

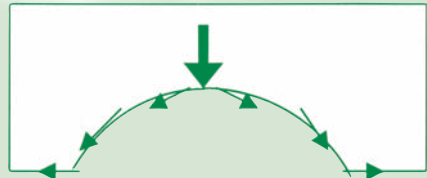
先鋒工程的力學原理 (三)

今期繼續為大家介紹與先鋒工程有關的力學原理。

9. 形狀與設計 Shape and design

A. 拱形設計

無論是吊橋抑或用樁臺承托的橋，在設計時，其底部都會採用拱形。原因是當橋受到負荷時，其形狀仍能保持不變，將重力傳到兩邊去，情形就等於盛載壓縮氣體容器底部的設計一樣。



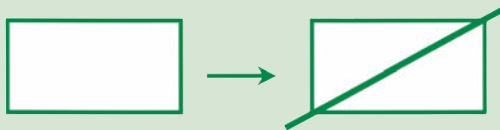
B. 三角原理

三角形是各項先鋒工程設計的靈魂。小至營地紮作，大至瞭望台，皆採用三角形的設計，以達至最穩固和不變形的效果。看看下面兩個例子：

1. 由於三角形三邊的長度是固定的，彼此互相「鎖住」的，就算受到壓力或拉力，其形狀仍然能維持不變。
2. 長方形的設計會因受到的拉力而改變其形狀。



因此，我們通常會在方形設計中加上一條竹，使成為兩個三角形。



C. 船的形状

輪船的形状，大多是上闊下窄的，及有一個相對於船身不小的船艙。原因有二：

1. 要令船能浮在水面。只有大體積的船身，才能令整艘船的平均密度低於水。
2. 要令船在航行時較穩定。船身只有向橫發展，才會減少左右擺動。所以，如果船身的橫切面是長條形，便不能符合上述原則。



一般船隻的形状



不符合原理的形状

D. 三角形的比例

瞭望台、馬騮橋、空中走廊皆運用上下雙三角形的設計。上方三角形與下方三角形的比例應該是多少，我們可以用以下3個例子找出答案。一般而言，上方三角形的面積 (A) 總是不能大於下方三角形的面積 (B)。

面積 A < 面積 B



i. 瞭望台

由於整個瞭望台的重量，皆在台的中線，因此，只要符合上方三角形面積小於下方三角形面積的原則，瞭望台就不會太易翻倒。如果比例為 1:1 時，當使用者攀上瞭望台後，其重心就會升高及偏向一邊，在計算力矩時，其重心就會向外移出，使其有翻倒的危險。因此，在設計瞭望台時，上方三角形跟下方三角形的面積比例應減為 1:2。這樣一來，會增加瞭望台的平穩性，又可令上面的平台面積不會太小。

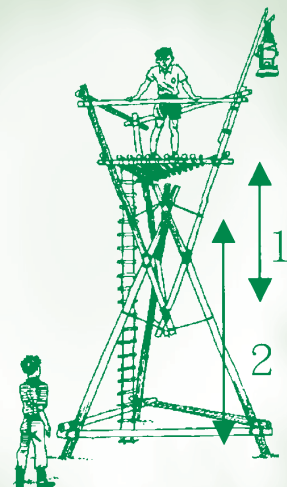
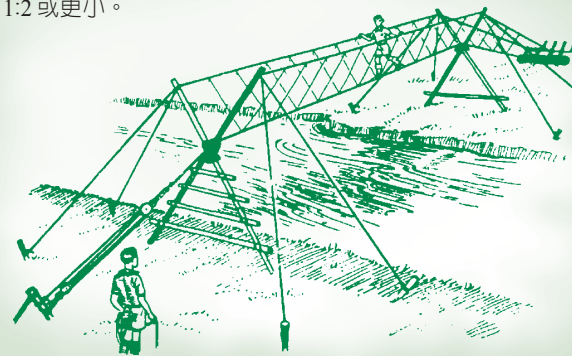


CHART XXXVI THE HOURGLASS TOWER

ii. 馬騮橋

馬騮橋的設計，上下三角形的面積比例可增至 1:1。這樣，會令上方三角形有較大的空間讓使用者跨越，又可令橋身不至太高。當然，如果設計者希望橋身更高一些，增加其刺激性，可將上下三角形的面積比例減至 1:2 或更小。



iii. 空中走廊

在空中走廊的設計裏，三角架的主要功用是用來承托主纜。因此，上下三角形的面積比例會增至最大。



10. 密度與浮力 Density and buoyancy

究竟是否重的物體一定會沉在水裏，而輕的物體一定會浮在水面呢？這是沒有結論的，主要是視乎該物體的形狀與設計。我們大致上可以用下面兩個理論去解釋。

A. 亞基米德定律

希臘數學家亞基米德發明了一條定律，可以用來解決物體的設計在流體 (水) 內所受到的浮力。

物體受到的浮力 = 物體浸在水裏所排出的水的重量

簡單來說，如果物體浸在水裏部分 (體積)，而排出的水越多，該物體所受到的浮力就越大。這正可用來解釋一塊實心鐵不能浮在水面，但將同一塊鐵，造成空心大體積的船，它便會浮在水面的原因。小船加上划船者能夠浮在水面，主要是靠其中間空心的設計，使其有較大的體積沉在水裏，從而受到大的浮力。當然，我們最關注的是，當小船加上划船者放在水裏的時候，不單是船能否浮在水面，而是船身會有多少沉在水裏，從而去評估船的安全性和穩定性。

我們可以利用以下公式去計算物體浸在水裏的深度 D (cm)；船加上划船者的質量為 m (kg)、面積為 A (m²)。

$$D = \frac{m}{1000 \times A} \times 100$$

從上式看來，如果船的面積越大，其沉在水裏的深度就越少。

例子：假設小船加上划船者的質量為 80kg，船的面積為 1.0 平方米，因此，船身將會有 8 厘米的部分沉在水裏。

$$D = \frac{80}{1000 \times 1.0} \times 100 = 8 \text{ cm}$$



B. 密度與浮力

另一個比較簡單的方法去計算木筏或艇能否浮在水面，便是計算其平均密度。無論物體有多大，有多負重，只要其本身質量加上划者的平均密度小於水的密度 (1000kgm⁻³)，便會浮在水面。我們可利用以下公式去計算物體的平均密度：

$$\text{密度} = \frac{\text{質量}}{\text{體積}}$$

舉例，有一塊實心的鐵，其體積為 1 立方米，質量為 7800kg，因此該塊鐵的密度為：

$$\text{鐵的密度} = \frac{7800}{1} = 7800 \text{ kgm}^{-3} > \text{水的密度 (1000kgm}^{-3})$$

如果將這塊鐵造成一個長立方體，其體積為 10 立方米，這樣它的平均密度將降至為 780kgm⁻³，小於水的密度。

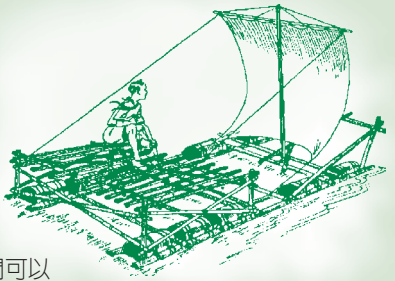
因此，只要將船造大一些，或將木筏加上空水桶，便能大大降低物體的平均密度。造木筏時，先造一個平面的骨架，然後放空心的水桶在木筏之下。雖然水桶的數目越多，浮力就越大，但這樣也會增加木筏的體積和質量。此外，如果木筏的面積越大，重心就越低，其穩定性也較高，這是可以用力矩原理來解釋的。

假設木筏在未加上空水桶前的體積為 0.2 立方米，質量為 30kg；每位乘客的體積為 0.07 立方米，質量為 70kg，共 8 位乘客，每個水桶的體積為 0.15 立方米，質量為 5kg。因此我們可以利用以下程式去計算木筏在未加上水桶前，及加上水桶後的平均密度：

$$\text{未加水桶前} \quad \text{密度} = \frac{\text{質量}}{\text{體積}} = \frac{70 \times 8 + 30}{0.07 \times 8 + 0.2} = 776 \text{ kgm}^{-3}$$

$$\text{加水桶後} \quad \text{密度} = \frac{\text{質量}}{\text{體積}} = \frac{70 \times 8 + 30 + 5 \times 4}{0.07 \times 8 + 0.2 + 0.15 \times 4} = 449 \text{ kgm}^{-3}$$

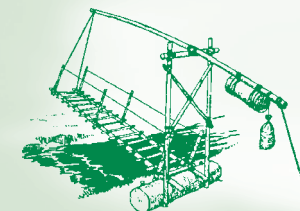
從以上例子可見，無論木筏有沒有加上水桶，其平均密度都低於水。所以它一定能浮在水面。這是理所當然的，因為竹本身是浮水的，而人的平均密度又大概等於水，因此無論有否加入水桶，整隻木筏都會浮在水面的。可是，在乘坐木筏時，大家當然不希望只有頭部露出水面，而整個身體是浸在水裏的。木筏在未加水桶前的平均密度是接近水，即是有較多的部分 (人體部分) 需要浸在水裏，從而得到足夠的浮力去承托其重量。當加入水桶後，整體密度大大降低，這樣就只需較少的部分浸在水裏去。(注：海水的密度是大於 1000 kgm⁻³)



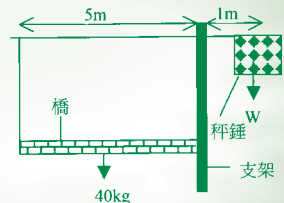
11. 重力 Weight

重力是一種「免費」的力，只要好好地加以利用，便能設計出有用和有效的紮作。例如在設計一個起落橋的時候，我們便會在橋的後端加上一個秤錘 (counter weight)。一來可以平衡橋面的重量和負荷，又可以助我們提升橋面。這個設計其實早就應用在升降機上，反重力裝置就是利用此原理。我們可以利用槓桿原理來計算裝在後部的反重力裝置需要多重才做到最省力的效果。

A. 秤錘橋



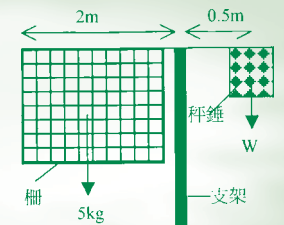
利用程式 ①
 $W \times 1 = 40 \times 2.5$
 $W = 100 \text{ kg}$



B. 秤錘柵



利用程式 ①
 $W \times 0.5 = 5 \times 1$
 $W = 10 \text{ kg}$



總結

在這三章裏，我們都學過了應用在先鋒工程之上的力學。雖然如此，在不同的環境，使用不同的器材和材料時，是需要計算上作出修正，這樣主要是為增加安全性。除此以外，以上各項皆以「靜態」的方式計算，如果工程是「動態」的話，我們也需在計算上作出修正。