



普通高等教育“十二五”规划教材
电子电气基础课程规划教材

电工电子实训教程

王怀平 管小明 冯 林 袁 芳 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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



教育部推荐教材
教育部职业教育与成人教育司
教育部职业技术教育中心研究所 组织编写

电工电子实训教程

（第2版）

机械工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

电子电气基础课程规划教材

电工电子实训教程

王怀平 管小明 编著
冯林 袁芳

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材从教学实际出发,充分考虑应用型人才培养的特点,以实践操作工艺为主线,注重对学生规范化的工程技能训练,在内容上注意了广泛性、先进性和实用性。全书共 8 章,包括安全用电、电子元器件、常用电子仪器仪表的使用、焊接技术、印制电路板的设计和制作、电子产品的调试与检测、电工电子综合实训案例、电子技术文件等。

本书既可作为普通高等学校理工科专业开设的电工电子实训、电子技术基础课程设计、电子工艺学等课程的实践指导书,还可供电子技术爱好者和有关技术人员学习和参考。

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

电工电子实训教程 / 王怀平等编著. —北京: 电子工业出版社, 2011.7

电子电气基础课程规划教材

ISBN 978-7-121-13650-4

I. ①电… II. ①王… III. ①电工技术—高等学校—教材②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 100306 号

责任编辑: 竺南直

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

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

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12 字数: 307 千字

印 次: 2011 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 25.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

目前, 电工电子技术应用极其广泛, 发展非常迅速, 并且日益渗透到了其他学科领域。为了满足我国高等教育对理工科应用型人才的培养要求, 促进理论学习与动手实践的有机结合, 加强对学生工程素质和创新意识的培养, 作者根据长期的电工电子技术理论教学和电工电子实训实践指导等经验编著了《电工电子实训教程》。

本教材从教学实际出发, 充分体现了应用型工程技术人才培养的特点, 在内容上注意了广泛性、先进性和实用性。在保留实用的传统器件和工艺的基础上, 增加了新器件、新技术的介绍。以实践操作工艺为主线, 注重对学生规范化的工程技能训练。

本教材共分八章, 主要内容包括: 安全用电、电子元器件、常用电子仪器仪表的使用、焊接技术、印制电路板的设计与制作、电子产品的调试与检测、电工电子综合实训案例、电子技术文件等。

参加编写工作的有王怀平、管小明、冯林和袁芳。其中袁芳编写第 1 章, 王怀平编写第 3、4、5 章, 冯林编写第 2、8 章, 管小明编写第 6、7 章。王怀平担任本书主编, 负责全书的统稿和定稿工作。

林刚勇和张建文两位教授对本书的编写和出版自始至终给予了大力支持和帮助, 并认真细致地对全书进行了审阅, 提出了宝贵的意见和建议, 在此表示衷心感谢! 在本书的编写过程中, 还得到了张胜群、李百余、刘梅锋、刘超俊、夏卫平等老师的帮助, 在此谨致以深切的谢意!

由于编者时间及水平有限, 书中不足之处在所难免, 恳请读者给予批评指正。

编 者
2011 年 2 月

目 录

第 1 章 安全用电	(1)
1.1 人身安全	(1)
1.1.1 影响触电危险程度的因素	(1)
1.1.2 触电的形式	(2)
1.2 安全用电	(3)
1.2.1 安全制度	(3)
1.2.2 养成安全操作习惯	(4)
1.2.3 安全用电注意事项	(4)
1.3 设备安全	(4)
1.3.1 设备接电前检查	(5)
1.3.2 设备使用异常的处理	(5)
1.3.3 电气火灾	(6)
1.4 用电安全技术简介	(6)
1.4.1 接地和接零保护	(6)
1.4.2 漏电保护开关	(10)
1.4.3 其他类型的保护	(11)
1.5 触电急救及电气消防	(11)
1.5.1 触电急救	(11)
1.5.2 电气消防	(11)
思考与练习	(13)
第 2 章 电子元器件	(14)
2.1 电阻器	(14)
2.1.1 电阻器的特性	(14)
2.1.2 电阻器的种类及其命名方法	(14)
2.1.3 电阻器的主要参数及标示方法	(16)
2.1.4 电阻器的串、并联及其作用	(18)
2.1.5 电位器	(19)
2.1.6 特殊电阻器	(20)
2.2 电容器	(22)
2.2.1 电容器的型号命名方法	(22)
2.2.2 电容器的主要参数及标示方法	(23)
2.2.3 电容器的种类、结构及性能特点	(24)
2.2.4 可变电容器	(26)
2.2.5 电容器的选用及注意事项	(27)
2.3 电感器和变压器	(27)

2.3.1	电感器的型号命名方法	(27)
2.3.2	电感器的主要参数及标示方法	(29)
2.3.3	电感器的种类、结构及性能特点	(30)
2.3.4	变压器	(30)
2.3.5	电感器、变压器的选用及注意事项	(31)
2.4	半导体分立器件	(32)
2.4.1	半导体分立器件的型号命名方法	(32)
2.4.2	二极管	(32)
2.4.3	三极管	(34)
2.5	集成电路	(37)
2.5.1	集成电路的型号命名方法	(37)
2.5.2	集成电路的引脚识别及性能检测	(39)
2.5.3	集成电路的种类及选用	(41)
2.5.4	音乐及语音集成电路	(42)
2.6	其他电路元器件	(45)
2.6.1	电声器件	(45)
2.6.2	开关及继电器	(47)
2.6.3	接插件	(50)
2.7	电子元器件一般选用原则	(51)
	思考与练习	(54)
第3章	常用电子仪器仪表及使用	(55)
3.1	指针式万用表	(55)
3.1.1	指针式万用表的结构组成	(55)
3.1.2	MF500型万用表的性能及符号标记	(56)
3.1.3	指针式万用表的使用方法(以MF500型万用表为例)	(56)
3.2	数字万用表	(58)
3.2.1	UT39系列数字万用表的性能与符号标记	(59)
3.2.2	UT39系列数字万用表使用方法	(60)
3.3	SP1641D型函数信号发生器/计数器	(61)
3.4	双踪示波器	(63)
3.4.1	示波器的基本结构	(63)
3.4.2	波形显示原理	(65)
3.4.3	GOS-620双踪模拟示波器	(68)
3.5	仪器设备在使用时的接地和共地问题	(74)
3.5.1	接地问题	(74)
3.5.2	共地问题	(75)
3.5.3	模拟地和数字地	(76)
	思考与练习	(76)
第4章	焊接技术	(77)
4.1	焊接基础知识	(77)

4.1.1	锡焊的机理	(77)
4.1.2	锡焊的工艺要素	(78)
4.1.3	焊点的质量要求	(79)
4.2	焊接材料与工具	(79)
4.2.1	焊料	(79)
4.2.2	焊剂	(80)
4.2.3	阻焊剂	(81)
4.2.4	焊接工具	(81)
4.3	手工焊接技术	(85)
4.3.1	焊接前的准备	(85)
4.3.2	焊接操作的正确姿势	(87)
4.3.3	焊接操作的基本步骤	(87)
4.3.4	焊接操作的基本要领	(88)
4.3.5	焊接质量要求与缺陷分析	(89)
4.3.6	焊接后的清洗	(93)
4.3.7	手工拆焊技术	(93)
4.3.8	典型焊接方法与工艺	(95)
4.4	工业生产中电子产品的焊接技术	(95)
4.4.1	浸焊技术	(95)
4.4.2	波峰焊技术	(96)
4.4.3	再流焊技术	(98)
4.4.4	其他焊接方法	(98)
4.5	表面安装技术	(98)
4.5.1	表面安装技术简介	(99)
4.5.2	SMT 装配方案和生产设备	(101)
	思考与练习	(104)
第 5 章	印制电路板的设计与制作	(105)
5.1	印制电路板的基础知识	(105)
5.1.1	常用覆铜板的种类	(105)
5.1.2	印制板的分类	(106)
5.1.3	印制电路的制作工艺	(107)
5.2	印制电路板的排版设计	(108)
5.2.1	印制电路板设计基础	(108)
5.2.2	焊盘及印刷导线的设计	(111)
5.2.3	印制板图的设计	(113)
5.3	印制电路板制造工艺	(117)
5.3.1	印制电路板制造过程的基本工序	(117)
5.3.2	印制板的生产工艺流程	(118)
5.3.3	手工自制印制板	(120)
5.3.4	印制板检验	(121)

5.4	计算机辅助设计印制电路	(122)
5.4.1	用 CAD 软件设计印制板的一般步骤	(122)
5.4.2	印制板 CAD 典型软件简介	(122)
	思考与练习	(125)
第 6 章	电子产品的调试与检测	(126)
6.1	电子电路读图方法	(126)
6.1.1	读图的基本要求	(126)
6.1.2	电路图、方框图及装配图的关系	(127)
6.1.3	读图的一般步骤	(128)
6.1.4	读图举例	(129)
6.2	电子产品的调试	(132)
6.2.1	调试人员的基本要求	(132)
6.2.2	电子产品的调试方法	(133)
6.2.3	调试的步骤	(134)
6.2.4	调试的注意事项	(135)
6.3	电子产品的故障检测方法	(136)
6.3.1	故障现象和产生故障的原因	(137)
6.3.2	检查故障的一般方法	(137)
6.3.3	检测故障的注意事项	(139)
	思考与练习	(140)
第 7 章	电工电子综合实训案例	(141)
7.1	电子产品安装调试过程	(141)
7.1.1	安装调试的培养目标	(141)
7.1.2	面包板上的安装技巧	(141)
7.1.3	安装及调试的考核制度	(142)
7.2	案例一：简易三相交流信号	(142)
7.2.1	教学任务及实训目的	(142)
7.2.2	三相交流信号的调试方法及步骤	(143)
7.2.3	课时分配	(144)
7.3	案例二：直流稳压电源	(144)
7.3.1	教学任务及实训目的	(144)
7.3.2	直流稳压电源的测试内容	(144)
7.3.3	课时分配	(146)
7.4	案例三：频率合成器	(146)
7.4.1	教学任务及实训目的	(146)
7.4.2	频率合成器设计方案	(146)
7.4.3	频率合成器的原理及电路制作	(146)
7.4.4	调试及测试数据	(147)
7.4.5	课时分配	(148)
7.5	案例四：测量放大器	(148)

7.5.1	教学任务及实训目的	(148)
7.5.2	测量放大器的实现	(148)
7.5.3	调试及测试数据	(149)
7.5.4	课时分配	(150)
7.6	案例五: 收音机的组装调试	(150)
7.6.1	教学任务及实训目的	(150)
7.6.2	收音机的调试方法及步骤	(150)
7.6.3	课时分配	(153)
7.7	案例六: 数字温度计	(153)
7.7.1	教学目的	(153)
7.7.2	数字温度计工作原理	(154)
7.7.3	数字温度计的组装及调试	(157)
7.7.4	课时分配	(159)
7.7.5	附录	(159)
	思考与练习	(160)
第8章	电子技术文件	(162)
8.1	电子技术文件概述	(162)
8.1.1	两类不同应用领域	(162)
8.1.2	基本要求	(162)
8.1.3	分类及特点	(163)
8.2	产品技术文件	(164)
8.2.1	产品技术文件的特点	(164)
8.2.2	设计文件	(165)
8.2.3	工艺文件	(165)
8.3	图形符号及说明	(166)
8.4	原理图简介	(168)
8.4.1	系统图	(168)
8.4.2	电路图	(168)
8.4.3	逻辑图	(171)
8.4.4	流程图	(172)
8.4.5	功能表图	(173)
8.4.6	图形符号灵活运用	(173)
8.5	工艺图简介	(173)
8.6	电子技术文件计算机处理系统简介	(179)
	参考文献	(181)

第1章 安全用电

安全是人类生存的基本需求之一，也是人类从事各种活动的基本保障。从家庭到办公室，从娱乐场所到工矿企业，从学校到公司，几乎没有不用电的场所。电是现代物质文明的基础，但是如果使用不当，则会对人身安全带来威胁。

在长期的社会实践中，人们已经积累了安全用电的经验，并总结出了一些安全用电的规则。遵守安全操作规程是每个人的责任，它涉及家庭、公司、学校和实验室等许多方面。一个人必须知道产生用电事故的原因，否则，当他们工作时，就容易随随便便，对熟悉了的设备更是漫不经心，从而导致触电，造成生命危险。因此我们应该首先了解安全用电的一些常识。

1.1 人身安全

人体是可以导电的，电流通过人体造成伤害，这就是触电。当人体触及带电体时，就可能产生触电。触电有两种类型的伤害，一种是电伤，另一种是电击。

(1) 电伤

电伤是由于发生触电而导致的人体外表创伤。电伤通常产生灼伤、电烙印和皮肤金属化，对人体皮肤造成伤害，往往在肌体上留下伤痕。电伤对人体造成的伤害一般是非致命的，真正危害人体生命的是电击。

(2) 电击

电击是指电流通过人体内部，破坏人的心脏、肺部及神经系统的正常工作，甚至危及人的生命。决定电击强度的是电流而不是电压。当然，要产生电流必须有电压，但决定电击效果的是阻碍电流的电路。人体的电阻值可能有几百欧姆到几千欧姆之差。

1.1.1 影响触电危险程度的因素

1. 电流的大小

人体内是存在生物电流的，一定限度的电流不会对人造成损伤。一些电疗仪器就是利用电流刺激达到治疗的目的。电流对人体的作用如表 1-1 所示。

表 1-1 电流对人体的作用

触电电流/mA	对人体的作用	
	50~60Hz 的交流电	直流电
0.6~1.5	开始有麻感觉	没有感觉
2~3	有强烈的麻刺激	没有感觉
5~7	有肌肉抽搐现象	有刺激感
8~10	已难于摆脱电源，触电部位感到剧痛（还可自行摆脱）	灼热感增加
20~25	迅速麻痹，不能摆脱电源，剧痛、呼吸困难	抽搐
50~80	呼吸困难，心脏开始震颤	感觉强烈、剧痛
90~100	呼吸困难，持续 3 秒以上，心脏麻痹或停止	呼吸麻痹
>250	短时间内（1 秒以上）造成心脏骤停，体内造成灼伤	

2. 电流的种类

电流的种类不同，对人体的损伤也不同。直流电一般引起电伤，而交流电则同时引发电伤与电击，特别是 40~100Hz 交流电对人体最危险。不幸的是，人们日常使用的工频市电（我国为 50Hz）正是在这个危险的频段。当交流电频率达到 20 000Hz 时对人体危害很小，用于治疗的一些仪器采用的就是这个频段。

3. 电流的作用时间

电流对人体的伤害同作用时间密切相关，可以用电流与时间乘积（也称电击强度）来表示电流对人体的危害。触电保护器的一个主要指标就是额定断开时间与电流的乘积小于 30mA·s。实际产品可以达到小于 3mA·s，故可有效防止触电事故。

4. 人体电阻

人体是一个阻值不确定的电阻。皮肤干燥时电阻可达到 100kΩ 以上；而一旦潮湿，电阻可降到 1kΩ 以下。人体还是一个非线性电阻，随着电压升高，电阻值减小。表 1-2 给出了人体的电阻值随电压变化的情况。

表 1-2 体电阻值随电压的变化

电压/V	1.5	12	31	62	125	220	380	1000
电阻/kΩ	>100	16.5	11	6.24	3.5	2.2	1.47	0.64
电流/mA	忽略	0.8	2.8	10	35	100	268	1560

1.1.2 触电的形式

人体触电事故的形式一般有直接或间接接触带电体以及跨步电压两种。人体直接接触电气设备带电部分所引起的触电，称为直接接触。直接接触又可分为单相触电和两相触电。

1. 单相触电

在中性点接地的电网中，当人体接触到带电设备或线路中的某一相导体时，一相电流通过人体经大地回到中性点，这种触电形式称为单相触电，如图 1.1 所示。作用于人体身上的电压为相电压，这是一种危险的触电形式。

这种接触往往是人们粗心大意、忽视安全造成的。例如，插线头外露金属线、带电操作、导线绝缘破损等。

2. 两相触电

当人体同时接触带电设备或线路中两相导体时，电流从一相导体通过人体流入另一相导体，构成一个闭合回路，这种触电形式称为两相触电，如图 1.2 所示。发生两相触电时，作用于人体的电压等于线电压（相电压为 220V，线电压为 380V），一般的保护措施不起作用，因而危险极大。

为了防止直接接触，在手控范围内不允许直接接触带电部分，必须使带电部分完全绝缘。

3. 间接触电

平时人体接触正常的家用电气设备时，不会发生触电事故；只有当设备发生故障或漏电

时,才能引起触电,这种触电形式称为间接触电,如图1.3所示。通常引起间接触电的故障有外壳短路、导线短路、接地短路三种,如图1.4所示。

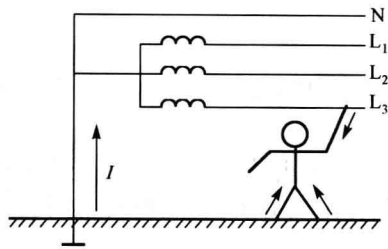


图 1.1 单相触电示意图

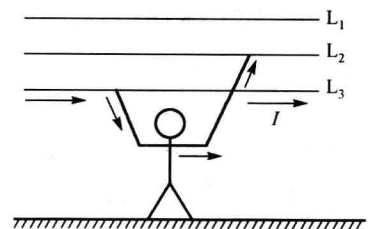


图 1.2 两相触电示意图

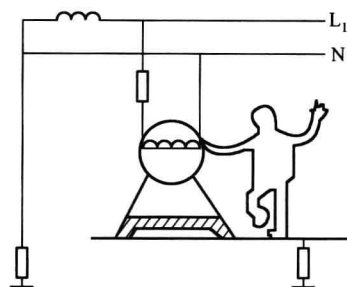


图 1.3 间接触电示意图

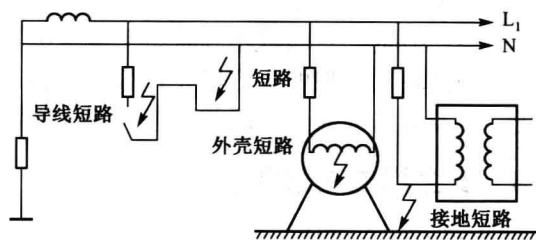


图 1.4 引起间接触电的三种故障形式

4. 静电接触

在检修电器或科研工作中有时发生电器设备已断开电源,但在接触设备某些部分时发生触电,这在一部分有高压大容量电容器的情况下有一定危险。特别是质量好的电容器能长期储存电荷,容易被忽略。

5. 跨步电压

在故障设备附近,例如电线断落在地上,在接地点周围存在电场,当人走进这一区域时,将因跨步电压而使人触电,如图1.5所示。

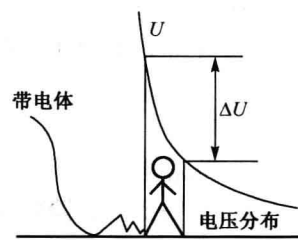


图 1.5 跨步电压触电

1.2 安全用电

防止触电是安全用电的核心。没有一种措施或一种保护器是万无一失的。最保险的钥匙掌握在你手中,即安全意识和警惕性。尽管电子装接工作通常称为“弱电”工作,但实际工作中免不了接触“强电”。一般常用电动工具(例如电烙铁、电钻、电热风机等)、仪器设备和制作装置大部分需要接市电才能工作,因此用电安全是电子装接工作的首要条件。

1.2.1 安全制度

在工厂企业、科研院所、实验室等用电单位,几乎无一例外地制定各种各样的安全用电制度。这些制度绝大多数都是在科学分析基础上制定的,也有很多条文是在实践中总结出的经验,可以说很多制度条文是惨痛的教训换来的。我们一定要记住:在你走进车间、实验室

等一切用电场所时，千万不要忽略安全用电制度，不管这些制度粗看起来如何“不合理”，如何“妨碍”工作。

1.2.2 养成安全操作习惯

习惯是一种下意识的、不经思索的行为方式，安全操作习惯可以经过培养逐步形成，并使操作者终身受益。安全操作习惯主要有：

① 任何情况下检修电路和电器都要确保电源断开，仅仅断开设备上的开关是不够的。断开电源一般指真正脱离电源系统（例如拔下电源插头、断开闸刀开关或断开电源连接），而不仅是断开设备电源开关。

② 不要湿手开关、插拔电器。

③ 遇到不明情况的电线，先认为它是带电的。

④ 尽量养成单手操作电工作业的习惯。

⑤ 不在疲倦、带病等不利状态下从事电工作业。

⑥ 遇到较大体积的电容器先行放电，再进行检修。

⑦ 触及电路的任何金属部分之前都应进行安全测试。

1.2.3 安全用电注意事项

事先采取安全措施才能有效地安全生产。为了做到安全用电，必须注意以下几点：

① 一般小功率的电气设备，应尽量采用国家规定的 36V 安全电压。

② 操作带电设备时，严禁用手接触带电部位判断是否有电。

③ 各种电气设备、仪器仪表、电气装置、电动工具等，都应有保护接地线。

④ 电气设备线路必须由专业人员安装，非专业人员不得私自安装电气设备或乱拉电线。

⑤ 在非安全电压下作业时，应尽可能用单手操作，并应站在绝缘胶垫上。

⑥ 发现电气设备有打火、冒烟或其他不正常气味时，应迅速切断电源，并请专业人员进行检修。

⑦ 高温电气设备的电源线不能用塑胶线。

⑧ 开关上的保险丝应符合规定的容量，不得用铜、铅、焊锡丝等代替保险丝。

1.3 设备安全

在工作、学习、生活等场所有很多用电设备，正确地了解这些设备的安全常识是非常重要的。理论上讲，进入市场的产品都应该是安全性能有保证的，但实际上，一些不合格产品往往会给用户造成安全事故。我国国家监督检验检疫总局和国家认证认可监督管理委员会于 2001 年 12 月 3 日一起对外发布了《强制性产品认证管理规定》，对列入目录的 19 类 132 种产品实行“统一目录、统一标准与评定程序、统一标志和统一收费”的强制性认证管理。将原来的“CCIB”认证和“长城 CCEE 认证”统一为“中国强制认证”中国强制性产品认证，英文名称为 China Compulsory Certification，缩写为 CCC，故又简称“3C”认证。3C 认证的全称为“强制性产品认证制度”，它是各国政府为保护消费者人身和国家安全，加强产品质量管理，依照法律法规实施的一种产品合格评定制度。

它是我国政府按照世贸组织有关协议和国际通行规则，为保护广大消费者人身和动植物生命安全，保护环境，保护国家安全，依照法律法规实施的一种产品合格评定制度。主

要特点是：国家公布统一目录，确定统一适用的国家标准、技术规则和实施程序，制定统一的标志，规定统一的收费标准。凡列入强制性产品认证目录内的产品，必须经国家指定的认证机构认证合格，取得相关证书并加施认证标志后，方能出厂、进口、销售和在经营服务场所使用。第一批列入强制性认证目录的产品包括电线电缆、开关、低压电器、电动工具、家用电器、音视频设备、信息设备、电信终端、机动车辆、医疗器械、安全防范设备等。

需要注意的是，3C 标志并不是质量标志，而只是一种最基础的安全认证。它的某些指标表示产品的安全质量合格，但并不意味着产品的使用性能也同样优异，因此在购买商品时除了要看它有没有 3C 标志外，其他指标也很重要。现在的 3C 证书有四个版本：CCC (S) 安全认证、CCC (S&E) 安全与电磁兼容认证、CCC (EMC) 电磁兼容认证、CCC (F) 消防认证，如图 1.6 所示。

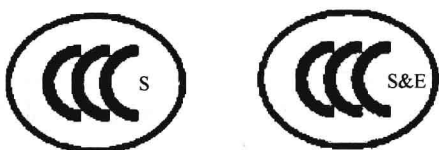


图 1.6 CCC (S)、CCC (S&E) 认证标志

1.3.1 设备接电前检查

在通电前应注意，用电设备并不一定都接入 AC 220 V/50 Hz 的电源。我国用电标准为交流 220V/50Hz，但是世界上不同国家是不一样的，如有交流 110V、115V、120V、225V、240V 等。电源频率有 50/60Hz 两种。有的小型设备要求低压直流如 5V，9V，17V 等。因此，要注意设备的正确适用电压，确定后才能接入。

另外环境电源也不一定是交流 220V，有些实验室、工厂企业等需要用 AC 380 V 电压，而有些特殊的地方需要 AC 36 V 电压，也有的地方可能需要 DC 12 V。

新的设备不等于没问题的设备。且不说假冒伪劣，即使合格设备，在运输、搬动中也有可能出问题。

因此，建议设备接电前要“三查”：

一查设备铭牌：按国家标准，设备都应在醒目处有该设备要求的电源电压、频率、电源容量的铭牌或标志。小型设备的说明也可能在说明书中。

二查环境电源：电压、容量是否与设备吻合。

三查设备本身：电源线是否完好，外壳是否可能带电。一般用万用表简单检测用电设备。

注意：各种用电设备、仪器、仪表，都应按操作规程使用。

1.3.2 设备使用异常的处理

1. 用电设备的异常情况

用电设备在使用中可能发生以下几种异常情况：

- ① 设备外壳或手持部位有麻电感觉。
- ② 开机或使用熔断丝烧断。
- ③ 出现异常声音，如噪声加大、内部有放电声、电机转动声音异常等。

- ④ 异味，最常见为塑料味、绝缘漆挥发出的气味，甚至烧焦的气味。
- ⑤ 机内打火，出现烟雾。
- ⑥ 仪表指示超范围。有些指示仪表数值突变，超出正常范围。

2. 异常情况的处理办法

- ① 凡遇上述异常情况之一，应尽快断开电源，拔下电源插头，对设备进行检修。
 - ② 对烧断熔断器的情况，决不允许换上大容量熔断器工作。一定要查清原因再换上同规格熔断器。
 - ③ 及时记录异常现象及部位，避免检修时再通电。
- 对有麻电感觉但未造成触电的现象不可忽视。这种情况往往是绝缘受损但未完全损坏，暂时未造成严重后果，但随着时间推移，绝缘逐渐完全破坏，危险增大，因此需要及时检修。

1.3.3 电气火灾

火灾是造成生命和财产损失的重大灾害。随着现代电气化日益发展，在火灾总数中，电气火灾所占比例不断上升，而且随着城市化进程，电气火灾损失的严重性也在上升，研究电气火灾的原因及其预防意义重大。表 1-3 是有关电气火灾的基本分析。

表 1-3 电气火灾及预防

原 因	分 析	预 防
线路过载	输电线的绝缘材料大部分是可燃材料，过载则温度升高，引燃绝缘材料	1. 使输电线路容量与负载相适应 2. 不准超标更换熔断器 3. 线路装过载自动保护装置
线路或电器火花、电弧	由于电线断裂或绝缘损坏引起放电，可点燃本身绝缘材料及附近易燃材料、气体等	1. 按标准接线，及时检修电路 2. 加装自动保护
电热器具	电热器具使用不当，点燃附近可燃材料	正确使用，使用中有人监管
电器老化	电器超期服役，因绝缘材料老化，散热装置老化引起温度升高	停止使用超过安全期的产品
静电	在易燃易爆场所，静电火花引起火灾	严格遵守易燃易爆场所安全制度

1.4 用电安全技术简介

实践证明，采用用电安全技术可以有效预防电气事故。已有的技术措施不断完善，新的技术不断涌现，我们需要了解并正确运用这些技术，不断提高安全用电的水平。

1.4.1 接地和接零保护

在电力系统及电气设备中，接地与接零是一种防止间接接触触电的安全措施。接地与接零应用广泛，无论交流电或直流电、高压电或低压电、动电或静电，还是一般环境或特殊环境，都经常采取接地与接零措施，以确保工作安全及顺利。

1. 接地与接零的种类

电力系统和电气设备的接地与接零按其作用的不同，可分为以下九类：

- ① 工作接地。在电力系统中，为了保证电气设备可靠地运行，于系统中某点直接或经特殊装置而设置的接地，称为工作接地，如变压器或发电机中性点的接地，如图1.7所示。

② 重复接地。变压器、发电机的中性点除工作接地外，工作接地导线连接的中性线称为零线，将零线上的一点或多点再次与地连接，称为重复接地，如图1.7所示。

③ 保护接地。为防止电气设备金属外壳、钢筋混凝土电杆及金属杆塔、构件等由于绝缘损坏而带电危及人身安全而设置的接地，称为保护接地，如图1.8所示。

④ 过电压保护接地。为了消除雷击或过电压的危险影响，而将避雷针、网、带等过电压保护装置或设备的金属结构接地，称为过电压保护接地。

⑤ 静电接地。为了消除生产过程中产生的静电对电气设备、元件和构件的危险影响而设置的接地，称为静电接地，如加油站输油管道的接地。

⑥ 屏蔽接地。为了防止电磁感应、信号干扰而对电气设备的金属外壳、屏蔽罩、屏蔽线的金属外皮以及建筑物金属屏蔽体等所设置的接地，称为屏蔽接地。

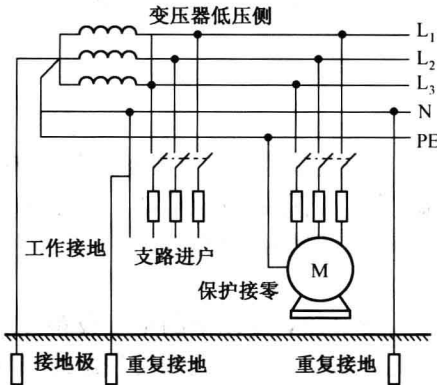


图 1.7 工作接地和重复接地示意图

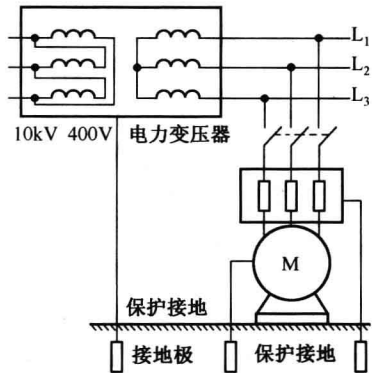


图 1.8 保护接地示意图

⑦ 电法保护接地。为了保护电力系统中管道不遭腐蚀而采用牺牲阳极保护或阴极保护等设置的接地，称为电法保护接地。

⑧ 等电位连接。为防止出现接触电压，将在故障情况下带不同电位的、可能同时触及或接近的裸导体或电气设备外部裸露部分相互连接起来，以使它们之间的电位相等，称为等电位连接。

⑨ 保护接零。保护接零简称接零，是在正常情况下将电气设备不带电金属外壳用导线与供电系统的零干线或专用保护接零线进行可靠连接，以确保人身安全和防止触电事故发生。保护接零用于380/220V三相四线制中性点接地的供电系统，如图1.9所示。

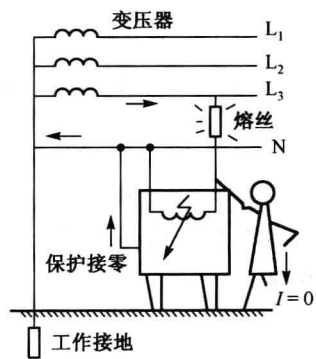


图 1.9 保护接零示意图

2. 接地与接零的选择及应用范围

（1）接地与接零的选择

电气设备是采用保护接地还是保护接零，是由配电系统的中性点是否接地、电网性质、电气设备对地达到额定电压等级以及用电场所的特征等因素决定的。

对于三相四线制供电的系统应采用保护接零，重复接地。但考虑三相负载不易平衡，零线也会有电，存在触电危险，推荐采用三相五线制，工作零线和保护零线都应该重复接地。三相三线制供电系统的电气设备应采用保护接地，而三线制直流回路的中性线则采用直接接地。