

# 心有千千結

設計者：國立臺灣師範大學物理學系 黃福坤副教授

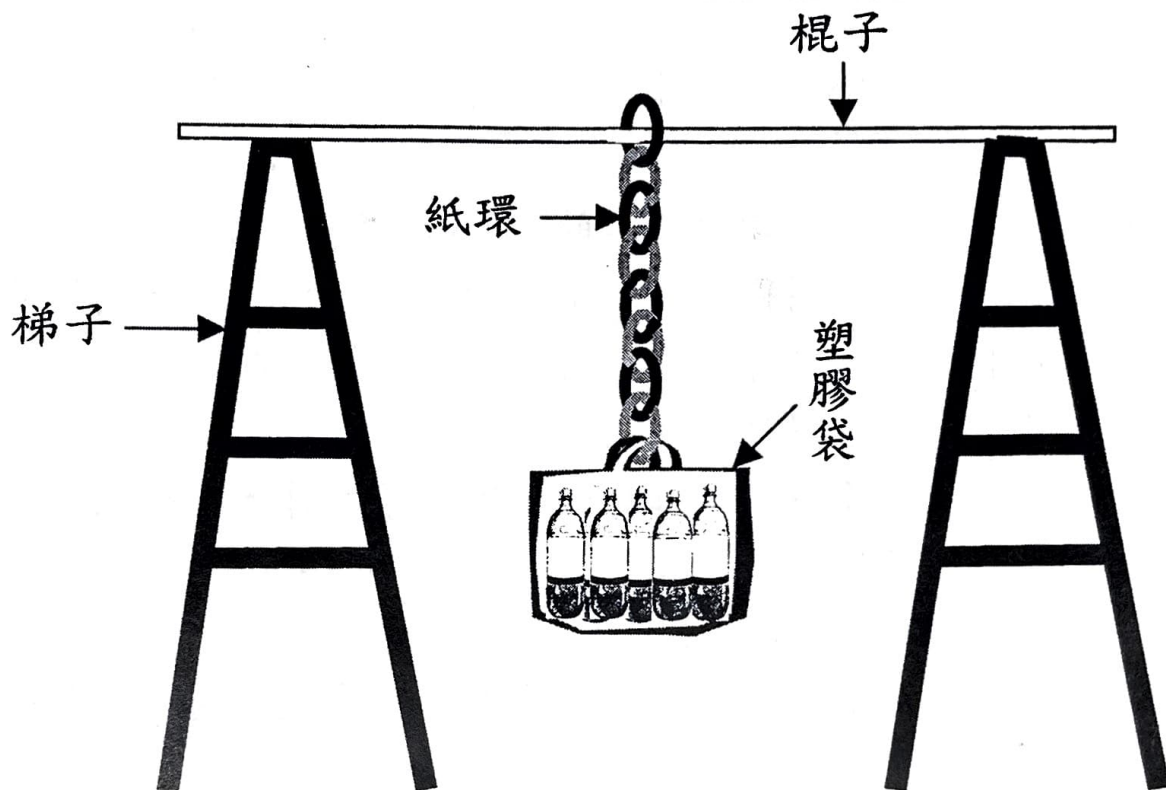
薄薄一紙不起眼，環環相扣成千結，  
緊緊相繫力量大，團結同心吊百斤！

## 一、目的

利用70磅的A4影印紙，以徒手不使用其他方式的方式，製作出環環相扣的紙鏈條，透過懸吊、搬運礦泉水瓶的方式，較勁紙鏈條的耐拉力、長度與環節數目。

## 二、原理

利用紙張間的摩擦與適當的摺紙方式，製作環環相扣而不至於鬆開的紙鏈條。重疊或拼接多張紙雖可增加整體耐拉力，但是紙環圈數或長度相對減少。若是將紙張撕成多張，雖然可以增加環節數目，但是也增加了紙環鬆脫的可能性，同時減少了耐拉力。如何在環節數目、長度與耐拉力之間取得最佳平衡的組合，且如何避免紙環的脫落是一項可藉由做中嘗試、發掘並值得進一步探討的有趣課題。



【圖 1-1：心有千千結】

### 三、競賽方式

#### 活動一：長度與耐拉力的抉擇

※使用材料：A4 紙、塑膠袋。

※競賽說明：

1. 競賽重點：每一紙環吊起礦泉水後，所能支撐的礦泉水瓶數 (N) 與紙鍊條長度 (L)
2. 競賽共分為製作階段及評審階段。各隊依規定的製作時間內完成紙環製作，製作時間停止時請遵從評審的指示，將製作完成的紙鍊條帶至競賽區，由裁判先檢查各隊送交的紙鍊條是否使用大會發給的材料製作且符合製作規定而完成。違者不予評分。合格者依照事先抽籤順序放置並聽候裁判指示依序參加競賽。

3. 製作規定：

- (1) 時間：10 分鐘 / 每隊。請在時間內完成，逾時不予計分。
- (2) 各隊僅限用大會所發給的 4 張 A4 紙，在 10 分鐘內每位隊員均需個別獨立使用單張 A4 紙，設法製作一條可以吊重物的紙鏈條，即各隊共製作 4 條成品。但個人使用的紙張不得彼此交流。
- (3) 參賽者空手進入製作區，僅可徒手製作，不得使用任何文具及器材。

4. 競賽評分程序與規定：

- (1) 時間：1.5 分鐘 / 每隊。請在時間內完成，逾時不予計分。
- (2) 同一組四位隊員於指定時段內（即限時 1.5 分鐘內）進行並完成以下評分步驟。
- (3) 紙鏈條下方鉤住塑膠袋的環節，隊員自行添加礦泉水於塑膠袋內（每瓶容量約 600 mL），並由評審紀錄所添加礦泉水的最大瓶數(N)。
- (4) 由隊員自行提起礦泉水直到塑膠袋底部離開地面至少 15 公分後，讓評審先丈量該隊的四個紙鍊條成品的長度 (L)。
- (5) 由製作者或同組隊員的協助，自行徒手或利用棍子設法將紙鏈條與礦泉水抬到距離一公尺的終點位置上等候裁判確認，移動過程中塑膠袋底部需維持離開地面至少 15 公分的高度。
- (6) 計算得點後，成品由主辦單位收回檢驗！若發現有違反規定者，不予評分。

## 5. 注意事項：

- (1) 同時段參賽各組依抽籤順序完成以上競賽與計分程序。
- (2) 參賽者自行添加並判定塑膠袋內所欲添加最多礦泉水瓶數，塑膠袋離地面後不得再添加或減少礦泉水瓶數。
- (3) 為避免延誤活動時程，每組限於1.5分鐘內完成，若時間到以當時所完成得點計算，換下一組競賽。
- (4) 為了掌握大會整體時間，請第一個競賽的隊伍，從紙鏈條與塑膠袋套好後開始評分時，其準備時間不得超過1.5分鐘。
- (5) 將要進行競賽的下兩隊於等候期間，請事先將紙鏈條套在塑膠袋的環節上，計時開始後開始添加礦泉水於塑膠袋內。

\*得點標準：

1. 請裁判記錄礦泉水瓶數 (N) 並測量紙鏈條最高點到最低點的總長度 L (單位公分)。若塑膠袋底部離開地面至少 15 公分，在評審丈量長度後 (時間約需 10 秒)，未發生斷裂或鬆開情形，可得點 =  $N \times L$ 。若紙環在此期間斷裂鬆開，則得點為零。
2. 若進一步成功移動一公尺距離抵達終點位置後，得點數加倍 =  $2 \times N \times L$ 。若塑膠袋底部未能離開地面至少 15 公分或是移動過程中紙環斷裂鬆開則得點仍為  $N \times L$ 。
3. 將四位成員個人單項點數相加後得到該小組活動一得點總和 (X)。

$$x = \sum_{i=1}^4 x_i, \quad x_i = 0 \quad \text{or} \quad N_i \cdot L_i \quad \text{or} \quad 2 \cdot N_i \cdot L_i。$$

## 活動二：環節數目與耐拉力的抉擇

＊使用材料：A4 紙

＊競賽說明：

1. 競賽重點：每一紙環吊起礦泉水後所能支撐礦泉水瓶數 (N) 與紙環圈數 (M)。
2. 競賽共分為製作階段及評審階段。各隊依規定的製作時間內完成紙環製作，製作時間停止時請遵從評審的指示，將製作完成的紙鍊條帶至競賽區，由裁判先檢查各隊送交的紙鍊條是否使用大會發給的材料製作且符合製作規定而完成。違者不予評分。合格者依照事先抽籤順序放置並聽候裁判指示依序參加競賽。
3. 製作規定：
  - (1) 時間：15 分鐘 / 每隊。請在時間內完成，逾時不予計分。
  - (2) 各隊僅限用大會所發給的 4 張紙，一定製作可以吊重物的兩條紙鍊條。紙張使用的分配由各組自行決定。
  - (3) 參賽者空手進入製作區，僅可徒手製作，不得使用任何文具及器材。
  - (4) 每個紙環直徑不得小於 3 公分，違反部份不予採計圈數。
  - (5) 每個紙環必須與垂吊重物有關，即有負擔到支撐重物力量者，若是裝飾用則不採計。
4. 競賽評分程序與規定：

時間：1.5 分鐘 / 每隊

  - (1) 同一組四位隊員於指定時段內 (即限時 1.5 分鐘內) 進行並完成以下評分步驟。
  - (2) 紙鍊條下方鉤住塑膠袋的環節，隊員自行添加礦泉水
  - (3) 於塑膠袋內 (每瓶容量約 600 mL)，並由評審紀錄所



添加礦泉水的最大瓶數  $N$ 。

- (4) 由隊員自行提起礦泉水直到塑膠袋底部離開地面至少 15 公分後，讓評審紀錄合乎規則的圈數  $M$ 。
- (5) 由製作者或同組隊員的協助，自行徒手或利用棍子設法將紙鏈條與礦泉水抬到距離一公尺的終點位置上等候裁判確認，移動過程中塑膠袋底部需維持離開地面至少 15 公分的高度。
- (6) 計算得點後，成品由主辦單位收回檢驗！若發現有違反規定者，不予評分。

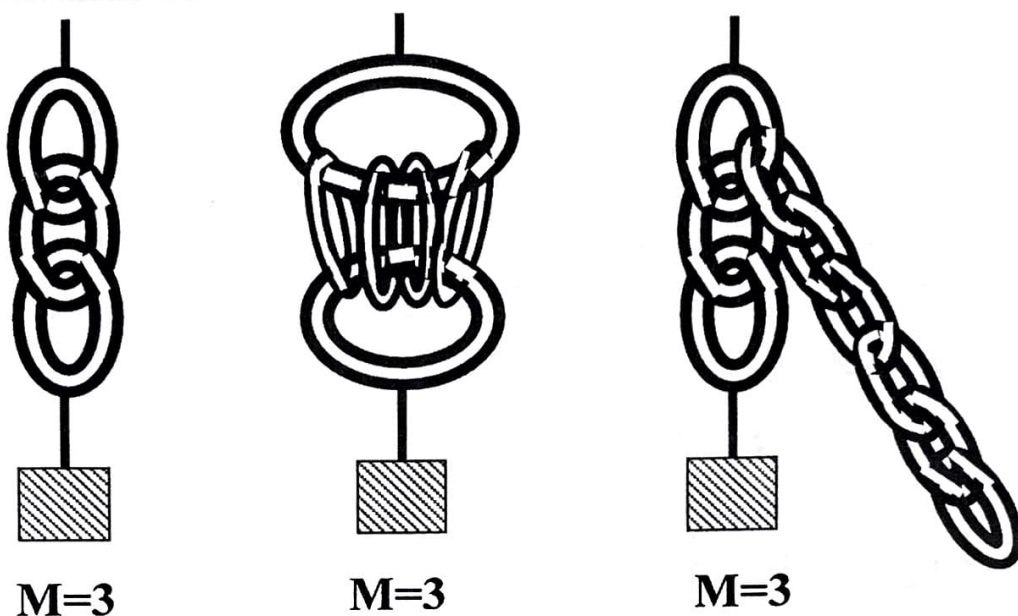
#### 5. 注意事項：

參賽者自行添加並判定塑膠袋內所欲添加最多礦泉水瓶數，塑膠袋離地面後不得再添加或減少礦泉水瓶數。請裁判記錄礦泉水瓶數與紙鏈條直線串接受力部分圈數  $M$ 。

#### \*得點標準：

1. 每一紙環單項最高得點 =  
 $2 \times M (\text{圈數}) \times M (\text{圈數}) \times N (\text{瓶數})$
2. 若塑膠袋底部離開地面至少 15 公分，在評審計算圈數後（時間約需 10 秒），未發生斷裂或鬆開情形，可得點 =  $M \times M \times N$ 。若紙環在此期間斷裂鬆開則得點為零。
3. 計算紙圈標準，請參考圖 1-2。
4. 若進一步成功移動一公尺距離抵達終點線後，得點數加倍 =  $2 \times M \times M \times N$ 。若塑膠袋底部未能離開地面至少 15 公分或是移動過程中斷紙環裂鬆開則得點仍為  $M \times M \times N$ 。
5. 將兩次得點相加得到每隊活動二得點總和 ( $y$ )。

$$y = \sum_{i=1}^2 y_i, \quad y_i = 0 \quad \text{or} \quad M_i \cdot M_i \cdot N_i \quad \text{or} \quad 2 \cdot M_i \cdot M_i \cdot N_i$$



【圖 1-2】

#### 四、器材

器材準備	名稱	規格	數量	備註
大會提供 各隊	A4 影印紙	70 磅	4 張	活動一
	A4 影印紙	70 磅	4 張	活動二
	塑膠袋		4 個	
	礦泉水	約 500 ~ 600ml	數瓶	回收、重複使用
自備	無			

評審工具：皮尺（1.5公尺以上）、簽字筆、原子筆、評分表  
備註：

1. 活動一、二僅使用雙手，不得添加、應用其他器材或物品。
2. 注意事項：本活動除了A4紙張以外不得使用其他任何工具或器材，利用雙手撕裂或摺疊紙張完成最後成品，競賽時由主辦單位準備紙張以現場製作的成品進行競賽。爲了

環保，練習時所使用紙張請採用準備丟棄的影印文件紙張。

## 五、時間

※說明及領材料：5分鐘

※製作時間：活動一：10分鐘、活動二：15分鐘

※評審時間：40分鐘（每段各二十分鐘）

## 六、評分方法

1. 活動一(x)：將各隊活動一的總得點x，與他隊依六等第計分法排序，得活動一之得分A。
2. 活動二(y)：活動二的總得點y，與他隊依六等第計分法排序，得活動二之得分B。
3. 單項優勝獎：將各隊活動一、二兩項得分相加，所得總分 $Z = A + B$ ，再與他隊依六等第計分法排序，得每隊在心有千千結活動的總排名。排名最高者，獲得單項優勝獎。若有兩隊以上同分時，則以活動一分數高者排名較前。

