

168个超简单的独特实验
突破传统、呆板的电器实验理念！
中、小学生可轻松入门电学！
神秘的电不再可怕！

DIY电气科学实验开发您的潜在智慧！



趣味·实用·简易

DIY

电气科学实验

初
级

何望山 蒯月红 著

趣味 · 实用 · 简易

电气科学实验

DIY

初 级

何堃山 蒯月红 著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

电气科学实验 DIY 初级/何堃山, 蒯月红著. —上海:
同济大学出版社, 2007. 4

ISBN 978-7-5608-3086-5

I. 电… II. ①何… ②蒯… III. 电气设备—实验
IV. TM-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 067862 号

电气科学实验 DIY 初级

何堃山 蒯月红 著

责任编辑 卞王清 责任校对 谢惠云 封面设计 潘向葵

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址 上海市四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021 65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 850mm×1168mm 1/32

印 张 8 625

印 数 1 3500

字 数 193000

版 次 2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 7 5608 3086 5/TM·36

定 价 15.00 元

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前 言

电气为工业之母,但一般人对此均知其然而不知其所以然。绝大部分的人均认为“电”是一种神秘物质,既看不见、摸不着,又说不清、道不明,然而一旦触电,顷刻之间就会危及生命,对“电”普遍具有恐惧感。本书针对此现象,力图通过一些简易实验来加以说明,让读者充分了解电,懂得电,不再惧怕电,同时还会喜欢电,并充分利用电来更好地为人类服务。

21 世纪,是电气科学广泛应用的年代,人们利用电气的一些奇妙特性结合一些电气元器件,研制成各种新型、实用的产品。本书希望通过简易的基础实验,抛砖引玉,引发出读者更多的聪明才智,同时也希望通过这些小实验悟出大道理,使读者不仅能给生活带来更多的乐趣,还能实现更新的实用创造与发明的梦想。

无论是科学研究还是科普教育,首要的就是实验。一些创新的想法往往来自于对实验的观察与思考,并且还需要反复地实验加以验证与完善。本书就是从这样的理念出发,完全以实验为前提,由实验引发读者的兴趣与想象,并让读者在彻底了解电气基本原理的基础上,进一步激发读者的创新灵感,开展新的实验。

本书的内容是以基本常用电气科学实验为主,采用在市场上容易购得且简易价廉的各种基本元器件,如电阻、电容、二极管以及各种传感器及指针式、数字式万用电表,配合随处可得
的低压安全弱电力电源(如电话线电源),做了上百种生动有趣的实验。

书上对每一元器件的原理、特性和规格均作了详细的说明,同时讲述了如何测试的方法。它可以加强中、小学生以上的电气爱好者对电气原理的基本了解,解除人们对电的神秘感。读者只要在本书指导下便可在家中重复实验与研究,培养实践动手能力,激发思考力与创造力。

对很难理解的电场与磁场,本书采用较为简易的实验方法进行验证。利用简易的超强稀土磁铁,就可检测电流的流动与其所产生的交变磁场,更方便地验证磁动定则以及电磁感应的规律。对高频高压也可用多种实验方式来加以验证,而且对采用高频高压的优点,也能以实验方法来证明其特效。

本书的文稿非常白话,浅显易懂,图文并茂,并有实验结果验证,若能亲自动手且用心加以实验,一定会增加自己电学知识的积累,同时可使读者感受到读书求知、动手实验的乐趣。

由于本书采用最简易的实验方法来验证实用的电气原理,故读者对象不受限制。只要有兴趣,从小学生到大学生以及社会各阶层人士,均可用之于学习和实验。但为了安全起见,特规定了小学生、中学生的实验范围。请严格遵守书中所列的实验对象的分类。

本书是原著者积累 30 多年的实践体验与教学经验之创作,其中相当多的实验例子均为原著者之独创,且以简易、实用和有趣为特征,实为电气爱好者最佳的电气科普教材与课外实验创作的参考书。

由于两地在电气专业术语上存在很大的差异,所以本书能

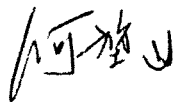
在内地出版,承蒙同济大学教师蒯月红女士站在读者的立场慎重、严谨地对本书加以全面改写和修饰,对实验的解说增加了诸多批注和建议,并且在仔细、认真观察了其中大部分的实验后,共同增修了相当多的篇幅,使实验内容和步骤更加完善。如果本书能对内地读者的电气科普教育有所贡献,完全得力于具有多年电气专业教学经验的蒯老师的精益求精的敬业精神。谨此,致以十二万分的感谢。我十分有幸能在我国内地与这样一位老师共同撰写本书,这不仅仅是一种“书缘”,而且也为两岸的科普教育作了一些有益的探索与实践。

实验对象分类

小学生:限定的实验项目,为干电池可做的实验。

中学生:限定的实验项目,为干电池与安全直流弱电力可做的实验。

成人:不限定的实验项目,但最好有两人在场,且必须穿着清洁干燥的胶底鞋,方可做 220V 的生活供电实验,同时必须加装限流电阻、保险丝或漏电保护装置。



2007 年 2 月 18 日于台北

目 次

前言

1 常用元器件的简易测试实验	(1)
1.1 胶带产生的静电可使日光灯、小氖灯等闪亮	(1)
1.2 超值通断、验电、照明便携式多功能测试器	(6)
1.3 常用元器件的认识与简易测试法	(9)
2 常用元器件的有趣实验	(51)
2.1 超炫超省电超高亮度白光 LED	(51)
2.2 敲击压电式蜂鸣器可产生直流电	(53)
2.3 用闪烁 LED 等元器件魔法般地使铜线舞动 ——轻轻松松地印证电动机的左手定则	(57)
2.4 超强稀土磁铁 13 大用途简介	(61)
2.5 停电时利用汽车内蓄电池可使全家整晚灯火通明	(72)
2.6 交流电产生磁场的检测	(74)
2.7 电话振铃时可享受动感的快乐	(77)

3 高低压安全弱电力的有趣实验	(79)
3.1 利用打火机产生近万伏特弱电力高压.....	(79)
3.2 计算器专用光电池的照光实验.....	(82)
3.3 太阳能电池的应用.....	(84)
3.4 按压式、摇晃式手电筒	(90)
3.5 永磁式直流马达可当作发电机使用.....	(96)
3.6 DC 永磁式蜂鸣器的使用	(99)
4 电蚊拍弱电力的神奇实验	(100)
4.1 以电蚊拍的直流高压来点亮小氖灯或日光灯	(100)
4.2 电蚊拍能直接点亮闪光放电管	(102)
4.3 以电蚊拍的高频高压来检测高频电场	(106)
4.4 高频强电场的闪电放电球十几种有趣的实验	(109)
4.5 电压就是游离电子密度的验证	(120)
4.6 电场就是对异性散发吸引力(若为同性电场, 则为排斥力).....	(123)
4.7 以电蚊拍的高压当作电击防身器	(124)
5 电话弱电力的安全有趣实验	(126)
5.1 电话线的弱电力电源足够当作停电照明吗 ...	(126)
5.2 电话的 DC 电压能使电动机或小风扇转动 ...	(129)
5.3 以电话的 DC 50V 来做电解实验	(131)
5.4 用光敏电阻自制光电开关	(134)
5.5 电话的静、动态电压可直接动作 DC 继电器	(137)
5.6 利用变压器来监听电话或录音	(140)

5.7	自制光控闪烁继电器	(142)
5.8	电话振铃时也能使 DC 继电器动作	(143)
5.9	特制仿真电话的安全可变电源	(145)
5.10	以 adapter 或开关电源作为实验用的安全可变电源	(148)
6	享受自制乐趣的实验	(152)
6.1	自制双金属片温度开关	(152)
6.2	起辉器可当作温度控制开关	(155)
6.3	圣诞母灯可用作温度控制或闪烁继电器	(156)
6.4	自制干簧电流继电器与闪烁继电器	(160)
6.5	自制热动式延时控制开关	(163)
6.6	异常温度的监视与色温的监测	(165)
6.7	自制光电式自动开关	(165)
6.8	自制简易仿真电话的安全测试用电源	(167)
7	变强电力为弱电力的有趣实验	(173)
7.1	如何将强电力变成安全的弱电力	(173)
7.2	如何预防触电	(174)
7.3	人体感电电流的体验	(178)
7.4	自制简易有趣的电流磁动实验	(184)
7.5	交替闪亮的神位灯和红花绿叶灯	(188)
7.6	LED 如何在 220V 的 AC 电路中当作指示灯使用	(191)
7.7	白光 LED 在 AC 电网中可串联电容器使用	(194)
7.8	简化白光 LED 在电网中的使用方法	(197)
7.9	LED 指示灯用于 AC 时的逆向安全保护	(199)
7.10	以压电蜂鸣器来判断火线和地线	(201)

7.11	二极管整流器的特性与规格	(202)
7.12	自制闪烁小氖灯	(206)
7.13	在 AC 电网中氖灯如何串联电阻器使用	(208)
7.14	在 AC 电网中如何使用压电式蜂鸣器	(210)
8	交流强电力的安全实验	(214)
8.1	串联 PTC 可作为实验时电路的短路和限流保护	(214)
8.2	串联灯泡可作为实验时电路的短路和限流保护	(218)
8.3	多功能插头线的安全使用	(221)
8.4	PTC 可简易地控制亮灯时间	(222)
8.5	以仿电话电压串联 NTC 自制时间继电器 ...	(225)
8.6	圣诞母灯串联 NTC 作延时闪烁控制	(228)
8.7	以 AC 电源串联 NTC 作最简易的时间继电器	(229)
8.8	一般灯泡就可做磁动实验	(232)
8.9	日光灯的起辉器可当作闪光控制器	(234)
8.10	以干簧继电器自制光电式开关	(236)
9	万用电表的简易测试与特殊功能简介	(238)
9.1	用数字式电表的 DC mV 档来检测静电	(238)
9.2	以万用电表来感测交流磁场与电场	(242)
9.3	色码电阻器的认识与测量	(246)
9.4	超越三用表所有功能的钳形万用表的特殊功能	(249)
9.5	钳形电流万用表的通用功能简介	(255)

1 常用元器件的简易测试实验

1.1 胶带产生的静电可使日光灯、小氖灯等闪亮

1. 现在带你进入本书“惊异奇航”电气科技之旅的第一站：由胶带所产生的静电，竟然可以使日光灯、小氖灯（即验电笔内的小氖泡）、LED（即发光二极管）、闪光灯（即照相机内的闪光放电管）等瞬间闪亮。

数百年来所有的书本，均只说明摩擦产生的静电可用来吸引小纸屑，但从未用电气元器件和仪表来验证。而这里，我们利用家家户户都有的透明胶带，就可以产生上千伏特的高压。够神奇吧！虽然高压危险，但你不用怕。这种方法所产生的高压是归类为无法产生足够触电流的弱电高压，人体碰到它后不会有任何触电的伤害，所以你尽管放心，绝对安全！你想想，难道自己赤手空拳产生的电压，会电伤自己不成。

2. 下面我们就来讲述实验的步骤与方法。如图 1-1-1 所示，撕下长约 10cm（cm 表示厘米，为长度的单位）的胶带（最好宽为 1.8cm 的稍厚胶带），将其密贴在玻璃板上（如电视机的显像屏幕）或与地绝缘的光滑板上（如电脑桌表面硬度甚佳

的装饰板),快速用力撕下(即剥离)时,就能产生数百伏特甚至上千伏特的电压(居室内一般照明用的电源只有 220V 电压),可使日光灯(10W、20W、40W 等)或验电笔用的小氖灯或 LED(电视机上的小指示灯)或照相机内的闪光放电管瞬间闪亮。

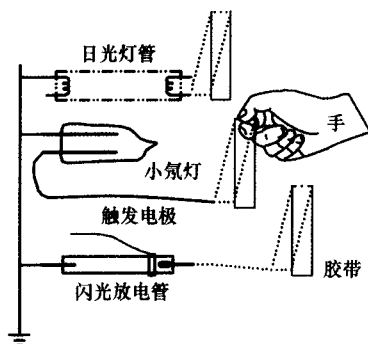


图 1-1-1 胶带产生静电可使日光灯或小氖灯或闪光放电管闪亮的示意图

你可能不相信这种现象会发生,但的确是原著者于 2003 年 9 月 28 日,突发奇想才一举试验成功的(倘若空气湿度太高,必须改在湿度较低的空调室内进行操作,实验才能成功)。

3. 上述方法所产生电压的高、低与胶带密贴与否、被贴面的材质以及拉起的速度、空气的干湿程度均有关系(若在干燥的冬天,产生的电压就会更高),而且必须设法使拉起的胶带不回卷碰到自己的手指。
4. 如图 1-1-2 所示,中间是电线,两头分别带有金属夹子的连接导线,原著者将它称之为夹子线。在实验过程中采用它可以方便地连接各种电气元器件。

实验前,先用夹子线的一端夹在被接地的金属水管上



图 1-1-2 夹子线示意图

(或已被接地的电器用具的金属外壳上),夹子线的另一端夹在上述任何一个被测发光元件(如日光灯)的一端,发光元件的另一端悬空,如图 1-1-1 所示。

此实验须在夜晚或暗室中进行(附近留下一点点微光)。当快速撕下胶带后,将胶带的末端去触碰上述发光元件未夹夹子一端的刹那,就可看到该元件发出的微光。

5. 建议读者选用最易取得的日光灯灯管(U形灯管也可以)进行试验,也可采用验电笔或用原著者准备好的套件中验电笔内的小氖灯或高亮度的 LED(一般亮度的 LED 不会亮)或照相机内的闪光放电管进行实验。
6. 注意因为胶带面积有限,所以获得的电量很小,放电电流仅在 $100\mu\text{A}$ (μA 表示微安培,安培 A 为电流的单位)左右,而通过人体有轻微感觉的电流约在 $200\mu\text{A}$ 以上。实验中,若利用 LED 进行实验观察,必须在其正面才能看到一点点微光。若换用由透明玻璃做成的小氖灯,则能较容易地看到它的亮光。但小氖灯的规格,必须达到 70V 的击穿电压才能放电发亮。原著者在实验时,串接至 7 个小氖灯时,小氖灯仍然可以被点亮,可见其电压能高达 500V(V 表示伏特,为电压单位)以上。
7. 若采用未预热的 40W(W 表示瓦特,为功率的单位)日光灯灯管进行实验,由于日光灯通电的初期,需要起辉器自动串接两端钨丝加热,来激活日光灯管两端电极上的电子,所以其起辉电压需要 700V 左右。

闪光放电管若未被加上高压触发脉冲,其放电电压需 2000V 左右。但一般闪光灯因内部电路已有脉冲高压触发的设计,故只需 150V 左右(视放电管的长度而异)。

★ 寒冬身上产生的静电可使日光灯闪亮

8. 人体有时会带有静电。通常是在严寒的冬天穿上绝缘的胶底鞋才容易感觉到它的存在。但在非冬季的时节,我们只要在冷气空调室内,穿上两件易于起静电的毛衣,当快速脱下一件时,就可产生相当高的静电。若在光线昏暗的情况下,用手指去触摸图 1-1-1 中日光灯管的引接脚时,便可观察到日光灯闪亮。

原著者本人通过实验后,得到的结果是:这样产生的静电电压相当高,比胶带所产生的静电电量高出好几倍。因为人体的面积比胶带的面积大数百倍,所以足以使小氖灯或 40W 的日光灯管明显闪亮,当然小氖灯与日光灯管的另一端,要事先与地相连接。

在严寒的冬天,也可用此方法来检测人体是否已带有静电。若静电量较大,还会有触电的感觉。为避免触电现象的发生,实验时不要直接触摸电极和金属物,而改为触摸玻璃管或以衣服靠墙面放电来避免触电。对此,书中将有更多、更详细的方法介绍。

★ 脱下毛衣挥动灯管竟能不停地闪亮

9. 爱玩成痴的原著者,就在本书出版前夕,正遇寒冬季节,脱下毛衣外的耐寒绒外套时,听到强烈的撕拉声,兴起再去暗室(夜晚时只要关灯就可)用日光灯管来直接触碰衣服,看

看是否也能被点亮？没想到，当手握玻璃灯管，在衣服上不停地轻挥时，甚至不用触碰衣服，竟然可不停地闪亮数十分钟。几经思考，难道静电量有这么大吗？不管 10W、20W 或是 40W 的日光灯还是节能灯管都能被点亮。苦思数小时后终于突破，原来这并非是取用衣物上的静电，而是因不停地挥动灯管，灯管远、近移动，造成灯管内部电子感应的强、弱发生变化，灯管内来回奔跑的电子流使日光灯点亮。

衣物上因剥离而产生的静电，就好比衣物上聚集了大量的帅哥，灯管靠近时，灯管上的无数电子美女，就奔跑至邻近衣物面去欣赏，当灯管远离时，美女看不清楚帅哥有多帅，而无心欣赏，然后又被质子拉回原位，所以必须不停地挥动，电子群才会不停地来回奔跑而点亮日光灯管。当灯管静止时，不管衣物与灯管的距离有多近甚至触碰时，都不会闪亮。

★ 不停地拉动日光灯管，就可用作照明

10. 更简单的方法是只要将透明的塑料袋包裹在 20W 58cm 长的日光灯灯管上，然后用左手轻握已夹在灯管上的塑料袋，用右手不停地推拉灯管 20 次左右，灯管就会一直被点亮（暗室中观察较明显）。20 次以后，若是比拉大提琴略快的速度，灯管发出的亮度，就已足够为人们在黑暗中行走进行照明。

此时塑料袋上已带有相当高的静电，若再将灯管与塑料袋快速远、近距离地挥动，日光灯灯管也会不停地闪亮。连续实验的结果发现，采用透明平面的 PE 袋推拉最省力，且亮度也较高。

若用棒状气球去摩擦灯管其亮度也不错。只要将气

球放在腋下,与易起静电的衣服摩擦,然后靠近自己的头发试一下便知,且测得的静电电压也很高。

若用 PVC 塑料管实验也相同,当将它靠近图 1-1-1 中的小氖灯时会有吸动的现象产生,同时小氖灯也会闪亮,但图中日光灯灯管与闪光放电管需要的电压较高、电量较大,故只能在较暗的场所中进行实验,情况才较为明显。

本节思考与研究

(建议读者学完每个实验后,应以此为范例,进行深入思考和研究)

- (1) 本实验的静电电压到底有多高,静电电量到底有多大,如何测量?
- (2) 本实验的放电电流到底有多大? 如何测量?
- (3) 如何产生更高的电压、更大的电量?
- (4) 当脱下毛衣时,所产生的静电与空气湿度的关系如何?
- (5) 有否其他简易的方法来产生静电?
- (6) 静电通常为弱电力,但为何雷电会危及人的生命?
- (7) 静电的正、负极性如何判别? 静电有否用途与危害?
- (8) 雷电的电压相当高,电能相当大,为何以目前的科技水平还不能加以利用?

1.2 超值通断、验电、照明便携式多功能测试器

1. 压电式蜂鸣器(BZ)目前已相当容易取得,虽然它的直流(DC)额定电压仅有 3~12V,但只要串加适当的电阻就可应用在 110V 或 220V 的电路上(本书第 7 章 7.14 节中将有详细介绍)。

早在 1986 年,原著者就用日本富士电机的 EB20 型高灵敏度压电式蜂鸣器串联 1 个 $30\text{k}\Omega$ (Ω 表示欧姆,为电阻的单位。 $\text{k}\Omega$ 表示千欧姆) 1W 的电阻,然后再串联 2 个 1.5V (即 3V) 的干电池,便可作为探测电路通、断以及判断电路中有无电压存在的两用测试器了。

图 1-2-1 所示的就是最简单的导通鸣响与验电两用测试器。其电池正极(正极可用“+”表示)的引出线为红色(图中用虚线表示),电池负极(负极可用“-”表示)的引出线为黑色。

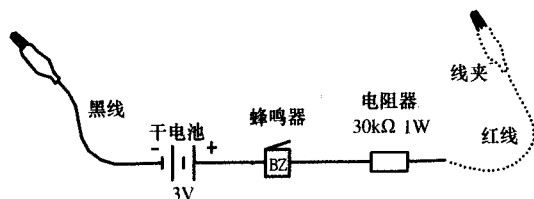


图 1-2-1 最简易的导通鸣响
与验电两用测试器

2. 图 1-2-1 中串接 1 个 $30\text{k}\Omega$ 的电阻,其目的是为了当采用该测试器去测量交流(AC) 220V 电压时,可避免压电式蜂鸣器通过大电流而被烧坏。该电流的计算值为

$$220\text{V} \div 30000\Omega = 0.0073\text{A} = 7.33\text{mA}$$

同时也是为了考虑仅用 3V 的干电池来测试判断各式电驿(小型电磁开关的总称,即继电器)线圈的通与断,还能保证 BZ 有相当的鸣响音量。当然 BZ 的鸣响音量与它本身的性能也有关系。BZ 的灵敏度越高,测试判断元器件及线路通、断的通用性就越好。

同样目的,原著者建议最好在 BZ 两端再并联一个防反向电压破坏的保护二极管或 LED,如图 1-2-2 所示。