

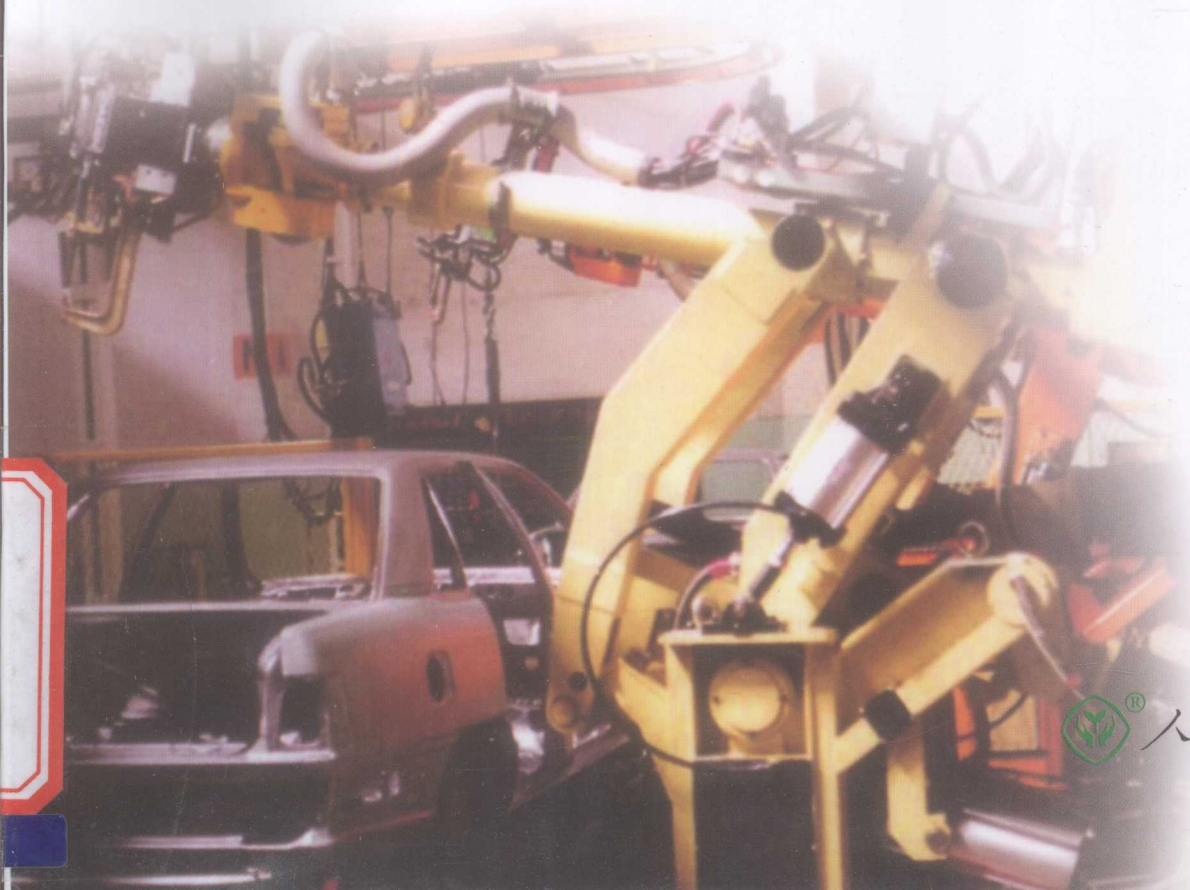
经全国中小学教材审定委员会
2004 年初审通过

普通高中课程标准实验教科书

物理

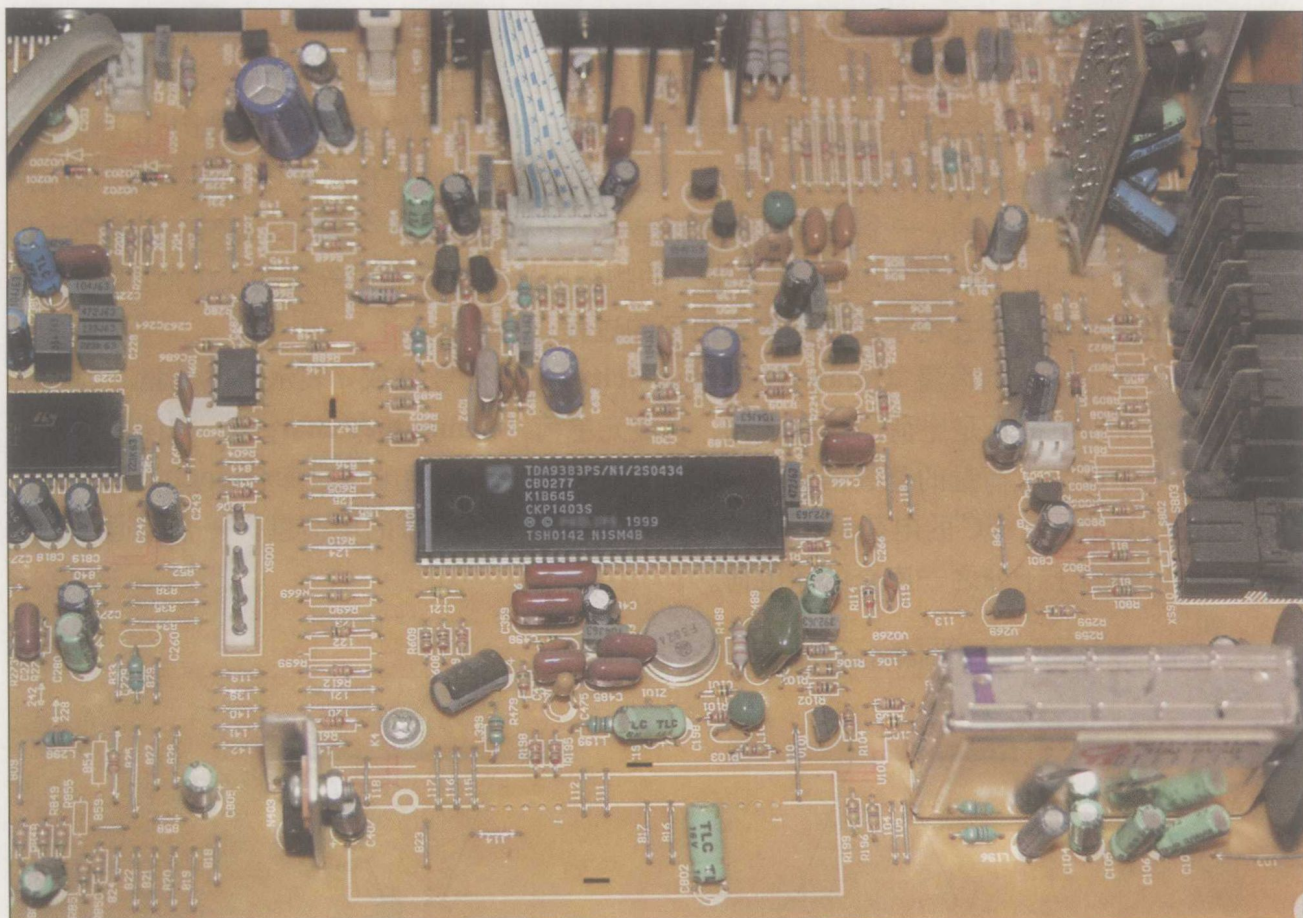
选修 2-1

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
物理课程教材研究开发中心



 人民教育出版社

电场 直流电路



电视机中的电路板

我们生活在电气化时代。

清晨醒来，只需一两分钟，微波炉就会为我们做好热腾腾的早饭；晚上回家，洗衣机会自动把脏衣服洗得干干净净；在酷热难耐的盛夏，空调给我们送来阵阵清凉；在久旱的农田，抽水机浇灌着干渴的禾苗；电视机前，我们观看新闻、足球比赛，对国内外大事发表意见……

微波炉、洗衣机、抽水机、电视机……它们的工作原理虽然不同，但是最基本的电磁学规律是一样的。如果看看各种电器的电路板，你就会发现它们是由许许多多电阻、电容、集成电路等元器件组成的。

要想知道这些电器以及组成它们的元器件是怎样工作的，就要对电磁学的基本知识有所了解。电场和直流电路的规律是电磁学的重要基础。

第1节 电场

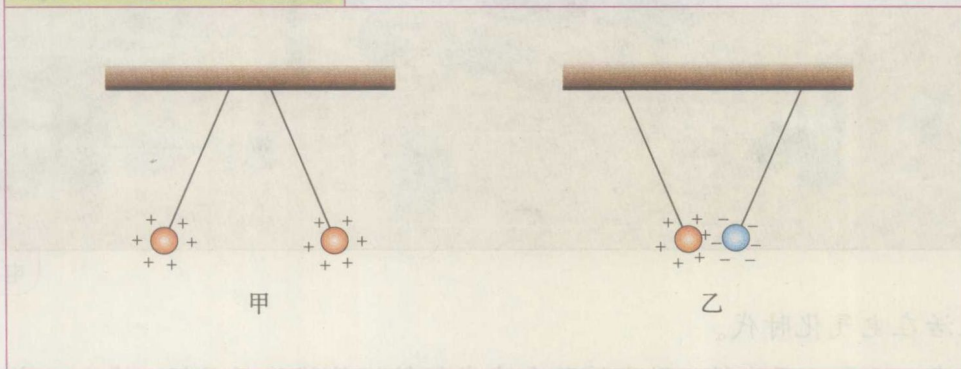
电荷及其相互作用 在空气干燥的时候，用塑料梳子梳头，头发会随着梳子飘起来；夜晚脱毛衣，有时会看到闪光，这些现象都是摩擦起电造成的。

摩擦起电是指用摩擦的方法使物体带上**电荷 (electric charge)**的过程。这些电荷静止在物体上，这种现象就叫做静电现象。在自然界只存在着两种电荷：正电荷和负电荷。用丝绸摩擦过的玻璃棒上所带的电荷是正电荷，用毛皮摩擦过的橡胶棒上所带的电荷是负电荷。

摩擦为什么能使物体带电呢？这是因为物体都是由原子组成的，原子由带负电的电子和带正电的原子核组成。通常，原子核带的正电荷与核外所有电子带的负电荷在数量上相等，原子呈电中性，由原子组成的物体看起来不带电。但是不同物质的原子核束缚电子的本领不同，两种不同的物体相互摩擦时，一个物体的一部分电子会转移到另一个物体上，这样，得到电子的物体因获得多余的电子而带负电荷，失去电子的物体因缺少电子而带等量的正电荷。所以**物体带电实际上就是物体失去电子或获得多余电子的过程**。

电荷的多少叫做**电荷量 (quantity of electricity)**，用符号 Q 或 q 表示。电荷量有时简称电荷。电子所带电荷量是电荷的基本单元，叫做**元电荷 (elementary charge)**。物体所带的电荷量都是电子所带电荷量的整数倍。在国际单位制中，电荷量的单位是**库仑 (coulomb)**，简称库，用符号 C 表示。1 C 的电荷量相当于 6.25×10^{18} 个电子所带的电荷量，一个普通大小的物体很难保持多于千分之一库仑的净电荷。

图 1.1-1 电荷之间的相互作用



演 示

如图 1.1-1 甲所示，将两个小通草球（或表面涂有石墨的泡沫塑料小球）用丝线悬挂起来。用丝绸摩擦玻璃棒，使玻璃棒带电，并把玻璃棒上带的电传给一个小球。然后使两个小球接触，带上同种电荷，可以看到什么现象？

如图 1.1-1 乙所示，将另外两个小球悬挂起来，并使它们分别带上正电荷和负电荷，又可以看到什么现象？

大量的实验告诉我们，电荷之间有相互作用：同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引。电荷之间的相互作用力，随着距离的增大而减小，随着电荷量的增大而增大。

电场 电场强度 我们过去学过的弹力、摩擦力都是当一个物体与另一个物体接触时产生的，但是，电荷之间的作用力并不要求带电体相互接触。那么，带电体到底通过什么发生相互作用呢？

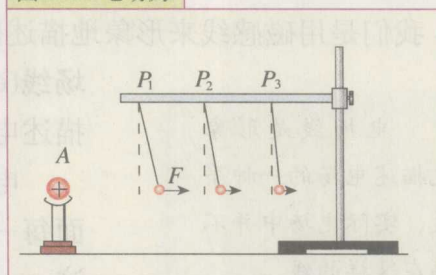
实际上，就像我们初中学过的磁体周围存在磁场一样，电荷周围存在着一种叫做**电场** (electric field) 的物质，电荷通过电场发生相互作用。

电场的一个重要的性质就是对置于其中的电荷有力的作用，这个力称为**电场力**。

演 示

把一个带正电的物体放在A处，然后把挂在丝线上的带正电的小球先后挂在 P_1 、 P_2 、 P_3 等位置(图1.1-2)，比较小球在不同位置所受电场力的大小。(小球所受电场力的大小可以通过丝线偏离竖直方向的角度显示出来，偏角越大，表示小球受到的电场力越大。)

图 1.1-2 电场力



通常，同一个电荷在电场中不同位置所受的电场力往往是不同的。这说明电场中不同位置的电场强弱是有差别的。物理学中，用单位电荷在电场中不同位置所受的电场力来比较这些位置电场的强弱。或者说，用电荷所受的电场力大小与电荷所带电荷量的比值来表示某点电场的强弱。

电场中某点处电荷所受的电场力 F 跟它所带的电荷量 q 的比值叫做该点的电场强度(electric field strength)，用符号 E 表示

$$E = \frac{F}{q}$$

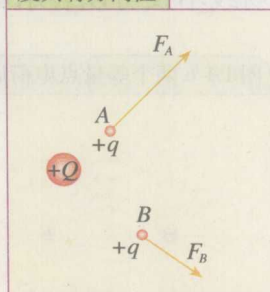
电场强度的单位是N/C，或V/m。如果1C的电荷在电场中的某点受到的电场力是1N，这一点的电场强度就是1N/C。

电场强度不仅有大小，而且有方向。如图1.1-3所示，同一正电荷 q 在电荷 Q 所产生的电场中不同位置所受的电场力方向不同，说明电场强度的方向也不同。物理学中规定：**正电荷在电场中某点的受力方向为电场强度 E 的方向**。因此，电场强度 E 是描述电场强弱和方向的矢量，反映的是电场自身的特性。

例题 一个电荷量为 $4.0 \times 10^{-8} \text{C}$ 的正电荷在电场中某点所受的电场力为 $6.0 \times 10^{-4} \text{N}$ ，求该点的电场强度。若将一电荷量

在物理学中，常常用比值定义一个物理量，用来表示研究对象的某种性质。例如，用质量 m 和体积 V 的比值定义密度 ρ ，用位移 Δx 与时间 Δt 的比值定义速度，等等。

图 1.1-3 电场强度具有方向性



为 $2.0 \times 10^{-8} \text{C}$ 的负电荷置于该点，该点电场强度是否变化？求它所受的电场力大小和方向。

解：根据电场强度的定义式有

$$E = \frac{F}{q} = \frac{6.0 \times 10^{-4} \text{N}}{4.0 \times 10^{-8} \text{C}} = 1.5 \times 10^4 \text{N/C}$$

该点电场强度大小、方向与该处是否放电荷以及电荷的大小、正负均无关，所以该点电场强度不变。负电荷在该点所受电场力大小为

$$F = Eq = 1.5 \times 10^4 \text{N/C} \times 2.0 \times 10^{-8} \text{C} = 3.0 \times 10^{-4} \text{N}$$

力的方向与该点电场强度方向相反。

电场线 电场看不见，摸不着，怎么能形象地来表示它呢？

还记得初中我们怎样形象地描述磁场吗？

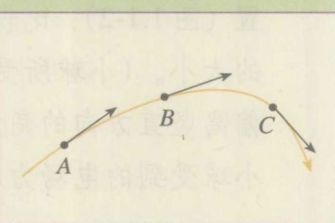
我们是用磁感线来形象地描述磁场的。类似地，也可以用**电**

场线(electric field line)来形象地描述电场。

电场线是这样一些曲线，它上面每一点的切线方向都跟电场中这一点的电场强度的方向一致（图 1.1-4）。

电场线是形象化描述电场的一种手段，实际电场中并不存在这样的线。

图1.1-4电场线上每一点的切线方向都跟这点电场强度的方向一致。A、B、C各点的电场强度的方向分别如图中箭头所示。

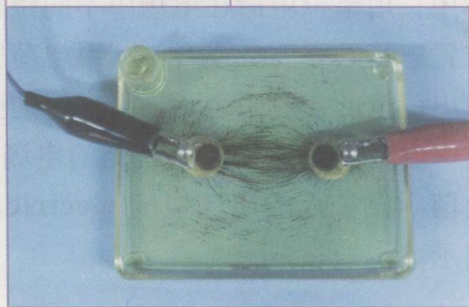


演 示

用实验模拟电场线的分布

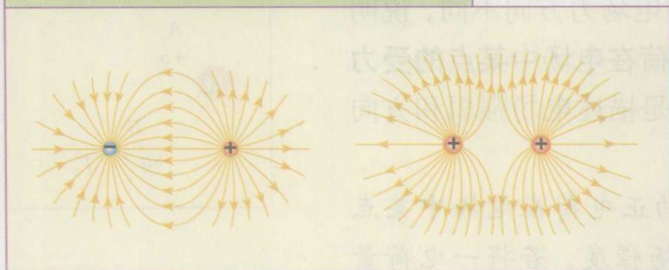
如图 1.1-5，在玻璃或塑料容器中盛一些蓖麻油，将两个电极分别连到感应起电机的正、负导电杆上。把头发屑撒在蓖麻油表面，转动感应起电机，在电场中头发屑会排列起来，显示出电场线的分布。

图 1.1-5 电场线分布



从图 1.1-6 可以看出，离电荷越近的地方，也就是电场越强的地方，电场线越密。所以，电场线不仅可以表示电场强度的方向，而且，在同一个电场线分布图上

图 1.1-6 两个等量点电荷周围的电场线分布



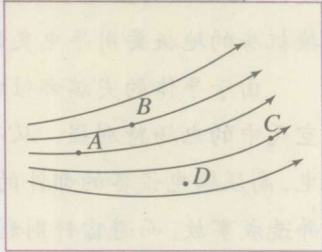
可以大致表示出各处电场强度的大小。电场线越密的地方，电场强度越大，电场线越稀的地方，电场强度越小。看到

电场线分布具有这样的特点：从正电荷（或者从无限远）出发到负电荷（或者延伸到无限远）终止。

某一区域的电场线分布情况，我们就可以比较具体地对这一区域的电场情况有个形象的了解。

图 1.1-7 中的 A、B、C 三点相比，A 点的电场强度最大，C 点的电场强度最小。

图 1.1-7 电场线越密的地方电场强度越大

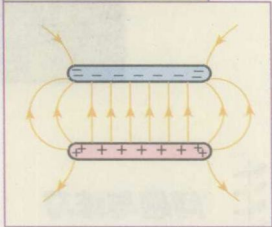


思考与讨论

在图 1.1-7 中的 D 点没画出电场线，是否该点电场强度为 0？为什么？若把一个负电荷分别放在 A、B、C 三点，请画出它所受的电场力的方向。

匀强电场 在电场的某个区域，如果各点电场强度的大小和方向都相同，这个区域的电场就叫做**匀强电场 (uniform electric field)**。匀强电场是最简单的电场，也是很常见的电场。两块分别带等量正、负电荷，靠得很近的平行金属板之间的电场，除边缘附近外就是匀强电场（图 1.1-8）。

图 1.1-8 匀强电场



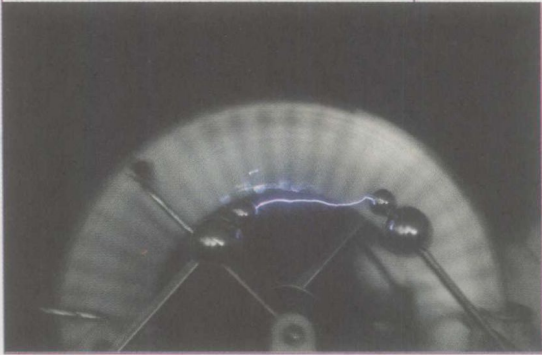
因为匀强电场中各点电场强度的方向都相同，所以电场线一定是相互平行的直线；又因为各点的电场强度大小都相同，所以电场线的疏密程度处处相同。因此，匀强电场的电场线是间距相等的平行直线。



放电现象的防止

当电荷在物体上大量积累时，在物体周围就会产生很强的电场。如果电场足够强，原来是绝缘体的空气被强电场击穿变为导体，这一现象称为空气的电离。强大的电流通过电离的空气时发声、发光、产生电火花并发出大量的热。实验室中感应起电机两个导电杆之间的电火花（图 1.1-9）、云层之间和云层与地面之间产生的闪电和雷鸣、生活中由于毛衣积累了静电而发生的电击和火花，这些都是强电场使空气电离而产生的放电现象。

图 1.1-9 起电机导电杆之间的电火花



生产和生活中，放电火花会引爆易燃物。例如，矿井中的火花放电会引起可燃气体爆炸，造成重大矿难；在石油运输过程中产生的静电，积累到一定程度就会产生火花放电，引起爆炸。因此，油罐车都拖着一根铁链，它可以把车上的静电导入大地（图 1.1-10）。飞机降落时，它与空气摩擦而产生的静电必须通过

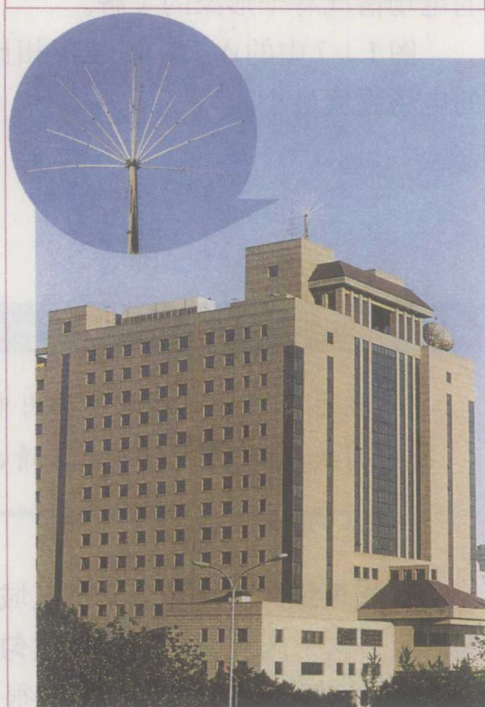
导电橡胶轮导入大地, 纺织和印染车间内空气要保持一定湿度, 因为潮湿的空气可以使静电散失。计算机房和大型电话交换机房的地板要用导电良好的材料制成, 以防静电的积累。

由于导体的尖端部位特别容易积聚电荷, 这使尖端附近空气中的电场特别强, 从而发生尖端放电。为了防止尖端放电, 高压输电设备的部件的表面都做得很光滑, 以防损失电能并造成事故。而避雷针则利用了尖端放电, 将强大的闪电电流引入大地, 使建筑物免受雷击破坏。

图 1.1-10 红圈所示为接地的铁链



图 1.1-11 现代避雷针往往具有很多组金属尖棒, 做成蒲公英花的形状以增强避雷效果。



问题与练习

1. 判断以下说法是否正确。

- A. 电荷在电场中某点受到的电场力小, 该处的电场强度就小。
- B. 电场中某处电场强度的方向跟电荷所受电场力的方向相同。
- C. 电场线越密的位置, 电荷所受电场力越大。

2. 下列哪些措施是用来防止放电的, 哪些是利用放电的?

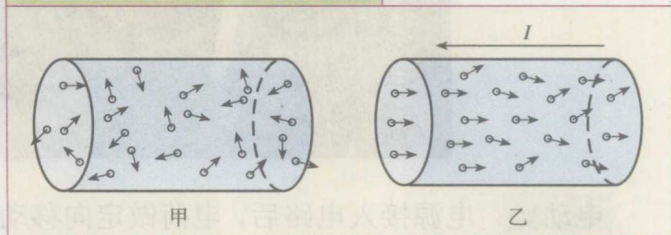
- A. 汽车中汽油发动机的点火装置。
- B. 飞机的机轮用导电橡胶制作。
- C. 地毯中夹杂着 $0.05 \sim 0.07 \text{ mm}$ 的不锈钢丝纤维。

3. 收集放电火花引起爆炸的事例, 结合周围的实际情况说明应该采取哪些与静电有关的安全措施。

4. 原来不带电的梳子与羊毛衣袖摩擦后, 梳子上带有 10^{-7} C 的负电荷。梳子上获得了多少个多余的电子?

电流 我们在初中已经知道，电荷的定向移动形成电流。要形成电流，必须有能够自由移动的电荷。在金属导体中，有大量可以自由移动的电子，在酸、碱、盐水溶液中有大量可以自由移动的正、负离子，这些都是可以自由移动的电荷。当导体两端没有电压时，导体中没有电场，自由电荷做无规则的热运动（图 1.2-1 甲），向不同方向运动的自由电荷，数目大致相等，导体中不会形成电流。当导体两端存在电压时，导体中就存在电场，自由电荷会发生定向运动，从而形成电流（图 1.2-1 乙）。例如，将金属导体与电源正、负极相连，金属导体中的自由电子便会同时向电源正极方向移动。

图 1.2-1 电荷的定向移动形成电流



物理学中规定，正电荷定向移动的方向为电流方向。如果导体中做定向移动的是负电荷，那么负电荷定向移动的方向与电流的方向相反。

物理学中用**电流 (electric current)** 这个物理量来表示电流的强弱，用符号 I 表示，它等于每秒内通过导体横截面的电荷量，即

$$I = \frac{Q}{t}$$

在国际单位制中，电流的单位是**安培 (ampere)**，简称**安**，符号是 A 。如果 1 s 内通过导体横截面的电荷量为 1 C ，那么导体中通过的电流就是 1 安培 ，即 $1\text{ A} = 1\text{ C/s}$ 。在初中我们学过，电流的常用单位还有毫安 (mA) 和微安 (μA)。

$$1\text{ mA} = 10^{-3}\text{ A}, \quad 1\text{ }\mu\text{A} = 10^{-6}\text{ A}.$$

下表是一些常用电器正常工作时电流的大小。

用 电 器	电 流
电子手表	约 $2\text{ }\mu\text{A}$
收音机	约 40 mA
电视机	约 500 mA
家用电脑	约 1 A
洗衣机	约 $1\sim 2\text{ A}$

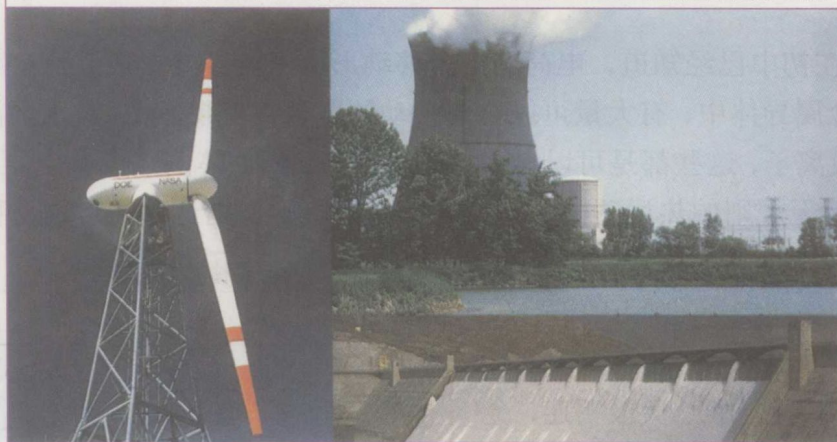
测量电流的仪表是电流表，使用时应把它串联在电路中，电流必须从“+”接线柱（或红接线柱）流进去，从“-”接线柱（或黑接线柱）流出来。

电源 电路中导体两端的稳定电压是由**电源 (power source)** 提供的。如果没有电源，电路没有稳定的电压，也就不能形成持续的电流。电池、发电机等，都是电源。电源能使电路中产生电流，是因为电源把其他形式的能量转化成了电能。普通电池把化学能转化为电能，发

电机把机械能转化为电能。

在电路中，电流从电源正极经过用电器流向负极。

图 1.2-2 水电站、热电站、风力发电站中的发电机把其他形式的能转化为电能。



电动势 电源接入电路后，电荷做定向移动，其他形式的能转化为电能，在电源外部电能经过用电器转化为内能、光能、机械能等。

不同类型的电源把其他形式的能量转化为电能的本领是不同的。物理学中我们用**电动势 (electromotive force)** 表示电源的这种本领。电动势用 E 表示，它的单位与电压的单位相同，也是**伏特**。电动势越大，说明这个电源将其他形式的能转化为电能的本领也越大。

干电池的外面印有 1.5 V 字样，这表示它的电动势为 1.5 伏。而大型发电机的电动势可达几十千伏。

尽管电动势与电压是两个不同的概念，但是如果电源没有跟用电器连接，用电压表测得它两端的电压，就等于电源的电动势。

电动势的单位虽然与电压的单位相同，它们的意义却不一样。电动势是专门表征电源特性的物理量，它与电路中的电阻、电流等无关。



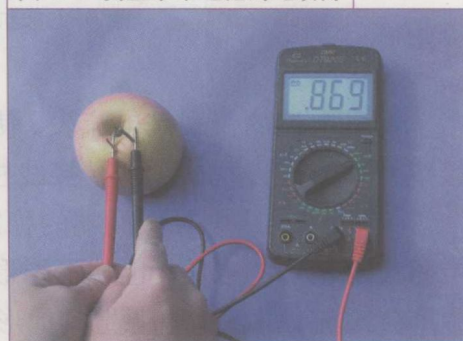
探究影响电池电动势的因素

在初中，我们曾经制作过一种非常简单的电池——水果电池。这里我们再来制作水果电池，但研究的问题要比初中复杂一些。

要制作水果电池，一是需要两种不同的金属做电极，二是需要电解质溶液，也就是水果的汁液。将两种不同的金属丝或金属片插入一个水果中，就制成了一个水果电池。

使用不同的水果和不同的金属，水果电池的电动势并不

图 1.2-3 测量水果电池的电动势



一样。测定电动势之前，先要确定哪一个金属丝或金属片是正极。（想一想，应该怎样判断，才能既方便又安全？）把电压表接到电池的两极，测出水果电池两极间的电压，这样就可以测得水果电池的电动势（图 1.2-3）。

可能有很多因素（称为实验变量）影响水果电池的电动势，例如水果的种类、两个电极所用的金属，以及电极埋入的深度、电极间的距离等。下面让我们逐一研究这些因素对水果电池电动势的影响。

1. 用不同的金属材料做电极，但总是使用相同种类的水果，保持电极的埋入深度和距离不变，分别测量电池的电动势，研究电极材料对电动势的影响。

电极材料	电动势
铜—铁	
铜—铝	
铝—铁	
.....	

2. 用几种不同种类的水果，但总是使用铜丝和铁丝做电极，保持电极的埋入深度和相互距离不变，分别测量下表中不同种类水果电池的电动势，研究水果种类对电动势的影响。

水果种类	电动势
苹果	
梨	
柠檬	
橘子	
.....	

3. 自己设计实验，进一步研究电池两极距离、埋入深度及其他因素对电动势的影响。

结论：水果电池的电动势与_____有关，与_____无关。

当影响实验的因素比较多时，通常分几个阶段进行实验，在每个阶段都只让一个因素发生变化。这种做法就是我们在初中学过的“控制变量”，“变量”指的就是前面所说影响实验结果的“因素”。

大家做

对照实验室的学生电源，阅读它的说明书，了解它能提供的不同的电动势。了解它的使用方法和使用注意事项。

学会通过阅读说明书，使用某种仪器或设备，并养成习惯。

内阻 电源内部的导体，如发电机的线圈、电池内的电解液等，都有电阻，这部分电阻叫做电源的内阻（**internal resistance**）。

电池的内阻在使用过程中变化较大，一般不在外壳上标出。

电池的容量 生活中使用的电池，大多是化学电源，即在电源内部通过化学反应将化学能转化为电能。除了电动势和内阻这两个技术指标外，电池还有一个技术指标：**容量（capacity）**。容量的大小常用毫安小时（简称毫安时，符号是 $\text{mA}\cdot\text{h}$ ）或安培小时（简称安时，符号是 $\text{A}\cdot\text{h}$ ）表示。电池的容量越大，产生的电能越多，使用的时间越长。例如，某电池的标称容量为 $1\,000\text{ mA}\cdot\text{h}$ ，表示它能够以 $1\,000\text{ mA}$ 的电流放电 1 h ，或者以 500 mA 的电流放电 2 h 。使用时，如果放电电流比较小，或者是间断地放电，实际容量比标称容量大些；反之，如果放电电流很大，电池的实际容量达不到它的标称值。

图 1.2-4 这是移动电话中使用的一种电池。从标签上看，它的电动势是多少？容量是多少？



电 池

不要小看了电池，要想使用各种便携的设备，没它可不行。你真的会用电池吗？电池里的学问有多少？数百年的电池史，记载着许许多多科学家的心血。

1780 年，意大利生物学家伽伐尼在一次偶然的实验中发现，两根相连的不同金属棒同时碰到死青蛙的大腿时，蛙腿的肌肉便抽搐一下。这个意外发现引起了物理学家的关注，他们认为，青蛙的肌肉之所以会抽搐，也许是肌肉中某种液体与金属反应，产生了电流。

意大利物理学家伏打，从 1793 年起就对这一收缩现象产生了浓厚的兴趣，并于 1800 年制成了世界上第一个电池，后人称为伏打电池。

伏打电池是把一块盐水浸透的纸片夹在锌板和铜板中制成的。用电线把两块极板接通，电路中就产生了电流。这种电池的电动势很低，不到 0.5 V ，所以人们把许多电池串联在一起，增大电动势，这就是伏打电堆。

图 1.2-5 伏打电池

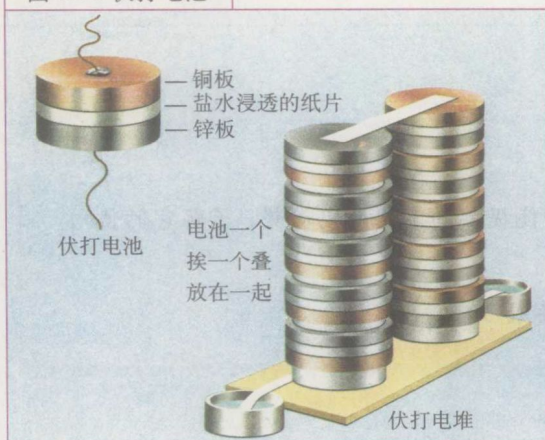


图 1.2-6 各种电池



在发电机发明之前，电池一直是提供持续电流的唯一电源。此后经过几代人的努力，诞生了电池家族中的许多成员。目前常用的电池有以下几种。

干电池 最普通的干电池是碳锌电池。它的负极是一个锌或锌合金的圆筒，正极是圆筒中的碳粉，碳粉与中央的碳棒相连。碳粉和锌筒用糊状的氯化铵、氯化锌水溶液隔开。碳锌电池的电动势在1.5 V左右。

为了获得较高的电压，可以把干电池做成薄片状，叠放起来，装在一个外壳中，成为“积层电池”。多用电表常用积层电池做电源。

目前广泛使用的另一种干电池是碱性电池。它的形状、电动势和碳锌电池一样，但是使用碱性电解质，化学反应中会释放更多能量，电池容量比碳锌电池大。

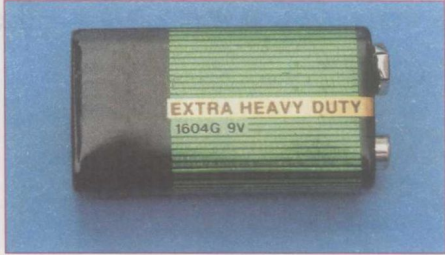
图 1.2-7 碱性电池。
“ALKALINE”是英文词“碱性”。



图 1.2-8 纽扣电池。大的用在助听器中，小的用在电子表中。



图 1.2-9 多用电表用的一种积层电池。它的电动势是多少？



锌汞电池 锌汞电池的电解质是氢氧化钾，负极是氯化锌膏，正极是氧化汞。它的体积很小，制成纽扣形或圆筒形。这种电池的电压非常稳定，能在较高温度下使用，常用做电子仪表、手表的电源，缺点是含汞，会污染环境。

铅蓄电池 蓄电池是可充电的化学电池，可以反复使用，一般充放电数百次才报废。

铅蓄电池的电解液是硫酸，电极是铅板，其表面覆盖着硫酸铅。充电时，由于电化学反应，一个板上的硫酸铅变成二氧化铅，另一个板上的硫酸铅变成铅，分别成为正负极。它的电动势约为2 V，内阻很小，一般在0.1 Ω以下。

汽车启动时，蓄电池使电动机转动并带动内燃机转动，行驶中内燃机带动发电机给蓄电池充电。

图 1.2-10 汽车中的铅蓄电池



镍镉电池和镍氢电池 这两种电池的外形一样，它们的正极均为氧化镍。镍镉电池的负极为镉，两极用多孔薄膜分开，以氢氧化钾溶液为电解液。放电时，电动势约为1.2 V。镍镉电池的充放电具有记忆特性，也就是说，如果某次没有完全放电就进行充电，那么下次使用时只能放电到这个程度。因此，使用镍镉电池时，要将电池完全放电后再充电。镍镉电池充放电寿命大于500次，由于镉对环境的污染严重，我国正逐步停止使用这种电池。

图 1.2-11 照相机用的一种锂电池，“Lithium”是英文词“锂”。



镍氢电池是新型蓄电池，它以储氢材料作为负极替代镉。镍氢电池的电动势也是1.2 V，充放电时没有记忆特性，存储的能量比镍镉电池高。

锂电池 锂电池由钴酸锂做正极，碳材料做负极，正负极之间是充满电解质的隔膜，锂离子在电解质中运动。锂电池是目前常用电池中能量密度最高的电池，也就是说，电池的质量一定时，锂电池的容量最大。

锂电池分为一次性电池和可充电电池两类。目前在胶片相机、计算器等耗电量较低的电子产品中，常使用不可充电的纽扣状或干电池状的一次性锂电池。在摄像机、数码相机、笔记本电脑及移动电话等耗电量较大的电子产品中，则使用可充电的锂电池，它的出现是蓄电池历史上的一次飞跃。

太阳电池 太阳电池又称太阳能电池、光电池。半导体材料硅、砷化镓等在光的照射下会释放电子，利用这个特性，太阳电池可以直接将光能转化为电能。1958年它在人造卫星上首次使用，目前是人造卫星、宇宙飞船和空间站的主要能源之一。近年来，硅太阳电池已经应用于无人灯塔、浮标、山地气象站和地震观测站等。也有人用太阳电池为轻型飞机和汽车供应动力，但还都处于试验阶段。太阳电池的电动势较小、内阻较大，通常都是很多单元组合使用。

图 1.2-12 太阳电池驱动的汽车（试验型）



大家做

地 电 流

把两根相同的铁棒插在潮湿的地里，铁棒相距 10 m 以上，用导线把它们连接到一只比较灵敏的电流表上，可以看到电流表中有电流通过。两根铁棒的距离不同、它们接地点连线的方向不同，电流都不一样。

我们知道，如果电路中有电流，就一定要有电源。莫非两根相同的金属棒也可以成为一个电池的电极吗？不对！因为一个电池的两个电极，一定是用不同材料制作的。那么，这种地电流是从哪里来的？

地电流的成因非常复杂，请你查阅有关资料，尝试做出解释。

一般说来地电流是比较稳定的，随昼夜、季节有缓慢的变化。有的资料表明，地电流的突然大幅度变化可能与即将发生的地震有某种关系。

图 1.2-13 测量地电流



宁静校园驶出未来汽车

——国内首台燃料电池汽车“超越”一号问世

新华社上海1月12日电（记者刘军） 一辆名叫“超越”一号的未来汽车，11日在同济大学的校园中平稳行驶。它装着“绿色心脏”，以氢为燃料，排出纯净水，不产生任何污染环境的废气。

电动汽车是国家科技部“十五”期间12个重大科技专项之一，而在整个电动汽车专项中，燃料电池轿车项目意义最为重要，被世界公认为是汽车的一次全新革命。2001年底，燃料电池轿车项目落户上海后，由上海汽车集团、同济大学等10多家企业、高校、科研机构联合组成项目组，并成立燃料电池动力系统公司，进行项目攻关。

燃料电池汽车项目组负责人万钢教授介绍说，项目组的第一年计划圆满完成，“超越”一号已经通过科技部重大专项年度评审，各项性能指标都达到了要求。按预定时间表，燃料电池汽车将出现在2008年北京奥运会和2010年上海世博会上。他强调，燃料电池汽车的开发，对利用清洁能源、改善城市环境、促进汽车产业升级都具有十分重要的意义。

（摘自2003年1月13日 科技日报）

问题与练习

1. 蓄电池充电后如果不用，储存的电能也会逐渐丢失。图1.2-14是某电池的剩余电能随储存时间变化的曲线。由图可知：

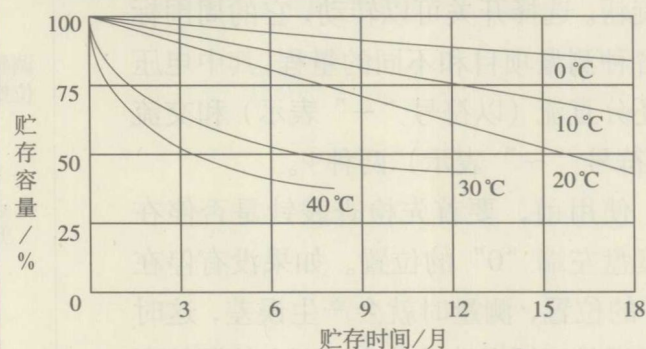
（1）电池贮存的电能随时间的增加而_____；

（2）在相同的贮存时间内，温度越低贮存效果越_____。

2. 某种移动电话电池的容量是500 mA·h，连续通话时间大约为6 h，连续待机时间大约为720 h，充电时间大约是3 h。根据这些数据可以知道，通话时电池的放电电流大约是_____，待机时电池的放电电流大约是_____，充电电流大约是_____。

3. 调查你家里的电池使用情况。想一想，为什么不同的电器要使用不同的电池？

图1.2-14 某型号蓄电池充电后的保存特性曲线



在初中以及前面的实验中,测量电流、电压,要分别使用电流表、电压表。如果一个电表既能测量电流,又能测量电压,那该多好!图1.3-1就是这样的电表。它不仅能测量电流和电压,还能测量导体的电阻(我们将在下一节学习)。无论是测量电流、电压还是电阻,它都有很多不同的量程,所以它的测量范围比单一用途的电表广泛得多。这种电表叫做**多用电表 (multi-meter)**,也叫多用表。

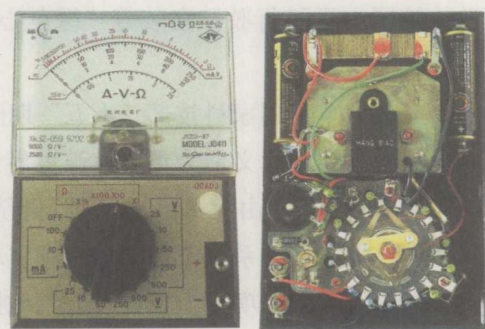
多用电表由一个十分灵敏的电流表(俗称表头)和若干其他元件构成。表头中有一块磁铁,磁极之间有个线圈。线圈中有电流通过时,在磁场力的作用下会偏转,根据偏转的角度就能知道电流的大小。

使用前的准备 如图1.3-2,多用电表的上半部有表盘、指针和调整定位螺丝。表盘上有电流、电压和电阻等各种量程的刻度,多数刻度可以供几个不同的量程共用。下半部有选择开关和欧姆挡的调零旋钮。选择开关可以转动,它的周围标着各种测量项目和不同的量程,其中电压挡还分直流(以符号“-”表示)和交流(以符号“~”表示)两种^①。

使用前,要首先检查表针是否停在刻度盘左端“0”的位置。如果没有停在“0”的位置,测量时就会产生误差,这时要用螺丝刀缓慢地转动表盘下方的调整定位螺丝,使指针指0,这道程序叫做调整机械零点。然后,将红表笔、黑表笔分别插入正(+)、负(-)插孔。

电压的测量 测量直流电压时,要将选择开关旋到直流电压挡的某一量程上,还要考虑两枝表笔的位置:一定要使红表笔连在离电源正极较近的位置,黑表笔连在离电源负极较近的

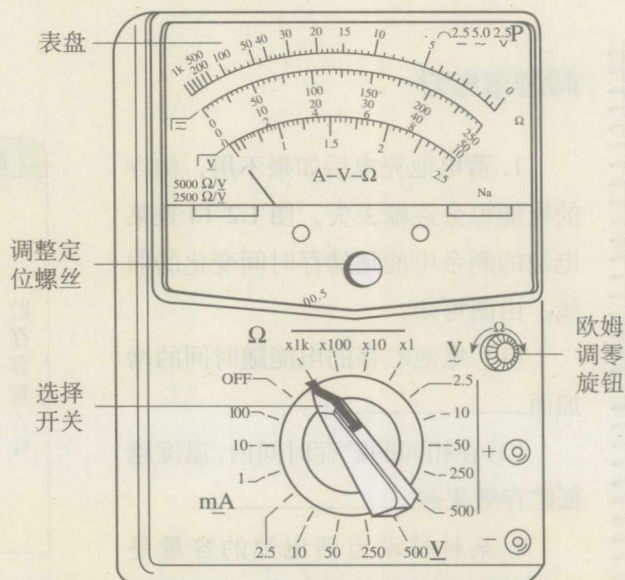
图 1.3-1 多用电表的结构



甲 外观

乙 内部结构

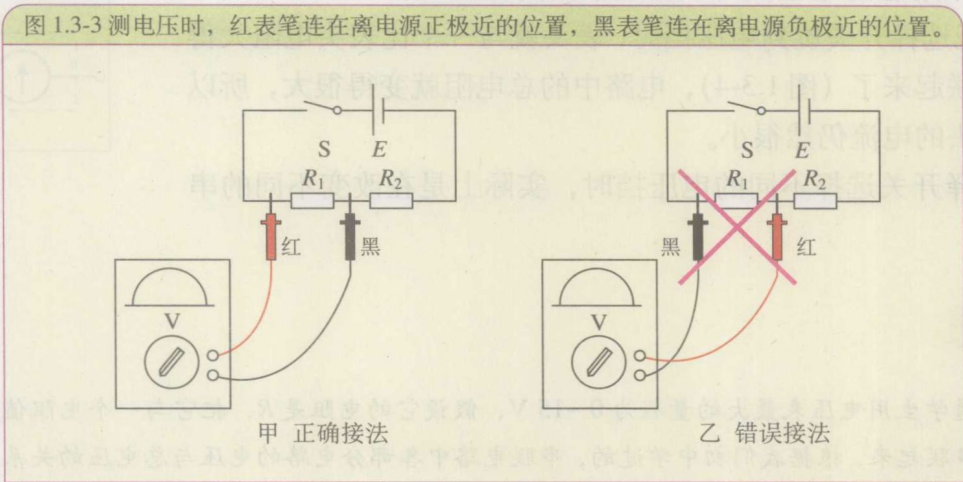
图 1.3-2 一种多用电表



! 测量时,手指不能接触表笔的金属部分;也不能在测量时转动选择开关!

^① 直流指方向一定的电流,例如电池产生的电流;交流指方向随时间变化的电流,例如墙上插座供给的电流。

位置（图 1.3-3），否则表针将向左摆动，有可能损坏表头。



使用电压挡测量时，要选择合适的量程。如果所选量程小于被测电压，表针要超过表盘的最右端，有可能把表针打弯，电压过大时甚至会烧毁表头；如果所选量程比被测电压大得多，则影响测量的精确度。如果事先不能估计被测电压的大小，为了安全，建议从最大量程开始，逐挡试测。

为了保证不损坏电表同时保证测量的精确度，应该先“试触”，就是先将一枝表笔接触待测点，然后将另一枝表笔短时间地碰一下另一个待测点，同时观察表针的摆向和摆幅。只有在表针的摆向正确和摆幅不超过最大刻度时，才能将两枝表笔紧紧地接到待测点上，并从表盘上选择相应的刻度读取数据。否则，应先纠正错误，方能重新测量。

思考与讨论

使用多用电表时，选择开关的挡位选取很重要。如果选择开关的挡位选取不正确，会使测量不准，甚至损坏电表。

1. 一个多用电表的直流电压部分有 2.5 V、10 V、50 V、250 V 几挡，被测的是 4 节干电池串联组成的电池组，应该选择哪个挡位？使用其他挡位可能造成什么损坏或者有什么其他不利影响？

2. 对于一个不能事先估计的电压值，测量时应该如何选取选择开关的挡位？



实验 测量学生电源提供的直流电压和交流电压

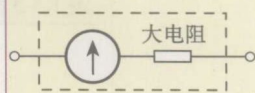
用多用电表测量学生电源提供的多个直流和交流电压输出值，并对比其相应的标称值，看看是否有差别（学生电源直流和交流电压的标称值只供参考）。

多用电表的表头是十分灵敏的,微弱的电流就能使指针到达最右端。为什么用它的电压挡可以测量很高的电压呢?

原来,把选择开关旋到电压挡时,表头就与一个比表头电阻大得多的电阻串联起来了(图 1.3-4),电路中的总电阻就变得很大,所以实际流过表头的电流仍然很小。

转动选择开关选择不同的电压挡时,实际上是在改变不同的串联电阻。

图 1.3-4 多用表测电压时的电路



大家谈

普通学生用电压表最大的量程为 $0 \sim 15 \text{ V}$, 假设它的电阻是 R , 把它与一个电阻值也是 R 的电阻串联起来, 根据我们初中学过的, 串联电路中各部分电路的电压与总电压的关系, 电阻和电压表两端可以承受的总电压是多大?

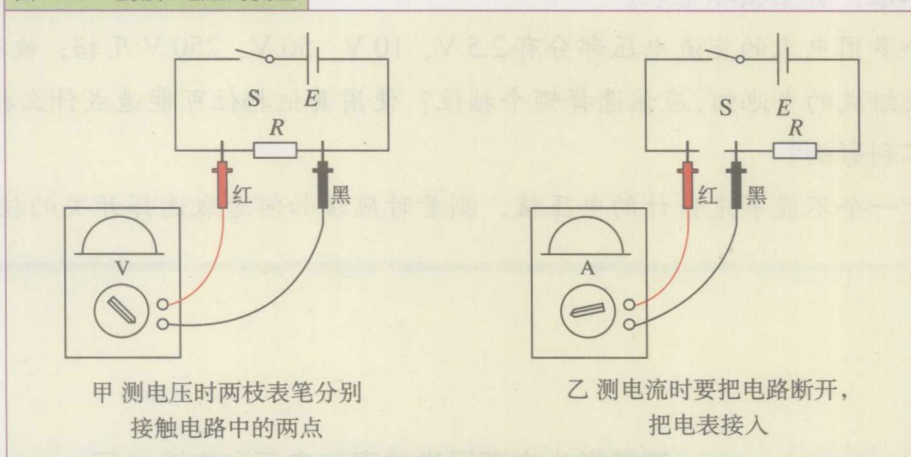
如果串联的电阻大小是 $2R$, 它可以承受的总电压又是多少?

如果把电压表与电阻串联后的电路两端作为新的电压表的两端, 它的最大量程就是它们可以承受的总电压值。改装电压表的道理就是如此。

如果想把原来的电压表改装成量程为 150 V 的电压表, 这个串联进来的电阻跟原来电压表的电阻, 应该有什么关系?

电流的测量 我们说到“电压”, 指的是电路中某两点间的电压, 因此测量电压时不必改变原来的电路, 只要把两枝表笔分别接触待测的两点就行了(图 1.3-5 甲)。说到“电流”时, 指的是流过某一点的电流, 因此测量电流时要断开原来的电路, 把电表接入, 让电流流过电表(图 1.3-5 乙)。

图 1.3-5 电流和电压的测量



测量电流时要注意电路中电流的方向, 接入电表时要使电流从红表笔流入, 从黑表笔流出。

测量电流时, 关于量程的选择以及读数方法的要求跟测量电压时一样。