



馬馳弩射

謝迺岳 老師、戴振堯 老師

【目的】

本活動以生活中隨手可得的材料，製作簡易的衣架十字弓，藉由製作和練習過程，了解十字弓的基本結構與操作原理，參賽者可調整相關變因和設計方式，製作威力強大而準確的十字弓，並享受射擊瞄準之樂趣。

【原理】

拉長的橡皮筋儲存了彈力位能，當固定橡皮筋的裝置開啟後，橡皮筋收縮而推動弩箭，將橡皮筋的彈力位能釋放，轉換為弩箭運動之動能，使弩箭射出。

十字弓，又稱「弩」、「窩弓」，英語為Crossbow，是一種射擊兵器。它是一種裝有臂的弓，主要由弩臂（弩身）、弩翼、弓弦和弩機等部分組成。它的前部有一橫貫的「容弓孔」，以便固定弓，使十字弓不會左右移動，木臂正面有一個放置箭簇的「溝形矢道」，使發射的弩箭能直線前進。木臂的後部有一個匣，稱為「弩機」；匣內前面有掛弦的鉤，稱為「牙」；牙的後面裝有瞄準器，稱為「望山」；牙的下面連接有扳機，稱為「懸刀」。發射時，先將弓弦向後拉，掛在鉤上，把弩箭放在矢道上，瞄準目標後，扣下懸刀，牙就縮下，牙鉤住的弓弦就彈出，弩箭疾射而出。十字弓結構如圖1所示。（資料來源：維基百科）

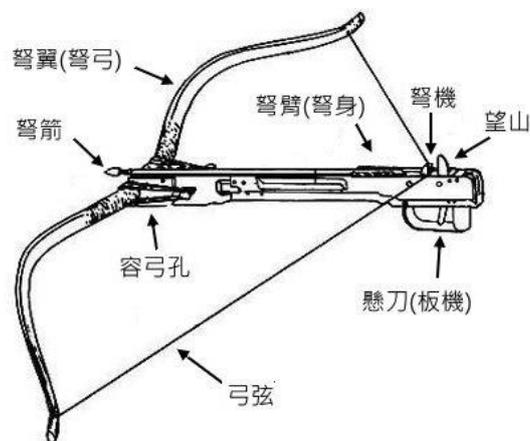


圖1、十字弓的結構

【活動一 弩射千里】

(一)使用器材

1. 大會提供

三角衣架(底邊寬度 $\leq 35\text{cm}$)每人一支,粗吸管(斜口波霸吸管,不透明,直徑 12mm ,長度 $\leq 24\text{cm}$)每人一支,瓦楞紙版(140cm \times 10cm,製作計分區)十片

2. 學生自備

細吸管(平口,不透明,5.5mm \leq 直徑 $\leq 12\text{mm}$),筷子(材質不限,長度 $\leq 25\text{cm}$),橡皮筋(18號,直徑約5cm),夾子(材質不限,夾物之開口處寬度 $\leq 3\text{cm}$),透明膠帶,衛生紙,沾水器具(量杯、針筒、滴管...等等),量測、裁切工具(不可燃燒或使用電源)

(二)製作方式

1. 製作「溝型矢道」：

- (1) 以粗吸管做為「溝型矢道」,粗吸管之斜口端做為發射口(發射口不得裁切或增加異物)。
- (2) 以粗吸管之平口端製作填充弩箭之填充口,平口端需裁出長度若干之開口,以方便弩箭之填充(裁切方式和長度不限)。裁切的部分留下至少**1cm**長度,並將此部分向上翻折,使之與吸管成若干張角,作為「望山」,同時亦可使收縮之橡皮筋卡在此處,避免彈出。裁切後之吸管如圖3-1所示。

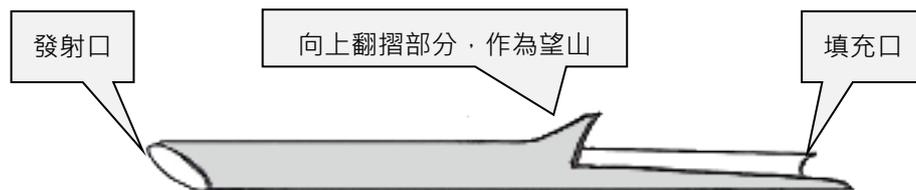


圖 3-1、裁切之吸管

2. 製作「弩翼、弓弦」：

以衣架之三角形底邊做為「弩翼」,參賽者可自行改變衣架的形狀。先將包覆衣架底邊的塑料裁切出兩個小空隙(裁切位置相距10cm以上),然後將衣架固定處拆開,方便橡皮筋可以套入,如圖3-4所示。

以橡皮筋製作弓弦(數量自訂,最多三條橡皮筋),橡皮筋連接方式自訂(弓弦不可增加橡皮筋以外之材料)。以下用兩條橡皮筋串聯方式為例進行說明:首先將橡皮筋串聯,如圖3-2所示。然後將連接之橡皮筋兩端繞成如圖3-3之圈圈(不打死結),圈圈從衣架拆開處套入衣架,再分別套

在兩個小空隙上，然後拉緊橡皮筋，使圈圈能固定在空隙上。當圈圈拉緊固定後，再將衣架拆開處接回，如圖3-5。

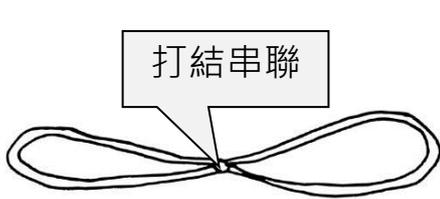


圖 3-2、兩條橡皮筋連接

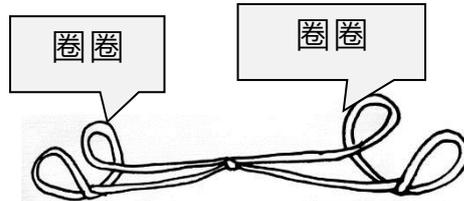


圖 3-3、橡皮筋兩端繞圈

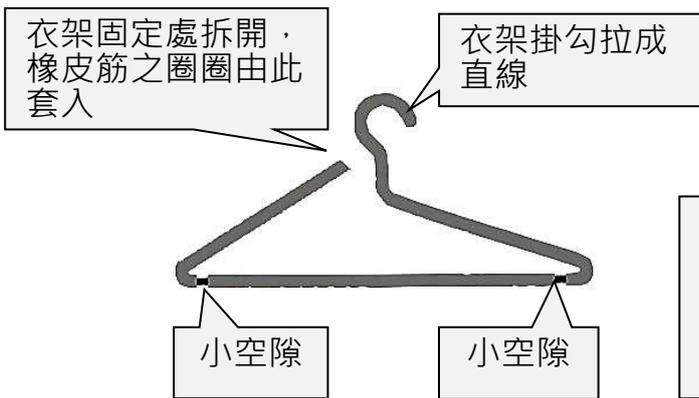


圖 3-4、衣架

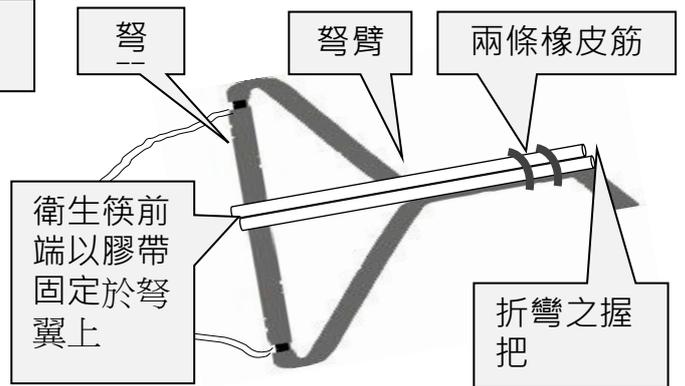


圖 3-5、弩臂製作

3. 製作「弩臂」：

將衣架彎曲的掛勾處拉成直線形狀，使拉直後之掛鉤與衣架三角形在同一個平面上。取一雙筷子並排對齊（須前後對齊），拉直的掛鉤架在兩筷子中間，然後以兩條橡皮筋將筷子和衣架纏繞固定，使之不分離，如圖3-5所示。將步驟2所完成之「溝型矢道」架在筷子上方，以膠帶黏貼固定於筷子上（黏貼位置不限）。筷子和粗吸管前端以膠帶黏貼固定於弩翼上，使粗吸管在筷子上方，衣架在筷子下方。筷子與拉直的衣架作為「弩臂」，然後再將拉直之掛勾選取若干長度彎曲，作為十字弓之握把，如圖3-6所示。

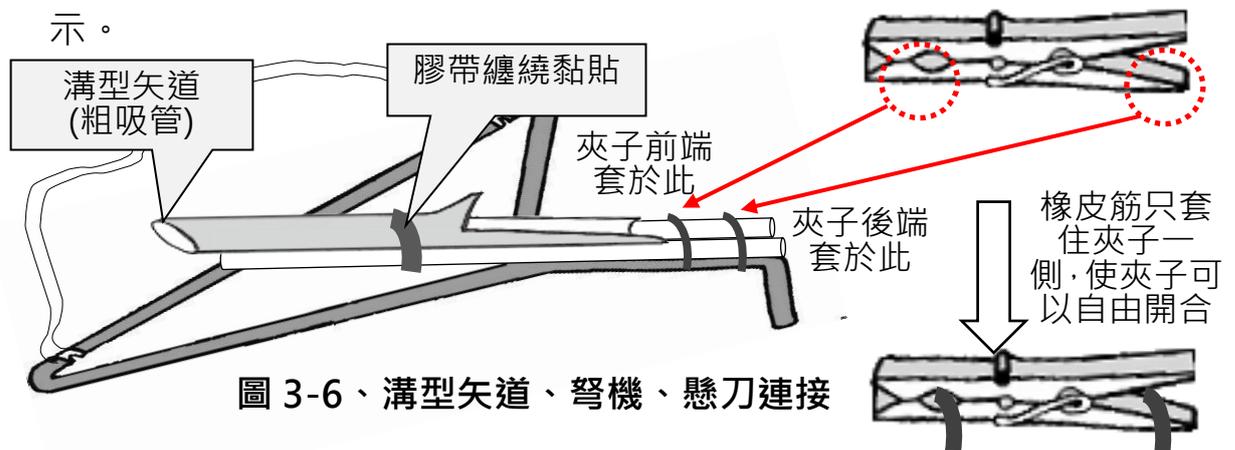


圖 3-6、溝型矢道、弩機、懸刀連接

4. 製作「弩機、懸刀」：

取一個夾子製作弩機和懸刀，施力將夾子張開後，將夾子前端與後端分別套入綑綁筷子之兩條橡皮筋，使夾子能固定於筷子末端，而夾子的位置筷子的上方，與粗吸管在同一側，如圖3-6所示。夾子套上橡皮筋之後，需保持夾子按壓後可以自由地開合，如圖3-6所示。夾子前端可以夾物的部分做為固定弓弦之「弩機」，而後端可以按壓使夾子張開的部分則做為「懸刀」。

5. 製作「弩箭」：

取一根細吸管製作「弩箭」，吸管長度可自由裁切，吸管的平口端(平口端不可裁切)作為弩箭之前端，前端可添加重物(重物僅限衛生紙，衛生紙可保持乾燥或沾水)。吸管另一端作為弩箭之尾端，形狀可以任意裁切。三位參賽者需使用不同顏色吸管製作弩箭，以利計分。

6. 十字弓的操作：

根據上述步驟2~5所完成之衣架十字弓與各部名稱如圖3-7所示：

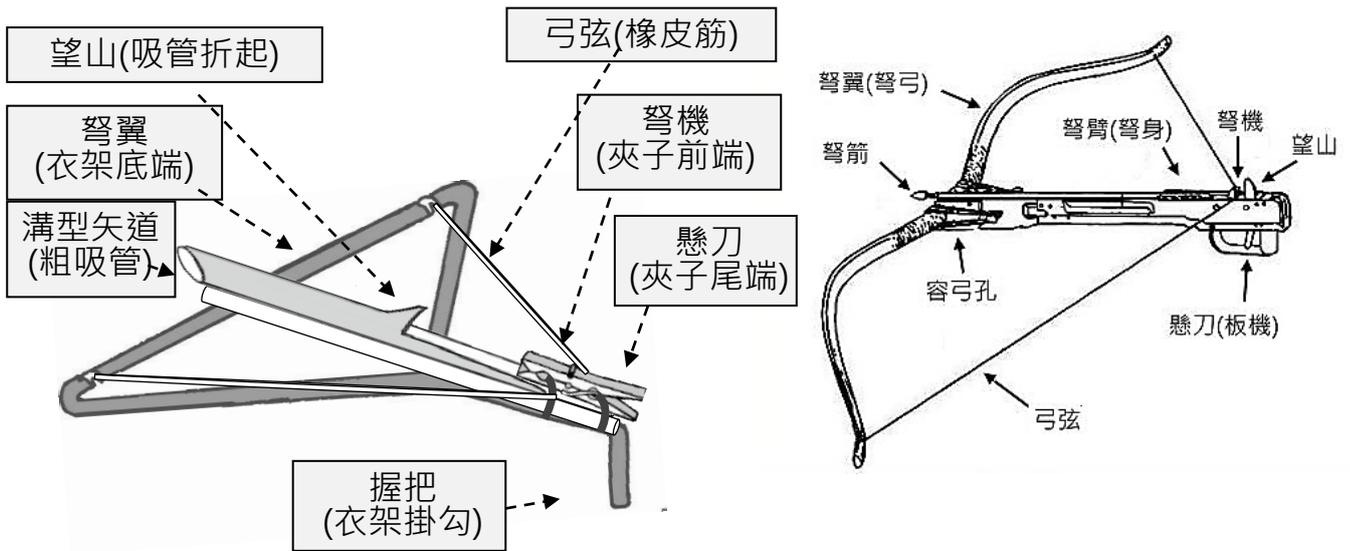


圖 3-7、衣架十字弓與一般十字弓之對

十字弓的操作方法如下：

- (1) 一手按下懸刀，使弩機(夾子前端)張開，然後以另一手將弓弦拉長後，以弩機夾住弓弦，可使弓弦固定，如圖3-7所示。
- (2) 將弩箭由溝型矢道前端填入，或者由望山與弩機之間的填充口置入。
- (3) 瞄準後按下懸刀，弩機鬆開後，弓弦收縮的作用力可將弩箭推出，命中目標物。

7. 製作注意事項：

- (1) 製作與調整的時間共30分鐘。
- (2) 每位參賽者需製作一把十字弓和五支弩箭（活動一使用兩支，活動二使用三支），比賽時各自操控一把十字弓，不能相互借用。
- (3) 製作與練習過程不可朝人身發射弩箭。

(三) 競賽說明

1. 計分區製作

- (1) 取長140cm、寬10cm的瓦楞紙板，折成口字型，其中口字型兩側長度為20cm，口字型中間則為100cm，如圖3-8所示，總共製作10組。
- (2) 將口字型瓦楞板直立起來，使之圍成一個長100cm、寬20cm、高10cm的長方形區塊。將10個瓦楞板連接成如圖3-9的分隔區塊，每個區塊配分如圖所示，其中標示20分的區塊之中線固定在距離發射線8公尺處。

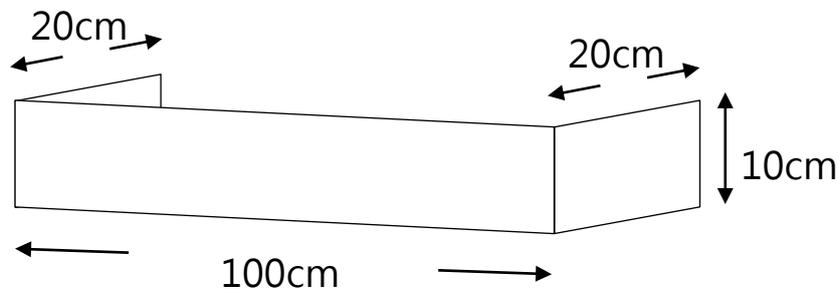


圖3-8、直立之口型瓦楞板

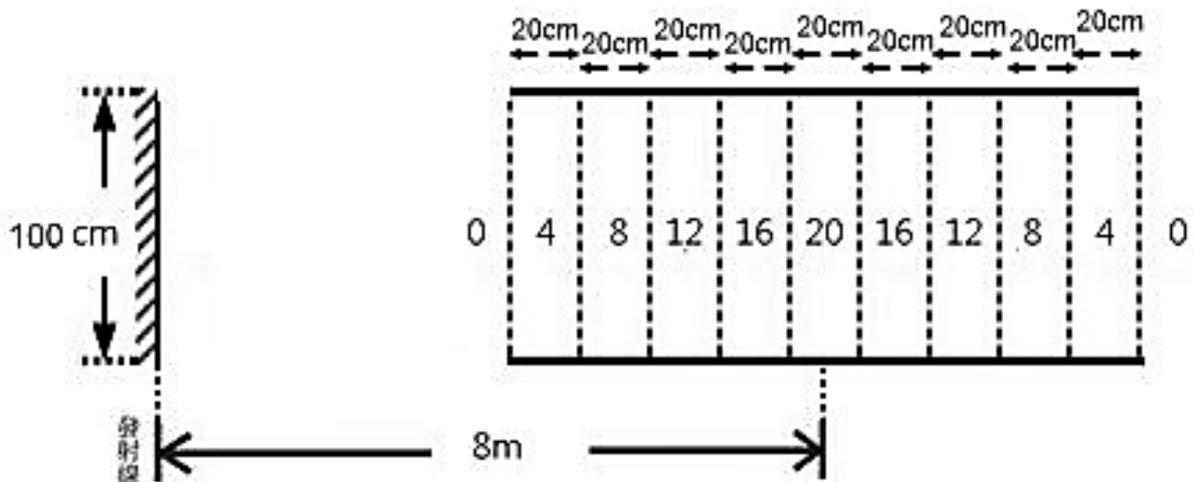


圖3-9、活動一計分區

2. 競賽方式

- (1) 每位參賽者攜帶自己的十字弓和弩箭參賽，弩箭在射擊後不可拾回重複使用，由工作人員統一回收射出的弩箭。
- (2) 參賽者須站在射擊位置，射擊時參賽者和十字弓皆不可跨越發射線。
- (3) 參賽者在闖關前可先行填充弩箭，待評審宣布計時開始才可進行射擊。另外兩位參賽者自行依序上場射擊。當前一位參賽者射擊完畢後，即退至場邊填充弩箭，等待下一輪上場，而下一位參賽者自行就位並接續射擊。三位參賽者依序發射第一輪之後，再從第一位接續射擊第二輪。
- (4) 每一組參賽者的調整、瞄準和射擊的總時間共 90 秒，超過時間的發射皆不計分。

3. 評分標準

- (1) 弩箭射出後，以落下停止後的所在區塊計分。若落在計分區之外，則計為零分。
- (2) 若弩箭卡在紙板上，則以較高得分計算。例：弩箭卡在 16 分和 12 分的間隔紙板上，則計為 16 分。弩箭卡在 12 分與 0 分的間隔紙板上，則計為 12 分。但若弩箭撞擊 16 分和 12 分的間隔紙板後，落在 12 分區塊，則以落下停止後所在區塊的 12 分計算。
- (3) 每人有兩次射擊機會，採計較高之得分。若按下懸刀後，弩箭有卡住而無法順利射擊的情形，視為射擊失敗，該次射擊以零分計算，並由下一位參賽者接替上場。
- (4) 若參賽者和十字弓有超線情形，該次射擊計為零分。

【活動二 弩射九日】

(一) 使用器材

1. 大會提供

細線（棉線或風箏線，製作計分區），其餘與活動一共用。

(二) 競賽說明

1. 計分區製作

- (1) 利用細線區隔出九個邊長為 20cm 的正方形，各區塊編號如圖 3-10 所示。
- (2) 利用框架將計分區垂直固定，使計分區最底端距地面 140cm 高。
- (3) 發射線位在計分區前方 4 公尺處。

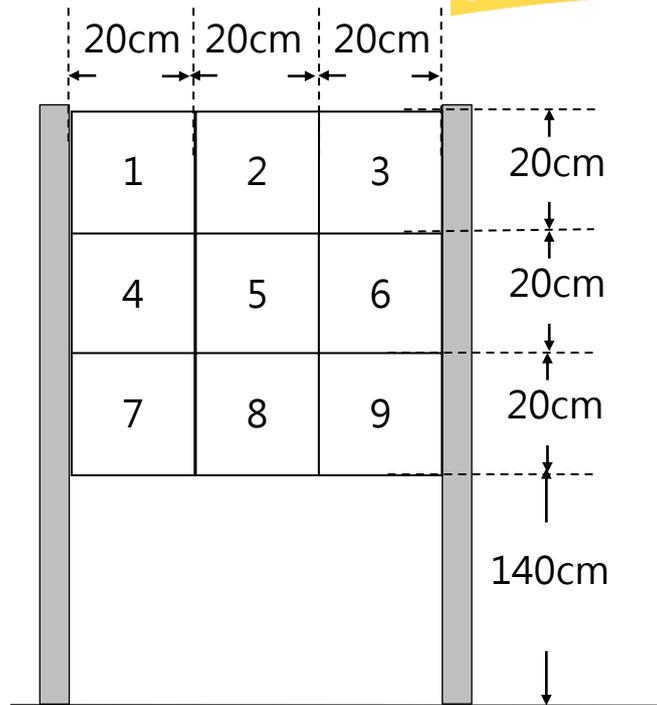


圖 3-10、活動二計分區

2. 競賽方式

- (1) 每位參賽者攜帶自己的十字弓和弩箭參賽，弩箭在發射後不可拾回重複使用，由工作人員統一回收射出的弩箭。
- (2) 參賽者須站在射擊位置，射擊時參賽者和十字弓皆不可跨越發射線。
- (3) 參賽者在闖關前可先行填充弩箭，待評審宣布計時開始才可進行射擊。另外兩位參賽者自行依序上場射擊。當前一位參賽者射擊完畢後，即退至場邊填充弩箭，等待下一輪上場，而下一位參賽者自行就位並接續射擊。三位參賽者依序發射第一輪之後，再從第一位接續射擊第二輪，然後接續第三輪。
- (4) 參賽者可自行選擇欲九宮格任一區塊進行射擊，毋須告知評分者，也無須按照區塊編號進行射擊。若該區塊未擊中，則下一位射擊者可以重複射擊同一區塊，或選擇其他區塊射擊。若某區塊已經被擊中，則該區塊不可再重複射擊。若重複命中同一區塊，僅採計前一次擊中之得分，第二次擊中則記為零分。

【例】第一位參賽者瞄準區塊 5 並順利命中，則下一位參賽者只能命中其他區塊，若下一位參賽者重複命中已得分之區塊，則該次射擊計為零分。

【例】第一位參賽者瞄準區塊 5 但未命中，則下一位參賽者可以命中區塊 5；若仍未命中，則接替之參賽者仍可命中區塊 5 並計分。

- (5) 每位參賽者有 3 次發射機會，三位參賽者的發射次數總共 9 次，每一組參賽者的調整、瞄準和射擊的總時間共 90 秒，超過時間的發射皆不計分。

3. 評分標準

- (1) 三位參賽者依序共有九次射擊，無論哪一位參賽者，只要第一次命中任一計分區塊，則可得 2 分。
- (2) 第二次命中另一區塊，則可得 4 分；第三次再命中其餘區塊，則可得 6 分，依此類推。每次命中之得分都較前次命中多 2 分，因此，若九次射擊分別命中九個區塊，則可得到 $2+4+6+8+10+12+14+16+18=90$ 分。
 【例】第一次射擊命中區塊 5，可得 2 分；第二次射擊命中區塊 8，可得 4 分；第三次射擊未命中計分區，或重複命中區塊 5、區塊 6，則記該次射擊為零分；第四次射擊命中區塊 1，可得 8 分。
 【例】第一次射擊未命中計分區，記為零分；第二次射擊命中區塊 5，可得 2 分；第三次射擊命中區塊 6，可得 4 分。第四次射擊未命中計分區，記為零分；第五次射擊命中區塊 1，可得 6 分。
- (3) 弩箭須穿過計分區，才算得分，若弩箭未通過或撞到邊框而反彈落地，則得 0 分。
- (4) 若按下懸刀後，弩箭有卡住而無法順利射擊的情形，視為射擊失敗，該次射擊以零分計算，並由下一位參賽者接替上場。
- (5) 若參賽者和十字弓有超線情形，該次射擊計為零分。

【評等】

- (一) 活動一：三位參賽者的得分相加，按得分的總和高低排序後，依六等第計分法計分，得成績 x 。計分表如下：

參賽者	1	2	3	(採計較高之得分) 總分： 等第：
第一次得分				
第二次得分				

(二) 活動二：三位參賽者的得分相加，按得分的總和高低排序後，依六等第計分法計分，得成績 y 。計分表如下：

射擊次數	一	二	三	四	五	六	七	八	九	總分：
命中區塊										等第：
得分										

(三) 名次

- 活動一的成績 (x) 加上活動二的成績 (y) 得 z 。
- 依 z 的高低排序後，再以六等第計分法計分名次，分數最高的隊伍頒發單項競賽優勝獎。若分數相同時以活動一得分高者獲得，若活動一的分數再相同時以活動一的原始得分高者為單項競賽優勝獎。
- 本項競賽的得分與大會的另外三項競賽成績相加後，依成績高低排序，總成績高者，依序頒發大會獎，總成績相同時，依競賽手冊中各競賽項目的排序一一參酌，以其得分作為評比的標準。
- 六等第記分法如下表：

表：六等第記分法

名次	一	二	三	四	五	六
隊數	1	3	6	10	15	其它
得分	30	21	15	12	9	6

【活動三 創意十字弓】

(一)競賽製作：

1. 使用其他材料，製作具有彈力發射效果之發射器具，並展示其效果。
2. 使用其他施力方式、操作技巧或藉由其他器材協助，達到發射效果。
3. 想出其他新的玩法。

(二)說明書：繳交200字以內之創意作品書面報告(包括文字、圖或照片，至多A4紙兩頁)。

(三)評分方式：依整體創意40%、功能20%、美觀20%、書面報告20%等特色評分，得分最高的隊伍，頒發創意獎。此項評分獨立計算，不列入總成績內。

【競賽時間】

- (一)製作時間(含競賽說明)：30分鐘
- (二)評審時間(含評分說明)：40分鐘

【總評分】

活動一與活動二，分別排序，以六等第計分後，兩部份的分數相加即為本項目成績。最高分者若不只一隊則以活動一成績較佳者為第一名，可獲單項冠軍。活動三，創意競賽成績不併入大會獎計分，另予頒發數名創意獎。

【給參賽者與評分者的建議】

(一)製作注意事項

1.材料與數量

- (1) 每位參賽者使用自製的一把十字弓和五支弩箭(活動一使用兩支，活動二使用三支)。
- (2) 每位參賽者製作一支弩，材料限用一根粗吸管、一支衣架、一個夾子、一雙筷子和橡皮筋(固定夾子兩條，弓弦最多三條)。
- (3) 製作弩箭，限用細吸管和衛生紙(可沾水)。

2.十字弓的結構

- (1) 溝型矢道：粗吸管尖端朝前，發射口不得裁切或增加異物。
- (2) 弩翼：裁切的兩個小空隙位置相距10cm以上。
- (3) 弓弦：最多使用三條橡皮筋製作。

3. 弩箭的結構

- (1) 弩箭前端為平口，不可裁切。
- (2) 弩箭填充重物僅限衛生紙，衛生紙可保持乾燥或沾水。
- (3) 三位參賽者需使用不同顏色吸管製作弩箭，每人使用一個顏色吸管製作五支弩箭。

(二) 評分者注意事項

1. 檢查材料規格是否符合規範。
2. 檢查製作是否符合上列的製作注意事項。
3. 確認參賽者和十字弓是否在指定範圍內發射。
4. 活動一、二：每一組參賽者有90秒時間可以瞄準發射，超過時間的發射皆不計分。
5. 發射時，參賽者不可以手碰觸弓弦，只可透過按下懸刀使弓弦釋放，發射弩箭。

【材料總表】

名稱	品名	規格	數量	備註	
活動一	三角衣架	最寬處≤35cm	每人一支	大會發給	
	粗吸管	斜口波霸吸管，不透明，直徑12mm，長度≤24cm	每人一支		
	瓦楞紙板	140cm × 10cm	十片	大會製作計分區	
	細吸管	平口，不透明（三位參賽者各一種顏色），5.5mm ≤ 直徑 ≤ 12mm	數量不限	自備	
	筷子	材質不限，長度≤25cm	每人一雙		
	橡皮筋	18號，直徑約5cm	每人5條		
	夾子	材質不限，夾物之開口處寬度≤3cm	每人一個		
	透明膠帶				
	衛生紙				
	沾水器具	量杯、針筒、滴管...等等			
	量測、裁切工具	不可燃燒或使用電源			
活動二	細線	棉線或風箏線			大會製作計分區
	十字弓 弩箭	與活動一共用			