

“十二五”职业教育国家规划教材
创新机电一体化系列教材

电工电子技术

总主编 ◎ 吕景泉

主 编 ◎ 张文涛 李 军

副主编 ◎ 马冬宝 牟 刚

参 编 ◎ 刘 爽 李金霞 张 虹

王 涛 张 鑫 陈春先

徐永先 徐晓灵 贾 强

束炳昊



华东师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术 / 张文涛, 李军主编. —上海: 华东师范大学出版社, 2014. 2
十二五创新机电一体化系列教材
ISBN 978-7-5675-1732-5

I. ①电… II. ①张… ②李… III. ①电工技术—高等职业教育—教材②电子技术—高等职业教育—教材
IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 024245 号

电工电子技术

总 主 编 吕景泉
主 编 张文涛 李 军
项目编辑 吴 余
装帧设计 创图文化

出版发行 华东师范大学出版社
社 址 上海市中山北路 3663 号 邮编 200062
网 址 www.ecnupress.com.cn
电 话 021-60821616 行政传真 021-62572105
客服电话 021-62865537 门市(邮购)电话 021-62869887
地 址 上海市中山北路 3663 号华东师范大学校内先锋路口
网 店 <http://hdsdcbs.tmall.com>

印 刷 者 成都市海翔印务有限公司
开 本 787×1092 16 开
印 张 25.75
字 数 645 千字
版 次 2014 年 6 月第 1 版
印 次 2014 年 6 月第 1 次
书 号 ISBN 978-7-5675-1732-5/TB·071
定 价 58.00 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社客服中心调换或电话 021-62865537 联系)

目 录



绪 论	1
项目一 教材导读	2
项目二 用电安全	4
任务一 认识电的危害	5
任务二 安全用电的方法	8
任务三 认识触电方式与急救方法	16
任务四 项目小结	22
项目三 生产线指示灯电路的连接与测量	25
任务一 单层单色生产线指示灯故障检修	26
任务二 三层三色生产线指示灯电路的连接	35
任务三 三层三色生产线指示灯故障检修与测量	41
任务四 三层三色生产线指示灯铭牌识读与电路基本物理量计算	46
任务五 生产线指示灯的选型	47
任务六 项目小结	49
项目四 电源并联供电电路的安装与测试	52
任务一 基尔霍夫定律的认知	53
任务二 电源并联供电电路的安装	56
任务三 电源并联供电电路的基本分析方法	58
任务四 等效变换的分析	63
任务五 电源并联供电电路的测试	66
任务六 项目小结	68



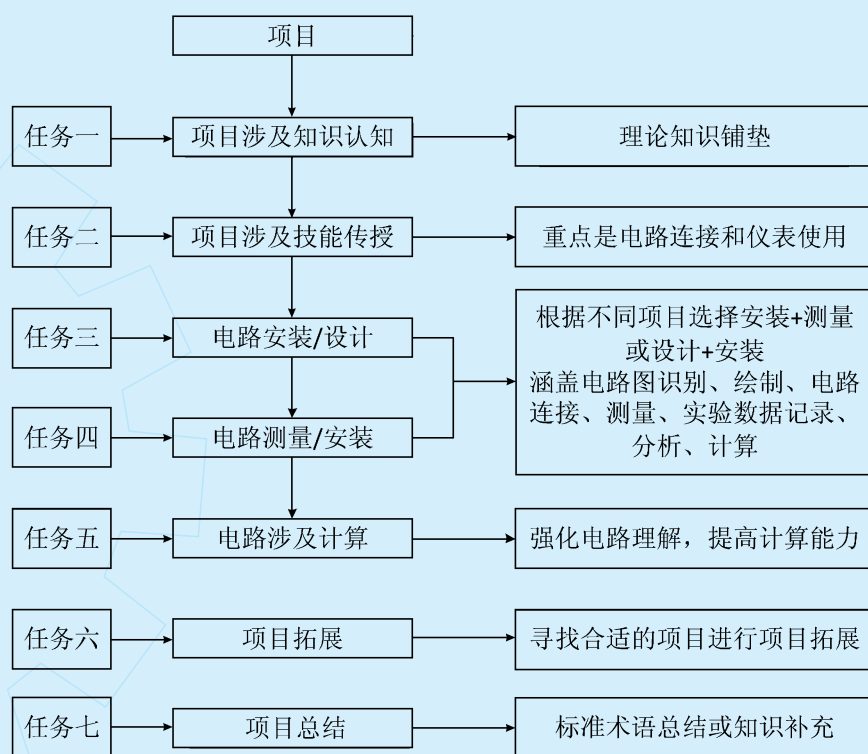
项目五 单相照明电路的安装与测试	73
任务一 单相正弦交流电的认知	74
任务二 单一元件参数交流电路的计算	82
任务三 照明电路的安装与测量	90
任务四 单相交流电路的基本电量计算	93
任务五 功率因数的提高	100
任务六 项目小结	106
项目六 三相交流异步电动机电路的安装与测试	109
任务一 三相交流异步电动机电路的认知	110
任务二 三相交流异步电动机电路的分析	114
任务三 三相电路的安装与测量	119
任务四 三相电路基本电量计算和功率分析	123
任务五 三相交流电源相序的判别	128
任务六 项目小结	130
项目七 变压器电路的安装与测试	134
任务一 基本磁路知识的认知	135
任务二 自耦变压器的使用	138
任务三 变压器的特性分析	142
任务四 变压器同极性端的测试	150
任务五 电动机抱闸制动电路元件的性能分析	154
任务六 项目小结	157
项目八 楼道声光控灯电路的连接与测量	160
任务一 楼道声光控灯元器件识别与检测	161
任务二 直流稳压电源单元电路连接与测量	188
任务三 声光控单元电路连接与测量	206
任务四 楼道声光控灯电路连接与测量	217
任务五 项目小结	225
项目九 车间温度控制电路的连接与测量	227
任务一 温度检测单元电路连接与测量	228
任务二 电压比较单元电路连接与测量	242
任务三 驱动单元电路连接与测量	250



任务四 车间简易温度控制电路连接与测量·····	257
任务五 项目小结·····	262
项目十 风机工作状态监测电路的连接与测量·····	264
任务一 电动机工作状态监测·····	265
任务二 风机工作状态监测电路的连接·····	280
任务三 风机工作状态监测电路的故障检修与测量·····	288
任务四 风机工作状态监测电路的优化设计方案·····	292
任务五 项目小结·····	296
项目十一 直流电机转速测量电路的连接与测试 ·····	299
任务一 直流电机转速测量电路中数字芯片的识别与功能检测·····	301
任务二 低速直流电机转速测量电路的连接与测试·····	319
任务三 低速直流电机转速测量电路故障检测·····	324
任务四 中高速直流电机转速测量电路的连接与测试·····	333
任务五 中高速直流电机转速测量电路故障检修·····	336
任务六 项目小结·····	341
项目十二 储水罐灯光调节、水量检测电路的连接与测试·····	344
任务一 储水罐灯光调节电路的分析·····	345
任务二 储水罐灯光调节电路的连接与测试·····	352
任务三 储水量检测电路的电路分析·····	365
任务四 储水量检测电路的连接与测试·····	374
任务五 项目小结·····	387
附录 I 电气标准知识·····	390
附录 II 常用电气图形符号对照表·····	394
参考文献·····	399

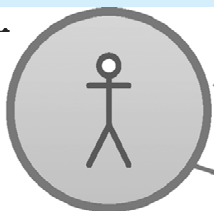
绪 论

电工电子技术是工程领域的基础技术之一。作为高职高专机电一体化技术专业的基础课程配套教材，本书将分别在电工技术和电子技术两个领域讲解，本书按照项目进行编排，根据不同部分内容进行了整体规划和设计，教师和学生可根据下图了解项目构成和学习要点，有针对性地准备教学和进行学习。



项目一 教材导读

项目一



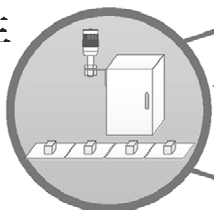
教材导读 教材内容一览。

项目二



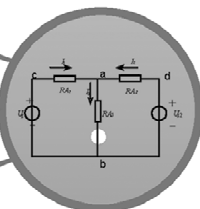
安全用电 通过认识电的危害、常见的触电方式，掌握安全用电的方法以及触电后的急救措施。

项目三



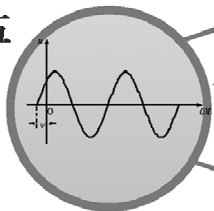
生产线指示灯电路的连接与测量 完成电路认知、基本元器件识别、电路工作状态判别和基本物理量测量与计算等内容。

项目四



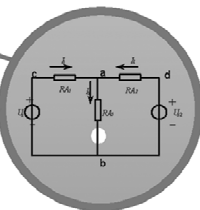
电源并联供电电路的安装与测试 通过电路分析，认知基本定律，并求解电路问题。

项目五



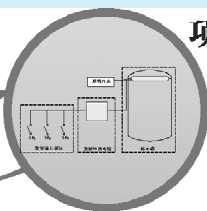
单相照明电路的安装与测试 通过连接和测试单相照明电路，完成单相交流电路分析和计算。

项目六



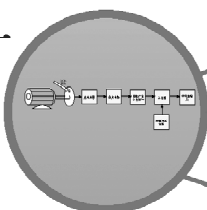
三相交流异步电动机电路的安装与测试 完成三相交流电路认知、三相交流电路中负载的连接方式、相电压与线电压的关系、相电流与线电流的关系以及功率分析等内容。

储水罐灯光调节、水量检测电路的连接与测试 了解数模转换器和模数转换器的原理、数模转换器和模数转换器的主要电路形式和性能参数等内容。



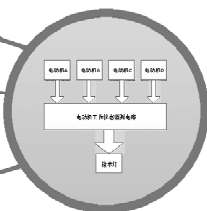
项目十二

项目十一



直流电机转速测量电路的连接与测试 完成时序逻辑电路认知、掌握集成触发器芯片使用、显示芯片使用，了解同步时序逻辑电路的应用等内容。

风机工作状态监测电路的连接与测量 完成组合逻辑电路认知、基本逻辑器件识别、组合逻辑电路连接、测量和设计组合逻辑电路等内容。



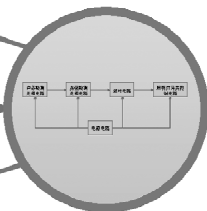
项目十

项目九



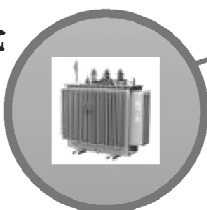
车间温度控制电路的连接与测量 完成集成运算放大电路的认知、集成运算放大电路基本运算电路的参数计算和测量、负反馈类型的判断和电压比较器的原理分析和计算。

楼道声光控灯电路的连接与测量 完成对驻极体话筒、光敏电阻、二极管、三极管和晶闸管等器件的识别与质量检测、电路工作状态判别和基本参数的测量与计算等内容。



项目八

项目七



变压器电路的安装与测试 通过连接和测量电动机自耦降压起动电路，完成磁路认知、基本电磁元器件识别和基本物理量测量与计算等内容。

项目二 用电安全

项目目标

通过认识电的危害、常见的触电方式，掌握安全用电的方法以及触电后的急救措施。

知识目标	技能目标
了解电的危害。 了解常见的触电方式。 掌握安全用电的技术。 掌握触电后的急救方法。	培养防触电的职业工 作习惯。 熟练应用用电安全 技术。 熟练掌握对触电者的 急救措施。



任务一 认识电的危害

任务目标

电和我们的生活息息相关，可以说在现代社会，如果没有电，将会导致国家与城市全面瘫痪。电能与其他能量相比，具有不能比拟的可贵之处：使用过程简单、干净整洁且较为便宜；便于传送；易于转化成其他形式的能量等。与此同时，使用电所带来的不安全事故不断发生，每年全世界因电引发的火灾上百万起，上万人死于电击。但当掌握了安全用电的基本规则、常识、方法，并严格按规程操作，电就能够很好地为我们服务。知己知彼，百战不殆，为了更好的利用电，我们首先通过一个案例来认识电的危害。

案 例

1988年7月31日上午，某厂职工子弟中学校办工厂，在承包工程的室外地沟里进行对接管道作业的青年管工，拉着焊机二次回路线往焊管上搭接时触电，倒地后将回路线压在身下触电身亡。

现场描述

该管工在雨后有积水的管沟内摆对接管时，脚上穿的塑料底布鞋、手上戴的帆布手套均已湿透。当右手拉电焊机回路线往焊管上搭接时，裸露的线头触到戴手套的左手掌上，使电流在回线—人体—手把线（已放在地上）之间形成回路，电流通过心脏。尤其是触电倒下后，在积水的沟内，人体成了良好的导体。现场模拟如图2-1所示。

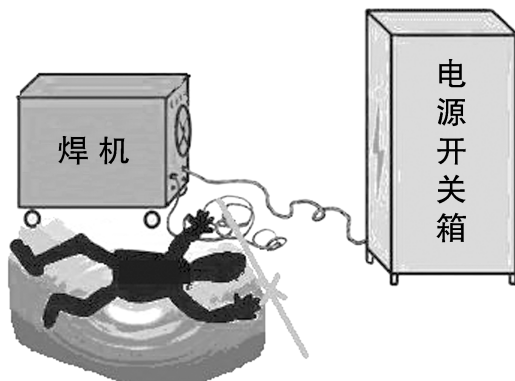


图 2-1 模拟触电现场



案例分析

在皮肤潮湿情况下,人体电阻最多在 $1000\ \Omega$ 左右,而电焊机空载二次电压在 $70\ \text{V}$ 左右,则通过人体的电流为 $70\ \text{mA}$ 。而成人通常的致命电流为 $50\ \text{mA}$ 。因此 $70\ \text{mA}$ 电流足以使其心脏不能再起到压送血液的作用,血液循环停止造成死亡。环境的不安全因素加之缺乏安全用电知识使年仅 23 岁的工人死于非命。

知识讲解

● 触电危害

电流对人体的伤害主要有电击、电伤和电磁场生理伤害三种形式。

1. 电击

电击是指电流通过人体内部器官,破坏呼吸系统、心脏和神经系统的正常功能,血液循环减弱,使人体发生抽搐、痉挛、失去知觉,甚至造成死亡。

2. 电伤

电伤是指电流的热效应、化学效应、机械效应造成的人体外部器官局部伤害。电伤会在人体皮肤表面留下明显的伤痕,常见的有电灼伤、电烙印和皮肤金属化等现象。

3. 电磁场生理伤害

高压电线会产生较强辐射。世界卫生组织(WHO)已经确认高压输电产生的工频电磁场是人类可疑致癌物。高压磁场强度可使人出现头晕、乏力及心血管系统、中枢神经系统功能异常等。

● 影响触电危险程度的因素

影响触电危险程度的因素包括流经人体的电流强度、外加电压、电流的频率、电流流经人体的途径、通过人体的持续时间、人体自身的健康状况等。

1. 流经人体的电流强度

通过人体的电流越大,人体的生理反应就越明显,感应就越强烈,引起心室颤动所需的时间就越短,危害就越大。按照通过人体电流的大小和人体所呈现的不同状态,工频交流电大致分为下列四种:

(1) 感觉电流:指引起人的感觉的最小电流。实验表明,成年男性的平均感觉电流约为 $1.1\ \text{mA}$,成年女性约为 $0.7\ \text{mA}$ 。感觉电流不会对人体造成伤害,但电流增大时,人体反应更强烈,很可能造成坠落、撞击等二次事故发生。

(2) 摆脱电流:指人体触电后能自主摆脱电源的最大电流。实验表明,成年男性的平均摆脱电流约为 $16\ \text{mA}$,成年女性约为 $10\ \text{mA}$ 。

(3) 致命电流:指在较短的时间内能危及生命的最小电流,电流强度为 $50\ \text{mA}$ 。实验



表明，当通过人体的电流达到 50 mA 以上时，心脏会停止跳动，可能导致死亡。

(4) 安全电流：指在线路中没有防止触电保护装置的情况下，人体允许通过的最大电流，一般为 30 mA。

2. 人体电阻

流经人体的电流取决于外加电压和人体电阻。在皮肤干燥、洁净、无破损的情况下，人体电阻可达 40~100 kΩ；但在皮肤潮湿破损时，人体电阻会降至 1 kΩ 以下；如皮肤完全遭到破坏，人体电阻将下降到 600~800 Ω。故确定安全条件时，通常不用安全电流考虑，而是用安全电压表示。

3. 电流的频率

不同频率电流对人体的危害程度也不一样。一般认为，直流的危险性比交流小；而 50~60 Hz 的交流电对人体的伤害程度最为严重；当低于或高于以上频率范围时，其伤害程度会显著减轻；而在高频情况下，人体也能承受较大的电流，当频率高到 2000 Hz 以上时，对人体的影响就已很小。因此，医生常采用高频电流为病人做理疗。

4. 电流通过人体的途径

人体触电后，在电流通过人体的不同途径中，从左手到胸部的电流路径最危险，因为这条途径通过心脏、脑、脊髓、肺等重要器官；其次是从手到手、从手到脚的电流路径；而从脚到脚是危险性较小的电流路径，但这条路径易导致触电者痉挛而摔倒，从而发生二次事故。

5. 电流的持续作用时间

当电流通过人体持续作用的时间越长时，生命的危险性就越大。

6. 人体的健康状况

与触电者的性别、年龄、健康状况、精神状态等有关。女性比男性对电流的敏感程度高，承受力为男性的 2/3；小孩比成年人受电击的伤害程度严重；过度疲劳、措手不及的人比有思想准备的人受伤害程度高；病人受伤害程度比健康人严重。

安全提示

在公共场所的配电室门上，为了防止人们误进入而进行误操作，可张贴“配电重地、闲人莫入”标识（图 2-2）。



图 2-2 “配电重地闲人莫入”标识



在高压线产生的低频磁场区域内，为提醒特殊人群，如孕妇或儿童等，可张贴“当心电离辐射”标识（图 2-3）。



图 2-3 “当心电离辐射”标识

任务二 安全用电的方法

任务目标

认识了电的重要性及其危害性后，如何做到安全用电呢？通过本任务，我们将学习安全用电的防护措施及相关安全用电技术。

案 例

云南省红河州蒙自县文澜镇余家寨村处于大山深处。2010 年时，村民们开始修筑进村的公路。但因机械施工等原因，经常会影响到附近的电力线路，致使此条线路跳闸而全部停电。同年，220 千伏小开 I 回线 47 号杆后侧 50 米处，因修建锁蒙高速公路，吊车施工时吊臂对 220 千伏小开 I 回 C 相导线（下相）安全距离不足，通过吊车吊臂对地放电导致线路跳闸，造成该线路供电中断 55 分钟，经济损失达 20 万元。同年 5 月 17 日，蒙自老寨中坝下寨村民陈某因在 400 伏线路下建房，用钢筋勾提沙灰，勾到输电线，造成其当场触电身亡。

现场描述

蒙自兴盛路、天竺路、文澜路所围成的一片区域，是蒙自典型的“城中村”。在蒙自的“城中村”及城郊接合处，以前由于这一片区大多是低矮的平房，输电线与房屋之间的



距离都还在安全距离之外，可是随着这些房屋的加高，房屋与输电线路几乎贴在了一起。特别是在一些建筑施工过程中，各种建筑材料和工具距离输电线路特别近，甚至从输电线路中穿过，安全隐患非常突出。现场模拟如图 2-4、图 2-5 所示。

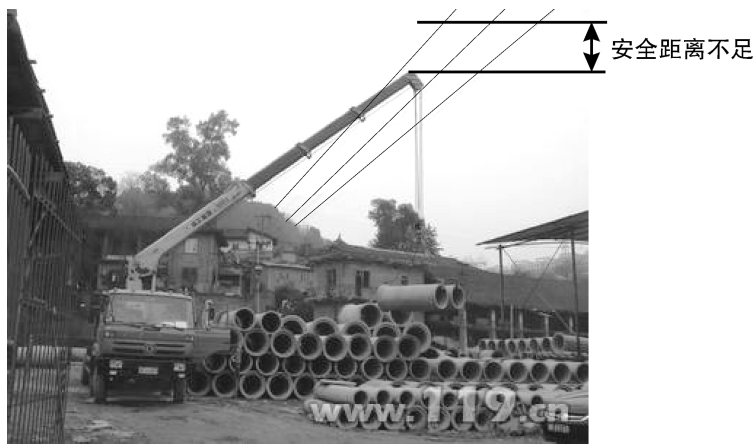


图 2-4 吊车事故模拟现场



图 2-5 陈某触电事故模拟现场

案例分析

在以上案例中，均是由违章施工、建房引发的事故，大多是由于施工地点与输电线路的安全距离不够而发生的，从而造成了多起人身意外触电或损坏供电设施设备事故。因此，居民们在电力设施附近进行施工时，应先到供电部门进行咨询。如需要搬迁电力设施的，要先向供电部门提出申请，再由供电部门进行现场勘察，提出搬迁方案后妥善处理，以杜绝事故的发生。除了要考虑安全距离外，还有哪些安全用电方法呢？



知识讲解

直接接触电的防护措施

● 绝缘

用绝缘物把带电体封闭起来。电气设备的绝缘应符合其相应的电压等级、环境条件和使用条件。瓷、玻璃、云母、橡胶、木材、胶木、塑料、布、纸和矿物油等都是常用的绝缘材料。电气设备的绝缘不得受潮，否则会丧失绝缘性能或在强电场作用下遭到破坏；同时，表面不得有粉尘、纤维或其他污物，不得有裂纹或放电痕迹，表面光泽不得减退，不得有脆裂、破损，弹性不得消失，运行时不得有异味。

绝缘的电气指标主要是绝缘电阻。绝缘电阻用兆欧表测量。任何情况下绝缘电阻不得低于每伏工作电压 1000 Ω ，并应符合专业标准的规定。

● 屏护

采用遮栏、护罩、护盖、箱闸等将带电体同外界隔绝开来。电气设备的可动部分如开关等一般不能使用绝缘，可采用屏护措施。高压设备不论是否有绝缘，均应采取屏护。

屏护装置应有足够的尺寸。应与带电体保持足够的安全距离：遮栏与低压裸导体的距离不应小于 0.8 m；网眼遮栏与裸导体之间的距离，低压设备不宜小于 0.15 m，10 kV 设备不宜小于 0.35 m。屏护装置应安装牢固。金属材料制成的屏护装置应可靠接地（或接零）。遮栏、栅栏应根据需要挂标示牌。遮栏出入口的门上应根据需要安装信号装置和连锁装置。

● 安全距离

安全距离：为防止人体触及或接近带电体造成的危害，需要保持一定的空间隔离来实现安全防护。

其安全作用与屏护的安全作用基本相同。能够防止带电体之间、带电体与地面之间、带电体与其他设施之间、带电体与工作人员之间因距离不足而发生电弧放电现象引起的电击或电伤事故。安全距离的大小取决于电压高低、设备类型、环境条件和安装方式等综合因素。

● 安全电压

安全电压是指在特定的环境下，为防止触电事故而采取由特定电源供电的电压。它可以将触电时通过人体的电流限制在较小的范围内，从而在一定程度上保证人体安全，其数值与工作环境有关。

在 GB3805—1983 中制定了安全电压系列，称为安全电压等级或额定值，这些额定值指的是交流电压的有效值，分别为 42 V、36 V、24 V、12 V、6 V 等几种。

有触电危险场所中使用的手持电动工具应采用 42 V 电压；比较干燥而触电危险较大的环境，安全电压规定为 36 V 或 24 V 安全电压；潮湿而触电危险较大的环境，规定安全电压为 12 V；水下或其他由于触电会导致二次事故的环境，规定安全电压为 2.5 V 以下。



当电气设备采用 24 V 以上安全电压时，必须采取防护直接接触电击的措施。

采用安全电压时，必须具备以下条件：安全电压的供电电源要使用隔离变压器，使其输入电路与输出电路之间实现电气隔离；隔离变压器的低压侧出线端不准接地；设备本身及其附件没有能被人体触及的带电体；采用大于 24 V 的安全电压时，必须采取防止直接接触及带电体的保护措施。

间接触电的防护措施

● 接地

接地，就是为保护人体安全而把设备的某一部分通过接地装置与大地进行可靠的电气连接，分为工作接地和保护接地。工作接地是指电气设备的某一部分通过接地线与埋在地下的接地体连接起来，如三相发电机或变压器的中性点接地即属于工作接地；保护接地是指将可能出现对地危险电压的设备外露部分（金属外壳、金属构架或机座）与地下的接地体相连，保护接地只适用于中性点不接地的系统中，是防止人体接触设备外露部分而触电的一种接地形式。

接地装置由接地体和接地线组成，埋入地下直接与大地接触的金属导体，称为接地体，连接接地体和电气设备接地螺栓的金属导体称为接地线。接地体的对地电阻和接地线电阻的总和，称为接地装置的接地电阻。一般要求接地电阻为 $4\sim 10\ \Omega$ 。

● 保护接地

在中性点（三相电源连接成星形时出现的一个公共点即为中性点）不接地的三相电源系统中，电气设备若不采取保护接地（图 2-6a），当设备外壳因发生内部意外故障而带电时，如果人体没有采取绝缘保护措施站在地上用手触及外壳，电流将由带电设备外壳经过人体和输电线对地分布阻抗回到电源，使人触电发生危险。

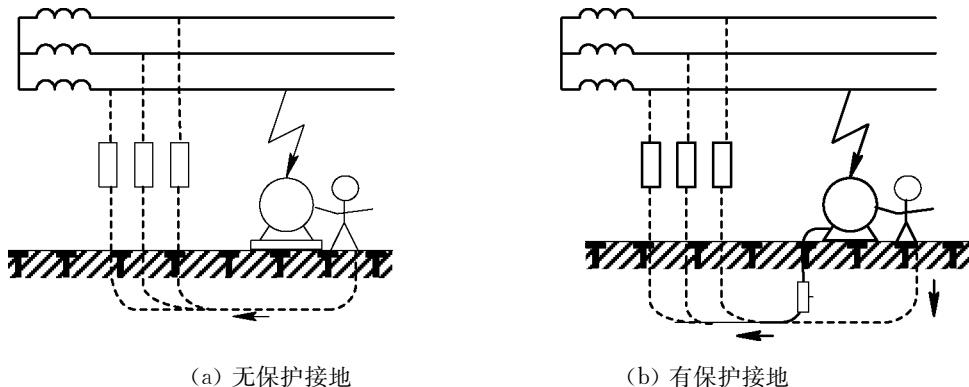


图 2-6 保护接地原理图

如果电气设备安装了保护接地装置（图 2-6b），保护接地的接地电阻一般是 $4\ \Omega$ 左右，则当人体触及带电外壳时，形成人体电阻 R_r （一般情况下为 $1000\ \Omega$ 左右）和接地电



阻 R_d 的并联等效电路。由于人体电阻 R_r 远远大于接地电阻 R_d ，依据分流原理，故通过人体的电流 I_r 很小，远小于允许的安全电流，从而避免了触电的危险。

对于中性点接地的三相四线制供电的线路，一般不宜采用保护接地措施。原因如下：电气设备的金属外壳若因为内部绝缘损坏等原因而使不应带电的金属外壳意外接触到相线时，会产生短路电流，如图 2-7 所示。设接地电阻 R_n 和 R_d 均为 $4\ \Omega$ ，电源相电压为 220 V ，则短路电流为：

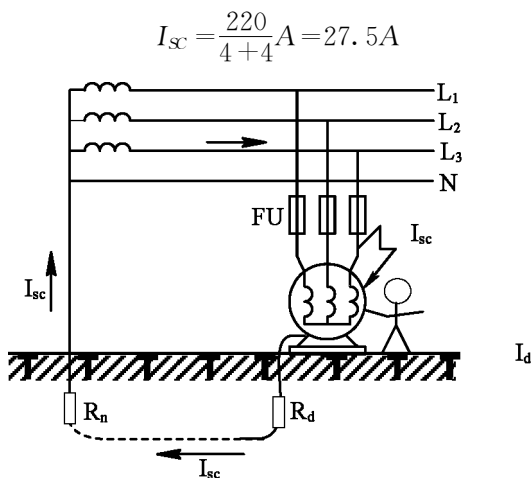


图 2-7 中性点接地系统采用保护接零的后果

这样的短路电流不是很大，对于功率较大的电气设备，此电流不足以使一般的过电流保护装置动作，不能及时切断电流，从而使设备外壳的危险电压一直存在。根据电阻的分压原理，过电流保护装置不动作时，设备外壳的对地电压为相电压的一半，即 110 V ，仍然远大于安全电压上限。故对于中性点接地的供电系统，一般不宜采用保护接地措施。

● 保护接零

对于电源中性点接地的系统，应采用保护接零。保护接零是将电气设备的外露部分与电源中性线直接连接，相当于设备外露部分与大地进行了电气连接，如图 2-8 所示。当设备正常工作时，外露部分不带电，人体触及外壳相当于触及零线，无危险；如果由于一些特殊原因使相线与设备的金属外露部分发生相碰时，因为相线与零线组成的回路阻抗很小，在一般情况下，短路电流会很大，足以让线路上的过电流保护装置（如自动保护装置、熔断器）迅速可靠动作，从而使设备迅速停电，缩短接触电压持续时间，消除电击的危险，实现保护作用。

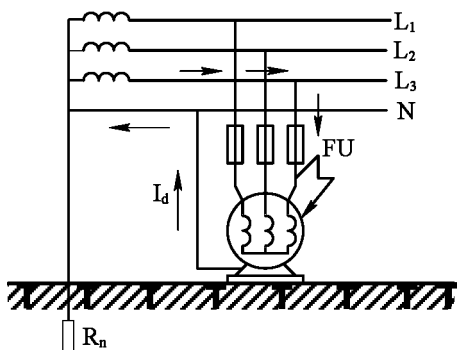


图 2-8 保护接零原理图

注意：

(1) 同一台变压器供电系统的电气设备不宜将保护接地和保护接零混用，而且中性点



工作接地必须可靠。

(2) 为保证连接可靠，保护零线上不准装设熔断器和开关。

● 重复接地

对于系统中性点工作接地的系统，为确保保护接零的可靠，必须采用重复接地。重复接地是指将中性线相隔一定距离多处进行接地，如图 2-9 所示。

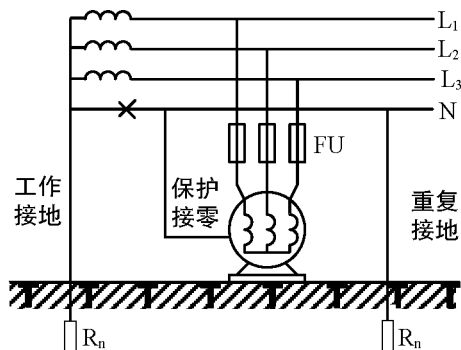


图 2-9 工作接地、保护接零和重复接地

若无重复接地，一旦中性线断线，设备外露部分带电，人体触及同样会有触电的可能。而在重复接地的系统中，如果中性线因故在图中“X”处断开，但外露部分因重复接地，设备仍有保护接地，而使其对地电压大大降低，可以减轻触电的危险程度。不过应尽量避免中性线或接地线出现断线的现象。

● 工作接地和保护接零

在中性点接地的供电线路中，如果设备外壳采用保护接零，则中性线必须可靠连接。因为一旦中性线断开，在发生电气设备内部相线与设备金属外壳意外相连时，设备外壳的对地电压就是相电压，这是十分危险的。

而对于住宅或办公场所的供电线路，往往在相线和中性线上装有双极开关 QF，也叫双刀开关，它可以同时切断火线和零线，在使用中更安全。在这种情况下，除工作接零外，即具有工作零线外，还必须再设置保护零线。保护零线一端接电源变压器的中点，另一端接各用电器的金属外壳，同时还应有多处重复接地。

家用电器的金属外壳以及单相三眼插座中的接零端子都要接在保护零线上。与三眼插座相配的插头中，有一个加长或加粗的插脚与用电设备的金属外壳相连接，如图 2-10 所示。

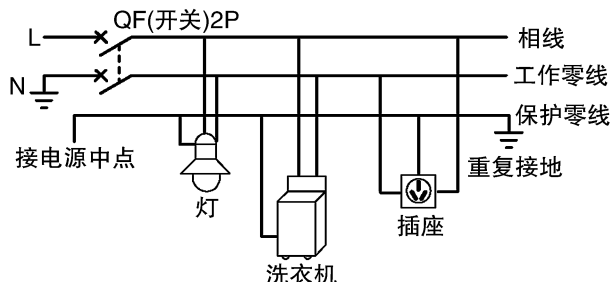


图 2-10 工作接零和保护接零



对于三相四线制供电线路，另设保护零线后，就成了三相五线制。所有接零设备都要接在保护零线上。在正常工作时，工作零线中有电流，保护零线中不应有电流。如果保护零线中出现了电流，则必定有设备发生漏电故障。

以上的防护电击方法是在降低接触电压方面常用的保护措施。但实际上这些措施往往还不够完善,如保护接地中要求接地电阻很小,较难实现,特别是移动式或手持式电具难以实现接地保护,故需要采用漏电流保护器作为间接防护措施来弥补以上方法的不足。

● 漏电电流保护器

漏电电流保护器又称为剩余电流动作保护装置，如图 2-11 所示。将漏电保护器安装在低压电路中，当发生漏电和触电时，且达到保护器所限定的动作电流值时，就立即在限定的时间内动作，自动断开电源进行保护，从而对低压电网中的单相直接接触或因设备漏电而引发的间接触电及漏电火灾起到有效的防护作用。系统正常时，剩余电流几乎为零，当系统中发生单相触电或漏电事故时才会出现。一般为 mA 级，最小为 6 mA。



图 2-11 漏电电流保护器

种类：漏电保护器按不同方式分类来满足使用的选型。按工作原理不同可分为电压动作型和电流动作型；按动作机构特征分，有开关型和组合型；按极数分为二极（用于单相两相制度）、三极（用于三相三线制及单相三线制）、四级（用于三相四线制）三种；按动作灵敏度可分为：高灵敏度（漏电动作电流在 30 mA 以下）、中灵敏度（漏电动作电流在 30~1000 mA 之间）、低灵敏度（漏电动作电流在 1000 mA 以上）。

任务小结

保护接地与保护接零的主要区别

● 保护原理不同

保护接地是限制设备漏电后的对地电压，使之不超过安全范围。在高压系统中，保护接地除限制对地电压外，在某些情况下，还有促使电网保护装置动作的作用；保护接零是借助接零线路使设备漏电形成单相短路，促使线路上的保护装置动作，以及切断故障设备的电源。此外，在保护接零电网中，保护零线和重复接地还可限制设备漏电时的对地电压。

● 适用范围不同

保护接地既适用于一般不接地的高低电压电网，也适用于采取了其他安全措施（如装设漏电保护器）的低压电网；保护接零只适用于中性点直接接地的低压电网。

● 线路结构不同

如果采取保护接地措施，电网中可以无工作零线，只设保护接地线；如果采取保护接零措施，则必须设工作零线，利用工作零线做接零保护。保护接零线不应接开关、熔断



器，当在工作零线上装设熔断器等开断电器时，还必须另装保护接地线或接零线。

安全提示

在一些高压电气设备四周围栏上，为了防止人们因疏忽靠近或儿童玩耍攀爬，一定要张贴高压危险标识，如图 2-12 所示。

在室外高压设备上工作，应在工作地点四周装设围栏，其出入口要围至临近道路旁边，并可张贴“从此进出”的标识，如图 2-13 所示。



图 2-12 高压危险标识

在工作地点可张贴“在此工作”的标识，如图 2-14 所示。



图 2-13 从此进出标识



图 2-14 在此工作标识

若在室外构架上工作，在工作人员上下铁架或梯子上可张贴“从此上下”的标识。在邻近其他可能误登的带电构架上，应张贴“禁止攀登，高压危险”的标识，如图 2-15 所示。



图 2-15 从此上下、禁止攀登 高压危险标识



任务三 认识触电方式与急救方法

任务目标

认识常见的几种人体触电方式，熟练掌握发生触电后，对触电者的现场急救方法。

案 例

某年5月4日15时，在辽宁省抚顺钢厂齿轮钢棒材工地滤波室，发生了一起触电死亡事故。第二建筑工程公司瓦工张某、曹某和力工吕某，三人一组负责滤波室内西墙抹灰，由北向南抹，其中吕某负责和灰并给张某和曹某倒勺。移到靠近西墙大门北侧时，张某上到跳板上等吕某给倒勺（跳板距地面高度2 m），吕某站在灰槽的南侧和灰（灰 $\Phi 600 \times h350$ mm）。附近的施工人员突然听到吕某“啊”地一声惨叫，随后便倒在灰槽南侧，头朝南、脚朝北、仰面朝上、左手置于胸部上方右侧、右手着地、呼吸急促、神志不清。随即被抬到滤波室外，张某与曹某一顿乱按并大声呼叫触电者，直到医护人员到场，认定吕某已死亡。

现场描述

触电事故发生时，沿灰槽与西墙（灰槽距西墙大约400 mm）之间拖地敷设有1根临时照明软电缆。电缆有一接头位于吕某作业时的脚下，其接头处用黑色绝缘胶布包扎，陈旧老化松弛，表面沾有水泥痕迹。用万用表测试包扎缝隙，其中一端显示电压220 V；滤波室地面潮湿局部积水，电缆拖地敷设接头处受潮；而死者吕某作业时脚穿布底鞋，已受潮失去绝缘能力。经过鉴定，医学死亡诊断断为吕某死亡原因是心肺电击伤。事故现场模拟如图2-16所示。



跨步电压

图 2-16 事故模拟现场



案例分析

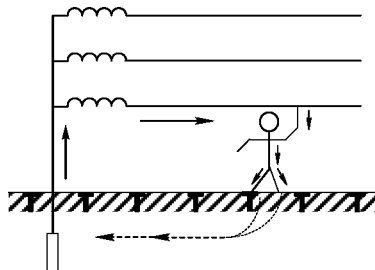
依据上述环境、人、物等事故要素，综合分析为：由于吕某作业时脚接近或触及了电缆接头漏电处，两脚之间形成跨步电压，电流流经双脚将其击倒。倒地后裸露右手着地，脚与手之间又形成了新的闭合回路，即跨步电压，然后部分电流又流经右手对地放电。因此，吕某跨步电压触电死亡的可能性极大。同时，吕某触电后，瓦工张某、曹某由于经验不足，未能在第一时间对触电者实施有效的救护，而错过了宝贵的急救时间。

知识讲解

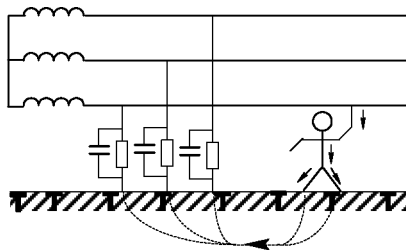
人体触电的方式

● 单相触电

当人体站在地面上或其他接地体上，身体的某一部分触及带电体的一相时，电流通过人体流入大地（或中性线），称为单相触电，如图 2-17 所示。图 2-17（a）为电源中性点接地运行方式时，单相的触电电流途径。图 2-17（b）为中性点不直接接地的单相触电情况。一般情况下，接地电网单相触电比不接地电网危险性大。



(a) 中性点直接接地



(b) 中性点不直接接地

图 2-17 单相触电

注意：要避免发生单线触电，操作时必须穿上胶鞋或站在干燥的木凳上。

● 两相触电

两相触电是指人体两处同时接触到两根火线或者电气设备两个不同相的带电部位时，电流从一相导体流入另一相导体的触电方式，如图 2-18 所示。当发生两相触电时，人体承受的电压为线电压，线电压高于相电压，此时不论电网的中性点接地与否，其触电的危险性都很大。

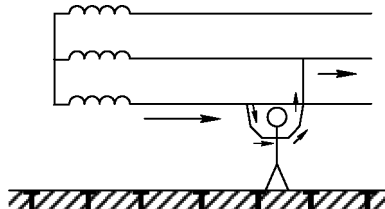


图 2-18 两相触电



● 跨步电压触电

当带电体接地时有电流向大地流散，在以接地点为圆心，半径 20 m 的圆面积内形成分布电位。当人的两脚站在不同电位的地面上时，两脚之间的电位差称为跨步电压，一般人的步距取 0.8 m，如图 2-19 所示，由此引起的触电事故称为跨步电压触电。高压故障接地处或有大电流流过的接地装置附近都可能出现较高的跨步电压。离接地点越近、两脚距离越大，跨步电压值就越大。

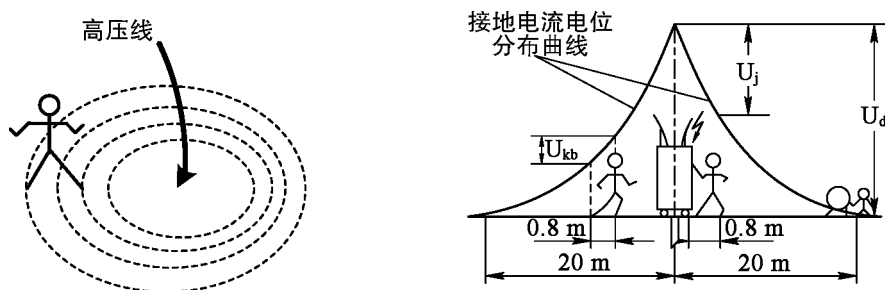


图 2-19 跨步电压触电

● 剩余电荷触电

剩余电荷触电是指当人触及带有剩余电荷的设备时，带有电荷的设备对人体放电造成的触电事故。设备带有剩余电荷，通常是由于检修人员在检修中用摇表测量停电后的并联电容器、电力电缆、电力变压器及大容量电动机等设备时，检修前、后没有对其充分放电所造成的。

触电急救措施

触电急救必须分秒必争，触电者是否能够获救，关键在于能否迅速脱离电源和对其进行正确的现场触电急救。

● 迅速脱离电源

人在触电后可能由于失去知觉，或流过人体的电流超过摆脱电流而不能自主脱离电源。而电流作用时间越长，伤害越重，所以首先要使触电人员迅速脱离电源。

1. 脱离低压电源方法

切断电源，救护者要救人，也要保护自己在不被触电的情况下，迅速切断近处的电源，如拉开开关、拔掉电源插头等；割断电线，用带干木把的斧子或有绝缘柄的钳子切断电线，使触电者脱离电源；拉开触电者，使用绝缘工具、干燥的木棍、竹竿等不导电物体推开触电者，救护者也可戴绝缘手套或用干燥的衣物包住自己的手后，拖开触电者。如触电者在高处，在脱离电源过程中，还应防止触电人员脱离电源后跌伤而发生高空坠落的二次事故。

2. 脱离高压电源方法

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解救触电者。救护者在抢救过程中，应注意自身与周围带电部分之间的安全距离。



如果触电者是触及断落在地上的带电高压电线，在未能确认线路无电，而救护人员未采取安全措施（如穿绝缘靴等）情况下，不能走进断线点 8~10 m 范围内，防止对救护人员发生跨步电压伤害。触电者被脱离带电导线后，应迅速移到断线点范围外，再立即实施触电急救。

如发生高压带电线路触电，短时间内又不可能迅速切断电源开关时，可采取应急措施，即抛掷足够截面、适当长度的金属导线，使电源线短路，迫使保护装置动作，断开电源开关。抛掷前，应先将金属导线一端固定在铁塔或接地引线上，另一端系上重物。抛掷时，应防止电弧伤人，或断线危及他人安全。抛掷点应尽可能远离触电现场。

● 触电急救措施

当触电者脱离电源后，应迅速拨打 120 急救电话，联系专业医护人员来现场抢救；同时应立即判断其伤害程度，根据触电者心跳、呼吸情况，采用不同的现场急救方法。

1. 若触电者神智清醒，只是乏力心慌，此时需要将触电者放到空气流通、温度适宜的安全地方，使其平躺休息，待其慢慢恢复正常。恢复过程中注意观察，切记不要让触电者站立或走动，以减轻心脏负担。

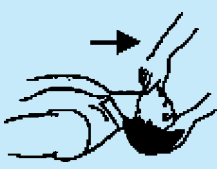
2. 若触电者神智不清，应将其就地平躺，解开衣领以利呼吸，采用呼叫名字或轻拍肩部方式来观察反应，判断触电者是否丧失意识。切勿用摇动触电者头部的方法呼叫。

3. 若触电者神智丧失，应反复使用“看、听、试”的方法在 10 秒内完成触电者自然呼吸和心跳情况的判断。看，即看伤者的胸部、腹部有无起伏动作；听，即用耳贴近伤者口鼻处，听其有无呼气声音；试，即用两手指轻试一侧喉结旁凹陷处的颈动脉有无搏动，以判断心跳情况。

4. 若触电者已失去知觉，停止呼吸，但有心跳，应采用口对口的人工呼吸法予以抢救。口对口的人工呼吸是利用外加的人为机械动作，帮助触电者逐渐恢复正常呼吸的有效方法，具体做法如表 2-1 所示。

口对口人工呼吸方法

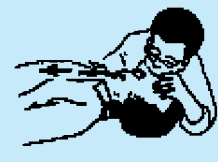
表 2-1

操作序号	操作示意图	动作方法	注意事项
1		平仰清除异物：使触电人平躺仰卧，头先侧向一边清除其口腔内的异物，避免舌下坠导致呼吸不畅。	头不垫枕头，以免影响通气
2		捏鼻掰开嘴巴：救护人员位于触电人头部位置的左边或右边，一只手的拇指和食指捏紧其鼻孔，使其不漏气，另一只手将其下颌拉向前下方，使嘴巴张开，嘴上可盖上一层纱布，准备接受吹气。	



续表 2-1

口对口人工呼吸方法

操作序号	操作示意图	动作方法	注意事项
3		贴嘴大吹气，救护人员深吸一大口气，然后紧贴触电人被掰开的嘴巴，以中等力量向其口内吹气。每次吹气应持续 2 秒以上。若触电者是儿童，只可小口吹气，以防肺泡破裂。吹气同时观察触电人胸部隆起的程度，一般应以胸部略有起伏为宜。	
4		松嘴鼻换气，救护人员吹气至需要换气时，应立即离开触电人的嘴巴，并松开触电人的鼻子，让其自由呼气。反复并有节律地进行，每分钟吹 16~20 次，直至恢复自主呼吸为止。	

当难以做到口对口密闭人工呼吸时，可采取口对鼻人工呼吸。操作要领与口对口人工呼吸方法基本相同，只是救护人用嘴唇包绕封住触电者鼻孔吹气的同时，须使触电人的嘴闭合。

5. 若触电者仍有呼吸，但心脏和脉搏均已停止跳动，应采取人工胸外心脏按压法实施抢救。具体操作步骤如表 2-2 所示。

表 2-2

人工胸外心脏按压法

操作序号	操作示意图	动作方法	注意事项
1		解开触电人的衣裤，使其胸部能自由扩张；清除口腔内异物；使其仰卧在地上或硬板上（背部着地处的平面必须牢固），头部放平。	下肢可抬高，以促进静脉血回流。
2		救护者跨跪在触电人的腰部，双手相叠。手掌根部与胸骨长轴平行，放在心口窝稍高一点的地方（掌根放在胸骨的下三分之一部位），双肩及上身压力置于手掌根部。	对儿童只能用一只手。
3		找到触电人的正确按压点后，自上而下，垂直均衡地用力按压，压出心脏里面的血。每秒钟按压 1 次，压力大小使胸骨压下 3~5 cm 为宜。注意用力适当，对成人触电者不能太轻，否则影响救护效果。	对儿童用力要轻一些。