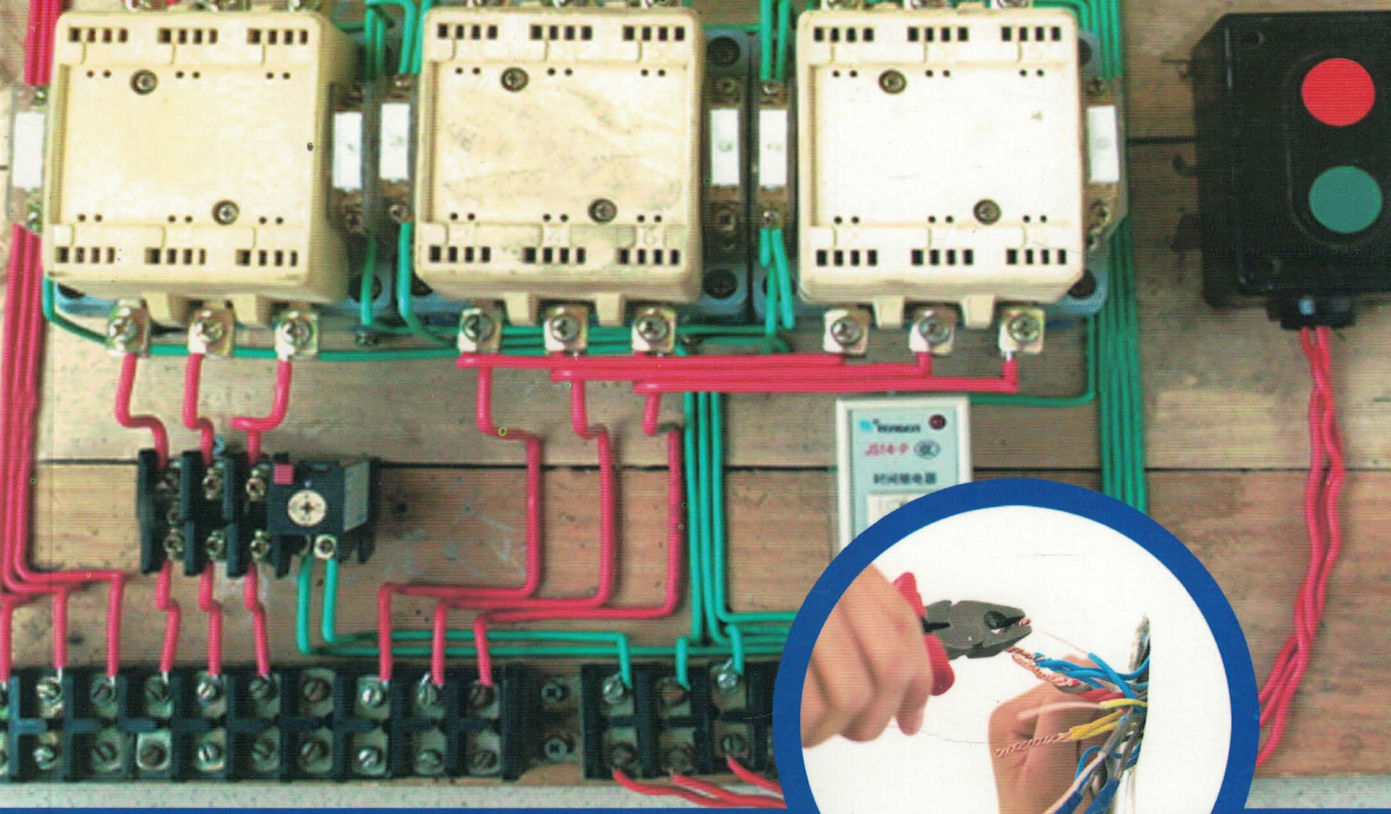


维修电工

上岗技能

实物图解

循序渐进轻松入门

理实一体强调实操

实物图解一看就懂

上岗技能一学就会

张振春 何应俊◎主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com

维修电工上岗技能实物图解

张振春　何应俊　主编

机 械 工 业 出 版 社

本书包含维修电工初、中级工和部分高级工的知识和技能。全书共分9章，具体包括掌握安全用电的方法和技巧、掌握常用电工仪表的使用方法和技巧、掌握导线的基本操作技能、异步电动机和变压器的维护及常见故障维修、直流电动机和部分特种电动机的使用和维护、常用低压电器的原理和选用方法、三相异步电动机控制线路制作与检修（基础篇）、三相异步电动机控制线路制作与检修（提高篇）以及低压配电设备装配、三相异步电动机在机电设备中的应用。另外，还提供了5个附录，具体包括导线截面积与载电量的关系估算、常用电（线）缆类型、电气设备检修的基本方法、异步电动机变频调速简介、互感器的基本知识。

本书适合维修电工的初学者自学，也适合作为职业院校电工电子类专业维修电工课程的教材使用。

图书在版编目（CIP）数据

维修电工上岗技能实物图解/张振春，何应俊主编. —北京：机械工业出版社，2018.6

ISBN 978-7-111-59781-0

Ⅰ.①维… Ⅱ.①张…②何… Ⅲ.①电工－维修－图解

Ⅳ.①TM07－64

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第087359号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：刘星宁 责任编辑：闾洪庆

责任校对：樊钟英 封面设计：马精明

责任印制：张 博

唐山三艺印务有限公司印刷

2018年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·16.25印张·399千字

0001—3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-59781-0

定价：49.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务 网络服务

服务咨询热线：010-88361066 机 工 官 网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294 机 工 官 博：weibo.com/cmp1952

010-88379203 金 书 网：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版 教育服务网：www.cmpedu.com



前　言

人们的工作和生活中已离不开电，为了安全、高效地配送和使用电能以及维护维修电气设施，社会对维修电工的需求量越来越大。部分用户自身也需要具备一定的电工知识和技能。本书能满足读者的这一需求。

本书包含维修电工初、中级工和部分高级工的知识和技能。内容密切联系工农业生产和生活实际，实用性、可操作性较强。

本书具有以下特点：

1）充分考虑维修电工初学者的学习特点，在内容编排上循序渐进，先易后难。

2）在表现方式上，采用大量的图示配以简洁、通俗易懂的文字说明，降低了学习难度。

3）每章开头都有本章导读、学习目标和学习方法建议，对初学者有一定的指导作用。

4）部分章节可以采用“按图索骥”的方式进行操作练习。

本书作者长期从事电工的教学、企业实践和职业技能鉴定，积累了大量的学习资料（文本、图片和视频），读者可发邮件至 948832374@ qq. com 免费获取。

本书由湖北长阳职教中心张振春、何应俊担任主编，参编人员有孙峰、覃宏杰、王功胜、覃建平、董玉芳、王文晶、汪小林等。



目　录

前言

第 1 章　掌握安全用电的方法和技巧 …… 1

1.1　掌握触电防护及急救的方法和技巧 …… 1

1.2　了解触电的可能方式和防范措施 …… 6

1.3　掌握电气设备的安全防护措施 …… 8

1.3.1　保护性接地 …… 8

1.3.2　保护性接零（中性线） …… 9

1.3.3　安全距离 …… 10

1.3.4　电气设备的防护装置 …… 10

1.3.5　安全标志 …… 11

知识链接一　与安全用电相关的知识 …… 12

知识链接二　电力的传输与分配简介 …… 14

思考题 …… 16

第 2 章　掌握常用电工仪表的使用方法和技巧 …… 17

2.1　万用表的使用方法和技巧 …… 17

2.1.1　指针式万用表的认识和使用 …… 18

2.1.2　数字万用表的认识和使用 …… 21

2.2　掌握钳形表的使用方法和技巧 …… 27

2.2.1　认识常见钳形表 …… 27

2.2.2　DM6266 型数字钳形表使用方法 … 30

2.2.3　指针式钳形表的使用方法 …… 33

2.3　掌握绝缘电阻表的使用方法和技巧 …… 34

2.3.1　认识常用绝缘电阻表 …… 34

2.3.2　掌握绝缘电阻表的使用方法和典型应用 …… 36

2.3.3　绝缘电阻表的使用练习 …… 39

2.4　掌握电能表的接线方法 …… 40

2.4.1　电能表的结构、原理 …… 40

2.4.2　电能表的接线 …… 41

2.4.3　电能表的安装要求 …… 45

知识链接一　万用表的相关知识 …… 45

知识链接二　绝缘电阻表的相关知识 …… 46

知识链接三　电能表的主要参数 …… 47

思考题 …… 48

第 3 章　掌握导线的基本操作技能 …… 49

3.1　掌握导线绝缘的剥削方法 …… 49

3.2　掌握导线连接的方法 …… 52

3.3　掌握导线连接处绝缘处理的方法 …… 64

第 4 章　异步电动机和变压器的维护及常见故障维修 …… 67

4.1　单相异步电动机的维护及常见故障维修 …… 68

4.1.1　单相异步电动机的原理和部件认识 …… 68

4.1.2　单相异步电动机一般故障的检测和排除 …… 82

4.1.3　家用制冷压缩机电动机的检修 …… 86

4.2　三相异步电动机的特点及维护 …… 87

4.2.1　三相异步电动机的原理和部件认识 …… 87

4.2.2　三相异步电动机的维护 …… 94

4.2.3　三相异步电动机一般故障检修（不含重绕绕组） …… 98

4.2.4　无标记绕组同名端的判别 …… 99

4.3　变压器的运行和维护 …… 100

4.3.1　单相变压器的运行和维护 …… 100

4.3.2　三相变压器的运行和维护 …… 104

4.3.3　三相变压器的常规检查及常见故障的排除 …… 108

需要全本请访问 www.ertongbook.com

思考题 …… 109
第 5 章　直流电动机和部分特种电动机的使用和维护 …… 111
5.1　直流电动机 …… 112
5.1.1　直流电动机的原理、类别、接线和特点 …… 112
5.1.2　拆装直流电动机，认识与检测各部件 …… 112
5.1.3　直流电动机的起动 …… 114
5.1.4　直流电动机的调速 …… 114
5.1.5　直流电动机的制动 …… 120
5.1.6　直流电动机的使用与维护 …… 124
5.1.7　直流电动机的常见故障及检修 … 125
5.2　步进电动机 …… 126
5.2.1　步进电动机的概述 …… 126
5.2.2　步进电动机的参数 …… 128
5.2.3　步进电动机的应用示例 …… 128
5.3　无刷直流电动机 …… 132
5.4　同步电动机 …… 134
第 6 章　常用低压电器的原理和选用方法 …… 136
6.1　掌握常用低压配电电器的特点和选用方法 …… 136
6.1.1　认识和选用常用熔断器 …… 136
6.1.2　认识和选用刀开关 …… 143
6.1.3　认识和选用断路器 …… 146
6.2　掌握常用低压控制电器的特点和选用方法 …… 152
6.2.1　认识和选用交流接触器 …… 152
6.2.2　认识和选用热继电器 …… 158
6.2.3　认识和选用按钮 …… 160
6.2.4　认识和选用倒顺开关 …… 161
6.2.5　认识和选用行程开关 …… 162
6.2.6　认识和选用电流继电器 …… 165
6.2.7　认识和选用电压继电器 …… 166
6.2.8　认识和选用中间继电器 …… 167
6.2.9　认识和选用时间继电器 …… 167
6.2.10　认识和选用固态继电器 …… 169
第 7 章　三相异步电动机控制线路制作与检修（基础篇） …… 172
7.1　三相异步电动机点动控制线路的制作与检修 …… 172
7.1.1　低压电器设备的选用与检测 …… 173
7.1.2　三相异步电动机控制线路的表示方法（以点动为例） …… 174
7.1.3　三相异步电动机控制线路的制作工艺及检测方法 …… 178
7.1.4　点动控制线路的制作实训 …… 180
7.2　三相异步电动机单向连续运行控制线路的制作与检修 …… 182
7.2.1　单向连续运行控制线路的原理、制作与检修 …… 182
7.2.2　单向连续运行控制线路的制作实训 …… 184
7.3　三相异步电动机点动与连续控制线路的制作与检修 …… 185
7.4　接触器联锁正反转控制线路的制作与检修 …… 186
7.4.1　改变相序的方法 …… 187
7.4.2　接触器联锁正反转控制线路的制作方法 …… 187
7.4.3　接触器联锁正反转控制线路的制作实训 …… 189
7.5　按钮联锁正反转控制线路的制作与检修 …… 189
7.5.1　元件准备 …… 190
7.5.2　按钮联锁正反转控制线路的制作方法 …… 190
7.5.3　按钮联锁正反转控制线路的制作实训 …… 191
7.6　按钮－接触器双重联锁正反转控制线路的制作与检修 …… 192
7.6.1　双重联锁正反转控制线路的制作方法 …… 192
7.6.2　双重联锁控制线路的制作实训 … 194
7.7　行程开关控制运动部件自动往复运行控制线路的制作与检修 …… 195
7.7.1　制作行程开关控制动力部件往复运动控制线路的方法 …… 195
7.7.2　行程开关控制线路的制作实训 … 197
7.8　多台电动机顺序起动控制线路的制作与检修 …… 198
7.8.1　顺序起动控制线路的制作方法 … 198
7.8.2　顺序起动控制线路的制作实训 … 199
7.9　电动机的多地控制 …… 200

第 8 章　三相异步电动机控制线路制作与检修（提高篇）以及低压配电设备装配 …… 202
8.1　三相异步电动机星形－三角形减压起动控制线路的装配与检修 …… 202
8.1.1　星形－三角形减压起动基本控制线路的装配与检修方法 … 203
8.1.2　星形－三角形减压起动正反转控制线路的制作（装配） …… 205
8.1.3　星形－三角形减压起动控制线路的实训 …… 208
8.2　三相异步电动机的其他减压起动方式 …… 208
8.2.1　三相异步电动机自耦变压器减压起动控制线路 …… 208
8.2.2　三相异步电动机串联电阻减压起动控制线路 …… 211
8.2.3　三相异步电动机软起动器的应用 …… 213
8.3　三相异步电动机的制动 …… 214
8.3.1　三相异步电动机反接制动控制线路 …… 215
8.3.2　三相异步电动机能耗制动控制线路 …… 216
8.4　低压配电设备 …… 219
8.4.1　低压配电设备的常见类别 …… 219
8.4.2　低压配电设备的装配 …… 221

第 9 章　三相异步电动机在机电设备中的应用 …… 230
9.1　重载设备的起动控制线路 …… 231
9.1.1　利用电流互感器和中间继电器来控制重载设备的起动 …… 231
9.1.2　利用电流继电器来完成重载设备的起动 …… 231
9.2　典型传送装置控制线路 …… 232
9.2.1　卷扬机控制线路 …… 232
9.2.2　多条传送带运送原料控制线路 … 233
9.3　三相异步电动机常用保护电路 …… 234
9.3.1　电动机过热保护控制线路 …… 234
9.3.2　电动机断相保护电路 …… 235
9.3.3　电动机的过电流保护电路 …… 235
9.3.4　电动机保安接地线路 …… 236
9.4　电动机在典型机电设备上的应用控制线路 …… 236
9.4.1　气压开关控制的空压机电路 …… 236
9.4.2　C620 型车床电气控制线路 …… 237
9.4.3　X62W 型万能铣床控制线路 …… 237
思考题 …… 239
附录 …… 243
附录 A　导线截面积与载流量的关系估算 …… 243
附录 B　常用电（线）缆类型 …… 244
附录 C　电气设备检修的基本方法 …… 248
附录 D　异步电动机变频调速简介 …… 250
附录 E　互感器的基本知识 …… 253

第1章

掌握安全用电的方法和技巧

本章导读

人们的生活和工农业生产离开不用电。用电不当，会导致人们生命和财产遭受不可估量的损失。所以安全用电方面的知识和技能，不仅电工必须掌握，而且也应该全民普及。

触电的方式有单线触电、两线触电、漏电触电、跨步电压触电等。每种触电方式都有相应的特点和防护措施。通过本章的学习，我们应能理解导致触电的原因，掌握防止触电以及触电急救的方法。

学习目标

1）熟悉使触电者脱离电源的方法和注意事项。
2）熟悉触电者脱离电源后的急救措施。
3）了解单线触电、两线触电、电气设备漏电触电的发生原因和防止措施。
4）了解跨步电压触电、高压电弧触电的发生原因和防止措施。
5）建立安全用电的意识。
6）理解并掌握保护性接地、接零的应用条件和实施方法。
7）知道不同情况下的安全距离。
8）知道不同情况下的安全标志。
9）了解常用的电气防护措施。

学习方法建议

本章的难度较小。可图文结合进行理解和记忆，并应用于实践。

1.1 掌握触电防护及急救的方法和技巧

发现人员触电后，应坚持“迅速，就地，准确，坚持”的原则。触电后1min内抢救，能救活的比例为90%，1~4min内抢救，能救活的比例为60%，超过10min，能救活的比例

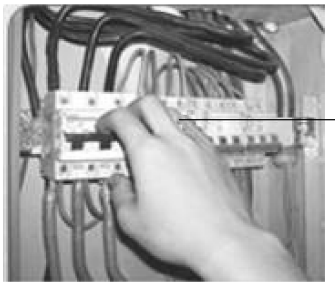
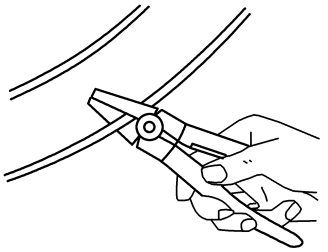
就很小了。

1. 脱离电源

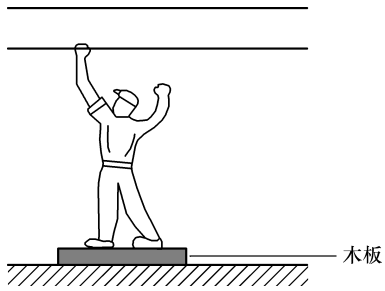
触电急救，首先要使触电者尽快脱离电源。因为电流作用的时间越长，伤害越重。

1）低压触电后脱离电源的措施。根据现场的不同，通常采用“拉”“切”“挑”“拽”“垫”等 5 种方法，详见表 1-1。

表 1-1　低压触电后脱离电源的措施

操作内容	图示	操作说明	注意事项
拉	 	就近、迅速将刀开关、断路器拉下，或者拔出电源插头、瓷插式熔断器，或者断开其他断路器，使触电的人迅速脱离电源	如果离电源开关较近，适合采用“拉”这种方法
切		如果离电源开关较远，可用带绝缘护套的工具（如钢丝钳等）切断电源线，注意一次只能剪断一根导线，以免造成短路	如果离电源开关较远，来不及去断开电源开关，则适合采用“切”“挑”“拽”“垫”的方法，使触电者迅速脱离电源
挑		也可以用绝缘棒挑开导致触电的导线	

（续）

操作内容	图示	操作说明	注意事项
拽		救护人员可戴绝缘手套或将手用干燥衣物等包裹绝缘后，站在干燥的木板上将触电者从电源处拽开	如果离电源开关较远，来不及去断开电源开关，则适合采用“切”“挑”“拽”“垫”的方法，使触电者迅速脱离电源
垫		如果电流通过触电者入地，并且触电者紧握电线，可设法用干木板塞到身下，与地隔离，再设法断开电源	

2）高压触电后脱离电源的措施。如果触电者触及高压带电设备，救护人员应迅速切断电源，或用适合该电压等级的绝缘工具（戴绝缘手套、穿绝缘靴并用绝缘棒）解脱触电者，详见表1-2。

表1-2　高压触电后脱离电源的措施

类别	措施	备注
落在地上的高压线导致的触电	如果尚未确认线路无电，救护人员在未做好安全措施（如穿绝缘靴）前，不能接近断线点8～10m范围内，防止跨步电压伤人（注：可以临时双脚并紧跳跃式地接近触电者）。触电者脱离带电导线后也应迅速带至8～10m以外并立即开始触电急救。只有在确认线路已经无电，才可在触电者离开触电导线后，立即就地进行急救	救护触电伤员切除电源时，有时会同时使照明失电，因此应采用应急灯等临时照明
高压带电线路导致的触电	首先应立即切断电源开关；如果电源开关较远，可采用抛挂足够截面积的适当长度的金属短路线方法，使电源开关跳闸。抛挂前，将短路线一端固定在铁塔或接地引下线上，另一端系重物。但抛掷短路线时，应注意防止电弧伤人或断线危及人员安全	不论是什么等级的电压线路上的触电，救护人员在使触电者脱离电源时要注意防止发生高处坠落的可能和再次触及其他有电线路的可能

2. 触电者脱离电源后的处理

（1）了解触电者的情况，对症处理

触电者脱离电源后，应根据触电者的具体情况而采取相应的措施。具体如下：

1）触电者神智清醒，但感觉头晕、心悸、出冷汗、恶心、呕吐等，应让其静卧休息，减轻心脏负担。

2）触电者神智有时清醒，有时昏迷，应让其静卧休息，并请医生救治。

3）触电伤员如神志不清，应让其就地仰面躺平，且确保气道通畅，如图 1-1 所示。并在 5s 内呼叫伤员或轻拍其肩部，以判定伤员是否意识丧失。禁止摇动伤员头部呼叫伤员。

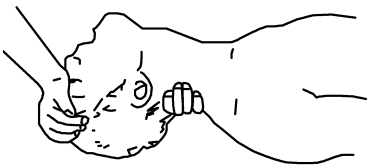


图 1-1　让触电者平躺、保持气道畅通

如果意识仍然不清，应立即进行呼吸、心跳情况的判定：在 10s 内，用看、听、试的方法，判定伤员呼吸心跳情况。看——看伤员的胸部、腹部有无起伏动作；听——用耳贴近伤员的口鼻处，听有无呼气声音，如图 1-2 所示；试——试测口鼻有无呼气的气流，再用手指轻试一侧（左或右）喉结旁凹陷处的颈动脉有无搏动，如图 1-3 所示。若有颈动脉搏动，则说明心跳尚存。

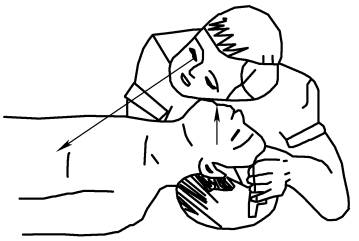


图 1-2　判断有无呼吸

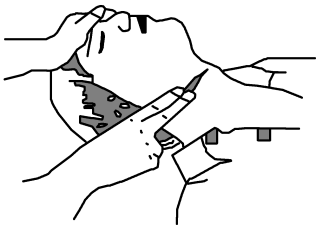


图 1-3　判断有无颈动脉搏动

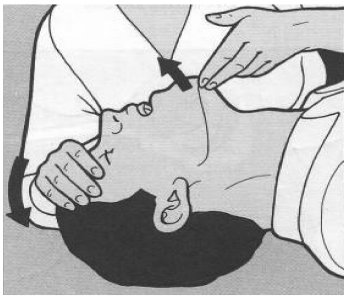
若经看、听、试，发现触电者无知觉但有呼吸、心跳，或者无知觉、心跳尚存、无呼吸，在请医生的同时，应施行人工呼吸。

如果既无呼吸又无颈动脉搏动，可判定呼吸、心跳均停止，则须同时采用人工呼吸法和胸外心脏按压法进行抢救。

（2）人工呼吸法和胸外心脏按压法

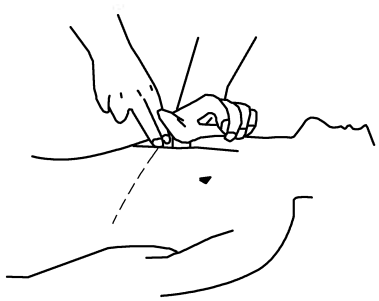
触电伤员呼吸和心跳均停止时，应立即按心肺复苏法，正确进行就地抢救。具体措施详见表 1-3。

表 1-3　对触电者进行心肺复苏法

项目	图示	说明
采用仰头抬颏法通畅气道		通畅气道可采用仰头抬颏法。用一只手放在触电者前额，另一只手的手指将其下颌骨向上抬起，两手协同将头部推向后仰，舌根随之抬起，气道即可通畅 严禁用枕头或其他物品垫在伤员头下，头部抬高前倾，会加重气道阻塞，且使胸外按压时流向脑部的血流减少，甚至消失 如发现伤员口内有异物，可将其身体及头部同时侧转，迅速用一个手指或用两个手指交叉从口角处插入，取出异物；操作中要注意防止将异物推到咽喉深部

需要全本请访问 www.ertongbook.com

（续）

项目	图示	说明
口对口（鼻）人工呼吸	 a) 捏鼻掰嘴贴紧吹气  b) 放松鼻子自然呼气	在保持伤员气道通畅的同时，救护人员用放在伤员额上的手的手指捏住伤员鼻翼，救护人员深吸气后，与伤员口对口紧合，在不漏气的情况下，先连续大口吹气两次，每次 1～1.5s。除开始时大口吹气两次外，正常口对口（鼻）呼吸的吹气量不需过大，以免引起胃膨胀。吹气和放松时要注意伤员胸部应有起伏的呼吸动作。吹气时如有较大阻力，可能是头部后仰不够，应及时纠正。触电伤员如牙关紧闭，可口对鼻人工呼吸。口对鼻人工呼吸吹气时，要将伤员嘴唇紧闭，防止漏气 如两次吹气后试测颈动脉仍无搏动，可判断心跳已经停止，要同时进行口对口人工呼吸和胸外按压
胸外按压（人工循环）	 a) 胸外按压姿势  b) 按压过程手掌根不得离开胸膛	确定按压位置：①右手的食指和中指沿触电者的右侧肋弓下缘向上，找到肋骨和胸骨接合处的中点；②两手指并齐，中指放在切迹中点（剑突底部），食指平放在胸骨下部；③另一只手的掌根紧挨食指上缘，置于胸骨上 按压姿势：①使触电伤员仰面躺在平硬的地方，救护人员立或跪在伤员一侧肩旁，救护人员的两肩位于伤员胸骨正上方，两臂伸直，肘关节固定不屈，两手掌根相叠，手指翘起，不接触伤员胸壁；②以髋关节为支点，利用上身的重力，垂直将正常成人胸骨压陷 3～5cm（儿童和瘦弱者酌减）；③压至要求程度后，立即全部放松，但放松时救护人员的掌根不得离开胸壁。按压必须有效，有效的标志是按压过程中可以触及颈动脉搏动 操作频率：匀速进行，每分钟 80 次左右，每次按压和放松的时间基本相等 胸外按压与口对口（鼻）人工呼吸可同时进行，其节奏为：单人抢救时，每按压 15 次后吹气 2 次（15∶2），反复进行；双人抢救时，每按压 5 次后由另一人吹气 1 次（5∶1），反复进行

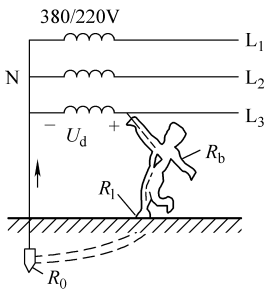
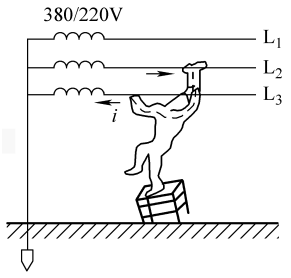
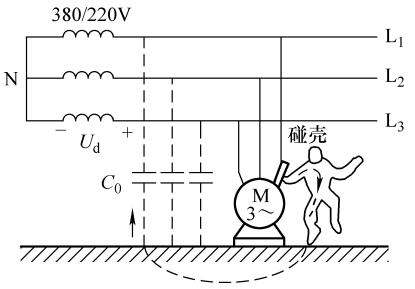
1.2 了解触电的可能方式和防范措施

生产和生活中可能导致触电的原因和触电方式有单线触电、双线触电、漏电触电、跨步电压触电等。我们知道了触电的原因和触电的方式，就能防患于未然。

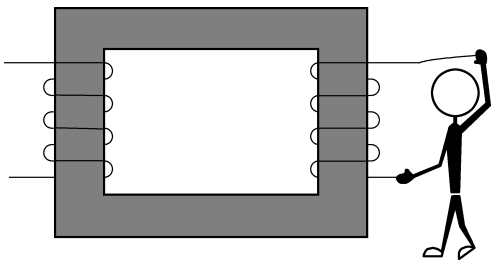
1. 人与带电体直接接触

人与带电体直接接触产生的触电方式详见表 1-4。

表 1-4 常见的触电方式

触电方式	图示	说明	防范措施
单线触电	 a) 三相供电中的单线触电  b) 单相供电中的单线触电	单线触电是最常发生的一种触电方式 触电者的身体的某一处与电气设备中任何一相相线接触，身体的另一处与大地接触。这样，相线、人体和大地构成了电流的通路。通过人身体电流的大小与触电者和地面之间的绝缘程度有很大关系	在地面绝缘性能好的工作场所，穿干燥的胶底或塑料底鞋操作，会有效防止单线触电
两线触电	 a)三相供电中的两线触电  b)单相供电中的两线触电	由于任意两根相线之间有 380V 的电压，任意一根相线与零线之间有 220V 的电压，所以当人体同时触及两根相线或者同时触及一根相线和一根零线时，电流就会经过人体形成通路而发生触电事故 这种触电方式对人体的危害比单线触电更大	要避免人体直接接触三相供电中的两根相线，以及单相供电中的一根相线和一根零线
接触电气设备的外壳（因电气设备漏电使外壳带电）而触电		若电气设备的接地装置不良或没有接地时，一旦发生绝缘击穿，则其外壳、机座与所带动的机械设备和与其相连接的架构等都将带有电压。当接触电压超过人体的安全电压时，就会造成触电事故	电气设备接地装置（金属外壳）必须良好接地 定期检查设备的绝缘性能，确保绝缘性能达标

（续）

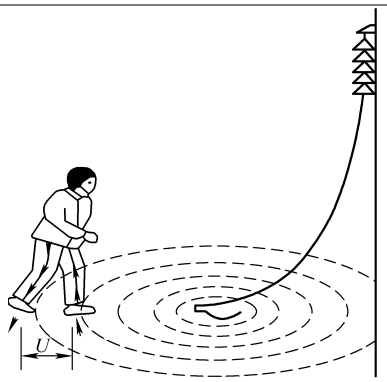
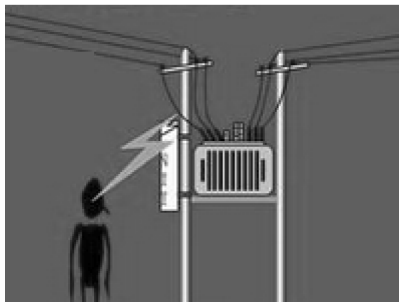
触电方式	图示	说明	防范措施
悬浮电路触电		工频交流电通过变压器相互隔离的一、二次绕组后，若从二次侧输出的电压零线不接地，则当变压器绕组不漏电时，即相对于大地处于悬浮状态。若人站在地上接触其中一根带电导线，不会构成电流回路，没有触电感觉。如果人体一部分接触二次绕组的一根导线，另一部分接触该绕组的另一根导线，则会造成触电	

注：选用绝缘材料必须与电气设备的工作电压、工作环境和运行条件相适应。不同的设备或电路对绝缘电阻的要求不同。例如，新装或大修后的低压设备和线路，绝缘电阻不应低于0.5MΩ；运行中的线路和设备，绝缘电阻要求每伏工作电压1kΩ以上；高压线路和设备的绝缘电阻因设备和电压等级的不同而不同，一般不低于1000MΩ。具体可查有关资料。

2. 高压触电

高压触电的发生情形及防止措施详见表1-5。

表1-5　高压触电的情形及防止措施

名称	图示	发生情形	防止措施
跨步电压触电	 注：*U*为跨步电压	当电气设备发生接地故障（如高压线落在地上），接地电流通过接地体向大地流散，从接地点起由近及远地形成一系列电位（等势线），若人在接地短路点周围行走，其两脚之间有电位差即跨步电压，该跨步电压引起的人体触电，称为跨步电压触电	从根源上防止产生跨步电压。定期检查电气设备的绝缘性能，防止漏电，防止输电线断路落地 迅速离开有跨步电压的区域。当发觉有跨步电压威胁时，应立即将双脚并在一起（或用一条腿）跳着离开危险区
高压电弧触电		高压线路和高压带电设备在运行时，所带电压常常是几千伏、几万伏以上。在人体离它们较近时，高压线或高压设备所带高电压，可能击穿它们与人体之间的空气，通过人体产生放电现象，对人体造成电烧伤，甚至致人死亡	高压触电的危险比220V电压的触电更危险，所以看到“高压危险”的标志时，不能靠近它 电力部门规定了对不同等级高压所必须保持的安全距离，10kV，不小于1m；35kV，不小于2.5m；110kV，不小于3m；220kV，不小于4m。如果不能准确判断电压等级，为了万无一失，须按高一级电压的安全距离离开。当空气湿度较大时安全距离应更大一些 高压带电设备都须设明显的标志：“高压危险，切勿靠近!”

1.3 掌握电气设备的安全防护措施

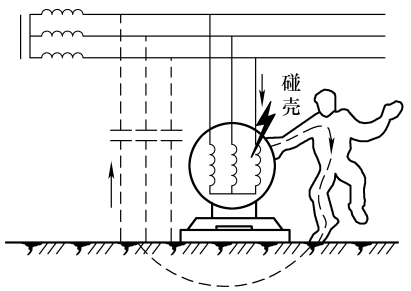
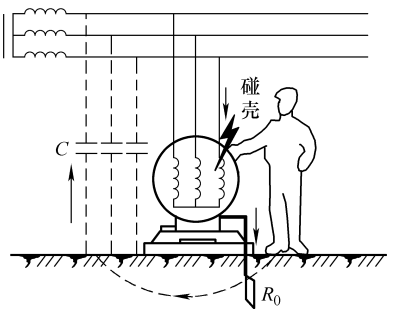
从对各种触电事故的原因分析可以看出，一部分是人们没有按电气设备的使用说明书或操作规程进行操作，另外还有很大一部分是由于电气设备在结构上、装置上有缺陷，不能满足安全工作要求而造成的事故。因此，电气设备在设计、制造和安装、维修时，在安全技术上应满足安全方面的要求。

1.3.1 保护性接地

1. 有保护性接地与无保护性接地的后果

所谓保护性接地，就是将电气设备的外壳用足够容量的金属导线或导体与大地可靠地连接（接地电阻要小于4Ω）。当人体触及带电外壳时，人体相当于接地电阻的一条并联支路，由于人体电阻远远大于接地电阻，所以通过人体的电流将会很小，避免了人身触电事故。适用于中性点不接地的三相电源系统中，其示意图和特点详见表1-6。

表1-6 保护性接地

类别	图示	说明
没有保护性接地		在中性点不接地的三相电源系统中，当接到这个系统上的某电气设备因绝缘损坏而使外壳带电时，其金属外壳（包括机座）对地会有一定的电压，如果人站在地上用手触及外壳，将有电流通过人体、地及分布电容回到电源。一般情况下该电流不大。但是，如果电网分布很广，或者电网绝缘强度显著下降，这个电流就会达到危及人身安全的程度
有保护性接地		通过接地导线和接地装置，将电气设备或装置的金属外壳用足够粗的金属导线与大地相连接。当设备的绝缘击穿发生漏电时，电流通过接地装置流入大地，这样当人体接触到电气设备的金属外壳时就不会发生触电事故 适用范围：①电机、变压器、照明器具、携带式或移动式用电器具等的底座和外壳；②电力设备的传动装置；③电流互感器和电压互感器的二次绕组；④配电盘与控制台的框架；⑤室内外配电装置的金属架构和钢筋混凝土构件，靠近带电部分的金属围栏和金属门；⑥交直流电力电缆接线盒、终端盒的金属外壳，电缆的金属外皮，穿线的钢管等

2. 接地线的敷设

接地线（见图1-4）的连接必须使用焊接，以保证有可靠的接触。扁钢焊接时搭接的长度（电焊长度）应为宽度的2倍，圆钢焊接时搭接长度为圆钢直径的6倍。

为了保证接地装置的可靠连接，一般接地装置的地上部分（接地线）与地下部分（接地体）之间，可采取多处连接的办法。

另外，接地线一般不作为其他用处。

1.3.2　保护性接零（中性线）

1. 保护性接零的概念

在380/220V三相四线制低压电网中，都采取中性点接地（工作接地）的运行方式。若中性点接地良好，将电气设备或装置的金属外壳与中性线连接，用以代替保护性接地的措施，称为保护性接中性线或保护性接零，如图1-5所示。



图1-4　接地线

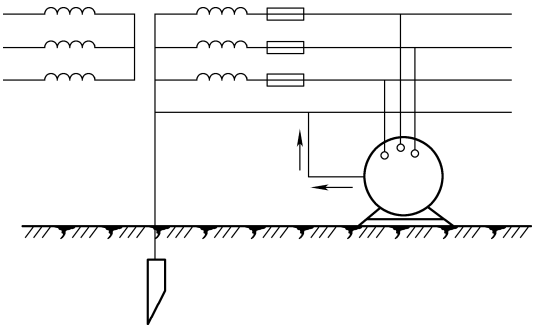


图1-5　保护性接零示意图

2. 保护性接零的优越性

这种保护措施有很大的优越性。某一相绝缘损坏使相线碰壳（即接触到金属外壳），外壳带电时，由于外壳采用了保护性接零措施，因此该相线和零线构成回路（见图1-5中的箭头），单相短路电流很大，足以使线路上的保护装置（如熔断器）迅速熔断，如图1-6所示，从而将漏电设备与电源断开，从而避免人身触电的可能性。

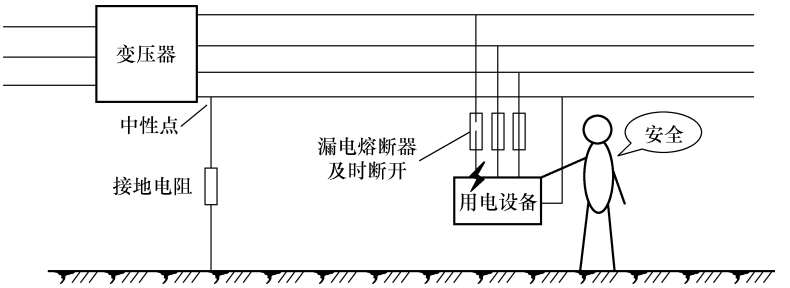


图1-6　保护性接零的优越性

3. 保护性接零的注意事项

1）在电源的中性点接地的配电系统中，只能采用保护性接零。如果采用保护性接地则不能有效地防止人身触电事故。如图1-7所示，若采用保护性接地，电源中性点接地电阻（R_0）与电气设备的接地电阻（R）均按4Ω考虑，而电源电压为220V，那么当电气设备的绝缘损坏使电气设备外壳带电时，则两接地电阻

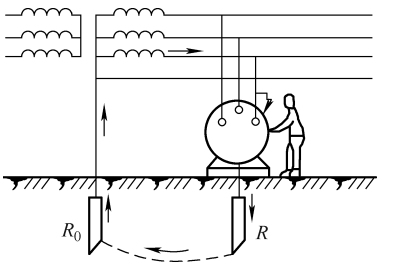


图1-7　中性点接地系统采用保护性接地的后果

间的电流将为 $I_R = 220V/(R_0 + R) = 220V/8\Omega = 27.5A$。

熔断器熔体的额定电流是根据被保护设备的要求选定的，如果设备的额定功率较大，为了保证设备在正常情况下工作，所选用熔体的额定电流也会较大，在 27.5A 接地短路电流的作用下，将不断熔断，外壳带电的电气设备不能立即脱离电源，所以在设备的外壳上长期存在对地电压 U_d，其值为

$$U_d = 27.5A \times 4\Omega = 110V$$

显然，这是很危险的。如果保护接地电阻大于电源中性点接地电阻，设备外壳的对地电压还要高，这时危险更大。

2）为了防止中性线断线，要求敷线工作除了保证线路不受损伤，接头接触良好外，一般在中性线上不允许装设开关或熔断器。另外，在中性点直接接地的低压电网中，除了零线应在电源处接地外，在架空线路的干线和分支线的终端及沿线每千米处应重复接地（但距接地点不超过 50m 者除外）。或在屋内将零线与配电屏、控制屏的接地装置相连。显然，在实行了重复接地以后，保护水平可进一步提高。零线的重复接地要尽量地利用自然体，每一重复接地的电阻值不大于 10Ω。

1.3.3 安全距离

安全距离就是在各种工况条件下，带电导体与附近接地的物体、地面、不同相带电导体、以及工作人员之间，必须保持的最小距离或最小空气间隙。这个距离或间隙不仅应保证在各种可能的最大工作电压或过电压的作用下，不发生放电，还应保证工作人员在对设备进行检查、维护、操作时的绝对安全，而且身体健康也不受影响。

这些安全距离归纳起来主要有四个方面：①设备带电部分距离接地部分或者另一相带电部分之间的距离；②设备带电部分到各种不同遮栏间的距离；③无遮栏裸导体到地面间的距离；④ 工作人员在进行设备维护检修时与设备带电部分间的距离。相关数据可以参考《高压配电装置设计技术规程》和《电业安全工作规程》。

1.3.4 电气设备的防护装置

电气设备的防护装置一般可分为遮栏、保护盒、保护罩等，详见表 1-7。

表 1-7 常用电气防护装置

名称	图示	说明
遮栏		凡是安全距离达不到规定值的电气设备都必须加装遮栏，防止工作人员偶然接近高压等带电部分达到危险距离 为了便于检查，一般室内配电设备适宜装设网状遮栏，当需要巡视的设备只是位于室内的某一部分，则可装设一部分由金属板制成，一部分由铁丝网制成的组合式遮栏 遮栏应设置能防止自行开启的锁，但要求能方便地打开。网状遮栏的高度不低于 170cm，使个子高的人也不可能将手伸过遮栏上端

需要全本请访问 www.ertongbook.com