



全国高等职业教育规划教材

室内电气线路安装

张晓艳 主编



电子课件下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

室内电气线路安装

张晓艳 主编

陈 红 马 慧 贾霄龙
周冀馨 李怡然 孙长明

参编

本书介绍了室内电气布线的基本知识和基本技能，内容包括：职业安全教育、职业基本技能训练、照明电路的安装，低压配电线路及电能表、局域网的布线、实验室电气线路的安装。

本书以室内电气布线的工作顺序组织学习情境，内容由浅入深，图文并茂，通俗易懂，实用性强。每个学习情境都配有技能训练题。

本书可作为高等职业院校电气类、电子类、机电类等专业的教材，也可作为工人上岗或在职职工的技能培训用书。

本书配套授课电子课件，需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载，或联系编辑索取（QQ：81922385，电话：010-88379739）。

图书在版编目（CIP）数据

室内电气线路安装 / 张晓艳主编. —北京：机械工业出版社，2010.8

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-31366-3

I. ①室… II. ①张… III. ①房屋建筑设备：电气设备—布线—高等学校：技术学校—教材 IV. ①TU855

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 142894 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：王 颖

责任印制：乔 宇

北京瑞德印刷有限公司印刷（三河市胜利装订厂装订）

2010 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·9.5 印张·228 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-31366-3

定价：17.00 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

社服务中心：（010）88361066

销售一部：（010）68326294

销售二部：（010）88379649

读者服务部：（010）68993821

门户网：<http://www.cmpbook.com>

教材网：<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材电子类专业

编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 祖 炬 董维佳
俞 宁 蒋蒙安 吕何新 伍湘彬
任德齐 华永平 吴元凯

委 员 (按姓氏笔画排序)

马 彪	邓 红	王树忠	王新新	尹立贤
白直灿	包中婷	冯满顺	华天京	吉雪峰
刘美玲	刘 涛	孙吉云	孙津平	朱晓红
李菊芳	邢树忠	陈子聪	杨元挺	张立群
张锡平	苟爱梅	姚建永	曹 毅	崔金辉
黄永定	章大钧	彭文敏	曾日波	谭克清

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 戴红霞

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近 60 所高等职业院校的骨干教师对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

室内电气线路安装是电气自动化技术专业的一门技能型基础课程。其任务是：使学生掌握电气安装技术和电工技术的基础知识和基本技能，具有分析和解决一般电工问题的能力，为后续电类专业技能课程的学习打好基础。

本书坚持“做中学、做中教”的编写理念，积极探索理论和实践相结合的教学模式，使电气线路安装技术和电工技术基本理论的学习、基本技能的训练与生产中的实际应用相结合。通过设置工作任务，创设实际工作场景，让学生在“学中用”，在“用中学”，进行适度的岗位训练，充分培养学生的职业能力。坚持以学生为本，突出学生的主体地位，促使学生积极、主动地学习，重视培养学生的综合素质和职业能力，以适应电工技术快速发展带来的职业岗位变化，为学生的可持续发展奠定基础。

本书在编写时关注技术的新进展、新思想，及时摒弃、剔除过时知识，通过工作任务的适度拓展，使不同层次、不同类型的学生都能找到合适的主题，满足不同层次学生的需要，体现分层教学、因材施教的思想。

本书由天津电子信息职业技术学院张晓艳任主编，并负责全书的内容结构安排、工作协调及统稿工作。编写分工如下：情境1（张晓艳、周冀馨），情境2（马慧），情境3（周冀馨），情境4（陈红：子情境1和4、贾霄龙：子情境2和3），情境5（李怡然、孙长明）、情境6（张晓艳）。国营建津机械厂的高级技师郑凤歧在电工工艺上给予指导，梁秋菊在查找资料过程中给予帮助，在此深表感谢。

由于编者水平有限，疏漏和不妥之处在所难免，请读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

情境 1 职业安全教育	1	的规格	41
1.1 子情境 1 触电形式和触电的预防	1	2.2.4 任务实施与评价: 工具的选择与使用	42
1.1.1 任务导入: 了解电能	1	2.2.5 习题	43
1.1.2 任务分析: 触电急救	1	2.3 子情境 3 常用电工仪表的使用	43
1.1.3 相关知识: 电气安全知识	4	2.3.1 任务导入: 使用电工仪表	43
1.1.4 任务实施与评价: 无电模拟电工安全操作以及口对口人工呼吸模拟训练	6	2.3.2 任务分析: 电工仪表的分类和使用	44
1.1.5 习题	6	2.3.3 相关知识: 电工仪表的准确度	55
1.2 子情境 2 保护接零和接地	6	2.3.4 任务实施与评价: 常用电工仪表的使用	55
1.2.1 任务导入: 保护接零和接地	6	2.3.5 习题	56
1.2.2 任务分析: 接地体的制作与安装	6	情境 3 照明电路的安装	58
1.2.3 相关知识: 保护接地和保护接零	12	3.1 子情境 1 白炽灯电路的安装	58
1.2.4 任务实施与评价: 人工接地体的安装	17	3.1.1 任务导入: 白炽灯的安装控制	58
1.2.5 习题	18	3.1.2 任务分析: 白炽灯的组成及故障处理	58
情境 2 职业基本技能训练	19	3.1.3 相关知识: 照明方式的选择	62
2.1 子情境 1 导线及其使用	19	3.1.4 任务实施与评价: 白炽灯电路的安装与检修	63
2.1.1 任务导入: 导线概述	19	3.1.5 习题	63
2.1.2 任务分析: 导线的分类与连接	19	3.2 子情境 2 日光灯电路的安装	64
2.1.3 相关知识: 导线线径的测量和安全载流量	32	3.2.1 任务导入: 日光灯的安装	64
2.1.4 任务实施与评价: 导线的测量与连接	34	3.2.2 任务分析: 日光灯的组成及故障处理	64
2.1.5 习题	35	3.2.3 相关知识: 常用光源及新型光源	66
2.2 子情境 2 常用电工工具的使用	35	3.2.4 任务实施与评价: 日光灯电路的安装与检修	69
2.2.1 任务导入: 使用电工工具	35	3.2.5 习题	71
2.2.2 任务分析: 电工工具及其使用	36	情境 4 低压配电线路及电能表	72
2.2.3 相关知识: 几种常用电工工具		4.1 子情境 1 常用低压电器及	

拆装	72	情境 5 局域网的布线	105
4.1.1 任务导入: 低压电器的认识	72	5.1 子情境 1 局域网工程设计	105
4.1.2 任务分析: 常用低压配电 电器的认识与拆装	72	5.1.1 任务导入: 局域网布线设计	105
4.1.3 相关知识: 常用低压配电电器 的选择	78	5.1.2 任务分析: 网络拓扑结构、网络 通信介质及相关布线组件的 分类	105
4.1.4 任务实施与评价: 低压配电 电器的认识与拆装	80	5.1.3 相关知识: 网络拓扑结构和 通信介质	107
4.1.5 习题	81	5.1.4 任务实施与评价: 局域网布线 设计	109
4.2 子情境 2 照明配电及单相 电能表	81	5.1.5 习题	109
4.2.1 任务导入: 单相电能表的安装	81	5.2 子情境 2 局域网布线的 施工	110
4.2.2 任务分析: 单相电能表的认识及 接线	82	5.2.1 任务导入: 局域网布线施工	110
4.2.3 相关知识: 抄表方法及电量的 计算	88	5.2.2 任务分析: 局域网布线施工 工艺	110
4.2.4 任务实施和评价: 照明配电与单相 电能表的安装与检修	88	5.2.3 相关知识: 双绞线网络的布线 技术	113
4.2.5 习题	91	5.2.4 任务实施与评价: 双绞线网络 的布线连接	117
4.3 子情境 3 三相电能表的 安装	91	5.2.5 习题	118
4.3.1 任务导入: 三相电能表的安装	91	5.3 子情境 3 局域网系统的 测试	118
4.3.2 任务分析: 三相电能表的接线 原则和方法	91	5.3.1 任务导入: 局域网系统测试	118
4.3.3 相关知识: 三相电能表的认识	93	5.3.2 任务分析: 双绞线网络测试	118
4.3.4 任务实施和评价: 小功率配电 板的安装与检修	94	5.3.3 相关知识: 布线系统测试	122
4.3.5 习题	96	5.3.4 任务实施与评价: 双绞线网络 的测试	125
4.4 子情境 4: 电路故障的诊断 与处理	96	5.3.5 习题	126
4.4.1 任务导入: 电路故障的诊断 与处理	96	情境 6 实验室电气线路的安装	127
4.4.2 任务分析: 照明电路故障的查找 与检修	96	6.1 任务导入: 实验室电气线路 的安装	127
4.4.3 相关知识: 故障检修中的 安全操作	103	6.2 任务分析: 布线施工	128
4.4.4 任务实施与评价: 照明电路故障 的诊断与处理	104	6.3 相关知识: 室内布线基本 知识	138
4.4.5 习题	104	6.4 任务实施与评价: 实验室电气 线路的安装与检修	138
		6.5 习题	140
		参考文献	141

情境 1 职业安全教育

1.1 子情境 1 触电形式和触电的预防

1.1.1 任务导入：了解电能

电作为现代化的能源，广泛应用于生产和生活的各个领域，但由于违章操作而发生的触电死亡事故会给人们造成痛苦和灾难。因此我们要了解电，用好电，做好安全用电工作。

任务目标：

- 掌握电工安全操作技术。
- 掌握口对口人工呼吸模拟训练。

1.1.2 任务分析：触电急救

当发现有人触电时，首先要尽快地使触电人脱离电源，然后根据触电人的具体情况，采取相应的急救措施。

触电急救的关键是动作迅速、救护得法。一定要坚持在现场抢救，切不可惊慌失措，束手无策，否则可当场救活的人，会由于救治不及时、不得法而失去生命。

人触电以后，会出现神经麻痹、呼吸中断、心脏停止跳动等征象，外表上也呈现昏迷不醒状态。这种情况不应认为是死亡，应迅速、持久地进行抢救。据统计，从触电后 1min 开始救治者 90%的可复苏；从触电后 6min 开始救治者复苏率下降到 10%；而从触电更长一些时间开始救治者，救活的可能性很小。可见，救治及时是非常重要的。人触电以后，可能由于痉挛或失去知觉等原因而紧抓带电体，不能自行摆脱电源。使触电人尽快脱离电源的方法很多，应根据触电现场的具体情况来决定。

1. 脱离电源

触电事故发生后，严重电击引起肌肉痉挛使触电者有可能从线路上或带电的设备上摔落，但最多的是被“吸附”在带电体上，导致电流不断通过人体。因此触电急救的关键首先是使触电者脱离电源。

使触电者脱离电源的措施，如表 1-1 所示。

表 1-1 使触电者脱离电源的措施

触电急救种类	措 施
低压触电急救	① 电源开关或插销在触电地点附近时，可立即拉开或拔出插头，断开电源
	② 如果电源开关或插销距离较远时，可用有绝缘柄的电工钳等工具切断电线，从而断开电源，还可以用木板等绝缘物插入触电者身下，以隔断电流的通道
	③ 若电线搭落在触电者身上或被压在身下，可用干燥的绳索、木棒等绝缘物作为工具，拉开触电者或排开电线，使触电者脱离电源
	④ 如果触电者的衣服是干燥的，又没有紧缠在身上，可以用一只手抓住触电者的衣服，拉离电源。这时因触电者的身体是带电的，所以救护人不得接触触电者的皮肤。也不能抓触电者的鞋

(续)

触电急救种类	措 施
高压触电急救	① 立即通知有关部门停电
	② 戴上绝缘手套，穿上绝缘鞋，采用相应等级的绝缘工具拉开开关或切断电源
	③ 抛掷搭挂裸金属线，使线路短路接地，迫使保护装置动作而断开电源

触电者脱离电源的办法，应根据具体情况，以快为原则。在使触电者脱离电源的过程中，还要遵循下列注意事项。

- 1) 救护人员不可直接用手或金属及潮湿的物件作为救护工具，必须使用适当的绝缘工具。救护人员最好一只手操作，以防自身触电。
- 2) 防止触电者脱离电源后可能的摔伤，特别是触电者在高处时，应采取防坠落措施。即使触电者在平地，也要注意触电者倒下的方向，注意防摔。
- 3) 如事故发生在夜里，应迅速解决临时照明，以利抢救，避免事故扩大。

2. 救治

触电者脱离电源后，应尽量在现场抢救。先救后运，要根据情况及时进行相应的救治。

- 1) 如果触电者未失去知觉，仅在触电过程中曾一度昏迷，则应保持安静，继续观察，并请医生前来诊治或送医院。
 - 2) 若触电者已失去知觉，但心脏跳动呼吸还存在，应使触电者平卧，注意空气流通，解开衣服以利呼吸。还可以闻氨水、摩擦全身使之发热。如天气寒冷，还要注意保温，同时速请医生诊治。
 - 3) 如果触电者呼吸、脉搏、心脏跳动均已停止，应立即施行人工氧合进行紧急救护。
- 人工氧合是触电急救行之有效的科学方法。它包括人工呼吸和心脏挤压（即心脏按摩）两种方法。根据触电者的具体情况，这两种方法可单独应用，也可配合应用。人工呼吸有多种方法。其中，口对口（鼻）人工呼吸法效果最好，简单易学，容易掌握。心脏挤压一般指的是胸外心脏挤压。在触电者脱离电源后，对神志不清的、停止呼吸的或呼吸困难的，首先要使呼吸道保持畅通。只有在有毒等危险场所或无法进行抢救的场所，才可搬运。

保持呼吸道畅通的方法，如表 1-2 所示。

表 1-2 保持呼吸道畅通的方法

 仰头抬颏法	使猝死者仰卧，抢救者一手托住脖子，一手按住前额，使头向后仰，鼻孔朝上，因神志不清者仰卧时，舌和会咽松弛，堵住喉头入口，会窒息死亡。头向后仰，舌头离开喉头入口处，口自然张开，从而保障呼吸道畅通。头向后仰，下颌前伸，口张开。这是呼吸畅通的三个条件。为保持这一姿势，应在肩胛骨下垫一卷衣服、枕头或其他物件
保持呼吸道畅通的注意事项	
① 松开触电者身上妨碍呼吸的衣服，如松开领子，解开衣扣、腰带、乳罩等	
② 掏出口内的异物，如食物、假牙、血、黏液。当清除血和黏液时，应将患者侧身，用自己的膝盖顶住患者的肩，然后用手帕或衣服缠到手指上擦抹口腔和咽喉	
③ 如不能在肩胛骨下垫衣物时，应用手托住患者的脖子，以保障呼吸道畅通	
④ 注意通风，保持空气新鲜，避免多人围观，天凉时注意保暖	
⑤ 以上工作应争取在 5s 内完成，除掏出口腔异物外，其他工作也可在人工呼吸时同时进行。不应因这些工作而贻误抢救时机。这是因为当人的心肺都停止工作时，只需延续 4~6min，就可能造成脑组织死亡，即使心脏功能和体质很好的青年人，也很难超过 10min。脑死亡的人不能复苏，即使复苏也只能是记忆丧失、四肢麻痹、痴呆的植物人。因此每分钟都是可贵的	
⑥ 触电者在电流通过胸部时，引起胸肌、肠肌、声带肌痉挛而阻碍呼吸，造成呼吸困难甚至窒息。解脱电源后肌肉痉挛停止，如保持呼吸道畅通，有可能自行恢复呼吸	
⑦ 呼吸困难或停止呼吸的人，肺中蓄积大量碳酸气，极度缺氧。因此在保持呼吸道畅通后应立即进行口对口人工呼吸 4 次，以排除肺中的碳酸气	

触电急救方法,如表 1-3 所示。

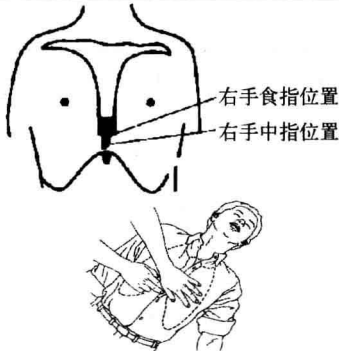
表 1-3 触电急救方法

触电急救种类	触电急救方法
	抢救者跪或蹲在患者一侧，一手托住患者脖子(肩下已垫衣物的可不托)，一手捏紧患者的鼻孔，深吸一口气再对患者的口吹气，然后松口，先靠患者胸腔回缩呼气、再吹气、再呼气，反复进行。吹气用 2s，患者呼气用 3s。一般以抢救者的自然速度即可

口对口人工呼吸

口对口人工呼吸注意事项

- ① 观察患者，胸腹部随着吹气扩张，松口后回缩，证明有效。否则可能是吹气时没捏住鼻子或口没对严漏气
- ② 吹气量以感到患者抵抗力时停止为适度，如果患者肺部已经胀满还用力吹，空气就进入胃里了
- ③ 如果吹气量过大或吹气过猛，空气进入胃里时，可能听见咕咕噜噜的响声，剑突下方脐部周围，在肋缘下鼓胀起来。松口时胃内容物可能逆流出来，这时应将患者脸转向一侧。将口腔擦拭干净，勿使逆物流入气管。用两手指轻压喉结，通过有弹性的气管将食道压瘪，有利于预防将空气吹入胃内。如果患者打嗝儿，表明空气已进入胃里，引起了轻度胃膨胀
- ④ 吹气顺利表明呼吸道畅通。如果吹不进去去表明呼吸道被异物堵住，可从背后搂住患者胸部或腹部，两臂用力收缩，用压出的气流将气管中的异物冲出，使患者头朝下效果更好些
- ⑤ 对于患者不能张口的：抢救者口小，口对口不严漏气的；患者口有外伤的，而无法进行口对口吹气时，可用手托住患者的下巴，使之嘴唇紧闭，对鼻子吹气



胸外心脏挤压

- 先确定按压点，胸骨下部 1/3 处，即剑突(心口窝上方的尖状软骨)上二横指处
- 然后两手扣住用掌根向下按压，压下 3~4cm 即放松，反复进行，每秒一次。按压时摸颈动脉，如果有搏动，则表明挤压正确有效，如无搏动应改正挤压方法。按压时血压可达 80~100mmHg(10~13kPa)，是可以摸到的
- 应配合人工呼吸连续挤压，直至复苏。复苏的征兆有：恢复呼吸、瞳孔回缩、手脚晃动、睫毛恢复反射、有动作、面色从苍白转红、肌张力恢复等。如果出现一些上述征兆，但仍无脉搏时，表明发生心室纤维颤动，必须继续进行胸外心脏挤压

胸外心脏挤压注意事项

- ① 只能按压胸骨下部，这里弹性大，不要按压胸骨上部或下部肋骨，以免造成骨折。不要按压腹部，以免伤害内脏，尤其肝脏可能破裂，用力过大、过猛也可能造成骨折
- ② 挤压时双臂伸直，借助于身体前倾的力量向下按压。按压之后，手的姿势不变，不动地方，伸腰使手放松，但不要离开胸骨，掌根用力，不要手掌用力。按压应有节奏，并利用弹性作用促使心脏产生收缩和舒张
- ③ 确认心脏是否已停止跳动的根据为，是否意识丧失和颈动脉是否搏动。心跳停止后，一般 1min 瞳孔放大强直，对光反应消失
- ④ 胸外心脏挤压不应在软床或厚泡沫塑料垫上进行，以免影响效果
- ⑤ 为增强抢救效果，可将患者双腿抬高，以利于下肢静脉血回流回心脏
- ⑥ 抢救必须坚持，许多触电者是在抢救 3~4h 后复苏的，也有 10~12h 后才复苏的。只有患者出现尸体僵硬时，才可停止抢救。尸斑是在重力作用下血液淤滞在皮肤下而形成的青色或红色斑块
- ⑦ 对于发生触电或其他意外时，不论延误了多长时间，都应该积极抢救。若心跳停止 6min 可能引起脑死亡。但延误的时间不等于心脏停止跳动的时间，除非出现尸斑、尸体僵硬或医生认为无抢救价值的才可以放弃抢救

人触电后，往往呈“假死”状态，若现场抢救及时方法正确，对症救治，“假死”状态的人就可以获救。资料统计显示，触电后 1min 开始救治者，90%有良好效果。因此脱离电源和对症救护是触电急救的两大步骤。通常在现场施救的方法主要采用人工呼吸法和胸外心脏挤压法。触电者无知觉、无呼吸，但心脏仍在跳动时，则采取人工呼吸法急救；若触电者

呼吸及心跳均停止，要立即进行人工呼吸和胸外心脏挤压法急救，抢救一般需要很长时间，应耐心地持续进行，不得中断。

1.1.3 相关知识：电气安全知识

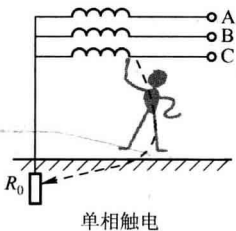
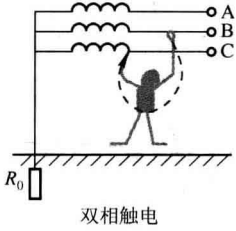
1. 触电形式

触电，就是指人的身体接触到带电物体，有电流流过人体，产生了各种伤害人体的现象。按人体所受伤害方式的不同，触电又可分为电击和电伤两种。电击，主要是电流通过人体内部，影响呼吸系统、心脏和神经系统，造成人体内部组织的破坏，甚至死亡。电伤，主要是指电流的热效应、化学效应、机械效应等对人体表面或外部造成的局部伤害。绝大部分触电事故都是电击造成的，通常所说的触电事故基本上都是指电击而言。

触电事故可分为直接接触触电事故和间接接触触电事故。

1) 直接接触触电事故是指人体直接接触到电气设备正常带电部分引起的触电事故。按照人体触及带电体的方式和电流通过人体的途径，触电可分为两种情况，如表 1-4 所示。

表 1-4 直接接触的形式

分 类	触 电 情 况
 单相触电	单相触电是指人体与任何一条相线接触时，就有电流流过人体，这时人体承受的电压是电源的相电压。通过人体的电流主要由人体电阻（包括人体与地面的绝缘情况）决定
 双相触电	双相触电是指人的身体有两部分同时触及三相电源的两条端线，这时人体承受电源的线电压。显然，双相触电比单相触电更危险，后果也更严重

2) 间接接触触电事故是指人体接触到在正常情况下不带电、仅在事故情况下才会带电的部分而发生的触电事故。

2. 安全电压

安全电压指人体较长时间接触而不致发生触电危险的电压。其数值与人体可以承受的安全电流及人体电阻有关。

(1) 人体电阻

人体电阻因人而异，通常为 $10^4 \sim 10^5 \Omega$ ，人的皮肤干燥或者皮肤较厚的部位其电阻值较

高，当出汗、承受的电压增加以及皮肤破损时，人体的阻抗值都会急剧下降，而在人体电阻值低时通过的危险电流就比较大。

(2) 电流对人的伤害

电流通过人体，会引起针刺感、压迫感、打击感、痉挛、疼痛、血压升高、昏迷、心律不齐、心室颤动等症状，严重时可造成死亡。电流对人体的伤害程度与以下因素有关：通过人体电流的大小；电流通过人体的持续时间；电流通过人体的途径；电流的种类与频率高低；触电者身体健康状况等。电流通过人体的时间愈长，则伤害愈大。

对于工频交流电，按照通过人体的电流大小不同，人体呈现不同的状态，可将电流划分为三级。

感知电流：引起人的感觉的最小电流称感知电流。人对电流最初有轻微麻感。实验证明，成年男性平均感知电流有效值约为 1.1mA；成年女性约为 0.7mA。

摆脱电流：人触电后能自行摆脱电源的最大电流称为摆脱电流。一般男性的平均摆脱电流为 9mA，成年女性的平均摆脱电流为 6mA。

致命电流：在非常短的时间内危及生命的电流称为致命电流。触电电流达到 50mA 以上就会引起心室颤动，有生命危险。

人体允许的安全工频电流为：30mA，工频危险电流为 50mA。

不同电流对人体的影响，如表 1-5 所示。

表 1-5 不同电流对人体的影响

50、60Hz 电流有效值/mA	通电时间	人体的生理反应
0.5~5（摆脱电流）	连续也无危险	手指、手腕等处有痛感，没有痉挛，可以摆脱带电体
5~30	以数分钟为极限	不能摆脱带电体，呼吸困难，血压升高，但仍属可承受的极限
30~50	由数秒到数分	心脏跳动不规则，昏迷，血压升高，引起强烈痉挛，时间过长即引起心室颤动
50~数百	低于心脏搏动周期	虽受强烈冲击，但未发生心室颤动
	超过心脏搏动周期	发生心室颤动，昏迷，接触部位留有电流通过的痕迹，心脏麻痹或停跳

(3) 电压对人体的伤害

触电电压越高，通过人体的电流越大，就越危险。电气设备安全电压值的选择应根据使用环境、使用方式和工作人员状况等因素选用不同等级的安全电压。工频有效值 42V、36V、24V、12V 和 6V 为安全电压的额定值。

确保人身安全采用的安全电压必须具备以下条件：

- 1) 安全电压供电电源的输入电路与输出电路必须实行电气上的隔离，如采用专用双绕组隔离变压器以取得安全电压。
- 2) 工作在安全电压下的电路，必须与其他电路系统和无关的导电部分实行电气上的隔离。当电气设备采用 24V 以上的安全电压时，必须采取防止直接接触带电体的保护措施，其电路必须与大地绝缘。

3. 触电预防

发生触电事故的主要原因有：电气设备安装不合理；维修不及时；电气设备受潮或绝缘受到损坏；供电线路布置不合理；用电时无视安全或违反操作规程等。

为防止触电应采取的预防措施有：

- 1) 加强安全教育，普及安全用电常识，遵守安全用电管理制度及电气设备安全操作规程。
- 2) 正确安装电气设备，加装保护接零、保护接地装置。凡裸露的带电部分，尤其是高压设备，均应设立明显标志，并加防护罩或防护遮拦。
- 3) 不要带电操作。在危险场合（如潮湿或狭窄工作场地等）严禁带电操作，必须带电操作时，应使用安全工具，穿绝缘靴及采取其他必要的安全措施。
- 4) 对各种电气设备应定期检查，如发现漏电和其他故障时，应及时修理排除。
- 5) 在易受潮或露天的场合，可为电气设备加装漏电保护开关等。

1.1.4 任务实施与评价：无电模拟电工安全操作以及口对口人工呼吸模拟训练

- 1) 模拟触电者站在桌子或梯子上，两手同时触及裸导线或一地一火，模拟触电现场。
- 2) 让同学们根据现场实际情况选择使触电者脱离电源的办法，并考虑应注意的问题。
- 3) 进行人工呼吸训练时应注意步骤，教师要现场指导，防止操作不当出现意外。

1.1.5 习题

1. 触电如何预防？应当注意什么？
2. 触电急救的关键是什么？
3. 安全用电的注意事项和触电急救常识是什么？

1.2 子情境 2 保护接零和接地

1.2.1 任务导入：保护接零和接地

接地是在电力系统正常运行、发生故障和遭受雷击等情况下将大地作为构成对地电流回路的一部分，用来保证整个电力系统各个环节的电气设备、装置和人员的安全。以保护人身安全为目的，把电气设备不带电的金属外壳接地或接零，叫做保护接地及保护接零。

任务目标：

- 掌握人工接地体的安装方法。
- 掌握接地电阻的测量方法。
- 理解保护接零和保护接地的原理。

1.2.2 任务分析：接地体的制作与安装

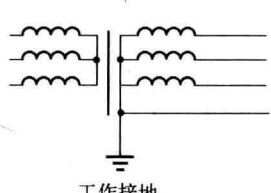
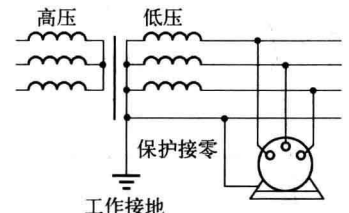
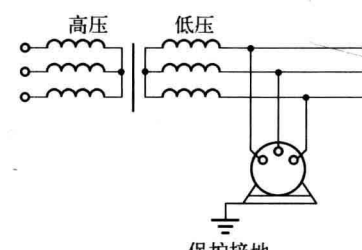
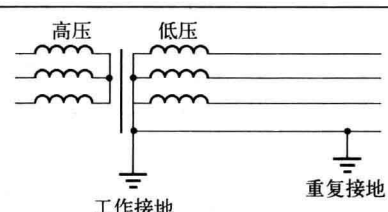
1. 接地的基本概念

接地是将电力系统中电气设备或装置的某一点（接地点）与大地之间通过导体进行可靠、且符合技术要求的电气连接。

(1) 电力系统接地的种类

电力系统接地的种类，如表 1-6 所示。

表 1-6 电力系统接地的种类

种 类	作 用	实 例	示 意 图
工作接地	按正常工作要求而进行的接地	发电机、变压器中性点的接地，防雷接地	
保护接地	电力设备的金属外壳、钢筋混凝土电杆和金属杆塔由于绝缘损坏可能带电，而为了防止这种电压危及人身安全而设置的接地	接零：电力设备外壳与零线连接	
		接地：电力设备外壳不与零线连接，而与独立的接地装置连接	
重复接地	将零线上的一点或多点与地再次做电气连接，以防零线在某处断路而威胁人身安全		

(2) 接地装置

接地装置由接地体和接地线两部分组成，如图 1-1 所示。

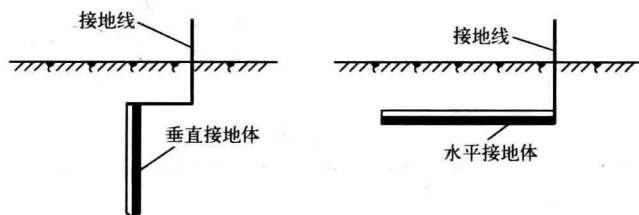


图 1-1 接地装置

接地体又称接地极，是指埋入大地中且直接与土壤接触的金属导体。它是接地装置中的

主要元件。

1) 自然接地体。自然接地体是指兼作接地体用的直接与土壤接触的各种金属构件、金属管道及建筑物的钢筋混凝土基础等。交流电力设备应充分利用自然接地体。

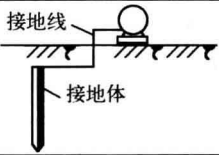
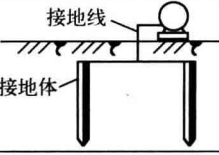
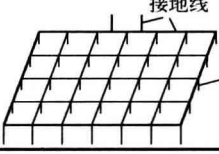
2) 人工接地体。人工接地体是指人为埋入地中且直接与土壤接触的金属件，如钢管、角钢、扁钢和圆钢等。人工接地体按其埋设方式不同分为垂直接地体和水平接地体两种。一般情况下采用垂直接地体，在多岩石地区采用水平接地体。

接地线是指连接接地体与电气设备接地部分的金属导体。人工接地线多采用扁钢或圆钢制作，低压电气设备地面上外露的接地线可用有色金属导线，移动式电气设备则使用橡套电缆的专用线芯作接地线。

(3) 接地装置形式

接地装置按接地体的数量可分为 3 种形式，如表 1-7 所示。

表 1-7 接地装置形式

形 式	说 明	示 意 图	特点及应用
单极接地	由一个接地体构成，接地线一端与接地体连接，另一端与设备的接地点连接		接地要求不太高和设备接地点较少的场所
多极接地	由两个以上的接地体构成，各接地体之间用接地干线并联成一个整体。 接地支线一端与接地干线连接，另一端与设备的接地点直接连接		减小了接地装置的接地电阻，可靠性强，适用于接地要求较高而设备接地点较多的场所
接地网	多个接地体通过接地干线将其互相连接所形成的网络		既便于满足整体设备的接地需要，又加强了接地装置的可靠性，也减小了接地电阻。适用于配电所以及接地点多的车间、工地或露天作业场等场所

(4) 接地电阻

电气设备接地部分的对地电压与接地电流之比，称为接地装置的接地电阻。

接地电阻包括接地装置中的导体电阻、接地体与土壤之间的接触电阻和接地电流在土壤中的流散电阻。在实际应用中，由于接地装置的导体电阻很小，往往将其忽略不计。接触电阻取决于接地体表面积的大小和接地体的安装质量；流散电阻则取决于土壤的电阻率。

接地装置的技术要求是指对接地电阻的要求，原则上接地电阻越小越好，但考虑到经济合理性等方面，接地电阻以不超过规定的数值为准，如表 1-8 所示。

表 1-8 接地电阻最大允许值

接地装置名称	接地电阻最大允许值(Ω)
独立避雷针和避雷线的接地装置	10
配电变压器低压侧中性点接地装置	0.5~10
保护接地的接地装置	4

2. 接地装置的制作与安装

(1) 人工接地体的制作

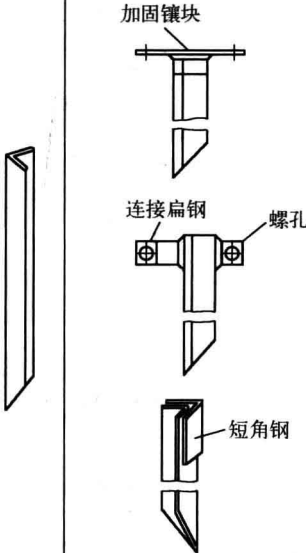
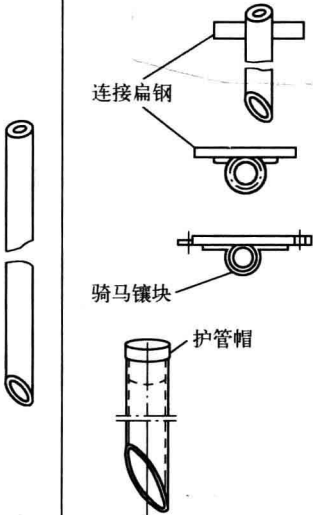
人工接地体的规格，如表 1-9 所示。

表 1-9 人工接地体的规格

类 型	材 料	规 格 要 求		常用尺寸/mm
垂直接地体	钢管	壁厚>3.5mm	长 2~3m	内径 40~50，壁厚 3.5，长 2500
	角钢	厚度≥4mm		40(边宽)×40(边宽)×4(边厚)~50×50×5
水平接地体	扁钢	厚度≥4mm	长度≤60m	4(边厚)×40(边宽)
		截面积≥48mm ²		
	圆钢	直径≥8mm		直径 16

垂直接地体的制作，如表 1-10 所示。

表 1-10 垂直接地体的制作

制 作 要 求	示 意 图	
① 下端要加工成尖形。用角钢制作的接地体，尖点应在角钢的钢脊上，且两个斜边要对称；用钢管制作的接地体，要单边斜向切削以保持一个尖点 ② 凡用螺钉连接的接地体，应先钻好螺钉孔 ③ 为便于连接和将接地体打入地下，防止在打入地下的过程中，头部被锤击变形，常在接地体头部焊上加固镶块，也可在钢管上套入一护管帽或在角钢的上端焊上一短角钢加固 ④ 接地极与扁钢的连接通常采用焊接方法	角钢垂直接地体	钢管垂直接地体
		

水平接地体的制作较简单，按要求截取相应长度的钢材即可。

(2) 人工接地体的安装

垂直接地体的安装，如表 1-11 所示。

表 1-11 垂直接地体的安装

步 骤	尺 寸 要 求	示 意 图	要 点
先挖坑沟	单一垂直接地体挖一坑，直径 0.5m 以上，深 1m 左右		坑上宽下窄