

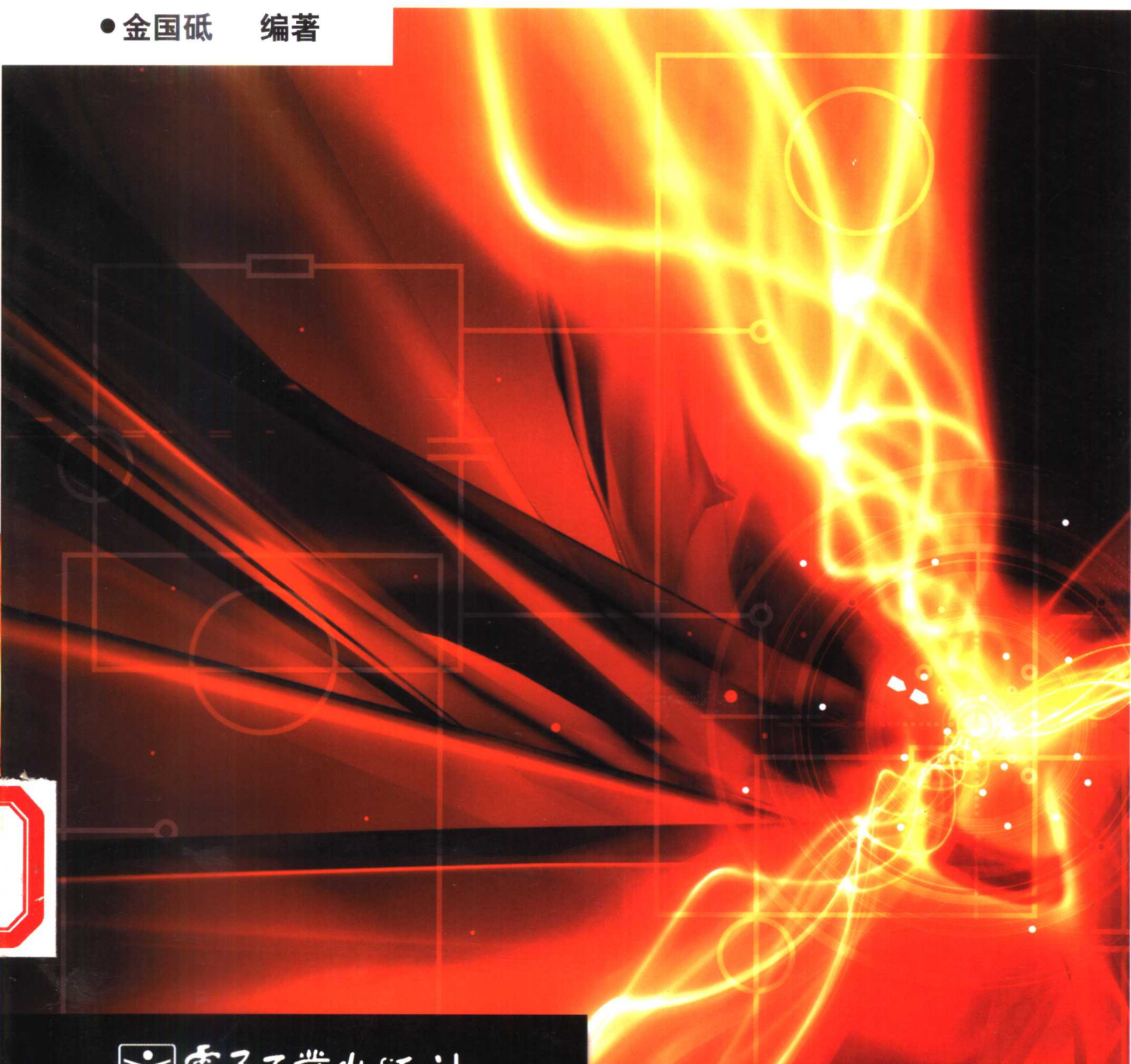
高等职业教育电子信息类贯通制教材

· 电子技术专业



电工实训

• 金国砥 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高等职业教育电子信息类贯通制教材(电子技术专业)

电工实训

金国砥 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是高等职业教育电子信息类贯通制教材,编写原则是根据全国职业教育工作会议精神,参考本行业的职业技能鉴定及工人技术等级考核标准,以基本技能操作(实训)为主线,做到图文并茂、通俗易懂、操作性强。

主要内容有:供用电常识(电能的生产、输送和分配,安全用电和触电现场的救护)、电工常用工具和仪表、常用材料和低压电器、电工基本操作技能、电工用图的识读、室内照明控制电路的安装和故障排除、车间动力控制电路的安装和故障排除等。本书还包括每章的小结、思考与实训课题。

本书可作为全国高等职业院校电子电器应用与维修专业及相关专业教材,也可作为岗位培训用书。

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/金国砥编著. —北京:电子工业出版社,2003.1

高等职业教育电子信息类贯通制教材(电子技术专业)

ISBN 7-5053-8202-0

I. 电… II. 金… III. 电工技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 098183 号

责任编辑:张荣琴 特约编辑:王宝祥

印 刷:北京大中印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

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:9.75 字数:253 千字

版 次:2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

印 数:6 000 册 定价:13.00 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

前 言

职业教育的教学质量和办学效益,直接关系到我国 21 世纪劳动者和专门人才的素质,关系到经济发展的进程。要培养具有综合能力和全面素质,能直接在生产、服务、技术和管理第一线工作的应用型人才,就要以社会和经济发展的需求为导向,从劳动力市场和职业岗位群分析入手,搞好教材建设、努力提高教育质量。在这个思想指导下,即侧重于对学生技能、应用和操作实训,尝试编写了这本《电工实训》教材。

本教材共分 7 章,配有插图 200 余幅。第 1 章供用电常识,主要述叙了电能的生产、输送和分配,安全用电和触电现场的救护等知识。第 2 章电工常用工具和仪表,主要介绍了电工常用工具和仪表的使用。第 3 章电工常用材料和低压电器,主要介绍了常用电工材料和低压电器的分类、基本结构及其选用的方法等。第 4~7 章分别介绍电工基本操作技能、电工用图的识读、室内照明控制电路的安装和故障排除、车间动力控制电路的安装和故障排除等。

全书以基本技能操作(实训)为主线,力求做到图文并茂、通俗易懂、可操作。同时,每章都附有小结、思考题和实训课题,以帮助学生培养能力,拓宽视野,提高创新意识。

在教材的编写中,编者注意参照国家制定的有关技能鉴定标准,插入了大量的示图诠释;在编写体系上采用模块结构,使教学更具针对性和选择性,使学生学得进、用得上。因为教学课时数的限制、地区间的差异,院校办学目标和要求不一,使用本教材时,各院校可根据自己的实际情况,选用有关章节和实训课题。

总之,随着科学技术的迅猛发展,职业技术教育的不断深化,编写以体现职业院校学生动手操作和技能水平为特色的职业技术学院教材是一个新课题。由于编者水平有限,书中难免存在缺陷和不足,殷切希望全国各地职业技术学院的广大师生提出宝贵意见。

编 者

2002 年 7 月

10.21.05

目 录

第 1 章 供用电常识	(1)
1.1 电能的生产、输送和分配	(1)
1.1.1 电能的生产	(1)
1.1.2 电能的输送	(2)
1.1.3 电能的分配	(2)
1.2 安全用电知识	(2)
1.2.1 安全用电	(2)
1.2.2 安全操作(作业)	(5)
1.2.3 接地装置与防雷接地	(5)
1.2.4 电气消防	(9)
1.2.5 触电现场的救护	(9)
本章小结	(11)
思考题	(11)
实训 1 参观工厂变配电室或学校模拟变配电室	(12)
实训 2 模拟现场触电救护的操作练习	(12)
第 2 章 电工常用工具和仪表	(14)
2.1 电工常用工具及其使用方法	(14)
2.1.1 电工常用工具	(14)
2.1.2 电工辅助工具	(15)
2.2 电工常用仪表及其使用方法	(17)
2.2.1 万用表	(17)
2.2.2 兆欧表	(19)
2.2.3 钳形电流表	(21)
2.2.4 转速表	(21)
2.2.5 电度表	(21)
2.2.6 电流表与电压表	(25)
本章小结	(26)
思考题	(26)
实训 3 常用电工工具的识别与使用	(27)
实训 4 常用电工仪表的识别与使用	(28)
第 3 章 电工常用材料和低压电器	(29)
3.1 常用电工材料	(29)
3.1.1 常用导电材料	(29)
3.1.2 常用导磁材料	(29)
3.1.3 常用绝缘材料	(30)

3.2 常用低压电器	(30)
3.2.1 常用低压电器的分类	(30)
3.2.2 常用低压电器的选用	(38)
本章小结	(44)
思考题	(44)
实训 5 常用开关电器的拆装	(45)
实训 6 交流接触器的拆装	(47)
实训 7 常用继电器的拆卸	(48)
第 4 章 电工基本操作技能	(49)
4.1 导线的连接	(49)
4.1.1 导线绝缘层的剖削	(49)
4.1.2 导线的连接	(50)
4.1.3 导线的封端	(52)
4.1.4 导线绝缘的恢复	(52)
4.2 室内配线的一般要求和工序	(53)
4.2.1 室内配线的一般要求	(53)
4.2.2 室内配线的一般工艺	(54)
4.2.3 塑料护套线配线方法	(54)
4.2.4 灰层配线方法	(55)
4.2.5 管配线方法	(56)
4.2.6 瓷瓶配线方法	(61)
4.2.7 配电箱(板)的安装	(63)
本章小结	(65)
思考题	(65)
实训 8 常用导线的连接	(66)
实训 9 室内配线的练习	(67)
实训 10 配电板的安装	(68)
第 5 章 电工用图的识读	(69)
5.1 电工用图绘制标准	(69)
5.1.1 电工用图的分类	(69)
5.1.2 电工用图中区域的划分	(70)
5.1.3 电工用图中符号位置的索引	(72)
5.1.4 电气符号	(73)
5.2 电工用图的识读	(75)
5.2.1 识读电工用图的基本原则要求	(75)
5.2.2 车间动力电气图的识读	(76)
5.2.3 住宅照明电气图的识读	(77)
本章小结	(80)
思考题	(80)
实训 11 电工识图训练	(81)

第 6 章 室内照明控制电路的安装和故障排除	(83)
6.1 室内照明装置的安装	(83)
6.1.1 灯头与灯座的安装	(83)
6.1.2 开关与插座的安装	(84)
6.1.3 白炽灯具控制电路的安装	(89)
6.1.4 荧光灯具控制电路的安装	(91)
6.1.5 碘钨灯和高压汞灯的安装	(93)
6.2 室内照明线路的故障排除	(94)
6.2.1 室内照明线路故障寻迹图	(94)
6.2.2 室内照明线路的常见故障分析	(94)
6.2.3 室内照明线路的常见故障检修方法	(97)
6.2.4 白炽灯具、荧光灯具故障分析与排除方法	(98)
6.2.5 碘钨灯、高压汞灯的故障分析与排除方法	(102)
本章小结	(103)
思考题	(103)
实训 12 吸顶灯的安装	(103)
实训 13 荧光灯的安装	(104)
实训 14 楼梯灯的安装	(105)
第 7 章 车间动力控制电路的分析和故障排除	(107)
7.1 基本控制电路	(107)
7.1.1 全压启动控制电路	(107)
7.1.2 降压启动控制电路	(109)
7.1.3 正反转控制电路	(111)
7.1.4 制动控制电路	(113)
7.1.5 调速控制电路	(115)
7.2 常见动力设备的控制电路分析	(117)
7.2.1 车床控制电路的分析	(117)
7.2.2 磨床控制电路的分析	(119)
7.2.3 铣床控制电路的分析	(122)
7.2.4 镗床控制电路的分析	(124)
7.2.5 钻床控制电路的分析	(127)
7.3 常见动力设备的控制电路故障排除	(129)
7.3.1 故障检查和判断的方法	(129)
7.3.2 车床电路常见故障的排除	(131)
7.3.3 磨床电路常见故障的排除	(132)
7.3.4 铣床电路常见故障的排除	(133)
7.3.5 镗床电路常见故障的排除	(134)
7.3.6 钻床电路常见故障的排除	(135)
本章小结	(136)
思考题	(136)

实训 15	参观工厂或学校实践车间的动力设备	(136)
实训 16	动力设备电气控制线路的安装	(137)
实训 17	动力设备电气控制线路的设计	(139)
实训 18	动力设备电气故障的检修	(140)
附录		(141)
附录 A	电工常用电气符号	(141)
附录 B	常用建筑图例符号	(143)
附录 C	电工操作技能考核鉴定要求	(144)
附录 D	铜芯绝缘导线长期连续负荷允许载流量	(146)
附录 E	铝芯绝缘导线长期连续负荷允许载流量	(146)

第1章 供用电常识

电是一种优质的能源，它是工业的基础、农业现代化的重要物质条件，是改善人们物质和文化生活的决定因素。作为电工，了解掌握电工的一些必要知识和技能，是十分重要的。

1.1 电能的生产、输送和分配

由电力线路将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来的发电（电的生产）、输送、变电、配电和用电的整体，叫电力系统。电力系统的示意图如图 1-1 所示。图中发电厂的发电机所发出的电的电压经过升压变压器升压后，由输电线路远距离输送至用电点的区域变电所，经区域变电所降压后供给各用户。

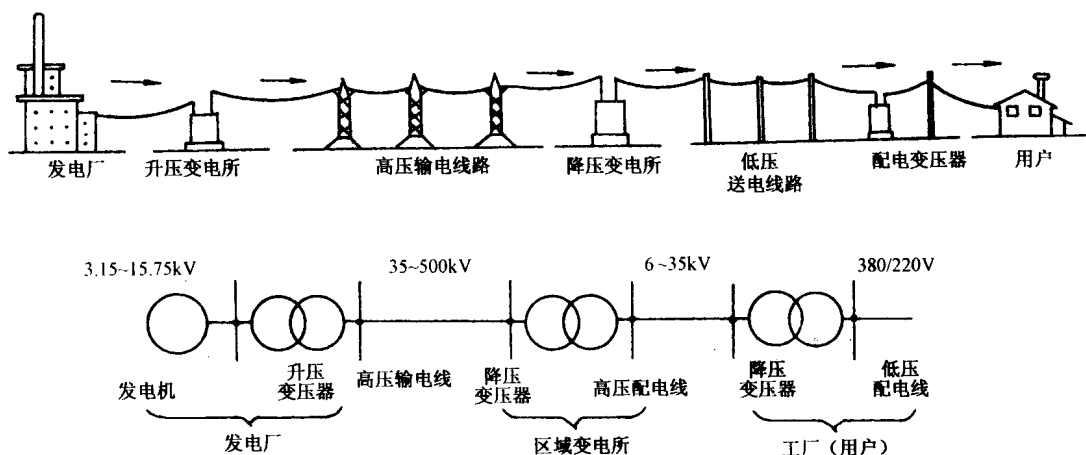


图 1-1 电力系统的示意图

1.1.1 电能的生产

电能的生产即发电。生产电能的工厂称为发电厂。发电厂是把其他形式的能量转变成电能的场所。发电厂的种类很多，一般根据它所利用能源的不同分为：火力发电厂、水力发电厂和原子能发电厂等。此外，还有风力发电厂、潮汐发电厂、太阳能发电厂、地热发电厂和等离子发电厂等。

目前，我国的电能生产以火力发电、水力发电和原子能发电 3 类为主。

1. 火力发电

火力发电通常以煤或油为燃料，使锅炉产生蒸汽，以高压高温蒸汽驱动汽轮机，由汽轮机带动发电机而发电。

2. 水力发电

水力发电是利用自然水力资源作为动力，通过水库或筑坝截流的方式提高水位，利用水流的位能驱动水轮机，由水轮机带动发电机而发电。

3. 原子能发电

原子能发电是由核燃料在反应堆中的裂变反应所产生的热能产生高压高温蒸汽，驱动汽轮机再带动发电机而发电。原子能发电又称核发电。

目前，世界上由发电厂提供的电力，绝大多数是交流电。我国交流电频率为 50 赫，称为工频。

1.1.2 电能的输送

电能的输送又称输电。输电的距离越长，输送容量越大，则要求输电电压越高。一般情况下，输电距离在 50 km 以下，采用 35 kV 电压；输电距离在 100 km 左右，采用 110 kV 电压；输电距离在 2000 km 以上，采用 220 kV 或更高的电压。

1.1.3 电能的分配

高压输电到用电点（如住宅、工厂）后，须经区域变电（即将交流电的高压降低为低压），再供给各用电点。电能提供给民用住宅的照明电压为交流 220 V，提供给工厂车间的交流电电压为 380/220 V。

注意：在工厂配电中，对车间动力用电和照明用电需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一一分开，这样可避免因局部故障而影响整个车间的生产。

1.2 安全用电知识

电是一种看不见、摸不着的物质，只能用仪表测量。电如果使用不合理、安装不恰当、维修不及时或违反操作规程，都会带来不良的后果。因此，了解安全用电知识、正确地用好电、管好电，就显得十分重要。

1.2.1 安全用电

1. 触电对人体的危害

当人体某部位接触到带电的导体（裸导线、开关、插座的铜片等）或触及绝缘损坏的用电设备时，人体便成为一个通电的导体，电流流过人体会造成伤害，这就是触电。

人触电时，流过人体的电流的大小和伤害程度有很大的关系。少量电流流过人体时，会有麻刺的感觉；若大量电流（如 50 mA 电流）流过人体时就会造成伤害，甚至死亡。因此，电工在操作时，应特别注意安全用电、安全操作。

电流的大小对人体的伤害程度，参见表 1-1 所示。

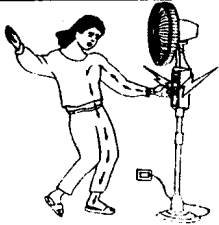
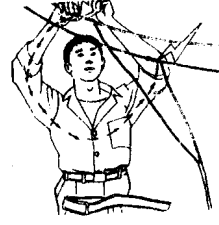
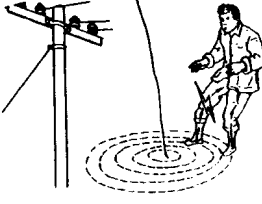
2. 常见触电方式

常见触电方式，如表 1-2 所示。

表 1-1 不同电流对人体的影响

交流电流 (mA)	对人体的影响
0.6~1.5	手指有些微麻刺感觉
2~3	手指有强烈麻刺感觉
5~7	手部肌肉痉挛
8~10	难以摆脱电源, 手部有剧痛感
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, 如果持续 3s 以上, 心脏就会停止跳动

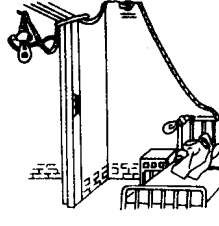
表 1-2 几种常见的触电方式

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的触电, 叫单线触电 (或称单相触电)
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相位的相线, 电流由一根相线经人体流到另一根相线的触电, 叫双线触电 (或称双相触电)
跨步触电		当电气设备相线碰壳短路接地, 或带电导线直接接触地时, 人体虽没有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, 叫跨步触电 (或称跨步电压触电)

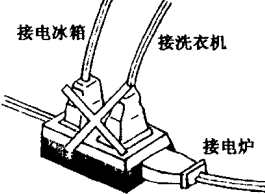
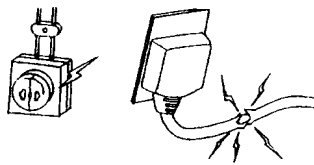
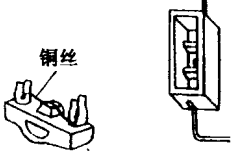
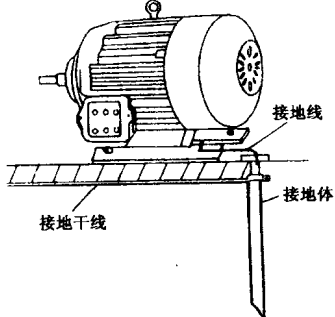
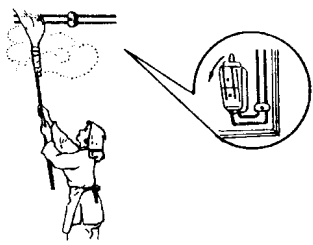
3. 安全用电措施

安全用电的有效措施是: “安全用电、以防为主”。在日常生活、学习和工作中, 应自觉遵守安全用电规定, 如表 1-3 所示要求。

表 1-3 安全用电常识

示 意 图	说 明	示 意 图	说 明
	不准采用“一线一地”制		不准乱拉电线

续表

示 意 图	说 明	示 意 图	说 明
	不准在插座上接过多或功率过大的用电设备		不准使用绝缘层已损坏的电器
	不准用铜丝做熔断器（保险丝）		不准直接拔拉电线
	对电气设备一定要做良好的接地保护		未切断电源，不准对电气线路进行打扫

在选用用电设备时，须优先考虑带有隔离、绝缘、防护接地、安全电压或防护切断等防范措施的用电设备。

(1) 隔离：隔离就是采取某种方法，使人体不能直接接触用电设备的带电部分，甚至不接触用电设备本身。

(2) 绝缘：绝缘就是采取某种措施将带电导体部分包封在绝缘材料里面，这样就不会产生不允许的触电流通过人体。

(3) 防护接地：防护接地就是将用电设备不带电的金属外壳，用导线和接地体与大地连接起来，使其保持与大地等电位，这样即使用电设备内部绝缘损坏，其漏电流通过接地系统流入大地，人体接触后也不会发生触电危险。

(4) 安全电压：安全电压就是对用电设备使用低电压（交流 36 V 及 36 V 以下的电压）。由于使用低电压，即使有漏电发生，产生的电流在安全范围内，流过人体也不足以引起危险。这种方法只适用于使用低电压的用电设备。

(5) 防护切断：防护切断就是在用电设备线路上装接电压型或电流型触电保护器（开关），当用电设备不带电金属外壳出现高于安全电压时，或出现大于安全值的漏电流时，立即切断电源起到防范作用。由于电流型触电保护器，具有较高的灵敏度和可靠性，在国内外许多家庭、仓库、工地等场所，得到广泛的应用。

1.2.2 安全操作（作业）

1. 停电工作的安全常识

停电工作是指用电设备或线路在不带电情况下进行的电气操作（作业）。为保证停电后的安全操作（作业），应做的步骤是：

（1）检查是否断开所有的电源。在停电操作（作业）时，为保证安全应断开电源，使电源至作业的设备或线路有两个以上的明显断开点。对于多回路的用电设备或线路，还要注意从低压侧向被作业设备的倒送电。

（2）进行操作前的验电。操作前，使用电压等级合适的验电器（笔），对被操作的电气设备或线路进出两侧分别验电。检电时，手不得触及验电器（笔）的金属带电部分。确认无电后，方可进行工作。

（3）悬挂警告牌。在断开的开关或刀闸操作手柄上应悬挂“禁止合闸、有人工作”的警告牌，必要时加锁固定。对多回路的线路，更要防止突然来电。

（4）挂接接地线。在检修交流线路中的设备或部分线路时，对于可能送电的地方都要装设携带型临时接地线。装接接地线时，必须做到“先接接地端，后接设备或线路导体端，接触必须良好”。拆卸接地线的程序与装接接地线的步骤相反，接地线必须采用多股软裸铜导线，其截面积不小于 25 mm^2 。

2. 带电工作的安全常识

如果因特殊情况必须在用电设备或线路上带电工作时，应按照带电操作的安全规定进行。

（1）在用电设备或线路上带电工作时，应由有经验的电工专人监护。

（2）电工工作时，应穿长袖工作服，戴安全工作帽，防护手套和与工作内容相应的防护用品。

（3）使用绝缘安全用具操作。在移动带电设备的操作（接线）时，应先接负载后接电源，拆线时顺序相反。

（4）电工带电操作时间不宜过长，以免因疲劳过度、注意力分散而发生事故。

3. 设备运行管理常识

（1）出现故障的用电设备和线路，不能继续使用，必须及时进行检修。

（2）用电设备不能受潮，要有防雨、防潮的措施，且通风条件要良好。

（3）用电设备的金属外壳，必须有可靠的保护接地装置。凡有可能遭雷击的用电设备，都要安装防雷装置。

（4）必须严格遵守电气设备操作规程。合上电源时，应先合电源侧开关，再合负荷侧开关；断开电源时，应先断开负荷侧开关，再断开电源侧开关。

1.2.3 接地装置与防雷接地

1. 接地装置

（1）“地”的概念。它是指电气上的“地”，即指如图 1-2 所示的距接地体 20 m 以外地方的电位（该处的电位已降至近为零）。这电位等于零的地方，就是我们所说的电气上的“地”。

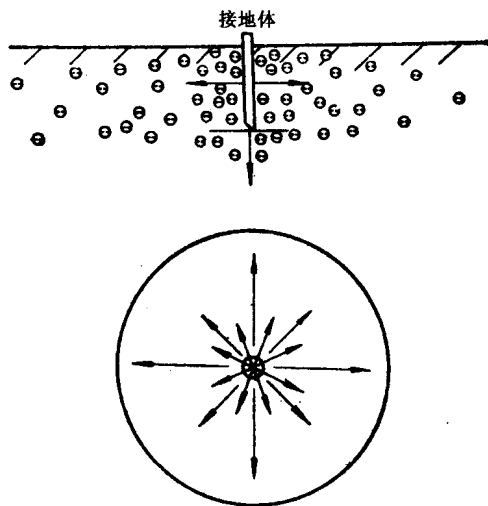


图 1-2 接地电流的电位分布曲线图

(2) 接地装置。接地装置是指用电设备的接地体与接地线的总称，如图 1-3 所示。接地体实际是埋入地中并直接与大地接触的金属导体；接地线是用电设备金属外壳与接地体连接的金属导线。

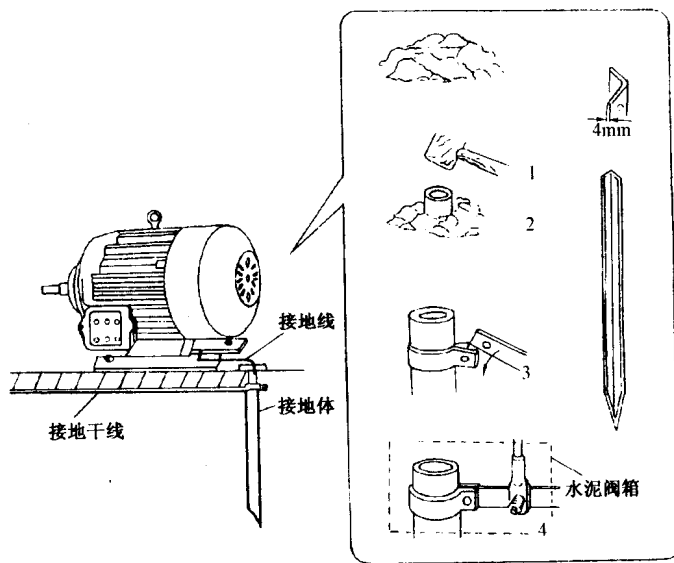


图 1-3 接地装置的组成及安装步骤

(3) 接地的作用与种类。接地的主要作用是保证人身和设备的安全。若按接地的目的及工作原理来分，有表 1-4 所示的几种。

此外，还有过电压保护接地、静电接地、隔离接地（屏蔽接地）和共同接地等。过电压保护接地是为防止雷电对电气设备的破坏，在变电所、架空线路等电力设备上，采用避雷器等过电压保护装置，通过避雷器将高电压引入接地装置。静电接地是为防止聚集静电荷，而对某些管道、容器等进行的接地。隔离接地（屏蔽接地）是把用电设备用金属机壳或屏蔽网封闭再接地。它可以防止外来信号干扰，也可以屏蔽干扰源，如工厂的高频淬火设备必须

表 1-4 接地的分类

接地的分类	示意图	说 明
工作接地		为保证用电设备安全运行，将电力系统中的变压器低压侧中性点接地称为工作接地 如电力变压器和互感器的中性点接地，都属于工作接地
保护接地		将用电设备的金属外壳及金属支架等与接地装置连接，称为保护接地。保护接地主要应用中性点不接地的电力系统中
保护接零		将用电设备的外壳及金属支架等与零线连接称保护接零 在三相四线制中性点直接接地的电网中，广泛采用保护接零
重复接地		在三相四线制保护接零电网中，除了变压器中性点的工作接地之外，在零线上一点或多点与接地装置的连接称重复接地

屏蔽接地。共同接地是指在接地保护系统中，将接地干线或分支线多点与接地装置的连接，如图 1-4 所示。

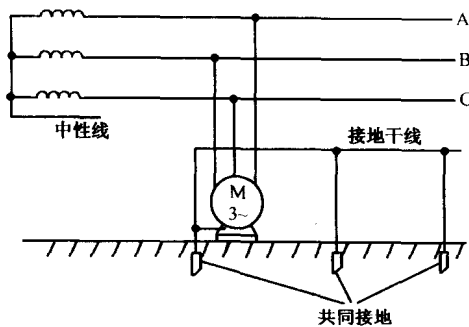


图 1-4 共同接地

(4) 接地体的安装。接地体的安装如图 1-5 所示。

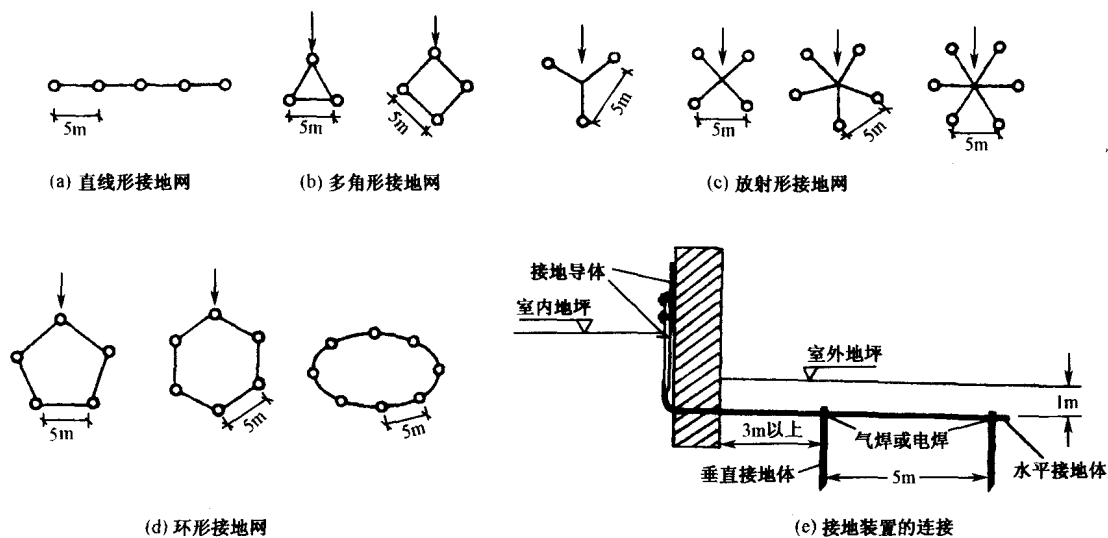


图 1-5 接地体的布置方式与连接

2. 防雷接地

防雷接地是为泄掉雷电流而专门设置的接地装置，其装置可分为两种形式，如图 1-6 所示。

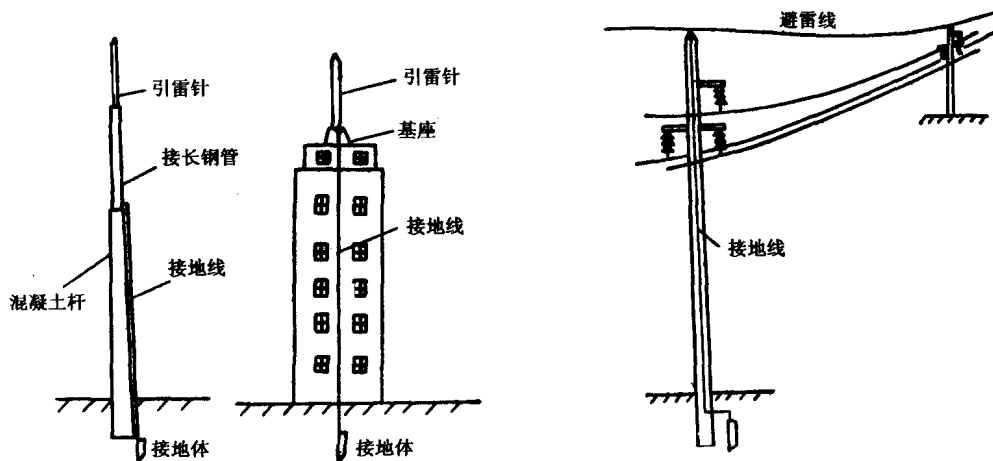


图 1-6 防雷接地示意图

1.2.4 电气消防

用电设备发生火灾有两个特点：一是着火后用电设备可能带电，如不注意可能引起触电事故；二是有的用电设备本身有大量的油，可能发生喷油或发生爆炸，会造成更大的事故，这是需要特别注意的。

发生电气火灾时，要做到：

(1) 尽快切断电源。当用电设备或电气线路发生火灾时，应尽快地切断电源，以防火势蔓延和灭火时触电。

(2) 带电灭火时，应选用干黄砂、二氧化碳、1211（二氟一氯一溴甲烷）、二氟二溴甲烷或干粉灭火器。严禁用泡沫灭火器对带电设备进行灭火，否则既有触电危险，又会损坏电气设备。

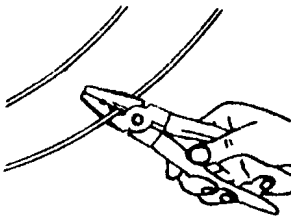
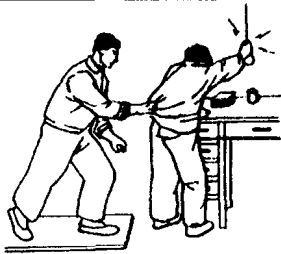
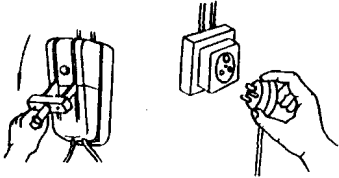
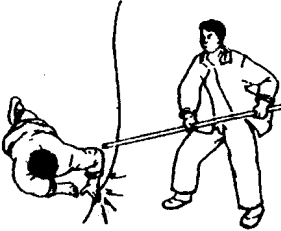
(3) 灭火时，要保证灭火器与人体之间及灭火器与带电体之间的最小距离（10 kV 电源不得小于 0.7 m，35 kV 电源不得小于 1 m）。

1.2.5 触电现场的救护

触电急救的基本原则是动作迅速、救护得法，切不要惊慌失措，束手无策。当发现有人触电时，必须迅速地使触电者脱离电源，然后根据触电者的具体情况，进行相应的现场救护。

1. 脱离电源，根据具体情况可选用的几种方法（见表 1-5）

表 1-5 使触电者脱离电源的几种方法

示意图	说明	示意图	说明
	切断电源回路		用于拉触电者的干燥衣服，同时注意操作者自己的安全（如脚要踩在干燥的木板上）
	迅速拉开闸刀或拔去电源插头		用绝缘棒拨开触电者身上的电线

2. 对触电者进行判断的常用方法（见表 1-6）