

特价版素质教育书库

动脑动手篇

# 少年电工制作50种

洪水平



中国少年儿童出版社

## 前言

现代化的生产和生活，时时处处都要用到电。在少年朋友中传播普及电学知识和技术，不只是日常生活的需要，对我国的现代化建设也有重要的意义。本书以指导实践为主，是对少年儿童普及电工知识和技术的读物。书中介绍了电源、电灯、电磁、电热和电动玩具等近 50 个小制作。这些制作的原理浅显易懂，材料易找，制作简单，并有一定的实用价值。读者自己动手做这些电工小制作，将会提高实际动手能力，并为进一步学习电工、电学知识和技术打下基础。本书中的小制作也可以用作中小学课外科技小组开展科技活动的参考资料。由于本人水平有限，缺乏编写少年儿童科技活动读物的经验，书中缺点和错误在所难免，恳请广大读者、教师指正。

作者

## 小年电工制作 50 种

## 一 电源

### 简单的电池

装置小电灯，做电动玩具或简单的电器，都要有电源。常用的电源有两种，一种由电池供给，一种由发电机供给。

任何电池的电流，都是把一个正极和一个负极同时浸在一种溶液（电解液）中，让它们发生化学反应产生的，所以是化学电源。比如，最原始的伏打电池，就是用铜做正极，用锌做负极，把它们浸在稀硫酸里做成的。

如果你有兴趣，不妨做做下面介绍的简单电池，会从中了解电池的构造和原理。这个简单电池的正极是木炭粉，可以先将木柴烧成炭，再碾成细粉，越细越好。从废电池拆下一根完整的碳棒，把炭粉放在它周围，用吸水性好的纸包起来，使碳棒的铜露在外面，然后用棉线捆紧。找一块锌片包在炭粉包外面做电池的负极。锌片可以用废旧电池上剥下来的锌皮，要把锌皮洗干净或用砂纸擦去粘着的东西。

找一只高约 35 毫米左右的广口玻璃瓶，倒进一些热水，放进一些氯化铵和食盐，让它们充分溶解做成电解液。然后，把包好锌片的炭粉包浸入电解液里，简单的电池就做成了（图 1—1，见 2 页）。

这时，你把一只 1.1 伏的小电珠接在它的正负极上，小电珠便会亮起来。这是因为电池接上小电珠后，电池里的锌片和电解液发生化学反应，锌片慢慢被溶解，同时产生许多带正电的氢离子。这些氢离子穿过电解液，移到炭粉包四周，遇到吸附在炭粉包上的氧，它便与氧化合成水。这样，氢离子所带的正电就通过碳棒流出，并流过小电珠，再从锌片流回到电池，形成了一个完整通路，所以小电珠会亮。可是，不一会儿，小电珠的光亮慢慢地暗下来了，以至熄灭。这是什么原因呢？原来这是炭粉包上吸附的氧气用完了的缘故。如果拆去小电珠，取出炭粉包，把它放一会儿，炭粉包又会吸附上空气中的氧气，电池又能工作了。

这个简单的电池不能持久地产生电流，不很实用。但是，它说明了电池的工作原理。现在的锌锰电池就是在这个基础上发展起来的。它和简单电池的不同之处是，炭粉换成了二氧化锰和石墨粉，电解液里加进了淀粉成了电糊，锌片做成了锌筒，既是电池的负极，又是容器。当电路接通的时候，许多带正电的氢离子与二氧化锰剧烈地进行反应，产生电流。其中，碳棒不参加化学反应，只是当作导体使用；石墨粉也不参加化学反应，是一种能导电的填充料，把它和二氧化锰混合在一起，可以使二氧化锰均匀分散，增大二氧化锰与氢离子的接触面积（图 1—2）。

### 简易的蓄电池

蓄电池是一种再生电池，它的电用完，充充电还能继续用。这里介绍的简易蓄电池，可以利用废旧电池改制，方法比较简单，并有一定的实用价值。

找 2 节废旧 1 号电池，剥去锌筒，取出电池芯（碳棒和捆扎在它周围的二氧化锰和石墨混合物）。在它们外面包几层吸水性强的纸，并用棉线捆紧。

在它们的铜帽上各焊接一段导线做引出线。然后，把它们放进一个大些的玻璃容器里，要相隔 10—20 毫米。将饱和食盐水倒进容器里，使铜帽露出液面，不要把铜帽和导线弄湿了，以防腐蚀（图 1—3）。这样，简易的蓄电池就算做成了。

把简易蓄电池的 2 根引出线分别接在 6 伏、1 安培的整流器上，便可以进行充电了。充电时，将有气体泡沫逸出，应放在通风的地方进行。充电时间 6—8 小时。

刚充好电时，电压会超过 1.5 伏，而电量的大小同电池芯的质量好坏有关。简易蓄电池第一次充电用完后，再次充电时，必须按第一次充电的正负极接在整流器上，不能任意变更极性，否则不会放电。充电次数越多，效率越低。但是，对小电流放电仍可使用一段时间，比起废旧电池其他再生方法要方便得多。

### 用玩具电动机改制发电机

发电机是利用线圈（电枢），在磁铁的两极之间高速旋转，切割磁力线产生感生电流的。在玩具电动机里，也有一个固定不动的永久磁铁，一个可以在磁极间旋转的电枢，所以能用它改制成一个模型发电机。

玩具电动机可以用 131 型，或 151 型的。为了使电枢旋转能达到一定速度，应用一个 62 牙的齿轮片、一个 52 牙的齿轮片和两个 10 牙的轴齿轮，做一个手摇器。先用薄木板，或厚 0.5-1 毫米的金属片，做一副上下夹板，并钻出孔，孔距要准确，不然齿轮不能很好啮合。再用两块木板做一对端板，并在前端板上装两个接线柱，用作电流输出端。然后，把一个轴齿轮紧嵌在电机轴上，把另一个轴齿轮和 52 牙的齿轮片紧嵌在一根轴上，把 62 牙的齿轮片固定在摇把上，并把电动机装在下夹板上，再钉上上夹板，齿轮装好（图 1—4）。最后，用两段导线分别将电动机的两极和两个接线柱连接起来。

转动摇把，每秒钟转 3 转，电动机的电枢就可以达到每分钟 6000 转，发出 1.8 伏左右的电流，足够点亮一个小电珠。如果用这个手摇模型发电机做电动模型车辆的电源，那么你可以正摇让模型车前进，反摇让模型车后退；还可以用快摇、慢摇来改变电流的强度，叫模型车时快时慢，很是有趣。

### 微型风力发电机

这个微型风力发电机也是用玩具电动机做成的。它与手摇发电机的不同之处是用风力来带动电枢旋转发电。

先用两根长 200 毫米、截面 5×5 毫米的木条，在它们的正中各开一个宽 5 毫米、深 2.5 毫米的小槽，把它们拼装成“十”字，做成风轮辐条。在辐条中心钻一个孔，大小要刚好紧紧地嵌在电动机轴顶端（图 1—5）。风轮的风碗用四个废旧日光灯启辉器的铝筒做成。先将它们剪成图 1-6 的形状，并在它们的底部钻好孔，再用细铁丝把它们分别捆扎在辐条的顶端。

找一段长 150 毫米左右，内径刚好能把电动机放进去的塑料管（或竹管），把它的一端固定在一块 50 毫米见方的厚木块上，做成发电机的底座。塑料管的下端要钻两个小孔，以便穿过导线。木块上要装两个接线柱，用作

发电机的电流输出端。在接线柱上，可以接一个小电珠。取两段导线，把它们的一端分别焊接在电动机的两极上，把它们的另一端塞进塑料管，并从下端小孔穿出来，接在木块的接线柱上（图 1—7，图 1—8）。

把做好的微型发电机放在通风的地方，风轮被风吹动旋转，便会发出电来。风力越大，风轮旋转越快，输出的电流越强，小电珠便越亮。风小时，虽然小电珠不会亮，但是仍然有电流输出，只不过弱一些罢了。

如果在接线柱上，接上一只电流表，那么就能根据电流表指针所指的数字判断风速的大小了。因此，这个微型风力发电机只要稍作改进，就可以做成一个模型风速器。

### 自制电源变压器

在日常生产、生活和做电工小实验中，常常需要用到电压较低或较高的交流电。用绕在同一个铁芯上的两个线圈就可以制成变压器。接电源的一个线圈，叫做初级线圈，也叫原线圈。另一个输出电流的线圈，叫做次级线圈，也叫副线圈。变压器的次级线圈圈数少于初级线圈圈数，输出电流的电压比输入初级线圈的电流电压低，叫做降压变压器。反之，就叫做升压变压器。同一个铁芯还可以绕制成既降压又升压的变压器。

做电工小实验用得较多的是降压变压器，这里就以输入电压 220 伏，输出电压为 2.5 伏、5 伏、6.3 伏、8 伏、10 伏和 16 伏，通过的电流为 0.18 安培，功率为 40 瓦的变压器为例，讲讲变压器的绕制方法和步骤。

铁芯是变压器的主要组成部分。为了减少功率损耗，铁芯应用硅钢片组成。硅钢片越薄，损耗越小，效果越好。整个铁芯是用很多硅钢片，一片一片地叠起来的，而且每片之间还必须相互绝缘。新买来的硅钢片，表面都有一层不导电的氧化膜，有良好的绝缘性能。绕制这个变压器可选用 GE1—22 型硅钢片，它的中心舌宽 22 毫米，每片厚 0.5 毫米，共需 75 片，叠起来厚 37.5 毫米。实际上，叠起来的厚度可能大一些，约 40 毫米，即铁芯中心舌的截面积为  $22 \times 40 = 880$ （平方毫米）（图 1—9）。

根据铁芯的截面积和窗口的大小，用厚约 1 毫米的夹布胶板或其他绝缘板，先做一个线圈骨架（图 1—10）。选用直径 0.28 毫米（相当于 32 号）的漆包线绕制初级线圈，圈数为 1540 圈。次级线圈可选用直径 1.25 毫米（相当于 18 号）的漆包线绕制。

绕制线圈时，先用一块 40 毫米见方，厚 22 毫米的木块做芯，并在中心钻一个轴孔。把木芯插进线圈骨架里，并塞紧，再把木芯装在绕线机上。没有绕线机，可以用夹在台钳上的手摇钻代替，或者像图 1—11（见 10 页）那样，用木板做一个简易绕线机。绕线时，先将线头从骨架的出线孔，由里向外穿出 100—150 毫米，作为引出线。然后，用一只手摇动绕线机，一只手轻轻拽住漆包线，一圈紧挨一圈地绕。每绕完一层，包上一层薄纸，做层间绝缘。绕线时，用力要合适，不要使线弯折。如果发现漆包线的漆皮脱落，应用薄纸包上，以免发生短路。初级线圈绕完后，将线尾由出线孔穿出，留 100—150 毫米长，做引出线。然后，包上 1—2 层牛皮纸，做初次级线圈的层间绝缘。

次级线圈绕在初级线圈包好的牛皮纸上，绕制方法一样。但是，用的线较粗，一定要用力拽紧，排列平整。绕到 17.5 圈时，抽第一个头，电压为 2.5 伏。抽头有两种办法：一、在该抽头的地方，用刀刮去一小段漆皮，焊上一段软导线，做引出线，并在焊线处包上绝缘纸。二、在该抽头的地方，将线对折成两股拧紧，作为引出线（图 1—12）。不论用哪种方法抽头，都要用小纸条写明电压数，以免接线或使用弄错。第一个抽头弄好后，接着往下绕，在 35 圈、44 圈、56 圈、70 圈各抽一个头，它们的电压分别是 5 伏、6.3 伏、8 伏和 10 伏。最后，绕到 112 圈，留出一段线做线尾引出线，电压为 16 伏。整个线圈绕完后，包上几层牛皮纸，并用棉线扎紧。如果线圈的体积不太大，插进铁芯还有宽裕，那么还可多绕一些线。绕到 140 圈，抽一个头，电压为 20 伏；绕到 168 圈，作结尾，电压为 24 伏。这样，变压器的应用范围就更加扩大了。

线圈绕后，要先检查一下线圈有没有断路，和初、次级线圈之间有没有短路。检查线圈有无断路，用一枚小电珠和一节电池组成的电路进行。把要测的线圈串联在电路中，如果电珠发亮，线圈没有断路；如果电珠不亮，线圈可能出现断路。检查初、次级线圈之间有无短路，可把简易测试器（第六章介绍）的一端连接初级线圈的一根引出线，用针触及次级线圈的一根引出线，由于两个线圈是相互隔开的，小电珠不应该亮，如果小电珠发亮，说明两个线圈之间有短路，应及时处理。

初、次级线圈间无短路后，找出木芯，将铁芯一片片或两片两片地倒正交叉插入线圈，要插得紧紧的，并用紧固螺丝夹紧（图 1—13）。最后作通电检验。检验前，将变压器临时固定在一块木板上，在木板上再安上开关和接线架，在接线架上绕一小段细保险丝（不要大于 0.5 安培）。然后，把初级线圈的两根引出线线头用小刀刮去漆皮，焊在接线架上（图 1—14，见 12 页）。再取一段塑料电线，把它们的一端分别焊接在开关和接线架上，在它们的另一端配上插头。最后检查一下安装无误，才可将插头插入电灯插座。用万用表 250 伏交流电压档，量量初级线圈两端是否正好是 220 伏。如果电灯电压正好是 220 伏，那么用万用表 50 伏交流电压档，测量次级线圈的各个抽头应分别是：2.5、5、6.3、8、10 和 16 伏。假如有一个抽头的电压低于设计电压数，说明那个抽头少绕了几圈；反之，那个线圈多绕了几圈，可以拆了重绕。

由于 220 伏的交流电，电压较高，若不小心，碰到带电部分会发生触电。所以通电前，最好用胶布将高压接线头包好，以免发生危险。最后，用木板，按照图 1—15 的样子，做一个变压器的盒子。电源开关、次级线圈的各个抽头插孔和接线柱等都装置在盒盖上。盒盖上应挖散热孔。电源线从木盒侧面引出。图 1—16 是变压器初、次线圈的接线图。

这个变压器是实用的。但是，初次绕制变压器，由于缺乏经验，选用的材料不合适，或者铁芯塞得不紧等，可能会发热，或者“嗡嗡”响。只要适当注意使用方法，仍然是可以使用的。

使用变压器时要注意：

1. 如果变压器“嗡嗡”响，是铁芯没有塞紧的原因，可以进一步拧紧紧固螺丝。

2. 不要在变压器次级线圈上同时接用很多电器，这样会使它的线圈因负担过重而烧坏。

3. 连续使用的时间不要过长。

4. 用手摸变压器，如果烫得厉害，那就要立刻停止使用，让它冷却，以免烧坏。

### 简易干电池充电器

干电池用过一些时候，电压下降后，就不能用了。如果电池的电压不低于 1 伏，锌筒完好，还可以充电再用。对电池充电，电源不能太大，1 号电池充电需要的电流小于 150 毫安，2 号电池充电需要的电流小于 100 毫安，4 号电池充电需要的电流小于 50 毫安，5 号电池充电需要的电流小于 40 毫安。下面介绍的简易干电池充电器(图 1—17A 是它的电路图)可用作 5 号电池的充电。

装置这个简易干电池充电器，要用一个电铃变压器。市售的成品电铃变压器，一般次级有 3、6、8 伏，接用 6 伏或 8 伏都可以。自己绕制这样的变压器，应选用 12×18 的“EI”型铁芯，初级线圈用直径 0.06-0.12 毫米的高强度漆包线绕 5033 圈，次级线圈用直径 0.20—0.25 毫米的漆包线绕 151 圈（6 伏）。还要用一只 2CZ83 型二极管，将交流电变成直流电；一只 100 欧线绕电位器用作限流器。充电器的外壳可以用薄木板做成，电池卡用弹性薄铜片或其他金属片做成，如图 1—17B 所示。

装置完毕，仔细检查电路连接无误，才能做充电试验。接上电源，合上开关，将电位器旋到中间位置，放进充电电池。一般充电一两小时，在充电过程中，要经常用手摸摸电池，如果电池温度偏高，可调节电位器，适当减小电流。如果电流太小，电池还不太热，可以稍微增大电流，或是多充些时候，一旦电池发热，就不要再充了。

充电电流大，充得快，使用时间短；充电电流小，充得慢，使用时间长。干电池充电一般是充充用用，用用充充，效果较好。刚充电的电池电压较高，放一些时候便会回到额定电压。充电器工作几个小时后，变压器和整流二极管温度不太高，就算合格了。

这个充电器可以给 4 节 5 号电池充电，也可以给 2 节 5 号电池充电。给 2 节 5 号电池充电时，只要用导线将负极电池卡同旁边的电池卡连接（如图中的虚线）就成了。

### 电解整流充电器

给蓄电池或干电池充电，都要先用变压器将电源电压降低到所需电压，再用整流器把交流电变成直流电。常用的整流器除“简易干电池充电器”用的晶体整流二极管外，还有电子整流二极管、氧化铜整流器、汞弧整流器和

电解整流器等。其中，电解整流器比较容易自制，所以这里介绍一个用电解整流器做成的充电器。

取一只直径 70—100 毫米、高 100—140 毫米的铁罐头筒，在它的侧面，接近筒口处钻一个孔，装上一套螺栓作为接线柱。找一块比筒的直径长些，宽约 30—40 毫米、厚约 3 毫米的塑料板，在它上面钻两个相距 50 毫米的孔，用作盖板。另取两块厚约 1 毫米、宽约 35 毫米、长约 70 毫米的铝板，在它们的一端各钻一个孔，并将这一端弯成直角，用作电极。用两套螺栓分别将两个电极装在盖板的两个孔处，螺栓也用作接线柱。将电极放进筒内，用盖板盖上筒口，电极的末端和四周都不应与铁筒相碰。如果电极末端碰及筒底，可以剪短一些。请注意，两个电极的表面要相互平行（图 1—18）。

找一个同铁筒差不多大小的干净瓶子，装上大半瓶凉开水（最好是蒸馏水），将硼砂倒入水中，边倒边用竹筷搅拌，直到硼砂不能再溶解为止。然后，将配好的硼砂溶液倒进铁筒，不要装得太满，以免沾湿塑料盖板发生短路。这样，电解整流器就做成了。

用几根导线，将电解整流器和变压器的次级、充电电池等连接起来，接上电源就可以给干电池充电了（图 1—19）。

当充电器接变压器 36 伏时，可得 14 伏、0.5 安的充电电流；接 30 伏时，充电电压约为 10 伏、电流可达 0.4 安；按 20 伏时，充电电压约为 7.5 伏，电流可达 375 毫安。对 4 节 1 号电池充电，只需 150 毫安，约充 3—4 小时就可使用了。

如果适当增大铁罐和铝板面积，增加硼砂溶液用量，增大变压器的输出电压，还可得到更大的充电电压和电流，可以给蓄电池进行充电。使用这个电解整流充电器时，要注意硼砂溶液要现用现配，并且用过一次后倒掉，下次充电时重新配制，否则会影响充电效果。

## 二 方便、实用的灯具

### 袖珍手电筒

手电筒是夜间走路常用的照明工具。它的结构简单，谁都能用废旧材料制作。

找一个长约 80 毫米、宽 35 毫米、高 20 毫米的塑料盒做手电筒的外壳。在它的一端钻一个直径约 7 毫米的圆孔，要刚好能把进聚光电珠的顶端塞进去。在它的一侧开一个安装开关按钮的长方孔（图 2—1）。开关按钮用一块塑料板做成。

取一张薄弹性铜片，照图 2-2 剪成开关接触片、电珠卡和电池卡，并把它们弯成所需形状。

找一块厚约 2 毫米的绝缘板或塑料板，大小要刚好放进外壳里。在它上面，照图 2—3 挖好孔用作装置电珠卡、电池卡和开关的底板（图 2-4）。最后，把底板紧嵌在外壳里，装上开关按钮、电珠、电池，盖上盒盖便能使用了。

像这样的袖珍手电筒，还可以用空塑料药瓶做成。找一个内径 17 毫米左右，长约 70 毫米的废塑料药瓶做外壳。先在瓶底和瓶盖的正中各钻一个孔。瓶盖的孔要正好塞进聚光电珠的顶端，瓶底的孔的大小，应根据开关按钮的大小而定。开关按钮最好用一截废彩色墨水水笔的笔尾做成（图 2—5）。取一根直径 1 毫米左右的弹性裸铜丝，或者粗细差不多的钢丝。把它的一端放在电珠的铜颈上，密绕几圈做成电珠卡。取 1 节 5 号电池，把它的包装皮剥去一段，把裸铜丝的另一端放在电池上，绕成弹簧，做成电池卡（图 2—6）。

然后，把开关按钮放进瓶里，让它的尾端从瓶底孔伸出，再放进电池和电珠，盖紧瓶盖，并让电珠顶端从瓶盖小孔露出。不按开关按钮时，弹簧保持原状使电珠尾端的锡粒和电池正极之间隔开，电路不通，电珠不亮。按下开关，电池被推向前，电池正极同电珠尾端锡粒接触，电珠就亮了（图 2-7）。

### 简易电灯泡

电灯泡，谁都见过。它是怎样点亮的呢？做做下面的小实验，你就清楚了。

找一个空玻璃罐头瓶和一个橡皮（或软木）瓶塞，2 枚 100 毫米长的铁钉、一根长 150 毫米左右的废家用电炉丝，3 节 1 号电池和一些导线。

把瓶塞底朝天放着，将 2 枚铁钉穿过去。2 枚铁钉应相距 30 毫米左右，钉子露出瓶塞 20 毫米左右。把电炉丝对折成 3 股，再把它的两端分别连接在 2 枚铁钉上。然后，把瓶塞盖在瓶子上，钉子和电炉丝都不要碰着瓶壁，用导线，按图 2-8，把 3 节电池和瓶塞的 2 枚铁钉连接起来。这时，瓶里的电炉丝便会发光。

电炉丝是一种电阻很大的镍铬合金丝，电流通过它便会转化为热能，以至发光。电灯泡里的灯丝是用钨丝做成的，它的电阻也很大，所以也能将电能转化为热和光。不同的是，电灯泡里没有空气，只有少许惰性气体，可以使灯丝避免氧化，延长使用寿命。

### 夜光笔

夜晚，没有灯，你是无法写字的。如果你使用这支用小电珠做成的夜光笔，那么你在黑灯瞎火的地方就可以写字了。

找两个空塑料眼药水瓶，照图 2-9（见 22 页），剪成 A、B 两段，并在 A 段上挖一个小长方孔。剪一块 50 毫米见方的薄铜片（或铁片），把它放在 5 号电池上卷成一个圆筒，并按照圆筒直径剪一块圆铜片。再用薄塑料板（或薄胶板、厚纸板）剪一块同圆铜片一样的圆片。在塑料圆片中心，用空心铆钉钉上一块小铜片；在它的边上，用铆钉钉上窄铜条，铜条的末端弯成钩形。再把小电珠的两极分别焊接在小铜片和窄铜条上。

组装时，先把短圆珠笔芯放进 A 段塑料瓶，并使笔尖从瓶嘴露出，再将塑料圆片放进 A 段塑料瓶里。放塑料圆片时，要斜着放，先让窄铜条穿过塑料瓶的圆孔后，再放正，并顶住圆珠笔芯的末端。随后，将铜圆筒放进 A 段

塑料瓶，并顶住塑料圆片。接着把电池放进铜圆筒，把圆铜片塞进 B 段塑料瓶底后，再把铜圆筒的后半部塞进 B 段塑料瓶里。注意，电池的正极应紧挨塑料圆片的中心铆钉，圆铜片应紧紧地挨着铜圆筒，不然电路不通。最后，再将伸出塑料瓶的窄铜条弯过来，使它紧贴塑料瓶外壁，并在塑料瓶上，正对铜片末端的地方挖一个小长方形孔，使铜片末端能伸进瓶里同铜圆筒接触（图 2—10）。这样，拿起笔写字时，手指捏住铜片，铜片末端接触铜圆筒，接通电流，小电珠便会点亮。放下笔，铜片松开，电流被截断，小电珠便会立刻熄灭。

### 验电笔

验电笔的一种常用的、最简单的测电工具。用它可以检验照明电路的故障、判别照明电路的“火线”和“零线”（也叫地线），还可以用它检验金属台灯、洗衣机、电熨斗、电扇等电器外壳是不是漏电。

验电笔主要由一只氖管 N 和一只 1-1.5 兆欧的电阻 R 组成。氖管 N 是一根两端用金属帽封闭，里面充有少量氖气，并装有两个电极的玻璃管。在金属帽加上 50—60 伏的电压，氖管便会发光。一般氖管的工作电流很小，只几十微安，因为通过的电流大于氖管的工作电流，所以要用一只电阻作限流器与氖管连接起来。

验电笔可以用废日光灯的启辉器（又叫别火）改制。小心取下启辉器的铝壳，将底座上的氖管、电容器和铜接线柱拆下来。在铝壳的顶上扎一个小孔，铆上一颗空心铆钉，在侧面开一个小窗口，以便能看见氖管的光亮。找一根长约 100 毫米、粗 2 毫米左右的裸铜丝，将它的一端套出螺扣后，用螺帽装牢在底座上；或者在底座上铆上一颗空心铆钉，再将裸铜丝焊牢在铆钉上，再将裸铜丝的另一端磨光做成探针。把氖管的一根引线和电阻的一根引线焊接在一起，再分别将氖管的另一根引线和电阻的另一根引线焊接在铝壳的铆钉和探针末端，最后把铝壳照原样固定在底座上就做成了（图 2—11，见 24 页）。

使用时，用手捏着铝壳，用探针去触碰电器外壳。如果电器外壳不漏电，氖管便不会亮，电器外壳漏电，氖管就会发光。检修照明电路时，用验电笔触及火线，氖管便会发光，而触及地线则不会亮。

### 开关指示灯

夜晚，回到家里，屋里一片漆黑，很难摸到电灯开关。要是在开关旁边装一个指示灯那就方便多了。

为了给开关装上指示灯，应将原来的单刀单掷开关换成单刀双掷开关。开关指示灯由一只 50—100 千欧、0.25—0.5 瓦的电阻和一只氖管组成，电路同验电笔一样。为了便于安装和室内美观，最好找一个同开关大小差不多的圆形塑料盒做外壳。先在盒盖上开一个窗口，找一块刚好放进盒里的绝缘胶板，铆上空心铆钉做底座。再把电阻和氖管串联焊接在铆钉上，并在它们的两端各焊接一段电线做连接线，这就装成了开关指示灯（图 2—12）最后，照图 2—13 的电路，把指示灯接入电路就成了。

由于用的是单刀双掷开关，当开关 K 拨向 时，电灯熄灭，电流经限流

电阻流过氖管，它便会发光，所以在黑暗中能指示开关所在位置。当开关拨向 时，电流流过灯泡发出光亮，而氖管无电流流过，所以熄灭(图 2—13)。

把这种指示灯同电灯并联接入电路(图 2—14)，电灯亮，指示灯也亮，电灯灭，指示灯也灭。如果将电灯换为其它电器，那么指示灯就可以监视电器是不是能正常工作了。比如：给电熨斗装上这种指示灯，如果指示灯亮，而电熨斗烧不热，那么就是电熨斗内有了故障。如果将电熨斗接上电源后不热，指示灯也不亮，那就查一查电源有没有故障。

家用电器里都装有保险丝，它是一个两端用金属帽封闭，里面有一根很细的保险丝的玻璃管。要是保险丝完全烧熔了，只要拿起玻璃管对着光亮一看便能看出。但是，有时保险丝没有完全烧熔，看上去保险丝还在，到底断没断很难判断。这可以照图 2—15，把保险丝同开关指示灯并联后，把它们串联在电灯电路上进行测试。如果保险丝没有烧断，那么，电灯便会大放光亮，指示灯因被保险丝短路而不亮。如果电灯不亮，指示灯亮，那就是保险丝烧断了。

### 三 有趣的光电、电磁玩具

#### 礼花彩灯

找一些透明塑料丝，可以自己动手做一盏礼花彩灯。

找一个正好盖在手电筒上，不透明的塑料瓶盖。在瓶盖正中，挖一个大小合适的圆孔。把塑料丝剪成 80—160 毫米，长短不同的许多根。把它们的一头捋齐，捆成一束，紧紧地嵌在瓶盖的圆孔里。为了更加牢固，可以在圆孔边上抹些塑料胶水。然后，把瓶盖盖在手电筒上，礼花彩灯就做成了(示意图为图 3—1)。

夜晚，把手电筒竖在桌上，让塑料丝自然散开。关掉电灯，打亮手电筒。你瞧，奇景出现了：电筒的光亮虽然射在每一根塑料丝的根部，但是整根塑料没有被照亮，而只是它们的末端有光。远远看去，这些星星点点的亮光，多么象节日的礼花啊！

如果你有兴趣，还可以把它做得更漂亮一些。用一些各种颜色的玻璃纸，把塑料丝先捆成许多小束，再把它们捆成一大束。然后，用透明胶纸，或者彩带，把塑料丝上部扎成盆景似的花束，但是不能扎得太长，一定要让塑料丝的末端能自然散开。再用厚纸板(或薄木板)做一个花盆，在花盆里装一盏 220 伏、15 瓦的电灯泡。为了使彩灯更亮一些，可以将一面镜子平放在盆底，让灯光向上反射。这样做成的礼花彩灯，白天看是一个摆设，夜晚点亮便是各种颜色的光点(示意图为图 3-2)。

#### 发光套圈

游艺晚会上的套圈游戏，你也许玩过吧！发光套圈的玩法同一般套圈玩法一样，不同的是，扔出的套圈套着小动物模型后，它们的眼睛便亮光闪闪，

所以玩起来更有趣。

这种发光套圈的制作方法很简单。先找一些直径 2—3 毫米的裸铜丝或铁丝，把它截成许多长约 350 毫米的短棍。再找一些厚约 20 毫米的木板，锯成 150 毫米见方的木块。在每块木块的一条对角线上钻两个直径 2-3 毫米的小孔，每个小孔插进一根裸铜丝短棍，做成动物模型的底座和支架（图 3-3，见 27 页）。

再找一些三合板或者厚纸板，先画出兔、虎、熊、猴等小动物模型，把它锯下来后，在眼睛处钻出直径 8 毫米左右的小孔。把小动物模型涂上色彩后，在每个眼睛孔里紧嵌一个 2.5 伏、0.25 安的小电珠。然后，用细铁丝把动物模型拴在底座的支架上（图 3—4），并在动物模型的反而连接线路。

玩的时候，用一些电线，把每个动物模型的小电珠并联起来，再接在电源上（图 3-5）。电源可以用 2 节 1 号电池串联组成，也可以接在降压变压器的 3-4.5 伏上。这时，每个拴动物模型的裸铜丝支架就成了那个模型小电珠开关的两极，当扔出的套圈套住支架时，电路接通，小电珠便会发光。

#### 看谁快？

“看谁快？”是一种可以用来竞赛的游戏器。它的构造很简单，玩起来却紧张而又有趣。

先用一块 1000×100 毫米、两块 1000×50 毫米的三合板和两根 100×50×50 毫米的木条，做成一个长方形的木盒，并在面板上钻好孔。再做四根直径 2.5 毫米、高 30 毫米的圆木柱（或差不多大小的方木柱），在它们的中心处钻一个直径 5-7 毫米的圆孔。在其中两根木柱外面，包一层宽 25 毫米的薄铜片（或薄铁片）。取两根直径 2-3 毫米的裸铜丝，把它们弯成蛇形线，并将它们的两端弯成一个直径 5-7 毫米的圆圈（图 3—6，见 29 页）。然后，用螺栓，像图 3-7 所示，先把两根包有薄铜片的圆木柱，连同蛇形线的一端分别装在面板中间的两个小孔上；再把另外两个圆木柱，连同蛇形线的另一端分别装在面板两端的小孔上。

另用两根直径 2-3 毫米，长 100 毫米的裸铜丝，将它们的一端弯成一个直径 40 毫米，有缺口的圆圈，另一端各焊接一根长 1 米的绝缘导线，并各配上一根 150 毫米长的木柄，或者套上绝缘塑料管，做成探头（图 3-8）。

然后，在盒里按照图 3-9 和图 3-10，装置红绿灯泡（普通手电筒电珠），连接线路。电源可以用 2-3 节 1 号电池，也可以用 3-4.5 伏的降压变压器。最后，把它挂在墙上就可以玩了。

玩的方法是，甲乙两人各拿一个探头，裁判员发令后，两人将探头分别套在蛇形线上，从两端开始沿着蛇形线向中间移动。到达终点时，只要把探头挂在圆木柱上，绿灯便立刻会亮。不过，移动探头时，圆圈要里外悬空套

在蛇形线上，稍有疏忽，圆圈碰到蛇形线，红灯便亮，要罚 1 分。谁最先到达终点，罚谁的分最少，谁就获胜。

### 会猜生肖的游戏机

把一只开关同一个电珠串联后，接在电源两端就组成了一个完整的电路。合上开关，电流流过，电珠便会亮；断开开关，没有电流流过，电珠就不亮。如果把几只开关和电珠串联，接在电源的两端，那么情形就不这样简单了，只有同时合上所有的开关，电珠才会亮，而只要其中有一只开关，或者几只开关，所有的开关断开时，电珠都不会亮。我们利用这种电路的规律，可以设计制作成一些有趣的游戏机，这里介绍的“会猜生肖的游戏机”就是其中的一种。

“会猜生肖的游戏机”由机箱、生肖图片和显示卡片、电路三大部分组成。

机箱用木头做。先用四根木条钉成木框，再在木框上钉上面板就成了。面板的左边画出 12 个方格，每个方格里画一种生肖图，并挖一个装置电珠的小孔（图 3—11）。用卡片或薄纸板做 A、B、C、D 四张显示卡片（图 3—12）。

电路由 KA、KB、KC、KD 四只拨动开关、一只按钮开关和 12 个 1.5 伏、0.25 安的小电珠组成。KA 是单刀双掷开关，KB 是双刀双掷开关，KC 是四刀双掷开关，KD 是六刀双掷开关，为了方便和统一划齐，都可用六刀双掷开关，不用的接点让它空着。电源是 1 节 1 号电池。图 3—13（见 34 页）是它的电路图。图 3—14（见 34 页）是组装后的形状。

玩的时候，依次把 A、B、C、D 四张显示卡片放在游戏机的面板上，每放一张都会显示出不同的生肖图，你可向来玩的同学显示的生肖图中有没有他的生肖。如果你放上显示卡片 A，他说有，你就把开关 KA 拨到“1”。如果你放上显示卡片 A，他说没有，你就把开关 KA 拨到“0”。看过四张显示卡片，拨好四只开关后，再接下按钮开关 A，面板上就有一个小电珠会亮，而这个发光电珠所在的方格的生肖，正是这位同学的生肖。

这台简单的机器为什么能很快地猜生肖呢？原来用四只开关和小电珠串联起来，组成了一种叫做“与门”的逻辑电路。机器里共有 12 条“与门”电路，每条电路都串联着四只开关和一个电珠。开关拨个“0”或“1”的位置与小电珠亮灭的关系，如右表所示。表中数码是二进制的四位数，也就是每种生肖的代码。显示卡片 A 露出的是代码第一位为“1”的生肖画，显示卡片 B 露出的是代码第二位为“1”的生肖画，显示卡片 C 露出的是代码第三位为“1”的生肖画，显示卡片 D 露出的是代码第四位为“1”的生肖画。这里举个具体例子来说明，假如来玩这个游戏的同学是属羊的，他能在显示卡片 A 和 D 露出的生肖画中看到他的生肖，在其余两张显示卡片上看不到。因此，只有开关 KA 和 KD 拨向“1”，KB 和 KC 都拨向“0”，这时只有第八条电路接通，所以表示生肖羊的小电珠发亮。

### 孙悟空大战阿童木

这是一个供观赏的电磁玩具。它的结构简单，取材方便。做一个放在游艺室里，一定会受少年朋友的喜爱。

照图 3—15（见 36 页）的形状和尺寸，用一块稍厚些的木板做底板：用一块三合板（或厚纸板）做面板。面板的上部分可以锯成云朵形，下部分可画上险峰峻岭的图画。再把它们垂直相交，钉成一个表演台。

照图 3—16 的形状和尺寸，用图画纸，在铅笔杆上卷成一个纸管，并用浆糊贴牢。找出铅笔，待纸管干后，在它上面用 0.5 毫米的漆包线平绕 6 层线圈，每层线圈要用薄纸隔开。线圈的两端用软导线引出。线圈外面包上 1—2 层胶布，防止松散。再用薄铜片做一个线圈支架。把线圈装在支架上，用钉子把线圈支架钉牢在底板右端。

照图 3—17 的形状和尺寸，用长木条做杠杆。杠杆的一头钉有一块小铁片，铁片上焊有一段直径 3 毫米的铁钉做铁芯。铁芯应有三分之一左右插进线圈里，并且不碰触线圈管。杠杆的另一端钉有一块铜片做成的开关活动接触片。杠杆支架用弹性铜片做成，它的顶端用钉子钉在杠杆正中偏向铁芯一端的地方，底端用钉子固定在底板上。在底板左端，正对开关接触片的地方，钉一块竖直的铜片，是开关的固定接触片。

在图画纸上，画一个手舞金箍棒的孙悟空，一个举起拳头还击的阿童木，涂上颜色，剪下来。找一根细铜丝，把它缠在一根铁丝上绕制成弹簧，并平分分成两段。用透明胶纸，把孙悟空和阿童木分别贴在两根弹簧的顶端。再把两根弹簧的底端分别固定在杠杆两端（图 3—18）。

取一段绝缘导线，将杠杆支架和杠杆左端的开关活动接触片连接起来。在支架下端连接一根绝缘导线，用作一根电源连接线。线圈的一根引出线用作电源的另一根连接线，另一根引出线连接在开关的固定接触片上（图 3-19）。电源可以用 4 节串联起来的 1 号电池，也可以用 4.5-6 伏的交流电。

装置完后，应先试一试。在没有接通电源时，开关的活动接触片应轻轻地触及开关的固定接触片。用手指轻轻地按一下杠杆右端，铁芯不应碰蹭线圈纸管，并且杠杆上的铁片也不应碰着线圈。一松开手指，杠杆支架的弹性应使杠杆恢复原位。接通电源后，电流流过线圈，铁芯向下移动。杠杆右端下降，左端上升，开关的两个接触片相互分离，电流被切断，线圈失去磁场，在杠杆支架的弹性作用下，杠杆恢复原位。一旦杠杆恢复原位，开关的两个接触片相碰又立刻接通电流，线圈产生磁场又会吸引铁芯。于是在线圈磁场时有时无的情况下，杠杆便会不停地一高一低地摇晃。而杠杆两端的孙悟空和阿童木在弹簧的作用下，便会相互打起来。

### 电锤模型

这个电锤模型是应用电磁感应原理做成的。它结构比较简单，制作比较容易。

用 10 毫米厚的木板，照图 3-20 的形状和尺寸裁成两块，把它们一横一

竖地钉成“丁”字形做机座。在两块木板相交处的正中，钉一块 30 毫米见方的木块，做铁砧。

照图 3-21，用一条长纸卷一个长 70-80 毫米、直径 10 毫米的纸管，用浆糊粘牢。纸管的两端，各粘一个内径 10 毫米、外径 80 毫米的厚纸环，做成线圈管。用直径 0.6-0.8 毫米的漆包线，在线圈管上缠绕，做成线圈。绕制线圈时，要一圈紧挨一圈，绕完一层，垫上一层薄纸，再绕第二层，要绕 1200—1500 圈。线圈的线头和线尾，各焊接一段软导线做连接线。线圈绕制好后，外面应裹上 2-3 层牛皮纸，并用胶布裹好。剪一条长 300 毫米左右、宽 20 毫米的铜片，在它们两端各钻一个小孔，弯成半圆形后，用木螺钉，把线圈固定在竖直的木板上。

找一根直径 7 毫米左右的铁棒（或去掉圆头的大铁钉），在它的一端用螺栓（或者焊接）装一块直径 20 毫米的圆铁块，做成锤，将铁棒从线圈下端插进线圈里（图 3-22）。

用弹性铜片，照图 3-23，做成电源开关，把它们装在机座上，并连接好线路，接上 6-9 伏电池（用 4-6 节 1 号电池串联），揿一下开关，电流流过线圈，线圈产生磁场，便吸引铁芯带动铁锤升起，一松开开关，电流被切断，铁锤便会下落，打在铁砧上（图 3-24）。

#### 会眨眼的猫头鹰

猫头鹰是捕鼠能手，田园的卫士。有趣的是，画家们喜欢把它画成睁一眼闭一眼地蹲在树上休息的样子，看上去却别有情趣！你可以按照下面介绍的方法，做一只会眨眼的猫头鹰，挂在墙壁上作为一种装饰。

找一块厚约 5 毫米的木板，照图 3-25 锯成猫头鹰蹲在树上休息的形状。在它的眼睛处，钻两个小孔，以便埋进聚光电珠。用牛皮纸卷糊两个直径 10 毫米、长 30 毫米的纸管做线圈管。在线圈管上，用直径 0.45 毫米的漆包线绕制线圈，每层绕 80 圈，共绕 4 层，外面用胶布包扎好。用薄铝片，做两个线圈支架（图 3-26）（见 42 页）。开关的活动接片和固定接片都用弹性铜片做成。摆杆是一根长 70 毫米的木条，顶端装有用铁丝做成的挂环。摆杆末端 20 毫米处，钻有一个小孔，孔里紧插一根长 45 毫米的粗铁丝做铁芯。找一个重量合适的重物，挂在摆杆末端做摆锤（图 3-27）。

组装时，先在木板反面，两眼正中的上方，钉一颗钉子做摆杆挂钩（图 3-28A）。用线绳把两个开关活动接片捆扎在摆杆左右两侧（图 3-28B）。将摆杆挂在挂钩上，把两个开关固定接片装在木板合适的位置上（图 3-28C）。接着，把两个线圈套在铁芯两端，并用支架装牢在木板上（图 3-28D）。然后，用手拨动一下摆锤，铁芯应能在线圈里自由来回移动，开关活动接触片应与固定接片有良好的接触。最后，将两个聚光电珠埋进木板的小孔，再连

接好电路就算做成了。

接上电源（2节1号电池串联）后，向左（或右）拨一下摆锤，摆杆左边（或右边）的开关闭合，在左边（或右边）聚光电珠点亮的同时，电流也流过右边（或左边）的线圈，线圈便会产生磁场吸引铁芯，使摆杆向右（或左）摆动。当摆杆向右（或左）摆，左边（或右边）的开关断开，而右边（或左边）的开关闭合，右边（或左边）的聚光电珠发光。与此同时，左边（或右边）的线圈有电流流过，便吸引摆杆往左（或往右）摆。于是，左右两个线圈轮流通电、断电，摆杆就会不停地摆动，猫头鹰的两眼便会一暗一明闪闪发光（图3-29）。

### 简易抢答器

这个简易抢答器，能同时显示声、光、数字三种信号。图3-30是它的电路图。这个电路是按四个组参加竞赛设计的，也可以根据实际需要适当增加几组。从图中可以看出，它是由四只6-8伏、0.15安的小电珠、四个抢答按钮开关、一个主考计时按钮开关、一个电铃、4-8节1号电池和一个灯箱组成的。

假如第二组按下抢答按钮开关（图中K<sub>2</sub>），电流便从电源正极出发，沿虚线所示方向经过电铃和小电珠B，从电源负极回到电源正极，形成一个完整的回路，所以电铃和小电珠同时发出信号。当主考人按下计时按钮开关K，电流则沿细线所示形成回路，只有电铃发出信号。这条支路与其它支路相比，因为没有灯光信号，电阻小，电流大，所以铃声响一些。

做抢答器的电铃比较难一点。电铃的电磁铁铁芯是两枚直径5毫米左右、长35毫米左右的螺栓，备配两个螺帽。线圈管用牛皮纸卷成，在线圈管的两端，分别装上一个中心有圆孔的方形挡板，挡板可用薄胶木板或浸蜡纸板做成。线圈用直径0.25毫米的漆包线绕制，每个800圈。然后，把两个线圈并联起来（图3-31）。电磁铁的支架用门窗角铁改制，也可以用废旧铁片做成。支架上有六个孔，e、e'用来装置电磁铁铁芯；f、f'用来穿过木螺丝装在底板上；g、g'是准备装置弹簧引铁和断续器的（图3-32）（见46页）。弹簧引铁用一段一端有孔，经过退火的废钢锯条做成。它的中间应用锡焊一块做电磁铁支架剩下的铁片，以便电磁铁吸引。圆孔里装上一枚小螺丝做成铃锤。断续器的支架用做电磁铁支架剩下的铁片做成，上面有三个孔，a孔装置断续螺丝，b和b'穿过螺栓装在电磁铁支架上。断续螺丝用直径3毫米、长10毫米的螺丝和螺帽做成。螺帽焊在a孔上，螺丝顶端应锉成60°的锥形。装置断续器还要两块绝缘垫片它可以用薄胶木板（或薄塑料片）做成。铃盖可以用废旧自行车铃，配上合适的螺丝，以便把它装在底板上。底板是一块大小合适的木板。最后，照图3-33，把各个零件装配起来，并接好电路。接通电源，慢慢调整断续螺钉，使铃锤敲打铃盖的声音合适为止。

抢答器的灯箱是一个无盖的木箱，大小可以根据实际需要选定。木箱内应用薄木板分成几格，除一格放置电源外，其他各格都装上一套信号灯。电

铃和主考计时按钮开关可以装在箱顶上方。另外，找一块大小合适的三合板或厚纸板做箱盖，上面刻出 1、2……等数字，并贴上有颜色的玻璃纸（图 3-34）。最后，接上抢答按钮开关和电路，抢答器就算做成了。

## 四简易电热器

### 简易鱼缸水温加热器

爱养鱼的人都知道，鱼缸里的水要保持一定的温度。金鱼适合养在 22-26 的水中；热带鱼产于热带或亚热带地区，也需要养在温度高一些的水中。冬天，气温下降，不设法提高水温，鱼就有冻死的可能。为了提高水温，有的人直接把电灯泡浸在鱼缸的水里，这是很危险的，千万别这样做。这里教你做一个简易鱼缸水温加热器。

买一个 20 瓦的内热式电烙铁芯。找一根比烙铁芯长些的试管，或者一端封闭的玻璃管，并配上一个橡皮塞。再准备一些石英砂子，或者烘干的黄沙。制作方法是，先在橡皮塞上扎两个小孔，穿入电源线，电源线要紧嵌在小孔里，并将烙铁芯的引出线连接在电源线上。往试管里装些砂子，把烙铁芯插进试管里，再往试管里装砂子，使烙铁芯上下左右都不挨试管。最后，塞紧橡皮塞，使水不能进入试管就行了（图 4-1）。

使用时，把加热器斜靠在鱼缸壁上（图 4-2），接上电源，烙铁芯便会先使砂子和试管加热，然后再使水加热。不过，用这个简易水温加热器时，鱼缸里要放一只温度计，水温上升到需要的温度便立刻切断电源，以免水温继续上升使鱼死亡。

### 自制电热锯

电热锯是一种专门用来锯硬泡沫塑料、彩色塑料板或者有机玻璃等的锯子。它的构造很简单。

制作方法如图 4-3 所示。先找三根粗细相同的木条，把它们钉成“□”形锯弓。在木条的两个连接处，各钉上一块三角形木板加固，以免装上锯条后变形。如果能找到一根厚竹片，把它弯成半圆形做锯弓，那就更省事了。在锯弓两端的木条上，各钻一个小孔，并装上螺丝作为接线柱。在两个接线柱上各接一根软导线，将其中一根软导线沿着锯弓，用棉线绳捆好。然后，取一段长短合适的旧电炉电阻丝，把它的两端分别接在两个接线柱上，就算做成功了。

使用电热锯时，可以把电源线接在降压变压器的 0-3、0-4、0-5、0-6 伏的接线上。至于接在哪个接线上合适，应根据电阻丝加热的长短粗细决定，一般应使电热丝微微发红，又不太热为好。因为电阻丝太热会烫坏塑料、有机玻璃等加工材料，温度不够不能使加工材料软化，不好使用。加工材料时，要使电阻丝稍微压向材料，并上下拉动锯弓，这同使用普通锯子一样。但是，不要使劲将电阻丝压向材料，这样电阻丝会因为绷得太紧而伸长，容易烧断，也不能停住不上下拉动，否则不仅电阻丝容易烧断，还会烫坏加工材料。一

一旦电阻丝烧断，更换电阻丝时，必须先切断电源，以免发生短路事故。

### 自制简易电烙铁

电烙铁是小电工和无线电爱好者常用的一种工具。如果只是焊接元件或电路，有一把功率 30 瓦左右的电烙铁就可以了。商店出售的功率 20—30 瓦的电烙铁，体积小，使用方便，但是售价较高，还不如自制一把。

制作简易电烙铁（图 4-4），除了要用一只 7.5 瓦、2.5-3.0 千欧的空芯珐琅（或玻璃釉）线绕电阻外，还要有隔电、不怕烧的云母片或石棉，固定电阻的薄铁片，安装电阻的木条、木制手柄、烙铁头、电线和插头等。

烙铁头要正好紧紧地插在电阻的孔里，可以选用合适的紫铜棒做成，也可以用粗紫铜线代替。请注意，烙铁头必须用紫铜材料做成，因为只有紫铜加热后才能蘸锡。烙铁头的尖端，可以根据实际需要做成直的、弯的、一面斜的，或者扁形的。

云母片可以从废旧的大云母电容器，或者电熨斗废旧电热丝拆取。如果拆取的云母片破碎不成形，可以用清漆把它们一排排地粘在玻璃纸上，粘成鱼鳞形，粘 3-4 层就可以了。如能找到石棉布更好，只要剪成合适的宽度，裹在电阻上就行了。

在固定木条的侧面，比着电阻引出线的距离钻两个小孔，再从尾端钻一个长孔，电线从这个孔里接出。用乳胶把固定木条粘牢在手柄上。

在固定铁片上，先钻四个小孔，再将它弯成圆形，要能紧紧地夹住电阻。最后，把裹好云母片或石棉的电阻放在固定木条上，套上固定铁片，用四枚小螺丝钉钉上就做成了（图 4—5）（见 52 页）。

这把简易电烙铁瓦数小，热得快，使用很方便。为了使烙铁头不要过早氧化，以及延长电烙铁的使用期，最好是随用随接电。

### 模型电饭锅

电饭锅是现在很时髦的一种家用电器。市场上出售的电饭锅有好几种，大都由内锅、外锅、磁钢限温器、自动保温器、电热盘、锅盖、指示灯和各种按键开关等组成，结构比较复杂，自己制作比较困难。但是，如果你手头有一个 24 伏、0.5 安的降压变压器，那么就可以用它作电源来做一个模型电饭锅。

模型电饭锅的制作方法是，找一个无盖的铁罐头筒，将它的边缘磨平滑，并在它的下半部包上一层石棉布，或者几层云母片。再把电阻丝（根据电源，应选用直径 0.1 毫米、长 1 米的尼克林电阻丝）一圈圈地绕在石棉布上。注意，电阻丝的每圈应有 1.5 毫米左右的空隙，不要贴靠在一起，并且电阻丝要与罐头筒有良好的绝缘。在电阻丝两端接上电源线后，再包上一层石棉布，或几层云母片，外壳就做成了（图 4-6）。

模型电饭锅是否能使用，要进行检验。找一只 24 伏、0.5 安的指示灯泡，把它和电饭锅串联起来接入电源。如果指示灯比平时暗一些，电饭锅也逐渐生热，那就说明电饭锅的电阻丝没有毛病，可以使用。要是指示灯同平时一

样亮，电饭锅也不热，那就是电阻丝没有绕好，有短路的地方，应拆开重绕，排除短路后才能使用（图 4—7）。

### 简易恒温箱

这个简易的恒温箱，可供生物小组培养菌苗，饲养小组人工孵化小鸡用等。

恒温箱的箱体结构比较简单，分内外两层。内层用白铁片钉成，外层是木板，两层之间填入棉、布或石棉等保温材料（图 4—8）（见 54 页）。箱内可以用 300 瓦左右的电炉，或者 100 瓦左右的电灯 3—5 盏作为电热源。电热源放置在箱内底部，所以箱体底部内外两层之间应填入石棉，或者干燥的柴灰、煤灰等作为保温绝热材料。箱体的容积可为 60 立方厘米左右，实际大小可以根据需要自己设计。

恒温箱里，最主要的是温度自控电路，它由感温元件、继电器、变压器和电热元件等组成。这其中最关键的是感温元件，必须具有一定的灵敏度。感温元件可以用日光灯的废旧启辉器的“U”形金属片和金属棒改制。将金属棒顶锉尖，并向外弯成直角，再把它扳到“U”形金属片内侧。这样，随着恒温箱内温度上升，金属片便会向外慢慢张开，直至离开金属棒，切断电热源的电源；随着恒温箱内温度逐渐降低，金属片便会往里慢慢收缩触及金属棒，重新接通电热源的电源。只要仔细调整金属片和金属棒间的距离，用它可以做成很灵敏的感温元件（图 4—9）。

用作接通或切断电热源的继电器，要选用触点能承受 220 伏电压、3 安以上的电流的，如 JQX-4 型。为了使继电器能顺利工作，还要根据继电器所需的电压和电流绕制一个降压变压器。

感温元件、电热源、继电器和指示灯的连接电路，如图 4—10 所示。感温元件和电热元件必须装在恒温箱里。感温元件应放置在箱内上方，因为热空气总是上升的，那儿的温度较高。但是，这样的感温元件不能直接用作接通或切断电热源的电源开关，因为它的触点负荷很小。它只能用作继电器的电源开关，再让继电器的触点去接通或切断电热源的电源。继电器、变压器和指示灯都应装在恒温箱外。电路的工作情况是：当箱内温度较低时，感温元件的金属片向里弯触及金属棒，继电器电源接通，衔铁被吸合，常开触点闭合，这就接通了电热源和工作指示灯（红）的电路，对恒温箱内加热。当恒温箱内温度逐渐升高到一定温度时，感温元件的金属片离开金属棒，继电器电源被切断，衔铁被释放，常开触点 分开，电热源和工作指示灯（红）的电源被切断，而常闭触点 闭合，停机指示灯（绿）点亮。随着恒温箱内温度逐渐下降，感温元件的金属片收缩，又会触及金属棒，接通继电器电源，使电热源重新工作。

### 没有火焰的电炉

一般的电炉虽然没有熊熊的火焰，但是炉芯烧得红红的，也是灼热不能挨近的。还有一种没有火焰的电炉。下面就告诉你怎样制作一个这样的电炉。

先用硬纸板照图 4-11 的形状和尺寸，做一个线圈管，在线圈管上，用直

径 2 毫米的漆包线，一圈紧挨一圈地绕制线圈，直到绕满为止。线圈两端应留出较长的引线。另取一些直径 1-2 毫米的铁丝，把它们砸直，截成同线圈管一样高的许多根，每一根都涂上清漆。待清漆干后，把它插进线圈管的孔里，要尽量插满塞紧。这就做成了没有火焰的电炉（图 4—11）。

这个电炉应接在输入电压为 220 伏，输出电压为 36 伏的行灯变压器上，才能使用。如果没有行灯变压器，可用 2 千伏安的调压变压器代替，电压可调到 40 伏左右。用铁罐或铝杯装上水，把它放在炉芯（粗铁丝）上，不要十几分钟水便能烧开（图 4—12）。

这种电炉不只是没有火焰，就是把手放在炉芯上也不会有灼烫之感。即使拿一块干布垫在罐底和炉芯之间，罐里的水烧开了，布也不会有一点儿烧焦的痕迹。这种电炉，叫做感应式电炉。

## 五 有趣的电动模型

### 简易电动机

我们知道，玩电动玩具要用到电动机，为了对电动机旋转的原理和有关知识有个基本了解，这里，我们就来做一个简单的电动机。

先用直径 0.4-0.8 毫米的漆包线，在直径 20 毫米的圆棍上绕 15 圈，做成电枢线圈。线圈两头各留出 30 毫米的接线。抽出圆棍，用线头、线尾把线圈捆扎好，并把线头、线尾的漆皮刮干净（图 5-1）。

取两枚曲别针，将它们的一头扳直，并弯成一个小环，做成电枢线圈的支架，也是线圈的接线架。再用两颗图钉，将两个支架分别固定在一块大小合适的木板上。将电枢线圈两端分别穿进两个支架顶端小环，架在支架上。在电枢线圈的正下方，放一块磁铁（图 5-2），这个简易的电动机模型就做成了。

取两段导线，将它们的一头分别连接在两个支架上，再将它们的另一头分别连接在 1 节电池的正负极上。再用手轻轻左右捻动一下电枢线圈的一端，线圈便会不停地旋转起来。如果电枢线圈不能很好地旋转，那就要检查一下：线圈两头的漆皮是不是没有刮干净，电池的电量是不是不足，导线是不是没连接好等等。

在制作这个简易电动机模型时，我们应该仔细观察一下：电流流动的方向、电枢线圈的绕制方向和磁铁极性之间有什么关系？用同样线径的漆包线，绕制成圈数不同的电枢线圈，它们的旋转情况有什么不同？用线径粗细不一样的漆包线，绕制圈数相同的电枢线圈，它们的旋转情况又如何？将磁铁靠近或远离电枢线圈，或者拿两块磁铁叠放在一起，或者把两块磁铁上下放置，线圈旋转的情况如何？拿 2 节电池，串联或并联接在支架上，电枢旋转的情况又怎样？

### 电动模型离心水泵

在离心水泵里，有一个翼轮，当发动机带动它旋转时，水泵里形成低气

压区，外面的水在大气压强的作用下便被抽上来了。根据这个道理，你可以用玩具电动机作动力，做一个电动模型离心水泵。

找一个装药膏的空铁盒做外壳。在盒盖、盒底的侧面各开一个半圆形的缺口，合起来就是装出水管的孔。在盒盖、盒底的中心各钻一个直径 2 毫米的轴孔。在盒底轴孔周围，挖四个进水孔（图 5—3A）。

装在外壳里的翼轮用薄铁片做成。先剪一块比铁盒稍小的图片，在中心钻一个轴孔，再将铁片剪成花瓣形，每一瓣都朝一个方向扭一下（图 5—3B）。

翼轮轴是一截自行车废旧辐条，用锡焊牢在翼轮上。翼轮装在外壳里，它转动时，不应与内壁相碰撞。

把翼轮装进外壳后，盖上盒盖，用锡焊上盒盖与盒底的接缝。注意，出水管的管口要对齐。再用薄铁片做一根出水管，并用锡焊在出水管的管口上。然后，找一根废圆珠笔芯，拔去铜头，洗干净，将它的一头紧插在翼轮轴端，另一头紧插在电动机的转轴上（图 5—4）。再找一段细塑料管套在出水管上，这个模型就算做成了。

给电动机接上电源，看看翼轮旋转时是否有水从出水管流出。如果翼轮旋转方向反了，只要调换一下连接电动机的两根电源线就可以了。使用时，只要把泵体浸入水中，并固定住，让出水管露出水面，接通电源，水便会不断地从出水管喷出。

如果制作比较精细，这个模型水泵，用 1 节 1 号电池作电源，在一秒钟内可抽完一脸盆水，水流可射出 1.5 米左右。如果用它做鱼缸或盆景的小喷泉，那将增加不少乐趣。

### 微型电钻

做科技模型、电工小实验等，常常需要在薄铁片、薄铜片、木板、绝缘板或塑料板上打眼钻孔。这里介绍一个用玩具电动机做成的微型电钻，这个电钻虽然小些，但用它打眼钻孔十分方便。只要一只手拿住，手指一捏开关就行了。

先找一块厚约 20 毫米的木板做成电钻手柄。手柄的大小可以自己选定，但是安装电动机位置的大小一定要合适，还要钻出穿过电源线和开关线的孔（图 5-5）。剪一张图 5—6（见 62 页）所示的长铁片和一张图 5—6B（见 62 页）所示的圆铁片，并钻出孔。先将长铁片的两个突出部分弯成直角，再把它骑在电动机上弯成圆形。用这张铁片和圆铁片组成安装电动机的长圈。找一个拿子（是修钟表的一种工具），锯去后半段，用前半段做成钻头夹具（图 5—6C）。另剪两小块弹性铜片，做成电动机的开关（图 5-6D）。

组装时，先在电动机接线片上焊好电源线，将其中一根剪成两段作为开关连接线，并将电线穿进手柄的孔里，向开关线孔和电源线孔引去。接着把卡圈套在电动机上，用木螺丝固定在手柄上，再用小螺栓把圆铁片、卡圈和电动机连接成一个整体。把开关线焊接在开关铜片后，再用木螺丝将开关铜片固定在手柄上。最后，把钻头夹具焊牢在电动机轴上，整个微型电钻就算做成了（图 5-7）。

这个微型电钻可以用 2 节 1 号电池作电源，也可以用整流电源。用整流电源的方法是这样的：先用一个降压变压器将 220 伏的交流电降到 3-6 伏，再用四只二极管组成桥整流电路，把交流电变成直流电（图 5-8）。

微型电钻接上电源工作时，它的旋转方向应同钻头的螺纹方向一致（即顺时针方向）。如果发现电钻向相反方向旋转，只要将连接电源的两根线对调一下就行了。

用微型电钻钻孔时，手要拿住手柄，食指按下电源开关，电动机启动后再去钻孔。钻头一定要垂直于钻孔的材料，否则钻头容易折断。在铁片、铜片上钻孔时，先要用钉子冲出小坑，以免打滑。

由于玩具电动机的力量较小，要钻较大的孔比较困难，特别是难于钻透较厚的金属板。如果要用它钻较大的孔，可以先沿孔内圈钻一圈小孔，挖成锯齿形孔，再用锉刀锉圆。

### 袖珍电风扇

这个袖珍电风扇用一台玩具电动机做成，用 1 节 2 号电池做电源。它的特点是扇风时，扇叶会自动张开；不扇风时，扇叶会自动折起来，便于随身携带。

袖珍电风扇的制作方法是，找一个长约 90 毫米、内径 30 毫米的有盖塑料筒。先在筒底正中钻出轴孔，在轴孔两边再钻两个固定电动机的小孔。在圆筒侧面开一个长方形小孔，用来装置电源开关。

用绝缘板做一个刚好放进筒里的挡板。在挡板中心钻一个孔，钉上一颗空心铆钉。取一段导线，把它的两端分别焊接在电动机的一个接线片和挡板的空心铆钉上。

剪一条长约 80 毫米、宽 3 毫米左右的弹性铜片，把它的一端弯成图 5-9 所示的形状。再剪一块刚好塞进塑料筒盖的圆铜片，在圆铜片上装一个塔形弹簧。

将电动机塞进塑料筒里，让轴端穿出筒底轴孔，用两颗小螺丝固定。将弹性铜片装进筒里，让它的突起部分穿出筒侧的长方形孔。再把挡板塞进筒里，用它挤住弹性铜片紧贴筒的内壁，用胶水粘牢。按下弹性铜片的突起部分，它应与电动机的另一个接线片接触，松开后，它应与接线片断开。把圆铜片紧嵌在筒盖里，盖紧筒盖时，弹性铜片的末端应与圆铜片有良好的接触（图 5-9）。

剪一块直径 40 毫米的圆铁片，先在中心钻出轴孔，再将它平分成 8 份，并加工成图 5-10 所示的形状。另剪四片薄塑料片，把它的末端卷成细管，用细铁丝连接在圆铁片上做成扇叶，然后，将圆铁片焊牢在电动机轴端上，袖珍电风扇叶就做成了（图 5-10）。

使用时，按下开关，扇叶随电动机转动，由于离心力的作用便会自动张开，扇风。松开开关。电动机停转，扇叶便会自动收折紧贴在圆筒四周（图 5-11）。

## 电动挂机模型

电动挂机模型是一种可以随时装卸的动力机模型。它可以广泛用在各种无动力的船模上，比如泡沫塑料做成的简易船模、充气塑料玩具等等，装上挂机模型，它们都可以在水上航行。

挂机模型的壳体用塑料管和塑料板做成。先找一段长 45 毫米、外径刚好塞进 151 型玩具电动机的塑料管，用塑料板给它做一个上盖和一个下盖。上盖（图 5-12A）上钻一个孔，用来穿过电动机的连接导线。下盖（图 5-12）有一个手柄、中心钻一个轴孔，边上钻一个孔，以便穿过螺栓装在卡具上，可以左右扳动挂机。下盖下面是一个横截面呈流线型的轴管，可以用塑料板加热后弯成，轴管下端有一个装置螺旋桨轴的轴孔（图 5-12C），轴孔里铆上一颗空心铆钉做轴承。

挂机的卡具（图 12-D）用厚塑料条弯成。在它的底面和侧面各钻一个孔。底面的孔用来穿过螺栓装置挂机，侧面的孔内应有螺纹，以便拧进螺丝将挂机固定在船模上。

挂机的螺旋桨用薄铁片（或薄铜片）做成（图 5-12E）。桨轴是一段长 10 毫米左右的自行车辐条。螺旋桨焊接在轴端，轴必须垂直于桨面（图 5-12F）。另取一根弹簧轴可用直径 0.2 毫米左右的钢丝，放在自行车辐条上，自己绕制。

组装步骤是：先在电动机的两个接线片上各焊接一根导线，并把弹簧软轴的一端焊接在电动机的轴端。将电动机塞进塑料管，嵌紧，再把弹簧软轴穿过下盖的轴孔，用塑料胶粘上上盖和下盖。将螺旋桨焊在弹簧软轴的另一端，把螺旋桨轴穿过轴管下端的轴孔后，用塑料胶水把轴管粘牢在下盖上。把螺旋桨焊牢在桨轴上。取一颗长螺栓穿过挂机底盖上的孔和卡具底面的孔，将挂机装在卡具上。另取一颗螺栓拧进卡具侧面的孔里，用作挂在船模上的紧固器。

使用时，将挂机的卡具挂在船模尾端的中心处，并拧紧紧固螺栓。左右扳动挂机，船模便可以向左或向右行驶（图 5-13）。

### 简易电动模型赛车

这辆简易电动模型赛车，只有一个底盘，三个车轮，用一台玩具电动机（131 或 151 型）做动力。它没有外壳，而且用电动机直接驱动，所以重量轻，受的阻力小，速度快，有较好的竞速性能。

底盘是一根长 160 毫米、宽 15 毫米、厚 8 毫米的木条。木条前端有一个安放前轮的长方孔，两侧有装置前轮轴承的小孔。木条中部钻有四个装置电池卡的小孔。木条后端有两个装置电动机卡圈的孔（图 5-14）。

两个前轮轴承、两个电池卡和电动机的卡圈全用薄铁片做成，并钻有小孔。它们的大小和形状如图 5-15 所示。

三个车轮用厚 4 毫米的塑料板或木板做成，半径为 17.5 毫米。要求车轮一定要圆，而且轴孔必须居中，不然赛车跑起来就会颠簸，七弯八拐，跑不成直线（图 5-16）。

前轮轴是一根直径 1-2 毫米、长 15 毫米的硬钻丝。两个后轮直接装在电动机的轴上，但是轴的两端伸出电动机的长短不一样，还要稍作改动。方法是，将电动机的两个接线片，向外弯成直角，把端盖朝下放在有小孔的砧垫上，将轴端插进小孔，用小锤轻轻地敲打轴的上端，直到轴从端盖伸出 6 毫米左右为止。然后，把两个后轮紧紧地装置在轴的两端。

照图 5-17，用 10 套螺栓螺帽，把前轮和轴承装在底盘前端；把两个电池卡装在底盘中部；先把卡圈套在电动机上，再用螺栓和螺帽把卡圈固定在底尾端。然后，用两段软导线将电动机的两个接线片分别和两个电池卡连接起来。

最后，把 1 节 5 号电池装进电池卡，后轮便会向前旋转。如果后轮反转，只要将电池掉过头来，重新装进电池卡就行了。为了防止电池松脱，可以用细绳或橡皮筋把它捆在底盘上。

刚做成的赛车跑起来可能有毛病，需要仔细调整。调整时，先调车轴，前后轮轴要相互平行，并与底盘中线相垂直；前后轮也必须同轴相垂直。前轮在长方孔里应能灵活转动，既不左右摇晃，又没有一点儿碰蹭。试车地面要平整、干净，不然赛车跑起来碰到坑坑洼洼或者小砂子，便会拐弯飞奔出去。

### 电动线操纵模型飞机

这架电动线操纵模型飞机由玩具电动机、螺旋桨、机身、机翼、尾翼、起落架和操纵盒等组成。

螺旋桨是用桐木片做成的。将三块长 35 毫米、宽 10 毫米、厚 0.75 毫米的桐木片切成图 5-18A 的形状，用细砂纸将两边磨薄做成桨叶。另用一块 16 毫米见方的桐木块，把它做成底面直径 16 毫米、高 10 毫米的圆锥体，并在它的中心钻出轴孔，在它周围三等分的地方各锯一条与底面成  $30^\circ$  角的斜缝，做成桨毂（图 5-18B）。然后，在桨叶根部和桨毂的斜缝里抹上快干胶水，将桨叶插进斜缝里（图 5-18C）。等胶水干后，在整个螺旋桨上，抹上一层干漆，螺旋桨便做成了。

机身是一根长 215 毫米、宽 3.5 毫米、厚 5 毫米的桐木条（图 5-19）。

机翼用厚毫米左右的薄塑料片做成。先照图 5-20A 将塑料片剪成所需形状，将 a、b 两端沿虚线折叠成直角，再将塑料片沿中心虚线对折成机翼，并用塑料胶或透明胶带粘合（图 5-20）。

尾翼也用薄塑料片做成，它的大小和形状如图 5-21（见 72 页）所示。将它剪下来后，把两端折叠成直角。在中线上扎两个小孔，以便穿过大头针固定在机身上。

前后起落架都用直径 0.5 毫米的细钢丝弯成，它的大小和形状如图 5-22（见 72 页）所示。前起落架的两个小轮，可用塑料扣子做成。

为了使玩具电动机牢固地装置在机身头端，需用薄铁片做一个电机卡圈，它的大小和形状如图 5-23 所示。在卡圈上焊一个铁片弯成的方框，用来插装机身。

操纵盒实际上是一个装有开关的电池盒，可以用普通半导体收音机的外接电源盒改制，方法是将4个电池分成两组，每组2个电池串联。再把一组的一个正极，另一组的一个负极作为接线环。在剩下的正负极之间，装上开关（图5-24）。

所有零部件做好后，便可以照图5-25进行安装了。先用丝线把前起落架捆扎在机身上，并涂上一层快干胶，再装上小轮。将后起落架斜插进机身尾端。将机身头端紧紧地嵌进电机卡圈上的方孔里，再用橡筋把电动机捆紧在电机卡里，并将螺旋桨紧紧地装在电机轴上。将机翼中线对准机身中线，机翼前缘顶住电机卡，用透明胶带把机翼粘在机身上，并用橡筋加固。

用两颗大头针穿过尾翼的小孔，把尾翼钉在机身尾端。取两根长2-3米，直径0.2-0.3毫米的漆包线，把它们的线头刮干净，焊接在电动机的接线片上，再把线尾刮干净，连接在操纵盒的接线上。

试飞时，将模型飞机放在地上，把操纵线展直，用手指按下电源开关，电动机启动，螺旋桨旋转，模型飞机便开始跑圆圈。当螺旋桨转到一定速度，将操纵线稍稍向上一拽，模型飞机便会腾空而起飞向空中。如果按下电源开关，电动机反转，模型飞机不是前进而是后退，这是电源接反了，只要将接在接线环上的两根漆包线对换一下就行了。如果模型飞机在空中飞得不稳，那是机翼的位置不对，可以前后调节，直至飞行正常为止。

### 电动潜艇模型

潜艇里有水柜。将适量的海水灌进水柜，潜艇便会下潜；将水排出水柜，潜艇又会浮出水面。这里要做的电动潜艇模型，没有水柜，但是艇身两侧有向前倾斜的前后两对水平水翼。模型向前行驶时，前后水平水翼受到迎面的水挤压，便会下潜。模型停止航行，靠自身的浮力又会浮出水面。

模型的艇身由艇首、艇身中段、艇尾三段组成。艇首和艇尾分别用70×50×40毫米、100×50×40毫米的木板削成。在它们与艇身中段相连接的断面，分别钉一块直径20毫米和一块直径24毫米的圆木块，像瓶塞一样紧嵌在中段的大圆槽两端，可以防止进水。在艇尾圆木块的中心处，要钻一个平行于艇身的轴孔（图5-26A、C、D、E）。艇身用两块150×50×20毫米的木块做成。先在它们上面挖一宽一窄两个半圆形的槽，再用胶水粘成一体。在顶面接缝处钻两个小孔后，再削成所需形状（图5-26B）。前后两对水平翼、垂直尾舵和舰桥都用木板或木块削成。在舰桥上，要从顶垂直向下钻一圆孔，底部要

挖一个30×10×10毫米的矩形孔。潜望镜用一颗直径5毫米左右、长45毫米的螺栓做成（图5-26F、G、H、I）。

模型用2节5号电池作动力，用一台131型玩具电动机转动螺旋桨推动前进。螺旋桨用直径30毫米的薄铜片（或薄铁片）做成。方法是先钻出轴孔，再剪成相等的三瓣，并将每一瓣顺一个方向扭成30°角。桨轴是一根长约120毫米的自行车废旧辐条，应将它牢牢地焊在桨叶的轴孔里，并必须垂直于桨叶。为了减少摩擦损耗，应找一根内径3毫米左右、长100毫米的金属管做桨轴管。轴管两端各铆进一颗空心铆钉做轴承（图5-27A、B、C）。

另外，用薄木板做一大一小两个圆片，在中心钻孔，用空心铆钉钉上一

条弯折的薄弹性铜片，做电池卡。电源开关也用薄弹性铜片做成。再准备一段圆珠笔废旧笔芯的塑料管，用来连接桨轴和电动机轴(图 5-27D、E、F、G)。

组装时，除应先将艇身的两块胶合成一体，把圆木块钉在艇首、艇尾上外，可以按下述步骤进行组装(图 5-28)。将轴管塞进艇尾的轴孔里、嵌紧。将垂直尾舵粘牢在艇尾末端。将前后两对水平水翼分别粘牢在艇身中段和艇尾左右两侧。水翼前缘稍向前倾斜，与艇身水平线成  $30^\circ$  角，并使左右两边对齐。在艇身的小圆孔里，放进几根粗铁丝或其他重物，用来调节潜艇下潜的重力。取一长一短两根绝缘导线，把它们的一头分别焊在电动机的两个接线片上。将短导线的另一头焊接在电池卡 E 的铆钉上。把长导线的另一头穿过电池卡 E 边的小孔后，连同电动机一起从艇身尾端塞进大圆孔里，让导线穿过大圆孔，再从艇身顶部的小孔引出，把它焊接在开关的一个铜片上。然后，用胶水把电动机粘牢在圆孔里。另取一段导线，把它的一头焊接在电池卡 D 的铆钉上后，将另一头从前面塞进艇身圆孔，也从顶部小孔引出，焊接在开关的另一个铜片上。用小钉把开关铜片钉在艇身顶上。将舰桥粘牢在艇身上。注意，开关要正好位于舰桥底部的矩形孔中。然后，把潜望镜装在舰桥上。在桨轴上抹些凡士林后，将它插进轴管，这既能防水，又能润滑。将塑料管的后半段套在桨轴末端后，把它的前半段对准电动机轴，连同艇尾的圆木块 E 一起紧紧地塞进艇身后部的圆孔里，将电动机轴和桨轴、艇身和艇尾连成一体。取 2 节 5 号电池，从艇身前部顺次塞进圆孔后，用艇首末端的圆木块 D 顶着电池卡 D，把艇首和艇身装成一体。

组装完毕，往下拧几下潜望镜，应能使开关合上，螺旋桨旋转；往上拧几下潜望镜，应能使开关断开，螺旋桨停转。如果拧紧潜望镜，螺旋桨不转，可能是电池卡没有卡住电池；如果拧松潜望镜，螺旋桨不停转，可能是开关铜片弹性不够，或者两张铜片之间的间隙太小，都应仔细调整。要是螺旋桨反转，将电池倒过来就行了。

### 电动模型水翼船

水翼船是一种新型船。它的船身架在两片水翼上。水翼在水中同飞机的机翼在空气中一样，能把船身托出水面。船身离开了水，受到水的阻力小，能高速航行，比一般船要快 4-6 倍。水翼船不仅航速高，而且在大风大浪里也不会颠簸。

下面我们介绍一种电动模型水翼船。

用一块 40 毫米厚的硬泡沫塑料，做船身外壳。在硬泡沫塑料上，照图 5-29 的形状和尺寸，画出船身外壳的形状，用小刀挖成空心的船身外壳(注意：挖的时候，船底和两舷要留有一定的厚度)。再用锉刀和砂纸把外壳锉光磨平。

在硬纸板上，照图 5-30(见 80 页)画出甲板、船舱和尾翼的形状，并剪下来，用胶水先将船舱粘贴成形，再把船舱和尾翼粘牢在甲板上。用一块 170 毫米长、15 毫米宽、4 毫米厚的木片和一根 100 毫米长、5 毫米宽、3 毫米厚的木棍，照图 5-31 的形状做前后水翼。先用小刀或木锉将木片和木棍分别加工成流线型，再将木片截成 50 毫米长的两块，70 毫米长的一块；将木棍截成 33 毫米长、20 毫米长的各两根。把两根长木棍的下端，削成  $5^\circ$  的斜角，

使水翼前缘稍微向上翘起。然后，用快干胶将两块长木片粘成前水翼（注意：要使两端向上翘起同样的高度），再分别把两根长棍、两根短棍粘在前后水翼两端。

模型水翼船的动力部分由电动机（131 或 151 型）、电源（2 节 5 号电池、电池卡和开关）、弹簧软轴和轴承筒、轴承筒支架、螺旋桨轴和螺旋桨等组成。为了固定电动机，应用木块和薄铁片，照图 5-32 做成机座和卡圈，并用螺钉穿过卡圈两端的孔，把电动机牢固地安装在机座上。

电池卡和电源开关用薄铜片和绝缘板做成（图 5-33）。

弹簧软轴用直径 0.5 毫米的弹性铜丝（或相当的细钢丝），在直径 2 毫米的铁丝上，一圈挨一圈地绕成（图 5-34）。用薄铁片剪成螺旋桨，并在中心钻一个小孔。在小孔处焊接一根直径 2 毫米的铁丝做轴，要使轴一定垂直桨面。然后，将螺旋桨的三片桨叶顺着同一个方向稍微弯一下。另用一张薄铁片在螺旋桨轴上卷成轴承筒，筒外面用蘸了快干胶的丝线整齐地绕上一层，以使轴承筒牢固地粘在轴承筒支架上（图 5-35）。

轴承筒支架用长 30 毫米、宽 15 毫米、厚 5 毫米的木块削成，并用砂纸磨光。再找一根长约 30 毫米、内径比弹簧软轴稍大些的硬塑料筒，做防水筒（图 5-36）。

各个零件做好后，便可以进行组装了（图 5-37）。先在电动机机座上抹上快干胶水，将它塞进船体外壳的前端，粘牢。把防水筒紧紧地插进船底的圆孔里。用胶水把电池卡粘在船体外壳的尾端。接着将轴承筒粘牢在轴承筒支架上，并把支架粘牢在船底尾端正中。把弹簧软轴插进防水筒，把它的一端焊在电动机轴上；再把螺旋桨轴插进轴承筒里，把弹簧软轴的另一端焊接在桨轴上。用两段软导线，将电源、开关和电动机连接起来。然后，用胶水分别将前后水翼支架粘牢在船底前后端。最后，用透明胶带把甲板和船舱等粘在船体上。

为了使船体更加坚固，不怕水浸，还可以刷上几层清漆。

### 电动模型碰碰车

碰碰车是现代游乐场的一种新型游戏车。坐上它，在车群里东碰西撞地来回跑几圈很是有趣，很受人们的喜爱。

这里介绍的电动模型碰碰车，它的外壳用硬泡沫塑料做成，不怕碰撞。车的底盘上，左右两边各装有一只玩具电动机，它们通过蜗杆和涡轮分别带动左右两个后轮转动。这两只电动机各有一套灵敏的自动开关，既可以同时开启驱车前进，又可以单独开启使车向左或向右拐弯。一旦车身拐过弯来，两只电动机又可以同时转动使车继续前进。

模型的外壳用厚 40 毫米的硬泡沫塑料做成。先照图 5-38A、B、C 所示的尺寸和形状，用小刀将泡沫塑料挖成中空的外壳，再用砂纸打磨光滑。底盘

是一块单面敷铜绝缘板。照图 5-39 的尺寸和形状，用油漆在敷铜面上画出电路，放进三氯化铁溶液里腐蚀成电路板，然后钻出孔。车模的传动机构，由两个直径 20 毫米的涡轮和同涡轮相配的涡轮组成。没有现成的涡轮和涡轮杆，可用大小差不多的伞齿轮和轴齿轮代替（图 5-40）。

固定电动机的卡圈（a），装置电池的电池卡（b）、涡轮的轴承（c）、前车轮活动支架（d）、自动碰撞开关（e）、电源开关（f）等都用弹性铜片或薄铁片做成。自动碰撞开关的弹簧（g），可以用细钢丝自己绕制，长约 10-15 毫米。前后车轮（h）可以用废拖鞋底做成，但要做得很圆，并且轴孔一定要在圆心处，垂直于圆面（图 5-41）。各个零部件制作完毕，便可以进行组装。先将前轮装在支架上，并用螺栓将支架装在底盘前端凹口正中的孔上，试一试车轮能不能灵活转动和左右摆动。如果车轮转动不灵活，或者不能左右摆动，可能是太紧，要仔细调整。接着，用螺栓将电池卡、电动机、涡轮轴承安装在底盘相应的位置上。在装置电动机之前，应先把涡轮杆嵌紧在电动机轴端，并将涡轮装在轴承上。装置电动机时，一定要使涡轮杆和涡轮啮合，否则涡轮杆不能带动涡轮转动，无法驱车行驶（图 5-42）。

取四段软导线，把它们的一端分别焊接在两只电动机的四个接线片上，再将它们的另一端穿过底盘相应的孔，焊接在电路上。然后，用螺栓把碰撞自动开关和电源开关装在底盘反面规定的位置上（图 5-43）。

图 5-44 是电路图，电源开关 K1 能左右拨动接通或切断电源即可。碰撞自动开关 K2 和 K3 都要装得恰到好处，用手指轻轻一碰就可切断电源，一松手又能迅速恢复原位接通电源，要耐心调整活动触点左右两边的细弹簧。

组装完后，可以装上电池试一试。开启电源开关后，两只电动机应立即向同一方向转动，并带动两个后轮一起转动。用手指轻轻地碰触左边（或右边）的碰撞自动开关，右边（或左边）的电动机立即停止转动，而左边（或右边）的电动机继续转动。最后，用螺钉将车体外壳装在底盘上（图 5-45）。如果有条件，可以在车体外壳上刷上彩色油漆，使模型碰碰车更坚固和美观。

## 海狮嬉球

海狮嬉球是一个很有趣的杂技节目。

如果你有兴趣，自己做一个海狮嬉球的电动模型。这个模型主要用玩具电动机带动鼓风机，由鼓风机吹动小球旋转。

找一个直径约 50 毫米、高 20 毫米的圆形扁铁盒，做鼓风机机壳。先在盒盖和盒底的侧面开一个长 25 毫米、宽 15 毫米的排风口。在盒盖上开四个进风孔和一个轴孔，盒底上钻一个轴孔（图 5-46）。用长 75 毫米、宽 65 毫米的薄铁片，焊成一个方形排风管（图 5-47）。剪一块直径 35 毫米的圆铁片，钻出轴孔做叶轮。叶片是六块小铁，它们均匀地焊在叶轮上。找一根长约 50 毫米的粗铁片做机轴，叶轮焊在离轴端的 25 毫米处（图 5-48）。再剪两块长 50 毫米、宽 20 毫米的薄铁片，钻出孔，再弯成直角，焊牢在机壳下

缘做机架(图 5-49)。用弹性铜丝,或者细钢丝,绕制一个塔形弹簧做球篮。它的上口要能放进小球,下口要能套接在排风管上。小球可以用泡沫塑料削制,也可以直接用乒乓球(图 5-50)。然后,把叶轮装进机壳,让机轴的头尾分别穿过机壳前后轴孔,对准侧面的排风口,将前后机壳焊牢成一个整体。再把排风管焊牢在排风口上,并在管口装上塔形弹簧(图 5-51),这就做成了鼓风机模型。组装鼓风机时,请注意,前后机壳、排风管等,要焊接严实,不要有漏风的缝隙。叶轮在机壳里要能自由转动,不要有碰撞。

鼓风机做好了,可做电动机机座。找一块长 45 毫米、宽 20 毫米、高 30 毫米的木块,在它的正中挖一个直径 24 毫米的半圆槽,做电动机机座。将电动机下部嵌进机座槽里,上面套上宽 20 毫米的铁片卡圈,用木螺丝将电动机固定在机座上(图 5-52)。

接着,找一块长 150 毫米、宽 12 毫米的薄木板,或者厚纸板,画好海狮,涂上颜色做面板(图 5-53)。

另外,找一块长 200 毫米、宽 150 毫米、厚 8 毫米左右的木板做座底。用木螺丝把鼓风机模型固定在底座的一端,使排风管正好居中(图 5-54A)。电池卡和电源开关装在底座的另一端(图 5-54B)。电动机机座装在电池卡和鼓风机模型之间,电动机轴一定要和鼓风机轴在一条直线上,并平行于底座的中线(图 5-54C)。电动机轴和鼓风机轴之间,用一小段合适的铜管焊接起来,或者用薄铁片卷一个连接管(图 5-5、D)。接着,用导线将电动机电池卡和电源开关连接起来。最后,将面板钉在底座上,使海狮的嘴正好遮住鼓风机排风管口(图 5-54E)。

将小球放进球篮,合上电源开关,电动机应能带动鼓风机工作,有一股气流从排风管口喷出,将小球吹起来。断开电源开关,电动机和鼓风机停止工作,小球便会落下进球篮。由于排气管口喷出的气流速度高,管口的气压比管口周围的气压低,所以小球在周围气压的作用下,只能向上升起不会往别处跑。一旦鼓风机停止工作,排风管无气流喷出时,小球在大气压的作用下,只好乖乖地落进球篮。

如果电动机转动时,整机振动得厉害,可能是电动机轴和鼓风机轴没装正,也可能是叶轮和机轴没焊正,应立即检修。要是听到“喳喳”响声,一定是叶片或者叶轮蹭到了机壳内壁,也要仔细修整。

为了使模型表演更精采一些,你可以在底座上装一个 30 欧姆的绕线电位器,并把它串联在电路中(图 5-55)。你转动电位器,可以控制电动机的转速,改变鼓风机风力的大小,使小球时高时低,在空中翻滚不停。

## 六 简易电器和仪器

### 简易测试器

测试电路的通断，检验元器件质量的好坏，可以不用万用电表，可用简易测试器。这里介绍的简易测试器，是用发光二极管，或者 2.2 伏的小电珠做成的（图 6-1）。它的体积小，重量轻，并且比较方便实用。

找一块长 40 毫米、宽 10 毫米的绝缘板，在它上面钻四个小孔。另剪一条薄铜片，两端各钻一个小孔后，弯成图 6-2 的样子，用空心铆钉钉在绝缘板的 D 孔上。绝缘板上的另三个孔，各钉一颗空心铆钉，做成零件板。将发光二极管和一只 50 欧电阻的两根引线，依次焊接在 A、B、C 和 D 铆钉上。在每颗铆钉上，各焊接一段导线，作为调试导线。在发光二极管和电阻之间串联一只 1 千欧的可变电阻，将另外两根调试导线接上电源。电源用 2 节 5 号电池组成（图 6-3）。慢慢转动可变电阻，使发光二极管正常发光后，测量出可变电阻和电阻的总阻值，这个总阻值便是限流电阻的正确阻值。例如，可变电阻的阻值是 100 欧，那么限流电阻的阻值便是 150 欧。限流电阻阻值调准后，将可变电阻和电阻拆下，在原来接电阻的铆钉上，换接一只 150 欧的电阻，并用一小段导线将发光二极管和电阻连接起来。

找一根长 150 毫米、直径 20 毫米的塑料管，再选配两个大小合适的塑料盖做管盖。在塑料管一端的侧面，开一个小孔，作为发光二极管的观察窗口。在两个端管中心各钻一个小孔。取一根长约 150 毫米的废旧自行车辐条，用两个螺帽装在一个管盖的小孔里做探针。另取一根长 300 毫米左右的导线，一端焊上鳄鱼夹，另一端穿过另一管盖的小孔，焊接在零件板的 A 铆钉上。将零件板从观察窗口一端塞进塑料管里，盖上这一端的管盖。将 2 节电池从塑料管的另一端塞进管，盖上这一端的管盖，测试器就做成了（图 6-4）。这种测试器使用很方便，只要将鳄鱼夹夹住被测电路或零件的一端，然后用它的探针触及电路或零件的另一端，观察发光二极管的发光情况，就可以得出测试结果。比如：测试电路通、断时，把鳄鱼夹和探针触及被测电路两端，发光二极管亮表示通，不亮表示断。测试电阻时，用鳄鱼夹和探针触及两端，发光二极管光亮表示电阻小，光暗表示电阻大，不亮表示电阻很大，或者内部断开。

请注意，用这种测试器测试电器的某一段电路时，一定要关掉电器的电源才能测试。

### 电话音量放大器

电话是常用的通信工具，如果做一个拾音器，把它接到收音机的拾音器插孔里，这样，由扬声器传出的声音就大了，这就是电话音量放大器。

制作这一放大器，先要做电感线圈。照图 6-5（见 96 页），找一截粗些的铁钉，做拾音器的铁芯。用图画纸（或牛皮纸）卷成一个圆管，在圆管的两端各粘一个内径 5 毫米、外径 15 毫米的圆环，做成线圈管。再用直径 0.07 毫米的漆包线，在线圈管上乱绕 5000-6000 圈，做成一个线圈。线圈的头尾各连接一段多股软导线，作为引出线。线圈绕完后，外面包一两层胶布，以免线圈松脱。

做拾音器的外壳，可用大小合适的塑料管和塑料吸盘（可以用挂衣服的塑料吸盘、供婴儿吮奶的橡皮嘴）来做（图 6-6）。最后，把拾音器的引出线焊接在拾音插头上。

使用时，先把拾音器用塑料吸盘吸在电话的右侧（一般电话机的线圈都装在右边），再把拾音器的插头插进收音机的拾音孔里，拧开收音机的电源开关，并将音量开大。这时，取下电话的听筒，拨动几个号码，收音机扬声器便会发出“嘟、嘟……”的声音，说明拾音器已开始工作。适当移动拾音量，使声音更响些。如有可能打开电话机的底板，把拾音器装在机内更好（图 6-7）。

这个简单的拾音器，实际上是一个信号传感器。电话在使用时，机内线圈里有随双方通话声音而变化的信号电流。由于电流的磁效应，线圈周围便会产生变化的磁场。而紧贴在电话机上的拾音器受这个变化磁场的影响，便会感生变化的电流。这个变化的电流送入收音机的音频放大器放大后，从扬声器送出便可供许多人听了。

### 用废旧耳机改制蜂鸣器

蜂鸣器是一种简单的讯号器，能发出“嗡嗡”的声音。它可以用来做自行车的车铃、门铃、呼叫器和电码训练等等。

用废耳机改制蜂鸣器，可先从废旧耳机里，取出永久磁铁，在壳底的中心钻一个直径 3.5-4 毫米的孔。找一个长约 11 毫米有帽的、刚好插进孔里的螺丝，用作电磁铁的铁芯。用厚纸片，比着螺丝的粗细，做一个高 8 毫米的线圈管。在线圈管上，用直径 0.5 毫米的漆包线绕 50 圈。把铁芯插进线圈管，电磁铁就算做成了（图 6-8）。米、长 36 毫米、宽 8 毫米的铁片，在它的一头钻一个刚好插进螺丝的小孔，并把它变成“L”形，用作电磁铁的支架（A）。再取一块同样厚、长 10 毫米、宽 6 毫米的铁片，做振动铁片（B）。剪一片长 20 毫米、宽 6 毫米的磷铜片（或有弹性的其他金属片），把它的一端焊接在振动铁片的一端，并把另一端弯成直角，焊接在电磁铁的支架上做弹簧片（C）。再用厚 0.5 毫米的铜片，或薄铁片，剪一个外径等于耳机振动膜片的圆环，并在圆环的内圈焊接一根电线，作为引出线（D）（图 6-9）。如果没有铜片或薄铁皮，可以用直径 1 毫米的裸铜丝弯一个圆环。在振动铁片和耳机振动膜片中心，各焊一小块磷铜片，作为接触点。

然后，按照图 6-10 装配。注意，拧紧耳机壳盖时。要使耳机振动膜片上的接触点紧挨振动铁片上的接触点。

把引出线接上电源，电磁铁线圈的一个线头连接在接线柱上，线圈的另一个线头连接在弹簧片上，并通过振动铁片、接触点和发声振动片，接在接线柱上。接触点和，因为弹簧片的弹性作用，平时相互紧挨着。当有电流流过线圈时，电磁铁便产生磁力吸引振动铁片。与此同时，接触点和分离，切断电流，电磁铁失去磁力，振动铁片由弹簧片的弹力回复原位，接触点和相接，又接通电流，振动铁片又会被电磁铁

吸引。于是，蜂鸣器便在电流的磁效应作用下，发出，“嗡嗡”的响声。

### 无触点蜂鸣器

用废旧耳机改制的蜂鸣器里，有 和 两个接触点。有时候，这两个接触点在相接或分离的刹那间便发生火花，在需要防火、防爆的场合，用它作呼叫器等就不安全了，应该用无触点的蜂鸣器。

无触点蜂鸣器的结构极其简单。取一块长 100 毫米、宽 10 毫米的薄铁片做铁芯。再取一块宽 10 毫米、长 60 毫米的薄铁片做支架。把它们叠放在一起，中部包上几层牛皮纸，并粘牢，做成线圈管。在线圈管上，用直径 0.41 毫米的漆包线平绕 70 圈，每绕满一层，包上一层薄纸再绕第二层，要绕得平整。绕完后，在线圈外面包上一层胶布，以免松脱。然后，把铁芯铁片弯成弓形，两端相距 0.8 毫米左右。再把支架铁片两端弯成“Z”形，并用钉子钉在木底座上（图 6-11）。安装完后，将线圈两端接在降压变压器 6-8 伏的接线片上，便会发出“嗡嗡”的声音。仔细调整铁芯铁片两端间的距离，直到声音最响。

图 6-12 是这种蜂鸣器的电路图，实际上是一个有铁芯的电感线圈。把它接在交流电源上，由于交流电流的方向是不断地来回变化的，铁芯产生的磁性也跟着不断变化，铁芯两端便时断时续地相互吸引，振动而发出声音。

### “叮——咚——”门铃

现在，许多家庭都爱使用电子门铃。客人按一下门外的按钮，门铃便会唱一小段音乐，主人便知道有客人来了。这种门铃的声音虽然好听，但是按一下要连续响 20 多秒钟，反倒有些令人厌烦。“叮——咚——”门铃，按一下按钮，它只“叮”、“咚”响两声，干脆得很。它的结构简单，材料容易找到，很适合自制。

先用宽约 50 毫米的牛皮纸条，在直径约 15 毫米的圆棍上，边卷边抹胶水，卷成 7-8 层的圆管。再用厚纸板，剪两个内径 15 毫米、外径 40 毫米的圆环，把它们粘牢在圆管的两端，做成线圈管。在线圈管上，用直径 0.5 毫米的漆包线，绕制线圈，绕满线圈管即可（图 6-13）。

剪一块直径 10 毫米、一块直径 20 毫米的圆铁片，在它们的中心钻一个直径 3 毫米左右的孔。再用宽 35 毫米、长 80 毫米的铁片，焊成一个直径 10 毫米左右的圆管，并将两块圆铁片焊接在它的两端。取一根直径 8 毫米左右、长 90 毫米的铁钉（或铁丝），插进圆管两端的孔里，并焊牢在圆管上，做成撞轴和撞头。用一根细钢丝绕制一根直径 20 毫米的弹簧，把它套在撞轴大圆铁片的一头（图 6-14）。

底座和木壳用木板或塑料板做成。电池卡用弹性铜片和绝缘板等做成。发音片用两条薄铁片和四个橡皮垫圈做成（图 6—15）。

零部件做完后，按照图 6—16 所示顺序组装，再对照电路图连接电路。

取 4 节 1 号电池，按串联电路放进电池卡。按下按钮，撞头的一头应先

撞击发音片，发出“叮”声。松开按钮，由于弹簧的作用撞轴回复原位，撞头的另一头撞击发音片，发出“咚”的一声。如果按下按钮，撞轴的运动刚好相反，那便是电池的极性接反了，将电池倒过来装就行了。当然，发音片也要仔细调整，直至声音最响，好听为止。

### 简易多用通表

简易多用通表主要用于测试电路通断、元器件质最好坏，但是如果做得好，在表内串联几只不同阻值的电阻，用标准表校核后，还可以用来测试直流电压等。

多用通表由线圈、磁针、磁针支架、指针、表盘、表盒和电池等组成。

做线圈。先用厚纸，照图 6—17 所示，做一个线圈骨架，并在它的一端扎两个穿出引出线的小孔。用直线 0.12 毫米的高强度漆包线，在线圈骨架上缠绕约 3000-4000 圈，做成线圈。线圈两端应用多股软导线引出。再把线圈放在蜡油里浸透，凉干后裹上几层胶布。

磁针可以用磁性尚未散失的废旧指南针做成，也可以用废旧钟表的发条，或者 4 根长 25 毫米左右的缝衣针做成。如果用废旧指南针做磁针，可以不加工。用废旧发条做磁针，先要把两头剪尖，再放在铁砧上砸平，砸直，在正中钻一个小孔，然后放在永久磁铁上磨几下，做成磁针。用缝衣针做磁针，要先用胶水把 4 根针粘在两张纸片之间，待胶水干透，放在永久磁铁上磨几下使其磁化（图 6—18）。

磁针支架用一条厚 0.5 毫米、宽 8 毫米、长 48 毫米和一条厚 0.5 毫米、宽 8 毫米、长 30 毫米的铝片做成。先在剪好的铝片上钻好小孔，再把它们弯成图 6—19 的形状。放置磁针的轴孔不要钻穿，但是上下两个轴孔要对准，并垂直向下。

磁针的轴用长 7 毫米左右的细钢丝做成，两头要用细磨石磨尖，如果能找到长度相同的废齿轮轴做轴更好。如果磁针是废指南针，只要将轴紧嵌在轴孔里就行了。如果用废发条或缝衣针做磁针，那就应先剪一条宽 8 毫米、长 16 毫米的薄铝片，把它的一端折过来约 5 毫米，紧紧地夹住磁针，在它的另一端钻孔装轴。注意，铝片两端必须平衡，否则轴便会向一边倾斜，不能灵活转动（图 6—20）。将磁针装入架后，要精心调整，直到磁针转动灵活为止。

指针用细铝丝或薄铝片做成，长约 60 毫米。先将指针弯成曲柄形，再用胶水把它粘在磁针或夹住磁针的铝片上。注意，指针应同磁针呈  $45^\circ$  角（图 6—21）。

表盘用图画纸绘制。先在图画纸上，用圆规画一个半径 50 毫米、夹角为  $60^\circ$  的弧线。将弧线等分成 8 小格，并注上 0-100 的数字，再沿四周的虚线裁下来备用（图 6—22）。

表盒可用三合板或塑料板做成（图 6—23）。盒盖上开有观察表盘和指

针的窗口，窗口上可装一块薄玻璃，或者无色透明的薄有机玻璃。电池夹装在盒内底板上，线圈和磁针支架都装在盒盖的反面。方法是，先用胶水把线圈粘在盒盖反面，平行于窗口，距窗口约 50 毫米处。再把支架装有磁针的一头放进线圈里，磁针应和线圈骨架平行，支架应和线圈骨架相垂直，并用螺栓把支架固定在盒盖上。这时，表针应靠近窗口玻璃。在窗口上边和左、右两边，用胶水各粘一根木条，木条应比指针与窗口玻璃的距离略高一点，再把表盘粘在木条上（图 6—24）。然后，调整指针，使它静止时正好停在零位。在表盘“0”和“100”处，各插一根短竹棍，用来限止指针的摆动范围。最后，将线圈的一根引出线和电池串联后接在一个表笔插口上，将线圈的另一根引出线接在另一个表笔插口上。

通表装置完后，应先接通试一试。如果指针向“零”位转动，说明电池的正负极接反了，要调过头来。表内没有游丝装置，指针摆动后靠磁针重力作用恢复“零”位，所以表面设计为与地面呈  $30^\circ$  左右的角度，使用时表盒放平，指针才能回到“零”位。因为表内磁针的磁场强度弱，容易受外磁影响，所以使用时应远离永磁物体。

使用这个通表测定不同的直流电压，电路如图 6—25 所示。但是，不能使这个通表测量高压线路，否则会烧毁线圈，或撞坏指针。

### 自制简易万用表

这个简易万用表的电路简明、结构简单，少年朋友在老师的指导下，可以自己动手装置。

图 6—26 是这个万用表的电路图。它的测试档次有：直流电流五档（1、10、50、100、250 毫安），直流电压五档（3、10、50、250、500 伏），交流电压四档（25、50、100、250 伏），电阻一档（ $R \times 100$  欧）。

万用表所需用的元件有：灵敏度 500 微安、内阻 400 欧的表头一块，固定电阻 16 只，电位器 1 只，2AP9 型半导体二极管 2 只，单刀双掷拨动开关 1 只，香蕉插头的插座 16 个，红黑表笔一对和 5 号电池 1 节。

在 16 只电阻中，电阻 R3、R4 和 R5 的阻值较小，通过的电流较大，要用电阻得自己绕制。比如绕制电阻 R5，找一段阻值 2 欧左右的电阻丝，将它的两头和表头并联后，再和标准表串联，接成图 6—27 的电路。图中的电位器 5 欧左右，电阻 10 欧左右。调节电位器，使标准表的指针正好位于 250 毫安。这时表头的指针应超过满盘刻度。如果表头指针转不到满盘，那是电阻丝的阻值小了，一端接在表头和标准表相接的接点上，另一端在电阻丝上滑动。当导线沿电阻丝滑动到 A 点，表头指针正好转到满盘，那么从 A 点到 B 点的一段电阻丝的阻值就是电阻 R5 的阻值。剪下这一段电阻丝，把它绕在一小块绝缘板上就成了（图 6—28）。其余的电阻可以用误差  $\pm 5\%$  的碳膜电阻，要是阻值不合适，可以用几只电阻并联、串联或适当削薄碳膜的方法解决。电位器用丝绕的、实芯的或碳膜的都可以。

如果手头没有香蕉插头的插座，可以用大小合适的空心铆钉和弹性铜片自制测量功能各档的插孔，用废旧圆珠笔芯和笔头做表笔插头。拨动开关最好用成品，实在找不到也可以用空心铆钉和弹性铜片做成插头式的。

为了便于连接电阻和电路，最好用单面敷铜绝缘板做成电路板。图 6—29 是表内安装的实体图。为了使用时便于认清指针的读数，应根据原来表盘的大小绘制表盘，绘制方法如图 6—30。

表壳可根据表头实际大小自行设计，各测试档的插口、功能选择开关和调零电位器的旋钮都装置在壳面上，如图 6—31（见 112 页）所示。测试插口可用市售的香蕉插头插座，也可以用空心铆钉自制，但是表笔的插头应与插孔一致。使用时，先将功能选择开关拨向所测项目，黑表笔插进“0”插孔，红表笔插进所测项目插孔。测试电阻的阻值时，先应将红黑表笔短路，调整调零电位器使表针指在“0”欧姆，然后才可测量阻值。

为了便于爱好者根据不同的表头自行设计电路，这里以 500 微安，内阻 400 欧的表头为例，将各档计算方法介绍于下。

一、直流电流档。直流电流档的电路如图 6—32（见 112 页）所示。各电流档的分流电阻阻值可按下面公式算出：

$$\begin{aligned} R_A &= R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 \\ &= \frac{I_m (\text{表头灵敏度}) \times R_m (\text{表头内阻})}{I_1 - I_m} \\ &= \frac{0.5 \times 0.4}{1 - 0.5} = 0.4K \end{aligned}$$

同理， $(I_{10} - I_m) R_B = I_m (R_A + R_m)$ ，

$$R_B = \frac{I_m (R_A + R_m)}{I_{10}}$$

为计算方便，设  $K = I_m (R_A + R_m)$

$$= 0.5 (0.4 + 0.4) = 0.4。$$

$$R_B = \frac{0.4}{10} = 0.04K。$$

$$\begin{aligned} R_1 &= R_A - R_B \\ &= 0.4 - 0.04 \\ &= 0.36K。 \end{aligned}$$

依次求得：

$$R_c = \frac{K}{50} = 0.008K，$$

$$\begin{aligned} R_2 &= R_B - R_c \\ &= 0.04 - 0.008 \\ &= 0.032K。 \end{aligned}$$

$$R_D = \frac{K}{100} = 0.004k，$$

$$R_4 = R_c - R_D$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.008 - 0.004 \\
 &= 0.004\text{K} \quad 。 \\
 R_5 &= \frac{\text{K}}{250} = 0.0016\text{K} \quad , \\
 R_4 &= R_D - R_5 = 0.004 - 0.0016 = 0.0024\text{K} \quad 。
 \end{aligned}$$

二、直流电压档。直流电压档电路见图 6—33。按表头灵敏度为 1 毫安计算，即每伏 1 千欧。

$$\begin{aligned}
 \text{3伏档降压电阻：} R_6 &= (3 \times 1) - \frac{R_A \cdot R_m}{R_A + R_m} \\
 &= (3 \times 1) - \frac{0.4 \times 0.4}{0.4 + 0.4} = 2.8\text{K} \quad 。
 \end{aligned}$$

以下的 10、50、250、500 伏各档的降压电阻为：

$$\begin{aligned}
 R_7 &= 1 \times (10 - 3) = 7\text{K} \quad , \\
 R_8 &= 1 \times (50 - 10) = 40\text{K} \quad , \\
 R_9 &= 1 \times (250 - 50) = 200\text{K} \quad , \\
 R_{10} &= 1 \times (500 - 250) = 250\text{K} \quad 。
 \end{aligned}$$

三、交流电压档。交流电压档电路为图 6—34。因为采用半波整流，所以交流电压档的灵敏度为直流电压档的 0.45 倍，即每伏为 0.45 千欧。又二极管的正向电阻为 0.6 千欧。

$$\begin{aligned}
 \text{25伏档的降压电阻：} R_{11} &= 0.45 \times 25 - \left( \frac{R_A R_m}{R_A + R_m} + 0.6 \right) \\
 &= 10.45\text{K} \quad 。
 \end{aligned}$$

以下的 50、100、250 伏各档的降压电阻为：

$$\begin{aligned}
 R_{12} &= 0.45 \times (50 - 25) = 11.25\text{K} \quad , \\
 R_{13} &= 0.45 \times (100 - 50) = 22.5\text{K} \quad , \\
 R_{14} &= 0.45 \times (250 - 100) = 67.5\text{K} \quad 。
 \end{aligned}$$

四、电阻档。电阻档电路见图 6—35。当拨动开关拨到“ ”处，就成  $R \times 100$  的欧姆表。这时，200 欧电位器和 240 欧的电阻串联后，再同表头并联，然后又同 1.2 千欧的电阻、1.5 伏的电池串联。如果红、黑表笔相接（相当于测量一个阻值为 0 的电阻），就成一个闭合电路，通过表头的电流为 0.5 毫安左右，调节电位器便可以控制通过表头的电流正好为 0.5 毫安。这个过程叫做调零，电位器叫做调零电位器。有了这个电位器，即使电池电压下降到 1.3 伏仍可以使用。如果红、黑表笔接一只 1.2 千欧的电阻，这时电路的总电流正好减小一半，通过表头的电流也相应减小一半，指针正好指表盘正中。所以这个欧姆表的中值电阻为 1.2 千欧，可以用来测量几十到几十千欧的电阻。

