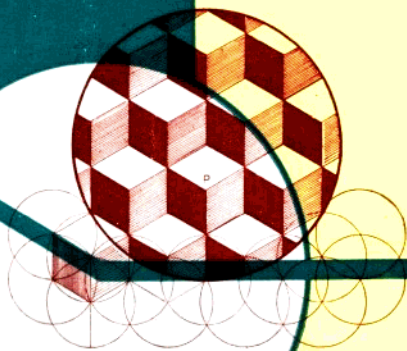


物理實驗模型

薛欣榮編著



萬里書店出版

出版說明

青少年朋友對模型製作大多具有濃厚興趣。

模型製作是一項有益身心的活動。通過一輛架空纜車、一台起重機、一艘活動船艇的製作活動，可以啟發青少年的智慧、了解機械結構的原理、認識材料和工具的使用、養成熟愛科學、喜歡自己動手的好習慣。

有關模型製作的書籍，我們準備陸續出版幾個專集，供青年朋友選擇自己所喜歡的。諸如模型車、模型船、模型機械、飛機、遙控玩具，等等……。所有模型都是會動的，動力大都採用小型電動機。

在選材方面，我們盡量注意到趣味性和富有啟發性，工具簡單、材料趨向時代化；都是易於籌措的輕木和塑膠，說明文字力求清楚明瞭，簡要地介紹科學原理，插圖多用實體圖解方式，使能一看便通其原理結構。

這幾本書的出版目的，是希望能對青少年們的科學活動起些微的幫助和促進作用，竭誠希望熱心人士不吝賜教，或提出意見，或提供材料，或直接給我們幫助。

目 次

出版說明	1
一、 本生燈的製造	1
二、 本生「炸彈」	4
三、 測溫器	6
四、 簡易熱機	9
五、 濕度計	16
六、 視錯覺的實驗	20
七、 混色器	26
八、 萬花筒	29
九、 駐波觀察器	35
十、 固定叉和米爾德裝置	41
十一、 卡爾頓哨子和竹笛	49
十二、 聲波的圖像——克洛瓦圓盤和崔社圓盤	53
十三、 浮沉子	57
十四、 推進器	60
十五、 噴氣推進器	63

十六、簡諧運動.....	66
十七、複合諧和運動.....	68
十八、橫風特勒發條器械.....	72
十九、諧振記錄器.....	75
二十、磁場圖.....	85
二十一、電流計.....	88

一、本生燈的製造

本生 (Bunsen) 是德國一位化學家的名字，他所發明的燈在科學上被廣泛應用，稱為本生燈。

本生燈的火焰是由於燃燒噴出的煤氣而產生的，噴氣在通過可以調節的氣孔同時把一股空氣吸入它的氣流。這同汽車的汽化器在把爆炸的混合物送入汽缸之前，先把空氣吸入汽化了的汽油中的原理是一樣的。

本生燈可以產生我們通常需要的一簇又乾淨又灼熱的火焰，但亦能在需要時產生一種轟鳴的強烈的火焰。使用本生燈時很少把氣孔關住，因為純煤氣燃燒的火焰是黃色的且會冒煙，但和空氣混合發出的是很有用的、柔和的藍色火焰，溫度可達 $1,000^{\circ}\text{C}$ 。

假如手頭沒有本生燈可用，可利用廢料自己動手造一個。材料要看我們的廢料箱裏有什麼東西而定。假如有一些直徑大約 $\frac{3}{8}$ 英寸，可以互相配合滑動的黃銅管那就十分理想了。造本生燈時，不用力求使各個零件的尺寸都很精確，只要我們知道它造成後是什麼樣子，就可以動手去造。

把廢鉛裝在牢固的鐵罐或廢鍋裏，然後放在煤氣灶上溶解，溶解後倒入鞋油罐裏。這個鑄件（鞋油罐

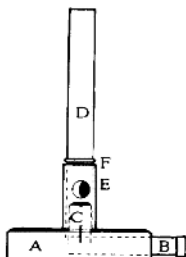


圖1 本生燈

可以連在上面)就形成一個重燈座(圖1)。用手搖鑽分別鑽一個垂直的和一個水平的孔，如圖中的B和C所示，它們是用來裝銅管的。銅管要稍為弄尖，用錘子敲進鉛座孔內，供應煤氣的B管可敲入達 $\frac{3}{4}$ 英寸，而噴氣管C應剛好敲入水平的孔裏，量度C管的尺寸，把鉛塞入，或直接鑄在管內。把熔鉛順着放在中央塗了油脂的縫針注入管口，把縫針抽出以後，就留下噴氣孔。在鑄鉛時，管子可固定於一塊事前已鑽好了一個淺孔的木塊裏，淺孔中央如能精巧地插着縫針，鑄的噴氣孔就會更符合要求。

選擇直徑合適的黃銅管作燈筒D和套筒E，在筒上鑿一對稱的氣孔。如找不到黃銅套筒，可用鐵管代替，當然樣子就不很好看了。假如D管不能恰好和C管貼合，可用一些Evo-stik之類的塑膠黏合劑把它們之間封好。要在管上鑿一對稱的氣孔，最容易的方法，是先把管子固定於台鉗上，先銼一個平面，然後再用鑽嘴為 $\frac{1}{4}$ 英寸的手搖鑽或電鑽鑽孔，最後用圓銼

修整氣孔，並把套筒內壁銼平滑，以便套入 D 管。把一圈銅綫焊在燈筒 D 上以防止套筒 E 滑脫。

假如 D、E 兩管氣孔完全對着的時候，空氣就會供應得過多，煤氣在燈筒內燃燒，因而火焰縮回，這種情況不應持久，否則噴氣孔會軟化而把氣孔封閉。

在底座上敷一層灰色的琺瑯會使燈更美觀，而把擦亮的銅管適當塗上清漆後就會保持得更好。爲了達到這個目的，把一點蟲膠片溶在變性酒精中，在管子旋轉時迅速用一把軟刷塗在管上。把要塗漆的工件先加溫乾燥可避免外表變得像牛奶一樣，這通常是在乾燥較慢時由水分造成的。

二、本生「炸彈」

本生燈的火焰正常地在管頂燃燒，但是假如氣孔太大或煤氣供應太少，火焰就會突然「呼」地一聲縮回到噴氣孔上。現在必須了解到空氣——煤氣的這種燃燒（即慢「爆炸」）通過混合氣體時有一定的移動速度，它取決於混合氣體的組成。假如從圓筒裏流出的混合氣體速率超過這個特定速度，一切都正常，火焰就在頂端燃燒。而假如爆炸移動速度大些，火焰就會縮回到噴嘴上。它當然在那裏停住，因為煤氣本身並不會燃燒；燃燒是煤氣和氧氣相結合的結果。

在一個兩磅蜜糖罐的蓋上鑽一個 $\frac{3}{8}$ 英寸的孔，並在罐底鑿一個孔以便裝一個軟木塞（如圖2）。用一個削尖的管子作鑽軟木塞器，在木塞上鑽一個洞以適合本生燈的圓筒。蓋上罐蓋，開始時不要太緊。在罐內充入煤氣，本生燈的氣孔則要封住，而當滿了時（約10秒鐘），在蓋上點亮煤氣。接着就擰開空氣，關掉煤氣。然後退後站在安全的地方等待。幾分鐘後火焰會明顯地從蓋上的孔消失，隨後，罐內的混合氣體就會爆炸，發出巨大的響聲，把罐蓋衝走，爆炸速率超過排氣速率，而速率很快的「打回」就會跟着發生。進

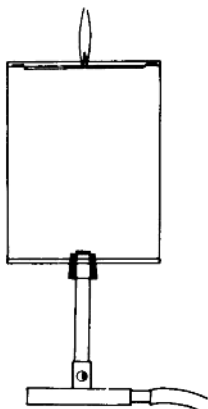


圖2 本生「炸彈」

行這個實驗時要留意，不要讓飛掉的蓋子造成任何損害。

三、測溫器

測溫器的原理是和液體的熱膨脹有關的。測溫器很容易造，所需材料只是一根大約長 2 英尺，內徑為 $\frac{1}{8}$ 英寸的空心薄玻璃管。

空氣測溫器的製作方法

拿一個普通藥瓶，在軟木塞上鑽一個孔，該孔能緊緊夾住該玻璃管；假如發現孔口漏氣，就必須塗上蠟（圖 3）。用紅墨水把瓶底的水染成紅色，然後把玻璃管插入瓶裏，使它幾乎接觸到瓶底。吹入一兩個氣泡，水就能升到玻璃管底部適當的高度。假如水停在那個高度上不動，那就可以假定軟木塞和管子之間沒有漏氣。

這種裝置叫做空氣測溫器，在管子上刻上適當的度數，就可用來當作一種粗式的溫度計。無論如何，這種粗糙的測溫器對溫度的變化非常敏感。

把雙手貼在瓶子上，手溫就會使管子裏的水位升

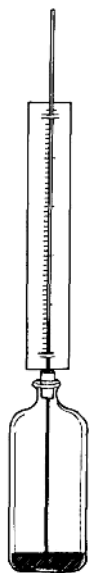


圖3 測溫器

高不少，這是因為瓶子裏的空氣有很大的膨脹性。溫度每升高一度，膨脹的幅度事實上只是攝氏零度時的空氣原來體積的 $\frac{1}{273}$ 。另一方面，這種測溫器如用作永久的溫度計，是遠遠不夠準確的，因為它不是密封的，而是暴露在空氣之中，因此它既受溫度的影響也受氣壓變化的影響。它還有另外一個缺點，就是液體會逐步蒸發。又若把該瓶子投入一盆熱水中，空氣會迅速膨脹，這會把一股紅色的水擠出管子頂部。

水測溫器的製作方法

現將同樣裝置（即圖3）改裝成「水測溫器」，瓶內裝滿有色的水，而管子只達到軟木塞底下，管子內水面高度的變化將是由水和瓶子膨脹的差異引起的。把測溫器的瓶子投入一盆熱水，並仔細觀察管內水頂的彎月面。它先是大幅度下降，這是由於玻璃膨脹增加瓶子內部的容積所造成的。接着它開始慢慢上升，經過刻度上它原有的起點，並繼續上升一直到瓶內的水的溫度和盆裏的水的溫度一樣為止。

由此可見，雖然水的膨脹比空氣要小得多，但使用這種測溫器還是很容易把它測定出來。

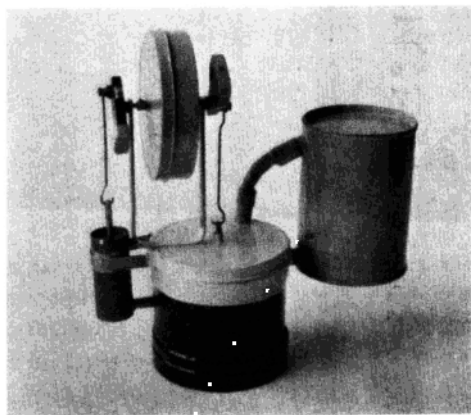
四、簡易熱機

工程師們從很早的時候起，就很關心把熱轉化成更爲明顯的運動形式這個問題。從瓦特時代一直到現代蒸汽渦輪機的設計者，蒸氣法都得到最充分的利用，核子發電站亦依靠這種方法。而這往往使我們忽視到一點，就是由空氣直接膨脹而產生的轉化會比利用蒸氣更爲簡單。

空氣隨着溫度升高而膨脹，如果不讓它膨脹，空氣壓力就會按比例增大。前者在蓋·呂薩克定律中已提到：「在不變的壓力下，氣體體積與絕對溫度成正比」；而後者則可見於壓力定律：「一定質量的氣體在體積不變情況下，壓強與絕對溫度成正比」。

下面就談談簡易熱機的製作過程。這種模型不會產生可觀的動力，但它能很好說明熱能怎樣直接轉化成機械能。

用一個裝在汽缸冷熱兩端之間的鬆動位移器，把空氣推來推去使之交替地加熱和冷卻，因而產生熱使空氣膨脹，推動汽缸裏的一個適合的活塞。這個機械能就傳給飛輪，而飛輪的曲柄軸反過來就把鬆動位移器上下移動。同樣的空氣，如果我們假定沒有從汽



照片圖 1

缸裏漏出的話，是在整個過程中始終起作用的物質。要注意到它既不按照壓力定律所規定的特殊條件（因其體積不是不變的），也不按照蓋·呂薩克定律所規定的（因其壓力不是不變的），而是以有趣的方式把兩者結合在一起，所以上述的定律不能直接應用，而必須稍加修正。

在造模型之前，必須先收集各種各樣大小不一的罐頭空罐，以供選擇，在造這種和其他模型時，碎鉛管、銅管和鋼管，都是很有用的。

這個模型是焊接工藝的一次好練習，因為有些軟焊部分緊密相鄰，而接縫又必須密不通風的。焊接的初學者必須注意兩點，首先表面必須真正刮乾淨，若能塗上一層錫更好。其次，在進行焊接時，要連接的

零件必須先用鐵線綁住或用其他方法固定。對於熱容量大或冷卻面大的物件，可以直接用本生燈，但對於小些的接縫，則要用吹管或電烙鐵。

首先要造好的零件是動力汽缸和活塞⑥(圖4)，接着是帶動位移器的⑦桿和適合它的軸承管⑧，汽缸用大約十多毫米直徑那麼粗的光滑黃銅或鋼管來造就很適合。活塞要在裏面和管壁吻合，而且要滑動輕便，假如沒有金屬活塞，亦可以用黑檀木之類的硬木車削而成。在汽缸內部用輕合金鑄成活塞，或甚至用兩枚硬幣裝在一根中心桿上造成活塞亦可。為了保證活塞和汽缸壁吻合得好，一個證明成功的方法是在活塞上車削一圈淺淺的凹槽，然後用如Loy之類的軟金屬「焊藥」填入，而在它還很軟時，把活塞推入預先塗上油脂的汽缸內，使它在那裏凝固。但是，除在小模型以外，木材並不是真正適宜的活塞材料，因為它所含的水分會使它變形。

膨脹室⑨(見圖4)是一個圓柱形的罐子，直徑是4英寸，高2 $\frac{1}{2}$ 英寸，位移器在裏面上下移動。罐子底部用一個小本生燈或酒精燈加熱，而罐子頂部用另一個裝着冷水的罐子⑩封閉住。罐子⑩的直徑也是4英寸，但只有1英寸深。準確地在中間鑽好孔，然後把位移器桿⑦的導管焊進去。

空氣位移器⑪是用輕乾硬木材車削成的圓柱體，它的半徑比⑨罐要少 $\frac{1}{8}$ 英寸，它的厚度要使它自由上下移動 $\frac{1}{8}$ 英寸，因而把空氣從罐子的高溫部分轉移到低溫部分，造成膨脹收縮互相交替。在位移器下面裝上鐵片圓盤可使那裏的熱均勻，而且減少木材燃燒

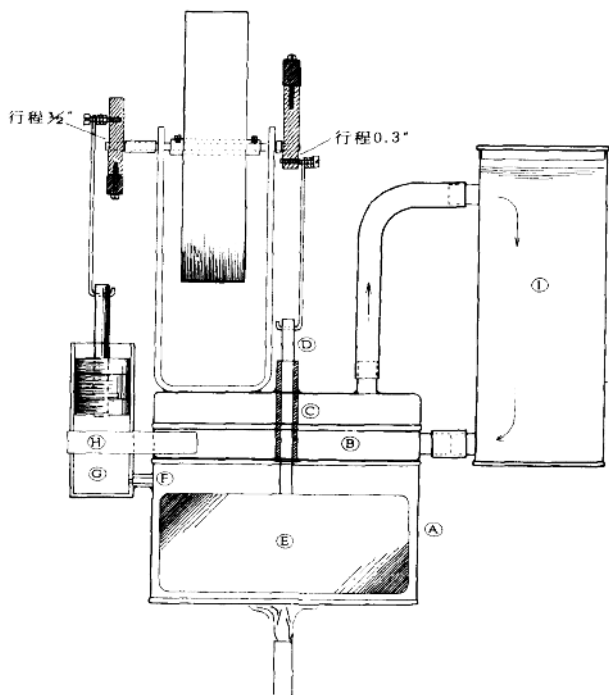


圖4 簡單熱機

的可能性。位移器桿①必須裝在正中並且要裝得直，而且由於整個器具的重量要盡可能輕，所以用空心的管子來造要比用金屬棒好。必須記住，在把位移器裝

入A罐並且把冷却罐B焊在A罐頂部以後，罐子內部將無法看見，要不是罐內留下一個 $\frac{3}{8}$ 英寸的洞作為通往汽缸C的出口，整個罐子就是密不透風的了。

F處的一根短黃銅管把A罐和C動力汽缸連接起來。汽缸和管子正確地擺好了，就用鐵線把它們綁住而把夾帶H以及F處的短管焊好。如果F洞在罐子邊較高的地方，靠近冷却罐，焊接處就不會受到運轉時罐底合理加熱的影響。

B罐的容水量不多，如果要較長時間保持冷却就不足用了，因此在旁邊加上一個冷却罐D。這是一個大罐，焊上 $\frac{3}{8}$ 英寸金屬管再用幾英寸軟管連接到B罐上。要注意必須使冷却的水自由循環。在B的下面加熱時，水就產生對流，而D罐內裝的水在相當的時間內可起冷却作用。D罐要漆成無光澤的黑色，從A罐的空氣裏傳遞熱的方式有三種：

1. 通過B罐底部傳導；
2. 通過水在B罐和D罐間循環而對流；
3. 由D罐的廣泛黑色表面而引起的輻射損失。

熱機的直軸和軸承沒有必要加以贅述，而且它可裝上一副很令人滿意的飛輪。與其試圖把曲柄在軸內拗彎，倒不如用紅纖維板或白梭寧（Paxolin）（一種酚醛層壓塑料）在軸內做成更為簡單的曲柄（如圖5所示）。在一塊扇形板上鑽A、B和C三個孔，板厚 $\frac{1}{8}$ 英寸，A、B的距離就是其必要的衝程，而孔的大小必須緊緊地和曲柄銷和軸相配。鋸一條縫直到C；然後把一個夾緊螺絲旋過橫孔D。對位移器曲柄（大約0.3英寸）來說，A B的長度是位移器的總有效行