

變形金剛

設計老師：吳原旭 老師
協助命題：羅芳晁 老師

一、目的

以竹籤、瓦愣板、橡皮管、橡皮筋設計可摺疊的結構，並於釋放後能自行彈開伸展變形成「高塔」或「飛行器」，藉以激發學生創意思考並應用結構力學、彈性原理設計製作可摺疊器物，期望啟發之概念將來能運用於空間精簡之現代生活或科技產品中。

二、原理

桿件和桿件結合有固定、滑動、轉動、滑動且轉動等方式，而轉動有有二維自由轉動、三維自由轉動、二維受限轉動、三維受限轉動等。以竹籤組成一個可摺疊的結構體必須考慮每個關節的運動方式，尤其是轉動方式，而設計一個可摺疊且可彈開的結構體更需善用彈性物體作為桿件和桿件之間的連結。

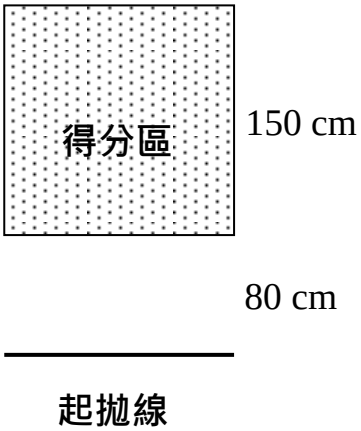
彈性體的形變量愈大恢復力就愈大，彈性體的材質、厚度、寬度等也會影響彈力常數。恢復力如果太小就無法支撐結構體，但假如恢復力太大，超過竹籤的彎曲極限就可能使竹籤斷裂。

設計高塔需考慮結構及各關節恢復力的平衡，才能於彈開後維持穩定直立。設計飛行器需使恢復力能在釋放時能平均且充分作用，使飛行器能獲得快速度準直射出。

三、活動一：旗正飄飄

(一)場地

如右圖一，得分區為150 x150公分正方形地面區域，與起拋線相距80公分。



圖一 活動一場地

(二)使用器材

1. 大會提供

竹籤、橡皮管(細)、橡皮管(粗)、橡皮筋(小)、橡皮筋(中)、橡皮筋(大)、塑膠瓦愣板、三角旗、雙面膠帶、棉線

2. 學生自備

透明膠帶、氣球、直尺、剪刀、美工刀、切割墊、鑽子、油性筆、髮夾、打氣筒等。

(三)競賽說明

1. 製作說明

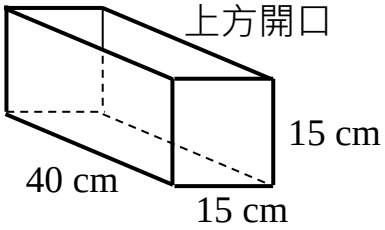
(1) 每隊於製作時間內(詳見後面時間規定)完成參賽作品。

(2) **限以**大會提供的竹籤、棉線、塑膠瓦愣板、各式橡皮管、橡皮筋及自備的透明膠帶製作一具旗塔。

(3) 旗塔的最上方一節竹籤為旗桿，在旗桿上方以大會發的雙面膠固定三角旗。

(4) 可將自備氣球以棉線繫於旗塔上。

(5) 完成之旗塔(不含氣球及繫氣球的棉線)必須能摺疊，且摺疊之後以一手抓住後之大小不得超過15×15×40cm範圍，即必須要能全部放進一邊開口的規格盒內(尺寸如右圖二)。



圖二 規格盒

(6) 上述摺疊作品於拋出後必須能彈開，且落地之後旗子能位於高處才能獲得成績。(附錄一彈性結合參考範例)

2. 操作說明

(1) 每一隊競賽時間為 4 分 30 秒，當評分人員說計時開始的時候，參賽同學拿著自己的作品，輪流測試、調整。

(2) 準備好時，要跟評分人員說“挑戰”，評分人員說“開始”，即進行操作。如果沒說“挑戰”，將視為測試，結果不列入競賽成績。

(3) 在競賽時間內每人僅可挑戰二次，計時截止時便停止操作，未完成的部分以0分計，但已拋出之旗塔可繼續完成測量。

(4) 操作時參賽者立於起拋線前將摺疊好的旗塔放入規格盒裡，若能完全放入盒內(不含氣球及其繫線)，裁判判合格之後便能進行拋擲。

(5) 若摺疊後的作品無法完全放入規格盒內，裁判判為不合格，參賽者可進行調整再檢查或選擇放棄，該次以0分計。

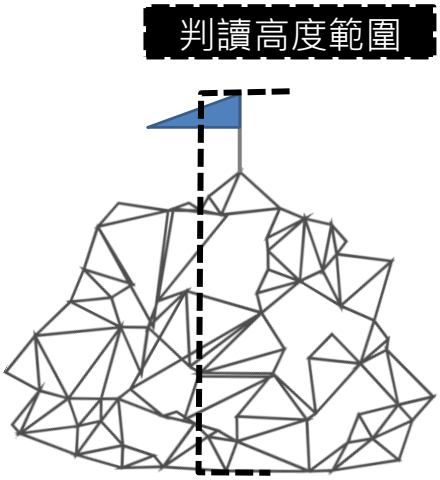
(6) 參賽者將檢查合格之作品拋向得分區上空，使旗塔展開並落於得分區內。 (得分區如圖一，距離起拋線80公分之150 x150公分正方形地面

區域)

(7) 旗塔著地並靜止後裁判測量旗桿頂的鉛直高度作為計分之依據，高度愈高者成績愈佳。

(8) 裁判測好高度後下一名隊員便能取回旗塔開始摺疊、測試或挑戰。

3. 計分方式



(1) 裁判測量旗桿頂端距離地面之鉛直高度(判讀至公分)。但如果高度小於30cm則視為失敗，以0cm計。

(2) 若旗塔著地後任何接觸地面部分(不含氣球及其繫線)超出得分區範圍，則所測高度乘以四分之三 (取自小數點後一位)。

(3) 每隊三人六次高度取**最高之三次**相加即為該隊成績。

(4) 依照各隊成績高下排名，再以六等第計分法換算該隊得分，即為活動一得分。

4. 其他注意事項

(1) 竹籤、塑膠瓦楞板、橡皮筋、橡皮管均可任意剪裁使用。棉線可連結或剪短或分成數股細線使用。

(2) 旗桿末端繫一顆氣球是為了利用氣球受空氣阻力產生拖曳作用，而使旗塔落下時能保持正立姿態，各隊可自行決定是否使用氣球。

(3) 氣球必須於製作時間內以嘴巴吹，或以自備打氣筒打入空氣，不得灌入其他種類氣體(如氫、氦等)。

(4) 三角旗黏貼高度不得超過旗桿頂以利於裁判測量高度。

(5) 參賽者可自製作品規格盒並帶來自行測試，但競賽時仍以大會準備的為準。

(6) 競賽時，參賽者將作品拋出時必須一次釋放，不得分次逐步釋放，否則裁判得以違規判該次0公分。

(7) 參賽者應將作品向得分區上方拋出，令作品在空中自行彈開且落下。如果旗塔的任何部分已經碰觸地面而仍有旗塔、棉線、氣球任何部分未完全離手，裁判得以違規判該次0公分。

(8) 隊友得協助撿回及摺疊作品，但摺疊完成後就必須要退開。

(9) 競賽時間內仍可調整作品，作品毀損仍可繼續競賽。

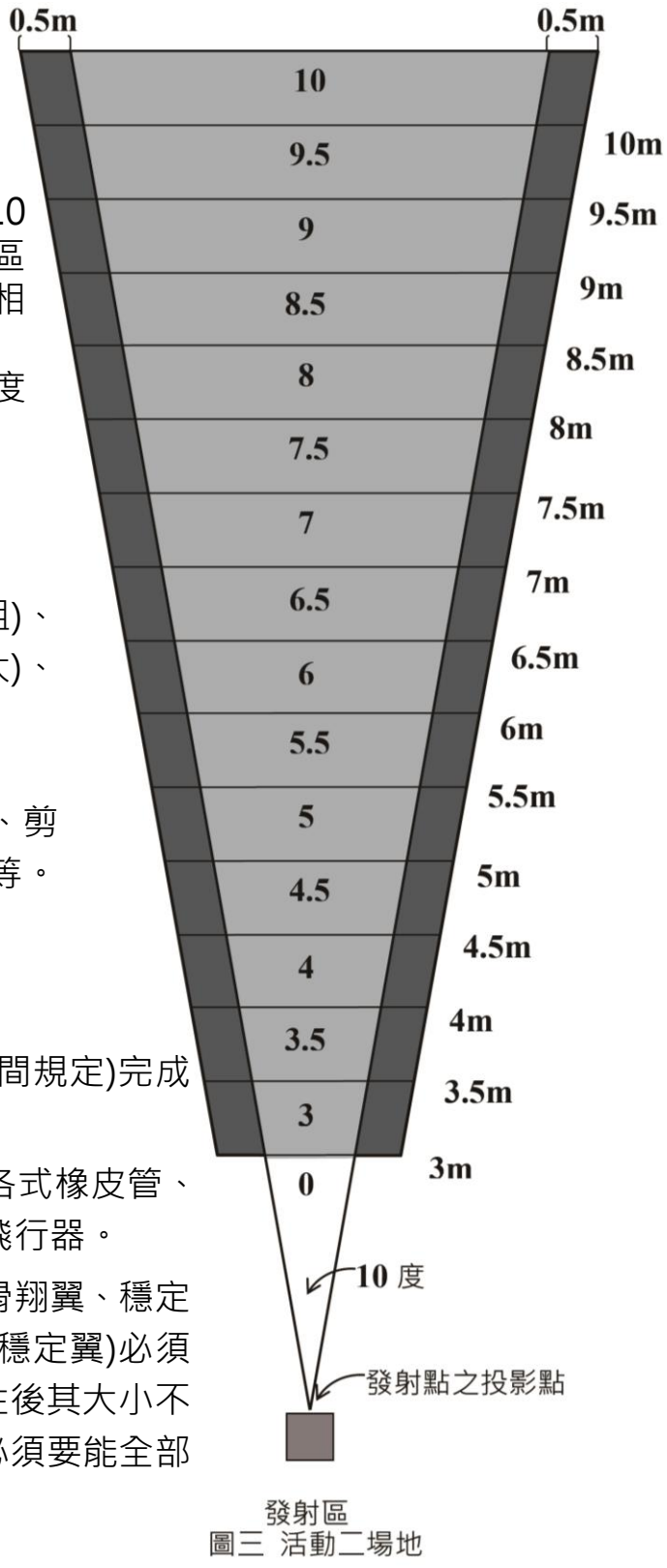
(10) 若裁判懷疑通過檢查之作品在拋擲前又滑脫而超出規格範圍，可要求重新檢查規格。重新檢查結果如果仍符合規定則繼續進行拋擲，且延長競賽時間10秒鐘。如果不符合規定則必須調整至合格才得拋擲，且不延長競賽時間。

四、活動二：靈蛇出洞

(一)場地

活動二場地如右圖三，兩側實線夾角10度，3m以上為淺色陰影區，淺色陰影區外0.5m之內為深色陰影區，得分隔線相距0.5m。

發射點為距離地面約150~160cm高度之一個**特定位置**(約為羽球網高度)。



圖三 活動二場地

(二)使用器材

1. 大會提供

竹籤、棉線、橡皮管(細)、橡皮管(粗)、橡皮筋(小)、橡皮筋(中)、橡皮筋(大)、塑膠瓦楞板。

2. 學生自備

透明膠帶、滑翔翼、穩定翼、直尺、剪刀、美工刀、油性筆、切割墊、髮夾等。

(三)競賽說明

1. 製作說明

(1) 每隊於製作時間內(詳見後面時間規定)完成參賽作品。

(2) **限以**大會提供的竹籤、棉線、各式橡皮管、橡皮筋、塑膠瓦楞板製作一具飛行器。

(3) 可以自備的薄膜為飛行器加裝滑翔翼、穩定翼。完成之飛行器(含滑翔翼、穩定翼)必須能摺疊，且摺疊之後以一手抓住後其大小不得超過15×15×40cm範圍，即必須要能全部

放進一邊開口的規格盒內(如圖二)。

(4) 上述摺疊後之作品於釋放後必須能彈射出去，射得遠且準才能獲得好成績。

(5) 參賽者得事先製作發射座(詳見注意事項)帶來使用。

2. 操作說明

(1) 每一隊競賽時間為 4 分 30 秒，當評分人員說計時開始的時候，參賽同學拿著自己的作品，輪流測試、調整。

(2) 準備好時，要跟評分人員說“挑戰”，評分人員說“開始”，即進行操作。如果沒說“挑戰”，將視為測試，結果不列入競賽成績。

(3) 在競賽時間內每人僅可挑戰二次，計時截止時便停止操作，未完成的部分以0分計，但已射出之飛行器可繼續完成測量。

(4) 參賽者立於發射點之前將摺疊好的飛行器(含滑翔翼、穩定翼、發射座)放入規格盒裡，若能完全放入盒內，裁判判合格之後便能進行發射。 上述摺疊後若無法完全放入規格盒內，則裁判判為不合格，參賽者可進行調整再檢查，或選擇放棄，該次以0分計。

(6) 參賽者僅可使用單手發射飛行器，禁止使用雙手，且將手腕關節置於發射點，張開手掌使飛行器彈開並射向得分區。 (如圖三場地圖所示)

(7) 飛行器著地並靜止後裁判測量最末端位置判斷得分。

(8) 裁判紀錄好得分後下一名隊員便能取回飛行器開始摺疊、測試或挑戰。

3. 計分方式

(1) 飛行器靜止時末端所在位置距離發射點未超過3m則以 0分計。

(2) 如果飛行器末端超過3m且靜止於夾角10度的邊線範圍內(淺色陰影區)，則得分為如圖三所示之3、3.5、4、4.5、5、5.5...。若因競賽場地大小之限制，則飛行器超過最遠端得分區者一律以最遠端得分+2計。

(3) 如果飛行器末端超過3m且靜止於邊線外0.5m範圍內(深色陰影區)，則得分為同距離得分區之三分之二。

(4) 飛行器末端超過3m但超出深色陰影區，不論距離為何均得1分。

(5) 如果飛行器發射後分裂開來，則以最接近發射點的部分之末端所在位置計分。

(6) 每隊三人六次得分取**最佳之四次**相加即為該隊成績。

(7) 依照各隊成績高下排名，再以六等第計分法換算該隊得分，即為活動二得分

4. 其他注意事項

(1) 竹籤、塑膠瓦楞板、橡皮筋、橡皮管均可任意剪裁使用。棉線可連結或剪短或分成數股細線使用。

(2) 各隊可自行決定是否加裝滑翔翼、穩定翼。若要加裝，只能使用自備軟性材料，得事先剪裁。若需裝置支架、彈性材料等必須使用大會統一發放的材料，且得使用自備透明膠帶。

(3) 滑翔翼、穩定翼必須固定在飛行器上，摺疊時必須能連同飛行器放入規格盒內，且發射時必須與飛行器一併射出。

(4) 本項活動辦法中所謂之「末端」是指飛行器(含滑翔翼、穩定翼)於發射且著地後最接近發射點的部位。

(5) 使用發射座可使發射順暢、穩定，各隊可自行決定是否使用。若要使用發射座需自備，且必須符合以下規定否則以0分計。

<1>發射座只能以膠帶及紙張或紙板製作，不得包含其他材料。

<2>只能以飛行器結構變形時推擠發射座之反作用力來發射飛行器，不得以橡皮筋或橡皮管直接或間接連結飛行器與發射座而藉由伸長形變之彈力來發射飛行器。

<3>飛行器發射出去後，不得留下任何組件(含竹籤、橡皮管、橡皮筋等)在發射座上。即，發射座仍須保持原來的組成及材料(膠帶、紙張或紙板)。

(6) 參賽者可自製作品規格盒並帶來自行測試，但競賽時仍以大會準備的為準。

(7) 競賽時，參賽者將作品射出時必須一次釋放，不得分次逐步釋放，否則違規判該次0分。

(8) 發射過程參賽者必須使用單手，禁止使用雙手，且將手腕關節靜置於發射點，可調整發射角度，但不得移動，否則該次以0分計。

(9) 隊友可協助撿回及摺疊作品，但摺疊完成後隊友就必須要退開。

(10) 競賽時間內仍可調整作品，作品毀損仍可繼續競賽。

(11) 若裁判懷疑通過檢查之作品在發射前又滑脫而超出規格範圍，可要求重新檢查規格。重新檢查結果如果仍符合規定則繼續進行發射，且延長競賽時間10秒鐘。如果不符合規定則必須調整至合格才得發射，且不延長競賽時間。

五、競賽時間

(一) 製作：活動的製作與練習時間（含說明及領取材料）共 45 分鐘。

(二) 評審：同一場參賽隊伍分成兩部分，一部分先比活動一，另一部分先比活動二，以節省時間。每一場評審時間共 45 分鐘。

六、評等

(一) 各隊活動一、二之六等第得分相加後排序。

(二) 競賽結束：每隊依六等第計分法計分。

七、給評分者的建議

(一) 檢查事項

(1)使用材料必須符合本競賽項目辦法之規定。

(2)氣球只能灌入空氣，不得灌入其他氣體。

(3) 作品摺疊後必須小於15×15×40cm範圍，才能完全放入規格盒內，不得硬撐使規格盒變形。

(4) 活動一氣球和繫氣球的棉線不需放入規格盒，但活動二之滑翔翼及發射座都必須能放進規格盒內檢查。

(5) 活動二若使用發射座，只能以紙或紙板為材料，且只能以膠帶黏貼製作。

(二)學生操作時

(1) 參賽者站定位之後才檢驗摺疊作品之規格，以減少作品檢查後又鬆脫的機會。

(2) 測量時必須正確且快速，且確定測量結果後要明確讓參賽者知道，以便於把握時間進行下一動作。

(3) 作品必須一次釋放，不得分階段釋放。

(4) 活動一，可以畫有刻度的鉛錘線或尺測量高度。

(5) 活動一，**即使旗桿頂不是在最高位置仍以旗桿頂為測量高度之依據。**

(6) 活動一，旗塔接觸地面的部位超出得分區才需將高度乘以四分之三，若只有懸空超出得分區則不需要乘以四分之三。

(7) 活動二，發射時手腕關節必須放在發射點上，不得移動。

(8) 活動二，不得以橡皮筋或橡皮管一端附著在飛行器，另一端掛在發射座，藉伸長形變的彈力發射飛行器。

(9)活動二，發射後若發射座掉落地面不影響成績。

(三)場地設置

(1)在活動二辦法中得分區並無距離上限，但實際上會受限於比賽場地，在空間許可下應盡量規劃最大距離，且各場地遠端兩側與牆壁等障礙物至少間隔0.5m。

(2) 如圖三活動二場地只需布置實線部分(淺色陰影區)，評審時須準備一支長直尺輔助測量是否超出0.5m。

(3) 根據參賽隊伍數量設置場地數，嚴格執行叫號便開始計時，並熟悉測量方法及流程，各場地在45分鐘競賽時間內應可評審6~7隊。

(4) 活動一、二場地可交錯布置以節省空間(參考附錄二)。

(5) 盡量避免強風影響，活動二場地尤其應避風。

八、給競賽者的建議

(一) 本活動使用的器材大都容易取得（若無法取得，請洽遠哲科學教育基金會高振翔先生，電話2363-3118#14），因此可以在家事先勤加演練，方能在競賽時獲取佳績。

(二) 本項活動使用的材料雖然簡單，但變化無窮，附錄三提供幾種基本作法供參考，參賽者可發揮創意設計更多種組合方式。

(三) 竹籤容易折斷，正可考驗參賽者以巧妙設計及操作彌補竹籤強度不足之問題。

(四) 不同廠牌之竹籤、橡皮筋、橡皮管等材料之尺寸有所差異，參賽者必須能根據現場發放材料之性質調整作法。

(五) 參賽者於領到材料後就先檢查，若有嚴重毀損者應於開始製作之3分鐘內要求更換，否則不提供更換。

(六) 因使用場地範圍大，且各場地受風的影響不盡相同，參賽者請自行判斷風向並修正發射角度。

七、材料及工具總表

	品名	規格	數量	備註
大會提供	竹籤	長約 24cm 直徑約 2.5mm	約 110 支	活動一、二共用
	細棉線	30cm	5 條	活動一、二共用
	橡皮管(細)	外徑約 6mm 內徑約 4mm	50cm	活動一、二共用
	橡皮管(粗)	外徑約 8mm 內徑約 6mm	20cm	活動一、二共用
	橡皮筋(小)	外徑約 2cm	40 條	活動一、二共用
	橡皮筋(中)	外徑約 3~4cm	20 條	活動一、二共用
	橡皮筋(大)	外徑約 5~6cm	20 條	活動一、二共用
	塑膠瓦楞板	A4，厚度約 3mm	1 片	活動一、二共用
	三角旗	色紙 3×5 公分	1 面	活動一使用
	雙面膠帶	1×2 公分	1 片	活動一使用
自備	透明膠帶	不限	不限	活動一、二共用
	氣球	不限	1 個	活動一使用
	滑翔翼膜	軟性，摺疊後能放入規格盒內	不限	活動二使用
	發射座	紙或紙板製成，能放入規格盒內	不限	除了得以膠帶黏著之外，不得包含其他材料。活動二使用
	切割墊	約 A4 大小	至少 1 片	活動一、二共用
	氣球打氣筒	不限	不限	活動一使用
	直尺、剪刀、美工刀、鑽子、髮夾等	不限	不限	活動一、二共用

【附錄一】桿與桿的彈性結合參考範例

(一) 以橡皮筋結合

橡皮筋鬆緊影響彈力大小



(二) 以橡皮管結合

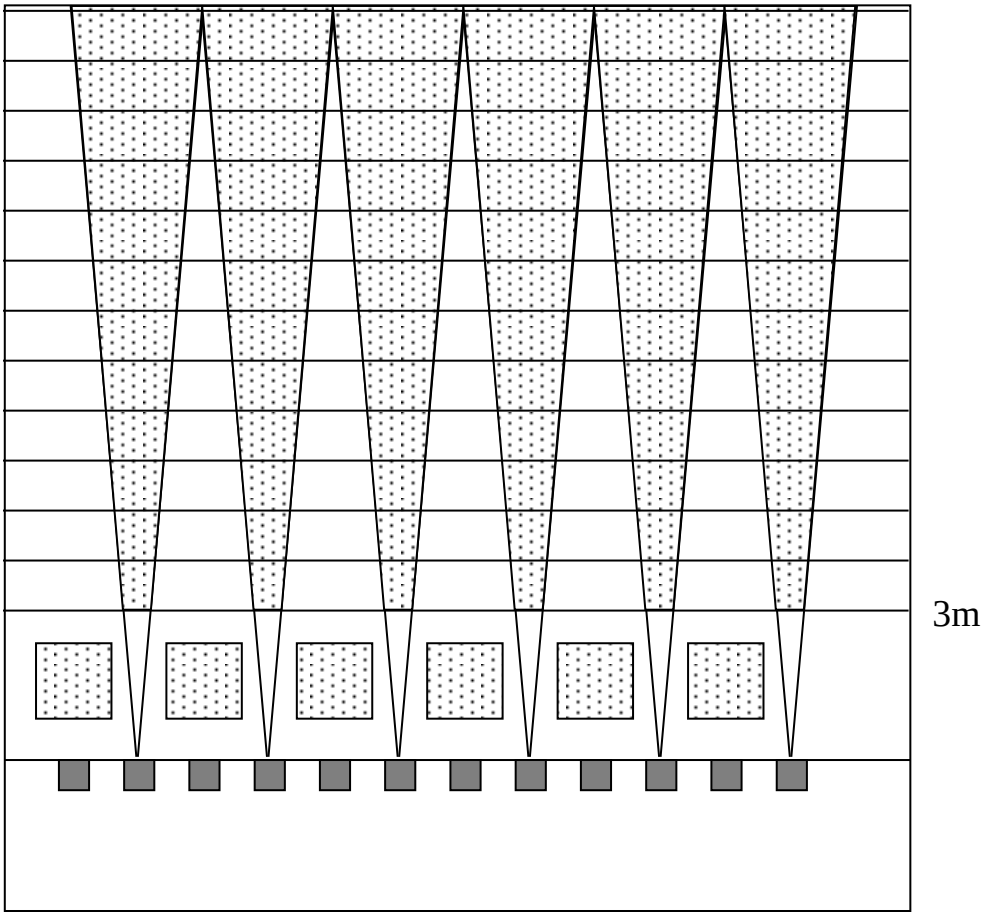
橡皮管長度影響彈力大小



(三) 以塑膠瓦愣板及橡皮筋結合瓦愣板半割開，竹籤與瓦愣板可以膠帶黏貼，可使用髮夾引橡皮筋穿刺瓦愣板，並以短竹籤固定橡皮筋兩端



【附錄二】場地布置參考



【附錄三】發射座參考圖

以紙或紙板製作

