

抽抽泵浦

設計者/新莊高中 吳原旭老師

一. 目的

以簡單的器材設計有趣的水管泵浦，藉由上下抽動水管將水向上汲，用來將低處的水抽至高處及將氣球充氣。在動手操作中體會科學原理，並發揮創意，設計效率高的抽水泵浦。

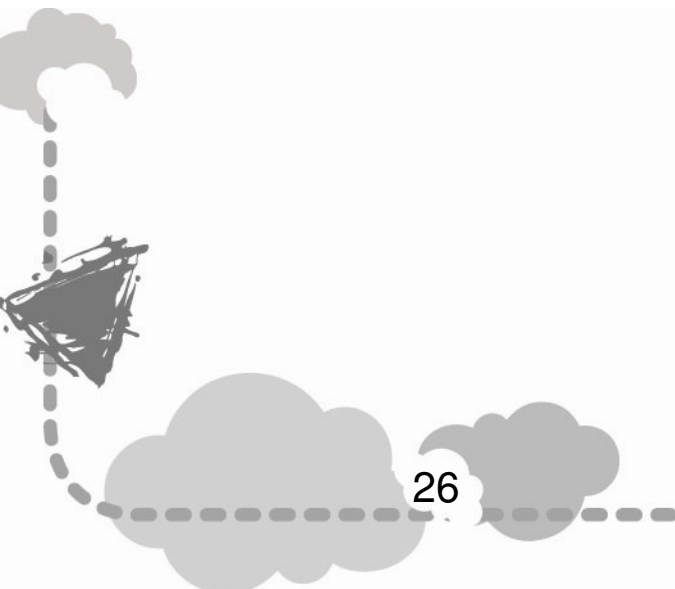
二. 原理

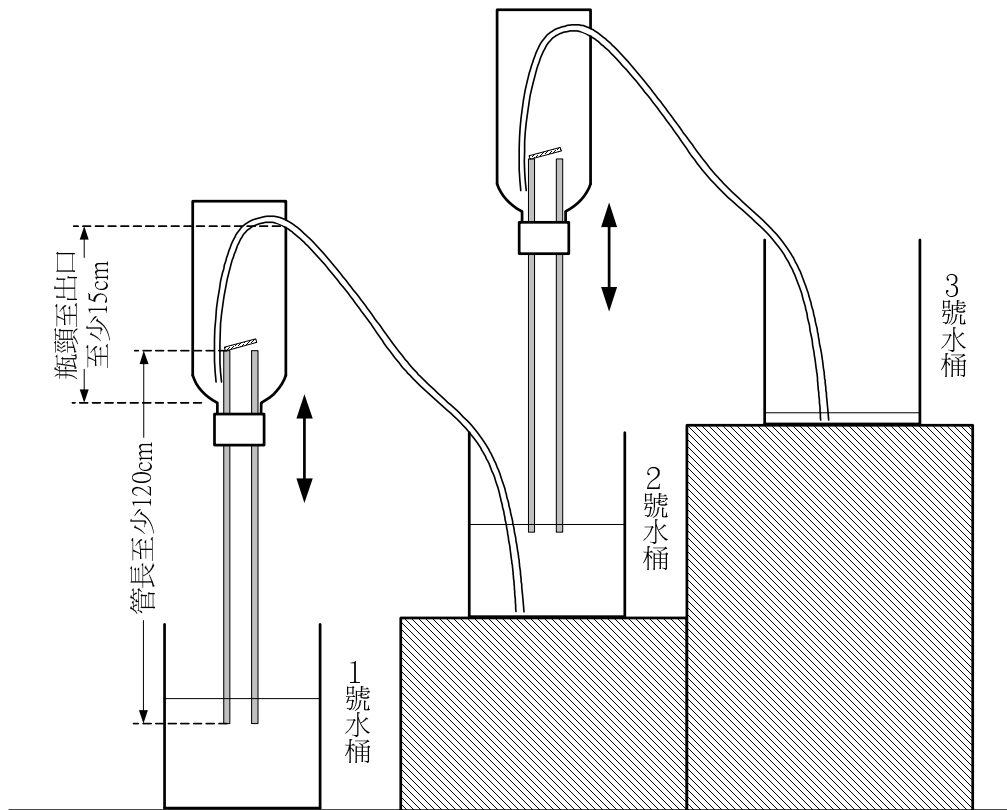
1. 波以爾定律—一定溫、定量的氣體，容積與壓力成反比。例如：使密閉容器的容積變大時，氣體壓力會變小，而使容積變小時，氣體壓力會變大。
2. 慣性—物體具有維持原來運動狀態的特性稱之為慣性。例如靜止的物體有維持靜止的特性，運動中的物體有維持原來運動速度的特性。若要使物體改變運動狀態必須要施力，質量愈大的物體慣性愈大，愈不容易被改變。
3. 虹吸管原理—將裝滿水的 U 形水管兩端分別倒插入兩個裝水容器中，若兩容器的水面高度不同，由於 U 形管內來自兩端的壓差不同，高處的水將通過倒 U 形管流到低處，直到兩端水面一樣高。

三. 活動一 節節高昇

(一) 場地需求

場地裝置如下圖，2 號水桶需高於 1 號水桶，3 號水桶需高於 2 號水桶。相鄰水桶高度差約 30cm~50cm 之間(由承辦單位決定)，相鄰水桶之間的距離不超過 100cm。





(二) 使用材料

- 大會提供：A4 規格珍珠板 1 片(與活動二共用)、水電膠帶若干、水桶 3 個(公用)、墊高之裝置(公用)、測量水量裝置(公用)。
- 自備器材：(部份材料需事先加工完畢，詳見製作說明)

PVC 硬質塑膠管--直徑約 1.8cm，長度 120cm 以上 4 支

含蓋子的塑膠飲料瓶--瓶口直徑約 2.3cm 4 支

塑膠軟管--口徑不限，長度約 150cm~180cm 4 條

廢光碟 1 片、剪刀、雙面膠等黏著劑

(三) 製作說明

每隊於製作時間內完成四支水管泵浦之單向閥門製作與安裝。並裝上中繼站(塑膠瓶)。

1、參賽前先製作之部分：(製作四具)

- (1) 取塑膠飲料瓶，在距離瓶頸 15 公分(含以上)之瓶身處鑽一小洞，穿入一條軟性水管，穿入處可以熱熔膠等黏著劑黏緊。穿入瓶內之長度可自行決定。
- (2) 在瓶蓋中央挖洞，以直徑 1.8cm 的 PVC 硬塑膠管穿過，交接處以熱熔膠等黏著劑黏緊。穿過之水管長度可自行決定。競賽時，飲料瓶瓶口應是朝下且瓶身及硬塑膠管大致與地面垂直。

2、競賽現場製作之部分：(製作四具)

- (1) 以大會所發的珍珠板、水電膠帶及自備的廢棄光碟片、黏著劑(或雙面膠等)製作單向閘門並安裝在硬塑膠管上。
- (2) 將瓶蓋連同硬塑膠管一起旋緊於塑膠飲料瓶上。

(四) 競賽說明

1. 每一場地設有三個水桶，開始時，只有第一個水桶裝定量的水，其餘水桶均不裝水。擺放方式如場地說明。
2. 操作時，一手執硬塑膠管將下端放入水中，上下往復抽動硬塑膠管，使水桶裡的水由硬塑膠管下端上升進入中繼站，再由中繼站經軟管排入下一個水桶；另一手可持軟管使其排水能進入上一層水桶。
3. 每一隊四位隊員各使用一支抽抽泵浦，同時操作，合力將第一個水桶裡的水抽到第二個水桶，再將第二個水桶裡的水抽到第三個水桶。
4. 每隊四名隊員可自行決定抽水的位置，並可隨時改變。但是，要改變抽水位置之前必須先告知裁判，裁判同意之後將硬塑膠管及塑膠軟管向上提離開水面，使滯留在硬塑膠管裡的水流回水桶裡，而滯留在中繼站及軟管的水順其自然流至上一層水桶，直到大致不再排出時(水流不連續)才可以換位置(若有部分的水滯留於中繼站內不易排出，仍可以換位置)。
5. 每一隊操作時間 3 分鐘，比賽結束時，每一隊員將硬塑膠管向上提離開水面，使滯留在硬塑膠管裡的水流回水桶裡，而滯留在中繼站及軟管的水順其自然流至上一層水桶，10 秒鐘後仍殘留的水則全部倒入第一個水桶。
6. 由裁判測量三個水桶的水量作為評分之依據(測量之最小單位由承辦單位決定)。

(五) 競賽/製作時間

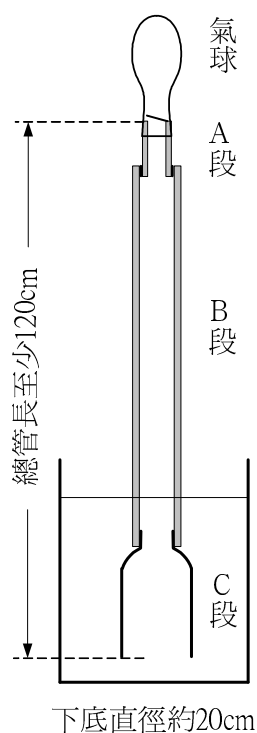
- 1、 競賽現場製作時間 20 分鐘(含活動一、二)。
- 2、 競賽時間每隊 3 分鐘，中間不暫停計時。

(六) 評分標準

1. 每隊成績 = (第二桶水的水量)+(第三桶水的水量×4)-(耗損的水量×10)
2. 所有參賽隊伍排序後，再以六等第計分法計分。

(七) 其他注意事項

1. 製作單向閥門時使用大會所發的珍珠板與自備的光碟片製作，可兩種材料合用，也可以選擇任一種製作。
2. 硬塑膠管穿過塑膠瓶蓋處，建議緊密黏合以免漏水而影響成績。瓶蓋與瓶口仍須保持能旋緊及旋鬆取下之功能以便於現場製作閥門。
3. 操作過程不得擠壓或旋開中繼站水瓶。
4. 操作過程只能藉由上下抽動硬塑膠管造成的水流、水壓、氣壓、慣性來控制閥門，不得以其他方式(例如手動方式)調整單向閥門。
5. 操作時請注意施力方式，若戳破水桶則該隊需馬上停止操作，且該桶水以全部流失計。



四、活動二：瑞氣貫頂

(一) 場地需求

場地裝置如右圖，每隊四人共同使用同一個水桶，桶內裝定量的水。另準備一個滴水用的空水桶於停止計時後擱置裝置以避免弄濕地板。

(二) 使用材料

1. 大會提供：氣球 4 個、A4 規格珍珠板 1 片(與活動一共用)、水電膠帶若干、水桶 2 個(公用)、布尺(公用)。
2. 自備器材：(部份材料需事先加工完畢，詳見製作說明)
A 段硬塑膠管外直徑約 2.3cm，4 段
B 段硬塑膠管外直徑不限，0~4 段
C 段硬質塑膠瓶或漏斗(一般市售礦泉水瓶均可)，0~4 支
A、B、C 連接之後總長至少 120cm
剪刀、橡皮筋若干

(三) 製作說明

每隊於製作時間內完成四支水管泵浦之單向閥門製作與安裝。

1、參賽前先製作之部分：(製作四具)

- (1) 自備硬塑膠管及塑膠飲料瓶，剪裁、黏接。
- (2) 如圖所示 A 段為必要部份，而 B、C 段則可自行決定是否需要。
- (3) A 段硬塑膠管的口徑必須依照活動二「使用材料」之規定才能套上大會所發之氣球。
- (4) B 段硬塑膠管口徑不限制。
- (5) C 段為硬質塑膠瓶(或漏斗等)改裝製成之進水口。
- (6) A、B、C 段於事先連接固定，不得相對滑動。個別長度不限，但總長度至少 120cm。
- (7) 可在水管上(不限位置)設計空氣入口及閥門，以便於補充空氣進入水管中。

2、競賽現場製作之部分：(製作四具)

- (1) 限以大會所發的珍珠板及水電膠帶製作單向閥門，及安裝在 A 段硬塑膠管上，不得增加其他材料。
- (2) 到達競賽場地時，檢查過氣球沒漏氣之後再將氣球套上 A 段硬塑膠管上端。

(四) 競賽說明

1. 每一場地放置 1 個競賽用水桶和 1 個滴水用水桶。競賽用水桶內裝定量的水。每隊四人各使用一支抽抽泵浦在同一個競賽用水桶中同時進行比賽。
2. 開始計時之前，裁判發給每隊 4 個氣球，以打氣筒或吹氣方式打入空氣檢查是否漏氣，若有漏氣馬上更換並再檢查。
3. 檢查無漏氣之後，由隊員自行將氣球套在 A 段水管上端準備進行比賽，隊員可自行決定是否使用膠帶或橡皮筋等束緊氣球(此時硬塑膠管還不能放入水中)。
4. 開始計時後參賽者手執硬塑膠管將抽抽泵浦插入競賽用水桶的水中，上下往復抽動硬塑膠管，使水桶裡的水由硬塑膠管下端上升並擠壓管內空氣而吹脹氣球。
5. 參賽者可適時將硬塑膠管提離水面以排出水並補充空氣進入管中，以便於繼續上述打氣之動作。也可以在硬塑膠管上設計空氣入口或閥門以補充空氣。
6. 計時終了，所有參賽選手必須馬上捏緊氣球頸部，並將硬塑膠管抽出競賽用水桶，放進滴水用水桶避免弄濕地面。並且馬上將氣球取出打結。
7. 將氣球打結端朝下，裁判以布尺測量氣球最大橫截面的周長，以便於換算成體積(含氣球內的空氣和水)作為計分之依據。
8. 裁判測量競賽用水桶內剩餘水的體積(測量之最小單位由承辦單位決定)，減少的體積作為扣分之依據

(五) 競賽/製作時間

- 1、 競賽現場製作時間 20 分鐘(含活動一、二)。
- 2、 競賽時間每隊 3 分鐘，中間不暫停計時。

(六) 評分標準

1. 測量氣球體積時，參賽者手持氣球，使打結處位於最下方使氣球直立。裁判以布尺水平環繞氣球的最大橫截面一周，讀取周長。輸入電腦換算成體積。
2. 周長小於 18cm(相當於體積小於 100cm^3) 者以 0 cm^3 計。
3. 每隊成績 = (四名隊員的氣球體積總和)-(計時終了時，競賽用水桶中減少的水體積 $\times 2$)。(有可能為負分)

4. 所有參賽隊伍排序後，再以六等第計分法計分。

(七) 其他注意事項

1. 檢查氣球是否漏氣時最多只能將氣球吹大至裁判指定的大小(可以礦泉水瓶中段限制)，而後捏住開口處觀察是否消氣，不可擠壓、拉扯氣球(不聽裁判制止者以棄權論)，若發現氣球漏氣可更換(不限次數)。
2. 檢查氣球無漏氣之後，將其套上硬塑膠管時若造成氣球破裂可要求換氣球，但每一隊最多更換 2 個。開始計時之後至計分完畢期間，若氣球漏氣或破裂便不再接受更換。
3. 開始計時之後，若氣球脫落，可自行裝回，但計時不中斷。
4. 計時終了後，從將氣球捏緊頸部取出打結至測量體積之過程須小心，若氣球鬆脫或破裂則需自行負責，無法補救。
5. 將氣球由硬塑膠管取出打結時不需要將氣球內的水排出，因此，以布尺測得之氣球體積，事實上包含了氣球內的空氣和水。(注意：此規定與校內初賽說明不同)
6. 以最大橫截面周長換算球形體積來當成氣球體積。事實上氣球可能是近似橢球體，在測體積時參賽者可捏氣球下端使空氣集中向上端使其更接近球形(不得兩端施力壓扁氣球)，但擠壓過程若氣球破裂則需自行負責，體積以 0 cm^3 計。
7. 操作過程不得直接或間接碰觸、調整汽球內的單向閥門，只能藉由上下抽動硬塑膠管造成的水流、水壓、氣壓、慣性來控制。
8. 補充空氣進入管內的方式：可將硬塑膠管提離水面使空氣自管底端自行流入。也可以在管子上自行設計空氣入口或空氣閥門。但空氣流入的動力必須是藉由操作過程中水管內外的壓差來驅動，不可以其它施力方式灌入。但空氣入口閥門的開關則可隨時自行控制。
9. 操作時請注意施力方式，若戳破水桶則該隊需馬上停止操作，並將水管移至滴水用水桶，並測量氣球體積，而該桶水以全部流失計。
10. 操作過程可以手扶持氣球，但不可刻意擠壓或拉扯氣球。

五、活動三：創意競賽

(一) 競賽說明

- 1、使用不同材料、操作流程、設計、原理製作獨創的抽水泵浦。並能有效率的將低處的水抽往高處，或擠壓空氣作功，或延伸其抽水、充氣之功能來進行有趣或實用之應用。
- 2、設計說明書：須附創意作品設計說明書，字數 100 字以上。內容說明設計的靈感、理念、功能、操作方式、取材、更長遠的理想等。

(二) 評分標準

- 1、設計之創意(尤其是開關閥門之創意)30%
- 2、趣味性或實用性 20%
- 3、取材之巧妙性 20%
- 4、整體美觀 15%
- 5、說明書(或講解)之充實、流暢及貼切 15%

六、 時間總計

- (一)本項活動一、二競賽時間：共計 55 分鐘
- (二)製作時間(含說明及領取材料)：18 隊共 20 分鐘
- (三)評審時間：18 隊共 35 分鐘
- (四)活動三由承辦單位另行規畫評審時間及方式。

七、 總評分

活動一、二分別排序以六等第計分後，兩部分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。創意競賽成績不併入大會獎計分，另外頒發數名創意獎。

八、 材料總表

- (一)大會提供

活動項目	編號	品名	規格	數量	備註
------	----	----	----	----	----

活動一	1	水桶	同一規格塑膠製、高度約 25~30cm 直徑約 20~30cm	3 個/站	(共用)
	2	水電膠帶	一般	若干	用於黏貼閥門，與活動二共用
	3	珍珠板	厚度約 3mm，A4	1 片/隊	連同自備之光碟片製作單向閥，與活動二共用
	4	墊高之裝置	共兩階，每一階高度差 30~50cm，需能平穩放置水桶	1 組/站	由承辦單位決定，但水桶之間水平距離以不超過 100cm 為原則 (共用)
	5	水量測量裝置	由承辦單位自行規劃設計	1 組/站	可以磅秤秤水桶(含水)之重量，需注意磅秤測量範圍 (共用)
活動二	6	競賽用水桶	塑膠製、高度約 25~30cm 直徑約 20~30cm	1 個/站	(共用)
	7	滴水用水桶	不拘	1 個/站	計時終了，將水管抽離競賽用水桶後之放置滴水用(共用)
	8	水電膠帶	一般	若干	用於黏貼閥門，與活動一共用
	9	珍珠板	厚度約 3mm，A4	1 片/隊	製作單向閥，與活動一共用
	10	氣球	圓形，容易套入直徑約 2.3cm 的塑膠管，且略緊。	4 個/隊	盡量選用不易破、沒有漏氣的新品，另準備一些備用

	11	水量測量裝置	由承辦單位自行規劃設計	1 組/站	可以磅秤秤水桶(含水)之重量, 需注意磅秤測量範圍(公用)
	12	布尺	柔軟, 最小刻度 cm	1 條/站	測周長用(公用)
	13	測氣球是否漏氣裝置	將直徑約 6cm 礦泉水瓶中間剪下一段約 5cm	2 個/站	測試氣球是否漏氣時, 限制氣球大小之用(公用)
	14	氣球專用打氣筒	須能將競賽用的氣球套上去打氣	1 具/站	檢查氣球是否漏氣用(公用)

(二)自備器材

活動項目	編號	品名	規格	各隊數量	備註
活動一	1	硬塑膠管	直徑約 1.8cm, 長度 120cm 以上	4 支	須事先加工, 請參閱製作說明
	2	含蓋子的塑膠飲料瓶	瓶口直徑約 2.3cm, 高度須大於 15cm	4 支	須事先加工, 請參閱製作說明
	3	塑膠軟管	口徑不限, 長度約 150cm~180cm	4 條	須事先加工, 請參閱製作說明
	4	廢光碟	一般, 完整	1 片	限活動一現場製作單向閥使用(可與珍珠板混用, 也可以不用)
	5	剪刀等工具		不限	會場不提供電源
	6	雙面膠等黏著劑		不限	
活動二	7	硬塑膠管	外直徑約 2.3cm	4 段	須事先加工, 如活動二裝置圖 A 段

8	硬塑膠管	直徑不限	0~4 段	須事先加工，如活動二裝置圖 B 段
9	硬質塑膠瓶 或漏斗等	直徑不限(一般市售礦泉水瓶均可)	0~4 支	須事先加工，如活動二裝置圖 C 段
10	剪刀等工具		不限	會場不提供電源
11	橡皮筋、膠帶 等	不限	若干	可用於將氣球束緊於 A 段塑膠管，也可以不用

註：A、B、C 段水管連接之後總長度至少 120cm。

九、給評審的建議

(一) 場地器材方面

1. 室內、外均可，不怕風，地板可能弄濕。但是活動範圍小，可鋪塑膠布，並準備拖把隨時拖乾。
2. 各隊應使用相同規格的水桶以求公平，可多準備幾個水桶備用。
3. 活動一的 1 號水桶與活動二的競賽用水桶內需放入定量的水。活動一大約放九分滿，活動二大約放七分滿，確實水量由各區承辦單位統一決定。
4. 活動一每一場地均需墊高兩階，相鄰兩階高度差約 30~50cm，各區因地制宜(例如：一張學生椅和一張學生課桌即可達此要求)，但同一區之每個場地需一致。
5. 測量水量可以磅秤秤重，每 1 公克重的水相當於 1cm³ 之體積。統一最小單位例如 10 cm³ 或 50 cm³ 等。宜事先實際演練並注意磅秤的測量範圍(不求高精度但須公平)。
6. 氣球周長 L 換算球形體積 V 公式：

$$V = \frac{4}{3} \times \pi \times \left(\frac{L}{2 \times \pi} \right)^3 \quad \text{或} \quad V = 0.017 \times L^3$$

7. 活動二使用之氣球不宜太小，須能輕易套在直徑 2.3cm 的水管上，且大致能束緊。盡量選購新品，以免破洞、易破而影響競賽公平性。需準備一些備用以便更換。
8. 活動二各隊使用的氣球都應使用新的，不可重複使用。也不可太早發給，並不准選手任意吹氣或拉扯而影響氣球原有的張力。

9. 檢查氣球是否漏氣時，可剪裁寶特瓶中段，並規定參賽者將氣球放在中央吹氣(或打氣)，直到氣球接觸四周便不得再吹，以此限定吹氣量。

(二) 時間方面

活動(一)及活動(二)之操作時間均為3分鐘，但是計時前的檢查及停止計時後的測量均須花費一些時間，這些時間都應排在流程中。

(三) 其他

1. 最好能在製作期間就查看作品是否合規定，及早告知以便於即時更正。若於競賽中發現不合規定而影響成績，由參賽者自行負責。
2. 各隊競賽後之器材應暫時收存，全部比賽完之後再發還。