

投稿類別：工程技術類

篇名：改良式脈衝泵浦

作者：

陳禹安。台北市立松山工農職業學校。機械科三年智班

葉易霖。台北市立松山工農職業學校。機械科三年智班

劉振坤。台北市立松山工農職業學校。機械科三年智班

指導老師：

陳添財 老師

胡銘軒 老師

壹、前言

水是農田耕作中非常重要的資源，當農田高於水源時，通常都須使用泵浦才能灌溉，但坊間泵浦的種類繁多，且因能源消耗導致環境汙染，要能找到完全適用又不會造成浪費的並不容易，因此，對泵浦之缺陷進行改良有其必要。

一、研究動機

我的祖父是一名農夫，在山上有塊農田，因地勢的關係，使用電動泵浦抽水灌溉，這種電動泵浦必須向台電申請農業用電，且泵浦可能會接觸到水，發生漏電，造成危險，近來此泵浦壞了，因為需要更換，我們在網路上找到一種叫脈衝泵浦的泵浦，他的優點是不用電，但是有個缺點，就是需要大量的水才能運作，且出水量又太低，效率太差，也不能調整水能達到的最大高度，導致壓力的浪費，基於能節約能源及安全的考量，我們決定使用脈衝泵浦，但要對其缺點，運用所學做一些改良。

二、研究目的

針對傳統式脈衝泵浦效率差及不能調整水能達到最大高度的缺點，設計一可依據需要改變水位的最大高度及提升單次運作所能出的水量的改良式脈衝泵浦。

三、研究流程

本研究是在回鄉下探親時發現的，利用高三專題製作課程的時間，與組員討論和擬定計畫後，參考文獻，並設計機構，再將機構製出，經檢查與測試，將其撰寫成研究報告。

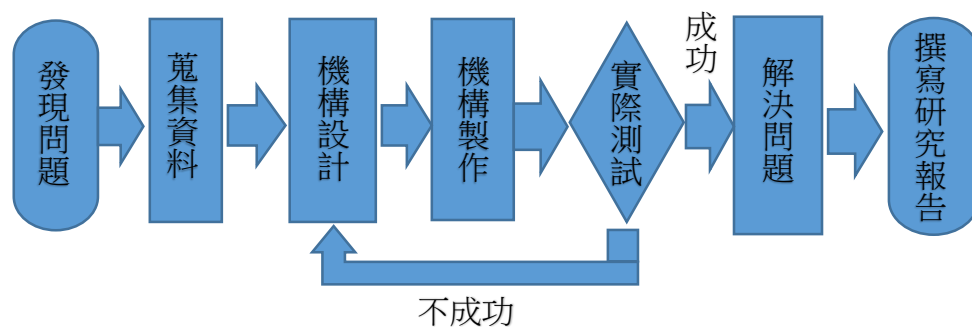


圖 1 改良式脈衝泵浦研究流程圖

貳、正文

一、傳統式脈衝泵浦原理說明與改良機構

(一) 原理說明

首先，為了瞭解脈衝泵，必須先了解水錘作用，水錘作用它是以牛頓第一運動定律「當物體不受外力作用或所受外力之合力為零時，則靜者恆靜止，動者恆作等速直線運動」(李榮華，2012)為基礎來運作的。

如圖 2 所示(白色箭頭為水流方向，黑色箭頭為逆止閥對流向的限制方向)，運作方法為水先從入水口進入，因巴斯葛原理填滿管道，而後水流推動逆止閥 A 使其關閉，「閥門突然關閉已停止管內液體之流動，則液體之動能會突然地轉變為壓力能」(吳重雄，2012)，由於水流突然停止而導致水錘作用產生。

水錘作用原本是減少水管壽命的一種作用，但在脈衝泵浦中它將扮演提供壓力的角色，水錘作用產生之壓力能將推動逆止閥 B 並使水流向出水口 B 所連接之高處流動，簡單來說脈衝泵是一個將大部分液體之位能集中到部分液體的機構。

脈衝泵雖然會消耗大量的水當作動力來源，但是因為無須外來能量，因此減少電力或是化石燃料的消耗，能源的使用會造成極大的汙染，哪怕電力來自於綠能發電都會造成環境危害，例如風力發電對鳥類；非抽蓄式水力發電對魚類；潮汐發電對海豚的危害等等，因此我們將脈衝泵作為動力來源以達到無汙染的目的。

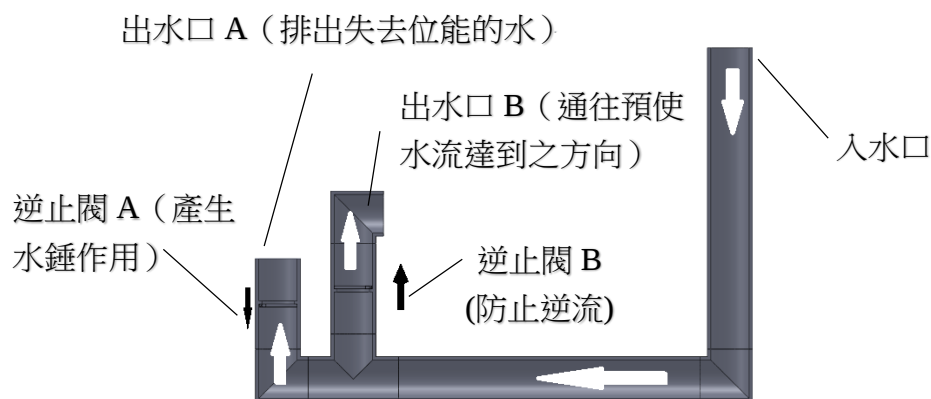


圖 2 脈衝泵浦示意圖

(二) 改良方案

如前文所述，我們將脈衝泵浦當成一個動力來源，並利用往復式泵浦來出水；而高度的部份我們在脈衝泵浦與另一機件間連接一輪輻，在其中兩根輪輻桿上打洞，並用銷連接，如圖 3，就可利用槓桿原理中的第一種「因第一種槓桿之施力臂與抗力臂依設計長短而不定，故其機械利益可大於 1、等於 1 或小於 1」（柯雲龍、潘建安，2012）藉此就可以輕鬆的改變施力大小進而改變最高抽水高度。

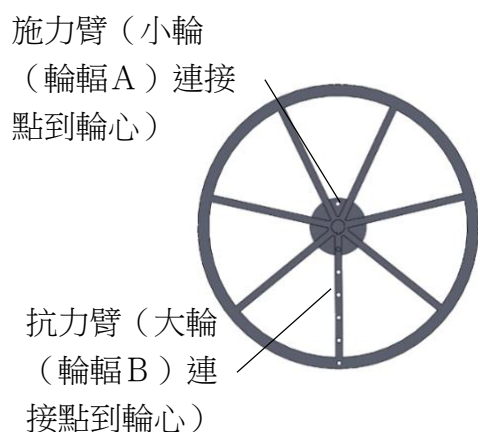


圖 3 槓桿說明

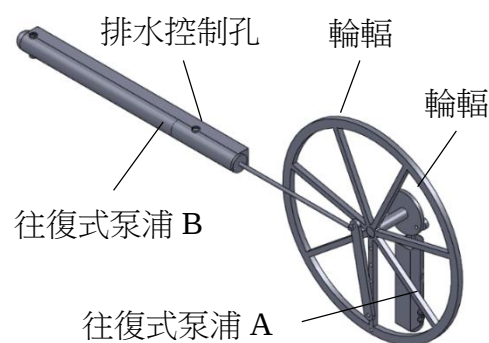


圖 4 泵浦與輪輻之連接示意圖

二、機構介紹

根據機構作用的過程順序分別依脈衝泵浦、往復式泵浦 A、輪輻 A、輪輻 B、往復式泵浦 B、基座六個部分依序做介紹，其泵浦與輪輻之安裝相對位置，如圖 4。

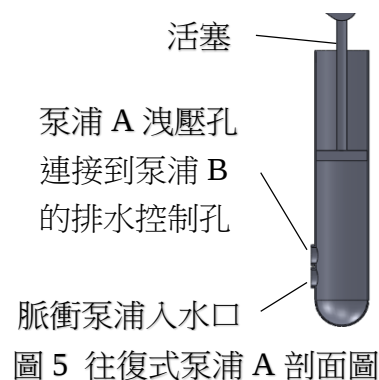
(一) 脈衝泵浦

傳統式脈衝泵浦，如圖 2，將用於產生水壓，並且在本機構中擔任提供動力的角色，其方法為將脈衝泵浦的出水口與往復式泵浦 A 的入水口連接。

(二) 往復式泵浦 A

當脈衝泵浦將加壓後的水從下方的孔沖入泵浦 A 中推動活塞以帶動上方的輪輻 A 進而帶動輪輻 B 以完成機構運作，該機構將扮演將壓力能轉換為動能以推動輪輻 A 的角色。

泵浦 A 之脈衝泵入水孔將與脈衝泵連接，藉由脈衝泵之壓力推動活塞，如圖 5，泵浦 A 之洩壓孔將連接到泵浦 B 的排水控制孔，如圖 4，透過泵浦 B 的活塞來控制泵浦 A 的排水以避免脈衝泵浦持續注水導致泵浦 B 累積過大的壓力，導致機構損壞。



(三) 輪輻 A

當加壓後的水帶動活塞桿，通過連桿傳動，進而使輪輻 A 發生轉動以輸出動力，如圖 6。為了確保輪輻 A 正常的運轉，在連接點上連接一橡皮筋，另一端連接在基座上，如圖 7，當輪輻 A 的連接點移動到最大高度時，後半圈利用橡皮筋的彈力位能回歸原位，進而避免死點產生，得以順暢的進行下一次運作。

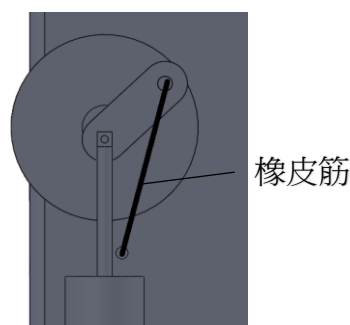
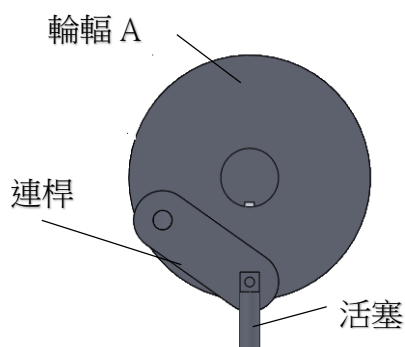


圖 6 輪輻 A 與其他機構之相對位置圖 圖 7 輪輻 A 之橡皮筋連接示意圖

(四) 輪輻 B

在輪輻 A 與基座連接點的另一端連接輪輻 B，使其作等角速運動，在其中兩根輪輻桿上打洞，並用銷連接，就可利用力矩原理「物體轉動之難易，依其力矩 M 之大小而定， D 為由 O 點至作用力 F 之垂直距離，我們稱之為力臂」（李榮華，2012），如圖 8，藉此就可以改變施力大小進而改變最高水位。

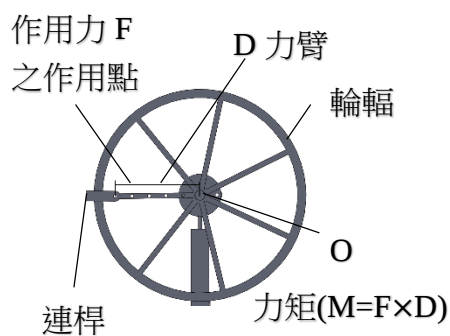


圖 8 輪輻 B 機構傳動圖

(五) 往復式泵浦 B

當往復式泵浦之活塞在泵缸內移動時，一端即形成真空，此時液體或氣體即被大氣壓力壓入泵缸內，當泵之活塞往另一端移動時，吸入之液體或氣體即被壓出泵缸而由出口排出。排水控制孔當兩輪連接點相差 180° 可透過泵浦 B 的活塞來控制泵浦 A 的排水時間，以達到令輪輻 A 旋轉的目的，如圖 9。

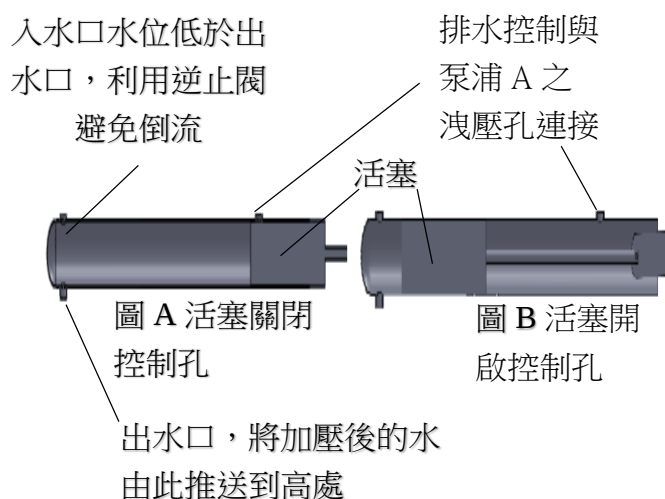


圖 9 往復式泵浦 B



圖 10 基座

(六) 基座

為了使我們的機構直立於地面上並且於運作時能不受泵浦之反作用力而產生位移或傾倒，所以我們製作了一個基座，如圖 10，來達到穩固基構與保持正常運作的目的，如圖 10。

三、機構製作

(一) 使用工具

鐵鎚、3D 列印鏟刀、手提電鑽、車床、捨棄式車刀、中心鑽、直徑 26mm 鑽頭、直徑 16mm 鑽頭、3D 列印機、止瀉帶、木工鋸、銼刀、砂輪機、切管器、PVC 膠合劑、噴燈、美工刀。

(二) 使用材料

木板、釘子、管夾、六分管、一吋管、二吋管、六分管接、六分外牙、六分三通管、一吋轉六分三通管、二吋轉六分三通管、六分彎頭、橡

皮筋、二吋管帽、一吋管帽、六分黃銅逆止閥，具體材料如表 1（注：兩吋管內徑約為 50.8mm、一吋管內徑約為 25.4mm 六分管內徑約為 19.05mm）

表 1 材料表

種類	數量	備註
木板	若干	基座與活塞之材料
釘子	若干	基座製作
管夾	5（一吋*2、二吋*3）	固定兩泵浦
PVC 六分管	若干	
PVC 一吋管	若干	泵浦 A 之製作材料
PVC 二吋管	若干	泵浦 B 之製作材料
六分管接	若干	於試驗時進行管路連接
六分外牙	7	
六分三通管	1	
一吋轉六分三通管	2	
二吋轉六分三通管	3	
六分彎頭	1	
橡皮筋	若干	動作復歸之用
二吋管帽	1	
一吋管帽	1	
六分黃銅逆止閥	4	

（三）零件製作

1、輪輻製作

先使用 SOLID WORKS 把圖形繪製出，再將檔案轉檔轉成 STL 檔後，打開 3D 列印程式點選開啟舊檔，選取圖檔再開啟圖檔然後設定支撐材、速率等，結果如圖 11，後轉為 GCO 檔，即可開始列印，如圖 12。

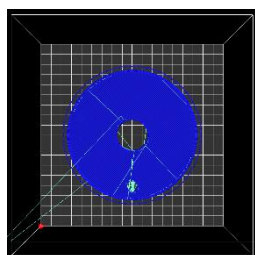


圖 11 輪輻 A，3D 列印路徑俯視圖



圖 12 輪輻 A 實體圖

因為輪幅 B 過大 3D 列印無法一次性的列印完，所以將輪幅 B 分成 25 份來列印，頭尾分別做孔與凸點以方便配合，其中 12 份為外輪幅桿，另外 12 份為內輪幅桿，如圖 13，剩下 1 份為一圓心用來連接輪幅桿，如圖 14，來製成一完整輪幅 B。

2、管路系統準備

管路系統是本機構中最重要的部分，將負責將水引導進脈衝泵與泵浦 B 並且將經機構加壓的水引導向高處的工作先打開噴燈，將一六分管以噴燈燒軟，如圖 15，然後緩緩彎折至設計角度（以本機構為例，角度為 85° ）後以空氣冷卻，用來當作脈衝泵的入水口 A，然後依照設計圖將各機件互相連接並安裝於基座上。

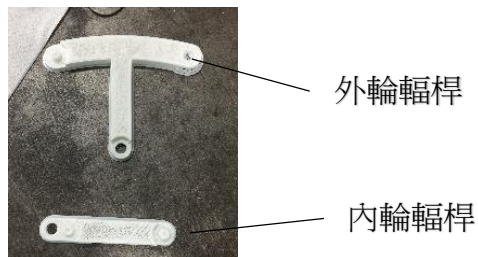


圖 13 輪幅 B 外緣部分實體圖



圖 14 輪幅 B 圓心實體圖

將止瀉帶纏繞在六分外牙上形成類似於彈性鎖緊螺帽的效果「放置一纖維環或纖維墊，當螺帽鎖緊後即可緊密接合，以達到鎖緊的效果」（柯雲龍、潘建安，2012），再將逆止閥鎖上以防止漏水。再將不同管徑的管切下剛好可以連接三通管、彎頭等的長度，以方便各機構間的連接。

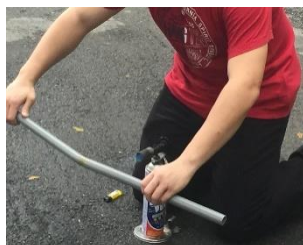


圖 15 彎管示意圖

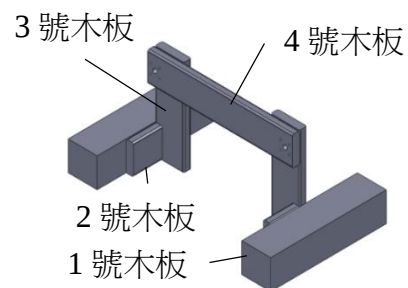


圖 16 基座組裝示意圖

3、基座製作

基座在該機構中扮演相當重要的角色，其主要功能為限制各機件間的相對運動，並且確保整個機構能夠在運作時平穩運作而不傾倒、位移或各機構間分離。

為達到固定機構與限制機構運動的目的，我們首先將兩塊 1 號木板平行且對稱地放於地面，且相隔 1m，再將兩片 2 號木板貼齊地面和 1 號木板內側並用釘子加以固定，2 號木板後方的 3 號木板貼於地面並貼於 1 號木板內側，再以釘子加以固定，頂端用一片 4 號木板貼於 2 號木板的側面，如圖 16，並以鐵釘加以固定，最後再用砂輪機做修整。

製作過程中原本的設計並沒有 2 號木板，但是製作時發現若僅依靠 1、3、4 號木板將導致結構強度不夠，容易在受到左右推力時導致 3 號木板與 1 號木板之連接脫離，為此我們增加了 2 號木板以避免基座結構損毀。



圖 17 環狀木塊



圖 18 泵浦 B 之活塞

4、往復式泵浦製作

將木塊車削為環狀木塊，如圖 17，共 14 塊，將木塊以六分 PVC 水管穿過後以結合劑黏合成為泵浦 B 之活塞，如圖 18 後將活塞穿入兩吋管並加上兩吋轉六分的三通管成為泵浦 B。

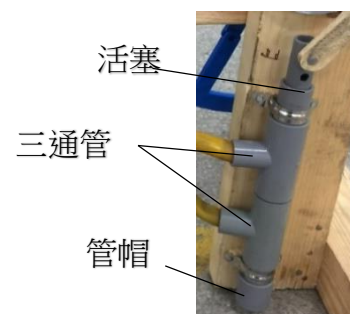


圖 19 泵浦 A

泵浦 A 則以一吋管與兩個三通管製作，如圖 19，尾端再加上一個管帽，其活塞以六分管穿上環狀木塊製作，最後將各機構組合，如圖 20。



圖 20 機構完成圖

參、結論

一、研究結果

組裝完畢後，我們進行了實際測試，測試後發現無法達到我們當初的研究目的和動機，為了進行下一次的改良我們把失敗的原因歸納為以下這幾點。

（一）壓力不足導致泵浦 A 無法被脈衝泵推動

脈衝泵浦入水口的水位高低差不足，無法使脈衝泵浦達到足夠大水壓來推動活塞，使該機構無法運作。

（二）基座與連接軸配合過緊致連接軸無法轉動

輪輻 A 和輪輻 B 的連接管與基座的配合過緊，導致轉動困難，使部分的力被摩擦力消耗掉，應於設計時額外加上一個軸承以降低摩擦力，或是在製作時將機作上的孔略為擴大(軸因使用 PVC 水管而不適合切削加工)。

（三）3D 列印導致輪輻強度過低

因為輪輻 A 及輪輻 B 均為 3D 列印製作，強度嚴重的不足，輕輕凹折都能聽到結構破裂聲，在運轉中會造成結構破壞的現象，且因為 3D 列印之精度問題導致連接強度不穩以及配合問題，有些鬆散到運轉時便會鬆脫，有些則緊到在組裝時因用力過大導致零件破壞。

（四）機構長度過長基座易傾倒偏移

整體長度須再做修整，因泵浦 B 的總長度約為 1.5m 再加上輪輻 B 0.5m 的直徑，使泵浦 B 嚴重超出基座長度發生傾倒與位置偏移的現象。

二、未來展望

本次製作的機構經過多次的修改及校正，仍以失敗告終，礙於目前設備與資源使我們無法解決，如做為傳動機件的輪輻 B 強度不足，若運轉過快或與基座稍有擦撞，容易整體崩散，如能將輪輻 B 以一體成型的方式製作，便能增先輪輻 B 運轉的承受力以改善問題；在驅動泵浦 B 做往復運動時，活塞摩擦力無法使之正常運作，若能選用較堅硬、能夠較精密加工的材質（如鋁）並且與泵浦外殼之組合更精密，便可極大的減輕摩擦力，就能更順暢的運作。

將基座延伸讓整體機件能在基座上，避免產生傾倒；由於目前機構只適用於固定高度，並無設計三種以上的高度，若能改變機構在於最高水位自由變換，就能在灌溉高度上運用就能更加的靈活。

希望在未來擁有更多資源與知識時，能運用閒暇之時對此機構加以改良，使機構之功用更加多元及完善，此類無須外部動力且無污染的綠能抽水機構必然成為未來重要的趨勢，畢竟地球上所儲存的能量有限，若不有效利用，留給後世的將會是一個殘破不堪的世界。

肆、引註資料

一、李榮華（2012）。**機械力學 I**。新北市：龍騰文化。

二、柯雲龍、潘建安（2012）。**機件原理 I**。新北市：台科大。

三、吳重雄（2012）。水錘作用。2012 年，取自
<http://terms.naer.edu.tw/detail/940288/>

四、柯雲龍、潘建安（2012）。**機件原理 II**。新北市：台科大。