

「猴」犀利的摩擦力

設計者：游珮均 老師

共同設計：吳原旭 老師

一.目的：

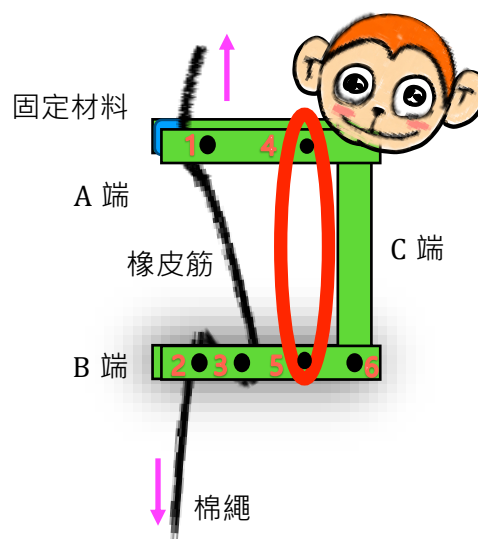
摩擦力在生活中有許許多多的應用，摩擦力的影響因素有接觸面的性質、作用於接觸面的力等，在製作爬樹猴的過程，設計造成不同摩擦力的條件，再利用棉繩與爬樹猴間的摩擦力不同，製作出不同爬行速度或負重能力的爬樹猴。透過活動設計提供了一個兼具探究實作及趣味性的科學競賽，可讓參加活動的學子瞭解摩擦力在生活中的應用。

二.原理：

猴犀利的摩擦力是利用摩擦力的大小差異設計出不同爬行速度或負重能力的爬樹猴，爬樹猴的結構如圖一，當操作者拉扯上下兩端棉繩時，A B 兩端對棉繩的摩擦力不同，使得爬樹猴進行開合運動，此時棉繩在 A B 兩端受力不同，使得棉繩位移的距離不同。

爬樹猴的結構主要是由 5 根冰棒棍及 1 條橡皮筋構成，2 根作為前肢(A 端)、2 根作為後肢(B 端)、1 根作為身體(C 端)。冰棒棍上的 6 個黑點為支點 1 ~ 6，鑽孔後以固定棒來連接 A B C 端冰棒棍。支點各有不同用途，支點 1 ~ 3 會與棉繩接觸，支點 4 與 5 用來固定橡皮筋，支點 6 連接 B、C 兩端的冰棒棍，可使冰棒棍轉動。

當操作者用力拉扯棉繩時，會使爬樹猴 B 端冰棒棍向下轉動，棉繩會在支點 1 ~ 3 間產生位移；當操作者放鬆棉繩時，藉由橡皮筋的伸縮，爬樹猴 B 端冰棒棍會向上轉動回到原來的位置，此時爬樹猴完成了一次開合的運動，可觀察到爬樹猴往棉繩上方移動。

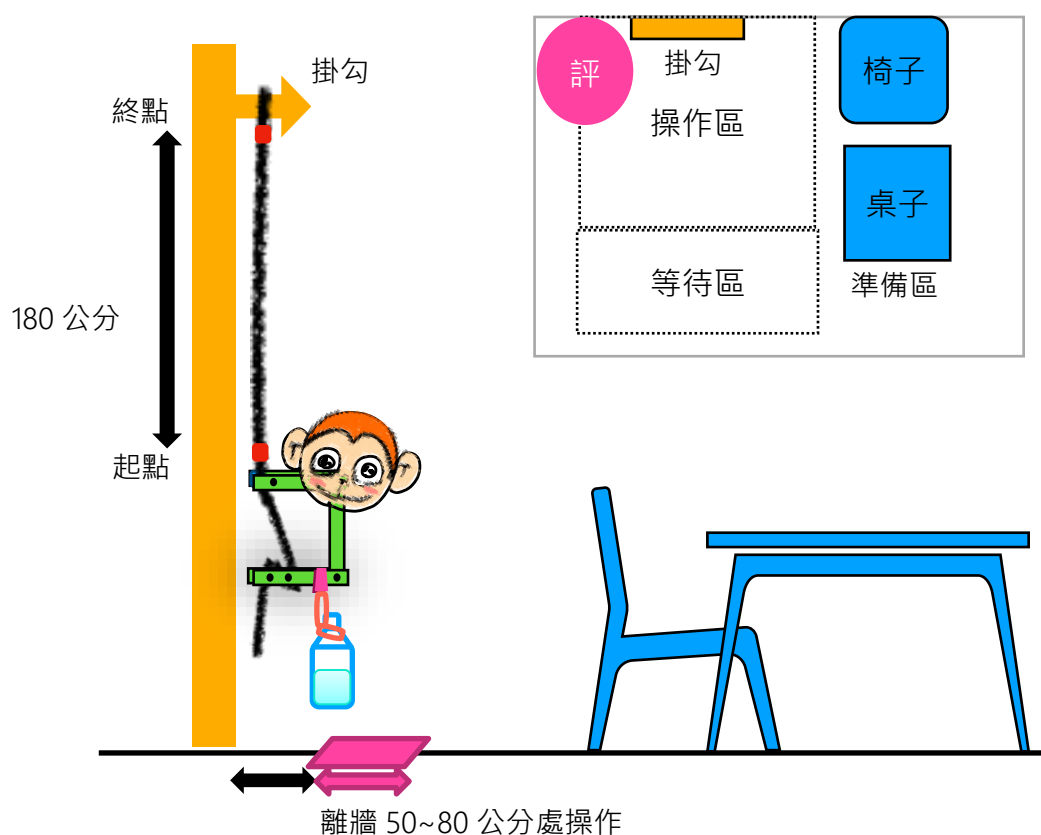


圖一 爬樹猴的結構示意圖

三.活動一：任重「猴」道遠

(一) 場地說明：

本活動場地大小約為長 180 公分、寬 150 公分，場地擺放一張 60cm 寬桌子、60cm 寬椅子及牆面，牆面離地 220 公分處放置一個掛勾，如圖二所示。开始前準備時間，參賽隊伍於「準備區」預備比賽，參賽隊伍以椅子協助將棉繩固定於掛勾，桌子擺放一桶水、抹布、漏斗、杯子(勺子)及電子秤供參賽隊伍自行決定取用數量。開始比賽時，評審位在掛勾一側計分，一位隊員在「操作區」操作，其他隊員在「等待區」等待輪流進行比賽。



掛勾離地 220 公分，起點至終點爬行距離為 180 公分，操作者離牆距離 50~80 公分處拉繩操作。

(二) 使用材料：

- 大會提供材料：冰棒棍（三種尺寸各 15 根，活動一、二共用）、白色棉繩（規格為 1mm 三股）250 公分 1 條。
- 參賽者自備材料與工具：橡皮筋、固定棒（如牙籤）、固定材料（如泡棉）、夾子 3 組、600mL 保特瓶數個、奇異筆 2 枝（紅、藍各一枝）、鑽子、剪刀、筆、尺、瞬間膠或免插電熱融膠、自製猴子頭部紙片。

(三) 製作說明：

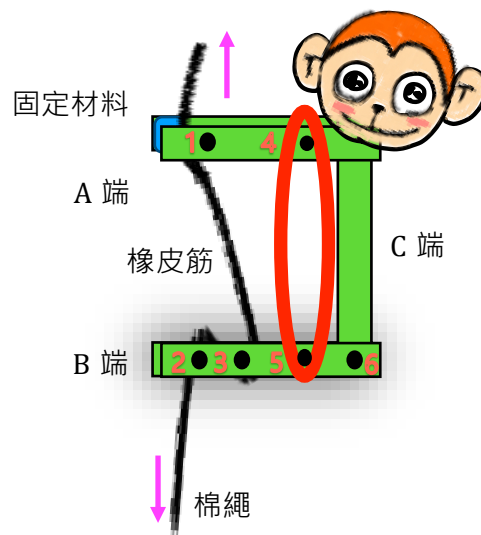
1.製作：

- 棉繩的準備：

- (1) 取一條 250 公分的棉繩，棉繩前端以紅色奇異筆作記號，即為「起點」，末端處以紅色奇異筆畫記，即為「終點」，使起點與終點爬行距離為 180 公分。在終點前 10 公分處以紅色奇異筆畫記，作為達終點下滑 10 公分的判斷。前後兩端多出的棉繩用來固定在掛勾上及以手操作使用。

- 爬樹猴製作：

- (1) 製作一隻爬樹猴，取 5 根冰棒棍製作爬樹猴，2 根作為前肢(A 端)、2 根作為後肢(B 端)、1 根作為身體(C 端)。先將 A 端的 2 根冰棒棍各鑽 2 個孔 (支點 1 及 4)，A 端的 2 根冰棒棍夾住 C 端的冰棒棍一端，並在相接處以瞬間膠固定。

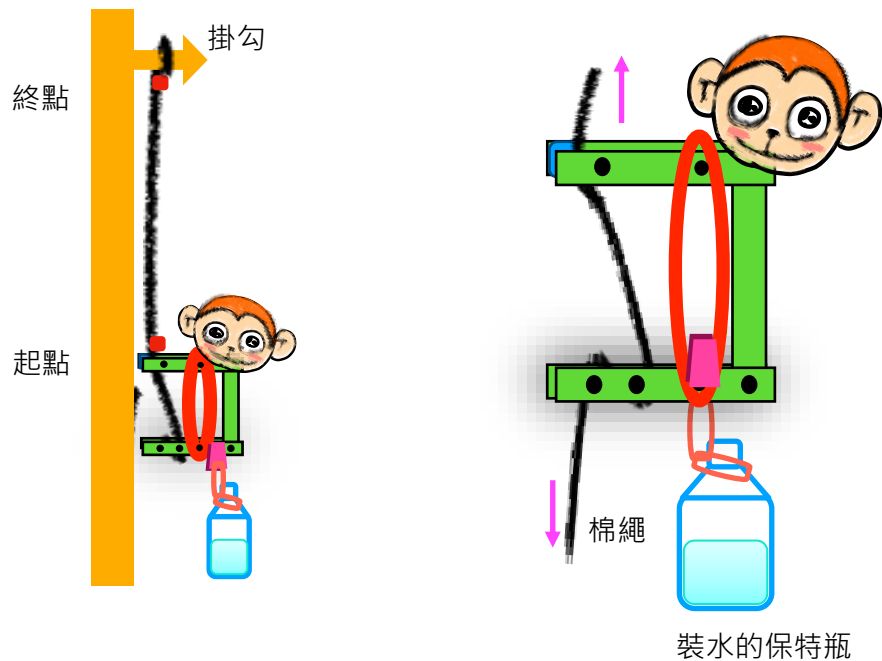


圖三 爬樹猴的結構示意圖

- (2) 將 A 端的 2 根冰棒棍的 1 個孔 (支點 1)，穿入固定棒 (如牙籤) 固定，並在前端位置，黏貼一片固定材料在兩枝冰棒棍間。
- (3) 將 B 端的 2 根冰棒棍各鑽 4 個孔(支點 2、3、5、6)，B 端的 2 根冰棒棍夾住 C 端冰棒棍另一端，相接處以鑽子鑽孔(支點 6)，以固定棒 (如牙籤) 穿入支點 2、3、6 固定。
- (4) 預先把一條橡皮筋放在支點 4 及支點 5 的位置上，以固定棒 (如牙籤) 穿入支點 4、5 固定橡皮筋，接著在 A C 端冰棒棍的交接處貼上猴子頭部的紙張，即完成爬樹猴。
- (5)將棉繩繞過支點穿過爬樹猴如圖三所示。

(四) 競賽說明：

- (1) 準備時間：開始前準備，二位隊員於 30 秒內將棉繩固定在掛勾上。一位隊員在準備區將保特瓶裝水秤重量（克），接著把裝有水的保特瓶以夾子固定在爬樹猴上。最後，將爬樹猴的 A 端調整在棉繩的「起點」位置之下，如圖四所示。



圖四 任重「猴」道遠競賽示意圖

- (2) 操作時間：開始前，評審記錄參賽隊伍裝水的保特瓶重量（克），第 1 名隊員在操作區不得觸碰參賽作品及棉繩，另 2 名隊員在等待區預備。等評審喊「開始」同時按下計時器，第 1 名隊員才可以用手拉扯棉繩下端前 25 公分的棉繩，使爬樹猴向上移動，移動至「終點」即停止計時，此時第 1 名隊員手放開棉繩，爬樹猴需在終點處需停留 5 秒，始計算爬行時間為 t_1 秒，評審記錄 t_1 時間。第 1 名隊員退回等待區，即完成第 1 輪操作。
- (3) 接著由第 2 名隊員進入操作區，將爬樹猴重新移至起點，重複步驟(2)，爬行時間為 t_2 ，即完成第 2 輪操作，第 2 名隊員退回等待區。最後，第 3 名隊員進入操作區，將爬樹猴重新移至起點，重複步驟(2)，爬行時間為 t_3 ，即完成第 3 輪操作。每輪操作僅可一名隊員進入操作區操作，三名隊員需分別完成一輪操作，全部操作時間需在 3 分鐘內完成。

(五) 計分方式：

- (1) 操作分數為 $A = (\text{裝水的保特瓶重量 (克)}) / t$ ，三名參賽者爬行時間分別為 t_1 、 t_2 、 t_3 秒，三名參賽者操作分數如下。

| | 裝水的保特瓶重量 w (克) | 爬行時間 | 個人得分 |
|-------|-------------------|-------|-------------------|
| 第一棒 | w_1 | t_1 | $A_1 = w_1 / t_1$ |
| 第二棒 | w_2 | t_2 | $A_2 = w_2 / t_2$ |
| 第三棒 | w_3 | t_3 | $A_3 = w_3 / t_3$ |
| 活動一總分 | $A_1 + A_2 + A_3$ | | |

- (2) 參賽隊伍分數 = $A_1 + A_2 + A_3$ ，名次依參賽隊伍分數由大到小排序，參賽隊伍分數最大者為第一名。若參賽隊伍分數相同者，則以爬行時間平均值少者獲勝。
- (3) 開始前準備時間，參賽隊伍需確實將棉繩固定在掛勾上，比賽過程爬樹猴未達終點、保特瓶及夾子掉落、繩子脫落損壞即失敗，該名隊員可將爬樹猴退回起點位置，調整參賽作品，重新該次操作；或者，該名隊員當次操作分數 $A = 0$ ，由下一名隊員開啟下一輪操作。
- (4) 爬樹猴需在終點處，操作者需手放開棉繩並停留 5 秒，爬樹猴下滑「超過 10 公分」視為失敗，第 1 名隊員可在比賽時間內將爬樹猴退回至起點，調整爬樹猴或保特瓶水量，並依競賽步驟(2)，由評審喊開始同時按下計時器，繼續比賽。
- (5) 每組參賽隊伍三名隊員輪流操作，比賽時間不停秒，全部操作時間需在 3 分鐘內完成，若超過時間，則該名隊員操作不計分。
- (6) 製作時需確認棉繩狀況，棉繩有瑕疵請聯絡工作人員更換棉繩。若在比賽過程中因棉繩損壞或爬樹猴結構損壞導致無法繼續比賽，該隊伍即結束比賽，分數計到該名操作隊員為止。

(六) 注意事項：

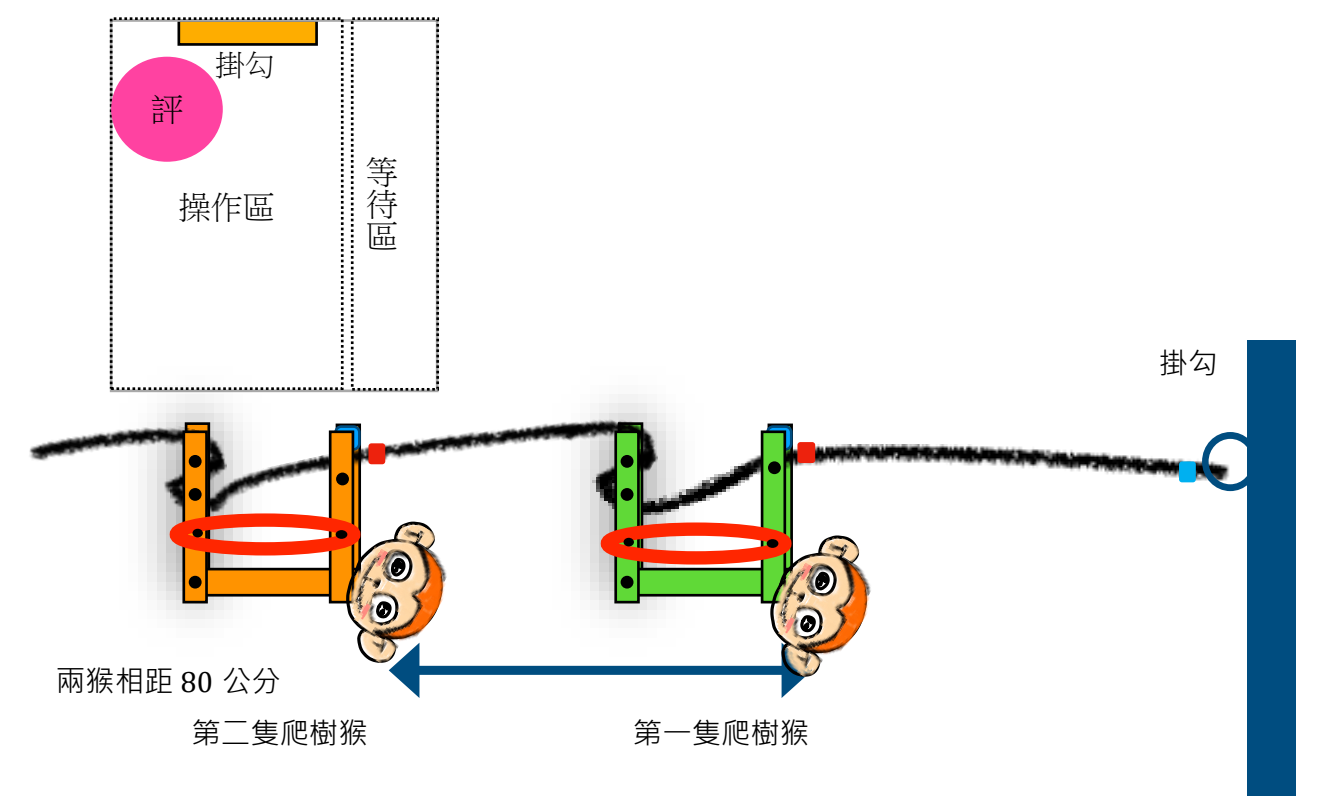
1. 比賽進行時，操作者只能握著前端棉繩操作不得超過棉繩的起點，在離牆距離 50~80 公分處拉繩操作，其他隊員不得碰觸比賽裝置。
2. 比賽進行時，每位參賽者在操作前，可重新調整保特瓶水量，比賽時間不停秒，調整時間包含在比賽時間 3 分鐘內。
3. 比賽場地若無法裝設掛勾，可依場地調整棉繩的固定方式，例如活動一可將棉繩固定在橫桿上，活動二可將棉繩固定在桌腳上，固定的位置應確認安全，避免活動進行產生滑動及脫落。
4. A、B 端的冰棒棍表面可塗布或黏貼物質，此物質僅可用來改變冰棒棍表面的性質，不得影響爬樹猴移動的方式。棉繩不得塗布任何物質。

- 5.爬樹猴的結構組成只可由 5 根冰棒棍製作，固定棒作為支點用，裝設固定棒的數量不限制，結構上可使用橡皮筋、膠帶、快乾膠、雙面膠等增加強度及固定裝置。操作上只可以一條棉繩拉扯方式產生開合的運動來移動，不得以其他方式產生移動。
- 6.評審使用的工具活動一有 2 個計時器與秤子，第一個計時器用來計時全部隊員操作時間在 3 分鐘內，第二個計時器用來計時每次操作爬樹猴的爬行時間。

四、活動二：猴猴相追何太急

（一）場地說明：

本活動場地大小約為長 300 公分、寬 150 公分，場地有一牆面，牆面離地約在操作者「腰部至胸部的高度處」放置一個掛勾，如圖五所示。開始前準備時間，參賽隊伍將棉繩固定於掛勾，開始比賽時，評審位在掛勾一側計分，一位隊員在「操作區」操作，其他隊員在「等待區」等待輪流進行比賽。



圖五 猴猴相追何太急 場地示意圖

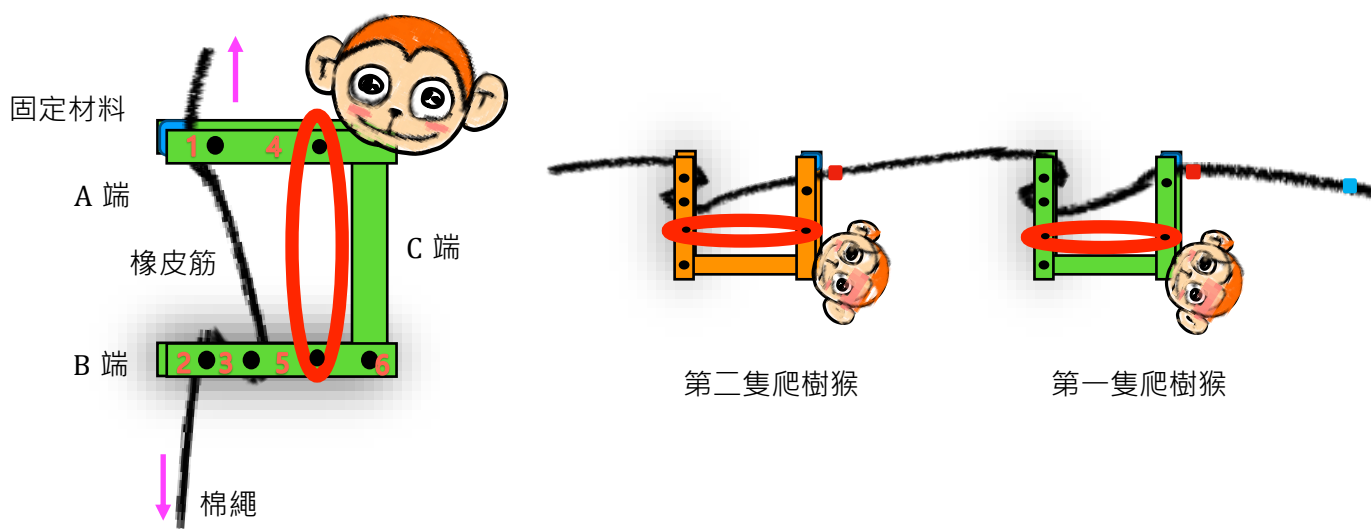
(二) 使用材料：

- 大會提供材料：(三種尺寸各 15 根，活動一、二共用)、白色棉繩 300 公分 1 條。
- 參賽者自備材料與工具：橡皮筋、固定棒(如牙籤)、固定材料(如泡棉)、奇異筆 2 枝(紅、藍各一枝)、鑽子、剪刀、筆、尺、瞬間膠或免插電熱融膠、自製猴子頭部紙片 2 張。

(三) 製作說明：

1. 製作：

- 棉繩的準備：
 - (1) 取一條 300 公分的棉繩，棉繩前端以紅色奇異筆畫記「第二隻爬樹猴起點」及「第一隻爬樹猴起點」，使兩起點相距 80 公分。接著以藍色奇異筆在棉繩的末端畫記「第一隻爬樹猴終點」，使第一隻爬樹猴的爬行距離為 175 公分，前後兩端多出的棉繩用來固定在掛勾上及以手操作使用。
- 爬樹猴製作：
 - (1) 取 5 根冰棒棍製作爬樹猴，2 根作為前肢(A 端)、2 根作為後肢(B 端)、1 根作為身體(C 端)。先將 A 端的 2 根冰棒棍各鑽 2 個孔(支點 1 及 4)，A 端的 2 根冰棒棍夾住 C 端的冰棒棍一端，並在相接處以瞬間膠固定。
 - (2) 將 A 端的 2 根冰棒棍的 1 個孔(支點 1)，穿入固定棒(如牙籤)固定，並在前端位置，黏貼一片固定材料在兩枝冰棒棍間。
 - (3) 將 B 端的 2 根冰棒棍各鑽 4 個孔(支點 2、3、5、6)，B 端的 2 根冰棒棍夾住 C 端冰棒棍另一端，相接處以鑽子鑽孔(支點 6)，以固定棒(如牙籤)穿入支點 2、3、6 固定。
 - (4) 預先把一條橡皮筋放在支點 4 及支點 5 的位置上，以固定棒(如牙籤)穿入支點 4、5 固定橡皮筋，接著在 A C 端冰棒棍的交接處貼上猴子頭部的紙張，即完成爬樹猴，如圖三所示。
 - (5) 重複步驟 1.~ 4.，共製作 2 隻爬樹猴，將棉繩繞過支點穿過爬樹猴如圖六所示。

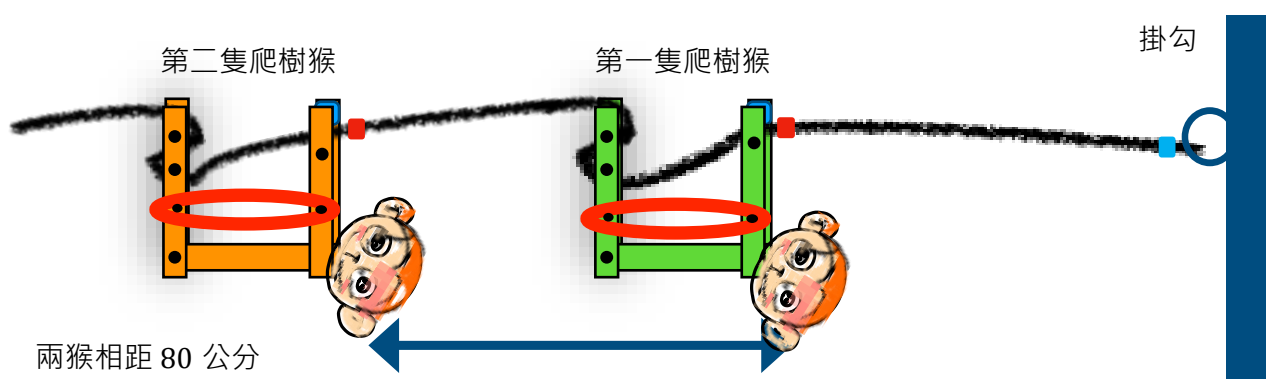


圖六 兩隻爬樹猴裝置圖

(四) 競賽說明：

1. 準備時間

開始前準備，參賽隊伍於 30 秒內將棉繩固定在掛勾上，將兩隻爬樹猴調整「第二隻爬樹猴起點」及「第一隻爬樹猴起點」紅色奇異筆記號處，使兩隻爬樹猴相距 80 公分，如圖七所示，掛勾及爬樹猴在同一個水平面上。



圖七 猴猴相追何太急競賽示意圖

2. 操作時間

開始前，評審確認兩隻爬樹猴在起點位置，第 1 名隊員在操作區拿著棉繩前端使棉繩呈水平狀、不得拉扯棉繩，另 2 名隊員在等待區預備。評審喊開始同時按下計時器，第 1 名隊員開始在棉繩的前端拉扯前 20 公分的棉繩使爬樹猴移動，當一隻爬

樹猴移動至「第一隻爬樹猴終點」即停止計時，操作者以手輕拉棉繩使呈水平，兩隻爬樹猴呈閉合狀態，評審以捲尺量測第一隻爬樹猴後肢與第二隻爬樹猴前肢間的棉繩長度，此時記錄時間 t_1 秒及兩猴之間距離的棉繩長度 s_1 公分。第一隻爬樹猴需達終點始計算成績，當兩猴距離的棉繩長度越接近 40 公分、爬行時間越短，則分數越高。第 1 名隊員退至等待區，即完成第 1 輪操作。

- 接著由第 2 名隊員進入操作區，將兩隻爬樹猴重新移至起點，使兩猴相距 80 公分，由第 2 名隊員重複步驟(2)，爬行時間為 t_2 ，兩猴之間距離的棉繩長度為 s_2 公分，即完成第 2 輪操作，第 2 名隊員退回等待區。最後，第 3 名隊員進入操作區，將兩隻爬樹猴重新移至起點，使兩猴相距 80 公分，由第 3 名隊員重複步驟(2)，爬行時間為 t_3 秒，兩猴之間距離的棉繩長度為 s_3 公分，即完成第 3 輪操作。每輪操作僅可一名隊員進入操作區操作，三名隊員需分別完成一輪操作，全部操作時間需在 3 分鐘內完成。

(五) 計分方式：

- 操作分數為 $B = 1/(|40 - s| + t)$ ，三名參賽者爬行時間為 t_1 、 t_2 、 t_3 秒，兩猴之間距離的棉繩長度為 s_1 、 s_2 、 s_3 公分，操作分數

| | 兩猴之間距離的棉繩長度 s | 爬行時間 | 個人得分 |
|-------|-------------------|-------|------------------------------|
| 第一棒 | s_1 | t_1 | $B_1 = 1/(40 - s_1 + t_1)$ |
| 第二棒 | s_2 | t_2 | $B_2 = 1/(40 - s_2 + t_2)$ |
| 第三棒 | s_3 | t_3 | $B_3 = 1/(40 - s_3 + t_3)$ |
| 活動二總分 | $B_1 + B_2 + B_3$ | | |

- 參賽隊伍分數 = $B_1 + B_2 + B_3$ ，名次依參賽隊伍分數由大到小排序，參賽隊伍分數最大者為第一名。若參賽隊伍分數相同者，則以爬行時間平均值少者獲勝。
- 第一隻爬樹猴未達終點即失敗，當次操作分數 $B = 0$ 。
- 比賽進行時，若兩猴相碰到，當次操作即失敗，該次操作分數為 0。
- 開始前準備時間，參賽隊伍需確實將棉繩固定在掛勾上，比賽開始後，比賽時間不停秒爬樹猴未達終點、繩子脫落損壞即失敗，該名隊員可將爬樹猴退回起點位置，調整參賽作品，重新該次操作；或者，該名隊員當次操作分數 $B = 0$ ，由下一名隊員開啟下一輪操作。
- 每組參賽隊伍三名隊員輪流操作，比賽時間不停秒，全部操作時間需在 3 分鐘內完成，若超過時間，則該名隊員操作不計分。

- 7.製作時需確認棉繩狀況，棉繩有瑕疵請聯絡工作人員更換棉繩。若在比賽過程中因棉繩損壞或爬樹猴結構損壞導致無法繼續比賽，該隊伍即結束比賽，分數計到該名操作隊員為止。

(六) 注意事項：

- 1.比賽開始後，比賽時間不停秒，三名隊員的操作時間需在 3 分鐘內完成。
- 2.比賽進行時，操作者只能握著棉繩前端棉繩操作不得超過起點，其他隊員不得碰觸比賽裝置。
- 3.比賽場地若無法裝設掛勾，可依場地調整棉繩的固定方式，例如活動一可將棉繩固定在橫桿上，活動二可將棉繩固定在桌腳上，固定的位置請確認安全，避免活動進行產生滑動及脫落，影響活動安全及比賽結果。
- 4.A、B 端的冰棒棍表面可塗布或黏貼物質，此物質僅可用來改變冰棒棍表面的性質，不得影響爬樹猴移動的方式。棉繩不得塗布任何物質。
5. 爬樹猴的結構組成只可由 5 根冰棒棍製作，固定棒作為支點用，裝設固定棒的數量不限制，結構上可使用橡皮筋、膠帶、快乾膠、雙面膠等增加強度及固定裝置。操作上只可以一條棉繩拉扯方式產生開合的運動來移動，不得以其他方式產生移動。
- 6.評審使用的工具活動二有 2 個計時器與捲尺，第一個計時器用來計時全部隊員操作時間在 3 分鐘內，第二個計時器用來計時每次操作爬樹猴的爬行時間。

五.競賽時間：70 分鐘

- 1.製作時間:競賽製作與測試時間(含說明及領取材料)共 30 分鐘(活動一及活動二)
- 2.評審時間：全部隊伍比賽時間共 40 分鐘，可分批進行。每組活動一及活動二接續進行，活動一 3.5 分鐘，活動二 3.5 分鐘，合計每組最多 7 分鐘。
- 3.評等:如有隊伍發生同分情況，則以活動一原始成績高者獲勝。

六.評等

如有隊伍發生同分情況，則以活動一原始成績高者獲勝。

七.給評分者的建議：

1、檢查事項:

- (1) 檢查材料是否符合規定，參賽作品是否現場製作。檢查未通過者，在該隊分配的競賽時間內自行設法修正，否則取消該項目參賽資格。

(2) 棉繩上的記號需正確畫記。

2、活動一與活動二在同一場地接續進行。

3、每個活動進行前，需確認爬樹猴在棉繩上的位置符合活動規範。

4、評審使用的工具活動一為 2 個計時器、水桶及電子秤，活動二為 2 個計時器與捲尺。

八.材料總表：

(一) 大會提供

| | 品名 | 規格 | 數量 |
|------------------|-------------------------|---|--------|
| 活動一 活動二 共用 | 冰棒棍 | 三種尺寸 長 93mm、寬 9mm 長 140mm、寬 9mm 長 150mm、寬 18mm | 各 15 根 |
| | 白色棉繩 | 直徑 1mm (三股) 長度 250 公分及 300 公分 | 各 1 條 |
| 活動一 使用 | 水桶、漏斗、杯子 (或 勺子)、抹布 | 保特瓶裝水用 | 各 1 個 |
| | 電子秤 | | 一台 |

(二) 自備器材

| | 品名 | 規格 | 數量 |
|------------------|----------------------|--------------------|-----|
| 活動一 使用 | 夾子 | 參賽者自行決定 | 數個 |
| | 保特瓶 | 600mL | 數個 |
| 活動一 活動二 共用 | 橡皮筋 | 參賽者自行決定 | 數條 |
| | 固定棒 (如牙籤、鐵絲、釘子...) | 參賽者自行決定 | 適量 |
| | 冰棒棍表面可塗布或黏貼物質 | 參賽者自行決定 | 適量 |
| | 固定材料 (如泡棉...) | 參賽者自行決定 | 適量 |
| | 奇異筆 | (紅、藍各一枝) | 2 枝 |
| | 瞬間膠或免插電熱融膠 | 參賽者自行決定 | 適量 |
| | 鑽子、剪刀、筆、尺、其他工具 | 參賽者自行決定 | 若干 |
| | 自製猴子頭部紙片 | 以紙張繪製，參賽者可 事先做好 | 若干 |