



王本轩 编译

有趣的 电子电路实验

中国农业机械出版社

有趣的电子电路实验

王本轩 编译

*

中国农业机械出版社出版

国防科工委印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

*

787×1092 32开 2½印张 56千字

1982年9月第一版·1982年9月第一次印刷

印数：00,001—48,000 定价：0.28元

统一书号：15216·154

前 言

本书是专为刚刚接触电子技术的青少年和各行各业的电子爱好者编写的，与其他的电子入门读物相比，具有以下特点：

1. 文图并茂。读者只要按图把元件插入实验盒，就能构成各种各样的电子电路。即使对电路的原理还不大清楚，只要插接正确，都能使电路实现预期的功能，就如同儿童玩“积木”一样。运用熟练以后，还可自行设计出新的电路。

2. 全部电路实验都无须使用电烙铁。这给普及电子电路的实验创造了有利条件；同时也为边远无电地区的电子爱好者进行电路实践提供了方便。

3. 所需元件和工具已压缩到最低限度。读者只要准备较少的元件，就能实现多种电路的实验。书中介绍的每一种电路，不仅有趣，而且实用。

本书取材于英文版《电子探险》一书，该书具有文图并茂的特点。但原书在编排和写作层次上与我我国读者阅读习惯不同，因此笔者在编译时重新进行了组合。在文字上均按我国读者习惯，分前言、工作原理、元件选择、实验盒接线、电路实验、使用等章节重新编写，有的作了删减。本书的插图除少数为笔者设计外，主要取自英文版原书。

笔者在编译此书时，曾得到中国图书进口公司的帮助，在此表示谢意！

作 者

1982年2月

目 录

一、准备工作	(1)
二、实验盒的制作	(11)
三、基本电路	(17)
四、晶体管测试电路	(21)
五、下雨报警器	(23)
六、火灾报警器	(26)
七、光控电灯	(29)
八、闪光信号灯	(33)
九、电码练习器	(36)
十、防盗报警器	(41)
十一、电子风琴	(45)
十二、电子节拍器	(50)
十三、对讲电话机	(54)
十四、报警笛	(57)
十五、晶体管收音机	(60)
十六、电子定时器	(64)
十七、计数电路	(67)
十八、场效应管收音机	(73)



一、准备工作

从彩色电视机到数字电子计算机，五花八门的电子产品虽然很多，但都是由电阻、电容、晶体管、集成电路等这些电子元件组成的。下面就让我们从熟悉这些元件开始吧！

(1) 各种各样的电阻器

1. 固定电阻器

在电子电路中，为了控制电路中的电压和电流，或者为了使晶体管表现出放大效果，都需要具有一定电阻值的元件——固定电阻器。

电阻器的基本单位为欧姆，用符号“ Ω ”表示。在电子电路中，常常需要使用比欧姆更大的单位“千欧”，相当于1千欧姆，符号为“ $k\Omega$ ”。还有比千欧更大的单位“兆欧”，相当于1百万欧姆，符号为“ $M\Omega$ ”。

固定电阻的图形符号如图1-1右图所示。其碳质电阻的实物外形如左图所示。目前生产的碳膜电阻和金属膜电阻，大部分是采用数字阻值直接标注的，例如电阻漆面上印有“ $10k\Omega$ ”或“ $100k\Omega$ ”等字样。由于这两种电阻的外形相差不多，所以在数值的上方还印有“R T”表示碳膜电阻；印有“R J J”表示金属膜电阻。

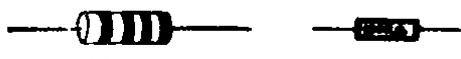


图1-1

在进行本书所介绍的电子电路实验以前，需准备以下阻值的碳质电阻器：

- | | |
|------------------|-------------------|
| 100 Ω 一只。 | 5.6 $k\Omega$ 一只。 |
| 330 Ω 一只。 | 10 $k\Omega$ 三只。 |
| 1 $k\Omega$ 三只。 | 22 $k\Omega$ 一只。 |

- 2.2kΩ 一只。
- 3.9kΩ 二只。
- 4.7kΩ 二只。
- 33kΩ 一只。
- 100kΩ 二只。
- 470kΩ 一只。

以上固定电阻器均采用 0.5 瓦的碳质电阻。选用碳质的原因是价钱便宜，如选用碳膜或金属膜电阻更好，但一定要采用轴向引线的。具体型号可选用 R T -0.5-b -阻值-± 10 % SJ72-65 的。

有的电阻是用色环来表示数值的。色别与数的对应关系如图 1 - 2 左图所示。其右图举出三种不同色环组合所代表的电阻数值的例子。

数	色别
0	黑
1	棕
2	红
3	橙
4	黄
5	绿
6	蓝
7	紫
8	灰
9	白

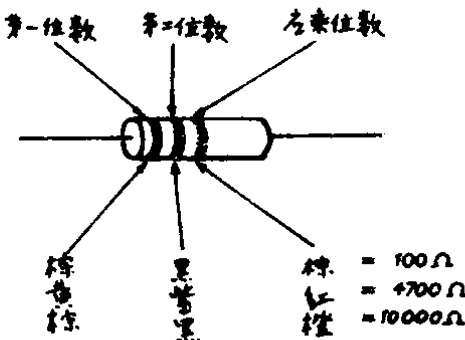


图 1 - 2

2. 电位器

除了固定电阻，还需要数值可调的电阻。电位器就是一种具有活动接触点的电阻器。

电位器所采用的基本单位与固定电阻器完全相同。其图形符号如图 1 - 3 右所示，其实物外观如其左图所示。具体参考型号为：



图 1 - 3

电位器WH9 - 1 -0.25 -10kΩ -X -16-Z S - 1(准备一只)。

3. 热敏电阻器

在电阻器的家族之中，还有一种电阻值随温度变化而变

化的电阻器，名字叫“热敏电阻器”。这种电阻的用途可大啦！我们可以用它来测量温度、补偿电子电路的温度飘移等等。在晶体管收音机和电视机中，都能见到它。

热敏电阻的品种型号很多，有正温度系数的，也有负电阻温度系数的，但以后者的为多，所以我们应准备一只负电阻温度系数的热敏电阻器。在结构形式上也有各种各样的，如圆片形的、方片形的、圆棍形的、圆管形的等等。读者在选用时，只要电阻值为 $10\text{k}\Omega$ 的，外形可以不作一致要求。

图 1-4 是热敏电阻的符号图和实物图。购买时的参考型号为：

电阻器 RC1-4- $10\text{k}\Omega$ - $\pm 10\%$

代号的意思是：RC1-4 型负

电阻温度系数热敏电阻，标称电阻值为 $10\text{k}\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 10\%$ 。

4. 光敏电阻器

在电阻器中最奇妙的莫过于光敏电阻器了（见图 1-5）。这种电阻器的电阻数值是随着光线的增强而变小的。所以我们利用它可以制作出许多实用而又神奇的光电自动控制的电路来。

在进行电子电路实验时，应准备一只光敏电阻器，其产品型号很多，有以下几种可供选取：

光敏电阻器 RG2-B 型。

光敏电阻器 RG5-B 型。

光敏电阻器 RG7-A 型。

光敏电阻器 ϕ C-K1 型。

(2) 各种各样的晶体管



图 1-4



图 1-5

1. NPN型晶体三极管

晶体三极管是电子电路中一个关键性元件。有了它就能把电路中的微弱电信号放大几十、几百、甚至几千倍几万倍。晶体三极管的电子电路图中，是用“BG”表示的，它的符号如图1-6所示，其图中左面的是实物图。晶体三极管有发射极、基极、集电极三个电极，并分别用字母“e”、“b”、“c”表示。由于这三个电极各有自己的作用，所以在实验电路时，切勿插错。

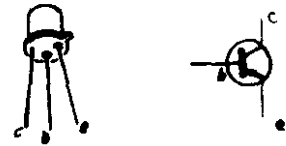


图1-6

晶体三极管根据工作频率的不同，又可分为低频和高频两类。我们在电路实验中，要准备两只3DG12高频小功率晶体管。

2. PNP型晶体三极管

PNP型晶体三极管与NPN型晶体三极管的作用基本相同，差别仅在于两者所用的电源极性正好相反。这种差别为构成复合管和直耦放大电路提供了方便条件。

在本实验电路中，需要准备一只PNP型三极管，型号要求不严格。3CG4、3CG5、3CG6、3CG7等均可。

PNP型三极管的符号如图1-7

右所示，其实物外形如图左所示。

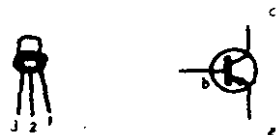


图1-7

3. 场效应晶体管

场效应晶体管具有输入阻抗高的特点，一般可达 $10^{10}\Omega$ 以上，绝缘栅型的可达 $10^{15}\Omega$ ，这对于用作放大时很有利，非常便于极间耦合。例如晶体管收音机的磁性天线电路，采用场效应晶体管时，就可省去作为阻抗变换的次级线圈。

场效应晶体管按其结构可分为表面场效应管和结型场效

应管两种。它们的种类很多，但其导电原理是相同的。图 1-8 为结型N 沟道场效应晶体管的符号图。图左为其塑料封装的实物外形图。国产金属壳封装的管号有 3DJ6、3DJ7 等。

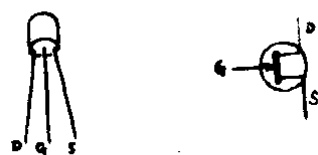


图 1-8

应注意的是场效应管的三个电极名称与其他晶体管不同，分别叫做：漏极、栅极、源极，并分别用字母“D”、“G”、“S”表示。此管应准备一只供实验用。

4. 晶体二极管

晶体二极管是一种具有单向导电特性的元件。如果用气流来代表电流的话，它的作用如同自行车内胎上的“气门芯”，只允许打气筒中的压缩空气流入内胎，而不允许内胎里面的气体从气门芯跑出来。

图 1-9 是晶体二极管的符号和实物外形图。由图可知，晶体二极管只有两个电极，一个叫

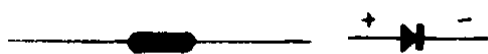


图 1-9

“正极”，另一个叫“负极”。为了便于识别，一般都用涂有颜色的小点来区别。涂有红点的一端为正极，另一端为负极。也有一些二极管用白点来标志，涂白点的一端为负极，无色点的一端为正极。所以确定二极管的极性时，一定要注意色点的颜色。也有一些二极管是采用二极管符号来标志极性的，三角形箭头的一端代表正极，而短黑线的一端就代表负极。在本实验中，读者应准备两只 2AP9 型二极管。

5. 发光二极管

发光二极管的外形及符号见图 1-10。当通入电流以后，这种二极管会象小电珠一样发出光

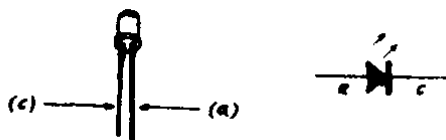


图 1-10

来。一般常见的有发红光的、绿光的和黄光的几种。这种发光元件的最大特点是耗电特别省，是一种低电压、小电流的发光元件。在本实验中读者可准备两只，以代替小电珠之用。

(3) 各种各样的电容器

把两块金属板相对平行而不接触，就能构成一个最简单的电容器。电容器在电子电路中十分重要，它是一种储存电能的元件。下面按其品种分别作一介绍：

1. 固定电容器

固定电容器又可分为纸介电容器、云母电容器、油质电容器、陶瓷电容器、有机薄膜电容器和金属化纸介电容器等。其图形符号如图 1-11 右所示，其中图左为陶瓷片形电容器。



图 1-11

在固定电容器中还有电容量较大的钽（或铌）电容器和电解电容器。电解电容器的符号如图 1-12 右所示，左图为其实物外形图。



图 1-12

固定电容器不论其名称和构造如何不同，都有一点是相同的，即电容量是固定的。电容器电容量的基本单位是法拉，一般用“F”来表示。但是在实际使用中，由于法拉这个单位实在太大了，所以常使用一法拉的百万分之一为单位，叫作“微法”，并用“ μF ”或“MF D”表示。有时“微法”这个单位也嫌太大，所以还用微法的百万分之一为单位，并称作“微微法拉”，用“ $\mu\mu\text{F}$ ”或“pF”表示。在本书的实验中需要准备以下固定电容器：

陶瓷片形电容器

0.01 μF 两只

0.1 μF 两只

电解电容器

1 μF 一只

10 μF 两只

100 μF 两只

1000 μF 一只

2. 可变电容器

在电子电路中，除了需要固定电容器以外，还需要容量可以调节变化的“可变电容器”。在可变电容器中，通常又可分为空气可变电容器和聚苯乙烯可变电容器两种。

图 1-13 右是可变电容器的符号图，其左为一种廉价的聚苯乙烯可变电容器实物图。读者应准备一只，以供实验之用。如果当地没有这种廉价品，也可以选用空气或其他型号介质可变电容器，其参考型号如下：



图 1-13

CBX-1-260型小型单连空气介质可变电容器；

CBM-X-360型小型单连薄膜介质可变电容器。

(4) 电感线圈

电感线圈就是用纱包或漆包导线，在绝缘管上一圈靠一圈绕制的元件。在电路图中常用字母“L”表示，其图形符号如图 1-14 右所示，其图左为磁性天线的实物图。



图 1-14

这个元件，可购买晶体管收音机的磁性天线及线圈的商

品，一般应选用 $\Phi 10 \times 100\text{M} \times 400$ 圆磁棒。如自行绕制线圈，可以用 $\Phi 0.5 \sim 0.6$ 漆包线，绕67圈。读者应准备一套。

(5)电声器件

电声器件也叫“换能器”，是一种把电能转变成声音的元件。常见的有耳机、喇叭等。

1. 耳机

耳机有电磁式和晶体式之分。一般小型晶体耳机是用酒石酸钾钠或压电陶瓷等压电晶体材料作为电声转换器件的，其外形如图 1 -15 所示，右图为耳机的图形符号。晶体耳机具有灵敏度高和阻抗高的优点。

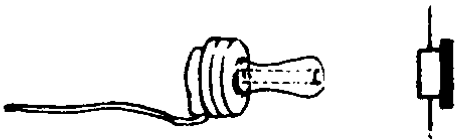


图 1 15

2. 喇叭

喇叭的学名叫作“扬声器”。它由纸盆、音圈和永久磁铁三大部分组成。当有音频电流通过音圈时，由于电磁作用会使线圈在磁场中运动，并带动纸盆发出声音。

为了实验的需要，应准备一只阻抗较高的扬声器（阻抗为 40Ω ），其型号为：

Y D 0.25-300-643C G 型 $\phi 65\text{mm}$ （永）电动式纸盆扬声器。

扬声器的图形符号如图 1 -16 所示，其左图为实物图。



图 1 16

(6)指示灯

在电子电路中，常需要一个小白炽灯来指示电路的工作状态。为了适应晶体管电路的需要，指示灯应选用工作电流小的小白炽灯。一般以工作电压为 6

伏，电流为0.06安培的为好，具体型号可选用XDC型的超小型指示灯即可。读者应准备2~3只，以供电路实验之用。

指示灯的图形符号如图1-17右所示，图左为小白炽灯的实物外形图，图中为小灯座的实物图，此件读者可以自制。



图 1 -17

(7) 电池

电池是用作电子电路实验用的直流电源。其中圆柱形干电池是大家所常见的，使用时可以装进电池盒内。一般圆柱形干电池有1号、2号、4号、5号几种，实验电路时均可使用。

如为了简单起见，也可使用6V层迭式电池，具体型号为：4F 45-2-6V。这种电池的外形如图1-18左图所示，其右图为电池的符号。这种电池具有体积小、重量轻的优点，但缺点是售价

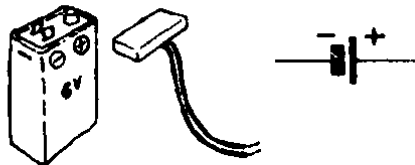


图 1 18

高，使用时间短。所以读者在实验时，最好还是选用1号和2号干电池为佳。

(8) 开关与旋钮

开关是用来切断电源或转接电路之用的。它的种类很多，一般常见的有单刀单掷和单刀双

掷开关两种，其图形符号如图1-19右所示，其实物图如图左所示。对于此元件在结构形式上不



图 1 -19

必要求一致，只要能达到切断或转接的作用即可。常用的型号有：

K B -1 型拨动式波段开关;

K N X 101型小型钮子开关。

读者应准备两只, 以供实验电路之用。

为了调整 $10\text{k}\Omega$ 电位器方便起见, 还应买一只塑料胶钮配上。

(9) 导线和套管

在电子电路的实验中, 导线是连接各元件之间的桥梁。而套管在本书的实验中, 是起着加固和绝缘接线头间的重要手段。读者应准备以下导线和套管:

$\phi 0.6\sim 0.8\text{mm}$ 直径的镀银或镀锡裸铜线 5 M

$\phi 0.5\sim 0.6\text{mm}$ 直径漆包线

$\phi 0.6\sim 1.0\text{mm}$ 直径的塑料导线或航空导线, 具体型号为:

A V (锡) 0.6 (各色均可) JB1137-70 型号的意思是: 导线截面为 0.6毫米^2 , 颜色不限的镀锡铜芯聚氯乙烯绝缘安装线 (应准备十米)。

内径 1 mm 的塑料套管 3 M

内径 2 mm 的塑料套管 0.2M

(10) 鳄鱼夹

为了实验电路的方便, 应准备鳄鱼夹一只, 以供活动引线之用。

(11) 常用工具

按本书进行电子电路实验所需要的工具很少, 基本上每个家庭都有, 如克丝钳子、剪刀、小刀和螺丝刀 (即俗称的改锥或起子)。如有条件的话, 再买一把偏口钳和镊子就更方便了。

二、实验盒的制作



用电烙铁焊接电子电路已经有几十年的历史了。因而在一些人们心目中，用电烙铁焊接几乎成为天经地义的事情。但近年来，随着互连技术的新发展，在很多电子设备中，如具有数以万计接线的电子数字计算机、自动电话的交换系统等，已经广泛采用绕接技术和压接技术。并从长期工作中，证明了无焊互连比焊接互连的可靠性更高。

其实在日常家用电器设备中，我们已经采用了无焊连接，如台灯、收音机、电视机的电源插座、电子管收音机的管子插座等，都是采用无焊连接的实例。

电子电路实验盒就是根据这个道理，利用插接代替焊接的一种接线装置。利用它，我们无需对元器件作任何加工，就能够通过直接插接的办法，进行各种电路实验。由于实验盒能够使电子电路实验，摆脱了必须使用电烙铁的麻烦和危险（如烫伤、损坏东西等），因而使电子电路的实验变得更加简单、方便和安全。这一点使青少年、初学者以及边远无电地区的广大电子爱好者，都能进行电子电路的实验，变得容易实现。同时实验盒对有经验的电子爱好者和专业电子工作者来说，也是一种方便的电子电路试验工具。

图 2-1 是电子电路实验盒（以下简称实验盒）的实物结构图。由图可以看出，实验盒是由 14 排，每排 5 个小插孔的金属接触片组成的。在进行电路实验中，只要把需要连接在一起的元器件引线，插入同排小孔之中，就能达到接线的目的。所以用实验盒验证完的电路元件，在外形上基本仍保持着原来的样子。而用电烙铁焊接就完全不同了，经过焊接

的元件在引线上均镀有焊锡，引线均被剪短。用实验盒的另一个好处是，能够防止电子元器件因焊接加热而特性变劣和损坏。

实验盒的关键零件是金属接触片。这种片最好用0.3mm厚的磷铜皮剪制，有条件再镀一层银。如手头上没有磷铜皮，也可以用罐头盒的马口铁代替。金属接触片的加工尺寸要求，可参看图2-2(a)。把金属片剪好以后，应按图中的双点划线弯成□字形如图(b)，然后再按图(c)把两个直片弯成两个半圆弧形。

把制好的金属接触片装在一个左右各七个空档的塑料盒内，再在上面盖一块70×110mm的有机玻璃片(1~2mm厚)，并在每一个金属接触片的中心位置，在有机玻璃片上分别划线打孔，以供插入元件之用。小孔尺寸应打 $\phi 1.5\sim 2\text{mm}$ 为好，为了插入元件引线方便起见，最好在每个小孔的上方用M4-M5的铅头划一个沉孔。由于实验盒里一共装14个金属接

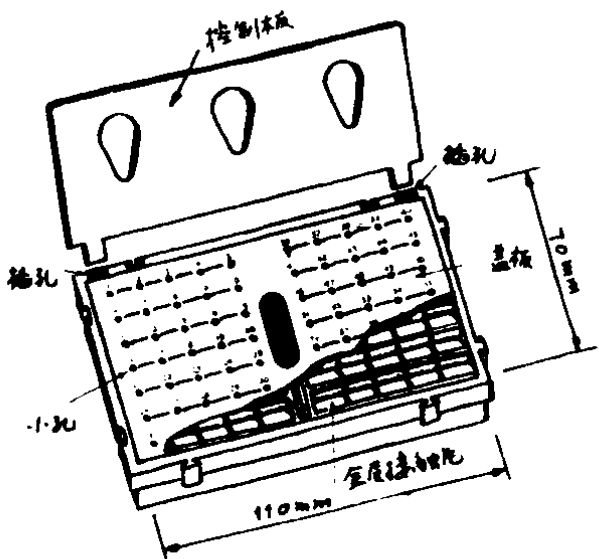


图 2 - 1

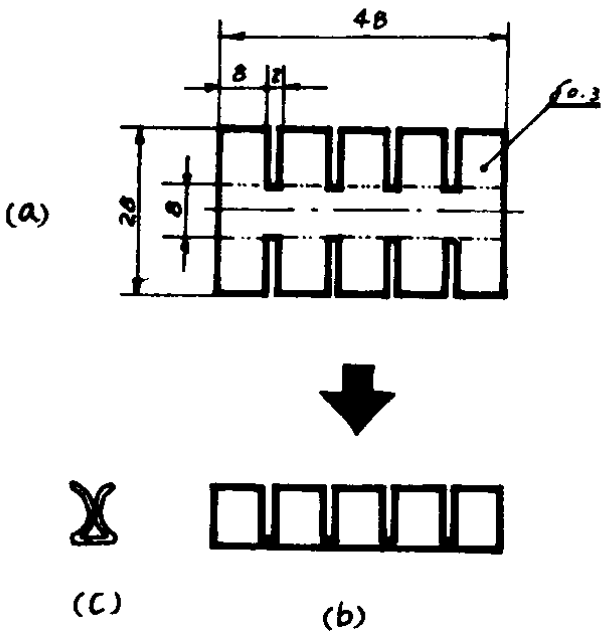


图 2 - 2

片装在一个左右各七个空档的塑料盒内，再在上面盖一块70×110mm的有机玻璃片(1~2mm厚)，并在每一个金属接触片的中心位置，在有机玻璃片上分别划线打孔，以供插入元件之用。小孔尺寸应打 $\phi 1.5\sim 2\text{mm}$ 为好，为了插入元件引线方便起见，最好在每个小孔的上方用M4-M5的铅头划一个沉孔。由于实验盒里一共装14个金属接

触片，而每一排接触片又有 5 对簧片，所以在整块有机玻璃片上，就应钻 70 个小孔。如果你自制的塑料小盒精度较高，也可以不用一个孔一个孔的划线打孔，而直接采用统一划线、统一打孔的办法。各小孔之间的尺寸规律是每个小孔与其他小孔的距离，均为 10mm 的矩阵，而靠近四边边线与小孔距离，均为 5 mm。

为了实验的方便，在水平位置的每 5 个小孔之间，都用 4 条短线连接起来，以表示这 5 个小孔是连通的。此外再给每一个小孔编一个号码，以便检查和组成电路的方便。有机玻璃片上打孔刻字、刻线以后，就称之为“盖板”了（请参看图 2 - 1）。

在电路实验的过程中，常常需要把一些元件固定在一块面板上，如电位器、可变电容器等。图 2 - 1 中的控制板就是专为此而设的，板上的三个桃形孔是为固定元件而设的。采用桃形而不采用圆孔，是因为桃形孔能够适应各种不同尺寸直径的元件装配。

在实验盒的左面和上面两边上各有两个凹槽、而右面和下面两边则有四个凸件，这些东西是为了采用多个实验盒时，可以方便地组合在一起而设的。

以上介绍的是产品实验盒（国内已有工厂生产）的构造，对于电子爱好者来说，也可以简化制作。方法是把 14 条金属接触片按中心距为 10mm 的距离，用铆钉铆在一块厚 1.5mm 的布胶板上，上面的盖板可以用四只 M3 × 16 的沉头螺钉，用螺母将两者固定起来即可。

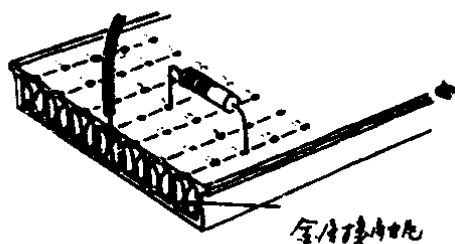


图 2 - 3

图 2 - 3 是实验盒的剖面图。