



职业教育电工电子类基本课程系列教材

电学基础与技能

蔡清水 赵福伟 主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

基本功

职业教育电工电子类基本课程系列教材

电学基础与技能

蔡清水 赵福伟 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书依据教育部最新颁布的电学类教学大纲,并参考行业职业技能鉴定规范和现代企业生产技术要求而编写,融电学基础理论与实践于一体,全书共分七章,主要介绍静电场、直流电路、电磁场、交流电路、输配电安全、模拟电子电路和数字电子电路等相关知识,每节均设有“观察与探究”、“基础知识导读”、“技能实训指导”和“思考与练习”(见前言)等环节,有利于实施教学和学生自学。

本书选材先进、实用、图文并茂,适合作为中等职业学校、技工学校电学类相关专业的基础课教材,还可供相关岗位培训、考工认证选用,对从业人员也有一定的参考价值。

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

电学基础与技能 / 蔡清水, 赵福伟主编. —北京: 电子工业出版社, 2015.1
ISBN 978-7-121-25291-4

I. ①电… II. ①蔡… ②赵… III. ①电学—中等专业学校—教材 IV. ①O441.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 305532 号

策划编辑: 杨宏利 投稿邮箱: yhl@phei.com.cn

责任编辑: 杨宏利 特约编辑: 李淑寒

印刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装订: 三河市鑫金马印装有限公司

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: 787×1 092 1/16 印张: 20.75 字数: 531.2 千字

版 次: 2015 年 1 月第 1 版

印 次: 2015 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 36.50 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 zlts@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

本书以教育部最新颁布的有关职业学校电工电子技术与技能的教学大纲为依据,综合电类多个专业课程的设置,同时考虑到行业职业技能鉴定规范和现代企业生产的职业需求及岗位设置的技术要求,精心组织编写而成。

书中内容条理清楚,内容翔实,资料丰富,叙述简明,语言生动形象。将静电、直流电、交流电、安全用电、电子电路等内容有机整合,深化了基础知识,降低了理论深度,加大了应用实践,回顾了学科发展与历史人物的重大贡献,设计了一定的课后训练。读者能够快速入门,学习轻松愉快,事半功倍。特别是应对各高等院校组织的技能高考,更是内容全面,方法实用,针对性强,是一本难得的好教材。

本书由武汉市石牌岭高级职业中学蔡清水和河北工程技术高等专科学校赵福伟任主编,蔡清水编写了第1~5章和附录、参考文献并进行了全书的统稿,赵福伟编写了第6章,武汉大学蔡博编写了第7章。在成稿过程中参考了国内外相关的优秀教材、文献资料,在此特致以衷心的感谢。本书每节都配有“思考与练习”以及答案,请登录华信教育资源网(<http://www.hxedu.com.cn>)注册后免费下载使用。本书名人简介内容可扫描二维码获得延伸阅读体验。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

另附教学建议课时分配,见下表。在实施中任课教师可根据具体的情况适当调整。

课时分配参考表

内 容	课 时 数	内 容	课 时 数
第一章 静电场	15	第六章 模拟电子电路	42
第二章 直流电路	20	第七章 数字电子电路	12
第三章 电磁场	19	复习考核及机动	15
第四章 交流电路	18	总计	160
第五章 输配电安全	19		

编 者

2014年10月28日

目 录

第一章 静电场	(1)
第一节 库仑定律	(1)
第二节 电场强度	(11)
第三节 静电场	(20)
第二章 直流电路	(30)
第一节 直流电路概述	(30)
第二节 电路的连接	(52)
第三节 电路的基本定律	(60)
第三章 电磁场	(70)
第一节 磁场的基本概念	(70)
第二节 电磁感应	(82)
第三节 电磁振荡和电磁波	(96)
第四章 交流电路	(110)
第一节 交流电的基本概念	(110)
第二节 单相正弦交流电路	(119)
第三节 谐振电路	(126)
第四节 三相正弦交流电路	(134)
第五章 输配电安全	(147)
第一节 电能的生产与输送	(147)
第二节 安全用电	(156)
第三节 家庭配电	(170)
第六章 模拟电子电路	(193)
第一节 半导体元器件	(193)
第二节 基本放大电路	(217)
第三节 集成运算放大电路	(234)
第四节 直流稳压电源电路	(245)
第五节 正弦波振荡电路	(262)
第六节 低频功率放大电路	(275)
第七章 数字电子电路	(292)
第一节 组合逻辑电路	(292)
第二节 时序逻辑电路	(308)
附录一 安全用电相关标志	(322)
附录二 常见消防安全标志	(324)
参考文献	(325)

第一章

静电场

静电存在于我们周围的一切物质之中。例如，下雨前天空中的闪电；尺子在身上摩擦后能吸引纸的碎片；梳头时梳子与头发相互吸引；干燥多风的秋季里，脱下化纤面料外衣或内毛衣时会听到“噼啪”的响声等，如图 1-0-1 所示。



(a) 城市上空的闪电



(b) 毛衣放电

图 1-0-1 电现象

第一节 库仑定律

物体因摩擦带电而能吸引轻小物体的现象，表明在非接触物体之间存在有电力，它是一种尚待探索的新的作用力。受力学的深刻影响，寻找电力遵循的规律成为引人瞩目的研究课题。为了撇开带电物体形状、大小等次要因素的影响，人们自然就把注意力集中在电荷间的电力作用上，英国物理学家库仑是寻找到电力规律的第一人。

第一部分 观察与探究

一、器材

方形有机玻璃板 1 块、圆形金属导体 2 根、饮料瓶 1 个、羽毛球 1 个、尖型导体 8 根、感应起电机 1 台、导线 2 根。

二、制作与观察（图 1-1-1）

步骤 1：用方形有机玻璃板制成底板。

步骤 2：将两根圆形金属导体钻上小孔。

步骤 3：将尖型导体插入圆形金属导体的小孔中粘合制成排针杆。

步骤 4：将带有排针的圆形金属导体与底板粘合制成框架。

步骤 5：将羽毛球的球体部分替代饮料瓶的瓶盖制成旋转圆筒。

步骤 6：将排针杆错开，对着圆筒的边缘部位，用导线把韦氏感应起电机的正、负极分别接到两圆形金属导体的上端处，摇动起电机，转筒就由慢而快地旋转起来。

步骤 7：人工放掉起电机中剩余的电荷；拆除电路，并将器材放回原处。

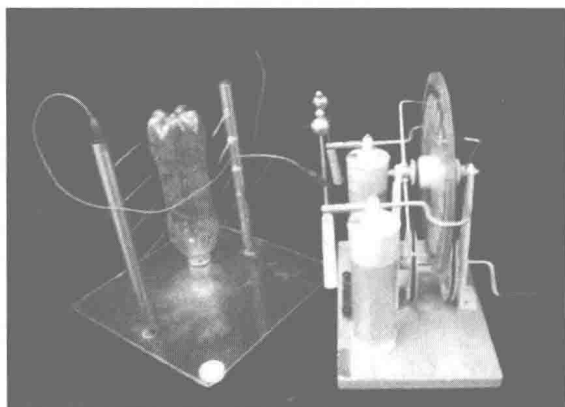


图 1-1-1 静电转筒

三、探究

转筒的旋转是尖端放电形成的“电风”吹动所致。

第二部分 基础知识导读

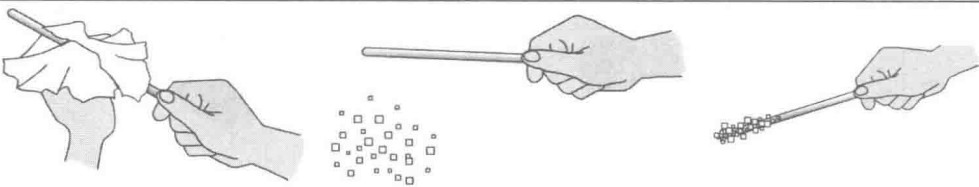
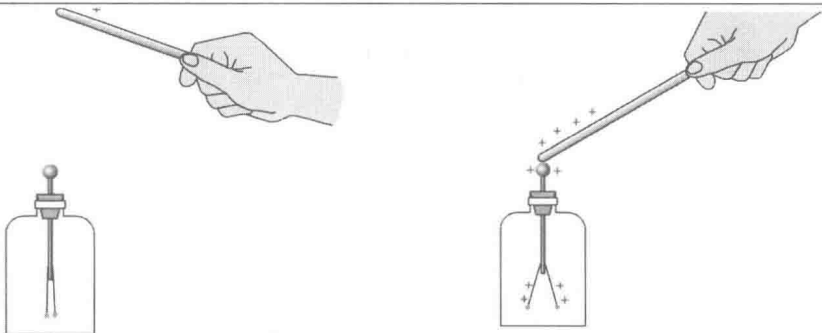
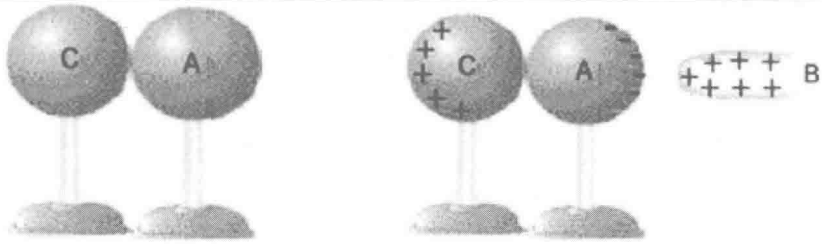
一、简单的电现象

人类很早就认识了电现象，我国早在两千多年前的西汉时期就有“玳瑁吸裙”的记载，玳瑁是一种美丽的龟壳，人们在使用它做首饰时无意中发现摩擦后的玳瑁会吸引衣服；东汉初年也有带电的琥珀吸引轻小物体的文字记载。起电有三种方式，见表 1-1-1。

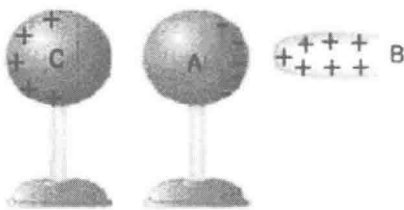
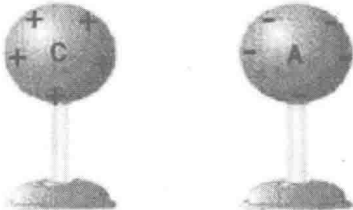
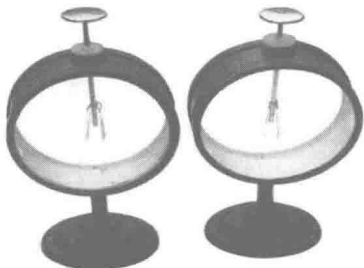
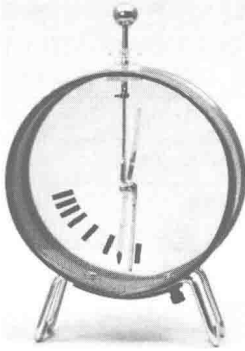
表 1-1-1 起电的三种方式

项 目	内 容
方式	摩擦起电
材料	玻璃棒和丝绸或橡胶棒和毛皮，碎纸屑

续表

项 目	内 容
现象	 (a) 用绸子摩擦玻璃棒 (b) 用摩擦过的玻璃棒靠近碎纸屑 (c) 碎纸屑被吸引到玻璃棒上
定义	用摩擦的方法使物体带电的过程,叫做摩擦起电 摩擦过的物体性质有了变化,能够吸引轻小物体,我们说此时物体带了电或者说带了电荷
操作注意	(1) 快速摩擦时尽量朝同一个方向进行 (2) 记住带电端,不要再用手接触摩擦过的部位 (3) 靠近碎纸屑,观察现象
起电的本质	卢瑟福的原子结构理论告诉我们,物质由分子组成,分子由原子组成,原子由带正电的原子核和绕核运动的电子组成;原子核中有质子和中子,质子带正电,中子不带电,而电子带负电,原子中质子所带的正电量和电子所带的负电量总是相等的,通常情况下,原子对外呈现电中性,因而由原子构成的物质对外呈现电中性而表现为不带电。若由于某种原因使物体失去电子或得到电子,那么物体的电中性就遭到了破坏,原来中性的物体就带了电
方式	接触起电
材料	玻璃棒和丝绸或橡胶棒和毛皮,验电器
现象	 (a) 准备好绸子摩擦过的玻璃棒和验电器 (b) 玻璃棒接触验电器,验电器带电
定义	相互接触的物体带上电荷的现象,叫做接触起电 接触起电的实质是一个物体上的电子转移到另一个物体上
说明	相互转移电荷的物体是一个系统,它们带电的总量不变。两个完全相同的金属小球接触时,原来带异种电荷,先中和后平分;原来带同种电荷,总电荷量平分。不同的金属球则按比例进行分配
方式	感应起电
材料	两个完全相同的导体 A、C,一个带电体 B
现象	 (a) 两个相连的导体 (b) 导体内部自由电子重新分布

续表

项 目	内 容
现象	  (c) 将导体分离 (d) 导体成为带电体
定义	将一个不带电的物体靠近另一个带电的物体使之感应带电的过程,叫做感应起电
检验工具 举例	1. 验电器 验电器主要由一根上端带有金属小球(或板)的金属棒,与棒下端悬挂的两片金属箔组成。为了避免气流的影响,金属棒和金属箔片封闭在一个玻璃瓶中,棒与瓶间有绝缘材料相隔,如下图所示  (a) 实物图  (b) 示意图 验 电 器 当带电体与金属小球(或板)接触时,金属箔片就得到同种电荷。因同种电荷相互排斥,所以两金属箔片就张开,从而知晓带电体带电。 2. 静电计 静电计又叫指针验电器或电势差计。常用静电计主要用绝缘底座、金属圆筒作为外壳;外壳前面是透明玻璃,后面是带有刻度的毛玻璃;金属杆顶端是金属球,插入圆筒内后下端的水平轴上装有金属指针,可绕水平轴灵活转动;圆筒与金属杆间装有绝缘套,底部有接线柱,可用来接地或与其他导体相连  静电计 当带电体与金属小球(或板)接触,金属杆与指针带电时,金属外壳的内壁上会产生异种电荷。金属指针就会受到金属杆上同种电荷的斥力、与外壳内壁(外壳外壁接地)上异种电荷的引力,在两者的共同作用下金属指针发生偏转,指针所指的刻度就是带电体与大地之间的电势差

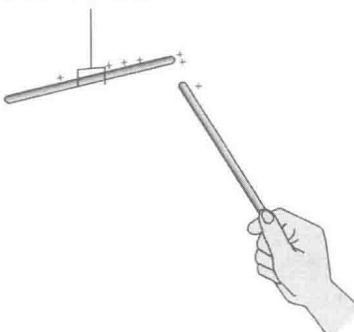
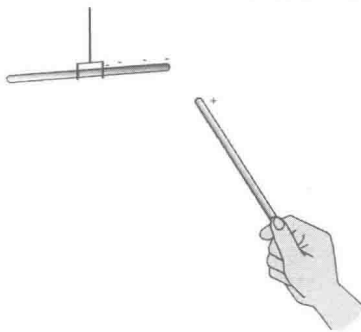
项 目	内 容
卢瑟福简介	

二、两种电荷

在历史上,人们用各种各样的材料做了大量的实验,发现自然界中只有两种电荷。美国科学家富兰克林对这两种电荷做出规定:用绸子摩擦过的玻璃棒所带的电荷叫做正电荷,用毛皮摩擦过的橡胶棒所带的电荷叫做负电荷。

两种电荷之间的相互作用规律,见表 1-1-2。

表 1-1-2 电荷间的作用

项 目	内 容
材料	(1) 玻璃棒、橡胶棒各两根 (2) 毛皮、绸子各两块 (3) 支架一个
操作过程	步骤 1: 两位同学同时都用绸子摩擦玻璃棒,使它带电,将一根放在支架上,用另一根玻璃棒的带电端靠近这根玻璃棒的带电端,观察发生的现象 步骤 2: 用毛皮摩擦橡胶棒,重做实验 步骤 3: 用绸子摩擦玻璃棒,用毛皮摩擦橡胶棒,重做实验 步骤 4: 记下所有实验结果
现象	  (a) 同种电荷间的作用 (b) 异种电荷间的作用
结论	两个摩擦后的物体,带同种电荷(都是正电荷或都是负电荷)的相互排斥,带异种电荷(正电荷和负电荷)的相互吸引。且距离越近,作用力越大;带电越多,作用力也越大
操作注意	(1) 为了避免研究中电荷的流失,最好两名同学同时进行操作 (2) 快速摩擦时尽量朝同一个方向进行 (3) 记住带电端,不要再用手接触摩擦过的部位 (4) 及时记录研究发现

续表

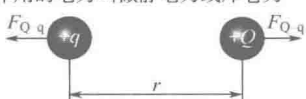
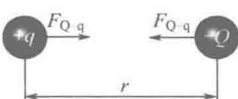
项 目	内 容
电荷守恒定律	物体在带电过程中,总是伴随有电荷的转移。在摩擦起电过程中,电荷从一个物体转移到了另一个物体,结果使两个物体带上了等量异号电荷;在感应起电过程中,电荷从物体的一部分转移到了物体的另一部分,结果使物体的两个不同部分出现了等量异号电荷。相反,当两种等量异号电荷相遇时,它们互相中和,物体就不带电了 大量实验表明:电荷既不能被创造,也不能被消灭,它们只能从一个物体转移到另一个物体,或从物体的一部分转移到另一部分,在转移过程中,电荷的总量不变,这个结论叫电荷守恒定律。它不仅在一切宏观过程中成立,而且在一切微观过程中也是成立的,是物理学中的普适守恒定律之一

三、库仑定律

带了电的物体我们称之为带电体,带电体所带电荷的多少称为电荷量(简称电量或电荷),用字母 Q 或 q 表示,单位是库仑,简称库,用字母 C 表示。

1875 年,库仑从实验中总结出两个点电荷之间相互作用力的规律,后人称之为库仑定律,简介见表 1-1-3。

表 1-1-3 库仑定律

项 目	内 容
点电荷	从理论上讲就是只有电量而没有形状大小的带电体。而现实的带电体都不可能小到一个点,所以点电荷是一种理想化模型 实际上,当两个静止的带电体之间的距离比它们自身的大小大得多,即它的形状和大小对相互作用力的影响可以忽略不计,带电体就可以看成点电荷
定律	真空中两个点电荷之间相互作用的电力,跟它们的电荷量的乘积成正比,跟它们的距离的二次方成反比,作用力的方向在它们的连线上;同号电荷相斥,异号电荷相吸 电荷间这种相互作用的电力叫做静电力或库仑力  (a) 表现为排斥力  (b) 表现为吸引力
公式	$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 其中, F——电荷间的静电力,单位^①为牛顿(N); Q_1、Q_2——两个点电荷所带的电量,单位为库仑(C); r——两个点电荷之间的距离,单位为米(m); k——比例系数,又称静电力常量(在真空中, $k=8.99 \times 10^9$ 牛顿·米²/库仑²)
适用范围	真空中的静止点电荷(均匀带电体、均匀带电球壳也可)
说明	当 $Q_1 Q_2 > 0$, F 为排斥力;当 $Q_1 Q_2 < 0$, F 为吸引力 所有的观察和实验都表明,两个静止点电荷之间距离的数量级在 $10^{-15} \sim 10^7$ m 范围内,库仑定律都与实验符合得很好,库仑定律是整个静电学的基础
基本电荷	(1) 自然界中的最小带电单元,是电子或质子所带的电量(它们的绝对值相等),称为元电荷(又称基本电荷),用字母 e 表示。 (2) 基本电荷的电量为 $e=1.60 \times 10^{-19}$ C,最早由美国科学家密立根用实验测得 (3) 所有带电体的电量都是电量 e 的整数倍,即 $q=ne$ ($n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$)。所以,1 库仑的电量相当于 6.25×10^{19} 个电子或质子所带的电量

项 目	内 容
库仑简介	

①注：由于不同的需要和历史的原因，工程与物理学中长期存在多种单位制并用的局面。考虑到这种局面所造成的诸多不便，国际计量委员会于1960年在第十一届国际计量大会上正式通过决议，制定了一种统一的国际化的单位制，即国际单位制，并规定其国际代号为“SI”，其后又做了一些补充，使之更臻完善。我国于1977年开始逐步采用国际单位制。

第三部分 技能实训指导

项目一：手工工具及其使用

一、目的

- (1) 了解电类技能实训室，熟悉文明生产守则。
- (2) 了解常用手工工具，掌握其正确使用方法。

二、认知训练

一般综合性实训室由若干实训操作台组成，提供实训所需的控制与保护开关及指示、各种电源（交、直流可调电源）及工作参数显示、多功能插座、常用手工工具与耗材、常用电子仪器仪表、功能设备模块等，如图1-1-2所示。不同的学校配备的型号可能会有所不同，但其功能基本上是相同的。

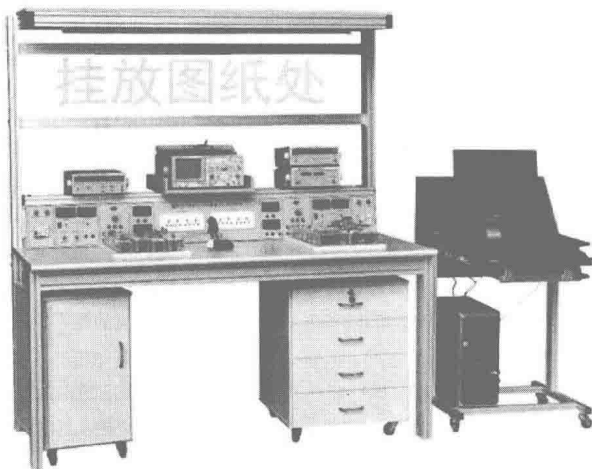


图 1-1-2 实训操作台

生产的安全与文明是学习的首要任务，是进行生产之前必须要掌握的重点内容。某学校实训室的文明生产守则如下。

(1) 遵守《中华人民共和国劳动法》、《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国质量法》、《中华人民共和国标准化法》、《中华人民共和国计量法》等相关法律、法规和有关规定。

(2) 爱岗敬业，具有高度的责任心。

(3) 严格执行工作程序、工作规范、工艺文件、设备维护和安全操作规程，保质保量和确保设备、人身安全。

(4) 爱护设备及各种仪器、仪表、工具和设备。

(5) 努力学习，钻研业务，不断提高理论水平和操作能力。

(6) 谦虚谨慎，团结协作，主动配合。

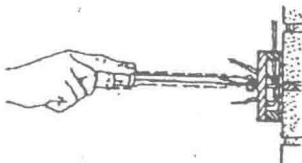
(7) 听从领导，服从分配。

手工工具是完成对器件或设备拆卸与装配的必需品，熟悉和掌握其结构、性能、正确的使用方法及规范操作，既能提高工作效率，又能减少劳动强度，保障作业安全。

(一) 螺钉旋具

螺钉旋具是用来旋动头部带一字形或十字形槽的螺钉的手用工具，简介见表 1-1-4。

表 1-1-4 螺钉旋具

项 目	内 容
外形	由金属杆头和绝缘柄组成，种类很多。按头部形状的不同，有一字形和十字形   (a) 一字形 (b) 十字形
规格	以绝缘柄外金属杆的长度和刀口尺寸（单位：mm）计，有 50×3(5)、65×3(5)、75×4(5)、100×4、100×6、100×7、125×7、125×8、125×9、150×7(8)等规格
握法示意图	  (a) 大螺钉旋具 (b) 小螺钉旋具
使用举例	1. 使用 紧固单个螺钉时，用手握住手柄拧紧螺钉即可；紧固有弹簧垫圈的螺钉时，把弹簧垫圈刚好压平即可；紧固成组的螺钉时，先轮流将全部螺钉预紧（刚刚拧上为止），再按对角线的顺序轮流将螺钉紧固。 2. 安装或拆除螺钉 步骤 1：选用合适的木盘、面包板、螺钉旋具、螺钉，将面包板固定到木盘上 步骤 2：螺钉旋具头部对准螺钉尾端，使螺钉旋具与螺钉处于一条直线上，且螺钉与木盘垂直，顺时针方向转动螺钉旋具 步骤 3：当固定好面包板后，及时停止转动螺钉旋具，防止螺钉进入木盘过多而压坏面包板。 步骤 4：逆时针方向转动螺钉，直至螺钉从木盘中旋出即完成了对螺钉的拆除
注意事项	按螺钉的规格选用合适的旋具刀口，任何“以大代小，以小代大”使用旋具均会损坏螺钉或电气元件。为了避免金属杆触及皮肤与邻近带电体，应在金属杆上穿套绝缘管，不可使用金属杆直通柄顶的旋具

(二) 螺钉 (表 1-1-5)

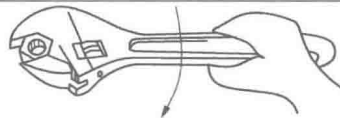
表 1-1-5 螺钉

项 目	内 容
外形	常用的螺钉, 在结构上有一字槽与十字槽两种。十字槽因对中性好、安装时螺钉旋具的刀口不易滑出, 使用日益广泛  (a) 一字槽圆柱头螺钉  (b) 十字槽半圆柱头螺钉  (c) 十字槽球面圆柱头螺钉  (d) 十字槽沉头自攻螺钉  (e) 十字槽半沉头螺钉  (f) 十字槽垫圈头螺钉
选用	用于一般仪器上的连接, 可选用镀钢螺钉; 用于仪器面板上的连接, 为增加美观和防止生锈, 可选用镀铬或镀镍的螺钉; 用于螺钉埋在元件内的紧固, 可选用经过防锈处理的螺钉; 用于导电性能比较高的连接和紧固, 可以选用黄铜螺钉或镀银螺钉; 当连接面要求平整时, 可选用大小合适的沉头螺钉
防松方法	(1) 加装垫圈 (2) 使用双螺母 (3) 使用防松漆

(三) 电工刀、活络扳手

电工刀、活络扳手简介见表 1-1-6。

表 1-1-6 电工刀、活络扳手

项目	内 容	
名称	电工刀	活络扳手
外形		
规格	1 号刀柄长 115mm, 2 号刀柄长 105mm, 3 号刀柄长 95mm	常用的有 150mm×19mm、200mm×24mm、250mm×30mm、300mm×36mm 等
功能	用于剥、削导线绝缘层、木榫等。有的还带手锯和尖锥, 用于材料的切割	扳口可在一定范围内任意调整大小, 用于旋动螺母
使用方法	刀口朝外、刀面与导线成较小的锐角倾斜剖削导线绝缘层, 用毕, 随即将刀身折入刀柄中	 扳大螺母握法  扳较小螺母握法
注意事项	刀柄无绝缘不能带电操作	使用时不能反方向用力, 否则容易扳裂活络扳唇, 也不能用钢管套在手柄上作为加力杆使用, 更不能作为撬棍撬重物或当手锤敲打。旋动螺母、螺杆时, 必须把工件的两侧平面夹牢, 以免损坏螺母或螺杆的棱角

(四) 其他工具

其他工具的认识, 见表 1-1-7。

表 1-1-7 部分工具

名称	示例实物图	名称	示例实物图	名称	示例实物图
镊子		锉刀		美工刀	
锤子		手电钻		微型电钻	
医用钳		毛刷、吹尘球		小手电筒	
无感起子		吸锡器		真空吸笔	
仪表起子		压线器		放大镜台灯	

项目二：制作静电摆球

一、目的

观察金属球在静电场作用下的运动。

二、器材

极板 2 张、乒乓球 1 个、铅笔芯若干、细棉线 1 根、有机玻璃板 1 块、塑料支架若干、螺钉和螺母若干、起电机 1 台、导线 2 根。

三、制作

步骤 1：将铅笔芯抹到乒乓球的表面上制作成金属球，并用细棉线与塑料支架相连。

步骤 2：将极板打孔并用螺钉和螺母将其与塑料支架拧合。

步骤 3：将有机玻璃板、塑料支架用螺钉和螺母拧合而成为框架。

四、操作与观察 (图 1-1-3)

步骤 1：将两极板分别与起电机正、负极相接。

步骤 2：调节系有小球的塑料支架，使球略偏向某一极板。

步骤 3：摇动起电机，金属球就在两板之间开始来回摆动。

步骤 4：停止摇动起电机，进行人工放电；拆除电路，将器材放回原处。



图 1-1-3 静电摆球

五、结论

- (1) 金属球上的电荷与极板上的电荷不断转移。
- (2) 金属球上的电荷与极板上的电荷间存在相互作用。

第二节 电场强度

对于非接触物体之间的电力作用，除了寻找作用力遵循的规律外，还关心另一个更深刻的问题，就是这些力是通过什么而发生作用的？

第一部分 观察与探究

一、器材

感应起电机 1 台（有放电杆）、带绝缘支架的金属球 2 个、铝箔小球（内芯为泡沫，外面包上导电的铝箔）3 个、铁架台 1 个、导线 2 根、棉丝线若干。

二、制作与观察

步骤 1：按图 1-2-1 所示安装器材。

步骤 2：利用感应起电机使带绝缘支架的金属球 O 和铝箔小球同时带上正（或负）电。

步骤 3：使带电的金属球 O，靠近系在丝线下端的带电铝箔小球 P_1 、 P_2 、 P_3 ，观察铝箔小球的偏离情况（根据丝线偏离竖直线角度判断）。

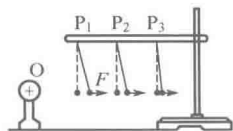


图 1-2-1 影响电荷间相互作用力的因素

步骤 4：用没有带电的带绝缘支架的金属球接触金属球 O，再使金属球 O 靠近系在丝线下端的带电铝箔小球 P_1 、 P_2 、 P_3 ，观察铝箔小球的偏离情况。

步骤 5：断开相应电源，人工放掉起电机中剩余的电荷；拆除电路，将器材放回原处。

三、探究

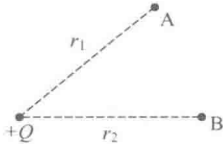
带电体间的静电力的大小与带电体间距有关，与带电量有关。间距越大，力越小；带电量越大，力越大。

第二部分 基础知识导读

一、电场

电场的特性简介见表 1-2-1。

表 1-2-1 电场特性简介

项 目	内 容
定义	任何力的作用都离不开物质。脚踢球，脚对球的力直接作用在球上；地球对地表面附近物质的作用力是通过重力场（物质）作用的；地球与月亮间的作用力是通过万有引力场（物质）作用的；两电荷间的相互作用力，也是通过物质作用的，这就是电场  电荷间通过电场相互作用 电场是电荷周围存在的一种“看不见”、“摸不着”的特殊物质，是客观存在的一种特殊物质形态
特性	(1) 电场是电荷周围存在的一种特殊物质 物质形式有看得见、摸得着的实体（由分子组成），也有看不见、摸不着，不以人的感官意识为转移的客观存在的形体。如可见光我们看得见，但还有很多波长的光我们看不见，但它们确实客观存在。所以，不能以人的感官为标准来判定物质的存在与否。场能表现出力和能的特性，所以它是客观存在的物质 (2) 电场对放入其中的电荷有力的作用，我们将这种作用力称为电场力 如，在$+Q$电场中 A 点分别放入检验电荷 q_1、q_2、q_3，按库仑定律可知，它们受到的电场力分别为 $F_1 = kQq_1/r_1^2, F_2 = kQq_2/r_1^2; F_3 = kQq_3/r_1^2$  点电荷的电场 由此，我们发现场电荷$+Q$对不同的检验电荷q有不同的电场力，但只要 A 点位置不变，F 与 q 的比值就不变即：$F_1/q_1 = F_2/q_2 = F_3/q_3 = kQ/r_1^2$ (3) 静止电荷周围的电场，称为静电场 若换到 B 点，则它们受到的电场力又分别为 $F_1 = kQq_1/r_2^2; F_2 = kQq_2/r_2^2; F_3 = kQq_3/r_2^2$ F 与 q 的比值为：$F_1/q_1 = F_2/q_2 = F_3/q_3 = kQ/r_2^2$ 比较 A、B 两点可以看出，$+Q$ 固定则电场的空间分布固定，且场中某固定点的 F/q 值仅与 Q、r 有关，与检验电荷无关。它表明 Q 不变时，r 越大，F/q 的值越小；反之，r 越小，F/q 的值越大。也反映出了电场的性质
检验电荷	检验电荷又称试探电荷 (1) 其电量足够小，能使得由于它的置入不引起原有电场的重新分布或对有源电场不产生影响，或影响可以忽略不计 (2) 其线度小到可以被看成点电荷，来确定电场中每一点的性质