



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校电子技术专业教学用书

电工实训

◎ 金国砥 主编 俞 艳 副主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校电子技术专业教学用书

电 工 实 训

金国砥 主 编

俞 艳 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书内容主要包括安全用电常识、电工工具和常用仪表、电工常用材料和低压电器、电工用图的识读、基本操作和室内配线、室内照明安装和故障检修、三相异步电动机的拆卸与检修、基本电气控制线路的装接和常见动力设备电气故障的分析与排除。

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材,是根据中等职业学校培养目标,结合专业特点来编写的,理论联系实际,注重创新精神和实践能力的培养,可作为系统教材,又可有针对性地选学部分内容,实施分段教学,还可以作为初、中级技术工人岗位培训教材及自学用书。

为了方便教师教学,本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案、习题答案),详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工实训/金国砥主编. —北京:电子工业出版社, 2005.11

教育部职业教育与成人教育司推荐教材·中等职业学校电子技术专业教学用书

ISBN 7-121-01849-7

I. 电… II. 金… III. 电工技术—专业学校—教材 IV. TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第119753号

责任编辑:蔡 葵 毕军志

印 刷:北京市李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:17.5 字数:438.4千字

印 次:2005年11月第1次印刷

印 数:5000册 定价:21.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

中等职业学校教材工作领导小组

组 长：陈贤忠 安徽省教育厅厅长

副 组 长：李雅玲 信息产业部人事司技术干部处处长

尚志平 山东省教学研究室副主任

睦 平 江苏省教育厅职社处副处长

苏渭昌 教育部职业技术教育中心研究所所长

王传臣 电子工业出版社副社长

组 员：(排名不分先后)

唐国庆 湖南省教科院

张志强 黑龙江省教育厅职成教处

李 刚 天津市教委职成教处

王润拽 内蒙古自治区教育厅职成教处

常晓宝 山西省教育厅职成教处

刘 晶 河北省教育厅职成教处

王学进 河南省职业技术教育教学研究室

刘宏恩 陕西省教育厅职成教处

吴 蕊 四川省教育厅职成教处

左其琨 安徽省教育厅职成教处

陈观诚 福建省职业技术教育中心

邓 弘 江西省教育厅职成教处

姜昭慧 湖北省职业技术教育研究中心

李栋学 广西自治区教育厅职成教处

杜德昌 山东省教学研究室职教室

谢宝善 辽宁省基础教育教研培训中心职教部

安尼瓦尔·吾斯曼 新疆自治区教育厅职成教处

秘 书 长：李 影 电子工业出版社

副秘书长：蔡 葵 电子工业出版社

前 言



本书参照国家制定的电工技能鉴定标准,突出学生(培训人员)能力本位,在编写中有以下特点。

1. 图文并茂。本书使用了大量的图表,力求清晰、醒目,便于阅读,内容贴近生活实际,使学生容易接受所学的知识。

2. 操作性强。本书提供了大量的操作实例,步骤清晰,便于实践。在每一章后配有小结、填空题、判断题和问答题,供学生复习和自我检查。

3. 深化改革。本书重视职教特点,深化课程改革,采用新的课程体系和编排次序,突出重点,讲究实用,理论联系实际,符合中等职业学校学生的认识规律,方便教与学。

本书由金国砥负责编写第2、5、6、7、8、9章,俞艳负责编写第3、4、10章,吴国良负责编写第1章,金成负责插图。在本书的编写过程中得到了国家级重点职业学校浙江省杭州中策职业学校和杭州市萧山区第一中等职业学校领导和老师的支持和帮助,在此表示衷心感谢。

本书由山东省教研室段欣、广东省电子技术学校杨文龙主审,经过教育部审批,作为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。

编者水平有限,书中难免存在不足或缺陷之处,恳请读者批评指正。

为了方便教师教学,本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案、习题答案),请有此需要的教师登录华信教育资源网(<http://www.hxedu.com.cn>)下载或与电子工业出版社联系,我们将免费提供。E-mail: ve@phei.com.cn。

编 者
2005年10月



读者意见反馈表

书名: 电工实训

主编: 金国砥

责任编辑: 蔡 葵 毕军志

感谢您关注本书! 烦请填写该表。您的意见对我们出版优秀教材、服务教学, 十分重要。如果您认为本书有助于您的教学工作, 请您认真地填写表格并寄回。我们将定期给您发送我社相关教材的出版资讯或目录, 或者寄送相关样书。

个人资料

姓名_____年龄_____联系电话_____ (办) _____ (宅) _____ (手机)

学校_____专业_____职称/职务_____

通信地址_____邮编_____E-mail_____

您校开设课程的情况为:

本校是否开设相关专业的课程 ☐ 是, 课程名称为_____ ☐ 否

您所讲授的课程是_____课时_____

所用教材_____出版单位_____印刷册数_____

本书可否作为您校的教材?

☐ 是, 会用于_____课程教学 ☐ 否

影响您选定教材的因素 (可复选):

☐ 内容 ☐ 作者 ☐ 封面设计 ☐ 教材页码 ☐ 价格 ☐ 出版社

☐ 是否获奖 ☐ 上级要求 ☐ 广告 ☐ 其他_____

您对本书质量满意的方面有 (可复选):

☐ 内容 ☐ 封面设计 ☐ 价格 ☐ 版式设计 ☐ 其他_____

您希望本书在哪些方面加以改进?

☐ 内容 ☐ 篇幅结构 ☐ 封面设计 ☐ 增加配套教材 ☐ 价格

可详细填写: _____

您还希望得到哪些专业方向教材的出版信息?

感谢您的配合, 请将该反馈表寄至以下地址。如果需要了解更详细的信息或有著作计划, 请与我们直接联系。

通信地址: 北京市万寿路 173 信箱 中等职业教育教材事业部

邮编: 100036

<http://www.hxedu.com.cn>

E-mail: ve@phei.com.cn

电话: 010-88254600 88254591

目 录



第 1 章 安全用电常识	1
1.1 电工与电力输送	1
1.2 触电伤害	2
1.2.1 触电对人体的伤害	2
1.2.2 常见触电的方式	3
1.3 触电防护	4
1.3.1 触电案例	4
1.3.2 防护知识	6
1.4 触电现场的救护	9
本章小结	13
习题 1	13
第 2 章 电工工具和常用仪表	15
2.1 电工工具及其使用	15
2.1.1 电工常用工具	15
2.1.2 电工辅助工具	17
2.2 常用仪表及其使用	19
2.2.1 万用表	19
2.2.2 兆欧表	21
2.2.3 钳形电流表	22
2.2.4 转速表及其使用方法	22
2.2.5 电能表	23
2.2.6 电流表与电压表	28
2.2.7 功率表与功率因数表	28
本章小结	31
习题 2	32
第 3 章 电工常用材料和低压电器	33
3.1 常用电工材料	33
3.1.1 常用导电材料	33
3.1.2 常用绝缘材料	36
3.1.3 常用导磁材料	38
3.1.4 常用安装材料	38
3.2 常用低压电器	40

3.2.1 常用低压电器的分类	40
3.2.2 熔断器	41
3.2.3 刀开关	44
3.2.4 低压断路器	47
3.2.5 主令电器	49
3.2.6 接触器	52
3.2.7 继电器	54
本章小结	64
习题 3	65
第 4 章 电工用图的识读	68
4.1 电工用图的基本知识	68
4.1.1 电工用图的分类	68
4.1.2 电气符号	69
4.1.3 电工用图区域的划分	73
4.1.4 电气原理图中符号位置索引	74
4.1.5 电气原理图中的符号	75
4.2 电工用图的识读方法	75
4.2.1 识读电工用图的基本方法	75
4.2.2 电气原理图的识读	76
4.2.3 电气安装接线图的识读	78
4.2.4 照明电气图的识读	80
4.2.5 工厂动力线路电气图的识读	89
本章小结	97
习题 4	98
第 5 章 基本操作和室内配线	100
5.1 导线基本操作技能	100
5.1.1 导线绝缘层的剖削与连接	100
5.1.2 导线绝缘的恢复	106
5.1.3 导线的封端	109
5.2 导线敷设的基本要求和工序	110
5.2.1 室内布线一般工序	110
5.2.2 室内布线一般要求	111
5.3 导线敷设的方法	111
5.3.1 塑料护套线的敷设	111
5.3.2 灰层布线	112
5.3.3 管配线的敷设	113
5.3.4 瓷瓶线的敷设	119
5.4 室内控制、保护设备的安装	121
5.4.1 配电箱(板)的安装	121

5.4.2 漏电保护器的安装	123
本章小结	127
习题 5	127
技能练习	128
第 6 章 室内照明安装和故障检修	129
6.1 室内照明线路的安装	129
6.2 室内照明电器的安装	133
6.2.1 开关的安装	133
6.2.2 插座的安装	135
6.2.3 白炽灯的安装	137
6.2.4 荧光灯的安装	139
6.2.5 碘钨灯和高压汞灯的安装	142
6.3 室内照明线路的施工	143
6.3.1 室内照明施工一般步骤	143
6.3.2 室内照明电气施工范例	145
6.3.3 室内电气线路故障寻迹图	152
6.3.4 室内电气线路的常见故障分析	153
6.3.5 室内照明线路的常见故障检修方法	155
6.4 室内照明电器故障分析与排除	156
6.4.1 白炽灯具的故障分析与排除方法	156
6.4.2 荧光灯具的故障分析与排除方法	156
6.4.3 碘钨灯、高压汞灯的故障分析与排除方法	160
本章小结	161
习题 6	162
技能练习	162
第 7 章 三相异步电动机的拆卸与检修	163
7.1 三相异步电动机的结构原理	163
7.1.1 三相异步电动机的结构	163
7.1.2 三相异步电动机的工作原理	164
7.1.3 三相异步电动机变磁极对数的调速原理	165
7.2 三相异步电动机的使用	166
7.2.1 三相异步电动机的铭牌	166
7.2.2 三相异步电动机的选择	168
7.2.3 三相异步电动机的安装	169
7.2.4 三相异步电动机的电源引线和引出线端的接法	171
7.3 三相异步电动机的维护	174
7.3.1 电动机运行前的准备	174
7.3.2 电动机运行中的监视	174
7.3.3 电动机的定期检查	175

7.3.4 电动机的拆卸和组装	175
7.4 三相异步电动机的检修	179
7.4.1 电动机一般故障的处理	179
7.4.2 电动机绕组的“短路、断路、通地”处理	180
7.4.3 电动机绕组首尾端接错的处理	183
7.4.4 电动机轴承损坏的处理	185
7.5 三相异步电动机绕组的重绕	186
7.5.1 三相异步电动机绕组的基本知识	186
7.5.2 三相异步电动机绕组的重绕	189
本章小结	192
习题 7	193
第 8 章 基本电气控制线路的装接	195
8.1 基本控制线路类型及其装接步骤	195
8.1.1 基本控制线路的类型	195
8.1.2 基本控制线路的装接步骤	195
8.2 三相异步电动机基本控制线路	196
8.2.1 三相异步电动机手动控制线路	196
8.2.2 三相异步电动机点动、自锁控制线路	198
8.2.3 三相异步电动机正反转控制线路	205
8.2.4 三相异步电动机降压控制线路	210
8.2.5 三相异步电动机制动控制线路	219
8.2.6 三相异步电动机调速控制线路	225
本章小结	229
习题 8	230
第 9 章 常见动力设备电气故障的分析与排除	232
9.1 故障检查和判断的方法	232
9.1.1 电阻测量法	232
9.1.2 交流电压测量法	233
9.1.3 逐步短接法	234
9.2 车床控制线路常见故障的分析与排除	235
9.2.1 车床主要结构	235
9.2.2 车床电气控制线路分析	235
9.2.3 车床电路常见故障的排除	236
9.3 磨床控制线路常见故障的分析与排除	237
9.3.1 平面磨床主要结构	237
9.3.2 平面磨床电气控制线路分析	238
9.3.3 平面磨床电路常见故障的排除	240
9.4 铣床控制线路常见故障的分析与排除	241
9.4.1 铣床主要结构	241

9.4.2	铣床电气控制线路分析	242
9.4.3	铣床电路常见故障的排除	244
9.5	镗床控制线路常见故障的分析与排除	245
9.5.1	镗床主要结构	245
9.5.2	镗床电气控制线路分析	246
9.5.3	镗床电路常见故障的排除	248
9.6	钻床控制线路常见故障的分析与排除	249
9.6.1	钻床主要结构	249
9.6.2	钻床电气控制线路分析	250
9.6.3	钻床电路常见故障的排除	251
本章小结		253
习题 9		253
附录 A	电工图常用图形符号	255
附录 B	电工图常用基本文字符号	258
附录 C	常用建筑图例符号	260
附录 D	电工职业技能岗位鉴定习题	261

第1章 安全用电常识



【学习目标】

- 了解电对人体的伤害及预防措施
- 熟悉安全用电与电气消防知识
- 学会触电现场救护的基本技能

1.1 电工与电力输送

随着电力工业和现代科学技术的日益发展，电能已经成为人们日常生活和工作中不可缺少的能源。我们的世界几乎是一个电的世界。

电力系统是指由电力线路将一些发电厂、变配电所和电力用户联系起来，形成发电（电的生产）、送电、变电、配电和用电的一个整体。电能一般是由发电厂的发电机所产生的，经过升压变压器升压后，再由输电线路输至区域变电所，经区域变电所降压后，再供给各用户使用。

通常我们将除发电厂（发电设备）之外的电力输送系统称电力网。电力网又分为输电网和配电网两部分。输电网（又叫主网架）是以高电压或超高电压将发电厂、变电所或变电所之间连接起来的那部分输电网络。配电网是指直接送到用户的那部分输电网络。

电能的生产即发电，它是将其他形式的能转变成电能的场所。根据电能的生产所利用能源的不同可分为：火力发电、水力发电和原子能发电等。此外，还有风力发电、潮汐发电、太阳能发电、地热发电和等离子发电等。我国由发电厂提供的电能，绝大多数是正弦交流电，其频率为 50 Hz，又称“工频”。

电能的输送又称送电。送电的距离越长，送电的容量越大，则送电的电压就要升得越高。一般情况下，送电距离在 50 km 以下，采用 35 kV 电压；送电距离在 100 km 左右，采用 110 kV 电压；送电距离在 2 000 km 以上，采用 220 kV 或更高的电压。电能（力）的输送要经过变、输、配三个环节，见表 1-1。

表 1-1 电能（力）输送的三个环节

环 节	说 明
变电	指变换电压等级，它可分为升压和降压两种。升压是将较低等级的电压升到较高等级的电压，反之即为降压。变电通常由变电站（所）来完成，相应地可分为升压变电站（所）和降压变电站（所）
输电	指电力的输送，一般由输电网来实现。输电网通常由 35 kV 及以上的输电线路及与其相连的变电站组成



续表

环 节	说 明
配电	指电力的分配,通常由配电网来实现。配电网一般由 10 kV 以下的配电线路所组成。现有的配电电压等级为 10 kV、6 kV、3 kV、380V/220V 等多种,农村常采用的是 10 kV/0.4 kV 变配电站,380V/220V 配电线路 注意:在工厂配电中,对车间动力用电和照明用电采用分别配电的方式,即把各个动力配电线路与照明配电线路——分开,这样可避免因局部故障而影响整个车间的生产用电和照明用电

电力系统各级电力网上用电设备所需功率的总和称为用电负荷,各级电力网上发电机组产生的功率总和称为总供电功率,电力系统要求总用电负荷与总供电功率保持平衡,以确保供电质量,避免或减少供电事故的发生。依据用电户性质的不同,用电负荷一般可分为三级,见表 1-2。

表 1-2 负荷的三级分类

负 荷 分 类	断电产生的后果	采 取 措 施
一级负荷	断电会引起人员伤亡,或将造成重大的政治影响,或给国民经济造成重大损失、产生不良社会影响,如钢铁厂、石化企业、矿井、医院等	至少两个独立电源供电,重要的应配备备用电源,确保持续供电
二级负荷	断电会造成产品的大量减产、大量原材料的报废,公共场所的正常秩序造成混乱,如化纤厂、生物制药厂和体育馆、剧院等	一般由两个独立回路供电,提高供电持续性
三级负荷	断电后造成的损失与影响不大	对电源无特殊需要,并允许在非常情况下暂时停电

1.2 触电伤害

电是一种看不见的物质,只能用仪表才能测量。随着我国国民经济的快速增长,以及人民生活水平的不断改善和提高,电气化程度也越来越高。无论城市或农村,人们会经常接触各类电气设备,因此,熟悉“电”,让它安全可靠地为人类服务,显得十分重要。

1.2.1 触电对人体的伤害

当人体某一部分接触到带电的导体(如裸导线、开关、插座的金属带电部分)或绝缘损坏的用电设备时,人体便成为一个带电的导体,如果人体对电流构成回路,电流通过人体对人体产生的生理和病理伤害称为触电。

触电对人体的伤害程度主要取决于电流大小、电流持续时间、电流途径、电压高低、电流频率、以及人体状况等,见表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 触电对人体的伤害程度

触 电 因 素	说 明
电流大小	人体触电时,流过人体的电流大小是决定人体伤害程度的主要因素之一。较小电流流过人体时,会有麻刺的感觉;若较大电流(超过 50 mA)流过人体时,就会造成较严重的伤害,甚至死亡
电流持续时间	触电电流流过人体的持续时间越长,对人体的伤害程度越大。触电时间越长,电流在心脏间歇期内通过心脏的可能性越大,因而造成心室颤动的可能性也越大。另外,触电时间越长,对人体组织的破坏也越严重
电流途径	电流通过人体的任一部位,都可能造成死亡。电流通过心脏、中枢神经(脑部和脊髓)、呼吸系统是最危险的。因此,从左手到前胸是最危险的电流路径,这时心脏、肺部、脊髓等重要器官都处于电路内,很容易引起心室颤动和中枢神经失调而死亡



表 1-4

续表

触电因素	说 明
电压高低	触电电压越高，对人体的危害越大。触电致死的主要因素是通过人体的电流，根据欧姆定律，电阻不变时电压越高，流过人体的电流就越大，受到的危害就越严重。这就是高压触电比低压触电更危险的原因。此外，高压触电往往产生极大的弧光放电，强烈的电弧可以造成严重的烧伤或致残，实践证明电压超过 36V 对人体有触电的危险，36V 以下的电压才是安全的
电流频率	电流频率的不同，触电伤害的程度也不一样，直流电对人体的伤害较轻，30~300 Hz 的交流电危害最大，频率在 20 kHz 以上的交流电对人体已无危害。所以，在医疗临床上利用高频电流作理疗，但电压过高的高频电流仍会使人触电死亡
人体状况	人体的身体状况不同，触电时受到的伤害程度也不同。例如，患有心脏病、神经系统、呼吸系统疾病的人，在触电时受到的伤害程度要比正常人严重。一般来说，女性较男性对电流的刺激更为敏感，感知电流和摆脱电流要低于男性。儿童触电比成人要严重。此外，人体的干燥或潮湿程度、人体健康状态等，都是影响触电时受到伤害程度的因素

表 1-4 不同大小的电流对人体的影响

交流电流 (mA)	对人体的影响程度
0.6~1.5	手指有微麻刺感觉
2~3	手指有强烈麻刺感觉
5~7	手部肌肉痉挛
8~10	手部有剧痛感，难以摆脱电源，但仍能脱离电源
20~25	手麻痹、不能摆脱电源，全身剧痛、呼吸困难
50~80	呼吸麻痹、心脑震颤
90~100	呼吸麻痹，延续 3 s 以上心脏就会停止跳动
500 以上	延续 1 s 以上有死亡危险

1.2.2 常见触电的方式

常见触电的方式见表 1-5。

表 1-5 常见的触电方式

触电方式	示意图	说 明
单线触电		当人体的某一部位碰到相线或绝缘性能不好的电气设备外壳时，电流由相线经人体流入大地导致的触电，叫单线触电（或单相触电）
双线触电		当人体的不同部位分别接触到同一电源的两根不同电位的相线，电流由一根相线经人体流到另一根相线导致的触电，叫双线触电（或称双相触电）



续表

触电方式	示意图	说明
跨步电压触电		当电气设备相线外壳短路接地,或带电导线直接接地时,人体虽没有直接接触带电设备外壳或带电导线,但是跨步行走在电位分布曲线的范围内而造成的触电,叫跨步电压触电

1.3 触电防护

安全用电提倡的是“用电安全、预防为主”。在日常的生活、学习和工作中,应自觉遵守安全用电规定,避免由于人为或电气等方面的触电事故。

1.3.1 触电案例



案例 1: 外壳带电, 酿成悲剧

【事故经过】某建筑工地,工人们正在进行水泥圈梁的浇灌。突然,搅拌机附近有人大喊:“有人触电了”。只见在搅拌机进料斗旁边的一辆铁制手推车上,趴着一个人,地上还躺着一个人。当人们把搅拌机附近的电源开关断开后,看到趴在手推车上的那个人的手心和脚心穿孔出血,并已经死亡,年仅 17 岁。与此同时,人们对躺在地上的那个人进行人工呼吸,他的神志才慢慢恢复。

【事故分析】事故发生后,有关人员马上对事故进行了检查,从事故现象看,显然是搅拌机带电引起的。当合上搅拌机的电源开关时,用验电笔测试搅拌机外壳不带电;当按下搅拌机的启动按钮时,再用验电笔测试设备外壳,氖泡很亮,表明设备外壳带电,用万用表交流挡测得设备外壳对地电压为 195 V (实测相电压为 225 V)。经仔细检查,发现电磁启动器出线孔的橡胶圈变形移位,一根绝缘导线的橡胶磨损,露出铜线,铜线与铁板相碰。检查中又发现搅拌机没有接地保护线,其 4 个橡胶轮离地约 300 mm,4 个调整支承脚下的铁盘在橡皮垫和方木上边,进料斗落地处有一些竹制脚手板,整个搅拌机对地几乎是绝缘的。死者穿布底鞋,双手未戴手套,两手各握两个铁把;因夏季天热,又是重体力劳动,死者双手有汗,人体电阻大大降低。估计人体电阻约为 500~700 Ω ,流经人体的电流大于 250 mA。如此大的电流通过人体,死者无法摆脱带电体,在很短的时间内导致死亡。另一触电者因单手推车,脚穿的是半新胶鞋,所以尚能摆脱电源,经及时的人工呼吸,得以苏醒。

【事故教训】这起事故充分说明,临时用电绝不能马虎,一定要遵守电气设备安装、检修、运行规程和安全操作规程,杜绝违章作业。为安全起见,许多电气设备金属外壳都有接地保护线。



案例 2: 电线断落, 老汉身亡

【事故经过】某村有一位老汉在街上行走时,看到路边有一根断落的电线,一头落在地上,一头挂在电线杆上,便好奇地上前捡电线,老汉当即触电,经抢救无效死亡。



【事故分析】掉在地上的断落电线，是由该村配电室通向磨坊的 380 V 低压动力线路，老汉毫无安全用电常识是造成触电事故的主要原因。该村电工不及时维修更换线路，不安装漏电保护器，给这次事故埋下了隐患。

【事故教训】加强安全用电常识的教育。对断落在地上的电线，未确认电线已断电前，绝对不能用手直接操作，这时可用干燥的木棒、竹竿等绝缘工具挑开断落的电线。



案例 3：铝梯作业，高空坠地

【事故经过】某厂熔窑停产检修，一名电工和一名焊工配合在高空焊一钢管。电工站在铝制的金属梯子上，双手把着铁管一端，电焊工拖过焊把线在铁管另一端施焊。焊完后，该电工从梯子上下来。他一手扶着刚焊好的铁管，另一手去扶金属梯子，突然触电摔倒，从 2 m 多高的梯子上坠落下来，经多方抢救无效，不幸死亡。

【事故分析】为什么该工会触电呢？原来电焊机的焊把线从金属梯子上拉到高处作业点，焊把线外皮破损漏电，使金属梯带电，铁管一端焊完后和地连通。当该电工下梯子时，电焊机的空载电压（70 V）正加在他的两手之间。

【事故教训】

- ① 电焊机的二次空载电压虽然只有 60~70 V，但不是安全电压，不能麻痹大意。
- ② 电焊机的焊把线绝缘必须完好，如有破损，应及时包扎好。
- ③ 登高进行电工作业，不能使用金属材料制成的梯凳，而应该使用竹、木、玻璃钢等绝缘材料制成的登高用具，并且要按规定进行预防性试验，以保证检修人员的安全。
- ④ 焊接时焊件不应直接用手扶，而应该用适当的绝缘夹件夹住或固定好。
- ⑤ 在高空作业时，要有防跌措施，如佩带安全带、挂接地线和有人监护等，以防止触电者从高处坠落，造成二次事故。



案例 4：连续触电，后果严重

【事故经过】某市郊电杆上的电线被风刮断，掉在水田中，一小学生把一群鸭子赶进水田，当鸭子游到落地的断线附近时，一只只死去，小学生便下田去拾死鸭子，未跨几步便被电击倒。爷爷赶到田边急忙跳入水田中拉孙子，也被击倒了，小学生的父亲闻讯赶到，见鸭死人工亡，又下田抢救也被电击倒。一家三代均死在水田中。

【事故分析】低压线（380/220 V 系统）一相断落，落地点 1 m 附近的跨步电压很高；这些人缺乏电气安全知识，未立即切断电源，造成多人死亡的恶性事故。

【事故教训】缺乏电气安全用电知识，后果严重。要重视安全用电知识教育，避免类似触电恶性事故的重演。



案例 5：零线断开，职工遭电击

【事故经过】某市电扇厂一职工拿着热水瓶去灌开水，刚拧开电热水器的水笼头，便遭到电击，热水瓶打得粉碎，该职工吓得满头大汗。幸好这位打水者穿的是胶底皮鞋，否则，后果将更为严重。

【事故分析】现场检查，用试电笔测试电热水器外壳，氖管发红光。所用电热水器功率 9 kW，电源电压为三相 380 V，外壳已接零保护并接触良好，安装使用半年多了，也一直

未发现问题。

为什么会发生像今天这样的电击事故呢？检查人员又作进一步检查分析，拉下电热水器的电源开关，拆下电源箱盖板，用 500 V 摇表检测每个回路的绝缘电阻。测量结果，主电路良好，绝缘电阻达 $5\text{ M}\Omega$ ，但是控制回路的绝缘电阻只有 $0.1\text{ M}\Omega$ ，其原因是有一根电线绝缘老化，靠在外壳内壁。再继续检查下去，发现电热水器的外壳接零线，通过暗埋在墙里的线管，接在二楼的照明控制刀开关下接线端子的零线上。因当日是星期天，那个接有该电热水器保护零线的刀开关，被人在星期六下班时一并都拉至断开位置，造成零线断路，使电热水器失去了接零保护作用。于是，检查人员把保护零线直接改接到电源零线上，并把电热水器内那根绝缘不良的导线作了处理，电热水器外壳带电故障立即排除。

【事故教训】 电气设备接地（零）安装一定要良好，并做到经常检查，保证它处于良好工作状态。



案例 6：车床带电，危及人命

【事故经过】 某厂球阀车间一个车工发现他的车床带电，严重麻手，无法操作。

【事故分析】 用万用表测量车床，对地有 29 V 电压。断开该车床电源，仍有 29 V 对地电压，仔细检查未发现任何漏电的地方。当拆除保护接零线时，车床对地电压消失。再测其他机床均有 29 V 对地电压。初步断定带电是由保护接零线引入的。当时，车间点亮四盏 220 V 200 W 白炽灯。当逐盏关闭 4 盏电灯时，车床对地电压逐渐下降直至消失。说明带电与零线电流有关。检查零线，发现 25 mm^2 的铜心橡皮线与 35 mm^2 的铝心橡皮线接处表面生成一层白色粉末，使接头产生 $9.2\ \Omega$ 的电阻。4 盏照明灯的电流在接头处产生电压降，使车间内零线带上 29 V 对地电压。这个车工穿布鞋，站立的地方有积水，虽只有 29 V 电压，也会产生麻手的感觉。

【事故教训】 此例说明，零线阻抗增大也会导致触电。所以应重视对电气线路、电气设备的检查和维护。

1.3.2 防护知识

1. “地”的概念及其作用

(1) “地”的概念。它是指电气上的“地”，如图 1-1 所示的距接地体（点）20 m 以外地方的电位（该处的电位已降至趋于零）。该电位等于零的地方，就是我们所说的电气上的“地”。

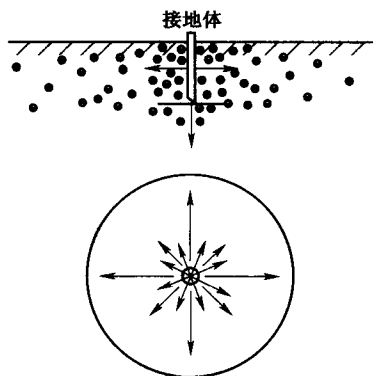


图 1-1 接地电流的电位分布曲线图