

航空工程系列教材 <<

HANGKONG GONGCHENG XILIE JIAOCAI

DIANGONG DIANZI SHIYAN JIAOCHENG

电工电子 实验教程

夏桂书 ● 主编



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

航空工程系列教材

电工电子实验教程

夏桂书 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

电工电子实验教程 / 夏桂书主编. — 成都: 西南
交通大学出版社, 2014.2
航空工程系列教材
ISBN 978-7-5643-2925-9

I. ①电… II. ①夏… III. ①电工试验 - 教材②电子
技术 - 实验 - 教材 IV. ①TM②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 031284 号

航空工程系列教材
电工电子实验教程
夏桂书 主编

责任编辑	李芳芳
助理编辑	宋彦博
特邀编辑	张少华
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都中铁二局永经堂印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	18.5
字 数	460 千字
版 次	2014 年 2 月第 1 版
印 次	2014 年 2 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-2925-9
定 价	37.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是按照普通高等院校理工科电工电子实验基础课程教学的要求，结合作者多年来实践性教学环节改革的经验，根据电工电子技术的发展和教学改革不断深入的需要，针对加强学生实践能力和创新能力培养的教学目的而编写的实验教材。本书既注重能力的培养，又努力反映新技术，采用新器件，实践性强；对巩固和加深课堂教学内容，提高学生工程实践能力，培养学生科学作风可起到重要的作用。本书也可作为成人教育、高等职业学校的教材或企业工程技术人员的培训资料。

本书力求以培养学生工程实践能力与创新研究意识为目标，在内容的编排上，让学生自己设计实验方案和实验步骤，使学生有实验研究的自主空间；内容丰富，涉及面广，不同专业可以根据各自的要求灵活选用。

本书考虑到不同层次的需要，分成基础验证性实验、综合性实验、设计性实验、创新性实验四大类，由浅入深，循序渐进，有些项目只提供设计要求及原理简图，由学生自己完成方案选择、实验步骤及记录表格等，充分发挥学生的创造性和主动性；内容上注重理论与工程实践相结合，为学习后续课程及从事实际工作奠定良好的基础。

全书共分六章，第一章为电工电子实验须知，对实验前后的基本要求及实验中的用电安全进行了说明；第二章为常用实验仪器仪表介绍，对实验中常用的电工电子仪器仪表技术性能、使用方法以及使用中的注意事项进行了介绍；第三章为基本验证性实验，共有十九个实验项目；第四章为综合设计性实验，共有十四个项目；第五章为创新实验，共有九个实验项目；第六章为常用元器件的识别与检测，对电阻、电位器、电容、电感、半导体器件及集成电路等做了详细的介绍和分析；附录一、二、三、四分别对常用元器件的性能及实验过程中使用到的电工实验箱、模拟电路实验箱、数字电路实验箱作了简要介绍。

本书由夏桂书主编，具体编写分工为：第一章，第二章的第一、七、八、九、十二节，第三章的实验三、十、十四，第四章的实验一、三、四、五、六、八、十、十一、十二、十三、十四，第五章，第六章及附录一、三、四由夏桂书编写；第三章的实验十六、十七、十八、十九，第四章的实验二、七、九由张熙编写；第二章的第二、三、四、五、六节，第三章的实验四、五、六、七、八及附录二由任保平编写；第三章的实验二、十一、十三由王悠编写；第二章的第十、十一、十三节，第三章的实验一、九、十二、十五由罗英编写。夏桂书负责全书的统稿和定稿工作。

在本书的编写过程中,中国民用航空飞行学院的许多领导和老师给予了大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。同时编写中我们参考了较多的书籍和文献,在此向其作者们表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免存在一些疏漏之处,殷切希望使用本书的各位读者批评指正,以便今后修订改进。

编 者

2013年12月

目 录

第一章 电工学实验须知	1
第一节 基本要求	1
第二节 安全用电	4
第二章 常用实验仪表仪器介绍	18
第一节 万用表	18
第二节 T23 型 (T51 型) 交流电流表	26
第三节 T51 型 (D26 型) 交流电压表	27
第四节 D-26W 型 (D51 型) 功率表	28
第五节 D26-cos ϕ 相位表	30
第六节 TDGC2-1 型 (TDGC2J-1 型) 接触调压器	31
第七节 直流稳压电源	34
第八节 ZX21 型多值电阻器	37
第九节 RX7-0 十进式电容箱	38
第十节 SM1030 数字交流毫伏表	40
第十一节 TFG 1005 DDS 函数信号发生器	44
第十二节 SDG1000 函数信号发生器	51
第十三节 RIGOL DS1042CH 数字示波器	56
第三章 基本验证性实验	65
实验一 常用电子仪器的使用	65
实验二 基尔霍夫定律	68
实验三 戴维南定理	70
实验四 单相交流电路	74
实验五 单相变压器特性	78
实验六 三相交流电路参数测量	83
实验七 三相异步电动机	89
实验八 互感电路	94
实验九 晶体管特性测试	97
实验十 晶体管共射极单管放大器	100
实验十一 两级阻容耦合放大电路	106
实验十二 射极跟随器	110

实验十三	负反馈放大电路	114
实验十四	场效应管放大器	119
实验十五	差分放大器	122
实验十六	集成逻辑门电路	126
实验十七	基本 RS 触发器、JK 触发器、D 触发器	129
实验十八	计数器	133
实验十九	译码及显示电路	137
第四章	综合设计性实验	143
实验一	排除电路故障	143
实验二	串联谐振特性研究	147
实验三	三相鼠笼式异步电动机 Y- Δ 降压启动控制设计	151
实验四	串联型晶体管稳压电源	153
实验五	集成稳压电源的安装与测试 (I)	159
实验六	集成稳压电源的安装与测试 (II)	164
实验七	万用表线路设计和校验	167
实验八	组合逻辑电路及半加器、全加器	174
实验九	触发器应用电路设计	176
实验十	数模 (D/A) 转换器及模数 (A/D) 转换器	178
实验十一	电子秒表	184
实验十二	彩灯循环显示的设计与制作	189
实验十三	交通灯控制电路设计	191
实验十四	简易数显频率计的设计	195
第五章	创新实验	197
实验一	数字频率计	197
实验二	音频功放设计与制作	201
实验三	电话计时器	210
实验四	数显式脉搏测试仪	214
实验五	直流稳压电源的设计	219
实验六	基于 51 单片机的红外遥控小车设计制作	222
实验七	智力竞赛抢答装置	226
实验八	红外线自动水龙头控制电路	229
实验九	简易心电图仪设计	231
第六章	常用电子元器件的识别与检测	234
第一节	电阻器和电位器	234
第二节	电容器	244
第三节	电感器	250
第四节	半导体分立器件	253

第五节 半导体集成电路.....	259
附录一 常用元件.....	263
附录二 电工实验箱.....	279
附录三 模拟电路实验箱.....	281
附录四 数字电路实验箱.....	284
参考文献.....	287

第一章 电工学实验须知

第一节 基本要求

电工学实验是应用基本理论进行实验技能训练的主要环节。除了介绍必要的实验理论和实验方法外，主要是通过学生自己的实践，学习基本的电量和非电量的测试技术，学习各种常用的电工仪器、仪表、电机、电器及电子仪器的使用方法，培养进行科学实验研究的基本技能，为专业学习和从事工程技术工作打下一定基础。

一、实验基本要求

(1) 通过实验使学生学会正确使用常用电子仪器，如示波器、信号发生器、数字万用表、晶体管参数测试仪、稳压电源等。

(2) 通过实验使学生掌握基本的测试技术，如频率测量、相位、时间、脉冲波形参数、电压或电流的平均值、有效值、峰值以及电子电路的主要技术指标。

(3) 通过实验使学生具有查阅电子器件手册的能力。

(4) 通过实验使学生能根据技术要求选用合适的元器件，设计常用的小系统，并进行组装和调试。

(5) 通过实验使学生初步具有分析、寻找和排除电子电路中常见故障的能力。

(6) 通过实验使学生初步具有正确处理实验数据、分析误差的能力。

(7) 通过实验使学生能独立写出严谨的、有理论根据的、实事求是的、文理通顺的、字迹端正的实验报告。

为了达到以上的目的和要求，保证课程达到预期的教学目的，学生必须遵循后述规则、要求以及安全须知。

二、实验规则

(1) 明确实验目的，端正学习态度，认真参加实验。

(2) 服从指导教师指导与管理，不乱动设备仪器。

(3) 重视能力，认真听取指导教师讲解，仔细观察示范操作。

(4) 做好实验前的预习，重视实验总结，及时做好数据及现象的记录，认真撰写实验报告；

(5) 爱护设备、仪器，正确使用和妥善管理。

(6) 确保安全，遵循安全操作规程。

开课前学生应在教师带领下，通过电视录像或现场教学方式，了解电工实验室工作的各项规定、安全实验守则。在明确了解实验规则后，学生必须切实遵守各项规章制度，避免安全隐患。

针对实验课程的各个阶段，实验室也有相应的基本要求。

三、实验前要求

(1) 预习相应实验知识，认真阅读实验教材，分析掌握实验电路的工作原理，并进行必要的估算。

(2) 完成各实验“预习要求”中指定的内容。初步估算（或分析）实验结果（包括各项参数和波形），写出预习报告。

(3) 熟悉实验任务。

(4) 复习实验中所用各仪器的使用方法及注意事项。

四、实验中要求

(1) 参加实验者要自觉遵守实验室规则。学生应按规定时间到实验室参加实验，认真听取指导教师讲解。迟到超过 10 分钟者不得参加实验。

(2) 实验前应仔细查电源及实验仪器、设备是否与实验要求相符并完好无损。按方便操作、便于读数和观测、保证安全的原则，合理布置各种仪表设备。实验中因事故损坏设备者，应写出事故报告，交指导教师审阅。情节严重的责任事故要酌情赔偿经济损失。

(3) 按实验方案，选择合适的集成芯片，连接实验电路和测试电路。电路接线前首先要用电压表或万用表检查实验桌上所提供的交、直流电源电压，并调整到实验设备所允许的数值。然后断开电源再连接线路。严禁带电接线、拆线或改接线路。

(4) 连接多回路复杂电路时，可先接好一条主要回路，再逐条将并联支路接通。接好线后应自己仔细检查。确认无误才能接通电源开关。若本人无把握者可请教师协助检查。

(5) 实验时应根据规定的（或自拟的）实验步骤独立操作和测量。要认真记录实验条件和所得各项数据，波形。发生小故障时，应独立思考，耐心排除，并记下排除故障过程和方法。遇有疑难问题或设备故障应举手请教师指导，要注意培养自己分析问题和解决问题的能力。实验过程中不顺利，并不是坏事，常常可以从分析故障中增强独立工作的能力。相反，实验“一帆风顺”不一定收获大，能独立解决实验中所遇到的问题，把实验做成功，收获才是最大的。

(6) 实验时应注意观察，若发现有破坏性异常现象（例如有元件冒烟、发烫或有异味）应立即关断电源，保持现场，报告指导教师。找出原因、排除故障，经指导教师同意再继续实验。

(7) 实验过程中需要改接线时，应关断电源后才能拆、接线。

(8) 实验过程中应仔细观察实验现象，认真记录实验结果（数据、波形、现象），所记录的实验结果经指导教师审阅签字后再拆除实验线路。

(9) 实验结束后，必须关断电源、拔出电源插头，并将仪器、设备、工具、导线等按规

定整理。

(10) 实验后每个同学必须按要求独立完成实验报告。

(11) 学生应携带计算器参加实验。一项实验任务完成后应先切断电源,分析实验数据是否合理。发现数据异常应重新测量或请教师指导。获得正确结果后才能改接线路,继续实验。

(12) 实验完毕后要整理好实验数据,请教师审阅。然后断开电源,拆除线路,整理好仪器设备,请教师验收,才能离开实验室。

(13) 室内仪器设备不准随意搬动调换,非本次实验所用的仪器设备,未经老师允许不得动用。没有弄懂仪器设备的方法前,不得贸然使用。若损坏仪器设备,必须立即报告老师,作书面检查,责任事故要酌情赔偿。

(14) 实验要严肃认真,实验室内不得高声喧哗,禁止吸烟,不得乱扔废纸杂物和随地吐痰。保持室内安静、整洁,注意人身及设备安全。

五、实验后要求

实验后要求学生认真写好实验报告。实验报告是理论联系实际,培养分析问题能力的重要环节之一。学生应认真编写实验报告,用学过的理论知识对自己实验所得数据和观察到的现象进行实事求是的分析、计算和讨论。报告应书写整洁,不得抄袭书本或他人的报告。

1. 实验报告内容

(1) 实验目的。

(2) 列写出实验设备,使用的主要仪器设备的名称编号,芯片规格、型号、功能等。

(3) 简要说明实验原理,绘制实验原理图。

(4) 扼要记录实验步骤,真理并处理实验数据记录,测试的相关波形。

(5) 数据分析和计算,包括相关的误差分析与实验结论与总结,完成课后相关思考题。

(6) 如产生故障情况,必须记录故障现象、排故方法和过程。

(7) 写出实验心得体会及实验改进建议。

2. 报告要求

1) 格式

(1) 使用专用实验报告纸,首页抬头空白处填写院系、学号、专业、实验人、实验题目以及报告书写日期。

(2) 以上所提到“内容”依次作为报告内容项。

(3) 所有波形和电路图需用铅笔记录。

2) 提交

(1) 报告提交时间:在此次实验做完后的下一周实验课上提交上次实验的预习报告和实验报告。

(2) 班委将报告按照学号从小到大的顺序排列整理好再提交,同时统计未交此次报告的学生名单。

六、实验操作安全须知

为了保证学生实验时人身及设备的安全，实验操作还应注意下列各点：

- (1) 连线或改接电路时均应首先断开电源开关，不得带电作业。
- (2) 各种仪器、仪表和设备均应严格按照规定的操作方法使用。不得随意乱拉乱用，不得在仪器设备上乱涂乱画。
- (3) 使用 500 V 以上高压电源要注意高压危险。如兆欧表中有 500 V 或 1 000 V 高压，切不可用以测量人身的绝缘电阻。
- (4) 使用 36 V 以下低压电源、信号发生器等，切不可因其电压低，不会对人身造成触电伤害而掉以轻心，以免因短路或过电压造成贵重仪器设备的损害。
- (5) 各种仪器设备的地线（ \perp ）应正确连接，以防止干扰。应与大地相接的应妥善接地。不允许接地的严禁接地，以免引起短路，造成不必要的事故。
- (6) 进行各种旋转电机实验时，注意勿将导线、发辫、围巾、衣服等缠入电机转轴，造成意外事故。
- (7) 各种负载的加载和卸载，电路的调节均应缓缓而行，不可操之过急，酿成事故。
- (8) 凡学生自拟的实验内容，须经教师同意方可实验。

第二节 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前提。用电安全则是现代人无可回避的安身立业的基本常识。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，同时又是危害人类的肇事者之一，如同现代交通工具把速度和效率带给人类的同时，也让交通事故这个恶魔闯进现代文明一样，电气事故是现代社会不可忽视的灾害之一。

从使用电能开始，科技工作者就为减少、防止电气事故而不懈努力。长期实践中，人们总结积累了很多安全用电的经验。但是，人不能事事都去实践，特别是对安全事故而言，应该吸取前人的经验教训，掌握必要的知识，防患于未然。发生事故后，则要总结经验教训以警示后来人。

一、人身安全

人的生命是宝贵的。安全保护首先保护人身安全。

1. 触电危害

人体是可以导电的。电流经过人体会对人身造成伤害，这就是所谓的触电。触电事先无预兆，一旦发生，顷刻之间就会产生严重后果，而且难以自救。

触电对人体的危害主要有电伤和电击两种。当电流转换成其他形式的能量（如热能）作用于人体时，人将受到不同形式的伤害，这类伤害统称为电伤；当电流通过人体，人体直接

接受局部电能时，人也将受到不同程度的伤害，这种伤害叫做电击。

1) 电 伤

电伤是由电流的热效应、化学效应、机械效应等对人体所造成的伤害。此伤害多见于机体的外部，往往在机体表面留下伤痕。能够形成电伤的电流通常比较大。电伤属于局部伤害，其危险程度决定于受伤面积、受伤深度、受伤部位等。电伤包括电烧伤、电烙印、皮肤金属化、机械损伤、电光眼等多种伤害，下面分别介绍。

(1) 电烧伤。

电烧伤是由电流的热效应造成的伤害，是最为常见的电伤。大部分触电事故都含有电烧伤成分。电烧伤可分为电流灼伤和电弧烧伤。

电流灼伤是人体与带电体接触，电流通过人体由电能转换成热能而造成的伤害。由于人体与带电体的接触面积一般都不大且皮肤电阻又比较高，因而在皮肤与带电体接触部位产生的热量就较多，因此，皮肤受到的灼伤比体内严重得多。电流越大，通电时间越长，电流途径上的电阻越大，则电流灼伤越厉害。由于接近高压带电体会发生击穿放电，因此，电流灼伤一般发生在低压电器设备上。因电压较低，所以形成电流灼伤的电流不太大。但数百毫安的电流即可造成灼伤，数安的电流则会形成严重的灼伤。在高频电流下，因皮肤电容的旁路作用，有可能发生皮肤仅有轻度灼伤而内部组织却被严重灼伤的情况。

电弧烧伤是由弧光放电造成的伤害，分为直接电弧烧伤和间接电弧烧伤。直接电弧烧伤发生在带电体与人体之间，是有电流通过人体的烧伤；间接电弧烧伤发生在人体附近对人体形成的间接烧伤，以及被熔化金属溅落的烫伤。

(2) 电烙印。

电烙印是电流通过人体后，在皮肤表面接触部位留下与接触带电体形状相似的斑痕，如同烙印。斑痕处皮肤呈现硬变，表层坏死，失去知觉。

(3) 皮肤金属化。

皮肤金属化是在电弧高温的作用下，金属熔化、汽化，金属微粒渗入皮肤，使皮肤粗糙而张紧的伤害。皮肤金属化多与电弧烧伤同时发生。

(4) 机械损伤。

机械损伤多数是由于电流作用于人体时，人的中枢神经反射使肌肉产生非自主的剧烈收缩所造成的，包括肌腱、皮肤、血管、神经组织断裂以及关节脱位乃至骨折等。

(5) 电光眼。

电光眼是发生弧光放电时，红外线、可见光、紫外线对眼睛的伤害。在短暂照射的情况下，引起电光眼的主要原因是紫外线。电光眼表现为角膜炎或结膜炎。

触电对人体造成的电伤一般是非致命的，真正危害人体生命的是电击。

2) 电 击

按照发生电击时电气设备的状态，电击可分为直接接触电击和间接接触电击。直接接触电击是触及设备和线路正常运行的带电体发生的电击（如误触接线端发生的电击），也称为正常状态下的电击。间接接触电击是触及正常状态下不带电，而当设备或线路故障时意外带电的导体发生的电击（如触及漏电设备的外壳发生的电击），也称为故障状态下的电击。由于二者发生事故的条件不同，所以防护技术也不相同。

电击是电流通过人体，刺激机体组织，使肌肉非自主地发生痉挛性收缩而造成的伤害，严重时破坏人的心脏、肺部、神经系统的正常工作，形成危及生命的伤害。电击对人体的效应是由通过的电流决定的，而电流对人体的伤害程度是与通过人体的电流强度、种类、持续时间、通过途径及人体状况等多种因素有关。

3) 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 电流对人体作用

电流/mA	对人体作用
<0.7	无感觉
1	有轻微感觉
1~3	有刺激感，一般电疗仪器用此电流
3~10	感到痛苦但可自行摆脱
10~30	引起肌肉痉挛，短时间无危害，长时间有危险
30~50	强烈痉挛，时间超过 60 s 即有生命危险
50~250	产生心脏室性纤颤，丧失知觉，严重危害生命
>250	短时间内（1 s 以上）造成心跳骤停，体内造成电灼伤

(2) 电流种类。

电流种类不同对人体损伤也不同。直流电一般引起电伤，而交流电则电伤与电击同时发生，特别是 40~100 Hz 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 50 Hz）正是在这个危险的频段。当交流电频率达到 20 000 Hz 时对人体危害很小，用于理疗的一些仪器采用的就是这个频段。

(3) 电流作用时间。

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乘积 < 30 mA · s。实际产品可以达到 < 3 mA · s，故可有效防止触电事故。

(4) 人体电阻。

人体是一个不确定的电阻。皮肤干燥时电阻可呈现 100 kΩ 以上，而一旦潮湿，电阻可降到 1 kΩ 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 给出人体电阻值随电压的变化。

表 1.2 人体电阻随电压的变化

电压/V	1.5	12	31	62	125	220	380	1 000
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	1 560

2. 触电原因

人体触电，主要原因有 2 种：直接或间接接触带电体以及跨步电压。前者又可分为单极接触和双极接触。

1) 单极接触

单极接触单相电击是指人体接触到地面或其他接地导体的同时，人体另一部位触及某一相带电体所引起的电击。一般工作和生活场所供电为 380/220 V 中性点接地系统，当处于低电位的人体接触带电体时，人体承受相电压如图 1.1 所示。单相电击的危险程度除与带电体电压高低、人体电阻、鞋和地面状态等因素有关外，还与人体离接地点的距离以及配电网对地运行方式有关。一般情况下，接地电网中发生的单相电击比不接地电网中的危险性大。根据国内外的统计资料，单相触电事故占全部触电事故的 70% 以上。这种接触往往是人们粗心大意、忽视安全造成的。图 1.2 是几个发生触电事故的实例。因此，防止触电事故的安全技术措施应将单相电击作为重点。

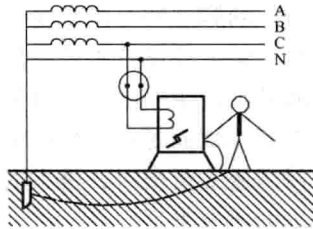


图 1.1 单极性接触触电

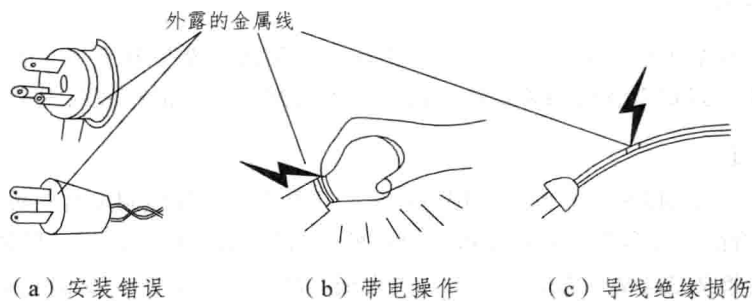


图 1.2 触电示例

2) 双极接触

双极电击是指人体离开接地导体，人体某两部分同时触及两相带电导体所引起的电击，如图 1.3 所示。在此情况下，人体所承受的电压为三相系统中的线电压，因电压相对较大，其危险性也较大。应当指出，漏电保护装置对两相电击是不起作用的。

3) 静电接触

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

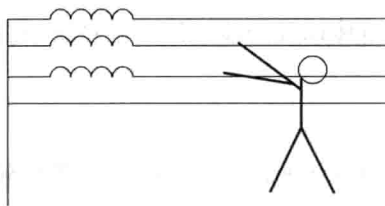


图 1.3 双击触电

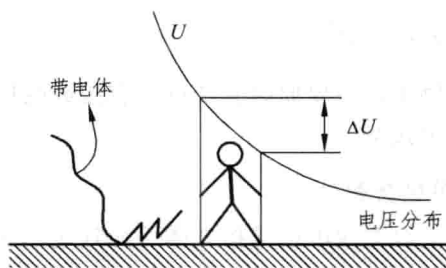


图 1.4 跨步电压触电

4) 跨步电压

人体进入地面带电的区域时，两脚之间承受的电压称为跨步电压。由跨步电压造成的电击称为跨步电压电击，如图 1.4 所示。当电流流入地下时（这一电流称为接地电流），电流自接地体向四周流散（这时的电流称为流散电流），于是接地点周围的土壤中将产生电压降，接地点周围地面将呈现不同的对地电压。接地点周围各点对地电压至接地体的距离大致保持反比关系。因此，人站在接地点周围时，两脚之间可能承受一定电压，遭受跨步电压电击。

可能发生跨步电压电击的情况有：带电导体特别是高压导体故障接地时，或接地装置流过故障电流时，流散电流在附近地面各点产生的电位差可造成跨步电压电击；正常时有较大工作电流流过接地装置附近，流散电流在地面各点产生的电位差，可造成跨步电压电击；防雷装置遭受雷击或高大设施、高大树木遭受雷击时，极大的流散电流在其接地装置或接地点附近地面产生的电位差，可造成跨步电压电击。

3. 防止触电

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自己手中，即安全意识和警惕性。以下几点是最基本、最有效的安全措施。

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有各种各样的安全用电制度。这些制度有的是在科学分析的基础上制定的，有的是在实际中根据经验教训总结出来的，可以说很多制度条文是惨痛的教训换来的。当走进车间、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，都不能忽视。

2) 安全措施

预防触电的措施很多，有关安全技术将在后面作为共同问题进行讨论，这里提出的几条措施都是最基本的安全保障。

(1) 对正常情况下带电的部分，一定要加绝缘防护，并且置于人不容易碰到的地方。例如输电线、配电盘、电源板等。

(2) 所有金属外壳的用电器及配电装置都应该装设保护接地或保护接零。对目前大多数工作生活用电系统而言是保护接零。

(3) 在所有使用市电的场所装设漏电保护器。

(4) 随时检查所用电器插头、电线，发现破损老化应及时更换。

(5) 手持电动工具尽量使用安全电压工作。我国规定常用安全电压为 36 V 或 24 V，特别危险场所用 12 V。

3) 安全操作

(1) 任何情况下检修电路和电器都要确保断开电源，仅仅断开设备上的开关是不够的，还要拔下插头。

(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。

(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。

4) 安全产品

理论上讲，进入市场的产品都应该是安全性能有保证的，但实际生活中，一些不合格产品往往给用户造成安全事故。用户选择由国家安全检验权威部门即中国电工产品认证委员会（CCEE）检测通过的产品，是安全的根本保证。该委员会是国际电工委员会电工产品安全认证组织（IECEE）批准的国家认证组织，检测标准符合国际标准，并有统一的认证标志，如图 1.5 所示。



图 1.5 CCEE 认证标志

二、设备安全

设备安全是个庞大的题目。各行各业、各种不同设备都有其安全使用问题。我们这里讨论的，仅限于一般范围工作、学习、生活场所的用电仪器，设备及家用电器的安全使用。这里涉及的是最基本的安全常识。

1. 设备接电前检查

将用电设备接入电源，这个问题似乎很简单，其实不然。有的价值数十万元的昂贵设备，接上电源一瞬间变成废物；有的设备本身故障引起整个电网异常，造成难以挽回的损失。问题何在？

(1) 用电器不一定是接 AC 220 V/50 Hz 电源。我国市电标准为 AC 220 V/50 Hz，但是世界上不同国家采用标准不一样，有 AC 110 V、AC 120 V、AC 115 V、AC 127 V、AC 225 V、AC 230 V、AC 240 V 等电压，电源频率有 50/60 Hz 两种。有些小型设备要求低压直流如 5 V、9 V、17 V 等。

(2) 环境电源不一定是 220 V，特别是工厂企业、科研院所等场所，有些地方需要 AC 380 V，有些地方需要 AC 36 V，有的地方可能需要 DC 12 V。

(3) 新的设备不等于是没问题的设备。且不说假冒伪劣，即使一台合格产品，在运输、搬动中也有可能出问题。

因此，建议设备接电前“三查”：

(1) 查设备铭牌：按国家标准，设备都应在醒目处有该设备要求电源电压、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。